

УДК 303.732; 519.816; 004.023

ББК 65.054

## **О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СИТУАЦИЕЙ СО МНОГИМИ АКТИВНЫМИ СУБЪЕКТАМИ<sup>1</sup> С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГНИТИВНЫХ КАРТ**

**Авдеева З.К.<sup>2</sup>, Коврига С.В.<sup>3</sup>**

*(ФГБУН Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)*

*Предложены постановки задач управления ситуацией со многими активными субъектами и общая схема их решения с использованием когнитивных карт. Выделены некоторые перспективные прикладные области, где могут быть востребованы указанные задачи и обозначено направление дальнейших исследований.*

*Ключевые слова:* слабоструктурированная ситуация, активные субъекты ситуации, когнитивная карта, постановка задач управления

### **1. Введение**

Современные ситуации характеризуются не только быстрой изменчивостью, взаимодействием множества разнородных и междисциплинарных факторов, но и наличием субъектов (заинтересованных сторон), чьи различные точки зрения, убеждения и интересы приводят к разному видению направлений развития ситуации. (Такие ситуации часто относят к слабоструктурированным.)

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 14-07-00821.

<sup>2</sup> Зинаида Константиновна Авдеева, с.н.с. ИПУ РАН, доцент НИУ ВШЭ (avdeeva@ipu.ru).

<sup>3</sup> Светлана Вадимовна Коврига, н.с. (kovriga@ipu.ru).

При исследовании слабоструктурированных ситуаций зарекомендовали себя модели и методы на основе когнитивных карт (см., например [15]), в том числе для ситуаций со многими заинтересованными сторонами<sup>4</sup>. В подтверждение последнего можно перечислить некоторые виды прикладных задач, для решения которых предлагаются модели и методы на основе когнитивных карт, как за рубежом, так и в России:

- разрешение некоторой проблемной ситуации на основе привлечения представлений о ней разных заинтересованных сторон (например, [11,12,14,16]); при этом определяются стратегически важные направления изменения ситуации с учетом баланса между различными интересами выявленных сторон [5];
- формирование коалиций заинтересованных сторон с близкими целями для управления целенаправленным развитием социально-экономической, политической системы (ситуации) [8];
- моделирование взаимодействия субъектов (агентов) с несогласованными представлениями о ситуации и информационное управление одним агентом другими (с использованием теоретико-игровых методов) [6,7];
- анализ обоснованности решений, предлагаемых субъектом в проблемной ситуации с учетом точек зрения других заин-

---

<sup>4</sup> *Основоположник теории стейкхолдеров (stakeholders) в сфере корпоративного управления Р. Фримен ввел понятие стейкхолдер, определяемое как группа или отдельное лицо, которое может повлиять или влияет на достижение целей организации: «A stakeholder in an organization is (by definition) any group or individual who can affect or is affected by the achievement of the organization's objectives» [9] (цитируется по [10, стр. 207]. Российские исследователи наиболее часто наряду с простым заимствованием термина из западной практики используют понятия «причастная сторона», «заинтересованная сторона», «группа влияния» [5]. При этом методы анализа стейкхолдеров предлагаются для решения проблем не только в сфере корпоративного управления компании, но и в области государственного управления, экологической политики, здравоохранения и др. [10].*

тересованных сторон ситуации при общности целей всех участников ситуации [2].

В данной работе предлагается подход к анализу ситуации  $S$  со многими активными субъектами ситуации (АСС)  $5$ ,  $\{AS_i\}$  для поиска возможности достижения целей развития  $S$  в интересах отдельно взятого субъекта  $AS_1$ , в том числе при наличии конфликта интересов между АСС в ситуации  $S$ . Здесь под АСС понимается индивидуальный или коллективный<sup>6</sup> субъект, влияющий на изменение ситуации через реализацию своих интересов и возможное противодействие интересам других субъектов ситуации благодаря

- имеющимся у него рычагам управления (активное, или прямое, управление ситуацией) и/или
- использованию возможностей вне поля его активности (пассивное, или косвенное, управление ситуацией).

При этом принимается, что в когнитивной карте ситуации  $S$ , в которой для каждого АСС выделены области его интересов (целевые факторы) и управлений (управляющие факторы), области интересов АСС не пересекаются. Именно при выполнении данного условия могут существовать скрытые конфликты в интересах (целях) различных АСС благодаря структуре опосредованных (косвенных) влияний между взаимосвязанными факторами карты.

В основе данного подхода лежит анализ структурных свойств когнитивной карты ситуации, включающий

- определение интегральных (прямых и косвенных) влияний изменения одних факторов на изменения других факторов в карте (на рис. 1 приведен фрагмент когнитивной

---

<sup>5</sup> Мы намеренно ушли от использования понятий «причастная сторона», «заинтересованная сторона», «группа влияния», т.к. они отражают отдельные идентификационные признаки субъектов ситуации, связанные с уровнем интереса, уровнем легитимности, уровнем возможного влияния и др. [5], и ввели собственный термин АСС, чтобы акцент сделать на основных признаках: интерес и влияние, учитываемых при анализе взаимодействия субъектов в ситуации.

<sup>6</sup> Примером коллективного субъекта является руководство региона.

карты, в которой для фактора «Уровень энергетической безопасности в Европе» выделены показаны прямые и косвенные влияния на него от других факторов);

- оценку этих влияний для выявления
  - противоречий между факторами, характеризующими области интересов субъекта  $AS_1$  и других АСС;
  - управляющих факторов,  $U$ , способствующих достижению целей развития ситуации  $S$  в интересах субъекта  $AS_1$  с учетом найденных противоречий в областях интересов АСС.

