

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 519.8

Удосконалений метод Берлекемпа–Мессі як основа пошуку періодичностей у бітових потоках / С.М. Ніколасв // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 5–14.

Анотація. Запропоновано вдосконалення методу Берлекемпа–Мессі у разі його застосування для пошуку періодичностей у бітових потоках з помилками. Суть удосконалення полягає в іншому розбитті бітового потоку на блоки, використанні послідовного побітового зсуву перед кожним обчисленням параметрів, а також у прийнятті рішення про довжину регістра і значення полінома зворотного зв'язку на основі запропонованого математичного виразу.

Ключові слова: регістр зсуву з лінійним зворотним зв'язком, довжина регістра, поліном зворотного зв'язку, бітовий потік, метод Берлекемпа–Мессі.

Advanced Berlekamp–Massey method as a basis for finding periodicities in bitstreams / S. Nikolaev // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 5–14.

Abstract. The author has proposed an improvement of the Berlekamp–Massey method when used for searching periodicities in bitstreams with errors. The essence of the improvement is another splitting of a bitstream into blocks, using a consistent bit shift before every parameter processing, and making decisions about the register's length and feedback polynomial based on proposed mathematical formulas.

Keywords: linear feedback shift register, register length, feedback polynomial, bitstream, Berlekamp–Massey method.

УДК 004.75

Реалізованість діаграм подій та існування логічних годинників / Г.М. Жолткевич, А.В. Зозуля // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 15–26.

Анотація. Розглянуто проблему зв'язку між коректністю діаграми подій розподіленого обчислення з погляду комунікації між локальними процесами цього обчислення та існуванням для такої діаграми логічного годинника. Проблема досліджено за допомогою програми The Coq Proof Assistant без припущення про справедливості закону виключення третього. Інакше кажучи, отримані результати є коректними з погляду конструктивної логіки, що важливо для комп'ютерних наук. Формально доведено, що існування логічного годинника для розподіленого обчислення забезпечує іррефлексивність причинно-наслідкового зв'язку, пов'язаного з цим обчисленням. Сформульовано гіпотезу про справедливості оберненого твердження.

Ключові слова: розподілені обчислення, хмарна платформа, блокчейн, цифрові розподілені реєстри, глобальний час, логічний годинник, впорядкування подій.

Realizability of event diagrams and existence of logical clocks / G. Zholtkevych, A. Zozulia // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 15–26.

Abstract. This paper addresses the problem of the relationship between the correctness of the event diagram of distributed computing from the standpoint of communication between local processes of this computing and the existence of a logical clock for that diagram. The problem is analyzed using The Coq Proof Assistant software without assuming the fairness of the principle of excluded middle. That is, the obtained results are correct from the point of view of constructive logic, which is essential for computer science. It has been formally proved that the existence of a logical clock for distributed computing ensures the irreflexivity of the causal relation related to that computing. The conjecture about the fairness of the converse statement has been claimed.

Keywords: distributed computing, cloud platform, blockchain, digital distributed ledgers, global time, logical clock, event ordering.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.8

Диверсифікація пошуку в алгоритмах ОМК та її застосування / Л.Ф. Гуляницький // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 27–42.

Анотація. Наведено підхід до розроблення диверсифікованих алгоритмів оптимізації мурашиними колоніями — одного з найпоширеніших методів комбінаторної оптимізації. Диверсифікація в алгоритмах ОМК ґрунтується на розгляді варіантів продовження побудови поточного фрагмента розв'язку, що враховують не одну, як зазвичай, а декілька вершин графу задачі, які можуть бути включені в цей маршрут. Можливість перегляду мурахами варіантів пошуку на декілька кроків вперед дає змогу підвищити ймовірність уникнення субоптимальних розв'язків та знаходити більш точні розв'язки. Запропонований підхід використовується для створення метаевристичних алгоритмів розв'язання різних задач комбіна-

торної оптимізації. Наведено результати проведених обчислювальних експериментів із розв'язування серії прикладних задач комбінаторної оптимізації з різних класів, які підтвердили можливість успішної модифікації відомих мурашиних алгоритмів.

Ключові слова: комбінаторна оптимізація, оптимізація мурашиними колоніями, маршрутизація, задача комівояжера, БПЛА, оптимізація авіаперельотів, обчислювальні експерименти.

Search diversification in aco algorithms and its application / L.F. Hulianytskyi // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 27–42.

