

**Страхова Наталья Анатольевна**

Strahova Natalya

заведующая кафедрой «Отопление, вентиляция и кондиционирование»

Head the department “Heating, ventilation and conditioning”

Ростовский государственный строительный университет

Rostov State University of Civil Engineering

E-Mail: ovik1935@mail.ru

**Кармазин Сергей Александрович**

Sergey Karmazin

аспирант кафедры «Отопление, вентиляция и кондиционирование»  
graduate student the department “Heating, ventilation and conditioning”

Ростовский государственный строительный университет

Rostov State University of Civil Engineering

E-Mail: karmazin\_sa@mail.ru

08.00.05 - Экономика и управление народным хозяйством

## **Характеристика наиболее используемых методов анализа рисков**

### **Characteristics of the most used methods of risk analysis**

**Аннотация:** В статье представлены актуальные объективные и субъективные методы определения вероятности. Рассмотрена теория использования математической статистики и Байесовских сетей для вычисления вероятности событий. Оценены методы экспертного анализа риска, частичного баланса, имитационные, моделирования Монте-Карло. Особое внимание уделено принципам управления риском с использованием матрицы чувствительности, оценка порога рентабельности. Рассмотрены преимущества и ограничения применения методов анализа риска.

**The Abstract:** The paper presents the current objective and subjective methods to determine the probability. The theory of mathematical statistics and Bayesian networks to compute the probability of incidents was carried. The expert risk analysis, partial equilibrium, simulation, Monte Carlo simulation was assessed. Special attention was given to the principles of risk management using sensitivity matrix, the assessment threshold of profitability. The advantages and limitations of the methods of risk analysis were carried.

**Ключевые слова:** Анализ риска, экспертный метод, анализ чувствительности, метод частичного баланса, метод моделирования Монте-Карло.

**Keywords:** Risk analysis, method expert judgment, sensitivity analysis, partial equilibrium method, the method of Monte Carlo simulation.

\*\*\*

Методы анализа риска и неопределённости, актуальные в настоящее время, имеют определённую сферу применения и порядок действий, которые ограничивают или расширяют возможности используемого метода. При функциональном подходе методы анализа риска разделяют на качественные и количественные.

На практике, статистики делают предположение, что модель и расчеты построены на соответствующих принципах теории вероятностей, а в случае выборочных методов

построение производится с использованием инструментов по имеющимся выборкам [1].

Обзор используемых методов уточнил, что в большинстве случаев вероятность возникновения события определяется на основе статистических историко-ассоциативных данных с установлением границ сферы рисков, необходимых денежных потоков, коэффициента соотношения рисков (пропорция ожидаемого потока к объему расходов) [2].

В отечественной и международной практике риск условного проекта принято классифицировать тремя факторами: идентификация события, связанного с риском; оценка вероятности рисков; управление убытками/выгодой, подвергаемых риску.

В целях эмпирической оценки рисков, требуется оценить возможные сценарии принимаемого решения, а также вероятность последствий данного решения. На практике приняты объективный и субъективный методы определения вероятности последствий [3].

Объективный метод базируется на расчётах частоты, с которой происходят оцениваемые события. Частота вычисляется на основе базы фактических статистических данных прошлых (историко-ассоциативных) периодов, что не гарантирует наступления данного события в будущем.

В случае отсутствия достаточного объема объективной статистической информации для вычисления частот применяются модели субъективной вероятности – определяются экспертные или, так называемые, бальные оценки.

Субъективный метод используется как модель, предполагающая вероятность события, основываясь на определённом экспертном мнении или суждении, присвоении условного балла, а не на статистической частоте.

Математически рассчитываются стандартные статистические характеристики вероятностей рисков, такие абсолютные меры рисков как математическое ожидание и дисперсия, а также относительные меры: коэффициент вариации и корреляции.

Математическое ожидание - среднее всех полученных результатов; дисперсия - отношение суммы квадратов отклонений случайной величины от ее математического ожидания - отклонения рассчитанных результатов от прогнозируемых.

Коэффициент корреляции отражает связь между событиями, состоящую в изменении средней величины одного из них в зависимости от изменения другого. Чем ближе коэффициент корреляции к единице, тем сильнее связь между оцениваемыми событиями.

