

УДК 303.732; 519.816; 004.023

ББК 65.054

О ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СИТУАЦИЕЙ СО МНОГИМИ АКТИВНЫМИ СУБЪЕКТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГНИТИВНЫХ КАРТ¹

Авдеева З. К.², Коврига С. В.³

*(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 обозначены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: слабоструктурированная ситуация, активные субъекты, 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 [26]).

¹ Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФ №17-18-01326, РФФИ №14-07-00821.

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

³ Светлана Вадимовна Коврига, н.с. (kovriga@ipu.ru).

Прикладная ниша применения когнитивных карт охватывает сложные и слабоструктурированные ситуации (см., например, [23]), в том числе ситуации, связанные с многосубъектностью. Под когнитивной картой ситуации понимается формализованная модель ситуации, отражающая знания и/или верования субъекта, индивидуального или коллективного, о причинно-следственных влияниях между значимыми факторами ситуации, будь эти влияния законами развития ситуации или правилами принятия решений субъектов, вовлеченных в ситуацию⁴.

Можно перечислить некоторые виды прикладных задач анализа многосубъектных ситуаций, 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 (stakeholders⁵) (например, [19, 20, 22, 24]); при этом

⁴ При этом типично, что в когнитивную карту включены разнородные факторы-переменные, связанные причинно-следственными влияниями: потенциально измеримые переменные типа «собственные доходы города» и абстрактные качественные переменные типа «привлекательность наркобизнеса». Те или иные формализации когнитивных карт описывают динамику ситуаций и систем [2].

⁵ Основоположник теории 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» [17] (цитируется по [18, стр. 207]). Российские исследователи часто наряду с простым заимствованием термина из западной практики используют понятия «причастная сторона», «заинтересованная сторона», «группа влияния» [10]. 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. [18].

определяются стратегически важные направления изменения ситуации с учетом баланса между различными интересами выявленных сторон [10];

- формирование коалиций заинтересованных сторон с близкими целями для управления целенаправленным развитием социально-экономической, политической системы (ситуации) [13];

- моделирование взаимодействия субъектов (агентов) с несогласованными представлениями о ситуации и информационное управление одним агентом другими (с использованием теоретико-игровых методов) [11, 12];

- анализ обоснованности решений, предлагаемых субъектом в проблемной ситуации, с учетом точек зрения других заинтересованных сторон ситуации при общности целей всех участников ситуации [5].

В данной работе предлагается подход к анализу ситуации S со многими активными субъектами ситуации (АСС)⁶, $\{AS_i\}$ 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 коллективный⁷ 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

⁶ Мы намеренно ушли от использования понятий «причастная сторона», «заинтересованная сторона», «группа влияния», так как они отражают отдельные идентификационные признаки субъектов ситуации, связанные с уровнем интереса, уровнем легитимности, уровнем возможного влияния и др. [10], и ввели собственный термин «АСС», чтобы сделать акцент на основных признаках – интересе и влиянии, учитываемых при анализе взаимодействия субъектов в ситуации.

⁷ Примером коллективного субъекта является руководство региона.

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

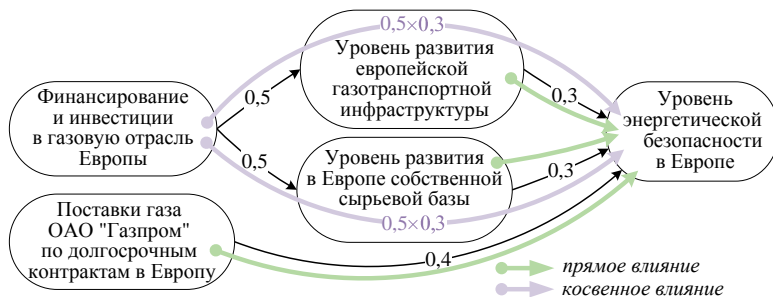


Рис. 1. Фрагмент когнитивной карты с изображением всех прямых и косвенных влияний на фактор «Уровень энергетической безопасности в Европе»

- 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.

Следует отметить, что предлагаемый подход опирается на некоторые базовые определения и общие положения по решению задачи управления ситуацией при заданной нефиксированной цели⁸, изложенные в [15]; при этом цель управления представляется в виде множества целевых факторов: $Y = \{y_i\}$. Однако в отличие от [15], где рассматриваются возможности достижения одной непротиворечивой цели управления⁹ благодаря нахождению совокупности управлений, согласованных с этой целью¹⁰, в данной статье учитываются цели и управления разных субъектов.