Abstract. This paper presents a novel approach to the development of diversified ant colony optimization (ACO) algorithms, which are among the most widely used methods in combinatorial optimization. The proposed diversification in ACO algorithms is based on considering multiple options for extending the current solution fragment by incorporating several vertices of the problem graph into the route instead of just one, as is typically done. The ability of ants to foresee multiple search steps ahead increases the likelihood of avoiding suboptimal solutions and finding more accurate ones. This approach is applied to create metaheuristic algorithms for solving various combinatorial optimization problems. The results of computational experiments on a series of applied combinatorial optimization problems across different classes demonstrate the successful modification of the known ACO algorithms.

Keywords: combinatorial optimization, Ant Colony Optimization, routing, traveling salesman problem, UAV, optimization of flight routes, computational experiment.

УДК 519.7

III-методологія для моделювання білкових взаємодій у біологічних системах / М.З. Згуровський, П.О. Касьянов, Л.Б. Левенчук, В.Р. Новиков // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 43–51.

Анотація. Запропоновано методологію розроблення інтелектуальної системи штучного інтелекту для моделювання білкових взаємодій у біологічних системах, що ґрунтується на рівняннях реакції-дифузії з багатозначними функціями взаємодії. Основною метою дослідження є апроксимація розв'язків цих рівнянь за допомогою високоефективних обчислювальних методів, зокрема фізично-інформаційних нейронних мереж (PINN) та методу Гальоркіна глибокого навчання (DLGM). Запропонована система використовує машинне навчання для моделювання складних біологічних процесів з урахуванням реальних клітинних умов. Автори розробили та обґрунтували обчислювальний алгоритм, який на сучасному рівні математичної строгості забезпечує апроксимацію розв'язків нескінченновимірних стохастичних задач оптимізації та демонструє більш високу ефективність порівняно з традиційними методами. Висока точність та швидкість отриманих результатів дають змогу розширити застосування цієї методології на інші типи диференціальних рівнянь з частинними похідними, зокрема для біологічних і медичних досліджень.

Ключові слова: рівняння реакції-дифузії, багатозначні функції взаємодії, машинне навчання, фізично-інформаційна нейронна мережа, апроксимаційний розв'язок.

AI methodology for modeling protein interactions in biological systems / M.Z. Zgurovsky, P.O. Kasyanov, L.B. Levenchuk, V.R. Novykov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 43–51.

Abstract. This paper proposes a methodology for developing an artificial intelligence system for modeling protein interactions in biological systems based on reaction-diffusion equations with multivalued interaction functions. The primary goal of the research is to approximate the solutions of these equations using highly efficient computational methods, specifically physics-informed neural networks (PINN) and the deep learning Galerkin method (DLGM). The proposed system utilizes machine learning to model complex biological processes while accounting for real cellular conditions. The authors have developed and rigorously justified a computational algorithm that, on the current level of mathematical rigor, ensures the approximation of solutions to infinite-dimensional stochastic optimization problems and demonstrates superior efficiency compared to traditional methods. The high accuracy and speed of the obtained results enable extending this methodology to other types of partial differential equations, particularly for biological and medical applications.

Keywords: reaction-diffusion equation, multivariate interaction functions, machine learning, physical information neural network, approximation solution.

УДК 519.21

Деякі прикладні задачі теорії керованих випадкових процесів / П.С. Кнопов, Т.В. Пепеляєва // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 52–65.

Анотація. Досліджено деякі прикладні задачі теорії керованих випадкових процесів, що виникають у теорії надійності та теорії масового обслуговування. Наведено умови, за яких знаходження оптимальної стратегії зводиться до розв'язання деяких задач математичного програмування, а також числові методи їхнього розв'язання.

Ключові слова: марковські процеси, напівмарковські процеси, оптимальне керування, критерій оптимальності, оптимальне планування, система масового обслуговування, оптимальна стратегія.

Some applied problems of the theory of controlled random processes / P.S. Knopov, T.V. Pepelyaeva // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 52–65.

Abstract. Some applied problems of the theory of controlled random processes arising in the reliability and queueing theories are analyzed. The conditions whereby finding the optimal strategy is reduced to some mathematical programming problems and numerical methods of their solution are given.

Keywords: Markov processes, semi-Markov processes, optimal control, optimality criterion, optimal planning, queueing systems, optimal strategy.