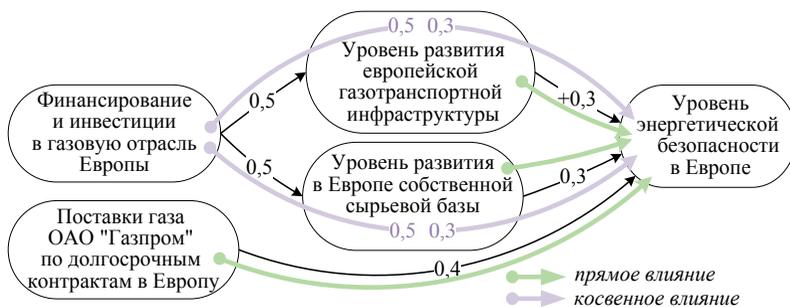


Рис. 1. Фрагмент когнитивной карты с изображением всех прямых и косвенных влияний на фактор «Уровень энергетической безопасности в Европе»

В соответствии с предложенным подходом рассмотрены постановки задач управления развитием ситуации со многими АСС в рамках следующих ограничений:

- тип когнитивной модели ситуации<sup>7</sup>, которая включает карту с весами и функцию динамики факторов ситуации, позволяет описать устойчивые ситуации, т.е. такие, в которых существует установившееся состояние по факторам;

<sup>7</sup> Когнитивная модель ситуации – это когнитивная карта, дополненная начальными условиями и некоторыми другими параметрами.

- рассматривается только параметрическое управление ситуацией без изменения структуры карты.

В статье помимо описания постановки задач управления развитием ситуации со многими АСС, представлены общая схема решения задач такого вида и демонстрационный пример. В заключении выделены некоторые перспективные области применения предложенного подхода к анализу ситуации  $S$  со многими АСС, а также – обозначено направление дальнейших исследований.

## **2. Постановка задач управления развитием ситуации со многими активными субъектами**

Пусть даны

- $K_f(X, A, f)$  – когнитивная карта ситуации  $S$ , характеризующейся взаимодействием различных АСС,  $\{AS_i\}$ , заинтересованных в изменении ситуации относительно собственных целей, в которой  $X = (x_1, \dots, x_n)$  – множество факторов ситуации;  $A = [a_{ij}]$  – матрица  $N \times N$  взаимовлияний факторов, в которой  $a_{ij} \in [-1; 1]$  – вес влияния фактора  $x_i$  на фактор  $x_j$ ;  $f$  – функция, определяющая правило изменения произвольного фактора  $x_i$  в любой дискретный момент времени  $t \geq 0$ :

$$(1) \quad f: x_i(t+1) = x_i(t) + \sum_{j \in I_i} a_{ij} (x_j(t) - x_j(t-1)) + g_i(t),$$

где  $g_i(t) = g_i(0)$  при  $t = 0$ , а  $g_i(t) = 0$  при  $t > 0$ ;  $x_j(t) = 0$  при  $t \leq 0$ ;  $x_i(0), g_i(0) \in [-1, 1]$ . (Полное описание модели приведено в [3]).

С учетом заданной функции (1) состояние ситуации в любой дискретный момент времени  $t \geq 0$  определяется по формуле

$$X(t+1) = Q(t)X(0) + Q(t)G(0),$$

где  $Q(t) = E_N + A + A^2 + \dots + A^t$ .

Ограничимся рассмотрением таких карт, у которых собственные значения матрицы  $A$  содержатся внутри окружности единичного радиуса на комплексной плоскости, тогда

$$Q = \lim_{t \rightarrow \infty} Q(t) = (E_N - A)^{-1},$$

где  $Q$  – назовем матрицей интегральных влияний факторов когнитивной карты  $K_f$ ; элементы  $Q$  характеризуют все прямые и опосредованные влияния, которым подвержен каждый зависимый фактор карты.

- Для каждого  $AS_i$  заданы
  - область интересов: целевые факторы  $X_i^C \subset X$ , где  $X$  – множество факторов карты  $K_f$ ;
  - область активного управления: факторы  $X_i^U \subset X$ , которыми  $AS_i$  управляет;
  - вектор оценок динамики факторов (ОДФ),  $R(X_i^C)$ , отражающий желательные направления изменения целевых факторов  $X_i^C$  для  $AS_i$  в ситуации  $S$ , где

$$(2) r_i(x_i^C) = \left\{ \begin{array}{l} +1, \text{ если желателен рост значения } x_i^C, \\ -1, \text{ если желательно уменьшение значения } x_i^C \end{array} \right\}.$$

- Среди множества АСС,  $\{AS_i\}$ , выделен субъект  $AS_1$ , в интересах которого решается задача изменения ситуации  $S$  в рамках его целей  $X_1^C$ .

Требуется найти такие факторы  $U \subset \{X_i^U\}$ , воздействия на которые способствуют изменению целевых факторов  $X_1^C$  в соответствии с  $R(X_1^C)$ .

*Допущение 1.* Области интересов и активного управления АСС не пересекаются, т.е.  $X^C = X \setminus (X^U \cup X^{other})$ , где  $X^C = \{X_i^C\}$ ,  $X^U = \{X_i^U\}$ ,  $X^{other}$  – остальные факторы карты  $K_f$ .

*Допущение 2.*

2.1. Области интересов АСС,  $\{AS_i\}$ , образуют непересекающиеся подмножества факторов когнитивной карты  $K_f$  и области управления АСС также образуют непересекающиеся подмножества факторов карты  $K_f$  (рис. 2), т.е. для любой пары  $AS_i$  и  $AS_j$  выполняются условия

$$(3) X_i^C \cap X_j^C = \emptyset; X_i^U \cap X_j^U = \emptyset.$$

2.2. При этом также предполагается, что отсутствуют цепочки влияний (пути) между любыми целевыми факторами  $\{AS_i\}$ .

