

Ministry of Education and Science of Ukraine
Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University
Vinnytsia National Technical University
Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University
Ivan Franko National University of Lviv
Ukrainian State Dragomanov University
Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University
Lesya Ukrainka Volyn National University
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Jan Kochanowski University of Kielce (Poland)
Polytechnic University of Madrid (Spain)
Tallinn University (Estonia)

V International Scientific and Practical Internet Conference
«*Mathematics and Informatics in Science and*
***Education: Challenges of Modernity*»**

May 1-2, 2025, Vinnytsia, Ukraine



Book of Abstracts

Vinnytsia – 2025

*Approved for publication by the Academic Council of Vinnytsia Mykhailo
Kotsiubynskyi State Pedagogical University
(prot. 11, 21.05.2025)*

Editorial board:

Mariana Kovtoniuk (*editor-in-chief*), Serhii Bak (*executive editor*), Tetiana Barbolina, Oleh Buhrii, Alla Kolomiets, Volodymyr Mykhalevych.

V International Scientific and Practical Internet Conference "Mathematics and Informatics in Science and Education: Challenges of Modernity" (Vinnytsia, May 1-2, 2025): book of abstracts [Electronic network scientific publication]. Vinnytsia, 2025. 187 p. 3 Mb.

The book contains abstracts of V International Scientific and Practical Internet Conference "Mathematics and Informatics in Science and Education: Challenges of Modernity", which took place on May 1-2, 2025 on the basis of the Faculty of Mathematics, Physics and Computer Science of Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University.

The abstracts in the book are grouped by sections, in accordance with the main directions of the conference: Section A. Modern problems of mathematics. Modern problems of computer science. Mathematical and computer modeling; Section B. Creation of educational environment in mathematics and computer science in higher education. Monitoring of the quality of education: tools and technologies. Modern computer technologies in teaching mathematics and computer science; Section C. Methods of teaching mathematics and computer science in secondary education.

The publication is addressed to researchers, lecturers, teachers, graduate students, undergraduates, as well as everyone who is interested in modern problems of science and education.

Міністерство освіти і науки України
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
Вінницький національний технічний університет
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Львівський національний університет імені Івана Франка
Український державний університет імені Михайла Драгоманова
Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Келецький університет імені Яна Кохановського (Республіка Польща)
Мадридський політехнічний університет (Іспанія)
Талліннський університет (Естонія)

V Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція
«Математика та інформатика в науці й освіті:
виклики сучасності»

1-2 травня 2025 року, Вінниця, Україна



Збірник тез

Вінниця – 2025

*Затверджено до публікації Вченою радою Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського
(протокол № 11 від 21.05.2025)*

Редакційна колегія:

Мар'яна Ковтонюк (д. п. н., к. ф.-м. н., проф., *головний редактор*), Сергій Бак (д. ф.-м. н., проф., *відповідальний редактор*), Тетяна Барболіна (д. ф.-м. н., проф.), Олег Бугрій (д. ф.-м. н., проф.), Алла Коломієць (д. п. н., к. ф.-м. н., проф.), Володимир Михалевич (д. т. н., проф.).

V Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція "Математика та інформатика в науці й освіті: виклики сучасності (Вінниця, 1-2 травня 2025 року): збірник тез [електронне мережне наукове видання]. Вінниця, 2025. 187 с. 3 Мб.

Збірник містить тези V Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції "Математика та інформатика в науці й освіті: виклики сучасності", яка відбулася 1-2 травня 2025 року на базі факультету математики, фізики і комп'ютерних наук Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського.

Тези у збірнику згруповано за секціями, відповідно до тематичних напрямів конференції: Секція А. Сучасні проблеми математики. Сучасні проблеми інформатики. Математичне та комп'ютерне моделювання; Секція Б. Формування освітнього середовища з математики та інформатики у закладах вищої освіти. Моніторинг якості освіти: засоби та технології. Сучасні комп'ютерні технології у викладанні математики та інформатики; Секція В. Методика навчання математики та інформатики в закладах середньої освіти.

Видання адресоване науковцям, викладачам, учителям, аспірантам, магістрантам, а також усім, хто цікавиться сучасними проблемами науки та освіти.

PLENARY SESSION

Dmytro Bobyliev, Cand. Sc.
Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine
e-mail: dmytrobobyliev@gmail.com

LEAN AS A TOOL FOR INTERACTIVE THEOREM PROVING IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF MATHEMATICS TEACHERS

Abstract. This paper presents an experience-based analysis of integrating the Lean interactive theorem prover into the professional training of future mathematics teachers. Special attention is given to how formal proof construction in Lean fosters logical thinking, precision, and structural understanding of mathematical reasoning. The pedagogical potential of Lean is examined through selected examples that demonstrate its didactic value.

Key words and phrases: interactive theorem provers, Lean, mathematics education, intellectual skills.

Інструменти для автоматизації доведень розпочали свій розвиток у 1950-х роках зі створення Logic Theorist, першої в історії комп'ютерної програми, здатної верифікувати теореми. З часом, на базі розробок Logic Theorist, були створені інші системи, зокрема LISP та NQTHM. У 1980-90-х роках були розроблені такі важливі інструменти, як HOL, Coq та Isabelle, які активно використовуються у верифікації складних математичних структур і програмних систем. Наприкінці 20 століття з'явився Lean [1], який об'єднує можливості доведення теорем і програмування, що дозволяє використовувати його як інструмент для навчання та досліджень у математиці.

Iannone і Thoma [2] показали, що використання Lean у навчальному процесі сприяє розвитку логічного та аналітичного мислення, підштовхуючи студентів до більш глибокого розуміння математичних доведень. Проте автори також зазначають, що студенти можуть стикатися з труднощами через складний синтаксис Lean. Доповнюючи цей підхід, дослідження Смиша і

Загорулька [3] зосереджується на технічних перевагах Lean у перевірці несуперечності задач та результатів.

В освітній програмі «Фізика. Математика» (ОКР магістр) Криворізького державного педагогічного університету в 2023-2024 н.р. в процесі навчання курсам «Методика навчання математики в закладах вищої та передвищої освіти» та «Функціональний аналіз» здобувачі освіти мали можливість отримати базові знання з Lean і записати деякі теореми функціонального аналізу в цьому середовищі.

Lean надає користувачам широкі можливості для використання інтерактивних тактик, таких як рефлексивність (refl) та індукція (induction), які спрощують процес доведення. Це дозволяє здобувачам освіти сфокусуватися на розумінні загальної логіки доведення, замість зосередження на технічних деталях.

Розглянемо схему процесу інтерактивного доведення теорем в Lean:

1. Визначення математичних об'єктів та структур:

- оголошення типів даних (натуральні числа, списки, булеві значення тощо);
- визначення змінних та функцій.

2. Формалізація математичних тверджень:

- формулювання теорем та лем за допомогою залежних типів у Lean;
- застосування функцій і структур для опису математичних властивостей.

3. Використання тактик для доведення:

- застосування інтерактивних тактик, таких як refl, induction та інших;
- отримання зворотного зв'язку в реальному часі та корекція помилок.

4. Перевірка та оптимізація доведень: використання автоматичних довідників та модульності Lean для спрощення доведень і побудови нових теорем на основі вже доведених тверджень.

5. Збереження та повторне використання результатів:

- збереження доведень у бібліотеках та можливість використання вже доведених результатів у нових задачах;
- підтримка колективної роботи завдяки спільнотам та оновленню бібліотек.

Інтерактивні інструменти сприяють розвитку вміння ставити правильні запитання, обирати відповідні методи для розв'язання задачі та адаптуватися до нових підходів у вирішенні математичних проблем. Це розвиває не лише здатність доводити теореми, а й сприяє формуванню стратегії розв'язання складних завдань, що є ключовою інтелектуальною компетентністю.

Використання інтерактивних технологій доведення теорем також розвиває аналітичні навички та здатність до самоконтролю, адже здобувачі освіти мають можливість бачити негайні результати своїх дій, аналізувати помилки і коригувати їх у процесі. Це стимулює розвиток інтелектуальної дисципліни, яка є важливою для вчителів математики, допомагаючи їм не лише опанувати математичний матеріал, але й навчитися точно оцінювати свої дії та підходи, що важливо для навчання інших.

Основними напрямками розвитку інтерактивних технологій доведення теорем є розробка навчальних посібників та інтеграція цих інструментів у системи управління навчанням (LMS). Також актуальним є створення бібліотек і додаткових інструментів, що полегшують студентам навчання основним концепціям математики за допомогою Lean. Завдяки активній підтримці та розвитку спільноти Lean, створюються нові освітні матеріали, які сприяють підвищенню якості математичної освіти.

Інтеграція інструментів ІТДТ, зокрема Lean, у підготовку майбутніх вчителів математики сприяє розвитку інтелектуальних умінь, підвищенню мотивації до навчання, а також покращенню навичок формалізації та структурування математичних доведень. Також важливо відзначити, що використання інтерактивних інструментів доведення теорем для навчання забезпечує миттєвий зворотний зв'язок, що стимулює активне навчання і сприяє глибокому засвоєнню знань.

References

1. Lean. (n.d.). *Lean Theorem Prover*. Retrieved from <https://lean-lang.org/>
2. Iannone P., Thoma A. Interactive theorem provers for university mathematics: an exploratory study of students' perceptions. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2023, № 55(10). P. 2622-2644.
3. Smysh O., Zahorulko A. Using Lean programming language to check inconsistency in mathematical problems in the educational recommendation system. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2024, № 1. P. 32-38 [in Ukrainian].

Eve Kikas, Ph. D.
Tallinn University, Tallinn, Estonia
e-mail: ekikas@tlu.ee

SELF-REGULATED LEARNING AND MATH SKILLS. ESTONIAN EXPERIENCE IN ASSESSING SELF-REGULATED COMPETENCE

Abstract. The paper describes the model used in Estonia for development students' learning to learn competence and self-regulated learning. It includes three components: motivation, cognition, and metacognition. Additionally, it describes the findings from an empirical study, relating SRL indicators assessed in Grade 2 with math factual and conceptual knowledge assessed in Grade 7.

Key words and phrases: self-regulated learning competencies, motivation, cognition, metacognition, factual and conceptual math knowledge

Self-regulated learning (SRL) encompasses goal setting, planning, strategy use, monitoring, and reflection, which jointly lead to learning outcomes. Various SRL models incorporate regulation of cognition, motivation, and metacognition [7]. SRL competencies are important in learning and achievement, including in math learning and achievement [2]. An important first step to support the development of SRL competencies is assessment, and thus, assessment tools are needed.

In the presentation I first introduce the web-based tool that is used in Estonia for assessing students' SRL indicators from three – motivational, cognitive, and metacognitive – areas [4; 5]. It is a standardized and normed web-based tool for primary (starting from Grade 2) and middle school [4]. The tool was developed to help teachers in assessing and supporting students' SRL competence. It allows teachers to get immediate feedback about each student's and the entire class's SRL indicators in the form of SRL profiles (i.e., the level of each indicator compared to collected class-level norms). It assesses SRL on global level by measuring students' competencies with specific tasks [1; 6] and questionnaires with Likert-type scales [8].

In the second part of the presentation I show the results of an explorative study that examined how motivational, cognitive, and metacognitive SRL indicators assessed in Grade 2 jointly predict students' math skills five years later, in Grade 7.

The sample comprised 313 students who completed SRL test in Grade 2 and the math national test in Grade 7. SRL competencies were assessed in fall of 2017, and math skills in fall of 2023. The tasks were designed to assess three areas of SRL: motivation (mindset, autonomous and controlled motivation, persistence), cognition (scientific and heterogeneous thinking, attention, working memory, using learning strategies), and metacognition (valuing effective learning strategies) [5]. The selection of indicators was based on theory and earlier studies. Due to the need to develop the tool for the entire basic school period, we took a developmental perspective and accounted for young students' limited cognitive and metacognitive skills [3]. Math test included 48 tasks, of which 23 tasks assessed factual and procedural knowledge and 25 conceptual knowledge. Hierarchical linear regression analyses with the stepwise method were conducted to examine which SRL indicators predict Grade 7 test scores.

It was found that math factual/procedural knowledge test scores in Grade 7 were predicted by two variables from the cognition area (attention, heterogeneous thinking), three from motivation (mindset, self-efficacy, wish to proceed) and one from metacognition (valuing association strategies) [$F(6, 311) = 10.368, p < 0.001, R = 0.412, R^2_{\text{adjusted}} = 0.153$]. Math conceptual knowledge test scores were predicted by two variables from the cognition area (attention, scientific thinking) and one from motivation (self-efficacy) [$F(3, 311) = 9.271, p < 0.001, R = 0.288, R^2_{\text{adjusted}} = 0.074$]. The findings are discussed in relation to students' developmental level and cognitive demands of different academic areas.

References

1. Bråten I., Samuelstuen M. S. Measuring strategic processing: comparing task-specific self-reports to traces. *Metacognition and Learning*, 2. 2007. P. 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11409-007-9004-y>
2. Dent A. L., Koenka A. C. The Relation Between Self-Regulated Learning and Academic Achievement Across Childhood and Adolescence: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 28. 2016. P. 425–474. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9320-8>
3. Hoyle R. H., Dent A. L. Developmental trajectories of skills and abilities relevant for self-regulation of learning and performance. In D. H. Schunk, & J. A. Greene (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance*. 2018. (2nd ed., P. 49–63). Routledge

4. Kikas E. (Ed.) *Arvutipõhised hindamisvahendid õpi-, suhtlus- ja nesemääratluspädevuse hindamiseks põhikooli I ja II kooliastmes. Juhendid testide läbiviimiseks ja tulemuste interpreteerimiseks* (Web-based tools for assessing learning, social, and self-management competences in first two stages in basic school. Manual for Applying the Test and Interpreting Results). 2018. Available online: <https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=88477644>
 5. Kikas E., Eisenschmidt E., Granström M. Conceptualisation of learning to learn competence and the challenges of implementation: The Estonian experience. *European Journal of Education*, 58. 2023. P. 498–509. <https://doi.org/10.1111/ejed.12571>
 6. Kikas E., Jõgi A.-L. Assessment of learning strategies: self-report questionnaire or learning task. *European Journal of Psychology of Education*, 31. 2016, P. 579–593. <https://doi.org/10.1007/s10212-015-0276-3>
 7. Panadero E. A Review of Self-regulated Learning: Six Models and Four Directions for Research. *Frontiers Psychology*, 8. 2017. P. 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
 8. Panadero E., Klug J., Järvelä S. Third wave of measurement in the self-regulated learning field: when measurement and intervention come hand in hand. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 60. 2016. P. s723–735. <https://doi.org/10.1080/00313831.2015.1066436>
-
-

Liubov Tiutiun¹, Cand. Sc.

Olena Kosovets², Cand. Sc.

Olena Soia³, Cand. Sc.

Mariana Kovtoniuk⁴, Dr. Sc.

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: tiutiun.la@vspu.edu.ua

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: kosovets.op@vspu.edu.ua

³Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: soia.om@vspu.edu.ua

⁴Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: kovtonyukmm@vspu.edu.ua

MATHEMATICAL LANDSCAPE PARKS AS AN ENVIRONMENT FOR MODELING RESEARCH PROJECTS, SCIENTIFIC RESEARCH AND POPULARIZATION OF MATHEMATICS

Abstract. The study is devoted to the problems of creating and functioning of a landscape mathematical park as an environment for modeling research projects, scientific research, and popularization of mathematics. Mathematical parks are seen as unique spaces that combine scientific knowledge with aesthetic aspects, transforming mathematical concepts into interactive exhibits and art objects. The authors' idea allows to harmoniously combine the past and the present: to visualize the outstanding achievements of mathematics by means of modern achievements in the use of digital technologies in education.

Key words and phrases: mathematical park, landscape mathematical park, mathematical modeling, scientific research, 3D modeling, 3D printing, popularization of mathematics.

Роль математики в житті кожної людини, безумовно, колосальна. Вона в усі часи мала незаперечне культурне й практичне значення, її роль у технічному й економічному розвитку суспільства важко переоцінити. Сьогодні кожний має усвідомлювати, що математика є ефективним інструментом моделювання й дослідження процесів і явищ навколишньої дійсності, базовим компонентом загальної та професійної освіти сучасної людини, дієвим засобом розвитку мислення, просторової уяви, наукового світогляду особистості, невіддільною частиною загальнолюдської культури. Якісна математична освіта є необхідною умовою успішного опанування цілою низкою важливих для економіки та суспільства спеціальностей. Результати національного

мультимедійного тесту в Україні [9] та Programme for International Student Assessment (PISA) [12] свідчать про наявність проблем у математичній освіті багатьох розвинених країн. Актуальності цій проблемі додають різні зовнішні чинники: епідемії світового масштабу, збройні конфлікти, екологічні та економічні негаразди. Тому науковці та викладачі в освітніх системах держав вчаться швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища, зокрема, це організація навчального процесу в дистанційному та змішаному форматах із застосуванням цифрових технологій та віртуальних інтерактивних можливостей для представлення різноманітного навчального контенту.

В освітньому просторі підготовки бакалаврів і магістрів математики та інформатики звернемо увагу на формування й створення так званого математичного парку, що гармонійно поєднує природну або віртуальну територію з підготовленою інфраструктурою, на якій демонструється зв'язок математики з природою та суспільством. Головна мета створення математичного парку – показати, що математика є основою закономірностей природи та суспільства, викликати не лише позитивні емоції відвідувачів, захват, подив і насолоду від математичних об'єктів, а й бажання вивчати математику. Математичний парк розділимо на дві взаємопов'язані частини: ландшафтний математичний парк і віртуальний освітній математичний парк. [4; 5]

Низка розвинених країн приділяє значну увагу популяризації математики, зокрема створенню так званих наукових парків. Серед наукових парків виділимо математичні парки як дивовижні місця для прогулянок, де наука переплітається з мистецтвом і природою. Серед найвідоміших і найвідвідуваніших парків є – Науковий центр Онтаріо в Торонто [10], Національний музей математики (MoMath) у Нью-Йорку [8], Партисипативний музей «Не торкатися заборонено» в Буенос-Айресі [11], Чиказький дитячий музей на озері Мічиган [3], Музей математики в Приверно [1], Сад Архімеда:

Музей математики у Флоренції [2], Математичний центр Математикум у Гіссені [6], математичний парк, створений на честь відомого математика Шрініваса Рамануджана в Індії [14], Перший державний «Музей науки» Малої академії наук України в Києві [13], Музей математики в Києві [7].

Сучасні технології відкривають нові можливості для навчання та популяризації науки. Яскравим прикладом такої доступності є віртуальні екскурсії математичними парками. Студенти з різних куточків світу можуть одночасно відвідати найвідоміші математичні парки, не витрачаючи кошти на подорожі та проживання. Крім того, віртуальні екскурсії можна проводити в будь-який зручний час, що забезпечує індивідуалізацію освітнього процесу. Відвідувачі віртуальних екскурсій занурюються у світ математики, не виходячи з дому. Завдяки інтерактивним елементам, таким як 3D-моделі, панорамні знімки та відео, студенти можуть візуалізувати складні математичні концепції та побачити, як вони втілюються в реальні об'єкти. Це сприяє глибшому розумінню матеріалу та підвищує мотивацію до навчання математики. Інтерактивні елементи віртуальних екскурсій роблять навчання цікавішим та ефективнішим. Студенти можуть самостійно досліджувати експонати, відповідати на запитання та виконувати завдання, що сприяє розвитку їхнього критичного мислення, творчих здібностей та навичок самостійної роботи. Віртуальні екскурсії математичними парками також є потужним інструментом для популяризації науки. Вони демонструють, що математика – це не лише сукупність абстрактних формул, а й прекрасне мистецтво, яке оточує нас у повсякденному житті. Це допомагає подолати стереотипи про математику як складну і нудну науку.

Авторами досліджено специфіку використання ландшафтного математичного парку в процесі підготовки бакалаврів математики та інформатики. Такі парки сприяють не лише формуванню математичної культури майбутніх фахівців, а й розвитку ключових компетентностей, зокрема

здатності до самостійного навчання, ефективного використання знань, а також умінь працювати із системами комп'ютерної математики, програмним забезпеченням для опрацювання 3D-графіки. Це, своєю чергою, підвищує ефективність освіти, самоосвіти та професійної діяльності фахівців. Вважаємо доцільним у підготовці бакалаврів математики та інформатики створення в університетах ландшафтних математичних парків мініатюр із аналітичної й диференціальної геометрії і топології, математичного та функціонального аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, алгебри і теорії чисел, комп'ютерної математики, тривимірного моделювання тощо. Адже тут є великі можливості для математичного моделювання та навчально-дослідницької діяльності студентів, зокрема, моделювання тіл у просторі, обчислення площ поверхонь, об'ємів, маси тіла, центру маси тіла та інших фізичних величин. Упродовж навчання студент може формувати власний банк ліній і поверхонь та переглянути за необхідності створені демонстрації.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у створенні віртуального освітнього математичного парку як платформи для математичного моделювання, наукових досліджень; у спорудженні на території університету ландшафтного математичного парку мініатюр, надрукованих на 3D-принтері, та його інформаційному супроводі; дослідженні впливу участі студентів у роботі віртуальних лабораторій на формування їхньої математичної, інформатичної та педагогічної культури.

References

1. A Museum for Mathematics in Priverno. URL: <https://www.museomatematicapriverno.it>
2. Archimedes Garden: A Museum of Mathematics. URL: <http://web.math.unifi.it/archimede>
3. Chicago children's museum. URL: <https://www.chicagochildrensmuseum.org>
4. Kovtoniuk, M. M., Soia, O. M., Kosovets, O. P., Tiutun, L. A. Virtual mathematical educational park as an intellectual resource of the university. *Actual problems of physics, mathematics, computer science and methods of their teaching: materials of the All-Ukrainian scientific and practical Internet conference*. Kyiv. 2023. P. 188–193 (in Ukrainian).

5. Kovtoniuk, M.M., Kosovets, O.P., Soia, O.M., Tyutyun, L.A. Virtual learning environments: major trends in the use of modern digital technologies in higher education institutions. *Educational Technology Quarterly*. 2022. P. 183–202.
 6. Mathematical center Mathematikum in the city of Giessen. URL: <https://www.mathematikum.de>
 7. Museum of Mathematics «Cuboid». URL: <https://mathmuseum.com.ua/>
 8. National Museum of Mathematics (MoMath). URL: <https://momath.org>
 9. NMT-2024: an official report on the results of the conduct | Ukrainian Center for Educational Quality Assessment. (n.d.). Ukrainian Center for Educational Quality Assessment. URL: <https://testportal.gov.ua/nmt-2024-ofitsijnyj-zvit-za-rezultatamy-provedennya/>
 10. Ontario Science Center. URL: <https://www.ontariosciencecentre.ca>
 11. Participatory Museum Do Not Touch Forbidden. URL: <https://www.mpc.org.ar/home.htm>
 12. PISA-2022: Ukraine in the spotlight: summary of the 2024 research. Ukrainian Center for Educational Quality Assessment. URL: https://pisa.testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2024/12/PISA_2022_Ukrayina_v_czentri_uvagy_Rezyume_doslidzhen_2024_sajt_novyj.pdf
 13. The first state «Science Museum» of the Small Academy of Sciences of Ukraine in Kyiv. URL: <https://sciencemuseum.com.ua>
 14. Virtual Ramanujan Math Park. URL: <https://imath.iiitb.ac.in/ramanujan-math-park>
-

Kaja Mädamürk, Ph. D.

School of Natural Sciences and Health, Tallinn University, Tallinn, Estonia

e-mail: kaja.madamurk@tlu.ee

ASSESSMENT OF MATH COMPETENCE IN ESTONIA

Abstract. Math competence definitions often include math-specific knowledge and skills, and an understanding of how to implement these skills. Still, many assessment tools leave out assessment of the knowledge about the field in which math is used, as well as how to apply math in a specific field. In Estonia, we aim to assess all components of math competence to better understand students' math skills development.

Keywords and phrases: Math competence, assessment tools, development of math skills, middle school.

Based on the Programme for International Student Assessment [2], mathematical literacy, i.e., math competence, is an individual's capacity to reason mathematically and to formulate, employ, and interpret mathematics to solve problems in a variety of real-world contexts. It includes concepts, procedures, facts, and tools to describe, explain, and predict phenomena. It helps individuals know the role that mathematics plays in the world and make well-founded judgments and decisions needed by constructive, engaged, and reflective 21st-century citizens. In Estonia, a similar definition is used to describe math competence - the ability to comprehend and apply mathematical concepts and procedures to achieve one's goals, develop one's abilities and knowledge, and participate actively in society [3].

Thus, math competence includes math-specific knowledge and skills (e.g., conceptual and procedural knowledge and skills), motivation to study and implement these skills, but also knowledge about the field in which math is used as well as how to apply math in a specific field. Math tests usually assess only math-specific skills and math-related motivation, but often neglect to assess the respondents' understanding of the context of the math tasks. For example, people may have excellent math skills, but if they are put in a situation where they have to buy an appropriate quantity of carpentry products, they struggle to do so because they do not have enough knowledge regarding the context of the task [1].

In this presentation, I will introduce the Estonian math competence framework, assessment tools for middle school, and some of the results of the studies conducted in Estonia regarding math competence (for further information, see: <https://www.tlu.ee/en/lti/research/math-competence-studies>).

References

1. Diego-Mantecón J. M., Haro E., Blanco T. F., Romo-Vázquez A. The chimera of the competency-based approach to teaching mathematics: A study of carpentry purchases for home projects. *Educational Studies in Mathematics*. 2021. Vol. 107. No 2. P. 339–357. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10032-5>
 2. PISA 2022: *Mathematics Framework*. (n.d.). <https://pisa2022-maths.oecd.org/ca/index.html#What-is-Mathematical-Literacy>
 3. Toomela A., Mädamürk K., Soodla P., Härma E. Arvutipõhised hindamisvahendid lugemis- ja matemaatikapädevuse hindamiseks põhikooli I ja II kooliastmes. *Juhendid testide läbiviimiseks ja tulemuste interpreteerimiseks*. 2020. <https://harno.ee/uldpadevustestid#lugemispadevustest>
-
-

Volodymyr Mykhalevych¹, Dr. Sc.

Oksana Tiutiunyk², Cand. Sc.

Yurii Dobraniuk³, Cand. Sc.

¹Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: mykhalevych@vntu.edu.ua

²Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: tutunnik.oksana@gmail.com

³Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: dobranukyuriy@gmail.com

SPECIFIC FEATURES OF REDUCING A VARIATIONAL PROBLEM OF HEREDITARY DAMAGE THEORY TO A NONLINEAR PROGRAMMING TASK

Abstract. A hereditary-type model of fracture plastic strains is considered, which includes an integral dependence of the accumulated plastic strain on the strain rate intensity. It is shown that this dependence significantly enhances the theoretical and practical value of the proposed model compared to its prototype — the classical long-term strength model.

Key words and phrases: hereditary-type model, strain rate intensity, accumulated plastic strain, variational problem, nonlinear programming problem, weighted sequence spaces.

Класичною є задача тривалої міцності, що базується на інтегральному представленні спадкового типу [2, 3]

$$\int_0^{t_f} \varphi(t_f - \tau) \cdot \sigma_i(\tau) \cdot d\tau = 1 \quad (1.1)$$

де t, τ - час; $\varphi(t)$ – функція пам'яті; σ_i - інтенсивність напружень; t_f - час до руйнування матеріалу за умови, що інтенсивність напружень змінюється за законом $\sigma_i = \sigma_i(t)$.

Функція пам'яті відзеркалює властивість «забування» матеріалом величини приросту пошкодження в момент часу τ по мірі віддалення від цього моменту.

В лінійній моделі функція пам'яті повністю визначається залежністю часу до руйнування від величини інтенсивності напружень за умови стаціонарного навантаження $\sigma_i(t) = (\sigma_i)_k = \text{const}$.

Модель тривалої міцності є прототипом моделі граничних пластичних деформацій, що досліджувалась, зокрема, в [4, 5, 6]

$$\psi(t) = \frac{n}{g^n} \int_0^t (t-\tau)^{n-1} \cdot \dot{\varepsilon}_i(\tau) \cdot d\tau < 1, \quad t \in (0, t_f) \quad (1.2)$$

$$\psi(t_f) = 1 \quad (1.3)$$

де $\dot{\varepsilon}_i$ - інтенсивність швидкостей деформацій; n, g - параметри залежності накопиченої пластичної деформації до руйнування $e_f = e(t_f)$ від інтенсивності швидкостей деформації при стаціонарному деформуванні $\dot{\varepsilon}_i(t) = (\dot{\varepsilon}_i)_k = \text{const}$;

$$e(t) = \int_0^t \dot{\varepsilon}_i(\tau) \cdot d\tau \quad (1.4)$$

В прикладних задачах обробки матеріалів пластичним деформуванням важливо знаходити режими деформування, що відповідають підвищеним значенням e_f . Звідси виникає варіаційна задача ізопериметричного типу: визначити функцію $\dot{\varepsilon}_i = \dot{\varepsilon}_i(t)$, що задовольняє інтегральну умову (1.3) та доставляє максимум функціоналу $e_f = e(t_f) \rightarrow \max$.

Загалом розв'язок цієї задачі не існує. Однак для окремих класів функцій $\dot{\varepsilon}_i = \dot{\varepsilon}_i(t)$ варіаційну задачу ізопериметричного типу можна звести до задачі нелінійного програмування.

Авторами [4] під час пошуку найбільшого значення накопиченої деформації при лінійних дволанкових траєкторіях деформування трикутноподібного виду показано, що розв'язок задачі призводить до траєкторії, яка є недопустимою за умови врахування нерівності (1.2). Необхідність врахування цієї умови дещо ускладнює пошук розв'язку порівняно з класичною варіаційною задачею ізопериметричного типу.

Доведено, що для деякого класа функцій достатню умову порушення нерівності (1.2) можна записати у вигляді

$$\lim_{t \rightarrow t_f - 0} \psi'(t) < 0, \quad (0 < n < 1)$$

Зауважимо, що прикладне значення сформульованих і досліджених оптимізаційних задач полягає не лише у визначенні граничних пластичних деформацій, а й у ширшому спектрі застосувань, зокрема для моделювання витрачання ресурсу спортсмена під час подолання дистанції.

Отже, наявність співвідношення (1.4) робить моделі граничних пластичних деформацій набагато цікавішими, як в теоретичному, так і в прикладному аспекті.

References

1. Mikhalevich, V.M. Tensor models of rupture strength. Report no. 1. *Steady loading of initially isotropic and anisotropic bodies*. Strength Mater 27, 1995. P. 482-492. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02209347>
2. Mykhalevych, V. M. Tenzorni modeli nakopychennia poshkodzhen. "UNIVERSUM-Vinnytsia", Vinnytsia, 1998.
3. Mikhalevich, V. M., & Abramchuk, I. V. Maximum Accumulated Strain for Linear Two-Link Triangle-Like Deformation Trajectories. *International Applied Mechanics* 57(6), 2021, P. 720–736. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10778-022-01121-w>.
4. Kraievskiy, V. O., & Mykhalevych, V. M. Optimisation of the speed regime of multistage hot deformation at the same duration of stages. *Bulletin of Donetsk National University. Ser: Natural Sciences*. 2015, № 1-2, С. 46-52 (in Ukrainian).
5. Kraievskiy, V. O., Mykhalevych, V. M., Sawicki, D., & Ostapenko, O. Modeling of the materials superplasticity based on damage summation theory. *Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, 2018, 108084S (1 October 2018). DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2501489>

Triinu Kilp-Kabel, M. A.
Tallinn University, Tallinn, Estonia
e-mail: triinu.kilp-kabel@tlu.ee

ESTONIAN GRADE NINE NATIONAL MATH EXAM RESULTS: ITS RELATIONSHIP WITH INTEREST AND NOVEL MATH SKILLS

Abstract: Students are expected to achieve a certain level of math competence by the end of middle school. Students' math achievement is also assessed using a school-leaving national exam at the end of grade nine. There are also math skills which are more novel and not taught in schools as much, which may be significant for students' math achievement. Thus, the current study aims to elaborate on how students' novel skills and math interest relate to their national math exam results.

Key words and phrases: school mathematics, math competence, spontaneous focusing on quantitative relations, interest in math

Theoretical background

Students are expected to achieve a certain level of math competence in school, which in Estonia is assessed by, for example, a national school leaving exam at the end of grade nine. Learning math is often cumulative, i.e. new knowledge is built upon prior knowledge [1]. Thus, students who struggle with math early on may continue to struggle with it. There can; however, be more novel math skills which also relate to math achievement. More specifically, this study focuses on students' spontaneous focusing on quantitative relations [5], i.e. the describing of quantitative relations between two or more quantities, which has been found to predict math skills [6]. In addition to SFOR, another task has been used to assess whether the students can describe the multiplicative relations without the need to spontaneously focus on them [4]. These tasks can be referred to as the guided use of multiplicative relations, where students are explicitly guided to describe these relations using fill in the blank types of tasks.

Aside from different math-related skills, achievement motivation also relates to students' learning behaviours and, thus, also to math achievement [2]. Interest in math, i.e. the enjoyment a student gains from math-related tasks and activities [8], has

been previously found to predict end-of-year math grades [3]. However, longitudinal studies have highlighted that interest in math may not predict later achievement [7]. Therefore, students who enjoy math-related tasks are likely to do well in math assessments. However, the results may not be longitudinal.

The aim of the current study is to find out how students' math competence, assessed using SFOR tasks, the guided use of multiplicative relations, novel word problems showing math competence, and an interest in math in grade six relate to each other. Also, how do these skills and an interest in math in grade six predict grade nine math exam results, and are there gender differences in math skills and/or an interest in math?

Methodology

The subjects in the study were Estonian students ($n = 1062$, 51% male) from 56 schools who completed a computer-based language and math competence assessment in grade six during the 2019/2020 school year as well as a national school leaving math paper exam at the end of grade nine during the 2022/2023 school year.

There were four SFOR items in grade six, and a sum score of SFOR was calculated for all items. These allowed the students to describe quantitative relations but did not explicitly instruct them to do so. A description was given a SFOR point if the student described the quantitative relation, for example, "twice as many", "one third of the plate", etc. If a student described only the quantity, for example, "eight blue balloons", or described the items with only "more/less than" without referencing the quantity, it was not given a SFOR point. The items assessing the guided use of multiplicative relations used the same pictures shown in the SFOR items [4]. Students were explicitly guided to focus on quantitative relations as they were instructed to fill in blanks in a text regarding those pictures. Students' interest in math was assessed using a self-report questionnaire based on the expectancy-value theory [8], which consisted of three statements, for example, "I enjoy calculation and math-related

tasks”. Math competence tasks were word problem tasks about simulated real life situations, which included additional information.

Results

The results of the study showed that all assessed variables had either small or moderate positive correlations. Additionally, prior math competence, an interest in math, and the guided use of multiplicative relations predicted students’ grade nine math exam results. SFOR, however, did not. There were gender differences in math competence, SFOR, the guided use of multiplicative relations, and the math exam results, with girls achieving higher results than boys. Girls have also consistently performed better in the national math exam results at the end of grade nine. There was, however, no gender difference in an interest in math.

Conclusion

In conclusion, the current study highlights some important aspects related to math achievement. First, students’ results regarding more novel skills years before the national exam can already predict their potential of doing well at the national exams. Secondly, some gender differences in math achievement remain. Thus, future research should focus on finding the additional variables that relate to the persistence of gender differences as well as the developmental trajectories of both math achievement and math motivation to find the most effective ways to support students.

References

1. Baroody J. The development of counting strategies for single-digit addition. *Journal for Research in Mathematics Education*. 1987. Vol. 18. No 2. P. 141–157. <https://doi.org/10.2307/749248>
2. Fisher P. H., DobbsOates J., Doctoroff, G. L., Arnold D. H. Early math interest and the development of math skills. *Journal of Educational Psychology*. 2012. Vol. 104. No 3, P. 673. <https://doi.org/10.1037/a0027756>
3. Fomina T., Morosanova V. Self-regulation, math self-efficacy, math interest and mathematics achievement. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*. 2017. Vol. 4. No 6, P. 33–40.
4. Halme H., Trezise K., Hannula-Sormunen M. M., McMullen J. Characterizing mathematics anxiety and its relation to performance in routine and adaptive tasks. *Journal of Numerical Cognition*. 2022. Vol. 8. No 3. P. 414–429. <https://doi.org/10.5964/jnc.7675>
5. McMullen J., Hannula-Sormunen M. M., Laakkonen E., Lehtinen E. Spontaneous focusing on quantitative relations as a predictor of the development of rational number conceptual

- knowledge. *Journal of Educational Psychology*. 2016. Vol. 108. No 6. P. 857–868. <https://doi.org/10.1037/edu0000094>
6. McMullen J., Hannula-Sormunen M. M., Lehtinen E. Spontaneous focusing on quantitative relations as a predictor of rational number and algebra knowledge. *Contemporary Educational Psychology*. 2017. Vol. 51. P. 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.09.007>
 7. Petersen J. L., Hyde J. S. Trajectories of self-perceived math ability, utility value and interest across middle school as predictors of high school math performance. *Educational Psychology*. 2015. Vol. 37. No 4, P. 438–456. <https://doi.org/10.1080/01443410.2015.1076765>
 8. Wigfield A., Eccles J. S. 35 years of research on students' subjective task values and motivation: A look back and a look forward. *Advances in Motivation Science*. 2020. Vol. 7. P. 161–198. <https://doi.org/10.1016/bs.adms.2019.05.002>
-
-

Serhii Bak¹, Dr. Sc.

Halyna Kovtoniuk², Cand. Sc.

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: sergiy.bak@vspu.edu.ua

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: kovtonyukgm@vspu.edu.ua

ON TRAVELING WAVES IN FERMI–PASTA–ULAM-TYPE SYSTEMS WITH NONLOCAL INTERACTION ON A 2D-LATTICE

Abstract. We consider the Fermi–Pasta–Ulam-type systems that describe an infinite systems of particles with nonlocal interaction on a two dimensional lattice. The main result concerns the existence of periodic and solitary traveling waves solutions. By means of critical point theory, sufficient conditions for the existence of such solutions are obtained.

Key words and phrases: traveling waves, Fermi–Pasta–Ulam-type systems, 2D-lattice, critical point theory.

Discrete infinite-dimensional Hamiltonian systems are widely used for modeling complex quantum phenomena. Such systems include, in particular, infinite systems of nonlinear oscillators, discrete sine–Gordon-type equations, and Fermi–Pasta–Ulam-type systems. Such systems are of interest in view of numerous applications in physics. Among the solutions of such systems, traveling waves deserve special attention.

We study the Fermi–Pasta–Ulam-type system that describes an infinite system of nonlinearly coupled particles on a two dimensional lattice with nonlocal interaction, i.e., each particle interacts with l neighbors horizontally and vertically on each side. The equations of motion of the system considered are of the form

$$\ddot{q}_{n,m}(t) = \sum_{j=1}^l \left[W'_{1j} \left(q_{n+j,m}(t) - q_{n,m}(t) \right) - W'_{1j} \left(q_{n,m}(t) - q_{n-j,m}(t) \right) + \right. \\ \left. + W'_{2j} \left(q_{n,m+j}(t) - q_{n,m}(t) \right) - W'_{2j} \left(q_{n,m}(t) - q_{n,m-j}(t) \right) \right], (n,m) \in \mathbb{Z}^2, \quad (1)$$

where $q_{n,m}(t)$ is the coordinate of the (n,m) -th particle at time t ,

$W_{1j}, W_{2j} \in C^1(\mathbb{R}; \mathbb{R})$ are the potentials of interaction ($j = 1, 2, \dots, l$).

In contrast to the previous results (see [1–6]), we study the Fermi–Pasta–Ulam-type systems with nonlocal interaction.

A traveling wave solution of Eq. (1) is a function of the form

$$q_{n,m}(t) = u(n \cos \varphi + m \sin \varphi - ct), \quad (2)$$

where the profile function $u(s)$ of the wave, or simply profile, satisfies the equation

$$\begin{aligned} c^2 u''(s) = \sum_{j=1}^l & \left[W'_{1j}(u(s + j \cos \varphi) - u(s)) - W'_{1j}(u(s) - u(s - j \cos \varphi)) + \right. \\ & \left. + W'_{2j}(u(s + j \sin \varphi) - u(s)) + W'_{2j}(u(s) - u(s - j \sin \varphi)) \right], \end{aligned} \quad (3)$$

where $s = n \cos \varphi + m \sin \varphi - ct$.

In what follows, a solution of Eq. (3) is understood as a function $u(s)$ from the space $C^2(\mathbb{R}; \mathbb{R})$ satisfying Eq. (3) for all $s \in \mathbb{R}$.

We consider two types of solutions: periodic and solitary traveling waves. In the first case profile satisfies the following condition

$$u'(s + 2k) = u'(s), \quad (4)$$

where $k > 0$ is a real number, i.e., the velocity profile $u'(s)$ is periodic. Note that the profile of such wave is not necessarily periodic. In the second case profile satisfies the following condition

$$\lim_{s \rightarrow \pm\infty} u'(s) = u'(\pm\infty) = 0, \quad (5)$$

i.e., the velocity profile $u'(s)$ vanishes at infinity.

We assume that

(i)

$$\begin{aligned} W_{ij}(r) = \frac{c_{ij}^2}{2} r^2 + f_{ij}(r), \text{ where } c_{ij} \in \mathbb{R}, f_{ij} \in C^1(\mathbb{R}; \mathbb{R}), f_{ij}(0) = f'_{ij}(0) = 0 \text{ and} \\ f'_{ij}(r) = o(r) \text{ as } r \rightarrow 0, i = 1, 2, j = 1, 2, \dots, l; \end{aligned}$$

(ii) all functions $f_{ij}(r)$, $i = 1, 2$, $j = 1, 2, \dots, l$, are nonnegative, and there exists l_0 such that

$$\lim_{r \rightarrow \pm\infty} \frac{f'_{il_0}(r)}{r^2} = +\infty;$$

In addition, if $T := 2k$ is an integer period and $\varphi \equiv 0, \pi/2 \pmod{\pi}$ ($\varphi = \pi n$ or $\varphi = \pi/2 + \pi n$ for any fixed $n \in \mathbb{Z}$), then we assume that $l_0 = 1$;

(iii) all functions $|r|^{-1} f'_{ij}(r)$, $i = 1, 2$, $j = 1, 2, \dots, l$, are nondecreasing, and there exists l_0 such that $|r|^{-1} f'_{il_0}(r)$ are strictly increasing.

An important role is played by the quantity defined by the equality

$$c_0 = c_0(\varphi) := \sqrt{\sum_{j=1}^l (c_{1j}^2 \cos^2 \varphi + c_{2j}^2 \sin^2 \varphi) j^2}.$$

Let E_k be the Hilbert space defined by

$$E_k = \{u \in H_{loc}^1(\mathbb{R}) : u'(s + 2k) = u'(s), u(0) = 0\}$$

with the scalar product

$$(u, v)_k = \int_{-k}^k u'(s) v'(s) ds.$$

On E_k we introduce the functional

$$J_k(u) = \int_{-k}^k \left[\frac{c^2}{2} (u'(s))^2 - \sum_{j=1}^l (W_{1j}(A_j^+ u(s)) + W_{2j}(B_j^+ u(s))) \right] ds,$$

where $(A_j^+ u)(s) := u(s + j \cos \varphi) - u(s)$, $(B_j^+ u)(s) := u(s + j \sin \varphi) - u(s)$.

The critical points of the functional J_k are solutions of Eq. (3) satisfying (4).

