

УДК
330.131.7**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ
НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ****Строев Сергей Павлович**
к. э. н., доцент
stroewsp@mail.ru
г. ОрелОрловский государственный университет
им. И.С. Тургенева

Аннотация. В работе описаны математические модели управления риском несостоятельности предприятия. Предполагается, что данный риск формируется за счет двух видов риска, связанных с деятельностью каждого подразделения предприятия. Показано, что управление риском экономической несостоятельности предприятия заключается, прежде всего, в снижении уровня собственного риска каждого производственного звена. Приведены модели оценки уровней принесенного и собственного риска производственного звена, а также модель оценки эффективности антирисковых мероприятий. Для разработки моделей анализа и управления выделенными рисками используются теоретико-вероятностный и нечетко-множественный подходы.

Ключевые слова: риск несостоятельности, моделирование рисков, вероятностные и нечетко-множественные модели риск-менеджмента, оптимизационные модели управления риском.

С позиции критерия «затраты – эффективность» управление риском несостоятельности предприятия целесообразно проводить на ранних стадиях. В связи с этим на ранних стадиях следует говорить не о риске банкротства, а о риске экономической несостоятельности. Стадия экономической несостоятельности обусловлена, прежде всего, неэффективным использованием имеющихся материальных ресурсов и характеризует финансовое состояние, когда доходы предприятия не покрывают его общие расходы. При высоком уровне риска экономической несостоятельности более реальными становятся возможности невыполнения предприятием производственного и финансового планов и, как следствие, увеличение риска неплатежеспособности.

В литературе приводится достаточно большое количество моделей оценки и прогнозирования риска несостоятельности предприятия как зарубежных (Э. Альтман, У. Бивер, Р. Лис, Ж. Лего, Г. Спрингейт, Р. Таффлер, Г. Тишоу и др.), так и отечественных (А.Ю. Беликов, М.А. Бендиков, Я.Д. Вишняков, Г.В. Давыдова, Г.Г. Кадыков, Р.С. Сайфулин и др.) ученых. Краткая общая характеристика указанных моделей заключается в том, что они позволяют (на основе данных финансовой отчетности предприятия) охарактеризовать финансовое состояние предприятия путем расчета значений тех или иных агрегированных индикаторов. В целом они могут рассматриваться как эффективные инструменты с точки зрения их применения кредиторами предприятия (а также поставщиками, потребителями и др.) для оценки перспективности данного предприятия как контрагента. Однако с точки зрения внутренней задачи улучшения финансового состояния предприятия подобные модели являются малоэффективными. Во-первых, указанные модели фактически являются своеобразными индикаторами, сигнализирующими о неблагоприятном состоянии предприятия. При этом идентификация конкретных причин, приведших к данному состоянию, затруднительна. Во-вторых, данные модели частично охватывают только этап анализа риска

банкротства. Проведение же этапа управления риском осложнено тем, что по результатам применения указанных моделей остается недостаточно ясным за счет каких именно антирисковых мероприятий удастся снизить уровень риска банкротства и будут ли эти мероприятия эффективными. Следовательно, возникает необходимость в построении моделей количественного анализа риска экономической несостоятельности, позволяющих устранить указанные недостатки.

В данной статье представлены теоретико-вероятностный и нечетко-множественный подходы к построению моделей количественной оценки этапов анализа и управления риском экономической несостоятельности промышленного предприятия.

Рассмотрим механизм формирования риска экономической несостоятельности.

Производственно-технологическую структуру предприятия условно можно представить в виде совокупности технологических цепочек, состоящих из соединенных между собой производственных звеньев. Риск экономической несостоятельности формируется, в основном, за счет двух групп причин, связанных с деятельностью каждого звена.

Первая группа причин определяется, главным образом, возможностью неполной ресурсной обеспеченности деятельности звена. Данной группой причин обусловлен уровень привнесенного риска звена.

Уровнем привнесенного риска производственного звена будем называть уровень риска, формируемый такими факторами, управление, противодействие или учет которых не предусматривается в рамках системы управления данным звеном.

Вторая группа причин связана с возможностью невыполнения звеном производственного задания даже при условии его полной обеспеченности всеми необходимыми ресурсами. При этом формируется дополнительный риск, который будем называть собственным риском звена.