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

- тип когнитивной модели ситуации¹¹, которая включает карту с весами и функцию динамики факторов ситуации, позволяет описать устойчивые ситуации, т.е. такие, в которых существует установившееся состояние по факторам;

⁸ В [15] под нефиксированной целью управления понимается обеспечение желательных направлений изменения всех целевых факторов.

⁹ Целевые факторы $Y = \{y_i\}$ непротиворечивы, если изменение любого y_i в желательном направлении не приводит к нежелательному изменению остальных целевых факторов в Y [15].

¹⁰ Согласованность управлений и целей подразумевает такую направленность изменений факторов управления, которая не приводит к нежелательной направленности изменения всех целевых факторов [15].

¹¹ Когнитивная модель ситуации – это когнитивная карта, дополненная начальными условиями и некоторыми другими параметрами (к их числу можно отнести такие параметры, как показатель важности целевого фактора, оценка его динамики, отражающая его желательное направление изменения, и др.).

- рассматривается только параметрическое управление ситуацией без изменения структуры карты;
- предполагается, что в когнитивной карте области интересов АСС не пересекаются (ни по целевым факторам, ни по связям), тем самым исключаются из рассмотрения возможные явные противоречия между целевыми факторами из областей интересов АСС.

Последнее ограничение обусловлено следующими соображениями. В области когнитивного моделирования известен ряд подходов к постановке и решению задач управления для ситуаций с пересекающимися целями [11, 12, 15]. По нашему мнению, представляет не меньший интерес ситуации со многими АСС, где отсутствуют явные пересечения по целям, но при этом не исключается возможность скрытых конфликтов между субъектами ситуации. Достаточно напомнить геополитические ситуации, где движущей силой изменения ситуации является активность субъектов ситуации с различными интересами.

К тому же предлагаемый подход к постановке задач управления не исключает рассмотрение ситуаций с явными пересечениями по целям и поиск U даже при наличии противоречий в целях. В таких ситуациях принципиальная возможность достижения противоречивых целей допускается, если найдены факторы управления, позволяющие *компенсировать* влияние противоречий в целях. Подобное решение (с демонстрацией примера) рассмотрено в [6] для задачи управления развитием системы в условиях влияния внешней среды.

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 обозначены некоторые направления 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, где a_{ij} – вес влияния фактора x_i на фактор x_j , оцениваемый в дискретной шкале $[-1; 1]$ ¹²; f – функция, определяющая правило изменения произвольного фактора x_i в любой дискретный момент времени $t \geq 0$:

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

где $g_i(t) = g_i(0)$ при $t = 0$, а $g_i(t) = 0$ при $t \neq 0$; $x_j(t) = 0$ при $t < 0$; $x_i(0), g_i(0) \in [-1, 1]$. (Полное описание модели приведено в [6]).

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

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

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

¹² *Вопросу экспертного оценивания весов влияний в когнитивной карте посвящены отдельные исследования [3, 4, 16].*

- 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 управляет AS_i ;
- 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

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

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 $R(X_1^C)$.

При этом предлагаемый подход не исключает рассмотрения возможности достижения целей одновременно разных АСС. Если в соответствии с предложенным подходом рассмотреть возможности изменения ситуации относительно интересов каждого АСС в исследуемой ситуации, то по результатам такого анализа можно показать, например, субъектов, между которыми можно формировать коалицию, когда действия каждого из субъектов коалиции способствуют достижению собственных целей и целей партнеров в коалиции и др.

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

$$X_i^C \cap X_j^C = \emptyset; \quad X_i^U \cap X_j^U = \emptyset.$$

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

В рамках допущения 2.1 могут существовать скрытые противоречия (конфликты) в интересах различных ACC. 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).

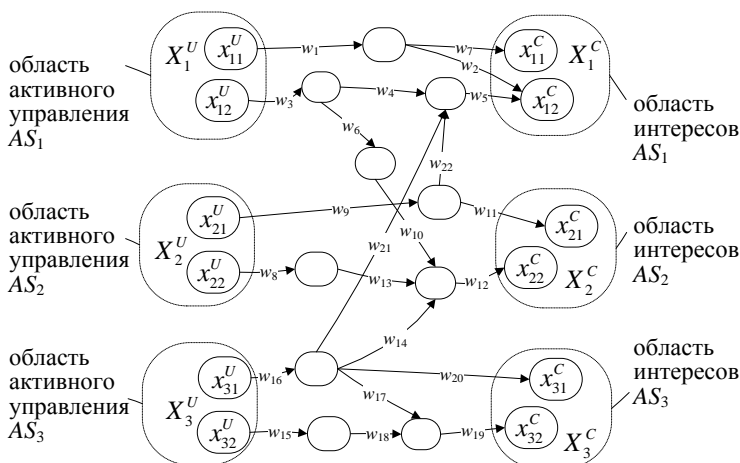


Рис. 2. Области интересов и областей активного управления трех ACC на абстрактной ациклической карте