We obtain sufficient conditions for the existence of such solutions with the aid of critical point method and a suitable version of the Mountain Pass Theorem for functionals satisfying the Cerami condition instead of the Palais–Smale condition. We prove that under natural assumptions there exist monotone traveling waves with the speed $c > c_0$, i.e., there exist subsonic traveling waves.

Theorem 1 ([7]). Assume (i) – (iii), $c > c_0$ and $\varphi \in \left[\pi n, \frac{\pi}{2} + \pi n \right]$ for any fixed $n \in \mathbb{Z}$.

Then there exists $T_0 \geq l$ such that for every $T := 2k \geq T_0$ Eq. (3) has a nonconstant nondecreasing and nonincreasing solutions satisfying (4).

Now we replace conditions (ii) and (iii) with the condition

(iv) there exists $\mu > 2$ such that $0 \leq \mu f_{ij}(r) \leq r f'_{ij}(r)$ for $r \neq 0$, $i = 1, 2$, $j = 1, 2, \dots, l$.

In the next theorem we obtain the existence of traveling waves with the speed $0 < c \leq c_0$, i.e., the existence of subsonic traveling waves with the aid of the Linking Theorem instead of the Mountain Pass Theorem.

Theorem 2 ([8]). Assume (i) and (iv). Then for every $c \in (0, c_0]$ Eq. (3) has a nonconstant solution satisfying (4).

Let E be the Hilbert space defined by

$$E = \{u \in H^1_{loc}(\mathbb{R}) : u' \in L^2(\mathbb{R}), u(0) = 0\}$$

with the scalar product

$$(u, v) = \int_{-\infty}^{+\infty} u'(s)v'(s)ds.$$

On E we introduce the functional

$$J(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{c^2}{2} (u'(s))^2 - \sum_{j=1}^l \left(W_{1j} (A_j^+ u(s)) + W_{2j} (B_j^+ u(s)) \right) \right] ds.$$

Any critical point of the functional J is a solution of Eq. (3) satisfying (5). In a sense, the case of solitary waves is a limit case of the periodic waves. Therefore, solitary waves were constructed by considering the critical points of the functional J_k and then passing to the limit as $k \rightarrow \infty$.

Theorem 3 ([9]). Assume (i) – (iii), $c > c_0$ and $\varphi \in \left[\pi n, \frac{\pi}{2} + \pi n \right]$ for any fixed $n \in \mathbb{Z}$.

Then Eq. (3) has a nonconstant nondecreasing and nonincreasing solutions satisfying (5).

References

1. Butt I. A., Wattis J. A. D. Discrete breathers in a two dimensional Fermi–Pasta–Ulam lattice. *J. Phys. A. Math. Gen.* 2006. Vol. 39. P. 4955–4984.
 2. Fečkan M., Rothos V. Traveling waves in Hamiltonian systems on 2D lattices with nearest neighbour interactions. *Nonlinearity*. 2007. Vol. 20. P. 319–341.
 3. Bak S. M., Kovtonyuk G. M. Existence of solitary traveling waves in Fermi–Pasta–Ulam system on 2D lattice. *Mat. Stud.* 2018. Vol. 50, № 1. P.75–87.
 4. Bak S. M., Kovtonyuk G. M. Existence of traveling waves in Fermi–Pasta–Ulam-type systems on 2D-lattice. *J. Math. Sci.* 2021. Vol. 252, № 4 (January). P. 453–462.
 5. Bak S. M., Kovtonyuk G. M. Existence of periodic traveling waves in Fermi–Pasta–Ulam type systems on 2D-lattice with saturable nonlinearities. *J. Math. Sci.* 2022. Vol. 260, № 5 (February). P. 619–629.
 6. Bak S. M., Kovtonyuk G. M. Existence of traveling solitary waves in Fermi–Pasta–Ulam-type systems on 2D-lattice with saturable nonlinearities. *J. Math. Sci.* 2023. Vol. 270, № 3 (February). P. 397–406.
 7. Bak S. M., Kovtonyuk G. M. Periodic traveling waves in Fermi-Pasta-Ulam-type systems with nonlocal interaction on 2d-lattice. *Mat. Stud.* 2023. Vol. 60, № 2. P. 180–190.
 8. Bak S. M., Kovtoniuk H. M. Subsonic periodic traveling waves in Fermi–Pasta–Ulam type systems with nonlocal interaction on 2D-lattice. *Mat. Stud.* 2024. Vol. 62, № 2. P. 184–191.
 9. Bak S. M., Kovtonyuk G. M. Solitary traveling waves in Fermi–Pasta–Ulam-type systems with nonlocal interaction on a 2D-lattice. *J. Math. Sci.* 2024. Vol. 282, № 1. P. 1–12.
-

Hardi Sigus, M. A.
Tallinn University, Tallinn, Estonia
e-mail: hardi.sigus@tlu.ee

REAL-LIFE LINEAR FUNCTION TASKS

Abstract. The aim of the intervention study was to enhance students' mathematical skills and motivation by using real-life linear function tasks.

Key words and phrases: linear function, real-life tasks, intervention.

One of the main goals of mathematics education is to help students use math to solve real-life problems (OECD, 2019). However, function tasks – especially linear functions – are often difficult for students because they involve understanding the relationship between two variables and two parameters (Pierce et al., 2010). Many students also struggle to see how math connects to everyday life and view it only as a school subject (Metzger et al., 2019). Research suggests that when tasks are meaningful and relevant, students are more motivated and better able to make sense of the content (Pierce & Stacey, 2006; Walkington & Bernack, 2015).

In this intervention study (spring 2024), 123 Grade 7 students (aged 13–14) from three Estonian schools learned linear functions using real-life tasks instead of traditional textbook exercises. A short student workbook and a teacher's guide were developed for the intervention, explaining why linear functions are important and how they can be used in everyday situations. The tasks were co-designed with teachers and included background information, visual graphs, and reflection questions. Students used these materials for at least three lessons and completed two homework assignments. The intervention was delivered by their regular math teachers during normal class hours.

Students completed three assessments during their math classes: a pre-intervention test (before learning linear functions), a post-test (after completing the lessons), and a delayed test (at the beginning of Grade 8, before any revision). One lesson from the intervention was also observed. One class that did not follow the

intervention procedure was excluded from the analysis. The results of the tests were compared to correct and incorrect tasks from students workbook.

Results show that using real-life tasks supported students' mathematical thinking and helped them better understand the usefulness of linear functions. The study highlights the importance of making math more meaningful to students in order to support motivation and deeper learning.

References

1. Metzger, S. R., Sonnenschein, S., & Galindo, C. (2019). Elementary-age children's conceptions about mathematics utility and their home-based mathematics engagement. *The Journal of Educational Research*, 112(4), 431–446. <https://doi.org/10.1080/00220671.2018.1547961>
 2. OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*, PISA, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
 3. Pierce, R. U., Stacey, K. C., & Bardini, C. (2010). Linear functions: Teaching strategies and students' conceptions associated with $y = mx + c$. *Pedagogies: An International Journal*, 5(3), 202–215. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2010.486151>
 4. Pierce, R. U., & Stacey, K. C. (2006). Enhancing the image of mathematics by association with simple pleasures from real world contexts. *ZDM*, 38, 214–225. <https://doi.org/10.1007/BF02652806>
 5. Walkington, C., & Bernacki, M. (2015). Students authoring personalized “algebra stories”: Problem-posing in the context of out-of-school interests. *The Journal of Mathematical Behavior*, 40, 171–191. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2015.08.001>
-

Vasyl Abramchuk¹, Cand. Sc.

Ihor Abramchuk²

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: abramchuk.doc@gmail.com

²Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: abramchuk@vntu.edu.ua

MATHEMATICAL MODELS IN DIGITAL INFORMATION CODING TASKS

Abstract. The algorithms for coding of large positive integers in different bases are developed on the basis of mathematical models, which provides protection against external influences.

Key words and phrases: mathematical models, digital information coding, multiplicative basis, Fermat's and Waring's theorem, additive decomposition.

Кодування цифрової інформації з чисел великих порядків на p розрядних комп'ютерах вимагає нових підходів до побудови алгоритмів адитивного розкладу чисел (точніше, – наближеного розкладу шляхом мінімізації нев'язки $W_i = W_{i-1} - \sum_{k=1}^m x_{k,i}^{n_i}$, $n_i \in N$, $n_i \geq 1$, показники n_i у внутрішньому циклі є постійними, а параметри $x_{k,i}$ послідовно обчислюються у різних базисах: $E_s = \{2, \dots, p_s\}$ – мультиплікативний базис із простих чисел $s > 1$; $P(a) = \{a_1, \dots, a_n\}$, $a_i \in N$ – базис з цілих додатних чисел; $T\{[b] + b\} = \{b_1, \dots, b_n\}$, $b_i \in Q$ – базис з раціональних чисел з точністю, наприклад, до десятих. Алгоритм з однією змінною у внутрішньому циклі можна використовувати для розкладу чисел помірної розмірності; алгоритм з двома змінними, запропонований у роботі [3], має найшвидшу реалізацію; алгоритм із числом змінних більшим від двох використовується для аналізу проблеми Варінга [1] при розкладі чисел великих порядків. При адитивному розкладі чисел великих порядків алгоритм мінімізації нев'язки досягає найшвидшої реалізації під час вибору у внутрішньому циклі двох змінних.

Дійсно, алгоритм мінімізації нев'язки послідовно обчислює $b_i = \sqrt[n_i]{W_{i-1}} > x_{1i} > x_{2i} > \dots$. Допустимо, що використано три змінні, тоді $w_i = b_i^{n_i} \left(1 - \left(\frac{x_{1i}}{b_i} \right)^{n_i} - \left(\frac{x_{2i}}{b_i} \right)^{n_i} - \left(\frac{x_{3i}}{b_i} \right)^{n_i} \right)$.

Для великих показників n_i , в силу похибок заокруглення, w_i мало змінить своє значення порівняно з двома параметрами x_{1i}, x_{2i} , але алгоритм значно програє у часі реалізації. Швидкість розкладу залежить від вибору базиса і мало – від числа змінних.

Матрична модель для пошуку простих чисел на відрізках великих розмірностей. У роботі [2] зроблений висновок, що криптографічні системи, які використовують розклад чисел на прості множники великих порядків, достатньо захищені, оскільки процедура розкладу є складною.

Постановка проблеми. Обґрунтування ефективності матричної моделі пошуку простих чисел та дослідження іррегулярності розподілу простих чисел.

Векторні моделі пошуку простих чисел, що обробляють послідовність натуральних чисел як масив, мають ряд недоліків: необхідно на електронних носіях зберігати всю послідовність, алгоритм просіювання підпослідовності за простими дільниками вимагає поліноміального часу реалізації, іррегулярність розподілу простих чисел у векторних моделях протирічить закономірностям. Мультиплікативному базису $E_s = \{2, 3, \dots, P_s\}$ з перших простих чисел у відповідність поставимо відрізок $[1; D_s^2]$ натуральних чисел, де $D_s = 2 \times 3 \times \dots \times p_s, s \geq 3$, який розбивається на D_s арифметичних прогресій з першими членами $1, 2, \dots, D_s$ і різницею D_s . Відрізьку $[1; D_s^2]$ відповідає матриця $A[D_s \times D_s]$ [3]. Результати досліджень: всі числа арифметичних прогресій, перші члени яких кратні елементам базису, є складеними. Після видалення таких прогресій дістанемо розріджену матрицю $B[D_s \times \varphi(D_s)]$, яка містить усі прості числа матриці A , крім базисних, $\varphi(D_s)$ – функція Ейлера [1]. Арифметичні прогресії (вектор-стовпці) розрідженої матриці B розташовані симетрично відносно стовпця $D_{s/2}$. Складені числа матриці B обчислюються за аналітичними формулами з складених чисел із дільниками перших членів

арифметичних прогресій. Процес обчислень паралельний. Арифметичні прогресії до обробки не зберігаються, достатньо знати перші члени і різницю D_s . Іррегулярність розподілу простих чисел у матричних моделях є закономірністю, що визначається першими членами арифметичних прогресій. Для обробки підпоследовності натуральних чисел, наприклад, з відрізка $[1; 1.6 \cdot 10^{97}]$ достатньо виконати 31 крок перетворень для формування вектора перших членів арифметичних прогресій (на основі вкладених базисів $E_3 \subset E_4 \subset \dots \subset E_{31}$). Таким чином, захищеність криптографічних систем, що засновані лише на розкладі чисел на прості множники є проблематичною.

Адитивна форма розкладу на основі наслідків з теорем Ферма і Варінга.

Наслідки з теореми Ферма. 1) У просторі змішаних параметрів $z, x \in N, x < z, y \in R$, нев'язка $W = z^n - x^n - y^n$ рівняння $z^n = x^n + y^n$ досягає мінімуму; 2) якщо виконується нерівність $M^n > \frac{W}{2}, M = \max\{x \in N: x^n < W\}$ для додатного числа W , то число W розкладається на суму степенів $x_{ik}^{n-k}, x_{ik} \in N, k \in \{0, 1, \dots, n-2\}$, алгоритмом мінімізації нев'язки [3] $W_i = W_{i-1} - (x_{i1}^{n-k} + x_{i2}^{n-k})$ за скінченне число кроків i .

Наслідок з теореми Варінга. При розкладі за степенями з постійними показниками може виникнути необхідність повторення основ, наприклад, $17^5 = 15^5 + 14^5 + 10^5 + 7^5 + 5^5 + 4^5 + 4^5 + 3^5 + 3^5 + 2^5 + 2^5 + 2^5 + 2^5 + 2^5 + 2^5$

Висновок. Проаналізовано розклад цілих додатних чисел великих порядків шляхом мінімізації нев'язки у різних базисах.

References

1. Borodin O. I. Theory of numbers: a textbook. Kyiv: Vyshcha Shkola, Kyiv. 370 p.
2. Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Stein K. Algorithms: construction and analysis. 3rd ed. Cambridge: The MIT Press, 2009. 1292 p.
3. Abramchuk V. S., Abramchuk I. V. Algorithm for the decomposition of integers and smooth approximation of functions, *Mathematical and computer modelling*. Series: Phys.-Math. Sci. 2022. Issue 23. P. 5–13.
4. Abramchuk V. S., Abramchuk I. V. Dual algorithm for finding prime numbers on segments of large dimensions. *Mathematical and computer modelling*. Series: Phys.-Math. Sci. 2024. Issue 25. P. 6–19.

Katrina Nurmoja, M. A.
Tallinn University, Tallinn, Estonia
e-mail: katrina.nurmoja@gmail.com

BASIC PSYCHOLOGICAL NEEDS AND CURIOSITY RELATED TO SCIENCE SUBJECTS IN ONE SCHOOL SETTING IN ESTONIA

Abstract. This study explores the relationship between basic psychological needs and curiosity within the five-dimensional curiosity framework in the context of high school science subjects in Estonia. Using an adapted version of Kashdan et al. [1] curiosity questionnaire, the aim is to examine how basic needs are associated with students' curiosity in mathematics, chemistry, and physics.

Key words and phrases: self-determination theory, psychological basic needs, curiosity, five-dimensional curiosity

The purpose of the study was to find out in the context of science subjects (mathematics, chemistry, physics) how the satisfaction of basic psychological needs is related to different sub-dimensions of curiosity among high school students. To achieve this, the five-dimensional curiosity questionnaire developed by Kashdan and colleagues [1] was adapted to the Estonian language and context. The sample consisted of 237 students from grades 10 to 12 from one school, including 132 girls and 90 boys, with an average age of 17 years ($SD = 0.91$).

Factor analysis identified five curiosity dimensions: joyful exploration, deprivation sensitivity, stress tolerance, thrill-seeking, and social curiosity. Among these, stress tolerance received the lowest scores, with boys reporting higher levels than girls. The results of this study revealed that joyful exploration (enthusiastic engagement with novel experiences and a passion for learning) and stress tolerance (capacity to navigate anxiety and embrace uncertainty) were associated with the satisfaction of basic psychological needs, supporting previous findings by Kashdan et al. [1]. Students who perceived greater suppression of their autonomy and competence needs reported lower levels of joyful exploration and stress tolerance in science subjects. In contrast, students who experienced greater autonomy support tended to report higher levels of joyful exploration. Additionally, girls were more

likely than boys to report that their need for competence was thwarted. These results suggest potential gender differences in students' self-reported curiosity and basic needs, particularly in relation to competence and stress tolerance.

The findings emphasize the importance of supporting basic psychological needs in science education, as their satisfaction promotes curiosity dimensions such as joyful exploration and stress tolerance. Neglecting these needs, however, can hinder motivation and curiosity. Future research could examine curiosity changes across different study periods, expand the sample to include multiple schools, and investigate age-related and gender differences in more depth. Furthermore, the limitations of this study should be acknowledged, particularly the reliance on a single-school sample, which may constrain the generalizability of the findings to a broader population.

References

1. Kashdan T., Disabato D., Goodman F., Mcknight P. The Five-Dimensional Curiosity Scale Revised (5DCR): Briefer subscales while separating general overt and covert social curiosity. 2019. <https://doi.org/10.31219/osf.io/pu8f3>

SECTION A

MODERN PROBLEMS OF MATHEMATICS. MODERN PROBLEMS OF COMPUTER SCIENCE. MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING

Zlata Bondarenko¹, Cand. Sc.

Svitlana Kyrylashchuk², Cand. Sc.

Vitaly Klochko³, Dr. Sc.

¹Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: bondarenko@vntu.edu.ua

²Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: ksa07750@gmail.com

³Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: vi.klochko.7@gmail.com

OPTIMIZATION OF HEATING SYSTEMS BASED ON IOT DATA ANALYSIS AND FOURIER TRANSFORM

Abstract. This paper presents a study aimed at improving the efficiency of heating systems in residential and commercial buildings. Using the methods of analyzing data obtained from IoT devices and Fourier transform, high-frequency noise was detected and eliminated, which led to unnecessary heating system activations. The operation of thermostats was optimized, which reduced heat consumption by 10-15%. The study demonstrates the effectiveness of using mathematical methods to improve the energy efficiency of heating systems.

Key words and phrases: IoT, heating systems, energy efficiency, Fourier transform, data analysis, optimization, thermostats, signal processing.

Для забезпечення комфорту в житлових і комерційних будівлях, а також для ефективного використання енергії, ключову роль відіграють системи опалення. Їхня продуктивність безпосередньо впливає на затишок приміщень і витрати на енергоносії. Щоб оптимізувати роботу цих систем, застосовуються

вимірювальні та інформаційні технології, які збирають дані та аналізують показники опалення.

Останніми роками зростає розуміння важливості точного налаштування опалювальних систем. Це дозволяє не лише створити комфортні умови, але й скоротити споживання енергії, зменшуючи негативний вплив на екологію. Вимірювальні та інформаційні системи стають незамінним інструментом для ефективного моніторингу та регулювання параметрів опалення. Розвиток технологій IoT дозволяє збирати великі обсяги даних про параметри опалювальних систем у реальному часі. Для підвищення ефективності управління такими системами необхідна обробка сигналів для видалення шуму, аналізу змінних у частотному та часовому доменах, а також прогнозування параметрів. У данному дослідженні використовувалось Фур'є-перетворення для визначення основних частотних складових змін температури в приміщенні та їх взаємозв'язку з параметрами роботи системи опалення. Це дозволило виявити періодичні коливання температури, викликані змінами зовнішніх умов та оцінити реакцію системи опалення.

Для аналізу роботи системи опалення в інтелектуальному будинку, що оснащений автоматичним клімат-контролем, було зібрано дані з датчиків температури та енергоспоживання. Протягом 30 днів кожні 10 хвилин фіксувалися показники температури всередині кожної кімнати, які потім усереднювалися для загальної оцінки клімату будівлі, а також температура зовнішнього повітря. Крім того, вимірювалося споживання теплової енергії за допомогою лічильника, встановленого в системі опалення, і рівень вологості, що дозволяло оцінити його вплив на комфорт та можливість регулювання опалення. Реєструвалися також моменти включення та виключення опалювальних пристроїв, таких як термостати та радіатори, та аномальні події, наприклад, відкриття вікон або різкі зміни температури через зовнішні фактори. Загалом було зібрано понад 43200 записів, що забезпечило основу для детального дослідження ефективності системи опалення.

Для аналізу даних температури, представлених у вигляді часової функції, було застосовано дискретне перетворення Фур'є, а саме Швидке Фур'є-перетворення, що дозволило перейти в частотну область та визначити основні частоти, які впливають на зміну температури. Інтерпретація спектру частот виявила головну гармоніку на частоті $1/24$ години⁻¹, що відповідає періоду 24 години та відображає добовий температурний цикл. Також було визначено низькочастотні коливання з періодом понад 48 годин, що вказують на зміни погоди та загальні тренди. Високочастотні компоненти у спектрі вказують на наявність шуму в даних або короткотривалі події, такі як відкриття вікон або увімкнення обігрівачів.

Побудовано графік амплітудного спектра, що показав основні частотні компоненти температурного сигналу.

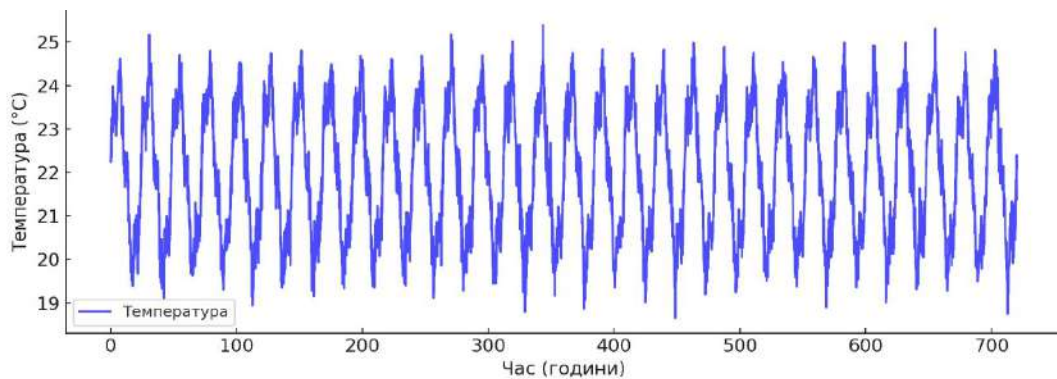


Рис 1. Температурний сигнал у часі

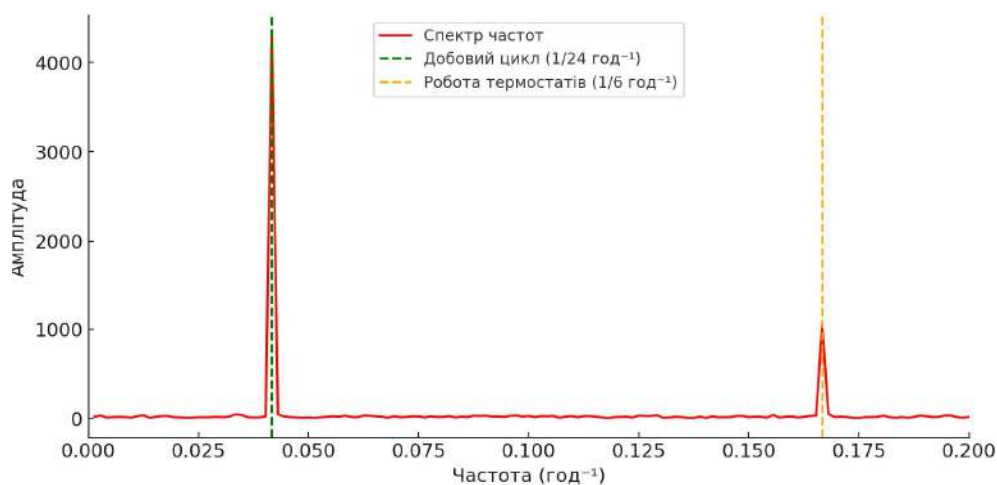


Рис.2 Фур'є-спектр температурного сигналу

Через шумові компоненти у вихідному сигналі система може реагувати на короткочасні коливання, викликаючи зайві ввімкнення термостатів, що призводило б до перевитрат енергії. Отже, високочастотний шум видалено за допомогою Фур'є-фільтрації. Це дозволило згладити коливання та покращити прогнозування.

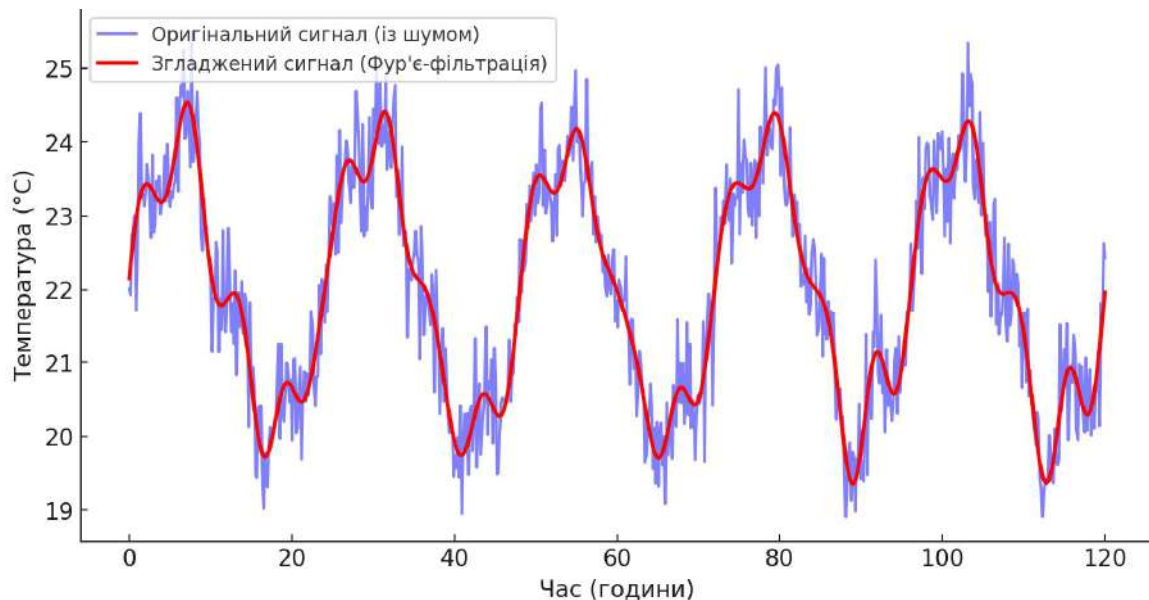


Рис.3 Фур'є-фільтрація: видалення шуму з температурного сигналу

Після застосування Фур'є-фільтрації для усунення високочастотного шуму було виявлено, що численні ввімкнення системи опалення були невиправданими. З метою оптимізації керування термостатами було проведено ряд заходів. Перш за все, було зменшено кількість ввімкнень термостатів шляхом визначення справжніх довготривалих змін температури замість випадкових флуктуацій, що дозволило термостатам реагувати лише на значущі зміни, такі як зміна середньої температури за 30 хвилин, а не на миттєві стрибки. Крім того, було оптимізовано діапазон роботи термостатів. До коригування гістерезис термостатів був вузьким, в межах 21–23°C. Після аналізу Фур'є-спектру було встановлено, що оптимальний діапазон становить 20.5–22.5°C, що дозволяє уникнути зайвих ввімкнень та підтримувати комфортну температуру.

Після внесення змін у систему керування опаленням, протягом двох тижнів проводилося тестування для оцінки їх ефективності. Було здійснено вимірювання фактичного споживання теплової енергії як до, так і після оптимізації. Результати показали, що загальне середнє споживання теплової енергії знизилося на 10-15%, скоротившись з 80 кВт·год/добу до 70-72 кВт·год/добу. Ключовими факторами, що сприяли економії, стали зменшення кількості ввімкнень системи опалення, більш плавне та збалансоване керування, а також можливість прогнозування пікових навантажень.

References

1. IoT Communication Technologies Guidebook. [Online]. Available: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-technologies>
 2. Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/471264/iotnumber-of-connected-devices-worldwide>
 3. Uryvsky L.O., Osypchuk S.O., Moshynska A.V. Internet Of Things Solutions Research And Development For Widespread Usage And Applications / The Actual Problems of the World Today/ : monograph. London : SCIEEMCEE, 2019. P. 254-266.
 4. IoT-based Smart Electric Heating Control System. 2024. IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7993895>.
 5. Domestic Space Heating Energy Control via Smart Home Energy Management. 2023. IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7237606>.
 6. Smart Heating System Control Strategy to Enhance Comfort and Increase Energy Savings. 2022. IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6672709>
 7. Development of an Intelligent Heating System for Residential Buildings Using Machine Learning. 2023. IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9023478>.
-

Petro Boyko¹

Halyna Lopushanska², Dr. Sc.

¹Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

e-mail: boyko.petro@gmail.com

²Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

e-mail: lhp@ukr.net

SOURCE INVERSE PROBLEM IN SPACES OF BESSEL POTENTIALS

Abstract. We study the inverse problem on determining a space-dependent component in the right-hand side of a time-space fractional diffusion equation under a time-integral additional condition. We find sufficient conditions for classical in time and with values in the entire scale of spaces of Bessel potentials, unique solvability of the inverse problem.

Key words and phrases: fractional derivative, a time-space fractional diffusion equation, inverse problem, integral overdetermination condition, spaces of Bessel potentials, Green's vector-function, integral equation.

Вивчаємо обернену задачу

$$\begin{aligned} D_t^\beta u + a^2(-\Delta)^{\alpha/2}u &= g(x)F_0(t) + F(x, t), (x, t) \in Q := \mathbb{R}^n \times (0, T], \\ u(x, 0) &= u_0(x), \quad x \in \mathbb{R}^n \\ \frac{1}{T} \int_0^T u(x, t) dt &= \Phi(x), \quad x \in \mathbb{R}^n \end{aligned} \quad (1)$$

про знаходження функції $g(x)$ у повній шкалі просторів беселевих потенціалів для рівняння з похідною Капуто

$$D_t^\beta u(x, t) = \frac{1}{\Gamma(1-\beta)} \left(\frac{\partial}{\partial t} \int_0^t \frac{u(x, \tau)}{(t-\tau)^\beta} d\tau - \frac{u(x, 0)}{t^\beta} \right), \beta \in (0, 1)$$

і $(-\Delta)^{\alpha/2}$ визначеному через перетворення Фур'є :

$$\mathcal{F}[(-\Delta)^{\alpha/2}\psi(x)] = |\xi|^\alpha \mathcal{F}[\psi(x)].$$

Тут $\alpha > \beta$ і F, F_0, u_0, Φ – задані функції.

Нехай $S(\mathbb{R}^n)$ – простір нескінченно диференційовних швидко спадаючих на нескінченності функцій, $S'(\mathbb{R}^n)$ – простір лінійних неперервних функціоналів на $S(\mathbb{R}^n)$ (простір узагальнених функцій), $s \in \mathbb{R}$, $p > 1$,

$$H^{s,p}(\mathbb{R}^n) = \left\{ v \in S'(\mathbb{R}^n) : \|v\|_{s,p} = \left\| \mathcal{F}^{-1} \left[(1 + |\xi|^2)^{\frac{s}{2}} \mathcal{F} v \right] \right\|_{L_p(\mathbb{R}^n)} < +\infty \right\} -$$

простір беселевих потенціалів,

$$C([0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n))$$

$$= \left\{ v(x, t) : \|v\|_{C([0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n))} = \max_{t \in [0, T]} \|v(\cdot, t)\|_{H^{s,p}(\mathbb{R}^n)} < +\infty \right\},$$

$$C_b((0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n))$$

$$= \left\{ v(x, t) : \|v\|_{C_b((0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n))} = \sup_{t \in (0, T]} \|v(\cdot, t)\|_{H^{s,p}(\mathbb{R}^n)} < +\infty \right\},$$

$$C_{\alpha,\beta}([0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n))$$

$$= \left\{ v \in C([0, T]; H^{s+\alpha,p}(\mathbb{R}^n)) : D_t^\beta v, (-\Delta)^{\alpha/2} v \right. \\ \left. \in C_b((0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n)) \right\},$$

$$\|v\|_{C_{\alpha,\beta}([0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n))}$$

$$= \max \{ \|v\|_{C([0, T]; H^{s+\alpha,p}(\mathbb{R}^n))}, \|(-\Delta)^{\alpha/2} v\|_{C_b((0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n))}, \|D_t^\beta v\|_{C_b((0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n))} \}.$$

Використовуючи властивості вектор-функції Гріна задачі Коші [1] і результати [2] про існування та єдиність розв'язку задачі Коші з мінімальними припущеннями на праві частини, знаходимо достатні умови існування і єдиності розв'язку $(u, g) \in C_{\alpha,\beta}([0, T]; H^{s,p}(\mathbb{R}^n)) \times H^{s+\alpha,p}(\mathbb{R}^n)$ оберненої задачі (1). Розв'язання задачі зводиться до дослідження однозначної розв'язності певного лінійного інтегрального рівняння Фредгольма другого роду у просторах неперервних функцій зі значеннями у всій шкалі просторів беселевих потенціалів. Невідома функція $g(x)$ виражається через розв'язок цього інтегрального рівняння.

References

1. Kochubei A. Fractional-parabolic systems. *Potential Anal.* Vol. 37. 2012. P. 1–30. <https://doi.org/10.1007/s11118-011-9243-z>
2. Lopushansky A. The Cauchy problem for an equation with fractional derivatives in Bessel potential spaces. *Sib. Math. J.* 2014. Vol. 55, No 6. P. 1089–1097. DOI:10.1134/30037446614060111

Oleh Buhrii¹, Dr. Sc.
Anastasiia Holovenko²

¹Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine
e-mail: oleh.buhrii@lnu.edu.ua

²Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine
e-mail: anastasiia.holovenko@lnu.edu.ua

NUMERICAL APPROXIMATION OF SOLUTIONS OF STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATIONS

Abstract. The Cauchy problem for the stochastic differential equations is considered. An explicit method for solving the model problem is shown. We compare the obtained solution with its numerical approximation by the Euler-Maruyama method. The corresponding Python code is presented.

Key words and phrases: stochastic differential equation, Ito equation, Cauchy problem, Euler-Maruyama method.

Нехай $T > 0$ – деяке число, (S, F, P) – ймовірнісний простір, $W = W(t, \omega)$ – вінерівський процес, $t \in [0, T]$, $\omega \in S$.

Розглянемо задачу Коші для СДР

$$dX(t, \omega) = f(t, X(t, \omega)) dt + g(t, X(t, \omega)) dW(t, \omega), \quad (1)$$

$$X(0, \omega) = X_0(\omega), \quad (2)$$

з деякими функціями f та g і заданим початковим значенням – випадковою величиною X_0 .

Розіб'ємо відрізок $[0, T]$ на N частин з кроком $h = T/N$ точками $t_n = n h$. Ітераційний метод Ейлера-Маруяма полягає в наближенні точного розв'язку задачі (1)-(2) значеннями

$$X_{n+1} = X_n + h f(t_n, X_n) + g(t_n, X_n) (W(t_{n+1}) - W(t_n)), \quad (3)$$

де $n = 0, \dots, N - 1$.

Буде представлено методи знаходження точного розв'язку модельного варіанту задачі (1)-(2) і розглянуто питання про точність наближення (3) у сильному та слабкому сенсі (див. [1]). Також подамо Python-візуалізацію побудованих у роботі розв'язків розглядуваних задач.

References

1. Jahnke T. *Numerical methods in mathematical finance*. Karlsruhe, 2017.

Dobraniuk Yurii¹, Cand. Sc.

Blashchuk Nadiya²

Barbaliuk Maksym³

¹Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: dobranyuk@vntu.edu.ua

²Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: nadiablashcuk@gmail.com

³Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: destroyer.maksimka@gmail.com

APPLICATION SKM MAPLE TO REDUCE THE QUADRATIC FORM OF EXPRESSION TO THE CANONICAL FORM

Abstract. The problems of introduction and adaptation of the Maple computer mathematics system in the educational process in teaching the course of higher mathematics are considered. In the paper presents an adaptation the use of the SCM Maple student's package to reduce the quadratic form to the canonical form by the Lagrange.

Key words and phrases: computer mathematics system, Maple, information and educational environment, quadratic form, Lagrange method.

One of the main places among a significant number of systems of computer mathematics is occupied by SCM Maple, which allows the user to use an intelligent environment for mathematical research [1–8]. A significant share of SCM Maple also occupies in various scientific studies.

To perform inversions of expressions in SCM Maple, the specialized packages "linalg", "LinearAlgebra", and "student" are used.

```
restart;  
with(linalg) :  
with(LinearAlgebra) :  
with(student) :
```

The specialised «student» package is used to perform mathematical calculations, including simplifying algebraic expressions, and provides functions for working with algebraic expressions, such as square expansion.

The solution to the problem of reducing the quadratic form of an expression to the canonical form involves declaring the quadratic form, where the original quadratic

form includes the squares of the variables and mixed terms. After that, we proceed to check the coefficients and the initial substitution (Fig. 1).

The figure consists of two screenshots of the Maple 17 software interface, showing the execution of a script to reduce a quadratic form to its canonical form using the Lagrange method.

Top Screenshot: The script starts with the task description: "Задача. Привести квадратичну форму до канонічного виду методом Лагранжа:" (Task. Reduce the quadratic form to the canonical form by the method of Lagrange:). The initial quadratic form is defined as $A := x_1^2 - 6x_1x_2 + 2x_1x_3 + x_2^2 - 2x_2x_3 + 5x_3^2$. The script then performs a series of operations to complete the square for x_1 , resulting in $A := (x_1 - 3x_2 + x_3)^2 - 8x_2^2 + 4x_2x_3 + 4x_3^2$. It then completes the square for x_2 , resulting in $A := (x_1 - 3x_2 + x_3)^2 - 8\left(x_2 - \frac{1}{4}x_3\right)^2 + \frac{9}{2}x_3^2$. The script then performs a linear transformation to new variables y_1, y_2, y_3 and prints the canonical form: $y_1^2 - 8y_2^2 + \frac{9}{2}y_3^2$.

Bottom Screenshot: The script continues by printing the linear transformation: $x_1 = y_1^2 + 3y_2^2 - \frac{1}{4}y_3^2$, $x_2 = y_2^2 + \frac{1}{4}y_3^2$, $x_3 = y_3^2$. It then prints the final canonical form: $y_1^2 - 8y_2^2 + \frac{9}{2}y_3^2$.

Fig. 1 – Reduction of the quadratic form of an expression to the canonical form by the Lagrange method in SCM Maple

Part of the mathematical apparatus and developed code fragments in SCM Maple allow students to automatically perform the reduction of the quadratic form of an expression to the canonical form using Lagrange methods, which improves the quality of knowledge obtained while solving typical problems in higher mathematics.

References

- [1] Mykhalevych V. M., Tiutiunnyk O. I. The use of computer mathematics systems in the process of teaching linear programming to university students: a monograph. Vinnytsia: VNTU. 2016. 279 p. (in Ukrainian).
- [2] Kraievskiy V. O., Dobraniuk Yu. V., Kolomiets A. A. Multiple, curvilinear, surface integrals and elements of field theory: educational manual. Vinnytsia: VNTU, 2022. 142 p. (in Ukrainian)
- [3] Dobranyuk Yu. V., Mikhalevich V. M., Kolomiets A. A., Kozak O. M. Application of Maple SCM for construction of 3D graphs in problems of calculating the volume of figures. *Information technologies and computer engineering*. 2022. Issue 54(2). P. 115-123 (in Ukrainian).
- [4] Mikhalevich V. M., Krupskiy Ya. V., Dobranyuk Yu. V. Development of electronic educational resources in the SCM Maple environment. *Mathematics and informatics in higher education: modern challenges: coll. of science works based on the materials of the All-Ukrainian science and practice conference*. Vinnytsia: FOP Rogalska I. O., 2017. P.69–72 (in Ukrainian).
- [5] Dobraniuk Yu., Vasylynych An., Shvets' M. Application of the computer mathematics system Maple for calculating figure's area bounded a circle and a cardioid. *IV International Scientific and Practical Internet Conference "Mathematics and Informatics in Science and Education: Challenges of Modernity", dedicated to the 90th anniversary of the Department of Mathematics and Informatics*. Vinnytsia, 2023, P. 98-101. (in Ukrainian).
- [6] Dobraniuk Yu. V., Lykhohliad A. V., Kuklenko A. B., Usenko Y. O. Application of Maple SCM for constructing a 2D region in the problem of calculating the area of a figure bounded by a parabola and a line. *LIII All-Ukrainian Scientific and Technical Conference of the Faculty of Information Technology and Computer Engineering*. Vinnytsia, 2024. VNTU. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2024/paper/view/20849/17278> (in Ukrainian).
- [7] Dobranyuk Yu. V., Vasylynych A. V., Hrybyk V. V. Application of the Maple computer mathematics system for the construction of 2D regions in the problems of calculating the area of 2D figures [Electronic resource]. *Materials LI of the Scientific and Technical Conference of VNTU divisions*, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2022/paper/view/15848/13315> (in Ukrainian).
- [8] Dobranyuk Yu., Kozub An. Comparative analysis of the stress-strain state of the free surface of cylindrical samples during rolling using SCM Maple. *III International Scientific and Practical Internet Conference "Mathematics and Informatics in Higher Education: Challenges of Modernity", dedicated to the memory of Professors O. A. Pankov and V. S. Trokhymenko*. Vinnytsia, 2021, P. 67-74 (in Ukrainian).

Taras Goy, Cand. Sc.

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

e-mail: taras.goy@pnu.edu.ua

SOME PROPERTIES OF HIGHER-ORDER PELL NUMBERS VIA TOEPLITZ–HESSENBERG DETERMINANTS

Abstract. We investigate several families of Toeplitz–Hessenberg determinants whose entries are higher-order Pell numbers. Using the Trudi formula, these determinant formulas can be rewritten as identities involving sums of products of Pell numbers and multinomial coefficients.

Key words and phrases: Pell numbers, higher-order Pell numbers, Toeplitz–Hessenberg matrix, recurrence relation, multinomial coefficient.

The well-known Pell sequence $(P_n)_{n \geq 0}$ is defined by the recurrence

$$P_0 = 0, P_1 = 1, \quad P_n = 2P_{n-1} + P_{n-2}, \quad n \geq 2,$$

The Pell sequence, known since antiquity, consists of the denominators of the best rational approximations to the square root of 2 (see [5, A000129] for further details and references).

Numerous mathematicians have studied various generalizations of Pell numbers in the literature. One such generalization is the higher-order Pell numbers [4], defined as follows:

$$P_n^{(s)} = \frac{P_{ns}}{P_s}, \quad n \geq 0, s \geq 1. \quad (1)$$

Since P_{ns} is divisible by P_s , the ratio P_{ns}/P_s in (1) is an integer. For $s = 1$, we recover Pell numbers $P_n^{(1)} = P_n$.

A Toeplitz–Hessenberg matrix is a square matrix of the form

$$M_n(a_0; a_1, \dots, a_n) = \begin{pmatrix} a_1 & a_0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ a_2 & a_1 & a_0 & \cdots & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n-1} & a_{n-2} & a_{n-3} & \cdots & a_1 & a_0 \\ a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & \cdots & a_2 & a_1 \end{pmatrix},$$

where $a_0 \neq 0$ and $a_k \neq 0$ for at least one $k > 0$.

For brevity, we will write $D_{\pm}(a_1, a_2, \dots, a_n)$ instead of $\det(M_n(\pm 1; a_1, a_2, \dots, a_n))$.

