

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 621.391.15:519.7

Особливі властивості закону додавання точок нециклічних кривих Едвардса / А.В. Бессалов, С.В. Абрамов // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 3–14.

Анотація. Проведено аналіз особливих властивостей двох класів квадратичних і скручених кривих Едвардса, що враховують їхню нециклічну структуру, а також неповноту закону додавання точок. Обидва класи кривих містять особливі точки 2-го і 4-го порядків за однією нескінченною координатою, що породжують точки з невизначеністю $0/0$ в одній з координат суми, які названо нечіткими точками. Сформульовано і доведено п'ять теорем, що дають змогу розв'язати ці невизначеності і задати умови, за якими закон додавання точок у таких класах кривих є повним.

Ключові слова: крива в узагальненій формі Едвардса, повна крива Едвардса, скручена крива Едвардса, квадратична крива Едвардса, порядок кривої, порядок точки, особлива точка, нечітка точка, колесо точок, квадратичний лишок, квадратичний нелишок.

Special properties of the points addition law of non-cyclic Edwards curves / A.V. Bessalov, S.V. Abramov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 3–14.

Abstract. The authors analyze the special properties of two classes of quadratic and twisted Edwards curves over a prime field, related to their non-cyclic structure and the incompleteness of the points addition law. Both classes of curves contain special points of 2nd and 4th orders with respect to one infinite coordinate, which generate points with uncertainty $0/0$ in one of the coordinates of the sum, called ambiguous points. Five theorems are formulated and proved that allow resolving these uncertainties and proving the conditions whereby the points addition law in these classes of curves is complete.

Keywords: generalized Edwards curve, complete Edwards curve, twisted Edwards curve, quadratic Edwards curve, curve order, point order, special point, ambiguous point, wheel of points, quadratic residue, quadratic non-residue.

УДК 004.8

Мінімаксі стратегії машинного навчання і розпізнавання образів на основі коротких навчальних вибірок / М.І. Шлезінгер, Є.В. Водолазський // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 15–29.

Анотація. Виконано аналіз задач розпізнавання образів і машинного навчання у випадку, коли якість стратегій для їхнього розв'язання визначається ризиком під час їхнього використання. Спираючись на поняття багатокритерійної оптимізації, визначено клас стратегій, непридатних для розв'язання задач, і виведено загальний вигляд усіх інших стратегій. Показано, що застосування окремих широковживаних підходів призводить до непридатних у визначеному сенсі стратегій. Зокрема, це стратегії, що ґрунтуються на найвірогіднішому оцінюванні, особливо у разі використання навчальних вибірок фіксованого і малого обсягу. Сформульовано задачі розпізнавання і навчання у єдиній уніфікованій формі, яка охоплює увесь спектр обсягів навчальних вибірок, що включає вибірки нульового обсягу. Доведено, що розв'язання задач у наведеному формулюванні виключає отримання непридатної стратегії. Сформульовано поняття стратегій розпізнавання і навчання, що мінімізують максимальне відхилення досягнутої якості від бажаної, яка, можливо, є недосяжною. Наведено приклади побудови таких стратегій та їхнього порівняння з широковживаними методами, що ґрунтуються на найвірогіднішому оцінюванні.

Ключові слова: розпізнавання образів, машинне навчання, короткі навчальні вибірки.

Minimax deviation strategies for machine learning and pattern recognition with short learning samples / M.I. Schlesinger, E.V. Vodolazskiy // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 15–29.

Abstract. The article analyses risk-oriented formulation of pattern recognition and machine learning problems. Based on arguments from multicriteria optimization, a class of improper strategies is defined that are dominated by some other strategy. A general form of strategies that are not improper is derived. It is shown that some widely used approaches are improper in the defined sense, including the maximum likelihood estimation approach. This drawback is especially apparent when dealing with short learning samples of fixed length. A unified formulation of pattern recognition and machine learning problems is presented that embraces the whole range of sizes of the learning sample, including zero size. It is proven that solutions to problems in the presented formulation are not improper. The concept of minimax deviation recognition and learning is formulated, several examples of its implementation are presented and compared with the widely used methods based on the maximal likelihood estimation.

