

ЭКСПЕРТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД МОНИТОРИНГА ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Гусев В.Б., Исаева Н.А.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65
gusvbr@ipu.ru, nat_i@ipu.ru*

Аннотация: Гибридный метод комплексной оценки реализует функции расчета и анализа оценок финансово-экономического риска нестабильности и связанных с ним характеристик (динамики параметров на отрезке жизненного цикла, нестабильности в процессе функционирования, тенденции роста или снижения) сложных динамических объектов, таких как производственные предприятия, организационные и технические системы. Применительно к оценке финансовых рисков нестабильности предприятий учитываются разносторонние источники информации: объективные данные статистической отчетности и субъективные экспертные данные относительно взаимовлияния большого количества факторов хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: финансово-экономический риск нестабильности, гибридный метод комплексной оценки, производственные предприятия, данные статистической отчетности, экспертные данные

Введение

Функционирование современного предприятия зависит от большого количества факторов, характеризующихся нестабильностью и даже непредсказуемостью. Это колебания спроса на продукцию, неустойчивость валютного курса и финансовой сферы в целом, спорадические кризисы мировой и национальной экономики, экономические санкции. Анализ рисков является важной функцией управления предприятием в современных условиях. Он позволяет оценивать сложившееся состояние предприятия и принимать рациональные решения в условиях неопределенности.

В рассматриваемом методе входными данными служит регулярная бухгалтерская отчетность, а также экспертные сведения о взаимовлиянии рассматриваемых факторов, включая банкротство, форс-мажор, экономический или политический кризисы. Для анализа риска неблагоприятного события (нестабильности) метод может использовать расширенную схему взаимодействия факторов финансовой отчетности, включающую схему связи этого события с финансовыми факторами.

В литературе по финансовым рискам [1] или по рискам в технических системах применяются либо качественные, описательные характеристики, либо статистики типа математического ожидания потерь, дисперсии, и т.д., Применительно к проблеме управления сложными производствами, анализа устойчивости и стабильности их функционирования следует учитывать факторы сложности, многосвязности. Стандартные методики анализа рисков не учитывают этой специфики организационных и производственных процессов и не могут быть использованы в рамках рассматриваемой проблемы.

Оценки рисков, возникающих при функционировании сложных производственных и организационных систем, требует использования разносторонней, как количественной, так и структурной информации и соответствующих процедур, основанных на методах многозначной логики, рефлексивного замыкания частных оценок, комплексного оценивания. Предлагаемые процедуры анализа финансовых рисков используют метод балльного оценивания и расчета прямых и косвенных оценок рисков взаимодействующих факторов [2, 3].

Процедура расчета и анализа оценки комплексных рисков сложных объектов использует экспертные оценки риска функционирования (выполнения) связанных компонент, а также схемы их взаимодействия, измеряемых в шкалах отношений, и включает

- ввод исходных данных;
- формирование экспертной схемы взаимодействия факторов;
- расчет частных оценок риска;
- расчет комплексных оценок риска;
- определение факторов, влияющих на рост оценок риска и расчет управляющих параметров, снижающих эти оценки;
- передача результатов расчета для их визуализации и интерпретации.

1 Принципы расчета оценок риска нестабильности

Динамика функционирования производственного предприятия имеет как детерминированную, так и случайную компоненты. Детерминированная компонента может отражать тенденцию роста или спада. Нестабильность функционирования предприятия характеризует наличие тенденции спада, а

также определенная доля случайности параметров. Причины нестабильности (неустойчивая конъюнктура рынка и спроса на продукцию, кризисы, внешнеэкономические санкции, колебания курса рубля), являющиеся определяющими, требуют принятия управленческих решений, как на оперативном, так и на структурном уровне.

Факторы, действующие в сфере финансовых отношений в производстве, включают в себя как компоненты финансовой отчетности, так и явления, не поддающиеся точному учету, но оказывающие существенное влияние на стабильность хозяйственной деятельности предприятия. Кроме того, необходимо рассматривать факторы, такие как качество управления, масштаб и рост хозяйственной деятельности, объем государственного заказа и др., рассматриваемые как возможные инструменты управления. Оценка риска должна определяться разбросом исходных данных, характером взаимодействия факторов хозяйственной деятельности, глубиной прогноза оценок.