Уровнем собственного риска производственного звена называется уровень риска, формируемый факторами, внутренними для данного звена, а также внешними факторами, учет и управление которыми входит в обязанности менеджеров данного звена.

Тогда на основании введенных понятий механизм формирования риска экономической несостоятельности описывается следующим образом. Исходное ресурсное обеспечение деятельности начальных звеньев технологических цепочек осуществляется с некоторым уровнем привнесенного риска R^1 (в общем случае каждому начальному звену соответствует свой уровень привнесенного риска). Далее в ходе производственного трансформационного процесса, т.е. в ходе преобразования внутри производственных звеньев материально-денежных потоков, происходит постоянное увеличение этого уровня риска за счет уровня собственного риска каждого звена. Генерация конечного денежного потока, используемого для восполнения источников финансирования, происходит на заключительном этапе, т.е. с максимальным уровнем риска. Именно этот уровень риска можно принять за уровень риска экономической несостоятельности.

Из приведенного описания механизма формирования риска экономической несостоятельности следует, что его уровень является агрегированной величиной, зависящей от уровней привнесенного и собственного риска каждого звена, входящего в производственно-технологическую структуру предприятия. Следовательно, на этапе анализа риска необходимо получить оценки уровней привнесенного и собственного риска каждого звена, сформировать на их основе агрегированную оценку уровня риска экономической несостоятельности. Управление риском экономической несостоятельности сводится, прежде всего, к управлению собственным риском звена, поскольку, согласно определению, управление уровнем привнесенного риска в рамках звена ограничено. Тогда на этапе управления необходимо получить оценки уровней собственного риска производственных звеньев с учетом антирисковых мероприятий, а также оценить экономический эффект от проведения этих мероприятий.

Так как уровень риска экономической несостоятельности во многом зависит от эффективности деятельности производственных звеньев, то этапы анализа и управления этим риском следует рассматривать применительно к условиям предстоящего производственного цикла. Это объясняется тем, что при неизменной производственной технологии в течение нескольких производственных циклов эффективность деятельности звеньев может быть различной. Например, в случае если основную часть выпускаемой продукции составляет недавно освоенная.

Перейдем теперь к построению моделей количественного анализа этапов управления риском экономической несостоятельности. Как уже упоминалось выше, для их построения предлагается использовать два подхода – теоретико-вероятностный и нечетко-множественный. Рассмотрим первый из этих подходов.

Количественной оценкой уровня риска по отношению к показателю X будем называть ожидаемое значение потерь по отношению к плановому значению X^0 показателя:

$$R_X = E((X^0 - X)/X^0).$$

Соответственно количественной оценкой уровня риска экономической несостоятельности, формируемого в ходе предстоящего производственного цикла, будем называть величину

$$R_V = E((V^0 - V)/V^0),$$

где V^0 – планируемый объем выручки от реализации продукции, а V – возможное значение этого объема, рассматриваемое как случайная величина. Поскольку, как отмечалось выше, уровень риска экономической несостоятельности зависит от уровней привнесенного и собственного риска каждого производственного звена, то рассмотрим вероятностные модели оценки этих уровней риска.

Уровень привнесенного риска, обозначим его R^1 , зависит от величины потерь звена, обусловленных, прежде всего, возможной ресурсной необеспеченностью. Следовательно, необходимо оценить объем продукции, производимой звеном в зависимости от возможной ресурсной необеспеченности.

Пусть Y – основной показатель для оценки деятельности звена, например, стоимость производимой продукции; Y^0 – плановое значение показателя; X_1, X_2, \dots, X_n – объемы используемых ресурсов; $X_1^0, X_2^0, \dots, X_n^0$ – плановые значения объемов используемых ресурсов, необходимых для достижения планового значения показателя Y^0 .

Будем считать, что объем выпуска продукции данного звена Y определяется производственной функцией Леонтьева:

$$Y = \min(X_1/a_1, X_2/a_2, \dots, X_n/a_n).$$

Здесь a_1, a_2, \dots, a_n – технологические коэффициенты, определяющие нормы расходов ресурсов на единицу продукции. Основанием для данного предположения является то обстоятельство, что данная функция предназначена для моделирования строго детерминированных технологий, не допускающих отклонений от технологических норм использования ресурсов на единицу продукции, и описания мелкомасштабных производственных объектов. В этом случае для оценки уровня привнесенного риска звена может использоваться выражение

$$R^1 = E(1 - Y/Y^0) = E(1 - \min(X_1/X_1^0, X_2/X_2^0, \dots, X_n/X_n^0)).$$

Уровень собственного риска R^2 определяется относительным расхождением между плановым и возможным значениями выходного потока звена, но при том условии, что входной поток в точности равен плановому значению. Данное расхождение обусловлено наличием в деятельности звена факторов риска, проявление которых приводит к возникновению негативных последствий, с каждым из которых связана некоторая величина ущерба (потерь). Объем потерь звена в предстоящем производственном цикле в основном зависит от

