

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.711

Методы нахождения регуляризованного решения при идентификации линейных многомерных многосвязных дискретных систем / В.Ф. Губарев, В.Д. Романенко, Ю.Л. Милявский // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 3–16.

Ил.: 5. Табл. 1. Библиогр.: 16 назв.

Аннотация. Рассмотрена задача структурно-параметрической идентификации сложной многомерной многосвязной дискретной системы в классе моделей в пространстве состояний. Предполагается, что известны только входные и выходные координаты системы на некотором интервале времени и диапазон погрешности измерений. За основу принят метод выделяемого подпространства, который предполагает, что размерность системы (вектора состояния) известна. Однако это не всегда выполняется на практике. Кроме того, ввиду зависимости от уровня шума невозможно корректно идентифицировать систему большой размерности. Поэтому предложено рассматривать размерность в качестве регуляризирующего параметра. Разработаны три способа выбора приближенной размерности модели в зависимости от длительности интервала наблюдений и возможности активного эксперимента. Предлагаемые методы апробированы на примере задачи идентификации когнитивной карты коммерческого банка в импульсном процессе.

Ключевые слова: структурно-параметрическая идентификация, аппроксимирующая модель, метод выделяемого подпространства (4SID), регуляризация, многосвязная система, когнитивная карта, импульсный процесс.

Методи знаходження регуляризованого розв'язку для ідентифікації лінійних багатовимірних багатозв'язних дискретних систем / В.Ф. Губарев, В.Д. Романенко, Ю.Л. Мілявський // Кибернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 3–16.

Анотація. Розглянуто задачу структурно-параметричної ідентифікації складної багатовимірної багатозв'язної дискретної системи в класі моделей у просторі станів за припущення, що відомі тільки вхідні і вихідні координати системи на деякому інтервалі часу та діапазон похибки вимірювань. За основу прийнято метод виділеного підпростору, який передбачає, що розмірність системи (вектора стану) відома. Проте це не завжди виконується на практиці. Крім того, залежно від рівня шуму буває неможливо коректно ідентифікувати систему великої розмірності. Тому запропоновано розглядати розмірність як параметр регуляризації. Розроблено три способи вибору наближеної розмірності моделі залежно від тривалості інтервалу спостережень та можливості реалізації активного експерименту. Запропоновані методи апробовано на прикладі задачі ідентифікації когнитивної карти комерційного банку в імпульсному процесі.

Ключові слова: структурно-параметрична ідентифікація, апроксимувальна модель, метод виділеного підпростору (4SID), регуляризація, багатозв'язна система, когнитивна карта, імпульсний процес.

Methods of finding regularized solution in identification of linear multivariable multi-connected discrete systems / V.F. Gubarev, V.D. Romanenko, Yu.L. Miliavskiy // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 3–16.

Abstract. The article deals with the problem of structural and parametric identification of a complex multivariable multi-input multi-output (MIMO) discrete system in state space model class. It is assumed that only the input and output coordinates of the system during certain time interval and range of measurement errors are known. The basis is the subspace (4SID) method, which, however, assumes that dimension of the system (state vector) is known, which is not always feasible in practice. Moreover, depending of the noise level, it is impossible to correctly identify a high-dimensional system. Therefore, it is proposed to use dimension as a regularizing parameter. Three methods for choosing of approximate model dimension are suggested depending on the length of the observation period and possibility of active experiment design. The proposed methods are verified on the example of identification problem of a commercial bank's cognitive map in impulse process.

Keywords: structural and parametric identification, approximate model, subspace method (4SID), regularization, MIMO system, cognitive map, impulse process.

УДК 519.85

Технологии параллельных вычислений для решения оптимизационных задач геометрического проектирования / Т.Е. Романова, П.И. Стецюк, А.М. Чугай, С.Б. Шеховцов // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 17–29.

Лл.: 5. Табл. 1. Библиогр.: 35 назв.

Аннотация. В работе описано применение технологий параллельных вычислений на системах с общей памятью и распределенной памятью для решения оптимизационных задач геометрического проектирования. Первая технология базируется на максиминных свойствах ϕ -функций для составных объектов, а вторая технология использует стратегию мултистарта и методы минимизации негладких функций. Это позволило в несколько раз уменьшить затраты времени при поиске локально оптимальных размещений 2D и 3D объектов и получить лучшие результаты по значению целевой функции.

Ключевые слова: размещение геометрических объектов, ϕ -функция, нелинейное программирование, параллельные вычисления.

Технології паралельних обчислень для розв'язання оптимізаційних задач геометричного проєктування / Т.Є. Романова, П.І. Стецюк, А.М. Чугай, С.Б. Шеховцов // Кибернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 17–29.

Анотація. Описано застосування технологій паралельних обчислень у системах зі спільною пам'яттю та розподіленою пам'яттю для розв'язання оптимізаційних задач геометричного проєктування. Перша технологія ґрунтується на властивостях максимінних ϕ -функцій для складених геометричних об'єктів, а в другій технології використано стратегію мултистарта та методи мінімізації негладких функцій. Це дало змогу в декілька разів зменшити витрати часу під час пошуку локально оптимальних розміщень 2D та 3D об'єктів та отримати кращі результати за значенням цільової функції.

Ключові слова: розміщення геометричних об'єктів, ϕ -функція, нелінійне програмування, паралельні обчислення.

Parallel computing technologies for solving optimization problems of geometric design / T.E. Romanova, P.I. Stetsyuk, A.M. Chugay, S.B. Shekhovtsov // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 17–29.

