

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-351-39>

УДК 687.1+510.3

МИЦА ВІКТОРІЯ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-5453-9787>e-mail: mitsa_vv@ukr.net**РЯБЧИКОВ МИКОЛА**

Луцький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-9382-7562>e-mail: mykola.riabchykov@lntu.edu.ua

АДАПТАЦІЯ ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ ТЕОРІЇ МНОЖИН ДО ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ОДЯГУ

У статті досліджено можливості використання апарату теорії множин та її розширення – нечітких множин – для формалізації процесу цифрового проєктування одягу. Обґрунтовано доцільність представлення конструктивних, матеріальних, функціональних, антропометричних та естетичних параметрів у вигляді взаємопов'язаних множин. Запропоновано математичну модель, що базується на об'єднанні множин і введенні функцій узгодженості з ваговими коефіцієнтами, що дозволяє здійснювати багатокритеріальну оптимізацію проєктних рішень. У межах дослідження розроблено гіпотезу сумісності параметрів та доведено можливість її перевірки за допомогою функції перетину множин. Окрему увагу приділено моделюванню індивідуальних варіацій із використанням нечітких множин, що забезпечує адаптацію параметрів одягу до антропометричних, експлуатаційних та стилістичних особливостей користувача.

Ключові слова: теорія множин, нечіткі множини, цифрове проєктування, одяг, дискретна математика, інтелектуальні системи.

MYTSA VIKTORIYA

Khmelnitsky National University

RIABCHYKOV MYKOLA

Lutsk National Technical University

ADAPTATION OF THE BASIC CONCEPTS OF SET THEORY TO THE SEARCH FOR OPTIMAL SOLUTIONS IN CLOTHING DESIGN

The set theory, as a core component of discrete mathematics, offers a powerful foundation for formalizing complex systems, including those found in clothing design. This paper explores the application of set-theoretical models in digital garment development, emphasizing the structuring of parameters into constructive, material, functional, anthropometric, and aesthetic sets. By representing garment elements as sets and utilizing operations such as union, intersection, and Cartesian product, we build a comprehensive framework for systematizing the design process.

The study highlights the inadequacy of current digital methods in effectively incorporating discrete mathematical approaches into clothing design workflows. It identifies a gap between the capabilities of modern computational systems and the lack of formalized, structured data suitable for intelligent systems. A generalized design model is proposed, in which parameter sets interact through a multivariate function that ensures compatibility and optimization of design elements. This model is further enhanced through a compatibility hypothesis, which asserts the necessity of non-empty intersection among parameter sets to achieve design harmony.

To account for variability and uncertainty inherent in anthropometric and aesthetic data, fuzzy set theory is integrated into the modelling process. Membership functions are introduced to quantify parameter suitability, allowing for adaptive optimization based on consumer-specific characteristics and preferences. Practical applications of the model are discussed, including integration with 3D prototyping and AI-based systems for style evaluation and customization.

The research concludes that set theory, especially when extended through fuzzy logic and weighting systems, can significantly enhance digital clothing design by improving adaptability, reducing reliance on physical prototyping, and enabling intelligent decision-making. The presented approach forms a basis for the development of advanced intelligent systems in fashion design, bridging the gap between technical constraints and aesthetic flexibility.

Keywords: set theory, fuzzy sets, digital design, clothing, discrete mathematics, intelligent systems.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.04.2025

Прийнята до друку / Accepted 26.04.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді

Теорія множин є одним із фундаментальних розділів математичної науки, що забезпечує формалізований апарат для опису, аналізу та оперування сукупності об'єктів довільної природи. Її концептуальний інструментарій широко застосовується в технічних та прикладних дисциплінах, зокрема в галузях інженерного проєктування, комп'ютерного моделювання, обробки даних та штучного інтелекту. У сфері проєктування одягу положення теорії множин можуть бути ефективно адаптовані для структуризації параметричного простору виробу, формалізації взаємозв'язків між конструктивними елементами, матеріалами та технологічними процесами, а також для розробки алгоритмів автоматизованого вибору та оптимізації проєктних рішень. Такий підхід дозволяє підвищити рівень системності у процесі проєктування, забезпечити варіативність і персоналізацію готової продукції, а також створює передумови для інтеграції інтелектуальних технологій у текстильну та легку промисловість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проектування одягу є складним багатофакторним процесом, який охоплює сукупність конструктивних, функціональних, технологічних та естетичних параметрів [1]. Інтеграція цифрових методів у процес розробки швейних виробів вимагає представлення вихідних даних у структурованій, формалізованій формі, придатній для комп'ютерного опрацювання. Така трансформація даних потребує використання математичних моделей, що забезпечують алгоритмізацію етапів проектування. Одним із найбільш релевантних інструментів у цьому контексті є методи дискретної математики, зокрема теорії множин, що дозволяє формалізувати та описати складні об'єкти через набір чітко визначених характеристик [2]. У теоретичному та прикладному аспектах ефективність використання множинного підходу при проектуванні технічних систем підтверджена рядом досліджень [3-4]. Значний інтерес становлять математичні моделі, розроблені на основі множинної логіки для задач оптимального вибору [5], а також дослідження, що демонструють можливість реалізації алгоритмів оптимізації на базі множинних перетинів, включень та операцій над підмножинами [6].

Проектування одягу в межах системного підходу [7] передбачає представлення кожного конструктивного чи функціонального компонента як елемента множини. У такій постановці проектне рішення формується як результат операцій над множинами можливих варіантів. Це забезпечує варіативність конфігурацій, автоматизоване комбінування ознак та обґрунтований вибір рішень відповідно до заданих критеріїв. Запропоновані концепції впровадження інтелектуальних систем у процес створення одягу [8] орієнтовані саме на побудову гнучкої структури множин параметрів з подальшим використанням методів логіки та дискретного аналізу для підвищення ефективності та адаптивності проектування.

Певні кроки у напрямі застосування формалізованих математичних методів до процесу проектування були зроблені у дослідженні [9], однак наведені результати мають фрагментарний характер і не забезпечують повної систематизації параметрів або алгоритмів. Спроба практичної реалізації множинного підходу представлена у роботі [10], де розглянуто окремі аспекти комбінування параметрів на основі дискретних множин. Однак відсутність повноцінної формалізації суттєво обмежує їх застосування у задачах автоматизованого проектування.

Для забезпечення ефективної взаємодії з комп'ютерними системами – зокрема у випадках інтеграції інструментів штучного інтелекту або алгоритмів машинного навчання – необхідно використовувати чітко формалізовані математичні представлення об'єктів та операцій. Це передбачає розробку узагальнених множинних моделей, які здатні точно описувати конструктивні, стилістичні та технологічні ознаки виробів і дозволяють реалізовувати операції об'єднання, перетину, заперечення та порівняння множин у процесі обґрунтування та вибору рішень.

Таким чином, широке впровадження цифрових технологій у процес проектування одягу вимагає побудови відповідних математичних основ для представлення та опрацювання даних. При цьому виникає методологічне протиріччя між наявністю сучасного арсеналу математичних засобів (зокрема в межах дискретної математики) та недостатнім рівнем їх застосування в індустрії моди, що вказує на необхідність розробки міждисциплінарних підходів для подолання цього розриву.

Метою дослідження є обґрунтування формалізованих підходів дискретної математики, зокрема теорії множин, для формування теоретико-методичної бази цифровізації процесів проектування одягу. Дослідження спрямоване на виявлення потенціалу множинного аналізу як інструменту для пошуку оптимальних конструктивних, стилістичних і технологічних рішень у сфері індустрії моди.

Виклад основного матеріалу

Основні поняття та операції теорії множин у контексті проектування одягу

Множина визначається як впорядкована або довільна сукупність елементів, що характеризуються спільними властивостями. У контексті проектування одягу такими елементами можуть бути конструктивні лінії, технологічні вузли, параметри матеріалів та інші змінні, що впливають на геометрію, функціональність або естетику виробу. Операції над множинами, такі як об'єднання, перетин, доповнення та декартовий добуток, можуть бути формалізовані для побудови комплексних цифрових моделей одягу.

Наприклад, якщо базові конструктивні рішення позначити як множину A , а декоративні елементи як множину B , тоді об'єднання $A \cup B$ відображає всі можливі конструктивно-декоративні комбінації. Операція перетину $A \cap B$ дозволяє ідентифікувати спільні параметри, що одночасно впливають на конструктивну та естетичну компоненти дизайну. Впровадження концепції нечітких множин до процесу визначення параметрів посадки сприяє урахуванню індивідуальних антропометричних варіацій, що підвищує адаптивність одягу до реальних форм тіла споживачів.