При выборе стратегии управления риском необходимо определить границы риска и критические точки изменения фактора риска. Статистики, используя усечённое нормальное распределение вероятности Гаусса, производят расчёты показателей изменения фактора риска в области допустимых вероятных пределов и его ожидаемую стоимость. Эмпирики в своих наблюдениях часто указывают на недопустимость использования нормального распределения вероятности средних значений, так как кривая Гаусса характеризует средние значения и экспоненциально сокращает шансы отклонений в оценке хвостовых событий - наиболее чувствительных для проекта.

Субъективный экспертный метод анализа рисков используется в случае отсутствия или недостаточности статистической информации. На основе его применяют метод ранжирования или бальный, которые заключаются в привлечении независимых экспертов для оценки рисков. Данная группа специалистов оценивает проект и его отдельные процессы, ранжируя уровень риска или присваивая балл по степени значения рисков.

Преимущества использования субъективного экспертного метода анализа рисков в возможности оценки при недостаточности баз данных и программных статистических

средств, простота и прозрачность расчётов. Недостаток заключается в проблеме организации привлечения независимых экспертов и субъективная корреляция оценок.

Количественные методы анализа риска классифицируются на статистические и аналитические. Первые базируются на понятиях вероятности, неопределённости и приемлемости риска, последние же на критериях эффективности и обоснованности.

Один из наиболее распространенных статистических методов, используемый при наличии достоверных баз данных и описывающий их закономерности, это Байесовские сети (Bayesian Networks). Используя выходные параметры, содержащиеся в базах данных, моделируется сеть, с вершинами-событиями и рёбрами, характеризующими свойства связи между событиями. Подробнее описание метода приведено в [4]. Байесовские сети ранее применялись для систематизации мнений специалистов в экспертных системах. В настоящее время их используют для выборки из баз данных и моделирования.

В справочнике П.Е. Данко «Высшая математика в упражнениях и задачах» [5] приведено описание формулы полной вероятности Байеса, лежащей в основе байесовских сетей и позволяющей вычислить вероятность события  $A$  априори известного, что оно может произойти с одной из гипотез  $H_1, H_2, \dots, H_n$ , образующими полную группу попарно несовместимых событий. Тогда событие  $A$  можно представить как объединение событий  $AH_1, AH_2, \dots, AH_n$ , т.е.  $A = AH_1 + AH_2 + \dots + AH_n$ , а вероятность события  $A$  выражается формулой (1):

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i) \times P(A/H_i), \quad (1)$$

Условная вероятность события  $H_i$  в предположении, что событие  $A$  уже имеет место, определяется по формуле Байеса (2):

$$P(H_i/A) = \frac{P(AH_i)}{P(A)} = \frac{P(H_i) \times P(A/H_i)}{\sum_{i=1}^n P(H_i) \times P(A/H_i)}, \quad (2)$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Множество ребер, представляющее собой все свойства между неопределёнными двумя событиями, соответствует условной зависимости между этими событиями. При указании распределения вероятностей на множестве переменных, соответствующих событиям, то полученная сеть будет называться байесовской сетью, используемой для вычисления вероятностей событий.

Принцип работы заключается в критерии отбора события. Вычисляется распределение вероятностей по свойствам, которые не совпадают со свойствами заданного прецедента, затем определяется событие, для которого эта вероятность наибольшая.

Аналитические методы оценки риска зависят от сферы применения объекта оценки и служат для оценки механизмов управления риском. Рассмотрим аналитические методы наиболее применимые в настоящее время.

Анализ чувствительности применяют для оценки последствий при изменении отдельного выбранного показателя. При изменении одного из показателей требуется пересчет значения величины последствий используемого критерия. Применяется для расчёта действительной восстановительной стоимости (NPV) или внутренней нормы доходности (IRR). Показатель чувствительности рассчитывается как изменение критерия по отношению к выбранному показателю в процентном отношении. Отношение процентного изменения

критерия к изменению значения переменной на один процент характеризует эластичность изменения показателя.

По степени важности переменных на основании расчетов показателей чувствительности выполняется ранжирование переменных по степени важности и экспертная оценка неопределённости значений переменных. Что дает возможность специалистам построить матрицу чувствительности, способствующую наглядно определить наиболее и наименее рискованные для объекта оценки критерии, представленные в таблице 1.

