

УДК 021.8 + 025.1

ББК 78.34

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В РАЗВИТИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ¹

Авдеева З. К.², Коврига С. В.³
(ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

В статье предложены схема диагностирования проблем развития сложных слабоструктурированных систем, основанная на построении когнитивной карты развития исследуемой системы, и поддерживающие ее методы, применение которых позволяет исследовать проблемы различных типов, связанные с взаимодействием активных субъектов, неблагоприятным влиянием внешней среды и структурными особенностями системы, а также рассматривать проблемы в комплексе и определять приоритеты в решении проблем в зависимости от причин их возникновения.

Ключевые слова: когнитивная карта, сложная слабоструктурированная система, целенаправленное развитие, проблемная ситуация, диагностирование

Введение

Модели и методы на основе когнитивных карт применяются для решения практических задач анализа и моделирования динамики сложных слабоструктурированных систем (СС), где

¹ Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ (№12-07-311-31, №11-07-005-04-а).

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

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

классические эконометрические методы и модели неприменимы. Для исследования СС в таких ситуациях наряду с точными количественными данными используются абстрактные качественные переменные, выявляемые на основе экспертных знаний. Опыт применения различных моделей и методов на основе когнитивных карт (в России и за рубежом), повышающийся интерес управленцев-практиков в области стратегического менеджмента к разработкам в данном направлении показывают целесообразность развития научно-методического и технологического обеспечения для анализа и управления целенаправленным развитием СС.

Из теории стратегического менеджмента известно (см., например, [5, 11, 12]), что этап целеполагания относится к одному из значимых, но в то же время и наиболее трудоемкому этапу в цикле стратегического управления развитием СС. Одним из основных подходов к целеполаганию является выявление реальных и потенциальных проблем в целенаправленном развитии СС. Методы выявления проблем разнообразны (от методов исследования операций и системного анализа до социологических исследований) и выбираются, исходя из исследовательских целей и характера и полноты исходной информации. Во многих публикациях в области когнитивного моделирования (см. например, [4, 6–8, 13, 15, 16]) также предлагаются методы разрешения проблемных ситуаций.

Однако на сегодня отсутствует целостный подход к диагностированию проблем в развитии СС (в том числе с использованием когнитивных карт), который является ключевым этапом в разрешении проблемных ситуаций. В данной статье под целостностью подхода подразумевается

- систематизация проблем и их структуризация;
- поддержка методами выявления проблем соответствующего типа (или их сочетаний) и формирования приоритетных направлений их решения в проблемных ситуациях развития СС:
 - организация единого технологического процесса диагностирования разнородных проблем.

В статье предложен подход к диагностированию проблем развития СС с использованием когнитивных карт, отвечающий перечисленным требованиям целостности.

Общая схема диагностирования приведена на рис. 1. При этом проблемная ситуация рассматривается как отклонение развития системы от желательного и представляется в общем случае совокупностью разнотипных проблем. Этап структуризации и построения модели развития СС предвдваряет этап диагностирования проблемной ситуации. Важно отметить, что качество этого этапа определяет содержание модели и влияет на достоверность выводов на ее основе, однако эти исследования остаются за рамками данной статьи (некоторые методы структуризации и проблемы этого этапа изложены в [2]).

Результатом диагностирования проблемной ситуации на основе анализа модели развития системы являются:

- диагностическая карта проблемной ситуации, в которой определены факторы-симптомы и факторы-причины проблем, а также активные субъекты⁴, связанные с проблемной ситуацией;
- факторы, воздействие на которые может привести к коррекции отклонения в сторону целенаправленного развития системы.

В случае если такие факторы не найдены, результатом диагностирования является карта проблемной ситуации, в которой структурированы знания о ней.

Применение предложенного подхода позволяет поддержать решение важной управленческой задачи по целеполаганию развития системы в части формирования и анализа целей разви-

⁴ *Активный субъект ситуации (АСС) – субъект, влияющий на направленность изменения ситуации через реализацию своих интересов и противодействие интересам других субъектов ситуации благодаря имеющимся у него рычагам управления (активное управление ситуацией) либо благодаря использованию возможностей вне поля его активности (пассивное управление ситуацией). Различные точки зрения, убеждения и интересы АСС приводят к разному видению направлений развития системы.*

$K_f(X, A, f)$ – когнитивная карта, в которой $X = (x_1, \dots, x_n) = (X^{int} \cup X^{ext})$ – множество факторов внутренней (X^{int}) и внешней среды (X^{ext}) системы; $A = [a_{ij}]$ – матрица $N \times N$ взаимовлияний факторов, в которой $a_{ij} \in [-1; 1]$ – вес влияния фактора x_i на фактор x_j^5 ; f – функция, определяющая правило изменения значений факторов;

$\{AS^p\}$ – множество активных субъектов, влияющих на СС. Каждый AS^p задан на подмножестве факторов X , включая факторы H^p_c , характеризующие область его интересов, и факторы H^p_u , которыми он управляет; C – целевой образ СС, который определяет желательные направления изменения системы с позиции субъекта управления и формально представляется как

$$(1) \quad C = (X^C, R(X^C)),$$

где X^C – подмножество целевых факторов, $X^C \subseteq X^{int}$;

$R(X^C)$ – вектор оценок динамики факторов (ОДФ), определяющий желательные направления изменения целевых факторов:

$$(2) \quad R(x_i^C) = \begin{cases} +1, & \text{если желательно увеличение фактора } x_i^C, \\ -1, & \text{если желательно уменьшение фактора } x_i^C; \end{cases}$$

$X(0)$ – вектор начальных значений; $U(0)$ – вектор внешних воздействий.

