

## Методология анализа и управления инновационными системами

© 2011 А.Э. Заенчковский

Филиал Московского энергетического института, г. Смоленск

E-mail: z\_art82@mail.ru

Автором предлагается нестандартный способ анализа управления инновационными системами. Для этого используется методология нечеткого логического вывода.

*Ключевые слова:* инновации, управление, нечеткая логика.

Современная инновационная система, будь то венчурный проект, предприятие, выпускающее наукоемкую продукцию, или научно-производственный комплекс региона, представляет собой совокупность из большого числа управляемых подсистем и объектов хозяйствования, связанных значительным количеством сложноструктурированных горизонтальных и вертикальных иерархических связей с параметрически неопределенным влиянием различных частей системы как друг на друга, так и на систему в целом. Результатом этого является невозможность количественного описания некоторых взаимосвязей участников инновационного процесса в рамках отдельно выбранной системы. Кроме того, при этом следует учесть типичную для продуцирования интеллектуального капитала интенсивную динамику взаимосвязей и наличие у хозяйствующих субъектов коммерческих интересов, заставляющую противоречить друг другу.

Информация, необходимая для принятия обоснованных решений по управлению кластером на стратегическом уровне, по мнению автора, в силу значительных размеров, неоднородности инновационных кластеров, а также особенностей производственно-инновационного процесса имеет следующие качественные особенности: неточную интерпретацию источников и способов передачи информации; разнородность и слабую релевантность информации, полученную не на основе объективных измерений; неформализуемый, зачастую вербальный вид информационных сообщений. Указанные особенности препятствуют применению традиционных методов управления экономическими системами, таких как бюджетирование, управление издержками, трендовый анализ и т.п.

В силу сказанного актуальным становится применение методов управления инновационными структурами, основанных на теории нечетких множеств, которая способствует более полному и всеобъемлющему отображению неопределенностей и неточностей управляемых социально-экономических систем, что будет способствовать скорейшей акцепции и реализации уп-

равляющих воздействий в экономическом инновационном пространстве. Как правило, целесообразно интегрировать нечеткие алгоритмы в состав информационно-аналитической системы поддержки принятия решений. Предлагаемый автором пример архитектуры такой системы представлен на рис. 1.

Сначала клиент системы выбирает один из допустимых типов системы, определяющий механизм нечеткого логического вывода. Также интерфейсно определяется тип функций принадлежности, импликации, агрегации. Затем клиент задает входные и выходные переменные и их функции принадлежности, при этом для большей гибкости целесообразно предоставить возможность задания типов функций с использованием параметров задаваемых функций, число и смысл которых зависит от конкретного типа функции принадлежности. Затем пользователь выбирает конкретный вид функций импликации, агрегирования, функций "and", "or" и функции дефазификации. То есть можно определить, что функция "and" определяется не как функция минимума (как обычно принято определять данную функцию<sup>1</sup>), а, например, как функция максимума, произведения и т.п.

На основании всей введенной ранее информации, характеризующей параметры исследуемого объекта, задается совокупность нечетких предикатных правил вида:

$P_1$ : если  $x$  есть  $A_1$  и  $y$  есть  $B_1$ , тогда  $z$  есть  $C_1$ ,

$P_2$ : если  $x$  есть  $A_2$  и  $y$  есть  $B_2$ , тогда  $z$  есть  $C_2$ ,

.....

$P_n$ : если  $x$  есть  $A_n$  и  $y$  есть  $B_n$ , тогда  $z$  есть  $C_n$ ,

где  $x$  и  $y$  - имена входных переменных;

$z$  - имя переменной вывода;

$A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$  - некоторые заданные функции принадлежности, определяемые экспертом или группой экспертов.

Общий логический вывод осуществляется за следующие четыре этапа, в рамках известных процедур<sup>2</sup>: приведение к нечеткости (фазификация), логический вывод и композиция и приведение к четкости (дефазификация).