We investigate certain families of Toeplitz–Hessenberg determinants with $a_0 = \pm 1$ the entries of which are higher-order Pell numbers $P_n^{(s)}$. Using the Trudi formula (see [2, 3] for more details), these determinant formulas can be rewritten as identities involving sums of products of Pell numbers and multinomial coefficients.

The following theorems provide the value of $D_{\pm}(a_1, a_2, \dots, a_n)$ for certain entries:

$A_n := P_n^{(2)} = \frac{1}{2}P_{2n}$ and $B_n := P_n^{(3)} = \frac{1}{5}P_{3n}$. Note that for Pell numbers $P_n^{(1)} = P_n$, we derived similar determinant formulas in [1].

Theorem 1. *The following formulas hold:*

$$D_+(A_0, A_1, \dots, A_{n-1}) = \frac{\sqrt{7}}{14} \left((-3 - \sqrt{7})^{n-1} - (-3 + \sqrt{7})^{n-1} \right), \quad n \geq 1,$$

$$D_-(A_0, A_1, \dots, A_{n-1}) = 6^{n-2}, \quad n \geq 2,$$

$$D_+(A_1, A_2, \dots, A_n) = \frac{\sqrt{21}}{21} \left(\left(\frac{-5 + \sqrt{21}}{2} \right)^n - \left(\frac{-5 - \sqrt{21}}{2} \right)^n \right), \quad n \geq 1,$$

$$D_-(A_1, A_2, \dots, A_n) = \frac{\sqrt{5}}{15} \left(\left(\frac{7 + 3\sqrt{5}}{2} \right)^n - \left(\frac{7 - 3\sqrt{5}}{2} \right)^n \right), \quad n \geq 1,$$

$$D_+(A_2, A_3, \dots, A_{n+1}) = 0, \quad n \geq 3,$$

$$D_+(A_3, A_5, \dots, A_{2n+1}) = 36, \quad n \geq 2.$$

Theorem 2. *The following formulas hold:*

$$D_+(B_0, B_1, \dots, B_{n-1}) = -(-14)^{n-2}, \quad n \geq 2,$$

$$D_-(B_0, B_1, \dots, B_{n-1}) = \frac{\sqrt{51}}{102} \left((7 + \sqrt{51})^{n-1} - (7 - \sqrt{51})^{n-1} \right), \quad n \geq 1,$$

$$D_+(B_1, B_2, \dots, B_n) = \frac{\sqrt{173}}{173} \left(\left(\frac{-13 + \sqrt{173}}{2} \right)^n - \left(\frac{-13 - \sqrt{173}}{2} \right)^n \right), \quad n \geq 1,$$

$$D_+(B_2, B_3, \dots, B_{n+1}) = 0, \quad n \geq 3,$$

$$D_-(B_2, B_3, \dots, B_{n+1}) = \frac{\sqrt{34}}{136} \left((6 + \sqrt{34})^{n+1} - (6 - \sqrt{34})^{n+1} \right), \quad n \geq 1,$$

$$D_+(B_3, B_5, \dots, B_{2n+1}) = (-1)^{n-1} 196, \quad n \geq 2.$$

Now we consider a multinomial version of Theorems 1 and 2 above using the following result, known as Trudi's formula [2, 3],

$$\det(M_n) = \sum_{t_1+2t_2+\dots+nt_n=n} (-a_0)^{n-|t|} m_n(t) a_1^{t_1} a_2^{t_2} \dots a_n^{t_n},$$

where $m_n(t) = (t_1 + \dots + t_n)! (t_1! \dots t_n!)^{-1}$ and $|t| = t_1 + \dots + t_n$ with $t_1, \dots, t_n \geq 0$. We will present only a selection of formulas.

Corollary 3. *The following formulas hold:*

$$\sum_{t_1+2t_2+\dots+nt_n=n} \frac{m_n(t)}{(-2)^{|t|}} P_0^{t_1} P_2^{t_2} \dots P_{2(n-1)}^{t_n} = \frac{\sqrt{7}}{14} \left((3 - \sqrt{7})^{n+1} - (3 + \sqrt{7})^{n+1} \right), \quad n \geq 1,$$

$$\sum_{t_1+2t_2+\dots+nt_n=n} \frac{m_n(t)}{2^{|t|}} P_0^{t_1} P_2^{t_2} \dots P_{2(n-1)}^{t_n} = 6^{n-2}, \quad n \geq 2,$$

$$\sum_{t_1+2t_2+\dots+nt_n=n} \frac{m_n(t)}{(-2)^{|t|}} P_4^{t_1} P_6^{t_2} \dots P_{2(n+1)}^{t_n} = 0, \quad n \geq 3,$$

$$\sum_{t_1+2t_2+\dots+nt_n=n} \frac{m_n(t)}{(-2)^{|t|}} P_6^{t_1} P_{10}^{t_2} \dots P_{2(2n+1)}^{t_n} = (-1)^n 36, \quad n \geq 2,$$

$$\sum_{t_1+2t_2+\dots+nt_n=n} \frac{m_n(t)}{(-5)^{|t|}} P_0^{t_1} P_3^{t_2} \dots P_{3(n-1)}^{t_n} = -14^{n-2}, \quad n \geq 2,$$

$$\sum_{t_1+2t_2+\dots+nt_n=n} \frac{m_n(t)}{(-5)^{|t|}} P_6^{t_1} P_9^{t_2} \dots P_{3(n+1)}^{t_n} = 0, \quad n \geq 3,$$

$$\sum_{t_1+2t_2+\dots+nt_n=n} \frac{m_n(t)}{(-5)^{|t|}} P_9^{t_1} P_{15}^{t_2} \dots P_{3(2n+1)}^{t_n} = -196, \quad n \geq 2,$$

where the summation is over all integers $t_i \geq 0$ satisfying the Diophantine equation

$$t_1 + 2t_2 + \dots + nt_n = n.$$

References

1. Goy T. Pell numbers identities from Toeplitz-Hessenberg determinants. *Novi Sad J. Math.* 2019. Vol. 49, No 2. P. 87–94.
2. Goy T., Zatorsky R. On Oresme numbers and their connection with Fibonacci and Pell numbers. *Fibonacci Quart.* 2019. Vol. 57, No 3. P. 238–245.
3. Goy T., Shattuck M. Hessenberg–Toeplitz matrix determinants with Schröder and Fine number entries. *Carpathian Math. Publ.* 2023. Vol. 15, No 2. P. 420–436.
4. Özimamoğlu H. On hyper complex numbers with higher order Pell numbers components. *J. Anal.* 2023. Vol. 31. P. 2443–2457.
5. Sloane N.J.A. (editor). The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences. URL: <https://oeis.org>.

Kateryna Heseleva, Cand. Sc.

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University, Kamianets-Podilskyi,
Ukraine

e-mail: heseleva@kpmu.edu.ua

APPLICATION OF A SINGLE VARIANT OF THE COLLOCATIONAL-ITERATIVE METHOD FOR INTEGRO-FUNCTIONAL EQUATIONS WITH SMALL NONLINEARITY

Abstract. The application of a non-stationary collocation-iterative method for constructing an approximate solution of a specific type of integral-functional equations with small nonlinearity is considered.

Key words and phrases: non-stationary collocation-iterative method, integro-functional equation with small nonlinearity, approximate solution.

У просторі $L_2[a, b]$ – дійсних і вимірних на проміжку $[a, b]$ функцій, розглянемо інтегро-функціональне рівняння з малою нелінійністю вигляду (1) та умовою (2)

$$y(x) - p(x)y(h(x)) = f(x) + \int_a^b H_1(x, t)y(t)dt + \int_a^b H_2(x, t)y(h(t))dt + \\ + \varepsilon \int_a^b G(x, t)F(t, y(t))dt, \quad x \in [a, b], \quad (1)$$

$$y(x) = \psi(x), \quad x \notin [a, b], \quad (2)$$

де $f(x), \psi(x)$ – задані відповідно на $[a, b]$ та за його межами відомі функції, а

$y(x)$ – шукана функція з $L_2[a, b]$. Відносно функцій $h(x), p(x)$,

$H_1(x, t), H_2(x, t), G(x, t)$ припускаємо, що вони, відповідно, на проміжку $[a, b]$ і в

квадраті $[a, b]^2 = [a, b] \times [a, b]$ задовольняють умови:

$$|p(x)| \leq \bar{p} < \infty, \quad (3)$$

$h(x)$ – диференційовна на $[a, b]$ і

$$h'(x) \geq l > 0, x - h(x) \geq \sigma > 0, \quad (4)$$

$$\int_a^b \int_a^b H_i^2(x, t) dx dt = H_i^2 < \infty, i = 1, 2, \quad (5)$$

$$\int_a^b \int_a^b G^2(x, t) dx dt = G^2 < \infty. \quad (6)$$

Функція $F(t, y)$ в області $D = \{a \leq t \leq b, -\infty < y < \infty\}$ вимірна за t при всіх

y і неперервна за y при всіх t і задовольняє умову Ліпшиця

$$\begin{aligned} |F(t, y)| &\leq \alpha(t) + \beta|y|, \\ |F(t, y) - F(t, \bar{y})| &\leq L|y - \bar{y}|, \end{aligned} \quad (7)$$

де β, L – деякі додатні сталі, $\alpha(t) \in L_2[a, b]$.

Встановлено, що рівняння (1) при виконанні умов (3)-(7) зводиться до інтегрального рівняння з малою нелінійністю [1].

Ідея нестационарного колокаційно-ітеративного методу стосовно рівняння (1) полягає у наступному. Нехай, виходячи з деякого початкового наближення $y_0(x) \in L_2[a, b]$ і функції $s_0(x)$, що задовільняють співвідношення

$$y_0(x) - p(x)y_0(h(x)) = s_0(x), x \in [a, b], \quad (8)$$

$$y_0(x) = 0, x \notin [a, b],$$

знайдено наближення $y_{k-1}(x)$ і функцію $s_{k-1}(x)$.

Обчислимо функцію

$$\tilde{s}_{k-1}(x) = \int_a^b P_{k-1}(x, t) s_{k-1}(t) dt, \quad (9)$$

де $P_{k-1}(x, t)$ проектує оператори, які мають вигляд

$$P_k(x, t) = \sum_{i=1}^{n_k} \gamma_i \varphi_i(x) \varphi_i(t), \quad \gamma_i^{-1} = \int_a^b \varphi_i^2(x) dx,$$

де $k = 1, 2, 3, \dots$, $n_k > n_0 = n \geq 1$, $n_{k_1} \leq n_{k_2}$ при $k_1 < k_2$.

Розв'яжемо функціональне рівняння

$$\begin{aligned} \tilde{y}_{k-1}(x) - p(x) \tilde{y}_{k-1}(h(x)) &= \tilde{s}_{k-1}(x), \quad x \in [a, b], \\ \tilde{y}_{k-1}(x) &= 0, \quad x \notin [a, b]. \end{aligned} \quad (10)$$

Наближення $y_k(x)$ визначаємо, як розв'язок рівняння

$$\begin{aligned} &y_k(x) - p(x) y_k(h(x)) = \\ &= f(x) + \int_a^b H_1(x, t) \tilde{z}_k(t) dt + \int_a^b H_2(x, t) \tilde{z}_k(t) dt + \varepsilon \int_a^b G(x, t) \Phi(t) y_{k-1}(t) dt, \quad x \in [a, b], \end{aligned} \quad (11)$$

$$y_k(x) = 0, \quad x \notin [a, b],$$

$$\tilde{z}_k(x) = \tilde{y}_{k-1}(x) + w_k(x), \quad w_k(x) = \sum_{j=1}^n a_j^k \eta_j(x), \quad x \notin [a, b], \quad (12)$$

$$\tilde{r}_k(x_i) = 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (13)$$

$$\tilde{r}_k(x) = f(x) + \int_a^b H_1(x, t) \tilde{z}_k(t) dt + \int_a^b H_2(x, t) \tilde{z}_k(t) dt - \tilde{z}_k(x) + p(x) \tilde{z}_k(h(x)), \quad (14)$$

система функцій $\{\eta_i(x)\}$ у формулі (12) знаходиться з рівнянь

$$\begin{aligned} \eta_i(x) - p(x) \eta_i(h(x)) &= \varphi_i(x), \quad x \in [a, b], \\ \eta_i(x) &= 0, \quad x \notin [a, b], \end{aligned}$$

де система функцій $\{\varphi_i(x)\}$ ортогональна та повна в просторі $L_2[a, b]$.

Алгоритм (8)-(14) можна звести до нестационарного колокаційно-ітеративного методу розв'язування інтегрального рівняння з малою нелінійністю

$$u(x) = f(x) + \int_a^b \tilde{T}(x,t)u(t)dt + \varepsilon \int_a^b G(x,t)F(t,u(t))dt, x \in [a,b].$$

Слід звернути увагу на той факт, що на основі аналізу формул (8)-(14) при $s_0(x)=0$ наближення $\tilde{z}_1(x)$ співпадає з наближенням, побудованим за допомогою колокаційного методу [2], наближення $y_1(x)$ – з наближенням, побудованим за допомогою покращеного колокаційного методу, а при $w_k(x)=0, k=1,2,3,\dots$, наближення $y_k(x)$ знаходиться за допомогою нестационарного методу послідовних наближень.

References

1. Heseleva K.H. Approximate Methods for Solving Integral-functional Equations : monograph. Kamianets-Podilskyi: Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University; Kamianets-Podilskyi : FOP Pankova A.S., 2022. 144 p.
2. Heseleva K.H. Research of Collocation and Collocation-iterate Methods for Solution of One Type of Integro-functional Equations with Small Nonlinearity. *Mathematical and computer modelling*. Series: Physical and mathematical sciences : scientific journal / V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University. Kamianets-Podilskyi, 2024. Issue 25. P. 27–36.

Uliana Hudyma¹, Cand. Sc.

Vasyl Gnatyuk², Cand. Sc.

¹Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University,
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
e-mail: ulag2107@gmail.com

²Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University,
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
e-mail: gnatuk@kpnu.edu.ua

THE CRITERION OF EXTREMALITY OF AN ELEMENT FOR THE PROBLEM OF FINDING A GENERALIZED STEINER'S POINT OF SEVERAL CLOSED BALLS IN A LINEAR NORMED SPACE WITH RESPECT TO A CONVEX SET OF CLOSED BALLS IN THIS SPACE

Abstract. The paper establishes a duality relation and criterion of extremality for an admissible element in the problem of finding a generalized Steiner point of a finite collection of closed balls in a linear normed space with respect to a convex set of closed balls in the same space.

Key words and phrases: the linear normed space, the closed ball, the generalized Steiner's point, the duality relation, the criteria of extremal element.

Нехай X – лінійний над полем дійсних чисел простір, $\|\cdot\|$ – норма, задана на X , $(X, \|\cdot\|)$ – відповідний лінійний нормований простір, $R_+ = \{r \in R : r \geq 0\}$. Для кожних $x \in X$, $r \in R_+$ будемо позначати через $B_r(x) = \{y \in X : \|y - x\| \leq r\}$ – замкнену кулю простору $(X, \|\cdot\|)$ з центром у точці x радіуса r , а через $B_{R_+}(X)$ позначимо множину таких куль цього простору: $B_{R_+}(X) = \{B_r(x) : x \in X, r \in R_+\}$.

Крім того, для $V \subset X$, $A \subset R_+$ будемо позначати через $B_A(V) = \{B_r(x) : x \in V, r \in A\}$, тобто $B_A(V)$ є множиною всеможливих замкнених куль простору $(X, \|\cdot\|)$, центри яких є точками множини V , а радіуси – числами множини A . Через $H(B_{r_1}(x_1), B_{r_2}(x_2))$ будемо позначати гаусдорфову відстань між замкненими кулями $B_{r_1}(x_1)$, $B_{r_2}(x_2)$ простору $(X, \|\cdot\|)$, тобто

$$H(B_{r_1}(x_1), B_{r_2}(x_2)) = \max \left\{ \sup_{x \in B_{r_1}(x_1)} \inf_{y \in B_{r_2}(x_2)} \|x - y\|, \sup_{y \in B_{r_2}(x_2)} \inf_{x \in B_{r_1}(x_1)} \|x - y\| \right\}$$

(див., наприклад, [1]). Для фіксованих замкнених куль $B_{r_i}(a_i) \in B_{R_+}(X)$, $i = \overline{1, m}$, поставимо задачу відшукування величини

$$\alpha_{B_A(V)}^*(B_{r_i}(a_i), i = \overline{1, m}) = \inf_{B_r(x) \in B_A(V)} \sum_{i=1}^m H(B_{r_i}(a_i), B_r(x)), \quad (1)$$

де $V \subset X$, $A \subset R_+$.

Якщо існує замкнена куля $B_{r^*}(x^*) \in B_A(V)$ така, що

$$\sum_{i=1}^m H(B_{r_i}(a_i), B_{r^*}(x^*)) = \alpha_{B_A(V)}^*(B_{r_i}(a_i), i = \overline{1, m}), \quad \text{то її будемо називати}$$

узагальненою точкою Штейнера фіксованих замкнених куль $B_{r_i}(a_i)$, $i = \overline{1, m}$, лінійного нормованого простору $(X, \|\cdot\|)$ відносно множини $B_A(V)$ замкнених куль цього простору з центрами в точках $x \in V$ та радіусами $r \in A$ або просто екстремальним елементом задачі відшукування величини (1). Зазначимо, що при $r_i = 0$, $i = \overline{1, m}$, $A = \{0\}$ задача відшукування величини (1) є класичною задачею Штейнера.

Теорема 1. Має місце рівність

$$\alpha_{B_A(V)}^*(B_{r_i}(a_i), i = \overline{1, m}) = \inf_{B_r(x) \in B_A(V)} \sum_{i=1}^m H(B_{r_i}(a_i), B_r(x)) = \inf_{x \in V} \sum_{i=1}^m \|a_i - x\| + \inf_{r \in A} \sum_{i=1}^m |r_i - r|.$$

Для того щоб куля $B_{r^*}(x^*)$ була екстремальним елементом для величини (1), необхідно і достатньо, щоб її центр x^* був екстремальним елементом для величини $\inf_{x \in V} \sum_{i=1}^m \|a_i - x\|$, а радіус r^* був екстремальним елементом для величини $\inf_{r \in A} \sum_{i=1}^m |r_i - r|$.

Теорема 2. Якщо в задачі відшукування величини (1) $B_A(V)$ є опуклою підмножиною множини $B_{R_+}(X)$, то для цієї задачі має місце таке співвідношення двоїстості:

$$\begin{aligned}\alpha_{B_A(V)}^*(B_{r_i}(a_i), i = \overline{1, m}) &= \inf_{B_r(x) \in B_A(V)} \sum_{i=1}^m H(B_{r_i}(a_i), B_r(x)) = \\ &= \max \left\{ \sum_{i=1}^m f_i(a_i) - \sup_{x \in V} \left(\sum_{i=1}^m f_i \right)(x) : f_i \in X^*, \|f_i\| \leq 1, i = \overline{1, m} \right\} + \\ &+ \max \left\{ \sum_{i=1}^m c_i r_i - \sup_{r \in A} \left(\sum_{i=1}^m c_i \right) r : c_i \in R, |c_i| \leq 1, i = \overline{1, m} \right\},\end{aligned}$$

де X^* – простір, спряжений з лінійним нормованим простором $(X, \|\cdot\|)$.

Теорема 3. Якщо в задачі відшукування величини (1) $B_A(V)$ є опуклою підмножиною множини $B_{R_+}(X)$, то для екстремальності елемента $B_{r^*}(x^*) \in B_A(V)$ для задачі відшукування величини (1), необхідно і достатньо, щоб існували функціонали $f_i^* \in X^*$, числа $c_i^* \in R$, $i = \overline{1, m}$, такі, що:

1) $\|f_i^*\| \leq 1$, $|c_i^*| \leq 1$, $i = \overline{1, m}$, причому в нерівності $\|f_i^*\| \leq 1$ досягається знак рівності для всіх $i \in \{1, \dots, m\}$, для яких $x^* \neq a_i$, а в нерівності $|c_i^*| \leq 1$ досягається знак рівності для всіх $i \in \{1, \dots, m\}$, для яких $r^* \neq r_i$;

$$2) \quad f_i^*(a_i - x^*) = \|a_i - x^*\|, \quad c_i^*(r_i - r^*) = |r_i - r^*|, \quad i = \overline{1, m};$$

$$3) \quad \max_{x \in V} \left(\sum_{i=1}^m f_i^* \right)(x) = \left(\sum_{i=1}^m f_i^* \right)(x^*), \quad \max_{r \in V} \left(\sum_{i=1}^m c_i^* \right) r = \left(\sum_{i=1}^m c_i^* \right) r^*.$$

References

1. Hudyma U., Gnatyuk V. The problem of the best in the sense of weighted distance approximation from a point to a set of uniform reconstruction of a functional dependence given inaccurately via a multivalued mapping. Mathematical and computer modelling. Series: Physical and mathematical sciences: scientific journal / V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kamianets-Podilsky National Ivan Ohienko University; [editorial board: Yu. Krivonos (executive editor) and others]. Kamianets-Podilsky: Kamianets-Podilsky National Ivan Ohienko University, 2015. ISSUE 12. P.37–55.

Mykola Lukin¹

Anatolii Yakunin², Cand. Sc.

¹O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine
e-mail: mykola.lukin@kname.edu.ua

²O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine
e-mail: yava1957pens@gmail.com

GIELIS SUPERCURVES – A TECHNOLOGICAL TOOL FOR MODELING COMPLEX SHAPES

Abstract. The history of the creation of Gielis supercurves is highlighted. The derivation of a general formula for their construction in the polar coordinates and its subsequent transformations are considered. Examples of specific figures and their visualizations are given.

Key words and phrases: geometric modeling, Gielis supercurves, polar coordinates, superformula.

In the field of geometric modeling and computer design, various wonderful curves and surfaces are widely used [2, 5]. To enrich the resource base of typical geometric images for the synthesis of specific structures, it is necessary to include new promising objects – Gielis supercurves [3]. To analyze and assess the structure, degree of smoothness, curvature and aesthetic qualities of these lines, it is necessary to know their mathematical descriptions and basic geometric characteristics. The use of the superformula proposed by Gielis J. for constructing curves allows us to effectively reflect the variety of complex natural forms of different genesis [1, 6].

The paper highlights the background and presents the derivation of the general formula for constructing Gielis supercurves in polar coordinates, its further transformations and provides examples of specific superfigures.

At the beginning of the 19th century, the french mathematician Lamé G. used the circle in the euclidean sense to obtain infinitely many forms – supercircles, which are intermediate between a circle and a square. Later, Lamé G. also introduced the concept of a superellipse – a figure that is intermediate between an ellipse and a rectangle (fig. 1).

In polar coordinates (ρ, φ) , the equation of the superellipse was proposed by Gielis J. to be written as follows [3]:

$$\rho(\varphi) = r \left(\left| (1/a) \cos \varphi \right|^n + \left| (1/b) \sin \varphi \right|^n \right)^{-1/n}, \quad (1)$$

where r is a constant positive scaling parameter.

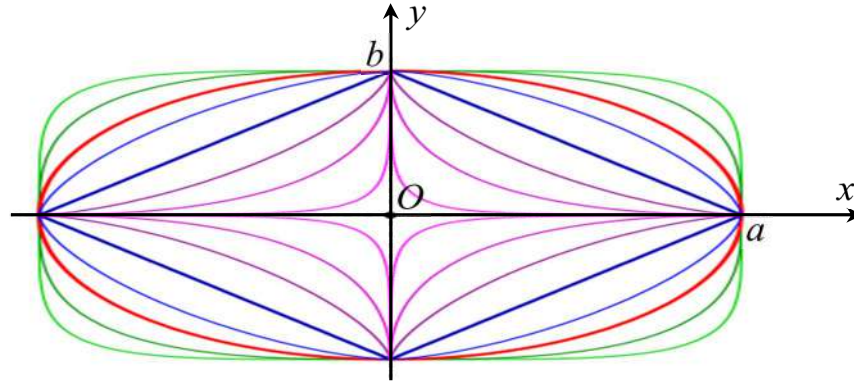


Figure 1 – Superellipses EMBED Equation.3 in the rectangular coordinate system EMBED Equation.3 with fixed semiaxes EMBED Equation.3 and

Then he introduced three different values n_1, n_2, n_3 of the exponents into expression (1) and obtained the equation [3]:

$$\rho(\varphi) = r \left(\left| (1/a) \cos \varphi \right|^{n_1} + \left| (1/b) \sin \varphi \right|^{n_2} \right)^{-1/n_3}. \quad (2)$$

The common drawback of figures (1), (2) is the limited symmetry. For example, superellipses have axial symmetry of the fourth order, while there are real objects with pentagonal or hexagonal symmetry. Therefore, Gielis J. then added a phase parameter to expression (2) and obtained the formula [3]:

$$\rho(\varphi) = r \left(\left| \frac{1}{a} \cos \frac{m\varphi}{4} \right|^{n_1} + \left| \frac{1}{b} \sin \frac{m\varphi}{4} \right|^{n_2} \right)^{-1/n_3}. \quad (3)$$

The presence of the parameter m allows us to divide the coordinate plane into m sectors instead of the four standard quadrants. For example, for $m = 3, 4, 5, \dots$ the curve described in the four quadrants by equation (3) will have, respectively, 3, 4, 5, ... fragments that are repeated.

The last step of Gielis J. in transforming the analytical representation of geometric figures was to replace the constant scaling factor r in relation (3) with an

arbitrary non-negative function $f(\varphi)$. As a result, the superformula took on the final form [3]:

$$\rho(\varphi) = f(\varphi) \left(\left| \frac{1}{a} \cos \frac{m\varphi}{4} \right|^{n_1} + \left| \frac{1}{b} \sin \frac{m\varphi}{4} \right|^{n_2} \right)^{-1/n_3}. \quad (4)$$

Examples of superfigures (4) are shown in figure 2, where $f(\varphi) = \text{const} = 1$, $a = b = 1$ and the values of the parameters m, n_1, n_2, n_3 are given below the images.

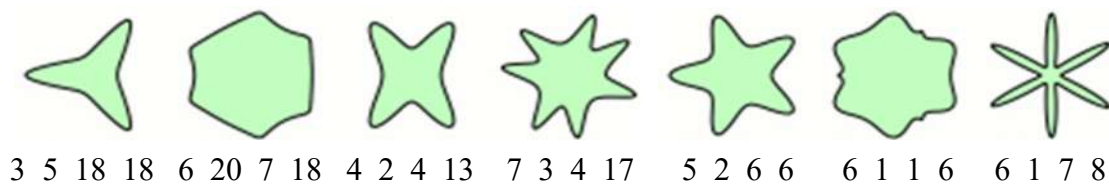


Figure 2 – Symmetric Gielis supercurves

The Gielis superformula allows for subsequent modification to reflect asymmetric shapes [7] and has been extended to the spatial case [4, 6], giving rise to complex surfaces such as superellipsoids and superquadrics.

A promising direction of research can be considered a detailed study of the characteristics of superfigures and their computer implementation based on modern software environments for effective modeling of objects with a complex geometric structure.

References

1. Borysenko V, Tselm E., Ustenko I., Ustenko A. From the equation of a circle to a superformula. *Applied scientific and technical research* : materials of the V international scientific and practical conference, April 5–7, 2021; Academy of Technical Sciences of Ukraine. Ivano-Frankivsk : Publisher Kushnir G. M., 2021. P. 91–93 (in Ukrainian).
2. Farin G. Curves and surfaces for computer-aided geometric design : a practical guide. New York : Academic Press, 1997. 429 p.
3. Gielis J. Inventing the Circle. Antwerpen : Geniaal bvba, 2003. 189 p.
4. Gielis J. Variational Superformula for 2D and 3D graphic arts. *Proceedings of the 8th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Vol. V: the Computer Science and Engineering*. 2004. P. 119–124.
5. Lockwood E. H. A book of curves. Cambridge : Cambridge university press, 2013. 199 p.
6. Shi P., Ratkowsky D. A., Gielis J. The generalized Gielis geometric equation and its application. *Symmetry*. 2020. Vol. 12. No 4. P. 645.
7. Stöhr U. SuperformulaU. 2004. Electronic text data. URL: <http://ftp.lyx.de/Lectures/SuperformulaU.pdf>.

Tetiana Pylypiuk, Cand. Sc.

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University, Kamianets-Podilskyi,
Ukraine

e-mail: pylypyuk.tetiana@kpnu.edu.ua

DATA ANALYTICS AND VISUALIZATION IN POWER BI

Abstract. The study is devoted to the basic capabilities of the modern business analytics tool Power BI, which allows for effective data collection, processing and visualization. Particular attention is paid to the main components of the system and the DAX language - a tool for modeling and calculations that opens up wide opportunities for building analytical models. The key advantages of using Power BI for business analytics are highlighted due to its intuitiveness, flexibility, ability to process large amounts of data, wide integration capabilities, high level of security and constant updating of functional.

Key words and phrases: data analytics and visualization, Power BI, DAX language, business analytics, dashboard.

In today's digital world, data volumes are growing rapidly, and the success of companies increasingly depends on the ability not only to collect information, but also to quickly analyze and effectively visualize it. Making informed management decisions requires a deep understanding of trends, relationships, and patterns in data.

Power BI is one of the most powerful and accessible tools for implementing such tasks. It is a modern business analytics platform from Microsoft. By its user-friendly interface, extensive capabilities for processing large data sets, and interactive visualization, Power BI is actively used in both large corporations and small businesses, in the public sector and in education.

The relevance of the topic is due to the following factors: the growing need for Data-Driven solutions in all industries; the need for operational analysis of large volumes of data; rapid integration of Power BI with various sources of information; popularity in the business environment as one of the leaders in the BI systems market; the demand for Power BI skills among analysts, managers, marketers, and IT professionals.

Power BI is a collection of software services, apps, and connectors that work together to turn the unrelated sources of data into coherent, visually immersive, and interactive insights. The data might be an Excel spreadsheet, or a collection of cloud-

based and on-premises hybrid data warehouses. Power BI lets us easily connect to data sources, visualize and discover what's important, and share that.

Power BI consists of several elements that all work together, starting with these three basics:

- A Windows desktop application called *Power BI Desktop*.
- An online software as a service (SaaS) service called the *Power BI service*.
- Power BI Mobile apps for Windows, iOS, and Android devices (fig. 1) [1].

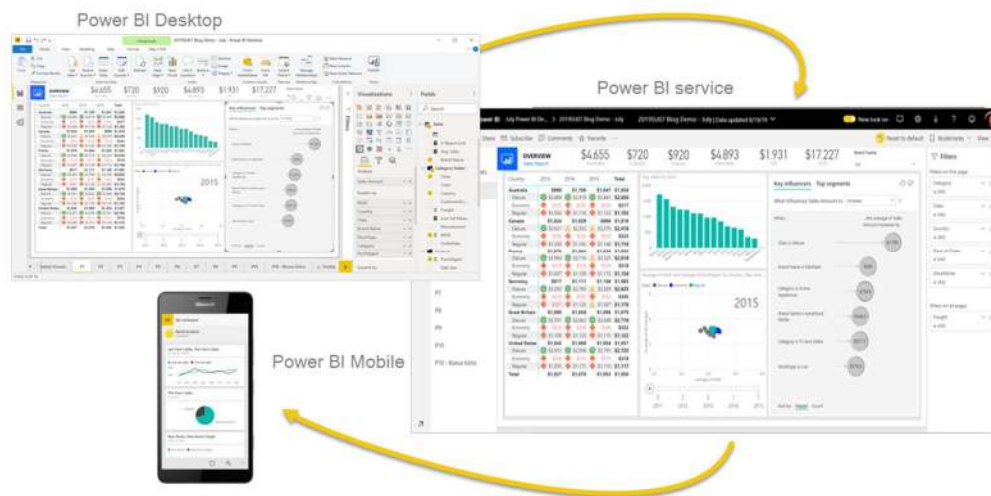


Fig. 1. Power BI Desktop, the service, and the mobile apps [1]

These three elements – Power BI Desktop, the service, and the mobile apps – are designed to let us create, share, and consume business insights in the way that is most effectively. Beyond those three, Power BI also features other important elements.

Microsoft Power BI is the most widely used data processing tool on the planet - more than 50,000 companies around the world use Power BI to clean, transform, model and visualize their data [2]. Most business analysts and data scientists use Power BI regularly. [4] is a valuable resource for BI developers and analysts looking to create effective analytical models, reports, and dashboards, and includes over 90 practical recipes using Power BI, including Power BI Service and mobile apps; using DAX and M languages to build custom solutions; and tips on optimizing queries, creating aggregate tables, using the Power BI API, and creating paginated reports.

Power BI supports a wide range of data sources: Excel and CSV spreadsheets; Databases (SQL Server, Oracle, PostgreSQL, etc.); Cloud services (Azure, Google

Analytics, SharePoint, Dynamics 365); Web sources and APIs. After importing data, Power BI allows us to transform, clean, and filter it using the Power Query editor.

Power BI has the ability to build dashboards. A dashboard is a set of visualizations that combine key indicators in a single window and allow to quickly identify problem areas or positive trends. They provide interactivity; the ability to publish and share; support for automatic data updates and mobile adaptation.

Power BI is not only a tool for viewing data, but also for deep analytics because it supports both basic and advanced analytics. These include: using the DAX language for complex calculations; trend forecasting; integration with Python and R for machine learning; built-in AI visualizations (Q&A, Decomposition Tree, Key Influencers).

Power BI allows to create various types of visualizations: charts (column, line, pie); maps (geographic, heat); tables, matrices, treemaps; interactive filters (slicers), timelines. The user can easily configure the interaction between graphs: for example, when selecting a category in one graph, all others change. This provides deep immersion in the data.

Advantages of using Power BI: an intuitive interface; support for a large sources number; high level of customization; advanced analytics capabilities; integration with other Microsoft products; availability of a free version.

Therefore, Power BI as a data analytics and visualization tool is not only practically useful, but also extremely relevant for a modern specialist in the context of digital transformation. Flexibility, interactivity, and support for advanced analytics make Power BI an indispensable tool for both small companies and large enterprises.

References

1. Microsoft Corporation. (2023). Power BI Documentation. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/>
2. Mastering Power BI: A Comprehensive Beginner's Guide. (2023). URL: <https://www.4594.com.ua/news/3686353/opanovuemo-power-bi-viceprij-posibnik-dla-pocatktivciv>
3. Ferrari, A., & Russo, M. (2021). The Definitive Guide to DAX: Business Intelligence with Microsoft Excel, SQL Server Analysis Services, and Power BI (2nd ed.). Microsoft Press.
4. Czerwicz, R. (2020). Power BI Cookbook: Creating Business Intelligence Solutions of Analytical Data Models, Reports, and Dashboards. Packt Publishing.

Volodymyr Mykhalevych¹, Dr. Sc.

Mykola Kolisnyk².

Andrii Shtuts³, Cand. Sc.

¹Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: mykhalevych@vntu.edu.ua

²Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: kolisnik30@gmail.com

³Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: shtuts1989@gmail.com

MATHEMATICAL MODELING OF DEFORMATION TRAJECTORIES OF MACROPARTICLES IN HAZARDOUS ZONES OF WORKPIECES DURING FLOW FORMING

Abstract. Mathematical models of deformation trajectories of macroparticles in the processes of flow forming have been proposed. The construction is based on differential equations and basic spline functions with applied geometric transformations. The deformation trajectory models are an essential component in modeling the deformability of workpieces and assessing the plasticity resource, depending on the material properties and plastic deformation conditions.

Key words and phrases: deformation trajectory model, differential equations, accumulated plastic strain, stress triaxiality, modeling the deformability of workpieces, flow forming.

Процеси штампування обкочуванням (ШО) становлять важливий напрям розвитку ресурсозберігаючих технологій та підвищення якості металевих виробів. Одним із основних обмежуючих чинників у впровадженні цих процесів є руйнування заготовок через недостатню пластичність матеріалів. Застосування математичного апарату теорії деформованості матеріалів забезпечує можливість оцінки здатності заготовок до пластичного формозмінення без досягнення критичних станів руйнування [1, 2, 3, 4].

Модель траєкторії деформування макрочастинок у небез, печних зонах є однією з трьох складових, що визначають модель деформовності заготовок у процесах пластичного деформування.

Модель траєкторії деформування макрочастинок бічної поверхні циліндричного тіла, під час його вісесиметричного стискання між шорсткими плитами, може бути побудована на основі диференціального рівняння між осьовою $d\varepsilon_z$ та коловою $d\varepsilon_\varphi$ компонентами тензора приростів пластичних

деформацій $\Phi\left(\frac{d\varepsilon_z}{d\varepsilon_\varphi}, \varepsilon_\varphi, \varepsilon_z\right) = 0$. Авторами [5, 6] на основі аналізу механіки формозмінення сформульовано умови, яким має задовольняти зазначене диференціальне рівняння. Розроблено декілька варіантів диференціальних рівнянь першого порядку, що задовольняють вказані умови. Траєкторії деформування традиційно представлені у вигляді функції $e = e(\eta)\dot{\varepsilon}_i$, де η - безрозмірний показник напруженого стану, що дорівнює відношенню першого інваріанта тензора напружень до інтенсивності напружень; e - накопичена пластична деформація, що визначається інтегруванням інтенсивності приростів деформацій і може бути обчислена за допомогою її представлення в такому вигляді

$$e(\varepsilon_\varphi) = \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot \int_0^{\varepsilon_\varphi} \sqrt{\left(\frac{d\varepsilon_z}{d\varepsilon_\varphi}\right)^2 + \frac{d\varepsilon_z}{d\varepsilon_\varphi} + 1} \cdot d\varepsilon_\varphi;$$

ε_φ - логарифмічна деформація.

Перехід від сконструйованих диференціальних рівнянь до траєкторій деформування у вказаному вигляді здійснений за допомогою рівнянь теорії течії.

Стосовно до вісесиметричного стискання циліндричного тіла між шорсткими плитами рівняння траєкторії деформування можна записати у параметричному вигляді

$$\begin{cases} \eta(t) = \frac{1 - 3 \cdot \cos^2(t)}{\sqrt{1 + 3 \cdot \cos^4(t)}}, \\ \varepsilon_u(t, m) = m \cdot \int_0^t \sqrt{3 + \frac{1}{\cos^4(x)}} \cdot dx, \end{cases}, t \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right] \quad (1)$$

де m - параметр, що може бути визначений на основі експериментальних даних.

Узагальненням умови $\lim_{\varepsilon_\varphi \rightarrow \infty} \frac{d\varepsilon_z}{d\varepsilon_\varphi} = -\frac{1}{2} \rightarrow \frac{d\varepsilon_z}{d\varepsilon_\varphi} \Big|_{\varepsilon_\varphi=0} = -(1+\theta), 0 \leq \theta \leq 1$ на випадок

відзеркалення величини радіального зсуву вершини кінцевого валка в напрямі до периферії заготовки (рис. 1)

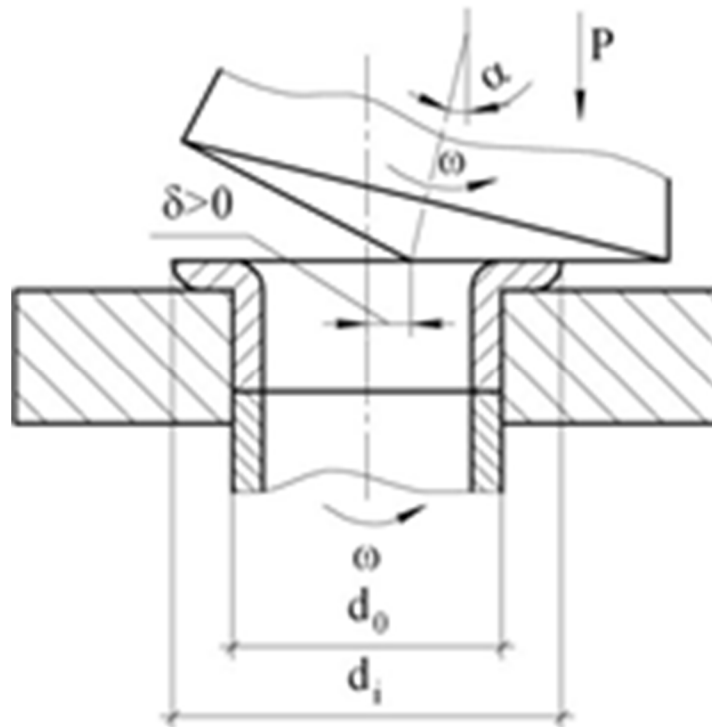


Рис. 1. Технологічна схема формування зовнішнього фланця заготовки під час штампування обкочуванням.

призвело до узагальнення траєкторії деформування (1)

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta(t) = \frac{\frac{3}{2} \cdot (4 - (1 + \theta) \cdot (1 + 3 \cos^2(t)))}{\sqrt{9 + \frac{3}{4} \cdot (2 - (1 + \theta) \cdot (1 + 3 \cos^2(t)))^2}}, \\ \bar{e}_i(t) = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot m \cdot \int_0^t \frac{\sqrt{(2 - (1 + \theta)(1 + 3 \cos^2(t)))^2 + 12}}{\cos^2(t)} \cdot dt, \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} m \in [0, \infty), \\ \theta \in [0, 1], \\ t \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]. \end{array}$$

Інший підхід полягає в побудові траєкторій деформування на основі аналізу напружено-деформованого стану матеріалу небезпечної області заготовки.

Для моделювання процесу зворотного витискування фланців методом ШО запропоновано оригінальний підхід до побудови траєкторій деформування, що базується на використанні базисної сплайн-функції, утвореної шляхом поєднання синуса та дотичної. Подальшим застосуванням геометричних перетворень, побудовано трипараметричну модель траєкторії деформування.

Результати числового моделювання засвідчили, що запропонована модель здатна адекватно відтворювати особливості зміни напружено-деформованого стану в ході технологічного процесу.

References

1. Mykhalevych V.M., Kolisnyk M.A., Shtuts A.A. Study of the Stress–Strain State of the Material of the Blanks during Plastic Stamping by Rolling. *Metallophysics and Advanced Technologies*. 2025. vol. 47, No. 1. P. 57-81 (In Ukrainian).
2. Mykhalevych V.M., Matviychuk V.A., Kolisnyk M.A. Assessment of material deformability during upsetting of workpiece elements by the rolling stamping method. *Tekhnika, Energetyka, Transport APK*. 2022. No. 2(117). P. 104-114. DOI: 10.37128/2520-6168-2022-2-11 (In Ukrainian).
3. Mykhalevych V.M., Shtuts A.A., Kolisnyk M.A. Investigation of rolling stamping processes through the analysis of material deformability modeling of workpieces. *Tekhnika, Energetyka, Transport APK*. 2023. No. 3(122). P. 22-34. DOI: 10.37128/2520-6168-2023-3-3 (In Ukrainian).
4. Mykhalevych V.M., Dobranyuk Yu.V., Tyutyunnyk O.I., Kolisnyk M.A. Linear and nonlinear models in the theory of damage accumulation. *Obrabotka Materialiv Tyskom (Processing of Materials by Pressure)*. 2024. No. 1(53). P. 100-108. [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2024-1\(53\)100](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2024-1(53)100) (In Ukrainian).
5. Mikhalevich V. M., Lebedev A. A., Dobranyuk Yu. V.: Modeling of plastic deformation in a cylindrical specimen under edge compression. *Strength of Materials*, Volume 43, Number 6, 2011, 591–603, DOI: 10.1007/s11223-011-9332-7.
6. Mykhalevych V. M. Modeling of the Stress-Strain and Limit States of the Surface of Cylindrical Specimens under End Compression: Monograph / V. M. Mykhalevych, Yu. V. Dobranyuk. – Vinnytsia: VNTU, 2013. – 180 p. ISBN 978-966-641-532-8 (In Ukrainian).

