

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 004.822

Алгоритм розв'язання лінійних рівнянь в асоціативних кільцях з одиницею / С.Л. Кривий // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 3–12.

Анотація. Запропоновано алгоритми розв'язання лінійних рівнянь та систем таких рівнянь в асоціативних некомутативних кільцях з одиницею за умови, що всі коефіцієнти в рівняннях є дільниками одиниці. Наведено основні поняття теорії кілець та приклади роботи запропонованих алгоритмів. Складність роботи алгоритмів залежить від властивостей елементів кільця, над яким розглядаються рівняння та системи рівнянь.

Ключові слова: лінійне рівняння, некомутативне кільце, дільник одиниці, алгоритм.

Algorithms for solving linear equations over associative rings with unity element / S. Kryvyi // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 3–12.

Abstract. The author proposes algorithms for solving linear equations and systems of such equations in associative non-commutative rings with unity under the condition that all the coefficients in the equations are divisors of unity. The basic concepts of ring theory and examples of operation of the proposed algorithms are provided. The complexity of the algorithms depends on the properties of elements of the ring over which the equations and systems of equations are considered.

Keywords: linear equation, non-commutative ring, divisor of unit, algorithm.

УДК 004.932.4

Оцінювання інформативності навчальної вибірки для класифікації зображень методами глибокого навчання / Б.П. Русин, О.А. Луцик, Р.Я. Косаревич // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 13–24.

Анотація. Запропоновано новий підхід до оцінювання інформативності навчальної вибірки під час розпізнавання зображень, отриманих засобами дистанційного зондування. Показано, що якість навчальної вибірки можна відобразити набором характеристик, кожна з яких описує певні властивості даних. Встановлено залежність між характеристиками навчальної вибірки та точністю роботи класифікатора, тренуваного на основі цієї вибірки. Розроблений підхід застосовано до різних тестових навчальних вибірок та наведено результати їхнього оцінювання. Показано, що оцінювання навчальної вибірки з використанням нового підходу здійснюється значно швидше, ніж процес навчання нейронної мережі. Це надає змогу застосовувати запропонований підхід до попереднього оцінювання навчальної вибірки в задачах розпізнавання зображень методами глибокого навчання.

Ключові слова: глибоке навчання, виділення ознак, навчальна вибірка, згортова нейромережа.

Evaluating the informativity of training sample for classification of images by deep learning methods / B.P. Rusyn, O.A. Lutsyk, R.Y. Kosarevych // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 13–24.

Abstract. A new approach to evaluate the informativeness of the training sample when recognizing images obtained by means of remote sensing is proposed. It is shown that the informativeness of the training sample can be represented by a set of characteristics, each of which describes certain properties of the data. A relationship between the characteristics of the training sample and the accuracy of the classifier trained on the basis of this sample is established. The proposed approach is applied to various test training samples and the results of their evaluation are presented. When evaluating the training set by the proposed approach, the process is shown to be much faster than training a neural network. This makes it possible to use the proposed approach for preliminary estimation of the training sample in the problems of image recognition using deep learning methods.

Keywords: deep learning, feature selection, training sample, convolution network.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.85

Розріджене збалансоване компонування еліпсоїдів / Ю.Г. Стоян, Т.Є. Романова, О.В. Панкратов, П.І. Стецюк, С.В. Максимов // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 25–35.

Анотація. Розглянуто задачу генерування сферичних порожнин у тривимірній області, що має складну геометрію з урахуванням обмежень на «розрідженість» розміщення порожнин та умови рівноваги. Задачу зведено до оптимізаційної задачі компонування еліпсоїдів обертання в опуклому контейнері (циліндрі або кубоїді) з урахуванням зон заборони, обмежень на допустимі відстані між еліпсоїдами та умов балансу з метою максимізації мінімальної відстані між кожною парою еліпсоїдів та еліпсоїдом і межею контейнера. Визначено псевдонормалізовані квазі- ϕ -функції для аналітичного опису обмежень розміщення. Побудовано математичну модель у вигляді задачі нелінійного програмування. Запропоновано метод розв'язання із стратегією мултистарту, алгоритми пошуку допустимих та локально-оптимальних розв'язків. Наведено результати обчислювальних експериментів.

Ключові слова: розріджене компонування, еліпсоїд обертання (сфероїд), квазі- ϕ -функція, нелінійне програмування, r -алгоритм Шора.