УДК 519.6

Знаходження рекурентного співвідношення для системи поліномів у задачі з дробовою похідною / В.Л. Макаров, Н.В. Майко, В.Л. Рябічев // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 66–80.

Анотація. Розроблено та обґрунтовано алгоритм відшукування рекурентного співвідношення з поліноміальними коефіцієнтами над полем раціональних чисел для заданої системи поліномів (на прикладі системи поліномів Лагерра–Келі).

Ключові слова: система поліномів Лагерра–Келі, функція Міттаг-Лефлера, рекурентне співвідношення, поліноміальні коефіцієнти, раціональні числа.

Reconstructing the recurrence relation for a system of polynomials used in a problem with a fractional derivative / V.L. Makarov, N.V. Mayko. V.L. Ryabichev // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 66–80.

Abstract. We develop and substantiate the algorithm of finding the recurrence relation of minimum order with polynomial coefficients over the field of rational numbers, whose solutions are a given system of polynomials (here, a system of the modified Laguerre–Cayley polynomials).

Keywords: system of the Laguerre–Cayley polynomials, the Mittag-Leffler function, recurrence relation, polynomial coefficient, rational number.

УДК 517.977.5

Оптимальное керування гіперболічними інтегро-диференціальними системами / А.В. Анікушин, Х.М. Гранішак, В.С. Ляшко, О.С. Самосьонко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 81–93.

Анотація. Доведено апіорні нерівності для класу лінійних інтегро-диференціальних рівнянь гіперболічного типу, що виникають під час дослідження в'язкопружних середовищ. Сформульовано теорему існування та єдиності узагальненого розв'язку, неперервної залежності розв'язку від правої частини рівняння. Наведено задачу оптимального керування та сформульовано теорему про існування її розв'язку.

Ключові слова: апіорні оцінки, узагальнена розв'язність, оптимальне керування, інтегро-диференціальне рівняння, гіперболічне рівняння.

Optimal control of hyperbolic integro-differential systems / A.V. Anikushyn, Kh.M. Hranishak, V.S. Lyashko, O.S. Samosonok // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 81–93.

Abstract. We prove a priori inequalities for the class of linear integro-differential equations of hyperbolic type that arise in the analysis of viscoelastic media. Theorems of the existence and uniqueness of the generalized solution and the continuous dependence of the solution on the equation's right-hand side are formulated. The problem of optimal control is given, and a theorem on the existence of its solution is formulated.

Keywords: a priori estimates, generalized solvability, optimal control, integro-differential equation, hyperbolic equation.

УДК 519.65

Чебишовське наближення логарифмом від раціонального виразу / П.С. Малачівський, Л.С. Мельничок // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 94–103.

Анотація. Запропоновано метод побудови чебишовського наближення з абсолютною похибкою логарифмом від раціонального виразу. Він полягає в побудові проміжного чебишовського наближення з відносною похибкою раціональним виразом експоненти наближуваної функції. Наближення раціональним виразом обчислено за ітераційною схемою як граничне середньостепеневе наближення, одержане методом найменших квадратів із двома змінними ваговими функціями. Наведені результати розв'язування тестових прикладів підтверджують швидко збіжність методу.

Ключові слова: чебишовське наближення логарифмічним виразом, наближення раціональним виразом, середньостепеневе наближення, метод найменших квадратів, змінна вагова функція.

Chebyshev approximation by the logarithm of a rational expression / P.S. Malachivskyy, L.S. Melnychok
// Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 94–103.

Abstract. A method for constructing the Chebyshev approximation with absolute error by the logarithm of a rational expression is proposed. It is to construct an intermediate Chebyshev approximation by a rational expression with a relative error of the exponent of the approximated function. The approximation by the rational expression is calculated as the boundary of mean-power approximation using an iterative scheme based on the least squares method with two variable weight functions. The presented results of solving test examples confirm the fast convergence of the method.

Keywords: Chebyshev approximation by logarithmic expression, approximation by rational expression, mean-power approximation, least squares method, variable weight function.

УДК 519.863

Моделювання впливу кліматичних змін на врожайність озимої пшениці в лісостеповій агрокліматичній зоні України (Черкаська область) / В.А. Пепеляєв, О.М. Голодніков, Н.О. Голоднікова // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 104–114.

