КІБЕРНЕТИКА **CYBERNETICS**

УДК 621.391:519.2:519.7

Криптосистеми, стійкі в певних моделях обчислень / В.К. Задірака, А.М. Кудін, І.А. Кудін, І.В. Швідченко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 3–16.

Анотація. Розглянуто проблему оцінювання стійкості криптографічних перетворень у сучасній криптографії, яке зазвичай реалізується з використанням аксіоматичного або доказового підходу. Оскільки квантова модель обчислень змінює складність певних обчислювальних задач (наприклад, задач факторизації цілих чисел), у криптографії вивчаються класи алгоритмів, які залишатимуться стійкими в квантовій моделі обчислень — так звані «постквантові криптографічні алгоритми». Узагальненням цієї постановки задачі є дослідження моделей обчислень, що містять алгоритми криптоаналізу, найкращий з яких має експоненційну складність або наближену до неї. Розглянуто узагальнення проблеми існування криптосистем, стійких у постквантовому світі, а саме криптосистем, стійких у певних моделях обчислень, а також можливість практичного застосування таких моделей. Основним результатом роботи є створення універсальної обчислювальної моделі, яка узагальнює цілий клас перспективних обчислювальних моделей, зокрема квантової, та побудова криптосистеми, стійкої у межах такої обчислювальної моделі.

Ключові слова: постквантова криптографія, релятивістська криптографія, моделі обчислень, генетичні алгоритми, обернені обчислення, блокчейн.

Cryptosystems secure in certain models of computation / V.K. Zadiraka, A.M. Kudin, I.A. Kudin, I.V. Shvidchenko // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 3–16.

Abstract. The problem of assessing the stability of cryptographic transformations in modern cryptography, which is usually implemented using an axiomatic or proof-based approach, is considered. Since the quantum computing model changes the complexity of certain computational problems (for example, integer factorization problems), cryptography studies classes of algorithms that will remain stable in the quantum computing model—the so-called "post-quantum cryptographic algorithms." A generalization of this problem statement is the study of computational models containing cryptanalysis algorithms, the best of which has exponential complexity or complexity close to it. The generalization of the problem of the existence of cryptosystems that are secure in the post-quantum world, namely, cryptosystems that are secure in certain computational models, as well as the possibility of practical application of such models, is considered. The main result of the work is the creation of a universal computational model that generalizes a whole class of promising computational models, including quantum ones, and the construction of a cryptosystem that is stable within such a computational model.

Keywords: post-quantum cryptography, relativized cryptography, computing models, genetic algorithms, reversible computing, blockchain.

===

УДК 61.681.3

Алгоритми розв'язання лінійних обмежень у множині (0, 1) / С.Л. Кривий, О.В. Чугаєнко, С.М. Краснитський // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 17–28.

Анотація. Представлено три алгоритми розв'язання систем лінійних обмежень із цілими коефіцієнтами у множині (0, 1)Ключові слова: лінійні обмеження, 01-розв'язок, алгоритми. Перший алгоритм має експоненціальну оцінку часової складності, але розпаралелюється. Другий алгоритм знаходить розв'язки шляхом зведення розв'язання системи обмежень до розв'язання одного лінійного рівняння. Третій алгоритм є паралельною комбінацією першого та другого алгоритмів. Наведено експериментальні результати реалізованих алгоритмів.

Ключові слова: лінійні обмеження, 01-розв'язок, алгоритми.

Algorithms for solving linear constraints in the set (0, 1) / S.L. Kryvyi, O.V. Chugaenko, S.M. Krasnitskiy // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 17–28.

Abstract. Two algorithms for solving linear constraint systems with integer coefficients in the set (0, 1) are presented. The first algorithm has an exponential time complexity estimate, but is parallelizable. The second algorithm finds solutions by reducing the constraint system to a single linear equation. The third algorithm is a parallel combination of the first and second algorithms. Experimental results of the implemented algorithms are presented.

Keywords: linear constraints, 01-solution, algorithms.

===

УДК 004.05

Нейросимвольні двійники програмних систем та їхнє використання у розв’язанні задач кібербезпеки / О.О. Летичевський // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 29–36.