Keywords: pattern recognition, machine learning, short learning sample.

УДК 621.317+681.849

Метод ідентифікації апаратури цифрового відеозапису та цифрових фотоапаратів / В.І. Соловійов, О.В. Рибальський, В.В. Журавель, О.М. Шабля, Є.В. Тимко // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 30–36.

Анотація. Розглянуто метод побудови експертного інструментарію для криміналістичної ідентифікації апаратури цифрового відеозапису та цифрових фотоапаратів. Обґрунтовано потребу у створенні цього інструментарію. Запропоновано здійснювати ідентифікацію зазначеної апаратури за статистичними характеристиками власних шумів, що виділяються з цифрових зображень, записаних з її використанням. Описано особливості та основні джерела виникнення цих шумів у цифрових зображеннях. Для їхнього виділення та оброблення використано вейвлет-аналіз, побудований на основі вейвлета Хаара. Остаточний результат експертизи отримано із застосуванням нейронних мереж глибокого навчання. Одержані результати застосування створеної системи ідентифікації апаратури показали її високу ефективність.

Ключові слова: апаратура цифрового відеозапису, апаратура цифрової фотографії, вейвлет-аналіз, вейвлет Хаара, криміналістична ідентифікація, нейронні мережі глибокого навчання, власні шуми, цифрові зображення, експертиза.

Method for identification of digital video recording equipment and digital cameras / V.I. Solovyov, O.V. Rybalskiy, V.V. Zhuravel, O.M. Shablya, Ye.V. Tymko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 30–36.

Abstract. A method for constructing expert tools for forensic identification of digital video recording equipment and digital cameras is considered. The necessity of creating such tools is substantiated. It is proposed to carry out the identification of this equipment by the statistical characteristics of its own noise, extracted from digital images recorded by such equipment. The features and main sources of such noise in digital images are shown. For its selection and processing, wavelet analysis based on the Haar wavelet is used. The final result of the examination is obtained by applying deep learning neural networks. The obtained results of the created identification system for such equipment showed its high efficiency.

Keywords: digital video recording equipment, digital photography equipment, wavelet analysis, Haar wavelet, forensic identification, deep learning neural networks, intrinsic noise, digital images, forensics.

УДК 621.396.67, 629.7.077, 629.7.075

Технологія автономного зльоту та посадки для сучасного навігаційно-пілотажного комплексу безпілотної літальної апаратури / О.Є. Волков, М.М. Комар, Д.А. Рачковський, Д.О. Волошенюк // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 37–44.

Анотація. Розроблено технологію автономного зльоту та посадки безпілотної літальної апаратури. Метою роботи є підвищення ефективності виконання завдань, які стоять перед безпілотною авіацією. Показано, що застосування запропонованої технології дасть змогу значно підвищити автономність виконання зльоту та посадки з широкого діапазону початкових умов. Продemonстровано, що розроблена технологія не передбачає складних маневрів для посадки безпілотної літальної апаратури. Перевагою технології є здатність працювати з поширеними типами сучасних автопілотів.

Ключові слова: автономність, зліт, посадка, безпілотний літальний апарат, ATOL, керування.

Technology of autonomous take-off and landing for the modern navigation and pilotage complex of the unmanned aerial vehicle / O. Volkov, M. Komar, D. Rachkovskij, D. Volosheniuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 37–44.

Abstract. A technology of autonomous take-off and landing of an unmanned aerial vehicle is developed. The aim of the study is to increase the efficiency of the tasks that are faced by unmanned aerial vehicles. It is shown that the application of the proposed technology will make it possible to significantly increase the autonomy of take-off and landing from a wide range of initial conditions. It is demonstrated that the developed technology does not involve complex maneuvers for landing an unmanned aerial vehicle. An advantage of the technology is the ability to operate with common types of modern autopilots.

Keywords: autonomy, take-off, landing, unmanned aerial vehicle, ATOL, control.

