КІБЕРНЕТИКА **CYBERNETICS**

УДК 681.51: 519.71

Формалізована модель формування атитюду як інструмент аналізу поведінкових патернів / О.В. Палагін, Д.І. Симонов // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 3–13.

Анотація. Розглянуто модель формування атитюду, що дає змогу аналізувати поведінкові патерни індивідів у складних соціальних системах. Запропонована модель базується на динамічних системах і враховує баланс між раціональністю та корисністю прийнятих рішень. Уведено поняття індексу гармонії, що описує взаємодію внутрішніх і зовнішніх факторів, а також функцію раціональності, яка визначає ступінь узгодженості рішень із когнітивними установками особи. Особливу увагу приділено впливу інформаційного середовища на процес прийняття рішень, що моделюється через ентропійний підхід до аналізу інформаційного шуму та маніпуляцій. Розглянуто математичний опис адаптації атитюду та запропоновано логістичну модель його зміни під впливом зовнішніх факторів. Показано практичне значення роботи для прогнозування поведінки соціальних груп, оцінювання стабільності суспільних систем та дослідження механізмів інформаційного впливу.

Ключові слова: динамічні системи, динаміка поведінки, індекс гармонії, функція раціональності, функція корисності.

Formalized model of attitude formation as a tool for analyzing behavioral patterns / O. Palagin, D. Symonov // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 3–13.

Abstract. The article presents a model of attitude formation that enables the analysis of individual behavioral patterns in complex social systems. The proposed model is based on dynamic systems and considers the balance between rationality and the utility of decision-making. The concept of a harmony index is introduced, describing the interaction between internal and external factors, along with a rationality function, which determines the degree of alignment between decisions and an individual's cognitive predispositions. Special attention is given to the influence of the informational environment on the decision-making process, modeled through an entropy-based approach to analyzing informational noise and manipulations. A mathematical description of attitude adaptation is provided, and a logistic model of attitude change under the influence of external factors is proposed. The study has practical significance for predicting social group behavior, assessing the stability of social systems, and investigating the mechanisms of informational influence.

Keywords: dynamic systems, behavior dynamics, harmony index, rationality function, utility function.

==========

УДК 51.681.3

Система обміну інформації на основі відображень кілець / С.Л. Кривий // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 14–23.

Анотація. Запропоновано криптосистему обміну інформації між абонентами на основі сюр'єктивних відображень скінченних асоціативно-комутативних кілець з одиницею та систем лінійних конгруенцій над такими кільцями. Наведено алгоритми побудови сюр'єктивних відображень кілець, а також протокол обміну інформації та обчислювальні особливості засобів реалізації протоколу. Система не потребує громіздких обчислень та побудови таблиць операцій кілець і її стійкість ґрунтується на комбінаторній складності множини сюр'єктивних відображень та ізоморфізмів між скінченними кільцями порівняно невеликих порядків. Алгоритми розв'язання систем лінійних конгруенцій, які фігурують у протоколі обміну інформації, слугують для шифрування повідомлень і мають поліноміальну складність. Роботу криптосистеми продемонстровано на прикладах.

Ключові слова: криптографія, симетрична криптосистема, скінченні кільця, ізоморфізм, система лінійних конгруенцій.

Information exchange system based on maps of rings / S. Kryvyi // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 14–23.

Abstract. A cryptosystem for information exchange between subscribers based on surjective mappings of finite associative commutative rings with unity and systems of linear congruences over such rings is proposed. Algorithms for constructing surjective mappings of rings are presented, as well as a protocol for information exchange and the computational features of the means for implementing the protocol. The system does not require cumbersome calculations and construction of ring operation tables, and its stability is based on the combinatorial complexity of the set of surjective mappings and isomorphisms between finite rings of relatively small orders. The algorithms for solving systems of linear congruences that appear in the information exchange protocol are used to encrypt messages and have polynomial complexity. The operation of the cryptosystem is demonstrated with examples.

Keywords: cryptography, symmetric cryptosystem, finite rings, isomorphism, system of linear congruences.

==========

УДК 005.8

Напівкероване прогнозування мультимодальної траєкторії руху транспортих засобів на основі трансформерів / В.М. Синєглазов, К.С. Лесогорський // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 24–38.

