

# Пособие для непрофессионалов по анализу рисков и количественных решений: моделирование Монте-Карло, анализ реальных опционов, прогнозирование и оптимизация



С самого начала истории человечества азартные игры были популярным времяпрепровождением. В библейских рассказах римские солдаты бросали жребий, деля одежду Христа. В более ранние времена случай, вероятность были частью природы, люди были подвластны им, как зависимый от каприза волн корабль в океане. Еще до эпохи Возрождения будущее считалось просто случайным набором непредвиденных событий, совершенно не зависящих от человеческой воли. Тем не менее с появлением азартных игр человеческая алчность продвинула исследования рисков и вероятностей, которые все более точно отражали события

реальной жизни. Хотя в эти игры первоначально играли с большим энтузиазмом, на самом деле никто никогда не задумывался и не просчитывал шансы. Человек, который понял и освоил концепцию вероятности, определенно имел преимущества по сравнению с остальными при извлечении выгоды из азартных игр.

Теория вероятности серьезно не изучалась вплоть до середины 1600-х годов. Первым к ее изучению приступил Блез Паскаль, один из отцов современной концепции выбора, возможности и вероятности. К счастью для нас, математические и статистические инновации, за многие века

привнесенные такими пионерами, как Паскаль, Бернулли, Байес, Гаусс, Лаплас и Ферма, а также современные компьютерные технологии превосходно позволяют нам объяснять современный мир неопределенностей через методологические приложения практического применения анализа риска и неопределенности.

Всего лишь два десятилетия назад компьютерные технологии пребывали в зачаточном состоянии и применение передовых аналитических моделей было еще фантастикой, но сегодня, используя современное программное обеспечение, мы имеем практическую возможность применять такие методы. Мы должны не повторять прошлые ошибки, а извлекать уроки из истории челове-

**Джонатан Ман (Dr. Johnathan Mun)** — исполнительный директор Real Options Valuation, Inc., доктор, профессор.

ства, так как с инновациями приходят и необходимые изменения в поведении человека, мы должны принять эти новые методологии как норму.

Для людей, живших много веков назад, риск обуславливался неизбежностью случайно происшедших событий, которые они не в состоянии были контролировать. Хотя многие лжепророки в корыстных целях использовали свои способности убедительно изображать ясновидение: они констатировали очевидное или, читая язык жестов и телодвижений жертв, говорили им то, что они хотели услышать. Мы, современные люди, игнорируя существующих среди нас случайных проводцев, при всех фантастических технологических достижениях современности все еще подвержены риску и неопределенности. Мы можем с поразительной точностью рассчитать орбиты планет в нашей Солнечной системе или вторую космическую скорость, требующуюся для запуска человека с Земли на Луну, с расстояния в тысячи километров сбросить управляемые авиабомбы, точность попадания у которых составляет несколько футов от цели, но, когда речь заходит о прогнозировании доходов компании в следующем году, мы теряемся. Человечество борется с рисками на протяжении всей своей истории, следуя путем проб и ошибок; в процессе эволюции знания разработаны способы описания, измерения, хеджирования риска и его использования в интересах человека.

В данном кратком пособии для начинающих будут рассмотрены передовые количественные концепции, основанные на риске, в частности практическое применение метода Монте-Карло, анализ реальных опционов, стохастическое прогнозирование и портфельная оптимизация. Эти методики опираются на существующие приемы и методы (например, доходности капиталовложений, дисконтированных денежных потоков, стои-

мостного анализа и т.д.) и дополняют их, усиливая область аналитики, но не заменяя традиционные методы. Это не полная замена парадигмы, мы не просим читателя забыть проверенное и надежное, а лишь изменить парадигму, идти в ногу со временем и *улучшить* то, что он знает как надежное и проверенное.

Новые методики помогают в принятии оптимальных решений, распределении бюджетов, прогнозировании результатов, создании портфелей самой высокой стратегической ценности, осу-

## С появлением азартных игр человеческая алчность продвинула исследования рисков и вероятностей, которые все более точно отражали события реальной жизни.

ществлении инвестиций с самой высокой рентабельностью и т.д., если условия окружающей среды являются рискованными и неопределенными. Новые методики могут быть использованы для выявления, анализа, количественной оценки, определения стоимости, предсказания, хеджирования, смягчения, оптимизации, распределения, диверсификации и управления рисками. Узнайте, как транснациональные корпорации, такие как *3M, Airbus, Boeing, BP, Chevron, General Electric, Motorola, Pfizer, Johnson & Johnson* и многие другие, используют эти передовые аналитические методы.

### Почему учет риска важен при принятии решений?

Перед тем как приступить к рассмотрению этих передовых методик, давайте порассуждаем, почему риск является таким критически важным при принятии решений и почему традиционный анализ неадекватен при рассмотрении рисков. Риск должен являться важной частью процесса принятия решений, в противном случае могут быть приняты неадекват-

ные решения. Например, предположим, что проекты выбираются на основе оценки прибыли или только стоимости, очевидно, что будет выбран проект с самым высоким уровнем прибыли или с самыми низкими затратами. В теории проекты с более высокими доходами в большинстве случаев несут более высокие риски, значит, по-настоящему свести к минимуму затраты — просто расстрелять всех! Таким образом, вместо того, чтобы ориентироваться исключительно на итоговые доходы или расходы, проект или стратегию следует оценивать на основе

их прибылей, затрат, а также связанных с ними рисков. Ошибки в суждениях, когда риски игнорируются, иллюстрируются на *рис. 1* и в *табл. 1*.

Три *взаимоисключающих* проекта с соответствующими расходами на реализацию, ожидаемыми чистыми доходами (за вычетом затрат на осуществление) и уровнями рисков (все в значениях настоящего времени) приведены в *табл. 1*. Очевидно, что для менеджера, ограниченно-го рамками бюджета, проект тем лучше, чем он дешевле. В результате выбор падает на проект X. Менеджер, руководствующийся прибылью, выберет проект Y, который даст наибольшую отдачу при условии, что бюджет не является проблемой. Проект Z будет выбран менеджером, не склонным к риску, поскольку он предусматривает наименьшее количество рисков при обеспечении положительной чистой прибыли. Получается, что при трех различных проектах и трех разных менеджерах, принимающих решения, будут приняты три различных решения. Кто прав и почему?

Рисунок 1

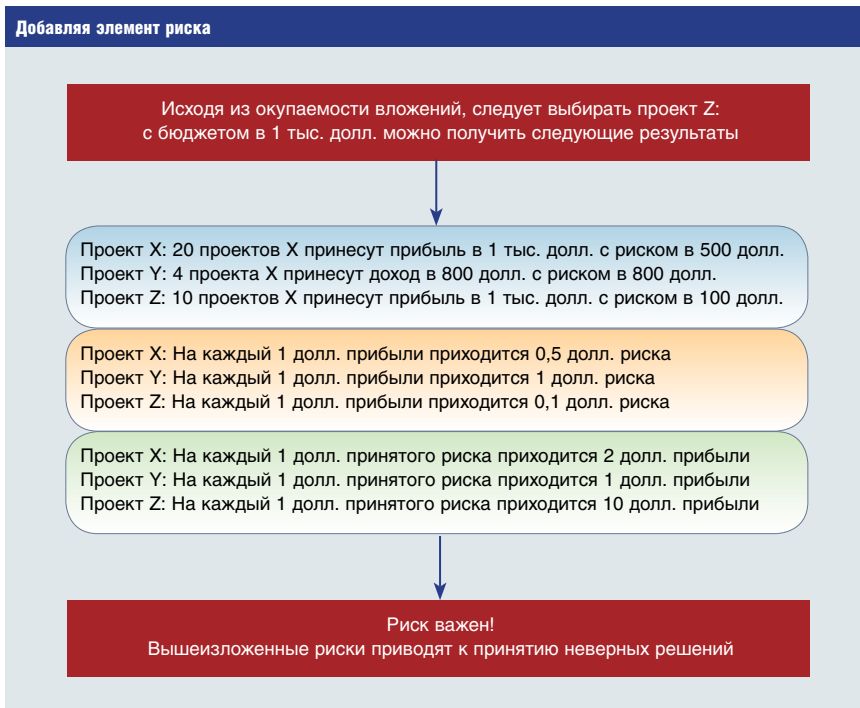


Таблица 1

**Почему важен риск?**

Наименование проекта	Стоимость, долл.	Доход, долл.	Риск, долл.	Вывод
Проект X	50	50	25	Проект X для ограниченного стоимостью и бюджетом менеджера
Проект Y	250	200	200	Проект Y для ориентированного на доходность и неограниченного ресурсами менеджера
Проект Z	100	100	10	Проект Z для умного менеджера

