

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК512.61:519.61

Итерационные методы для вычисления взвешенных псевдообратных матриц со смешанными весами / Н.А. Варениук, Е.Ф. Галба, И.В. Сергиенко, Н.И. Тукалевская // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 3–20.

Аннотация. Получены и исследованы разложения взвешенных псевдообратных матриц со смешанными весами (одна весовая матрица положительно-определенная, а другая — невырожденная знако-неопределенная) в матричные степенные ряды с положительными показателями степеней. На основании таких разложений построены и изучены итерационные методы для вычисления взвешенных псевдообратных матриц со смешанными весами. Рассмотрены различные варианты взвешенных псевдообратных матриц со смешанными невырожденными весами и построены их разложения в матричные степенные ряды.

Ключевые слова: взвешенные псевдообратные матрицы с индефинитными и смешанными весами, матричные степенные ряды, итерационные методы.

Ітераційні методи для обчислення зважених псевдообернених матриць зі змішаними вагами / Н.А. Варениук, Є.Ф. Галба, І.В. Сергієнко, Н.І. Тукалевська // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 3–20.

Анотація. Отримано і досліджено розвинення зважених псевдообернених матриць зі змішаними вагами (одна вагова матриця додатно-означена, а інша — невідроджена знаковизначена) в матричні степеневі ряди з додатними показниками степенів. На основі таких розвинень побудовано і вивчено ітераційні методи для обчислення зважених псевдообернених матриць зі змішаними вагами. Розглянуто різні варіанти зважених псевдообернених матриць зі змішаними невідродженими вагами і побудовано їхні розвинення в матричні степеневі ряди.

Ключові слова: зважені псевдообернені матриці з індефінітними і змішаними вагами, матричні степеневі ряди, ітераційні методи.

Iterative methods for calculation of weighted pseudoinverse matrices with mixed weights / N.A. Varenjuk, E.F. Galba, I.V. Sergienko, N.I. Tukalevska // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 3–20.

Abstract. The decompositions of weighted pseudoinverse matrices with mixed weights (one of weighted matrix is positive definite and other is nonsingular indefinite) into matrix power series with positive exponents are obtained and investigated. Iterative methods for calculation of weighted pseudoinverse matrices with mixed weights are generated and investigated on the basis of the obtained expansions of weighted pseudoinverse matrices. Different variants of weighted pseudoinverse matrices with mixed nonsingular weights are analyzed and developed into matrix power series.

Keywords: weighted pseudoinverse matrices with indefinite and mixed weights, matrix power series, iterative methods.

УДК 517.9, 519.6

Аналог метода Галеркина в задачах переноса лекарств в биологических тканях / Д.А. Ключин, С.И. Ляшко, Н.И. Ляшко, Е.С. Бондар, А.А. Тимошенко // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 21–29.

Аннотация. Предложен аналог метода Галеркина для начально-краевой задачи, описывающей перенос лекарств в стенке артерии при использовании стента, покрытого лекарствами. Построен метод численного решения поставленной начально-краевой задачи и доказаны теоремы о его сходимости к решению.

Ключевые слова: метод Галеркина, конвективная диффузия, перенос лекарств, стент.

Аналог методу Гальоркіна в задачах переносу ліків у біологічних тканинах / Д.А. Ключин, С.І. Ляшко, Н.І. Ляшко, О.С. Бондар, А.А. Тимошенко // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 21–29.

Анотація. Запропоновано аналог методу Гальоркіна для початково-крайової задачі, яка описує перенесення ліків у стінці артерії у випадку використання стента, покритого ліками. Побудовано метод чисельного розв'язку поставленої початково-крайової задачі та доведено теореми про його збіжність до розв'язку.

Ключові слова: метод Гальоркіна, конвективна дифузія, перенесення ліків, стент.

An analog of the Galerkin method in problems of drug transfer in biological tissues / D.A. Klyushin, S.I. Lyashko, N.I. Lyashko, O.S. Bondar, A.A. Tymoshenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 21–29.

Abstract. The paper proposes an analog of the Galerkin method for the initial-boundary problem that describes the transfer of drugs in the artery wall using a drug-coated stent. The method of numerical solution of the initial-boundary-value problem is constructed and the theorems on its convergence to the solution are proved.

Keywords: Galerkin method, convection-diffusion, drug delivery, stent.

УДК 004.827+519.87

Формализация процессов влияния нечеткого описания течения времени на решения задач распределения временного ресурса / Е.В. Ивохин // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 30–41.

Аннотация. Рассмотрен подход к построению нечетких структурированных числовых множеств, в основу которого положен принцип формирования нечеткого оригинала с последующей репликацией его на числовой оси. Формализация нечеткого оригинала состоит в определении нечеткого треугольного числа с соответствующим носителем. Рассмотрен вариант формирования нечетких числовых множеств, которые формализуют «быстрое» и «медленное» течение времени. Предложенная методика позволяет формализовать задачу нечеткого описания и учета динамики отсчета времени при решении различных оптимизационных задач. Рассмотрены примеры применения нечеткого течения времени для различных постановок задач, возникающих при определении последовательности выполнения совокупности заданий в пределах заданного временного промежутка с учетом или без учета дополнительных ограничений на процесс выполнения. Предложен подход для коррекции начальных планов временного распределения, учитывающий разные темпы отсчета времени. Сформулирован способ построения допустимых решений на основе жадных эвристик.

Ключевые слова: распределение ресурсов, нечеткие временные параметры, задача про рюкзак.

Формалізація процесів впливу нечіткого опису відліку часу на розв'язування задач розподілу часового ресурсу / Є.В. Івохін // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 30–41.

