УДК [519.854:37.091.313]:004-049.7(045)

https://doi.org/10.52058/2786-6165-2024-5(23)-1386-1399

Рудницький Сергій Олександрович старший викладач кафедри вищої математики та методики навчання математики, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, 20301, https://orcid.org/0000-0001-7798-5715

Колмакова Віра Олексіївна старший викладач кафедри інформатики і інформаційно-комунікаційних технологій, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, 20301, https://orcid.org/0000-0001-5414-0939

Шаров Сергій Володимирович кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерних наук, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, https://orcid.org/0000-0001-5732-9980

ПРОЕКТНА ДІЯЛЬНІСТЬ У КУРСІ ДИСКРЕТНОЇ МАТЕМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. У статті аналізуються можливості методу проекту у поєднанні з інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ) під час викладання курсу «Дискретна математика». Виявлено, що дискретна математика є важливим компонентом підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій, вчителів математики та інформатики. Вона використовується для аналізу алгоритмів та структур даних, розробки та проектування програмного забезпечення, в мережевих технологіях та базах даних тощо. З'ясовано, що для активізації навчальної діяльності та підвищення зацікавленості у вивченні курсу «Дискретна математика» потрібно застосовувати інноваційні підходи та сучасні технології. Ефективним напрямком підвищення якості вивчення дисципліни є проектна діяльність. Її використання дозволяє здобувачам вищої освіти застосовувати отримані знання у різних ситуаціях, розвинути соціально-комунікативні навички, зокрема вміння працювати в команді. А поєднання методу проектів та ІКТ надає можливість забезпечити достатній рівень інтерактивності та залученості здобувачів вищої освіти до вивчення дискретної математики. Таким чином забезпечується

інтерактивна взаємодія між викладачем та здобувачами вищої освіти, а результати проектної діяльності стають більш динамічними та яскравими. Зазначається, що дискретну математику можна вивчати за допомогою спеціалізованих пакетів математичного спрямування, різноманітних онлайн ресурсів та сервісів. Застосування ІКТ при підготовці таких проектів може автоматизувати рутинні процеси, що сприятиме поліпшенню ефективності управління проектом у процесі його підготовки та реалізації. Пропонується декілька авторських проектів, що можуть використовуватися під час вивчення курсу «Дискретна математика», надані методичні рекомендації до їх реалізації. У подальших дослідженнях передбачається дослідити вплив розроблених проектів на успішність здобувачів освіти з дисципліни «Дискретна математика».

Ключові слова: метод проектів, дискретна математика, інформаційні технології, онлайн сервіс, математичні поняття.

Rudnytskyi Serhii Oleksandrovych Senior Lecturer of the Department of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Sadova St., 2, https://orcid.org/0000-0001-7798-5715

Kolmakova Vira Oleksiivna Senior Lecturer of the Department of Computer Science, Information and Communication Technologies, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Sadova St., 2, Uman, 20300, https://orcid.org/0000-0001-5414-0939

Sharov Sergii Volodymyrovych PhD of Pedagogical Sciences, Associate professor, Head of the Department of Computer Science, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, St. Zhukovsky, 66, Zaporizhzhia, 69600, https://orcid.org/0000-0001-5732-9980

PROJECT ACTIVITY IN THE COURSE OF DISCRETE MATHEMATICS USING INFORMATION TECHNOLOGIES

Abstract: The article analyzes the possibilities of the project method in combination with information and communication technologies during the teaching of the course "Discrete Mathematics". It is evident that discrete mathematics plays a crucial role in the education of future professionals in information technology, as well as mathematics and computer science teachers. It is used for analyzing algorithms and data structures, developing

and designing software, networking technologies, and databases. It is clarified that to activate educational activities and increase interest in studying the course "Discrete Mathematics", it is necessary to apply innovative approaches and modern technologies. Project activity is an effective way to improve the quality of studying the discipline. Its use allows students of higher education to apply acquired knowledge in various situations, develop social and communicative skills, including teamwork skills. The combination of the project method and ICT provides an opportunity to ensure an adequate level of interactivity and engagement of higher education students in studying discrete mathematics. In this way, interactive interaction between the teacher and students of higher education is ensured, and the results of project activities become more dynamic and vivid. It is noted that discrete mathematics can be studied with the help of specialized packages of mathematical direction, various online resources, and services. The use of ICT in the preparation of such projects can automate complex routine processes, contributing to improving the effectiveness of project management at each stage of its preparation. Several author's projects are proposed that can be used during the study of the course "Discrete Mathematics", and methodological recommendations for their implementation are provided. Further research is envisaged to investigate the impact of developed projects on the success of education students in the discipline "Discrete Mathematics".