Анотація. Побутує думка, що зміна клімату призведе до зниження врожайності зернових культур. Для того щоб її підтвердити або спростувати, проведено математичне моделювання впливу кліматичних змін на рівень урожайності озимої пшениці в деяких районах Черкаської області, які знаходяться у лісостеповій зоні України. На першому етапі побудовано математичну модель залежності врожайності цієї культури від температури повітря та кількості опадів. На другому етапі побудовано математичну модель урожайності озимої пшениці в одному із розглянутих районів і проведено розрахунки. Моделювання показало, що медіана функції розподілу врожайності озимої пшениці у Драбівському районі в майбутньому періоді 2030–2060 рр. буде перевищувати історичні значення цього показника за період 2005–2020 рр. з імовірністю 0.7. Крім того, з імовірністю 0.4 врожайність озимої пшениці у Драбівському районі в майбутньому періоді 2030–2060 рр. буде перевищувати 50.7 ц/га. При цьому максимальна врожайність у цьому районі не буде перевищувати 71.4 ц/га.

Ключові слова: адаптація до кліматичних змін, врожайність, квантильна регресія, статистична вибірка, математична модель.

Simulating the impact of climate changes on the yield of winter wheat in the forest-steppe agro-climatic zone of Ukraine (Cherkasy region) / V.A. Pepelyaev, A.N. Golodnikov, N.A. Golodnikova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 104–114.

Abstract. It is widely believed that climate change will reduce the yield of grain crops. In order to confirm or refute it, the authors carried out the mathematical modeling of the influence of climatic changes on the yield of winter wheat in some areas of the Cherkasy region, located in the forest-steppe zone of Ukraine. In the first stage, a mathematical model of the dependence of the yield of this crop on air temperature and rainfall was created. In the second stage, a mathematical model of winter wheat yield in one of the considered districts was generated, and calculations were made. The conducted modeling showed that the median of the winter wheat yield distribution function in the Drabiv district in the future period of 2030–2060 will exceed the historical values of this indicator for the period of 2005–2020 with a probability of 0.7. Moreover, with a probability of 0.4, the yield of winter wheat in the Drabiv district in the future period of 2030–2060 will exceed 50.7 c/ha. At the same time, the maximum yield in this area will not exceed 71.4 c/ha.

Keywords: adaptation to climate change, crop productivity, quantile regression, statistical sampling, mathematical model.

УДК 30.101.541-336.7

Динаміка інфляції в економіці країни / Б.Б. Дунаєв // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 115–126.

Анотація. Визначено функції інфляції та норми готівки від відсоткової ставки Центрального банку та нормованого реального ВВП, який визначається відношенням реального ВВП до безінфляційної готівки. Показано, що кожен технологічний уклад має свою швидкість обігу грошей, відсоткову ставку, норму готівки та інфляцію у певному діапазоні зміни нормованого реального ВВП. Побудовано номограму залежності норми готівки від нормованого реального ВВП за наявної відсоткової ставки. Побудовано номограму залежності інфляції від відсоткової ставки за наявного нормованого реального ВВП економік, що розвиваються, і слаборозвинених, а також номограму залежності інфляції від відсоткової ставки за наявного нормованого реального ВВП індустріальних і розвинених економік. Побудовано економіко-математичну модель інфляційного регулювання економічного зростання. Виконано моделювання інфляційного регулювання зростання економіки України в 2025–2026 роках за статистичними даними 2022–2023 років. Показано, що інфляційне регулювання дає змогу збільшити зростання реального ВВП за два роки в 1.9 раза порівняно зі зростанням у разі таргетування інфляції за відсотковою ставкою.

Ключові слова: економіка, інфляційне регулювання, інфляція, нормований реальний ВВП, ринок, рівновага, праця, капітал, гроші, кредитний мультиплікатор, відсоткова ставка, валюта, норма готівки.

Abstract. The functions of the dependence of inflation and the norm of cash quantity on the interest rate of the Central Bank and normalized real GDP are determined. Normalized real GDP is expressed by the ratio of real GDP to the inflation-free quantity of cash. It is shown that each technological mode has its own velocity of money circulation, interest rate, the norm of the quantity of cash, and inflation in a certain range of changes in normalized real GDP. The nomogram of the dependence of the cash quantity rate on the normalized real GDP at the available interest rate is constructed. The nomogram of the dependence of inflation on the interest rate at the available normalized real GDP of developing and underdeveloped economies and the nomogram of the dependence of inflation on the interest rate at the available normalized real GDP of industrialized and developed economies have been constructed. An economic and mathematical model of inflationary regulation of economic growth has been developed. The inflation regulation of the economic growth in Ukraine in 2025–2026, according to statistical data of 2022–2023, has been modeled. It is shown that inflationary regulation allows for an increase in real GDP growth in two years by 1.9 times compared to growth with inflation targeting the interest rate.

