

Д. В. Строганов

МОДЕЛЬ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РУКОВОДИТЕЛЯ ПО ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ

Рассмотренная модель поведения лица, принимающего решения (ЛПР), является одним из видов нечеткой ситуационной сети (НСС), которая используется для описания многошаговых задач, связанных с реализацией управляющих решений НСС. С помощью модели целесообразно представлять динамику и последовательность реализации управляющих решений, выделенных при анализе ситуационных сетей более высокого уровня управления: гомеостатического или тактического по конечной цели. Если в системе решается несколько задач одновременно, то решение каждой задачи моделируется описанным выше способом, а на каждом шаге решения задачи в целях выбора управляющих воздействий, обеспечивающих сохранение определенного уровня системного ресурса, осуществляется анализ на основе нечеткой компромиссной игры.

E-mail: iu5vmch@rambler.ru

Ключевые слова: автоматная схема, система поддержки управленческих решений, нечеткие множества, ситуационная сеть, гибридный интеллект.

Введение. Обычно реализация решений не является одномоментным актом, а протекает во времени. Другими словами, реализация управляющего решения — это процесс, который также необходимо моделировать в целях оптимизации перехода от одной ситуации s_i нечеткой ситуационной сети (НСС) к другой ситуации s_j , $i, j \in I = \{1, 2, \dots, n\}$. Если принять ситуацию s_j за цель, то достижение цели осуществляется последовательной реализацией множества подцелей, связанных между собой временем, последовательностью или приоритетом выполнения [1]. Особенностью моделирования подобных задач является их зависимость от принимаемого решения индивидуума, недетерминированный характер управления, зависимость результатов решения от времени реализации и предыдущих решений.

Для построения модели поведения руководителя при решении задач стратегического управления, связанного с реализацией управляющих решений, рассмотрим нечеткий недетерминированный автомат, под которым понимается множество

$$A = \langle U, X, y, s_0, \delta, \sigma \rangle, \quad (1)$$

где $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ — конечное множество входов; $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ — конечное множество состояний; $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_p\}$ — конечное множество выходов; $\delta: X \times U \times X \rightarrow [0, 1]$ — функция переходов; $\sigma: X \times Y \rightarrow L$ — функция выходов; s_0 — начальное состояние.

Функция δ порождает множество нечетких матриц перехода: $T_U = \{\delta_{x_i, x_j}(U)\}$, $1 \leq i \leq j \leq n$; функция σ — нечеткую матрицу выходов $\sigma = \{\sigma_{x_i, Y_j}\}$, $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq p$. Среди множества состояний автомата выделяется множество финальных (заключительных) состояний X_n . Интерес представляет такой тип автомата, для которого каждое состояние X_i , $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$, зависит от предыдущего состояния. Подобная зависимость определяется последовательностью реализации подцелей, приоритетом выполнения и т. п. В этом случае автомат можно задать как нечеткий граф $G = \{\mu_G(X_{i-1}, X_i) \in M\}$, где M — множество принадлежностей элементов $X_{i-1} \times X_i$. При подобном рассмотрении цель декомпозируется на i последовательных (по времени решения) подзадач. Будем интерпретировать X_i как множество состояний i -й подзадачи, Y_j , $j \in J = \{1, 2, \dots, p\}$ — как множество интервалов времени реализации решений, L — как множество доходов, связанных с реализацией решения $u \in U$ на интервале времени Y_j . В рассматриваемом типе автомата $m = n$ и может трактоваться как число последовательных этапов достижения цели. Заданная подобным способом автоматная модель является одним из видов НСС.

Автоматная модель поведения руководителя. При традиционном использовании автоматной модели состояния управляющие решения, функции переходов и выходов известны либо из экспериментальных данных, либо установлены экспертным путем. Необходимость учета индивидуального опыта и стиля принятия решений руководителя не позволяет так задавать параметры автоматной модели, что обусловлено:

1) невозможностью точного задания функции выходов, вследствие связи ее с индивидуальной оценкой руководителя ресурсов, необходимых для реализации решений;

2) необходимостью учета личного опыта руководителя при прогнозе состояний подзадач при воздействиях внешней среды.

В связи с этим управляющие решения и состояния подзадач, протекающие во времени, будем трактовать как нечеткие события на интервале Y_k , $1 \leq k \leq p$. При таком подходе функция переходов может задаваться экспертным путем и отражать уже имеющийся опыт управления подобными динамическими системами, исходя из практического опыта специалистов, применяющих управляющие решения [2]. При этом не учитывается результат применения решения в зависимости от времени его реализации, а также личностные особенности принятия решений руководителя, связанные с анализом текущего состояния внешней среды и его индивидуальным поведением. Для учета данного обстоятельства необходимо осуществить привязку управ-

