

Развитие междисциплинарных научных методов управления знаниями*

Статья посвящена актуальным вопросам построения и организации современных интеллектуальных информационных систем. Кратко рассмотрены некоторые проблемы использования в системах управления знаниями таких новых междисциплинарных научных направлений, как синергетика и искусственный интеллект. Приведен краткий анализ гибридных систем и технологий обработки знаний, основанных на сочетании нечеткой логики и методов генетического поиска. Рассмотрены преимущества и перспективы использования методов искусственного интеллекта и моделей многоагентных систем при построении систем управления знаниями.

Ключевые слова: системы управления знаниями, междисциплинарный подход, синергетика, искусственный интеллект, гибридные системы, нечеткие генетические алгоритмы, мультиагентные системы.

POSSIBILITIES OF KNOWLEDGE MANAGEMENT ON THE BASIS OF MULTISUBJECT SCIENCE BASED METHODS

Article deals with pressing questions of construction and the organization of modern intellectual information systems. We briefly consider some problems of using such new interdisciplinary scientific directions as synergetics and an artificial intellect in systems of knowledge management. The short analysis of hybrid systems and technologies of processing of the knowledge based on a combination of the fuzzy logic and methods of genetic search is depicted. Advantages and prospects of using methods of an artificial intellect and multiagent systems models in developing of knowledge management systems are considered.

Keywords: systems of the knowledge management, the interdisciplinary approach, synergetics, an artificial intellect, hybrid systems, fuzzy genetic algorithms, multiagent systems.

Введение

В настоящее время актуальной задачей при разработке и построении информационных систем и технологий в различных отраслях социальной и экономической активности человека является их интеллектуализация, т.е. придание создаваемым информационным системам функций, обычно выполняемых человеком. Такими функциями можно считать работу по анализу и принятию решений в условиях неполной, нечеткой или противоречивой входной информации, поиск и выделение в массивах входной информации ранее неизвестных, нетривиальных, но практически полезных закономерностей, их оценка и интерпретация [1].

Проблема создания эффективных информационных систем поиска и принятия решений на основе использования гибридных интеллектуальных технологий сегодня чрезвычайно актуальна и входит в перечень критических технологий Российской Федерации.

Как показывает повседневная практика, зачастую создание математически обоснованных четких моделей и методов либо экономически неприемлемо, либо практически нереализуемо. В этом случае системы, функционирующие на основе использования интегрированных, нечетких гибридных механизмов и моделей, представляются наиболее сбалансированным компромиссным вариантом.

Использование для решения задач обработки, хранения и извлечения знаний методов вычислительного интеллекта позволяет эффективно работать с плохо формализованной информацией и обеспечивает необходимый научный фундамент.

1. Использование междисциплинарных подходов для построения систем управления знаниями

Синергетика – новое междисциплинарное научное направление, занимающееся изучением общих закономерностей процессов перехода от хаоса к порядку и обратно в открытых нелинейных системах различной природы (технических,

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00242) в Южном федеральном университете



Леонид Анатольевич Гладков,
к.т.н., доц.
Тел.: (8634) 371-651
Эл. почта: leo@tgn.sfedu.ru
Южный федеральный университет
<http://www.sfedu.ru>

Leonid A. Gladkov,
Candidat of Engineering Science,
Associate Professor
Tel.: (8634) 371-651
E-mail: leo@tgn.sfedu.ru
Southern Federal University
<http://www.sfedu.ru>



Надежда Викторовна Гладкова,
ст. преподаватель
Тел.: (8634) 393-260
Эл. почта: leo_gladkov@mail.ru
Южный федеральный университет
<http://www.sfedu.ru>

Nadezhda V. Gladkova,
senior lecturer
Tel.: (8634) 393-260
E-mail: leo_gladkov@mail.ru
Southern Federal University
<http://www.sfedu.ru>

экономических, социальных и т.д.). Синергетика опирается на сходство математических моделей, игнорируя различную природу описываемых ими систем, в отличие от других научных направлений, обычно возникавших на стыке двух наук, когда одна наука давала новому направлению предмет, а другая — метод исследования [2]. Потребность современной науки в обобщающих междисциплинарных исследованиях выражается не только в появлении и развитии исследований в области синергетики. Одним из наиболее эффективных на сегодняшний день инструментариев при решении поставленных задач повышения «интеллектуальности» информационных систем является использование гибридных математических моделей, сочетающих в себе достоинства различных методов вычислительного интеллекта, таких, например, как эволюционные вычисления, механизмы нечеткой логики, нейросетевые модели, методы роевого интеллекта, мультиагентные технологии.