Victor Shchyrba¹, Cand. Sc.

Maryna Miastkovska², Cand. Sc.

¹Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University, Kamianets-Podilskyi,
Ukraine

e-mail: victor.shchyrba@gmail.com

² Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University, Kamianets-Podilskyi,
Ukraine

e-mail: marinenka1@gmail.com

MULTIPROCESSING METHODS FOR FORMING OPTIMIZATION ROUTES USING THE ANT COLONY ALGORITHM

Abstract. Approaches to the implementation of the ant colony algorithm in multiprocessing data processing systems are proposed as one of the most interesting and promising methods for solving complex optimization problems.

Keywords. Parallel data processing, ant colony algorithm.

При дослідженні складних систем важливу роль відіграють високопродуктивні алгоритми оптимізації. Одним них є мурашиний алгоритм, який базується на поведінкових моделях колоній мурах.

Завдяки своїй природній паралельності алгоритм спонукає до дослідження реалізації його у багатопотокових середовищах, що надає можливість значно прискорити процес обчислень і покращити результати оптимізації. Адаптивність та здатність мурашиного алгоритму до паралельної обробки надають можливість модифікувати його в ефективний інструмент навіть для складних обчислювальних задач.

Ключовою ідеєю мурашиного алгоритму є імітації поведінки мурах, що шукають найкоротші шляхи від мурашника до джерела їжі. Пересуваючись, мурахи залишають слід феромону, який інші мурахи використовують при виборі найкращого шляху. З плином часу насиченість феромону поновлюється і це дозволяє алгоритму адаптуватися до змінних умов і знаходити оптимальні рішення.

Концепція мурашиного алгоритму ґрунтується на декількох ключових принципах:

1. **Колективна поведінка** — алгоритм імітує взаємодію великої

кількості мурах, що спільно шукають оптимальні шляхи.

2. **Зважений вибір шляху** – кожна мураха вибирає наступний крок залежно від кількості феромону і довжини маршруту, що дозволяє моделювати зважену стратегію пошуку.

3. **Підсилення кращих рішень** – шляхи, що ведуть до кращих рішень, одержують більшу кількість феромону і це підвищує ймовірність їх вибору в наступних кроках ітерацій.

4. **Ефект випаровування феромону** – кількість феромону поступово зменшується і це дозволяє уникнути передчасного зосередження на локальних мінімумах та сприяє виявленню нових можливих шляхів.

5. **Паралельна обробка** – кожна мураха діє незалежно від інших і це дозволяє реалізовувати алгоритм у багатопотокових методах для підвищення швидкості алгоритму.

Одним з найпоширеніших варіантів використання мурашиного алгоритму є задача комівояжера, де необхідно знайти найкоротший шлях між містами. Він дозволяє ефективно обчислювати рішення навіть при досить великій кількості міст. Також алгоритм знаходить широке використання в оптимізаційних задачах, в тому числі логістику, маршрутизацію мереж, розподіл ресурсів, фінанси, економіку та ін.

Перевагами мурашиного алгоритму є здатність до швидкої адаптації у динамічних середовищах, можливість роботи з великими наборами даних та простота реалізації. Водночас, основним недоліком є необхідність ретельного налаштування параметрів алгоритму і відносно високі обчислювальні витрати.

Багатопотокова обробка даних є важливим аспектом сучасних методів обчислення, що дозволяє пришвидшити виконання складних алгоритмів. Впровадження багатопотокової обробки даних мурашиним алгоритмом відкриває нові можливості для оптимізації процесів, дозволяючи при цьому паралельно обробляти шляхи мурах та прискорювати оновлення залишків феромону. В класичному підході кожна мураха незалежно обирає свій шлях,

оцінює його якість та оновлює рівень феромонів на пройденому маршруті. Але, якщо використовувати паралельні розрахунки, то можна розподілити мурах між кількома паралельними потоками і це дає змогу одночасно досліджувати декілька можливих варіантів, не витрачаючи зайвого часу на послідовне виконання операцій.

Багатопотоковий мурашиний алгоритм можна реалізувати різними методами, залежно від особливостей платформи і поставленої задачі. Найпростішим варіантом є розподіл мурах між окремими потоками, де кожен потік займається побудовою маршрутів для певної групи агентів. Це дозволяє рівномірно завантажити процесор та значно скоротити час виконання алгоритму. Іншим підходом є паралельне оновлення феромонної карти, коли після побудови маршрутів декілька потоків одночасно коригують рівень феромонів у різних ділянках пошукового простору. В такий спосіб можна уникнути затримок, пов'язаних із блокуванням спільних ресурсів, та підвищити продуктивність.

Таким чином, мурашиний алгоритм у поєднанні з багатопотоковою обробкою є потужним інструментом для вирішення широкого спектра завдань. Його здатність швидко адаптуватися до змінних умов, ефективно досліджувати великі простори рішень та знаходити оптимальні маршрути робить його одним із найбільш перспективних підходів у пошуках оптимальних маршрутів.

References

1. Doronin S.O. Parallel Computations and Their Application in Optimization Problems. Kyiv: Naukova Dumka, 2020. 256 p.
2. Danchuk V.D., Svatko V.V. Optimization of Pathfinding on a Graph in a Dynamic Traveling Salesman Problem Using a Modified Ant Colony Algorithm: Scientific Article. System Research and Information Technologies, 2012. №2. P. 78–86 (in Ukrainian).

SECTION B

CREATION OF EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE IN HIGHER EDUCATION. MONITORING OF THE QUALITY OF EDUCATION: TOOLS AND TECHNOLOGIES. MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES IN TEACHING MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE

Vasyl Abramchuk¹, Cand. Sc.

Dmytro Babiuk²

Liubov Tiutun³, Cand. Sc.

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: abramchuk.doc@gmail.com

²Golodkiv gymnasium of Khmilnyk City Council, Vinnytsia region, Ukraine
e-mail: Dimka.babyuk@gmail.com

³Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: tiutun.la@vspu.edu.ua

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE CAPABILITIES IN TEACHING AND ASSESSING THE QUALITY OF KNOWLEDGE IN MATHEMATICS

Abstract. The article analyzes the studies published in the literature, which define how artificial intelligence helps to improve the quality of teaching and assessment of knowledge in mathematics. The advantages of AI-driven systems in improving the quality of mathematics education are highlighted. The introduction of artificial intelligence into school curricula will help develop students' critical thinking and creativity.

Key words and phrases: artificial intelligence, the concept of learning and knowledge assessment.

Упровадження можливостей штучного інтелекту змінили освітній ландшафт, запропонувавши інноваційні методи для залучення та підтримки учнів закладів загальної середньої освіти у різних предметних галузях. Математика, як одна з найважливіших галузей навчання, вимагає ефективних

педагогічних підходів до її вивчення, покращення концептуального розуміння учнів та навичок розв'язування творчих задач.

Технології штучного інтелекту мають значний вплив на навчальний процес [3]. Фактично з 1980-х років штучний інтелект сформувався як цілісна галузь академічних досліджень [7]. У численних дослідженнях вивчалось, як інтегроване зі штучним інтелектом навчальне середовище впливає на результати навчання математики. Дослідження проведене [4] показало, що персоналізоване навчання зі штучним інтелектом сприяло покращенню навичок розв'язування задач серед учнів. Хеддок і колеги [5], досліджували здатність систем на основі штучного інтелекту персоналізувати навчальний досвід учнів, адаптуючись до їхніх індивідуальних потреб і надаючи зворотній зв'язок, зосереджувались на наслідках для персоналізованого навчання. Як і будь-яка освітня інновація, інтеграція штучного інтелекту в математичну освіту не позбавлена викликів. Необхідно враховувати етичні міркування щодо конфіденційності даних, упередженості алгоритмів і впливу надмірної залежності від технологій. Дослідники та освітяни повинні співпрацювати, щоб розробити надійні рамки та керівні принципи для забезпечення відповідального та етичного використання інструментів штучного інтелекту в освіті. Оскільки системи штучного інтелекту стають невід'ємною частиною практики оцінювання, з'являються етичні міркування. Дослідження [6] підкреслило важливість прозорості та справедливості в інструментах оцінювання на основі штучного інтелекту, особливо в контексті математики в закладах загальної середньої освіти. Їхня робота підкреслила необхідність для освітян критично оцінювати алгоритми, що лежать в основі інструментів оцінювання зі штучним інтелектом, щоб зменшити упередженість і забезпечити справедливе оцінювання математичних компетентностей учнів.

Цифрове навчання та оцінювання з використанням штучного інтелекту в математиці в закладах загальної середньої освіти пропонують трансформаційні

можливості щоб покращити як викладання, так і навчання. Завдяки використанню штучного інтелекту викладачі можуть надавати персоналізовані інструкції, адаптуватися до унікальних навчальних потреб учнів та більш ефективно відстежувати їхній прогрес. Ця технологія забезпечує зворотний зв'язок у реальному часі, заохочує інтерактивне навчання і може зменшити навантаження на викладачів, автоматизуючи рутинні завдання. Однак для того, щоб повністю реалізувати потенціал штучного інтелекту, необхідна належна інфраструктура, підготовка вчителів та етичні міркування, які забезпечать його відповідальне використання.

Навчальна програма за Дж. Брунером [2] тісно пов'язана з застосуванням штучного інтелекту в навчальному процесі, створення електронних підручників, програмного забезпечення з різних розділів навчальних дисциплін. Наведемо низку прикладів, які визначають необхідність застосування штучного інтелекту, розвивають творчість, стимулюють засвоєння нового матеріалу, розвивають образне мислення. До таких задач, наприклад, відносяться геометричні задачі пов'язані з поняттями відстані між об'єктами, обчисленням площ фігур і поверхонь, об'ємів, зображенням фігур і поверхонь, взаємним їх розташуванням, подібністю фігур тощо.

Вважаємо, що теорія нечітких множин є логічною основою підсумкового оцінювання якості знань. Із досвіду викладання математичних дисциплін, оцінювання рівня знань тих, хто навчається, аналізу математичних моделей оцінювання, можна рекомендувати таку математичну модель, яка дозволяє визначити рівень якості і повноти знань у процесі засвоєння окремих розділів (модулів, тем, підсумкового контролю) на основі логіки теорії нечітких множин [1].

Функція оцінювання $P_t^{(i)} = e^{-\lambda(t-t_0)^2}$ за кожне виконане завдання, де t_0 – відносна оцінка експерта (викладача), $t_0 \in (0; 1)$; λ – параметр, що

характеризує рівень, глибину і повноту теоретичних знань й практичних навиків, творчість, самостійність виконаних завдань (наприклад, $\lambda \in (0,5; 2)$).

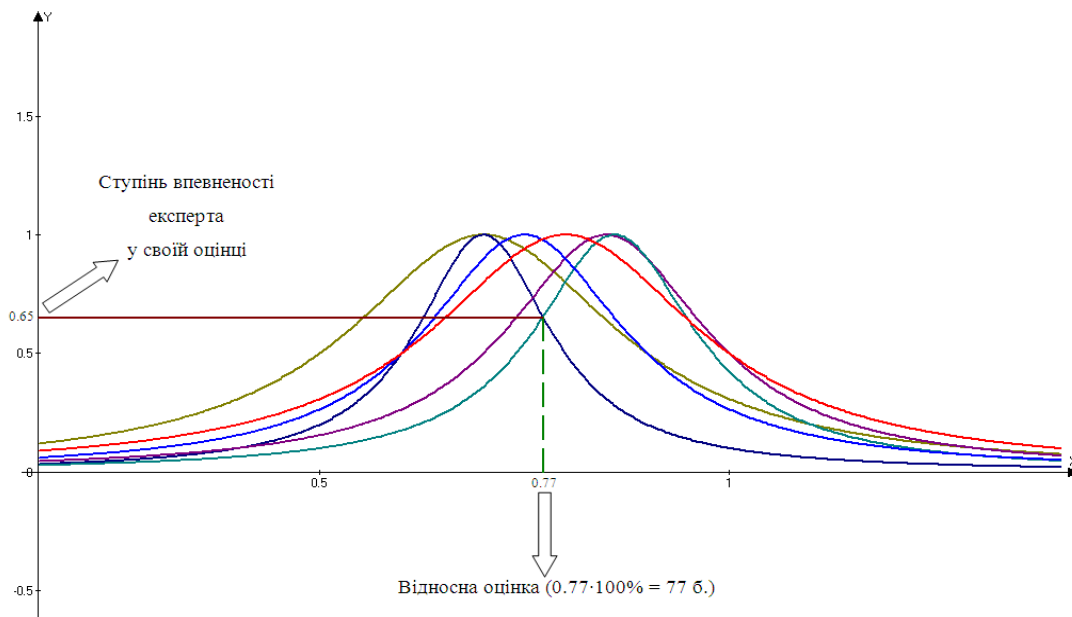


Рис. 1

Наносячи на шкалу функції оцінювання за кожне виконане завдання (див. рис. 1), дістанемо оцінку якості засвоєння знань на основі законів логіки нечітких множин, що дозволяє визначити ступінь упевненості викладача в оцінці.

Висновок. Цифрове навчання та оцінювання з використанням штучного інтелекту в математиці в закладах загальної середньої освіти пропонують трансформаційні можливості щоб покращити як викладання, так і навчання. Завдяки використанню штучного інтелекту викладачі можуть надавати персоналізовані інструкції, адаптуватися до унікальних навчальних потреб учнів і більш ефективно відстежувати їхній прогрес. Ця технологія забезпечує зворотний зв'язок у реальному часі, заохочує інтерактивне навчання і може зменшити навантаження на вчителів та викладачів, автоматизуючи рутинні завдання. Однак для того, щоб повністю реалізувати потенціал штучного інтелекту, необхідна належна інфраструктура, підготовка вчителів та етичні міркування, які забезпечать його відповідальне використання.

References

1. Abramchuk, V.S., Turzhanska. O.S. Criteria for the quality of training of future mathematics teachers: *Scientific Journal of the National Pedagogical Dragomanov University. Series № 5. Pedagogical sciences: realities and prospects*. Issue 22: a collection of scientific papers / edited by V.P. Sergienko: Drahomanov National Pedagogical University. 2010. Kyiv. P. 26-30. (in Ukrainian)
 2. Brunner, J. J. The Culture of Education. *Harvard University Press*. 1996.
 3. Chan, K. S., & Zary, N. Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: Integrative review. *JMIR Medical Education*. 2019. Vol. 5. No 1. e13930.. <https://doi.org/10.2196/13930>
 4. Chen, E. Ethical Considerations in AI-Driven Education. *Ethics in Education Quarterly*. 2020. Chen, W., & Wang, Q. Longitudinal Study on AI-Supported Mathematics Problem-8(2), 167-181. solving. *Educational Psychology Review*. 2019. Vol. 27. No 2. P. 245-263.
 5. Haddock, D., Murray, S., & Yu, J. Artificial Intelligence in Education. Springer. 2020.
 6. Jones, R., & Lee, E. Ethical Considerations in AI-Based Mathematics Assessment. *Journal of Educational Assessment*. 2021. Vol. 33. No 1. P. 87-104.
 7. Williamson, B., & Eynon, R. Historical threads, missing links, and future directions in AI education. *Learning, Media and Technology*. 2020. Vol. 45. No 3. P. 223-235. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995>
-
-

Tetiana Barbolina, Dr. Sc.

Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University, Poltava, Ukraine

e-mail: tm-b@gsuite.pnpu.edu.ua

IMPLEMENTING STUDENT-CENTERED AND DIGITAL LEARNING METHODS AT POLTAVA NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY WITHIN THE ERASMUS+ BOOST PROJECT

Abstract. The article presents the experience of Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University in implementing student-centered and digital learning methods within the Erasmus+ KA2 project. The practical implementation of course evaluation criteria, developed in cooperation with European partners, is demonstrated using the «Algorithms and Data Structures» course as an example

Key words and phrases: student-centered learning, international cooperation, interactive learning content, H5P.

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активним пошуком та впровадженням інноваційних підходів, спрямованих на підвищення якості підготовки фахівців. У цьому контексті міжнародні проєкти відіграють важливу роль, сприяючи обміну досвідом та адаптації кращих світових практик. Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка є активним учасником таких ініціатив, у тому числі проєктів Еразмус+ KA2.

Так, проєкт BOOST (Bringing Opportunities and Organizational Success To Small Local Universities in Ukraine) спрямований на підвищення потенціалу ЗВО шляхом упровадження інноваційних практик у підходах до навчання і роботи [1]. Серед ключових напрямів цього проєкту – просування студентоорієнтованих і цифрових методів навчання. У рамках цього напрямку здійснювалося оновлення курсів на платформі Moodle на засадах студентоцентрованого підходу.

За результатами обговорень з європейськими партнерами було сформовано ряд критеріїв, спрямованих на підвищення ефективності та інтерактивності навчальних матеріалів. Розглянемо реалізацію цих вимог на прикладі курсу «Алгоритми і структури даних», матеріали якого використовуються як додаткова підтримка навчання в аудиторному форматі.

Для ефективного засвоєння матеріалу важливо, щоб студент розумів цілі навчання та вимоги до результатів. З цією метою на початку курсу наводиться

опис результатів навчання, а на початку кожної теми – вимоги щодо знань і умінь здобувачів освіти в рамках відповідної теми. Крім того, кожний вид діяльності супроводжується коротким описом, який відображається на сторінці курсу.

Зважаючи на те, що матеріали на платформі Moodle призначені насамперед для організації самостійної роботи студентів, значна увага приділяється розробці інтерактивних завдань. Ці завдання, як правило, не передбачають оцінювання, але є ефективним інструментом для самоконтролю та своєчасного виявлення прогалин у знаннях. Для представлення таких інтерактивних завдань широко використовуються можливості сервісу H5P [2], який дозволяє конструювати інтерактивний мультимедійний навчальний контент у вигляді майже 50 різних видів завдань і підтримує інтеграцію з популярними LMS, зокрема Moodle. Так, конспекти лекцій представлені здебільшого у форматі інтерактивних книг H5P. Це дозволяє додавати мультимедійний контент, а також вбудовувати безпосередньо в текст лекції інтерактивні завдання для закріплення теоретичного матеріалу. Такі завдання можуть передбачати заповнення пропусків у тексті (з клавіатури або шляхом перетягування), відповіді на тестові запитання, роботу з діалоговими картками (на одній стороні таких карток відображається запитання, а на іншій – відповідь) тощо.

Активній освітній діяльності студентів сприяють також завдання, які передбачають групову роботу та взаємооцінювання. У студентоцентрованому підході важливим є зворотний зв'язок між викладачем і здобувачами, можливість аналізу студентом власного прогресу [3], що забезпечується використанням відповідного виду діяльності наприкінці кожного змістового модуля.

Опитування студентів за результатами впровадження оновленого курсу засвідчило доцільність запроваджених змін для підвищення якості підготовки.

References

1. BOOST. URL: <https://boost.mspu.edu.ua>.
2. H5P. H5P – Create and Share Rich HTML5 Content and Applications. URL: <https://h5p.org>
3. Shevchuk G. Y. Student-centered teaching in the context of modern educational challenges. *Innovative Pedagogy*. 2023. Iss. 63. Vol.2. P.127-130. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2023/63.2.26> (in Ukrainian).

Oleksandr Dovbnia

Drahomanov Ukrainian State University, Kyiv, Ukraine

e-mail: o.v.dovbnia@udu.edu.ua

VIDEO AS A MEANS OF FUNDAMENTALIZING THE TEACHING OF COMPUTER SCIENCE DISCIPLINES

Abstract. The problems of using video in e-courses are considered, in particular, the difficulties that teachers face due to insufficient awareness of available software tools. A review of popular software tools for video editing, such as Windows Live Movie Maker, Videomach, Shotcut, Lightworks and Jahshaka, is conducted. Their functionality, advantages and disadvantages are determined.

Key words and phrases: video resources in education, e-courses, Windows Live Movie Maker, Videomach, Shotcut, Lightworks, Jahshaka, computer science, web-oriented systems.

Основною проблемою на шляху більш масового використання відео в електронних курсах є невміння викладачів використовувати вже давно доступні їм технічні і програмні засоби.

Дослідження Ю.В. Триуса, С.О. Семерікова, С.М. Яшанова довели, що фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін відбувається не лише за рахунок фундаменталізації змісту навчання, але і за рахунок фундаменталізації використання засобів навчання, зокрема веб-орієнтованих систем, через надання їм універсальності та властивостей мобільності.

Основні редактори, які мають широке коло застосування:

1. Windows Live Movie Maker – це найперша програма в рейтингу веб-додатків. Досить складно буде знайти більш простий редактор, ніж цей, що за замовченням встановлюється на кожній операційній системі Windows. Однак є істотний недолік – відсутність мікшування звуку, функціонал цього відеоредактора не відрізняється особливими функціональними можливостями. Головне обмеження – робота з малою кількістю форматів файлів. До того ж Movie Maker поводить ся вкрай нестабільно при здійсненні трудомістких операцій. Безкоштовність програми і її наявність на кожному комп'ютері з

Windows дозволяє рекомендувати її для початкового вивчення можливостей відео монтажу [2].

2. Videomach – ще одна програма для редагування відео, яка підійде як для роботи з відео файлами, так і для створення ролика з фотографій. Окрім редактора, в Videomach є функція конвертера форматів. Окрім простих маніпуляцій з відео, тобто розділення файлу на частини і з'єднання різних відео файлів, програма дозволяє синхронізувати відео і аудіо, уповільнювати відтворення заданих фрагментів, накладати аудіодоріжку на відео, і, головне, допоможе налаштувати самі різні кодеки [2].

3. Shotcut – це програма, яка підтримується різними операційними системами. Редактор здатний обробляти практично всі існуючі формати відео та інших медіафайлів. Програма дозволяє записувати відео і звук з екрану комп'ютера, редагувати його, підтримує HTML5, дозволяє використовувати спецефекти, переходи, додавати титри тощо.

Знайти програму можна на офіційному сайті, звідки її можна завантажити абсолютно безкоштовно. Там же є відео уроки, щоправда англійською мовою, проте, навіть і без знання англійської вони дають уявлення про те, як працювати з програмою [3].

4. Lightworks – професійний безкоштовний відео-редактор, є однією з кращих програм з вільним розповсюдженням для обробки відео, яка створювалася для роботи на Windows. Також стали виходити версії для Linux і OS X. Можливості редактора дуже великі. У ньому є функції, які властиві професійним програмам типу Adobe Premiere Pro. Найцікавіша функція в цьому редакторі – монтаж відео, яка дає можливість створювати ролики з різних джерел і накладати на них субтитри [3].

5. Jahshaka - редактор з вільним розповсюдженням і відкритим кодом можна встановлювати на всі версії Windows, Mac OS X і Linux. Програма має багато функцій анімації, редагування відеозаписів, створення спецефектів,

корекції кольору тощо. Розробники стверджують, що ця утиліта є найкращим безкоштовним засобом для створення цифрового контенту. Програма має кілька основних розділів. Управління файлами і різними елементами проходить в розділі Desktop. Для роботи з анімацією призначений розділ Animation, а додавати ефекти та інші елементи можна в розділі Effects. У розділі Editing розташовані засоби для нелінійного монтажу [1].

Під час розроблення відео-ресурсів потрібно забезпечити: якість матеріалу максимального рівня; мінімальну тривалість; лаконічність подання; динамічність подання; виразність звуку; емоційність подання; хорошу відео якість.

Висновок. Найбільш популярними веб-системами є: Lightworks, Jahshaka, Shotcut, Videomach, Windows Live Movie Maker. Кожна з них має низку функціональних можливостей та переваг, які дозволяють створити якісні та цікаві відео-курси, а також зробити урок ефективним та продуктивним з як для вчителя з інформатики так і для учнів вище зазначеної дисципліни.

References

1. Batsurovska I. V., Dzhalandinova A. M. History of the development of mass open online courses in education. *Current problems of public administration, pedagogy and psychology*. 2015. No. 1. P. 63-66 (in Ukrainian).
2. Bublyk V. V., Gornastyi M. P. Implementation of recommendation systems in e-learning. [Electronic resource]. URL: <http://www.nbu.gov.ua/> (in Ukrainian).
3. Vakalyuk T. A. Selection of mass open online courses for use. *Scientific Bulletin of the Melitopol State Pedagogical University. Series: Pedagogy*. 2018. No. 1 (20). P. 128-133 (in Ukrainian).

Lesya Haybun¹

Olga Kravchuk², Cand. Sc.

¹Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: haibunlesia@gmail.com

²Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: olikr57@ukr.net

LIVEWORKSHEETS – NEW OPPORTUNITIES FOR TEACHERS AND STUDENTS

Abstract. LiveWorksheets are a powerful tool that can make learning more engaging and effective. They allow teachers to create interactive assignments, tests, exercises, and other learning materials that can be used in the classroom or in distance learning.

Key words and phrases: interactive tasks, distance learning, worksheets, mathematics, educational materials, LiveWorksheets.

Сучасна освіта все частіше звертається до цифрових інструментів, і серед них платформа LiveWorksheets займає особливе місце. Вона дозволяє перетворювати звичайні робочі листи в інтерактивні завдання, що робить навчання математики більш динамічним та ефективним. Використання цього сервісу відкриває нові можливості для вчителів і учнів, поєднуючи традиційні методи з сучасними технологіями. [1]

Однією з ключових переваг LiveWorksheets є його універсальність. Наприклад, під час вивчення алгебри учні можуть вводити розв'язки рівнянь у спеціальні текстові поля, які система миттєво перевіряє, підсвічуючи правильні відповіді зеленим кольором. Це не лише економить час вчителя, але й дає учням змогу відразу корегувати свої помилки. Для геометрії платформа пропонує завдання з перетягуванням об'єктів: учні співставляють назви фігур із їхніми зображеннями, що розвиває просторове мислення.

Особливу цікавість викликають завдання зі статистики, де учні взаємодіють з інтерактивними графіками (рис. 2). Наприклад, вони можуть переміщувати стовпці діаграм, щоб візуалізувати дані з таблиці. Такі вправи роблять абстрактні поняття наочними, полегшуючи їхнє засвоєння. Для тем, пов'язаних із дробами та відсотками, LiveWorksheets пропонує візуальні

інструменти: кола, поділені на секції, де потрібно вибрати правильний дріб із випадуючого списку (рис. 1) [2].

Дробы і ділення натуральних чисел

- Запиши частку у вигляді дробу:
 $12 : 43 = \frac{\quad}{\quad}; \quad 5 : 1 = \frac{\quad}{\quad}$
- Яке натуральне число записано дробом:
 $\frac{8}{2} = \quad; \quad \frac{63}{7} = \quad$
- Запиши число у вигляді дробу, вписавши відповідний чисельник:
 $5 = \frac{\quad}{2}; \quad 8 = \frac{\quad}{7}; \quad 14 = \frac{\quad}{3}$
- Розв'яжи рівняння:
 а) $\frac{x}{9} = 4;$ б) $\frac{48}{y} = 2;$
 Відповідь: $x = \quad$ Відповідь: $y = \quad$
 в) $\frac{x+10}{6} = 12;$ г) $\frac{126}{9-y} = 21.$
 Відповідь: $x = \quad$ Відповідь: $y = \quad$

LIVEWORKSHEETS

Рис. 1

Повторення вивченого. Діаграми

Задача
 За малюнком і умовою розв'яжи геометричну задачу.
 Відомо, що CBMN — квадрат.
 Довжина відрізка AN становить 16 см.
 Відрізок AC — на чверть коротший від відрізка AN.
 Знайдіть периметри фігур CBMN і ADMN.

Довжина відрізка CN = $\quad$ Довжина відрізка NM = $\quad$
 Р. суми = $\quad$ *
 Р. добу = $\quad$ *

Задачі
 Дослідіть кругову діаграму і дайте відповіді на запитання.

Скільки сосен
 дубів
 беріз
 припадає на 100 дерев в Україні?
 Запишіть звичайними дробами.

Розподіл площі лісів України за найпоширенішими породами дерев

• Порівняйте дробы, які відображають частину дерев у лісах України: вільхи і ялини ялини і берези дуба і бука

Задачі
 Розгляньте скріншот сайту прогнозу погоди і дайте відповіді на запитання.

1) Коли прогнозували найвищу денну температуру повітря?.....
 2) А нічну?.....
 3) Якого числа прогнозували максимально низьку температуру вночі?.....
 4) У які числа грудня прогнозували три градуси тепла вдень?.....
 5) три градуси морозу вночі?.....

Рис. 2

Важливим аспектом є інтеграція мультимедіа. Наприклад, математичні диктанти з використанням аудіозаписів допомагають учням тренувати увагу та вміння швидко обробляти інформацію. Вбудований аудіоплеєр дозволяє прослуховувати умови завдань, а потім записувати відповіді у таблицю. Це поєднання слухового та візуального сприйняття робить навчання більш ефективним. [3]

Візуальна складова LiveWorksheets також варта уваги. Кольорові схеми, анімація перетягування елементів та інтерактивні підказки роблять процес навчання привабливим. Наприклад, при розв'язанні рівнянь учні бачать не лише текстові поля, але й інструкції з прикладами, що допомагає їм орієнтуватися в завданні. Завдання з побудови графіків або роботи з геометричними фігурами супроводжуються зрозумілими візуальними елементами, які можна адаптувати під різні рівні складності. (рис. 3-4)

Системи лінійних рівнянь

1. Побудуйте графік рівняння $x - y = 3$

2. Користуючись малюнком, розв'яжіть систему рівнянь графічно

$$\begin{cases} y - x = 2 \\ x + y = -2 \end{cases}$$

A) (2;0) B) (-1;-1) C) (-2;0) D) (1;1)

3. Скільки розв'язків має система?

$$\begin{cases} x + 2y = 4 \\ 2x + 4y = -2 \end{cases} \quad \begin{cases} 3x - 5y = 1 \\ 6x - 10y = 2 \end{cases} \quad \begin{cases} x + 3y = 2 \\ x + y = -2 \end{cases} \quad \begin{cases} 2x - 2y = 2 \\ -x + y = -1 \end{cases}$$

4. Укажіть пару, що є розв'язком системи лінійних рівнянь

$$\begin{cases} x - y = 4 \\ 3x + 2y = 7 \end{cases}$$

A) (-1;-5) B) (-6;-10) C) (3;-1) D) (6;2)

Рис. 3

Прізвище, ім'я

Визначте коефіцієнти квадратного рівняння:

a) $6x^2 - x + 4 = 0$ $a = 5, b = 0, c = 8;$
 б) $12x^2 - x + 7 = 0$ $a = -6, b = 1, c = 0;$
 в) $8 + 5x^2 = 0$ $a = 6, b = -1, c = 4;$
 г) $x - 6x^2 = 0$ $a = 1, b = -1, c = -15;$
 д) $-x + x^2 = 15$ $a = -1, b = 12, c = 7;$

Заповніть порожні комірки

Квадратне рівняння	Коефіцієнти рівняння		
$ax^2 + bx + c = 0$	a	b	c
$5x^2 - 3x - 17 = 0$			
$x^2 - x = 0$	2	-3	4
$-15x^2 + 14x = 0$			
$x^2 - x = 0$	-3	0	7
$-x^2 + 5x + 6 = 0$			
$x^2 - x = 0$	-5	-1	19

Виберіть старший коефіцієнт квадратного рівняння $-3x^2 + 5x + 9 = 0$.

A) 5 B) 8 C) 9 D) 3

Розв'яжіть рівняння $5x^2 - 5 = 0$.

A) 1 B) ±1 C) 5 D) ±5

Розв'яжіть рівняння $x^2 - 6x = 0$.

A) -6 B) 0 C) 6 D) 6; 0

Рис. 4

Таким чином, LiveWorksheets стає потужним помічником у сучасному класі. Він перетворює рутинні обчислення на захоплюючий процес, де кожен учень може працювати у власному темпі, експериментувати та бачити результати своїх дій. Для тих, хто бажає глибше дослідити можливості платформи, корисними будуть офіційні джерела, такі як сайт LiveWorksheets, методичні рекомендації та приклади інтерактивних завдань, які демонструють різні підходи до інтеграції сервісу в навчальний процес.

References

1. Online course: Classroom management: general principles and work in distance learning conditions. Educational project "To the Lesson" for teachers. URL: <https://naurok.com.ua/learn/klasne-kerivnictvo-zagalni-principi-i-robota-v-umovah-distanciynogo-navchannya-48> (access date: 04/13/2025).
2. Presentation "The use of interactive electronic notebooks Liveworksheets in the practice of teaching mathematics at NUS" - Lesson.OSVITA.UA. Lesson.OSVITA.UA.URL: https://urok.osvita.ua/materials/edu_technology/prezentacia-na-temu-vikoristannya-interaktivnih-elektronnih-zositiv-liveworksheets-v-praktici-vikladanna-matematiki-v-nus/ (access date::13.04.2025).
3. Using LiveWorksheets interactive worksheets in mathematics lessons as a means of increasing motivation for the subject. Educational project "On the Lesson" for teachers. URL: <https://naurok.com.ua/vikoristannya-interaktivnih-arkushiv-liveworksheets-na-urokah-matematiki-yak-zasib-pidvischennya-motivaci-do-predmetu-414291.html> (date of access: 13.04.2025).

Yulia Ilnitska¹, computer science teacher, specialist of the highest category
Victoria Medvedska², lecturer of specialized disciplines, first-class specialist

¹Vinnytsia Cooperative Institute, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: ilnitskajuliya@gmail.com

²Vinnytsia Vocational College of the National University of Food Technologies,
Vinnytsia, Ukraine

e-mail: vikasol19med@gmail.com

INNOVATIONS IN COMPUTER SCIENCE EDUCATION THROUGH BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Abstract. This article explores the potential use of blockchain technology in education, specifically in the teaching of computer science. The advantages of using blockchain for storing and managing academic data, verifying achievements, and issuing certificates are discussed. Blockchain enables the creation of transparent and secure mechanisms for verifying knowledge, which can significantly increase trust in educational systems. The article also examines practical examples of blockchain integration in educational processes and discusses potential challenges and risks related to their use in modern education. The importance of integrating these technologies into computer science education is emphasized, enabling students to better understand data security and digital currency principles. Moreover, the article highlights the need for training students in blockchain technology, equipping them with skills applicable in various industries.

Key words and phrases: blockchain, education, computer science, digital certificates, data security, distributed systems, new technologies, academic achievements, educational innovations.

Блокчейн-технології, що колись застосовувалися виключно в контексті криптовалют, сьогодні отримують широке застосування в різних сферах, включаючи освіту. Одна з головних переваг блокчейну — це забезпечення прозорості та безпеки інформації, що є критично важливим для навчальних процесів. Використання блокчейн-технологій у освітньому процесі дозволяє ефективно керувати академічними записами, зберігати сертифікати та дипломи, а також створювати нові методи верифікації знань [1].

Основною метою використання блокчейн-технологій в освіті є забезпечення надійного зберігання інформації про навчальні досягнення студентів та прозорих механізмів для підтвердження академічних результатів. Блокчейн дозволяє створювати систему цифрових сертифікатів, що є надійними та неможливими для підробки [2]. Це відкриває нові можливості для верифікації дипломів та сертифікатів, що значно полегшує процес прийому на роботу, а також зменшує ризик шахрайства з академічними документами.

Крім того, блокчейн може бути використаний для створення дистрибутивних систем оцінювання студентів, де кожен етап навчання фіксується в блоках, що дозволяє відстежувати прогрес студентів у реальному часі. Такий підхід забезпечує високий рівень прозорості у визначенні академічних результатів і дає змогу студентам та викладачам мати доступ до актуальної та достовірної інформації.

Однією з важливих галузей застосування блокчейн-технологій є навчання інформатики. У рамках цієї дисципліни блокчейн може бути використаний для створення реальних практичних завдань, що дозволяють студентам освоїти основи криптографії, цифрових валют та дистрибутивних систем [9]. Вивчення блокчейну в контексті інформатики надає студентам можливість зрозуміти, як працюють сучасні технології безпеки, як здійснюється захист даних та як реалізуються дистрибутивні системи в реальному світі.

Інформатика як дисципліна, що тісно пов'язана з інформаційними технологіями, є одним із найбільш перспективних напрямків для застосування блокчейн-технологій. Ось кілька прикладів, як можна використовувати блокчейн у викладанні інформатики:

1. Цифрові сертифікати та дипломи. В освітніх установах можна впровадити використання блокчейн-технологій для створення цифрових сертифікатів і дипломів, які неможливо підробити [8]. Це дає змогу студентам отримати доступ до своїх академічних записів та поділитися ними з потенційними роботодавцями або іншими освітніми установами.

2. Смарт-контракти для організації навчальних угод. Використання смарт-контрактів для організації угод між студентами, викладачами та адміністрацією університетів може значно покращити ефективність освітніх процесів. Смарт-контракти можуть автоматично виконувати умови договору, такі як здача курсових робіт, перевірка результатів тестів або виконання лабораторних робіт.

3. Навчальні платформи на основі блокчейн. Створення платформ для онлайн-освіти на основі блокчейн дозволяє дистрибуцію навчальних матеріалів

у прозорий і безпечний спосіб. Це може бути особливо корисно для студентів, які проходять курси з програмування, алгоритмів або криптографії.

Важливим аспектом є також використання блокчейн-систем для створення децентралізованих освітніх платформ, де навчальні матеріали та курси можуть бути записані на блокчейн, забезпечуючи їх доступність і незмінність. Це створює нові можливості для онлайн-навчання, оскільки студенти можуть безпечно отримувати доступ до курсів та матеріалів, що зберігаються в дистрибутивній системі [5].

Приклади використання блокчейн-технологій в освіті:

1. **Digital Diplomas and Certificates:** Блокчейн може бути використаний для створення цифрових дипломів і сертифікатів, які неможливо підробити. Прикладом є платформи, такі як **Learning Machine** або **Blockcerts**, що дозволяють університетам та освітнім установам видавати сертифікати, які зберігаються на блокчейні та можуть бути перевірені будь-ким.
2. **Decentralized Education Platforms:** Блокчейн можна використовувати для створення дистрибутивних освітніх платформ, на яких навчальні матеріали та курси зберігаються на блокчейні, що забезпечує їх доступність, незмінність і безпеку. Прикладом може бути платформа **Odem**, що пропонує децентралізоване навчання.
3. **Smart Contracts for Educational Agreements:** Блокчейн та смарт-контракти можуть бути використані для автоматизації академічних угод, таких як угоди між студентами і викладачами. Смарт-контракти можуть автоматично виконувати умови договору, зокрема нарахування балів або виконання завдань.
4. **Decentralized Academic Record Keeping:** Блокчейн може забезпечити зберігання академічних записів та досягнень студентів у дистрибутивній системі, що гарантує їх прозорість і захист від підробок. Прикладом є **Sony Global Education**, яка використовує блокчейн для створення системи зберігання та обміну навчальними даними.

Попри значні переваги, використання блокчейн-технологій у освіті також пов'язане з певними викликами. Одним з них є складність інтеграції нових технологій у традиційні освітні системи, що потребує відповідної підготовки педагогів і студентів [6]. Крім того, необхідно забезпечити належний рівень захисту даних, щоб уникнути витоків та зловживань інформацією. Тому важливою складовою є створення спеціальних курсів і програм для навчання блокчейн-технологій, щоб забезпечити їх ефективне використання в навчальному процесі.

Використання блокчейн-технологій в освіті відкриває нові можливості для покращення якості навчання, підвищення рівня безпеки та прозорості академічних процесів. Інтеграція цих технологій в інформатику дозволяє студентам краще розуміти принципи роботи з дистрибутивними системами, безпекою даних та цифровими валютами, що є важливими навичками в умовах цифрової трансформації [4]. Однак, для повного реалізації потенціалу блокчейну в освіті необхідно враховувати можливі виклики та забезпечити належну підготовку учасників навчального процесу.

References

1. Chaban, I. O., & Bondar, I. I. (2019). *Innovative technologies in education: Blockchain in the modern academic environment*. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House.
2. Hnatenko, I. A., & Shchur, Y. P. (2018). *Blockchain: A breakthrough in digital education*. Kyiv: Institute of Information Technologies in Education.
3. Kozak, T. V., & Korchak, Y. P. (2020). *Blockchain as an educational tool: Opportunities and challenges*. Kyiv: National Pedagogical University.
4. Koval, L. V. (2021). *Digital transformation in education: The role of blockchain technologies*. Kharkiv: Kharkiv National University of Radioelectronics.
5. Petrychenko, O. S., & Tymchenko, A. O. (2018). *Blockchain technologies in higher education: A new paradigm*. Odesa: Odesa National Academy of Food Technologies.
6. Sokolov, V. M., & Vasilenko, A. S. (2020). *Educational ecosystems and blockchain technology: Security, transparency, and innovation*. Kyiv: Educational Innovation Publishing.
7. Tymchenko, O. M. (2017). *Blockchain technology in modern education systems*. Donetsk: Donetsk National University.
8. Vozniuk, Y. M., & Pankiv, R. Y. (2019). *Blockchain for education: Practical applications in academic environments*. Lviv: Lviv Academy of Sciences.
9. Zahorna, T. D. (2018). *Blockchain in the digital transformation of education: A guide for educators and developers*. Kyiv: Kyiv National University of Culture and Arts.

Halyna Kashkanova, Cand.Sc.
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: galka210154@gmail.com

DIDACTIC BASIS OF THE COMPETENCY-BASED APPROACH TO THE FORMATION OF PROFESSIONAL ORIENTATION WHEN STUDYING THE COURSE OF FUNDAMENTAL DISCIPLINES IN A TECHNICAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION

Abstract. The didactic foundations of the competency-based approach to the formation of professional orientation when studying a course of fundamental disciplines in a technical institution of higher education are considered.

Key word and phrases. Professional orientation, subject and social competence, fundamental sciences, educational activities, education.

Сучасна освіта в Україні розвивається орієнтуючись на європейські тенденції, враховуючи специфіку вітчизняних традицій і процесів [1].

Потреба встановлення взаємозв'язку між системою освіти і економічною системою, між професійними запитами особистості і потребами суспільства вимагає вдосконалення роботи з формування професійної спрямованості особистості, починаючи з перших курсів її навчання в вузі, і надання їй безперервного характеру.

Змістом освіти є рівень предметної і соціальної компетентності майбутнього фахівця, його здатність до виконання цілісної професійної діяльності, рівень розвитку особистості, який є результатом виконаної студентом діяльності, яка залежить від його індивідуальних особливостей, особистої активності, вкладеності в процеси пізнання, типу виконуваної діяльності, способів спілкування з викладачем та іншими студентами.

Студенти перших курсів вивчають предмети загальноосвітнього циклу, зокрема фундаментальні: математику, фізику, хімію та ін.. Технічні знання майбутнього фахівця формуються на базі законів і понять, перш за все, фундаментальних наук. Тому першим кроком у здійсненні технічної освіти на шляху до професійної компетентності є професійне спрямування змісту цих

дисциплін відповідно до фаху і навчання студентів застосовувати здобуті знання з цих дисциплін.

Модернізація вітчизняної освіти передбачає необхідність формування ключових компетентностей особливо креативних як загального порядку так і конкретного, який стосується творчості в окремих освітніх сферах, навчальних предметах чи видах діяльності.

Виникнення і формування професійних намірів, які згодом переростають в соціально і психологічно обґрунтований вибір професії, відбувається в загальноосвітній школі.

