

# ПРЕДИСЛОВИЕ

---

В современной науке моделирование рассматривается как основной и наиболее перспективный метод научного познания действительности, связанный с совершенствованием способов получения и фиксации информации об изучаемых объектах, а также с приобретением новых знаний на основе модельных экспериментов. Особенно возросла роль моделирования с развитием компьютерных информационных технологий.

Исторически моделированию предшествовал метод научного эмпиризма (от греч. *empeiria* — опыт). Эмпирические исследования ограничиваются наблюдениями, сбором информации, классификацией изучаемых явлений и формулированием выводов на основе логических умозаключений. Эмпиризм и сегодня не потерял своего научного значения как метод, предваряющий и сопровождающий любое модельное познание. Вместе с тем, доминирование эмпиризма свидетельствует о застое в данном научном направлении, отсутствии новых конструктивных идей методологического плана, а зачастую и о консерватизме работающих в нем ученых и специалистов.

Эмпиризм, с его буквальным пониманием известного лозунга «практика — критерий истины», породил один из самых порочных методов исследования систем, так называемый метод «проб и ошибок», суть которого выражается фразой: давайте сделаем нечто, затем посмотрим, что получится, и если выйдет плохо, то подкорректируем это нечто. Прикрываясь статистикой, тестированием, опросами общественного мнения, логикой, историзмом и другими схемами этот метод получил тотальное распространение, как в естественных, так и гуманитарных областях исследования. В первом случае его применение чревато неоправданно большими временными и экономическими затратами, во втором — этот метод приносит страдания и горести тем, на ком практическим путем устанавливается «истина».

Философской базой моделирования выступает теория отражения, точнее, исходный постулат об отражении как специфическом взаимодействии двух систем, в результате которого одна

система воспроизводится в другой. В научных исследованиях свойство отражения получает форму взаимодействия реальности и сознания. Реальность через органы чувств воспринимается человеком и воздействует на его сознание, в результате чего формируется некий слепок — образец той наблюдаемой реальности. Этот слепок, называемый моделью (от фр. *modèle* — образец), воспроизводится каким-либо способом на том или ином носителе информации и служит объектом исследования.

Таким образом модель несет в себе информацию о реальности, воспринятую субъектом и выраженную им в форме мыслительной конструкции, рисунка, математической формулы, словесного текста, графического изображения, компьютерной программы и т. д. Следовательно, для одного и того же реального объекта или процесса можно построить совершенно разные модели, отражающие индивидуальный взгляд того или иного исследователя (или группы исследователей) на объект изучения. Поэтому утверждается, что любая модель (независимо от способа ее выражения) субъективна по своему содержанию.

Именно этот тезис долгое время служил камнем преткновения на пути признания моделирования эффективным инструментом научных исследований. Философские дискуссии о том, что считать объективным, а что — субъективным, не затихают и по сей день. С одной стороны, все объекты реального мира человек воспринимает через призму собственного понимания их сути, и в этом смысле все то, что мы видим, слышим, чувствуем, с чем имеем дело, не более чем наше субъективное представление о происходящем. С другой стороны, в потоке информации, поступающей в сознание через органы чувств, содержатся вполне определенные данные о наблюдаемых объектах, не зависящие от воспринимающего их субъекта. В этом аспекте можно говорить об объективном характере восприятия действительности.

В теории моделирования в качестве основного постулата принято положение о том, что сама природа восприятия действительности имеет двойственную объективно-субъективную сущность. Причем эти стороны не исключают, а диалектически дополняют друг друга. В результате образуются своеобразные информационные конфликты (споры, разногласия, сомнения, противоречия), выступающие движущей силой никогда не завершающегося процесса познания и установления истины.

Согласно этому положению, изучая какой-либо объект методом моделирования, исследователь буквально обречен на бесконечный циклический процесс «модель → апробация → кор-

ректировка → уточненная модель...», констатируя всякий раз лишь определенный уровень познания и относительный характер истинности добытых сведений. Поэтому, оценивая адекватность модели, можно говорить лишь о степени ее приближения к объекту-оригиналу, понимая, что точного соответствия не может быть в принципе.