На рис. 1 показано, что должен быть выбран проект Z. Для наглядности предположим, что все три проекта являются независимыми и взаимно исключают друг друга и что может быть выбрано неограниченное количество проектов из каждой категории, но бюджет ограничен 1000 долл. Таким образом, при этом бюджете можно выбрать 20 проектов Xs, что дает 1000 долл. чистой прибыли и 500 долл. риска, и т.д. Проект Z лучший, так как при том же уровне чистой прибыли (1000 долл.) ожидается наименьшее количество рисков (100 долл.) (см. рис. 1). Еще одним путем рассмотрения данного выбора является то, что на каждый 1 долл. полученной

прибыли предполагается только 0,1 долл. риска в среднем или на каждый 1 долл. риска приходится 10 долл. прибыли в среднем. Этот пример иллюстрирует концепцию доходности вложений, или получения лучших значений (рассматриваются как прибыли, так и издержки) с наименьшим количеством рисков.

Другой, более очевидный пример. Существует несколько различных проектов с приведенной к одной точке прибылью или стоимостью в 10 млн долл. каждый. Без анализа рисков принимающий решения теоретически должен быть индифферентен в выборе любого

из проектов. Однако при проведении анализа рисков может быть принято лучшее решение. Предположим, что первый проект имеет 10-процентную вероятность превысить 10 млн долл., второй — 15-процентный шанс, а третий — 55-процентную вероятность. Необходимо предпринять усилия по получению дополнительной критически важной информации по рискованности проекта или стратегии, и тогда может быть принято лучшее решение.

## От рассмотрения рисков традиционными способами до моделирования Монте-Карло

Предприятия имели дело с рисками с самого начала истории коммерческой деятельности. В большинстве случаев менеджеры рассматривали риски конкретного проекта, признавали их существование и двигались дальше. В прошлом количественный анализ проводился очень редко. На самом деле те, кто принимает решения, очень часто рассматривают только какой-то один показатель оценки рентабельности проекта. Пример оценки по одному показателю приведен на рис. 2. Предполагаемый чистый доход в размере 30 долл. — просто единичный показатель, вероятность достижения которого близка к нулю. Даже в простой модели, показанной на рис. 2, последствия взаимозависимости игнорируются; говоря на традиционном жаргоне моделирования, мы столкнулись с проблемой что посеешь, то и пожнешь. В качестве примера взаимозависимости проданные единицы, вероятно, отрицательно коррелируют с ценой продукта и положительно коррелируют со средними переменными издержками, игнорирование этих эффектов при одномерной оценке даст совершенно неверные результаты. Например, если переменная единица продаж составляет 11 вместо 10, выручка не может быть 35 долл. Чистый доход может уменьшиться за счет увели-

чения переменных затрат на единицу, в то время как цена продажи фактически может быть немного ниже, чтобы соответствовать этому увеличению объемов продаж. Игнорирование этих взаимозависимостей снизит точность модели.

Сценарный анализ является традиционным подходом к рассмотрению рисков и неопределенности. Предположим, были разработаны три сценария на основе чистого дохода: наихудший, номинальный и лучший. Как и ранее, проблемы взаимозависимости не рассматриваются, следовательно, не так много можно определить с помощью подобного анализа.

Зависимый подход заключается в выполнении анализа *что, если* или анализа *чувствительности*. Каждая переменная отклоняется от заданного показателя (например, единицы продаж варьируют на  $\pm 10\%$ , цена продажи изменяется в пределах  $\pm 5\%$  и т.д.), в результате меняется чистый доход. Такой подход важен для понимания того, какие переменные более всего воздействуют на конечный результат. Выполнение подобного анализа является утомительным и даже в лучшем случае приносит мало пользы. Зависимый подход заключается в использовании метода Монте-Карло и торнадо-чувствительного анализа, когда все пертурбации и сценарии автоматически прокручиваются сотни тысяч раз.

Таким образом, метод Монте-Карло, одно из самых современных понятий, представленных в этой статье, можно рассматривать как простое расширение традиционных подходов тестирования чувствительности и сценариев.

Нестабильные переменные, которые больше всего влияют на итоговые показатели, автоматически моделируются десятки тысяч раз для имитации всех возможных перестановок и комбинаций

Рисунок 2

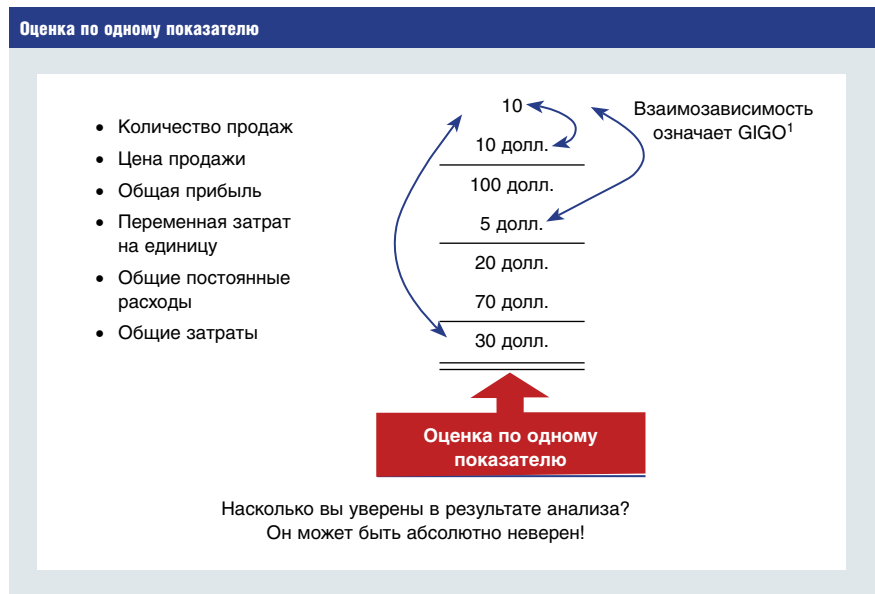
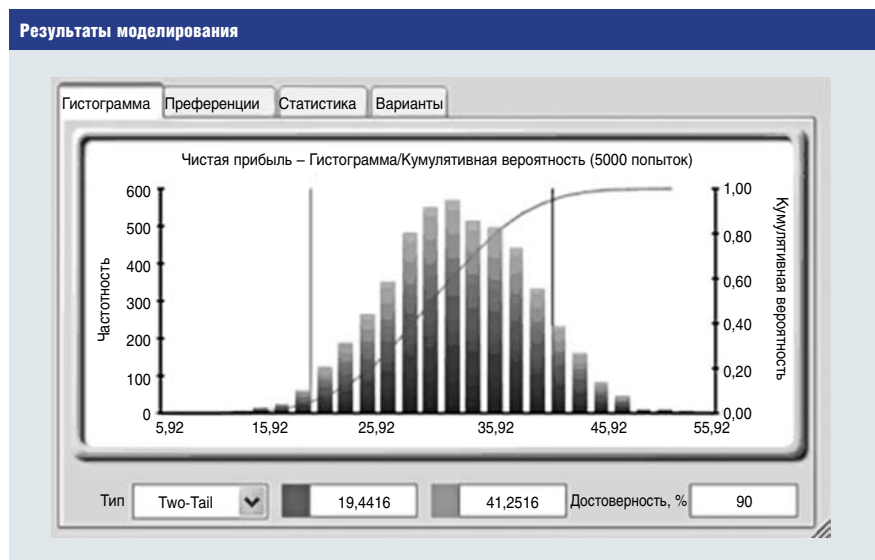


