

УДК 004.89:65.012.16

А.С. Жиляева, Н.Б. Культин

ЭКСПЕРТИЗА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

A.S. Zhiliaeva, N.B. Kultin

INNOVATION PROJECT ASSESSMENT BASED ON FUZZY LOGIC APPROACH

Рассматривается возможность применения математического аппарата нечеткой логики при проведении экспертизы инновационных проектов. Изложена методика построения правил принятия решений и особенности ее применения при определении эффективности инновационных проектов.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ, МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ, НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА, ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА, ПРАВИЛА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.

This article discusses opportunities of usage of fuzzy logic approach in innovation project assessment. Methods of formulization of rules for decision making process and specificity of its usage for an estimation of projects' efficiency is presented.

INNOVATION PROJECT, METHODS OF INNOVATION PROJECTS' ASESSMENT, FUZZY LOGIC, EXPERT SYSTEM, DECISION-MAKING RULES.

Успешная реализация инновационных проектов является ключевым фактором эффективной коммерческой деятельности и развития компаний. Уникальность решений, закладываемых в инновационный продукт, позволяет усилить конкурентоспособность организации, создать новые или занять существующие ниши рынка. Однако инновационность проекта и отсутствие прямых аналогов существенно усложняет оценку его перспектив. На ранних стадиях развития проекта информация о сроках, необходимых ресурсах, количественных характеристиках будущего продукта, его потребительской ценности носят приблизительный характер [1]. Вместе с тем решение о реализации проекта (или отказе от реализации) целесообразно принимать именно на начальном этапе, так как объем затраченных к этому моменту средств, как правило, незначителен.

На практике решение о реализации проекта принимается на основе анализа показателей эффективности инвестиций (NPV, IRR, PB, PI и др.) [2]. Необходимо понимать, что получен-

ные в результате расчета значения показателей являются прогнозными и отражают только единственный частный случай из множества вариантов развития проекта. Таким образом, задача экспертизы инновационного проекта сопряжена с высоким уровнем технологической и рыночной неопределенности.

Традиционно для принятия решений в условиях неопределенности используют экспертные методы. Данный подход также позволяет учесть влияние проекта на компанию, которое невозможно оценить при помощи показателей эффективности инвестиций. Как правило, при проведении экспертиз оценка каждой альтернативы, сформулированная экспертом, выражается некоторым числом (баллом). Несмотря на то что полученная таким образом оценка, по сути, является отображением значения качественной характеристики, в расчетах эффективности она используется как точное, однозначно определенное число, что понижает достоверность получаемого результата и затрудняет интерпретацию итогового значения.

На практике задачи, связанные с неопределенностью, довольно часто решаются с использованием математического аппарата нечеткой логики [3] и технологий экспертных систем [4]. В приложении к сфере управления проектами применение аппарата нечеткой логики позволит формализовать процесс принятия решений экспертом, получить математически обоснованные результаты экспертизы. Формализация процесса принятия решений позволит разработать инструментарий, облегчающий работу экспертов и лиц, принимающих решения, а также уменьшить влияние человеческого фактора на процесс и результат экспертизы. Примером подобного инструментария может служить экспертная система, способная «самостоятельно» вырабатывать решение на основе заложенных в нее правил и информации о проекте [5].

Попытки создания методики оценки инновационных проектов на основе математического аппарата нечеткой логики предпринимались рядом исследователей [6, 7]. Однако в существующих работах рассматриваются общие вопросы применения нечеткой логики, специфика управления инновационными проектами не учитывается, оценка инновационных проектов используется исключительно как иллюстрация, а выбор критериев оценки, их возможных значений, видов используемых функций принадлежности не обосновывается, набор правил для определения потенциала альтернатив формируется бессистемно. С учетом недостатков существующих подходов предлагается новая методика построения правил экспертных систем [8], которую можно представить как последовательность следующих этапов:

- Определение критериев оценки альтернатив как лингвистических переменных
- Построение иерархической структуры критериев
- Построение интегральных показателей в виде деревьев лингвистических переменных
- Определение зависимостей между критериями
- Определение нечеткой истинности выбранных значений критериев
- Определения условий и заключений, реализующих правила экспертной системы.

В процессе апробации методики были определены правила принятия решений, используемые экспертами при оценивании инновационных проектов, выявлены особенности, присущие экспертизам в данной сфере, а также сформулированы дополнительные рекомендации по построению правил определения будущей эффективности проектов.

