

**Какатунова Т. В.**

*доктор экономических наук, доцент,  
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»», филиал (г. Смоленск)*

**Жужгина И. А.**

*кандидат экономических наук, доцент,  
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»», филиал (г. Смоленск)*

## **Модели для системного анализа региональных инновационных процессов**

*Определены особенности моделирования региональных инновационных процессов. Предложена трехуровневая когнитивная модель региональной инновационной системы Смоленской области, отличающаяся использованием нового вида нечеткой когнитивной карты.*

*Ключевые слова: региональные инновационные процессы, когнитивная модель.*

## **Model for systems analysis of regional innovation**

*The features of modeling regional innovation processes. Proposed a three-level cognitive model of regional innovation system Smolensk region, characterized by the use of a new kind of fuzzy cognitive map.*

*Keywords: regional innovation processes, cognitive model.*

Эффективность управления инновационной деятельностью в регионе определяется реализацией стратегического подхода к разработке инновационных программ и конкретных мероприятий, направленных на развитие основных элементов региональной инновационной среды, а также установлением четких взаимосвязей с целевыми ориентирами программ социально-экономического развития региона. Как показывает практика разработка и реализация как социально-экономических, так и инновационных региональных стратегий развития требует значительных инвестиционных и иных ресурсов. При этом внесение существенных изменений на этапе реализации указанных стратегий и программ представляется достаточно затруднительным. В связи с этим возникает потребность в выборе и применении инструмента моделирования инновационной деятельности в регионе, в качестве которого можно рассмотреть

---

---

многоуровневые когнитивные модели, представляющие собой разновидностью математических моделей для описания сложной системы в виде множества концептов, отображающих ее системные факторы, и выявления причинно-следственных отношений между ними с учетом воздействия на эти факторы или изменения характера отношений. Как представляется, использование данного математического аппарата на основе определения взаимного влияния показателей реализации стратегий социально-экономического развития региона, инновационных стратегий развития региона и стратегий развития региональной инновационной инфраструктуры, позволит в итоге сформировать перечень конкретных мероприятий, характеризующихся необходимой силой воздействия на целевые показатели инновационного развития региона и, соответственно, показатели эффективности инновационной и социально-экономической стратегий развития региона <sup>1</sup>.

Анализ показывает, что результативность применения существующих методов построения когнитивных карт в качестве моделей слабо сложных систем определяется возможностями наглядного представления изучаемой системы и моделирования в условиях отсутствия статистической информации о состояниях системы. Важнейшим направлением развития методов когнитивного моделирования является использование методов нечеткой логики <sup>2</sup>. В соответствии с данным подходом связи между концептами исследуемой системы представляются в виде термов нечетких множеств. Однако существующие процедуры когнитивного моделирования при использовании процедур нечеткой логики не учитывают ряд особенностей инновационной деятельности в регионах. Первая особенность связана с необходимостью определения таких традиционных системных показателей, как консонанс, диссонанс, взаимное влияние и т.д. Вторая особенность вызвана тем, что связи между концептами изменяются во времени, при этом может поменяться не только значение, но и характер влияния. Для учета первой особенности моделирования инновационной деятельности предлагается новая разновидность нечетких когнитивных карт, отличающаяся тем, что отношения влияния между концептами представлены нечеткими множествами; для решения задачи аккумуляции влияния нескольких входных концептов на один выходной концепт, а также для определения опосредованного влияния концеп-

---

<sup>1</sup> Дли М.И., Какатунова Т.В. Нечеткие когнитивные модели региональных инновационных систем // Интеграл. 2011. № 2 (58). С. 16–18.

<sup>2</sup> Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001.

тов друг на друга используется интервальный метод с реализацией операций над интервалами  $\alpha$ -уровней нечетких множеств, представляющих состояния концептов и отношения их влияния друг на друга; системные характеристики нечеткой когнитивной карты определяются на основе транзитивно замкнутой матрицы взаимовлияний, элементы которой представляют нечеткие множества, заданные на областях положительных и отрицательных значений базовых множеств. Для учета второй особенности (изменение во времени связей между концептами) при анализе динамики построенной модели предлагается использовать следующие модифицированные выражения:

$$K_j(t+1) = K_j(t) \oplus \sum_{i=1}^N \text{sign}(\Delta K_i(\Delta t)) \tilde{w}_{ij} \otimes \Delta K_i(\Delta t), \quad (1)$$

$$K_j(t+1) = K_j(t) \oplus \sum_{i=1}^N \tilde{w}_{ij}(\Delta K_i(\Delta t), t) \otimes \Delta K_i(\Delta t), \quad (2)$$

где  $K_i$  и  $K_j$  – значения  $i$ -го и  $j$ -го узлов (концептов) когнитивной карты,  $\tilde{w}_{ij}$  – вес влияния концептов  $K_i$  и  $K_j$  друг на друга;  $t, t+1$  – дискретные моменты времени;  $N$  – число концептов;  $\text{sign}$  – функция знака,  $\oplus$  и  $\otimes$  – операции аддитивной и мультипликативной свертки соответственно.

Выражение (1) используется для описания связей, характер которых изменяется во времени. Выражение (2) учитывает сложные типы связей, величина и характер которых зависит от значений выходного концепта.

Рассмотрим особенности построения и анализа трехуровневой когнитивной модели управления инновационными процессами в региональном промышленном комплексе (РПК) Смоленской области, приведенной на рисунке 1, в виде совокупности трех взаимосвязанных когнитивных карт: карты социально-экономического развития Смоленской области; карты инновационной деятельности в РПК Смоленской области и карты развития инновационной инфраструктуры РПК Смоленской области (концепты  $a_i, e_j, c_i$  соответственно). Список концептов когнитивной модели управления инновационными процессами в РПК Смоленской области был сформирован в результате опроса и согласования мнений группы экспертов, в которую были включены сотрудники профильных подразделений Администрации Смоленской области, а также представители промышленных предприятий и ряда других субъектов инновационной деятельности. Также с применением процедур экспертного опроса были определены отношения влияния между концептами нечеткой когнитивной карты, представленные в виде нечетких множеств.



