

УДК 681.3.06

О человеко-машинном моделировании активных систем

Н.Б. ОСИПЕНКО, А.Н. ОСИПЕНКО

Статья посвящена концептуальным вопросам моделирования активных систем социальной или экологической природы. Основное внимание в статье уделяется поиску механизмов раскрытия творческой интуиции эксперта в плане выстраивания им картины становления и развития активной системы с целью выработки оптимальных рекомендаций по коррекции ее жизнедеятельности. В качестве методологической базы предлагаемой концепции взят функционально-эволюционный подход.

Ключевые слова: активная система, эксперт, методология человеко-машинного моделирования, социальные и экологические системы, интеллектуальная среда, функционально-эволюционный подход.

The article is devoted to the conceptual issues of active systems modeling of social or environmental nature. The main attention in the article is paid to the search for mechanisms of disclosure of creative expert's intuition in terms of building the paintings of formation and development of the asset-Noah system with a view to the elaboration of optimal recommendations for the correction of its functioning. The functional and evolutionary approach is taken as a methodological basis of the proposed concept.

Keywords: active system, expert, methodology of man-machine simulation, social and ecological systems, functional and evolutionary approach.

Введение. Применительно к задаче исследования жизнедеятельности активной системы (АС) описываются основные проблемы человеко-машинного моделирования. Дается критика традиционной методологии построения математических моделей таких систем, в частности, статистических, имитационных и классификационных. В качестве наиболее перспективного направления для решения накопившихся проблем предлагается использовать функционально-эволюционный подход. Приводится краткая схема данного подхода, суть которого состоит в поэтапном наращивании экспертом образа исследуемой деятельности активной системы. При этом основной упор делается на выявление значимых контекстных интуитивных знаний эксперта и привлечение их как при построении сети локальных математических моделей, так и в процессе интерпретации текущих или итоговых результатов.

Практические проблемы моделирования. В настоящее время наибольшее практическое распространение (особенно в медицине и экономике) получили экспертные системы консультативно-рекомендательного характера. Несмотря на наличие разнообразных программных оболочек для конструирования конкретных экспертных систем, реальной эффективности от их использования можно достичь только в тех случаях, когда в списке формируемых продукций удастся отразить скрытые идеи поведения или проявления активных объектов. Необходимо, чтобы эксперт не просто определял цепочку: признаки ситуации – вывод, поясняя при этом мотивы своего вывода, но и участвовал в разработке концептуальной схемы ситуации вывода. Автоматизация подобных творческих процессов требует, в свою очередь, наличия гибкого языка концептуального моделирования, доступного и понятного пользователю. Другой проблемой практического моделирования активных систем является создание и применение гибридных экспертных систем, подключающих возможности традиционного моделирования для пополнения баз данных и знаний новыми оценками, эмпирическими или теоретическими закономерностями. Суть проблемы в том, что для обеспечения эффективности работы гибридной экспертной системы (ЭС) все ее модели должны быть погружены в единую открытую среду, согласованно управляемую, с одной стороны, специалистом с его практическими запросами, с другой – подсистемами локального моделирования с их внутренними «интересами» самосовершенствования и, с третьей – подсистемой интегрального моделирования с «интересами» балансировки и развития баз данных и знаний. Полноценная гибридная ЭС есть не что иное, как активная человеко-машинная система исследования, обладающая своей идеей, волей к реализации тех или иных процессов

и ценностями всех образующих моделирования. Среди основных причин малоэффективного моделирования выделим следующие: принципиальное неверие практиков в возможность моделирования АС лучше, чем это делают эксперты; крупномасштабность исследований и отсутствие по первой причине соответствующего финансирования; доминирование в научной практике таких подходов к моделированию, в рамках которых невозможно адекватно отразить наиболее существенные моменты жизнедеятельности АС. В качестве примера здесь можно привести статистические методы анализа данных. Пользователь интуитивно понимает, что статистический метод получает «среднюю температуру по больнице». В случае с активными системами проявление системных свойств уникально и на разных типах объектов может иметь разный смысл (то есть объекты неравноценны по отношению к отдельному признаку, и, соответственно, признаки не универсальны и не могут свободно «отрываться» от своего типа объектов). В то же время мышление специалиста, хотя и не может одновременно охватить большой статистический материал, обобщает объекты и признаки более глубоко и конкретно, учитывая системно-иерархическую структуру объектов, специфику их функционирования и генезиса. Традиционная же схема описания объекта вектором значений равноправных признаков игнорирует изначальную координацию и субординацию соответствующих свойств. В итоге происходит двойное огрубление данных: сначала на метауровне используемые свойства объекта проецируются в декартово пространство, а затем в рамках этого пространства вектора признаков с помощью метрики или какого-либо статистического критерия проецируются на одномерную действительную или порядковую шкалу. Результатом этого является недостаточная точность статистических оценок и низкий уровень доверия к таким оценкам со стороны пользователя.

