

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ: НА ПУТИ К СОВРЕМЕННЫМ СИСТЕМНЫМ МЕТОДОЛОГИЯМ

И. В. Прангишвили¹, В. А. Лотоцкий¹, К. С. Гинсберг¹, В. В. Смолянинов²

¹ Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва,

² Институт машиноведения им. А. А. Благонравова, г. Москва

Дан аналитический обзор научных исследований по идентификации и управлению, опубликованных в трудах II Международной конференции “Идентификация систем и задачи управления”. Сформулирована его основная идея: проблемы идентификации необходимо исследовать в контексте всей человеческой деятельности, направленной на поиск решений практических задач управления. Отмечено, что существует актуальная потребность создания наукоемких методологий для начальных этапов поиска решений трудных (существенно нестандартных) практических задач, содержащих трудно формализуемые условия и высокие требования к качеству управления (оценивания, прогнозирования).

ВВЕДЕНИЕ

Науке управления изначально было свойственно стремление к разработке эффективных процедур управления для различных видов априорной информации, что нашло наиболее яркое выражение в содержании математического аппарата теории управления. Необходимость в подобной теоретической деятельности особенно ясно осознается в современных условиях, когда имеющиеся программные и технические средства позволяют реализовывать фактически любую наукоемкую методологию поиска решений практических задач. Сейчас имеются реальная возможность и практическая необходимость объединить в единое целое три функции современной теории управления:

- разработку математического аппарата теории управления;
- разработку методологий практического применения математического аппарата теории управления;
- разработку систем обучения методологиям управления.

В настоящей работе дан аналитический обзор научных исследований по проблеме “Идентификация систем и задачи управления”, опубликованных в сборнике [1], содержащем 177 статей общим объемом 2706 с. Основная идея обзора: проблемы идентификации необходимо исследовать в контексте всей человеческой деятельности, направленной на поиск решений практиче-

ских задач управления. В рамках этого понимания упомянутая проблема охватывает, как минимум, следующие темы:

- общие проблемы системных методологий;
- структурная идентификация;
- параметрическая идентификация;
- непараметрическая идентификация;
- математические проблемы теории управления;
- идентификация медико-биологических систем;
- идентификация и управление социально-экономическими системами;
- построение и исследование систем;
- промышленные и аэрокосмические приложения;
- образование в области теории управления.

Представляется, что совместное обсуждение этих тем будет полезным с точки зрения системного объединения различных разделов и функций теории управления.

1. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ МЕТОДОЛОГИЙ

Идея исследования проблем реальной идентификации в контексте всей человеческой деятельности, направленной на поиск решений практических задач управления, естественно влечет за собой:

- представление на модельном уровне поиска решения в виде системы процессов, включающей в себя идентификацию;



- направленность исследовательской деятельности на изучение объектов свойств и отношений идентификационного процесса в рамках различных схем поиска.

Теоретически подобный системный подход должен привести к созданию системных (по сравнению с существующими) методологий идентификации для различных типов практических задач, к построению системных методологий практического применения математического аппарата теории управления.

В настоящее время (и это хорошо согласуется с содержанием сборника [1]) существует актуальная потребность создания наукоемких методологий для начальных этапов поиска решений трудных (существенно нестандартных) практических задач, содержащих трудно формализуемые условия и высокие требования к качеству управления (оценивания, прогнозирования). Их основное назначение — информационная поддержка деятельности субъекта идентификации по преобразованию трудно формализуемых условий в хорошо формализуемые на основе целенаправленного сбора, человеческой переработки и порождения нового знания. Ключевую роль в разработке подобных методологий, несомненно, будут играть системный подход к исследованию проблем идентификации, фундаментальные исследования математических и вычислительных проблем управления, концептуальных и когнитивных аспектов идентификации и моделирования, компьютерных проблем развития глобальной информационно-вычислительной среды. Многие работы в сборнике [1], особенно [2–7], можно рассматривать как необходимые этапы идущего пока стихийно процесса разработки системных методологий.

В работе [2] приведен обзор существующих подходов к управлению динамическими системами на основе сочетания традиционных методов и средств искусственного интеллекта. Обсуждены вопросы применения (разработанных в Институте теории и динамики систем управления СО РАН) новых логических методов представления и обработки знаний и создания на этой основе нового класса систем интеллектуального управления — логико-управляемых систем. Так называются системы интеллектуального управления, в контуре управления которых применяются средства автоматического доказательства теорем. Приведено описание новых логических средств (позитивных исчислений), их преимуществ и ограничений по сравнению с известными средствами искусственного интеллекта.

Относительно факторов, затрудняющих широкое применение логического подхода к задачам управления, утверждается следующее. Основная причина, обуславливающая высокую сложность поиска вывода для достаточно богатых логических исчислений, состоит в рекурсивности формального описания задачи в явной или скрытой форме. Источником такой рекурсивности может стать, например, необходимость развертывания поведения системы во времени и пространстве. Вторая причина — монотонность выводов, означающая, что однажды выведенный факт не может утратить своей истинности со временем. Предлагается подход, который позволяет, по крайней мере, для некоторых важных классов задач оперировать с немонотонностью и преодолеть проблемы рекурсивности, оставаясь в рамках классического подхода. Дальнейшее развитие нового направления видится в:

- создании “нечеткого” варианта разработанных позитивных исчислений;
- применении современных идей приближения дедукции к практическим рассуждениям;
- организации взаимодействия уровня рассуждений общего вида со средним уровнем обработки инструктивных знаний (типа правил “если — то”) и с нижним уровнем алгоритмического типа (искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы, традиционные алгоритмы управления);
- автоматизации целеполагания и пересмотра критериев качества управления; эта проблема называется суперзадачей в области создания систем интеллектуального управления сложными системами.

В работе [3] в сжатой тезисной форме изложены результаты и перспективы работ по выполнению Программы создания “Единой геометрической теории управления — Теории структур управления”. Начальный этап этой Программы сформулирован в 1993 г. Он существенно опирался на опыт и результаты создания теории управления системами с распределенными параметрами, начатой в 1959 г. в Институте проблем управления АН СССР. Предлагается создавать геометрическую теорию управления по образу и подобию разрабатываемой в современной теоретической физике Единой геометрической теории поля или Единой теории всех фундаментальных взаимодействий. Утверждается, что потребность в построении новой теории возникла из желания решать широкий круг актуальных проблем: от управления когерентным лазерным излучением до распределенных нейронных сетей. Ее основное назначение — теоретическое решение проблемы управления структурами вместе с их симметриями. Традиционная теория в подавляющем большинстве своих задач этим не занималась, ограничиваясь управлением состояниями, причем в фиксированных, уже заданных, неизменных системах, т. е. в системах с фиксированными структурами и соответствующими фиксированными симметриями.

Дано определение структур и пространств как предикатов и отношений. Установлено, что для каждой системы из широкого класса систем с управлением имеются три собственные структуры: структура Калмана, структура Монжа или структура фазового портрета дифференциального включения, вторичная метрическая структура. При этом каждая последующая из этих структур вложена в предыдущую. Показано, что понятию “система с управлением” можно придать геометрическое содержание (т. е. истолковать геометрически), если отождествить его с понятием “расслоения”, где множество локальных состояний — это база расслоения; множества значений управления, зависящие от локальных состояний, — слои расслоения (возможно не идентичные); управление — это связность в этом расслоении; синтез (обратная связь) — сечение расслоения.

В рамках философского осмысления возможностей геометрической теории управления сформулирована гипотеза, которая названа “Принцип (закон) 100%-ной эффективности математики”. Суть принципа в следующем: “Для любой реальности (явления, процесса и т. д.) и любой наперед заданной (но не абсолютной) точности существует математическая структура, которая описывает эту реальность с этой точностью, и обратно, для любой математической структуры и любой точности существует реальность, которая описывается этой структурой

с этой точностью”. Интуитивно ясно, что история науки не дает нам примеров, позволяющих опровергнуть данный принцип, который поэтому кажется методологически верным. Тем не менее, в каждый конкретный исторический период у нас часто не хватает ресурсов для получения с заданной точностью необходимого (для отыскания решения практической проблемы) описания реальности. И в этом случае неизбежно возникает идея использования присущих только человеку способностей в процессе управления, которая реализуется в различных человеко-машинных системах. Более того, любая система или непосредственно в явном виде содержит человеческий фактор, или является элементом системы, которая содержит человеческий фактор.

Исследование [4] представляет собой обзор основных положений теории непараметрического оценивания сигналов, разработанной А. В. Добровидовым в последние два десятилетия. Ее эмпирический базис — стандартный набор содержательных задач фильтрации, интерполяции, прогноза и оценивания моментов изменения свойств процессов. Стандартность набора состоит в том, что его теоретическое моделирование — традиционный элемент многих фундаментальных исследований. Разными в этих исследованиях обычно являются результаты моделирования — математические постановки содержательных задач, точнее, условия придуманных теоретико-вероятностных задач. Сложность этих задач такова, что для некоторых условий не разработаны еще рационально обоснованные методы решения, или имеются несколько методов, выбор из которых необходимо осуществить на основе учета свойств решаемой практической задачи, т. е. на базе содержательного контекста вероятностных задач.

В работе [4] выбрана непараметрическая формулировка условий, содержащая следующие элементы:

- частично наблюдаемый случайный процесс с ненаблюдаемой компонентой (полезный сигнал) и наблюдаемой компонентой (наблюдения); пара (полезный сигнал, наблюдения) является марковской;
- относительно априорного распределения полезного сигнала известны только непараметрические ограничения;
- условная плотность наблюдений, определяющая функциональный вид модели наблюдения, принадлежит условно-экспоненциальному семейству плотностей — обобщению экспоненциального семейства по Э. Леману.