На рис. 2 представлено схематичное изображение областей интересов и управления трех ACC: 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 ; факторы областей активного управления AS_1 и AS_3 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, $U \subset \{X_1^U\} \setminus X_1^U$. 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 .

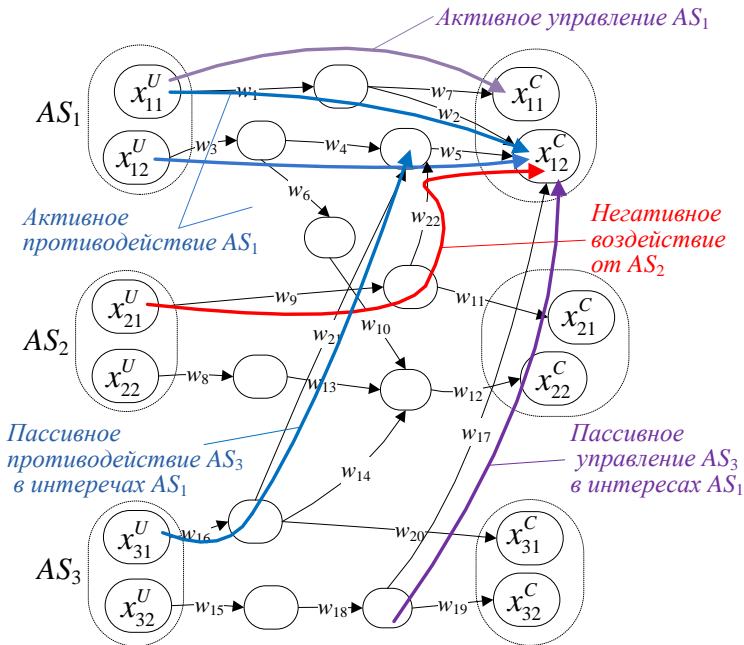


Рис. 3. Демонстрация видов управления

Следует отметить, что предлагаемый подход распространяется и на поиск возможности одновременного достижения целей разных АСС. Если в соответствии с постановкой задачи, изложенной в данном разделе, рассмотреть возможности изменения ситуации относительно интересов каждого АСС в исследуемой ситуации, то по результатам такого анализа можно показать, например, субъектов, между которыми можно формировать коалицию, когда действия каждого из субъектов коалиции способствуют достижению собственных целей и целей партнеров в коалиции и др.

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

Предварительно введем необходимые определения и допущения.

Допущение 3. Область активного управления любого субъекта AS_i , $i = 1, 2, \dots$, включает только факторы позитивного влияния X_i^U на соответствующую область его интересов X_i^C , т.е. X_i^U согласованы с X_i^C (в терминах [15]).

Далее с учетом допущения 3 вводятся определения, характеризующие возможный характер влияний факторов управления AS_i , $i = 2, 3, \dots$, на область интересов AS_1 .

Определение 1. Фактор из области активного управления субъекта AS_i , $i = 2, 3, \dots$, является фактором позитивного воздействия, $x_{pos_j}^{U_i} \in X_i^U$, относительно AS_1 , 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. $r_j(x_{pos_j}^{U_i}(0)) = \text{sign}(q_{jk} \times r_k(x_{1k}^C))$, и при этом не приводит к негативному изменению остальных факторов из X_1^C , где $r_k(x_{1k}^C)$ – ОДФ целевого фактора x_{1k}^C (см. (2)), q_{jk} – вес интегрального влияния $x_{pos_j}^{U_i}$ на x_{1k}^C ,

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

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

Определение 2. Фактор из области активного управления субъекта AS_i , $i = 2, 3, \dots$, является фактором негативного воздействия, $x_{neg_j}^{U_i} \in X_i^U$, относительно AS_1 , 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. $r_j(x_{neg_j}^{U_i}(0)) \neq \text{sign}(q_{jk} \times r_k(x_{1k}^C))$, где значение $r_j(x_{neg_j}^{U_i}(0))$ определяется аналогично формуле (3).

