



Сетевые модели управления рисками



Александр АНДРЕЙЧИКОВ
Alexander V. ANDREYCHIKOV

Ксения МАСЛОВА
Ksenia A. MASLOVA



Сусанна ЛЕЛЯНОВА
Susanna V. LELYANOVA

*Андрейчиков Александр Валентинович – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.
Маслова Ксения Андреевна – студентка Иркутского государственного университета, Иркутск, Россия.
Лелянова Сусанна Владимировна – студентка МИИТ, Москва, Россия.*

В статье представлены многокритериальная модель, разработанная на основе метода аналитических сетей (МАС), и интеллектуальная система управления рисками.

МАС является развитием метода анализа иерархий и позволяет получить оценки приоритетности всех элементов сетевой структуры относительно заданной цели при наличии взаимных влияний и обратных связей.

Интеллектуальная система включает базу данных, широкий набор процедур обработки экспертных предпочтений, а также блок статистического анализа данных, предназначенный для извлечения знаний. Знания используются для решения задач прогнозирования, выявления взаимоотношений между критериями и другими элементами задачи, проверки экспертных суждений на непротиворечивость.

В рассматриваемом примере показана аналитическая многокритериальная модель оценки риска в процессе выпуска различных видов искусственного волокна для транспортной отрасли.

Ключевые слова: транспортное предприятие, инфраструктура, интеллектуальная система, управление рисками, сетевые модели, анализ, экспертиза, прогноз.

В рамках теории принятия решений разработано достаточно большое количество методов [1–5]. Сначала они основывались на объективной количественной информации. Затем появились методы анализа статистических решений с использованием вероятностных моделей. В условиях нынешней быстро меняющейся социально-экономической, технологической и политической ситуации приоритетными стали более сложные и более ответственные варианты управленческих решений, в которых отсутствует информация о вероятностях, а прогнозирование осуществляется на основе субъективных оценок [6,7]. Такие варианты приближены к неопределенности и возникают при стратегическом прогнозировании, планировании, распределении ресурсов, оценке рисков.

МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Имеющий сокращенное обозначение МАС [8,9] метод предполагает решение широкого класса задач и позволяет работать с плохо формализуемыми, многокритериальными проблемами с взаимным влиянием критериев и альтернатив. Он является развитием метода анализа иерар-

хий (МАИ) [6,7] и помогает получить оценки приоритетности всех элементов сетевой структуры относительно заданной цели при наличии взаимных влияний и обратных связей.

Элементы решаемой задачи при подобном подходе объединяются в кластеры, между которыми возможны произвольные связи. Формирование кластеров является неформальной процедурой и осуществляется с учетом знаний о специфике заданных условий. Объединение элементов в кластеры снижает размерность задачи и улучшает согласованность суждений.

Важный момент в МАС – формулирование главной цели задачи и вопросов, которые следует задать экспертам при заполнении матриц парных сравнений (МПС). Для оценки влияния кластеров друг на друга также строятся МПС, а полученные после их обработки приоритеты впоследствии используются в качестве весовых коэффициентов при определении и сравнении степени влияния элементов кластеров. Полученные векторы приоритетов записываются в суперматрицу.

Алгоритм построения аналитических сетевых моделей включает следующие основные шаги.

1. *Построение сетевой структуры.* Для этого элементы исходной иерархии (содержащие обратные связи и связи между элементами одного уровня) объединяются в кластеры: например, кластер целей, кластер факторов, кластер критериев, кластер альтернатив и т. д. Сеть показывает влияние друг на друга в отношении некоторой глобальной цели, в качестве которой могут присутствовать выгоды, издержки, возможности, риски и т. п. Для сети строится бинарная матрица влияний:

$\mathbf{V} = \{b_{ij}\} = 1$, если i зависит от j .

$\mathbf{V} = \{b_{ij}\} = 0$, в противном случае.

Матрица \mathbf{V} проверяется на транзитивность. Если есть ее нарушения, их следует устранить и скорректировать сеть. Для упорядочения сети используется матрица достижимости, которая получается путем возведения матрицы $(\mathbf{E} + \mathbf{V})$ в целочисленные степени k до тех пор, пока не будет выполнено условие $(\mathbf{E} + \mathbf{V})^k \approx (\mathbf{E} + \mathbf{V})^{k+1}$.

2. *Определение приоритетов элементов кластеров.* Элементы каждого кластера попарно сравниваются относительно каж-

дого элемента влияющего на него кластера. Главные собственные векторы полученных матриц парных сравнений интерпретируются как приоритеты элементов кластеров.

3. На базе вычисленных векторов приоритетов *строится суперматрица \mathbf{W}* . Для элементов не влияющих друг на друга кластеров в суперматрицу записываются нулевые значения.

