

Кафедра математической теории интеллектуальных систем (MaTIC)

В. Б. Кудрявцев

В статье рассказывается о кафедре MaTIC, об основных направлениях ее деятельности, решаемых задачах и достижениях.

Ключевые слова: математическая теория интеллектуальных систем.

1. Справочная информация

Кафедра MaTIC создана в декабре 1991 года. Она входит в состав Отделения математики механико-математического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова и представляет собой один из немногих в России учебно-научных центров, готовящих специалистов-математиков в области математической теории интеллектуальных систем и ее приложений.

Заведующим кафедрой является профессор, доктор физико-математических наук Валерий Борисович Кудрявцев.

Коллектив кафедры математической теории интеллектуальных систем и лаборатории проблем теоретической кибернетики состоит из 9 докторов и 19 кандидатов наук, двух новых сотрудников, 20 аспирантов и более 150 студентов. Основными направлениями исследований являются теории интеллектуальных систем, автоматов, распознавания образов, баз данных, решатели интеллектуальных задач, обучающие системы, целесообразное поведение, защита информации, математическая биология, математическая экономика, синтез реальных управляющих систем. Исследуются основные проблемы этих направлений, которые публикуются ежегодно в свыше, чем в 50 статьях и защищаются более, чем 15 патентами США и России. Аспиранты и студенты специализируются в указанных направлениях.

За 20 лет работы кафедрой подготовлены свыше 500 дипломированных специалистов, 53 кандидата и 26 докторов наук, опубликованы свыше 50 книг, 1000 статей и более 250 патентов США по микроэлектронике.

Кафедра MaTIS наряду с работой на механико-математическом факультете ведет учебно-научный процесс в Филиале МГУ в городе Ташкенте.

Кафедра является создателем учебно-научно-организационного комплекса, в который входят, вместе с MaTIS, лаборатория проблем теоретической кибернетики, Московский научный центр по культуре и информационным технологиям (МНЦ КИТ), Филиал МГУ в г. Ташкенте и русско-американский Дизайн-Центр «LSI – МГУ». Она тесно сотрудничает с родственными подразделениями МГУ.

Наряду с теоретическими кафедра MaTIS активно ведет исследования по прикладным вопросам интеллектуальных систем в различных областях, сотрудничая с российскими и зарубежными научными центрами и организациями, доводя исследования до разработки и передачи им технологий. В число этих предприятий входят LSI Corporation (США), Intel Corp. (США), Link&Link (Германия) и другие.

На кафедре работает открытый семинар «Наука и культура», на котором по актуальным вопросам выступают известные в стране деятели науки и культуры. Кафедра является организатором регулярно проводимых ею и лабораторией проблем теоретической кибернетики международных конференций «Интеллектуальные системы и компьютерные науки». Наиболее интересные научные результаты, полученные в области теории и приложений интеллектуальных систем, публикуются в издаваемом кафедрой MaTIS с 1996 г. ВАКовском научном журнале «Интеллектуальные системы».

Почтовый адрес: 119899 ГСП г. Москва, В-234, Ленинские горы, МГУ, механико-математический факультет, кафедра математической теории интеллектуальных систем Кафедра: Главное здание МГУ, 12-й этаж, аудитория 12-02, тел.: +7 (495) 939-46-37, 939-45-04, факс: +7 (495) 939-20-90, 939-46-37, сайт кафедры: www.intsys.msu.ru

Более подробную информацию о кафедре MaTIS можно получить по ссылке <http://www.intsys.msu.ru/staff/kudryavtsev/MaTIS.pdf>

2. История

Выявление закономерностей, создание теории и моделирование процессов восприятия, хранения и переработки информации, принятия решений и поведения в сложных средах абстрактных, технических и живых систем составляет содержание научной области, именуемой интеллектуальными системами.

Принципиальное продвижение в изучении «думающих» систем, а также подходы к созданию соответствующей теории были получены в конце 30-х и начале 40-х годов А. Тьюрингом, а также К. Шенноном, Н. Винером, Дж. Фон Нейманом, Ф. Розенблаттом и др., когда возникла необходимость в решении важных прикладных задач, таких как расшифровка сообщений, отслеживание движущихся целей, быстрых расчетов и т. п. У нас эти исследования получили признание и развитие в 50–60-е годы, когда многие ключевые разделы этого направления обретали контуры. Среди них: формальные языки, распознавание образов, организация памяти, принятие решений, обучение, целесообразное поведение, воспроизведение, оптимальная структурная организация систем и т. п. Особую роль здесь сыграл семинар по кибернетике, открытый на механико-математическом факультете в начале 50-х годов А. А. Ляпуновым и С. В. Яблонским, в работе которого приняли участие такие выдающиеся ученые как А. И. Берг, Л. В. Крушинский, Н. В. Тимофеев-Ресовский, П. С. Новиков, А. П. Ершов, А. А. Марков, О. Б. Лупанов, Ю. И. Журавлев и другие. Позже на факультете были открыты семинары по теории управляющих систем, сложности схем и алгоритмов, автоматов и роботов, распознавания образов, баз данных и знаний, принятия решений, искусственному интеллекту и т. п. Эти семинары и курсы осуществлялись последовательно при кафедрах вычислительной математики, математической логики и дискретной математики.

Исследовательская работа по теории интеллектуальных систем как комплексной проблеме получила новый импульс на факультете в 1986 г., когда на нем был создан «Отдел прикладных исследований по математике и механике», который возглавил В. А. Садовничий. В этом Отделе стали реально сотрудничать математики и механики при решении пограничных задач. За сравнительно небольшой срок отделом выполнен ряд глубоких исследований, связанных с проблематикой космоса, которые были внедрены в промышленность и от-

мечены премиями на государственном уровне и получили международное признание.

Научной тематикой Лаборатории «Проблем теоретической кибернетики» (ПТК) этого Отдела, стали теория интеллектуальных систем и ее приложения.

