

И.В. КОЧУРА,

Донецкий национальный технический университет

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ РИСКОВ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ШАХТ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА

Угольная промышленность Украины является одним из решающих звеньев энергетической и сырьевой независимости государства. Чтобы достигнуть энергетической безопасности и уменьшить зависимость Украины от импортных углеводородов, важно максимально использовать запасы угля, составляющего 90% ископаемого топлива государства. Это означает, что построение в Украине социально-ориентированной рыночной экономики невозможно без устойчивого развития топливно-энергетического комплекса и в частности угольной промышленности.

Вместе с тем указанная отрасль характеризуется своей спецификой, связанной с подземным способом добычи угля, и целым спектром проблем, которые достались ей в наследство от командно-административной системы. Главными из них являются: высокая степень изношенности оборудования, отставание подготовительных работ от очистных, высокая трудоемкость и опасность ведения работ, несвоевременные расчеты между потребителями, высокая чувствительность отрасли к колебаниям политической конъюнктуры, законодательным решениям и другие.

Общая политическая и экономическая нестабильность, снижение инвестиций в промышленность, социальная напряженность, отсутствие достаточной правовой базы и эффективной системы управления особо отражаются на деятельности сырьевых отраслей. Как следствие этого, возникают ситуации неопределенности, риск недостижения желаемых результатов.

В связи с особенностями угольной промышленности, такими как изменчи-

вость и иногда непредсказуемость горно-геологических условий, нестационарность предмета труда, условий труда и места работы, эта отрасль имеет высший уровень риска, по сравнению с другими отраслями экономики.

В этих условиях особо важным становится повышение надежности и стабильности функционирования угольных предприятий. Одним из значительных аспектов этой проблемы является оценка рисков деятельности предприятий и устойчивость их работы по отношению к изменениям внешних и внутренних экономических факторов.

Для отечественной экономической науки проблема оценки и управления рисками относительно нова. В ряде работ таких отечественных и зарубежных авторов, как М.В.Грачева [3], Г.В.Чернова, Н.Т.Машина [1], В.В.Шеремет, А.А.Петросов, К.С.Мангуш [4] и др. рассматриваются вопросы исследования рискованных ситуаций и методы их анализа и управления ими. Однако условия экономики переходного периода выдвигают новые требования к методам надежности работы предприятия, одним из которых является более полная, детальная оценка влияния факторов риска. На основании этого целью статьи является разработка прогнозной модели влияния факторов риска на основные технико-экономические показатели работы угледобывающих предприятий

В настоящее время существует много методов количественной оценки рисков. Основные методы оценки, их достоинства и недостатки представлены в таблице 1.

© И.В. Кочура, 2005

Таблица 1.

Методы оценки рисков

Метод	Достоинства	Недостатки
Статистический	Высокая достоверность, основанная на теории распределения случайных величин	Необходим значительный объем статистической информации. Не позволяет проанализировать источники возникновения рисков.
Экспертных оценок	Возможность анализа риска при ограниченном количестве информации в условиях нестабильности конъюнктуры	Субъективный характер оценки, обусловленный индивидуальными суждениями экспертов.
Дерево решений	Наглядность, доступность, последовательность проведения	Резкое увеличение возможных альтернативных вариантов развития ситуации в условиях нестабильной экономики, что приводит к нагромождению и снижению эффективности оценки
Имитационное моделирование	Высокая точность результатов. Возможность быстрого реагирования на непредвиденные изменения	Сложность проведения. Необходимость специального программного обеспечения. Слабый анализ источников рисков.
Игровые модели	Хорошо разработанная методика анализа. Выбор оптимального варианта из имеющихся альтернатив.	Ориентация на оптимизацию показателей при недостаточном анализе факторов риска.

Предложенные на настоящее время количественные оценки рисков [1,2,3,4,5] не могут детально и всесторонне оценить риски угольных предприятий из-за наличия специфических особенностей. Это выбросоопасность и газообильность пластов, наличие горно-геологических нарушений, вредные и опасные условия труда, необходимость наличия специального опыта работы у работников и руководящего состава, частые сбои материально-технического снабжения, несовершенство политики государства в отношении данной отрасли.

Поэтому оценка и прогнозирование рисков функционирования угледобывающих предприятий являются актуальной научной задачей.

В предыдущих работах на основе экспертного опроса [6], [7] была выявлена весомость наиболее вероятных рисков, возникающих на угольных шахтах. В данной статье оценка представлена в укрупненном виде по группам рисков ситуаций в таблице 2.