При выполнении условия (3) могут существовать скрытые противоречия (конфликты) в интересах различных АСС. Конфликт в интересах  $AS_i$  и  $AS_j$  состоит в том, что желательное изменение каких-то целей  $X_i^C$  может приводить к нежелательному изменению каких-то целей  $X_j^C$  благодаря структуре влияний между факторами в когнитивной карте (рис. 2).

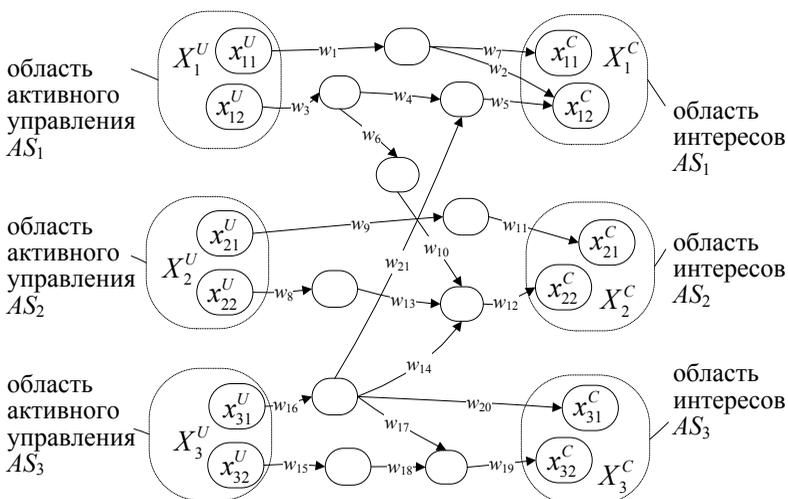


Рис. 2. Схематическое изображение областей интересов и областей активного управления трех АСС на абстрактной ациклической карте

На рис. 2 представлено схематичное изображение областей интересов и управления трех АСС:  $AS_1$ ,  $AS_2$  и  $AS_3$ , где факторы областей активного управления  $AS_2$  и  $AS_3$  оказывают влияние на изменение целевого фактора  $AS_1$ ; в свою очередь, фактор области активного управления  $AS_1$  влияет на изменение

целевого фактора  $AS_2$ . При такой связанности факторов в когнитивной карте естественно предположить наличие конфликтов интересов.

Постановки и решение задач управления развитием ситуации  $S$  относительно субъекта  $AS_1$ , могут уточняться в зависимости

- от наличия или отсутствия конфликта интересов между АСС (в случае наличия конфликта используется механизм достижения целей: противодействие конфликту в интересах субъекта  $AS_1$ );
- от вовлеченности ресурсов управления других АСС в достижение целей развития  $S$  в интересах субъекта  $AS_1$ : активное управление или пассивное управление.

*Активное управление* предполагает возможность достижения целей  $X_1^C$  только благодаря ресурсам управления  $AS_1$ , т.е.  $U \subseteq X_1^U$ ; *пассивное управление* – благодаря ресурсам управления других АСС,  $U \subset \{X_i^U\} \setminus X_1^U$ . При решении задачи допускается смешанное управление.

*Механизм противодействия* конфликту в интересах субъекта  $AS_1$  подразумевает поиск таких факторов  $U$  из  $\{X_i^U\}$ , воздействия на которые способствуют достижению целей  $X_1^C$  с учетом негативного воздействия факторов управления других АС,  $X_{neg}^U$ , на  $X_1^C$ .

На рис. 3 демонстрируются примеры действия механизма противодействия конфликту и видов управления (активное или пассивное) на когнитивной карте, приведенной на рис. 2.

Задача считается решенной, если

- находится такое множество факторов  $U$ , воздействия на которые способствует изменению всех  $X_1^C$  в желательном направлении (в соответствии с  $R(X_1^C)$ ) и при этом
- суммарный вес интегральных влияний  $U$  превышает суммарный вес интегральных влияний  $X_{neg}^U$ .

В общем случае допускается, что  $U$  может частично способствовать достижению целей  $AS_1$  или  $U = \emptyset$  (что свидетельствует о невозможности достижения  $X_1^C$ ). Это может быть обусловлено слабым влиянием или отсутствием в когнитивной карте факторов, способных противодействовать  $X_{neg}^U$ .

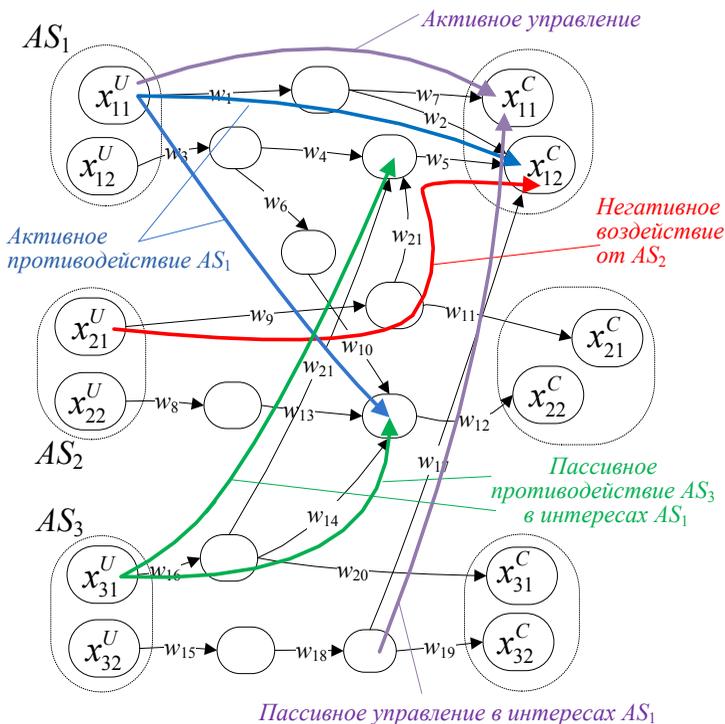


Рис. 3. Демонстрация видов управления

### 3. Общая схема решения задач управления развитием ситуации со многими активными субъектами

Предварительно введем необходимые определения и допущения.

