

УДК 336

Р. Д. ШАГАЛИЕВ, З. В. МАКСИМЕНКО

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Предложен метод количественной оценки рисков реальных инвестиционных проектов в условиях неопределенности вероятного отклонения элементов потоков реальных денег (результатов операционной и инвестиционной деятельности) от прогнозируемых значений, а также неопределенности ставки дисконтирования применительно к современным российским условиям. *Инвестиционный проект; неопределенность; риск*

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость анализа проектных рисков на уровне потоков реальных денег (Cash Flow) при помощи статистических методов вызвана прежде всего тем, что элементы потоков денежных средств инвестиционного проекта, возникающие в процессе его реализации, а также величину ставки дисконтирования невозможно спрогнозировать с высокой степенью достоверности на стадии разработки бизнес-плана проекта, особенно в условиях нестабильности российской экономики. При этом любое негативное отклонение рисков переменных от заданного значения может привести к существенному (критическому) ухудшению критериев эффективности инвестиционного проекта. Следовательно, одним из факторов при принятии решения об инвестировании средств в проект должна стать оценка вероятности негативного изменения показателей эффективности проекта в случае отклонения элементов потоков денежных средств и величины ставки дисконтирования от заданных значений.

1. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Любой инвестиционный проект необходимо рассматривать не только с позиций его окупаемости (доходности), но и с точки зрения риска неполучения расчетной прибыли и в худшем случае — невозврата инвестиций. Такие риски присущи любому инвестиционному проекту, при этом, как правило, более доходный инвестиционный проект сопряжен с большим риском. Следовательно, важнейшей составной частью проектного анализа

является детальное исследование рисков инвестиционного проекта. В российской и зарубежной литературе рассматриваются два основных подхода к анализу проектных рисков — метод качественного и метод количественного анализа. Дадим общее представление о них.

Качественный анализ рисков инвестиционного проекта предполагает описание всех предполагаемых рисков проекта, а также стоимостную оценку их последствий и мер по снижению. Анализ рисков может проводиться по следующим основным сферам рисков: финансовых; маркетинговых; технологических; рисков участников проекта; политических; юридических; экологических; строительных; специфических; обстоятельств непреодолимой силы (форс-мажор).

Задача количественного анализа состоит в численном измерении влияния изменений рискованных факторов проекта на поведение критериев эффективности проекта. Анализ зарубежной литературы в области исследования проектных рисков позволяет классифицировать существующие количественные методы и связанные с ними модели по следующим направлениям (подходам):

1. В зависимости от привлечения вероятностных распределений:

– методы без учета распределений вероятностей;

– методы с учетом распределений вероятностей.

2. В зависимости от учета вероятности реализации каждого отдельного значения переменной и проведения всего процесса анализа с учетом распределения вероятностей:

– вероятностные (вероятностно-теоретические) методы;

– выборочные методы.

3. В зависимости от способов нахождения результирующих показателей по построенной модели:

– аналитический метод;

– имитационный метод.

На практике широкое распространение получили три метода количественного определения рисков: анализ чувствительности (уязвимости), анализ сценариев и метод имитационного моделирования рисков Монте-Карло. Дадим общее представление о них.

Суть метода анализа чувствительности заключается в определении эластичности критерия эффективности инвестиционного проекта к последовательному изменению каждой из переменных, участвующих в расчете этого критерия. На основании проведенных расчетов делается экспертное ранжирование исследуемых переменных по степени их негативно-го влияния на конечный показатель эффективности проекта.

Несмотря на то, что анализ чувствительности является наиболее используемым количественным методом исследования рисков, он обладает рядом существенных недостатков. В первую очередь, это некоррелированность анализируемых факторов рисков проекта. Кроме того, метод является экспертным, следовательно, разные группы экспертов могут получить различные результаты.

Анализ сценариев представляет собой развитие методики анализа чувствительности проекта, так как одновременному непротиворечивому (реалистическому) изменению подвергается вся группа переменных, проверяемых на риск. Рассчитываются пессимистический вариант (сценарий) возможного изменения переменных, а также оптимистический и наиболее вероятный варианты. В соответствии с этими расчетами определяются новые значения критериев оценки эффективности проекта. Эти показатели сравнивают с базисными значениями и делают необходимые рекомендации.

Метод моделирования Монте-Карло, используемый для анализа рисков, представляет собой синтез методов анализа чувствительности и анализа сценариев на базе теории вероятностей. Эта методика позволяет построить математическую модель для инвестиционного проекта с неопределенными значениями параметров и, зная вероятностные распределения параметров проекта, а также

связь между изменениями параметров (корреляцию), получить распределение вероятностей возможных результатов проекта (например, вероятность получения $NPV < 0$).