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 -й целевой фактор $x_{1k}^C \in X_1^C$ равен модулю суммы весов интегральных влияний:

$$(4) \quad q_{U_1}^{x_{1k}^C} = \sum_{j=1}^n |q_{jk}^{U_1}|,$$

где $q_{jk}^{U_1}$ – вес интегрального влияния j -го фактора управления $x_j^{U_1} \in X^{U_1}$ на k -й 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 -й 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 позитивного интегрального влияния j -го фактора управления $x_{pos_j}^{U_i}$ на k -й 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 -й 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 позитивных влияний $q_{U_1}^{x_{1k}^C} + q_{U_i}^{pos-x_{1k}^C}$, где $q_{U_1}^{x_{1k}^C}$ и $q_{U_i}^{pos-x_{1k}^C}$ вычислены по формулам (4) и (5) соответственно, превышает суммарный вес негативных влияний $q_{U_i}^{neg-x_{1k}^C}$, вычисленный по формуле (6):

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

Искомое множество U включает те факторы воздействия из областей управления АСС, интегральные влияния по которым учитывались при расчете $q_{U_1}^{x_{1k}^C}$ и $q_{U_i}^{pos-x_{1k}^C}$ по формулам (4) и (5) соответственно для каждой цели. При этом также определяется 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, что возможные виды управления ситуацией рассмотрены в разделе 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, искомое множество управлений U может состоять из разных сочетаний факторов управления АСС (см. таблицу 1).

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	

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)

потребуется учет влияний целевых факторов других АСС, связанных с областью интересов AS_1 в когнитивной карте.

При этом допускается, что U может частично способствовать достижению целей AS_1 или $U = \emptyset$ (см. разд. 2).

4. Демонстрационный пример

На рис. 5 представлена абстрактная когнитивная карта (по факторам) с тремя 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.

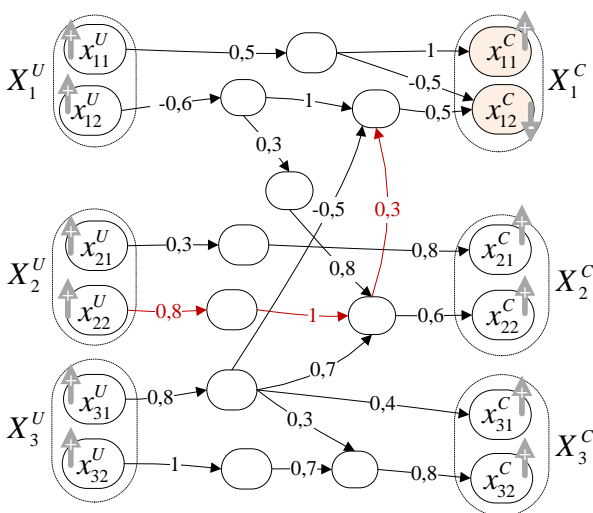


Рис.5. Абстрактная (по факторам) когнитивная карта с тремя АСС

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 22×22 .

- Для каждого АСС AS_1, AS_2, AS_3 заданы
 - области 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;
 - области 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;
 - векторы оценок динамики факторов (ОДФ), $R(X_i^C)$, отражающие 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.

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 .

Таким образом, если ресурсные возможности AS_2 не превосходят ресурсных возможностей AS_3 , то для достижения целей субъекта AS_1 , $X_1^C = \{x_{11}^C, x_{12}^C\}$, в U достаточно включить факторы из области активного управления субъекта AS_1 , $U = X_1^U = \{x_{11}^U, x_{12}^U\}$; в противном случае $U = \{x_{11}^U, x_{12}^U, x_{31}^U\}$.