Основы синергетики как междисциплинарного научного направления заложены в работах Г. Хакена [2]. В трудах различных ученых высказываются прогнозы, что синергетика может стать основой для объединения различных естественно-научных, экономических, социальных научных теорий.

Безусловно, трактовка различных явлений и научных теорий, а также выбор критериев их оценки существенно различаются в зависимости от принадлежности ученого к той или иной научной школе. Тем не менее можно констатировать, что синергетика как направление научных исследований является в настоящее время достаточно актуальным и перспективным трендом в международном научном сообществе [3].

Также можно отметить еще одну известную междисциплинарную область, в которой нашли применение некоторые аспекты других научных направлений: вычислительного интеллекта, мягких вычислений, теории баз данных и др. Интеграция различных направлений научных исследований, отсутс-

твие четких границ проблемной области и, наконец, использование соответствующего инструментария позволяют рассматривать научное направление «искусственный интеллект» в качестве крупной междисциплинарной научной области.

Таким образом, развитие синергетики, искусственного интеллекта, других крупных междисциплинарных научных направлений является мощным стимулом для выхода научных исследований на новый метауровень интеграционных взаимодействий. В рамках подобных междисциплинарных научных направлений плодотворно взаимодействуют ученые различных специализаций, пытаясь по-новому осмыслить роль и место человека, процесса познания в естественно-научной картине мира [4]. Одним из краеугольных камней синергетики является постулат о том, что кооперация различных подсистем какой-либо системы подчиняется одним и тем же принципам независимо от физической природы этих подсистем.

Также установлено, что в гибридной архитектуре, объединяющей несколько парадигм, эффективность одного подхода может компенсировать слабость другого. Комбинируя различные подходы, можно обойти недостатки, присущие каждому из них в отдельности. Этот эффект принято называть синергетическим [5].

Гибридные системы состоят из различных элементов (компонентов), объединенных в интересах достижения поставленных целей. Интеграция и гибридизация различных методов и информационных технологий позволяет решать сложные задачи, которые невозможно решить на основе каких-либо отдельных методов или технологий. При этом в случае интеграции разнородных информационных технологий следует ожидать синергетических эффектов более высокого порядка, чем при объединении различных моделей в рамках одной технологии.

К сожалению, в отличие от родных систем «искусственные» (т.е. созданные человеком) системы, как правило, не обладают воз-

возможностями развития, самоорганизации, динамического изменения структуры системы, адаптации к изменяющимся внешним условиям. Следовательно, основная задача ученых и специалистов, разработчиков новых информационных систем и технологий обработки знаний заключается в том, чтобы заложить в проектируемых системах возможность использования накопленного природой опыта прошлых поколений, возможность адаптации и самоорганизации. В связи с этим вполне обоснованным выглядит использование в создаваемых информационных системах поддержки принятия решений методов и подходов, инспирированных природой, таких как эволюционные вычисления, роевой интеллект, мультиагентные системы [6].

С концептуальной точки зрения создаваемые информационные системы, равно как и системы поиска и принятия решений, можно классифицировать как смешанные искусственные системы, т.е. системы, созданные человеком и объединяющие искусственные и естественные подсистемы [7]. Они также являются целеориентированными системами, т.е. системами, основой функционирования которых являются факторы целесообразности [8].

Модель, соответствующая уровню бионических систем, может быть представлена следующим образом [9]:

$$SYS = (GN, KD, MB, EV, FC, RP),$$

где *GN* – генетическое начало (создание стартового множества решений);

KD – условия существования;

MB – обменные явления (эволюционные и генетические операторы);

EV – развитие (стратегия эволюции);

FC – функционирование;

RP – репродукция.

