

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 519.17

Метод модифікованого пошуку у графі вглиб для побудови всіх можливих кодів Грея заданої довжини / С.М. Ніколасв, О.М. Романов, А.М. Нишук // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 3–9.

Анотація. Розглянуто задачу пошуку можливих варіантів коду Грея для інтерпретації частотно-часових матриць, які застосовуються під час проєктування каналів передавання інформації. Побудовано неорієнтований однорідний неповний циркулянтний граф 4-го степеня. Запропоновано метод і алгоритм реалізації модифікованого пошуку у графі, за допомогою якого можна побудувати всі коди Грея заданої довжини. Наведено формулу для обчислення кількості варіантів цих кодів.

Ключові слова: бітовий потік, частотно-часова матриця, код Грея, неорієнтований граф.

Method of modified depth graph search for constructing all possible Gray codes of a specified length / S. Nikolaev, O. Romanov, A. Nyschuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 3–9.

Abstract. The problem of finding possible variants of the Gray code for the interpretation of time-frequency matrices, which are used in the design of information transmission channels, is considered. An undirected homogeneous incomplete circulant 4-degree graph is constructed. A method and algorithm for implementing a modified search in the graph are proposed, which can be used to construct all the Gray codes of a given length. A formula for calculating the number of variants of these codes is given.

Keywords: bitstream, time-frequency matrix, Gray code, undirected graph.

УДК 681.322.012

Рекурсивні клітинні методи множення матриць / Л.Д. Єлфімова // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 10–20.

Анотація. Запропоновано два рекурсивні клітинні методи множення матриць парного та непарного порядку, а саме: $n = 2^q r$ та $n = 3^q r$ ($q > 1$, r — порядок клітини, $n / r = m$), які побудовано на основі відомих швидких клітинних методів множення матриць порядку $n = 2\mu r$ ($\mu > 1$) та $n = 3\mu r$ ($\mu > 1$), що застосовуються як базові, коли $\mu = 2^q$ ($q > 0$) та $\mu = 3^q$ ($q > 0$). Надані методи множення клітинних $(m \times m)$ -матриць оперують чисельними $(r \times r)$ -клітинами, варіюють їхній порядок та характеризуються найменшою на відміну від відомих клітинних методів мультиплікативною складністю, яка дорівнює відповідно $O(1, 14m^{2.807})$ та $O(1, 17m^{2.854})$ клітинним операціям множення. Нові методи дають змогу отримати клітинні аналоги відомих алгоритмів множення матриць із максимально мінімізованою мультиплікативною складністю, оцінку якої подано на прикладі традиційного алгоритму множення матриць.

Ключові слова: лінійна алгебра, сім'я клітинних методів множення матриць, клітинні аналоги алгоритмів множення матриць.

Recursive cellular methods of matrix multiplication / L.D. Jelfimova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 10–20.

Abstract. Two recursive cellular methods for multiplying matrices of even and odd order, namely: $n = 2^q r$ and $n = 3^q r$ ($q > 1$, r is the order of the cellules, $n / r = m$) are proposed. These methods are based on the well-known fast cellular methods for multiplying matrices of order $n = 2\mu r$ ($\mu > 1$) and $n = 3\mu r$ ($\mu > 1$). New methods for multiplying cellular $(m \times m)$ -matrices operate by numerical $(r \times r)$ -cellules, variate their order, and are characterized by the lowest (compared to the well-known cellular methods) multiplicative complexity, which equal, respectively, to $O(1, 14m^{2.807})$ and $O(1, 17m^{2.854})$ cellular operations of multiplication. These methods allow obtaining cellular analogs of the well-known matrix multiplication algorithms with maximally minimized multiplicative complexity, whose estimation is illustrated by the example of the traditional matrix multiplication algorithm.

Keywords: linear algebra, family of cellular matrix multiplication methods, cellular analogs of matrix multiplication algorithms.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519. 21

Оптимізація та ідентифікація стохастичних систем / П.С. Кнопов // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 21–32.

