

## МОВА ПРОГРАМУВАННЯ R У STEM-ВИКЛАДАННІ СТАТИСТИКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ

*Розглянуто актуальність упровадження STEM-підходу у викладанні статистики та аналізу даних у сучасній системі освіти. Показано, що традиційна методика навчання статистики здебільшого орієнтована на формальний апарат та класичні моделі, що ускладнює усвідомлення студентами прикладної цінності ймовірного мислення в реальних умовах. Наголошено на важливості інтеграції математичної теорії з інструментами практичної реалізації, яка досягається через застосування STEM-підходу, що поєднує наукові знання, технології, інженерну логіку та математичний апарат. Із цього погляду особливе місце посідає мова програмування R, яка має потужний інструментарій для статистичного аналізу, візуалізації даних, побудови моделей і перевірки гіпотез. Здійснено аналіз наукових джерел, які підтверджують доцільність упровадження STEM-освіти як чинника формування критичного, алгоритмічного та інженерного мислення. Продемонстровано можливості використання мови R у навчальному процесі та її відповідність основним компонентам STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Наведено приклади практичних дій студентів у середовищі R, які забезпечують міждисциплінарний підхід до навчання та сприяють розвитку аналітичних компетентностей. Проведено порівняльний аналіз R, Python та Excel/Google Sheets за ключовими критеріями ефективності в контексті STEM-освіти, що дало змогу підкреслити унікальні переваги R у викладанні статистики та формуванні прикладних навичок.*

*Зроблено висновок, що, незважаючи на популярність інших мов програмування в аналітиці даних, саме R має потенціал у сфері освіти завдяки своїм статистичним витокам, розвиненій системі пакетів і широким можливостям для інтерактивної роботи з інформацією. Інтеграція таких підходів у навчальний процес дає змогу не лише оволодіти базовими інструментами аналізу даних, а й забезпечує готовність майбутніх фахівців до створення та впровадження систем штучного інтелекту у різних сферах діяльності. Використання R у навчанні сприяє подоланню розриву між теоретичними знаннями та практичними потребами, підвищує мотивацію студентів і забезпечує підготовку конкурентоспроможних фахівців у сфері аналізу даних.*

**Ключові слова:** STEM, статистика, аналіз даних, мова програмування R, штучний інтелект.

L.S. FONAR, O.A. ZHURAN  
Odesa Polytechnic National University

## THE R PROGRAMMING LANGUAGE IN STEM-BASED TEACHING OF STATISTICS AND DATA ANALYSIS

*The relevance of implementing the STEM approach in teaching statistics and data analysis within the modern education system is considered. It is shown that the traditional methodology of teaching statistics is mainly focused on the formal apparatus and classical models, which complicates students' understanding of the applied value of probabilistic thinking in real-life conditions. Emphasis is placed on the importance of integrating mathematical theory with practical tools, which is achieved through the application of the STEM approach that combines scientific knowledge, technologies, engineering logic, and mathematical apparatus. From this perspective, the R programming language occupies a special place, as it provides a powerful toolkit for statistical analysis, data visualization, model building, and hypothesis testing. A review of scientific sources confirms the relevance of STEM education as a factor in the development of critical, algorithmic, and engineering thinking. The possibilities of using R in the educational process and its compliance with the main components of STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) are demonstrated. Examples of students' practical activities in the R environment are presented, ensuring an interdisciplinary approach to learning and contributing to the development of analytical competencies. A comparative analysis of R, Python, and Excel/Google Sheets according to key criteria of effectiveness in the context of STEM education is carried out, which highlighted the unique advantages of R in teaching statistics and developing applied skills.*

*It is concluded that, despite the popularity of other programming languages in data analytics, R has significant potential in the educational sphere due to its statistical roots, developed package ecosystem, and wide opportunities for interactive data work. The integration of such approaches into the learning process allows not only mastering the basic tools of data analysis but also ensuring students' readiness to create and implement artificial intelligence systems in various fields. The use of R in education helps overcome the gap between theoretical knowledge and practical needs, increases students' motivation, and ensures the training of competitive specialists in data analysis.*