Анотація. Розглянуто використання двійників програмних систем, які є комбінацією алгебраїчної моделі та нейронної мережі. Досліджено застосування цієї технології в системах виявлення вторгнень та на етапі оцінювання надійності кіберзахисту програмних систем. Зауважено, що пропонований підхід може забезпечити значне підвищення точності виявлення кібератак у реальному часі та протидію змагальним атакам, а також дасть змогу уникнути хибних виявлень, що є проблемою у виявленні атак з невідомою семантикою. Проаналізовано використання нейросимвольного двійника на етапі підготовки системи до функціонування, а саме процедуру виявлення вразливостей системи. Представлено архітектуру системи виявлення вторгнень на основі нейросимвольного двійника з можливістю моніторінгу вхідного комунікаційного протоколу та функцію відновлення програмного середовища. Наведено приклади використання технології у блокчейн-середовищі та в захисті апаратного забезпечення.

Ключові слова: цифровий двійник, кібербезпека, алгебраїчне моделювання, нейронна мережа глибокого навчання, змагальні атаки, пошук уразливостей, система виявлення вторгнень.

Neuro-symbolic twins of systems and their use in solving cybersecurity problems / O.O. Letychevskyi // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 29–36.

Abstract. The paper considers the use of software system twins, which are presented as a combination of an algebraic model and a neural network. The use of this technology in intrusion detection systems and at the stage of assessing the reliability of cyber defense of software systems is considered. The considered approach can significantly increase the accuracy of detecting cyber attacks in real-time, counteracting adversarial attacks, and avoiding false-positive detections, which is a problem in detecting attacks with unknown semantics. The use of a neuro-symbolic twin at the stage of preparedness system for operation, namely the procedure for identifying system vulnerabilities, is considered. The architecture of an intrusion detection system based on a neuro-symbolic twin, which can monitor the incoming communication protocol and restore the software environment, is presented. Examples of using the technology in a blockchain environment and in hardware protection are given.

Keywords: digital twin, cybersecurity, algebraic modeling, deep learning neural network, adversarial attacks, vulnerability detection, intrusion detection system.

===

УДК 51.681.3

Елементи теорії ймовірностей нечітких подій / О.І. Провотар, О.О. Супрун // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 37–44.

Анотація. Запропоновано використання підходів теорії ймовірності та ймовірнісних процесів під час роботи з нечіткими множинами, що широко застосовуються в експертних діагностичних системах, а також під час проєктування контролерів. Наведено формулу для обчислення ймовірності нечіткої події, що базується на ідеї ототожнення нечітких множин та нечітких подій. Розглянуто низку застосувань цієї формули за аналогією з класичною теорією ймовірності, а саме умовною, повною, геометричною ймовірністю тощо, а також використання формул Баєса та Бернуллі. Отримані підходи є актуальними для побудови інженерних систем та моделей в науковій та промисловій сферах.

Ключові слова: теорія ймовірності, нечіткі множини, нечіткі події, повна ймовірність.

Elements of the probability theory of fuzzy events with engineering applications / O.I. Provotar, O.O. Suprun // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 37–44.

Abstract. The use of approaches of probability theory and probabilistic processes when considering fuzzy sets, which are widely used in expert diagnostic systems, as well as when designing controllers, is proposed. A formula for calculating the probability of a fuzzy event is presented, which is based on the idea of identifying fuzzy events as fuzzy sets. A number of applications of this formula are considered by analogy with the classical theory of probability, namely, conditional, complete, geometric probability, etc., as well as the use of Bayes and Bernoulli formulas. The obtained approaches are relevant for constructing engineering systems and models in both scientific and industrial spheres.

Keywords: probability theory, fuzzy sets, fuzzy events, total probability.

===

УДК 004.021+004.043+004.051

Побудова ефективних алгоритмів розв’язання деяких задач обчислювальної геометрії з використанням графу Ріба / В.М. Терещенко, О.О. Пришляк, М.М. Осіпьонок // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 45–56.

Анотація. Досліджено властивості графу Ріба та алгоритму його побудови, основаному на техніці замітальної прямої. Оцінено можливості застосування графу Ріба для розроблення ефективних алгоритмів розв’язання деяких задач обчислювальної геометрії. Побудовано алгоритм декомпозиції плоского многокутника на монотонні многокутники з одночасною їхньою тріангуляцією, що ґрунтується на властивостях графу Ріба, та проаналізовано ефективність цього алгоритму порівняно з іншими алгоритмами тріангуляції.

