

DOI <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2023.11.03.02>
UDC 37.088

Didactic and methodological aspects of teaching probability theory and mathematical statistics to IT students

Sydorenko, V.*, Kyrylakha, N.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine

Received: 10.09.2023

Accepted: 26.09.2023

Abstract. The robot sees an approach to the development of the discipline "Theory of Inferences and Mathematical Statistics" in the field of computer engineering and computer science. The authors demonstrate the integration of traditional topics of this discipline with modern tools and methods specific to the IT field. The work provides a report analysis of the structure of the primary discipline, in the context of traditional and specific aspects. Traditionally, they stand directly between the theory of validity and mathematical statistics and the problems associated with the special disciplines of the cycle of beginnings. Specific - those that do not imply a direct relationship and (or) be of an interdisciplinary nature. The importance of various tools, such as version control systems and R software, for developing students' competencies in the field of statistics and data analysis is highlighted. The robot also continues to adapt the approach to other possible methods of application and training, indicating the advantages and disadvantages of the skin from them. The authors emphasize the importance of integrating tools that are already widely used in the IT field into a training program to prepare students to become effective employers and prepare them for work in today's world. industries. The authors show that in this way it is possible to acquire low knowledge and skills without introducing any other disciplines and without changing the structure of the educational program. The work can be useful within the framework of the implementation of advanced IT programs at the level of bachelor and master, as well as for researchers and students who are trained in modern methods of computer science and data analysis.

Key words: probability theory and mathematical statistics, training of IT students, integration of IT tools.

Дидактико-методичні аспекти викладання теорії ймовірностей та математичної статистики студентам ІТ напрямку

Сидоренко В. М., Кирилаха Н. Г.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна

Анотація. У роботі розглядається підхід до викладання дисципліни "Теорія ймовірностей та математична статистика" в галузі комп'ютерної інженерії та комп'ютерних наук. Автори пропонують інтеграцію традиційних тем цієї дисципліни з сучасними інструментами і методами, специфічними для сфери ІТ. Робота надає докладний аналіз структури навчальної дисципліни, її мети та завдань у контексті традиційних і специфічних аспектів. Традиційні, це ті, які стосуються безпосередньо теорії ймовірності і математичної статистики та її задач, пов'язаних із забезпеченням спеціальних дисциплін у циклі навчання. Специфічні - ті, що не мають безпосереднього відношення та (або) носять міждисциплінарний характер. Висвітлюється важливість використання інструментів, таких як системи контролю версій і мова програмування R, для формування компетентностей студентів у сфері статистики та аналізу даних. У роботі також порівнюється запропонований підхід з іншими можливими методами викладання та навчання, вказуючи на переваги і недоліки кожного з них. Автори підкреслюють значення інтеграції інструментів, що вже широко використовуються в ІТ-сфері, в освітню програму, щоб підготувати студентів до вимог роботодавців і підготувати їх до роботи в сучасній індустрії. Автори показують, що таким чином можна набути низку знань та навичок не вводючи для цього окремих дисциплін і не змінюючи структуру освітньої програми. Робота може бути корисною в рамках реалізації освітніх програм ІТ-напряму рівня бакалавр та магістр, а також для викладачів і студентів, які цікавляться сучасними методами викладання інформатики та аналізу даних.

*
Corresponding Author: Sydorenko Valeriy Mykolayovych. E-mail: vnsydorenko@gmail.com
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,
vul. Universytetska, 20, Kremenchuk, Poltava Region, Ukraine, 39600.

Відповідальний автор: Сидоренко Валерій Миколайович. E-mail: vnsydorenko@gmail.com
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
вул. Університетська, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600.

Ключові слова: теорія ймовірностей та математична статистика, підготовка студентів ІТ-напряму, інтеграція інструментів ІТ-галузі.