Анотація. Досліджено прогнозування траєкторії руху транспортних засобів із використанням штучних нейронних мереж. Розглянуто наявні підходи та методи розв'язання задачі передбачення траєкторії руху транспортних засобів та їхні обмеження. Задачу прогнозування руху наведено у сценоцентричному налаштуванні із застосуванням вхідного представлення спрощенного виду з висоти пташиного польоту та вихідного представлення мапи зайнятості. Для попереднього оброблення унімодального набору даних та утворення мультимодального набору даних запропоновано напівкеровану фізично-маневрову модель, що розв'язує задачу обмеженості набору данних для навчання. Модифікований варіант архітектури штучних нейронних мереж Transformer використовується для передбачення траєкторії, а також додатково модифікується для оброблення великих просторово-часових зв'язків. Ефективність запропонованого методу порівняно з двома кращими агентоцентричними та сценоцентирчними алгоритмами. Запропонований метод покращує ефективність відомих методів до 40 % у певних метриках та досягає результатів, порівнюваних з найкращими агентоцентричними підходами.

Ключові слова: прогнозування руху, прогнозування траєкторії, напівкероване навчання, трансформер, глибоке навчання.

Semi-supervised prediction of multimodal vehicle trajectory based on transformers / V.M. Sineglazov, K.S. Lesohorskyi // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 24–38.

Abstract. The prediction of vehicle motion trajectories using artificial neural networks is investigated. Existing approaches and methods for predicting vehicle motion trajectories, along with their limitations, are considered. The traffic prediction problem is presented in a scene-centric setting, using a simplified bird's eye view (BEV) input representation and an occupancy map output representation. A semi-supervised physical maneuver model is proposed to reprocess the unimodal dataset and generate a multimodal dataset, thereby solving the problem of limited dataset for training. A modified version of the Transformer artificial neural network architecture is used for trajectory prediction. The Transformer architecture is also further modified to handle large spatio-temporal relationships. The efficiency of the proposed method is compared with the two best agent-centric and scene-centric algorithms. The proposed method improves the efficiency of known methods by up to 40% in certain metrics and achieves results comparable to the best agent-centric approaches.

Keywords: motion prediction, trajectory prediction, semi-supervised learning, transformers, deep learning.

==========

УДК 519.7:532.5+556.5-026:517.9

Методи комплексного аналізу прогнозування керованих рухів поверхневих та фільтраційних вод / А.Я. Бомба, С.С. Каштан // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 39–54.

Анотація. Запропоновано підхід до моделювання ідеальної течії у водному середовищі, обмеженому лініями течії та еквіпотенціальними поверхнями, зокрема у водоймі з притоками. Аналіз гідрологічного режиму водного об'єкта вказує на складну взаємодію підземних ґрунтових вод та поверхневих водних мас. У цій роботі вплив як поверхневих так і підземних вод, що підтримують основну течію (наприклад, притоки до водойми), на початковому етапі запропоновано моделювати як ділянки (джерела) поперечних збурень базового стоку. Розглянуто повільні рухи (близькі до ідеальних) води у таких водоймах, що можуть бути описані, як і в ґрунтах, за допомогою аналогу закону Дарсі. Залежно від значень потенціалів (напорів) на відповідних еквіпотенціальних лініях, можливі різні випадки формування течії у водоймі (фізичній області), а отже — конфігурацій відповідних областей комплексного потенціалу. Методологія моделювання таких процесів ґрунтується на розвитку та адаптації числових методів комплексного аналізу, що забезпечує можливість ефективно описувати і прогнозувати динаміку водних систем на глобальному рівні, приймати рішення щодо керування розглядуваним процесом. Наближені розв'язки відповідних, так званих обернених крайових задач на конформні відображення (для областей з ділянками збурення граничних ліній течії) знаходимо за допомогою алгоритму, який ґрунтується на почерговій параметризації величин конформних інваріантів, граничних і внутрішніх вузлів сіткової області з використанням ідей методу блочної ітерації. Запропонований підхід, окрім розрахунку кривих розділу водних мас, забезпечує можливість паралельно знаходити характеристичну функцію течії, комплексний потенціал, повну витрату, величини різних перетоків, будувати в заданій області гідродинамічну сітку, розраховувати поле швидкості руху та керувати процесом.

Ключові слова: нелінійні крайові задачі, конформні відображення, моделювання, керування, основний потік водних мас, числові методи, інтелектуальний аналіз даних.

Methods of complex analysis for forecasting the controllable flows of surface and filtration waters / A.Y. Bomba, S.S. Kashtan // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 39–54.

