

## **Проблемы системного моделирования сложных процессов социального взаимодействия**

**М.Д.Розин, В.П. Свечкарев**

Как показывает практика системного моделирования наиболее значимыми и, в то же время, наиболее сложными являются задачи анализа и прогнозирования развития процессов социального взаимодействия. Такого рода задачи связаны с прогнозом достижения долгосрочных целей путем адаптации к изменениям внешней среды. Задачи сложны и требуют учета большого числа факторов, интересов, рисков и последствий, в их решениях присутствует высокая степень неопределенности в оценке внешней среды, слабая формализация методов управления и широкое использование экспертных оценок и знаний, многокритериальность при оценке принимаемых решений [1]. Характеризуя проблему модельного подхода к анализу и прогнозированию сложных процессов социального взаимодействия, необходимо учитывать, что от постановки задачи моделирования до интерпретации полученных результатов, существует большая группа сложных научно-технических проблем, к основным из которых можно отнести следующие: идентификацию реальных объектов, выбор вида моделей, построение моделей и их программную реализацию, взаимодействие исследователя с моделью в ходе компьютерного эксперимента, проверку правильности полученных в ходе моделирования результатов, выявление основных закономерностей, исследованных в процессе моделирования. В зависимости от объекта моделирования и вида используемой модели эти проблемы могут иметь разную значимость [2].

В [3] отмечено, что в соответствии с принципом необходимого разнообразия (парафраз на тему принципа У.Р. Эшби), «разнообразие средств моделирования должно быть больше или, по крайней мере, равно разнообразию объекта моделирования». В этом случае традиционный способ описания различных аспектов системы и процесса ее создания, предполагаю-

щий последовательное развитие одной модели, не является эффективным. Само наличие такой единой модели вызывает сомнения, т.к. слишком сложен и многогранен предмет описания – от реальных объектов и процессов до абстрактных информационных и иных объектов.

Выход в подобной ситуации был предложен в свое время разработчиками имитационной модели экосистемы Азовского моря, возглавляемыми Ю.А. Ждановым [4]. Уже тогда (а это было более 30 лет назад) было показано, что «... решение естественнонаучных и практических вопросов, связанных с проблемой Азовского моря, возможно только на базе имитационной модели, отражающей все основные процессы жизнедеятельности экологической системы моря, позволяющей количественно анализировать закономерности её функционирования и рассчитывать последствия различных антропогенных воздействий» [5]. При создании модели такого уровня сложности авторам и пришлось столкнуться и с проблемами масштабирования, и со значительными размерностями и количеством параметров, и с необходимостью учета разнообразных аспектов исследования... «Задача, таким образом, заключалась в том, чтобы формализовать и количественно описать жизнедеятельность большого числа компонент этой системы, математически отобразить процессы их взаимодействия и развития» [5]. Ю.А Жданов отмечал, что «методологические принципы, положенные в основу разработанной имитационной модели, ... сформировались в ходе самой разработки, ибо практически отсутствовал какой-либо опыт моделирования экосистем с большим количеством параметров». В этой ситуации было предложено и затем реализовано более 20 аспектных моделей, интегрированных в рамках совместного использования исходных данных в единый моделирующий комплекс. Полученная имитационная модель на тот момент по масштабам не имела прецедентов в практике исследования экосистем. В [5], в частности отмечается, что «с помощью модели был произведен детальный анализ различных вариантов экопроектов. ... прогноз осуществлялся для 120 моделируемых компонент экосистемы.

Было рассчитано более 100 стратегий...». От себя добавим, что итоги работ по созданию имитационной модели Азовского моря были включены в сводные отчеты СССР по водному проекту Международного института прикладного системного анализа, в научную программу обмена между СССР и США, опубликованы в трудах Агентства по охране окружающей среды США, которое использовало модель для исследования экосистемы озера Гурон.