Другим примером малоперспективного моделирования АС служит известная схема имитационного моделирования, описывающая декомпозицию сложной системы с помощью иерархической цепочки «черных ящиков». Прежде всего, АС не поддается активному эксперименту. Соответственно, возможности исследователя свободно изменять параметры влияния на систему крайне ограничены. Одновременно с этим, для многих блоков в иерархическом дереве факторов влияния на целевое свойство АС прямые признаки для его оценки либо малодоступны (т.е. требуют больших затрат на оценку или измерение), либо имеют большую погрешность измерения, что в итоге после стыковки блоков в результирующую модель приводит к ее неадекватности.

Интерпретация проблемы моделирования на примере классификационных построений. Согласно [1] генерация модели мира основывается не только на разделительных признаках входящего в модель понятия, но и объединительных (базовых признаках, распространяющихся за пределы объемов отдельных понятий-классов и определяющих весь классификационный образ). Изложенный в [6] алгоритм формирования эмпирического образа данных является одним из вариантов такой генерации модели на основе статистических данных. Однако следует отметить, что подобного рода алгоритмы являются достаточно сложными для пользователя и, несмотря на свою эффективность, широкого распространения не получили. Основная причина сложившегося положения связана в первую очередь с ценностными ориентациями заказчика этих исследований. Как правило, прикладник, знакомый с особенностями метода классификации лишь поверхностно, ставит задачу расклассифицировать объекты «как-нибудь математически», не вдаваясь в детали алгоритма. Нередки случаи, когда заказчик предлагает свою грубую классификацию по одному–двум качественным показателям либо вообще отказывается от классификации и сразу переходит к поиску эмпирической зависимости в имеющемся наборе статистических данных. Распространенность такого стиля моделирования, когда эксперт выступает в роли «внешнего наблюдателя», объясняется, по крайней мере, следующими взаимодополняющими друг друга обстоятельствами.

Не разработаны специальные связующие блоки между экспертом и программой формирования модели. Ведущее место здесь должно принадлежать программно-технологическому обеспечению автоматизации концептуального моделирования и синтеза фактор-признаков целевого функционирования АС. Дело в том, что без соответствующей

концептуальной проработки экспертом исследуемой проблемы и ее увязки с его собственными взглядами и представлениями эксперт не «чувствует» ценности и потребности в различении процедур классификации. Здесь мы сталкиваемся с описанной в [5] ситуацией разбалансированного исследования, когда декларативная (концептуальная модель), процедуральные (алгоритмы классификации) и ценностные знания не «выращиваются» параллельно и согласованно из прикладной проблемы в конкретную последовательность задач, а информация задается априори с практически неразвитыми ценностной и концептуальной составляющими. Впервые необходимость в подобном согласованном «выращивании» классификационной модели АС была отмечено в [4], где в качестве концептуальных знаний использовались результаты мерономии (т.е. выделения архетипа объекта), а в качестве процедуральных – таксономии (т.е. алгоритма выделения таксонов объектов по внешним или разделительным признакам). Следуя [2], интуитивный образ явления есть результат попеременного взаимодействия левополушарных и правополушарных операций мышления. Так, процедура мерономии связана с формированием целостного обобщения особенностей конкретных явлений и поддерживается в основном правополушарными операциями. В свою очередь, процедура таксономии опирается преимущественно на левополушарные операции.

Не разработаны алгоритмические и программные средства, обеспечивающие гибкость и открытость программ формирования классификационной модели к разнообразным балансирующим воздействиям со стороны управляющей метапрограммы либо со стороны эксперта (посредством метапрограмм). В качестве аналога подобной метапрограммы балансировки можно привести операционную систему компьютера. Одной из важнейших причин малоэффективного использования существующих интеллектуальных систем является наличие у эксперта всевозможных психологических барьеров и комплексов, не позволяющих ему войти в режим доверительного общения с интеллектуальной системой [2]. Одним из эффективных средств для «взламывания» подобных барьеров могло бы послужить предложение эксперту (со стороны интеллектуальной системы) самостоятельно проинтерпретировать те или иные фрагменты исследуемого функционирования АС и тем самым воспринимать создаваемую концептуальную модель как собственную разработку. Результатом такого «присвоения» согласно [7] явилось бы резкое повышение ценности предлагаемого способа формирования модели и соответствующая активизация внимания со стороны эксперта. Как видим, проблема автоматизации моделирования состоит также и в неразвитости технологических средств для включения эксперта в единый человеко-машинный процесс исследования АС.