В карте K_f функция f задает правило изменения произвольного фактора x_i в любой дискретный момент времени t в зависимости от его значения в предыдущий момент времени⁶, а также изменения значений факторов-причин и внешнего воздействия:

$$(3) \quad f: \quad x_i(t) = x_i(t-1) + \sum_{j \in I_i} a_{ij} \cdot x_j(t-1) - x_j(t-2) + u_i(t-1),$$

⁵ *Вопросу выбора весов посвящены отдельные исследования [1], так как этот параметр содержательно связан с правилом оценки влияний факторов на фактор и служит источником риска для достоверности результатов.*

⁶ *Время в описываемой модели условное, не имеющее предметной интерпретации.*

С учетом функции (3) состояние системы для произвольного дискретного времени $t \geq 1$ при следующих начальных условиях

$$- X(-1) = 0^7,$$

- $X(0)$, где $X(0)$ – относительное значение X в $t = 0$, иначе прирост от базового уровня $X(-1)$),

$$- U(t-1) = U(0) \text{ при } t = 1 \text{ и } U(t-1) = 0 \text{ при } t > 0,$$

$$- x_i(0), u_i(0) \in [-1, 1]$$

описывается следующим образом:

$$(4) \quad X(t) = Q \cdot t - 1 \cdot X(0) + Q(t-1)U(0),$$

где $Q(t-1) = E_N + A + A^2 + \dots + A^{t-1}$.

Ограничимся рассмотрением таких карт⁸, у которых собственные значения матрицы A содержатся внутри окружности единичного радиуса на комплексной плоскости, тогда

$$(5) \quad Q = \lim_{t \rightarrow \infty} Q(t-1) = (E_N - A)^{-1}.$$

Матрицу Q назовем матрицей интегральных влияний, так как ее элементы характеризуют все прямые и опосредованные влияния, которым подвержен каждый фактор когнитивной карты с функцией вида (3).

Предлагаемый подход базируется на анализе структурных свойств модели развития СС [9, 10], при котором для выявления противоречий между факторами используется показатель ОДФ R из (2). На рис. 2 для пары факторов x_i, x_j показаны все (прямые и опосредованные) влияния x_i на x_j .

Определение 1. Пусть есть пара факторов x_i и x_j , а соответственно r_i и r_j – показатель ОДФ факторов. Между ними есть противоречие, если

$$r_i * r_j \neq \text{sign}(q_{ij}),$$

где q_{ij} – элемент матрицы Q , характеризующий интегральное взаимовлияние между этими факторами.

⁷ За 0 в модели принято базовое значение фактора, относительно которого происходит моделирование

⁸ Содержательно это условие может соблюдаться при определенном подходе к выбору шкал и выбору ограничений на веса влияния на зависимый фактор.

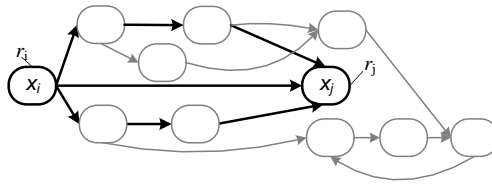


Рис. 2. Пример условной карты со структурой взаимовлияний

Содержательно противоречие между парой факторов состоит в том, что изменение одного фактора в желательном направлении (в соответствии с его ОДФ) приводит к нежелательному изменению второго фактора (т.е. к изменению в направлении, противоположном установленной для него ОДФ) через связывающую их структуру взаимовлияний в когнитивной карте (рис. 2).

2. Диагностирование проблемной ситуации в развитии системы

Проблемная ситуация в развитии СС может быть обусловлена

- неблагоприятными условиями внешней среды (социальной, политической, экономической и пр.);
- недооценкой слабых сторон СС;
- недостаточным количеством управленческих ресурсов;
- противоречиями в интересах АСС, возникающими при их взаимодействии.

Диагностирование проблемной ситуации опирается на анализ структурных свойств когнитивной карты и включает этапы (рис. 3.):

Д0. Определение проблемной ситуации $P^* = \{p_i^*\}$, где $p_i^* \in X^{int}$ – проблемный фактор.

Д1. Нахождение факторов-причин негативного влияния на проблемные факторы и определение типа проблем.

Д2. Определение структуры проблемной ситуации и группировка проблемных факторов.

Д3. Поиск факторов, которые могут в принципе изменить проблемную ситуацию, с учетом типов проблем.

