

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Инновации и инвестиции

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА*

Борис Алексеевич МАТВЕЕВ

кандидат технических наук,
доцент кафедры экономики промышленности и управления проектами,
Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет) (ЮУрГУ (НИУ)),
Челябинск, Российская Федерация
uprariska@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 9866–2091

История статьи:

Рег. № 579/2022
Получена 26.12.2022
Получена в
доработанном виде
18.01.2023
Одобрена 07.02.2023
Доступна онлайн
15.03.2023

УДК 005.334

JEL: C00, C02, C15,
C18

Ключевые слова:

статистические
измерители риска,
сигнал риска,
спектральный анализ,
спектральные
показатели риска

Аннотация

Предмет. Проблемы качественного управления риском и экономическим процессом в целом.

Цели. Совершенствование методологии измерения экономического риска, повышение достоверности и точности его оценки. Решение проблемы измерения риска при ограниченном объеме статистической информации и неизвестном законе распределения исследуемой экономической величины.

Методология. Применен аппарат спектральной теории случайных процессов.

Результаты. Разработаны спектральные показатели, позволяющие измерить риск в реальном масштабе времени, оценить возможные отклонения экономической величины от ожидаемого значения и качество модели экономического процесса. Спектральный анализ позволил перейти от изучения статистической модели экономического риска к исследованию ее изображения при интегральном преобразовании Фурье. Верификация спектрального анализа рассмотрена на примере инновационного проекта.

Выводы. Спектральные показатели риска учитывают динамику экономического процесса, не требуют экспертной оценки вероятности и знания закона распределения связанной с риском экономической величины, позволяют повысить точность измерения риска.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2022

Для цитирования: Матвеев Б.А. Спектральные показатели экономического риска // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2023. – Т. 19, № 3. – С. 544 – 561. <https://doi.org/10.24891/ni.19.3.544>

Введение

Стандарт FERMA указывает на три подхода к расчету риска: качественный, полуколичественный и количественный¹. При качественном подходе риску присваиваются значения на уровне много/мало, больше/меньше; при полуколичественном подходе значения риску присваиваются из заданных интервалов; при количественном подходе каждому риску дается количественная оценка: рассчитывается возможный ущерб и соответствующая ему вероятность.

В первых двух случаях непонятно, что опаснее – риск с большой вероятностью и незначительном ущербе, или наоборот. При количественном подходе возможны три метода расчета риска: экспертный, статистический и расчетно-аналитический. В основе экспертного метода лежит мнение специалистов. Проблема метода – квалификация самих экспертов, а преимущество заключается в том, что значения вероятности и ущерба можно присвоить любому риску. Метод применяется при недостатке и ненадежности имеющейся информации, однако полученные оценки носят субъективный характер.

Статистический метод можно применить при достаточно больших объемах информации (это одновременно является и недостатком). Достоинство статистического метода – объективная (основанная на фактических данных) и поэтому более точная по сравнению с другими методами оценка риска.

Расчетно-аналитический метод базируется на теоретических представлениях о риске (например, на законе распределения связанной с риском экономической величины). Априорная информация о риске, как правило, отсутствует, и применение метода на практике затруднено, и поэтому, если имеется возможность, лучше использовать статистический метод расчета риска.

К статистическим методам расчета риска относятся:

- оценка риска на основе статистических показателей;
- стоимостная оценка риска (VAR);
- оценка риска на основе имитационного моделирования;

^{*} Автор выражает глубокую признательность Южно-Уральскому государственному университету за финансовую поддержку исследований, оказанную в рамках выполнения Проекта 5–100.

¹ FERMA. Стандарты управления рисками.

URL: http://rrms.ru/upload/common/doc/Doc-pdf_RU_2005.pdf

– спектральная оценка риска.

Оценка риска на основе статистических показателей

Применение вероятности в качестве меры риска предполагает эргодичность, а значит, и стационарность экономической величины (ЭВ). Определение объективной вероятности требует большого объема статистической информации, которая необходима в первую очередь для оценки закона распределения. Дисперсия не нуждается в значительном объеме информации и не требует знания закона распределения. Однако дисперсия не позволяет оценить наиболее вероятное максимальное отклонение ЭВ и практически не чувствительна к текущим ее изменениям, то есть не учитывает характер поведения связанной с риском ЭВ, а это приводит к существенным ошибкам измерения.