*Определение 1.* Фактор из области активного управления  $i$ -го  $AS_i$  является фактором позитивного воздействия,  $x_{pos_j}^{U_i} \in X_i^U$ , если его изменение (рост или снижение) в  $X(0)$  способствует желательному изменению хотя бы одного фактора из области интересов  $AS_1$ ,  $x_{1k}^C \in X_1^C$ , т.е.  $r(x_{pos_j}^{U_i}(0)) = \text{sign}(q_{jk} \times r(x_{1k}^C))$ , и при этом не приводит к негативному изменению остальных факторов из  $X_1^C$ ,

где  $r(x_{1k}^C)$  – ОДФ целевого фактора  $x_{1k}^C$  (см. (2)),

$q_{jk}$  – вес интегрального влияния  $x_{pos_j}^{U_i}$  на  $x_{1k}^C$ ,

$$(3) \quad r(x_{pos_j}^{U_i}(0)) = \begin{cases} +1, & \text{если увеличение значения } x_{pos_j}^{U_i}, \\ -1, & \text{если уменьшение значения } x_{pos_j}^{U_i} \end{cases}$$

определяет возможную направленность изменения  $x_{pos_j}^{U_i}$ .

*Допущение 3.* Область активного управления  $i$ -го субъекта  $AS_i$  включает только факторы позитивного влияния  $X_i^U$  на соответствующую область его интересов  $X_i^C$ .

При этом не исключается его негативное влияние на области интересов остальных  $\{AS_j\} \setminus AS_i$ .

*Определение 2.* Фактор из области активного управления  $i$ -го  $AS_i$  (за исключением  $AS_1$ ) является фактором негативного воздействия,  $x_{neg_j}^{U_i} \in X_i^U$ , если его изменение (рост или снижение) в  $X(0)$  приводит к нежелательному изменению хотя бы одного фактора из области интересов  $AS_1$ ,  $x_{1k}^C \in X_1^C$ , т.е.  $r(x_{neg_j}^{U_i}(0)) \neq \text{sign}(q_{jk} \times r(x_{1k}^C))$ , где значение  $r(x_{neg_j}^{U_i}(0))$  определяется аналогично формуле (3).

Этап 1. Выделение из матрицы  $Q$  подматрицы  $Q^{C-U}$ , где  $Q^{C-U}$  – подматрица, в которой в столбцах представлены факторы областей интересов АСС,  $\{X_i^C\}$ , в строках – факторы областей активного управления АСС,  $\{X_i^U\}$ ; на пересечениях строк и столбцов в каждой подматрице – соответствующие интегральные влияния  $q_{ij}$ , если влияние отсутствует, то  $q_{ij}=0$ .

На рис. 4 представлен пример выделения из матрицы  $Q$  подматрицы  $Q^{C-U}$ , а также граф интегральных влияний, являющийся наглядным представлением взаимовлияний между областями интересов и активного управления АСС, представленных в  $Q^{C-U}$ .

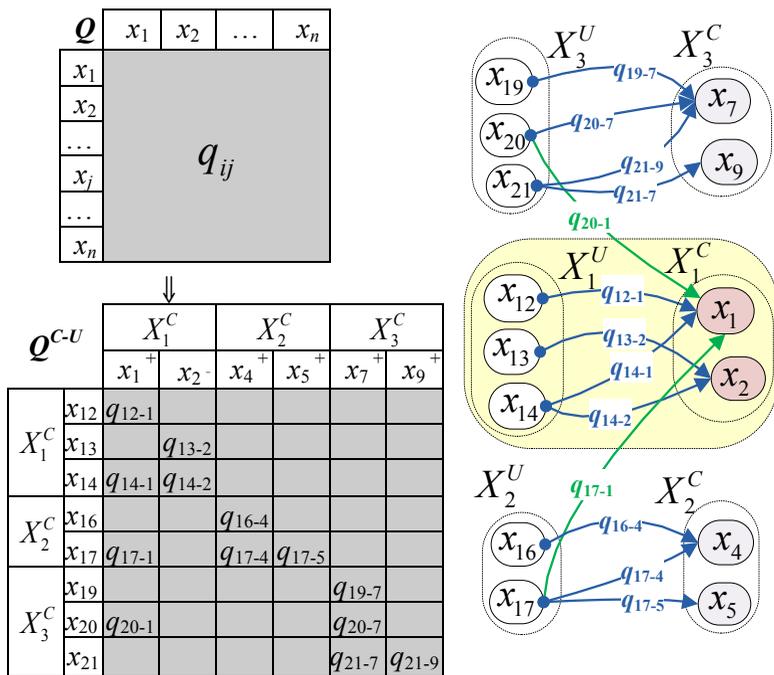


Рис. 4. Пример подматриц  $Q^{C-C}$  и  $Q^{C-U}$  и графа влияний, соответствующего этим матрицам

В указанной подматрице для каждого целевого фактора АСС знак + или – обозначает значение параметра ОДФ этого фактора в соответствии с формулой (2). ОДФ отражает желательное направление изменения целевого фактора для каждого АСС. Зелеными стрелками обозначены интегральные влияния факторов управления других АСС на область интересов  $AS_1$ .