Анотація. У роботі наведено огляд деяких широко відомих наукових результатів з теорії стохастичної оптимізації та теорії ризику, одержаних академіком НАН України Ю.М. Єрмольєвим, його колегами та учнями. Розглянуто приклади з теорії параметричного та непараметричного оцінювання.

Ключові слова: стохастична оптимізація, оцінювання, розподіл, ризик-лінійного програмування, AMPL, Gurobi, CPLEX, оптимальне розбиття множини, р-медіана графу, метод k-середніх, матеріально-технічне забезпечення.

Optimization and identification of stochastic systems / P.S. Knopov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 21–32.

Abstract. The author overviews some well-known scientific results from the theory of stochastic optimization and theory of risk, obtained by the academicians of the National Academy of Sciences of Ukraine Y. M. Ermoliev, his colleagues, and students. Examples from the theory of parametric and non-parametric estimation are considered.

Keywords: stochastic optimization, evaluation, distribution, risk.

УДК 330.115

Зв'язки між стійкою статистичною оцінкою, надійним прийняттям рішень із двоетапною стохастичною оптимізацією та надійними проблемами машинного навчання / Т. Єрмольєва, Ю. Єрмольєв, П. Гавлик, А. Лесса-Дерсі-Аугустинчик, Н. Комендантова, Т. Кахил, Дж. Балковіч, Р. Скальські, К. Фолберт, П.С. Кнопов, Г. Вонг (Г. Ванг) // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 33–47.

Анотація. Розглянуто зв'язки між задачами двоетапного стохастичного програмування, проблемами визначення робастних рішень, робастними методами у статистиці та машинному навчанні. В умовах невизначеності, можливого настання екстремальних подій та ситуацій, ці задачі потребують розгляду та оптимізації систем з квантильними критеріями, обмеженнями та індикаторами якості результатів (функціями збитків). Задачі двоетапного стохастичного програмування можна ефективно розв'язати ітеративними методами стохастичних квазіградієнтів (SQG). Методи SQG дають змогу розв'язувати негладкі, можливо розривні та неопуклі задачі машинного навчання, наприклад, задачі квантильної регресії та навчання нейронної мережі. Такі поняття, як допустимі розв'язки, оптимальність та робастність у загальних задачах прийняття рішень визначаються конкретною ситуацією прийняття рішень. Задачі робастного статистичного оцінювання та машинного навчання можна інтегрувати у задачі планування дисциплінарних та міждисциплінарних систем, як-от: систем землекористування, сільськогосподарських, енергетичних, тих, що слугують для підтримки прийняття робастних рішень в умовах невизначеностей, зростаючих системних залежностей та невідомих ризиків.

Ключові слова: двоетапна задача стохастичної оптимізації, робастне прийняття рішень та статистичне оцінювання, робастна квантильна регресія, машинне навчання, загальні проблеми прийняття робастних рішень, системні ризики, невизначеності.

Connections between robust statistical estimation, robust decision-making with two-stage stochastic optimization, and robust machine learning problems / T. Ermolieva, Y. Ermoliev, P. Havlik, A. Lessa-Derci-Augustynczyk, N. Komendantova, T. Kahil, J. Balkovic, R. Skalsky, C. Folberth, P.S. Knopov, G. Wang // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 33–47.

Abstract. The paper discusses connections between the problems of two-stage stochastic programming, robust decision-making, robust statistical estimation, and machine learning. In the conditions of uncertainty, possible extreme events and outliers, these problems require quantile-based criteria, constraints, and “goodness-of-fit” indicators. The two-stage STO problems with quantile-based criteria can be effectively solved with the iterative stochastic quasigradient (SQG) solution algorithms. The SQG methods provide a new type of machine learning algorithms that can be effectively used for general-type nonsmooth, possibly discontinuous, and nonconvex problems, including quantile regression and neural network training. In general problems of decision-making, feasible solutions and concepts of optimality and robustness are characterized from the context of decision-making situations. Robust ML approaches can be integrated with disciplinary or interdisciplinary decision-making models, e.g., land use, agricultural, energy, etc., for robust decision-making in the conditions of uncertainty, increasing systemic interdependencies, and “unknown risks.”

