

Применение когнитивного подхода к анализу системы образования

Галина ГОРЕЛОВА, ТИУиЭ, кафедра УиИС, акад. МАН ВШ и МАИ, доктор технических наук, профессор

Нальбий ДЖАРИМОВ, проректор по учебной работе Краснодарского государственного университета культуры и искусств, академик АМАН, член-корреспондент АСТиМС, кандидат сельскохозяйственных наук

Важность образования неизмеримо возрастает в период изменения общественного строя, когда от квалифицированных решений зависит эффективность экономических процессов как в отдельной стране, так и в глобальных международных масштабах.

Образование – это капитальные вложения, позволяющие обеспечить более высокую производительность в сфере экономики, а также культурное и социальное благосостояние народа. «Значимость образования для развития цивилизации объективно обусловлена растущей ролью организационных и информационных технологий при снижении роли материального производства» [1].

Систему образования России можно рассматривать в двух аспектах. Один связан с проблемами квалификации системы образования как производственной сферы народного хозяйства, второй — с представлением образования как организационной системы с присущими ей законами.

Цель авторов — с помощью метода когнитивного моделирования выявить специфические особенности системы образования.

Признаки, присущие системе образования РФ, дают возможность рассматривать её как слабоструктурированную систему. Отнесение системы к определённому типу позволяет определить соответствующие исследования и стратегии принятия решения. В данном случае — это разнообразие методов когнитивного анализа и моделирования. Для этого необходимо предварительно провести структуризацию знаний [2], т.е. определить список основных понятий о предметной области; выявить отношения между понятиями; определить связи данной предметной области с окружающим миром. Происходит разработка неформального описания знаний о предметной области, которую можно наглядно изобразить в виде графа, таблицы, текста и т.п. Затем определяются стратегии принятия решений в данной предметной области.

Этап получения знаний можно разделить на «более тонкие процессы» извлечения, приобретения, формирования знаний. В процессе извлечения знаний происходит взаимодействие эксперта-источника знаний с инженером по знаниям. Процесс извлечения знания — это процедура, в которой инженер по знанию, имеющий опыт в области когнитивной психологии системного анализа и математической логики создает «скелетную» модель предметной области, на основании методологии когнитивной структуризации. На последующих этапах эта модель будет наполнена конкретными сведениями об объектах предметной области.

Рассматриваемая методология, синтезирующая системный и когнитивный подходы, является универсальным научным инструментарием понимания поведения сложных систем: экономических, социальных, политических.

Цель когнитивной структуризации состоит в формировании и уточнении гипотезы о функционировании исследуемого объекта, рассматриваемого как сложная система, которая состоит из отдельных, но взаимосвязанных между собою элементов и подсистем.

Для того чтобы понять и проанализировать поведение сложной системы, строят структурную схему причинно-следственных связей. Анализ причинно-следственных связей необходим, например, для прогноза развития ситуаций при реализации различных

управлений процессами в системе. Основным в данном подходе анализа причинно-следственных связей является понятие «ситуация».

Ситуация характеризуется, прежде всего, набором базисных факторов $V = \{V_i\}$, $i=1,2,\dots,k$, с помощью которых описываются процессы смены состояний в ситуации. Факторы могут влиять друг на друга, причем такое влияние может быть положительным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к увеличению (уменьшению) другого. Для отображения степени влияния факторов используется совокупность лингвистических переменных типа «сильно», «умеренно», «слабо» и т.п., которым соответствует числовая шкала $[0;1]$, с заданной функцией принадлежности.

Схемы причинно-следственных связей интерпретирующих мнения и взгляды лица, принимающего решения, называют когнитивными картами.

Понятие когнитивной карты (карты познания) является исходным в когнитивном анализе и моделировании сложных ситуаций. Когнитивная карта – это знаковый (взвешенный) ориентированный граф (рис.1).

В когнитивной карте: $V_i, i=1,\dots,k$ — вершины (или концепты) — элементы изучаемой системы, взаимоднозначно соответствуют базисным факторам ситуации, в терминах которых описываются процессы в ситуациях; $e_i, i=1,\dots,k$ — дуги — непосредственные взаимосвязи между факторами; определяются путем рассмотрения причинно-следственных цепочек, описывающих распространение влияний от каждого фактора на другие факторы.

