

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 5.681.3

Алгоритми розв'язання лінійних обмежень у кільці цілих чисел / С.Л. Кривий // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 3–15.

Анотація. Запропоновано алгоритми побудови передбазису та базису множини розв'язків систем лінійних обмежень типу рівностей і нерівностей в області цілих чисел, які ґрунтуються на комбінуванні коефіцієнтів обмежень. Розглянуто алгоритми побудови передбазису та базису систем лінійних рівнянь й алгоритми побудови фундаментальної системи розв'язків для систем лінійних однорідних і лінійних неоднорідних нерівностей.

Ключові слова: кільце цілих чисел, системи лінійних обмежень, алгоритми.

Algorithms for solving linear constraints in the ring of integer numbers / S. Kryvyi // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 3–15.

Abstract. The author proposes algorithms for constructing a pre-basis and the basis of the set of solutions for systems of linear constraints of the type of equalities and inequalities in the domains of integers, which are based on combined coefficients of constraints. The article considers the algorithm for constructing the pre-basis and basis of systems of linear equations and algorithms for constructing the fundamental system of solutions for systems of linear homogeneous and linear inhomogeneous inequalities.

Keywords: ring of integer numbers, systems of linear constraints, algorithms.

УДК 519.217.2

Теорема про неповноту для обчислюваних задач / А.М. Гупал, О.А. Варіс // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 16–19.

Анотація. У теорії рекурсивних функцій за діагональним методом Кантора отримано рекурсивно перелічну множину $K = \{x \mid x \in W_x\}$, але не рекурсивну. На основі теорії Діофантових множин множина K визначається деяким поліномом, який має додатні корені. Навпаки, множина $\bar{K} = \{x \mid x \notin W_x\}$ не є рекурсивно перелічною. Жодна з обчислюваних функцій не може перелічити всіх елементів множини \bar{K} . Унаслідок продуктивності множини \bar{K} існує параметр, для якого поліном не має додатних коренів, але довести їхню відсутність неможливо, оскільки цей параметр не належить рекурсивно перелічній множині.

Ключові слова: діагональний метод, Діофантова множина, рекурсивно перелічні множини.

Incompleteness theorem for computable problems / A.M. Gupal, O.A. Vagis // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 16–19.

Abstract. In the theory of recursive functions, a recursively enumerable (but not recursive) set $K = \{x \mid x \in W_x\}$ is obtained by Cantor's diagonal method. Based on Diophantine sets, K is expressed by some polynomial that has positive roots. On the contrary, the set $\bar{K} = \{x \mid x \notin W_x\}$ is not recursively enumerable. None of the computable functions can enumerate all the elements of the set \bar{K} . As a result of the productivity of the set \bar{K} , a parameter exists for which the polynomial has no positive roots. However, it is impossible to prove their absence since this parameter does not belong to any recursively enumerable set.

Keywords: diagonal method, Diophantine set, recursively enumerable sets.

УДК 004.8, 004.93

Використання просторових вагових масок з незбалансованими датасетами для задачі сегментації супутникових знімків / А.О. Охріменко, Н.М. Куссуль // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 20–31.

Анотація. Розглянуто проблему незбалансованих датасетів у задачі сегментації супутникових знімків, у якій моделі машинного навчання часто ігнорують класи з малою кількістю екземплярів на користь класів з більшою кількістю. Запропоновано використовувати вагові просторові маски під час обчислення функції втрат для врахування показника надійності окремих пікселів. Показано, що запропонований підхід підвищує якість сегментації, зокрема значно покращує метрики для класів з малою кількістю екземплярів. Розглянуто метод розширення датасету з використанням генеративних змагальних мереж (GAN), який також демонструє незначні покращення у розпізнаванні менш представлених у датасеті культур, та виконано його порівняння із запропонованим методом. Досліджено одночасне використання методу вагових масок та генеративних мереж.