Keywords: two-stage STO, robust decision-making and statistical estimation, robust quantile regression, machine learning, general problems of robust decision-making, systemic risks, uncertainties.

УДК 504.06

Огляд методів моделювання кліматичних змін / В.А. Пепеляєв, О.М. Голодніков, Н.О. Голоднікова // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 48–58.

Анотація. Наведено огляд основних підходів до вивчення кліматичних змін. Головним методом дослідження є математичне моделювання. Кліматичні моделі ґрунтуються на фізичних законах і враховують сценарії емісій парникових газів. Їх використовують для дослідження процесів, які відбуваються у кліматичній системі, та прогнозування можливого кліматичного майбутнього. Особливу увагу приділено взаємозв'язку між глобальними кліматичними моделями (GCM), регіональними кліматичними моделями (RCM) і методами зменшення масштабу. Розглянуто підхід до аналізу та відтворення кліматичних змін, який полягає у порівнянні результатів багаторазового моделювання між собою та з даними спостережень.

Ключові слова: зміна клімату, глобальна кліматична модель, регіональна кліматична модель, статистичний даунскейлінг, сценарії викидів парникових газів.

Review of climate change modeling methods / V.A. Pepelyaev, A.N. Golodnikov, N.A. Golodnikova // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 48–58.

Abstract. This authors overview the main approaches to the analysis of climate change. Climate models are based on physical laws and take into account scenarios of greenhouse gas emissions. They are used to analyze the processes in the climate system and predict possible climate future. The authors focus on the relationship between global climate models (GCMs), regional climate models (RCMs), and downscaling methods. An approach to the analysis and reproduction of climatic changes is also considered, which compared the results of multiple simulations with each other and with observational data.

Keywords: climate change, climate models, statistical downscaling, scenarios of greenhouse gas emissions.

УДК 519.8

Недоміновані альтернативи для нечіткої множини експертів / С.О. Мащенко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 59–70.

Анотація. Досліджено множину недомінованих альтернатив в задачі групового прийняття рішень нечіткою множиною експертів. Показано, що вона є нечіткою множиною типу-2 (T2FS). Побудовано функцію належності типу-2 цієї множини. Для дослідження T2FS недомінованих альтернатив використано декомпозиційний підхід. Показано, що T2FS недомінованих альтернатив може бути розкладеною за вторинними ступенями належності на скінченний набір нечітких множин типу-1. Кожна з них є множиною недомінованих альтернатив для чіткої множини експертів, яка є відповідним α -перерізом вихідної нечіткої множини. Наведено приклади.

Ключові слова: прийняття рішень, нечітке відношення переваги, нечітка множина типу-2.

Non-dominated alternatives of fuzzy set of experts / S.O. Mashchenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 59–70.

Abstract. The author analyzes a set of non-dominated alternatives in the problem of group decision-making by a fuzzy set of experts and shows that it is a type-2 fuzzy set (T2FS). The corresponding type-2 membership function is generated. The decomposition approach is used to analyze the T2FS of non-dominated alternatives. It is shown that the T2FS of non-dominated alternatives can be decomposed according to secondary membership grades into a finite collection of type-1 fuzzy sets, each being the set of non-dominated alternatives for a crisp set of experts, which is the corresponding α -cut of the original fuzzy set. Illustrative examples are given.

Keywords: decision making; fuzzy preference relation; type-2 fuzzy set.

УДК 517.988

Імпульсна траєкторно-фінальна керованість параболічно-гіперболічних систем / В.В. Семенов, С.В. Денисов // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 71–82.