Keywords: economy, inflation regulation, normalized real GDP, market, equilibrium, labor, capital, money, credit multiplier, interest rate, currency, cash rate, inflation.

УДК 519.21

Асимптотична поведінка екстремальних значень довжини черги та часу очікування в системах $M|G|1$ та $GI|M|1$ / І.К. Мацак, С.М. Красницький // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 127–137.

Анотація. Досліджено асимптотичну поведінку майже напевне екстремальних значень довжини черги та часу очікування в черзі для систем масового обслуговування. Насамперед розглянуто одну загальну граничну теорему про асимптотику екстремальних значень регенеруювальних процесів. Далі на основі цієї теореми для систем $M|G|1$ та $GI|M|1$ сформульовано закон повторного логарифма для $\limsup$ та закон потрібного логарифма для $\liminf$, а також деякі їхні уточнення.

Ключові слова: системи масового обслуговування $M|G|1$, $GI|M|1$, екстремальні значення, асимптотична поведінка майже напевне.

Asymptotic behavior of the extreme values of the queue lengths and waiting time in $M|G|1$ and $GI|M|1$ systems / I.K. Matsak, S.M. Krasnitskiy // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 127–137.

Abstract. The asymptotic behavior of the almost surely extreme values of the queue length and queueing time for queueing systems is analyzed. First, one general limit theorem on the asymptotics of extreme values of regenerative processes is considered. Further, applying this theorem to queueing systems $M|G|1$ and $GI|M|1$, the law of the repeated logarithm for $\limsup$ and the law of the triple logarithm for $\liminf$ are formulated, as well as some of their refinements.

Keywords: queueing systems $M|G|1$, $GI|M|1$, extreme values, asymptotic behavior almost surely.

УДК 519.6

Оптимальне інтегрування швидкоосцилювальних функцій для одного класу диференційовних функцій в умовах наближеного задання апіорної інформації / Л.В. Луц // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 138–148.

Анотація. Розглянуто задачу обчислення інтегралів від швидкоосцилювальних функцій для класу функцій, які мають неперервні другі похідні та обмежені умовою Ліпшиця з константою Ліпшиця частково-неперервні треті похідні. При цьому апіорна інформація про підінтегральну функцію містить фіксовані значення функції та її першої і другої похідних, які задані у фіксованих вузлах довільної сітки наближено, з певною похибкою. Такий спосіб задання апіорної інформації дає змогу звузити клас підінтегральних функцій на так званий інтерполяційний клас функцій і побудувати для нього оптимальну за точністю квадратурну формулу та отримати оптимальну оцінку її похибки, застосувавши метод граничних функцій.

Ключові слова: інтеграли від швидкоосцилювальних функцій, інтерполяційні класи функцій, наближено задана апіорна інформація, оптимальні за точністю квадратурні формули, метод граничних функцій.

Optimal integration of rapidly oscillating functions for one class of differential functions under approximate a priori information / L.V. Luts // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 138–148.

Abstract. The problem of calculating integrals of rapidly oscillating functions for a class of functions with continuous second and partially continuous third derivatives limited by Lipschitz conditions with a constant Lipschitz L is considered. The a priori information about the integrand function contains fixed values of the function and its first and second derivatives, which are given at N fixed nodes of an arbitrary grid approximately, with a specific error. This method of specifying a priori information narrows down the class of integrable functions to the so-called interpolation class of functions and allows generating a quadrature formula

optimal in terms of accuracy for it and obtaining an optimal estimate of its error by applying the method of boundary functions.

Keywords: integrals of rapidly oscillating functions, interpolation classes of functions, approximate a priori information, accuracy-optimal quadrature formulas, method of boundary functions.

УДК 519.8

Про деякі оптимізаційні властивості оператора Гаусса–Вейерштрасса / І.В. Кальчук, Ю.В. Привалов // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 149–157.

