

Управление инвестициями и инновационной деятельностью

УДК 338.24

DOI: 10.14529/em180309

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЧЕТКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

О.М. Шаталова

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

Статья посвящена вопросам развития методологии оценки эффективности инноваций как критерия принятия решений в управлении развитием предприятий в условиях неопределенности и нечеткости информации. Предложен методологический подход к оценке эффективности технологических инноваций (ТИ), основанный на системном понимании содержания эффективности и использовании аппарата теории нечетких множеств; в основе предложенного подхода положен принцип представления показателя целевого результата инновации в форме вектора трех параметров (целевой эффект, стоимость и срок проекта ТИ) и сопоставлении требуемых и ожидаемых значений этих параметров через нечеткий логический вывод. Представлены результаты практического применения разрабатываемого методологического подхода; полученные методами нечетких вычислений результаты оценки эффективности ТИ и их верификации показали достаточный уровень валидности и достоверности. На основе представленных в статье теоретико-методологических и практико-ориентированных результатов исследования поставлены задачи развития предложенного подхода и применяемых в его рамках методов, а также сформулирована область его использования – построение концептуальных имитационных моделей в управлении ТИ на прединвестиционной стадии жизненного цикла.

Ключевые слова: технологические инновации, эффективность, управление, неопределенность, нечеткие вычисления, системный подход, инвестиции, предприятие.

Введение

Природа инноваций априорно задает высокий уровень неопределенности, поскольку уровень новизны предмета инновационной деятельности становится ключевым условием обеспечения конкурентоспособности и развития организации. Используемые методы принятия решений должны соответствовать специфике инновационной деятельности, в том числе такой существенной особенности инновационных процессов, как высокий уровень неопределенности и нечеткости информации об объекте управления и среде его функционирования.

Наличие неопределенности (Н.) в системе управления технологическими инновациями (ТИ) существенно усложняет процесс принятия решений: наряду с детерминированными условиями, которые известны лицу, принимающему решения (ЛПР), с требуемой точностью, хорошо контролируемы и прогнозируемы, большую роль играют факторы, о значении и поведении которых в реальном процессе исследователь осведомлен не полностью. Повышение уровня управляемости инновационными процессами возможно при условии обеспеченности ЛПР адекватным методиче-

ским инструментарием, в том числе инструментарием оценки эффективности инноваций, как критерия принятия решений о выборе вариантов инновационных стратегий, активных средств ее реализации и т.д. на различных стадиях жизненного цикла инновации.

Основные теоретико-методологические предпосылки исследования эффективности с позиций неопределенности

Формы неопределенности, существенные в управлении инновациями

Функционирование любых организационных систем связано с высоким уровнем Н. В классификации видов Н. выделяют две основные группы [1]: 1) Н., обусловленная случайными переменными; 2) Н., обусловленная переменными нестохастической природы. В исследовании случайных переменных широко используются теории вероятности и математической статистики. Методы исследования неопределенных переменных нестохастической природы зависят от вида Н.; в этой связи в работе выделяют следующие виды нестохастической Н. [2]: 1) *поведенческая Н.* (обусловлена наличием целенаправленного противодействия со стороны конкурирующей системы), 2) *при-*

родная H . (связана с недостаточной изученностью либо невозможности такого изучения явлений, сопровождающих процесс функционирования системы), 3) *целевая H* . (состоящая в нечетком представлении цели операции, приводящем к неоднозначной трактовке соответствия реального (либо ожидаемого) результата требуемому); 4) *неопределенность выбора* (или неопределенность действий ЛПР), связанная с иррациональностью в принятии решений.

По нашему мнению, в управлении ТИ значительный методологический и практический интерес представляет проблема исследования и учета целевой и природной H . В этой связи видится необходимым соответствующее развитие методического аппарата оценки эффективности инноваций, направленное на интеграцию *детерминированных, стохастических и экспертных знаний* об объекте управления и среде его функционирования; такое развитие методологии, по нашему мнению, возможно в концепции системного подхода к исследованию эффективности и применением положений теории нечетких множеств.

