

30 января, понедельник / January 30, Monday  
10-30 – 14-00

1 **Пленарные доклады / Plenary Addresses**

**THE IDENTIFICATION TECHNIQUE WITH ASSOCIATIVE SEARCH BASED LEARNING**

N.N. Bakhtadze, V.A. Lototsky

101 V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow  
A system identification method using prediction models based on the imitation of analyst's associative thinking is developed. The identification algorithms using associative search for description of knowledge about control plant are given.

**MODEL OF THE LEARNING-TEACHING PROCESS IN OSDL**

P. Różewski

West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

O. Zaikin

Warsaw School of Computer Science, Poland

E. Kuzztina

West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

102 Analysis of scientific literature, projects and existing market products show that distance learning is a new direction in the development of information systems. The literature, however, lacks a system-based insight at distance learning understood as a complex information system. Authors of this article perform a soft system analysis based on the theory of hierarchical multilevel systems, which allows developing a model of Open System of Distance Learning (OSDL). As a result of the soft system analysis the management model for OSDL is proposed. The OSDL's management model incorporated the learning object approach to knowledge repository development, social aspect of e-learning process, and competence-based learning. The hierarchical structure of the information system defines the set of its sub-systems and their functioning scope.

**ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМ ОБЪЕКТОМ С ПАРАМЕТРАМИ, ЗАВИСЯЩИМИ ОТ СОСТОЯНИЯ**

В.Н. Афанасьев

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва

103 Задача управления нелинейным объектом, подвергающимся воздействию неконтролируемых возмущений, рассматривается в ключе дифференциальной игры. Синтез оптимальных управлений производится с применением координатного преобразования нелинейного уравнения исходного объекта в дифференциальное уравнение с параметрами, зависящими от состояния. Квадратичный функционал качества позволяет сформулировать условия синтеза в виде необходимости поиска решений уравнения Риккати. Решение уравнения Риккати с параметрами, зависящими от состояния, находится в символьном виде с применением алгебраических методов, что позволяет обобщить ряд ранее опубликованных теоретических результатов, получить достаточно конструктивные решения в ряде постановок задач управления.

**OPTIMAL CONTROL OF A NONLINEAR PLANT WITH STATE DEPENDING PARAMETERS**

V.N. Afanas'ev

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

The problem of control of a nonlinear plant subject to action of unmonitored disturbances is considered in the viewpoint of a differential game. The synthesis of optimal controls is implemented by use of a coordinate transformation of the nonlinear equation of the initial plant into a differential equation with parameters depending on the state. The quadratic performance index enables one to formulate conditions of the synthesis in the form of necessity of searching for solutions to the Riccati equation. Solution to the Riccati equation with parameters depending on the state is found in the symbolic form with applying algebraic methods, enabling one to generalize a number of previously published theoretical results and to obtain quite constructive solutions in a number of control problem statements.

**Секционные доклады / Regular papers**

30 января, понедельник / January 30, Monday  
15-00 – 18-30

2 **Структурная и параметрическая идентификации I**  
**Structure and Parameter Identifications I**

---

**К ФОРМАЛЬНО РАЗРЕШИМЫМ РЕАЛИЗАЦИЯМ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ В БАНАХОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

В.А. Русанов

*Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Россия, Иркутск*

Л.В. Антонова

*Бурятский государственный университет, Россия, Улан-Удэ*

А.В. Данеев

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Россия, Иркутск*

Предложен теоретико-системный подход, вовлеченный в структурную идентификацию непрерывных нелинейных бесконечномерных динамических систем с программно-позиционным управлением. Приводятся различные функционально-аналитические модификации характеристического признака бихевиористических систем (типа «вход-выход»), допускающих в силу этого признака модельные реализации в классе слабо нелинейных нестационарных обыкновенных дифференциальных уравнений состояния в равномерно выпуклом банаховом пространстве. Показано, что это то направление развития теоретических исследований в области качественной теории обратных задач нелинейного системного анализа, в которой некоторые из главных принципов по-прежнему нуждаются в концептуальном уточнении. Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований № 15 Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН (проект № 2.5).

201

TOWARDS FORMALLY SOLVABLE REALIZATIONS OF NONLINEAR DIFFERENTIAL SYSTEMS IN THE BANACH SPACE

V.A. Rusanov

Institute of System Dynamics and Control Theory of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Irkutsk

L.V. Antonova

Buryat State University, Russia, Ulan-Ude

A.V. Daneev

Irkutsk State Railway University, Russia, Irkutsk

A system theory approach is proposed, involved into the structure identification of nonlinear infinite dimensional dynamic systems with the program-position control. Different functional and analytical modifications of the characteristic indicator of the behaviorist systems (of the "input-output") are presented, admitting, due to that indicator, model realizations in the class of weakly nonlinear nonstationary ordinary differential equations of the state in the uniformly convex Banach space. It is shown that this is the direction of development of theoretical investigations in the branch of the qualitative theory of inverse problems of the nonlinear system analysis, in which some of main principles so far need a conceptual précising. The paper has been implemented under support of the Program of basic researches No. 15 of the Department of power engineering, machinery, mechanics, and control processes of the Russian Academy of Sciences (project No. 2.5).

---

**ИНВАРИАНТНОСТЬ ПЕТРОВА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГАМИЛЬТОНОВЫХ СИСТЕМ С УПРАВЛЯЮЩИМ ПАРАМЕТРОМ**

А.Г. Кушнер, В.В. Лычагин

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

В работе рассмотрена проблема классификации (идентификации) гамильтоновых систем с управляющим параметром относительно преобразований обратной связи. Построены скалярные дифференциальные инварианты и найдены инвариантные дифференцирования. На алгебре дифференциальных инвариантов введена пуассонова структура. Исследованы гамильтоновы системы с одной степенью свободы.

202

PETROV INVARIANCE AND IDENTIFICATION OF HAMILTONIAN SYSTEMS WITH A CONTROLLING PARAMETER

A.G. Kushner, V.V. Lychagin

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

The paper considers the problem of classification (identification) of Hamiltonian systems with a controlling parameter with respect to feed-back transformations. Scalar differential invariants are constructed, and invariant differentiations are found. A Poisson structure is introduced on the algebra of the differential invariants. Hamiltonian systems with one degree of freedom are studied.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ УПРАВЛЕНИЙ БУТКОВСКОГО-БЭРА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫМИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

А.Н. Агаджанов

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

В работе развивается подход, связанный с построением последовательностей управляющих функций в распределенных колебательных системах. Поточечный предел таких последовательностей дает искомую управляющую функцию. Вводится класс управлений Бутковского-Бэра, состоящий из непрерывных финитных на отрезке  $[-a, a]$  функций, которые не имеют классической производной ни в одной точке данного отрезка, но обладают почти всюду (по мере Лебега) аппроксимативной производной, равной нулю, то есть, являются аппроксимативно сингулярными функциями.

203

IDENTIFICATION OF FRACTAL CONTROLS OF BUTKOVSKY-BER IN PROBLEMS OF CONTROL OF OSCILLATORY DISTRIBUTED SYSTEMS

A.N. Agadzhanov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

The paper develops an approach concerned with deriving sequences of control functions in distributed oscillatory systems. Point-wise limit of such functions gives the searched control function. The Butkovsky-Ber class of control is introduced, consisting of continuous finite at a segment  $[-a, a]$  functions that have no classical derivative in each point of the segment, but possesses almost everywhere (in the Lebesgue measure) approximate derivative being equal to zero, that is these are approximately singular functions.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА, ОПИСЫВАЕМЫХ УРАВНЕНИЯМИ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА

В.Т. Борухов, Г.М. Заяц

*Институт математики НАН Беларуси, Беларусь, Минск*

Изучается задача идентификации источников процессов переноса, описываемых распределенными линейными и квазилинейными динамическими системами (ДС) параболического типа. Получены необходимые и достаточные условия единственности решения задач идентификации для линейных ДС. Предложен подход к решению, использующий теорию обратных ДС. Приводятся результаты численного моделирования задачи идентификации для квазилинейных распределенных ДС.

204

IDENTIFICATION OF TRANSFER SOURCES DESCRIBED BY PARABOLIC-TYPE EQUATIONS

V.T. Borukhov, G.M. Zayats

Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Belarus, Minsk

A problem of identification of transfer sources described by distributed linear and quasi-linear dynamic systems (DS) of the parabolic type is studied. Necessary and sufficient conditions of uniqueness of the identification problem for linear DS are obtained. An approach to the solution, applying the theory of inverse DS, is proposed. Results of numerical modeling the identification problem for quasi-linear distributed DS are presented.

## АПОСТЕРИОРНОЕ МИНИМАКСНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПРАВДОПОДОБИЯ

А.В. Борисов

*Институт проблем информатики РАН, Россия, Москва*

Рассматривается задача гарантированного оценивания параметров неопределенно-стохастической регрессии. Функцией потерь является условный средний квадрат ошибки оценки относительно имеющихся наблюдений. Множество неопределенности содержит все вероятностные распределения, сосредоточенные на известном компакте, функция правдоподобия которых не ниже заданного порога. Решение поставленной задачи оценивания сводится к нахождению седловой точки, определяющей как сам минимаксный оценщик, так и множество соответствующих наихудших распределений. Седловая точка является решением более простой конечно-мерной двойственной оптимизационной задачи. В работе представлен численный алгоритм решения этой задачи, и определена его точность. Численный пример, представленный в статье, демонстрирует влияние дополнительных ограничений на правдоподобие на качество оценивания.

205

A POSTERIORI MINMAX ESTIMATION WITH LIKELIHOOD CONSTRAINTS}

A.V. Borisov

Institute of Problems of Informatics of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

A problem of guaranteed parameter estimation of uncertainly-stochastic regression is considered. The conditional, with respect to observations available, mean square of the estimation error is the loss function. The uncertainty set contains all probabilistic distributions supported on a known compact, whose likelihood function is not lower a set threshold. Solving the estimation problem stated is reduced to finding the saddle point defining both the minmax estimator itself and a space of the corresponding worst distributions. The saddle point is a solution to more simple finite-dimensional dual optimization problem. In the paper, a numerical algorithm to the problem is presented, and its accuracy is determined. A numerical example, presented in the paper, demonstrates influence the estimation quality of additional likelihood constraints.

---

**АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ  
ОТНОСИТЕЛЬНО ДЛИНЫ ВЕСОВОЙ ФУНКЦИИ ОБЪЕКТА**

В.М. Трояновский, О.А. Сердюк

*Московский государственный институт электронной техники, Россия, Москва*

Настоящая работа посвящена разработке алгоритмического метода идентификации динамических свойств объекта в условиях априорной неопределенности относительно длины весовой функции. Рассмотрена совокупность системно-связанных условий, при которых должна решаться задача. Выделены особые условия для проведения процедуры идентификации. Знание длины весовой функции совершенно необходимо для построения всей процедуры идентификации и определения статистических свойств получаемых оценок. Разработана концепция и реализован многокомпонентный метод идентификации объекта в условиях априорной неопределенности относительно длины весовой функции. Приведены алгоритмы, реализующие этот метод. Проведенное моделирование подтвердило работоспособность предложенного алгоритмического метода идентификации, который в свою очередь был программно реализован.

206

AN ALGORITHMIC METHOD OF THE IDENTIFICATION UNDER THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF INFORMATION ON THE LENGTH OF THE WEIGHT FUNCTION OF A PLANT

V.M. Troyanovsky, O.A. Serdyuk

Moscow State Institute of Electronic Engineering, Russia, Moscow

The present paper is devoted to developing an algorithmic identification technique of dynamic plants under conditions of a priori uncertainty with regard to the weight function length. A totality of system connected conditions is considered, under which the problem is to be solved. Specific conditions to implement the identification procedure are emphasized. Information on the length of the weight function is absolutely needed to build the complete identification procedure and to determine statistical properties of obtained estimates. A conception is developed and a multi-component method of plant identification under the conditions of a priori uncertainty with regard to the weight function length is implemented. Algorithms implementing the method are presented. A simulation implemented has confirmed the operability of the algorithmic identification technique proposed, that, in turn, was implemented as a program code.

---

**МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ В СТОХАСТИЧЕСКИХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ  
УРАВНЕНИЯХ**

В.В. Дикусар

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Россия, Москва*

М. Вуйтович

*Радомский Технический Университет, Польша, Радом*

В данной работе рассматривается проблема оценивания параметров стохастического дифференциального уравнения: коэффициентов дрейфа и диффузии. Разрабатываются методы идентификации: точный метод (метод максимального правдоподобия) и численные методы на основе схемы Монте-Карло (метод максимального правдоподобия, методы с использованием статистических критериев согласия и косвенный метод с использованием вспомогательной модели).