Abstract. An approach to modeling an ideal flow in a water environment limited by flow lines and equipotential surfaces, in particular, a reservoir with tributaries, is proposed. Analysis of the hydrological regime of a water body indicates a complex interaction of underground groundwater and surface water masses. In this work, the influence of both surface and underground waters supporting the main flow (for example, tributaries to the reservoir) at the initial stage is proposed to be modeled as areas (sources) of transverse disturbances to the base flow. Slow movements (close to ideal) of water in such reservoirs are considered,

which can be described, as in soils, with the help of an analogue of Darcy's law. Depending on the values of potentials (pressures) on the corresponding equipotential lines, different cases of flow formation in the reservoir (physical area) are possible, and therefore, configurations of the corresponding areas of complex potential. The modeling methodology for this kind of process is based on the development and adaptation of numerical methods of complex analysis, which enables the effective description and prediction of the dynamics of water systems at the global level and decision-making regarding the management of the process under consideration. Approximate solutions of the corresponding, so-called, inverse boundary value problems on conformal mappings (for areas with sources of perturbation of boundary flow lines that arise at certain stages of computational processes) are found using an algorithm based on the alternate parameterization of the values of conformal invariants, boundary and internal nodes of the grid area using the ideas of the block iteration method. The proposed approach, in addition to calculating the water mass interface curves, provides the ability to simultaneously determine the characteristic flow function, complex potential, total discharge, and values of various types of flows. It also enables the construction of a hydrodynamic grid in a given area, calculation of the velocity field, and control of the process.

Keywords: nonlinear boundary value problems, conformal mappings, modeling, flow control, baseflow, numerical methods, intelligent data analysis.

==========

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ **SYSTEMS ANALYSIS**

УДК 519.863

Очікуваний вплив кліматичних змін на врожайність зернових культур у Черкаській області України / В.А. Пепеляєв, О.М. Голодніков, А.А. Пантелеймонов // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 55–63.

Анотація. Здійснено моделювання впливу кліматичних змін на врожайність озимого та ярого ячменю, озимого жита та кукурудзи в Черкаській області. Запропоновано математичний інструментарій для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за умов кліматичних змін. Він дає змогу оцінити квантилі функцій розподілу врожайності сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату і визначити, які культури найкраще пристосовані до глобального потепління.

Ключові слова: адаптація, кліматичні зміни, моделювання врожайності, квантильна регресія.

Expected impact of climate change on the yield of cereal crops in the Cherkasy region of Ukraine / V.A. Pepelyaev, A.N. Golodnikov, A.A. Panteleymonov // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 55–63.

Abstract. The impact of climate change on the yield of winter and spring barley, winter rye, and corn in Cherkasy region is modeled. A mathematical toolkit is proposed for predicting crop yields under climate change. It enables the estimation of quantiles of crop yield distribution functions under climate change and the identification of crops best adapted to global warming.

Keywords: adaptation, climate change, yield modeling, quantile regression.

==========

УДК 517.9:519.6

Математичне моделювання дробово-диференціальної динаміки комп'ютерних вірусів на основі моделі з похідними капуто кусково-сталого порядку / В.М. Булавацький, В.О. Богаєнко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 64–77.

Анотація. Розглянуто узагальнений дробово-диференціальний аналог відомих моделей динаміки поширення комп'ютерних вірусів, побудований з використанням похідних Капуто кусково-сталого порядку. Розроблено комбіновану методику одержання числово-аналітичного розв'язку відповідної задачі Коші для нелінійної системи дробово-диференціальних рівнянь кусково-сталого порядку. Наведено результати якісного аналізу умов коректності цієї задачі Коші, аналізу стійкості задачі за Уламом–Хаєрсом та деякі результати комп'ютерного моделювання дробової динаміки поширення комп'ютерних вірусів на основі розглянутої моделі комп'ютерної вірусології.

Ключові слова: динаміка поширення комп'ютерних вірусів, математичне та комп'ютерне моделювання, дробово-диференціальні математичні моделі, похідні Капуто кусково-сталого порядку, нелінійні моделі, якісний аналіз, UH-стійкість.

Mathematical modeling of fractional-differential dynamics of computer viruses based on a model with Caputo-derivatives of piecewise-constant order / V.M. Bulavatsky, V.O. Bohaienko // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 64–77.

Abstract. A generalized fractional-differential analog with respect to the known models of the dynamics of the propagation of computer viruses, built using Caputo derivatives of piecewise-constant order, is considered. A combined technique for obtaining a numerical-analytical solution of the corresponding Cauchy problem for a nonlinear system of fractional-differential equations of piecewise-constant order has been developed. The results of qualitative analysis in relation to the conditions of correctness of this Cauchy problem, analysis of the problem's stability according to Ulam-Hyers, and some results of computer modeling of the fractional dynamics of computer virus propagation based on this model of computer virology are presented.