Анотація. Розглянуто підхід до побудови нечітких структуризованих числових множин, в основу якого покладено принцип формування нечіткого оригіналу з наступною реплікацією його на числовій осі. Формалізація нечіткого оригіналу полягає у визначенні нечіткого трикутного числа з відповідним носієм. Розглянуто варіант формування нечітких числових множин, які формалізують «швидкий» та «повільний» плин часу. Запропоновано методіку, що дозволяє формалізувати задачу нечіткого опису та враховувати динаміку відліку часу для розв'язування різних оптимізаційних задач. Розглянуто приклади застосування нечіткого плину часу для різних постановок задач, що виникають під час визначення послідовності виконання сукупності завдань в межах заданого часового проміжку з урахуванням або без урахування додаткових обмежень на процес виконання. Запропоновано підхід до корекції початкових планів часового розподілу, що враховує різні темпи відліку часу. Сформульовано спосіб побудови допустимих розв'язків на основі жадібних евристик.

Ключові слова: розподіл ресурсів, нечіткі часові параметри, задача про рюкзак.

Formalizing the processes of the influence of fuzzy time flow on the solutions of time resource distribution problems / E.V. Ivohin // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 30–41.

Abstract. The paper considers an approach to constructing fuzzy structured numerical sets, which is based on the principle of generating a fuzzy original with its subsequent replication on the numerical axis. The formalization of a fuzzy original consists in determining a fuzzy triangular number with an appropriate support. The option of generating fuzzy number sets that formalize the «fast» and «slow» flow of time is considered. The proposed technique allows us to formalize the problem of fuzzy description and taking into account the dynamics of the time frame when solving various optimization problems. Examples of the use of fuzzy flow of time for different statements of problems that arise when determining the order of the set of tasks within a given time interval with or without additional constraints on the execution process are considered. An approach is proposed for the correction of the initial time distribution plans, taking into account different rates of time counting. A method for constructing feasible solutions based on greedy heuristics is formulated.

Keywords: resource allocation, fuzzy time parameters, knapsack problem.

УДК 519.8

Сумма дискретных нечетких чисел с нечетким множеством слагаемых / С.О. Машенко // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 42–52.

Аннотация. Исследуется операция сложения дискретных нечетких чисел с нечетким множеством индексов слагаемых как обобщение операции суммы с четким множеством операндов. Показано, что результатом этой операции является нечеткое множество типа-2 (НМТ-2). Построена функция принадлежности типа-2 этого множества. Введено понятие НМТ-2 суммы дискретных чисел с нечетким множеством индексов слагаемых. НМТ-2 суммы может быть декомпозировано по вторичным степеням принадлежности на набор соответствующих дискретных нечетких чисел. Это помогает представить результирующее НМТ-2 в удобной для понимания и применения форме. Приведены иллюстративные примеры.

Ключевые слова: нечеткое число, дискретное нечеткое число, нечеткое множество.

Сума дискретних нечітких чисел з нечіткою множиною доданків / С.О. Машченко // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 42–52.

Анотація. Досліджується операція додавання дискретних нечітких чисел з нечіткою множиною індексів доданків як узагальнення операції суми з чіткою множиною операндів. Показано, що результатом цієї операції є нечітка множина типу-2 (НМТ-2). Побудована функція належності типу-2 цієї множини. Уведено поняття НМТ-2 суми дискретних чисел з нечіткою множиною індексів доданків. НМТ-2 суми може бути декомпозована за вторинними ступенями належності на набір відповідних дискретних нечітких чисел. Це допомагає представити результуючу НМТ-2 в зручній для розуміння і застосування формі. Наведено ілюстративні приклади.

Ключові слова: нечітке число, дискретне нечітке число, нечітка множина.

Sum of discrete fuzzy numbers with fuzzy set of summands / S.O. Mashchenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 42–52.

Abstract. We investigate the operation of addition of discrete fuzzy numbers with a fuzzy set of summand indices. This is a generalization of the sum operation with a crisp set of operands. We show that the result of this operation is a type-2 fuzzy set of (T2FS). We construct the type-2 membership function of this set. We introduce the concept of a sum T2FS of discrete numbers with a fuzzy set of summand indices. The sum T2FS can be decomposed according to secondary membership grades into the corresponding collection of fuzzy numbers. It helps to represent the resultant T2FS in a form which is convenient for a proper understanding and applications. Illustrative examples are given.

Keywords: fuzzy number, discrete fuzzy number, fuzzy set.

УДК 517.954:532.546

Замкнутые решения некоторых краевых задач фильтрационно-консолидационной динамики в рамках дробно-фрактального подхода / В.М. Булавацкий // Кібернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 53–66.

Аннотация. Построены дробно-фрактальная математическая модель динамики процесса фильтрационной консолидации грунтовой среды, модель динамики процесса фильтрационной консолидации массивов фрактальной структуры с учетом ползучести грунтового скелета (прямая и обратная ретроспективная задачи), а также дробно-фрактальная математическая модель динамики процесса фильтрационной консолидации насыщенных солевыми растворами грунтовых сред. В рамках указанных моделей выполнены постановки и получены замкнутые решения некоторых одномерных по геометрической переменной краевых задач о консолидации водонасыщенных грунтовых массивов фрактальной структуры в условиях временнОй нелокальности процесса уплотнения.

Ключевые слова: математическое моделирование, фильтрационно-консолидационные процессы, неклассические модели, грунтовые среды фрактальной структуры, динамика, дробно-фрактальный подход, прямые и обратные задачи, замкнутые решения.