Sparse balanced layout of ellipsoids / Y.G. Stoyan, T.E. Romanova, O.V. Pankratov, P.I. Stetsyuk, S.V. Maximov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 25–35.

Abstract. The authors consider the problem of generating spheroidal voids in a three-dimensional domain of complex geometry, taking into account the constraints on the “sparseness” of the placement of voids subject to the system balance. The problem is reduced to the optimized layout of ellipsoids of revolution in a convex container (cylinder or cuboid), taking into account the prohibited zones, constraints on the allowable distances between objects, and the balancing condition. The problem is aimed to maximize the minimum distance between each pair of ellipsoids and each ellipsoid and the boundary of the container. Adjusted quasi- ϕ -functions for analytical description of the placement constraints are defined. A mathematical model is constructed in the form of a nonlinear programming problem. A solution method is proposed that uses the multistart strategy in combination with smart algorithms to search for feasible and locally optimal solutions. The results of computational experiments are presented.

Keywords: sparse layout, ellipsoid of revolution, quasi- ϕ -function, nonlinear programming, r -algorithm.

Про одну дескрипторну гру переслідування / Л.А. Власенко, А.Г. Руткас, В.В. Семенець, А.О. Чикрій // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 36–45.

Анотація. Досліджено диференціальну гру переслідування у дескрипторній системі. Еволюцію системи описано лінійним диференціально-алгебраїчним рівнянням. Розв’язки рівняння представлено за допомогою формули варіації сталих через початкові дані та блок керування. Використано техніку мно-гозначних відображень та їхніх селекторів, а також обмеження на функціонали, що визначаються по-ведінками переслідувача і втікача. Стаття містить приклади, що ілюструють диференціальну гру у радіотехнічних системах. Зокрема, вивчено конфліктно-керовані перехідні процеси у чотириполюсних фільтрах.

Ключові слова: дескрипторна система, диференціально-алгебраїчне рівняння, диференціальна гра, радіотехнічний фільтр.

On a descriptor pursuit game / L.A. Vlasenko, A.G. Rutkas, V.V. Semenets, A.O. Chikrii // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 36–45.

Abstract. A pursuit differential game in a descriptor system is analyzed. The evolution of the system is described by a linear differential algebraic equation. Solutions of the equation are presented with the help of the formula of variation of constants by the initial data and the control block. We use the technique of set-valued mappings and their selectors, as well as constraints on the functionals defined by the behaviors of the pursuer and evader. The paper contains examples to illustrate the differential game in radio engineering systems. In particular, conflict-controlled transient states in forth-order filters are analyzed.

Keywords: descriptor system, differential algebraic equation, differential game, radio engineering filter.

УДК 517.9

Наближений оптимальний регулятор для слабо нелінійного еволюційного рівняння параболічного типу / Н.В. Горбань, О.А. Капустян, О.В. Капустян // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 46–52.

Анотація. Розглянуто задачу оптимального керування розв’язками параболічного рівняння з правою частиною виду $\varepsilon F(y)$, де $\varepsilon > 0$ — малий параметр, з коерцитивним цільовим функціоналом та обмеженням керування. Використавши формулу оптимального регулятора незбуреної задачі, обґрунтовано форму наближеного регулятора з перемиканнями для вихідної задачі.

Ключові слова: оптимальне керування, нелінійне параболічне рівняння, оптимальний регулятор.

Approximate optimal controller for a weakly nonlinear evolutionary equation of parabolic type / N.V. Gorban, O.V. Kapustyan, O.A. Kapustian // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 46–52.

Abstract. We consider the optimal control problem for solutions of a parabolic equation with the right-hand side of the form $\varepsilon F(y)$, where $\varepsilon > 0$ is a small parameter, with a coercive cost functional and bounded control. Using the formula of the optimal controller of the undisturbed problem, the form of the approximate controller with switching for the initial problem is substantiated.

Keywords: optimal control, nonlinear parabolic equation, optimal controller.

УДК 519.816

Підхід до оцінювання стійкості ранжування альтернатив, отриманого методом аналізу ієрархій / I.S. Romanchenko, M.M. Potomkin, M.V. Nikolaienko, D.I. Grazion // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 53–60.

