УДК 519.711.3

УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ МЕГАПОЛИСА, КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ[1]

З.К. АВДЕЕВА, Г.В. ГОРЕЛОВА, С.В. КОВРИГА, Н.Д. ПАНКРАТОВА

Представлен ряд результатов когнитивного моделирования проблемы безопасности мегаполиса, связанной с рисками наркотизации общества. Когнитивное моделирование в практике последних десятилетий начало широко применяться в различных предметных областях, но для исследования угроз наркотизации мегаполисов и связанных с этим рисков криминализации общества не использовалось. На примере изучения этой проблемы были апробированы модели и методы когнитивного моделирования, разрабатываемые авторами. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой когнитивных карт, их верификацией и последующего их анализа предложенными формальными и неформальными методами. Анализ когнитивных карт состоит из анализа свойств устойчивости системы к возмущениям и её структурной устойчивости, симплициального анализа связности когнитивных карт, сценарного анализа. Проведенный анализ позволил выявить благоприятные и неблагоприятные сценарии предотвращения угроз наркотизации в мегаполисе.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема безопасности современного мегаполиса имеет множество аспектов и особенностей. Наряду с общими для всех особенностями каждый конкретный мегаполис имеет собственные, но проблема безопасности, связанная с рисками наркотизации общества, присуща практически каждому. В данном исследовании в рамках угроз криминализации общества, воздействие которых на жизнь мегаполиса нарушает нормальную жизнь города, наносит серьезный ущерб экономике и тормозит преобразования в социальной сфере, выделены угрозы, связанные с комплексной проблемой наркотизации общества [1]. Эта проблема является слабоструктурированной проблемной ситуацией безопасности мегаполиса, т.к. она характеризуется взаимосвязанностью многих предметных областей, сложностью, сочетанием количественной и качественной информацией, неоднородностью разной природы.

В настоящее время для анализа сложных систем, включающих слабоструктурированные ситуации, зарекомендовали себя методы, в основе которых лежит когнитивная карта — модель представления знаний о ситуации в виде причинно-следственных связей существенных факторов исследуемой ситуации [2–10]. Как известно, когнитивные карты применяются для понимания ситуации и анализа различных мнений путем концептуального имитационного моделирования (или структуризации), а также для анализа структурных и динамических свойств сложной системы путем формального моделирования.

[1]Работа выполнена в рамках совместных научных проектов НАН Украины и Российского фонда фундаментальных исследований

© *З.К. Авдеева, Г.В. Горелова, С.В. Коврига, Н.Д. Панкратова*, 2014

В зависимости от типа проблемной ситуации можно применять и другие методы на основе когнитивных карт, в частности, методы анализа конфликтов интересов, выработки управлений, структурно-целевого анализа, мониторинга угроз в исследуемых ситуациях [2–5]. Модели сложных систем в виде когнитивных карт, методы их построения и анализа, разработки и обоснования управленческих решений нашли применение также в системе когнитивного моделирования, объединившей модели и методы ряда теоретических дисциплин [7–10].

В данной работе показано применение формальных когнитивных карт и когнитивного моделирования на примере структуризации наркоугроз по концепции комплексной безопасности мегаполиса (за основу взята Концепция комплексной безопасности города Москвы [1], далее — Концепция).

Согласно разработанный методике анализа на основе когнитивных карт [2–5], анализ проблемы наркотизации мегаполиса состоит из последовательности действий:

- первичная формулировка проблемной ситуации в области безопасности мегаполиса, в данном случае, наркотизация общества, и формирование первичной концептуальной схемы проблемы;
- структуризация знаний о проблемной ситуации посредством построения формальной знаковой когнитивной карты, с учетом многоаспектности исследуемых явлений и процессов, влияющих на направленность изменения проблемной ситуации;
- верификация знаковой когнитивной карты;
- выбор теоретической модели на основе анализа знаковой когнитивной карты, пригодной для анализа ситуации актуализации угрозы;
- моделирование ситуации актуализации угрозы с целью оценки её последствий.

В соответствии с практикой когнитивного моделирования [7–10] обозначенное выше моделирование ситуаций дополняется следующим образом:

- привлечение на первом этапе процесса когнитивного моделирования методологии предвидения, которая в достаточной мере формализована [11–13] и позволяет с помощью экспертного оценивания выявить критические технологии и построить альтернативы сценариев с количественными значениями характеристик, которые являются исходными данными для начальной итерации когнитивного моделирования;
- анализ устойчивости системы (структурной устойчивости и устойчивости к возмущениям);
- анализ связности системы (симплициальный анализ когнитивной карты);
- импульсное моделирование развития ситуаций (разработка возможных сценариев развития системы);
- принятие решений.

Представим кратко названные выше действия на примере структуризации и анализа угроз безопасности мегаполиса, связанных с рисками наркотизации общества.

СТРУКТУРИЗАЦИИ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ МЕГАПОЛИСА

Концептуальная структуризация знаний направлена на ограничение рассматриваемой ситуации в рамках поставленных целей анализа и формиро-

вания единой понятийной системы (онтологии) для участников этого процесса — разнородного коллектива экспертов. В основу структуризации положены основные источники знания, образующие информационно-аналитическое пространство знаний о слабоструктурированной проблемной ситуации (эмпирические данные и теоретические знания; нормативно-правовые акты; знания; опыт и интуиция лица, принимающего решения; экспертные знания). Для структуризации могут быть использованы концептуальные схемы (например, PEST, SWOT-схемы), в которых фиксируются основные предметные области и их укрупненные взаимосвязи, значимые при анализе развития исследуемой ситуации.

Методика структуризации и моделирования ситуации актуализации угрозы безопасности Мегаполиса на основе когнитивной карты включает ряд шагов.