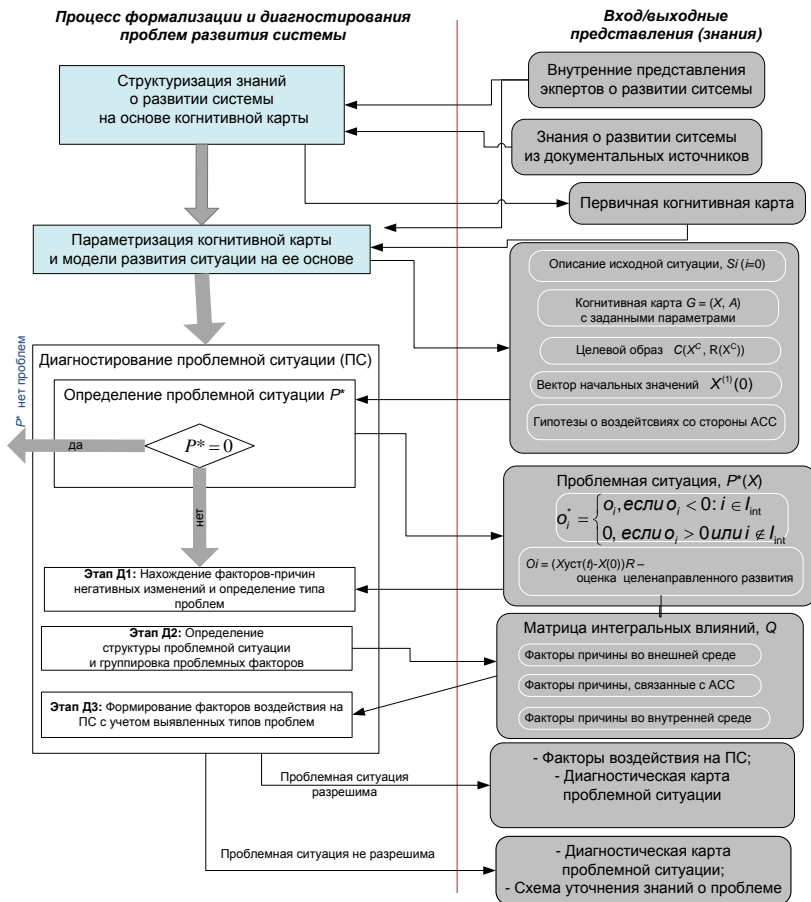


Рис. 3. Конкретизированная схема диагностирования проблемной ситуации в развитии системы

В ходе выполнения этапов диагностирования формируется *диагностическая карта проблемной ситуации*.

Определение 2. Диагностической картой проблемной ситуации называется кортеж вида $K = (P^*, L_{res}, T(P^*), AS^p)$, где

P^* – проблемные факторы;

$$L_{res} = X_{res}^{int} = X^{res} \cup X^{int} ; X_{res}^{ext} = X^{res} \cup X^{ext} ; X_{res}^{as} = X^{res} \cup X^{as} ,$$

– подмножество факторов-причин негативного влияния на проблемные факторы, сгруппированные по трем областям: внешняя среда, внутренняя среда, АСС;

$T(L_{res})$ – тип проблемы, определяемый по L_{res} , исходя из сочетания подмножеств факторов в L_{res} (см. раздел 2.2.), например, проблема во внутренней среде $T(L_{res}) = INT$, если

$$L_{res} = X_{res}^{int} \neq \emptyset ; X_{res}^{ext} = \emptyset ; X_{res}^{as} = \emptyset ;$$

AS^p – активные субъекты, связанные с проблемной ситуацией.

2.1. ЭТАП Д0. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ ФАКТОРОВ

Выявление проблемных факторов заключается в мониторинге отклонений в развитии СС от целенаправленного развития. Для этого определяются установившиеся значения x_i^* на факторах X когнитивной карты при заданных начальных значениях и целевом образе развития СС. С учетом (4) и (5) установившееся состояние СС определяется как

$$X^* = QX(0) + QU(0) .$$

Определение 3. Проблемной ситуацией $P^* = \{p_i^*\}$ называется состояние системы $X^{уст}$, в котором на каждом проблемном факторе $p_i^* \in X^{int}$ наблюдается отклонение o_i^* от целенаправленного развития:

$$(6) \quad o_i^* = \begin{cases} o_i^r: o_i^r < 0, i \in I_{int}, \\ 0: o_i^r > 0, i \in I_{int}, \\ 0: i \notin I_{int}; \end{cases}$$

где o_i^r – оценка целенаправленного развития по фактору x_i ,
 $o_i = r_i \Delta x_i = x_i^* - x_i(0) * r_i^9$, где r_i – ОДФ фактора, $i \in I_{int}$.

2.2. ЭТАП Д1. НАХОЖДЕНИЕ ФАКТОРОВ-ПРИЧИН НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ПРОБЛЕМНЫЕ ФАКТОРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОБЛЕМЫ

Нахождение факторов-источников (причин) негативного влияния на проблемные факторы $P^* = \{ p_i^* \}$ и их группировка. Негативное влияние некоторого фактора на P^* состоит в том, что его изменение приводит к нежелательному изменению хотя бы одного фактора из P^* .

Для нахождения факторов-источников (причин) негативного влияния на проблемные факторы $P^* = \{ p_i^* \}$ и выделения из P^* вектора целей $Y^* = \{ y_i^* \} \subseteq P^*$ применяется структурно-целевой анализ [9, 10], или метод построения подграфа причин.

При структурно-целевом анализе устанавливается наличие противоречия между проблемным фактором и фактором-источником интегрального влияния на него (см. определение 1). Если противоречие есть, то фактор-источник интегрального влияния является причиной x^{reas} негативного влияния на проблемный фактор:

$$(7) \quad r_i \neq \text{sign } q_{ki} * \text{sign } x_k, \quad x_k \in X, \quad p_i^* \in P^*,$$

где r_i – ОДФ проблемного фактора p_i^* ; q_{ki} – интегральное влияние фактора x_k на p_i^* .