Анотація. У статті наведено загальний опис методу аналізу ієрархій та виконано аналіз проблеми оцінювання стійкості ранжування альтернатив, отриманого цим методом. Показано, що оцінювання стійкості є важливою складовою висновків про можливість практичного використання результатів ранжування. Запропоновано підхід до оцінювання стійкості, який ґрунтується на інтерактивній процедурі і надає змогу значно скоротити обсяги розрахунків. Завдяки застосуванню цього підходу можна підвищити обґрунтованість рекомендацій, розроблених на основі методу аналізу ієрархій за наявності достатньо об'єктивного висновку про стійкість пріоритетів розглядуваних альтернатив.

Ключові слова: метод аналізу ієрархій, експертне опитування, ефект реверсу рангів, похибка експертної оцінки, стійкість ранжування.

Approach to assessing the stability of ranking alternatives obtained by analytic hierarchy process / I.S. Romanchenko, M.M. Potomkin, M.V. Nikolaienko, D.I. Grazion // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 53–60.

Abstract. The article provides a general description of the analytic hierarchy process and analyzes the problem of assessing the stability of ranking alternatives obtained by this process. Stability assessment is shown to be an important component of conclusions on the possibility of practical use of ranking results. An approach to assessing the stability is proposed, which is based on an interactive procedure. This can significantly reduce the amount of calculation. Using this approach increases the argumentation of recommendations developed on the basis of the analytic hierarchy process due to the presence of a fairly objective conclusion on the stability of the priorities of the considered alternatives.

Keywords: analytic hierarchy process, expert survey, ranks reversal effect, expert estimation error, ranking stability.

УДК 004.827+519.87

Моделювання процесів розповсюдження інформації на основі дифузійних рівнянь з нечітким обліком часу / Є.В. Івохін, О.Ф. Волошин, М.Ф. Махно // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 61–71.

Анотація. Розглянуто підхід до формулювання та знаходження розв'язків скалярних рівнянь дифузії з урахуванням нечіткого сприйняття плину часу у процесах поширення фізичних речовин та інформаційних потоків. Опис нетрадиційного способу обліку течії часу ґрунтується на використанні нечітких структурованих числових множин, в основу чого покладено принцип формування нечіткого оригіналу з подальшою реплікацією його на числовій осі. Формалізація нечіткого оригіналу полягає у визначенні двох параметрично заданих на відрізку $[0, 1]$ функцій, що визначають темп суб'єктивного сприйняття одиниці часу. Запропоновано та проведено аналіз рівняння дифузії, що описує поширення інформації в соціальному середовищі. Отримано розв'язок, який визначає стан процесу розповсюдження з урахуванням «швидкого» та «повільного» плину часу. Запропонована методика надає змогу формалізувати завдання нечіткого опису та обліку суб'єктивного сприйняття відліку часу, розв'язуючи різні завдання динаміки.

Ключові слова: формалізація нечіткого обліку часу, дифузійні рівняння, моделі розповсюдження інформації.

Simulation of information dissemination processes based on diffusion equations with fuzzy time accounting / E.V. Ivohin, O.F. Voloshyn, M.F. Makhno // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 61–71.

Abstract. The paper considers an approach to formulating and finding solutions to scalar diffusion equations taking into account the fuzzy perception of the flow of time in the processes of propagation of physical substances and information flows. The description of an unconventional method of accounting for the passage of time is based on the use of fuzzy structured numerical sets, which is based on the principle of forming a fuzzy original with its subsequent replication on the numerical axis. Formalization of the fuzzy original is to define two functions, parametrically set on $[0, 1]$, that determine the rate of subjective perception of a unit of time. The diffusion equation describing the dissemination of information in the social environment is proposed and analyzed. A solution was obtained that determines the state of the propagation process taking into account the “fast” and “slow” flows of time. The proposed methodology allows one to formalize the tasks of fuzzy description and taking into account the subjective perception of time counting when solving various problems of dynamics.

Keywords: fuzzy time formalization, diffusion equations, information dissemination models.

УДК 519.6

Математичне моделювання квадратично нелінійних просторово розподілених систем. II. Випадок неперервно визначених початково-крайових зовнішньодинамічних збурень / В.А. Стоян // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 72–83.