Еще одним активно развивающимся в последнее время научным направлением являются алгоритмы, представляющие собой гибриды формального математического аппарата нечеткой логики широких возможностей генетических, эво-

люционных и адаптивных методов поиска оптимальных решений. В настоящее время сформировались два основных подхода к использованию подобных гибридных методов [10].

Первый способ состоит в применении механизмов генетических и эволюционных алгоритмов для решения проблем оптимизации и поиска в условиях нечеткой, неопределенной или недостаточной информации об объекте, параметрах и критериях решаемой задачи, совместно с использованием систем, основанных на нечетких правилах (genetic fuzzy rule-based system – GFRBS). При этом полученные гибридные системы используются для обучения и настройки различных компонент системы нечетких правил: автоматической генерации базы знаний GFRBS, ее проверки и настройки выходной функции [11].

Другой способ заключается в использовании методов, основанных на нечеткой логике, для моделирования различных компонентов и операторов генетических алгоритмов, а также для адаптации и управления основными параметрами генетического алгоритма для динамической настройки и улучшения работы ГА [12].

Как правило, под нечетким генетическим алгоритмом (НГА) понимают гибридные структуры, относящиеся ко второй области. Таким образом, нечеткий генетический алгоритм можно определить как алгоритм, сочетающий поисковые возможности генетических алгоритмов и возможности математического аппарата нечеткой логики.

Для контроля и динамического изменения соответствующих параметров генетического алгоритма в систему вводится Нечеткий Логический Контроллер (НЛК), который, используя опыт и знание экспертов в рассматриваемой области, соответствующим образом динамически изменяет параметры генетического поиска в ходе выполнения ГА, для того чтобы избежать проблемы преждевременной сходимости [13].

Система выработки правил на основе знаний экспертов и используя рассуждения делает опре-

деленный вывод, который после дефаззификации превращается из нечеткого правила в воздействие на параметры алгоритма. Изменение параметров алгоритма влечет за собой изменение процесса поиска и текущих результатов, которые затем в блоке фаззификации из переменных состояний преобразуются в нечеткие множества [14].

2. Применение мультиагентных систем и технологий в системах управления знаниями

Еще одним перспективным подходом к организации структуры современных информационных интеллектуальных систем управления знаниями является использование мультиагентных архитектур.

Под «агентом» может пониматься все, что способно воспринимать свою среду обитания с помощью датчиков (сенсоров) и воздействовать на нее с помощью исполнительных механизмов [15]. Например, программное обеспечение, выступающее в роли агента, в качестве входных данных получает коды нажатия клавиш, содержимое файлов и сетевые пакеты, а его отклик выражается в выводе данных на экран, записи и передаче файлов.

Понятие агента применительно к различным информационным системам может трактоваться по-разному. Мультиагентная система может рассматриваться как популяция простых и независимых агентов, каждый агент которой самостоятельно реализуется в локальной среде и взаимодействует с другими агентами. Связи между различными агентами являются горизонтальными, а глобальное поведение агентов определяется на основе расплывчатых правил.

Одной из основных задач построения эффективных интеллектуальных информационных систем является создание программы агента, которая реализует функцию агента, преобразуя входные воздействия в ответные реакции.

В настоящее время известны различные подходы и методы построения искусственных агентов и мультиагентных систем (МАС), в

частности методологии восходящего проектирования на основе ролей агентов и взаимодействий между ними (Gaia, MASE, PASSI, TROPOS и др.), методологии нисходящего проектирования в многомерном пространстве критериев и т.п.

Классическая методология требует построения множества моделей, которые определяют спецификацию многоагентной системы. Каждая модель состоит из компонентов и взаимоотношений между ними. Разрабатываемые модели разделяются на внешние и внутренние. Внешние модели относятся к системному уровню описания: основными компонентами в них являются сами агенты, взаимодействия между которыми описываются с использованием отношений наследования, агрегации и т.п. Таким образом, разрабатываются абстрактные структуры агентов. Внутренние модели предлагаются для каждого отдельного класса агентов и описывают внутренние структуры агентов: их мнения, цели, планы и т.д. [16].