Замкнені розв'язки деяких крайових задач фільтраційно-консолідаційної динаміки в рамках дробово-фрактального підходу / В.М. Булавацький // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 53–66.

Анотація. Побудовано дробово-фрактальну математичну модель динаміки процесу фільтраційної консолидації грунтового середовища, модель динаміки процесу фільтраційної консолидації масивів фрактальної структури з урахуванням повзучості грунтового скелета (пряма і обернена ретроспективна задача), а також дробово-фрактальну математичну модель динаміки процесу фільтраційної консолидації насичених сольовими розчинами грунтових середовищ. У рамках зазначених моделей виконано постановки і отримано замкнені розв'язки деяких одновимірних за геометричною змінною крайових задач про консолидацію водонасичених грунтових масивів фрактальної структури в умовах часової нелокальності процесу ущільнення.

Ключові слова: математичне моделювання, фільтраційно-консолідаційні процеси, неklasичні моделі, ґрунтові середовища фрактальної структури, динаміка, дробово-фрактальний підхід, прямі та обернені задачі, замкнені розв'язки.

Closed solutions of some boundary-value problems of filtration-consolidation dynamics within fractional-fractal approach / V.M. Bulavatsky // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 53–66.

Abstract. The author constructs a fractional-fractal mathematical model of the dynamics of the process of filtration consolidation of a soil media, a model of the dynamics of the process of filtration consolidation of massifs of fractal structure, taking into account the creep of the soil skeleton (direct and inverse retrospective problems) and a fractional-fractal mathematical model of the dynamics of the process of filtration consolidation of saturated saline solutions of soil media. Within the framework of these models, statements have been made and closed solutions have been obtained for some boundary-value problems, one-dimensional with respect to the geometric variable, on the consolidation of water-saturated soil massifs of fractal structure under time nonlocality of the consolidation process.

Keywords: mathematical modeling, filtration-consolidation processes, non-classical models, soil media of fractal structure, dynamics, fractional-fractal approach, direct and inverse problems, closed solutions.

УДК 519-7/339.9

Моделирование управляющих воздействий банковской системы на функционирование экономики. III. Расчет и декомпозиция моделей со ступенчатым пограничным слоем / В.В. Хиленко // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 67–75.

Аннотация. Предложен математический формализм расчета математических моделей финансово-экономической системы ФЭС, сформированных в виде систем дифференциальных уравнений, и определения оптимальных значений управляющих параметров для случая ступенчатого пограничного слоя. Рассмотрено влияние эффектов выплескивания, вспенивания и обратного импульса на создание условий для зарождения кризисов ФЭС.

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимизация управления банковской и экономической системами, метод понижения порядка, эффекты движения капитала глобализационной экономики, ступенчатый пограничный слой, волны Кондратьева, кризисы мировой экономики.

Моделювання керувальних впливів банківської системи на функціонування економіки. III. Розрахунок і декомпозиція моделей із східчастим примежовим шаром / В.В. Хиленко // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 67–75.

Анотація. Запропоновано математичний формалізм розрахунку математичних моделей фінансово-економічних систем (ФЕС), які побудовано як системи диференціальних рівнянь, та визначення оптимальних значень керувальних параметрів у випадку східчастого примежового шару. Розглянуто вплив ефектів вихлопування, спінювання і зворотного імпульсу на створення умов для зародження криз ФЕС.

Ключові слова: математичне моделювання, оптимізація управління банківською і економічною системами, метод пониження порядку, ефекти руху капіталу глобалізаційної економіки, ступінчастий примежовий шар, хвилі Кондратьєва, кризи світової економіки.

Modeling the control effects of the banking system on the functioning of the economy. III. Calculation and decomposition of models with a stepped boundary layer / V.V. Khilenko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 67–75.

Abstract. A mathematical formalism is proposed for calculating mathematical models of financial and economic systems (FES) and determining the optimal values of control parameters for the case of a stepped boundary layer. The influence of the effects of splashing out, foaming, and back impulse on the creation of conditions for the onset of FES crises is considered.

Keywords: mathematical modeling, optimization of management of banking and economic systems, method of lowering the order, effects of capital movement in the globalization economy, stepped boundary layer, Kondratyev waves, crises of the world economy.

УДК 519.86:51.77:330.5.057.7:336

Межотраслевая карта неопределенности экономики Украины и ее применения / А.И. Ястремский, В.В. Кулик // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 76–90.

Аннотация. Рассмотрена методика расчета межотраслевой карты неопределенности экономики Украины, приведены результаты вычислений. Выполнена историческая оценка фрагмента фискальных рисков, связанных с налоговыми поступлениями от налогов на продукты и других налогов на производство. Классифицированы отрасли экономики Украины через призму карты неопределенности. Предложено использование производственного портфеля видов экономической деятельности в качестве инструмента смягчения фискального риска.

Ключевые слова: схема «затраты–выпуск», виды экономической деятельности, исторический статистический анализ таблиц «затраты–выпуск», финансовый риск, портфель производства, волатильность с угасающей памятью.

Міжгалузєва мапа невизначеності економіки України та її застосування / О.І. Ястремський, В.В. Кулик // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 76–90

Анотація. Розглянуто методику розрахунку міжгалузєвої мапи невизначеності економіки України та наведено результати обчислень. Здійснено історичну оцінку фрагменту фіскальних ризиків, пов'язаних з податковими надходженнями від податків на продукти та інших податків на виробництво. Класифіковано галузі економіки України через призму мапи невизначеності. Запропоновано використання виробничого портфелю видів економічної діяльності як інструменту пом'якшення фіскального ризику.