Ключові слова: обчислювальна геометрія, модель єдиного алгоритмічного середовища, плоский многокутник, граф Ріба, тріангуляція.

The construction of efficient algorithms for addressing certain computational geometry problems using Reeb graphs / V. Tereshchenko, A. Prishlyak, M. Osiponok // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 45–56.

Abstract. The paper studies the properties of the Reeb graph and the algorithm for its construction, which is based on the sweep line technique. The research aims to evaluate the potential of using the Reeb graph to create efficient algorithms for solving certain problems of computational geometry. In this study, we developed an algorithm that decomposes a planar polygon into a set of y-monotone polygons while simultaneously triangulating them based on the properties of the Reeb graph. Additionally, we analyze the efficiency of this algorithm in comparison to other triangulation methods.

Keywords: computational geometry, model of a unified algorithmic environment, planar polygon, Reeb graph, triangulation.

==

УДК 519.1

Про збалансовану суміжно-нульову розмітку узагальнених графів Петерсена / М.Ф. Семенюта // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 57–66.

Анотація. Досліджено одну з нерозв'язаних проблем теорії розміток графів, а саме існування збалансованої суміжно-нульової розмітки у кубічних графів. Особливу увагу зосереджено на класі узагальнених графів Петерсена $GP(n, k)$. Задано необхідну умову існування збалансованої суміжно-нульової розмітки для $GP(n, k)$. Дослідження її властивостей сприяло отриманню результатів для графу $GP(n,5)$, які вказують на наявність його структурних обмежень, пов'язаних з симетрією та властивостями його групи автоморфізмів. Отримано структурні властивості для подібних графів, зокрема для $GP(6m,5)$, які надали змогу довести, що граф $GP(6m,5)$ не допускає збалансованої суміжно-нульової розмітки для будь-якого $m \geq 3$.

Ключові слова: граф, регулярний граф, узагальнений граф Петерсена $GP(n, k)$, збалансована суміжно-нульова розмітка, група автоморфізмів графу.

On balanced zero-neighborhood labelings of generalized Petersen graphs / M. Semeniuta // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 57–66.

Abstract. We study one of the open problems in the theory of graph labelings, namely the existence of balanced zero-neighborhood labelings in cubic graphs. We focus in particular on the class of generalized Petersen graphs $GP(n, k)$. We establish a necessary condition for the existence of a balanced zero-neighborhood labeling in $GP(n, k)$. The analysis of its properties leads to results for the graph $GP(n,5)$, which reveal structural restrictions related to its symmetry and to the properties of its automorphism group. We also derive structural properties for related graphs, in particular for $GP(6m,5)$, which allow us to prove that the graph $GP(6m,5)$ does not admit a balanced zero-neighborhood labeling for any integer $m \geq 3$.

Keywords: graph, regular graph, generalized Petersen graph $GP(n, k)$, balanced zero-neighborhood labeling, automorphism group of a graph.

==

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ — SYSTEMS ANALYSIS

УДК 517.9

Математичне моделюванння виникнення нестабільностей екологічних та економічних систем / К.Л. Атоєв, П.С. Кнопов // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 67–77.

Анотація. Досліджено механізми виникнення нестабільності складних еколого-економічних систем для визначення ефективних стратегій управління енергетичним сектором економіки в умовах кліматичних змін. У роботі використано шестисекторну модель Лоренца зі змінними коефіцієнтами, яка об'єднує в єдиній структурі описані в однаковий спосіб сектори економіки, кожен з яких розглянуто в термінах рівнів продуктивності, кількості робочих місць і структурних порушень. Модель дає змогу дослідити, як зміни співвідношення попиту та пропозиції в окремих галузях та швидкості усунення порушень в еколого-економічних системах впливають на частку зеленої енергії в енергетичному балансі, загальні обсяги викидів парникових газів та виробництва енергії, а також на кількість структурних порушень у всіх секторах економіки. Визначено умови виникнення нестабільності у складних еколого-економічних системах, пов'язані з турбулентними режимами, що призводять до збільшення загальної кількості структурних порушень та зниження загального рівня продуктивності.

Ключові слова: модель Лоренца, математичне моделювання, модель економічного розвитку, оптимальне керування, детермінований хаос, кліматичні зміни.

Mathematical modeling of instability in ecological and economic systems / K.L. Atoyev, P.S. Knopov // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 67–77.