Для каждого проблемного фактора строится подграф причин $GR(p_i^*)$, который включает факторы причины x^{reas} .

Далее, после выявления факторов-источников негативного влияния они группируются по области влияния следующим образом (рис. 4):

⁹ Содержательно $o_i^* = 0$ означает, что i -й фактор из X^{int} не является проблемным.

- внутренние факторы негативного влияния;
- внешние факторы негативного влияния (факторы-угрозы внешней среды, $Threats \{Th_i\}$),
- факторы, обусловленные влиянием других АСС $\{H_i^{Th}\}$.

В связи с этим можно определить *три типа проблем*:

- проблема внутренней среды T^{int} ;
- проблема внешней среды T^{out} ;
- проблема конфликтной среды T^{conf} .

При этом проблема считается однородной, если она обусловлена причинами только одной из перечисленных групп факторов негативного влияния. Предложенный подход проработан для однородных проблем. Разнородные проблемные ситуации, причины которых обусловлены сочетанием факторов негативного влияния из различных групп, являются предметом дальнейших исследований и требуют введения меры негативного воздействия той или иной группы факторов, а также развития методов анализа с учетом дополнительных параметров.

Нахождение факторов-источников (причин) негативного влияния на P^* и их группировка

Когнитивная карта развития системы с выделением различных типов факторов при диагностировании проблемной ситуации P^* :

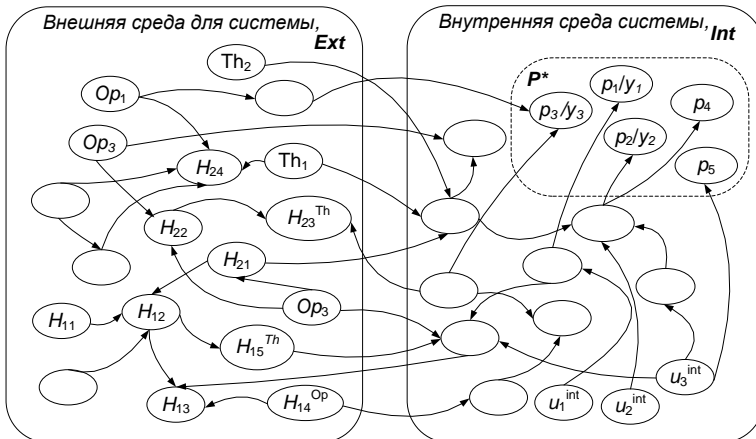


Рис. 4. Общая схема определения типа проблемы

На рис. 4 факторы внутренней среды системы включают:

- $P^* = \{p_i\}$ – проблемные факторы;
- $Y^* = \{y_i^*\} \subseteq P^*$ – вектор целей, выделенный на P^* ;
- $\{u_i^{int}\}$ – управляющие факторы (рычаги воздействия субъекта управления системой);

а факторы внешнего окружения системы включают:

- $\{Th_i\}, \{H_i^{Th}\}$ – негативные факторы, в том числе обусловленные влиянием других АСС;
- $\{Op_i\}, \{H_i^{Op}\}$ – благоприятные факторы, в том числе обусловленные влиянием других АСС

2.3. ЭТАП Д2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОБЛЕМНОЙ СИТУАЦИИ

Этап определения структуры проблемной ситуации связан с анализом подграфов причин проблемных факторов $p_i^* \in P^*$, полученных на предыдущем этапе, с целью определения взаимосвязанности между этими факторами для выбора приоритетов и стратегий их решения. Здесь под стратегией решений понимается поиск непротиворечивых векторов целей $Y^* \in P^*$ и поиск таких факторов, воздействие на которые может привести к коррекции отклонений по Y^* в исследуемой проблемной ситуации.

Структура проблемной ситуации представляется в виде общего графа причин G^{reas} , который наглядно позволяет выделить взаимосвязи между подграфами причин отдельных факторов. Схематический пример графа G^{reas} для проблемной ситуации $P^* = \{p_1^*, p_2^*, p_3^*\}$ приведен на рис. 5.

В данном примере G^{reas} включает 3 подграфа причин:

- $G_{sub}^1 = (\{x_1, x_2, x_3\}, \{g_{11}, g_{21}, g_{31}\}, p_1^*)$;
- $G_{sub}^2 = (x_4, g_{42}, p_2^*)$;
- $G_{sub}^3 = (p_2^*, g_{23}, p_3^*)$.

При этом из структуры G^{reas} видно, что фактор x_4 является не только причиной негативного влияния на фактор p_2^* , но и косвенной причиной негативного влияния на фактор p_3^* , т.е. причина порождает последовательность проблем. Могут быть

случаи, когда причина порождает параллельно несколько проблем. Естественно предположить, что приоритет решения определяется именно для проблем, которые связаны такого рода зависимостями, так как нахождения рычагов воздействия на причину будет способствовать решению сразу нескольких связанных проблем.