На базе кафедры дискретной математики и этой лаборатории в 1991 г. была создана кафедра математической теории интеллектуальных систем (МаТИС). Возникший тандем кафедра — лаборатория резко укрепил новое направление на факультете и в университете, которое обрело устойчивость, динамику и значимость.

3. Учебный процесс

Специальные курсы и семинары кафедры своей тематикой покрывают основные направления теории интеллектуальных систем.

Базовый полугодовой курс «Теория дискретных функций», читаемый В. Б. Кудрявцевым и А. С. Подколзиным, излагает основы дискретной математики и является обязательным для студентов 1 курса мех-мата.

Базовый полугодовой курс «Основы дискретной математики», читаемый В. Б. Кудрявцевым и А. В. Галатенко, дает представление об основных направлениях дискретной математики и является обязательным для студентов магистратуры мех-мата.

Базовый годовой курс «Дискретный анализ и интеллектуальные системы» читается В. Б. Кудрявцевым, А. С. Строгаловым, А. В. Галатенко и Э. Э. Гасановым. В нем излагаются общая концепция дискретного направления в математике и основные результаты его главных разделов, а также основные разделы теории интеллектуальных систем: распознавание образов, теория базы данных, математическая логика. Этот курс является обязательным для студентов 3 курса кафедры МаТИС.

Курс «Теория автоматов и роботов» читается В. Б. Кудрявцевым, А. С. Подколзиным, и С. В. Алёшиным. Он содержит основные результаты в этой области, большая часть которых получена учеными кафедры. Этот курс является обязательным для студентов 4 курса кафедры МаТИС.

Курс «Теория интеллектуальных систем», читаемый В. А. Носовым, раскрывает содержание основных проблем в области интеллектуальных систем и является обязательным для студентов экономического потока.

Курсы «Алгебраические алгоритмы и их сложность» и «Комбинаторные методы дискретной математики», читаемые В. А. Носовым, являются обязательными для студентов групп защиты информации.

Курс естественно-научного содержания «Теория баз данных», читаемый Э. Э. Гасановым, является полностью оригинальным. Он наряду с традиционными подходами к хранению и поиску информации содержит в качестве основной части новый информационно-графовый подход.

Курсы естественно-научного содержания «Введение в математическую биологию», который является обязательным для студентов кафедры математической кибернетики факультета ВМК, и «Математические модели в биологии», читаемые В. Б. Кудрявцевым и В. Н. Козловым, содержат несколько слоев, соответствующих моделированию биологических структур уровня клетки, органа, организма, популяции.

Курс естественно-научного содержания «Методы распознавания», читаемый В. Б. Кудрявцевым и В. Н. Козловым, содержит основы теории распознавания образов. Изюминками курса являются тестовые методы распознавания, разработанные В. Б. Кудрявцевым, и математическая теория зрительного восприятия, разработанная В. Н. Козловым.

Курс «Дискретные системы и процессы», читаемый Д. Н. Бабиним и В. А. Буевичем, предназначен для студентов 5 курса и помогает им подготовиться к поступлению в аспирантуру кафедры МаТИС.

Для аспирантов Д. В. Алексеевым и Ю. С. Шуткиным читается специальный курс «Дополнительные главы математической кибернетики». Его содержание основано на программе экзамена ВАК по математической кибернетике и включает в себя вопросы сложности схем и алгоритмов, алгебр дискретных функций, тождественных преобразований, оптимизации и др.

Курс «Компьютерный решатель математических задач», читаемый А. С. Подколзиним, является новым и полностью оригинальным. В нем излагаются разработанные на кафедре принципы интел-

лектуального функционирования живых систем с необходимой формализацией всех компонент такого функционирования.

Курс «Теория алгоритмов», читаемый В. А. Буевичем и М. В. Носовым — традиционен. Он позволяет студентам овладеть одним из главных математических инструментов — алгоритмом.

Курс «Распознавание образов», читаемый С. В. Алешиним и М. В. Носовым, дает содержание основных подходов к проблематике распознавания образов.

Курс «Введение в теорию помехоустойчивого кодирования», читаемый П. А. Пантелеевым, дает широкое представление о проблематике и результатах по теории помехоустойчивого кодирования.

Курс «Кодирование и защита информации», читаемый В. А. Носовым и А. Е. Панкратьевым, содержит сведения об основных достижениях теории и приложений по данному направлению.

Курс «Теория однородных структур», читаемый А. С. Подколзиним, излагает теорию клеточных автоматов, представляющих собой бесконечные автоматные схемы, локально однородно организованные. В курсе излагаются в основном оригинальные результаты со- трудников кафедры.

Курс «Теория графов и синтез БИС», читаемый А. А. Часовских и В. С. Половниковым, имеет прикладной характер. В нём показывается, какие процедуры сегодня реально используются при синтезе чипов, какова их сложность, как синтезировать по макроописанию функционирования объекта его чиповую реализацию.

Курс «Математическая экономика», читаемый Ю. Н. Черемных, содержит материал по моделированию экономических процессов на макроуровне средствами классической математики. Он является обязательным для студентов кафедры, специализирующихся в области математической экономики.

Курс «Математические модели экономического расчёта», читаемый А. А. Ирматовым, является новым и посвящен математическим моделям и допустимым формализациям, которые используются для принятия решений как в макро- так и в микро-экономике.

Курс «Введение в теорию нечетких множеств», читаемый А. П. Рыжовым, излагает достаточно новый подход к исследованию событий и процессов, не поддающихся допустимо точному описанию. Этот подход позволяет предложить технологию обработки нечетких

данных и процессов с построением соответствующих компьютерных моделей.

Курс «Линейная комбинаторика», читаемый А. А. Ирматовым, рассматривает вопросы комбинаторики в приложении к теории пороговых функций.

Курс «Введение в алгоритмическую алгебру», читаемый Г.И. Сыркиным, касается вопросов сложности алгоритмов, возникающих в алгебре.

