

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 004.89

Пояснений штучний інтелект як сервіс: алгоритми оцінювання характеристик / В.С. Харченко, С.В. Яковлев, О.Ю. Веприцька, Г.В. Фесенко // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 3–15.

Анотація. Досліджено методи оцінювання поясненого штучного інтелекту як сервісу (XAIaaS). Проведено аналіз підходів до оцінювання систем поясненого штучного інтелекту. Метою дослідження є розроблення підходу та послідовності оцінювання якості систем поясненого штучного інтелекту в контексті моделі XAIaaS, що ґрунтується на характеристико-орієнтованій методології. Запропоновано багаторівневу схему оцінювання, яка передбачає поетапний аналіз, тестування та корекцію на підставі визначених ключових характеристик першого рівня ієрархії моделі якості, що дає змогу здійснювати цільове, структуроване та порівняльне оцінювання окремих властивостей системи в цілому. Продемонстровано застосування запропонованої методики оцінювання на практичному прикладі.

Ключові слова: штучний інтелект, XAI як послуга, оцінювання поясненого штучного інтелекту, профілювання вимог.

Explainable artificial intelligence as a service: Algorithms for assessment of characteristics / V. Kharchenko, S. Yakovlev, O. Vepriyska, H. Fesenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 3–15.

Abstract. The research focuses on methods for evaluating Explainable Artificial Intelligence as a Service (XAIaaS). An analysis of existing approaches to evaluating explainable artificial intelligence systems has been conducted. The purpose of the study is to develop an approach and a sequence for assessing the quality of explainable artificial intelligence systems within the XAIaaS model, based on a characteristic-oriented methodology. A multi-level evaluation scheme is proposed, which provides step-by-step analysis, testing, and correction based on the defined key characteristics of the first level of the quality model hierarchy. This enables targeted, structured, and comparative evaluation of individual system properties as well as of the system as a whole. The application of the proposed evaluation methodology is demonstrated through a practical example.

Keywords: artificial intelligence, XAI as a service, explainable artificial intelligence evaluation, requirements profiling.

УДК 004.94:004.2

Алгоритм алгебраїчного синтезу мікропрограмного автомата на основі перебору операцій / Р.М. Бабаков, О.О. Баркалов // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 16–25.

Анотація. Для мікропрограмного автомата з операційним автоматом переходів запропоновано новий алгоритм алгебраїчного синтезу, що поєднує перебір способів кодування станів з перебором операцій переходів. Алгоритм ґрунтується на представленні будь-якої операції переходів у вигляді арифметико-логічного оператора над двома операндами, якими є код поточного стану автомата і константа відповідного формату. Це дає змогу автоматизувати процес перебору операцій переходів за допомогою перебору констант у використовуваних операціях у діапазоні значень кодів станів автомата. Результатом роботи алгоритму є множина розв'язків задачі алгебраїчного синтезу, кожен з яких містить значення кодів окремих станів та набір значень констант використовуваних операцій. Поєднання перебору операцій переходів з перебором способів кодування станів розширює область пошуку та збільшує кількість знайдених розв'язків задачі алгебраїчного синтезу порівняно з алгоритмом-прототипом, що не використовує перебір операцій переходів. Виконано програмну реалізацію запропонованого алгоритму, яка підтвердила його коректність і результативність.

Ключові слова: мікропрограмний автомат, операційний автомат переходів, граф-схема алгоритму, алгебраїчний синтез, перебір операцій переходів.

Algorithm for algebraic synthesis of a finite state machine based on operations enumeration / R.M. Babakov, A.A. Barkalov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 16–25.

Abstract. For a finite state machine with a datapath of transitions, a new algebraic synthesis algorithm is proposed that combines the enumeration of state coding ways with the enumeration of transition operations. The algorithm is based on the representation of any transition operation in the form of an arithmetic-logical operator over two operands, which are the code of the state machine's current state and a constant of the corresponding format. This allows you to automate the enumeration of transition operations by enumerating the constants in the used operations within the range of values of the state codes of the finite state machine. The result of the algorithm is a set of solutions of the algebraic synthesis problem, each of which contains values of the state codes and a set of values of the constants of the used operations. The combination of enumeration of transition operations with enumeration of state coding ways expands the search area and increases the number of solutions found for the algebraic synthesis problem compared to the prototype algorithm that does not use enumeration of transition operations. A software implementation of the proposed algorithm was performed, confirming its correctness and effectiveness.

