

КІБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 621.513.8

Проблемы построения интеллектуальных систем. интеллектуальное моделирование / В.Ю. Мейтус // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 3–19.

Аннотация. Исследован и детализирован процесс интеллектуального моделирования предметных областей как составляющая действий интеллектуального субъекта, связанных с решением задач в этой области. Рассмотрено построение модели предметной области как множества знаний об отдельных составляющих этой области. Описание знаний каждой составляющей включает логическое и онтологическое представление, признаки этой составляющей и ее связи с другими элементами. Показано, что для описания предметной области как абстрактного представления может быть использована приемлемая математическая структура. Рассмотрен ряд таких структур и различные варианты логики.

Ключевые слова: интеллект, интеллектуальное моделирование, логика, знания, математические структуры, представление знаний, алгоритм моделирования, онтология.

Проблеми побудови інтелектуальних систем. інтелектуальне моделювання / В.Ю. Мейтус // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 3–19.

Анотація. Досліджено і деталізовано процес інтелектуального моделювання предметних областей як складової дій інтелектуального суб'єкта, пов'язаних з розв'язанням завдань у цій галузі. Розглянуто побудову моделі предметної області як сукупності знань про окремі складові цієї області. Опис знань кожної складової містить логічне і онтологічне подання, ознаки цієї складової і її зв'язку з іншими елементами. Показано, що для опису предметної області як абстрактного представлення може бути використана відповідна математична структура. Розглянуто низку таких структур і різні варіанти логіки.

Ключові слова: інтелект, інтелектуальне моделювання, логіка, знання, математичні структури, представлення знань, алгоритм моделювання, онтологія.

Problems of construction of intelligent systems. intelligent simulation / V.Yu. Meitus // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 3–19.

Abstract. The author analyzes in detail the process of intelligent simulation of subject areas. This process arises as a component of the actions of an intelligent subject associated with solving problems in this area. A subject domain model is built as a set of knowledge about the individual components of this domain. The description of knowledge of each component includes a logical and ontological representation, signs of this component, and its relationship with other elements. It is shown that a suitable mathematical framework can be used to describe the domain as an abstract representation. A number of such structures and various variants of logic are considered.

Keywords: intelligence, intelligent simulation, logic, knowledge, mathematical structures, knowledge representation, modeling algorithm, ontology.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.6

Оптимизация параметров в обобщенной формуле Даламбера для функций двух переменных / И.В. Сергиенко, О.Н. Литвин, О.О. Литвин, А.В. Ткаченко, А.А. Белобородов // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 20–29.

Аннотация. Рассмотрены классы функций, которые точно восстанавливаются с помощью формулы Даламбера, обобщенной О.Н. Литвином в 1989 г. Известно, что эта формула в частном случае дает полином Тейлора разложения функций по одной переменной, но в отличие от полинома Тейлора сохраняет тот же класс дифференцируемости, которому принадлежит приближаемая функция, даже если частные производные s -го порядка ($s = 1, 2, \dots, N$) не принадлежат тому же классу дифференцируемости, которому принадлежит приближаемая функция. При этом используется система параметров $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_N$. Предложен метод оптимального выбора этих параметров, а также сформулирован и доказан ряд теорем о классах функций, которые точно восстанавливаются обобщенными операторами Даламбера.

Ключевые слова: интерполяция, оператор, остаток, оптимизация.

Оптимізація параметрів в узагальненій формулі Даламбера для функцій двох змінних / І.В. Сергієнко, О.М. Литвин, О.О. Литвин, О.В. Ткаченко, А.А. Білобородов // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 20–29.

Анотація. Розглянуто питання про класи функцій, які точно відновлюються за допомогою формули Даламбера, узагальненої О.М. Литвином у 1989 р. Відомо, що ця формула в окремому випадку дає поліном Тейлора розвинення функції за однією змінною, але на відміну від полінома Тейлора зберігає той самий клас диференційовності, якому належить наближувана функція, навіть якщо частинні похідні s -го порядку ($s = 1, 2, \dots, N$) не належать тому самому класу диференційовності, якому належить наближувана функція. При цьому використано систему параметрів $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_N$. Запропоновано метод

оптимального вибору цих параметрів, а також сформульовано та доведено теореми про класи функцій, які точно відновлюються узагальненими операторами Даламбера.

Ключові слова: інтерполяція, оператор, залишок, оптимізація.

Optimization of parameters in the generalized D'Alembert formula for a function of two variables / I.V. Sergienko, O.M. Lytvyn, O.O. Lytvyn, O.V. Tkachenko, A.A. Biloborodov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 20–29.

Abstract. The authors consider classes of functions that can be exactly restored using the d'Alembert formula generalized by O.M. Lytvyn in 1989. This formula as a special case is known to give the Taylor polynomial of the one variable function, but in opposite to the Taylor polynomial it preserves the same differentiability class to which the approximated function belongs, even if its partial derivatives of s order ($s = 1, 2, \dots, N$) do not belong to the same differentiability class. In such case, the system of parameters $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_N$ is used. The authors propose a method for the choice of optimal parameters and provide and prove several theorems related to classes of functions that can be exactly restored by the generalized d'Alembert operators.