В курсе «Теория дискретных функций и приложения», читаемом Д. Н. Бабиным, излагаются прикладные аспекты теории дискретных функций.

Курс «Теория функций k -значной логики», читаемый Д. Н. Жукон, является оригинальным и основывается на соответствии Галуа между замкнутыми классами функций и замкнутыми множествами предикатов.

Курс «Теория логических функций», читаемый В. Б. Кудрявцевым, посвящен изложению главных результатов этой теории: теоремам Поста и Розенберга.

Курс «Объектно-ориентированные технологии проектирования сложных систем», читаемый П. А. Алисейчиком, обучает искусству программирования сложных компьютерных систем.

Оригинальный курс «Математические основы цифровой обработки сигналов», читаемый И. Л. Мазуренко, основывается на реальных задачах по синтезу технических устройств обработки сигналов.

Курс «Вопросы полноты для конечнозначных ограниченно-детерминированных функций», читаемый В. А. Буевичем, относится к классической проблематике теории автоматов.

Курс «Теория обратимых клеточных автоматов», читаемый И. В. Кучеренко, является полностью оригинальным и основывается на результатах автора.

Курс «Современные технологии проектирования и продвижения сайтов», читаемый В. В. Осокиным, раскрывает секреты самых современных подходов к программированию ВЕБ сайтов.

Курс «Теория сложности управляющих систем», читаемый Ю. С. Шуткиным, содержит не только классические результаты О. Б. Лупанова и А. Е. Андреева, но и оригинальные разработки автора.

Курс «Математические модели в компьютерной безопасности», читаемый А. В. Галатенко, посвящен вопросам математического моделирования обеспечения безопасности компьютерных систем.

При всех этих курсах работают специальные семинары, рассчитанные на студентов, начиная со второго курса.

Кафедра ведет учебный процесс по прикладной математике и информатике в Филиале МГУ в городе Ташкенте. Сотрудниками кафедры там читаются следующие курсы:

- 1) А. С. Строгалов, В. Н. Козлов: «Дискретная математика», базовый курс, I, II семестры.
- 2) Ю. С. Шуткин: «Операционные системы», базовый курс, II семестр.
- 3) Д. Н. Жук и В. В. Осокин: «Дополнительные главы дискретной математики», базовый курс, III семестр.
- 4) В. В. Осокин: «Технологии проектирования сайтов», спецкурс, III семестр.
- 5) П. А. Алисейчик: «Системы программирования», базовый курс, IV семестр.
- 6) В. С. Половников: «Теория графов и ее приложения», базовый курс, IV семестр.
- 7) Д. В. Алексеев: «Языки программирования», базовый курс, V семестр.
- 8) А. А. Часовских: «Основы кибернетики», спецкурс, V семестр.
- 9) Э. Э. Гасанов: «Теория интеллектуальных систем», спецкурс, V семестр.
- 10) Н. Ю. Волков: «Автоматы в лабиринтах», спецкурс, V семестр.
- 11) П. А. Пантелеев: «Конструирование компиляторов», базовый курс, VI семестр.
- 12) И. Л. Мазуренко: «Математические основы цифровой обработки сигналов», спецкурс, VI семестр.
- 13) Ю. Н. Черемных: «Физико-математические проблемы современной экономики», спецкурс, VI семестр.
- 14) А. В. Галатенко: «Теоретические основы компьютерной безопасности», базовый курс, VII семестр.
- 15) Г. В. Боков и В. А. Носов: «Алгоритмы, анализ сложности и комбинаторика», базовый курс, VIII семестр.
- 16) В. А. Носов и Г. И. Сыркин: «Математическая логика», базовый курс, VIII семестр.

17) В. Н. Козлов: «Математическая биология», спецкурс, VII семестр.

Кафедра участвует в учебном процессе в Филиале МГУ в городе Баку, где сотрудниками кафедры читаются следующие курсы:

- 1) В. Н. Козлов и А. С. Строгалов: «Дискретная математика», базовый курс для студентов 1 курса.
- 2) А. С. Строгалов: «Алгоритмы и алгоритмические языки», базовый курс для студентов 1 курса.
- 3) Э. Э. Гасанов, Ю. С. Шуткин: «Базы данных», базовый курс для студентов 3 курса.
- 4) В. Н. Козлов: «Математическое моделирование», базовый курс для студентов 3 курса.
- 5) В. Н. Козлов: «Распознающие системы», спецкурс для студентов магистратуры.

За последние 10 лет кафедра выпустила 63 аспиранта по специальности 01.01.09 — дискретная математика и математическая кибернетика, 337 дипломированных специалистов по математике и 117 бакалавров по прикладной математике в Филиале МГУ в г. Ташкенте.

4. Основные научные направления и результаты

Очертим в достаточно общем виде распространенный вариант интеллектуальной системы, которую считаем системой типа Тьюринга, и изображаем, как на рисунке 1.

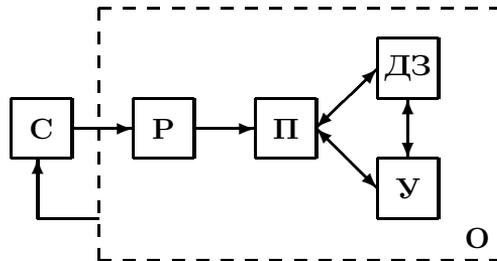


Рис. 1. Интеллектуальная система.

Имеется объект **О**, помещенный в среду **С**, с которой у него имеется двусторонняя связь. Он может воспринимать информацию, поступающую из среды, и влиять на нее, что изображено соответствующим направлением стрелок.

Входная информация из **С** поступает в **О** на блок распознавания **Р**, оттуда она направляется в блок оперативной памяти **П**, где подвергается анализу. При этом анализе используется блок **ДЗ** базы данных и знаний, играющий роль долгосрочной памяти, а сам процесс анализа регулируется управляющим блоком **У**, который учитывает группу параметров, описывающих как внутренние характеристики объекта, так и состояние среды.