Анотація. Досліджено питання існування та єдиності узагальнених розв'язків граничних задач для рівнянь параболічно-гіперболічного типу з узагальненими функціями скінченного порядку у правих частинах. Мотивацією є аналіз задач траєкторної та фінальної керованості систем, що визначаються цими граничними задачами і зазнають зосереджених впливів типу імпульсних або точкових. Розглянуті системи можна вважати «іграшковими моделями» взаємодії твердого тіла та рідини. Отримано апіорні оцінки в негативних нормах. Доведено теореми існування та єдиності узагальнених розв'язків та теореми траєкторно-фінальної керованості систем з сингулярними впливами.

Ключові слова: керованість, рівняння параболічно-гіперболічного типу, апіорні оцінки, негативні норми, узагальнений розв'язок, імпульсне керування.

Impulse trajectory and final controllability of parabolic-hyperbolic systems / V.V. Semenov, S.V. Denisov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 71–82.

Abstract. The authors investigate the existence and uniqueness of generalized solutions of boundary-value problems for equations of the parabolic-hyperbolic type with generalized functions of finite order on the right-hand sides. The motivation is the analysis of the problems of trajectory and final controllability of systems described by these boundary-value problems and subjected to concentrated influences of the impulse or point type. The systems can be considered “toy models” of the interaction of a solid body and a liquid. A priori inequalities in negative norms are obtained. The theorems of existence and uniqueness of generalized solutions and theorems of trajectory and final controllability of systems with singular influences are proved.

Keywords: controllability, equations of parabolic-hyperbolic type, a priori inequalities, negative norms, generalized solution, impulse control.

УДК 519.83:517.7

Розв'язання задачі м'якого зближення керованих коливних систем з використанням принципу розтягування часу / Г.Ц. Чикрій, В.М. Кузьменко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 83–94.

Анотація. Розглянуто ігрову задачу про м'яку зустріч керованих коливних систем, тобто про їхнє одночасне зближення за геометричними координатами і швидкостями. Зазначено, що безпосереднє застосування першого прямого методу Л.С. Понтрягіна до розв'язання цієї задачі є неможливим, оскільки для неї не виконується умова, на якій базується цей метод. Вона полягає у миттєвій перевазі в ресурсах керування переслідувача (того, хто бажає такої зустрічі) над втікачем (тим, хто її уникає). У запропонованому методі застосовано принцип розтягування часу, який дає можливість послабити згадану умову та завершити гру за подовжений час. Описано метод розв'язання задачі, що використовує певну функцію розтягування часу, а також алгоритм, варіанти побудови керування переслідувача та приклад комп'ютерної реалізації процесу зближення на площині.

Ключові слова: диференціальна гра, м'яке зближення, функція розтягування часу, модифікована умова Понтрягіна, селектор багатозначного відображення.

Solving the problem of soft meeting for controlled oscillatory systems based on the principle of time stretching / G.Ts. Chikrii, V.M. Kuzmenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 83–94.

Abstract. The game problem of a soft meeting of controlled oscillating systems, i.e., their simultaneous coincidence of geometric coordinates and velocities, is considered. Applying Pontryagin's first direct method [1] to solve this problem is impossible since the condition underlying this method is not satisfied. This condition is an instantaneous advantage of the pursuer (the one who strives to achieve this meeting) over the evader (the one who tries to avoid it). In the method, we apply the principle of time stretching, which weakens this condition and makes it possible to terminate the game in a finite time. The paper outlines the problem solution method that employs a certain time-stretching function. Also, an algorithm, variants of constructing the pursuer control, and an example of computer implementation of the convergence process on the plane are provided.

Keywords: differential game, soft meeting, time stretching function, modified Pontryagin's condition, selection of set-valued mapping.

УДК 004.891.3

Оцінювання корисності бінарного класифікатора на основі удосконаленого методу ROC-аналізу / О.А. Жуковська, Л.С. Файнзільберг // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 95–105.

