

STEM-ПІДХІД ДО НАВЧАННЯ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ

Тетяна КРАМАРЕНКО ✉

Криворізький державний педагогічний університет, Україна
kramarenko.tetyana@kdpu.edu.ua,
<https://orcid.org/0000-0003-2125-2242>

STEM APPROACH TO TEACHING PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS TO FUTURE TEACHERS

Tetiana KRAMARENKO ✉

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Ukraine
kramarenko.tetyana@kdpu.edu.ua,
<https://orcid.org/0000-0003-2125-2242>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Впровадження STEM-орієнтованих підходів до навчання є актуальною проблемою. Потребує удосконалення методика навчання математики та підготовка учителів. Мета статті – розкрити особливості впровадження STEM-підходів у навчанні теорії ймовірностей та математичної статистики.

Матеріали і методи. Здійснено аналіз науково-методичної літератури з проблеми впровадження STEM-навчання та навчання стохастичної статистики, синтез провідних ідей та формулювання власних висновків.

Результати. У статті висвітлено використання STEM-підходів у навчанні теорії ймовірностей та математичної статистики майбутніх учителів математики та інформатики (спеціальність 014 Середня освіта). Приділено увагу аналізу сучасних методик, що поєднують науку, технології, інженерію та математику, зокрема, у навчанні стохастичної статистики. Особлива увага приділяється підготовці учителів математики до використання у навчанні стохастичних систем динамічної математики *GeoGebra* та *GeoGebra*, таблиць *Google*, *Wolfram Demonstrations Project*, калькулятора ймовірностей. Програмні засоби використовуються як для створення симуляцій, генерації вибірок за певними законами розподілу ймовірностей, так і для опрацювання вибірок, визначення числових та графічних характеристик. Використання наочностей *Wolfram Demonstrations Project* сприяє кращому розумінню студентами низки тем з теорії ймовірностей: законів розподілу ймовірностей випадкових величин, закону великих чисел, кореляції та регресії. Одним із STEM-підходів є використання методу Монте-Карло, зокрема для наближених обчислень площ фігур та об'ємів тіл. Зроблено акцент на прикладній спрямованості навчання. Важливим є використання практико-орієнтованих завдань. Для реалізації STEM-підходів у навчанні стохастичної статистики доцільно розробка фрагментів програм на мовах програмування та демонстрація результатів їх виконання. Наприклад, для статистичної перевірки статистичних гіпотез. Завдання доцільно виконувати у міні-групах як навчальні проекти.

Висновки. Застосування STEM-підходів у навчанні теорії ймовірностей та математичної статистики сприятиме підвищенню рівня підготовки майбутніх учителів, удосконаленню у них практичних навичок та інтеграції теоретичних знань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: теорія ймовірностей; математична статистика; STEM-освіта; підготовка вчителів до STEM-орієнтованої освіти; спеціальність 014 Середня освіта (Математика); практико-орієнтоване навчання.

ДЛЯ ЦИТУВАННЯ: Крамаренко Т. STEM-підхід до навчання теорії ймовірностей та математичної статистики майбутніх учителів. *Фізико-математична освіта*, 2025. Том 40. № 1. С. 42-48. <https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i1-06>.

ABSTRACT

Formulation of the problem. Implementing STEM-oriented approaches to education is an urgent problem. Methods of teaching mathematics and teacher training need to be improved. The article aims to reveal the peculiarities of implementing STEM approaches in teaching probability theory and mathematical statistics.

Materials and methods. The article analyzes the scientific and methodological literature on the problem of implementing STEM education and stochastic education, synthesizes the leading ideas, and formulates its own conclusions.

Results. The article highlights the use of STEM approaches in teaching probability theory and mathematical statistics to future teachers of mathematics and computer science (specialty 014 Secondary Education). Attention is paid to analyzing modern methods combining science, technology, engineering, and mathematics, particularly in teaching mathematics. Particular attention is paid to training math teachers to use the *GeoGebra* dynamic mathematics systems, *Google* spreadsheets, *Wolfram Demonstrations Project*, and a probability calculator in teaching stochastics. Software tools are used to create simulations, generate samples according to certain probability distribution laws, process samples, and determine numerical and graphical characteristics. The use of *Wolfram Demonstrations Project* visualizations helps students better understand several topics in probability theory: the laws of probability distribution of random variables, the law of large numbers, correlation, and regression. One of the STEM approaches is the use of the Monte Carlo method, in particular for approximate calculations of the areas of shapes and volumes of bodies. Emphasis is placed on the applied orientation of learning. It is important to use practice-oriented tasks. To implement STEM approaches in teaching stochastics, it is advisable to develop program fragments and demonstrate the results of their implementation, for example, for statistical testing of statistical hypotheses. It is advisable to perform tasks in mini-groups as learning projects.

Conclusions. The use of STEM approaches in teaching probability theory and mathematical statistics will help improve future teachers' training levels, improve their practical skills, and integrate theoretical knowledge.

KEYWORDS: probability theory; mathematical statistics; STEM education; teacher training for STEM-oriented education; specialty 014 Secondary Education (Mathematics); practice-oriented learning.