4. *Определение приоритетов кластеров.* Если граф сетевой структуры является сильно связанным, то заполняется матрица парных сравнений всех кластеров относительно заданной цели. Значения векторов приоритетов этой матрицы далее используются в качестве весовых коэффициентов. В противном случае заполняются матрицы парных сравнений для оценки влияния каждого кластера на остальные. При этом определяется, на какой из кластеров влияние более сильное.

5. *Сравнение кластеров и их элементов* производится либо относительно единственной заданной цели, либо по множеству элементов специальной контролирующей иерархии, которая детализирует главную цель. Во втором случае формируется множество суперматриц для элементов контролирующей иерархии.

6. *Приведение суперматрицы* (или нескольких из них) *к стохастическому виду* совершается путем умножения приоритетов элементов кластеров на приоритеты самих кластеров.

7. *Анализ структуры суперматрицы* с выбором способа вычисления предельных приоритетов влияния и абсолютных приоритетов в системе. Вычисление результирующих векторов приоритетов идет в соответствии с выбранным способом. Если главная цель детализирована иерархией, производится свертка полученных векторов приоритетов.

Для измерения степени предпочтительности используется девятибалльная шкала отношений [6,7]. Каждой матрице парных сравнений \mathbf{A} находится главный правый собственный вектор \mathbf{W} , который интерпретируется как вектор приоритетов сравниваемых объектов

Положительной квадратной матрице \mathbf{A} правый собственный вектор \mathbf{W} , соответствующий максимальному собственному значению λ_{\max} , определяется с точностью



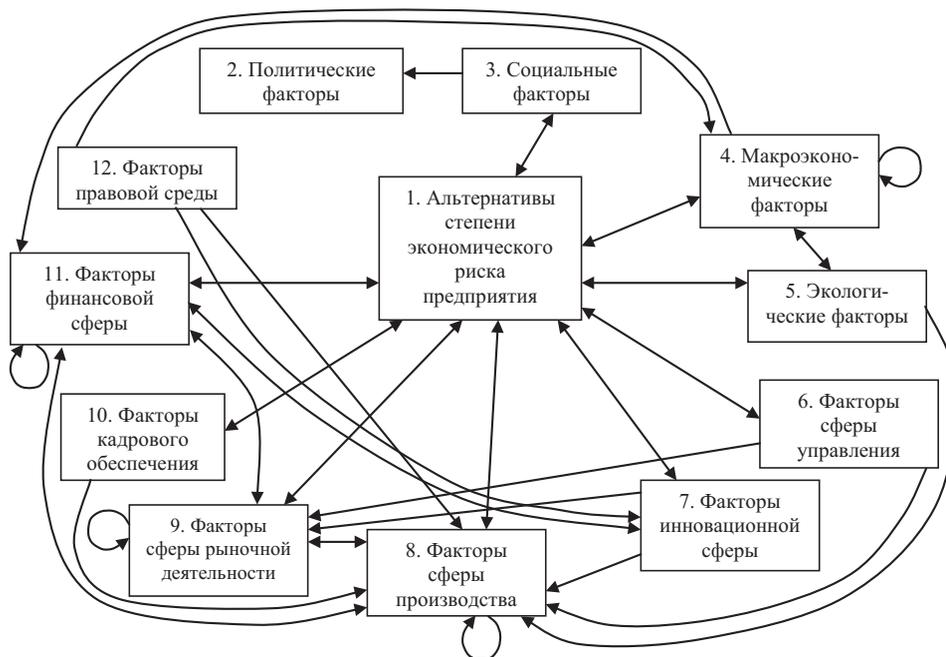


Рис. 1. Структура аналитической сети для прогнозирования риска экономического кризиса предприятия.

Fig. 1. Structure of an analytical network to forecast the risk of economic crisis of a company.

до постоянного множителя C по формуле

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{A^k e}{e^T A^k e} = CW,$$

где $e = \{1, 1, \dots, 1\}^T$ – единичный вектор; $k = 1, 2, 3, \dots$ – показатель степени; C – константа; T – знак транспонирования.

Вычисление собственного вектора W производится до достижения заданной точности:

$$e^T |W^{(l)} - W^{(l+1)}| \leq \xi,$$

где l – номер итерации, когда $l=1$ соответствует $k=1$; $l=2$ – $k=2$; $l=3$ – $k=3$ и т. д.; ξ – допустимая погрешность ($\xi=0,01$).

Максимальное собственное значение вычисляется по формуле:

$$\lambda_{\max} = e^T A W.$$

Однородность суждений эксперта, представленных в матрице парных сравнений, оценивается индексом однородности (ИО) или отношением согласованности (CR) в соответствии со следующими выражениями:

$$\text{ИО} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1),$$

$$\text{CR} = \text{ИО} / M(\text{ИО}),$$

где $M(\text{ИО})$ – среднее значение (математическое ожидание) индекса однородности

случайным образом составленной матрицы парных сравнений A , которое основано на экспериментальных данных, полученных в работе [7].

ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Разработанная на основе метода аналитических сетей ИС включает базу данных, широкий набор процедур обработки экспертных предпочтений, а также блок методов статистического анализа данных, предназначенный для извлечения знаний. Знания в системе используются при решении задач прогнозирования, выявлении взаимоотношений между критериями и другими элементами задачи, а также при проверке экспертных суждений на непротиворечивость.

Основными процедурами в методе аналитических сетей являются: 1 – генерация альтернативных вариантов; 2 – формирование множества критериев для оценки альтернативных вариантов, его кластеризация и представление в виде сети, в которой разрешены любые связи; 3 – выявление предпочтений экспертов на множестве альтернатив, критериев и кластеров; 4 – определение относительной важности

влияния кластеров на цель выбора и другие кластеры; 5 — получение ранжированных наборов альтернатив, критериев и кластеров; 6 — оценка последствий решений.

На всех перечисленных этапах требуется привлечение знаний экспертов. Так, на первом этапе ими генерируется набор альтернатив, среди которых необходимо выбрать лучшую или упорядочить весь набор.

Сетевая структура кластеров, критериев и альтернатив выступает моделью знаний предметной области, которая изменяется или уточняется с течением времени. В многоцелевых задачах принятия решений строится не одна, а несколько сетей, каждая из которых соответствует определенной цели. Например, в задачах, связанных с инвестированием проектов, желательно рассматривать четыре вида сетей: выгод, издержек, возможностей и рисков. Общий результат здесь можно получить, перемножая приоритеты выгод и возможностей и деля это произведение на приоритеты издержек и рисков.

ИС предназначена для двух категорий пользователей: поставщиков информации и потребителей информации.

Поставщики участвуют в заполнении базы данных (БД) и базы знаний (БЗ). Поставщиками информации являются эксперты, инженеры, лица, принимающие решения (ЛПР). При добавлении новой информации могут возникать вопросы, связанные с согласованием мнений экспертов, формами передачи знаний, выработкой коллективных суждений, разрешением противоречий и т. д. Для работы с БД и БЗ предусмотрены специальные режимы, ввод новой информации возможен также в процессе решения непосредственных задач.

Потребители информации пользуются БД и БЗ, но и полученная от них информация тоже может быть внесена в базу данных. Такую роль способны выполнять ЛПР, эксперты, аналитики. Они формируют наборы альтернатив и критериев, производят оценку предпочтений, выбирают методы решения задач и принципы оптимальности.

Поставляемая в систему информация различается по своей природе, степени использования и связности. В БД хранятся

сведения об альтернативах, критериях, экспертах, решаемых задачах. Информация о критериях, альтернативах и экспертах имеет объективный характер, то есть может существовать независимо от других категорий. Информация же о задачах связана со всеми остальными категориями.

В базе данных ИС содержится совокупность решенных в разных условиях задач, относящихся к одной предметной области. Там же находятся общая информация об альтернативных вариантах, сопутствующих теме, а также общие для всех задач правила, закономерности и тенденции, которые можно выявить с помощью процедур интеллектуального анализа.

Для получения знаний предусматривается свой интерфейс, имеющий перечень возможных процедур анализа, средства построения гипотез, запросов и выборов. По мере накопления информации в БД периодически производятся сеансы извлечения знаний, при этом происходит пополнение базы новыми правилами и выявленными закономерностями. Добавление знаний может осуществляться в процессе непосредственного диалога с экспертами и инженерами.

Основными видами знаний в БЗ являются правила и функции. Наборы правил отражают представления об оптимальных вариантах и показывают взаимные зависимости элементов информации друг от друга. Функциями представлены установленные зависимости предпочтений и результатов выбора от времени, изменения важности критериев и т. д. Кроме функций времени важно знать зависимости результатов выбора от количества экспертов, критериев и альтернатив, закономерности изменения множества альтернатив и т. д. Блок обработки знаний предназначен, главным образом, для выявления и устранения противоречий, а также оценки последствий принимаемых решений.

СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ РИСКОВ

Пример 1. Прогнозирование риска экономического кризиса транспортного предприятия.