Базы данных и знаний вместе с блоком управления образуют «мозговой центр» системы. От достаточности заложенной в них информации и эффективности внутренних операторов зависят её имитационные возможности.

Функционирование объекта в среде осуществляется во времени пошагово и оценивается серией внутренних и в общем случае внешних функционалов.

Последовательность значений этих функционалов считается характеристикой взаимодействия объекта и среды. По ней осуществляется оценка «разумности» поведения объекта, включая, в частности, заключение о том, сумел ли объект решить заданную задачу.

Конкретные интерпретации компонент, составляющих систему, приводят к конкретным видам интеллектуальных систем.

Примером такой системы является решатель математических задач. Он имеет в качестве среды класс задач по элементарной алгебре, тригонометрии и началам анализа. Процесс его работы составляет поиск решения предложенной задачи, а результатом этой работы являются ход решения задачи и ответ, если таковые достижимы решателем, и отказ от решения, если последнее невозможно для решателя.

Его базы данных и знаний включают список стандартных приемов тождественных преобразований выражений алгебры и тригонометрии, основных теорем из этих разделов, а также логических операций вывода.

Самым сложным здесь является блок управления, принцип работы которого состоит в эвристической оптимальности извлечения приемов из баз данных и знаний, обеспечивающий в определенном смыс-

ле градиентность последовательности примененных приемов, что существенно сокращает перебор вариантов вывода.

В этом блоке реализуется новая идея, позволившая обойти неэффективные попытки использовать для подобных целей логико-аксиоматический подход; упомянем в этой связи «General Problem Solver», «Mathematika» и др.

Эта интеллектуальная система, созданная А. С. Подколзиным, показала высокую эффективность, справляясь за секунды с большинством задач из известных учебников.

Исследования и учебный процесс по теории интеллектуальных систем ведутся коллективом кафедры и лаборатории. Этот коллектив, в котором сейчас трудятся десять докторов, двенадцать кандидатов наук и десять молодых сотрудников, состоит из специалистов, чьи научные интересы лежат не только в области интеллектуальных систем, дискретной математики и кибернетики, но также в алгебре, геометрии, теории функций и других разделах математики и кибернетики.

Это обстоятельство позволяет вести комплексные исследования в области интеллектуальных систем, что соответствует природе этого направления. Осуществляется широкий спектр поисковых работ, главными в котором являются следующие.

- а) Разработка методов распознавания слуховых, визуальных и абстрактных образов.
- б) Исследование сложности хранения и поиска информации.
- в) Разработка решателей интеллектуальных задач в различных предметных областях.
- г) Создание обучающих систем, моделирующих реальный процесс обучения.
- д) Исследование дискретных структур и процессов.
- е) Изучение автоматов и алгоритмов.
- ж) Создание методов компьютерного моделирования в естественном знании, технике и гуманитарной сфере.
- з) Исследования по защите информации.

В этих направлениях получен ряд фундаментальных результатов:

- а) разработан новый комбинаторно-логический метод распознавания образов, исследованы его метрические свойства и эффективность; с его помощью решены задачи поиска нефти, олова и др. полезных ископаемых (В. Б. Кудрявцев, А. Е. Андреев, А. А. Кибкало);

б) разработан новый подход к распознаванию фигур, опирающийся на их «внутреннюю» кодировку, инвариантную относительно аффинных преобразований; на его основе созданы алгоритмы для решения задач распознавания фигур и для стереовосприятия (В. Н. Козлов);

в) построена теория хранения и поиска информации для новой информационно-графовой модели данных; указан оптимальный синтез информационных графов для широкого класса задач поиска, часто используемые для баз данных (Э. Э. Гасанов);

г) разработан и постоянно развивается новый подход к созданию технологий моделирования логических процессов, на основе которого созданы действующие версии компьютерных решателей математических задач (элементарная алгебра, геометрия, математический анализ, аналитическая геометрия и дифференциальные уравнения) (А. С. Подколзин);

д) исследовано поведение коллективов автоматов в лабиринтах (В. Б. Кудрявцев, Г. Килибарда, А. С. Подколзин, Н. Ю. Волков);

е) построена теория конечно-порожденных финитных функциональных систем с носителем P_k , основывающаяся на общей конструктивной модели функциональной системы, охватывающей всю коллекцию существующих конкретных функциональных систем (В. Б. Кудрявцев);

ж) решена проблема описания континуальной решетки самодвойственных функций 3-значной логики (Д. Н. Жук);

з) доказана алгоритмическая неразрешимость проблемы A -полноты для автоматов и решена проблема t -полноты для автоматов (В. А. Бувич);

и) построена классификация автоматных базисов по свойству разрешимости задачи полноты для них; установлена явная граница в терминах решетки Поста, отделяющая разрешимые случаи от неразрешимых (Д. Н. Бабин, Д. Н. Жук);

к) впервые построен пример булевой функции, которая имеет почти экспоненциальную сложность в классе схем из монотонных функциональных элементов, и тем самым решена проблема Шеннона, стоявшая более пятидесяти лет (А. Е. Андреев);

л) разработан «индустриальный» метод оптимального синтеза самокорректирующихся схем для реализации булевских функций, ис-

правляющих почти экспоненциальное число ошибок без увеличения асимптотической сложности (А. Е. Андреев);

м) доказаны теоремы о магистрали для оптимальных траекторий динамических многопродуктовых моделей экономики с постоянным, асимптотически постоянным и переменным технологическим множеством (Ю. Н. Черемных);

н) построена математическая модель явления самоочищения легких живых систем и развита теория этого явления (Ю. Г. Чернова).

