

КИБЕРНЕТИКА

CYBERNETICS

УДК 519.713.1

От формул вида $F(t)$ языка LP к ω -регулярным выражениям / А.Н. Чеботарев // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 3–17.

Лл.: 2. Табл.: 0. Библиогр.: 5 назв.

Аннотация. При синтезе Σ -автомата, специфицированного в языке LP, возникает задача представления множества обратных сверхслов, задаваемых формулой $F(t)$, в виде ω -регулярного выражения. Построение этого выражения основано на соответствии между структурными элементами формул и ω -регулярных выражений. Для обеспечения такого соответствия введены две дополнительные операции над ω -регулярными множествами, соответствующие операциям квантификации в формулах. Рассмотрены методы представления этих операций в терминах языка ω -регулярных выражений. Получены результаты, позволяющие строить ω -регулярные выражения для достаточно широкого класса формул вида $F(t)$ языка LP.

Ключевые слова: логика LP, обратное сверхслово, ограниченная справа формула, ω -регулярное выражение, префиксно замкнутое множество обратных сверхслов.

Від формул вигляду $F(t)$ мови LP до ω -регулярних виразів / А.М. Чеботарьов // Кибернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 3–17.

Анотація. Під час синтезу Σ -автомата, специфікованого мовою LP, виникає задача подання множини зворотних надслів, що задає формула $F(t)$, у вигляді ω -регулярного виразу. Побудова цього виразу базується на відповідності між структурними елементами формул і ω -регулярних виразів. Для забезпечення такої відповідності запроваджено дві додаткові операції над ω -регулярними множинами, що відповідають операціям квантифікації у формулах. Розглянуто методи подання цих операцій у термінах мови ω -регулярних виразів. Отримано результати, які дають можливість будувати відповідні ω -регулярні вирази для достатньо широкого класу формул вигляду $F(t)$ мови LP.

Ключові слова: логіка LP, зворотне надслово, обмежені справа формули, ω -регулярний вираз, префіксно замкнута множина зворотних надслів.

From LP formulas of the form $F(t)$ to ω -regular expressions / A.N. Chebotarev // Kibernetika i sistemnyy analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 3–17.

Abstract. In synthesis of a Σ -automaton specified in the language LP, the problem arises how to represent the set of left-infinite words defined by the formula $F(t)$, in the form of a ω -regular expression. Construction of this representation is based on the correspondence between structural components of formulas and ω -regular expressions. To provide such a correspondence, two additional operations on ω -regular sets relating to the operation of quantification in formulas are introduced. The paper focuses on the representation of these operations in terms of the ω -regular language. The results presented in this paper allow constructing ω -regular expressions for a wide class of LP formulas of the form $F(t)$.

Keywords: logic LP, left-infinite word, right-bounded formulas, ω -regular expression, prefix closed set of left-infinite words.

УДК 519.1

О групповых разметках некоторых графов / М.Ф. Семенюта, Г.А. Донец // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 18–28.

Лл.: 1. Табл.: 2. Библиогр.: 19 назв.

Аннотация. Исследованы групповые разметки магического и антиматического типов. Установлена взаимосвязь между ними для графа и его дополнения. Введено понятие закрытой групповой дистанционной магической разметки. Найдены условия существования Z_2^{2m} -дистанционной магической разметки графа C_4^m , предложен способ ее построения. Определены условия существования Z_2^r -дистанционной магической и антиматической разметок декартового произведения регулярных графов. Получены результаты относительно групповой дистанционной магической разметки соединения двух графов.

Ключевые слова: D -дистанционная магическая разметка, групповая дистанционная магическая разметка, групповая дистанционная антиматическая разметка.

Про групові розмітки деяких графів / М.Ф. Семенюта, Г.П. Донець // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 18–28.

Анотація. Вивчаються групові розмітки магічного і антимагічного типів. Встановлено взаємозв'язок між ними для графа та його доповнення. Уведено поняття закритої групової дистанційної магічної розмітки. Знайдено умови існування Z_2^m -дистанційної магічної розмітки графа C_4^m , запропоновано спосіб її побудови. Визначено умови існування Z_2^r -дистанційної магічної і антимагічної розміток декартового добутку регулярних графів. Отримано результати групової дистанційної магічної розмітки з'єднання двох графів.

Ключові слова: D -дистанційна магічна розмітка, групові дистанційні магічні розмітки, групові дистанційні антимагічні розмітки.

On group labeling of some graphs / M.F. Semenuta, G.A. Donets // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 18–28.

Abstract. We analyze group labeling of magic and antimagic types. The relationship between them for graph and its addition is established. The concept of closed group distance magic labeling is introduced. The conditions for the existence of Z_2^m -distance magic labeling of a graph C_4^m are found, and a method for its construction is proposed. The conditions for the existence of Z_2^r -distance magic and antimagic labelings of the Cartesian product of regular graphs are established. The results of group remote magic labeling of the connection of two graphs are obtained.

Keywords: D -distance magic labeling, group distance magic labeling, group distance antimagic labeling.

УДК 004.05, 004.42

Модельный способ разработки алгоритмов цифровых систем на программируемых логических интегральных схемах / А.А. Летичевский, В.С. Песчаненко, В.С. Харченко, В.А. Волков, О.М. Одарушченко // Кібернетика і системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 29–37.

Лл.: 3. Табл.: 1. Бібліогр.: 25 назв.

Аннотация. Рассмотрены современные тенденции в области автоматизированной разработки аппаратного обеспечения, в частности разработки цифровых систем с использованием программируемых логических интегральных схем на примере вентиляционных матриц, программируемых пользователем. Предложен модельный метод разработки, в котором использована алгебраическая модель спецификаций дизайна, требований и бинарного кода для применения формальных методов верификации, модельного тестирования и методов алгебраической сопоставления. В качестве спецификаций алгебраической модели аппаратного обеспечения служит алгебра поведений, определенная на множестве действий и поведений.

Ключевые слова: программируемые пользователем вентиляционные матрицы, символьное моделирование, алгебраическое сопоставление, алгебра поведений.

