

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 519.11.176

Задачі штучного інтелекту та комбінаторна оптимізація / Н.К. Тимофієва // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 3–11.

Анотація. Описано спосіб моделювання задач штучного інтелекту із застосуванням теорії комбінаторної оптимізації. У результаті цих досліджень встановлено комбінаторну природу задач цього класу, виявлено причину невизначеності різних видів, яка виникає в процесі їхнього розв'язання, та пояснено природу нечіткості вхідних даних. На прикладі задачі кластеризації розглянуто ситуацію невизначеності, зумовлену структурою аргументу (комбінаторної множини).

Ключові слова: комбінаторна оптимізація, штучний інтелект, комбінаторні конфігурації, задача кластеризації, ситуація невизначеності.

Artificial intelligence problems and combinatorial optimization / N.K. Timofieva // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 3–11.

Abstract. The method of modeling artificial intelligence problems using the theory of combinatorial optimization is described. As a result of these studies, the combinatorial nature of problems of this class was established, the cause of uncertainty of various types, which arises in the process of their solution, was revealed, and the nature of the fuzziness of the input data was explained. An example of the clustering problem is used to consider the situation of uncertainty caused by the structure of the argument (combinatorial set).

Keywords: combinatorial optimization, artificial intelligence, combinatorial configurations, clustering problem, uncertainty situation.

УДК 519.71

Підвищення швидкодії банківських систем кібербезпеки на основі інтелектуального аналізу даних та алгоритмів штучного інтелекту для прогнозування кібератак. Ч. 1 / В. Хиленко, Б. Ахметов, Р. Бердібасєв, В. Лахно, Ю. Харченко, Вен-Ліанг Хванг, В. Хиленко мол. // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 12–19.

Анотація. Розглянуто підвищення швидкодії та якості роботи систем кіберзахисту банківських установ в умовах постквантумної ери. Запропоновано математичний апарат для систем прогнозування кібератак та алгоритм визначення моменту включення режиму підвищеної захищеності. Враховано можливість організації кібератак за допомогою нейромереж та алгоритмів штучного інтелекту. Наведено приклад формування та аналізу кластера підозрілих операцій із використанням мови Julia.

Ключові слова: кіберзахист банківських установ, загрози постквантумної ери, система прогнозування кібератак, запобігання кібератакам, кластеризація.

Increasing the speed of banking cyber security systems based on intelligent data analysis and artificial intelligence algorithms for predicting cyber attacks. P. 1 / V. Khilenko, B. Akhmetov, R. Berdibayev, V. Lakhno, Yu. Harchenko, Wen-Liang Hwang, V. Khylenko, Jr. // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 12–19.

Abstract. An increase in the speed and quality of the cyber protection systems of banking institutions in the post-quantum era is considered. A mathematical apparatus for cyber attack prediction systems and an algorithm for choosing the moment of switching on the enhanced security mode are proposed. The possibility of organizing cyber attacks using neural networks and AI algorithms is taken into account. An example of the formation and analysis of a cluster of suspicious transactions using the Julia language is considered.

Keywords: cyber protection of banking institutions, threats of the post-quantum era, system of prediction and prevention of cyber attacks, clustering.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 004.942

Розробка алгоритму розв'язання задачі асиметричної маршрутизації на основі методу мурашиної колонії / С.Ж. Рахметулліна, Г. Жомарткизи, Ю.В. Крак, А.А. Камєлова // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 20–29.

Анотація. Однією з головних проблем транспортної логістики є планування оптимальних маршрутів доставки. Під час її розв'язання виникає потреба у дослідженні задачі маршрутизації транспорту, яка є задачею комбінаторної оптимізації. У статті запропоновано алгоритм розв'язання задачі маршрутизації на основі методів оптимізації. Розглянуто асиметричну задачу маршрутизації транспорту з обмеженням вантажопідйомності транспортного засобу, тривалості маршруту та різномірним парком транспортних засобів. Розроблено вебзастосунок, в якому реалізовано запропонований алгоритм розв'язання цієї задачі на основі методу мурашиної колонії. Проведено порівняльний аналіз отриманих оптимальних маршрутів та результатів побудови маршрутів з використанням інших картографічних сервісів. Показано, що запропонований алгоритм забезпечив найкращий результат.