Keywords: project method, discrete mathematics, information technologies, online service, mathematical concepts.

Постановка проблеми. Курс дискретної математики займає вагоме місце у підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій та суміжних спеціальностей, зокрема вчителів інформатики та математики. Сфера її застосування це криптографія, мережевий аналіз, алгоритмізація та програмування, візуалізація даних, проектування тощо. Водночас, на сьогоднішній день викладання дискретної математики часто базується на традиційних методах, що не завжди достатньо стимулює активну участь здобувачів вищої освіти в освітньому процесі. Використання проектної діяльності може стати ефективним інструментом для підвищення інтересу та розуміння студентами навчального матеріалу. Крім того, у сучасному освітньому середовищі використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) стає необхідністю для забезпечення ефективного навчання та розвитку у здобувачів вищої освіти цифрових компетентностей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання щодо застосування проектної діяльності при викладанні математики досліджували О. Жерновникова, С. Рендюк. Використання проектів математичного спрямування у підготовці майбутніх фахівців досліджено у роботах Д. Возносименко, B. Hopkins та ін. Впровадження STEM-проектів у підготовку майбутніх вчителів математики та інформатики досліджено у роботі Т. Крамаренко та О. Пилипенко.

Застосування інформаційно-комунікаційних технологій під час викладання дискретної математики відображено у численних дослідженнях вітчизняних та зарубіжних науковців. Для навчання розділів дискретної математики використовуються авторські веб ресурси (М. Медведєва, В. Колмакова, Z. Duan та ін.), онлайн сервіси SageMathCloud (І. Дереза, М. Попель) та ін. Можливості інструментів GeoGebra досліджувалися під час викладання дисциплін «Теорія графів» (М. Друшляк, Т. Лукашова, Л. Скасків), «Диференціальна геометрія і топологія» (В. Дубовик, С. Рудницький). В. Пікалова пропонує використовувати при навчанні курсу дискретної математики GeoGebra з метою дослідження математичних об'єктів із застосуванням динамічних демонстрацій.

Водночас, постійно з'являються нові педагогічні технології, цифрові ресурси та онлайн сервіси математичного спрямування. Це актуалізує потребу у висвітлені методики застосування проектної діяльності з використанням онлайн сервісів під час викладання дискретної математики з урахуванням сучасних тенденцій.

Мета статті – висвітлити методику застосування ІКТ у поєднанні з проектною діяльністю для підвищення пізнавального інтересу здобувачів вищої освіти до вивчення курсу дискретної математики.

Виклад основного матеріалу. Відомо, що математичні знання мають важливе значення для підготовки майбутніх фахівців комп'ютерних і технічних наук [1]. Це пояснюється використанням різних розділів сучасної математики для розв'язання складних проблем, пов'язаних з обчисленнями, створенням нових технологій та ефективного використання обчислювальних ресурсів. Наприклад, теорія чисел і абстрактна алгебра використовуються у криптографії; аналітична геометрія та лінійна алгебра використовуються для побудови тривимірної та векторної графіки; теорія ймовірностей та математичний аналіз використовують для машинного навчання та розробки систем штучного інтелекту.

Важливе значення для галузі інформаційних технологій має дискретна математика. Цей розділ математики має майже необмежені

сфери застосування, що пояснюється оперуванням абстрактними, ідеальними об'єктами. Вона використовується насамперед для аналізу алгоритмів та структур даних, у комп'ютерній графіці та візуалізації даних, системах штучного інтелекту, реляційних базах даних, під час розробки та проектування програмних продуктів тощо. Наприклад, слабо розвинуті навички з алгоритмізації та погане розуміння структур даних призводить до неможливості написати працездатний програмний код. Окремі напрямки застосування дискретної математики безпосередньо пов'язані із інформаційними технологіями, зокрема: створення 3D-зображень зі сканованих археологічних пам'яток; виявлення фейкових відео; виявлення зламаних або злочинних серверів з метою безпеки мережі тощо. Набуті знання та сформовані компетентності під час вивчення дискретної математики використовуються здобувачами освіти ІТ-спеціальностей у більшості дисциплін загальнопрофесійного та спеціального блоків [2].