Рисунок 3



результатов. Показатели чистых доходов от этих смоделированных потенциальных результатов сведены в таблицу и проанализированы. В сущности, в своей основной форме моделирование — просто улучшенная версия традиционных подходов, таких как анализ чувствительности и сценарный анализ, но автоматически выполненный тысячи раз анализ с учетом всех динамических взаимодействий между моделируемыми переменными. Результаты моделирования чистых дохо-

дов (рис. 3) показывают, что существует 90% вероятности того, что чистые доходы упадут между 19,44 и 41,25 долл., по 5-процентному наихудшему сценарию чистый доход падает ниже 19,44 долл. Вместо того чтобы рассматривать только три сценария, моделирование создало 5000 сценариев, или испытаний, когда различные переменные моделируются и изменяются одновременно (количество продаж, цена продажи и переменные издержки на единицу), в то время как их взаимоза-



висимости или корреляции сохраняются.

Моделирование Монте-Карло, названное в честь знаменитой столицы игорного бизнеса в Монако, — очень мощная методология. Оно позволяет практикам легко решать сложные комплексные практические задачи. Возможно, самым известным случаем применения метода Монте-Карло было его использование нобелевским лауреатом по физике Энрико Ферми в 1930 г. (иногда его называют отцом атомной бомбы) для расчета свойств открытых нейтронов. Методики

к ванию является использование очень сложных стохастических математических моделей закрытой формы.

Для принимающих решения руководителей высокого уровня овладение передовыми знаниями в области математики и статистики на профессиональном уровне просто нелогично и непрактично. Блестящий аналитик использует все имеющиеся в его распоряжении средства, чтобы получить тот же ответ наиболее простым и возможно более практичным способом. Во всех случаях, когда моделирование осуществляется пра-

Модель Монте-Карло в ее простейшей форме является генератором случайных чисел, который используется для прогнозирования, оценки и анализа рисков. Метод Монте-Карло позволяет просчитать многочисленные сценарии модели путем неоднократного выбора значений из predeterminedного пользователем *распределения вероятностей* для нестабильных переменных и использования этих значений для данной модели. Поскольку все эти сценарии дают взаимозависимые результаты в модели, каждый сценарий может иметь свой прогноз. Прогнозы являются вероятными

## **Риск должен являться важной частью процесса принятия решений, в противном случае могут быть приняты неадекватные решения.**

Монте-Карло занимали центральное место в моделировании, потребовавшемся для Манхэттенского проекта. В 1950 г. моделирование Монте-Карло было использовано в Лос-Аламосе в процессе разработки водородной бомбы. В то время двумя основными организациями, ответственными за финансирование и распространение информации о методе Монте-Карло, были корпорация Rand и ВВС США. Сегодня метод Монте-Карло широко применяется в различных областях, включая машиностроение, физику, научно-исследовательскую деятельность, бизнес и финансы.

Проще говоря, моделирование Монте-Карло воссоздает будущие ситуации, генерируя тысячи и даже сотни тысяч возможных вариантов развития этих ситуаций и эвентуальных результатов, и анализирует их самые распространенные характеристики. На практике методы моделирования Монте-Карло используются для анализа рисков, количественного измерения риска, анализа чувствительности и прогнозирования. Альтернативой моделиро-

ванию, метод Монте-Карло дает ответ, аналогичный полученному математическим методом. Кроме того, в реальной жизни существует немало ситуаций, когда модели закрытой формы не существуют и единственным выходом является применение методов моделирования. Итак, что же такое моделирование Монте-Карло и как оно работает?

Сегодня мощные компьютеры и такое программное обеспечение, как *Risk Simulator*, сделали возможными многие сложные вычисления, которые казались невозможными в прошлом. Ученым, инженерам, статистикам, менеджерам, бизнес-аналитикам и другим компьютеры дали возможность создавать модели, имитирующие реальность и помогающие в прогнозировании. Одна из таких моделей используется при моделировании реальных систем и позволяет просчитывать случайности и неопределенности будущего через тестирование сотен и даже тысяч различных сценариев. Затем результаты обобщаются и используются при принятии решений.



событиями (как правило, с формулами или функциями), которые вы определяете как важные результаты моделирования.

Представьте себе подход Монте-Карло как выбор мячей для гольфа из большой корзины, в которой их постоянно меняют. Размер и форма корзины зависят от дистрибутивного *исходного допущения* (например, нормальное распределение со средним значением 100 и стандартным отклонением 10 по сравнению с равномерным распределением или треугольным распределением), когда некоторые корзины более глубокие или более симметричные, чем другие. Это позволяет вытас-

кивать одни шары чаще, чем другие. Количество шаров, выбранных повторно, зависит от количества моделируемых испытаний. Каждый шар свидетельствует о событии, сценарии или условии, которые могут возникнуть. Представьте себе большую модель с несколькими взаимосвязанными допущениями как очень большую корзину, в которой находится много маленьких корзиночек-детишек. Каждая маленькая корзиночка имеет свой собственный набор цветных мячей для гольфа, подпрыгивающих вокруг. Иногда эти корзины-детишки связаны друг с другом (если есть *корреляция* между переменными), и тогда мячи для гольфа подпрыгивают синхронно. Если корреляция отсутствует, шары подпрыгивают независимо друг от друга. Шары, которые выбираются каждый раз из этих взаимодействий в рамках модели (большая корзина), сведены в таблицу и учтены, обеспечивая прогнозный результат моделирования.

## Стратегический анализ реальных опционов

Применяя метод Монте-Карло для одновременного изменения всех критически важных исходных данных при помощи корреляции в рамках модели, можно определить, количественно измерить и проанализировать риск<sup>2</sup>. Вопрос в том, что дальше? Простое количественное измерение риска бесполезно, если вы не можете управлять им, сократить его, контролировать, хеджировать или смягчить. Вот где в дело вступает стратегический анализ реальных опционов. Представьте себе реальные опционы как стратегическую дорожную карту для принятия решений. Предположим, вы едете из пункта А в пункт Б и у вас есть или вы знаете только один путь туда, прямой маршрут.

Далее предположим, что мало что известно относительно того, какой будет дорога, и вы *рискуете* застрять в пробке, моделирование предоставит вам 50-про-

центную вероятность того, что это произойдет. Ну и что? Знать, что половину времени вы проведете в пробке, важно. Но что из этого? Особенно если вы должны добраться до точки Б несмотря ни на что. Однако, если у вас есть несколько альтернативных маршрутов, чтобы добраться до пункта Б, вы все равно можете ехать прямым маршрутом, но, попав в пробку, имеете возможность повернуть налево, направо или сделать разворот, чтобы объехать пробку, снижая риск, и добраться в пункт Б быстрее и безопаснее, то есть у вас есть *варианты, опционы*.

Итак, насколько такая стратегическая дорожная карта или система глобального спутникового позиционирования важна для вас? В ситуациях с высокой степенью риска реальные опционы могут помочь в создании стратегий для уменьшения этих рисков. На самом деле предприниматели и военные применяли реальные опционы в течение сотен лет, сами того не осознавая. Например, военные называют это *ходом боевых действий* или *анализом альтернатив*: захватим ли мы высоту А, что даст нам возможность занять высоту В и долину С, или займем только долину С и т.д. Часть, которой не хватает, — это структу-

ра и анализ, которые обеспечивают реальные опционы. Используя анализ реальных опционов, мы можем количественно измерить и оценить каждый стратегический путь и разработать стратегии, которые позволят хеджировать или смягчать риск, а иногда и использовать его в наших интересах.