Шаг 1. Построение концептуальной схемы угроз безопасности. Согласно этой схеме, для каждого типа угроз определяются:

- основные предпосылки, усугубляющие возникновение угроз данного типа;
- основные угрозы (виды) данного типа; основные предпосылки, усугубляющие возникновение угрозы данного типа;
- последствия, к которым может привести реализация угроз данного типа; для некоторых типов — обобщенное последствие угроз данного типа (или 2–3 обобщенных последствия), соотносимое с общими целями обеспечения безопасности.

Шаг 2. Конкретизация первичной концептуальной схемы к конкретному типу угрозы и построение первичной когнитивной карты. В построенной концептуальной схеме криминальных угроз особо были выделены факторы, связанные с проблемой наркотизации общества, и, в соответствии с этим, была сформулирована угроза наркотизации общества: рост в структуре совершаемых преступлений мошенничества, незаконной торговли наркотиками, рейдерства, коррупции, похищения людей; рост количества преступлений в сфере незаконного оборота и потребления наркотиков, а также преступлений, совершаемых на почве межнациональной и межконфессиональной неприязни.

Сформированная концептуальная схема криминальных угроз используется для дальнейшей формализации проблемной ситуации (не исключается на этом этапе привлечение дополнительных экспертных знаний и источников) по наркотизации общества в виде *первичной когнитивной карты* наркоугроз, включающей определение первичных факторов (на языке концепции) и взаимовлияний между ними. Порядок построения первичной когнитивной карты не регламентируется.

Шаг 3. Модификация первичной (слабоформализованной) когнитивной карты с учетом взаимосвязанности различных типов угроз. В данном исследовании расширение первичной когнитивной карты происходило, в том числе, за счет дополнения упущенными значимыми факторами, неучтенными во взятой за основу Концепции [1].

Шаг 4. Перевод первичной когнитивной карты в формальную знаковую карту *G* наркоугроз безопасности мегаполиса. Этот процесс включает перевод первичных формулировок факторов в формулировки, соответ-

ствующие математическому смыслу взаимовлияний между факторами, и установление знака влияний. При этом каузальное влияние между парой факторов интерпретируется в модели следующим образом: изменение фактора-источника влияния приводит к изменению фактора-приемника.

Формальная когнитивная карта — это знаковый ориентированный граф

$$G = < V, E >, \tag{1}$$

в котором: V — множество вершин, вершины («концепты») $V_i \in V$, $i = 1, 2, \ldots, k$ являются элементами изучаемой системы; E — множество дуг, дуги $e_{ij} \in E$, $i, j = 1, 2, \ldots, N$ отражают взаимосвязь между вершинами V_i и V_j; влияние V_i на V_j в изучаемой ситуации может быть положительным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к увеличению (уменьшению) другого, отрицательным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к уменьшению (увеличению) другого, или отсутствует (0).

Когнитивная карта G, помимо графического изображения графа, может быть представлена матрицей отношений A_G. Матрица A_G — это квадратная матрица, строки и столбцы которой помечены вершинами графа G, а на пересечении i-строки, j-столбца стоят (или нет) единицы, если существует (не существует) отношение между элементами V_i и V_j, т.е.

$$A_G = [a_{ij}]_{k \times k}, \quad a_{ij} = a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } V_i \text{ связано с } V_j, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \tag{2}$$

Отношение a_{ij} может принимать значение «+1» или «–1».

Исходя из математического смысла формальной модели (семантики отношений между факторами), формулирование фактора с содержательной точки зрения должно быть таким, что позволяло бы количественно измерять изменения последнего в терминах «роста – снижения».

Шаги 1–4 позволяют выполнить 1-е и 2-е действия анализа проблемы наркотизации мегаполиса. Для выполнения 3-го действия — верификации модели и повышения достоверности формализации экспертных знаний при построении когнитивной карты, следует придерживаться следующих правил [3].

Правило 1. При определении фактора необходимо так его формулировать, чтобы был понятен его содержательный смысл и в то же время он представлялся как переменная.

Правило 2. Определение влияния фактора a на фактор b $(a \to b)$ необходимо рассматривать в контексте факторов $(a \to b \to c)$. При определении влияния a на b должно выполняться правило транзитивности каузальных влияний.

На этапе верификации целесообразно применять и другие правила и критерии, например, для выявления и коррекции рискованных фрагментов, связанных с риском дублирующих влияний.

Применение указанных правил и некоторых других критериев достоверности когнитивной карты позволило построить когнитивную карту наркоугроз безопасности (рис. 1). На рисунке знаками вопроса обозначены внешние