**Key words:** STEM, statistics, data analysis, R programming language, artificial intelligence.

### Постановка проблеми

Сучасна освіта вимагає забезпечення її прикладної спрямованості, зокрема через упровадження міждисциплінарних підходів. Статистика, незважаючи на свою фундаментальність, часто сприймається як абстрактна й далека від реального застосування. Така ситуація зумовлена традиційною методикою викладання, що зосереджується переважно на формальному апараті та класичних моделях. Як наслідок, студенти не завжди усвідомлюють прикладну цінність ймовірнісного мислення для аналізу даних у реальних ситуаціях. У сучасному інформаційному середовищі саме ймовірнісні підходи лежать в основі багатьох ключових технологій: машинного навчання, обробки великих даних, нейронних мереж, моделювання, оптимізації, рекомендаційних систем і систем штучного інтелекту. У сфері аналізу даних роль теорії ймовірностей та статистики є ще більш важливою: моделі регресії, кластеризації, оцінювання гіпотез, побудова довірчих інтервалів – усе це спирається на глибоке розуміння ймовірнісних процесів.

Таким чином, здатність застосовувати статистику у реальних сценаріях є необхідним складником професійної підготовки сучасного аналітика даних. Із цієї причини особливо актуальним є упровадження STEM-підходів, які поєднують математичну теорію з інструментами практичної реалізації, зокрема в таких програмних середовищах, як мова R [1]. STEM-підхід (Science, Technology, Engineering, Mathematics) [2] передбачає міждисциплінарне навчання, орієнтоване на вирішення реальних завдань шляхом інтеграції наукового знання, технологій, інженерного мислення та математичного апарату. Такий підхід дає змогу подолати традиційний розрив між теорією і практикою.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз останніх наукових джерел свідчить про те, що дослідники наголошують на важливості впровадження STEM-підходу, який поєднує математичний апарат із технологічними інструментами. З. Гбур та О. Кравченко відзначають важливість ролі STEM-освіти у підготовці молоді до кар'єри у високотехнологічних галузях, що є ключовим чинником для вирішення сучасних економічних і соціальних проблем. Вони наголошують на тому, що важливо оновлювати освітні програми та методики, аби вони відповідали сучасним вимогам ринку праці та глобальним технологічним викликам. Упровадження STEM-підходу в освіту суттєво підвищує зацікавленість студентів у науково-дослідницькій роботі та професіях технічного спрямування [3].

Н. Стецула, О. Абрамова, Г. Герасимчук, Т. Крижановська та О. Крусь підкреслюють, що STEM-освіта розвиває критичне, інженерне й алгоритмічне мислення, навички оброблення інформації та аналізу даних [4]. 05 серпня 2020 р. Кабінет Міністрів України затвердив Концепцію розвитку природничо-математичної освіти, реалізація якої запланована до 2027 р., де наголошено, що ключовим чинником економічного розвитку є наукоємні та високотехнологічні галузі, у яких спостерігається дефіцит фахівців через зниження інтересу до природничо-технічних професій. Зниження популярності таких професій зумовлене зменшенням зацікавленості здобувачів освіти до предметів природничо-математичного циклу, тому сучасні виклики вимагають від освіти генерації нових ідей, технологій і рішень [5].

Як зазначається у [6], STEM-освіта розглядається як сучасний освітній підхід, спрямований на поглиблення розуміння студентами технологічних, інженерних та математичних дисциплін. Її основною метою є формування здатності до адаптації в умовах швидких змін, вирішення нових завдань і проблем завдяки розвитку високорівневого мислення та формуванню ключових компетентностей у сфері STEM.

### Мета дослідження

Метою дослідження є обґрунтування доцільності використання мови програмування R як інструмента реалізації STEM-підходу у викладанні статистики та аналізу даних, а також демонстрація її потенціалу для формування прикладних навичок опрацювання інформації, візуалізації результатів та побудови аналітичних моделей.

