

УДК 330.46:338.24

## МЕТОДИКА РАБОТЫ С ПОСТАВЩИКАМИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКОВ УСЛУГ

<sup>1</sup>Хаирова С.М., <sup>2</sup>Хаиров Б.Г., <sup>3</sup>Шимохин А.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»,  
Омск, e-mail: saida\_hairova@mail.ru;

<sup>2</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Омский филиал),  
Омск, e-mail: saida\_hairova@mail.ru;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет» имени П.А.Столыпина,  
Омск, e-mail: schimokhin@yandex.ru

Цель исследования – разработать методику работы с поставщиками услуг и рассмотреть возможность решения вопросов выбора поставщика автосервисных услуг с помощью нейронных сетей. На основе предложенных критериев поставщиков разработана шкала надежности поставщика автосервисных услуг и получена зависимость для оценки такой надежности. На их основе получены данные, которые использовались для обучения нейронной сети. Для получения весовых коэффициентов критериев, характеризующих поставщиков автосервисных услуг, применялся экспертный метод. На основе мнений экспертов составлены характеристики поставщиков. И на основе этих данных обучены нейронные сети с целью выявления наиболее оптимальных параметров нейронной сети для решения задачи по выбору поставщика автосервисных услуг. В результате проведено моделирование работы нейронной сети. Проведенное исследование выявило наиболее подходящий тип и структуру нейронной сети для рассматриваемой задачи, результат исследования может применяться в качестве основы для программного продукта, способного осуществлять поддержку принятия решения в выборе поставщика автосервисных услуг. Кроме того предложены критерии для механизма, выявляющего тенденции изменения качества предоставляемых услуг: время ожидания, время выполнения услуги, количество отказов, которые можно использовать для защиты интересов предприятия в случае возникновения претензий к поставщику.

**Ключевые слова:** поставщики услуг, нейронные сети, автосервис, нейросетевое моделирование, экспертный метод

## PROCEDURE OF WORKING WITH SUPPLIERS BASED ON SIMULATION OF THE WORK OF A NEURAL NETWORK IN RESOLVING THE QUESTIONS OF SELECTION OF SERVICE PROVIDERS

<sup>1</sup>Khairova S.M., <sup>2</sup>Khairov B.G., <sup>3</sup>Shimokhin A.V.

<sup>1</sup>Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, e-mail: saida\_hairova@mail.ru;

<sup>2</sup>Institute for the Study of International Economic Relations, (Omsk branch), Omsk,  
e-mail: saida\_hairova@mail.ru;

<sup>3</sup>Omsk State Agrarian University, Omsk, e-mail: schimokhin@yandex.ru

The purpose of the study: to develop a methodology for working with service providers and to consider the possibility of resolving issues of choosing a car service provider using neural networks. Based on the proposed criteria of suppliers, a reliability scale for a car service provider has been developed and a relationship has been obtained for assessing such reliability. Based on them, data were obtained that were used to train the neural network. To obtain the weighting coefficients of the criteria characterizing the car service providers, the expert method was used. Based on the opinions of experts, the characteristics of suppliers are compiled. And based on this data, neural networks were trained in order to identify the most optimal parameters of a neural network to solve the problem of choosing a car service provider. As a result, neural network operation was simulated. The study revealed the most suitable type and structure of the neural network for the task in question, the result of the study can be used as the basis for a software product that can provide decision support in choosing a car service provider. In addition, criteria are proposed for a mechanism that reveals trends in the quality of provided services: waiting time, service delivery time, number of failures that can be used to protect the interests of the enterprise in the event of claims to the supplier.

