

УДК 330.46

## **ОЦЕНКА РИСКА ПРЕДПРИЯТИЯ, ОСНОВАННАЯ НА ПРИМЕНЕНИИ НЕЧЕТКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

**Л.Н. Стребкова**

Новосибирский государственный технический университет

E-mail: strebkovaln@corp.nstu.ru

Разработан метод оценки общего уровня риска предприятия, имеющего небольшую историю деятельности, в основе которого лежит адаптивная нейронная сеть, основанная на системе нечеткого вывода. Предложенный способ характеризуется возможностью использования различных методов количественной и качественной оценки рисков. Также описан процесс анализа и оценки рисков, обеспечивающий подготовку обоснованных управленческих решений с учетом всех возможных рисков предприятия.

*Ключевые слова:* общий уровень риска предприятия, анализ и оценка риска, нейронная сеть, нечеткий логический вывод.

## **RISK ASSESSMENT OF ENTERPRISE BASED ON APPLICATION OF FUZZY NEURAL NETWORK**

**L.N. Strebkova**

Novosibirsk State Technical University

E-mail: strebkovaln@corp.nstu.ru

Method of assessment of a general risk level of enterprise with a small history of activity is developed. It is built upon the adaptive neural network based on the fuzzy inference system. The suggested method is characterized by feasibility of using various methods of qualitative and quantitative risk assessment. The process of analysis and assessment of risks, securing preparation of justified managerial decisions inclusive of all possible risks of an enterprise, is also described.

*Key words:* general risk level of enterprise, analysis and assessment of risk, neural network, fuzzy inference.

Под хозяйственным риском понимается риск, который несет предприятие, осуществляя производственную, маркетинговую, инвестиционную, финансовую, любые другие виды деятельности, в результате которых возможно неполное или неоднозначное достижение поставленных целей предприятия из-за недостатка информации, необходимой для принятия соответствующих управленческих решений [1].

В процессе принятия решений руководитель предприятия вынужден осуществлять выбор из нескольких альтернатив, которые должны быть также оценены с точки зрения их рискованности. Для того чтобы оценить уровень риска конкретного управленческого решения, следует провести качественный и количественный анализ простых рисков, дать обобщенную оценку хозяйственного риска предприятия и определить его приемлемый уровень.

Принимая любое управленческое решение, руководитель всегда должен делать выбор в условиях полной или частичной неопределенности. Так

как принятое в настоящий момент решение будет реализовано в будущем, которое невозможно спрогнозировать с высокой точностью. Изменение состояния рыночной среды, усиление конкуренции, отмены, переносы сделок, нарушения производственного цикла и т.п. – все эти альтернативы развития событий сложно заранее точно оценить, однако все же необходимо их учитывать в процессе планирования деятельности в качестве факторов рисков.

В процессе управления рисками предприятия особое внимание должно быть уделено анализу и оценке рисков. Многие предлагаемые методы оценки риска ориентированы на использование большого объема данных, однако часто предприятие не располагает по тем или иным хозяйственным ситуациям статистически значимой выборкой. Более того, даже при наличии необходимого количества архивной информации существуют сложности в применении статистических методов к оценке рисков. Во-первых, зависимости уровня риска от значений факторов не всегда линейны, это затрудняет использование, например, симплекс-метода. Во-вторых, при оценке риска предполагается построение многомерной статистической модели, которая подразумевает гауссовское распределение наблюдений, что маловероятно при решении практических экономических задач.

Таким образом, необходим инструментарий, с помощью которого можно было бы построить некую модель на основе имеющейся информации. С этой задачей справляются нейронные сети, позволяющие на основе большого количества данных, которые могут иметь неявные взаимосвязи и нелинейные зависимости, определить характер этих взаимозависимостей и построить соответствующую модель, которую можно будет использовать для целей прогнозирования как финансово-экономических показателей, так и для оценки степени риска [4].

В качестве входных параметров нейронной сети можно использовать данные как в числовой, так и в лингвистической форме, так как помимо точно определенных показателей необходимо учитывать и экспертные мнения, вероятностные оценки и т. д. Вот чем обусловлено применение теории нечетких множеств, которая также позволяет проводить анализ неоднородных и недостаточных выборок, что особо актуально в условиях дефицита информации.