Этим утверждением определяется критерий адекватности, принятый в теории моделирования: пригодность модели конструктивно разрешать конкретные проблемы. Другими словами, модель считается адекватной реальности, если выражаемые ею закономерности не противоречат наблюдаемым фактам, а получаемые с ее использованием выводы позволяют достичь целей данного исследования.

В своем историческом развитии метод моделирования прошел три основных этапа. Причем каждый последующий этап не отрицал, а дополнял и расширял предыдущий, включая все то лучшее и конструктивное, что было достигнуто предшествующими исследователями.

Для *первого (физикалистического) этапа* характерно стремление построить модели не только простых, но и сложных систем на основе известных и еще не открытых законов физики. Утвердившись в науке с середины XVII в., такой подход оказался чрезвычайно плодотворным при изучении вещественно-энергетических преобразований, но обнаружил свою несостоятельность при попытках познания структурно-поведенческих сторон процессов и явлений. Вера в простоту устройства нашего мира ушла ныне в невозвратное прошлое. Все объекты окружающей нас действительности демонстрируют системный многоуровневый принцип организации. С пониманием этого стала очевидной иллюзорность попыток объяснить мироустройство с помощью простых и изящных моделей типа гамильтоновых уравнений классической механики, волновых уравнений квантовой механики или уравнений электромагнитной динамики.

*Второй (операционный) этап* характеризуется прорывом специальных математических методов в сфере модельных исследований. Методологическую основу моделей этого периода составила теория исследования операций со всеми ее многочисленными разделами: линейным, нелинейным, динамическим программированием, игровыми моделями, методом Монте-Карло, структурным моделированием, агегативным подходом и др.

Как известно, в операционных исследованиях разрешение проблемы достигается путем ее идеализации до уровня, позво-

ляющего выразить сущность на языке математики, то есть разработать математическую модель явления, задать в количественном виде критерии выбора решений и установить ограничения на варьируемые параметры. Наличие количественных критериев и формальных моделей позволяет сформулировать проблему в терминах математической оптимизации и свести ее решение к поиску алгоритма, позволяющего найти за конечное число шагов наилучший вариант относительно заданных критериев при фиксированных ограничениях. Иными словами, в рамках операционного подхода проблема считается разрешимой, если она трансформируема в оптимизационную задачу, и эта задача может быть решена на основе известных методов математического программирования или их модификаций. Такой путь хоть и изыщен с математической точки зрения, но фактически означает подгонку проблемы под возможности метода, то есть предполагает доминирование метода над существом проблемы. С системной позиции этот подход не может быть признан конструктивным, так как получаемые при этом выводы и рекомендации справедливы только по отношению к созданной математической модели и приемлемы только тогда, когда данная модель является исчерпывающим представлением практической проблемы, что далеко не всегда соответствует действительности.

Практические проблемные ситуации характерны тем, что в них не только не представляется возможным корректно определить понятие оптимальности, но даже на вербальном уровне задать достаточно полную модель явления. По существу, для любой системной проблемы свойственно отсутствие какой-либо модели, устанавливающей исчерпывающим образом причинно-следственные связи между ее компонентами, а о существовании критериев оптимальности можно говорить только после разрешения проблемы.

Условность оптимального варианта разрешения сколь угодно значимой практической проблемы — факт общепризнанный. Достаточно назвать вариант, претендующий на эту роль, как не составит большого труда найти ряд обстоятельств, которые не были учтены при его обосновании, и тем самым продемонстрировать условность оптимальности. То есть, сделать вывод о том, что данный вариант можно признать оптимальным при условии, если... и далее следует перечень ограничений и допущений, позволивших свести реальную проблему к оптимизационной математической задаче. Конечно, можно модифицировать метод и снять ряд ограничений и допущений, но тогда

вскроются новые неучтенные обстоятельства, и такой процесс может повторяться неограниченно долго, всякий раз констатируя условную оптимальность. Условная оптимальность приемлема в теории, но не на практике, где она проявляется в виде ошибочных решений и неверных действий.

Традиционно считалось, что все неудачи операционного подхода к разрешению практических проблем связаны с недостаточным развитием математических методов оптимизации или обусловлены неадекватностью математической модели объекту исследования. Но оказывается, что дело не в математике и не в способах моделирования, а в принципе: в деятельности человека не существует оптимальных (абсолютно верных) решений — так же, как не бывает неразрешимых проблем (абсолютно тупиковых ситуаций).