Условно-экспоненциальное семейство является достаточно представительным. Оно содержит такие распределения, как многомерное нормальное, рэлеевское, χ^2 -распределение, весь класс бета-распределений, часть распределений системы Пирсона и др. Поэтому разработанный непараметрический математический аппарат будет иметь широкое практическое применение, в частности в задачах обработки сигналов в системах радио- и гидролокации. Метод решения задач теории базируется, в первую очередь, на концепции и аппарате эмпирического байесовского подхода Г. Роббинса и сформулированной установки на применение непараметрического подхода к оцениванию сигналов при наличии непараметрически заданных условий вероятностной задачи. При эмпирическом байесовском подходе задачу оценивания полезного сигнала удается свести к задаче оценивания известных функционалов от неизвестного распре-

деления наблюдений. Для оценивания функционалов, зависящих от неизвестного распределения, применяется непараметрический подход, основанный на ядерных оценках Розенблатта—Парзена, обобщенных в двух направлениях: на наблюдения с зависимыми значениями и на функционалы с особенностями. Обобщение в первом направлении позволяет пользоваться динамическими моделями наблюдений и строить сходящиеся непараметрические оценки функционалов по слабозависимым наблюдениям. Обобщение во втором направлении обеспечивает возможность построения устойчивых непараметрических процедур с “хорошими” свойствами. Подчеркнем, что полученные в работе непараметрические оценки ненаблюдаемого сигнала сходятся к оптимальным байесовским оценкам в различных метриках (в зависимости от условий).

В связи с данным исследованием возникает вопрос: существуют ли какие-то чувственно-воспринимаемые, наглядные характеристики объективной реальности, измеряя которые мы могли бы достоверно утверждать, что при поиске решения практической проблемы лучше использовать непараметрические условия, чем параметрические (или наоборот); или все зависит от априорной нацеленности исследователя на применение определенного математического аппарата и от степени разработанности этого аппарата, т. е. от наличия в нем достаточных для отыскания решения практических проблем операциональных возможностей? Математическая интуиция и методология должны подсказывать нам принципиальные ответы на подобные вопросы, опережая конкретные математические и прикладные исследования. Необходима нацеленность на создание системных методологий, которая в настоящее время не ощущается и не стимулируется в финансовом и организационном отношениях.

В чем сложность практического применения математического аппарата теории управления? Общеизвестно — в абстрактности и отсутствии наглядности основных математических понятий теории. Математические понятия настолько сильно отличаются от естественных для человека базисных понятий, что возникает необходимость в особой человеческой деятельности — идентификации, создающей возможность перехода от явлений реального мира в виртуальный мир математической теории, и обратно из виртуального мира в объективную реальность. В процессе идентификации создаются все описания реальности, необходимые для практического применения таких элементов математического аппарата, которые позволяют отыскать решение конкретной практической задачи. Идентификация в разных формах продолжается в течение всего жизненного цикла любой реальной системы с управлением. Мы мало знаем о внутренних механизмах реальной идентификации, об истинных способностях субъекта идентификации, что он может, а в чем ему надо оказать информационную поддержку в такой сложной деятельности, как переход от объективной реальности к модельным представлениям математической теории и обратно. Надо многое еще понять, чтобы появились эффективные методологии идентификации. Несомненно, однако, что любая методология должна включать в себя процесс человеческого выбора. Роль этой процедуры чрезвычайно велика — ведь именно в ходе выбора вырабатывается текущее управление процессом идентификации.



В исследовании [5] дано описание как классических моделей максимизации полезности, так и моделей с пороговой полезностью, в которых порог зависит от одного варианта, от обоих сравниваемых вариантов, от обоих вариантов и множества, в котором эти варианты представлены, и др. Введены различные типы бинарных отношений, что позволило дать новую классификацию частных порядков. Суть изучаемой проблемы в следующем. Парадигма максимизации полезности лежит в основе моделей теории принятия решений, макроэкономики, психофизики и других смежных областей. Эта парадигма восходит, по меньшей мере, к XVIII в. Согласно этой парадигме человек при выборе варианта из некоторого множества приписывает элементам множества некоторую полезность, и далее выбирает те варианты, которые имеют наибольшую полезность. Вместе с тем известны примеры, когда поведение индивидуума в этих терминах описать не удастся. Например, человек может не почувствовать разницу между 1 и 2 мг сахара в чашке кофе, 2 и 3 мг и т. д. Поскольку отношение несравнимости транзитивно, то разница между 1 и 3 мг также не должна чувствоваться. Но, продолжая это рассуждение, можно прийти к выводу, что нет разницы между 1 мг и, скажем, 20 г сахара в кофе, что, конечно же, представляется сомнительным. Попытки обойти этот недостаток классической теории привели Ф. Т. Алескорова к рассмотрению моделей пороговой полезности, в которых считается, что вариант x более предпочтителен, чем вариант y , если разница между полезностью x и полезностью y превышает некоторый порог. Исследование моделей с пороговой полезностью, зависящей от множества альтернатив, начато в 1992 г. Настоящее исследование представляет собой изложение полученных результатов.

В работах [6, 7] утверждается, что в классической компьютерной модели фон Неймана произвольные структуры данных формируются последовательностями (потоками) адресов к памяти (для чтения/записи элементов данных). Значения адресов в потоке задаются алгоритмическими предписаниями. Классическая модель позволяет произвольным образом кодировать в потоках произвольные структуры данных. Следовательно, в управлении машинным счетом на уровне потоков адресов имеются две степени свободы; обе они открыты программистам. По своему усмотрению они строят структуры данных и для каждой из них задают последовательности адресов доступа к памяти. Здесь и скрыт источник воспроизводства избыточного многоязычия (в представлениях структурированной компьютерной информации), трудно преодолимого при интеграции. Устранить на уровне аксиоматики лишнюю степень свободы можно посредством математической регламентации используемых структур. Такую регламентацию предложено построить в виде компьютерного исчисления древовидных структур. Идеи, представленные в работе, потенциально (при соответствующем развитии и реализации) могут стать основой компьютерного базиса системных методологий.

2. СТРУКТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ

В обзоре [8] указано: “В настоящее время отсутствует общепризнанная методология структурной идентификации. Причина, по-видимому, заключается в том, что

в среде специалистов существует два разных дисциплинарных образа структурной идентификации. На концептуальном (объяснительном) уровне все специалисты, например, согласны, что интуиция и жизненный опыт лица, принимающего решение (ЛПР), играют существенную роль в процессе структурной идентификации. На уровне же конкретного теоретического исследования основные интеллектуальные усилия направлены на структуризацию и абсолютную формализацию данного процесса. В рамках математического дисциплинарного образа наиболее важными считаются теоретические исследования по разработке алгоритмов генерации и перебора структур (структура — заданное семейство математических уравнений), выбору и оценке качества “наилучшей” структуры. Постоянный внутренний конфликт между разными образами структурной идентификации является важным фактором постановки и решения новых теоретических задач, предметом обсуждений и дискуссий”. За прошедшее время мало что изменилось. Проблемную ситуацию в теме “структурная идентификация” можно описать примерно теми же словами.

В качестве варианта объяснения изложим некоторые предположения. Начнем с определения, которое наиболее полно отражает традиционные интуитивные представления о структурной идентификации: структурная идентификация — это поиск адекватного семейства математических моделей (альтернатив) для параметрической или непараметрической идентификации или, иными словами, это поиск адекватного типа математической модели физической системы для параметрической или непараметрической идентификации. Медленно прочитаем данное определение, вдумываясь в каждое слово, чтобы осознать наглядный образ (значение слова), которые при этом возникают. В рамках приведенного определения наиболее трудно понимаемы слова “поиск”, “адекватность”. В настоящее время отсутствует не только общепризнанное толкование смысла и значения этих слов, но и детально разработанные трактовки. В отношении слова поиск существуют, по-видимому, два уровня понимания. На предметно-содержательном, наглядном уровне, обусловленном в основном практическими работами в области идентификации, поиск осознается как сложная интеллектуальная деятельность, в которой доминирующую роль играют технологические и теоретические знания, интуиция, здравый смысл и жизненный опыт субъекта идентификации, его профессиональная подготовка в области процесса решения практических проблем идентификации. Для возникновения научного понятия поиск, необходимо целостный наглядный образ реальных процессов, которые могут быть обозначены словом поиск, выразить на языке теории идентификации. В настоящее время подобное адекватное отображение невозможно осуществить из-за фактического отсутствия в словаре теории языковых средств психологии, общей логики, методологии и философии науки, системного анализа, принятия решений, необходимых для описания творческой деятельности. Более того, доминирование в теории идентификации уровня строгости классической, чистой математики значительно затрудняет применение аппарата перечисленных дисциплин в научных работах по идентификации. Поэтому отображению на дисциплинарный уровень подвергается не весь наглядный образ, а его отдельные

фрагменты. Аналогичная, если не более сложная, ситуация со словом “адекватность”. Математическое моделирование и исследование актуальных проблем локальных фрагментов, но без учета реального контекста этих фрагментов — вот что представляет сейчас математическая теория структурной идентификации. Ее дальнейшее развитие — учет реального контекста, но это можно будет сделать, когда появится возможность не только отобразить весь наглядный образ на дисциплинарный уровень, но и отыскать математические основы структурной идентификации.

