

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Кафедра математического анализа

Статистический анализ финансовых рисков

Учебно-методическое пособие

*Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов, обучающихся по направлению
Математика и компьютерные науки*

Ярославль
ЯрГУ
2015

УДК 51:336(072)
ББК У.в611я73
С78

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2015 года*

Рецензент
кафедра математического анализа ЯрГУ им. П. Г. Демидова

Составитель
В. Е. Балабаев

Статистический анализ финансовых рисков :
С78 учебно-методическое пособие / сост. В. Е. Балабаев ;
Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. — Ярославль : ЯрГУ,
2015. — 60 с.

Основная цель пособия — познакомить студентов с базовыми понятиями статистического анализа финансовых рисков. Главное внимание уделяется оценке финансового риска, статистическим методам оценки риска, аналитическим методам, методу экспертных оценок. Для самостоятельной работы приведены контрольные вопросы и литература по темам.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 02.03.01 (010200.62) Математика и компьютерные науки (дисциплины «Финансовая математика», цикл БЗ), очной формы обучения.

УДК 51:336(072)
ББК У.в611я73

© ЯрГУ, 2015

Тема 1. Понятие финансовых рисков и их классификация

При изучении темы студентам нужно обратить внимание на определение различных финансовых рисков.

Под **финансовыми рисками** понимается вероятность возникновения непредвиденных финансовых потерь (снижения прибыли, доходов, потери капитала и т. п.) в ситуации неопределенности условий финансовой деятельности организации.

Финансовые риски подразделяются на три вида:

1. Риски, связанные с покупательной способностью денег.
2. Риски, связанные с вложением капитала (инвестиционные риски).
3. Риски, связанные с формой хозяйственной деятельности организации.

1 группа финансовых рисков

К рискам, связанным с покупательной способностью денег, относятся следующие разновидности рисков:

- инфляционные риски;
- дефляционные риски;
- валютные риски;
- риски ликвидности.

Инфляционный риск характеризуется возможностью обесценения реальной стоимости капитала (в форме денежных активов), а также ожидаемых доходов и прибыли организации в связи с ростом инфляции.

Инфляционные риски действуют в двух направлениях:

- сырье и комплектующие, используемые в производстве дорожают быстрее, чем готовая продукция;
- готовая продукция предприятия дорожает быстрее, чем цены конкурентов на эту продукцию.

Дефляционный риск — это риск того, что при росте дефляции происходит падение уровня цен, ухудшение экономических условий предпринимательства и снижение доходов.

Валютные риски — опасность валютных потерь в результате изменения курса валютной цены по отношению к валюте

платежа в период между подписанием внешнеторгового, внешнеэкономического или кредитного соглашения и осуществлением платежа по нему. В основе валютного риска лежит изменение реальной стоимости денежного обязательства в указанный период. Экспортер несет убытки при понижении курса валюты цены по отношению к валюте платежа, т. к. он получит меньшую реальную стоимость по сравнению с контрактной. Для импортера валютные риски возникают, если повысится курс валюты цены по отношению к валюте платежа. Колебания валютных курсов ведут к потерям одних и обогащению других фирм. Участники международных кредитно-финансовых операций подвержены не только валютному, но и кредитному, процентному, трансфертному рискам.

Риски ликвидности — это риски, связанные с возможностью потерь при реализации ценных бумаг или других товаров из-за изменения оценки их качества и потребительской стоимости.

2 группа финансовых рисков

Инвестиционный риск выражает возможность возникновения непредвиденных финансовых потерь в процессе инвестиционной деятельности предприятия. В соответствии с видами этой деятельности выделяются такие виды инвестиционного риска:

- Риск реального инвестирования.
- Риск финансового инвестирования («портфельный» риск).
- Риск инновационного инвестирования.

Так как эти виды инвестиционных рисков связаны с возможной потерей капитала предприятия, они включаются в группу наиболее опасных рисков.

Инвестиционные риски включают в себя следующие подвиды рисков:

- Риск снижения финансовой устойчивости.
- Риск упущенной выгоды.
- Риск снижения доходности.
- Риск прямых финансовых потерь.

Риск снижения финансовой устойчивости. Этот риск генерируется несовершенной структурой капитала (чрезмерной долей используемых заемных средств), т. е. слишком высоким

коэффициентом финансового рычага. В составе финансовых рисков по степени опасности этот вид риска играет ведущую роль.

Риск упущенной выгоды — это риск наступления косвенного (побочного) финансового ущерба (неполученная прибыль) в результате неосуществления какого-либо мероприятия (например, страхования, хеджирования, инвестирования и т. п.).

Риск снижения доходности может возникнуть в результате уменьшения размера процентов и дивидендов по «портфельным» инвестициям, по вкладам и кредитам.

«Портфельные» инвестиции связаны с формированием инвестиционного портфеля и представляют собой приобретение ценных бумаг и других активов. Термин «портфельный» происходит от итальянского *portofolio* и означает совокупность ценных бумаг, которые имеются у инвестора.

Риск снижения доходности включает следующие разновидности:

- процентные риски;
- кредитные риски.

К **процентным рискам** относится опасность потерь коммерческих банков, кредитных учреждений, инвестиционных институтов, селинговых компаний в результате превышения процентных ставок, выплачиваемых ими по привлеченным средствам, над ставками по предоставленным кредитам. К процентным рискам относятся также риски потерь, которые могут понести инвесторы в связи с изменением дивидендов по акциям, процентных ставок на рынке по облигациям, сертификатам и другим ценным бумагам. Рост рыночной ставки процента ведет к понижению курсовой стоимости ценных бумаг, особенно облигаций с фиксированным процентом. При повышении процента может начаться также массовый сброс ценных бумаг, эмитированных под более низкие фиксированные проценты и по условиям выпуска, досрочно принимаемых обратно эмитентом. Процентный риск несет инвестор, вложивший средства в среднесрочные и долгосрочные ценные бумаги с фиксированным процентом при текущем повышении среднерыночного процента в сравнении с фиксированным уровнем (т. к. он не может высвободить свои средства,

вложенные на указанных выше условиях). Процентный риск несет эмитент, выпускающий в обращение среднесрочные и долгосрочные ценные бумаги с фиксированным процентом при текущем понижении среднерыночного процента в сравнении с фиксированным уровнем. Этот вид риска при быстром росте процентных ставок в условиях инфляции имеет значение и для краткосрочных ценных бумаг.

Кредитный риск — опасность неуплаты заемщиком основного долга и процентов, причитающихся кредитору. К кредитному риску относится также риск такого события, при котором эмитент, выпустивший долговые ценные бумаги, окажется не в состоянии выплачивать проценты по ним или основную сумму долга.

Кредитный риск может быть также разновидностью рисков прямых финансовых потерь.

Риски прямых финансовых потерь включают следующие разновидности: биржевой риск, селективный риск, риск банкротства, кредитный риск.

Биржевые риски представляют собой опасность потерь от биржевых сделок. К этим рискам относятся риск неплатежа по коммерческим сделкам, риск неплатежа комиссионного вознаграждения брокерской фирме и т. п.

Селективные риски (лат. *selektio* — выбор, отбор) — это риск неправильного выбора видов вложения капитала, вида ценных бумаг для инвестирования в сравнении с другими видами ценных бумаг при формировании инвестиционного портфеля.

Риск банкротства представляет собой опасность полной потери предпринимателем собственного капитала и неспособности рассчитываться по взятым на себя обязательствам в результате неправильного выбора вложения капитала.

3 группа финансовых рисков

К рискам, связанным с формой организации хозяйственной деятельности, относятся:

- авансовые;
- оборотные риски.

Авансовые риски возникают при заключении любого контракта, если по нему предусматривается поставка готовых

изделий против денег покупателя. Суть риска: компания-продавец (носитель риска) произвела при производстве (или закупке) товара определенные затраты, которые на момент производства (или закупки) ничем не закрыты, т. е. с позиции баланса рискодержателя могут закрываться только прибылью предыдущих периодов. Если компания не имеет эффективно налаженного оборота, то несет авансовые риски, которые выражаются в формировании складских запасов нереализованного товара.

Оборотный риск предполагает наступление дефицита финансовых ресурсов в течение срока регулярного оборота: при постоянной скорости реализации продукции у предприятия могут возникать разные по скорости обороты финансовых ресурсов.

«Портфельный» риск заключается в вероятности потери по отдельным типам ценных бумаг, а также по всей категории ссуд. «Портфельные» риски подразделяются на финансовые, риски ликвидности, системные и несистемные.

Риск ликвидности — это снижение способности финансовых активов оперативно обращаться в наличность.

Системный риск связан с изменением цен на акции, их доходностью, текущим и ожидаемым процентом по облигациям, ожидаемыми размерами дивиденда и дополнительной прибылью, вызванными общерыночными колебаниями. Он объединяет риск изменения процентных ставок, риск изменения общерыночных цен и риск инфляции и поддается довольно точному прогнозу, т. к. теснота связи (корреляция) между биржевым курсом акций и общим состоянием рынка регулярно и довольно достоверно регистрируется различными биржевыми индексами.

Несистемный риск не зависит от состояния рынка и является спецификой конкретного предприятия, банка. Он может быть отраслевым и финансовым. Основными факторами, оказывающими влияние на уровень несистемно-портфельного риска, являются наличие альтернативных сфер приложения (вложения) финансовых ресурсов, конъюнктура товарных и фондовых рынков и другие. Совокупность системных и несистемных рисков называют риском инвестиций.