Основные предпосылки системного исследования эффективности в управлении инновациями

Категория «эффективность» в рамках системного подхода трактуется как «наиболее общее, определяющее свойство любой целенаправленной деятельности, которое с гносеологической точки зрения раскрывается через категорию цели и объективно выражается степенью достижения цели с учетом затрат ресурсов и времени» [2]. Т. е. с позиций системного подхода эффективность определяется как мера соответствия между ожидаемым (получаемым) целевым результатом и результатом, который обеспечивает требуемые свойства системы. В соответствии с данным пониманием, для измерения эффективности предложен подход:

$$W(u) = \rho(Y(u), Y_{\text{тр}}). \quad (1)$$

где $W(u)$ – показатель эффективности операции (проекта) при определенной стратегии u («стратегия» при этом понимается как системная категория); – функция соответствия реального результата операции требуемому; $Y_{\text{тр}}$ – требуемый результат операции, обеспечивающий необходимые качества системы (устойчивость, развитие, организацию, самоорганизацию и др.); $Y(u)$ – реальный (либо ожидаемый) результат операции, получаемый при реализации стратегии u ; Y – результат операции, определяемый исходя из совокупности трех параметров – целевой эффект (q), стоимость (C), сроки (T).

Таким образом, в реализации системного подхода к исследованию эффективности инноваций

высокое методологическое значение приобретает вопрос о форме представления Y и вида функции соответствия. Показатель целевого результата (Y) в рассматриваемой работе предложено представлять либо как скалярный показатель через «сверстку» составляющих его параметров в заданной функциональной форме, либо в виде m -мерного вектора, включающего в себя три соответствующих группы компонент ($m = m_1 + m_2 + m_3$):

$$Y^{<m>} = \langle q^{<m_1>}, C^{<m_2>}, T^{<m_3>} \rangle, \quad (2)$$

В случае представления Y в форме скалярного показателя оценка эффективности состоит в сопоставлении $Y(u)$ и $Y_{\text{тр}}$ через обычное задание функции соответствия:

$$\rho(y, y_{\text{тр}}) = \begin{cases} 1, & \text{если } y(u) \geq \hat{y}^{\text{тр}}; \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (3)$$

(если целью операции выступает достижение требуемого результата)

Т. е. оцениваемое решение (u) признается эффективным, если $Y(u) > Y_{\text{тр}}$ и наоборот.

В случае представления Y в векторной форме вопрос о выборе функции соответствия требует своей проработки с учетом условий нечеткости информации и неопределенности условий реализации инновационных процессов.

О форме представления целевого результата (Y) в системном исследовании эффективности инноваций

В экономических исследованиях, в целом, и в исследованиях экономической эффективности, в частности, целевой результат представляют в форме скалярного показателя; при этом обеспечивается однозначное суждение о результате исследуемого процесса или явления. Задача исследователя состоит в выявлении значимых факторов и установлении характера связи между ними: а) в случае явных связей – через факторную детерминированную модель; б) в случае неявных связей, имеющих вероятностный характер – через стохастическую зависимость между факторами; в) также возможно решение данной задачи методами квалитрии, методами парных сравнений (путем установления вектора приоритетов) и др.

В оценке эффективности инноваций находит широкое применение практика использования показателей инвестиционного анализа в концепции DCF-моделей, а также в концепции теории производственных функций. В табл. 1 приведены некоторые примеры показателей, которые рассматривают в качестве целевых результатов инновационной деятельности.

Содержание оценки эффективности инноваций при скалярной форме Y можно представить следующей схемой (рис. 1).

Таблица 1

Примеры представления Y в скалярной форме

| Показатели | Модели расчетных формул |
|--|---|
| Чистый дисконтированный доход | $NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{CI_t}{(1+i)^t}$ |
| Индекс доходности инвестиций | $PI = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} / \sum_{t=1}^n \frac{CI_t}{(1+i)^t}$ |
| Динамическая производственная функция от результирующих факторов | $Y = f(x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))$ |
| Степенная производственная функция от результирующих факторов | $Y = \alpha_0 q^{\alpha_1} C^{\alpha_2} T^{\alpha_3}$ |