Риск, оцениваемый дисперсией, может оказаться одним и тем же, как в случае резких колебаний ЭВ (слабая предсказуемость результата), так и при ее плавном изменении (достаточно хорошая предсказуемость). Кроме того, дисперсия дает завышенную оценку риска [1, 2]. Среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации являются производными от дисперсии показателями и поэтому обладают теми же недостатками.

Стоимостная оценка риска (VAR)

Стоимостная оценка позволяет определить потенциальное падение стоимости рискованного актива в течение определенного периода при заданном уровне вероятности. Несмотря на то, что у метода много сторонников, существуют веские причины сомневаться в целесообразности его использования для принятия решений [3]. Так, не существует четкой методики стоимостной оценки риска. Каждый подход имеет свои недостатки и ограничения. Разные предположения относительно распределения доходностей и степени корреляции, использование различных периодов исторических данных приводят к разным значениям.

Отметим, что VAR слишком медленно реагирует на изменяющиеся условия. Он является оценкой риска лишь для одного сценария, а не мерой риска вообще. Даже если VAR вычислен правильно, то не очевидно, что это приведет к принятию оптимального решения: не учитывая масштаб потерь для других значений вероятности, мы подвергаем себя опасности получить более крупные убытки, поэтому VAR является, скорее, предупреждающим показателем, чем уровнем риска.

Оценка риска на основе имитационного моделирования

При статистическом имитационном моделировании оперируют либо с характеристиками (например, с законом распределения) случайного процесса, либо с его случайными числовыми переменными, поэтому для нахождения устойчивых параметров процесса необходимо многократное его воспроизведение с последующей обработкой получаемых результатов. При реализации имитационного моделирования на ЭВМ возникает задача генерирования последовательности случайных чисел с заданным законом распределения. Для ее решения прибегают к методу статистических испытаний (методу Монте-Карло). Недостатками имитационного моделирования являются:

- трудности с выбором адекватного закона распределения для каждой из риск-переменных случайного процесса;
- высокие финансовые и временные издержки, возникающие с ростом числа учитываемых в модели переменных;
- трудности как с оценкой точности имитационной модели, так и с обоснованием числа имитаций;
- появление противоречивых сценариев реализации исследуемого процесса из-за сложности учета коррелируемости переменных и увеличения их числа.

Отметим также, что метод требует создания специального программного обеспечения из-за необходимости включения в модель большого числа риск-переменных, учета их распределения, а также из-за парной и множественной корреляции между ними (в противном случае возникают заметные искажения результатов имитационного моделирования). Не учитывается характер поведения ЭВ, связанной с риском; результаты имитационного моделирования малопригодны для организации управления риском в реальном масштабе времени.

Спектральная оценка риска

В основе спектрального метода измерения риска лежит спектральная теория риска (СТР) [4–6]. Под риском здесь понимается возможность наступления случайного события (или условия), которое становится причиной отклонения ЭВ от ожидаемого значения. Наблюдаемые отклонения – это случайный процесс (сигнал риска). Ни одна из реализаций случайного процесса не может быть известна заранее.

Однако можно установить, как распределяется дисперсия (мощность) случайного процесса по частотам составляющих его гармоник. Использование этой информации и составляет существо спектральной теории случайных процессов вообще и СТР в частности. Спектральный анализ позволяет заменить исследование исходного случайного процесса (в нашем случае – сигнала риска) исследованием его изображения при интегральном преобразовании Фурье, что существенно упрощает расчеты и облегчает интерпретацию получаемых результатов.

Согласно СТР, количественная оценка риска, связанного с ЭВ, преследует две цели:

- оценить отклонение ЭВ от ожидаемого значения;
- дать оценку неопределенности (непредсказуемости) этого отклонения.