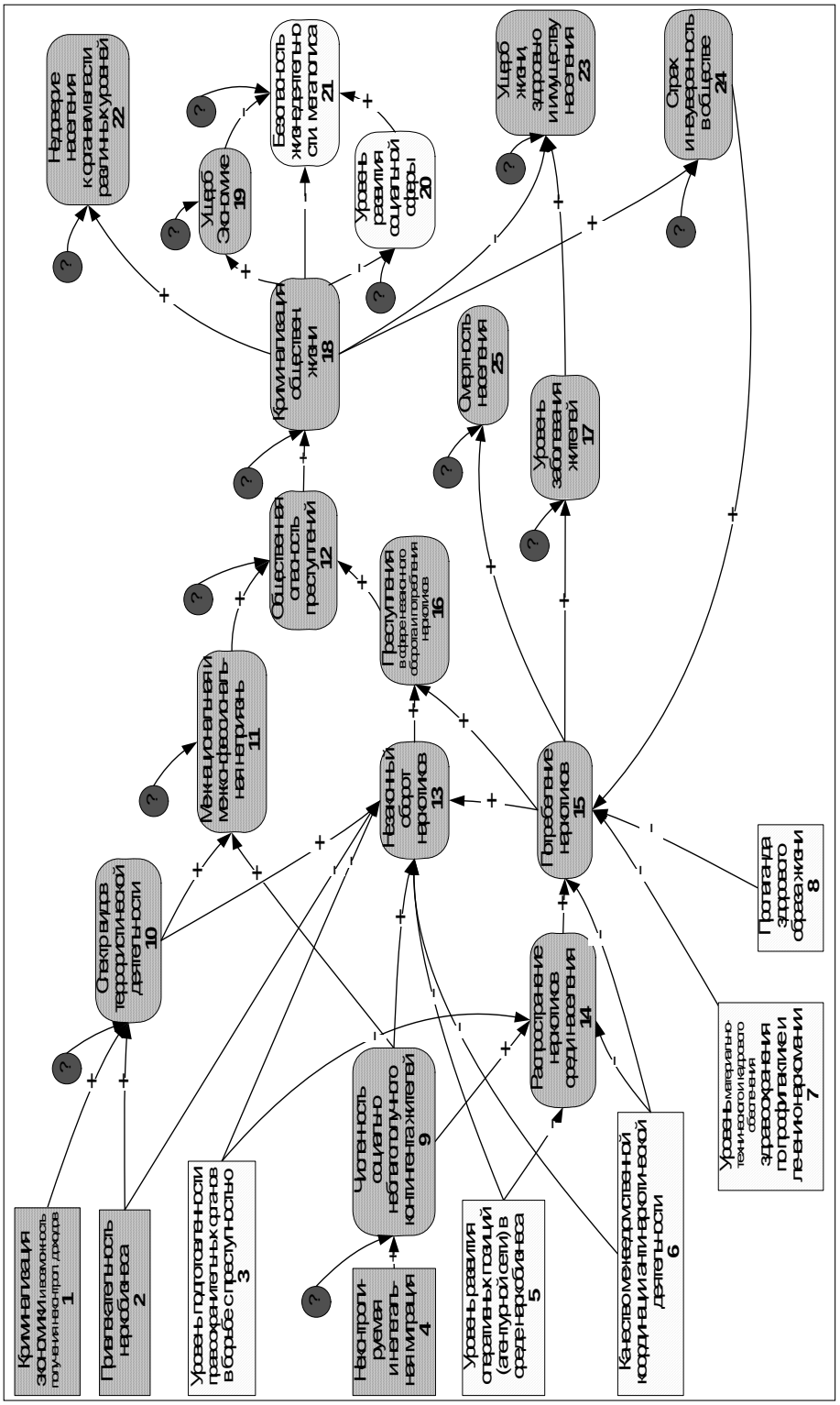

Рис. 1. Знаковая формальная когнитивная карта наркоугроз безопасности мегаполиса

влияния на вершины карты, которые могут интерпретироваться как влияния внешних для карты факторов (возмущений) или как управляющие воздействия.

На рис. 2 та же когнитивная карта изображена с помощью ПСКМ — программной системы когнитивного моделирования [10]. В процессе разработки когнитивной карты G (1) и построения изображения в ПСКМ формируется матрица A_G (2), операции над которой в дальнейшем позволяют про-