В прошлом корпоративные инвестиционные решения были стандартными. Купить новую машину, которая является более эффективной, произвести больше продукции определенной стоимости и, если прибыли перевешивают расходы, осуществить инвестиции. Нанять больше торговых представителей, расширить географию и, если минимальное увеличение прогнозируемой выручки превышает дополнительную заработную плату и операционные расходы, снова начать наем. Нужен новый завод? Покажите, что затраты на строительство могут окупиться быстро и легко за счет увеличения доходов, полученных от продажи новых, более совершенных продуктов, и инициатива будет одобрена. Тем не менее реальная жизнь гораздо сложнее. Вы решаете прибегнуть к стратегии электронной коммерции, но существует несколько стратегиче-



ских путей. Какой путь выбрать для вашей фирмы? Каковы имеющиеся у вас варианты? Если вы выберете неверный путь, то как сможете вернуться назад, на правильный путь? Как вы оцениваете существующие пути, каким из них отдаете предпочтение? Ваша фирма занимается венчурными инвестициями, у вас есть несколько бизнес-планов для рассмотрения. Как вы оцениваете стартап компании? Как вы структурируете взаимовыгодные инвестиционные сделки? Каково оптимальное время для второго или третьего раунда финансирования?

Реальные опционы полезны не только при оценке стратегических возможностей фирмы, но и как стратегический инструмент бизнеса в принятии решений по капитальным инвестициям. Например, должна ли фирма инвестировать миллионы в новую инициативу с открытой архитектурой, и если да, то каковы стратегии и как им дальше следовать? Каким образом фирма делает выбор между несколькими, казалось бы, безразличными, дорогостоящими и неприбыльными информационно-технологическими проектами в области инфраструктуры? Должна ли она позволить себе вложить свои миллиарды в рискованные научно-исследовательские разработки? Последствия неправильного решения могут быть катастрофическими, жизни людей могут оказаться под угрозой. В рамках традиционного анализа на эти вопросы нельзя ответить с уверенностью. На самом деле некоторые ответы, полученные в результате использования традиционного анализа, некорректны, потому что модель предполагает статический, одноразовый процесс принятия решений. В то же время метод реальных опционов учитывает стратегические варианты, которые создают отдельные проекты в условиях неопределенности, а также гибкость принимающего решения в осуществлении этих вариантов или отказе от них в различные моменты времени, когда уро-

вень неопределенности снизился или со временем стал известен.

Модель реальных опционов включает в себя варианты обучающей модели, при которой лицо, принимающее решение, выбирает лучшее и наиболее обоснованные стратегические решения, когда некоторые уровни неопределенности разрешаются с течением времени. Традиционный анализ предусматривает статические инвестиционные решения и предполагает, что стратегические решения принимаются изначально без возможности прибегнуть к другим опциям или выбрать другие пути в будущем. Представьте себе реальные опционы в качестве навигатора по незнакомой местности, обеспечивающего вам до-



рожные знаки на каждом повороте и позволяющего на основе полноценного информированного обеспечения принимать лучшие решения в процессе поездки. В этом суть реальных опционов. Очень простой пример анализа реальных опционов приведен на рис. 4; очевидно, что могут существовать гораздо более сложные ситуации. Из выделенных в рамках вариантов применены моделирование Монте-Карло, стохас-

тическое прогнозирование в сочетании с традиционными методами. Кроме того, использован анализ реальных опционов для выбора и оценки каждого стратегического пути, после чего и может быть принято обоснованное решение<sup>3</sup>.

Анализ реальных опционов может быть использован для создания стратегии снижения рисков, оценки и выбора оптимального пути следования, а также для выбора вариантов повышения стоимости проекта при управлении рисками. Примеры опций включают опцион расширения, отказа, контрактный опцион или последовательные составные опционы (поэтапные опционы «стадии-ворота», опционы ожидания и отклонения инвести-

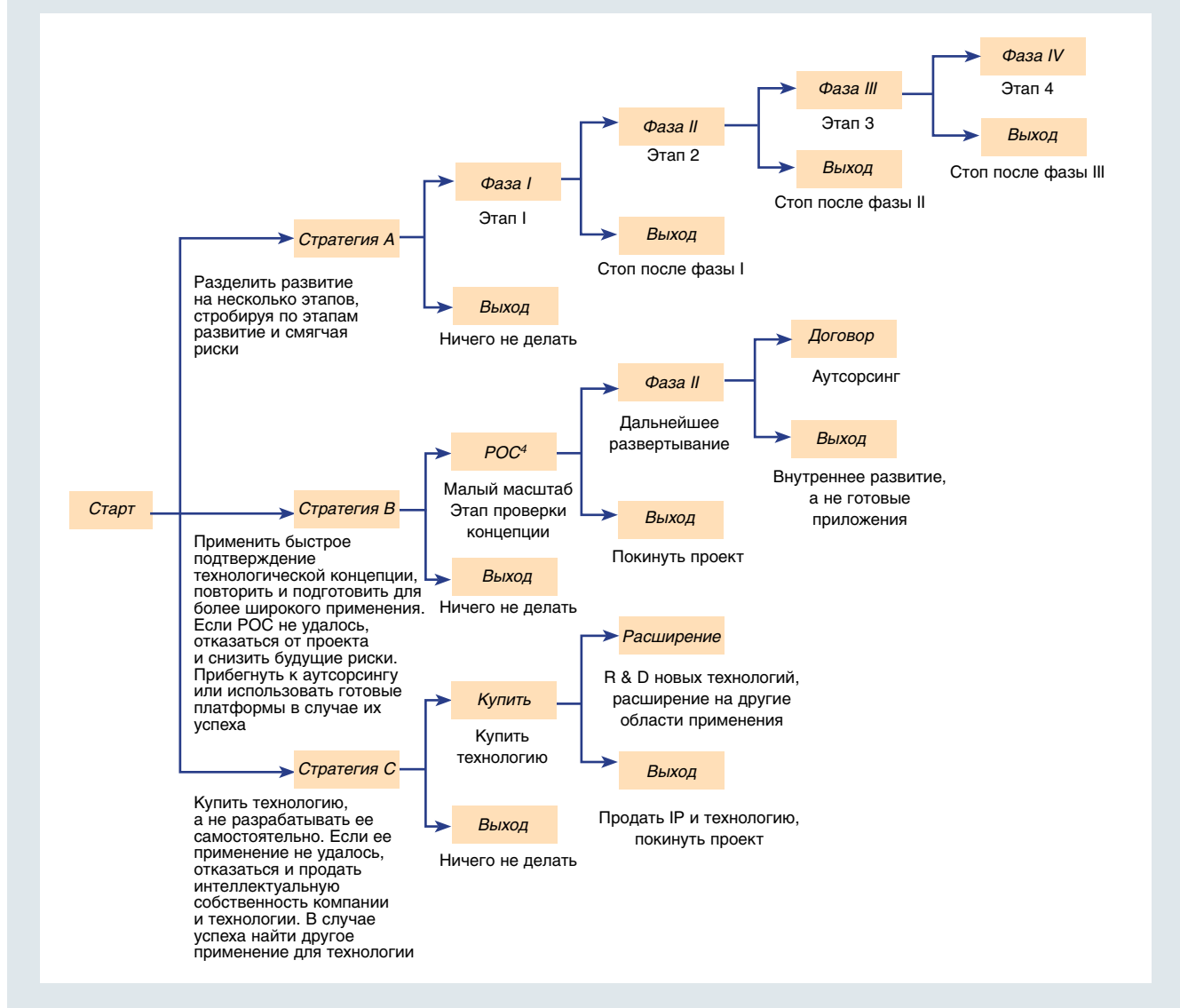
ций, стадии доказательства концепции, инициативы поэтапного развития и научно-исследовательские инициативы).