Keywords: finite state machine, datapath of transitions, graph-scheme of algorithm, algebraic synthesis, enumeration of transition operations.

УДК 621.396

Алгоритмічні основи модульної арифметики визначення вибіркового математичного сподівання / І.Р. Пітух // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 26–36.

Анотація. Наведено математичні основи та алгоритми визначення вибіркового математичного сподівання стаціонарних випадкових процесів. Обґрунтовано функціональні обмеження алгоритмів визначення вибіркового математичного сподівання у двійковій арифметиці теоретико-числового базису Радемахера. Низька швидкість визначення вибіркового математичного сподівання у кодах теоретико-числового базису Радемахера зумовлена наявністю наскрізних перенесень в операціях накопичення сум вхідних оцифрованих даних випадкового процесу. Наведено решітчасті моделі та графи формування сум рангів для потокового накопичення цифрових даних на інтервалі вибірки випадкового процесу. Розроблено теоретичні основи алгоритмів визначення вибіркового математичного сподівання у непозиційній системі числення класу лишків теоретико-числового базису Хаара–Крестенсона. Визначено рекомендації вибору модулів кодів Хаара–Крестенсона, які відповідають 4-бітовим кодам базису Радемахера та 8-розрядним кодам RGB-пікселів кольорових зображень. Результати дослідження дають змогу розширити функціональні можливості та підвищити швидкість оброблення статистичних даних на низових рівнях інтерактивних розподілених комп'ютерних систем.

Ключові слова: оцифровані дані сенсорів, система класу лишків, теоретико-числові базиси Радемахера, Хаара та Хаара–Крестенсона, архітектури спецпроцесорів, коди RGB-пікселів.

Algorithmic foundations of modular arithmetic determination of sample mathematical expectation / I. R. Pitukh // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 26–36.

Abstract. The mathematical foundations and algorithms for determining the sample expectation of stationary random processes are investigated. The functional limitations of the algorithms for determining the sample expectation in binary arithmetic of the Rademacher number-theoretic basis are substantiated. The low speed of determining the sample expectation in the Rademacher number-theoretic basis codes is due to the presence of end-to-end transfers when performing operations for accumulating the sums of the input digitized data of the random process. Lattice models and graphs of rank sum formation during the streaming accumulation of digital data on the sampling interval of a random process are presented. The theoretical foundations for algorithms determining the sample expectation in a non-positional number system of the Haar–Crestenson number-theoretic basis of residues are developed. Recommendations for choosing Haar–Crestenson code modules that correspond to four-bit codes of the Rademacher basis and eight-bit codes of RGB pixels of color images are provided. The results of the study allow expanding the functionality and increasing the speed of statistical data processing at the lower levels of interactive distributed computer systems.

Keywords: digitized sensor data, residual class system, Rademacher, Haar, and Haar–Krestenson numerical theoretical bases, special processor architectures, RGB pixel codes.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 621.391:519.2:519.7

Прискорене моделювання однієї із стратегій атаки розгалуження на блокчейн, який ґрунтується на протоколі консенсусу Proof-of-Stake / Л.В. Ковальчук, І.М. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 37–47.

Анотація. Однією з найважливіших та найнебезпечніших атак на блокчейн є атака розгалуження, коли зломиснику вдається побудувати альтернативний ланцюг блоків якомога більшої довжини. Запропоновано нову модель здійснення такої атаки, визначено основні правила її виконання, а саме за яких умов зломисник починає створювати розгалуження та до якої саме гілки він приєднує новий блок. При цьому використано стандартний підхід до визначення поведінки чесних слотлідерів: вони завжди приєднують нові блоки до більш довгої гілки; у випадку розгалуження (тобто наявності двох гілок однакової довжини) мають змогу вибрати будь-яку з них. Запропоновано метод прискореного моделювання, який дає змогу оцінити ймовірність того, що довжина розгалуження досягне певної величини. Цей метод ґрунтується на сумісному використанні як елементів методу Монте-Карло, так і імплантованих рекурентних формул. Для перевірки коректності запропонованого методу на числових прикладах здійснено порівняння оцінок, отриманих цим методом та стандартним методом Монте-Карло. Залежно від оцінюваної ймовірності метод прискореного моделювання дає вигоду у часі, що може складати декілька порядків.

Ключові слова: блокчейн, Proof-of-Stake, атака розгалуження, стейкхолдер, таймслот, слотлідер, метод Монте-Карло, прискорене моделювання.

