

## ТЕМА 2. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ

**Метод «дерево решений»** обычно используют для анализа рисков событий, имеющих обозримое или разумное число вариантов развития. Они особо полезны в ситуациях, когда решения, принимаемые в момент времени  $t = n$ , сильно зависят от решений, принятых ранее, и, в свою очередь, определяют сценарии дальнейшего развития событий.

Рисуют деревья слева направо.

Места, где принимаются решения, обозначают квадратами  $\square$ . Места появления исходов — кругами  $\circ$ .

Возможные решения — пунктирными линиями  $---$ .

Возможные исходы — сплошными линиями  $---$ .

Для каждой альтернативы мы считаем ожидаемую стоимостную оценку (EMV) — максимальную из сумм оценок выигрышей, умноженных на вероятность реализации выигрышей, для всех возможных вариантов.

**Пример.** Для финансирования проекта бизнесмену нужно занять сроком на один год 15 000 руб. Банк может одолжить ему эти деньги под 15 % годовых или вложить в дело со 100-процентным возвратом суммы, но под 9 % годовых. Из прошлого опыта банкиру известно, что 4 % таких клиентов ссуду не возвращают. Что делать? Давать ему заем или нет?

Перед нами пример задачи с одним решением, поэтому можно воспользоваться как таблицей доходов, так и «деревом». Рассмотрим оба варианта.

*Решение* (по таблице доходов). Максимизируем ожидаемый в конце года чистый доход, который представляет собой разность суммы, полученной в конце года, и инвестированной в его начале. Таким образом, если заем был выдан и возвращен, то чистый доход составит:

Чистый доход =  $((15\,000 + 15\% \text{ от } 15\,000) - 15\,000) = 2\,250$  руб.

Таблица 1 – *Чистый доход в конце года, руб.*

Возможные исходы	Возможные решения		Вероятность
	Выдавать заем	Не выдавать (инвестировать)	
Клиент заем возвращает	2 250	1 350	0,96
Клиент заем не возвращает	-15 000	1 350	0,04
Ожидаемый чистый доход	1 560	1 350	

Если банк решает выдать заем, то максимальный ожидаемый чистый доход равен 1 560 руб.

*Решение* (по «дереву решений»).

В данном случае также используем критерий максимизации ожидаемого чистого дохода на конец года.

Далее расчет ведется аналогично расчетам по таблице доходов. Ожидаемый чистый доход в кружках А и В вычисляется следующим образом.

В кружке А:

$$E(\text{давать заем}) = \{17\,250 \times 0,96 + 0 \times 0,04\} - 15\,000 = \\ = 16\,500 - 15\,000 = 1\,560 \text{ руб.}$$

В кружке Б:

$E(\text{не давать заем}) = \{16\,350 \times 1,0 - 15\,000\} = 1\,350 \text{ руб.}$  Поскольку ожидаемый чистый доход больше в кружке А, то принимаем решение выдать заем.

### ***Метод Монте-Карло (имитационное моделирование)***

*Имитационное моделирование* является одним из мощнейших методов анализа экономической системы; в общем случае под ним понимается процесс проведения на ПК экспериментов с математическими моделями сложных систем реального мира.

Имитационное моделирование используется в тех случаях, когда проведение реальных экспериментов, например с экономическими системами, неразумно, требует значительных затрат и/или не осуществимо на практике. Кроме того, часто практически невыполним или требует значительных затрат сбор необходимой информации для принятия решений, в подобных случаях отсутствующие фактические данные заменяются величинами, полученными в процессе имитационного эксперимента (т. е. генерированными компьютером).

*Первым этапом* в процессе риск-анализа является создание математической модели. Так как для проведения собственно имитационного моделирования по методу Монте-Карло применяется компьютерная программа, самым главным процессом в имитационном моделировании является именно формулировка модели проекта. Каждый инвестиционный проект требует создания своей уникальной модели. Поэтому ее конкретный вид — полностью продукт творчества разработчика.

Основная логика процедуры построения модели состоит в следующем:

- 1) определение переменных, которые включаются в модель;
- 2) определение типа распределения, которому эти переменные подвержены;
- 3) определение взаимозависимости (функциональной и вероятностной зависимости между переменными).