Так, в типовій освітній програмі визначено основні ключові компетентності здобувачів базової освіти. **Наприклад, основною метою освітньої галузі “Математика” є формування в учнів математичної компетентності на рівні, достатньому для забезпечення життєдіяльності в сучасному світі, успішного оволодіння знаннями з інших освітніх галузей у процесі шкільного навчання, забезпечення інтелектуального розвитку учнів, розвитку їх уваги, пам’яті, логіки, культури мислення та інтуїції.**

Математична компетентність включає уміння оперувати текстовою та числовою інформацією; встановлювати відношення між реальними об’єктами навколишньої дійсності; розв’язувати задачі, зокрема практичного змісту; будувати і досліджувати найпростіші математичні моделі реальних об’єктів; усвідомлювати значення математики для повноцінного життя в сучасному суспільстві, розвитку технологічного, економічного й оборонного потенціалу держави, успішного вивчення інших предметів [2].

Математика, фізика як і інші фундаментальні науки оперують науково-теоретичними узагальненнями, які формують необхідні ключові компетентності.

Спрямованість змісту фундаментальних дисциплін на певний фах впливає на відбір методів і форм організації навчальної діяльності, які допомагають забезпечити фундаментальну підготовку студентів з врахуванням програмного рівня (стандарту) теоретичних знань, вмінь і навичок з предметів

циклу; формуванню підсистеми теоретичних знань і вмінь для засвоєння спеціальних (профільних) дисциплін, оволодінню професією, застосуванню цих знань в різних умовах майбутньої практичної діяльності; розвитку у студентів ціннісного ставлення до обраної професії, вихованню, формуванню інтересу до спеціальності і діяльності в обраній галузі виробництва, подальшому розвитку інтелектуальних здібностей.

Аналіз психолого-педагогічної літератури, досвіду передових вузів і педагогів, а також власні спостереження, дозволяють зробити висновок, що психолого-педагогічними основами компетентнісного підходу до формування професійної спрямованості студентів у процесі навчання є [3]:

- активна діяльність студентів щодо продуктивного засвоєння знань, умінь і навичок з даної спеціальності. Вона обумовлюється не тільки зусиллями викладача, але і потребами самого студента, які стимулюють розумову діяльність і розвиток професійних якостей фахівця;

- мотиваційний етап дидактичного процесу дозволяє досягти ефекту швидкого включення студентів у пізнавальну діяльність. Підтримка ж цієї діяльності на необхідному рівні активності цілком залежить від способу її організації, від того, наскільки вона буде посилення для студентів, зрозумілою і які її результати, тобто якість засвоєння;

- активне застосування в навчальному процесі методів керування розумовими операціями, навчання раціональним прийомам мислення, спрямованих на розвиток творчого і логічного мислення.

References

1. National Education Development Strategy in Ukraine for 2022-2032. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text>.
2. Khutorskoy A. Key Educational Competencies. Forum.OCBITA.UA URL: <https://osvita.ua/school/method/2340/>
3. Kashkanova H. H., Kashkanov A. A. Game-Based Learning Methods in General Technical Subjects as a Means of Shaping Students' Professional Orientation: Monograph. Vinnytsia: VNTU, 2012. 124 p. (in Ukrainian).

Irina Khomyuk¹, Dr. Sc.

Victor Khomyuk², Cand. Sc.

¹Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: vikiraivh@gmail.com

²Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: vikiravvh@gmail.com

MULTIMEDIA TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING HIGHER MATHEMATICS

Abstract. The article is devoted to the problem of using multimedia technologies in the process of teaching higher mathematics. Based on theoretical analysis, the concept of «multimedia technologies» is defined and their main types are highlighted.

Key words and phrases: analytical thinking, higher mathematics, multimedia technologies, future engineers.

Сучасний світ переживає епоху цифровізації, яка охоплює всі сфери життя, зокрема й освіту. Використання мультимедійних технологій в освітньому процесі стає не лише тенденцією, а й необхідністю. Особливо це актуально для таких дисциплін, як вища математика, що потребує глибокого розуміння абстрактних понять, складних розрахунків та аналітичного мислення.

Традиційні методи викладання вищої математики, хоча й залишаються ефективними, мають певні обмеження, особливо щодо візуалізації складних математичних процесів. Саме мультимедійні технології можуть допомогти зробити навчання більш доступним, інтерактивним та зрозумілим для студентів. Однією з головних проблем у вивченні математики є її абстрактний характер. Багато студентів стикаються з труднощами при сприйнятті складних понять, що не мають фізичного аналога у реальному світі. Мультимедійні технології дозволяють: використовувати візуалізацію математичних об'єктів, що полегшує розуміння їхніх властивостей; забезпечувати диференційований підхід до навчання, пристосовуючи матеріал до різних рівнів підготовки студентів; підвищувати інтерес до навчання за допомогою інтерактивного контенту, гейміфікації та анімації [1; 2].

На основі теоретичного аналізу науково-методичної літератури, нами визначено мультимедійні технології в процесі вивчення вищої математики як цифрові засоби та інструменти, що використовуються для покращення розуміння, візуалізації та практичного застосування математичних концепцій. Вони поєднують текст, графіку, анімацію, аудіо, відео та інтерактивні елементи для створення більш ефективного та захоплюючого освітнього середовища.

Залежно від способу взаємодії з користувачем мультимедійні технології можна поділити на: пасивні (лекційні відеоматеріали, презентації, електронні підручники); адаптивні (програмне забезпечення для самостійного опрацювання матеріалу, електронні тести); інтерактивні (віртуальні лабораторії, онлайн-курси, платформи для колективного розв'язування задач).

Серед основних мультимедійних технологій, які використовуються в процесі викладання вищої математики слід відмітити: 1) програмне забезпечення для побудови графіків та моделювання процесів, яке допомагає візуалізувати математичні функції, інтеграли, диференціальні рівняння; 2) відеолекції платформи YouTube та анімаційні динамічні пояснення складних тем; 3) інтерактивні платформи для навчання, які забезпечують доступ до інтерактивних курсів, тестів, адаптивного навчання; 4) віртуальні лабораторії та симуляції, які дозволяють студентам експериментувати з математичними моделями у реальному часі; 5) гейміфікація та навчальні ігри використовуються для тестування у формі гри.

Отже, мультимедійні технології роблять навчання вищої математики більш наочним, інтерактивним та ефективним. Їх використання дозволяє не тільки покращити розуміння складних тем, але й підвищити мотивацію студентів до навчання.

References

1. Khomyuk I.V., Kyrylashchuk S.A., Khomyuk V.V. The use of blended learning technology in higher mathematics classes at technical higher education institutions. *Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynskyi. Series: pedagogy and psychology*. 2020. № 64. P. 21–28.
2. Khomyuk V.V., Kyrylashchuk S. A. Formation of the basic level of mathematical competence in mathematics lessons in the context of developmental learning : Collective monograph. Vol. 2. Venice. Italy. 2021. P. 302-311.

Mariana Kovtoniuk¹, Dr. Sc.

Olena Soia², Cand. Sc.

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: kovtonyukmm@vspu.edu.ua

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: soia.om@vspu.edu.ua

MODERN ASPECTS OF MATHEMATICS TEACHING METHODS IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS

Abstract. The ways of development of the discipline «Methods of teaching mathematics in higher education» aimed at improving the level of professional training of future mathematics teachers are proposed.

Key words and phrases: professional training, professional culture, professional ideal, future mathematics teacher, methods of teaching mathematics in higher education.

Професійна підготовка майбутнього викладача математики в умовах динамічного синергетичного освітнього простору будується на теоретичних положеннях гуманної педагогіки та особистісно орієнтованого навчання на основі суб'єкт-суб'єктної комунікації викладача й студента за активної ролі студента. Проблема формування професійної культури майбутнього викладача математики розглядалася у працях авторів [2, 4].

Безпосередня професійна підготовка майбутнього викладача математики починається в бакалавраті й завершується в магістратурі у педагогічній системі «університет», яка включає підсистеми нижчого рангу: «факультет», «спеціальність», «навчальний курс», «кафедра», «навчальна дисципліна».

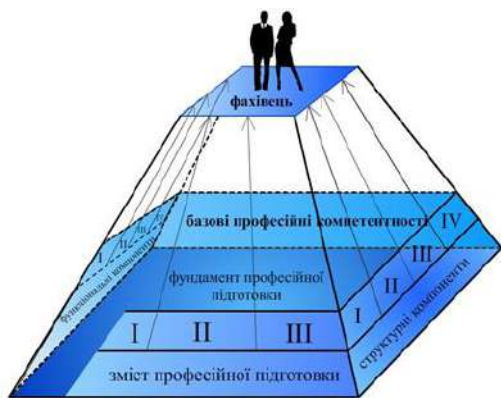


Рис. 1. Просторова модель змісту професійної підготовки викладача (педагогічна система – університет)

Професійна підготовка забезпечує основи професійної й загальної культури фахівця, що реалізуються в його гуманітарній і професійній діяльності (рис. 1). На рівні університету визначається стратегія підготовки майбутнього викладача (через проєктувальні, конструктивні, контрольно-регулювальні,

оцінно-результативні, організаційні компоненти, цілі), формується зміст професійної освіти (освітньо-професійні програми спеціальності, робочі програми (силабуси) кожної дисципліни, навчальні посібники, сайти).

Важливу роль у підготовці майбутнього викладача відіграє навчальна дисципліна «Методика навчання математики у вищій школі» для спеціальності Е7 «Математика», мета якої полягає у дослідженні основних компонентів (цілі, зміст, методи, форми і засоби) системи навчання математики у закладах вищої освіти та зв'язків між ними, підготовці майбутніх фахівців до викладання математики у закладах вищої освіти різних рівнів акредитації та фахового спрямування, а також формування професійних компетентностей майбутнього викладача математики. Саме ця навчальна дисципліна впливає на структурні та функціональні компоненти підготовки компетентного викладача математики, формування його особистісних якостей.

У *функціональному блоці* (рис.1) виділимо гностичний, проектувальний, конструктивний, комунікативний та організаторський компоненти, які забезпечують формування гносеологічно-дослідницьких, науково-пізнавальних, дидактичних, проектувальних, перцептивних та сугестивних умінь майбутнього викладача математики [1, 3, 5].

Структурні компоненти передбачають кореляцію цілей і змісту професійної підготовки майбутнього викладача математики та вимог сьогодення на основі компетентнісного підходу; процесуального блоку.

Для майбутнього викладача математики важливо виділяти глобальні цілі, основне завдання яких є стандартизація рівня професійних і особистісних якостей студента магістратури; ступеневі цілі, які формують професійний світогляд, професійну поведінку. Локальні цілі забезпечують потребу майбутнього викладача математики у використанні змісту навчальної дисципліни, розвитку системного мислення, використання сучасних цифрових технологій для досягнення мети. Зазначимо, що майбутній викладач математики повинен оволодіти не тільки професійними компетентностями, а й умінням самостійно виробляти засоби досягнення поставлених професійних завдань. А для цього повинні бути сформовані навички планування своєї

діяльності, програмування своїх дій на шляху досягнення мети, оцінювання досягнутих результатів і можливості їхньої корекції. При самоосвітній діяльності «формулу успішного керування» можна виразити такими словами: «знаю, можу, хочу, встигаю».

На основі вивчення науково-методичної літератури та власних досліджень зазначеної проблеми нами виділено напрями професіоналізації магістра – майбутнього викладача математики при вивченні дисципліни «Методика навчання математики у вищій школі»:

1. Розвиток професійної культури майбутнього викладача, яка включає математичну, науково-методичну та педагогічну культури, що формуються в умовах синергетичного освітнього простору [2].

2. Формування професійних мотивів [6].

3. Розвиток пізнавальних інтересів студентів через індивідуальні навчально-дослідницькі завдання з використанням різнорівневого навчання та роботи в малих групах, що мають психологічне, соціальне і дидактичне обґрунтування та професійне спрямування. Різнорівневе навчання в поєднанні з комп'ютерним моделюванням дозволяє легко реалізувати індивідуальний та диференційований підхід до студентів («Лекція (практичне заняття) з обраної математичної дисципліни з використанням інфографіки та історичних відомостей. Текст подається з мультимедійною презентацією», або «Поняття, визначення математичних понять. Основні види означень, що використовуються у математиці. Аксиоматичний підхід в математиці. Теореми, їх види (категоричні й імплікативні). Основні підходи до доведення теорем»).

4. Використання методу проектів [8].

5. Формування професійної мобільності майбутнього викладача, тобто гнучкість у викладанні – здатність адаптувати методики й підходи до викладання математики відповідно до профілю спеціальностей у закладах вищої освіти з різними фаховими спрямуваннями, готовність до постійного професійного зростання, до змін та оперативного відбору й реалізації оптимальних способів виконання різноманітних завдань у галузі своєї професії.

6. Здатність і готовність до використання цифрових технологій,

інноваційних методик навчання у майбутній професійній діяльності [7].

7. Самоосвіта, саморозвиток [4].

8. Формування професійного ідеалу викладача як суб'єктивного образу професійної досконалості особистості (конкретного, синтетичного, узагальненого). Від того, яку роль у структурі професійної спрямованості особистості студента магістратури буде займати професійний ідеал, залежить успіх його професійної підготовки.

Багаторічний досвід викладання математичних дисциплін у закладах вищої освіти засвідчує наявність у молодих викладачів певних труднощів у виборі ефективних методичних підходів до навчання математики, особливо на початку своєї професійної діяльності. Це, у свою чергу, актуалізує потребу в подальшому розробленні навчальної дисципліни «Методика навчання математики у вищій школі», що сприяє підвищенню професійної готовності майбутніх викладачів до педагогічної діяльності в умовах закладів вищої освіти.

References

1. Fitsula M. M. Pedagogy: a textbook. Kyiv. 2002. 528 p. (in Ukrainian).
2. Kovtoniuk M. Formation of mathematical culture of bachelors of mathematics in the conditions of mixed form of education. *Materials of the scientific and pedagogical advanced training «Innovative pedagogy of the XXI century: new competencies of a teacher of a higher education institution»: Collection of abstracts*. Vinnytsia. 2024. P. 52-56 (in Ukrainian).
3. Kovtoniuk M. M. Fundamentals of professional training of future bachelor's mathematics teacher: a monograph. Vinnytsia. 2013. 433 p. (in Ukrainian).
4. Kovtoniuk M., Soia O. Peculiarities of formation of professional culture of mathematics teacher. *Mathematics, Informatics, Physics: Science and Education*. 2024. Vol 1. No 2. P. 183-199.
5. Kuzminskyi A. I. Pedagogy of higher education: a textbook. Kyiv. 2005. 485 p. (in Ukrainian).
6. Soia O. M. Purposeful formation of positive motivation as a condition for forming a culture of independent work of future mathematics Teachers. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*. 2015. Issue 49. P. 48-51 (in Ukrainian).
7. Soia O. M., Kovtoniuk M. M. Prospects for scientific and methodological support of digitalization of the teacher's educational environment. *In Proceedings of the scientific and pedagogical intership «Application of Web-Technologies in The System of Training of Teachers and Psychologists»*. Riga. Latvia. 2023. P. 137-142 (in Ukrainian).
8. Soia O., Leonova I., Kovtoniuk M., Turzhanska O., Kosovets O. Project-based learning of students as a transformation of the educational environment of a higher education institution. *ICL 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2025. Vol. 1280. P. 398-406.

Victoria Medvedska¹, teacher of special disciplines, specialist of the first category
Victoria Maranchak², teacher of mathematics, special disciplines, specialist of the highest category

¹Vinnytsia Vocational College of the National University of Food Technologies,
Vinnytsia, Ukraine

e-mail: vikasol19med@gmail.com

²Vinnytsia Vocational College of the National University of Food Technologies,
Vinnytsia, Ukraine

e-mail: Vitamaranchak@gmail.com

VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY IN EDUCATION: INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING EXACT SCIENCES

Abstract. This article explores modern computer technologies used in teaching exact sciences, particularly mathematics and computer science. Special attention is given to the role of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) in enhancing material comprehension, increasing student motivation, and visually presenting complex concepts. The advantages, challenges, and prospects of implementing these technologies in the educational process are analyzed.

Key words and phrases: Virtual reality, Augmented reality, STEM education, Interactive learning, Digital technologies

Сучасний розвиток інформаційних технологій відкриває нові можливості для освіти, зокрема у викладанні точних наук. Використання VR та AR дозволяє зробити навчання більш інтерактивним, занурюючи здобувачів освіти у реалістичне середовище для дослідження абстрактних математичних понять, алгоритмів програмування та наукових експериментів. Впровадження цих технологій сприяє покращенню розуміння складного матеріалу та підвищенню зацікавленості здобувачів освіти [1].

Доповнена реальність дозволяє створювати інтерактивні тривимірні моделі, які допомагають здобувачам освіти краще розуміти складні математичні концепції. Наприклад, об'ємні геометричні фігури можна розглядати з усіх боків, а параметричні рівняння – змінювати в реальному часі, щоб спостерігати їхній вплив на графік функції [3].

Також використання VR дозволяє створювати віртуальні середовища для розв'язування математичних задач. Наприклад, платформи, такі як Virtual

Reality Math Lab, допомагають здобувачам освіти краще зрозуміти теореми геометрії та алгебри через інтерактивні моделі.

Віртуальна реальність може бути використана для навчання програмуванню шляхом створення інтерактивних симуляторів, у яких студенти можуть тестувати свої алгоритми у віртуальному середовищі [7]. Наприклад, створення штучного інтелекту для керування роботами в ігрових VR-середовищах допомагає зрозуміти принципи роботи алгоритмів та логіку їхнього функціонування.

Крім того, існують платформи, такі як Code VR, що дозволяють програмістам-новачкам створювати віртуальні світи, використовуючи основи кодування. Це сприяє розвитку алгоритмічного мислення та практичних навичок програмування.

Фізичні експерименти можуть бути складними для відтворення в реальних умовах через необхідність спеціального обладнання. VR-лабораторії дозволяють проводити дослідження у безпечному та контрольованому середовищі, наприклад, моделювати поведінку електричних кіл або спостерігати за квантовими явищами [6].

AR може використовуватися для аналізу фізичних явищ у реальному світі. Наприклад, додатки типу PhyAR дозволяють відображати динаміку руху тіл у просторі в режимі реального часу, що робить фізичні експерименти більш доступними та зрозумілими.

AR-додатки можуть бути використані для пояснення принципів роботи апаратного та програмного забезпечення. Наприклад, інтерактивні AR-графіки можуть допомагати студентам зрозуміти архітектуру комп'ютерів, принципи мережевої взаємодії та основи кібербезпеки [9].

Також AR сприяє вивченню алгоритмів та структур даних. Віртуальні симулятори допомагають студентам краще розуміти роботу стеків, черг, дерев та графів шляхом інтерактивних візуалізацій.

Ігрові VR-елементи роблять навчання захопливим, дозволяючи здобувачам освіти взаємодіяти з навчальним контентом у форматі квестів, симуляцій або тренувань у віртуальному середовищі. Це особливо корисно для вивчення складних алгоритмічних та математичних задач.

Окрім цього, існують VR-додатки, такі як ClassVR, які інтегрують навчальні ігри у традиційний освітній процес, що сприяє підвищенню залученості здобувачів освіти до вивчення точних наук [4].

Незважаючи на численні переваги, використання VR та AR у навчанні має певні виклики:

- **Висока вартість обладнання** – гарнітури VR та AR можуть бути дорогими для масового впровадження у навчальних закладах.
- **Технічна підготовка викладачів** – інтеграція цих технологій вимагає додаткового навчання педагогів та адаптації навчальних програм.
- **Можливі проблеми зі здоров'ям** – тривале використання VR може викликати втоми очей та проблеми з координацією рухів.

Проте поступове зниження вартості технологій та зростаюча кількість освітніх програм на базі VR і AR сприяють подальшому їхньому поширенню.

Використання VR та AR у викладанні точних наук відкриває нові можливості для підвищення ефективності навчального процесу. Ці технології дозволяють краще візуалізувати складні концепції, створювати інтерактивні симуляції та підвищувати мотивацію здобувачів освіти [3]. Проте для успішного впровадження необхідно враховувати виклики, пов'язані з доступністю обладнання, підготовкою викладачів та адаптацією навчальних програм. Подальший розвиток VR і AR у навчанні стане важливим кроком у модернізації освітнього процесу, відкриваючи нові горизонти для викладання математики, інформатики та інших точних наук.

References

1. Berezniak, O. V. (2020). *Innovative Technologies in Education: Virtual and Augmented Reality*. Kyiv: Naukova Dumka.
 2. Volkova, N. I., & Fedorenko, A. M. (2019). *Digital Technologies in Education: Using Virtual Reality for Teaching Exact Sciences*. Kharkiv: Kharkiv National University.
 3. Hanza, V. V., & Koval, L. V. (2021). *Virtual Reality in the Educational Process: Theoretical and Practical Aspects*. Kyiv: Pedagogical Thought.
 4. Dyakiv, S. P., & Levchenko, T. I. (2018). *Augmented Reality Technologies in Education: New Horizons*. Lviv: Lviv National University.
 5. Ivanova, O. V. (2019). *Interactive Teaching Methods in the Context of Virtual Technologies*. Kyiv: Institute of Innovative Technologies and Education Content.
 6. Kostenko, V. O. (2020). *Digital Tools in Education: Virtual and Augmented Reality in Teaching Exact Sciences*. Odesa: Odesa National University.
 7. Lysenko, I. O. (2021). *Innovative Teaching Methods in Mathematical Disciplines Using Virtual Reality*. Cherkasy: Cherkasy National University.
 8. Moroz, T. V. (2020). *Using Augmented Reality in the Educational Process: Practical Aspects*. Kyiv: Lira Publishing House.
 9. Pshenychna, V. V., & Petrenko, I. Y. (2021). *Modern Technologies in Education: Virtual and Augmented Reality in Teaching Exact Sciences*. Lviv: Naukova Dumka.
 10. Sapelnikov, S. V., & Shevchenko, R. O. (2020). *Augmented Reality Technologies in Teaching Mathematics and Physics*. Kyiv: Academy Publishing Center.
-
-

Oleksii Panasenko¹, Cand. Sc.

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: oleksii.panasenko@vspu.edu.ua

DIGITAL ADMINISTRATION AND MONITORING OF FACULTY ACTIVITIES USING GOOGLE SHEETS AND PYTHON

Abstract. The experience of creating and implementing a system for administering and monitoring the activities of the faculty using the Google Sheets cloud service in combination with specialised Python libraries is described.

Key words and phrases: digitalization, cloud technologies

Цифровізація адміністративних та освітніх процесів у сучасному університетському середовищі є не просто трендом, а об'єктивною необхідністю, що зумовлена стрімким розвитком інформаційних технологій і зростаючими вимогами до якості й оперативності управлінських рішень. Більшість теоретичних досліджень цифровізації у вищій освіті (наприклад, [1, 2]) стосуються освітньої компоненти і спрямовані на покращення ефективної взаємодії студентів і викладачів. Водночас перехід на цифрові інструменти в адмініструванні освітнього процесу суттєво скорочує витрати часу та зусиль на виконання рутинних завдань, мінімізує ризик помилок і створює можливості для здійснення аналітичного моніторингу основних показників освітньої діяльності.

Інтенсивний розвиток хмарних сервісів надає нові можливості для розробки і впровадження різних цифрових інструментів, зокрема тих, які можуть бути корисними для адміністрування факультету. Такі сервіси забезпечують одночасне редагування документів, гнучке налаштування прав доступу, оперативне оновлення інформації для всіх учасників освітнього процесу. Одним із них є Google Sheets, який, у поєднанні зі спеціалізованими бібліотеками мови програмування Python, дозволяє створити відносно просту й ефективну систему адміністрування та моніторингу діяльності факультету.

Саме таку систему було нами створено та впроваджено на факультеті математики, фізики і комп'ютерних наук Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Зрештою вона є структурованою на корпоративному Google-диску факультету документи (журнали, відомості тощо) з можливістю їх редагування тими учасниками освітнього процесу, які вповноважені це робити.

Опишемо основні ідеї, покладені в основу розробленого рішення. Ми поділяємо документи, які використовуються у освітньому процесі, на первісні та похідні. Первісні документи є незмінними (або умовно незмінними) упродовж навчального року і відображають оригінальне джерело інформації. Прикладами первісних документів є навчальний план, таблиця відомостей про студентів, таблиця відомостей про викладачів, графік освітнього процесу тощо. Похідні документи формуються на основі інформації, що міститься у первісних або інших похідних документах. Такими документами є, зокрема, робочий навчальний план (який є похідним від навчального плану в контексті поточного навчального року), журнал обліку успішності (формується на основі навчального плану, списків груп і таблиці відповідності дисциплін та викладачів), зведена відомість (формується на основі відомостей обліку успішності окремих груп).

На початку навчального року створюються усі необхідні первісні документи. Усі необхідні похідні документи генеруються автоматично за допомогою спеціально підготовлених алгоритмів, реалізацію яких здійснено мовою Python. Усі документи є Google таблицями, а для програмного доступу та їх редагування використовується Google Sheets API через Python-бібліотеки `gspread`, `gspread_formatting`. Розглянемо для прикладу процес створення електронного журналу обліку успішності студентів заданої групи із певної дисципліни. Передусім з первісних та раніше підготовлених похідних документів видобувається уся необхідна інформація, необхідна для формування

журналу, а саме: кількість академічних годин, форма підсумкового контролю (інформація береться із навчального плану, за яким навчається дана група); викладачі, які забезпечують викладання вказаної дисципліни (прізвище, посада, електронна пошта); електронна пошта старости групи для надання прав перегляду або редагування журналу; список студентів групи, які вивчають дану дисципліну.

Видобута інформація подається на вхід алгоритму для генерації відповідного документу. Наведемо його основні кроки:

1. *Ініціалізація та створення документа.* За допомогою бібліотеки `gspread` створюється новий документ у форматі Google Sheets, якому автоматично присвоюється відповідна назва (наприклад, «Дисципліна – Група»), а сам документ розміщується у спеціально визначеній папці Google Диска для структурованого зберігання.

2. *Формування внутрішньої структури журналу.* Автоматично створюються й форматуються сторінки журналу відповідно до заздалегідь розробленого шаблону. Це включає створення заголовків (назва дисципліни, група, викладачі), заповнення списку студентів групи, генерацію необхідної кількості колонок для запису результатів поточного й підсумкового контролю.

3. *Форматування документа.* Завдяки бібліотеці `gspread_formatting` налаштовується візуальне оформлення журналу: ширина стовпців, стиль і розмір шрифтів, кольорове виділення заголовків, розмежувальні лінії, межі комірок тощо.

4. *Налаштування прав доступу.* Автоматично встановлюються права доступу до створеного документу: викладачі дисципліни отримують право редагування, староста групи отримує право перегляду.

5. *Інформування учасників.* Після завершення формування документа усі зацікавлені особи (викладачі, староста) автоматично отримують інформаційний

лист на електронну пошту, який містить посилання на новостворений журнал та коротку інструкцію щодо подальшої роботи з ним.

Таким чином, увесь процес створення електронного журналу обліку успішності для дисципліни та групи стає повністю автоматизованим, швидким та зручним для користувачів. Нами розроблено алгоритми формування робочих навчальних планів, журналів академічної групи, відомостей обліку успішності, зведених відомостей. Їх упровадження на факультеті дало змогу суттєво скоротити витрати часу на підготовку документів, усунути ризик помилок, а також забезпечити оперативний доступ усіх учасників освітнього процесу до необхідної інформації.

References

1. Guraliuk A. Digitalization as a condition for the development of the educational system. *Bulletin of the National University 'Chernihiv Collegium' named after T. G. Shevchenko*. 2021. № 13 (169). P. 3–8 (in Ukrainian).
 2. Kotukha O. S., Kotsan-Olynets Y. Y. Digitalisation of modern higher education: challenges and tasks. *Legal Scientific Electronic Journal*. 2022. №11. P. 444-447 (in Ukrainian).
-

Katerina Rumyantseva, Cand. Sc.

Vinnytsia Educational and Scientific Institute of Economics West Ukrainian
national university, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: rumyanceva@ukr.net

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF MODERN SOFTWARE IN THE MATHEMATICAL TRAINING OF FUTURE ECONOMISTS

Abstract. For effective organization of classes in mathematical discipline for students of economic specialties, it is necessary to use modern software products to solve statistical problems.

Key words and Phrases: Mathematical disciplines, software, future economists.

World trends in the development of the educational system demonstrate that the future is based on flexible models of the educational process, which combine different technologies, methods and means. In this direction, the educational system in Ukraine is gradually developing, and approaches to teaching mathematical disciplines in higher education institutions are improved.

Mathematical education plays an important role in shaping the professional thinking of future economists, since it is the general scientific foundation for mastering the system of professional knowledge.

To improve the study of mathematical disciplines, students are offered modern software products to solve statistical problems in innovative ways.

The GeoGebra dynamic Mathematics system is a software product that combines dynamic geometry, algebra, mathematical analysis and statistics. The latest version of GeoGebra (4.4) offers several dynamically related representations of mathematical objects: Graphic, algebraic and tabular and has a computer algebra system (CAS). This program has a wide range of tools for creating dynamic computer models of mathematical objects, which allows it to be effectively used not only for solving mathematical problems, but also for the organization of heuristic training, the formation of skills and research activities, creating dynamic visual aids,

automating the process of creating training exercises and tasks, creating simulators, etc.

The software that provides mathematical, financial and scientific analysis can include such resources as:

- ✓ Minitab is one of the best free statistical analysis software for researchers that has tools for analyzing, visualizing and representing data, intelligent data import, automatic graphics update and data manipulation.

- ✓ Stata is also a statistical program for simple analysis, research, visualization and differentiation of data.

- ✓ RStudio is a statistical software for performing data analysis tasks, data modeling, statistical computing, and programming languages.

- ✓ Maple is a program for statistical and mathematical analysis of data, designed to calculate hypotheses, coordination and manipulation of data, their assessment, correlation and regression, modeling, visualization, probability calculations are all that.

- ✓ Gran is a software tool designed for graphical analysis of functions, it provides an opportunity to solve problems without knowing the appropriate analytical apparatus, methods and formulas, rules for converting expressions, etc.

Another software product, easy to use and affordable, is the English-language Mathway Calculator app. It is used to solve problems in higher mathematics, mathematical analysis, statistics, graph construction, etc. With this app you can organize any number of students for study. Also, it has a mobile version and can be installed using the Play market on a smartphone. An important characteristic of this tool, in our opinion, is that the solution of the problem is carried out in stages, all the steps of the task and the final answer are visible.

A more effective product for working with complex mathematical calculations is the MS Excel spreadsheet processor, which is included in the Microsoft application package, or a similar online application from Google. This program is used to solve

complex mathematical problems, including problems in probability theory and mathematical statistics, statistics and econometrics [1].

Also, the use of MS Excel spreadsheets allows you to simulate a variety of options and situations in the process of solving problems. This tabular processor meets the professional needs of accountants, entrepreneurs, economists, marketers for its accessibility, ease of use and versatility.

Therefore, modern economists should be well aware of their professional activities and be able to use modern digital technologies in their professional activities. Therefore, the educational process must be diversified by forms and methods of active learning, which increase the effectiveness of his knowledge, form it as a modern specialist, approach the solution of professional problems outside the box, develop the ability to generate ideas, etc.

References

1. Harpul O.z. application of information technologies for solving statistical problems and probability theory. Modern information technologies and innovative methods of training in the training of specialists: Methodology, theory, experience, problems: ZB. science. pr. [00:01:14.550] and the head. Kyiv-Vinnytsia: LLC firm "Planer", 2020. Vol. 58. P. 24-35. (in Ukrainian).
 2. Gurevich R.S., Konoshevsky L.L., Konoshevsky O.L., Lulchak S. Yu. Digital culture of the younger generation: How to form it. Modern information technologies and innovative methods of training in the training of specialists: Methodology, theory, experience, problems: collection of scientific papers. Vinnitsa: LLC "Druk Plus", 2024. Vol. 73. P. 14-29. (in Ukrainian).
-

Vitalii Klochko¹, Dr. Sc.

Oksana Klochko², Dr. Sc.

¹Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: vi.klochko.7@gmail.com

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: klochkoob@gmail.com

FUNCTIONS OF CONSTRUCTIVE MATHEMATICS TEACHING USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. The article substantiates the functional approach to constructive teaching of the higher mathematics course and highlights the main principles of constructivist teaching. In particular, those functions that relate to the technology of forming some components of students' professional training in the digital educational environment of mathematics: informative, practical, and communicative functions.

Key words and phrases: functional approach, principles of constructivist learning, higher mathematics, mathematical education of an engineer.

Актуальність дослідження. Сучасний етап модернізації професійної освіти потребує нових, ефективніших шляхів організації освітнього процесу у вищих технічних закладах освіти. Актуальною категорією теорії вищої професійної освіти є професійна компетентність.

Перед математичною освітою постає нагальна проблема трансформації освітнього процесу відповідно до потреб фахової підготовки студентів до умов праці майбутнього. Інформатизація, а також етап її розвитку цифровізація освіти, є сучасним періодом постіндустріального суспільства. Тому виникає також потреба в систематичному оновленні методів, прийомів та засобів навчання вищої математики, професійному спрямуванні змісту її навчального матеріалу з метою формування довготривалих та прогностично обґрунтованих математичних знань творчої особистості фахівця [2, 5].

Оскільки цифровізація освіти створює значні можливості для впровадження конструктивістського підходу у навчанні математики, то розглянемо деякі аспекти конструктивістського навчання. У межах нашого

дослідження виділено напрями формування теоретичних основ для створення конструктивістських освітніх систем.

Теоретичною основою технології навчання та її реалізації є внутрішні та зовнішні функції. Внутрішні функції технології (нормативна і регулятивна) здійснюють постановку цілей навчання, виділених тенденцій, закономірностей і принципів. Зовнішні функції (прогностична, професійно спрямована, інтегративна) формують стратегію розвитку навчання математики на міжпредметному професійно зорієнтованому рівні. Так, основними функціями у освітньому середовищі математики визначені інформативна, практична і комунікативна функції [1, 5].

Практична функція реалізації конструктивізму у навчанні математики здійснюється через дослідження. С. Раков [7] відносить дослідницьке навчання до основних понять конструктивістського підходу: навчання через діяльність, експериментування, навчання через відкриття. Зокрема, визначає такі напрями формування дослідницької компетентності за конструктивістським підходом: формувати (ставити) задачі; будувати аналітичні та алгоритмічні моделі задач; висувати та емпірично перевіряти справедливості гіпотез; тлумачити результати, отримані за формальними методами, досліджувати межі їх застосувань, модифікувати вихідні задачі, шукати аналогії в інших розділах і т. д. [7].

Відповідно до дослідницької функції, згідно з конструктивістським підходом, у цифровому навчальному середовищі формується навчально-дослідницька (співтовариство) група студентів. У межах сучасного конструктивізму вважається, що навчання студентів проходить набагато ефективніше, якщо вони самостійно роблять власні відкриття й моделюють свої знання, ніж коли готові знання надаються їм з використанням підходів традиційного процесу навчання.

Для того, щоб майбутній фахівець вмів на достатньому рівні розв'язувати виробничі задачі, його необхідно навчити розв'язувати задачі, близькі до реальних. Зокрема, студент повинен розв'язувати задачі вибору, прийняття та обґрунтування правильного рішення. Однією з функцій конструктивістської дидактики є орієнтація на особистість студента, максимально можливий цілеспрямований саморозвиток його особистості та індивідуальності, під час його активної взаємодії з навколишнім середовищем [4].

Оскільки процеси розв'язування завдань пов'язані з саморозвитком студента та свідчать про його внутрішню активність, здатність до саморозвитку та ускладнення власної структури, то осмислення самоорганізації студента передбачає новий шлях формування його знань, умінь і навичок. Це означає, що знання студент набуває в процесі власної практичної діяльності та формує під впливом різноманітних джерел: викладача, оточення одногрупників, мережі Інтернет, різних видів комунікації тощо [5].

До цього слід долучити функцію насичення освітнього простору цифрової технології носіями знань – різноманітною літературою (не лише навчальною), телекомунікаційними мережами (Інтернет, локальні електронні ресурси), наочно-практичною діяльністю (роботою з лабораторним устаткуванням, з артефактами реальної продуктивної діяльності) тощо. Насичене освітнє середовище надає змогу кожному студенту набутися досвіду діяльності, необхідного для розвитку особистісної системи конструктивів, та вибудувати власну освітню траєкторію [3, 4].

Одним з важливих елементів конструктивістського підходу є навчання у співпраці. Основою цієї функції є те, що саме у рамках співробітництва студент має змогу навчитися здобувати знання, реалізовувати їх на практиці. Основними методами навчання: груповий (взаємодія між учасниками процесу навчання реалізується через співпрацю у малих групах); колективний (багатостороння взаємодія усіх студентів); колективно-груповий (коли

результати виконання завдань окремих груп поєднуються з працею всього колективу) [1, 6].

Таким чином, визначено функції компонент конструктивістського підходу цифрової технології навчання математики студентів технічних ЗВО. Визначено базис функцій технології оволодіння фаховими компонентами підготовки майбутніх інженерів з конструктивним, дослідницьким підходом до виконання професійних завдань, здатних самостійно розробляти технічні проекти, вирішувати завдання з високим ступенем невизначеності й ризику.

References

1. Alpers B. A ALPERS, Burkhard. A mathematics curriculum for a practice-oriented study course in mechanical engineering. *Aalen: Aalen University* (available at http://sefi.htwaaalen.de/Curriculum/Mathematics_curriculum_for_mechanical_engineering_February_25_2013.pdf, accessed April 12, 2013), 2013.
2. Dutka G. Ya. Fundamentalization of mathematical training of future specialists: methodological and moral and ethical components [Fundamentalizatsiia matematychnoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv: metodolohichni ta moralno-etychni komponenty]. *Science. Religion. Society*. 2008. No. 2. P. 239-244 (in Ukrainian).
3. Klochko V. I., Bondarenko Z. V., Kyrylashchuk S. A., Volkov Y. I. “*Higher Mathematics*”. *Ordinary differential equations. Analytical and graphical methods: textbook*. Vinnytsia: VNTU, 2022 (in Ukrainian).
4. Klochko V. I., Klochko O. V. and Fedorets V. M. Visual modeling technologies in the mathematical training of engineers in modern conditions of digital transformation of approaches to creating visual content. *CEUR-WS*. 2024, Vol. 3771. P. 57-73. (available at <https://ceur-ws.org/Vol-3771/paper20.pdf>)
5. Kremen V., Bykov V., Lyashenko O., Lytvynova S., Lugovyi V., Malyovany Yu., Pinchuk O., Topuzov O. Scientific and methodological support for the digitalization of education in Ukraine: state, problems, prospects. Scientific report to the general meeting of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine “Scientific and methodological support for the digitalization of education in Ukraine: state, problems, prospects”, November 18-19, 2022. *Bulletin of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine*. 2022. No.4 (2). P.1-49 (in Ukrainian).
6. Morgan C., Kynigos C. Digital artefacts as representations: forging connections between a constructionist and a social semiotic perspective. *Educ Stud Math*. 2014. Vol. 85. P. 357-379. doi:10.1007/s10649-013-9523-1
7. Rakov S. A. *Formation of mathematical competencies of a mathematics teacher based on a research approach in teaching using information technologies*: dissertation ... Doctor of Pedagogical Sciences: 13.00.02. Kharkiv, 2005 (in Ukrainian).

Alona Kolomiets¹, Dr. Sc.

Vitaly Klochko², Dr. Sc.

Svitlana Kyrylashchuk³, Cand. Sc.

¹Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: kolomiets@vntu.edu.ua

²Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: klochko@vntu.edu.ua

³Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: kyrylashchuk@vntu.edu.ua

FUNCTIONAL APPROACH TO THE FUNDAMENTALIZATION OF MATHEMATICAL TRAINING OF STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

Abstract. The paper deals with the transformation of the space of professional mathematical information into the fundamentalized mathematical training of students of technical specialties through the implementation of the concept of fundamentalization.

Keywords: mathematical training, technical specialties, fundamentalization of mathematical training.

Let us denote by V the space of professional mathematical information of students of technical specialties, within which the educational process, including mathematical training, is carried out. The information objects of this space, which are mastered by students, are denoted by the symbols a, b, c , etc. Standard mathematical training, implemented on the basis of the classical teaching methodology, is characterized by the corresponding functionality. The corresponding function g converts the information objects of space V into elements of mathematical knowledge that form the basis of standard mathematical training of students in technical specialties. This transformation can be represented in the form:

$$g(V) \rightarrow m \tag{1}$$

where g – is a function corresponding to the classical (standard) process of mathematical training

V – is the space of professional mathematical information,

m - standard mathematical training.

Let a', b', c' - elements of mathematical knowledge of higher mathematics (fundamental concepts, facts, principles, rules and skills that form the basis of science). Thanks to the function g , information objects a, b, c are transformed into - elements of knowledge of higher mathematics (elements of mathematical knowledge), that is:

$$\begin{aligned} g(a) &\rightarrow a' \\ g(b) &\rightarrow b' \\ g(c) &\rightarrow c' \end{aligned} \quad (2)$$

Let us demonstrate this graphically (Fig. 1)

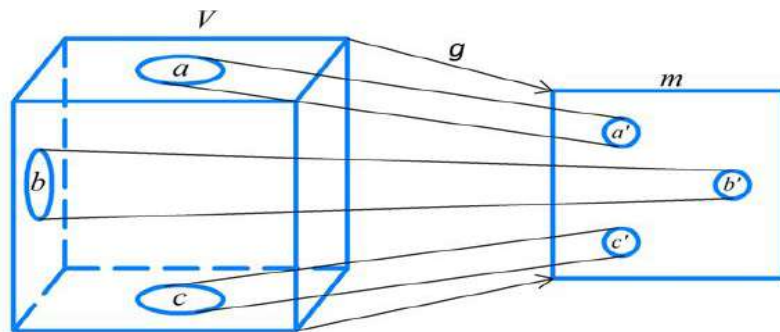


Figure 1. Transformation of the space of professional mathematical information into the plane of standard mathematical training of students of technical

specialties

technical specialties is based on the idea of separating fundamental mathematical knowledge and skills for professional orientation; changing the content of mathematical disciplines due to strict selection of material, determining the invariants of the mathematical apparatus, which provides the potential for professional adaptability and the implementation of their own educational trajectory. The process of fundamentalization involves the purposeful selection and structuring of the content of mathematical education, which ensures the acquisition of fundamental knowledge, the formation of systemic thinking, the development of abilities to generalize, abstract, model and construct necessary for effective work.

The idea of fundamentalized learning, fundamentalized knowledge, and fundamentalized professional training is found in the study of I. Bardus [p. 120, p.

p.172, p.180]. By fundamentalized learning, the researcher means learning in the context of the methodological system of contextual fundamentalization developed by her. The term “fundamentalized knowledge” will be defined as those formed as a result of the implementation of a pedagogical system for the fundamentalization of mathematical training of students of technical specialties.

The functional of fundamentalization of mathematical training is denoted by f . The transformation of the space of mathematical professional information into the fundamentalized mathematical training of students of technical specialties is described by the formula:

$$f(V) \rightarrow Fm \quad (3)$$

Where f – fundamentalization of mathematical training of students of technical specialties,

V – the space of professional mathematical information,

Fm – fundamentalized mathematical training.

The process of fundamentalization of mathematical training ensures the transformation of the space of professional mathematical information V into fundamentalized mathematical training Fm . Under the fundamentalized mathematical training we understand such a system of mathematical knowledge and skills, which is formed as a result of the implementation of the pedagogical system of fundamentalization and is characterized by systematic, generalized and stable knowledge, oriented to professional application.

