

**Теоретико-множественные ограничения  
в имитационном моделировании сложных  
социально-технических систем**

*Чехович Ю. В.*

d\_yura@ccas.ru

Москва, ВЦ РАН

Рассматривается класс сложных социально-технических систем, характерной чертой которых является наличие значительного числа субъектов, действующих относительно обособленно и имеющих возможность воздействовать на систему и другие субъекты путем принятия определенных субъективных решений. К системам такого класса можно отнести различные торговые системы, где субъектами, принимающими решения, являются участники торгов; транспортные автомобильные системы (субъекты — водители транспортных средств) [2], системы ведения боевых действий (субъекты — командиры различных уровней и рядовые солдаты), электоральные системы (субъекты — избиратели) и т. п.

Один из основных инструментов изучения таких систем — имитационное моделирование. В докладе описывается подход к созданию имитационных моделей сложных социально-технических систем, характеризующихся наличием элементов субъективного выбора, основанный на методологии алгебраического подхода к синтезу корректных алгоритмов [1] и теории синтеза обучаемых алгоритмов решения задач с теоретико-множественными ограничениями [4].

Опишем предположения, которые принимаются по отношению к моделируемым системам. Число субъектов в таких системах, как правило, достаточно велико — от нескольких десятков до десятков миллионов. Предполагается, что каждый субъект имеет возможность получать и анализировать данные о некоторой своей «окрестности» в рамках системы (пространственной, временной, информационной), а также может принимать (выбирать) решения из относительно бедного множества возможных решений. Для участников торгов — это, например, возможность купить, продать или воздержаться от каких-либо действий по отношению к определенному инструменту. Для водителя — начать движение, догнать, затормозить, перестроиться в другой ряд, повернуть, обогнать, не предпринимать никаких действий.

Предполагается, что субъект принимает решения, основываясь на анализе локальной ситуации. При этом различные субъекты в одной и той же ситуации (или близких ситуациях) могут принимать различные решения. Будем считать, что субъекты, принимающие одинаковые решения в сходных ситуациях, принадлежат одному классу субъектов.

Разумным также представляется предположение, что количество классов субъектов намного меньше общего количества субъектов.

Таким образом, появляется возможность свести задачу имитационного моделирования поведения каждого субъекта к задаче обучения с теоретико-множественными ограничениями. В соответствии с [3] пусть пространство начальных информаций  $\mathcal{I}_i$  есть множество всех возможных описаний локальных ситуаций, а пространство финальных информаций  $\mathcal{I}_f$  — множество всех возможных решений.

Обратим внимание на то, что для каждого элемента пространства начальных информаций  $I_i \in \mathcal{I}_i$  часто имеет смысл рассматривать только соответствующее подмножество  $\Pi(I_i)$  пространства финальных информаций, оставляя за пределами данного подмножества решения, которые принципиально не могут быть приняты данным субъектом в конкретной ситуации. С помощью таких теоретико-множественных ограничений можно вводить в модель некоторые «разумные» ограничения на множества принимаемых решений. Например, в экономических моделях можно «запрещать» субъекту принятие заведомо убыточных решений, в моделях транспортных потоков можно таким образом вводить предположение о стремлении водителей к безаварийной езде и т. д.

Прецедентами при такой постановке оказываются пары вида (описание локальной ситуации, тип принятого решения). Далее, следуя парадигме алгебраического подхода, можно проводить обучение модели, синтезируя алгоритм, который классифицирует субъекты по типам их действий в различных ситуациях в соответствии с существующими прецедентами.

Следует отметить тот факт, что введение описанной формализации для описания моделируемой системы позволяет в единых терминах соотносить различные подходы, существующие в имитационном моделировании. Например, для стохастического подхода, после введения ограничений на множество допустимых решений  $\Pi(I_i)$ , свойственно задавать на получившемся подмножестве вероятностную меру и искомое решение выбирать случайным образом. Для детерминированных моделей подмножество  $\Pi(I_i)$  допустимых решений для каждого описания локальной ситуации одноэлементно, что позволяет полностью спрогнозировать развитие системы при заданных начальных условиях. Алгебраический подход к имитационному моделированию допускает существование нескольких возможных решений для каждого описания локальной ситуации и подразумевает синтез алгоритма путем обучения на существующих прецедентах.

Следует также отметить, что для моделирования динамических систем, развивающихся во времени, введение  $\mathcal{I}_i$  как множества всех опи-

саний локальных ситуаций позволяет интерпретировать динамику субъекта как траекторию изменения локальных ситуаций этого субъекта в рамках пространства  $\mathcal{J}_i$ .

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-07-00711 и гранта Президента РФ поддержки молодых ученых — кандидатов наук МК-5266.2007.9.

#### Литература

- [1] Журавлев Ю. И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания и классификации // Пробл. кибернетики. — 1978. — Вып. 33. — С. 5–68.
- [2] Иванов Г. Е., Рудаков К. В., Чехович Ю. В. Об одном подходе к имитационному моделированию транспортных потоков // межд. конф. ИОИ-2006 Симферополь, 2006, — С. 96–97.
- [3] Рудаков К. В. // Кибернетика. — 1987. № 2. — С. 30–35, 1987. № 3. — С. 106–109, 1987. № 4. — С. 73–77.
- [4] Рудаков К. В., Чехович Ю. В. Критерии полноты для задач классификации с теоретико-множественными ограничениями // ЖВМиМФ. — 2005. — Vol 45. — № 2. — С. 344–353.