

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Захарова А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Юргинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Юрга, Россия (652055, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26), e-mail: aaz@tpu.ru

В статье обоснована необходимость разработки инструментов контроля выполнения стратегии инновационного развития региона. Сформулированы основные требования к модели интегральной оценки инновационного развития региона: агрегирование многих критериев, имеющих различную размерность, направленность изменений и вес; формализация нечетких понятий для обеспечения эффективной обработки качественной информации; привязка интегрального показателя к целевым ориентирам стратегического развития региона и др. Для решения задачи предлагается использовать нечеткие методы принятия решений, позволяющие моделировать плавное изменение свойств объекта, а также неизвестные функциональные зависимости, выраженные в виде качественных связей. Разработана нечеткая модель, позволяющая получать интегральный показатель инновационного развития региона, как один из инструментов стратегического управления региональной инновационной системой. Приведены примеры расчета интегрального показателя. Разработан программный продукт, реализующий предложенную схему расчета интегральной оценки состояния региональной инновационной системы.

Ключевые слова: регион, инновационное развитие, региональная инновационная система, стратегия, интегральная оценка, нечеткие множества.

## INTEGRATED ASSESSMENT OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE REGION ON THE BASIS OF FUZZY SETS

Zakharova A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yurga Institute of Technology of Tomsk Polytechnic University, Yurga, Russia (652055, Yurga, street Leningradskaya, 26), e-mail: aaz@tpu.ru

In article need of development of instruments of control of performance of strategy of innovative development of the region is proved. The main requirements to model of an integrated assessment of innovative development of the region are formulated: aggregation of many criteria having various dimension, orientation of changes and weight; formalization of fuzzy concepts for ensuring effective processing of qualitative information; binding of an integrated indicator to target reference points of strategic development of the region, etc. For the solution of a task it is offered to use fuzzy methods of the decision-making, allowing to model smooth change of properties of object, and also the unknown functional dependences expressed in the form of quality bonds. The fuzzy model, allowing to receive an integrated indicator of innovative development of the region as one of instruments of strategic management of regional innovative system is developed. Examples of calculation of an integrated indicator are given. The software product which is realizing the offered scheme of calculation of an integrated assessment of a condition of regional innovative system is developed.

Key words: region, innovative development, regional innovative system, strategy, integrated assessment, fuzzy sets.

### Введение

Социально-экономическое развитие региона в современных условиях неразрывно связывается с уровнем его инновационного развития. Ведь именно инновации могут и должны являться основным источником доходов государства и региона в условиях «экономики знаний». В связи с этим вопросы формирования и развития региональной инновационной системы (РИС) важны для органов государственного и регионального управления [7]. Актуальной задачей является разработка методов стратегического планирования инновационного развития региона; разработка моделей развития

инновационной инфраструктуры региона, оценки и прогнозирования результатов инновационной политики, отличительной особенностью которых является обеспечение согласованности и координации действий всех субъектов инновационной деятельности [4].

В [3] обозначены основные проблемы методологического обеспечения процессов стратегического планирования инновационного развития регионов. На основании анализа существующих методологий стратегического планирования автором сделан вывод о том, что наименее проработанными с точки зрения моделей принятия решений являются этапы стратегического анализа и контроля выполнения стратегии инновационного развития региона. В связи с этим возникает проблема создания моделей принятия решений о стратегическом развитии, т.е. моделей, позволяющих интерпретировать и анализировать имеющуюся информацию о состоянии внешней и внутренней среды региона, устанавливать взаимосвязи между факторами развития, контролировать продвижение региона к стратегическим ориентирам развития и т.п. В данной статье рассматривается задача создания инструмента контроля выполнения стратегии инновационного развития региона.

### **1. Интегральный показатель инновационного развития региона: теоретическая модель**

Проблемами разработки интегральных показателей инновационного развития регионов (стран) занимались многие зарубежные и российские ученые. Можно выделить следующие подходы к моделированию региональных инновационных систем [1; 6; 8]:

- модели, основанные на использовании одного или группы критериальных показателей;
- модели, основанные на концепции баланса;
- модели, основанные на ранжировании регионов по комплексу показателей, составлении рейтингов регионов.