Ключові слова: оцінка якості датасету, незбалансований датасет, класифікація, сегментація, генеративні змагальні мережі, генерація навчальних даних.

Using weight reliability masks on imbalanced datasets for satellite image segmentation / A. Okhrimenko, N. Kussul // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 20–31.

Abstract. This study addresses the issue of imbalanced datasets in satellite image segmentation tasks, where machine learning models often neglect minority classes in favor of majority ones. We propose using spatial weight masks for the loss function computation to take into account the reliability score of individual pixels. This approach enhances segmentation quality, significantly improving metrics for minority classes. Additionally, a dataset augmentation method using generative adversarial networks (GANs) is explored, showing slight improvements in recognizing less represented crop types in the dataset, and it is compared with the proposed method. The simultaneous usage of weighted masks and generative networks is investigated.

Keywords: dataset quality assessment, imbalanced datasets, classification, segmentation, generative adversarial networks, training data generation.

УДК 004.912

Порівняльний аналіз використання різних ознак тексту, моделей та методів для розпізнавання автора тексту / Р.Б. Азімов // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 32–50.

Анотація. У комп'ютерній системі розпізнавання авторства текстів застосовано різноманітні методи та моделі для визначення авторів на прикладах текстів письменників Азербайджану. Порівняно ефективність використання різних ознак тексту та запропонованих процедур відбору ознак. Проведено комп'ютерні експерименти на творах кількох відомих письменників Азербайджану, написаних азербайджанською мовою. Проаналізовано отримані результати.

Ключові слова: розпізнавання автора, ідентифікація автора, розпізнавання авторства літературних творів, інжиніринг ознак тексту.

Comparative analysis of using different text features, models, and methods in text author recognition / R.B. Azimov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 32–50.

Abstract. Various methods and models are used in the text author recognition computer system for recognizing the authorship of texts on the example of Azerbaijani writers. A comparative analysis is carried out for the efficiency of using different text features and proposed feature selection procedures. Computer experiments are conducted using the works of several famous Azerbaijani writers in Azerbaijani language, and the results are analyzed.

Keywords: author recognition, author identification, authorship recognition of literary works, text feature engineering.

УДК 517.977.5

Системи керування процесом гранулювання мінеральних добрив у псевдозрідженому шарі / Б.Я. Корнієнко, Л.Р. Ладієва, В.Г. Писаренко, Ю.В. Писаренко, А.О. Нестерук // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 51–61.

Анотація. Побудовано чотири системи керування для процесу гранулювання у псевдозрідженому шарі за допомогою програмного забезпечення Matlab на основі різних регуляторів, а саме PID-регулятора і оптимального LQR-регулятора для лінійних систем, а також MPC-регулятора та регуляторів на основі нечіткої логіки для нелінійних систем. Для кожної системи керування отримано перехідну характеристику та наведено показники ефективності системи.

Ключові слова: система керування, регулятор, гранулювання, псевдозріджений шар.

Control systems for the granulation process of mineral fertilizers in a fluidized bed / B.Y. Korniyenko, L.R. Ladieva, V.G. Pisarenko, J.V. Pisarenko, A.O. Nesteruk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 51–61.

Abstract. Four control systems are generated using Matlab software based on different controllers for the granulation process in a fluidized bed: controllers for linear systems — PID and optimal LQR, controllers for nonlinear systems — MPC and those based on fuzzy logic. For each control system, transient characteristics are obtained and system efficiency indicators are given.

Keywords: control system, regulator, granulation, fluidized bed.

УДК 519.85, 51.13

Алгоритмізація та оптимізаційні моделі пацієнтоцентричних реабілітаційних програм / Д.В. Вакуленко, О.В. Палагін, І.В. Сергієнко, П.І. Стецюк // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 62–81.