Тема 2. Оценка финансового риска

При изучении данной темы студентам следует обратить внимание на решение задач, связанных с оценкой финансовых рисков.

Оценка уровня риска является одним из важнейших этапов риск-менеджмента, т. к. для управления риском его необходимо прежде всего проанализировать и оценить. В экономической литературе существует множество определений этого понятия, однако в общем случае под **оценкой риска** понимается систематический процесс выявления факторов и видов риска и их количественная оценка, т. е. методология анализа рисков сочетает взаимодополняющие количественный и качественный подходы.

Источниками информации, предназначенной для анализа риска, являются:

- бухгалтерская отчетность предприятия;
- организационная структура и штатное расписание предприятия;
- карты технологических потоков (техничко-производственные риски);
- договоры и контракты (деловые и юридические риски);
- себестоимость производства продукции;
- финансово-производственные планы предприятия.

Выделяются два этапа оценки риска:

- качественный;
- количественный.

Качественный анализ финансового риска

Задачей качественного анализа риска является выявление источников и причин риска, этапов и работ, при выполнении которых возникает риск, то есть:

- определение потенциальных зон риска;
- выявление рисков, сопутствующих деятельности предприятия;
- прогнозирование практических выгод и возможных негативных последствий проявления выявленных рисков.

Цель данного этапа оценки — выявить основные виды рисков, влияющих на финансово-хозяйственную деятельность. Преимущество такого подхода заключается в том, что уже на начальном этапе анализа руководитель предприятия может наглядно оценить степень рискованности по количественному составу рисков и уже на этом этапе отказаться от претворения в жизнь определенного решения.

Итоговые результаты качественного анализа риска, в свою очередь, служат исходной информацией для проведения количественного анализа, т. е. оцениваются только те риски, которые есть при осуществлении конкретной операции алгоритма принятия решения.

Количественный анализ финансового риска

На этапе количественного анализа риска вычисляются числовые значения величин отдельных рисков и риска объекта в целом. Также выявляется возможный ущерб и дается стоимостная оценка от проявления риска и, наконец, завершающей стадией количественной оценки является выработка системы антирисковых мероприятий и расчет их стоимостного эквивалента.

Количественный анализ можно формализовать, для чего используется инструментарий теории вероятностей, математической статистики, теории исследования операций.

Наиболее распространенными методами при количественном анализе риска являются:

- статистические методы;
- аналитические методы;
- вероятностный метод;
- метод экспертных оценок;
- метод аналогий.

Тема 3. Статистические методы оценки финансового риска

Суть статистических методов оценки риска заключается в определении вероятности возникновения потерь на основе статистических данных предшествующего периода и установлении области (зоны) риска, коэффициента риска и т. д.

Достоинством статистических методов является возможность анализировать и оценивать различные варианты развития событий и учитывать разные факторы рисков в рамках одного подхода.

Основным недостатком этих методов считается необходимость использования в них вероятностных характеристик.

Статистический метод заключается в изучении статистики потерь и прибылей, которые были на данном или аналогичном предприятии торговли, с целью определения вероятности события и установления величины риска.

Как выяснилось, риск — категория вероятностная, поэтому в процессе оценки неопределенности и количественного определения риска используют вероятностные расчеты. Важнейшим показателем, характеризующим меру финансового риска предприятия, является его уровень. Этот показатель оказывает определяющее воздействие на формирование уровня доходности финансовых операций предприятия — эти два показателя находятся в тесной взаимосвязи и представляют собой единую систему «доходность — риск». Соотношение уровня доходности и риска является одной из базовых концепций финансового риск-менеджмента, в соответствии с которой уровень доходности финансовых операций при прочих равных условиях всегда сопровождается повышением уровня риска и наоборот.

Величина, или степень, риска измеряется с помощью таких показателей, как среднее ожидаемое значение и колеблемость возможного результата.

Средняя величина представляет собой обобщенную количественную характеристику, и по ее значению достаточно трудно принять решение в пользу какого-либо варианта вложения капитала. С этой целью измеряется *колеблемость*, или размах,

полученного результата. Колеблемость — это степень отклонения ожидаемого значения результата от его средней величины. Для определения колеблемости вычисляют такие статистические величины, как дисперсия и среднее квадратическое отклонение.

Кроме того, уровень финансового риска является главным показателем оценки уровня финансовой безопасности предприятия, характеризующим степень защиты его финансовой деятельности от угроз внешнего и внутреннего характера. Поэтому оценка уровня риска в процессе управления финансовой деятельностью предприятия сопровождается подготовкой практически всех управленческих решений.

Уровень финансового риска характеризует вероятность его возникновения под воздействием определенного фактора риска (или группы таких факторов) и возможных финансовых потерь при наступлении рискованного события.

С учетом указанного определения формируется конкретный методический инструментарий оценки уровня риска, позволяющий решать связанные с ним конкретные задачи управления финансовой деятельностью предприятия.

К числу основных расчетных показателей такой оценки относятся следующие.

1. Уровень финансового риска. Он характеризует общий алгоритм оценки этого уровня, представленный формулой:

$$УР = ВР \times РП, \quad (1)$$

где УР — уровень соответствующего финансового риска;

ВР — вероятность возникновения данного финансового риска;

РП — размер возможных финансовых потерь при реализации данного риска.

В практике использования этого алгоритма размер возможных финансовых потерь выражается обычно абсолютной суммой, а вероятность возникновения финансового риска — одним из коэффициентов измерения этой вероятности (коэффициентом вариации, бета-коэффициентом и др.). Соответственно уровень финансового риска при его расчете по данному алгоритму будет выражен абсолютным показателем, что существенно снижает базу его сравнения при рассмотрении альтернативных вариантов.

2. Дисперсия. Она характеризует степень колеблемости изучаемого показателя (в данном случае — ожидаемого дохода от осуществления финансовой операции) по отношению к его средней величине. Чем колебания больше, тем выше степень риска. Расчет дисперсии осуществляется по следующей формуле:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \times P_i, \quad (2)$$

где σ^2 — дисперсия;

R_i — конкретное значение возможных вариантов ожидаемого дохода по рассматриваемой финансовой операции;

$\bar{R}$ — среднее ожидаемое значение дохода по рассматриваемой финансовой операции;

P_i — возможная частота (вероятность) получения отдельных вариантов ожидаемого дохода по финансовой операции;

n — число наблюдений.

Дисперсия не дает полной картины линейных отклонений

$$\Delta X = X - \bar{R}, \quad (3)$$

более наглядных для оценивания рисков. Тем не менее задание дисперсии позволяет установить связь между линейным и квадратичным отклонениями с помощью известного неравенства Чебышева.

Вероятность того, что случайная величина X отклоняется от своего математического ожидания больше, чем на заданный допуск $\varepsilon > 0$, не превосходит ее дисперсии, деленной на ε^2 , т. е.

$$P(|X - \bar{R}| > \varepsilon) \leq \frac{D}{\varepsilon^2}. \quad (4)$$

Отсюда видно, что незначительному риску по дисперсионному отклонению соответствует малый риск по линейным отклонениям: точки X с большой вероятностью будут располагаться внутри ε — окрестности ожидаемого значения $\bar{R}$.

3. Среднеквадратическое (стандартное) отклонение. Этот показатель является одним из наиболее распространенных при оценке уровня индивидуального финансового риска, так же как и дисперсия, определяющий степень абсолютной колеблемости

сти и построенный на ее основе. Он рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \times P_i}, \quad (5)$$

где σ — среднеквадратическое (стандартное) отклонение. Среднеквадратическое отклонение σ является именованной величиной и указывается в тех же единицах, в каких измеряется варьирующий признак. Как известно, среднеквадратическое отклонение имеет то неоспоримое достоинство, что при близости наблюдаемого распределения (например, распределения дохода от инвестиций) к нормальному, что, строго говоря, должно быть статистически проверено, этот параметр может быть использован для определения границ, в которых с заданной вероятностью следует ожидать значение случайной переменной. Так, например, с вероятностью 68,3 % можно утверждать, что значение случайной переменной x (в нашем случае доход) находится в границах $\bar{x} \pm \sigma$, а с вероятностью 95,4 % — в пределах $\bar{x} \pm 2\sigma$ и т. д. Сказанное иллюстрируется рис. 1.

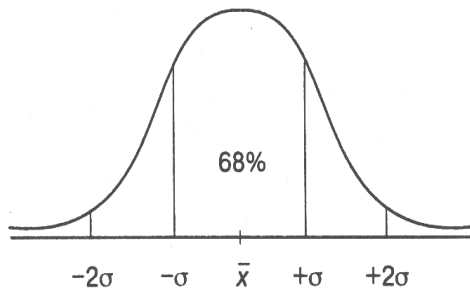


Рис. 1. Соотношение площади под кривой нормального распределения в зависимости от расстояния от средней арифметической

Итак, будем считать, что риском операции называется число σ — среднеквадратическое отклонение управляемого фактора (например, дохода) X операции, которое обозначим $\tau = \sigma$.

Если, например, под X понимать случайный доход Q , то $\bar{R}_Q$ представляет собой средний ожидаемый доход, или эффективность, а среднее квадратическое отклонение σ_Q является оценкой рискованности, риском, и обозначается r_Q .