**Виклад основного матеріалу дослідження**

STEM-підхід сприяє інтеграції наукових знань, технологій та інженерного мислення у процес викладання математичних дисциплін. У контексті викладання статистики це означає необхідність поєднання математичного апарату з інструментами візуалізації, аналізу даних та обчислень. Саме тут вагому роль може відіграти мова програмування R [7]. Мова програмування R є одним із інструментів для аналізу даних, візуалізації, моделювання та статистичних обчислень та активно використовується в академічному середовищі, наукових дослідженнях і промисловій аналітиці.

У табл. 1 представлено приклади типових навчальних дій із використанням R, що відповідають кожному з компонентів STEM. Такий аналіз демонструє, що навчання програмуванню в R не обмежується лише технічними навичками, а сприяє розвитку системного мислення та підготовці до вирішення комплексних реальних завдань.

Таблиця 1

Відповідність практичного використання мови R компонентам STEM

№	Практична дія в R	Опис	STEM-компонент
1	Імпорт та обробка даних із файлу	Робота з реальними наборами даних: очищення, фільтрація, злиття	T (технології)
2	Побудова графіків: гістограми, boxplots, heatmaps	Візуалізація закономірностей, виявлення трендів	S (наука) + T (технології)
3	Кластеризація (наприклад, метод k-середніх)	Поділ даних на групи для виявлення структур	E (інженерія) + M (математика)
4	Статистичні тести, побудова регресійних моделей	Оцінка зв'язків між змінними, перевірка гіпотез	M (математика)
5	Реалізація прикладних кейсів	Інтеграція методів для розв'язання задач із життя (аналіз попиту, виявлення аномалій)	S (наука) + E (інженерія)
6	Прогнозування з використанням моделей	Розроблення моделей для передбачення подій чи трендів	T (технології) + M (математика)

Для забезпечення міждисциплінарного підходу у викладанні статистики важливо не лише використовувати сучасні програмні інструменти, а й усвідомлювати, як конкретні дії студентів у процесі аналізу даних відповідають ключовим компонентам STEM-освіти. У цьому контексті мова програмування R виступає як інтеграційний інструмент, що дає змогу поєднувати науковий підхід (S), використання цифрових технологій (T), інженерну логіку побудови моделей (E) та математичний апарат (M).

В Україні практичні напрями (Data Science, аналітика, AI) часто орієнтуються на бізнес-вимоги, де мова програмування Python виглядає як більш «прибуткова» навичка. Але, незважаючи на це, R традиційно сильніший в науці, статистиці, біомедичних дослідженнях. Переважна більшість статистичних методів і пакетів, які використовуються в науці, з'явилися спочатку в R, а потім лише частково були перенесені до Python.

Із метою обґрунтування доцільності використання саме мови програмування R у викладанні статистики в межах STEM-підходу доцільно порівняти її з іншими поширеними інструментами, які також застосовуються у навчанні аналізу даних. У табл. 2 наведено порівняльну характеристику R, Python та Excel/Google Sheets за ключовими критеріями, що є важливими в контексті STEM-освіти (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняльна характеристика інструментів аналізу даних у контексті STEM-освіти

Критерій / Інструмент	R	Python	Excel / Google Sheets
Спеціалізація	Статистика, візуалізація, обробка даних	Загальне програмування, машинне навчання	Табличні розрахунки, базова аналітика
STEM-компонент	S, T, E, M (особливо акцент на математиці та науці)	T, E, M (інженерія, технології, автоматизація)	M, частково T (прикладна математика, бізнес-аналітика)
Простота для початківців	Середня, потрібне розуміння статистичних понять	Середня, але потребує знань ООП	Висока, інтерфейс знайомий більшості студентів
Можливості візуалізації	Підтримка (ggplot2, plotly, lattice)	Менш інтуїтивна для статистичних графіків	Обмежена функціональність, малоінтерактивна
Пакети для STEM-завдань	CRAN, Bioconductor (дуже багато статистичних і наукових пакетів)	Scikit-learn, Pandas, TensorFlow (фокус на ML/AI)	Відсутні або дуже обмежені
Академічне застосування	Широко використовується у науці, освіті, дослідженнях	Широке застосування у прикладній інженерії, бізнесі, IT	Поширений у школах, базовій вищій освіті
Відкритість / ліцензія	Повністю безкоштовна, open-source	Безкоштовна, open-source	Частково платна (Excel), обмежена у вільному налаштуванні
Робота з Big Data	Підходить для середніх обсягів; є пакети для оптимізації	Краще масштабується для великих даних (Spark, Dask)	Погано працює з великими наборами (>1 млн рядків)
Мова навчання статистики	Найкраще підходить завдяки «статистичному корінню»	Потребує додаткових бібліотек і часто — обхідних рішень	Підходить лише для базових тем
Навчальні ресурси українською	Обмежена кількість, але є перекладені курси	Більше літератури й курсів	Дуже багато матеріалів