Чем больше отклонение и выше неопределенность, тем выше уровень риска. Для оценки отклонения может быть использован коэффициент вариации. Оценить неопределенность можно с помощью вероятности, но для этого необходимо знать многомерный закон распределения ЭВ, который, как правило, неизвестен. СТР не требует допущения о законе распределения ЭВ. Здесь оценка неопределенности базируется на имеющейся, пусть даже ограниченной в объеме, информации, содержащейся в сигнале риска. СР сравнивается с эталонным сигналом, в качестве которого в СТР принят полосовой белый шум. Белый шум имеет в заданной полосе частот равномерный энергетический спектр. Его мгновенные значения слабо коррелированы, что означает: как бы ни был мал интервал наблюдения, уровень шума за это время может измениться практически на любую величину. По этой причине поведение белого шума обладает максимальной неопределенностью, а его прогнозирование связано с максимальным риском. В СТР оценка неопределенности основана на сравнении энергетического спектра реального СР и полосового белого шума: чем «сильнее» сходство, тем выше неопределенность.

Спектральные показатели риска

Спектральный показатель SpR . Важным преимуществом спектрального подхода к расчету риска является объединение с помощью мультипликативной модели оценки отклонения связанной с риском ЭВ и оценки неопределенности (вероятности) этого отклонения в форме обобщающего спектрального показателя риска SpR [7]:

$$SpR = PF \times FF = \frac{m_s + \sigma_s}{M[x]} \times \frac{2\sqrt{3}}{\omega_e \sigma_s} \sqrt{\int_0^{\omega_e} (\omega - m_{se})^2 \tilde{F}_s(\omega) d\omega}.$$

Показатель SpR является одновременно мерой возможного отклонения ЭВ от своего ожидаемого значения (оценивается частным показателем PF) и мерой ее неопределенности (оценивается частным показателем FF):

$$PF = \frac{m_s + \sigma_s}{M[x]},$$

$$FF = \frac{2\sqrt{3}}{\omega_e \sigma_s} \sqrt{\int_0^{\omega_e} (\omega - m_{se})^2 \tilde{F}_s(\omega) d\omega},$$

где m_s и σ_s – постоянная составляющая и среднеквадратическое отклонение СР, соответственно; $M[x]$ – математическое ожидание связанной с риском ЭВ; $x(t)$ – фактические значения (функция времени) ЭВ; ω и ω_e – относительная круговая частота и верхняя граница области частот энергетического спектра СР, содержащая заданную долю его средней мощности; m_{se} – математическое ожидание частоты для СР в диапазоне $(0, \omega_e)$; $\tilde{F}_s(\omega)$ и σ_s^2 – оценка энергетического спектра и дисперсия СР.

Показатель SpR будет равен 1 (или 100%), когда СР – полосовой белый шум. Если СР – центрированный случайный процесс, то показатель SpR – это коэффициент вариации ЭВ, но с учетом формы энергетического спектра СР. Так как энергетический спектр реального СР всегда уже энергетического спектра полосового белого шума, то уровень риска в форме показателя SpR всегда меньше его оценки в форме коэффициента вариации. Отсюда следует важный вывод: завышенная оценка риска с помощью коэффициента вариации [1] получается потому, что при его расчете не учитывается форма энергетического спектра СР (априори спектр СР принимается равномерным), поэтому, если мы желаем получить более точную оценку риска, то следует учитывать форму энергетического спектра СР.

Спектральный показатель равен нулю, когда равен нулю хотя бы один из частных показателей (например, когда равен нулю СР, то есть у ЭВ отсутствует вариация). Уровень риска также равен нулю, когда энергетический спектр СР состоит из одной единственной, а следовательно, предсказуемой с точки зрения дальнейшего поведения гармонической

составляющей. В этом случае наблюдаемую ЭВ нельзя считать случайной. Главное достоинство спектрального показателя SpR заключается в том, что его применение не требует знания закона распределения ЭВ и определения вероятности.

Спектральный показатель SRE . Для оценки отклонения ЭВ от своего ожидаемого значения в СТР предлагается воспользоваться спектральным показателем риска SRE :

$$SRE = \Delta_s = \sigma'_s \cdot T,$$

где $\Delta_s = s(n+1) - s(n)$ – изменение СР, определяющее фактическое отклонение $\Delta = x(n+1) - x$ экономической величины от своего ожидаемого значения x на $n+1$ -ом шаге наблюдения; σ'_s – стандартное отклонение производной СР [5]:

$$\sigma'_s = \sqrt{\sigma_s^2} = \sqrt{\int_0^{\omega_e} \omega^2 \tilde{F}_s(\omega) d\omega},$$

где σ_s^2 – дисперсия (средняя мощность) производной СР; T – шаг наблюдения (дискретизации) ЭВ; $\omega = 2\pi f / f_s$ – относительная круговая частота; f – циклическая частота; $f_s = 1/T$ – частота отсчетов; ω_e – верхняя граница области частот энергетического спектра СР; $\tilde{F}_s(\omega)$ – оценка энергетического спектра дискретного СР. Спектральный показатель SRE дает возможность прогнозировать результат и организовать управление объектом риска с упреждением. Например, в страховании более точный расчет рискованной надбавки к страховому тарифу позволит снизить стоимость страхования.

