

УДК 519.174.7

*Л. И. Боголюбский¹, А. М. Райгородский^{1,2,3}*¹Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова²Московский физико-технический институт (государственный университет)³Институт математики и информатики, Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ

Об измеримом хроматическом числе пространства растущей размерности

Работа посвящена классической проблеме Нелсона–Эрдёша–Хадвигера о раскраске евклидова пространства. Точнее, рассматривается задача об измеримом хроматическом числе пространства для случая растущей размерности. Изучена ситуация, сложившаяся с нижними оценками этой величины после публикации некоторых недавних исследований.

Ключевые слова: хроматическое число пространства, измеримое хроматическое число, проблема Нелсона–Эрдёша–Хадвигера, дистанционный граф, число независимости.

*L. I. Bogolubsky¹, A. M. Raigorodskii^{1,2,3}*¹Lomonosov Moscow State University²Moscow Institute of Physics and Technology (State University)³Institute of Mathematics and Computer Science, Buryat State University, Ulan-Ude

On the measurable chromatic number of a space of growing dimension

This paper is devoted to the classical Nelson–Erdős–Hadwiger problem of the Euclidean space coloring. Namely, we discuss the problem of finding the measurable chromatic number of the space in the case of growing dimension. We study the situation with the lower bounds of this value in the context of some recent researches.

Key words: chromatic number of a space, measurable chromatic number, Nelson–Erdős–Hadwiger problem, distance graph, independence number.

УДК 533.682

В. В. Вышинский, М. А. Кудров

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Моделирование атмосферных течений над горным рельефом

На примере горного аэродрома демонстрируется технология моделирования атмосферных течений над горным ландшафтом в районе выполнения полётов. Полученные результаты использованы при создании модели динамики самолёта МиГ-29 на пилотажном стенде РСК «МиГ».

Ключевые слова: безопасность полёта, горный аэродром, модели атмосферы, сеточные методы, краевые условия, профиль скорости ветра.

V. V. Vyshinsky, M. A. Kudrov

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

Simulation of atmospheric flows over mountain relief

The technology of the simulation of atmospheric flows over mountain terrain in the area of flight operations is demonstrated on the example of a mountain aerodrome. The obtained results are used to develop a model of aircraft MiG-29 dynamics on the flight simulator of Russian Aircraft Corporation «MiG».

Key words: flight safety, mountain aerodrome, atmospheric models, grid methods, boundary conditions, profile of the wind speed.

УДК 533.6.011

М. Л. Зайцев, В. Б. Аккерман

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН

Задача обтекания и сокращение размерности в уравнениях Навье–Стокса

Показано, как система гидродинамических уравнений, описывающих нестационарное обтекание твердого тела в трехмерном вязком натекающем потоке, может быть сведена к замкнутой системе поверхностных уравнений с использованием метода снижения размерности в переопределенных системах дифференциальных уравнений. Эти системы поверхностных уравнений позволяют определить возникающее распределение напряжений на поверхности этого твердого тела, а также все остальные величины, характеризующие гидродинамический поток через него.

Ключевые слова: обтекание, гидродинамический поток, вязкость, твердое тело, напряжение на поверхности тела, дифференциальные уравнения на поверхности, уравнения Навье–Стокса.

M. L. Zaytsev, V. B. Akkerman

The Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAN)

Flow problem and dimension reduction in the Navier–Stokes equations

It is shown how a set of hydrodynamic equations describing an unsteady three-dimensional viscous flow near a solid body, can be reduced to a closed system of surface equations using the method of dimension reduction of over-determined systems of differential equations. These systems of equations allow determining the surface distribution of the resulting stresses on the surface of this body as well as all other quantities characterizing the hydrodynamic flow around it.

Key words: flow problem, hydrodynamic flow, viscosity, solids, stress on the body surface, differential equation on the surface, the Navier–Stokes equations.

УДК 51.77

Т. С. Бабичева^{1,2}, *А. В. Гасников*^{2,3}, *А. А. Лагуновская*^{1,2,3}, *М. А. Мендель*²

¹Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

³Центр исследований транспортной политики Института экономики транспорта и транспортной политики, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва

Двухстадийная модель равновесного распределения транспортных потоков

В работе описываются некоторые непроработанные ранее детали в многостадийном подходе к транспортному моделированию. В основе подхода лежит теорема о потенциальности специальной популяционной игры, возникающей при объединении модели равновесного распределения потоков по путям и модели формирования корреспонденций.

Ключевые слова: равновесие Нэша, модель расчета матрицы корреспонденций, модель равновесного распределения потоков по путям, многостадийная модель.