*Этап 2. Определение суммарных весов влияния факторов из области активного управления  $AS_1$ ,  $X_1^U$ , на отдельные целевые факторы  $X_1^C$*  (в соответствии с определением 1 и допущением 3).

Суммарный вес влияний факторов управления из  $X_1^U$  субъекта  $AS_1$  на его  $k$ -ый целевой фактор  $x_{1k}^C \in X_1^C$  равен модулю суммы весов интегральных влияний:

$$(4) \quad q_{U_i}^{x_{1k}^C} = \sum_{j=1}^n |q_{jk}^{U_i}|,$$

где  $q_{jk}^{U_i}$  – вес интегрального влияния  $j$ -го фактора управления  $x_j^{U_i} \in X^{U_i}$  на  $k$ -ый целевой фактор  $x_{1k}^C \in X_1^C$  области интересов  $AS_1$ .

*Этап 3. Определение*

• *суммарных весов влияния факторов из областей активного управления АСС,  $\{AS_i\} \setminus AS_1$ , на целевые факторы  $X_1^C$ , если такие влияния есть,*

• *и характера их влияний: позитивного или негативного* (в соответствии с определениями 1 и 2 и допущением 3).

Суммарный вес позитивных влияний факторов управления  $\{x_{pos_j}^{U_i}\}$ ,  $x_{pos_j}^{U_i} \in X^{U_i}$  субъекта  $AS_i$  на  $k$ -ый целевой фактор  $x_{1k}^C \in X_1^C$  субъекта  $AS_1$  равен модулю суммы весов интегральных влияний:

$$(5) \quad q_{U_i}^{pos-x_{1k}^C} = \sum_{j=1}^n |q_{pos,jk}^{U_i}|,$$

где  $q_{pos_{jk}}^{U_i}$  – вес положительного интегрального влияния  $j$ -го фактора управления  $x_{pos_j}^{U_i}$  на  $k$ -ый целевой фактор  $x_{1k}^C$  области интересов  $AS_1$ ; если  $q_{pos_{jk}}^{U_i} = 0$ , то влияние  $x_{pos_j}^{U_i}$  на  $x_{1k}^C$  отсутствует.

Соответственно, суммарный вес негативных влияний факторов управления  $\{x_{neg_j}^{U_i}\}$ ,  $x_{neg_j}^{U_i} \in X^{U_i}$ , субъекта  $AS_i$  равен модулю суммы весов интегральных влияний:

$$(6) \quad q_{U_i}^{neg-x_{1k}^C} = \sum_{j=1}^n |q_{neg_{jk}}^{U_i}|,$$

где  $q_{neg_{jk}}^{U_i}$  – вес негативного интегрального влияния  $j$ -го фактора управления  $x_{neg_j}^{U_i}$  на  $k$ -ый целевой фактор  $x_{1k}^C$  области интересов  $AS_1$ ; если  $q_{neg_{jk}}^{U_i} = 0$ , то влияние  $x_{neg_j}^{U_i}$  на  $x_{1k}^C$  отсутствует.

При этом в соответствии с определением 1,  $x_{pos_j}^{U_i}$  и  $x_{neg_j}^{U_i}$  не могут совпадать.

*Этап 4. Оценка возможности достижения целей субъекта  $AS_1$ .*

Цели из области интересов  $AS_1$ ,  $X_1^C = \{x_{11}^C, x_{12}^C, \dots, x_{1k}^C, \dots, x_{1m}^C\}$ , потенциально достижимы, если для любого целевого фактора суммарный вес положительных влияний  $q_{U_1}^{x_{1k}^C} + q_{U_1}^{pos-x_{1k}^C}$ , где  $q_{U_1}^{x_{1k}^C}$  и  $q_{U_1}^{pos-x_{1k}^C}$  вычислены по формулам (4) и (5) соответственно, превышает суммарный вес негативных влияний  $q_{U_1}^{neg-x_{1k}^C}$ , вычисленный по формуле (6):

$$(7) \quad q_{U_1}^{x_{1k}^C} + q_{U_1}^{pos-x_{1k}^C} > q_{U_1}^{neg-x_{1k}^C}.$$

Искомый вектор управлений  $U$  включает те факторы воздействия из областей управления АСС, интегральные влияния по которым учитывались при расчете  $q_{U_1}^{x_{1k}^C}$  и  $q_{U_1}^{pos-x_{1k}^C}$  по формулам (4) и (5) соответственно для каждой цели. При этом также опре-

деляется необходимая направленность изменения каждого  $u_i \in U$ ,  $r_i(u_i)$  в соответствии с допущением 3 и определением 1.

В данном случае неравенство (7) характеризует общий случай, когда для изменения ситуации  $S$  в интересах субъекта  $AS_1$  задействованы 3 группы АСС, что подразумевает вариант смешанного управления ситуацией (напомним, возможные виды управления ситуацией рассмотрены в разд. 2.).

Первая группа включает субъекта  $AS_1$ , чьи факторы управления соответствуют активному управлению ситуацией  $S$  в интересах субъекта  $AS_1$ .

Вторую группу образуют субъекты  $\{AS_i^{pos}\}$ , чьи факторы управления соответствуют пассивному управлению ситуацией  $S$  относительно  $AS_1$ .

Наконец, в третью группу включены субъекты  $\{AS_i^{neg}\}$ , чьи факторы управления препятствуют изменению ситуации  $S$  в интересах  $AS_1$ .

В зависимости от включенности различных АСС в решение задачи, искомый вектор управлений  $U$  может состоять из разных сочетаний факторов управления АСС (см. табл. 1).

