

---

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ**

---

**Заграновская Анна Васильевна**, канд. экон. наук, доц.  
**Эйсснер Юрий Николаевич**, канд. экон. наук, проф.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет, ул. Садовая, 21, Санкт-Петербург, Россия, 191023; e-mail: zagranet@rambler.ru

*Цель:* моделирование сценариев развития экономической ситуации на основе нечетких когнитивных карт. *Обсуждение:* раскрыта суть когнитивного моделирования и сценарного планирования; предложена система взаимодополняющих принципов построения и реализации сценариев; выделены различные подходы к построению сценариев; описана процедура моделирования сценариев на основе нечетких когнитивных карт; приведен пример сценарного планирования на основе нечеткой когнитивной карты. *Результаты:* предложено выявлять концепты когнитивной карты на основе анализа внутренней и внешней среды организации, что позволит системно взглянуть на условия хозяйствования предприятия, спрогнозировать дальнейшее развитие, принять правильные управленческие решения; приведен пример моделирования сценариев с помощью инструмента FCMapper.

**Ключевые слова:** когнитивные карты, нечеткие когнитивные карты, сценарии, системный анализ, моделирование, прогнозирование.

**DOI:** 10.17308/meps.2017.10/1754

### **1. Введение**

В современной нестабильной хозяйственной среде способность предвидеть будущие изменения экономической ситуации имеет решающее значение для того, чтобы создавать и поддерживать конкурентные преимущества. Традиционный подход к разработке долгосрочной стратегии в этих условиях не приемлем, поскольку необходимы постоянные изменения, инновации для того, чтобы адаптироваться к происходящим событиям. Составление сценариев является важным методом прогнозирования в условиях неопределенности, т.к. позволяет определить границы возможных изменений экономической ситуации. В данной работе предлагается подход к построению сценариев на основе нечетких когнитивных карт. Обосновывается способ построения когнитивной карты для моделирования сценариев развития экономической ситуации на основе учета факторов внутренней и внешней

дальней и ближайшей среды предприятия. Детальное описание процедуры когнитивного моделирования представлено с учетом особенностей условий хозяйствования в современной российской экономике.

## **2. Подходы к построению сценариев**

Прежде всего, необходимо определиться с тем, что такое сценарий. В литературе нет единства по этому поводу. Систематическое использование сценариев для уточнения представления о будущем началось после Второй мировой войны в США в качестве метода военного планирования. Как правило, предполагается, что сценарии описывают некоторые аспекты будущего, которые полезны в прогнозировании. Сценарий рассматривается как обзор будущих событий, действий или возможностей [9]. Сценарий и сценарное планирование определяется как схема всех значимых факторов и возможные последующие результаты их действия. Соответствующие методики используются менеджерами для формулирования моделей о будущем, которые помогают принимать управленческие решения.

Существуют различные признаки классификации сценариев и процедур сценарного планирования. Прежде всего, составляют три вида сценариев: оптимистический, пессимистический, наиболее вероятный. Как правило, руководители разрабатывают решения на основе наиболее вероятного сценария. При этом следует подчеркнуть, что важная дополнительная информация и возможность идентифицировать факторы, которые имеют важное значение для будущего фирмы, могут быть получены на основе рассмотрения и крайних вариантов.

С другой стороны, сценарии делятся на описательные и нормативные. Описательные сценарии, как правило, носят экстраполяционный характер и представляют собой последовательность вероятных событий. В основе нормативных сценариев лежит программно-целевой принцип планирования и управления [13].

Использование сценариев набирает популярность из-за того, что мир стал более сложным, более динамичным, поэтому становится актуальным определение будущих тенденций. Планирование на основе сценариев позволяет системно, целостно охватить ситуацию, вовремя адаптироваться к основным изменениям в окружающей среде. Системный подход к построению и реализации сценариев, который обеспечивается соблюдением ряда принципов, формирует адекватную основу для принятия тактических и стратегических решений.

Можно предложить следующую систему взаимодополняющих принципов построения и реализации сценариев:

1. Альтернативности и одновременно внутренней согласованности сценариев.

2. Новизны и оригинальности взгляда на проблему, и одновременно каждый сценарий должен быть правдоподобным и иметь прямое отношение к рассматриваемой проблеме.