Abstract. The paper describes the use of parallel computing technologies on systems with shared memory and distributed memory for solving optimization geometric design problems. The first technology is based on the maxmin properties of ϕ -functions for composed objects, and the second technology uses the multi-start strategy and methods for minimizing non-smooth functions. This made it possible to reduce several times the computational time spent in searching for locally optimal placements of 2D and 3D objects and to get the best results in terms of the objective function value.

Keywords: placement of geometric objects, ϕ -function, nonlinear programming, parallel computing.

УДК 519.8

Двухуровневая задача оптимизации распределения межбюджетных трансфертов при заданных ограничениях / И.В. Сергиенко, Н.В. Семенова, В.В. Семенов // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 30–40.

Лл.: 0. Табл. 0. Библиогр.: 34 назв.

Аннотация. Сформулированы и исследованы задачи оптимального распределения трансфертов при заданных бюджетных ограничениях. Математическая модель представлена как двухуровневая линейная задача, содержащая линейные задачи целочисленной оптимизации нижнего уровня. Рассмотрены оптимистическая и пессимистическая постановки задачи. Для приближенного решения оптимистической постановки предложен алгоритм нахождения локальных решений параметрических задач целочисленного программирования нижнего уровня на основе метода направляющих окрестностей. Решение вспомогательной целочисленной задачи с булевыми переменными для отыскания решений задачи верхнего уровня осуществляется алгоритмами локального поиска.

Ключевые слова: двухуровневая задача оптимизации, целочисленная оптимизация, параметрическое программирование, булевы переменные, локальный алгоритм.

Дворівнева задача оптимізації розподілу міжбюджетних трансфертів із заданими обмеженнями / I.V. Sergienko, N.V. Semenova, V.V. Semenov // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 30–40.

Анотація. Сформульовано і досліджено задачу оптимального розподілу трансфертів із заданими бюджетними обмеженнями. Математичну модель представлено як дворівневу лінійну задачу, що містить лінійні задачі цілочислової оптимізації нижнього рівня. Розглянуто оптимістичну і песимістичну постановки задачі. Для наближеного розв'язання оптимістичної постановки запропоновано алгоритм знаходження локальних розв'язків параметричних задач цілочислового програмування нижнього рівня на основі методу напрямних околів. Розв'язання допоміжної цілочислової задачі з булевими змінними для знаходження розв'язків задачі верхнього рівня здійснюється алгоритмами локального пошуку.

Ключові слова: дворівнева оптимізаційна задача, цілочислова оптимізація, параметричне програмування, булеві змінні, локальний алгоритм.

Bilevel optimization problems of distribution of interbudgetary transfers under given limitations / I.V. Sergienko, N.V. Semenova, V.V. Semenov // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 30–40.

Abstract. The problems of optimal distributing of transfers within given budget limitations are defined and investigated. The mathematical model is presented as a bilevel linear optimization problem that contain linear problems of integer optimization at the bottom level. Both optimistic and pessimistic versions of the problem were considered. For the approximate solution of the optimistic version the algorithm of finding local solutions for parametric lower-level integer programming problems on the basis of the method of directing neighborhoods was proposed. The auxiliary integer programming problem with Boolean variables of a higher level is solved based on local algorithms.

Keywords: bilevel optimization problem, integer optimization, parametric programming, Boolean variables, local algorithm.

УДК 519.2

Точные оценки некоторых линейных функционалов от унимодальных функций распределения при неполной информации / Л.С. Стойкова, Л.В. Ковальчук // Кібернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 41–53.

Лл.: 0. Табл. 0. Бібліогр.: 9 назв.

Аннотация. Найдены точные оценки вероятностей попадания неотрицательных унимодальных случайных величин μ в интервал $(t - \sigma_\mu, t + \sigma_\mu)$ в случае, когда мода t совпадает с фиксированным первым моментом случайной величины μ , а σ_μ^2 есть дисперсия μ . Даны важные вспомогательные сведения о нахождении таких оценок с примерами, утверждениями и замечаниями, которые учитываются при получении основного результата. Данный результат может быть применен при расчете вероятности попадания снаряда в полосу при прицельной стрельбе.

Ключевые слова: линейные функционалы от унимодальных функций распределения и их экстремальные значения, преобразование Джонсона–Роджерса, точные обобщенные неравенства Чебышева для унимодальных функций распределения.

Точні оцінки деяких лінійних функціоналів від унімодальних функцій розподілу при неповній інформації / Л.С. Стойкова, Л.В. Ковальчук // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 41–53.

Анотація. Знайдено точні оцінки ймовірностей попадання невід'ємних унімодальних випадкових величин μ в інтервал $(t - \sigma_\mu, t + \sigma_\mu)$, де мода t збігається з фіксованим першим моментом величини μ , а σ_μ^2 є дисперсією μ . Наведено допоміжні відомості про знаходження таких оцінок із прикладами, твердженнями, зауваженнями, що були використані для отримання основного результату. Цей результат можна застосувати для оцінювання ймовірності попадання снаряду в смугу під час прицільної стрільби.

Ключові слова: лінійні функціонали від унімодальних функцій розподілу та їх екстремальні значення, перетворення Джонсона–Роджерса, точні узагальнені нерівності Чебишова для унімодальних функцій розподілу.

Exact estimations for some linear functionals of unimodal distribution functions under incomplete information / L.S. Stoikova, L.V. Kovalchuk // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 41–53.

