

УДК 519.712, 004.4'24

Алгоритмічні алгебри Глушкова та автоматизація проєктування паралельних обчислень / П.І. Андон, А.Ю. Дорошенко, П.А. Іваненко, О.А. Яценко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 3–15.

Анотація. Викладено огляд результатів, отриманих із застосуванням алгебри алгоритміки та засобів автоматизації розроблення програм для мультипроцесорних платформ. Алгоритміка ґрунтується на теорії алгебр алгоритмів та орієнтована на розв'язання широкого кола прикладних задач і розроблення інструментарію для автоматизованого проєктування та синтезу класів алгоритмів і програм. Загальність алгоритміки базується на різноманітності інтерпретацій схем алгоритмів і забезпечує можливість застосування алгоритміки та її засобів для розв'язування задач з різних предметних галузей. Поєднання алгоритміки та техніки правил переписування дало змогу розробити методи і засоби, орієнтовані на автоматизоване проєктування, перетворення, синтез та налаштування програм для різноманітних платформ (багатоядерні процесори, графічні прискорювачі, програмовані логічні інтегральні схеми).

Ключові слова: алгебра алгоритмів, паралельні обчислення, проєктування та синтез програм, автоматичне налаштування програм.

Glushkov's algorithmic algebras and automated parallel computing design / P.I. Andon, A.Yu. Doroshenko, P.A. Ivanenko, O.A. Yatsenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 3–15.

Abstract. An overview of the results obtained within the algebra of algorithms and tools for the automated development of programs for multiprocessor platforms is presented. Algorithmics is based on the theory of algorithm algebras and is focused on solving a wide range of applied problems and developing software tools for automated design and synthesis of classes of algorithms and programs. The generality of algorithmics is based on the variety of interpretations of algorithm schemes and provides the possibility of applying algorithms and their tools for solving problems related to various subject domains. The combination of algorithmics and rewriting rules technique made it possible to develop methods and tools aimed at automated design, transformation, synthesis, and tuning of programs for various platforms (multicore processors, graphics processing units, field-programmable gate arrays).

Keywords: algebra of algorithms, parallel computation, program design and synthesis, software auto-tuning.

УДК 519.217.2

Неповнота арифметики з погляду теорії діофантових множин / А.М. Гупал, О.А. Вагіс // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 16–21.

Анотація. Проаналізовано Діофантові множини і показано, що всі рекурсивно перелічені множини є Діофантовими. На основі класичних результатів з теорії рекурсивних функцій наведено простий варіант теореми про неповноту арифметики: існує поліном, який не має цілих додатних розв'язків і для якого не можна довести відсутність додатних коренів.

Ключові слова: Діофантова множина, рекурсивно перелічені множини, неповнота арифметики.

Incompleteness of arithmetic from the point of view of diophantine set theory / A.M. Gupal, O.A. Vagis // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 16–21.

Abstract. Analysis of Diophantine sets showed that all recursively enumerated sets are Diophantine. Based on classical results in the theory of computable functions, a simple version of the theorem on the incompleteness of arithmetic can be given: there is a polynomial that does not have positive integer solutions, and for which it is impossible to prove the absence of positive roots.

Keywords: diophantine set, recursively enumerated sets, incompleteness of arithmetic.

УДК 004.032.26

Адаптивна система глибокого навчання для дослідження даних загального типу / С.О. Довгий, М.О. Зозюк, Д.В. Королюк // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 22–31.

Анотація. Представлено підхід до аналізу великої кількості даних, між якими немає чіткого зв'язку. Він слугує для того, щоб встановити наявність хоча б якогось зв'язку, і у разі встановлення його наявності визначити також ступінь цього зв'язку. Продемонстровано можливість автоматичного оброблення даних та автоматичної зміни параметрів систем глибокого навчання для формування платформи глибокого навчання під час аналізу параметрів даних. Показано, як ця система задовольнятиме потреби фахівців в інших галузях, які ніколи безпосередньо не використовували системи глибокого навчання. За допомогою відомого набору даних MNIST встановлено, що з використанням окремих параметрів цих даних можна визначити їхній вплив на точність передбачення системи глибокого навчання.

Ключові слова: нейронна мережа, автоматичне оброблення даних, інформативність вибірки, система прогнозування, методи оброблення.