Первичный анализ динамики финансовых показателей $X_{it}; i = 1..n; t = 0..T - 1$, где n - количество показателей, T - число интервалов времени, использует модель линейной регрессии

$$\Delta x_{it} = a_i \cdot t + \xi_i,$$

где среднее значение фактора i

$$x_{is} = \frac{\sum_{t=1, T} x_{it}}{T},$$

среднее по модулю

$$x_{im} = \frac{\sum_{t=1, T} |x_{it}|}{T}$$

относительное приращение фактора i .

$$\Delta x_{it} = \frac{x_{it} - x_{is}}{x_{im}}.$$

Коэффициенты регрессии вычисляются по формуле

$$a_i = \frac{\sum_t \Delta x_{it} \cdot t}{\sum_t t^2}.$$

Мерой нестабильности показателя i является дисперсия

$$\sigma_i = \frac{\sum_t (\Delta x_{it} - a_i \cdot t)^2}{T}.$$

В качестве характеристики тенденции предприятия к росту можно рассмотреть модель изменения суммы относительных приращений показателей

$$\sum_i \Delta x_{it} = a \cdot t + \xi$$

откуда показатель тенденции роста равен

$$a = \frac{\sum_t \sum_i \Delta x_{it} \cdot t}{\sum_t t^2} = \sum_i a_i$$

Как дисперсия, так и показатели роста обладают свойством аддитивности и к ним могут применяться операции линейной алгебры.

Вклад разных факторов в показатель тенденции роста (спада) не одинаков, зависит от прямых и косвенных влияний и может быть оценен на основе анализа экспертных данных относительно структуры взаимодействия этих факторов, а также статистических рядов финансовых показателей за ряд лет. Полученные оценки предназначены для прогнозирования и управления деятельностью предприятия.

Действие одних факторов на другие затрагивает различные аспекты функционирования, не всегда детерминированные, и при экспертном анализе может характеризоваться степенью влияний.

1.1 Формирование схемы взаимодействий

Экспертные оценки степени зависимости могут представляться в балльной шкале. Значения коэффициентов a_{ij} матрицы \mathbf{A} , назначаемые экспертным способом, находятся в интервале от 0 до a_{\max} . Рассмотрим метод получения оценок коэффициентов взаимодействий по наблюдаемым данным в предположении линейности в определенном диапазоне связи приращений состояния системы и отклика системы.

1.2 Метод расчета матрицы полных взаимодействий

Пусть считаются известными $\Delta x_t, t = 0, \dots, T-1$ – векторы приращений состояния системы в разные моменты времени, \mathbf{S} – структурная матрица отклика, состоящая из нулей и единиц и задаваемая на основе экспертных знаний. Структурная матрица отклика \mathbf{S} не должна содержать зеркальных зависимостей, то есть $s_{ij} \neq s_{ji}$,

но при транзитивном замыкании допускает полный набор связей, то есть, $\exists k, S^k = [\mathbf{1}]$, где $[\mathbf{1}]$ – матрица, состоящая из единиц.

Тогда коэффициенты b_{ij} матрицы \mathbf{B} полных оценок линейного отклика по методу множественной линейной регрессии будут определяться путем минимизации квадратичной невязки

$$\min_{\mathbf{B}} U(\mathbf{B}), \text{ где}$$
$$U(\mathbf{B}) = \sum_{t=0, T-1} \sum_{i=1, n} \left(\sum_{j=1, n} b_{ij} \Delta x_{jt} - \Delta x_{it} \right)^2,$$

что приводит к системе уравнений

$$\nabla_{\mathbf{B}} U(\mathbf{B}) = \sum_{t=0, T-1} \sum_{i=1, n} \left(\sum_{j=1, n} b_{ij} \Delta x_{jt} - \Delta x_{it} \right) s_{im} \Delta x_{mt} = 0; m = 1, \dots, n.$$

Приближенное решение

$$b_{ij} = s_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, n$$

может служить начальным приближением для метода скорейшего спуска

$$\mathbf{B}_k = \mathbf{B}_{k-1} - h \nabla_{\mathbf{B}} U(\mathbf{B}).$$

Полученные оценки наблюдаемых влияний могут служить основой для формирования схемы примитивных взаимодействий в предположении локальной линейности связей между рассматриваемыми факторами.

1.3 Метод расчета матрицы примитивных взаимодействий

В результате сложения эффекта от всех цепочек воздействий, исходящих от каждого фактора-причины и заканчивающихся факторами-следствиями, формируется системный эффект, определяемый полной совокупностью прямых и возникающих косвенных связей. Исходная система взаимных влияний в результате рефлексивного наложения всех косвенных воздействий факторов формирует систему полных влияний как их транзитивное замыкание. Отметим, что рассматриваемый метод анализа допускает использование различных исходных данных и, таким образом, обладает определенной универсальностью. Например, процедура транзитивного замыкания применялась в методе анализа денежно-кредитной политики [3].

