

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin
(editors)

Natural and Artificial Intelligence

ITHEA

SOFIA

2010

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin (ed.)

Natural and Artificial Intelligence

ITHEA®

Sofia, Bulgaria, 2010

ISBN 978-954-16-0043-9

First edition

Recommended for publication by The Scientific Council of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA

This book is engraved in prof. Zinovy Lvovich Rabinovich memory. He was a great Ukrainian scientist, co-founder of ITHEA International Scientific Society (ITHEA ISS). To do homage to the remarkable world-known scientific leader and teacher this book is published in Russian language and is concerned to some of the main areas of interest of Prof. Rabinovich.

The book is opened by the last paper of Prof. Rabinovich specially written for ITHEA ISS. Further the book maintains articles on actual problems of natural and artificial intelligence, information interaction and corresponded intelligent technologies, expert systems, robotics, classification, business intelligence; etc. In more details, the papers are concerned in: conceptual problems of the natural and artificial intelligent systems: structures and functions of the human memory, ontological models of knowledge representation, knowledge extraction from the natural language texts; network technologies; evolution and perspectives of development of the mechatronics and robotics; visual communication by gestures and movements, psychology of vision and information technologies of computer vision, image processing; object classification using qualitative characteristics; methods for comparing of alternatives and their ranging in the procedures of expert knowledge processing; ecology of programming – a new trend in the software engineering; decision support systems for economics and banking; systems for automated support of disaster risk management; and etc.

It is represented that book articles will be interesting for experts in the field of information technologies as well as for practical users.

General Sponsor: Consortium FOI Bulgaria (www.foibg.com).

Printed in Bulgaria

Copyright © 2010 All rights reserved

© 2010 ITHEA® – Publisher; Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria. www.ithea.org; e-mail: info@foibg.com

© 2010 Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin – Editors

© 2010 Ina Markova – Technical editor

© 2010 For all authors in the book.

© ITHEA is a registered trade mark of FOI-COMMERCE Co.

ISBN 978-954-16-0043-9

C/o Jusautor, Sofia, 2010

МУЛЬТИ-АГЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ И GRID-СЕТЯХ

Адилъ Васильевич Тимофеев

Аннотация: Рассматривается эволюция и перспективы развития пяти поколений систем управления в мехатронике и робототехнике. Описываются проблемы и методы интеллектуального сетевого управления информационными потоками в глобальных телекоммуникационных сетях и GRID-системах. Значительное внимание уделяется теории сетевых и нейросетевых агентов и мульти-агентных систем обработки информации и управления.

Ключевые слова: системы интеллектуального управления; сетевые и нейросетевые агенты; мульти-агентные технологии; GRID-системы.

1. Развитие теории управления и информационных технологий в мехатронике и робототехнике

Бурное развитие теории управления и информационных технологий привело в XX-м веке к созданию принципиально нового класса автоматических машин, названных роботами и мехатронными системами (МС). В XXI-м веке планируется разработать их микро- и наноналоги. Важное значение приобретает развитие принципов управления нанороботами и микро-МС, интеграции систем управления движением, навигации и функциональной диагностики, а также создание элементов теории мульти-агентных робототехнических систем (РС) и микро-МС, базирующиеся на групповой навигации и интеллектуальном управлении движением.

Архитектура мехатронных и робототехнических систем

С точки зрения структуры и основных функций любой робот или МС можно рассматривать как автоматическую машину, состоящую из следующих базовых компонент [1–3]:

- 1) Двигательная система (ДС) как объект управления;
- 2) Информационная система (ИС) как источник сенсорных и навигационных сигналов;
- 3) Управляющая система (УС) как средство автоматического управления;
- 4) Коммуникационная система (КС) как человеко-машинный интерфейс и средство связи..

Описанные разнородные компоненты конструктивно совмещены и являются обязательными подсистемами каждого робота или МС. При этом центральной интегрирующей компонентой является УС, играющая роль “мозга” и “нервной системы” робота или МС. КС играет важную роль для организации группового (коллективного) поведения роботов и МС (в том числе микро- и наносистем), а также для их связи с человеком.