Любое предприятие, входящее в транспортную инфраструктуру, сталкивается с рисковыми ситуациями. Прогнозирование экономического кризиса для него —





Таблица 1 / Table 1

**Рискообразующие факторы, используемые в сетевой модели прогнозирования риска
экономического кризиса предприятия**
**Risk-forming factors, used in a network model of forecasting risk of economic
crisis of an enterprise**

| Факторы и элементы | Факторы и элементы |
|---|--|
| 1. Альтернативы 1.1. Очень малый риск 1.2. Малый 1.3. Средний 1.4. Высокий 1.5. Очень высокий | 8. Производственные <u>8.1. Основные производственные фонды</u> 8.1.1. Степень физического износа 8.1.2. Степень морального износа 8.1.3. Надежность функционирования 8.1.4. Режим использования <u>8.2. Производственный процесс</u> 8.2.1. Нарушение производственной дисциплины 8.2.2. Уровень используемой технологии 8.2.3. Ритмичность производства <u>8.3. Производственные оборотные фонды</u> 8.3.1. Замена материалов в производственном процессе 8.3.2. Уровень отходов <u>8.4. Продукция</u> 8.4.1. Объем производства 8.4.2. Объем незавершенного производства 8.4.3. Изменение структуры производимой продукции 8.4.4. Качество |
| 2. Политические 2.1. Политическая ситуация в стране 2.2. Повышение самостоятельности регионов 2.3. Борьба с терроризмом 2.4. Лоббирование интересов стран импортеров | |
| 3. Социальные 3.1. Влияние профсоюзов 3.2. Влияние преступных групп 3.3. Коррупция | 9. Факторы сферы рыночной деятельности <u>9.1. Характеристики продукции</u> 9.1.1. Соответствие запланированного качества и себестоимости продукции требованиям рынка 9.1.2. Скорость устаревания продукции <u>9.2. Сбыт</u> 9.2.1. Ценовая политика 9.2.2. Ассортиментная политика 9.2.3. Эффективность каналов сбыта 9.2.4. Объем сбыта 9.2.5. Мероприятия по продвижению продукции <u>9.3. Снабжение</u> 9.3.1. Консерватизм в выборе поставщиков 9.3.2. Своевременность поставок сырья и материалов 9.3.3. Качество сырья и материалов 9.3.4. Преобладающая закупочная политика |
| 4. Макроэкономические <u>4.1. Структурные изменения экономической политики</u> 4.1.1. Налоговая политика 4.1.2. Ставки банковского процента 4.1.3. Денежная масса 4.2. Динамика валютных курсов <u>4.3. Ситуация в отрасли</u> 4.3.1. Уровень цен на сырье и материалы 4.3.2. Динамика объемов производства 4.3.3. Платежеспособность предприятий 4.3.4. Среднеотраслевой уровень цен на продукцию 4.3.5. Уровень конкуренции 4.4. Доступность инвестиционных ресурсов | |
| 5. Экологическая 5.1. Реализуемая ресурсосберегающая политика 5.2. Объемы выбросов в окружающую среду 5.3. Природно-климатические условия, стихийные бедствия 5.4. Состояние источников природных ресурсов | 10. Факторы кадрового обеспечения <u>10.1. Система планирования кадров</u> <u>10.2. Мотивационная политика</u> <u>10.3. Уровень «износа» производственного персонала</u> 10.3.1. Морального 10.3.2. Физического <u>10.4. Уровень профессионализма</u> 10.4.1. Подготовка в области менеджмента 10.4.2. Маркетинговый состав 10.4.3. Технические специалисты 10.4.4. Специалисты по финансам |
| 6. Факторы сферы управления предприятием <u>6.1. Система планирования и контроля</u> 6.1.1. Достоверность используемой информации 6.1.2. Технология прохождения управленческой информации в системе управления 6.1.3. Уровень автоматизации информационных процедур <u>6.2. Параметры организационной структуры</u> 6.2.1. Степень централизации управления 6.2.2. Степень адаптивности 6.2.3. Распределение функций 6.2.4. Степень управляемости 6.3. Обеспечение информационной безопасности 6.4. Наличие стратегии и программы развития 6.5. Эффективность калькулирования издержек | |
| 7. Инновационные <u>7.1. Уровень исследований и разработок</u> 7.1.1. Масштабы текущих исследований и разработок. Соотношение элементов оперативного рационали- заторства и разработки новых образцов продукции 7.2. Степень готовности разработок к серийному производству 7.3. Наличие концепции НИОКР | 11. Факторы финансовой сферы <u>11.1. Платежеспособность</u> 11.1.1. Текущая ликвидность <u>11.2. Финансовая устойчивость</u> 11.2.1. Доля заемных средств в общей их сумме 11.2.2. Обеспеченность собственными оборотными средствами 11.2.3. Возможность компенсации потерь <u>11.3. Финансовая эффективность</u> 11.3.1. Рентабельность активов 11.3.2. Рентабельность продаж 11.3.3. Оборачиваемость активов 11.3.4. Оборачиваемость оборотных средств 11.3.5. Уровень издержек производства <u>11.4. Инвестиционный процесс</u> 11.4.1. Сроки ввода инвестиций 11.4.2. Объем инвестируемых средств 11.4.3. Координация инвестиционных процессов |
| 12. Факторы правовой среды 12.1. Антимонопольное регулирование 12.2. Регулирование внешнеэкономической деятельности 12.3. Эффективность законодательной базы по вопросам авторских прав и патентной защиты | |

задача стратегического управления, поскольку риски часто становятся главной причиной снижения ресурсного потенциала и конкурентоспособности.