Abstract. The study of the mechanisms underlying the instability of complex ecological-economic systems was conducted to identify effective strategies for managing the energy sector of the economy in the context of climate change. The work uses a six-sector Lorenz model with variable coefficients, which combines in a single structure the sectors of the economy described in the same way, each of which is considered in terms

of productivity levels, the number of jobs, and structural violations. The model allows us to investigate how changes in the ratio of demand and supply in individual industries and the speed of eliminating violations in the ecological-economic systems affect the share of green energy in the energy balance, the total volume of greenhouse gas emissions and energy production, and the number of structural disturbances in all sectors of the economy. The conditions for the occurrence of instability in complex ecological-economic systems associated with turbulent regimes, which lead to an increase in the total number of structural disturbances and a decrease in the overall level of productivity, are determined.

Keywords: Lorenz model, mathematical modeling, model of economic development, optimal control, deterministic chaos, climate changes.

==

УДК 517.9

Наближене оптимальне керування для нелінійного гіперболічного включення зі збуреними неавтономними коефіцієнтами / О.А. Капустян, Н.В. Касімова // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 78–89.

Анотація. Досліджено задачу оптимального керування для нелінійного гіперболічного включення зі швидко осцилівними неавтономними коефіцієнтами. Основний результат встановлює збіжність оптимальних керувань та відповідних траєкторій вихідної системи до траєкторій усередненої задачі. Запропонований підхід ґрунтується на методі усереднення та фактах про компактність для обґрунтування апроксимації та існування оптимальних пар для збуреної системи.

Ключові слова: метод усереднення, оптимальне керування, гіперболічне включення, швидко осцилівні коефіцієнти.

Approximate optimal control for a nonlinear hyperbolic inclusion with perturbed non-autonomous coefficients / O.A. Kapustian, N.V. Kasimova // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 78–89.

Abstract. We study the optimal control problem for a nonlinear hyperbolic inclusion with rapidly oscillating non-autonomous coefficients. The main result establishes the convergence of optimal controls and corresponding trajectories from the original system to those of the averaged problem. Our approach relies on the averaging method and compactness arguments to justify the approximation and existence of optimal pairs for the perturbed system.

Keywords: averaging method, optimal control, hyperbolic inclusion, rapidly oscillating coefficients.

==

УДК 519.816

Підхід до формування парето-ефективної множини з урахуванням похибок значень показників, за якими порівнюють альтернативи / М.М. Потьомкін, О.М. Семененко, Ю.О. Клят, А.А. Седляр // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 90–97.

Анотація. Зазначено, що метод Парето використовують на перших етапах багатокритерійного аналізу альтернатив для зменшення їхньої вихідної множини. Водночас результати розрахунків багатокритерійними методами можуть залежати від похибок вихідних даних. Наведено опис методу Парето та встановлено, що його можна застосувати лише для номінальних значень показників, за якими порівнюють альтернативи. Представлено підхід до формування парето-ефективної множини з урахуванням похибок значень показників, за якими порівнюють альтернативи. Можливість його практичного застосування проілюстровано прикладами. Також показано, що запропонований підхід можна застосувати для усунення неоднозначності ранжування альтернатив у разі використання кількох багатокритерійних методів.

Ключові слова: багатокритерійний метод, метод Парето, похибка значень показника, приклад розрахунків, ранжування альтернатив.

An approach to constructing a pareto-efficient set with consideration of errors in indicators used to compare alternatives / M.M. Potomkin, O.M. Semenenko, Y.O. Kliat, A.A. Sedliar // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 90–97.

Abstract. The Pareto method is applied at the initial stages of multicriteria analysis of alternatives in order to reduce their original set. However, the results of calculations using multicriteria methods may depend on errors in the input data. This article describes the Pareto method and establishes that it can be used only for the nominal values of the indicators by which alternatives are compared. An approach to forming a Pareto-efficient set with consideration of errors in these indicator values is proposed. Its practical applicability is demonstrated through two examples. The examples also show that the proposed approach can be used to resolve the ambiguity in ranking alternatives when multiple multicriteria methods are applied.

Keywords: multicriteria method, Pareto method, error of indicator values, example of calculations, ranking of alternatives.

==

УДК 519.21

Ергодичність розв'язку стохастичного диференціального рівняння з шумом Леві / В. Кнопова, Я. Мокану // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 98–109.