В связи с последними достижениями микроэлектроники и нанотехнологий сегодня возникает возможность создания высокоточных и сверхминиатюрных МС и нанороботов. Такие микросистемы основываются на новых физических принципах и явлениях: акустические, оптические и пьезоэлектрические эффекты, сверхпроводимость при низких температурах, электрохимические явления в жидкой среде, электрические процессы в нейронах мозга и т.п. Поэтому разработка теории управления для микро-МС и нанороботов является одной из важнейших задач мехатроники и робототехники, а также связанных с ними нано- и информационных технологий.

1.2. Пять поколений систем управления движением

В [1–3] была предложена классификация УС роботов и МС на пять поколений:

1. Программные УС;
2. Адаптивные УС;
3. Интеллектуальные (когнитивные) УС;
4. Нейронные (нейросетевые) УС;
5. Творческие (креативные) УС.

Целью управления роботами и МС обычно является перевод ДС из начального состояния в заданное конечное состояние или осуществление (отслеживание) программного движения (ПД). Синтезируемые для этого программные УС должны обеспечить требуемые показатели качества (точность, быстродействие и т.п.) по всем управляемым координатам с учётом заданных ограничений на управления и состояния ДС. Искомые законы высококачественного программного управления для УС 1-го поколения могут быть синтезированы в аналитической форме (см., например, [1–8]).

Однако в ряде случаев этого недостаточно и требуется синтезировать адаптивные УС 2-го поколения для управления движением в условиях неопределённости. В [2–4, 9–12] были предложены различные методы дополнения законов управления алгоритмами адаптации, обеспечивающими идентификацию неизвестных параметров ДС, самонастройку параметров УС или коррекцию ПД по сигналам обратной связи от ИС.

Принцип интеллектуального (когнитивного) управления роботами и МС основывается на использовании в их УС элементов искусственного интеллекта (ИИ). В качестве интеллектуальных компонент УС можно использовать следующие элементы ИИ [1–3, 13–15]:

- моделирование среды (препятствий) на основе локальной сенсорной информации от ИС или средств виртуальной реальности;
- планирование кратчайших маршрутов и траекторий движения ДС в среде с известными или неизвестными препятствиями;
- распознавание образов сигналов от ИС и КС;
- диагностика состояний ДС по сигналам от ИС.

Эффективные методы проектирования интеллектуальных компонент для УС 3-го поколения описаны в работах [1–3, 13–15]. Реализация этих компонент осуществляется в базах данных (БД) и базах знаний (БЗ) интеллектуальной УС. При этом в УС формируются своеобразные машинно-ориентированные модели виртуальной реальности.

Сложность программных, адаптивных и интеллектуальных УС затрудняет компьютерное или микропроцессорное управление роботами и МС в реальном времени. Поэтому возникает необходимость в распараллеливании процессов обработки информации и управления.

Одним из наиболее эффективных средств такого распараллеливания являются нейронные сети (НС) [16–18]. Для проектирования нейронных УС 4-го поколения необходимо нейросетевое представление алгоритмов программного, адаптивного и интеллектуального управления и обучение НС по экспериментальным БД. Вычислительная сложность нейронных УС значительно меньше, чем программных и адаптивных УС. В то же время их быстродействие значительно выше, так как вычисление закона управления НС осуществляется за 2–3 такта за счёт параллельных вычислений в каждом слое НС независимо от сложности (числа степеней свободы и т.п.) и нелинейности ДС.

Особое значение в последние годы приобретают творческие (креативные) УС, которые могут основываться на нейронных сетях и нанотехнологиях.

Предложенные в [1–18] методы программного, адаптивного, интеллектуального и нейросетевого управления нашли применение в различных областях: были созданы транспортные роботы с гусеничным, одноосным двухколёсным и многоосным шестиколёсным шасси с адаптивным и интеллектуальным управлением, спроектированы системы управления бортовых манипуляторов орбитального комплекса “Буран”, внедрены адаптивные УС в РС для сварки, порошковой металлургии и лазерной обработки материалов, спроектированы интеллектуальные УС для нейрохирургических роботов, разработаны нейросетевые средства анализа воздушной обстановки и отслеживания самолётов на базе цифровых сигнальных процессоров в аэропорту “Пулково” и ведутся исследования мульти-агентных технологий навигации и управления движением летающих беспилотных роботов.

1.3. Мульти-агентные робототехнические системы

На практике роботы обычно интегрируются в РС для совместного достижения общих целей и решения сложных задач. При этом возникают новые проблемы группового управления и коммуникации, связанные с организацией “коллективного” поведения роботов. Традиционно эти проблемы решались на основе проектирования централизованных или децентрализованных УС для РС.