Спектральный показатель SpP . Частный показатель FF отражает неопределенность, непредсказуемость (неожиданность) поведения ЭВ. Для оценки предсказуемости ЭВ может служить спектральный показатель риска SpP , дополняющий показатель FF до 100%:

$$SpP(\%) = 100 - FF, \%$$

Спектральный анализ позволяет оценить прогнозные свойства модели экономического процесса. Чем больше величина SpP , тем точнее прогноз. Показатель SpP можно использовать для априорной оценки точности прогноза, а также для оценки адекватности экономической модели реальному экономическому процессу. В отличие от известных показателей качества моделей, спектральный показатель SpP учитывает характер

поведения ЭВ. Его использование позволяет повысить надежность получаемых оценок и избежать крупных ошибок при моделировании и прогнозировании экономического процесса.

Пример использования спектральных показателей риска для анализа инновационного проекта

На примере инновационного проекта (ИМП) рассмотрим преимущества спектрального подхода к исследованию риска по сравнению с традиционным (сценарным) анализом. При анализе ИМП обычно сталкиваются с неограниченным множеством вариантов развития проекта, необходимостью описать все возможные условия его реализации в форме соответствующих сценариев или моделей, учитывающих взаимосвязи между основными переменными. Традиционно модельный анализ связан с необходимостью преобразования исходной информации в информацию о вероятностях отдельных сценариев реализации проекта и показателях его эффективности. На основе сценариев анализируется одновременное воздействие всех основных переменных проекта на выбранный критерий.

Для оценки эффективности проекта воспользуемся интегральным показателем в форме чистого дисконтированного дохода (NPV). Под риском проекта будем понимать возможность отклонения результата проекта в форме NPV от своего расчетного значения.

Условие задачи. Для инновационного проекта, рассчитанного на пять лет, разработаны сценарии развития и определены будущие чистые денежные потоки (табл. 1).

Сценарный анализ рисков проекта. Вероятность сценариев оценивались экспертами. Начальные инвестиционные затраты для всех сценариев приняты одинаковыми и составили $C_0=1000$ условных единиц. Ставка дисконтирования остается неизменной на протяжении всего срока реализации проекта и составляет 5% годовых. Чистый дисконтированный доход для каждого сценария (NPV_i), его математическое ожидание ($M[NPV]$), уровень риска проекта в форме стандартного отклонения (σ_{NPV}) и коэффициента вариации (V_{NPV}) были рассчитаны по формулам:

$$NPV_i = C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+d)^t},$$

$$M[NPV] = \sum_i (p_i \cdot NPV_i) ,$$

$$\sigma_{NPV} = \sqrt{\sum_i \left\{ p_i \cdot (NPV_i - M[NPV])^2 \right\}} ,$$

$$V_{NPV} = \frac{\sigma_{NPV}}{M[NPV]} ,$$

где C_0 – начальные инвестиционные затраты; $C_1, \dots, C_i, \dots, C_t$ – будущие (расчетные) чистые денежные потоки; $t=1, \dots, T$ – годы функционирования проекта, $T=5$; d – ставка дисконтирования. Результаты расчетов представлены в *табл. 2*.

Предположив, что NPV , как случайная величина, распределена по нормальному закону, определим вероятность того, что NPV проекта примет отрицательное значение. Она же будет вероятностью получения дохода проекта не более 5% годовых, так как дисконтирование денежных потоков осуществляется по этой ставке. Вначале рассчитаем нормированное отклонение NPV :

$$z = \frac{NPV - M[NPV]}{\sigma_{NPV}} = \frac{0 - 13\,024}{16\,417} = -0,79 .$$

Тогда искомая вероятность будет равна

$$p(NPV < 0) = p(IRR < 5\%) = N(z = -0,79) = 0,21 (21\%) .$$

Здесь IRR – внутренняя норма доходности проекта; $N(z)$ – вероятность того, что имеющая стандартное нормальное распределение величина z принимает значение меньше некоторого заданного числа (в нашем случае $z \leftarrow -0,79$). Величина $N(z)$ определялась по таблице вероятностей для стандартного нормального распределения [8]. Таким образом, оценка риска проекта в форме вероятности $p(NPV < 0)$ составляет 21%.