An adaptive deep learning system for exploring general data / S. Dovgyi, M. Zoiuk, D. Koroliouk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 22–31.

Abstract. The authors present an approach to the analysis of a large amount of data that have no clear interconnection, but the nature of such a connection, if it exists, needs to be established. The possibility of automatic data processing and automatic change of parameters of the deep learning system for the formation of a deep learning platform during the analysis of data parameters is shown. It is also shown how such a system solves the needs of specialists from other fields who have never used deep learning systems. With the help of the well-known MNIST data set, it is established that with the use of individual parameters, it is possible to change their influence on the accuracy of prediction.

Keywords: neural network, automatic data processing, sampling informativeness, forecasting system, processing methods.

УДК 007+004.8

Щодо концепції і стратегії створення кібернетичних систем зі штучним інтелектом / В.П. Боюн // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 32–45.

Анотація. Описано етапи створення систем зі штучним інтелектом, функціональні вимоги до них, принципи організації архітектури кібернетичних систем зі штучним інтелектом та підходи до реалізації складових цих систем. Розглянуто використання евристик, еволюційного підходу, методів планування експериментів, приростів знань, онтологій для опису і виділення знань із текстів, системного аналізу для структуризації проблеми тощо. Показано ефективність використання принципів кільцевої та лінійчатої організації рецептивних полів нейронів, типових режимів функціонування зорового аналізатора людини, принципів ієрархічного управління в інтелектуальних каналах сприйняття інформації й оброблення її в мозку та їхньої взаємодії, а також здатності до навчання на досвіді й адаптації.

Ключові слова: штучний інтелект, кібернетична система, міра змін, динамічна інформація, евристики, прирости знань, еволюційні підходи, онтології, кільцева організація нейронів, ієрархічне управління, здатність до навчання та адаптації.

On the concept and strategy of creating cybernetic systems with artificial intelligence / V.P. Boyun // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 32–45.

Abstract. The stages of creating systems with artificial intelligence, functional requirements for them, principles of organizing the architecture of cybernetic systems with artificial intelligence, and approaches to the implementation of the components of such a system are considered, in particular the use: of heuristics, of evolutionary approach, of the methods of planning experiments, of increments in knowledge, of ontologies for describing and excretion of knowledge from texts, of system analysis for structuring problem, of principles of ring and linear organization of receptive fields of neurons, of typical modes of functioning of the human visual analyzer, of principles of hierarchical management in intellectual channels of perception of information and processing in the brain and their interaction, ability to learn by experience and adaptation.

Keywords: artificial intelligence, cybernetic system, measure of change, dynamic information, heuristics, knowledge gains, evolutionary approaches, ontologies, circular organization of neurons, hierarchical management, ability to learn and adapt.

УДК 004.855.5

Методика інверсного багатовимірного шкалювання для синтезу моделей машинного навчання / Ю.В. Крак, О.В. Бармак // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 46–54.

Анотація. За наведеною методикою запропоновано техніку проєктування ментальної моделі, отриманої на основі візуальної аналітики, в простір машинного використання. Ефективність використання візуальної аналітики полягає у відображенні багатовимірного простору ознак у візуальний простір і наданні механізму для формалізації ментальної моделі. Це дає змогу інтегрувати людину в процес формування і навчання моделі машинного навчання. Наведено приклади, що демонструють ефективність використання запропонованої методики для розв'язання практичних задач.

Ключові слова: візуальна аналітика, машинне навчання, формування моделі, формальна модель, ментальна модель, інверсне багатовимірне шкалювання.

The technique of inverse multidimensional scaling for the synthesis of machine learning models / Yu. Krak, O. Barmak // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 46–54.

Abstract. The created technique offers a technique of projecting a mental model obtained based on visual analytics into the space of machine use. The effectiveness of the use of visual analytics consists in mapping the multidimensional space of features into the visual space and providing a mechanism for formalizing the mental model. This allows a person to be integrated into the process of formation and training a machine learning model. Examples that demonstrate the effectiveness of using the proposed methodology for solving practical problems are given.

Keywords: visual analytics, machine learning, model formation, formal model, mental model, inverse multidimensional scaling.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.8

Планування логістичних місій гібридної системи «БпЛА+Транспорт» / В.П. Горбулін, Л.Ф. Гуляницький, І.В. Сергієнко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 55–65.