Keywords: dynamics of computer virus spread, mathematical and computer modeling, fractional differential mathematical models, Caputo derivatives of piecewise-constant order, nonlinear models, qualitative analysis, UH-stability.

==========

УДК 517.977

Стратегії квазіпаралельного зближення та маскування руху в ігрових задачах керування з нефіксованим часом / А.О. Чикрій, Й.С. Раппопорт // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 78–88.

Анотація. Розглянуто конфліктно-керовані процеси з нефіксованим часом, для яких запропоновано дві модифікації методу ров'язувальних функцій. Визначено стратегію квазіпаралельного зближення, яка за допомогою першої модифікації методу ров'язувальних функцій забезпечує успішне завершення процесу до фіксованого моменту закінчення та у контрольних прикладах збігається з відомим означенням паралельного руху. Друга модифікація методу ров'язувальних функцій забезпечує зближення за променем до фіксованого моменту закінчення гри. Сформульовано стратегію маскування руху, що є важливим окремим випадком стратегії переслідування за променем і має самостійний інтерес. Теоретичні результати роботи проілюстровано на контрольному прикладі.

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

Quasi-parallel approach and motion masking strategies in game control problems with non-fixed time / A.A. Chikrii, I.S. Rappoport // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 78–88.

Abstract. Conflict-controlled processes with non-fixed time are considered, for which two modifications of the method of connecting functions are proposed. A quasi-parallel convergence strategy is defined, which, using the first modification of the method of connecting functions, ensures the successful completion of the process by a fixed endpoint and, in control examples, coincides with the well-known definition of parallel motion. The second modification of the method of connecting functions ensures convergence along a ray by a fixed end point of the game. A motion masking strategy is formulated, which is an important special case of the strategy of chasing along a ray and is of independent interest. The theoretical results of the study are illustrated by a control example.

Keywords: conflict-driven processes with non-fixed time, parallel convergence strategy, motion masking strategy, ray tracing.

==========

УДК 519.711

Лінійні середньоквадратичні оцінки спектральних функцій середніх значень нестаціонарних випадкових процесів в умовах невизначеності / О.Г. Наконечний, П.М. Зінько, Т.П. Зінько // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 89–99.

Анотація. За спостереженнями реалізації нестаціонарного випадкового процесу на скінченному інтервалі та в окремих точках досліджено задачу оцінки лінійних функціоналів від спектральних функцій сигналів, які входять у середні значення таких процесів. За умов, що кореляційна функція випадкового процесу і спектральна функція сигналу невідомі та належать певним обмеженим множинам, знайдено вирази для гарантованих середньоквадратичних лінійних оцінок набору лінійних функціоналів від спектральних функцій. У частинному випадку показано, що такі оцінки виражаються через розв'язки певних лінійних інтегральних та лінійних алгебраїчних рівнянь. На тестових прикладах проілюстровано використання гарантованого підходу для знаходження лінійних середньоквадратичних оцінок відповідних лінійних функціоналів.

Ключові слова: реалізація скалярного випадкового процесу, матрична функція, спектр сигналу, лінійний функціонал, лінійна оцінка вектора, гарантована середньоквадратична оцінка вектора, похибка оцінки вектора.

Linear RMS estimates of spectral functions of average values of non-stationary random processes under conditions of uncertainty / O.G. Nakonechnyi, P.M. Zinko, T.P. Zinko // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 89–99.

Abstract. Based on observations of the implementation of a non-stationary random process on a finite interval and at individual points, the problem of estimating linear functionals from spectral functions of signals that are included in the average values of such processes was investigated. Under the conditions that the correlation function of the random process and the spectral function of the signal are unknown and belong to certain bounded sets, expressions for guaranteed mean-square linear estimates of a set of linear functionals from spectral functions were found. In a particular case, it is shown that such estimates are expressed in terms of solutions of certain linear integral and linear algebraic equations. The use of a guaranteed approach for finding linear mean-square estimates of the corresponding linear functionals is illustrated by test examples.

Keywords: Implementation of a scalar random process, matrix function, signal spectrum, linear functional, linear vector estimate, guaranteed mean-square vector estimate, vector estimate error.

==========

УДК 519.8

Оптимальна стратегія переслідування, що використовує напрямок на ціль / С.В. Пашко, І.П. Сініцин // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 100–112.