T. S. Babicheva^{1,2}, *A. V. Gasnikov*^{2,3}, *A. A. Lagunovskaya*^{1,2,3}, *M. A. Mendel*²

¹Keldysh Institute of Applied Mathematics

²Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

³Research Centre for Transport Policy Studies, Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies, National Research University «Higher School of Economics», Moscow

Two-stage model of equilibrium distributions of traffic flows

This paper describes some previously unexamined features in a multistage approach to transport modelling. The approach described is based on a theorem on the potentiality of the special population game that arises while the model of equilibrium flow distribution over paths and the model of correspondence formation are combined.

Key words: Nash equilibrium, model of correspondence matrix calculation, model of equilibrium flow distribution over paths, multistage model. kwe Nash equilibrium, model of correspondence matrix calculation, equilibrium model of distributed flows, multistage model.

УДК 519.24

Н. К. Животовский

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича

Комбинаторные оценки переобучения с сублогарифмическим темпом роста

В рамках комбинаторной теории переобучения получены верхние оценки математического ожидания переобученности, имеющие в худшем случае порядок роста $O(\sqrt{\log |A|})$, где $|A|$ — число алгоритмов в семействе. Также получены оценки, зависящие от характеристик расслоения и связности семейства алгоритмов, которые являются ещё более точными.

Ключевые слова: теория статистического обучения, комбинаторная теория переобучения, обобщающая способность, переобучение, расслоение, связность.

*N. K. Zhivotovskiy*¹Moscow Institute of Physics and Technology (State University)²Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute)

Combinatorial bounds of overfitting with sublogarithmic order of growth

In terms of combinatorial theory of overfitting, new upper bounds of expected overfitting are obtained. They have the worst order of growth $O(\sqrt{\log |A|})$, where $|A|$ is a number of algorithms. Also, some new bounds, depending on splitting and connectivity properties of algorithms, are obtained and are even tighter.

Key words: statistical learning theory, combinatorial theory of overfitting, generalization ability, overfitting, splitting, connectivity.

УДК 004.934

А. К. Алимуратов

Пензенский государственный университет

Исследование частотно-избирательных свойств методов декомпозиции на эмпирические моды для оценки частоты основного тона речевых сигналов

Рассмотрена проблема повышения эффективности анализа речевых сигналов на этапе предварительной обработки в алгоритмах оценки частоты основного тона (ЧОТ). Проведен краткий обзор методов декомпозиции, применяемых на этапах предварительной обработки, показаны их достоинства и недостатки. Предложен новый метод адаптивного разложения нелинейных и нестационарных речевых сигналов – метод декомпозиции на эмпирические моды (ДЭМ). Представлены блок-схемы разновидностей методов декомпозиции (множественной декомпозиции на эмпирические моды (МДЭМ), комплементарной множественной декомпозиции на эмпирические моды (КМДЭМ)) с подробным описанием математического аппарата. Приведены результаты исследований частотно-избирательных свойств методов ДЭМ, МДЭМ и КМДЭМ. В соответствии с результатами сделан вывод, что наиболее адаптивным методом декомпозиции речевых сигналов является метод КМДЭМ, который предпочтительно использовать в алгоритмах оценки ЧОТ.

Ключевые слова: обработка речевых сигналов, декомпозиция на эмпирические моды, ДЭМ, множественная декомпозиция на эмпирические моды МДЭМ, комплементарная множественная декомпозиция на эмпирические моды КМДЭМ, частота основного тона.

A. K. Alimuradov

Penza State University

Research of frequency-selective properties of empirical mode decomposition methods for speech signals' pitch frequency estimation

The problem of the effectiveness of the analysis of speech signals in the preprocessing algorithms of pitch estimation. An overview of decomposition methods used in the preprocessing shows their advantages and disadvantages. A new method of adaptive decomposition of nonlinear and nonstationary speech signals is a method of Empirical Mode Decomposition (EMD). There are flowcharts species decomposition methods: (Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD), Complementary Ensemble Empirical Mode Decomposition (CEEMD)) with a detailed description of the mathematical system. The results of studies of frequency-selective properties of EMD, EEMD and CEEMD methods. In accordance with the results the conclusion is that the most adaptive decomposition method of speech signals is the CEEMD method which is preferably used in pitch estimation algorithms.

Key words: speech signal processing, Empirical Mode Decomposition EMD, Ensemble Empirical Mode Decomposition EEMD, Complementary Ensemble Empirical Mode Decomposition CEEMD, pitch estimation.