I Вступ

Розвиток сфери ІТ, стрімкий початок якого припадає на кінець 80-х років минулого сторіччя і пов'язаний з початком масового виробництва персональних комп'ютерів [1], призвів до ситуації, коли кожен цивілізований житель планети наразі вимушений мати хоча б один цифровий пристрій для комунікації з соціумом і, у зв'язку з цим, вимушений набувати хоча б певного мінімуму відповідних компетентностей. Водночас у професійній сфері навіть традиційні професії вимагають певної базової кваліфікації у галузі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), що сприяло розвитку цілої системи освітніх проєктів, наприклад [2-4], з послідуною міжнародною сертифікацією [5], яка уніфікує знання та навички з ІКТ і гарантує потенційному роботодавцю, що власник сертифікату володіє необхідним об'ємом знань та навичок, які повинен мати сучасний фахівець безвідносно до професії. Специфіка такої освітньої діяльності полягає в тому, щоби за короткий термін навчити слухача *сучасним технологіям* із залученням, як правило, лінійки програмного забезпечення певного виробника (наприклад, Microsoft [5]).

Поряд з тим зовсім окремо має розглядатися науково-освітня сфера, в якій відбувається підготовка науково-інженерних ІТ-кадрів, предметною областю яких, власне, і є створення інформаційних технологій, і які повинні вміти розв'язувати відповідні інженерні та наукові задачі, просуваючи інформаційні технології на новий рівень.

Попит на ІТ-фахівців останніми роками та високий рівень їх зарплат призвів до стрімкої появи різного роду освітніх проєктів та онлайн-платформ, які ставлять собі на меті підготувати фахівця з вузькою спеціалізацією за короткий термін – як правило, декілька місяців, – зосередившись головним чином на певному стеку технологій і мінімізувавши решту всього, що до цього не має безпосереднього відношення. Як показує практика, такий підхід може бути вдалим, коли слухач такого роду програм вже має певну освітню базу, при цьому мав місце певний кілька-етапний відбір (мотиваційний лист, технічний тест, співбесіда тощо), в процесі навчання працює з ментором і в подальшому, якщо пройде черговий відбір, має можливість потрапити на так звану «лабу» і, нарешті, в проєкт на юніорську позицію. Як вдалий приклад, можна навести програми EPAM University [6]. Такого роду проєкти можна назвати одним з можливих способів розв'язання проблеми так званого існуючого розриву між рівнем підготовки випускників ІТ-університетів та вимогами реального ІТ-сектору. Поряд з тим існує достатня кількість освітніх програм, які відкрито спекулюють на бажанні багатьох швидко «увійти в айти» і гарантують підготовку за короткий термін ІТ-фахівця, не зважаючи на характер базової освіти чи взагалі не вимагаючи її наявності.

Водночас, на фоні намагань вирішити проблему традиційного відставання університетських програм ІТ-напряму від вимог ринку, в університетах можна спостерігати тенденцію до суттєвої переробки вмісту освітніх програм, де лейтмотивом є зменшення кількості кредитів загальноосвітніх дисциплін, або взагалі їх виключення, на користь вивчення конкретних технологій у рамках дисциплін спеціалізації, чому сприяють актуальні редакції освітніх стандартів [7, 8]. На нашу думку, це вкрай хибний шлях, який призводить до вихолощення тієї базової освіти, без якої неможлива підготовка фахівця університетського рівня, здатного *не тільки використовувати існуючі технології* (рівень професійних коледжів та технікумів), але й *створювати* їх. У цьому контексті слушно згадати визначення освіти, надане Гегелем [9]: «Освіта – це проживання історії відповідної культури в межах окремого людського життя». На нашу думку, незважаючи на стрімке зростання кількості науково-технічних знань, цикл підготовки сучасного фахівця університетського рівня, зокрема у сфері ІТ, має включати вивчення *всього шляху* розвитку комп'ютерних технологій від самого початку до сучасності з обов'язковим вивченням загальних «класичних» дисциплін, необхідних для підготовки інженера та науковця, в тому числі, дисциплін фізико-математичного профіля.

Таким чином, наша перша теза (дидактичний аспект) звучить так: сучасна ІТ-освіта – це проживання історії інформаційних технологій в межах окремої освітньої програми (бакалаврат, магістратура).