### **Портфельная оптимизация**

В большинстве решений есть переменные, которые вы можете контролировать. Например, вы решаете, какую плату взимать за продукт, или сколько инвестировать в проект, или какие проекты

Рисунок 4

Простой пример структуры анализа реальных опционов («купить» против «строить» по принципу развития «стадии-ворот») —



выбрать из портфеля, когда вы ограничены бюджетом и ресурсами. Эти контролируемые переменные называются решаемыми переменными. Определение оптимальных значений для решаемых переменных может повлиять на то, достигнете вы цели или нет. Эти решения могут также распространяться на распределение финансовых ресурсов, строительство или расширение объектов, управление запасами и определение стратегии товарного ассортимента. Такие решения могут затрагивать тысячи или миллионы потен-

циальных альтернатив. Рассмотрение и оценка каждого из них нецелесообразны или даже невозможны. Модель оптимизации может оказать ценную помощь в применении релевантных переменных при анализе решений, а также в нахождении лучших вариантов при принятии решений. Оптимизационные модели часто дают то понимание, которого не могут дать интуиция. Модель оптимизации состоит из трех основных элементов: решаемые переменные, ограничения и цели. Говоря кратко, методология опти-

мизации позволяет найти лучшую комбинацию или осуществить лучшую перестановку решаемых переменных (например, какие проекты осуществлять) таким образом, что цель максимизируется (например, стратегическое значение, доходы, прибыль на инвестиционный капитал) либо сводится к минимуму (например, риск и затраты), в то же время все ограничения учтены (например, время, бюджет и ресурсы).

Получение оптимальных значений обычно требует поиска



в итеративной или специальной форме. Такой поиск включает выполнение одной итерации для первоначального набора значений, анализ результатов, изменение одного или нескольких значений, перезапуск модели и повтор процесса до тех пор, пока вы не найдете удовлетворительного решения. Этот процесс может быть очень утомительным и трудоемким даже для небольших моделей, и часто бывает непонятно, как настроить значения от одной итерации к другой. В рамках более строгого метода систематически перебираются все возможные альтернативы. Такой подход гарантирует оптимальные решения, если модель правильно задана.

Предположим, что модель оптимизации зависит только от двух решаемых переменных. Если каждая переменная имеет 10 возможных значений, апробация каждой комбинации требует 100 итераций ( $10^2$  вариантов). Если каждая итерация очень короткая (например, 2 секунды), то весь процесс компьютер может осуществить примерно за 3 минуты. Однако если вместо двух решаемых переменных рассматриваются шесть, затем рассматриваем их, опробуя все комбинации требуемых 1 000 000 итераций ( $10^6$  вариантов). Понятно, что для полного выполнения всего перебора переменных потребуются много лет. Таким образом, до сих пор опти-

мизация всегда была лишь фантазией, в наши дни, когда появились сложное программное обеспечение и вычислительная техника, подкрепленные интеллектуальными эвристическими правилами и алгоритмами, такой анализ может быть сделан в считанные минуты.

В табл. 2 и на рис. 5, 6 приведены примеры портфельного анализа. В первом случае выбор нужно сделать из 20 проектов (если бы все проекты были осуществлены, это стоило бы 10,2 млрд долл.), и каждый проект имеет свои показатели возврата на инвестированный капитал или показатели прибыли, затрат, стратегические рейтинги, а также комплексные,

Таблица 2

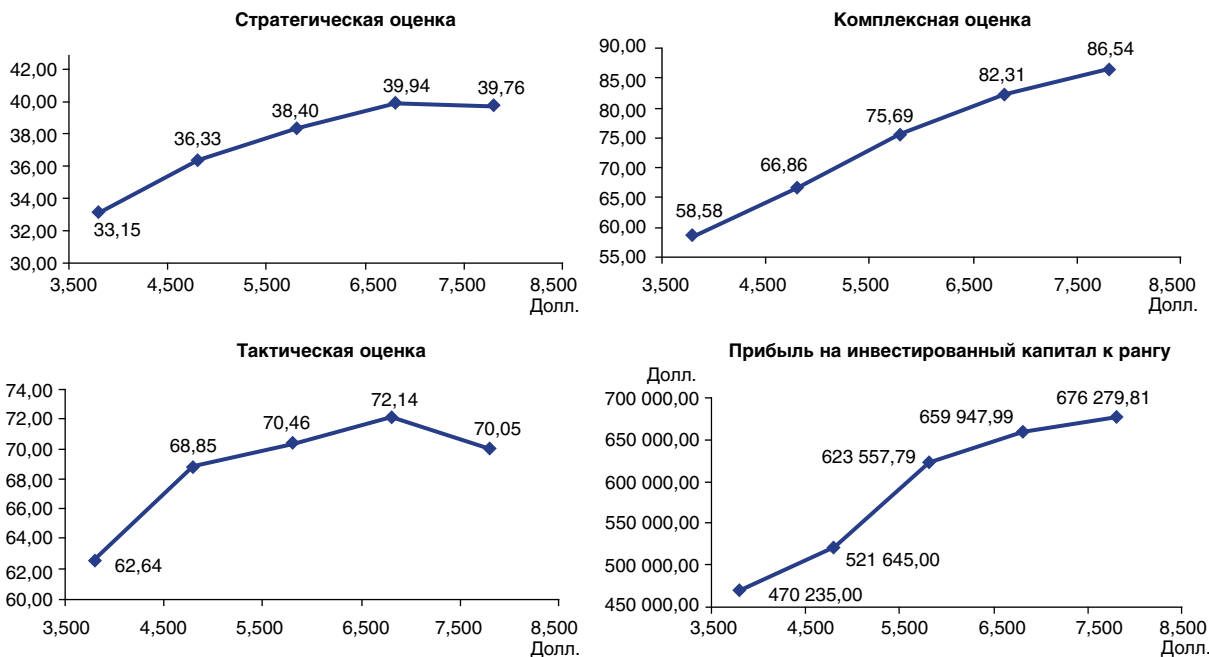
### Оптимизация портфеля и расположение проектов

Название проекта	ENPV, долл.	NPV, долл.	Стоимость, долл.	Рейтинг стратегии	Прибыльность по рейтингу	Показатель прибыльности	Выборка	Комплексная оценка	Тактическая оценка	Эквивалент полной занятости ресурсов	Стратегическая оценка
Проект 1	458,00	150,76	1732,44	1,20	381,67	1,09	1	8,10	2,31	1,20	1,98
Проект 2	1954,00	245,00	859,00	9,80	199,39	1,29	1	1,27	4,83	2,50	1,76
Проект 3	1599,00	458,00	1845,00	9,70	164,85	1,25	1	9,88	4,75	3,60	2,77
Проект 4	2251,00	529,00	1645,00	4,50	500,22	1,32	1	8,83	1,61	4,50	2,07
Проект 5	849,00	564,00	458,00	10,90	77,89	2,23	1	5,02	6,25	5,50	2,94
Проект 6	758,00	135,00	52,00	7,40	102,43	3,60	1	3,64	5,79	9,20	3,26
Проект 7	2845,00	311,00	758,00	19,80	143,69	1,41	1	5,27	6,47	12,50	4,04
Проект 8	1235,00	754,00	115,00	7,50	164,67	7,56	1	9,80	7,16	5,30	3,63
Проект 9	1945,00	198,00	125,00	10,80	180,09	2,58	1	5,68	2,39	6,30	2,16
Проект 10	2250,00	785,00	458,00	8,50	264,71	2,71	1	8,29	4,41	4,50	2,67
Проект 11	549,00	35,00	45,00	4,80	114,38	1,78	1	7,52	4,65	4,90	2,75
Проект 12	525,00	75,00	105,00	5,90	88,98	1,71	1	5,54	5,09	5,20	2,69
Проект 13	516,00	451,00	48,00	2,80	184,29	10,40	1	2,51	2,17	4,60	1,66
Проект 14	499,00	458,00	351,00	9,40	53,09	2,30	1	9,41	9,49	9,90	4,85
Проект 15	859,00	125,00	421,00	6,50	132,15	1,30	1	6,91	9,62	7,20	4,25
Проект 16	884,00	458,00	124,00	3,90	226,67	4,69	1	7,06	9,98	7,50	4,46
Проект 17	956,00	124,00	521,00	15,40	62,08	1,24	1	1,25	2,50	8,60	2,07
Проект 18	854,00	164,00	512,00	21,00	40,67	1,32	1	3,09	2,90	4,30	1,70
Проект 19	195,00	45,00	5,00	1,20	162,50	10,00	1	5,25	1,22	4,10	1,86
Проект 20	210,00	85,00	21,00	1,00	210,00	5,05	1	2,01	4,06	5,20	2,50
Итого	22191,00		10200,44	162,00			20	116,32	97,65	116,60	56,08
Прибыль / ранг	136,98										
Прибыль × стратегическая оценка	1244365,00	Максимизировать	≤3800	≤100			X ≤ 10			≤80	