В процессе оценки риска предприятия учитывается разнородная, не всегда точная и статистически значимая информация, поэтому будет целесообразно применение технологии нейронных сетей в сочетании с теорией нечетких множеств. Более того, возможна ситуация, когда по одному параметру предприятие имеет хорошее положение, а по другому имеет среднюю или даже плохую позицию. В таком случае сворачивание этих показателей в некоторую интегральную оценку может привести к потере информации и невозможности ее адекватной интерпретации. Здесь найдет применение адаптивная нейронная сеть, основанная на системе нечеткого вывода.

**Нечеткий логический вывод как основа оценки риска предприятия.** Итак, необходимо оценить общий риск предприятия, т.е. риск недостижения главной стратегической цели, в данном случае – риск недополучения запланированного уровня прибыли. Допустим, что определены цели функционирования основных подсистем предприятия, а также известны данные,

характеризующие риск невыполнения названных целей. Предлагается определить уровень хозяйственного риска предприятия, осуществив нечеткий логический вывод двумя способами:

- 1) использование системы вывода типа Мамдани;
- 2) применение нечеткой нейронной сети вида ANFIS.

#### 1. *Использование системы вывода типа Мамдани.*

Проявление следующих факторов оказывает существенное влияние на риск недополучения прибыли ( $Y$ ):

1. Перебои в производстве продукции ( $X_1$ ).
2. Несохранность готовой продукции ( $X_2$ ).
3. Необеспеченность производства материальными ресурсами ( $X_3$ ).
4. Трудности реализации готовой продукции ( $X_4$ ).
5. Плохая организация доставки ( $X_5$ ).

Необходимо построить нечеткую систему типа Мамдани в диалоговом режиме с помощью модуля Fuzzy Logic Toolbox среды MATLAB [6]. Для этого следует указать диапазон изменения и функции принадлежности переменных  $X_1 - X_5$ . Для лингвистической оценки этих переменных можно использовать 3 термина с треугольными функциями принадлежности, нужно задать также наименования этих термов. Аналогичную процедуру необходимо осуществить для выходной переменной  $Y$ : для лингвистической оценки этой переменной можно использовать 5 термов с треугольными функциями принадлежности, а также следует определить диапазон изменения ее значений.

Далее руководством предприятия должны быть сформированы правила нечеткого вывода, характеризующие зависимость результирующей переменной от значений входных данных. То есть, опираясь на историю деятельности предприятия, а также экспертные оценки специалистов, необходимо определить, какому уровню хозяйственного риска предприятия какие значения факторов риска соответствуют. В результате такого анализа были сформулированы 34 правила, которые могут быть зафиксированы в системе с помощью редактора базы знаний [6].

Для того чтобы осуществить оценку уровня риска на основании известных значений влияющих факторов, нужно вызвать окно визуализации с помощью команды View rules... и ввести в поле Input значения входных переменных, на основе которых будет выполнен нечеткий логический вывод. Результат будет представлен как в точной числовой форме, так и в лингвистической.

#### 2. *Применение нечеткой нейронной сети вида ANFIS.*

Рекомендуемая нечеткая нейронная сеть ANFIS типа Сугэно позволяет минимизировать отклонения между результатами нечеткого моделирования и экспериментальными данными [2].

Целью задачи является определение уровня хозяйственного риска предприятия на основании фактических данных о деятельности предприятия, в частности о пяти выбранных факторах риска. Причем по показателям  $X_3$  и  $X_4$  имеются точные данные, выраженные вероятностью возникновения данных рисков. По остальным рискам оценки возможности их возникновения и влияния на результирующий показатель – общий риск предприятия – заданы в лингвистической форме.

Для определения уровня хозяйственного риска предприятия с помощью аппарата нечетких нейронных сетей ANFIS-редактора среды MATLAB также необходимо для выходной переменной  $Y$  – «Уровень риска» и для каждого из показателей  $X_i, i = 1 \dots 5$  выбрать соответствующий тип функций принадлежности и их количество [6].

Данные представлены в виде таблицы, состоящей из 6 столбцов: первые 5 столбцов соответствуют значениям входных переменных, последний – результирующему показателю – уровню риска. Часть выборки используется для обучения сети, оставшаяся часть – для тестирования. Размер обучающей выборки: 60. Размер тестовой выборки: 15.