Анотація. Побудовано стратегію переслідування, що використовує тільки напрямок на ціль та має властивості, близькі до властивостей стратегії паралельного зближення. Доведено теорему про існування, єдиність та продовжуваність розв'язку системи диференціальних рівнянь, що описує рух втікача та переслідувача, а також теорему про оптимальність побудованої стратегії переслідування. Розглянуто приклади задач переслідування та наведено числові експерименти, які підтверджують ефективність побудованої стратегії.

Ключові слова: втікач, переслідувач, час захоплення, ціна процесу, оптимальна стратегія.

Optimal pursuit strategy that uses direction towards the target / S.V. Pashko, I.P. Sinitsyn // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 100–112.

Abstract. A pursuit strategy is constructed that uses only the direction towards the target and has properties similar to those of the parallel approach strategy. A theorem on the existence, uniqueness, and continuity of the solution of the system of differential equations describing the motion of the evader and the pursuer, as well as a theorem on the optimality of the constructed pursuit strategy, are proved. Examples of pursuit problems are considered, and numerical experiments are performed, which confirm the effectiveness of the constructed strategy.

Keywords: evader, pursuer, time of capture, process price, optimal strategy.

==========

УДК 519.8

Лінійне програмування з нечіткою множиною нечітких обмежень / С.О. Мащенко // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 113–137.

Анотація. Досліджено задачу лінійного програмування з нечіткою множиною (НМ) обмежень у формі нечітких нерівностей. Доведено, що розв'язок такої задачі утворює НМ типу 2 (НМТ-2). Надано відповідну функцію належності типу 2. Показано, що НМТ-2 розв'язку можна розкласти за вторинними оцінками належності на скінчений набір НМ. Кожна з цих НМ є розв'язком відповідної нечіткої задачі лінійного програмування з чіткою множиною обмежень. Ця множина відповідає певному перерізу вихідної НМ обмежень. Наведено ілюстративний приклад.

Ключові слова: прийняття рішень, задача нечіткого лінійного програмування, нечітка оптимізація, нечітка множина типу 2.

Linear programming with a fuzzy set of fuzzy inequalities / S.O. Mashchenko // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 113–137.

Abstract. This paper investigates a linear programming problem with a fuzzy set (FS) of constraints in the form of fuzzy inequalities. It is shown that a solution to this problem forms a type-2 FS (T2FS). The corresponding type-2 membership function of this T2FS is given. We prove that a solution T2FS can be decomposed into a finite collection of FS based on secondary membership grades. Each of these is a solution to the corresponding fuzzy linear programming problem with a crisp set of constraints. This set is the corresponding cut of the initial FS of constraints. The illustrative example is also included for clarity.

Keywords: decision making, fuzzy linear programming problem, fuzzy optimization, type-2 fuzzy set.

==========

УДК 30.101.541-336.7

Регулювання показників технологічного укладу в економіці країни / Б.Б. Дунаєв // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 138–148.

Анотація. Визначено, що в економіці країни інфляція та норма готівки є функціями відношення номінального ВВП до готівки (нормованого номінального ВВП) та швидкості обігу грошей. Для швидкості обігу грошей визначено граничний нормований номінальний ВВП за нульової інфляції. Побудовано номограму лінійної залежності інфляції технологічного укладу (ТУ) від нормованого номінального ВВП за наявної швидкості обігу грошей ТУ, відповідно до якої значення інфляції ТУ економік високорозвинених і розвинених неможливі для економік індустріальних, що розвиваються, і слаборозвинених. Побудовано номограму залежності норми готівки ТУ від нормованого номінального ВВП за наявної швидкості обігу грошей ТУ, відповідно до якої рівень норм готівки економік високорозвинених і розвинених неможливий для економік, що розвиваються, та слаборозвинених. Виконано вимірювання показників ТУ економіки України у 2006–2021 рр. та економіки США у 2008–2023 рр. за статистичними даними: номінального ВВП, номінального сукупного продукту, дефлятора ВВП, кількості готівки, кількості обігових грошей, норми резервів комерційних банків, які є результатом регулювання показників ТУ.

Ключові слова: технологічний уклад економіки, інфляція, нормований номінальний ВВП, швидкість обігу грошей, рівновага, праця, капітал, гроші, валютні активи, норма готівки.

Regulation of technological structure indicators in the country's economy / B.B. Dunaev // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 138–148.