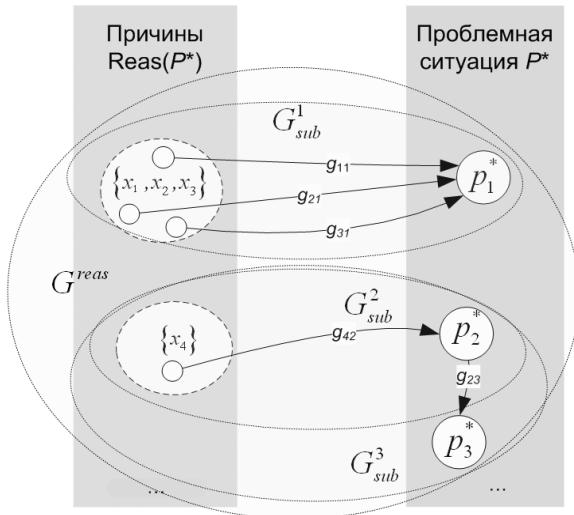


Рис. 5. Схематичный пример построения графа причин для проблемной ситуации $P^* = \{ p_1^*, p_2^*, p_3^* \}$

Полученная структура проблемной ситуации P^* отражает не только взаимосвязи между проблемами, но также типы факторов-причин негативного влияния на p_i^* из P^* (типы проблем), которые определяются на предыдущем этапе Д1 (раздел 2.2).

Построение и анализ общего графа причин G^{reas} для проблемной ситуации P^* позволяет выбирать не только различные приоритеты, но и стратегии решения проблем. В частности, можно руководствоваться стратегией решения в первую очередь тех проблем p_i^* из P^* , которые согласованы (не противоречивы по определению 1.) между собой. Тем самым на их основе фор-

мируются вектора целей $\{Y_i^*\} \subset P^*$ для решения задачи нахождения согласованных потенциальных управлений по достижению Y_i^* . Согласованность управлений означает, что любая u_j^* из Y_i^* под действием вектора управлений изменяется в желательном направлении.

2.4. ЭТАП ДЗ. ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПОДМНОЖЕСТВ С УЧЕТОМ ВЫЯВЛЕННЫХ ТИПОВ ПРОБЛЕМ

С учетом выявленной структуры проблемной ситуации и типов отдельных проблем в ней на данном этапе проводится анализ модели развития СС с целью определения факторов, благоприятно влияющих на разрешение проблемной ситуации, т.е. таких факторов, воздействия на которые может привести к коррекции отклонений по выделенным Y_i^* . Нахождение таких управляющих подмножеств является необходимым компонентом стратегии решения проблем.

Для определения подмножеств возможных управляющих факторов $U_{Y_i^*}^*$ предлагается ряд методов (или их сочетание): структурно-целевой анализ, SWOT-анализ на когнитивной карте, подход к выявлению конфликтности интересов при взаимодействии нескольких АСС (подробно они изложены в [2]). Основная идея этих методов состоит в нахождении таких факторов в когнитивной карте, изменение которых противодействует факторам-причинам проблем и способствует изменению проблемных факторов в желательном направлении. Все эти методы основаны на анализе структурных свойств модели развития СС.

При формировании $U_{Y_i^*}^*$ выбор метода анализа структурных свойств модели целесообразно осуществлять исходя из действия – механизмов противодействия факторам – источникам негативных влияний на Y_i^* : ликвидация и/или компенсация;

– механизмов управления субъекта управления, с чьей позиции разрешается проблемная ситуация: активное или/и пассивное управление.

Благодаря механизму ликвидации обеспечивается опосредованное влияние на достижение вектора Y^* путем устранения или ослабления факторов – причин негативного влияния на Y^* .

Механизм компенсации лишь нивелируют воздействие негативных факторов. Он направлен на выявление факторов благоприятного влияния на Y_i^* , изменение которых способствует желательному изменению Y_i^* в условиях сохраняющегося негативного влияния факторов – причин проблем.

Подмножество $U_{Y_i^*}^*$ с точки зрения субъекта управления может формироваться из области его активного управления и/или области пассивного управления.

Активное управление подразумевает применение собственных рычагов управления $\{u_k^{int}\}$ для достижения поставленных целей (например, внутренние рычаги управления руководства СС).

Пассивное управление предполагает использование возможностей вне поля активности субъекта управления. Например, это может быть использование факторов благоприятного влияния внешней среды (*Opportunities* $\{Op_i\}$ или факторов влияния других АСС, $\{AS^p\}$).

Сформированные подмножества $\{U_{Y_i^*}^*\}$ определяет факторы, воздействие на которые могут изменить проблемную ситуацию относительно выделенных Y_i^* .

Таким образом, результатом диагностирования проблем (рис. 1) является не только диагностическая карта проблемной ситуации, определяющая структуру проблемной ситуации и типы отдельных проблем в ней, но и подмножества $\{Y_i^*\}$ и $\{U_{Y_i^*}^*\}$.

Сформированные подмножества $\{Y_i^*\}$ и $\{U_{Y_i^*}^*\}$ уточняют знания

о возможных стратегиях разрешения проблемной ситуации, в том смысле, как это было определено в начале раздела 2.3.

При этом в общем случае допускается, что $\{Y_i^*\}$ и $\{U_{Y_i^*}^*\}$ могут лишь частично повлиять на разрешение проблемной ситуации или даже сделать вывод о ее неразрешимости, когда $\{U_{Y_i^*}^*\} = \emptyset$.

По диагностической карте можно сформировать так называемую *схему уточнения знаний* для последующего уточнения знаний о проблемной ситуации, которые не были учтены при построении модели СС на основе выбранного типа когнитивной карты.

