

УДК 378.147:51

Світлана ШЕВЧЕНКО

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, м. Київ
e-mail: s.shevchenko@kubg.edu.ua

Юлія ЖДАНОВА

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, м. Київ
e-mail: y.zhdanova@kubg.edu.ua

Олена НЕГОДЕНКО

кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, м. Київ
e-mail: o.nehodenko@kubg.edu.ua

СТИМУЛЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО РОЗВИТКУ СТУДЕНТІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ДИСКРЕТНОЇ МАТЕМАТИКИ

Анотація. Дана стаття присвячена розробці та теоретичному обґрунтуванню елементів когнітивно-орієнтованої методичної системи навчання у процесі вивчення розділів дискретної математики. Показано місце дискретної математики у структурно-логічній схемі дисциплін галузі F Інформаційні технології спеціальностей F2 Інженерія програмного забезпечення, F5 Кібербезпека та захист інформації, F7 Комп'ютерна інженерія та визначено її методи, що застосовуються в інформаційних моделях відповідної спеціальності. Використовуючи теорію когнітивного навантаження як основу, змодельовано стратегічну лінію стимулювання когнітивного розвитку студентів. Обґрунтовано використання наступних принципів: «візуалізація знань», «виконання за зразком», «міждисциплінарні зв'язки», «III-рефлексія» для формування когнітивних функцій здобувачів. Результати дослідження можуть слугувати підґрунтям для розробки викладачами методів заохочення студентів та активізації їхніх пізнавальних процесів.

Ключові слова: галузь F Інформаційні технології, дискретна математика, когнітивні функції, когнітивно-орієнтована методична система навчання, теорія когнітивного навантаження, методи стимулювання когнітивного розвитку, візуалізація знань, міждисциплінарні зв'язки, III-рефлексія.

Shevchenko Svitlana, Zhdanova Yuliia, Nehodenko Olena. Stimulating students' cognitive development in the process of learning discrete mathematics. This article is devoted to the development and theoretical substantiation of the elements of a cognitively oriented methodological system of training in the process of studying sections of discrete mathematics. The place of discrete mathematics in the structural and logical scheme of disciplines of the branch F Information Technologies of specialties F2 Software Engineering, F5 Cybersecurity and Information Protection, F7 Computer Engineering is shown and its methods used in information models of the corresponding specialty are determined. Using the theory of cognitive load as a basis, a strategic line of stimulating the cognitive development of students is modeled. The use of the following principles is justified: «visualization of knowledge», «exemplary performance», «interdisciplinary connections», «AI-reflection» for the formation of cognitive functions of applicants. The results of

the study can serve as a basis for teachers to develop methods for encouraging students and activating their cognitive processes..

Keywords: *branch F Information Technologies, discrete mathematics, cognitive functions, cognitively-oriented methodological training system, cognitive load theory, methods of stimulating cognitive development, knowledge visualization, interdisciplinary connections, AI reflection.*

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ. Глобальна інформатизація суспільства вимагає фахівців з розвинутими інформаційними компетенціями та аналітичним мисленням. Математична складова в освіті вищої школи є саме тим фундаментом, що зароджує необхідні навички для формування висококваліфікованих фахівців. Розвиток технічної вищої освіти на сучасному етапі характеризується складними суперечливими процесами. Науковці-теоретики вважають необхідним поглиблення математичної підготовки, що диктується впровадженням у різні сфери математичних методів та моделей і їх реалізацією за допомогою інформаційних технологій. Науковці-практики стверджують, що практична складова для спеціаліста є основним у професійному навчальному процесі. Занадто великий акцент робиться на цілях знань, і менше приділяється розвитку здібностей та якостей [1]. Проте успішне опанування математичним апаратом та розуміння його прикладного потенціалу безпосередньо залежить від базового рівня розвитку когнітивної сфери здобувача освіти. Сформовані процеси абстрагування, логічного аналізу та просторового мислення є тією фундаментальною основою, яка дозволяє трансформувати теоретичні знання у практичні компетенції.

