Горбунов В.Л., Денисов Д.Ю.
Вероятностные методы оценки рисков

*Институт экономики и права
"Московский технологический университет"
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-28-02-2018-03

idsp: 000001:lj-28-02-2018-03

Аннотация

В статье рассмотрены методы количественной оценки рисков проектов. Дается оценка влияния вероятностного распределения входных данных промышленных проектов на распределение итоговых финансовых показателей. Предлагается инструмент для оценки влияния антирисковых мероприятий на финансовые результаты проекта.

Ключевые слова: бизнес-план, риски, дисперсия, математическое ожидание, финансы.

Abstract

The article discusses methods of quantitative risk assessment of projects. It assesses the impact of probabilistic distribution of the input data of the industrial projects on the distribution of total financial performance. A tool for assessing the impact of anti-risk measures on the financial results of the project is proposed.

Keywords: business plan, risk, variance, expected value, Finance

Риски в производственных предприятиях связаны с проявлением случайных факторов, которые, в конечном счете, ведут к изменению запланированных результатов. Финансовый план позволяет рассмотреть и учесть проявление возможных рисков.

Риск – категория вероятностная, поэтому в процессе оценки неопределенности и количественного определения риска можно использовать 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 основных базовых концепций финансового риск-менеджмента, в соответствии с которой уровень доходности финансовых операций при прочих равных условиях всегда сопровождается повышением уровня их риска и наоборот. 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 учётом этого определения формируется конкретный методический инструментарий оценки уровня риска, позволяющий решать связанные с ним конкретные задачи управления финансовой деятельностью предприятия [1]. Рассмотрим основные расчётные показатели такой оценки:

Уровень финансового риска - характеризует общий алгоритм оценки этого уровня, представленный формулой:

$$УР = ВР * РП,$$

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.

Дисперсия - 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. Дисперсия рассчитывается по следующей формуле:

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

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 даёт полной картины отклонений $\Delta X = X - \bar{R}$, более наглядных для оценивания рисков. Тем не менее, дисперсия 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 её дисперсии, делённой на ε^2 , т.е.

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

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 $\bar{R}$.

Среднеквадратическое (стандартное) отклонение является одним из наиболее распространенных при оценке уровня индивидуального финансового риска, как и дисперсия определяет степень абсолютной колеблемости и рассчитывается по следующей формуле

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

Среднеквадратическое отклонение σ является размерной величиной и указывается в тех же единицах, в каких измеряется варьирующий признак. Преимущество среднеквадратического отклонения в том, что при близости наблюдаемого распределения (например, распределении дохода от инвестиций) к нормальному этот параметр может быть использован для определения границ, в которых с заданной вероятностью следует ожидать значение случайной переменной.

Коэффициент вариации CV - позволяет определить уровень риска, если показатели среднего ожидаемого дохода от осуществления финансовых операций различаются между собой [2]. Расчёт коэффициента вариации осуществляется по следующей формуле:

$$CV = \pm \frac{\sigma}{R} * 100\%,$$

Коэффициент вариации CV – 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.

Бета-коэффициент (или бета) – 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 и рассчитывается по формуле:

$$\beta = \frac{K \times \sigma_{II}}{\sigma_p},$$

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

В последнее десятилетие получила развитие новая методология оценки меры финансового риска на основе использования показателя “стоимость риска” или “стоимость под риском” (Value-at-risk, VAR)

Стоимость под риском представляет собой показатель статистической оценки выраженный в денежной форме максимально возможного размера финансовых потерь при установленном виде распределения вероятности факторов, влияющих на стоимость активов (инструментов), а также заданном уровне вероятности возникновения этих потерь на протяжении расчетного периода времени.

Из приведённого определения видно, что основу методологии расчёта показателя VAR составляют три основных элемента. Одним из таких элементов является установленный риск-менеджером вид распределения вероятностей рисков факторов, влияющих на стоимость активов (инструментов) или их совокупного портфеля. Такими видами могут быть нормальное распределение, распределение Лапласа, Стюдента и др. Поэтому для определения используемого вида распределения вероятностей предварительно должно быть проведено статистическое исследование влияния изменения рисков фактора на изменение стоимости отдельного актива или всего их портфеля. На основе такого статистического исследования должна быть построена функция ценообразования актива (или портфеля) в зависимости от конкретного фактора (вида) финансового риска. Если же показатель VAR определяется по всей совокупности факторов риска (например, при оценке систематического риска в целом), то следует определить форму и тесноту корреляционных связей между различными факторами

риска. Корректность устанавливаемого вида распределения вероятностей в модели расчета показателя VAR прямо определяет правильность его значений. Одним из определений показателя VAR, является задаваемый риск-менеджером уровень вероятности того, что максимально возможный размер финансовых потерь не превысит расчётное значение этого показателя. В терминологии финансового риск-менеджмента такая заданная вероятность характеризуется термином доверительный уровень [confidence level]. Конкретное значение доверительного уровня для модели расчета показателя VAR выбирается риск-менеджером исходя из его рискованных предпочтений. В современной практике финансового риск-менеджмента этот уровень устанавливается обычно в пределах 95 - 99%.