Получаемые в ходе диагностирования выводы о неразрешимости проблемной ситуации в рамках конкретной модели развития становятся основой для дальнейшего анализа проблем развития системы. Во-первых, если причины формальной неразрешимости лежат в противоречивости целей, необходимо ставить и решать задачи декомпозиции структуры когнитивной карты или задачи структурного управления, которые допускают изменение структуры взаимовлияний (см. например [9]). Также некоторые противоречия можно нивелировать за счет воздействия на факторы в доминантных путях (см. например в [2]). Во-вторых, причина формальной неразрешимости проблемной ситуации развития СС может быть связана с отсутствием факторов влияния на проблемную ситуацию в когнитивной карте. Например, при анализе развития Самарской области первичная когнитивная карта содержала интегральный фактор «вступление в ВТО», который наряду с другими выделенными в ходе экспертной процедуры факторами негативного влияния на развитие региона был вставлен в карту для анализа динамики. Анализ проблемной ситуации показал, что этот фактор среди других факторов, характеризующих влияние так называемых угроз, действительно имеет приоритет в формировании отклонений от целенаправленного развития. Однако в такой формулировке он не является фактором-управлением и необходима детализация

механизма воздействия «вступление в ВТО» на развитие региона [14].

3. Пример применения диагностирования проблемной ситуации в развитии некоторого региона

Предложенная схема диагностирования проблем развития СС была применена в ряде прикладных работ, в частности, для анализа проблем:

- взаимодействия транснациональной компании с государством (ОАО «Газпром»);
 - развития региона (Самарская область);
 - развития потенциала города (г. Кронштадт);
 - развития бизнес-системы;
 - развития бизнеса на базе анализа бизнес-плана
- и подтвердила свою работоспособность.

В рамках выполнения перечисленных работ при диагностировании были обнаружены однородные проблемы, т.е. причины негативного изменения ситуации относились к одному из выделенных типов. В частности, для региональной системы было показано, что отклонение от целенаправленного развития было связано с неэффективным управлением, в случае анализа развития транснациональной компании достижению целей компании мешала конфликтная ситуация.

Далее представлен один из результатов диагностирования проблем в развитии г. Кронштадта в несколько упрощенном виде (без отдельных деталей и итераций) для демонстрации предложенной схемы диагностирования.

1. *Выявление проблемных факторов.* По результатам анализа целенаправленного развития (таблица 1) выявлены проблемные факторы: 15 – «Объем инвестиций»; 16 – «Темпы развития экономики города»; 17 – «Уровень развития демографического потенциала»; 19 – «Экологическая безопасность»; $P^* = \{15, 16, 17, 19\}$.

2. *Выявление факторов – причин негативного влияния на проблемные факторы и определение типа проблем.* На основе

анализа структурных свойств модели развития г. Кронштадта, опираясь на метод построения графа причин GR (раздел 2.2), были выявлены факторы – причины негативного влияния на проблемные факторы из P^* . На рис. 6 для каждого проблемного фактора приведен соответствующий подграф причин G_{sub}^i .

Таблица 1. Проблемные факторы в развитии ситуации относительно целевого образа руководства

№ фактора	Название фактора	$X(0)$	ОДФ	S^0	S^1	$O(S^0)$	$O(S^1)$
1	Уровень развития социальной инфраструктуры	0	1	0	0,1	0	0,1
14	Уровень жизни населения города	0	1	0,2	0,6	0,2	0,4
15	Объем инвестиций	0	1	0,1	-0,6	-0,1	-0,5
16	Темпы развития экономики города	0,2	1	0,1	-0,6	-0,1	-0,7
17	Уровень развития демографического потенциала	-0,2	1	-0,2	-0,3	0	-0,1
18	Бюджетная обеспеченность	0,2	1	0,4	0,2	0,2	-0,2
19	Экологическая безопасность	-0,2	1	-0,4	-0,8	-0,2	-0,4

Как показал анализ, все проблемы однородные, так как все причины обусловлены действием факторов внутренней среды X_{int} .

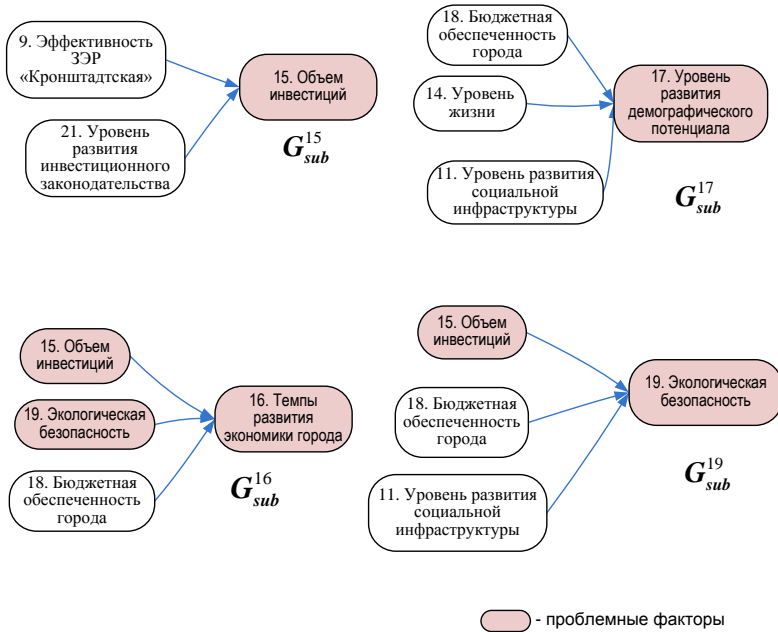


Рис. 6. Фрагмент подграфа причин проблемной ситуации $P = \{15, 16, 17, 19\}$, обусловленных факторами внутренней среды X_{int}

3. *Формирование структуры проблемной ситуации.* Целью данного этапа является определение взаимосвязности между проблемными факторами для выбора приоритетов и стратегий для их решения. Структура проблемной ситуации приведена на рис. 7 в виде общего графа причин $G^{reas} = G_{sub}^{15} \cup G_{sub}^{16} \cup G_{sub}^{17} \cup G_{sub}^{19}$.