Анотація. Розглянуто проблему планування місій гібридних транспортних систем — автомобіля чи іншого транспортного засобу, що може переміщуватися від початкового місця базування до інших заданих місць (баз) на заданому маршруті, маючи на борту один безпілотний літальний апарат (БпЛА). Запропоновано змістовну постановку та математичні моделі оптимізаційних проблем розподілу об'єктів по базах, вибору баз та формування маршрутів БпЛА під час обстеження чи обслуговування заданої множини об'єктів за наявності обмежень на польотний ресурс. Розроблено та реалізовано алгоритм розв'язування сформульованих задач комбінаторної оптимізації, який базується на оптимізації мурашиними колоніями. Наведено результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: планування логістичних місій, динамічні бази, оптимізація маршрутів, транспортний засіб, БпЛА, оптимізація мурашиними колоніями.

Planning of logistics missions of the «UAV+Vehicle» hybrid system / V.P. Horbulin, L.F. Hulanyskyi, I.V. Sergienko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 55–65.

Abstract. This paper considers the planning of logistics missions for hybrid transport systems, which include a car or other vehicle that can move from a base to other locations along a designated route, carrying one unmanned aerial vehicle (UAV). A meaningful formulation and mathematical models of optimization problems of distributing objects to bases, selecting bases, and generating UAV routes during the inspection or maintenance of a given set of objects in the presence of flight resource constraints are proposed. We have developed an algorithm based on ant colony optimization to solve the resulting combinatorial optimization problems. We present the results of a computational experiment.

Keywords: logistics mission planning, dynamic bases, route optimization, vehicle, UAV, ant colony optimization.

УДК 519.6

Розв'язування некоректних задач теорії пружності на високопродуктивних обчислювальних системах / О.М. Хім'яч, О.В. Попов // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 66–77.

Анотація. Запропоновано методику ефективного дослідження і розв'язування умовно коректних задач, які мають єдиний розв'язок на підпросторі. Обґрунтовано використання дискретної скінченно-елементної моделі на всьому просторі для отримання єдиного розв'язку на підпросторі вихідної варіаційної задачі. Для знаходження нормального псевдорозв'язку дискретної задачі (системи лінійних алгебраїчних рівнянь з розрідженою симетричною напіввизначеною матрицею) запропоновано метод триетапної регуляризації. Цей метод дає змогу отримати наближення до цих розв'язків з наперед заданою точністю. Розроблено ефективні адаптивні високопродуктивні алгоритми зазначеного методу для розв'язування на сучасних комп'ютерах з паралельною організацією обчислень систем лінійних алгебраїчних рівнянь з розрідженими симетричними напіввизначеними матрицями.

Ключові слова: високопродуктивні обчислення, змінне комп'ютерне середовище, метод скінченних елементів, метод триетапної регуляризації, перша основна задача теорії пружності.

Solving ill-posed problems of the theory of elasticity using high-performance computer systems / A.N. Khimich, A.V. Popov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 66–77.

Abstract. A method of efficient analysis and solution of conditionally correct problems, which have a unique solution in the subspace, is proposed. The use of a discrete finite-element model on the entire space to obtain a unique solution on the subspace of the initial variational problem is justified. To find a normal pseudo-solution (or a weighted normal pseudo-solution) of a discrete problem (a system of linear algebraic equations with a sparse symmetric semidefinite matrix), a three-stage regularization method is proposed. This method makes it possible to obtain approximations of these solutions with a predetermined accuracy. Efficient adaptive high-performance algorithms of the specified method have been developed for solving systems of linear algebraic equations with sparse symmetric semi-definite matrices using modern computers with parallel computing.

Keywords: high-performance computing, finite element method, three-stage regularization method, sparse symmetric semidefinite matrix, system of linear algebraic equations, first fundamental problem of elasticity theory, variable computer environment.

УДК 519.8

Об'єднання алгоритмів для розв'язання дискретних оптимізаційних задач / І.В. Сергієнко, В.П. Шило, В.О. Рошин // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 78–88.