Наконец, третьим элементом модели определения показателя VAR является устанавливаемый риск-менеджером расчетный период времени его оценки (или конкретный временной горизонт, в рамках которого оцениваются предстоящие возможные финансовые потери). В терминологии финансового риск-менеджмента такой отрезок времени характеризуется термином „период поддержания позиции” [holding period]. В современной практике финансового риск-менеджмента этот период определяют обычно по одному из следующих двух критериев: намечаемого периода владения рассматриваемым активом (т.е. времени его удержания в портфеле предприятия) или уровня его ликвидности (реального срока его конверсии в денежную форму без потери своей текущей рыночной стоимости) [2].

Наглядное представление о формировании показателя VAR с учетом рассмотренных трех элементов его расчетной модели даёт график, представленный на рисунке 1. Кривая доходов иллюстрирует нормальный вид распределения вероятностей прибыли и убытков по рассматриваемому финансовому инструменту в заданном расчётном периоде времени. Поле внутри этого графика между значением -2σ и $+3\sigma$ соответствует избранному доверительному уровню (95% площади под кривой), а поле между -3σ и -2σ — характеризует значения возможных убытков, выходящие за рамки доверительного уровня (5%). На графике показатель VAR определён в сумме 3 тыс. рублей, что соответствует максимальному размеру возможных финансовых потерь по рассматриваемому финансовому инструменту при заданных доверительном уровне и расчетном периоде оценки. При этом значение VAR отделяет на диаграмме значение доходов, выходящих за пределы доверительного интервала (10%).

Рисунок 1. Графический метод определения значения показателя „стоимость под риском” [VAR]

Для того чтобы полностью описать риск, используя меру VAR, вначале нужно задать вероятность (достаточно малую, чтобы считать событие «почти» невозможным), или доверительный уровень, связанный с этим значением вероятности. Чаще всего на практике задают вероятность 5%, соответственно, говорят о доверительном уровне 95% (100 - 5%) и обозначают результат в виде VAR95% (произносится «VAR на уровне 95%»). Уровень 95% достаточно условен, каждый индивидуум задает этот уровень, исходя из собственного отношения к возможным маловероятным событиям и понимания того, что считать «почти» невозможным событием, поэтому могут использоваться и другие уровни

доверительной вероятности, например 90% или 99% (тогда говорят о VAR90% или VAR99%). Кроме того, при оценке или вычислении VAR на практике задают временной горизонт игры (финансовой операции). Поэтому говорят о риске как о минимальном результате, который будет получен с определенной доверительной вероятностью в течение установленного промежутка времени.

Приведем пример. Фраза «оценка VAR риска снижения доходности в течение следующей недели составляет минус 2% на доверительном уровне 95%» или кратко «недельный VAR95% = - 2%» означает, что:

- с вероятностью 95% доходность планируемой операции составит не менее - 2% за неделю;
- с вероятностью 95% убыток за неделю не превысит 2%;
- за неделю убыток более 2% возможен с вероятностью 5%.

В случае нормального распределения между двумя мерами риска – дисперсией и VAR имеется строгая зависимость. Поскольку нормальное распределение полностью определяется двумя параметрами M и σ , то и любая характеристика этого распределения (в частности, любой квантиль) также определяется этими двумя параметрами. Это означает, что для нормального вероятностного распределения связь между дисперсией и VAR на любом доверительном уровне однозначна и имеет вид:

$$VAR_i = M[X] - Z(1 - i),$$

где $Z(1 - i)$ - квантиль порядка $(1 - i)$ стандартного нормального распределения.

Значения квантилей табулированы, приведем несколько важных частных случаев:

$$VAR_{90\%} = M[X] - 1,283 * \sigma;$$

$$VAR_{95\%} = M[X] - 1,645 * \sigma; \quad (1)$$

$$VAR_{99\%} = M[X] - 2,326 * \sigma.$$

Эти формулы имеют важное практическое значение. В подавляющем большинстве случаев не известно вероятностное распределение результатов экономических игр. Однако зачастую можно оценить некоторые характеристики неизвестного распределения, в частности, ожидаемый результат и дисперсию. Тогда можно сделать предположение, что неизвестное нам распределение очень похоже на нормальное, и мы вправе оценивать VAR, используя выражения 1. Это предположение близко к истине для игр на финансовых рынках, поскольку цены многих важных активов определяются множеством самых разных случайных факторов, действующих зачастую несогласованно и разнонаправленно. Даже если вероятностное распределение результатов каждого из этих случайных факторов не является нормальным, их совместное распределение будет стремиться к нормальному.