Учеными кафедры и лаборатории опубликованы более 50 книг и сотни научных статей. К числу основополагающих книг кафедры относятся монографии «Функции алгебры логики и классы Поста» С. В. Яблонского, Г. П. Гаврилова и В. Б. Кудрявцева, «Введение в теорию автоматов» В. Б. Кудрявцева, С. В. Алешина и А. С. Подколзина, «Основы теории однородных структур» В. Б. Кудрявцева, А. С. Подколзина и А. А. Болотова, «Теория хранения и поиска информации» Э. Э. Гасанова и В. Б. Кудрявцева, «Теория тестового распознавания» В. Б. Кудрявцева, А. Е. Андреева, Э. Э. Гасанова, «Теория тестирования логических устройств» В. Б. Кудрявцева, Э. Э. Гасанова, О. А. Долтовой, Г. Р. Погосьяна, «Компьютерное моделирование логических процессов» А. С. Подколзина, вышедших в издательстве «Наука», и серия книг, опубликованных в издательстве МГУ, среди которых «Функциональные системы» В. Б. Кудрявцева, «Введение в теорию абстрактных автоматов» В. Б. Кудрявцева, А. С. Подколзина и Ш. Ушчумлича и др. Ученые имеют гранты РФФИ, INTAS, NATO и др., являются победителями научных конкурсов, имеют Международные и Отечественные почетные звания.

5. Основные результаты за последние 11 лет

За последние 11 лет студентами, аспирантами и сотрудниками кафедры издано 14 монографий и 29 учебных пособий, опубликованы 491 статья в научных журналах, защищено 29 кандидатских диссертаций, получено 171 патент США и России, выпущено 11 томов журнала «Интеллектуальные системы», проведено 24 конференции.

2003 год

С 7 по 18 июля 2003 года в Университете г. Монреаля (Канада) состоялась международная школа «Структурная теория автоматов, полугруппы и универсальная алгебра», со-директорами которой являлись академик В. Б. Кудрявцев (Россия) и проф. И. Розенберг (Канада). В работе школы приняли участие 6 сотрудников и один аспирант кафедры.

Совместно с РАН проведена международная конференция «Нейрокомпьютеры и их применение»; кафедра приняла участие в подготовке и проведении двух международных конгрессов по медицине в г. Москве и г. Санкт-Петербурге; проведена секция «Автоматные методы защиты информации» на конференции МАБИТ.

Один из классов сетевых протоколов был исследован на возможность его раскрытия по обмену сообщениями. По этим результатам Н. Ю. Дёминым под руководством проф. Э. Э. Гасанова была защищена кандидатская диссертация «Некоторые вопросы обратного проектирования безопасных сетевых протоколов».

2004 год

В 2004 в издательстве МГУ вышло учебное пособие доц. А. П. Рыжова «Модели поиска информации в нечеткой среде».

2005 год

Существенно расширено понимание установочного эксперимента и расслоена сфера его рассмотрения для подклассов автоматов, найдены соответствующие сложностные функции таких экспериментов, что привело к возникновению определенного раздела в теории автоматов. По этим результатам в 2005 году А. Е. Кириасовым под руководством проф. А. С. Подколзина защищена кандидатская диссертация «Установочные эксперименты с автоматами».

Достигнуто существенное продвижение в исследовании сложности интервального поиска на булевом кубе. Получены точные значения сложности для сбалансированных деревьев и асимптотические оценки функции Шеннона в классе древовидных схем. По этим результатам Т. Д. Уваровой под руководством проф. Э. Э. Гасанова за-

щищена кандидатская диссертация «О сложности интервального поиска на булевом кубе».

Т. А. Беляевой под руководством доц. А. С. Строгалова защищена кандидатская диссертация «Интерактивная компьютерная модель информационно-познавательной среды».

Сайт кафедры МаТИС стал лауреатом Всероссийского конкурса образовательных Интернет-ресурсов.

Под редакцией В. Б. Кудрявцева и И. Розенберга в Канаде издан сборник «Structural Theory of Automata, Semigroups, and Universal Algebra».

В издательстве МГУ вышло учебное пособие Э. Э. Гасанова «Теория сложности информационного поиска».

2006 год

2006 год — это год двадцатилетия лаборатории проблем теоретической кибернетики и пятнадцатилетия кафедры математической теории интеллектуальных систем.

Решена задача приближения функций одной и нескольких переменных с весом Чебышева-Эрмита. По этим результатам Д. В. Алексеевым защищена кандидатская диссертация.

Классическая теория экспериментов с автоматами распространена на случай вариаций входных сигналов, состояний и выходных сигналов. Установлены соответствующие сложностные функции Шеннона в отдельности для каждого из вариантов вариаций. Тем самым сделан существенный вклад в развитие общей теории экспериментов с автоматами. По этим результатам П. А. Пантелеевым под руководством проф. А. С. Подколзина защищена кандидатская диссертация.

Создана компьютерная обучающая система китайской письменности. По этим результатам Лю Юном под руководством доц. А. С. Строгалова защищена кандидатская диссертация.

Построена теория тестирования логических устройств, реализующих булевские функции и функции k -значной логики для неисправностей типа обрывов и замыканий, перепутывания, инвертирования и их комбинаций. Указаны явно соответствующие функции Шеннона, характеризующие сложность обнаружения указанных ошибок. Рассмотрение осуществлено в случае булевских функций для классов Поста, а для функций k -значной логики в общем виде. Теория изложена

в виде монографии В. Б. Кудрявцева, Э. Э. Гасанова, О. А. Долотовой и Г. Р. Погосяна «Теория тестирования логических устройств», изданной в издательстве «ФИЗМАТЛИТ».

Систематизирована пограничная область между логикой, алгеброй, дискретной математикой и кибернетикой, именуемая алгеброй логики. Единый подход к алгебре логики и новое ее изложение представлено в виде монографии В. Б. Кудрявцева, Г. Н. Блохиной, Ж. Кнапа, В. В. Кудрявцева «Алгебра логики», вышедшей в издательстве МГУ.

