

УДК 519.1+519.2:004:37.091.3

Модель інтеграції математики та інформатики під час вивчення елементів комбінаторики та статистики в старшій школі

Володимир Крижановський

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
кафедра алгебри та інформатики, м. Чернівці, Україна
kryzhanovskyi.volodymyr@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-4133-2156>

Анотація. У статті розглядається навчальна модель інтеграції дисциплін математики та інформатики старшої школи через використання елементів комбінаторики та статистики. Визначено важливість такої інтеграції для підвищення ефективності навчання та розвитку аналітичного мислення учнів старшої школи. Описано приклади практичного застосування комбінаторики за допомогою програмного забезпечення Excel, а також застосування статистичних методів для аналізу даних. Показано, як учні старшої школи, працюючи з реальними кейсами та інструментами моделювання, набувають практичних навичок, які можуть бути їм потрібними в подальшому навчанні та професійній діяльності. Використання сучасних комп'ютерних технологій дозволяє зробити навчальний процес мобільнішим і індивідуалізованим, сприяючи формуванню навичок, які є необхідними для майбутньої кар'єри.

Ключові слова: інтеграція дисциплін, математика, інформатика, математичне моделювання, комбінаторика, математична статистика, MS Excel, освітня модель, навчання, старша школа.

1. Вступ

Інтегровані уроки математики та інформатики в старшій школі відкривають широкі можливості для розвитку аналітичного мислення та практичних навичок учнів, завдяки особливому використанню елементів комбінаторики та статистики. Комбінаторика допомагає учням освоїти принципи організації та аналізу даних, розвиває логічне значення. Статистика дозволяє школярам працювати з реальними даними, опановувати методи їх збору, обробки та аналізу, що є актуальним у сучасному світі. Інтеграція реалізується як навчальна модель, у якій комбінаторні конструкції та статистичні процедури поєднуються з алгоритмічними кроками програмування. Завдяки об'єднанню

цих математичних розділів із завданнями інформатики, такими як створення програм, моделювання ситуацій та розробка алгоритмів, що впорядковуються у модель розв'язування, що забезпечує відтворюваність обчислень на уроці, та завдяки міждисциплінарному підходу, формуються навички критичного мислення та підготовки до майбутньої професійної діяльності. Учні не лише підтримують глибокі знання з математики та інформатики, а й навчаються застосувати їх на практиці, моделюючи реальний контекст, аналізуючи дані та приймаючи обґрунтовані рішення.

Інтеграція комбінаторики та статистики в освітній процес висвітлена у підручнику Н. Захарченко, де представлено базові підходи до викладання теорії ймовірностей та математичної статистики на рівні загальноосвітньої школи [1]. У спільній роботі Т. Бех і Н. Захарченко акцент зроблено на використанні методу математичного моделювання для розв'язання прикладних задач, що дозволяє формувати в учнів навички аналітичного мислення через контекстне застосування математичних знань [2]. У методичних рекомендаціях О. Пшеничної та А. Гаращенко окреслено можливості реалізації STEM-підходу в підготовці майбутніх учителів математики, зокрема через об'єднання змістових ліній математики й інформатики під час лабораторних занять [3]. У концептуальній праці С. Литвинової подано структуру системи комп'ютерного моделювання та розглянуто її інтеграцію в освітню практику як інструмент розвитку обчислювальних та статистичних навичок учнів [4]. Комплексне викладення теоретичних засад і педагогічних рішень щодо вивчення ймовірності та статистики запропоновано в підручнику М. Жалдака, Н. Кузьміної та Г. Михаліна, де йдеться про методику викладання цих тем у фізико-математичних класах педагогічних університетів, з акцентом на їхню практичну застосовність у майбутній вчительській діяльності [5].

2. Постановка проблеми

Серед усіх загальноосвітніх дисциплін інформатика має найбільшу взаємодію з математикою. Ці предмети часто сприймаються учнями як складні, проте вони тісно пов'язані та взаємодоповнюють один одного. Їхній розвиток завжди йшов паралельно, сприяючи взаємному збагаченню методів і підходів. Використання сучасних комп'ютерних технологій під час уроків математики дозволяє значно підвищити ефективність навчання, забезпечуючи його мобільність, індивідуальний підхід до кожного учня та можливість адаптації до різного рівня знань [6].