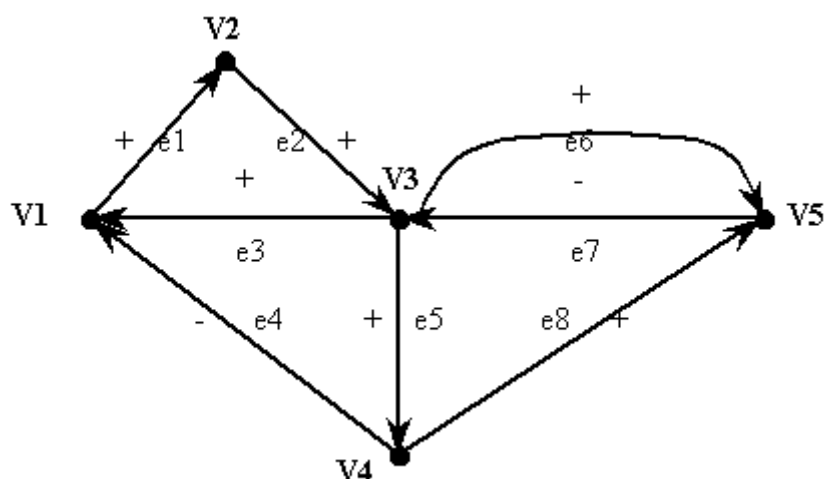


Рис. 1. Пример фрагмента когнитивной карты.

Переменными концептов могут быть, например, политические альтернативы, экономические величины и их эффекты, валовой национальный продукт и финансирование образования, цели и необходимые средства их достижения.

Когнитивная карта отображает лишь факт наличия влияния факторов друг на друга. В ней не отражается ни детальный характер этих влияний, ни динамика изменений влияний в зависимости от изменения ситуации, ни временные изменения самих факторов.

Учет всех этих обстоятельств требует перехода на следующий уровень структуризации информации, отображенной в когнитивной карте, т.е. требует переход к когнитивной модели.

На уровне когнитивной модели каждая связь между факторами когнитивной карты раскрывается до соответствующего уравнения, которое может содержать как количественные (измеряемые) переменные, так и качественные (неизменяемые) переменные. Количественные переменные входят естественным образом в виде их численных значений. Каждой качественной переменной, как указывалось, ставится в соответствие совокупность

лингвистических переменных. По мере накопления знаний о процессах становится возможным более детально раскрывать характер связей между факторами (процедуры «data mining»). Формально, когнитивная модель (как и карта) ситуации может быть представлена ориентированным взвешенным графом.

Когнитивная модель — это функциональный граф, в котором концепты (вершины) являются базисными факторами ситуации, а дуги представляют собою некую функциональную зависимость между соответствующими базисными факторами.

При анализе конкретной ситуации лицо, принимающее решение (ЛПР), обычно знает или предполагает, какие изменения базисных факторов являются для него желанными.

Для определения целенаправленного поведения в сложной ситуации в когнитивной модели выделяют целевые (выходные) и управляющие (входные) факторы из исходного множества базисных факторов. Цель управления — обеспечение желательных изменений целевых факторов, что является задачей выработки решений по управлению процессами в ситуации. Цель считается корректно заданной, если желательные изменения одних целевых факторов не приводят к нежелательным изменениям других целевых факторов. Таким образом управляющее воздействие считается согласованным с целью, если оно не вызывает нежелательных изменений ни в каком из целевых факторов.

Итак, при рассмотрении управляющих процессов в ситуации необходимо определить цель управления и управляющие воздействия, приводящие к заданной цели.

Эволюция состояний в ситуации включает в себя два слагаемых: свободное движение и вынужденное движение. Свободное движение — эволюция начального состояния ситуации, не зависящая от каких-либо управляющих воздействий. Вынужденное движение — полностью определяется выбираемой стратегией управления.

Эволюция начального состояния может быть благоприятной с точки зрения выбранной цели, если составляющая свободного движения сама по себе становится близкой к цели управления; в этом случае могут потребоваться минимальные корректирующие воздействия. При неблагоприятной эволюции начального состояния требуются значительные корректировки, чтобы текущее состояние ситуации повернулось в направлении к заданной цели; затраты на управление в этом случае существенно возрастают. В зависимости от исходной ситуации возможны различные постановки задач о достижении цели путем выбора тех или иных управляющих воздействий. Эти управляющие воздействия могут быть кратковременными (импульсными) или продолжительными (непрерывными), действующими вплоть до достижения цели.