Следует отметить некоторые «препятствия» к представлению Y в форме скалярного показателя при оценке эффективности инноваций с позиций нестохастической Н.: а) «сверстка» параметров эффективности (q, C, T) допустима и целесообразна, если существует определенное представление о характере связи между ними либо характер связи может быть достоверно задан вероятностной стохастической моделью; при этом могут отсутствовать достаточные ретроспективные данные о поведении системы и состоянии среды; б) в оценке эффективности ТИ может потребоваться нестоимостное измерение целевого эффекта (q) либо представление q в лингвистическом описании; в) может потребоваться учет ограничений и предпочтений ЛППР в разрезе параметров целевого результата Y (например, предпочтительность достижения целевого эффекта в короткий срок либо, наоборот, приоритет экономичности и т. д.); г) ограничения по параметрам целевого результата Y могут быть заданы нечетко – в виде «информационных гранул» (в интервальных оценках и лингвистических критериях) [3, 4]; д) и другие.

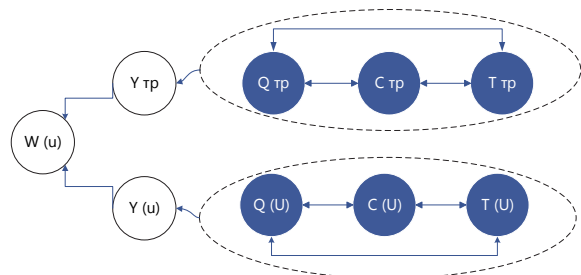


Рис. 1. Схема оценки W при отображении Y в скалярной форме

Преодоление указанных сложностей оценки эффективности инноваций (т. е. сложностей при скалярном представлении целевого результата Y) возможно, по нашему мнению, путем задания Y в векторной форме. Содержание оценки эффективности W по векторному показателю целевого результата Y схематично отображено на рис. 2.

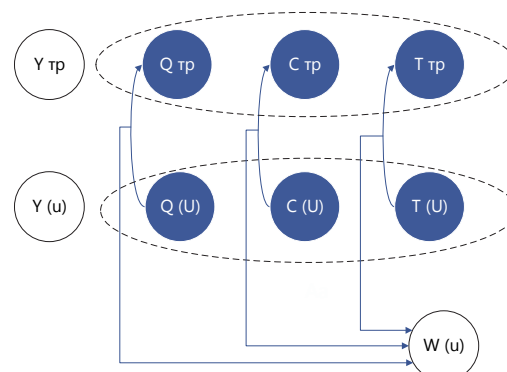


Рис. 2. Схема оценки W при векторном представлении целевого результата Y

Оценка W на основе Y, представляемого в векторной форме, имеет, по нашему мнению, следующие преимущества в сравнении со скалярной формой Y:

- требуемые значения могут быть заданы в интервальной форме (это условие представляется существенным поскольку, как правило, невозможно задать ожидания ЛППР в четком виде), и, таким образом, оценка эффективности сводится к выявлению тех вариантов, по которым значения ключевых параметров наилучшим образом соответствуют границам допустимых значений по $q_{тр}$, $C_{тр}$, $T_{тр}$;

- сопоставление требуемых и ожидаемых значений параметров Y между собой дает возможность оценивать q не только в стоимостном выражении, q может быть представлен, например, как определенная технико-экономическая характеристика нового изделия либо как дополнительный объем выпуска, либо как условная величина и т. п.; кроме того, появляется возможность задания каждого из параметров Y в лингвистическом описании [5];

- использование Y в векторной форме при оценке W, как критерия принятия управленческих решений, может способствовать повышению оперативности получения информации о системе, так как дает возможность элиминированной оценки

Управление инвестициями и инновационной деятельностью

последствий воздействия на каждый фактор эффективности с учетом их взаимосвязей (например, возможно удорожание работ в обеспечение оперативности, но оценка значимости последствий для управляемого процесса на основе показателя W в скалярной форме достаточно трудоемка и сопряжена с целым рядом иных допущений, которые снижают точность и достоверность оценки);

- возможность расширенного представления каждого из параметров Y позволяет раскрыть содержание и движущие силы процесса управления ТИ и, тем самым, снизить N . принятия решений и сформировать информационные предпосылки к обоснованному выбору анализируемых альтернатив;

- становится возможным учет предпочтений ЛПР (через задание базы правил в нечетком логическом выводе комплексного показателя W), например, могут быть установлены приоритеты по экономичности либо срочности, либо результативности оцениваемой ТИ;

- возможность практического применения комплексного методического аппарата создает предпосылки к интеграции детерминированных, стохастических и экспертных знаний о системе.