Новое направление — интеллектуальные системы, изучено и представлено с позиции возможного обучения молодых исследователей, входящих в эту область, и впервые изложено в виде учебника В. Б. Кудрявцева, Э. Э. Гасанова и А. С. Подколзина «Введение в теорию интеллектуальных систем», изданной в издательстве МГУ.

Активно развивающееся в последние годы одно из направлений криптографии нашло отображение в монографии А. А. Болотова, С. Б. Гашкова, А. Б. Фролова и А. А. Часовских. «Элементарное введение в эллиптическую криптографию: Алгебраические и алгоритмические основы», вышедшей в издательстве «КомКнига».

Кафедра MaTIC провела 9 международную конференцию «Интеллектуальные системы и компьютерные науки». В работе конференции приняло участие более 300 человек из 18 стран мира. Конференция посвящалась 70-летию со рождения академика В. Б. Кудрявцева.

Курс лекций «Теория баз данных и информационного поиска» профессора кафедры Э. Э. Гасанова занял призовое место на конкурсе учебных курсов по информационному поиску и смежным дисциплинам, проводившемся компанией «Яндекс».

Профессор Э. Э. Гасанов и аспиранты кафедры Ю. Г. Гераськина и Кучеренко И. В. стали победителями конкурса на присуждение грантов поддержки талантливых студентов, аспирантов и молодых ученых МГУ имени М. В. Ломоносова 2006 года.

2007 год

В 2007 году в издательстве «ФИЗМАТЛИТ» была издана монография В. Б. Кудрявцева, А. Е. Андреева, Э. Э. Гасанова «Теория тестового распознавания». В ней построена теория распознавания дис-

кретно характеризуемых объектов в конечном поле признаков. Теория основана на понятии теста и его вариаций. Введено несколько функционалов принятия решения для задачи распознавания, главным из которых является «голосующая» процедура. На основе нахождения тонких характеристик комбинаторных свойств тестов получены условия, когда «голосующая» процедура является эффективной как с точки зрения скорости, так и качества. В монографии систематизированы и подытожены исследования авторов и их учеников за последние 30 лет.

В издательстве МГУ издано учебное пособие В. Н. Козлова «Введение в математическую теорию зрительного восприятия», содержание которого составили исследования, выполненные на кафедре MaTIC. В нем введено центральное понятие внутреннего кода конечно точечного изображения, которое позволило решить задачу распознавания с точностью до аффинных преобразований плоских и объемных изображений, а также восстановить объемное изображение через стереопару его плоских проекций.

2008 год

В 2008 году в издательстве «ФИЗМАТЛИТ» была издана монография А. С. Подколзина «Компьютерное моделирование логических процессов. Архитектура и языки компьютерного решателя задач» объемом 1024 страницы. Она содержит только оригинальные фундаментальные результаты по технологии синтеза компьютерных решателей математических задач.

Рассмотрены варианты обобщений нейронных сетей с памятью, образующих алгебры относительно операций суперпозиции и обратной связи. Эти алгебры введены как замыкание специальных порождающих множеств. Для них решены задачи описания функций, реализуемых соответствующими нейронными сетями, а также «экономного» канонического задания таких функций. На основе этих результатов В. С. Половниковым под руководством доц. А. А. Часовских защищена кандидатская диссертация «Об оптимизации структурной реализации нейронных сетей».

Построена математическая модель протоколов доступа к данным без раскрытия запросов (PIR-протоколов), на основе которой получены рекордные нижние оценки коммуникационной сложно-

сти, доказывающие оптимальность по порядку разработанных PIR-протоколов. На основе этих результатов Г. А. Майлыбаевой под руководством проф. Э. Э. Гасанова защищена кандидатская диссертация «Коммуникационная сложность протоколов доступа к данным без раскрытия запросов».

Построена алгебра графов с операцией подстановки, термы которой характеризуют сам граф, а также сложность его получения. Для важных для практики классов графов найдены порядки функции Шеннона сложности их «сборки». На основе этих результатов Д. В. Зайцевым под руководством проф. А. С. Подколзина защищена кандидатская диссертация «О сложности сборки и вложения графов».

Исследованы свойства регулярных марковских языков и построены алгоритмы аппроксимации произвольных марковских языков языками из специального класса. На основе этих результатов А. Б. Холоденко под руководством проф. Д. Н. Бабина защищена кандидатская диссертация «Об автоматной аппроксимации реальных языков».

В издательстве «Университет города Переславля» было издано учебное пособие А. М. Миронова «Теория процессов». Оно содержит изложение основных понятий и результатов исчисления взаимодействующих систем применительно к верификации процессов с передачей сообщений.

Ю. Г. Гераськина стала победителем конкурса на присуждение грантов поддержки талантливых студентов, аспирантов и молодых ученых МГУ имени М. В. Ломоносова. А. В. Галатенко, П. А. Пантелеев, Ю. Г. Гераськина и И. В. Кучеренко получили стипендию молодым ученым и преподавателям, отличившимся в научной и педагогической деятельности. С. В. Моисеев стал победителем конкурса на лучшую дипломную работу. А. П. Соколов стал победителем конкурса «У.М.Н.И.К. 2008».

2009 год

Построена математическая модель явления самоочищения легких живых систем. Поставлены и решены ключевые проблемы, характеризующие это явление. Эта работа была выполнена как результат многолетнего и плотного сотрудничества кафедры MaTIC и инсти-

тута пульмонологии (ИП) РАМН. По этим результатам в 2009 году Ю. Г. Гераськиной под руководством акад. В. Б. Кудрявцева защищена кандидатская диссертация «Автоматная модель одной транспортной системы в биологии».

В издательстве механико-математического факультета МГУ издана монография Д. Н. Бабина «Классификация автоматных базисов Поста по разрешимости свойств полноты и A -полноты». В монографии построена классификация автоматных базисов по свойству разрешимости задачи полноты для них; установлена явная граница в терминах решетки Поста, отделяющая разрешимые случаи от неразрешимых.