Анотація. Розглянуто задачу теорії наближення функцій щодо дослідження лінійних методів підсумовування рядів Фур'є, а саме питання знаходження серед них оптимальних у тому чи іншому сенсі. Для визначення оптимального порядку апроксимації в роботі вирішено два важливих питання: доведено, що оператор Гаусса–Вейерштрасса є насиченим методом та знайдено його порядок насичення; по-друге, знайдено класи насичення для цього методу.

Ключові слова: оптимізаційні властивості функцій, оператор Гаусса–Вейерштрасса, порядок насичення, клас насичення.

On some optimization properties of the Gauss–Weierstrass operator / I.V. Kal'chuk, Y.V. Pryvalov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 149–157.

Abstract. We consider the problem of the theory of function approximation concerning the analysis of linear summation methods of Fourier series, namely finding the optimal ones in one sense or another. To determine the optimal approximation order, the authors solve two important problems. First, the Gauss–Weierstrass operator is proved to be a saturated method, and its saturation order is found; second, saturation classes for this method are found.

Keywords: optimization properties of functions, Gauss–Weierstrass operator, saturation order, saturation class.

УДК 519.217

Асимптотика перехідних ймовірностей напівмарковського процесу / О.А. Ярова // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 158–160.

Анотація. Розглянуто напівмарковський процес з нелінійним множником нормування. Знайдено асимптотику перехідних ймовірностей для напівмарковського процесу. Визначено функції багатовимірного рівняння відновлення.

Ключові слова: напівмарковський процес, ланцюг Маркова, функція відновлення, перехідні ймовірності.

Asymptotics of transitional probabilities of a semi-Markov process / O.A. Yarova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 158–160.

Abstract. The paper considers a semi-Markov process with a nonlinear normalization factor. The asymptotics of transitional probabilities for the semi-Markov process are found. The functions of the multidimensional renewal equation are determined.

Keywords: semi-Markov process, Markov chain, renewal function, transitional probabilities.

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

SOFTWARE–HARDWARE SYSTEMS

УДК 621.396

Оцінювання надійності бездротових сенсорних мереж систем моніторингу лісових пожеж з урахуванням фатальних комбінацій множинних відмов сенсорів / К.М. Лейченко, С.В. Скоробогатько, Г.В. Фесенко, В.С. Харченко, С.В. Яковлев // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 161–173.

Анотація. На підставі проаналізованих джерел встановлено, що основними аспектами застосування бездротових сенсорних мереж (БСМ) для виявлення пожеж є надійність, енергоефективність, методи маршрутизації, розгортання сенсорів та технології моніторингу лісових пожеж. Представлено програмний засіб для генерації конфігурацій БСМ та оцінювання її надійності через імітаційне моделювання. Наведено приклад застосування розробленого програмного засобу для генерування карти покриття заданої площі лісового господарства сенсорами для моніторингу лісових пожеж та заданої кількості відмов сенсорів, а також визначення на кожній ітерації фатальних комбінацій непрацездатних сенсорів (ФКНС). Досліджено вплив на ймовірність відмови БСМ кількості відмов її сенсорів, кількості ФКНС та кількості непрацездатних сенсорів у їхньому складі.

Ключові слова: бездротова сенсорна мережа, лісові пожежі, фатальні комбінації непрацездатних сенсорів, надійність, імітаційне моделювання, програмний засіб.

Assessment of the reliability of wireless sensor networks for forest fire monitoring systems considering fatal combinations of multiple sensor failures / K. Leichenko, S. Skorobohatko, H. Fesenko, V. Kharchenko, S. Yakovlev // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 161–173.

Abstract. Based on the analyzed sources, it is established that the main aspects of the application of wireless sensor networks (WSNs) for fire detection include reliability, energy efficiency, routing methods, sensor deployment, and detection technologies. A software tool for generating WSN configurations and evaluating its reliability through simulation modeling is presented. An example of using the developed software tool to generate a map of coverage of a given forest area by sensors for monitoring forest fires and a given number of sensor failures, as well as to determine at each iteration the fatal combinations of failed sensors (FCFS), is given. The influence of the number of sensor failures, the number of FSCS, and the number of inoperable sensors in the FSCS on the probability of failure of a WSN is investigated.

Keywords: wireless sensor network, forest fires, fatal combinations of failed sensors, reliability, simulation modeling, software tool.