Анотація. Побудовано алгоритм процесу реабілітації з урахуванням обмежень на реабілітаційну програму пацієнта. Представлено ідентифікацію учасників реабілітації, етапів та засобів оцінювання її ефективності. Побудовано дві сім'ї оптимізаційних моделей для знаходження оптимальних за вартістю та зв'язністю реабілітаційних програм пацієнта. Перша дає змогу вибирати кількість втручань для фахівців мультидисциплінарної команди, а друга формує цю команду для виконання реабілітаційної програми. Наведено розрахунки для модельного прикладу, де реабілітаційна програма пацієнта визначається чотирма фахівцями мультидисциплінарної команди та за трьома кодами Міжнародної класифікації функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я.

Ключові слова: пацієнтоцентричний підхід, реабілітаційна програма пацієнта, алгоритм реабілітації, задача цілочислового лінійного (квадратичного) програмування, Gurobi.

Algorithmization and optimization models of patient-centric rehabilitation programs / D.V. Vakulenko, O.V. Palagin, I.V. Sergienko, P.I. Stetsyuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 62–81.

Abstract. An algorithm for the rehabilitation process is created, considering the constraints of the patient's rehabilitation program. The identifications of rehabilitation participants, the stages, and the means of the rehabilitation efficiency evaluation are presented. Two families of optimization models are generated to find patient rehabilitation programs optimal in terms of cost and weight. The first family allows for the selection of interventions for specialists in the multidisciplinary team, and the second family forms a multidisciplinary team for implementing the rehabilitation program. Calculations are provided for a model example, where the patient's rehabilitation program is determined by four specialists of the multidisciplinary team and three codes of the International Classification of Functioning, Disability, and Health (ICF).

Keywords: patient-centric approach, patient rehabilitation program, rehabilitation algorithm, integer linear (quadratic) programming problem, Gurobi.

УДК 517.9

Диференціальні оператори, що визначають розв'язок ітерованого рівняння гіперболічного типу / С.І. Ляшко, М.В.-С. Сидоров, Н.І. Ляшко, І.М. Александрович // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 82–88.

Анотація. Для розв'язання задач, пов'язаних з явищами вібрації та іншими задачами механіки та математичної фізики, широко використовуються диференціальні рівняння гіперболічного типу та їх ітерації. Методами розв'язування таких рівнянь є створення диференціальних та інтегральних операторів. У роботі побудовано диференціальні оператори, які переводять довільні функції в регулярні розв'язки рівняння гіперболічного типу другого та вищих порядків. Розв'язано задачу Ріке для рівняння гіперболічного типу четвертого порядку.

Ключові слова: диференціальний оператор, регулярні розв'язки, ітеровані рівняння гіперболічного типу.

Differential operators determining the solution of an iterated equation of hyperbolic type / S.I. Lyashko, M.V.-S. Sydorov, N.I. Lyashko, I.M. Alexandrovich // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 82–88.

Abstract. Hyperbolic-type differential equations and their iterations are widely used in analyzing problems related to vibration phenomena and other problems of mechanics and mathematical physics. The solution methods for such equations are creating differential and integral operators. In the article, differential operators are constructed that translate arbitrary functions into regular solutions of a hyperbolic equation of the second and higher orders. The Riquet problem for the hyperbolic equation of the fourth order is solved.

Keywords: differential operator, regular solutions, iterated hyperbolic-type equations.

УДК 517.9

Математичне моделювання економічних наслідків пандемії COVID-19 / К.Л. Атоєв, П.С. Кнопов // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 89–100.

Анотація. Для дослідження зв'язків між динамікою розвитку пандемії COVID-19 та станом економіки розроблено стохастичну модель, яка охоплює епідемічний та економічний блоки і систему взаємозв'язків між ними. Запропоновано підхід до дослідження взаємозв'язків секторів економіки, пов'язаних з виробництвом продуктів харчування і транспортними ланцюгами їхнього постачання та медичною галуззю, на основі трисекторної моделі Лоренца. Ця модель об'єднує зазначені галузі економіки в єдину структуру, де кожну галузь розглядають з погляду рівня продуктивності, кількості робочих місць та структурних порушень. Проведено модельний аналіз залежності динаміки пандемії від початкових умов та параметрів керування епідемічним процесом, а також впливу пандемії на зміни у балансі по-

питу та пропозиції в секторах економіки, пов'язаних з виробництвом продовольства, його транспортуванням та медичною галуззю.