Ключові слова: оптимізація, асиметричні задачі маршрутизації, граф пошуку маршруту, вебзастосунок, метод мурашиної колонії.

Development of an algorithm for solving an asymmetric routing problem based on the ant colony method / S. Rakhmetullina, G. Zhomartkyzy, Iu. Krak, A. Kamelova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 20–29.

Abstract. One of the major problems of transport logistics is planning optimal delivery routes. Solving this problem leads to combinatorial optimizations that require complex computations. The present research considers an asymmetric problem of transport routing with a limitation of the carrying capacity of transport facilities, the duration of the route and a heterogeneous transport facilities fleet. An algorithm for solving the routing problem based on the ant colony method is proposed. The web application that has been developed implements the proposed algorithm for solving this problem. The obtained optimal routes were compared with the results of route building by other cartographic services. The proposed algorithm showed the best result.

Keywords: optimization, asymmetric routing problems, graph route search, web applications, ant colony method.

УДК 517.9

Математичне моделювання впливу кліматичних змін на взаємозв'язки секторів економіки / К.Л. Атоєв, П.С. Кнопов // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 30–42.

Анотація. Розроблено математичну модель для визначення умов, які забезпечують мінімізацію швидкості зростання концентрації парникових газів (ПГ) в атмосфері та підтримання заданого рівня якості життя населення. Модель об'єднує в єдиній структурі описані в однаковий спосіб сектори економіки, кожен з яких розглянуто в термінах рівнів продуктивності, кількості робочих місць і структурних порушень (шестисекторна модель Лоренца зі змінюваними коефіцієнтами, які залежать від рівня ПГ). Модель дає змогу дослідити, як зміни рівня ПГ та взаємозв'язки між різними секторами економіки впливають на ризики, що загрожують сталому розвитку, та рівень якості життя населення. Визначено умови виникнення турбулентних режимів функціонування, які призводять до зростання сумарної кількості структурних порушень та зниження сумарного рівня продуктивності. Запропоновано підхід до оцінювання рівня загроз сталому розвитку в умовах кліматичних змін.

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

Mathematical modeling of the influence of climate changes on relationships of sectors of the economy / K.L. Atoyev, P.S. Knopov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 30–42.

Abstract. A mathematical model has been developed to determine the conditions whereby the growth rate of the concentration of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere is minimized and the given standard of living of the population is maintained. The model combines in a single structure identically described sectors of the economy, each being considered in terms of productivity levels, number of jobs and structural violations (six-sector Lorenz model with variable coefficients that depend on the GHG level). The model makes it possible to investigate how changes in the level of GHG and the interrelationships between different sectors of the economy affect the risks of sustainable development and the general level of the quality of life of the population. The conditions for the emergence of turbulent modes of operation, which lead to an increase in the total number of structural violations and a decrease in the total level of productivity, have been determined. An approach to assessing the level of threats to sustainable development under climate change is proposed.

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

УДК 681.5

Особенности моделирования та идентификации когнитивных карт в условиях неопределенности / В.Ф. Губарев, Ю.Л. Милавський // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 43–59.

Анотація. Розглянуто процес ідентифікації складних систем. Встановлено, що створити універсальний метод ідентифікації неможливо. Лише для добре ідентифікованої системи з високим відношенням сигнал–шум для кожної окремої моди системи можна реконструювати модель високої якості. В інших випадках, якщо існують моди з достатньо низьким відношенням сигнал–шум, можна отримати лише сурогатну модель. Для когнитивних карт розроблено теоретичні основи, які можна застосувати в підходах до пошуку сурогатної моделі, а потім для покращення результату з використанням різних алгоритмів налаштування та навчання. Для дослідження процесу ідентифікації застосовано числове моделювання.