207

METHODS OF IDENTIFICATION OF PARAMETERS IN STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATIONS

V.V. Dikussar

A.A. Dorodnistyn Computation Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

M. Wojtowicz

Technical University of Radom, Poland, Radom

The present paper considers a problem of estimation of parameters of a stochastic differential equation: the drift and diffusion coefficients. Methods of identification of are developed: an exact method (the maximum likelihood method) and numerical methods based on the Monte Carlo scheme (the maximum likelihood methods, methods using statistical goodness-of-fit criteria, and an indirect method using an instrumental model).

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ В ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМАХ**

А.Л. Рутковский, В.М. Текиев, Д.Н. Дюнова

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт, Россия, Владикавказ*

208 Рассматривается линейный объект, выходная переменная которого стабилизируется относительно постоянного значения с помощью обратной связи с известной передаточной функцией. Входное случайное воздействие не контролируется. Определены условия, при которых по наблюдениям выходной переменной системы может быть решена задача идентификации передаточной функции объекта и формирующего фильтра возмущения. Для решения задачи предложен корреляционный подход. Обоснованы условия идентифицируемости объекта и формирующего фильтра возмущения в замкнутой системе при известном законе регулирования.

CLOSED-LOOP PARAMETRIC IDENTIFICATION OF CONTROL PLANTS

A.L. Rutkowski, V.M. Tekiev, D.N. Dyunova

North-Caucasian Mining and Smelting Institute, Russia, Vladikavkaz

A linear plant is considered, whose output variable is stabilized with respect to a constant value by use of a feed-back with a known transfer function. The input random is not monitored. Conditions are determined, in accordance to which the problem of identification of the plant transfer function and forming disturbance filter may be solved by use of observations of the output variable. To solve the problem, a correlation approach is proposed. Conditions of identifiability of the plant and forming disturbance filter in the closed-loop system under known regulating law are justified.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИНВАРИАНТНОГО ПОГРУЖЕНИЯ НА ЗАКРЕПЛЕННОМ ИНТЕРВАЛЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ОБЪЕКТА**

В.М. Понятский

*Конструкторское бюро приборостроения, Тульский государственный университет, Россия, Тула*

209 В работе рассмотрено использование нелинейного метода инвариантного погружения для идентификации нестационарных динамических объектов. Предложен подход, обеспечивающий уточнение начальных условий оцениваемых параметров с помощью алгоритмов идентификации в обратном времени. Проведен синтез и исследование алгоритмов оценки в обратном времени нестационарных параметров динамического объекта.

APPLYING THE METHOD OF INVARIANT IMMERSION AT A FIXED INTERVAL FOR ESTIMATION OF PARAMETERS OF A DYNAMIC MODEL OF A TIME-VARYING PLANT

V.M. Ponyatsky

Design Bureau of Instrument Engineering, Tula State University, Russia, Tula

In the paper, using the nonlinear method of the invariant immersion for the identification of dynamic plants is considered. An approach is proposed, assuring précising initial conditions of estimated parameters by use of backward time identification algorithms. Synthesis and studying backward time algorithms of estimating time-varying parameters of a dynamic plant are implemented.

**ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ В ЛИНЕЙНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМАХ**

С.А. Кочетков

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

210 Рассмотрена проблема параметрической идентификации в линейных нестационарных системах непрерывного времени. Алгоритм основывается на использовании идентификаторов на скользких режимах, либо с большими коэффициентами. В предположении, что параметры системы изменяются с течением времени согласно некоторой модели, показана асимптотическая сходимость оценок нестационарных параметров к истинным значениям. Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 09-08-00429-а.

ON AN ALGORITHM OF THE PARAMETER IDENTIFICATION IN LINEAR TIME-VARYING SYSTEMS

S.A. Kochetkov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

The problem of parameter identification in linear time-varying continuous-time systems is considered. The algorithm is based on using sliding-mode identifiers, or ones with large coefficients. Under the assumption that system parameters vary in time in accordance to a model, the asymptotic convergence of estimates of the time-varying parameters to their truth values is shown. The paper is partially supported by RFBR grant 09-08-00429-a.

**31 января, вторник / January 31, Tuesday  
10-30 – 14-00****3 Приложения методов идентификации  
Applications of Identification Techniques**

---

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН,  
ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В ПРЕДЕЛЬНЫХ РЕЖИМАХ**

А.Ю. Торгашов, И.С. Можаровский, Г.Б. Диго

*Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Россия, Владивосток*

Обсуждается один из подходов к построению моделей показателей качества массообменных процессов (в ректификационных колоннах), функционирующих в предельных режимах. Излагается методика определения оптимального количества входных переменных моделей показателей качества (виртуальных анализаторов) на примере промышленной ректификационной колонны, работающей в режиме, близком к состоянию захлебывания.

301

DEVELOPING MODELS OF QUALITY INDEXES OF RECTIFYING COLUMNS, PERFORMING UNDER LIMIT MODES

A.Yu. Torgashov, I.S. Mozharovsky, G.B. Digo

Institute of Automatics and Control Processes of the Far-Eastern Department of the Russian Academy of Sciences,  
Russia, Vladivostok

An approach to constructing models of quality indexes of mass-transfer processes (in rectifying columns) is discussed, performing under limit modes. A procedure of determining the optimal number of input variables of models of quality indexes (soft sensors) is presented by use of an example of a rectifying column performing under a mode being close to the flood status.

---

**ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ИНВАРИАНТНЫХ  
ОБЪЕКТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

О.В. Крюков

*ОАО «Гипрогазцентр», Россия, Нижний Новгород*

Представлены результаты экспериментального анализа технических характеристик электроприводных агрегатов компрессорных станций газотранспортных систем. Предложены принципы, структуры инвариантных САР и методики получения регрессионных алгоритмов АСУ электроприводов основных технологических агрегатов компрессорных станций для эффективного энергосберегающего управления. Определены и теоретически обоснованы основные возмущения, влияющие на оптимальные параметры и энергоэффективность работы нагнетателей и установок охлаждения газа. Представлена комплексная методика исследования различных инвариантных систем с взаимосвязанными объектами газотранспортных систем, базирующаяся на теории планирования эксперимента, с реализацией на этапах модернизации и реновации компрессорных станций.

302

APPLIED PROBLEMS OF THE EXPERIMENT DESIGN THEORY FOR INVARIANT PLANTS OF GAS-TRANSPORT SYSTEMS

О.В. Крюков

Public Corporation "Giprogazcenter", Russia, Nizhny Novgorod

Results of experiment analysis of engineering characteristics of electroconductive aggregates of compressor stations of gas-transport systems are presented. Principles, structure of invariant systems of automatic regulation and methods of obtaining regression algorithms of automated control systems of electric drivers of main technological aggregates of compressor stations for effective energy saving control are proposed. Main disturbances influencing optimal parameters and energetic efficiency of performance of pump guns and gas coolers are determined and justified. A complex method of studying different invariant systems with interconnected plants of gas-transport systems is presented, basing on the experiment design theory, with implementation at the stages of modernization and renovation of compressor stations.

---

**ЦИФРОВАЯ САМОНАСТРАИВАЮЩАЯСЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПЕЧАМИ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ**

Б.А. Староверов, В.В. Олоничев, М.А. Смирнов

*Костромской государственной технической университет, Россия, Кострома*

303 Рассмотрены алгоритмы идентификации и выделены наиболее перспективные с точки зрения реализации самонастраивающейся системы на современной микропроцессорной технике. Доказано, что использование цифрового регулятора состояния и идентификатора, реализованного рекуррентным методом наименьших квадратов, решает проблему качества управления при нестационарности параметров технологического объекта. В статье представлена диаграмма деятельности многопроцессного комплекса цифровой самонастраивающейся системы управления печами малой и средней мощности и приведены соответствующие экспериментальные результаты. Разработанное программное обеспечение ориентировано на современные промышленные контроллеры с поддержкой операционной системы Linux.

A DIGITAL SELF-TUNING SYSTEM OF CONTROL OF ELECTRIC FURNACES OF LOW AND MEAN POWER

B.A. Staroverov, V.V. Olonichev, M.A. Smirnov

Kostroma State Technical University, Russia, Kostroma

Algorithms of identification are considered, and most prospective points of view of implementation of a self-tuning system at advance microprocessor hardware are emphasized. It is proven that using a digital state controller and identifier implemented by the recursive least square method solve the problem of the quality control under time-varying parameters of a technological plant. In the paper, a diagram of activity of a multi-processor complex of a digital self-tuning system of control of low and mean power furnaces is presented, and corresponding experimental results are reported. A software developed is oriented to advance industrial controllers with the Linux operation system.

---

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВНЕДРЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ РАДИОПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

В.П. Хранилов

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Россия, Нижний Новгород*

Л.Н. Гунин

*ННИПИ «Кварц», Россия, Нижний Новгород*

А.В. Кашенков

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Россия, Нижний Новгород*

304 Представлен концептуальный подход к моделированию процесса внедрения CALS-технологий на предприятии радиоприборостроения в условиях организационных изменений и ограниченных ресурсов. Отмечены проблемы внедрения CALS на отечественных предприятиях радиоприборостроения. Обоснован выбор математической модели. Предложенная модель идентифицирована в пространствах состояний и параметров. Описывается способ скалярной свертки векторной структурно-параметрической модели. Приводится описание предложенной модели при помощи нечетких множеств.

IDENTIFICATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF IMPLEMENTATION OF THE CALS-TECHNOLOGIES AT AN ENTERPRISE OF THE RADIO AND INSTRUMENT ENGINEERING

V.P. Hranilov

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Russia, Nizhny Novgorod

L.N. Gunin

Nizhny Novgorod Research and Design Institute "Quartz", Russia, Nizhny Novgorod

A.V. Kashenkov

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Russia, Nizhny Novgorod

A conceptual approach to modeling the process of implementation of the CALS-technologies at an enterprise is presented, under conditions of organizational changes and limited resources. Problems of implementation of the CALS at domestic enterprises of the radio and instrument engineering are pointed out. The selection of a mathematical model is justified. The model proposed is identified in the parameter and state spaces. A way of scalar conjugation of a vector structure-parametric model is described. A description of the model proposed by use of fuzzy sets is presented.

---

**ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В НИЗКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ**

А.К. Волковицкий, Е.В. Каршаков, Б.В. Павлов

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

305 В работе представлено описание метода обработки сигналов, применяемого в электромагнитной системе относительного позиционирования. Основным элементом данной системы является трехкомпонентный индукционный датчик, измеряющий напряженность переменного магнитного поля на определенных частотах. Измеренные параметры поля несут высокоточную информацию о взаимном расположении приемника и источника поля. Для получения данной информации необходимо обеспечить стабильные измерения параметров переменного магнитного поля. Предлагается метод контроля амплитудно-фазовых характеристик измерительных каналов с использованием опорных сигналов близких к рабочим частот. Рассматриваются аспекты применения данной системы опорных сигналов в измерительных системах, работающих на подвижном основании.

PARTICULARITIES OF SIGNAL PROCESSING IN A LOW-FREQUENCY RELATIVE POSITION CONTROL SYSTEM

A.K. Volkovitsky, E.V. Karshakov, B.V. Pavlov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

The paper presents a description of methods of signal processing applied in an electromagnetic system of relative position control system. The main element of the system is a three-component induction sensor, measuring the alternating magnetic field strength at certain frequencies. Measured field parameters possess high accuracy information on mutual position of the receiver and source of the field. To obtain such information, one needs to provide stable measuring the parameters of the alternating magnetic field. A method of monitoring amplitude-phase characteristics of the measurement channels by use of pilot-signals of frequencies, being close to the operating frequencies, is proposed. Aspects of applying the support signal scheme in measurement systems, operating at a movable base.

---

**БИКРИТЕРИАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ПАРЕТО-ОПТИМАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУППИРОВКИ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Д.И. Коган

*Московский государственный университет приборостроения и информатики, Россия, Москва*

Ю.С. Федосенко, Н.А. Дуничкина

*Волжская государственная академия водного транспорта, Россия, Нижний Новгород*

306 Рассматриваются дискретные модели однофазного обслуживания группировки стационарных объектов, рассредоточенных вдоль одномерной рабочей зоны двух мобильных процессоров. С каждым объектом ассоциирована пара монотонно возрастающих функций индивидуального штрафа. Формулируются задачи синтеза полных совокупностей эффективных оценок и соответствующих им Парето-оптимальных стратегий обслуживания. Выводятся решающие соотношения бикритериального динамического программирования, излагаются соответствующие вычислительные процедуры. Исследуемые модели описывают типовые технологические схемы снабжения группировки плавучих добывающих комплексов дизельным топливом, осуществляемого двумя идентичными танкерами-заправщиками в процессе их однонаправленного или встречного движения от исходных базовых пунктов.