Из графа G^{reas} видно, что проблемы p_{15}^* , p_{16}^* , p_{19}^* связаны между собой, причем p_{16}^* зависит от p_{15}^* и p_{19}^* , а также p_{19}^* и p_{17}^* имеют общие причины. Исходя из такой взаимосвязи проблем предполагается, что отклонение на факторе p_{16}^* корректируется, если в качестве вектора целей выбрать $Y(19, 15)$ при условии непротиворечивости p_{15}^* , p_{16}^* , p_{19}^* (см. формулу (4.1)). Проверка показала, что эти факторы согласованы. Таким образом,

при выбранном $Y^*(19, 15)$ обеспечение желательного изменения факторов p_{15}^* и p_{19}^* приведет, исходя из структуры взаимосвязей проблем, к желательному изменению и p_{16}^* .

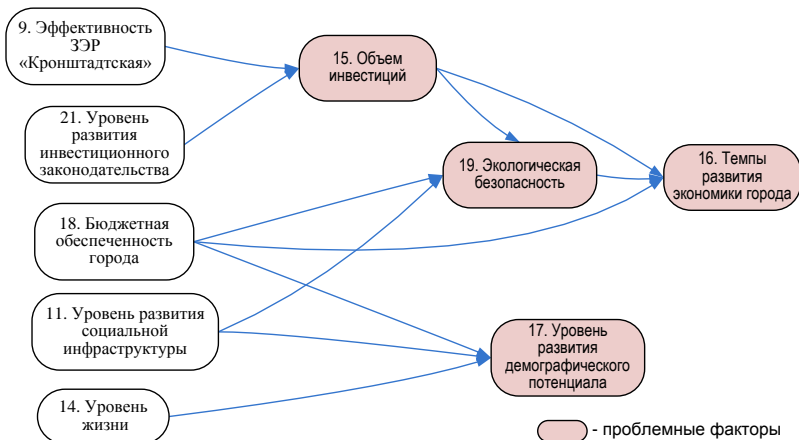


Рис. 7. Общий граф причин G^{reas} для проблемной ситуации $P = \{15, 16, 17, 19\}$

Далее переход к этапу формирования согласованных управлений по достижению Y^* .

4. *Формирование управляющих подмножеств.* Согласованность управлений U^* с вектором целей Y^* означает, что любая цель y_i^* из Y^* под действием вектора управлений U^* изменяется в желательном направлении.

Для достижения $Y^*(19, 15)$ методом структурно-целевого анализа был найден согласованный с $Y^*(19, 15)$ вектор управлений $U^*(4, 5, 8, 13)$ на основе механизма противодействия факторам – источникам негативных влияний на Y^* (компенсация). Механизм компенсации лишь нивелируют воздействие негативных факторов. Он направлен на выявление факторов благоприятного влияния на Y^* , изменение которых способствует желательному изменению Y^* в условиях сохраняющегося негативного влияния факторов-причин проблем. Найденный вектор потенци-

альных управлений $U^*(4, 5, 8, 13)$ включает следующие факторы модели: «Уровень развития инноваций, экологически чистых и ресурсосберегающих технологий» (фактор 8); «Уровень развития рекреационного потенциала» (фактор 4); «Уровень развития трудового потенциала» (фактор 5); «Уровень развития транспортной инфраструктуры города» (фактор 13).

Под воздействием вектора $U^*(4, 5, 8, 13)$ может быть достигнуто желательное изменение $Y^*(19, 15)$; таким образом, возможна коррекция отклонений не только по проблемным факторам p_{15}^* , p_{19}^* , но и по p_{16}^* . Так как проблемный фактор p_{17}^* не связан с p_{15}^* , p_{16}^* , p_{19}^* , то для коррекции его отклонения было найдено отдельное решение.

Полученные решения, определяющие потенциальные направления выхода из проблемной ситуации благодаря активации внутренних ресурсов управления города, стали основой для разработки конкретизированной стратегии развития города на основе имитационного моделирования.

Заключение

В статье предложены схема диагностирования проблем развития сложных систем, основанная на построении когнитивной карты развития исследуемой системы, и поддерживающие ее методы анализа структурных свойств модели, новизна которой состоит в возможности:

- систематически исследовать проблемы различных типов, связанные с взаимодействием активных субъектов, неблагоприятным влиянием внешней среды и структурными особенностями системы;
- рассматривать проблемы в комплексе и определять приоритеты и стратегии решения проблемной ситуации в зависимости от причин их возникновения.

При этом схема построена так, что новые методы структурного анализа карт для получения новых знаний о структуре, причинах проблемной ситуации, развитые или обнаруженные среди теоретических работ в области моделей и методов на

основе когнитивных карт, могут быть встроены в процесс диагностирования.