Рисунок 5

## Границы эффективности портфелей

Бюджет, долл.	Стратегическая оценка	Тактическая оценка	Комплексная оценка	Допущенные проекты	Цель (соотношение прибыли на инвестированный капитал к рангу), долл.
3800	33,15	62,64	58,58	10	470 235,60
4800	36,33	68,85	66,86	11	521 645,92
5800	38,40	70,46	75,69	12	623 557,79
6800	39,94	72,14	82,31	13	659 947,99
7800	39,76	70,05	86,54	14	676 279,81



Тактические и стратегические результаты (они были получены от менеджеров и руководителей посредством метода Дельфи для выявления их мыслей о том, насколько стратегически выгоден конкретный проект или инициатива, и т.д.). Ограничениями являются эквивалентные ресурсы, бюджет и стратегические показатели. Другими словами, есть 20 проектов или инициатив на выбор. Из них мы хотим выбрать 10 лучших при условии, что имеется достаточно средств, чтобы их финансировать, достаточное количество людей для выполнения работ, и составить из этих проектов как можно более стратегичный портфель<sup>5</sup>.

В то же время моделирование Монте-Карло, реальные опционы и методики прогнозирования применяются в оптимизационной модели (например, показатели каждого проекта в табл. 2 получены из его собственной большой модели посредством применения методологий моделирования и прогнозирования, и наилучшая стратегия для каждого проекта выбрана с использованием анализа реальных опционов, или, возможно, показанные проекты заключены один в другом; например, вы не сможете осуществить проект 2 до тех пор, пока не выполните проект 1, но, чтобы осуществить проект 1, нет необходимости выполнять про-

ект 2 и т.д.). Полученные результаты представлены в табл. 2. Выполненный последовательно процесс оптимизации при смягчении некоторых ограничений показан на рис. 5. Например, что считать лучшим портфелем и стратегическим результатом для бюджета в 3,8 млрд долл.? Что, если он был увеличен до 4,8 млрд долл., до 5,8 млрд долл. и т.д.? Границы эффективности, изображенные на рис. 5, иллюстрируют наилучшую комбинацию проектов и расстановку приоритетов в оптимальном портфеле. Каждая точка на границе представляет собой портфель из различных комбинаций проектов, который обеспечивает лучшее возможное распреде-

Таблица 3

**Портфельная оптимизация (непрерывное распределение средств)**

Описание класса активов	Годовая прибыль, %	Риск волатильности, %	Распределение веса, %	Требуемое минимальное распределение, %	Требуемое максимальное распределение, %	Кoeffициент прибыли к риску	Рейтинг прибылей	Ранжирование риска	Ранжирование прибыли к риску	Ранжирование распределения
Допущенный проект 1	10,50	12,38	11,10	5,00	35,00	0,8483	9	2	7	4
Допущенный проект 2	11,12	16,36	6,74	5,00	35,00	0,6799	7	8	10	10
Допущенный проект 3	11,77	15,81	7,63	5,00	35,00	0,7445	6	7	9	9
Допущенный проект 4	10,77	12,33	11,49	5,00	35,00	0,8738	8	1	5	3
Допущенный проект 5	13,49	13,35	12,26	5,00	35,00	1,0102	5	4	2	2
Допущенный проект 6	14,24	14,53	10,94	5,00	35,00	0,9800	3	6	3	5
Допущенный проект 7	15,60	14,30	12,36	5,00	35,00	1,0908	1	5	1	1
Допущенный проект 8	14,95	16,64	8,75	5,00	35,00	0,8983	2	10	4	7
Допущенный проект 9	14,15	16,56	8,36	5,00	35,00	0,8545	4	9	6	8
Допущенный проект 10	10,08	12,55	10,37	5,00	35,00	0,8027	10	3	8	6
<b>Портфельный итог</b>	<b>12,7270</b>	<b>4,54</b>	<b>100,00</b>							

**Кoeffициент прибыли к риску** 2,8021

ление с учетом требований и ограничений. Наконец, в *табл. 3* показано 10 лучших проектов и то, как общий бюджет наилучшим образом и наиболее оптимально распределен для обеспечения наилучшего и наиболее сбалансированного портфеля.

### Комплексная структура анализа рисков

Теперь мы можем собрать все части вместе в *комплексную систему анализа рисков* и увидеть, как эти разные методы взаимосвязаны в контексте анализа и управления рисками. Эта структура включает восемь различных этапов выполнения успешного и всеобъемлющего анализа рисков, переход от качественного управленческого процесса отбора к созданию четких и кратких отчетов для руководства. Данный процесс был разработан автором на основе предыдущего опыта успешного применения анали-

за рисков, прогнозирования, реальных опционов, оценки и оптимизации проектов как в сфере консалтинга, так и при решении отраслевых практических проблем. Все этапы могут быть осуществлены либо по отдельности, либо в последовательности для более надежного и комплексного анализа.

Комплексный процесс анализа рисков в деталях изображен на *рис. 6*. Мы можем разделить процесс на следующие восемь простых шагов.

1. Качественный управленческий отбор.
2. Временные ряды и регрессионное прогнозирование.
3. Базовый анализ чистой приведенной стоимости.
4. Моделирование Монте-Карло.
5. Структурирование проблемы с помощью реальных опционов.
6. Моделирование и анализ реальных опционов.

7. Портфельная и ресурсная оптимизация.

8. Отчетность и доработка результатов анализа.

### 1. Качественный управленческий отбор

Качественный управленческий отбор является первым шагом в процессе любого комплексного анализа рисков. Лица, принимающие решения, должны сделать вывод, какие проекты, активы, инициативы или стратегии заслуживают дальнейшего анализа в соответствии с миссией организации, ее видением, целями и общей стратегией бизнеса. Миссия организации, видение, цели и общая бизнес-стратегия могут включать в себя стратегию и тактику, конкурентные преимущества, технические аспекты, вопросы приобретения, роста, синергетики или глобализации. Таким образом, первоначальный список проектов должен быть оценен

с точки зрения соответствия приоритетам принимающего решение. Часто наиболее ценное понимание складывается, когда принимающие решения структурируют всю проблему, которую предстоит решить. Именно здесь выявляются и идентифицируются различные риски для организации.