BI-CRITERIAL MODELS AND PARETO-OPTIMAL STRATEGIES OF SERVICE OF AN ALIGNMENT OF TIME-INVARIANT PLANTS

D.I. Kogan

Moscow State University of Instrument Engineering and Informatics, Russia, Moscow

Yu.S. Fedosenko, N.A. Dunichkina

Volga State Academy of Water Transport, Russia, Nizhny Novgorod

Discrete models of single-phase service of an alignment of time-invariant plants distributed along a single-dimensional working area of two mobile processors are considered. A pair of monotonically increasing functions of an individual penalty is associated with each of the plants. Problems of synthesis of full totalities of effective estimates, and Pareto-optimal strategies of service, corresponding to them, are formulated. Solution relationship of the bi-criterial dynamic programming are derived, computational procedures corresponding to them are presented. The studied models describe typical technological schemes of supply of floating producing complexes with the diesel fuel, implemented by two identical fuelers within a process of unidirectional or opposing motion from source bases.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В СЕТИ ГОРОДСКИХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ УПРАВЛЯЕМЫХ СЕТЕЙ**

А.И. Дивеев

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Россия, Москва*

Е.А. Софронова

*Российский университет дружбы народов, Россия, Москва*

307  
Описывается математическая модель движения транспортных потоков по сети городских дорог с управлением на основе согласования длительностей рабочих фаз светофоров на регулируемых перекрестках сети. Математическая модель построена на основе теории управляемых сетей и учитывает знание маршрутов движения части потоков по сети.

IDENTIFICATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF CONTROL OF TRANSPORTATION FLOWS IN THE NETWORK OF URBAN ROADS, BASED ON THE THEORY OF CONTROLLED NETWORKS

A.I. Diveev

A.A. Dorodnistyn Computation Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

E.A. Sofronova

People's Friendship University of Russia, Russia, Moscow

A model of motion of transportation flows in the network of urban roads is described, with control based on coordination of duration of working phases of traffic lights at signaled crossings of the network. The mathematical model is derived on the basis of controlled networks and accounts the knowledge on routs of motion of a part of flows in the network.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Н.В. Дилигенский, М.В. Цапенко

*Самарский государственный технический университет, Россия, Самара*

308  
Рассмотрены результаты идентификации параметров системной макроэкономической модели управления региональным производственно-экономическим комплексом. В основу системной модели, являющейся двухконтурной системой управления с одной положительной и одной отрицательной обратными связями, положена модифицированная модель Солоу. Представлены результаты идентификации параметров системной модели для региональной экономики в плановый период хозяйствования.

IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF CONTROL MODELS OF SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

N.V. Diligensky, M.B. Tsapenko

Samara State Technical University, Russia, Samara

Results of identification of parameters of a system macroeconomic model of control of the manufacturing-economic complex are considered. A basis of the system model, being a two-loop control system with one positive and one negative feed-backs, is the Solow model. Results of identification of parameters of the system model for a regional economics within the planning period of management are presented.

**РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

В.А. Иванюк, А.Д. Цвиркун

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

309  
На сегодняшний день известно значительное количество методов, позволяющих по статистическим данным, характеризующим текущую экономическую ситуацию, прогнозировать дальнейшее ее развитие с достаточно высокой точностью. К наиболее эффективным из традиционных методов прогнозирования можно отнести статистические методы. В настоящей работе представлен подход к разработке систем прогнозирования, основанный на применении одновременно статистических методов и методов искусственного интеллекта.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT CONTROL SYSTEM FOR CONTROL OF DYNAMIC ECONOMIC SYSTEMS

V.A. Ivanyuk, A.D. Tsvirkun

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

Up to day, numerous methods are known, enabling one to predict further development of an economical situation with quite high accuracy, by us of statistical data characterizing the current economical situation. Most effective among conventional prediction methods, statistical methods may be related to. The present paper presents an approach to the development of prediction systems, based on applying simultaneously statistical methods and methods of the artificial intelligence.

**31 января, вторник / January 31, Tuesday  
15-00 – 18-30**

4

**Сложные системы  
Complex Systems**

**TOWARDS THE ANALYSIS OF TCP WITH THE AID OF STOCHASTIC CONTROL**

A. Miller

*A.A. Kharkevich, Institute for Information Transmission Problems, Moscow, Russia*

B. Miller

*School of Mathematical Sciences, Monash University, Clayton, Victoria, Australia,*

*A.A. Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, Moscow, Russia*

401

The article considers the optimal stochastic control approach to the analysis of various TCP. Generally the analysis of TCP schemes relates to so-called liquid models which provide the asymptotic behavior of the queuing system where the number of jobs is huge. At this level of consideration only the asymptotic results could be obtained and the real performance of existing protocols is still unclear particularly for the case of seasonal changes and congestions. Meanwhile, the models of controllable Markov chains (CMC) are more appropriate to the analysis of control of flows in the Internet that has been observed by many authors long ago. The principal difficulty of the application of CMC is the problem of the models high dimension particularly for connected controllable Markov chains (CCMC). But nowadays this problem is less important due to the development of multiprocessor supercomputers that make the numerical solution of the optimal control problems for CMC more achievable. Models of CCMC arise in queuing systems with many service lines where some idle lines may be used to avoid the congestion if the principal lines have been subjected the huge workload. Here we suggest the tensor form of the representation for such CMC and give the dynamic programming equation in corresponding tensor form. As an example we consider the system with two service lines, namely the main and reserve ones, having different service rates and the cost of service. Numerical approach to the solution of the access and service rate control has been proposed.

**STATISTICAL APPROACH TO SATELLITE NAVIGATION INTEGRITY MONITORING**

I. Nikiforov

*ICD - LM2S - Université de Technologie de Troyes - UMR STMR CNRS, France*

402

One of the most important challenges for a satellite navigation system (GPS, GLONASS, future GALILEO, etc) is its integrity monitoring for safety critical applications. Integrity monitoring requires that the navigation system detects, isolates faulty measurement sources, and removes them from the navigation solution before they sufficiently corrupt the output. The principal limitation of the conventional "snapshot" RAIM FDE algorithms based on the least squares algorithm is a low availability of its detection and especially exclusion functions. This problem becomes crucially important when the RAIM has to be used to provide integrity for safety-critical applications like the aircraft guidance with the vertical positioning information or the safe train positioning.

**BOUNDING THE DOMAIN CONTAINING ALL COMPACT INVARIANT SETS OF TWO MODELS OF CHEMICAL CHAOS**

K.E. Starkov, A. Villegas Ortiz

*CITEDI-IPN, Tijuana, B.C., Mexico*

403

In this paper we examine the localization problem of compact invariant sets of the Willamowski-Rössler system and the Lorenz Chemical system exhibiting the chemical chaos. We demonstrate that all compact invariant sets are located in some linear convex domains and compute its bounds. Results of numerical simulation are provided as well.

**IMMERSION AND INVARIANCE ADAPTIVE CONTROL OF A CLASS OF NONLINEAR SYSTEMS WITH UNKNOWN CONTROL DIRECTION**

O. Monfared, A.R. Khayatian

*School of Electrical and Computer Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran*

M. Mahzoon

*Department of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran*

P. Karimaghae

404

*School of Electrical and Computer Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran*

The goal of this paper is to extend the adaptive control problem of parametric strict feedback form nonlinear systems, using Immersion and Invariance to the case of unknown, possibly, time-varying control direction. The idea is to immerse a target system in  $\mathbb{R}^{n-1}$ , which is stabilized through the design of virtual controllers into an extended system in  $\mathbb{R}^{n+p}$ . The designed controller takes advantage of the well-known Nussbaum functions to deal with the unknown sign of input multiplier and is designed through the manifold dynamic belonged to  $\mathbb{R}^{p+1}$ . The effectiveness of the proposed method is shown through simulation and is also compared to the classical adaptive backstepping approach with unknown control direction.

---

**ON THE FIXED ORDER STABILIZING CONTROLLER DESIGN BY REFLECTION SEGMENTS APPROACH**

Ü. Nurges, S. Avanesov

*Institute of Cybernetics, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia*

405

A novel randomized approach to fixed-order controller design is proposed for discrete-time SISO plants. It is based on the random generation of Schur stable polynomials using reflection coefficients and reflection segments of polynomials. Stable reflection segments are projected onto affine set of closed-loop characteristic polynomials which is defined by the controller parameters and the stable line segments in the controller parameter space are then determined. A novel approach is proposed for global and local optimization over reflection segment pencils on the basis of the weighted sum of absolute values of reflection coefficients.

---

**TUNING OF GENERALIZED PI AND PID CONTROLLERS FOR NONLINEAR SYSTEMS DESIGNED VIA SINGULAR PERTURBATION TECHNIQUE**

V.D. Yurkevich

*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*

406

The paper treats a question of output regulation for nonlinear systems in the presence of plant's parameter variations and unknown external disturbances. The design of a generalized controller, which is an extension of PI and PID control schemes, is discussed. The presented design methodology guarantees desired output transient performance indices by inducing of two-time-scale motions in the closed-loop system. Stability conditions imposed on the fast and slow modes and sufficiently large mode separation rate between fast and slow modes can ensure that the full-order closed-loop nonlinear system achieves the desired properties in such a way that the output transient performances are desired and insensitive to external disturbances and plant's parameter variations. The method of singular perturbations is used throughout the paper in order to get explicit expressions for evaluation of the controller parameters. The tuning rules for controller parameters are explained. Numerical example with simulation results are presented.

---

**ACTIVE VIBRATION DAMPING OF ELASTIC MULTIBODY SYSTEMS**

D.V. Kozlov

*Tula State University, Russia, Tula*

407

A method of active vibration damping, which arises in systems with high dynamic compliance, is proposed. Idea of the method is consist in the correction of reference signal, which enter the regulator. Fundamental notion of linear wave theory and the theory of multiport network are used in the paper. Based on these theories, the elastic linkages are represented as linear, reactive, reversible, and symmetric two-port networks. As example is considered the elastic two-mass system, operated by DC motor. The linkage between the masses represented by Hooke element. At first for an absolutely rigid 3rd order system is obtained time-optimal control law. Then the synthesis of unit for damping vibrations arising in the system is performed. Results of modeling with MATLAB/Simulink, confirming the efficiency of the proposed method, are given.

---

**HIGH SPEED BLDC MOTOR DRIVE BASED ON A DYNAMIC SLIDING MODE OBSERVER**

M. Divandari, R. Sosar

*Islamic Azad University, Aliabad Katoul Branch, Iran*

J.C. Teixeira

*Center of Engineering, Modelling and Applied Social Sciences, Federal University of ABC*

408

A high performance brushless DC motor (BLDC) drive based on a dynamic sliding mode observer is presented. The observer acts on the motor current, and its gains are corrected by estimating current, rotor position and speed. A PI speed control was chosen due to its low processing time and fast control. In order to reduce the model complexity, the back-EMF is assumed as being trapezoidal in a simplified machine model. The presented drive has been simulated by the MATLAB®/SIMULINK® software on the high speed BLDC motor model. Simulation results show that the proposed drive is able to estimate the rotor position and speed with high precision when high speeds are considered. Simulation results also show the robustness, reliability, fast computation and excellent dynamic performance for this high speed BLDC motor.

---

---

**A SIMPLIFIED LPV MODEL FOR MOBILE ROBOTS NAVIGATION WITH AUDIO FEATURES**

M. Manzanares, Y. Bolea, A. Grau

*Technical University of Catalonia, Barcelona, Spain*

409 In this article a new simplified LPV (Linear Parameter Varying) theoretical model is presented which corresponds to the acoustic response of an industrial plant. The parameters of this model vary with the characteristics of the closed room. The aim of the model is to locate mobile robots in such environments. A general methodology is proposed in order to simplify the robots self-localization process in industrial plants using the acoustic signals generated by typical engines in those environments.

---

**OBSERVER-BASED LIVE STEAM TEMPERATURE CONTROL FOR A 550~MW HARD COAL POWER PLANT**

S. Meinke, J. Nocke, E. Hassel

*Chair of Technical Thermodynamics, University of Rostock, Rostock, Germany*

A. Rauh, R. Prabel, H. Aschemann

*Chair of Mechatronics, University of Rostock, Rostock, Germany*

410 Due to worldwide governmental encouragement of renewable energy sources, the installed capacity of wind energy converters has been increased considerably in recent years. To allow for a complete integration of this continuously fluctuating energy source, it is essential to enhance the flexibility of conventional power stations by enabling them to follow the high dynamics of the wind power production. To limit additional component stress and fatigue of future power plant operation with higher dynamics, it is amongst others crucial to minimize variations of steam temperatures during transient conditions. For this reason, advanced control strategies have to be taken into consideration. In this paper, an observer-based live steam temperature control is presented for coal-fired power stations. The starting point for control design has been a detailed one-dimensional thermodynamic model of a superheater, describing the system's transient behavior. A simplified low-dimensional model with state-dependent coefficients is derived and employed for the design of an observer-based control approach. The control design systematically exploits the minimization of a quadratic cost function by solving the algebraic Riccati equation for selected operating points. The results of the control synthesis are validated numerically for the detailed simulation model by a comparison of the new approach with a state-of-the-art control procedure.