интенсивностей проявления факторов риска. При этом интенсивность проявления фактора риска рассматривается как случайная величина с неизвестным законом распределения. В работе [2] на основе представления схемы формирования потерь звена в виде иерархической структуры было получено следующее выражение для оценки уровня собственного риска звена:

$$R^2 = \frac{1}{S^0} \sum_{j=1}^k \frac{\Delta_j}{0.9} \sum_{i=1}^m w_{ij} \sum_{l_\eta \in I} l_\eta q_{l_\eta}^i. \quad (1)$$

Здесь S^0 – плановая стоимостная оценка выходного материально-денежного потока звена; Δ_j – экспертная оценка величины абсолютных потерь (тяжести) j -го последствия; w_{ij} – степень влияния фактора риска F_i на формирование тяжести j -го последствия; l_η – значение интенсивности; $q_{l_\eta}^i$ – вероятность проявления фактора риска F_i со значением интенсивности в точности равным l_η ; $I = \{0.0, 0.1, 0.29, 0.5, 0.72, 0.9\}$ – множество возможных значений интенсивности, определенное в соответствии с вербально числовой шкалой Харрингтона; k и m – число негативных последствий и факторов риска звена; $\eta = 0, 1, \dots, 5$.

Для отдельного производственного звена уровни привнесенного и собственного риска составляют уровень риска R^3 потерь этого звена, который определяется выражением

$$R^3 = 1 - (1 - R^1)(1 - R^2). \quad (2)$$

Найдем теперь вид зависимости между уровнем риска экономической несостоятельности предприятия и уровнями привнесенного и собственного риска производственных звеньев. Естественно предположить, что вид этой зависимости определяется исходя из структуры существующих между звеньями производственных связей. Рассмотрим наиболее типичные производственно-технологические структуры предприятия, состоящие из:

1. Единственной однопродуктовой технологической цепочки, звенья которой соединены последовательно;
2. Множества технологических цепочек, между звеньями которых существуют производственные связи.

Определим вид зависимости для оценки уровня риска экономической несостоятельности в случае, если производственно-технологическая структура предприятия состоит из единственной однопродуктовой последовательной цепочки (рис. 1).

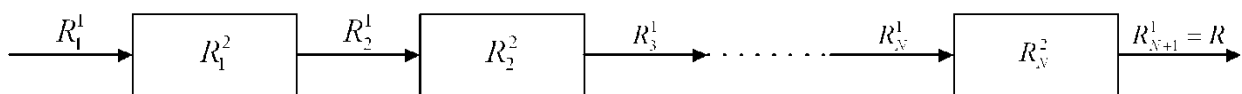


Рис. 1. Схема однопродуктовой последовательной технологической цепочки

Предполагается, что технологическая цепочка состоит из N последовательно соединенных производственных звеньев. При этом i -ое производственное звено характеризуется уровнем привнесенного риска R_i^1 , уровнем собственного риска R_i^2 и уровнем риска потерь R_{i+1}^1 , который одновременно является уровнем привнесенного риска для $(i + 1)$ -го звена, где $i = 1, 2, \dots, N$. При этом уровень риска экономической несостоятельности R равен уровню риска потерь R_{N+1}^1 , генерируемому заключительным звеном. Тогда на основе выражения (2) справедливы соотношения:

$$R_{i+1}^1 = 1 - (1 - R_i^1)(1 - R_i^2), i = 1, 2, \dots, N - 1, \quad (3)$$

$$R = 1 - (1 - R_N^1)(1 - R_N^2). \quad (4)$$

Подставляя последовательно выражение (3) в (4), получим следующую формулу для оценки уровня риска экономической несостоятельности:

$$R = 1 - (1 - R_1^1) \prod_{i=1}^N (1 - R_i^2). \quad (5)$$

Итак, если производственно-технологическая структура предприятия состоит из единственной однопродуктовой технологической цепочки, звенья которой соединены последовательно, то уровень риска экономической несостоятельности в предстоящем производственном цикле рассчитывается по формуле (5).