Загалом інтеграція навчальних предметів є ефективним засобом підвищення інтересу учнів до навчання та розвитку їх аналітичного мислення. Поєднання математики та інформатики особливо актуальне в умовах сучасного світу, де знання обох дисциплін є необхідними для розв'язання багатьох задач. Елементи комбінаторики та статистики є інструментами, які дозволяють учням оволодіти методами аналізу даних, оптимізації процесів і прогнозування.

Метою статті є розроблення методичних підходів розробки та впровадження моделі інтеграції елементів комбінаторики та статистики в навчальний процес старшої школи шляхом поєднання змісту математики та інформатики, з використанням цифрових інструментів MS Excel для формування аналітичного мислення та прикладних навичок учнів.

3. Основні результати

Формування навичок аналізу даних здійснюється через математичне моделювання, де кожна задача має чітку модель вхідних параметрів і очікуваних виходів. Завдяки поєднанню математики та інформатики учні мають можливість глибше зрозуміти теоретичні концепції та побачити їхнє практичне застосування. Наприклад, задачі

комбінаторики можуть допомогти у створенні ефективних алгоритмів, а статистичні методи є незамінними для обробки та аналізу великих обсягів даних.

На уроках, де інтегруються елементи цих дисциплін, учні працюють над розв'язанням реальних кейсів, таких як аналіз даних із соціальних мереж, прогнозування результатів спортивних змагань чи оптимізація витрат. Такий підхід не лише підвищує мотивацію до навчання, а й дозволяє набути важливих практичних навичок, які стануть у нагоді в подальшій освіті чи майбутній професійній діяльності.

Загалом використання елементів комбінаторики та статистики на таких уроках дозволяє зробити навчальний процес цікавим і практичним. Початкове знайомство з комбінаторкою передбачає побудову варіантів із заданими властивостями, вивчення правил додавання і множення. На цьому етапі інформатичні інструменти, як і алгоритми генерації комбінацій чи електронних таблиць, полегшують обчислення й забезпечують наочність матеріалу. Далі учні освоюють розміщення, перестановки, комбінації та формули бінома Ньютона, що закріплюється через написання алгоритмів або моделювання завдань [7, с. 35]. Наприклад, задачі з комбінаторики можуть охоплювати обчислення кількості варіантів паролів, організацію турнірів або моделювання ймовірностей у буденному житті [8].

Наведемо приклад виконання завдань з із використанням пакета Excel для інтегрованих уроків математики та інформатики за допомогою комбінаторики, відтак приклади демонструють модель обчислень, у якій теоретичні формули реалізуються інструментами електронних таблиць.

Приклад 1. Скільки перестановок можна утворити із трьох елементів А, Б і В?

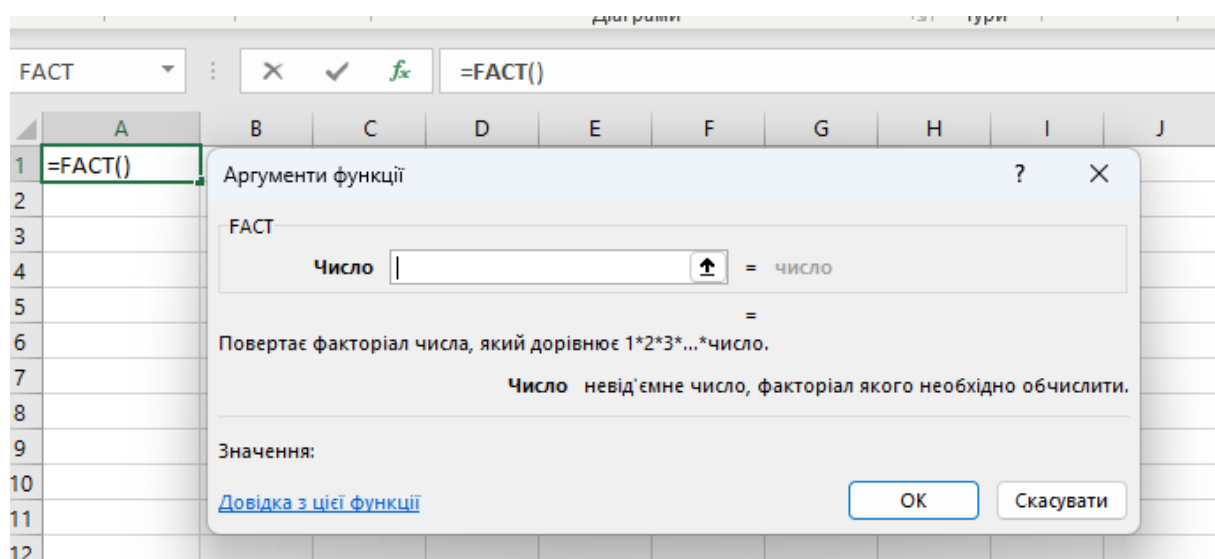
Розв'язання. Для трьох елементів, які не повторюються, можна створити шість перестановок: АБВ, АВБ, ВАБ, ВБА, БАВ, БВА. Обчислюється це за формулою $3!=6$. Реалізація у середовищі Excel відтворює модель факторіалу через функцію ФАКТР(), що полегшує перевірку результатів.