Accelerated modeling of a strategy for a splitting attack on a blockchain based on the Proof-of-Stake consensus protocol / L.V Kovalchuk, I.M. Kuznetsov, M.Yu. Kuznetsov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 37–47.

Abstract. One of the most important and dangerous attacks on the blockchain is a splitting attack, when an attacker manages to build an alternative chain of blocks of the largest possible length. The article proposes a new model for implementing such an attack, defines the main rules for its implementation: under what conditions attackers start creating branches and to which branch they add a new block. In this case, a standard approach is used to determine the behavior of honest slot leaders: they always add new blocks to a longer branch; in the case of a fork, or two branches of the same length, they can choose any of them. A fast simulation modeling method is proposed, which allows estimating the probability that the fork length will reach a certain value. This method is based on the combined use of both elements of the Monte Carlo method and implanted recurrent formulas. To verify the correctness of the proposed method, a comparison of the estimates obtained by this method and the standard Monte Carlo method was carried out on numerical examples. Depending on the estimated probability, the fast simulation modeling method provides a time gain of several orders of magnitude.

Keywords: blockchain, Proof-of-Stake, splitting attack, stakeholder, timeslot, slotleader, Monte-Carlo method, fast simulation.

УДК 517.9: 519.6

Моделювання дробово-диференціальної динаміки поширення комп'ютерних вірусів на основі дифузійної епідеміологічної математичної моделі / В.М. Булавацький, В.О. Богасенко // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 48–63.

Анотація. Розглянуто двовимірну нелокальну за часом дифузійну математичну модель епідеміологічної динаміки комп'ютерних вірусів, яка є узагальненням SIES моделі. Модельна система з похідними Капуто кусково сталого порядку складається з рівнянь відносно трьох невідомих функцій, дві з яких визначаються у замкненому вигляді, як розв'язки відповідних лінійних крайових задач. Виконано якісний аналіз нелінійної крайової задачі відносно третьої невідомої функції — кількості інфікованих вузлів. Наведено методику числового розв'язання задачі та деякі результати комп'ютерного моделювання дробової динаміки поширення вірусів у мережі.

Ключові слова: математичне моделювання, динаміка комп'ютерних вірусів, дробово-диференціальна дифузійна модель, двовимірна нелінійна крайова задача, якісний аналіз, комп'ютерне моделювання.

Modeling of fractional-differential dynamics of the spread of computer virus based on a diffusive epidemiological mathematical model / V.M. Bulavatsky, V.O. Bohaienko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 48–63.

Abstract. We consider a two-dimensional, non-local in time, diffusive mathematical model of epidemiological dynamics of computer viruses that is a generalization of the SIES model. A model system with Caputo derivatives of piecewise-constant order consists of the equations for three unknown functions, two of which are defined in closed form as the solutions of the corresponding linear boundary-value problems. A qualitative analysis of a nonlinear boundary-value problem with respect to the third unknown function - the number of infected nodes - has been performed. The method of numerical solution of the problem and some results of computer modeling of the fractional-order dynamics of virus propagation in the network are presented.

Keywords: mathematical modeling, dynamics of computer viruses, fractional differential diffusion model, two-dimensional nonlinear boundary value problem, qualitative analysis, computer modeling.

УДК 517.977

Ігрові задачі групового зближення для кількох керованих за променем об'єктів з нефіксованим часом / А.О. Чикрій, Й.С. Раппопорт // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 64–77.

Анотація. Розглянуто конфліктно-керовані процеси з нефіксованим часом для задачі групового зближення за променем та маскування руху. Запропоновано дві модифікації методу розв'язувальних функцій, де розв'язувальні функції не залежать від моменту завершення процесу. Визначено стратегію групового квазіпаралельного зближення, яка за допомогою першої модифікації методу розв'язувальних функцій забезпечує успішне завершення процесу до фіксованого моменту закінчення та у контрольних прикладах збігається з відомим означенням паралельного руху. Сформульовано групову стратегію зближення для кількох керованих за променем об'єктів, що обґрунтовує відому стратегію переслідування за променем. Друга модифікація методу розв'язувальних функцій забезпечує групове зближення за променем та з маскуванням руху до фіксованого моменту закінчення гри. Теоретичні результати роботи проілюстровано на контрольному прикладі.

Ключові слова: конфліктно-керовані процеси з нефіксованим часом, стратегія групового паралельного зближення, стратегія групового маскування руху, переслідування за променем.