Порівняння дає змогу не лише оцінити переваги R як освітнього інструмента, а й краще зрозуміти його місце серед інших програмних засобів, які можуть використовуватися у викладанні статистичних дисциплін. Мова програмування R дає змогу:

- реалізовувати навчальні проекти з аналізу реальних наборів даних (наприклад, із відкритих джерел: Kaggle, UCI тощо);
- демонструвати застосування статистичних методів через інтерактивні графіки та моделі;
- вивчати теми ймовірностей, регресії, кластерного аналізу, перевірки гіпотез через безпосереднє програмування моделей;
- формувати у студентів аналітичне мислення та навички Data Science на практичному рівні.

R має низку суттєвих переваг, які вирізняють її серед інших засобів аналізу даних. Це зумовлює наявність великої кількості спеціалізованих пакетів для перевірки статистичних гіпотез, моделювання, обробки результатів та побудови довірчих інтервалів. Такий підхід дає змогу студентам не лише користуватися готовими інструментами, а й глибше розуміти математичну суть статистичних операцій. Пакети ggplot2, lattice, plotly та ін. дають змогу будувати гнучкі, багатосарові, високоякісні графіки, що важливо для дослідницької діяльності та презентації результатів. Це сприяє формуванню у студентів візуального мислення та вмінь інтерпретувати дані на основі графічних репрезентацій.

Значною перевагою R є його зручність у роботі з табличними даними, зокрема через такі пакети, як `dplyr`, `tidyr`, `data.table`, які забезпечують високу читабельність коду та ефективність обробки великих масивів інформації. Це особливо важливо під час навчання аналізу даних із відкритих джерел або реальних кейсів.

### Висновки

У ході дослідження обґрунтовано доцільність використання мови програмування R як інструмента реалізації STEM-підходу у викладанні статистики та аналізу даних. Зроблені висновки дають змогу підкреслити такі ключові положення:

– сучасна освіта потребує прикладної орієнтації, що може бути забезпечено завдяки інтеграції математичної теорії з інструментами практичного аналізу даних;

– STEM-підхід створює умови для розвитку критичного та алгоритмічного мислення студентів, формування вмінь працювати з інформацією і застосовувати статистичні методи у реальних сценаріях;

– мова програмування R є ефективним освітнім інструментом, який поєднує усі компоненти STEM: науку (аналіз і моделювання даних), технології (програмні пакети та середовище), інженерію (розроблення рішень і моделей) та математику (статистичний апарат);

– застосування R у навчальному процесі сприяє формуванню навичок Data Science.

Незважаючи на популярність інших мов програмування в аналізі даних, зокрема Python, мова R зберігає унікальні переваги саме у викладанні статистики та реалізації STEM-підходу. Вона поєднує глибокий математичний апарат із широкими можливостями візуалізації, моделювання та опрацювання даних, що робить її найбільш природним середовищем для формування прикладних навичок аналізу інформації. Використання R у навчальному процесі сприяє розвитку критичного та алгоритмічного мислення студентів, підвищує їхню мотивацію до вивчення статистики й забезпечує міждисциплінарний підхід до вирішення практичних завдань. У контексті сучасних технологічних трендів особливої ваги набуває використання статистики та мови R для підготовки студентів до роботи із системами штучного інтелекту, адже саме ймовірнісні моделі, методи класифікації, регресії, кластеризації та прогнозування становлять основу більшості алгоритмів штучного інтелекту.