---

**SENSITIVITY-BASED STATE AND PARAMETER ESTIMATION FOR LITHIUM-ION BATTERY SYSTEMS**

A. Rauh, H. Aschemann

*Chair of Mechatronics, University of Rostock, Rostock, Germany*

411 Complex electro-chemical models for the description of the dynamics of charging as well as discharging of battery systems, such as Lithium-Ion batteries, are characterized by numerous parameters which are not directly accessible for measurements. To describe the influence of different operating conditions on charging and discharging of battery systems as well as to characterize the effects of ageing and temperature variations in terms of a low-dimensional mathematical representation, model-based observer techniques are required to determine internal state variables, parameters, and the degree of ageing of battery systems. The observer approaches applied for this purpose aim at estimating non-measurable values in real time. This paper focuses on the possible improvement of the efficiency of state and parameter estimation strategies by a novel sensitivity-based procedure. Its capabilities are highlighted by a comparison with a continuous-time implementation of the Extended Kalman Filter. The numerical comparison of both procedures deals with estimating states and parameters for a system model with accurately known parameters as well as for a model with significant parameter deviations originating from ageing.

---

**CLASSIFICATION OF DEFECTS OF THE GLASS FOR PACKING USING FUZZY DECISION TREE**

Herbert R. do N. Costa, Alessandro La Neve

*Department of Computer Science, Centro Universitário da FEI – Brazil*

This work presents a proposal for the classification of defects in the process of production of glass packing. Fuzzy Decision Tree (FID 3.4) and other algorithms were used for the classification of the defects that occur in the production process of glass for packing. The proposed classification involves inputs variables: Extraction of the glass, Iron Oxide, Coking Coal, Redox (Reduction-Oxidation), Pyrite and Sodium Sulfate. The output variables are the stones type defect, blisters and the Transmittance of light in glass. The classification obtained through Fuzzy Decision Tree was compared with the results obtained in manufacture of glass for packing. The classifications obtained in manufacture and in the FID 3.4 software were also compared with the classification obtained with CART (Classification and Regression Tree) and Artificial Neural Network (ANN) algorithms. The validation of results allow that these algorithms be used for automation and control of the manufacturing process. Besides this they permit to optimize the process and diminish the number of defects in the production of glass for packing.

412

**STRATEGIC ALIGNMENT VALUE-BASED ANALYSIS**

A. Loukianov

*University of South Australia, Mawson Lakes, Australia*

G. Quirchmayr

*University of Vienna, Vienna, Austria*

M. Stumptner

*University of South Australia, Mawson Lakes, Australia*

We propose a model and analytical approach for value-based analysis of strategic alignment. The fundamental idea is to use the theory of stochastic processes in leveraging information technology. Our model is effectively a perturbed Markov Chain (MC).

**1 февраля, среда / February 1, Wednesday**

**10-30 – 14-00**

**Интеллектуальные методы моделирования, идентификации**

**и управления**

**Intelligent Techniques of Modeling, Identification, and Control**

**МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОЭКСПЕРТНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ**

В.Б. Трофимов

*Сибирский государственный индустриальный университет,*

*Россия, Кемеровская область, Новокузнецк*

Предложена структура нейроэкспертной модели объекта управления, разработана методика обучения нейроэкспертной модели сложного нестационарного объекта управления в режиме реального времени, учитывающая влияние прямых и обратных управляющих связей, обеспечивающая соблюдение предпосылок искусственных нейронных сетей за счет одновременного нанесения модельных, натуральных и комбинированных тестовых воздействий по всем управляющим входам объекта в пределах безаварийного функционирования системы управления.

501

TECHNIQUES OF LEARNING A NEURAL EXPERT PLANT MODEL WITHIN A CONTROL SYSTEM

V.B. Trofimov

*Siberian State Industrial University, Russia, Kemerovo region, Novokuznetsk*

A structure of a neural expert model of a control plant is proposed, techniques of real-time learning of a neural expert model of a complex time-varying control plant is developed, accounting influence of control feed-forwards and feed-backs, providing observing pre-conditions of the artificial neural networks due to simultaneous applying model, full-scale, and combined test actions on all controlling inputs of the plant within the limits of trouble-free performance of the control system.

---

**ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОННЫХ КЛАССИФИКАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

А.Г. Натекин, М.А. Калинин

*Департамент Корпоративных Технологий, ООО «Сименс», Россия, Санкт-Петербург*

Нейросетевое представление нечетких продукционных моделей успешно используются в различных задачах машинного обучения. Основная трудность применения данных моделей заключается в процедуре инициализации баз нечетких продукционных правил. Рассматривается способ инициализации баз правил нечетких продукционных моделей с помощью EM-алгоритма кластеризации. Полученные модели используются для задания нечетких продукционных моделей с многомерными функциями принадлежности. Предложен способ нейросетевого представления полученных моделей, эффективность которого проверена как на модельных данных, так и на реальных данных из области проката стали.

502

OPTIMIZATION OF FUZZY NEURAL CLASSIFIERS BY USE OF THE MODEL-ORIENTED CLUSTER ANALYSIS

A.G. Natekin, M.A. Kalinkin

Department of Corporative Technologies, "Siemens" Ltd, Russia, Saint Petersburg

Neural network representation of fuzzy production models is successfully used in various problems of the machine learning. The main difficulty of applying these models is the procedure of initializing the bases of fuzzy production rules. A way of initializing the rule bases of fuzzy production models by use of the EM-algorithm of clustering is considered. The models obtained are used for setting fuzzy production models with multivariate membership functions. A way of neural network representation of the obtained models is proposed, whose efficiency has been verified by use of both modeled and real-world (from the steel rolling branch) data.

---

**КАЛИБРОВКА ВИДЕОКАМЕР С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ**

Н.П. Деменков, М.Ю. Артюхов

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия, Москва*

Продемонстрирована возможность калибровки видеокамер посредством РБФ сети с применением генетических алгоритмов гаплоидного и диплоидного типов. Результаты, полученные с помощью РБФ сетей, сравнивались с другими распространёнными методами калибровки камер. Исследования показали, что нейронная сеть на реальных видеокадрах осуществляет процесс устранения искажений камер несколько лучше, чем даже хорошо зарекомендовавшие себя методы, учитывающие большое количество параметров.

503

CALIBRATION OF VIDEO CAMERAS BY USE OF NEURAL NETWORKS AND GENETIC ALGORITHMS

N.P. Demenkov, M.Yu. Artuehof

Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Russia, Moscow

A possibility of calibration of video cameras by use of a RBF network with applying genetic algorithms of the haploid and diploid types is demonstrated. Results obtained by use of the RBF networks have been being compared with other commonly used methods of calibration of cameras. The investigations have shown that a neural network on real video frames implements the process of removing aberrations of cameras somewhat better than even good experience methods accounting a large number of parameters.

---

**НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ СОЕДИНЕНИЯ «ВАЛ-ВТУЛКА» ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ**

Е.В. Тесленко, В.В. Андреев

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Россия, Нижний Новгород*

504 Статья посвящена вопросам идентификации состояния соединений «вал-втулка» и выбора посадок с помощью нейросетевых алгоритмов. Целью исследования является построение нейросетевой модели, которая по входным данным (факторам, влияющим на образование натяга в соединении) идентифицировала бы предельные натяги, получаемые в результате соединений деталей, и для нового набора исходных данных давала бы среднюю квадратическую ошибку менее 1%. Рассмотрена задача идентификации состояния соединения с натягом деталей «вал-втулка» по эмпирическим данным, решаемая в процессе обучения нейронной сети. Предложена модель, отражающая связь между факторами, влияющими на образование натяга в соединении (входы модели), и предельным натягом, а также представлены результаты исследования.

A NEURAL NETWORK SYSTEM OF IDENTIFICATION OF A STATUS OF THE "SHAFT-BUSH" JOINT UNDER OPERATIVE CONTROL OF A TECHNOLOGICAL PROCESS

E.V. Teslenko, V.V. Andreev

*Nizhny Novgorod State Technology University named after R.E. Alekseev, Russia, Nizhny Novgorod*

The paper is devoted to issues of identification of statuses of the "shaft-bush" joint and selection of fits by use of neural network algorithms. The aim of the study is constructing a neural network model that, by use of input data (factors influencing arising a tightness in a joint) would identify extreme tightness obtained as a result of part joints, and, for a new set of initial data, would provide the mean square error less being than 1%. A problem of identification of a joint with a tightness of "shaft-bush" parts by use of empirical data is considered, solved in within the process of the neural network learning. A model, reflecting a connection between factors influencing the tightness appearance in the joint (model inputs) and an extreme tightness, is obtained, as well as results of the study are presented.

---

**ПОВЫШЕНИЕ РОБАСТНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ МЕТОДАМИ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

П.М. Поклад

*Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, Россия, Иваново*

505 В статье предлагается использовать в цифровой системе управления электропривода fuzzy-регуляторы для увеличения степени устойчивости системы в области параметров необходимых для оптимального управления двигателем. На базе предложенных форм функций принадлежности сформированы, простые по конфигурации, нечеткие множества. Проведено моделирование системы управления с классическими и нечеткими регуляторами. Для анализа частотных свойств электропривода с нечетким управлением разработан специальный модуль для выполнения гармонической линеаризации объекта управления при разных частотах и амплитудах входного сигнала. Предложен оптимальный метод дефаззификации для его аппаратной реализации на DSP-микроконтроллерах. Показаны различные варианты построения структур гибридных регуляторов.

INCREASING THE ROBUSTNESS OF AN ELECTRIC DRIVE WITH PHASE LOCKING BY USE OF METHODS OF THE NEURAL FUZZY CONTROL

P.M. Poklad

*Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin, Russia, Ivanovo*

The paper proposes using fuzzy-regulators in a digital control system in order to increase the degree of stability of the system in the domain of parameters required for optimal control of the engine. Based on proposed shapes of the membership functions, simple, in the configuration, fuzzy sets are formed. Simulation of the control system with classic and fuzzy regulators is implemented. To analyze frequency properties of the electric drive with fuzzy control, a special module for the harmonic linearization of the control plant under different frequencies and amplitudes of the input signal is developed. Optimal method of the defuzzification for its implementation in DSP-microcontrollers is proposed. Different variants of constructing structures of hybrid regulators are shown.

---

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

В.И. Иванчур, А.П. Прокопьев, М.Н. Завьялов

*Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск*

506 Работа посвящена теоретическим и практическим задачам идентификации процесса уплотнения дорожного покрытия нежесткого типа для разработки системы автоматического управления. Рассмотрена динамическая система вибрационного катка с гидроприводом. Задача разработки имитационной модели системы автоматического управления вибрационного катка рассмотрена с применением программы MATLAB&Simulink. Приведены результаты исследования. Рассмотрена система автоматического управления дорожного катка, построенная на основе нечеткой логики с учетом параметрической неопределенности процесса уплотнения.

IDENTIFICATION OF THE PROCESS OF COMPACTION OF THE ASPHALTIC CONCRETE MIXTURE BASED ON THE FUZZY LOGIC

V.I. Ivanchura, A.P. Prokopiev, M.N. Zavyalov

Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk

The paper is devoted to theoretical and practical problems of the identification of the process of the flexible pavement compaction for developing an automatic control system. A dynamic model of the vibrating roller with a hydro drive is considered. The problem of developing a simulation model of the vibration roller is considered by use of the MATLAB&Simulink application. Results of the study are presented. An automatic control system of a road roller is considered, built on the basis of the fuzzy logic under accounting the parametric uncertainty of the compaction process.

---

**СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ УКЛАДКИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

А.П. Прокопьев, Р.Т. Емельянов

*Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск*

507 Работа посвящена теоретическим и прикладным задачам автоматического управления процессом укладки дорожного покрытия нежесткого типа. Рассмотрена динамическая система рабочего органа асфальтоукладчика с гидроприводом. Имитационная модель системы автоматического управления рабочим органом асфальтоукладчика рассмотрена с применением программы MATLAB&Simulink. Приведены результаты исследования. Рассмотрена адаптивная система управления нелинейным динамическим объектом, на примере подсистемы управления рабочим органом асфальтоукладчика, с учетом динамики процессов в гидроприводе.

A TRACING SYSTEM OF THE AUTOMATIC CONTROL OF THE PROCESS OF LAYING THE ASPHALTIC CONCRETE MIXTURE BASED ON THE FUZZY LOGIC

A.P. Prokopiev, R.T. Emelianov

Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk

The paper is devoted to theoretical and applied problems of automatic control of the process laying and compacting a flexible pavement. A dynamic system of the operating element with a hydraulic actuator of an asphalt paver is considered. The problem of development of a simulation model of the automatic control system of the operating element of the asphalt paver is considered by use of the MATLAB&Simulink application. Results of the investigation are presented. A method of modeling adaptive control systems of nonlinear dynamic plants is considered by use of an example of the asphalt paver compacting system under accounting the hydraulic actuator process dynamics.