На смену господствовавшему принципу экстремальности приходит компромиссный принцип разрешения системных проблем, когда оптимальность рассматривается в ее широком диалектическом смысле — как никогда не прекращающийся процесс поиска компромисса между потребностями, возникающими в результате развития индивида и общества, и возможностями их удовлетворения на базе формирования новых гуманитарных, промышленных, экономико-финансовых и других технологий.

**Третьему (системному) этапу** свойственно то, что объект моделирования рассматривается как система, а задача заключается в комплексном и всестороннем изучении ее поведенческих аспектов с учетом внешнего окружения. Методологическую основу построения моделей этого периода составляет системный подход совместно с технологиями системного анализа. При этом постулируется, что изучаемый объект представлен в данном исследовании как система, если независимо от его субстанциональной сущности и физических размеров он идентифицируется по признакам разделяемости, целостности, связанности и неаддитивности, а само исследование относится к классу системных, если процедурно оно строится без нарушения положений этих признаков [Новосельцев, 2003]. Соответственно центр тяжести модельных исследований переместился от изучения свойств отдельных компонентов системы к исследованию связей между ними, и выявлению на этой основе эмерджентных качеств изучаемого объекта.

Такая точка зрения потребовала коренного пересмотра самого подхода к моделированию изучаемых объектов, а также послужила толчком к развитию специальных методов модели-

рования, адекватных по своим познавательным возможностям уровню сложности моделируемых объектов.

Моделирование систем (или системное моделирование), ставшее возможным благодаря прорывному развитию компьютерных информационных технологий, — это ответ прикладной науки на вызов, брошенный ей сложными системами.

Системные модели не следует рассматривать как антитезу традиционному математическому моделированию. Здесь имеет место симбиоз и содружество, когда стирается грань между стремлением к тотальной формализации и логико-интуитивным (эвристическим) подходом к анализу системных явлений. Таким образом, системное моделирование есть разумный компромисс между этими крайними точками зрения на возможные пути конструктивного разрешения сложных проблем, для которых характерны слабая структурированность, конфликтность, неопределенность, неоднозначность, наличие риска, многоаспектность, комплексность, саморазрешимость, эволюционность.

Системное моделирование — сравнительно молодое и далеко незавершенное научное направление, в котором пока больше проблем и нерешенных вопросов, чем успехов и достижений. В настоящее время его развитие существенно сдерживается отсутствием конструктивной технологии проектирования системных моделей. Концепция такой технологии очевидна: системная модель — это самоорганизующаяся многоуровневая система, следовательно, проектировать ее надо так, как проектируются любые другие системы такого класса. Однако, также очевидны трудности реализации такой концепции — пока нет универсальной и достаточно формализованной технологии проектирования самоорганизующихся символьных систем, инвариантной к предметным областям.

На практике применяется достаточно много схем, претендующих на роль такой технологии. Но все они эвристичны по своей сути, чрезмерно обобщены и отражают не более чем опыт тех или иных исследователей. Поэтому при овладении технологией проектирования системных моделей целесообразно опираться на методы и стандарты обеспечения качества программных средств [Липаев, 2001], соблюдение требований которых следует рассматривать как необходимое условие создания эффективных исследовательских моделей.

Важнейшим отличием системного моделирования от традиционного является использование языков представления знаний, позволяющих отражать различные аспекты проблемной

области, наблюдаемые факты и закономерности, описывать эти знания не только на количественном, но и на качественном уровне. По сути, системное моделирование — это процесс восприятия, фиксации, переработки и получения новых знаний на базе использования информационных компьютерных технологий. Поэтому проблема представления знаний (подчеркнем еще раз — не данных, а знаний), находящаяся в центре внимания специалистов по системному моделированию, включает множество трудных аспектов, но кардинальным является вопрос о механизмах представления знаний и структуре самого языка этого представления. Исчерпывающего ответа на него пока нет. Частично ответить на этот вопрос удалось при изучении способов построения логико-лингвистических и нейросетевых моделей, а также генетических алгоритмов.