FOR CITATION: Kramarenko, T. (2025). STEM approach to teaching probability theory and mathematical statistics to future teachers. *Physical and Mathematical Education*, 40(1), 42-48. <https://doi.org/10.31110/fmo2025.v40i1-06>.

ВСТУП

Постановка проблеми. Сучасні вимоги до навчання теорії ймовірностей та математичної статистики обумовлюють необхідність оновлення педагогічних підходів для підготовки майбутніх учителів математики. Ураховуючи інтерес до STEM (наука, технології, інженерія та математика), дедалі більше дослідників схиляється до думки, що інтеграція STEM-підходів у навчальні програми з теорії ймовірностей і математичної статистики є корисною. Такий підхід не лише покращує якість освіти, а й забезпечує студентів практичними навичками та допомагає посилити мотивацію до навчання. Тому розробка та впровадження інноваційних підходів до навчання теорії ймовірностей та математичної статистики, зокрема STEM-орієнтованих, є актуальною у методиці навчання математики та в підготовці учителів і потребує подальших досліджень.

Аналіз актуальних досліджень. Bray A. та Tangney B. (2017) класифікують технологічні втручання у математичну освіту через використання цифрових інструментів, педагогічних основ та цілей діяльності, а також рівнів інтеграції технологій у дослідженнях. Автори виокремлюють мобільне навчання, зокрема для формування навичок 21 століття у здобувачів освіти, зазначають про характерний конструктивістський підхід до навчання геометрії. Мова йде і про покращення якості математичної освіти через гейміфікацію, використання математичного моделювання у поєднанні із застосуванням програмного забезпечення; розвиток креативності при розв'язуванні задач математики з використанням дослідницьких систем; використання деревоподібних діаграм для розвитку комбінаторного мислення дітей у ранньому шкільному віці; доступніше використання технології «перевернутого навчання» тощо.

Yeping Li, Ke Wang, Yu Xiao та Jeffrey E. Floyd здійснили систематичний аналіз статей про освіту STEM, опублікованих у період з 2000 року до кінця 2018 року в 36 журналах, щоб отримати загальне уявлення про зміни в освіті STEM (Li et al., 2020). Автори засвідчують актуальність проблеми STEM-навчання у світовій практиці, відзначають, що п'ята частина розглянутих публікацій стосується висвітлення лише однієї із складових STEM, зосередження на викладанні однієї дисципліни. Тоді як три п'ятих публікацій висвітлюють інтеграцію усіх чотирьох складових: науки, технологій, інженерії та математики. При інтеграції в дисциплінах STEM спостерігається неоднозначність використання термінології: мультидисциплінарність, міждисциплінарність і трансдисциплінарність.

А. Юрченко, К. Юрченко, В. Прошкін та О. Семеніхіна, аналізуючи світову практику впровадження STEM-освіти, зазначають, що STEM-освіта як навчальний процес ґрунтується на міждисциплінарній та практичній спрямованості (Юрченко та ін., 2022). Автори висвітлюють практичні кейси впровадження STEM-освіти в Україні та світі: впровадження STEM-освіти через вирішення проблемних ситуацій; базування занять на розв'язанні практичних завдань у певній професійній галузі; проведенні уроків на міжпредметній основі; кейси для чотирьох сценарних вправ; практико-орієнтовані завдання для виконання вдома; кейси інклюзивної освіти з використанням STEM-проектів. Здійснено контент-аналіз сучасних практик впровадження STEM-освіти на основі відкритих освітніх ресурсів Coursera, edX, Udemy, Prometheus, EdEra.

Балик Н.Р. та ін. аналізують теоретичні основи та вплив STEM-підходу на сучасну освіту, акцентуючи увагу на впровадженні STEM-технологій у процес навчання майбутніх учителів інформатики (Balyk et al., 2024). Автори окреслюють основні тенденції в українській університетській STEM-освіті, зокрема використання віртуальних лабораторій, міждисциплінарних інтегрованих курсів, STEM-проекти з соціальним спрямуванням тощо. Подальше удосконалення якості STEM-освіти автори вбачають через впровадження відповідних освітніх програм для підготовки учителів – бакалаврів та магістрів, які володіють міждисциплінарними знаннями в різних галузях STEM, удосконаленні ними відповідних педагогічних навичок, підготовці до використання технологій, підтримці науково-дослідницької діяльності, просуванні ідеї про STEM-освіту серед громадськості та сприянню підвищенню її кваліфікації в STEM.

І. В. Іваній та О. В. Мехед (2024) акцентують увагу на тому, що запровадженню STEM-підходів у навчанні здобувачів освіти у вищій школі сприяє використання віртуальних лабораторій, симуляцій та 3D-моделювання, 3D-друку, відповідних мобільних додатків, гейміфікація навчального процесу. В. Я. Гайда (2024) здійснює огляд інтерактивних веб-ресурсів, які можуть бути використані для досліджень наукових концепцій, експериментів, інженерних проектів. В. Пікалова (2021) пропонує використання пакету GeoGebra та завдань проектно-дослідного спрямування під час підготовки вчителів математики для впровадження STEM-освіти. Питання навчання стохастички зазначеними дослідниками не висвітлювалися. В. Андрієвська та Л. Білоусова (2017), підкреслюють важливість міждисциплінарності в STEM-освіті та застосування реальних проблемних ситуацій, можливості реалізації трьох основних напрямів впровадження STEM-освіти через STEM-проекти, STEM-уроки і мейкер-простір. Автори акцентують увагу на доцільності використання мобільних телефонів та планшетів в освітньому процесі, що характеризується як тренд BYOD (Bring Your Own Device). Використання BYOD привносить багато корисних можливостей.

