

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 004.05

Проблема точності в системах протидії кібератакам та верифікація нейронних мереж на прикладі задачі виявлення ботнетів / О. Летичевський, Б. Панчук // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 3–12.

Анотація. Розглянуто проблему точності виявлення вторгнень у програмних системах на основі нейронних мереж глибокого навчання. Представлено приклад системи виявлення ботнетів — зловмисного програмного забезпечення, яке є джерелом потенційних атак, зокрема атаки типу «Distributed Denial of Service» або «відмова в сервісі» (DDoS). Систему створено, як модель класифікації, що виявляє поведінку ботнетів на заражених ресурсах. Проведено низку експериментів на відкритому наборі даних Канадського інституту кібербезпеки (Canadian Institute for Cybersecurity). Для підвищення точності класифікації застосовано спосіб розширення набору даних за допомогою генерації прикладів змалювальних атак. Представлено метод верифікації надійності нейронної мережі з використанням автоматичного доведення властивості стійкості моделі на основі SMT-розв'язувачів. Для підвищення точності виявлення атак розглянуто також нейросимвольний підхід, який поєднує алгебраїчні методи з моделями класифікації.

Ключові слова: кібербезпека, ботнет, алгебраїчне моделювання, нейронна мережа глибокого навчання, змалювальні атаки, верифікація.

The problem of accuracy in systems for cyberattack resistance and the verification of neural networks on the example of botnet detecting problem / O. Letychevskiy, B. Panchuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 3–12.

Abstract. The paper considers the problem of the accuracy of detection of intrusions in software systems based on deep learning neural networks. An example of a system for detecting botnets, malicious software, which are the source of potential attacks, including Denial of Service (DDoS), is presented. The system is created as a classification model that detects the behavior of botnets on infected resources. A number of experiments were conducted on the open data set of the Canadian Institute for Cybersecurity. To increase the accuracy of the classification, the method of augmentation of the data set using the method of generating examples of adversarial attacks was used. A method for verification of the reliability of a neural network using automatic proof of the robustness property of the model based on SMT solvers is presented. To increase the accuracy of attack detection, a neurosymbolic approach that combines algebraic methods with classification models is also considered.

Keywords: cyber security, botnet, algebraic modelling, deep learning neural network, adversarial attacks, verification.

УДК 004.89

Пояснений штучний інтелект як послуга: методологія оцінювання та моделі якості / В.С. Харченко, С.В. Яковлев, О.Ю. Веприцька, О.О. Ілляшенко, Г.В. Фесенко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 13–26.

Анотація. Предметом дослідження є хмарні послуги штучного інтелекту (Artificial Intelligence as a Service, AIaaS) та їхня якість. Мета — визначення характеристик якості та розроблення методології оцінювання пояснений штучного інтелекту як послуги (XAIaaS). Аналізуються рішення AIaaS, які пропонують хмарні провайдери, та надається класифікація засобів AI, що підтримуються сервісами. Запропоновано методологію оцінювання якості AIaaS, яка базується на принципах кейс-орієнтованого оцінювання та моделі якості систем штучного інтелекту. Вона поєднує моделі якості власне засобів AI та хмарного сервісу і метричну оцінку відповідних характеристик з використанням зважених згорток. Надано приклади профілювання вимог і характеристик якості для двох XAIaaS.

Ключові слова: штучний інтелект, AI як послуга, хмарні рішення, пояснений штучний інтелект, профілювання вимог.

Explainable artificial intelligence as a service: methodology of assessment and quality models / V. Kharchenko, S. Yakovlev, O. Veprytska, O. Illiashenko, H. Fesenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 13–26.

Abstract. The subject of the research is Artificial Intelligence as a Service (AIaaS) and AIaaS quality models. The goal is to define quality characteristics and develop a methodology for evaluating explainable AIaaS (XAIaaS). AIaaS solutions offered by cloud providers are analysed and a classification of AI tools supported by the services is provided. The AIaaS quality assessment methodology is proposed, which is based on the principles of case-oriented assessment and the quality model of artificial intelligence systems. It combines quality models of AI tools and cloud services, and metric evaluation of relevant characteristics using weighted convolutions. Examples of requirements profiling and quality characteristics for two XAIaaS are discussed.