Ключові слова: когнітивна карта, ідентифікація систем, метод виділеного підпростору, складна система, погана обумовленість, регуляризація.

Features of modeling and identification of cognitive maps under uncertainty / V.F. Gubarev, Yu.L. Miliavskyi // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 43–59.

Abstract. A process of complex systems identification is examined in this paper. It was established that it is impossible to create a universal identification method. Only for a well-identifiable system with a high signal-to-noise ratio for each individual system mode, a high-quality model can be reconstructed. In other cases, if modes with sufficiently small signal-to-noise ratio exist, only a surrogate model can be obtained. For cognitive maps, theoretical foundations are developed, which may be used in approaches to find a surrogate model and then to improve the result using different tuning and learning algorithms. Numerical simulation was used to analyze the identification process.

Keywords: cognitive map, system identification, subspace method, complex system, ill-conditioning, regularization.

УДК 519.8

Регуляризація векторної задачі з квадратичними критеріями оптимізації за Парето / Т.Т. Лебедєва, Н.В. Семенова, Т.І. Сергієнко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 60–66.

Анотація. Стаття присвячена новим результатам щодо регуляризації векторних (багатокритерійних) задач оптимізації на допустимій множині довільної структури за можливих збурень вхідних даних векторного критерію. Розроблено і обґрунтовано підхід до регуляризації задач з квадратичними критеріальними функціями пошуку множини Парето.

Ключові слова: векторна задача, векторний критерій, оптимальність за Парето, множина Слейтера, стійкість задачі, збурення вхідних даних, квадратичні критеріальні функції, регуляризація.

Regularization of the vector problem with quadratic criteria of Pareto optimization / T.T. Lebedeva, N.V. Semenova, T.I. Sergienko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 60–66.

Abstract. The article is devoted to new results related to regularization of vector (multicriteria) optimization problems on a feasible set of an arbitrary structure under possible perturbations of input data of a vector criterion. An approach to regularization of the problems of finding the Pareto set with quadratic criterion functions has been developed and substantiated.

Keywords: vector problem, vector criterion, Pareto optimality, Slater's set, stability of the problem, perturbations of initial data, quadratic criterion functions, regularization.

УДК 519.6

Теорема про мінімакс функцій на декартовому добутку розгалужених ламаних ліній / М.І. Шлезінгер // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 67–81.

Анотація. Доведено теорему про мінімакс для специфічного класу функцій, визначених не на опуклих підмножинах лінійного простору, а на ламаних лініях у лінійному просторі. Існування сідлової точки для таких функцій не впливає безпосередньо з класичної теореми про мінімакс і потребує індивідуального аналізу, що ґрунтується на спільному використанні методів опуклого аналізу та теорії графів. У статті виконано самодостатній аналіз задачі. Вона містить у собі все, що потрібно для ясного розуміння і доведення основного результату без залучення понять, що виходять за межі стандартної математичної освіти інженерів. Статтю адресовано дослідникам, які використовують методи оптимізації у прикладній механіці, електротехніці та інших прикладних науках, а також математикам-викладачам опуклого аналізу та методів оптимізації для інженерів.

Ключові слова: мінімакс, сідлова точка, опуклий аналіз, оптимізація, розгалужена ламана лінія.

Minimax theorem for functions on the cartesian product of branching polylines / M.I. Schlesinger // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 67–81.

Abstract. The paper proves the minimax theorem for a specific class of functions that are defined on branching polylines in a linear space, not on convex subsets of a linear space. The existence of a saddle point for such functions does not follow directly from the classical minimax theorem and needs individual consideration based both on convex analysis and on graph theory. The paper presents a self-sufficient analysis of the problem. It contains everything that enables plain understanding of the main result and its proof and avoids using concepts outside the scope of obligatory mathematical education of engineers. The paper is addressed to researchers in applied mechanics, engineering and other applied sciences as well as to mathematicians who lecture convex analysis and optimization methods to non-mathematicians.