Компромиссный подход к управлению РС заключается в мульти-агентном управлении и навигации. В этом случае роботы рассматриваются как интеллектуальные мехатронные агенты РС, локальные УС которых имеют собственные (локальные) БД и БЗ и могут оперативно обмениваться информацией через КС.

Принцип действия мульти-агентных УС основывается на декомпозиции общей задачи на ряд локальных задач, возлагаемых на агентов РС, распределении этих задач между УС агентов, планировании коллективного поведения агентов, координации взаимодействия агентов на основе кооперации, реконфигурации, коммуникации и разрешения конфликтных ситуаций.

Задачи стратегического уровня обычно возлагаются на специального агента-координатора, а задачи тактического уровня параллельно решаются УС роботов как мехатронных агентов. В результате мульти-агентного управления и групповой навигации значительно увеличивается надёжность, адаптивность и быстродействие РС в изменяющейся среде с препятствиями. В последние годы были разработаны основы теории управления мульти-агентными РС (МАРС) и информационная технология мульти-агентной бесконфликтной навигации коллектива роботов, функционирующего в изменяющейся среде с препятствиями [3, 14, 18].

1.4. Управление коллективным движением роботов-агентов и разрешение конфликтов

Рассмотрим МАРС, в которой каждый мехатронный агент-робот может двигаться по своему маршруту, удовлетворяющему граничным условиям, причём скорость и ускорение его движения задаются агентом-координатором на супервизорном уровне управления [14-18]. Целью агента-координатора и локальных УС агентов является скорейшее прохождение всех маршрутов без столкновений (конфликтов) для выполнения локальных задач и общего (глобального) задания. Чтобы предотвратить столкновения (конфликты) агент-координатор может передавать по каналам связи КС команды о временной остановке агентов-роботов или об изменении скорости и ускорения их движения в зависимости от сложившейся ситуации. Эта динамическая ситуация оценивается агентом-координатором на основе запросов о текущем состоянии каждого агента-робота. Для прогнозирования возможных конфликтов агент-координатор должен знать маршруты и скорости движения агентов-роботов на заданное время вперёд или на всём

интервале движения. При этом он использует модель виртуальной реальности (ВР) и может заранее рассчитать время и место возможных столкновений роботов.

Значительный интерес для мульти-агентного управления МАРС представляют способы разрешения конфликтов, основанные на использовании мульти-агентных экспертных правил “дорожного движения” и нейросетевых алгоритмов распознавания дорожных ситуаций в виртуальном пространстве [18]. Эти правила должны быть обязательными для автономных УС роботов как мехатронных агентов МАРС.

Эволюция роботов и МС в последние годы осуществляется в направлении интеллектуализации и миниатюризации УС и интеграции в них процессов навигации, управления движением и функциональной диагностики. Эффективным средством миниатюризации и увеличения быстродействия УС является их реализация на базе НС и нанотехнологий [15]. Важное значение для организации группового целенаправленного поведения роботов и МС имеют методы мульти-агентной навигации и интеллектуального управления движением в динамической среде с использованием моделей ВР [14–18], а также алгоритмы адаптивной и нейросетевой маршрутизации потоков данных в распределённой мобильной КС с изменяющейся топологией связей [21].

2. Мульти-агентное управление информационными потоками в телекоммуникационных сетях и GRID-системах

Развитие информационных и телекоммуникационных систем (ИТКС) на современном этапе требует разработки теоретических основ проектирования интегрированных ИТКС нового поколения, включающих в себя телекоммуникационные системы (ТКС) и компьютерные сети (КС) или GRID-системы, в которых аккумулируются распределенные информационные и вычислительные ресурсы. Такие ИТКС предоставляют своим пользователям как внешним агентам высококачественные услуги для их массового удаленного доступа и эффективного использования распределенных информационных и вычислительных ресурсов с помощью IP-протоколов и других средств управляемой связи и передачи информации.