В заключение отметим, что предложенный подход к анализу ситуации со многими АСС применим и для более сложного случая, когда целевые факторы АСС могут быть связаны прямыми или опосредованными связями (отказ от допущения 2.2). В этом случае при формировании суммарных весов влияний на целевые факторы  $AS_1$  по формулам (4)-(6) потребуются учет влияний целевых факторов других АСС, связанных с областью интересов  $AS_1$  в когнитивной карте.

При этом допускается, что найденный  $U$  может частично способствовать достижению целей  $AS_1$  или  $U = \emptyset$ . Это может быть обусловлено не только слабым влиянием или отсутствием в когнитивной карте факторов, способных противодействовать

$X_{neg}^U$  (о чем говорилось в разд. 2), но и наличием противоречий между целевыми факторами<sup>8</sup>.

Таблица 1. Возможные сочетания факторов управления (для разных видов управления) и факторов негативного воздействия

Возможные сочетания факторов управления, $U$		Вид управления ситуацией	Факторы управления $\{AS_i^{neg}\}$ , препятствующие желательному изменению $X_1^C$ (есть/нет)
Факторы управления $AS_1$ (всегда есть)	Факторы управления $\{AS_i^{pos}\}$ (есть/нет)		
$q_{U_1}^{x_{1k}^c} \neq 0$	$q_{U_i}^{pos-x_{1k}^c} = 0$	активное управление	с учетом негативного воздействия $q_{U_i}^{neg-x_{1k}^c} \neq 0$
	$q_{U_i}^{pos-x_{1k}^c} \neq 0$	смешанное управление	
$q_{U_1}^{x_{1k}^c} \neq 0$	$q_{U_i}^{pos-x_{1k}^c} = 0$	активное управление	в отсутствии негативного воздействия $q_{U_i}^{neg-x_{1k}^c} = 0$
	$q_{U_i}^{pos-x_{1k}^c} \neq 0$	смешанное управление	

<sup>8</sup> Вектор целей  $Y$  непротиворечив, если изменение любого целевого фактора  $y_i$  в желательном направлении не приводит к нежелательному изменению остальных целевых факторов в  $Y$ . Формально для любой пары  $y_i, y_j \in Y$  выполняется  $sign(r(y_i) \times q_{ij}) = r(y_j)$ .

Принципиальная возможность достижения противоречивых целей допускается, если найдены факторы управления, позволяющие компенсировать влияние противоречий в целях. Подобное решение (с демонстрацией примера) рассмотрено в [3] для задачи управления развитием системы в условиях влияния внешней среды.

#### 4. Демонстрационный пример

На рис. 5 представлена абстрактная когнитивная карта (по факторам) с 3-мя АСС (количество факторов  $n=22$ ). Толстыми стрелками со знаком + или – обозначены желательные направления изменения целевых факторов, составляющих области интересов АСС, и направления изменения факторов управления каждого АСС, обеспечивающие желательное изменение соответствующих целевых факторов.

Пусть даны

- подматрица  $Q^{C-U}$ , отражающая интегральные влияния  $X_1^U \cup X_2^U \cup X_3^U$  на  $X_1^C \cup X_2^C \cup X_3^C$  (рис. 6).  $Q^{C-U}$  выделяется из общей матрицы интегральных влияний  $Q$  размерности  $22 \times 22$ .

- для каждого АСС:  $AS_1, AS_2, AS_3$ , – заданы

- область интересов:  $X_1^C = \{x_{11}^C, x_{12}^C\}$ ,  $X_2^C = \{x_{21}^C, x_{22}^C\}$  и  $X_3^C = \{x_{31}^C, x_{32}^C\}$  соответственно;

- область активного управления:  $X_1^U = \{x_{11}^U, x_{12}^U\}$ ,  $X_2^U = \{x_{21}^U, x_{22}^U\}$  и  $X_3^U = \{x_{31}^U, x_{32}^U\}$  соответственно;

- вектор оценок динамики факторов (ОДФ),  $R(X_i^C)$ , отражающий желательные направления изменения целевых факторов  $X_i^C$  для  $AS_i$  в ситуации  $S$ :  $R(X_1^C) = (1, -1)$ ,  $R(X_2^C) = (1, 1)$ ,  $R(X_3^C) = (1, 1)$ .

При этом  $AS_1$  – это субъект, в интересах которого решается задача изменения ситуации  $S$  в рамках целей  $X_1^C$ .

Суммарные веса влияний факторов управления  $X_1^U$  субъекта  $AS_1$  на его целевые факторы  $x_{11}^C$  и  $x_{12}^C$  равны  $q_{U_1}^{x_{11}^C} = 0.5$  и  $q_{U_1}^{x_{12}^C} = |-0.25| + |-0.32| = 0.57$  соответственно.