Keywords: interpolation, operator, remainder, optimization.

УДК 519.872

Ускоренное моделирование вероятности блокировки требований в сетях обслуживания с множественным доступом / Н.Ю. Кузнецов, И.Н. Кузнецов // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 30–43.

Аннотация. Рассматривается модель сети обслуживания, в которую поступают разнотипные пуассоновские потоки требований, требующие соединения между заданными терминалами. Путь соединения зависит от типа поступающего требования, от запрашиваемого ресурса, от занятых в данный момент путей и от загрузки всех каналов связи сети. Предложен метод ускоренного моделирования вероятности блокировки требований определенного потока с запрашиваемым ресурсом не ниже заданного.

Ключевые слова: сеть обслуживания, множественный доступ, вероятность блокировки, метод Монте-Карло, метод расслоенной выборки, ускоренное моделирование, дисперсия оценки.

Прискорене моделювання ймовірності блокування вимог у мережах обслуговування із множинним доступом / М.Ю. Кузнецов, І.М. Кузнецов // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 30–43.

Анотація. Розглянуто модель мережі обслуговування, в яку надходять різнотипні пуассонівські потоки вимог, що потребують з'єднання між заданими терміналами. Шлях з'єднання залежить від типу вимоги, від ресурсу, що вимагається для її обслуговування, від зайнятих у цей момент шляхів та від завантаженості всіх каналів зв'язку мережі. Запропоновано метод прискореного моделювання ймовірності блокування вимог певного потоку із необхідним для обслуговування ресурсом, рівень якого не нижче заданого.

Ключові слова: мережа обслуговування, множинний доступ, ймовірність блокування, метод Монте-Карло, метод розшарованої вибірки, прискорене моделювання, дисперсія оцінки.

Fast simulation of the customer blocking probability in queueing networks with multicast access / N.Yu. Kuznetsov, I.N. Kuznetsov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 30–43.

Abstract. A model of a queueing network with several input Poisson flows is considered. These flows require connections between given terminals. The connection path depends on the type of the customer, on the requested resource, on the paths currently occupied and on the load on all communication channels of the network. A fast simulation method for the evaluation of the blocking probability for customers of the certain flow with a required resource not lower than a given one is proposed.

Keywords: queueing network, multicast access, blocking probability, Monte Carlo method, stratified sampling, fast simulation method, variance of estimate.

УДК 519.85

Разреженное сбалансированное размещение сферических пустот в трехмерных областях / Ю.Г. Стоян, Т.Е. Романова, А.В. Панкратов, П.И. Стецюк, Ю.Е. Стоян // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 44–55.

Аннотация. Рассмотрена оптимизационная задача размещения сферических пустот в трехмерных областях, ограниченных цилиндрическими, сферическими поверхностями и плоскостями, которая сводится к задаче компоновки сферических объектов в составном контейнере с учетом ограничений на «разреженность» размещения объектов и условий баланса (положение центра тяжести системы). Построена математическая модель в виде задачи нелинейного программирования. Предложен метод быстрого поиска допустимых решений, основанный на балансных гомотетичных преобразованиях 3D-объектов, и методы поиска локально-оптимальных решений с применением алгоритма декомпозиции и г-алгоритма. Приведены результаты численных экспериментов.

Ключевые слова: разреженная компоновка, сферические объекты, ϕ -функция, нелинейное программирование, r -алгоритм.

Розріджене збалансоване розміщення сферичних порожнин у тривимірних областях / Ю.Г. Стоян, Т.Є. Романова, О.В. Панкратов, П.І. Стецюк, Ю.Є. Стоян // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 44–55.

Анотація. Розглянуто оптимізаційну задачу розміщення сферичних порожнин у тривимірних областях, обмежених циліндричними і сферичними поверхнями та площинами, яка зводиться до задачі компоновки сферичних об'єктів у складеному контейнері з урахуванням обмежень на «розрідженість» розміщення об'єктів та умов балансу (розміщення центра ваги системи). Побудовано математичну модель у вигляді задачі нелінійного програмування. Запропоновано швидкий метод пошуку допустимих розв'язків, що ґрунтується на балансних гомотетичних перетвореннях 3D-об'єктів, та методи пошуку локально-оптимальних розв'язків із застосуванням алгоритму декомпозиції та r -алгоритму. Наведено результати чисельних експериментів.

Ключові слова: розріджене компоновання, сферичні об'єкти, ϕ -функція, нелінійне програмування, r -алгоритм.

Sparse balanced distribution of spherical voids in three-dimensional domains / Y.G. Stoyan, T.E. Romanova, O.V. Pankratov, P.I. Stetsyuk, Y.E. Stoian // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 44–55.

