

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

**В. А. КАЛУГИН**  
**И. Н. ТИТОВА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: Kalugin@bsu.edu.ru*

*e-mail: Titova@bsu.edu.ru*

Показано, что полезный эффект от инвестиций в условиях неопределенности на каждом шаге расчетного периода может быть адекватно описан только совокупностью как количественных (денежные потоки), так и качественных показателей, характеризующих прибыль от реализации проекта. Представлена структура инновационного процесса и иерархическая модель процесса принятия инвестиционных решений. Предложен способ моделирования в условиях неопределенности полезного эффекта от инвестиций и способ построения единой количественной оценки инвестиционного проекта на каждом шаге расчетного периода.

Ключевые слова: инвестиции, инвестиционный процесс, условия неопределенности и риска, полезный эффект от инвестиций, субъективная шкала качественных градаций, методология анализа иерархических структур, шкала отношений, матрица парных сравнений, главный собственный вектор матрицы.

---

В соответствии с Федеральным законом РФ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» №39-ФЗ от 25 февраля 1999 года, под инвестициями будем понимать «... денежные средства, ценное, иное имущество, в том числе имущественные права, иные имеющие денежную оценку, вкладываемые в объекты предпринимательской и (или) иной деятельности в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта».

Деятельность, направленную на реализацию инвестиций, принято называть инвестиционной деятельностью, которая как любой вид деятельности включает цель, средства, результат и сам процесс — инвестиционный, представляющий совокупность последовательных действий субъекта инвестиционной деятельности для достижения определенного результата (прибыли и/или полезного эффекта).

Субъектами инвестиционной деятельности могут быть физические и юридические лица, в том числе иностранные, а также государства и международные организации. Основным субъектом инвестиционной деятельности — инвестор, осуществляющий вложение собственных, заемных или привлеченных средств в форме инвестиций и обеспечивающий их целевое использование.

Инвестиционный процесс протекает в рамках конкретного инвестиционного проекта (ИП), который представляет собой «... обоснование экономической целесообразности, объема и сроков осуществления капитальных вложений, в том числе необходимая проектно-сметная документация, разработанная в соответствии с законодательством РФ и утвержденными в установленном порядке стандартами (нормами и правилами), а также описание практических действий по осуществлению инвестиций (бизнес-план)»<sup>1</sup>.

При осуществлении инвестиционной деятельности инвесторы непрерывно сталкиваются с проблемой принятия решения о том, стоит ли расходование ресурсов — времени или денег — ожидаемых денежных доходов. Их беспокоит вопрос, каким образом распределять имеющиеся в его распоряжении ресурсы между множеством возможных вариантов инвестиций. Следует ли строить завод? Производить ли замену оборудования? Осваивать новые виды продукции?

Все это можно рассматривать как *проблемы принятия инвестиционных решений*.

Повышение качества принимаемых инвестиционных решений было и остается важнейшей проблемой не только на уровне предприятий, но и рассматривается как панацея от многих трудностей на макроэкономическом уровне. От того, насколько дальновидны, рациональны, экономически обоснованы и эффективны инвестиционные

---

<sup>1</sup> Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, № ВК 477 от 21.06.99 г., утверждено Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госкомитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике.

решения, во многом зависит не только будущее конкретных предприятий и организаций, но и будущее экономики страны в целом, поскольку их функционирование влияет на поведение других субъектов экономического сообщества, социально-экономическую и природную среду.

В немалой степени успешному решению проблемы принятия инвестиционных решений должны способствовать используемые при этом методы оценки инвестиций. В настоящее время наиболее адекватными признаются динамические методы, основанные на концепции временной стоимости денег. Такие методы получили название дисконтированных методов оценки инвестиций.