Получим теперь формулу для оценки уровня риска экономической несостоятельности предприятия с разветвленной производственно-технологической структурой. Данная структура характеризуется следующими признаками:

1. совокупностью связанных между собой технологических цепочек;
2. множеством производственных циклов с различной продолжительностью;
3. входной материально-денежный поток звена формируется выходными потоками, генерируемыми как предшествующими звеньями в данной цепочке, так и звеньями из других технологических цепочек.

Из этих признаков видно, что оценка уровня риска экономической несостоятельности в этом случае является более сложной задачей. Тем не менее, данная задача может быть сведена к разобранному выше случаю оценки уровня риска предприятия с однопродуктовой последовательной технологической цепочкой.

Пусть предприятие выпускает Q видов продукции. Тогда производственно-технологическую структуру условно можно представить в виде совокупности из Q однопродуктовых последовательных технологических цепочек. На рис. 2 представлена типичная схема подобной цепочки.

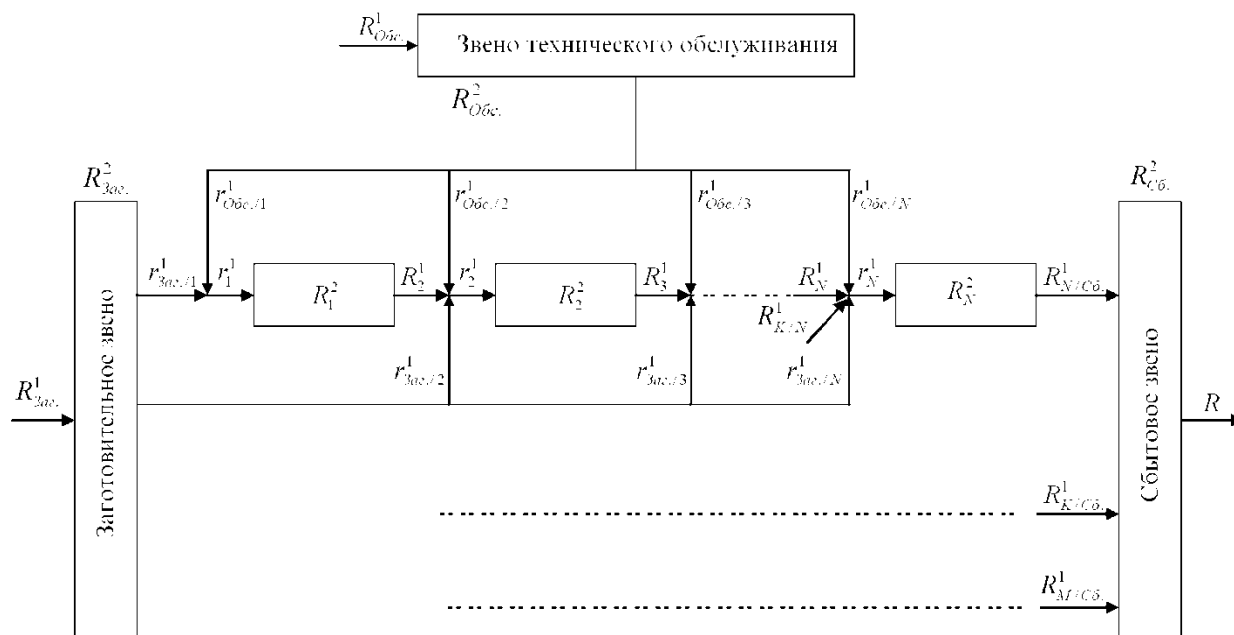


Рис. 2. Схема однопродуктовой цепочки, входящей в разветвленную производственно-технологическую структуру

Предполагается, что технологическая цепочка состоит из N производственных звеньев. Дополнительно с каждым производственным звеном связаны уровни привнесенного риска $r_{заг./k}^1$ и $r_{обс./k}^1$, генерируемого заготовительным звеном и звеном технического обслуживания, $k = 1, 2, \dots, N$. Деятельность заготовительного звена заключается в материально-техническом снабжении деятельности звеньев цепочки, а деятельность звена технического обслуживания состоит в проведении планового обслуживания оборудования и ремонта. Также с некоторыми звеньями данной цепочки могут быть связаны уровни привнесенных рисков, генерируемых деятельностью звеньев других технологических цепочек. В данном случае таким уровнем