Рассмотрим современные решения проблем формирования систем моделирования сложных процессов социального взаимодействия. Как известно [6] при формировании модели стремятся достигать соответствия между способом организации социального мира и способом, каким модель описывает этот мир, между аппаратом, используемым в процессе моделирования, и концептуальным аппаратом моделируемой теории, между теорией и социальным миром. В социальном моделировании используется весь спектр методов и инструментария от содержательных моделей (например, формулируемых на естественном языке) до формальных моделей (например, реализуемых с помощью традиционных математических моделей или современных парадигм имитационного моделирования).

В качестве исходной содержательной модели исследователи социальных систем нередко выбирают когнитивную (например, когнитивную карту [6]) или концептуальную (например, реализованные в рамках технологий функционально-структурных или объектно-ориентированных языков моделирования) модель. Такого рода содержательная модель отражает базовые концепты и конструкты исследуемой предметной области знания и позволяет достижение определенного уровня абстрагирования на пути от предварительного описания объекта к его формальной модели.

В [6] отмечается, что когнитивные модели могут быть полезным инструментом для формирования и уточнения гипотезы о функционировании исследуемого объекта, рассматриваемого как сложная система. Для того чтобы понять и проанализировать поведение сложной системы строится

когнитивная карта, представляющая собой структурную схему причинно-следственных связей. Такого рода модель позволяет визуализировать информацию и анализировать ситуацию на основе выявленных сущностей и связей в рамках заданных ограничений. В этом случае каждая из множества вершин когнитивной карты соответствует одному фактору или элементу социальной системы, а дуга, связывающая вершины, соответствует причинно-следственной связи, и тем самым, когнитивная карта предоставляет схематичное, упрощенное описание социальной системы в конкретной проблемной ситуации. Наряду с собственно исследовательскими особю следует подчеркнуть коммуникативные возможности когнитивного инструментария. Именно в коммуникативной сфере находятся наиболее очевидные ресурсы повышения эффективности решения многих социальных проблем [6].

Наконец, в свете рассматриваемых проблем моделирования отметим и принципиальную совместимость когнитивных моделей с социальными моделями более высокого уровня формализации. В частности, в [7] рассмотрено решение задачи устойчивого развития социальной системы как последовательное решение задач когнитивного моделирования (результат когнитивные карты) и далее задачи моделирования переходного процесса в системе с оценкой её характеристик устойчивости. Указанный подход в настоящее время также достаточно широко апробируется в решении задач оценки устойчивости развития социально-экономических систем [8]. Формально он сводится к моделированию импульсных процессов в вершинах когнитивной модели, получаемых при различных управляемых и неуправляемых воздействиях в вершины, а результат моделирования представляет собой возможные альтернативные варианты развития системы – модельные сценарии развития. Аппарат сценарного моделирования позволяет формально строить сценарии как гипотетические траектории движения моделируемой системы в фазовом пространстве ее переменных (факторов)

на основе информации о ее структуре и желательных программах развития.

В самом общем случае задача построения сценариев на когнитивных моделях формулируется так: на основе изучения сложной, динамической, открытой, управляемой, но не полностью наблюдаемой системы необходимо описать возможные направления ее развития несколькими (желательно немногими) вариантами так, чтобы в рамках поставленной содержательной задачи дать наиболее полное представление о возможных будущих состояниях и траекториях развития системы [8].

Но наиболее распространенным вариантом совместного использования является имитационное моделирование, реализующее парадигму системной динамики. Указанная парадигма моделирования предполагает построение для исследуемой системы графической диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие параметры во времени, а затем модель, созданная на основе этих диаграмм, имитируется на компьютере. Системная динамика представляет сегодня парадигму на основе фундаментальных работ Дж. Форрестера [9], метод и графический язык для представления моделей сложных систем, а также для их имитационного компьютерного выполнения. Графическая нотация для моделирования всех компонентов системы и их взаимосвязей делают системную динамику очень удобным инструментом визуального представления любой системы, в том числе и социальной. Сложные связи и взаимные влияния процессов часто встречаются в социальных системах и поэтому системная динамика оказалась очень эффективным методом для представления и анализа проблем динамики такого рода систем. В качестве примера можно указать на решение наиболее распространенной задачи исследования демографических и миграционных процессов в социальных системах различного уровня [10].