Abstract. Exact estimations are found for the probability that a non-negative unimodal random variable μ gets in the interval $(m - \sigma_\mu, m + \sigma_\mu)$ where the mode m coincides with fixed first moment and σ_μ^2 is fixed variance of random variable μ . Also, a brief important auxiliary information is given with examples, statements, and author's notations, which simplify obtaining the main result. The results of this study may be useful in evaluating the probability of hitting the projectile zone when aimed shooting.

Keywords: linear functionals of unimodal distribution functions and their extremal values, transformation of Johnson–Rogers, exact generalized Chebyshev inequalities for unimodal distribution functions.

УДК 519.872

Системы обслуживания с циклическим временем возвращения заявок и диспетчеризацией / Е.В. Коба // Кибernetика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 54–61.

Лл.: 0. Табл. 0. Библиогр.: 10 назв.

Аннотация. Рассмотрены системы обслуживания с циклическим возвращением $M/D/1$ и $GI/D/m$. В отличие от систем типа Лакатоша введена диспетчеризация заявок, отправленных на орбиту, и не предусмотрено условие обслуживания в порядке очереди. Для этих систем построены вложенные цепи Маркова и выведены достаточные условия их эргодичности.

Ключевые слова: системы массового обслуживания с возвращением, системы типа Лакатоша, орбита, цикл орбиты, устойчивость систем обслуживания, эргодичность систем обслуживания, вложенная цепь Маркова, диспетчеризация.

Системи обслуговування з циклічним часом повернення заявок і диспетчеризацією / О.В. Коба // Кибernetика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 54–61.

Анотація. Розглянуто системи обслуговування $M/D/1$ і $GI/D/m$ з циклічним часом повернення заявок. На відміну від систем типу Лакатоша, введено диспетчеризацію заявок, що були відправлені на орбіту, та знято умову обслуговування у порядку черги. Для цих систем побудовано вкладені ланцюги Маркова та виведено достатні умови їхньої ергодичності.

Ключові слова: системи масового обслуговування з поверненням, системи типу Лакатоша, орбіта, цикл орбіти, стійкість систем обслуговування, ергодичність систем обслуговування, вкладений ланцюг Маркова, диспетчеризація.

Cyclic-retrial queueing systems with dispatching / E.V. Koba // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 54–61.

Abstract. Cyclic-retrial queueing systems $M/D/1$ and $GI/D/m$ are considered. Unlike Lakatos-type systems, dispatching of customers sent to orbit is introduced, and FIFO service is not considered. Embedded Markov chains are constructed for these systems and their sufficient ergodicity conditions are deduced.

Keywords: retrial queues, Lakatos-type systems, orbit, orbit cycle, stability of queues, ergodicity of queues, embedded Markov chain, dispatching.

УДК 519.8

Максимизирующие альтернативы в задаче принятия решений с целевым нечетким множеством типа-2 / С.О. Машенко // Кибernetика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 62–72.

Лл.: 2. Табл. 0. Библиогр.: 17 назв.

Аннотация. Подход Беллмана и Заде применяется для задачи принятия решений, которая задана на нечетких множествах типа-2 (НМТ-2). Определено НМТ-2 решений. Для сравнения нечетких множеств степеней принадлежности альтернатив использовано расширение отношения естественного порядка на класс нечетких множеств. На основе этого отношения предпочтения построено нечеткое множество недоминируемых альтернатив. Введено понятие недоминируемой альтернативы уровня α . Показано, что ее можно получить из оптимизационной задачи, в которой максимизируется первичная степень принадлежности НМТ-2 решений при ограниченной вторичной степени. Исследован вопрос существования недоминируемых альтернатив уровня $\alpha = 1$. Сформулирована задача выбора альтернатив по двум критериям (первичной и вторичной степеням принадлежности НМТ-2 решений).

Ключевые слова: нечеткое множество, нечеткое множество типа-2, нечеткое математическое программирование, принятие решений.

Максимізувальні альтернативи в задачі прийняття рішень з цільовою нечіткою множиною типу-2 / С.О. Машенко // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 62–72.

Анотація. Підхід Белмана і Заде застосовується до задачі прийняття рішень, яку задано на нечіткій множині типу-2 (НМТ-2). Визначено НМТ-2 розв'язків. Для порівняння нечітких множин ступенів належності альтернатив використано розширення відношення природного порядку на клас нечітких множин. За цим відношенням переваги побудовано нечітку множину недовітованих альтернатив. Уведено поняття недовітованої альтернативи рівня α . Показано, що її можна одержати з оптимізаційної задачі, в якій максимізується первинний ступінь належності НМТ-2 розв'язків для обмеженого вторинного ступеня. Досліджено питання існування недовітованих альтернатив рівня $\alpha = 1$. Сформульовано задачу вибору альтернатив за двома критеріями (первинному і вторинному ступеням належності НМТ-2 розв'язків).

Ключові слова: нечітка множина, нечітка множина типу-2, нечітке математичне програмування, прийняття рішень.

Maximizing alternatives to the decision-making problem with a goal type-2 fuzzy set / S.O. Mashchenko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 62–72.