Let's depict schematically the mapping of the space of professional mathematical information into the basic mathematical training (Fig. 2)

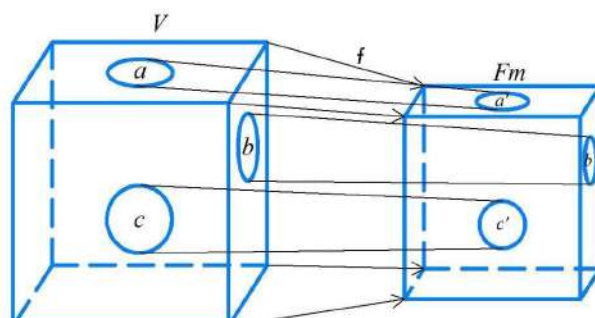


Figure 2. Transformation of the space of mathematical professional information into fundamentalized mathematical training of students of technical specialties

Fundamentalized mathematical training can be represented as a three-dimensional model - a cube built on three coordinate axes: «mathematical knowledge», «mathematical skills» and «professionally oriented mathematical knowledge and skills». Each point of this three-dimensional model, which schematically reflects the structure of fundamentalized mathematical training, is determined by three coordinates corresponding to the level of mathematical knowledge, mathematical skills and professionally oriented mathematical competencies.

Conclusions. The leading function of the fundamentalization of mathematical training of students of technical specialties is the transformation of information objects of the space of professional mathematical information into elements of mathematical knowledge with a professional orientation.

References

1. Bardus I. Fundamentalization of professional training of future specialists in the field of information technology for productive activity: monograph. Kharkiv: PromArt, 2018. 393 p.
2. Bardus I. O. Theoretical and methodological foundations of contextual fundamentalization of professional training of future specialists in the field of information technology: Doctor of Pedagogical Sciences: 13.00.04. Kharkiv, 2018. 708 p.
3. Kolomiets, A.A. Structural and functional model of fundamentalization of mathematical training of future radio engineers. Scientific notes. Series: Pedagogy and Psychology. 2020. Issue 64. P. 77-84.
4. Kolomiets, A.A. Theory and practice of fundamentalization of mathematical training of future bachelors in the field of knowledge "Electronics and telecommunications". Dissertation of Dr. Pedagogical Sciences: 13.00.04. Rivne, 2023. 628 p. https://www.rshu.edu.ua/images/afto/anons/kolomiec_aa_disert.pdf
5. Kovtoniuk M.M. Fundamentalization of professional training of future bachelor's mathematics teachers: monograph. Vinnytsia: LLC "Firm 'Planer'", 2013. 425 p.

Alona Kolomiets¹, Dr. Sc

Mykhailo Lysyi², Cand. Sc.

Maya Kovalchuk³, Dr. Sc

¹Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: kolomiets@vntu.edu.ua

²Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: lisiymv@vntu.edu.ua

³Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

e-mail: kovalchuk@vntu.edu.ua

THE TASK APPROACH IS ONE OF THE CONCEPTUAL APPROACHES TO FUNDAMENTALIZING THE MATHEMATICAL TRAINING OF STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

Abstract. The article deals with the task-based approach as one of the leading mechanisms for implementing the fundamentalization of mathematical training of students of technical specialties. An example of realization of the task approach in the process of mathematical training of students of technical specialties is given.

Keywords. Fundamentalization, mathematical training, students of technical specialties, task-based approach

Одним із ключових підходів до реалізації концепції фундаменталізації математичної підготовки студентів технічних спеціальностей є задачний підхід. Задачний підхід передбачає організацію навчального процесу на основі цілеспрямованого добору, структурування та розв'язання спеціально сформульованих математичних завдань (прикладного спрямування) що сприяють виокремленню та засвоєнню фундаментальних математичних знань, умінь та професійно спрямованих компетентностей. Цей підхід спрямований не лише на засвоєння знань, умінь і навичок, але й на розвиток у студентів уміння аналізувати умови задач, шукати способи їхнього розв'язання, узагальнювати отримані результати та застосовувати набуті знання в нових, зокрема професійно орієнтованих, ситуаціях. Ідеї задачного підходу у фундаменталізації математичної підготовки спираються на дослідження таких науковців, як І. Бардус [1], А.А. Коломієць [2], С.О. Сисоєва [3], які акцентують увагу на інтеграції фундаментальних математичних знань із професійними компетентностями студентів технічного профілю. Особливість задачного підходу полягає у використанні завдань для розвитку здатності студентів до

узагальнення, абстрагування, моделювання та професійного застосування математичних знань. До основних функціональних характеристик задачного підходу належать: *добір завдань*, які стимулюють студентів до глибокого засвоєння фундаментальних понять, *структурування змісту навчання* через поступове ускладнення завдань математичного матеріалу, *формування системного мислення*, що забезпечує застосування математичних знань до розв'язання прикладних та професійних завдань.

Електричне коло, зовнішній опір якого $R = 0,9 \text{ Ом}$, живлять від батареї з $k = 144$ однакових джерел, кожне з яких має ЕРС $\varepsilon_0 = 2 \text{ В}$ і внутрішній опір $r_0 = 0,4 \text{ Ом}$. Батарея включає n груп з'єднаних паралельно, і в кожній з них містяться m послідовно з'єднаних акумуляторів. При яких значеннях m і n буде отримана в зовнішньому опорі R максимальна сила струму?

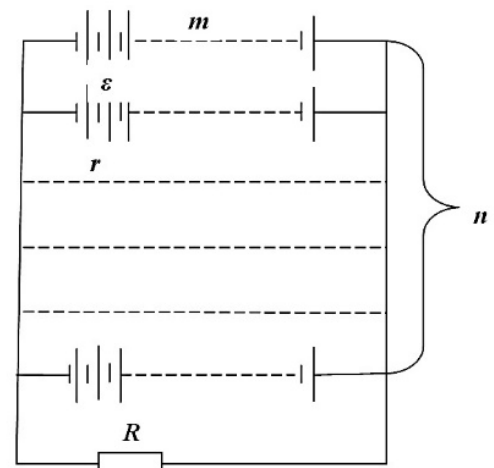
Дано:

$$k = 144 \quad R = 0,9 \text{ Ом} \quad \varepsilon_0 = 2 \text{ В}$$

$$r_0 = 0,4 \text{ Ом}$$

$$n_{\text{груп}} - ? \quad m_{\text{акумуляторів}} - ? \quad I_{\text{max}} - ?$$

Розв'язання:



Під час послідовного з'єднання акумуляторів загальна ЕРС $\varepsilon = m\varepsilon_0$, ε_0 – електрорушійна сила одного джерела, m – кількість послідовно з'єднаних акумуляторів.

Внутрішній опір послідовно з'єднаних m – елементів $r' = mr_0$. В результаті паралельного з'єднання n таких ділянок, загальний внутрішній опір

$$r = \frac{r'}{n} = \frac{mr_0}{n}.$$

Використовуючи закон Ома для повного кола:

$$I = \frac{\varepsilon_{заг}}{R_{повне}} = \frac{m\varepsilon_0}{R+r} = \frac{m\varepsilon_0}{R + \frac{mr_0}{n}} = \frac{nm\varepsilon_0}{nR + mr_0}, \quad (1)$$

Врахувавши $k = mn$ – загальна кількість акумуляторів, $m = \frac{k}{n}$.

Тоді (1) матиме вигляд:

$$I = \frac{k\varepsilon_0}{nR + \frac{k}{n}r_0}, \quad (2)$$

Отже, сила струму є функцією від n (кількість груп) $I = f(n)$, $n \in \mathbb{N}$.

Досліджуємо нашу функцію на екстремуми (беремо похідну функції (2) по n і прирівнюємо до нуля).

$$I' = \left(\frac{k\varepsilon_0}{nR + \frac{k}{n}r_0} \right)' = - \frac{k\varepsilon_0}{\left(nR + \frac{kr_0}{n} \right)^2} \cdot \left(nR + \frac{R}{n}r_0 \right)' = - \frac{k\varepsilon_0}{\left(nR + \frac{kr_0}{n} \right)^2} \cdot \left(R - \frac{kr_0}{n^2} \right)$$

$$\text{Із рівності } I' = 0 \text{ знаходимо: } - \frac{k\varepsilon_0}{\left(nR + \frac{kr_0}{n} \right)^2} \cdot \left(R - \frac{kr_0}{n^2} \right) = 0$$

$$\text{або: } \frac{kn_2\varepsilon_0}{(n^2R + kr_0)^2} \cdot \left(R - \frac{kr_0}{n^2} \right) = 0.$$

$$\text{Звідки } n^2 = 0, \text{ або: } \left(R - \frac{kr_0}{n^2} \right) = 0;$$

$n = 0$, або $n^2R - kr_0 = 0$, оскільки $n \in \mathbb{N}$, то $n = 0$ сторонній корінь (немає фізичного змісту).

$$\text{Із рівності } n^2R - kr_0 = 0 \text{ знаходимо: } n^2 = \frac{kr_0}{R}, \text{ або } n = \pm \sqrt{\frac{kr_0}{R}}, \text{ тоді:}$$

$$n_1 = -\sqrt{\frac{kr_0}{R}} \text{ сторонній корінь } (n > 0) \text{ немає фізичного змісту.}$$

$$n_2 = \sqrt{\frac{kr_0}{R}} \text{ критична точка.}$$

Знаходимо знак функції I' на проміжку $\left[1; \sqrt{\frac{kr_0}{R}}\right)$ і $\left[\sqrt{\frac{kr_0}{R}}; +\infty\right)$. Легко показати, що на проміжку $\left[1; \sqrt{\frac{kr_0}{R}}\right)$ похідна $I' > 0$, а на проміжку $\left[\sqrt{\frac{kr_0}{R}}; +\infty\right)$ похідна $I' < 0$.

Отже в критичній точці $n_2 = \sqrt{\frac{kr_0}{R}}$ функція $f(n)$ має максимум.

Максимальна сила струму буде при $m = n = \sqrt{\frac{kr_0}{R}}$. Підставимо наші значення, отримуємо:

$$n = \sqrt{\frac{144 \cdot 0,4}{0,9}} = 8, \text{ тоді } m = \frac{k}{n} = \frac{144}{8} = 18.$$

Максимальна сила струму:

$$I_{\max} = \frac{144 \cdot 2}{8 \cdot 0,9 + \frac{144}{8} \cdot 0,4} = 20 \text{ A}.$$

$$\text{Відповідь: } n = 8, m = 18, I_{\max} = 20 \text{ A}$$

Виконуючи це та подібні завдання, студенти набувають вмінь аналізувати, систематизувати інформацію, яка є необхідною для його розв'язання, підбирати для розв'язання конкретної задачі необхідні математичні знання, робити висновки на основі одержаних результатів.

Висновки. Використання задачного підходу у процесі фундаменталізації математичної підготовки сприяє: підвищення якості засвоєння математичних знань; розвитку дослідницьких умінь та аналітичного мислення; формуванню готовності студентів застосовувати математичний апарат у нових професійних ситуаціях.

References

1. Bardus I. Formation of fundamentalized knowledge in the process of professional training of future specialists. - Ternopil: TNPU, 2017. 248 p.
2. Kolomiiets A. Theoretical and methodological bases of fundamentalization of mathematical training of future engineers: monograph: LLC "Works", 2020. - 356 p.
3. Sysoieva S.O. Fundamentalization of education: theoretical and methodological aspect. - K.: ISMN, 2006. 312 p.

Olga Kravchuk, Cand. Sc.
Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine
e-mail: oligr57@ukr.net

ANALYTICAL GEOMETRY AS A MEANS OF FORMING PROFESSIONAL-PEDAGOGICAL COMPETENCES OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS

Abstract. We consider the problem of training future mathematics teachers in terms of the formation of their professional and pedagogical skills during the study of the educational component "Analytical Geometry" at the university. Attention is paid to the professional and pedagogical orientation of the content of the subject, the pedagogy of teaching and the pedagogy of learning.

Key words and phrases: future mathematics teacher, professional and pedagogical competencies, analytical geometry, pedagogy.

Нова українська школа відчуває потребу у компетентних вчителях математики, з ґрунтовними професійними знаннями та вміннями використовувати їх у професійній діяльності.

Мета педагогічної освіти полягає у формуванні образу й осягненні суті професії вчителя як триєдності духовного, соціального, професійного. Відповідно визначаються взаємопов'язані завдання. Серед них: сприяти професійному становленню, самовдосконаленню педагогів; стимулювати інноваційну діяльність, педагогічну творчість, що дає можливість досягти рівня педагогічної майстерності [5, с. 255].

Суттєве підвищення ефективності формування у майбутніх вчителів математики професійно-педагогічних умінь може бути досягнуто внаслідок реалізації можливостей освітнього компонента «Аналітична геометрія», що належить до циклу професійної підготовки бакалаврів спеціальності 014 Середня освіта (Математика) у Волинському національному університеті імені Лесі українки. Маємо на увазі:

- професійно-педагогічну спрямованість змісту навчального предмету;
- педагогізацію викладання;
- педагогізацію учіння.

Професійно-педагогічна спрямованість освітнього компонента реалізується за рахунок виділення у змісті дисципліни матеріалу, що відповідає програмі з геометрії для закладів загальної середньої освіти. Так, вивчення елементів векторної алгебри, на основі чого ґрунтується виклад аналітичної геометрії, тісно пов'язаний з окремими питаннями шкільного курсу геометрії. Зокрема, викладач зауважує, які питання теми «Координати та вектори у просторі» включає до розгляду у підручнику [3] і для порівняння питання у розділі 4 «Координати, вектори, геометричні перетворення у просторі» посібника [5]. Здійснюючи порівняльний аналіз розглянутих питань, визначаємо аналогії та суттєві відмінності; намагаємося зрозуміти і пояснити особливості кожного з підходів до вивчення даної теми. Пропонується здобувачам освіти опрацювати цю тему у підручнику [2] з метою аналізу особливостей викладу матеріалу його авторами.

Педагогізація викладання здійснюється шляхом встановлення викладачем зв'язків між способами передачі певного матеріалу в університеті та методами його навчання у закладах середньої освіти, а також акцентування уваги здобувачів освіти на окремих аспектах діяльності вчителя математики.

Педагогізація учіння ґрунтується на тому, що у процесі навчання освітнього компонента здобувачі освіти виконують певні функції педагогічної діяльності вчителя математики і моделюють окремі аспекти його дій. Зрозуміло, що формування професійно-педагогічних умінь у процесі вивчення спеціальних освітніх компонент відбувається тільки у діяльності, тому викладачеві необхідно:

- здійснити аналіз діяльності вчителя математики, визначити її структуру і зміст, способи здійснення і на цій основі дидактичні одиниці, що підлягають засвоєнню майбутніми вчителями математики;
- визначити структуру і зміст особистої діяльності по керівництву засвоєнням студентами способу діяльності вчителя;
- розробити систему завдань, сформулювати навчальні задачі, у процесі виконання яких студент засвоюватиме зміст і способи дії вчителя.

Для прикладу, можна розглянути метод координат та його застосування до розв'язування задач як планіметрії, так і стереометрії. Майбутні вчителі математики отримують завдання від викладача: здійснити порівняльний аналіз змісту відповідного матеріалу у навчальних підручниках з геометрії профільного рівня різних авторів [2], [3], [4], проаналізувати систему вправ та задач до цієї теми у кожному із підручників; продумати методику розв'язання цих задач різних типів; запропонувати свої методичні рекомендації щодо введення поняття методу координат та підходів до розв'язання задач на його застосування у курсі геометрії закладів загальної середньої освіти, враховуючи вивчення відповідних питань освітнього компонента «Аналітична геометрія» в університеті.

Важливість педагогізації професійної освіти науковці пояснюють універсальністю педагогічних знань та вмінь і їх широким застосуванням в особистісно-професійній діяльності у сфері будь-якої професії. [1, с. 2].

Педагогізація навчання по базових освітніх компонентах веде до підвищення науково-теоретичного і методичного рівня підготовки майбутніх учителів математики, сприяє формуванню їх стійкого інтересу до цих знань і курсу геометрії у закладах загальної середньої освіти; дає здобувачам освіти правильну орієнтацію у майбутній практичній діяльності; підвищує ефективність занять у формуванні професійно-педагогічних умінь і якостей особистості майбутнього вчителя математики.

References

1. Dubasenyuk O.A. Problems of pedagogy of vocational education in the context of lifelong learning of the individual in the context of the ideas of academician I.A. Zyazyun // Theory and practice of professional mastery in the context of lifelong learning: monograph / edited by O. A. Dubasenyuk. Zhytomyr: Ruta Publishing House, 2016. P. 32-58.
2. Formation and development of scientific and pedagogical schools: problems, experience, prospects: collection of scientific works / V. Kremen, T. Levovitsky. Zhytomyr: Publishing house of Ivan Franko State University, 2012. 692 p.
3. Ister O.S., Yergina O.V. Geometry: (profile level): textbook for 10th grade of general secondary education. Kyiv. Geneza. 2018. 368 p.
4. Merzlyak A. G. Nomirovsky D. A., Polonsky V. B., Yakir M. S. Geometry: beginning of study at grade 6. level from 8th grade, professional level: textbook for 10th grade of general secondary education. X: Gymnasium, 2018. 272 p.
5. Nelin E.P. Geometry: (professional level): textbook for 10th grade of general secondary education. Kharkiv. Morning. 2018. 240 p.

Olga Shvai, Cand. Sc.
Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine
e-mail: Shvai.Olga@gmail.com

CREATING TASKS OF PATRIOTIC CONTENT AS AN ELEMENT OF FUTURE TEACHERS PROFESSIONAL TRAINING

Abstract. The article considers one of the important problems of preparing teachers for the activities of nationalpatriotic education of students in the educational process of general secondary education. The issue of constructing problems with patriotic content by future mathematics teachers is considered.

Key words and phrases: future teachers, problems with patriotic content, construction.

У наш час особливої актуальності набуває патріотичне виховання школярів, що базується на національній гордості, прикладах героїзму та вірі у перемогу, формує у школярів психологічну стійкість, оптимізм та здатність протистояти труднощам. Головним напрямком у патріотичному вихованні є формування ціннісного ставлення особи до своєї країни, народу та нації. У цьому контексті особливої ваги набуває професійна підготовка майбутніх вчителів математики, які повинні бути компетентними у розробці та застосуванні навчальних матеріалів патріотичного змісту [1].

Підготовка майбутніх учителів до національно-патріотичного виховання школярів в умовах НУШ поєднує перевірені часом методи, що спираються на національну культурну спадщину та духовні цінності, з інноваційними підходами, які формують громадянську свідомість учнів на прикладах сучасної героїчної боротьби України [2]. У цьому контексті важливе значення має педагогічна майстерність майбутнього вчителя математики, зокрема його здатність самостійно конструювати математичні задачі, які органічно поєднують математичні концепції з патріотичною тематикою.

Задачі здобувачі повинні конструювати таким чином, щоб учні могли застосовувати математичні знання та вміння для аналізу реальних ситуацій,

пов'язаних з життям країни, її розвитком та проблемами. Наприклад, це можуть бути задачі на розрахунок витрат на відновлення інфраструктури; аналіз демографічних тенденцій; задачі, що спонукатимуть школярів до роздумів про важливість волонтерства та взаємодопомоги тощо.

При конструюванні задач доцільно використовувати сюжети, що ілюструють позитивні приклади патріотизму та громадянської активності, сприяють розвитку емпатії та співпереживання до проблем своєї країни; статистичні дані, графіки, діаграми, що відображають соціально-економічні процеси в Україні; створювати проектні задачі, що вимагають збору та аналізу інформації про свій регіон, місто чи село; використовувати історичні довідки та факти як контент для математичної задачі; використовувати географічні карти для розв'язання задач на відстань, площу.

Наш досвід свідчить, що навчання майбутніх учителів конструюванню патріотичних задач має включати:

- ознайомлення з теоретичними засадами патріотичного виховання та його інтеграції в процес навчання математики;
- аналіз наявних прикладів патріотичних математичних задач;
- обговорення методичних підходів і принципів створення ефективних патріотичних задач;
- практичні вправи з конструювання задач різних типів і рівнів складності;
- презентацію власних методичних розробок здобувачами освіти;
- рефлексію досвіду здобувачів освіти.

References

1. Shynkarenko V., Miroschnychenko A. Preparation of teachers for activities on national-patriotic education of students in the educational process of general secondary education institutions. *Philosophy. Pedagogy*. 2021. № 1 (1). P. 63-67 [in Ukrainian].
2. Zharovska O. P. Patriotychne vykhovannya studentiv v osvitr'o-vykhovnomu seredovyshchi pedahohichnoho universytetu. Candidate's thesis. Vinnytsya. 2015. 290 p. [in Ukrainian].

SECTION C

METHODS OF TEACHING MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE IN SECONDARY EDUCATION

Dmytro Hrytsaiuk¹

Olena Soia², Cand. Sc.

¹Whaleapp LTD, Kyiv, Ukraine

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: hrytsaiukdmitriy@gmail.com

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: soia.om@vspu.edu.ua

THE ROLE OF THREE-DIMENSIONAL MODELING IN THE DEVELOPMENT OF CRITICAL AND SPATIAL THINKING OF STUDENTS

Abstract. The article is devoted to the study of how three-dimensional modeling affects not only the level of technical skills of students, but also the development of their critical thinking, spatial imagination, interdisciplinary connections, STEM education.

Key words and phrases: three-dimensional modeling, critical and spatial thinking, student, interdisciplinary connections, STEM education, project activity.

Сучасна шкільна освіта стоїть перед викликом як зробити навчання не лише корисним, а й по-справжньому захопливим для учнів. Особливо це стосується інформатики – предмету, що стрімко змінюється разом із технологіями. І саме тривимірне моделювання здатне “запалити” старшокласників, пробудити в них цікавість, допомогти зрозуміти складне через візуалізацію.

У XXI столітті навчання у ЗЗСО вже не може обмежуватись лише передачею знань – головною метою стає формування компетентностей, які дозволяють учням ефективно орієнтуватися у швидкозмінному світі. Серед таких компетентностей саме просторове та критичне мислення є основою для

розуміння складних систем, аналізу інформації, ухвалення рішень, а також створення нових продуктів у цифровому середовищі.

На думку N. Newcombe, просторове мислення охоплює не лише здатність уявляти об'єкти у тривимірному просторі, але й уміння трансформувати їх, оцінювати відносні позиції, міркувати про взаємозв'язки між формами, а також прогнозувати зміни в результаті руху або маніпуляцій [4]. Саме ці навички вважаються критично важливими для майбутніх фахівців у галузях STEM (наука, технології, інженерія, математика), архітектури, медицини, графіки та промислового дизайну.

Останні десятиліття технології надали вчителям нові потужні інструменти, здатні активізувати пізнавальні процеси учнів. За результатами дослідження української науковиці Н. С. Дем'яненко, тривимірне моделювання стимулює учнів до осмислення просторових властивостей об'єктів, їхніх пропорцій, масштабів і взаємодій у віртуальному середовищі. Цей процес активізує мисленнєві операції синтезу, аналізу, узагальнення та ментального обертання – базових механізмів просторового мислення [3]. Наприклад, у навчальному середовищі Tinkercad учень може створити модель молекули водню або сонячного колектора. Це вимагає розуміння принципів будови, симетрії, фізичних взаємодій. Але головне, під час моделювання учень виконує десятки ментальних перетворень, перевіряє свої гіпотези, розв'язує проблеми та вдосконалює продукт [5]. Аналогічні можливості надає програмне середовище Blender, що дозволяє більш просунутий функціонал: моделювання, текстурування, освітлення, анімація тощо [1].

Значною перевагою використання тривимірного моделювання в закладах освіти є його міждисциплінарність. У проєкті «Віртуальне середньовічне місто» учні можуть створювати архітектурні елементи будівель, опираючись на знання з історії, креслення, геометрії. А під час створення моделі фізичного маятника – поєднувати закони механіки з практичною візуалізацією динаміки. За даними

A. Carter, такі міжпредметні зв'язки значно підвищують залученість учнів і сприяють довготривалому засвоєнню знань [2]. Не менш важливою є роль проектної діяльності, де учень виступає не як пасивний споживач знань, а як дослідник, розробник і критик. Під час створення складних моделей виникає необхідність перевіряти рішення, співставляти варіанти, обґрунтовувати вибір. Усе це елементи критичного мислення. Як зазначає J. Wain, саме така діяльність сприяє розвитку гнучкості мислення, вміння бачити зв'язки та критично оцінювати інформацію [6]. Також важливою є роль колаборації. Часто моделі створюються в групах, де учні розподіляють ролі – моделювальник, текстурник, аналітик. У такому форматі відбувається формування навичок командної роботи, аргументації та обміну ідеями. Учень, який має розвинене критичне мислення, може виявити невідповідність між ідеєю і результатом, запропонувати оптимізацію, піддати сумніву шаблонне рішення – і саме це є рушієм інновацій.

У педагогічній практиці доцільно використовувати рівневу диференціацію під час впровадження тривимірного моделювання. Наприклад, учні з початковим рівнем можуть працювати у Tinkercad зі стандартними примітивами, тоді як учні з кращими навичками – у Blender над складними сценами. У такий спосіб забезпечується доступність інструменту для всіх категорій учнів.

Для повноцінного впровадження тривимірного моделювання в старшій школі варто дотримуватись таких рекомендацій: забезпечити технічне оснащення кабінетів інформатики (відеокарти, оперативна пам'ять, периферія); організувати курси підвищення кваліфікації для вчителів щодо програм Blender, Tinkercad, SketchUp тощо; адаптувати навчальні програми для факультативів та курсів за вибором; впровадити модель дуального навчання, де учні поєднують практику з теоретичними блоками.

Підсумовуючи, зауважимо, тривимірне моделювання – це не просто технічна навичка, а справжній двигун мислення. Учні, які працюють із тривимірним середовищем, починають інакше бачити предмети, взаємозв'язки, логіку – і не лише на уроках інформатики. Їхнє мислення стає гнучкішим, впевненішим, здатним до аналізу й переосмислення.

References

1. Blender Foundation. Blender 3D Software Documentation. URL: <https://www.blender.org/documentation>
 2. Carter A. Differentiated Instruction Using Technology: Meeting the Diverse Needs of Students. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*. 2018. Vol. 34. No 2. P. 64–75.
 3. Demianenko N. S. Formation of students' spatial thinking in the process of studying computer science. *Innovative pedagogy*. 2021. Vol. 30. P. 112–115 (in Ukrainian).
 4. Newcombe N. S. Seeing Relationships: Using Spatial Thinking to Teach Science, Mathematics, and Social Studies. *American Educator*. 2013. Vol. 37. No 1. P. 29–43.
 5. Tinkercad. Teach with Tinkercad. Autodesk. URL: <https://www.tinkercad.com>
 6. Wai J., Lubinski D., Benbow C. P. Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*. 2009. Vol. 101. No 4, P. 817–835.
-

Tetyana Ivatsko¹, Ph. D.

Yaroslav Krupskyi², Cand. Sc.

¹ State Vocational Education Institution "Higher Vocational School №7 of Vinnytsia", Ukraine,
e-mail: elfxf2002@gmail.com

² Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: krupskyi.ya@vspu.edu.ua

APPLICATION OF FORMATIVE ASSESSMENT METHODOLOGY IN COMPUTER SCIENCE LESSONS DURING THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF STUDENTS

Abstract. Studying computer science is one of the most important components of a modern, successful person. Knowledge of this subject broadens the worldview, allows you to learn about modern technologies that contribute to self-development, perfection and competitiveness of each person during the formation of professional competencies in education seekers.

The problem of activating the cognitive activity of students is the most relevant in education. In search of ways to solve it, teachers need to master research and search methods, non-standard forms of conducting classes, and the use of modern methods of formative assessment.

Key words and phrases: computer science, modern technologies, self-development, perfection, cognitive activity, methodology, formative assessment, professional competencies, education seekers.

Освіта є соціальним провідником, через який проходить кожна людина, набуваючи при цьому рису особистості, професійно спрямованого громадянина.

Сутністю надання освітніх послуг є озброєння здобувача освіти певним набором професійних знань, умінь та навиків і формування на цій основі у нього професійних компетентностей. І враховуючи вище вказані напрямки сучасної освіти впевнено можна сказати, що в здобувачів освіти мало сформовані професійні уміння та навички роботи. Вони майже не вміють системно мислити, ставити перед собою цілі та проєктувати способи їх досягнення. Недостатній рівень розвитку пізнавальної активності, усвідомлення необхідності виховання творчої особистості підрастаючого покоління спонукає викладача інформатики до використання методики формувального оцінювання

у навчально-виховній роботі. Адже формувальне оцінювання – це не оцінка, не бал, це механізм збору інформації, це обернений зв'язок, який показує викладачу, на скільки добре просуваються його здобувачі освіти, це обернений зв'язок, який показує здобувачу освіти на скільки він сам добре розібрався у цьому навчальному матеріалі [1].

Формувальне оцінювання – шлях до успішного навчання:

- забезпечення викладачем ефективного зворотного зв'язку із здобувачами освіти;
- активна участь здобувачів освіти у процесі власного навчання;
- корегування процесу навчання з урахуванням результату оцінювання;
- визначення вагомого впливу оцінювання на мотивацію та самоствердження здобувачів освіти;
- уміння здобувачів освіти оцінювати свої знання самостійно [2].

Модель принципів професійних компетентностей здобувачів освіти застосовуючи методику формувального оцінювання на уроках інформатики представлена на наступному фрагменті.

Назва розділу теми: Мультимедійні та гіпертекстові документи.

Тема уроку: Практична робота: «Створення веб-сайту»

Мета уроку: Формування інформатичної компетентностей: сформувати уміння створювати веб-сайти з допомогою автоматизованих засобів системи керування вмістом; формування професійних компетентностей: відпрацювати практичні навички створення та оформлення веб-сторінок зразками виконаних робіт відповідно обраної професії; комунікативну; цілісно-смыслову: інтерес до обраної професії, сумлінність, відповідальність. Здоров'я зберезувальну компетентність: знання правил техніки безпеки при роботі з комп'ютером, вміння організувати свій робочий час.

Вид уроку: Комбінований.

Тип уроку: Практична робота.

Етап уроку: Перевірка виконання учнями домашнього завдання практичного характеру [4]

Техніка формувального оцінювання: Використання техніки зворотного зв'язку, інструмент Google Форми, QR-код, електронне посилання для ефективного виконання з безліччю спроб для виконання. Технологія «Зворотного зв'язку»

Перевірка виконання учнями домашнього завдання практичного характеру: Перевірка правил безпеки життєдіяльності. Робота з Google Форми Осмислення, узагальнення і систематизація нових знань. Інструмент для виконання інтерактивних завдань «LerningAps.org»

Принцип формування педагогічної компетентності: Принцип гуманізму – доброзичливі, довірливі взаємини між викладом та здобувачами освіти. 2. Принцип демократизації – сприйняття особистості майбутнього фахівця як вищої соціальної цінності 3. Принцип педагогічної творчості – створення умов для розвитку індивідуально-особистісної творчості здобувача освіти – конкурентно спроможного фахівця.

Модель принципів професійних компетентностей здобувачів освіти із застосуванням методики формувального оцінювання на уроках інформатики представлено на наступному фрагменті.

Назва розділу теми: Моделі і моделювання. Аналіз та візуалізація даних.

Тема уроку: Практична робота: «Аналіз рядів даних»

Мета уроку: Закріпити на практиці сформовані професійні та інформатичні компетентності в систематизації знань про побудову діаграм в програмі Microsoft Excel на основі табличних даних професійного спрямування, застосування різних типів та форматування діаграм професійного спрямування.

Розвивати: комунікативну інформаційну (навички порівняння та аналізу, логічного мислення), творчу уяву, уважність, зорову та моторну координації; соціально-трудова; навички інтелектуального та професійного саморозвитку.

Формувати: інтерес до вивчення прикладних програм, сумлінність, відповідальність [3].

Тип уроку: Практична робота.

Вид уроку: Урок закріплення і удосконалення знань, навичок і умінь

Етап уроку: Актуалізація і корекція опорних знань, навичок і вмінь

Техніка формувального оцінювання: Застосовую форму перевірки знань здобувачів освіти, коли викладач задає додаткові уточнюючі питання, що дозволяють учневі проаналізувати, узагальнити, зробити висновки з пройденого матеріалу.

Активізація опорних знань: Впроваджую у формі фронтального опитування. Прошу відрізнити дії роботи рядка меню та рядка панелі інструментів в текстовому процесорі?

Принцип формування педагогічної компетентності: Принцип гуманізму – створюю умови для закріплення на практиці сформованих кращих якостей та здібностей здобувачів освіти. Принцип демократизації – у власній роботі викоринено авторитарний стиль у спілкуванні із здобувачами освіти. Принцип компетентності – створюю умови для розвитку необхідних професійних елементів випускника.

Здобувачі освіти мають володіти професійними вміннями і практичними навичками, що ґрунтуються на сучасних спеціальних знаннях та високим рівнем професійної компетентності, що ґрунтується на критичному мисленні та здатності застосовувати теоретичні надбання на практиці під час вивчення предмета: інформатика.

References

1. Ivanova O. M. Teaching critical thinking. Open lesson: Developments, technologies, experience. *Scientific and methodological journal*. 2007. No. 2. P. 8–16.
2. Oliynyk P.M. Forms and methods of active learning in the training of specialists of different educational and qualification levels and criteria for their selection. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*. 2000. Issue 30. P. 61–67.
3. <https://sqe.gov.ua/ocinyuvannya-15-profkompetentnostey-vchyteliiv-sertyfikaciya/>
4. https://pkvfp.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/pdf/typi_urokiv.pdf

Alina Klimishyna, Cand. Sc.

Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
lyceum of the village of Ivaniv, Ukraine
e-mail: klimishyna.alina@gmail.com

DEVELOPING PROBABILISTIC THINKING IN STUDENTS DURING THE STUDY OF MATHEMATICS IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS

Abstract. The article considers the problem of developing probabilistic thinking in students in the process of studying mathematics in general secondary education institutions; substantiates the importance of developing this type of thinking in the conditions of the modern world, characterized by information saturation and uncertainty; presents ways that contribute to the development of probabilistic thinking; presents tasks that contribute to the formation of probabilistic thinking in students.

Key words and phrases: thinking, probabilistic thinking, mathematics, general secondary education institution.

У контексті швидких змін сучасного світу, який характеризується великою кількістю інформації та постійною невизначеністю, усе більш актуальною стає потреба у формуванні в учнів умінь працювати з ймовірнісними подіями. Одним із ключових завдань математичної освіти є розвиток ймовірнісного мислення, яке дозволяє не лише оперувати математичними поняттями, а й застосовувати їх у реальних життєвих ситуаціях. Саме вивчення ймовірності та статистики в шкільному курсі математики сприяє формуванню навичок аналізу, оцінювання ризиків і прийняття рішень на основі даних. Такий підхід відповідає вимогам компетентнісного навчання, що активно впроваджується в рамках Нової української школи.

У педагогічному словнику мислення визначається як «вища форма відображення дійсності в психіці, ідеальна діяльність, результатом якої є об'єктивна істина» [1, с. 208].

Ймовірнісне мислення – це здатність оцінювати ймовірність подій, розуміти поняття випадковості, невизначеності, закономірності та

використовувати ці знання в практичних ситуаціях. Ймовірнісне мислення є необхідним компонентом критичного та аналітичного мислення.

У результаті аналізу існуючих підходів до трактування поняття «ймовірнісне мислення» методисти виокремлюють такі його компоненти:

➤ логічний (під час розв'язування ймовірнісних задач в учнів формуються основні прийоми логічного мислення, такі як порівняння, аналіз, синтез, абстрагування та узагальнення);

➤ комбінаторний (найбільш характерною рисою комбінаторного мислення є здатність суб'єкта визначати, розглядати і враховувати всі можливі варіанти поєднання будь-яких ознак або подій);

➤ ймовірнісно-статистичний (вміння учнів оперувати поняттям «ймовірність», орієнтуватися в ситуаціях невизначеності, аналізувати інформацію статистичного характеру).

Перше знайомство учнів з елементами теорії ймовірностей на уроках математики в початкових класах відбувається на наочно-інтуїтивному рівні під час проведення ігор, дослідів, які формують перші емпіричні уявлення про випадковість. Перехід на стадію «формальних операцій» (11-15 років), переважання абстрактного і теоретичного мислення, поява вміння міркувати за допомогою вербально сформульованих гіпотез (15-17 років) є сприятливою умовою для формування ймовірнісного мислення в основній та старшій школі [2, с.108-109].

Аналізуючи літературні джерела, можна виділити такі шляхи формування ймовірнісного мислення в учнів під час навчання математики в закладах загальної середньої освіти: використання прикладних задач; використання методу моделювання; використання ігрових технологій; використання проєктних технологій; використання інформаційно-комунікаційних технологій.

Наведемо приклади прикладних задач, які використовуємо в освітньому процесі з метою формування в учнів ймовірнісного мислення [3].

Задача 1. Деяка популяція рослин складається з особин трьох типів, помічених AA , Aa , aa . Чисельність кожного типу відповідно дорівнює 200, 600 і

50. Припустимо, що з цієї популяції випадково вибирають одну рослину. Яка ймовірність того, що ця рослина типу AA ?

Задача 2. Між будь-якими з n хромосом клітини може відбутися обмін.

1) скількома способами може відбутися рівно один обмін?

2) скількома способами може відбутися рівно k обмінів?

Задача 3. У деякого захворювання існує 6 відомих симптомів. Це захворювання діагностується, якщо у хворого проявляється не менше чотирьох симптомів. Скільки різних комбінацій симптомів можуть привести до встановлення даного діагнозу?

Задача 4. Іхтіолог хотів визначити, скільки у ставку риби, придатної для виловлювання. Для цього він закинув сітку з наперед заданими розмірами отворів і витягнувши її, виявив 30 рибин. Позначивши кожну з них міткою, він кинув рибу назад у ставок. На другий день іхтіолог закинув ту саму сітку і спіймав 40 рибин, на двох з яких були його мітки. Яким чином він за такими даними знайде приблизну кількість риб у ставку?

Задача 5. Дві фармацевтичні фірми незалежно одна від одної розробляють аналогічні препарати. Імовірність того, що до закінчення року перша фірма випустить свій препарат дорівнює 0,9, а друга – 0,7. Яка ймовірність того, що принаймні один із препаратів буде готовий до виробництва наприкінці року?

Таким чином, використання прикладних задач у процесі вивчення теорії ймовірностей сприяє розвитку ймовірнісного мислення учнів та формуванню практичних навичок оцінювання випадкових подій. Такий підхід робить навчання змістовним і відповідає вимогам сучасної освіти.

References

1. Goncharenko S. U. Ukrainian Pedagogical Dictionary. Kyiv: Lybid, 1997. 376 p.
2. Rozumenko O. V. Applied problems as a means of developing probabilistic thinking of students. *Physical and mathematical education*. 2018. Issue 2(16). P. 107–111.
3. Sokolenko L. O., Filon L. G., Shvets V. O. Applied problems of a natural nature in the course of algebra and the beginnings of analysis: a practical course. Textbook. Kyiv: NPU named after M. P. Dragomanov, 2010. 128 p.

Olga Kolomiets

Center for Professional Development of Teachers of Kalynivka City Council,
Vinnytsia Oblast, Kalynivka, Ukraine
e-mail: oskol1936@gmail.com

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL DIRECTION IN THE EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL ACTIVITIES OF LYCEUMS THROUGH STEM EDUCATION

Abstract. The article deals with the development of the scientific and technical direction in the educational and methodological activities of lyceums through STEM education. The features of the training session with the use of STEM technologies are described.

Keywords and phrases: scientific and technical direction in the educational and methodological activities of lyceums, STEM education, STEM technologies.

Одним із напрямків інноваційного розвитку природничо-математичної освіти є система навчання STEM, завдяки якому діти розвивають логічне мислення та технічну грамотність, вчаться розв'язувати поставлені задачі, стають новаторами, винахідниками. Впровадження STEM-освіти лежить в основі реалізації державної політики [2] з урахуванням нових вимог Закону України «Про освіту» щодо посилення розвитку науково-технічного напрямку в навчально-методичній діяльності на всіх рівнях [3].

Акронім STEM вживається для позначення популярного напрямку в освіті, що охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), технічну творчість (Engineering) та математику (Mathematics).

Історія STEM-освіти сягає корінням у Сполучені Штати Америки, де в кінці XX-го століття зростало усвідомлення необхідності кращої підготовки учнів у галузях науки, технологій, інженерії та математики для підтримки економічного зростання та національної конкурентоздатності. В Україні активне впровадження STEM-освіти почалося орієнтовно з 2015 року. Саме в цей час за сприяння Міністерства освіти і науки України відбувся круглий стіл, присвячений впровадженню STEM. У закладах освіти почали реалізовувати цей

підхід на спецкурсах та гуртках. У лютому 2021 року оприлюднено план заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року [1]. В ній описано комплекс заходів, пов'язаних із формуванням і розвитком навичок науково-дослідницької та інженерної діяльності, винахідництва, підприємництва, ранньої професійної самовизначеності та готовності до усвідомленого вибору майбутньої професії, популяризацією науково-технічних та інженерних професій, поширенням інновацій у сфері освіти, підвищення кваліфікації педагогів.

Відмітимо такі особливості навчального заняття з використанням STEM-технологій: *інтегрований підхід*: об'єднання знань і навичок з різних дисциплін (науки, технологій, інженерії та математики) для вирішення комплексних завдань; *практична спрямованість*: акцент на практичному застосуванні знань, проведенні експериментів, створенні прототипів та розв'язанні реальних проблем; *проектна діяльність*: часто навчальний процес організовується навколо виконання учнями довготривалих проєктів, що вимагають дослідження, планування, розробки та презентації результатів; *активне навчання*: залучення учнів до активної пізнавальної діяльності, самостійного пошуку інформації, формулювання гіпотез та їх перевірки; *розвиток критичного мислення*: створення ситуацій, що спонукають учнів аналізувати інформацію, виявляти проблеми та знаходити шляхи їх вирішення; *співпраця та комунікація*: заохочення учнів до роботи в команді, обміну ідеями, обговорення та спільного прийняття рішень; *використання сучасних технологій*: активне застосування цифрових інструментів, програмного забезпечення, віртуальних лабораторій та іншого технологічного обладнання; *зв'язок з реальним світом*: демонстрація учням практичного застосування STEM-знань у різних сферах життя та професійної діяльності; *орієнтація на учня*: створення навчального середовища, де учні є активними учасниками процесу навчання, а вчитель виступає в ролі фасилітатора та помічника.

Розглянемо задачу про пакування, яку доцільно розв'язати під час вивчення теми «Коло і круг».

Задача. З аркуша у формі квадрата зі стороною a вирізати 8 кругів найбільшого радіуса [4].

Варіант 1. Розміщення в два ряди по чотири круги.

Для розміщення чотирьох кругів в ряд довжина сторони квадрата a повинна бути не меншою за $4 \cdot 2r = 8r$.

Для розміщення двох таких рядів довжина сторони квадрата a повинна бути не меншою за $2 \cdot 2r = 4r$.

Оскільки a має бути більшим або рівним обом цим значенням, ми маємо $a \geq 8r$ і $a \geq 4r$. Найбільше обмеження дає $a \geq 8r$, отже, максимальний радіус у цьому випадку $r_1 = \frac{a}{8}$.

Варіант 2. Розміщення з частковим зміщенням рядів (шахове розташування).

Розглянемо розміщення двох рядів по чотири круги, де другий ряд зміщений відносно першого на половину діаметра.

По горизонталі довжина сторони a повинна бути не меншою за $4 \cdot 2r = 8r$.