Проблеми навчання стохастички учнів та підготовки майбутніх вчителів математики з використанням систем динамічної математики Gran1 та GeoGebra стали предметом дослідження багатьох науковців. Зокрема, М. І. Жалдак, Н. М. Кузьміна та Г. О. Михалін (2017) акцентують увагу на розгляді спочатку статистичних ймовірностей, а вже далі переходять до узагальнення і розгляду аксіом та теорем теорії ймовірностей. М. Г. Друшляк та О. В. Семеніхіна (2015) здійснюють порівняльний аналіз розв'язування задач шкільного курсу статистики у середовищах Gran1 і GeoGebra. Хоминська О., Друшляк М. та Удовиченко О. акцентують увагу на важливості застосування засобів динамічної математики у навчанні стохастичної лінії (Хоминська та ін., 2022). Т. Крамаренко висвітлює використання методу Монте-Карло у навчанні теорії ймовірностей та математичної статистики в контексті підготовки учителів математики до впровадження STEM-освіти (Крамаренко, 2023). Т. Кобильник та В. Жидик (2018), використовують для створення наочностей і розв'язування задач теорії ймовірностей програмне забезпечення R. Р. Є. Майборода та О. В. Сугакова для статистичного аналізу даних застосовують пакет STATISTICA (Майборода & Сугакова, 2012). О. А. Чемерис та А. В. Прус (2020), висвітлюючи статистико-ймовірнісну складову змісту підготовки фахівців з інформаційних технологій, здійснюють огляд

методів аналізу статистичних даних, розглядають побудову коробчатих графіків, наводять прикладні задачі на застосування регресійного аналізу.

Автори іншої публікації (Musa et al., 2022) за результатами проведення курсів для учителів з питання STEM-навчання і навчання стохастичи висловлюють сподівання, що вчителі математики зможуть змінити існуючі практики та стати більш критичними і творчими під час навчання і виховання, надаючи учням змістовний навчальний досвід. Учасникам пропонували для опрацювання проекти «Катапульта» та «Коробка для сміття». Наприклад, доцільно з учнями, які вже ознайомлені з обчисленням середнього арифметичного, проводити експерименти із запуску паперових літаків на визначення висоти і дальності польоту. Обговорення через порівняння середніх значень, як стверджують автори, сприяє розвитку критичного мислення у здобувачів освіти, дозволяє удосконалювати як технологію виготовлення моделей, так і прийоми запуску.

Однак, питання використання STEM-підходів у навчанні теорії ймовірностей та математичної статистики залишаються відкритими і потребують подальшого дослідження.

Мета статті – розкрити особливості впровадження STEM-підходів у навчанні теорії ймовірностей та математичної статистики майбутніх учителів.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Здійснено аналіз науково-методичної літератури з проблеми впровадження STEM-навчання та навчання стохастичи, синтез провідних ідей та формулювання власних, висвітлено результати спостереження за особливостями навчального процесу, виявлення методичних особливостей реалізації навчання при підготовці майбутніх учителів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

STEM-компетентності здобувачів освіти трактуємо як інтегроване особистісне утворення, що проявляється у сформованості математичної, інформаційно-комунікаційної, проектно-технологічної компетентностей, базових компетентностей в галузях природознавства і техніки, м'яких навичок, зокрема творчості, здатності до співпраці та командної роботи, критичного мислення (Pylypenko & Kramarenko, 2024). Термін «STEM-підхід», використовуваний у наукових джерелах, у Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) як такий не потрактований. Під «STEM-орієнтованим підходом» у навчанні теорії ймовірностей та математичної статистики будемо розуміти поєднання міждисциплінарності, технологічності та практичної спрямованості, орієнтоване на формування STEM-компетентностей здобувачів освіти. У навчанні стохастичи майбутніх учителів математики та інформатики доцільно поєднувати вивчення математичних дисциплін з інформатичними дисциплінами, з програмуванням. Можливо, об'єднуючи окремі теми чи лише завдання. Технологічність при цьому може проявлятися у використанні спеціалізованих інструментів, наприклад, систем динамічної математики. Практична спрямованість реалізується через навчання на реальних проблемах, розробку та впровадження навчальних STEM-проектів.

Для успішного набуття студентами STEM-компетентностей у навчанні теорії ймовірностей та математичної статистики необхідно дотримуватися таких педагогічних умов як мотивування та стимулювання студентів до навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності, застосування ІКТ для забезпечення наочності та дослідницької спрямованості, упровадження STEM-проектів.

Навчання математичних дисциплін часто стикається з *проблемами мотивації*, коли студенти не завжди бачать практичну значущість теоретичного матеріалу. Це особливо актуально для тем із теорії ймовірностей та математичної статистики. Інтеграція STEM-підходів дає змогу пов'язати абстрактні математичні поняття з реальними життєвими ситуаціями та зробити їх більш доступними для розуміння.