риска является $R_{K/N}^1$. Уровень риска потерь данной цепочки $R_{N/Cб.}^1$, как и другие уровни рисков $R_{K/Cб.}^1$ и $R_{M/Cб.}^1$, является уровнем привнесенного риска для сбытового звена, занимающего реализацией готовой продукции. Тогда уровень риска экономической несостоятельности предприятия с разветвленной производственно-технологической структурой рассчитывается по формуле:

$$R = E \left(\frac{a_1 S_1^0 [1 - (1 - R_{1/Cб.}^1)(1 - R_{1/Cб.}^2)]}{a_1 S_1^0 + a_2 S_2^0 + \dots + a_Q S_Q^0} + \frac{a_2 S_2^0 [1 - (1 - R_{2/Cб.}^1)(1 - R_{2/Cб.}^2)]}{a_1 S_1^0 + a_2 S_2^0 + \dots + a_Q S_Q^0} + \dots + \frac{a_Q S_Q^0 [1 - (1 - R_{Q/Cб.}^1)(1 - R_{Q/Cб.}^2)]}{a_1 S_1^0 + a_2 S_2^0 + \dots + a_Q S_Q^0} \right) \quad (6)$$

Здесь S_i^0 – плановое значение выручки от реализации i -го вида продукции; a_i – положительные поправочные коэффициенты; $R_{i/Cб.}^1$ – уровень привнесенного риска сбытового звена, генерируемого i -ой цепочкой; $R_{i/Cб.}^2$ – уровень собственного риска сбытового звена, обусловленного деятельностью по реализации продукции i -ой цепочки, где $i = 1, 2, \dots, Q$. Поправочные коэффициенты a_i позволяют привести оценки разновременных величин потерь технологических цепочек к одному моменту времени. Для их расчета предлагается использовать следующую формулу

$$a_i = \frac{\max_{1 \leq i \leq Q} T_i}{T_i}$$

где T_i – продолжительность производственного цикла в i -ой цепочке.

Таким образом, оценка уровня риска экономической несостоятельности, согласно формуле (6), сводится к оценке уровней собственного риска $R_{i/Cб.}^2$ сбытового звена и к оценке уровней риска потерь $R_{i/Cб.}^1$ технологических цепочек.

Для оценки уровней риска $R_{i/Cб.}^2$ сбытового звена следует воспользоваться моделью оценки уровня собственного риска, рассмотренной выше и выраженной формулой (1).

Уровень риска потерь $R_{i/Cб.}^1$ соответствующей технологической цепочки может быть рассчитан с помощью соотношений (3) и (4). Однако в связи с тем, что в данном случае с каждым производственным звеном связано несколько уровней привнесенного риска, то необходимо сформировать агрегированную оценку уровня привнесенного риска. Для получения этой оценки предлагается использовать следующую формулу:

$$r_k^1 = \max(R_{k-1}^1, R_{K/N}^1, r_{Заг./k}^1, r_{Обс./k}^1) \quad (7)$$

Здесь R_{k-1}^1 – уровень риска, генерируемого предыдущими звеньями данной цепочки; $R_{K/N}^1$ – уровень риска, генерируемого звеньями других технологических цепочек; $r_{Заг./k}^1$ и $r_{Обс./k}^1$ – уровни риска, генерируемого деятельностью заготовительного звена и звена технического обслуживания. Выражение (7) имеет следующую экономическую интерпретацию: если со звеном связано несколько уровней привнесенного риска, например, уровни риска R_1^1, R_2^1, R_3^1 , то ресурсная обеспеченность этого звена в точности равна $(1 - \max(R_1^1, R_2^1, R_3^1))\%$. Тогда, с учетом выражения (7), соотношения (3) и (4) для оценки уровня риска потерь $R_{N/Cб.}^1$ рассматриваемой технологической цепочки запишутся в виде

$$r_{k+1}^1 = 1 - (1 - r_k^1), k = 1, 2, \dots, N - 1, \quad (8)$$

$$R_{N/Cб.}^1 = 1 - (1 - R_N^2)(1 - r_N^1). \quad (9)$$

Для оценки уровней риска потерь других цепочек, в частности $R_{K/Cб.}^1$ и $R_{M/Cб.}^1$, соотношения (3) и (4) модифицируются аналогично.