В основу предложенной схемы диагностирования проблем развития сложных систем были положены с одной стороны анализ теоретических подходов к решению слабоструктурированных проблем и формированию стратегий развития систем [для обзора см. 2], с другой – ряд эвристических правил, сформированных в ходе прикладных работ лаборатории №51 ИПУ РАН.

На сегодняшний момент получены результаты по диагностированию однородных проблем (вызванных одним типом причин), анализируемых на базовом типе функциональных карт.

Разнородные проблемные ситуации, причины которых обусловлены сочетанием факторов-причин разных типов, являются предметом дальнейших исследований и требуют введения меры негативного воздействия той или иной группы факторов, а также развития соответствующих методов анализа.

Предлагаемый подход частично программно поддерживается на ПКМ «Ситуация-5».

Поставленная задача по диагностированию проблемных ситуаций в развитии сложных систем согласуется с процедурой построения стратегией по принципу разрешения проблемных ситуаций и в сочетании со сценарным моделированием образует целостный подход к формированию стратегий развития системы.

Результаты диагностирования проблемной ситуации в развитии системы на основе предложенного подхода в дальнейшем могут быть использованы для уточненных постановок задач тактического уровня с применением традиционных моделей и методов теории управления, в частности, задач структурного реформирования, исследования конфликтов, ресурсного управления.

Литература

1. АБРАМОВА Н.А., ВОРОНИНА Т.А. *Об одном эксперименте по расстановке весов влияний в когнитивной карте* // Между-

- нар. конф. «Когнитивная наука в Москве: новые исследования». – М.: Институт возрастной физиологии РАО–2011. – С. 131–142.
2. АВДЕЕВА З.К., КОВРИГА С.В. *Формирование стратегии развития социально-экономических объектов.* – Saarbrücken: LAP, 2011. – 184 с.
 3. АВДЕЕВА З.К., КОВРИГА С.В. *Эвристический метод концептуальной структуризации знаний при формализации слабоструктурированных ситуаций на основе когнитивных карт* // В сб. статей «Управление большими системами». – 2010. – Вып. 31. – С. 5–35.
 4. АВДЕЕВА З.К., КОВРИГА С.В., МАКАРЕНКО Д.И., МАКСИМОВ В.И. *Когнитивный подход в управлении* // Проблемы управления. – 2008. – №3. – С. 2–8.
 5. АНСОФФ И. *Стратегическое управление.* – М.: Экономика, 1989. – 520 с.
 6. БОРИСОВ В.В., БЫЧКОВ И.А., ДЕМЕНТЬЕВ А.В. и др. *Компьютерная поддержка сложных организационно-технических систем.* – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 154 с.
 7. ВАСИЛЬЕВ В.И., ИЛЬЯСОВ Б.Г. *Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учебное пособие.* – М.: Радиотехника, 2009. – 392 с.
 8. ГОРЕЛОВА Г.В., ЗАХАРОВА Е.Н., РАДЧЕНКО С.А. *Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход.* – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2006. – 332 с.
 9. КОВРИГА С.В., МАКСИМОВ В.И. *Применение структурно-целевого анализа развития социально-экономических ситуаций* // Проблемы управления. – 2005. – №3. – С. 39–43.
 10. МАКСИМОВ В.И., КОРНОУШЕНКО Е.К. *Управление ситуацией с использованием структурных свойств ее когнитивной карты* // Труды Института. Том XI. – М.: ИПУ РАН, 2000. – С. 85–90.
 11. МИНЦБЕРГ Г., АЛЬСТРЭНД Б., ЛЭМПЕЛ ДЖ. *Школы стратегий.* – СПб: Питер, 2001. – 336 с.

12. ТОМСОН А.А., СТРИКЛЕНД А.ДЖ. *Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: Учебник для вузов.* / Пер. с англ. под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 368 с.
13. ФЕДУЛОВ А.С. *Нечеткие реляционные когнитивные карты* // Теория и системы управления. – 2005. – №1. – С. 120–132.
14. АВДЕЕВА З.К. *Когнитивный подход формирования стратегии развития социально-экономических систем* // Сборник научных трудов. – Вып. №2. – М.: БОНИЭЛ, 2004. – С. 35–42.
15. ABRAMOVA N., AVDEEVA Z., FEDOTOV A. *An approach to systematization of types of formal cognitive maps* // Proc. 18th IFAC World Congress. Milan, Italy, 2011. – P. 14246–14252.
16. STYLIOS C.D., GROUMPOS P.P. *A soft computing approach for modeling the supervisor of manufacturing systems* // Journal of Intelligent and Robotic Systems. – 1999. – №26. – P. 389–403.

COGNITIVE-MAP-BASED DIAGNOSTICS OF PROBLEM SITUATIONS IN COMPLEX SYSTEM DEVELOPMENT

Zinaida Avdeeva, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Cand.Sc. (avdeeva@ipu.ru).

Svetlana Kovriga, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, (Moscow, Profsoyuznaya st., 65, (495)3347800).

Abstract: We propose a scheme for diagnostics of problems in complex systems development, based on the construction of a cognitive map of the system, and supporting techniques, which allow to explore different types of problems related to interaction of active agents, to the adverse effect of the environment, and to structural characteristics of the system; to consider the problem as a whole and to determine priorities for problem solving subject to their causes.

Keywords: cognitive map, ill-structured complex system, purposeful development, problem situation, diagnostics.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии Д. А. Новиковым