Ключові слова: математичне моделювання, модель поширення COVID-19, детермінований хаос, економічні наслідки пандемії.

Mathematical modeling of the economic consequences of the COVID-19 pandemic / K.L. Atoev, P.S. Knopov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 89–100.

Abstract. To study the relationship between the dynamics of the COVID-19 pandemic and the state of the economy, a stochastic model is developed that covers the epidemic and economic blocks and the system of relationships between them. An approach is proposed to analyze the interrelations of economic sectors related to food production, transport chains of their delivery, and the medical sector, using the three-sector Lorenz model. This model combines the described sectors of the economy into a single structure, each of which is considered from the point of view of the level of productivity, the number of jobs, and structural disturbances. Model studies are carried out to analyze the dependence of the dynamics of the pandemic on the initial conditions and parameters for managing the epidemic process and the impact of the pandemic on changes in the balance of supply and demand in sectors of the economy related to food production, transport, and the medical sector.

Keywords: mathematical modeling, spread of COVID-19, deterministic chaos, economic consequences of the pandemic

УДК 519.6

Відновлення диференціального рівняння з поліноміальними коефіцієнтами за інформацією про його розв'язки / В.Л. Макаров, Н.В. Майко, В.Л. Рябічев // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 101–114.

Анотація. Розроблено та обґрунтовано алгоритм відшукування звичайного диференціального рівняння мінімального порядку з поліноміальними коефіцієнтами над полем раціональних чисел, розв'язками якого є задана система поліномів (зокрема, система модифікованих поліномів Лагерра–Келі).

Ключові слова: система поліномів Лагерра–Келі, функція Міттаг-Лефлера, звичайне диференціальне рівняння, поліноміальні коефіцієнти, раціональні числа.

Reconstruction of the PDE with polynomial coefficients based on the information about its solutions / V.L. Makarov, N.V. Mayko, V.L. Ryabichev // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 101–114.

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

Keywords: system of the Laguerre–Cayley polynomials, the Mittag-Leffler function, ordinary differential equation, polynomial coefficient, rational number.

УДК 517.988

Швидкість збіжності алгоритму екстраполяції з минулого та алгоритму операторної екстраполяції / В.В. Семенов, О.С. Харьков // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 115–124.

Анотація. Розглянуто варіаційні нерівності в гільбертовому просторі та два методи їхнього наближеного розв'язання — алгоритм екстраполяції з минулого та алгоритм операторної екстраполяції. Ітерація цих алгоритмів дешевша за ітерацію екстраградієнтного алгоритму за кількістю обчислень значень оператора: одне проти двох. Для варіаційних нерівностей з ліпшицевими операторами, що задовольняють умову типу узагальненої сильної монотонності, отримано неасимптотичні оцінки лінійної швидкості збіжності алгоритмів. Здобуті результати є новими та уточнюють відомі.

Ключові слова: варіаційна нерівність, сідлова задача, лінійна збіжність, метод екстраполяції з минулого, метод операторної екстраполяції.

Convergence rate of the extrapolation from the past and operator extrapolation algorithms / V.V. Semenov, O.S. Kharkov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 115–124.

Abstract. The paper considers variational inequalities in the Hilbert space and two methods of their approximate solution: extrapolation from the past and operator extrapolation algorithms. Both algorithms have less computationally expensive iterations than the classical extragradient algorithm: only one operator computation is needed instead of two. Non-asymptotic linear convergence rate estimates are proved for variational inequalities with the Lipschitz continuous operator, which also satisfy the generalized strong monotonicity condition. The results are new and improve the available estimates.