Первоочередной задачей, решаемой при подготовке проектных альтернатив к экспертизе, является отбор критериев. Разработка универсального инструментария предполагает выбор показателей, которые можно использовать не только для одиночной экспертизы, где все проекты и их особенности известны, но также для любой другой процедуры оценивания. На основе анализа литературы, документации конкурсов инновационных проектов были отобраны около 50 наиболее часто используемых для оценки проектов показателей, которые были разделены по следующим группам:

- общие показатели проекта (тип инновации, сфера внедрения);
- показатели взаимосвязи проекта с внешними факторами (экологичность, количество создаваемых рабочих мест);
- рыночные показатели (доля рынка, уровень конкуренции на рынке);
- научно-технические показатели (научо-емкость);
- производственные показатели (обеспеченность ресурсами);
- финансовые показатели (*NPV*, *IRR*, *PB* и др.);
- характеристики исполнителя (полнота проектной команды).

Стоит отметить, что значения ряда критериев позволяют только отнести альтернативу к некоторой группе проектов, но не сравнивать ее с другими. Значения подобных классификационных показателей не используются для расчета эффективности напрямую, но определяют группы близких проектов, среди которых должна проводиться оценка значений остальных критериев. Данный подход позволяет избежать прямого сравнения показателей разнородных альтернатив. Так, например, некоторые показатели финансовой эффективности проектов, относящихся к разным сферам внедрения, могут существенно отличаться независимо от степени эффективности каждого про-

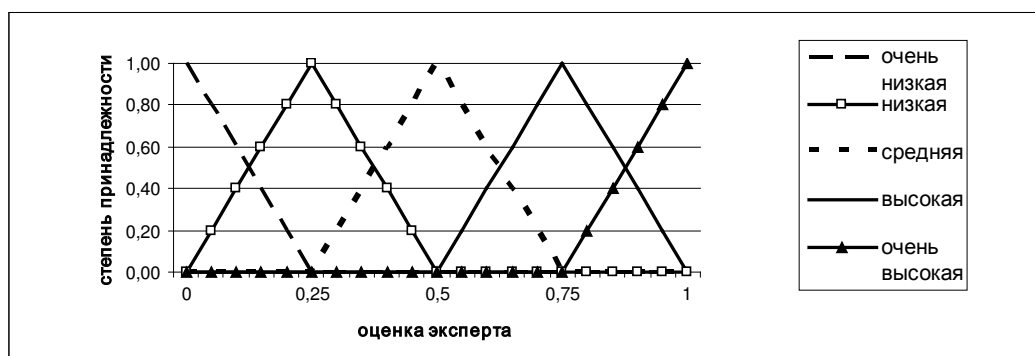


Рис. 1. Графики рекомендуемых функций принадлежности для определения значений качественных критериев

екта в связи с различным объемом финансовых ресурсов в отраслях.

Для использования математических методов нечеткой логики при оценке эффективности проекта критерии были определены в качестве лингвистических переменных. В ходе данной операции для каждого критерия были подобраны лингвистические значения, интуитивно понятные эксперту и естественные для используемого языка. Например, в качестве значений показателя «доля рынка» используются утверждения «большая», «средняя», «малая». Для определения значений ряда критериев возможно использовать не суждения экспертов, получаемые в ходе одиночной экспертизы, а известные о проекте факты и принятые способы их интерпретации. Поэтому важно определить, какие данные о проекте, связанные с критерием, могут помочь в определении его значения. Так, если создаваемый инновационный продукт предполагается выводить на внешний рынок, то значение показателя «географический масштаб нововведения» может считаться «значительным». Были определены модификаторы, позволяющие при необходимости расширить множество значений переменных. В качестве модификаторов предлагается использовать слова «довольно», «очень», «не» и т. д. Для каждой переменной были определены их универсальные множества и базовые переменные. Для исходно количественных показателей универсальное множество представляет собой совокупность возможных численных значений, а базовая переменная

выражается в единицах измерения данной характеристики (например, количество лет, число рабочих мест). Для качественных критериев в качестве универсального множества выбран отрезок $[0,1]$, а в качестве базовой переменной - значение $0,01$. Такой подход позволяет получить своего рода шкалу из ста численных значений, способных отразить соотношение различных оценок в рамках одного критерия.

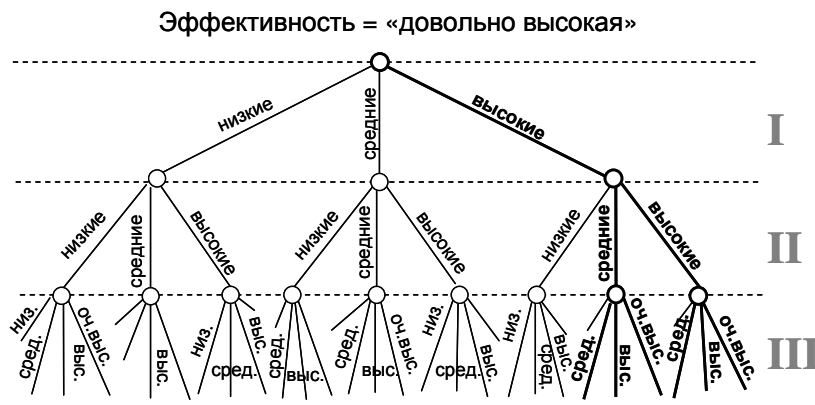
Наиболее сложной задачей, связанной с описанием критериев в терминах нечеткой логики, является определение функций принадлежности. В то время как для качественных критериев можно использовать стандартные «треугольные» функции (рис. 1) [9], функции принадлежности для количественных показателей целесообразно определять на основе статистических или аналитических данных.