К недостаткам сценарного анализа рисков проекта относятся:

- субъективность в оценке вероятности сценариев развития проекта;
- допущение о нормальном законе распределения величины чистого приведенного дохода проекта;
- отсутствие возможности управлять рисками в ходе реализации проекта.

Спектральный анализ рисков проекта. Спектральный анализ проведем в следующей последовательности. Находим средний чистый приведенный доход NPV_{cp} проекта, исходя из расчетных значений NPV_i (табл. 2):

$$NPV_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^5 NPV_i}{5} = \frac{52\,952}{5} = 10\,590 \text{ .}$$

С помощью вычислительной программы для ЭВМ² определяем спектральный показатель риска SpR и спектральную оценку SRE отклонения NPV проекта от своего ожидаемого (в нашем случае среднего) значения NPV_{cp} :

$$SpR = 2,49 \text{ ,}$$

$$SRE = 27\,450 \text{ .}$$

Спектральный показатель SpR характеризует риск проекта. Он оценивает возможность отклонения NPV проекта от ожидаемого значения. Величина отклонения оценивается показателем SRE .

Рассчитываем коридор, в пределах которого с учетом риска может находиться NPV проекта:

$$NPV_{cp} - SRE < NPV < NPV_{cp} + SRE$$

или

$$10\,590 - 27\,450 < NPV < 10\,590 + 27\,450 \text{ ,}$$

$$-16\,860 < NPV < 38\,040 \text{ .}$$

Следовательно, ширина коридора Δ_{NPV} возможных значений NPV составляет

$$\Delta_{NPV} = |-16\,860| + 38\,040 = 54\,900 \text{ .}$$

При этом интервал Δ_{NPV}^- отрицательных значений NPV равен:

$$\Delta_{NPV}^- = 16\,860 \text{ .}$$

В случае необходимости можно также оценить вероятность того, что NPV проекта окажется отрицательным:

² Матвеев Б.А., Орлов П.О., Матвеев Б.Б. Программа расчета спектральных показателей риска. Свидетельство РФ, № 2021619248. Реестр программ для ЭВМ, 2021.

$$p(NPV < 0) = p(IRR < 5\%) = \frac{\Delta_{NPV}^-}{\Delta_{NPV}} = \frac{16\,860}{54\,900} = 0,307 (30,7\%) .$$

Таким образом, оценки риска в форме вероятности $p(NPV < 0)$, полученные сценарным ($p=21$) и спектральным ($p=30,7$) методами, близки. Однако при спектральном анализе нет необходимости прибегать к использованию, как это часто бывает, недостаточно достоверной и ненадежной информации о вероятностях сценариев проекта и законе распределения NPV .

Важным преимуществом спектрального анализа является возможность управления риском в ходе реализации проекта. Рассмотрим такую возможность подробнее. Допустим, что в начале первого года исполнения проекта нам стало понятно, что он развивается по сценарию, близкому к наиболее вероятному. На *рис. 1* представлена кривая (изображена в виде точек) ожидаемых (расчетных) для этого сценария значений NPV_p , которые получены расчетным путем на основе имеющихся данных (*табл. 1*).

В исследовательских целях для моделирования процесса реализации проекта на отдельных отрезках времени подвергнем изменению два параметра: амплитуду отклонений NPV от расчетного значения NPV_p и частоту этих отклонений (*рис. 1*). Далее рассчитаем нижнюю (NPV_n) и верхнюю (NPV_s) границы коридора прогнозных значений NPV чистого дисконтированного дохода:

$$NPV_n = NPV_p - SR ,$$

$$NPV_s = NPV_p + SR ,$$

$$NPV = NPV_p \pm SR ,$$

где NPV_p – расчетное значение NPV для периода, предшествующего прогнозному; SR – спектральная оценка отклонения (S) NPV от своего расчетного значения в прогнозном периоде:

$$SR = NPV - NPV_p .$$

На *рис. 2* изображены график заданных искусственно отклонений S (сплошная линия) величины NPV от своих расчетных значений (NPV_p) и границы (нижняя SRE_n и верхняя SRE_s) коридора оценок этих отклонений. Видим, что заданные в эксперименте отклонения

практически не выходят за границы «оценочного» коридора, что подтверждает пригодность спектрального метода оценки риска для прогнозирования экономического результата NPV , а значит, возможность управления риском в ходе реализации проекта.