Abstrract. The functions of dependence of inflation and cash norm on the ratio of nominal GDP to cash (normalized nominal GDP) and on the velocity of money circulation are determined in the economy of the country. For the velocity of money circulation, the marginal normalized nominal GDP is determined at zero inflation. A nomogram of the linear dependence of inflation of the technological structure (TS) on the normalized nominal GDP is constructed at the existing velocity of money circulation, TS, showing that the inflation values TS of highly developed and developed economies are impossible for industrial, developing, and underdeveloped economies. A nomogram of the dependence of the cash norm TS on the normalized nominal GDP at the existing velocity of money circulation TS is constructed, showing that the level of cash norms of highly developed and developed economies is impossible for developing and underdeveloped economies. Measurements of TS indicators for the Ukrainian economy from 2006 to 2021 and the US economy from 2008 to 2023 were conducted by statistical values: nominal GDP, gross output, GDP deflator, amount of cash, amount of money in circulation, and reserve ratio of commercial banks, which were the results of regulating the TS indicators.

Keywords: technological structure of the economy, inflation, normalized nominal GDP, velocity of money, market equilibrium, labor, capital, money, interest rate, foreign exchange assets, cash ratio.

==========

УДК 519.8

Оптимізаційні властивості формули Тейлора для тригармонійного інтеграла Пуассона / А.М. Шутовський // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 138–148.

Анотація. Розглянуто оптимізаційну задачу про побудову поліноміальної структури для розв'язків полігармонійних рівнянь. За основу приймається тригармонійне рівняння у декартових координатах із трьома нетривіальними граничними умовами. Доведено, що розв'язок розглядуваної крайової задачі належить до класу саме додатних операторів. Показано, що поліноміальні розклади для граничних значень тригармонійної функції поблизу межі верхньої півплощини породжують формулу Тейлора тригармонійного інтеграла Пуассона. За отриманим результатом доведено наявність додаткових граничних умов для розв'язків тригармонійних рівнянь у декартових координатах.

Ключові слова: тригармонійне рівняння, оптимізаційна задача, верхня півплощина, тригармонійний інтеграл Пуассона, формула Тейлора.

Optimization properties of Taylor formula for triharmonic Poisson integral / A.M. Shutovskyi // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 138–148.

Abstract. The paper is devoted to the optimization problem on establishing a polynomial structure for solutions to polyharmonic equations. As a basis, a triharmonic equation in Cartesian coordinates with respect to three nontrivial boundary conditions is used. It is established that the solution to the boundary-value problem under consideration belongs to the class of positive operators. It is shown that the polynomial expansions for the boundary values of the triharmonic function close to the upper half-plane boundary give rise to the Taylor formula of the triharmonic Poisson integral. On the basis of this result, the existence of additional boundary conditions for solutions to the triharmonic equations in Cartesian coordinates is proved.

Keywords: triharmonic equation, optimization problem, upper half-plane, triharmonic Poisson integral, Taylor formula.

==========

УДК 519.622

Синтез оптимального керування процесом з використанням поточних та раніше проведених вимірювань його стану / В.А. Гашимов // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 149–165.

Анотація. Досліджено метод синтезу оптимального керування процесами (об'єктами, системами) із зосередженими параметрами, що описуються нелінійними автономними диференціальними рівняннями зі звичайними похідними. Для синтезу поточних значень керування процесом запропоновано використовувати інформацію про його стан як у поточний, так і в минулі моменти часу. Запропоновано та використано різні види залежностей значень керувальних впливів від виміряних станів процесу. Для визначення оптимальних значень параметрів зворотного зв'язку, що входять у ці залежності, отримано відповідні формули для градієнта цільового функціонала. Проведено комп'ютерні експерименти із застосуванням методів оптимізації градієнтного типу.

Ключові слова: синтез керування, зворотний зв'язок, параметри зворотного зв'язку, поточне вимірювання, інтегральне вимірювання, скінченновимірна оптимізація.

Synthesis of optimal control of process using current and previously conducted measurements of its state / V.A. Hashimov // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 149–165.

Abstract. The method of synthesizing optimal control of processes (objects, systems) with concentrated parameters, described by nonlinear autonomous differential equations with ordinary derivatives, is investigated. To synthesize current process control values, it is proposed to use information about its state at both the current and past moments in time. Different types of dependencies of control influence values on measured process states are proposed and used. To determine the optimal values of the feedback parameters involved in these dependencies, the corresponding formulas for the gradient of the objective functional were obtained. Computer experiments were conducted using gradient-type optimization methods.

Keywords: synthesis of control, feedback, feedback parameters, current measurement, integral measurement, finite-dimensional optimization.

==========

УДК 519.217

Асимптотика розв'язку багатовимірного рівняння відновлення / О.А. Ярова // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С.166–169.