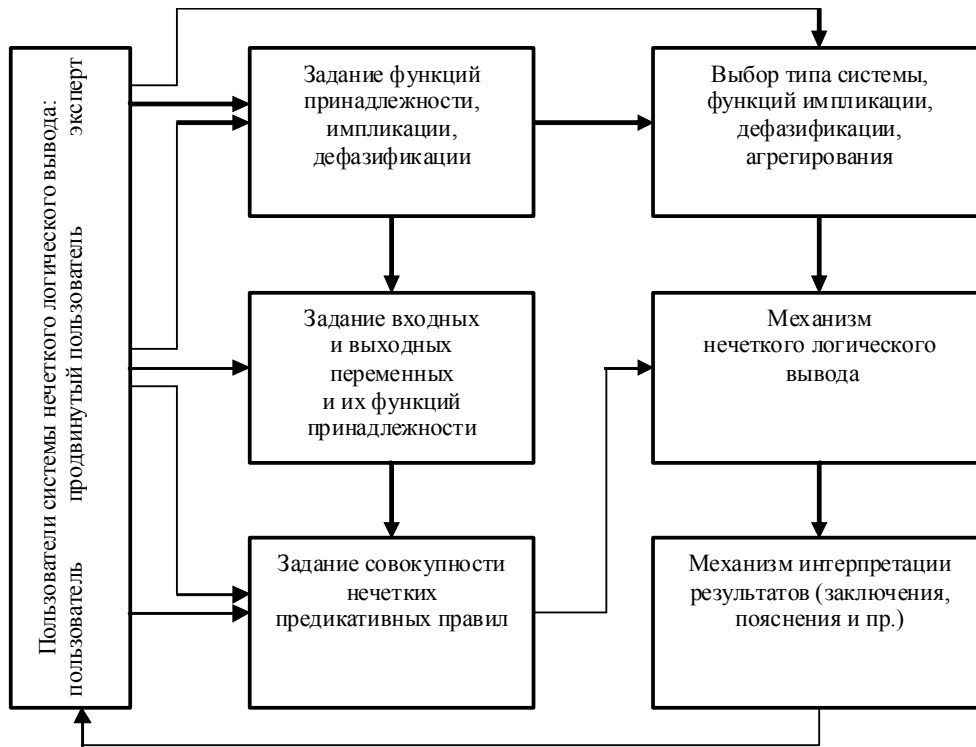


Рис. 1. Структура системы нечеткого логического вывода

Предполагается, что входные переменные, характеризующие некие инновационные параметры исследуемого объекта, приняли некоторые конкретные (четкие) значения. Данные значения могут быть получены в ходе технико-экономичес-

кого анализа деятельности объекта. Процедура получения логического вывода в данном случае иллюстрируется рис. 2 на примере двух продукционных правил с использованием в качестве алгоритма нечеткого вывода алгоритма Tsukamoto<sup>3</sup>.