Совершенствование ИТКС связано прежде всего с развитием методологии автоматизации, адаптации и интеллектуализации систем сетевого управления информационными потоками на базе динамических моделей ТКС как сложных объектов управления с переменной структурой, методов оптимизации процессов маршрутизации информационных потоков и принципов адаптивного и интеллектуального управления трафиком с использованием мульти-агентных технологий и протоколов нового поколения (IPv6 и др.). На этом новом пути возможен как учет реальной динамики ТКС, т.е. фактического состояния или изменения структуры (топологии) и параметров (весов каналов связи) ТКС в реальном времени, так и адаптация к различным факторам неопределенности на основе мониторинга и функциональной диагностики ИТКС [15,21].

2.1 Архитектура мульти-агентных телекоммуникационных и GRID-систем

Архитектура глобальной ТКС или GRID-системы состоит из четырех основных (базисных) подсистем [14,15,21]:

- 1) Распределенная система связи (РСС);
- 2) Сетевая система управления (ССУ);
- 3) Распределенная информационная система (РИС);
- 4) Распределенная транспортная система (РТС).

Эти подсистемы взаимосвязаны и предназначены для управляемой передачи внешним агентам-пользователям ТКС по их запросам распределенных в КС или GRID-средах информационных и вычислительных ресурсов. Центральную роль в эффективной организации и управляемой передаче информационных потоков играют ССУ.

ССУ нового поколения должны быть адаптивными и интеллектуальными [15,21], т.е. обладать способностями к адаптации (автоматической самонастройке) по отношению к изменяющемуся количеству пользователей с учетом их запросов «по интересам» и персональных требований к качеству предоставляемых услуг, к изменяющимся структуре (топологии) ТКС и параметрам (весам) узлов и каналов связи. Интеллектуальная ССУ основана на обучении и самообучении новым функциям и правилам функционирования ИТКС, а также на самоорганизации структуры и функций ССУ в зависимости от изменений в ИТКС и предотвращении отказов и сетевых конфликтов.

2.2. Оптимизация и адаптация при сетевом управлении трафиком

Традиционная статическая постановка задачи планирования и оптимизации маршрутов передачи данных основывается на предположении, что структура (число узлов, топология связей) и параметры (стоимость каналов связи) ОТС известны и неизменны. При этом в роли внешнего агента-пользователя ТКС обычно выступает один клиент, формирующий запрос к одному из узловых компьютеров сети через РСС.

Динамическая постановка задачи исходит из того, что структура или параметры ТКС или GRID-системы могут изменяться с течением времени, но при этом остаются известными. В этом случае сетевая информация о РТС обновляется, что приводит к автоматическому изменению (пересчету) оптимальных маршрутов передачи потоков данных в ССУ.

При адаптивной постановке задачи маршрутизация осуществляется в условиях неопределенности, когда топология и параметры каналов связи РТС, а также трафик и число пользователей могут непредсказуемо изменяться. При этом доступная информация о ТКС обычно имеет локальный характер. Мониторинг и обновление сетевой информации по каналам обратной связи РИС позволяют адаптивно скорректировать маршруты и алгоритмы управления потоками данных [15,21].

2.3. Сетевые и нейросетевые агенты в глобальных ТКС и GRID-системах

Основные функции обработки информации, самоорганизации и управления информационными потоками по запросам внешних агентов-пользователей глобальной ТКС распределяются между внутренними агентами, роль которых выполняют сетевые или нейросетевые агенты. Архитектура этих внутренних сетевых агентов аналогична архитектуре ТКС. В этом проявляется фрактальность сетевых и нейросетевых агентов по отношению к ТКС и ее подсетям как автономным системам [21,22].

Каждый внутренний сетевой или нейросетевой агент имеет собственную локальную БД и локальную БЗ, а также средства связи с другими агентами через РСС для обмена информацией в процессе совместного принятия решений, самоорганизации по «интересам» и автоматического формирования сетевого управления РТС, обеспечивающего адресную доставку информационных и вычислительных ресурсов по запросам внешних агентов-пользователей глобальной ТКС или GRID-системы.

Нейросетевые агенты предназначены прежде всего для параллельной передачи и обработки сложных мультимедийных сигналов и образов (2D- или 3D-изображения и т.п.). В результате обучения по множеству прецедентов из обучающей БД осуществляется настройка архитектуры (топологии сетевых нейронов) и параметров (синаптических весов) нейронных агентов на решаемую задачу [16,17,21,22]. В последнее время разработаны модели нейросетевых агентов для адаптивной маршрутизации (агенты-маршрутизаторы) и автоматической классификации WEB-сайтов на естественном (русском) языке

(агенты-классификаторы). Программная реализация и имитационное моделирование этих агентов свидетельствует об их эффективности и преимуществах по отношению к традиционным информационным технологиям [21–23].