Предлагается использовать гибридный алгоритм обучения, который представляет собой комбинацию метода наименьших квадратов и метода убывания обратного градиента для обучения параметров функции принадлежности.

Тип функции принадлежности выходной переменной: константа. Количество функций принадлежности: 5. Тип функций принадлежности для всех входных переменных: симметричная гауссовская как наиболее гибкая и универсальная. Количество функций принадлежности: 3.

В результате обучения сеть сформулировала 243 правила и довольно близко аппроксимировала истинный выход, по крайней мере, в большинстве наблюдений (рис. 1). Тестирование прошло весьма успешно: все значения, полученные сетью, достаточно близки к истинным, особенно при переводе в лингвистическую форму.

Относительно использования того или иного способа логического вывода можно заключить следующее:

– в случае крайне ограниченной выборки, но при наличии экспертного мнения, опыта, интуиции, какой-либо другой неформализованной информации, что позволяет выстраивать причинно-следственные связи, целесообразно применять нечеткий вывод Мамдани;

– если же на предприятии имеется достаточно сведений об особенностях и результатах деятельности, однако очень сложно однозначно установить тип связи факторов с общим уровнем риска, то имеет смысл воспользоваться нейро-нечеткой сетью, которая сама на основе реальных данных сформулирует правила вывода.

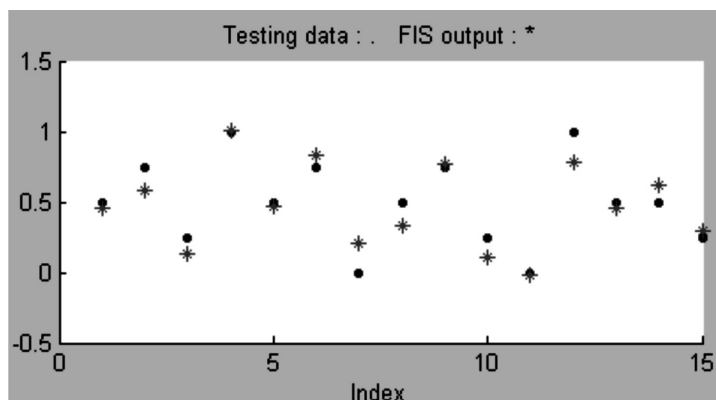


Рис. 1. Тестирующая выборка (•) и результаты моделирования (\*)

**Алгоритм оценки общего уровня риска предприятия.** В условиях производственного предприятия управление хозяйственным риском основывается на понятии приемлемого риска, постулирующего возможность рационального воздействия на уровень риска, доведения его до приемлемого значения и удержания этого уровня в допустимых границах. В связи с этим особое значение имеет анализ всего того, что так или иначе соотносится с рисками предприятия, а также установление механизма расчета уровня риска, представляющего собой некую интегральную оценку, и определение уровня приемлемого риска [1].

Руководство предприятия имеет вариант какого-либо планируемого хозяйственного решения, который необходимо проверить на рискованность. Так называемое пробное решение, которое может быть описано конкретными планируемыми показателями деятельности, оценивается с учетом информации о конъюнктуре рынка, об уровне спроса, инфляции, об имеющихся ресурсах и других факторах, оказывающих влияние на деятельность предприятия; эти данные в модели оценки общего уровня риска названы переменными состояния. При анализе рисков используется информация о нынешней и прошлой деятельности предприятия и об уровне риска в предыдущие периоды.

Предлагаемый подход демонстрирует простоту процедуры анализа рисков предприятия и позволяет реализовать методiku анализа и оценки рисков на конкретном предприятии, с учетом особенностей его хозяйствования. Алгоритм оценки риска предприятия может быть представлен в виде следующих взаимосвязанных функций (рис. 2):

- 1) сбор и подготовка данных;
- 2) настройка системы нечеткого логического вывода;
- 3) определение интегрального показателя риска предприятия [5].