Keywords: artificial intelligence, AI as a Service, cloud systems, explainable AI, requirements profiling.

Аналітичний вираз імовірності збігу сусідніх знаків вихідної послідовності комбінувального генератора гами, побудованого на базі регістрів зсуву, що рухаються з простоюванням / А.М. Олексійчук, А.А. Матійко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 27–32.

Анотація. Доведено теорему, яка встановлює явний вираз імовірності збігу двох сусідніх знаків вихідної послідовності довільного комбінувального генератора гами, побудованого на базі лінійних регістрів зсуву, кожен з яких або простоює, або зсувається на один крок у кожному такті. Отриманий результат надає змогу обчислювати цю ймовірність безпосередньо за відомими законом руху лінійних регістрів зсуву генератора та перетворенням Уолша–Адамара його комбінувальної функції.

Ключові слова: потоковий шифр, комбінувальний генератор гами з нерівномірним рухом, кореляційна атака, перетворення Уолша–Адамара, A5/1, Alpha1.

Analytical expression of the probability of adjacent signs' coincidence of the output sequence of a combination keystream generator based on shift registers moving with idle / A.N. Alekseychuk, A.A. Matiyko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 27–32.

Abstract. A theorem that establishes an explicit expression of the probability of two adjacent signs' coincidence of the output sequence of an arbitrary combination keystream generator based on linear shift registers, each of which is either idle or shifts by one step in each clock cycle is proved. The obtained result allows us to calculate this probability directly from the known laws of the linear shift registers' motion and the Walsh–Hadamard transform of the combination function.

Keywords: stream cipher, combinational gamma generator with non-uniform motion, correlation attack, Walsh–Hadamard transform, A5/1, Alpha1.

Оптимальне пакування одиничних сфер Мінковського на площині / М.М. Глазунов // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 33–38.

Анотація. Досліджено оптимальне пакування одиничних сфер Мінковського на площині. Побудовано простір модулів (параметризацію) допустимих ґраток подвоєних сфер Мінковського, які містять по три пари точок на відповідній сфері Мінковського і визначають пакувальні ґратки одиничних сфер Мінковського. Відповідно до результатів доказу гіпотези Мінковського про критичний визначник отримано розбиття сфер Мінковського на три класи: сфери Ватсона, сфери Девіса та сфери Морделла–Чебишева. Розглянуто ґратки, які дають оптимальні пакування цих сфер, та знайдено щільності цих оптимальних пакувань.

Ключові слова: сфера Мінковського, допустима ґратка, критична ґратка, простір модулів, щільність пакування, оптимальне пакування.

Optimal packing of unit Minkowski spheres on a plane / M.M. Glazunov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 33–38.

Abstract. The optimal packing of unit Minkowski spheres on a plane has been studied. The moduli space (parameterization) of admissible lattices of doubled Minkowski spheres, which contain three pairs of points on the corresponding Minkowski sphere, and which determine the packing lattices of unit Minkowski spheres, is constructed. According to the results of the proof of Minkowski's hypothesis about the critical determinant, a partition of Minkowski spheres into 3 classes was obtained: Watson spheres, Davis spheres, and Mordell–Chebyshev spheres. Lattices that give optimal packings of these spheres are indicated, and densities of these optimal packings are found.

Keywords: Minkowski sphere, admissible lattice, critical lattice, packing lattice, module space, packing density, optimal packing.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

Математична модель оцінювання ризиків для критичної інфраструктури / К.Л. Атосв, П.С. Кнопов // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 39–54.

Анотація. Розроблено математичні моделі для дослідження вразливості критичної інфраструктури (КІ), які дають змогу оцінити ймовірність вибору цілі для атаки на КІ, ймовірність того, що здійснений напад буде успішним, а також обсяги людських та матеріальних втрат, завданих атакою. Оцінювання ризиків здійснено за допомогою шестисекторної моделі Лоренца зі змінюваними 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. У цій моделі також використано методи теорії гладких функцій, що дає змогу прогнозувати кризові явища, вибирати стратегії гарантування заданого рівня безпеки КІ, досліджувати виникнення режимів зі швидкими стрибкоподібними її змінами, ранжувати рівні різних типів загроз і визначати слабкі ланки, які суттєво впливають на формування нестійкості та деформації простору безпеки.