Abstract. The paper considers the optimization problem of generating spherical voids in three-dimensional domains bounded by cylindrical and spherical surfaces and planes. The problem is reduced to the problem of arranging spherical objects in a composite container, taking into account constraints on “sparseness” of the objects and balancing conditions (a location of the gravity center of the system). A mathematical model in the form of a nonlinear programming problem is provided. A fast method of finding allowable solutions based on the balanced homothetic transformations of 3D objects and methods of finding locally optimal solutions using the decomposition algorithm and r -algorithm are proposed. The results of numerical experiments are given.

Keywords: sparse layout, spherical objects, ϕ -function, nonlinear programming, r -algorithm.

УДК 519.2, 519.61, 519.71

Регуляризованные решения задач идентификации в классе моделей линейной регрессии / В.Ф. Губарев, Н.Н. Сальников, С.В. Мельничук // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 56–69.

Аннотация. Рассмотрена проблема идентификации сложных дискретных систем в классе моделей линейной регрессии. При наличии погрешностей в данных соответствующая задача идентификации в большинстве случаев является некорректно поставленной. В условиях ограниченной неопределенности исходных данных предлагается находить приближенное регуляризованное решение и в качестве регуляризирующего параметра использовать размерность модели. Разработаны и исследованы два способа определения размерности модели, позволяющие находить приближенное решение задачи идентификации, согласованное по точности с погрешностью данных. На основе численного моделирования выполнены исследования разработанных способов идентификации и дана оценка их эффективности.

Ключевые слова: идентификация, линейная регрессия, сложная система, регуляризация, определение размерности модели, сингулярное разложение, численное моделирование.

Регуляризовані розв'язки задач ідентифікації в класі моделей лінійної регресії / В.Ф. Губарев, М.М. Сальников, С.В. Мельничук // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 56–69.

Анотація. Розглянуто проблему ідентифікації складних дискретних систем в класі моделей лінійної регресії. За наявності похибок в даних відповідна задача ідентифікації у більшості випадків є некоректно поставленою. В умовах обмеженої невизначеності наявних даних запропоновано знаходити наближений регуляризований розв'язок і як регуляризаційний параметр використовувати розмірність моделі. Розроблено два досліджені способи знаходження розмірності моделі, що дають змогу знаходити наближений розв'язок задачі ідентифікації, узгоджений за точністю з похибкою даних. На основі чисельного моделювання виконано дослідження розроблених способів ідентифікації та наведено оцінку їхньої ефективності.

Ключові слова: ідентифікація, лінійна регресія, складна система, регуляризація, знаходження розмірності моделі, сингулярний розклад, чисельне моделювання.

Identification of regularized models in the linear regression class / V.F. Gubarev, N.N. Salnikov, S.V. Melnychuk // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 56–69.

Abstract. Identification of complex discrete systems in the class of linear regression models is considered. The problem of identifying an exact model on noisy initial data is known to be ill-posed. This is especially significant when using high-dimensional models. Within the guaranteed approach to uncertainty used

in the article, it is proposed to use the dimension of the model as a regularization parameter. Here we suggested and tested two techniques for estimating optimal dimension and parameters of linear regression model to ensure its consistency in accuracy with the data error. Numerical simulations were carried out and their efficiency was evaluated.

Keywords: identification, linear regression, complex system, regularization, model dimension estimation, SVD, simulation.

УДК 517.9:519.6

Математические модели с локальной M -производной и краевые задачи геомиграционной динамики / В.М. Булавацкий // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 70–87.

Аннотация. В рамках математических моделей, основанных на понятии локальной M -производной по времени, выполнены постановки и получены замкнутые решения некоторых двумерных краевых задач конвективного и конвективно-диффузионного массопереноса и массообмена растворимых веществ при геофильтрации. В частности, поставлена обратная ретроспективная задача конвективной диффузии согласно схеме двумерной геофильтрации из бесконечного водоема к дренажу, получено ее регуляризованное решение, приведены некоторые оценки сходимости.

Ключевые слова: математическое моделирование, геомиграция, геофильтрация, массоперенос, массообмен, неклассические модели, локальная M -производная, задачи конвективного и конвективно-диффузионного массопереноса, замкнутая форма решений.

Математичні моделі з локальною M -похідною та крайові задачі геоміграційної динаміки / В.М. Булавацький // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 70–87.

Анотація. У рамках математичних моделей, що базуються на понятті локальної M -похідної за часом, виконано постановки та одержано замкнені розв'язки деяких двовимірних крайових задач конвективного і конвективно-дифузійного масопереносу та масообміну розчинних речовин у процесі геофільтрації. Зокрема, поставлено обернену ретроспективну задачу конвективної дифузії згідно зі схемою двовимірної геофільтрації з нескінченної водойми до дренажу, одержано її регуляризований розв'язок, наведено деякі оцінки збіжності.

Ключові слова: математичне моделювання, геоміграція, геофільтрація, масоперенос, масообмін, неklasичні моделі, локальна M -похідна, задачі конвективного та конвективно-дифузійного масопереносу, замкнена форма розв'язків.

Mathematical models with local M -derivative and boundary-value problems of geomigration dynamics / V.M. Bulavatsky // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 70–87.