При достижении заданной цели сразу же встает задача об удержании ситуации в достигнутом благоприятном состоянии до тех пор, пока не появится новая цель.

Качество и результативность когнитивного анализа связаны как с субъективностью ЛПР, так и с тем фактом, что само исследование влияет на результаты. Существует взаимосвязь между мышлением участников и ситуацией. Эта взаимосвязь проявляется двояко, в виде двух зависимостей: когнитивной (пассивной), выражающей усилие участников, затрачиваемое на понимание ситуации, и управляющей (активной), связанной с действием их умозаключений на ситуацию в реальном мире. В когнитивной функции восприятие участников зависит от ситуации, а в управляющей функции оно влияет на ситуацию.

В результате взаимодействия, как ситуация, так и взгляды участников являются зависимыми переменными, и первичное изменение ускоряет наступление дальнейших изменений как в самой ситуации, так и во взглядах участников. Это свойство рефлексивности.

После построения графовой модели необходимо проверить, насколько эта модель адекватна реальной ситуации. В общем виде эту проверку можно осуществить следующим образом. Пусть между базисными факторами, являющимися вершинами графовой модели, существуют отношения, которые можно трактовать как всевозможные аксиомы предметной области. Как правило, эти отношения формируются в виде продукций типа:

Если $X_1 \cup X_2 \cup \dots \cup X_i \cup \dots \cup X_k$, то X_l ,

где $X_i, i=1,2,\dots,k$ — некоторая характеристика базисного фактора V_i (например, предельная величина фактора, знак приращения фактора и т.п.). Совокупность таких продукций образует базисные знания о данной предметной области. Графовая модель считается адекватной реальной ситуации, если в модельных процессах не нарушается ни одна из продукций базисных знаний.

Полнота проверки модели на адекватность зависит от полноты базисных знаний, которая определяется по отношению числа состояний ситуации, отраженных в базисных знаниях, к полному числу состояний ситуации.

Если базисные знания об исследуемой ситуации отсутствуют, поведение процессов в прошлом может никак не влиять на их будущее поведение. Поэтому никакое приемлемое прогнозирование этих процессов невозможно. Это объясняет неоднозначность решений, получаемых разными методами когнитивного анализа.

Обычно когнитивный анализ включает в себя следующие основные этапы: анализ проблемы, определение цели и задач исследования; построение когнитивной карты; построение когнитивной модели; проверка адекватности графовой модели; анализа распространения возмущений на графе. В работе дополнительно проведено решение задач связности, сложности, устойчивости систем.

При анализе текущего состояния сложной ситуации перед ЛПР встают следующие вопросы: какие модели управления следует выбирать для обеспечения желанного поведения целевых факторов; какие изменения ситуации возможны в (ближайшем) будущем; какие проблемы при этом могут возникнуть.

Вопросы первой группы — это вопросы текущего (оперативного) управления ситуаций для достижения поставленных целей. Решением этой задачи могут быть некоторые варианты «пригодного» управления. Вопросы второй группы связаны с прогнозированием стратегий возможных изменений в текущей ситуации. Эти изменения могут быть обусловлены внутренними причинами (например, реализация некоторого управления может быть связана с изменением взаимосвязи факторов в реальной ситуации, а подобное изменение может породить новые проблемы) и внешними причинами (например, на реальную ситуацию постоянно действуют внешние возмущения, источники которых не включены в когнитивную модель анализируемой ситуации). Внешние причины бывают предсказуемые, возникновение которых можно предвидеть на основе анализа имеющейся информации, и непредсказуемые, о которых ЛПР узнает после их возникновения. Учет причин приводит к необходимости изменения когнитивной модели ситуации. Вопросы третьей группы связаны с анализом когнитивной модели изменившейся ситуации и описанием возникающих при этом проблем (например, кризисных). Цели анализа также могут измениться, поэтому новые проблемы связаны с обеспечением желаемого поведения изменившихся целевых факторов в изменившейся ситуации.

Методика когнитивного анализа.

Когнитивный анализ выполняется поэтапно.

1-й этап. Анализ сложной ситуации, погружение в проблему, идентификация проблемы (формулировка задачи и цели исследования, изучение текущей ситуации или процесса с позиции поставленной цели; сбор, систематизация, анализ существующей статистической и качественной информации по проблемам; выделение основных характеристических признаков изучаемого процесса и выявление взаимосвязей между ними; определение действий основных объективных законов — экономических, социальных, политических, экологических — развития исследуемой ситуации; определение присущих исследуемой ситуации требований, условий, ограничений).