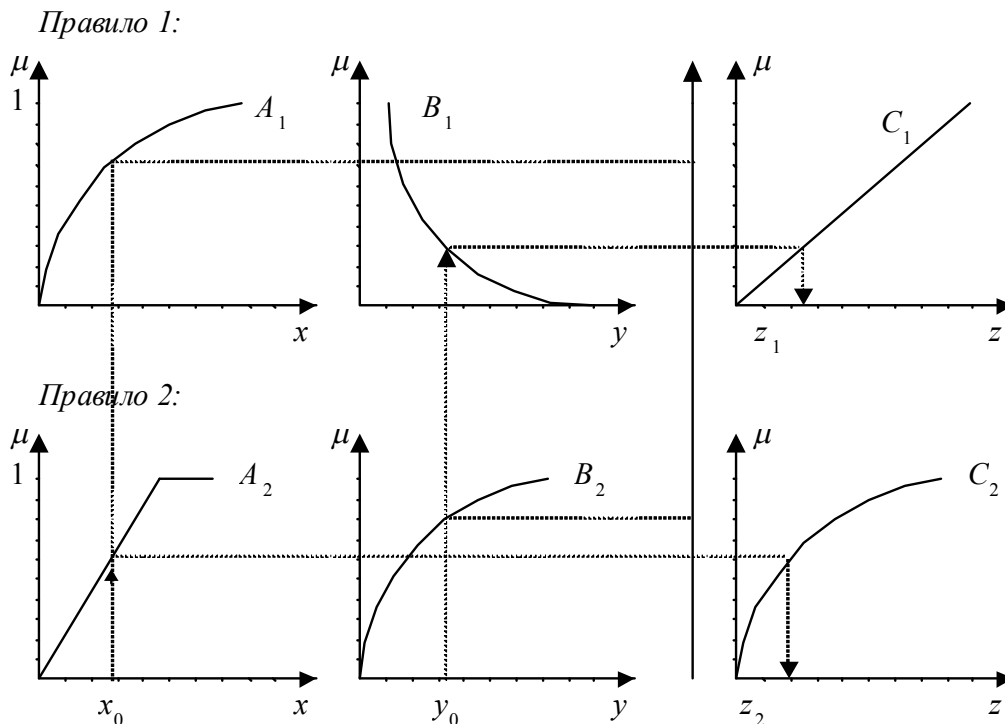


Рис. 2. Иллюстрация к процедуре логического вывода, используемого для свертки информации о двух параметрах инновационного процесса

1. Нечеткость (фазификация): находятся степени истинности для предпосылок каждого правила:  $A_1(x_0), A_2(x_0), B_1(y_0), B_2(y_0)$ .

2. Сначала находятся уровни “отсечения”  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  для предпосылок каждого из правил (с использованием операции minimum):

$$\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0),$$

$$\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0),$$

где через “ $\wedge$ ” обозначена операция логического минимума (min), а затем - посредством решения уравнений:  $\alpha_1 = C_1(z_1), \alpha_2 = C_2(z_2)$  - четкие значения ( $z_1$  и  $z_2$ ) для каждого из исходных правил.

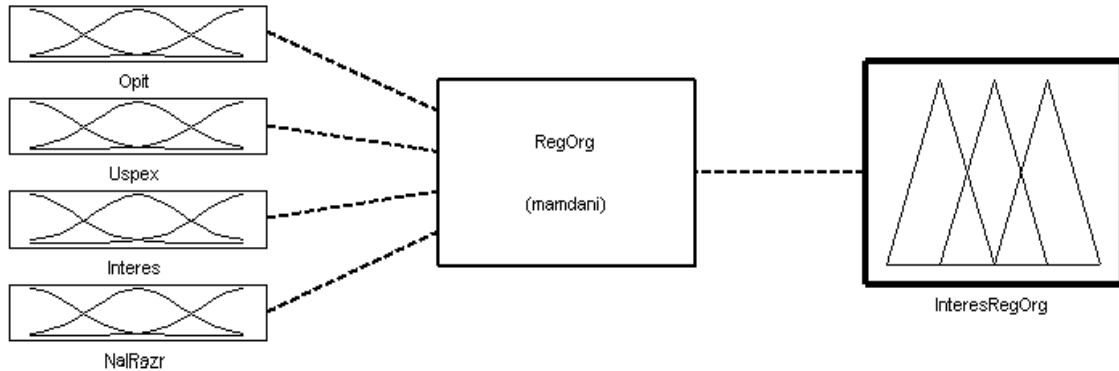


Рис. 3. Функции принадлежности переменной InteresRegOrg

3. Определяется четкое значение переменной вывода (как взвешенное среднее  $z_1$  и  $z_2$ ):

$$z_0 = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}{\alpha_1 + \alpha_2}.$$

При задании входной информации нужно предусмотреть задание как входной четкой информации (в виде числа), так и нечеткой (в виде функции принадлежности входной переменной).

Рассмотренный выше пример системы нечеткого оценивания способен решать задачи анализа информации, характеризующиеся нечеткостью и противоречивостью исходных данных, сложностью формализации алгоритмов решения задачи логического вывода, а также для извлечения знаний из данных на основе методов нечеткого логического вывода.

Программное обеспечение информационно-аналитической системы поддержки принятия решений в инновационной сфере возможно с легкостью реализовать на алгоритмических языках программирования высокого уровня, типа Delphi 5.0, C++ и пр. Полученный программный код будет прост в обращении и не потребует от пользователя каких-либо специальных знаний. Также возможно реализовать алгоритм нечеткого вывода с помощью готовых программных средств, например, среды Fuzzy Logic ToolBox математического пакета Matlab версии 6 и выше.