Модельний спосіб розроблення алгоритмів цифрових систем на програмованих логічних інтегральних схемах / О.О. Летичевський, В.С. Песчаненко, В.С. Харченко, В.А. Волков, О.М. Одарушченко // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 29–37.

Анотація. Розглянуто сучасні тенденції в галузі автоматизованого розроблення апаратного забезпечення, зокрема, розроблення цифрових систем з використанням програмованих логічних інтегральних схем на прикладі програмованих користувачем вентиляційних матриць. Запропоновано модельний метод розроблення, в якому використано алгебраїчну модель специфікацій дизайну, вимог та бінарного коду для застосування формальних методів верифікації, модельного тестування та методів алгебраїчного зіставлення. Специфікаціями алгебраїчної моделі апаратного забезпечення слугує алгебра поведінок, визначена на множині дій та поведінок.

Ключові слова: програмовані користувачем вентиляційні матриці, символьне моделювання, алгебраїчне зіставлення, алгебра поведінок.

Model-driven development of digital system algorithms on programmable logic integrated circuits / O.O. Letychevskiy, V.S. Peschanenko, V.S. Kharchenko, V.A. Volkov, O.M. Odarushchenko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 29–37.

Abstract. The paper considers the current trends in the field of automated hardware development, in particular, the development of digital systems using programmable logic integrated circuits on the example of FPGA (Field-Programmable Gate Array). A model-driven development method is proposed that uses an algebraic model of design specifications, requirements, and binary code to apply formal verification methods, model testing, and algebraic matching methods. The specifications of an algebraic hardware model is a behavior algebra defined over set of actions and behaviors.

Keywords: Field-Programmable Gate Array, symbolic modeling, algebraic matching, behavior algebra.

УДК 519-7/339.9

Моделирование управляющих воздействий банковской системы на функционирование экономики. II. Выбор и особенности применения оптимизационных алгоритмов / В.В. Хиленко // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 38–47.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 27 назв.

Аннотация. Рассмотрен математический формализм учета эффектов выплескивания, вспенивания и обратного импульса при формировании полных математических моделей динамики финансово-экономической системы. Определен алгоритм применения известных схем двухэтапной оптимизации для вычисления оптимальных управляющих воздействий.

Ключевые слова: финансово-экономическая система, математическое моделирование, расчет и прогнозирование динамики, оптимизация управления, расчет управляющих воздействий, эффекты выплескивания, вспенивания и обратного импульса.

Модельовання керувальних впливів банківської системи на функціонування економіки. II. Вибір і особливості застосування оптимізаційних алгоритмів / В.В. Хиленко // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 38–47.

Анотація. Розглянуто математичний формалізм обліку ефектів випліскування, спінювання і зворотного імпульсу для формування повних математичних моделей динаміки фінансово-економічної системи. Визначено алгоритм застосування відомих схем двоетапної оптимізації для обчислення оптимальних керувальних впливів.

Ключові слова: фінансово-економічна система, математичне моделювання, розрахунок і прогнозування динаміки, оптимізація управління, розрахунок керувальних впливів, ефекти випліскування, спінювання і зворотного імпульсу.

Modeling the control effects of the banking system on the functioning of the economy. II. Selection and special features of application of optimization algorithms / V.V. Khilenko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 38–47.

Abstract. The mathematical formalism of accounting for the effects of splashing out, foaming, and reverse momentum in the formation of complete mathematical models of the dynamics of the financial and economic system is considered. An algorithm is determined for applying the well-known two-stage optimization schemes for calculating optimal control actions.

Keywords: financial and economic system, mathematical modeling, calculation and forecasting of dynamics, optimization of control, calculation of control actions, effects of splashing out, foaming out and reverse impulse.

УДК 621.391:519.2

Количество информации о ключе, содержащейся в наборах открытых и шифрованных текстов симметричной рандомизированной криптосистемы Мак-Элиса / С.В. Митин // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 48–53.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 10 назв.

Аннотация. Рассмотрена симметричная кодовая криптосистема, аналогичная рандомизированной (асимметричной) схеме шифрования Мак-Элиса. Получено выражение для количества информации о секретном ключе, которую можно извлечь из открытых и соответствующих им шифрованных сообщений криптосистемы. Показано, что при наличии этой информации стойкость симметричной криптосистемы к атакам на основе известного шифрованного текста совпадает со стойкостью ее асимметричного аналога.

Ключевые слова: криптография на основе кодов, схема шифрования Мак-Элиса, рандомизированная кодовая криптосистема, количество информации.

Кількість інформації про ключі, що міститься в наборах відкритих і шифрованих текстів симетричної рандомізованої криптосистеми Мак-Еліса / С.В. Мітін // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 48–53.

Анотація. Розглянуто симетричну кодову криптосистему, аналогічну рандомізованій (асиметричній) схемі шифрування Мак-Еліса. Отримано вираз для кількості інформації про секретний ключ, яку можна видобути з відкритих і відповідних їм шифрованих повідомлень криптосистеми. Показано, що за наявності цієї інформації стійкість симетричної криптосистеми до атак на основі відомого шифрованого тексту збігається зі стійкістю її асиметричного аналога.

Ключові слова: криптографія на основі кодів, схема шифрування Мак-Еліса, рандомізована кодова криптосистема, кількість інформації.

Amount of key information contained in open and encrypted text sets of the symmetric randomized McEliece cryptosystem / S.V. Mitin // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 48–53.

Abstract. A symmetric code cryptosystem, which is similar to the randomized (asymmetric) McEliece encryption scheme, is considered. An expression for the amount of information about the secret key, which can be extracted from the open and the corresponding encrypted messages of the cryptosystem, is obtained. It is shown that with this information, the security of the symmetric cryptosystem to the attacks based on known ciphertext coincides with the security of its asymmetric counterpart.