Заключение

Актуальность работы обусловлена рядом нерешенных проблем, связанных с количественной оценкой рисков в ходе статистического исследования экономического процесса. Это трудности с определением вероятности, завышенная оценка риска показателями вариации, игнорирование характера поведения связанной с риском ЭВ и др. Решение выявленных проблем представляет научный и практический интерес и поэтому нуждается в теоретическом и методологическом обосновании.

В статье в качестве меры риска предложены спектральные показатели, учитывающие отклонение экономического результата (ЭВ) от ожидаемого значения, и степень неопределенности этого отклонения. Показатель SpR полезен при сравнении и выборе вариантов решения проблемы, а также для контроля риска в ходе реализации принятого решения. Для оценки отклонения наблюдаемого результата от ожидаемого значения разработан показатель SRE . Установлено, что спектральные показатели риска можно использовать при ограниченном объеме статистической информации. Они учитывают динамику исследуемого процесса, не требуют экспертной оценки вероятности и знания закона распределения связанной с риском ЭВ. Эффективность спектрального подхода к измерению риска доказывается на примере анализа риска инновационного проекта.

Показано, что спектральный метод исследования дает хорошие результаты даже в условиях ограниченного объема статистической информации. Для расчета спектральных измерителей риска нет необходимости оценивать вероятность возможных сценариев развития проекта и прибегать к допущению о нормальном законе распределения показателя его эффективности (на примере NPV). Спектральные измерители позволяют непрерывно оценивать риск, прогнозировать и контролировать показателя эффективности проекта, то есть создаются предпосылки для разработки системы управления риском инновационного проекта. Вопросы применения спектральной теории случайных процессов к анализу и оценке рисков инновационного проекта в российской и зарубежной научной литературе до сих пор не рассматривались.

Таблица 1
Сценарии развития проекта

Table 1
Project development scenarios

Сценарий	Вероятность	Чистые денежные потоки (усл. ед.)	
		первый год	второй год
Оптимистический	0,1	5 000	7 000
Умеренно оптимистический	0,2	3 000	5 000
Наиболее вероятный	0,4	1 000	3 000
Умеренно пессимистический	0,2	–2 000	–1000
Пессимистический	0,1	–4 000	– 5 000

Продолжение

Сценарий	Вероятность	Чистые денежные потоки (усл. ед.)	
		третий год	четвертый год
Оптимистический	0,1	10 000	10 000
Умеренно оптимистический	0,2	8 000	8 000
Наиболее вероятный	0,4	6 000	6 000
Умеренно пессимистический	0,2	1 000	1 000
Пессимистический	0,1	–6 000	–6 000

Продолжение

Сценарий	Вероятность	Чистые денежные потоки (усл. ед.)	
		пятый год	
Оптимистический	0,1	10 000	
Умеренно оптимистический	0,2	8 000	
Наиболее вероятный	0,4	6 000	
Умеренно пессимистический	0,2	1 000	
Пессимистический	0,1	–6 000	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2
Результаты расчета (сценарный анализ)

Table 2
Calculation results (scenario analysis)

Сценарий	Вероятность сценария	NPV_i
Оптимистический	0,1	34 812
Умеренно оптимистический	0,2	26 153
Наиболее вероятный	0,4	17 494
Умеренно пессимистический	0,2	–1 342
Пессимистический	0,1	–24 165
Сумма	1	52 952