Окреслимо основні ідеї щодо реалізації STEM-освіти. До таких відносимо використання цифрових інструментів, зокрема системи динамічної математики для візуалізації абстракцій, здійснення досліджень та опрацювання їх результатів, засобів доповненої реальності. Інтеграція методу Монте-Карло дає змогу попередньо опрацювати матеріал на розподілах статистичних ймовірностей, а далі переходити до узагальнення та систематизації. Оскільки мова йде про підготовку учителів математики з додатковою спеціальністю «Інформатика», тому доцільно для виконання окремих завдань використовувати програмування. Важливо у навчанні використовувати практико-орієнтовані, дослідницькі завдання з математичної статистики, навчальні проекти.

Одним із ключових напрямів є *використання динамічних математичних інструментів* таких, як GeoGebra, Gran1 та Wolfram Demonstrations Project. Ми брали до використання, насамперед, вільнопоширювані засоби. Ці інструменти дозволяють створювати інтерактивні моделі, що допомагають студентам зрозуміти розподіли ймовірностей, закон великих чисел (рис. 1), кореляцію, регресію та інші складні теми. Змінюючи положення «бігунків», змінюємо значення математичного сподівання, середнього квадратичного відхилення і можемо відстежувати трансформацію графіків функцій щільності розподілу при додаванні неперервних випадкових величин.

Калькулятор ймовірностей GeoGebra можна використовувати для перевірки окремих статистичних гіпотез за параметричними критеріями за окремим вбудованим модулем. Наприклад, порівняння середніх, дисперсій; середнього зі стандартом; інтервальні оцінки математичного сподівання тощо.

У Wolfram Demonstrations Project доступні численні симуляції, що дають змогу побачити зміну випадкових величин, дослідити закони розподілу або побудувати графіки залежностей. Програмні засоби використовуються як для створення симуляцій, генерації вибірок за певними законами розподілу ймовірностей, так і для опрацювання вибірок, визначення числових та графічних характеристик. Крім того, студенти мають змогу ознайомитися з кодом створених наочностей і удосконалити власні навички програмування.

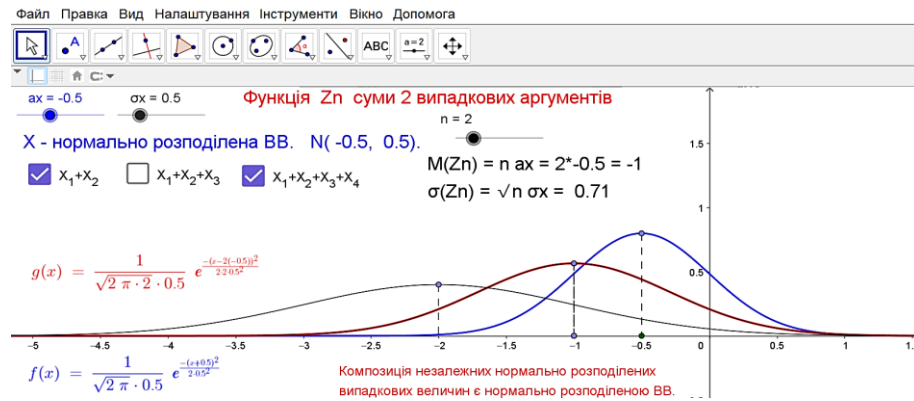


Рис. 1. Демонстрація додавання нормально розподілених випадкових величин в GeoGebra.

Джерело: авторська розробка.

Таблиці Google доцільно використовувати для розробки шаблонів при розв'язуванні задач математичної статистики. Зручно вписувати у шаблони вбудовані функції. Однак, при використанні таблиць Google та Microsoft Excel виникають проблеми з побудовою графіка функції розподілу статистичних ймовірностей для дискретних випадкових величин. Побудови графіків ступінчатих функцій за допомогою цих програмних засобів виконуються некоректно. Наприклад, не відображаються «вигорілі» точки. Слід залучати студентів до пояснення і виправлення неточностей.

Інтеграція методу Монте-Карло – ще один потужний інструмент STEM-підходу у навчанні теорії ймовірностей. Метод Монте-Карло дозволяє студентам зрозуміти, як можна використовувати випадковість для наближених обчислень, зокрема для обчислення площ складних фігур або об'ємів тіл. Студенти можуть створювати симуляції, де метод використовується для генерування вибірок і вивчення ймовірнісних процесів. Ми пропонуємо майбутнім учителям математики та інформатики низку експериментів, які вони зможуть відтворити, навчаючи стохастичної лінії учнів у закладах середньої освіти (Крамаренко, 2023). Зокрема, підкидання пари кубиків з реєстрацією суми чисел на верхніх гранях, написання випадкових слів з реєстрацією кількості літер, реалізацію задачі Бюффона, досліди з викиданням монети, витягуванням карт тощо.