Keywords: code-based cryptography, McEliece encryption scheme, randomized code cryptosystem, amount of information.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEMS ANALYSIS

УДК 519.24

Диффузионный процесс с эволюцией и оценка его параметра / В.С. Королюк, Д. Королюк, С.А. Довгий // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 55–62.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 8 назв.

Аннотация. Показано, что дискретный марковский процесс в асимптотической диффузионной среде с равномерной эргодической вложенной цепью Маркова может быть приближен процессом Орнштейна–Уленбека с эволюцией. Оценка параметра дрейфа получена с использованием стационарности гауссовского предельного процесса.

Ключевые слова: дискретный марковский процесс, диффузионная аппроксимация, асимптотическая диффузионная среда, процесс Орнштейна–Уленбека, фазовое укрупнение, оценка параметра сдвига.

Дифузійний процес з еволюцією та оцінювання його параметра / В.С. Королюк, Д. Королюк, С.О. Довгий // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 55–62.

Анотація. Показано, що дискретний марківський процес в асимптотичному дифузійному середовищі з рівномірним ергодичним вкладеним ланцюгом Маркова може бути наближений процесом Орнштейна–Уленбека з еволюцією. Оцінку параметра дрейфу отримано з використанням стаціонарності гаусівського граничного процесу.

Ключові слова: дискретний марківський процес, дифузійна апроксимація, асимптотичне дифузійне середовище, процес Орнштейна–Уленбека, фазове укрупнення, оцінка параметра зсуву.

Diffusion process with evolution and its parameter estimation / V.S. Koroliuk, D. Koroliouk, S.O. Dovgyi // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 55–62.

Abstract. A discrete Markov process in an asymptotic diffusion environment with a uniformly ergodic embedded Markov chain can be approximated by an Ornstein–Uhlenbeck process with evolution. The drift parameter estimation is obtained using the stationarity of the Gaussian limit process.

Keywords: discrete Markov process, diffusion approximation, asymptotic diffusion environment, Ornstein–Uhlenbeck process, phase merging, drift parameter estimation.

UDC 519.246

Об одной статистической модели частоты ошибок в потоке пакетной передачи данных по каналам связи / С.А. Довгий, А.И. Юриков, М.О. Зозюк // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 63–69.

Лл.: 6. Табл.: 1. Бібліогр.: 12 назв.

Аннотация. Предложена статистическая модель частоты ошибок при передаче пакетных данных по каналам связи — стохастическая последовательность, определяемая как усредненная доля ошибочных пакетов данных. Использовано диффузионное приближение такой последовательности — дискретная марковская диффузия, которая определяется разностным стохастическим уравнением. Оценка параметров модели выполнена с использованием ковариационной статистики по траекториям стохастической последовательности ошибок передачи сигнала.

Ключевые слова: статистическая модель, разностное стохастическое уравнение, стационарный процесс, равновесие, ковариационная статистика, оценка параметров по траекториям.

Про одну статистичну модель частоти помилок у потоці пакетної передачі даних каналами зв'язку / С.Ю. Довгий, О.І. Юріков, М.О. Зозюк // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 63–69.

Анотація. Запропоновано статистичну модель частоти помилок у потоці пакетної передачі сигналу каналами зв'язку — стохастичну послідовність, що визначається як усереднена сума індикаторів помилок пакетів даних. Застосовано дифузійне наближення такої послідовності — дискретну маркову

вську дифузію, що визначається різницеvim стохастичним рівнянням. Оцінювання параметрів моделі здійснено з використанням коваріаційних статистик за траєкторіями стохастичної послідовності помилок передачі сигналу.

Ключові слова: статистична модель, різницеve стохастичне рівняння, стаціонарний процес, рівновага, коваріаційна статистика, оцінка параметрів за траєкторіями.

About one statistical model of error rate in the stream of packet data transmission through communication channels / S.O. Dovgyi, O.I. Yurikov, M.O. Zozyuk // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 63–69.

Abstract. A statistical model of the frequency of errors in the packet data transmission through communication channels is proposed. This is a stochastic sequence defined as the averaged proportion of erroneous data packets. A diffusion approximation of such a sequence is used: discrete Markov diffusion, which is defined by a difference stochastic equation. The parameters of such a model are estimated using covariance statistics on the trajectories of the stochastic sequence of signal transmission errors.

Keywords: statistical model, difference stochastic equation, stationary process, equilibrium, covariance statistics, parameters estimation along trajectories.

УДК 519.8

Разрезы в неориентированных графах. II / Ф.А. Шарифов, Л.Ф. Гуляницкий // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 70–79.

Лл.: 5. Табл.: 0. Бібліогр.: 8 назв.

Аннотация. Предложены два алгоритма преобразования текущей базы полиматроида в новую для улучшения значения целевой функции. Установлена эквивалентность задачи максимального разреза на заданном графе и задачи нахождения минимального разреза, отделяющего источник и сток в сети, построенной относительно некоторой базы расширенного полиматроида. Сформулированы необходимые и достаточные условия оптимальности решения задачи максимального разреза на неориентированных графах в терминах теории потоков.

Ключевые слова: графы, разрезы, выпуклая функция, специальные многогранники, полиматроид.

Розрізи в неорієнтованих графах. II / Ф.А. Шаріфов, Л.Ф. Гуляницький // Кибернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 70–79.

Анотация. Запропоновано два алгоритми перетворення поточної бази поліматроїда до нової з метою поліпшення значення цільової функції. Встановлено еквівалентність задачі максимального розрізу на заданому графі і задачі знаходження мінімального розрізу, що відокремлює джерело і стік в мережі, побудованої відносно деякої бази розширеного поліматроїда. Сформульовано необхідні та достатні умови оптимальності розв'язування задачі максимального розрізу на неорієнтованих графах в термінах теорії потоків.

Ключові слова: графи, розрізи, опукла функция, специальные многогранники, полиматройд.

Cuts in undirected graphs. II / F. Sharifov, L. Hulyanytskyi // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 70–79.

