

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В монографии предпринята попытка провести системно-междисциплинарное исследование главных проблем теории агентов и агентно-ориентированного подхода в целом как фундамента наук об искусственном. Подобное исследование предполагает не только рассмотрение проблем построения агентов в информатике, искусственном интеллекте или искусственной жизни, но и анализ философских, психологических, семиотических и прочих аспектов методологии агентов. Оно опирается на синергетическую методологию современной науки.

Такой жанр книги объясняется несколькими причинами. С одной стороны, монографий с популярным и систематическим изложением основных понятий, идей и моделей теории агентов и МАС на русском языке до сих пор нет, и автор надеется, что книга позволит хоть в какой-то степени восполнить этот пробел. Он стремился воссоздать общую, целостную картину изучения искусственных агентов на индивидуальном, групповом и социальном уровнях, что потребовало широкого охвата темы (хотя такой путь порой чреват эклектичностью изложения и опасностью критики по всем направлениям). Проблематика искусственных агентов, многоагентных систем и интеллектуальных организаций требует знания основ информатики и искусственного интеллекта, психологии и лингвистики, социологии и биологии, теории организаций и теории деятельности, теории управления, теории коммуникации, и ряда других научных дисциплин.

С другой стороны, молодые читатели, знакомящиеся с агентно-ориентированными технологиями по англоязычной литературе или в процессе использования имеющихся программных сред разработки агентов (например, Agent Builder, Bee-gent и др.), могут прийти к выводу, что перед ними предстают совершенно новые подходы, которые возникли и совершенствовались на Западе, а в нашей стране совсем не развиты. В действительности, все обстоит далеко не так. Предыстория ряда идей синергетического толка, многих представлений об агентах, МАС, механизмах их взаимодействия, поведения и эволюции тесно связана с работами знаменитых отечественных философов (А.А.Богданов, Н.О.Лосский, П.С.Флоренский), физиологов (П.К.Анохин), психологов (В.М.Бехтерев, Л.С.Выготский, А.Н.Леонтьев), лингвистов (Ю.М.Лотман). Прямыми предшественниками исследований по искусственной жизни были выдающиеся ученые в области математики и кибернетики А.Н.Колмогоров и А.А.Ляпунов. Наконец, в числе пионерских достижений в области моделирования агентов и коллективов агентов можно назвать результаты Н.М.Амосова, М.М.Бонгарда, В.А.Лефевра, В.Л.Цетлина, Д.А.Поспелова, Э.В.Попова,

В.Л.Стефанюка, а также других видных советских и российских ученых. Поэтому значительное место на страницах книги занимает изложение их работ, относящихся к тем или иным аспектам теории агентов и искусственной жизни.

Все это подразумевает многоплановость изложения, необходимость в осуществлении переходов от одного плана к другому: от классических наук к наукам об искусственном, от естественного интеллекта к искусственному, от индивидуального интеллекта к коллективному, от программного объекта к искусственному агенту, от агента к многоагентной системе, от многоагентной системы к интеллектуальной организации и виртуальному сообществу, от коллективного поведения к искусственной жизни, и т.д. В то же время, для сохранения идейного единства монографии нужно выделить системное ядро, своего рода каркас изложения. Здесь в качестве такого ядра предлагается синергетическая методология, опирающаяся на соответствующее философское, психологическое, семиотическое обоснование. Философские аспекты теории агентов связаны, в первую очередь, с изучением искусственного агента как промежуточного звена между субъектом и объектом, а также с философским обоснованием принципа единства свободы и зависимости в МАС. Механизмы формирования агентов и МАС тесно связаны с такими областями психологии как теория мотивации, теория деятельности, теория общения, теория малых групп, теория когнитивного баланса и т.п.

Книга состоит из девяти глав. В первой главе обсуждаются причины и содержание кризиса традиционной рационалистской концепции научного исследования в контексте формирования и развития новых наук конца XXI-го века, называемых *науками об искусственном*. Очерчен общий спектр наук об искусственном, показаны их коренные отличия от дисциплин классического естествознания. Затем дан критический анализ традиционного научного мировоззрения, проникнутого рационализмом, в том числе, рационалистических традиций в искусственном интеллекте, структурной лингвистике и теории управления. В заключение изложены основы синергетического научного мышления. Прослеживаются корни синергетического мировоззрения в древнекитайской философии, герменевтике и движении русского космизма.

