

## Вычислительные методы в задачах субъективной оценки эффективности инвестиционных решений

Е.В. Данько<sup>1</sup>, Е.К. Ергалиев<sup>2</sup>, М.Н. Мадияров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

<sup>2</sup>Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова (Усть-Каменогорск, Казахстан)

## Computational Methods in Problems of Subjective Assessment of Investment Decisions Effectiveness

E.V. Danko<sup>1</sup>, Ye.K. Yergaliyev<sup>2</sup>, M.N. Madiyarov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Altai State University (Barnaul, Russia)

<sup>2</sup>Sarsen Amanzholov East Kazakhstan State University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Подвергаются рассмотрению процессы реализации инвестиционных проектов в условиях неопределенности. В разработанной математической модели эффективность проекта оценивается показателем  $NPV$ , значения которого случайны и известны инвестору с точностью до отрезка  $NPV \in [NPV_1; NPV_2]$ . В случае когда отрезок  $[NPV_1; NPV_2]$  включает нулевое значение, возникают риски при принятии решения. В предлагаемой модели используется функция плотности вероятности  $NPV$  проекта в виде кривых Пирсона первого типа. Подробно рассмотрены моменты, которые необходимо учитывать для выбора конкретного вида данной функции.

Основным элементом модели является функция субъективной полезности решения. Также подробно рассматриваются вопросы применения данной функции на практике. Правильно составленный раздел анализа сценариев инвестиционного проекта, который содержится практически в каждом современном бизнес-плане, является основным условием для применения функции субъективной полезности на практике. Использование разработанной модели способствует повышению качества решений по вложению денежных средств в инвестиционные проекты.

**Ключевые слова:** функция субъективной полезности, оценка эффективности решений, оценка результатов инвестиций, анализ сценариев проекта, метод анализа эффективности инвестиций.

DOI 10.14258/izvasu(2020)1-12

**Введение.** Решая многие экономические и социальные задачи, используют методы математики, психологии и других наук. Такой подход интеграции дисциплин позволяет повысить качество принимаемого

The paper describes the implementation of investment projects under conditions of uncertainty. In the developed mathematical model, the effectiveness of an investment project is evaluated by the  $NPV$  index. This index is considered a random variable that can be estimated by an investor to within a segment  $[NPV_1; NPV_2]$ . The main difficulties of the decision-making process arise when the segment  $[NPV_1; NPV_2]$  includes zero value. In the developed model, we use the probability density function of  $NPV$  value in the form of Pearson curves of the first type. This paper discusses in detail some particular moments, which are to be taken into consideration while choosing a specific type of probability density function of  $NPV$ .

The main element of the proposed model is the subjective utility function. Many questions regarding the usage of this function in practice are also extensively reviewed in this article. The main requirement for successful usage of the subjective utility function in real life is a well-calculated chapter of scenario analysis of an investment project. This chapter is present in almost all modern business plans. The practical application of the developed mathematical model improves the quality of decisions concerning the investment of funds into projects.

**Key words:** subjective utility function, evaluation of usefulness of decisions, evaluation of results of investment, scenario analysis of investment project, method analyzing effectiveness of investment.

решения. Одним из ярких примеров задач в данном случае является задача поддержки принятия решений при вложении инвестиций.

В литературе [1–3] отражены некоторые методы формализации влияния индивидуальных особенностей субъекта на процесс принятия решения. При принятии решения о вложении инвестиций основную роль играет оценка ожидаемых результатов инвестиционного проекта. Этап оценки инвестиций является основополагающим элементом для принятия решения о целесообразности вложения средств в данный проект.

Оценка эффективности проекта является заключительной фазой принятия решения о его реализации (отклонении). На этом этапе инвестор оценивает, насколько предполагаемые инвестиции будут соответствовать поставленным целям. Оценка проекта сопровождается его разработку с самого начала и до конца инвестиционного цикла. С финансовой точки зрения вложение экономических ресурсов производится с целью создания и получения чистой прибыли, которая должна превышать общую начальную величину инвестиций. Особую роль при этом играет финансово-экономическая оценка [4], при определении которой рассчитывают следующие основные показатели [5, 6]: чистая текущая стоимость  $NPV$ , индекс прибыльности ( $PI$ ), внутренняя норма рентабельности ( $IRR$ ), дисконтированный срок окупаемости ( $DPP$ ).

Чистый дисконтированный доход  $NPV$  проекта определяется как разность чистого денежного потока от проекта, приведенного к настоящей стоимости, и стоимости всех денежных затрат при реализации проекта.

Чистый дисконтированный доход можно определить по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} + \frac{S_n}{(1+r)^n} - I_0, \quad (1)$$

где  $CF_t$  — чистый поток доходов от проекта за период  $t$ ;  $r$  — норма дисконтирования;  $n$  — число шагов за период реализации проекта;  $S_n$  — остаточная стоимость по окончании периода реализации проекта;  $I_0$  — сумма первоначальных инвестиций.

Очевидным является критерий, что если  $NPV > 0$ , то проект следует принимать к реализации и отклонять в противном случае.

**Особенности использования показателя  $NPV$  при анализе инвестиционных проектов**

Рассмотрим некоторые особенности использования показателя  $NPV$  в предлагаемой математической модели. Значительное влияние на величину чистой текущей стоимости оказывает премия за риск, содержащаяся в коэффициенте дисконтирования. При выполнении практических расчетов многие организации для учета высокого уровня неопределенности некоторых инвестиционных проектов увеличивают ставку дисконтирования. Однако при таком подходе значительная часть инновационных проектов оказывается нереализованной, так как такие проекты неизменно несут высокий уровень неопределенности [7].

Используя показатель  $NPV$  для оценки проектов, следует уделять особое внимание выбору длины временного отрезка, за который вычисляется данный показатель [8, 9].

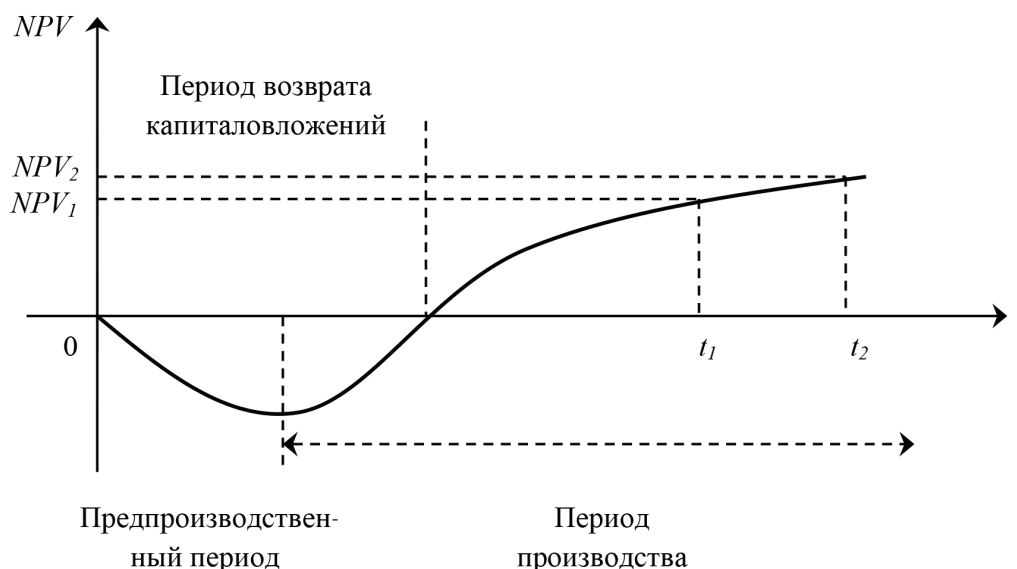


Рис. 1. Зависимость значения  $NPV$  от выбираемого временного отрезка

В соответствии с (1) временной период, за который вычисляется  $NPV$ , оказывает существенное влияние на его значение. На рисунке 1 приведен график,

иллюстрирующий зависимость показателя  $NPV$  от выбираемого временного отрезка.

**Субъективная оценка эффективности инвестиционных решений**

Рассмотрим математическую модель, когда при оценке чистого приведенного дохода инвестиционного проекта определены показатели  $NPV_1$  (чистый приведенный доход по пессимистическому сценарию реализации проекта) и  $NPV_2$  (чистый приведенный доход по оптимистическому сценарию). Наибольший интерес представляет случай, когда  $NPV_1 < 0$  и  $NPV_2 > 0$ , разберем его подробнее.

В работах [10, 11] предложена функция для оценки субъективной ожидаемой полезности решений о принятии (отклонении) конкретного инвестиционного проекта в данном случае. В предлагаемой математической модели используются кривые Пирсона первого типа в качестве функций плот-

ности вероятности  $p(NPV)$ , определяемые выражением:

$$p(NPV) = k \left(1 - \frac{NPV}{a}\right)^{m_1} \left(1 - \frac{NPV}{b}\right)^{m_2}, \quad (2)$$

где  $a \leq x \leq b$ ;  $m_1 \geq 0$ ;  $m_2 \geq 0$ .

При указанных условиях функция  $p(NPV)$  плотности вероятности является конечной.

Для применения предлагаемой модели на практике необходимо разработать процедуру помощи в выборе типа функции  $p(NPV)$  в зависимости от характеристик конкретного проекта.

Рассмотрим несколько возможных вариантов кривых Пирсона, которые используются в данной математической модели. На рисунке 2 приведено несколько случаев графиков функции  $p(NPV)$ .

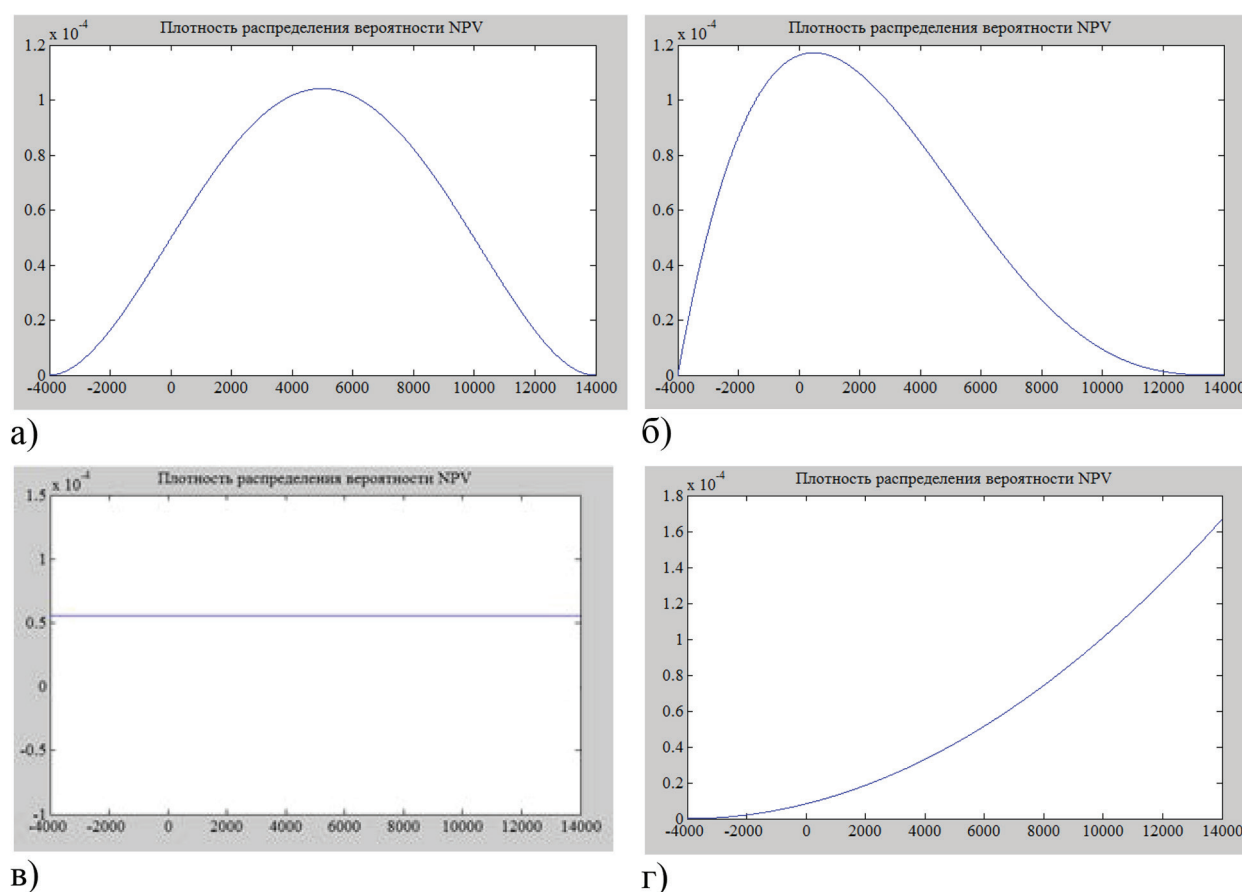


Рис. 2. Виды функции плотности распределения  $NPV$  проекта в используемой математической модели

Графики функции  $p(NPV)$ , заданной выражением (2), могут иметь одну из трех основных форм:

- в виде функции непрерывного равномерного распределения;
- в виде нелинейного распределения с одним «холмом»;
- в виде нелинейного распределения с монотонным возрастанием (убыванием) функции.

Функция непрерывного равномерного распределения может использоваться, если в бизнес-плане инвестиционного проекта отсутствует анализ сценариев проекта. В этом случае по причине отсутствия дополнительной информации невозможно скорректировать вероятности получения отрицательного и положительного значений величины  $NPV$  проекта. Данный вариант возможен при реализации инновационных проектов, а также бизнес-планов по выпу-

ску новой продукции, так как в таких случаях наблюдается наиболее высокий уровень неопределенности.

В целом анализ сценариев инвестиционного проекта представляет собой дальнейшее развитие методики анализа чувствительности инвестиционного проекта только при его проведении, изменению подвергается не один конкретный параметр проекта, а целая группа входных переменных.

Анализ сценариев проекта может быть проведен в стандартном варианте и в расширенном варианте. В первом случае используются три возможных варианта сценариев реализации проекта: оптимистический, реалистический и пессимистический. В расширенном варианте возможен расчет и анализ большего количества сценариев в зависимости от изменения различных параметров. Вероятность наступления конкретного сценария определяется экспертным методом.

Чем точнее проведен анализ сценариев проекта при составлении бизнес-плана, тем точнее можно подобрать некоторый вариант кривой Пирсона, наиболее близко отражающий полученную плотность вероятности  $NPV$  проекта.

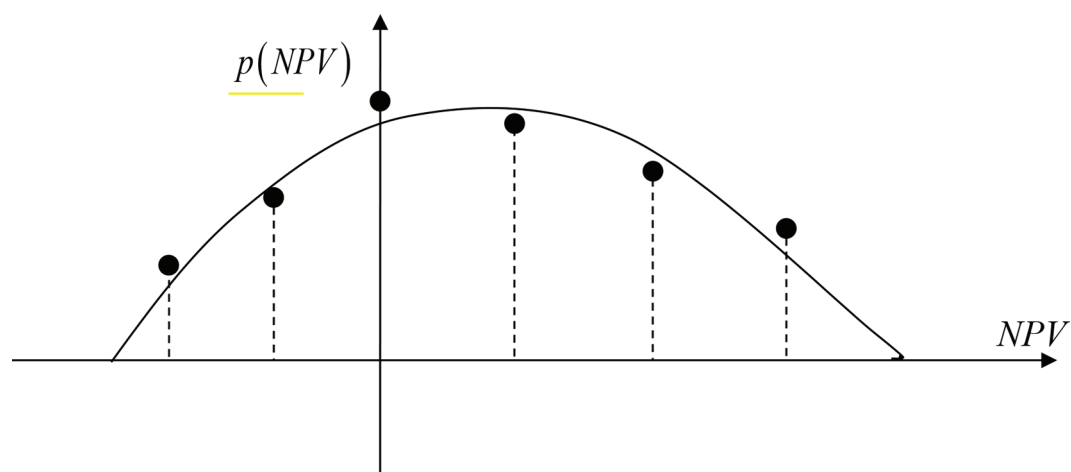


Рис. 3. Вариант аппроксимации точечных оценок  $NPV$  кривой Пирсона

Для подбора коэффициентов  $m_1$  и  $m_2$  функции (2) с целью наиболее точной аппроксимации результатов анализа сценариев проекта рекомендуется пользоваться специализированной программой для построения графиков функций, например Gnuplot. Если подбором  $m_1$  и  $m_2$  функции (2) не удастся достаточно точно аппроксимировать набор точечных оценок  $NPV$  проекта, тогда использование предлагаемой математической модели не рекомендуется, так как будут возникать значительные погрешности оценок полезностей решений. В некоторых бизнес-планах не проводится анализ сценариев, поэтому рекомендуется применять данную математическую модель, используя функцию  $p(NPV)$  в виде непрерывно-равномерного распределения (рис. 2в).

### Разработка рекомендаций по выбору вида функции плотности вероятности $NPV$ проекта

Основной особенностью применения математической модели, использующей функцию плотности вероятности  $p(NPV)$  к анализу конкретного проекта, является аппроксимация точечных значений  $NPV$  (полученных при расчете сценариев реализации проекта) непрерывной кривой  $p(NPV)$ , используемой в математической модели.

На рисунке 3 представлен один из возможных вариантов применения математической модели к анализу некоторого инвестиционного проекта.

В рассмотренном случае анализ сценариев реализации проекта определил 6 возможных сценариев, соответствующих 6 точкам на рисунке 3. Каждая точка соответствует значению  $NPV$  проекта в случае выполнения некоторых заранее определенных условий реализации проекта. При этом каждый из сценариев имеет свою вероятность наступления. Полученные в виде точек значения величины  $NPV$  проекта аппроксимированы кривой Пирсона с некоторыми параметрами, определяемыми методом подбора для получения наиболее точной аппроксимации. В этом случае функция  $p(NPV)$  может иметь вид, соответствующий рисункам 2а, 2б или 2г.

Используя разработанную модель с учетом предлагаемых рекомендаций, инвестор имеет возможность увеличить эффективность анализа проекта, так как вместо простых точечных оценок показателя  $NPV$  он получает интервальную оценку показателя, непрерывную функцию распределения значений  $NPV$  и возможность использовать функцию субъективной полезности решений для выбора оптимального решения относительно принятия или отклонения рассматриваемого проекта. Кроме этого, если при реализации проекта планируется проведение дополнительной экспертизы, то разработанная математическая модель также позволяет оценить целесообразность ее проведения и выбрать оптимальное число проводимых этапов экспертизы.

Хочется отметить, что разработанный подход не является обособленным методом, претендующим на полный, глубокий, всесторонний анализ инвестиционного проекта, скорее предлагаемая математическая модель представляет собой дополнительный инструмент для анализа проектов, который нужно использовать в совокупности с другими методами. Предлагаемый метод анализа эффективности проектов является средством поддержки принятия решений, поэтому он может и должен дополняться другими инструментами анализа для принятия максимально эффективных решений.

#### Разработка экспертной системы для количественной оценки параметров функции субъективной полезности

Для применения математической модели на практике была разработана экспертная система количественной оценки параметров функции субъективной полезности (коэффициента «страха» риска  $\beta$  и «сожаления» об упущенной выгоде  $\gamma$ ). Значения коэффициентов  $\beta$  и  $\gamma$  вычисляются по оценке параметра индивидуальной толерантности к риску  $\alpha$ , который может быть оценен с помощью набора тестовых вопросов, в которых варьируется соотношение величин риска (доходы/убытки) с вероятностями риска (шансами получения доходов/убытков). При этом уровни риска и упущенной выгоды, используемые в вопросах, выбираются в соответствии с размерами рисков и доходов, встречающихся в практике тестируемого инвестора. Для учета отношения к различным суммам доходов и убытков имеются вопросы с разными возможными величинами выигрышей и проигрышей.

В разработанной методике вопросы для определения склонности ЛПР к риску и его отношения к упущенным возможностям представлены 12 гипотетическими ситуациями, в которых предстоит сделать выбор между имеющимися альтернативами.

В работе [11] приведены основные типы вопросов, которые использованы при разработке. Экспертная система реализована в программной среде Clips. Перечень вопросов реализован командой defrule, в зависимости от полученного ответа для каждого вопроса оценивается значение параметра индивидуальной толерантности к риску  $\alpha$ .

Усредненный коэффициент  $\alpha$  вычисляется следующим образом:

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^{12} k_j \cdot \alpha_j}{\sum_{j=1}^{12} k_j},$$

где  $k_j$  — весовой коэффициент соответствующего вопроса.

В данной методике каждому вопросу назначен индивидуальный весовой коэффициент в зависимости от важности вопроса для определения усредненного значения  $\alpha$ . После оценки  $\alpha$  экспертной системой проводится вычисление значений  $\beta$  и  $\gamma$  по соответствующим формулам [11].

**Заключение.** Учет фактора субъективности инвестора при принятии решений в области его деятельности позволяет адаптировать функцию полезности с точки зрения его восприятия рисков и отношения к упущенной выгоде. В результате разработки рекомендаций по выбору вида функции плотности вероятности NPV проекта становится возможным применение предлагаемой математической модели на практике. Также для упрощения внедрения данной модели на практике разработана экспертная система, позволяющая количественно оценить значения параметров функции субъективной полезности. Применение разработанной модели способствует принятию более обоснованных решений по вложению денежных средств в инвестиционные проекты.

### Библиографический список

1. Жариков А.В., Матюнин Е.В., Оскорбин Н.М. Подход к формализации задач поддержки принятия решений при информационных ограничениях // Известия Алт. гос. ун-та. 2014. № 1-2.
2. Трифонов Ю.В., Плеханова А.Ф., Юрлов Ф.Ф. Выбор эффективных решений в экономике в условиях неопределенности: монография. Н. Новгород, 1998.
3. M. Allais. Le Comportement de l'Homme Rationnel devant le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de l'Ecole Americaine. *Econometrica*. Vol. 21, № 4 (Oct., 1953). DOI: 10.2307/1907921.
4. Nikoomaram, H., Mohammadi, M., Mahmoodi, M. Efficiency measurement of enterprises using the financial

variables of performance assessment and data envelopment analysis (Article). *Applied Mathematical Sciences*. 2010. Vol. 4, Issue 36–39.

5. Липиц И.В., Коссов В.В. Инвестиционный проект. М., 1996.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2 редакция, испр. и доп.), утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. № ВК 477.
7. Липиц И.В., Коссов В.В. Экономический анализ реальных инвестиций. М., 2003.
8. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М., 1998.

9. Басовский Л. Е., Басовская Е. Н. Экономическая оценка инвестиций. М., 2008.

10. Данько Е.В. Функция субъективной полезности инвестиционных решений в условиях информационной неопределенности и метод оценки ее параметров // Вестник

НГУ. Серия : Информационные технологии, 2015. Т. 13. Вып. 3.

11. Данько Е.В. Оценка параметров функции субъективной полезности // Известия Алт. гос. ун-та. 2017. № 1 (93). DOI: 10.14258/izvasu(2017)1-12.