Предположим теперь, что без ограничения допускается применение новых языковых средств. Решит ли это все проблемы структурной идентификации? На описательном уровне — да, так как появится возможность зафиксировать в словесной форме различные реализованные варианты структурной идентификации. Однако скоро обнаружится, что зафиксированные варианты существенно зависят от индивидуальных способностей субъекта идентификации и от уникальных характеристик проблемных ситуаций, в которых субъект принимал решение. Ввиду этого собранный архив практически бесполезен как средство непосредственного обучения методологиям структурной идентификации. Для выхода на новый уровень исследований, позволяющий широко применять математический аппарат, необходимо отыскать математические основы структурной идентификации. Это требует таких успехов в моделировании реальной структурной идентификации, такого скачка в понимании, который может не наступить в обозримый период времени.

Уточним используемую терминологию. В теории идентификации широко распространено словосочетание “структура (математической) модели объекта”. Его применение не вызывает особых трудностей у специалистов; смысл этого выражения интуитивно ясен. Сложность вызывает проблема обоснования употребления слова “структура”. В современной математике это слово давно уже превратилось в термин, имеющий точно определенный смысл, который существенно отличается от традиционно принятого в теории идентификации. Поэтому далее всегда употребляется выражение “тип модели объекта”, которое трактуется как семейство уравнений, которому принадлежит модель объекта. В остальных случаях (когда из контекста ясно, что речь идет не о математической модели) употребление слова “структура” не вызывает внутренних возражений; например, в составе выражения “структура содержательной модели объекта”.

Исследования по структурной идентификации, представленные в сборнике [1], охватывают следующие темы: математический выбор типа ковариационной матрицы выхода многомерной системы [9]; математический выбор порядков дискретных динамических моделей на основе ранговых критериев [10]; математический выбор типа модели нелинейного динамического объекта [11]; оценивание достоверности методов решения задач практической идентификации [12]; структурная идентификация как процесс перехода от идеи к адекватной математической задаче [13]; локальная и глобальная идентифицируемость типа модели в пространстве состояний [14, 15]; автоматизация процесса структурной и параметрической идентификации [16]; математический выбор типа модели нелинейной системы из нескольких се-

мейств нелинейных дифференциальных уравнений при различных входных воздействиях и процессах [17, 18]; условная идентификация объектов управления [19]; многометодная технология построения математических моделей технических систем в условиях структурно-параметрической неопределенности [20]; многомерный статистический контроль технологического процесса по регрессионным остаткам [21].

Остановимся подробнее на работах [9, 13]. В первой из них рассмотрена многомерная система, у которой связь между выходами и входами описывается общей линейной регрессионной моделью. Имеется конечный набор статистически независимых одинаково распределенных векторов наблюдаемых выходов объекта. Относительно ковариационной матрицы каждого вектора известно только, что она принадлежит коммутативной матричной алгебре. Одновременно решаются три задачи:

- разрабатывается алгоритм выбора “наилучшего” типа ковариационной матрицы векторов наблюдаемых выходов; тип ковариационной матрицы — семейство положительно определенных матриц, параметризованное векторным параметром;
- разрабатывается алгоритм оценивания неизвестного значения векторного параметра выбранного типа ковариационной матрицы;
- разрабатывается алгоритм оценивания неизвестного значения вектора параметров неслучайной компоненты общей линейной регрессионной модели.

“Наилучший” тип ковариационной матрицы выбирается на основе последовательной проверки гипотез, нацеленной на поиск наиболее простого типа, согласующегося с наблюдениями. Оценка неизвестного значения векторного параметра выбранного типа конструируется так, что она равномерно оптимальна в классе несмещенных и в классе инвариантных оценок, если истинная ковариационная матрица принадлежит выбранному типу. Исследование [9] выполнено с максимальным применением наиболее математически обоснованных статистических алгоритмов в лучших традициях математической теории структурной идентификации; и в этом смысле оно может рассматриваться как эталон математического исследования в области структурной идентификации.

В настоящее время существуют две точки зрения на возможность практического применения результатов подобных работ. В рамках подхода, который условно назовем первым, считается — если на основе априорной информации можно обосновать условия и требования математической задачи, то ее решение можно использовать в процессе поиска решения практической задачи без проверки практической эффективности применяемых математических средств. В рамках второго подхода математическая задача и ее решение рассматриваются как элементы математического аппарата, который требуется настроить на конкретные свойства условий и требований практической задачи. Для этого необходимо в применяемом математическом аппарате выделить или ввести параметры, которые можно настраивать по априорной информации и апостериорным измерениям, причем в контур настройки обязательно должен быть включен субъект структурной идентификации. Например, в работе [9] таким настраиваемым параметром может быть уровень значимости. Анализ полезности каждого подхода представляется важным.



В работе [13] сделана попытка создать концепцию структурной идентификации, учитывающую наличие человеческого фактора и выделяющую в явном виде некоторые базовые элементы математических основ структурной идентификации. Концепция включает в себя:

- признание интуиции, жизненного опыта и здравого смысла в качестве основных инструментов субъекта структурной идентификации; установку на описание в явном виде роли и значения присущих только человеку способностей в механизмах структурной идентификации; представление, что в рамках структурной идентификации в целом имеет место доминирование ценности творческих способностей человека над ценностью современного теоретического знания, и так будет всегда;
- представление о наличии различных типов структурной идентификации; понимание структурной идентификации в узком смысле как особой человеческой деятельности, направленной на построение адекватной математической постановки практической задачи;
- нормативную схему структурной идентификации в узком смысле содержащую стадии “разработка содержательной постановки практической задачи”, “выбор математической задачи с заданными параметрами”, “поиск адекватных значений заданных параметров математической задачи”, а также этапы “коррекция содержательной постановки практической задачи”, “предварительный выбор адекватной постановки”, “поиск решения пробной постановки практической задачи”, “синтез математического описания автоматической системы”, “разработка прототипа автоматической системы”, “тестирование прототипа автоматической системы на соответствие желательным для субъекта идентификации требованиям”;
- идею алгоритмизации этапа “предварительный выбор адекватной постановки” на основе формулировки, выбора и решения математических постановок предварительного выбора.

Традиционно наука идентификации рассматривается как часть прикладной математики, понимаемой в том первоначальном смысле, который приписывался термину “прикладная математика” в период его возникновения и введения в язык науки. Предметом ее изучения и осмысления является особый тип человеческой деятельности, направленный на создание адекватных описаний реальности, необходимых, в первую очередь, для практического применения современного математического аппарата. Идентификация — процесс, основное содержание которого заключается в порождении знания, необходимого для “запуска” в дело (практику) методов и алгоритмов математики. Разнообразны типы идентификации. Например, все фундаментальные исследования в области физики по своему изначальному смыслу являются процессами идентификации. Особые трудности вызывает проведение идентификации разнообразных систем с управлением, особенно — организационных и социально-экономических. Изучение и осмысление процессов идентификации на уровне теории требует наличия специалистов, обладающих междисциплинарным мышлением и фундаментальными знаниями, прежде всего в областях классической и вычислительной математики, логики, математической теории управления, физики, психологии, социологии, экономической тео-

рии, философии науки, истории математики и естествознания, герменевтики, системного анализа, имеющих значительный практический опыт реализации идентификационных проектов. Для подготовки подобных специалистов необходимы соответствующие условия, которые легче всего реализовать в рамках уже существующих в Российской академии наук научных школ идентификации.

3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

Математические проблемы теории управления обсуждаются в большинстве представленных исследований. Однако полностью этой теме посвящено 38 статей, охватывающих в основном задачи управления, проектирования, наблюдения, фильтрации и оптимизации. В работе [22] рассмотрена задача синтеза наблюдателя для нелинейной системы, подверженной внешним возмущениям; предложен блочный подход к ее решению; для восстановления неизмеряемых компонент вектора состояния и внешних возмущений применен метод эквивалентного управления. В работе [23] представлен робастный алгоритм для получения оптимального фильтра, основанного на создании скользящего режима регулирования для компенсации возмущений.

В работе [24] исследована проблема синтеза системы управления многосвязным объектом на основе технологии вложения, построен алгоритм синтеза линейного закона управления с регулятором и предкомпенсатором. В качестве примера выбран объект в виде модели пространственного движения вертолета. Обсуждены вопросы практической реализации предлагаемого алгоритма. В работе [25] доказаны две теоремы, одна из них говорит о том, что “решение линейного обыкновенного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами, продолженное четным образом на отрицательную полуось времени, как независимого аргумента, есть положительно определенная функция”. Другая определяет интервал независимого аргумента, на котором эта положительно определенная функция не есть тождественный нуль. Показано, как эти теоремы могут быть применены в теории устойчивости движения, теоретической физике и теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

Характерная особенность исследований, прежде всего, по теме “стохастические системы” — подробное описание постановки и результатов вычислительных экспериментов. Разработан метод синтеза оптимального фильтра для нелинейной системы с полиномиальной нелинейностью и линейным каналом наблюдения и приведены результаты сравнения предложенного алгоритма фильтрации с фильтром Калмана-Бьюси [26]. Условно-марковские системы со случайной сменой структуры рассматриваются в работе [27] с подробным описанием результатов вычислительных экспериментов. Сформулирована задача управления наблюдениями [28] для нового класса нелинейных систем с непрерывным временем. Управление переключением каналов наблюдений, в одном из которых шумы зависят от состояний и оценок, позволяет получить существенный выигрыш в точности оценивания по сравнению с наблюдениями, использующими лишь один канал, что проиллюстрировано модельным примером.