Для аналитической модели бизнес-процессов необходимо описание используемых процедур и задание в аналитическом виде входных параметров процесса. Сложность этого подхода заключается в аналитическом преобразовании входных параметров в соответствии с протекающими бизнес-процессами. Приняв некоторые ограничения на входные воздействия, можно упростить процедуру аналитического анализа. Например, в программе E-Project [3] в качестве параметров случайных входных сигналов используются только две характеристики M – математическое ожидание и СКО – среднеквадратическое отклонение. Операции с такими переменными выполняются по правилам операций со случайными переменными:

- для любых двух случайных величин X и Y математическое ожидание их суммы $M[X+Y]$
- $$M[X + Y] = M[X] + M[Y], \quad (2)$$

- дисперсия суммы двух случайных величин равна сумме их дисперсий плюс удвоенный корреляционный момент K_{xy} :

$$D[X+Y] = D[X] + D[Y] + 2K_{xy}, \quad (3)$$

- математическое ожидание произведения двух случайных величин равно произведению их математических ожиданий плюс корреляционный момент K_{xy} :

$$M[XY] = M[X]M[Y] + K_{xy}. \quad (4)$$

- дисперсия произведения независимых случайных величин

$$D[XY] = D[X]D[Y] + m_x^2 D[Y] + m_y^2 D[X] \quad (5)$$

Большинство результатов типовых бизнес-процессов строятся на комбинации операций сложения, вычитания, умножения и могут быть определены уравнениями (2-5).

В программе E-Project принимается допущение о нормальном распределении выходных данных. Такое допущение возможно в случаях, когда в бизнес-процессе участвует большое количество случайных переменных и итоговый результат является сложной комбинацией этих входных воздействий. Оценим разность результатов моделирования бизнес-процесса с использованием аналитической модели и метода симуляции. Например, для изменяющихся по закону Triang входных данных (Рисунок 2), в бизнес-плане промышленного проекта распределение выходных выглядит близким к распределению по нормальному закону (Рисунок 3)

Рисунок 2. Распределение входного параметра «Продажи»

Рисунок 3. Распределение выходного параметра бизнес-процесса при распределении входных данных по зависимости Triang

Из рисунка 3 видно, что типовые бизнес-процессы при различных распределениях входных параметров позволяют выходные процессы описывать распределением нормального закона. В данном примере показаны нормальное распределение и распределение Welbull. Среднеквадратическое отклонение всех представленных распределений отличается на пренебрежимо малую величину. Приближение к этим распределениям будет тем точнее, чем больше процессов будет влиять на выходные параметры.

Для несимметричных распределений входных данных итоговые результаты, построенные по зависимостям уравнений (2-5) дают на выходе распределения с меньшей асимметрией, чем у входных данных.

На рис.4 представлен результат моделирования смеси входных данных, распределенных по 6 различным законам. Результат сравнения полученного распределения показывает, что нормальное распределение имеет совпадающие математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение с полученным в результате симуляции значениями распределения выходного параметра. Результаты моделирования показывают, что модели бизнес-проектов могут строиться на основе аналитических соотношений (2-5), при этом

Рисунок 4. Распределение выходных данных бизнес-процесса при увеличении совокупности продаж с различными распределениями входных данных.

упрощаются аналитические расчеты и процесс моделирования. Выходные параметры бизнес-процессов при аналитических расчетах в сильной степени зависят от точности определения статистических характеристик входных параметров.

Важным этапом управления рисками является оптимизация затрат по уменьшению последствий. При выполнении антирисковых мероприятий изменяются характеристики факторов риска. Оптимизация рисков может сводиться к сравнительной оценке стоимости антирисковых мероприятий и изменению последствий после наступления факторов риска, обусловленных применением антирисковых мероприятий. При ограниченном бюджете не все антирисковые мероприятия можно выполнять, ограничившись теми из них, которые дают наибольший эффект.

Для оценки влияния специальных рисков в программе E-Project рассматриваются такие характеристики как период возможного проявления этого фактора риска, вероятность наступления рискованной ситуации P , финансовые затраты при наступлении рискованной ситуации Q . Для построения розы рисков предлагается отнести рассматриваемый фактор риска к одной из принятых категорий: технические, организационные, финансовые, экологические, технологические и т.д. Программой предусмотрены мероприятия по уменьшению влияния рисков. Эффектом от этих мероприятий будет изменение параметров P и Q на P_1 и Q_1 . Антирисковые мероприятия заносятся в форму «Инвестиционные мероприятия» с указанием стоимости этих

мероприятий Q_2 и времени их выполнения. Таблица 1 отражает подход к оценке риска и антирискового мероприятия. Логическая переменная K может принимать значение 0 или 1. При $K=1$ выполняется антирисковое мероприятие и риски характеризуются произведением P_1Q_1 , при $K=0$ мероприятие не выполняется и риск воспринимается с параметрами PQ [4].