Методи дискретної математики мають великий потенціал для формування аналітичного та критичного мислення студентів. Разом з цим специфіка предметного поля дискретної математики полягає у значному рівні формальної абстракції, що вимагає радикальної перебудови мисленнєвих процесів, детермінує граничне навантаження на робочу пам'ять, висуває жорсткі вимоги до когнітивних функцій студента.

Необхідність подолання окреслених суперечностей визначає актуальність та теоретико-методичну важливість цього дослідження.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ. Стрімкий розвиток та інтеграція технологій ШІ в освітній простір докорінно змінили навчання студентів на сучасному етапі. Проблема цілеспрямованого розвитку когнітивних функцій здобувачів набула першочергового значення для забезпечення їхньої інтелектуальної конкурентоспроможності.

Формування когнітивних функцій є послідовним процесом, який починається з навчання у школі та отримує логічний розвиток у ЗВО, зокрема під час вивчення математичних дисциплін. Це підтверджується результатами педагогічних розробок та фундаментальних досліджень вікової психології щодо специфіки студентського віку [2].

Для когнітивного розвитку у дослідженні [3] науковці пропонують впроваджувати у процес вивчення дискретних структур наступні методи: індуктивно-репродуктивний, індуктивно-евристичний, індуктивно-дослідний, дедуктивно-репродуктивний, дедуктивно-евристичний, дедуктивно-дослідний, узагальнено-репродуктивний, узагальнено-евристичний. На їх думку, така діяльність здобувачів сприяє формуванню їх системно-комбінаторного та логіко-алгоритмічного мислення.

Беручи до уваги той факт, що студенти-інформатики вивчення дискретної математики вважають необхідним «злом», з яким важко впоратися [4], автори запропонували не лише педагогічні методи викладання (інтерактивні завдання та робота в парах), але й дисципліну «Дискретна математика» замінити на дисципліну «Моделювання обчислювальних систем» і викладати її на своїй кафедрі, щоб оцінити важливість курсу.

Нам імпонують ті дослідження, у яких запропоновано вивчення дискретної математики за допомогою впровадження класичних математичних програмних пакетів та ШІ [5, 6]. Підкреслюється, що впровадження ШІ у навчальний процес підсилює розвиток когнітивних компетенцій здобувачів [7].

Комплексне бачення викладання дискретної математики було проведено авторами [8], які проаналізували 47 статей з даної проблеми. У дослідженні було виявлено, що науковці надають перевагу: *методам зниження когнітивного навантаження* (метод «опори на зону комфорту», метод

семантичного розкодування нотацій та метод візуалізації концептів); *методам активізації внутрішньої мотивації* (метод міжпредметної контекстуалізації, метод групової взаємодії, метод практичної орієнтації).

Попри тривалу ефективність описаних підходів, сучасний етап цифровізації освіти відкриває нові можливості для їх модернізації: традиційні методи візуалізації та кооперативного навчання отримують якісно новий розвиток завдяки застосуванню інтерактивних симуляторів, хмарних середовищ спільної роботи та генеративного штучного інтелекту як персоналізованого інструменту зниження когнітивного навантаження.

Огляд наукової літератури засвідчує високий ступінь розробленості загальних аспектів розвитку когнітивних умінь студентів у процесі вивчення дискретних структур, що обґрунтовує доцільність даного дослідження як такого, що доповнює попередні розвідки внаслідок інтеграції когнітивно-психологічного та математичного підходів.

Мета дослідження – розробка та теоретичне обґрунтування елементів методичної системи навчання дискретної математики, спрямованої на активізацію когнітивних функцій студентів та збалансування їх когнітивного навантаження.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ Й ОБґРУНТУВАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ. Чітко визначене місце курсу дискретної математики в освітньому процесі є критично важливим, оскільки цей предмет слугує фундаментальним базисом для профільних дисциплін та підготовки майбутніх ІТ-фахівців [9]. Тому, в першу чергу, було проаналізовано освітні програми галузі F Інформаційні технології спеціальностей F2 Інженерія програмного забезпечення, F5 Кібербезпека та захист інформації, F7 Комп'ютерна інженерія та визначено її методи, що застосовуються в інформаційних моделях відповідної спеціальності.