Анотація. Виконано дослідження двох класів нелінійних просторово розподілених динамічних систем, неперервно спостережуваних за гранично-початковими та просторово розподіленими зовнішньодинамічними збуреннями. Для кожної з них побудовано аналітичні залежності функції стану, яка за середньоквадратичним критерієм узгоджується з наявною інформацією про зовнішньодинамічні умови їхнього функціонування. Розв'язок початково-крайових задач для розглядуваних систем визначається через множини векторів, які за середньоквадратичним критерієм моделюють заданий початково-крайовий стан разом з просторово розподіленими зовнішньодинамічними збуреннями. Наведено умови точності і однозначності отриманих математичних результатів. Розглянуто випадки необмежених просторових областей та усталеної динаміки систем.

Ключові слова: псевдорозв'язки, математичне моделювання динамічних систем, просторово розподілені динамічні системи, системи з невизначеностями, некоректні початково-крайові задачі.

Mathematical modeling of quadratically nonlinear spatially distributed systems. II. The case of continuously defined initial-boundary external-dynamic disturbances / V.A. Stoyan // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 72–83.

Abstract. Two classes of nonlinear spatially distributed dynamical systems, discretely observed according to the initial-boundary and spatially distributed external-dynamic disturbances are analyzed. For each of them, analytical dependences are constructed for the state function, which agrees, according to the root-mean square criterion, with the available information on the external-dynamic conditions of their operation. Solution of the initial-boundary-value problems for the systems under study is defined in terms of a set of vectors, which, according to the root-mean square criterion, model the given initial-boundary environment, including the spatially distributed external-dynamic perturbations. Conditions of the accuracy and uniqueness of the obtained mathematical results are presented. The cases of unbounded spatial domains and systems' steady-state dynamics are considered.

Keywords: pseudosolutions, mathematical modeling of dynamic systems, spatially distributed dynamical systems, systems with uncertainties, ill-posed initial-boundary-value problems.

УДК 517.95

Інтегральний оператор Рімана для стаціонарних та нестаціонарних процесів / І.М. Александрович, С.І. Ляшко, М.В.-С. Сидоров, Н.І. Ляшко, О.С. Бондар // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 84–93.

Анотація. Побудовано інтегральні оператори, основою яких є функція Рімана, що переводять довільні аналітичні функції в регулярні розв'язки рівнянь еліптичного, параболічного та гіперболічного типів другого порядку. Одержано узагальнення операторного методу Рімана щодо біосесиметричного рівняння Гельмгольца. Розроблено метод знаходження в аналітичному вигляді розв'язків зазначених вище рівнянь. У ряді випадків побудовано формули обернення інтегральних представлень розв'язків. Сформульовано умови розв'язання задачі Коші для осесиметричного рівняння Гельмгольца.

Ключові слова: інтегральний оператор, регулярні розв'язки, аналітичні функції.

Riemann integral operator for stationary and non-stationary processes / I.M. Alexandrovich, S.I. Lyashko, M.V.-S. Sydorov, N.I. Lyashko, O.S. Bondar // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 84–93.

Abstract. Integral operators based on the Riemann function, which transform arbitrary analytical functions into regular solutions of equations of elliptic, parabolic, and hyperbolic types of second order are constructed. The Riemann operator method is generalized for the biaxisymmetric Helmholtz equation. A method for finding solutions of the above equations in analytical form is developed. In some cases, formulas for inverting integral representations of solutions are constructed. The conditions for solving the Cauchy problem for the axisymmetric Helmholtz equation are formulated.

Keywords: integral operator, regular solutions, analytical functions.

УДК 519.6

Ідентифікація структури ґрунтових масивів числовими методами квазіконформних відображень / А.Я. Бомба, М.В. Бойчур // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 94–105.

Анотація. Методику ідентифікації параметрів структури невеликих за розміром об'єктів, в якій взято до уваги наявність на межі області (для кожної із відповідних інжекцій) лише екіпотенціальних ліній (із заданими на них значеннями сили струму або функції течії) та ліній течії (із відомими розподілами потенціалу на них), адаптовано на випадки реконструкції зображень великих ґрунтових масивів. Суттєвою перевагою розробленого алгоритму над відомими є уникнення «традиційної» процедури штучного «урізання» нескінченної області, за рахунок звуження локалізації сингулярності в околі певної точки. Проведено числові експерименти та порівняння їхніх результатів з відомими розв'язками.

Ключові слова: електрична томографія, квазіконформні відображення, ідентифікація, обернені задачі, числові методи.