---

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТОДОМ ЛОГИЧЕСКОГО СЕТЕВОГО ОПЕРАТОРА**

А.И. Дивеев

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Россия, Москва*

Е.А. Софронова

*Российский университет дружбы народов, Россия, Москва*

508 Рассмотрена задача идентификации интеллектуальной системы управления. Задача заключается в нахождении логической функции по заданной таблице истинности. Показано решение задачи на основе метода сетевого оператора.

IDENTIFICATION OF AN INTELLIGENT SYSTEM BY USE OF THE LOGIC NETWORK OPERATOR METHOD

А.И. Дивеев

A.A. Dorodnistyn Computation Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

Е.А. Софронова

People's Friendship University of Russia, Russia, Moscow

A problem of identification of an intelligent control system is considered. The problem is to find a logic function in accordance to a given truth table. Solving the problem is shown based on the network operator method.

---

**МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ В РАМКАХ ЗАДАЧИ РАСПАРАЛЛЕЛИВАЮЩЕЙ ТРАНСЛЯЦИИ ЦИКЛОВ ДЛЯ АРХИТЕКТУРЫ NVIDIA CUDA**

А.А. Новокрещенов

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Россия, Нижний Новгород*

Предлагается метод идентификации параметров модели параллельной программы в рамках задачи распараллеливающей трансляции последовательных циклов для параллельной архитектуры NVIDIA CUDA. Метод применим для класса программ, содержащих циклы с аффинными границами и аффинными обращениями к данным. Предлагается метод определения размерности пространства потоков, в рамках которых выполняется параллельная форма исходной вложенности циклов. Также, предлагается метод определения эффективной структуры решетки потоков для запуска параллельной программы.

509

A METHOD OF PARAMETER IDENTIFICATION OF A MODEL OF A PARALLEL PROGRAM CODE WITHIN THE PROBLEM OF PARALLELIZING TRANSLATION OF CYCLES FOR THE NVIDIA CUDA ARCHITECTURE

A.A. Novokreshchenov

*Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Russia, Nizhny Novgorod*

A method of parameter identification of a model of a parallel program code within the problem of the parallelizing translation of successive cycles for the parallel NVIDIA CUDA architecture is proposed. The method is applicable for a class of program codes containing cycles with affine bounds and affine data call. A method of determining the dimension of the flow space is proposed, within which the parallel form of initial nesting of cycles is executed. Also, a method of determining an effective structure of the flow lattice for launching a parallel program code is proposed.

---

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПОТОКОМ ВИДА T-SPEC С ИЗМЕНЕНИЕМ МАСШТАБА ПОТОКА**

В.Г. Промыслов

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

Анализируются вопросы моделирования и расчета вычислительных распределенных систем. Для моделирования используется метод "Network calculus", базирующийся на мини(макси)-плюс алгебре. Основное внимание уделено вычислительным системам с переменным потоком данных между компонентами. Предложено использовать обобщенное преобразование Лежандра для расчета конверта выходного потока системы. Приведен пример моделирования вычислительной системы с суммированием двух потоков, где основной поток имеет вид T-SPEC.

510

MODELING A COMPUTING SYSTEM WITH THE RATE OF THE T-SPEC FORM WITH VARYING THE RATE SCALE

V.G. Promyslov

*V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow*

Issues of modeling distributed computing systems are analyzed. To model, the method of network calculus is used, based on the mini(maxi)-plus algebra. The basic attention is paid to computing systems with the variable bit rate between (VBR) components. The generalized Legendre transform is proposed to use to calculate the envelope of the output system rate. An example of modeling a computing system with summation of two rates, when of the main rate the T-SPEC form.

**АВТОМАТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТОПОЛОГИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЯДРА ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ**

В.А. Подчукаев

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Россия, Саратов*

Статья посвящена развитию теории адаптивных вычислений (или вычислений, при которых аппаратная архитектура вычислителя подстраивается под структуру (топологию) заданного вычислительного процесса). В статье предлагается математическая модель вычислительного процесса и ее математический образ, задающий двумерную топологию вычислительного ядра. Для распараллеливания вычислений в исходной топологии предложен интеллектуальный алгоритм распознавания образов математических формул, апробированный на классе алгебраических формул и близких к ним. В статье поставлена задача рефлексивной семантики по замене моделей математических операций моделями технической реализации этих операций, и приведены возможные решения этой задачи для случаев графического представления технической реализации математических операций, их представления фрагментами программного кода, а также обсуждена возможность технической реализации при атомарно-молекулярном представлении.

511

AUTOMATIC SYNTHESIS OF THE TOPOLOGY OF A COMPUTING KERNEL OF EMBEDDED SYSTEMS

V.A. Podchukaev

Saratov State Agriculture University named after N.I. Vavilov, Russia, Saratov

The paper is devoted to development of the theory of adaptive computations (or, computations under which the hardware architecture is adapt to the structure (topology) of a given computing process). In the paper, a mathematical model of a computing process and its mathematical pattern are proposed, setting a two-dimensional topology of a computing kernel. To parallelize computations in the initial topology, an intelligent algorithm of recognition of patterns of mathematical formulas is proposed, verified on the class of algebraic formulas and formulas being close to them. In the paper, a problem of reflexive semantics on substitution of models of mathematical operations with models of hardware implementation of these operations is stated, and possible solutions of this problems for cases of graphical representation of hardware implementation of mathematical operations, their representation with fragments of a software code are presented, as well as a possibility of hardware implementation under the atomic-molecular representation is discussed.

**АДАПТИВНАЯ КОМПИЛЯЦИЯ В КОНТЕКСТЕ КОНТРОЛИРУЕМОГО ВЫПОЛНЕНИЯ**

В.А. Галатенко, Н.И. Вьюкова, К.А. Костюхин, Н.В. Шмырев

*Научно-исследовательский институт системных исследований РАН, Россия, Москва*

В докладе рассматриваются методы, направленные на адаптивное выполнение оптимизирующих преобразований с учетом данных профилирования о частоте выполнения участков кода и о значениях, принимаемых программными переменными. Рассмотрены примеры и результаты применения оптимизаций по профилю в компиляторе, а также различные подходы, используемые в других промышленных и экспериментальных компиляторах, в частности, в компиляторах для встроенных систем.

512

ADAPTIVE COMPILATION IN THE CONTEXT OF MONITORED EXECUTION

V.A. Galatenko, N.I. Viukova, K.A. Kopstyukhin, N.V. Shmyrev

Scientific and Research Institute of Systems Research of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

In the paper, methods oriented to adaptive execution of optimizing transformation under accounting data of profiling on the frequency of execution of parts of a code and on values taken by software code variables are considered. Examples and results of applying optimizations on the profile in compiler, as well as different approaches used in other industrial and experimental compilers, particularly, in compilers for in-built systems, are considered.

**1 февраля, среда / February 1, Wednesday**

**15-00 – 18-30**

41

**Структурная и параметрическая идентификации II  
Structure and Parameter Identifications II**

---

**ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
ДИСКРЕТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С ОГРАНИЧЕННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ**

А.Л. Бунич

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

601 Приведен обзор основных направлений теории адаптивных систем управления с идентификатором в цепи обратной связи для дискретных объектов с ограниченной неопределенностью. Основное внимание уделено связи предельных возможностей таких систем в смысле заданного критерия стоимости управления и спектральным составом возмущений.

THE IDENTIFICATION APPROACH TO CONTROL SYSTEMS OF DISCRETE-TIME PLANTS WITH A BOUNDED UNCERTAINTY

А.Л. Бунич

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

A survey of main directions in the theory of adaptive systems with an identifier in the feed-back loop is presented for discrete-time plants with a bounded uncertainty. The main attention is paid to connection of limit abilities of such systems in the sense of a set control cost criterion and spectral make-up of disturbances.

---

**М-ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДВУМЕРНОЙ АВТОРЕГРЕССИИ**

В.Б. Горяинов

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, Москва*

602 Определены М-оценки коэффициентов двумерного авторегрессионного поля порядка (1,1) на плоской прямоугольной решетке, доказана их асимптотическая нормальность. Изучены робастные свойства М-оценок.

M-ESTIMATES OF BIVARIATE AUTOREGRESSION

V.B. Goryainov

Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Russia, Moscow

M-estimates of coefficients of the bivariate autoregression field of the order (1,1) at a plane rectangular lattice are determined, their asymptotic Gaussian property is proven. Robust properties of M-estimates are studied.

---

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОМЕРНЫХ ПО ВХОДУ НЕЛИНЕЙНЫХ  
ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ В ВЫХОДНОМ СИГНАЛЕ**

В.Е. Папченко, О.А. Кацуба

*Самарский государственный университет путей сообщения, Россия, Самара*

603 В статье рассматривается проблема параметрической идентификации многомерных по входу нелинейных динамических систем при наличии помех в выходных сигналах. Стандартный метод наименьших квадратов в условиях априорной неопределенности (неизвестен закон распределения помех наблюдений) не позволяет получать строго состоятельные оценки параметров. Предлагается нелинейный метод наименьших квадратов, доказывающаяся строгая состоятельность получаемых оценок.

PARAMETER IDENTIFICATION IN MULTI-INPUT NONLINEAR DYNAMIC SYSTEMS WITH OUTPUT SIGNAL DISTURBANCES

V.E. Papchenko, O.A. Katsuba

Samara State Railway University, Russia, Samara

The paper considers the problem of parameter identification of multi-input nonlinear dynamic systems under disturbances corrupting the output signals. The standard least mean squares method under conditions of a priori uncertainty (the distribution law of the disturbances is not known) does not permit to obtain strongly consistent estimates of the parameters. A nonlinear least mean squares method is proposed, the strong consistency of obtained estimates is proven.

---

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ, ОСНОВАННЫЕ НА СОВМЕСТНОМ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИДЕЙ МЕТОДОВ «ГУСЕНИЦА»-SSA И БОКСА-ДЖЕНКИНСА**

В.Н. Щелкалин

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, Харьков*

604 В данной статье представляется обзор стремительно развивающихся в последнее время автором в различных отраслях науки и техники современных математических моделей различного уровня описания процессов и сложности и методы их структурной идентификации, основанных на совместном использовании идей метода «Гусеница»-SSA и метода Бокса-Дженкинса. Предлагаемые автором модели являются приоритетными на сегодняшний день вероятностно-детерминированными декомпозиционными моделями.

MATHEMATICAL MODELS AND METHODS BASED ON JOINT APPLYING IDEAS OF THE "CATERPILLAR"-SSA AND BOX-JENKINS METHODS

V.N. Shchelkalin

Kharkov National University of Radioelectronics, Ukraine, Kharkov

In the present paper, a survey of advanced models of different levels of the description and complexity, intensively developed by the author during the last time within different branches of the science and engineering, and methods of their structure identification, based on joint applying ideas of the "Caterpillar"-SSA and Box-Jenkins methods, are presented. The models, proposed by the author, are priority, at present time, probabilistic-deterministic decomposition models.

---

---

**ПОСТРОЕНИЕ СЕКТОРНОГО УСЛОВИЯ В СИСТЕМЕ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ  
НЕЛИНЕЙНЫХ СТАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Н.Н. Карабутов

*Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики, Россия, Москва*  
Предложен метод построения секторного условия в системах идентификации нелинейных статических объектов для ряда наиболее часто применяемых нелинейностей. Сектор строится в специальном пространстве, на котором задана статическая структура, отражающая свойства нелинейной системы идентификации. Введен коэффициент когерентности, на основе которого принимается решение о принадлежности рассматриваемой нелинейности сектору.

605

CONSTRUCTING A SECTOR CONDITION IN A SYSTEM OF THE STRUCTURE IDENTIFICATION OF NONLINEAR STATIC PLANTS  
N.N. Karabutov

Moscow State Institute of Radioengineering, Electronics, and Automatics, Russia, Moscow

A method of constructing a sector condition in systems of identification of nonlinear static plants for a number of most frequently used nonlinearities is proposed. The sector is built in a special space, on which a static structure is given, reflecting properties of nonlinear identification system. A coherence coefficient is introduced, based on which the decision on belonging a considered nonlinearity to the sector is made.

---

**СТРУКТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ В ЗАДАЧАХ ВЫБОРА  
МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

В.В. Павельев

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

В работе представлен подход к формализации представления знаний экспертов при структурной идентификации целевой функции в системе поддержки принятия решений. Даны определения понятиям информации, данных, знаний в контексте задач комплексного оценивания и целенаправленного выбора многопараметрических объектов. В основу подхода к построению структуры критериев комплексного оценивания положен принцип дихотомической конкретизации и детализации заданной формулировки цели. Целью является решение конкретной проблемы с использованием системы поддержки принятия решений. Приведен алгоритм комплексного оценивания и целенаправленного выбора вариантов средств достижения поставленной цели, рассматриваемых как многопараметрические объекты. Решающее правило комплексного оценивания формируется путем использования матриц последовательной логической свертки экспертных оценок параметров объектов выбора.