ляющих решений к интервалам времени и построить индивидуализированную функцию переходов. Для этого учитывается исходная информация от руководителя, заключающаяся в задании прогноза применения управляющих решений в зависимости от возможных состояний подзадач в виде функции $\mu: X_i \times U_1 \rightarrow [0, 1]$, а также прогноза перехода управляемого процесса из начального состояния s_0 на первом шаге решения в зависимости от ограничений на существующие ресурсы. На основе этой информации программируется автоматная модель, для чего на каждом этапе решается система композиционных уравнений вида

$$\begin{aligned} \mu(X_i)/U_1 &= \mu(X_{i-1})/U_{l-1} \circ \delta(X_{i-1}, X_i)/U_l; \\ \mu(U_l) &= \mu(X_{i-1}) \circ \mu(X_{i-1}, U_l), \end{aligned} \quad (2)$$

где \circ — знак операции композиции; $\mu(X_i)/U_l$, $\mu(X_{i-1})/U_{l-1}$ — нечеткие оценки возможности управляемого процесса находиться в состояниях X_i , X_{i-1} при применении управляющих решений U_l и U_{l-1} соответственно; $\mu(U_l)$ — нечеткая оценка использования ЛПР управляющего решения U_l . Полученные оценки группируются парно, исходя из условия $\mu(U_l) \leq \mu(X_i)/U_l$. Формирование пар по такому принципу [3] согласуется с реальным выбором решения: состоянию с максимальной оценкой возможности должно соответствовать управляющее решение с максимальной оценкой использования его руководителем. Выделение пар позволяет выявить наиболее возможные связи по управляющим решениям между состояниями подзадач. При этом каждое управляющее решение, маркирующее связь, характеризуется нечеткой оценкой использования его руководителем и нечеткой оценкой дохода, получаемого в зависимости от времени его реализации.

Построение автомата осуществляется следующим образом. Из исходного состояния в состояние первого шага принятия решений проводятся дуги, маркированные теми управляющими решениями, использование которых в соответствии с прогнозом руководителя позволяет перейти в состояние первого шага, характеризующееся максимальной оценкой. В зависимости от означивания этих дуг и на основе сформированных пар управляющее решение — состояние проводятся означенные дуги от первого до n -го шага принятия решений. В результате получаем нечеткий недетерминированный автомат, моделирующий поведение руководителя при различных состояниях управляемого процесса. Применяя подход, используемый в динамическом программировании, можно выделить классы стратегий руководителя [4]. В первую очередь интересен тот класс, стратегии кото-

рого позволяют достичь цели и характеризуются максимальными оценками связей между состояниями подзадач. Для выделения таких стратегий на множестве финальных состояний определяются состояния, соответствующие цели. Далее выделяются состояния на $n-1$ -м шаге, переход из которых в целевые состояния n -го шага характеризуется управляющими решениями с оценкой, равной

$$\alpha(U_{n-1}) = \max_{Y_{n-1}} \left(\min \left(\mu(U_{n-1}), \sigma_{X_{n-1}, U_{n-1}} \right) \right).$$

Подобная процедура осуществляется на каждом этапе решения, вплоть до состояния s_0 . Использование процедуры позволяет выделить возможные стратегии, представляющие собой взвешенные пути на графе от вершины s_0 до вершин из множества X_n [5]. Каждый q -й путь — это взвешенная относительно управляющих решений последовательность вида $S_q = \left(s_0, U_0, X_1^{r_1}, U_1, \dots, X_{n-1}^{r_{n-1}}, U_{n-1}, X_n^{r_n} \right)$, где r_w ,

$W = 1, \dots, n$ — число состояний w -й подзадачи. Элементы (состояния цели) множества X_n могут иметь для руководителя различную ценность, что можно отразить заданием на множестве X_n нечеткой цели в виде функции $\mu(g) = \left\{ \mu \left(X_n^1, \dots, X_n^h \right) \right\}$, где h — размерность множества X_n ;

$\mu \left(X_n^\pi \right)$, $\pi = 1, \dots, h$ — функция принадлежности состояния X_n^π нечеткой цели g . В этом случае каждую стратегию из класса π можно оценить как

$$\beta \left(S_q^\pi \right) = \min \left(a \left(U_0 \right), a \left(U_1 \right), \dots, a \left(U_{n-1} \right), \mu \left(X_n^\pi \right) \right), \quad (3)$$

Очевидно, что стратегия с оценкой $\max_q \left(\beta \left(S_q^\pi \right) \right)$ наиболее соответствует индивидуальному стилю принятия решений руководителя, но не всегда может соответствовать максимальной функции принадлежности состояния цели g . Полученное противоречие при построении модели поведения руководителя можно избежать, используя:

- 1) изменение предпочтений руководителя;
- 2) изменение исходных матриц переходов и выходов;
- 3) такую организацию управления на основе модели поведения руководителя, которая бы учитывала только конечную цель, т. е. состояние нечеткой цели с максимальной функцией принадлежности.