Науковці та викладачі-практики звертають увагу на різні підходи до викладання дискретної математики. Потужні можливості ІКТ надають викладачам можливість унаочнити навчальний матеріал, зробити його більш зрозумілим. Як зазначається у роботі [3], використання мультимедійних технологій дозволить наситити «сухий» математичний матеріал анімацією, зображеннями та схемами, зробити його більш доступним для сприйняття. Крім того, математична освіти нерозривно пов'язана з використанням спеціалізованих математичних програмних засобів, які можна поділити на комп'ютерні програми динамічної математики (зазвичай використовуються у шкільному курсі математики) та системи комп'ютерної математики, які більше спрямовані на використання у вищій школі [4]. Наприклад, відома програма GeoGebra використовується при розв'язанні задачі теорії графів; може допомогти здобувачам вищої освіти виконувати дії над матрицями, досліджувати просторові та плоскі криві під час вивчення дисциплін «Лінійна алгебра» та «Диференціальна геометрія і топологія» [5]. На користь GeoGebra у процесі STEM-освіти вказує Ю. Ботузова. Це досягається завдяки безкоштовності, можливості створювати авторські інтерактивні навчальні матеріали, об'єднання в одному програмному пакеті розділів з алгебри, геометрії, таблиць та графіків, статистики та обчислень. З точки зору математичної освіти GeoGebra надає можливості будувати графіки функцій, розв'язувати рівняння, нерівності, системи рівнянь та нерівностей, досліджувати поняття похідної, функції, інтегралу, виконувати задачі на побудову многогранників та ін. [6]. Також на практичних заняттях з дискретної

математики доречно застосовувати пакети програм математичного спрямування, таких як Mathcad, Mathlab, Mathematica, Maple [7], [8] та ін.

В умовах дистанційної освіти та змішаного навчання [9] під час навчання дискретної математики доречно використовувати онлайн ресурси та сервіси. Наприклад, використання вільно поширюваного хмарного середовища SageMathCloud (зазвичай його називають CoCalc) під час вивчення диференціальної геометрії висвітлено у роботі І. Дерези та М. Попель [10]. Це потужний інструмент із широким спектром функцій для забезпечення спільної роботи, здійснення наукових досліджень, освітньої діяльності. Науковці наголошують на можливості використання даного сервісу під час індивідуальної або групової роботи, коли потрібно візуалізувати математичні співвідношення, здійснити чисельні розрахунки та символьні перетворення тощо. Дослідниці М. Медведєва та В. Колмакова [11] використовують для навчання дискретної математики персональний освітній web-ресурс, який був створений за допомогою html5, JQuery, MySQL, CSS, php та інших інструментів для веб-розробки. Розроблений ресурс дозволяє ознайомитися з теоретичним матеріалом, виконати практичні завдання, ознайомитися з методичними матеріалами до самостійної роботи, пройти тестування з дисципліни тощо. Z. Duan та ін. [1] використовує ІКТ для проведення онлайн тестування з дискретної математики з можливістю надання рекомендацій за результатами відповіді.

Навчання курсу дискретної математики у закладах вищої освіти потребує впровадження ефективних педагогічних технологій. Ми вбачаємо це у використанні проектної діяльності та ІКТ.

Взагалі, метод проектів як педагогічна технологія передбачає застосування набутих знань та сформованих компетентностей у процесі реалізації сформованого заздалегідь проекту. Результати виконання проекту теж повинні бути відповідно оформлені у вигляді звітів, відеофільмів, презентацій. Проектна діяльність передбачає активну участь здобувачів вищої освіти, які формулюють проміжну мету та завдання, здійснюють пошук шляхів вирішення проекту, розподіляють функціональні обов’язки, виконують проект без підказки викладача [12] тощо. С. Рендюк вважає, що залучення здобувачів освіти до проектної діяльності у процесі вивчення математики дозволяє розвинути аналітичне, критичне та проектне мислення, здатність застосовувати отримані звання на практиці, сформувати дослідницькі уміння та ін. [13]. Д. Возносименко використовувала метод проектів під час викладання дисципліни «Методика навчання математики» для майбутніх вчителів математики. Дослідниця зазначає, що майбутнім вчителям корисно

знати зміст поняття «проектна діяльність», «метод проектів», вимоги до їх організації, способи та шляхи долучення здобувачів освіти до проектної діяльності [14]. Поряд зі звичайними проектами з'явилися нові типи проектів. Наприклад, у гейміфікованих проектах використовуються ігрові механізми для досягнення поставленої задачі. Такий вид проекту дозволяє створити додаткові стимули для здобувачів освіти, робить освітній процес більш захоплюючим [15].