По вертикалі відстань між центрами двох сусідніх рядів дорівнює $\sqrt{(2r)^2 - r^2} = \sqrt{3}r$

Загальна висота двох рядів становить $r + \sqrt{3}r + r = r(2 + \sqrt{3})$.

Отже, сторона квадрата a має бути не меншою за $8r$ і $r(2+\sqrt{3})$.

Максимальний радіус у цьому випадку $r_2 = \min(\frac{8}{a}, \frac{a}{2+\sqrt{3}})$. Шахове розташування

дозволяє вирізати 8 кругів більшого радіуса з квадратного листа.

Отже, використання STEM-освіти є **важливим і перспективним підходом** до навчання, що має значний потенціал для розвитку особистості учнів та підготовки їх до викликів сучасного світу.

References

1. Government portal. The Cabinet of Ministers of Ukraine – On approval of the action plan for the implementation of the Concept for the Development of Science and Mathematics Education (STEM education) until 2027. URL: www.kmu.gov.ua.
2. State standard of basic secondary education. URL: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrainska-shkola-2/derzhavniy-standart-bazovoi-serednoi-osviti>
3. The Law of Ukraine “On Education”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.
4. Vasylieva, D. V., & Vasyliuk, N. I. (2017). *Collection of problems in mathematics. Grades 5-9: Cross-cutting competence lines and their implementation*. Kyiv: Publishing house «Osvita». 112 p. (in Ukrainian).

Olena Kosovets, Cand. Sc.

Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: kosovets.op@vspu.edu.ua

SPECIFICS OF TEACHING BLIND STUDENTS TO PROCESS TABLE DATA

Abstract. The article deals with the issues of organising inclusive education for children with special educational needs in Ukraine in the context of international standards and current legislation. Particular attention is paid to the difficulties faced by teachers in teaching blind students, in particular in the subject of computer science. An example of adaptation of educational material on processing tabular data for blind students using a screen reader is presented, which demonstrates the need to develop specialised methodological approaches and materials to ensure equal access to quality education for all categories of students.

Key words and phrases: inclusive education, students with special educational needs, blind students, adaptation of educational material in computer science, screen reader.

Міжнародні стандарти в галузі прав людини ґрунтуються на ідеї участі кожної особи в суспільному житті на засадах рівності й без дискримінації. Поширення в Україні процесу інклюзивного навчання дітей з порушеннями фізичного та (або) психічного здоров'я є не лише відображенням часу, але й представляє собою ще один крок до забезпечення повної реалізації прав дітей з особливими освітніми потребами на якісну освіту [8]. Нормативно-правове поле надання освітніх послуг в галузі інклюзивного навчання регламентується чинним законодавством [3, 5] та міжнародними документами. У Конституції України (ст. 53), зазначено: «Кожен має право на освіту. Повна загальна середня освіта є обов'язковою» [2].

Реалізація цього права на практиці відбувається через ініціювання створення інклюзивного класу керівництвом закладу освіти. Підставою для створення такого класу є заява батьків або законних представників дитини та висновок інклюзивно-ресурсного центру, який визначає рівень необхідної підтримки. У деяких випадках, згідно з окремим рішенням центру, для учня може бути передбачено залучення асистента вчителя для забезпечення його супроводу в освітньому процесі [4].

Однак ефективна робота вчителя в інклюзивному класі потребує спеціальних педагогічних навичок, а саме: організувати освітній процес, у який

будуть залучені всі учні класу, включаючи учнів з особливими освітніми потребами (ОПП); володіти методами навчання учнів з ОПП; адаптувати або модифікувати навчальний матеріал уроку, оцінювання очікуваних результатів навчання відповідно до індивідуальних особливостей учня з ОПП.

Організація навчання для незрячих учнів без належної методичної підтримки та спеціалізованих матеріалів стає надзвичайно складним завданням для вчителя. Загальні методичні рекомендації з організації інклюзивної освіти не дають для вчителя інформатики чіткого розуміння як саме адаптувати навчальний матеріал[6, 7]. Вчитель самостійно шукає методи та способи пояснення навчального матеріалу, витрачаючи на це значну кількість часу та енергії.

Створення спеціальних розробок уроків інформатики для незрячих учнів сприятиме їхній повноцінній інтеграції в навчальний процес та забезпечить рівні можливості у вивченні інформатики. Варто звернути увагу та те, що незрячий учень буде виконувати усю роботу на комп'ютері за допомогою клавіатури. Тому завдання вчителя полягає у тому, щоб навчити незрячого учня альтернативним способам керування програмами.

Розглянемо приклад адаптації навчального матеріалу з опрацювання табличних даних для незрячих учнів. На робочому комп'ютері незрячого учня встановлено екранний диктор, який озвучує усі дії на комп'ютері українським голосом. Сучасний екранний диктор якісно озвучує текстовий матеріал підручника у форматі pdf (або текст підручника можна перевести у формат docx). До загального пояснення теми з опрацювання табличних даних адаптуємо пояснення для незрячих учнів. Наприклад, пояснення теми «§ 17. Середовище табличного процесора» навчального підручника з інформатики [1, с. 110] варто зазначити, що перехід у меню вкладом учень буде виконувати клавішею F10 (або Alt), переміщатися між вкладками можна клавішами зі стрілками ліворуч та праворуч. Для роботи з кнопками групи інструментів на обраній вкладці учень буде використовувати клавішу табуляція. Перехід між аркушами книги електронної таблиці виконуємо клавішами Ctrl+Page Up (Page Down).

Для озвучування цих дій, екранний диктор потребує додаткових налаштувань, які дають можливість читати заголовки стовпців / рядків та координати комірок.

Під час переміщення по аркушу екранний диктор чітко промовляє адресу комірки, дані різного типу, які містить активна комірка, виокремлений діапазон комірок та введену формулу чи функцію.

Отже, впровадження інклюзивного навчання в Україні є важливим кроком до забезпечення рівних прав на освіту для учнів з особливими освітніми потребами, що відповідає міжнародним стандартам. Однак, ефективна організація такого навчання потребує від педагогів спеціальних навичок та методичної підтримки, особливо при роботі з учнями з глибокими порушеннями зору. Створення адаптованих навчальних матеріалів, як-от розробка уроків інформатики з урахуванням використання екранних дикторів, є ключовим для повноцінної інтеграції таких учнів в освітній процес та забезпечення їм рівних можливостей у вивченні предмету.

References

1. Bondarenko, O. O., Lastovetskyi, V. V., Pylypchuk, O. P., & Shestopalov, E. A. (2023). *Informatics: textbook for 6th grade of general secondary education*. Kharkiv: Ranok Publishing House. 256 p. (in Ukrainian)
2. Constitution of Ukraine: Law of Ukraine dated January 1, 2020 No. 254к/96-BP / Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>. (in Ukrainian)
3. Convention on the Rights of Persons with Disabilities of July 6, 2016, No. 995_g71. Database "Legislation of Ukraine". URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_g71.
4. How children with disabilities or SEN and their parents can receive various services. URL: <https://nus.org.ua/2021/12/20/yak-dityam-z-invalidnistyu-abo-oop-i-yihnim-batkam-otrymaty-rizni-poslugy/>. (in Ukrainian)
5. Inclusive education in Ukraine: problems and ways to solve them. *Scientific Bulletin of the International Humanitarian University. Series: Economics and Management*, 2015. Issue 11. P. 190-193. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvmgu_eim_2015_11_45. (in Ukrainian)
6. Kolupaieva, A. A., & Taranenko, O. M. (2019). *Teaching children with special educational needs in an inclusive environment: a study guide*. Kharkiv: Ranok Publishing House. 304 p. (in Ukrainian)
7. Kostenko, T. M., & Hudym, I. M. (2019). *Teaching children with visual impairments: a study guide*. Kharkiv: Ranok Publishing House. 184 p. (in Ukrainian)
8. Kovtoniuk, M. M., Kosovets, O. P., Soia, O. M., Pinaieva, O. Yu., Ovcharuk, V. G., & Mukhsina, K. (2022). Modeling the Development Process of Inclusive Education in Ukraine. *IAPGOŚ*, 68, 48-59. DOI: <https://doi.org/10.15804/tner.22.68.2.03>.

Olena Kosovets¹, Cand. Sc.

Volodymyr Krupka²

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: kosovets.op@vspu.edu.ua

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: kvolody86@gmail.com

GAME-BASED LEARNING METHODS IN COMPUTER SCIENCE LESSONS AT A VOCATIONAL SCHOOL

Abstract. The article is devoted to the study of the possibilities of using the graphic design platform Canva to organize game-based learning methods in computer science lessons at a specialized school. The theoretical justification of the use of game-based methods as an effective means of motivation, development of critical thinking and digital competencies of students is considered.

Key words and phrases: computer science teaching methods, game-based learning methods, educational resources, motivation, digital competencies, educational technologies, gamification.

Сучасні освітні технології активно розвиваються і одним із ефективних методів для мотивації та продуктивності навчання учнів є використання ігрових методів навчання [4]. Особливо актуальними вони стають на уроках інформатики у профільній школі, де гра може не лише зацікавити учнів, а й допомогти їм краще опанувати складні інформатичні та алгоритмічні поняття, розвинути цифрові та професійні компетентності.

Науковці О. В. Сікора та Р. І. Пазюк наголошують, що ігри – це не просто розвага, а потужний інструмент для розвитку критичного мислення. Вони спонукають учнів аналізувати ситуації, шукати рішення, робити вибір та планувати свої дії, що є безцінним як для навчання, так і для життя. Завдяки своїй здатності підлаштовуватися під рівень гравця, ігри можуть поступово ускладнюватися, підтримуючи постійний інтерес та оптимальний рівень складності. Це створює умови для індивідуального навчання, де кожен учень може рухатися вперед у власному ритмі, отримуючи саме той досвід, який йому потрібен [3].

Ігрові методи навчання на уроках інформатики можна реалізувати за допомогою освітніх цифрових ресурсів, що дозволяють поєднувати навчання з

грою, подавати навчальний матеріал з інтерактивними елементами для учнів профільних класів [2]. До таких засобів належить платформа графічного дизайну Canva, що дозволяє вчителю створювати графіку, презентації, афіші та інший візуальний контент для освітніх потреб. Canva доступна як вебверсія, так і мобільна [1].

Одним з ключових аспектів організації ігрових методів навчання є візуалізація ігрового світу та його елементів. Canva надає широкий спектр шаблонів та інструментів для створення ігрових дошок, карт рівнів, персонажів, ігрових валют, значків досягнень та інших візуальних атрибутів гри. Педагог може розробити власні унікальні візуальні рішення, що відповідають конкретній навчальній темі та ігровій механіці. Наприклад, при вивченні алгоритмів сортування можна створити інтерактивну гру, де учні візуально переміщують елементи масиву, представлені у вигляді яскравих карток, розроблених у Canva.

Інтерактивність є ще однією важливою складовою ігрового навчання. Canvанадає основні можливості для створення інтерактивних презентацій та навчальних модулів, які можуть імітувати ігрові сценарії. За допомогою гіперпосилань, анімації та вбудованих елементів, таких як вікторини та опитування, вчителі можуть створювати інтерактивні завдання, що нагадують ігрові виклики. Наприклад, при вивченні мережевих технологій можна розробити інтерактивну презентацію, де учні, натискаючи на різні елементи мережевої інфраструктури, отримують інформацію про їх функціонування та відповідають на запитання для переходу на наступний "рівень".

Canva також ефективна для організації змагального елементу в навчанні, який є важливим мотиватором в ігрових методиках. Платформа дозволяє легко створювати таблиці лідерів, візуалізувати прогрес учнів у вигляді графіків та діаграм, а також розробляти віртуальні нагороди та значки за успішне виконання завдань. Ці візуальні елементи підсилюють відчуття досягнення та стимулюють здорову конкуренцію серед учнів. Наприклад, після серії інтерактивних завдань з програмування, створених за допомогою Canva, можна візуально відобразити рейтинг учнів, що сприяє підвищенню їхньої зацікавленості та прагнення до кращих результатів.

Інтеграція різноманітного навчального контенту в одну презентацію Canva створює комфортне, ефективне та цілісне навчальне середовище для учнів. Вони отримують усе необхідне для глибокого розуміння матеріалу, практичного застосування знань та самоконтролю в одному зручному та візуально привабливому форматі. Це справжній крок вперед у створенні інтерактивних та захопливих навчальних матеріалів.

Однак, слід зазначити, що Canva є інструментом для візуалізації та створення інтерактивних елементів, а не повноцінною платформою для розробки складних відеоігор. Тому, при організації ігрових методів навчання з використанням Canva, педагогу необхідно творчо поєднувати можливості платформи з іншими інструментами та педагогічними підходами.

Отже, Canva є цінним інструментом для організації ігрових методів навчання на уроках інформатики. Її можливості для візуалізації, створення інтерактивних елементів, організації змагання та сприяння співпраці відкривають нові перспективи для підвищення залученості, мотивації та ефективності навчання. Інтеграція Canva у навчальний процес дозволяє педагогам трансформувати традиційні уроки на захопливі інтерактивні ігри, що сприяють глибшому розумінню складних інформатичних концепцій та розвитку ключових компетентностей учнів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення впливу систематичного використання Canva в ігровому контексті на академічні досягнення та рівень зацікавленості учнів у вивченні інформатики.

References

1. Canva. URL : <https://www.canva.com/t>.
2. Orliuk D.O., Kosovets O.P. Educational online resources for teaching web technologies to students of a specialized school // The educational process in higher education and school education in wartime: Ukraine's integration into the European Higher Education Area (EHEA) through the prism of the European education models TeLSAC and PERFORMER: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Lviv, 2022. P. 55-59.
3. Sikora O. V., Paziuk R. I. Formation of positive motivation to study by means of game techniques. Tavian Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences. 2024. (3), 62-69. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.3.7>
4. Soa O.M., Tyutyun L.A., Kosovets O.P. General characteristics of mobile technologies and learning tools in institutions of general secondary and higher pedagogical education. Pedagogical and psychological sciences: regularities and development trends: Collective monograph. Riga, Latvia: "Baltija Publishing, 2020, pp. 366-367

Olga Kravchuk¹, Cand. Sc.

Anna Nykytiuk²

¹Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: oligr57@ukr.net

²Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: anna.nykytiukk@gmail.com

DIFFERENTIATED APPROACH TO TEACHING DIFFERENTIAL EQUATIONS IN SPECIALIZED CLASSES

Abstract. For many years, there was practically no problem of differentiation of mathematics teaching in school. Today, it is clear to everyone that the school cannot operate on a single program for all students, in all subjects, including mathematics, with an increase in their developmental and educational impact on the student's personality. We consider individual aspects of the differentiated approach to studying differential equations in specialized classes..

Key words and phrases: differentiated approach, differential equations, profile classes, mathematical abilities.

Упродовж багатьох років практично не існувало проблеми диференціації викладання математики у школі: однотипні школи, однакові програми, недиференційована система контролю і т.д. Сьогодні всім зрозуміло, що школа не може обійтися єдиною програмою для всіх учнів з усіх навчальних предметів, у тому числі математики, з посиленням їх розвиваючого і виховного впливу на особистість учня. Одним із підходів до вирішення проблеми диференціації освіти є відкриття класів і шкіл з поглибленим вивченням тих чи інших навчальних предметів, проте, спеціалізовані класи і школи також потребують диференціації, відповідно до здібностей і особливостей учнів.

У наш час необхідно розвивати спеціальні здібності – це психологічні особливості індивіда, що забезпечують можливості успішного виконання визначеного виду діяльності. Розвиток спеціальних здібностей спирається на відповідні задатки [3].

Диференціація навчання спрямована на розвиток індивідуальних, творчих потреб учнів, повну реалізацію всіх природних задатків і здібностей особистості. Серед форм диференційованого навчання виокремлюють зовнішню, або профільну, диференціацію освіти у ЗЗСО, що передбачає

надання учням можливості отримувати освіту за різними напрямками, за різними навчальними програмами, які відрізняються глибиною викладу матеріалу, обсягом інформації і навіть номенклатурою включених питань. Мета профільної диференціації – надання здобувачам освіти можливості отримувати освіту відповідно до їх планів на майбутню професійну діяльність.

Розглянемо конкретний вид спеціальних здібностей – здатність вивчати елементи диференціальних рівнянь. Диференціальним рівнянням першого порядку називається рівняння виду $F(x, y, y') = 0$, яке пов'язує незалежну змінну x , невідому функцію $y = y(x)$ та її похідну y' . Рівняння може не містити явно y , але обов'язково має містити похідну y' (у протилежному випадку воно не буде диференціальним рівнянням). Так, у процесі навчання елементам диференціальних рівнянь, у здобувачів освіти розвиваються спеціальні здібності до математики. Здібності розвиваються у діяльності, а продуктивність цього процесу зумовлена наявним рівнем розвитку особистості як цілісного системного утворення [1].

Основними вимогами до методики навчання диференціальних рівнянь у класах з поглибленим вивченням математики можна визначити:

1. Учні мають набути вміння розв'язувати задачі вищої складності, ніж обов'язковий рівень, зокрема, диференціальні рівняння.
2. У процесі вивчення математики учням потрібно показати, що математика є одним з найефективніших методів моделювання реальних процесів. Чітко визначати ланцюжки нової інформації про диференціальні рівняння.
3. Точно і грамотно формулювати вивчені теоретичні положення і висловлювати власні міркування при розв'язуванні задач і доведенні теорем.
4. Застосовувати раціональні методи розрахунків та перетворень.

Сучасна математика широко застосовується у вивченні економічних, гуманітарних, біологічних, фізичних, технічних та інших явищ за допомогою побудови математичної моделі. Диференціальні рівняння є найважливішою моделлю для вивчення різних процесів. Вони встановлюють залежність між незалежними змінними, числами (параметрами), невідомими функціями та їх

похідними. Одним із типів задач, складених на основі матеріалу, що вивчається на уроках математики у профільних математичних класах, можна розглядати наступний: перевірити, що функція є розв'язком заданого диференціального рівняння; диференціальні рівняння з відокремлюваними змінними; скласти диференціальне рівняння для розв'язання найпростішої задачі.

Загальний розв'язок диференціального рівняння – це функція, що містить сталі величини (число сталих залежить від порядку рівняння). Підставивши цю функцію у рівняння, ми отримаємо істинне твердження. Наприклад, функція $f(x) = (x + 1)e^x$ є розв'язком диференціального рівняння $f'(x) - f(x) = e^x$.

Підставивши конкретне значення сталих у загальний розв'язок, отримаємо конкретний розв'язок – частинний, для заданих умов чи обмежень.

Тип задач на геометричний зміст диференціального рівняння першого порядку $y' = f(x, y)$ ставить за мету: встановити зв'язок (залежність) між координатами точки $(x; y)$ і кутовим коефіцієнтом y' дотичної до кривої, що проходить через цю точку. Для прикладу: записати рівняння дотичної до графіка функції $f(x) = x^2 + 2x$ у точці з абсцисою $x_0 = -2$.

Рівняння з відокремлюваними змінними вигляду $f(x)dx + g(y)dy = 0$ є одним із найпростіших диференціальних рівнянь першого порядку. Інтегруючи обидві частини рівняння, одержимо розв'язок.

Вивчення диференціальних рівнянь у ЗЗСО має бути спрямованим на підвищення інтересу до навчання, поглиблення знань учнів, залучення їх до творчої дослідницької діяльності, вибір майбутньої професії. Важливо зауважити, що з метою професійної підготовки компетентних фахівців, у всіх закладах вищої освіти, де вивчають точні дисципліни, обов'язковим є курс диференціальних рівнянь.

References

1. Content and structure of mathematical abilities: Electronic resource: Access mode: http://eprints.zu.edu.ua/20690/1/Semenets_Zmist_i_struktura_mat_zdibnostej.pdf
2. Differential equations: Electronic resource: Access mode: <https://naurok.com.ua/diferenciyni-rivnyannya-414717.html>
3. Special abilities: Electronic resource: Access mode: <https://studfile.net/preview/5227630/page:8>

Olga Kravchuk¹, Cand. Sc.
Sofiia Moroz²

¹Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine
e-mail: olikr57@ukr.net

²Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine
e-mail: morozsofia87@gmail.com

USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES WHEN STUDYING TOPIC «EQUATION OF A CIRCLE» AT SCHOOL

Abstract. The research is devoted to the study of the effectiveness of using innovative technologies (interactive programs, dynamic geometric environments) in teaching the topic “The Equation of a Circle” at school. The study analyzes the impact of digital tools on students' learning, motivation, and interest in the subject. The use of innovative technologies improves visualization, increases interest, and develops practical skills.

Key words and phrases: innovative technologies in education, equation of the circle, digitaltools, interactive programs, schooleducation.

Сучасна освіта неможлива без впровадження інноваційних технологій, які роблять навчальний процес більш ефективним та цікавим для учнів. У сучасному освітньому просторі, де цифрові технології стрімко інтегруються в навчальний процес, вчителі постійно шукають нові та ефективні методи для покращення якості навчання. Інноваційні технології стають невід'ємною частиною навчального процесу, відкриваючи безліч можливостей для покращення якості та ефективності навчання. Особливо це стосується вивчення математики, де візуалізація та інтерактивність відіграють ключову роль у розумінні складних концепцій [3].

Однією з фундаментальних тем у шкільному курсі геометрії є «Рівняння кола», однак її вивчення часто викликає в учнів труднощі через абстрактність та складність візуалізації. Традиційні методи навчання, такі як креслення на дошці та розв'язування задач у зошиті, не завжди дозволяють учням повністю усвідомити геометричну сутність кола та його рівняння. Саме тому

використання інноваційних технологій, наприклад, інтерактивних онлайн-програм, може стати потужним інструментом для покращення її розуміння.

Одним із найефективніших способів вивчення рівняння кола є його графічне представлення. Використання програмного забезпечення, такого як GeoGebra або Desmos, дозволяє: будувати кола за рівнянням у реальному часі; досліджувати вплив зміни параметрів рівняння на положення та розмір кола, аналізувати взаємодію кола з іншими геометричними об'єктами.

Desmos – це безкоштовний онлайн-графікатор, який дозволяє будувати графіки рівнянь у реальному часі, змінювати параметри та взаємодіяти з математичними моделями. Його використовують як учні, так і вчителі для візуалізації алгебраїчних та геометричних понять.

Ввівши загальне рівняння кола $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$ у відповідне поле в програмі Desmos, учні можуть змінювати його параметри (a , b – координати центру, r – радіус) і спостерігати, як це впливає на форму та розміщення кола у системі координат (рис. 1).

Також, в даній програмі можна побудувати графіки одразу декількох рівнянь. Учні можуть досліджувати, як взаєморозташовуються кола залежно від їхніх рівнянь, і знаходити точки їх перетину.

GeoGebra – це потужний інструмент для динамічної геометрії, який дозволяє візуалізувати геометричні поняття, що робить їх зрозумілішими для учнів. Так само, як і в Desmos, тут можна будувати кола, змінювати їх параметри і спостерігати за зміною рівняння. Крім цього, в GeoGebra можна знайти рівняння кола, що проходить через три задані точки, побудувати із заданої точки дотичні до кола, дослідити взаємне розміщення кола і точок.

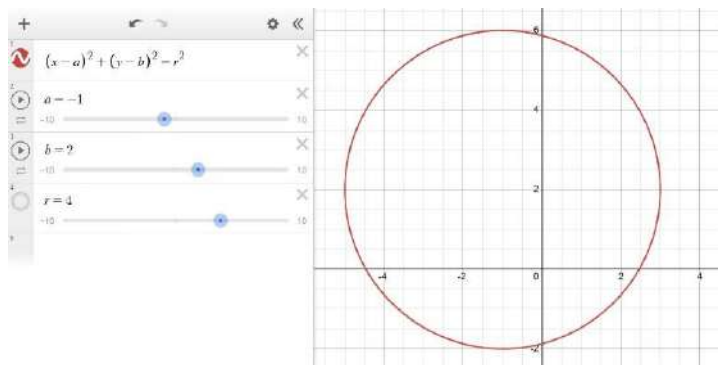


Рис. 1. Загальне рівняння кола

Приклад 1. Знайти точку перетину прямої $y = x - 3$ із колом, яке проходить через три задані точки: $A(1; 1); B(2; -1); C(3; 2)$.

Для початку позначимо три дані точки в онлайн-програмі (рис. 2).

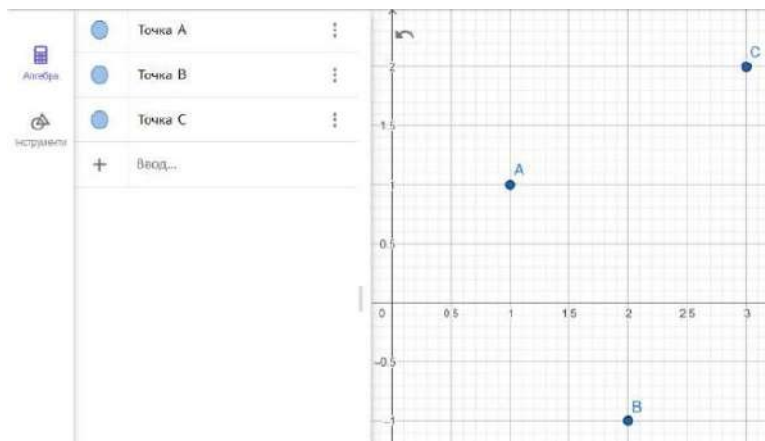


Рис. 2. Три точки

Далі, на вкладці «Інструменти» в розділі «Кола» обираємо пункт «Коло за трьома точками» (рис. 3).

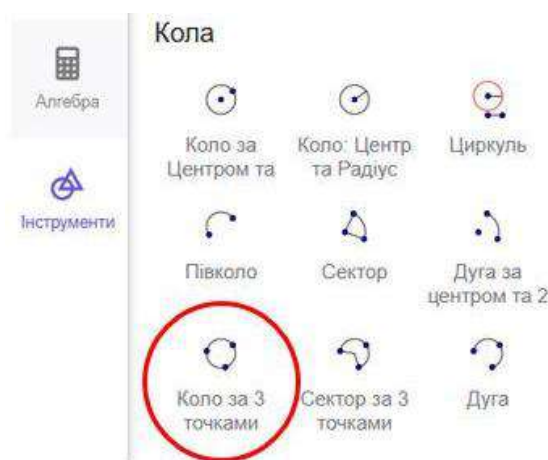


Рис. 3. Розділ «Кола»

Вибравши три наші точки, отримаємо коло, яке через них проходить (рис. 4).

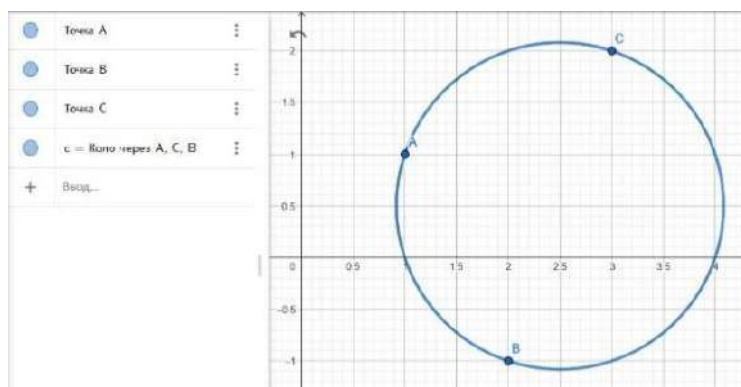


Рис. 4. Задане коло

Після побудови кола, введемо рівняння даної прямої і отримаємо точки їх перетину: $D(2; -1)$, $E(4; 1)$ (рис. 5).

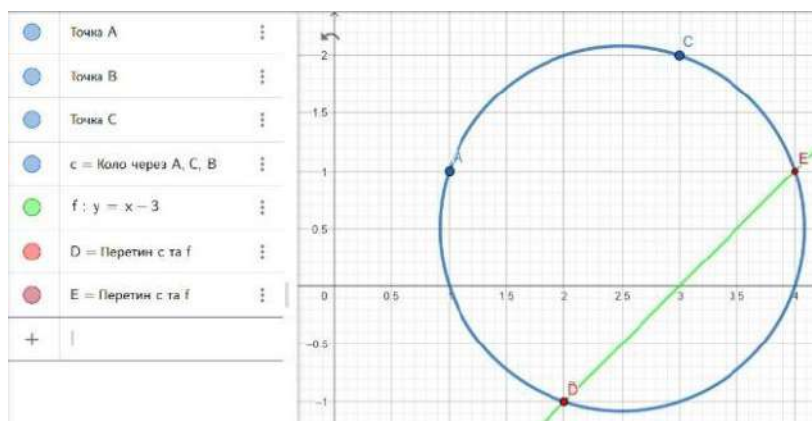


Рис. 5. Перетин прямої з колом

Інноваційні технології дозволяють зробити навчання інтерактивним, захоплюючим та ефективним, сприяючи кращому засвоєнню матеріалу. Інтерактивні програми дозволяють візуалізувати математичні поняття, роблячи їх доступнішими для сприйняття, тим самим допомагаючи учням краще зрозуміти практичне застосування рівняння кола в реальному житті [1].

References

1. Korolsky V. V., Kramarenko T. G., Semerikov S. O., Shoklyuk S. V. Innovative information and communication technologies for teaching mathematics: a textbook. Kryvyi Rih, 2009.
2. Merzlyak A. G., Polonsky V. B., Yakir M. S. Geometry: textbook for 9th grade general educational institutions: Gymnasium, 2017.
3. Pivtorak A. A. The use of ICT in the study of mathematics: an educational and methodological textbook. Vinnytsia, 2015.

Olga Kravchuk¹, Cand. Sc.

Angelina Panasiuk²

¹Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: oligr57@ukr.net

²Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: ango.p2004@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE STUDY OF ELEMENTS OF ANALYTICAL GEOMETRY IN ZZSO AND HIGHER SCHOOL USING ICT: THE TOPIC «PLANE EQUATIONS»

Abstract. This paper explores the topic of «Plane Equation» as a crucial element of analytical geometry studied at different educational stages, including secondary school and university. The fundamental aspects of teaching are presented, covering basic concepts, problem-solving algorithms, and methods that require analytical thinking. Special attention is given to the use of information and communication technologies (GeoGebra) for visualizing three-dimensional objects.

Key words and phrases: analytical geometry, plane equation, three-dimensional space, GeoGebra, educational technologies.

Вивчення теми «Рівняння площини» є важливою складовою аналітичної геометрії, що формується на різних етапах навчання. У ЗЗСО ця тема розглядається як окрема задача геометрії на застосування методу координат, акцент робиться на базових поняттях і простих алгоритмах. В університеті вона отримує значно ширше теоретичне та практичне вивчення, є складовою ширшої системи знань, що включає складні доведення, аналітичне мислення та застосування сучасних технологій для розв'язання задач.

У шкільній програмі, на початкових етапах вивчення стереометрії учні знайомляться із поняттям площини. Вони вивчають загальне рівняння площини $Ax + By + Cz + D = 0$ у тривимірному просторі. Вводиться поняття *вектора нормалі* цієї площини – *вектора*, перпендикулярного до неї. Розглядаються прості задачі на складання рівняння площини за трьома точками або за нормальним вектором $\vec{n}(A; B; C)$ і точкою $M(x_0; y_0; z_0)$.

В університетському курсі основна увага приділяється глибокому аналізу математичних моделей. Зокрема, різні способи задання площини та відповідні їй рівняння: канонічне; задане трьома точками, що не лежать на одній прямій; загальне, параметричне, рівняння площини у «відрізках» на осях, нормальне рівняння площини та ін.

Наприклад, записати рівняння площини, яка проходить через три точки, $M(3; -1; 2)$, $R(4; 1; -1)$, $S(2; 0; 1)$.

У шкільному курсі геометрії це завдання розв'язують наступним чином. Будемо шукати рівняння площини загального вигляду $Ax + By + Cz + D = 0$. Точки M , R , S не повинні лежати на одній прямій. Перевіримо чи виконується дана умова. Для цього знайдемо координати двох векторів $\overrightarrow{MR}(1; 2; -3)$ та $\overrightarrow{MS}(-1; 1; -1)$. Якби точки лежали на одній прямій, то $\overrightarrow{MR}$ та $\overrightarrow{MS}$, були б колінеарні, а відповідно координати були б пропорційні. Як бачимо для нашого випадку, колінеарності не буде. Якщо точки не розміщені на одній прямій, то вони однозначно визначають площину. У рівнянні $Ax + By + Cz + D = 0$ коефіцієнти A , B , C – координати вектора нормалі $\vec{n}$ площини: $\vec{n} \perp \overrightarrow{MR}$, $\vec{n} \perp \overrightarrow{MS}$. Тоді $\vec{n} \cdot \overrightarrow{MR} = 0$ та $\vec{n} \cdot \overrightarrow{MS} = 0$. Для невідомих A , B та C отримаємо таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} A + 2B - 3C = 0 \\ -A + B - C = 0 \end{cases}$$

Виразивши A і B через C , матимемо $A = \frac{1}{3}C$, $B = \frac{4}{3}C$. Тоді вектор $\vec{n}$ матиме координати $(1; 4; 3)$. Підставимо відповідні значення у загальне рівняння площини $Cx + 4Cy + 3Cz + D = 0$ та будь-яку із даних точок, яка належить площині, отримаємо $D = -5$.

Відповідь: $x + 4y + 3z - 5 = 0$

А тепер запишемо рівняння площини через точки $M(3; -1; 2)$, $R(4; 1; -1)$, $S(2; 0; 1)$, скориставшись канонічним рівнянням площини, яке вивчається в аналітичній геометрії $\overrightarrow{MR}$ та $\overrightarrow{MS}$:

$$|x - 3 \ y + 1 \ z - 2 \ 4 - 3 \ 1 + 1 \ -1 - 2 \ 2 - 3 \ 0 + 1 \ 1 - 2| = 0 \Rightarrow |x - 3 \ y + 1 \ z - 2 \ 1 \ 2 - 3 \ -1 \ 1 - 1| = 0$$

;

Обчислимо визначник, розклавши за елементами першого рядка:

$$(x - 3)|2 - 3 \ 1 - 1| + (y + 1)|1 - 3 - 1 - 1| + (z - 2)|1 \ 2 - 1 \ 1| = 0$$

$$-2(x - 3) + 3(x - 3) + (y + 1) + 3(y + 1) + (z - 2) + 2(z - 2) = 0$$

$$\text{Звідки отримаємо: } x + 4y + 3z - 5 = 0.$$

Отже, шукане рівняння площини $x + 4y + 3z - 5 = 0$.

Для кращого просторового уявлення та сприйняття даної теми, ефективно як і у ЗЗСО, так і у закладах вищої освіти, використовувати ІКТ. Розглянемо використання одного з них:

GeoGebra (<https://www.geogebra.org/calculator>) – потужний та універсальний інструмент, який може значно полегшити процес вивчення рівнянь площин, роблячи його більш наочним. Тут можна легко побудувати площину, задавши її рівняння у загальному вигляді $Ax + By + Cz + D = 0$.

Можливість задання рівняння площини у відрізках на осях $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1$ допомагає зрозуміти геометричний зміст цього рівняння. Для прикладу: на зображеннях площина $x + 4y + 3z - 5 = 0$, яка відтинає на координатних осях відрізки: $a = 5$, $b = \frac{5}{4}$, $c = \frac{5}{3}$ (рис. 1).

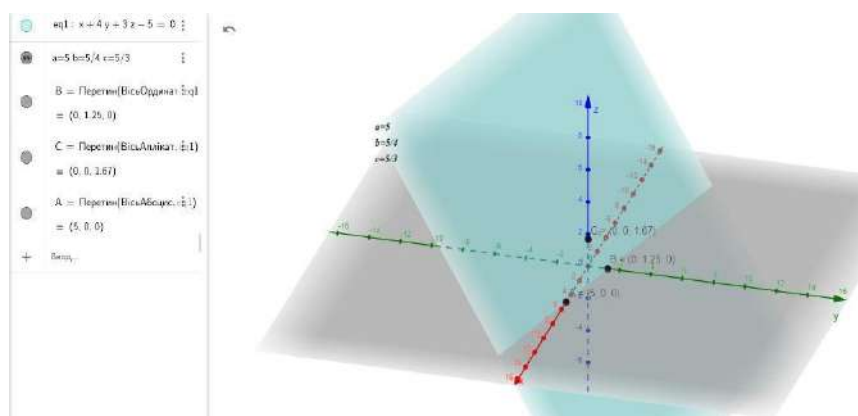


Рис. 1

Отже, тема «Рівняння площини» є важливою складовою аналітичної геометрії. Оскільки у процесі її вивчення формулюються математичні компетентності. Інтерактивні інструменти, зокрема GeoGebra, полегшує засвоєння матеріалу та розв'язання складних задач за рахунок унаочнення.

References

1. Kravchuk, O. M. Practicum on Analytical Geometry. Lutsk: Lesya Ukrainka Volyn National University, 2012. 247 p.
2. Materials for a Geometry Lesson in a Specialized Class. Topic: Plane Equation. Sphere Equation. Educational Project "Na Urok" for Teachers. URL: <https://naurok.com.ua/materiali-do-uroku-geometri-v-profilnomu-klasi-tema-rivnyannya-ploschini-rivnyannya-sferi-160886.html>.
3. Nelyn, H. Geometry, 10th Grade (2018). Online School Library. URL: <https://shkola.in.ua/1649-heometriia-10-klas-nelin-2018.html> (Accessed: 30.03.2025).

Pavlo Shevchuk¹

Olena Soia², Cand. Sc.

¹Horodkivka Lyceum No. 2, Horodkivka Village Council, Tulchyn District,
Vinnytsia Region,

e-mail: pavlo.shevchuk@school-2.ukr.education

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine
e-mail: soia.om@vspu.edu.ua

SYSTEM APPROACH TO MODELING INDIVIDUAL TRAJECTORY OF INFORMATICS TEACHER'S PROFESSIONAL DEVELOPMENT

Abstract. The article substantiates the system approach to modeling the individual professional development trajectory of an informatics teacher. The theoretical foundations and structural components of such a model are characterized. The practical aspect of implementation through the use of digital systems and monitoring tools is considered.

Key words and phrases: informatics teacher, individual trajectory of professional development, system approach, modeling.

У добу стрімкого розвитку цифрових технологій традиційні підходи до професійного зростання педагогів потребують суттєвого оновлення. Особливої уваги вимагає діяльність вчителя інформатики, адже саме він є провідником інновацій в освітньому середовищі. У цьому контексті постає необхідність у створенні адаптивних систем, які дозволяти б формувати та реалізовувати індивідуальні траєкторії професійного розвитку з урахуванням потреб конкретного педагога [2].

Системний підхід у цьому контексті дає змогу побудувати комплексну модель розвитку вчителя, яка інтегрує педагогічні цілі, ресурси, механізми оцінювання та цифрові інструменти в єдину інформаційно-аналітичну структуру. Такий підхід дозволяє розглядати професійне вдосконалення не як разові заходи (курси, семінари), а як динамічну систему зворотного зв'язку, що постійно оновлюється відповідно до потреб конкретного вчителя [1].

Практична реалізація цієї моделі можлива на базі Microsoft Access, що є зручним середовищем для побудови локальних інформаційних систем. Базова

структура системи передбачає створення взаємопов'язаних таблиць, форм і запитів для автоматизації процесів діагностики, планування, реалізації та моніторингу професійного розвитку педагогів (рис. 1).

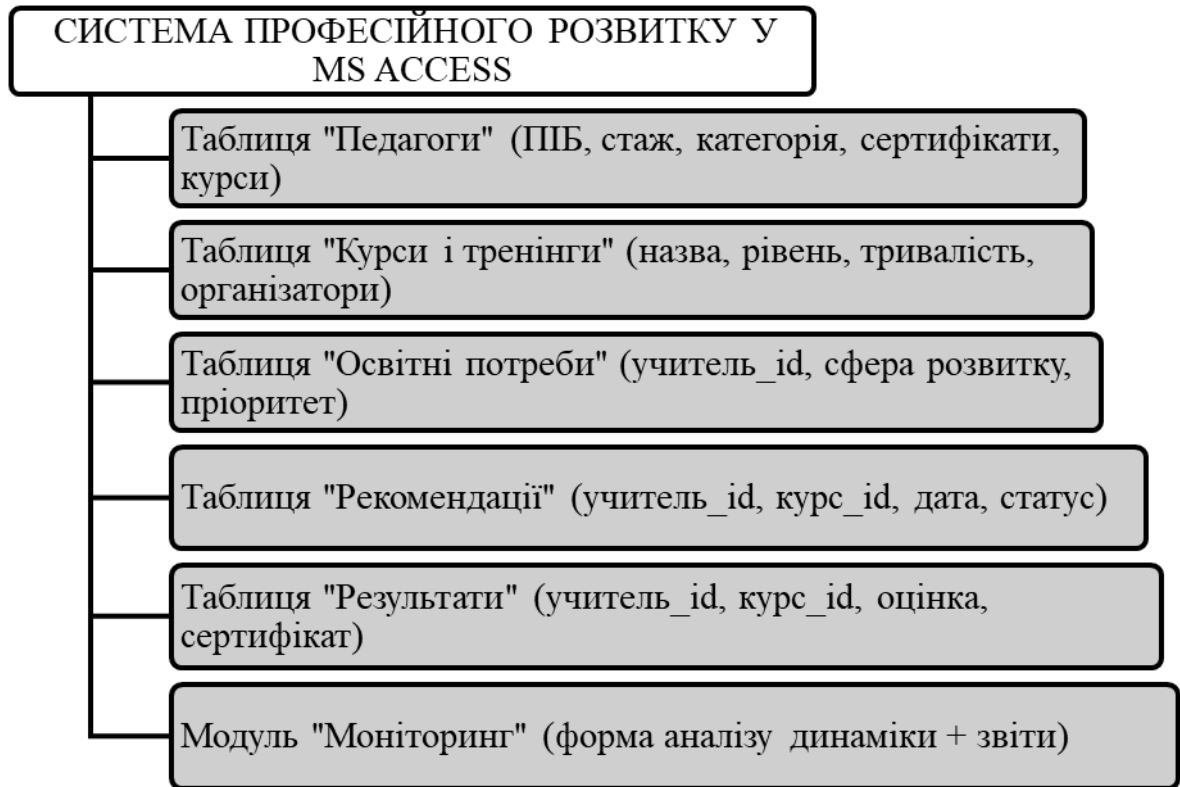


Рис.1. Система професійного розвитку педагога, побудована на базі MS Access

Архітектура системи передбачає наявність взаємопов'язаних структур: бази даних учителів із зазначенням рівня кваліфікації, стажу та досвіду, каталогу актуальних курсів і тренінгів, модуля фіксації освітніх потреб та блоку моніторингу результатів навчання. Усі ці компоненти функціонують у взаємодії завдяки логіці запитів SQL, форм і макросів, що дозволяє автоматизувати процес рекомендації освітніх програм відповідно до персонального запиту вчителя [3]. Таким чином, формуються персоналізовані пропозиції, які враховують як потреби самого педагога, так і стратегічні завдання закладу освіти.

Особливість такого підходу полягає в можливості впровадження зворотного зв'язку, що забезпечує безперервність розвитку. Система у

Microsoft Access фіксує не лише дані про проходження курсів, а й результати оцінювання, згенеровані сертифікати, рівень задоволеності змістом навчання. Це дозволяє адміністрації закладу освіти здійснювати регулярну оцінку ефективності професійного зростання педагогічного колективу, а самим учителям – відстежувати власну динаміку та коригувати індивідуальну траєкторію розвитку.