Identifying the structure of soil massifs by numerical quasiconformal mapping methods / A.Ya. Bomba, M.V. Boichura // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 94–105.

Abstract. A method of identifying the parameters of the structure of small-sized objects, which assumes the presence at the domain boundary (for each of the corresponding injections) of only equipotential lines (with given values of current or flow function) and streamlines (with known potential distributions), is adapted for the cases of image reconstruction of large soil massifs. A significant advantage of the developed algorithm over the known ones is the avoidance of the “traditional” procedure of artificial “cutting” of an infinite domain due to narrowing the localization of this singularity to the neighborhood of a certain point. Numerical experiments are carried out and their results are compared with the known solutions.

Keywords: electrical resistivity tomography, quasiconformal mappings, identification, inverse problems, numerical methods.

УДК 533.6.013.42

Побудова адаптивних алгоритмів розв’язання багатохвильових задач / Ю.І. Калюх, О.Г. Лебідь // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 106–117.

Анотація. Удосконалено чисельний метод обчислення багатохвильових моделей для підвищення швидкодії і монотонізації (зменшення осциляцій чисельних розрахунків) розв’язання багатохвильових задач динаміки протяжних систем, таких як космічні зв’язки довжиною у десятки кілометрів, трубопроводи в повітрі та в рідині, підводні буксирні системи, ерліфти для видобутку мінералів з дна Світового океану протяжністю в 5–10 км тощо. Він базується на декомпозиції чисельного алгоритму за типами хвиль і швидкостями їхнього поширення. Показано, що в обчисленнях за рахунок різного ступеня квантування поздовжніх і поперечних хвиль можна домогтися подальшого збільшення швидкості обчислень порівняно з алгоритмом хвильової факторизації і порівняно з розв’язанням вихідної системи рівнянь. До того ж чисельно отримано, що діапазон стійкого обчислення не скорочується. У підсумку збільшення швидкості обчислень програми становить не менше 50–200 % в залежності від потрібної точності та варіантів декомпозиції багатохвильових моделей. Ця модифікація методу хвильової факторизації актуальна для розв’язання задач керування розподіленими системами, оперативного аналізу перехідних режимів руху тощо, де швидкість обчислень є критично необхідною. Проведено порівняльне оцінювання точності методу хвильової факторизації, методу декомпозиції за типами хвиль і швидкостями їхнього поширення та вихідного алгоритму на прикладі чисельного розв’язання задачі про 3D-еволюцію протяжної системи, якщо судно-буксирувальник рухається на циркуляції. Порівняльний аналіз розрахункових даних показав монотонізацію профілю чисельного розв’язання на основі факторизованих алгоритмів, їхню меншу чутливість до похибок у вихідних даних. Побудовано факторизовану за напрямками розповсюдження збурень і типами хвиль скінченнорізницеву схему із змінними дисперсійно-дифузійними властивостями.

Ключові слова: багатохвильові моделі, типи та швидкість поширення хвиль, декомпозиція, алгоритм, протяжна система.

Constructing the adaptive algorithms for solving multi-wave problems / Yu. Kaliukh, O. Lebid // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 106–117.

Abstract. The authors improve the numerical method of calculating multiwave models to increase the speed and monotony of the numerical solution of problems of multiwave dynamics for long systems such as space communications of the length of tens of kilometers; pipelines in both air and liquid; underwater towed systems; airlifts for the extraction of minerals from the bottom of the oceans of the length of 5 to 10 km, etc. The method is based on the decomposition of the numerical algorithm by wave types and wave velocities. The test analysis of the two-mode problem on acceleration of the towed long system allowed establishing the ranges of its application. It is shown that due to quantization in calculating longitudinal and transverse waves, it is possible to achieve a further increase in the computation speed compared to the wave factorization algorithm and compared to solving the full system of equations, without reducing the range of sustainable calculation. The final increase in the productivity of the program code is at least 50–200% when performing calculations, depending on the required accuracy and options for the decomposition of multiwave models. This modification of the wave factorization method is relevant in solving the problems of controlling a distributed system, operative analysis of transient motion modes, etc., where the pace of calculations is critically important. A comparative evaluation of the accuracy of the full algorithm, the wave factorization method, the decomposition algorithm by wave types and wave velocities has been carried out. Comparative analysis of the calculated data showed the monotonicity of the numerical solution profile on the basis of factorized algorithms, their lower sensitivity to errors in the original data. A finite-difference scheme factorization by perturbation directions and wave types with variable dispersion-diffusion properties is constructed.