УДК 519.816(045)

Декомпозиційний метод обчислення вагових коефіцієнтів бінарної нейронної мережі / О.Є. Литвиненко, Д.П. Кучеров, М.М. Глибовець // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 45–53.

Анотація. Викладено метод обчислення вагових коефіцієнтів бінарної нейронної мережі на основі її декомпозиції на елементарні модулі. Метод дає змогу обчислювати вагові коефіцієнти всіх зв'язків мережі на етапі її проектування, в результаті чого немає потреби у реалізації трудомістких ітераційних алгоритмів навчання мережі в процесі її експлуатації. Наведено алгоритм та приклад обчислення вагових коефіцієнтів.

Ключові слова: бінарна нейронна мережа, вагові коефіцієнти, метод обчислення, декомпозиція, алгоритм.

Decomposition method of calculating the weight coefficients of a binary neural network / A. Litvinenko, D. Kuchеров, M. Glybovets // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 45–53.

Abstract. A method for determining the weights of a binary neural network based on its decomposition into elementary modules is presented. The approach allows tuning the weight coefficients of all the network connections at the stage of its design, which has eliminated the need to implement time-consuming iterative algorithms for learning the network during its operation. An algorithm and an example of calculating the weights are given.

Keywords: binary neural network, weights, method of determination, decomposition, algorithm.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.85

Модифікації двоетапної транспортної задачі та їхні застосування / П.І. Стецюк, В.О. Стовба, С.С. Трегубенко, О.М. Хом'як // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 54–70.

Анотація. Досліджено математичні моделі лінійного та Булевого лінійного програмування для збалансованої двоетапної транспортної задачі та двох її модифікацій. Перша модифікація враховує верхні межі пропускних спроможностей проміжних пунктів, а друга модифікація дає змогу вибирати фіксовану кількість проміжних пунктів, меншу, ніж їхня загальна кількість. Для всіх випадків обґрунтовано необхідні та достатні умови сумісності систем лінійних обмежень відповідних задач математичного програмування. Розглянуто приклади застосування модифікацій для оптимального розбиття множини, задачі про p -медіану графу та оптимального розміщення заданої кількості складів. Наведено результати обчислювальних експериментів з використанням солверів Gurobi та CPLEX та мови моделювання AMPL.

Ключові слова: двоетапна транспортна задача, задача лінійного програмування, задача Булевого лінійного програмування, AMPL, Gurobi, CPLEX, оптимальне розбиття множини, p -медіана графу, метод k -середніх, матеріально-технічне забезпечення.

Two-stage transportation problem modifications and their applications / P.I. Stetsyuk, V.O. Stovba, S.S. Tregubenko, O.M. Khomiak // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 54–70.

Abstract. Mathematical models of linear and Boolean linear programming for balanced two-stage transportation problem and their two modifications are analyzed. The first modification takes into account upper limits on the capacity of intermediate points, the second modification takes into account the possibility of choosing a fixed number of intermediate points, less than their total number. For all the three cases, the necessary and sufficient conditions for the consistency of the linear constraints systems of the corresponding mathematical programming problems are justified. Examples of the application of the modifications for the optimal set partitioning, the p -median graph problem, and the rational arrangement of the given number of storages are considered. The results of computational experiments using Gurobi and CPLEX solvers and the AMPL modeling language are presented.

Keywords: two-stage transportation problem, linear programming problem, Boolean linear programming problem, AMPL, Gurobi, CPLEX, optimal set partition, p -median, k -means, material and technical support.

УДК 519.217.2

Розв'язність NP-повних задач / О.А. Варіс, А.М. Гупал // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 71–73.

Анотація. Аналіз нерозв'язності Діофантових рівнянь показав, що задачі розпізнавання властивостей класу NP є розв'язуваними, тобто недетермінований алгоритм або повний перебір на вході задачі дає позитивну чи негативну відповідь. Для поліноміальних Діофантових рівнянь такого недетермінованого алгоритму не існує. З нерозв'язності діофантових рівнянь випливає простий варіант теореми Геделя про неповноту арифметики.

Ключові слова: NP-повні задачі, діофантові множини, недетермінований алгоритм.