Abstract. To improve the value of the objective function, two algorithms are proposed for transforming the current base into a new one. It is shown that the maximum cut problem on an undirected graph can be reduced to finding the base of the extended polynomial, for which the value of the minimum cut that separates the source and the sink is maximum. The necessary and sufficient conditions for optimality of the solution of the maximum cut problem on non-oriented graphs in terms of flow theory are formulated.

Keywords: graphs, cuts, convex function, special polyhedral, polymatroid.

УДК 519.87

Фрагментарная модель для задачи землепользования на гиперграфах / И.В. Козин, Н.К. Максиш-ко, В.А. Перепелица // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 80–85.

Лл.: 1. Табл.: 0. Бібліогр.: 9 назв.

Аннотация. Рассмотрена математическая модель задачи землепользования на гиперграфах. Показано, что в рамках этой модели задачу можно сформулировать как задачу оптимизации на фрагментарной структуре. При этом сама задача поиска оптимального решения сводится к задаче безусловной комбинаторной оптимизации на множестве перестановок. Предложены варианты гибридного алгоритма поиска приближенных решений задачи на основе комбинации фрагментарного алгоритма и алгоритма муравьиной колонии.

Ключевые слова: задача землепользования, гиперграф, фрагментарная структура, комбинаторная оптимизация, алгоритм муравьиной колонии.

Фрагментарна модель для задачі землекористування на гіперграфах / І.В. Козін, Н.К. Максишко, В.О. Перепелиця // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 80–85.

Анотація. Розглянуто математичну модель задачі землекористування на гіперграфах. Показано, що в межах цієї моделі задачу можна сформулювати як задачу оптимізації на фрагментарній структурі. До того ж сама задача пошуку оптимального розв'язку зводиться до задачі безумовної комбінаторної оптимізації на множині переставлень. Запропоновано варіант гібридного алгоритму пошуку наближених розв'язків задачі на основі комбінації фрагментарного алгоритму та алгоритму мурашиної колонії.

Ключові слова: задача землекористування, гіперграф, фрагментарна структура, комбінаторна оптимізація, алгоритм мурашиної колонії.

A fragmented model for the problem of land use on hypergraphs / I.V. Kozin, N.K. Maksyshko, V.A. Perepelitsa // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 80–85.

Abstract. The paper considers a mathematical model of the land use problem on hypergraphs. It is shown that, within the framework of this model, the problem can be formulated as an optimization problem on a fragmented structure. Moreover, the problem of finding the optimal solution itself reduces to the problem of unconditional combinatorial optimization on a set of permutations. A variant of a hybrid algorithm for finding approximate solutions to the problem based on a combination of a fragmented algorithm and an ant colony algorithm is proposed.

Keywords: land use problem, hypergraph, fragmentary structure, combinatorial optimization, evolutionary algorithm, ant colony algorithm.

УДК 517.9, 519.6

Обобщённая оптимизация процессов переноса лекарств в опухолях / Д.А. Ключин, С.И. Ляшко, Н.И. Ляшко, Е.С. Бондарь, А.А. Тимошенко // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 86–94.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 26 назв.

Аннотация. Рассмотрены вопросы оптимизации и управляемости систем, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных, с коэффициентами и правыми частями, принадлежащими разным функциональным пространствам. К таким моделям сводятся, в частности, задачи фармакокинетики. Исследована модель, которая описывается общим дифференциальным уравнением с нулевыми начальными и граничными условиями. В предположении, что коэффициенты уравнения являются положительными в области, выполнено моделирование сосредоточенных источников с использованием дельта-функции Дирака. Выполнен поиск допустимого управления, которое обеспечивает минимизацию функционала качества. На основе пространства измеримых интегрируемых с квадратом функций введено пополнение гладких в исследуемой области функций по норме, а также построена сопряженная задача. Для сопряженной задачи введены негативные пространства и исследовано обобщенное решение поставленных задач.

Ключевые слова: оптимизация, управляемость, уравнения в частных производных.

Узагальнена оптимізація процесів перенесення ліків у пухлинах / Д.А. Ключин, С.І. Ляшко, Н.І. Ляшко, О.С. Бондар, А.А. Тимошенко // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 86–94.

Анотація. Розглянуто питання оптимізації та керованості систем, що описуються диференціальними рівняннями в частинних похідних з коефіцієнтами та правими частинами, які належать різним функціональним просторам. До таких моделей зводяться, зокрема, задачі фармакокинетики. Досліджено модель, що описується загальним диференціальним рівнянням з нульовими початковими та граничними умовами. За припущення, що коефіцієнти рівняння є додатними в області, здійснено моделювання концентрованих джерел з використанням дельта-функції Дірака. Виконано пошук допустимого керування, що забезпечує мінімізацію функціоналу якості. На основі простору вимірних інтегрованих з квадратом функцій уведено поповнення гладких у досліджуваній області функцій за нормою та побудовано спряжену задачу. Для спряженої задачі введено негативні простори та досліджено узагальнений розв'язок поставлених задач.

Ключові слова: оптимізація, керованість, рівняння в частинних похідних.

Generalized optimization of drug transport in tumors / D.A. Klyushin, S.I. Lyashko, N.I. Lyashko, O.S. Bondar, A.A. Tymoshenko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 86–94.

Abstract. Optimization and controllability problems for systems described by partial differential equations, where coefficients and the right-hand side belong to different functional spaces, are considered. In particular, pharmacokinetic problems lead to such models. A model described by a general differential equation with zero initial and boundary conditions is analyzed. Coefficients are assumed positive in the area, concentrated sources are modeled by the Dirac delta function. The search of feasible control that minimizes the quality functional is performed. Based on the space of measurable and square integrable functions, adjunction for functions smooth in the research area according to L_2 norm and conjugate problem are constructed.

Negative spaces are introduced for the conjugate problem and generalized solution of the problems is investigated.

Keywords: optimization, controllability, partial differential equations.

УДК 621.391

Подход к построению математической модели определения объектов мониторинга с использованием информативности их мониторинговых признаков / А.А. Ильяшов, В.С. Комаров // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 95–99.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 8 назв.