Keywords: minimax, saddle point, convex analysis, optimization, branching polyline.

УДК 517.977

Модифікований метод розв'язувальних функцій для ігрових задач керування з інтегральними обмеженнями / А.О. Чикрій, Й.С. Раппопорт // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 82–93.

Анотація. Розглядаються лінійні диференціальні ігри з інтегральними обмеженнями. Сформульовано достатні умови закінчення гри за скінченний гарантований час у разі, коли умова Нікольського не виконується. Уведено багатозначні відображення, що породжують верхні і нижні розв'язувальні функції спеціального типу. Запропоновано модифіковані схеми прямого методу Нікольського та методу розв'язувальних функцій, що забезпечують завершення гри за скінченний гарантований час в класі квазістратегій та стробоскопічних стратегій. Новітні теоретичні результати проілюстровано на контрольному прикладі Понтрягіна з однотипними об'єктами.

Ключові слова: лінійна диференціальна гра, інтегральні обмеження, багатозначне відображення, розв'язувальні функції, стробоскопічна стратегія.

A modified method of resolving functions for control game problems with integral constraints / A.A Chikrii, I.S. Rappoport // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 82–93.

Abstract. The paper considers linear differential games with integral constraints. Sufficient conditions for the game termination in a finite guaranteed time are formulated for the case where Nikolsky's condition is not satisfied. Multivalued mappings that generate the upper and lower resolving functions of special type are introduced. The modified schemes of Nikolsky's direct method and the method of resolving functions are proposed, which ensure the game termination in a finite guaranteed time in the class of quasi-strategies and stroboscopic strategies. The most recent theoretical results are illustrated by the reference Pontryagin's example with objects of the same type.

Keywords: linear differential game, integral constraints, multivalued mapping, resolving functions, stroboscopic strategy.

УДК 519.21

Усереднення в задачі керування для дифузійного процесу переносу з напівмарковськими перемиканнями / Я.М. Чабанюк, А.В. Нікітін, У.Т. Хімка // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 94–105.

Анотація. Побудовано граничні генератори для системи стохастичних диференціальних рівнянь з напівмарковськими перемиканнями та дифузійним збуренням в умовах існування єдиної точки рівноваги критерію якості. Розв'язано дворівневу задачу за припущення існування єдиного керування на кожному інтервалі. Досліджено залежність поведінки граничного процесу від дограничного нормування стохастичної системи в ергодичному напівмарковському середовищі.

Ключові слова: випадкова еволюція, стохастична оптимізація, напівмарковські перемикання.

Averaging in the control problem for the diffusion transfer process with semi-Markov switches / Y.M. Chabanyuk, A.V. Nikitin, U.T. Khimka // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 94–105.

Abstract. The limit generators were constructed for the system of stochastic differential equations with semi-Markov switches and diffusion perturbation under the conditions of the existence of a single equilibrium point of the performance criterion. Assuming the existence of a single control on each interval, we solve a two-level problem. The article examines how the behavior of the limit process depends on the pre-limit normalization of the stochastic system in the ergodic semi-Markov environment.

Keywords: random evolution, stochastic optimization, semi-Markov switches.

УДК 519.6

Узагальнення моделі інфекційного захворювання для врахування сорбційної терапії в умовах дифузійних збурень / С.В. Барановський, А.Я. Бомба // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 106–116.

Анотація. Узагальненням базової моделі інфекційного захворювання з використанням ідей моделювання процесів адсорбційного масоперенесення та теорії збурень побудовано математичну модель динаміки вірусної інфекції в умовах адсорбційної терапії з урахуванням дифузійних збурень. На основі синтезу покрокової процедури, асимптотичного та чисельних методів запропоновано обчислювальну технологію, яка забезпечує поетапне наближення розв'язку модельної сингулярно збуреної задачі із запізненням як збурення розв'язків відповідних вироджених задач без запізнення. Наведено результати комп'ютерного моделювання, що ілюструють прогностичний внесок адсорбційної терапії у процес нейтралізації вірусних елементів в організмі людини. Зазначено, що ефективність дії адсорбентів визначається, зокрема, часом їхнього введення, що важливо враховувати під час прийняття рішень щодо застосування відповідної додаткової терапії у програмі лікування.