Разом з тим виникає природне запитання: як забезпечити вивчення всієї історії галузі з урахуванням того, що кількість знань предметної області експоненційно зростає? По-перше, безумовно потрібно враховувати обмеження в кількості відведеного часу і в залежності від того стискати об'єм

навчального матеріалу, але стиснення окремих модулів чи цілих дисциплін *не означає їх вилучення з програми*.

По-друге, одним з інструментів, який наразі активно впроваджується в українських університетах за прикладом західних, є механізм формування власної освітньої траєкторії протягом навчання, коли студент може вивчати *не всі актуальні* новітні технології, а *лише обрані*, відповідно до обраної спеціалізації.

По-третє, можливо оптимізувати навчальні програми загальноосвітніх дисциплін таким чином, щоби студент мав можливість вивчаючи «некомп'ютерну» дисципліну без шкоди для її вивчення вивчати певні міждисциплінарні та елементи нових ІТ-технології та і набувати відповідних навичок без уведення для цього окремих дисциплін.

Таким чином, наша друга теза (методичний аспект) звучить так: під час викладання загальноосвітніх дисциплін можливо і потрібно оптимізувати навчальний процес таким чином, щоби надати студенту можливість паралельно освоїти певну(і) сучасні інформаційні технології, або набути певних міждисциплінарних знань та вмінь, потрібних у циклі підготовки ІТ-фахівця, без шкоди для основної дисципліни і без виділення окремих годин в окрему дисципліну.

У цій роботі авторами розглядається приклад впровадження такого підходу при вивченні дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика», яка є обов'язковим освітнім компонентом в освітніх програмах спеціальностей 122 Комп'ютерні науки та 123 Комп'ютерна інженерія в КрНУ імені Михайла Остроградського.

Мета роботи: підвищення ефективності процесу підготовки ІТ-фахівця, шляхом впровадження в навчальну програму «некомп'ютерних» дисциплін міждисциплінарних елементів та елементів сучасних інформаційних технологій, необхідних для підготовки ІТ-фахівця.

II Матеріал і методи дослідження

У роботі було використано методи аналізу і синтезу, зокрема схем структури процесу проведення лабораторного практикуму, який дозволяє реалізувати запропонований підхід.

В якості основи для аналізу і синтезу структури процесу проведення практикуму взято структуру освітньої компоненти «Теорія ймовірностей та математична статистика», що викладається студентам освітніх програм бакалаврського рівня «Комп'ютерна інженерія» та «Комп'ютерні науки» КрНУ.

III Результати

Структура, мета і задачі дисципліни в традиційному аспекті.

Структура дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика» складається з двох традиційних модулів, характерних для більшості відомих ІТ-програм: теорія ймовірностей та ймовірнісні процеси і математична статистика.

Метою дисципліни *в традиційному значенні* є надання студентам фундаментальних знань у галузі теорії ймовірностей та математичної статистики, розвиток їхньої аналітичної та обчислювальної компетентності, а також формування вмінь та навичок для використання ймовірнісно-статистичних методів у комп'ютерних науках та інженерії.

Традиційні задачі дисципліни полягають в тому, щоби забезпечити ймовірнісно-статистичну базу цілій низці дисциплін спеціалізації, або окремих модулів у складі певних дисциплін, які в тій чи іншій мірі завжди присутні в освітніх програмах і притаманні напряму 12 Інформаційні технології. Назвемо декілька основних з них: алгоритми і структури даних, теорія інформації і кодування, захист інформації, комп'ютерні мережі, імітаційне моделювання, обробка сигналів та зображень, розпізнавання образів та комп'ютерний зір, аналіз даних, машинне навчання. Навчальним планом для цього передбачено проведення лекційних, практичних та лабораторних занять для набуття необхідних знань та навичок. Методичні аспекти цього добре відомі і ми не будемо в цій статті зупинятися на їх деталях. Нижче ми покажемо певний варіант структури специфічних задач, які, не мають безпосереднього відношення до теорії ймовірностей та математичної статистики і є міждисциплінарними, але які розвивають знання та вміння, що вимагаються від сучасного ІТ-фахівця та нерідко від фахівців інших спеціальностей.