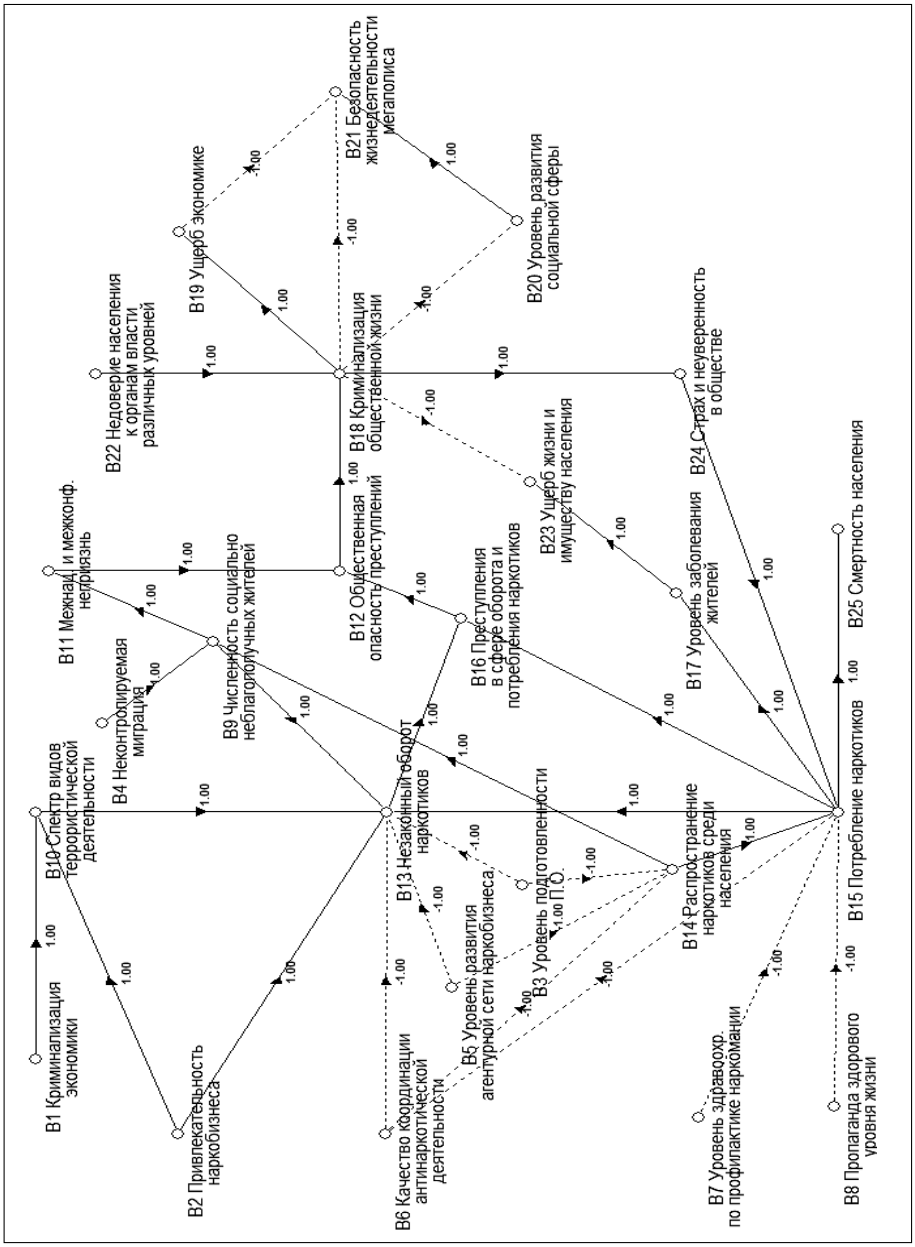

Рис. 2. Знаковая формальная когнитивная карта наркоугроз безопасности мегаполиса

водить формальный анализ устойчивости отображаемой системы, анализ связности, анализ чувствительности и другие действия.

Итак, построенная знаковая формальная когнитивная карта берется за основу при формальном анализе статических и динамических свойств исследуемых ситуаций. Заметим, что визуализация структуры когнитивной

карты направлена на повышение когнитивной ясности (легкости интуитивного понимания) карты при ее чтении, что облегчает экспертный анализ карты и интерпретацию результатов формального анализа (действий 6–9).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИЙ АКТУАЛИЗАЦИИ УГРОЗ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ (СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КОГНИТИВНОЙ КАРТЫ И ИМПУЛЬСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

Целью структурного анализа карты является определение типа структуры карты. По структуре выделяются автономные и неавтономные карты, а также ациклические, слабо циклические карты (карты с малым количеством циклов) и сильно циклические карты. *Автономными* названы карты, в которых отсутствуют внешние влияния на факторы и отсутствуют *условно-независимые факторы*, т.е. факторы, на которые не влияют другие факторы карты.

Структурный анализ карты *G* наркоугроз безопасности мегаполиса показал, что в карте присутствуют всего два цикла из факторов 15-16-12-18-24-15 (цикл С) и 15-13-16-12-18-24-15 (цикл В), которые почти полностью совпадают и отличаются только тем, что в одном цикле фактор 15 прямо и положительно влияет на фактор 16, а в другом цикле — косвенно, через промежуточный фактор 13, и тоже положительно. Итак, в карте 2 цикла с положительной обратной связью, отрицательных циклов нет. В циклах с положительной обратной связью увеличение (уменьшение) значения любого фактора в цикле, при нулевых внешних влияниях и нулевых влияниях других факторов карты на факторы цикла, приводит через цепочку факторов цикла к дальнейшему увеличению (уменьшению) значения этого фактора. По формальному определению, циклом положительной обратной связи является цикл, в котором имеется четное или нулевое число отрицательных дуг; согласно теореме о структурной устойчивости, если в системе имеются четное число положительных циклов и четное или нулевое число отрицательных циклов — система в целом не устойчива. В анализируемой системе имеем четное число только положительных циклов, что свидетельствует о неустойчивости всей системы.

Для целей анализа фрагмент карты с двумя влияниями 15-16 и 15-13-16 может быть заменен на эквивалентный фрагмент с одним более сильным положительным влиянием 15-16 [5]. При таком преобразовании сохраняется динамика факторов из остальной, не преобразованной, части карты, но структура карты упрощается (рис. 3), хотя часть информации при этом может потеряться.

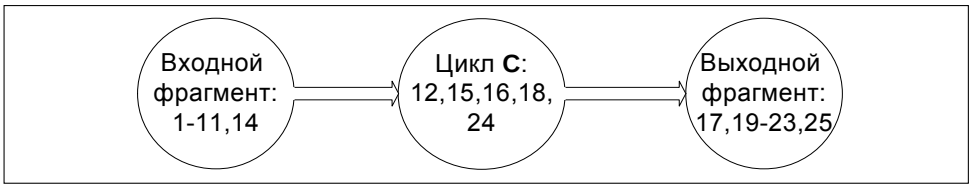

Рис. 3. Структурная декомпозиция карты наркоугроз

Итак, ситуация наркоугроз в мегаполисе, представляемая когнитивной картой *G*, является «неустойчивой» к возмущениям и структурно неустойчивой. Например, однажды возросшее «Потребление наркотиков», если ничего не предпринимать, будет неограниченно расти дальше за счет цикла

положительной обратной связи, даже если изначальная причина роста уже исчезла. Этот же результат дает и формальный анализ устойчивости к возмущениям и по начальному значению, проводимый путем решения характеристического уравнения матрицы A_G: собственных чисел матрицы отношений — 21; максимальное по модулю число $|M| = 1{,}13 > 1$, система не устойчива, согласно соответствующему критерию устойчивости в теории управления [14].

Иллюстрацией приведенного вывода могут быть и графики рис. 4, полученные в результате импульсного моделирования [10–12] (с помощью ПСКМ) при внесении положительного возмущения $(q_{15} = +1)$ в вершину В15 «Потребление наркотиков». Поскольку в остальные 24 вершины возмущения не вносятся, то вектор возмущений Q будет содержать только $q_{15} = +1$, остальные возмущения равны 0, т.е. $Q = (q_0 = 0; \ldots 0; q_{15} = +1; 0; \ldots 0; q_{25} = 0)$.