Abstract. In the framework of mathematical models based on the concept of a local M -derivative with respect to a time variable, statements are made and closed-form solutions of some two-dimensional boundary value problems of convective and convective-diffusive mass transfer and mass exchange of soluble substances during geofiltration are obtained. In particular, the inverse retrospective problem of convective diffusion is posed according to the scheme of two-dimensional geofiltration from an infinite reservoir to drainage, its regularized solution is obtained, and some estimates of convergence are given.

Keywords: mathematical modeling, geomigration, geofiltration, mass transfer, mass exchange, non-classical models, local M -derivative, problems of convective and convective-diffusive mass transfer, closed form solutions.

УДК 519.8

Ядро устойчивости многокритериальной задачи оптимизации при возмущениях входных данных векторного критерия / Т.Т. Лебедева, Н.В. Семенова, Т.И. Сергиенко // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 88–94.

Аннотация. На основе использования понятия ядра устойчивости многокритериальной задачи поиска Парето-оптимальных решений с непрерывными частными критериальными функциями и множеством допустимых решений произвольной структуры установлены условия устойчивости задачи относительно возмущений входных данных векторного критерия. Изучен вопрос об устойчивой принадлежности допустимых решений задачи определенным множествам ее оптимальных решений.

Ключевые слова: многокритериальная задача, векторный критерий, Парето-оптимальные решения, множество Слейтера, множество Смейла, возмущения входных данных, устойчивость, ядро устойчивости.

Ядро стійкості багатокритерійної задачі оптимізації за умови збурення вхідних даних векторного критерію / Т.Т. Лебедева, Н.В. Семенова, Т.І. Сергієнко // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 88–94.

Анотація. Базуючись на понятті ядра стійкості багатокритерійної задачі пошуку Парето-оптимальних розв'язків з неперервними частковими критерійними функціями і множиною допустимих розв'язків довільної структури, встановлено умови стійкості відносно збурень вхідних даних векторного критерію. Вивчено питання стійкої належності допустимих розв'язків задачі визначеним множинам її оптимальних розв'язків.

Ключові слова: багатокритерійна задача оптимізації, векторний критерій, Парето-оптимальні розв'язки, множина Слейтера, множина Смейла, збурення вхідних даних, стійкість, ядро стійкості.

Stability kernel of multicriteria optimization problem under perturbations of input data of vector criterion / T.T. Lebedeva, N.V. Semenova, T.I. Sergienko // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 88–94.

Abstract. Based on the concept of the stability kernel for multicriteria optimization problem of finding Pareto optimal solutions with continuous partial criterion functions and feasible set of arbitrary structure, the conditions of problem stability with respect to initial data perturbations in vector criterion are established. Stable belonging of the feasible solutions to certain sets of optimal solutions of the problem is analyzed.

Keywords: multicriteria optimization problem, vector criterion, Pareto-optimal solutions, Slater set, Smale set, perturbations of initial data, stability, kernel of stability.

УДК 519.6:004.942

Решение задачи интерпретации наблюдений с использованием сплайн-приближения сканированной функции / А.Ф. Верлань, П.С. Малачивский, Я.В. Пизюр // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 95–103.

Аннотация. Представлен анализ точности числовой реализации частотного метода решения интегрального уравнения в задаче интерпретации технических наблюдений с использованием сплайн-приближения сканированной функции. Исследован алгоритм решения интегрального уравнения задачи интерпретации, основанный на применении метода регуляризации Тихонова с поиском решения в частотной области с урезанием спектра частот. Для повышения точности результатов интерпретации предложено применение сплайн-приближения значений сканированной функции, то есть правой части интегрального уравнения. Получена оценка точности решения интегрального уравнения с применением метода регуляризации и учетом погрешности, что сопровождается неточностью задания правой части, а также погрешности вычисления значений ядра. Предложен способ вычисления оптимальной по точности степени сглаживающего сплайн-приближения сканированной функции.

Ключевые слова: задача интерпретации, интегральное уравнение Фредгольма, метод регуляризации Тихонова, урезание спектра частот, сплайн-приближения, оценка точности.

Розв'язування задачі інтерпретації спостережень з використанням сплайн-наближення сканованої функції / А.Ф. Верлань, П.С. Малачивський, Я.В. Пізюр // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 95–103.

Анотація. Подано аналіз точності числової реалізації частотного методу розв'язування інтегрального рівняння в задачі інтерпретації технічних спостережень із використанням сплайн-наближення сканованої функції. Досліджено алгоритм розв'язання інтегрального рівняння задачі інтерпретації, що ґрунтується на застосуванні методу регуляризації Тихонова з пошуком розв'язку в частотній області з урізанням спектру частот. Для підвищення точності результатів інтерпретації запропоновано застосування сплайн-наближення значень сканованої функції, тобто правої частини інтегрального рівняння. Отримано оцінку точності розв'язку інтегрального рівняння із застосуванням методу регуляризації та врахуванням похибки, що супроводжується неточністю задания правої частини, а також похибки обчислення значень ядра. Запропоновано спосіб обчислення оптимального за точністю степеня згладжувального сплайн-наближення сканованої функції.