Анотація. Сформульовано означення корисності бінарного класифікатора в сенсі зменшення апіорного ризику помилкової класифікації. Запропоновано достатні умови, що гарантують корисність діагностичного тесту згідно з цим означенням. Отримані умови надали змогу вдосконалити традиційний ROC-аналіз завдяки обмеженню відповідного фрагмента ROC-кривої. Показано, що пряма, яка обмежує фрагмент ROC-кривої гарантовано корисного тесту, збігається з відомою ізолінією ефективності, що відповідає рівню апіорного ризику. Визначено допустимі межі співвідношення втрат від помилки пропуску цілі та хибної тривоги, за яких тест із відповідними операційними характеристиками залишається корисним для скринінгу захворювання з відомим преваленсом. На основі отриманих результатів обґрунтовано ефективність нового методу аналізу та інтерпретації електрокардіограм, який ґрунтується на визначенні оригінальної діагностичної ознаки у фазовому просторі та надає змогу виявляти осіб з високим ризиком ішемічної хвороби серця на ранніх стадіях захворювання.

Ключові слова: бінарний класифікатор, ROC-крива, діагностична ознака, аналіз та інтерпретація ЕКГ.

Evaluation of the usefulness of binary classifier based on enhanced ROC-analysis / O.A. Zhukovska, L.S. Fainzilberg // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 95–105.

Abstract. The definition of the usefulness of the binary classifier from the point of view of reducing the a priori risk of false classification is formulated. Sufficient conditions are proposed to guarantee the utility of a diagnostic test according to this definition. The obtained conditions improved the traditional ROC analysis by limiting the corresponding region of the ROC curve. The line limiting the region of the guaranteed useful test is shown to coincide with the known iso-performance line corresponding to the a priori risk level. Permissible limits of the ratio of losses from target misses and false alarms were determined, according to which a test with appropriate operational characteristics remains useful for screening a disease with a known prevalence. Based on the obtained results, the authors substantiated the effectiveness of the new method of the analysis and interpretation of electrocardiograms, which is based on determining the original diagnostic feature in the phase space and enables detecting persons with a high risk of coronary heart disease in the early stages of the disease.

Keywords: binary classifier, ROC curve, diagnostic feature, analysis and interpretation of ECG.

Анотація. Розглянуто оптимізаційну задачу, у якій досліджується інтегральне представлення відхилення лінійних додатних операторів на класах (ψ, β) -диференційовних функцій в інтегральній метриці. Як додатний лінійний оператор взято інтеграл Пуассона, який є розв'язком рівняння Лапласа в полярних координатах з відповідними початковими умовами, заданими на межі одиничного круга. Інтеграл Пуассона відносять до операторів з дельта-подібним ядром, а отже, є найкращим апаратом для розв'язування багатьох задач прикладної математики, а саме: методів оптимізації та варіаційного числення, математичної теорії керування, теорії динамічних систем та ігрових задач динаміки, прикладного нелінійного аналізу та пошуку рухомих об'єктів. Класи (ψ, β) -диференційовних функцій, на яких досліджено асимптотичні властивості розв'язків рівнянь Лапласа в одиничному крузі, є узагальненнями добре відомих в оптимізаційних задачах класів Соболева, Вейля–Надя тощо. Розв'язана задача дасть змогу будувати якісні математичні моделі багатьох природничих та соціальних процесів.

Ключові слова: рівняння Лапласа, (ψ, β) -похідна, оптимізаційні задачі, задача Колмогорова–Нікольського.

Some asymptotic properties of the solutions of laplace equations in the unit disc / T.V. Zhyhallo, Yu.I. Kharkevych // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 106–114.

Abstract. The authors consider the optimization problem related to the integral representation of the deviation of positive linear operators on the classes of (ψ, β) -differentiable functions in the integral metric. The Poisson integral is taken as a positive linear operator, being the solution of the Laplace equation in polar coordinates with the corresponding initial conditions given on the boundary of the unit disc. The Poisson integral refers to operators with a delta-like kernel; therefore, it is the best apparatus for solving many problems of applied mathematics, namely: optimization methods and calculus of variations, mathematical control theory, theory of dynamical systems and game problems of dynamics, applied nonlinear analysis and moving objects search. The classes of (ψ, β) -differentiable functions are generalizations of the well-known Sobolev, Weyl–Nagy, etc. classes in optimization problems, on which the asymptotic properties of solutions of Laplace equations in the unit disc are analyzed. The problem solved in the paper will make it possible to generate high-quality mathematical models of many natural and social processes.