Рассматривается задача прогнозирования риска экономического кризиса

Основные факторы, влияющие на степень экономического кризиса предприятия, образуют 12 кластеров (рис. 1). Кластер альтернатив содержит пять градаций уров-

ня риска: очень малый, малый, средний, высокий и очень высокий. Очень малому риску соответствует кратковременная потеря эффективности функционирования, связанная, например, со снижением производительности труда, незначительной потерей прибыли, несоответствием динамики емкости и доли рынка. Очень высокий риск приближен к угрозам катастрофического характера: крупным финансо-

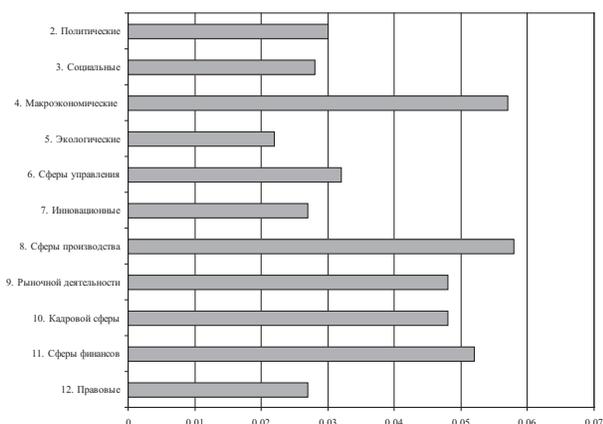


Рис. 2. Предельные воздействия кластеров модели оценки риска экономического кризиса предприятия.

Pic. 2. Limiting influences of clusters of risk assessment model of the economic crisis of an enterprise.

вым потерям, сравнимым с величиной хозяйственных средств, полным отсутствием НИОКР и др. Средний риск связывается с недолговременными нарушениями производственного цикла. Альтернативы «малый» и «высокий» введены для обеспечения гибкости в назначении оценок.

Кроме альтернативных вариантов уровней рисков учитывается влияние политических, социальных, макроэкономических, экологических, управленческих, инновационных, производственных, рыночных, кадровых, финансовых и правовых факторов. Стрелки на рис. 1 указывают направления влияния.

Задача прогнозирования включает 83 рискообразующих элемента, которые приведены в таблице 1.

После формирования аналитической сети экспертами заполнялись матрицы парных сравнений для кластеров и элементов, сгруппированных в кластерах. Каждой матрице рассчитывался вектор приоритетов. Все матрицы парных сравнений имели хорошие оценки согласованности, характеризующие последовательность суждений экспертов.

При заполнении матриц парных сравнений для элементов кластеров эксперты отвечали на следующие вопросы: «Какой фактор является более важным при определении степени риска кризиса?» или «Какая степень риска (альтернатива) наиболее вероятна на момент анализа по рассматриваемому фактору?». В отношении кластеров общей формой вопросов была: «Какой кластер в большей мере влияет на уровень совокупного риска экономического кризиса?».

На рис. 2 приведены предельные приоритеты воздействия рискообразующих факторов (кластеров) модели прогнозирования уровня риска, а на рис. 3 — значения вектора приоритета рассмотренных альтернатив.

Анализ полученных результатов показывает, что наиболее важными являются такие факторы, как макроэкономические, производственные, рыночной деятельности, кадрового обеспечения и финансовые.

Из диаграммы рис. 3 видно, что наиболее вероятен для предприятия малый риск экономического кризиса.

Пример 2. Оценка риска выпуска продукции.

В рассматриваемом примере показана аналитическая многокритериальная модель оценки риска выпуска предприятием различных видов искусственного волокна для изделий, использующихся в транспортной отрасли.

Кластер альтернатив включает четыре основных вида продукции: кордная ткань (альтернатива A_1), капроновая текстильная нить (A_2), технические капроновые нити

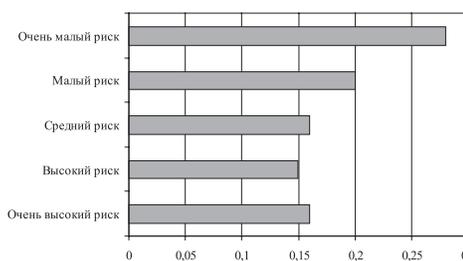


Рис. 3. Результаты оценки риска экономического кризиса предприятия.

Pic. 3. Results of assessment of enterprise's economic crisis.