Ісу Zhang та ін. (2017) роблять висновок із власного дослідження, що навіть спостереження за «перетасуванням» фізичних аркушів паперу допомагає з'єднатися з попереднім досвідом перемішування здобувачами освіти у фізичному світі (наприклад, з картками), що згодом може допомогти їм зрозуміти обчислювальну симуляцію, яка «тасує» рядки даних. Поєднуючи більш абстрактну комп'ютерну симуляцію з їхнім повсякденним досвідом перемішування, увага студентів стримується та спрямовується на найбільш важливі аспекти комп'ютерної симуляції. Тому пропонують три прогресивні форми – активну, знакову та символічну. Автори (Zhang et al., 2017) досліджували роль, яку втілені ручні рухи можуть відігравати в полегшенні розуміння студентами функції перемішування в R. Їх висновки показали, що учні, які хоча б переглянули відео перемішування руками даних, написаних на аркушах паперу, дізналися більше з подальшого живого кодування рандомізації за допомогою R, ніж ті, які познайомилися з концепцією лише за допомогою R.

Важлива роль *програмування в реалізації STEM-підходів*. Навчання майбутніх учителів із застосуванням STEM-підходів передбачає включення елементів програмування. Зокрема, використання мов Python та C++ відкриває можливості для розробки фрагментів програм, що допомагають розв'язувати статистичні задачі, аналізувати вибірки та перевіряти статистичні гіпотези. Наприклад, для роботи зі статистичними даними у мові Python доступні окремі модулі та бібліотеки. Зокрема, NumPy, SciPy містять функції для виконання обчислень. Модуль statistics надає статистичні функції; matplotlib дозволяє візуалізувати дані шляхом створення діаграм і графіків. Зазначені модулі необхідно імпортувати на початку створення проекту. У мові Python вибірку представляють як масив. Отримати варіаційний ряд можна за допомогою функції unipue з бібліотеки NumPy. Програмування дозволяє студентам автоматизувати процеси розрахунків і побудови графіків. Наприклад, написання програм для оцінки ймовірностей або побудови графіків розподілу даних на Python дозволяє майбутнім учителям отримати цінний досвід роботи з даними, що є необхідним у сучасному викладанні. Програми можуть створюватися у рамках індивідуальних і колективних проектів.

На залученні майбутніх IT-фахівців, учителів математики та інформатики до роботи над міждисциплінарними проектами з використанням програмування акцентують увагу українські дослідники (Vilousova et al., 2024). Автори цієї публікації зазначають, що на перших курсах університету слід залучати студентів до досвіду, який фокусує майбутніх фахівців на глибокому розумінні математичного підґрунтя та алгоритмічної природи будь-якої задачі кодування, демонструє їм роль математики в аналізі характеристик алгоритмів та важливість математичних знань.

Практико-орієнтовані завдання є важливим елементом навчання. Такі завдання включають моделювання випадкових процесів і застосування ймовірнісних законів для оцінки ситуацій, близьких до реальних. Це сприяє розвитку навичок роботи з даними та інтерпретації статистичних результатів. Наприклад, необхідно дослідити відношення зросту людини до її маси, розрахувати індекс маси членів власної родини, друзів та зробити висновок, наскільки збалансованим є харчування у досліджуваних осіб. Можна сформулювати і тему навчального проекту «Математика на кухні». Приклад іншого практико-орієнтованого завдання: дослідити, яку частку з доходів українських родин складає, наприклад, оплата комунальних послуг тощо.

Низку завдань для можливого опрацювання за даними економіки та бізнесу доцільно використати з відкритих даних, посібника для навчання теорії ймовірностей та математичної статистики (Newbold et al., 2013).

Наведемо *приклади дослідницьких завдань з прив'язкою до місцевості проживання*. Наприклад, використовуючи геоінформаційну систему Google карти, фото території об'єкта, отримане за супутниковими даними, визначити площу зелених насаджень на території чи навколо промислового підприємства – забруднювача повітря. Адже, крім дієвого пилогазоочисного обладнання на підприємствах мають бути біофільтри у вигляді зелених насаджень, що покривають орієнтовно 50% території. Санітарно-захисні зони є додатковими очисниками атмосферного повітря від забруднюючих речовин. Разом зі студентами екологами чи біологами майбутні учителі математики можуть методом Монте-Карло наближено обчислити площу зелених насаджень, дослідити, чи достатньо робиться на підприємстві для збереження екології. Виконання практичних завдань потребує математичного моделювання.

Приклад іншого завдання – дослідження атмосферного тиску від висоти над рівнем моря. Студенти фізико-математичного факультету Криворізького державного педагогічного університету під керівництвом доцента кафедри фізики та методики її навчання Г. П. Половини проводили дослідження, вимірюючи тиск на кожному з поверхів окремих будинків у різних районах Кривого Рогу. У подальшому отримані результати опрацювали під час практичного заняття з теорії ймовірностей та математичної статистики. Окремі з отриманих вимірювань наведено у таблиці (табл. 1). За даними дослідження склали рівняння регресії (рис. 2) та експериментально перевірили виведену Лапласом барометричну формулу (1). При цьому припускали, що повітря є ідеальним газом сталої температури, і вважали поле тяжіння Землі однорідним.

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{Mgh}{RT}} \quad (1)$$

Формула залежності атмосферного тиску від висоти над рівнем моря,

де p_0 – тиск на нульовому рівні, Па; p – тиск на висоті h , м над цією поверхнею, Па; M – молярна маса повітря, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; R – універсальна газова стала, стала Больцмана, Дж/К; T – абсолютна температура повітря, К.