Abstract. The Bellman and Zadeh approach is applied to the decision-making problem, which is defined on type-2 fuzzy sets (T2FSs). T2FS Solution is defined. An extension of the natural order ratio to the class of fuzzy sets is used for comparison of fuzzy sets of alternatives membership degrees. A fuzzy set of non-dominated alternatives is constructed by this preference relation. The notion of the α -level non-dominated alternative is introduced. It is shown that this is an optimization problem solution. In this problem, the primary membership degree of a T2FS solution is maximized with a constrained secondary degree. The existence of 1-level non-dominated alternatives is investigated. The problem of choosing alternatives by two criteria (the primary and secondary degrees of membership to the T2FS solution) is formulated.

Keywords: a fuzzy set, a type-2 fuzzy set, a fuzzy mathematical programming, a decision making.

УДК 519.87

Фрагментарные структуры в задаче двумерной упаковки в полуограниченную полосу / И.В. Козин, С.Е. Батовский // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 73–79.

Лл.: 7. Табл. 0. Бібліогр.: 16 назв.

Аннотация. Рассмотрена общая задача двумерной упаковки в полуограниченную полосу. Показано, что ее можно рассматривать как задачу оптимизации на фрагментарной структуре, которая сводится к задаче комбинаторной оптимизации на множестве перестановок. Рассмотрены универсальный способ представления плоских фигур и алгоритм их упаковки в полосу. Предложен способ модификации исходной задачи для достижимости оптимального решения.

Ключевые слова: дискретная оптимизация, фрагментарная структура, двумерная упаковка в полосу, эволюционный алгоритм.

Фрагментарні структури в задачі двовимірного пакування у напівобмежену смугу / І.В. Козін, С.Є. Батовський // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 73–79.

Анотація. Розглянуто загальну задачу двовимірного пакування в напівобмежену смугу. Показано, що її можна розглядати як задачу оптимізації на фрагментарній структурі, яка зводиться до задачі комбінаторної оптимізації на множині переставлень. Розглянуто універсальний спосіб представлення плоских фігур та алгоритм їхнього пакування в смугу. Запропоновано спосіб модифікації початкової задачі для досяжності оптимального розв'язку.

Ключові слова: дискретна оптимізація, фрагментарна структура, двовимірне пакування у смугу, еволюційний алгоритм.

Fragmentary structures in two-dimensional strip packing problem / I.V. Kozin, S.E. Batovskyi // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 73–79.

Abstract. The paper considers a two-dimensional strip packing problem. It is shown that the problem can be considered as an optimization problem on a fragmented structure, which reduces to the problem of combinatorial optimization on a set of permutations. A universal approach of representing two-dimensional figures and the algorithm of their packing into the strip are considered. An approach to the modification of the original problem for the attainability of the optimal solution is proposed.

Keywords: discrete optimization, fragmentary structure, two-dimensional strip packing, evolutionary algorithm.

УДК 519.8

О радиусе квазиустойчивости многокритериальной задачи целочисленного линейного программирования нахождения экстремальных решений / В.А. Емеличев, Ю.В. Никулин // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 80–89.

Лл.: 0. Табл. 0. Библиогр.: 46 назв.

Аннотация. Рассматривается многокритериальная задача целочисленного линейного программирования с целевым набором оптимальных решений, каждое из которых минимизирует хотя бы один из критериев, т.е. является экстремумом. В данной работе нижние и верхние достижимые оценки радиуса квазиустойчивости множества экстремальных решений доказаны в ситуации, когда в пространствах решений и критериев заданы различные нормы Гёльдера. В качестве следствия получена аналитическая формула радиуса квазиустойчивости для случая, когда в пространстве критериев задана норма Чебышёва. В работе также кратко обсуждены некоторые вопросы, связанные с вычислимостью.

Ключевые слова: целочисленное линейное программирование, многокритериальная оптимизация, экстремальные решения, оптимальность по Парето, анализ устойчивости, радиус квазиустойчивости, нормы Гёльдера, норма Чебышёва.

Про радіус квазістійкості для багатокритерійної цілочисельної задачі лінійного програмування про знаходження екстремальних розв'язків / В.О. Ємелічев, Ю.В. Нікулін // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 80–89.

Анотація. Розглянуто багатокритерійну задачу цілочисельного лінійного програмування з цільовим набором оптимальних розв'язків, кожен з яких мінімізує хоча б один з критеріїв, тобто є екстремумом. Нижні та верхні досяжні оцінки радіуса квазістійкості множини екстремальних розв'язків доведено у ситуації, коли у просторах розв'язків та критеріїв задані різні норми Гьольдера. Як наслідок отримано аналітичну формулу для радіусу квазістійкості у випадку, коли у просторі критеріїв задана норма Чебишова. У роботі також коротко обговорюються деякі питання пов'язані з обчислюваністю.

Ключові слова: цілочисельне лінійне програмування, багатокритерійна оптимізація, екстремальні розв'язки, оптимальність за Парето, аналіз стійкості, радіус квазістійкості, норми Гьольдера, норма Чебишова.

On a quasistability radius for multicriteria integer linear programming problem of finding extremum solutions / V. Emelichev, Yu. Nikulin // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 80–89.

Abstract. We consider a multicriteria integer linear programming problem with a targeting set of optimal solutions given by the set of all individual criterion minimizers (extrema). In this study, the lower and upper attainable bounds on the quasistability radius of the set of extremum solutions are obtained when solution and criterion spaces are endowed with different Holder's norms. As a corollary, an analytical formula for the quasistability radius is obtained for the case where criterion space is endowed with Chebyshev's norm. Some computational challenges are also discussed.

