
ЗАМЕТКИ И ПИСЬМА

ГРУППОВАЯ ЭКСПЕРТИЗА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА*

© 2013 г. А.В. Крянев, А.Н. Тихомирова, Е.В. Матросова

(Москва)

В настоящее время растущий интерес у инвесторов вызывают инновационные проекты, направленные на развитие новых технологий и производство ранее не апробированных продуктов. Успешные инновационные проекты являются крайне привлекательными для инвестора, поскольку в большинстве случаев речь идет о новом рынке для товара, на котором нет или почти нет конкурентов.

Однако финансирование инновационных проектов связано с высоким риском, наличие которого естественно для принципиально новых, ранее широко не апробированных продуктов и технологий их производства. Производство того или иного вида товара или услуги требует специализированных знаний и имеет особенности, которые необходимо учитывать для организации успешного бизнеса. Новые проекты вполне справедливо ассоциируются с понятием “неопределенность”, а значит – имеют не только традиционные для инвестиционного бизнеса риски, но и риски, связанные с еще не известными особенностями реализации проектов такого рода.

Несмотря на риски, большое число компаний постоянно выделяет средства на инновационные проекты. Проекты, которые связаны с разработкой новых технологичных продуктов, могут быть привлекательны для инвестора как благодаря возможной высокой прибыльности, так и значению производимой продукции. Развитие новых технологий в таких сферах, как медицина, несет не только коммерческую выгоду, но имеет значительную социальную составляющую. Поскольку реализация таких проектов, как правило, оказывается более длительной по сравнению с обычными инвестиционными проектами, – что связано с большим периодом разработки и апробации технологии, – и требует значительных финансовых вложений, часто инвестором или соинвестором в таких проектах выступает государство.

Основное отличие инновационных технологий от обычных заключается в том, что они не имеют прямых аналогов, анализ которых мог бы дать инвестору необходимую информацию о перспективах проекта. В связи с этим к рассмотрению проектов, по которым принимается решение о финансировании, привлекаются эксперты, в том числе из научной среды. Экспертами, как правило, выступают специалисты из различных отраслей науки и промышленности, которые производят разностороннюю оценку проекта. Одним из начальных звеньев анализа проектной заявки является научно-техническая экспертиза, целью которой – оценить заявленные технические характеристики разрабатываемой в проекте технологии или продукта и их достижимость. Данное звено крайне важно, поскольку успешная техническая реализация нового продукта вносит наиболее существенный вклад в будущий успех. Экспертиза может быть организована практически на любом этапе анализа инновационного проекта, по итогам которой принимается решение об отклонении или передаче проекта на следующий этап. В большинстве случаев в экспертизе принимает участие несколько экспертов, которые в той или иной форме формулируют свое мнение, называемое экспертной оценкой. Задача лица, принимающего решение, проанализировать эти экспертные оценки и принять на их основе соответствующее решение.

В настоящее время применяются различные методы консолидации и отображения мнения нескольких экспертов; их задача – помочь лицу, принимающему решение. Однако после получения индивидуальных оценок экспертов возникает проблема расчета консолидированной оценки

* Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009–2013 гг.

на их основе. В статистике применяются различные формулы для получения средней величины. Средние величины можно разделить на две категории: степенные и структурные. К степенным средним относятся: арифметическая, гармоническая, квадратическая и геометрическая. Структурными средними являются мода и медиана (Елисеева, Юзбашев, 2004, с. 120–140).