Ключові слова: модель інфекційного захворювання, сорбційна терапія, динамічні системи із запізненням, асимптотичні методи, сингулярно збурені задачі, зосереджені впливи.

Generalization of the infectious disease model to account for sorption therapy in conditions of diffusion disorders / S.V. Baranovsky, A.Ya. Bomba // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 106–116.

Abstract. A mathematical model of the dynamics of a viral infection under the conditions of adsorption therapy, taking into account diffusion perturbations, was formed by generalizing the basic model of an infectious disease using the ideas of modeling adsorption mass transfer processes and perturbation theory. Based on the synthesis of a step-by-step procedure, asymptotic and numerical methods, a computing technology is proposed that provides a stepwise approximation of the solution of a model singularly perturbed problem with a delay as a perturbation of the solution of the corresponding degenerate problem without a delay. The results of the computer modeling illustrate the predictive contribution of the adsorption therapy to the process of neutralization of viral elements in the body. It is noted that the efficiency of the adsorbents will be determined, in particular, by the time of their introduction, which is important to consider when making a decision on the use of appropriate additional therapy in the treatment program.

Keywords: infectious disease model, sorption therapy, dynamic systems with delay, asymptotic methods, singularly perturbed problems, concentrated influences.

УДК 620.179.1.001.5

Особливості застосування теорії ризику та чисельного моделювання для визначення ресурсу будівель у зоні бойових дій / Ю.І. Калюх, В.А. Дунін, М.Г. Мар'єнков, О.М. Трофимчук, С.Ю. Кураш // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 117–128.

Анотація. Розглянуто особливості застосування теорії ризику та чисельного моделювання для визначення ресурсу будівель у зоні бойових дій. Надано кількісну комплексну оцінку зниження ресурсу будівель, що зазнали руйнувань. Розроблено комплексну прикладну методику визначення залишкового ресурсу будівель в зоні бойових дій. Побудовано графічну модель будівлі з урахуванням результатів візуального обстеження. Здійснено розрахунки динаміки напружено-деформованого стану будівлі. Оцінено ризики руйнування конструкцій будівлі та побудовано криву її життєвого циклу.

Ключові слова: математичне моделювання, напружено-деформований стан, ризик, бойові динамічні впливи, життєвий ресурс.

Peculiarities of applying the risk theory and numerical modeling to determine the resource of buildings in a zone of influence of military actions / I. Kaliukh, V. Dunin, M. Marienkov, O. Trofymchuk, S. Kurash // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 117–128.

Abstract. The features of the application of the risk theory and numerical modeling to determine the resource of buildings in the combat zone is considered. A quantitative comprehensive assessment of the reduction in the resource of damaged buildings is given. A comprehensive applied method for determining the residual resource of buildings in a combat zone is developed. A graphical model of the building is created, taking into account the results of a visual survey. The dynamics of the stress-strain state of the buildings is calculated. The risks of destruction of building structures are assessed, and a curve of their life cycle is constructed.

Keywords: mathematical modeling, stress-strain state, risk, combat dynamic effects, life resource.

УДК 681.518.2, 681.514

Асимптотична оптимальність адаптивних систем з альтернативними еталонами в умовах некласифікованого навчання / В.В. Скачков, В.В. Чепкій, О.М. Єфимчиков, В.К. Набок, О.Д. Єльчанінов // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 129–138.