Вторая, наиболее объемная глава, посвящена психологическим истокам и современному развитию ИИ. В ее первом разделе отмечены основные исторические направления развития психологии, дающие ключ к теоретическому осмыслению различных подходов к моделированию интеллектуальных систем и агентов. В следующем разделе сделан краткий обзор идей и результатов ряда психологических школ, занимавшихся исследованием естественного интеллекта. Предварительно дана сводка определений и высказываний об

интеллекте, начиная с простейших представлений на уровне «здравого смысла» и кончая воззрениями и концепциями, разработанными известными психологами. Этот материал стал «концептуальным мостом» для перехода к анализу классических определений и формулировок искусственного интеллекта. В заключительной части главы освещены важнейшие направления в ИИ, включая новейшие тенденции его развития. Рассмотрены ступени сложности в интеллектуальных системах, указаны причины появления МАС как «социального измерения» в ИИ. Сформулированы основные принципы и проблемы синергетического ИИ, систематизирован его математический инструментарий (в первую очередь, методы работы с НЕ-факторами). В частности, рассмотрены варианты представления знаний агентов на оппозиционных шкалах, предложена общая схема описания НЕ-факторов на шкалах в рамках алгебр Клини. Введены обобщенные (интуиционистские) точные и нечеткие оценки на шкалах, предложены соответствующие операции над ними. Затронуты модели, связанные с отношением предпорядка, порождаемым на основе класса операторов отрицания.

Ключом к пониманию логики построения и взаимосвязи последующих глав служит представление о многоагентной системе как наборе

$$\text{MAS} = (\text{A}, \text{E}, \text{R}, \text{ORG}, \text{ACT}, \text{COM}, \text{EV}),$$

согласно которому она понимается как множество *агентов* А, способных функционировать в некоторых *средах* Е, находящихся в определенных *отношениях* R и *взаимодействующих* друг с другом, формируя некоторую *организацию* ORG, обладающих набором индивидуальных и совместных *действий* ACT (стратегий *поведения* и *поступков*), включая возможные *коммуникативные действия* COM, характеризующуюся (как, впрочем, и отдельные агенты) возможностями *эволюции* EV. Поэтому изложение ведется по следующей схеме: «агенты – многоагентные системы (коллективы агентов) – исследование взаимоотношений между агентами – построение различных организаций индивидуальных и коллективных агентов – проектирование деятельности агентов – моделирование общения между агентами (семиотика агентов) – методология разработки МАС». По техническим причинам в монографию не удалось включить специальную главу, посвященную эволюции агентов, МАС и виртуальных сообществ (в некоторой степени эти вопросы освещены в главе 4).

Третья глава начинается с небольшого экскурса в историю развития агентно-ориентированного подхода. Далее приведены основные понятия и определения теории агентов, предложены различные интерпретации искусственных агентов, даны варианты классификации программных агентов. Также предложена подборка определений и

высказываний об агентах. Раскрыта суть перехода от объектно-ориентированного к агентно-ориентированному программированию. Рассмотрены важнейшие архитектуры агентов. В конце главы помещен краткий обзор языков описания и реализации агентов.

Четвертая глава посвящена многоагентным системам. Она открывается анализом истоков теории многоагентных систем в недрах системного движения XX-го века. Затем выделены и проанализированы различные типы многоагентных систем (системы распределенного и децентрализованного ИИ, интеллекта роя и искусственной жизни). Прослежены связи между моделями коллективного поведения и искусственной жизни, рассмотрены примеры реализации систем искусственной жизни. Изложен ряд формальных моделей МАС. Даны примеры использования МАС в области моделирования открытых сетевых предприятий, управления ресурсами, интеллектуальных обучающих систем. Затронуты вопросы построения онтологий в МАС и роль агента онтологий.

В главе 5 рассмотрены причины, характеристики и виды взаимодействий между агентами. На основе булевых шкал определены идеальные (базовые) типы взаимодействия, проанализированы варианты сотрудничества и соперничества агентов. Выделение реальных типов взаимодействия производится с использованием небулевых шкал, допускающие противоречивые и неточные оценки. Исходя из предложенной классификации агентов по их отношению к себе и партнерам (эгоистичные, благонамеренные, злонамеренные и т.д.) исследованы возможности формирования общих целей агентами различных типов и соответствующие формализмы. Разработана общая методика исследования взаимодействий между агентами, рассмотрены ее основные шаги. В основу формализации взаимодействий между агентами положен аппарат нечетких отношений, принимающих значения в интервале  $[-1, +1]$ . Подробно описаны механизмы кооперации и координации агентов. Раскрыты недостатки традиционных игровых моделей, изложены специальные модели кооперации, включая модель контрактных сетей, модель аукциона, теорию социальных зависимостей и др.

Центральное место в книге занимает шестая глава, посвященная естественным и искусственным организациям, в особенности, проблемам создания интеллектуальных, экобионических и виртуальных организаций. Вначале приведены основные парадигмы организаций, дана подборка определений и высказываний об организациях. Рассмотрены основные вопросы организационного моделирования в контексте создания МАС. Освещены ключевые аспекты самоорганизации в МАС. Проведен сравнительный анализ тейлоровских и посттейлоровских (сетевых) организаций, выделены основные классы сетевых

организаций, показаны конкретные пути и стратегии интеллектуализации организаций. В заключительной части главы даны основные понятия и определения, связанные с виртуальными организациями. Рассмотрены главные характеристики виртуальных организаций как социальных агентов, т.е. сетей, состоящих из индивидуальных и коллективных агентов, сформулированы соответствующие экстремальные принципы.