**Keywords:** service providers, neural networks, car service, neural network modeling, expert method

Усиление глобальной конкуренции, охватывающей рынки товаров, услуг, капитала, влечет за собой изменение национальных и мировых грузопотоков, рост требований к качеству транспортного обслуживания. Мировой экономический кризис вызвал также сокращение рынка транспортных услуг, в результате транспортные компании

увеличивают борьбу за клиента, используя различные методы ценовой и неценовой конкуренции. Для своевременного качественного удовлетворения потребностей населения в перевозках необходимо обеспечить надежность регулярности перевозок, которая зависит в том числе от технического состояния транспорта и обеспечивается

частично или полностью поставщиками автосервисных услуг предприятия. Организация работы с поставщиком включает вопросы выбора поставщика, условий работы с ним и контроля качества, которые в условиях возрастающей конкуренции требуют развития методов и инструментов для их решения. Выбор поставщика автосервисных услуг, обычно выполняется на основе мнений экспертов, но не все предприятия могут воспользоваться знаниями и опытом экспертов, которые могут позволить сделать качественный выбор поставщика [1–3].

В вопросах выбора поставщиков известны следующие методы: затратно-коэффициентный, метод рейтинговых оценок, метод доминирующих характеристик, метод категорий предпочтения. Данные методы предполагают наличие экспертов, работающих в данных областях или имеющих опыт по выбору поставщиков.

В общем виде на первом этапе происходит выбор критериев для оценки, выбор доминирующих критериев или назначение весовых коэффициентов этим критериям.

Метод затратно-коэффициентный предполагает выбор поставщика после расчета всех возможных издержек и доходов, по наиболее выгодному варианту в соответствии с общей прибылью, недостаток метода заключается в том, что он требует большого объема информации и анализа, также этот недостаток можно отнести к методу категорий предпочтений, который подразумевает сбор обширной и разнообразной информации, обработанной различными подразделениями организации (инженерная служба, диспетчерская), но следует отметить, что данную информацию возможно получить уже после работы с этим поставщиком. К недостаткам метода рейтинговых оценок можно отнести необходимость наличия экспертов, способных выбрать объективные критерии и их значимость.

Авторы [4] обращают внимание на такие оценки поставщика, как личные контакты между поставщиком и работниками отделов компании покупателя, информацию, полученную на профессиональных встречах, конференциях и в средствах массовой информации.

Для решения проблемы качественного выбора поставщика в дальнейшем развитии науки и техники возможно применение современных технологий, одной из которых является нейросетевая технология. Применение нейронных сетей для различных задач экономики связано с их способностью обучаться на обучающих выборках данных, которые могут содержать знания и опыт экспертов [5]. В настоящее время в результате

цифровой революции все больше отраслей входят в цифровую экономику, происходят такие изменения экономических отношений, при которых создание, обмен и потребление информации становится одним из основных видов хозяйственной и экономической деятельности [5]. Таким образом информация становится основным фактором производства в современном мире.

Необходимо отметить работы, связанные с оценкой поставщиков для их выбора, а также применения нейросетевого моделирования для решения подобных задач. Автор [6] рассмотрел применение аутсорсинга как инструмента достижения стратегических инноваций, авторами [7] рассмотрены результаты аутсорсинга для производительности.

Среди исследований нейронных сетей для решения различных экономических задач известны также работы [8], которые показали их эффективность для анализа макроэкономических показателей. Авторы [9] показали способность нейронных сетей анализировать тренды на фондовом рынке, а Jorgion P. – для прогнозирования валютного курса. В статье [10] приводится подход на основе многокритериальных решений с использованием нейронной сети как инструмента для эффективной оценки поставщиков – аутсорсеров. Автор [11] рассмотрел различные модели нейронных сетей при анализе временных рядов. В статье [12] рассматривается вопрос использования аппарата нейронных сетей для принятия управленческих решений.

Обучаемость нейронной сети обуславливает их преимущество как инструмента для решения различных задач в экономике, так как она может быть обучена на основе большого количества мнений экспертов по выбранному вопросу [5]. В настоящее время ведутся различные исследования в области разработки методов интеллектуального анализа и получения информации из массивов данных, так называемые методы «Text Mining», одна из задач которых – извлечение ключевых понятий текстовых файлов [13]. Авторы [13] считают, что реализация данных методов будет возможна с применением нейронных сетей. Решение данной задачи позволит реализовать их применение для поиска необходимой информации о поставщиках.