Аннотация. Предложен подход к построению математической модели определения объектов мониторинга на основе информативности их мониторинговых признаков. Проведено исследование возможности расчета информативности отдельного мониторингового признака и определены пути дальнейших исследований расчета вероятности погрешности распознавания источников (объектов) мониторинга в зависимости от относительной информативности сигнатуры и априорных вероятностей источников (объектов) мониторинга.

Ключевые слова: мониторинговый признак, сигнатура, информативность мониторингового признака.

Підхід до побудови математичної моделі визначення об'єктів моніторингу із застосуванням інформативності їхніх моніторингових ознак / О.А. Ільяшов, В.С. Комаров // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 95–99.

Анотация. Запропоновано підхід до побудови математичної моделі визначення об'єктів моніторингу з використанням інформативності їхніх моніторингових ознак. Досліджено можливість розрахунку інформативності окремої моніторингової ознаки та визначено напрями подальших досліджень щодо розрахунку ймовірності похибки розпізнавання джерел (об'єктів) моніторингу залежно від відносної інформативності сигнатури та априорних ймовірностей джерел (об'єктів) моніторингу.

Ключові слова: моніторингова ознака, сигнатура, інформативність моніторингової ознаки.

An approach to constructing a mathematical model to determine monitoring objects based on the information content of their monitoring features / O. Iliashov, V. Komarov // Kibernetika i sistemnyy analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 95–99.

Abstract. An approach to constructing a mathematical model for determining monitoring objects on the basis of the information content of their monitoring features is proposed. The feasibility of calculating the information content of a particular monitoring feature and is analyzed and directions of further studies of calculating the probability of recognition error of monitoring sources (objects) depending on the relative information content of the signature and a priori probabilities of monitoring sources (objects) are determined.

Keywords: monitoring sign, signature, information content of the monitoring sign.

УДК 517.9:519.6

Некоторые задачи консолидационной динамики в рамках бипараболической математической модели и ее дробно-дифференциального аналога / В.М. Булавацкий, В.А. Богаенко // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 100–114.

Лл.: 2. Табл.: 0. Бібліогр.: 25 назв.

Аннотация. Рассмотрены вопросы математического моделирования динамических процессов фильтрационной консолидации насыщенных геопористых сред в рамках неклассических математических моделей, основу которых составляют бипараболическое эволюционное уравнение и его дробно-дифференциальный аналог. Выполнены постановки и найдены регуляризованные решения обратных ретроспективных задач теории консолидации согласно указанным моделям. Получены оценки сходимости регуляризованных решений и приведены результаты численных экспериментов.

Ключевые слова: математическое моделирование, неклассические модели, фильтрационно-консолидационные процессы, динамика, обратные задачи, бипараболическое эволюционное уравнение, дробно-дифференциальный аналог.

Деякі задачі консолідаційної динаміки в рамках біпараболічної математичної моделі та її дробово-диференційного аналогу / В.М. Булавацький, В.О. Богаєнко // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 100–114.

Анотация. Розглянуто питання математичного моделювання динамічних процесів фільтраційної консолідації насичених геопористих середовищ в рамках некласичних математичних моделей, основу яких складає біпараболічне еволюційне рівняння та його дробово-диференційний аналог. Виконано постановки та знайдено регуляризовані розв'язки обернених ретроспективних задач теорії консолідації відповідно до зазначених моделей. Отримано оцінки збіжності знайдених регуляризованих розв'язків, наведено результати чисельних експериментів.

Ключові слова: математичне моделювання, неklasичні моделі, фільтраційно-консолідаційні процеси, динаміка, обернені задачі, біпараболічне еволюційне рівняння, дробово-диференціальний аналог.

Some consolidation dynamics problems within the framework of the biparabolic mathematical model and its fractional-differential analog / V.M. Bulavatsky, V.O. Bohaienko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 100–114.

Abstract. The paper deals with mathematical modeling of dynamic processes of filtration consolidation in saturated geoporous media within the framework of non-classical mathematical models based on biparabolic evolution equation and its fractional-differential analog. We state and obtain regularized solutions of inverse retrospective problems of consolidation theory according to the above-mentioned models; obtain the convergence estimates for the found regularized solutions; and present the results of numerical experiments.

Keywords: mathematical modeling, non-classical models, filtration-consolidation processes, dynamics, inverse problems, biparabolic evolution equation, fractional differential analogue.

УДК 517.988

Сходимость двухэтапного проксимального алгоритма для задачи о равновесии в пространствах Адамара / Я.И. Ведель, Г.В. Сандраков, В.В. Семенов, Л.М. Чабак // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 115–125.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 31 назв.

Аннотация. Рассмотрен итерационный двухэтапный проксимальный алгоритм для приближенного решения задач о равновесии в пространствах Адамара. Данный алгоритм является аналогом ранее изученного двухэтапного алгоритма для задач о равновесии в гильбертовом пространстве. Для псевдомонотонных бифункций липшицевого типа доказана теорема о слабой сходимости порожденных алгоритмом последовательностей.

Ключевые слова: пространство Адамара, задача о равновесии, псевдомонотонность, двухэтапный алгоритм, сходимость.

Збіжність двоетапного проксимального алгоритму для задачі про рівновагу в просторах Адамара / Я.І. Ведель, Г.В. Сандраков, В.В. Семенов, Л.М. Чабак // Кибернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 115–125.

Анотация. Запропоновано ітераційний двоетапний проксимальний алгоритм для наближеного розв'язання задач про рівновагу в просторах Адамара. Цей алгоритм є аналогом раніше дослідженого двоетапного алгоритму для задач про рівновагу в гільбертовому просторі. Для псевдомонотонних біфункцій липшицевого типу доведено теорему про слабку збіжність послідовностей, що породжені алгоритмом.

Ключові слова: простір Адамара, задача про рівновагу, псевдомонотонність, двоетапний алгоритм, збіжність.

Convergence of a two-stage proximal algorithm for equilibrium problems in Hadamard spaces / Ya.I. Vedel, G.V. Sandrakov, V.V. Semenov, L.M. Chabak // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 115–125.