По результатам анализа 80 бизнес-планов реальных проектов были предложены статистически значимые функции принадлежности для показателей инвестиционной эффективности. Графики функций принадлежности, полученных для показателя «срок окупаемости проекта», представлены на рис. 2.

Для построения правил принятия решений необходимо определить иерархию критериев. Разбиение показателей на группы применяется для облегчения работы эксперта, позволяя ему на каждой стадии экспертизы концентрироваться только на небольшом числе показателей. Интегральный показатель каждой группы



Рис. 2. Графики функций принадлежности для показателя «срок окупаемости»

Рис. 3. Дерево лингвистической переменной «Эффективность» с построенным на нем правилом
Рыночные (I) и научно-технические (II) показатели;
показатели квалификации исполнителя (III).

критериев является лингвистической переменной, которая может принимать значения «высокий», «низкий», «средний».

Другим способом, позволяющим уменьшить трудоемкость процесса экспертизы, проводимой по большому числу критериев, является визуализация оценок, используемых при построении правил [10]. Для каждого интегрального показателя строится дерево лингвистической переменной, вершиной которого является искомый показатель, уровнями графа – подкритерии интегрального показателя, а ребрами – их возможными значениями. В качестве примера на рис. 3 представлен фрагмент дерева лингвистической переменной «Эффективность».

Необходимо отметить, что критерии проек-

та связаны между собой не только иерархически. Значения одних показателей проекта часто позволяют интерпретировать известные о нем данные и производить более точную оценку по другим критериям. Например, одно и то же численное значение показателя NPV для проектов с разной степенью наукоемкости может интерпретироваться и как «малое», и как «значительное».

Еще одним фактором, который необходимо учитывать при расчете значений интегральных показателей является степень истинности суждения, полученного от эксперта. Степень истинности также может быть представлена как лингвистическая переменная, значение которой определяется на основе данных о компетентности эксперта, степени расхождения экспертных

суждений, полноте, актуальности и достоверности данных о проекте. Степень истинности оценок может оказывать существенное влияние на вес критериев, используемых при расчете эффективности проекта.

Завершающим этапом методики является генерация правил принятия решений на основе данных, полученных на предыдущих стадиях. На этом этапе при помощи функций принадлежности определяются правила интерпретации численных базовых переменных, правила интерпретации фактических данных, принципы определения истинности суждений. Для определения значений интегральных критериев используются построенные деревья лингвистических переменных. При построении правила в вершину графа записывается целевое значение интегрального критерия, затем на каждом уровне дерева отмечаются ветви с оценками, допустимыми для достижения указанного значения интегрального показателя (см. рис. 3).

Представленная методика построения правил позволяет формализовать процесс построения базы знаний, содержащей наиболее полную

информацию об альтернативах и принципах принятия решений. Рассмотренная методика может быть использована при разработке экспертной системы оценки инновационных проектов. Прделанная работа позволяет сделать выводы о необходимости дальнейшего исследования в данной области. Требуют дальнейшего изучения вопросы построения статистически обоснованных функций принадлежности для численных показателей проекта, а также вопросы влияния определенных в методике модификаторов на нечеткие множества, соответствующие значениям показателей и соответствующие им функции принадлежности. Особый интерес для последующих исследований представляет анализ взаимосвязей между критериями, а также механизмы определения истинности полученных суждений. Выявленные закономерности могут позволить в будущем создать самообучающуюся экспертную систему, способную «самостоятельно» определять значения показателей любого уровня на основе статистических и аналитических данных о проектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Туккель И.Л.** Управление инновационными проектами : учеб. пособие для вузов / И.Л. Туккель, А.В. Сурина, Н.Б. Культин. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.
2. **Савчук В.П.** Оценка эффективности инвестиционных проектов: учеб. пособие / В.П. Савчук. – Москва: Перспектива, 2006. – 384 с.
3. **Заде Л.А.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде ; пер. с англ. Н.И. Ринго. – Москва: Мир, 1976. – 167 с.
4. **Культин Н.Б.** Методическое обеспечение процесса экспертизы инновационных проектов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2011. – № 3 (121). – С. 131-134.
5. **Культин Н.Б.** Экспертная система как инструмент поддержки принятия управленческих решений // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2011. - № 3 (121). - С. 139-141.
6. **Низамова А.Ш.** Оценка эффективности инновационных проектов методом нечетких множеств [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами. – 2012. - №40. – Режим доступа: <http://www.uecs.ru/uecs40-402012/item/1241> - 2012 - 04-10-06-36-09 (24.09.2013)