Game problems of approaching in non-fixed time for a group of ray-controlled objects / A.A. Chikrii, I.S. Rappoport // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 64–77.

Abstract. For conflict-controlled processes of non-fixed duration, the problems of group approaching along a ray and by motion masking are considered. Two modifications of the method of resolving functions are proposed, where the resolving functions do not depend on the moment of approach. A strategy of the group quasi-parallel approach, based on the first modification, is defined. It ensures the approach by a fixed moment of time and in the test examples coincides with the well-known rule of parallel motion. A group approach strategy is formulated that justifies the well-known law of ray pursuit. The second modification of the method of resolving functions justifies the group approach along a ray and the motion masking by a fixed moment of time. The theoretical results of the work are illustrated on a test example.

Keywords: conflict-controlled processes of non-fixed duration, group parallel pursuit strategy, group motion masking strategy, pursuit along a ray.

УДК 519.6

Задача масоперенесення з межею насичення та обмеженнями на потоки у пористій системі зі структурною графою / Д.А. Ключин, В.А. Колесников, С.І. Ляшко // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 78–88.

Анотація. У роботі виведено рівняння, що описують процес масоперенесення у пористому середовищі на графі з додатковими обмеженнями на величину потоку маси на деяких ребрах, що може слугувати моделлю іригаційної системи з кранами на деяких трубах. Сформульовано та змодельовано задачу масоперенесення в пористому середовищі на графі з додатковими обмеженнями на величину потоку на ребрах. Обґрунтовано існування розв'язку цієї задачі для випадку ненасиченого середовища як початкової умови та крайових умов, що монотонно зростають. Побудовано числовий метод для апроксимації розв'язку сформульованої задачі, який базується на числових методах для розв'язання одновимірних задач масоперенесення та враховує обмеження на величину потоку. Наведено результати обчислювальних експериментів.

Ключові слова: рівняння Річардса–Клута, математичне моделювання, масоперенесення, графи.

Mass transfer problem with saturation limit and flow restrictions in graph structured porous media / D.A. Klyushin, V.A. Kolesnykov, S.I. Lyashko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 78–88.

Abstract. The task of this study is to derive equations describing the mass transfer process in a porous medium on a graph with additional constraints on the mass flow rate on some edges, which can be interpreted as a model for an irrigation system with taps on some pipes. The task is also to construct a numerical method for approximating the solution of the problem, which is based on numerical methods for solving one-dimensional mass transfer problems and takes into account the flow rate constraints. The paper considers the problem of mass transfer in a porous medium on a graph with additional constraints on the flow rate on the edges. The existence of a solution to the problem is substantiated for the case of an unsaturated medium as the initial condition and monotonically increasing boundary conditions. Computational experiments were conducted.

Keywords: Richards–Klute equation, mathematical modeling, mass transfer, graphs.

УДК 681.5.015:656.078

Нечіткий сценарний аналіз узагальнених динамічних систем / О.П. Ротштейн, А.А. Кашканов, О.В. Зелінська, Д.І. Катєльніков // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 89–99.

Анотація. Запропоновано підхід до інтеграції нечіткої когнітивної карти (НKK) та принципу прийняття рішень в умовах невизначеності Беллмана–Заде для вибору варіантів керування узагальненою динамічною системою з урахуванням взаємних впливів критеріїв та керованих змінних. Для узгодження результатів моделювання за допомогою НKK та аксіоматики принципу Беллмана–Заде введено функцію належності до перфектності (наближення до оптимального значення), що забезпечує агрегацію вектора критеріїв за допомогою перетину відповідних нечітких множин. Запропонований підхід проілюстровано прикладом порівняння сценаріїв керування надійністю автотранспортного підприємства.

Ключові слова: узагальнена динамічна система, взаємодія змінних, сценарне моделювання, нечітка когнітивна карта, принцип Беллмана–Заде, автотранспортне підприємство.

Fuzzy scenario analysis of generalized dynamic systems / A.P. Rotshtein, A.A. Kashkanov, O.V. Zelinska, D.I. Katielnikov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 89–99.

Abstract. The article proposes an approach to integrating a fuzzy cognitive map (FCM) and the Bellman–Zadeh principle of decision making under uncertainty to select control options for a generalized dynamic system, taking into account the mutual influences of criteria and controlled variables. To coordinate the results of modeling using the FCM and the axiomatics of the Bellman–Zadeh principle, a membership function to perfection is introduced, which ensures the aggregation of the criteria vector by crossing the corresponding fuzzy sets. The proposed approach is illustrated by an example of comparing reliability management scenarios for a road transport enterprise.