Ключові слова: модель Лоренца, математичне моделювання, модель критичної інфра-структури, детермінований хаос, оцінювання ризику.

Mathematical model for risk assessment of critical infrastructure / K.L. Atoyev, P.S. Knopov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 39–54.

Abstract. Mathematical models have been developed to study the vulnerability of critical infrastructure (CI), which allow for the assessment of the probability of selecting a particular target for an attack on CI, the likelihood that the attack will be successful, and the extent of human and material losses from the attack on CI. Risk assessment is carried out using a six-sector Lorenz model with variable coefficients, which integrates uniformly described economic sectors into a single structure. Each sector is considered in terms of productivity levels, the number of jobs, and structural disruptions. The use of smooth function theory methods allows for the forecasting of crisis phenomena, the selection of strategies to ensure a given level of CI security, the study of the emergence of rapid, abrupt changes in CI, the ranking of various threat levels, and the identification of weak links that significantly impact the formation of instability and the deformation of the security space.

Keywords: Lorentz model, mathematical modeling, critical infrastructure, deterministic chaos, risk assessment

УДК 517.9: 519.6

Задача з кінцевою інтегральною умовою для одного нелінійного дробово-диференціального рівняння з біпорядковою похідною Хільфера–Адамара / В.М. Булавацький // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 55–64.

Анотація. Розглянуто крайову задачу з інтегральною умовою для нелінійного дробово-диференційного рівняння з узагальненою (біпорядковою) композитною похідною Хільфера–Адамара. Поняття біпорядкової похідної Хільфера–Адамара ґрунтуються на інтерполяційній концепції із застосуванням похідних Адамара та Капуто–Адамара різних порядків. Вивчаються питання існування розв'язку, єдиності та стійкості щодо зазначеної задачі.

Ключові слова: нелінійні дробово-диференціальні рівняння, біпорядкова похідна Хільфера–Адамара, крайова задача, інтегральна умова, існування, єдиність, стійкість.

A problem with terminal integral condition for one nonlinear fractional-differential equation with bi-ordinal Hilfer–Hadamard derivative / V.M. Bulavatsky // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 55–64.

Abstract. The boundary-value problem with integral condition for a nonlinear fractional-differential equation with a generalized (bi-ordinal) Hilfer–Hadamard composite derivative is considered. The notion of the bi-ordinal Hilfer–Hadamard derivative is based on the interpolation concept using Hadamard and Caputo–Hadamard derivatives of different orders. We study existence of solution, uniqueness and stability in relation to this problem.

Keywords: nonlinear fractional-differential equations, bi-ordinal Hilfer–Hadamard derivative, boundary value problem, integral condition, existence, uniqueness, stability.

УДК 519.71

Синтез зональних керувань з використанням інформації про історію стану об'єкта / К.Р. Айдазаде, С.З. Гулієв // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 65–77.

Анотація. Запропоновано підхід до керування зі зворотним зв'язком для нелінійних об'єктів із зосередженими параметрами, який передбачає поділ усієї множини можливих фазових станів об'єкта на скінченну кількість підмножин або зон. У цьому підході синтезовані керування ґрунтуються не на безпосередньо вимірних значеннях фазового стану, а на зональних значеннях параметрів, що відповідають зоні, пов'язаній з поточними та минулими вимірними станами об'єкта. Отримано необхідні умови оптимальності для зональних значень параметрів керування зі зворотним зв'язком. Проведено обчислювальні експерименти на різних тестових задачах, які підтвердили ефективність запропонованого підходу до керування нелінійними динамічними об'єктами.

Ключові слова: керування зі зворотним зв'язком, зональні параметри, градієнт функціонала, запізнення в часі, нелінійні динамі

Synthesis of zonal controls using information about the history of the object's state / K.R. Aidazade, S.Z. Guliyev // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 65–77.