В рамках операций линейной алгебры, если матрица $\mathbf{E} - \mathbf{A}$ обратима, матрица полных оценок \mathbf{B} вычисляется по формуле

$$\mathbf{B} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} (\mathbf{E} - (\mathbf{E} - \mathbf{A})) = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} - \mathbf{E},$$

или при условии сходимости степенного ряда для матрицы \mathbf{A} по формуле

$$(1) \quad \mathbf{B} = \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \dots$$

Таким образом, матрица полных оценок \mathbf{B} представляет собой транзитивное замыкание оценок примитивных влияний.

Если ряд (1) расходится, это означает отсутствие стабильной системной реакции. При этом точное вычисление \mathbf{B} даже при положительной матрице \mathbf{A} может дать отрицательные значения коэффициентов \mathbf{B} , что также свидетельствует об отсутствии системной реакции. Для того, чтобы обеспечить сходимость ряда, достаточно элементы соответствующих матриц умножить на определенный коэффициент α (например, величину, обратную к оценке нормы $\|\mathbf{A}\|$ матрицы \mathbf{A}), а

после вычисления суммы ряда умножить ее на этот коэффициент. Тогда получим приближенное значение матрицы \mathbf{B}

$$\tilde{\mathbf{B}} = \mathbf{A} + \alpha \mathbf{A}^2 + \alpha^2 \mathbf{A}^3 + \dots$$

Очевидно, чем ближе коэффициент α к 1, тем точнее приближение $\tilde{\mathbf{B}}$. Таким образом, если шкала оценивания такова, что параметр ее границ a_{\max} достаточно мал, ряд (1) гарантированно сходится к точному значению \mathbf{B} , что является признаком наличия стабильной системной реакции.

Рассмотрим обратную задачу восстановления оценок примитивных взаимодействий по оценкам полных взаимодействий. Обратная процедура поиска оценок примитивных взаимодействий, если матрица $\mathbf{E} + \mathbf{B}$ обратима, имеет вид

$$\mathbf{A} = \mathbf{E} - (\mathbf{E} + \mathbf{B})^{-1},$$

а при условии сходимости степенного ряда для матрицы $(-\mathbf{B})$ имеем:

$$(2) \quad \mathbf{A} = \mathbf{B} - (-\mathbf{B})^2 - (-\mathbf{B})^3 \dots$$

Этот процесс можно интерпретировать как последовательное вычитание из матрицы полных влияний \mathbf{B} всех косвенных влияний. Сумма косвенных влияний, равная

$$\mathbf{B} - \mathbf{A} = (-\mathbf{B})^2 + (-\mathbf{B})^3 \dots$$

или

$$\mathbf{B} - \mathbf{A} = \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \dots,$$

позволяет судить о стабильности косвенного системного эффекта (связности) взаимного влияния факторов.

Для линейных операций матричной алгебры ряды (1) и (2) сходятся, если наименьшие собственные числа матриц в правой части меньше 1 по абсолютной величине (коэффициенты матриц по модулю достаточно малы).

1.4 Операции расчета оценок рисков

Схему рисков прямых взаимодействий факторов будем представлять экспертной матрицей \mathbf{A} . Элемент a_{ij} этой матрицы означает оценку риска прироста фактора i , вызываемого приращением фактора j (аналог временной задержки в канале, направленном от фактора j к фактору i).

Для определения оценок рисков для транзитивного замыкания взаимодействий факторов может применяться процесс рефлексий. Операции над оценками (компонентами вектора оценок состояния \mathbf{X} и матрицы \mathbf{A}) следующие: логическая сумма \oplus (аналог конъюнкции, или логической суммы в булевой алгебре), логическое произведение \otimes (аналог дизъюнкции, или логического произведения в булевой алгебре).

Результат однократного воздействия факторов переводит приращение $\Delta \mathbf{x}$ их начального вектора состояния \mathbf{x} в состояние $\mathbf{y} \oplus \Delta \mathbf{y}$, определяемое как действие логической векторной операции

$$\Delta \mathbf{y} = \mathbf{A} \otimes \Delta \mathbf{x},$$

где знаком \otimes обозначена векторная операция логического умножения матрицы на вектор

$$\Delta y_{i+1i} = \min(x_{\max}, \left| \sum_j a_{ij} \Delta x_{ij} / a_{\max} \right|)$$

Если факторы образуют цепочку влияний: 1-й влияет на 2-й, а второй влияет на 3-й, такое сочетание будем называть последовательным. Если несколько факторов непосредственно влияют на какой-то другой фактор, такое сочетание влияний будем называть параллельным. Могут быть приняты правила операций над оценками взаимодействия, которые можно отнести к правилам многозначной логики, обладающей следующими свойствами:

- последовательное применение в цепочке 2-х операций (логическое умножение операндов) с противоположными по знаку оценками дает отрицательную оценку влияния; в противном случае результат воздействия положительный.