Таблица 2

Оценка весомости групп рисков ситуаций на угольных предприятиях

Название групп рисков ситуаций	Весомость, доли единиц
Организационно-управленческие риски	0,35
Природные риски	0,06
Производственно-технологические	0,196
Финансово-кредитные риски	0,172
Социальные риски	0,095
Государственно-политические риски	0,095
Экологические риски	0,032

Также были выявлены главные факторы, образующие эти рисковые ситуации и оказывающие случайное влияние на деятельность предприятия, на основе которых была построена причинно-следственная связь влияния факторов риска на основные технико-экономические показатели угольных предприятий [8](рисунок 1). Именно эти факторы должны учитываться в качестве входных или внутренних переменных в будущей модели зависимости основных показателей угольного предприятия от факторов риска. При достаточно полном учете указанных факторов создается предпосылка к разработке надежной модели, которая будет давать достоверную оценку или прогноз деятельности предприятия. Для угольных шахт основными причинами возможного снижения добычи и увеличения себестоимости являются организационно-управленческие, природные, финансовые и политические риски и факторы их обуславливающие.

В данном случае мы не можем точно определить вид связей между факторами влияния и результатами деятельности предприятия, что еще раз подчеркивает невозможность применения вышеперечисленных количественных методов оценки риска и обоснование применения специального метода, позволяющего каким-то образом оценить эти связи. В качестве такого метода можно рассмотреть новый, но уже достаточно популярный в нашей стране метод – нейросетевое моделирование. Нейронные сети могут применяться там, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации или управления. Такой успех определяется следующими достоинствами нейронных сетей:

- нейронные сети - исключительно мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости;

- нейронная сеть используется тогда, когда неизвестен точный вид связей между входами и выходами;

- каждый нейрон нейросети, как пра-

- вило, связан со всеми нейронами предыдущего слоя обработки данных, что является основным отличием формальных нейронов от базовых элементов последовательных ЭВМ, имеющих лишь два входа;

- нелинейность выходной функции активации принципиальна и значительно увеличивает ее предсказательную способность;

- нейронные сети справляются с «проклятием размерности», которое не позволяет моделировать линейные зависимости в случае большого числа переменных;

- нейронные сети учатся на примерах, то есть пользователь сети подбирает представительные данные, а затем запускает алгоритм обучения, который автоматически воспринимает структуру данных.

На основе вышесказанного, влияние факторов риска на основные технико-экономические показатели работы угольного предприятия целесообразно представить в виде нейросетевой модели.

Алгоритм нейросетевого анализа выглядит следующим образом:

- § Подготовка входных и выходных данных для нейросети и установление между ними логической связи;

- § Нормирование данных и их предобработка;

- § Ввод данных и обучение нейросетей с различной архитектурой;

- § Отбор оптимальных сетей;

- § Проверка сети на данных, не задействованных в обучении;

- § Оценка значимости предсказаний.

Начальным и важным этапом построения модели является сбор данных для построения модели. Обычно обучающие данные берутся из исторических статистических сведений. Прежде всего, мы должны определиться с количеством входных данных (нейронов), промежуточного слоя и выходных. Рассмотрим каждую из переменных, которая по идее должна войти в модель в качестве входных данных.