На рис. 4 по осям абсцисс отмечены такты моделирования $0, 1, 2, \ldots$ (при дальнейшей интерпретации результатов тактам могут быть сопоставлены конкретные временные интервалы), по оси ординат — изменения величины импульсов при переходе от такта к такту (числа могут интерпретироваться как коэффициенты, на которые можно умножать значения параметров вершин карты, если она модифицируется в функциональный граф [7, 9, 10]). Количество тактов моделирования может быть более 100, и их увеличение производится до тех пор, пока не проявится и не «закрепится» модельная тенденция изменений, но чаще всего для этого достаточно сделать 6–q 14 шагов моделирования.

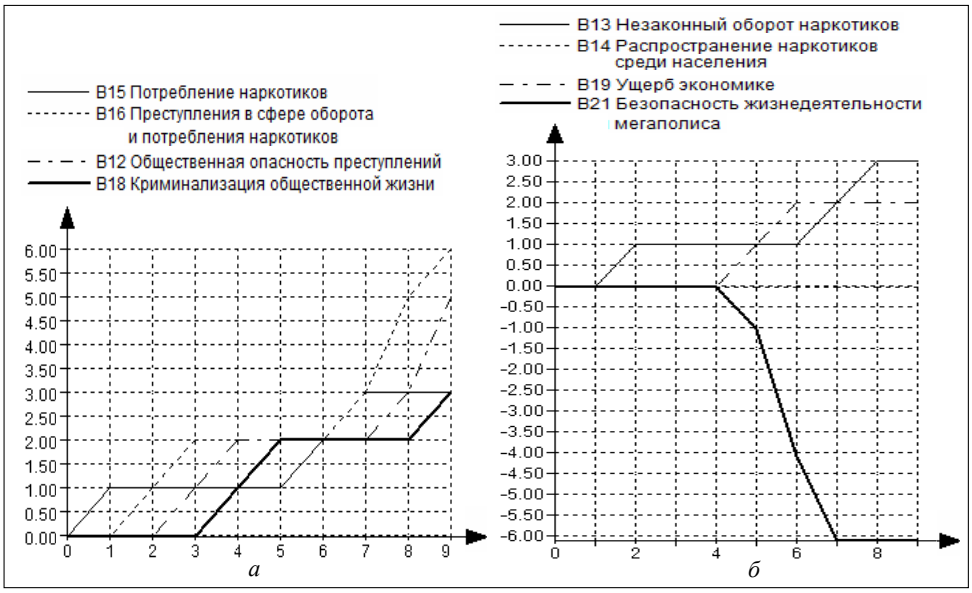

Рис. 4. Фрагменты сценария развития ситуаций при нарастании потребления наркотиков: $(q_{15} = +1)$, вектор возмущений $Q = (q_0 = 0; \ldots 0; q_{15} = +1; 0; \ldots 0; q_{25} = 0)$

Рис. 4 представляет собой часть графиков (фрагмент сценария), соответствующих развитию ситуаций в вершинах когнитивной карты. При изображении графиков для облегчения их понимания и интерпретации все они разбиваются на группы по 4 графика на одном изображении. В данном случае приведены только две группы рис. 4,*а* и рис. 4,*б* как наиболее харак-

терные. Общее количество групп в конкретном исследовании определяется числом вершин когнитивной карты, в данном случае было проанализировано 8 групп.

Как видно по графикам *а* на рис. 4, наблюдается тенденция возрастания возмущений во всех вершинах, образующих вышеобозначенный цикл, что, соответственно, будет отрицательно влиять и на все связанные с ним вершины. Так, по графикам *б* на рис 4 видно, что незаконный оборот наркотиков возрастает, растет ущерб экономике, безопасность жизнедеятельности мегаполиса ухудшается при постоянстве распространения наркотиков среди населения. Усиление негативных тенденций при возмущении $q_{15} = +1$ подтверждают и другие группы графиков — результатов импульсного моделирования.

В процессе исследования были проанализированы сценарии развития ситуаций при внесении возмущений как в единичные вершины (отмеченные знаком вопроса в когнитивной карте рис. 1), так и в совокупности вершин. На рис. 5 приведены фрагменты *а* и *б* сценария при внесении возмущения $q_9 = +1$ в вершину В9, которое можно интерпретировать следующим образом: «Пусть численность социально неблагополучных жителей растет, какие тенденции могут при этом наблюдаться в системе?».

Рис. 5. Фрагменты сценария при внесении возмущения в вершину В9: $q_9 = +1$: вектор возмущений $Q = (q_0 = 0; \ldots 0; q_9 = +1; 0; \ldots 0; q_{25} = 0)$

По графикам рис. 5 видно, что рост числа социально неблагополучных жителей порождает целый комплекс неблагоприятных тенденций. Так, В11 — межнациональная и межконфессиальная неприязнь, В15 — потребление наркотиков, В16 — преступность в сфере оборота и потребления наркотиков растут (рис. 5,*а*); при этом, если не изменяется качество антинаркотической деятельности В6, то $q_9 = +1$ приводит к усилению криминализации общества, росту ущерба экономике, ухудшению безопасности жизнедеятельности. Если сравнить графики рис. 4 и 5 по

числам на оси ординат, то видно, что фактор численности социально неблагополучного населения (рис. 5) сильнее влияет на скорсть нарастания негативных тенденций, чем фактор потребления наркотиков (рис. 4).