При разработке модели были сформулированы следующие основные требования к модели интегральной оценки инновационного развития региона:

- агрегирование многих критериев, имеющих различную размерность и направленность изменений;
- возможность определения промежуточных обобщенных показателей по группам показателей;
- универсальная форма агрегации критериев, т.е. должна быть возможность использования модели интегральной оценки для разных регионов;
- учет весов критериев, т.е. их важности в интегральной оценке;
- формализация нечетких понятий для обеспечения эффективной обработки качественной информации наравне с четкими количественными данными [4];
- привязка интегрального показателя к целевым ориентирам стратегического развития

региона;

– возможность включения интегральной модели оценки инновационного развития региона в систему моделей, обеспечивающих основные этапы стратегического управления инновационным развитием региона.

Для решения задачи предлагается использовать нечеткие методы принятия решений, позволяющие моделировать плавное изменение свойств объекта, а также неизвестные функциональные зависимости, выраженные в виде качественных связей. Предлагается следующая базовая модель для расчета интегрального показателя инновационного развития региона, аналогичная представленной в [5].

Каждый целевой показатель стратегического развития (критерий интегральной оценки) можно рассматривать как нечеткую переменную  $(\alpha_i, X, C(\alpha_i))$ , где  $\alpha_i$  – наименование нечеткой переменной;  $X = \{x\}$  – область ее определения (базовое множество);

$C(\alpha_i) = \{\mu_{C\alpha_i}(x) / x\}, (x \in X)$  – нечеткое подмножество множества  $X$ , описывающее ограничения на возможные значения переменной  $\alpha_i$ .

Экспертным путем строятся функции принадлежности критериев. По сути, функции принадлежности критериев будут отражать степень соответствия фактического значения критерия запланированному.

Оценка критерия на определенный момент времени задается как степень принадлежности  $\mu_{C\alpha_i}(x)$  фактического значения критерия нечеткому множеству  $C(\alpha_i)$ .

Свертка критериев осуществляется на основе операции пересечения нечетких множеств.

Если имеется  $n$  критериев  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ , то интегральная оценка  $IS$  определяется по формуле (1). Операция пересечения нечетких множеств соответствует операции  $\min$ , выполняемой над их функциями принадлежности (2).

$$IS = C(\alpha_1) \cap C(\alpha_2) \cap \dots \cap C(\alpha_n). \quad (1)$$

$$\mu_{IS} = \min_{i=1,n} \mu_{C\alpha_i}(x). \quad (2)$$

Чем больше значение функции принадлежности  $\mu_{IS}$ , тем выше значение интегрального показателя, тем ближе развитие РИС к состоянию, определенному целевыми ориентирами развития.

В случае если критерии имеют различную важность, каждому из них приписывается число  $w_i \geq 0$  (чем важнее критерий, тем больше  $w_i$ ). Тогда интегральная оценка определяется по формуле (3), а функция принадлежности  $\mu_{IS}$  определяется по формуле (4).

$$IS = C^{w_1}(\alpha_1) \cap C^{w_2}(\alpha_2) \cap \dots \cap C^{w_n}(\alpha_n); \quad w_i \geq 0, i = \overline{1, n}; \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1, n} w_i = 1. \quad (3)$$

$$\mu_{IS} = \min_{i=1, n} \mu^{w_i}_{C\alpha_i}(x). \quad (4)$$

Для выполнения требования существования возможности определения промежуточных обобщенных показателей по группам показателей стратегического развития предлагается использовать двухуровневую модель интегральной оценки инновационного развития региона. На первом уровне предложенная модель применяется для каждой из выделенных подгрупп показателей. На втором уровне в качестве критериев оценки используются полученные на первом уровне обобщенные показатели групп, при этом каждой группе также присваивается определенный вес  $w_j$ .

## 2. Пример использования модели интегральной оценки

Для демонстрации расчетов выберем для оценки две группы показателей и по два показателя в каждой группе показателей (представлены в таблице 1). Воспользуемся системой показателей, предложенной для создания индекса инновационности регионов по методологии Центра стратегических разработок «Северо-Запад» [7]. Рассчитанные значения интегральных показателей по годам представлены в таблице 2.