Abstract. An iterative two-stage proximal algorithm for the approximate solution of equilibrium problems in Hadamard spaces is proposed. This algorithm is an analog of the previously studied two-stage algorithm for equilibrium problems in Hilbert space. For Lipschitz-type pseudo-monotone bifunctions, a theorem on the weak convergence of sequences generated by the algorithm is proved.

Keywords: Hadamard space, equilibrium problem, pseudo-monotonicity, two-stage algorithm, convergence.

УДК 517.9

Приближенное минимаксное оценивание функционалов от решений волнового уравнения при нелинейном наблюдении / Е.А. Капустян, А.Г. Наконечный // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 126–135.

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 14 назв.

Аннотация. Рассмотрена задача минимаксного оценивания функционала от решения волнового уравнения с быстро колеблющимися коэффициентами и при условии, что наблюдение является нелинейным (имеет оператор типа суперпозиции). При значении малого параметра существование решения исходной задачи устанавливается с помощью традиционного минимаксного подхода. Переход к задаче с усредненными параметрами позволяет освободиться от нелинейности в наблюдении. Основной результат работы — это доказательство того, что минимаксная оценка задачи с усредненными коэффициентами является приближенной минимаксной оценкой исходной задачи.

Ключевые слова: минимаксное оценивание, волновое уравнение, быстро колеблющиеся коэффициенты, усредненная задача, неопределенность, приближенная оценка.

Наближене мінімаксне оцінювання функціоналів від розв'язків хвильового рівняння з нелінійним спостереженням / О.А. Капустян, О.Г. Наконечний // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 126–135.

Анотація. Розглянуто задачу мінімаксного оцінювання функціоналу від розв'язку хвильового рівняння зі швидко коливними коефіцієнтами та за умови, що спостереження є нелінійним (має оператор типу суперпозиції). Для значення малого параметра існування розв'язку вихідної задачі встановлюється за допомогою традиційного мінімаксного підходу. Перехід до задачі з усередненими параметрами дає змогу уникнути нелінійності у спостереженні. Основним результатом роботи є доведення того, що мінімаксна оцінка задачі з усередненими коефіцієнтами є наближеною мінімаксною оцінкою вихідної задачі.

Ключові слова: мінімаксне оцінювання, хвильове рівняння, швидко коливні коефіцієнти, усереднена задача, невизначеність, наближена оцінка.

Approximate minimax estimation of functionals of solutions to the wave equation under nonlinear observations / O.A. Kapustian, O.G. Nakonechnyi // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 126–135.

Abstract. The paper deals with the problem of minimax estimation of a functional of the solution to the wave equation with rapidly oscillating coefficients. The observation (output signal) is nonlinear (has the operator of superposition type). For the small parameter, the existence of the solution of original problem is proved using the traditional minimax approach. Transition to homogenized parameter problem allows us to remove the nonlinearity in the observation. The main result of the paper is to prove that the estimate of the problem with homogenized parameters is an approximate minimax estimate of the original problem.

Keywords: minimax estimation, wave equation, rapidly oscillating coefficients, homogenized problem, uncertainty, approximate estimate.

УДК 519.85

Ф-функции 2D-объектов с границами в виде кривых второго порядка / Н.И. Гиль, В.Н. Пацук // Кібернетика і системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 136–145..

Лл.: 0. Табл.: 0. Бібліогр.: 21 назва.

Аннотация. Рассмотрен один из подходов к представлению в аналитическом виде условий непересечения и включения неориентированных выпуклых 2D-объектов, границами которых являются кривые второго порядка канонического вида. Приведены условия взаимного непересечения пары эллипсов, эллипса и области, ограниченной параболой, а также условия включения круга в эллипс, эллипса в эллипс, эллипса в область, ограниченную параболой. Аналитические условия представлены на основании уравнений границ соответствующих объектов (областей) и приведены к виду системы неравенств, зависящих от параметров размещения объектов и параметра, который является решением некоторого уравнения одной переменной. На основании полученных систем неравенств построены соответствующие Ф-функции.

Ключевые слова: эллипсы, парабола, непересечение, включение, Ф-функции.

Ф-функції 2D-об'єктів з границями у вигляді кривих другого порядку / М.І. Гіль, В.М. Пацук // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 136–145..

Анотація. Розглянуто один з підходів до побудови в аналітичному вигляді умов неперетину і включення неорієнтованих опуклих 2D-об'єктів, границями яких є криві другого порядку канонічного виду. Наведено умови взаємного неперетину пари еліпсів; еліпса і області, обмеженої параболою; умови включення кола в еліпс, еліпса в еліпс, еліпса в область, обмежену параболою. Аналітичні умови наведено відповідно до рівнянь границь відповідних об'єктів (областей) і приведено до вигляду системи нерівностей, що залежать від параметрів розміщення об'єктів і параметра, який є розв'язком деякого рівняння однієї змінної. З урахуванням отриманих систем нерівностей побудовано відповідні Ф-функції.

Ключові слова: еліпси, парабола, неперетин, включення, Ф-функції.

PHI-functions of 2D objects with boundaries being second-order curves / M.I. Gil, V.M. Patsuk // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 136–145..

Abstract. An approach to constructing analytical conditions of non-intersection and inclusion of non-oriented convex 2D objects is considered, the boundaries of objects being second-order curves in the canonical form. In particular, the conditions of mutual non-intersection of a pair of ellipses; an ellipse and an area bounded by a parabola; conditions of containment of a circle in an ellipse, an ellipse in an ellipse, an ellipse in a region bounded by a parabola are constructed. The analytical conditions are constructed on the basis of the equations of the boundaries of the corresponding objects (areas) and then are reduced to the form of a system of inequalities depending on the placement parameters of the objects and the parameter, which is the solution of a certain equation of one variable. Based on the obtained systems of inequalities, the corresponding Φ -functions are constructed.

Keywords: ellipses, parabola, non-intersection, containment, Φ -functions.