Ключові слова: схема «витрати–випуск», види економічної діяльності, історичний статистичний аналіз таблиць «витрати–випуск», фіскальний ризик, портфель виробництва, волатильність із затухаючою пам'яттю.

Input-output map of uncertainty of the economy of Ukraine and its application / O. Yastremskii, V. Kulyk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 76–90.

Abstract. The methodology for calculating the inter-industry map of uncertainty of the Ukrainian economy and the results of calculations are considered. A historical assessment of a fragment of fiscal risks associated with tax revenues from taxes on products and other production taxes is carried out. The sectors of Ukraine's economy are classified through the prism of the uncertainty map. It is proposed to use the production portfolio of economic activities as a tool to mitigate fiscal risk.

Keywords: input-output scheme, types of economic activity, historical statistical analysis of input-output tables, fiscal risk, portfolio of production, volatility with decaying memory.

УДК 621.391

Формализация порядка распределения технических средств по объектам мониторинга на основе нечетких множеств / А.А. Ильяшов, В.С. Комаров, В.В. Олексюк // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 91–96.

Аннотация. Предложен подход к формализации порядка распределения технических средств по объектам мониторинга на основе теории нечетких множеств. Исследована возможность использования эталонного описания сигнатур объектов мониторинга в составе нечетких мониторинговых признаков для определения фазовых состояний объектов.

Ключевые слова: мониторинговый признак, сигнатура, техническое средство мониторинга.

Формалізація порядку розподілу технічних засобів за об'єктами моніторингу на основі нечітких множин / О.А. Ільяшов, В.С. Комаров, В.В. Олексюк // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 91–96.

Анотація. Запропоновано підхід до формалізації порядку розподілу технічних засобів за об'єктами моніторингу на основі теорії нечітких множин. Досліджено можливість використання еталонного опису сигнатур об'єктів моніторингу у складі нечітких моніторингових ознак для визначення фазових станів об'єктів.

Ключові слова: моніторингова ознака, сигнатура, технічний засіб моніторингу.

Formalization of the order of allocation of technical means by monitoring objects based on the theory of fuzzy sets / O. Iliashov, V. Komarov, V. Oleksiuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 91–96.

Abstract. An approach to formalizing the order of allocation of technical means by monitoring objects based on the theory of fuzzy sets is presented. The possibility of using a reference description of the signatures of monitoring objects as a part of fuzzy monitoring features to determine the phase states of objects is analyzed.

Keywords: monitoring feature, signature, technical monitoring tool.

УДК 519.816

Комплексное использование принципа парето и метода анализа иерархий для повышения обоснованности результатов ранжирования альтернатив / М.М. Потемкин, А.А. Седляр, А.В. Дейнега, А.А. Зварыч // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 97–105.

Аннотация. Приведено общее описание метода анализа иерархий и осуществлен анализ проблемы влияния Парето-неэффективных альтернатив на результаты ранжирования. Показано, что наличие в исходном множестве альтернатив, неэффективных по Парето, может приводить к ошибочному ранжированию, а отсутствие в рамках метода анализа иерархий механизма, который позволяет подтвердить или опровергнуть наличие таких альтернатив, приводит к уменьшению уровня обоснованности получаемых результатов. Предложен подход к комплексному использованию принципа Парето и метода анализа иерархий. Возможность его практического применения показана на конкретном примере расчетов. Отмечено, что применение этого подхода позволит повысить обоснованность результатов ранжирования альтернатив за счет исключения из рассмотрения альтернатив, неэффективных по Парето, или подтверждения их отсутствия.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, экспертный опрос, эффект реверса рангов, принцип Парето, Парето-эффективность, Парето-неэффективность.

Комплексне використання принципу парето та методу аналізу ієрархій для підвищення обґрунтованості результатів ранжування альтернатив / М.М. Потьомкін, А.А. Седляр, О.В. Дейнега, А.О. Зварич // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 97–105.

Анотація. Наведено загальний опис методу аналізу ієрархій та проведено аналіз впливу Парето-неефективних альтернатив на результати ранжування. Показано, що наслідком наявності у вихідній множині альтернатив, неефективних за Парето, може бути хибне ранжування альтернатив, а відсутність у межах методу аналізу ієрархій механізму, який надає змогу підтвердити або спростувати наявність таких альтернатив, призводить до зниження обґрунтованості отримуваних результатів. Запропоновано підхід до комплексного використання принципу Парето та методу аналізу ієрархій. Показано можливість його практичного використання на конкретному прикладі розрахунків. Зазначено, що застосування цього підходу надасть змогу підвищити обґрунтованість результатів ранжування альтернатив за рахунок вилучення Парето-неефективних альтернатив з розгляду або підтвердження їхньої відсутності.

Ключові слова: метод аналізу ієрархій, експертне опитування, ефект реверсу рангів, принцип Парето, Парето-ефективність, Парето-неефективність.

Comprehensive use of the pareto principle and the analytic hierarchy process to increase the substantiation of alternative ranking results / M.M. Potomkin, A.A. Sedliar, O.V. Deineha, A.O. Zvarych // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 97–105.

Abstract. The article provides a general description of the analytic hierarchy process and analyzes the problem of the influence of Pareto-inefficient alternatives on ranking results. It is shown that the presence of Pareto-inefficient alternatives in the original set can lead to erroneous ranking, and the lack of a mechanism within the framework of the analytic hierarchy process that confirms or disproves the existence of such alternatives decreases the level of validity of the obtained results. An approach to the integrated use of the Pareto principle and the analytic hierarchy process is proposed. The possibility of its practical application is shown on a specific example of calculations. The use of this approach will increase the validity of the ranking results of alternatives by either eliminating Pareto-ineffective ones from consideration, or confirming their absence.