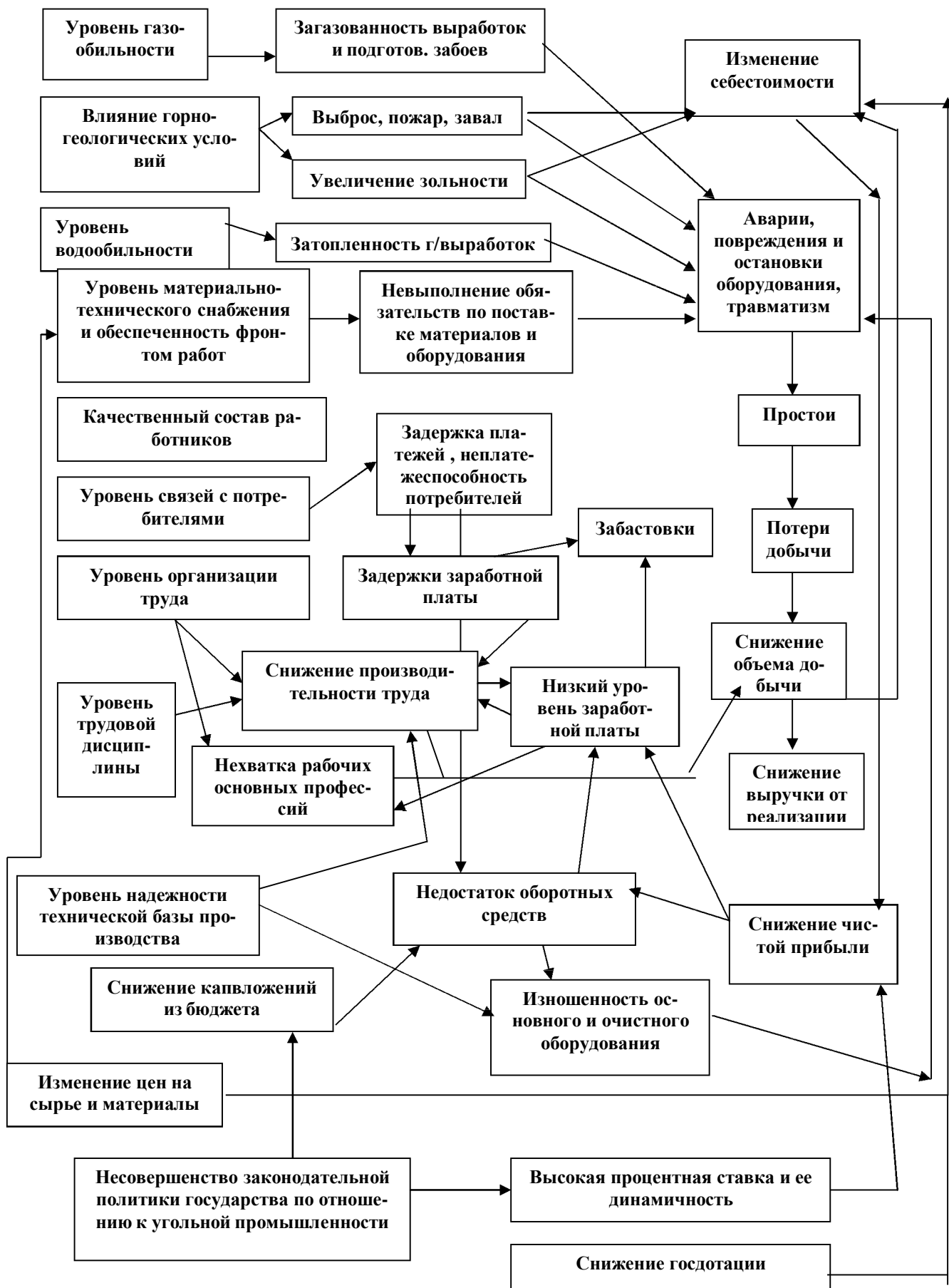


Рисунок 1. Причинно-следственная связь влияния факторов риска на основные технико-экономические показатели угольных предприятий

Учитывая максимальное единодушное экспертов в значительной весомости природных рисков [7], а также тот факт, что факторы, их определяющие, являются одними из основных причин возникновения рисков, мы можем рассмотреть их в качестве первых входных переменных. В качестве факторов нами рассматривались газообильность, наличие горно-геологических нарушений и влияние горного давления на состояние выработок, а также их обводненность по 12 шахтам ОАО «Донецкуголь» [9]. Также была использована специальная форма статистической отчетности о случаях простоев и количестве потерь добычи в связи с этими факторами. Как видно из схемы, влияние этих факторов приводит к пожарам, завалам, загазованности и затопленности забоев и выработок, что влечет за собой повреждение или порчу оборудования, травматизм и остановки в работе, а это приводит к потерям добычи в натуральном и стоимостном выражении, увеличение себестоимости и в конечном итоге к потерям прибыли. Исходя из этого можно утверждать, что газообильность и наличие горно-геологических нарушений могут претендовать на 2 входящие переменные. Фактор обводненности практически не имеет влияния на результаты деятельности предприятия, то есть им в данном случае можно пренебречь.

Группа организационно-управленческих рисков является самой весомой по сравнению с остальными группами рисков в нашем исследовании. Попытаемся отобрать среди них наиболее влиятельные риски или факторы, их определяющие, на результаты деятельности предприятия. Итак, на основании экспертного опроса в группе организационно-управленческих рисков наиболее весомыми являются риски несоблюдения планов расходов, доходов, добычи и др. показателей; снабженческие риски и риски, связанные непосредственно с человеческим фактором. Можно сказать, что риски несоблюдения планов выполнения основных экономических показателей работы предприятия являются производными от других рисков. Поэтому этот фак-

тор не может претендовать на входящую переменную в модели.

Несвоевременная поставка материалов, запчастей, энергии и т.д. грозит остановками работы подготовительных и очистных забоев, что приводит к потерям добычи и прибыли. Нельзя не учесть тот факт, что остановка подготовительных забоев в дальнейшем может привести к необеспеченности фронтом работ для очистных забоев, так как для многих шахт необходимо опережение подготовительных выработок. На основании статотчетности о случаях простоев и потерь добычи в связи с плохой организацией материально-технического снабжения и необеспеченности фронтом работ получаем третью переменную сети.

Хочется особо остановиться на рисках, связанных с человеческим фактором. По данным статистики 90 процентов всех крупных аварий на угольных шахтах произошли по вине персонала и только 10 процентов из-за действия объективных факторов. Это в основном риски управления (риски целеполагания, маркетинга, менеджмента) и риски, связанные с ошибочными действиями самого персонала. Риски управления оценить довольно таки сложно по сравнению с рисками, связанными с ошибочными действиями персонала. Тем не менее это возможно, воспользовавшись данными о качественном составе работников (уровень образования, наличие опыта работы, возрастной состав и другие данные), а также данными о случаях и потерях добычи в связи с ошибочными действиями персонала.

