

УДК 004.414:339.732(574)

## ПРИНЯТИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Шукаев Д.Н., Ергалиева Н.О.

*Казахский национальный исследовательский технический университет  
им. К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: naz\_er@bk.ru*

В настоящее время вопрос инвестиционной деятельности нашей республики занимает одно из центральных мест – основной целью государства является достижение благоприятного инвестиционного климата в стране и дальнейшее стимулирование притока прямых иностранных инвестиций в экономику, так же много внимания уделяется вопросам совершенствования методов оценки и выбора инвестиционных проектов. Вопросам финансово-экономических методов инвестиционной деятельности посвящены исследования многих авторов. В статье рассматриваются методы принятия инвестиционных решений, и разрабатывается конкретная процедура выбора инвестиционных проектов на основе теории принятия решений. Представленные методы позволяют определить наиболее эффективную стратегию инвестирования в условиях неопределенности. Разработан алгоритм выбора наиболее перспективного проекта из множества проектов в условиях неопределенности, для создания инструментального средства.

**Ключевые слова:** инвестиционная деятельность, инвестиционные проекты, моделирование

## MAKING INVESTMENT DECISIONS IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Shukayev D.N., Yergaliyeva N.O.

*Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, e-mail: naz\_er@bk.ru*

Now the question of investment activity of our republic occupies one of the central places – a main objective of the state is achievement of favorable investment climate in the country and further stimulation of inflow of direct foreign investments to economy, is paid to questions of improvement of methods of an assessment and a choice of investment projects also much attention. Researches of many authors are devoted to questions of financial and economic methods of investment activity. This article describes how to make investment decisions, and developed a specific procedure for the selection of investment projects on the basis of decision theory. The presented method allows to determine the most effective strategy of investing in an uncertain environment. The algorithm of a choice of the most perspective project from a set of projects in the conditions of uncertainty, is developed for creation of tool means.

**Keywords:** investment activity, investment projects, modeling

Глобальный финансово-экономический кризис, ставший причиной системного сдвига в финансовой сфере мировой экономики продемонстрировал недостатки существующих методов, применяемых в области инвестиционной деятельности. Вопросам финансово-экономических методов инвестиционной деятельности посвящены исследования многих авторов. В них рассматриваются различные аспекты выбора инвестиционных проектов с учетом их различных показателей [1–7]. Анализ этих исследований показал, что основное внимание уделяется общим подходам к организации инвестиционной деятельности в рамках теории Г. Марковица, Тобина и др. Однако все возрастающий вес набирает проблема формирования и управления инвестиционной политики с позиции обеспечения эффективности принимаемых решений по выбору наиболее перспективных инвестиционных проектов в условиях различных непредсказуемых вызовов экономического, социального, экологического и другого характера.

Поэтому в данной статье разрабатывается конкретная процедура выбора инвестиционных проектов на основе теории принятия решений, хорошо зарекомендовавшая себя в организационных, социальных и других сферах человеческой деятельности.

### Методы принятия решений в условиях неопределенности

Пусть имеется множество проектов, рассматриваемых в качестве претендентов на инвестирование

$$A = \{A_i / i = 1, 2, \dots, n\} \quad (1)$$

характеризуемых показателями оценки их доходности  $B_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Однако существует неопределенность, вызванная неполнотой или неточностью информации об условиях их реализации, например уровень инфляции. С учетом этой неопределенности экспертами оценены возможные варианты состояния  $S = \{S_j / j = 1, 2, \dots, m\}$  рынка товаров и услуг, относящихся к проектам из представленного множества (1). Такая информация может быть представлена в виде табл. 1.

**Таблица 1**  
Значения экспертных оценок доходности проектов при различных ситуациях

$A_i \backslash S_j$	$S_1$	$S_2$	...	$S_m$
$A_1$	$b_{11}$	$b_{12}$	...	$b_{1m}$
$A_2$	$b_{21}$	$b_{22}$	...	$b_{2m}$
...	...	...	...	...
$A_n$	$b_{n1}$	$b_{n2}$	...	$b_{nm}$

Здесь  $b_{ij} = f(A_i, S_j)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$  – доходность инвестиции в проект  $A_i$  при возможной инфляционной ситуации на рынке  $S_j$ .