3. Возможности выявления вопросов и проблем, которые могут возникнуть в будущем и тем самым упреждающего процесса принятия решений и обучения.

Существуют различные подходы к разработке сценариев:

- дескриптивное, словесное описание событий, развития ситуации;
- морфологический анализ, заключающийся в том, что составляется морфологическая таблица, в которой выбираются морфологические цепочки, позволяющие уточнить качественные характеристики системы, соответствующие различным сценариям развития ситуации [15];
- математическое, имитационное моделирование, суть которого состоит в том, что на основе модели ситуации в условиях риска и неопределенности изучается динамика выходных параметров на основе изменения входных параметров, связей и структурных характеристик системы.

Наиболее перспективным представляется подход к построению сценариев на основе когнитивного моделирования. Он сочетает в себе черты всех подходов, а именно содержит всестороннее описание ситуации, присущее качественным методам, а также четкость, возможность проводить имитационный анализ и прогнозирование, присущие формализованным методам.

Когнитивное моделирование в процессах сценарного планирования, таким образом, позволяет учитывать субъективные и объективные факторы как в условиях определенности, так и в условиях риска и неопределенности. Предлагаемая ниже методика моделирования сценариев развития экономической ситуации обеспечивает реализацию системного подхода и системного анализа и тем самым обеспечивает целостность подхода к моделированию, связь теоретических положений с практическими задачами в экономике и управлении.

### **3. Когнитивные карты**

В 1970-х годах известный американский социолог и политолог Роберт Аксельрод впервые предложил использовать когнитивные карты для моделирования принятия решений в социальных и политических системах [2].

Причинно-следственные диаграммы (когнитивные карты) отражают взаимосвязи между элементами системы. Их основное назначение – качественная характеристика структуры сложных систем.

Когнитивные карты преимущественно используются в процессе анализа и принятия решений путем исследования причинных связей между значимыми факторами (понятиями, концептами). Эти карты представляют собой знаковые ориентированные графы, состоящие из вершин и дуг. Вершины соответствуют концептам (наиболее значимым событиям, факторам), дуги отражают причинно-следственные связи между концептами. Связи могут быть положительными, если тенденции в факторных и результативных признаках совпадают, отрицательными – в противном случае и нулевыми при отсутствии связей между концептами. Причинно-следственные связи в

когнитивной карте математически могут быть представлены в виде матрицы смежности (матрицы связи, причинной матрицы).

Матрица смежности дает представление о когнитивной карте. На ее основе можно рассчитать меру центральности концепта, а также получить информацию о прямых и косвенных причинно-следственных связях в карте.

Отразить неопределенность, динамику состояний концептов и связей между ними наилучшим образом позволяют нечеткие когнитивные карты (Fuzzy Cognitive Maps – FCM), впервые предложенные Бартоломеем Коско в 1986 г. [5, 6].

FCM – это расширение и улучшение когнитивной карты с дополнительной возможностью моделирования сложных цепочек причинно-следственных связей через взвешенные причинно-следственные связи [7]. Модель FCM описывает поведение системы, а каждый концепт представляет факторную характеристику системы.

Отличительной особенностью разработки сценариев на основе когнитивных карт является возможность представления, наряду с объективными факторами, субъективных мнений экспертов по поводу той или иной ситуации, а также их объединения для создания интегральной нечеткой когнитивной карты.

Нечеткие когнитивные карты представляют собой способ отображения реальных динамических систем в форме, которая соответствует человеческому восприятию таких процессов [12]. Это является главной причиной их широкого применения в различных сферах жизнедеятельности.

Нечеткая когнитивная карта представляет систему как сочетание понятий и различных отношений, которые существуют между понятиями. FCM состоит из узлов ( $N_1, N_2, \dots, N_n$ ), которые представляют собой важные элементы отображаемой системы, и направленных дуг ( $e_{ij}$ ), которые представляют причинно-следственные связи между двумя узлами ( $N_i, N_j$ ). Направленным дугам поставлены в соответствие нечеткие значения в интервале  $[-1, +1]$ , которые показывают «силу влияния» между факторами. Положительное значение указывает на положительную причинно-следственную связь между двумя факторами, отрицательное значение указывает на отрицательную причинно-следственную связь между двумя факторами, нулевое значение соответствует отсутствию связей между рассматриваемыми факторами [3].