Abstract. In the work, we propose an approach to feedback control for nonlinear objects with lumped parameters, which involves dividing the entire set of the object's potential phase states into a finite number of subsets or zones. In this approach, the synthesized controls are based not on the measured phase state values directly, but rather on the zonal values of the parameters corresponding to the zone associated with the current and past object's measured states. We have derived necessary optimality conditions for zonal values of feedback control parameters, as well as conducted computational experiments on various test problems, which confirmed the efficiency of the proposed approach to controlling nonlinear dynamic objects.

Keywords: feedback control, zonal parameters, gradient of functional, time lag, nonlinear dynamic objects.

Методологія математичного моделювання перспективного розвитку вузлів і транспортних маршрутів у багатопродуктовій ієрархічній мережі. II. Експериментальні дослідження / В.О. Васянин, О.М. Трофимчук, Л.П. Ушакова // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 78–98.

Анотація. Ця стаття є другою частиною роботи, в якій запропоновано методологію математичного моделювання поетапного розвитку вузлів і транспортних маршрутів у ієрархічній мережі з багатопродуктовими дискретними потоками кореспонденцій. Як правило, такі мережі складаються з децентралізованої магістральної мережі та мереж у внутрішніх зонах обслуговування магістральних вузлів. У багатопродуктовій мережі кожен вузол може обмінюватися кореспонденціями (продуктами, товарами, вантажами, повідомленнями) з іншими вузлами. У магістральній мережі всі кореспонденції передають каналами зв'язку або перевозять транспортними засобами у транспортних блоках заданого розміру (ємності, обсягу). У цій частині роботи на прикладі транспортних мереж експериментально продемонстровано, що поетапне розв'язання задач оптимізації структури магістральної мережі та розподілу і маршрутизації потоків дає змогу отримати початкові дані для побудови динамічних детермінованих і стохастичних моделей їхнього розвитку. Також показано, в який спосіб можна використати ці задачі для оперативного перерозподілу потоків у разі відмов устаткування у вузлах і на лініях зв'язку (перевищення пропускних спроможностей вузлів і каналів зв'язку, вантажопідйомності транспортних засобів тощо).

Ключові слова: багатопродуктові ієрархічні мережі, дискретні потоки, задачі комбінаторної оптимізації, математичні моделі, комп'ютерне моделювання.

Methodology of mathematical modeling for perspective development of nodes and transport routes in a multicommodity hierarchical network. ii. experimental research / V.A. Vasyanin, O.M. Trofymchuk, L.P. Ushakova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 78–98.

Abstract. This article is the second part of the work, which proposes a methodology for mathematical modeling of the step-by-step development of nodes and transport routes in a hierarchical network with multicommodity discrete correspondence flows. As a rule, such networks consist of a decentralized trunk network and networks in the internal service areas of trunk nodes. In a multicommodity network, each node can exchange correspondence (products, goods, cargo, messages) with other nodes. In the trunk network, all correspondence is transmitted via communication channels or transported in vehicles in transport blocks of a given size (capacity, volume). In this part of the work, using the example of transport networks, it is experimentally shown that the step-by-step solution of the problems of optimizing the structure of the trunk network and the distribution and routing of flows allows obtaining initial data for building dynamic deterministic and stochastic models of their development. It is also shown how these tasks can be used for operational redistribution of flows in case of equipment failures in nodes and on communication lines (exceeding the throughput capacities of nodes and communication channels, the carrying capacity of vehicles, etc.).

Keywords: multicommodity hierarchical networks, discrete flows, combinatorial optimization problems, mathematical models, computer modeling.

Зменшення ширини стрічки матриці у методі інтерполяції розтягнутими сплайнами / Є.В. Назаренко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 99–107.

Анотація. Крайові умови вдвічі розширюють стрічку матриці системи лінійних рівнянь у методі інтерполяції розтягнутими сплайнами (узагальнення методу Брігса). Запропоновано схему нумерації вузлів скінченно-різницевої сітки, що дає змогу істотно звужити стрічку і зменшити профіль матриці. Описаний метод належить до методів когнітивної графіки і не спирається на поняття теорії графів. Схему або її модифікації можна поширити на інші подібні задачі.

