

УДК 338.24

## ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНА

*Печко Е.В.*

*УО «Белорусский государственный экономический университет», г. Минск*

Решение задач тактического и стратегического управления является частью повседневной работы органов государственного управления любого уровня. Однако процесс принятия решений характеризуется сложностью реальных проблем, необходимостью согласовывать интересы различных экономических субъектов, неполнотой и неопределенностью доступной информации о состоянии объекта управления. Для обеспечения информационной поддержки принятия решения на уровне региона разработан прототип системы поддержки принятия решений [1], который базируется на интегрированном комплексе экономико-математических моделей.

Рассматриваемый подход к моделированию является гибридным и сочетает в себе идеи импульсного моделирования на функциональных графах [2], агентно-ориентированного подхода к моделированию [3], согласования экономических интересов путем формирования системы динамических нормативов [4] с последующим решением задач распространения ограничений [5] и построения сети напряженных вариантов [6].

В данной работе система моделирования управления социально-экономическим развитием региона рассматривается как мультиагентная. В ней каждый экономический субъект описывается как агент, преследующий в своей деятельности определенные цели и обладающий определенным уровнем интеллекта, достаточным для того, чтобы самостоятельно принимать решения. Взаимодействие агентов происходит путем обмена импульсами.

Математическая модель агента  $X$  имеет вид:

$$X = \langle G_x, S_x, R_x, ACT_x \rangle \quad (1)$$

Экономические агенты являются агентами с состоянием  $S_x = \langle V_x, C_x \rangle$ , которое изменяется в зависимости от восприятия окружающей среды и других агентов.

Здесь  $V_x = \langle V_x^{in}, V_x^{ext} \rangle$  – множество параметров, характеризующих состояние агента;

$V_x^{in}$  – множество внутренних параметров, недоступных другим агентам;

$V_x^{ext}$  – множество параметров состояния, информация о которых доступна другим агентам;

$C_x$  – множество целей агента.

Множество целей агента  $C_x$  представляется в виде множества пар  $\langle c_{x,i}, w_{x,i} \rangle, i = \overline{1, k}$ , являющихся частью его внутреннего состояния:

$c_{x,i}$  –  $i$ -ое ограничение, представляющее собой логическое выражение;

$w_{x,i} \in [0, 1]$  – приоритетность данной цели для агента (необходимая, желательная, возможная).

Формирование целей агентов происходит на основе построения динамических нормативов (ДН), характеризующих эталонный режим функционирования, с последующим анализом степени близости к эталону и формированием целевых установок корректирующего ДН. При этом целевые установки дополняются ограничениями, позволяющими минимизировать диспропорции в системе «цели – ресурсы – структура».

Изменение внутреннего состояния происходит в зависимости от восприятия окружающей среды. Для формализации этого процесса вводится функция реакции  $R_x$ :

$$R_x : P_{y \neq x} \times S_x \rightarrow S_x, \quad (2)$$

где  $P_{y \neq x}$  - возмущение (импульс), воздействующее на агента в текущий момент времени;  
 $S_x$  - состояние агента.

Для оценки соответствия внутреннего состояния поставленным целям после его изменения вводится функция цели  $G_x$ :

$$G_x : C_x \times S_x \times V_{y \neq x}^o \rightarrow [0,1], \quad (3)$$

где  $C_x$  – множество целей агента;

$S_x$  – текущее состояние агента;

$V_{y \neq x}^o$  – состояние других агентов в текущий момент времени.

Так, например, один из подходов к вычислению функции цели включает расчет для каждого ограничения/логического условия показателя совпадения  $g_{x,i}, i = \overline{1, k}$ :

$$g_{x,i} = \begin{cases} 1, & \text{если } c_{x,i} = true \\ 0, & \text{если } c_{x,i} = false \end{cases} \quad (4)$$

Тогда функция цели  $G_x$  может быть представлена в виде (5):

$$G_x = \frac{\sum_{i=1}^k w_{x,i} g_{x,i}}{k}, \quad (5)$$

где  $w_{x,i} \in [0,1]$  – приоритетность  $i$ -ой цели для агента  $X$ ;

$g_{x,i}$  – показатель совпадения для цели  $i$ ;

$k$  – число целей агента  $X$ .