Очевидные достоинства совместного использования когнитивных и системно-динамических моделей при исследовании социальных систем

порождают все новые попытки расширения функциональности исследований, корректного преодоления проблем масштабируемости объекта в заданной предметной области и, наконец, постановки и решения задач описания и моделирования социального поведения в рамках все более сложных архитектур систем моделирования. Из всего многообразия примеров на данном этапе можно отметить иерархические системы когнитивных моделей [8], когнитивные архитектуры [11] и интегрированные системы моделирования [12].

Построение иерархических систем из когнитивных моделей позволяет, оставаясь в рамках единственной выбранной парадигмы моделирования, переходить на последующих (нижних) уровнях иерархии к более детальному описанию сущностей и связей предметной области. Например, при необходимости, одна из вершин когнитивной карты верхнего уровня может быть представлена в свою очередь в виде когнитивной карты на нижнем уровне, и, таким образом, формируется иерархическая система когнитивных моделей [7,8]. В таком «поуровневом» продвижении при изучении слабоструктурированных проблем социальных систем совокупность иерархических когнитивных моделей (когнитивных карт) позволяет получать достаточно строгие формализации первичного (качественного) описания социальных процессов и систем.

Однако указанное сужение области использования когнитивного моделирования резко контрастирует в сравнении с зарубежными публикациями [11], где когнитивное моделирование охватывает большую часть этапов исследования социальных систем, обеспечивая потребности и в качественных, и в количественных прогнозах путем формирования когнитивных архитектур [11]. Термин архитектура предполагает подход, при котором моделируется не только внутренняя структура, но и социальное поведение. Когнитивная архитектура моделирует познание в целом, а не отдельные его механизмы, как, например, когнитивная модель (когнитивная карта). В основе заложены следующие механизмы: иерархическая система

когнитивных моделей, обеспечивающая нисходящий процесс моделирования, модели на основе нейронных процессов, что накладывает соответствующие ограничения и будет способствовать точности, и, наконец, интегрированные хранилища уже реализованных архитектур, вычислительных моделей, сред и данных. Наиболее распространенная когнитивная архитектура АСТ-R [11] применяется как для социально-психологических экспериментов, так и для сложных имитаций (авто или авиа трафика и др.). В ней описывается структура наборов модулей и соответствующие уровни имитации, позволяющие учитывать всю область человеческого познания, в частности, нейронный уровень, социальный уровень, сетевой уровень и уровень интеграции моделей и имитаций [11].

Таким образом, когнитивная архитектура представляет собой систему статических и поведенческих моделей, обеспечивающую цельный подход к моделированию познания социальных процессов, от получения эмпирических данных до количественной оценки результатов моделирования, от уровня нейронного описания до системного уровня, при этом когнитивная модель масштабируется до более высокого уровня с сохранением качественных свойств, а платформой согласования служит хранилище данных.

Следующий шаг в исследовании сложных процессов социального взаимодействия предлагается выполнять на основе интегрированных систем моделирования [12]. Принципиальное их отличие от рассмотренных выше заключается в использовании различных парадигм моделирования для исследования соответствующих свойств социальных процессов.

Следуя в русле выше указанных решений отметим, что для подобных систем задача, таким образом, сводится к формированию минимально необходимой совокупности моделей  $m$ , каждая из которых является одной из проекций процессов в области решений, а все вместе они образуют систему моделей  $S_M$ , обеспечивающую с должной степенью качества  $Q$  (полно-

ты, правильности и адекватности) целевое исследование указанных процессов [12].

$$S_M = \langle Z, M, R, Q \rangle, \quad M \neq \emptyset, \quad M := \{m|F(m)\}, \quad |\{m_i\}| = \min,$$

где  $Z$  – множество (структура) целей,  $M$  – множество, состоящее из моделей  $m$  таких, что  $m$  является одной из проекций  $F(m)$  свойств  $P$  процессов,  $R$  – множество механизмов и отношений, обеспечивающих интеграцию моделей  $m_i$  в систему  $S_M$ , обладающую, в свою очередь, соответствующими интегративными свойствами,  $Q$  – множество требований к качеству исследования процессов.