Пример. Пусть имеются два инвестиционных проекта. Первый с вероятностью 0,6 обеспечивает прибыль 15 млн руб., однако с вероятностью 0,4 можно потерять 5,5 млн руб. Для второго проекта с вероятностью 0,8 можно получить прибыль 10 млн руб. и с вероятностью 0,2 потерять 6 млн руб. Какой проект выбрать?

Решение. Оба проекта имеют одинаковую среднюю прибыльность, равную 6,8 млн руб.

$$0,6 \times 15 + 0,4(-5,5) = 0,8 \times 10 + 0,2(-6) = 6,8.$$

Однако среднее квадратичное отклонение прибыли для первого проекта равно 10,04 млн руб.

$$[0,6(15 - 6,8)^2 + 0,4(-5,5 - 6,8)^2]^{1/2} = 10,04;$$

а для второго — 6,4 млн руб.

$$[0,8(10 - 6,8)^2 + 0,2(-6 - 6,8)^2]^{1/2} = 6,4;$$

поэтому предпочтителен второй проект.

4. Коэффициент вариации. Он позволяет определить уровень риска, если показатели среднего ожидаемого дохода от осуществления финансовых операций различаются между собой. Расчет коэффициента вариации осуществляется по следующей формуле:

$$CV = \pm \frac{\sigma}{R} \times 100\%, \quad (6)$$

где CV — коэффициент вариации.

Коэффициент вариации V — безразмерная величина. С его помощью можно сравнивать даже колеблемость признаков, выраженных в разных единицах измерения. Коэффициент вариации изменяется от 0 % до 100 %. Чем больше коэффициент, тем сильнее колеблемость. Установлена следующая качественная оценка различных значений коэффициента вариации: до 10 % — слабая колеблемость, 10–25 % — умеренная колеблемость, свыше 25 % — высокая колеблемость.

Пример. Предположим, что балансовая прибыль предприятия А и предприятия Б оценивается в 1 млн руб. Среднеквадратическое отклонение балансовой прибыли от ожидаемого 400 тыс. рублей. У предприятия А нет долгов, а у Б взят кредит в банке: 2 500 тыс. рублей под 16 % годовых. Налоги для упрощения учитывать не будем.

Решение: доход акционеров предприятия А составит 1 млн руб. Доход акционеров предприятия Б составит $1000 - 2500 \times 0,16 = 600$ тыс. руб.

Коэффициент вариации для предприятия А равен $400 / 1000 = 0,4$

Коэффициент вариации для предприятия Б равен $400 / 600 = 0,67$.

5. Бета-коэффициент (или бета). Он позволяет оценить индивидуальный или портфельный систематический финансовый риск по отношению к уровню риска финансового рынка в целом. Этот показатель используется обычно для оценки рисков инвестирования в отдельные ценные бумаги. Расчет этого показателя осуществляется по формуле:

$$\beta = \frac{K \times \sigma_{II}}{\sigma_p}, \quad (7)$$

где β — бета-коэффициент;

K — степень корреляции между уровнем доходности по индивидуальному виду ценных бумаг (или по их портфелю) и средним уровнем доходности данной группы фондовых инструментов по рынку в целом;

σ_{II} — среднеквадратическое отклонение доходности по индивидуальному виду ценных бумаг (или по их портфелю в целом);

σ_p — среднеквадратическое отклонение доходности по фондовому рынку в целом.

Уровень финансового риска отдельных ценных бумаг определяется на основе следующих значений бета-коэффициентов:

$\beta = 1$ — средний уровень;

$\beta > 1$ — высокий уровень;

$\beta < 1$ — низкий уровень.

С помощью вероятностного метода оценки риска можно оценить риск не только конкретной сделки, но и предпринимательской фирмы в целом (проанализировав динамику ее доходов) за некоторый промежуток времени. Выбор конкретных методов оценки определяется наличием необходимой информационной базы и уровнем квалификации управленческого персонала.

Пример. Оценим бета-коэффициент частной фирмы, которая поставляет диагностическое оборудование для нефтегазовых компаний. Предполагается, что владельцы капитала компании являются диверсифицированными инвесторами. Фирма работает на финансовом рычаге 0,1 (балансовое значение D/S) и рассчитывается по налоговым платежам по ставке 24 %. Бета-коэффициент торгуемых фирм США, занимающихся поставкой аналогичного оборудования, показаны в табл. 1.

Предполагается, что по величине активов и структуре издержек фирмы идентичны. Нерычаговое значение бета-коэффициента фирм-аналогов = $1,22 / (1 + 0,65 \times (0,2)) = 1,09$.

Бета-коэффициент частной российской фирмы
 $1,09 \times (1 + 0,76 \times (0,3)) = 1,15$.

Вводя поправку на страновой риск методом относительной волатильности, получаем следующую оценку требуемой доходности:

$k = 5 \% + 3 \% \text{ премия за страновой риск} + 1,15 \times 1,75 \times 5,5 \% \text{ премия за рыночный риск} + 4 \% \text{ премия за размер} = 23 \% \text{ (в долларовом исчислении.)}$

Таблица 1

**Оценка бета-коэффициента по компаниям отрасли
(нивелирование финансового риска)***

Фирмы	Бета-коэффициент	D/S
А	1,25	0,33
Б	1,2	0,24
В	1,2	0,2
Г	1,35	0,02
Д	1,1	0,22
Среднее значение	1,22	0,2

* Ставка налога на прибыль 40 %.

Пример. Имеются два варианта вложения капитала. Установлено, что при вложении капитала в мероприятие А получение прибыли в сумме 15 тыс. руб. — вероятность 0,6; в мероприятие Б получение прибыли в сумме 20 тыс. руб. — вероятность 0,4. Тогда ожидаемое получение прибыли от вложения капитала (т. е. математическое ожидание) составит:

по мероприятию А $15 \times 0,6 = 9$ тыс. руб.;

по мероприятию Б $20 \times 0,4 = 8$ тыс. руб.

Вероятность наступления события может быть определена объективным методом или субъективным. Объективный метод определения вероятности основан на вычислении частоты, с которой происходит данное событие. Например, если известно, что при вложении капитала в какое-либо мероприятие прибыль в сумме 15 тыс. руб. была получена в 120 случаях из 200, то вероятность получения такой прибыли составляет $0,6(120/200)$. Субъективный метод базируется на использовании субъективных критериев, которые основываются на различных предположениях. К таким предположениям могут относиться суждение оценивающего, его личный опыт, оценка эксперта, мнение финансового консультанта и т. п.

Величина риска или степень риска измеряется двумя критериями:

1) среднее ожидаемое значение;

2) колеблемость (изменчивость) возможного результата.

Среднее ожидаемое значение — это то значение величины события, которое связано с неопределенной ситуацией. Среднее ожидаемое значение является средневзвешенным для всех возможных результатов, где вероятность каждого результата используется в качестве частоты или веса соответствующего значения. Среднее ожидаемое значение измеряет результат, который мы ожидаем в среднем.

Пример. Если известно, что при вложении капитала в мероприятия А из 120 случаев прибыль 12,5 тыс. руб. была получена в 48 случаях (вероятность 0,4), прибыль 20 тыс. руб. — в 42 случаях (вероятность 0,35) и прибыль 12 тыс. руб. в 30 случаях

(вероятность 0,25), то среднее ожидаемое значение выразилось в 15 тыс. руб.

$$[(12,5 \times 0,4) + (20 \times 0,35) + (12 \times 0,25)].$$

Аналогично было найдено, что при вложении капитала в мероприятия Б средняя прибыль составила 20 тыс. руб.

$$[(15 \times 0,3) + (20 \times 0,5) + (27,5 \times 0,2)].$$

Сравнивая две суммы ожидаемой прибыли при вложении капитала в мероприятия А и Б, можно сделать вывод, что при вложении в мероприятие А величина получаемой прибыли колеблется от 12,5 до 20 тыс. руб. и средняя величина составляет 15 тыс. руб.; при вложении капитала в мероприятие Б величина получаемой прибыли колеблется от 15 до 27,5 тыс. руб. и средняя величина составляет 20 тыс. руб.

Средняя величина представляет собой обобщенную количественную характеристику и не позволяет принять решения в пользу какого-либо варианта вложения капитала. Для окончательного принятия решения необходимо измерить колеблемость показателей, т. е. определить меру изменчивости возможного результата.

Колеблемость возможного результата представляет собой степень отклонения ожидаемого значения от средней величины. Для этого на практике обычно применяют два близко связанных критерия: дисперсию и среднее квадратическое отклонение. Дисперсия — среднее взвешенное из квадратов отклонений действительных результатов от средних ожидаемых

$$G^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2 n}{\sum n}, \quad (8)$$

где G^2 — дисперсия;

X — ожидаемое значение для каждого случая наблюдения;

$\bar{X}$ — среднее ожидаемое значение;

n — число случаев наблюдения (частота).

Среднее квадратическое отклонение определяется по формуле:

$$G = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 n}{\sum n}}, \quad (9)$$

где G — среднее квадратическое отклонение.

