УДК 338.27

Модель оценки риска инвестиционного проекта при нечетких входных данных

© 2014 г. А.П. Смирнов, Д.Б. Афонина*

Реализация любого инвестиционного проекта связана с риском. Множество факторов, учитываемых при оценке эффективности инвестиционного проекта, в будущем могут сильно отличаться от предполагаемых плановых значений, оцениваемых с позиции сегодняшнего дня. Несмотря на неустранимую информационную неопределенность, инвестор должен уметь измерить рискованность своих решений.

В статье представлены результаты работы, целью которой являлось создание модели оценки уровня риска проекта, которая не опиралась бы на характер законов распределения входных данных, на их взаимную зависимость, но учитывала бы неопределенность информации. Помимо этого, модель должна давать однозначный ответ об уровне риска проекта при наличии нескольких критериев оценки.

Показано, что оценки эффективности инвестиционного проекта, основанные на применении традиционных методов теории вероятностей, не могут привести к положительному решению о вложении инвестиций. Это происходит вследствие того, что случайные процессы в данной сфере деятельности не подчиняются классическим законам. Вместе с тем достаточно широко известна методология теории нечетких множеств, которая более адекватно отражает неопределенности такого рода с помощью экспертных оценок.

Разработанная модель для оценки риска использует три критерия: коэффициент безопасности, коэффициент покрытия и вероятность попадания в зону неэффективных инвестиций.

Поскольку в данной ситуации экспертам предлагают определить не конкретные значения неизвестных параметров, а взвешенный диапазон их значений, то решение их получается достаточно объективным и не вызывает больших затруднений.

Применение этой методологии позволило получить положительный результат для принятия решения о вложении инвестиций.

Ключевые слова: коэффициент безопасности, коэффициент покрытия, зона неэффективных инвестиций, модель, риск, инвестиции, нечеткие множества.

Реализация любого инвестиционного проекта связана с риском. Множество факторов, учитываемых при оценке эффективности инвестиционного проекта, в будущем могут сильно отличаться от предполагаемых плановых значений, оцениваемых с позиции сегодняшнего дня. Несмотря на неустранимую информационную неопределенность, инвестор должен измерять рискованность своих решений, иначе он будет действовать вслепую. Методы анализа рисков инвестиционных проектов, приведенные в публикациях, обладают следующими недостатками: не учитывается корреляция экономических факторов, влияющих на риск (см., например, [1, 2, 4–8]); законы распределения случайных вариаций факторов задаются экспертом и несут в себе большую долю субъективизма [9–12].

В данной работе ставилась цель создать модель оценки уровня риска проекта, которая не опиралась бы на характер законов распределения входных данных,

на их взаимную зависимость, однако учитывала бы неопределенность информации. Помимо этого, модель должна давать однозначный ответ об уровне риска проекта при наличии нескольких критериев оценки.

Разработанная модель для оценки риска использует три критерия: коэффициент безопасности, коэффициент покрытия и вероятность попадания в зону неэффективных инвестиций.

Коэффициент безопасности представляет собой отношение чистого приведенного эффекта инвестиционного проекта на одном из планово-учетных периодов (кроме начального) к чистому приведенному эффекту инвестиционного проекта на начальном этапе. Формула (1) для оценки безопасности инвестиционного проекта (первого критерия) является модификацией соответствующего выражения из [1], полученной путем введения нечетких входных данных [3]:

$$R_k(t) = \frac{NPV(t) + \sum_{j=t+1}^n \frac{S_{jk}}{(1+\alpha)^{4-k}} - I_t}{\sum_{i=1}^n \frac{S_{i,(4-k)}}{(1+\alpha)^i} - I_{4-k}},$$

$$t \in [1; n-1], i \in [1, n], j \in [2, n], k = 1, 2, 3$$

* Смирнов А.П. — канд. техн. наук, доц. каф. АСУ НИТУ «МИСиС». 119049, Ленинский пр-т, д. 4, Россия. e-mail: smirnov@asu.misis.ru.

Афонина Д.Б. — инженер каф. АСУ НИТУ «МИСиС».

где $R_1(t)$ – минимальное значение коэффициента безопасности в момент времени t ;

$R_2(t)$ – среднее (наиболее ожидаемое) значение коэффициента безопасности в момент времени t ;

$R_3(t)$ – максимальное значение коэффициента безопасности в момент времени t ;

S_{i1} – минимальное значение чистого денежного потока в i -й планово-учетный период в денежных единицах;

S_{i2} – среднее значение чистого денежного потока в i -й планово-учетный период в денежных единицах;

S_{i3} – максимальное значение чистого денежного потока в i -й планово-учетный период в денежных единицах;

α_1 – минимальное значение безрисковой ставки дисконтирования;

α_2 – среднее значение безрисковой ставки дисконтирования;

α_3 – максимальное значение безрисковой ставки дисконтирования;

n – число планово-учетных периодов проекта;

i – номер планово-учетных периодов;

j – номер планово-учетного периода на момент реализации инвестиционного проекта;

$NPV(t)$ – чистая приведенная стоимость стратегического инвестиционного проекта (денежные потоки, полученные на момент времени t) в денежных единицах;

I_1 – минимальное значение первоначальных капиталовложений в денежных единицах;

I_2 – среднее значение первоначальных капиталовложений в денежных единицах;

I_3 – максимальное значение первоначальных капиталовложений в денежных единицах.

Значения входных переменных S_{ik} , α_k , I_k ($k = 1, 2, 3$) представлены в виде нечетких множеств. Соответственно, значения $R_k(t)$ есть функции нечетких переменных.

k – индекс размера капиталовложений.

Критерий покрытия (второй критерий) – это отношение стоимости собственного капитала субъекта в момент времени t к заемному капиталу. Он оценивается по формуле (2):

$$(C_1(t), C_2(t)) = \left(\frac{A_1(t)}{Z_1(t)}, \frac{A_2(t)}{Z_2(t)} \right), \quad (2)$$

где $C_1(t)$ – минимальное значение критерия покрытия в момент времени t ;

$C_2(t)$ – максимальное значение критерия покрытия в момент времени t ;

$A_1(t)$ – минимальное значение собственного капитала субъекта в момент времени t в денежных единицах;

$A_2(t)$ – максимальное значение собственного капитала субъекта в момент времени t в денежных единицах;

$Z_1(t)$ – минимальное значение заемного капитала в момент времени t в денежных единицах;

$Z_2(t)$ – максимальное значение заемного капитала в момент времени t в денежных единицах.

Значения $A_1(t)$, $A_2(t)$, $Z_1(t)$, $Z_2(t)$, а следовательно, и $C_1(t)$, $C_2(t)$ являются нечеткими числами.

Применение данных критериев было предложено в [1], где предполагалось использование вероятностных величин с соответствующими субъективными предположениями о виде их законов распределения. В предлагаемой модели этот недостаток был преодолен использованием нечетких входных данных.

Для учета риска по третьему критерию была рассмотрена оценка вероятности $Risk(G)$ того, что по результатам инвестиционного процесса значение NPV окажется ниже установленного граничного уровня [2]. Значение третьего критерия оценки риска проекта вычисляется по формуле (3):

$$Risk(G) = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ R \times \left(1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \ln(1-\alpha)\right), & NPV_{\min} \leq G < NPV_{\text{mid}} \\ 1 - (1-R) \times \left(1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \ln(1-\alpha)\right), & NPV_{\text{mid}} \leq G < NPV_{\max} \\ 1, & G \geq NPV_{\max} \end{cases} \quad (3)$$

где

$$R = \begin{cases} \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\max} - NPV_{\min}}, & G < NPV_{\max} \\ 1, & G \geq NPV_{\max} \end{cases}, \quad (4)$$

$$\alpha = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\text{mid}} - NPV_{\min}}, & NPV_{\min} \leq G < NPV_{\text{mid}} \\ 1, & G = NPV_{\text{mid}} \\ \frac{NPV_{\max} - G}{NPV_{\max} - NPV_{\text{mid}}}, & NPV_{\text{mid}} < G < NPV_{\max} \\ 0, & G \geq NPV_{\max} \end{cases} \quad (5)$$

Здесь обозначено:

G – уровень эффективности проекта в денежных единицах;

$NPV_{\min}$ – минимальное значение чистой приведенной стоимости из заданного диапазона в денежных единицах;

$NPV_{\max}$ – максимальное значение чистой приведенной стоимости из заданного диапазона в денежных единицах;

NPV_{mid} – среднее значение чистой приведенной стоимости из заданного диапазона в денежных единицах;

α – значения функции принадлежности нечеткого числа NPV .

Степень риска $Risk(G)$ принимает значение от 0 до 1. Каждый инвестор исходя из своих инвестиционных предпочтений может классифицировать значение $Risk(G)$, выделив для себя отрезок неприемлемых значений риска.

Для получения однозначного ответа об уровне риска проекта разработана методика оценки уровня риска с использованием нечетко-множественной модели принятия решения [3].

В соответствии с указанными выше тремя критериями в модели используются три входные лингвистические переменные оценки риска проекта (уровень риска для вероятности попадания в зону неэффективности, критерий ликвидности, критерий покрытия). Для каждой из них в модели предусмотрены четыре значения уровня риска: минимальный, повышенный, критический и недопустимый. Для получения конечного результата введены правила логического вывода, связывающие эти переменные с выходной переменной – уровнем риска проекта.

Для апробирования разработанного метода использовались предоставленные ГИПРОМЕЗом данные для расчета риска инвестиционного проекта постройки завода труб большого диаметра в Нижнем Тагиле.

Для сравнения результатов сделана оценка риска проекта на основе вероятностного подхода использованного в [1]. Результаты этого расчета приведены на **рис. 1**.

По вертикали отложены значения среднеквадратического отклонения NPV . Как видно, дисперсия ожидаемого дохода растет вместе с ростом его значения. При такой информации о риске инвестор не может адекватно оценить степень риска для принятия решения. Результаты оценки риска инвестиционного проекта с использованием нечетко-множественной модели без учета коэффициента ликвидности приведены на **рис. 2**.

В отличие от результатов, полученных для вероятностной модели (рис. 1), видно снижение уровня риска проекта с течением времени, что позволяет сделать заключение о возможности его реализации. В данном случае результаты оценки не опираются на субъективное мнение эксперта, поскольку он определяет только границы рисков, не затрагивая прогнозы состояния финансовой среды в будущем.

Рис. 1. Оценка риска на основе вероятностного подхода (Risk assessment based on a probabilistic approach)

Рис. 2. Изменение уровня риска в течение жизненного цикла проекта (Changes in the level of risk within the project life cycle)

Рис. 3. Изменение уровня риска с учетом коэффициента ликвидности (Changes in the level of risk, taking into account the liquidity ratio)

Предлагаемая модель и разработанное на ее основе программно-алгоритмическое обеспечение позволяют проводить оценку проектов не только на стадии проектирования, но и на стадии реализации. Результаты расчета риска инвестиционного проекта с учетом коэффициента ликвидности представлены на **рис. 3**. Для вычисления коэффициента ликвидности были взяты наиболее ожидаемые значения величин денежных потоков при реализации проекта.

Как видно, в отличие от результатов, полученных без учета коэффициента безопасности, уровень риска становится минимальным уже на восьмом году жизни проекта, что показывает возможность успешной его реализации.

Разработанная модель дает однозначный ответ об уровне риска проекта и более объективно учитывает неопределенность информации.

Библиографический список

1. Каблуков В.В. Модели оценки рисков стратегических инвестиционных проектов: автореф. дис... канд. экон. наук. СПб., 1999. 21 с.
2. Недосекин О.А. Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций. СПб.: Сезам, 2003. 234 с.
3. Смирнов А.П., Якунин А.Г. Модель управления операциями участка «сталь-прокат» в классе нечетких систем // Известия вузов «Черная металлургия». 2001. №3. С. 4.

4. Вахрина П.И. Инвестиции. М.: Издательско-торговая компания «Дашков и К°», 2004. 384 с.
5. Гитман Л. Дж. Основы инвестирования / пер. с англ. М.: Дело, 1999. 1008 с.
6. Шарп У. Инвестиции / пер. с англ. М.: ИНФРА-М, 1998. 1028 с.
7. Инвестиции: Системный анализ и управление / Под ред. проф. К.В. Балдина. 2-е изд. М.: Издательско-торговая компания «Дашков и К°», 2007. 288 с.
8. Дасковский В.Б., Киселев В.Б. Об оценке эффективности инвестиций // Экономист. 2007. № 3.
9. Кузнецов Б.Т. Инвестиции. М.: Юнити, 2009. 411 с.
10. Максимова В.Ф. Инвестирование. М.: ЕАОИ, 2008. 190 с.
11. Филина Ф.Н. Риск-менеджмент. М.: Гросс-Медиа: РОСБУХ, 2008. 232 с.
12. Старик Д.Э. Оценка эффективности инвестиционных проектов // Финансы. 2008. №10. С. 38–43.

Ekonomika v promyshlennosti=Economy in the industry
2014, no. 3 (23) – July – September, pp. 78–82
ISSN 2072-1633

Risk assessment model of the investment project when fuzzy input data are available

A.P. Smirnov, D.B. Afonina – NUST «MISIS», 119049, Moscow, Leninsky Prospect h.4, Russia.

Abstract: The implementation of any investment project is connected with risk. Many factors considered while estimating the efficiency of an investment project in the future may differ from the assumed plan values measured from the current point of view. Despite fatal information uncertainty, the investors must be able to measure the riskiness of their decisions. The paper presents results of the work aiming to create a model assessing the level of project risk, which is governed not by the character of input data distribution laws, on their mutual dependence, but would take into account the information uncertainty. In addition, the model should give a definite answer about the level of risk of the project when different evaluation criteria are available. It has been shown that the estimation of the investment project efficiency applying the traditional methods of probability theory, cannot lead to a positive decision about investing because the random processes in this sphere do not obey the classical laws. On the other hand there exist the well-known methodology of the theory of fuzzy sets, which by means of expert assessments, more adequately reflects the uncertainty of this kind. The model of risk assessment applies three indicators: the safety ratio, the ratio of covering and the ratio of probability to get into the zone of inefficient investments. Because in this situation the experts have to determine not the specific values of unknown parameters but the balanced range of values

in question the solution obtained is rather objective and is not difficult to perform. The applied methodology enables to get a positive result for decisions concerning investments.

Keywords: safety factor, the coverage ratio, the zone of inefficient investment, model, risk, investment, fuzzy sets.

References

1. Kablukov V.V. *Modeli otsenki riskov strategicheskikh investitsionnykh projektov*: [Risk assessment model of strategic investment projects.] *avtoref. dis... kand. ekon. nauk*. SPb.: 1999. 21 p. (In Russ).
2. Nedosekin O.A. *Nechetko-mnozhestvennyi analiz riskov fondovykh investitsii*. [Fuzzy plural risk analysis of a stock investment]. SPb.: Sezam, 2003. 234 p. (In Russ).
3. Smirnov A.P., Yakunin A.G. Model operations management area «steel-rolling» in the class of fuzzy systems // *Izvestiya vuzov «Chernaya metallurgiya»*. 2001. no. 3. p. 4. (In Russ).
4. Vakhrina P.I. *Investitsii*. [Investments]. Moscow: Izdatel'sko-torgovaya kompaniya «Dashkov i K», 2004. 384 p. (In Russ).
5. Gitman L. Dzh. *Osnovy investirovaniya* [Basics of Investing] / *per. s angl.* Moscow: Delo, 1999. 1008 p. (In Russ).
6. Sharp U. *Investitsii*. [Investments]. / *per. s angl.* Moscow: INFRA-M, 1998. 1028 p. (In Russ).
7. *Investments: Investitsii: Sistemnyi analiz i upravlenie*. [Analysis and Management System]. / *Pod red. Prof. K.V. Baldina*. 2-e izd. Moscow: Izdatel'sko-torgovaya kompaniya «Dashkov i K», 2007. 288 p. (In Russ).

8. Daskovskii V.B., Kiselev V.B. An assessment of the investment // *Ekonomist*. 2007. no. 3. (In Russ).

9. Kuznetsov B.T. *Investitsii*. [Investments]. Moscow: Yuniti, 2009. 411 p. (In Russ).

10. Maksimova V.F. *Investirovanie*. [Investing]. Moscow: EAOI, 2008. 190 p. (In Russ).

11. Filina F.N. *Risk-menedzhment*. [Risk Management]. Moscow: GrossMedia: ROSBUKh, 2008. 232 p. (In Russ).

12. Starik D.E. Evaluating the effectiveness of investment projects // *Finansy*. 2008. no. 10. pp. 38–43. (In Russ).

Information about authors: *A.P. Smirnov* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. *D.B. Afonina* – Engineer.

УДК 338

Общая концепция планирования и оценки эффективности инвестиционной программы в вертикально-интегрированной производственной структуре с учетом синергии проектов

© 2014 г. С.А. Анникова*

Кратко рассмотрен инвестиционный процесс в вертикально-интегрированной производственной структуре. Особое внимание уделено этапу планирования и оценки инвестиционной программы. В данной статье развивается идея учета синергии проектов на разных уровнях интеграции при оценке эффективности инвестиционной программы. В основе такой синергии лежит влияние проектов друг на друга через технологическую цепочку создания стоимости конечного продукта. При реализации проектов на разных уровнях интеграции меняются технико-экономические параметры данной цепочки. Это дает эффект не только для конкретной бизнес-единицы вертикально-интегрированной структуры, но и на других уровнях интеграции. Синергию предлагается оценивать через изменение сквозного внутреннего дохода организации при разных вариантах инвестиционных решений.

Для расчета возникает необходимость моделирования технологической цепочки производства конечного продукта. Техничко-экономическая модель может быть построена с помощью программных средств на основе экономико-математических методов.

Для лучшей идентификации и учета синергии при планировании инвестиционной программы автором предложено выделение проектов, влияющих на себестоимость продукции, в отдельный тип. Проекты, которые не влияют на себестоимость, входят в инвестиционную программу простой суммой своих эффектов.

Ключевые слова: инвестиции, инвестиционная программа, вертикальная интеграция, оценка эффективности, синергия.

Эффективная деятельность экономических субъектов в долгосрочной перспективе, а также обеспечение их конкурентоспособности и высоких темпов развития в значительной мере определяются проводимой инвестиционной деятельностью. Планирование инвестиционной деятельности тесно связано с производственной структурой и масштабом организации. Для таких крупномасштабных экономических субъектов со сложной структурой

производственных активов, как вертикально-интегрированные структуры (ВИС), инвестиционная деятельность зависит от принятой стратегии развития. Зачастую такие организации принимают множество инвестиционных решений для развития своих предприятий (бизнес-единиц). Данные инвестиционные решения часто носят взаимосвязанный характер и влияют на экономические, производственные и финансовые показатели всей вертикально-интегрированной структуры в целом.

Для примера возьмем обобщенную схему вертикально-интегрированной металлургической компании. Каждый технологический передел (или несколько переделов) данной компании по организационно-правовой форме является отдельным юридическим

* Аспирант ФГБОУ ВПО «Государственный университет управления». 109542, г. Москва, Рязанский проспект, дом 99. annikova-s@yandex.ru.