1. Спеціальність F2 Інженерія програмного забезпечення.

На рисунку 1 представлена логічна схема «Реалізація методів комп'ютерних дискретних структур у навчальній діяльності майбутніх спеціалістів інженерії програмного забезпечення».



Рисунок 1. Реалізація методів комп'ютерних дискретних структур у навчальній діяльності майбутніх спеціалістів інженерії програмного забезпечення

У таблиці 1 представлено методи комп'ютерних дискретних структур в інформаційно-математичних моделях.

Таблиця 1.

Методи комп'ютерних дискретних структур у системах інженерії програмного забезпечення

Комп'ютерні дискретні структури	Інформаційно-математичні моделі
Елементи теорії графів та алгоритмів.	Алгоритми на графах
	Дерево рішень в програмуванні
	Створювати карти користувацьких маршрутів
	Схеми взаємодії
	Бінарне дерево пошуку
	Модель комп'ютерної програми
	Інформаційні потоки
	Випадковий ліс в машинному навчанні
	Модель нейронної мережі
	Пошук мінімального шляху в моделі
	Марківська модель
	Побудова дерева рішень задач інформаційної системи
	Комбінаторні алгоритми в програмуванні
Комбінаторний аналіз	Комбінаторні алгоритми в програмуванні
Елементи математичної логіки.	Булеві поліноми в програмуванні
Елементи теорії множин і відношень. Алгебраїчні структури.	Побудова моделі користувача
	Відображення структур, процесів, об'єктів в інформаційних системах
	Побудови персоніфікованих моделей
	Поліморфізм
Теорія автоматів. Клітинні автомати.	Побудова автоматів та мінімізація їх
	Моделі конкуруючих клітинних автоматів
	Аналіз та розпізнавання зображення

2. Спеціальність F5 Кібербезпека та захист інформації.

На рисунку 2 представлена логічна схема «Реалізація методів дискретної математики у навчальній діяльності майбутніх спеціалістів кібербезпеки».



Рисунок 2. Реалізація методів дискретної математики у навчальній діяльності майбутніх спеціалістів з кібербезпеки

У дослідженні [10] здійснено узагальнення, аналіз існуючих підходів до використання теорії графів в області захисту інформації та визначення шляхів подальшого використання графових технологій у даній сфері; описано застосування теорії графів у системах інформаційної та кібернетичної безпеки; доведено, що уміння оперувати методами графових технологій сприяє розвитку програмних і технічних засобів захисту інформації.

У таблиці 2 представлено методи комп'ютерних дискретних структур в інформаційно-математичних моделях кібербезпеки.

Методи дискретної математики в інформаційно-математичних моделях кібербезпеки

Розділи дискретної математики	Інформаційно-математичні моделі
Теорія графів	Граф атак
	Алгоритм зашифрування-розшифрування за допомогою графів Ейлера
	Дерево рішень (теорія ризиків; теорія прийняття рішень)
	Дерево цілей, дерево функцій (системний аналіз)
	Ієрархічна структура (метод аналізу ієрархій в теорії прийняття рішень)
	Дерево відмов (теорія ризиків)
	Метод краватка-метелик (теорія ризиків)
	Модель комп'ютерної програми (технології безпечного програмування)
	Інформаційні потоки
	Структура (топологія) комп'ютерної мережі (Захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах»)
Комбінаторний аналіз	Теорія інформації та кодування
	Теорія ймовірностей і математична статистика
Елементи теорії булевих функцій	Булеві поліноми в теорії кодування та в криптографії
	Схеми з логічних елементів (компонентна база та елементи схемотехніки в системах захисту інформації)

3. Спеціальність F7 Комп'ютерна інженерія.