Keywords: generalized dynamic system, interaction of variables, scenario modeling, fuzzy cognitive map, Bellman–Zadeh principle, road transport enterprise.

УДК 519.2

Асиметричне узагальнення нерівності Чебишова / М.І. Шлезінгер, Є.В. Водолазський // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 100–105.

Анотація. Розглянуто сімейство узагальнень нерівності Чебишова. Основну увагу приділено асиметричним випадкам, коли область промаху, що становить інтерес, не є симетричною відносно математичного сподівання. Добре відомі результати Кантеллі та Зельберга розглянуто як природні розширення класичної оцінки Чебишова. Запропоновано узагальнений підхід на основі методів лінійного програмування, який забезпечує наочну геометричну інтерпретацію та дає змогу стисло отримувати відповідні нерівності. Цей підхід демонструє універсальність лінійного програмування у формулюванні ймовірнісних оцінок за різних типів обмежень.

Ключові слова: нерівність Чебишова, нерівність Кантеллі, нерівність Зельберга, ймовірнісні оцінки.

Asymmetrical generalisation of Chebyshev's inequality / M.I. Schlesinger, E.V. Vodolazskiy // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 100–105.

Abstract. The paper explores a family of generalizations of Chebyshev's inequality, focusing on asymmetric cases where the deviation region of interest is not symmetric about the mean. The well-known results of Cantelli and Selberg are revisited as natural extensions of Chebyshev's classical bound. A unified linear programming framework is proposed that provides a geometric intuition and derivation of these inequalities. This leads to concise derivations of the inequalities. These results highlight the versatility and power of linear programming in deriving probabilistic bounds under various constraints.

Keywords: Chebyshev's inequality, Cantelli's inequality, Selberg's inequality, probability bounds.

УДК 519.8

Оператор упорядкованого зваженого усереднення для нечіткої множини експертів / Ш. Госкова-Масрова, С.О. Машенко // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 106–117.

Анотація. Досліджено оператор упорядкованого зваженого усереднення (УЗУ) у випадку, коли важливість експертів задається ступенями належності нечіткій множині. Показано, що значення оператора УЗУ утворює нечітку множину типу 2. Наведено функцію належності цієї множини. Доведено, що нечітку множину типу 2 значення оператора УЗУ можна розкласти за вторинними оцінками належності на скінченний набір нечітких чисел із відповідними ступенями істинності. Кожне з цих нечітких чисел є значенням оператора УЗУ для чіткої підмножини експертів. Ця множина відповідає певному перерізу вихідної нечіткої множини експертів. Наведено ілюстративний приклад.

Ключові слова: агрегація, групове прийняття рішень, оператор упорядкованого зваженого усереднення, нечітка множина типу 2.

Ordered weighted averaging operator for a fuzzy set of experts / S. Hoskova-Mayerova, S.O. Mashchenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 106–117.

Abstract. This paper investigates the ordered weighted averaging operator (OWA) in the case where the importances of experts are given by the degrees of membership in a fuzzy set. It is shown that the value of the OWA operator forms a type-2 fuzzy set. The corresponding type-2 membership function of this T2FS is given. It is proved that the type-2 fuzzy set of the OWA operator value can be decomposed according to the secondary membership grades into a collection of fuzzy numbers with corresponding degrees of truth. Each of these fuzzy numbers is the OWA operator value for a crisp set of experts. This set is the corresponding cut of the initial fuzzy set of experts. An illustrative example is included.

Keywords: aggregation, group decision-making, ordered weighted averaging operator, type 2 fuzzy set.

УДК 519.2

Суміш ергодичних марковських ланцюгів / Я.І. Єлейко, А.Ю. Дребот // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 118–121.

Анотація. Розглянуто часові ряди, що представляють послідовність певних станів, яку можна змодельовувати як ланцюг Маркова. Зроблено припущення, що ланцюг, який описує часовий ряд, можна подати у вигляді суміші довільних ергодичних незалежних марковських ланцюгів. Запропоновано методологію знаходження коефіцієнтів цієї суміші, яка ґрунтується на застосуванні ергодичної теореми для ланцюгів Маркова.

Ключові слова: ланцюги Маркова, ергодична теорема, суміш ланцюгів Маркова, граничний розподіл.