Анотація. Розв'язано багатовимірне рівняння відновлення в матричній формі. Знайдено асимптотику рівняння відновлення з нелінійним множником нормування. Доведено теорему про асимптотику багатовимірного рівняння відновлення.

Ключові слова: рівняння відновлення, функція відновлення, процес з незалежними приростами, слабка збіжність.

Asymptotics of the multidimensional solution for renewal equation / O.A. Yarova // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 166–169.

Abstract. This paper considers the multidimensional renewal equation in matrix form. The asymptotics of the renewal equation with a nonlinear normalization factor are found. The theorem on the asymptotics of the multidimensional renewal equation is proved.

Keywords: renewal equation, renewal function, process with independent increments, weak convergence.

==========

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ SOFTWARE–HARDWARE COMPLEXES

УДК 519.281.528.11:005.3

Програмна реалізація числового методу отримання ММП-оцінок параметрів джеффрісової модифікації розподілу пірсона VII типу / Й.В. Джунь, А.М. Ясінський, О.В. Шпортько, Л.Я. Соловей // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 170–176.

Анотація. Розглянуто числовий метод отримання ММП-оцінок трипараметричного розподілу Пірсона VII-типу з діагональною інформаційною матрицею (PJ-розподілу), який рекомендовано використовувати як загальний закон похибок спостережень великих обсягів. Описано алгоритм отримання ММП-оцінок PJ-розподілу покроковим методом, що не потребує диференціювання функції максимальної правдоподібності. Наведено програмну реалізацію для покрокового обчислення ММП-оцінок параметрів PJ-розподілу мовою програмування C++ та результати її застосування для знаходження цих оцінок за даними розподілу залишкових похибок лазерних спостережень штучних супутників Землі, отриманих у межах міжнародного проєкту MERIT.

Ключові слова: ММП-оцінки параметрів розподілу, функція максимальної правдоподібності, трипараметричний PJ-розподіл, програмування мовою C++.

Software implementation of a numerical method for obtaining MMP-estimates of parameters of the Jeffries modification of the Pearson distribution of type VII / J.V. Dzhun, A.M. Yasinsky, A.V. Shportko, L.Ya. Solovei // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 170–176.

Abstract. A numerical method for obtaining MMP-estimates of the three-parameter Pearson distribution of type VII with a diagonal information matrix (PJ-distribution) is considered, which the famous Cambridge professor G. Jeffries recommends using as a general law of errors of large-scale observations. An algorithm for obtaining MMP-estimates of the PJ-distribution by a step-by-step method that does not require differentiation of the maximum likelihood function is described. A software implementation for step-by-step calculation of MMP estimates of -distribution parameters in the C++ programming language and the results of its application to find these estimates from the residual error distribution data of laser observations of artificial Earth satellites obtained in the international MERIT project are presented.

Keywords: MMP estimates of distribution parameters, maximum likelihood function, three-parameter PJ-distribution, programming in C++.

==========

УДК 621.391

Оцінювання якості зменшення шуму в сигналах з амплітудною та фазовою маніпуляцією із використанням ATS-алгоритму / П.Ю. Костенко, К.С. Васюта, В.В. Слободянюк, Р.О. Качайло // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 177–189.

Анотація. Досліджено якість відновлення спотвореного адитивним шумом сигналу з використанням ATS-алгоритму (Attractor Trajectory Surrogates), який зменшує вплив адитивного шуму в спостереженнях сигналів з ASK- та PSK-маніпуляціями їхніх параметрів. Для визначення числової міри якості відновлення сигналу запропоновано використання SG-статистики, яка дає змогу отримати відповідні числові значення індексу передбачуваності результатів спостереження сигналу та його відновлення. Отримано методичну похибку відновлення сигналу, яка виникає під час застосування ATS-алгоритму. Показано, що використання SG-статистики як міри похибки відновлення сигналу дає змогу визначати його ефективність. Отримано числові значення похибок відновлення сигналів та проаналізовано методичні похибки ATS-алгоритму для ASK- та PSK-сигналів, що маніпульовані «білими» та «кольоровими»

повідомленнями. З'ясовано, що на похибку відновлення сигналу впливають параметри алгоритму. Надано рекомендації щодо параметрів ATS-алгоритму, які уможливлюють його кращу ефективність стосовно чутливості до рівня шумів та їхніх розподілів. Показано, що внесок методичної похибки у похибку відновлення сигналу зменшується щодо рівня шуму у разі його збільшення. У разі застосування запропонованого ATS-алгоритму отримуємо більші середні значення SG-статистики.