Таблица 1

Риски и мероприятия по компенсации финансовых рисков

№	Риск (Финансы)	PQ	$\frac{P_1}{Q_1}$	Мероприятие, ОС	Q_2	K
1	Не увеличивается прибыль на инвестиции	10	4	Подготовить презентацию и аналитические материалы для привлечения инвестиций	20	0
2	Сохраняются высокие издержки производства на единицу продукции	10	15	Внедрить систему автоматизации для уменьшения издержек производства	60	0
3	Не уменьшится среднее время сбора дебиторской задолженности	20	6	Автоматизировать систему сбора дебиторской задолженности	30	1
4	Не увеличится чистый доход отдельного контракта	60	12	Провести модернизацию контракта	30	1
5	Уменьшится рост объема продаж	50	15	Выполнить комплекс продвижения для увеличения продаж	10	1
6	Уменьшится производительность труда	30	20	Внедрить автомат для участка сборки	60	0

Целесообразность проведения тех или иных антирисковых мероприятий определяется по интегральной оценке финансовых результатов проекта при разных комбинациях параметра K (Таблица 1). В программе E-Project[3] используется специальная надстройка, позволяющая по принятому критерию и условиям ограничения выбрать оптимальное значение параметра K для всех рассматриваемых рисков.

В первую очередь планируются мероприятия с наибольшей эффективностью. На рисунке 5 представлена зависимость финансовых потерь от выполнения 24-х антирисковых мероприятий и затрат на выполнение этих мероприятий

Рисунок 5. Потери от рисков и затраты на мероприятия от них

Для автоматизации выбора антирисковых мероприятий могут быть предложены различные алгоритмы. Например, набор мероприятий, вписывающихся в выделенный бюджет или выбор мероприятий, эффективность которых превышает установленный порог. Результат такой оптимизации представлен на рисунке 6, где приводятся финансовые потери от исходных рисков и тот же показатель представлен для проекта с мероприятиями по рискам.

Рисунок 6. Потери от рисков исходных и от рисков после специальных мероприятий.

Предложенная методика позволяет оценить влияние факторов риска на эффективность проекта, провести оценку влияния на финансовые показатели антирисковых мероприятий и произвести выбор тех из них, которые обеспечивают наибольший эффект по выбранному критерию оценки проекта.

1. Roy L. Nersesian. Energy Risk Modeling. Palisade Corporation. NY USA 2013
2. Горбунов В.Л. Бизнес-планирование с оценкой рисков и эффективности проектов: Научно-практическое пособие / В. Л. Горбунов. - М. : РИОР : Инфра-М, 2013. - 248 с
3. Горбунов В.Л. База данных «Е-Project» Свидетельство о регистрации №2004629261 от 09.09.2004г.
4. Горбунов В.Л. Учет сбалансированных показателей предприятия в системе бизнес-планирования. Сб. трудов международной конференции «Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем» М.МИЭТ. 2014 г.

Дашенко Ю.Ю.

Цифровая экономика как экономика будущего

Южный федеральный университет
(Россия, Таганрог)

doi: 10.18411/lj-28-02-2018-04

idsp: 000001:lj-28-02-2018-04

Аннотация

Технологический прогресс способствует масштабной трансформации мировой экономики. В статье рассмотрены основные понятия и основные тенденции цифровой экономики. Представлены теоретические аспекты цифровой экономики как экономики будущего.

Ключевые слова: экономика, информация, цифровая экономика, электронная экономика.

Благодаря технологическому прогрессу, развитию инфокоммуникационных технологий и интернету возникло понятие «цифровая экономика». Понятие «цифровая экономика» впервые появилось в 1995 году, его ввел американский ученый из Массачусетского университета Николасо Негропonte.

Достоинствами цифровой экономики, на взгляд Николасо Негропonte могли стать: отсутствие физического веса продукции, который заменяется информационным объемом, более низкие затраты ресурсов на производство электронных товаров, намного меньшая площадь, занимаемая продукцией, а также практически мгновенное перемещение товаров через сеть Интернет [1, с. 182].

Сегодня цифровая экономика имеет безусловные преимущества перед материальными товарно-денежными обмена, такие как быстрота доставки товара или практически мгновенное оказание услуг. Еще одним преимуществом цифровой экономики является более низкая цена. Например, электронная книга стоит, как правило,