Как следует из схемы (см. рис. 2), при векторном представлении целевого результата Y задачи оценки W становятся:

- 1) определение содержания и порядка оценивания каждого из параметров целевого результата (Y), т. е. q, C, T ;

- 2) формирование и реализация приемлемой функции соответствия (ρ), обеспечивающей, с одной стороны, соотнесение требуемого и ожидаемого значений по каждому из параметров и формирование на этой основе комплексного измерителя W .

О функции соответствия (ρ) в оценке эффективности инноваций с позиций нестохастической N .

При оценке эффективности W по векторному показателю целевого результата Y функция соответствия ρ , по мнению автора, может быть реализована через нечеткий логический вывод. В этом случае отождествляются категории «функция соответствия» и «эффективность» в следующем смысле: «полное соответствие» между параметра-

ми $Y(u)$ и Y_{tr} можно трактовать как «высокую эффективность» и наоборот.

Общая схема модели нечеткого логического вывода $W(u)$ представлена на рис. 3.

Преимущества применения нечетких вычислений в решении управленческих задач, решаемых как в технических, так и в организационных системах, достаточно подробно описаны в целом ряде работ. В том числе сложились разработки в решении задач управления инвестициями (в частности, разработки в данной области направлены на сопоставление показателей инвестиционного анализа с предпочтениями и ограничениями ЛПР [6]), риск-менеджмента (в том числе в управлении финансово-экономическими рисками на основе сопоставления ожидаемых экономических результатов с пределом допустимых значений, производственными рисками), логистического менеджмента [7], управления инновациями (например, путем сопоставления инвестиционных характеристики инновационного проекта с допустимыми значениями [8]) и др. Использование методического аппарата теории нечетких множеств представляется тем более обоснованным в оценке эффективности инноваций, если учитывать априорно присутствующую инновационным процессам N . нестохастического характера, в том числе, природную и целевую.

Для реализации функции соответствия ρ через нечеткий логический вывод комплексного показателя эффективности (далее – НЛВ W) требуется ряд специальных задач, в т. ч. следующих: а) выявление предпочтений и задание базы правил (далее – БП) НЛВ W , б) выявление ограничений и формирование диапазона допустимых значений для q, C, T , в) установление критериев W , г) определение вида функции принадлежности, д) установление условий (т. е. метода и критериев) дефаззификации W , т. е. процесса перехода от результирующей функции принадлежности W нечетким терм-множествам к четкому (числовому) значению W . Порядок и результаты решения этих задач определяются постановкой задачи системного исследования эффективности.

О некоторых результатах практического использования нечетких вычислений в оценке эффективности инноваций

Рассматриваемый методический подход, основанный на векторном представлении Y и реали-



Рис. 3. Структурная схема модели нечеткого логического вывода W

зации функции соответствия через НЛВ W , был использован при разработке ТЭО по проекту организации производства изделий металлического проката на основе переработки лома черных металлов. В ходе разработки ТЭО потребовалась оценка ряда альтернатив, в том числе были исследованы два альтернативных варианта технологии переработки.

Использование методического подхода оказалось возможным после проработки ряда принципиально значимых аспектов организации данного технологического бизнеса:

- сформулирована цель бизнеса – создание на основе ТИ долговременных предпосылок к обеспечению рыночной устойчивости бизнеса за счет достаточных объемов производства и продаж и ценовой конкурентоспособности на рынке товара (рынок характеризуется стабильным спросом, значимостью ценового фактора, высокой емкостью);

- задан целевой приоритет: в отношении трех ключевых параметров Y (т. е. q , C , T) с использованием метода анализа иерархий (МАИ) были измерены предпочтения инициатора проекта и установлен приоритет параметра q [9];