Ключові слова: SG-статистика, індекс передбачуваності, ATS-алгоритм, похибки відновлення, ASK- та PSK-сигнали.

Evaluation of the quality of noise reduction in signals with amplitude and phase manipulation using the ATS algorithm / P. Kostenko, K. Vasiuta, V. Slobodyanuk, R. Kachailo // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 177–189.

Abstract. The article studies the quality of signal recovery distorted by additive noise using the ATS algorithm (Attractor Trajectory Surrogates), which reduces the influence of additive noise in observations of signals with ASK and PSK by manipulating their parameters. To determine the numerical measure of signal recovery quality, the use of SG statistics is proposed, which allows obtaining the corresponding numerical values of the index of predictability of the results of signal observation and recovery. The methodological error of signal recovery that occurs when using the ATS algorithm is also considered. It is shown that the use of SG statistics as a measure of signal recovery error allows determining its efficiency. Numerical values of signal recovery errors are obtained, and the methodological errors of the ATS algorithm for ASK and PSK signals manipulated by "white" and "color" messages are analyzed. It is found that the algorithm parameters affect the signal recovery error. Recommendations are given for the parameters of the ATS algorithm, which ensure its better efficiency in terms of sensitivity to noise levels and their distributions. It is shown that the contribution of methodological error to the signal recovery error decreases relative to the noise level as it increases. The proposed ATS algorithm is characterized by larger average values of SG statistics compared to the case where this algorithm is not used.

Keywords: SG statistics, predictability index, ATS algorithm, recovery errors, ASK and PSK signals.

==========

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

Побудова roc-кривих радіолокаційних сигналів з порогом виявлення за показником Херста / Ю.К. Тараненко, О.Ю. Олійник, Ю.В. Хомяк // Кібернетика та системний аналіз. 2025. Том 61, № 5. С. 190–200.

Анотація. Побудовано ROC-криву, яка визначає характеристику приймача сигналів з фрактально залежним коефіцієнтом виявлення радіолокаційних сигналів з використанням неперервної вейвлет-декомпозиції сигналів із часової області у частотну та з визначенням фрактальних ознак за допомогою узагальненого коефіцієнта Херста. Ця ROC-крива розташована у верхньому лівому куті графіка, що вказує на високий істинно-позитивний показник і свідчить про правильне визначення позитивних результатів. А крива, побудована з використанням як фрактальних ознак класичного коефіцієнта Херста, локалізована уздовж діагоналі графіка, що підтверджує низьку якість виявлення. Показано, що для 2D-зображень вейвлет-спектрів як фрактальна ознака може бути застосована розмірність Мінковського — залежність між максимумами фрактальної розмірності та потужності шуму. Це дало змогу ідентифікувати зображення спектрів. Визначено поріг такої ідентифікації на основі порівняння автокогерентності рядів вейвлет-коефіцієнтів, з яких генеруються зазначені зображення.

Ключові слова: ROC-аналіз сигналів, фрактальна розмірність, коефіцієнт Херста, фрактальна розмірність Мінковського, вейвлет-декомпозиція, радіолокаційний сигнал.

Construction of ROC curves of radio location signals with detection threshold according to the Hurst index / Yu. Taranenko, O. Oliinyk, Y.V. Khomyak // Kibernetyka ta Systemnyi Analiz. 2025. Vol. 61, N 5. P. 190–200.

Abstract. The ROC curve (receiver operating characteristic) is a modern analytical tool used in classification tasks, displaying the true-positive and false-positive rates. It is considered the best diagnostic test method because it shows the best cut-off value for diagnostic performance. In the paper, for the first time, an ROC-curve is constructed, which determines the characteristics of a signal receiver with a fractally dependent coefficient of detection of radar signals using a continuous wavelet decomposition of signals from the time domain in the frequency domain and with the determination of fractal features using the generalized Hurst coefficient. The ROC curve constructed by the mentioned method showed the maximum proximity to the upper left corner of the graph, indicating a high true-positive rate and accurate determination of positive results. The use of the classic Hurst coefficient as a fractal feature revealed proximity to the diagonal of the graph, confirming the low quality of detection. It is shown that for 2D images of wavelet spectra, the Minkowski dimension obtained by the box counting method can be used as a fractal feature, exhibiting the maxima of the fractal dimension and the noise power. This made it possible to identify the image of the spectra. The threshold for such identification was determined based on a comparison of the autocoherence of the series of wavelet coefficients from which the specified images are generated.

Keywords: ROC-analysis of signals, fractal dimension, Hurst coefficient, Minkowski fractal dimension, wavelet-decomposition, radar signal.