Структура, мета та задачі дисципліни – специфічний аспект. Аналіз і синтез структури взаємозв'язку традиційних та специфічних задач дисципліни.

Цикл підготовки ІТ-фахівця потребує часто специфічних знань та навичок, які часто не беруться до уваги освітніми програмами, і на що нерідко останнім часом звертають увагу випускники, які потрапляють на роботу в ІТ-компанії, та безпосередньо роботодавці. Визначимо задачі, які не мають безпосереднього відношення до дисципліни, але є важливими з точки зору циклу підготовки фахівця та які можуть розв'язуватись побіжно, *специфічними задачами*. Мета таких задач більш широка: забезпечити, як низку спеціальних дисциплін, так і решту, де такі знання та навички можуть знадобитися.

Наведемо ряд прикладів (рис. 1). По-перше, практично скрізь від апліканта на будь-яку позицію вимагається вміння використовувати системи контролю версій (СКВ) (Git [11], SVN), вміння працювати в команді, зокрема, з використанням Git [12]. Часто СКВ Git асоціюють як інструмент виключно для розробника і відпрацьовують навички роботи з ним у дисциплінах, пов'язаних з розробкою [12]. Однак ніщо не заважає впровадити вивчення цього питання в навчальний процес, наприклад в рамках нашої дисципліни, з урахуванням того, що в рамках лабораторного практикуму в якості інструмента використовується спеціалізована мова програмування R [13, 14].