Рассмотрим на конкретном примере особенности разработки алгоритма нечеткого вывода в среде Fuzzy Logic для определения интереса региональных организаций, ориентированных на внедрение инноваций различных типов. Структура рассматриваемого блока нечеткого вывода, применяющего алгоритм вывода Mamdani, показана на рис. 3. Введены следующие обозначения нечетких переменных, а именно входные переменные: Opit - опыт реализации инновационных проектов; Uspex - доля успешно реализованных инновационных проектов; Interes - заинтересован-

ность в реализации инновационных проектов; NalRazr - наличие собственных инновационных разработок; выходные переменные: InteresRegOrg - уровень интереса рассматриваемого субъекта инновационной деятельности в регионе к коммерциализации новшеств.

Значения всех указанных переменных указываются в процентах, деленных на сто, т.е. в долях единицы. Используемые функции принадлежности выходной переменной InteresRegOrg показаны на рис. 4. Для остальных переменных функции аналогичны.

После задания входных и выходных переменных, их функций принадлежности необходимо сформировать набор правил (базу знаний), используя которые система будет осуществлять нечеткий вывод. Количество и вид правил определяет разработчик (эксперт в данной области). Предполагаемый набор сформулированных правил представлен ниже:

1) if (Opit is malo) and (Uspex is malo) and (Interes is malo) and (NalRazr is malo) then (InteresRegOrg is nizky);

2) if (Opit is malo) and (Uspex is malo) and (Interes is bolchoy) and (NalRazr is mnogo) then (InteresRegOrg is visoky);

3) if (Opit is malo) and (Uspex is mnogo) and (Interes is malo) and (NalRazr is malo) then (InteresRegOrg is nizky);