Применение нейросетевых технологий в вопросах выбора поставщика должны быть решены без отмеченных недостатков, так как обученная сеть на основе достаточной выборки экспертов обеспечит объективный результат и выполнит обработку большого объема данных. Актуальным становится вопрос, по каким критериям вы-

полнять поиск поставщика –такие критерии должны максимально объективными и быть в открытом доступе сети Интернет: сайты организаций, форумы с отзывами. В данной работе представлены критерии с учетом мнений авторов [14], которые отражают качество работы поставщика и его имидж. И кроме того эти данные можно проанализировать с помощью сайтов в виде текстовой информации, а следовательно, современные информационные технологии, такие как нейронная сеть, могут их анализировать.

Цель данного исследования заключается в разработке методики работы с поставщиком с использованием нейросетевого моделирования для решения вопросов выбора поставщика. Для решения данной цели были определены наиболее подходящие тип и структура нейронной сети для решения вопросов выбора поставщика автосервисных услуг по параметрам: время существования на рынке, наличие крупных предприятий в клиентах фирмы-поставщика, наличие отзывов о фирме-поставщике. Для оценки значимости параметров при решении поставленного вопроса, с помощью экспертного метода получены весовые коэффициенты. На основе разработанной шкалы надежности по данным критериям предложен механизм для принятия оптимального решения по выбору поставщика. Полученные возможные решения использовались для моделирования работы нейронной сети.

Такая нейронная сеть дает варианты наиболее оптимальных поставщиков с точки зрения уровня их надежности, шкала которого предложена в данной работе. Но данная оценка не может быть окончательной в представляемом варианте, сеть представляет варианты наиболее предпочтительных поставщиков, среди которых необходимо выбрать наиболее выгодного по прибыли. Данная методика, по сути, будет являться синтезом рейтингового метода, в котором роль экспертов выполняет нейронная сеть, и метода затратно-коэффициентного. Спо-

собность нейронных сетей анализировать текстовую информацию (отзывы) в принципе говорит о частичном применении метода категории предпочтений. Основное достоинство предлагаемой методики – это использование нейронной сети, которая осуществляет отбор поставщиков и позволяет осуществить объективный выбор.

Методика работы с поставщиком должна включать механизм оценки качества услуг, для его осуществления предложены критерии, выявляющие тенденции изменения качества предоставляемых услуг: время ожидания, время выполнения услуги, количество отказов.

*Экспертный метод для характеристики поставщиков автосервисных услуг*

В качестве методологической базы исследования выступает нейросетевое моделирование. В исследовании применялись методы сбора первичной и вторичной информации, статистического анализа данных, экспертного метода.

Экспертный метод в данном исследовании применялся для получения весовых коэффициентов параметров, характеризующих поставщиков автосервисных услуг. В роли экспертов выступали руководители и инженеры предприятий, имеющих и активно использующих автотранспорт. После принятия решения об аутсорсинге автосервиса необходимо провести оценку потенциальных поставщиков данных услуг [5, 6, 15]. Кроме стоимости, ассортимента услуг поставщика, мы предлагаем также учитывать такие параметры, как опыт работы на данном рынке, деловая репутация и пр. Предлагаемые параметры в приведены в табл. 1. Был проведен опрос экспертов (директора и инженеры предприятий, пользующиеся услугами автосервиса для транспорта предприятия), получены весовые коэффициенты данных критериев. Анкета приведена в табл. 1. Для оценки поставщиков предлагается шкала, представленная в табл. 2.