Keywords: integer linear programming, multicriteria optimization, extremum solutions, Pareto optimality, stability analysis, quasistability radius, Holder's norms, Chebyshev's norm.

УДК 681.5.015:007

Нечетко-когнитивный подход к ранжированию факторов, влияющих на надежность человеко-машинных систем / А.П. Ротштейн, Д.И. Кательников, А.А. Кашканов // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 90–98.

Лл.: 8. Табл. 1. Библиогр.: 17 назв.

Аннотация. Рассматривается подход к моделированию надежности человеко-машинных систем с использованием экспертной информации на основе нечетких когнитивных карт. Новизна подхода состоит в учете взаимодействия факторов, влияющих на надежность системы. Предложен алгоритм оценки индексов важности элементов нечеткой когнитивной карты, с которыми связаны влияющие факторы. Алгоритм иллюстрируется на примере системы «водитель – автомобиль – дорога».

Ключевые слова: нечеткая когнитивная карта, многофакторный анализ, надежность, индекс важности фактора, система «водитель – автомобиль – дорога».

Нечітко-когнітивний підхід до ранжування факторів, які впливають на надійність людино-машинних систем / О.П. Ротштейн, Д.І. Кателініков, А.А. Кашканов // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 90–98.

Анотація. Розглянуто підхід до моделювання надійності людино-машинних систем з використанням експертної інформації на основі нечітких когнітивних карт. Новизна підходу полягає в урахуванні взаємодії факторів, що впливають на надійність системи. Запропоновано алгоритм оцінки індексів важливості елементів нечіткої когнітивної карти, з якими пов'язані впливальні фактори. Дію алгоритму проілюстровано на прикладі системи «водій – автомобіль – дорога».

Ключові слова: нечітка когнітивна карта, багатофакторний аналіз, надійність, індекс важливості фактора, система «водій – автомобіль – дорога».

Fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of human-machine systems / A. Rotshtein, D. Katielnikov, A. Kashkanov // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 90–98.

Abstract. We consider the approach to modeling of human-machine systems reliability using expert information and fuzzy cognitive map. The novelty of this approach is that the possibility of taking into account the interconnection of the factors affecting the reliability of systems. The paper includes the basic correlations of fuzzy cognitive maps and proposes the algorithm that allows evaluating the importance index of concepts related to the factors that affect the reliability. To demonstrate the proposed approach, we use the system “driver – car – road”.

Keywords: fuzzy cognitive map, multi-factor analysis of reliability, importance factor of concepts, system “driver – car – road”.

УДК 519.816

Подход к разработке, усовершенствованию и модификации многокритериальных методов принятия решений / М.М. Потемкин, А.В. Дублян, Р.Б. Хомчак // Кібернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 99–109.

Лл.: 3. Табл. 6. Бібліогр.: 27 назв.

Аннотация. В статье приведен подход к разработке, усовершенствованию и модификации многокритериальных методов, которые используются при исследовании сложных систем. Этот подход основывается на типовой схеме многокритериального метода принятия решений, внесение изменений в этапы которого позволяет модифицировать и усовершенствовать существующие методы, а также разрабатывать новые. Возможность практического использования предложенного подхода проиллюстрирована конкретным примером разработки нового метода, работоспособность которого подтверждена соответствующими расчетами.

Ключевые слова: альтернатива, многокритериальное принятие решений, метод формирования ядра, метод ранжирования.

Підхід до розроблення, вдосконалення та модифікації багатокритерійних методів прийняття рішень / М.М. Потьомкін, О.В. Дублян, Р.Б. Хомчак // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 99–109.

Анотація. Наведено підхід до розроблення, вдосконалення та модифікації багатокритерійних методів, які використовуються під час дослідження складних систем. Цей підхід ґрунтується на типовій схемі багатокритерійного методу прийняття рішення, внесення змін до етапів якої дає змогу модифікувати та вдосконалювати наявні методи, а також розробляти нові. Можливість практичного використання запропонованого підходу проілюстровано конкретним прикладом розроблення нового методу, роботоздатність якого підтверджено відповідними розрахунками.

Ключові слова: альтернатива, багатокритерійне прийняття рішень, метод формування ядра, метод ранжування.

Approach to the development, improvement, and modification of multi-criteria decision-making methods / M.M. Potomkin, O.V. Dublian, R.B. Khomchak // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 99–109.

Abstract. The paper presents an approach to the development, improvement, and modification of multi-criteria methods that are used in the analysis of complex systems. This approach is based on the typical scheme of the multi-criteria decision-making method. Changes introduced to its stages allow the modification and improvement of the available methods, as well as development of new ones. The possibility of practical use of the proposed approach is illustrated by an example of the development of a new method whose efficiency is confirmed by appropriate calculations.

Keywords: alternative, multi-criteria decision making, kernel generation method, ranking method.

УДК 519.8

Алгоритмы оптимизации муравьиными колониями с диверсифицированным поиском в задаче оптимизации авиаперелетов / Л.Ф. Гуляницкий, А.И. Павленко // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 110–121.

Ил.: 2. Табл. 2. Библиогр.: 11 назв.

Аннотация. Сформулирована задача поиска оптимального пути путешественника в сети авиаперелетов, которая учитывает стоимость построенного маршрута и наличие пользовательских условий при зависимой от времени стоимости соединений. Предложены алгоритмы системы муравьиных колоний для решения зависимой от времени задачи, представленной расширенным графом перелетов, которые, в отличие от существующих муравьиных алгоритмов, учитывают динамичность сети (зависимость наличия и стоимости сообщения от времени) и пользовательские условия. Усовершенствован подход к диверсификации поиска в муравьиных алгоритмах в условиях зависимости от времени для плотного графа, что позволило повысить качество построенных маршрутов, связывающих различные регионы. Эффективность предложенных алгоритмов исследована на основе анализа результатов вычислительного эксперимента, выполненного с использованием реальных данных.