Д. Н. Жук стал победителем конкурса «Ломоносов–2009».

Кафедрой был проведен симпозиум «Интеллектуальные системы и компьютерные науки» в рамках Международной конференции «Современные проблемы математики, механики и их приложений», посвященной 70-летию ректора МГУ академика В. А. Садовниченко; на нем было сделано 58 докладов.

2010 год

В 2010 году Н. Ю. Волковым под руководством акад. В. Б. Кудрявцева защищена кандидатская диссертация «Об автоматной модели преследования». Им изучено поведение коллективов автоматов-хищников по отношению к произвольной группе индивидуальных автоматов-жертв на модельных плоских областях. Доказано существование конечного универсального коллектива автоматов-хищников, уничтожающих любое множество автоматов-жертв при условии более высокой скорости хищников.

Д. Н. Жуком под руководством акад. В. Б. Кудрявцева защищена кандидатская диссертация «Решение проблемы делимости алгоритмически разрешимых случаев A -полноты для базисов Поста дефинитных автоматов».

Н. С. Кучеренко под руководством проф. Э. Э. Гасанова защитила кандидатскую диссертацию «Сложность поиска в случайных базах данных». Ею построены серии функций роста сложности поиска информации в случайных базах данных в зависимости от функций распределения элементов баз данных и запросов, порождающие бес-

конечную возрастающую шкалу функций роста, которая начинается с ограниченных функций и заканчивается двоичным логарифмом.

В. Ю. Лёвиным под руководством в.н.с. В. А. Носова защищена кандидатская диссертация «Методы цифровой подписи на основе эллиптических кривых в единой инфраструктуре информационной безопасности». Им решена задача построения протоколов цифровой подписи, удовлетворяющих повышенным требованиям к криптостойкости и быстрдействию.

В издательстве филиала МГУ в г. Баку издано учебное пособие Э. Э. Гасанова «Теоретические основы физической организации баз данных».

Система распознавания лиц, разработанная под руководством А. А. Ирматова в компании Samsung S1, выиграла тендер и успешно использована в системе контроля управления доступом на саммите G-20, проходившем в Сеуле 11–12 ноября 2010 года.

Ю. С. Шуткин стал победителем конкурса «Ломоносов–2010».

Кафедрой был проведена секция «Математическая теория интеллектуальных систем» в рамках X Международного семинара «Дискретная математика и ее приложения»; на ней были сделаны 61 доклад, из которых 4 пленарных.

2011 год

В 2011 году И. В. Лялиным под руководством профессоров В. А. Буевича и Э. Э. Гасанова защищена кандидатская диссертация «Об условиях разрешимости автоматных уравнений». Им решена задача нахождения всех решений произвольного автоматного уравнения для одного неизвестного. Доказана неразрешимость проблемы существования решения автоматных уравнений с более чем одной неизвестной.

М. А. Подколзиной под руководством проф. В. А. Буевича защищена кандидатская диссертация «О полноте и A -полноте S -множеств детерминированных функций». Ею решена задача о τ -полноте S -систем автоматных функций, обобщающая случай S -полноты для k -значных логик.

Ю. С. Шуткиным под руководством проф. Э. Э. Гасанова защищена кандидатская диссертация «Сложность реализации булевых функций информационными графами». Им получена асимптотика слож-

ности реализации булевых функций информационными графами и разработан метод синтеза контактных схем, асимптотически оптимальный и по мощности и по объему.

М. И. Лашевой под руководством доц. А. А. Часовских защищена кандидатская диссертация «Переключательные алгоритмы преобразования графов». Ею решены задачи построения переключательных алгоритмов преобразования графов с сохранением степенной последовательности.

В. В. Осокиным под руководством проф. Э. Э. Гасанова защищена кандидатская диссертация «О расшифровке логических функций». Им получен порядок параллельной и параметро-эффективной сложности расшифровки некоторых классов логических функций. Эта работа стала победителем конкурса «Ломоносов-2011».

В. В. Псиолой под руководством доц. А. С. Строгалова защищена кандидатская диссертация «Об одном приближении плотной упаковки». Им разработаны важные для приложений эвристические алгоритмы плотной упаковки 3-мерных объектов.

Д. Н. Жуком решена проблема, которая стояла более 90 лет, — проблема эффективного описания континуальной структуры замкнутых классов для самодвойственных функций трехзначной логики. Этот результат изложен в монографии «Решётка замкнутых классов самодвойственных функций трёхзначной логики», изданной в издательстве МГУ. Работа Д. Н. Жука «Решетка замкнутых классов самодвойственных функций трёхзначной логики», представленная на Международном симпозиуме по многозначной логике (ISMVL 2011, Finland), была награждена как лучшая работа симпозиума («Outstanding Contributed Paper Award»).

В издательстве факультета ВМК МГУ издана монография Д. Н. Бабина «Классификация автоматных базисов Поста по разрешимости свойств полноты и A-полноты (часть вторая)».

Кафедрой была проведена X Международная конференция «Интеллектуальные системы и компьютерные науки»; на ней были сделаны 27 пленарных и 134 секционных доклада, в конференции приняло участие более 200 человек.

Кафедра была ответственной за проведение секции математического моделирования технологических процессов XXI Международного конгресса «Новые технологии газовой, нефтяной промышленности, энергетики и связи», который состоялся в г. Иркутске.

2012 год

В 2012 году А. А. Мاستихиной под руководством проф. Э. Э. Гасанова защищена кандидатская диссертация «Частичное предвосхищение сверхсобытий автоматами». Ею получены критерии частичной угадываемости автоматами общерегулярных множеств, сверхитераций языков, порожденных простыми $LL(1)$ -грамматиками, сверхитераций детерминированных контекстно-свободных языков.