Таким образом, на основе выражения (7) и соответствующих модификаций соотношений (3) и (4) рассчитывается уровень риска потерь каждой цепочки, входящей в разветвленную производственно-технологическую структуру.

Подставляя полученные оценки уровней собственного риска $R_{i/Cб}^2$ сбытового звена и уровней риска потерь $R_{i/Cб}^1$ каждой технологической цепочки в формулу (6), найдем оценку уровня риска экономической несостоятельности предприятия в предстоящем производственном цикле. На этом завершается этап анализа риска.

Управление риском экономической несостоятельности, как отмечалось выше, сводится к управлению собственным риском каждого производственного звена. При этом антирисковые мероприятия должны быть направлены на снижение интенсивности проявления факторов риска звена. В работе [2] построена модель оценки уровня собственного риска звена в зависимости от объема средств, выделяемых на проведение антирисковых мероприятий. Эта модель основана на предположении, что вероятность $P(I(F_i) \geq l_\eta)$ проявления фактора риска F_i звена со значением интенсивности не ниже l_η удовлетворяет соотношениям

$$p_{l_\eta}^i(z) = P(I(F_i) \geq l_\eta) = A_{l_\eta}^i + \frac{B_{l_\eta}^i}{C_{l_\eta}^i z + 1},$$

где $A_{l_\eta}^i$, $B_{l_\eta}^i$, $C_{l_\eta}^i$ – положительные постоянные, подлежащие определению, z – объем средств, выделяемых на снижение интенсивности проявления фактора F_i , где $i = 1, 2, \dots, m$. В работе [2] с использованием методов экспертного оценивания, метода анализа иерархий, методов нелинейной оптимизации построена процедура оценки неизвестных значений параметров $A_{l_\eta}^i$, $B_{l_\eta}^i$, $C_{l_\eta}^i$. Вероятность $q_{l_\eta}^i$ проявления фактора риска F_i со значением интенсивности в точности равным l_η определяется следующими соотношениями:

$$\begin{cases} q_{l_\eta}^i \equiv q_{l_\eta}^i(z) = p_{l_\eta}^i(z) - p_{l_{\eta+1}}^i(z), & \text{если } \eta = 0, 1, 2, 3, 4, \\ q_{l_\eta}^i \equiv q_{l_\eta}^i(z) = p_{l_\eta}^i(z), & \text{если } \eta = 5. \end{cases}$$

Тогда формула (1) для оценки уровня собственного риска звена запишется в виде

$$R^2(z_1, z_2, \dots, z_m) = \frac{1}{S^0} \sum_{j=1}^k \frac{\Delta_j}{0.9} \sum_{i=1}^m w_{ij} \sum_{l_\eta \in I} l_\eta q_{l_\eta}^i(z_i) \quad (10)$$

где z_1, z_2, \dots, z_m – объемы средств, выделяемых на проведение антирисковых мероприятий по снижению интенсивностей проявления факторов риска F_1, F_2, \dots, F_m . Для оценки экономического эффекта от проведения антирисковых мероприятий на уровне звена используется разность между величиной предотвращаемых потерь и объемом сделанных затрат:

$$U(z_1, z_2, \dots, z_m) = S^0 [R^2(0) - R^2(z_1, z_2, \dots, z_m)] - (z_1 + z_2 + \dots + z_m). \quad (11)$$

Если для данных значений z_1, z_2, \dots, z_m величина $U(z_1, z_2, \dots, z_m)$ является положительной, то антирисковые мероприятия считаются эффективными. Фактически в (11) реализуется принцип разделения «стартового» $R^2(0)$ и «финального» $R^2(z_1, z_2, \dots, z_m)$ риска [1].

После проведения антирисковых мероприятий уровень риска экономической несостоятельности предприятия рассчитывается по рассмотренным выше формулам, в которых вместо «стартовых» уровней собственного риска учитываются «финальные» уровни собственного риска каждого звена. Экономический эффект рассчитывается аналогично выражению (11), т.е.

$$U(Z) = V^0 [R(0) - R(Z)] - Z,$$

где V^0 – плановый объем выручки в предстоящем производственном цикле, $R(0)$ и $R(Z)$ – «стартовый» и «финальный» уровни риска экономической несостоятельности, Z – объем средств на проведение антирисковых мероприятий. Если для данного значения Z величина $U(Z)$ является положительной, то мероприятия считаются эффективными. В противном случае, т.е. $U(Z)$ – отрицательна, необходимо внести изменения в программу проведения антирисковых мероприятий, например, увеличить (уменьшить) объем затрат Z . На этом завершается этап управления риском экономической несостоятельности.