Ключевые слова: оптимизация маршрутов, сеть авиаперелетов, муравьиные алгоритмы, диверсификация поиска, расширенные сети по времени, динамическое обнаружение дискретизации.

Алгоритми оптимізації мурашиними колоніями з диверсифікованим пошуком у задачі оптимізації авіаперельотів / Л.Ф. Гуляницький, А.І. Павленко // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 110–121.

Анотація. Сформульовано задачу пошуку оптимального шляху мандрівника в мережі авіаперельотів, яка враховує вартість побудованого маршруту та наявність користувацьких умов у випадку залежності від часу вартості сполучень. Запропоновано алгоритми систем мурашиних колоній для розв'язування залежної від часу задачі, поданої розширеним графом перельотів, які, на відміну від наявних мурашиних алгоритмів, враховують динамічність мережі (залежність наявності і вартості сполучення від часу) та користувацькі умови. Вдосконалено підхід до диверсифікації пошуку в мурашиних алгоритмах в умовах залежності від часу для щільного графу, що дало змогу підвищити якість побудованих маршрутів, які сполучають різні регіони. Ефективність запропонованих алгоритмів досліджено шляхом аналізу результатів обчислювального експерименту, виконаного з використанням реальних даних.

Ключові слова: оптимізація маршрутів, мережа авіаперельотів, мурашині алгоритми, диверсифікація пошуку, розширені мережі за часом, динамічне виявлення дискретизації.

Ant colony optimization algorithms with diversified search in the problem of optimization of airtravel itinerary / L. Huliantskyi, A. Pavlenko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 110–121.

Abstract. The formulated problem is to find optimal traveler's path in airline networks, which takes into account cost of the constructed route and user conditions with time-dependent cost of connections. Ant colony system algorithms are proposed to solve the time-dependent problem represented by an extended flight graph. Unlike the available ant algorithm implementations, the developed algorithms take into account the properties of dynamic networks (time-dependent availability and connections cost) and user conditions. The improved approach to the diversification of search in ant colony system algorithms in terms of time dependence for a dense graph increased the quality of the constructed routes from different regions. The proposed algorithms are analyzed for efficiency based on the analysis of the results of a computational experiment from real data.

Keywords: route optimization, flight network, ant algorithms, search diversification, time-expanded networks, dynamic discretization discovery.

УДК 517:519.6

Об одной схеме расщепления в задачах диффузии и теплопроводности / А.В. Гладкий, Ю.А. Гладкая // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 122–133.

Ил.: 0. Табл. 0. Библиогр.: 24 назв.

Аннотация. Рассмотрена задача математического моделирования и оптимизации нестационарных процессов диффузии и теплопроводности. Для численного решения многомерных начально-краевых задач диффузии и теплопроводности предложен подход, использующий идею расщепления и реализацию полученных разностных схем с помощью явных схем бегущего счета. Исследованы вопросы построения разностных схем расщепления, аппроксимации и устойчивости по начальным данным. Для численного решения задачи оптимального управления для параболического уравнения изучены дифференциальные свойства функционала качества, предложен итерационный алгоритм определения оптимального управления.

Ключевые слова: параболическое уравнение, задача оптимального управления, численный метод, методы расщепления, разностная схема, устойчивость.

Про одну схему розщеплення в задачах дифузії та теплопровідності / А.В. Гладкий, Ю.А. Гладка // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 122–133.

Анотація. Розглянуто задачу математичного моделювання та оптимізації нестационарних процесів дифузії і теплопровідності. Для чисельного розв'язання багатовимірних початково-крайових задач дифузії і теплопровідності запропоновано підхід, який використовує ідею розщеплення та реалізацію отриманих різницевих схем за допомогою явних схем наскрізного розрахунку. Досліджено питання побудови різницевих схем розщеплення, апроксимації та стійкості за початковими даними. Для чисельного розв'язання задачі оптимального керування для параболического рівняння досліджено диференціальні властивості функціонала якості, запропоновано ітераційний алгоритм визначення оптимального керування.

Ключові слова: параболическі рівняння, задача оптимального управління, чисельний метод, методи розщеплення, різницева схема, стійкість.

About one splitting scheme for diffusion and heat conduction problems / A.V. Gladky, Y.A. Gladka // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 122–133.

Abstract. The problem of mathematical modeling and optimization of diffusion and heat conduction non-stationary processes is considered. An approach that uses the idea of splitting and computation of the obtained difference schemes using explicit schemes of running counting is proposed for the numerical solution of multidimensional diffusion and heat conduction initial-boundary-value problems. Construction of difference splitting schemes and approximation and stability on the initial data are investigated. Differential properties of the quality functional are analyzed for the numerical solution of the optimal control problem for a parabolic equation. An iterative algorithm for determining the optimal control is proposed.

Keywords: parabolic equation, optimal control problem, numerical method, splitting methods, difference scheme, stability.

УДК 519.21

Полиэдральные когерентные меры риска и робастная оптимизация / В.С. Кирилюк // Кібернетика і системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 134–144.