Продолжение

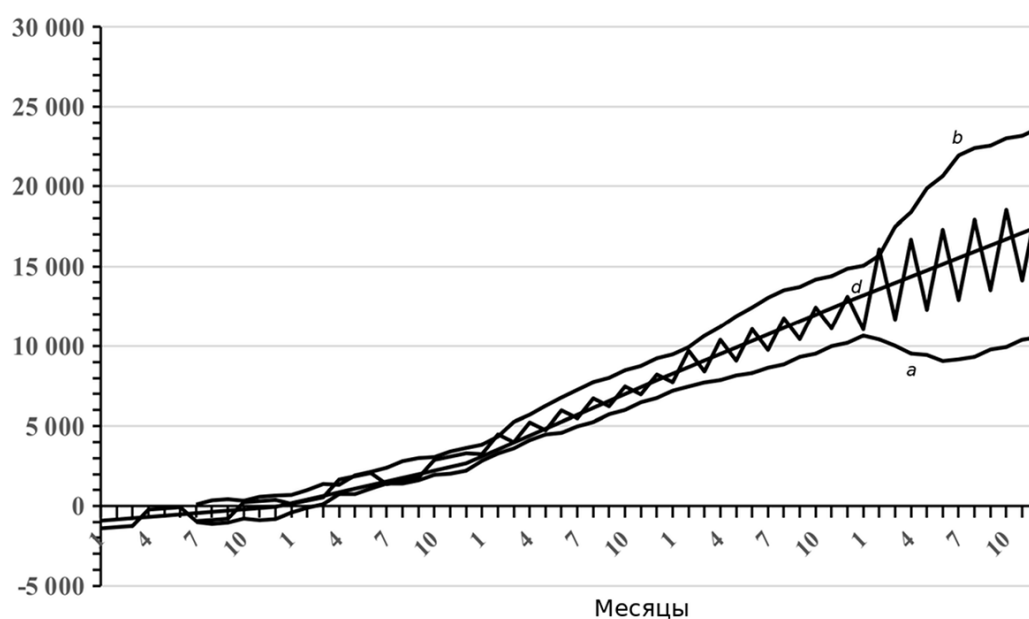
Сценарий	Вероятность сценария	$M[NPV]$
Оптимистический	0,1	13 024
Умеренно оптимистический	0,2	
Наиболее вероятный	0,4	
Умеренно пессимистический	0,2	
Пессимистический	0,1	–
Сумма	1	

Продолжение

Сценарий	Вероятность сценария	Оценка риска проекта
Оптимистический	0,1	$p(NPV < 0) = 0,21$. $\sigma_{NPV} = 16\,417$. $V_{NPV} = 1,26$
Умеренно оптимистический	0,2	
Наиболее вероятный	0,4	
Умеренно пессимистический	0,2	
Пессимистический	0,1	
Сумма	1	–

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1**Моделирование инновационного процесса****Figure 1****Simulation of the innovation process**

Примечание. График a – NPV_n . График b – NPV_e . График c – отклонения NPV от расчетных значений. График d – NPV_p .

Источник: авторская разработка

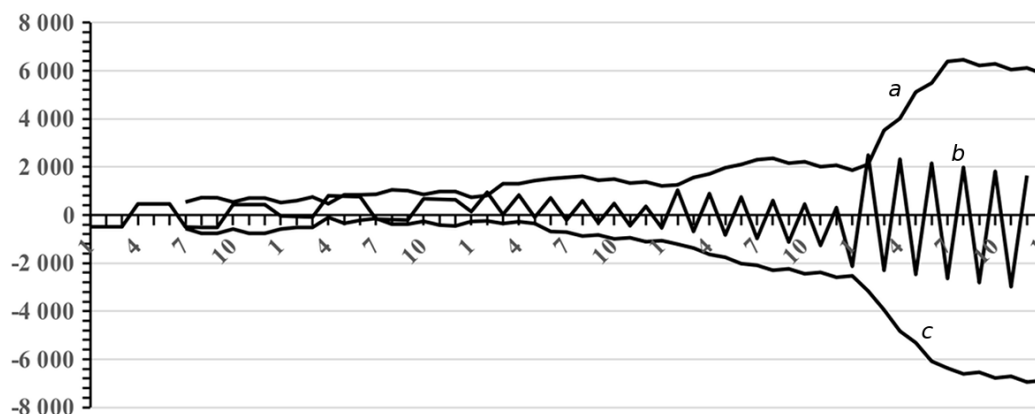
Source: Authoring

Рисунок 2

Спектральная оценка риска

Figure 2

Spectral risk assessment



Примечание. График a – SRE_{θ} . График b – отклонения S величины NPV от расчетных значений NPV_p . График c – SRE_n .