Abstract. This paper considers time series that represent a sequence of certain states, which can be modeled as a Markov chain. It is assumed that the chain describing the time series can be represented as a mixture of arbitrary ergodic independent Markov chains. A methodology for finding the coefficients of this mixture is proposed, based on the Ergodic Theorem.

Keywords: Markov chains, ergodic theorem, mixture of Markov chains, limiting distribution.

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

SOFTWARE–HARDWARE COMPLEXES

УДК 519.63; 519.64

Інформаційна система цифрового аналізу мультисенсорних когнітивних впливів EEG-сигналів у випадку неврологічних розладів організму людини / М.Р. Петрик, М.В. Бачинський, О.М. Хіміч, Д.С. Бішчак, А.-П. Легранд // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 122–136.

Анотація. Розроблено нову методологію — гібридну математичну модель цифрового аналізу когнітивних впливів мультисенсорної мережі EEG-нейросигналів вузлів кори головного мозку (КГМ) на аномальні неврологічні стани поведінки людини. Реалізовано матричний алгоритм для визначення показників мультисенсорного впливу EEG-нейросигналів на амплітудно-частотні характеристики тремору кінцівки руки пацієнта. Розроблено програмний комплекс цифрової діагностики нейропсихічних розладів, що дає змогу здійснювати швидко уточнену комп'ютерну діагностику нейророзладів отриманих унаслідок бойових і техногенних травм, неврозахворювань, а також виявляти уражені ділянки КГМ та підбирати ефективні своєчасні методи лікування для відновлення нормального неврологічного стану пацієнта.

Ключові слова: тремор, аномальні неврологічні рухи, архітектура програмного забезпечення, комп'ютерне моделювання, математична модель, цифрова медична діагностика, комп'ютерна діагностика, мультисенсорний зворотний невровплив когнітивних сигналів, електроенцефалографія, електроенцефалографічний сигнал, інформаційна система, набори даних, часові ряди, алгоритм, об'єктно-орієнтоване програмне забезпечення, адаптивна система, цифрова платформа.

Information system for digital analysis of multisensor cognitive EEG signals in neurological disorders of the human organism / M.R. Petryk, M.V. Bachynsky, O.M. Khimuch, D.S. Bishchak, A.-P. Legrand // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 122–136.

Abstract. The paper presents a software package for digital diagnostics of neuropsychological disorders, injuries, and diseases of the human cerebral cortex (CRC) caused by the consequences of combat and technogenic injuries, stress in extreme situations. A new methodology, a hybrid mathematical model and software for digital analysis of the cognitive effects of the multisensory network of EEG-neurosignals of CRC nodes on abnormal states of human behavior, have been developed, and a matrix algorithm has been implemented to determine the indicators of the multisensory effect of EEG-signals on the amplitude-frequency characteristics of tremor of the patient's arm limb.

Keywords: tremor, abnormal neurological movements, software architecture, computer modeling, mathematical modeling, mathematical model, digital medical diagnostics, computer diagnostics, multisensory cognitive neurofeedback, electroencephalography, electroencephalographic signal, information system, datasets, time series, algorithm, object-oriented software, adaptive system, digital platform.

УДК 682.32+537.8

Алгоритми та результати числового моделювання: калібрування багатоканальних СКВІД-градієнтметричних систем / М.А. Прімін, І.В. Недайвода // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 137–149.

Анотація. Розроблено алгоритми вимірювань та побудовано числову модель оброблення даних для налаштування багатоканальної тензорної СКВІД-системи. Алгоритми вимірювань передбачають зміну орієнтації джерела магнітного сигналу або вимірювальних каналів у просторі. Розглянуто алгоритми вимірювань в однорідному магнітному полі системи котушок Гельмгольца. Запропоновано алгоритм, який передбачає, що розподіл значень просторових інваріантів магнітного сигналу використовують для оцінювання отриманих результатів. Це дає змогу оцінити в явному вигляді систематичні похибки аналізу магнітних сигналів. Наведено результати локалізації джерела магнітного поля, які свідчать про істотне підвищення точності у разі використання запропонованого алгоритму оброблення магнітних сигналів.

Ключові слова: СКВІД-сенсор, магнітометрична система, інформаційна технологія.

Algorithms and results of numerical simulation: Calibration of multichannel SQUID gradiometric systems / M. Primin, I. Nedayvoda // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 137–149.