Анотація. Розглянуто об'єднання (портфелі і команди) оптимізаційних алгоритмів, їхні характеристики та вплив на прискорення процесу оптимізації. Досліджено застосування об'єднань алгоритмів глобального рівноважного пошуку до окремих задач дискретної оптимізації, різні схеми обміну інформацією в командах алгоритмів. Значну увагу приділено експериментальному дослідженню розроблених портфелів і команд алгоритмів, проведеному як у режимі реального часу, так і з використанням багатопроцесорного обчислювального комплексу СКІТ-4 Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, та їхньому порівняльному аналізу. Отримано оцінки ефективності об'єднань алгоритмів, згідно з якими командний підхід має значні переваги над портфелями алгоритмів.

Ключові слова: об'єднання (портфелі і команди) алгоритмів, дискретна оптимізація, обмін інформацією, експериментальні дослідження, ефективність об'єднань алгоритмів.

Algorithm unions for solving discrete optimization problems / I.V. Sergienko, V.P. Shylo, V.O. Roshchyn // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 78–88.

Abstract. The algorithm unions (portfolios and teams) of optimization algorithms, their properties, and their impact on the acceleration of the optimization process are considered. The global equilibrium search applications in algorithm unions to individual discrete optimization problems and various information exchange schemes in algorithm teams are researched. Significant emphasis is placed on the experimental research and analysis of the developed algorithm portfolios and teams, conducted sequentially and using the multiprocessor computing complex SCIT-4 of the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine. The resulting efficiency of algorithm unions shows that the team approach has significant advantages over algorithm portfolios.

Keywords: algorithm unions (portfolios and teams), discrete optimization, information exchange, experimental research, algorithm unions efficiency.

УДК 004.81

Формалізація методів побудови автономних систем штучного інтелекту / М.З. Згуровський, П.О. Касьянов, Л.Б. Левенчук // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 89–99.

Анотація. Розв'язано задачу формалізації побудови автономних систем штучного інтелекту, математичні моделі яких можуть бути складними або неідентифікованими. За допомогою методу послідовних наближень для Q-функцій винагород розроблено методологію побудови наближених за заданою точністю e-оптимальних стратегій. Результати дають змогу визначити класи (зокрема, подвійного призначення), для яких можна на сучасному рівні математичної строгості обґрунтовано будувати оптимальні та e-оптимальні стратегії навіть у випадках, коли моделі ідентифікуються, але обчислювальна складність стандартних алгоритмів динамічного програмування може не бути строго поліноміальною.

Ключові слова: автономні системи штучного інтелекту, марковські процеси прийняття рішень, e-оптимальні стратегії.

Formalization of methods for the development of autonomous artificial intelligence systems / M.Z. Zgurovsky, P.O. Kasyanov, L.B. Levenchuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 89–99.

Abstract. This paper explores the problem of formalizing the development of autonomous artificial intelligence systems (AAIS), whose mathematical models may be complex or non-identifiable. Using the value-iterations method for Q-functions of rewards, a methodology for constructing of e-optimal strategies with a given accuracy has been developed. The results allow us to outline classes (including dual-use), for which it is possible to rigorously justify the construction of optimal and e-optimal strategies even in cases where the models are identifiable but the computational complexity of standard dynamic programming algorithms may not be strictly polynomial.

Keywords: autonomous artificial intelligence systems, Markov decision processes, e-optimal strategies.

УДК 004.7.056.5

Безсигнатурне визначення аномальної поведінки в інформаційних системах / В.М. Ткач, А.М. Кудін, В.К. Задірака, І.В. Швідченко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 100–112.

Анотація. Однією з найактуальніших задач кібербезпеки є своєчасне виявлення кіберзагроз в умовах адаптивного до системи характеру кібератак. Ця задача тісно пов'язана з визначенням нормального та аномального станів, а також поведінки різних процесів в інформаційних системах. Часто додатковою умовою є відсутність шаблонів, сигнатур або правил нормальної поведінки, які б дали змогу застосувати сучасні статистичні або інші відомі методи аналізу даних. У статті наведено аналіз наявних методів виявлення аномальної поведінки. Запропоновано новий метод її виявлення без використання сигнатур на основі моделі кінцевого автомата й системи управління інформацією та подіями інформаційної безпеки.

Ключові слова: виявлення аномалій, кінцевий автомат, SIEM, часовий ряд, кібербезпека.

Signatureless anomalous behavior detection in information systems / V. Tkach, A. Kudin, V. Zadiraka, I. Shvidchenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 100–112.