Еще один немаловажный фактор – это значительное снижение привлекательности труда угольщиков. Этот фактор можно выразить оттоком рабочих и специалистов из угольной отрасли, особенно рабочих основных профессий (ГРОЗ и проходчиков), которые занимаются непосредственно процессом производства. Неукомплектованность штата рабочими основных профессий неминуемо ведет к снижению добычи.

Имеем еще три входные переменные, связанные с человеческим фактором

влияния на основные результаты работы предприятия.

Следующая по весомости группа рисков – это производственно-технологические риски. Наиболее весомый риск в этой группе – риск остановки оборудования, в связи с моральным и физическим износом основного и вспомогательного оборудования. Оценить его можно с помощью данных о случаях остановок и потерь добычи в связи с ненадежностью работы оборудования.

В группе финансово-кредитных рисков ситуаций наиболее весомыми являются риски неплатежей или задержки платежей потребителями и риски, связанные с недостатком оборотных средств. Последние являются следствием плохой работы предприятия, а также результатом государственной политики по отношению к угольной отрасли. Система отношений с потребителями может быть оценена просроченной дебиторской задолженностью. Дебиторская задолженность является одной из причин недостатка оборотных средств, что влечет ухудшение уровня материально-технического снабжения, задержки по заработной плате и другим обязательным платежам, что грозит штрафами различных инстанций. Задержки по заработной плате безусловно снижают мотивацию труда и производительность, что сказывается на потерях добычи и прибыли. Это подтверждает введение фактора задержки платежей потребителем в качестве переменной в нашу модель.

Несмотря на то, что риск роста цен на сырье и материалы имеет меньшую весомость по сравнению с предыдущими рисками этой группы, все же влияние этого фактора даже при удовлетворительной работе угольного предприятия может сыграть роль в снижении уровня материально-технического снабжения, увеличении себестоимости и уже через это повлиять на снижение добычи и прибыли. Имеем еще одну переменную модели.

Нельзя принизить весомость группы социальных рисков. Но по своему смыслу

они не являются первопричинами, а, как правило, являются следствием сложившейся ситуации как на предприятии, так и в обществе в целом. Поэтому они будут находиться в так называемом «черном ящике» модели.

Для многих отраслей, в том числе и для угольной государственно-политические риски являются наиболее влиятельными, так как причины многих рисков зависят именно от деятельности правительства, выраженного в его законах, инвестиционного климата страны, а также режима приоритетности той или иной отрасли. Несмотря на влиятельность этого фактора риска, его очень трудно оценить количественно, тем более что динамика фактора может проявляться не сразу, а через какое-то время, что может сыграть роль в искажении модели. Таким образом, государственно-политический риск не войдет в нашу модель.

Учитывая неэкологическую направленность исследования и незначительное количественное влияние экологического фактора на основные показатели работы предприятия, было принято решение им пренебречь.

Таким образом, имеем 9 входящих переменных или нейронов. Учитывая, что сеть является обучающей системой, необходимо выбрать также и данные на выходе. Согласно причинно-следственной связи (рисунок 1) такими данными могут стать добыча, выручка от реализации и себестоимость 1 тонны добычи.

Определение числа промежуточных слоев и числа элементов в них является важным вопросом при конструировании сети. Было проведено исследование, при котором изменялось количество нейронов в промежуточном слое сети. В итоге выбрана сеть с 10 нейронами в промежуточном слое на основании минимальной ошибки прогноза при обучении.

Определившись с количеством входных, внутренних и выходных переменных строим нейронную сеть (рисунок 2).