Несмотря на то, что метод Монте-Карло обладает рядом достоинств, он не распространен и широко не используется в бизнесе, причина этого – неопределенность функций плотности переменных, используемых при подсчете потоков наличности. Другая проблема та же, что и при использовании метода сценариев – применение обоих методов не дает однозначного ответа на вопрос о необходимости реализации данного проекта [1].

2. ОДИН ИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПОДХОДОВ К АНАЛИЗУ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Предлагаемый метод в основе своей является объединением двух существующих: метода анализа чувствительности и метода имитационного моделирования Монте-Карло. При этом он совмещает достоинства обоих методов и сглаживает присущие каждому из них недостатки: для анализа чувствительности это, во-первых, субъективизм (ведь метод предполагает использование экспертных оценок), а во-вторых, – некоррелированность анализируемых факторов рисков проекта. Что касается метода моделирования Монте-Карло, то здесь, прежде всего, устраняется недостаток, связанный с неопределенностью функций плотности переменных, используемых при подсчете потоков наличности.

В методе Монте-Карло исследуемый реальный инвестиционный проект рассматривается как ординарный чистый денежный поток, который состоит из начальной инвестиции K и годового номинального чистого денежного потока поступлений в течение T лет. Однако зачастую в реальной действительности инвестор сталкивается с ситуацией, когда проект предполагает не «разовые затраты – длительную отдачу», а «длительные затраты – длительную отдачу», т. е. более привычную для России ситуацию, при которой инвестиции осуществляются не одномоментно, а по частям – на протяжении нескольких месяцев или даже лет [2]. Кроме того, метод имитационного моделирования предполагает, что элементы P_1, P_2, \dots, P_T потока поступлений являются случайными величинами со следующими плотностями вероятности: $f_{p1}(p), f_{p2}(p), \dots, f_{pT}(p)$. Однако в большинстве случаев ситуация обстоит несколько ина-

че: инвестору предлагается на рассмотрение бизнес-план реального инвестиционного проекта, в котором, в частности, определена таблица потоков реальных денег с конкретными значениями результатов операционной, инвестиционной и финансовой деятельности. Таким образом, случайность элементов потоков денежных средств обусловлена в данном случае скорее величиной отклонения от рассматриваемых значений, которые могут быть интерпретированы как математические ожидания. Справедливости ради следует отметить, что предлагаемый метод не избавлен в полной мере от субъективизма, но в данном случае роль эксперта сводится к минимуму: от него требуется оценить диапазон случайного отклонения для каждой из переменных, которые оказывают влияние на формирование потока наличности.

3. ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЕКТНЫХ РИСКОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Любой инвестиционный проект предполагает планирование во времени трех основных денежных потоков: результатов текущей (операционной), инвестиционной и финансовой деятельности. Каждый из этих потоков, в свою очередь, состоит из ряда детализирующих потоков поступлений и платежей:

1.1. Доходы от операционной деятельности:

- выручка от реализации (без НДС и акцизов);
- поступления от внереализационных операций.

1.2. Затраты на операционную деятельность:

- а) Переменные издержки, в том числе:
 - материальные затраты (на материалы, комплектующие, топливо и энергию для технологических нужд, транспортные расходы);
 - затраты на оплату труда производственного персонала;
 - отчисления из ФОТ производственных рабочих;
 - дорожный и прочие налоги на выручку от реализации;
 - прочие переменные затраты.
- б) Постоянные издержки, в том числе:
 - общехозяйственные расходы;
 - сбытовые расходы;
 - затраты на НИОКР;

- затраты на оплату труда непроизводственного персонала;
- отчисления из ФОТ непроизводственных рабочих;
- налог на имущество и прочие налоги, относимые на себестоимость;
- затраты на содержание и ремонт оборудования;
- прочие постоянные расходы (арендные платежи, командировочные расходы и др).

в) Налог на прибыль.

2.1. Доходы от инвестиционной деятельности:

- поступления от реализации активов;
- поступления от продажи прав собственности (ценных бумаг);
- прочие доходы от инвестиционной деятельности (дивиденды полученные и др.).

2.2. Затраты на инвестиционную деятельность:

- капитальные вложения;
- финансовые вложения;
- другие издержки подготовительного периода;
- приобретение прав собственности (ценных бумаг).

3.1. Доходы от финансовой деятельности:

- собственный (акционерный) капитал;
- долгосрочные кредиты;
- краткосрочные кредиты;
- прочие доходы от финансовой деятельности.

3.2. Затраты на финансовую деятельность:

- выплаты в погашение кредитов;
- выплаты процентов по кредитам;
- лизинговые платежи;
- выплаты дивидендов.

