

УДК 681.5 (075.8)

А.М. Кориков, В.Т. Калайда

## Интеллектуальные автоматизированные системы обработки информации и управления: проблемы разработки и исследования

Выполнен анализ проблем создания интеллектуальных автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ), рассмотрены вопросы исследования и разработки АСОИУ, решаемые коллективом исследователей кафедры автоматизированных систем управления ТУСУРа.

### 1. Проблемы создания АСОИУ

Проблемы создания интеллектуальных автоматизированных систем обработки информации и управления являются междисциплинарными, находятся на пересечении теории управления и искусственного интеллекта (ИИ) и порождаются активными и многочисленными исследованиями по следующим основным направлениям:

- 1) разработка систем, основанных на знаниях;
- 2) разработка естественно-языковых интерфейсов и машинный перевод;
- 3) генерация и распознавание речи;
- 4) распознавание образов;
- 5) обработка аудиовизуальной информации;
- 6) обучение и самообучение;
- 7) игры и машинное творчество;
- 8) мультимедийные учебники;
- 9) программное обеспечение систем ИИ;
- 10) интеллектуальные робототехнические системы;
- 11) динамические интеллектуальные системы;
- 12) новые архитектуры компьютеров.

В научно-технической литературе [1–4] предлагается понятийный аппарат, концепции создания и конкретные реализации интеллектуальных АСОИУ. Становление и развитие теории и практики интеллектуальных АСОИУ в значительной степени стимулируется теорией систем и системным анализом. Пересечение теории управления, искусственного интеллекта и системного анализа образует область I, которую принято именовать интеллектуальным управлением или управлением, обладающим свойством «интеллектуальности в малом». Управление, обладающее свойством «интеллектуальности в большом», является подобластью II области I (рисунок) и вполне согласуется с понятием «интеллектуального управления», введенным в упомянутой выше литературе.

На кафедре АСУ ТУСУРа проводятся исследования по 7 из перечисленных выше 12 направлений: 1, 2, 4, 5, 8, 10 и 11. Столь широкий спектр исследований сложился благодаря их поддержке проектами А0061 (1997–2001 гг.) и Б0050 (2002–2004 гг.) Федеральной целевой программы (ФЦП) «Интеграция». Высокий уровень проводимых исследований подтвержден победами научного коллектива в открытых конкурсах по ФЦП «Интеграция».

### 2. Подход к решению проблемы создания АСОИУ

Решение конкретных задач создания интеллектуальных АСОИУ чрезвычайно осложняется тем, что они описываются количественными и качественными признаками с преобладанием последних и в условиях неполной информации об объекте исследования и/или управления и внешней среде.

По известной классификации, предложенной Г. Саймоном, такие задачи относятся к слабоструктурированным. Предлагаемый путь их решения базируется на комплексном применении теории управления, искусственного интеллекта и системного анализа (см. рисунок).

Стрелками на рисунке обозначено взаимное влияние трех базовых научных теорий, т.е. это составляющие (концепции и методы), переносимые из одной теории в другую и формирующие комплексную методику решения слабоструктурированных проблем. Предлагаемый путь решения слабоструктурированных научно-технических задач конкретизируется применительно к прикладным задачам избранного направления исследований. Общим для каждой конкретной задачи создания интеллектуальных АСОИУ является разработка системы математических моделей. Поэтому далее рассмотрим суть предлагаемой методики на примере решения задачи идентификации для динамических интеллектуальных АСОИУ [5]. Решаются задачи идентификации в широком смысле.



Базовые научные теории разработки интеллектуальных АСОИУ

Задачей идентификации системы, или просто идентификации, является построение оптимальной в смысле заданных критериев качества математической модели этой системы, учитывающей случайность наблюдений, по результатам измерений входных и выходных переменных, т.е. построение формализованного математического представления системы. Задачи идентификации принято различать в узком и широком смысле. В узком смысле задача идентификации состоит в оценивании параметров и состояния системы по результатам наблюдений над входными и выходными переменными. При этом известна структура системы и задан класс моделей, к которому данная система относится. При идентификации в широком смысле решаются такие задачи, как выбор структуры системы и задание класса моделей, оценивание степени стационарности и линейности системы, выбор информативных переменных и т.д.