Класифікація множин у контексті дизайну та технологій одягу

У процесі проектування одягу доцільно виокремити такі типи множин:

Конструктивні множини – включають параметри базових лекальних блоків: довжини, ширини, радіуси заокруглень, кути нахилу рельєфів, положення виточок тощо. Матеріальні множини – включають фізико-механічні характеристики матеріалів: модуль пружності, коефіцієнт розтяжності, гнучкість, щільність, поверхневе тертя, тактильні властивості. Функціональні множини – формуються

на основі вимог до експлуатації: комфортність, ергономічність та адаптивність до умов експлуатації. Естетичні множини – відображають колірні рішення, текстури, стилістичні рішення, декоративні елементи, гармонійність композиції.

Інтеграція зазначених множин в єдину інформаційну систему проектування забезпечує побудову багаторівневих цифрових моделей, що дозволяють реалізувати адаптивне, персоналізоване та раціональне формоутворення одягу відповідно до цільового призначення виробу. Рис. 1 ілюструє узагальнену схему застосування множинного підходу в процесі проектування одягу.

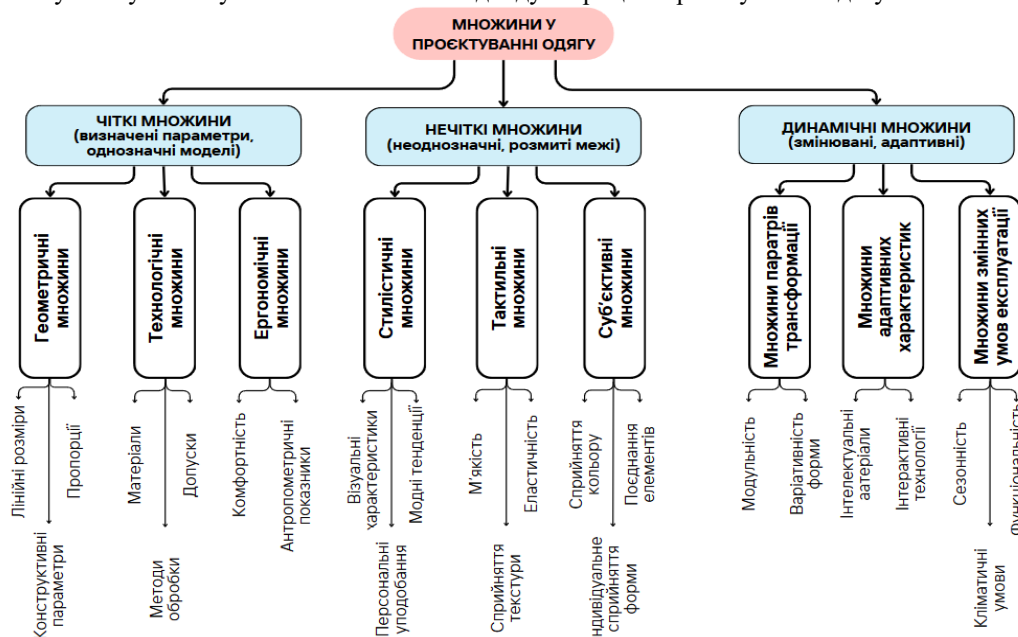


Рис.1 Схема класифікації множин у проектуванні одягу

Формалізація проектування одягу через множинні моделі

Проектування одягу є складним, багаторівневим процесом, що включає систематичний аналіз антропометричних характеристик, вибір конструктивних рішень, добір матеріалів з урахуванням їх властивостей, а також оцінку ергономічних і візуально-естетичних показників виробу. Для забезпечення формалізованого підходу до моделювання цих процесів запропоновано множинну структуру параметрів.

Нехай X – множина всіх параметрів, які беруть участь у процесі проектування одягу:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

де x_i – окремий параметр, що належить одній з таких множин: C – множина конструктивних параметрів; M – множина матеріальних характеристик; F – множина функціональних характеристик; A – множина антропометричних параметрів; E – множина естетично-візуальних параметрів.