Таблица 1. Данные для расчета интегрального показателя

Целевые показатели инновационного развития региона	Веса групп, показателей	Значения показателей по годам		Расчетные значений функций принадлежности	
		2011	2012	2011	2012
<b>Группа 1.</b> «Передача и применение знаний»	0,6				
Показатель 1.1. Количество выданных патентов, шт.	0,8	328	396	0,29	0,71
Показатель 1.2. Затраты на технологические инновации, млн руб.	1,2	242	283	0,28	0,68
<b>Группа 2.</b> «Вывод инновационной продукции на рынок»	1,4				
Показатель 2.1. «Объем отгруженной инновационной продукции», доля в общем объеме	1,3	0,075	0,11	0,31	0,46
Показатель 2.2. «Число использованных передовых технологий», шт.	0,7	16	23	0,38	0,56

Таблица 2. Расчетные значения интегрального показателя инновационного развития региона

Интегральный показатель	Значения показателей по годам	
	2011	2012
<b>Группа 1. «Передача и применение знаний»</b>	0,217	0,630
<b>Группа 2. «Вывод инновационной продукции на рынок»</b>	0,218	0,364
<b>Общий интегральный показатель</b>	0,119	0,243

Интерпретация значений показателя говорит о том, что инновационное развитие региона улучшилось с точки зрения сформулированных стратегических целевых критериев. Причем как по группам показателей, так и в целом по всем группам показателей.

### **3. Программное обеспечение модуля «Интегральная оценка состояния региональной инновационной системы»**

Для автоматизации расчетов интегральной оценки был разработан модуль для информационной системы стратегического планирования региональной инновационной системы [2]. Среда разработки Delphi 7.0.

Представим последовательность этапов расчета интегральной оценки состояния РИС в модели, предложенной в разделе 1, в виде схемы (рис. 1). Модуль «Интегральная оценка РИС» реализует последовательно представленные на рис. 1 этапы. Имеется возможность работы с несколькими проектами.

#### **Заключение**

Предлагаемая модель интегральной оценки инновационного развития региона позволяет отслеживать изменение экономической ситуации, проводить сравнение интегральных оценок по годам развития, а также осуществлять мониторинг эффективности реализации стратегии инновационного развития региона.

Предлагаемая модель интегральной оценки инновационного развития региона может использоваться в двух направлениях обоснования решений об инновационном развитии региона:

- как простой измеритель инновационного развития региона;
- как инструмент стратегического управления региональным инновационным развитием, позволяющий контролировать достижение планируемого (оптимального) состояния развития региональной инновационной системы.