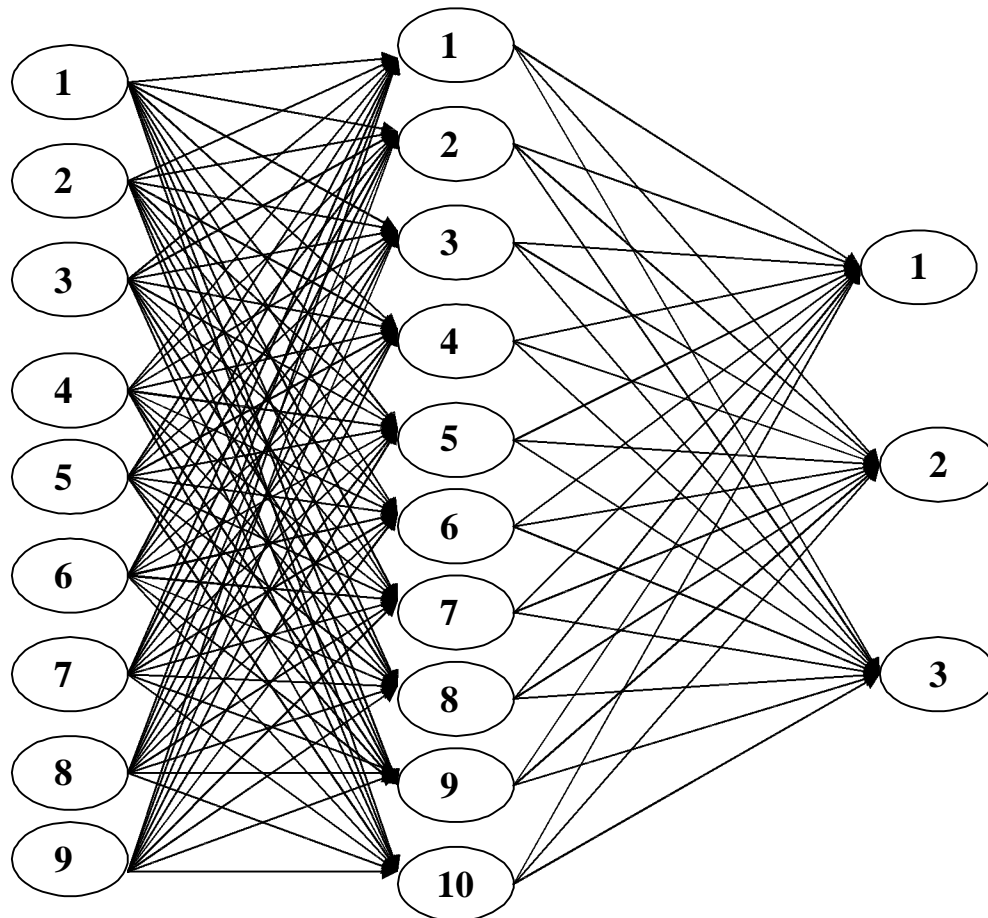


Рисунок 2 - Нейросетевая модель влияния факторов риска на основные показатели работы угольных предприятий

Расшифровка нейронов входящего слоя:

- 1 - уровень газообильности;
- 2 - уровень влияния горно-геологических условий;
- 3 – уровень материально-технического снабжения и обеспеченность фронтом работ;
- 4 - уровень укомплектованности штата работниками основных профессий;
- 5 – уровень квалификации персонала (качественный состав работников);
- 6 – нарушения ТБ, технологий и др. ошибочные действия персонала;
- 7 – уровень надежности технической базы производства;
- 8 – уровень резервирования оплаты и средств производства (наличие просроченной дебиторской задолженности);
- 9 – уровень изменения цен на сырье и материалы;

Расшифровка нейронов выходящего слоя:

- 1 – уровень выполнения плана добычи;
- 15 – уровень выполнения выручки от реализации;
- 16 – себестоимость на 1 тонну добычи.

Нейросетевые алгоритмы работают только с числовыми значениями, причем они должны быть приведены в масштаб, подходящий для сети. Данные на входе и выходе нейросети могут быть совершенно

разнородными величинами. Чтобы сеть трактовала их значения единообразно, все входные и выходные величины должны быть нормированы, т.е. приведены к единому – единичному масштабу и находится

в отрезке от 0 до 0,9.

Немаловажный вопрос – отбор данных или наборов наблюдений. Обучающие и тестовые множества наблюдений должны быть репрезентативными или представительными с точки зрения существа задачи. Для того, чтобы сеть могла работать результативно, ее следует обучать на данных, где бы присутствовали наиболее разнообразные условия и характеристики. В нашем случае взяты данные с угольных шахт различных по газовому фактору, горно-геологическим условиям, уровню материально-технического снабжения, уровню квалификации, аварийности и другим факторам. Также был решен вопрос о наборе наблюдений, которые нужны для обучения сети. Известен ряд эвристических правил, увязывающих число необходимых наблюдений с размерами сети. Простейшее гласит, что число наблюдений должно быть как минимум в десять раз больше количества нейронов в сети, то есть рассматривалось 225 наборов наблюдений. Также для проверки независимых наблюдений, которые не будут участвовать в обучении сети, необходимо иметь еще хотя бы порядка 20-30 наборов наблюдений. Наблюдения проводились по 9 шах-

там ОАО «Донецкуголь» за 4 года (2000-2003гг.).

После того, как сеть схематически построена и наборы наблюдений нормированы, необходимо приступить к следующему этапу нейросетевого анализа – обучению сети. Обучение сети сводится к определению значений для весов и порогов сети, которые минимизировали бы ошибку прогноза, выдаваемого сетью. По сути этот процесс представляет собой подгонку модели, которая реализуется, к имеющимся обучающим данным.

Для обучения многослойной сети используем алгоритм обратного распространения ошибок (error back propagation), предложенный Руммельхартом и Хинтоном и возможности математического пакета MATLAB 6. Вся «соль» метода заключается в том, что для нейронов скрытых слоев можно принять взвешенную сумму ошибок последующего слоя.

Функцией активации принят гиперболический тангенс. В процессе обучения выбирается сеть с оптимальными весами синаптических связей между нейронами и смещениями в нейронах (таблица 3), которые позволяют получить минимальную ошибку прогноза данных (рисунок 3).