УДК 656.021

Д. О. Волков, С. Н. Гаричев, Р. А. Горбачев, Н. Н. Мороз

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Математическое моделирование загрузки транспортной сети для определения целесообразности строительства новых видов транспортных систем

Рассмотрены методы построения, калибровки и оценки математических моделей транспортных сетей. Разработана математическая модель оценки плотности и скорости транспортного потока. Получены результаты применения данной модели для оценки загруженности участка транспортной сети Красногорского района Московской области и оценки эффективности строительства перспективной транспортной системы типа H-Bahn в этом районе.

Ключевые слова: математическая модель, прогнозирование транспортных потоков, оценка эффективности транспортной системы, макроскопическая модель, транспортный граф, микроскопическая модель «следования за лидером».

D. O. Volkov, S. N. Garichev, R. A. Gorbachev, N. N. Moroz

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

Mathematic simulation of transport network load with a view to assessing viability of building new types of network systems

Methods of construction, calibration and validation of mathematical models of transport network are considered. A mathematical model for evaluating the density and speed of traffic is developed. The results are obtained by applying the model to estimating the transport network workload of the Krasnogorsk district of the Moscow region and assessing the effectiveness of building the perspective transport system of H-Bahn type in the area.

Key words: mathematical model, traffic forecast, effectiveness evaluation of transport system, macroscopic model, traffic graph, microscopic model of «follow the leader».

УДК 004.021

*Vu Viet Thang¹, D. V. Pantiukhin¹, A. I. Galushkin^{1,2}*¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти (ЦИТиС)

Гибридный алгоритм кластеризации FastDBSCAN

Кластеризация – это одна из самых важных задач интеллектуального анализа данных (DataMining). Хотя существует много исследованных способов кластеризации, таких как K-Means, Fuzzy C-Means и др., но существует проблема повышения точности и ускорения алгоритмов кластеризации, из-за того, что в течение 10 последних лет количество обрабатываемых данных существенно выросло. В данной работе представлен новый подход для ускорения алгоритма кластеризации на основе плотности DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise) [1]. Практические исследования показывают, что скорость кластеризации предложенного алгоритма выше при сохранении точности.

Ключевые слова: кластеризация, DBSCAN, K-means.

*Vu Viet Thang¹, D. V. Pantiukhin¹, A. I. Galushkin^{1,2}*¹Moscow Institute of Physics and Technology (State University)²Center of Information Technologies and Systems of Executive power

Hybrid clustering FastDBSCAN algorithm

Clustering is one of the most important tasks of data mining.. Although there are a lot of ways to explore clustering such such as K-Means, Fuzzy C-Means et al., there is a problem of increasing the accuracy and acceleration of algorithms for clustering, because during the past 10 years the amount of data to be processed increases substantially. This paper presents a new approach to speed up the clustering algorithm based on DBSCAN density (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise). The practical studies show that the speed of clustering algorithm proposed is higher, while maintaining accuracy.

Key words: clustering, DBSCAN, K-Means.

УДК 616.74; 616.77

*А. П. Зарецкий¹, А. В. Богомолов²*¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна

Биомеханическое моделирование персонализированного коронарного стента

Проведено компьютерное 3D-моделирование разработанного каркаса персонализированного коронарного стента, исследование его механических параметров в соответствии с нагрузкой на него в ходе стентирования и численный анализ напряжённо-деформированного состояния. Материал стента предполагался «медицинской» сталью X5CrNi18-10 и считался линейным изотропным. Проведён сравнительный анализ влияния граничных условий и геометрических характеристик на стент. Изложен алгоритм расчёта оптимального угла кругового смещения, соответствующего минимизации поверхностного эквивалентного напряжения на стенке стента при минимизации «перекручивания» стента, а также приведён анализ подбора оптимального количества узлов соединения смежных рядов стента.

Ключевые слова: стентирование коронарных артерий, коронарный стент, конечно-элементный расчёт, напряжённо-деформированное состояние, оптимизация характеристик, персонализированная медицина.

*A. P. Zaretskiy¹, A. V. Bogomolov²*¹Moscow Institute of Physics and Technology (State University)²State scientific center of the Russian Federation – Federal medical biophysical center named after A. I. Burnazyan

Biomechanical modeling of personalized coronary stent

Computer 3D-models of sinusoidal stent with a wire spiral prole, researching its mechanical parameters in accordance with the working load during CAS and numerical analysis are realized. The stent material was assumed as medical steel X5CrNi18-10 and linear isotropic. Comparative analysis of the influence of the boundary conditions and geometric characteristic on the stent was developed. The article describes the algorithm for calculating the optimum angle of the circular displacement corresponding to minimize surface equivalent stress of the stent wall while minimizing the stent «twisting». Analysis of the optimal number (connecting adjacent rows of the stent) selection is considered in the article.