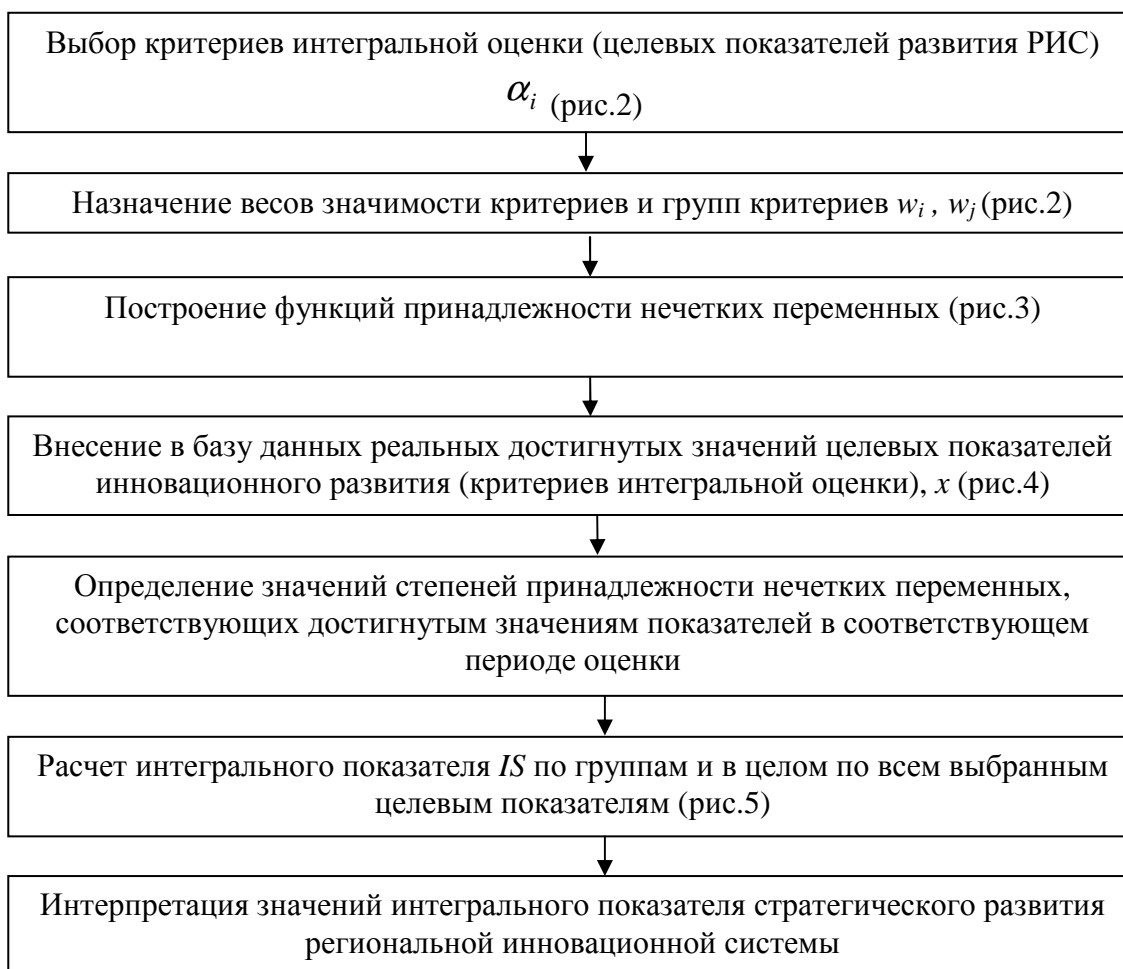


Рисунок 1 – Схема расчета интегральной оценки состояния РИС в модуле «Интегральная оценка состояния РИС»

Название показателя	Группа	Ед. изм.	Вес группы	Вес в группе
Кол-во выданных патентов	Передача и применение знаний	шт.	0,6	0,8
Затраты на технологические инновации	Передача и применение знаний	млн.руб.	0,6	1,2
Объем отгруженной иннова-ой продукции	Вывод инновационной продукции на рынок	доля	1,4	1,3
Число исп. передовых технологии	Вывод инновационной продукции на рынок	шт.	1,4	0,7

Рисунок 2 – Окно проекта с внесенными критериями интегральной оценки

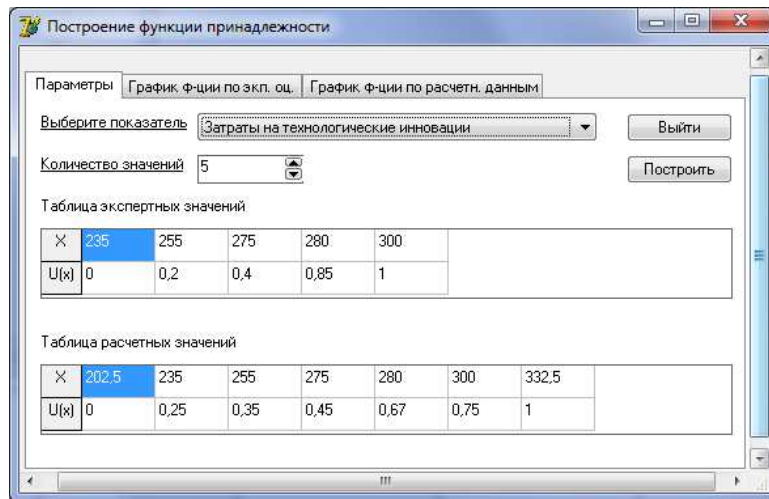


Рисунок 3 – Окно «Построение функций принадлежности»