Ключові слова: зменшення ширини стрічки, зменшення профілю, схема нумерації вузлів, розтягнуті сплайни, метод Брігса, стрічкова матриця, когнітивна графіка.

Matrix bandwidth reduction for interpolation with splines in tension / Y. Nazarenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 99–107.

Abstract. Boundary conditions widen twice a band of a matrix of a system of linear equations that arises in interpolation with splines in tension (a generalization of Briggs' method). A node numbering scheme of the finite difference mesh that allows significantly narrow the band and reduce a profile of the matrix is proposed. The described method belongs to cognitive graphics methods and is not based on graph theory concepts. The scheme or its modifications can be extended to other similar problems.

Keywords: bandwidth reduction, profile reduction, node numbering scheme, splines in tension, Briggs' method, banded matrix, cognitive graphics.

УДК 519.218.24

Перехідні явища для повної кількості частинок у гіллястому процесі Гальтона–Ватсона з імміграцією / Т.Б. Лисецький, Я.І. Єлейко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 108–114.

Анотація. Розглянуто гіллясті процеси Гальтона–Ватсона з імміграцією, в яких математичне сподівання A кількості нащадків однієї частинки прямує до одиниці. Для процесу, який позначає кількість частинок, які існували до покоління n нормованого математичним сподіванням, знайдено асимптотичний розподіл, який залежить від швидкості прямування A до одиниці.

Ключові слова: гіллясті процеси з імміграцією, повна кількість частинок, перехідні явища.

Transient phenomena for total progeny in Galton–Watson processes with immigration / T.B. Lysetskyi, Ya.I. Yeleiko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 108–114.

Abstract. Galton–Watson branching processes with immigration are considered, in which the mathematical expectation A of the number of offspring of a single individual tends towards unity. For the process denoting the number of individuals that existed before generation n (total progeny), normalized by mathematical expectation, an asymptotic distribution has been found that depends on the rate at which A tends towards unity.

Keywords: branching processes with immigration, total progeny, transient phenomena.

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

SOFTWARE–HARDWARE SYSTEMS

УДК 004.04, 004.65

Впровадження індексу на базі суфіксного дерева для пошуку підрядків у скбд великого розміру / А.М. Глибовець, Д.В. Зважій // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 115–127.

Анотація. Розглянуто переваги та недоліки впровадження індексу на базі суфіксного дерева для оптимізації операцій пошуку підрядків у СКБД у процесі роботи з даними великого розміру. Наведено теоретичні характеристики складності операцій для суфіксних дерев. Експериментально оцінено часову складність операцій пошуку підрядків для суфіксних дерев та СКБД, таких як Elasticsearch, PostgreSQL, MySQL, ClickHouse. На основі отриманих результатів підтверджено гіпотезу про потенційну ефективність впровадження індексу на базі суфіксних дерев для оптимізації операцій пошуку підрядків у СКБД.

Ключові слова: суфіксне дерево, індекс, пошук рядків, Elasticsearch, PostgreSQL, MySQL, ClickHouse.

Implementation of a suffix tree-based index for searching substrings in a large DBMS / A. Hlybovets, D. Zvazhii // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 115–127.

Abstract. The article considers the advantages and disadvantages of implementing a suffix tree-based index to optimize substring search operations in a DBMS when working with large data. The theoretical characteristics of the complexity of operations for suffix trees are presented. Experimental estimates of the time complexity of substring search operations for suffix trees and database management systems such as Elasticsearch, PostgreSQL, MySQL, ClickHouse are carried out. Based on the results obtained, the hypothesis about the potential efficiency of implementing an index based on suffix trees to optimize substring search operations in a DBMS is confirmed.

Keywords: suffix tree, index, string searching, performance benchmark, Elasticsearch, PostgreSQL, MySQL, ClickHouse.

