

**О. Е. Хрусталев** (Москва, ЦЭМИ РАН). **Принципы построения и анализа когнитивной карты ситуации.**

Когнитивная карта является статической моделью ситуации и представляет собой взвешенный ориентированный граф  $G = (X, A)$ , в котором  $X$  — множество вершин, взаимно однозначно соответствующее множеству базисных факторов,  $A$  — множество дуг, отражающих непосредственные влияния факторов друг на друга.

Каждая дуга  $a_{ij}$ , связывающая фактор  $x_i$  с фактором  $x_j$ , имеет вес, отражающий характер и силу влияния фактора  $x_i$  на фактор  $x_j$ . Знак «+» («-») на дуге  $a_{ij}$  говорит о положительном (отрицательном) влиянии фактора  $x_i$  на фактор  $x_j$ , т. е. при изменении значения  $x_i$  значение  $x_j$  изменяется в том же (противоположном) направлении. Модуль величины  $a_{ij}$  характеризует силу влияния фактора  $x_i$  на фактор  $x_j$ . С графом  $G$  ассоциируется матрица смежности  $A_g = (a_{ij})$ .

На этом же этапе из множества базисных факторов ситуации задаются подмножества целевых  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$  и управляющих  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_p\}$  факторов и вектор начальных тенденций базисных факторов  $\mathbf{x} = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))$ ,  $t = 0$ .

Структурно-целевой анализ когнитивной карты, направленный на исследование таких свойств, состоит в оценке целей на непротиворечивость, управлений на согласованность с целями, эффективности интегрального воздействия управляющих факторов на целевые, циклов в когнитивной карте. Для проведения структурно-целевого анализа когнитивной карты выдвигается гипотеза целеполагания, согласно которой лицо, принимающее решение (ЛПР), может указать, какое направление изменения базисных факторов он рассматривает как желательное (благоприятное).

Желательное направление изменения фактора  $x_i$  определяется показателем  $r_{x_i}$ , принимающим значение «+1», если желательно увеличение значения данного фактора, «-1» — если желательно уменьшение значения фактора, и «0» — если ЛПР затрудняется указать желательную динамику фактора. Показатель  $r_{x_i}$  называется *оценкой динамики фактора  $x_i$* .

Суть задания непротиворечивого вектора целей состоит в том, чтобы желательное изменение одних целевых факторов не приводило к нежелательным изменениям других целевых факторов. Таким образом, вектор целей  $\mathbf{y}$  считается непротиворечивым, если достижение одной из целей не препятствует достижению других:  $r_{x_i} r_{x_j} = \text{sign } q_{ij}$ ,  $\forall y_i, y_j \in \mathbf{y}$ , где  $q_{ij}$  — элемент матрицы  $Q = E_N + A + A^2 + \dots + A^N \cong (E_N - A)^{-1}$ , т. е. матрица  $Q$  получается в результате транзитивного замыкания матрицы  $A$  ( $A = A_g^{-1}$ ) и содержит значения интегральных, т. е. прямых и всех опосредованных, влияний базисных факторов друг на друга.

Управление ситуацией заключается в таком изменении управляющих факторов, чтобы это приводило к желательным изменениям целевых факторов, т. е. к их изменениям в направлении оценки динамики. В связи с этим необходимо исследовать управляющие факторы на согласованность с целями и на эффективность их воздействия на целевые факторы. Согласованность управляющих факторов с вектором целей заключается в том, что никакое изменение управляющих факторов не вызовет изменения ни одной из целей в нежелательном направлении. То есть вектор управлений  $\mathbf{u}$  согласован с вектором целей  $\mathbf{y}$ , если для каждой координаты вектора управлений можно указать такой знак, что для результирующего знакового вектора  $\text{sign } \mathbf{u}$  имеет место соотношение  $r_{y_i} = \text{sign } q_{ij} \text{sign } u_i$ ,  $\forall y_i \in \mathbf{y}$ ,  $\forall u_i \in \mathbf{u}$ .

Эффективность управляющего фактора определяется силой и характером влияния данного фактора на целевые факторы. Формально показатель эффективности  $E(u_i)$  управляющего фактора  $u_i$  (т. е. максимальный положительный эффект от изменения фактора  $u_i$ ) представляет собой абсолютное значение суммы коэффициентов интегрального влияния данного управляющего фактора на целевые факторы, умноженных на оценку динамики целевых факторов:  $E(u_i) = |\sum_{j=1}^n q_{ij} r_{y_j}|$ .

На этапе сценарного моделирования развития ситуации проводится сценарное моделирование развития ситуации. Моделирование может проводиться в режимах

саморазвития и управляемого развития. Значение переменной «тенденция» фактора  $x_i$  в момент времени  $(t+1)$  при динамическом моделировании определяется как  $x_i(t+1) = x_i(t) + \sum_{j \in J_i} a_{ij}[x_j(t) - x_j(t-1)]$ ,  $i = 1, \dots, N$ , где  $a_{ij}$  — элемент матрицы  $A$  ( $A = A_g^{-1}$ ), или в матричной форме  $\mathbf{x}(t+1) = (E_N + A)\mathbf{x}(t) - A\mathbf{x}(t-1)$ , где  $E_N$  — единичная матрица порядка  $N$ .

На основе результатов, полученных на предыдущем этапе, вырабатываются стратегии целенаправленного развития ситуации. На заключительном этапе проводится мониторинг текущей ситуации. В случае ее изменения производится корректировка когнитивной карты и повторяются процессы структурно-целевого анализа и моделирования развития ситуации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-06-00218.