Итак, рассмотрен теоретико-вероятностный подход к построению моделей количественного анализа этапов управления риском экономической несостоятельности. Перейдем теперь к нечетко-множественному подходу.

В рамках этого подхода формула для оценки уровня риска по некоторому показателю X запишется в виде

$$R_x = defuzz\left(\frac{X^0 - X}{X^0}\right), \quad (12)$$

где $defuzz(\cdot)$ – процедура дефаззификации, основанная, например, на центроидном методе. При этом X считается нечеткой величиной.

В рамках этого подхода, как следует из (12), модели количественного анализа фактически представляют собой нечеткое расширение соответствующих «четких» моделей.

Уровень риска экономической несостоятельности предприятия в предстоящем производственном цикле, как показано выше, зависит от уровней привнесенного и собственного риска каждого звена. Запишем основные формулы для оценки этих уровней риска [3].

Уровень привнесенного риска звена рассчитывается по формуле:

$$R^1 = 1 - \min\left(\frac{C_{X_1}}{X_1^0}, \frac{C_{X_2}}{X_2^0}, \dots, \frac{C_{X_n}}{X_n^0}\right). \quad (13)$$

Здесь C_{X_i/X_i^0} – центроид нечеткой величины X_i/X_i^0 , где X_i – возможное значение объема i -го ресурса, выраженное треугольным нечетким числом; X_i^0 – действительное число, определяющее плановое значение объема i -го ресурса, $i = 1, 2, \dots, n$. Предполагалось, что деятельность звена описывается производственной функцией Леонтьева.

Для оценки уровня собственного риска звена предлагается использовать следующую формулу:

$$R^2 = defuzz\left(\frac{1}{S^0} \sum_{j=1}^k \Delta_j \sum_{i=1}^m w_{ij} \sum_{l=0}^5 q_{N_l}^i N_l\right). \quad (14)$$

Здесь $q_{N_l}^i$ – степени уверенности эксперта(ов) в том, что в предстоящем производственном цикле фактор риска F_i проявится со значениями интенсивности N_l , где N_l – трапециевидные нечеткие числа, определенные в соответствии со шкалой Харрингтона.

Поскольку уровни привнесенного и собственного риска каждого производственного звена, рассчитанные по формулам (13) и (14), являются действительными числами, то для оценки уровня риска экономической несостоятельности предприятия в предстоящем производственном цикле могут быть использованы формулы, рассмотренные выше.

Управление риском экономической несостоятельности сводится к управлению собственным риском каждого производственного звена.

Пусть на проведение антирисковых мероприятий, целью которых является снижение интенсивностей проявления факторов риска F_1, F_2, \dots, F_m , выделены средства в объемах z_1, z_2, \dots, z_m . Тогда экономический эффект рассчитывается как

$$U(z_1, z_2, \dots, z_m) = S^0 \cdot defuzz \left(\frac{1}{S^0} \sum_{j=1}^k \Delta_j \sum_{i=1}^m w_{ij} \sum_{l=0}^5 (q_{N_l}^i|_0 - q_{N_l}^i|_{z_i}) N_l \right) - (z_1 + z_2 + \dots + z_m),$$

где $q_{N_l}^i|_0$ и $q_{N_l}^i|_{z_i}$ – степени уверенности эксперта(ов) до и после проведения антирисковых мероприятий. Если для данных значений z_1, z_2, \dots, z_m величина $U(z_1, z_2, \dots, z_m)$ является положительной, то антирисковые мероприятия считаются эффективными.

Аналогично оценивается экономический эффект от антирисковых мероприятий, проводимых в целом по предприятию.

В статье рассмотрен механизм формирования риска экономической несостоятельности промышленного предприятия. Для количественного анализа этапов управления этим риском разработаны вероятностные и нечетко-множественные модели. Опыт апробации моделей показал, что особое внимание следует уделять составлению схемы производственно-технологической структуры предприятия и схем иерархических структур формирования потерь производственных звеньев.