Keywords: variational inequality, saddle-point problem, linear convergence, extrapolation from the past, operator extrapolation.

УДК 519.8

Оптимізаційні характеристики оператора з дельтаподібним ядром для квазігладких функцій / А.М. Шутовський, В.В. Прит // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 125–132.

Анотація. Отримано результати дослідження, які поєднують у собі методи теорії наближень і методи теорії оптимальних рішень. А саме, розв'язано задачу оптимізаційного характеру для бігармонійного інтеграла Пуассона у верхній півплощині як одного з найоптимальніших розв'язків бігармонійного рівняння у декартових координатах. Апроксимативні властивості бігармонійного оператора Пуассона у верхній півплощині на класах квазігладких функцій отримано у вигляді точної рівності для відхилення квазігладких функцій від розглядуваного додатного оператора.

Ключові слова: бігармонійне рівняння у декартових координатах, квазігладкі функції,

Optimization characteristics of an operator with delta-shaped kernel for quasi-smooth functions / A.M. Shutovskiy, V.V. Pryt // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 125–132.

Abstract. The paper presents research results combining the methods of approximation theory and optimal decision theory. Namely, the optimization problem for the biharmonic Poisson integral in the upper half-plane is considered as one of the most optimal solutions to the biharmonic equation in Cartesian coordinates. The approximate properties of the biharmonic Poisson operator in the upper half-plane on the classes of quasi-smooth functions are obtained in the form of an exact equality for the deviation of quasi-smooth functions from the positive operator under consideration.

Keywords: biharmonic equation in Cartesian coordinates, quasi-smooth functions, global optimization, biharmonic Poisson integral in the upper half-plane.

УДК 517.95

Обернена початкова задача для виродженого за часом диференціального рівняння з частинними похідними та біпорядковою похідною Хільфера / Е.Т. Карімов, Н.Е. Токмагамбетов, Д.А. Усмонов // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 133–145.

Анотація. Доведено однозначну розв'язність оберненої початкової задачі для виродженого за часом диференціального рівняння з дробовими частинними похідними. Методом розділення змінних отримано задачу Коші для дробового диференціального рівняння, що включає біпорядкову похідну Хільфера за часовою змінною. Представлено розв'язок цієї задачі Коші в явній формі через функцію Кільбаса-Сайго. З використанням верхньої та нижньої меж цієї функції доведено рівномірну збіжність нескінченних рядів, що відповідають розв'язку сформульованої оберненої початкової задачі.

Ключові слова: обернена початкова задача, вироджене диференціальне рівняння з частинними похідними (ДРЧП), біпорядковий оператор Хільфера, функція Кільбаса-Сайго.

Inverse-initial problem for time-degenerate PDE involving the bi-ordinal Hilfer derivative / E.T. Karimov, N.E. Tokmagambetov, D.A. Usmonov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 133–145.

Abstract. A unique solvability of the inverse initial problem for a time-degenerate fractional partial differential equation is proved. Using the method of variable separation, we obtain the Cauchy problem for the fractional differential equation involving the bi-ordinal Hilfer derivative in the time variable. The authors present the solution to this Cauchy problem in an explicit form via the Kilbas-Saigo function. Further, using the upper and lower bounds of this function, the authors prove the uniform convergence of the infinite series corresponding to the solution of the formulated inverse initial problem.

Keywords: inverse-initial problem, degenerate PDE, bi-ordinal Hilfer operator, Kilbas–Saigo function.

УДК 519.8

Про одну необхідну умову збіжності перетворення Фур'є / Р.В. Товкач, В.М. Медвідь // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 146–155.

Анотація. Показано, що застосування перетворення Фур'є важливе для розв'язання багатьох прикладних задач системного аналізу. Вивчено його властивості, що впливають на ефективність використання у задачах теорії оптимальних рішень. Задано необхідну умову збіжності перетворення Фур'є, що дає потужний інструмент для його використання у реалізації практичних задач.