Исследована проблема линейного оценивания гильбертова случайного элемента с корреляционным опера-

тором Гильберта — Шмидта [29]; для параметрической идентификации системы, описываемой стохастическим дифференциальным уравнением, применен метод моментов, результаты проиллюстрированы модельным примером системы второго порядка [30].

Задача непараметрического оценивания плотностей распределений с “тяжелыми хвостами” рассмотрена в работе [31]. Суть предложенного метода состоит в преобразовании исходных данных к конечному интервалу и использовании трансформированной ядерной оценки типа Розенблатта—Парзена. Возможные практические применения метода — оценки рисков, характеризующихся сочетанием малой вероятности и больших потерь.

В работе [32] исследована проблема разделимости аддитивных компонент двумерных степенных рядов, связанная с задачей фильтрации двумерных изображений; в докладе [33] рассмотрена задача вычисления моментов распределения фазового вектора стохастической нелинейной системы. Исследование [34] посвящено нахождению точных (явных) решений для одномерных и переходных распределений процессов в конечномерных непрерывных линейных и нелинейных стохастических дифференциальных системах.

В работе [35] предложен общий подход к формированию двойственных оценок для широкого класса задач дискретной оптимизации; в докладе [36] исследована минимаксная модель квадратичного программирования с неопределенными параметрами, доказано существование минимаксной стратегии, предложен сходящийся алгоритм ее вычисления. В работах [37, 38] рассмотрены математические методы и алгоритмы определения мест бурения нефтедобывающих скважин на допустимом множестве координат; рассмотрена задача выбора режимов работы скважин, которые минимизируют долю попутной воды в добываемой продукции при условии выполнения плана добычи нефти.

4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проблемы идентификации медико-биологических систем обсуждаются в исследованиях, которые совокупно охватывают разные уровни организации этих систем — кроветворные системы, миокардиальная ткань, сердечно-сосудистая система, физиологические системы старения организмов, мониторинговые системы здравоохранения.

Вводная часть исследования [39] интересна общим обзором тенденций современного идентификационного моделирования медико-биологических систем, суть которых усматривается в “анализе пространства задачи”, в учете общих целей математического моделирования, предопределяющих выбор критериев адекватности модели. Массовое внедрение в технологию моделирования компьютерных средств и большого ассортимента вычислительных алгоритмов открывает новые перспективы “задачно ориентированного” применения моделей в научных исследованиях и в сервисных рутинных приложениях — в биомедицинских лабораториях и в клиниках. В качестве конкретного примера анализируются тенденции моделирования геронтологических задач, обсуждается следующий вопрос: почему прямые исследования механизмов старения на человеческих популяциях не дают убедительных результатов? Ответ, конечно, прост — с человеческими популяциями невозможно (и не должно) экспериментировать, но чтобы, все-таки, иметь возмож-

ности решать геронтологические проблемы человечества, необходимо искать подходящие экспериментальные модели — от мух до лабораторных крыс. Привлечение геронтологической информации, относящейся к разным животным, позволяет выдвигать вполне содержательные гипотезы, пригодные как для математического моделирования, так для натуральных популяционных экспериментов с животными. В заключение исследователи возвращаются к общей теме классификации целей математического моделирования и выделяют следующие четыре: технологические, научные, квалификационные, прочие. Приветствуя первые две, они не советуют увлекаться прочими, тем более что этому способствуют широкие возможности компьютерных презентаций.

На примере конкретной задачи структурной идентификации миокардиальной ткани, решаемой на основе функциональных данных — результатов электрофизиологических измерений, в работе [40] обсуждается общая проблема адекватности традиционных физико-математических моделей и методов тем новым задачам, которые возникают в теоретической биофизике. Сформулирована конкретная обратная задача системной реконструкции биологической ткани, дан обзор известных методов математической физики и предложенных математических моделей. Главный результат работы — новый метод вычисления структурных (топологических) характеристик многомерной сетевой модели ткани по функциональным данным, описывающих распределение в ткани электрического потенциала.

Одна из наиболее трудных проблем современной гематологии — регуляция кроветворения, потребность в которой возникает при пересадках костного мозга. Обычно такая регуляция осуществляется с помощью цитостатических препаратов, эффективность которых зависит от доз и моментов времени введения, а передозировки чреваты тяжелыми токсическими поражениями кроветворной системы. В работе [41] представлена математическая модель кроветворения (в виде кинетических уравнений гранулоцитарного роста и дифференцировки клеток), которая позволяет оценивать токсическое действие цитостатических препаратов на разных уровнях кроветворения. Приведены результаты модельно-компьютерных экспериментов, в которых имитировались разные режимы введения препаратов с целью идентификации динамики восстановления системы кроветворения.

Работы [42, 43] посвящены задаче идентификации формы пульсовой волны в артерии с помощью нелинейного дифференциального уравнения второго порядка, в котором совмещены два типа нелинейных функций (при первой производной) из уравнений Ван-дер-Поля и Рэлея. Для практической реализации процедуры выбора значений параметров нелинейной функции по входным данным, которые, кроме амплитуды регистрируемой волны, содержат еще первую и вторую производные по времени, применен метод нейросетевой аппроксимации. Выбор метода идентификации исследователи обосновывают следующим категоричным образом: “Все физическое многообразие может быть представлено в форме достаточно простых модельных уравнений. Например, широко распространенное колебательное движение различных систем может быть описано уравнением Ван-дер-Поля”. Однако далее они же сами показывают, что для описания пульсовой волны одного уравнения



Ван-дер-Поля недостаточно и предлагают “скрестить” его с уравнением Рэлея.

Методологии и программному обеспечению построения математических моделей влияния внешних факторов на здоровье населения посвящена работа [44]. Исследователи считают свою задачу неформальной и ответственной. Поэтому предлагают системный подход, учитывающий многофакторные превратности нашей социальной жизни. Приведены результаты корреляционного анализа влияния разных вредных производственных факторов на здоровье работников железнодорожного транспорта Нижнего Новгорода. Кроме корреляционного анализа (начального этапа мониторинга здоровья населения не только Нижнего Новгорода, но и всей России), предложены программные средства подбора прогностических моделей регрессионного анализа, которые могут, как считают авторы, “приоткрыть дверь в будущее и проанализировать, что же будет происходить в прогнозируемом периоде времени при действии существующего сочетания факторов”.

5. ИДЕНТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Существенное внимание в исследованиях, посвященных проблемам идентификации и управления организационными и социально-экономическими системами, уделено учету человеческого фактора и теоретико-игровым методам в условиях переходного периода к рыночной экономике, в частности теории активных систем. Так, в работе [45] с позиций этой теории исследуются такие свойства информационного управления, как согласованность и стабильность, и их влияние на эффективность управления; доклад [46] посвящен применению теории активных систем для идентификации индивидуального предложения труда; в работе [47] рассматривается активное проектирование как технология создания эффективных социально-экономических объектов в нестабильной экономике.

Исследование [48] посвящено вопросам выбора критериев и построения математической модели функционирования и эффективности городского жилищно-коммунального хозяйства в зависимости от структуры собственности на жилые дома. В работе [49] обсуждаются проблемы разработки моделей и методов финансово-экономического анализа проектов развития естественной монополии и предлагается соответствующий комплекс имитационных моделей. Имитационная динамическая модель для разработки стратегии развития предприятий минерально-сырьевой направленности, включающая в себя блоки производства, маркетинга, финансирования, экологии и др., предлагается в работе [50]. Концепция стратегического управления предприятием в условиях перехода к рыночной экономике рассматривается в докладе [51].

Проблема идентификации процессов взаимодействия субъектов и объектов интеллектуальной собственности в Интернете в классе графоаналитических моделей изучается в работе [52]. Разработанные модели позволяют упростить исходную проблему идентификации сложных динамических процессов правового регулирования субъект-объектного взаимодействия с помощью синтеза в интерактивном режиме персонализирован-

ных графических примитивов для рассматриваемой предметной области.

Работа [53] посвящена вопросам оценки интегральной гибкости управления для предприятий различных отраслей по статистике объема реализаций за 1996—2000 гг. В работе [54] проанализировано влияние слияния коалиций на их мощность; построение психологического портрета покупателя на основе методов когнитивной психологии и психодиагностики личности осуществлено в работе [55]. Вопросы идентификации системы обработки информации на промышленном предприятии с целью определения экономической эффективности использования вычислительной техники изучаются в докладе [56]; проблемы построения моделей “адекватного управления” в процессе становления и развития крупного предприятия исследуются в работе [57].

6. ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ

В исследованиях, посвященных проблемам построения и исследования систем, нашли отражение темы “Нейронные сети и нечеткие системы”, “Интеллектуальные системы”, “Принятие решений”, “Сложные системы” и “Адаптивные и робастные системы”.

Нейронные сети и нечеткие системы. В исследовании [58] предложен метод синтеза адаптивного управления с нечетким регулятором, который обладает способностью, как утверждается, аппроксимировать нелинейные функции любой сложности с любой точностью. Благодаря этой способности проблема адаптации сводится к задаче поиска решения системы линейных дифференциальных уравнений. Основные этапы синтеза проиллюстрированы соответствующими формулами для случая, когда закон настройки значений параметров нечеткого регулятора определяется из условия устойчивости адаптивной системы по Ляпунову.