- определены объекты выбора: в качестве объектов выбора выступали две инновационные стратегии, различающиеся по технологии производства (способу переработки сырья), масштабам деятельности, объемам вложений, условиям использования интеллектуальной собственности, лежащей в основе инновации, и др.;

- руб.; б) по срокам инвестиционного цикла инновации (Тжци) – не менее пяти лет; в) по критериям отдачи на капитал – определены, исходя из значений C , Тжци, приемлемой ставки дисконтирования (20 %) и приемлемой нормы рентабельности инвестиционного капитала (30 %), оценочные значения чистого дисконтированного дохода (ЧДД) в пределах от 45 до 450 млн руб.;

- в принятии решения о выборе приемлемого варианта ЛПП руководствовался критерием – потенциально возможный объем производства (упрощено в таком качестве был использован показатель «производственная мощность» (ПМ)); границы возможных значений данного параметра были заданы исходя из результатов маркетингового исследования и с ориентацией на целевого потребителя; для формирования прогнозных значений были использованы оценочные результаты ОКТР.

По каждой стратегии были сформированы экономические прогнозы и рассчитаны показатели инвестиционной привлекательности по широко применяемой методике инвестиционного анализа и планирования [10] (табл. 2).

Формализация показателей экономической эффективности (по вариантам стратегий) в виде типового набора показателей инвестиционного анализа свидетельствует о более высоких оценках по стратегии 1, т. е. данная стратегия, как следует из формализованных оценок, обеспечивает более высокую доходность инвестируемого капитала и короткий срок его окупаемости.

Таблица 2

Основные экономические характеристики и результаты оценки показателей инвестиционного анализа по вариантам стратегий

| Показатели | Стратегия 1 | Стратегия 2 |
|--|-------------|-------------|
| Срок жизненного цикла инновации, лет | 6 | 11 |
| Объем ПМ, тыс. т | 15 | 55 |
| Объем единовременных вложений (в основной и оборотный капитал), млн руб. | 161 | 1422 |
| Период освоения капитальных вложений, лет | 1 | 1 |
| Чистый доход, млн руб. | 208 | 3399 |
| Чистый дисконтированный доход, млн руб. | 59 | 443 |
| Срок окупаемости инвестиций, лет | 4 | 7 |
| Индекс доходности инвестиций (с учетом дисконтирования) | 1,36 | 1,31 |
| Внутренняя норма доходности | 35 % | 28 % |

- формализованы основные технико-технологические параметры по каждой инновационной стратегии – состав оборудования, площадь производственный помещений, такт выпуска, нормы затрат на труд, материалы, энергию, режимы рабочего времени; и составлены необходимые технико-экономические расчеты, основанные на предварительных оценочных результатах ОКТР по каждой альтернативе;

- сформулированы ограничения: а) по объему инвестиционных ресурсов – от 150 до 1500 млн

Вместе с тем, при рассмотрении данных факторов отмечается некоторая неопределенность притяжения решений, поскольку по данному набору показателей сложно оценить привлекательность стратегий для ЛПП с позиций целевого приоритета – q (как видно из таблицы, предпочтительной по критериям отдачи на инвестиции явилась стратегия с относительно невысоким q , как по уровню ЧДД, так и по уровню ПМ).

В этой связи была дополнительно проведена оценка эффективности в модели НВЛ W .

Управление инвестициями и инновационной деятельностью

Данная оценка представлена следующими этапами.

1. Составлена база правил НЛВ W:

если $C=S$ и $T=S$, и $q=S$, то $W=S$
 если $C=L$ и $T=L$, и $q=L$, то $W=M$
 если $C=S$ и $T=S$, и $q=L$, то $W=M$
 если $C=L$ и $T=S$, и $q=L$, то $W=S$
 если $C=S$ и $T=L$, и $q=L$, то $W=L$
 если $C=L$ и $T=L$, и $q=S$, то $W=S$
 если $C=S$ и $T=L$, и $q=S$, то $W=S$
 если $C=L$ и $T=S$, и $q=S$, то $W=S$

(при построении базы правил была проведена оценка предпочтений ЛПР с использованием МАИ).

2. Установлены критерии эффективности (для этого были задействованы результаты, полученные по МАИ, в т. ч. о предпочтениях ЛПР) и их количественные оценки (табл. 3).