Важной частью математической модели агента является прогнозирующая функция, которая реализует поведение, управляемое целями. В предлагаемом подходе данная функция реализована путем совместного решения задачи удовлетворения ограничений и задачи построения сети напряженных вариантов с целью выбора оптимальных по Парето решений из найденных.

Существует несколько подходов к решению задач удовлетворения ограничений [5], но только часть из них позволяет учитывать приоритетность ограничений. К таким алгоритмам относятся IHCS [7] и Indigo [8]. В СППР имеется возможность перед имитацией выбирать один из алгоритмов.

Действия агента представляются в виде импульсов, которыми он обменивается с другими агентами. Функция генерации импульсов  $ACT_x$  задается следующим образом:

$$ACT_x : S_x \times G_x \rightarrow P^{ext}, \quad (6)$$

где  $S_x$  – текущее состояние агента;

$G_x$  – текущее значение функции цели;

$P^{ext}$  - исходящее возмущение (импульс).

Расчеты, проводимые с помощью СППР для Брестской области, позволяют сделать вывод, что интеграция вышеперечисленных подходов в единую систему позволяет минимизировать недостатки, присущие каждому подходу в отдельности. Так, например, импульсное моделирование позволяет получать в основном качественные результаты и не учитывает интеллектуального поведения экономических агентов, которое не всегда может быть выражено только функциями реакции или генерации импульсов. В свою очередь, в мультиагентных системах агенты строят свое поведение с учетом тактических и стратегических целей, но действия планируются в основном на основе накопленного опыта. Решение задачи распространения ограничений позволяет уточнить возможные значения параметров состояния в зависимости от состояния окружающей среды и других агентов, но не дает ответа на вопрос, какой из вариантов следует предпочесть. В то же время набор допустимых альтернатив может быть получен путем построения сети напряженных вариантов с последующим отбором вариантов, удовлетворяющих выбранному критерию, например, минимизации издержек.

Таким образом, предлагаемый гибридный подход к построению подсистемы моделирования в региональной СППР позволяет учитывать интересы всех экономических агентов, моделировать их интеллектуальное поведение в соответствии с поставленными целями и выбранными приоритетами развития, что дает возможность своевременного принятия управленческих решений и анализа их последствий.

### **Литература**

1. Печко, Е.В. Разработка региональных систем поддержки принятия решений / Е.В. Печко // Современные проблемы математики и вычислительной техники: материалы V республиканской научной конференции молодых ученых и студентов, Брест, 28-30 ноября 2007. – Брест: БрГТУ, 2007. – С. 113-115.
2. Ковалевский, С.С. Создание систем мониторинга реализации федеральных целевых программ/ С.С. Ковалевский, В.В. Кульба. – М.: Синтег, 2006. – С. 31-77.
3. Бугайченко, Д.Ю. Абстрактная архитектура интеллектуального агента и методы ее реализации / Д.Ю. Бугайченко, И.П. Соловьев // Системное программирование. Вып. 1: Сб. статей; под ред. А.Н.Терехова, Д.Ю.Булычева. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005. – С. 36-67.
4. Фридман, Ю.А. Оценка уровня согласованности экономических интересов субъектов региональной промышленной политики/ Ю.А. Фридман, Г.Н. Речко, О.А. Бияков, Ю.Ш. Блам // Регион: экономика и социология. – 2008. – № 3. С. 78-96.
5. Семенов, А.Л. Методы распространения ограничений: основные концепции / А.Л. Семенов // Международное совещание по интервальной математике и методам распространения ограничений: труды совещания, Новосибирск, 8–9 июля, 2003 г. – Новосибирск, 2003.– С. 6–20.
6. Андронникова, Н.Г. Комплексное оценивание в задачах регионального управления / Н.Г. Андронникова, В.Н. Бурков, С.В. Леонтьев. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 58 с.
7. Menezes, F. Incremental Hierarchical Constraint Solver (IHCS) / F. Menezes, P. Barahona, P. Codognet // An Incremental Hierarchical Constraint Solver, in: Proceedings of PPCP93, – Newport, 1993. – P. 190-199.
8. Borning, A. The Indigo Algorithm / A. Borning, R. Anderson, B. Freeman-Benson// TR 96-05-01, Department of Computer Science and Engineering, University of Washington. – July 1996.