Проблема поиска новых математических форм. Идея привлечения к системным исследованиям информационно-насыщенных априорных знаний имеет богатую историю (в качестве положительного примера здесь можно привести теорию кварков в физике элементарных частиц). Применительно к активным системам основной вопрос состоит в том, каковы должны быть математические формы для представления априорных метафизических знаний. Традиционные теоретико-множественные и динамические конструкции (например, признаковое пространство, функционал, графовая схема связи состояний и т.п.) уже по своему построению ориентированы на описание внешних проявлений системы. Внутренние же причинно-смысловые механизмы, как правило, остаются скрытыми и судят о них только по внешним интегральным характеристикам или закономерностям. Одним из перспективных направлений в данной ситуации представляется концепция построения системного функционирования с богатой априорной схемой-ядром, способной развиться в полноценное содержательное описание в результате поэтапных конкретизаций и модельных экспериментов. Суть различия этого подхода от традиционного обсуждается в [8] на примере задачи построения компьютерных программ понимания естественно-языкового текста. Так, для первого подхода необходимо прежде всего удачно выбрать «элементарные смыслы», из которых, как из конструктора, используя различную технику либо логические исчисления, можно построить смысл любого слова. Здесь путь построения программы представляет собой анализ и синтез (в распознавании образов этому подходу соответствуют лингвистические или структурные методы). Для второго подхода основным является «вписывание» слов в некоторый набор универсальных объяснительных схем, т.е. конкретизация схемы, обеспечивающее понимание всего текста.

Исходя из вышеизложенного и понимая, что для исследования активных систем обойтись формализацией какого-то отдельного аспекта ее функционирования не удастся, был разработан один из вариантов универсальной схемы-каркаса жизнедеятельности активной системы [7]. Данная универсальная схема не является математическим объектом в классическом понимании. Для традиционного математического построения, как известно, характерно введение на произвольном множестве нескольких отношений – аксиом, включающих отношения типа операции или вывода. Чисто математическим (или теоретическим) результатом этого построения являются новые отношения (или инварианты производных математических конструкций). В прикладном исполнении математическая теория интерпретируется как модель, где множество и отношения, включая результат, конкретизируются согласно решаемой практической задаче. Применительно к АС проблематичность традиционного математического моделирования связана с необходимостью значительного расширения числа рассматриваемых множеств и отношений, которые подвержены параллельным и взаимосвязанным изменениям, не позволяющим корректным образом воспользоваться соответствующими процедурами вывода. Дело в том, что по своей природе классические схемы вывода рассчитаны на стабильность «условий эксперимента» (или неизменность принятых аксиом), обусловленную, в свою очередь, жестким соотношением интенсивного и экстенсивного аспектов количества (фиксированное интенсивное саморазличение меры на фоне ее потенциально бесконечного экстенсивного роста) [3]. В качестве характерных примеров здесь можно привести вероятностную аксиоматику, формулы логического вывода или алгебраическую систему. Подобная «неуклюжесть» математических методов применительно к активным системам привлекала к себе внимание многих авторов, пытавшихся «расшатать» сложившийся стереотип. Своеобразным полигоном опробования нестандартных методов явились различные ветви искусственного интеллекта, где наиболее интенсивно внедряются диалоговые схемы настройки моделей, введения процедур вывода и интерпретации результатов. Тем не менее, в отсутствие эффективных и унифицированных средств формализации или математизации задач исследования АС накопленный багаж эвристических знаний часто остается невостребованным и не поддается обобщению. В подавляющем большинстве существующих интеллектуальных систем специалисту отводится только роль стрелочника, выбирающего либо модель вывода, либо вариант результата. Обеспечить же интеллектуальный фон для взаимодействия системы знаний и специалиста в процессе выработки совместного вывода не позволяют общепринятые рамки формализации знаний.

Особенности функционально-эволюционного подхода. Принципиальное отличие данного подхода сводится к смещению акцентов или изменению баланса в интенсивно-экстенсивном соотношении качественно-количественного описания системы в сторону ее интенсивного аспекта. Другими словами, этот подход предоставляет пользователю более совершенный механизм для различения и углубления его представления об исследуемом фрагменте системы за счет последовательного наращивания дифференциации формирующегося образа и эволюционной селекции полученных при этом подобразов. Экстенсивный момент в таком варианте выходит из классической «тени бесконечности» или асимптотики и занимает свое место в конечнорядных процессах имитации селекционируемых подобразов. Выделим ряд особенностей предлагаемого подхода:

1. В качестве базового инструмента исследования используется комплекс знаний, основой которого является универсальный механизм эволюционного наращивания структурной дифференциации первичного образа.