Keywords: multiwave models, types and speed of waves, decomposition, algorithm, lengthy system.

УДК 681.5

Алгоритмічне забезпечення для керування автоматизованим проєктуванням гнучких виробничих систем та їхнього обладнання / Дж. Мамедов, І. Алієв, Г. Гусейнова, Г. Оруджова // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 118–127.

Анотація. Запропоновано структуру системи керування автоматизованим проєктуванням для розроблення комплексної системи автоматизованого проєктування гнучкої виробничої системи, що забезпечує високу продуктивність, гнучкість, універсальність і точність виконання проєктних процедур у межах єдиного системного інтерфейсу. Розроблено алгоритмічне забезпечення керування автоматизованим процесом проєктування гнучкої виробничої системи для реалізації процесу комплексного автоматизованого проєктування. Запропоновано алгоритм для експериментального дослідження проєктних процедур зі створення складних графічних даних мехатронних частин промислового робота та формування бази розрахункових даних і графічних елементів.

Ключові слова: гнучка виробнича система, система керування автоматизованим проєктуванням, елементи 2- і 3-вимірної графіки, узагальнене креслення.

Algorithmic support for the management of the computer-aided design of flexible manufacture system and its equipment / J. Mammadov, I. Aliyev, G. Huseynova, G. Orujova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 118–127.

Abstract. The authors propose a structure of the computer-aided design management system (CADMS) for the development of an integrated computer-aided design system for a flexible manufacture system (FMS), which provides high performance, flexibility, versatility, and accuracy of project procedures within a single system interface. The algorithmic support is developed for the management of the computer-aided design process of FMS for the implementation of the integrated computer-aided design process. An algorithm is proposed for the experimental analysis of design procedures of creating complex graphical data of mechatronic parts of an industrial robot and generating a database of calculated parameters and graphic elements.

Keywords: flexible manufacture system, computer-aided design management system, 2- and 3-dimensional graphical elements, generalized drawing.

УДК 517.988

Адаптивний двоетапний брегманівський метод для варіаційних нерівностей / В.В. Семенов, С.В. Денисов, А.В. Кравець // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 128–137.

Анотація. Розглянуто двоетапний брегманівський метод Попова з новим адаптивним правилом вибору величини кроку, що не потребує знання Ліпшицевих констант та обчислення значень оператора в додаткових точках. Для варіаційних нерівностей з псевдомонотонними та Ліпшицевими операторами, що діють у скінченновимірному лінійному нормованому просторі, доведено теорему збіжності методу.

Ключові слова: варіаційна нерівність, псевдомонотонність, дивергенція Брегмана, двоетапний метод, адаптивність, збіжність.

Adaptive two-step bregman method for variational inequalities / V.V. Semenov, S.V. Denisov, A.V. Kravets // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 128–137.

Abstract. The authors analyze the two-step Popov method with Bregman divergence and a new adaptive rule for choosing the step size, which does not require knowledge of Lipschitz constants and calculation of operator values at additional points. For variational inequalities with pseudo-monotone and Lipschitz continuous operators acting in a finite-dimensional normed linear space, a convergence theorem for the method is proved.

Keywords: variational inequality, pseudomonotonicity, Bregman divergence, two-step method, adaptivity, convergence.

УДК 30.101.541-336.7

Модель таргетування інфляції в макроекономіці / Т.І. Єфименко, Б.Б. Дунаєв, О.О. Любіч // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 138–148.

Анотація. Показано, що емпіричне таргетування зниженням інфляції до граничного рівня, що викликає грошову дефляцію і перехід у депресію, збільшує зростання реального ВВП, а підвищенням інфляції від граничного рівня зменшує зростання реального ВВП. Інфляцію визначено за теорією відтворення економіки країни математичною функцією кількості грошей в обігу, валютної готівки, процентної ставки, вартості використовуваного у виробництві капіталу, коефіцієнта матеріаломісткості виробництва та рівня безробіття. Розроблено модель регулювання економіки таргетуванням інфляції, яка дає змогу Центральному банку визначати цільові показники розглядуваного періоду за статистичними показниками попереднього періоду і за номограмою функції інфляції від її аргументів. Проведено моделювання зростання економіки України з цільовою інфляцією чотири відсотки протягом 2021–2023 років після спаду в 2020 році, викликаного пандемією COVID-19.