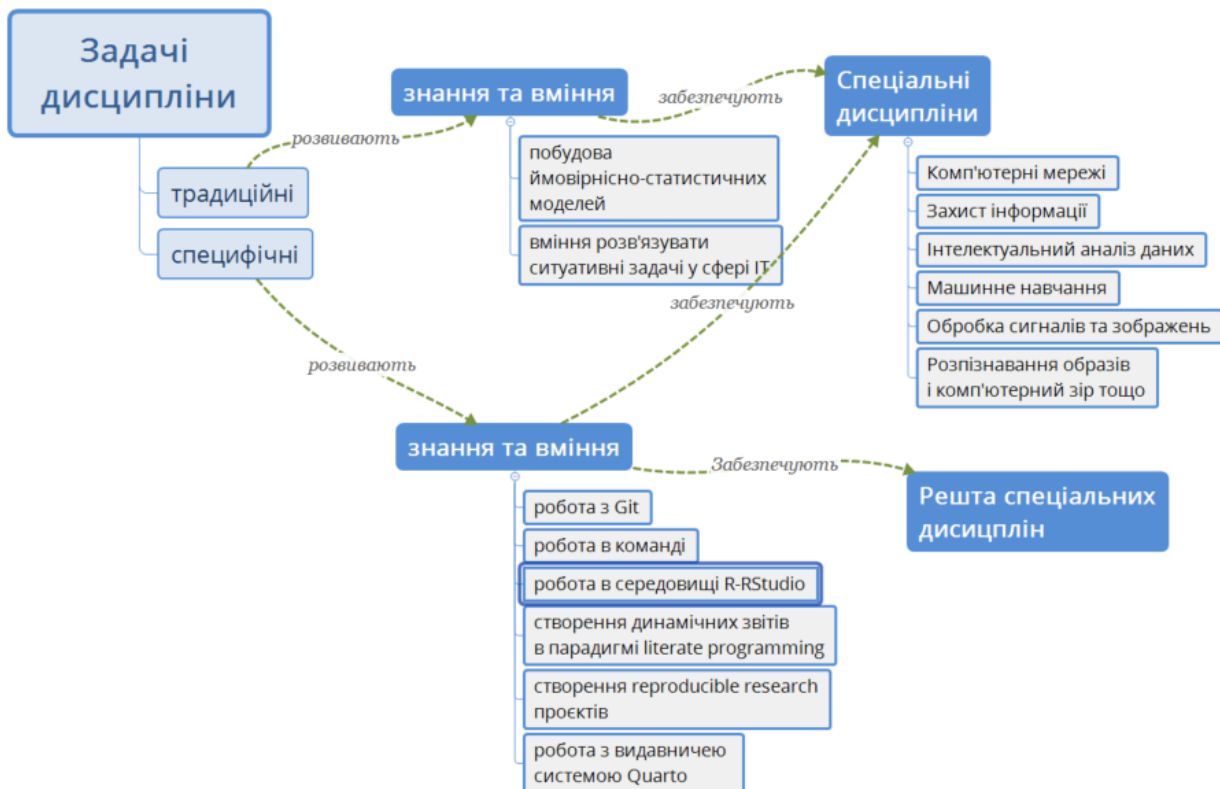


Рис. 1. Структура взаємозв'язку традиційних та специфічних задач дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика» і програмних результатів навчання

Спеціалізована мова програмування R є топовим інструментом для статистичного аналізу та data science. Важливо відмітити, що R має розвинений арсенал програмних бібліотек, тому, на відміну від привабливих low code чи no code середовищам, дозволяє реалізувати широкий спектр можливостей у відповідності до задумів користувача водночас розвиваючи навички програмування в процедурній, функціональній та ООП-парадигмі. У комплексі з IDE RStudio [15], це обчислювальне середовище забезпечую можливість таких важливих навичок як створення динамічних звітів в парадигмі literate programming [16] з використанням, що є необхідним для подальшого вивчення дисциплін Data Analysys, Machine Learning та Data Science. Водночас ця технологія лежить в основі створення проєктів у рамках концепції Reproducible Research [17, 18], застосування якої є часто вимогою при підготовці наукових публікацій у періодичні наукові видання високого рівня. А це, у свою чергу, пов'язане із засвоєнням мов розмітки YAML, Markdown, LaTeX, htm, які використовуватимуться в подальшій практиці.

Нарешті, слід відмітити появу у 2022 році на ринку сучасної науково-видавничої системи QUARTO [19] – універсального інструменту для аналітиків даних та дата саєнтістів, які пишуть на R, Python, Julia, Observable JavaScript і використовує Markdown для форматування вихідних документів.

Таким чином, схема структури взаємозв'язку традиційних та специфічних задач дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика» і програмних результатів навчання, подана на рис.1, є одним з можливих варіантів синтезу традиційних і специфічних завдань у рамках розглянутої нами дисципліни і пояснює загальну концепцію, яка може бути застосована і до інших дисциплін загального профілю.

IV Обговорення

Запропонований вище підхід не є єдиним, як в частині переліку специфічних завдань, так і в частині інструментарію, який пропонується для їх вирішення. Наприклад, автори [17, 18] пропонують в якості обчислювального середовища Python-Jupyter Lab. З цим можна погодитися, так як Python разом з R входить до топ-2 в переліку data science-інструментів і автори цієї публікації також застосовують їх при викладанні інших дисциплін, зокрема «Алгоритми і методи обчислень», «Обробка сигналів та зображень» тощо. Поряд з цим потрібно зауважити, що на відміну від R, Python є мовою загального призначення, що, на нашу думку, не є зовсім ефективним інструментом для першого знайомства зі статистичними процедурами і може бути застосований в подальшому. Таким чином, при вивченні дисциплін напряду «Машинне навчання» та «Інтелектуальний аналіз даних», що зазвичай відбувається на старших курсах, студенти вже володіють як мінімум цими двома інструментами. Більше того, як свідчить аналіз запитів роботодавців, нерідко від апліканта на позиції machine learning engineer та data scientist вимагається знання однієї з цих двох мов, або обох одночасно.

Запропонований підхід може бути взятий до розгляду решти дисциплін загального профілю, де є лабораторний практикум: математика, фізика, теорія електричних кіл тощо.