Обычно выделяются два основных вида внешних моделей: модель агентов и модель взаимодействий, определяющая способы связи (коммуникации) между агентами. Модель агентов разделяется на модель классов агентов и модель экземпляров агентов. Эти две модели определяют классы агентов и их возможные реализации, связанные между собой отношениями наследования, агрегации и др. Классы агентов определяют различные атрибуты агентов, включая атрибуты, задающие мнения, цели и планы агента.

Назначение модели агентов состоит в описании различных типов агентов, существующих в системе. Типы агентов определяются множеством ролей. Поэтому разработчик может предложить объединить несколько сходных ролей в один тип агентов. Главным критерием на этой стадии является эффективность реализации: проектировщик, прежде всего, стремится к оптимизации решений, и объединение нескольких ролей в один тип есть один из способов достижения этой эффективности [16].

Примером, когда принимается подобное решение, может служить ситуация, в которой вычислительные ресурсы, требуемые для каждого агента, очень велики. Тогда весьма желательно сократить число агентов, поэтому принимается решение об объединении нескольких ролей в одном агенте. Здесь необходимо стремиться к нахождению разумного компромисса между простотой понимания функциональных характеристик агента и эффективностью его реализации.

Модель взаимодействия агентов включает в себя описание услуг (сервисов), взаимосвязей и обязательств, существующих между агентами. Она состоит из множества протоколов, определяемых для каждого межролевого взаимодействия. Здесь под протоколом мы понимаем схему взаимодействия. Общее понятие протокола включает следующий набор атрибутов:

- назначение: краткое описание смысла взаимодействия (например, «запрос информации», «выдача задания»);
- инициатор: роль, ответственная за инициирование взаимодействия;
- респондент: роль(и), с которой(ыми) осуществляется взаимодействие;
- входы: информация, используемая инициатором для начала взаимодействия;
- выходы: информация, предоставляемая респондентом в ходе взаимодействия.

При этом предполагается, что реализация протокола будет вызывать серию взаимодействий.

Данная схема определяется формально, абстрагируясь от конкретной схемы реализации (непосредственной последовательности шагов). Подобное рассмотрение взаимодействий означает, что основное внимание уделяется природе и назначению взаимодействия, а не точной схеме обмена сообщениями.

Внутренняя модель, представляющая мнения, цели и планы конкретного класса агентов, является непосредственным расширением объектно ориентированных моделей (мнения и цели) и динамических моделей (планы) [16].

Кроме указанных видов моделей, могут строиться также:

- модели, описывающие задачи, которые могут выполняться агентами (исходные цели, варианты их декомпозиции, методы решения задач, и пр.);
- модели организации (например, описание сообщества агентов или характеристики организации, куда должна внедряться данная МАС);
- модели коммуникации, которые уточняют характеристики партнерского интерфейса человека с компьютером.

Однако практически все известные методологии требуют предварительного определения функций и типов агентов, а также опираются на достаточно жесткие, заранее заданные протоколы коммуникации. По сути, они не учитывают различные механизмы самоорганизации, эволюции, кооперации агентов в МАС. Поэтому большую актуальность имеет создание нового класса методологий и методов проектирования агентов и МАС, основанных на использовании бионических принципов, методов и моделях, в частности на идеях и технологиях эволюционного проектирования. Под эволюционным проектированием (ЭП) искусственной (технической) системы понимается целенаправленное использование компьютерных моделей эволюции на всех стадиях разработки системы. Эволюционное проектирование является подходом, лежащим на границе теории проектирования и теории самоорганизации. Любая самоорганизация предполагает кооперацию агентов в многоагентной системе, она также связана с адаптацией агента к среде и некоторой схемой эволюции. Возможны разные подходы к эволюционному проектированию агентов и МАС, которые могут опираться на различные модели эволюции [17]. Естественным основанием для классификации концепции и стратегий ЭП может служить анализ причин развития агента или МАС: внешних или внутренних.