Рис. 4. Структура аналитической сети для оценки риска выпуска предприятием различных видов продукции.

Pic. 4. Structure of analytical network to assess the risk of output of various products by an enterprise.

(A_3), полиуретановая нить спандекс (A_4). Весь спектр продукции предприятия имеет широкое применение. Кордная ткань применяется в транспортном машиностроении. Капроновые текстильные нити используются для выпуска трикотажных и текстильно-галантерейных изделий. Технические капроновые нити — при изготовлении покрышек пневматических шин и упаковочных тканей. Полиуретановые волокна стали основой напольных покрытий и т. д.

На протяжении всего времени своего существования предприятие постоянно наращивало мощности за счет ввода в строй новых и модернизации действующих производственных линий. Однако процесс обновления происходил неравномерно, в результате чего уровень риска по отдельным группам оборудования различается.

Для исследования проблемы была построена аналитическая сетевая модель, включающая восемь кластеров (рис. 4). Общее число рискообразующих факторов, входящих в кластеры — 31.

Факторы, связанные с производственным процессом (кластер 7), характеризуют не только технические (7.1, 7.4, 7.5), но и экономические аспекты (7.2, 7.3) деятельности предприятия. Специалисты при этом особое внимание уделяют технологи-

ям переработки отходов при выпуске товаров народного потребления из некондиционной технической нити, поскольку они существенным образом могут повлиять на снижение себестоимости основной продукции.

При анализе рисков, касающихся объемов незавершенного производства, следует учитывать большую длительность технологического цикла. В процессе производства полиамидной нити ведущие цеха химический и прядильный должны работать в непрерывном режиме. Временные остановки, например, из-за перебоев в поставке сырья, приводят к снижению качества продукции. Ее характеристики объединены в кластер «Снабжение предприятия».

На момент анализа основное и вспомогательное сырье закупалось у российских компаний. Наличие четырех традиционных поставщиков капролактама гарантировало практически бесперебойное снабжение ими производства. Однако по другим материалам, в частности диметилформамиду, возможности для маневра существенно ограничены. Географическая удаленность источников капролактама увеличивает, однако, риск недополучения прибыли из-за роста себестоимости основной продукции вследствие увеличения расходов на транспортировку сырья. В ана-

Пределные приоритеты воздействия элементов кластеров
Limiting priorities of clusters' elements influence

| Номер кластера Cluster's number | Значения приоритетов элементов сети Value of priorities of network's elements | Совокупное воздействие кластера Combined impact of a cluster |
|------------------------------------|--|---|
| Кластер 1 Cluster 1 | 1.1.1.2.1.3.1.4 0,14200,10640,10080,1079 | 0,4571 |
| Кластер 2 Cluster 2 | 2.1.2.2.2.3 0,03510,03510,0212 | 0,0914 |
| Кластер 3 Cluster 3 | 3.1.3.2.3.3.4 0,02500,02320,02790,0153 | 0,0919 |
| Кластер 4 Cluster 4 | 4.1.4.2.4.3.4.4.5 0,00360,02600,01810,00830,0168 | 0,0729 |
| Кластер 5 Cluster 5 | 5.1.5.2.5.3 0,00520,00880,0088 | 0,0229 |
| Кластер 6 Cluster 6 | 6.1.6.2.6.3 0,04020,00910,0111 | 0,0604 |
| Кластер 7 Cluster 7 | 7.1.7.2.7.3.7.4.7.5 0,02570,02290,01050,03710,0163 | 0,1125 |
| Кластер 8 Cluster 8 | 8.1.8.2.8.3.8.4 0,02490,02520,02290,0185 | 0,0914 |

лизируемом периоде запасы сырья на предприятии выросли в два раза, что не соответствует традиционной закупочной политике и связывает часть денежных средств. Тем не менее это существенно снизило риск внеплановой остановки производственного процесса.

Несомненной угрозой для предприятия является отсутствие у него возможностей инвестирования в разработку новых образцов продукции или приобретения патентов и лицензий. Разнообразие марок применяемых полиамидных нитей и волокон, высокие потребительские свойства изделий из полиуретана заставляют конкурирующие компании постоянно осваивать новые технологии по их изготовлению и улучшать характеристики продукции.

Богатый ассортимент продукции, производимой предприятием, обеспечивает ее спрос в различных сегментах рынка. Каждый из них имеет уникальные параметры емкости, интенсивности конкуренции, восприимчивости к компонентам комплекса маркетинга. Различаются и финансовые ресурсы потребителей различных групп продукции. Этим объясняется наличие в модели обратных связей от альтернатив к критериям.