Abstract. Measurement algorithms have been developed and a numerical simulation of data processing was performed to adjust a multi-channel tensor SQUID system. Measurement algorithms involve changing the spatial orientation of the magnetic signal source or measuring channels. Measurement algorithms in a uniform magnetic field of a Helmholtz coil system are considered. The proposed algorithm assumes that the distribution of values of spatial invariants of the magnetic signal is used to evaluate the obtained results. This allows us to explicitly estimate the systematic errors in the analysis of magnetic signals. The results of magnetic field source localization are presented, which show a significant increase in accuracy when using the proposed algorithm for processing magnetic signals.

Keywords: SQUID sensor, magnetometric system, information technology.

УДК 004.93.1

Система підтримки прийняття рішень для діагностування ранніх стадій раку простати за патоморфологічними ознаками / А.С. Довбиш, А.М. Романюк, І.В. Шелехов, Р.А. Москаленко, Т.Р. Савченко, А.П. Денисенко // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 150–163.

Анотація. Розроблено метод дослідження із застосуванням інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології аналізу даних, яка базується на максимізації інформаційної спроможності системи в процесі машинного навчання. Метод розроблено в рамках функціонального підходу до моделювання когнітивних процесів природного інтелекту. Використовуючи інформаційно-екстремальне машинне навчання, за повнослайдовими гістологічними зображеннями вдалося відрізнити аденому від ранньої стадії раку в тканинах простати. При цьому як додаткові метаознаки розпізнавання використано розміри вражених залоз та їхню міжцентрову відстань, що надало змогу в процесі машинного навчання побудувати високодостовірні вирішальні правила.

Ключові слова: інформаційно-екстремальне машинне навчання, інформаційний критерій, рак простати, аденома, діагностування, повнослайдове гістологічне зображення.

Decision support system for diagnosing early stages of prostate cancer by pathomorphology signs / A.S. Dovbysh, A.M. Romaniuk, I.V. Shelehov, R.A. Moskalenko, T.R. Savchenko, A.P. Denysenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 150–163.

Abstract. The research method was developed within the framework of an information-extreme intelligent data analysis technology, which is based on maximizing the information capacity of the system during machine learning. The method was constructed in line with a functional approach to modeling the cognitive processes of natural intelligence. As a result of information-extreme machine learning using whole-slide histological images, it became possible to distinguish adenoma from early-stage cancer in prostate tissues. The sizes of the affected glands and the inter-center distance between them were used as additional recognition meta-features, which made it possible to construct highly reliable decision rules in the course of the machine-learning process.

Keywords: information-extreme machine learning, information criterion, prostate cancer, adenoma, diagnosis, full-slide histological image.

УДК 004.942, 004.67

Методи й моделі оброблення даних бездротової сенсорної мережі для оцінювання стану рослин індукцією флуоресценції хлорофілу / Г.В. Антонова, В.М. Груша, А.В. Кедич, О.В. Ковирьова // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 164–172.

Анотація. Побудовано емпіричну модель ймовірності успішної передачі даних у розробленій бездротовій сенсорній мережі. Результати моделювання дають можливість прогнозувати передачу даних в мережі, оптимізувати топологію мережі на основі якості передачі даних, енергоефективності і площі покриття. Наведено приклад побудови поліноміальної моделі кривої індукції флуоресценції хлорофілу методом крокової регресії. Опробовано методи машинного навчання для аналізу вимірюваних кривих індукції флуоресценції хлорофілу на прикладі задачі визначення потреби в поливі рослин цинії.

Ключові слова: бездротова сенсорна мережа, емпірична модель передачі даних, логістична регресія, крокова регресія, аналіз даних, нейронні мережі, SVM, XGBoost, мікроконтролер, Інтелект на межі.

Methods and models for processing data of wireless sensor network for assessing the state of plants by means of the chlorophyll fluorescence induction method / H.V. Antonova, V.M. Hrusha, A.V. Kedych, O.V. Kovyrova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 164–172.

Abstract. An empirical model of the probability of successful data transmission in the developed wireless sensor network has been constructed. The modeling results make it possible to predict data transmission in the network and optimize the network topology based on data transmission quality, energy efficiency, and coverage area. The example of building a polynomial model of the chlorophyll fluorescence induction curve using the stepwise regression method is presented. Machine learning methods were applied for analyzing the measured chlorophyll fluorescence induction curves on the example of the task of determining the need for watering zinnia plants.

Keywords: wireless sensor network, empirical data transmission model, logistic regression model, stepwise regression, data analysis, neural networks, SVM, XGBoost, microcontroller, Intelligent edge.