При равенстве частот имеем частный случай

$$G^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}; \quad (10)$$

$$G = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}. \quad (11)$$

Среднее квадратическое отклонение является именованной величиной и указывается в тех же единицах, в каких измеряется варьирующий признак. Дисперсия и среднее квадратическое отклонение служат мерами абсолютной колеблемости. Для анализа обычно используют коэффициент вариации. Коэффициент вариации представляет собой отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической и показывает степень отклонения полученных значений

$$V = \frac{\pm G}{\bar{X}} 100(\%), \quad (12)$$

где V — коэффициент вариации, %.

Коэффициент вариации — относительная величина. Поэтому на его размер не оказывают влияния абсолютные значения изучаемого показателя. С помощью коэффициента вариации можно сравнивать даже колеблемость признаков, выраженных в разных единицах измерения. Коэффициент вариации может изменяться от 0 до 100 %. Чем больше коэффициент, тем сильнее колеблемость. В экономической статистике установлена следующая оценка различных значений коэффициента вариации: до 10 % — слабая колеблемость; до 10–25 — умеренная колеблемость; свыше 25 % — высокая колеблемость. Расчет дисперсии при вложении капитала в мероприятия А и Б приведен в табл. 1.

Имеем. Среднее квадратическое отклонение составляет при вложении капитала:

в мероприятие А

$$G = \sqrt{\frac{1620}{120}} = \pm 3,67,$$

в мероприятие Б

$$G = \sqrt{\frac{1500}{80}} = \pm 4,33.$$

Коэффициент вариации:

для мероприятия А

$$V = \frac{\pm 3,67}{15} 100 = \pm 24,5\%,$$

для мероприятия Б

$$V = \frac{\pm 4,33}{20} 100 = \pm 21,7\%.$$

Коэффициент вариации при вложении капитала в мероприятие Б меньше, чем при вложении в мероприятие А, что позволяет сделать вывод о принятии решения в пользу вложения капитала в мероприятие Б.

Таблица 2

**Расчет дисперсии
при вложении капитала в мероприятия А и Б**

Номер события	Полученная прибыль, тыс. руб. X	Число случаев наблюдения, n	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^2$
Мероприятие А					
1	12,5	48	-2,5	6,25	300
2	20	42	+5	25,00	1 050
3	12	30	-3	9,00	270
Итого	$\bar{X} = 15$	120			1 620
Мероприятие Б					
1	15	24	-5	25	600
2	20	40			
3	27,5	16	+7,5	56,25	900
Итого	$\bar{X} = 20$	80			1 500

Возможно применение следующих статистических методов:

- оценка вероятности исполнения,
- анализ вероятного распределения потока платежей,

- «деревья решений»,
- метод Монте-Карло (имитационное моделирование),
- технология «Risk Metrics».

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).

Независимые потоки платежей

В случае отсутствия корреляции между элементами потока платежей ожидаемая величина NPV и ее стандартное отклонение у могут быть определены из следующих соотношений:

$$M(CF_t) = \sum_{i=1}^m CF_{it} * p_{it} \quad (13)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{M(CF_t)}{(1+r)^t} - I_0 \quad (14)$$

$$\sigma_t = \sum_{i=1}^m (CF_{it} - M(CF_t))^2 * p_{it} \quad (15)$$

$$\sigma(NPV) = \sum_{t=1}^n \frac{\sigma_t^2}{(1+r)^{2t}}, \quad (16)$$

где $M(CF_t)$ — ожидаемое значение потока платежей в периоде t ;
 CF_{it} — i -и вариант значения потока платежей в периоде t ;
 m — количество предполагаемых значений потока платежей в периоде t ;
 p_{it} — вероятность i -го значения потока платежей в периоде t ;
 y_t — стандартное отклонение потока платежей от ожидаемого значения в периоде t .

Пример. Проект «Е» требует первоначальных вложений в размере 10 000 руб. Планируемый поток платежей по проекту характеризуется распределением вероятностей, приведенным в табл. 3. Определить чистую современную стоимость NPV и риск проекта.

Таблица 3

Распределение вероятностей потока платежей

Год 1		Год 2		Год 3	
CF_i	P_i	CF_i	P_i	CF_i	P_i
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. В этом случае формулы расчетов существенно упрощаются:

$$M(CF_t) = \sum_{i=1}^n CF_{it} * p_{it} \quad (17)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{M(CF_t)}{(1+r)^t} - I_0 \quad (18)$$

$$\sigma(NPV) = \sum_{t=1}^n \frac{\sigma_t}{(1+r)^t} \quad (19)$$

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:

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

Таблица 4

Чистый доход в конце года, руб.

<i>Возможные исходы</i>	<i>Возможные решения</i>		<i>Вероятность</i>
	<i>Выдавать заем</i>	<i>Не выдавать (инвестиро- вать)</i>	
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.

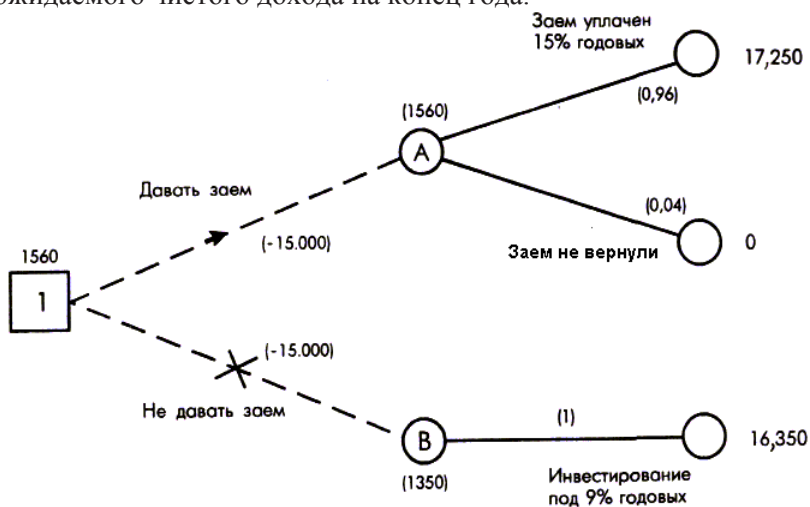


Рис. 2. Чистый доход в конце года

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 В:

$$E(\text{не давать заем}) = \{16\,350 \times 1,0 - 15\,000\} = 1\,350 \text{ руб.}$$

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 ЭВМ 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:

$$P(i) = 1/n, \quad (20)$$

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 χ^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 рискован) 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.

Технология «RiskMetrics»

Технология «RiskMetrics» разработана компанией «J. P. Morgan» для оценки риска рынка ценных бумаг. Методика подразумевает определение степени влияния риска на событие через вычисление «меры риска», т. е. максимально возможного потенциального изменения цены портфеля, состоящего из различного набора финансовых инструментов, с заданной вероятностью и за заданный промежуток времени.

RiskMetrics — это набор средств, позволяющих определить степень влияния рыночного риска на позицию инвестора через вычисление [VAR] (value-at-risk, величины риска).

RiskMetrics состоит из трех основных компонентов:

- системы оценки рисков, разработанная J. P. Morgan;
- базы данных по инструментам для расчета рыночного риска;
- программного обеспечения, использующего технологию RiskMetrics, поставляемого компанией J. P. Morgan, подразделениями Reuters и другими поставщиками.

Часть 1. Система оценки риска. Эта часть предназначена для широкого использования. Она содержит описание стандартных процедур по расчету рыночных рисков и их применению на практике, разных подходов к оценке рисков, простые примеры по расчету и интерпретации рисков.

Часть 2. Статистика доходности финансовых рынков. Эта часть для интересующихся статистическим анализом. В ней рассмотрены статистические способы оценки доходности финансовых инструментов, способы оценки распределения будущих доходов.

Часть 3. Риск-моделирование финансовых инструментов. В этой части описаны способы реализации системы оценки рыночного риска. Она показывает, как позиции в любом классе активов (forex, процентные ставки, акции, товары) могут быть описаны через стандартные модели. Особое внимание уделяется дериватам (производным ценным бумагам); показано, что риски по дериватам могут быть оценены по той же модели, по какой оцениваются их базовые активы.

Часть 4. База данных RiskMetrics. Эта часть предназначена для пользователей программного продукта RiskMetrics (RiskMa-

nager — прим. переводчика). В этой части описаны, во-первых, источники всех данных; во-вторых, атрибуты рядов данных по корреляции и волатильности; в-третьих, формат данных, которые могут быть доступны в коммерческих и общедоступных источниках.

Приложение. Эта часть посвящена техническим вопросам использования RiskMetrics, в том числе способам загрузки данных из Интернета, с демо-дискеты.

Далее будут переведены только наиболее интересные, по моему мнению, для российских участников фондового рынка части из «RiskMetrics-Technical Document». **Введение в Value-at-Risk и RiskMetrics.** Под риском понимается степень неопределенности будущих доходов. Эта неопределенность может принимать различные формы, и именно поэтому большинство участников финансовых рынков подвержены влиянию различных видов риска.

Value-at-Risk [VAR] — это мера максимально возможного потенциального изменения цены портфеля, состоящего из различного набора финансовых инструментов, с заданной вероятностью и за заданный промежуток времени. [VAR] отвечает на вопрос, как много можно потерять с вероятностью x % за определенный промежуток времени. Например, если считать, что с вероятностью 95 % курс DEM/USD не упадет более чем на 10 % за один день, можно рассчитать свои потенциальные потери, используя технологию RiskMetrics, и получить, скажем, сумму, равную \$100 млн. Пример, приведенный ниже, демонстрирует, как рассчитать VAR, используя значение стандартного отклонения и корреляции доходности (которую предоставляет RiskMetrics или которую можно рассчитать самостоятельно), исходя из предположения, что доходности инструментов нормально распределены.