Для виконання обчислень у середовищі Excel можна включити вбудовану функцію ФАКТР(число), яка дозволяє швидко знайти факторіал будь-якого невід'ємного цілого числа.

1. У програмі Excel виберіть Вставлення → Функція → Математичні → ФАКТ.

2. Відкриється діалогове вікно, у полі «число» введіть значення, факторіал якого потрібно обчислити (у даному випадку $3n$) (див. рис. 1) [9; 14].

Приклад демонструє застосування інформатики для розв'язання математичних задач, підвищуючи ефективність і точність обчислень. Він також дозволяє учням



закріплювати знання з комбінаторики, одночасно навчаючись працювати з популярними програмами обчислень.

Рис. 1. Обчислення кількості перестановок [9]

Приклад 2. Скільки перестановок по дві букви можна скласти з трьох букв: А, Б і В?

Розв'язання. Із трьох букв А, Б і В можна скласти шість перестановок по дві букви: АБ, БА, АВ, ВА, БВ, ВБ. Для цього можна застосувати формулу для кількості перестановок по k елементів з n елементів:

$$P(n, k) = \frac{n!}{(n - k)!}$$

У нашому випадку $n=3n$ (кількість букв) і $k=2k$ (кількість елементів в перестановці), тому кількість перестановок по дві букви буде:

$$P(3, 2) = \frac{3!}{(3 - 2)!} = 6$$

Тобто, з трьох букв можна скласти шість перестановок по дві букви.

Обчислення числа перестановок за допомогою Excel.

Щоб знайти кількість перестановок за допомогою Excel, можна скористатися функцією PERMUT):

1. Відкрийте Excel.
2. Виберіть комірку, де хочете отримати результат.
3. Введіть формулу: =PERMUT(3,2) (для англійської версії).
4. Натисніть Enter [4, с. 15].

Excel обчислить кількість перестановок, що дорівнює 6.

В результаті ви отримаєте, що можна скласти 6 перестановок по дві букви з трьох букв А, Б і В (рис. 2).