Во многих случаях производится расчет объединенной оценки экспертов – как средней арифметической их оценок. Однако существует подход, который предлагает использовать информацию об уровнях возможных ошибок экспертов и учитывать ее при получении сводной оценки группы экспертов. Уточнение среднего значения с использованием дополнительных сведений, заложенных в анализируемой выборке данных, можно выполнить на основе схемы Байеса (Крянев, Лукин, 2006, с. 35). Подход Байеса широко используется как инструмент теории вероятности в различных областях – от экономики (Хабард, 2009, гл. 10; Козловский, 2011) до медицины (Owens, Sox, 1990, part 2). Однако для получения консолидированной оценки, построенной на индивидуальных оценках экспертов, данный подход ранее применен не был. Уточнение сделано на основе гипотезы о том, что с увеличением числа опрашиваемых экспертов математическое ожидание их оценок приближается к истинному значению, которое более достоверно отражает анализируемые свойства проектов. Под истинным значением какого-либо параметра понимается такое значение этого параметра, которое идеальным образом его характеризует в количественном и качественном отношении (Ким, 2010, гл. 2).

В данной работе для получения более достоверной консолидированной оценки предлагается метод, учитывающий “расстояния” оценок экспертов от истинной оценки, на основе которых оценкам экспертов приписываются соответствующие весовые коэффициенты (см. ниже).

Результатами экспертизы могут быть баллы, присвоенные проектам по заранее определенным правилам, а сами оценки экспертов могут быть получены путем проведения, например, парных сравнений.

Таким образом, для n критериев m экспертов имеем $m \times n$ оценок, которые можно представить в виде матрицы:

$$X = \begin{bmatrix} x_1^1 & \dots & x_n^1 \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1^m & \dots & x_n^m \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $x_j^{(i)}$ – вес критерия j , по мнению эксперта i .

Затем производится расчет среднеарифметических значений оценок для каждого критерия:

$$\overline{x_j^{(A)}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_j^{(i)} = \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_1^{(i)}, \dots, \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_n^{(i)} \right) = (\overline{x_1^{(A)}}, \dots, \overline{x_n^{(A)}}), \quad (2)$$

где $\overline{x_j^{(A)}}$ – средняя оценка по критерию j .

Дальнейшее уточнение полученных значений весовых коэффициентов значимости критериев основано на учете разного уровня погрешностей в оценках у различных экспертов, которые будут учитываться при расчете консолидированных оценок. С этой целью следующим шагом предлагаемого метода является дополнительный анализ оценок (1).

Введем случайную величину, равную отклонению значения оцениваемых коэффициентов значимости критериев эксперта i от истинных значений. Важно отметить, что в данном случае в качестве истинного значения весового коэффициента взято среднеарифметическое совокупности экспертных оценок. Данный шаг обусловлен тем, что при оценке перспектив инновационных проектов на стадии научно-технической экспертизы к работе в роли экспертов привлекается большое число высококомпетентных специалистов узкой квалификации, специализирующихся в различных областях применения высоких технологий. В этой связи различия в их суждениях связаны не с неверным оцениванием данным экспертом конкретного критерия по сути, а с формированием мнения каждым экспертом на основе знания своего узкопрофильного сектора предметной области. С учетом этого факта, а также достаточного большого числа экспертов в группе в качестве истинного значения весового коэффициента взято среднеарифметическое значение совокупности экспертных оценок.

Тогда для каждого эксперта имеем оценку дисперсии введенной случайной величины

$$\sigma^{(i)2} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j^{(i)} - x_j^{(A)})^2. \quad (3)$$

Затем подсчитываем сумму обратных значений дисперсий отклонений всех экспертов

$$\sum_{j=1}^m \frac{1}{\sigma^{(i)2}} \quad (4)$$

и весовой коэффициент для оценки каждого эксперта

$$w^{(i)} = \frac{1}{\sigma^{(i)2}} / \sum_{i=1}^m \frac{1}{\sigma^{(i)2}}. \quad (5)$$

Важно отметить, что в данном случае принимается предположение о стохастической независимости оценок экспертов. Данное предположение основано на том, что при проведении научно-технической экспертизы инновационных проектов чаще всего используется метод “жесткой” закрытой индивидуальной экспертизы (Братченко, 2006, гл. 1) без обратной связи. Экспертам не сообщают оценки, выставленные их коллегами (Малин, Мухин, 2004, часть 2, п. 7), что обеспечивает независимость оценок как случайных величин.