**Таблица 1**

Анкета

ФИО эксперта Должность Стаж работы	
1	2
Параметры поставщика	Значимость данного критерия для выбора поставщика услуг автосервиса (оцените от 1 до 5) 1 – не имеет значения 2 – в некоторых случаях может иметь небольшое значение 3 – имеет небольшое значение 4 – в некоторых случаях может иметь большое значение 5 – наиболее значим

Окончание табл. 1	
1	2
Время существования на рынке	Значимость данного критерия для выбора поставщика услуг автосервиса (оцените от 1 до 5) 1 – не имеет значения 2 – в некоторых случаях может иметь небольшое значение 3 – имеет небольшое значение 4 – в некоторых случаях может иметь большое значение 5 – наиболее значим
Наличие крупных предприятий в клиентах фирмы-поставщика	Значимость данного критерия для выбора поставщика услуг автосервиса (оцените от 1 до 5) 1 – не имеет значения 2 – в некоторых случаях может иметь небольшое значение 3 – имеет небольшое значение 4 – в некоторых случаях может иметь большое значение 5 – наиболее значим
Наличие отзывов о фирме-поставщике	Значимость данного критерия для выбора поставщика услуг автосервиса (оцените от 1 до 5) 1 – не имеет значения 2 – в некоторых случаях может иметь небольшое значение 3 – имеет небольшое значение 4 – в некоторых случаях может иметь большое значение 5 – наиболее значим

Таблица 2

## Шкала оценки поставщиков автосервисных услуг

Параметры поставщика	Описание параметра
1	2
Время существования на рынке	Фирма существует менее 5 лет – 1–2 балла; фирма существует от 5 до 10 лет – 3–4 балла; фирма существует от 10 до 15 лет – 5–6 баллов; фирма существует от 15 до 20 лет – 7–8 баллов; фирма существует больше 20 лет – 9–10 баллов
Наличие крупных клиентов	Отсутствие крупных потребителей услуг 1 балл; малое количество потребителей услуг (от 1 до 2) 2–4 балла; большое количество потребителей услуг (от 3 до 4) 5–6 баллов; потребителей услуг от 5 до 6 7–8 баллов; потребителей услуг более 6 9–10 баллов
Наличие отзывов о фирме-поставщике	Много отрицательных отзывов 1–2 балла; отзывы отсутствуют, либо есть один или несколько отрицательных 3–4 балла; положительные и отрицательные отзывы (50:50) 5–6 баллов; отзывов мало, но в основном положительные 7–8 баллов; отзывы в основном положительные 9–10 баллов

Параметр по отзывам рассчитывался как разница сумм положительных отзывов и отрицательных:

$$R_3 = \sum N_p - \sum N_n, \quad (1)$$

где  $R_3$  – значение параметра количества отзывов о фирме-поставщике;

$N_p$  – положительный отзыв;

$N_n$  – отрицательный отзыв.

Для проверки согласованности мнений экспертов был рассчитан коэффициент согласованности ответов экспертов, расчет выполнялся в программе STATISTICA (рисунок).

Variable	Coeff. of Concordance = ,72585 Aver. rank r = ,71393			
	Average Rank	Sum of Ranks	Mean	Std.Dev.
крупные клиенты	1,083333	26,00000	2,666667	0,481543
время	2,270833	54,50000	4,125000	0,536697
отзывы	2,645833	63,50000	4,541667	0,883627

Расчет коэффициента согласованности и других параметров

Таблица 3

Результат анкетирования экспертов

Параметр/эксперт	1	2	3	4	5	6	7	8	...	21	22	23	24	сумма ранг	вес ранг	отклонение от среднего
Время существования на рынке	4	5	5	4	4	4	5	4	...	4	5	4	4	100	0,367647	9,333333
Наличие крупных предприятий в клиентах фирмы-поставщика	3	3	3	3	3	3	3	3	...	2	2	2	2	64	0,235294	-26,6667
Отзывы о фирме-поставщике	5	5	4	5	5	5	5	4	...	5	5	5	5	108	0,397059	17,33333