## 2. Временные ряды и регрессионное прогнозирование

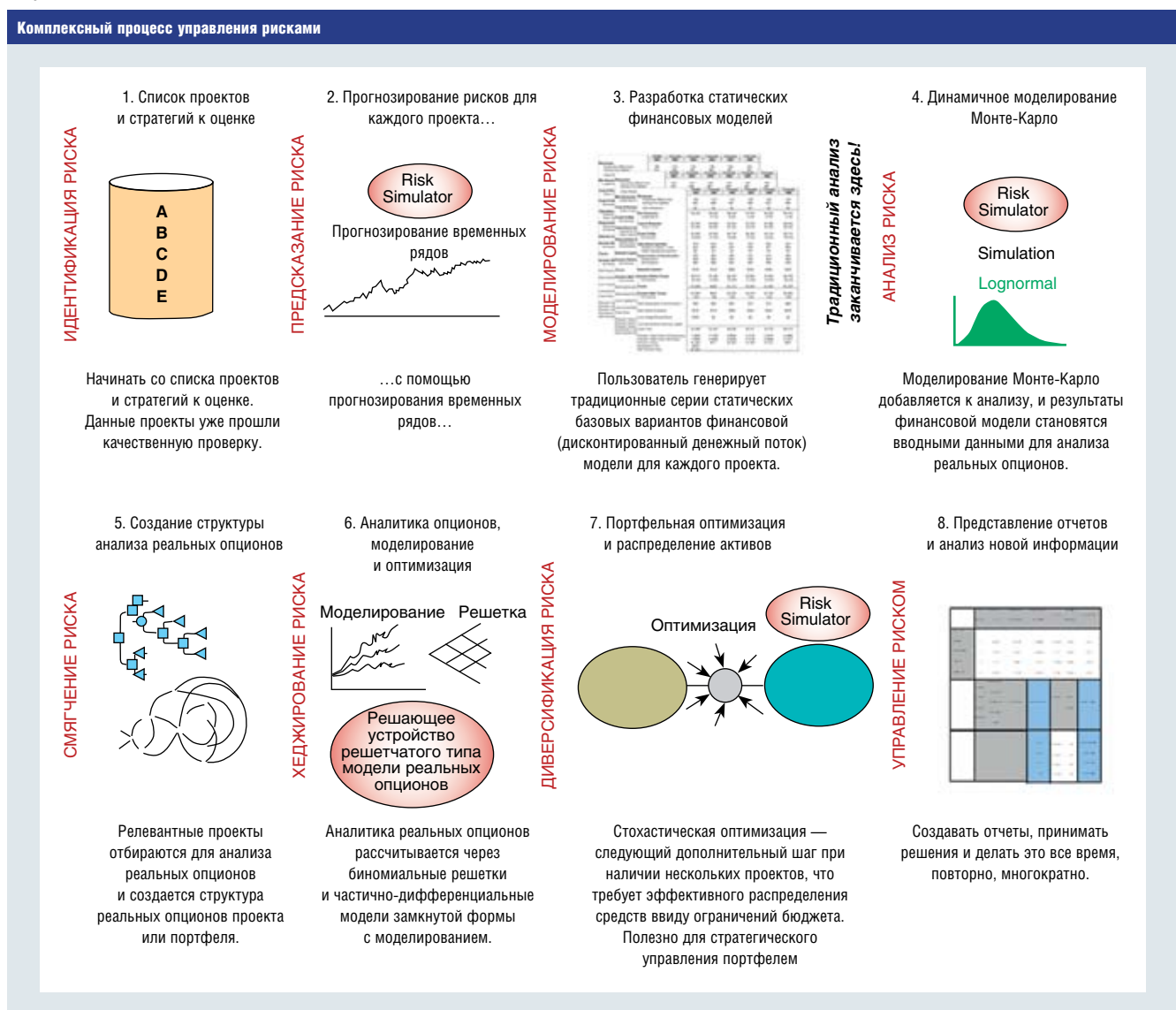
Будущее прогнозируется с помощью анализа временных рядов, стохастического прогнозирования или множественного регрессионного анализа, если существу-

ют исторические или сопоставимые данные. В противном случае могут быть использованы другие качественные методы прогнозирования (субъективные догадки, предположения по темпам роста, мнения экспертов, метод Дельфи и т.д.) [1]. Может быть использован Risk Simulator для запуска более современных методик прогнозирования, таких как нелинейная экстраполяция, стохастические процессы (средне-возвратный, случайного блуждания, прыжковой диффузии и смешанные процессы), а также эконометрических моделей Бокса — Дженкинса ARIMA.

## 3. Базовый анализ чистой приведенной стоимости Base Case Net Present Value Analysis

Для каждого проекта, который проходит начальный качественный отбор, создается модель дисконтированных денежных потоков. Эта модель служит основой базового анализа, когда чистая приведенная стоимость и окупаемость рассчитываются для каждого проекта с использованием прогнозных значений из предыдущего этапа. Это делается даже тогда, когда оценивается только один проект. Чистая приведенная стоимость рассчитывается на основании тради-

Рисунок 6





ционного подхода к применению прогнозных показателей доходов и затрат, а дисконтирование нетто этих доходов и расходов производится по соответствующей ставке с поправкой на риск. Отдача от инвестиций и другие показатели формируются здесь. Для некоммерческих организаций, правительственных или военных организаций мы можем также применить на этой фазе анализ добавленной стоимости на знания (KVA — knowledge value added).

KVA-анализ обеспечивает необходимые прибыли или гарантию доходов для запуска анализа рентабельности инвестиций. KVA измеряет стоимость, обеспечиваемую человеческим капиталом и ИТ-активами, на основе анализа организации, процесса или функции на уровне процессов. Он дает представление о каждом долларе инвестиций в информационные технологии посредством монетизации результатов работы всех активов, включая нематериальные (например, такие как продукция информационных технологий или результаты труда людей). Фиксируя стоимость знаний, встроенных в ключевые процессы организации (например, сотрудники и ИТ), анализ добавленной стоимости на знания (KVA) определяет фактические затраты и доходы от процесса, продукта или услуги. Поскольку KVA идентифицирует каждый процесс, необходимый для получения агрегированного результата с точки зрения исторических цен и затрат на общую единицу продукции этих процессов, себестоимость единицы продукции и ее цена могут быть рассчитаны. Методология была применена в 45 областях, находящихся в ведении Министерства обороны, от приложений планирования полетов до процессов технического обслуживания и модернизации кораблей.

#### **4. Моделирование Монте-Карло [2]**

Поскольку статическое дисконтированное движение денежной на-

личности подразумевает только одноточечный результат оценки, это дает мало уверенности в его точности, учитывая, что будущие события, влияющие на прогнозируемые денежные потоки, весьма неопределенны. Чтобы лучше оценить реальную стоимость того или иного проекта, далее следует использовать моделирование Монте-Карло. Как правило, сначала производится анализ чувствительности на модели дисконтированных денежных потоков, то есть, устанавливая чистую текущую стоимость или прибыль на инвестированный капитал как конечную переменную, мы можем менять каждую из предыдущих переменных и заметить изменения конечного результата. Такие предшествующие переменные включают доходы, расходы, налоговые ставки, скидки, капитальные затраты, амортизацию и т.д., которые проходят через модель, влияя на показатели чистой приведенной стоимости и рентабельности капиталовложений. Отслеживая назад все эти предыдущие переменные, мы можем изменить каждую из них на заданную сумму и увидеть влияние этого на конечную чистую приведенную стоимость. Затем с помощью Risk Simulator может быть создано графическое изображение, которое часто называют торнадо-графиком из-за его формы, в которой наиболее чувствительные предшествующие переменные размещены сначала в порядке убывания величины.

Вооружившись этой информацией, аналитик может определить, какие ключевые переменные являются весьма неопределенными в будущем и какие — детерминированными. Неопределенные ключевые переменные, которые напрямую влияют на чистую приведенную стоимость и, следовательно, на решение, называются важнейшими факторами успеха. Эти значимые драйверы успеха — первые кандидаты на моделирование по методу Монте-Карло. Поскольку некоторые из таких драйверов успеха могут быть взаимосвязаны, может потребоваться коррелированное и многомерное моделирование Монте-Карло. Как правило, эти корреляции могут быть получены с помощью исторических данных. Запуск коррелированного моделирования обеспечивает гораздо большее приближение к реальному поведению переменных.