Лл.: 0. Табл. 0. Бібліогр.: 15 назв.

Аннотация. Описаны свойства аппарата полиэдральных когерентных мер риска, его взаимосвязи с задачами робастной и робастной по распределению оптимизации, а также его применение в условиях неопределенности. Рассмотрены проблемы вычисления робастных конструкций полиэдральных когерентных мер риска и их минимизации, которые сведены к соответствующим задачам линейного программирования.

Ключевые слова: полиэдральная когерентная мера риска, Conditional Value-at-Risk, робастная оптимизация, робастная по распределению оптимизация, множество неопределенности, линейное программирование.

Полиедральні когерентні міри ризику і робастна оптимізація / В.С. Кирилюк // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 134–144.

Анотація. Описано властивості апарату поліедральних когерентних мір ризику, його зв'язок з задачами робастної та робастної за розподілом оптимізації, а також його застосування в умовах невизначеності. Розглянуто проблеми обчислення робастних конструкцій поліедральних когерентних мір ризику та їхньої мінімізації, які зведено до відповідних задач лінійного програмування.

Ключові слова: поліедральна когерентна міра ризику, Conditional Value-at-Risk, робастна оптимізація, робастна за розподілом оптимізація, множина невизначеності, лінійне програмування.

Polyhedral coherent risk measures and robust optimization / V.S. Kirilyuk // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 134–144.

Abstract. Properties of the apparatus of polyhedral coherent risk measures, its relationship with problems of robust and distributionally robust optimization, as well as its application under uncertainty are described. Problems of calculating robust constructions of polyhedral coherent risk measures and their minimization, which are reduced to the corresponding linear programming problems, are considered.

Keywords: polyhedral coherent risk measure, Conditional Value-at-Risk, robust optimization, distributionally robust optimization, robust risk measure construction, uncertainty set, linear programming.

Аннотация. Рассматриваются несколько постановок задачи об оптимальном управлении возбуждении колебаний шарнирно закрепленной балки. Колебания происходят под воздействием нескольких внешних периодических сил. В простейшей постановке задачи предполагается, что структура балки однородна. В более сложной постановке допускается наличие неоднородностей (дефектов) на балке. Цель управления колебаниями балки состоит в обеспечении заданной формы и заданной поточечной фазы колебаний в определенном частотном диапазоне. Задача состоит в определении того, сколько необходимо приложенных сил (включая их характеристики — места приложения, амплитуды и фазы колебаний) для обеспечения желаемой формы колебаний с заданной точностью. С помощью аналитических математических методов рассматриваемые задачи сводятся к более простым многоэкстремальным задачам минимизации основных функционалов, которые численно решаются с помощью многофункционального пакета AORDA PSG.

Ключевые слова: вибрация, форма колебаний, оптимальные характеристики возбуждения.

Математичні методи пошуку оптимального керування коливаннями шарнірно закріпленої балки (детермінований випадок) / Г.М. Зражевський, О.М. Голодніков, С.П. Уряс'єв // Кибернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 145–164.

Анотація. Розглянуто кілька постановок задачі про оптимальне кероване збудження коливань шарнірно закріпленої балки. Коливання відбуваються під впливом декількох зовнішніх періодичних сил. У найпростішій постановці задачі вважають, що структура балки є однорідною. У більш складній постановці допускають наявність неоднорідностей (дефектів) на балці. Мета керування коливаннями балки полягає у забезпеченні заданої форми і заданої поточної фази коливань у визначеному частотному діапазоні. Задача полягає у визначенні того, скільки необхідно прикладених сил та їхніх характеристик (місця прикладення, амплітуди і фази коливань) для забезпечення бажаної форми коливань із заданою точністю. За допомогою аналітичних математичних методів розглянуті задачі зводяться до більш простих багатоекстремальних задач мінімізації основних функціоналів, які чисельно розв'язуються за допомогою багатфункціонального пакету AORDA PSG.

Ключові слова: вібрація, форма коливань, оптимальні характеристики збудження.

Mathematical methods for searching the optimal control of oscillations of a hinged beam (deterministic case) / G. Zrazhevsky, A. Golodnikov, S. Uryasev // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 145–164.

Abstract. We consider several problem statements for the optimal controlled excitation of oscillations of a hinged beam. Oscillations occur under the influence of several external periodic forces. In the simplest statement, it is assumed that the structure of the beam is homogeneous. In a more complex formulation, inhomogeneities (defects) on the beam are allowed. The goal of controlling the oscillations of the beam is to provide a predetermined shape and a predetermined pointwise phase of oscillations in a given frequency range. The task is to determine the number of forces and their characteristics (application, amplitude and phase of oscillations), which provide the desired form of oscillation with a given accuracy. With the help of analytical mathematical methods, the problems in question are reduced to simpler multiextremal problems of minimizing basic functionals, which are numerically solved using the multifunctional package AORDA PSG.

Keywords: vibrations, waveform, optimal actuation.

УДК 517.977

Достаточные условия сближения управляемых объектов в игровых задачах динамики. II / И.С. Раппопорт // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 165–177.

Лл.: 0. Табл. 0. Бібліогр.: 24 назв.

Аннотация. Решена задача сближения управляемых объектов на основе метода разрешающих функций. Предложены новые достаточные условия окончания игры за конечное гарантированное время в случае, когда условие Понтрягина не выполняется. Введены разрешающие функции специального типа и на их основе разработаны две схемы метода разрешающих функций, обеспечивающих завершение дифференциальной игры в классе квазистратегий и контруправлений. Приведены формулы для вычисления разрешающих функций. Результаты иллюстрируются на модельном примере.