В отечественной и зарубежной практике принятия инвестиционных решений получили распространение следующие, ставшие классическими, дисконтированные методы оценки эффективности инвестиционных проектов, основанные на расчете показателей:

- чистая текущая (приведенная) стоимость инвестиций (net present value – NPV, чистый дисконтированный доход – ЧДД, или интегральный эффект);
- индекс рентабельности инвестиций (profitability index – PI, индекс доходности дисконтированных инвестиций – ИДД);
- внутренняя норма доходности (рентабельности) инвестиций (internal rate of return – IRR, внутренняя норма доходности – ВНД);
- модифицированная внутренняя норма доходности (modified internal rate of return – MIRR).

Однако надежное использование этих показателей в качестве инструментов принятия инвестиционных решений в определяющей степени опирается на способность экономистов и финансовых аналитиков выносить обоснованные суждения относительно ожидаемой величины денежных потоков анализируемых ИП на каждом шаге расчетного периода.

Основу этих суждений составляют исходные предположения относительно внешних факторов, имеющих к инвестиционному процессу непосредственное отношение, поскольку напрямую воздействуют на показатели его эффективности. К внешним факторам относятся:

- предполагаемый в будущем уровень деловой активности;
- конъюнктура на рынке капитала, определяющая как условия получения займа и ставку кредитного процента, так и доходность доступных инвестору альтернативных вложений его капитала с гарантированными и рисковыми вложениями;
- конъюнктура на рынке сбыта, характеризующая будущее соотношение спроса и предложения, а, значит, и ожидаемый уровень цен и объемы продаж, и, в конечном счете, денежные поступления от инвестиции;
- конъюнктура на рынке труда и материальных ресурсов, обуславливающая как расходы инвестора на приобретение инвестиционного объекта, так и текущие расходы на его эксплуатацию;
- налоги и налоговая политика федеральных и муниципальных органов;
- достижения техники и технологии;
- политика и действия конкурентов и т. п.

Так как каждый из этих факторов характеризуется высокой степенью неопределенности, рассчитанные показатели в лучшем случае представляют лишь наметки будущих результатов деятельности по осуществлению ИП.

Причем иногда очень сильно переоценивается способность экономистов и финансовых аналитиков предвидеть изменения в экономике страны или в отдельной отрасли, на конкретном предприятии, организации или для отдельного продукта. На самом деле, как справедливо отмечается многими авторами, их прогнозы и планы постоянно демонстрируют свое несовершенство и неполноту.

Не следует также забывать, что принятие инвестиционных решений — это целенаправленная человеческая деятельность, а не объективный механистический процесс. В рамках этой деятельности значительное место занимают субъективные оценки и суждения. Именно этот факт оказался упущенным в традиционной теории инвестиций.

Следует заметить, что вообще любые суждения относительно будущих событий — в данном случае относительно будущих денежных потоков ИП, — выносимые в виде абсолютных значений, почти всегда ненадежны. Вместе с тем в теории инвестиций

незримо присутствует образ экономически целесообразного принимающего решения человека, который ориентирован на максимизацию прибыли, обладает сверхинтеллектуальными способностями и совершенными познаниями в области финансов, способен безошибочно прогнозировать будущие события и выносить точные оценки денежных потоков ИП. Это обнадеживающая, но нереальная ситуация.

Повышению эффективности принимаемых инвестиционных решений, на наш взгляд, в значительной степени мог бы способствовать такой методологический инструментарий, который позволял бы работать с суждениями, выносимыми не в виде абсолютных оценок денежных потоков ИП, а в виде относительных, показывающих степень превосходства одного оцениваемого денежного потока над другим. Действительно, менеджер предприятия вполне определенно может судить о том, что денежный поток одного ИП на  $t$ -ом шаге расчетного периода превосходит денежный поток второго ИП. Однако сказать, каковы будут точно или с определенной вероятностью конкретные размеры денежных потоков ИП намного сложнее. Подробнее об оценке денежных потоков ИП на каждом шаге расчетного периода в девятибалльной шкале отношений можно ознакомиться по работам<sup>23</sup>.

Следует заметить, что последствия принятия инвестиционных решений не всегда удается полностью выразить в виде денежных потоков. Рассмотрим в этой связи структуру инвестиционного процесса.