Анотація. В умовах некласифікованого навчання досліджується асимптотична оптимальність адаптивних систем з двома альтернативними еталонами. Один з них відповідає класу радіотехнічних структур з адаптивною антенною решіткою, а другий — з адаптивним компенсатором перешкод. Оптимальність визначається за критерієм відношення сигнал/перешкода. Отримано аналітичні вирази для оцінювання асимптотичної оптимальності адаптивних систем з альтернативними еталонами. Доведено інваріантність системи з адаптивною антенною решіткою до будь-якого виду навчання та збереження оптимальності радіотехнічної системи в ситуації з кінцевим розміром навчальної вибірки. Обґрунтовано обов'язковість класифікації навчальної вибірки на вході системи з адаптивним компенсатором перешкод в умовах сигнально-перешкодової невизначеності.

Ключові слова: асимптотична оптимальність, адаптивна система, альтернативний еталон, некласифіковане навчання.

Asymptotic optimality of adaptive systems with alternative standards in unclassified learning situations / V.V. Skachkov, V.V. Chepkih, O.M. Yefymchykov, V.K. Nabok, O.D. Yelchaninov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 129–138.

Abstract. The asymptotic optimality of adaptive systems with alternative standards, one of which corresponding to the class of radio engineering structures with an adaptive antenna array and the other to the class with an adaptive interference compensator, is investigated in an unclassified learning situation. The optimality is determined by the criterion of signal-to-interference ratio. The analytical expressions for evaluating the asymptotic optimality of radio engineering systems with alternative standards are obtained. The invariance of the system with an adaptive antenna array to any kind of training is proved, and the property of asymptotic optimality of the system is extended to the finite size of the training sample. The unbeddingness of the classification of the training sample at the input of a radio system with an adaptive interference compensator under conditions of signal-interference uncertainty is substantiated.

Keywords: asymptotic optimality, adaptive system, alternative standard, unclassified learning.

УДК 519.8

Асимптотичні властивості розв'язків диференціальних рівнянь вищих порядків на узагальнених класах Гельдера / Ю.І. Харкевич, О.Г. Ханін // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 139–146.

Анотація. Досліджено деякі асимптотичні властивості розв'язків диференціальних рівнянь еліптичного типу з використанням методів теорії наближень. Розглянуто апроксимаційні характеристики операторів типу Пуассона як розв'язків диференціальних рівнянь вищих порядків на узагальнених класах Гельдера в рівномірній метриці. Розв'язано задачу Колмогорова–Нікольського (у термінології О.І. Степанця) про знаходження верхньої межі відхилень функцій, визначених за допомогою модуля неперервності, від операторів Абеля–Пуассона та Гаусса–Вейерштрасса в метриці простору. Згадані оператори є одним з ефективних інструментів дослідження математичних моделей, які виникають під час розв'язання багатьох прикладних оптимізаційних задач.

Ключові слова: оптимізаційні властивості функцій, апроксимаційні характеристики, задача Колмогорова–Нікольського, оператор Абеля–Пуассона, оператор Гаусса–Вейерштрасса, класи Гельдера.

Asymptotic properties of the solutions of higher-order differential equations on generalized Holder classes / Yu.I. Kharkevych, O.G. Khanin // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 139–146.

Abstract. Some asymptotic properties of the solutions of elliptic-type differential equations are investigated using the methods of approximation theory. The approximation characteristics of Poisson-type operators as solutions of higher-order differential equations on generalized Holder classes in a uniform metric have been investigated. In particular, the Kolmogorov–Nikol'skii problem (in O.I. Stepanets terminology) of finding the upper bounds for the deviations of functions defined by the modulus of continuity from the Abel–Poisson and Gauss–Weierstrass operators in the space metric is solved. The above-mentioned operators are one of the efficient tools for the analysis of the mathematical models that arise when solving many applied optimization problems.

Keywords: optimization properties of functions, approximative characteristics, Kolmogorov–Nikol'skii problem, Abel–Poisson operator, Gauss–Weierstrass operator, Holder classes.

УДК 621.391.17

Методика вибору синхропреамбул для взаємно неортогональних цифрових сигналів у системах електронних комунікацій з випадковим множинним доступом / В.Ф. Єрохін, О.В. Вакуленко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 147–158.