УДК 519.65

Чебышевское приближение рациональным выражением функций многих переменных / П.С. Малачивский, Я.В. Пизюр, Р.П. Малачивский // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 146–156.

Лл.: 2. Табл.: 0. Библиогр.: 15 назв.

Аннотация. Предложен метод построения чебышевского приближения рациональным выражением для таблично заданных функций многих переменных. Идея метода основывается на построении предельного среднестепенного приближения в норме пространства E^p при $p \rightarrow \infty$. Для построения среднестепенных приближений использована итерационная схема на основе метода наименьших квадратов с уточнением значений двух весовых функций, одна из которых обеспечивает построение среднестепенного приближения, а вторая — уточнение параметров рационального выражения по схеме линеаризации. Сходимость метода обеспечивается оригинальным способом последовательного уточнения значений весовых функций. Описаны алгоритмы вычисления параметров чебышевского приближения функций многих переменных рациональным выражением с абсолютной и относительной погрешностями.

Ключевые слова: чебышевское приближение рациональным выражением, функции многих переменных, среднестепенное приближение, метод наименьших квадратов.

Чебышовське наближення раціональним виразом функцій багатьох змінних / П.С. Малачивський, Я.В. Пізюр, Р.П. Малачивський // Кибернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 146–156.

Анотація. Запропоновано метод побудови чебышовського наближення раціональним виразом для таблично заданих функцій багатьох змінних. Він ґрунтується на побудові граничного середньостепенного наближення у нормі простору E^p для $p \rightarrow \infty$. Для побудови середньостепенних наближень використано ітераційну схему на основі методу найменших квадратів з уточненням значень двох вагових функцій, одна з яких забезпечує побудову середньостепенного наближення, а друга — уточнення параметрів раціонального виразу за схемою лінеаризації. Збіжність методу забезпечено завдяки оригінальному способу послідовного уточнення значень вагових функцій. Описано алгоритми обчислення параметрів чебышовського наближення функцій багатьох змінних раціональним виразом з абсолютною та відносною похибками.

Ключові слова: чебышовське наближення раціональним виразом, функції багатьох змінних, середньостепенне наближення, метод найменших квадратів.

Chebyshev approximation by the rational expression of functions of many variables / P.S. Malachivskyy, Ya.V. Pizyur, R.P. Malachivskiy // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 146–156.

Abstract. The method of constructing the Chebyshev approximation by a rational expression for functions of many variables is proposed. The idea of the method is based on constructing the boundary mean-power approximation in E^p norm with $p \rightarrow \infty$. The least squares method with two variable weight functions is used to construct this approximation. One weight function ensures the construction of mean-power approximation, and another one refines parameters of rational expression by linearization scheme. The convergence of the method is provided by the original method of sequentially refining the values of the weight functions. Algorithms for calculating the parameters of the Chebyshev approximation of functions of many variables by a rational expression with absolute and relative errors is described.

Keywords: Chebyshev approximation by rational expression, functions of many variables, mean-power approximation, least squares method.

УДК 517.977

Проблема сближения управляемых объектов в игровых задачах динамики с терминальной функцией платы / И.С. Раппопорт // Кибернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 157–173.

Лл.: 0. Табл.: 0. Библиогр.: 24 назви.

Аннотация. Предложен метод решения проблемы сближения управляемых объектов в игровых задачах динамики с терминальной функцией платы, который заключается в систематическом использовании идей Фенхеля–Моро применительно к общей схеме метода разрешающих функций. Суть предлагаемого метода заключается в том, что разрешающую функцию удастся выразить через сопряженную к функции платы и, используя инволютивность оператора сопряжения для выпуклой замкнутой функции, получить гарантированную оценку терминального значения функции платы, которая представляется через значение платы в начальный момент и интеграл от разрешающей функции. Введены понятия верхней и нижней разрешающих функций двух типов и получены достаточные условия гарантированного результата в дифференциальной игре с терминальной функцией платы в случае, когда условие Понтрягина не имеет места. Рассмотрены две схемы метода разрешающих функций, построены соответствующие стратегии управления и дано сравнение гарантированных времен. Результаты иллюстрируются на модельном примере.

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

Проблема зближення керованих об'єктів в ігрових задачах динаміки з термінальною функцією плати / Й.С. Раппопорт // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 157–173.

Анотація. Запропоновано метод розв'язання проблеми зближення керованих об'єктів в ігрових задачах динаміки з термінальною функцією плати, який полягає в систематичному використанні ідей Фенхеля–Моро стосовно загальної схеми методу розв'язувальних функцій. Сутність запропонованого методу полягає в тому, що розв'язувальну функцію можна визначити через спряжену до функції плати з використанням інволютивності оператора спряження для опуклої замкненої функції, і отримати гарантовану оцінку термінального значення функції плати, яку представлено через значення плати в початковий момент та інтеграл від розв'язувальної функції. Наведено поняття верхньої та нижньої розв'язувальних функцій двох типів і отримано достатні умови гарантованого результату в диференціальній грі з термінальною функцією плати у разі, коли умова Понтрягіна не має місця. Запропоновано дві схеми методу розв'язувальних функцій, побудовано відповідні стратегії керування і наведено порівняння гарантованих часів. Результати ілюстровано на модельному прикладі.

Ключові слова: термінальна функція плати, квазілінійна диференціальна гра, багатозначне відображення, вимірний селектор, стробоскопічна стратегія, роздільна функція.

The problem of approximation of controlled objects in dynamic game problems with a terminal payoff function / J.S. Rappoport // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 157–173.

Abstract. A method is proposed for solving the problem of convergence of controlled objects in dynamic game problems with the terminal payoff function, which consists in the systematic use of Fenchel–Moreau ideas as applied to the general scheme of the method of resolving functions. The essence of the proposed method is that the resolving function can be expressed in terms of the function conjugate to payoff function and, using the involution of the conjugation operator for a convex closed function, we obtain a guaranteed estimate of the terminal value of the payoff function, which can be presented in terms of the payoff value at the initial instant of time and integral of the resolving function. The concepts of upper and lower resolving functions of two types are introduced and sufficient conditions for a guaranteed result in a differential game with a terminal payoff function are obtained for the case where the Pontryagin condition does not hold. Two schemes of the method of resolving functions are considered, the corresponding control strategies are constructed, and guaranteed times are compared. The results are illustrated by a model example.