Keywords: analytic hierarchy process, expert survey, rank reversal effect, Pareto principle, Pareto efficiency, Pareto inefficiency.

УДК 519.65

Чебышевское приближение экспоненциальным выражением функций многих переменных / П.С. Малачивский, Л.С. Мельничок, Я.В. Пизюр // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 106–113.

Аннотация. Предложен метод построения чебышевского приближения экспоненциальным выражением функций многих переменных с относительной погрешностью. Он заключается в построении промежуточного чебышевского приближения обобщенным полиномом значений логарифма функции с абсолютной погрешностью. Для построения чебышевского приближения функций многих переменных обобщенным полиномом использовано итерационную схему на основе метода наименьших квадратов с переменной весовой функцией. Представленные результаты решения тестовых примеров подтверждают быструю сходимость метода при расчете параметров чебышевского приближения таблично заданных непрерывных функций одной, двух и трех переменных.

Ключевые слова: чебышевское приближение экспоненциальным выражением, функции многих переменных, среднестепенное приближение, метод наименьших квадратов, переменная весовая функция.

Чебышовське наближення експоненціальним виразом функцій багатьох змінних / П.С. Малачивський, Л.С. Мельничок, Я.В. Пізюр // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 106–113.

Анотація. Запропоновано метод побудови чебышовського наближення експоненціальним виразом функцій багатьох змінних з відносною похибкою. Він полягає в побудові проміжного чебышовського наближення узагальненим поліномом значень логарифму функції з абсолютною похибкою. Для побудови чебышовського наближення функцій багатьох змінних узагальненим поліномом використано ітеративну схему на основі методу найменших квадратів зі змінною ваговою функцією. Подані результати розв'язування тестових прикладів підтверджують швидку збіжність методу під час обчислення параметрів чебышовського наближення таблично заданих неперервних функцій однієї, двох і трьох змінних.

Ключові слова: чебышовське наближення експоненціальним виразом, функції багатьох змінних, середньостепенне наближення, метод найменших квадратів, змінна вагова функція.

Chebyshev approximation of the multivariable functions by the exponential expression / P.S. Malachivskyy, L.S. Melnychok, Ya.V. Pizyur // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 106–113.

Abstract. A method for constructing the Chebyshev approximation by the exponential expression of the multivariable functions with relative error is proposed. It generates an intermediate Chebyshev approximation by a polynomial of the values of the logarithm of a function with absolute error. An iterative scheme based on the least squares method with a variable weight function was used to construct a Chebyshev approximation of the multivariable functions by a generalized polynomial. The presented results of the solution of test examples confirm the fast convergence of the method when calculating the parameters of the Chebyshev approximation of table-defined continuous functions of one, two, and three variables.

Keywords: Chebyshev approximation by the exponential expression, multivariable functions, mean-power approximation, least squares method, variable weight function.

УДК 519.237.8

Анализ кластерных структур по разным мерам сходства / Н.Э. Кондрук, Н.Н. Маляр // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 114–120.

Аннотация. Приведен анализ кластерных образований, используемых в практических задачах. В различных исследованиях сегментацию данных обычно выполняют только одной формой кластеров. Предложено осуществлять кластеризацию разными мерами сходства одних и тех же исследуемых данных и выявлять различные виды взаимосвязей между ними. Это позволяет проводить более полный, разносторонний и системный анализ образованных сегментов в прикладных задачах. Верификация такого подхода реализована на практической задаче анализа демографических процессов некоторых европейских странах.

Ключевые слова: кластеризация, анализ кластеров, интерпретация кластеров, демографические процессы.

Аналіз кластерних структур за різними мірами подібності / Н.Е. Кондрук, М.М. Маляр // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 114–120.

Анотація. Наведено аналіз кластерних утворень, що використовують в практичних задачах. У різних дослідженнях сегментацію даних зазвичай виконують лише одною формою кластерів. Запропоновано здійснювати кластеризацію за різними мірами подібності одних і тих самих досліджуваних даних та виявляти різні види взаємозв'язків між ними. Це дає змогу проводити більш повний, різнобічний та системний аналіз утворених сегментів у прикладних задачах. Верифікацію цього підходу реалізовано на практичній задачі аналізу демографічних процесів у низці європейських країн.

Ключові слова: кластеризація, аналіз кластерів, інтерпретація кластерів, демографічні процеси.

Analysis of cluster structures by different similarity measures / N.E. Kondruk, M.M. Malyar // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 114–120.

Abstract. The cluster analysis formations used in practical tasks is presented. In various studies, data segmentation is usually performed with only one type of clusters. It is proposed to carry out clustering by various similarity measures to the same investigated data and to identify different types of relationships between them. This allows for a more complete, versatile, and systematic analysis of the formed segments in applied problems. This approach is verified using a practical problem of analyzing demographic processes in some European countries.

Keywords: clustering, cluster analysis, cluster interpretation, demographic processes.

УДК 519.85

Двухэтапный метод решения задачи векторной оптимизации на конфигурации перестановок / Л.Н. Колечкина, Е.А. Дверная, С.В. Ховбень // Кибeрнетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 121–134.

Аннотация. Рассмотрен класс задач векторной евклидовой комбинаторной оптимизации как задач дискретной оптимизации на множестве комбинаторных конфигураций, отображенном в евклидово пространство. Приведены свойства графов комбинаторных конфигураций, которые используются для изложения нового метода. Предложен двухэтапный метод решения задач векторной евклидовой комбинаторной оптимизации на комбинаторных конфигурациях перестановок. Представлены результаты численного эксперимента и их анализ.