Відповідно, загальна модель параметричного опису проектування буде представлена як об'єднання:

$$X = C \cup M \cup F \cup A \cup E. \quad (2)$$

Оскільки параметри не є незалежними, доцільно ввести функцію відповідності, яка моделює їх взаємозв'язок:

$$f: C \times M \times F \times A \times E \rightarrow R^m, \quad (3)$$

де f – функція узагальненої відповідності, що описує залежність цільових характеристик виробу від сукупності вхідних параметрів;

R^m – m -вимірний простір результатів, у якому відображаються оптимізовані характеристики: комфортність, експлуатаційна функціональність та естетична привабливість.

Конкретизація функції f може бути здійснена через лінійну модель з ваговими коефіцієнтами:

$$F(c_i, m_j, f_k, a_l, e_p) = \omega_c \cdot c_i + \omega_m \cdot m_j + \omega_f \cdot f_k + \omega_a \cdot a_l + \omega_e \cdot e_p, \quad (4)$$

де c_i, m_j, f_k, a_l, e_p – окремі параметри з відповідних множин;

$\omega_c, \omega_m, \omega_f, \omega_a, \omega_e$ – вагові коефіцієнти, що визначають вплив кожного класу параметрів на результат.

Для кількісного оцінювання взаємного впливу параметрів у процесі проектування одягу введемо матрицю залежностей:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nn} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

де d_{ij} – числовий коефіцієнт, що характеризує ступінь впливу параметра x_i на параметр x_j . Матриця D може бути як симетричною, так і асиметричною залежно від характеру взаємодії між параметрами.

Завдання оптимізації конструкції одягу зводиться до математичної моделі максимізації цільової функції:

$$\max f(c_i, m_j, f_k, a_l, e_p) \quad (8)$$

за умов:

$$g(c_i) \leq g_{\max}, h(m_j) = h_{\text{target}}, \quad (9)$$

де $g(c_i)$ – обмеження на конструктивні параметри (наприклад, допустимий рівень маси виробу);

$h(m_j)$ – функція, що описує цільову характеристику матеріалу (наприклад, оптимальний коефіцієнт теплопровідності, жорсткість, здатність до розтягування).

Запропонована модель дозволяє врахувати взаємозалежності між параметрами та забезпечити оптимальне проектування одягу з урахуванням багатофакторного аналізу.

Гіпотеза сумісності множинних параметрів у проектуванні одягу

Припустимо, що для досягнення гармонійного балансу між конструктивними, функціональними, естетичними, матеріальними та антропометричними аспектами виробу необхідно, щоб перетин відповідних множин був ненульовим:

$$C \cap M \cap F \cap A \cap E \neq \emptyset. \quad (8)$$

Це означає, що існує принаймні один параметр, який одночасно задовольняє усі вимоги до конструкції виробу. Формально, нехай S – підмножина параметрів, що забезпечують узгодженість конструкції, тоді:

$$S = \{x \in X \mid g(x) \geq \delta\}, \quad (9)$$

де $g(x)$ – функція оцінки відповідності параметра сукупності загальних проектних вимог;

δ – порогове значення прийнятності, що визначається контекстом використання (наприклад для спортивного одягу значення δ може бути вищим, ніж для повсякденного).

Для верифікації гіпотези про ненульовий перетин множин вводимо функцію узгодженості $h: X \rightarrow R$, яка оцінює ступінь відповідності параметра всім вимогам:

$$h(x) = \prod_{i \in \{C, M, F, A, E\}} I_i(x), \quad (10)$$

де $I_i(x)$ – індикаторна функція, яка дорівнює 1, якщо $x \in i$ і 0, якщо інакше.

Таким чином, перетин множин $C \cap M \cap F \cap A \cap E$ є непорожнім, якщо існує хоча б один параметр $x \in X$, для якого $h(x) = 1$. Це означає, що параметр одночасно належить до всіх множин і є узгодженим з усіма вимогами проектування.

Порогове значення δ може бути оптимізовано шляхом розв'язання задачі лінійного програмування:

$$\max_{\delta} |S| \quad \text{за умови } \delta \geq \delta_{\min}, \quad (11)$$

де $\delta_{\min}$ – мінімально допустимий рівень якості.

Дана гіпотеза дозволяє ідентифікувати критичні параметри, що мають ключовий вплив на ефективність проектного рішення; забезпечити інтегровану оцінку відповідності технічних, ергономічних та естетичних вимог; формалізувати процес проектування на основі математичної моделі множинних залежностей.