Ключові слова: перетворення Фур'є, системний аналіз, теорія оптимальних рішень, необхідна умова збіжності.

A necessary condition for the convergence of the Fourier transform / R.V. Tovkach, V.M. Medvid // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 146–155.

Abstract. The authors show that the Fourier transform plays an important role in many applied problems of system analysis. Its properties are analyzed, which directly affect the efficiency of using the optimal decision theory in the problems. The necessary condition for the convergence of the Fourier transform is established, which provides a powerful tool for its use in the implementation of practical problems.

Keywords: Fourier transform, system analysis, theory of optimal solutions, necessary convergence conditions.

УДК 519.8.812.007

Комплексна математична модель визначення функціональної надійності членів льотних екіпажів / Н.І. Аралова, А.О. Чикрій, Л.Я.-Г. Шахліна // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 156–163.

Анотація. Запропоновано комплексну математичну модель для визначення функціональної надійності осіб льотного складу. Складовими компонентами моделі є модель регулювання кисневих режимів організму людини, модель транспорту та модель масообміну респіраторних газів в організмі людини, модель самоорганізації системи дихання та адаптації організму людини до екстремальних збурень. Показано, що запропонована математична модель дає змогу в разі наявності масиву відповідних даних визначити здатність конкретної особи до адаптації до виконання роботи в екстремальних умовах професійної діяльності.

Ключові слова: функціональна надійність льотчика, функціональна система дихання, математична модель кардіореспіраторної системи, адаптація організму до екстремальних збурень, професійна діяльність льотчика.

A complex mathematical model of the value of functional reliability of flight crew members / A.O. Chikriy, N.I. Aralova, L.Ya.-G. Shakhlina // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 156–163.

Abstract. A complex mathematical model to determine the functional reliability of flight crew members is proposed. The components of the model are the model of control of oxygen modes in the human body, the model of transport and mass exchange of respiratory gases in the human body, the model of self-organization of the respiratory system, and the model of adaptation of the human body to extreme disturbances. It is shown that the model allows (given a corresponding data array) one to determine if a particular individual can adapt to work under extreme conditions of professional activity.

Keywords: functional reliability of the pilot, functional respiratory system, mathematical model of the cardiorespiratory system, adaptation of the body to extremes, professional activity of the pilot.

УДК 004.421

Реалізація множення Монтгомері для прискорення обчислення модулярного експоненціювання багаторозрядних чисел / І.О. Процько, О.В. Гришук // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 164–173.

Анотація. Проведено порівняння та аналіз використання розробленої програмної реалізації класу MontgomeryArithmetic для обчислення модулярного експоненціювання. Виконано порівняння швидкості виконання розробленого модулярного множення Монтгомері та звичайного модулярного множення для обчислення модулярного експоненціювання на основі методу двійкового піднесення справа наліво для фіксованої основи з попереднім обчисленням скороченого набору залишків. Отримані результати обчислень модулярного експоненціювання з розпаралелюванням на основі багатопотоковості та з використанням розробленого модулярного множення Монтгомері на комп'ютерах загального призначення свідчать про пришвидшення обчислень у середньому в 1.5 рази порівняно з функціями модулярного піднесення до степеня з програмних бібліотек MPIR, OpenSSL, Crypto++.

Ключові слова: модулярне множення, модулярне експоненціювання, паралельні багатопотокові обчислення, передобчислення, багаторозрядні числа.

Implementation of Montgomery multiplication to speed up the computation of modular exponentiation over multi-bit numbers / I. Prots'ko, A. Gryshchuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 164–173.