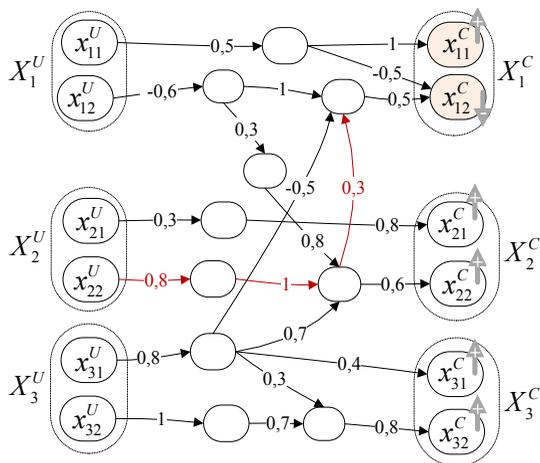


Рис.5. Абстрактная (по факторам) когнитивная карта с 3-мя АСС

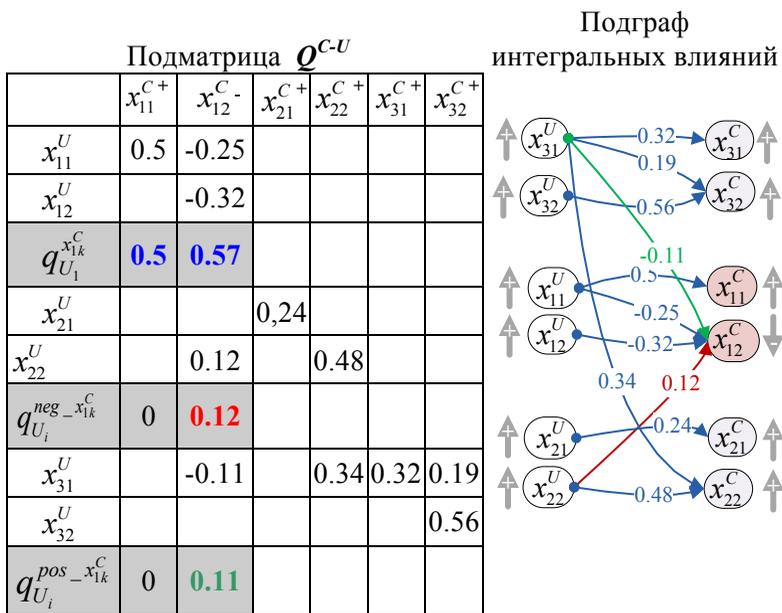


Рис. 6. Подматрица  $Q^{C-U}$  и соответствующий ей подграф интегральных влияний

Суммарные веса позитивных влияний факторов управления  $X_3^U$  субъекта  $AS_3$  на целевые факторы  $x_{11}^C$  и  $x_{12}^C$  субъекта  $AS_1$  равны  $q_{U_3}^{x_{11}^C} = 0$  и  $q_{U_3}^{pos-x_{11}^C} = |-0.11| = 0.11$  соответственно.

Наконец, суммарные веса негативных влияний факторов управления  $X_2^U$  субъекта  $AS_2$  на целевые факторы  $x_{11}^C$  и  $x_{12}^C$  субъекта  $AS_1$  равны  $q_{U_2}^{x_{11}^C} = 0$  и  $q_{U_2}^{neg-x_{12}^C} = 0.12$  соответственно.

В соответствии с (7) получаем  $0.57+0.11 > 0.12$ . Однако из полученного результата видно, что негативное воздействие от  $AS_2$  компенсируется позитивным воздействием от  $AS_3$ .

Т.о. для достижения целей субъекта  $AS_1$ ,  $X_1^C = \{x_{11}^C, x_{12}^C\}$ , в искомый вектор управлений  $U$  достаточно включить факторы из области активного управления субъекта  $AS_1$ ,  $U = X_1^U = \{x_{11}^U, x_{12}^U\}$ .

## 5. Заключение

Общность получаемых результатов на основе предложенного подхода к анализу ситуации  $S$  со многими АСС не дает конкретного решения по достижению целей субъекта  $AS_1$ , а лишь определяет принципиальную возможность их достижения. Такая постановка задачи целесообразна при анализе проблемной ситуации в условиях недостатка конкретных данных по ресурсам управления АСС и предопределяет дальнейшую конкретизацию задачи при различных предположениях о возможных ресурсных возможностях АСС в ситуации  $S$ . В частности, для такой конкретизации может быть применен подход, предложенный в [6, 7].

В части дальнейшего развития предложенного подхода предполагается исследование возможности его распространения для анализа ситуаций с более сложной динамикой изменения факторов.

С точки зрения практической значимости полученных результатов, можно выделить некоторые перспективные направления применения предложенного подхода к анализу ситуации со многими АСС.

Стратегический мониторинг ситуации играет одну из ключевых ролей в цикле формирования, реализации и коррекции стратегии развития социально-экономической системы (СЭС). В [3] предложена схема стратегического мониторинга с возможностью включения различных видов задач управления развитием СЭС. Выбор того или иного вида или их сочетания зависит от специфики конкретной ситуации.

Включение постановок задач управления ситуацией со многими АСС расширяет состав решаемых задач управления развитием СЭС. На рис. 5 приведена общая схема стратегического мониторинга [3] с включением задачи управления со многими АСС.

Еще одной перспективной областью приложения предложенного подхода к анализу ситуации со многими АСС является политика, геополитика, международные отношения. Появляются отечественные и зарубежные публикации, в которых обосновывается и демонстрируется перспективность применения когнитивного моделирования в перечисленных сферах (см. например, [1,4,13,17,18]). По нашему мнению, рассмотренные в данной статье постановки задач управления ситуацией со многими АСС расширяют инструментарий когнитивного моделирования для решения прикладных задач в сфере геополитики и международных отношений, где взаимодействие субъектов играет существенную роль в развитии ситуации.