На рисунку 3 представлена логічна схема «Реалізація методів дискретних структур у навчальній діяльності майбутніх спеціалістів комп'ютерної інженерії».

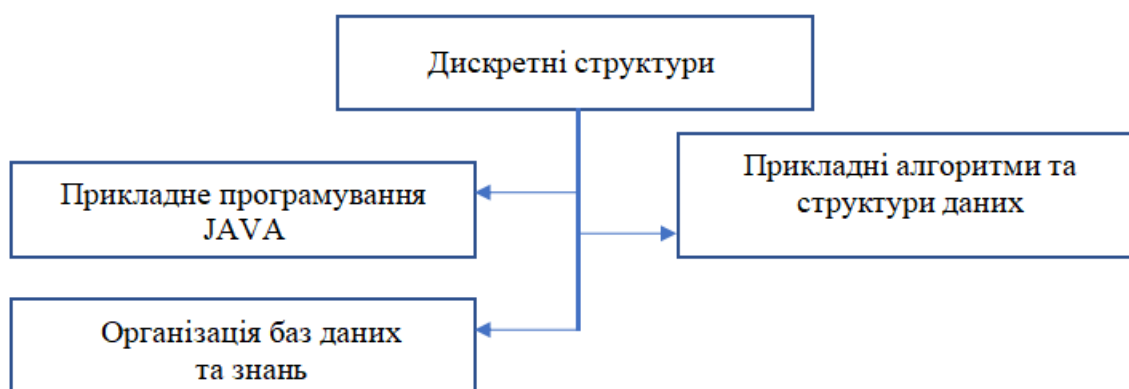


Рисунок 3. Реалізація методів дискретних структур у навчальній діяльності майбутніх спеціалістів комп'ютерної інженерії

У таблиці 3 представлено методи комп'ютерних дискретних структур в інформаційно-математичних моделях комп'ютерної інженерії.

Таблиця 3.

Методи дискретних структур у системах комп'ютерної інженерії

Розділи дискретної математики	Інформаційно-математичні моделі
Елементи теорії графів та алгоритмів.	Задача про випадкове блукання з уникненням перетинів маршруту
	Н-дерева, побудова броунівського моста
	Архітектура класів дерева
	Алгоритми базових операцій із деревом та їх реалізація
	Операції обхід дерева
	Реалізація базових операції вставки, видалення, пошуку вузла
	Представлення графу у коді програм
	Проектування системи класів для графів
	Здійснення обходів вершин графу (DFS, BFS)
	Прикладне застосування обходів для вирішення практичних задач
	Застосування графу у задачах перетину (накладання) об'єктів
	Алгоритм Дейкстри для знаходження мінімального шляху у графі
Комбінаторний аналіз	Рекурсія: огляд математичної задачі обрахунку факторіалу та реалізації на Java
	Комбінаторні алгоритми в програмуванні
Елементи математичної логіки.	Логічні операції у відповідних виразах
	Булеві поліноми для захисту даних
Елементи теорії множин і відношень. Алгебраїчні структури.	Порівняння ефективності різних способів обробки множини значень одного типу в коді Java
	Застосування масивів для зберігання різних значень однієї
	Вибір довільних елементів з множини значень одного типу
	Тасування значень у множині та формування вибірки
	Використання масивів для більш ефективного написання коду
	Імітаційне моделювання на Java
	Поліморфізм
	Оцінка часу виконання алгоритму для множин даних різного обсягу
	Схема утворення кінцевих класів множини
	Модель даних відповідно до задач предметної галузі

Отже, є очевидним, що комп'ютерні дискретні структури та дискретні структури є вихідними дисциплінами для вивчення дисциплін професійної підготовки студентів галузі інформаційних технологій і дозволяє побудувати

дискретні об'єкти разом з заданими на них функціями, операціями, відношеннями, застосування до них відповідних алгоритмів та проведення їх кількісного та якісного аналізу.