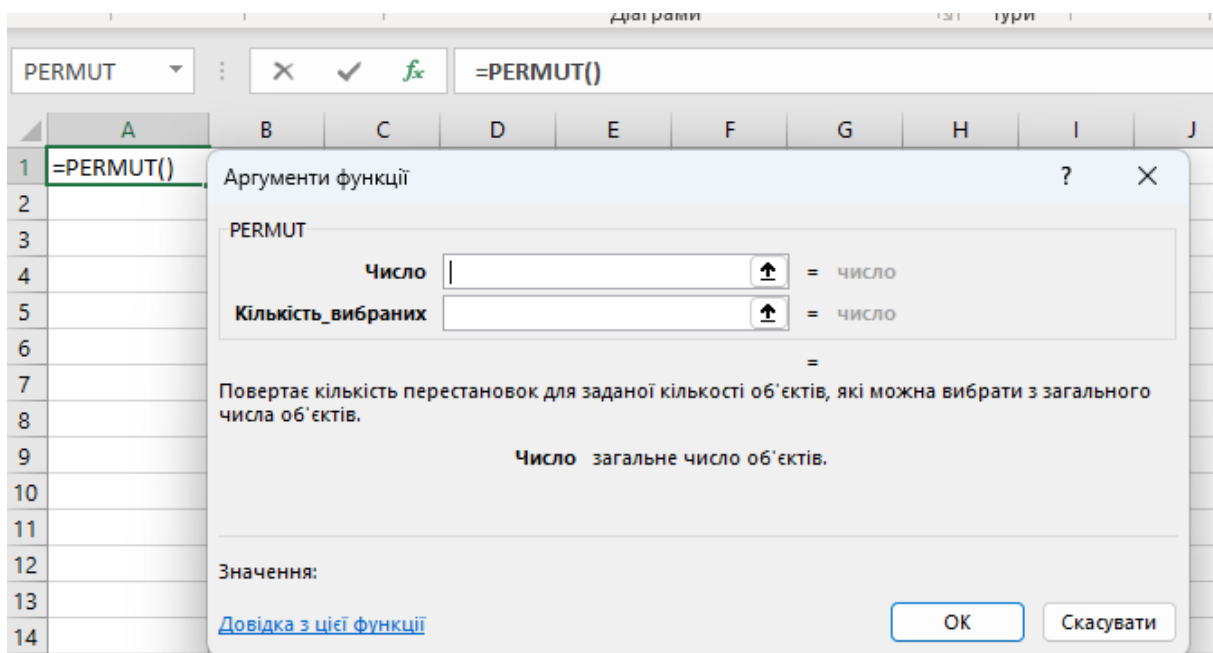


Рис. 2 Обчислення розміщень [9]

У цьому прикладі ми розглянули, як обчислити кількість перестановок по дві букви з трьох заданих букв (А, Б, В). Застосовуючи формулу для перестановок, ми отримали результат 6, що означає, що існує шість можливих способів розташувати ці букви в перестановці. За допомогою Excel можна швидко та ефективно здійснити таке обчислення, використовуючи функцію **PERMUT**. Вона дозволяє зручно розв'язувати задачі комбінаторики, застосовуючи як математичні методи, так і сучасні технологічні інструменти для автоматизації обчислень.

Варто зазначити, що математична статистика займається аналізом даних із застосуванням закономірностей виявлення, характерних для певної сукупності елементів. Її основний зміст міститься в систематизації, обробці та використанні статистичної інформації для визначення загальних тенденцій або особливостей досліджуваних ознак [10, с. 115].

Як галузь математики, математична статистика базується на дослідницьких даних, які можуть вивчати ймовірні закономірності масових явищ. Основні завдання цієї дисципліни включати перевірку статистичних гіпотез, аналіз та оцінку розподілу імовірностей, визначення їх параметрів, дослідження статистичних залежностей, а також розрахунок чисельних характеристик вибору. До таких характеристик належать вибіркове середнє, дисперсія, стандартне відхилення тощо [10, с. 115].

Елементи статистики також дозволяють учням аналізувати дані анкетувань, вивчати розподіли результатів тестування або досліджувати ймовірність подій. Наприклад, під час уроку можна провести експеримент із підкиданням монети, моделюючи процес імовірнісного прогнозування. Робота з даними соціальних мереж та прогнозування спортивних результатів оформлюється як статистичні моделі, що калібруються на доступних вибірках. Учні можуть порівнювати теоретичні очікування з експериментальними даними, використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення, таке як Excel.

На уроках інформатики елементи статистики можуть бути використані для аналізу різноманітних даних, що мають практичне застосування для учнів 9 класу, можна провести інтегрований урок математики й інформатики за темою «Елементи статистики: описові показники та візуалізація даних у табличному процесорі», відповідно до навчальної програми з математики (тема «Основи комбінаторики, теорії ймовірностей та статистики») та програми з інформатики («Опрацювання табличних даних», електронні таблиці). Наприклад, учням можна запропонувати завдання з аналізу успішності класу за результатами контрольних робіт з кількох предметів, таких як математика, інформатика та українська мова. Для цього учні створюють таблицю в Excel, у якій заносять оцінки учнів з кожного предмета (табл. 1). Така таблиця може містити стовпці з іменами учнів та їхніми оцінками, що дозволяє зручно організувати дані для подальшого аналізу.