Під час проектної діяльності забезпечується інтерактивна та комунікативна складова, розвивається соціальна компетентність. В цьому контексті М. Медведєва та Г. Ткачук вказують на значні переваги інтерактивного навчання у поєднанні з використанням ІКТ. Інтерактивні методи дозволяють змінити ставлення здобувачів вищої освіти до об'єкту навчання. При цьому ІКТ стають проміжною ланкою між викладачем та здобувачем вищої освіти. Дослідниці вважають, що за рахунок різноманітності інтерактивних технологій та засобів ІКТ викладачі мають можливість застосувати різні шляхи активізації пізнавальної діяльності здобувачів вищої освіти та привернути увагу до вивчення математичних дисциплін [16]. Слід зазначити, що використання ІКТ є вимогою часу, завдяки чому можна значно підвищити якість освітнього процесу, забезпечити навчання в дистанційному та змішаному форматі, розвинути цифрові компетентності здобувачів освіти та викладачів [17]. Як відомо, інформаційно-цифрова компетентність передбачає здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук і критично оцінювати інформацію, оперувати нею у професійній діяльності з використанням інформаційних технологій в освітньому процесі.

Пропонуємо розглядати проекти з дискретної математики за двома напрямами:

– моделювання процесу за допомогою формул дискретної математики;

– дослідження теми у супроводі історичних першоджерел.

Реалізація методу проектів при вивченні дискретної математики передбачає виконання декількох етапів.

1. Вибір теми. На даному етапі здобувачі вищої освіти визначають напрям і формують назву проекту. Перед початком запровадження проектної діяльності в межах конкретної дисципліни, зокрема курсу «Дискретна математика», викладач повинен підготувати список тем проектів, чітко окреслити тему, мету, пропоновані цифрові інструменти, онлайн-ресурси та критерії оцінювання роботи. При виборі теми слід

враховувати кількість учасників проекту, їхні інтереси та індивідуальні можливості. Даний етап є запорукою успішної роботи, тому слід відповідально поставитися до вибору теми дослідження.

В цьому контексті можна придумати або свої проекти, або скористатися напрацюваннями інших науковців та освітян. Наприклад, у роботі Б. Хопкінса [18] відображено широкий спектр тематичних напрямів проектів з дискретної математики, які можуть бути взяті за основу при підготовці робіт у закладах вищої освіти. Також він виділяє важливий клас історичних проектів, які стали основою для розвитку сучасних технологій та наукових дослідженнях у багатьох галузях. На онлайн ресурсі «Learning Discrete Mathematics and Computer Science via Primary Historical Sources» (https://www.cs.nmsu.edu/historical-projects/projects.php) розміщено 18 тем з дискретної математики з методичними рекомендаціями науковців, що апробували проекти за відповідною тематикою. Крім того, у відгуках зазначено з якими труднощами стикалися студенти і які позитивні результати роботи над проектом вони отримали. Кожен проект передбачає серію вправ (20-30 завдань). Користуючись запропонованими завданнями, викладач може адаптувати проект до робочої навчальної програми з дискретної математики. Для мотивації вивчення дискретної математики радимо ознайомитись зі змістом сайту «Discrete mathematics in real world» (https://mathily.org/dm-rw.html), який може стати у нагоді для проектної діяльності та міждисциплінарної інтеграції.

2. Планування діяльності. Даних етап передбачає виконання декількох підзадач, а саме:

– окреслення мети проєкту;

– визначення джерел збору та обробки інформації;

– розподіл між учасниками проекту обов’язків з виконання завдань;

– розробка графіку виконання завдань для ефективного управління часом (тайм-менеджмент).

Збір та аналіз інформації. Здобувачі вищої освіти збирають необхідні теоретичні знання з дискретної математики, аналізуючи письмові (книги, статті) та електронні (сайти, форуми, електронні книги, веб-інструменти) джерела інформації. За результатами проведеної дослідницької роботи вони відсортовують знайдені ресурси для вирішення поставлених цілей та завдань дослідження, окреслюють подальші дії у реалізації проекту.

Реалізація задачі передбачає розробку та реалізацію плану намічених дій. Це може бути написання програмного коду, виконання математичних обчислень або проведення експериментів. На даному етапі також необхідно виправити можливі помилки та вдосконалити втілені алгоритми реалізації задачі. Всі висновки, результати та зауваження слід задокументувати з метою моніторингу якості та прогресу роботи над проектом.

Для виконання проектів з дискретної математики можна скористатися онлайн сервісами для побудови графів. Наприклад, тема: «Повний дводольний граф» представлена на сайті «3D Graph theory» (https://d3gt.com/unit.html) наступним чином: у лівій колонці знаходяться ключові, короткі теоретичні відомості та інструкція по побудові та дослідженні даного графа. Можна перевірити у інтерактивному режимі створений граф на повноту та дводольність (Рис. 1).