На рис. 6 приведены фрагменты сценариев при более сложных предположениях о развитии ситуаций при внесении возмущений в совокупности вершин. Графики *а* и *б* соответствуют «отрицательному» сценарию: $q_9 = +1$; $q_{10} = +1$ (B9 — численность социально неблагополучных жителей растет, B10 — спектр видов террористической деятельности расширяется). Графики *в* и *г* соответствуют более оптимистичному сценарию: уровень подготовленности правоохранительных органов растет $(q_3 = +1)$, качество антинаркотической деятельности повышается $(q_6 = +1)$, межнациональная и межконфессиальная неприязнь снижается $(q_{11} = -1)$.

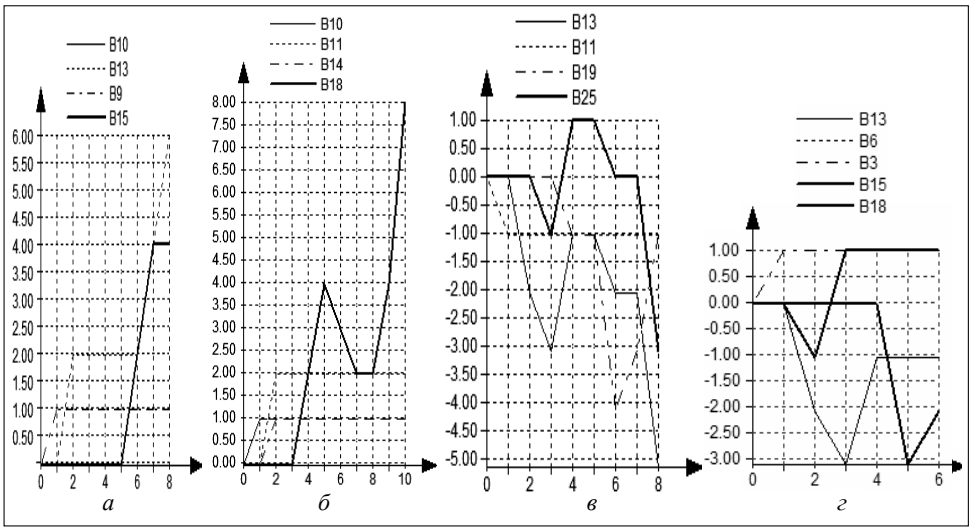

Рис. 6. Фрагменты одного из «пессимистичных» сценариев (*а* и *б*) и одного из «оптимистичных» (*в* и *г*)

Приведенные результаты моделирования не противоречит практическим наблюдениям, что может косвенно свидетельствовать об адекватности разработанной когнитивной карты.

Заметим, что «формальное» моделирование сценариев на основании формулы распространения возмущений по когнитивной карте [14,15] дает существенно больший спектр анализируемых ситуаций, нежели только экспертный структурный анализ когнитивной карты.

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ (СИМПЛИЦИАЛЬНЫЙ) АНАЛИЗ КОГНИТИВНОЙ КАРТЫ

Изучение слабоструктурированных проблем сложных систем требует исследования структуры системы как на глобальном уровне, с позиций структуры, как единого целого, так и на локальных уровнях с позиций отдельных подсистем и элементов. Различные концепции сложности и связности систем отражают единую тенденцию — выявление существенных, функцио-

нально-значимых связей системы, нарушение или возникновение которых меняет существенно или не очень возможности достижения поставленных перед системой целей, возможности выполнения ее миссии или просто возможности функционировать. Для решения задач анализа связности систем представляется полезным применять аппарат алгебраической топологии, позволяющий проводить анализ структуры как сложного многомерного геометрического образования — симплициального комплекса и использовать инструмент симплициального анализа q — анализ связности [15, 16].

Как известно, в симплициальном анализе система рассматривается в виде отношения между элементами конечных множеств — множества вершин V и заданного семейства непустых подмножеств этих вершин — симплексов σ. Структура системы служит основанием для геометрического и алгебраического ее представления, как симплициального комплекса K, образованного множеством вершин и соответствующих им симплексов. Для их построения может быть использована структура системы, заданной в виде когнитивной карты $G =< V, E >$. Другими словами, любое отношение $\lambda \in \Lambda$ в системе представляется таким образом, что множество элементов, относимых к конкретному элементу $x_i \in V$, трактуется как симплекс $\sigma_\rho^{x_i}$, где i — номер вершины, а ρ — геометрическая размерность симплекса, которая определяется числом дуг, соединяющих вершины y_i в симплексе через переменную x_i. Симплексы могут определяться как по строкам (X), так и по столбцам (Y) матрицы отношений графа, соответственно, могут быть построены два комплекса: $K_x(Y, \lambda)$ и $K_y(X, \lambda^*)$, где λ^* — транспонированная матрица отношений. Один из комплексов может быть более содержательным, чем другой. Таким образом, симплициальный комплекс получается путем разбиения некоторого пространства, заданного, например, графом G на пересекающиеся подмножества. Поскольку симплициальный комплекс — это семейство симплексов, соединенных посредством общих граней (в том числе, общей вершиной — точкой), то характеристикой связности может служить размерность грани, общей двум симплексам. Так как комплекс существует как целое, то для анализа связности используется понятие «цепь связи» — q-связность (цепь связи отражает возможность того, что два симплекса, непосредственно не имея общей грани, могут быть связаны при помощи последовательности промежуточных симплексов). На основании возможностей симплициального анализа предлагаются формализованные правила обоснования выбора целевых и управляющих вершин, определение устойчивости систем, характеризуемых теми или иными симплициальными комплексами, условия структурной устойчивости систем. Отметим, что использование симплициального анализа возможно при минимальной априорной информации относительно исследуемых объектов и явлений.

Построим и проанализируем симплициальные комплексы, соответствующие нашей когнитивной карте G. Для наглядности начнём анализ с изображения таблицы отношений между вершинами когнитивной карты (таблица).