Соблюдение такой процедуры необходимо для создания модели, которая будет выглядеть следующим образом:

$$NPV = f(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n; a_1, \dots, a_j, \dots, a_m),$$

где  $x_i$  — риск-переменные (составляющие денежного потока, являющиеся случайными величинами);

$n$  — число риск-переменных;

$a_j$  — фиксированные параметры модели, т. е. те составляющие денежного потока, которые в результате предыдущего анализа были определены как независимые или малозависимые от внешней среды и поэтому рассматриваются как детерминированные величины;

$m$  — количество параметров модели.

Определение переменных, которые включаются в модель, является самостоятельным этапом риск-анализа, отражающим прежде всего результаты исследования рисков на качественном уровне. Например, проведение опросов экспертов позволяет выделить наиболее «узкие» места проекта.

Кроме того, важную роль в отборе «ключевых» переменных играет анализ чувствительности, осуществляемый путем расчета рейтинга эластичностей. На основании рейтинга эластичностей отбираются наиболее подверженные риску переменные, т. е. те, колебания которых вызывают наибольшие отклонения результатов проекта. Они и могут быть включены в модель.

Однако решение о включении переменной в модель должно приниматься на основании нескольких факторов, в частности:

- 1) чувствительности результата проекта к изменениям переменной;
- 2) степени неопределенности переменной (т. е. возможным диапазонам ее изменения).

При формировании модели необходимо стараться выделить в качестве риск-переменных только наиболее важные, значимые переменные. Причины ограничения количества риск-переменных в модели таковы:

- 1) увеличение количества зависимых переменных модели увеличивает возможность получения противоречивых сценариев из-за сложности в учете и контроле зависимости и коррелируемости;
- 2) с ростом числа переменных возрастают издержки (финансовые и временные), необходимые для корректного и аккуратного определения их распределения вероятностей и условий коррелируемости.

Если не оговорено условие вероятностной зависимости риск-переменных, то считается, что переменные являются независимыми и подчиняющимися некоторому закону распределения.

Закон распределения задает вероятность выбора значений в рамках определенного диапазона. Стандартные инвестиционные расчеты используют один вид распределения вероятностей для всех проектных переменных, включенных в расчетную модель — детерминированное распределение, когда конкретное единственное значение переменной выбирается с вероятностью, равной единице ( $p = 1$ ). Следовательно, базовая модель инвестиционного проекта может рассматриваться как

детерминированный анализ и частный случай имитационной модели для детерминированных риск-переменных.

Для каждой риск-переменной, являющейся случайной величиной, в процессе создания модели необходимо подобрать вид распределения.

Задача подбора закона распределения сложна прежде всего из-за ограниченности статистических данных. На практике чаще всего используют следующие законы распределения вероятностей: нормальный, треугольный, равномерный, дискретный.

Алгоритм решения задачи подбора закона распределения:

- 1) определить возможные границы изменения риск-переменной (границы диапазона);
- 2) выбрать общий вид закона распределения;
- 3) с учетом диапазона изменения переменной и общего вида оценить основные числовые характеристики закона распределения (непрерывный случай) или приписать возможным значениям риск-переменной вероятности их реализации (дискретный случай). Как следует из изложенного, подбор законов распределения является в значительной степени творческим процессом, требует анализа различного вида информации и плохо поддается формализации.

Необходимо отметить, что проблема выбора типа распределения вероятностей очень важна, т. к. точность подбора закона распределения при заданных границах изменения риск-переменных непосредственно влияет на качество модели и точность оценки распределения вероятностей NPV и другие результаты моделирования. Отсутствие учета вероятностной зависимости переменных, в частности коррелированное, может привести к заметным искажениям результатов статистического моделирования. Включение вероятностно зависимых риск-переменных в математическую модель инвестиционного проекта может привести к серьезным искажениям характеристик устойчивости проекта, если условие зависимости не будет учтено в математической модели. Степень смещения результатов зависит от важности вероятностно зависимых переменных по отношению к проекту, поэтому проводится специальный этап установления наличия вероятностной зависимости, в частности корреляции между переменными, и поиска возможностей ее учета в модели. Это касается как парной, так и множественной корреляции.

Основным этапом имитационного моделирования, в рамках которого с помощью компьютерной программы и реализован алгоритм метода Монте-Карло, является этап осуществления имитации. Он выполняется следующим образом.

1. Генерирование случайных чисел производится путем компьютерной операции получения псевдослучайных чисел, независимых и равномерно распределенных на отрезке  $[0; 1]$ . Каждое новое полученное случайное число рассматривается как значение функции распределения для соответствующей риск-переменной.