Solvability of NP-complete problems / A.A. Vagis, A.M. Gupal // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 71–73.

Abstract. An analysis of the unsolvability of Diophantine equations showed that problems of recognition of properties of the NP class are solvable, i.e., a non-deterministic algorithm or exhaustive search at the input of the problem gives a positive or negative answer. For polynomial Diophantine equations, such a non-deterministic algorithm does not exist. A simple version of Godel's theorem on the incompleteness of arithmetic follows from the unsolvability of Diophantine equations.

Keywords: NP-complete problems, Diophantine equations, non-deterministic algorithm.

УДК 311

Новий метод оптимізації надійності в класичній постановці задачі / В.А. Пепеляєв, О.М. Голодніков, Н.О. Голоднікова // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 74–79.

Анотація. Розглянуто задачу мінімізації надійності. Проведено аналіз одного із існуючих підходів до розв'язання цієї задачі, а саме: bPOE. Визначено переваги і недоліки цього підходу. Зазначено, що результати мінімізації ймовірності відмов у класичній постановці і мінімізації bPOE можуть відрізнятися. Запропоновано новий метод оптимізації надійності у класичній постановці задачі. Проведено порівняльний аналіз результатів мінімізації надійності з використанням bPOE із результатами, отриманими запропонованим методом.

Ключові слова: bPOE, VaR, мінімізація ймовірності відмов, надійність, хвіст функції розподілу, функція втрат, поріг.

A new method of reliability optimization in the classical problem statement / V.A. Pepelyayev, A.N. Golodnikov, N.A. Golodnikova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 74–79.

Abstract. The problem of reliability minimization is considered. An analysis of one of the available approaches to solving this problem, namely bPOE, is carried out. The advantages and disadvantages of this approach are determined. It is noted that the results of minimizing the probability of failures in the classical setting and minimizing bPOE may differ. A new method of reliability optimization in the classical formulation of the problem is proposed. A comparative analysis of the results of reliability minimization using bPOE and the results obtained by the proposed method is carried out.

Keywords: bPOE, VaR, failure probability minimization, reliability, tail distribution function, loss function, threshold.

УДК 519.8

Вплив технологій та факторів конфлікту на рівноважні стани / В.М. Горбачук, В.А. Заславський, П.С. Кнопов // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 80–94.

Анотація. Розглянуто можливості застосування моделей та методів теорії прийняття рішень та теорії ігор для розв'язання проблем, які виникають у процесі дослідження різноманітних конфліктів та їхніх наслідків. Проаналізовано джерела конфліктів між сторонами в економічній та соціальній сферах, воєнні протистояння та проблеми розподілу обмежених ресурсів. Зазначено, що під час формування політичних рішень і дій здійснюється агрегація рішень та пропозицій сторін для формування рівноважних варіантів прийняття рішень у конфліктах. Значну увагу приділено аналізу стратегій для забезпечення миру та стримування переростання конфлікту у війну.

Ключові слова: переваги, сприйняття, область потенційних раціональних урегулювань, виробнича функція Кобба–Дугласа, зусилля на продуктивне підприємництво і на воєнні дії, криві реакції за Курно.

Influence of technologies and conflict factors on equilibrium states / V. Gorbachuk, V. Zaslavskiy, P. Knopov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 80–94.

Abstract. The possibilities of applying models and methods of decision-making theory and game theory to solve problems that arise in the analysis of various conflicts and their consequences are considered. The sources of conflicts between the parties in the economic and social spheres, military confrontations, and problems of distribution of limited resources are analyzed. When generating political decisions and actions, decisions and proposals of the parties are aggregated in order to form balanced versions of decisions in the conflicts. Considerable attention is paid to the analysis of strategies for ensuring peace and deterring wars in conflicts.

Keywords: advantages, perceptions, potential settlement region, Cobb–Douglas production function, efforts at productive enterprises and military actions, Cournot reaction curves.

УДК 517.77

Модифікації умови л.с. понтрягіна у проблемі зближення конфліктно керованих об'єктів / А.О. Чикрій, Й.С. Раппопорт // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 95–105.