В качестве основного хранилища данных выступает база данных предприятия, а внешними сущностями, оказывающими непосредственное влияние на процесс анализа и оценки риска, – руководство и среда функциони-

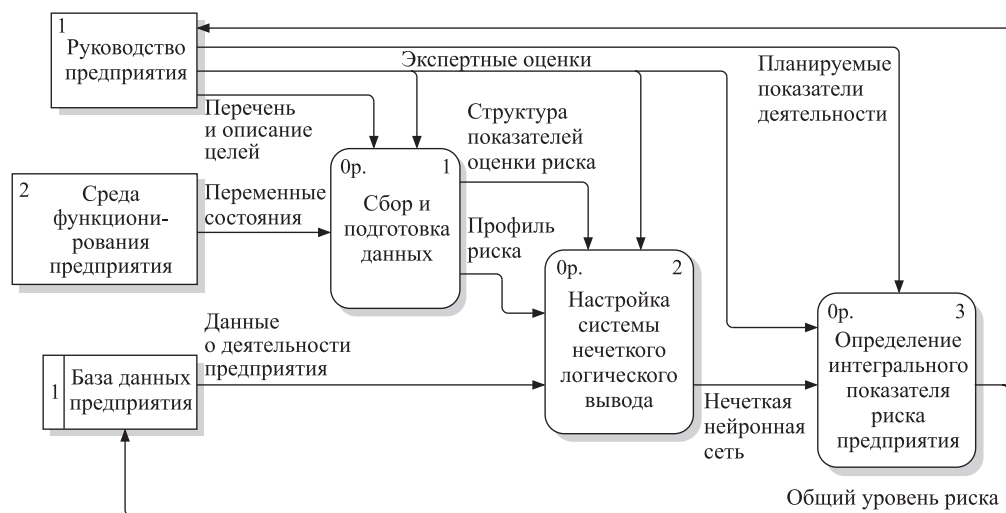


Рис. 2. Модель оценки общего уровня риска предприятия

онирования предприятия. В качестве руководства предприятия может выступать как один человек, собственник и директор фирмы в одном лице, так и несколько, например, директор и начальники соответствующих отделов. Под средой функционирования предприятия понимаются и внешние, и внутренние факторы его деятельности: взаимодействие с поставщиками, потребителями, конкурентами, особенности применяемых технологий производства, кадровый состав и т. д.

1. *Сбор и подготовка данных.* Руководство в соответствии с текущим состоянием деятельности предприятия и его окружения определяет цели, которые должны быть достигнуты в плановый период. То есть на основании перечня и характеристик устанавливаемых целей, переменных состояния и данных о деятельности предприятия формируется перечень актуальных целей для предприятия в целом и каждого из его подразделений в отдельности.

Затем происходит выявление и ранжирование возможных рисков событий, которые могут сопровождать реализацию планируемого управленческого решения. Итогом данной операции будет перечень факторов риска, соответствующий определенным целям и/или подразделениям предприятия.

Исходя из поставленных целей и связанных с их достижением факторов риска, выстраивается профиль риска предприятия, представляющий собой базовый набор факторов риска, который следует упорядочить по последовательности наступления рисков событий.

Далее определяется совокупность показателей оценки рисков, которая будет использоваться при последующей оценке. А именно подбор методики и инструментов анализа и оценки, выбор показателей, отражающих состояние факторов риска, разработка шкал и процедур измерения, определение источников и каналов получаемых показателей и как результат – синтез системы показателей оценки рисков.

Итак, на этапе сбора и подготовки данных осуществляется определение исходной ситуации, анализ факторов риска и выявление возможных рисков, в том числе указание факторов риска, действие которых станет более вероятным или существенным в случае принятия предлагаемого решения или реализации намеченной стратегии. Все операции осуществляются с учетом экспертного мнения руководства, а их результаты сохраняются в базе данных предприятия.

2. *Настройка системы нечеткого логического вывода.* В соответствии с профилем риска и структурой показателей оценки риска осуществляется выборка архивных данных о деятельности предприятия, которые будут использоваться для формирования правил нечеткого вывода. На основе данных о факторах риска и результатах деятельности предприятия в прошлые периоды руководство определяет для каждого из анализируемых показателей соответствующие функции принадлежности, их количество и вид.

Наконец, руководство предприятия на основании архивных данных и установленных функций принадлежности разрабатывает правила нечеткого вывода для факторов риска более высокого уровня, если это необходимо. В соответствии с полученными правилами нечеткого логического

вывода производится оценка факторов риска более высокого уровня, которые не удалось оценить иначе.