Анотація. На основі теорії статистичних рішень запропоновано підхід до вибору синхропреамбул для взаємно неортогональних цифрових сигналів під час пакетної передачі у системах електронних бездротових комунікацій з випадковим множинним доступом. Для розв'язання задачі виявлення стану у спільному каналному ресурсі застосовано множини квазіортогональних послідовностей Голда, Касамі, Камалетдинова та їхні об'єднання. Факторизація задач виявлення стану в радіоканалі і розділення–демодуляції методами теорії багатокористувачького детектування дає змогу уникнути експоненційного зростання складності алгоритмів оброблення сигналів, що конфлікують.

Ключові слова: взаємно неортогональні цифрові сигнали, взаємкореляційні властивості сигналів, дискретний інформаційний параметр, правило прийняття рішень, синхропреамбула, ймовірності правильного та хибного виявлення пакета.

Method of choosing synchro preamble of mutually non-orthogonal digital signals in electronic communication systems with random multiple access / V.F. Yerokhin, O.V. Vakulenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 147–158.

Abstract. Using the theory of statistical decisions, an approach to the selection of synchro preambles for mutually non-orthogonal digital signals during packet transmission in telecommunication systems with random multiple access is proposed. It is proposed to use sets of quasi-orthogonal Gold, Kasami, Kamaletdinov sequences and their combinations to solve the state detection problem in a common channel resource. Factorization of the problems of state detection in the radio channel and separation-demodulation by the methods of the theory of multi-user detection allows avoiding the exponential growth in the complexity of algorithms for processing conflicting signals.

Keywords: mutually non-orthogonal digital signals, mutual correlation properties of signals, discrete information parameter, decision rule, synchro preamble, probabilities of correct and false packet detection.

УДК 517.9: 519.6

Крайові задачі дробово-диференційної консолідаційної динаміки для моделі з похідною Капуто–Фабріціо / В.М. Булавацький // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 159–168.

Анотація. Одержано замкнені розв'язки деяких крайових задач дробово-диференційної фільтраційно-консолідаційної динаміки стосовно неklasичної математичної моделі з урахуванням просторово-часової нелокальності процесу. Ця математична модель сформульована з використанням похідної Капуто–Фабріціо за часовою змінною та Рімана–Ліувілля за геометричною змінною. Разом з прямою задачею консолідації для масиву скінченної потужності розглянуто обернені крайові задачі щодо визначення невідомих функцій джерела, залежних лише від геометричної або часової змінної. Наведено умови існування регулярних розв'язків розглянутих задач.

Ключові слова: математичне моделювання, дробово-диференційна динаміка консолідаційних процесів, геопористі середовища, неklasичні моделі, похідні Капуто–Фабріціо та Рімана–Ліувілля, крайові задачі, замкнені розв'язки, прямі та обернені задачі.

Boundary-value problems of fractional-differential consolidation dynamics for the model with the Caputo–Fabrizio derivative / V.M. Bulavatsky // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 159–168.

Abstract. Closed-form solutions to some boundary-value problems of fractional-differential filtration-consolidation dynamics with respect to the non-classical mathematical model taking into account the space-time nonlocality of the process are obtained. This mathematical model is formulated using the Caputo–Fabrizio derivative for the time variable and the Riemann–Liouville derivative for the geometric variable. Along with the direct consolidation problem for an array of finite thickness, the inverse boundary-value problems are considered to determine the unknown source functions that only depend on the geometric or time variable. Conditions for the existence of regular solutions to the considered problems are given.

Keywords: mathematical modeling, fractional-differential dynamics of consolidation processes, geoporous media, non-classical models, Caputo–Fabrizio and Riemann–Liouville derivatives, boundary-value problems, closed-form solutions, direct and inverse problems.

УДК 519.65

Чебишовське наближення функції багатьох змінних з відтворенням значень функції та її частинних похідних / П.С. Малахівський, Л.С. Мельничок, Я.В. Пізюр // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 169–180.