В первом случае эволюционное проектирование МАС рассматривается как процесс ее эволюционной

адаптации к внешней среде. Здесь внешняя среда есть причина эволюции разрабатываемой системы и ее важнейшая движущая сила. Тогда главным направлением развития создаваемой МАС полагается ее соответствие текущим условиям среды, которое может достигаться путем прямого приспособления системы к среде.

В частности, отправной момент эволюции МАС может быть связан с наступлением кризисных условий среды. Такие условия нарушают естественное функционирование МАС и ее агентов. В этой ситуации мутация (например, приобретение нового гена) позволяет агенту выжить и адаптироваться к изменившимся условиям. Эта категория мутаций наиболее перспективна и направлена на исправление функциональной недостаточности.

Во втором случае причины изменения МАС усматриваются в ней самой; они могут быть связаны с целеустремленностью агентов, их приспособлением для достижения общей цели и т.п.

Будем понимать под эволюционным проектированием агента процессы формирования его наследственной изменчивости и эволюционной адаптации к внешней среде. Иными словами, ЭП определяется как процесс формирования и развертывания как генотипа, так и фенотипа агента. Генотип агента соответствует всей наследственной (генетически обусловленной) информации, которую агент получает от родителей, а фенотип содержит набор структур агента (определяемых ситуативными правилами), которые возникают в результате развития генотипа в определенной среде. При этом часто требуется обрабатывать качественную нечеткую информацию и рассматривать различные стратегии и компьютерные модели эволюции.

Рассмотрим концепцию эволюционного проектирования агентов и основные пути ее реализации. Для начала введем некоторые соответствия между понятиями в эволюционном моделировании и теории многоагентных систем (табл. 1).

Формально проблему эволюционного проектирования (ЭП) ис-

кусственных систем можно представить в виде [17]:

- ED = банализ общих причин и движущих сил эволюции агентов в МАС;
- исследование механизмов развития приспособлений (адаптации) агентов к среде и ее изменениям;
- определение причин и механизмов возникновения разнообразия типов агентов и агентств;
- изучение основных методов и средств имитационного моделирования эволюционных процессов.

Известно несколько моделей эволюции, наиболее часто используемых в информатике [10]. Все они описывают отдельные аспекты эволюции. Для окончательного выбора общей схемы и модели эволюции, применимой к задачам теории агентов, необходимо изучить эти проблемы, а также рассмотреть другие современные эволюционные учения.

Выделяются также уровни макроэволюции и микроэволюции. В биологии внутривидовой уровень эволюции принято называть микроэволюцией, а надвидовой – макроэволюцией. Отличия микроэволюции от макроэволюции применительно к агентам и МАС приведены в табл. 2.

Опыт последних лет показал, что применение в информатике однородных методов, т.е. методов, соответствующих одной научной парадигме, для решения

сложных проблем, далеко не всегда приводит к успеху. В гибридной архитектуре, объединяющей несколько парадигм, эффективность одного подхода может компенсировать слабость другого. Комбинируя различные подходы, можно обойти недостатки, присущие каждому из них в отдельности. Поэтому одной из ведущих тенденций, определяющей развитие современной информатики и автоматизированного проектирования, стало распространение интегрированных и гибридных систем. Подобные системы состоят из различных элементов (компонентов), объединенных в интересах достижения поставленных целей. Интеграция и гибридизация различных методов и информационных технологий позволяет решать сложные задачи, которые невозможно решить на основе каких-либо отдельных методов или технологий. При этом в случае интеграции разнородных информационных технологий следует ожидать синергетических эффектов более высокого порядка, чем при объединении различных моделей в рамках одной технологии.