Ни поток текущих платежей, ни поток поступлений не могут быть спланированы вполне точно, поскольку нет и не может быть полной определенности относительно будущего состояния рынка, особенно в современных российских условиях. Цена и объемы реализуемой продукции, цены на сырье и материалы и прочие денежно-стоимостные параметры среды по факту их осуществления в будущем могут сильно разниться с предполагаемыми плановыми значениями, которые оцениваются с позиций сегодняшнего дня. Таким образом, риск недостоверности исходных данных возникает уже на этапе определения элементов таблицы потоков реальных де-

Таблица потоков реальных денег

Таблица

Операционная деятельность		1..T	Инвестиционная деятельность		1..T	Финансовая деятельность		1..T
-	Продажи и другие поступления		=	Поступления от продажи активов		=	Собственный (акционерный) капитал	
-	Материалы и комплектующие		-	Затраты на приобретенные активы		+	Краткосрочные кредиты	
-	Прочие прямые издержки					+	Долгосрочные кредиты	
-	Общие издержки и налоги					-	Погашение задолженностей по кредитам	
-	Проценты по кредитам					-	Выплаты дивидендов	

нег. Рассмотренная выше детализация потоков реальных денег непринципиальна в терминах настоящей задачи, поэтому в качестве структуры исходных данных применим таблицу, предложенную авторами [4]. В практических ситуациях эта таблица является завершающей и состоит из трех частей:

- потока реальных денег от операционной или производственной деятельности;
- потока реальных денег от инвестиционной деятельности;
- потока реальных денег от финансовой деятельности.

На основе данных предшествующих лет о ставке дисконтирования D альтернативного инвестиционного проекта с предположительной степенью риска при помощи одного из методов статистического прогнозирования определяется величина ставки дисконтирования для каждого года прогнозного периода реализации проекта D_1, D_2, \dots, D_T .

Для всех элементов потоков реальных денег от операционной и инвестиционной деятельности, а также для величины ставки дисконтирования в каждом году прогнозного периода окупаемости экспертным или эмпирическим путем задается диапазон случайного отклонения от исходного значения.

4. ФОРМАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ ПРОЕКТНЫХ РИСКОВ

Рассматриваемый подход к анализу проектных рисков в условиях неопределенности основан на применении общепризнанных в мировой практике финансового анализа критериев эффективности инвестиционного проекта. Это чистый дисконтированный доход (NPV) внутренняя норма доходности (IRR) и индекс доходности (PI).

Реализация метода определяется следующей последовательностью действий:

1. В заданном диапазоне случайным образом определяется конкретная реализация величины отклонения от прогнозного значения параметра, участвующего в расчете показателя эффективности инвестиционного проекта и подверженного влиянию внешних факторов.

2. Определяется величина NPV по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{(A_t + \Delta A_t) - (B_t + \Delta B_t)}{(1 + (D_t + \Delta D_t))^{\omega(t)}} - \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + (D_t + \Delta D_t))^{\omega(t)}}, \quad (1)$$

где A_t — элемент результатов, достигаемых на t -м шаге расчета; ΔA_t — случайное отклонение от исходного значения A_t в заданном экспертом диапазоне; B_t — элемент затрат, осуществляемых на том же шаге, при условии, что в них не входят капиталовложения; ΔB_t — случайное отклонение от исходного значения B_t в заданном экспертом диапазоне; T — горизонт расчета (равный номеру шага расчета, на котором производится ликвидация объекта); D_t — величина ставки дисконтирования в t -м году; ΔD_t — случайное отклонение от исходного значения D_t в заданном экспертом диапазоне; $\omega(t)$ — количество лет до момента t ; K_t — инвестиционные затраты в период t .

3. Шаги 1 и 2 повторяются большое количество раз, например 1000, и полученные 1000 значений чистого дисконтированного дохода проекта используются для построения плотности распределения величины чистого дисконтированного дохода со своим собственным математическим ожиданием и стандартным отклонением.

Используя значения математического ожидания и стандартного отклонения, можно вычислить коэффициент вариации чистого дисконтированного дохода проекта и затем оценить индивидуальный риск проекта, как и в анализе методом сценариев.