3. Задан вид функций принадлежности – прямолинейная – и условия дефазсификации выходного параметра W (при установлении данного условия были использованы результаты экспертных оценок).

В соответствии с заданными свойствами модели НЛВ W была проведена оценка комплексного показателя эффективности (табл. 4). При этом нужно отметить, что для обеспечения условия монотонности критерия по предпочтению оценка производилась не по исходным значениям параметров, а по их отклонениям от левой границы ограничений.

По результатам оценки эффективности в модели НЛВ W можно заключить следующее: 1) результаты каждой альтернативы соответствуют заданным ограничениям по параметрам эффективности; 2) при том, что стратегия 1 обеспечивает более высокие показатели инвестиционной привлекательности, реализованная в модели НЛВ W оценка соответствия результатов стратегий предпочтениям ЛПР показала более высокую привлекательность стратегии 2.

В целях уточнения результатов оценки W была проведена их верификация; отсутствие ретроспективных данных, которые можно было бы экстраполировать на будущее поведение формируемой организационной производственной системы,

Таблица 3

Критерии эффективности (W)

| | |
|-------------|--|
| S [0; 30] | Условия и результаты проекта соответствуют допустимым ограничениям (нижним пределам) |
| | Основной недостаток стратегии, влияющий на оценку W – низкий целевой результат |
| | Желательна разработка альтернативной стратегии |
| M [31; 50] | Значение целевого результата (q) соответствует наилучшим ожиданиям ЛПР, однако его достижимость связана с высокой ресурсоемкостью |
| L [51; 100] | Условия и результаты проекта соответствуют наилучшим ожиданиям ЛПР; основное преимущество – высокий уровень целевого эффекта; при этом допустимой может считаться стратегия, связанная с высокой потребностью в ресурсах (при их соответствии допустимым ограничениям) |

Таблица 4

Результаты измерения эффективности в модели НЛВ W по вариантам стратегий

| Разделы модели | Параметры расчетов | Результаты расчетов по вариантам | |
|---|-------------------------|----------------------------------|--------------|
| | | 1 | 2 |
| Исходные данные | C | 161 | 1422 |
| | T | 6 | 11 |
| | q | 15 | 55 |
| Относительные результаты | q/C | 93,17 | 38,68 |
| Выполнение правил с оператором И | R1 | 0,75 | 0,06 |
| | R2 | 0,01 | 0,88 |
| | R3 | 0,10 | 0,06 |
| | R4 | 0,01 | 0,13 |
| | R5 | 0,10 | 0,06 |
| | R6 | 0,01 | 0,10 |
| | R7 | 0,25 | 0,06 |
| | R8 | 0,01 | 0,10 |
| Вывод W (выполнение правил с оператором ИЛИ) | W=S (т. е. $\mu_S(y)$) | 0,75 | 0,13 |
| | W=M (т. е. $\mu_M(y)$) | 0,25 | 0,88 |
| | W=L (т. е. $\mu_L(y)$) | 0,10 | 0,06 |
| Комплексный показатель эффективности W | | 20,45 | 46,82 |

определило необходимость применения метода, основанного на экспертных знаниях о системе. В таком качестве был использован метод анализа иерархий, позволяющий систематизировать и упорядочить экспертные оценки. Полученные с использованием МАИ оценки показали высокую согласованность и соответствие результатам НЛВ W; исходя из этого было сделано предположение о достаточной валидности результатов, полученных методом НЛВ W.

Практическое применение метода НЛВ W показало и направления развития разрабатываемого методологического подхода, в т. ч. методов формирования модели НЛВ W: уточнение приемлемого типа функции принадлежности и методов ее построения; формирование комплексного представления о содержании и порядке оценивания значений параметров Y (т. е. q, C, T); уточнение возможностей методического обеспечения задачи формирования БП НЛВ W.

Следует отметить, что нечеткие вычисления в разработке инновационных проектов необходимы в условиях высокой неопределенности. В то же время, по мере развития информационного наполнения системы управления ТИ, нечеткие вычисления могут и должны замещаться более конкретизированными данными. Таким образом, можно заключить, что модель НЛВ W допустима на ранней (прединвестиционной) стадии жизненного цикла инновации при формировании ее концептуального содержания.