После получения весов (5) подсчитываются уточненные оценки значимости критериев – как средневзвешенные оценки с учетом разного уровня погрешностей оценок экспертов

$$\overline{x_j^{(B)}} = \sum_{j=1}^m w_j x_j^{(i)}. \quad (6)$$

При учете корреляций оценок экспертов необходимо, наряду с оценками дисперсий (3), считать оценки ковариаций по формуле

$$\text{cov}^{(i,k)} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j^{(i)} - x_j^{(A)})(x_j^{(k)} - x_j^{(A)}). \quad (7)$$

Расчет веса каждого эксперта затем производится путем подсчета отношения сумм соответствующих строк обратной ковариационной матрицы оценок экспертов к сумме всех элементов этой матрицы. Дальнейшие расчеты проводятся с полученными таким образом весами по формуле (6).

В результате проведенного расчета для каждого критерия j будет найдено $\overline{x_j^{(B)}}$, которое соответствует консолидированной оценке всех экспертов по этому критерию с учетом индивидуальных погрешностей экспертов. Данное среднее значение можно назвать B -средним. Это значение является средневзвешенным значением оценок экспертов с учетом их экспертной компетентности. В данном случае экспертная компетентность подразумевает способность эксперта дать оценку проекту по каждому критерию с определенной степенью приближения к истинному значению.

В качестве примера применения данного метода можно привести расчет консолидированной оценки для проектов с показателями, представленными в таблице.

Таблица. Пример рассчитанных средних типа A и типа B

Критерии	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	$\overline{x_j^{(A)}}$	$\overline{x_j^{(B)}}$
Критерий 1	5	9	9	8	7,75	8,39
Критерий 2	4	4	6	7	5,25	5,56
Критерий 3	5	6	6	6	5,75	5,91