Предлагаемые математические модели и оптимизационные методы динамической, адаптивной, нейросетевой и мульти-агентной (много-адресной и многопоточковой) маршрутизации информационных потоков для глобальных ИТКС нового поколения представляются важным шагом в направлении создания теории адаптивного мульти-агентного (массового) обслуживания глобальных информационных и телекоммуникационных сетей [21]. Эта новая теория должна прийти на смену традиционной статистической теории массового обслуживания. Полученные результаты могут быть полезны для создания нового поколения IP-сетей или для организации адаптивного мульти-агентного (массового) обслуживания GRID-систем различного масштаба и назначения.

2.4. Логические и нейросетевые методы распознавания сложных изображений и сцен

Использование логических описаний образов позволяет свести задачи распознавания сложных изображений и интеллектуального анализа сцен к поиску логического вывода в исчислении предикатов.

При этом решаются три типа задач распознавания образов [2,3,28,29]:

- идентификация объекта из заданного класса на сложном изображении или 3D-сцене;
- классификация всех объектов на сложном изображении или 3D-сцене;
- анализ и локализация всех объектов на сложном изображении или 3D-сцене.

Для увеличения эффективности поиска предлагается иерархический способ формирования таких логических описаний. Нейросетевое представление иерархических логических описаний образов и решающих правил обеспечивает массовый параллелизм и высокое быстродействие при распознавании сложных изображений и анализа сцен [28,29].

Предложенные логические методы и нейросетевые технологии успешно использовались при решении следующих прикладных задач [2,3,20,25]:

- оценка потенциальной террористической опасности людей и предметов на вокзалах;
- распознавание и оценка террористической опасности транспортных средств, движущихся вблизи газопроводов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 09–08–00767-а и РФФИ–ГФЕН № 10-08-91159-а и Проекта № 1.6 Программы № 1 Президиума РАН.

Список литературы

Тимофеев А.В. Роботы и искусственный интеллект. – М.: Наука, 1978, 192 с.

Тимофеев А.В. Управление роботами. – Л.: Издательство ЛГУ, 1985, 217с.

Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы. — Л.: Машиностроение, 1988, 332 с.

Тимофеев А.В., Экало Ю.В. Системы цифрового и адаптивного управления роботом. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999, 248с.

Попов Е.П., Тимофеев А.В. Принцип скоростного управления в задаче аналитического синтеза автоматов стабилизации. – Доклады АН, 1981, т.256, № 5, с.1073–1076

Попов Е.П., Тимофеев А.В. Параметрическая самонастройка и оптимизация автоматов управления программным движением. – Доклады АН, 1984, т. 274, № 2, с.78–81

Тимофеев А.В. Спектральный синтез диофантовых и нелинейных регуляторов обратимых динамических систем. – Доклады АН, 1997, т.353, № 2, с.173–176.

Тимофеев А.В. Управляемость, робастность и инвариантность обратимых динамических систем с нелинейной динамикой. – Доклады АН, 1998, т.359, № 2, с.171–174.

Тимофеев А.В. Адаптивная стабилизация программных движений и оценка времени адаптации. – Доклады Академии наук СССР, 1979, т.248, № 3, с.545–549.

Тимофеев А.В. Параметрическая оптимизация программных движений и адаптивное терминальное управление. – Доклады АН, 1981, т.256, № 2, с.310–313.

Тимофеев А.В. Управляемость на подпространстве и адаптивные модальные регуляторы. – Доклады АН, 1983, т. 273, № 5, с. 1070–1073.

Тимофеев А.В. Синтез адаптивных регуляторов с помощью функций Ляпунова. – Доклады АН, 1984, т. 274, № 2, с. 276–279.

Timofeev A.V. Intelligent Control Applied to Non-Linear Systems and Neural Networks with Adaptive Architecture. – Journal of Intelligent Control, Neurocomputing and Fuzzy Logic, 1996, v.1, № 1, pp.1–18.

А.В.Тимофеев. Мульти-агентное и интеллектуальное управление сложными робототехническими системами. – Юбилейный сборник “Теоретические основы и прикладные задачи интеллектуальных информационных технологий”, посвященный 275-летию РАН и 20-летию СПИИ РАН – СПб, СПИИРАН, 1999, с.71–81.