Выбор технологии для обработки исходной информации зависит от особенностей решаемых задач, от числа количественных и качественных параметров, описывающих проблему, от уровня ее проработанности. Поэтому необходимо определить условия применимости

Таблица 1

Эволюционное моделирование	Теория агентов и многоагентных систем
Ген	Параметр (свойство) агента
Хромосома	Набор параметров (свойств)
Особь	Агент
Семья (2 родителя и 1 потомок)	Агентство
Популяция	Эволюционирующая многоагентная система

Таблица 2

Процесс	Микроэволюция	Макроэволюция
Единица отбора	Агент	Виртуальное сообщество (система различных МАС)
Источник изменчивости	Мутация/ скрещивание	Образование виртуального сообщества
Тип отбора	Естественный отбор в МАС	Отбор различных типов МАС
Тип самовоспроизведения	Темп размножения	Темп образования виртуальных сообществ
Механизмы эволюции	Генетический дрейф	Филогенетический дрейф

каждой из рассматриваемых технологий, а также разработать методы и алгоритмы, позволяющие адаптировать их к решению конкретных задач проблемной области.

Заключение

Итак, под гибридной искусственной системой будем понимать такую систему, которая состоит из двух или более интегрированных разнородных подсистем (разных видов), объединенных совместными действиями (хотя эти подсисте-

мы могут иметь различную природу).

Очевидно, что создание эффективных методов решения задач оптимизации и управления на основе гибридных нечетких генетических методов находится только в самом начале пути. Однако уже имеется достаточно большое число примеров успешного использования таких методов для решения различных прикладных задач оптимизации.

Интеграция различных направлений и методов вычислительного

интеллекта и создание на этой основе новых гибридных технологий решения слабоформализованных задач – одно из наиболее перспективных направлений исследований в данной области. Основой для подобной интеграции является их терпимость к нечеткости и противоречивости используемых данных, гибкость и относительно низкая себестоимость [9]. Активная разработка новых форм и междисциплинарных направлений сейчас активно ведется как России, так и за рубежом.

Литература

1. *Гладков Л.А., Гладкова Н.В.* Возможности управления знаниями на основе гибридных интеллектуальных методов // *Открытое образование*. – 2013. – № 6 (101). – С. 61–65.
2. *Хакен Г.* Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии. – М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
3. *Курейчик В.М., Писаренко В.И.* Синергетический подход в инновационном образовании // *Открытое образование*. – 2007. – № 3. – С. 20–29.
4. *Курейчик В.М., Писаренко В.И.* Синергетика в образовании // *Открытое образование*. – 2010. – № 4. – С. 33–44.
5. *Гладков Л.А., Гладкова Н.В.* Новые подходы к построению систем анализа и извлечения знаний на основе гибридных методов // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2010. – № 7 (108). – С. 146–153.
6. *Гладков Л.А.* Решение задач оптимизации решений на основе нечетких генетических алгоритмов и многоагентных подходов // *Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР»*. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – № 8(63). – С. 83–88.
7. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989.
8. *Прангшивили И.В.* Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: СИНТЕГ, 2000.
9. *Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С.* Нечеткие модели и сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
10. *Гладков Л.А., Гладкова Н.В.* Особенности использования нечетких генетических алгоритмов для решения задач оптимизации и управления // *Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР»*. – 2009. – № 4. – С. 130–136.
11. *Ярушкина Н.Г.* Основы теории нечетких и гибридных систем. – М.: Финансы и статистика, 2004.
12. *Гладков Л.А., Курейчик В.М., Курейчик В.В., Родзин С.И.* Основы теории эволюционных вычислений. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2011.
13. *Herrera F., Lozano M.* Fuzzy Adaptive Genetic Algorithms: design, taxonomy, and future directions // *Soft Computing*. – 2003. – № 7. – P. 545–562.
14. *Пегат А.* Нечеткое моделирование и управление. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009.
15. *Рассел С., Норвиг П.* Искусственный интеллект: современный подход. – М.: ИД «Вильямс», 2006.
16. *Тарасов В.Б.* От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. – М.: Эдиториал УРСС, 2002.
17. *Тарасов В.Б., Голубин А.В.* Эволюционное проектирование: на границе между проектированием и самоорганизацией // *Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР»*. – 2006. – № 8 (63). – С. 77–82.
18. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Биоинспирированные методы оптимизации. – М.: Физматлит, 2009.