Наступним етапом у побудові методичної системи є формування когнітивних функцій здобувачів освіти методами дискретної математики, спираючись на теорію когнітивного навантаження. Вибір цієї технології зумовлений високою абстрактністю дискретних структур та обмеженням людської пам'яті, що впливає на ефективність навчального процесу та розвиток когнітивних функцій студентів.

Теорія когнітивного навантаження розроблена Джоном Свеллером [11, 12] ґрунтується на твердженні, що робоча пам'ять може обробляти обмежену кількість інформації, тому потрібно мінімізувати зовнішнє когнітивне навантаження та сприяти доречному навантаженню [13, 14].

Якщо сукупність трьох видів навантаження (складність матеріалу, спосіб його подачі та зусилля на осмислення) виходить за межі робочої пам'яті студента, виникає когнітивне перевантаження. Як наслідок, здобувач втрачає здатність ефективно засвоювати новий матеріал, приймати виважені рішення та справлятися із завданнями, які раніше не викликали у нього труднощів.

Модель формування когнітивних навичок спеціалістів кібербезпеки, необхідних для ефективного виявлення, аналізу та реагування на кіберзагрози представлено у дослідженні [15]. Дана модель побудована на основі проблемно-діяльнісного та особистісно орієнтованого підходів і ґрунтується на принципах системності, практико-орієнтованості та індивідуалізації.

У процесі вивчення дискретної математики пропонуємо побудову навчального процесу, який включає наступні етапи: «візуалізація знань», «виконання за зразком», «міждисциплінарні зв'язки», «ІІІ-рефлексія».

Як зразок, у таблиці 4 представлено реалізацію цієї методики у процесі вивчення алгоритму Краскала, визначено суть кожного етапу та результат формування відповідних когнітивних функцій здобувачів.

**Реалізація когнітивно-орієнтованої методичної системи навчання
у процесі вивчення алгоритму Краскала**

Етап	Суть	Формування когнітивних дій
I етап. Візуалізація знань	Графічне представлення роботи даного алгоритму. Рисунок та коментар допомагає сприймати інформацію ефективніше, тим самим знижується стороннє навантаження на студента.	1. Зорове сприйняття (зважений граф є не просто геометрична фігура, а структура з топологічними зв'язками). 2. Увага (фокус на конкретному об'єкті, наприклад, на вазі ребра). 3. Розпізнавання образів (наприклад, швидко визначити, чи утворює нове ребро цикл з попередніми).
II етап. Виконання за зразком	Демонстрація детального, покрокового розв'язування задачі на конкретному прикладі. Таким чином, здійснюється регулювання внутрішнього навантаження на здобувача.	1. Алгоритмічне мислення (виконання покрокових процедур). 2. Аналітичне мислення (побудова кістякового дерева, як основна задача розбивається на елементарні підзадачі з проведенням аналізу кожного ребра). 3. Оперативна пам'ять (здатність утримувати список обраних раніше ребер для наступного кроку).
III етап. Міждисциплінарні зв'язки	Застосування алгоритму Краскала у практичній професійній діяльності. Наприклад, прокладання оптоволоконного кабелю з мінімальною вартістю. Таким чином, стимулюється збалансоване внутрішнє навантаження студентів.	1. Асоціативне мислення (проведення паралелей між абстрактною математичною моделлю та реальними процесами у професійній діяльності). 2. Абстрагування (зведення практичної задачі з кабелями та стовпами до складання матриці довжин ребер). 3. Практична орієнтація (здатність застосувати математичний метод для розв'язання задач в інженерії).
IV етап. III-рефлексія	Перевірка виконання завдання за допомогою III: порівняння кожного кроку та результатів. Таким чином, стимулюється саморефлексія та самоперевірка.	1. Критичне мислення (не сприймати на віру генерації III, а верифікувати їх через призму математичних теорій). 2. Рефлексія та самооцінювання (фіксація у довготривалій пам'яті алгоритму розв'язування задачі, власних кроків і порівняння результатів з III).

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

дослідженні представлено інтегративний підхід до викладання дискретної математики як дієвого інструменту стимулювання когнітивного розвитку студентів.