Таблиця 1

Приклад заповнення

<i>Імя учня</i>	<i>Математика</i>	<i>Інформатика</i>	<i>Українська мова</i>
Оля	8	7	9
Іван	6	8	7
Петро	9	9	8
Марія	7	6	7
Дмитро	10	8	9

Далі, учні можуть обчислювати середні бали для кожного предмета за допомогою функції СЕРЕДНЕ (AVERAGE), а також визначати максимальні і мінімальні бали з кожного предмета, використовуючи функції МАКС (MAX) і МІН (MIN). Крім того, за допомогою функцій ДИСП (VAR.S/VAR.P) та СТАНДОТВІДХ (STDEV.S/STDEV.P) вони можуть обчислювати дисперсію та стандартне відхилення оцінок, що допомагає зрозуміти, наскільки рівномірно розподілені результати серед учнів. На основі отриманих даних учні створюють графіки, наприклад, стовпчасті діаграми, що наочно демонструють середні бали за кожним предметом.

Такий підхід дає учням можливість не тільки опанувати основи статистики, але й навчитися працювати з реальними даними, проводити їх аналіз та робити висновки щодо рівня успішності учнів у класі.

Практична складова інтегрованих уроків є важливим компонентом сучасної освіти, оскільки вона дає учням можливість не лише отримувати теоретичні знання, але й застосовувати їх у реальних життєвих ситуаціях. Такий підхід допомагає формувати критичне та аналітичне мислення, яке є основою для вирішення складних задач у професійній діяльності. Крім того, учні розвивають навички, які є затребуваними на ринку праці, такі як здатність працювати в команді, самостійно шукати та обробляти інформацію, а також використовувати сучасні технології для вирішення різноманітних завдань. Також це охоплює використання спеціалізованих програмних інструментів, які допомагають не тільки автоматизувати процеси, але й робити їх більш точними та ефективними. Наприклад, використання програм для аналізу даних, таких як Excel, дозволяє учням освоїти базові та просунуті методи статистики, програмування та візуалізації, що є важливими не лише в освіті, але й у майбутній кар'єрі.

Загалом на уроках, які орієнтовані на аналіз даних, учні мають можливість працювати з реальними даними, що робить процес навчання більш цікавим та практичним. Збирання, обробка та аналіз цих даних допомагають учням не тільки отримати нові знання, а й зрозуміти важливість математичних та статистичних методів у реальному житті. Наприклад, учні можуть використовувати Excel для створення діаграм та графіків, що дозволяє їм візуалізувати закономірності і зрозуміти, як дані можуть бути інтерпретовані та використані для прийняття рішень у різних сферах. Вивчення таких аспектів дозволяє розвивати вміння формулювати висновки, засновані на даних, а також критично оцінювати інформацію, що є важливим у сучасному інформаційному суспільстві.

Важливим аспектом інтегрованих уроків є міжпредметна співпраця, яка демонструє учням, як різні науки взаємодіють між собою і як знання з різних областей можуть бути використані для розв'язання реальних задач. Наприклад, учні можуть поєднувати знання з математики та інформатики для того, щоб аналізувати за допомогою математичних алгоритмів [11, с. 40]. Такі уроки допомагають учням побачити реальну практичну цінність теоретичних знань, що стимулює їх до подальшого навчання та розвитку. Вони вчать не тільки знаходити рішення для проблем, а й розуміти, як ці рішення можуть бути застосовані у різних сферах діяльності, таких як наука, бізнес або навіть повсякденне життя.

Використання комбінаторики та статистики на інтегрованих уроках дозволяє учням глибше зрозуміти теоретичні концепції, що лежать в основі багатьох реальних ситуацій. Наприклад, під час розв'язання задач на ймовірність учні можуть обчислювати шанси того, що певна подія відбудеться, вивчаючи основи комбінаторики. Знання можуть бути застосовані не тільки в математиці, а й у реальному житті для оцінки ризиків, прогнозування результатів у різних сферах, таких як фінанси або маркетинг. Завдяки цьому, учні здобувають практичні навички, які дозволяють їм бути успішними

в майбутньому, коли вони зіткнуться з необхідністю аналізувати великі обсяги даних чи приймати важливі бізнес-рішення на основі числових даних.

Також інтегровані уроки сприяють формуванню в учнів системного мислення. Учні вчаться бачити зв'язки між різними дисциплінами, застосовувати знання з різних предметів для вирішення однієї задачі і знаходити оптимальні варіанти рішень у складних ситуаціях. Наприклад, під час виконання проєктів, що поєднують науку, техніку та економіку, учні можуть розробляти алгоритми для розв'язання конкретних задач, таких як прогнозування попиту на ринку або оптимізація витрат для підприємства [12].