Модель системного типу, побудована на базі Access, зручна для застосування у закладах загальної середньої освіти завдяки зрозумілому інтерфейсу, низьким вимогам до обчислювальних ресурсів і можливості локального використання без потреби у складних серверних рішеннях. Крім того, її гнучкість дозволяє легко адаптувати структуру бази даних під специфіку конкретного освітнього закладу.

Отже, системний підхід у поєднанні з інструментами Microsoft Access забезпечує науково обґрунтовану та технологічно ефективну основу для формування індивідуальних освітніх траєкторій вчителів інформатики. Така модель здатна забезпечити цілісність, адаптивність і прозорість процесу професійного зростання, сприяючи підвищенню якості освіти в умовах цифрової трансформації.

References

1. Arkhipchuk S. I. System approach to the modeling of the teacher's professional development. *Pedagogy of the formation of creative personality*. 2021. No. 72. P. 39–45.
2. Ministry of Education and Science of Ukraine. The concept of the New Ukrainian School. Kyiv, 2016. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>
3. Spirin O. M. Modeling of the teacher's professional development in the context of digital transformation of education. *Information Technologies and Learning Tools*. 2020. No. 5 (79). P. 74–89.

Tetiana Dumanska, Cand. Sc.

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University, Kamianets-Podilskyi,
Khmelnyskyi region, Ukraine
e-mail: dumanska@kpnpu.edu.ua

THE PLACE OF INTERACTIVE WORDWALL ACTIVITIES IN A MATHEMATICS LESSON

Abstract. The article explores the potential of using interactive tasks created with the online platform Wordwall in the process of teaching mathematics in educational institutions. It analyzes the advantages of using Wordwall to enhance students' cognitive activity, increase their interest in the subject, and improve their understanding of mathematical concepts. The article describes possible ways to integrate interactive Wordwall tasks at various stages of a mathematics lesson: from knowledge activation to assessment and evaluation.

Key words and phrases: interactive tasks, Wordwall, mathematics lesson, enhancing learning, student engagement.

З розвитком інформаційного суспільства зазнала концептуального піднесення теорія інноваційного навчання, що змінило пріоритети освітніх закладів. Почали створювати заклади, у яких активно експериментувалися та впроваджувалися нові педагогічні технології. У суспільстві поступово розпочався перехід від знаннєво орієнтованого навчання до особистісно орієнтованого[1, с. 3].

У сучасному освітньому середовищі дедалі більшого значення набуває інтерактивність як важливий чинник активізації пізнавальної діяльності учнів. Особливо актуально це у викладанні математики – предмета, який традиційно сприймається як складний і потребує системного підходу. Одним із ефективних інструментів для створення інтерактивного навчального середовища є платформа Wordwall, яка дозволяє швидко й зручно створювати різноманітні завдання для учнів.

Інтерактивні завдання у форматі Wordwall дають можливість організувати навчальну діяльність так, щоб учень був не пасивним слухачем, а активним учасником процесу. Формати завдань – вікторини, класифікації, пазли, анаграми, «знайди пару», «обери правильну відповідь» тощо –

дозволяють гнучко комбінувати типи мисленнєвої діяльності: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення.

Wordwall особливо ефективний під час:

- актуалізації опорних знань – для повторення вивченого матеріалу на початку уроку;
- закріплення нового матеріалу – інтерактивні вправи допомагають краще засвоїти щойно подану інформацію;
- підсумкового контролю – тести або міні-ігри можна використовувати для перевірки знань у формі, яка не викликає стресу;
- роботи в групах – завдання можна демонструвати на екрані, обговорювати в парах чи командах, що розвиває комунікативні навички.

Ігрові елементи, візуалізація, миттєвий результат – усе це підвищує мотивацію учнів до вивчення математики. Діти з більшим ентузіазмом включаються в роботу, демонструють зацікавленість навіть у складних темах, таких як рівняння, геометричні фігури, дії з дробами тощо.

Окрім цього, завдання у Wordwall сприяють формуванню ключових компетентностей – математичної, цифрової, уміння навчатися впродовж життя, критичного мислення. Вони підходять як для учнів із високим рівнем навчальних досягнень, так і для тих, хто потребує додаткової підтримки.

Wordwall дозволяє в реальному часі спостерігати за результатами учнів, аналізувати типові помилки та своєчасно вносити корективи у навчальний процес. Такий підхід відповідає сучасним вимогам формувального оцінювання, коли увага зосереджена не лише на результаті, а й на процесі навчання.

Завдання Wordwall можна інтегрувати як в очне, так і в дистанційне або змішане навчання. Учитель має можливість зберігати власні шаблони, створювати базу завдань до різних тем, ділитися ними з колегами або учнями. Також існує велика кількість вже готових вправ, що дозволяє економити час на підготовку.

Із власного досвіду користування цією платформою можу стверджувати, що найбільш актуальним є його використання під час: повторення вивченого матеріалу на початку уроку, закріплення нового матеріалу. Для цього можна використати навіть готові завдання, що є на платформі. Для швидкої перевірки домашнього завдання варто створювати власні інтерактивні завдання у Wordwall за вмістом діючого підручника з математики.

Інтерактивні завдання у форматі Wordwall займають важливе місце на сучасному уроці математики. Вони не лише сприяють якісному засвоєнню навчального матеріалу, а й формують у школярів позитивне ставлення до предмета. Завдяки широким можливостям для адаптації, різноманіттю форматів і простоті використання, Wordwall стає незамінним помічником учителя в реалізації компетентнісного підходу до навчання.

References

1. Palamarchuk V.F., Baranovska O.V. Pedagogical learning technologies in the context of the New Ukrainian School: a vector of development. Ukrainian Pedagogical Journal. 2018. № 3. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/711795/1/BOV18_UPJ.pdf (accessed: 21.04.2025).

Yurii Hera

Secondary School No. 97, Lviv, Ukraine

e-mail: feniks161280@gmail.com

FOSTERING CREATIVITY IN SPECIALIZED SECONDARY SCHOOL STUDENTS THROUGH ACTIVE LEARNING IN COMPUTER SCIENCE CLASSES

Abstract. This paper explores the importance of fostering creativity in upper secondary school students within the context of computer science education. It aims to develop and justify a methodology for enhancing creative potential through active learning strategies in computer science lessons. The research examines the theoretical foundations of creativity, analyzes existing psychopedagogical approaches, and underscores the considerable potential of computer science as a discipline for stimulating creative thinking. Particular emphasis is placed on the development of a detailed methodology, including specific active learning techniques, their theoretical justification, and well-developed examples of learning tasks and exercises.

Key words and phrases: creativity, upper secondary school, computer science, active learning methods, development of creative thinking, pedagogical methodology, educational technologies, problem-based learning, project-based learning, brainstorming, gamification.

В умовах стрімкого розвитку інформаційного суспільства та постійних технологічних змін, креативність стає однією з ключових компетентностей, необхідних для успішної самореалізації особистості та її адаптації до майбутнього. Освітній процес у профільній школі має забезпечити формування не лише предметних знань та навичок, але й розвиток творчого потенціалу учнів. Інформатика, завдяки своїй міждисциплінарності та можливостям практичного застосування, є особливо сприятливою для стимулювання креативного мислення здобувачів освіти. Проте, недостатнє використання активних методів навчання обмежує можливості розвитку креативності учнів на уроках інформатики, що визначає актуальність дослідження.

Ми розглянули різні наукові підходи до визначення сутності креативності (Дж. Гілфорд, Е. Торренс, Т. Амабайл), її структуру та основні компоненти (флюентність, гнучкість, оригінальність, розробленість) [6]. Проаналізували психолого-педагогічні аспекти розвитку креативності учнів старшого шкільного віку, враховуючи їхні вікові особливості та потреби у самостійності

й самовираженні. Обґрунтували важливу роль інформатики як навчальної дисципліни у стимулюванні творчого мислення через можливості моделювання, алгоритмізації, програмування та використання сучасних інформаційних технологій. У роботі ми здійснили критичний огляд існуючих методик формування креативності на уроках інформатики, виявили їхні переваги та обмеження, що стало теоретичним підґрунтям для розробки власної методики, яка базується на інтеграції методів активного навчання.

Далі ми зосередили увагу на розробці та детальному обґрунтуванні методики розвитку креативності учнів профільної школи методами активного навчання на уроках інформатики. Методика ґрунтується на ключових дидактичних принципах, таких як проблемність, самостійність, інтерактивність, наочність та практична спрямованість, а також на компетентнісному та особистісно-орієнтованому підходах до навчання. Тут ми представили обґрунтування вибору та детальний опис комплексу активних методів навчання, включаючи мозковий штурм для ефективної генерації ідей на початкових етапах творчої діяльності, метод проєктів як засіб інтегрованого застосування знань та розвитку творчої самостійності учнів, кейс-метод для аналізу реальних проблемних ситуацій з практики застосування інформаційних технологій та пошуку нестандартних рішень, а також елементи гейміфікації для підвищення мотивації та стимулювання творчої ініціативи учнів у процесі навчання та використання педагогічних чат-ботів, які виконують різні ролі (інструктора, емоційного підтримувача, кар'єрного консультанта), що довели свою ефективність у стимулюванні автономії, залученості та креативності учнів у процесі навчання інформатики [1; 7].

Дослідження також засвідчили, що цифрові навчальні ігри та моделі проєктного навчання істотно впливають на мотивацію, розвиток критичного та креативного мислення учнів як в очному, так і в дистанційному форматах [4; 5]. Результати останніх педагогічних експериментів із використанням колаборативних навчальних середовищ показали значне зростання активності учнів, зокрема під час виконання інтерактивних завдань та реалізації

навчальних проєктів у галузі ІТ [3]. Також варто відзначити досвід інтеграції навчання та елементів штучного інтелекту в середній школі через інструменти обробки природної мови, що відкриває нові можливості для формування гнучкого та креативного мислення [2].

Запропонована методика має значний потенціал для практичного застосування вчителями інформатики профільної школи, які прагнуть якісно підвищити рівень розвитку креативності своїх учнів. Її впровадження може сприяти активізації пізнавальної діяльності учнів, формуванню ключових компетентностей, розвитку їхньої самостійності та підготовці до майбутньої професійної діяльності в умовах цифрової економіки. Перспективи подальших досліджень можуть включати проведення педагогічного експерименту для емпіричної перевірки ефективності розробленої методики, розробку детального методичного забезпечення для її практичного впровадження.

References

1. Chen C. C., Ding Z., Lin J., Hopfgartner F. AI Chatbots as Multi-Role Pedagogical Agents: Transforming Engagement in CS Education. *arXiv preprint*, 2023. No. 2308.03992. P. 1–15.
2. Hmelo-Silver C. E., Danish J. A., et al. Integrating AI Learning into Middle School Science through Natural Language Processing. *IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, 2023. P. 112–119.
3. Holly M., Hildebrandt J., Pirker J. A Computer-Supported Collaborative Learning Environment for Computer Science Education. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2024. P. 312–319.
4. López-Fernández D., Gordillo A., Pérez J., Tovar E. Learning and Motivational Impact of Game-Based Learning: Comparing Face-to-Face and Online Formats on Computer Science Education. *IEEE Transactions on Education*, 2024. Vol. 66, No. 4. P. 289–298.
5. McLaren B. M. Digital Learning Games in Artificial Intelligence in Education: A Review. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2023. Vol. 33, No. 2. P. 205–223.
6. Torrance E. P. *Diagnosis of Creativity*. Dubuque, IA: Kendall Hunt Publishing Company, 1972. P. 1–180.
7. Vakaliuk T. A., Kontsedailo V. V., Antoniuk D. S., Korotun O. V., Mintii I. S., Pikilnyak A. V. Using Game Simulator Software Inc in the Software Engineering Education. *arXiv preprint*, 2020. No. 2012.01127. P. 1–10.

Volodymyr Korolskyi, Cand. Sc.

Kyryvri Rih State Pedagogical University, Kyryvri Rih, Ukraine

e-mail: k_mathematics@kdpu.edu.ua

ON THE METHODS OF CALCULATING THE NUMBER π

Abstract. The paper explores a historical and geometric approach to approximating π using polygons inscribed in a unit circle, starting from a square. A recursive formula is proposed, demonstrating high accuracy with relatively low computational complexity. The method is suitable for use in student research and the study of numerical methods.

Key words and phrases: π , approximation, numerical methods in education.

Серед підмножин множини дійсних чисел найбільш загадковою є множина ірраціональних чисел, яка за своєю потужністю перевищує потужність множини раціональних чисел. В той же час серед множини ірраціональних чисел є числа, до яких особливу увагу звертали математики починаючи зі стародавніх часів. Серед таких чисел на першому місці можна вважати славнозвісне число π . Про це свідчить досить тривала історія розвитку методів його обчислення.

Наприклад, можна привести відомі формули обчислення числа π .

Найдавнішими з них вважаються $\pi \approx \frac{256}{81} \approx 3,160$, знайдена в папірусі Ахмеса

(Египет); $\pi \approx \frac{25}{8} \approx 3,125$, з Вавилону. Обидва варіанта датуються близько 1900

року до н.е. і дають точність результату в межах одного відсотка від встановленого пізніше значення $\pi \approx 3,14$. Майже в ті самі часи з подібною

точністю значення π одержав індійський математик Брамагупта. Водночас очевидно, що ці результати були отримані суто евристичним шляхом і не мали строго математичного обґрунтування. Лише всесвітньо відомий грецький математик Архімед, цілком ймовірно, першим запропонував метод обчислення

значення π математичними засобами. У праці «Про вимірювання кола» він розробив ланцюг міркувань, який привів його до результату: $3,1409096 \dots < \pi < 3,1428265 \dots$. Цей результат Архімед отримав, використовуючи два правильні шестикутники – вписаний і описаний – відносно кола радіуса 1. Подібний підхід був згодом реалізований у працях китайських та індійських математиків. Загалом ці методи передбачали послідовне наближення до значення π , починаючи з правильного шестикутника, потім дванадцятикутника і далі – шляхом поступового збільшення кількості сторін багатокутників, що вписуються і описуються навколо кола.

Нами було вирішено дослідити обчислення числа π за умови використання в першому наближенні не шестикутника, а квадрата, вписаного в коло радіуса 1, з подальшим побудовою багатокутників із числом сторін 2^n . У результаті відповідних перетворень було отримано формулу:

$$\pi \approx 2^{n+1} \sqrt{2 - \underbrace{\sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \dots}}}}_{n \text{ коренів}}} \quad (1)$$

Розглянемо результати обчислення числа π за запропонованою формулою (1) для значень, наведених у таблиці 1. Обчислення виконано з точністю до 9 знаків після коми.

Таблиця 1

Обчислення за формулою (1)

№	π	№	π
1	3,061467459	7	3,141572943
2	3,121445152	8	3,141587734
3	3,136548490	9	3,141591447

4	3,140331156	10	3,141592615
5	3,141277250	11	3,141592638
6	3,141513728	12	3,141592653

З таблиці спостерігаємо, що вже при $n = 5$ значення π визначається з точністю до трьох знаків після коми. Наприклад, така точність обчислення π за відомою формулою Мадхави-Лейбніца досягається лише при $n = 10^5$. Якщо ж узяти $n = 10$, то точність обчислення значення π сягатиме семи знаків після коми.

Формулу (1) можна ефективно використовувати в дослідницькій роботі учнів профільної школи, а також у процесі вивчення студентами фізико-математичного факультету дисциплін, пов'язаних із наближеними методами обчислень.

Olga Kravchuk¹, Cand. Sc.

Anna Nykytiuk²

¹Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: oligr57@ukr.net

²Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: anna.nykytiukk@gmail.com

DIFFERENTIATED APPROACH TO TEACHING DIFFERENTIAL EQUATIONS IN SPECIALIZED CLASSES

Abstract. For many years, there was practically no problem of differentiation of mathematics teaching in school. Today, it is clear to everyone that the school cannot operate on a single program for all students, in all subjects, including mathematics, with an increase in their developmental and educational impact on the student's personality. We consider individual aspects of the differentiated approach to studying differential equations in specialized classes..

Key words and phrases: differentiated approach, differential equations, profile classes, mathematical abilities.

Упродовж багатьох років практично не існувало проблеми диференціації викладання математики у школі: однотипні школи, однакові програми, недиференційована система контролю і т.д. Сьогодні всім зрозуміло, що школа не може обійтися єдиною програмою для всіх учнів з усіх навчальних предметів, у тому числі математики, з посиленням їх розвиваючого і виховного впливу на особистість учня. Одним із підходів до вирішення проблеми диференціації освіти є відкриття класів і шкіл з поглибленим вивченням тих чи інших навчальних предметів, проте, спеціалізовані класи і школи також потребують диференціації, відповідно до здібностей і особливостей учнів.

У наш час необхідно розвивати спеціальні здібності – це психологічні особливості індивіда, що забезпечують можливості успішного виконання визначеного виду діяльності. Розвиток спеціальних здібностей спирається на відповідні задатки [3].

Диференціація навчання спрямована на розвиток індивідуальних, творчих потреб учнів, повну реалізацію всіх природних задатків і здібностей особистості. Серед форм диференційованого навчання виокремлюють зовнішню, або профільну, диференціацію освіти у ЗЗСО, що передбачає

надання учням можливості отримувати освіту за різними напрямками, за різними навчальними програмами, які відрізняються глибиною викладу матеріалу, обсягом інформації і навіть номенклатурою включених питань. Мета профільної диференціації – надання здобувачам освіти можливості отримувати освіту відповідно до їх планів на майбутню професійну діяльність.

Розглянемо конкретний вид спеціальних здібностей – здатність вивчати елементи диференціальних рівнянь. Диференціальним рівнянням першого порядку називається рівняння виду $F(x, y, y') = 0$, яке пов'язує незалежну змінну x , невідому функцію $y = y(x)$ та її похідну y' . Рівняння може не містити явно y , але обов'язково має містити похідну y' (у протилежному випадку воно не буде диференціальним рівнянням). Так, у процесі навчання елементам диференціальних рівнянь, у здобувачів освіти розвиваються спеціальні здібності до математики. Здібності розвиваються у діяльності, а продуктивність цього процесу зумовлена наявним рівнем розвитку особистості як цілісного системного утворення [1].

Основними вимогами до методики навчання диференціальних рівнянь у класах з поглибленим вивченням математики можна визначити:

1. Учні мають набути вміння розв'язувати задачі вищої складності, ніж обов'язковий рівень, зокрема, диференціальні рівняння.
2. У процесі вивчення математики учням потрібно показати, що математика є одним з найефективніших методів моделювання реальних процесів. Чітко визначати ланцюжки нової інформації про диференціальні рівняння.
3. Точно і грамотно формулювати вивчені теоретичні положення і висловлювати власні міркування при розв'язуванні задач і доведенні теорем.
4. Застосовувати раціональні методи розрахунків та перетворень.

Сучасна математика широко застосовується у вивченні економічних, гуманітарних, біологічних, фізичних, технічних та інших явищ за допомогою побудови математичної моделі. Диференціальні рівняння є найважливішою моделлю для вивчення різних процесів. Вони встановлюють залежність між незалежними змінними, числами (параметрами), невідомими функціями та їх

похідними. Одним із типів задач, складених на основі матеріалу, що вивчається на уроках математики у профільних математичних класах, можна розглядати наступний: перевірити, що функція є розв'язком заданого диференціального рівняння; диференціальні рівняння з відокремлюваними змінними; скласти диференціальне рівняння для розв'язання найпростішої задачі.

Загальний розв'язок диференціального рівняння – це функція, що містить сталі величини (число сталих залежить від порядку рівняння). Підставивши цю функцію у рівняння, ми отримаємо істинне твердження. Наприклад, функція $f(x) = (x + 1)e^x$ є розв'язком диференціального рівняння $f'(x) - f(x) = e^x$.

Підставивши конкретне значення сталих у загальний розв'язок, отримаємо конкретний розв'язок – частинний, для заданих умов чи обмежень.

Тип задач на геометричний зміст диференціального рівняння першого порядку $y' = f(x, y)$ ставить за мету: встановити зв'язок (залежність) між координатами точки $(x; y)$ і кутовим коефіцієнтом y' дотичної до кривої, що проходить через цю точку. Для прикладу: записати рівняння дотичної до графіка функції $f(x) = x^2 + 2x$ у точці з абсцисою $x_0 = -2$.

Рівняння з відокремлюваними змінними вигляду $f(x)dx + g(y)dy = 0$ є одним із найпростіших диференціальних рівнянь першого порядку. Інтегруючи обидві частини рівняння, одержимо розв'язок.

Вивчення диференціальних рівнянь у ЗЗСО має бути спрямованим на підвищення інтересу до навчання, поглиблення знань учнів, залучення їх до творчої дослідницької діяльності, вибір майбутньої професії. Важливо зауважити, що з метою професійної підготовки компетентних фахівців, у всіх закладах вищої освіти, де вивчають точні дисципліни, обов'язковим є курс диференціальних рівнянь.

References

1. Content and structure of mathematical abilities: Electronic resource: Access mode: http://eprints.zu.edu.ua/20690/1/Semenets_Zmist_i_struktura_mat_zdibnostej.pdf
2. Differential equations: Electronic resource: Access mode: <https://naurok.com.ua/diferenciyni-rivnyannya-414717.html>
3. Special abilities: Electronic resource: Access mode: <https://studfile.net/preview/5227630/page:8>

Alina Voievoda¹, Cand. Sc.

Mykhailo Prytuliak², Mr. Sc.

¹Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia,
Ukraine

e-mail: alina.voievoda@vspu.edu.ua

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia,
Ukraine

e-mail:mpritulyak3@gmail.com

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL PREREQUISITES FOR THE USE OF COMPUTER DIDACTIC GAMES IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS

Abstract. The article deals with the psychological and pedagogical prerequisites for the use of computer didactic games in the process of teaching mathematics to secondary school students and the issue of forming the readiness of future mathematics teachers to use computer didactic games in their future professional activities.

Key words and phrases: computer didactic games, digital games, teaching mathematics, teachers' readiness to implement computer didactic games.

На відміну від старших поколінь, сучасна молодь живе в умовах постійного доступу до Інтернету, сприймаючи щодня надзвичайно великі обсяги інформації з різних джерел, зокрема, соціальних мереж, відеоплатформ, використовують можливості штучного інтелекту тощо. Такий інформаційний потік формує в молоді звичку до поверхневого й фрагментарного сприйняття, вимагає швидкої реакції та вибіркового мислення. У результаті в багатьох дітей проявляються ознаки так званого кліпового мислення (від англійського «clip» – вирізка або уривок). Перебуваючи у постійному інформаційному потоці, молоді люди поступово втрачають здатність до глибокого аналізу, критичного мислення та вирішення складних завдань. Зважаючи на когнітивні особливості сучасного цифрового покоління, ми вважаємо за доцільне звернути увагу на методи та засоби навчання, які допоможуть майбутнім учителям урахувати ці

особливості та представляти навчальний матеріал у зручній візуальній формі. Одним з таких засобів можуть бути комп'ютерні дидактичні ігри (КДІ).

Вплив комп'ютерних ігор на мотивацію навчання та соціальну взаємодію людей вивчали різні дослідники. До прикладу, Джейн Мак Гонігал, авторка книги «Реальність поламана: Чому ігри роблять нас кращими і як вони можуть змінити світ» акцентує увагу на позитивному впливі комп'ютерних ігор на розвиток особистості та суспільства [2]. Дослідженням місця і ролі комп'ютерних ігор у навчанні та розвитку присвячені роботи Джеймса ПолаДжі [1], Марка Пренскі [4] та ін.

Окремі комп'ютерні дидактичні ігри вдало поєднують візуальні ефекти, анімацію з ігровим дизайном. Психологи та філософи звертають увагу не лише на роль візуалізації в зручності сприйняття інформації, але й акцентують на її розвивальному характері в психічних процесах людини.

Щодо можливостей застосування комп'ютерних дидактичних ігор на уроках математики в базовій школі науковці виділяють такі, у яких розробниками передбачено можливості візуального представлення на екрані комп'ютера чи інших цифрових пристроїв навчального матеріалу, зокрема абстрактних математичних об'єктів або процесів, їхніх моделей в компактній формі, з можливістю демонстрації внутрішніх взаємозв'язків складових частин у тимчасовому й просторовому русі. Зазначимо, що нині можна використовувати ряд мобільних ігрових додатків, зокрема для візуалізації зображень в процесі вивчення геометрії: Euclidean (геометричні побудови циркулем і лінійкою в ігровій формі), XSection (переізомногоранників), Піфагорія, тощо.

Використання КДІ в навчальному процесі вимагає від учителя математики певної підготовки і розуміння психологічних особливостей розвитку учнів. При виборі КДІ, які можна використовувати в процесі навчання математики, перед учителем постає низка проблем, пов'язаних з

невідповідністю програмного продукту віковим особливостям учнів, навчальним планам і програмам тощо. Тому варто в процесі навчання майбутніх учителів математики у ЗВО формувати у них навички створення й виваженого застосовування в навчальному процесі КДІ.

Готовність до відбору й методично грамотного застосування КДІ майбутніми учителями математики може здійснюватися шляхом моделювання їхньої професійної самоосвіти, яка безпосередньо пов'язана з рівнем сформованості наступних умінь:

- знаходити та аналізувати інформацію з різних джерел;
- відбирати з опрацьованого матеріалу методичні знахідки, зокрема й КДІ для апробації в майбутній педагогічній діяльності [3].

З метою формування навичок застосування КДІ в процесі навчання учнів математики при вивченні освітньої компоненти «Технології навчання математики» пропонуємо студентам виконати навчально-методичні задачі, з допомогою яких вони можуть включитись в активну методичну діяльність, пов'язану з пошуком найкращих зразків КДІ, адаптованих до процесу навчання математики учнів базової школи та створенням власних розробок [5].

Висновки. Цифровізація суспільства впливає на сучасну молодь, яка в умовах надмірного потоку інформації з неймовірною цікавістю сприймає ігрові технології навчання. Формування готовності майбутніх учителів математики до застосування КДІ, розуміння психолого-педагогічних передумов їх використання може здійснюватися різними шляхами, зокрема через моделювання професійної самоосвітньої діяльності здобувачів. Подальші наукові розвідки доцільно спрямувати на створення методичної системи, що забезпечить формування готовності майбутніх учителів математики до ефективного застосування КДІ у навчальному процесі.

References

1. Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave Macmillan. 232 p. <https://doi.org/10.1145/950566.950595>

2. McGonigal, Jane. *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. Jonathan Cape, 2011. 354 p.
 3. Mykhailenko, L. F., & Voievoda, A. L. (2019). Methodical competence of a mathematics teacher as a pedagogical problem. *Physical and mathematical education*, 19(1), 135-141. (in Ukrainian).
 4. Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill. 442 p
 5. Voievoda, A. L., & Prytuliak, M. (2024). Formation of future mathematics teachers' readiness to use digital didactic games. *Mathematics didactics: theory, experience, innovations*, 1, 98-106. (in Ukrainian).
-

Olga Kravchuk¹, Cand. Sc.

Anna Aleksandruk²

¹Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: oligr57@ukr.net

²Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

e-mail: aniytaaleksandruk@gmail.com

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AS A MEANS OF INCREASING MOTIVATION IN MATHEMATICS LESSONS IN 5TH GRADE

Abstract. Interactive platforms, adapted tasks and instant feedback help students to understand the material more deeply, enjoy learning and achieve better results. The use of ICT allows to increase the efficiency of learning, stimulate interest in the subject and form digital competencies necessary for modern society.

Key words and phrases: ICT, interactive platforms, motivation, mathematics, 5th grade, digital competencies, interactivity.

На сьогоднішній день інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) стали потужним інструментом у освітньому процесі, особливо у навчанні математики. Використання ІКТ дозволяє створити динамічне, інтерактивне середовище, яке сприяє зацікавленню учнів та підвищенню їх мотивації до вивчення предмету.

Одним із основних методів, які використовуються для підвищення мотивації навчання математики, є інтерактивні платформи. Вони пропонують учням можливість взаємодії з математичними задачами у форматі гри, змагань або візуального подання даних. Це сприяє глибшому розумінню матеріалу, оскільки учні активно залучаються до процесу розв'язання задач.

Інтерактивні платформи також дозволяють адаптувати завдання до рівня підготовки кожного учня, що робить навчання більш персоналізованим та ефективним. Учні можуть самостійно проходити тестування, отримувати миттєвий зворотний зв'язок, визначати тип завдань, які потребують повторного розгляду, та бачити свій прогрес у реальному часі.

Інтеграція ІКТ у навчальний процес допомагає не лише підвищити інтерес до математики, але й підготувати учнів до сучасного цифрового суспільства. Наприклад, використання комп'ютерних програм для моделювання геометричних фігур та тіл допомагає учням візуалізувати складні математичні поняття та сприяє кращому розумінню їх взаємозв'язків. Крім того, інтерактивні вправи можуть включати різноманітні платформи для практики, такі як платформи з інтерактивними тестами та завданнями як:

- *Khan Academy* – надає можливість індивідуалізованого навчання з математики. Учні можуть переглядати відеоуроки, виконувати практичні завдання.
- *IXLMath* – платформа надає інтерактивні завдання з можливістю отримання відповідей та зворотного зв'язку.
- *Wordwall* – ігрова онлайн-платформа, яка допомагає закріпити учням знання, і підлягає під різну вікову категорію.
- *GeoGebra* – це платформа для вивчення математики, яка поєднує геометрію, алгебру, таблиці, графіки, статистику та обчислення. Вона дозволяє створювати й досліджувати математичні моделі, будувати графіки, досліджувати функції та розв'язувати математичні задачі.
- *Liveworksheets* – це онлайн-платформа для створення інтерактивних робочих аркушів, яка дозволяє конвертувати традиційні завдання на інтерактивні вправи [1].
- *Kahoot* – це інтерактивна онлайн-платформа, яка створена для проведення ігрових вікторин, опитувань та навчальних вправ у формі гри.

Наприклад, розглянемо платформу *Wordwall*, за допомогою якої ми створюємо різні інтерактивні вправи, а саме: вікторини, відповідники, кросворди, флеш-картки і випадкові карти. Під час закріплення матеріалу на тему «Дії з десятковими дробами» з підручника «Математика 5 клас» Істер О. [2], ефективно використати шаблон знайди пару або випадкове колесо.

Виконуючи різні дії з десятковими дробами, учні шукають правильні відповіді на дережаблях (рис. 1).



Рис. 1.

Онлайн середовище *Kahoot* дозволяє перетворити урок-закріплення знань на цікаві захоплюючі змагання, де учні можуть відповідати на запитання. Чим швидше обрано правильну відповідь, тим більше в сумі балів отримує школяр. На фото нижче наведено приклад на тему «Середнє арифметичне. Середні величини», де кожне запитання дозволяє повторити та закріпити весь потрібний навчальний матеріал, що охоплює дана тема (рис. 2).

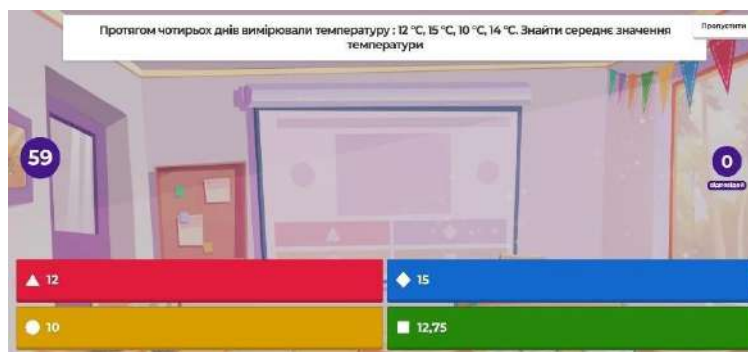


Рис. 2

Таким чином, використання ІКТ на уроках математики у 5 класах є важливим інструментом, який сприяє підвищенню мотивації, покращенню результатів навчання та формуванню цифрових компетенцій учнів [3].

Використання інформаційних технологій на уроці не лише підвищує ефективність навчання, але й стає потужним мотиваційним інструментом. Завдяки інтерактивності та наочності, навчання перетворюється на

захоплюючий процес, де кожен учень може відчути себе успішним, що сприяє як зовнішній (оцінки, похвала), так і внутрішній (задоволення від процесу) мотивації. Це, у свою чергу, стимулює творчий пошук, приносить задоволення та сприяє самоствердженню.

References

1. Aleksandruk A. A., Fedunyk-Yaremchuk O. V. How interactive tasks and projects help students develop mathematical thinking. *Current problems of development of natural sciences and humanities: VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scholars, Students and Postgraduates*, Lutsk, November 14, 2024. Lutsk, 2024.
2. Ister O.S. Mathematics, Grade 5: A Textbook for General Secondary Education Institutions. Kyiv: Geneza, 2022. 304 p.
3. Using ICT in mathematics lessons. Educational project "Na Urok" for teachers. URL: <https://naurok.com.ua/vikoristannya-ikt-na-urokah-matematiki-92195.html> (accessdate: 29.03.2025).

Contents

PLENARY SESSION

Bobyliiev D. LEAN AS A TOOL FOR INTERACTIVE THEOREM PROVING IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF MATHEMATICS TEACHERS	5
Kikas E. SELF-REGULATED LEARNING AND MATH SKILLS. ESTONIAN EXPERIENCE IN ASSESSING SELF-REGULATED COMPETENCE	9
Tiutium L., Kosovets O., Soia O., Kovtoniuk M. MATHEMATICAL LANDSCAPE PARKS AS AN ENVIRONMENT FOR MODELING RESEARCH PROJECTS, SCIENTIFIC RESEARCH AND POPULARIZATION OF MATHEMATICS.....	12
Mädamürk K. ASSESSMENT OF MATH COMPETENCE IN ESTONIA	17
Mykhalevych V., Tiutiunnyk O., Dobraniuk Yu. SPECIFIC FEATURES OF REDUCING A VARIATIONAL PROBLEM OF HEREDITARY DAMAGE THEORY TO A NONLINEAR PROGRAMMING TASK.....	19
Kilp-Kabel T. ESTONIAN GRADE NINE NATIONAL MATH EXAM RESULTS: ITS RELATIONSHIP WITH INTEREST AND NOVEL MATH SKILLS.....	22
Bak S., Kovtoniuk H. ON TRAVELING WAVES IN FERMI–PASTA–ULAM-TYPE SYSTEMS WITH NONLOCAL INTERACTION ON A 2D-LATTICE.....	26
Sigus H. BASIC PSYCHOLOGICAL NEEDS AND CURIOSITY RELATED TO SCIENCE SUBJECTS IN ONE SCHOOL SETTING IN ESTONIA.....	31
Abramchuk V., Abramchuk I. MATHEMATICAL MODELS IN DIGITAL INFORMATION CODING TASKS.....	33
Nurmoja K. BASIC PSYCHOLOGICAL NEEDS AND CURIOSITY RELATED TO SCIENCE SUBJECTS IN ONE SCHOOL SETTING IN ESTONIA.....	36

SECTION A

MODERN PROBLEMS OF MATHEMATICS.

MODERN PROBLEMS OF COMPUTER SCIENCE.

MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING

Bondarenko Z., Kyrylashchuk S., Klochko V. OPTIMIZATION OF HEATING SYSTEMS BASED ON IOT DATA ANALYSIS AND FOURIER TRANSFORM.....	38
Boyko P., Lopushanska H. SOURCE INVERSE PROBLEM IN SPACES OF BESSEL POTENTIALS.....	43
Buhrii O., Holovenko A. NUMERICAL APPROXIMATION OF SOLUTIONS OF STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATIONS.....	45
Dobraniuk Yu., Blashchuk N., Barbaliuk M. APPLICATION SKM MAPLE TO REDUCE THE QUADRATIC FORM OF EXPRESSION TO THE CANONICAL FORM.....	46
Goy T. SOME PROPERTIES OF HIGHER-ORDER PELL NUMBERS VIA TOEPLITZ – HESSENBERG DETERMINANTS.....	49
Heseleva K. APPLICATION OF A SINGLE VARIANT OF THE COLLOCATIONAL-ITERATIVE METHOD FOR INTEGRO-FUNCTIONAL EQUATIONS WITH SMALL NONLINEARITY.....	52
Hudyma U., Gnatyuk V. THE CRITERION OF EXTREMALITY OF AN ELEMENT FOR THE PROBLEM OF FINDING A GENERALIZED STEINER’S POINT OF SEVERAL CLOSED BALLS IN A LINEAR NORMED SPACE WITH RESPECT TO A CONVEX SET OF CLOSED BALLS IN THIS SPACE.....	56
Lukin M., Yakunin A. GIELIS SUPERCURVES – A TECHNOLOGICAL TOOL FOR MODELING COMPLEX SHAPES.....	59
Pylypiuk T. DATA ANALYTICS AND VISUALIZATION IN POWER BI.....	62

Mykhalevych V., Kolisnyk M., Shtuts A. MATHEMATICAL MODELING OF DEFORMATION TRAJECTORIES OF MACROPARTICLES IN HAZARDOUS ZONES OF WORKPIECES DURING FLOW FORMING.....	65
Shchyrba V., Miastkovska M. MULTIPROCESSING METHODS FOR FORMING OPTIMIZATION ROUTES USING THE ANT COLONY ALGORITHM.....	68

SECTION B

CREATION OF EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE IN HIGHER EDUCATION. MONITORING OF THE QUALITY OF EDUCATION: TOOLS AND TECHNOLOGIES. MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES IN TEACHING MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE

Abramchuk V., Babiuk D., Tiutiun L. USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE CAPABILITIES IN TEACHING AND ASSESSING THE QUALITY OF KNOWLEDGE IN MATHEMATICS	72
Barbolina T. IMPLEMENTING STUDENT-CENTERED AND DIGITAL LEARNING METHODS AT POLTAVA NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY WITHIN THE ERASMUS+ BOOST PROJECT.....	77
Dovbnia O. VIDEO AS A MEANS OF FUNDAMENTALIZING THE TEACHING OF COMPUTER SCIENCE DISCIPLINES.....	79
Haybun L., Kravchuk O. LIVEWORKSHEETS – NEW OPPORTUNITIES FOR TEACHERS AND STUDENTS.....	82
Ilnitska Yu., Medvedska V. INNOVATIONS IN COMPUTER SCIENCE EDUCATION THROUGH BLOCKCHAIN TECHNOLOGY.....	85
Kashkanova H. DIDACTIC BASIS OF THE COMPETENCY-BASED APPROACH TO THE FORMATION OF PROFESSIONAL ORIENTATION WHEN STUDYING THE COURSE OF FUNDAMENTAL DISCIPLINES IN A TECHNICAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION.....	89

Khomyuk I., Khomyuk V. MULTIMEDIA TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING HIGHER MATHEMATICS.....	92
Kovtoniuk M., Soia O. MODERN ASPECTS OF MATHEMATICS TEACHING METHODS IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS.....	94
Medvedska V., Maranchak V. VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY IN EDUCATION: INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING EXACT SCIENCES.....	98
Panasenko O. DIGITAL ADMINISTRATION AND MONITORING OF FACULTY ACTIVITIES USING GOOGLE SHEETS AND PYTHON.....	102
Rumyantseva K. THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF MODERN SOFTWARE IN THE MATHEMATICAL TRAINING OF FUTURE ECONOMISTS.....	106
Klochko V., Klochko O. FUNCTIONS OF CONSTRUCTIVE MATHEMATICS TEACHING USING DIGITAL TECHNOLOGIES.....	109
Kolomiiets A., Klochko V., Kyrylashchuk S. FUNCTIONAL APPROACH TO THE FUNDAMENTALIZATION OF MATHEMATICAL TRAINING OF STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES.....	113
Kolomiiets A., Lysi M., Kovalchuk M. THE TASK APPROACH IS ONE OF THE CONCEPTUAL APPROACHES TO FUNDAMENTALIZING THE MATHEMATICAL TRAINING OF STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES.....	117
Kravchuk O. ANALYTICAL GEOMETRY AS A MEANS OF FORMING PROFESSIONAL-PEDAGOGICAL COMPETENCES OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS.....	121
Shvai O. CREATING TASKS OF PATRIOTIC CONTENT AS AN ELEMENT OF FUTURE TEACHERS PROFESSIONAL TRAINING.....	124

SECTION C

CREATION OF EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE IN HIGHER EDUCATION

Hrytsaiuk D., Soia O. THE ROLE OF THREE-DIMENSIONAL MODELING IN THE DEVELOPMENT OF CRITICAL AND SPATIAL THINKING OF STUDENTS.....	126
Ivatsko T., Krupskyi Y. APPLICATION OF FORMATIVE ASSESSMENT METHODOLOGY IN COMPUTER SCIENCE LESSONS DURING THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF STUDENTS.....	130
Klimishyna A. DEVELOPING PROBABILISTIC THINKING IN STUDENTS DURING THE STUDY OF MATHEMATICS IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS.....	134
Kolomiets O. DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL DIRECTION IN THE EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL ACTIVITIES OF LYCEUMS THROUGH STEM EDUCATION.....	137
Kosovets O. SPECIFICS OF TEACHING BLIND STUDENTS TO PROCESS TABLE DATA.....	141
Kosovets O., Krupka V. GAME-BASED LEARNING METHODS IN COMPUTER SCIENCE LESSONS AT A VOCATIONAL SCHOOL.....	144
Kravchuk O., Nykytiuk A. DIFFERENTIATED APPROACH TO TEACHING DIFFERENTIAL EQUATIONS IN SPECIALIZED CLASSES.....	147
Kravchuk O., Moroz S. USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES WHEN STUDYING TOPIC «EQUATION OF A CIRCLE» AT SCHOOL.....	150
Kravchuk O., Panasiuk A. COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE STUDY OF ELEMENTS OF ANALYTICAL GEOMETRY IN ZZSO AND HIGHER SCHOOL USING ICT: THE TOPIC «PLANE EQUATIONS».....	154

Shevchuk P., Soia O. SYSTEM APPROACH TO MODELING INDIVIDUAL TRAJECTORY OF INFORMATICS TEACHER'S PROFESSIONAL DEVELOPMENT.....	158
Dumanska T. THE PLACE OF INTERACTIVE WORDWALL ACTIVITIES IN A MATHEMATICS LESSON.....	161
Hera Yu. FOSTERING CREATIVITY IN SPECIALIZED SECONDARY SCHOOL STUDENTS THROUGH ACTIVE LEARNING IN COMPUTER SCIENCE CLASSES.....	164
Korolskyi V. ON THE METHODS OF CALCULATING THE NUMBER π	167
Kravchuk O., Nykytiuk A. DIFFERENTIATED APPROACH TO TEACHING DIFFERENTIAL EQUATIONS IN SPECIALIZED CLASSES.....	170
Voievoda A., Prytuliak M. PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL PREREQUISITES FOR THE USE OF COMPUTER DIDACTIC GAMES IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS.....	173
Kravchuk O., Aleksandruk A. INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AS A MEANS OF INCREASING MOTIVATION IN MATHEMATICS LESSONS IN 5TH GRADE.....	177

Електронне мережне наукове видання

V Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція "Математика та інформатика в
науці й освіті: виклики сучасності"
(Вінниця, 1-2 травня 2025 року)

Збірник тез
(укр. та англ. мовами)

Матеріали подаються в авторській редакції

Комп'ютерна верстка Бака С. М., Ковтонюк Г. М.

Підписано до видання 21.05. 2025 р.
Гарнітура Times New Roman.
Обсяг 3 Мб.
Замовлення № _

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ,
ГНК, к. 114,
press.vntu.edu.ua
email: irvc.vntu@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.