У базовому формулюванні гіпотези передбачається рівнозначний вплив усіх параметрів, що не завжди відповідає реальній ситуації. Для урахування різної значущості кожної множини доцільно ввести вагові коефіцієнти ω_i для кожного типу параметрів. Формально, функція відповідності може бути узагальнена як:

$$g(x) = \sum_{i \in \{C, M, F, A, E\}} \omega_i I_i(x), \quad (12)$$

де $\omega_i \in [0, 1]$, $\sum \omega_i = 1$.

Коректне визначення вагових коефіцієнтів може бути досягнуто з використанням методів аналізу ієрархій, статистичного моделювання або алгоритмів машинного навчання, що значно підвищує потенціал цифрових систем у процесі адаптивного та інтелектуального проектування одягу.

Оптимізація конструктивних параметрів через нечіткі множини

Для врахування варіативності антропометричних, естетичних та матеріальних характеристик у процесі проектування одягу доцільним є застосування апарату теорії нечітких множин. Такий підхід забезпечує можливість моделювання параметрів з розмитими межами визначення, що адекватно відображає реальні умови запитів споживачів. Формалізація нечітких множин здійснюється за допомогою функцій приналежності, які відображають ступінь належності конкретного значення параметра до множини бажаних або допустимих значень.

Нехай A – множина розмірних характеристик (наприклад, довжина рукава, обхват грудей), тоді для кожного елемента $a_i \in A$ відповідає функція приналежності $\mu_A(a_i)$, яка визначається як:

$$\mu_A(a_i) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda_A(a_i - a_0)}}, \quad (13)$$

де λ – коефіцієнт розмитості, що характеризує ступінь нечіткості множин;

a_0 – номінальне або середнє значення параметра, отримане на основі статистичної обробки антропометричних даних.

Аналогічний підхід можна застосувати до інших типів параметрів. Естетичні характеристики (наприклад, колір, фактура) описуються функцією:

$$\mu_E(e_i) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda_E(e_i - e_0)}}, \quad (14)$$

де e_0 – еталонне значення естетичного параметра, визначається через експертну оцінку чи споживчі вподобання.

Матеріальні характеристики (наприклад, жорсткість, розтяжність) описуються функцією:

$$\mu_M(m_i) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda_M(m_i - m_0)}}, \quad (15)$$

де m_0 – цільове значення фізико-механічного параметра матеріалу.

Для узагальненої оцінки узгодженості конструктивного параметра $c_i \in C$ з урахуванням нечітких множин відповідних характеристик вводиться функція:

$$\mu_C(c_i) = \min\{\omega_A \cdot \mu_A(a_i), \omega_E \cdot \mu_E(e_i), \omega_M \cdot \mu_M(m_i)\}, \quad (16)$$

де $\omega_A, \omega_E, \omega_M$ – вагові коефіцієнти значущості антропометричних, естетичних і матеріальних параметрів відповідно ($\omega_A + \omega_E + \omega_M = 1$).

Задача оптимізації конструктивних рішень у контексті нечітких множин формулюється як:

$$\max_{c_i \in C} \mu_C(c_i) \text{ за умови } \mu_C(c_i) \geq \delta, \quad (17)$$

де $\delta \in [0,1]$ – мінімально допустимий рівень узгодженості параметра з вимогами до виробу.

Запропоновані методи можуть бути ефективно впроваджені у процес комп'ютеризованого проектування одягу з використанням сучасних CAD/CAM систем. Зокрема, застосування теорії нечітких множин забезпечує можливість врахування варіативності антропометричних параметрів, що особливо важливо при створенні одягу для осіб з нестандартними фігурами, включаючи людей з обмеженими фізичними можливостями. Це дозволяє реалізувати концепцію персоналізованого чи інклюзивного дизайну в масовому та індивідуальному виробництві.

У середовищі 3D-прототипування нечіткі множини можуть бути використані для автоматичного коригування конструктивних параметрів на основі даних, отриманих з антропометричних сканерів. Така інтеграція з цифровими інструментами (наприклад, CLO 3D, Optitex, Lectra) дозволяє зменшити кількість ітерацій ручного налаштування лекал та підвищити точність посадки одягу на індивідуальну фігуру.

Крім того, нечіткі множини можуть бути застосовані для аналізу споживчих вподобань на основі візуальних даних за допомогою нейронних мереж. Зокрема, використання алгоритмів глибокого навчання для класифікації зображень дозволяє моделювати естетичні уподобання користувачів (колір, текстура, стиль) і адаптувати дизайн до цільової аудиторії в режимі реального часу.