Показано місце дискретної математики у структурно-логічній схемі дисциплін галузі F Інформаційні технології спеціальностей F2 Інженерія програмного забезпечення, F5 Кібербезпека та захист інформації, F7 Комп'ютерна інженерія та визначено її методи, що застосовуються в інформаційних моделях відповідної спеціальності.

Поклавши за основу теорію когнітивного навантаження, було побудовано методичну систему навчання, яка включає наступні етапи: «візуалізація знань», «виконання за зразком», «міждисциплінарні зв'язки», «ШІ-рефлексія».

На теперішній час педагогічний експеримент перебуває на етапі тривалого моніторингу. Остаточна перевірка ефективності запропонованого підходу та верифікацію гіпотези будуть здійснені за допомогою критеріїв математичної статистики.

Результати дослідження можуть бути використані викладачами для підвищення мотивації здобувачів освіти та підтримання їхнього когнітивного розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wei L., Zhao Q. Teaching Reform of Discrete Structures Based on Double Helix Model. 2025. DOI: 10.2991/978-2-38476-364-1_18
2. Шевченко С. М. Розвиток аналітичного мислення студентів вищих технічних навчальних закладів у процесі вивчення математичних дисциплін: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 – теорія та методика навчання (математика). Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2013. 20 с.
3. Бондаренко З. В., Кирилащук С. А., Кирилащук Т. Г. Методичні аспекти навчання дискретної математики майбутніх фахівців з інформаційних технологій. *Педагогіка безпеки*. 2018. № 2. С. 145-152
4. Moller F., O'Reilly L. On Teaching Discrete Mathematics to Freshman Computer Science Students. *Journal of Higher Education Theory and Practice*. 2019. Vol. 19. DOI: 10.33423/jhetp.v19i8.2670
5. Stefanova T., Georgiev S. Possibilities for using AI in mathematics education. *Mathematics and Education in Mathematics*. 2024. Vol. 53. P. 117-125. DOI: 10.55630/mem.2024.53.117-125

6. Kuang H., Li H., Zeng M., Wang J. AI-Assisted Discrete Mathematics Teaching Platform Based on Multimodal Learning Resources. In: Hong, W., Cui, B., Weng, Y., Li, C. (eds). *Computer Science and Education. AI Shaping Education. ICCSE 2025*. Communications in Computer and Information Science, vol. 2761. Singapore: Springer, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-95-7731-6_9
7. Hwang G.-J., Tu Y.-F. Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review. *Mathematics*. 2021. Vol. 9, № 6. P. 584.
8. Whelan T., Bergin S., Power J. Discrete Structures Teaching: A Systematic Literature Review. *Technical Report: NUIM-CS-TR-2010-01*. 2010.
9. Zhang Y., Zhang H. Discussion Reform of Education on Course of Discrete Mathematics. 2013.
10. Шевченко С., Жданова Ю., Складанний П., Спасітелєва С. Математичні методи в кібербезпеці: графи та їх застосування в інформаційній та кібернетичній безпеці. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2021. Т. 1, № 13. С. 133-144.
11. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*. 1988. Vol. 12. P. 257-285.
12. Sweller J. Cognitive load theory. In: Mestre, J. P., Ross B. H. (eds). *The Psychology of Learning and Motivation: Cognition in Education*. Elsevier Academic Press, 2011. P. 37-76.
13. Evans P., Vansteenkiste M., Parker P., Kingsford-Smith A., Zhou S. Cognitive Load Theory and Its Relationships with Motivation: a Self-Determination Theory Perspective. *Educational Psychology Review*. 2024. Vol. 36. DOI: 10.1007/s10648-023-09841-2
14. Clark C., Kimmons R. Cognitive Load Theory. *EdTechnica*. 2023. DOI: [10.59668/371.12980](https://doi.org/10.59668/371.12980)
15. Шевченко С., Жданова Ю., Спасітелєва С. Модель формування когнітивних навичок спеціалістів з кібербезпеки. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Т. 2, № 30. С. 280-291.