Пример. Пусть имеется компания, базовой валютой которой являются доллары, и позиция в 10-летних немецких облигациях на DEM 140 млн. Чему равен [VAR] за один день с вероятностью 5 %, что потери не превысят ожидаемых?

Первый шаг — определить размер позиции, подверженной риску.

В данном случае позиция пересчитана в доллары, в базовую валюту компании (этот процесс называется mark-to-market,

или расчет рыночной стоимости позиции). При курсе 1,40 USD /DEM рыночная цена позиции будет равна \$100 млн.

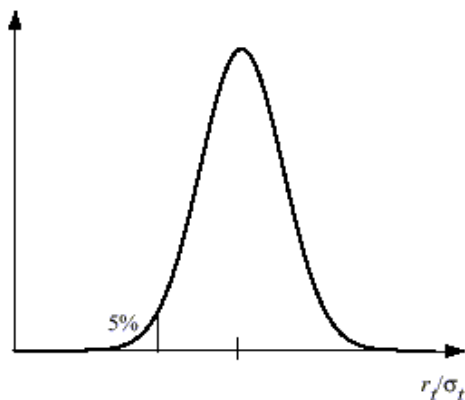


Рис. 3. Размер позиции, подверженной риску

Второй шаг. Расчет риска. Стандартное отклонение однодневных колебаний цены 10-летних облигаций Германии равно 0,605 %. Тогда: Курсовой (forex) риск: \$100 млн $\times$ 1,65 $\times$ 0,605 % = = \$999 000. Риск по облигациям: \$100 млн $\times$ 1,65 $\times$ 0,565 % = = \$932 000. Однако общий риск позиции не равен сумме двух рисков, т. к. корреляция между курсом валют и облигациями не равна единице. Корреляция между инструментами равна –0,27. Используя формулу из стандартной теории портфельного менеджмента, получаем риск позиции, равный \$1,168 млн:

$$\text{VaR} = \sqrt{\sigma_{\text{Interest rate}}^2 + \sigma_{\text{FX}}^2 + (2 \times \rho_{\text{Interest rate, FX}} \times \sigma_{\text{Interest rate}} \times \sigma_{\text{FX}})} \quad (21)$$

$$\text{VaR} = \sqrt{(0.999)^2 + (0.932)^2 + (2 \times -0.27 \times 0.999 \times 0.932)} \quad (22)$$

Для данного примера RiskMetrics обеспечивает пользователей системы не только [VAR] по курсам валют и облигациям, но и величиной корреляции между инструментами.

Подробное описание расчета [VAR] в технологии RiskMetrics. [VAR] — это величина, которая показывает потенциально возможное изменение стоимости портфеля в будущем.

Величина VAR зависит:

- 1) от временного горизонта оценки;
- 2) от величины доверительного интервала, выбранного риск-менеджером.

Предположим, что мы планируем рассчитать [VAR] портфеля на горизонт в один день при доверительном интервале 95 % (вероятность отклонения стоимости портфеля на величину, большую [VAR], составляет 5 %). Вычисление [VAR] состоит из следующих этапов:

1. Оценим рыночную стоимость портфеля (mark-to-market). Обозначим эту стоимость как V_0 .

2. Обозначим будущую стоимость портфеля как V_1 , тогда $V_1 = V_0 e^r$, где r — это средняя ожидаемая доходность портфеля за заданный временной горизонт. Для временного диапазона в один день RiskMetrics подразумевает нулевую доходность.

3. Произведем расчет такой величины доходности портфеля, чтобы вероятность превышения этой доходности портфелем была 5 %. Обозначим эту доходность как $\tilde{r}$. То есть вероятность $(r > \tilde{r}) = 5 \%$.

4. Определим наихудшую возможную будущую стоимость портфеля как $\hat{W}_1$, $\hat{W}_1 = V_0 e^{\tilde{r}}$. Величина $[VAR] = V_0 - \hat{W}_1$.

Стоит обратить внимание, что [VAR] может быть рассчитана как $V_0(1 - e^{\tilde{r}})$. При условии, что величина $\tilde{r}$ очень мала, $e^{\tilde{r}} = 1 + \tilde{r}$. Таким образом, можно сказать, что величина [VAR] примерно равна $V_0 \tilde{r}$. Задача системы оценки риска, такой как RiskMetrics, — предложить технологию для вычисления $\tilde{r}$.

Пример использования технологии и средств RiskMetrics для вычисления [VAR]

Предположим, что горизонт прогнозирования равен 1 дню, вероятность превышения потерь над расчетной величиной равна 5 %. Предположим, что рыночная цена портфеля $V_0 = \$500$ млн.

Для вычисления [VAR] нам необходимо знать величину средней ожидаемой доходности портфеля — $\mu_{1|0}$. Как было отмечено ранее, RiskMetrics принимает $\mu_{1|0} = 0$.

Для дальнейшего расчета нам необходима величина стандартного отклонения портфеля — $\sigma_{1|0}$. Предполагая, что рас-

предделение доходностей портфеля нормальное, получаем $\tilde{r} = -1,65\sigma_{1|0} + \mu_{1|0}$ (RiskMetrics предоставляет расчет величины $1,65\sigma_{1|0}$). Следовательно, установив, что $\mu_{1|0} = 0$ и $\sigma_{1|0} = 0,321$, получаем $\hat{W}_1 = \$474,2$ млн (по формуле $\hat{W}_1 = V_0(e^{-1,65\sigma})$).

Получаем $[VAR] = \$25,8$ млн ($V_0 - \hat{W}_1$).

Тема 4. Аналитические методы оценки финансового риска

Аналитические методы применяются в том случае, когда имеющаяся информация ограничена и требуется провести количественный анализ риска.

К аналитическим методам относятся стандартные функции распределения вероятностей, например нормальное распределение, или распределение Гаусса, показательное (экспоненциальное) распределение вероятностей, которое широко используется в расчетах надежности, а также распределение Пуассона, которое часто применяется в теории массового обслуживания.

Вероятностная оценка риска достаточно разработана математически, однако опираться только на математические расчеты в коммерческой деятельности не всегда достаточно, поскольку точность расчетов во многом зависит от исходной информации.

Аналитические методы позволяют определить вероятность возникновения потерь на основе математических моделей и используются в основном для анализа риска инвестиционных проектов.

Применяют следующие аналитические методы:

- анализ чувствительности;
- метод корректировки нормы дисконта с учетом риска;
- метод эквивалентов;
- метод сценариев.

Анализ чувствительности сводится к исследованию зависимости некоторого результирующего показателя от вариации значений показателей, участвующих в его определении. Другими словами, этот метод позволяет получить ответы на вопросы вида:

что будет с результирующей величиной, если изменится значение некоторой исходной величины?

Анализ чувствительности модели состоит из следующих шагов:

1) выбор ключевого показателя, относительно которого и производится оценка чувствительности (внутренняя норма доходности, чистый приведенный доход и т. п.);

2) выбор факторов (уровень инфляции, степень состояния экономики и др.);

3) расчет значений ключевого показателя на различных этапах осуществления проекта (закупка сырья, производство, реализация, транспортировка, капиталоинвестиции и т. п.).

Сформированные таким путем последовательности затрат и поступлений финансовых ресурсов дают возможность определить потоки фондов денежных средств для каждого момента (или отрезка времени), т. е. определить показатели эффективности. Строятся диаграммы, отражающие зависимость выбранных результирующих показателей от величины исходных параметров. Сопоставляя между собой полученные диаграммы, можно определить так называемые ключевые показатели, в наибольшей степени влияющие на оценку доходности проекта.

Анализ чувствительности имеет и серьезные недостатки: он не является всеобъемлющим и не уточняет вероятность осуществления альтернативных проектов.

Очень важно установить, какие изменения данных параметров могли бы повысить ожидаемую прибыльность: например, 25-процентное увеличение цены на сырье или 20-процентное уменьшение цены продажи или объема выпуска продукции. Если бизнес слишком чувствителен к некоторым изменениям параметров, руководитель предприятия должен регулярно контролировать их значение.

Суть метода сводится к исследованию зависимости некоторого результирующего показателя от вариации значений показателей, участвующих в его определении. Проведение этого анализа осуществляется в следующем порядке:

- задается взаимосвязь между исходным и результирующим показателем;

- определяются наиболее вероятные значения других исходных показателей и возможные их диапазоны;

- путем изменения значений исходных показателей исследуется их влияние на конечный результат.

Проект с меньшей чувствительностью NPV считается менее рисковым. (+) — отличная иллюстрация влияния отдельных исходных показателей на конечный результат проекта; (–) — каждый фактор рассматривается изолированно от влияния изменения других факторов.

Анализ чувствительности является одним из простейших и наиболее распространенных методов анализа риска. С его помощью можно выяснить, какие именно факторы (оцениваемые параметры) можно отнести к наиболее рискованным.

Как показатель чувствительности объекта риска относительно изменения определенных факторов используются эластичность или чувствительность реагирования. Эластичность — мера реагирования одной переменной величины (функции) на смену другой (аргумента), а коэффициент эластичности — это число, которое показывает процентное изменение функции в результате процентного изменения аргумента.