606

STRUCTURE IDENTIFICATION OF THE GOAL FUNCTION IN PROBLEMS OF SELECTION OF MULTIPARAMETER PLANTS  
V.V. Pavelyev

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

The paper presents an approach to formalization of expert knowledge representation under structure identification of the goal function in a decision making support system. Definitions for notions of information, data, knowledge within the context of complex evaluation and purposeful selection of multiparameter plants are given. The basis of the approach to deriving a structure of complex evaluation criteria is the principle of the dichotomous concretization and detailing of a set purpose formulation. The purpose is a solution of a specific problem by use of a decision support system. An algorithm of complex evaluation and purposeful selection of variants of tools of achieving the set purpose, considered as multiparameter plants, is presented. The decision rule of the complex evaluation is formed by use of matrices of the subsequent logic convolution of expert estimates of the parameters of the object of the selection.

---

**ПРИНЯТИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НАРАСТАНИЯ КОГЕРЕНТНОСТИ  
ПОВЕДЕНИЯ УЧАСТНИКОВ**

Г.Г. Горвиц

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

Рассматриваются некоторые аспекты индивидуального выбора актора в моделях социальной сети, описывающей изменения в поведении все более многочисленных участников.

607

INDIVIDUAL DECISION MAKING UNDER INCREASING OF THE COHERENCE OF THE BEHAVIOR OF PARTICIPANTS  
G.G. Gorvits

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

Some issues of the individual choice of an actor in models of the social network are considered, describing changes in the behavior of increasingly large number of participants.

**КОНЦЕПЦИЯ НАУЧНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ  
СЛАБО ИЗУЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ: НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМАМ  
СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

К.С. Гинсберг

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

Излагается концепция проектной научной деятельности по созданию системно организованных научных основ инженерного моделирования для слабо изученных объектов управления. Концепция содержит: описание предпосылок возникновения проблемы инженерного моделирования; общие нормативные представления об инженерном моделировании и структурной идентификации; исследовательскую программу разработки научных основ структурной идентификации. Инженерным моделированием называется процесс отыскания разработчиком адаптивной системы с идентификатором (АСИ) инженерной параметрической модели объекта управления, т.е. математической модели, которая входит в состав исходных данных, используемых при разработке окончательного математического описания АСИ, вводимой в постоянную эксплуатацию. Структурная идентификация рассматривается как системный объект и базовый процесс инженерного моделирования. Предлагается новый подход к постановке и решению проблем структурной идентификации.

A CONCEPTION OF SCIENTIFIC DESIGN OF ENGINEERING MODELING FOR MILDLY STUDIED CONTROL PLANTS: A NEW APPROACH TO STRUCTURE IDENTIFICATION PROBLEMS

K.S. Ginsberg

*V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow*

A conception of scientific activity on creating of systematically organized scientific grounds of engineering modeling for mildly studied control plants is presented. The conception contains: description of premises of arising the problem of the engineering modeling; general normative notions on the engineering modeling and structure identification; research program on development of the scientific foundations of the structure identification. The engineering modeling is referred as a process of search by a developer of an adaptive system with the identifier (ASI) of an engineering parametric model of a control plant, i.e. a mathematical model that is involved into the make-up of initial data utilized under developing a final mathematical description of an ASI putted in operation. The structure identification is considered as a system object and a basis process of the engineering modeling. A new approach to the statement and solution of structure identification problem is proposed.

**2 февраля, четверг / February 2, Thursday**

**10-30 – 14-00**

**Адаптивные и робастные системы  
Adaptive and Robust Systems**

**ОЦЕНКА ПОЛОЖЕНИЯ РОБАСТНО ИНВАРИАНТНЫХ КОМПАКТОВ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С  
ВОЗМУЩЕНИЕМ**

А.Н. Канатников, А.П. Крищенко

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, Москва*

Разработан метод построения множеств в фазовом пространстве дискретной системы с возмущением, содержащих все (положительно, отрицательно) робастно инвариантные компакты этой системы. Такие множества называются локализирующими. Получены необходимые и достаточные условия существования у дискретной системы с возмущением максимального (положительно, отрицательно) робастно инвариантного компакта. Проанализирована неопределенная система Хенна, у которой один из параметров имеет неопределенное, меняющееся во времени значение.

ESTIMATION OF LOCATION OF ROBUST INVARIANT COMPACTS OF DISCRETE-TIME SYSTEMS WITH A DISTURBANCE

A.N. Kanatnikov, A.P. Krishchenko

*Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Russia, Moscow*

A method of constructing sets in the phase space of a discrete-time system with a disturbance is developed, containing all (positively, negatively) robust invariant compacts of this system. Such sets are referred as localizing. Necessary and sufficient conditions of existence of a maximal (positive, negative) robust invariant compact for a discrete-time system with a disturbance are obtained. Uncertain Hennon system is analyzed, in which one of the parameters has uncertain, time-varying value.

## КОМПЕНСАЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ПРИ РОБАСТНОМ УПРАВЛЕНИИ ОБЪЕКТОМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ ПО СОСТОЯНИЮ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ ИЗМЕРЕНИЯ

Е.А. Паршева, М.В. Зайцева

*Астраханский государственный технический университет, Россия, Астрахань*

702 Решается задача построения робастной системы управления линейным стационарным объектом с запаздыванием по состоянию, которая позволяет скомпенсировать возмущения и помехи. Обоснована работоспособность системы управления при действии на объект не измеряемых неограниченных возмущений на входе и ограниченных возмущений на выходе. Основные результаты получены с использованием технологии конструктивного вложения систем и метода вспомогательного контура. Приводится иллюстрирующий пример и результаты компьютерного моделирования.

COMPENSATION OF DISTURBANCES UNDER ROBUST CONTROL OF A STATE-DELAY PLANT UNDER MEASUREMENT DISTURBANCES

E.A. Parsheva, M.V. Zaytseva

*Astrakhan State Technical University, Russia, Astrakhan*

A problem of constructing a robust control system of a linear time-invariant state-delay plant, that enables one to compensate disturbances and noises is solved. Operability of the control under disturbing the plant by immeasurable unbounded disturbances at the input and bounded disturbances at the output is justified. Main results are obtained by use of the technology of the constructive systems embedding and by use of the auxiliary loop method. An illustrating example and results of computer simulation are presented.

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ РОБАСТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМ ОБЪЕКТОМ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВОЗМУЩЕНИЙ

А.З. Асанов, И.З. Ахметзянов, Д.Н. Демьянов

*Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета в г. Набережные Челны, Россия, Набережные Челны*

703 Предлагается новый подход к построению системы управления многосвязным динамическим объектом с компенсацией возмущающих воздействий. Разрабатываемая система включает в себя астатический наблюдатель состояния и неизмеряемых внешних возмущений с заданной динамикой процесса оценивания, регулятор и предкомпенсатор. Система позволяет в заданной степени компенсировать влияние неизмеряемых возмущений и обеспечивать желаемую динамику процессов управления. Для обеспечения робастности получаемого решения на начальном этапе осуществляется выбор матрицы наблюдений, обеспечивающий минимально-фазовость объекта и, следовательно, его внутреннюю устойчивость. Получены условия разрешимости задачи синтеза, а также соотношения, определяющие полное множество решений в аналитической форме. Для решения задачи используется технология вложения систем, методы канонизации матриц и решения линейных матричных уравнений.

ANALYTICAL SYNTHESIS OF A ROBUST CONTROL SYSTEM OF A MULTIPLY CONNECTED PLANT WITH COMPENSATION OF DISTURBANCES

A.Z. Asanov, I.Z. Akhmetzyanov, D.N. Demianov

*Branch of the Kazan (Volga region) Federal University in the city of Naberezhnye Chelny, Russia, Naberezhnye Chelny*

A new approach to constructing a control system of a multiply connected dynamic plant with compensation of disturbances is proposed. The developed system involves an astatic observer of the state and unmeasured external disturbances with a given dynamics of the estimation process, a regulator, and a precompensator. The system enables one to compensate, up to a set degree, the influence of unmeasured disturbances and provide the desired dynamics of control processes. To assure the robustness of the obtained solution, at the initial stage selecting an observation matrix is implemented, providing the plant to be minimum-phase, and, consequently, to be inherently stable. Conditions of solvability of the synthesis problem are obtained, as well as relationships determining the full set of solutions in the analytical form is obtained. To solve the problem, the technology of the system embedding, methods of matrix canonization, and methods of solving linear matrix equations are used.

## ОЦЕНКА СТОИМОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ О СПЕКТРАЛЬНОМ СОСТАВЕ ВОЗМУЩЕНИЙ

А.Л. Бунич

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

704 Рассматривается проблема чувствительности цены управления к вариациям спектрального состава возмущений для линейной дискретной системы с винеровским регулятором.

ESTIMATION OF THE CONTROL COST UNDER INCOMPLETE INFORMATION ON THE SPECTRUM OF DISTURBANCES

A.L. Bunich

*V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow*

The problem of sensitivity of the control cost to variation of spectra of disturbances for a linear discrete-time system with the Wiener regulator is considered.

---

**СТРУКТУРНАЯ МИНИМИЗАЦИЯ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ**

В.В. Дикусар

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Россия, Москва*

Г.А. Зеленков

*Морская государственная академия им. адмирала Ф.Ф. Ушакова, Россия, Новороссийск*

Для линейных стационарных управляемых систем решена задача определения минимального числа управляющих воздействий (входов), при которых открытую систему можно сделать полностью управляемой. Полученный результат редуцирован на линейные стационарные системы наблюдения таким образом, что в работе решена задача определения минимального числа выходов, при которых открытую систему можно сделать наблюдаемой. Полученные результаты также используются для исследования систем стабилизации в случае линейных и квазилинейных динамических систем.

705

STRUCTURE MINIMIZATION OF TIME-INVARIANT SYSTEMS

V.V. Dikussar

A.A. Dorodnistyn Computation Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

G.A. Zelenkov

Marine State Academy named after Admiral F.F. Ushakov, Russia, Novorossiysk

For linear time-invariant system a problem of determining the minimal number of control actions (inputs) under which an open system may be done completely controllable is solved. The results obtained is reduced to linear time-invariant systems in the manner, enabling in the paper to solve a problem of determining the minimal number of outputs under which an open system may be done observable. The results obtained are also used to study the system stabilization in the case of linear and quasi-linear dynamic systems.

---

**КОНСТРУИРОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ УСЛОВИЙ КАЧЕСТВЕННОЙ  
ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ**

Е.Ю. Рабыш, В.В. Григорьев

*Санкт-Петербургский государственный университет, информационных технологий, механики и оптики, Россия, Санкт-Петербург*

На основе достаточных условий качественной экспоненциальной устойчивости, метода локальной оптимизации и выражений оценок прямых показателей качества переходных процессов получен алгоритм, позволяющий с единых позиций как для непрерывных, так и для дискретных динамических систем аналитически синтезировать регуляторы по желаемым прямым показателям качества.

706

DESIGN OF REGULATORS BASED ON CONDITIONS OF THE QUALITATIVE EXPONENTIAL STABILITY

E.Yu. Rabysh, V.V. Grigoriev

Saint Petersburg State University of Information Technologies, Optics, and Mechanics, Russia, Saint Petersburg

Based on sufficient conditions of the qualitative exponential stability, method of local optimization, and expressions of estimates of direct quality indexes of transients, an algorithm enabling one from unique positions for both continuous-time and discrete-time dynamic systems to synthesize regulators in accordance to desired direct quality indexes.

---

**СИНТЕЗ И ЦИФРОВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**

А.М. Пучков, Е.М. Карева

*Московское опытно-конструкторское бюро «Марс», Россия, Москва*

В.М. Глумов

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

Излагается метод решения задачи адаптивного инвариантного управления с переменной структурой. Один из методов решения задачи на основе введения интегрирующего устройства по расогласованию может приводить к нарушению требований на динамическую точность движения системы управления. Противоречие между требованиями инвариантного астатизма и динамической точности в предлагаемом решении основано на принципе управления с переменной структурой. Предлагается алгоритм переключения в адаптивной системе управления по крену летательного аппарата и вариант реализации алгоритма в бортовой ЦВМ.