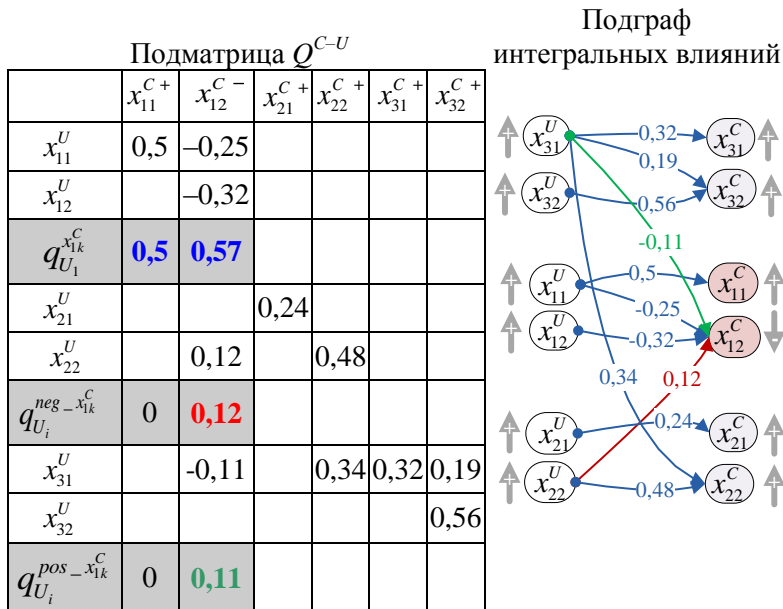


Рис. 6. Подматрица Q^{C-U} и соответствующий ей подграф интегральных влияний

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 ограничениях АСС в ситуации S . В частности, для такой конкретизации могут быть применены подходы, представленные в [11, 12, 15].

В части дальнейшего развития предложенного подхода предполагается исследование возможности его распространения

для анализа ситуаций с более сложной динамикой изменения факторов. Еще одним перспективным направлением представляется исследование возможности его интеграции с методами принятия решений в цикле подготовки и принятий решений в слабоструктурированных проблемных ситуациях. Можно привести отдельные примеры интеграции когнитивных карт и методов многокритериального оценивания [7, 9, 14] в задачах поиска лучшей альтернативы развития ситуации, однако в перечисленных публикациях не рассматриваются ситуации, связанные с многосубъектностью.

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 [6] 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. 7 приведена общая схема стратегического мониторинга [6] 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, 8, 21, 25, 27]). 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.

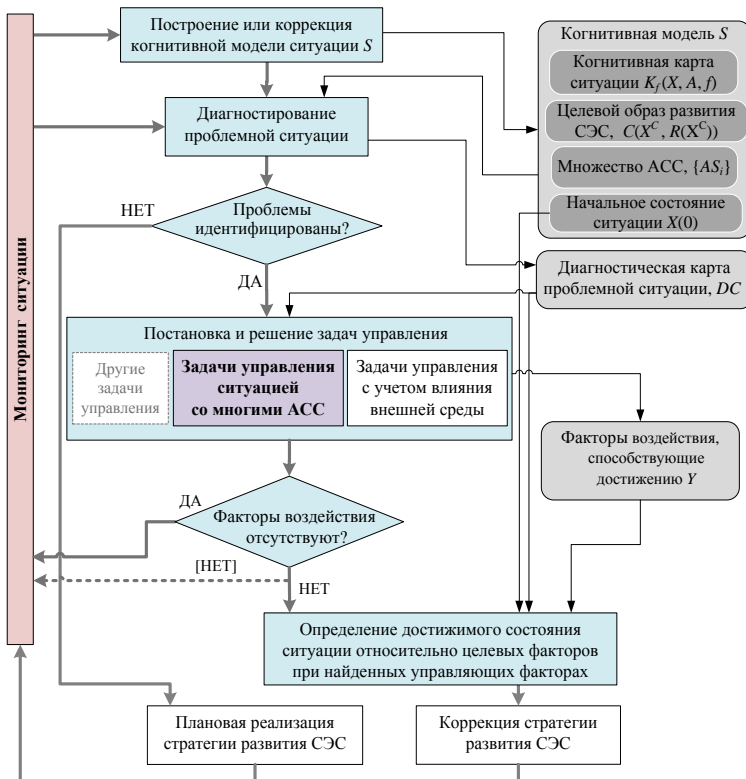


Рис. 7. Общая схема стратегического мониторинга при реализации стратегии развития СЭС [6] с включением задач управления ситуацией со многими ACC

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., АВДЕЕВА З.К., ФЕДОТОВ А.А. *Систематизация теоретических моделей формальных когнитивных карт: общий подход и его применение* // Труды IX Междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». CASC'2011. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 120–129.
3. АБРАМОВА Н.А., ВОРОНИНА Т.А. *Об одном эксперименте по расстановке весов влияний в когнитивной карте* // Междунар. конф. «Когнитивная наука в Москве: новые исследования». – М.: Институт возрастной физиологии РАО, 2011. – С. 131–142.
4. АБРАМОВА Н.А., ВОРОНИНА Т.В., ФЕДОТОВ А.А. *О механизмах формирования оценок значений факторов и весов влияний в когнитивных картах* // Труды IX Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами», 2012. – Т.1. – С. 111–114.
5. 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
6. АВДЕЕВА З.К., КОВРИГА С.В. *Подход к постановке задач управления на когнитивной модели ситуации для стратегического мониторинга* // Управление большими системами. Вып. 59. – М.: ИПУ РАН, 2016. – С. 120–146.