Выводы

Принятие решений в управлении инновациями осуществляется, как правило, по критерию эффективности. Учитывая, что зачастую принятие решений в инновационной сфере сталкивается с проблемой неопределенности (в том числе, неопределенности нестохастического характера), оценка эффективности должна проводиться не только на основе формализованных условий (детерминированного характера) экономической отдачи на инвестированный капитал и/или сложившихся в ретроспективе зависимостей (стохастического характера) между изучаемыми параметрами. В решении проблемы неопределенности видится возможным использование методического аппарата теории нечетких множеств.

Измерение эффективности инноваций методом нечеткого логического вывода обеспечивает возможность однозначного суждения об уровне эффективности по каждой альтернативе и возможность интерпретации полученного результата; большую адекватность результата оценки эффективности управленческим предпочтениям и целям ЛПР, а также внешним ограничениям; высокую транспарентность результата измерения и оценки W – возможно оценивать «изолированно» каждый параметр W (нет задачи элиминирования факторов, которая представляется трудновыполнимой в

рамках DCF-модели); возможность учитывать и анализировать предпочтения ЛПР, оформленные в виде БП НЛВ W; уточнять диапазоны ограничений по параметрам эффективности.

Использование методов нечетких множеств в оценке эффективности инноваций обеспечивает ряд неоспоримых преимуществ, в числе основных можно привести следующие возможности: включение в анализ не только количественно измеримых, но и качественных показателей; использование нечетких критериев, измеряемых лингвистическими переменными; «подстройка» нечеткой модели в случае изменений как в самой исследуемой системе, так и в составе старшей системы и/или в среде функционирования системы; моделирование сложных систем без существенных потерь в точности и без значительных ограничений.

В то же время практическое применение методов нечетких множеств требует понимания некоторых недостатков метода: субъективность, присущая выбору функции принадлежности и формированию базы правил нечеткого вывода; потребность в специальном программном обеспечении и специалистах, обладающих соответствующими компетенциями (вовлеченными как на стадии разработки нечеткой модели – в качестве экспертов, так и на стадии практического применения).

В целом, по представленным результатам исследования следует отметить, что предложенная в решении проблемы нестохастической неопределенности в управлении инновациями модель НЛВ W, по существу представляет собой имитационную модель организационной системы управления инновациями и может рассматриваться в качестве инструмента принятия решений в условиях целевой и природной нестохастической неопределенности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 18-010-00942/18).

Литература

1. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 1: Методология. Организация. Терминология (в пер.) / под ред. А. И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
2. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 3: Эффективность технических систем (в пер.) / под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
3. Алтунин, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2000. – 352 с.
4. Тенев, В.А. Моделирование организационно-технических систем методами нечеткой логики / В.А. Тенев, Б.А. Якимович // Интеллектуаль-

ные системы в производстве. – 2007. – № 1. – С. 22–30.

5. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / пер. с англ. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с.

6. Аверкин, А.А. Мягкие вычисления и измерения: монография / А.А. Аверкин, В.Б. Гисин, Е.С. Волкова и др. – М.: Издат. дом «Научная библиотека», 2017. – 414 с.

7. Грейз, Г.М. К вопросу о возможностях трансфера инструментов теории нечетких множеств для информационно-аналитической поддержки логистического менеджмента //

Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. – 2015. – Т. 9, № 1. – С. 170–177.

8. Кальченко, О.А. Оценка эффективности реализации инновационных проектов в условиях неопределенности информации // Инновации. – 2014. – № 3. – С. 101–105.

9. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

10. Виленский, П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – М.: Дело, 2004. – 888 с.

Шаталова Ольга Михайловна, к.э.н., доцент, кафедра «Управление социально-экономическими системами», Удмуртский государственный университет (г. Ижевск), oshatalova@mail.ru

Поступила в редакцию 6 июля 2018 г.