На нашу думку, оптимізація освітньої програми з використанням запропонованого підходу надає можливість не вводити окремі дисципліни, наприклад, «Системи контролю версій» та ін., а набувати відповідних знань та навичок за запропонованим принципом.

Підхід, запропонований авторами, протягом багатьох років практикується при викладанні не тільки дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика», а й «Алгоритми й методи обчислень» та інші для студентів ІТ-напряду, які мають свої особливості в частині специфічних завдань та результатів навчання, і який зарекомендував себе як ефективний і гнучкий засіб.

V Висновки

За результатами роботи можна зробити такі висновки.

Стрімке зростання інформаційних технологій не має призводити до критичного скорочення фундаментальних освітніх компонент, необхідних для підготовки ІТ-фахівця з вищою освітою, чи взагалі їх виключення з освітньої програми, якщо метою є підготовка фахівця, здатного не тільки використовувати, але й створювати нові інформаційні технології та їх компоненти. Тобто, з дидактичної точки зору повноцінна ІТ-освіта полягає в проживанні *історії інформаційних технологій* в межах *окремої освітньої програми*. Один з можливих шляхів розв'язання проблеми полягає в оптимізації навчальної програми загальноосвітніх дисциплін таким чином, коли в рамках лабораторного практикуму поряд з традиційними знаннями та навичками, побіжно забезпечується можливість набуття специфічних компетентностей, які мають міждисциплінарний характер. В цьому полягає методичний аспект запропонованих авторами рішень на прикладі дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика», яка традиційно забезпечує низку спеціальних ІТ-дисциплін, але водночас дозволяє розв'язати ряд специфічних освітніх задач. Багаторічний досвід авторів показав, що такою реалізацією запропонованої схеми викладання є ефективною не тільки при викладанні теорії ймовірностей та математичної статистики, але й інших дисциплін.

Загальний висновок полягає в тому, що запропонований підхід може бути ефективним для навчання студентів інформаційних технологій та інших суміжних напрямів, допомагаючи їм отримати не лише теоретичні знання, але і практичні навички, необхідні для успішної кар'єри в цих галузях.