При необходимости знания для определения  $b_{ij} = f(A_i, S_j)$  количественных значений каждого из вариантов состояния  $S_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ , задаются законы распределения их возможных значений, обычно в виде случайных дискретных величин

$$S_j = \left( \begin{matrix} S_{j1} & S_{j2} & \dots & S_{jl} \\ P_{j1} & P_{j2} & \dots & P_{jl} \end{matrix} \right), \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

Для определения конкретных значений  $S_{jl}$  каждого из вариантов состояния  $S_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$  используется метод, основанный на теореме 1 «Величина  $S_{jl}$  наступает с вероятностью  $P_{jl}$  при выполнении условия  $u \in \Delta_j$ , где  $\Delta_j = P_{jl}$  и  $u$  – равномерно распределена в интервале  $[0, 1]$ ». Доказательство данной теоремы можно найти, например, в [10].

Для определения эффективной стратегии инвестирования воспользуемся известными критериями принятия решений в условиях неопределенности: Вальда, Лапласа, Гурвица и Сэвиджа [8]. По критерию Вальда, которую в данном случае можно назвать критерием осторожного инвестора, выбор проекта  $A_{i^*}$  осуществляется в предположении, что рынок будет находиться в самом невыгодном для него состоянии. Аналитически это записывается выражением

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \min_{S_j} f(A_i, S_j) \quad (2)$$

обеспечивающим наибольшее значение доходности из всех ее минимальных значений. Таким образом эффективным по критерию Вальда является стратегия инвестирования в проект  $A_{i^*}$ .

По критерию Гурвица предполагается, что рынок может находиться в самом невыгодном состоянии с вероятностью  $(1 - \tau)$  и в самом выгодном – с вероятностью  $\tau$ , где  $\tau$  – коэффициент доверия. Тогда правило выбора проекта для инвестирования примет вид

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \left[ \tau \cdot \max_{S_j} f(A_i, S_j) + (1 - \tau) \min_{S_j} f(A_i, S_j) \right], \quad \text{где } \tau \in [0, 1]. \quad (3)$$

При  $\tau = 0$  из (3) получим выражение критерия Вальда. При  $\tau = 1$  приходим к стратегии инвестора – оптимиста:

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \max_{S_j} f(A_i, S_j).$$

Величина коэффициента доверия сама является случайной величиной и в зависимости от вида рынка товаров и услуг может описываться различными законами распределения. Поэтому для определения ее значения можно воспользоваться методом обратной функции моделирования непрерывных случайных величин, принцип которого формулируется в виде теоремы 2 [9]: «Случайная величина  $\tau$ , реализации которой определяются из выражения

$$F(\tau) = \int \varphi(\tau) d\tau = u \quad \text{или} \quad \tau = F^{-1}(u),$$

где  $u$  – равномерно распределена в интервале  $[0, 1]$ , имеет заданную плотность распределения  $\varphi(\tau)$ ». Если функция плотности  $\varphi(\tau)$  является непрерывной случайной величиной и подчиняется одному из известных стандартных теоретических законов распределения, то для моделирования значений  $\tau$  можно воспользоваться формулами, приведенными в табл. 2 [10].

Критерий Лапласа используется при отсутствии информации о будущем состоянии рынка и тогда все состояния рынка считаются равновероятными. Этому критерию соответствует аналитическое выражение

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f(A_i, S_j) \right\}. \quad (4)$$

Наконец, критерий Сэвиджа используется для минимизации размеров максимальных потерь по каждому из принимаемых решений. При использовании данного критерия таблица 1 преобразуется в таблицу потерь (сожалений) в соответствии с формулой

$$f_c(A_i, S_j) = \{ f(A_i, S_j) - \max_{S_j} f(A_i, S_j) \}. \quad (5)$$

Тогда аналитическое выражение критерия Сэвиджа имеет вид

$$b_{i^*j^*} = \max_{A_i} \min_{S_j} f_c(A_i, S_j). \quad (6)$$

**Алгоритм выбора проекта в условиях неопределенности**

Построим алгоритм выбора единственного проекта из множества проектов (1) в условиях неопределенности

Шаг 1. Задание элементов табл. 1.

Шаг 2. Определение проекта  $A_{i^*}$  оптимальной по критерию (2).

Формулы моделирования основных теоретических распределений непрерывных случайных величин