С математической точки зрения нечеткие когнитивные карты определяются параметрами  $N, E, C, f$  [14]:

1.  $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$  – совокупность понятий (concepts), формирующих узлы графа.

2.  $E : (N_i, N_j) \rightarrow e_{ij}$  – функция, сопоставляющая значение  $e_{ij}$  паре понятий ( $N_i, N_j$ ), где  $e_{ij}$  – вес направленного ребра из  $N_i$  в  $N_j$  если  $i \neq j$ , и  $e_{ij} = 0$ , если  $i = j$ . Другими словами,  $E(N \times N) = (e_{ij})$  – это матрица связи (connection matrix). Значения весов на основной диагонали матрицы равны нулю,

так как изменения знаний о концепте не могут повлиять на сам концепт.

3.  $C : N_i \rightarrow C_i$  – функция, которая каждому концепту  $N_i$  ставит в соответствие последовательность его степеней активации (activation degrees) так, что для каждого  $t \in N$ ,  $C_i(t) \in L$  – это степень активации концепта  $N_i$  в момент времени  $t$ .  $C(0) \in L^n$  представляет собой исходный вектор, содержащий начальные значения всех концептов.  $C(t) \in L^n$  – конечный вектор состояний концептов при определенной итерации  $L$ .

4.  $f : R \rightarrow L$  – функция преобразования (transformation function), которая устанавливает связь между  $C(t + 1)$  и  $C(t)$  для всех  $t \geq 0$  так, что

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, C_i(t + 1) = f \left( \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n e_{ij} * C_j(t) \right). \quad (1)$$

Функция преобразования используется для того, чтобы привести взвешенную сумму состояний концептов в определенный диапазон, который устанавливается на уровне  $[0; 1]$ .

В литературе можно встретить различные виды трансформационных функций: логистическая (sigmoid logistic), тангенс (sigmoid hyperbolic tangent), арктангенс (arctangent), линейная (linear), шаговая (step function), с отложенным шагом (the delayed step) [10]. Чаще всего в качестве трансформационной функции используют логистическую функцию вида (2):

$$C_j(x) = \frac{1}{1 + \exp(-c * x)}. \quad (2)$$

Чтобы охарактеризовать реальную систему, надо знать ее свойства. Некоторые из этих свойств можно определить путем измерений, которые позволяют их отобразить реальными числами. Однако большой объем информации получают путем экспертных оценок.

Нечеткие методы являются естественным способом описания неточных экспертных оценок [8]. Когда эксперт полностью согласен или полностью не согласен с каким-либо суждением (например, «цена определенной ценной бумаги будет расти не менее чем на 5% в год»), результатом оценивания является либо «истина», либо «ложь». При использовании компьютера «истина» обычно представляется как 1, а «ложь» – 0.

Иногда утверждение неточное, т.е. эксперт не уверен на 100%, что цена вырастет на 5%. Вместо этого эксперт имеет некоторую степень уверенности в пятипроцентном росте. В связи с тем, что полное согласие с утверждением описывается числом 1, а полное несогласие с ним описывается числом 0, разумно описать частичную уверенность эксперта числами от 0 до 1: чем выше значение, тем больше уверенность эксперта. Использование чисел из интервала  $[0; 1]$  для описания степени уверенности эксперта в наступлении определенного события является главной идеей, лежащей в основе нечеткой логики.

Психологи выяснили, что мы обычно делим любое явление на 7 плюс

минус 2 категории (правило  $7 \pm 2$ ). Это самое большое количество категорий, смысл которых мы можем сразу понять [8]. Для некоторых людей такое «магическое число» – это  $7 + 2 = 9$ , для других – это  $7 - 2 = 5$ . Данное правило хорошо согласуется с тем, что в нечеткой логике для описания мнения эксперта мы обычно используем  $7 \pm 2$  различных категорий.

Поскольку на интервале  $[0; 1]$ , мы можем иметь только  $7 \pm 2$  конструктивно разных степеней доверия, точность этих степеней варьируется от  $1/9$  (для тех, кто использует 9 различных категорий) до  $1/5$  (для тех, кто использует только 5 разных категорий).