Ключові слова: макроекономіка, регулювання, ринок, рівновага, праця, капітал, гроші, процентна ставка, курс валюти, криза, інфляція, таргетування.

Inflation targeting model in macroeconomics / T.I. Iefymenko, B.B. Dunaev, A.A. Lyubich // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 138–148.

Abstract. Empirical targeting by lowering inflation to the marginal level that causes monetary deflation and transition to depression is shown to increase the growth of real GDP, while increasing inflation from the marginal level reduces the growth of real GDP. Inflation is expressed according to the theory of reproduction of the country's economy by the mathematical function of the amount of money in circulation, hard currency, interest rate, the cost of capital loaded in production, the coefficient of material consumption of production, and unemployment rate. A model for regulating the economy by targeting inflation is developed, which allows the Central Bank to determine the target indicators for the period under consideration based on the statistical indicators of the previous period and the nomogram of the inflation function of its arguments. The growth of the Ukrainian economy was simulated with a target inflation of four percent during 2021–2023 after the recession in 2020 caused by the coronavirus pandemic.

Keywords: macroeconomics, regulation, market, equilibrium, labor, capital, money, interest rate, currency, exchange rate, crisis, depression, inflation, targeting.

УДК 303.444

Модель технологічного форсайту на основі нечіткої логіки / А.В. Купчин, В.С. Комаров, І.В. Борохвостов, О.М. Купрінено, В.В. Сотник, М.О. Білокур, В.В. Олексіюк // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 149–161.

Анотація. Розроблено модель технологічного прогнозування, в якій межі критичності технологій не визначаються експертом, а розраховуються на основі запропонованих еквідистантних точок. Показано вплив застосування різних функцій належності на оцінку критичності. Проведено порівняння із сучасною методикою технологічного форсайту.

Ключові слова: критичні технології, нечітка логіка, визначення функції належності, технологічний форсайт.

Technology foresight model based on fuzzy logic / A. Kupchyn, V. Komarov, I. Borokhvostov, A. Kuprinenko, V. Sotnyk, M. Bilokur, V. Oleksiuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 149–161.

Abstract. The developed technology foresight model allows eliminating the human from decision-making. The criticality limits of technologies are not determined by an expert, but are calculated on the basis of the proposed equidistant points. The paper shows the influence of different membership functions on the criticality assessment. A comparison with the existing method of technology foresight is made.

Keywords: critical technologies, fuzzy logic, membership function determination, technology foresight.

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

SOFTWARE–HARDWARE SYSTEMS

УДК 519.6

Адаптивні комп'ютерні технології розв'язування задач обчислювальної та прикладної математики / О.М. Хіміч, Т.В. Чистякова, В.А. Сидорук, П.С. Єршов // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 162–171.

Анотація. Запропоновано технологію автоматизації процесу розв'язування задач з інноваційними можливостями на класі задач — системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Ефективність застосування комп'ютерних технологій розглянуто щодо можливості реалізації трьох основних парадигм математичного моделювання: комп'ютерної математики, високопродуктивних обчислень і інтелектуального інтерфейсу. Реалізація цих чинників у порівнянні з традиційними технологіями дає змогу істотно перерозподілити роботи щодо постановки і розв'язування задач між користувачем і комп'ютером, скоротити терміни розроблення застосунків для розв'язування науково-технічних задач та підвищити достовірність комп'ютерних розв'язків.

Ключові слова: математичне моделювання, паралельні комп'ютери, наближені дані, змінна розрядність, нейронні мережі, інтелектуальне програмне забезпечення.

Adaptive computer technologies for solving problems of computational and applied mathematics / O.M. Khimich, T.V. Chistyakova, V.A. Sidoruk, P.S. Yershov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 162–171.

Abstract. A technology is proposed for automatic solving of problems with innovative capabilities on the class of problems: systems of linear algebraic equations. The efficiency of application of computer technologies is considered from the point of view of implementing three basic paradigms of computer modeling: computer mathematics, HPC, and intellectual interface. Realization of these factors as compared with traditional technologies allows substantial redistribution of works in the process of mathematical modeling between the user and computer, shortening the terms of development of applications for solving scientific and technical problems, and improving the quality of computer solutions.