Abstract. The early detection of cyber threats with cyber-attacks adapted to the nature of information systems is a crucial cybersecurity problem. This problem and the task of recognizing normal and abnormal states and behavior of various processes in information systems are closely related. An additional condition is often the absence of templates, signatures, or rules of normal behavior that would allow using existing statistical or other known methods of data analysis. We analyze the existing and propose a new method for detecting abnormal behavior without the use of signatures based on the finite state machine (FSM) model and the Security Information and Events Management (SIEM) system.

Keywords: anomaly detection, finite state machine, SIEM, time series, cybersecurity.

УДК 519.85

Уніфіковане представлення класичного методу еліпсоїдів / П.І. Стецюк, А. Фішер, О.М. Хом'як // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 113–123.

Анотація. Розглянуто параметричну версію методу еліпсоїдів з масштабуванням простору за скалярним параметром $\lambda > 0$. Для певних значень параметра λ вона зводиться до відомих варіантів методу еліпсоїдів Шора, Хачіяна, Немировського та Юдіна. Обґрунтовано властивості двох алгоритмічних реалізацій параметризованого методу еліпсоїдів. Перший алгоритм базується на оновленні несиметричної матриці B , а другий оновлює симетричну матрицю $H = BB^T$. Описано застосування алгоритмів для розв'язання задач опуклого програмування та для знаходження сідлової точки опукло-увігнутої функції.

Ключові слова: метод еліпсоїдів, розтягнення простору, опукле програмування, сідлова точка.

Unified presentation of the classical ellipsoid method / P.I. Stetsyuk, A. Fischer, O.M. Khomiak // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 113–123.

Abstract. A parametric version of the ellipsoid method with space scaling by a scalar parameter $\lambda > 0$ is considered. For certain values of the parameter λ , it is reduced to the available versions of the ellipsoid method, namely the Shor, Khachiyan, Nemirovsky, and Yudin ones. The properties of two algorithmic implementations of the parameterized ellipsoid method are proved. The first algorithm is based on updating the asymmetric matrix B , and the second one updates the symmetric matrix $H = BB^T$. The applications of the algorithms for solving convex programming problems and for finding the saddle point of a convex-concave function are described.

Keywords: ellipsoid method, space dilation, convex programming, saddle point.

УДК 519.872

Прискорене моделювання стаціонарної ймовірності блокування викликів у двохканальній системі з пороговими стратегіями обслуговування / М.Ю. Кузнєцов, А.А. Шумська // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 124–134.

Анотація. Досліджується модель системи, що складається з двох каналів обслуговування, до кожного з яких надходять декілька різнотипних Пуассонових потоків викликів. Виклик кожного потоку потребує певного ресурсу для свого обслуговування. Визначено порогові стратегії обслуговування, які дають змогу перенаправити виклик з одного каналу до іншого. Блокування викликів певного потоку відбувається за умови відсутності достатніх ресурсів у кожному каналі. Надходження виклику за такого стану каналів обслуговування призводить до його втрати. Для оцінювання стаціонарної ймовірності блокування викликів певного потоку запропоновано метод прискореного моделювання, ефективність якого ілюструється числовими прикладами. Досліджується можливість інваріантності цієї ймовірності стосовно виду функції розподілу часу обслуговування за фіксованої середньої тривалості обслуговування.

Ключові слова: система обслуговування, стан блокування, ресурс, стаціонарна ймовірність, метод Монте-Карло, метод розшарованої вибірки, прискорене моделювання, дисперсія оцінки.

Fast simulation of steady-state call blocking probability in a two-channel system with threshold service strategies / M.Yu. Kuznetsov, A.A. Shumska // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 124–134.

Abstract. A model of a queueing system consisting of two service channels is considered. Each channel receives calls from several Poisson flows of different types. A call of each flow requires a certain resource for its service. Threshold service strategies are defined that make it possible to redirect a call from one channel to another. Blocking of calls of a certain flow occurs if each channel does not have sufficient service resources. All calls coming in a system-blocking state are lost. To evaluate the steady-state probability of blocking calls of a certain flow, a fast simulation method is proposed. The accuracy of the estimates is illustrated by numerical examples. The possibility of the insensitivity of the steady-state blocking probabilities with respect to the form of service time distributions by fixed means is investigated.

Keywords: queueing system, blocking state, resource, steady-state probability, Monte-Carlo method, stratified sampling, fast simulation, variance of estimate.