Ключові слова: задача інтерпретації, інтегральне рівняння Фредгольма, метод регуляризації Тихонова, урізання спектру частот, сплайн-наближення, оцінка точності.

Solving the problem of interpreting observations using the spline approximation of the scanned function / A.F. Verlan, P.S. Malachivskyy, Ya.V. Pizyur // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 95–103.

Abstract. An accuracy analysis of the numerical implementation of the frequency method for solving the integral equation in the problem of interpreting technical observations using the spline approximation of the scanned function is presented. The algorithm for solving the integral equation of the interpretation problem, which is based on the application of the Tikhonov regularization method with the search for a solution in the frequency domain with a truncation of the frequency spectrum is investigated. To increase the accuracy of the interpretation results, the use of spline approximation of the values of the scanned function, i.e., the right-hand side of the integral equation, is proposed. An estimate of the accuracy of solving the integral equation using the regularization method and taking into account the error accompanied by the inaccuracy of the right-hand side, as well as the error in calculating the values of the kernel is obtained. A method for calculating the optimal degree of smoothing spline for approximation of the scanned function that provides the required accuracy is proposed.

Keywords: interpretation problem, Fredholm integral equation, Tikhonov regularization method, frequency spectrum truncation, spline approximation, accuracy estimation.

УДК 519.622

Управление с обратной связью мощностью движущихся источников при нагреве стержня / К.Р. Айда-Заде, А.Г. Багиров, В.А. Гашимов // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 104–117.

Аннотация. Рассмотрена задача синтеза управления мощностями движущихся по заданным законам и траекториям источников при нагреве стержня. Текущие значения управлений определяются в зависимости от значений температуры стержня в точках замера. Относительно параметров обратной связи и координат установки точек замера получены формулы для компонент градиента целевого функционала, используемые для численного решения тестовой задачи с применением численных методов оптимизации первого порядка. Приводятся результаты компьютерных экспериментов.

Ключевые слова: нагрев стержня, управление с обратной связью, движущиеся источники, точки замера температуры, параметры обратной связи.

Керування зі зворотним зв'язком потужністю рухомих джерел під час нагрівання стрижня / К.Р. Айда-Заде, А.Г. Багіров, В.А. Гашимов // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 104–117.

Анотація. Розглянуто задачу синтезу керування потужностями джерел, що рухаються за заданими законами і траєкторіями під час нагрівання стрижня. Поточні значення керувань визначаються залежно від значень температури стрижня у точках замірювання. Отримано формули компонентів градієнта цільового функціоналу щодо параметрів зворотного зв'язку та координат точок замірювання, які застосовують для чисельного розв'язання тестової задачі з використанням чисельних методів оптимізації першого порядку. Наведено результати комп'ютерних експериментів.

Ключові слова: нагрівання стрижня, керування зі зворотним зв'язком, рухомі джерела, точки замірювання температури, параметри зворотного зв'язку.

Feedback control of the power of moving sources when heating the bar / K.R. Aida-Zade, A.H. Bagirov, V.A. Hashimov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 104–117.

Abstract. The problem of synthesis of power control of the sources moving according to the given rules and trajectories when the rod is heated is considered. The current values of the controls are determined depending on the values of the temperature of the bar at the points of measurement. Formulas for the components of the gradient of the objective functional are obtained with respect to the feedback parameters and the coordinates of the measurement points, which are used to numerically solve the test problem using first-order numerical optimization methods. The results of computer experiments are presented.

Keywords: bar heating, feedback control, moving sources, temperature measuring points, feedback parameters.

УДК 681.5.015:007

Нечеткая когнитивная карта как альтернатива регрессии / А.П. Ротштейн, Д.И. Кательников // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 118–130.

Аннотация. Рассмотрена нечеткая когнитивная карта как альтернатива регрессионного анализа, т.е. аппарат моделирования зависимости входы-выход на основе экспертно-экспериментальной информации. Для вычисления значения выхода при заданных значениях входов использованы приращения переменных. Оптимальные значения весов дуг определены с помощью генетического алгоритма, в котором хромосомы генерируются из интервалов их допустимых значений, а критерием селекции является сумма квадратов отклонений между модельными и наблюдаемыми значениями выхода.

Ключевые слова: нечеткая когнитивная карта, регрессия, аппроксимация, неизвестные параметры, настройка, генетический алгоритм.

Нечітка когнітивна карта як альтернатива регресії / О.П. Ротштейн, Д.І. Кательников // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 118–130.

Анотація. Розглянуто нечітку когнітивну карту як альтернативу регресійного аналізу, тобто апарату моделювання залежності входи-вихід на основі експертно-експериментальної інформації. Для обчислення значення виходу у разі, коли значення входів задані, використано приріст змінних. Оптиміальні значення ваг дуг визначено за допомогою генетичного алгоритму, в якому хромосоми генеруються з інтервалів їхніх допустимих значень, а критерієм селекції є сума квадратів відхилень між модельними та спостережуваними значеннями виходу.