Коэффициент эластичности (чувствительности) объекта риска относительно переменной x_i , $i = 1, \dots, n$, определяют по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta y}{y} \div \frac{\Delta x_i}{x_i} = \frac{\Delta y \cdot x_i}{\Delta x_i \cdot y}, i = 1, \dots, n \quad (23)$$

Следует отметить, что величина коэффициента эластичности не зависит от выбора единиц измерения разных факторов. Чем больше (по модулю) значение коэффициента эластичности, тем выше степень чувствительности и, соответственно, риск относительно изменения определенного фактора, от которого зависит результативный показатель.

Метод анализа чувствительности сегодня чаще всего используется для анализа инвестиционных проектов — определения степени устойчивости проекта к влиянию внешней или внутренней среды.

Рассмотрим простейший пример — определение степени устойчивости инвестиционного проекта к влиянию макроэкономических факторов.

В теории инвестиций такое влияние выражается через коэффициент дисконтирования. Эта задача сводится к тому, чтобы определить, каким образом изменится значение NPV проекта при увеличении ставки дисконта, который выражает состояние макросреды.

Модель NPV имеет следующий вид:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+d)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{I_t}{(1+d)^t}, \quad (24)$$

где B_t — величина дохода в t -м периоде от реализации инвестиционного проекта;

C_t — величина расходов в t -м периоде на реализацию инвестиционного проекта;

I_t — сумма инвестиций в t -м периоде;

d — ставка дисконта;

t — значение определенного периода реализации инвестиционного проекта.

Анализ чувствительности критериев эффективности (NPV, PI и др.) сводится к исследованию зависимости результативного показателя от вариации значений составляющих его показателей. Анализ предусматривает выполнение ряда операций. Сначала задается взаимосвязь между исходными и результативными показателями в виде математического уравнения:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\{Q \times (C - ПР_{\text{ч}}) - ПЗ - A\} \times (1 - H) + A}{(1+r)^t} - IC, \quad (25)$$

где Q — количество продукции;

C — цена за единицу продукции;

$ПР_{\text{ч}}$ — переменные расходы на единицу продукции;

$ПЗ$ — постоянные затраты;

A — амортизация;

H — налог на прибыль.

Далее определяются наиболее вероятные значения исходных показателей и возможные диапазоны их изменений. Затем значения исходных показателей меняются и определяется их влияние на конечный результат. Анализ чувствительности критериев

эффективности предполагает использование приема элиминирования (когда меняется один из исходных показателей, в то время как значения остальных остаются постоянными). Проект с меньшей чувствительностью NPV считается менее рисковым.

К недостаткам метода относится изменение одного исходного показателя, в то время как остальные считаются постоянными. На практике между показателями существует взаимосвязь и изменение одного из них приводит к изменениям остальных. Кроме того, метод не позволяет получить вероятностные оценки возможных отклонений исходных и результативного показателей.

Пример. Предположим, что срок реализации проекта составляет 3 года. Соответственно денежные потоки ($B_t - C_t$) прогнозируются в размере 500 000 руб., 80 000 руб., 70 000 руб. Сумма инвестиций, которые вкладываются единовременно до начала реализации проекта, составляет 1 000 000 руб. Ставка дисконта для данного проекта определена в размере 15 %.

Необходимо установить, какое влияние на проект будут иметь условия внешней среды, т. е. на сколько процентов изменится значение NPV, если ставка дисконта изменится на 1 %.

Решение

Для этого нужно рассчитать значение NPV для двух случаев: для варианта с фактическим значением ставки дисконта (табл. 5) и варианта с измененным значением ставки дисконта (табл. 6), причем величина и направление такого изменения может быть любым, на конечный результат это влиять не будет. Возьмем как измененное значение ставки дисконта 16 %.

Таблица 5

Расчет NPV для первого варианта

	<i>Годы</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Денежные потоки, тыс. долл.	500	800	700
Ставка дисконта	1,150	1,323	1,521
Дисконтированные денежные потоки, тыс. долл.	434,78	604,91	460,26
NPV, тыс. долл.	499,96		

Таблица 6

Расчет NPV для второго варианта

	Годы		
	1	2	3
Денежные потоки, тыс. долл.	500	800	700
Ставка дисконта	1,160	1,346	1,561
Дисконтированные денежные потоки, тыс. долл.	431,03	594,53	448,46
NPV, тыс. долл.	474,03		

Тогда:

$$\varepsilon_i = \frac{5,5\%}{6,5\%} = 0,875 \quad (26)$$

То есть при изменении ставки дисконта на 1 % значение NPV изменится на 0,875 % для данного инвестиционного проекта

Метод корректировки нормы дисконта с учетом риска — наиболее простой и вследствие этого наиболее применяемый на практике.

Основная идея метода заключается в корректировке некоторой базовой нормы дисконта, которая считается безрисковой или минимально приемлемой. Корректировка осуществляется путем прибавления величины требуемой премии за риск, после чего производится расчет критериев эффективности ИП (NPV, PI, IRR) по вновь полученной таким образом норме. Решение принимается согласно правилу выбранного критерия. Главное достоинство этого метода в простоте расчетов, которые могут быть выполнены с использованием обыкновенного калькулятора, а также в понятности и доступности. Вместе с тем метод имеет существенные недостатки.

Метод корректировки нормы дисконта осуществляет приведение будущих потоков платежей к настоящему моменту времени, но не дает никакой информации о степени риска. При этом полученные результаты зависят существенно от величины надбавки за риск. Он также предполагает увеличение риска во времени с постоянным коэффициентом, что вряд ли может считаться корректным, т. к. для многих проектов характерно наличие рисков

в начальный период с постепенным снижением их к концу реализации. Таким образом, прибыльные проекты, не предполагающие со временем увеличения существенного риска, могут быть оценены неверно и отклонены. Данный метод не несет никакой информации о вероятностных распределениях будущих потоков платежей и не позволяет получить их оценку. Обратная сторона простоты состоит в существенных ограничениях возможностей моделирования различных вариантов, которое сводится к анализу зависимости критериев от изменения только одного показателя — нормы дисконта. Несмотря на отмеченные недостатки, этот метод широко применяется на практике.

В общем случае, чем больше риск, ассоциируемый с проектом, тем выше должна быть величина премии, которая может определяться по внутрифирменным процедурам, экспертным путем или по формальным методикам.

Например, в качестве ориентира для установления премии за риск может приниматься коэффициент вариации. Чем больше этот коэффициент, тем большей должна быть величина премии за риск.

Пример. Рассматривается инвестиционный проект, средняя ставка доходности которого составляет 10 %. Риск реализации проекта, определенный экспертным путем, равен 12 %. Срок реализации проекта составляет 3 года. Необходимо оценить эффективность проекта с учетом и без учета риска. Размеры инвестиций и денежных потоков приведены в табл. 7.

Очевидно, что с учетом риска результат получается отрицательным, поэтому согласно правилу NPV проект следует отклонить.

Главное достоинство рассмотренного метода корректировки нормы дисконта состоит в простоте расчетов. Вместе с тем метод имеет существенные недостатки. Он не дает никакой информации о степени риска, при этом полученные результаты существенно зависят только от величины надбавки за риск. Метод предполагает увеличение риска во времени с постоянным коэффициентом, что вряд ли является обоснованным, т. к. для многих проектов характерно наличие рисков в начальные периоды

с постепенным снижением к концу реализации проектов. В связи с этим прибыльные проекты, не предполагающие со временем увеличения риска, могут быть оценены неверно и отклонены.

Таблица 7

Размеры потока платежей

Годы Показатель	Денежный поток, тыс. руб.	Коэффи- циент дисконти- рования (по ставке 10%)	Приведен- ные члены денежного потока, тыс. руб.	Коэффициент дисконтирован ия с учетом риска (по ставке $10 + 12$ = 22%)	Приведенные члены денежного потока с учетом риска, тыс. руб.
Стартовый	-120	1,0	-120	1,0	-120
1-й	50	0,9091	45,5	0,8197	41,0
2-й	60	0,8264	49,6	0,6719	40,3
3-й	60	0,7513	45,1	0,5507	33,0
<i>NPV</i>			20,2		-5,7

Данный метод не дает никакой информации о вероятностных распределениях будущих потоков платежей и не позволяет получить их оценку; он существенно ограничивает возможности моделирования различных вариантов, т. к. все сводит к анализу зависимости критериев (*NPV*, *IRR*, *PI* и др.) от изменения нормы дисконта.

Метод эквивалентов

С помощью *метода достоверных эквивалентов* осуществляется корректировка ожидаемых значений потока платежей путем введения специальных понижающих коэффициентов с целью приведения ожидаемых поступлений к величинам платежей, получение которых практически не вызывает сомнений и значения которых могут быть достоверно определены.

Метод достоверных эквивалентов заключается в корректировке ожидаемых значений потока платежей CF_t путем введения специальных понижающих коэффициентов (α_t) для каждого периода реализации проекта. Теоретические значения коэффициента (α_t) могут быть определены из соотношения:

$$\alpha_t = CCF_t : RCF_t,$$

где CCF_t — величина чистых поступлений от безрисковой операции;

RCF_t — ожидаемая величина чистых поступлений от реализации проекта.