Анотація. У статті досліджено ергодичність у повній варіації розв'язків стохастичного диференціального рівняння з необмеженими коефіцієнтами, керованого процесом Леві, а також описано швидкість збіжності до відповідної інваріантної міри. Теоретичні результати проілюстровано прикладами.

Ключові слова: ергодичність, стохастичні диференціальні рівняння з шумом Леві, критерій Ляпунова, функція Ляпунова.

On ergodic property of the solution to a Lévy-driven SDE / V. Knopova, Y. Mokanu // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 98–109.

Abstract. In this paper, we investigate ergodicity in total variation of the process, related to a Lévy-driven SDE with unbounded coefficients, and describe the speed of convergence to the respective invariant measure. Some examples are provided.

Keywords: ergodicity, Lévy-driven SDE, Lyapunov criterion, Lyapunov function.

==

УДК 519.872

Дослідження систем масового обслуговування з множинними заявками та режимом жорсткого планування методом статистичного моделювання / О.В. Коба // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 110–118.

Анотація. Методом статистичного моделювання досліджено систему масового обслуговування з множинними заявками і режимом жорсткого планування. Розроблено метод моделювання систем з множинними заявками і жорстким терміном планування обслуговування, отримано формули для реалізації у періоді зайнятості, а також формули для обрахування часткових показників ефективності функціонування.

Ключові слова: система масового обслуговування, множинна заявка, режим жорсткого планування, статистична модель, період зайнятості, показники ефективності системи.

Research of mass service systems with multiple requests and the mode of strict planning by the method of statistical modeling / O.V. Koba // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 110–118.

Abstract. By the method of statistical modeling, the system of mass service with multiple requests and the mode of strict planning is investigated. A method for modeling systems with multiple applications and a strict term of service planning is developed, formulas for implementation during the period of employment, as well as formulas for calculating partial indicators of functioning efficiency, are derived.

Keywords: mass service system, multiple requests, strict planning mode, statistical model, employment period, system efficiency indicators.

==

УДК 004, 528, 338

Багатокритерійний аналіз інвестиційної привабливості сільських територій України з використанням ГІС та штучного інтелекту / С.Ю. Дрозд, Н.М. Куссуль // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 119–134.

Анотація. Проведено комплексну оцінювання інвестиційної привабливості сільських територій України з використанням багатокритерійного геопросторового аналізу за трьома критеріями: природним потенціалом, інфраструктурною доступністю та рівнем воєнної безпеки. Додатково в межах природного потенціалу розглянуто чотири основні напрями інвестування: землеробство, відновлювана енергетика (сонячна і вітрова) та туризм. Для визначення ваг критеріїв методом попарних порівнянь Сааті як віртуальних експертів було залучено п'ять великих мовних моделей (ВММ): GPT-4, Claude, Gemini, Deepseek, Grok 3. Результати опитування ВММ було зіставлено з відповідями дев'яти експертів-людей. З'ясовано, що віртуальні моделі демонструють меншу суперечливість відповідей порівняно з людьми. Оцінки ВММ збігаються з думками експертів щодо трьох ключових критеріїв інвестиційної привабливості, однак, мають нижчий рівень консенсусу для напрямів інвестування. Більшість визнали безпеку найважливішим критерієм, а землеробство — найпривабливішим напрямом інвестування. Створено шість тематичних карт та загальну карту інвестиційної привабливості сіл України. Визначено, що більш привабливими для інвестування є села Західної України, а найменш — села Сходу і Півдня.

Ключові слова: інвестиційна привабливість територій, багатокритерійний аналіз, ГІС, супутникові дані, штучний інтелект, великі мовні моделі.

Multi-criterion analysis of investment appeal of rural areas of Ukraine using GIS and artificial intelligence / S.Yu. Drozd, N.M. Kussul // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 119–134.

Abstract. A comprehensive assessment of the investment attractiveness of Ukraine's rural areas was carried out using a multi-criteria geospatial analysis based on three key criteria: natural potential, infrastructure accessibility, and the level of military security. Additionally, within the natural potential criterion, four main investment directions were considered as sub-criteria: agriculture, renewable energy (solar and wind), and tourism. To determine the weights of the criteria using the Saaty pairwise comparison method, five large language models (LLMs) — GPT-4, Claude, Gemini, Deepseek, and Grok 3 — were engaged as virtual experts. The results of the LLM survey were compared with the responses of nine human experts. It was found that virtual models exhibit less inconsistency in their answers compared to humans. The LLM assessments aligned with expert opinions on the three key investment attractiveness criteria but showed lower consensus regarding specific investment directions. Most models identified security as the most important criterion and agriculture as the most attractive investment direction. Six thematic maps and an overall map of the investment attractiveness of Ukrainian villages were created. It was determined that the villages in Western Ukraine are more attractive for investment, while those in the East and South are the least attractive.