НОВІ ЗАСОБИ КІБЕРНЕТИКИ, ІНФОРМАТИКИ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

NEW TOOLS IN CYBERNETICS, COMPUTER SCIENCE, AND SYSTEM ANALYSIS

УДК 53.088.3+53.088.7

Аналіз часових рядів з використанням вейвлет-автокогерентності та автокореляції / Ю.К. Тараненко, О.Ю. Олійник, Б.І. Мороз, В.В. Лопатін // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 128–141.

Анотація. Наведено ефективний алгоритм класифікації сигналів для виявлення гауссівських шумів за значеннями коефіцієнтів автокореляції і вейвлет-автокогерентності. Проведено порівняльний аналіз методів автокореляції для аналізу часових рядів і методу вейвлет-автокогерентності, який застосований для часових рядів масштабних вейвлет-коефіцієнтів. Передбачено використання бази з 20 типів модельних сигналів (як лінійної, так і нелінійної частотних модуляцій), що значно розширює можливість застосування алгоритму в автоматичних системах розпізнавання даних. За результатами дослідження значення коефіцієнта автокогерентності залишається незмінним в усьому діапазоні зміни потужності шуму, а значення автокореляції залежить від частотної модуляції і має інший характер. Для отримання спрощеної моделі використано тест Шапіро–Вілکا (W-тест), сигнали за значеннями коефіцієнтів автокореляції і вейвлет-автокогерентності класифікуються на дві виокремлені групи. Для

сигналів, які відповідають нормальному закону розподілу даних визначено шумовий поріг.

Ключові слова: вейвлет-спектр, автокогерентність, автокореляція, шум, шумовий поріг, частотна модуляція.

Analysis of time series using wavelet autocorrelation and autocorrelation / Yu. Taranenko, O. Oliynyk, B.I. Moroz, V. Lopatin // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 128–141.

Abstract. The article is devoted to the development of an effective signal classification algorithm for the detection of Gaussian noise based on wavelet autocorrelation and wavelet autocorherence values. A comparative analysis of autocorrelation methods for the analysis of time series constructed using the base of analytical expressions of model signals and the wavelet-autocorherence method, which is applied to time series of large-scale wavelet coefficients, is carried out. The use of a database of 20 types of model signals (both linear and nonlinear frequency modulation) is provided, which significantly expands the possibilities of applying the algorithm in automatic data recognition systems. The results of the study show that the value of the coefficient of autocorherence remains unchanged in the entire range of changes in noise power, while the value of autocorrelation depends on frequency modulation and has a different character. To obtain a simplified model, the Shapiro–Wilk test (W-test) was used, the signals are classified into two separate groups based on the values of the autocorrelation and wavelet autocorherence coefficients. A noise threshold is determined for signals that correspond to the normal law of data distribution.

Keywords: wavelet spectrum, autocorherence, autocorrelation, noise, noise threshold, frequency modulation.

УДК 004.855.5

Ефективність класифікації ґрунтованих на впевненості центроїдів / Л. Сметс, Д. Рачковський, Є. Осіпов, О. Волков, В. ван Леквейк, С. Латре // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 142–160.

Анотація. Гіпервимірні обчислення (HDC) є потужною алгоритмічною платформою, що поєднує підходи символічного та нейромережевого штучного інтелекту. Зокрема, HDC привертає значну увагу як перспективний кандидат для задач машинного навчання з низькими ресурсами, наприклад, у носимих пристроях інтернету речей. Для розв’язання класифікаційних задач HDC перетворює вхідні дані у високоримірний простір і використовує прості покомпонентні векторні операції для створення, навчання та застосування класифікаційної моделі. Хоча класична модель центроїда часто використовується в HDC, ітеративне оновлення центроїдів помилково класифікованими зразками покращує точність класифікації. У цій роботі досліджено, як навчання центроїдів, що ґрунтується на рівні довіри до класифікації, додатково підвищує точність класифікації, застосовуючи велику та різноманітну колекцію з 121 набору даних UCI.

Ключові слова: центроїд, лінійний класифікатор, нелінійне перетворення даних, гіпервимірні обчислення, векторно-символьна архітектура.

Classification performance of confidence-driven centroids / L. Smets, D. Rachkovskij, E. Osipov, O. Volkov, W. van Leekwijck, S. Latre // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 142–160.