Ключові слова: нечітка когнітивна карта, регресія, апроксимація, невідомі параметри, налаштування, генетичний алгоритм.

Fuzzy cognitive map vs regression / A.P. Rotshtein, D.I. Katielnikov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 118–130.

Abstract. Fuzzy cognitive map (FCM) is considered as an alternative to regression analysis, i.e., apparatus for modeling the inputs-output dependence based on expert-experimental information. To calculate the output value at given input values, increments of variables are used. The optimal values of the weights of

the arcs are found using the genetic algorithm in which the chromosomes are generated from the intervals of their feasible values and the selection criterion is the sum of the squared deviations between the model and observed output values.

Keywords: fuzzy cognitive map, regression, approximation, unknown parameters, tuning, genetic algorithm

УДК 621.391

Влияние информативности мониторинговых признаков на условия формирования интегрального критерия определения их приоритетности / В.С. Комаров, В.В. Олексюк, А.А. Ильяшов // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 131–135.

Аннотация. Предложен подход к корректировке интегрального критерия минимума суммы приоритетов мониторинговых признаков, полученных по частным (max-max)- и (max-min)-критериям. Исследована возможность использования информативных мониторинговых признаков в процессе подготовки соответствующих корректирующих коэффициентов.

Ключевые слова: мониторинговый признак, информативность признака, вероятность ошибочных решений.

Вплив інформативності моніторингових ознак на умови формування інтегрального критерію визначення їхньої пріоритетності / В.С. Комаров, В.В. Олексіюк, О.А. Ільяшов // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 131–135.

Анотація. Запропоновано підхід до коригування інтегрального критерію мінімуму суми пріоритетів моніторингових ознак, отриманих за частковими (max-max)- та (max-min)-критеріями. Досліджено можливість використання інформативних моніторингових ознак у процесі підготовки відповідних коригувальних коефіцієнтів.

Ключові слова: моніторингова ознака, інформативність ознаки, ймовірність помилкових рішень.

Influence of informativity of monitoring features on the conditions of generating an integral criterion for determining their priority / V. Komarov, V. Oleksiuk, O. Iliashov // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 131–135.

Abstract. An approach to correcting the integral criterion of the minimum sum of the priorities of monitoring features obtained by partial (max-max) and (max-min) criteria is proposed. The possibility of using informative monitoring features while preparing the corresponding correcting coefficients is analyzed.

Keywords: monitoring feature, informativeness of a feature, probability of erroneous decisions.

УДК 519.21+62

Особенности построения и анализ модели информационной борьбы с марковскими переключениями и импульсными возмущениями в условиях аппроксимации Леви / И.В. Самойленко, А.В. Никитин, А.В. Верёвкина // Кибернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 136–145.

Аннотация. Построена и изучена непрерывная эволюционная модель, которая описывает конфликтное взаимодействие двух сложных систем с нетривиальными внутренними структурами. Показано, что внешнее конфликтное взаимодействие можно моделировать дополнительным влиянием случайных факторов, при этом динамика внутреннего конфликта подобна модели Лотка–Вольтерра, а именно модели информационной борьбы. Приведена интерпретация новой модели информационной борьбы как влияния редких событий, которые быстро меняют определенные представления большого количества людей. Как результат, количество сторонников разных идей совершает стохастические прыжки, которые можно увидеть, используя схему аппроксимации Леви. Предполагается, что новая модель является более естественной, поскольку на сегодняшний день важные новости оказывают быстрое импульсное воздействие на аудиторию через информационные каналы и социальные сети.

Ключевые слова: случайная эволюция, аппроксимация Леви, модель информационной борьбы.

Особливості побудови та аналіз моделі інформаційної боротьби з марковськими перемикаваннями та імпульсними збуреннями в умовах апроксимації Леві / І.В. Самойленко, А.В. Нікітін, Г.В. Верьовкіна // Кибернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 136–145.

Анотація. Побудовано та досліджено неперервну еволюційну модель, яка описує конфліктну взаємодію двох складних систем з нетривіальними внутрішніми структурами. Показано, що зовнішню конфліктну взаємодію можна моделювати додатковим впливом випадкових факторів, при цьому динаміка внутрішнього конфлікту подібна до моделі Лотка–Вольтерра, а саме моделі інформаційної боротьби. Наведено інтерпретацію нової моделі інформаційної боротьби як впливу рідкісних подій, які швидко змінюють певні уявлення великої кількості людей. У результаті кількість прихильників різних ідей здійснює стохастичні стрибки, які можна побачити, використовуючи схему апроксимації Леві. Припущено, що нова модель є більш природною, оскільки нині важливі новини мають швидкий імпульсний вплив на аудиторію через інформаційні канали та соціальні мережі.

Ключові слова: випадкова еволюція, апроксимація Леві, модель інформаційної боротьби.

Peculiarities of construction and analysis of the information warfare model at markov switchings and impulse perturbations under Levy approximation conditions / I.V. Samoilenko, A.V. Nikitin, G.V. Verovkina // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 136–145.