Таблиця 1. Залежність тиску у мм. рт. ст. від поверху будинку / висоти над рівнем моря (мікрорайон Східний, Кривий Ріг)

Поверх	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Висота, м	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141	144
Тиск, мм.рт.ст	755,28	755,18	755,01	754,67	754,56	754,12	753,92	753,66	753,38	753,18	752,88	752,58	752,30	752,00	751,81	751,54

Джерело: авторська розробка.

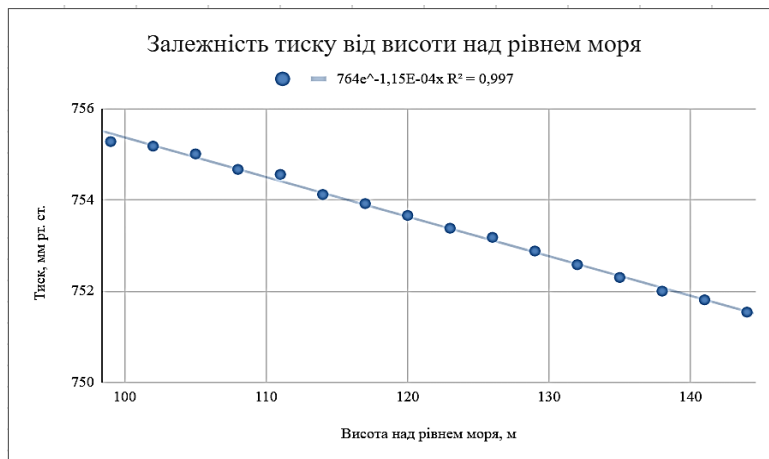


Рис. 2. Графік залежності тиску від висоти над рівнем моря, побудований за експериментальними даними.

Джерело: авторська розробка.

При виконанні студентами *дослідницьких завдань з математичної статистики* мають бути досягнуті ними такі навчальні цілі як розуміння фундаментальних теоретичних положень науки; знання основних практичних методів і вміння їх застосовувати; оволодіння компетентностями розв'язування завдань з використанням ІКТ.

Як STEM-захід у навчанні студентів може бути відвідування виробництва, ознайомлення з роботою станків з числовим програмним забезпеченням тощо. Наприклад, у прокатному цеху криворізького металургійного заводу під час екскурсії студенти можуть побачити, як з рідкого металу виготовляється арматура потрібного діаметру, відрізається станком з числовим програмним забезпеченням довжиною 7 м, складається для відправки замовнику. При цьому студенти будуть ознайомлені також з процедурою перевірки лаборантом якості продукції на відповідність її умовам замовлення (стандарту). А саме: чи відповідає середнє заготовок за довжиною та діаметром стандарту? Вимірявши довжину та діаметри відібраних для перевірки екземплярів, результати вносяться для аналізу, опрацювання програмним забезпеченням. Після такого заходу студенти краще зрозуміють суть перевірки статистичних гіпотез про порівняння середніх, середнього зі стандартом, гіпотетичної дисперсії зі стандартом. Працюючи індивідуально чи в групі, вони можуть скласти алгоритм виконання завдання та його запрограмувати.

Для реалізації STEM-підходів важливі *навчальні проекти та групова робота*. Навчання в рамках STEM орієнтоване на практичний підхід і використання проектною роботи, яка допомагає студентам набувати навичок командної роботи. Наприклад, студенти можуть працювати в міні-групах над створенням програм, що дозволяють здійснювати аналіз статистичних даних або перевіряти гіпотези. Такий формат роботи дозволяє їм не лише набути практичних знань, а й розвивати комунікативні та організаційні навички, що є важливими для викладацької діяльності. Проекти можуть включати завдання на створення симуляцій для експериментів у стохастичі, аналіз випадкових подій, моделювання вибірок та обчислення їхніх характеристик. Наприклад, студенти можуть створювати моделі, що імітують реальні ситуації з високою точністю, та вивчати залежності між випадковими величинами.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Для навчання теорії ймовірностей та математичної статистики з використанням STEM-підходів характерне подання навчальних відомостей через життєві ситуації; заохочення до експериментальних досліджень; прикладні аспекти – розв'язування задач/проблем практичного змісту; міждисциплінарний підхід як поєднання відомостей з декількох предметів. STEM-підходи забезпечують прикладну спрямованість навчання, розвивають мотивацію студентів до вивчення математичних дисциплін. Використання концепції BYOD як інструменту реалізації STEM-освіти дає поштовх для розробки методики, яка ґрунтуватиметься на пробудженні активності здобувачів освіти, самостійності та бажанні експериментувати.