Список литературы

1. Качалов Р.М. Управление хозяйственным риском. М.: Наука, 2002. 192 с.
2. Строев С.П. Модели риск-менеджмента потерь отдельного подразделения промышленного предприятия / С.П. Строев, Т.Н. Русских, В.И. Тинякова // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. Т. 10. С. 32-46.
3. Строев С.П. Управление риском экономической несостоятельности промышленного предприятия с разветвленной производственно-технологической структурой / С.П. Строев, А.Б. Секерин, В.Д. Селютин // Управление риском. 2008. Т. 34. С. 72-84.

MATHEMATICAL MODELS FOR INSOLVENCY RISK MANAGEMENT OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

S.P. Stroeв
Cand. Sci. (Economy), associate professor
stroewsp@mail.ru
Orel

Orel State University named after
I.S. Turgenev

Abstract. The paper describes mathematical models for managing the enterprise insolvency risk. It is assumed that this risk is formed from two types of risks associated with the activities of each division of an enterprise. It is shown that the economic insolvency risk of an enterprise mainly involves reducing the level of the intrinsic risk of each production unit. Models for assessing the levels of introduced and intrinsic risks of a production unit, as well as the model for assessing the effectiveness of anti-risk measures are presented. To develop models for the analysis and management of the identified risks probabilistic-theoretical and fuzzy-multiple approaches are used.

Keywords: insolvency risk, risk modeling, probabilistic and fuzzy-multiple risk management models, optimization risk management models.

References

1. Kachalov, R.M. (2002). *Upravleniye khozyaystvennym riskom* [Business Risk Management]. Moscow: Nauka, 2002, 192 p.

2. Stroeв, S.P., Russkikh, T.N., Tinyakova, V.I. (2019). *Modeli risk-menedzhmenta poter' otdel'nogo podrazdeleniya promyshlennogo predpriyatiya* [Risk Management Models of Losses of Separate Divisions at an Industrial Enterprise]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya* [Modern Economics: Problems and Solutions], 10, 32-46. (In Russ., abstract in Eng)
3. Stroeв, S.P., Sekerin, A.B., Selyutin, V.D. (2008). *Upravleniye riskom ekonomicheskoy nesostoyatel'nosti promyshlennogo predpriyatiya s razvetvlennoy proizvodstvenno-tekhnologicheskoy strukturoy* [Risk Management of Economic Insolvency of an Industrial Enterprise with an Extensive Industrial and Technological Structure]. *Upravlenie riskom* [Risk Management], 34, 72-84. (In Russ., abstract in Eng.)

DOI: 10.24888/2500-1957-2021-2-98-108

УДК
004.89,
32.972

**ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ И АНАЛИЗУ ДАННЫХ
НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО
ОБУЧЕНИЯ**

Черномордов Сергей Викторович
аспирант
Chernomor96@list.ru
г. Елец

Опенкин Даниил Юрьевич
аспирант
openkin.study@mail.ru
г. Елец

Елецкий государственный университет
им. И.А. Бунина

Аннотация. Актуальной задачей является развитие подходов к моделированию и анализу данных на основе интеллектуальных алгоритмов. В данной работе рассматриваются вопросы построения и анализа математических моделей динамических систем с интеллектуальными компонентами. Рассмотрены вопросы применения метода главных компонент для решения задач машинного обучения, в частности, для решения задачи регрессии. Проанализированы примеры интеллектуального анализа данных с использованием набора данных «Ирисы Фишера».

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, набор данных «Ирисы Фишера», Python, метод главных компонент, машинное обучение.

Введение

В процессе количественных и структурных изменений информации в современном мире наибольшую актуальность приобретают задачи поиска релевантных методов получения, сбора, аккумулирования, обработки, передачи и распространения информации. В этой связи развитие сферы IT происходит гораздо быстрее, чем большинства более фундаментальных областей человеческого знания. Благодаря развитию цифровых технологий накопленные человечеством знания можно представить в виде данных. Таким образом, на первый план выходит Data Science – наука о данных, которая сочетает в себе такие области знания, как информатика, математика и системный анализ. Содержательной основой Data Science является обработка больших данных (Big Data), интеллектуальный анализ данных (Data Mining), статистические методы, методы искусственного интеллекта, включая машинное