В последнем случае в информационной системе на основе модели поведения руководителя должны применяться смешанные стратегии, т. е. стратегии, образованные частями. Необходимость в формировании смешанной стратегии определяет трансформацию стратегии из некоторого класса, выбранной исходя из критерия $\max_q \left(\beta \left(S_q^\pi \right) \right)$, в

стратегию из другого класса, выбранную исходя из критерия $\max_{\pi} (\mu(X_n^{\pi}))$. Трансформация требуется тогда, когда исходная стратегия перестает быть эффективной по отношению к нечетко заданной цели. При этом важно найти те пространственно-временные точки графа (вершины), где подобная трансформация возможна. Имеет место ряд принципов к выделению пространственно-временных точек контроля автоматной модели поведения лица, принимающего решения (ЛПР). Суть состоит в вычислении коэффициента свободы выбора (КСВ), позволяющего качественно оценить уровень возможности ЛПР в выборе альтернатив управления. Чем больше вариантов управляющих решений, тем большее значение принимает КСВ. Однако на такую модель наложен ряд ограничений:

- 1) состояния и управляющие решения характеризуются количественными шкалами;
- 2) шкала оценки состояний совпадает со шкалой оценки управляющих решений;
- 3) невозможен переход из состояния в состояние в пределах одного этапа принятия решений.

Преимуществом такой модели является независимость от семантики управляющих решений; каждое управляющее решение определяется количественной оценкой результата его применения, относительно решаемой задачи [6]. Другими словами, как цель, так и подцели имеют одни и те же единицы измерения. Недостатки модели: не для каждой задачи можно уйти от сути управляющего решения и свести его к количественной оценке; управляющее решение, как правило, зависит от времени реализации; иногда важно фиксировать последовательность процесса управления, не пренебрегая переходами из состояния в состояние в пределах одного этапа принятия решений.

В целях устранения перечисленных недостатков в рассматриваемой модели поведения ЛПР применим следующий подход к организации стратегического управления. Во-первых, под КСВ будем понимать отношение числа допустимых стратегий из класса S_q^{π} с $\beta(S_q^{\pi}) \geq \varepsilon$ к общему числу стратегий из этого же класса. Здесь ε — порог возможностей руководителя в достижении поставленной им цели с использованием индивидуального стиля поведения. Очевидно, что чем меньше значение КСВ, тем меньше у руководителя вариантов в достижении поставленной цели без изменения индивидуальной стратегии. Поэтому информационная система на основе модели поведения ЛПР должна:

- 1) рекомендовать в каждом состоянии те управляющие решения, являющиеся составными частями допустимых стратегий, которые не делают значение КСВ равным или близким нулю;
- 2) в случае невозможности выполнения предыдущего пункта трансформировать индивидуальную стратегию руководителя, пере-

ходя на смешанную стратегию управления. Такая стратегия управления будет иметь меньшие возможности в реализации индивидуально-го стиля принятия решений, но оставаться допустимой по отношению к достижению поставленной цели;

3) перепрограммировать модель поведения руководителя в ситуациях перехода из состояния в состояние в пределах одного и того шага принятия решений.

В последнем случае необходимость в перепрограммировании модели поведения ЛПР определяется изменением функции доходов.

Заключение. Рассмотренная автоматная модель поведения является автоматом с программируемой структурой: программируемость процесса определяется прогнозом руководителя; программируемость структуры — временной логикой переходов и оценкой состояний. Ограничение такой модели — последовательный характер выполнения подзадач. В целях снятия данного ограничения можно предложить более общую модель, сохраняющую все достоинства предыдущей модели.

Рассмотрим автомат (1). Условно будем полагать, что работа автомата синхронизируется тактовыми импульсами, подаваемыми с интервалами t . Состояния автомата закодированы k переменными, где $k = 1, 2, \dots, s_i$, где s_i — число параллельно выполняемых задач на i -м этапе.

Пусть каждая переменная соответствует одному элементу памяти. Известны значения функций принадлежности срабатывания элементов памяти. Под временем срабатывания элемента памяти понимается переход элемента из состояния i в состояние j , или из состояния i в состояние i . Переходы такого автомата связаны с изменением состояний от одного до s_i элементов памяти. Следовательно, такую модель можно использовать при контроле и управлении за несколькими одновременно выполняемыми задачами, например при моделировании системы управления задачами, включенными в сетевой график.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. — М.: Физматлит, 2008.
2. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001.
3. Новак В., Перфильева И., Мочкорж И. Математические принципы нечеткой логики / Под ред. А.Н. Аверкина; Пер. с англ. — М.: Физматлит, 2006.
4. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Пер. с польск. — М.: Горячая линия–Телеком, 2006.
5. Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие систем / Пер. с польск. — М.: Горячая линия–Телеком, 2006.
6. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето, оптимальные решения многокритериальных задач. — М.: Наука, 1982.

Статья поступила в редакцию 4.07.2012