В работе [59] обсуждаются возможности реализации системы идентификации в нечетких системах управления с применением адаптивных фильтровых полей. Главная идея — интерпретация понятия “информация” с позиций механики сплошных сред. Дается развернутый анализ отображений информации в виде частотных спектров, нечетких данных и дискретной логики. Возможности построения управляющих систем нового поколения с помощью старой модели формального нейрона исследуются в работе [60]. Оказывается, старую модель следует обновить с учетом физиологических свойств реального нейрона и создать модель “технического нейрона”, например, в виде дискретного узла решающего поля, помещаемого в интегральное решающее поле нейросети.

В работе [61] предложены обобщенные описания множеств, которые, по мнению исследователя, более подходят для представлений структур и функций сложных систем. Желание взглянуть “с единых позиций на нечеткость, вероятность, интервальные и другие модели неопределенности” вполне понятны, но не понятно, зачем новые обобщенные описания втискивать в старое “прокрустово множество”. Пусть множества остаются множествами со всеми их достоинствами и недостатками. Новорожденным математическим объектам следует давать и новые имена.

Методы распределения элементов в модули при разных условиях неопределенности изложены в работах

[62, 63]. Основная находка исследователя: неопределенности можно преодолевать нечеткостью. В работах [64, 65] продемонстрированы результаты компьютерного моделирования нейроподобных структур мозаичного типа, ячейки которых наделяются бинарными свойствами случайных переключений, зависящими от предыстории; в кинетике роста монофазных областей обнаружены степенные законы, моделирующие самоорганизацию диссипативных структур; фрактальность показателя степенного закона используется для оценки персистентности и антиперсистентности процесса переключательной эволюции.

Интеллектуальные системы. Исследования по этой теме охватили различные этапы разработки интеллектуальных систем, включая построение формальной модели предметной области, спецификацию процессов вывода и обработки информации в терминах этой формальной модели, конструирование пользовательского интерфейса, сборку, тестирование и отладку прикладной интеллектуальной системы. Реализация изложенных предложений ведет к построению высоконадежных интеллектуальных систем. Исследования можно разделить на несколько групп. Первая группа включает в себя работы [66–68], посвященные проблемам создания и функционирования баз данных и баз знаний; вторая — [69–72], в которых изучаются проблемы качества программного обеспечения, предназначенного для интеллектуальных систем. В третью группу входят работы [73–78] по моделированию систем. Особое положение занимают исследования [77, 78], посвященные принципам компьютерного моделирования грамматики и семантики ритмического текста на основе модели порождения и восприятия ритмической структуры стиха.

В отдельную группу можно выделить работы [79, 80] по графическому отображению информации. Работа [80] посвящена актуальной проблеме развития графического интерфейса, качественно улучшающего взаимодействие человека с компьютером; рассматриваются различные возможные проблемные области применения систем интерфейсов с когнитивной компьютерной графикой, а также затрагиваются вопросы практической реализации интеллектуального инструментария для проектирования систем, использующих когнитивную компьютерную графику.

Принятие решений. В работе [81] рассматриваются методы компьютерной поддержки принятия групповых решений. Показана взаимосвязь методов поддержки согласования с характером процесса переговоров и проблем, подлежащих согласованию. Рассмотрена структура компьютерной системы поддержки принятия групповых управленческих решений, обсуждены некоторые методы поддержки проведения переговоров с ее применением.

Одна из основных и самых трудных задач в системах поддержки принятия решений состоит в автоматической генерации альтернативных вариантов решений. Инструментом для её решения может стать нейронная сеть, которая в теории искусственного интеллекта рассматривается как средство моделирования интуиции и правдоподобных рассуждений человека. На основе результатов исследования информационных технологий в работе [82] предложены новые алгоритмы обучения нейронной сети, позволяющие уменьшить ошибку распознавания и время обучения. В работе [83] обсуждаются

нейро-нечеткие методы построения системы ситуационного управления поведением сложной технической системы на основе текущей информации. В качестве машины логического вывода экспертной системы для решения проблемы идентификации и прогнозирования предлагается применять нейросетевую модель, позволяющую принимать решение по управлению сложной технической системой в условиях принципиальной неполноты и неточности исходной информации.

В поиске решений задач управления сложными объектами, к которым, в частности, относится горное производство, наибольший груз ответственности лежит на процедуре принятия решений главным специалистом производства — ЛПР. Такие объекты плохо формализуемы, например, в смысле управления качеством выходного продукта. К ним сложно применить аппарат математического программирования, построить математические модели объектов и т. д. Да и сама процедура принятия решения “вязнет” в сложной иерархии задач. В работе [84] рассматриваются компьютерные методы принятия решений в задачах оперативного (текущего) управления, необходимость и форма которых обоснованы эксплуатацией на нескольких предприятиях компьютерной технологии информационной поддержки “АНКАР”, разработанной в Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. Задачи оперативного управления могут быть фрагментами как упомянутой выше глобальной задачи управления качеством продукции, так и локальных задач, и должны отслеживать их критерии. В работе [85] рассмотрен подход к построению программного комплекса для решения задачи поддержки принятия решений в управлении производством. Основные проблемы, возникающие при построении таких систем, заключаются в технической стороне хранения информации и алгоритмической организации вычислений. После предварительной обработки исходных данных программой производится машинная или человеко-машинная оценка полученных в результате вычислений “полуфабрикатов” решений, на основе которой ЛПР выбирает рациональное решение — “эффективный” путь направленного графа.

В работе [86] предложен новый класс моделей со свойством ассоциативной памяти для изучения явлений в больших социальных системах. Модели имеют структуру, сходную со структурой нейросетевых моделей хопфилдовского класса. Учет в предложенной концепции интеллектуальных свойств, присущих субъектам общественных процессов, позволил в последнее время значительно расширить круг явлений, моделирование которых становится возможным. В частности, учет возможностей субъектов строить прогнозы ситуаций и принимать решения, основанные на этих прогнозах, приводит к совершенно новым свойствам решений, основное из которых состоит в возможности появления многозначных решений. На уровне большой общественной системы это приводит к появлению множества способов поведения такой системы, т. е. сценариев развития событий. Обсуждаются следствия такого поведения для моделирования процесса принятия решений, а также некоторые аналогии с поведением квантово-механических систем.

Сложные системы. В работе [87] рассмотрена модель партнерства двух участников. Сначала партнеры сотрудничают для достижения общей цели; когда же один из



партнеров отказывается сотрудничать, возникают уже две цели: по одной для каждого партнера. В работе [88] исследуется вопрос, как можно стабилизировать колебания бизнес-активности путем управления хаотическим режимом в модели производства и инвестирования в фирме, имеющей финансовые ограничения. Предложен новый метод управления хаотическими движениями систем, применен аппарат нелинейных разностных уравнений. Решение проблемы синхронизации трехмерной хаотической системы дано в докладе [89]. Процесс синхронизации базируется на наблюдателе специального типа, приведены примеры синхронизации нескольких известных систем. В работе [90] излагается метод для определения размерности вложения для одно- и многовыходных временных рядов, представлены результаты моделирования известных хаотических систем.

В работе [91] обсуждается следующая проблема. В последнее время в Интернете возникла потребность в услугах повышенного качества. Как избежать дорогостоящих ожиданий? Предлагается использовать архитектуру дифференцированных услуг, метод решения задачи интернет-маршрутизации основан на теоретико-игровой модели. В работе [92] предложен последовательный алгоритм выбора как структуры, так и значений параметров системы; результаты проиллюстрированы двумя примерами. Прямой цифровой алгоритм, приводящий к замкнутой системе второго порядка с фиксированным коэффициентом затухания, приведен в работе [93]; представлены результаты компьютерного моделирования.

Адаптивные и робастные системы. В работе [94] для настройки регуляторов и идентификации нелинейного многосвязного объекта используются полигармонические тестовые воздействия; предложенные критерии локальной и глобальной адаптируемости обобщают ранее полученные аналогичные критерии для класса линейных объектов. Алгоритмы активной идентификации на основе корреляционных методов изучаются в докладе [95]. В работе [96] рассматривается вопрос о влиянии параметрической неопределенности объекта на устойчивость и качество переходных процессов в системах управления. В [97] исследуется задача синтеза линейного цифрового регулятора методами модального управления, приводится сравнение предложенных и цифровых ПИД-регуляторов. Работы [98–100] посвящены различным вопросам разработки программного обеспечения конечно-частотных методов идентификации; описаны возможности моделирования адаптивных систем в пакете программ АДАПЛАБ и приведены примеры работы с этим пакетом; рассмотрены также МАТЛАБ-приложения конечно-частотного метода для многомерных систем.

7. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Более трети всех промышленных приложений, рассмотренных в представленных исследованиях, относятся к химической промышленности, еще четверть — к машиностроению, остальные — к металлургии, энергетике, транспорту, агропромышленному комплексу и др., наиболее употребительными остаются “классические” методы, прежде всего различные модификации метода наименьших квадратов и фильтра Калмана. В работе [101] на примере задач управления дистилляционной колонной дано сравнение подходов, основанных на дедуктивном моделировании процесса (с учетом общих

физико-химических закономерностей), H_2 - и H_∞ -теорией. Работы [102, 103] посвящены, соответственно, стабилизирующему ПД-управлению нелинейными химическими реакторами и ПИ-управлению температурным режимом полиэтиленового реактора с акцентом на обеспечение робастной устойчивости. Задача одновременного выбора значений параметров и оценивания состояния процессов ацетон-бутаноловой и этаноловой ферментации решается в работе [104] с помощью расширенного фильтра Калмана; дано сравнение с винеровской и линеаризованной калмановской фильтрацией, с результатами моделирования и экспериментов. В работе [105] применяются нелинейные прогнозирующие модели для управления полимеризацией метилметакрилата. Теория нечетких систем в сочетании с нейросетевым подходом применяется в исследовании [106] для идентификации процесса рН-нейтрализации, а в работе [107] — в сочетании с иерархическим вариантом метода группового учета аргументов для динамического моделирования нефтеперерабатывающего предприятия. В работе [108] рассматриваются проблемы выбора структуры (порядка) и значений параметров субоптимального регулятора температуры парогенератора.