Keywords: investment appeal of territories, multicriteria analysis, GIS, satellite data, artificial intelligence, large language models.

==

УДК 004.047

Метод головних компонент як інструмент аналізу мережевого трафіку для виявлення DDoS-атак / А.Б. Качинський, М.С. Стремецька // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 135–145.

Анотація. Для аналізу мережевого трафіку на основі методу головних компонент досліджено ознаковий простір високої розмірності. За допомогою сформованої системи показників виконано кластерний аналіз та візуалізацію мережевих з'єднань, використовуючи спостереження потоків мережевого трафіку, які зафіксовані під час шести різних типів DDoS-атак: DDoS Syn Flood, UDP Lag DDoS, UDP Flood DDoS, NetBIOS DDoS, LDAP DDoS, MSSQL DDoS. Результати дослідження провалідовано в умовах перехресної перевірки. Метод головних компонент є потужним інструментом розвідувального аналізу даних для підтримки моніторингу та виявлення підозрілих подій в кіберпросторі.

Ключові слова: метод головних компонент, перехресна перевірка, кластерний аналіз, оцінка, аномалія, кіберзагроза.

Principal component analysis as a tool of network traffic analysis for detection of DDoS attacks / A. Kachynsky, M. Stremetska // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 135–145.

Abstract. To analyze network traffic based on the principal component method, a high-dimensional feature space was investigated. Using the developed score space, cluster analysis and visualization of network connections were performed using observations of network traffic flows recorded during six different types of DDoS attacks: DDoS Syn Flood, UDP Lag DDoS, UDP Flood DDoS, NetBIOS DDoS, LDAP DDoS, MSSQL DDoS. The results of the study were validated through cross-checking. The principal component method is a powerful data intelligence analysis tool for supporting the monitoring and detection of suspicious events in cyberspace.

Keywords: principal component analysis (PCA), cross-validation, cluster analysis, estimate, anomaly, cyber threat.

==

УДК 519.8

Асимптотичні властивості деякої системи ортогональних многочленів / Д.В. Шаповалов, А.М. Шутовський // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 146–156.

Анотація. Сформульовано і розв'язано оптимізаційну задачу з дослідження величини відхилення функцій класу Ліпшиця від суперпозиції ортогональних многочленів. В основі задачі лежить додатний оператор як узагальнення інтеграла Абеля–Пуассона та бігармонійного інтеграла Пуассона. Основний результат роботи подано у вигляді асимптотичної рівності для відхилення функцій класу Ліпшиця від побудованого узагальненого оператора типу Пуассона. Застосовність розглянутого оператора в теорії оптимальних рішень визначається його належністю класу додатних операторів як оптимальних розв'язків крайових задач. До того ж, оптимальність узагальненого оператора типу Пуассона суттєво підсилюється наявністю властивостей наближувальних агрегатів для функцій класу Ліпшиця, які можна використовувати як математичні моделі у задачах оптимального проєктування.

Ключові слова: функції класу Ліпшиця, оптимізаційна задача, асимптотична рівність, узагальнений оператор.

Asymptotic properties of a certain system of orthogonal polynomials / D.V. Shapovalov, A.M. Shutovskyi // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 146–156.

Abstract. The paper formulates and solves an optimization problem concerning the study of the deviation of the Lipschitz class functions from the superposition of orthogonal polynomials. The problem is based on a positive operator as a generalization of the Abel–Poisson integral and the biharmonic Poisson integral. The main result of the research is presented in the form of an asymptotic equality for the deviation of Lipschitz functions from the constructed generalized Poisson-type operator. The applicability of the operator under consideration in the optimal decision theory is determined by its belonging to the class of positive operators as optimal solutions to boundary value problems. In addition, the optimality of the generalized Poisson-type operator is significantly enhanced by the presence of approximation properties for the Lipschitz class functions, which can act as mathematical models in optimal design problems.