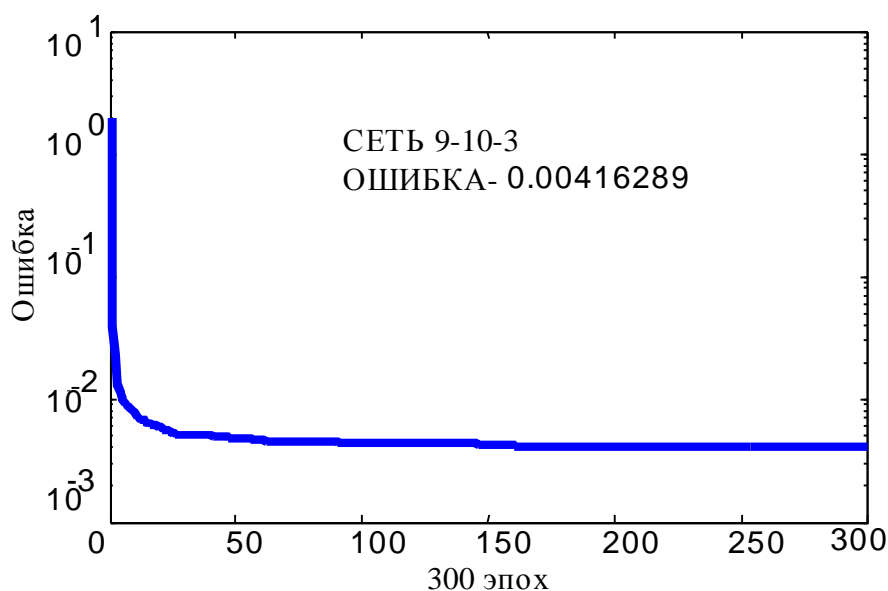


Рисунок 3. Процесс снижения ошибки по мере тренировки сети

Таблиця 3.

Значения синаптических связей и смещений для выбранной оптимальной сети

Веса	Значения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ НЕЙРОНОВ СКРЫТОГО СЛОЯ</i>									
W_{1j}	47.58	4.12	-2.09	-0.04	4.89	3.41	-0.40	-4.49	-1.91
W_{2j}	-6.33	16.91	35.34	14.53	70.77	41.96	7.05	-14.35	-17.73
W_{3j}	-2.79	7.05	18.29	9.60	40.28	25.27	6.78	-8.74	-10.78
W_{4j}	-11.96	20.49	-15.94	8.87	26.08	20.22	-15.45	-14.88	-7.12
W_{5j}	-0.65	6.12	2.50	-9.80	-5.24	10.45	-10.50	-1.38	-2.95
W_{6j}	-10.83	7.88	-0.62	32.15	-0.18	17.98	-7.71	-9.59	10.00
W_{7j}	-271.08	67.64	60.74	102.1	-39.73	49.68	-221.08	155.12	-9.66
W_{8j}	4.04	2.11	-0.93	-4.46	-0.42	-0.03	0.89	-1.23	2.46
W_{9j}	3.95	2.16	-0.94	-4.56	-0.46	-0.14	0.97	-1.28	2.53
W_{10j}	-0.50	0.47	-1.12	-1.85	-6.53	0.44	-1.83	-2.00	-0.14

ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ НЕЙРОНОВ ВЫХОДЯЩЕГО СЛОЯ

Веса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_{1k}	-8.27	-0.38	0.41	0.21	-0.14	-0.15	0.10	11.91	-11.75	0.25
V_{2k}	-23.39	-0.62	0.71	0.36	-0.11	-0.12	0.03	10.32	-10.22	0.32
V_{3k}	-31.99	-0.41	0.41	0.15	0.08	0.05	-0.05	-2.18	2.14	-0.04

БИАСЫ ДЛЯ НЕЙРОНОВ СКРЫТОГО СЛОЯ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b_j	-1.31	-48.76	-27.90	0.31	5.38	-10.70	87.40	0.95	1.00	4.38

БИАСЫ ДЛЯ НЕЙРОНОВ ВЫХОДЯЩЕГО СЛОЯ

	1	2	3
b_k	8.49	23.43	32.14

На тренировку сетей затрачено около 300 эпох. Эпохой называется один цикл последовательного предъявления всей выборки. График тренировки показывает, что предсказательная способность сети, в которой весовые коэффициенты и смещения были в начале задачи в виде случайных чисел (по принципу пальцем в небо), была неудовлетворительной и ошибка равнялась примерно 1. В результате естественного отбора, была выбрана оптимальная сеть, ошибка которой достигла 0,0042, т.е. меньше 1%.

Следующим этапом нейросетевого анализа является проверка предсказательной способности сети и оценка значимости предсказаний. На рисунке 4 показан

график совпадения предсказаний с фактическими данными, отобранными для проверки, где видно, что наша сеть неплохо уловила тенденцию изменения выходных данных. Прогнозные данные хорошо повторяют тренд изменения фактических. Средняя ошибка предсказания составляет 15%. Это весьма удовлетворительно для практики с учетом того, что исходные данные являются по своей природе стохастическими и ряд выбросов может быть вполне случайным.