**Таблица 1**

**Матрица чувствительности**

Неопределённость	Чувствительность переменной		
	I	I	II
Низкая	I	II	III
Средняя	II	III	III
Высокая	III	III	III

Представленная в качестве примера матрица содержит девять зон в соответствии с экспертным разбиением чувствительности по их степеням, которые распределяются по областям риска. Выявление оцениваемого критерия в установленной области способствует определению меры для принятия решения о дальнейшей с ним работе по анализу рисков.

Левый верхний угол матрицы (область I) - зона наименьшего риска. Меры предпринимать не требуется, не подлежит дальнейшему рассмотрению.

Элементы диагонали матрицы (область II) – приграничная зона требует постоянного контроля происходящих изменений расположенных в ней значений.

Правый нижний угол матрицы (область III) - зона наивысшего риска. Выявление установленного критерия в этой зоне требует анализа факторов оценки риска. Критерий объекта оценки наиболее чувствителен изменению и подвержен наибольшей неопределённости.

Преимущества использования метода анализа чувствительности в простоте расчётов и прозрачности. Недостаток заключается в проблеме множественной взаимосвязи с переменными. При оценке изменения отдельного выбранного показателя возможна потеря корреляции с другими показателями.

Метод частичного баланса применяют в случае необходимости оценить различные сценарии развития объекта оценки. Этот метод совмещает в себя проверку устойчивости и точку безубыточности. В соответствии с определёнными сценариями рассчитываются последствия принятых мер по управлению риском, денежные потоки доходов и расходов и их соотношение. Показатели предельного уровня, соответствующие нулевым значениям отклонения результирующих показателей, рассчитанные анализом чувствительности, характеризуют устойчивость объекта оценки или его рентабельность. Порог рентабельности отражает минимальный допустимый положительный денежный поток, при котором объект оценки не оказывается убыточным.

В.Д.Шапиро в учебном пособии по управлению проектами предлагает, что для подтверждения устойчивости проекта необходимо, чтобы значение порога рентабельности было меньше значений номинальных объемов продаж. Чем дальше от них значение точки безубыточности (в процентном отношении), тем устойчивее проект. Проект обычно признается устойчивым, если значение точки безубыточности не превышает 75% от номинального объема продаж [6].

Аналогичным образом в финансовом менеджменте используется понятие

операционного леввериджа (эффект операционного рычага) показывающее степень изменения операционной прибыли в ответ на изменение объема продаж. Математически это выражается как отношение темпа прироста прибыли к темпу прироста выручки от реализации. Для количественного измерения эффекта операционного рычага необходимо разделить маржинальный доход на операционную прибыль за один и тот же период [7].

Метод частичного баланса применяют при открытии нового направления объекта оценки, оценки принятых управленческих мер, изменении сферы деятельности или модернизации производственных мощностей.

Преимущества использования метода частичного баланса в возможности количественно оценить денежный поток отдельных принятых управленческих мер в общей структуре, вычислить зависимость потока от принимаемых мер и наглядно отразить эффективность объекта оценки. Основным недостатком использования этого метода является ограниченность достоверных баз данных объектов оценки по объемам потоков и цен покупок/продаж.

Наиболее актуальные аналитические методы оценки рисков, широко применяемые на международном уровне - имитационные оценочные методы, базирующиеся на пошаговом нахождении значения оцениваемого фактора за счет выполнения многократных расчётов с моделью.

Применение методов имитации требует использования специальных математических пакетов GeNie2 или Risk-Master – модули программного пакета Гарвардского университета.

Использование метода моделирования Монте-Карло совмещает методы анализа чувствительности и частичного баланса. Данная методика анализа риска имеет компьютерную реализацию в связи со значительным объёмом выполняемых расчётов. Результатом моделирования является графическое представление нормального распределения вероятностей возможных результатов заданных сценариев в виде кривой на масштабируемом поле оцениваемых последствий.

Построение математической модели по методу Монте-Карло для объекта оценки с неопределёнными значениями параметров, позволяет получить распределение потоков сценариев в графическом и/или аналитическом выражении, имея вероятностные распределения параметров проекта, а также связь между изменениями параметров.

Механизм реализации оценки сценариев с использованием методов имитационного моделирования содержит оценку интервалов вероятных изменений базовых переменных, определение видов распределения вероятностей внутри заданных интервалов, установление коэффициентов корреляции между зависимыми переменными, многократное вычисление результирующих показателей. К результатам имитационного моделирования применяются математические статистические методы, такие как математическое ожидание, дисперсия, функция распределения и плотность вероятностей. Рассчитывается вероятность попадания результирующих показателей в тот или иной интервал, а также вероятность превышения пограничных значения и иные необходимые параметры.