В современных условиях [6] теория идентификации развивается на основе учета человеческого фактора в нормативных (предписывающих) моделях идентификации и признания решающей роли неформальных действий лица, принимающего решения (ЛПР) в процессе идентификации. Чтобы ЛПР успешно решало прикладные задачи в обстановке жестких ограничений на время поиска приемлемого решения, ему необходима информационная поддержка на всех этапах идентификации. В [6] предлагается обсуждать проблемы идентификации в рамках двухэтапной модели процесса решения прикладной задачи теории управления: на 1-м этапе разрабатывается адекватная постановка (модель) прикладной задачи, а на 2-м — осуществляется решение прикладной задачи при известной адекватной постановке. Подавляющее большинство известных методов идентификации систем, формирующих основу классической теории идентификации, способно обеспечить информационную поддержку ЛПР на 2-м этапе решения прикладной задачи. На 1-м этапе решения прикладной задачи наблюдается иная ситуация. Методы и средства, разработанные на основе классической тео-

рии идентификации, являются лишь вспомогательными для ЛПР, адекватная постановка решаемой прикладной задачи конструируется (разрабатывается), как правило, лишь на основе интуиции и жизненного опыта ЛПР и представляет собой неформальный итерационный процесс. В [5] предлагается осуществить формализацию интуиции и жизненного опыта ЛПР созданием сложных систем идентификации, основанных на использовании интегрированных моделей. Интегрированные модели и системы идентификации, состоящие из согласованных моделей компонентов, позволяют отображать целостные, системные свойства реальных объектов и существенно повышают качество процедур принятия решений. Важным компонентом интегрированной системы являются формализованные модели, учитывающие дополнительную априорную информацию, накопленный опыт и знания ЛПР. Интегрированные модели и системы идентификации обеспечивают решение актуальных задач [5]: создание эффективных процедур учета разнородной дополнительной априорной информации; обеспечение устойчивости решения; повышение точности алгоритмов идентификации при малом объеме исходных данных; формализацию и учет накопленного опыта и знаний; создание системы согласованности исходных, дополнительных априорных данных, накопленного опыта и знаний; оптимизацию решений прикладных задач. Практическая реализация предлагаемого пути решения проблем создания интеллектуальных АСОИУ в условиях современной России существенно осложняется известными экономическими проблемами. На кафедре АСУ ТУСУРа накоплен опыт успешного решения подобных проблем. Этот опыт изложен в статье [7] и базируется на следующих основных принципах организации совместной работы опытных исследователей (профессоров и доцентов), аспирантов и студентов:

- 1) проведение учебно-исследовательской и научно-исследовательской работы комплексными, совместными коллективами;
- 2) использование немногочисленного штата исследователей (студентов);
- 3) аналитический обзор проблемы;
- 4) последовательная реализация этапов разработки;
- 5) высокий уровень;
- 6) объективный контроль за ходом выполнения работы;
- 7) перспективность задачи;
- 8) материальная поддержка.

Сформированные на этой основе научные группы ведут исследования по перечисленным выше направлениям разработки проблем создания интеллектуальных АСОИУ.

### 3. Результаты исследования АСОИУ

Результаты разработки и исследования проблем создания АСОИУ, полученные коллективом кафедры АСУ ТУСУРа, изложены в сборниках научных трудов [8–16]. Отметим среди них наиболее крупные научные результаты.

1. Проведено обобщение оптимизационных систем навигации движущимися объектами и управления технологическими процессами; разработаны основы теории систем навигации и управления подвижными объектами в условиях полной и неполной информации о внешней среде; разработаны компьютерные технологии для реализации систем навигации и управления транспортными роботами, систем экстремальной радионавигации, систем экстремальной коррекции навигационных систем наземных подвижных объектов.

2. Разработаны методы математического моделирования оптимального или локально-оптимального и безопасного функционирования управляемых механических систем в произвольных рабочих средах.

3. Созданы методы и средства идентификации изображения лица человека на основе морфологического анализа формы изображения и принятия решения по отклонению от опорной гиперплоскости анализируемого класса изображений. Обоснована и доказана возможность формализованного представления изображения лица человека в виде вектора центральных моментов изображения.

4. Разработан новый метод синтеза оптимальных в смысле заданных критериев качества алгоритмов идентификации моделей стохастических систем, названный непараметрическим методом аналогов, разработаны устойчивые алгоритмы идентификации линейных и нелинейных стохастических систем и решен широкий спектр прикладных задач.

5. Обобщены результаты многолетних исследований в области математического моделирования молекулярного поглощения и переноса тепловой радиации. Выполнен анализ

современных компьютерных моделей пропускания и радиации газовой среды. Предложены и исследованы алгоритмы обнаружения газовых примесей в атмосфере на основе данных лазерного мониторинга газового состава. Разработано несколько пакетов программ для моделирования и обработки данных лазерного и аэрокосмического мониторинга атмосферы.