Keywords: Lipschitz class functions, optimization problem, asymptotic equality, generalized operator.

==

УДК 519.7:65.011

Оцінювання вразливості інформаційної системи засобами нейромережі Хеммінга / А.О. Азарова, Ю.В. Крак, О.Г. Муращенко, Л.О. Нікіфорова, О.В. Рузакова // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 157–169.

Анотація. Опрацьовано наявний теоретичний доробок щодо оцінювання рівня захисту інформаційних систем (ІС) на основі різних підходів, зокрема використання нейронних мереж та штучного інтелекту. Це уможливило розроблення математичної та структурної моделей процесу оцінювання рівня інформаційної безпеки ІС та методу їхньої формалізації на основі системного підходу, нейронної мережі Хеммінга та елементів штучного інтелекту. Обґрунтовано множину оцінювальних параметрів рівня захищеності сучасних ІС та розроблено цифрову технологію для ідентифікації вразливостей у їх захисті засобами нейронної мережі Хеммінга та з використанням штучного інтелекту. Експериментальний пул верифікації розробленої моделі складають інформаційні системи десяти компаній.

Ключові слова: цифрова технологія, інформаційна безпека, вразливість інформаційних систем, нейронна мережа Хеммінга, штучний інтелект.

Information system vulnerability assessment using Hamming neural network / A.O. Azarova, Iu.V. Krak, O.G. Murashchenko, L.O. Nikiforova, O.V. Ruzakova // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 157–169.

Abstract. The article reviews existing theoretical developments in the field of assessing the security level of information systems based on various approaches, including the use of neural networks and artificial intelligence. This enabled the authors of the article to develop their own mathematical and structural models of the process of assessing the level of information security of IS and the method of their formalization based on a systems approach, a Hamming neural network, and elements of artificial intelligence. A set of evaluation parameters of the level of security of modern IS was substantiated, and a digital technology was developed for identifying vulnerabilities in IS security from various fields of application using a Hamming neural network and artificial intelligence. The experimental verification pool for the developed model comprises the information systems of 10 companies.

Keywords: digital technology, information security, vulnerability of information systems, Hamming neural network, artificial intelligence.

===

УДК 51-7.51-76

Кібернетична модель всмоктування глюкози у кров із кишківника людини у нормі / Є.І. Сокол, С.С. Лапта, О.І. Соловйова // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 170–180.

Анотація. Розв'язано актуальну задачу математичного моделювання процесу всмоктування глюкози із кишківника людини в нормі з урахуванням його моторики. Для опису цього процесу сучасна фізіологія та медицина наразі практично не має відповідниих клінічних даних та навіть методів отримання цих даних. Ця задача має сенс першого етапу більш глибоких досліджень функції всмоктування глюкози з кишківника, які набули особливої актуальності у зв'язку з потребою в удосконаленні наявних цифрових засобів оброблення та реєстрації відповідної медико-діагностичної інформації та розроблення нових методів. Наведено дійсний вигляд функції інтенсивності всмоктування глюкози з кишківника людини у нормі, який узгоджений як із відомими відповідними її «побічними усередненими нормальними клінічними даними», так і з усіма поняттями у гастроентерології та фізіології. Застосування отриманих у статті результатів безперечно підвищить якість діагностики ЦД (порушень глюкозного гомеостазу) та вдосконалить систему автоматичного керування інсуліновою помпою.

Ключові слова: всмоктування глюкози із кишківника людини у кров у нормі, кібернетична математична модель, чисельні експерименти, параметрична ідентифікація моделі.

Cybernetic modeling of intestinal glucose absorption into human blood under normal conditions / Y. Sokol, S. Lapta, O. Soloviova // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 170–180.

Abstract. This article presents, for the first time, a solution to the pressing problem of mathematically modeling the process of glucose absorption from the human intestine under physiological (normal) conditions, taking into account intestinal motility. Until recently, modern clinical data and even appropriate methods for obtaining such data have been virtually absent in the fields of physiology and medicine. This problem constitutes the initial stage in more in-depth investigations of intestinal glucose absorption mechanisms, which have gained particular relevance due to the growing need to improve existing digital tools for processing and recording related medical and diagnostic information, as well as to develop new methodological approaches. This article establishes, for the first time, the actual form of the glucose absorption rate function from the human intestine under physiological (normal) conditions. The derived function is consistent with both the available indirect averaged clinical data and with established concepts in gastroenterology and human physiology. The application of the results obtained in this study will undoubtedly enhance the quality of diabetes mellitus diagnosis — particularly in identifying disorders of glucose homeostasis — and contribute to the improvement of automatic insulin pump control systems.