Тогда достоверный эквивалент ожидаемого платежа может быть определен как:

$$CCF_t = \alpha_t \times RCF_t, \text{ где } \alpha_t \leq 1.$$

Однако на практике для определения значений коэффициента α_t чаще всего используют метод экспертных оценок.

Далее рассчитывают критерий NPV (IRR, PI) для откорректированного потока платежей по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n (\alpha_t \times CCF_t) : (1+r)^t - I_0 C \quad (27)$$

Предпочтение отдается проекту, скорректированный поток платежей которого обеспечивает получение большей величины NPV. Используемые при этом множители α_t получили название коэффициентов достоверности или определенности.

Расчет для потока платежей приведен в табл. 8.

Таблица 8

Расчет значений потоков платежей

Годы	Показатель	Начальные инвестиции (IC) и чистые денежные потоки, тыс. руб. (CF)	Коэффициенты достоверности (α_i)	Начальные инвестиции и чистые денежные потоки, скорректированные на коэффициент достоверности, тыс. руб. ($\alpha_i \times CF$)	Дисконтный множитель при ставке $r = 10\%$, коэффициент $(1 + r)^{-i}$	Современная стоимость денежных потоков, тыс. руб. (зр. $1 \times$ гр. 4)	Современная стоимость денежных потоков, скорректированная на коэффициент достоверности, тыс. руб. (зр. $3 \times$ гр. 4)
	A	1	2	3	4	5	6
	0-й	-100 000	1,00	-100 000	1,00	-100 000	-100 000
	1-й	50 000	0,90	45 000	0,909091	45455	40 909
	2-й	60 000	0,80	48 000	0,826446	49587	39 669
	3-й	60 000	0,70	42 000	0,751315	45 079	31 555
	NPV					+40 121	-12 133

Как видно из таблицы, чистая приведенная величина скорректированного с учетом риска потока платежей меньше обычной суммы на 27 988 тыс. руб. (40 121 – 12 133), или в 3,3 раза.

Данный метод не предполагает увеличения риска с постоянным коэффициентом при сохранении простоты расчета, что позволяет учитывать риск более корректно.

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. Определяют среднюю величину NPV по формуле:

$$\overline{NPV} = \sum NPV_i \times P_i \quad (28)$$

Исчисляют стандартное отклонение по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (NPV_i - \overline{NPV})^2 \times P_i} \quad (29)$$

Определяют коэффициент вариации (V) по формуле

$$V = \frac{\sigma}{\overline{NPV}} \quad (30)$$

На основании этих расчетов проводится оценка риска проекта.

Пример. Рассматривается инвестиционный проект, связанный с выпуском изделия А. Полученные в результате опроса экспертов сценарии его реализации и возможные вероятности их

осуществления приведены в табл. 9. Необходимо провести анализ риска проекта.

Решение

Таблица 9

Сценарии реализации проекта по производству изделия А

Показатели	Обозначение	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

По данным таблицы определяют значение NPV по вариантам, используя формулу

$$NPV = NCF_t \times \alpha_{n,r} - IC, \quad (31)$$

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:

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

Затем исчисляется стандартное (среднее квадратическое) отклонение:

$$\sigma = \sqrt{(-1030,2 - 3284,55)^2 \times 0,25 + (3117,9 - 3284,55)^2 \times 0,5 + (7932,6 - 3284,55)^2 \times 0,25} = 3173,2 \text{ руб.}$$

Таким образом, исходя из предположения о нормальном распределении случайной величины с вероятностью около 80 %, можно утверждать, что значение NPV будет находиться в диапазоне $3\,284,6 \pm 3\,173,2$ руб.

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

$$V = \frac{3173,2 \text{ руб.}}{3284,6 \text{ руб.}} = 0,97.$$

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.

Тема 5. 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 10

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	х	1	0	1	1	1	4
2	0	х	0	1	1	1	4
3	1	1	х	1	1	1	5
4	0	0	0	х	0	0	0
5	0	0	0	1	х	0	1
6	0	0	0	1	1	х	2

Ранжирование шести объектов путем попарного сравнения будет иметь вид: $Q_4 < Q_5 < Q_6 < Q_2 = Q_1 < Q_3$.

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 (см. табл. 11), пятибалльная шкала оценки знаний, баллы в фигурном катании и т. д.

Таблица 11

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. Согласованность мнения экспертов можно оценивать по величине коэффициента конкордации:

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}; \quad (32)$$

где S — сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;

n — число экспертов;

m — число объектов экспертизы.

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне $0 < W < 1$, причем 0 — полная несогласованность, 1 — полное единодушие.

Пример. Необходимо определить степень согласованности мнения пяти экспертов, результаты ранжирования которыми семи объектов приведены в табл. 12.

Для определения степени согласованности используется специальная мера — коэффициент конкордации Кендалла (от лат. *concordare* — привести в соответствие, упорядочить).

Таблица 12

Данные
для оценки согласованности мнений пяти экспертов

Номер объекта экспертизы	Оценка эксперта					Сумма рангов	Отклонение от среднего	Квадрат отклонения
	1	2	3	4	5			
1	4	6	4	4	3	21	1	1
2	3	3	2	3	4	15	–5	25
3	2	2	1	2	2	9	11	121
4	6	5	6	5	6	28	8	64
5	1	1	3	1	1	7	–13	169
6	5	4	5	6	5	25	5	25
7	7	7	7	7	7	35	15	225

Оцениваем среднеарифметическое число рангов:

$$Q_{cp} = (21 + 15 + 9 + 28 + 7 + 25 + 35) / 7 = 20.$$

Затем оцениваем сумму квадратов отклонений от среднего:
 $S = 630$. Определяем величину коэффициента конкордации:

$$W = 12 \times 630 / 25 \times (343 - 7) = 0,9.$$

Много это или мало? Если провести соответствующие вычисления в STATISTICA, то можно получить следующую таблицу результатов.



Объект	Средний ранг	Сумма рангов	Среднее	Ст. откл.
1	4,200000	21,00000	4,200000	1,095445
2	3,000000	15,00000	3,000000	0,707107
3	1,800000	9,00000	1,800000	0,447214
4	5,600000	28,00000	5,600000	0,547723
5	1,400000	7,00000	1,400000	0,894427
6	5,000000	25,00000	5,000000	0,707107
7	7,000000	35,00000	7,000000	

Рис. 4. Результаты проведения анализа в STATISTICA

Из этой таблицы следует, что различные мнения экспертов в данном примере незначимы: $p < 0,00014$.

Если степень согласованности мнений экспертов оказывается неудовлетворительной, принимают специальные меры для ее повышения. Сводятся они в основном к проведению тренировок с обсуждением результатов и разбором ошибок. Если возможности для предварительной подготовки экспертов нет, измерение экспертным методом проводится по методу Дельфы. Этот метод впервые был предложен в начале 1950-х гг. американскими учеными Т. Дж. Гордоном и О. Хелмером для решения военных проблем. Название его происходит от древнегреческого города Дельфы, где, по преданию, при храме Аполлона с IX в. до н. э. по IV в. н. э. существовал совет мудрецов («дельфийский оракул»), славившийся своими предсказаниями.

Характерными чертами этого метода являются:

1) анонимность: эксперты не встречаются друг с другом, чтобы избежать влияния авторитета и красноречия кого-либо из них;

2) многоэтапность: после каждого тура опроса все эксперты знакомятся с мнением друг друга и при необходимости представляют письменные обоснования своих точек зрения. Соглашаясь или не соглашаясь с мнениями своих коллег, они могут пересматривать свою точку зрения;

3) контроль: после каждого тура проверяется согласованность мнений экспертов до тех пор, пока разброс отдельных мнений не снизится до заранее выбранного значения.

При особо ответственных измерениях экспертным методом могут учитываться весовые коэффициенты квалификации экспертов.

Количество экспертов тоже играет важную роль. С ростом числа экспертов в группе точность измерения повышается. Чтобы воспользоваться им для определения численности экспертной группы n , обеспечивающей заданную точность измерения, нужно опять-таки в подготовительный период установить закон распределения вероятности отсчета, получаемого экспертным методом, или хотя бы его среднее квадратическое отклонение σ_x , не зависящее от n . Тогда по графику на рис. 5, отражающему зависимость, можно найти число экспертов n , при котором среднее квадратическое отклонение среднего арифметического σ будет соответствовать требуемому. Исходная численность экспертной группы составляет обычно не менее 7 человек. В отдельных случаях она достигает 15 ... 20 экспертов (массовый опрос проводится, как правило, только при социологических исследованиях). Если в подготовительный период σ_x не определено, то требуемая точность за счет расширения экспертной группы достигается уже в процессе измерения экспертным методом так, как это показано на рисунке.

В некоторых случаях требуется обеспечить максимально возможную точность измерения экспертным методом. В этих случаях состав экспертной группы целесообразно ограничить таким числом экспертов n , при котором различия между средними

арифметическими и оценками дисперсий результатов измерений при n и $n + 1$ экспертах перестают быть значимыми.