А. П. Пивоваровым под руководством проф. Э. Э. Гасанова защищена кандидатская диссертация «Неперечислительные задачи информационного поиска». Им разработаны математические модели для неперечислительных задач информационного поиска. Получены оценки сложности некоторых вычислительных задач информационного поиска и задач поиска представителя.

И. В. Кучеренко под руководством акад. В. Б. Кудрявцева защищена кандидатская диссертация «Обратимые клеточные автоматы». Им найдена граница отделимости алгоритмической распознаваемости обратимости клеточных автоматов в многопараметрическом пространстве их характеристики.

Е. А. Снеговой под руководством проф. Э. Э. Гасанова защищена кандидатская диссертация «Сложность задачи о предотвращении столкновений». Ею получены критерии сводимости задачи о предотвращении столкновений к некоторым простым геометрическим задачам поиска, и на основе этого сведения получены сверхбыстрые алгоритмы поиска.

А. А. Ирматов стал победителем престижной награды «UniCredit Alumni Achievement Award 2012».

В издательстве филиала МГУ в г. Баку издано учебное пособие В. Н. Козлова «Геометрические методы в распознавании визуальных образов».

Кафедрой был проведена секция «Математическая теория интеллектуальных систем» в рамках XI Международного семинара «Дискретная математика и ее приложения», посвященного 80-летию со дня рождения академика О. Б. Лупанова; на ней были сделаны 37 докладов, из которых 3 пленарных.

2013 год

В 2013 году Г. В. Боковым под руководством акад. В. Б. Кудрявцева защищена кандидатская диссертация «Условия выразимости и полноты пропозициональных исчислений», посвященная проблемам выразимости и полноты для функциональных систем формул двузначной логики с операцией суперпозиции и операциями типа Харропа. Им показано, что практически все эффекты, характерные для функциональных систем моделируются в этом объекте.

А. П. Соколовым под руководством акад. В. Б. Кудрявцева защищена кандидатская диссертация «О сложности перестройки формальных нейронов». Им получены оценки сложности взаимной перестройки (обучаемости) пар пороговых функций в самом сложном случае, в большинстве случаев и внутри классов пороговых функций, инвариантных относительно групп перестановок.

М. А. Кибкало под руководством проф. Д. Н. Бабина защищена кандидатская диссертация «Автоматная сложность булевых функций из классов Поста». Ею получены асимптотические оценки функции Шеннона числа состояний автомата, представляющего булевы функции из замкнутых классов Поста.

В издательстве факультета ВМК МГУ издана монография Д. Н. Бабина «О полноте и выразимости автоматных функций относительно суперпозиции».

В издательстве филиала МГУ в г. Баку издано учебное пособие В. Н. Козлова «Математическое моделирование».

В издательстве ЮНИТИ издана монография Ю. Н. Черемных с соавторами «Моделирование экономических процессов».

В издательстве ИНФРА-М вышла коллективная монография «Российская социально-экономическая система: реалии и векторы развития», соавтором которой является Ю. Н. Черемных.

Кафедра была ответственной за проведение секции математического моделирования технологических процессов XXII Международного конгресса «Новые технологии газовой, нефтяной промышленности, энергетики и связи», который состоялся в г. Горно-Алтайск.

6. Приложения

Ученые кафедры и лаборатории активно работают в области приложений. К числу наиболее значимых прикладных разработок относятся:

а) тема «Искра», которая разрабатывалась по заказу ЦНИИМаш и включала в себя построение математической модели самоорганизующейся распределенной наземно-космической системы, способной функционировать как в управляемом с Земли, так и в автономном режиме, решая задачи изучения наземного, околоземного и космического пространства;

б) программный комплекс оптимизации синтеза чипов, внедренный в производство и защищенный более чем 250 патентами США;

в) компьютерная интеллектуальная система для решения математических задач;

г) программный комплекс для создания систем компьютерного обучения человека, на основе которого были разработаны обучающие системы по информатике, иностранным языкам, истории искусства и др.;

д) распознающие системы для анализа визуальной, аудио и абстрактной информации, успешно примененные в задачах геологии, медицины, картографии и т. п.;

е) системы информационного мониторинга, одна из которых, относящаяся к области атомных технологий, используется МАГАТЭ;

ж) система по автоматному моделированию генного механизма растений, разрабатываемая по гранту НАТО, позволившая предсказать новый вид мутаций растения «арабидобсиз», что затем было подтверждено экспериментально.

7. Научные и культурные связи

Кафедра тесно сотрудничает русско-германским «Московским научным центром по культуре и информационным технологиям» (МНЦ КИТ), родственными подразделениями МГУ. Кафедра поддерживает связь с научными центрами Москвы, Новосибирска, Саратова, Волгограда, Твери, Донецка и др. Ведутся совместные исследования с

научными центрами Германии, США, Японии, Бельгии, Сербии, Словении, Черногории и др. стран.

Вместе с Ректоратом и Бохумским университетом кафедра создала Русско-Германский Институт науки и культуры МГУ; совместно с LSI Corporation — Русско-Американский Центр, в котором ведутся исследования по автоматизации процесса синтеза чипов.

При кафедре работает открытый семинар «Наука и культура», на котором выступали Митрополит Кирилл, С. Говорухин, М. Ботвинник, А. Логунов, Н. Губенко, Ю. Власов, И. Глазунов, В. Белов, В. Распутин, А. Чучалин и многие другие выдающиеся деятели науки и культуры.

Кафедра и лаборатория регулярно проводят международную конференцию «Интеллектуальные системы и компьютерные науки». Издается журнал «Интеллектуальные системы».

Деятельность кафедры поддерживается РФФИ, LSI Corporation (USA), Mirantis Corp. (USA), NATO (USA), которые выделяют гранты, стипендии, обеспечивают издание научной литературы, помогают осуществлять научные командировки и проводить конференции.

Автор выражает благодарность профессору Э.Э. Гасанову, информационные накопления которого помогли существенно уменьшить трудоемкость работы над этой статьей.