Одним з критичних аспектів впровадження є обґрунтування коефіцієнтів розмитості ($\lambda_A, \lambda_E, \lambda_M$), які визначають ступінь нечіткості для відповідних параметрів. Їхні значення повинні визначатися або шляхом експертного аналізу, або на основі машинного навчання з використанням емпіричних даних. З метою урахування різного ступеня значущості параметрів у загальній моделі вводяться вагові коефіцієнти:

$$\mu_C(c_i) = \min\{\omega_A \cdot \mu_A(a_i), \omega_E \cdot \mu_E(e_i), \omega_M \cdot \mu_M(m_i)\}, \quad (18)$$

де $\omega_A, \omega_E, \omega_M$ – вагові коефіцієнти, що визначають відносну важливість антропометричних, естетичних і матеріальних параметрів у контексті цільового призначення виробу.

Таким чином, застосування нечітких множин у проектуванні одягу не лише забезпечує гнучке налаштування параметрів конструкції, а й сприяє адаптації виробу до індивідуальних потреб користувача, підвищуючи функціональну і комерційну ефективність продукції. Це дозволяє суттєво зменшити кількість фізичних прототипів, скоротити виробничий цикл та підвищити рівень персоналізації в індустрії моди.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У межах проведеного дослідження обґрунтовано доцільність і ефективність застосування апарату теорії множин та її розширень, зокрема теорії нечітких множин у процесі цифрового проектування одягу. Теоретико-множинні підходи дискретної математики дозволяють здійснити формалізацію взаємозв'язків між численними параметрами, що безпосередньо впливають на якісні характеристики, функціональність та естетичну складову виробу. Запропонована модель множинної

взаємодії структурно інтегрує зазначені параметри в єдину систему, забезпечуючи умови для комплексного аналізу та синтезу дизайнерських рішень.

Розроблена гіпотеза про існування ненульового перетину множин параметрів дозволяє моделювати умови гармонізації технічних, експлуатаційних та естетичних вимог. Введення вагових коефіцієнтів та функцій узгодженості забезпечує гнучкість адаптації моделей до конкретних проєктних умов. Застосування нечітких множин сприяє врахуванню індивідуальних особливостей споживачів, варіативності матеріалів та стилістичних характеристик, що є ключовим чинником для реалізації персоналізованого підходу в індустрії моди.

Результати дослідження можуть бути використані для створення інтелектуальних систем автоматизованого проєктування одягу, зокрема CAD-платформ нового покоління, орієнтованих на адаптивну генерацію параметричних моделей. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розвитком алгоритмів оптимізації параметрів на основі нечіткої логіки, машинного навчання та аналізу ієрархій, а також з впровадженням розроблених моделей у практичні платформи цифрового дизайну.

Література

1. Мица, В., Домбровська, О. (2025). Функції одягу та вимоги до якості: від фізичного до цифрового. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 347(1), 256-262. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-34>.
2. Матвієнко М.П. Дискретна математика. Підручник. Вид. 2-ге перероб. і доп. Київ : Видавництво Ліра-К, 2017. 324 с.
3. Біловол Г. В., Каграманян А. О., Василенко О. В., Онищенко А. В. Розроблення моделі повної множини способів підвищення енергетичної ефективності виробничих систем як інструменту досягнення бізнесом цілей сталого розвитку. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2024. Вип. 210. С. 33-42. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.210.2024.320702>.
4. Безклубенко І. С., Гетун Г. В., Баліна О. І., Буценко Ю. П. Дослідження властивостей множини ефективних значень критеріїв у задачі оптимізації інженерної мережі. *Управління розвитком складних систем*. 2022. Вип. 51. С. 81-86. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.81-86>.
5. Сердюк А., Шидліч А. Актуальні проблеми теорії наближень в метриках дискретних просторів на множинах сумовних періодичних та майже періодичних функцій. *Український математичний журнал*. 2024. Т. 76, № 11. С. 1653-1690. <https://doi.org/10.3842/umzh.v76i11.8525>.
6. Притоманова О. М. Розв'язання задачі оптимального розбиття множин із нечіткими параметрами в обмеженнях. *Вісник Львівського університету. Серія: Прикладна математика та інформатика*. 2019. Вип. 27. С. 97-107. <http://dx.doi.org/10.30970/vam.2019.27.10444>.
7. Теслюк В. М., Івасів С. С. Система для розпізнавання елементів одягу та їх кольорів на зображенні. *Український журнал інформаційних технологій*. 2023. Т. 5, № 2. С. 25-32. <https://doi.org/10.23939/ujit2023.02.025>.
8. Mytsa, V., Riabchykov, M. (2024). Improvement of intelligent systems for creating personalized products. *Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2024 – ITAP 2024*. 3896, 235-247. <https://ceur-ws.org/Vol-3896/paper13.pdf>.
9. Рубанка А. І., Остапенко Н. В., Дуб Д. М., Семененко В. В. Узагальнена систематизація елементів для забезпечення комфортності захисного одягу. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2018. № 1. С. 140-143. [https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2018/2018_1/\(257\)%202018-1-t.pdf](https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2018/2018_1/(257)%202018-1-t.pdf).
10. Riabchykov, M., Mytsa, V., Ryabchykova, K. (2024). Artificial Intelligence as a Tool for the Development of Professional Competencies of a Fashion Industry Specialist. In: Faure, E., et al. *Information Technology for Education, Science, and Technics. ITEST 2024. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 222. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71804-5_20.