*Структура инвестиционного процесса.* Особенность построения модели инвестиционного процесса заключается в том, что она должна охватывать два подпроцесса — описание потока расходования денежных средств (инвестиционные затраты, оттоки) и описание полезного эффекта (отдача от инвестиций, притоки), который следует ожидать при осуществлении ИП.

Основная трудность при моделировании инвестиционного процесса заключается в описании полезного эффекта от инвестиций. Первый шаг в этом направлении заключается в разработке его структуры — определение расчетного периода, расчленение его на этапы (шаги), различающиеся своим содержанием, размерами денежных доходов и расходов, а также качественными показателями эффекта.

В том случае, когда полезный эффект можно измерить в деньгах, различают следующие условия моделирования инвестиционного процесса (условия принятия решений об инвестициях):

- определенность, если каждому ИП ставится в соответствие одна и только одна оценка денежного потока на каждом шаге расчетного периода;
- вероятностная неопределенность (риск), если каждому ИП на каждом шаге расчетного периода ставится в соответствие множество оценок, каждая из которых имеет определенную вероятность осуществления;
- интервальная неопределенность (неопределенность), если каждому ИП на каждом шаге расчетного периода ставится в соответствие множество (или числовой интервал) оценок и при этом ничего неизвестно относительно вероятности осуществления каждой.

Однако полезный эффект не всегда удается полностью выразить в деньгах, имеются важные для инвестора качественные показатели полезного эффекта — качественные аналоги прибыли. В общем случае полезный эффект может характеризоваться различными видами качественной «прибыли»:  $B_1, \dots, B_m$ . Причем виды «прибыли» могут быть выражены в различных единицах измерения, поэтому их нельзя объединить в одну общую меру прибыли. Например,  $B_1$  — экономия человеко-часов,  $B_2$  — архитектурное качество инвестиционного объекта и т.д.

Кроме того, ИП на некоторых шагах расчетного периода могут обладать так называемыми управленческими возможностями (управленческими опционами):

- увеличение масштабов проекта в случае, если он успешен;
- продажа проекта, если он потерпит неудачу;

---

<sup>2</sup> Калугин В.А. Критериально-экспертная оценка инвестиционных проектов // Проблемы теории и практики управления». 2006. №7. С. 84 – 92.

<sup>3</sup> Калугин В. А. Многокритериальные методы принятия инвестиционных решений. Спб.: Химиздат, 2004. 211 с.

- развитие смежных видов деятельности, пользуясь приобретенным на первом проекте опытом;
- разработка новых продуктов в русле начатого проекта;
- расширение рынков сбыта продукции;
- расширение или переоснащение производства;
- прекращение проекта и др.

Традиционно учет управленческих возможностей осуществляется путем их денежной оценки и корректировки показателя NPV, рассчитанного так: реальный NPV = традиционный NPV + стоимость управленческих опционов.

Таким образом, полезные последствия принятия инвестиционных решений (полезный эффект) в условиях неопределенности на каждом шаге расчетного периода могут быть адекватно описаны только совокупностью как количественных (денежных потоков), так и качественных показателей, характеризующих «прибыль» от реализации проекта (табл. 1).

Таблица 1

**Описание полезного эффекта от реализации ИП на каждом шаге расчетного периода**

№ шага расчетного периода	«прибыль-1»	«прибыль-2»	...	«прибыль-т»
1	$b_{11}$	$b_{12}$	...	$b_{1m}$
...	...	...	...	...
$i$	$b_{i1}$	$b_{i2}$	...	$b_{im}$
...	...	...	...	...
$T$	$b_{T1}$	$b_{T2}$	...	$b_{Tm}$

Проблема состоит в агрегировании на каждом  $i$ -ом шаге расчетного периода различных видов «прибыли» от реализации конкретного ИП в одну составную величину прибыли  $V_i$ , которая представляла бы оценку этого проекта на соответствующем шаге.

Одним из обычных приемов такого объединения является введение ряда весовых коэффициентов  $w_1, w_2, \dots, w_m$  и определение составной прибыли в виде:  $V_i = w_1 b_{i1} + w_2 b_{i2} + \dots + w_m b_{im}$ .