Таблица. Отношения между вершинами когнитивной карты

№В	1	…	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	σ_ρ^x
1		…		1																σ_0^1
2		…		1			1													σ_1^2
3		…					−1	−1												σ_1^3
4		…	1																	σ_0^4
5		…					−1	−1												σ_1^5
6		…					−1	−1	−1											σ_2^6
7		…							−1											σ_0^7
8		…							−1											σ_0^8
9		…			1		1	1												σ_2^9
10		…			1		1													σ_1^{10}
11		…				1														σ_0^{11}
12		…										1								σ_0^{12}
13		…								1										σ_0^{13}
14		…							1		1	1							1	σ_3^{14}
15		…					1													σ_0^{15}
16		…				1														σ_0^{16}
17		…															1			σ_0^{17}
18		…											1	−1	−1	1	−1	1		σ_5^{18}
19		…													−1					σ_0^{19}
20		…													1					σ_0^{20}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
24		…							1											σ_0^{24}
25		…																		
σ_ρ^y		…	σ_0^9	σ_1^{10}	σ_1^{11}	σ_1^{12}	σ_6^{13}	σ_3^{14}	σ_4^{15}	σ_1^{11}	σ_0^{17}	σ_0^{18}	σ_0^{19}	σ_0^{20}	σ_0^{21}	σ_0^{22}	σ_1^{23}	σ_0^{24}	$\sigma^{25}{}_0$	

Имеем:

$K_x(Y,\lambda)=\{\sigma_\rho^x\}=\{\sigma_0^1;\sigma_1^2;\sigma_1^3;\sigma_0^4;\sigma_1^5;\sigma_2^6;\sigma_0^7;\sigma_0^8;\sigma_2^9;\sigma_1^{10};\sigma_0^{11};\sigma_0^{12};\sigma_0^{13};$

$\sigma_0^{14};\sigma_3^{15};\sigma_0^{16};\sigma_0^{17};\sigma_5^{18};\sigma_0^{19};\sigma_0^{20};\ldots\sigma_0^{24}\}$ — симплициальный комплекс, соответствующий строкам таблицы отношений.

$K_y(X,\lambda^*)=\{\sigma_0^9;\sigma_1^{10};\sigma_1^{11};\sigma_1^{12};\sigma_6^{13};\sigma_3^{14};\sigma_4^{15};\sigma_1^{16};\sigma_0^{17};\sigma_0^{18};\sigma_0^{19};\sigma_0^{20};\sigma_2^{21};$

$\sigma_0^{22};\sigma_1^{23};\sigma_0^{24};\sigma_0^{25}\}$ — симплициальный комплекс, соответствующий столбцам таблицы отношений.

Проанализируем цепочки связей в блоках комплекса $K_x(Y,\lambda)$. Так, симплексы σ_0^1 и σ_1^2 связаны друг с другом через вершину В10 (спектр ви-

дов террористической деятельности). Симплексы σ_1^3 и σ_1^5 связаны друг с другом через грань, образованную вершинами B13 и B14. Симплекс σ_3^{15}, состоящий из полного графа с вершинами B13, B16, B17, B25 связан с симплексами $\sigma_1^2;\sigma_1^3;\sigma_1^5;\sigma_1^5;\sigma_2^6;\sigma_2^9;\sigma_1^{10}$ общей вершиной B13 (незаконный оборот наркотиков) и т.д.

На рис. 7 представлено графическое изображение связи вершин симплициального комплекса $K_x(Y,\lambda)$. Как видно из рисунка, комплекс $K_x(Y,\lambda)$ не связный, имеются отдельные блоки: блок цепочек из симплексов $\{\sigma_1^2;\sigma_1^3;\sigma_1^5;\sigma_1^5;\sigma_2^6;\sigma_2^9;\sigma_1^{10};\sigma_3^{15}\}$, блок $\{\sigma_0^{17};\sigma_5^{18};\sigma_0^{19};\sigma_0^{20}\}$, состоящий из симплекса σ_5^{18}, соединённого вершиной B21 с симплексами σ_0^{19} и σ_0^{20}, а также с симплексом σ_0^{17}, вершиной B23. Имеются изолированные симплексы, состоящие из одной вершины — σ_0^4 и σ_0^{12}.

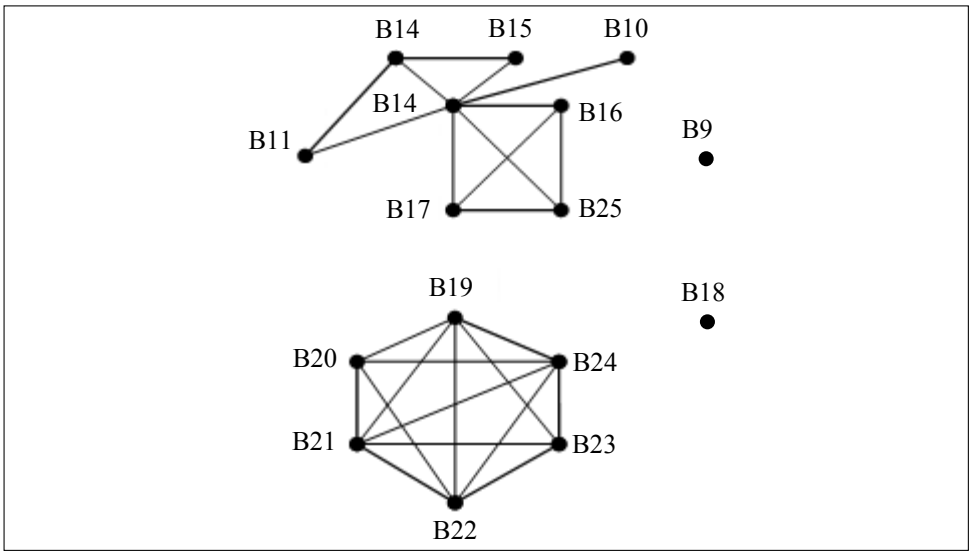

Рис. 7. Симплициальный комплекс $K_x(Y,\lambda)$

Проводя q-анализ, получим следующие значения q-связностей для строк:

$q=5;\ Q=1;$ {B18};

$q=4;\ Q=1;$ {B18};

$q=3;\ Q=2;$ {B18};{B14};

$q=2;\ Q=4;$ {B14};{B18};{B6}; {B9};

$q=1;\ Q=3;$ {B18; B14; B6; B9; B3, B5}; {B10}; {B2};

$q=0;\ Q=2;$ {B18; B14; B6; B9; B3, B5; B10; B2; B1; B7; B8; B11; B12; B13; B15; B16; B24};{B4} исключая B25.

Таким образом, структурный вектор комплекса равен $Q=(1\ 1\ 2\ 4\ 3\ 2)$.

Можно прийти к выводу, что наиболее важными компонентами в целом для всей системы, отображенной графом G, являются незаконный обо-

рот наркотиков и криминализация общественной жизни. Их можно интерпретировать как базовые факторы. Но поскольку они принадлежат к несвязным блокам в симплициальном комплексе $K_x(Y, \lambda)$, то попытки влияния на каждый из них в отдельности будут для всей системы малоэффективными.

Следует заметить, что интерпретация всех полученных результатов q-анализа и сопоставление их с результатами структурного анализа и импульсного моделирования требует достаточно трудоёмкого экспертного анализа, но он необходим для разработки обоснованных программ действия по снижению угроз обществу от незаконного оборота наркотиков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование слабоструктурированных проблем наркотизации общества в современном мегаполисе потребовало реализации междисциплинарного подхода, инструментом которого стали модели и методы когнитивного моделирования сложных систем, адаптированные к данной конкретной проблеме. Проведенное на разработанных когнитивных картах моделирование дало возможность рассмотреть различные аспекты проблемы, а также разнообразные возможные сценарии развития ситуаций. Всё это в совокупности позволяет разрабатывать, всесторонне анализировать и обосновывать соответствующие управленческие решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Распоряжение* Правительства Москвы от 16 апреля 2010 г. N 707-РП. Об утверждении концепции комплексной безопасности — http://drbez.mos.ru/legislation/lawacts/779238/?special=Y
2. *Абрамова Н.А., Воронина Т.А., Порцев Р.Ю.* О методах поддержки, построения и верификации когнитивных карт с применением идей когнитивной графики / Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». — М.: ИПУ РАН, 2010. — С. 411–430.
3. *Абрамова Н.А., Коврига С.В.* Некоторые критерии достоверности моделей на основе когнитивных карт // Проблемы управления. — 2008, № 6. — С. 23–33.
4. *Avdeeva Z., Kovriga S.* Cognitive Approach in Simulation and Control / Plenary papers, Milestone reports & Selected survey papers. 17th IFAC World Congress, Seoul, Korea, July 2008. — P. 160–167.
5. *Abramova N.A., Avdeeva Z.K., Fedotov A.A.* An approach to systematization of types of formal cognitive maps / Proceedings of the 18th IFAC World Congress, Milano (Italy). Aug. 28 — Sept. 2, 2011. Milano: IFAC- International Federation of Automatic Control, 2011. — C. 14246 – 14252.
6. *Авдеева З.К.* Выявление угроз развитию сложных систем на основе когнитивного подхода // Труды Научной школы МАБР-2007 «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах». — СПб.: ГУАП, 2007. — С. 478–483.
7. *Горелова Г.В.* Развитие технологий когнитивного моделирования / Междун. научн. конф. ИИ–2011: сб. трудов. — Кацивели, Крым. — 2011. — С. 92–96.

8. *Горелова Г.В.* Возможности когнитивного моделирования сложных систем / Междун. научно-техн. конф. (SAIT 2011) «Системный анализ и информационные технологии: материалы»: сб. трудов. — Киев: УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2011. — С. 548.
9. *Gorelova G.V.* Cognitive Modeling as the Instrument in the Course of Knowledge of the Big System / ITHEA IJ and IBS Sample Sheet. International Scientific Society Bulgaria, Sofia. — 2011. — P. 211–221.
10. *Gorelova G.V.* Cognitive Modeling as the Instrument in the Course of Knowledge of the Big System / International Journal «Information Theories and Applications». — 2011. — **18**, № 2.— P. 172–182.
11. *Панкратова Н.Д.* Математическое обеспечение задач технологического предвидения применительно к отрасли промышленности // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2003. —№ 1. — С. 26–33.
12. *Pankratova N., Savastiyanov V.* Foresight Process Based on Text Analytics // International Journal «Information Content and Processing». — 2014. — **1**, № 1, ITHEA. — P. 54–65.
13. *Панкратова Н.Д., Малафеева Л.Ю.* Информационная модель знаний сценарного анализа // Проблемы управления и информатики. 2014. — № 1. — С. 119–128.
14. *Робертс Ф.С.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экономическим задачам. — М.: Наука, 1986.
15. *Касти Дж.* Большие системы: связность, сложность и катастрофы. — М.: Мир, 1982. — 216 с.
16. *Atkin R.H.* Combinatorial Connectivies in Social Systems. An Application of Simplicial Complex Structures to the Study of Large Organisations, Interdisciplinary Systems Research. — 1997.

Поступила 02.10.2014