2-й этап. Построение когнитивной модели проблемной ситуации (выделение факторов, по мнению экспертов характеризующих проблемную ситуацию; группировка факто-

ров по блокам, выделение в блоке группы интегральных показателей по изменению которых можно судить об общих тенденциях в данной сфере, выделение показателей, характеризующих тенденции и процессы в данной сфере; определение связей между факторами и блоками факторов, определение позитивности влияния — положительное «+», отрицательное «-» и степени влияния — «сильно», «слабо»). Все эти действия завершаются построением когнитивной карты ситуации и проверкой адекватности модели.

3-й этап. Когнитивное моделирование процессов в ситуации происходит в виде циклической процедуры, знания об исследуемой проблеме расширяются и уточняются, исходная модель постоянно совершенствуется. Моделирование основано на сценарном подходе.

Сценарий — это совокупность тенденций, характеризующих ситуацию в настоящий момент, желаемых целей развития, комплекса мероприятий, воздействующих на развитие ситуации, и системы наблюдения параметров (факторов), иллюстрирующих поведение процессов.

Исследования, связанные с процессом моделирования также проводятся поэтапно. Они включают: определение начальных условий, тенденций, характеризующих развитие ситуаций на данном этапе; задание целевых желаемых направлений (увеличение, уменьшение) и силы (слабо, сильно) изменения тенденций процессов в ситуации; выбор комплекса мероприятий (совокупности управляющих факторов), определение их возможной и желаемой силы и направленности воздействий на ситуацию, а также действия по определению распространения возмущений по графу, исследование его связности, сложности, устойчивости. Если имеется статистическая информация, то между вершинами когнитивной карты определяются статистические зависимости в виде уравнений регрессии (однофакторных, многофакторных, линейных, нелинейных).

Когнитивное моделирование системы образования.

Очевидно, что проблемы системы образования взаимосвязаны между собою как на региональном, так и на общероссийском уровнях.

В качестве примера использования когнитивной карты для объяснения структуры проблем Российского образования, уточнения целей и задач исследования, воспользуемся картой, предложенной В.Е. Шукшуновым и А.А. Овсянниковым [3, с.28], рис.2.

По словам авторов, «сейчас (это 1998г) в России сложилась порочная цепь взаимосвязанных социальных проблем взаимодействия общества и образования: снижение ценности человеческого капитала ($Z3$) в обществе приводит к ослаблению стимулов социальной мобильности ($Z2$), т.е. движения «вверх» по социальной пирамиде в зависимости от образованности, ума, таланта, трудолюбия, уменьшая, в свою очередь, ценности образования ($Z14$).