### Список використаної літератури

1. R: The R Project for Statistical Computing. URL: <https://www.r-project.org/> (дата звернення: 20.08.2025).
2. STEM-освіта. *Інститут модернізації змісту освіти*. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> (дата звернення: 20.08.2025).
3. Гбур З., Кравченко О. Розвиток stem-освіти в Україні: перспективи для формування інноваційного суспільства. *Philosophy and Governance*. 2025. № 6(10). DOI: 10.70651/3041-248x/2025.6.03
4. Стецула Н.О., Абрамова О.В., Герасимчук Г.А., Крижановська Т.І., Крусь О.П. Перспективи розвитку STEM-освіти: інтеграція в освіті. *Наука і техніка сьогодні. Серія «Педагогіка»*. 2023. № 3(17). С. 428–436. DOI: 10.52058/2786-6025-2023-3(17)-428-436
5. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 05 серпня 2020 р. № 960. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.08.2025).
6. Кузьменко О. Сутність та напрями розвитку STEM-освіти. *Наукові записки. Серія «Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти»*. 2016. Вип. 9(III). С. 188–190.

### References

1. R. (2025). The R Project for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.r-project.org/> [in English].
2. STEM-osvita. (2025). Instytut modernizatsii zmistu osvity [Institute for Modernization of Educational Content]. Retrieved from <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> [in Ukrainian].
3. Hbur, Z., & Kravchenko, O. (2025). Rozvytok stem-osvity v ukraini: perspektyvy dlia formuvannia innovatsiinoho suspilstva [Development of stem education in ukraine: prospects for building an innovative society]. *Philosophy and Governance*, 6 (10). <https://doi.org/10.7065/1/3041-248X/2025.6.03> [in Ukrainian].
4. Stetsula, N.O., Abramova, O.V., Herasymchuk, H.A., Kryzhanovska, T.I., & Krus, O.P. (2023). Perspektyvy rozvytku STEM-osvity: intehratsiia v osviti [Prospects for the development of STEM education: integration in education]. *Nauka i tekhnika sohodni. Seriia «Pedagogika»*, 3 (17), 428–436. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-3\(17\)-428-436](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-3(17)-428-436) [in Ukrainian].
5. Kontsepsiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) [Concept for the Development of Science and Mathematics Education (STEM Education)]: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 05 serpnia 2020 roku № 960. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
6. Kuzmenko, O. (2016). Sutnist ta napriamky rozvytku STEM-osvity [The essence and directions of STEM education development]. *Naukovi zapysky. Seriia: Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnolohichnoi osvity*, 9 (III), 188–190 [in Ukrainian].

Фонар Людмила Сергіївна – к.т.н., доцент кафедри штучного інтелекту та аналізу даних Національного університету «Одеська політехніка». E-mail: [fonar\\_l\\_s@ukr.net](mailto:fonar_l_s@ukr.net), ORCID: 0000-0002-7478-6742.

Журан Олена Анатоліївна – к.е.н., доцент кафедри штучного інтелекту та аналізу даних Національного університету «Одеська політехніка». E-mail: [juran@ukr.net](mailto:juran@ukr.net), ORCID: 0000-0001-8487-9072.

Fonar Liudmyla Serhiivna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Artificial Intelligence and Data Analysis of the Odesa Polytechnic National University. E-mail: [fonar\\_l\\_s@ukr.net](mailto:fonar_l_s@ukr.net), ORCID: 0000-0002-7478-6742.

Zhuran Olena Anatoliivna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Artificial Intelligence and Data Analysis of the Odesa Polytechnic National University. E-mail: [juran@ukr.net](mailto:juran@ukr.net), ORCID: 0000-0001-8487-9072.

Дата надходження статті: 25.08.2025

Дата прийняття статті: 21.10.2025

Опубліковано: 30.12.2025