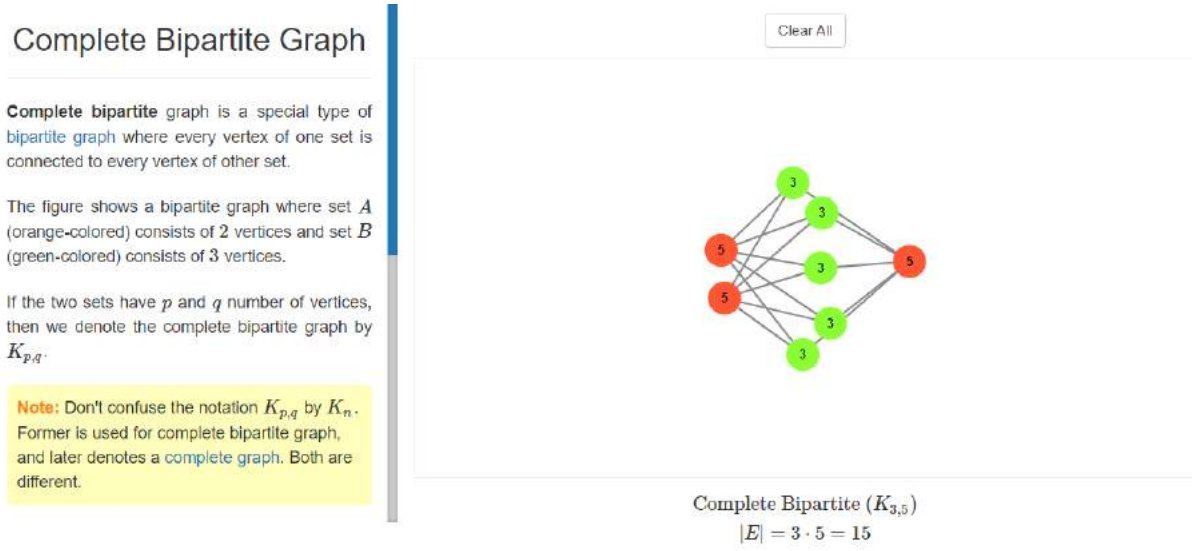


Рис. 1. Побудова повного дводольного графа

За допомогою інтерактивної навчальної платформи «Graph theory» (https://graph-theory-tutorial.vercel.app/) можна в інтерактивному режимі формувати зображення орієнтованих графів, досліджувати алгоритми пошуку на графах. Це буде доволі корисним під час підготовки проектів з дискретної математики. На Рис. 2 відображено реалізацію алгоритму «пошук у ширину» на створеному графі.

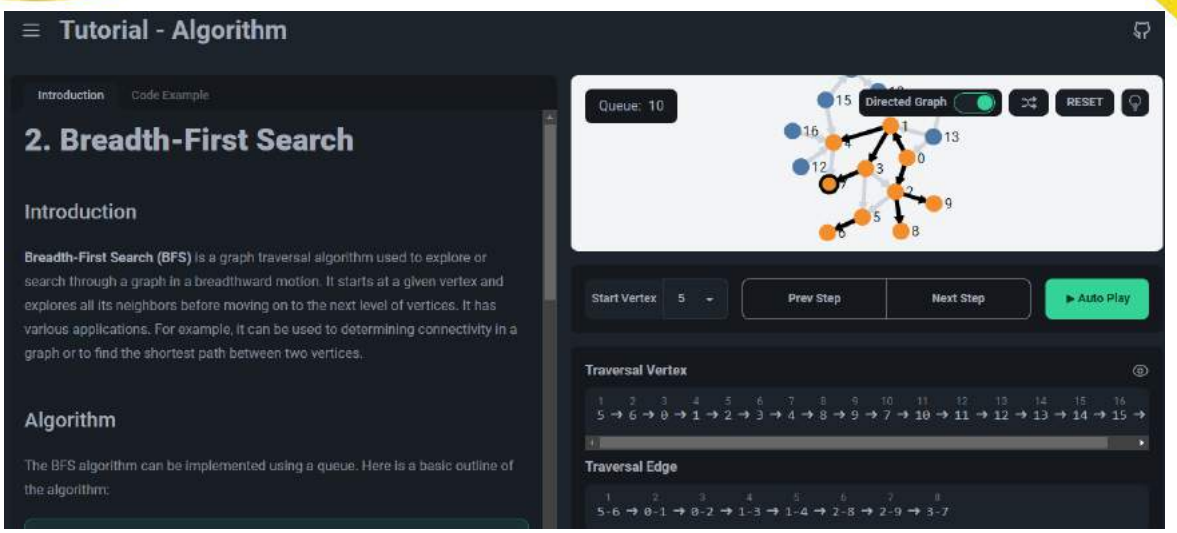


Рис. 2. Дія алгоритму «пошук у ширину»