6. Разработаны алгоритмы и программы для расчета статистических характеристик регистрируемой радиометром мощности суммарного излучения очага пожара и фона, включающего рассеянное системой «облачная атмосфера — подстилающая поверхность» солнечное излучение, восходящее ИК-излучение подстилающей поверхности, атмосферы и облаков в спектральных интервалах 3,55–3,93 и 10,3–11,3 мкм в условиях разорванной облачности.

7. Созданы автоматизированные программные комплексы для разработки компьютерных учебных программ EduCAD, тестирования знаний студентов и проверки компьютерных программ. На базе созданных комплексов разработано 6 мультимедийных учебников по различным дисциплинам.

Перечисленные результаты исследований являются базой для проведения новых исследований и разработок по созданию интеллектуальных АСОИУ. Остановимся подробнее на одном из названных выше направлений разработки АСОИУ.

#### 4. Распознавание образов

Распознавание образов до недавнего времени было чисто интеллектуальной задачей, которая рассматривалась в качестве исключительной монополии человека. Однако бурное развитие компьютерных технологий в последние десятилетия привело к созданию новых эффективных алгоритмов, которые в условиях постоянно растущей мощности персональных компьютеров стали результативным инструментом систем с искусственным интеллектом. В настоящее время мировой рынок систем по распознаванию образов приближается к \$ 5 млрд. Потребителями таких систем являются службы контроля личности (паспортного, водительских удостоверений, иммиграционных карт и т.п.), службы, отвечающие за безопасную работу предприятий и учреждений, службы информационного контроля (доступ к базам данных, программным продуктам, архивам, электронной почте, Интернету), антикриминальные и антитеррористические структуры. В теории и практике распознавания широко используются следующие методы и системы идентификации личности:

- антропометрические методы;
- методы на основе эластичных графов;
- методы на основе нейронных сетей;
- методы на основе фильтров Габора;
- метод главных компонент;
- методы на основе нечеткой логики;
- статистическое распознавание.

Как показывает мировой опыт, проблемы идентификации личности не могут быть полностью решены выбором исходного представления данных. Поэтому к классифицирующим системам предъявляется требование: имея конечный репрезентативный набор вариаций образов некоторых классов, обобщить свой опыт на все остальные классы, не входившие в обучающий набор. Такая задача в общем виде для систем распознавания лиц еще не решена, но существуют методы, которые показывают возможности решения отдельных ее аспектов (инвариантность к освещению, синтез повернутых в пространстве изображений лиц на основе обучения). Существенными являются трудности, связанные с внутриклассовыми вариациями. Для лиц такими вариациями являются мимика, закрытые/открытые глаза, наличие очков и бороды, изменения в прическе, макияж и т.п. Эти случаи система также должна уметь обобщать.

В связи с этим предлагается методика идентификации, основанная на эталонном распознавании, с применением элементов морфологического анализа формы изображения и его интегральных характеристик. Одной из главных проблем анализа изображений является создание адекватного математического описания изображений, передающего их содержание, смысл. Это описание должно отражать лишь существенные особенности изображения и не зависеть от несущественных деталей. Такими несущественными характеристиками являются условия регистрации изображений объекта (уровень освещенности, незначительная неточность фиксации), параметры регистрирующей аппаратуры, мелкие и некоррелированные помехи (несущественные «мелкие» детали в изображении). Самые значительные иска-

жения при анализе изображения вносит фон, на котором фиксируется анализируемое изображение. Поэтому в первую очередь необходимо найти эффективный метод выделения сюжетной части изображения. Следующим шагом является выделение формы изображения в пределах выделенного контура. Чтобы провести эффективную идентификацию, необходимо предварительно привести изображение-претендент к условиям съема эталона. Эта задача решается посредством морфологического анализа формы изображения.

В основу численного описания изображения положен один из вариантов метода анализа сцены изображения — моментный метод. Удобной и надежной системой признаков для изображений по их геометрическим характеристикам служат моменты инерции различных порядков, так как в соответствии с теоремой о разложении двумерной функции по последовательности моментов любая двумерная функция однозначно определяется этой последовательностью (и наоборот). Следовательно, вычислив некоторые моменты изображения, можно с достаточной вероятностью его опознать. К полученной новой форме претендента применяется моментный анализ и по численным характеристикам значений моментов эталона и претендента принимается решение о принадлежности объекта к данному классу изображений. Для повышения надежности распознавания вводятся оценки несовпадения форм и контуров эталона и претендента.