Інтеграція STEM-підходів у навчання теорії ймовірностей та математичної статистики може значно підвищити рівень підготовки майбутніх учителів. Завдяки впровадженню STEM-підходів, майбутні учителі стануть готовими до інноваційного навчання, яке враховує актуальні запити освіти. Студенти здобудуть практичні навички, необхідні для роботи з сучасними цифровими інструментами та методами, які вони зможуть використовувати у своїй професійній діяльності. Інтерактивні інструменти та моделі нададуть їм можливість забезпечувати учнів більш доступним поясненням складних тем, а також розвивати у школярів інтерес до вивчення математики й технологій. Тому доцільно продовжити дослідження з акцентом на адаптацію методів і завдань до сучасних освітніх потреб, на використання штучного інтелекту у навчанні стохастичної лінії, при розв'язуванні практико-орієнтованих завдань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Balyk, N. R., Oleksiuk, V. P., Shmyger, G. P., & Vasylenko, Ya. Ph. (2024) Study of the usage of STEM technologies in the context of training Ukrainian teachers of computer science in accordance with the social needs and challenges of today *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2871. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2871/1/012017>.
2. Bilousova, L. I., Gryzun, L. E., & Pikalova, V. V. (2024). Experience of interdisciplinary projects implementation in the training of pre-serviced IT-specialists. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2871. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2871/1/012019>.
3. Bray, A., & Tangney, B. (2017) Technology usage in mathematics education research – A systematic review of recent trends, *Computers & Education*, 114, 255-273. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004>.
4. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *IJ STEM Ed*, 7, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>.
5. Musa, M., Khalid, S. N., Rahmat, F., Mohamed, N. A., & Mat, N. A. (2022). Integration of STEM in the Field of Statistics and Probability in Form Two Mathematics KSSM. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 12(1), 116–130. <https://ojs.ups.edu.my/index.php/JPSMM/article/view/6895/3544>.
6. Newbold, P., Carlson, W., & Thorne, B. (2013). *Statistics for business and economics*, 8. Pearson Education.
7. Pylypenko, O. S., & Kramarenko, T. H. (2024). Structural and functional model of formation of STEM-competencies of students of professional higher education institutions in mathematics teaching. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2871. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2871/1/012004>.
8. Yurchenko, A., Yurchenko, K., Proshkin, V., & Semenikhina, O. (2022). World Practices of STEM Education Implementation: Current Problems and Results. *International Journal of Research in E-Learning*, 8(2), 1-20. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2022.8.2.05>.
9. Zhang, L., Tucker, M., & Stigler, J. (2022). Watching a hands-on activity improves students' understanding of randomness. *Computers & Education*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104545>.
10. Андрієвська, В. М., & Білоусова, Л. І. (2017). Концепція BYOD як інструмент реалізації STEAM-освіти. *Фізико-математична освіта*, 4 (14), 13–17. http://nbuv.gov.ua/UJRN/fmo_2017_4_4.
11. Гайда, В. Я. (2024). Інноваційні засоби реалізації STEM-навчання. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, 215, 127–131. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-215-127-131>.
12. Жалдак, М. І., Кузьміна, Н. М., & Михалін, Г. О. (2017). *Теорія ймовірностей і математична статистика*. (3-тє вид.). НПУ імені М.П. Драгоманова.
13. Іваній, І. В., & Мехед О. Б. (2024) Використання STEM-технологій та засобів навчання у професійній освіті. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, 215, 42-45. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-215-42-45>.
14. Кобильник, Т. П., & Жидик, В. Б. (2018). Методичні аспекти навчання дискретних випадкових величин з використанням статистичного середовища R. *Фізико-математична освіта*, 2(16), 58-62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-016-2-011>.
15. Крамаренко, Т. Г. (2023). Використання методу Монте-Карло у навчанні стохастички в контексті підготовки учителів математики до впровадження STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*, 38(4), 42-48. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-4-006>.
16. Майборода, Р. Є., & Сугакова, О. В. (2012). *Статистичний аналіз даних за допомогою пакету STATISTICA*. <http://matphys.rpd.univ.kiev.ua/downloads/courses/mmatstat/StatAn.doc>.
17. Пікалова, В. В. (2021). *Використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти у процесі підготовки майбутніх учителів математики*. Автореф. дис. канд. пед. наук, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка. <http://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/7747>.
18. Семеніхіна, О. В., & Друшляк, М. Г. (2015). Розв'язування задач шкільного курсу статистики у середовищах Gran1 і GeoGebra : порівняльний аналіз. *Фізико-математична освіта*, 1 (4), 21–30.
19. Хоминська, О., Друшляк, М., & Удовиченко, О. (2022). Підтримка вивчення стохастичної лінії в школі засобами динамічної математики. *Освіта. Інноватика. Практика*, 10(3), 59–68. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol10i3-007>.
20. Чермерис, О.А., & Прус, А.В. (2020). Статистико-ймовірнісна складова змісту підготовки фахівців з інформаційних технологій. *Фізико-математична освіта*, 1(23), 83-88. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-2-013>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Balyk, N. R., Oleksiuk, V. P., Shmyger, G. P., & Vasylenko, Ya. Ph. (2024) Study of the usage of STEM technologies in the context of training Ukrainian teachers of computer science in accordance with the social needs and challenges of today *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2871. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2871/1/012017>.