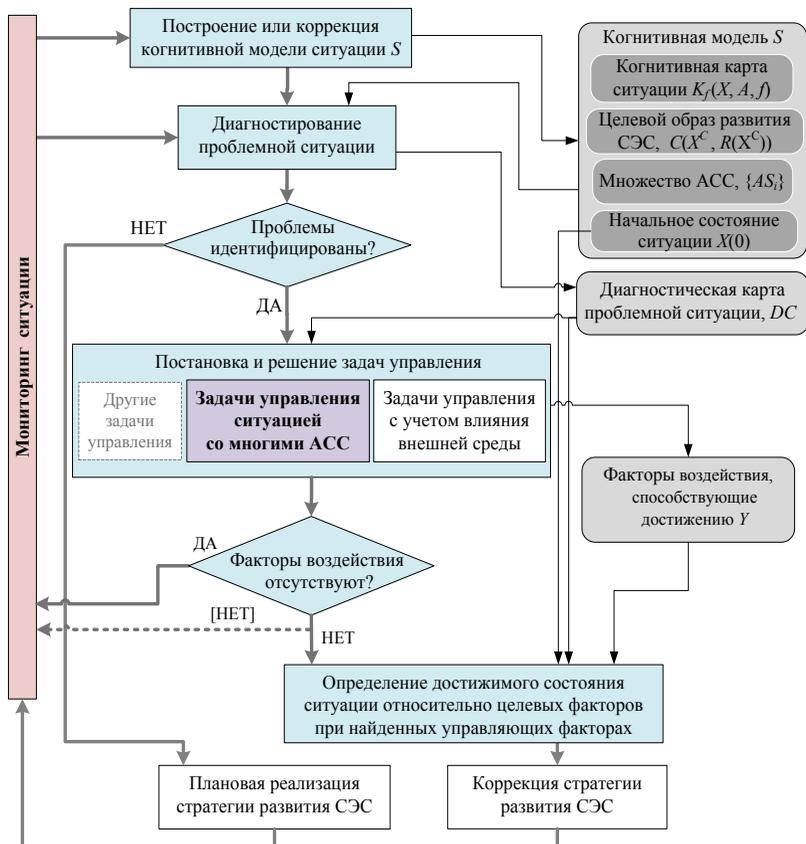


Рис. 5. Общая схема стратегического мониторинга при реализации стратегии развития СЭС [3] с включением задач управления ситуацией со многими АСС

### Литература

1. АБАЕВ Л.Ч. Об актуальных подходах к моделированию международных отношений // Проблемы национальной стратегии. – 2011. – № 2(7). – С. 31-48.
2. АБРАМОВА Н.А., ПОРЦЕВ Р.Ю. Рефлексивный подход к анализу обоснованности мер по обеспечению безопасности системы на основе методологии когнитивного

- моделирования // Труды XXIII Междунар. конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: ИПУ РАН, 2015. – С. 349-353
3. АВДЕЕВА З. К., КОВРИГА С. В. *Подход к постановке задач управления на когнитивной модели ситуации для стратегического мониторинга* // Управление большими системами. Выпуск 59. – М.: ИПУ РАН, 2016. – С.120-146.
  4. ГОРЕЛОВА Г.В., РЯБЦЕВ В.Н. Когнитивный подход к исследованию геополитических процессов в мировых регионах и когнитивное моделирование их развития (на примере Черноморско-Каспийского региона) // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2012. – №4 (часть 2).
  5. ДУДЕНКОВ Д.А. *Стейкхолдер-ориентированная модель компании в теории корпоративного управления* // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2014. – №1. – С. 50-53.
  6. КОРГИН Н.А., КУЛИВЕЦ С.Г. *Модель информационного управления на основе игры на линейной когнитивной карте* // Управление большими системами. – 2011, выпуск 35. – С. 94–113.
  7. КУЛИВЕЦ С.Г. *Моделирование конфликтных ситуаций с несогласованными представлениями у агентов на основе игр на линейных когнитивных картах* // Проблемы управления. – 2010 – №4 – С. 42-48.
  8. КУЛИНИЧ А.А. *Модель поддержки принятия решений для образования коалиций в условиях неопределенности* // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – №2. – С. 27–38.
  9. FREEMAN R.E. *Strategic management: A stakeholder approach*. Boston: Pitman, 1984. – 292 p.
  10. FREEMAN R.E. and others *Stakeholder theory: The state of the art*. – New York: Cambridge University Press, 2010. – 343 p.
  11. GRAY S., CHAN A., CLARK D., JORDAN R. *Modelling the integration of stakeholder knowledge in social-ecological decision-making: benefits and limitations to knowledge diversity* // Ecological Modelling. – 2012. – V. 229. – P. 88–96.

12. HESTER P. *Analyzing stakeholders using fuzzy cognitive mapping* // *Procedia Computer Science*. – 2015. – V. 61. – P. 92–97.
13. ORMEROD P., RIORDAN S. *New approach to the analysis of geo-political risk* // *Diplomacy & Statecraft*. – 2004, Vol.15, Issue 4. – P. 643–654.
14. ÖZESMI U., ÖZESMI S. *Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach* // *Ecological Modelling*. – 2004. – V. 176. – P. 43–64.
15. PAPAGEORGIU E. *Review study on fuzzy cognitive maps and their applications during the last decade* / In M. Glykas (ed.), *Business Process Management, SCI444*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2013. – P. 281–298.
16. PAPAGEORGIU E., KONTOGIANNI A. *Using fuzzy cognitive mapping in environmental decision making and management: a methodological primer and an application*. / In: *International perspectives on global environmental change*. Edited by Dr. S.Young. –INTECH, 2012. – P. 428– 450.
17. SHAYJI S., KADHI N., WANG Z. *Fuzzy cognitive map theory for the political domain* // *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*. – Szczecin, Poland, 2011. – P. 179–186
18. TSADIRAS A.K., KOUSKOUVELIS I. *Using fuzzy cognitive maps as a decision support system for political decisions: the case of Turkey's integration into the European Union* / In P. Bozanis and E.N. Houstis (Eds.), *Advances in Informatics. Proceedings of 10th Panhellenic Conference on Informatics, PCI2005*. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. – P. 371–381.

**НАЗВАНИЕ** - англ

**Zinaida Avdeeva**, National Research University «The Higher School of Economics»; Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Cand.Sc. (avdeeva@ipu.ru).

**Svetlana Kovriga**, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow.

Abstract:

*Текст курсивом*

Keywords: ???

*Статья представлена к публикации*  
*членом редакционной коллегии* ...заполняется редактором...  
*Поступила в редакцию* ...заполняется редактором...  
*Опубликована* ...заполняется редактором...