Применительно к сложным процессам социального взаимодействия совокупность моделей должна отражать различные абстракции описания структуры, разнообразные аспекты ее поведения, этапы (итерации) ее эволюции в процессе функционирования и развития. Каждая из моделей имеет уникальные свойства, отсутствующие у других, и поэтому в различной степени соответствует реальным процессам. Используемая модель, интерпретирующая исследуемое свойство процессов, в свою очередь, определяет и то, как будет осмысливаться проблема, и какие решения будут приниматься. Необходимо рассматривать архитектуру совокупности моделей в контексте необходимости для решения задачи на конкретном этапе исследования.

Современные сложные процессы социального взаимодействия инициируют формирование соответствующего уровню решаемых задач методологического и инструментального обеспечения системного моделирования. Осмысление и освоение новейших архитектур систем моделирования и адаптация их в русле актуальных проблем исследования кризисных социальных систем и процессов – так сегодня формулируется одна из важнейших задач развития социальных наук.



## Литература:

1. Розин, М.Д. Модельный подход к анализу и прогнозированию процессов социальных взаимодействий на Юге России // Инженерный вестник Дона, 2010. – №2. – <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2010/184/> (доступ свободный).
2. Современная практика социального моделирования конфликтных процессов / Под ред. М.Д. Розина. – Ростов/Дон: Изд-во СКНЦВШ ЮФУ, 2010. – 180 с.
3. Свечкарев, В.П. Системный подход к формированию комплекса структурно-функциональных и социально-математических моделей динамики северокавказского вооруженного подполья // Инженерный вестник Дона, 2011. – №3. <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2011/564/> (доступ свободный).
4. Свечкарев, В.П. Проблемы моделирования сложных систем в научном наследии Ю.А. Жданова // Ю.А.Жданов о ценностях науки и образования: Сборник материалов ежегодных научных чтений в рамках проекта «Научное наследие Ю.А. Жданова и современность». – Ростов/Дон: Изд-во СКНЦВШ ЮФУ, 2011. – 154 с. – С. 78-84.
5. Жданов, Ю.А. Имитационная модель Азовского моря./ Жданов Ю.А. Избранное. В 3 т. Т. 1. – Ростов/Дон: Изд-во СКНЦВШ ЮФУ, 2009. – С. 376-398.
6. Плотинский, Ю.М. Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. / Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Логос, 2001. – 296 с.
7. Горелова, Г.В., Розин, М.Д., Рябцев, В.Н., Суций, С.Я. Когнитивные исследования проблем Юга России / Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Перспективные системы и задачи управления». – Таганрог: Изд. ТТИ ЮФУ, 2011. – №3. – С.78-93.

8. Горелова, Г.В. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, Л.А. Гинис. – Ростов/Дон: Изд-во СКНЦ ВШ, 2005.
9. Форрестер, Дж. Мировая динамика / Дж. Форрестер. – М., 1978.
10. Свечкарев, В.П., Гаврилова, З.П. Адаптация модели системной динамики демографической ситуации в AnyLogic на примере г. Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2010. – №1. – <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n1e2010/171/> (доступ свободный).
11. Reitter, D., & Lebiere, C. (2010). Accountable modeling in ACT-UP, a scalable, rapid-prototyping ACT-R implementation. In Proceedings of the 10th International Conference on Cognitive Modeling, Philadelphia, PA.
12. Свечкарев, В.П. Интеграция имитационных моделей при проведении исследований в гуманитарной сфере // Инженерный вестник Дона, 2010. – №3. – <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n3e2010/213/> (доступ свободный).