При этом, естественно, единицы измерения  $w_i$  должны быть таковы, чтобы все отдельные члены  $w_1 b_{i1}, w_2 b_{i2}, \dots, w_m b_{im}$  были выражены в соизмеримых единицах. На практике трудность состоит в том, чтобы найти подходящие весовые коэффициенты. Часто это делается либо при помощи объективного «рыночного» механизма, либо на субъективной основе — каждой рассматриваемой величине ставятся в соответствие определенные суммы.

Однако непосредственно объединить оценки по качественным и количественным критериям таким способом не представляется возможным. Обычной практикой в этом случае является преобразование качественных оценок в количественные, денежные оценки и дальнейшая их агрегация с использованием весовых коэффициентов. В том случае, если критерием является такой, как «экономия человеко-часов», это легко можно осуществить<sup>4</sup>. Однако если критерием является такой, как «архитектурное качество», возникают серьезные трудноразрешимые проблемы.

Другим, альтернативным может быть подход, предусматривающий преобразование количественных оценок в качественные с дальнейшей агрегацией последних в единую качественную оценку ИП с позиции каждого шага расчетного периода. Строго говоря, проблема оценки преимуществ того или иного подхода представляет самостоятельный научный интерес и в данной статье не рассматривается.

*Предлагаемый подход.* Нами предлагается метод моделирования инвестиционного процесса в условиях неопределенности, предусматривающий, во-первых, оценку полезных последствий от реализации ИП на каждом шаге расчетного периода в

<sup>4</sup> Фокс Д. Дж., Грегори К. Ричард. Конкурентные преимущества в денежном выражении / Пер. с англ. Изд. 3-е. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 304 с.

субъективной порядковой шкале качественных градаций, во-вторых, преобразование качественных оценок в количественные.

Модель процесса принятия инвестиционного решения будем представлять в виде следующей иерархии (рис .1).

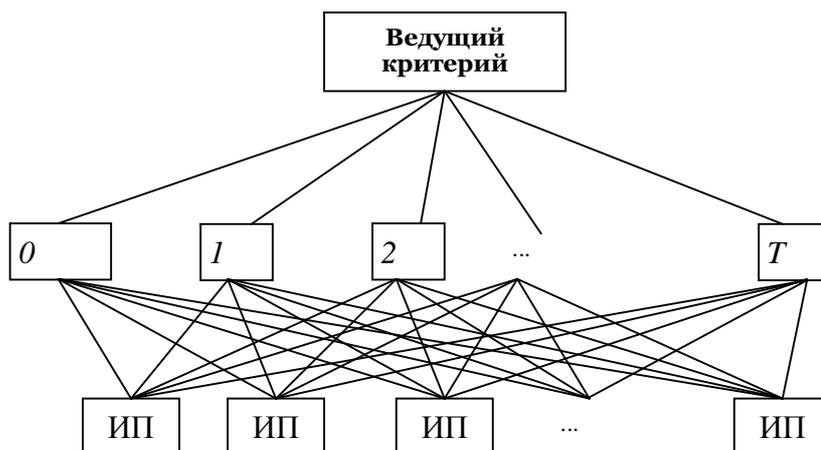


Рис. 1. Модель процесса принятия инвестиционных решений

Поскольку речь идет об условиях неопределенности, предполагается, что каждый ИП на каждом шаге расчетного периода описывается совокупностью количественных и качественных критериев.

Для того, чтобы получить количественную оценку ИП с позиции некоторого шага расчетного периода, предлагаем вначале дать соответствующую оценку ИП в субъективной порядковой шкале качественных градаций. Такая количественная оценка необходима для последующей иерархической композиции, результатом которой является интегральная количественная оценка ИП с позиции ведущего критерия, позволяющая, например, ранжировать ИП.

**Первый этап.** Полезный эффект на каждом шаге расчетного периода предлагается оценивать с позиции субъективной порядковой шкалы качественных градаций (см. ниже: *Пример*).