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

**NEW TOOLS IN CYBERNETICS,
COMPUTER SCIENCE, AND SYSTEM
ANALYSIS**

УДК 004.93:004.89

Модель алгоритмів розпізнавання, яка базується на порогових функціях оцінки близькості об'єктів / В.М. Опанасенко, Ш.Х. Фазилов, М.Н. Мірзасєв, Ш.С. Кахаров // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 174–189.

Анотація. Розглянуто побудову моделі алгоритмів розпізнавання для розв'язання задач класифікації об'єктів, представлених в ознаковому просторі великої розмірності. Запропоновано новий підхід до розроблення такої моделі, оснований на формуванні набору репрезентативних ознак та визначенні відповідної сукупності тривимірних порогових функцій у процесі побудови екстремального алгоритму розпізнавання. Наведено структурний опис запропонованої моделі алгоритмів розпізнавання у вигляді послідовності обчислювальних процедур. Здійснено параметризацію цих алгоритмів, що дає змогу в подальшому формувати і розв'язувати задачу визначення екстремального алгоритму розпізнавання в межах побудованої моделі. Наведено результати порівняльного аналізу запропонованих та відомих алгоритмів розпізнавання.

Ключові слова: розпізнавання образів, модель алгоритмів розпізнавання, алгоритми обчислення оцінок, підмножина сильнопов'язаних ознак, репрезентативна ознака, тривимірна гранична функція.

A model of recognition algorithms based on threshold functions for assessing proximity of objects / V.M. Opanasenko, Sh.Kh. Fazilov, N.M. Mirzaev, Sh.S. Kakharov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 174–189.

Abstract. A model of recognition algorithms for solving the problems of classifying the objects presented in a feature space of large dimensions is constructed. A new approach to developing such a model is proposed based on constructing a set of representative features and determining a suitable set of n/a three-dimensional threshold functions in the process of generating an extreme recognition algorithm. A structural description of the proposed model of recognition algorithms in the form of a sequence of computational procedures is given. Parameterization of these algorithms has been carried out, which makes it possible to set and solve the problem of determining an extreme recognition algorithm within the limits of the created model. The results of a comparative analysis of the proposed and known recognition algorithms are given.

Keywords: pattern recognition, model of recognition algorithms, algorithms for calculating estimates, subset of strongly related features, representative feature, three-dimensional threshold function.

УДК 519.6, 539.3

Математична модель розв'язання кососиметричної крайової задачі для послабленого двома наскрізними отворами шару з ковзним заземленням торців / Б.Є. Панченко, Ю.Д. Ковальов, А.О. Чепок, Л.М. Буката // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 1. С. 190–196.

Анотація. Наведено нову математичну модель розв'язання статичної симетричної крайової задачі для послабленого двома наскрізними отворами шару з ковзним заземленням торців. Розроблено та чисельно апробовано новий метод, оснований на системі шести сингулярних інтегральних рівнянь. Унаслідок високоточного чисельного дослідження виявлено, що зі зменшенням міжцентрової відстані чи коефіцієнта Пуассона відбувається зростання відносного окружного напруження, а зі збільшенням коефіцієнта Пуассона здійснюється зсув максимуму відносного окружного напруження від основи шару в його глибину. Показано, що за певної комбінації параметрів ефект існування в шарі іншого отвору не спостерігається. Наведено відповідні графіки залежностей.

Ключові слова: тривимірні крайові задачі, сингулярні інтегральні рівняння, чисельний експеримент, статичний згін, наскрізні отвори.

A skew-symmetric boundary value problem for a layer weakened by two through holes with sliding sealing of the ends / B.E. Panchenko, Yu.D. Kovalev, A.O. Chepok, L.M. Bukata // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 1. P. 190–196.

Abstract. The paper presents a new mathematical model for solving a static skew-symmetric boundary-value problem for a layer weakened by two through holes with sliding sealing of its ends. A new method based on a system of six singular integral equations has been developed and tested numerically. As a result of a high-precision numerical study, it was found that with a decrease in the center-to-center distance or Poisson's ratio, an increase in the relative circumferential stress occurs. And with an increase in the Poisson's ratio, the maximum relative circumferential stress shifts from the bases of the layer to its depth. Under certain combinations of parameters, the effect of the presence of the second hole in the layer ceases to affect. The corresponding values are given. The paper presents the respective dependency graphs.

Keywords: three-dimensional boundary-value problems, singular integral equations, numerical experiment, static bending, through holes.