Анотація. Запропоновано метод побудови чебишовського наближення дискретної функції багатьох змінних з відтворенням її значень і значень її частинних похідних у заданих точках. Метод ґрунтується на побудові граничного середньостепеневго наближення з відповідними інтерполяційними умовами. Для побудови середньостепеневго наближення використано ітераційну схему на основі методу найменших квадратів зі змінною ваговою функцією. Подані результати наближення функції однієї змінної підтверджують виконання характеристичної властивості чебишовського наближення з відтворенням значень функції та значень її похідних у заданих точках. Наведені тестові приклади засвідчують швидку збіжність запропонованого методу.

Ключові слова: чебишовське наближення, чебишовське наближення з умовою, функції багатьох змінних, середньостепеневе наближення, метод найменших квадратів, змінна вагова функція, частинні похідні.

Chebyshev approximation of multivariable functions with reproduction of the values of the function and its partial derivatives / P.S. Malachivskyy, L.S. Melnychok, Ya.V. Pizyur // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 169–180.

Abstract. A method for constructing the Chebyshev approximation of a discrete multivariable function with reproduction of function's values and partial derivatives at given points is proposed. The idea of the method is based on the construction of the boundary mean-power approximation with the appropriate interpolation conditions. An iterative scheme based on the least squares method with a variable weight function is used to construct the mean-power approximation. The results of the approximation of the function of one variable confirm the fulfillment of the characteristic property of the Chebyshev approximation with the reproduction of the values of the function and the values of its derivatives at the given points. The test examples confirm the fast convergence of the proposed method.

Keywords: Chebyshev approximation, Chebyshev approximation with the condition, multivariable functions, mean-power approximation, least squares method, variable weight function, partial derivatives.

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

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

УДК 616-76

Комп'ютерно-модельне вдосконалення системи автоматичного керування інсуліновою помпою / С.І. Сокол, О.І. Соловйова // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 4. С. 181–194.

Анотація. Описано комп'ютерно-модельну модернізацію системи автоматичного керування (САК) біотехнічною системою (БТС) інсулінотерапії «пацієнт-дозатор інсуліну» з найбільш досконалою інтраперитонеальною інсуліновою помпою. Побудовано математичну модель, проведено числові експерименти для досягнення нормоглікемії у пацієнта з цукровим діабетом (ЦД) різного ступеня тяжкості, різним виглядом його первинного гіперглікемічного профілю та режимом харчування. Встановлено, що ця БТС інсулінотерапії протягом першої доби роботи дає можливість знизити будь-який гіперглікемічний профіль пацієнта з ЦД до цільового нормоглікемічного профілю здорової людини і надалі підтримувати його необмежено довго. З використанням цієї БТС може бути розв'язана головна триєдина задача інсулінотерапії щодо повної компенсації ЦД у пацієнта.

Ключові слова: біотехнічна система, інтраперитонеальна інсулінова помпа, математична модель, числові експерименти, повна компенсація ЦД.

Computer-model improvement of the automatic operate system of the insulin pump / E.I. Sokol, S.S. Lapta, O.I. Soloviova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 4. P. 181–194.

Abstract. The article describes the computer-model improvement of the automatic operate system (AOS) of the biotechnical system (BTS) of insulin therapy “patient–insulin dispenser” with the most advanced intraperitoneal insulin pump. The mathematical model is constructed; the numerical experiments for achieving normoglycemia in a patient with Diabetes mellitus (DM) with varying degrees of severity, with various types of his/her primary hyperglycemic profile and his/her nutrition regime are carried out. It is established that this BTS of insulin therapy during the first 24 hours of its work gives the possibility to reduce any hyperglycemic profile of the patient with DM to the target normoglycemic profile of a healthy person and then to support it for an unlimited long time. That is, on its basis, the main triune task of insulin therapy for full compensation of Diabetes mellitus in the patient can be solved.

Keywords: biotechnical system, intraperitoneal insulin pump, mathematical model, numerical experiments, full compensation of Diabetes mellitus.