Отже, інтегровані уроки допомагають учням не тільки оволодіти основними науковими та практичними знаннями, але й розвивати важливі компетенції, які будуть корисні в їхньому житті та професійній діяльності. Поєднання теоретичних знань з практичною діяльністю допомагає формувати глибоке розуміння світу та здатність до ефективного вирішення проблем у різних галузях. Запропонована навчальна модель узгоджує комбінаторні підрахунки зі статистичним моделюванням і забезпечує перевірюваність отриманих результатів у Excel.

Висновки. Інтеграція математики та інформатики в освітньому процесі сприяє розвитку в учнів аналітичного мислення та практичних навичок, необхідних для розв'язання реальних задач. Спільне використання комбінаторики, статистики та інформативних методів навчання допомагає учням не лише засвоїти теоретичні концепції, але й застосовувати їх у практичній діяльності. Використання комп'ютерних технологій, таких як Excel, робить процес навчання більш доступним і наочним, що стимулює учнів до активнішого вивчення цих дисциплін.

Подальші дослідження в цій галузі можуть зосереджуватися на розширенні використання нових інструментів і технологій для навчання комбінаторики та статистики. Вивчення можливостей сучасних програмних платформ та онлайн-ресурсів може значно підвищити ефективність навчального процесу, зробивши його більш інтерактивним і цікавим для учнів. Інтеграція нових технологій дозволяє розвивати практичні навички обробки даних, прогнозування та оптимізації процесів, що є важливим для подальшої професійної діяльності.

Особливо важливим є розробка нових методик інтеграції математики та інформатики через проєктні методи, кейс-метод, ігрові технології та інші сучасні педагогічні стратегії. Дослідження ефективності таких методик відкриває можливості для створення комплексних навчальних моделей, які поєднують математичні методи з іншими дисциплінами, такими як фізика, хімія та економіка.

Конфлікт інтересів і етика. Автор заявляє, що не має конфліктів інтересів. Автор також заявляє про повне дотримання всіх правил етики журнальних досліджень, а саме щодо анонімності участі людей та/або згоди на публікацію.

Подяки. Автор заявляє про відсутність спеціального фінансування цієї роботи.

Список використаних джерел

1. Захарченко Н. В. Теорія ймовірності та математична статистика. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2020. 162 с.
2. Бех Т. В., Захарченко Н. В. Методика розв'язування прикладних задач із теорії ймовірності методом математичного моделювання. *Актуальні проблеми математики, фізики і технологій: зб. наук. праць*. Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. Вінниця: ТОВ «МеркьюріПоділля», 2020. Вип.17. С. 4-9.
3. Пшенична О. С., Гаращенко А. П. Методичні аспекти реалізації STEM-підходів у навчанні: методичні рекомендації до лабораторних занять для здобувачів ступеня вищої освіти магістра

- спеціальності «Середня освіта» освітньо-професійної програми «Середня освіта (Математика)». Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2025. 83 с.
4. Литвинова С. Г. Система комп'ютерного моделювання об'єктів і процесів та особливості її використання в навчальному процесі закладів загальної середньої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2018, №3. URL: <https://arxiv.org/pdf/2005.07552>
 5. Жалдак М. І., Кузьміна, Н. М., Михалін, Г. О. Теорія ймовірностей і математична статистика: Підручник для студентів фізико-математичних та інформатичних спеціальностей педагогічних університетів. Київ. НПУ імені М.П. Драгоманова, 2020. 750 с.
 6. Дуборез А. В. Сучасні методи поєднання математики та інформатики у середній школі. *Всеукраїнська науково-практична конференція. «Досвід роботи сучасного вчителя: практичні розробки та теоретичні надбання»* (Полтава, 2020). URL: <https://genezum.org/library/suchasni-metody-poednannya-matematyky-ta-informatyky-u-seredniy-shkoli>
 7. Друшляк М. Г., Лукашова Т. Д., Скасків Л. В. Навчання майбутніх вчителів математики Розв'язувати задачі теорії графів із використанням GEOGEBRA. *Фізико-математична освіта*. 2019. Випуск 1 (19). С.35-40. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-019-1-006>
 8. Урок «Елементи комбінаторики та математичної статистики». URL: <https://naurok.com.ua/urok-elementi-kombinatoriki-ta-matematichno-statistiki-122826.html>
 9. Горбачук В. М. Теорія ймовірностей та математична статистика: підручник для здобувачів ступеня бакалавра за технічними та економічними спеціальностями. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 351 с.
 10. Огірко О. І., Галайко Н. В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.
 11. Корольський В. В., Крамаренко Т. Г., Семеріков С. О., Шокалюк С. В. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики: навч. посіб. / наук. ред. М. І. Жалдак. Вид. 2, перероб. і доп. Кривий Ріг: Криворізький держ. пед. ун-т, 2019. 444 с.
 12. Інтегрований урок та його аналіз. URL: <https://osvita.ua/school/method/technol/714/>