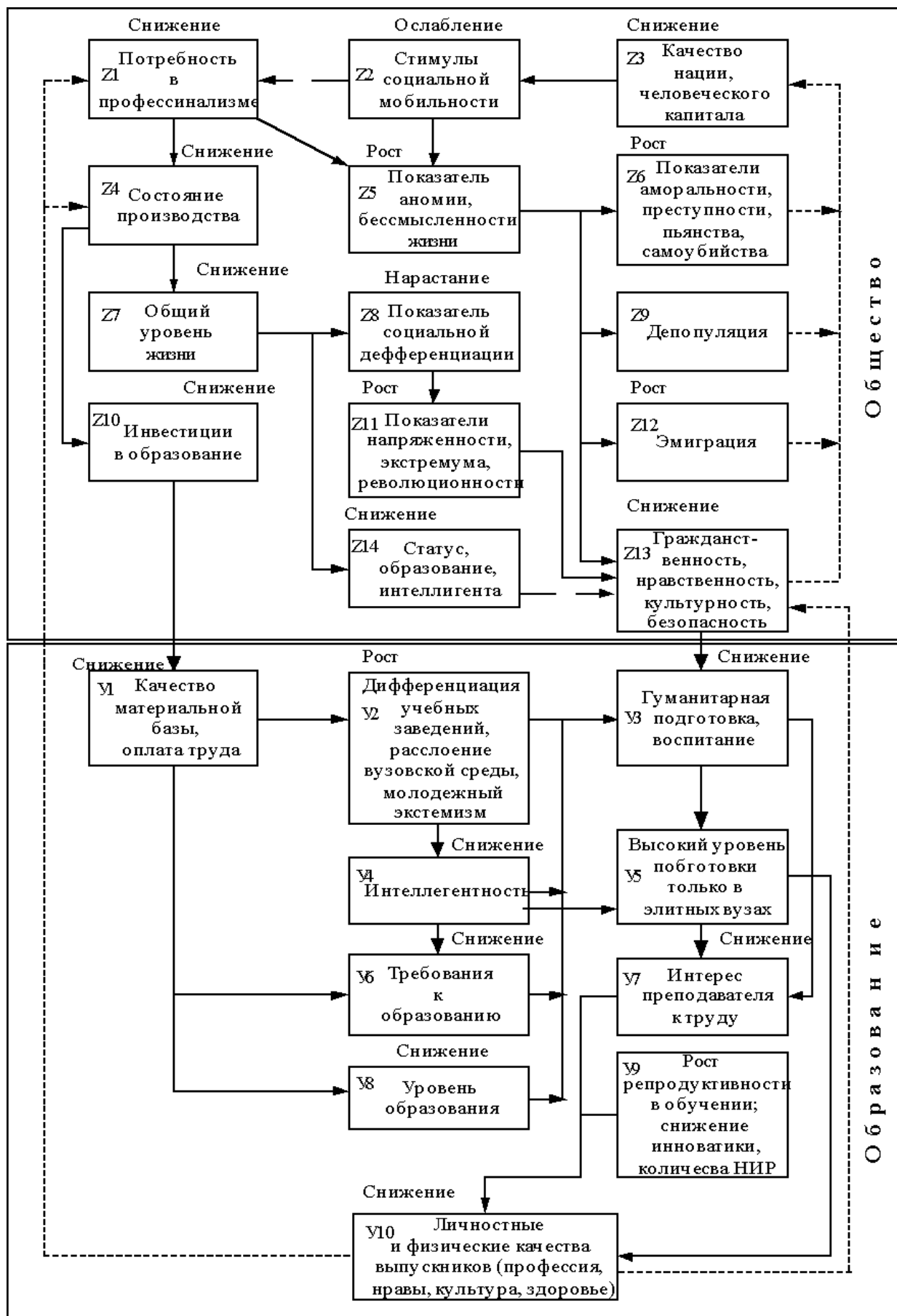


Рис.2. Когнитивная модель взаимосвязи проблем системы образования РФ.

Это приводит к снижению интереса общественности, семей к системе образования, ее деградации (потеря качества, системности, масштабов), снижению личностных и физических качеств выпускников (У10). Такой результат деятельности системы образования обуславливает дальнейшее снижение Z3 — ценности человеческого капитала, определяемого способностью к воспроизводству ценностей материальной и духовной культуры, способностью воспроизводить безопасную и комфортную жизнь), во-первых, и углубление экономического спада (Z4), потерю конкурентоспособности, ослабления социальной и государственной безопасности (Z13), во-вторых».

Для удобства формального анализа преобразуем карту (рис.2) в ориентированный граф (рис.3).