Анотація. Розглянуто проблему зближення керованих об'єктів у ігрових задачах динаміки. Сформульовано модифіковані достатні умови закінчення гри за кінцевий гарантований час у разі, коли умова Понтрягіна не виконується. Замість селектора Понтрягіна, якого не існує, розглядаються деякі функції зсуву, а з їхньою допомогою вводяться спеціальні багатозначні відображення. Вони породжують верхні і нижні розв'язувальні функції спеціального типу і на їхній основі запропоновано модифіковані схеми першого методу Понтрягіна та методу розв'язувальних функцій, що забезпечує завершення конфліктно-керованого процесу в класі квазістратегій і контркерувань. Новітні теоретичні результати проілюстровано на контрольному прикладі Понтрягіна з однотипними об'єктами.

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

Modifications of the Pontryagin conditions in the problem of approach of conflict-controlled objects / A.A. Chikrii, I.S. Rappoport // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 95–105.

Abstract. The problem of approach of controlled objects in dynamic game problems is considered. Modified sufficient conditions for the game termination in a finite guaranteed time are formulated in the case where the Pontryagin condition is not satisfied. Instead of the Pontryagin selector, which does not exist, some shift functions are considered and used to introduce special multivalued mappings. They generate the upper and lower resolving functions of special type, and based on them, modified schemes of the first Pontryagin's method and of the method of resolving functions are proposed, which ensures the completion of the conflict-controlled process in the class of quasi-strategies and counter-controls. The new theoretical results are illustrated by the control Pontryagin's example of with objects of the same type.

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

УДК 519-7/339.9

Застосування алгоритмів декомпозиції для прискорення оброблення великих масивів даних у геоінформаційній системі / І. Котуляк, В.В. Хиленко, Р.М. Басараб, М. Рїс // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 106–113.

Анотація. Запропоновано технологію та декомпозиційний алгоритм прискорення оброблення геоінформаційних даних на основі поділу вибірок динамічних та квазістатичних даних з використанням аналізу власних чисел матриць, отриманих за допомогою ітераційного обчислення за методом Хиленка. Алгоритм направлено на опрацювання масивів геоінформаційних даних великої розмірності. Наведено порівняльні результати модельних обчислень для використання відомих обчислювальних методів.

Ключові слова: геоінформаційні дані, оброблення супутникових зображень, декомпозиція, ітераційне обчислення власних чисел матриць, метод Хиленка.

Application of decomposition algorithms to speed up processing of large data sets in GIS / I. Kotuliak, V.V. Khilenko, R.M. Basarab, M. Ries // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 106–113.

Abstract. The authors propose a technology and a decomposition algorithm for speeding up the processing of geoinformation data based on the division of dynamic and quasi-static data samples using the analysis of eigenvalues of matrices obtained by means of iterative calculation by the Khilenko method. The algorithm is aimed at processing large geoinformation data arrays. Comparative results of the model calculations using known computational methods are presented.

Keywords: geoinformation data, satellite image processing, big data, decomposition, iterative calculation of matrix eigenvalues, Khilenko's method.

УДК 519.21

Задача Коші для стохастичного параболічного рівняння з відхиленням аргументу / Г.М. Перун, В.К. Ясинський // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 114–119.

Анотація. Розглянуто задачу Коші для стохастичного нелінійного рівняння параболічного типу із запізненням. За допомогою функції Гріна отримано формулу для знаходження розв'язку задачі методом кроків. Існування розв'язку встановлюється з імовірністю 1 і оцінюється за спеціально введеною нормою.

Ключові слова: задача Коші, стохастичне параболічне рівняння, метод кроків, перетворення Фур'є, функція Гріна.

The Cauchy problem for a stochastic parabolic equation with a deviation of the argument / G. Perun, V. Yasynskyi // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 114–119.

Abstract. The Cauchy problem for a stochastic nonlinear equation of parabolic type with delay is considered. Using Green's function, a formula is derived for finding the solution of the problem by the method of steps. The existence of a solution is established with probability 1 and the solution is estimated according to a specially introduced norm.