Keywords: Laplace equation, (ψ, β) -derivative, optimization problems, Kolmogorov–Nikol'skii problem.

Анотація. Показано, що на розв'язки, отримувані багатокритерійними методами (ранжування альтернатив та формування їхнього ядра), можуть впливати похибки значень коефіцієнтів важливості показників, якими характеризується досліджувана система. Зазначено, що оцінювання стійкості цих розв'язків є важливою складовою висновків про можливість практичного використання рекомендацій, розроблених на їхній основі. Запропоновано підхід до оцінювання стійкості, наведено декілька прикладів здійснення розрахунків з його використанням. Цей підхід дасть змогу підвищити обґрунтованість результатів розв'язання багатокритерійних задач за рахунок отримання достатньо об'єктивних підстав для висновків щодо їхньої стійкості.

Ключові слова: багатокритерійний метод, коефіцієнт важливості, похибка значення коефіцієнта важливості, ранжування альтернатив, стійкість розв'язку, ядро альтернативи.

The approach to assessing the stability of solutions obtained by multi-criteria methods to the errors of the values of the importance coefficients of the indicators / I.S. Romanchenko, M.M. Potomkin, O.P. Kravets, A.A. Sedliar // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 115–126.

Abstract. The authors show that the solutions obtained by multi-criteria methods (ranking of alternatives and formation of their core) can be affected by errors of the values of the importance ratio of the indicators that characterize the system under study. The stability analysis of such solutions is shown to be an important component of the conclusions about the possibility of practical use of the recommendations developed on their basis. The stability analysis approach is proposed and used in several examples of calculations. This approach will increase the substantiation of the results of the solution of multi-criteria problems due to obtaining a sufficiently objective basis for the conclusion on their stability.

Keywords: multi-criteria method, importance ratio, error of importance ratio value, ranking of alternatives, solution stability, alternatives core.

УДК 512.552.22:517.952

Розв'язання системи рівнянь першого порядку у частинних похідних методами декомпозиції / Ю.М. Базилевич, І.А. Костюшко, О.Д. Станіна // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 127–132.

Анотація. Описано спрощення системи рівнянь шляхом декомпозиції на незалежні підсистеми або ієрархічної (послідовної) декомпозиції. Розроблено алгебраїчні методи, які дають змогу звести матриці коефіцієнтів до блочно-діагонального або блочно-трикутного вигляду. Це дає можливість значно спростити задачу та у багатьох випадках отримати аналітичний розв'язок.

Ключові слова: матриці, перетворення подібності, диференціальні рівняння у частинних похідних, декомпозиція.

Solving a system of first-order partial differential equations using decomposition methods / Y.N. Bazylevych, I.A. Kostushko, O.D. Stanina // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 127–132.

Abstract. The system of equations is simplified by decomposition into several independent subsystems or by hierarchical (sequential) decomposition. The algebraic methods are developed, which reduce the matrix of coefficients to a block-diagonal or block-triangular form. This significantly simplifies the problem and often makes it possible to obtain an analytical solution.

Keywords: matrices, similarity transformations, partial differential equation, decomposition.

УДК 519-7/339.9

Керування ринком переміщення капіталу та оптимізація управління світовими економічною і банківською системами в умовах глобалізації. Регулювання регуляторів / В.В. Хиленко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 133–140.

Анотація. Розглянуто особливості регулювання динаміки світової фінансово-економічної системи (ФЕС) в умовах глобалізації. Запропоновано використання матриці перехресного переміщення капіталу як моделі аналізу руху інвестицій і управління світовою ФЕС. Обґрунтовано необхідність скоординованих дій регуляторів світових економік і розроблено модель дій регуляторів для збереження сталої динаміки світової ФЕС. Розглянуто вплив ринку переміщення капіталу на параметри хвиль Кондратьєва–Шумпетера. Запропоновано математичну модель визначення ефективності впливів «гелікоптерних грошей». Для оцінки стану економіки в умовах глобалізації запропоновано використовувати комбінацію індикатора Баффета, індикатора вихлопування, коефіцієнта спінування та індикатора швидкості зміни частки позикових інвестицій.