Ключевые слова: векторная задача, многокритериальная оптимизация, комбинаторная конфигурация, евклидовы комбинаторные множества, векторный критерий, евклидовы модели.

Двоетакний метод розв'язування задач векторної оптимізації на комбінаторних конфігураціях перестановок / Л.М. Колечкіна, О.А. Двірня, С.В. Ховбень // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 121–134.

Анотація. Розглянуто клас задач векторної евклідової комбінаторної оптимізації як задач дискретної оптимізації на множині комбінаторних конфігурацій, відображених в евклідові простір. Наведено властивості графів комбінаторних конфігурацій, які використовуються для викладу нового методу. Запропоновано двоетапний метод розв'язування задач векторної евклідової комбінаторної оптимізації на комбінаторних конфігураціях перестановок. Представлено результати чисельного експерименту та їхній аналіз.

Ключові слова: векторна задача, багатокритеріальна оптимізація, комбінаторна конфігурація, евклідові комбінаторні множини, векторний критерій, евклідові моделі.

Two-step solution method for vector optimization problems on permutation configuration / L.N. Koliechkina, O.A. Dvirna, S.V. Khovben // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 121–134.

Abstract. A class of problems of vector Euclidean combinatorial optimization is considered as problems of discrete optimization on the set of combinatorial configurations mapped into the Euclidean space. The properties of the graphs of combinatorial configurations are given, which are used to describe the new method. A two-stage method for solving problems of vector Euclidean combinatorial optimization on combinatorial configurations of permutations is proposed. The results of a numerical experiment and their analysis are presented.

Keywords: vector problem, multiobjective optimization, combinatorial configuration, Euclidean combinatorial sets, vector criterion, Euclidean models.

УДК 004.93'1

Идентификация личности на основе индивидуальных эхографических свойств ушной раковины с использованием кепстрального анализа и формулы Байеса / А.Е. Сулавко, П.С. Ложников, И.А. Куприк, А.Е. Самотуга // Кибeрнетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 135–143.

Аннотация. Разработан метод распознавания личности по эхографическим параметрам уха человека на основе наивного байесовского классификатора в двух режимах: биометрической идентификации ($EER = 0.0053$) и биометрической аутентификации ($FRR = 0.0002$ при $FAR \leq 0.0001$) соответственно. Разработано устройство для регистрации биометрических характеристик уха, приведен набор эхографических свойств на основе параметров ушной раковины 75 испытуемых. В качестве биометрических параметров использовались спектральные и кепстральные характеристики отраженных от ушного канала сигналов. Рассмотрено несколько оконных функций для построения спектров и кепстрограмм. Установлено, что более 90 % «кепстральных» признаков имеют слабую корреляционную зависимость, что позволяет применять наивный байесовский классификатор и получать при этом высокоточные результаты распознавания пользователей. Преимущество байесовской классификации состоит в возможности робастного быстрого обучения системы идентификации.

Ключевые слова: кепстрограммы, оконное преобразование Фурье, теорема Байеса, акустический сигнал, распознавание образов, машинное обучение.

Ідентифікація особи на основі індивідуальних ехографічних властивостей вушної раковини з використанням кепстрального аналізу і формули Басса / О.Є. Сулавко, П.С. Ложников, І.О. Куприк, О.Є. Самотуга // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 135–143.

Анотація. Розроблено метод біометричної ідентифікації особи за ехографічними параметрами вуха людини на основі наївного байесівського класифікатора в двох режимах: біометричної ідентифікації ($EER = 0.0053$) і біометричної аутентифікації ($FRR = 0.0002$ для $FAR \leq 0.0001$) відповідно. Розроблено пристрій для реєстрації біометричних характеристик вуха, сформовано набір ехографічних властивостей на основі параметрів вушної раковини 75 випробуваних. Як біометричні параметри використано спектральні та кепстральні характеристики відбитих від вушного каналу сигналів. Розглянуто кілька віконних функцій для побудови спектрів і кепстрограмм. Установлено, що понад 90 % «кепстральних» ознак мають слабку кореляційну залежність, що дає змогу застосовувати наївний байесівський класифікатор і отримувати високоточні результати розпізнавання користувачів. Перевагою байесівської класифікації є можливість робастного швидкого навчання системи ідентифікації.

Ключові слова: кепстрограми, віконне перетворення Фур'є, теорема Басса, акустичний сигнал, розпізнавання образів, машинне навчання.

Personal identification based on the individual sonographic properties of the auricle using cepstral analysis and Bayes formula / A.E. Sulavko, P.S. Lozhnikov, I.A. Kuprik, A.E. Samotuga // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 135–143.

Abstract. A method of personality recognition by echographic parameters of the human ear has been developed on the basis of the “naive” Bayes classifier in two modes: biometric identification ($EER = 0.0053$) and biometric authentication ($FRR = 0.0002$ at $FAR \leq 0.0001$), respectively. A device was developed for recording the biometric characteristics of the ear; a set of echographic data was collected from the ears of 75 subjects. The spectral and cepstral characteristics of the signals reflected from the ear canal were used as biometric parameters. Several window functions for constructing spectra and cepstrograms are considered. It has been established that more than 90% of “cepstral” features have a weak correlation dependence, which allows the use of a “naive” Bayesian classifier and at the same time obtaining highly accurate results of user recognition. The advantage of Bayesian classification is the possibility of robust fast learning of the identification system.