7. **Соколова А.Ю.** Разработка моделей многокритериального выбора альтернатив на основе нечетких множеств второго порядка для решения экономических задач [Электронный ресурс] // Материалы V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». - 2013. – Режим доступа: www.scienceforum.ru/2013/235/3388 (24.09.2013).
8. **Жиляева А.С.** Методика формирования правил экспертной системы на основе математического аппарата нечеткой логики / А.С. Жиляева, Н.Б. Культин // XLI Неделя Науки СПбГПУ : материалы научно-практической конференции с международным участием. – Санкт-Петербург, 2012 – С. 43 – 44.
9. **Шипилина А.И.** Применение теории нечетких множеств при оценке сложных инвестиционных проектов / А.И. Шипилина, А.И. Беспалов // Регион: экономика и социология. – 2010. - № 3. - С. 176 – 189.
10. **Жиляева А.С.** Использование математического аппарата нечеткой логики при оценке инновационных проектов / А.С. Жиляева, Н.Б. Культин // Неделя науки СПбГПУ. Лучшие доклады: материалы научно-практической конференции с международным участием. – Санкт-Петербург, 2013 – С. 75 – 78.



REFERENCES

1. **Tukkel' I.L.** Upravlenie innovatsionnymi proektami : ucheb. posobie dlia vuzov / I.L. Tukkel', A.V. Surina, N.B. Kul'tin. – Sankt-Peterburg: BKhV-Peterburg, 2011. – 416 s. .
2. **Savchuk V.P.** Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov: ucheb. posobie / V.P. Savchuk. – Moskva: Perspektiva, 2006. – 384 s. .
3. **Zadeh L.A.** The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning / L.A. Zade, N.I. Ringo. – Moskva: Mir, 1976. – 167 s.
4. **Kul'tin N.B.** Metodicheskoe obespechenie protsessa ekspertizy innovatsionnykh proektov // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. - 2011. - № 3 (121). - s. 131-134.
5. **Kul'tin N.B.** Ekspertnaia sistema kak instrument podderzhki priniatiia upravlencheskikh reshenii // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. – 2011. - № 3 (121). - s. 139-141.
6. **Nizamova A.Sh.** Otsenka effektivnosti innovatsionnykh proektov metodom nechetkikh mnozhestv [Elektronnyi resurs] // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami. – 2012. - № 40. – Rezhim dostupa: <http://www.uecs.ru/uecs40-402012/item/1241> -2012-04 -10-06-36-09 (24.09.2013).
7. **Sokolova A.Iu.** Razrabotka modeli mnogokriterial'nogo vybora al'ternativ na osnove nechetkikh mnozhestv vtorogo poriadka dlia resheniia ekonomicheskikh zadach [Elektronnyi resurs] // Materialy V Mezhdunarodnoi stude-cheskoi elektronnoi nauchnoi konferentsii «Studencheskii nauchnyi forum». - 2013. – Rezhim dostupa: www.scienceforum.ru/2013/235/3388 (24.09.2013).
8. **Zhiliaeva A.S.** Metodika formirovaniia pravil ekspertnoi sistemy na osnove matematicheskogo apparata nechetkoi logiki / A.S. Zhiliaeva, N.B. Kul'tin // XLI Nedelia Nauki SPbGPU : materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – Sankt-Peterburg, 2012 – s. 43–44.
9. **Shipilina A.I.** Primenenie teorii nechetkikh mnozhestv pri otsenke slozhnykh investitsionnykh proektov / A.I.Shipilina, A.I. Bespalov // Region: ekonomika i sotsiologiya. – 2010. - № 3. - s. 176 – 189.
10. **Zhiliaeva A.S.** Ispol'zovanie matematicheskogo apparata nechetkoi logiki pri otsenke innovatsionnykh proektov / A.S. Zhiliaeva, N.B.Kul'tin // Nedelia nauki SPbGPU. Luchshie doklady: materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – Sankt-Peterburg, 2013 - s. 75-78.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS

ЖИЛЯЕВА Анастасия Сергеевна – аспирант кафедры управления проектами; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; 195251, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: anastasia.zhil@yandex.ru

ZHILIAEVA Anastasiia S. - St. Petersburg State Polytechnical University; 195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: anastasia.zhil@yandex.ru

КУЛЬТИН Никита Борисович – доцент кафедры управления проектами, кандидат технических наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; 195251, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: nkultin@yandex.ru

KULTIN Nikita B. - St. Petersburg State Polytechnical University; 195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: nkultin@yandex.ru