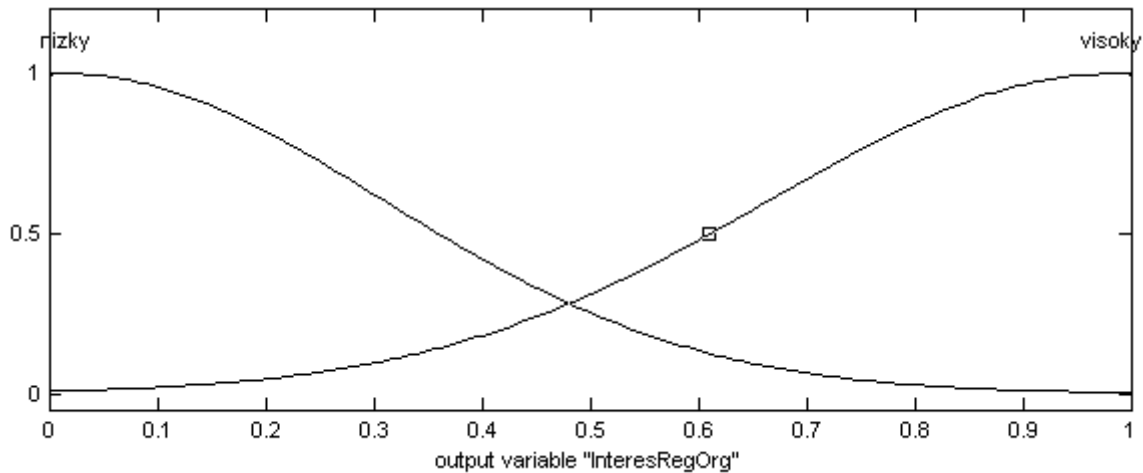


Рис. 4. Вид функций принадлежности переменной InteresRegOrg

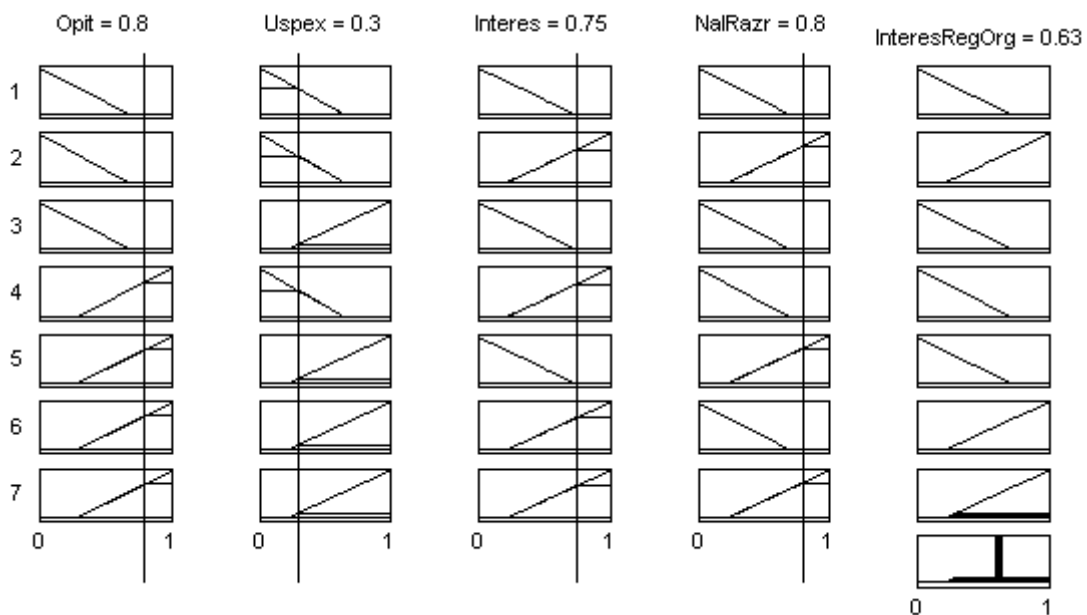


Рис. 5. Результат работы блока нечеткого вывода

4) if (Opit is bolshoy) and (Uspex is malo) and (Interes is bolshoy) and (NalRazr is malo) then (InteresRegOrg is nizky);

5) if (Opit is bolshoy) and (Uspex is mnogo) and (Interes is malo) and (NalRazr is mnogo) then (InteresRegOrg is nizky);

6) if (Opit is bolshoy) and (Uspex is mnogo) and (Interes is bolshoy) and (NalRazr is malo) then (InteresRegOrg is visoky).

Зная назначение переменных, понять смысл указанных правил не должно составить особого труда.

После задания правил блок нечеткого вывода (БНВ) готов к работе. В качестве тестового прогона зададим следующие значения входных переменных: Opit = 0,8 (или 80 %); Uspex = 0,3; Interes = 0,75; NalRazr = 0,8. Результаты работы

БНВ при этом наборе исходных данных показаны на рис. 5.

Из рис. 5 видно, что блок нечеткого вывода позволяет получить четкое значение выходной переменной InteresRegOrg, равное 0,63, что отражает уровень интереса. Данный результат можно интерпретировать как наличие интереса у региональных организаций во внедрении инноваций различных типов с уровнем 63 %. Если в качестве порогового уровня поставить 51 %, то в данном случае можно сказать, что интерес у рассматриваемых организаций “высокий”.

Помимо конечного показателя становится возможным на основе алгоритмов нечеткого вывода получить и иные аналитические параметры, необходимые для анализа инновационных систем. Матрицу указанных параметров можно

использовать для дальнейшего анализа и выработки управленческих решений на различных уровнях управления.

Таким образом, предложенный инструмент управления инновационной структурой позволяет повысить эффективность функционирования объекта управления за счет достижения оптимальности параметров принимаемых управленческих решений в самой системе в аспекте влияния на выходные параметры и параметры, их определяющие.

---

<sup>1</sup> Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта / пер. с польск. И. Рудинского. М., 2010.

<sup>2</sup> См.: Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М., 1995; Siu Nin Lam "Discovering Association Rules in Data Mining"// University of Illinois at Urbana-Champaign:USA. URL: <http://www.raymond-lam.com/cs411.doc>.

<sup>3</sup> Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М., 2000.

*Поступила в редакцию 01.08.2011 г.*