2. Процесс познания изначально осуществляется от общего к частному. Классический же метод предлагает сначала «заполнить» множества, т.е. перенести представления специалиста о системе на уровень явления и расчленить цельное знание на блоки (объектов, атрибутов, типов поведения и т.п.). При этом после «заполнения» готовые множества «загружаются» в соответствующий математический агрегат для синтеза модели путем достаточно произвольных и не всегда контролируемых операций [5]. В итоге таких действий часто «с водой выплескивается ребенок», а именно идея системной общности. В предлагаемом подходе

цельность формируемого образа потенциально заложена в структуре абстрактной универсальной схемы и постепенно «высвечивается» путем ее конкретизации на реальном материале.

3. Принципиально изменяется сущность математического аппарата. Математическая теория активных систем, в первую очередь, должна быть посвящена изучению закономерностей эволюции рекурсивно организованного образа-ядра системы в зависимости от специфики и характера рабочего материала. Ключевую роль в этой теории должны занять разработки следующих направлений: 1) создание процедур селекции на конечных рядах имитаций подобразов; 2) разработка стратегий межфункциональной балансировки ресурсов всех процессов развития; 3) определение глубин различия фрагментов функционирования и нахождения допустимых интервалов варьирования, образующихся в результате различия показателей и их эталонов; 4) выбор внутренних критериев адекватности селекционируемых подобразов; 5) определение внешних критериев самосохранения или устойчивости потоков подобразов. Как видим, здесь математический аппарат уже не является самодостаточным для получения результата. В процессе работы интеллектуальной системы математическим выводам отведена роль катализатора упомянутой межфункциональной балансировки.

4. Согласуются онтологический и гносеологический аспекты исследования. Само исследование представляет собой взаимодействие двух подпроцессов: *объективного* процесса слежения за реальной системой и ее проявлениями (включая сбор сведений о состояниях системы и ее развитии, полученных из объективных и субъективных источников, в том числе и в результате моделирования), *субъективного* процесса развития фрагмента познающей интеллектуальной системы, соответствующего познаваемой системе (здесь объектом приложения является не содержание знания, как в первом процессе, а инструмент познания). Таким образом, если традиционный подход опирается на перебор в конкретной исследовательской ситуации небольшого числа наиболее подходящих готовых моделей (инструментов), то предлагаемый подход осуществляет параллельное «выращивание» и инструмента, и знания [7].

5. Специалист становится активной фигурой. Как уже отмечалось, в рамках традиционного подхода ему отводится роль заполнителя множеств и «стрелочника» в некотором наборе входных и выходных модельных альтернатив. Интуитивные знания специалиста здесь используются только в той мере, в какой они согласуются с модельными предположениями и выводами. В случае же с функционально-эволюционным подходом интуиция специалиста непосредственно участвует в развертывании знания.

Выводы. Понимая многогранность проблемы человеко-машинного моделирования АС и опираясь на более чем 50-летний опыт поиска путей ее разрешения, приходим к выводу, что основная причина задержки создания интеллектуальных систем нового поколения связана с необходимостью смены существующей парадигмы исследования АС. В приведенном выше описании функционально-эволюционного подхода заложена идея такой смены. Несмотря на то что ее реализация потребует от исследователей значительных затрат на развитие их методологических, математических и психологических знаний, более простых путей достижения реальной эффективности ИС не существует.

Литература

1. Гладун, В.П. Эвристический поиск в сложных средах / В.П. Гладун. – Киев : Наукова думка, 1977. – 166 с.
2. Грановская, Р.М. Интуиция и искусственный интеллект / Р.М. Грановская, И.Я. Березная. – Ленинград : Изд-во Ленинградского университета, 1991. – 272 с.
3. Ласточкин, Б.А. Философский анализ расщепления меры: автореф. дис... канд. филос. наук: 09.00.08 / Б.А. Ласточкин ; Институт философии АН СССР. – М., 1970. – 23 с.
4. Мейен, С.В. Таксономия и мерономия / С.В. Мейен // Вопросы методологии в геологических науках / С.В. Мейен. – Киев : Наукова думка, 1977. – С. 25–33.
5. Напелльбаум, Э.Л. Решение задач, принятие решений, искусственный интеллект и системная организация знаний / Э.Л. Напелльбаум // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник / С.В. Емельянов [и др.]; под ред. С.В. Емельянова. – М. : Наука, 1991. – С. 7–36.

6. Осипенко, А.Н. О формировании эмпирического образа данных / А.Н. Осипенко, Н.Б. Осипенко // НТИ – Сер. 2. – 1990. – С. 30–35.
7. Осипенко, А.Н. Метод и средства автоматизации моделирования активных систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / А.Н. Осипенко ; ГГУ им. Ф. Скорины. – Гомель, 1997. – 16 с.
8. Сергеев, В.М. Искусственный интеллект: опыт философского осмысления / В.М. Сергеев // Будущее искусственного интеллекта / С.В. Емельянов [и др.]; под ред. С.В. Емельянова. – М. : Наука, 1991. – С. 216–241.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступила в редакцию 02.10.13

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