Нейросетевой подход и нечеткая логика в рамках экспертной системы применяются в работе [109] для диагностики электроприводов подвижных объектов. Численные методы типа Рунге–Кутты применяются в исследовании [110] для оптимизации нелинейной модели системы зажигания двигателя внутреннего сгорания. В работе [111] предложен обобщенный метод построения нелинейных оценок наименьших квадратов для параметрической идентификации синхронного генератора; в работе [112] описан опыт применения средств мехатроники для электродинамического моделирования и проектирования силовых электроприводов нефтеперерабатывающего предприятия; работа [113] посвящена применению робастной версии фильтра Калмана для диагностики, локализации неисправностей и проектирования отказоустойчивых систем “датчики — исполнительные механизмы” в авиастроении; для управления температурным режимом стекольного производства в работе [114] применены численные методы и компьютерное моделирование.

Как традиционное направление работ в области промышленных приложений для металлургического комплекса можно отметить исследования [115, 116]. В работе [117], посвященной вопросам повышения качества продукции в винодельческой отрасли, рассмотрена многоконтурная система управления с идентификатором в контуре обратной связи и группой ЛПР во внешнем контуре. Попытки строить полностью автоматические системы управления в указанной отрасли обречены на неудачу, поскольку только ЛПР (в данном случае дегустатор) имеют безусловный приоритет в оценке качества готовой продукции перед физическими и химическими результатами экспресс-анализа. Поэтому разработка адаптивной автоматизированной системы с применением алгоритмов параметрической идентификации представляется весьма актуальной. Работы [118–120] по исследованию систем управления движением мобильных роботов, кроме прикладного аспекта, обращают на себя внимание тем, что системы рассматриваются в условиях неустойчивости характеристик роботов.

Изначально возникнув как прикладная дисциплина, теория идентификации продолжает оставаться таковой и в настоящее время. Это обеспечило ей выживание в новых рыночных условиях, привлекает внимание специалистов, работающих в промышленной сфере и сталкивающихся с практическими проблемами управления, которые являются неиссякаемой питающей средой для науки. Поэтому нельзя в сколь угодно обозримом будущем говорить о решении всех вопросов теории идентификации, или о ее близком закате. По сравнению с предыдущим сборником [121] существенно расширилась география представленных исследований. Это свидетельствует не только о возрастании общественного интереса к проблемам идентификации, но и о том, что научные исследования в области проектирования систем управления не утасли в регионах, несмотря на нерешенные проблемы финансирования науки. Содержание исследований составляют не примеры тиражирования эталонных прикладных разработок теории идентификации в различные отрасли промышленности, а скорее примеры инноваций: создание и внедрение прототипов новых систем идентификации.

8. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Организация конференций по проблемам идентификации и управления позволяет лишь частично скомпенсировать влияние факторов, обусловленных постоянным ухудшением кадрового обеспечения научного направления, принципиально не устраняет основную причину кризиса — крайне низкую оплату фундаментальных исследований, которая не стимулирует приток молодых специалистов в российскую науку, более того, способствует оттоку продуктивных ученых из данной сферы деятельности. Можно ли изменить ситуацию? Конечно, если признать, что базовое бюджетное финансирование и средства федерального бюджета, полученные от сдачи помещений в аренду, выделяются институтам РАН для финансирования фундаментальных исследований и условий, обеспечивающих их нормальное проведение. К числу этих условий относятся, по нашему мнению, не только традиционные компоненты (помещения, научное оборудование, административно-управленческий персонал), но и научно-практическая и чисто практическая инновационная деятельность сотрудников института РАН в рамках заключенных хозяйственных договоров. Данную деятельность предлагается поддерживать за счет средств федерального бюджета только путем предоставления помещений и научного оборудования. Выделение институтам РАН средств на предлагаемые ими фундаментальные темы должно, по-видимому, соответствовать (в определенном смысле) практике выделения средств под проекты, которой придерживается РФФИ. Последнее означает, что каждое отделение РАН должно включать в себя подразделение, в определенном смысле напоминающее РФФИ. Естественно, для институтов РАН должна быть выбрана более «мягкая» конкурсная система, чем у РФФИ. Необходимо также разрешить институтам РАН в плане официально утвержденных работ иметь не только фундаментальные, но и прикладные инновационные темы. Отличие прикладной темы от фундаментальной, на наш взгляд, состоит в том, что фундаментальная тема финансируется РАН, а прикладная — из источников, которые обязан изы-

скать руководитель данной темы. В результате сотрудник института РАН может быть исполнителем фундаментальной или прикладной инновационной темы, исполнителем обеих тем, или даже исполнителем нескольких фундаментальных тем (научных проектов). Если сотрудник является участником нескольких фундаментальных тем, оплата его научной деятельности определяется поступлениями по каждому выполняемому проекту и может быть значительно больше, чем должностной оклад, который, по-видимому, следует рассматривать как минимальный размер оплаты за деятельность в рамках одной фундаментальной темы. Возможность сотрудника академического института не быть занятым в выполнении работ по фундаментальной теме может быть обоснована необходимостью его участия в создании эталонных положений фундаментальной науки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Идентификация является обязательным элементом и наиболее сложной стадией поиска решений актуальных практических задач. Именно в процессе реальной идентификации создаются все описания реальности, необходимые в качестве исходных данных для эффективного практического применения математических методов и сложных наукоемких технологий. Ввиду этого разработка методов и в алгоритмов идентификации приобретает сейчас исключительно важное значение для фундаментальной науки. Развитие теории идентификации в классическом направлении сейчас так же актуально и практически значимо, как и в 1950-е гг., когда она зародилась под влиянием насущных проблем практики. Постоянная необходимость в оптимизации процесса решения практических проблем путем рациональной идентификации стимулирует прогресс теории в классическом направлении. Поэтому по-прежнему актуальны для фундаментальной науки такие области исследования, как математические методы параметрической или непараметрической идентификации, математическая теория структурной идентификации, математическое моделирование систем, математические проблемы управления с оперативным идентификатором.

Развитие теории идентификации в неклассическом направлении, основанное на признании решающей роли человеческого фактора в процессе структурной идентификации, имеет исключительно важное значение для поиска решений трудных (существенно нестандартных) практических задач. Поэтому в рамках фундаментальной науки актуальны такие области исследования, как разработка концептуальных основ теории управления, особенно тематики системных и общесистемных закономерностей функционирования глобальных систем, создание методов построения нормативных схем структурной идентификации, разработка методов идентификации организационных и социально-экономических систем.

Несомненно, что наиболее полное теоретическое исследование проблем реальной идентификации возможно только в контексте всей человеческой деятельности по поиску решений практических задач. Реализация этой идеи естественно влечет за собой:

- представление на модельном уровне поиска решения в виде системы процессов, включающей идентификацию;



- направленность исследовательской деятельности на изучение объектов, свойств и отношений идентификационного процесса в рамках различных схем поиска.

Теоретически подобный системный подход должен привести к созданию системных (по сравнению с существующими) методологий идентификации для различных типов практических задач, к построению системных методологий практического применения математического аппарата теории управления.

Теория идентификации как научная дисциплина, в которой порождается и концентрируется рациональное знание о механизмах идентификации, прежде всего, технологических процессов, может в силу своей уникальной проблематики всегда рассматриваться в качестве базисного направления современной науки. Однако постоянный общественный интерес к любому направлению человеческой мысли определяется не только прошлыми заслугами и объявленными целями, но и содержанием текущих научных исследований: насколько хорошо в этих исследованиях отражаются актуальные проблемы и задачи текущего периода развития науки и практики. И в этом отношении теория идентификации сталкивается с существенными трудностями. В первую очередь, они обусловлены разрушением кадрового обеспечения научного направления в связи с недостаточным финансированием фундаментальных исследований. Вторая проблема, органично связанная с первой, вызвана быстрым развитием некоторых дисциплин, которые входят в фундаментальный базис теории идентификации, в частности, математической теории систем, теории принятия решений, когнитивной психологии и методологии науки. Это развитие находит слабое выражение на теоретическом уровне ввиду крайне недостаточной для нормального развития научного направления численности молодых ученых, которым обычно свойственна особая чувствительность к осознанию и применению нового знания.