Презентація проекту передбачає представлення результатів дослідження у стислій та зрозумілій формі у вигляді мультимедійної презентації. Здобувачі вищої освіти захищають власний проект перед групою та викладачем в аудиторії. Після захисту відбувається колективне обговоренні перебігу реалізації проекту та отриманих результатів, оцінюються витрачені зусилля, використані інструменти, практична значущість та подальші перспективи дослідження.

Розглянемо конкретні приклади проектів з дискретної математики.

Приклад 1. Тема проекту: «Дослідження гамільтонових та ейлерових графів у контексті національно-визвольного повстання під головуванням Богдана Хмельницького».

Методичний коментар. Дослідження даної теми може допомогти краще зрозуміти динаміку та стратегії дій учасників згаданих подій Наприклад, гамільтоновий граф може відображати можливі шляхи армій та їхніх рухів в період повстання. Дослідження такого графа може допомогти з'ясувати, як рухалися війська Богдана Хмельницького, де вони зустрічали опір, де були стратегічно важливі пункти (точки) тощо. З іншого боку, ейлеровий граф може відображати зв'язки між різними локаціями, містами, фортецями та іншими важливими об'єктами у контексті повстання. Дослідження такого графа може вказати на основні маршрути комунікацій та переміщень учасників повстання, допомогти зрозуміти логістику та стратегічні важливості різних пунктів (точок). Аналізуючи такі графи, можна також дослідити ефективність комунікаційних мереж, рівень зв'язку між різними частинами повстання, а також ідентифікувати можливі проблеми в логістиці чи обороні.

Приклад 2. Тема проекту: «Розв'язання логічних задач за допомогою графів-дерев».

Методичний коментар. Даний проект передбачає добір логічних задач за наступними темами: пошук найкоротшого шляху, розв'язування головоломок, складання розкладів, планів робіт, задачі на шахівниці, тощо. Протягом роботи над проектом здобувачі вищої освіти навчаються використовувати графи-дерева, вдосконалювати свої аналітичні навички та знаходити ефективні шляхи розв'язку логічних завдань. Крім того, варто пропонувати або добирати задачі, що розв'язуються різними способами та методами дискретної математики. Дослідження даної теми має на меті переконати здобувачів вищої освіти, що деревоподібна діаграма є корисним інструментом вирішення задач, оскільки вона спрощує складні або неоднозначні проблеми, розбиваючи їх на більш дрібні частини.

Висновки. Отже, дискретна математика є важливим компонентом підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій, вчителів математики та інформатики. Впровадження інтерактивних технологій навчання та інформаційно-комунікаційних технологій під час вивчення дискретної математики дозволяє підвищити пізнавальний інтерес здобувачів вищої освіти до вивчення дисципліни. Використання проектної діяльності надає можливість розвинути у здобувачів вищої освіти здатність застосовувати отримані знання у різних ситуаціях, сформувати соціально-комунікативні навички. Вивчення досвіду використання проектної діяльності з дискретної математики, показало, що варто пропонувати або добирати задачі, розв'язок яких стикається зі складними структурами, обмеженими ресурсами або невизначеністю, які вирішуються різними способами та методами дискретної математики. Водночас поєднання методу проектів та ІКТ надає можливість забезпечити достатній рівень інтерактивності та залученості здобувачів вищої освіти до вивчення дискретної математики, автоматизувати заплутані рутинні процеси, забезпечити ефективність управління проектом на кожному етапі його підготовки.

Література:

1. Duan Z., Wang J., Li F., Wang T. The Application of Information Technology in Discrete Mathematics Teaching. *International Conference on Education, Network and Information Technology (ICENIT 2022)*. 2022. pp. 79–82.

2. Шишко Л.С., Черненко І.Є., Козловський Є.О. Інформаційна система навчального призначення з математики як засіб формування професійної спрямованості навчання студентів іт спеціальностей. *Journal of Information Technologies in Education (ITE)*. 2016. № 26. С. 166–176.

3. Жданова Ю.Д., Шевченко С.М., Шевченко Г.В. Усвідомлення абстрактності через прикладну спрямованість дискретної математики. *Матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. «Математика в сучасному технічному університеті»* (29-30 грудня 2016 р., м. Київ). С. 147–149.