2. Bilousova, L. I., Gryzun, L. E., & Pikalova, V. V. (2024). Experience of interdisciplinary projects implementation in the training of pre-serviced IT-specialists. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2871. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2871/1/012019>.
3. Bray, A., & Tangney, B. (2017) Technology usage in mathematics education research – A systematic review of recent trends, *Computers & Education*, 114, 255-273. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004>.
4. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *II STEM Ed*, 7, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>.
5. Musa, M., Khalid, S. N., Rahmat, F., Mohamed, N. A., & Mat, N. A. (2022). Integration of STEM in the Field of Statistics and Probability in Form Two Mathematics KSSM. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 12(1), 116–130. <https://ojs.upsi.edu.my/index.php/JPSMM/article/view/6895/3544>.
6. Newbold, P., Carlson, W., & Thorne, B. (2013). *Statistics for business and economics*, 8. Pearson Education.
7. Pylypenko, O. S., & Kramarenko, T. H. (2024). Structural and functional model of formation of STEM-competencies of students of professional higher education institutions in mathematics teaching. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2871. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2871/1/012004>.
8. Yurchenko, A., Yurchenko, K., Proshkin, V., & Semenikhina, O. (2022). World Practices of STEM Education Implementation: Current Problems and Results. *International Journal of Research in E-Learning*, 8(2), 1-20. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2022.8.2.05>.
9. Zhang, I., Tucker, M., & Stigler, J. (2022). Watching a hands-on activity improves students' understanding of randomness. *Computers & Education*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104545>.
10. Andriievska, V. M., & Bilousova, L. I. (2017). Kontsepsiia BYOD yak instrument realizatsii STEAM-osvity [The concept of BYOD as a tool for the implementation of STEAM education]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 4 (14), 13–17. (in Ukrainian).
11. Haida, V. Ya. (2024) Innovatsiini zasoby realizatsii STEM-navchannia [Innovative means of realization of STEM-learning]. *Naukovi zapysky : Pedagogichni nauky – Scientific notes. Series: Pedagogical sciences*, 215, 127–131. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-215-127-131>. (in Ukrainian).
12. Zhaldak, M. I., Kuzmina, N. M., & Mykhalin, H. O. (2017). *Teoriia ymovirnostei i matematychna statystyka [Probability theory and mathematical statistics]*. (3rd ed.). NPU imeni M. P. Drahomanova. (in Ukrainian).
13. Ivani, I. V., & Mekhed, O. B. (2024). Vykorystannia STEM-tekhnologii ta zasobiv navchannia u profesiinii osviti [The use of STEM-technologies and learning tools in vocational education]. *Naukovi zapysky : Pedagogichni nauky – Scientific notes. Series: Pedagogical sciences*, 215, 42–45. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-215-42-45>. (in Ukrainian).
14. Kobyl'nyk, T., & Zhydyk, V. (2018). Methodological aspects of learning discrete random variables with R package [Methodological aspects of learning discrete random variables using the statistical environment R]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 2(16), 58-62. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-016-2-011>. (in Ukrainian).
15. Kramarenko, T. H. (2023). Vykorystannia metodu Monte-Karlo u navchanni stokhastyky v konteksti pidhotovky uchyteliv matematyky do vprovadzhenia STEM-osvity [Using the Monte Carlo method in teaching stochastics in the context of training mathematics teachersto implement STEM education]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38(4), 42-48. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-4-006>. (in Ukrainian).
16. Maiboroda, R. Ye., & Suhakova, O. V. (2015). *Ctatystychnyianaliz danykh za dopomohoiu paketu STATISTICA [Statistical analysis of data using the STATISTICA package]*. <http://matphys.rpd.univ.kiev.ua/downloads/courses/mmatstat/StatAn.doc>. (in Ukrainian).
17. Pikalova, V. V. (2021). Vykorystannia paketu GeoGebra yak instrumenta realizatsii kontsepsiia STEM-osvity u protsesi pidhotovky maibutnikh uchyteliv matematyky [Using the GeoGebra Package as a Tool for Implementing the Concept of STEM Education in the Process of Training Future Mathematics Teachers]. *Avtoref. dys. kand. ped. nauk, Luhanskyi natsionalnyi universytet imeni Tarasa Shevchenka – Extended abstract of candidate's thesis. Luhansk Taras Shevchenko National University*. <http://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/7747>. (in Ukrainian)
18. Semenikhina, O. V., & Drushliak, M. H. (2015). Rozviazuvannia zadach shkilnoho kursu statystyky u seredovyshchakh Gran1 i GeoGebra: porivnialnyi analiz [Solving problems of the school statistics course in Gran1 and GeoGebra environments: a comparative analysis]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1 (4), 21–30. (in Ukrainian).
19. Khomynska, O., Drushlyak, M., & Udovychenko, O. (2022). Pidtrymka vyvchennia stokhastychnoi linii v shkoli zasobamy dynamichnoi matematyky [Support for the study of the stochastic line at school using the means of dynamic mathematics]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 10(3), 59-68. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol10i3-007>. (in Ukrainian).
20. Chemeris, O., & Prus, A. (2020). Statystyko-ymovirnisna skladova zmistu pidhotovky fakhivtsiv z informatsiinykh tekhnologii. *Fizyko-matematychna osvita [Statistical and probability component of the content of training of information technology specialists]*. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1(23), 83-88. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-2-013>. (in Ukrainian).

Матеріал надійшов до редакції 14.11.2024р.