Ключові слова: оптимізація управління світовою ФЕС в умовах глобалізації, матриця перехресного переміщення капіталу, ринок переміщення капіталу, економічні цикли, математичне моделювання, оптимізація керувальних впливів регуляторів, індикатор Баффета, індикатор вихлопування, індикатор швидкості зміни частки позикових інвестицій.

Management of the capital transfer market and optimization of management of the world economic and banking systems in the conditions of globalization. Regulation of regulators / V.V. Khilenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 133–140.

Abstract. The peculiarities of regulating the dynamics of the world financial and economic system (FES) in the conditions of globalization are considered. It is proposed to use the matrix of the cross movement of capital as a model for the analysis of the movement of investments and management of the global FES. The need for coordinated actions of regulators of world economies is substantiated, and a model of actions of regulators to preserve the sustainable dynamics of the global FES is developed. The impact of the capital transfer market on the parameters of Kondratiev–Schumpeter waves is considered. A mathematical model for determining the effectiveness of “helicopter money” injections is proposed. To assess the state of the economy in the conditions of globalization, it is proposed to use a combination of the Buffett indicator, the splashing out indicator, foaming coefficient, and the indicator of the rate of change in the share of loan investments.

Keywords: optimization of the management of the world FES in the conditions of globalization, matrix of cross capital movement, capital movement market, economic cycles, mathematical modeling, optimization of the controlling influence of regulators, Buffett indicator, the splashing out indicator, foaming coefficient, indicator of the rate of change of the share of loan investments.

УДК 519.6

Розв'язування задач на власні значення в змінному комп'ютерному середовищі суперкомп'ютерів / О.М. Хіміч, О.В. Попов, О.В. Чистяков, В.О. Кохановський // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 141–156.

Анотація. Запропоновано математичне забезпечення для дослідження та розв'язування на комп'ютері MIMD архітектури з графічними процесорами алгебраїчної проблеми власних значень. До складу математичного забезпечення входять паралельні алгоритми та програми з функціями автоматичного адаптивного налаштування змінного комп'ютерного середовища (багаторівневий паралелізм, змінна топологія міжпроцесорних зв'язків, змішана розрядність, кешизація тощо) на виявлені в комп'ютері математичні властивості задачі та його архітектурні особливості для забезпечення достовірності результатів розв'язування і ефективного використання обчислювальних ресурсів.

Ключові слова: алгебраїчна проблема власних значень (АПВЗ), змінне комп'ютерне середовище, адаптивні алгоритми, метод спряжених градієнтів, метод ітерацій на підпросторі, багатоядерний комп'ютер MIMD-архітектури з графічними процесорами.

Adaptive algorithms for solving eigenvalue problems in a variable computer environment of supercomputers / O.M. Khimich, O.V. Popov, O.V. Chistyakov, V.O. Kokhanovskiy // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 141–156.

Abstract. The authors propose software for the analysis and solution of the algebraic eigenvalue problem using a MIMD computer with GPUs, which includes parallel algorithms and programs with the functions of adaptive configuration of the variable computer environment (multilevel parallelism, variable topology of interprocessor communications, mixed word length, caching, etc.) on the mathematical properties of the problem identified in the computer and the architectural features of the computer to ensure the reliability of the solution results with the efficient use of computing resources.

Keywords: algebraic eigenvalue problem (APEV), changeable computing environment, adaptive algorithms, gradient conjugation method, subspace iteration method, multi-core computers of MIMD-architecture with graphic processors.