Keywords: cepstrograms, window Fourier transform, Bayes theorem, acoustic signal, pattern recognition, machine learning.

УДК 519.6

Томографическое восстановление изображений на основе обобщенных проекций / А.Б. Лозинский, И.М. Романишин, Б.П. Русын // Кібернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 144–151.

Аннотация. Изложен метод томографической реконструкции неоднородностей в случае произвольной диаграммы направленности и сканирования по одной координате. Показано, что в этом случае зарегистрированные данные (проекции) записываются в виде суммы построчных сверток строк диаграммы направленности и соответствующего участка восстанавливаемого распределения. Проанализированы особенности проекционных данных, обратных проекций. Предложено строить «суммарное» изображение в виде аддитивного або конъюнктивного объединения результатов обратного проецирования для разных диаграмм направленности. Предложена итерационная процедура построения последовательных приближений к искомому решению.

Ключевые слова: томографическое восстановление, пространственное распределение, диаграмма направленности, свертка, обратное проецирование, суммарное изображение.

Томографічне відновлення зображень на основі узагальнених проєкцій / А.Б. Лозинський, І.М. Романишин, Б.П. Русин // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 144–151.

Анотація. Розглянуто метод томографічної реконструкції неоднорідностей у випадку довільної діаграми напрямленості та сканування по одній координаті. Показано, що у цьому разі реєстровані дані (проєкції) записують у вигляді суми порядкових згорток діаграми напрямленості та відповідної ділянки відновлюваного розподілу. Проаналізовано особливості проєкційних даних, зворотних проєкцій. Пропонується будувати сумарне зображення у вигляді адитивного або кон'юнктивного об'єднання результатів зворотного проєктування для різних діаграм напрямленості. Запропоновано ітераційну процедуру побудови послідовних наближень до шуканого розв'язку.

Ключові слова: томографічне відновлення, просторовий розподіл, діаграма напрямленості, згортка, зворотне проєктування, сумарне зображення.

Tomographic restoration of images based on generalized projections / A.B. Lozynsky, I.M. Romanishyn, B.P. Rusyn // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 144–151.

Abstract. The method of tomographic reconstruction of inhomogeneities in the case of an arbitrary directional diagram and scanning along one coordinate is described. It is shown that in this case registered data (projections) are represented as the sum of the line-by-line convolutions of the lines of the directional diagram and the corresponding line of the reconstructed distribution. The features of projection data, backprojections are analyzed. It is proposed to construct a cumulative image as an additive or conjunctive combination of the back projection results for different orientation diagrams. An iterative procedure for constructing sequential approximations to the desired solution is proposed.

Keywords: tomographic restoration, spatial distribution, directional diagram, convolution, backprojection, total image.

УДК 519.6

Бессеточный метод решения трехмерных нестационарных задач теплопроводности в материалах с анизотропией / Д.О. Протектор, В.М. Колодяжный, Д.А. Лисин, О.Ю. Лисина // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 152–163.

Аннотация. Рассмотрен бессеточный метод решения трехмерных нестационарных задач теплопроводности в анизотропной среде. Для решения краевой задачи применяется комбинация метода двойного замещения с использованием анизотропных радиальных базисных функций с методом фундаментальных решений. Метод фундаментальных решений позволяет получить однородное решение, а метод двойного замещения с использованием анизотропных радиальных базисных функций — частное решение краевой задачи. Приводятся результаты численных решений двух тестовых задач, полученных с использованием разработанного метода, а также вычисляются средняя относительная, средняя абсолютная и максимальная погрешности.

Ключевые слова: бессеточный метод, краевые задачи, анизотропные материалы, метод двойного замещения, метод фундаментальных решений, анизотропные радиальные базисные функции.

Безсітковий метод розв'язування тривимірних нестационарних задач теплопроводності в матеріалах з анізотропією / Д.О. Протектор, В.М. Колодяжний, Д.О. Лисін, О.Ю. Лисіна // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 152–163.

Анотація. Описано безсітковий метод розв'язування тривимірних нестационарних задач теплопроводності в анізотропному середовищі. Для розв'язування крайової задачі застосовано комбінацію методу подвійного заміщення з використанням анізотропних радіальних базисних функцій з методом фундаментальних розв'язків. Метод фундаментальних розв'язків дає змогу отримати однорідний розв'язок, а метод подвійного заміщення з використанням анізотропних радіальних базисних функцій — частинний розв'язок крайової задачі. Наведено результати чисельних розв'язків двох тестових задач, отриманих з використанням розробленого методу, а також обчислено середню відносну, середню абсолютну та максимальну похибки.

Ключові слова: безсітковий метод, крайові задачі, анізотропні матеріали, метод подвійного заміщення, метод фундаментальних розв'язків, анізотропні радіальні базисні функції.

A meshless method for solving three-dimensional nonstationary heat conduction problems in anisotropic materials / D.O. Protektor, V.M. Kolodyazhny, D.O. Lisin, O.Yu. Lisina // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 152–163.

Abstract. The article deals with a meshless method for solving three-dimensional nonstationary heat conduction problems in anisotropic materials. A combination of dual reciprocity method using anisotropic radial basis function and method of fundamental solutions is used to solve the boundary-value problem. The method of fundamental solutions is used to obtain the homogenous part of the solution; the dual reciprocity method with the use of anisotropic radial basis functions allows obtaining a partial solution. The article shows the results of numerical solutions of two benchmark problems obtained by the developed numerical method; average relative, average absolute, and maximum errors are calculated.