В заключении можно сделать следующие выводы.

Учитывая специфику угольной промышленности, для детальной оценки влияния рисков на основные технико-эконо-

мические результаты деятельности угольных предприятий целесообразно применять нейросетевое моделирование.

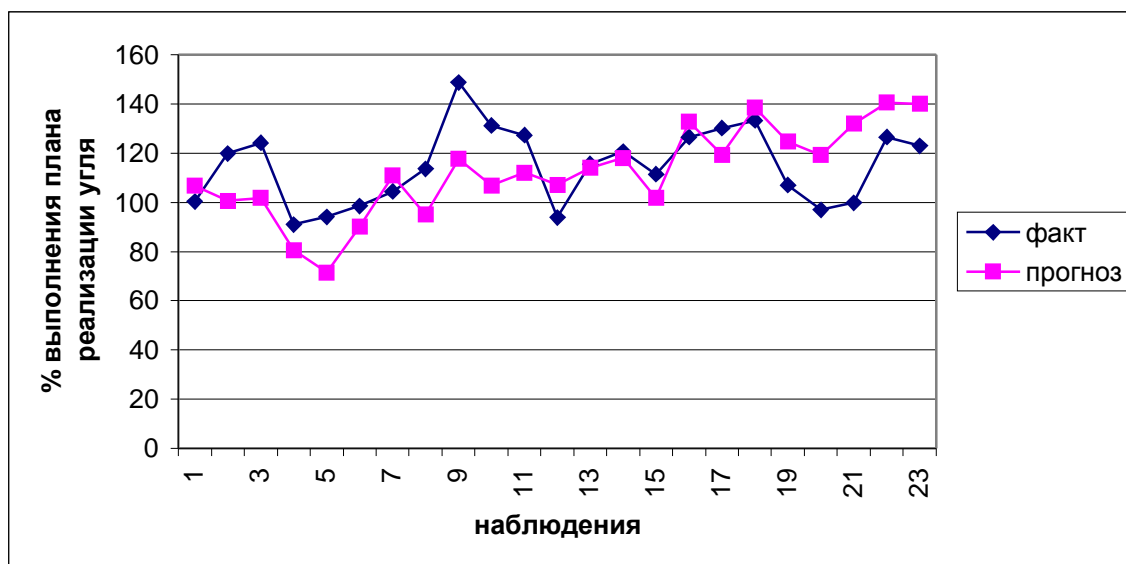
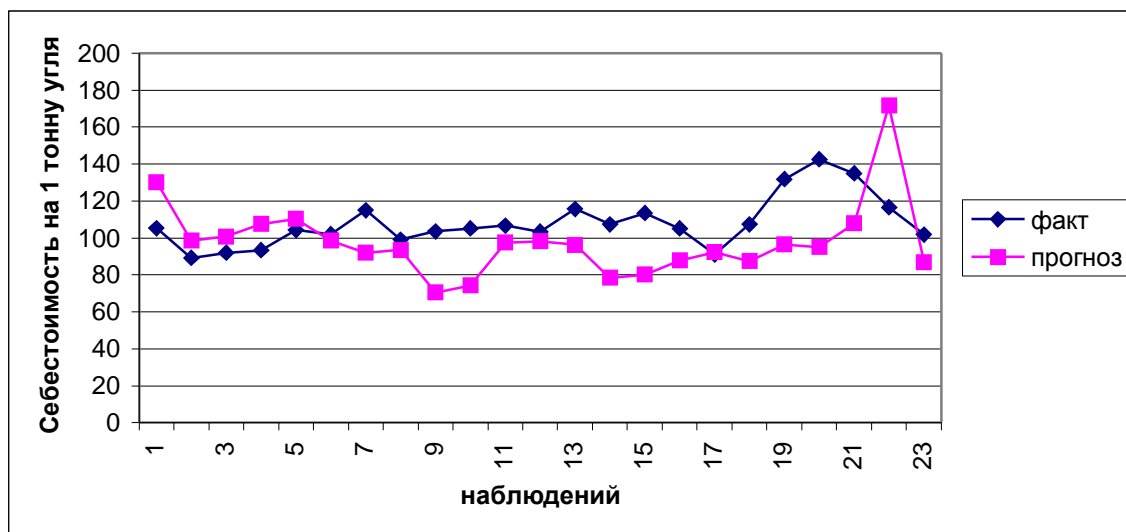
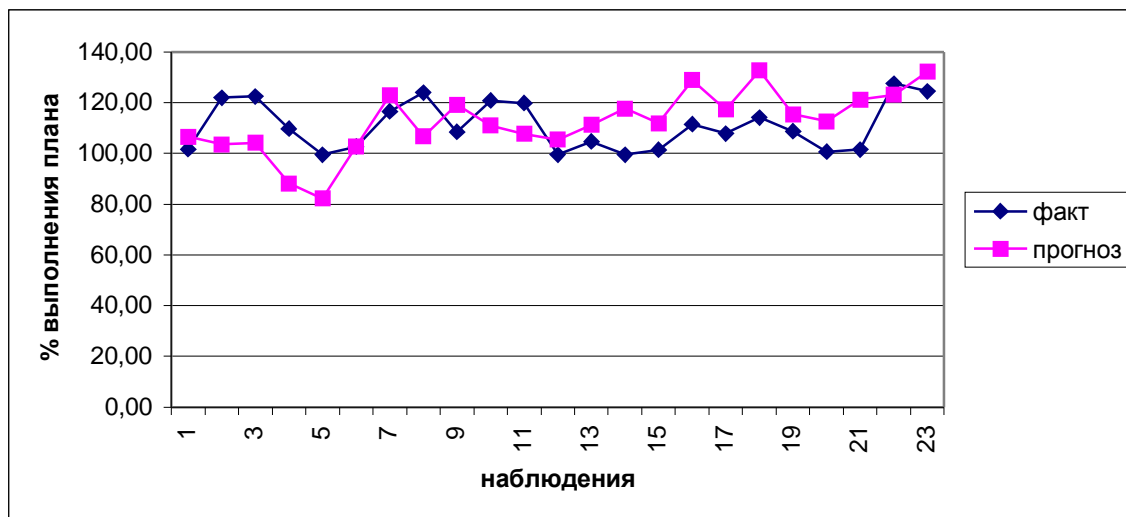