Основным преимуществом предлагаемого подхода является вычислительная простота алгоритмов, заложенных в нем. При этом надежность и точность распознавания, за счет устранения влияния искажающих факторов, остается достаточно высокой.

На основании предложенных методов была разработана программно-техническая система идентификации личности. Идентификация человека производилась как по персональному идентификационному коду, так и по изображению его лица. Следующим этапом стало создание распределенной системы идентификации, позволяющей работать одновременно с восемью видекамерами. И в то же время система может использоваться для видеонаблюдения, как детектор движения или детектор оставленных либо исчезнувших предметов. Особенность детектора заключается в том, что детекция объектов происходит не по самому изображению, а по его формам, что позволяет избавиться от некоторых проблем, связанных с условиями регистрации. Другим применением разработанных методов стала система «Аккорд-Т» — программно-техническая система, предназначенная для автоматизированной идентификации личности по фотоизображению лица для систем контроля доступа.

## Литература

1. Васильев С.Н. Интеллектуальное управление динамическими системами / С.Н. Васильев, А.К. Жерлов, Е.А. Федосов, Б.Е. Федунев. — М.: Физматлит, 2000. — 352 с.
2. Захаров В.Н. Интеллектуальные системы управления: основные понятия и определения // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 1997. — № 3. — С. 138–145.
3. Захаров В.Н. Современная информационная технология в системах управления // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 1997. — № 3. — С. 70–78.
4. Юсупов Р.М. К 90-летию академика Е.П. Попова // Информационно-управляющие системы. — 2005. — № 1. — С. 51–57.
5. Кориков А.М. Интегрированные системы идентификации с учетом априорной информации / А.М. Кориков, В.Л. Сергеев // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Т. 1 (9). Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования. — Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2004. — С. 130–151.
6. III Международная конференция «Идентификация систем и задачи управления» // Автоматика и телемеханика. — 2003. — № 11. — С. 202–204.
7. Калайда В.Т. Организация научных исследований студентов и аспирантов вуза и академического НИИ / В.Т. Калайда, А.М. Кориков, А.А. Мицель // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. Т. 7. Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования: Сб. науч. тр. — Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2002. — С. 220–225.
8. Доклады Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Т. 2. Выпуск 1. Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования: Сб. науч. тр. — Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 1999. — 232 с.

9. Доклады Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Т. 3. Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования. Сб. науч. тр. – Томск: Том. гос. ун-т систем управ. и радиоэлектроники, 1999. – 210 с.

10. Доклады Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Т. 6. Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования: Сб. науч. тр. – Томск: Томский гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2001. – 265 с.

11. Доклады Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Т. 7. Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования: Сб. науч. тр. – Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2002. – 236 с.

12. Информационные системы. Вып. 1: Труды постоянно действующей научно-технической школы-семинара студентов, аспирантов и молодых специалистов «Информационные системы мониторинга окружающей среды» (сентябрь-октябрь 2002 г.). – Томск : Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2002. – 161 с.

13. Доклады Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Т. 8. Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования: Сб. науч. тр. – Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2003. – 204 с.

14. Информационные системы. Вып. 2: Труды постоянно действующей научно-технической школы-семинара студентов, аспирантов и молодых специалистов «Информационные системы мониторинга окружающей среды» (сентябрь-октябрь 2003 г.). – Томск : Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2003. – 220 с.

15. Доклады Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Т. 1 (9). Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2004. – 267 с.

16. Информационные системы. Вып. 3: Труды постоянно действующей научно-технической школы-семинара студентов, аспирантов и молодых специалистов «Информационные системы мониторинга окружающей среды» (сентябрь-октябрь 2004 г.). – Томск : Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2004. – 192 с.

---

**Калайда Владимир Тимофеевич**

Канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления ТУСУРа

Телефон (служебный) : (3822) 49 22 42

Эл. почта: kvt@iao.ru

**Кориков Анатолий Михайлович**

Заведующий кафедрой автоматизированных систем управления ТУСУРа

Телефон (служебный) : (3822) 41 42 79

Эл. почта: korikov@asu.tusur.ru

A.M. Korikov, V.T. Kalaida

**Intellectual automated systems of information processing and control:  
the development and research tasks**

This paper analyses the problems of creation of intellectual automated systems of information processing and control (ASIPC). It also considers the questions of ASIPC research and development which specialists of ACS (Automatic Control Systems) department of TSUCSR (Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics) work on

---