Процесс получения оценки ИП с позиции этой шкалы протекает в три шага.

**Первый шаг.** Множество денежных потоков, имеющих место в условиях неопределенности на каждом шаге расчетного периода, преобразуется в единый денежный поток. Для этого можно, например, воспользоваться критерием Гурвица:

$$CF_{ож} = \lambda \cdot CF_{max} + (1-\lambda) \cdot CF_{min} \quad (1)$$

где

$CF_{ож}$  — ожидаемый денежный поток (*Cash Flow*);

$CF_{max}, CF_{min}$  — соответственно, максимальное и минимальное значение, взятые из множества денежных потоков;

$\lambda$  — некоторое число, заключенное в интервале от 0 до 1 и определяемое субъективно лицом, принимающим решение (ЛПР).

Полученная оценка единого денежного потока преобразуется в качественную оценку путем ее соотнесения с качественными градациями. Например, ЛПР считает, что полученное значение  $CF_{ож}$  представляет собой «низкий уровень» денежного потока.

**Второй шаг.** Качественные виды «прибыли» от реализации конкретного ИП на рассматриваемом шаге расчетного периода непосредственно оцениваются в шкале качественных градаций.

**Третий шаг.** ЛПР объединяет совокупность полученных оценок в единую качественную оценку ИП с позиции конкретного шага расчетного периода.

Следует заметить, что авторы отдают себе отчет в том, что описанные шаги нуждаются в более детальном изложении, однако, на наш взгляд, это выходит за рамки настоящей статьи.

**Второй этап.** Преобразование качественных оценок ИП в количественные. Для этого воспользуемся методологией анализа иерархических структур (МАИ)<sup>56</sup>.

Пусть субъективная порядковая шкала качественных градаций имеет следующий вид (рис. 2).

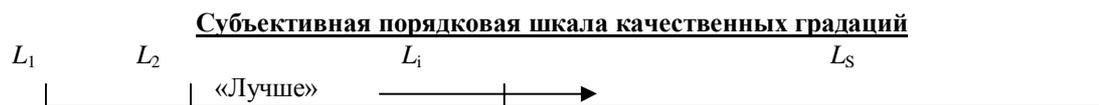


Рис. 2. Субъективная порядковая шкала

Предположим, что ИП получили в соответствии с этой шкалой следующие оценки (табл. 2.)

<sup>5</sup> Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий; пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.

<sup>6</sup> Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000. 368 с.

Таблица 2

## Оценки ИП по качественным градациям субъективной шкалы

ИП	ИП-1	...	ИП-1	...	ИП-К
Значение	$L_{s1}$	...	$L_{si}$	...	$L_{sk}$

Проведем парное сравнение качественных градаций по девятибалльной шкале отношений с позиции того, насколько одна качественная градация превосходит другую. Результат поместим в обратносимметричную матрицу парных сравнений. Пусть она получила следующий вид (табл. 3).

Таблица 3

## Матрица парных сравнений качественных градаций

L	$L_1$	...	$L_i$	...	$L_s$
$L_1$	1	...	$L_{1i}$	...	$L_{1s}$
...	...	...	...	...	...
$L_i$	$l_{i1}$	...	1	...	$l_{is}$
...	...	...	...	...	...
$L_s$	$l_{s1}$	...	$l_{si}$	...	1

Найдем главный собственный вектор этой матрицы. Его компоненты, в случае положительного результата проверки матрицы на согласованность, определяют числовые оценки качественным градациям.

Пусть главный собственный вектор определен и имеет вид:

$$W = (w_1, \dots, w_i, \dots, w_s) \quad (2)$$

Тогда соответствие качественных градаций числовым оценкам можно представить следующей таблицей (табл. 4).

Таблица 4

## Соответствие качественных градаций числовым значениям

Градация	$L_1$	...	$L_i$	...	$L_s$
<b>W</b>	$w_1$	...	$w_i$	...	$w_s$

При этом ИП автоматически получаю числовые оценки по качественному критерию (табл. 5).