Keywords: mathematical modeling, parallel computers, approximate data, mixed bit, neural network technologies, intelligent software.

УДК 519.6

Система комп'ютерного моделювання нелінійних процесів, які описуються рівнянням Бюргерса–Кортевега-де Фріза / І.В. Гарячевська, Д.О. Протектор // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 172–182.

Анотація. Розглянуто систему комп'ютерного моделювання нелінійних процесів, які описуються рівнянням Бюргерса–Кортевега-де Фріза. Реалізовано чисельний розв'язок диференціального рівняння Бюргерса–Кортевега-де Фріза за безсітковою схемою з використанням радіальних базисних функцій. Як радіальні базисні функції в системі комп'ютерного моделювання використано Гаусову, мультиквадратичну, обернену квадратичну, обернену мультиквадратичну функції, а також функцію Ву з компактним носієм. Показано, що розв'язок нелінійного одновимірного нестационарного рівняння Бюргерса–Кортевега-де Фріза в системі комп'ютерного моделювання візуалізується у вигляді тривимірної поверхні. Продемонстровано ефективність чисельного розв'язку в системі комп'ютерного моделювання на прикладі тестової задачі, для якої отримано чисельні розв'язки, а також обчислено середню відносну, середню абсолютну та максимальну похибки.

Ключові слова: нелінійне одновимірне рівняння Бюргерса–Кортевега-де Фріза, система комп'ютерного моделювання, нестационарна крайова задача, безсітковий метод, радіальні базисні функції.

Computer simulation system for nonlinear processes described by the Korteweg-de Vries–Burgers equation / I.V. Hariachevska, D.O. Protektor // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 172–182.

Abstract. The article discusses the computer simulation system of nonlinear processes described by the Korteweg-de Vries–Burgers equation. The numerical solution of the Korteweg-de Vries–Burgers differential equation is implemented by the meshless approach using radial basis functions. The computer simulation system uses the following radial basis functions: Gaussian, multiquadric, inverse quadratic, inverse multiquadric, and Wu's compactly-supported radial function. The solution of the nonlinear one-dimensional non-stationary Korteweg-de Vries–Burgers equation in the computer simulation system is visualized as a three-dimensional surface. The efficiency of the numerical solution in the computer simulation system is demonstrated by a benchmark problem for which numerical solutions were obtained, and the average relative error, average absolute error, and maximum error were calculated.

Keywords: nonlinear one-dimensional Korteweg-de Vries–Burgers equation, computer simulation system, non-stationary boundary-value problem, meshless method, radial basis functions.

НОВІ ЗАСОБИ КІБЕРНЕТИКИ, ІНФОРМАТИКИ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

NEW TOOLS IN CYBERNETICS, COM- PUTER SCIENCE, AND SYSTEM ANALYSIS

УДК 681.391

Блочно-циклічна структуризація базису перетворення класу Фур'є на основі циклічної підстановки / І.О. Процько, М.В. Міщук // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 6. С. 183–192.

Анотація. Розглянуто використання підстановки як примітивного елементу для формування циклічної базисної матриці перетворення класу Фур'є. Застосовано циклічну підстановку для блочно-циклічної структуризації гармонічного базису, що надає змогу синтезувати алгоритми швидких дискретних перетворень класу Фур'є довільних обсягів на основі циклічних згорток. Показано, що внаслідок зміни порядку циклів та їхніх перших елементів у циклічних підстановках зменшується кількість обчислень циклічних згорток у швидких алгоритмах дискретних перетворень класу Фур'є.

Ключові слова: циклічна підстановка, дискретне косинусне перетворення, синтез алгоритму, блочно-циклічна структура базису, циклічні згортки.

Block-cyclic structuring of the basis of Fourier class transforms based on cyclic substitution / I. Prots'ko, M. Mishchuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 6. P. 172–182.

Abstract. A cyclic substitution is used for block-cyclic structuring of the harmonic basis, which allows synthesizing the algorithms for fast discrete transforms of Fourier class of arbitrary size based on cyclic convolutions. The peculiarities of the form of recording of cyclic substitution for formation of block-cyclic structure of the basis are investigated. A special form of cyclic substitution notation is shown to reduce the amount of computation of cyclic convolutions in fast algorithms of discrete Fourier transforms.

Keywords: cyclic substitution, discrete cosine transform, synthesis of algorithm, block-cyclic structure, cyclic convolutions.