РПК;  $b_3$  – степень реализации инновационного потенциала РПК;  $b_6$  – уровень конкурентоспособности инноваций РПК;  $b_7$  – занятость на предприятиях, которые осуществляют НИОКР и НИР;  $b_8$  – уровень подготовки инновационных кадров;  $b_9$  – меры бюджетного стимулирования инноваций;  $b_{10}$  – объем заимствованных инноваций; – **концепты карты развития инновационной инфраструктуры РПК Смоленской области**:  $c_1$  – общий объем инвестиций в инновационную инфраструктуру РПК;  $c_2$  – потенциал инновационной инфраструктуры РПК;  $c_3$  – количество идей, доведенных до уровня конкретных инновационных проектов в результате поддержки организаций инновационной инфраструктуры РПК;  $c_4$  – скорость передачи и распространения инноваций в РПК;  $c_5$  – широта охвата этапов инновационного процесса предприятиями инновационной инфраструктуры РПК;  $c_6$  – степень развития механизмов взаимодействия элементов инновационной инфраструктуры РПК при сопровождении и реализации инновационных проектов;  $c_7$  – уровень виртуализации инновационной инфраструктуры;  $c_8$  – рентабельность предприятий инновационной инфраструктуры; –  $\mu, \beta, \eta, \nu, \delta, \varepsilon$  – **стационарные связи между концептами соответствующих карт**;  $\alpha, \lambda, \gamma$  – **изменяющиеся связи между концептами соответствующих карт**).

Учитывая инновационный потенциал региона для Смоленской области в качестве стратегического направления развития инновационной сферы можно рекомендовать ориентацию на подготовку инновационных кадров на основе использования современных информационно-коммуникационных технологий. С учетом указанных стратегических ориентиров можно сформировать перечень целевых концептов когнитивной модели, к которым следует отнести:  $a_2$  – объем ВРП;  $a_3$  – поступление в бюджет;  $a_4$  – уровень занятости;  $b_1$  – объем выпуска наукоемкой продукции предприятиями РПК;  $c_8$  – рентабельность предприятий инновационной инфраструктуры.

Анализ когнитивной модели управления инновационными процессами в РПК Смоленской области, проведенный с помощью информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по формированию и управлению инновационной инфраструктурой региона, и расчет системных показателей (взаимного консонанса, диссонанса, положительного и отрицательного влияния концептов друг на друга и на систему в целом) показывает, что рассматриваемая система в целом не содержит лишних элементов и является сбалансированной, т.е. выбранные инновационные стратегические ориентиры согласованы со стратегией социально-экономического развития региона и обеспечат повышение эффективности инновационной деятельности в регионе. В результате анализа данных, полученных с помощью информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по формированию и управлению инновационной инфраструктурой региона, были определены концепты, оказывающие наибольшее влияние на целевые концепты (таблица 1).

**Влияние концептов на целевые концепты**

Целевые концепты	Концепты, оказывающие наибольшее влияние
$a_2$ – объем ВРП	$b_1$ – объем выпуска наукоемкой продукции предприятиями РПК; $b_5$ – степень реализации инновационного потенциала РПК; $b_8$ – уровень подготовки инновационных кадров;
$a_3$ – поступление в бюджет	$a_7$ – уровень конкурентоспособности регионального продукта; $a_9$ – уровень инновационной активности; $b_3$ – доля инновационной продукции в общем объеме производства; $c_8$ – рентабельность предприятий инновационной инфраструктуры
$a_4$ – уровень занятости	$a_9$ – уровень инновационной активности; $b_8$ – уровень подготовки инновационных кадров; $b_9$ – меры бюджетного стимулирования инноваций; $c_7$ – уровень виртуализации инновационной инфраструктуры
$b_1$ – объем выпуска наукоемкой продукции предприятиями РПК	$a_6$ – затраты на образование; $a_9$ – уровень инновационной активности; $b_5$ – степень реализации инновационного потенциала РПК; $c_3$ – количество идей, доведенных до уровня конкретных инновационных проектов
$c_8$ – рентабельность предприятий инновационной инфраструктуры	$a_6$ – затраты на образование; $b_5$ – степень реализации инновационного потенциала РПК; $b_6$ – уровень конкурентоспособности инноваций РПК; $c_7$ – уровень виртуализации инновационной инфраструктуры

Для того, чтобы повлиять на значение целевых концептов, необходимо, в первую очередь, воздействовать на концепты, оказывающие на них наибольшее влияние.

В связи с этим следует подобрать такое значение концептов, влияющих на целевые концепты (сила влияния формируется путем воздействия на него комплексом мероприятий, сформированных в рамках программы инновационного развития региона), которое обеспечит наибольшее значение соответствующего целевого концепта. Когнитивная карта позволяет анализировать влияние концептов друг на друга при изменении силы воздействия. Поэтому сформировав перечень концептов, влияющих на целевые концепты, и определив мероприятия и их интенсивность для воздействия на данные концепты, можно проанализировать как изменятся значения целевых концептов и в случае необходимости скорректировать набор и характеристики программных мероприятий в инновационной сфере. Это позволит разработать набор мероприятий с необходимой силой воздействия на целевые показатели инновационного развития региона и, соответственно, показатели эффективности программы инновационного развития региона, а также рационально распределить бюджет между всеми мероприятиями программы.