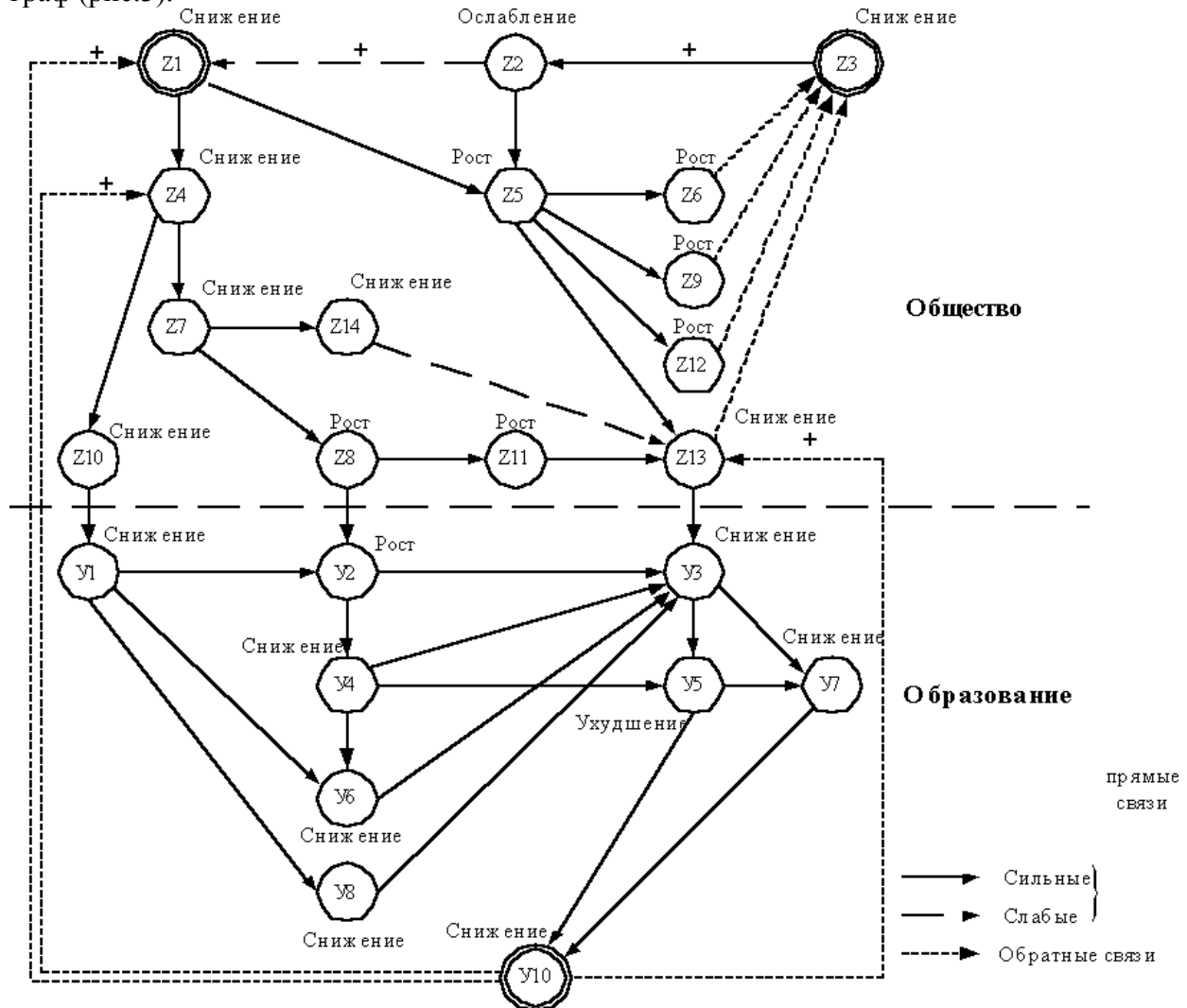


Рис.3. Ориентированный граф проблем системы образования.

Приведенный ранее обобщающий вывод можно объяснить по рис.3., если внимательно просмотреть цепочки и циклы взаимосвязи. Легче получить объяснение, если объединить ряд показателей общества и системы образования в более крупные блоки, рис.4.

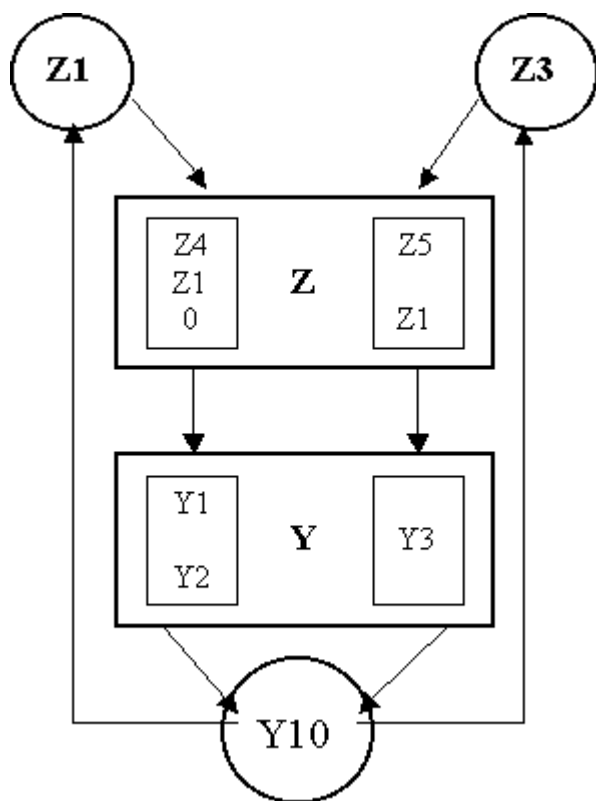


Рис.4. Укрупненная когнитивная карта взаимосвязи проблем образования.