Abstract. A comparison and analysis of the use of the developed software implementation of the class MontgomeryArithmetic for computing modular exponentiation are conducted. The computation speed of the developed Montgomery modular multiplication is compared to the regular modular multiplication for calculating the modular exponentiation based on the right-to-left binary elevation method for a fixed basis with a preliminary calculation of a reduced set of remainders. The obtained results of performing modular exponentiation computations with parallelization based on multithreading on general-purpose computers speed up the computations by an average of 1.5 times using the developed modular Montgomery multiplication compared to the modular exponentiation functions of the MPIR, OpenSSL, and Crypto++ software libraries.

Keywords: modular multiplication, modular exponentiation, multithreading, precomputation, large numbers.

УДК 53.088.3+53.088.7

Розпізнавання зображень неперервних вейвлет-спектрів зашумлених радіолокаційних сигналів з використанням згорткової нейронної мережі / Д.М. Онуфрієнко, Ю.К. Тараненко, О.Ю. Олійник, В.В. Лопатін // Кібернетика та системний аналіз. 2024. Том 60, № 5. С. 174–186.

Анотація. Розглянуто методи розпізнавання зображень неперервних вейвлет-спектрів зашумлених сигналів з лінійною та нелінійною частотними модуляціями з використанням згорткових нейронних мереж. Запропоновано процедуру підготовки зображень спектрів для оброблення у нейронній мережі, яка забезпечує достатню високу ймовірність розпізнавання заданого типу сигналу з двадцяти можливих. Методологія розв'язання поставленої задачі полягає у пошуку алгоритму підготовки зображень, який забезпечує аугментації зображень методом зміни неперервних вейвлетів для ідентифікації сигналів в умовах обмеженості резонансної частоти та смуги пропускання. В алгоритмі передбачено зміну частоти неперервного спектра обробленням сигналу фазової решітки різними неперервними вейвлетами після додавання нестаціонарного шуму. Підготовлені у такий спосіб сигнали з лінійною та нелінійною модуляціями, а також спектри сигналів інших регулярних форм використовуються як вхідні дані згорткової нейронної мережі. Процедура поділу зображень вейвлет-спектрів на класи виконується перевіркою однорідності класу за значенням ентропії Шеннона. Мінімальне значення ентропії свідчить про однорідність підмножини і відсутність «домішок» із зображень інших класів. Розроблена модель нейронної мережі з аугментацією неперервними вейвлет-спектрами в умовах обмеженого набору даних має точність майже 97.95 %.

Ключові слова: аугментація, вейвлет-спектр, згорткові нейронні мережі, неперервні вейвлети, безпілотні літальні апарати.

Recognition of images of continuous wavelet spectra of noisy radio location signals using a convolutional neural network / D. Onufriienko, Yu. Taranenko, O. Oliynyk, V. Lopatin // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2024. Vol. 60, N 5. P. 174–186.

Abstract. The paper considers the existing methods of image recognition of continuous wavelet spectra of noisy signals with linear and nonlinear frequency modulation using convolutional neural networks. A procedure for preparing spectral images for processing in a neural network is proposed, which ensures a sufficient probability of recognizing a given type of signal out of twenty possible ones. The methodology for solving the problem consists of finding an image preparation algorithm that provides image augmentation by the method of changing continuous wavelets, which ensures the identification of signals under conditions of limited resonance frequency and bandwidth. The algorithm involves changing the frequency of the continuous spectrum by processing the phase grating signal with different continuous wavelets after the additive addition of non-stationary noise. Signals with linear and nonlinear modulation prepared in this way, as well as signal spectra of other regular forms, are used as input data of the convolutional neural network. The procedure of dividing wavelet spectrum images into classes is performed by checking the homogeneity of the class based on the Shannon entropy value. The minimum entropy value indicates the homogeneity of the subset and the absence of “impurities” from images of other classes. The developed model of a neural network with augmentation by continuous wavelet spectra in the conditions of a limited data set has an accuracy of up to 97.95%.

Keywords: augmentation, wavelet spectrum, convolutional neural networks, continuous wavelets, unmanned aerial vehicles.