Abstract. We construct and analyze a continuous evolutionary model that describes the conflicting interaction of two complex systems with non-trivial internal structures. External conflict interaction is modeled by the additional influence of random factors. The dynamics of internal conflict is similar to the Lotka-Volterra model, namely, the information warfare model. We interpret the new model of information warfare as the impact of rare events that quickly change certain perceptions of a large number of people. As a result, the number of proponents of different ideas makes stochastic leaps, which we can see using the Levy approximation scheme. We claim that such a model is more natural, because important news now has a rapid impulse impact on the audience through information channels and social networks.

Keywords: random evolution, Levy approximation, information warfare model.

УДК 519.21

Надежность системы с резервированием, последовательным соединением элементов и пороговыми стратегиями восстановления / Ю.В. Жерновий // Кибнетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 146–154.

Аннотация. Предложен метод исследования надежности систем с резервированием, последовательным соединением элементов и стратегиями восстановления, которые предусматривают изменение интенсивности ремонта в зависимости от числа неисправных элементов. Рассмотрен случай показательного распределения времени безотказной работы элементов, непоказательного распределения времени восстановления и наличия одного канала ремонта. Получены формулы для определения преобразований Лапласа распределения числа неисправных элементов в течение периода занятости канала ремонта, функции распределения периода занятости и для вычисления стационарных характеристик надежности.

Ключевые слова: надежность, восстанавливаемая система, резервирование, последовательное соединение элементов, метод потенциалов.

Надійність системи з резервуванням, послідовним з'єднанням елементів і пороговими стратегіями відновлення / Ю.В. Жерновий // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 146–154.

Анотація. Запропоновано метод дослідження надійності систем із резервуванням, послідовним з'єднанням елементів і стратегіями відновлення, які передбачають зміну інтенсивності ремонту залежно від кількості несправних елементів. Розглянуто випадок показникового розподілу часу безвідмовної роботи елементів, непоказникового розподілу часу відновлення і наявності одного каналу ремонту. Отримано формули для визначення перетворень Лапласа розподілу кількості несправних елементів протягом періоду зайнятості каналу ремонту, функції розподілу періоду зайнятості та для обчислення стаціонарних характеристик надійності.

Ключові слова: надійність, відновлювана система, резервування, послідовне з'єднання елементів, метод потенціалів.

Reliability of a series system with redundancy and threshold recovery strategies / Yu.V. Zhernovyi // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 146–154.

Abstract. We propose a method for studying the reliability of series systems with redundancy and recovery strategies, which provide for a change in the repair intensity depending on the number of failed units. The case of the exponential distribution of the time to failure of units, the non-exponential distribution of the recovery time, and one repair channel are considered. Formulas to determine Laplace transforms of the distribution of the number of failed units during the busy period of the repair channel and of the distribution function of the busy period and to calculate the stationary reliability indices are obtained.

Keywords: reliability, recoverable system, redundancy, series system, method of potentials.

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

SOFTWARE–HARDWARE SYSTEMS

УДК 004.4, 004.65, 004.7, 502

Решение экологических проблем в соответствии с концепцией устойчивого развития Земли / А.А. Каленчук-Порханова, В.Г. Тульчинский // Кибнетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 155–165.

Аннотация. Рассматриваются научные основы разработки и внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) в СССР и приводятся результаты работ Института кибернетики имени В.М. Глушкова Национальной Академии наук Украины по созданию и внедрению АСУ экологического мониторинга согласно принципам устойчивого развития общества.

Ключевые слова: автоматизированные системы, автоматизированные системы управления, экологический мониторинг, устойчивое развитие.

Розв'язання екологічних проблем згідно з концепцією сталого розвитку Землі / А.О. Каленчук-Порханова, В.Г. Тульчинський // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 155–165.

Анотація. Розглянуто наукові основи розроблення та впровадження автоматизованих систем управління (АСУ) в СРСР та наведено результати робіт Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України із створення та впровадження АСУ екологічного моніторингу згідно з принципами сталого розвитку суспільства.

Ключові слова: автоматизовані системи, автоматизовані системи управління, екологічний моніторинг, сталий розвиток.

Solving environmental problems according to the concept of sustainable development of the Earth / A. Kalenchuk-Porkhanova, V. Tulchinsky // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 155–165.

Abstract. The scientific foundations for the development and implementation of automated control systems (ACS) in the USSR are discussed and the results obtained at the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine in the development and implementation of ecology monitoring ACS according to the principles of sustainable development of the society are presented.

Keywords: automated systems, automated control systems, ecological monitoring, sustainable development.

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

**NEW TOOLS IN CYBERNETICS,
COMPUTER SCIENCE, AND SYSTEM
ANALYSIS**

УДК 519.21

Модель распространения инфекционных заболеваний со скрытыми носителями / П.С. Кнопов, А.С. Самосёнок, Г.Д. Била // Кібернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 166–176.