Плотность вероятности для NPV позволяет количественно определить риск как вероятность наступления неблагоприятного события. В нашем случае неблагоприятным событием является случай, когда $NPV < 0$. С использованием эмпирических плотностей вероятности $\bar{f}_{NPV}(npv)$ можно определить оценку вероятности того, что реальный инвестиционный проект окажется менее эффективным, чем вложение данных денежных средств в альтернативный проект [6]. Данная оценка вероятности определяется по следующей формуле:

$$\bar{P}(NPV < 0) = \int_{-\infty}^0 \bar{f}_{NPV}(npv) d(npv). \quad (2)$$

При расчете проектного риска на основе показателя эффективности PI на втором шаге реализации метода будет использовано следующее отношение:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{(A_t + \Delta A_t) - (B_t^+ \Delta B_t)}{(1 + (D_t + \Delta D_t))^{\omega(t)}}}{\sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + (D_t + \Delta D_t))^{\omega(t)}}}. \quad (3)$$

Вероятность наступления неблагоприятного события ($PI < 1$) в этом случае будет оценена следующим образом:

$$\bar{P}(PI < 1) = \int_{-\infty}^1 \bar{f}_{PI}(pi) d(pi). \quad (4)$$

Аналогичным образом, при количественном определении проектного риска на основе критерия эффективности IRR , вместо формулы (4.2) будет использовано следующее выражение:

$$\sum_{t=0}^T \frac{(A_t + \Delta A_t) - (B_t^+ \Delta B_t)}{(1 + IRR)^{\omega(t)}} - \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + IRR)^{\omega(t)}} = 0. \quad (5)$$

Оценка вероятности случая, при котором доходность инвестиционного проекта может

оказаться ниже требуемой ставки IRR^{TP} , будет произведена следующим образом:

$$\bar{P}(IRR < IRR) = \int_{-\infty}^{IRR} \bar{f}_{IRR}(irr) d(irr). \quad (6)$$

При наличии прогнозных коэффициентов инфляции в каждом году периода окупаемости проекта в формулы для расчета факторов эффективности проекта должна быть добавлена корректировка на уровень инфляции с целью учета ее влияния на конечные значения эффективности.

Особое внимание при реализации метода следует уделить выделению из всего ряда рисков факторов проекта коррелированных переменных и определению коэффициентов их зависимости. В противном случае при расчете показателей эффективности проекта могут быть сгенерированы нереалистичные сценарии развития ситуации, что в конечном счете может привести к неверным результатам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таблица потоков реальных денег в практических ситуациях является завершающей и содержит прогнозные значения элементов денежных потоков, которые сложно определить с достаточной степенью достоверности на этапе формирования бизнес-плана проекта. При создании таблицы должен учитываться весь план осуществления проекта, зависящий от результатов маркетинговых исследований (объем реализации и условия продаж: в кредит, с авансовыми платежами и т.д.), расчетов производственных и иных издержек, приобретения и изменения активов, условий образования средств для осуществления проекта и т.д. Тем не менее вероятность отклонения от заданных значений элементов денежных потоков будет неуклонно расти по мере удаления от первоначальной стадии организации производства к горизонту планирования.

Предложенный в статье метод позволяет оценить вероятность наступления неблагоприятного события, учитывая случайность элементов потоков реальных денег от операционной и инвестиционной деятельности, а также случайность величины ставки дисконтирования для каждого года прогнозного периода, определяемых в данном случае величиной отклонения от рассматриваемых значений экспертным путем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Волков И. М., Грачева М. В.** Проектный анализ: Учебник для вузов. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. 423 с.
2. **Липсиц И. В., Коссов В. В.** Инвестиционный проект. Методы подготовки и анализа: Учебно-справочное пособие. М.: БЕК, 1996. 304 с.
3. **Мертенс А. В.** Инвестиции: Курс лекций по современной финансовой теории. К.: Киевское инвестиционное агентство, 1997. XVI. 416 с.
4. **Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов:** (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: В. В. Коссов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров. М.: ОАО «НПО «Изд-во «Экономика», 2000. 421 с.
5. **Рэдхэд К., Хьюз С.** Управление финансовыми рисками. М.: «ИНФРА-М», 1996. 203 с.
6. **Юдаков О.** Методы оценки финансовой эффективности и рисков реальных инвестиций в условиях неопределенности // Инвестиции в России. 1999. № 3. С. 27–31.
7. **Шагалиев Р. Д.** Оценка рисков реальных инвестиционных проектов методом анализа чув-

ствительности // Математическое моделирование в решении научных и технических задач. Уфа: Технология, 2001. Вып. 2. С. 28–32.

ОБ АВТОРАХ



Шагалиев Руслан Данифович, асп. каф. вычислит. математики и кибернетики УГАТУ. Дипл. экономист-математик (УГАТУ, 1999). Готовит диссертацию по анализу проектных рисков.



Максименко Зоя Викторовна, асп. каф. вычислит. математики и кибернетики УГАТУ. Дипл. экономист-математик (УГАТУ, 2000). Готовит диссертацию по анализу проектных рисков.