УДК 517.9, 517.6

Оптимальне зосереджене керування перенесенням вологи в пористих середовищах / Д.А. Ключин, С.І. Ляшко, Н.І. Ляшко, А.А. Тимошенко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 135–143.

Анотація. У роботі запропоновано алгоритм знаходження оптимальної потужності джерел для двовимірної квазілінійної рівняння Річардса у прямокутній області. Використано перетворення Кірхгофа з масштабуванням координат та потужностей занурених джерел, що дає змогу сформулювати безрозмірну задачу. Обґрунтовано існування розв'язку для задачі оптимізації вологоперенесення в ненасиченому пористому середовищі. Завданням цього дослідження є пошук такої потужності джерел, занурених у пористе середовище, що у кінцевий момент часу розподіл вологості буде близьким до заданих показників або цільової функції. Чисельний розв'язок призводить до наближення оптимальних значень джерел.

Ключові слова: рівняння Річардса, керування, оптимізація, пористе середовище, перенесення вологи.

Optimal lumped control of water transport in porous media / D.A. Klyushin, S.I. Lyashko, N.I. Lyashko, A.A. Tymoshenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 135–143.

Abstract. An algorithm for finding the optimal source power for the two-dimensional quasi-linear Richards equation for a rectangular region is proposed. The Kirchhoff transformation with scaling of coordinates and powers of buried sources is used, which allows formulating a dimensionless problem. The existence of the solution for the problem of optimizing moisture transfer in an unsaturated porous medium is substantiated. The task of this study is to find the power of sources buried in a porous medium — such that at the final moment of time the distribution of humidity will be close to the given indicators or the objective function. The numerical solution leads to an approximation of the optimal values of the sources.

Keywords: Richards equation, control, optimization, porous medium, moisture transfer.

УДК 517.977

Прямий метод розв'язання ігрових задач зближення керованих об'єктів / А.О. Чикрій, Й.С. Раппопорт // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 144–153.

Анотація. Досліджено проблему зближення керованих об'єктів у ігрових задачах динаміки. Отримано достатні умови завершення гри за скінченний гарантований час у випадку, коли не виконується класична умова Понтрягіна. Замість селектора Понтрягіна, якого не існує, розглядається деяка функція зсуву, за допомогою якої вводиться спеціальне багатозначне відображення, що генерує нижню розв'язувальну функцію. Остання відіграє ключову роль у формулюванні результату і дає змогу реалізувати побудову керування на основі теорем типу Філіппова–Кастена. Запропоновано модифіковану схему першого прямого методу Понтрягіна, яка гарантує успішне завершення конфліктно-керованого процесу в класі контркерувань. Для порівняння гарантованих часів введено верхню розв'язувальну функцію та подано відповідну схему методу. Теоретичні результати проілюстровано на модельному прикладі.

Ключові слова: квазілінійна диференціальна гра, багатозначне відображення, вимірний селектор, стробоскопічна стратегія, розв'язувальна функція.

Direct method for solving game problems of approach of controlled objects / A.A. Chikrii, I.S. Rappoport // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 144–153.

Abstract. The issue of approaching controlled objects in game problems of dynamics is analyzed. The sufficient conditions for the game termination in a finite guaranteed time are obtained in the case where the classical Pontryagin condition is not satisfied. Instead of the Pontryagin selection, which does not exist, some shift function is considered. With its help, special set-valued mapping is introduced, which generates a lower resolving function. The latter plays a decisive role in the formulation of the result and allows realizing a control construction based on theorems of the Filippov–Castaing kind. A modified scheme of Pontryagin's first direct method is proposed, which ensures the successful completion of the conflict-controlled process in the class of counter-controls. To compare the guaranteed times, the upper resolving function is introduced and the corresponding scheme of the method is presented. The theoretical results are illustrated with a model example.

Keywords: quasilinear differential game, multi-valued mapping, measurable selector, stroboscopic strategy, resolving function.

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

SOFTWARE–HARDWARE SYSTEMS

УДК 682.32+537.8

Алгоритми аналітичного розв'язання оберненої задачі магнітостатики для джерела сигналу дипольної моделі / М.А. Примін, І.В. Недайвода // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 154–165.