Оценка значений результирующих показателей оцениваемых сценариев позволяет рассчитать возможный интервал их изменения при различных условиях реализации проекта, тем самым реализуя прямую и обратную задачу оценки риска.

Основная причина не значительного распространения использования метода Монте-Карло в отечественной практике это недостаток достоверных статистических данных для моделирования расчётов результирующих показателей и неоднозначность мнения оценщиков в выборе функций распределения переменных, которые используются при расчетах.

Преимущества использования имитационных методов в простоте восприятия результатов анализа, в широкой практической применимости для согласования инвестиционных решений, ранжирования проектов, оценки потенциальных убытков, обоснования рациональных размеров и форм резервирования и страхования. Недостатками является сложность создания имитационных моделей, проблема коррелированных переменных, которые, если неправильно специфицированы, могут привести к обманчивым заключениям. Недостаток статистической информации приводит к погрешностям модели. Обоснованность исходящих данных – ключевой фактор применения любого метода анализа рисков.

В рамках оценки характеристик наиболее используемых методов оценки риска в настоящее время, нами был подтвержден вывод прогнозиста Спираса Макридакиса, что новейшими и сложнейшими информационными методами не обязательно достигаются более точные результаты, чем самыми простыми[8].

При наличии динамической системы, где помимо одного события имеются взаимосвязанные события в эмерджентных системах, возможность предсказывать события становится предельно ограниченной. Французский математик А.Пуанкаре предлагал работать только с качественными, а не количественными моделями. Обсуждать некоторые свойства систем, но не просчитывать их.

Шкалирование неопределённости, основывающееся на кривой нормального распределения, не учитывает возможности резких скачков или разрывов. Непредсказуемые большие отклонения происходят очень редко но их следует принимать в расчёт, так как их кумулятивный эффект значителен. В данном случае Н.Талей в своей работе «Чёрный лебедь: под знаком непредсказуемости» предлагает использование степенных законов для масштабируемого распределения, аналогично применимости их к распределению доходов, ранее обнаруженным Вильфредо Парето [9].

В случаях, когда упорядочиваемые величины по объективным причинам незначительно распространяются от средних значений, использование кривой Гаусса вполне жизнеспособно. Однако, чем реже событие, тем менее точно мы можем оценить степень его вероятности. Поскольку большие отклонения чрезвычайно редки, их вклад в итог будет чрезвычайно мал, на основании чего ими пренебрегают в расчётах, используя нормальное усеченное распределение вероятности ( $\pm \sigma$  – стандартное отклонение).

Осознание различия в оценках нормального распределения вероятности и масштабируемых распределений, подчиняющихся степенным законам и обладающих экспоненциальными функциями, позволит нам эмпирически подходить к оценке вероятности событий и подходам к управлению риском.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буянов В.П., Кирсанов К.А., Михайлов Л.М. Рискология (управление рисками): Учебное пособие. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. - С. 132.
2. Орлов А.И. Менеджмент: Учебник. – М.: Издательство «Изумруд», 2003. – 298с.
3. Бернштейн. П. Против богов. Укрощение риска: -М.: «Олимп-Бизнес», 2008. с.21-24
4. Heckerman D., Geiger D., Chickering D. "Learning Bayesian networks: The combination of knowledge and statistical data". Machine Learning. - 1995. - 20. - P. 197-243.
5. Высшая математика в упражнениях и задачах. В 2ч. Ч. 2: учеб.пособие для вузов. 7-е изд., испр. / П.Е. Данко [и др.]. М.: ООО «Издательство Оникс», 2008. С.174.
6. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: учебное пособие / под общ. ред. И.И. Мазура. 6-е изд. стер. М.: Омега-Л, 2010. 960с.
7. Суглобов А.Е., Нитецкий В.В., Козенкова Т.А. Практикум по аудиту и финансовому менеджменту: учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2007. С.146.
8. Makridakis, S., and M. Hibon, "The M3-Competition: Results, Conclusions and Implications" International Journal of Forecasting, 2000, 16. с. 451-476.
9. Талейб. Н. Черный лебедь: под знаком неопределённости. – М.: «КоЛибри», 2012. 734с.