707

SYNTHESIS AND DIGITAL IMPLEMENTATION OF AN ADAPTIVE ALGORITHM OF CONTROL OF A FLYING VEHICLE

A.M. Puchkov, E.M. Kareva

Moscow Design Bureau "Mars", Russia, Moscow

V.M. Glumov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

A method of solving the problem of adaptive invariant control with a varying structure is presented. One of the methods of solving the problem based on involving the integrating gain on the mismatch may lead to violation of requirements on the dynamic accuracy of motion of the control system. The contradiction between requirements of the invariant astaticism and the dynamic accuracy in the proposed solution is based on the principle of control with a varying structure. An algorithm of switching in the adaptive system on the list of a flying vehicle and a variant of implementation of the algorithm in the on-board computer are proposed.

**СИНТЕЗ  $H_2$ -ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ АЛГЕБРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

О.Ю. Торгашова, О.Е. Шворнева

*Саратовский государственный технический университет, Россия, Саратов*

708 Рассматривается задача синтеза динамического регулятора по выходу полного порядка, минимизирующего  $H_2$ -норму передаточной матрицы замкнутой алгебро-дифференциальной системы. С использованием известной структуры регулятора с наблюдателем полного порядка, а также с учетом представления системы в центральной канонической форме, показано, что эта задача сводится к решению двух уравнений Риккати, размерность которых соответствует размерности «медленной» подсистемы алгебро-дифференциальной системы. Приводится пример синтеза  $H_2$ -оптимального регулятора, иллюстрирующий полученные результаты.

**SYNTHESIS OF  $H_2$ -OPTIMAL REGULATORS OF ALGEBRO-DIFFERENTIAL SYSTEMS**

O.Yu. Torgashova, O.E. Shvorneva

Saratov State Technical University, Russia, Saratov

A problem of output dynamic regulator of the full order is considered, minimizing the  $H_2$ -norm of the transfer function of a closed-loop algebra-differential system. By use of known structure of the regulator with full order observer, as well as by virtue of the system representation in the central canonical form, the problem is shown to be reduced to solving two Riccati equations, whose dimension corresponds to the dimension of the "slow" subsystem of the algebra-differential system. An example of synthesis of a  $H_2$ -optimal regulator, illustrating the results obtained.

**УПРАВЛЕНИЕ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ**

П.Д. Купцов, А.Г. Кушнер, В.В. Лычагин

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

709 В работе предложен метод построения сингулярных решений дифференциальных уравнений с частными производными и способ управления ими при помощи граничных условий. Результаты проиллюстрированы на уравнении Хохлова-Заболоцкой, описывающем распространение нелинейного звукового пучка. Описано явление фокусировки звукового пучка.

**SHOCK WAVE CONTROL IN DISTRIBUTED SYSTEMS**

L.D. Kuptsov, A.G. Kushner, V.V. Lychagin

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

In the paper, a method of deriving singular solutions to partial differential equations and a way of control of them by use of the boundary conditions is proposed. The results are illustrated by use of an example of the Khokhlov-Zabolotskaya equation describing the expansion of a nonlinear sound beam. The phenomenon of focusing the sound beam is described.

**УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕБАНИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДВИЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ**

В.А. Кубышкин

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

710 Рассматриваются системы с распределенными параметрами, описываемые уравнениями гиперболического типа. Управлениями являются распределенные воздействия, удовлетворяющие определенным ограничениям, и подвижные воздействия как непрерывные, так и импульсные. Ставится задача найти мгновенно-оптимальное управление, т.е. такое управление, при котором скорость изменения энергии системы в каждый момент принимает наибольшее по абсолютной величине значение. Доказано, что мгновенно оптимальным в классе распределенных управлений является точечное подвижное управление, а местом его приложения – точка, в которой плотность импульса системы достигает наибольшего по абсолютной величине значения. Разработаны алгоритмы управления, позволяющие как уменьшить амплитуду колебаний системы, так и увеличить ее. Приведены результаты численных исследований разработанных алгоритмов.

**CONTROL OF OSCILLATIONS BY USE OF A MOVABLE ACTION IN DISTRIBUTED SYSTEMS**

V.A. Kubyshkin

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

Systems with distributed parameters, described by parabolic-type equations are considered. Controls are distributed actions meeting certain restrictions, and movable actions, both continuous and pulse ones. The problem is to find instantaneous optimal control, i.e. such a control, under which the rate of changing the system energy at each time instant takes the largest absolute value. It is proven that the optimal control in the class of distributed controls is the point movable control, while the location of its action is a point in which the pulse density approaches the maximal absolute value. Algorithms of control are developed, enabling one both to decrease the amplitude of system oscillations and to increase it. Results of numerical studying the algorithms developed are presented.

**АЛГОРИТМ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ**

В.А. Засов, Е.Н. Никоноров

*Самарский государственный университет путей сообщения, Россия, Самара*

Рассмотрен алгоритм регуляризации, позволяющий обеспечивать устойчивость решения обратной задачи разделения источников сигналов. Особенностью предложенного алгоритма, позволяющей уменьшить его вычислительную сложность, является использование результатов анализа устойчивости. Анализ устойчивости производится путем определения сингулярных интервалов для абсолютных, относительных и критических видов вариаций параметров модели.

711

AN ALGORITHM OF REGULARIZATION OF A PROBLEM SOLUTION OF SIGNAL SEPARATION, USING RESULTS OF STABILITY ANALYSIS

V.A. Zasov, E.N. Nikonorov

Samara State Railway University, Russia, Samara

An regularization algorithm is considered, enabling one to provide stability of the solution of the inverse problem of signal source separation. A feature of the algorithm proposed, enabling one to decrease its computational complexity, is using results of the stability analysis. The stability analysis is implemented by determining singular intervals for absolute, relative, and critical types of variations of the model parameters.

**ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ ПРИ ОТСУТСТВИИ ГЕНЕРАТОРА ЗАДАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

С.А. Краснова, Н.С. Мысик

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

Рассматривается задача слежения выходной переменной нелинейной динамической системы за заданной траекторией в следующих предположениях: прямым измерениям подлежит только выходная переменная, шумы в измерениях отсутствуют, аналитический вид задающего воздействия не известен, наблюдаются только его текущие значения. Для информационного обеспечения базового закона комбинированного управления, обеспечивающего асимптотическую сходимость выходной переменной к заданной траектории, требуется текущая информация о неизмеряемых переменных вектора состояния, а также о производных задающего воздействия, которые трактуются как неизвестные ограниченные функции времени. В рамках каскадного подхода разработаны методы синтеза наблюдателей состояния с разрывными корректирующими воздействиями, функционирующих в скользящем режиме, которые строятся на основе квазиканонической модели вход-выход, записанной относительно невязок, и позволяют непосредственно получить текущие оценки составляющих базового закона управления (в том числе, и производных задающего воздействия). В зависимости от особенностей оператора объекта управления рассмотрены типовые ситуации, определяющие возможности и структуру подсистемы наблюдения. Показано, что каскадный принцип может быть реализован в наблюдателе состояния с сигмоидальными корректирующими воздействиями, которые являются гладкой допредельной реализацией разрывных управлений и обеспечивают лучшее качество оцениваемых сигналов при использовании численных алгоритмов решения дифференциальных уравнений с крупным шагом интегрирования, что в свою очередь позволяет экономить ресурсы исполнительного устройства.

712

PROBLEMS OF DATAWARE OF TRACKING SYSTEMS UNDER ABSENCE OF A MASTER CONTROL GENERATOR

S.A. Krasnova, N.S. Mysik

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

A problem of tracking of the output variable of a non-linear dynamic system on a set path is considered under following assumptions: only the output variable is directly measured, measurement disturbances are absent; an analytical form of the generating control is unknown, its current values are observed only. For the dataware of the basic law of the combined control providing the asymptotic convergence of the output variable to the set path, current information on immeasurable variables of the state vector is required, as well as information on derivatives of the generating control, that are treated as unknown bounded functions in the time. Within the scopes of the cascade approach, methods of the synthesis of state observers with discontinuous correcting actions are developed, performing in the sliding mode, that are derived on the basis of a quasicanonical input-output model expressed in terms of residuals, and enable one to obtain current estimates of components of the basic control law (involving the generating control derivatives). In dependence on particularities of the plant operator, typical situations are considered, defining the possibilities and structure of the observation subsystem. The cascade principle is shown to be able to be implemented in a state observer with sigmoid correcting actions that are a smooth pre-limit realization of discontinuous controls and provide better quality of estimated signals under using numerical methods of solving differential equations with a large integration step, what, in turn, enables one to retrench resources of the execution unit.

**2 февраля, четверг / February 2, Thursday****15-00 – 18-30**

8

**Стохастические системы и непараметрическая идентификация  
Stochastic Systems and Nonparametric Identification**

**SEQUENTIAL KERNEL ESTIMATION OF A MULTIVARIATE REGRESSION FUNCTION**

D.N. Politis

*University of California, San Diego, USA, San Diego*

V.A. Vasiliev

*Tomsk State University, Russia, Tomsk*

This paper presents a sequential estimation procedure for an unknown multivariate regression function. Observed regressors and noises of the model are supposed to be dependent and form sequences of dependent vectors and numbers respectively. Two types of estimators are considered. Both estimators are constructed on the basis of Nadaraya-Watson kernel estimators. First, sequential estimators with given bias and mean square error are defined. According to the sequential approach the duration of observations is a special stopping time. Then on the basis of these estimators, truncated sequential estimators of a regression function are constructed on a time interval of a fixed length. At the same time the variance of these estimators is also bounded by a non-asymptotic bound. Together with finite-sample, asymptotic properties of the presented estimators are investigated. It is shown, in particular, that by the appropriately chosen bandwidths both estimators have optimal (as compared to the case of independent data) rates of convergence. The research was supported by RFBR Grant 09-01-00172

801

**О ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРА РЕГУЛЯРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ СИГНАЛОВ**

А.В. Добровидов

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

В работе рассматривается одна из задач непараметрического оценивания сигналов – задача фильтрации в условиях непараметрической неопределенности. Вероятностная модель полезного сигнала предполагается неизвестной, так что напрямую метод оптимального байесовского оценивания в данном случае применять нельзя. Модель наблюдения сигнала известна. Если условная плотность наблюдений при фиксированном сигнале, описывающая эту модель, принадлежит условно-экспонентному семейству, то для байесовской оптимальной оценки можно выписать не-рекуррентное уравнение оптимальной фильтрации, которое зависит только от вероятностных характеристик наблюдаемого процесса. Последние характеристики оцениваются при помощи устойчивых непараметрических ядерных процедур, адаптированных к зависимым наблюдениям. При построении устойчивых непараметрических процедур требуется знание коэффициентов размытости и параметров регуляризации, существенно влияющих на точность оценивания. Новым в работе является метод нахождения оптимального параметра регуляризации по интегральному критерию. Приведенные методы позволяют строить задачи оценивания ненаблюдаемых сигналов в автоматическом режиме. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 09-08-00595-а) и Проекта № 29 Президиума РАН «Математическая теория управления».

802

## TOWARDS THE CHOICE OF A REGULARIZATION PARAMETER IN A PROBLEM OF THE NON-PARAMETRIC SIGNAL ESTIMATION

A.V. Dobrovidov

*V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow*

In the paper, a problem of non-parametric signal estimation, the problem of filtering under the conditions of non-parametric uncertainty, is considered. No probabilistic model of the useful signal is assumed to be known, so the direct method of the optimal Bayesian estimation may not be applied in this case. A model of the signal observation is known. If the conditional density of observations under the fixed signal, describing this model, belongs to the conditionally exponential family, then for the Bayesian optimal estimate one may write a non-recursive equation of the optimal filtering, which depends on probabilistic characteristics of the observed process only. The latter are estimated by use of non-parametric kernel procedures adapted to dependent observations. Under constructing stable non-parametric procedures, one requires information on the bandwidth coefficients and regularization parameters, considerably influencing the estimation accuracy. The paper novelty is a method of finding the optimal regularization parameter in accordance to the integral criterion. The methods presented, enable one to construct problems of estimation of unobservable signals in automatic mode. The paper is supported by the Russian Foundation for Basic Researches (project 09-08-00595-a) and by Program No. 29 of the Supreme of the Russian Academy of Sciences "Mathematical control theory".

---

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КЛАСТЕРОВ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ**

Н.М. Маркович

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

Сложные динамические крупномасштабные системы такие, как Интернет, экономические, энергетические и экологические системы, подвержены редким, но разрушительным влияниям экстремальных событий. Такие события описываются распределениями с тяжелыми хвостами и проявляются в появлении нетипичных наблюдений (outliers), величины которых превышают достаточно высокие уровни. В статье приводится статистический анализ кластеров превышений изучаемым процессом некоторого достаточного высокого уровня. Полученные результаты применяются для мониторинга качества передачи пакетов информации в оверлейных сетях Интернета таких, как Скайп и Интернет-телевидение.