Abstract. Hyperdimensional computing (HDC) is a powerful algorithmic framework at the intersection of symbolic and neural network Artificial Intelligence. In particular, HDC has received significant attention as a suitable candidate for low-resource machine learning tasks, exemplified by wearable Internet of Things. To solve classification tasks, HDC transforms input data to a high-dimensional space and uses simple component-wise vector operations to create, train, and operate the classification model. While the classical centroid model has been often used in HDC, iterative updating of centroids with wrongly classified samples improves the classification performance. In this paper, using a large and variable collection of 121 UCI datasets, we explore how confidence-driven training of centroids formed from HDC representations further improves the classification accuracy.

Keywords: centroid, linear classifier, non-linear data transformation, hyperdimensional computing, vector symbolic architecture.

УДК 519.6, 004.932, 004.627

Швидкі цілочислові синусні і косинусні перетворення типу IV низької складності для відеокодування / Л.О. Гнатів // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 161–175.

Анотація. Запропоновано матричні методи побудови цілочислових синусного і косинусного перетворень типу IV (ЦСП-IV / ЦКП-IV) порядку 8 і 16, на основі яких побудовано два цілочислові перетворення типу IV і розроблено швидкі алгоритми їхнього обчислення, що потребують тільки операцій з цілими числами. Алгоритми обчислення ЦСП-IV / ЦКП-IV порядку 16 потребують на 14.29 % і на 12.5 % менше операцій множення та на 22.11 % і 20.83 % більше операцій додавання порівняно з відомими алгоритмами для дискретного синусного і косинусного перетворень типу IV. Запропоновані швидкі ЦСП-IV / ЦКП-IV порівняно з відомими швидкими дискретними синусним типу VII і косинусним типу VIII перетвореннями з цілочисловою апроксимацією зі стандарту VVC (ДСП-VII / ДКП-VIII) мають у 3.02 раза меншу мультиплікативну складність та потребують на 47.41 % менше операцій додавання.

Розроблено швидкі алгоритми низької обчислювальної складності обчислення 2D роздільних цілочислових косинусного типу II і синусного типу IV адаптивних перетворень для intra-прогнозування з блоками зображень, які мають у 2.66 раза меншу мультиплікативну складність та потребують на 28.9 % менше операцій додавання порівняно з відомими роздільними перетвореннями ЦКП-II (H.265) / ДСП-VII (VVC).

Ключові слова: дискретне косинусне перетворення, дискретне синусне перетворення, цілочислове косинусне перетворення, цілочислове синусне перетворення, факторизація, відеокодування, H.265, VVC (Versatile Video Coding), роздільне адаптивне перетворення, MTS (Multiple Transform Selection).

Fast integer sine and cosine transforms type IV lowcomplexity for video coding / L.O. Hnativ // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 161–175.

Abstract. Matrix methods for constructing integer sine and cosine transforms of type IV (IST-IV/ICT-IV) of order-8 and -16 are proposed, on the basis of which two integer transforms of type IV are constructed and fast algorithms for their calculation that require only operations with integers are developed. Algorithms for calculating IST-IV/ICT-IV of order-16 require 14.29% and 12.5% fewer multiplication operations and 22.11% and 20.83% more addition operations compared to known algorithms for discrete sine and cosine transformations type IV. The proposed fast IST-IV/ICT-IV compared to known fast discrete sine type VII and cosine type VIII transforms with integer approximation from the VVC standard (DST-VII/DCT-VIII) have 3.02 times less multiplicative complexity and require 47.41% fewer addition operations. Fast algorithms of low computational complexity for computing 2D separable integer cosine type II and sine type IV adaptive transforms for intra-prediction with 16x16 image blocks have been developed, which have 2.66 times lower multiplicative complexity and require 28.9% fewer addition operations compared to known separable transforms ICT-II (H.265)/DST-VII (VVC).

Keywords: discrete cosine transform, discrete sine transform, integer cosine transform, integer sine transform, factorization, video coding, H.265, VVC (Versatile Video Coding), separable adaptive transform, MTS (Multiple Transform Selection).