7. 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). – URL: <http://vww.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1407> (дата обращения: 24.07.2017).
8. АВЕРКИН А.Н., КУЗНЕЦОВ О.П., КУЛИНИЧ А.А., ТИТОВА Н.В. *Поддержка принятия решений в слабо структурированных предметных областях. Анализ ситуаций и оценка альтернатив* // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2006. – Вып. 3. – С. 139–149.
9. ДАВЫДОВ С.В., МАКСИМОВ В.И. *Многокритериальное иерархическое оценивание ситуации при когнитивном моделировании* // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC 2001). Материалы 1-й Межд. конф. в 3-х томах. – М.: ИПУ РАН, 2001. – Том 1. – С. 173–196.
10. ДУДЕНКОВ Д.А. *Стейкхолдер-ориентированная модель компании в теории корпоративного управления* // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2014. – №1. – С. 50–53.
11. КОРГИН Н.А., КУЛИВЕЦ С.Г. *Модель информационного управления на основе игры на линейной когнитивной карте* // Управление большими системами. – 2011. – Вып. 35. – С. 94–113.
12. 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.
13. КУЛИНИЧ А.А. *Модель поддержки принятия решений для образования коалиций в условиях неопределенности* // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – №2. – С. 27–38.
14. ЛЕОНОВА Н.В. *Использование методов многокритериального принятия решений в условиях смешанных стратегий для целей макроэкономического анализа* // Экономические науки. – 2013. – №4(101). – С. 167–172.

15. МАКСИМОВ В.И., КОРНОУШЕНКО Е.К. *Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач* // Труды ИПУ РАН. – М.: ИПУ РАН, 1999. – Том II. – С. 95–109.
16. ABRAMOVA N.A., TELITSYNA T.A. *An approach to analysis of expert estimation validity in cognitive mapping* // IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control (MIM), 2013. – P. 927–932.
17. FREEMAN R.E. *Strategic management: A stakeholder approach*. – Boston: Pitman, 1984. – 292 p.
18. FREEMAN R.E. et al. *Stakeholder theory: The state of the art*. – New York: Cambridge University Press, 2010. – 343 p.
19. 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. – Vol. 229. – P. 88–96.
20. HESTER P. *Analyzing stakeholders using fuzzy cognitive mapping* // Procedia Computer Science. – 2015. – Vol. 61. – P. 92–97.
21. ORMEROD P., RIORDAN S. *New approach to the analysis of geo-political risk* // Diplomacy & Statecraft. – 2004. – Vol. 15, Iss. 4. – P. 643–654.
22. ÖZESMI U., ÖZESMI S. *Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach* // Ecological Modelling. – 2004. – Vol. 176. – P. 43–64.
23. 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.
24. 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.

25. SHAYJI S., KADHI N., WANG Z. *Fuzzy cognitive map theory for the political domain* // Proc. of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems. – Szczecin, Poland, 2011. – P. 179–186
26. SIMON H., NEWELL A. *Heuristic problem solving: the next advance in operations research* // Operations Research. – 1958. – Vol. 6, No. 1. – P. 1–10.
27. 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. Proc. of 10th Panhellenic Conference on Informatics, PCI2005.* – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. – P. 371–381.

ON THE STATEMENT OF CONTROL PROBLEMS OF THE SITUATION WITH MANY ACTIVE STAKEHOLDERS WITH USE OF COGNITIVE MAPS

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

Svetlana Kovriga, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS, Moscow (kovriga@ipu.ru).

Abstract: The paper proposes the statement of control problems of the situation with many active stakeholders and the general scheme of their solution with use of cognitive maps. This formulation of the problem is suitable for analyzing the problem situation in the conditions of a lack of specific data on the management resources of the ACC and predetermines further specification of the problem under various assumptions about possible resource limitations of the stakeholders in the situation of S. From the point of view of practice, the proposed approach makes it possible to diagnose and predict problem situations caused by a conflict of interests at the stage of strategic monitoring and provide a correction for the development strategy of the socio-economic system (SES).

Keywords: ill-structured situation, active subjects, cognitive maps, statements of a control problem.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии В.Н. Бурковым.

*Поступила в редакцию 08.11.2016.
Опубликована 31.07.2017.*