DOI: 10.14529/em180309

ON THE USE OF FUZZY CALCULATIONS TO SOLVE THE PROBLEM OF UNCERTAINTY IN THE EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AT AN ENTERPRISE

O.M. Shatalova

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

The article is devoted to the development of the methodology for assessing the efficiency of innovations as a criterion for making decisions in the management of enterprise development in the context of uncertainty and unclear information. A methodological approach to assessing the efficiency of technological innovations (TI) is proposed, which is based on a systematic understanding of the efficiency and use of the apparatus of the fuzzy sets theory. The proposed approach is based on the principle of representing the target result of innovation in the form of a vector of three parameters (target effect, cost, and term of a TI project), and comparing the required and expected values of these parameters through a fuzzy logical conclusion. The results of practical application of the developed methodological approach are presented; the results of the evaluation of TI efficiency through the methods of fuzzy calculations and their verification showed sufficient level of validity and reliability. Based on the theoretical-and-methodological and practice-oriented research results presented in the article, the tasks were set on developing the proposed approach and the methods used within its framework, as well as the scope of its use was formulated: construction of conceptual simulation models in management of TI at the pre-investment stage of the life cycle.

Keywords: technological innovations, efficiency, management, uncertainty, fuzzy calculations, system approach, investments, enterprise.

References

1. *Nadezhnost' i ehffektivnost' v tekhnike. Kn.1: Metodologiya. Organizaciya. Terminologiya* [Reliability and efficiency in engineering, Vol. 1: Methodology. Organization. Terminology]. Moscow, Mashinostroenie, 1986. 224 p.
2. *Nadezhnost' i ehffektivnost' v tekhnike. Kn.3: Ehffektivnost' tekhnicheskikh sistem* [Reliability and efficiency in engineering, Vol. 1: The effectiveness of technical systems]. Moscow, Mashinostroenie, 1988. 328 p.
3. Altunin A.E. *Modeli i algoritmy prinyatiya reshenij v nechetkih usloviyah* [Models and algorithms of decision-making in fuzzy conditions]. Tyumen', 2000. 352 p.

4. Tenenev V.A., Yakimovich B.A. Modeling of organizational-technical systems by fuzzy logic methods [Modelirovanie organizacionno-tehnicheskikh sistem metodami nechetkoj logiki]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve* [Intelligent systems in production], 2007, no. 1, pp. 22–30.
5. Pegat A. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie* [Fuzzy modeling and control]. Moscow, BINOM. Knowledge lab, 2013. 798 p.
6. Averkin A.A. *Myagkie vychisleniya i izmereniya* [Fuzzy calculations and measurements]. Moscow, 2017. 414 p.
7. Greyz G.M. To the Question on the Possibilities of Transfer of the Tools of Fuzzy Sets Theory for Information and Analysis Support of Logistics Management. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2015, vol. 9, no. 1, pp. 170–177. (in Russ.)
8. Kal'chenko O.A. Evaluation of the effectiveness of innovative projects in the context of uncertainty of information [Ocenka ehffektivnosti realizacii innovacionnyh proektov v usloviyah neopredelennosti informacii]. *Innovations*, 2014, no. 3, pp. 101–105.
9. Saati T. *Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij* [Making decisions. The method of analyzing hierarchie]. Moscow, 1993. 278 p.
10. Vilenskij P.L., Livshic V.N., Smolyak S.A. *Ocenka ehffektivnosti investicionnyh proektov. Teoriya i praktika*. [Evaluation of the effectiveness of investment projects. Theory and practice]. Moscow, 2004. 888 p.

Olga M. Shatalova, Candidate of Sciences (Economics), Associated Professor, Department of Social and Economic Systems, Udmurt State University (Izhevsk), oshatalova@mail.ru

Received July 6, 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Шаталова, О.М. Об использовании нечетких вычислений в решении проблемы неопределенности при оценке эффективности технологических инноваций на предприятии / О.М. Шаталова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2018. – Т. 12, № 3. – С. 83–91. DOI: 10.14529/em180309

FOR CITATION

Shatalova O.M. On the Use of Fuzzy Calculations to Solve the Problem of Uncertainty in the Evaluation of the Efficiency of Technological Innovations at an Enterprise. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2018, vol. 12, no. 3, pp. 83–91. (in Russ.). DOI: 10.14529/em180309