Используя фактические данные о факторах и общем уровне риска деятельности предприятия, формируется нечеткая нейронная сеть, которая будет сохранена в базе данных и послужит основой для дальнейшего определения интегрального риска реализации планируемых действий.

3. *Определение интегрального показателя риска предприятия.* Планируемые руководством показатели деятельности предприятия сопряжены с соответствующими факторами риска, значения которых и определяются на данном этапе. Происходит решение задачи с помощью нечеткой нейронной сети, на вход которой подаются предполагаемые значения факторов риска. В итоге нейро-нечеткая сеть выдает результат оценки – точное значение итогового показателя риска.

Изменение параметров сети производится в том случае, если есть в этом необходимость. Например, могут быть скорректированы функции принадлежности, нейросеть дополнена правилами вывода или просто изменены планируемые значения факторов риска. Затем на основе уточненных данных снова определяется уровень риска.

В заключение необходимо интерпретировать полученный результат. В ходе выполнения данной операции происходит преобразование точной оценки риска в лингвистическую, сравнение с уровнем приемлемого риска, если он определен, а также с результатами предыдущих оценок. Получившееся значение общего уровня риска предприятия предоставляется руководству, заносится в базу данных и учитывается при последующих актах оценки риска, а также при анализе динамики уровня риска предприятия [5].

Предлагаемая процедура оценки интегрального уровня риска может осуществляться регулярно, в зависимости от деятельности конкретного предприятия это может быть еженедельно, ежемесячно, ежеквартально, а также при необходимости, если нужно проверить на риск какой-то вариант планируемых действий. В качестве итога анализа риска выступает оценка размера возможных потерь, которые могут возникнуть в результате принятия управленческого решения, а также список факторов рисков, которые могут проявиться с большей вероятностью.

Для того чтобы внедрить предлагаемую систему оценки рисков на конкретном объекте, необходимо проанализировать существующий на предприятии подход к управлению рисками, пересмотреть процедуру анализа и оценивания рисков и адаптировать предложенный алгоритм под специфику хозяйственной деятельности предприятия. В итоге должна быть разработана модель необходимого информационного обеспечения и проведена реорганизация связанных с оцениванием рисков информационных потоков.

Такой способ оценки рисков может служить для выработки стратегических, тактических и оперативных решений и быть использован на любом предприятии при планировании и осуществлении деятельности разного рода, особенно с высокой степенью неопределенности, например, выбор нового направления деятельности, производство нового товара, освоение новых рынков.

### Литература

1. Качалов Р.М. Управление хозяйственным риском. М.: Наука, 2002. 192 с.
2. Леоленков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 736 с.
3. Лесных В.В., Литвин Ю.В. Методика интегральной оценки рисков событий по качественно и количественно заданным факторам // Управление риском. 2012. № 2. С. 67–72.
4. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия–Телеком, 2007. 452 с.
5. Стребкова Л.Н. Маркетинговые исследования в оценке предпринимательских рисков: автореф. дис. ... канд. экон. наук. СибУПК. Новосибирск, 2012. 20 с.
6. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1> (дата обращения: 10.07.2014).

### Bibliography

1. Kachalov R.M. Upravlenie hozjajstvennym riskom. M.: Nauka, 2002. 192 p.
2. Leolenkov A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb.: BHV-Peterburg, 2003. 736 p.
3. Lesnyh V.V., Litvin Ju. V. Metodika integral'noj ocenki riskovyh sobytij po kachestvenno i kolichestvenno zadannym faktorom // Upravlenie riskom. 2012. № 2. P. 67–72.
4. Rutkovskaja D., Pili'n'skij M., Rutkovskij L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. M.: Gorjachaja linija–Telekom, 2007. 452 p.
5. Strebkova L.N. Marketingovye issledovanija v ocenke predprinimatel'skih riskov: avtoref. dis. ... kand. jekon. nauk. SibUPK. Novosibirsk, 2012. 20 p.
6. Shtovba S.D. Vvedenie v teoriju nechetkih mnozhestv i nechetkiju logiku. URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1> (data obrashhenija: 10.07.2014).