- результат параллельного действия связей (логическая сумма операндов) с одной и той же оценкой должен иметь ту же оценку;
- если связь не входит ни в один цикл, то в результате рефлексии ее оценка должна сохранять свое значение.

2 Пример анализа финансовых рисков предприятия.

В качестве источника объективной информации рассматривается отчетная бухгалтерская статистика финансовых показателей производственных предприятий за несколько лет. Перечень этих показателей приведен ниже.

Таблица 1. – Перечень финансовых показателей предприятия

Код	Название фактора
Ф.1	Внеоборотные активы на отчетную дату отчетного периода
Ф.17	Оборотные активы на отчетную дату отчетного года
Ф.31	Капитал и резервы на отчетную дату отчетного периода
Ф.55	Краткосрочные обязательства на отчетную дату отчетного периода
Ф.59	Кредиторская задолженность на отчетную дату отчетного периода
Ф.69	Баланс на отчетную дату отчетного периода
Ф.71	Выручка нетто от продажи товаров, продукции, работ, услуг (за минусом налога на добавленную стоимость, акцизов) за отчетный период
Ф.72	Себестоимость проданных товаров, продукции, работ, услуг за отчетный период
Ф.76	Прибыль (убыток) от продаж за отчетный период
Ф.82	Прибыль (убыток) до налогообложения за отчетный период
Ф.87	Чистая прибыль (убыток) за отчетный период
Ф.3	Нематериальные активы на отчетную дату отчетного периода
Ф.21	Налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям на отчетную дату отчетного периода
Ф.101	Расходы на приобретение сырья, материалов, покупных полуфабрикатов и комплектующих изделий для производства и продажи продукции (товаров, работ, услуг)
Ф.106	Средняя численность работников списочного состава за отчетный месяц
Ф.103	Фонд начисленной заработной платы работников (без совместителей) за отчетный месяц

Расчет оценок рисков производился с помощью среды Excel. Скриншот экрана диалога, отображающего экспертную схему перечень взаимовлияний факторов финансовой деятельности предприятия, исходных оценок разброса факторов и результатов счета представлен ниже.

risk	Ф.1	Ф.17	Ф.31	Ф.55	Ф.59	Ф.69	Ф.71	Ф.72	Ф.76	Ф.82	Ф.87	Ф.3	Ф.21	Ф.101	Ф.106	Ф.103	ЦБ30	Риск	Результатирующие оценки	Чувствительность	
Ф.1											6	-4							3,7	-0,08	
Ф.17											8								3,8	-0,08	
Ф.31				-3	-4													9	-7	6,7	-0,11
Ф.55														6						4,4	-0,08
Ф.59														5						2,3	-0,11
Ф.69	5	5	5	5	5							10								9,5	-0,05
Ф.71						6														5,9	-0,14
Ф.72							3													8,8	-0,02
Ф.76							8	8				8		-3	-5					10,0	0,00
Ф.82				-5	-4					9										9,8	-0,18
Ф.87																				7,0	-0,09
Ф.3		5																		3,8	-0,16
Ф.21							7													3,4	-0,12
Ф.101							8	-2												5,0	-0,08
Ф.106		4																		1,1	-0,02
Ф.103							7								7					4,0	-0,21
ЦБ30						4					5									5,4	-0,08
Риск отказа				-2		2								3						3,3	0,00
Исходная оценка	1,1	1,5	1,0	2,2	2,4	0,6	2,2	2,1	2,8	2,8	2,8	1,6	2,4	1,6	0,7	2,7	1,3	0,0			

Рис. 1. диалоговое окно расчета показателей риска

Раскраска связей производилась по следующим правилам. Холодный тон соответствует положительным оценкам, а красный – отрицательным; чем больше значение, тем темнее цвет. Раскраска результатов оценки: чем теплее тон раскраски, тем ближе ее значение к максимуму.

Зависимость оценок риска финансовых показателей предприятия от глубины прогноза показана в табл. 2.