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Рогов М.А. Риск-менеджмент: монография. М.: Финансы и статистика, 2001. 120 с.*
2. *Rogov M.A. Global Risk Factors. Journal of Business Economics and Management, 2006, vol. 7, iss. 1, pp. 25–28.*
URL: <https://doi.org/10.3846/16111699.2006.9636119>
3. *Damodaran A. Strategic Risk Taking. A Framework for Risk Management. New York, Pearson Prentice Hall, 2008, 388 p.*
4. *Матвеев Б.А. Моделирование и спектральная оценка экономического риска // Экономический анализ: теория и практика. 2022. Т. 21. Вып. 11. С. 2132–2149. URL: https://doi.org/10.24891/ea.21.11.2132*
5. *Матвеев Б.А. Теоретические основы исследования статистических рисков: монография. Челябинск: Южно-Уральский государственный университет, 2008. 248 с.*
6. *Marple S.L. Digital Spectral Analysis with Applications. New York, Prentice Hall, 1987, 492 p.*

7. *Левин Б.Р.* Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989. 656 с.
8. *Siegel A.F.* Practical Business Statistics. Boston, McGraw-Hill, 2003, 854 p.

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Innovation and Investment

SPECTRAL INDICATORS OF ECONOMIC RISK

Boris A. MATVEEV

South Ural State University (National Research University) (SUSU (NRU)),
Chelyabinsk, Russian Federation
uprariska@mail.ru
ORCID: not available

Article history:

Article No. 579/2022
Received 26 Dec 2022
Received in revised
form 18 January 2023
Accepted 7 Feb 2023
Available online
15 March 2023

JEL classification:

C00, C02, C15, C18

Keywords: statistical
risk meter, risk signal,
spectral analysis,
spectral risk indicator

Abstract

Subject. The article addresses issues of efficient risk management and regulation of economic process as a whole.

Objectives. The purpose of this work is to improve the methodology and methods for measuring economic risk, increase the reliability and accuracy of its assessment, solve the problem of risk measurement with limited statistical information and unknown law of distribution of the studied economic value.

Methods. The study employs the apparatus of the spectral theory of random processes.

Results. I developed spectral indicators enabling to measure risk in real time, assess possible deviations of the economic value from the expected value and the quality of the economic process model. The spectral analysis made it possible to move from the study of the statistical model of economic risk to the study of its image in the integral Fourier transform. The spectral approach to risk assessment is verified on the innovation project case.

Conclusions. Spectral risk indicators take into account the dynamics of the economic process. They do not require an expert assessment of the probability and knowledge of the law of distribution of the risk-related economic value. They also enable improved accuracy of risk measurement.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2022

Please cite this article as: Matveev B.A. Spectral Indicators of Economic Risk. *National Interests: Priorities and Security*, 2023, vol. 19, iss. 3, pp. 544–561.
<https://doi.org/10.24891/ni.19.3.544>

Acknowledgments

I express my deep gratitude to all those in the South Ural State University involved in the financial support to the research provided within the framework of Project 5–100.

References

1. Rogov M.A. *Risk-menedzhment: monografiya* [Risk management: a monograph]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2001, 120 p.
2. Rogov M.A. Global Risk Factors. *Journal of Business Economics and Management*, 2006, vol. 7, iss. 1, pp. 25–28.
URL: <https://doi.org/10.3846/16111699.2006.9636119>
3. Damodaran A. *Strategic Risk Taking. A Framework for Risk Management*. New York, Pearson Prentice Hall, 2008, 388 p.
4. Matveev B.A. [Economic risk modeling and spectral evaluation]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2022, vol. 21, iss. 11, pp. 2132–2149. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.21.11.2132>
5. Matveev B.A. *Teoreticheskie osnovy issledovaniya statisticheskikh riskov: monografiya* [Theoretical bases of studying statistical risks: a monograph]. Chelyabinsk, South Ural State University Publ., 2008, 248 p.
6. Marple S.L. *Digital Spectral Analysis with Applications*. New York, Prentice Hall, 1987, 492 p.
7. Levin B.R. *Teoreticheskie osnovy statisticheskoi radiotekhniki* [Theoretical foundations of statistical radio engineering]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1989, 656 p.
8. Siegel A.F. *Practical Business Statistics*. Boston, McGraw-Hill, 2003, 854 p.

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.