UDC 519.1+519.2:004:37.091.3

Model of integrating mathematics and informatics in the study of elements of combinatorics and statistics

Volodymyr Kryzhanovskyi

Abstract. The article discusses an educational model for integrating mathematics and computer science in high school through the use of elements of combinatorics and statistics. The importance of such integration for improving the effectiveness of teaching and developing analytical thinking in high school students is determined. Examples of the practical application of combinatorics using MS Excel software, as well as the application of statistical methods for data analysis, are described. It shows how high school students, working with real cases and modeling tools, acquire practical skills that may be useful to them in their further education and professional activities. The use of modern computer technologies makes the learning process more mobile and individualized, contributing to the formation of skills that are necessary for future careers.

Keywords: discipline integration, mathematics, informatics, mathematical modeling, combinatorics, mathematical statistics, MS Excel, educational model, learning, high school.

References

1. Zakharchenko, N. V. (2020). *Probability theory and mathematical statistics*. FOP Rohalska I. O., Vinnytsia.
2. Bekh, T. V., Zakharchenko, N. V. (2020). *Methodology for solving applied problems in probability theory using mathematical modeling*, Current Issues of Mathematics, Physics and Technologies: Collection of Scientific Papers, 17, 4–9.
3. Pshenychna, O. S., Harashchenko, A. P. (2025). *Methodological aspects of implementing the STEM approach in education: methodological recommendations for laboratory classes for master's degree students of the specialty "Secondary Education" (Mathematics)*, Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia.
4. Lytvynova, S. H. (2018). *System of computer modeling of objects and processes and features of its use in the educational process of general secondary education institutions*, Information Technologies and Learning Tools, 3. <https://arxiv.org/pdf/2005.07552>

5. Zhaldak, M. I., Kuzmina, N. M., Mykhalin, H. O. (2020). *Probability theory and mathematical statistics: a textbook for students of physical, mathematical and information specialties of pedagogical universities*, National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv.
6. Duborez, A. V. (2020). *Modern methods of integrating mathematics and computer science in secondary school*, All-Ukrainian Scientific and Practical Conference. "Experience of a Modern Teacher: Practical Developments and Theoretical Achievements" (Poltava, 2020). <https://genezum.org/library/suchasni-metody-poednannya-matematyky-ta-informatyky-u-seredniy-shkoli>
7. Drushlyak, M. G., Lukashova, T. D., Skaskiv, L. V. (2019). *Training Future Mathematics Teachers Solve Graph Theory Problems Using GEOGEBRA*, Physical and Mathematical Education, **1** (19), 35–40. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-019-1-006>
8. Lesson "Elements of Combinatorics and Mathematical Statistics". <https://naurok.com.ua/urok-elementi-kombinatoriki-ta-matematichno-statistiki-122826.html>
9. Horbachuk, V. M. (2023). *Probability theory and mathematical statistics: a textbook for bachelor's degree applicants in technical and economic specialties*, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv.
10. Ogirko, O. I., Galayko, N. V. (2017). *Probability theory and mathematical statistics: a textbook*, Lviv State University of Internal Affairs, Lviv.
11. Korolsky V. V., Kramarenko T. G., Semerikov S. O., Shokalyuk S. V. (2019). *Innovative information and communication technologies for teaching mathematics: a textbook* / scientific editor M. I. Zhaldak. Ed. 2, Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih.
12. Integrated lesson and its analysis. <https://osvita.ua/school/method/technol/714/>

Про автора / About the author

Володимир Крижановський, аспірант, кафедра алгебри та інформатики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58002, Україна;

Volodymyr Kryzhanovskiy, Postgraduate Student, Department of Algebra and Informatics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 2 Kotsiubynskiy St., Chernivtsi 58002, Ukraine.

Отримано / Received 16.05.2025

Прийнято до друку / Accepted 04.11.2025

Опубліковано / Published 26.11.2025