Keywords: Cauchy problem, stochastic parabolic equation, method of steps, Fourier transform, Green's function.

УДК 519.8

Перетворення Фур'є підсумовувальної функції Абеля–Пуассона / Т.В. Жигалло, Ю.І. Харкевич // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 120–129.

Анотація. Розглянуто актуальні проблеми теорії оптимальних рішень, а саме дослідження асимптотичних властивостей перетворення Фур'є підсумовувальної функції Абеля–Пуассона. Описано перетворення Фур'є, що побудовано на ґрунті розв'язку класичного рівняння Лапласа в полярних координатах (у середині одиничного круга) з відповідними крайовими умовами. Це перетворення Фур'є підсумовувальної функції Абеля–Пуассона означене на класах функцій з дробовими похідними. Отримано асимптотичні оцінки для цього перетворення Фур'є, що є важливим елементом розв'язання багатьох прикладних оптимізаційних задач.

Ключові слова: теорія оптимальних рішень, оптимізаційні задачі, перетворення Фур'є, асимптотичні властивості.

Fourier transform of the summing Abel–Poisson function / T.V. Zhyhallo, Yu.I. Kharkevych // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 120–129.

Abstract: The work is devoted to the current issues of the theory of optimal solutions, namely the analysis of the asymptotic properties of the Fourier transformation of the summing Abel–Poisson function. The Fourier transformation considered in the paper is based on the solution of the classical Laplace's equation in polar coordinates (in the middle of the single circle) with the corresponding boundary conditions. Moreover, this Fourier transformation of the summing Abel–Poisson function is denoted by classes of functions with fractional derivatives. Therefore, the asymptotic estimates obtained in the paper for this Fourier transformation are an important element in solving many applied optimization problems.

Keywords: the theory of optimal solutions, optimization problems, Fourier transformation, asymptotic properties.

УДК 519.168; 519.854.3

Задача маршрутизації збірних вантажів у багатопродуктовій транспортній мережі із заданими тарифами і обмеженнями на час доставки / В.О. Васянін, О.М. Трофимчук, Л.П. Ушакова // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 130–142.

Анотація. Розглянуто мережеве формулювання задачі оптимізації маршрутизації потоків збірних вантажів у транспортній мережі із заданими тарифами на транспортування й оброблення потоків та обмеженнями на пропускні спроможності дуг, вузлів і час доставки окремих вантажів одержувачу. Для розрахунку часу доставки запропоновано спосіб формування довідкової матриці об'єднання потоків окремих вантажів і ефективні алгоритми, що дають змогу визначати вузли об'єднання та об'єднані потоки для всіх пар, що кореспондуються в багатопродуктовій мережі. Доведено, що задачу з тарифами в мережевій постановці можна за поліноміальний час перетворити у задачу цілочислового лінійного програмування з блочною структурою та зв'язувальними обмеженнями. Наведено особливості розв'язання перетвореної задачі з використанням відомих методів цілочислового програмування та пакетів прикладних програм.

Ключові слова: математичні моделі розподілу та маршрутизації потоків у багатопродуктових мережах, задачі оптимізації з дискретними потоками та параметрами.

The problem of groupage cargo routing in a multicommodity transport network with given tariffs and delivery time constraints / V.A. Vasyanin, O.M. Trofymchuk, L.P. Ushakova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 130–142.

Abstract. The paper considers a network formulation of the problem of optimizing the routing of groupage cargo flows in a transport network with given tariffs for the transportation and processing of flows and restrictions on the throughput of arcs, nodes and the time of delivery of individual goods to the recipient. To calculate the delivery time, a method is proposed for generating a reference matrix for combining the flows of individual cargoes and efficient algorithms that allow one to determine the nodes of the union and the combined flows for all corresponding pairs in a multi-commodity network. It is proved that the problem with tariffs in a network setting can be transformed in polynomial time to an integer linear programming problem with a block structure and binding constraints. Peculiarities of solving the transformed problem with the use of well-known methods of integer programming and application software packages are presented.