Key words: coronary arteries stenting, coronary stent, finite element analysis, mode of deformation, characteristic optimization, personalized medicine.

УДК 621.3.087.92

М. А. Королев, А. В. Козлов, С. С. Петрунина

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Особенности функционирования полевого датчика Холла на основе КНИ структур, предназначенного для работы в телекоммуникационных сетях

Проведено исследование работы полевого датчика Холла на основе КНИ структуры в режиме обеднения для применения в телекоммуникационных сетях. Показано и объяснено, что в режиме обеднения у датчика наблюдается аномально высокая чувствительность, что является несомненным преимуществом с точки зрения исследования земного магнетизма. Построена зависимость тока стока от напряжения затвор-исток КНИ структуры.

Ключевые слова: КНИ полевой датчик Холла, режим обеднения, концентрация примеси, ток стока.

M. A. Korolev, A. V. Kozlov, S. S. Petrunina

National Research University of Electronic Technology

Functioning features of the SOI field-effect hall sensor designed for application in telecommunications networks

In this paper, we study the operation of the Hall sensor SOI structure in the depletion mode for applying in telecommunications networks. It is shown and explained that there is an abnormally high sensitivity in the depletion mode of the sensor which is an advantage in terms of the study of terrestrial magnetism. The dependence of the drain current on the gate-source voltage of the SOI structure is presented.

Key words: SOI field-effect Hall sensor, depletion mode, doping concentration, drain current.

УДК 612.172.2

А. П. Кулешов

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Алгоритм выявления критических состояний при суточном мониторинге с использованием многофункционального портативного устройства

Разработан алгоритм нахождения частоты сердечных сокращений (ЧСС) при анализе электрокардиографического сигнала, позволяющий производить динамическую оценку изменения периодичности ЧСС и выявления критических состояний электрофизиологической активности сердца для выявления критических состояний. В исследованиях производится расчет длительности R-зубца по алгоритму без установки фиксированных числовых порогов, а также применение условий для расчёта скорости нарастания и спада амплитуды. Алгоритм реализован с помощью программной среды LabView. Параллельно проводится сравнение значений ЧСС с зарегистрированными данными от датчиков температуры, влажности и акселерометра, а также учитывается корреляция ЧСС с антропометрическими особенностями организма и физической нагрузкой в текущий момент времени.

Ключевые слова: алгоритмы обработки медицинских сигналов, выделение R-зубца, оценка ЧСС, синдром внезапной сердечной смерти, математическая обработка медицинских сигналов, персонализированная медицина, прогнозирование критических состояний.

A. P. Kuleshov

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

Algorithm of critical conditions detection in 24-hour monitoring with a multifunctional portable device

The algorithm of heart rate detection with analysis of an electrocardiographic signal is developed for sequential assessment of heart rate periodicity change and detection of critical conditions of heart electrophysiological activity for detection of critical conditions. The duration of R-wave peak time is calculated in the study without fixed thresholds, and the application of conditions for calculation of the rise rate and amplitude decay. The algorithm is realized with software environment LabView. At the same time the heart rate values are compared with the data registered by sensors of temperature, humidity and accelerometer, the heart rate correlation with anthropomorphic constitutional peculiarities and physical exercise at the current moment should be taken in account. The offered aggregate of diagnostic criterion allows one to assess the tendency of electrophysiological leading of electrocardiac tissues to diagnostically significant pathologies of the work of heart examined in real time, which allows one to identify the criterion of critical condition prognosis.

Key words: algorithms of medical signals processing, R-wave peak differentiation, heart rate, syndrome of sudden cardiac death, mathematical processing of medical signals, personalized medicine, critical conditions prognosis.

УДК 159.9.01: 378.147: 007

Ю. А. Лунев¹, Л. А. Хачатуров², Н. Н. Мороз³

¹АиТ Софт

²Левша корпорейшен

³Московский физико-технический институт (государственный университет)

Междисциплинарный аспект в проектировании дистанционной образовательной системы

Рассматриваются возможности использования междисциплинарного подхода в разработке дистанционных образовательных систем. Выявлены закономерности влияния на эффективность обучения таких психологических факторов, как функциональные и дисфункциональные состояния, фазы освоения знаний и разработаны соответствующие математические модели управления образовательным процессом. Сформулированы требования для разработчиков дистанционных образовательных систем по стимулированию функциональных состояний учащихся, улучшению функции затрат учащихся, созданию аттрактивности учебного процесса, учету особенностей фаз освоения знаний.

