

Исследование чувствительности математической модели экспертизы инвестиционного проекта

Е.В. Данько

Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

A Sensitivity Analysis of a Certain Mathematical Model of Expert Evaluation of Investment Projects

E.V. Danko

Altai State University (Barnaul, Russia)

Проводится анализ чувствительности модели экспертизы инвестиционных проектов к изменению входных параметров. При этом рассматриваются процессы реализации инвестиционных проектов в условиях неопределенности. В рассматриваемой математической модели эффективность проекта оценивается показателем NPV , значения которого случайны и известны инвестору в виде отрезка: $NPV \in [NPV_1; NPV_2]$. В предлагаемой модели используется функция плотности вероятности NPV проекта в виде кривых Пирсона первого типа. Еще одной особенностью модели является использование функции субъективной полезности решений о принятии и отклонении инвестиционных проектов, позволяющей учесть индивидуальные особенности инвесторов при принятии решения в условиях рисков и неопределенностей. В зависимости от отношения инвесторов к риску и упущенным возможностям изменяется их восприятие дополнительной информации, сокращающей неопределенность при принятии решений. Этот момент подробно исследован в данной работе, и получены выводы, подтверждающие корректность рассматриваемой математической модели.

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

DOI: 10.14258/izvasu(2021)4-14

Рассмотрим базовую ситуацию принятия решения относительно реализации инвестиционного проекта. Пусть NPV некоторого проекта — равномерно распределенная случайная величина на отрезке $[NPV_1; NPV_2]$. Имеется возможность проведения экспертизы проекта для уточнения его оценок эффективности, дерево решений представлено на рисунке 1.

The paper presents a sensitivity analysis of the developed mathematical model of expert evaluation of investment projects. Processes of investment projects implementations are analyzed as decision-making processes under uncertainty. The mathematical model under study evaluates the effectiveness of an investment project using the NPV index. This index is considered a random variable and can be estimated by an investor as a segment $[NPV_1; NPV_2]$. The proposed mathematical model utilizes the probability density function of NPV in the form of Pearson curves of the first type. Another peculiar feature of the mathematical model is utilization of the subjective utility function in decision making of whether to invest or not to invest in some project. The subjective utility function considers individual characteristics of investors and their decision making under risks and uncertainty. Perception of additional information by investors changes depending on their attitude toward risk and missed opportunities and thus reduces uncertainty in decision making. The paper studies this step in detail and provides some conclusions proving the correctness of the developed mathematical model.

Key words: subjective utility function, decision making effectiveness evaluation, evaluation of investment results, analysis of investment project scenarios, analysis of investment effectiveness.

Решения A_0 и A_1 соответствуют принятию инвестиционных проектов, для которых $NPV_1 < 0$, $NPV_2 < 0$, а решения R_0 и R_1 соответствуют отклонению таких проектов. При этом решения A_0 и R_0 принимаются до проведения экспертизы для исходного отрезка $[NPV_1; NPV_2]$, а решения A_1 и R_1 — после проведения экспертизы для области оставшейся неопределенности.

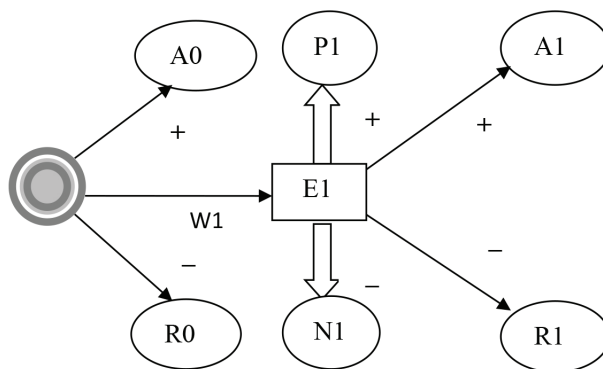


Рис. 1. Дерево решений в ситуации с возможностью проведения экспертизы

Решения P1 и N1 соответствуют принятию и отклонению инвестиционных проектов, для которых $NPV_1 \geq 0, NPV_2 > 0$ ($NPV_1 < 0, NPV_2 \leq 0$ соответственно), т.е. после экспертизы устранена неопределенность относительно рисков и доходов проекта. Подобные многоэтапные процессы принятия решения рассмотрены в следующих работах [1, 2]. При этом авторами пред-

лагается несколько однотипных формальных критериев, позволяющих оценивать эффективность принимаемых решений [3, 4].

Расчеты для анализа чувствительности разработанной модели проведем на числовом примере с целью большей наглядности результатов. Исходные данные для расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Входные данные для оценки полезности проведения экспертизы

Наименование параметра	Значение параметра
NPV_1	-4 000
NPV_2	14 000
m_1	0
m_2	0
α	0,7
Δ	3 000
C_E	0

Значения коэффициентов $m_1 = m_2 = 0$ задают функцию плотности вероятности, характеризующую равномерное распределение. Коэффициент риска принят $\alpha = 0,7$, что, согласно [5], позволяет принять $\beta = 1,333$ и $\gamma = 0,571$. При изменении значения α соответственно изменяются значения параметров «страха риска» и «сожаления об упущенной выгоде» [5]. Все эти параметры влияют на процесс принятия решения инвестором [6]. Расчетные полезности и вероятности

всех имеющихся в данном случае решений представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы, проведение экспертизы в данном случае целесообразно (так как $W1 > A0 > R0$). Полезность экспертизы $U^E = 1448,56$. Таким образом, при стоимости экспертизы $C_E = 1448,56$ ее полезность будет равна нулю, т.е. будет безразлично, проводить экспертизу или принять самостоятельное решение на основании имеющихся данных.

Таблица 2

Оценки полезностей и вероятностей имеющихся решений ($\beta = 1,333; \gamma = 0,571$)

Принимаемое решение	Полезность решения	Вероятность решения
A_0	4 407,41	0
R_0	-2 518,52	0
P_1	9 333,33	0,52
N_1	3 555,55	0,15
A_1	1 469,14	0,33
R_1	-839,51	0
W_1	5 855,97	1

Пусть стоимость экспертизы равна $C_E = 1000,00$, остальные параметры не изменяются и берутся из таблицы 1. В этом случае полезность экспертизы составит $U^E = 448,56$. Таким образом, в рассмотренных примерах полезность проведения экспертизы уменьшается на стоимость ее проведения. Если принять стоимость проведения экспертизы на нулевом

уровне, изменяя при этом значение параметра Δ от 0 до 9000 с шагом 1000, можно получить зависимость полезности проведения экспертизы от изменения параметра Δ (рис. 2). Изображенная на рисунке 2 зависимость далее будет проанализирована при изменении коэффициента α .

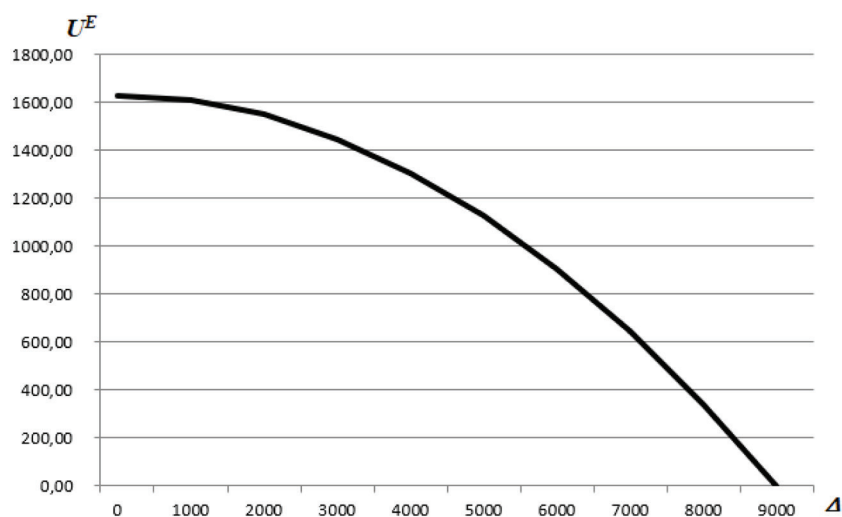


Рис. 2. Изменение полезности экспертизы при изменении Δ ($\alpha = 0,7$)

Рассмотрим, как изменятся параметры математической модели при изменении коэффициента риска α . Изменим входные параметры таблицы 1 следующим образом: примем $\alpha = 0,55$ (оценка рисков инвестором становится ближе к их математическому ожиданию по сравнению с вариантом $\alpha = 0,7$), остальные пара-

метры оставляем без изменения. Согласно [5], в этом случае $\beta = 0,222$; $\gamma = 0,182$.

Оценки полезностей и вероятностей имеющихся решений в этом случае изменятся следующим образом — таблица 3.

Таблица 3

Оценки полезностей и вероятностей имеющихся решений ($\beta = 0,222$; $\gamma = 0,182$)

Принимаемое решение	Полезность решения	Вероятность решения
A_0	4 901,33	0
R_0	-890,42	0
P_1	9 333,33	0,52
N_1	592,00	0,15
A_1	1 633,78	0,33
R_1	-296,81	0
W_1	5 471,80	1

Из таблицы 3 видно, что проведение экспертизы в данном случае также целесообразно (так как $W_1 > A_0 > R_0$), однако теперь оценка полезности экспертизы $U^E = 570,47$. Если теперь принять стоимость экспертизы $C_E = 1000,00$, то тогда ее полезность составит $U^E = -429,53$, т.е. в этом случае экспертизу выгоднее не проводить, а принять самостоятельное решение по реализации проекта.

График зависимости полезности проведения экспертизы от изменения параметра Δ в данном случае аналогичен по форме графику, представленному на рисунке 2, отличия состоят только в количественных оценках полезности дополнительной экспертизы.

Теперь рассмотрим случай $\alpha = 0,85$, что характеризует еще более осторожного инвестора, чем в пер-

вом случае (таблица 1), остальные параметры таблицы оставляем без изменения. Согласно [5] в этом случае $\beta = 4,667$; $\gamma = 0,824$.

Оценки полезностей и вероятностей имеющихся решений в этом случае изменятся и приведены в таблице 4.

Таблица 4

Оценки полезностей и вероятностей имеющихся решений ($\beta = 4,667$; $\gamma = 0,824$)

Принимаемое решение	Полезность решения	Вероятность решения
A_0	2 925,78	0
R_0	-2 409,49	0
P_1	9 333,33	0,52
N_1	12 445,33	0,15
A_1	975,26	0,33
R_1	-803,16	0
W_1	7 008,35	1

Проведение экспертизы в данном случае также целесообразно (так как $W_1 > A_0 > R_0$), однако теперь оценка полезности экспертизы $U^E = 4 082,57$. Если теперь принять стоимость экспертизы $C_E = 1000,00$, то тогда ее полезность составит $U^E = 3 082,57$, что говорит о выборе решения о проведении дополнительной экспертизы, как в первом рассмотренном случае.

График зависимости полезности проведения экспертизы от изменения параметра Δ в данном

случае снова аналогичен по форме графику, представленному на рисунке 2. Для более наглядного отражения зависимости полезностей дополнительной экспертизы от изменения параметров β и γ рассмотрим оценки полезностей дополнительной экспертизы (стоимости принимаем нулевыми: $C_E = 0$) для трех рассмотренных случаев $\alpha = 0,55$; $\alpha = 0,7$; $\alpha = 0,85$ в виде таблицы 5.

Таблица 5

Оценки полезностей экспертизы при изменении коэффициента риска α

Значения Δ	$\alpha = 0,55$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,85$
0	641,78	1629,33	4592,89
1000	633,85	1609,22	4536,19
2000	610,09	1548,87	4366,08
3000	570,47	1448,30	4082,57
4000	515,01	1307,49	3685,65
5000	443,70	1126,45	3175,33
6000	356,54	905,19	2551,60
7000	253,54	643,69	1814,47
8000	134,69	341,96	963,94
9000	0,00	0,00	0,00

Как видно из таблицы 5, при росте коэффициента α увеличивается оценка полезности проведения экспертизы для каждого случая значения параметра Δ , кроме нулевого значения. С ростом значения α увеличивается значение коэффициента «страха» риска β [5]. Это говорит о том, что если инвестор склонен к более осторожным действиям, то проведение экспертизы проекта имеет для него большую информационную ценность, чем для инвестора, менее склонного к принятию осторожных решений. Этот вывод вполне логичный и дополнительно указывает на адекватность разработанной математической модели. Многие исследования в данной области

также указывают на то, что отношение к риску существенно влияет на процесс принятия решения [7–11].

Далее проведем анализ чувствительности математической модели при изменении NPV_1 и зафиксированных остальных параметров таблицы 1. В этом случае рассмотрим только вариант, при котором коэффициент риска $\alpha = 0,7$. Оценочным параметром будет полезность экспертизы: когда данная величина больше нуля — проведение экспертизы выгодно, в противном случае — проведение экспертизы нецелесообразно. График зависимости U^E от NPV_1 приведен на рисунке 3.

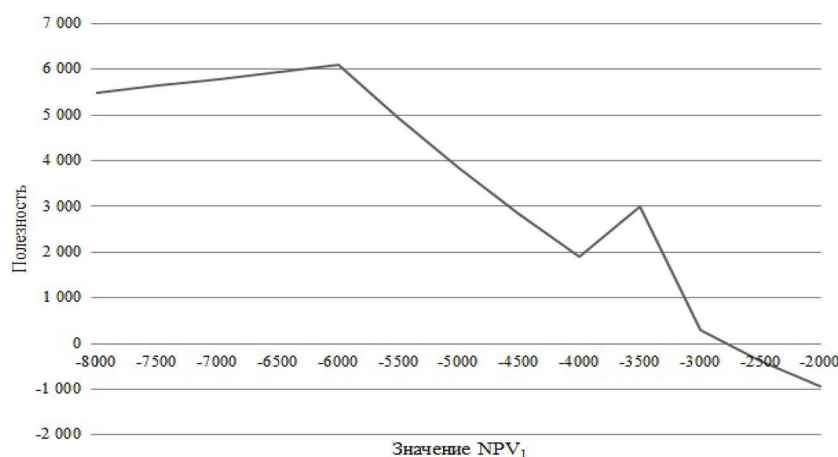


Рис. 3. Изменение полезности проведения экспертизы при изменении NPV_1

Как видно из рисунка 3, проведение экспертизы остается выгодным при условии $NPV_1 < -2750$. Таким образом, при $NPV_1 \approx -2750$ происходит изменение принимаемого решения. В случае $NPV_1 < -2750$ оптимальным вариантом будет проведение экспертизы, если же $NPV_1 > -2750$ — рекомендуется принятие

самостоятельного решения относительно реализации проекта.

Исследуем полезность проведения экспертизы при изменении параметра NPV_2 . Также рассмотрим только вариант, при котором коэффициент риска $\alpha = 0,7$. Данная зависимость изображена на рисунке 4.

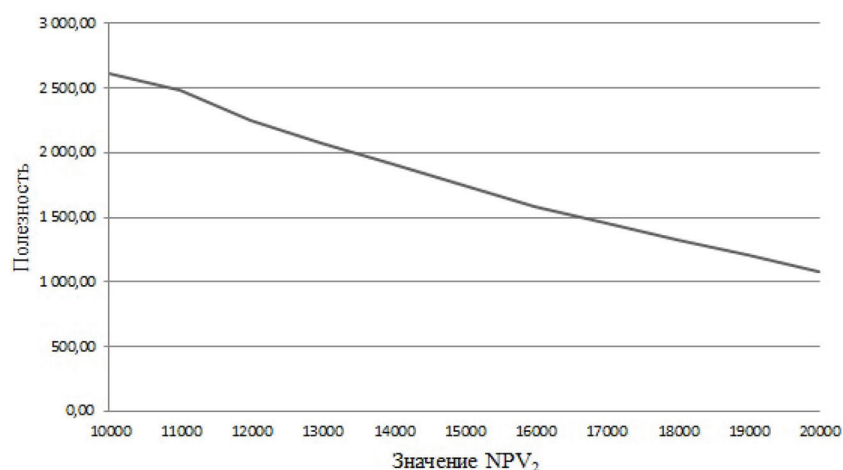


Рис. 4. Исследование полезности проведения экспертизы при изменении NPV_2

Полученная зависимость полезности проведения экспертизы свидетельствует, как и в предыдущем случае, об уменьшении полезности экспертизы при увеличении значений изменяемого параметра. Различие графиков 3 и 4 состоит в том, что при большом значении NPV_2 и зафиксированном NPV_1 инвестиционный проект будет приниматься к реализации, так как возможные риски будут составлять небольшой процент относительно возможных доходов. Противоположная ситуация будет наблюдаться при зафиксированном NPV_2 и большом по модулю значении NPV_1 — в таком случае инвестиционный проект выгоднее будет сразу отклонить, так как он характеризуется боль-

шими рисками и сравнительно небольшим возможным доходом.

Так как рисунок 4 не позволяет увидеть точку, при которой происходит изменение принимаемого решения, были выполнены дополнительные расчеты. При значении $NPV_2 \approx 35000$ проведение экспертизы становится невыгодным по сравнению с самостоятельным решением по принятию (отклонению) инвестиционного проекта.

На рисунке 3 отмечено возрастание графика при $NPV \in [-8000; -6000]$, что позволяет предположить наличие еще одной точки пересечения (изменения решения). При $NPV_1 \approx 75000$ принятие самостоятельного

решения вновь становится более выгодным по сравнению с проведением инвестиционной экспертизы.

Таким образом, только некоторая комбинация параметров NPV_1 и NPV_2 означает, что экспертиза инвестиционного проекта может приносить дополнительную полезность. Как уже отмечалось ранее, при значительных отклонениях между параметрами NPV_1 и NPV_2 происходит либо отклонение проекта как слишком рискованного и малоприбыльного, либо его принятие как малорискованного и высокоприбыльного.

Некоторая комбинация параметров NPV_1 и NPV_2 , при которой возможно уменьшение неопределеннос-

ти при принятии решения по средствам проведения инвестиционной экспертизы, зависит от индивидуального отношения инвестора к риску и упущенным возможностям, т.е. определяется параметрами α , β , γ построенной математической модели процесса и параметрами экспертизы Δ и C .

Таким образом, проведенное исследование чувствительности математической модели экспертизы проектов подтвердило корректность составленной модели, а также согласованность получаемых при ее исследовании выводов.

Библиографический список

1. Оскорбин Н.М., Боговиз А.В., Жариков А.В. Информационный аспект принятия решений в системе ЛПП // Динамика современной науки. Экономика : матер. VII междунар. науч.-практ. конф. 2011. Т. 2.
2. Оскорбин Н.М., Жариков А.В., Матюнин Е.В. Математические модели оптимизации многоэтапных инвестиционных процессов при информационных ограничениях // Совершенствование управления производством, инновации и инвестиции : матер. 3-го межрегион. семинара. Барнаул, 2013.
3. Трифонов Ю.В., Плеханова А.Ф., Юрлов Ф.Ф. Выбор эффективных решений в экономике в условиях неопределенности : монография. Н. Новгород, 1998.
4. Кошечкин С.А. Концепция риска инвестиционного проекта. URL: <http://www.aup.ru/articles/investment/1.htm>.
5. Данько Е.В. Функция субъективной полезности инвестиционных решений в условиях информационной неопределенности и метод оценки ее параметров // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер. : Информационные технологии. 2015. Т. 13. Вып. 3.
6. Плаус С. Психология оценки и принятия решений / пер. с англ. М., 1998.
7. Kahneman D., Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk. *Econometrica*. 1979. Vol. 47 (2).
8. Tversky A., Kahneman D. The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*. 1981. № 211.
9. Arrow K.I. Social choice and Individual Values. New York, 1951.
10. Barberis N., Ming Huang M., Santos T. Prospect Theory and Asset Prices. *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 116. № 1 (Feb., 2001).
11. Shefrin H. Beyond greed and fear. Boston, 2000.