Keywords: mathematical models of flow distribution and routing in multicommodity networks, optimization problems with discrete flows and parameters.

УДК 519.85

Алгоритми внутрішніх точок: історія створення, результати досліджень, застосунки та перспективи / Т.В. Бєлих, В.І. Зоркальцев // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 143–148.

Анотація. Розглянуто низку алгоритмів внутрішніх точок для розв'язання задач лінійного програмування. Наведено результати їхнього теоретичного обґрунтування. Виокремлено підмножини алгоритмів, що мають лінійну, асимптотично незалежну від параметрів розв'язуваної задачі швидкість збіжності, підмножину алгоритмів, що приводять до відносно внутрішніх точок множини оптимальних розв'язків. Викладено історію створення та розвитку алгоритмів. Наведено нові модифікації алгоритмів внутрішніх точок, що містять як окремі випадки розроблені раніше алгоритми.

Ключові слова: лінійне програмування, лінійні нерівності, алгоритми внутрішніх точок.

Interior point algorithms: history, research results, applications, and prospects / T.V. Belykh, V.I. Zorkaltsev // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 143–148.

Abstract. A family of interior point algorithms for solving linear programming problems is considered. The results of their theoretical substantiation are given. Subsets of algorithms that have a linear, asymptotically independent of the parameters of the problem being solved rate of convergence, and a subset of algorithms that lead to relatively internal points of the set of optimal solutions are identified. The history of the creation and development of algorithms is described. New modifications of interior point algorithms are presented, which contain as a special case the previously developed algorithms.

Keywords: linear programming, linear inequalities, interior point algorithms.

УДК 004.9

Інформаційна технологія для виявлення проктором порушень під час іспиту / Д. Муратулі, Н.Ф. Денісова, Ю.В. Крак // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 149–157.

Анотація. Розглянуто актуальну проблему списування студентами вищих навчальних закладів під час іспиту. Досліджено предметну область та представлено результати теоретичного та емпіричного дослідження списування як однієї з форм академічного шахрайства у вищих навчальних закладах. Наведено статистичні дані порушень під час іспиту та виявлено основні закономірності порушень у період дистанційної форми навчання. Отримані результати дослідження допоможуть визначити, у який період підсумкової атестації студенти частіше порушують правила академічної доброчесності.

Ключові слова: дистанційне навчання, терміни порушення, екзаменаційна сесія, кластеризація, прийняття рішень.

Information technology for the proctor to detect violations during the exam / D. Muratuly, N.F. Denisova, Yu.V. Krak // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 149–157.

Abstract. This article discusses the current problem of cheating students of higher educational institutions during the exam. The subject area is investigated and the results of theoretical and empirical research of cheating as one of the forms of academic fraud of students of higher educational institutions are presented. Statistical data of violations during the exam are shown and the main patterns of violations during the period of distance learning are revealed. The results of the study will help to determine in what period of the final certification students violate the rules of academic honesty more often.

Keywords: distance learning, timing of violations, examination session, clustering, decision making.

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

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

УДК 519.6

Паралельні методи представлення чисел для тестування операцій багаторозрядної арифметики / В.К. Задірака, А.М. Терещенко // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 158–176.

Анотація. Запропоновано методи реалізації операції представлення багаторозрядного числа у системі числення з іншою основою, потрібні для тестування арифметичних операцій у разі використання паралельних процесорів. Розглянуто представлення числа у системах числення на основі багаторозрядних операцій ділення та віднімання або багаторозрядних операцій множення та додавання. Алгоритм з розбиттям числа на групи цифр дає змогу враховувати довжину машинного слова та розподіляти обчислення між процесорами. Проаналізовано складність за кількістю операцій, обсяг додаткової пам'яті для алгоритмів на основі ітераційного та рекурсивного методів.

Ключові слова: система числення, багаторозрядна арифметика, багаторозрядне додавання, багаторозрядне множення, паралельна модель обчислень.

Parallel methods of representing multidigit numbers in numeral systems for testing multidigit operations / V.K. Zadiraka, A.M. Tereshchenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 158–176.