Аналогичные трудности возникли, на наш взгляд, во многих научных направлениях Российской академии наук. Эти проблемы не могут быть разрешены разрозненными усилиями отдельных ученых, необходимы скоординированные коллективные действия всего научного сообщества по оптимизации своей структуры и деятельности. Историческая роль действующего сейчас поколения пятидесяти-шестидесятилетних ученых (элиты научных направлений), по-видимому, состоит в том, чтобы подготовить и осуществить адаптацию Российской академии наук к условиям существующей и будущей рыночной среды, сохранить традиционные российские научные центры фундаментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Труды* Международной конференции "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29 - 31 января 2003 г. [Электронный ресурс]. — М.: ИПУ РАН, 2003. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — ISBN 5-201-14948-0.
2. *Васильев С. Н.* Теория и применение логико-управляемых систем // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 23—52.
3. *Бутковский А. Г.* К философии и методологии проблем управления // Там же. — С. 53—60.
4. *Добровидов А. В.* Основы теории нелинейного оценивания сигналов // Там же. — С. 82—122.
5. *Алескеров Ф. Т.* Полезность, выбор и бинарные отношения // Там же. — С. 61—81.
6. *Затуливетер Ю. С.* Компьютерная информация в модели исчисления древовидных структур // Там же. — С. 790—858.
7. *Затуливетер Ю. С.* Метакомпьютинг в математически однородном поле компьютерной информации // Там же. — С. 1935—1949.
8. *Прангшвили И. В., Лотоцкий В. А., Гинсберг К. С.* Международная конференция «Идентификация систем и задачи управления SICPRO'2000 // Вестник РФФИ. — 2001. — № 1. — С. 44—57.
9. *Сысоев Л. П., Шайкин М. Е.* Идентификация структур ковариаций и построение оптимальных моделей для многомерных систем с неизвестными ковариациями наблюдений // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 215—226.
10. *Анисимов А. С., Кононов В. Т.* Структурная идентификация линейных дискретных динамических моделей на основе ранговых критериев // Там же. — С. 227—255.
11. *Бушtruk Т. Н., Бушtruk А. Д.* Структурная идентификация нелинейных динамических объектов на основе использования сумм гармонических тестовых сигналов // Там же. — С. 593—613.
12. *Абрамова Н. А.* Логический подход к анализу достоверности идентификации // Там же. — С. 651—655.
13. *Гинсберг К. С.* Структурная идентификация как процесс перехода от идеи к адекватной математической постановке прикладной задачи // Там же. — С. 147—178.
14. *Авдеенко Т. В., Каргин С. А.* О глобальной идентифицируемости линейных динамических моделей // Там же. — С. 182—194.
15. *Авдеенко Т. В.* Анализ априорной идентифицируемости динамических моделей с использованием условий ранга и порядка // Там же. — С. 195—214.
16. *Анисимов Д. Н., Колосов О. С., Никишин А.Ф., Спиридонов Д. К.* Структурная и параметрическая идентификация динамических объектов с несколькими нелинейностями // Там же. — С. 256—277.
17. *Салуквадзе М. Е., Шанишавили В. Г.* Структурная и параметрическая идентификация определенного класса нелинейных систем с обратной связью // Там же. — С. 572—582.
18. *Руруа А. А., Шанишавили В. Г.* Структурная идентификация нелинейных непрерывных стационарных систем // Там же. — С. 583—592.
19. *Фетисов В. Н.* Некоторые задачи теории условной идентификации // Там же. — С. 614—630.
20. *Бернацкий Ф. И., Дуго Г. Б., Дуго Н. Б.* Многометодная технология в задачах идентификации // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 631—636.
21. *Клячкин В. Н.* Диагностика технологического процесса по регрессионным остаткам // Там же. — С. 637—650.
22. *Краснова С. А.* Блочный подход к синтезу задачи наблюдения для нелинейных систем при наличии внешних возмущений // Там же. — С. 1047—1075.
23. *Basin M.V., Fridman L.M.* Optimal and robust integral sliding mode filter for systems with delayed observations // Там же. — С. 1076—1084.
24. *Букнов В. Н., Косьянчук В. В., Зыбин Е. Ю.* Алгоритм синтеза системы управления многосвязного объекта на основе технологии вложения // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 1136—1145.
25. *Овсеян Ф. А.* Положительно определенные функции и их приложения // Там же. — С. 2206—2232.
26. *Basin M.V., Alcorta Garcia M.A.* Optimal polynomial filter and regulator for third degree polynomial systems // Там же. — С. 2090—2105.

27. *Аверина Т. А.* Метод Монте-Карло для анализа динамики нелинейных систем со случайной структурой // Там же. — С. 2106—2121.
28. *Миллер Б. М., Степанян К. В.* Задача управления наблюдениями в системах с шумами, зависящими от состояния и оценки // Там же. — С. 1238—1251.
29. *Pankov A.R., Siemenikhin K.V.* Minimax estimation of random elements with application to infinite-dimensional statistical linearization // Там же. — С. 1277—1291.
30. *Приходько С. Б.* Выбор моментных условий для параметрической идентификации стохастических дифференциальных систем обобщенным методом моментов // Там же. — С. 1292—1301.
31. *Маркович Н. М.* Принципы оценивания плотностей распределения вероятностей с тяжелыми хвостами // Тр. междунар. конф. “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO’03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 2122—2124.
32. *Голяндина Н. Э., Некруткин В. В., Степанов Д. В.* Варианты метода “Гусеница”-SSA для анализа многомерных временных рядов // Тр. междунар. конф. “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO’03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 2139—2168.
33. *Синицын И. Н., Шайкин М. Е.* Построение приближенной модели для статистического анализа и параметрической идентификации многомерных билинейных систем // Там же. — С. 1252—1262.
34. *Синицын И. Н., Синицын В. И., Корепанов Э. Р., Белоусов В. В.* О некоторых точных решениях уравнений статистической динамики систем управления // Там же. — С. 1263—1276.
35. *Сергеев С. Н.* Общий подход для формирования двойственных оценок в задаче дискретной оптимизации // Там же. — С. 657—676.
36. *Панков А. Р., Платонов Е. Н.* Оптимальный портфель ценных бумаг в условиях априорной неопределенности // Там же. — С. 677—692.
37. *Ахметзянов А. В., Кулибанов В. Н.* Выбор управляющих воздействий при оптимизации разработки нефтяных месторождений // Там же. — С. 728—737.
38. *Ахметзянов А. В., Кулибанов В. Н.* Проблемы оперативного управления процессами разработки нефтяных месторождений // Там же. — С. 738—747.
39. *Новосельцев В. Н., Новосельцева Ж. А., Яшин А. И.* Математическое моделирование и биологическая наука (тенденции и перспективы) // Там же. — С. 279—292.
40. *Смолянинов В. В.* Задачи структурно-функциональной идентификации биологических тканей // Там же. — С. 293—322.
41. *Бабушкина Н. А.* Использование математической модели гранулоцитарного роста кроветворения для исследования токсического действия цитостатических препаратов при различных двукратных режимах введения // Там же. — С. 323—335.
42. *Суятин С. И., Буддакова Т. И., Коблов А. В.* Принципы разработки модельных уравнений для идентификации сложных систем // Там же. — С. 336—343.
43. *Суятин С. И., Буддакова Т. И.* Метод идентификации связанных систем естественного происхождения // Тр. междунар. конф. “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO’03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 344—350.
44. *Квасов А. С., Фатыхов Р. Р.* Методология и программное обеспечение построения математических моделей влияния внешних факторов на здоровье населения // Там же. — С. 351—358.
45. *Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г.* Стабилизация информационного управления активными системами // Там же. — С. 1180—1183.
46. *Заложнев А. Ю., Новиков Д. А.* Идентификация индивидуальных стратегий предложения труда // Там же. — С. 1184—1186.
47. *Павлов С. Г.* Активное проектирование — технология создания эффективных социально-экономических объектов в нестабильной экономике // Там же. — С. 1187—1193.
48. *Глазунов С. Н.* О математической модели функционирования жилищно-коммунального хозяйства // Там же. — С. 1194—1199.
49. *Ивашкина О. О.* Модели и методы финансово-экономического анализа при управлении развитием естественной монополии // Там же. — С. 1200—1209.
50. *Жаров В. С., Цукерман В. А.* Моделирование имитационных систем для разработки стратегии развития предприятий минерально-сырьевой направленности // Там же. — С. 1210—1225.
51. *Исмаилов С. Ф.* Концепция стратегического управления предприятиями в условиях перехода к рыночной экономике // Там же. — С. 1226—1236.
52. *Ботуз С. П., Новиков Д. А.* Идентификация объектов и субъектов интеллектуальной собственности в сети Internet // Там же. — С. 2033—2041.
53. *Клепарская Е. В.* Идентификация гибкости управления для отдельных отраслей промышленности // Там же. — С. 2042—2046.
54. *Горвиц Г. Г.* Некоторые проблемы формирования коалиций // Тр. междунар. конф. “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO’03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 2047—2057.
55. *Аббасов А. М., Микаилова Р. Н., Караев Р. А., Алиев Б. Г.* Идентификация психологического профиля покупателя // Там же. — С. 2058—2068.
56. *Жариков И. А., Юрьев В. М.* Идентификация системы обработки информации с использованием ЭВТ на современном промышленном предприятии // Там же. — С. 2069—2081.
57. *Такадзе Т. Ш.* О построении моделей “адекватного” управления в процессе становления/развития управления большими системами // Там же. — С. 2082—2088.
58. *Коломейцева М. Б.* Синтез адаптивных систем управления на базе нечетких регуляторов // Там же. — С. 1402—1410.
59. *Дмитренко Л. Г.* О возможности реализации системы идентификации в нечетких системах управления с применением адаптивных фильтровых полей // Там же. — С. 1411—1422.
60. *Воробьев Г. Г.* О возможности построения управляющих систем нового поколения // Там же. — С. 1423—1431.
61. *Айдемиров И. А.* Обобщенные описания множеств — математический аппарат для представления структуры и поведения сложных систем // Там же. — С. 1432—1480.
62. *Хранилов В. П.* Обоснование выбора аппарата нечетких множеств в задаче распределения элементов в модули // Там же. — С. 1481—1483.
63. *Хранилов В. П.* Нечеткая модель в задаче автоматизированного размещения элементов по критерию устойчивости к множеству дестабилизирующих факторов // Там же. — С. 1484—1487.
64. *Мельников О. Н., Мельников С. П.* Винеровский процесс как эволюция диссипативной структуры // Там же. — С. 1494—1499.
65. *Клепарский В. Г., Мельников О. Н.* Символическая динамика нейроподобной структуры с учетом персистентности // Тр. междунар. конф. “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO’03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 1500—1506.
66. *Ивашкин Ю. А.* Структурно-параметрическое моделирование информационного пространства и агентные технологии накопления знаний // Там же. — С. 763—768.
67. *Полетыкин А. Г., Байбулатов А. А.* Основы языка ABIS // Там же. — С. 872—886.
68. *Артамонов Е. И.* Особенности синтеза архитектуры и классификация интерактивных систем // Там же. — С. 1664—1686.
69. *Масолкин С. И., Промыслов В. Г., Менгазетдинов Н. Э.* Диагностика программно-технических средств с использованием интеллектуальных агентов // Там же. — С. 769—773.
70. *Байбулатов А. А., Семенов К. В., Масолкин С. И., Промылова О. А.* Разведочный анализ качества сложного программного обеспечения // Там же. — С. 774—789.
71. *Жарко Е. Ф.* Проблемы управления качеством программного обеспечения // Там же. — С. 887—923.
72. *Антонов А. В., Степанянц А. С.* Методы анализа надежности (безошибочности) программного обеспечения программно-технических средств // Там же. — С. 924—942.
73. *Золоторевич Л. А.* Разработка логико-динамических моделей МОП БИС // Там же. — С. 1704—1715.
74. *Финько О. А.* Параллельные логические вычисления, использующие избыточные представления чисел // Там же. — С. 1716—1728.
75. *Степанченко И. В.* Моделирование дискретных процессов управления динамическими объектами с учетом техниче-