Ключевые слова: механизмы управления, математические модели, психологические функциональные и дисфункциональные состояния, фазы освоения знаний, функция затрат, функция предпочтения, функция вознаграждения, виртуалистика, психологический виртуал.

Y. A. Lunev¹, L. A. Khachfturov², N. N. Moroz³

¹AITSOFT

²Levsha Corporation

³Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

Interdisciplinary approach in the development of distance education systems

In this paper, the possibilities of an interdisciplinary approach in the development of distance education systems are studied. The authors suggest the revealed regularities of influence on the effectiveness of training the psychological factors such as functional and dysfunctional state, the phases of development of knowledge and develop appropriate mathematical models of management of the educational process. The article defines the requirements for the development of distance education systems to promote the functional states of students, improve the function of the cost of studies, creating attractiveness of the educational process, peculiarities of accounting the phases of development of knowledge.

Key words: control mechanisms, mathematical models, psychological, functional and dysfunctional state, phases of development of knowledge, cost function, preference function, compensation function, virtualistics, psychological virtual.

УДК 612.172.2

*А. И. Майстров¹, А. В. Богомолов², М. Д. Алехин³, А. П. Зарецкий⁴*¹ Technische Universitat Munchen (TUM)² ГНЦ РФ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна³ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана⁴ Московский физико-технический институт (государственный университет)

Математическое моделирование ритмокардиографических сигналов для стандартизации методов их спектрального анализа

В интересах стандартизации методов спектрального анализа ритмокардиографических сигналов для медицинской практики проведен сравнительный анализ методик генерации ритмокардиографических сигналов и моделирования их спектрального состава, обоснованы требования к математической модели ритмокардиографического сигнала и способы теоретико-экспериментальной проверки их выполнимости. Разработаны, верифицированы и исследованы базовые математические модели, необходимые для стандартизации методов спектрального анализа ритмокардиографических сигналов.

Ключевые слова: моделирование ритмокардиографических сигналов, спектральный анализ ритмокардиографических сигналов, спектральные показатели variability сердечного ритма, генератор ритмокардиографических сигналов, стандартизация спектрального анализа variability сердечного ритма.

*A. I. Maistrov¹, A. V. Bogomolov², M. D. Alekhin³, A. P. Zaretskiy⁴*¹ Technische Universitat Munchen (TUM)² State scientific center of the Russian Federation – Federal medical biophysical center named after A. I. Burnazyan³ Bauman Moscow State Technical University⁴ Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

Mathematical modeling of rhythmocardiographic signals for standardization of spectral analysis methods

For standardization of spectral analysis methods for rhythmocardiographic signals to the practice of medicine we perform a comparative analysis of methods for generation of rhythmocardiographic signals and modeling of their spectral composition and justify the requirements for mathematical models of a rhythmocardiographic signal and methods of theoretical and experimental verification of their feasibility. We develop, verify and investigate the underlying mathematical models which are necessary to standardize spectral analysis methods for rhythmocardiographic signals.

Key words: modeling rhythmocardiographic signals, spectral analysis rhythmocardiographic signals, spectral indices of heart rate variability, generator rhythmocardiographic signals, standardization of spectral analysis of heart rate variability.

УДК 517.977.5: 519.216.1: 681.5.01: 62.599

В. Г. Полосин, О. Н. Бодин

Пензенский государственный университет

Критерии оптимального управления динамической системой

Статья посвящена разработке критерия оптимального управления на основе исследования энтропийных и информационных характеристик динамической системы. Рассмотрены свойства и возможности динамической системы, управление которой основано на анализе информационного содержания выборки значений выходного параметра. Предложен способ энтропийно-параметрического управления системы, сохраняющий возможность управления при переходе в низкоэнтропийные состояния.

Ключевые слова: информация, динамическая система, оптимальное управление, коэффициент энтропии, эксцесс распределения, вероятность распределений, критерий оптимальности управления.

V. G. Polosin, O. N. Bodin

Penza State University

Criterion for optimal control of dynamic systems

The article is devoted the development of criterion of optimum control on the basis of research of entropy and information characteristics of the dynamic system. Properties and possibilities of the dynamic system which control is based on the analysis of the information maintenance of a sample of output parameter values are considered. The article provides the entropy-parametric way of control of a dynamic system, preserving the possibility of control in the transition time to low-entropy state.

Key words: the information, dynamic system, optimum control, the factor of entropy, a distribution excess, probability of distributions, criterion of optimum control.