Abstract. The paper proposes methods for representing a multidigit number in a numeral system with a different base when using parallel processors. Representation of numbers in numeral systems based on multidigit operations of division and subtraction or multidigit operations of multiplication and addition is considered. The algorithm with the split of multidigit numbers into groups of digits, taking into account the length of the machine word, allows calculations involving parallel processors. The complexity by the number of operations and the amount of additional memory for the algorithms based on the iterative and recursive methods are analyzed.

Keywords: numeral system, multidigit arithmetic, multidigit addition, multidigit multiplication, parallel computing model.

УДК 004.8, 004.62

Огляд методів глибинного навчання у прикладних задачах економічного моніторингу на основі геопросторових даних / М.С. Лавренюк, Л.Л. Шуміло, Б.Я. Яйлимов, Н.М. Куссуль // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 177–192.

Анотація. Розвиток сучасних технологій спостереження Землі, збільшення обсягу відкритих даних та розроблення нових підходів до їхнього оброблення відкривають нові можливості у проведенні прикладних досліджень економічної активності людства. Основним підходом у цій галузі є застосування методів глибинного навчання у процесах оброблення даних та аналізу їхніх часових рядів. У цій роботі виконано огляд базисних розділів глибинного навчання (з погляду геопросторового аналізу): підвищення рівня розрізнення графічних даних, використання трансферного навчання (transfer learning) для оптимізації процесів навчання, масштабування глибоких нейронно-мережових моделей та аналізу часових рядів за допомогою рекурентних нейронних мереж.

Ключові слова: глибинне навчання, трансферне навчання (transfer learning), супутникові дані, геопросторові дані, рекурентні нейронні мережі.

Review of deep learning methods in applied problems of economic monitoring based on geospatial data / M. Lavreniuk, L. Shumilo, B. Yailymov, N. Kussul // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 177–192.

Abstract. Development of modern observation technologies, increase in open data, and development of new approaches open new opportunities in carrying out applied research in economic activity of people. The central approach in this field is the use of deep learning methods in data processing and analysis of their time series. In this paper, we review the basic (in terms of geospatial analysis) sections of deep learning: increasing the resolution of graphical data, using transfer learning for optimization of learning processes and deep neural network models, and time series analysis using recurrent neural networks.

Keywords: deep learning, transfer learning, satellite data, geospatial data, recurrent neural networks.

ДИСКУСІЙНІ ПОВІДОМЛЕННЯ

DISCUSSIONS

УДК 517.946+517.948+612.821.6

Математична модель функціонування умовних рефлексів / В.Г. Писаренко, Ю.В. Писаренко // Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 193–198.

Анотація. Запропоновано та проаналізовано базові принципи та підходи до математичного моделювання умовних рефлексів людини або тварини на основі розробленого математичного апарату диференціальних рівнянь із запізнювальним аргументом. Ця модель явно враховує уповільнену взаємодію групи взаємопов'язаних нейронів та ілюструє залежність швидкості прийняття рішень у реальних типових ситуаціях від величини запізнення проходження нейросигналу в ЦНС. Наведено фази механізму формування низки багатоланкових умовних рефлексів.

Ключові слова: математичне моделювання, багатоланкові умовні рефлексі, запізнення взаємодії нейронів, жива нейромережа, механізм запам'ятовування.

Mathematical model of the functioning of conditioned reflexes / V.G. Pisarenko, Yu.V. Pisarenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2022. Vol. 58, N 6. P. 193–198.

Abstract. The basic principles and approaches to mathematical modeling of conditioned reflexes in a human or animal on the basis of the developed mathematical apparatus of differential equations with a delayed argument are proposed and analyzed. This model clearly takes into account the slow interaction of a group of interconnected neurons and illustrates the dependence of the decision-making speed in real typical situations on the magnitude of the delay in the passage of a neuro signal in the CNS. The mechanism of generating a number of conditioned reflexes, the so-called multi-link conditioned reflexes, is shown.

Keywords: mathematical modeling, multilevel conditioned reflexes, delayed interaction of neurons, living neural network, memory mechanism.