Распределение	Функция плотности	Формула для моделирования
Нормальное	$\varphi(\tau) = \frac{1}{\sigma_\tau \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\tau - m_\tau)^2}{2\sigma_\tau^2}}, \quad -\infty < \tau < \infty$	$\tau = m_\tau + \sigma_\tau \left( \sum_{i=1}^{12} u_i - 6 \right)$
Равномерное	$\varphi(\tau) = \frac{1}{b-a}, \quad \tau \in [a, b]$	$\tau = a + u(b-a)$
Экспонентное	$\varphi(\tau) = \lambda e^{-\lambda\tau}, \quad \tau \geq 0$	$\tau = -\frac{1}{\lambda} \ln u$
Линейное	$\varphi(\tau) = \lambda \left( 1 - \frac{\lambda}{2} \tau \right), \quad \tau \in \left[ 0, \frac{2}{\lambda} \right]$	$\tau = -\frac{2}{\lambda} (1 - \sqrt{u})$
Гамма	$\varphi(\tau) = \frac{\alpha^k}{(k-1)!} t^{(k-1)} e^{-\alpha t}, \quad \alpha > 0, k > 0, \tau \geq 0$	$\tau = -\frac{1}{\alpha} \ln(u_1^* u_2^* \dots u_k^*)$

Шаг 3. Определение проекта  $A_{i^*}$  оптимальной по критерию (3).

Шаг 4. Определение проекта  $A_{i^*}$  оптимальной по критерию (4).

Шаг 5. Составление таблицы потерь в соответствии с формулой (5).

Шаг 6. Определение проекта  $A_{i^*}$  оптимальной по критерию (6).

Шаг 7. Вычисление для выбранных по каждому критерию оптимальных проектов одного из стандартных показателей их эффективности (индекс рентабельности, срок окупаемости и др.).

Шаг 8. Сравнительный анализ результатов, полученных по разным критериям по значениям дополнительного стандартного показателя.

При необходимости выбора нескольких ( $k$ ) проектов для инвестирования алгоритм преобразуем к следующему виду.

Шаг 1. Задание элементов табл. 1.

Шаг 2. Выбор одного из критериев, реализуемых выражениями (2, 3, 4, 6).

Шаг 3.1. Определение проекта  $A_{i^*}$  оптимальной по критерию (2).

Шаг 3.2. Определение проекта  $A_{i^*}$  оптимальной по критерию (3).

Шаг 3.3. Определение проекта  $A_{i^*}$  оптимальной по критерию (4).

Шаг 3.4.1 Составление таблицы потерь в соответствии с формулой (5).

Шаг 3.4.2 Определение проекта  $A_{i^*}$  оптимальной по критерию (6).

Шаг 4. Исключение из табл. 1 строки, соответствующей выбранному проекту и переход к реализации шага 3\*, выбранной ранее на шаге 2 до определения  $k$  проектов, подлежащих инвестированию.

По второму алгоритму для определения всех  $k$  проектов используется только один, выбранный на шаге 2 критерий. Однако при наличии дополнительных показателей проектов, не подверженных рыночным колебаниям, здесь также можно осуществить срав-

нительный анализ результатов, полученных по разным критериям.

#### Заключение

В последнее время растет интерес к процедурам анализа эффективности и выбора инвестиционной деятельности. Причиной стал мировой финансово-экономический кризис, отразивший недостатки применяемых в прошлом методов. В статье приведены методы принятия инвестиционных решений и разработан алгоритм выбора перспективного проекта в условиях неопределенности, которые в будущем будут использованы при разработке инструментального средства, позволяющего детально описать инвестиционную деятельность. Преимуществом представленных методов и алгоритма является возможность выбора наиболее эффективного варианта из альтернативных инвестиционных проектов в условиях неопределенности, учет неопределенности и рисков, связанных с осуществлением проекта.

#### Список литературы

1. Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности. – М.: Наука, 2008.
2. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. – М.: ЮНИТИ, 2004.
3. Haixiang Yao, Yan Zeng, Shumin Chen, Economic Modelling, Volume 30, January 2013, Pages 492-500. Multi-period mean-variance asset-liability management with uncontrolled cash flow and uncertain time-horizon.
4. Грачёва М.В. Риск-анализ инвестиционного проекта. – М.: ЮНИТИ, 2007.
5. Carlo Alberto Magni, Investment decisions in the theory of finance: Some antinomies and inconsistencies, European Journal of Operational Research. – Amsterdam: Feb 16, 2002. – Vol. 137, Iss. 1. – P. 206
6. Pierre-Richard Agénor, Hinh T. Dinh, From Imitation to Innovation: Public Policy for Industrial Transformation. – Poverty reduction and economic management (prem) network: www.worldbank.org/economicpremise, MAY 2013, Number 115.
7. Мальцев А., Тимофеев П., Заева М. Имитационное моделирование денежных потоков // Рынок ценных бумаг. – 2006. – № 7(310).
8. Зайченко Ю.П. Исследование операций. – Киев: Изд. Слово, 2003.
9. Shannon E. Systems Simulation. Prentice-Hall, Inc., 1975.
10. Шукаев Д.Н. Компьютерное моделирование. – Алматы, КазНТУ, 2004.