#### **5. Структурирование проблемы с помощью реальных опционов [3]**

Теперь, после количественного измерения рисков, предпринятого в предыдущем шаге, возникает вопрос: что же дальше? Полученная информация о рисках так или иначе должна быть преобразована в *действительную разведку*. Просто потому, что риск был количественно определен и сделано это было с помощью метода Монте-Карло. Так что же мы можем с этим сделать? Ответ заключается в использовании анализа реальных опционов для хеджирования этих рисков, их оценки и для того, чтобы занять такую позицию, в которой можно было бы воспользоваться рисками. Первым шагом в анализе реальных опционов является создание стратегической карты для структурирования проблемы.



На основе общей идентификации проблемы, имеющей место на этапе начального качественного управленческого отбора, определенный стратегический набор опций должен был стать очевидным для каждого конкретного проекта. Стратегические опционы могут включать в себя среди прочего возможность расширения, договора, отказа, переключения, выбора и т.д. На основании определения стратегических опционов, которые существуют для каждого проекта или на каждом этапе проекта, ана-

стохастическая модель дисконтированных денежных потоков будет иметь определенное распределение значений. Таким образом, имитационные эксперименты позволяют моделировать, анализировать и давать количественную оценку различным рискам и неопределенностям каждого проекта. Результатом является распределение показателей чистой приведенной стоимости (ЧПС) и волатильности проекта. В анализе реальных опционов мы предполагаем, что основной переменной является

тфель свернутых проектов, потому что проекты в большинстве случаев коррелированы друг с другом, и их рассмотрение по отдельности не даст истинной картины. Поскольку у организаций есть не только отдельные проекты, портфельная оптимизация имеет решающее значение. Учитывая, что некоторые проекты связаны с другими, есть возможности для хеджирования и диверсификации рисков за счет портфеля. Поскольку фирмы, как правило, имеют ограниченный бюджет, ограничения по времени и ресурсам и в то же время должны соответствовать определенным требованиям по общим уровням доходности, допустимости риска и т.д., оптимизация портфеля учитывает все вышеперечисленное для создания оптимальной структуры портфеля. Анализ обеспечит оптимальное распределение инвестиций по нескольким проектам.

## Предприниматели и военные применяли реальные опционы в течение сотен лет, сами того не осознавая.

литик может выбрать из списка те варианты, которые следует проанализировать более подробно. Реальные опционы добавляются к проектам для того, чтобы хеджировать нисходящие риски и воспользоваться восходящими.

На этом этапе также возможно применение моделирования сложных систем, системной динамики и теории игр. Иначе говоря, модель может быть создана как система многочисленных связей или заключенных один в другом опционов, где один вариант связан с другим в единый опцион (например, комплекс одно-временных и последовательных составных опционов), и последствия действий конкурентов могут быть включены в модель (например, стратегические конкурентные игры в ситуации олигополии, когда ваш противник предпринимает различные действия в зависимости от ваших действий, создавая многочисленные возможные сценарии).

### 6. Моделирование и анализ реальных опционов

Получаемая с помощью моделирования по методу Монте-Карло

будущая прибыльность проекта, то есть будущая серия денежных потоков. Подразумеваемая волатильность будущих свободных денежных потоков или основной переменной может быть рассчитана с помощью результатов моделирования методом Монте-Карло, выполненного ранее. Как правило, волатильность измеряется как стандартное отклонение логарифмической доходности потока денежных средств. Кроме того, текущая стоимость будущих денежных потоков для базового сценария модели дисконтированных денежных потоков используется в качестве начального значения основного актива в моделировании реальных опционов. Эти данные применяются как вводные значения, анализ реальных опционов осуществляется для получения значений стратегических опционов проектов.

### 7. Портфельная и ресурсная оптимизация [4]

Оптимизация портфеля является дополнительным шагом в анализе. Если анализ проводится по нескольким проектам, лица, принимающие решения, должны рассматривать результаты как пор-

### 8. Ответственность и корректировка результатов анализов

Анализ не является полным до тех пор, пока не подготовлены отчеты. Не только результаты должны быть представлены, но и показан сам процесс. Четкие, краткие и точные объяснения превращают сложное содержание черного ящика аналитики во всем понятные шаги. Лица, принимающие решения, никогда не примут результаты, полученные из черных ящиков, если они не понимают, откуда исходят допущения или данные и какие математические и аналитические шаги имеют место. Анализ рисков предполагает, что будущее остается неопределенным и что лица, принимающие решения, имеют право внести промежуточные поправки, когда риски становятся понятными; анализ обычно проводится досрочно, таким образом предвзято неопределенности и риски. Поэтому, когда риски со временем становятся известны, по ходу дела анализ следует пересмотреть.

реть, в него должны быть включены принятые решения или пересмотрены любые начальные допущения.

Иногда для долгосрочных проектов необходимо выполнить несколько итераций в рамках анализа реальных опционов, чтобы будущие итерации обновлялись с учетом последних данных и предположений. Понимание шагов, необходимых для проведения комплексного анализа риска, важно потому, что оно обеспечивает не только способность проникновения в суть самой методологии, но и понимание того, как она развивается из традиционного анализа, демонстрируя, где традиционный подход заканчивается и где начинается новая аналитика. На этом этапе менеджерские панели показателей, системы сбалансированных показателей,

на шаг вперед. Такие корпорации, как 3M, Airbus, Boeing, BP, Chevron, Johnson & Johnson, Motorola, Pfizer и многие другие, успешно используют эти методики уже в течение многих лет. Разработаны соответствующие программные приложения, написаны книги, изучены конкретные случаи, проводятся публичные семинары, опробованы концепции исследования реальных ситуаций. Единственным критическим препятствием является отсутствие образования или недостаточная осведомленность. Многие ни-



Профессор Джонатан Ман

## **Четкие, краткие и точные объяснения превращают сложное содержание черного ящика аналитики во всем понятные шаги.**

а также другие механизмы отчетности могут быть созданы на основе результатов предыдущих семи этапов.

\*\*\*

Надеюсь, теперь стало ясно, что для принятия стратегических инвестиционных решений, а также для управления портфелями проектов требуются более сложные аналитические процедуры. В прошлом в связи с недостаточной технологической зрелостью это было чрезвычайно трудно, и, следовательно, предприятиям приходилось прибегать к опыту и осуществлять управление на основе интуиции. В настоящее время при наличии современных технологий и более зрелых методик нет повода, чтобы не осуществлять анализ, просчитывая действия

чего не слышали об этих новых концепциях. Надеюсь, что данное пособие, если оно станет успешным, сможет открыть глаза читателю на богатство аналитических методов и инструментов, которые могут дополнить то, что уже делается в настоящее время. ■

ПЭС 12095/13.06.2012

### **Примечания**

1. GIGO (англ. Garbage In, Garbage Out, «Мусор на входе — мусор на выходе») — принцип в информатике, означающий, что при неверных входящих данных будут получены неверные результаты, даже если сам по себе алгоритм правилен.

2. Результаты моделирования Монте-Карло включают вероятности и различные статистические данные риска, которые могут быть использованы для принятия лучших решений.

3. Пути могут оцениваться с использованием частно-дифференциальных уравнений закрытой формы, решеток и моделирования. С помощью решетчатого программного обеспечения высшего качества (SLS) компании Real Options Valuation, Inc. легко оценить эти параметры.

4. POC (англ. proof of concept) — этап проверки концепции.

5. Существуют  $2 \times 10^{18}$  возможных вариантов перестановки для этой проблемы, и, если все их проверять вручную, потребуются годы. Использование симулятора риска позволяет решить проблему в течение 5 секунд или нескольких минут, если в анализ были включены моделирование Монте-Карло и метод реальных опционов.

### **Литература**

1. Johnathan Mun. Modeling Risk. Wiley: 2006. Ch. 8, 9.

2. Johnathan Mun. Modeling Risk. Wiley: 2006. Ch. 4, 5.

3. Johnathan Mun. Real Options Analysis, Second Edition: Tools and Techniques. Wiley, 2005.

4. Johnathan Mun. Modeling Risk. Wiley: 2006. Ch. 10, 11.