References

1. Mytsa, V., Dombrovska, O. (2025). Funktsii odiahu ta vymohy do yakosti: vid fizychnoho do tsyfrovoho. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 347(1), 256-262. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-34>.
2. Matviienko M.P. Dyskretna matematika. Pidruchnyk. Vyd. 2-he pererob. i dop. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 2017. 324 s.
3. Bilovol H. V., Kahramanian A. O., Vasylenko O. V., Onyshchenko A. V. Rozroblennia modeli povnoi mnozhyny sposobiv pidvyshchennia enerhetychnoi efektyvnosti vyrobnychkh system yak instrumentu dosiahnennia biznesom tsilei staloho rozvytku. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu*. 2024. Vyp. 210. S. 33-42. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.210.2024.320702>.
4. Bezklubenko I. S., Hetun H. V., Balina O. I., Butsenko Yu. P. Doslidzhennia vlastyvostei mnozhyny efektyvnykh znachen kryteriiv u zadachi optymizatsii inzhenernoi merezhi. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*. 2022. Vyp. 51. S. 81-86. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.81-86>.
5. Serdiuk A., Shydlich A. Aktualni problemy teorii nablyzhen v metrykakh dyskretnykh prostoriv na mnozhynakh sumovnykh periodychnykh ta maizhe periodychnykh funktzii. *Ukrainskyi matematychnyi zhurnal*. 2024. T. 76, № 11. S. 1653-1690. <https://doi.org/10.3842/umzh.v76i11.8525>.
6. Prytomanova O. M. Rozv'iazannia zadachi optymalnogo rozbytta mnozhyn iz nechitkymy parametramy v obmezheniakh.

Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya: Prykladna matematyka ta informatyka. 2019. Vyp. 27. S. 97-107. <http://dx.doi.org/10.30970/vam.2019.27.10444>.

7. Tesliuk V. M., Ivasiv S. S. Systema dlia rozpiznavannia elementiv odiahu ta yikh koloriv na zobrazhenii. Ukrainskyi zhurnal informatsiinykh tekhnolohii. 2023. T. 5, № 2. S. 25-32. <https://doi.org/10.23939/ujit2023.02.025>.

8. Mytsa, V., Riabchykov, M. (2024). Improvement of intelligent systems for creating personalized products. *Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2024 – ITTAP 2024*. 3896, 235-247. <https://ceur-ws.org/Vol-3896/paper13.pdf>

9. Rubanka A. I., Ostapenko N. V., Dub D. M., Semenenko V. V. Uzahalnena systematyzatsiia elementiv dlia zabezpechennia komfortnosti zakhysnoho odiahu. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. 2018. № 1. S. 140-143. [https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2018/2018_1/\(257\)%202018-1-t.pdf](https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2018/2018_1/(257)%202018-1-t.pdf).

10. Riabchykov, M., Mytsa, V., Ryabchykova, K. (2024). Artificial Intelligence as a Tool for the Development of Professional Competencies of a Fashion Industry Specialist. In: Faure, E., et al. *Information Technology for Education, Science, and Technics. ITTEST 2024. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 222. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71804-5_20.