- ских характеристик вычислительной системы // Там же. — С. 1729—1755.
76. *Матросова А. Ю., Андреева В. В., Останин С. А., Седов Ю. В.* Автоматизированный синтез самопроверяемых синхронных последовательностных схем (синхронных автоматов) // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 1756—1767.
 77. *Красноперова М. А.* О принципах компьютерного моделирования семантики ритмического текста // Там же. — С. 1768—1780.
 78. *Красноперова М. А., Казарцев Е. В.* О принципах хранения языковой информации и математических моделях ритмики текста // Там же. — С. 1781—1783.
 79. *Агаронян О. С.* Моделирование и сегментация иерархических изображений на основе нерегулярных случайных замощений // Там же. — С. 1696—1703.
 80. *Лебедев В. С.* О применении когнитивной компьютерной графики в интеллектуальных системах // Там же. — С. 1687—1695.
 81. *Трахтенгерц Э. А.* Компьютерная поддержка согласования управленческих решений // Там же. — С. 360—422.
 82. *Комарицова Л. Г.* Нейросетевое моделирование в системах поддержки принятия решений // Там же. — С. 423—434.
 83. *Яценко Н. Ю., Будкина Е. М.* Нейросетевая система поддержки принятия решений по управлению сложной технической системой // Там же. — С. 435—446.
 84. *Кандалов М. С., Трахтенгерц Э. А., Юрченко В. Е.* Компьютерная поддержка принятия решений на примере оперативного управления горным производством // Там же. — С. 447—460.
 85. *Кандалов М. С.* Организация данных и алгоритмическое обеспечение поддержки принятия решений на примере управления горным производством // Там же. — С. 461—467.
 86. *Макаренко А. С.* Модели общественных явлений с учетом прогнозирования и сценарные подходы в принятии решений // Там же. — С. 468—497.
 87. *Starkermann R.* Be my brother, share the bread; and if not, i crack your head! // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 944—961.
 88. *Lenci S., Delli Gatti D., Gallegat M.* A new method for controlling chaos with an application to a model of financially driven business fluctuations // Там же. — С. 962—979.
 89. *Srarkov K., Benitez S.* Synchronization of coupled nonlinear systems with complex dynamics based on the nonlinear observer // Там же. — С. 990—1003.
 90. *Ataei M., Khaki-Sedigh A., Lohmann B., Lucas C.* Determining embedding dimension from output time series of dynamical systems — scalar and multiple output cases // Там же. — С. 1004—1013.
 91. *Conforto P., Delli Priscoli F.* A game theoretic model for Internet QoS routing in differentiated-services architectures // Там же. — С. 1014—1027.
 92. *Ferreira A., Lamas R.C.P.* An RBF neural network NARX model to identify nonlinear systems in closed loop // Там же. — С. 1028—1036.
 93. *McQuade E., Rurua A.* Process control algorithm design // Там же. — С. 1037—1045.
 94. *Ядыкин И. Б.* Анализ адаптируемости нелинейных систем управления при использовании многочастотных пробных сигналов // Там же. — С. 2462—2469.
 95. *Солдатов В. В., Шаховской А. В., Жиров М. В., Маклаков В. В., Чадеев В. М.* Адаптивное управление в замкнутом контуре с использованием активной идентификации // Там же. — С. 2485—2498.
 96. *Анисимова Н. Г., Круг Е. К.* Модели оценки робастности алгоритма управления по отношению к неопределенности параметров объекта // Там же. — С. 2525—2530.
 97. *Солдатов В. В., Шаховской А. В., Жиров М. В., Макаров В. В.* Синтез робастных цифровых систем с использованием многопараметрических алгоритмов управления // Там же. — С. 2499—2511.
 98. *Александров А. Г., Орлов Ю. Ф., Михайлова Л. С.* Программное обеспечение конечно-частотной идентификации и адаптивного управления многомерными объектами // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 2531—2555.
 99. *Александров А. Г., Орлов Ю. Ф.* Пакет программ АДАПЛАБ: Новые возможности для моделирования процессов адаптации // Там же. — С. 2556—2569.
 100. *Михайлова Л. С., Баукова Н. Г.* Директивы частотной идентификации в системе ГАММА-2РС // Там же. — С. 2570—2576.
 101. *Tollet I., Lahti S., Gavrilov A.* A case study of the distillation column with emphasis upon modelling and H2/Hinf control // Там же. — С. 512—514.
 102. *Mucoz A., Loccufier M., Noldus E.* Stabilizing PD-control of a nonlinear system in process engineering // Там же. — С. 499—511.
 103. *Zahedi G. R.* Error trajectory and PI control of gas-phase polyethylene reactor // Там же. — С. 515—520.
 104. *Jahannmiri A., Rasooli H.* On-line state estimation and parameter of the acetone-butanol and ethanol fermentation with cell retention // Там же. — С. 521—528.
 105. *Rafiqzadeh M., Abbaszadeh M.* A nonlinear model based predictive control of solution polymerization of methyl methacrylate in a batch reactor // Там же. — С. 529—538.
 106. *Garcia C., Costa H.R.N.* Neuro-fuzzy identification of a pH neutralization process // Там же. — С. 539—546.
 107. *Chaudhuri R.* Dynamic simulation of performance of an indian petroleum company // Тр. Междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'03. Москва, 29—31 января 2003. — М.: ИПУ РАН, 2003. — С. 547—570.
 108. *Bogdanovic S.S.* Computer aided design of output regulator // Там же. — С. 1321—1330.
 109. *Yastrebov A.I., Gad S., Slon G., Laskawski M.* Computer analysis of electrical vehicle equipment diagnosing with artificial neural networks // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'03. Москва, 29—31 янв. 2003 г. — М., ИПУ РАН, 2003. — С. 1331—1348.
 110. *Гжизвачевский М. С., Филатова Д. В.* Оптимизация модели зажигания, описанной нелинейными жесткими уравнениями // Там же. — С. 1349—1360.
 111. *Zhang F. Y., Zhu S. Z., Zheng J. H.* Identification parameters of synchronous generator // Там же. — С. 1361—1369.
 112. *Imal E., Ali-Zada P., Mamedov H., Ozgur G., Ali-Zada C.* The experience of a mechatronic electrodynamic modeling system application for oil industry main electric drives design // Там же. — С. 1370—1376.
 113. *Hajiyev Ch. M., Caliskan F.* RKF based sensor/actuator fault diagnosis // Там же. — С. 1377—1387.
 114. *Hyre M.R.* Process simulations for control of glass container forming // Там же. — С. 1388—1400.
 115. *Киселева Т. В., Квятош М. Э.* Многовариантная идентификация на примере построения зависимостей служебных свойств проката от химического состава стали // Там же. — С. 2389—2398.
 116. *Генкин А. Л., Куделин А. Р., Масальский Я. С.* Моделирование энергосберегающего управления листопркатным комплексом // Там же. — С. 2399—2408.
 117. *Жиров М. В., Макаров В. В.* Адаптивная система управления нестационарными технологическими процессами с идентификатором и ЛПР во внешнем контуре // Там же. — С. 1850—1879.
 118. *Пищухов В. Х., Корнеев И. Г.* Система с переменной структурой для управления движением манипуляционных роботов // Там же. — С. 1785—1796.
 119. *Пищухов В. Х.* Оптимальное по быстродействию, траекторное управление лагранжевыми системами // Там же. — С. 1797—1808.
 120. *Чернухин Ю. В., Писаренко С. Н.* Экстраполирующие структуры нейросетевого типа в системах управления интеллектуальных мобильных роботов // Там же. — С. 1809—1820.
 121. *Труды Международной конференции "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'2000.* Москва, 26 - 28 сент. 2000 г. [Электронный ресурс]. — М.: ИПУ РАН, 2000. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — ISBN 5-201-09605-0. □