

### ТЕМА 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКА

**Метод оценки вероятности** исполнения позволяет дать упрощенную статистическую оценку вероятности исполнения какого-либо решения путем расчета доли выполненных и невыполненных решений в общей сумме принятых решений.

**Метод анализа вероятностных распределений потоков платежей** позволяет при известном распределении вероятностей для каждого элемента потока платежей оценить возможные отклонения стоимостей потоков платежей от ожидаемых. Поток с наименьшей вариацией считается менее рисковым.

Зная распределения вероятностей для каждого элемента потока платежей, можно определить ожидаемую величину чистых поступлений наличности  $M(CF_t)$  в соответствующем периоде, рассчитать по ним чистую современную стоимость проекта NPV и оценить ее возможные отклонения. Проект с наименьшей вариацией доходов считается менее рисковым.

Проблема, однако, заключается в том, что количественная оценка вариации напрямую зависит от степени корреляции между отдельными элементами потока платежей. Рассмотрим два противоположных случая:

- 1) элементы потока платежей не зависят друг от друга во времени (т. е. корреляция между ними отсутствует);
- 2) значение потока платежей в периоде  $t$  сильно зависит от значения потока платежей в предыдущем периоде  $(t - 1)$  (т. е. между элементами потока платежей существует тесная корреляционная связь).

$$M(CF_t) = \sum_{i=1}^n CF_{it} * P_{it}$$
$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{M(CF_t)}{(1+r)^t} - I_0$$

**Пример.** Проект «Е» требует первоначальных вложений в размере 10 000 руб. Планируемый поток платежей по проекту характеризуется распределением вероятностей, приведенным в табл. 1. Определить чистую современную стоимость NPV и риск проекта.

Таблица 1 - *Распределение вероятностей потока платежей*

Год 1		Год 2		Год 3	
$CF_t$	$P_t$	$CF_t$	$P_t$	$CF_t$	$P_t$
3000	0.3	2000	0.2	3000	0.3
5000	0.4	4000	0.6	5000	0.4
7000	0.3	6000	0.2	7000	0.3

Определив ожидаемое значение NPV (2475,06) и величину стандартного отклонения  $s$  (2257,27), можно провести анализ вероятностного

распределения будущего дохода, исходя из предположения о его нормальном распределении.

В результате получается, что вероятность того, что величина NPV для проекта будет меньше или равна 0, равна 0,14. Соответственно вероятность получения положительного значения NPV будет равна:  $1 - 0,14 = 0,86$ , или 86 %.

#### *Сильно зависимые (идеально коррелированные) потоки платежей*

В случае существования тесной корреляционной связи между элементами потока платежей их распределения будут одинаковы. Например, если фактическое значение поступлений от проекта в периоде отклоняется от ожидаемого на  $n$  стандартных отклонений, то все остальные элементы потока платежей в последующих периодах будут также отклоняться от ожидаемого значения на эту же величину. Другими словами, между элементами потока платежей существует линейная зависимость. Такие потоки платежей называют идеально коррелированными.

### **Метод сценариев**

Метод сценариев позволяет совместить исследование чувствительности результирующего показателя с анализом вероятностных оценок его отклонений. С помощью этого метода можно получить достаточно наглядную картину для различных вариантов событий. Он представляет собой развитие методики анализа чувствительности, т. к. включает одновременное изменение нескольких факторов.

Анализ инвестиционных рисков данным методом выполняется следующим образом. Определяют несколько вариантов изменений ключевых исходных показателей (пессимистический, наиболее вероятный и оптимистический). По каждому варианту изменений экспертным путем устанавливают его вероятностную оценку. Для каждого варианта рассчитывают вероятное значение критерия NPV.

**Пример.** Рассматривается инвестиционный проект, связанный с выпуском изделия А. Полученные в результате опроса экспертов сценарии его реализации и возможные вероятности их осуществления приведены в таблице 2. Необходимо провести анализ риска проекта.

По данным таблицы определяют значение NPV по вариантам, используя формулу

$$NPV = NCF_t \times \alpha_{n;r} - IC,$$

где  $\alpha_{n;r}$  — коэффициент приведения годовой ренты; по наихудшему сценарию:

$$NPV = 212,5 \times 4,564 - 2000 = -1\,030,2 \text{ руб.};$$

по вероятному сценарию:

$$NPV = 1350 \times 3,791 - 2000 = 3\,117,9 \text{ руб.};$$

по наилучшему сценарию:

$$NPV = 2487,5 \times 3,993 - 2000 = 7\,932,6 \text{ руб.}$$

Далее определяется среднее ожидаемое значение NPV:

$$NPV = -1\,030,2 \times 0,25 + 3\,117,9 \times 0,5 + 7\,932,6 \times 0,25 = 3\,284,55 \text{ руб.}$$

Таблица 2– Сценарии реализации проекта по производству изделия А

Показатели	Сценарии		
	наихудший с вероятностью 0,25	вероятный с вероятностью 0,25	наилучший с вероятностью 0,25
Объем выпуска, шт.	100	150	200
Цена за штуку, руб.	30	35	40
Переменные расходы, руб.	25	20	20
Постоянные затраты, руб.	200	200	200
Амортизация, руб.	50	50	50
Налог на прибыль, %	35	35	35
Норма дисконта, %	12	10	8
Срок проекта, лет	7	5	5
Начальные инвестиции, руб.	2 000	2 000	2 000
Чистые денежные поступления, руб.	212,5	1 350	2 487,5

Затем исчисляется стандартное (среднее квадратическое) отклонение

Таким образом, исходя из предположения о нормальном распределении случайной величины с вероятностью около 80 %, можно утверждать, что значение NPV будет находиться в диапазоне  $3284,6 \pm 3173,2$  руб.