4. 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. № 1(19). С. 35–40.

5. Дубовик В., Рудницький С. Візуалізація навчального матеріалу в процесі підготовки майбутніх учителів математики засобами середовища Geogebra. *Фізико-математична освіта*. 2022. Т. 34, № 2. С. 33–37.

6. Ботузова Ю.В. Динамічні моделі GeoGebra на уроках математики як основа STEM-підходу. *Фізико-математична освіта*. 2018. № 3(17). С. 31–35.

7. Нестерова О.Д. Інформаційні технології у навчанні дискретної математики у вищій школі. *Єдність навчання і наукових досліджень – головний принцип університету : збірник наукових праць звітно-наукової конференції викладачів університету за 2013 рік*. 2014. С. 9–10.

8. Хоменко Ж.М. Аналіз можливостей використання середовищ комп'ютерної математики для розв'язку задач оптимізації систем. *Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки*. 2018. № 2(82). С. 174–178.

9. Sharov S., Gladkykh H., Sharova T. Blended learning: modern educational trend in Ukraine. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2021. № 1(105). С. 295–305.

10. Дереза І.С., Попель М.В. Використання ІКТ у процесі вивчення диференціальної геометрії. *Новітні комп'ютерні технології*. 2016. Т. 14. С. 112–113.

11. Медведєва М.О., Колмакова В.О. Дистанційне навчання дискретної математики засобами персонального освітнього web-ресурсу. *Інновації в освіті: здобутки та перспективи*. 2017. С. 94–100.

12. Жерновникова О.А. Використання методу проектів при вивченні елементарної математики студентами педагогічних ВНЗ. *Педагогіка та психологія*. 2012. № 42. С. 81–86.

13. Рендюк С.П. Метод проектів на практичних заняттях з вищої математики. *Прикарпатський вісник НТШ*. 2017. № 1(37). С. 335–341.

14. Возносименко Д.А. Підготовка майбутніх учителів математики до забезпечення валеологічного супроводу навчання шляхом проектної діяльності. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології.* 2016. № 2. С. 202–209.

15. Кузнєцова Т.В. Нові горизонти: гейміфікація у проектному менеджменті. *Українські студії в європейському контексті*. 2023. №7. С. 269–278.

16. Медведєва М., Ткачук Г. Інтеграція інтерактивних та інформаційно-комунікаційних технологій у фаховій підготовці майбутніх учителів математики. *Věda a perspektivy*. 2022. № 9(16). С. 146–157.

17. Sharova T. M., Tykhonenko M. M. Digitalization of educational space: modern trends. *Українські студії в європейському контексті*. 2023. № 7. С. 414–420.

18. Hopkins B. *Resources for Teaching Discrete Mathematics: Classroom Projects, History Modules, and Articles*. Washington: The Mathematical Association of America. 2009. 338 p.

References:

1. Duan Z., Wang J., Li F., Wang T. (2022). The Application of Information Technology in Discrete Mathematics Teaching. *Proceedings from International Conference on Education, Network and Information Technology (ICENIT 2022)*, 79-82 [in English].
2. Shishko L., Chernenko I., Kozlovsky E. (2016). Informatsiina systema navchalnoho pryznachennia z matematyky yak zasib formuvannia profesiinoi spriamovanosti navchannia studentiv it spetsialnostei [Informative system of educational purpose from mathematics as a way of professional orientation of teaching students IT specialties]. *Journal of Information Technologies in Education (ITE), 26*, 166-176 [in Ukrainian].
3. Zhdanova Yu.D., Shevchenko S.M., Shevchenko H.V. (2016). Usvidomlennia abstraktnosti cherez prykladnu spriamovanist dyskretnoi matematyky [Awareness of abstractness through the applied focus of discrete mathematics]. *Proceedings from V* Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Matematyka v suchasnomu tekhnichnom*u universyteti» – V International Scientific and Practical Conference "Mathematics in a Modern Technical University"* (pp. 147-149). Kyiv [in Ukrainian].
4. Drushlyak M.G., Lukashova T.D., Skaskiv L.V. (2019). Navchannia maibutnikh vchyteliv matematyky rozv'iazuvaty zadachi teorii hrafiv iz vykorystanniam Geogebra [Learning Future Math Teachers To Solve The Problems Of Graph Theory Using Geogebra]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education, 1*(19), 35-40 [in Ukrainian].
5. Dubovyk V., Rudnytskyi S. (2022). Vizualizatsiia navchalnoho materialu v protsesi pidhotovky maibutnikh uchyteliv matematyky zasobamy seredovyshcha Geogebra [Using Geogebra environment to visualize educational material in the process of training pre-service mathematics teachers]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education, 2*(34), 33-37 [in English].
6. Botuzova Yu. (2018). Dynamichni modeli GeoGebra na urokakh matematyky yak osnova STEM-pidkhodu [Geogebra Dynamic Models At The Mathematics Lessons As A Stem-Approach]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education, 3*(17), 31-35 [in Ukrainian].
7. Nesterova O.D. (2014). Informatsiini tekhnolohii u navchanni dyskretnoi matematyky u vyshchii shkoli [Information technologies in teaching discrete mathematics in higher education]. Yednist navchannia i naukovykh doslidzhen – holovnyi pryntsyp universytetu : zbirnyk naukovykh prats zvitno-naukovoi konferentsii vykladachiv universytetu za 2013 rik – The unity of education and scientific research is the main principle of the university: a collection of scientific works of the report-scientific conference of university teachers for 2013, 9-10 [in Ukrainian].
8. Khomenko Zh.M. (2018). Analiz mozhlyvostei vykorystannia seredovyshch komp'iuternoi matematyky dlia rozv'iazku zadach optymizatsii system [Analysis of the possibilities of using computer mathematics environments for solving system optimization problems]. *Visnyk ZhDTU. Seriia: Tekhnichni nauky – Bulletin of ZHTU. Series: Technical sciences, 2*(82), 174-178 [in Ukrainian].
9. Sharov S., Gladkykh H., Sharova T. (2021). Blended learning: modern educational trend in Ukraine. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnolohii – Pedagogical sciences: theory, history, innovative technologies, 1*(105), 295-305 [in English].
10. Dereza I.S., Popel M.V. (2016). Vykorystannia IKT u protsesi vyvchennia dyferentsialnoi heometrii [The use of ICT in the process of studying differential geometry]. *Novitni komp'iuterni tekhnolohii – The latest computer technologies, 14*, 112-113 [in Ukrainian].

11. Medvedieva M. O., Kolmakova V. O. (2017). Dystantsiine navchannia dyskretnoi matematyky zasobamy personalnoho osvitnoho web-resursu [Distance learning of discrete mathematics by means of a personal educational web-resource]. *Innovatsii v osviti: zdobutky ta perspektyvy – Innovations in education: achievements and prospects*, 94-100 [in Ukrainian].

12. Zhernovnykova O.A. (2012). Vykorystannia metodu proektiv pry vyvchenni elementarnoi matematyky studentamy pedahohichnykh VNZ [The use of the project method in the study of elementary mathematics by students of pedagogical universities]. *Pedahohika ta psykholohiia – Pedagogy and psychology, 42*, 81-86 [in Ukrainian].

13. Rendyuk S.P. (2017). Metod proektiv na praktychnykh zaniattiakh z vyshchoi matematyky [Method of projects on a practical training in higher mathematics]. *Prykarpatskyi visnyk NTSh – Prykarpatsky herald of the NTSh, 1(*37), 335-341 [in Ukrainian].

14. Voznosymenko D. (2016). Pidhotovka maibutnikh uchyteliv matematyky do zabezpechennia valeolohichnoho suprovodu navchannia shliakhom proektnoi diialnosti [Training of future mathematics teachers to ensure valeological support of studying by project activities]. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnolohii – Pedagogical sciences: theory, history, innovative technologies, 2*, 202-209 [in Ukrainian].

15. Kuznietsova T. (2023). Novi horyzonty: heimifikatsiia u proektnomu menedzhmenti [New horizons: gamification in project management]. *Ukrainski studii v yevropeiskomu konteksti – Ukrainian studies in the European context, 7*, 269–278 [in Ukrainian].

16. Medvedieva M., Tkachuk H. (2022). Intehratsiia interaktyvnykh ta informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii u fakhovii pidhotovtsi maibutnikh uchyteliv matematyky [Integration of interactive and information and communication technologies in the professional training of future teachers of mathematics]. *Věda a perspektivy, 9*(16), 146-157 [in Ukrainian].

17. Sharova T.M., Tykhonenko M M. (2023). Digitalization of educational space: modern trends. *Ukrainski studii v yevropeiskomu konteksti – Ukrainian studies in the European context, 7*, 414-420 [in English].

18. Hopkins B. (2009). *Resources for Teaching Discrete Mathematics: Classroom Projects, History Modules, and Articles*. Washington: The Mathematical Association of America [in English].