Рисунок 4. Проверка предсказательной способности сети на независимых данных, не участвовавших в обучении

В качестве входящих переменных были приняты факторы, обуславливающие возникновение наиболее весомых рисков ситуаций: уровень газообильности, уровень влияния горно-геологических условий, уровень материально-технического снабжения и обеспеченность фронтом работ, уровень укомплектованности штата работниками основных профессий, уровень квалификации персонала, нарушения ТБ, технологий и др. ошибочные действия персонала, уровень надежности технической базы производства, уровень резервирования оплаты и средств производства, уровень изменения цен на сырье и материалы.

В качестве выходящих переменных были приняты основные технико-экономические показатели деятельности угольных предприятий - уровень выполнения плана добычи, уровень выполнения выручки от реализации себестоимость на 1 тонну добычи.

В результате тренировок была выведена сеть с оптимальными весовыми коэффициентами между нейронами и оптимальными смещениями в нейронах, которая позволяет прогнозировать основные технико-экономические показатели работы угледобывающих предприятий с минимальной ошибкой прогноза.

В соответствии с проверкой сети на независимых данных, не участвовавших в обучении, ошибка предсказательной способности сети не превышает 15%, что вполне допустимо для условий угольных предприятий.

Полученные результаты моделирования позволяют предсказать основные результаты деятельности угольного предприятия, а значит снизить неопределенность и риск, а также на их основе разработать стратегию мероприятий по дальнейшему снижению рисков.

В дальнейшем планируется произвести кластеризацию рисков ситуаций по зонам риска и выявить влияние различных факторов риска на основные результаты деятельности угольных предприятий,

что позволит разработать конкретные рекомендации по снижению их влияния.

Литература.

1. Машина Н.І. Економічний ризик і методи його вимірювання.- Київ: Центр навчальної літератури, 2003. –188с.
2. Формирование хозяйственных решений./ под общ.ред. В.М. Хобты – Донецк: "Каштан", 2003. -416 с.
3. Грачева М.В. Риск-анализ инвестиционного проекта. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. –351 с.
4. Петросов А.А., Мангуш К.С. Экономические риски горного производства.–М.; Издательство Московского государственного горного университета, 2002.–142 с.
5. Попова А.Ю. Проблемы минимизации рисков инвестиционной деятельности промышленного предприятия// Экономические проблемы и перспективы стабилизации экономики Украины: Сб. научных трудов.–Донецк: НАН Украины, Институт экономики промышленности, 1997.–26-29с.
6. Худолей О.Г., Кочура И.В. Оценка возникновения рисков ситуаций при инвестировании средств в угольные предприятия / Сборник трудов международной научно-практической конференции "Старо-промышленные регионы Северо-востока Англии и Восточной Европы в условиях интеграции". –Донецк: ДонНУ. –2003. с.357-359.
7. Худолей О.Г., Кочура И.В. Оценка важности экономических рисков горного предприятия /Известия горного института. – Донецк: ДонНТУ, - 2004. с. 30-35.
8. Кочура И.В. Рисковые ситуации при инвестировании средств в угольные предприятия Донбасса: причины возникновения и их последствия / Економіка: проблеми теорії та практики. Збірник наукових праць. Випуск 190: В 4 т. Том 2. – Дніпропетровськ: ДНУ, - 2004. с. 484-489

Статья поступила в редакцию 26.05.2005