При этом становятся очевидными две маниакальные петли, образующие положительные обратные связи, и которые обуславливают усиление «входа» системы (**Z1**) и (**Z3**) при усилении ее «выхода» (**Y10**), рис.4.

«Левая петля» ($Z1 \rightarrow Z \rightarrow Y \rightarrow Y10 \rightarrow Z1$): снижение потребности в профессионализме (**Z1**), т.е. неостребованность знаний, обуславливает через цепочки социальных и образовательных проблем снижения личностных и физических качеств выпускников (**Y10**), что только усиливает дальнейшее снижение потребности в профессионализме (обратная положительная связь $Y10 \rightarrow Z1$).

«Правая петля» ($Z3 \rightarrow Z \rightarrow Y \rightarrow Y10 \rightarrow Z3$): снижение качества нации, ценности человеческого капитала (**Z3**) приводит через цепочки взаимосвязанных проблем к снижению личностных и физических качеств выпускников, что, в свою очередь, только усиливает деградацию нации и снижение ценности человеческого капитала (**Z3**).

Отсюда вывод: преодоление проблем системы образования состоит в необходимости разрыва маниакальных проблемных цепей, удаляющих одновременно и общество, и образования. В этом — главное направление реформирования образования в РФ.

Следует добавить, что и в 2002 г. представленная когнитивная карта не теряет своей актуальности.

Приведем результаты анализа когнитивной карты (рис.4) в двух вариантах, рис.5, рис.6.

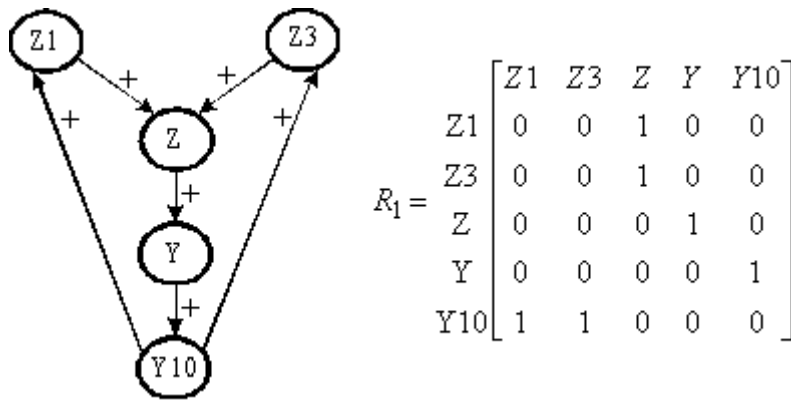


Рис.5. Когнитивная карта и матрица смежности графа G1, вариант 1.

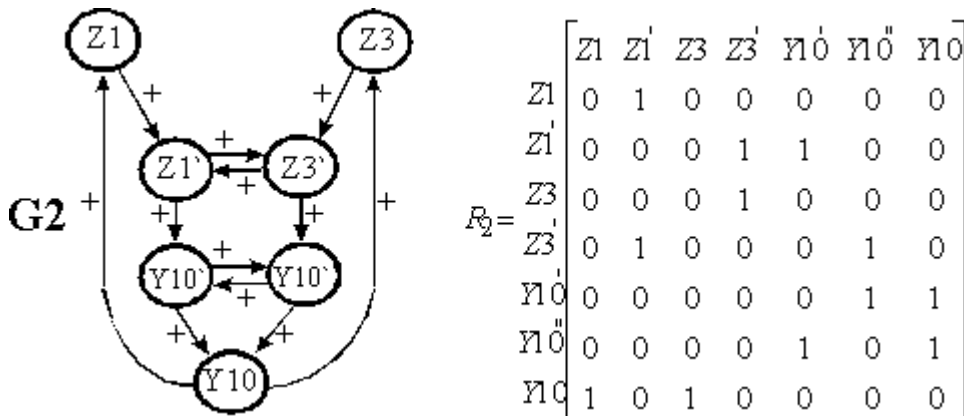


Рис.6. Когнитивная карта и матрица смежности графа G2, вариант2.

Проведем анализ графов G1 и G2 в соответствии с этапами когнитивного моделирования [4].

1. Выделение путей и циклов. Для графа G1 формализованный анализ дает те же самые циклы когнитивной карты, которые были описаны при качественном анализе исходной когнитивной карты (рис.2.):

1. Y10->Z3->Z->Y->Y10
2. Y10->Z1->Z->Y->Y10

Таким образом, существуют два цикла: «левый» и «правый», которые приводят к развитию негативных тенденций, снижению качества человеческого капитала Z3, снижению потребности в высококвалифицированных кадрах — Z1, снижению личностных и физических качеств выпускников — Y10.