Факторы, определяющие ситуацию в отрасли, входят в одноименный кластер 8. В отличие от рынка полиамидных нитей рынок шинного корда имеет явную олиго-

полистическую структуру. На рынке присутствуют крупные компании ближнего зарубежья. Производственные мощности потребителей шинного корда (шинных заводов) загружены всего на 30–50%. На более благоприятном для предприятия рынке капроновых нитей медленный рост его доли связан с устойчивостью партнерских связей у конкурентов. Однако потенциальный спрос оценивается как «высокий» в связи с возможностью усиления присутствия предприятия на рынке России, СНГ и стран Балтии.

Главным рискообразующим фактором в отношении заказчиков остается их низкая платежеспособность. Высокие темпы роста дебиторской задолженности стали следствием предоставления товарных ссуд потребителям продукции предприятия. Бартерная оплата чаще всего применяется в расчетах с производителями, закупаящими технические полиамидные нити и волокна.

Ситуация на рынке капроновых нитей более благоприятна для предприятия. Оно располагает уникальным современным оборудованием, обеспечивающим наилучшее качество этого вида продукции. Основные усилия здесь направлены на оптимизацию ассортиментной (по техническим маркам волокна) и ценовой политике (по текстильным маркам). Положительную роль призвано играть продвижение линей-





170

ки текстильных нитей. Однако частота их проведения еще недостаточна.

Чтобы получить оценочные данные, экспертам потребовалось заполнить 61 матрицу парных сравнений. При вынесении суждений была достигнута требуемая степень их однородности. Влияние кластеров на выполнение главной цели признано неравнозначным. В частности, зафиксировано, что в отношении риска, связанного с выпуском продукции, факторы производственного процесса воздействуют на характеристики товара сильнее, чем состояние основных производственных фондов и процесса снабжения.

При заполнении матриц парных сравнений видов продукции применительно к факторам риска эксперт отвечал на вопрос: «Для какого вида продукции степень угрозы по рассматриваемому фактору более высокая?».

При обратном сравнении (критериев различных групп относительно альтернатив) перед экспертом ставился вопрос: «Изменение интенсивности какого фактора вызывает более сильное изменение риска?».

Значения предельных приоритетов воздействия элементов сети на заданную цель приведены в таблице 2.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований показывают, что для рассматриваемого предприятия наиболее высоким является риск, связанный с выпуском кордной ткани (значение в векторе приоритетов 0,1420). По остальным видам продукции уровень риска ниже: нить капроновая текстильная — 0,1064; нить капроновая техническая — 0,1008; полиуретановая нить — 0,1079. Кордная ткань получила высокие оценки риска по многим наиболее важным факторам: степени физического износа оборудования, уровню качества и отпускных цен, закупочной политике и уровню используемой технологии изготовления.

Наименьшее предельное воздействие на риск оказывают такие факторы, как консерватизм в выборе поставщиков, поскольку небольшое их количество на рынке склоняет предприятие к заключению долгосрочных партнерских соглашений и редкой смене источников сырья; инновационность, ибо превалирует стратегия на приобретение новых лицензий и патен-

тов; моральный износ оборудования, несравнимый по своим последствиям и влиянию с физическим износом; объем незавершенного производства, уровень которого диктует технология длительного по срокам цикла; коэффициент использования производственных мощностей: низкие объемы выпуска снижают до минимума риски ухудшения качества продукции, роста отходов и расходов на ремонт.

По наибольшему воздействию на риск выделяются факторы производственного процесса; факторы, характеризующие свойства продукции; маркетинговые факторы и факторы, отражающие ситуацию в отрасли.

Полученные результаты вполне согласуются с интуитивными представлениями экспертов, достаточно свободно интерпретируются и позволяют получить подробное описание прогноза.

Промежуточные результаты также представляют интерес, поскольку дают проанализировать возможные взаимодействия факторов и элементов оцениваемой системы.

По сравнению с традиционными моделями динамических систем в виде систем дифференциальных уравнений рассмотренный подход имеет, на наш взгляд, некоторые преимущества, а именно:

- возможность использования качественной информации для построения модели;
- отсутствие проблем при определении значений параметров динамических моделей и поиске начальных приближений;
- значительную экономию времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубров А. М., Лагоша Б. А., Хрусталева Е. Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе. — М.: Финансы и статистика, 1999. — 176 с.
2. Дубров А. М. Статистические методы в инвестиционной деятельности // Инвестиционно-финансовый портфель. — М.: Совинтэк, 1993. — С. 163–176.
3. Замков О. О., Толстопятенко А. В., Черемных Ю. Н. Математические методы в экономике. — М.: ДИС, 1997. — С. 245–267.
4. Клейнер Г. Б. Риски промышленных предприятий // Российский экономический журнал. — 1994. — № 5–6. — С. 85–92.
5. Комарова Н. В., Гаврилова Л. В. Фирма: стратегия и тактика управления рисками // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 5: Экономика. — 1993. — Вып. 2 (12). — С. 92–95.
6. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Стратегический менеджмент в инновационных организациях. Системный анализ и принятие решений. — М.: Инфра-М, 2013. — 396 с.

7. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Интеллектуальные информационные системы. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 424 с.

8. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Развитие интеллектуальной системы социально-экономического прогнозирования и принятия решений в условиях неопределенности // Информаци-

онные технологии. — 1999. — № 2. — С. 14–17.

9. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Математические, эвристические, интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций. — М.: Либроком, 2012. — 304 с. ●

В построении сетевой аналитической модели для оценки рисков принимала участие профессор О.Н.Андрейчикова.

NETWORK MODELS OF RISK MANAGEMENT

Andreychikov, Alexander V. — D. Sc. (Tech.), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Maslova, Ksenia A. — student of Irkutsk State University, Irkutsk, Russia.

Lelyanova, Susanna V. — student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article contains multiple criteria model developed on the basis of analytic networks method (ANM) and the description of this intelligent system for risk management, developed on its basis.

ANM can be used to solve a wide range of decision-making tasks. It allows working with difficulty formalizable, multicriteria problems with mutual influence of criteria and alternatives. ANM is the development of a method of hierarchies' analysis and provides estimates of priority of all elements of network structure with respect to the intended target in the presence of mutual influences and feedbacks.

Intelligent system, developed on the basis of the method of analytic networks includes a database, a set of procedures for processing expert preferences, as well as block of methods of statistical analysis for extracting knowledge. Knowledge in the system is used to solve problems of forecasting, to identify the relationship between criteria and other elements of the problem, as well as expert judgments to check for consistency.

The example under consideration shows analytical multicriteria risk assessment model related to output of different kinds of artificial fiber for products used in transport industry.

formalizable, multicriteria problems with mutual influence of criteria and alternatives. It is a development of the hierarchies' analysis method (AHP) [6,7], and supports prioritization of all elements of network structure with respect to the intended target in the presence of mutual influences and feedbacks.

Elements of the problem being solved with such an approach are clustered, between which there are arbitrary links. Clustering is an informal procedure and is based on knowledge about the specifics of the given conditions. Combining elements in the clusters reduces the size of the problem and improves the consistency of judgments.

Important moment in ANM is formulation of the main goal of a task and questions to be solved by experts in completing pairwise comparison matrices (PCM). To assess the influence of clusters on each other, PCM are constructed and priorities received after their processing are subsequently used as weighting coefficients in determining and comparing the degree of influence of clusters' elements. The resulting vectors of priorities are written in supermatrix.

An algorithm for constructing analytical network models includes following main steps.

8. Construction of network structure. For this purpose, elements of original hierarchy (containing feedbacks and connections between elements of one level) are clustered: e. g., cluster of purposes, cluster of factors, cluster of criteria, cluster of alternatives etc. Network shows their influence on each other in terms of some global goals, which can be benefits, costs, opportunities, risks, etc. For network binary matrix of influences is built:

$$\mathbf{B} = \{b_{ij}\} = 1, \text{ if } i \text{ depends on } j.$$

$$\mathbf{B} = \{b_{ij}\} = 0, \text{ otherwise.}$$

Matrix \mathbf{B} is checked for transitivity. If there are violations, they should be removed and the network should be corrected. To streamline the network, reachability matrix is used, which is obtained by raising the matrix $(\mathbf{E}+\mathbf{B})$ to integer degree k until condition $(\mathbf{E}+\mathbf{B})^k \approx (\mathbf{E}+\mathbf{B})^{k+1}$ is met.

9. Prioritizing elements of clusters. The elements of each cluster are compared in pairs with respect to each element of cluster affecting it. Main eigenvectors of obtained matrix of paired comparisons are interpreted as priorities clusters' elements.

10. On the basis of the calculated vectors of priorities supermatrix \mathbf{W} is constructed. For elements of cluster, not affecting each other, zero values are recorded in supermatrix.

ENGLISH SUMMARY

Background

Within the framework of decision-making theory a number of methods have been developed [1–5]. First, they were based on objective quantitative information. Later appeared methods of analysis of statistical decisions, using probabilistic models. In today's rapidly changing socio-economic, technological and political situation, priority was gained by more complex and responsible options for management decisions in which there is no information about the probabilities and forecasting is based on subjective evaluations [6,7]. Such options are close to uncertainty and arise in strategic forecasting, planning, resource allocation, risk assessment.

Objective.

The objective of the article is to investigate multicriteria model to assess risks in functioning of a transport enterprise.

Methods.

The authors use mathematical method, analysis and comparison.

Results.

Analytical networks method (ANM)

ANM [8,9] involves solving a wide range of problems and allows working with difficulty