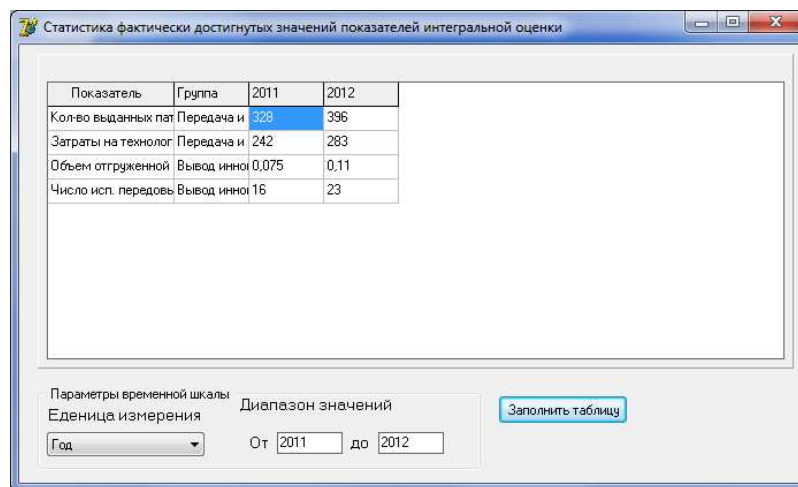


Рисунок 4 – Окно «Статистика»

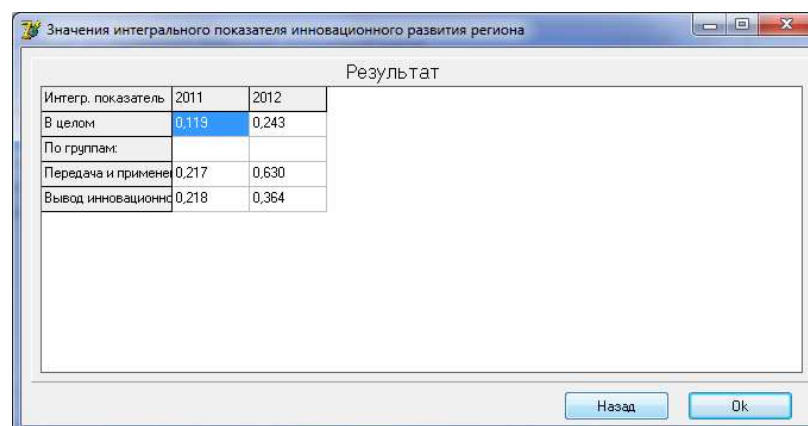


Рисунок 5 – Окно «Значения интегрального показателя инновационного развития региона»

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта «Разработка информационной системы стратегического планирования региональной инновационной системы», проект 09-02-00372 в/и.*

### Список литературы

1. Бияков О.А. Экономическое пространство региона: процессный подход. – Кемерово : Кузбассвуиздат, 2004.
2. Захарова А.А., Ожогов Е.В., Сахаров С.В. Система поддержки принятия решений о стратегии инновационного развития региона // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2011. – № 10 (88). – С. 30-34.
3. Захарова А.А. Проблемы методологического обеспечения стратегического планирования инновационного развития региона // Региональная экономика: теория и практика. – 2011. – № 16. – С. 11-16.
4. Захарова А.А. Некоторые аспекты разработки информационной системы поддержки принятия стратегических решений об инновационном развитии региона // Современные наукоемкие технологии. - 2007. – № 9. – С. 17-19.
5. Захарова А.А., Мицель А.А. Модель интегральной оценки стратегического развития города // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2005. – № 3. - С. 11-15.
6. Максимов Ю., Митяков С., Митякова О. Инновационное развитие экономической системы: обобщенный показатель // Инновации. – № 5. – 2006. – С. 47-49.
7. Национальная инновационная система и государственная инновационная политика Российской Федерации // Базовый доклад к обзору ОЭСР национальной инновационной системы Российской Федерации. – М. : Министерство образования и науки Российской Федерации, 2009.
8. Hollanders, Hugo and Adriana van Cruysen. Rethinking the European Innovation Scoreboard: A revised methodology for 2008-2010 // Output paper for the workshop on Improving the European Innovation Scoreboard methodology. – Brussels, 2008.

**Рецензенты:**

Мицель Артур Александрович, д.т.н., профессор, профессор кафедры АСУ Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, г. Томск.

Сапожков Сергей Борисович, д.т.н., заведующий кафедрой МИГ Юргинского технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск.