

УДК 330.59

М. В. Коростелева

## Методы анализа риска при обосновании государственных капиталовложений в условиях неопределенности периода использования инвестиций и его корреляции с компонентами денежного потока

Статья посвящена анализу особенностей принятия инвестиционных решений на государственном уровне в случае, когда срок реализации инвестиционного проекта не является детерминированным. Кроме предположения о стохастическом характере периода использования инвестиций вводится предположение о возможности его зависимости от компонент денежного потока. На примере инвестиционных проектов, реализуемых органами государственной власти, показана необходимость учета этих предположений для корректного анализа риска.

Ключевые слова: государственные капиталовложения, инвестиционный проект, органы государственной власти, государственное и муниципальное управление, риск, чистая настоящая стоимость, среднее, дисперсия, плановый период инвестора

M. V. Korosteleva

## Risk of analysis methods for substantiating of public investments in the context of uncertainty of the period of investment use and its correlation with the components of cash flow

This article is devoted to the analysis of features of the investment decision-making at the state level in the case when the investment project implementation period is not deterministic. In addition to the assumption about the stochastic nature of the period of investment use, the assumption of a possibility of its dependence on cash flows is entered. On the example of the public investment projects, it is shown that these assumptions must be taken into account for a correct risk analysis.

Keywords: public investments, investment proposal, public authorities, public and municipal administration, risk, net present value, mean, variance, project live, cash flow

**В**нашей статье, посвященной формированию инвестиционных программ городской администрации [5], мы подробно рассмотрели методы отбора альтернатив по критерию максимизации дохода, получаемого от реализации инвестиционных проектов. Затем в статье [4] мы показали, что привлекательность инвестиционных проектов органов государственной власти

целесообразно оценивать не столько с точки зрения получения максимального дохода, сколько с точки зрения минимизации рисков их исполнения. Мы рассмотрели методы учета риска при обосновании государственных капиталовложений на примере четырех инвестиционных проектов по установке ветрогенераторов переменного тока с последующим преобразованием его с помощью трубчатых

электронагревателей в тепло для обогрева жилья и получения горячей воды в регионе. Однако учет риска ограничивался минимизацией риска, связанного с неопределенностью в значении валовой прибыли, тогда как неопределенность периода использования проекта (планового периода инвестора) во внимание не принималась.

Данная статья преследует две цели: 1) разработать операционную экономическую структуру и имитационную процедуру анализа эффективности государственных капиталовложений для того, чтобы учесть возможность взаимозависимости компонент денежного потока инвестиционного проекта и планового периода инвестора и 2) представить эмпирическое доказательство влияния стохастической природы планового периода на принятие государственных инвестиционных решений по критерию среднее/дисперсия. Для органов государственной власти, реализующих инвестиционные проекты, предположение о детерминированном характере планового периода, тогда как он является стохастическим, часто приводит к крупным переоценкам ожидаемых значений чистой настоящей стоимости проекта (NPV) и недооценкам ее дисперсии. С точки

зрения государственного и муниципального управления главным применением этой статьи является то, что включение стохастической природы планового периода инвестиционного проекта в принятие решений по государственным капиталовложениям крайне важно для получения корректных оценок риска/доходности.

В нашей статье [2] мы предложили методологию исследования влияния стохастического характера планового периода инвестора на принятие инвестиционных решений. Мы показали несовместимость эффективных множеств среднее/дисперсия в случае, когда плановый период является детерминированным и стохастическим. Однако мы ограничились предположением о том, что плановый период является независимым от компонент денежного потока инвестиционного проекта. Теперь мы будем предполагать, что плановый период инвестора и компоненты денежного потока проекта являются взаимозависимыми, поскольку компоненты денежного потока являются функцией состояний экономики. Состояние экономики в данный период времени  $t$  является главным определяющим фактором при определении того, будет ли продолжаться реализация проекта в следующем периоде ( $t+1$ ).

Таблица 1

Условные вероятности окончания реализации проекта в конце  $t$ -го периода при данном  $k$ -м состоянии экономики в течение периода  $t$

Период \ Состояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00
4	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,12	0,08	0,05	0,00
5	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,00
6	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,15	0,05	0,00
7	0,20	0,18	0,15	0,10	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00
8	0,30	0,28	0,25	0,22	0,20	0,15	0,10	0,05	0,00
9	0,40	0,35	0,30	0,25	0,22	0,20	0,15	0,05	0,00
10	0,10	0,09	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00

Предельная вероятность окончания реализации проекта в каждый период,  $p_t$ , определяется следующим образом:

$p_t = (1-p_1)^{t-1}(p_1)$ ,  $t = 1, 2, \dots, T-1$ , где  $T$  – плановый период инвестора,

$$p_T = (1-p_1)^{T-1}$$

После вычисления коэффициента корреляции между соседними компонентами денежного потока, вероятностей наступления того или иного состояния экономики и веро-

ятности окончания реализации проекта можно определить значения  $E[NPV]$  (математическое ожидание NPV) и  $\sigma^2(NPV)$  (дисперсию) проекта. Далее можно оценивать риск проекта с помощью различных методов, например, с помощью метода Монте-Карло (см., например, [6]).

Распределения компонент денежного потока делятся на 9 состояний экономики, имитация значений NPV основывается на 1000

итерациях, ставка расчетного процента принимается равной 15%.

В табл.1 представлены условные вероятности окончания реализации проекта в случае зависимости планового периода от значений компонент денежного потока.

Рассмотрим два из четырех инвестиционных проектов по установке ветрогенераторов (два множества денежных потоков). Для первого множества значения предельных вероятностей наблюдаемых состояний экономики симметричны относительно 5-го состояния и колеблются от 0,02 до 0,38. Для второго множества все вероятности равны 0,11.

Далее были оценены процентные разности, которые наблюдаются в рассматриваемых инвестиционных проектах, когда плановые периоды: а) не зависят и б) зависят от компонент денежных потоков. Множества отклонений в компонентах денежного потока обозначим  $SP_j$ , где:

$S$  – предельное вероятностное распределение состояний экономики,

$P$  – вероятностное распределение планового периода,

$j = 1$  – детерминированный плановый период в случае, когда ожидаемый плановый период основан на плановых периодах, независимых от состояний экономики,

$j = 2$  – детерминированный плановый период в случае, когда ожидаемый плановый период основан на плановых периодах, зависящих от состояний экономики,

$j = 3$  – стохастический плановый период, независимый от состояний экономики,

$j = 4$  – стохастический плановый период, зависящий от состояний экономики.

Далее были исследованы частотные распределения в зависимости от процентных разностей между значениями  $E[NPV]$  и  $\sigma^2[NPV]$  для множеств  $SP_2$  по отношению к  $SP_4$  и  $SP_3$  по отношению к  $SP_4$ . Для коэффициентов корреляции, равных (-0,5), 0 и 0,5 соответственно были рассчитаны значения  $\sigma^2[NPV]$ . Основой для каждого сравнения являлось значение  $SP_4$ .

Результаты показали, что для множеств  $SP_2$  по отношению к  $SP_4$ , 50% значений  $E[NPV]$  детерминированных периодов ( $SP_2$ ) более, чем на 100% превышает соответствующие значения

$E[NPV]$  стохастических периодов ( $SP_4$ ). Почти 90% значений  $E[NPV]$  детерминированных периодов переоценены (имеют положительные разности). По сравнению с  $E[NPV]$ , когда сопоставляются значения  $\sigma^2[NPV]$  для детерминированных и стохастических проектов, значения  $\sigma^2[NPV]$  детерминированных проектов всегда недооценены. Для большинства (74%) рассматриваемых проектов детерминированная  $\sigma^2[NPV]$  ниже, чем половина соответствующих стохастических  $\sigma^2[NPV]$ .

Смысл этого заключается в том, что если плановый период является стохастическим, а проект оценивается так, как если бы он был детерминированным, то  $E[NPV]$  переоценено, а  $\sigma^2[NPV]$  недооценена вне зависимости от того, является ли плановый период некоррелированным или коррелированным с компонентами денежного потока проекта. Кроме того, относительный риск одного проекта по сравнению с другим может определяться некорректно при предположении о детерминированном плановом периоде, т.е., сочетание переоцененного  $E[NPV]$  и недооцененной  $\sigma^2[NPV]$  может ввести в заблуждение органы государственного и муниципального управления при оценивании как абсолютных, так и относительных соотношений риск/доходность проектов.

Проблема спецификации вероятностного распределения планового периода такова, что итоговые разности в значениях  $E[NPV]$  и  $\sigma^2[NPV]$ , полученные исключительно благодаря тому факту, что периоды использования проектов не зависят ( $SP_3$ ) или зависят ( $SP_4$ ) от компонент денежных потоков, затрудняют сравнение итоговых значений  $E[NPV]$  и  $\sigma^2[NPV]$ . Проекты со стохастическими плановыми периодами, независимыми от компонент денежных потоков, имеют большее значение  $E[NPV]$  и, как правило, меньшее значение  $\sigma^2[NPV]$ , чем проекты со стохастическими плановыми периодами, зависящими от компонент денежных потоков.

Поскольку большинство проектов имеют стохастические плановые периоды, зависящие от компонент денежных потоков, упрощения могут привести к переоценке самих проектов и/или к переоценке или недооценке их рисков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцовский А.В. Управление рисками: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М. : Издательство Юрайт, 2016. 414 с.
2. Коростелева М.В. Анализ влияния неопределенности планового периода инвестора на риск инвестиционного проекта // Альманах современной науки и образования, 2014. N 10 (88). С. 87-90.
3. Коростелева М.В. Корреляция периода использования инвестиций с компонентами денежного потока как фактор риска // "Устойчивое развитие: общество и экономика". V Международная научно-

- практическая конференция, 19-21 апреля 2018г. Материалы конференции. СПб, СПбГУ, 2018. С.202.
4. Коростелева М.В. Использование математического программирования при обосновании государственных капиталовложений // Государственный советник. 2016. N 3(15). С.40-44.
  5. Коростелева М.В. Особенности применения экономико-математических методов при формировании инвестиционных программ городской администрации // Государственный советник. 2014. N 3(7). С.32-37.
  6. Коростелева М.В. Применение метода Монте-Карло для оценки устойчивости инвестиционного проекта по критерию внутренней нормы доходности // Применение математики в экономике, 2012, Вып.19. С.166-176.
  7. Capital Budgeting Valuation. Financial Analysis for Today's Investment Projects./H.K.Baker, Ph.English. NJ: Wiley, 2011. 530 p.
  8. Gutze U., Northcott D., Schuster P. Investment Appraisal. Methods and Models. Berlin: Springer-Verlag, 2008. 391 p.

## REFERENCES

1. Vorontsovsky A.V. Risk management: a textbook and a workshop for undergraduate and graduate programs. Moscow, Yurayt Publishing House, 2016. 414 p. (in Russian)
2. Korosteleva M.V. Analysis of the influence of the uncertainty of the investor's planned period on the risk of the investment project. *Almanac of Modern Science and Education*, 2014. no. 10 (88). pp. 87-90. (in Russian)
3. Korosteleva M.V. Correlation of the period of investment use with components of cash flow as a risk factor // "Sustainable development: society and economy." V *International Scientific and Practical Conference*, 19-21 April 2018. Conference proceedings. St. Petersburg, St. Petersburg State University, 2018. P.202. (in Russian)
4. Korosteleva M.V. The use of mathematical programming in substantiating public investment. *The State Counsellor*. 2016. no. 3 (15). pp. 40-44. (in Russian)
5. Korosteleva M.V. Features of the application of economic and mathematical methods in the formation of investment programs of the city administration. *The State Counsellor*. 2014. no. 3 (7). pp.32-37. (in Russian)
6. Korosteleva M.V. Application of the Monte Carlo method to assess the sustainability of an investment project by the criterion of the internal rate of return. *Use of mathematics in economics*, 2012, Issue 19. pp. 166-176.
7. Capital Budgeting Valuation. Financial Analysis for Today's Investment Projects / H.K.Baker, Ph.English. NJ: Wiley Publ., 2011. 530 p. (in Russian)
8. Gutze U., Northcott D., Schuster P. Investment Appraisal. Methods and Models. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2008. 391 p. (in Russian)

### Информация об авторе

Коростелева Мария Вячеславовна  
(Российская Федерация, г. Санкт-Петербург)  
Доцент по кафедре экономической кибернетики  
Кандидат экономических наук  
Доцент кафедры экономической кибернетики  
Санкт-Петербургский государственный  
университет  
koro-va3@yandex.ru

### Information about the author

Maria V. Korosteleva  
(Russian Federation, Saint-Petersburg)  
Associate Professor,  
Ph.D in Economics  
Associate Professor of the Department of Economic  
Cybernetics  
Saint-Petersburg State University  
koro-va3@yandex.ru.