В российских образовательных учреждениях используется пятибалльная шкала для оценки уровня знаний студентов. В методе анализа иерархий и в методе анализа сетей Т. Саати для оценки силы суждений используется девятибалльная фундаментальная шкала абсолютных значений [16, 17].

Причинно-следственная связь между факторами нечеткой когнитивной карты обычно определяется следующим образом [1]:

1. Устанавливается тип зависимости между двумя факторами – прямая или обратная. Это отмечается стрелкой, указывающей направление отношения.

2. Описывается сила отношения с использованием лингвистических (качественных) оценок таких, как «сильный», «слабый», «отсутствие», «низкий», «средний», «высокий» и т.д.

3. Лингвистические оценки преобразуются в нечеткие количественные оценки, например, на основе табл. 1, в которой количественные оценки силы связей получаются на основе пятибалльной шкалы.

Таблица 1

Перевод качественных оценок в нечеткие количественные оценки

Нечеткие количественные оценки	Лингвистические оценки (какой силы отношение?)
$5/5 = 1,0$	Абсолютно сильное
$4/5 = 0,8$	Сильное
$3/5 = 0,6$	Умеренно сильное
$2/5 = 0,4$	Слабое
$1/5 = 0,2$	Абсолютно слабое
$0,0$	Отсутствует

Моделирование с помощью нечетких когнитивных карт представляет собой комбинацию нечеткой логики и когнитивного моделирования. Это способ представить систему в условиях неопределенности и сложности, когда формальная логика не работает.

#### 4. Моделирование сценариев на основе нечетких когнитивных карт

Моделирование на основе нечеткой когнитивной карты можно осуществить с помощью инструмента FCMapper, основанного на электронных таблицах Excel. Данная программа позволяет рассчитать все значимые индексы (входящая, исходящая, общая центральность, плотность), число

концептов, связей между ними, определить тип факторов (отправитель, получатель, обычный), рассчитать их количество, тем самым дать общую характеристику сети. Также можно провести имитационный анализ поведения конкретной системы, увидеть тенденции ее развития. FCMapper создает файл, который с помощью специальных программ для анализа сетей, например Paјek, позволяет получить визуализацию нечеткой когнитивной карты.

Разработка сценариев на основе нечетких когнитивных карт включает в себя следующую последовательность действий [9]:

Шаг 1 – Подготовка сценария. Определение цели, сроков и границ сценариев.

Шаг 2 – Сбор данных. Определение соответствующих концептов когнитивной карты через изучение литературы, опрос экспертов; объединение когнитивных моделей различных экспертов; трансформация объединенной модели в нечеткую когнитивную карту, на основе которой будут разрабатываться сценарии.

Шаг 3 – Моделирование сценариев. Упрощение причинно-следственных связей, определение их весов, выбор трансформационной функции для оценки состояния концептов.

Шаг 4 – Разработка сценариев. Расчет параметров нечеткой когнитивной модели для различных векторов, отражающих возможные сочетания исходных состояний концептов.

Шаг 5 – Выбор и уточнение сценариев. Полученные на четвертом шаге сценарии дополнительно оцениваются и уточняются.

Шаг 6 – Стратегические решения. Разработанные сценарии используются для принятия стратегических решений.

Если вводимые дополнительные знания от экспертов или результаты дальнейшего анализа приводят к новому пониманию ситуации, то нечеткие когнитивные модели, построенные на третьем шаге, могут быть скорректированы и пересчитаны на четвертом шаге для идентификации возможного будущего. Таким образом, моделирование сценариев на основе FCM становится динамическим процессом. На рис. 1 изображена диаграмма моделирования сценариев на основе FCM [4].

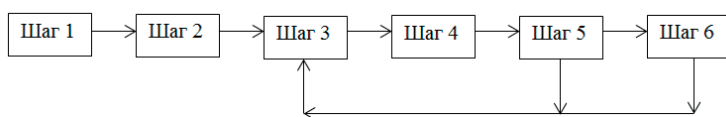


Рис. 1. Моделирования сценариев на основе FCM

Предлагаем выбор концептов когнитивной карты осуществлять следующим образом. Организация является открытой системой. Она связана множеством коммуникаций со средой, представляющей собой, в свою очередь, сложное и неоднородное образование, содержащее надсистему, подсистемы и системы одного уровня с рассматриваемой. Другими словами, при рассмотрении компании можно выделить следующие виды сред:

1. Внутренняя среда организации.
2. Внешняя среда организации, включающая в себя такие уровни, как:
  - 2.1. Микросреда (ближняя среда, непосредственное окружение, среда прямого действия);
  - 2.2. Макросреда (дальняя среда, среда косвенного действия).