Keywords: terminal board function, quasilinear differential game, multi-valued mapping, measurable selector, stroboscopic strategy, resolving function.

ПРОГРАМНО-ТЕХНИЧНІ КОМПЛЕКСИ

SOFTWARE–HARDWARE COMPLEXES

УДК 519.6

Высокопроизводительные суперкомпьютерные технологии моделирования нанопористых киберсистем с обратными связями для адсорбционной очистки газов / М.Р. Петрик, И.В. Бойко, А.Н. Химич, М.М. Петрик // Кібернетика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 174–186.

Лл.: 4. Табл.: 0. Бібліогр.: 20 назв.

Аннотация. Разработаны высокопроизводительные технологии моделирования неізотермической адсорбции газа в нанопористых киберсистемах с обратными связями на основе операционного метода Хевисайда и подхода Ландау к линеаризации нелинейного адсорбционного равновесия Ленгмюра с помощью разложения в сходящийся ряд в точке температуры фазового перехода с последующим эффективным распараллеливанием модели по малому параметру. Представлены результаты численных экспериментов на основе высокоскоростных параллельных вычислений на многоядерных компьютерах.

Ключевые слова: нанопористые киберсистемы с обратными связями, адсорбция и десорбция газов, функция адсорбционного равновесия Ленгмюра, операционный метод Хевисайда.

Високопродуктивні суперкомп'ютерні технології моделювання нанопористих кіберсистем зі зворотними зв'язками для адсорбційного очищення газів / М.Р. Петрик, І.В. Бойко, О.М. Хіміч, М.М. Петрик // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 174–186.

Анотація. Розроблено високопродуктивні технології моделювання неізотермічної адсорбції газів у нанопористих кіберсистемах зі зворотними зв'язками на основі операційного методу Гевісайда та підходу Ландау до лінеаризації нелінійної адсорбційної рівноваги Ленгмюра шляхом розвинування у збіжний ряд у точці температури фазового переходу з подальшим ефективним розпаралелюванням моделі за малим параметром. Наведено результати числових експериментів на основі високошвидкісних паралельних обчислень з використанням багатоядерних комп'ютерів.

Ключові слова: нанопористі кіберсистеми зі зворотними зв'язками, адсорбція та десорбція газів, функція адсорбційної рівноваги Ленгмюра, операційний метод Гевісайда.

High-performance supercomputer technologies of simulation of nanoporous cybersystems with feedback for adsorption gas purification / M.R. Petryk, I.V. Boyko, A.M. Khimich, M.M. Petryk // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 174–186.

Abstract. High-performance methods and computer technologies for modeling of non-isothermal gas adsorption in nanoporous cyber feedback systems are based on the Heaviside operating method and Landau's linearization approach to Langmuir's nonlinear adsorption equilibrium using the decomposition in a convergent series at the temperature transition point with subsequent efficient parallelization of the model over a small parameter are developed. The results of numerical experiments based on high-speed parallel computations on multicore computers are presented.

Keywords: nanoporous feedback systems, adsorption and desorption of gases, Langmuir adsorption equilibrium function, Heaviside operational method.

УДК 682.32+537.8

Бесконтактные исследования магнитных полей биологических объектов: алгоритмы регистрации и обработки данных / М.А. Примин, И.В. Недайвода // Кибernetика и системный анализ. 2020. Том 56, № 5. С. 187–202.

Лл.: 11. Табл.: 0. Бібліогр.: 14 назв.

Аннотация. На основе низкотемпературных СКВИД-сенсоров создана сверхчувствительная магнитометрическая система для исследования наночастиц в биологических объектах. Рассмотрены основные особенности СКВИД-магнитометрической системы и информационной технологии при регистрации и анализе магнитных сигналов от органов лабораторных животных. Приведены экспериментальные данные работы магнитометрической системы и алгоритмов регистрации и обработки данных при исследовании физических моделей (мелких животных) с наночастицами.

Ключевые слова: СКВИД-сенсор, магнитометрическая система, информационная технология, обратная задача, биологические объекты, наночастицы.

Безконтактні дослідження магнітних полів біологічних об'єктів: алгоритми реєстрації та оброблення даних / М.А. Примін, І.В.Недайвода // Кібернетика та системний аналіз. 2020. Том 56, № 5. С. 187–202.

Анотація. На основі низькотемпературних СКВІД-сенсорів створено надчутливу магнітометричну систему для дослідження наночастинок у біологічних об'єктах. Розглянуто основні особливості СКВІД-магнітометричної системи та інформаційної технології для реєстрації і аналізу магнітних сигналів від органів лабораторних тварин. Наведено експериментальні дані роботи магнітометричної системи і алгоритмів реєстрації та оброблення даних, отримані під час дослідження фізичних моделей (дрібних тварин) з наночастинок.

Ключові слова: СКВІД-сенсор, магнітометрична система, інформаційна технологія, обернена задача, біологічні об'єкти, наночастинок.

Non-contact analysis of magnetic fields of biological objects: algorithms for data recording and processing / M.A. Primin, I.V. Nedayvoda // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2020. Vol. 56, N 5. P. 187–202.

Abstract. Based on low-temperature SQUID sensors, an ultra-sensitive magnetometric system has been created for the analysis of nanoparticles in biological objects. The main features of the SQUID magnetometric system and information technology during registration and analysis of magnetic signals from organs of laboratory animals are considered. Experimental data on the operation of the magnetometric system and algorithms of data recording and processing in the study of physical models (small animals) with nanoparticles are presented.

Keywords: SQUID sensor, magnetometric system, information technology, inverse problem, biological objects, nanoparticles.