УДК 519.6, 004.932, 004.627

Швидке цілочислове спрощене синус-косинусне перетворення типу VII порядку 16 для відеокодування / Я.В. Луц // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 176–190.

Анотація. Розроблено матричний метод побудови цілочислових спрощених синус-косинусних перетворень типу VII порядку 16 на основі двох перетворень порядку 8: синусного типу VII і косинусного типу II. Розроблено два цілочислові однонормові спрощені синус-косинусні перетворення низької обчислювальної складності, яка менше на 38.6 % порівняно з відомим алгоритмом дискретного синусного перетворення типу VII порядку 16 з цілочисловою апроксимацією. Отримані перетворення мають на 1–1.5 % менший коефіцієнт стиснення за тієї ж якості відновлених даних, тому можуть використовуватись для схеми роздільних адаптивних перетворень для швидкодіючих режимів кодування зображень та відео.

Ключові слова: дискретне косинусне перетворення, дискретне синусне перетворення, цілочислове косинусне перетворення, цілочислове синусне перетворення, цілочислове синус-косинусне перетворення, масштабоване перетворення, роздільні адаптивні перетворення, факторизація, відеокодування, H.265, VVC (Versatile Video Coding), MTS (Multiple Transform Selection).

Fast integer simplified sine-cosine type VII transform of order 16 for video coding / Ya.V. Luts // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 176–190.

Abstract. A matrix method for constructing integer simplified sine-cosine transforms of type VII of order 16 has been developed based on two transforms of order 8: sine type VII and cosine type II. Two integer one-norm simplified sine-cosine transforms of low computational complexity have been developed, which is 38.6% less compared to the well-known discrete sine transform algorithm of type VII of order 16 with integer approximation. The resulting transforms have a 1–1.5% lower compression ratio with the same quality of restored data, so they can be used for the scheme of separable adaptive transforms for high-speed image and video coding modes.

Keywords: discrete cosine transform, discrete sine transform, integer cosine transform, integer sine transform, integer sine-cosine transform, scaled transform, discrete adaptive transforms, factorization, video coding, H.265, VVC (versatile video coding), MTS (multiple transform selection).

Моделювання імпульсного збудження шару, послабленого наскрізним отвором (косиметричний випадок) / Ю.Д. Ковальов // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 2. С. 191–198.

Анотація. Наведено нову математичну модель розв'язання динамічної (ударної) косиметричної крайової задачі для послабленого наскрізним отвором шару з ковзним защемленням торців. Розроблено та чисельно апробовано новий метод, оснований на системі трьох сингулярних інтегральних рівнянь. Унаслідок високоточного чисельного дослідження виявлено, що зі збільшенням довжини імпульсу відбувається зростання відносного окружного напруження. У разі коротких імпульсів виникає хвилеподібний згасний процес — в ϵ -околі початку координат унаслідок інерційності системи виникає зона негативних напруг, які взаємодіють з позитивним імпульсом і породжують цей процес. Аналогічна ситуація виникає і в разі зняття імпульсу. Наведено відповідні графіки.

Ключові слова: тривимірні динамічні крайові задачі, сингулярні інтегральні рівняння, чисельний експеримент, імпульсний вплив.

Modeling of impulse excitation of a layer weakened by a through hole (skew-symmetric case) / Yu.D. Kovalev // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 2. P. 191–198.

Abstract. The paper considers a new mathematical model for solving a dynamic (shock) skew-symmetric boundary value problem for a layer weakened by a through hole with sliding sealing of its ends. A new method based on the system of three singular integral equations was developed and tested numerically. A highly accurate numerical study demonstrated that the relative circumferential stress increases with an increase in the impulse length. Short impulses result in a wave-like fading process — in the ϵ -neighborhood of the origin, due to the inertia of the system, a zone of negative stresses appears, which, interacting with a positive impulse, give rise to this process. A similar situation is observed when the impulse is removed. The corresponding graphs are shown.

Keywords: three-dimensional dynamic boundary value problems, singular integral equations, numerical experiment, impulse actions.