Анализ внутренней среды можно осуществить на основе матрицы системных характеристик либо по функциональным сферам деятельности предприятия (снабжение, производство, маркетинг, финансы, работа с персоналом, общее управление и т.д.)

Внешний анализ обычно проводится для того, чтобы определить, какие факторы окружающей среды оказывают наибольшее влияние на существование данной фирмы и ее дальнейший рост.

Факторы внешней среды макроуровня (демографические, социокультурные, экономические, политические, технологические, экологические, институциональные) для удобства группируются в четыре блока (политические, экономические, социальные, технологические). В такой группировке факторов можно узнать PEST (ПЭСТ, СТЭП) анализ – средство исследования внешней среды макроуровня.

Среда непосредственного воздействия (микроуровня) – это блок ресурсов, которые организация закупает, непосредственный круг потребителей и потребителей 2-й степени, а также конкуренты, государственные законы и постановления различных уровней власти, которые воздействуют на деятельность фирмы.

По всем элементам внутренней и внешней среды макро- и микроуровня выбираются наиболее значимые факторы, что определяется экспертно по степени их влияния на конкурентоспособность организации. Затем дается описание текущего состояния факторов и приводится оценка степени их влияния на организацию, например, по пятибалльной шкале. Это позволяет построить нечеткую когнитивную карту, которая используется для сценарного планирования.

Рассмотрим деятельность российского промышленного предприятия в современных условиях хозяйствования. Обратим особое внимание на факторы внешней среды макро- и микроуровня, а также то, как изменение их состояния влияет на динамику прибыли предприятия.

Шаг 1. Рассматривается целесообразность инвестирования в текущую деятельность предприятия. В связи с этим руководство интересуется прогнозом развития ситуации в долгосрочной перспективе.

Шаг 2. Под ситуацией в данном случае понимается состояние внешней среды макро- и микроуровня, а также финансовые результаты деятельности предприятия. Поэтому предлагается рассмотреть нечеткую когнитивную карту, построенную с помощью Wolfram Mathematica и изображенную на рис. 2.



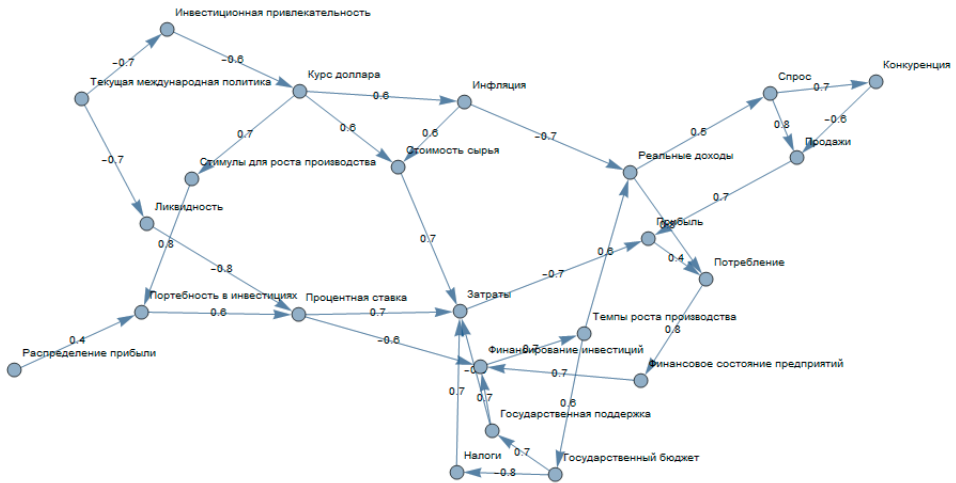


Рис. 2. Когнитивная карта экономической ситуации

Из рис. 2 видно, что в качестве концептов нечеткой когнитивной карты выбраны факторы внутренней и внешней дальней и ближайшей среды предприятия. Это позволяет целостно взглянуть на сложившуюся экономическую ситуацию, провести ее системный анализ, спрогнозировать дальнейшее развитие, принять правильные управленческие решения.