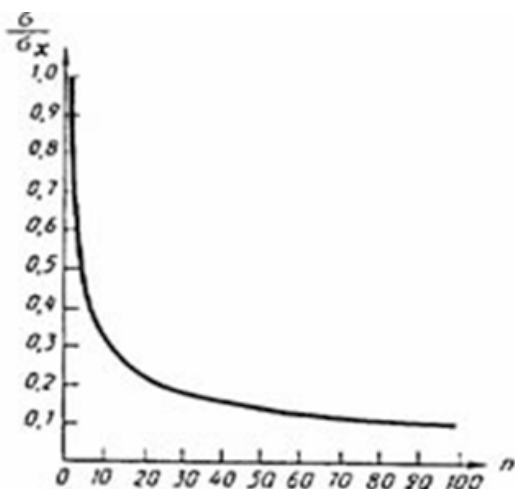


Рис. 5. График для определения численности экспертной группы

По тому, в какой форме эксперты выражают свое мнение, т. е. по способу проведения экспертизы, различают:

- 1) непосредственное измерение;
- 2) ранжирование;
- 3) сопоставление.

При непосредственных измерениях экспертным методом значения физических величин или показателей качества определяются сразу в установленных единицах (в единицах СИ, в баллах, нормочасах, рублях, единицах условного топлива и т. д.). Такие измерения могут проводиться как по шкале отношений, так и по шкале интервалов или шкале порядка. Измерения по шкале отношений требуют наличия эталонов. К ним относятся органолептические методы измерения длины, массы, силы света и многие другие. Непосредственное измерение весовых коэффициентов, сумма которых должна равняться единице, производится по шкале порядка. Значения этих коэффициентов рассчитываются по формуле:

$$g_i = \frac{\sum_{j=1}^n G_{i,j}}{\sum_{i=1}^m G_{i,j}}, \quad (33)$$

где n — количество экспертов; m — число «взвешиваемых» показателей; $G_{i,j}$ — коэффициент весомости j -го показателя в баллах, данный i -м экспертом.

По реперным шкалам порядка измеряется в баллах сила морского волнения, сила землетрясений и т. п. Непосредственно путем приписывания баллов (обычно от 1 до 10) могут измеряться по шкале порядка и такие свойства, для которых нет ни эталонов, ни объективных критериев. В последнем случае из соотношения баллов нельзя делать каких-либо количественных выводов.

Непосредственное измерение экспертным методом является наиболее сложным и предъявляет к экспертам наиболее высокие требования.

Ранжирование состоит в расстановке объектов измерений или показателей в порядке их предпочтения, по важности или весомости. Место, занятое при такой расстановке, называется рангом. Чем выше ранг, тем предпочтительней объект, весомее, важнее показатель.

Пример. Был проведен социологический опрос группы военнослужащих-срочников в количестве 5 человек. Им был предложен список, состоящий из следующих 7 пунктов:

- 1) обеспечение новой формой одежды;
- 2) смена довольствующих органов;
- 3) уменьшение срока службы;
- 4) улучшение качества боевой подготовки военнослужащих;
- 5) увеличение денежного довольствия;
- 6) обеспечение новыми образцами техники (вооружения);
- 7) введение качественного отбора по уровню физической подготовки.

Экспертам было предложено расставить нововведения в порядке их предпочтения (см. табл. 13).

Таблица 13

**Ранжирование пятью экспертами
семи объектов экспертизы**

		Эксперты					
№		1	2	3	4	5	Итого
Объекты	1	4	4	4	6	3	21
	2	3	3	2	3	4	15
	3	2	2	3	1	1	9
	4	6	5	6	5	6	28
	5	1	1	1	2	2	7
	6	5	6	5	4	5	25
	7	7	7	7	7	7	35
Итого							140

Результат измерения их качества по шкале порядка таков:
лучшим является пятое,
вторым по качеству — третье,
затем — второе, первое, шестое, четвертое и седьмое.

Если же ранжирование проводилось с целью определения весовых коэффициентов g_j для семи показателей качества, то они рассчитываются следующим образом

$$g_1 = \frac{21}{140} = 0,15; \quad g_2 = \frac{15}{140} = 0,11; \quad g_3 = \frac{9}{140} = 0,06; \quad g_4 = \frac{28}{140} = 0,2;$$

$$g_5 = \frac{7}{140} = 0,05; \quad g_6 = \frac{25}{140} = 0,18; \quad g_7 = \frac{35}{140} = 0,25.$$

$$\sum_{i=1}^7 g_i = 1.$$

$G_{i,j}$ — ранг j -го показателя, установленный i -м экспертом.

Сопоставление бывает последовательным и попарным.

Последовательное сопоставление каждого объекта экспертизы с совокупностью всех тех, которые ниже рангом, позволяет откорректировать ранжированный ряд, уточнить позиции входящих в него объектов с учетом их важности. Оно имеет смысл тогда, когда несколько объектов экспертизы можно рассматривать

как один составной объект той же природы. Порядок последовательного сопоставления следующий.

1. Объекты экспертизы располагаются в порядке их предпочтения (ранжирование).

2. Наиболее важному объекту приписывается балл или весовой коэффициент, равный 1; всем остальным в порядке уменьшения их относительной значимости — баллы или весовые коэффициенты от 1 до 0.

3. Сопоставляется первый объект с совокупностью всех остальных. Если, по мнению эксперта, он предпочтительнее, чем совокупность всех остальных вместе взятых, то результат его измерения в баллах или весовой коэффициент корректируется в сторону увеличения с таким расчетом, чтобы он стал больше (иногда определяют и насколько больше) суммы баллов или весовых коэффициентов всех остальных объектов экспертизы, которые ниже рангом. В противном случае результат измерения или весовой коэффициент первого объекта корректируется в сторону уменьшения так, чтобы он оказался меньше суммы баллов или весовых коэффициентов остальных объектов.

4. Сопоставляется второй объект с совокупностью всех остальных, стоящих ниже рангом. По установленному выше правилу корректируется результат его измерения или значение весового коэффициента (при этом нужно следить, чтобы не нарушилось предпочтение первого объекта перед совокупностью всех остальных, если оно установлено на предыдущем этапе). Такая процедура сопоставлений и корректировок продолжается вплоть до предпоследнего объекта.

5. Полученные результаты измерений или весовые коэффициенты нормируют, т. е. делят на общую сумму баллов или весовых коэффициентов. После этого они принимают значения в пределах от 0 до 1, а их сумма становится равной 1.

Попарное сопоставление самое простое и наиболее оправданное с психологической точки зрения. При попарном сопоставлении достаточно данных, приведенных в таблицах по одну сторону от диагонали. Предпочтение при этом выражается указанием номера предпочтительного объекта.

Балл j -го объекта или весомость j -го показателя рассчитываются по формуле:

$$G_{ij} = \frac{F_{ij}}{C}, \quad (34)$$

где $F_{i,j}$ — частота предпочтения i -м экспертом j -го объекта экспертизы;

C — общее число суждений одного эксперта, связанное с числом объектов экспертизы m (числом измеряемых показателей или коэффициентов весомости) соотношением $C = \frac{m(m-1)}{2}$.

Пример. Предположим для простоты, что пять экспертов выразили свое мнение о шести объектах экспертизы одинаково: так, как это представлено в табл. 14. Определить весомость каждого объекта и построить ранжированный ряд.

Таблица 14

Экспертные оценки объектов

Номер объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
1	X	1	3	1	1	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	5	6
5					X	6
6						X

Контрольные вопросы

1. Дайте определение финансовых рисков.
2. Перечислите виды финансовых рисков.
3. Назовите основные методы количественного анализа финансового риска.
4. В чем заключается метод экспертных оценок?
5. В чем суть метода эквивалентов?

Литература

1. Воронцовский, А. В. Управление рисками / А. В. Воронцовский. — СПб. : СПбГУ, 2000.
2. Малыхин, В. И. Финансовая математика / В. И. Малыхин. — М. : ЮНИТИ, 2008.
3. Просветов, Г. И. Управление рисками : Задачи и решения / Г. И. Просветов. — М. : Альфа-Пресс, 2008.
4. Шапкин, А. С. Экономические и финансовые риски / А. С. Шапкин, В. В. Шапкин. — М. : Данилов и К, 2013.

Оглавление

<i>Тема 1. Понятие финансовых рисков</i>	
и их классификация.....	3
<i>Тема 2. Оценка финансового риска.....</i>	<i>8</i>
<i>Тема 3. Статистические методы оценки</i>	
финансового риска.....	10
Метод оценки вероятности.....	21
Метод анализа вероятностных распределений	
потоков платежей.....	21
Метод «дерево решений».....	23
Метод Монте-Карло (имитационное моделирование).....	25
Технология «RiskMetrics».....	32
<i>Тема 4. Аналитические методы оценки</i>	
финансового риска.....	36
Анализ чувствительности.....	36
Метод корректировки нормы дисконта с учетом риска.....	41
Метод эквивалентов.....	43
Метод сценариев.....	45
<i>Тема 5. Метод экспертных оценок.....</i>	<i>47</i>
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>58</i>
<i>Литература.....</i>	<i>58</i>

Учебное издание

Статистический анализ финансовых рисков

Составитель
Балабаев Владимир Евгеньевич

Учебно-методическое пособие

Редактор, корректор М. Э. Левакова
Верстка Е. Б. Половковой

Подписано в печать 08.07.15. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,5.

Тираж 20 экз. Заказ

Оригинал-макет подготовлен
в редакционно-издательском отделе ЯрГУ.

Ярославский государственный университет
им. П. Г. Демидова.

150000, Ярославль, ул. Советская, 14.