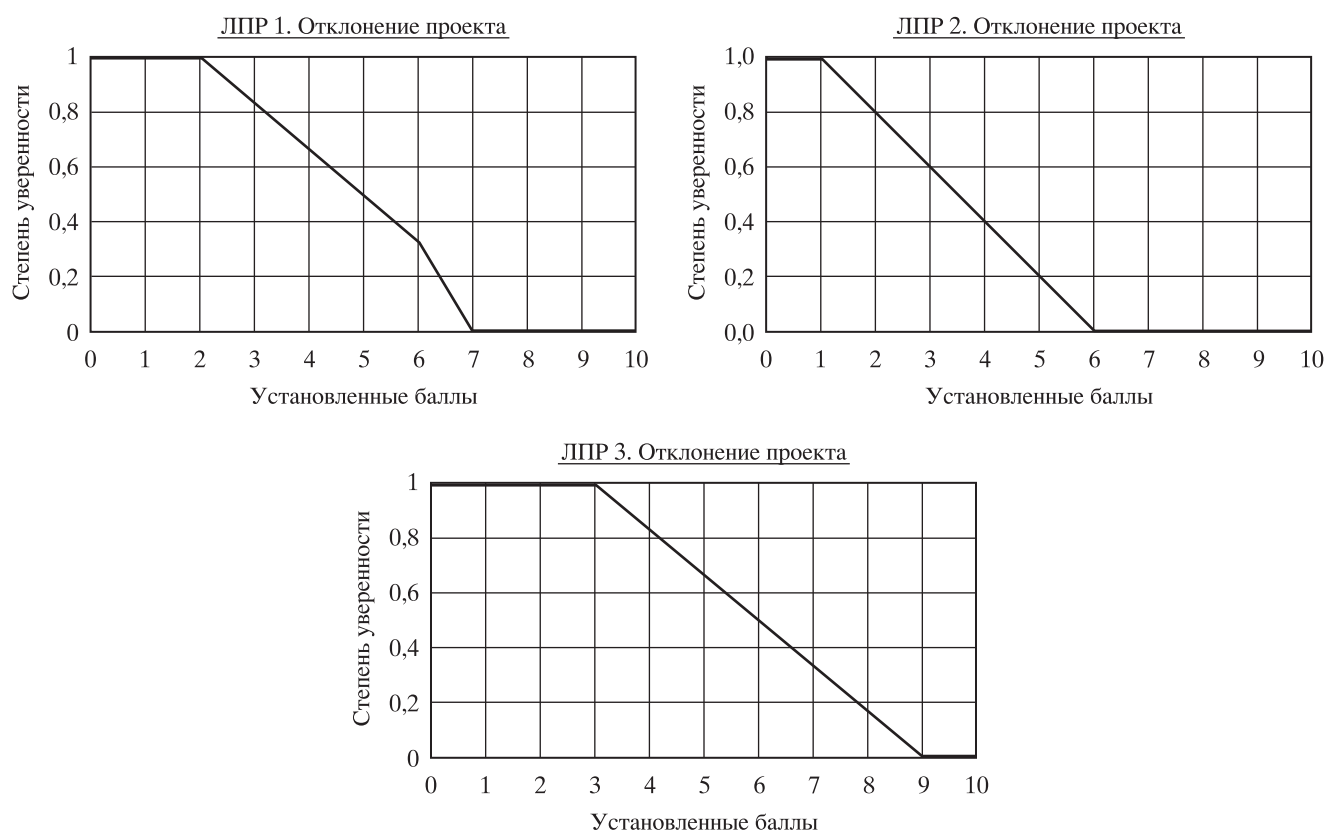


Рис. 1. Функции принадлежности переменной “отклонение проекта” для трех лиц, принимающих решение

Оценки, полученные данным методом, формируются с учетом погрешностей оценок каждого эксперта.

Однако помимо числовых оценок, отображающих мнения экспертов, применяются и иные способы оценивания. Одним из них является отображение оценки эксперта в виде некоторого графика. В частности, такие графики строятся для функций принадлежности при использовании методов нечеткой математики (Тэрано, Асаи, Сугэно и др., 1993, гл. 2). Рассмотрим следующий этап в процедуре принятия решения. Полученные в результате консолидации оценок экспертов балльные оценки проекта по каждому критерию передаются лицу, принимающему решение. Однако необходимо учитывать, что при принятии решения по инновационному проекту зачастую решение принимает не один человек, а некоторая группа лиц, причем каждый участник группы может иметь собственные, отличающиеся оценки. Это проявляется, например, в том, что различная балльная оценка проекта в целом может производить разное впечатление на руководящих лиц. Эти различия связаны с опытом работы конкретного лица, его квалификацией и склонностью к риску. Для отображения таких предпочтений с целью их дальнейшей обработки удобно использовать нечеткие переменные “отклонение проекта” и “принятие проекта”.

Проект по каждому критерию в итоге получает балльную консолидированную оценку от 0 до 10. Рассмотрим первую переменную. Степень уверенности лица, принимающего решение, с которой происходит отклонение проекта при различных баллах, присвоенных проекту, можно указать на графиках, которые будут являться функциями принадлежности переменной “отклонение проекта” на универсуме $U = [1, 10]$. Ниже представлены графики (рис. 1) для трех лиц, участвующих в процессе принятия решения, отображающие степень их уверенности в решении “отклонение проекта” при оценке проекта по десятибалльной шкале.

После того как получены данные графики, отображающие предпочтения лиц, принимающих решение, их необходимо консолидировать для получения единого усредненного графика



Рис. 2. Консолидированная функция принадлежности переменной “отклонение проекта”, среднее типа A



Рис. 3. Консолидированная функция принадлежности переменной “отклонение проекта”, среднее типа B

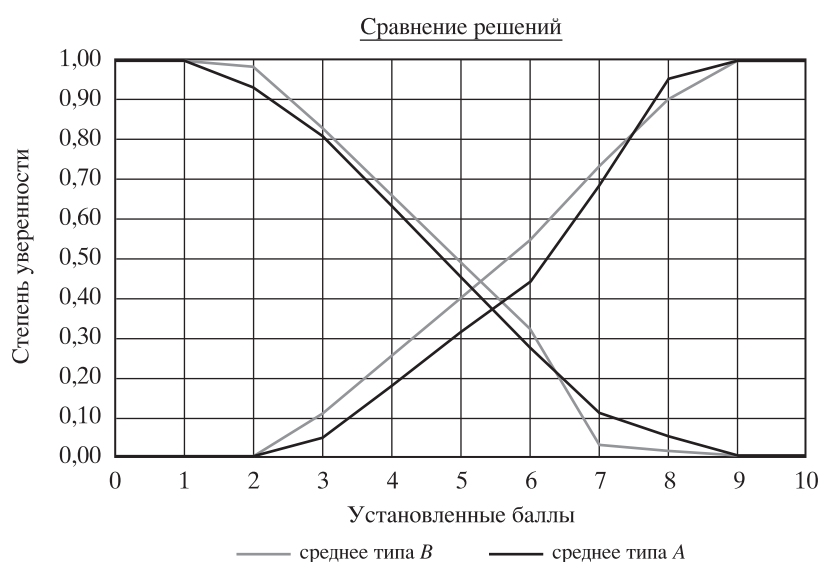


Рис. 4. Сравнение консолидированных функций принадлежности переменных “отклонение проекта” и “принятие проекта”, среднее типа A и среднее типа B

предпочтений руководства. Первоначально консолидированный график можно получить посредством расчета математического ожидания (рис. 2).

С помощью рассматриваемого метода уточнения средней оценки можно получить другую консолидированную оценку, учитывающую дополнительные сведения, заложенные в анализируемой выборке данных (рис. 3).

Аналогично строятся графики для второй переменной “принятие проекта” на универсуме $U = [1, 10]$. Результаты расчета средней типа A и скорректированной средней типа B для двух переменных “принятие проекта” и “отклонение проекта” объединены на графике (рис. 4). Графики заметно отличаются друг от друга. Например, проект с оценкой в 7 баллов, судя по оценке типа A, будет принят с уверенностью 0,68 и отклонен – с уверенностью 0,11; в то время как оценка типа B указывает на степень уверенности 0,73 принять проект и 0,03 – его отклонить.

Необходимо отметить, что представленное взаимное расположение графиков актуально только для конкретного примера. При других индивидуальных функциях принадлежности графики для среднего типа A и среднего типа B могут иметь иное взаимное расположение.

Формирование оценки не только по традиционным формулам, но и с учетом сведений, которые уже содержит анализируемая выборка данных, может повысить надежность и точность

оценивания. При принятии решений, связанных с рисками, необходимо использовать более точные способы оценки и обработки данных, поскольку неверная оценка имеющейся информации может стать причиной финансовых потерь в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Братченко С.Л.** (2006). Экспертиза в социальном мире: от знания к деятельности. М.: Смысл.
- Елисеева И.И., Юзбашев М.М.** (2004). Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика.
- Ким К.К.** (2010). Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие. СПб.: Питер.
- Козловский С.** (2011). Что и как может Байес? [Электронный ресурс] Режим доступа: http://sergeikozlovsky.narod.ru/Bayes_tech.html, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ. (дата обращения: июль 2012).
- Крянев А.В., Лукин Г.В.** (2006). Математические методы обработки неопределенных данных. М.: Физматлит.
- Малин А. С., Мухин В. И.** (2004). Исследование систем управления. М.: Издательский дом ГУ ВШЭ.
- Тэрано Т., Асаи К., Сугэно М. и др.** (1993). Прикладные нечеткие системы. М.: Мир.
- Хабард Д.У.** (2009). Оценка стоимости нематериального в бизнесе. Как измерить все, что угодно. М.: Олимп-Бизнес.
- Owens K. D., Sox H. C. Jr.** (1990). Medical decision making: probabilistic medical reasoning. Edward Shortliffe / Leslie Perreault, Medical Informatics: Computer Applications in Health Care. Sand Hill Road: Addison-Wesley Publishing Company. Chapter 3.

Поступила в редакцию
03.04.2012 г.