Аннотация. Предложен алгоритм оценки неизвестных параметров модели распространения инфекции, построенной на основе инструментария марковских полей с помощью метода максимального правдоподобия. Предполагается, что каждое состояние цепи представляет собой некоторую конфигурацию конечного марковского случайного поля, а распределение вероятностей состояний цепи совпадает с общим распределением вероятностей состояний элементов гиббсовского случайного поля.

Ключевые слова: марковские поля, локальное взаимодействие элементов поля, гиббсовское распределение, неизвестные параметры, алгоритм оценки.

Модель розповсюдження інфекційних захворювань з прихованими носіями / П.С. Кнопов, О.С. Самосёнок, Г.Д. Біла // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 166–176.

Анотація. Запропоновано алгоритм оцінювання невідомих параметрів моделі розповсюдження інфекції, що побудована на основі інструментарію марковських полів за допомогою методу максимальної вірогідності. Припускається, що кожен стан ланцюга являє собою певну конфігурацію скінченного марковського випадкового поля, а розподіл ймовірностей станів ланцюга збігається зі спільним розподілом ймовірностей станів елементів гіббсовського випадкового поля.

Ключові слова: марковські поля, локальна взаємодія елементів поля, гіббсовський розподіл, невідомі параметри, алгоритм оцінювання.

A model of infectious disease spread with hidden carriers / P.S. Knopov, O.S. Samosonok, G.D. Bila // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 166–176.

Abstract. The authors consider an algorithm for estimating the unknown parameters of the infection spread model based on the Markov field tools using the maximum likelihood method is considered. It is assumed that each state of the Markov chain represents some configuration of a finite random Markov field, and the probability distribution of the chain states is the same as general probability distribution of the states of elements of the Gibbs random field.

Keywords: Markov fields, local interaction of field elements, Gibbs distribution, unknown parameters, estimation algorithm.

УДК 519.216

Алгоритмы формирования эквивалентных нормированных корреляционных матриц зашумленных случайных сигналов / Т.А. Алиев, Н.Ф. Мусаева, Н.Э. Рзаева // Кібернетика и системный анализ. 2021. Том 57, № 4. С. 177–192.

Аннотация. Показано, что в объектах управления сигналы обычно представляют собой различные физические величины, такие как температура, давление, вибрация и т.д. Поэтому при решении задач контроля, диагностики и идентификации возникает необходимость формирования нормированных корреляционных матриц. Проанализированы трудности формирования нормированных корреляционных

матриц зашумленных входных-выходных сигналов технических объектов. Предложены алгоритмы определения эквивалентных отсчетов помехи и полезного сигнала и показана возможность их использования для формирования нормированных корреляционных матриц, эквивалентных корреляционным матрицам полезных сигналов зашумленных случайных процессов. Показано, что при этом значительно упрощается процедура формирования нормированных корреляционных матриц и существенно уменьшается погрешность их элементов.

Ключевые слова: сигнал, помеха, зашумленный сигнал, нормированные корреляционные матрицы, объект, диагностика.

Алгоритми формування еквівалентних нормованих кореляційних матриць зашумлення випадкових сигналів / Т.А. Алієв, Н.Ф. Мусаєва, Н.Е. Рзасєва // Кібернетика та системний аналіз. 2021. Том 57, № 4. С. 177–192.

Анотація. У керованих об'єктах сигнали зазвичай представляють собою різні фізичні величини, такі як температура, тиск, вібрація тощо. Тому під час розв'язання задач контролю, діагностики та ідентифікації виникає необхідність формування нормованих кореляційних матриць. Проналізовано труднощі формування нормованих кореляційних матриць зашумлених входних-вихідних сигналів технічних об'єктів. Запропоновано алгоритми визначення еквівалентних відліків перешкоди і корисного сигналу і показано можливість їхнього використання для формування нормованих кореляційних матриць, еквівалентних кореляційним матрицям корисних сигналів зашумлених випадкових процесів. Доведено, що у цьому разі значно спрощується процедура формування нормованих кореляційних матриць і суттєво зменшується похибка їхніх елементів.

Ключові слова: сигнал, перешкода, зашумлений сигнал, нормовані кореляційні матриці, об'єкт, діагностика.

Algorithms for generating the equivalent normalized correlation matrices of noisy random signals / T.A. Aliev, N.F. Musaeva, N.E. Rzaeva // Kibernetika ta Systemnyi Analiz. 2021. Vol. 57, N 3. P. 177–192.

Abstract. It is shown that in control objects, signals are usually various physical quantities, such as temperature, pressure, vibration, etc. Therefore, when solving problems of control, diagnostics, and identification, it becomes necessary to generate normalized correlation matrices. The difficulties of generating normalized correlation matrices of noisy input-output signals of engineering objects are analyzed. Algorithms are proposed for determining equivalent samples of the noise and the useful signal and the possibility of their use for generating normalized correlation matrices equivalent to the correlation matrices of useful signals of noisy random processes is shown. It is shown that in this case, the procedure of the formation of normalized correlation matrices is substantially simplified and the error of their elements is significantly reduced.

Keywords: signal, noise, noisy signal, normalized correlation matrices, object, diagnostics.