УДК 004.93.1

Система підтримки прийняття рішень для діагностування онкопатологій молочної залози за гістологічними зображеннями / А.С. Довбиш, І.В. Шелехов, А.М. Романюк, Р.А. Москаленко, Т.Р. Савченко // Кібернетика та системний аналіз. 2023. Том 59, № 3. С. 157–167.

Анотація. Запропоновано метод інформаційно-екстремального машинного навчання системи підтримки прийняття рішень для діагностування онкопатологій молочної залози за гістологічними зображеннями. Цей метод на відміну від відомих методів, включаючи нейроподібні структури, розроблено у межах функціонального підходу до моделювання когнітивних процесів формування і прийняття рішень природним інтелектом. Водночас побудовані у межах геометричного підходу вирішальні правила є практично інваріантними до багатовимірності простору діагностичних ознак. Розроблений метод дає змогу створити інформаційне, алгоритмічне та програмне забезпечення автоматизованого робочого місця лікаря-гістолога для діагностування онкопатологій різного генезу.

Ключові слова: інформаційно-екстремальне машинне навчання, інформаційний критерій оптимізації, система підтримки прийняття рішень, гістологічне зображення, рак молочної залози.

A decision support system for diagnosis of breast oncopathologies by histological images / A.S. Dovbysh, I.V. Shelekhov, A.M. Romaniuk, R.A. Moskalenko, T.R. Savchenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 157–167.

Abstract. The authors propose the method of information-extreme machine learning of the decision support system for diagnosing breast oncopathologies by histological images. In contrast to the available methods, including neuro-like structures, this method was developed as part of a functional approach to modeling cognitive processes of generating and making decisions by natural intelligence. At the same time, the decision rules constructed within the framework of the geometric approach are practically invariant to the multidimensionality of the diagnostic feature space. The developed method allows the creation of information and algorithmic support and software of the automated workplace of a histologist for diagnosing oncopathologies of different genesis.

Keywords: information-extreme machine learning, information criterion of optimization, decision support system, histological image, breast cancer.

Анотація. Розроблено методи й алгоритми, що дали змогу значно розширити функціональні можливості та сферу практичного застосування створюваної нової інформаційної software-технології. Всі вони реалізовані у 32 програмних модулях та призначені для максимально оперативної побудови найрізноманітніших ізоморфних аналогів об'єктів, які є різновидом довільної структури неорієнтованих графів і є видом змішаного лісу, а також для одномоментного вилучення з них сукупностей селективно вибраних вершин і гілок. Для ефективної роботи на об'єктах, що включають до 65536 вершин, які можна розмістити на 6400 віртуальних X-рівнях екрана монітора, технологія потребує лише 4 байти інформації щодо кожної вершини з урахуванням її власного номера, який є натуральним числом з інтервалу $[0; 65535]$. Розроблено та реалізовано метод, що дає змогу адаптувати технологію до роботи з об'єктами, які мають до $4 \cdot 10^{19}$ вершин і які він здатний розпізнавати.

Ключові слова: граф-дерево, неорієнтоване дерево, саджанець, змішаний ліс, комплекс програмних засобів (КПЗ).

Undirected mixed-forest graphs. Construction of isomorphic analogs and selective structure packing / A.I. Ivaneshkin // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2023. Vol. 59, N 3. P. 168–178.

Abstract. Methods and algorithms have been developed that have made it possible to significantly expand the functionality and scope of the new universal information software technology being created. All of them are implemented in 32 software modules and are designed for the most efficient construction of isomorphic analogs of the undirected mixed-forest graphs of arbitrary structure and simultaneous removal of selectively chosen sets of nodes and branches from them. To work effectively on objects containing up to 65,536 nodes, which can be placed on 6400 virtual X-levels of the monitor screen, the technology requires only 4 bytes of information for each node, taking into account its number, which is a natural number from the interval $[0; 65535]$. A method has been developed and implemented that allows adapting the technology to work with objects with up to $4 \cdot 10^{19}$ nodes that it can recognize.

Keywords: graph tree, undirected tree, sapling, mixed forest, set of software tools.