УДК 53.088.3+53.088.7

Використання lqr-контролера для оптимізації систем керування БпЛА / Ю.К. Тараненко, О.Ю. Олійник, В.В. Лопатін // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 173–186.

Анотація. Розглянуто наявні методи оптимізації керування безпілотними літальними апаратами (БпЛА), яке вимагає розроблення складніших алгоритмів керування для підвищення продуктивності гвинтокрилих БпЛА. Засобами мови програмування Python у просторі станів проведено динамічну оптимізацію системи керування БпЛА. Використано інтегральні критерії мінімуму витрати енергії на керування та максимальної швидкості, які задано відповідними функціоналами. Засобами Python, а саме розширеної бібліотеки scipy за допомогою матричних операцій розв'язано рівняння Ріккати та отримано власні значення замкнутої системи керування. Наявними засобами scipy синтезовано основну функцію $lqr(A, B, Q, R)$ контролера. Проведено розширене дослідження, що підтвердило працездатність розробленої функції.

Ключові слова: БпЛА, критерії якості, модульний, симетричний та компромісний оптимуми, простір станів, квадратичні форми, LQR-контролер.

Using the LQR controller to optimize UAV control systems / Yu.K. Taranenko, O.Yu. Oliynyk, V.V. Lopatin // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 173–186.

Abstract. The existing methods of optimizing the control of unmanned aerial vehicles (UAVs) are considered, which requires the development of more complex control algorithms to increase the performance of rotorcraft UAVs. Using the Python programming language, a dynamic optimization of the UAV control system in the state space is carried out. The integral criteria of the minimum energy consumption for control and the maximum speed, which are given by the corresponding functionals, are used. Using Python, namely the extended scipy library, the Riccati equation is solved using matrix operations and the eigenvalues of the closed-loop control system are obtained. Using the available scipy tools, the main function $lqr(A, B, Q, R)$ of the controller is synthesized. An extended study is conducted that confirms the operability of the developed function.

Keywords: UAVs, quality criteria, modular, symmetric, and compromise optima, state space, quadratic forms, LQR controller.

**НОВІ ЗАСОБИ КІБЕРНЕТИКИ,
ІНФОРМАТИКИ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ ТА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ**

**NEW MEANS OF CYBERNETICS,
INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING,
AND SYSTEMS ANALYSIS**

УДК 004.8, 519.6, 528.8

Вплив війни на економічну діяльність в Україні: використання супутникових даних про нічне освітлення для оцінювання стану економіки / А.В. Колотій, А.Ю. Шелестов, О.А. Жданова, Є.А. Волкова // Кібернетика та системний аналіз. 2026. Том 62, № 1. С. 187–207.

Анотація. Досліджено вплив війни на економічну діяльність в Україні за допомогою аналізу супутникових даних нічного освітлення. Традиційні економічні показники, а саме валовий регіональний продукт (ВРП), не завжди доступні в умовах воєнних конфліктів, що ускладнює оцінювання реального стану економіки. Використання супутникових даних дає змогу отримати об'єктивну та оперативну інформацію про рівень економічної активності, зокрема в регіонах, що зазнали найбільшого впливу воєнних дій. У дослідженні проаналізовано кореляцію між інтенсивністю нічного освітлення та економічними показниками, а також здійснено екстраполяцію ВРП для 2022–2023 рр. Результати демонструють суттєве зниження економічної активності в зонах активних бойових дій та на окупованих територіях, що підтверджує ефективність використання супутникових даних для економічного моніторингу.

Ключові слова: супутникові дані, нічне освітлення, економічна діяльність, регресійні моделі, регіональний розвиток, економічний моніторинг.

The impact of war on economic activity in Ukraine: using satellite night light data to assess the economic situation / A. Kolotii, A. Shelestov, O. Zhdanova, Ye. Volkova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2026. Vol. 62, N 1. P. 187–207.

Abstract. This study examines the impact of war on economic activity in Ukraine through the analysis of satellite Night Light data. Traditional economic indicators, such as Gross Regional Product (GRP), are not always available in conflict areas, making it difficult to assess the actual state of the economy. The use of satellite data provides objective and timely information on the level of economic activity, particularly in regions most affected by military actions. The study analyzes the correlation between Night Light intensity and economic indicators and extrapolates GRP for 2022–2023. The results show a significant decline in economic activity in areas of active military conflict and occupied territories, confirming the effectiveness of satellite data for economic monitoring.

Keywords: satellite data, night lights, economic activity, regression models, regional development, economic monitoring.