Бібліографічні посилання

1. Shirriff, Ken (30 August 2016). "The Surprising Story of the First Microprocessors". *IEEE Spectrum*. Institute of Electrical and Electronics Engineers. **53** (9): 48–54. doi:10.1109/MSPEC.2016.7551353
2. Guchenko, M., Sydorenko, V., Belska, V., Liutenko, M., Fesenko, N. (2021). DComFra Project Learning Module M20 Advanced Spreadsheets in Mathematical Modeling Tasks of Electrical and Computer Engineers Education. Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2021, 2021
3. Digital competence framework for Ukrainian teachers and other citizens (dComFra). URL: <https://dcomfra.vdu.lt/uk/about-2/> (дата звернення: 28.09.23)
4. Курси з цифрової грамотності в рамках проекту dComFra. URL: <https://dole.fit.knu.ua/> (дата звернення: 28.09.23)
5. ICDL. The Digital Skills Standard. URL: <https://icdleurope.org/> (дата звернення: 28.09.23)
6. EPAM/ University Program. URL: <https://training.epam.ua/ua> (дата звернення: 28.09.23)
7. Стандарт вищої освіти України. Перший (бакалаврський) рівень. Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/123-kompyuterna-inzheneriya.pdf> (дата звернення: 28.09.23)
8. Стандарт вищої освіти України. Перший (бакалаврський) рівень. Спеціальність 122 Комп'ютерні науки. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/07/12/122-kompyut.nauk.bakalavr-1.pdf>
9. Гегель Г. В. Ф. Феноменология духа. - СПб.: «Наука», 1999. – 444 стр.
10. Chacon, S., Straub, B.: Pro git. Springer Nature (2014) Hwang, Dae-Yeop. (2003). Classical Test Theory and Item Response Theory: Analytical and Empirical Comparisons.
11. Chacon, S., Straub, B.: Pro git. Springer Nature (2014). URL: <https://git-scm.com/book/en/v2> (дата звернення: 28.09.23)
12. Haugse, Asmund; Aalberg Trond. NIKT: Norsk IKT-konferanse for forskning og utdanning. 2021, (4). URL: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2991478> (дата звернення: 28.09.23)
13. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Reference Index / The R Development Core Team. <http://lib.stat.cmu.edu/R/CRAN/doc/manuals/fullrefman.pdf> (2023)
14. Ihaka, Ross. "The R Project: A Brief History and Thoughts About the Future" URL: <https://www.stat.auckland.ac.nz/~ihaka/downloads/Massey.pdf> (дата звернення: 28.09.23).
15. "RStudio is becoming Posit". Posit.co. URL: <https://posit.co/blog/rstudio-is-becoming-posit/> (дата звернення: 28.09.23)
16. Knuth, Donald E. (1984). "Literate Programming". *The Computer Journal*. British Computer Society. **27** (2): 97–111. doi:10.1093/comjnl/27.2.97
17. Kluuyver, Thomas; Ragan-Kelley, Benjamin; Perez, Fernando; Granger, Brian; Bussonnier, Matthias; Frederic, Jonathan; Kelley, Kyle; Hamrick, Jessica; Grout, Jason; Corlay, Sylvain (2016). "Jupyter Notebooks—a publishing format for reproducible computational workflows" (PDF). In Loizides, F; Schmidt, B (eds.). *Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas*. 20th International Conference on Electronic Publishing. IOS Press. pp. 87–90. doi:10.3233/978-1-61499-649-1-87
18. Beg, Marijan; Taka, Juliette; Kluuyver, Thomas; Konovalov, Alexander; Ragan-Kelley, Min; Thiery, Nicolas M.; Fangohr, Hans (1 March 2021). "Using Jupyter for Reproducible Scientific Workflows". *Computing in Science & Engineering*. **23** (2): 36–46.
19. Welcome to Quarto. URL: [Quarto.org](https://quarto.org/) (дата звернення: 28.09.23)

References

1. Shirriff, Ken (30 August 2016). "The Surprising Story of the First Microprocessors". *IEEE Spectrum*. Institute of Electrical and Electronics Engineers. **53** (9): 48–54. doi:10.1109/MSPEC.2016.7551353
2. Guchenko, M., Sydorenko, V., Belska, V., Liutenko, M., Fesenko, N. (2021). DComFra Project Learning Module M20 Advanced Spreadsheets in Mathematical Modeling Tasks of Electrical and Computer Engineers Education. Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2021, 2021
3. Digital competence framework for Ukrainian teachers and other citizens (dComFra). (2023). URL: <https://dcomfra.vdu.lt/uk/about-2/> (accessed: 28.09.23)
4. Courses in Digital Literacy within the Project dComFra (2023). URL: <https://dole.fit.knu.ua/> (accessed: 28.09.23)
5. ICDL. The Digital Skills Standard (2023). URL: <https://icdleurope.org/> (accessed: 28.09.23)
6. EPAM/ University Program (2023). URL: <https://training.epam.ua/ua> (accessed: 28.09.23)
7. Standart vyshchoyi osvity Ukrayiny. Pershyy (bakalavrskyy) riven'. Spetsial'nist' 123 Kompyuterna inzheneriya (2018). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/123-kompyuterna-inzheneriya.pdf> (accessed: 28.09.23) [in Ukrainian]
8. Standart vyshchoyi osvity Ukrayiny. Pershyy (bakalavrskyy) riven'. Spetsial'nist' 122 Kompyuterni nauky (2019). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/07/12/122-kompyut.nauk.bakalavr-1.pdf> (accessed: 28.09.23) [in Ukrainian]
9. Hegel G. W. F. Phenomenologyja duha (1999). - SPb: "Nauka," 1999. - 444 p. [in Russian]
10. Chacon, S., Straub, B.: Pro git. Springer Nature (2014) Hwang, Dae-Yeop. (2003). Classical Test Theory and Item Response Theory: Analytical and Empirical Comparisons.
11. Chacon, S., Straub, B.: Pro git. Springer Nature (2014). URL: <https://git-scm.com/book/en/v2> (accessed: 28.09.23)
12. Haugse, Asmund; Aalberg Trond. NIKT: Norsk IKT-konferanse for forskning og utdanning. 2021, (4). URL: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2991478> (accessed: 28.09.23)

13. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Reference Index / The R Development Core Team. <http://lib.stat.cmu.edu/R/CRAN/doc/manuals/fullrefman.pdf> (2023) (accessed: 28.09.23)
14. Ihaka, Ross. "The R Project: A Brief History and Thoughts About the Future" (2023). URL: <https://www.stat.auckland.ac.nz/~ihaka/downloads/Massey.pdf> (accessed: 28.09.23)
15. "RStudio is becoming Posit". Posit.co (2023). URL: <https://posit.co/blog/rstudio-is-becoming-posit/> (accessed: 28.09.23)
16. Knuth, Donald E. (1984). "Literate Programming". *The Computer Journal*. British Computer Society. **27** (2): 97–111. doi:10.1093/comjnl/27.2.97
17. Kluuyver, Thomas; Ragan-Kelley, Benjamin; Perez, Fernando; Granger, Brian; Bussonnier, Matthias; Frederic, Jonathan; Kelley, Kyle; Hamrick, Jessica; Grout, Jason; Corlay, Sylvain (2016). "Jupyter Notebooks—a publishing format for reproducible computational workflows" (PDF). In Loizides, F; Schmidt, B (eds.). *Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas*. 20th International Conference on Electronic Publishing. IOS Press. pp. 87–90. doi:10.3233/978-1-61499-649-1-87
18. Beg, Marijan; Taka, Juliette; Kluuyver, Thomas; Konovalov, Alexander; Ragan-Kelley, Min; Thiery, Nicolas M.; Fangohr, Hans (1 March 2021). "Using Jupyter for Reproducible Scientific Workflows". *Computing in Science & Engineering*. **23** (2): 36–46.
19. Welcome to Quarto. URL: [Quarto.org](https://quarto.org) (accessed: 28.09.23)



Сидоренко Валерій Миколайович.

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600.
E-mail: vnsidorenko@gmail.com

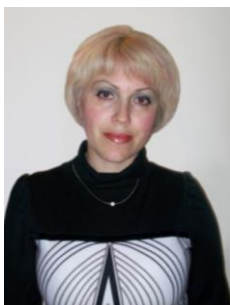
Sydorenko Valeriy Mykolayovych.

PhD, Associate Professor, Associate Professor of Computer engineering and Electronics Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, vul. Universytetska, 20, Kremenchuk, Poltava Region, Ukraine, 39600.
E-mail: vnsidorenko@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4449-073X

Researcher ID: J-2880-2018

Scopus ID: 57192554991



Кирилаха Наталія Григорівна

Кандидат фіз.мат. наук, доцент, доцент кафедри інформатики та вищої математики, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600.
E-mail: natalykiril582@gmail.com

Kyrylakha Nataliia Gryhorivna

PhD, Associate Professor, Associate Professor of Department of Informatics and Higher Mathematics, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, vul. Universytetska, 20, Kremenchuk, Poltava Region, Ukraine, 39600.
E-mail: natalykiril582@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2629-8867

Scopus ID: 57210184494

Citation (APA):

Sydorenko, V., Kyrylakha, N. (2023). Didactic and methodological aspects of teaching probability theory and mathematical statistics to IT students. *Engineering and Educational Technologies*, 11 (3), 17–23. Doi: <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2023.11.03.02>

Цитування (ДСТУ 8302:2015):

Сидоренко В. М., Кирилаха Н. Г. Дидактико-методичні аспекти викладання теорії ймовірностей та математичної статистики студентам ІТ напрямку / Інженерні та освітні технології. 2023. Т. 11. № 3. С. 17–23. Doi: <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2023.11.03.02>

Обсяг статті: сторінок – 7 ; умовних друк. аркушів – 1,014.