Таблица 2. – Зависимость оценок риска финансовых показателей предприятия от глубины прогноза

Факторы	Глубина прогноза							
	1	2	3	4	5	6	7	1
Ф.1	2,3	2,7	3,7	5,7	8,1	8,9	9,8	9,8
Ф.17	2,3	2,8	3,8	5,6	8,0	8,0	8,0	8,0
Ф.31	2,8	4,4	6,7	9,4	10,0	10,0	10,0	10,0
Ф.55	2,8	2,9	4,4	7,1	9,3	10,0	10,0	10,0
Ф.59	1,9	1,9	2,3	4,1	5,2	7,2	8,1	8,7
Ф.69	5,7	7,6	9,5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Ф.71	2,2	4,8	5,9	8,5	9,5	10,0	10,0	10,0
Ф.72	5,8	5,6	8,8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Ф.76	5,5	8,4	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Ф.82	4,6	7,1	9,8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Ф.87	3,5	4,7	7,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Ф.3	1,5	2,1	3,8	5,1	7,2	9,4	9,4	9,4
Ф.21	1,5	1,6	3,4	4,2	5,9	6,6	7,0	7,0
Ф.101	2,2	3,0	5,0	6,5	8,8	9,6	10,0	10,0
Ф.106	0,6	0,9	1,1	1,5	2,3	3,2	3,2	3,2
Ф.103	2,0	2,0	4,0	4,9	7,0	8,2	9,2	9,2
Ц630	1,7	4,0	5,4	7,3	9,0	9,0	9,0	9,0
Риск нестабильности	1,9	2,1	3,3	5,0	6,9	8,4	9,0	9,3

Здесь цветами выделена различная степень критичности риска.

Прогноз параметров риска для разных факторов при отсутствии управляющих воздействий показывает рост. Насыщение происходит после 7 шага. Наиболее критичными являются факторы 69 (Баланс на отчетную дату отчетного периода) и 76 (Прибыль (убыток) от продаж за отчетный период).

Заключение

Эффективность решений, принимаемых на основе анализа рисков, зависит от качества используемой информации – полноты и представительности выборки отчетных данных, а также от адекватности экспертных данных. Подготовка информационной базы должна обеспечить возможность контроля и поэтапного улучшения ее качества. Важным элементом информационного обеспечения подсистемы принятия решений является верификация схемы взаимодействия факторов.

Взаимодействия факторов помимо степени влияния могут характеризоваться оценками рисков на их реализацию. Способ пересчета суммарных затрат (их рефлексивного замыкания) в определенном смысле является двойственным к способу пересчета оценок для рефлексивного замыкания степени взаимного влияния факторов (результаты действий для последовательных и параллельных операций противоположны).

Совершенствование подсистем принятия решений на основе анализа рисков может осуществляться по следующим направлениям:

- определение чувствительности оценок факторов риска к вариациям управляющих факторов;
- поиск связей («узких мест») в схеме взаимодействий, критичных по отношению к росту оценок рассматриваемых факторов риска;
- разработка процедур оптимизации (минимизации оценок факторов риска за счет вариации управляющих факторов с учетом разумных ограничений)

Включение в подсистему анализа рисков дополнительных функций – определение чувствительности оценок факторов риска к вариациям управляющих факторов; поиск связей («узких мест») в схеме взаимодействий, критичных по отношению к росту оценок рассматриваемых факторов риска; разработка процедур оптимизации – направлено на повышение качества принимаемых решений. При поиске «узких мест» производится поиск факторов и/или элементов схемы взаимодействий факторов, ответственных на рост или падение оценок рисков контрольного набора факторов. Минимизация оценок факторов риска за счет вариации управляющих факторов с учетом разумных ограничений позволит определять перспективные направления долгосрочной хозяйственной деятельности. Реализация этих функций также может быть использована в качестве инструментария для верификации схем взаимовлияния факторов финансовой деятельности.

Литература

1. Энциклопедия финансового риск менеджмента. Под ред. канд. экон. наук А. А. Лобанова и А. В. Чугунова. 4-е издание, исправленное и дополненное. - М.: Издательство: Альпина.2009, 487 с.
2. *Гусев В.Б.* The Expert Analysis of Risks during Control of the Intangible Assets / Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT2017, Moscow). Moscow: IEEE, 2017. Vol.2. С. 164-168.
3. *Гусев В.Б., Исаева Н.А.* Экспертный анализ системного эффекта от взаимовлияний факторов кредитно-денежной политики для поддержки принятия решений на основе рефлексивных процедур линейного оценивания и логического вывода // Проблемы управления. 2014. №6. С. 59-67.