Ключевые слова: квазилинейная дифференциальная игра, многозначное отображение, измеримый селектор, стробоскопическая стратегия, разрешающая функция.

Достатні умови зближення керованих об'єктів в ігрових задачах динаміки. II / Й.С. Раппопорт // Кибернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 165–177.

Анотація. Розв'язано задачу зближення керованих об'єктів на основі методу розв'язувальних функцій. Запропоновано нові достатні умови закінчення гри за скінченний гарантований час в разі, коли умова Понтрягіна не виконується. Уведено розв'язувальні функції спеціального типу і на їхній основі розроблено дві схеми методу розв'язувальних функцій, що забезпечують завершення диференціальної гри в класі квазістратегій і контркерувань. Наведено формули для обчислення розв'язувальних функцій. Результати ілюструються на модельному прикладі.

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

Sufficient conditions of approach of the controlled objects in dynamic game problems. II / I.S. Rappoport // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 165–177.

Abstract. The problem of approach of control objects is solved on the basis of the method of resolving functions. New sufficient conditions for game termination in a finite guaranteed time are proposed for the case where the Pontryagin condition is not satisfied. Resolving functions of special type are introduced and are used to develop two schemes of the method of resolving functions that ensure termination of the differential game in the class of quasi-strategies and counter-controls. The formulas for calculating the resolving functions are given. The results are illustrated by a model example.

Keywords: quasilinear differential game, multivalued mapping, measurable selector, stroboscopic strategy, resolving function.

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

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

УДК 004.22+004.93ÿ11

Быстрый поиск сходных графов по расстоянию редактирования / Д.А. Рачковский // Кибернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 178–194.

Лл.: 0. Табл. 0. Бібліогр.: 70 назв.

Аннотация. Дан обзор индексных структур для быстрого поиска по сходству объектов, представленных деревьями и графами. В качестве меры сходства использовано расстояние редактирования. Рассмотрено выполнение запросов точного поиска по сходству. В основном представлены алгоритмы на основе стратегии фильтрации и уточнения, использующие обратное индексирование. Кроме того, рассмотрены алгоритмы точного вычисления расстояния редактирования графов и его нижних и верхних границ.

Ключевые слова: поиск по сходству, графы, расстояние редактирования, ближайший сосед, индексные структуры, обратное индексирование.

Швидкий пошук схожих графів за відстанню редагування / Д.А. Рачковський // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 178–194.

Анотація. Наведено огляд індексних структур для швидкого пошуку за схожістю об'єктів, поданих деревами та графами. Як міру схожості використано відстань редагування. Розглянуто виконання запитів точного пошуку за схожістю. В основному описано алгоритми на основі стратегії фільтрації та уточнення, які використовують обернене індексування. Крім того, розглянуто алгоритми точного обчислення відстані редагування графів та її нижніх і верхніх меж.

Ключові слова: пошук за схожістю, графи, відстань редагування, найближчий сусід, індексні структури, обернене індексування.

Fast search for similar graphs by edit distance / D.A. Rachkovskij // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 178–194.

Abstract. This survey article considers index structures for fast similarity search for objects represented by trees and graphs. Edit distance is used as a measure of similarity. The execution of exact similarity search queries is considered. Algorithms based on the filter-and-refine strategy using inverted indexing are mainly presented. Algorithms for exact calculation of the graph edit distance and its lower and upper bounds are also considered.

Keywords: similarity search, graphs, edit distance, nearest neighbor, index structures, inverted indexing.

УДК 519.615

Метод глобальной минимизации функций с использованием оператора Кравчика / В.Ю. Семенов, Е.В. Семенова // Кібернетика и системный анализ. 2019. Том 55, № 6. С. 195–202.

Лл.: 3. Табл. 0. Бібліогр.: 14 назв.

Аннотация. В работе предложен метод глобальной минимизации дважды непрерывно-дифференцируемых функций нескольких переменных на заданном интервале. Метод основан на решении системы нелинейных уравнений, образованной частными производными целевой функции с помощью оператора Кравчика. Применение метода продемонстрировано на численных примерах.

Ключевые слова: глобальная минимизация, оператор Кравчика, поиск корней, гессиан.

Метод глобальної мінімізації функцій з використанням оператора Кравчика / В.Ю. Семенов, Є.В. Семенова // Кібернетика та системний аналіз. 2019. Том 55, № 6. С. 195–202.

Анотація. Запропоновано метод глобальної мінімізації двічі неперервно-диференційовних функцій від декількох змінних на заданому інтервалі. Метод ґрунтується на розв'язанні системи нелінійних рівнянь, утвореної частковими похідними цільової функції, за допомогою оператора Кравчика. Застосування методу продемонстровано на чисельних прикладах.

Ключові слова: глобальна мінімізація, оператор Кравчика, пошук коренів, гесіан.

Global minimization method based on krawczyk operator / V.Yu. Semenov, Ye.V. Semenova // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2019. Vol. 55, N 6. P. 195–202.

Abstract. Global minimization method for twice differentiable functions of several variables on the given interval is proposed. The method is based on the solution of systems of nonlinear equations formed by partial derivatives of the objective function with the use of Krawczyk operator. The application of the method is illustrated by numerical examples.

Keywords: global minimization, Krawczyk operator, rootfinding, Hessian.