Анотація. Запропоновано чотири варіанти алгоритмів аналітичного розв'язання оберненої задачі магнітостатики для джерела поля дипольної моделі. Ці алгоритми ґрунтуються на використанні властивостей тензорів перших та других просторових похідних вектора магнітної індукції. На основі методу розв'язання задачі запропоновано варіанти просторових конфігурацій перетворювачів потоку СКВІД-магнітометричних систем та їхнє можливе розташування у просторі. Для всіх варіантів вимірювальних систем наведено результати чисельного моделювання розв'язання задачі локалізації у просторі джерела магнітного сигналу дипольної моделі.

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

Algorithms for the analytical solution of the magnetostatics inverse problem for the signal source of the dipole model / M. Primin, I. Nedayvoda // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 154–165.

Abstract. Four variants of algorithms of the analytical solution of the magnetostatics inverse problem for the dipolar model of field source are proposed. The solution algorithms are based on the properties of the tensors of the first and second spatial derivatives of the magnetic induction vector. Based on the method of solving the problem, variants of spatial configurations of flux transformers of SQUID magnetometric systems and their possible spatial location are proposed. For all variants of measuring systems, the results of numerical simulation of the solution to the problem of spatial localization of the dipolar source of the magnetic signal are presented.

Keywords: magnetostatic, inverse problem, magnetostatic, SQUID sensor, magnetometric system, information technology.

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

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

УДК 681.3.06

Технологія PARCS: концепція, реалізації, впровадження / А.В. Анісімов, О.В. Дерев'янченко, П.П. Кулябко, О.М. Федорус // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 166–179.

Анотація. Наведено огляд розроблень за технологією PARCS (Parallel Asynchronous Recursive Control Space). Розглянуто концепцію керувального простору — модельного апарату, на основі якого описується логічна структура досліджуваної задачі (системи) і відображаються динамічні зміни в ній. Запропоновано PARCS-модель, застосування якої надає можливість гнучкої та уніфікованої адаптації до технологій програмування. Розглянуто PARCS-розширення мов програмування: PASCAL, C, FORTRAN, MODULA2, Java, CUDA, OpenCL, PYTHON, .NET, GO/PYTHON.

Ключові слова: керувальний простір, VPS, PARCS, розподілені системи, паралельне програмування, хмарні обчислення.

PARCS technology: concept and implementations / A.V. Anisimov, O.V. Derevianchenko, P.P. Kuliabko, O.M. Fedorus // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 166–179.

Abstract. An overview of PARCS (Parallel Asynchronous Recursive Control Space) technology developments is provided. The concept of the control space — a model apparatus, based on which the logical structure of the investigated problem (system) is described and dynamic changes in it are reflected, is considered. The PARCS model is proposed, whose application leads to flexible and unified adaptation to emerging programming technologies. PARCS-extension of programming languages is considered: PASCAL, C, FORTRAN, MODULA2, JAVA, CUDA, OpenCL, PYTHON, .NET, GO/PYTHON.

Keywords: CS, VPS, PARCS, distributed systems, parallel programming, programming languages, cloud computing.

УДК 330.115

Нова надійна структура метамоделі для прогнозування розподілу ймовірності врожайності з використанням даних із багатьох джерел / Т. Єрмольєва, П. Гавлик, А. Лесса-Дерсі-Аугустинчик, Е. Бор, С. Франк, Т. Кахїл, Г. Ванг, Ю. Балкович, Р. Скальські, К. Фолберт, Н. Комендантова, П.С. Кнопов // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 180–195.

Анотація. Зазначено, що є нагальна потреба у кращому розумінні та прогнозуванні впливу погодних явищ (зокрема, екстремального характеру, як-от, сильних опадів, посух та теплових хвиль) на врожайність сільськогосподарських культур. Це дасть змогу покращити майбутні прогнози виробництва сільськогосподарських культур в умовах мінливості погоди, екстремальних явищ та зміни клімату. Розроблено квантильні регресійні моделі для оцінювання розподілу ймовірності врожайності сільськогосподарських культур залежно від місячних значень температури та опадів та якісних характеристик ґрунту, які можуть бути доступні для різних прогнозів зміни клімату. Врожайність сільськогосподарських культур, історичну та синтезовану моделлю EPIC, аналізують та розрізняють відповідно до їхніх рівнів, тобто середніх та критичних квантилів. Далі квантилі врожайності сільськогосподарських культур апроксимують, налаштовуючи окремі моделі регресії на основі квантилів. Розроблена статистична метамоделі врожайності сільськогосподарських культур дає змогу аналізувати врожайність сільськогосподарських культур залежно від таких екзогенних параметрів, як температура та опади, а також ендогенних параметрів (наприклад, характеристик ґрунту), які можуть змінюватися у результаті практик землекористування. Статистичні та машинні моделі навчання можна використовувати як генератори сценаріїв зменшеної розмірності та структури (метамоделі) стохастичних подій (сценаріїв), як підмодель більш складних моделей, наприклад, моделі інтегрованої оцінки (IAM) GLOBIOM.