Трудно себе представить полноценное описание агентов без знания элементов современной теории деятельности. В седьмой главе подробно изложены основы психологической теории деятельности, рассмотрена социологическая теория действия, приведены физиологическая модель организации поведения и ее кибернетический аналог. Значительное место уделено вопросам проектирования деятельности и организации поведения искусственных агентов. В результате синтеза ключевых представлений психологии деятельности построена обобщенная модель деятельности искусственных агентов. Специальный раздел посвящен вопросам анализа и моделирования интенциональных характеристик агентов, лежащих в основе самоорганизации деятельности. Перечислены также подходы к формализации интенций, действий и операций. Кратко изложены соответствующие математические методы.

Восьмая глава содержит описание проблем и моделей коммуникации агентов. Особое внимание уделено знаковой коммуникации. Поэтому в начале главы рассмотрены основы теоретической и прикладной семиотики, вопросы семиозиса агентов. Предложена концепция эволюционной семиотики и показаны варианты построения эволюционных семиотических систем. Описаны три базовые модели коммуникации агентов: классическая теоретико-информационная (и опирающаяся на нее лингвистическая модель), семиотическая, социально-психологическая. Рассмотрены различные механизмы коммуникации программных агентов: от «доски объявлений» до речевых актов.

Наконец, в девятой главе изложена методология проектирования МАС и искусственных организаций. Проведен сравнительный анализ восходящего и нисходящего подходов к проектированию МАС. В рамках восходящего подхода предложены варианты эволюционного и коэволюционного проектирования МАС, изложена стандартная методика обобщенного объектно-ориентированного проектирования. На примере задачи синтеза организационных структур на ранних стадиях реинжиниринга организаций рассмотрена методика нисходящего проектирования искусственных организаций. Предложена общая схема гибридного V-образного проектирования.

Автор сознает, что монография отнюдь не лишена недостатков и содержит пробелы в изложении ряда важных проблем агентно-ориентированного подхода. В силу обширности

темы и ограничений по объему на страницах книги почти не нашлось места примерам, демонстрирующим применение методов и моделей агентов и МАС. Мало внимания было уделено изложению логических, теоретико-игровых и других формальных подходов в теории агентов. Лишь конспективно были затронуты языки, библиотеки и среды разработки агентов. Эти проблемы предполагается осветить в последующих книгах серии «Науки об искусственном». Автор будет искренне признателен за критические замечания по структуре и содержанию монографии, а также охотно откликнется на предложения, направленные на ее улучшение.

Автор выражает свою благодарность С.М.Авдошину, В.Н.Вагину, В.Ф.Горневу, В.В.Емельянову, А.П.Еремееву, В.П.Кутепову, Б.В.Палюху за поддержку данного направления на кафедрах «Компьютерные системы автоматизации производства» МГТУ им. Н.Э.Баумана, «Прикладная математика» Московского энергетического института, «Информационные технологии» Российского государственного технического университета «МАТИ», «Информационные системы» Тверского государственного технического университета. Ему хотелось бы также отметить вклад своих студентов и аспирантов, в особенности, С.В.Арсеньева, Ю.Е.Багоцкого, В.А.Доброхотова, С.В.Егорова, О.В.Заливнова, Е.С.Ивановой Е.А.Луговской и других, проявивших интерес к технологии агентов и ее приложениям. Он глубоко признателен А.Н.Аверкину, Ю.Р.Валькману, В.В.Голенкову, В.И.Городецкому, В.Н.Захарову, О.П.Кузнецову, В.М.Курейчику, О.И.Ларичеву, Г.С.Осипову, Г.С.Плесневичу, Э.В.Попову, В.Л.Стефанюку, И.Б.Фоминых и другим коллегам из Российской ассоциации искусственного интеллекта за ряд полезных обсуждений и замечаний по содержанию книги. Автор, имеющий базовое инженерное образование, с удовольствием вспоминает годы своей работы в Институте психологии АН СССР, а также давние дискуссии с А.М.Волковым и Ю.М.Забродиним, в которых формировались его представления об организации психики и проектировании деятельности агентов. На заключительной стадии подготовки книги существенную помощь оказал коллектив Эдиториал УРСС, в особенности, редактор Е.З.Ермолаева, во-многом благодаря кропотливой работе, терпению и настойчивости которой она и выходит в свет.

Особую благодарность автор адресует Д.А.Поспелову, чьи лекции, беседы и советы послужили толчком для написания данной книги.