2. Значение каждой независимой риск-переменной восстанавливается как аргумент функции распределения вероятностей данной риск-переменной. При этом учитывается существование вероятностной зависимости.

3. Значения переменных величин подставляются в модель, и рассчитывается интегральный показатель эффективности проекта (NPV или другой показатель).

4. Изложенный алгоритм повторяется  $n$  раз. Результаты моделирования (т. е. NPV проекта или другой показатель), таким образом, рассчитываются и сохраняются для каждого имитационного эксперимента.

Каждый имитационный эксперимент — это случайный сценарий. Количество имитационных экспериментов или случайных сценариев должно быть достаточно велико, чтобы сделать выборку репрезентативной по отношению к бесконечному числу возможных комбинаций.

Размер случайной выборки  $n$  зависит от количества переменных в модели, от диапазона значений риск-переменных и от желаемой точности получения результатов.

На этом же этапе возникает проблема определения погрешности результатов моделирования в зависимости от количества выполненных имитационных экспериментов. Выбор ( $n$ ) имеет огромное значение для оценки качества модели, т. е. точности подбираемого закона распределения NPV и его характеристик.

Финальным этапом процесса риск-анализа являются анализ и интерпретация результатов, полученных на этапе имитации.

Анализ результатов имитационного моделирования можно разделить на два типа: графический анализ и анализ количественных показателей.

Результатом проведения имитационных экспериментов является выборка из  $n$  значений NPV (или другого результирующего показателя). Вероятность каждого случайного сценария равна:

$$P(i) = 1/n,$$

где  $n$  — количество имитационных экспериментов.

Следовательно, вероятность того, что проектный результат будет ниже определенного значения, равна количеству результатов, при которых значение показателя было ниже этого значения, умноженному на вероятность реализации одного наблюдения.

Построив график кумулятивного распределения частот появления результатов, можно рассчитать значение вероятности того, что результат проекта будет ниже или выше заданного значения.

Для проведения графического анализа необходимо построить функции распределения вероятностей и плотности распределения вероятностей результирующего показателя (NPV или другого). В проектном анализе они называются соответственно кумулятивным профилем риска и профилем риска.

Таким образом, необходимо построить гистограмму NPV. Построение гистограммы является важным моментом в анализе результатов

имитационного моделирования, т. к. она позволяет подобрать закон распределения результирующего показателя. По полученному массиву NPV строится вариационный ряд, т. е. значения NPV ранжируются от минимального до максимального.

Гистограмма строится путем разбиения вариационного ряда на  $k$  интервалов группирования. Выбор  $k$  осуществляется в соответствии с рекомендациями математической статистики. Далее оценивается согласованность эмпирических данных с подбираемым законом распределения с помощью критерия согласия  $\chi^2$ .

Стандартные дисконтированные критерии принятия инвестиционного решения, обычно применяемые в детерминированном анализе, сохраняют свое значение и для данного метода. Однако, поскольку риск-анализ предоставляет лицу, принимающему решение, дополнительную информацию о проекте, инвестиционное решение может быть соответствующим образом изменено. Финальное решение поэтому субъективно и принимается почти всегда в зависимости от отношения (склонности) инвестора к риску.

Общее правило состоит в том, что выбирается проект с таким распределением вероятностей дохода, которое больше соответствует предрасположенности к риску лица, принимающего решение (ЛПР). Если ЛПР является «склонным к риску», оно с большей степенью вероятности выберет для инвестирования проекты с относительно высоким значением NPV, обращая меньше внимания на связанный с этим риск (разброс относительно среднего значения, значительную вероятность реализации неэффективного проекта и т. д.). Если ЛПР очень «нерасположенное к риску», то, скорее всего, оно выберет для инвестирования проекты с небольшим, но достаточно безопасным значением (менее рисковым) NPV.

Предполагая, что ЛПР нейтрально к риску, рассмотрим ситуации, связанные с принятием решения в случае единственного и в случае альтернативных (взаимоисключающих) проектов. Решение принимается исходя из графического отображения распределения вероятностей (частот) NPV. Функция распределения вероятностей NPV чаще применяется для принятия решений, касающихся взаимоисключающих проектов, в то время как плотность распределения вероятностей лучше применять для выявления моды распределения и для анализа показателей, использующих ожидаемое значение.

Как было отмечено, анализ количественных измерителей риска проводится для такого показателя эффективности инвестиционного проекта, как NPV, но аналогичные расчеты могут быть проведены и для других показателей эффективности.