803

A STATISTICAL ANALYSIS OF CLUSTERS OF EXTREME VALUES AND ITS APPLICATION

N.M. Markovich

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

Complex dynamic large-scale systems, such as Internet, economic, power engineering, and ecological systems, are undergone to rare but destructive influence of extreme events. Such events are described by heavy-tailed distributions and occur as appearance of non-typical observations (outliers), whose values exceed rather high levels. In the paper, a statistical analysis of clusters of excesses of a rather high level by a process under study. The results obtained are applied to monitoring the quality of transfer of information packages in overlay networks of the Internet, such as Skype and Internet-television.

---

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ SSA-ПРОГНОЗА ЗАШУМЛЕННОГО СИГНАЛА ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОРЯДКА ЛИНЕЙНОЙ РЕКУРРЕНТНОЙ ФОРМУЛЫ**

Н.Э. Голяндина, А.Ю. Шлемов

*Санкт-Петербургский государственный университет,*

*Математико-механический факультет, Россия, Санкт-Петербург*

В работе предлагается модификация известного алгоритма рекуррентного прогноза, построенного в рамках метода «Гусеница»-SSA. Рассматривается модель наблюдаемого ряда вида «сигнал+шум», где сигнал – ряд конечного порядка, шум – белый, гауссовский. В основе предлагаемого алгоритма лежит идея увеличения порядка лежащей в основе рекуррентного прогноза линейной рекуррентной формулы, которая исходно строится с помощью оценивания подпространства сигнала, а ее порядок увеличивается с помощью метода ESPRIT. На модельных примерах демонстрируется преимущество, которое может дать рассматриваемая модификация алгоритма прогноза.

804

INCREASING THE ACCURACY OF THE SSA-PREDICTION OF A NOISY SIGNAL VIA INCREASING THE RECURSIVE FORMULA ORDER

N.E. Golyandina, A.Yu. Shlemov

Saint Petersburg State University, Mathematical and Mechanical Faculty, Russia, Saint Petersburg

In the paper, a modification of the known recursive prediction algorithm is proposed, derived within the "Caterpillar"-SSA method. A model of an observable series of the form "signal+noise" is considered, where the signal is a finite order series, the noise is white, Gaussian. The basis of the algorithm proposed is the idea of increasing the order of the linear recursive formula, being a ground of the recursive prediction, which is initially constructed by use of estimation of the signal subspace, while its order is increased by use of the ESPRIT method. Using modeled examples, an advantage is demonstrated, which may be done by the considered modification of the prediction algorithm.

---

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АНСАМБЛЕМ ТРАЕКТОРИЙ ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ И СЛУЧАЙНОМ ИЗМЕНЕНИИ СТРУКТУРЫ**

Т.А. Аверина

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
Новосибирский государственный университет, Россия, Новосибирск*

К.А. Рыбаков

*Московский авиационный институт (государственный технический университет), Россия, Москва*  
Рассматривается задача анализа нелинейных систем управления ансамблем траекторий с учетом случайного изменения структуры системы и скачков (случайных импульсных воздействий). Предлагается два метода ее решения: метод статистического моделирования и спектральный метод. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 09-01-00798, 11-01-00282).

805

METHODS AND ALGORITHMS OF ANALYSIS OF SYSTEMS OF CONTROL OF A PATH ENSEMBLE UNDER PULSE ACTIONS AND RANDOM STRUCTURE VARYING

T.A. Averina

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,

Novosibirsk State University, Russia, Novosibirsk

K.A. Rybakov

Moscow Aviation Institute (State technical university), Russia, Moscow

A problem of analysis of nonlinear systems of control of a path ensemble is considered, under accounting random varying system structure and shocks (random pulse actions). Two methods to solve it are proposed: the statistical modeling method and the spectral method. The paper has been partially supported by the Russian Foundation for Basic Researches (projects 09-01-00798, 11-01-00282).

---

**МИНИМАКСНЫЕ СТРАТЕГИЯ И РИСК В МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНОЙ СЛУЧАЙНОЙ СРЕДЕ (ЗАДАЧЕ О МНОГОРУКОМ БАНДИТЕ)**

А.В. Колногоров

*Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, Россия, Великий Новгород*  
Минимаксные стратегия и риск в многоальтернативной стационарной случайной среде ищутся как байесовские, соответствующие наихудшему априорному распределению, которое в рассматриваемом случае может быть выбрано симметрическим и асимптотически однородным. Это позволяет определить стратегию и риск численными методами

806

MINMAX STRATEGIES AND RISK IN A MULTIPLE-CHOICE ENVIRONMENT (THE MULTI-ARM BANDIT PROBLEM)

A.V. Kolnogorov

Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Russia, Novgorod the Great

Minmax strategies and risk in a multiple-choice time-invariant environment are searched as Bayesian, corresponding to a worst a priori distribution that in the considered case may be selected as symmetric and asymptotically uniform. This enables one to determine the strategy and risk by use of numerical methods.

---

**АЛГЕБРАИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРОИЗВОДЯЩИХ ФУНКЦИОНАЛОВ В ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПОТОКОВ**

М.Е. Шайкин

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

Случайные потоки возникают в работе в качестве стохастических моделей представления случайной совокупности объектов и неизвестных параметров их местоположения, а также представления сигналов, принимаемых средствами локационного их наблюдения. В работе основные результаты апостериорного анализа случайных потоков объектов и сигналов получены исключительно алгебраическими средствами, без обращения к технике дифференцирования производящих функционалов по функциональному аргументу. Рассмотрена задача обнаружения потока объектов по потоку излучаемых ими сигналов.

807

THE ALGEBRAIC METHOD OF CALCULATION OF GENERATING FUNCTIONALS IN THE THEORY OF RANDOM FLOWS

M.E. Shaikin

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

Random flows arise in the paper as stochastic models of representation of a random totality of plants and unknown parameters of their location, as well as representation of signals received by tools of their location observation. In the paper, main results of the a posteriori analysis of the random plants and signals are obtained exclusively by use of algebraic tools without applying the technique of differentiation of generating functionals on a functional argument. A problem of detection of a flow of plants via a flow of signals, emitted by the plants.

---

**НИЖНИЕ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ СХОДИМОСТИ МАРКОВСКОГО СИММЕТРИЧНОГО  
СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА**

А.С. Тихомиров

*Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, Россия, Великий Новгород*  
Получены нижние оценки скорости сходимости марковских алгоритмов случайного поиска экстремума функции. Показано, что для широкого класса случайных поисков, обладающих естественным свойством симметрии, число вычислений целевой функции, необходимое для достижения требуемой точности  $\varepsilon$  решения задачи, не может расти медленнее, чем  $|\ln\varepsilon|$ .

808

LOW ESTIMATES OF THE CONVERGENCE RATE OF THE MARKOVIAN SYMMETRIC RANDOM SEARCH

A.S. Tikhomirov

Novgorod State University named after Yaroslav the Wise, Russia, Novgorod the Great

Low estimates of the convergence rate of Markov algorithms of the random search of function extremum are obtained. It is shown that for a wide class of random searches, possessing the natural symmetry property, the number of calculations of the goal function, required to achieve a desired accuracy  $\varepsilon$  of the problem solution, may not grow slower than  $|\ln\varepsilon|$ .

---

**ПРИМЕНЕНИЕ ПОРЯДКОВЫХ СТАТИСТИК В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ**

И.М. Рудько

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

Выведены аналитические выражения для математических ожиданий и дисперсий усеченных порядковых статистик для двух вариантов задания порога отсечения: порога, фиксированного по заданному квантилю функции распределения, и порога, фиксированного по заданному номеру члена вариационного ряда. Для систем обнаружения, реализующих алгоритм проверки двух статистических гипотез, разработан алгоритм обнаружения сигналов на фоне шума, основанный на статистических свойствах порядковых статистик.

809

APPLYING THE ORDER STATISTICS TO THE DETECTION PROBLEMS

I.M. Rudko

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

Analytical expressions for the mathematical expectations and variances of the truncated order statistics for variants of setting the threshold of cut off are derived: a threshold fixed on a set fractile of the distribution function, and a threshold fixed on a set number of a member of the variational series. For detection systems implementing an algorithm of testing two statistical hypotheses, an algorithm of signal detection on a noise ground is derived, based on statistical properties of the order statistics.

---

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ КАЛМАНА НА ОСНОВЕ МИНИМАКСНОГО ПОДХОДА ПРИ  
ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ**

В.М. Понятский

*Конструкторское бюро приборостроения, Тульский государственный университет, Россия, Тула*

В работе рассмотрен методический подход к проектированию интервального фильтра Калмана как в непрерывном, так и дискретном виде. Проведено проектирование интервального фильтра Калмана и сравнение его с традиционным фильтром Калмана. Анализ полученных результатов показал, что минимаксный фильтр Калмана позволяет повысить точность обработки полезного сигнала при сохранении фильтрующих свойств традиционного фильтра Калмана.

810

USING THE KALMAN FILTERING BASED ON THE MIN-MAX APPROACH UNDER PROCESSING MEASUREMENT RESULTS

V.M. Ponyatsky

Design Bureau of Instrument Engineering, Tula State University, Russia, Tula

The paper considers a methodological approach to design of the interval Kalman filter both in the continuous and discrete form. Design of the interval Kalman filter and its comparing with the conventional Kalman filtering is implemented. An analysis of results obtained has shown that the min-max Kalman filter enables one to increase the accuracy of processing of the useful signal under preserving the filtering properties of the conventional Kalman filter.

**ТОЧНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ  
НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА ТОЧКИ НА ПЛОСКОСТИ НА ФОНЕ СЛУЧАЙНЫХ ПОВОРОТОВ**

А.А. Жарких, С.М. Бычкова

*Мурманский государственный технический университет, Россия, Мурманск*

811 В работе рассмотрено сложное движение точки на плоскости. Задача описывается в дискретном времени. В каждый момент времени точка с некоторой вероятностью  $p$  осуществляет параллельный перенос в одном из  $m$  эквидистантных по углу направлений. Кроме того, в каждый момент времени точка осуществляет поворот относительно некоторого движущегося центра на случайный угол. В работе вводится обоснование решающего правила для определения направления переноса на фоне случайных поворотов. На основании этого решающего правила вводится семейство условных плотностей распределения вероятностей выборочных средних координат наблюдаемой точки и соответствующих характеристических функций. На основе полученных характеристических функций выводятся точные формулы для вероятности правильного распознавания направления переноса за  $n$  шагов наблюдения.

EXACT FORMULAE TO CALCULATE PROBABILITIES OF RECOGNITION OF THE DIRECTION OF SHIFT OF A POINT ON A PLAIN UNDER RANDOM TURNS

A.A. Zharkih, S.M. Bychkova

Murmansk State Technical University, Russia, Murmansk

The paper considers a complex shift of a point on the plane. The problem is described within the discrete-time statement. At each time instant, the point with a probability  $p$  implements the parallel shift in one of  $m$  directions being equidistant in the angle. Besides that, at each time instant, the point implements the turn with respect a moving center by a random angle. The paper presents a justification of the decision rule to determine the shift direction under random turns. Based on this decision rule, a family of conditional densities of distribution of probabilities sampled averages of coordinates of the observed point and the corresponding characteristic functions is introduced. Based on the characteristic functions obtained, exact formulae for the probability of the correct recognition of the shift direction for  $n$  steps of observations are derived.

**СТОХАСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕОРЕТИКО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ: АНАЛИЗ  
НЕКОТОРЫХ ПОДХОДОВ**

К.Р. Чернышев

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, Москва*

812 Данная работа носит методологический характер и посвящена анализу некоторых методов идентификации и моделирования стохастических систем, представленных в одном из учебных пособий (автор – Ф.Ф. Пашенко) издательства «Финансы и статистика» (г. Москва, 2007 г.) и поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований (проект 05-08-50336а) и Программой № 15 фундаментальных исследований Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления Российской академии наук. Рассмотренные вопросы связаны с применением теоретико-информационных методов и методов теории оптимальных систем. Показано, что проанализированные положения либо лишены содержательного смысла, либо вообще представляют собой заблуждения, что, учитывая учебный характер данной книги, следует рассматривать как целенаправленные действия, направленные на снижение уровня подготовки отечественных специалистов.

STOCHASTIC SYSTEMS AND INFORMATION THEORETIC METHODS: AN ANALYSIS OF SOME APPROACHES

K.R. Chernyshov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

The paper is of a methodological nature and is devoted to analysis of some methods of identification and modeling of stochastic systems, presented in a recent text book (the author: F.F. Pashchenko) of the "Finansy i Statistika" ("Finances and Statistics") Publishing House (Moscow, 2007), and supported by the Russian foundations for basic researches (project 05-08-50336a) and Program No. 15 of the basic researches of the Department of power engineering, machinery, mechanics, and control processes of the Russian Academy of Sciences. Issues concerned with applying information theoretic methods and methods of the optimal system theory are considered. The analyzed results are shown to be either having no substantial sense, or being delusions at all, what, taking into account the educational intention of the book, should be considered as goal-oriented actions directed to decreasing the educational level of Russian specialists.