Шаг 3. После того как построена когнитивная карта, можно приступить к имитационному моделированию ситуации. Прежде всего, выявляется конечное, долгосрочное, стабильное состояние системы при сохранении текущего состояния концептов и связей между ними. Для этого вектор первоначального состояния концептов, состоящий из единиц, умножается на матрицу смежности. Полученный результат преобразуется с помощью логистической функции вида  $C_j(x) = \frac{1}{1 + \exp(-c * x)}$  в вектор значений в интервале [0;1]. Эта положительная трансформация позволяет лучше понять и представить уровень активации концептов, сравнить конечные состояния концептов. Данная процедура продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто стабильное, неизменное состояние концептов. Обычно для этого требуется менее 30 шагов. Теоретически система может прийти не к фиксированному состоянию, а к циклу или хаотическому аттрактору [11].

Табл. 2 представляет собой пример расчета трех сценариев для когнитивной карты, изображенной на рис. 2.

Суть первого сценария состоит в расчете конечного, стабильного состояния системы при неизменном состоянии концептов. Из табл. 2 видно, что такие концепты, как затраты предприятия, потребность в инвестициях, стоимость сырья и объем потребления готовой продукции, имеют наибольшие конечные значения, что говорит об их сильном воздействии на состояние системы.

Во втором сценарии предполагается снижение реальных доходов на-

селения в 2 раза по сравнению с текущим состоянием. В третьем сценарии предполагается улучшение текущей международной политики.

Таблица 2

Расчет трех сценариев развития экономической ситуации для нечеткой когнитивной карты, изображенной на рис. 2

Концепты	Отсутствие изменений (сценарий 1)	Сценарий 2	Сценарий 3	Результаты – отсутствие изменений (сценарий 1)	Результаты – сценарий 2	Результаты – сценарий 3
Текущая международная политика	1,00		0,50	0,65905	0,65905	0,50000
Ликвидность	1,00			0,51289	0,51289	0,54978
Процентная ставка	1,00			0,68685	0,68685	0,67867
Финансирование инвестиций	1,00			0,82277	0,82242	0,82361
Темпы роста производства	1,00			0,79802	0,79797	0,79813
Государственный бюджет	1,00			0,77858	0,77857	0,77859
Государственная поддержка	1,00			0,79200	0,79200	0,79200
Инвестиционная привлекательность	1,00			0,51289	0,51289	0,54978
Курс доллара	1,00			0,56363	0,56363	0,55639
Инфляция	1,00			0,74758	0,74758	0,74657
Реальные доходы	1,00	0,50		0,64600	0,50000	0,64623
Потребление	1,00			0,83144	0,81133	0,83148
Финансовое состояние предприятий	1,00			0,81452	0,81164	0,81453
Стимулы для роста производства	1,00			0,76041	0,76041	0,75928
Потребность в инвестициях	1,00			0,84814	0,84814	0,84801
Спрос	1,00			0,74403	0,72639	0,74406
Продажи	1,00			0,69347	0,69005	0,69347
Стоимость сырья	1,00			0,83504	0,83504	0,83425
Затраты	1,00			0,88426	0,88426	0,88354
Налоги	1,00			0,45917	0,45917	0,45916
Конкуренция	1,00			0,78718	0,78468	0,78718
Прибыль	1,00			0,61904	0,61830	0,61920
Распределение прибыли	1,00			0,65905	0,65905	0,65905

Шаг 5. Изменения во втором сценарии, по сравнению с первым сценарием, представлены в табл. 3.

Обозначения силы роста / снижения в табл. 3:

- 1 – сильное изменение;
- 2 – среднее изменение;

- 3 – слабое изменение;  
4 – очень слабое изменение.