Тимофеев А.В. Методы высококачественного управления, интеллектуализации и функциональной диагностики автоматических систем. Часть I, Часть II. – Мехатроника, автоматизация, управление, 2003, № 5, 2004, № 2.

Каляев А.В., Тимофеев А.В. Методы обучения и минимизации сложности когнитивных нейромодулей супер-макро-нейрокомпьютера с программируемой архитектурой. – Доклады АН, 1984, т. 337, № 2, с. 180–183

Тимофеев А.В. Методы синтеза диофантовых нейронных сетей минимальной сложности. – Доклады АН, 1995, т. 345, № 1, с.32–35.

Timofeev A.V. Neural Control, Multi-Agent Navigation and Virtual Reality Models of Robots. – CD-ROM Proceedings of NOLCOS' 01 5-th IFAC Symposium “Non-Linear Control Systems”, Saint-Petersburg, July 4-6, 2001.

Тимофеев А.В. Эволюция нейроинформатики: от перцептронов к квантовым нейрокомпьютерам. — Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2002, № 5-6, с. 107-115.

Тимофеев А.В. Оптимальный синтез и минимизация сложности генно-нейронных сетей по генетическим базам данных. — Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2002, № 5-6, с. 34-39.

Тимофеев А.В., Сырцев А.В. Модели и методы маршрутизации потоков данных в телекоммуникационных системах с изменяющейся динамикой. – Москва: Издательство «Новые технологии», 2005 г., С. 85.

Тимофеев А.В. Проблемы и методы адаптивного управления потоками данных в телекоммуникационных системах. – «Информатизация и связь», 2003, №№1-2, с. 68-74.

Тимофеев А. В., Борисова П. В., Мышков П. С. Разработка Web-классификаторов и нейронных агентов для инфотелекоммуникационных сетей. – Материалы научно-технической конференции «Модели устойчивого регионального развития». 2005. С. 212–215.

Timofeev A.V., Gulenko I.E., Litvinov M.V. Analysis, Processing and Transfer of Dynamic Images in Virtual Reality Models. – Pattern Recognition and Image Analysis, vol.16, no.1, pp.97–99, 2006.

Timofeev A. V. Parallel Structures and Self-Organization of Heterogeneous Polynomial Neural Networks for Pattern Recognition and Diagnostics of States. – Pattern Recognition and Image Analysis, 2007, Vol. 17, No. 1, pp. 163–169.

Тимофеев А.В., Шеожев А.М., Шибзухов З.М. Мульти-агентные диофантовые нейронные сети в задачах распознавания и диагностики.– Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2005, № 10–11, с. 69–74.

Timofeev A. V , Azaletskiy P. S. , Myshkov P. S, Kesheng Wang. Neural Network System for Knowledge Discovery in Distributed Heterogeneous Data. – Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management, vol. 207, 2006, pp. 144–151.

Косовская Т.М., Тимофеев А.В. Иерархическое описание классов и нейросетевое распознавание сложных образов – Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2007. № 6. С. 30–33.

Timofeev A.V., Kosovskaya T.M. Conditions of Effectiveness of Pattern Recognition Problem Solution Using Logical Level Descriptions of Classes. – International Scientific Journal "Information Theories and Applications" (IJ ITA) Vol.15 / 2007. С. 572–576.

Амбарян Т.Р., Тимофеев А.В. Модели квантовых и нейронных вычислений в задачах обработки информации – Известия вузов. Приборостроение. 2005 г., Т. 48, № 7, С. 35-40.

Информация об авторе



Адил Васильевич Тимофеев, заведующий лабораторией информационных технологий в управлении и робототехнике Учреждения Российской Академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ. Область исследования: теория оптимального, робастного, адаптивного, интеллектуального и нейронного управления роботами, мехатронными и аэрокосмическими системами; модели виртуальной реальности и оптимизация баз знаний; теория полиномиальных и гетерогенных нейронных сетей с самоорганизующейся архитектурой; методы синтеза многозначных решающих правил минимальной сложности для распознавания образов и диагностики состояний; модели генетического кода и генно-нейронных сетей; мульти-агентные системы и технологии навигации, управления и интеллектуального анализа потоков информации в робототехнических, компьютерных, телекоммуникационных и GRID-сетях.