Keywords: absorption of glucose from the human intestine into the blood in normal, cybernetic mathematical model, numerical experiments, parametric model identification.

УДК 004.4’24, 004.3, 004.89, 004.942

Метод автоматизованого проєктування нейромережевих контролерів на основі ПЛІС / В.М. Шимкович, А.Ю. Дорошенко, П.І. Кравець, О.А. Яценко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 181–198.

Анотація. Розглянуто метод автоматизованого проєктування апаратних компонентів нейромережевих систем керування для програмованих логічних інтегральних схем. Запропоновано підхід, що включає розроблення та реалізацію прямої та інверсної нейромережевих моделей об’єкта керування, а також автоматизовану генерацію програмного коду. Ефективність методу продемонстровано на прикладі системи балансування кульки на платформі. Отримані результати можуть бути використані для створення високопродуктивних адаптивних систем керування в реальному часі.

Ключові слова: автоматизоване проєктування, алгебра алгоритмів, генерація програм, нейронна мережа, програмовані логічні інтегральні схеми, система керування.

Method for automated design of neural network controllers based on FPGAs / V.M. Shymkovych, A.Yu. Doroshenko, P.I. Kravets, O.A. Yatsenko // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 181–198.

Abstract. A method for the automated design of hardware components of neural network control systems for programmable logic integrated circuits is considered. An approach is proposed that includes the development and implementation of a direct and inverse neural network model of the control object, as well as the automated generation of program code. The effectiveness of the method is demonstrated using a ball balancing system on a platform. The results obtained can be used to create high-performance adaptive control systems in real time.

Keywords: computer-aided design, algorithm algebra, program generation, neural network, field-programmable gate array, control system.

===

UDC 004.89:004.94

Гібридна модель RAG-ASAG для формативного оцінювання у процесі навчання інформатиці в університеті / А.Є. Алієва // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 6. С. 199–206.

Анотація. У статті розглядається інтеграція технології генерації з доповненим пошуком (RAG) у формативне оцінювання у викладанні інформатики. Традиційні методи автоматичного оцінювання коротких відповідей (ASAG), що базуються лише на схожості тексту, не дозволяють глибоко аналізувати відповіді учнів з точки зору змісту та контексту. Для розв’язання цієї проблеми запропоновано гібридну модель, яка поєднує технології RAG та ASAG. Із використанням запропонованих критеріїв оцінювання модель оцінює відповіді учнів не лише з точки зору мови, але й на основі знань з інформатики, навчальних матеріалів та прикладів експертів. Такий підхід дозволяє більш об’єктивно та прозоро оцінювати застосування знань учнями, критичне мислення та креативні навички. Результати дослідження показують, що гібридна модель на основі RAG забезпечує персоналізований зворотний зв’язок, сприяє моніторингу навчального процесу як на індивідуальному, так і на груповому рівнях, а також розвиває навички самостійного навчання.

Keywords: формативне оцінювання, автомтичне оцінювання коротких відповідей (ASAG), RAG-технологія, навчання інформатиці, досвід програмування.

A RAG-ASAG hybrid model for formative assessment in informatics education at university / A.E. Aliyeva // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 6. P. 199–206.

Abstract. The article examines the integration of retrieval-augmented generation (RAG) technology into formative assessment in computer science teaching. Traditional automatic short answer grading (ASAG) methods based only on text similarity do not allow for a deep analysis of student responses in terms of content and context. To solve this problem, a hybrid model combining RAG and ASAG technologies is proposed. As a result of the proposed assessment criteria, the model evaluates student responses not only in terms of language, but also on the basis of computer science knowledge, teaching materials, and expert examples. This approach allows for a more objective and transparent assessment of students’ knowledge application, critical thinking, and creativity skills. The research results show that the RAG-based hybrid model provides personalized feedback, facilitates monitoring of the learning process at both the individual and group levels, and develops students’ self-directed learning skills.

Keywords: formative assessment, automatic short answer grading (ASAG), RAG technology, computer science teaching, coding skills.