Таблица 3

Изменения во втором сценарии по сравнению с первым сценарием

Рост концептов	Сила роста	Снижение концептов	Сила снижения
Затраты	4	Финансирование инвестиций	3
Налоги	4	Темпы роста производства	4
		Государственный бюджет	4
		Государственная поддержка	4
		Потребление	1
		Финансовое состояние предприятий	2
		Спрос	1
		Продажи	2
		Конкуренция	2
		Прибыль	3

Изменения в третьем сценарии, по сравнению с первым сценарием, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Изменения в третьем сценарии по сравнению с первым сценарием

Рост концептов	Сила роста	Снижение концептов	Сила снижения
Ликвидность	1	Процентная ставка	2
Финансирование инвестиций	3	Курс доллара	2
Темпы роста производства	3	Инфляция	2
Государственный бюджет	4	Стимулы для роста производства	2
Государственная поддержка	4	Потребность в инвестициях	3
Инвестиционная привлекательность	1	Стоимость сырья	3
Реальные доходы	3	Затраты	3
Потребление	4	Налоги	4
Финансовое состояние предприятий	4		
Спрос	4		
Продажи	4		
Конкуренция	4		
Прибыль	3		

Обозначения силы роста / снижения в табл. 4 такие же, как в табл. 3.

Из табл. 3 и 4 видно, что улучшение условий хозяйственной деятельности в России возможно при изменении текущей международной политики.

Шаг 6. Проведенный анализ трех сценариев позволяет сделать вывод, что в принятии стратегических решений основное внимание необходимо уделить вопросам снижения затрат, в том числе поиску поставщиков с наи-

лучшим соотношением цена / качество, маркетингу, а также поиску новых источников финансирования.

## 5. Заключение

В нашем исследовании достоинства использования нечетких когнитивных карт перевешивают связанные с этим недостатки, в частности:

1. Такой подход позволяет объединить качественное описание ситуации и ее моделирование с помощью количественных методов.

2. В данный подход встроена системная концепция, и процесс отображения FCM способствует системному мышлению за счет стремления всесторонне охватить ситуацию, дать ее качественно-количественное, пространственно-временное описание.

3. Данный метод относительно просто использовать для структурирования знаний, и результаты могут быть вычислены с помощью операций над матрицами.

4. Моделирование на основе FCM может быть выполнено в течение короткого времени.

5. Причинные карты и полученные нечеткие когнитивные модели могут быть легко модифицированы или расширены путем добавления новых понятий (концептов), причинно-следственных связей или изменения весов, присвоенных причинно-следственным связям.

6. Количественный анализ причинно-следственных когнитивных карт помогает улучшить качество сценариев.

Все сказанное определяет актуальность и целесообразность моделирования сценариев развития экономической ситуации на основе нечетких когнитивных карт в современных условиях хозяйствования.

## Список источников

1. Aguilar J. A survey about fuzzy cognitive maps papers // *International Journal of Computational Cognition*, 2005, vol. 3, no. 2, pp. 27-33.

2. Axelrod R. *Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1976.

3. Chrysafiadi and Virvou: A knowledge representation approach using fuzzy cognitive maps for better navigation support in an adaptive learning system. SpringerPlus, 2013.

4. Jetter A. and Schweinfort W. Building scenarios with fuzzy cognitive maps: an exploratory study of solar energy. *Futures*, 2010, vol. 43, no. 1, pp. 52-66.

5. Kosko B. Fuzzy cognitive maps // *International Journal of Man-Machine Studies*, 1986, vol. 24, pp. 65-75.

6. Kosko B. *Neural Networks and Fuzzy Systems*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1992.

7. Kosko B. *Fuzzy Engineering*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997.

8. Kreinovich Vladik and Stylios Chrysostomos. *Why Fuzzy Cognitive Maps Are Efficient*. Departmental Technical Reports (CS), Paper, 929, 2015.

9. Muhammad Amer, Antonie Jetter and Tugrul Daim. Development of fuzzy cognitive map (FCM)-based scenarios for wind energy // *International Journal of Energy Sector Management*, vol. 5, no. 4, 2011, pp. 564-584.

10. Osonde A Osoba and Bart Kosko. Fuzzy cognitive maps of public support for insurgency and terrorism // *Journal of Defense Modeling and Simulation*:

*Applications, Methodology, Technology*, no. 14 (1), pp. 17-32.

11. Özesmi U., Özesmi S.L. *Ecological Modelling*, 176, 2004, pp. 43-64.

12. Papageorgiou E. *Review study on Fuzzy Cognitive Maps and their applications during the last decade*. Paper presented at the IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Taipei, Taiwan, 2011.

13. Porter A.L., Roper A.T., Mason T.W., Rossini F.A. and Banks J. *Forecasting and Management of Technology*, Wiley, New York, NY, 1991.