Для графа G2 циклы будут следующими:

- Z11->Z31->Z11
- Y101->Y102->Y101
- Z1->Z11->Y101->Y10->Z1
- Z1->Z11->Z31->Y102->Y10->Z1
- Z1->Z11->Z31->Y102->Y101->Y10->Z1
- Z1->Z11->Y101->Y102->Y10->Z1
- Z3->Z31->Z11->Y101->Y10->Z3
- Z3->Z31->Y102->Y10->Z3
- Z3->Z31->Z11->Y101->Y102->Y10->Z3
- Z3->Z31->Y102->Y101->Y10->Z3

Т.е. граф G2 отражает более сложную структуру. Для интерпретации необходимо раскрывать содержание концептов (рис.2).

2. Анализ связанности системы. Рассматриваемые графы G1 и G2 являются максимально сильно связанными, т.к. любые две вершины в них взаимно достижимы и графы не содержат шарниров. Связанность графа G1 равна 2: удаление вершин Z и Y10 приведёт к разделению графа на три части; это подграфы, состоящие только из одной изолированной вершины: или Z1, или Z3, или Y. Разрез графа G1 также равен 2, так как удаление двух дуг (несколько вариантов, например, $e_{z,y}$, $e_{y,y10}$) увеличивает число компонент связности до двух.

Граф G2 также является максимально сильно связанным. Число связанности равно 2, но вариантов удаления двух вершин больше, например удаление Z1' и Y10 выделяет подграфы $G2'=(X',F')$, $X'=\{Z1'\}$, $F'=\emptyset$ и $G2''=(X'',F'')$, $X''=\{Z3,Z3'',Y10'',Y10'''\}$, $F''=\{<Z3,Z3'>, <Z3',Y10''>, <Y10'',Y10'''\>\}$. Разрез графа G2 также равен 2, например, удаление дуг $e_{y10,z1}$ и $e_{z1,z1'}$ приводит к выделению двух подграфов, содержащих соответственно одну вершину Z1 и шесть вершин $V=\{Z3,Z1',Z3',Y10',Y10'',Y10'''\}$.

Содержательная интерпретация полученных результатов может быть различной, зависящей от эксперта.

3. Анализ устойчивости. Для анализа устойчивости необходимо определить собственные числа матриц R_1 и R_2 .

Так, для них вектора собственных чисел следующие:

Вектор собственных чисел матрицы смежности графа G1:

$$e1 = (-1,189; 1,189i; -1,189i; 1,189; 0)$$

Вектор собственных чисел матрицы смежности графа G2:

$$e2 = (-0,79; 0,5 + 1,079i; 0,5 - 1,079i; 1,79; 0; -1; -1)$$

Так как среди значений имеются числа больше 1, можно сделать вывод о неустойчивости анализируемой системы; она неустойчива ни по возмущению, ни по значению. Кроме того, о неустойчивости системы говорит также тот факт, что на когнитивных картах G1 и G2 имеются только положительные обратные связи, приводящие к усилению негативных тенденций в системе образования, как уже было сказано выше.

Для разработки методологии изучения региональной системы образования, как сектора экономики, необходимо выстроить логическую последовательность методов, направленных на активизацию использования интуиции и опыта специалистов, и методов формализованного представления систем. Данная последовательность позволит в совокупности устанавливать объект, предмет, цели и задачи исследования; определять методы сбора и отбора фактологического материала; определять методы идентификации и принятия решений для выбранных классов задач системного анализа.

Когнитивный подход к организации этих исследований является наиболее продуктивным. В последнее время он всё чаще применяется в исследованиях социально-экономических систем.

Литература:

Новая парадигма развития России (комплексные проблемы устойчивого развития). Под ред. В.А. Контюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. М.: Изд. «Академия», Изд. МГУК, 1999. С. 459.

Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений: Научно-практическое издание. Серия «Информатизация России на пороге XXI века». М.: СИНТЕГ, 1998. С. 376.

Шукинунов В.Е., Овсянников А.А. Стратегия и тактика реформирования системы образования в России. М.: МАН ВШ, 1998. С. 41.

Кастри Дж. Большие системы: связность, сложность и катастрофы. М.: Мир, 1982. С. 216.