Ключові слова: екстремальні події, зміна клімату, продовольча безпека, прогнози врожайності, розподіл ймовірностей, квантильні регресії, надійна оцінка та машинне навчання, двоетапна задача стохастичної оптимізації (STO).

A novel robust meta-model framework for predicting crop yield probability distributions using multisource data / T. Ermolieva, P. Havlik, A. Lessa-Derci-Augustynczyk, E. Boere, S. Frank, T. Kahil, G. Wang, J. Balkovic, R. Skalsky, C. Folberth, N. Komendantova, P.S. Knopov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 180–195.

Abstract. There is an urgent need to better understand and predict crop yield responses to weather disturbances, in particular, of extreme nature, such as heavy precipitation events, droughts, and heat waves, to improve future crop production projections under weather variability, extreme events, and climate change. In this paper, we develop quantile regression models for estimating crop yield probability distributions depending on monthly temperature and precipitation values and soil quality characteristics, which can be made available for different climate change projections. Crop yields, historical and those simulated by the EPIC model, are analyzed and distinguished according to their levels, i.e., mean and critical quantiles. Then, the crop yield quantiles are approximated by fitting separate quantile-based regression models. The developed statistical crop yield meta-model enables the analysis of crop yields and respective probabilities of their occurrence as a function of the exogenous parameters such as temperature and precipitation and endogenous, in general, decision-dependent parameters (such as soil characteristics), which can be altered by land use practices. Statistical and machine learning models can be used as reduced form scenario generators (meta-models) of stochastic events (scenarios), as a submodel of more complex models, e.g., Integrated Assessment model (IAM) GLOBIOM.

Keywords: extreme events, climate change, food security, crop yield projections, probability distributions, quantile regressions, robust estimation and machine learning, two-stage STO.

УДК 004.8, 519.7

Когнітивні мережі, їхні властивості та застосування в системах виявлення та запобігання атакам / О.О. Летичевський // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 5. С. 196–204.

Анотація. Розглянуто методи виявлення кібератак у реальному часі, що ґрунтуються на алгебраїчному підході. Застосовано метод алгебраїчного зіставлення, в основу якого покладено методи розв'язання поведінкових рівнянь та алгебраїчного моделювання. Водночас для підвищення ефективності виявлення та запобігання запропоновано використовувати композицію нейронної мережі для класифікації атак та методу алгебраїчного зіставлення. Цю конструкцію називають когнітивною мережею, поняття якої вперше було сформульовано у 2005 р. Розглянуто такі властивості когнітивної мережі, як подвійна класифікація та самонавчання. Представлено технологічну лінію для виявлення кібератак з використанням когнітивних мереж.

Ключові слова: штучний інтелект, нейронна мережа, глибоке машинне навчання, алгебра поведінок, нейросимвольний підхід, алгебраїчне моделювання, інсерційне моделювання.

Cognitive networks, their properties, and applications in attack detection and prevention systems / O. Letychevskiy // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 5. P. 196–204.

Abstract. Methods of real-time cyberattack detection, based on an algebraic approach, are considered. The method of algebraic matching is used, which is based on the methods of solving behavioral equations and algebraic modeling. At the same time, to increase the efficiency of cyberattack detection and prevention, it is suggested to use the composition of a neural network for the classification of attacks and the method of algebraic matching. This construction is called a cognitive system, whose concept was first formulated in 2005. The properties of the cognitive network, such as double classification and self-learning, are considered, and the technological line for detecting cyberattacks using cognitive networks is presented.

Keywords: artificial intelligence, neuron network, deep machine learning, behavior algebra, neuro-symbolic approach, algebraic modeling, insertion modeling.