14. Stach W., Kurgan L., Pedrycz W., Reformat M. *Genetic learning of fuzzy cognitive maps*. *Fuzzy Set Syst* 153:371-401, 2005.

15. Мотышина М.С. *Системный анализ*. Санкт-Петербург, Изд-во СПбГУЭФ, 2007.

16. Саати Т. *Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети*. Москва, издательство ЛКИ, 2008.

17. Саати Т. *Принятие решений. Метод анализа иерархий*. Москва, Радио и связь, 1993.

---

# SIMULATION SCENARIOS OF THE ECONOMIC SITUATION BASED ON FUZZY COGNITIVE MAPS

---

**Zagranovskaya Anna Vasilievna**, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

**Eissner Yuri Nikolaevich**, Cand. Sc. (Econ.), Full Prof.

Saint-Petersburg state University of Economics, Sadovaya st., 21, Saint-Petersburg, Russia, 191023; e-mail: zagranet@rambler.ru

*Purpose:* the authors model the simulation scenarios of the economic situation based on fuzzy cognitive maps. *Discussion:* the authors essence of cognitive modeling and scenario planning, propose the system of principles of the scenarios planning; highlighted different approaches to scenario-building; described the procedure of modeling, based on fuzzy cognitive maps; gave an example of scenario planning based on fuzzy cognitive maps. *Results:* the authors proposed to identify on the basis of the analysis of the internal and external environment of the organization; It will allow to look systematically at the economic situation, to predict future development, to make the right management decisions; the example of scenarios planning using the FCMapper is given.

**Keywords:** cognitive maps, fuzzy cognitive maps, scenarios, systems analysis, modeling, forecasting.

## References

1. Aguilar J. A survey about fuzzy cognitive maps papers. *International Journal of Computational Cognition*, 2005, vol. 3, no. 2, pp. 27-33.
2. Axelrod R. *Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1976.
3. Chrysafiadi K., Virvou M. A knowledge representation approach using fuzzy cognitive maps for better navigation support in an adaptive learning system. SpringerPlus, 2013.
4. Jetter A. and Schweinfurt W. Building scenarios with fuzzy cognitive maps: an exploratory study of solar energy. *Futures*, 2010, vol. 43, no. 1, pp. 52-66.
5. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1986, vol. 24, pp. 65-75.
6. Kosko B. *Neural Networks and Fuzzy Systems*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1992.
7. Kosko B. *Fuzzy Engineering*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997.
8. Kreinovich V., Chrysostomos S. *Why Fuzzy Cognitive Maps Are Efficient*. Departmental Technical Reports (CS), Paper, 929, 2015.
9. Amer M., Jetter A., Daim T. Development of fuzzy cognitive map (FCM)-based scenarios for wind energy. *International Journal of Energy Sector Management*, vol. 5, no. 4, 2011, pp. 564-584.
10. Osoba O., Kosko B. Fuzzy cognitive maps of public support for insurgency and terrorism. *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, no. 14 (1), pp. 17-32.
11. Özsesmi U., Özsesmi S.L. *Ecological Modelling*, 176, 2004, pp. 43-64.
12. Papageorgiou E. *Review study on Fuzzy Cognitive Maps and their applications during the last decade*.

Paper presented at the IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Taipei, Taiwan, 2011.

13. Porter A.L., Roper A.T., Mason T.W., Rossini F.A. and Banks J. *Forecasting and Management of Technology*, Wiley, New York, NY, 1991.

14. Stach W., Kurgan L., Pedrycz W., Reformat M. *Genetic learning of fuzzy cognitive maps*. *Fuzzy Set Syst* 153:371-401, 2005.

15. Matysina M.S. *Sistemnii analiz*

[System analysis]. Saint Petersburg, Izd-vo Spbguef, 2007. (In Russ.)

16. Saaty T. *Prinyatie reshenii pri zavisimostyah I obratnih svyazyah: Analiticheskie seti* [Decision-making with dependence and feedbacks: Analytical networks]. Moscow, Publishing house LKI, 2008. (In Russ.)

17. Saaty T. *Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarhii* [Decision-Making. Analytic hierarchy process]. Moscow, Radio and communication, 1993. (In Russ.)