Для определения степени риска инвестиционного проекта исчисляется коэффициент вариации (V):

$$V = 0,97.$$

Полученные результаты в целом свидетельствуют о небольшом уровне риска для данного проекта. Среднее значение NPV (3 284,6) ненамного выше прогноза экспертов (3 117,9 руб.) и больше стандартного отклонения (3 173,2 руб.). Значение коэффициента вариации (0,97) меньше 1, следовательно риск данного инвестиционного проекта ниже среднего риска инвестиционного портфеля организации.

В том случае, если значение стандартного отклонения и коэффициента вариации по этому проекту меньше, чем по другим проектам, при прочих равных условиях ему следует отдать предпочтение.

### Метод экспертных оценок

Метод представляет собой комплекс логических и математико-статистических методов и процедур по обработке результатов опроса группы экспертов, причем результаты опроса являются единственным источником информации. В этом случае возникает возможность

использования интуиции, жизненного и профессионального опыта участников опроса.

*Метод используется* тогда, когда недостаток или полное отсутствие информации не позволяет использовать другие возможности. *Метод базируется* на проведении опроса нескольких независимых экспертов, например с целью оценки уровня риска или определения влияния различных факторов на уровень риска. Затем полученная информация анализируется и используется для достижения цели. Основным ограничением в его использовании является сложность в подборе необходимой группы экспертов. Экспертные оценки часто возникают на практике, например при дегустации продуктов питания. Вообще они типичны для социологических опросов, например менеджер по контролю качества проводит опрос покупателей в супермаркете. При использовании экспертного метода для оценки качества часто используется шкала порядка. Решается вопрос сравнения по принципу «лучше — хуже», «больше — меньше». Более подробная информация о том, во сколько раз лучше или хуже, часто не требуется. При построении шкалы порядка или так называемого ранжированного ряда эксперты используют метод попарного сопоставления: объекты сравнивают друг с другом попарно. В табл. 10 приведен пример ранжирования шести объектов путем попарного сравнения. Это результат работы одного эксперта, оценивавшего объекты определенным образом. Предпочтение одного объекта перед другим обозначено 1, обратная ситуация — 0.

Таблица 3 – Ранжирование шести объектов путем попарного сравнения

<i>Номер объекта</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>Итог</i>
1	x	1	0	1	1	1	4
2	0	x	0	1	1	1	4
3	1	1	x	1	1	1	5
4	0	0	0	x	0	0	0
5	0	0	0	1	x	0	1
6	0	0	0	1	1	x	2

Ранжирование шести объектов путем попарного сравнения будет иметь вид:  $Q4 < Q5 < Q6 < Q2 = Q1 < Q3$ .

Если использовать несколько экспертов, то можно получить более точный результат.

Можно использовать более совершенные критерии, например преимущество определить оценкой 1, худшее качество определить оценкой – 1, а равноценное качество определить оценкой 0. Механизм составления ранжированного ряда остается прежним.

Психологами доказано, что попарное сопоставление лежит в основе любого выбора (т. е. мы выбираем продукты, сравнивая их попарно), тем не

менее шкалу порядка часто составляют заранее (неранжированный ряд) и фиксируют в ней опорные (реперные) точки, которые называют баллами.

Так появилась двенадцатибалльная шкала интенсивности землетрясений MSK-64, минералогическая шкала Мооса (таблица 4), пятибалльная шкала оценки знаний, баллы в фигурном катании и т. д.

Таблица 4 – Шкала твердости минералов Мооса

<i>Материал</i>	<i>Баллы</i>
Тальк	1
Гипс	2
Кальцит	3
Флюорит	4
Апатит	5
Ортоклаз	6
Кварц	7
Топаз	8
Корунд	9
Алмаз	10

Каждый последующий минерал оставляет царапину на предыдущем, т. е. является более твердым. Результаты измерений, полученные попарным сопоставлением, можно уточнить методом последовательного приближения.

#### **Влияние состава экспертов на результаты экспертизы**

При формировании экспертной группы целесообразно провести тестирование, взаимооценку экспертов и проверку согласованности мнений.

Тестирование состоит в решении экспертами задач с известными организаторам тестирования, но неизвестными экспертам результатами и проверке по критерию Фишера гипотезы о принадлежности оценок разных экспертов к одной и той же генеральной совокупности оценок.

Самооценка состоит в том, что каждый эксперт в ограниченное время отвечает на вопросы специально составленной анкеты. Такое испытание проводят на компьютере и затем получают балльную оценку. Эксперты могут оценивать и друг друга, но для этого необходима доверительная обстановка и опыт совместной работы. Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне  $0 < W < 1$ , причем 0 — полная несогласованность, 1 — полное единодушие.