Таблица 5

## Числовые оценки ИП по субъективной шкале

ИП	ИП-1	...	ИП-1	...	ИП-К
Качественное значение	$L_{s1}$	...	$L_{si}$	...	$L_{sk}$
Числовое значение	$w_{s1}$	...	$w_{si}$	...	$w_{sk}$

*Пример.* Предположим, что для некоторого шага расчетного периода вполне достаточно иметь субъективную шкалу, имеющую качественные градации, выражающие уровень поступлений от инвестиций на этом шаге: «низкий» — L; «средний» — M; «высокий» — H; промежуточные значения — LM («ниже среднего») и HM («выше среднего»).

Предположим, что оцениваются пять ИП. Пусть рассматриваемые ИП получили, с точки зрения этой шкалы, следующие качественные оценки:

$$\text{ИП-1} \rightarrow \text{M}; \text{ИП-2} \rightarrow \text{LM}; \text{ИП-3} \rightarrow \text{HM}; \text{ИП-4} \rightarrow \text{M}; \text{ИП-5} \rightarrow \text{HM}.$$

Отобразим субъективную шкалу с качественными градациями на некоторую числовую шкалу. Предположим, что матрица в результате попарного сопоставления качественных градаций получила следующий вид (табл. 6).

Таблица 6

**Матрица парных сравнений качественных градаций**

A <sub>5</sub>	L	LM	M	HM	H
L	1	1/3	1/4	1/8	1/9
LM	3	1	1/2	1/3	1/6
M	4	2	1	1/2	1/3
HM	8	3	2	1	1/2
H	9	6	3	2	1

Установлено, что максимальное собственное значение анализируемой матрицы парных сравнений равно 5,22, а коэффициенты ИС = 0,055 и ОС = 0,049. Следовательно, матрица согласована и суждения экспертов логичны.

Найдем собственный вектор, отвечающий максимальному собственному значению этой матрицы. Имеем:

$$\mathbf{W} = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5) = (0,036, 0,100, 0,156, 0,289, 0,419) \quad (3)$$

Компоненты вектора  $\mathbf{W}$  определяют следующие числовые значения для качественных градаций (табл. 7).

Таблица 7

**Соответствие качественных градаций числовым значениям**

Градация	L	LM	M	HM	H
w <sub>i</sub>	0,036	0,100	0,156	0,289	0,419

При этом одновременно ИП получают следующие числовые оценки: ИП-1 → M → 0,156; ИП-2 → LM → 0,100; ИП-3 → HM → 0,288; ИП-4 → M → 0,156; ИП-5 → HM → 0,288.

Таким образом, в рамках моделирования инвестиционного процесса в условиях неопределенности, характеризующегося тем, что полезный эффект от инвестиций на каждом шаге расчетного периода адекватно может быть описан только совокупностью количественных и качественных показателей «прибыли», предложен подход, позволяющий интегрировать эту совокупность в единую количественную оценку ИП. Эта оценка является условной — оценка с позиции конкретного шага расчетного периода — и необходима для последующей иерархической композиции, результатом которой является интегральная количественная оценка ИП с позиции ведущего критерия, учитывающая все многообразие последствий от реализации ИП.

## MODELLING OF THE INVESTMENT PROCESS IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY

V. A. KALUGIN

I. N. TITOVA

*Belgorod State University*

*e-mail: Kalugin@bsu.edu.ru*

*e-mail: Titova@bsu.edu.ru*

It is shown that the useful effect from investments in the conditions of uncertainty on each step of the settlement period can be adequately described only with a set both quantitative (monetary streams), and qualitative indicators, characterising "profit" on project realisation. The structure of innovative process and hierarchical model of process of acceptance of investment decisions is presented. The way of modelling in conditions uncertainty useful effect from investments and a way of construction of a uniform quantitative estimation investment project on each step of the settlement period is offered.

Key words: investments, investment process, the uncertainty and risk conditions, useful effect from investments, a subjective scale of qualitative gradation, methodology of the analysis of hierarchical structures, a scale of relations, a matrix of pair comparisons, the main own vector of a matrix.