Keywords: meshless method, boundary-value problems, anisotropic materials, dual reciprocity method, method of fundamental solution, anisotropic radial basis functions.

УДК 004.822

Представление, анализ и извлечение знаний из неструктурированных естественных языковых текстов / Г.И. Гогерчак, Н.П. Дарчук, С.Л. Кривый // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 164–183.

Аннотация. Приведен обзор средств дескриптивных логик для представления знаний из естественных языковых текстов, классификация дескриптивных логик по конструкторам концептов и ролей, а также описаны основные концепции темпоральных дескриптивных логик. Рассмотрен подход к построению систем анализа естественных языковых текстов на основе задач определения частей речи, поиска грамматических зависимостей, поиска кореферентностей. Приведены примеры использования естественных языковых баз знаний для решения прикладных задач, в частности для проверки целостности текста, поиска противоречий.

Ключевые слова: дескриптивные логики, базы знаний, алгоритм семантического табло, извлечение знаний, обработка естественного языка, семантический анализ.

Представлення, аналіз та видобування знань з неструктурованих природномовних текстів / Г.І. Гогерчак, Н.П. Дарчук, С.Л. Кривий // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 164–183.

Анотація. Наведено огляд засобів дескриптивних логік для представлення знань з природномовних текстів, класифікацію дескриптивних логік за конструкторами концептів та ролей, а також основні концепції темпоральних дескриптивних логік. Розглянуто підхід до побудови систем аналізу природномовних текстів на основі задач визначення частин мови, пошуку граматичних залежностей та кореферентностей. Наведено приклади використання природномовних баз знань для розв'язання прикладних задач, зокрема для перевірки цілісності тексту, пошуку суперечностей.

Ключові слова: дескриптивні логіки, бази знань, алгоритм семантичного табло, видобування знань, оброблення природної мови, семантичний аналіз.

Representation, analysis and extraction of knowledge from unstructured natural language texts / H. Hoherchak, N. Darchuk, S. Kryvyi // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 164–183.

Abstract. The article provides an overview of the means of descriptive logics for knowledge representation in natural-language texts. Descriptive logics are classified by constructors of concepts and roles, and the basic concepts of temporal descriptive logics are considered. The approach to construction of systems of the analysis of natural-language text based on problems of parts of speech tagging, dependency parsing, coreference resolution is considered. Examples of using natural-language knowledge bases to solve applied problems, in particular to check the integrity of the text and to reveal contradictions, are provided.

Keywords: description logics, knowledge bases, tableau algorithm, knowledge extraction, natural language processing, semantic analysis.

НОВІ ЗАСОБИ КІБЕРНЕТИКИ, ІНФОРМАТИКИ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

NEW TOOLS IN CYBERNETICS, COMPUTER SCIENCE, AND SYSTEM ANALYSIS

УДК 004.056; 004.415.24

Стеганоанализ J-UNIWARD / Н.В. Кошкина // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 3. С. 184–192.

Аннотация. Рассмотрена проблема выявления адаптивной стеганографии методом J-UNIWARD стеганоаналитическими системами на базе машинного обучения. С помощью сравнительного анализа точности определено, что наиболее чувствительны к J-UNIWARD статистические модели построения характеристических векторов, формируемых в пространственной зоне, — GFR, PHARM и DCTR. Предложены два способа повышения точности стеганоанализа с использованием этих моделей: анализ наиболее вероятных местоположений внедрения; взвешенное голосование по трем моделям. Показано, что без предварительной классификации изображений согласно их параметрам точность стеганоанализа существенно понижается. Полученные результаты можно использовать для построения эффективных систем стеганоанализа изображений в формате JPEG.

Ключевые слова: информационная безопасность, стеганография, J-UNIWARD, стеганоанализ, методы с обучением и классификацией, точность детектирования.

Стеганоаналіз J-UNIWARD / Н.В. Кошкіна // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 3. С. 184–192.

Анотація. Розглянуто проблему виявлення адаптивної стеганографії за методом J-UNIWARD стеганоаналітичними системами на базі машинного навчання. За допомогою порівняльного аналізу точності визначено, що найбільш чутливими до J-UNIWARD є статистичні моделі побудови характеристичних векторів, що формуються у просторовій зоні, — GFR, PHARM та DCTR. Запропоновано два способи підвищення точності стеганоаналізу з використанням цих моделей: аналіз найбільш імовірних

місцеположень вкраплення; зважене голосування за трьома моделями. Показано, що без попередньої класифікації зображень згідно з їхніми параметрами точність стеганоаналізу суттєво знижується. Отримані результати можна використовувати для побудови ефективних систем стеганоаналізу зображень у форматі JPEG.

Ключові слова: інформаційна безпека, стеганографія, J-UNIWARD, стеганоаналіз, методи з навчанням та класифікацією, точність детектування.

J-UNIWARD steganalysis / N.V. Koshkina // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 184–192.

Abstract. The author analyzes the problem of detecting adaptive steganography by the J-UNIWARD method by stegananalytical systems based on machine learning. A comparative analysis of the accuracy has determined that statistical models of constructing characteristic vectors that are calculated in the spatial domain, such as GFR, PHARM and DCTR, are most sensitive to J-UNIWARD. Two ways to improve the accuracy of steganalysis based on these models are proposed: via the analysis of the most probable embedding locations and via the balanced vote on the three models. Significant degradation of the accuracy of steganalysis without preliminary classification of images according to their parameters is demonstrated. The obtained results can be used to generate efficient steganalysis systems for JPEG images.

Keywords: information security, steganography, J-UNIWARD, steganalysis, machine learning methods, detection accuracy.