Таблица 4

Шкала предпочтительности поставщиков автосервисных услуг

N, баллы (от и до включительно)	Описание
9–10	Абсолютно надежный поставщик транспортных услуг
8–9	Надежный поставщик транспортных услуг
7–8	Сравнительно надежный поставщик транспортных услуг
5–7	Сравнительно ненадежный поставщик транспортных услуг
3–5	Ненадежный поставщик транспортных услуг
0–3	Абсолютно ненадежный поставщик транспортных услуг

Выбор поставщиков основывается на мнениях экспертов. Для согласованности выбора поставщиков был предложен ряд параметров и разработана шкала предпочтительности поставщиков автосервисных услуг. В результате экспертного метода получены весовые коэффициенты параметров, согласованность мнения экспертов проверена коэффициентом конкордации Кендалла равным 0,73, что говорит о согласованности мнений экспертов.

Фрагмент результата анкетирования экспертов приведен в табл. 3.

В результате получено, что поставщиков автосервисных услуг можно оценивать по зависимости, определяющей наиболее предпочтительного поставщика услуг:

$$N_i = 0.37 \cdot R_1 + 0.23 \cdot R_2 + 0.4 \cdot R_3, \quad (2)$$

где  $N_i$  – надежность  $i$ -го поставщика услуг;  $R_1$  – значение параметра времени существования поставщика на рынке;  $R_2$  – значение параметра количества крупных предприятий в клиентах данного поставщика;

$R_3$  – значение параметра количества отзывов о фирме-поставщике.

Предложим шкалу предпочтительности поставщиков автосервисных услуг (табл. 4).

*Нейросетевое моделирование*

В последние годы нейросетевые технологии расширяют спектр применения в различных отраслях народного хозяйства.

Основное свойство нейронных сетей в том, что они не программируются в привычном смысле этого слова, а обучаются. Способность обучения – одно из основных достоинств нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Вообще обучение нейронной сети, по сути, заключается в определении всех коэффициентов связей между нейронами (узлами сети). Нейронная сеть во время обучения способна определить сложные зависимости между входными данными и выходными и выполнять обобщение. Из этого следует, что после обучения нейронная сеть будет способна вернуть правильный результат, основываясь на данных, которых не было в об-

учающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», искажённых данных [11].

Исследование проводилось в программном пакете Statistica Neural Network – инструмент для разработки нейронной сети. Фрагмент ввода данных предоставлен в табл. 5.

Далее данные были распределены следующим образом: характер поставщика – целевая функция; время существования, наличие крупных поставщиков и отзывы – непрерывные входы.

И на основе этих данных обучены нейронные сети в данной программе, с целью выявления наиболее оптимальных параметров нейронной сети для решения задачи выбора поставщика автосервисных услуг.

Входящими данными для нейронной сети являются предложенные в исследовании параметры, характеризующие поставщиков, которые, на наш взгляд, возможно, проанализировать через сеть Интернет – время существования на рынке, наличие крупных предприятий в клиентах фирмы-поставщика, наличие отзывов о фирме-поставщике. Для характеристики поставщиков предложена шкала надежности. Характер поставщика определяется перечисленными параметрами и зависимостью для оценки надежности. В результате нейронная сеть отнесет поставщика к одной из предложенных характеристик: абсолютно надежный поставщик транспортных услуг, надежный поставщик транспортных услуг, сравнительно надежный поставщик транспортных услуг, сравнительно ненадежный поставщик транспортных услуг, ненадежный по-

ставщик транспортных услуг, абсолютно ненадежный поставщик транспортных услуг и в приоритете выбора поставщика следует рассматривать начиная с абсолютно надежного поставщика.

После обучения нейросеть смогла классифицировать поставщиков по предложенной шкале надежности, результаты соответствуют мнениям экспертов, определена архитектура нейронной сети с наименьшей ошибкой, определены ее параметры: веса, функция активации и проверена ее работа на различных входящих данных.

Возможность нейронных сетей обучаться и решать различные задачи, связанные с классификацией и прогнозированием, обуславливает их применение в экономике. Гипотеза исследования заключается в том, что нейронная сеть, обученная по обучающей выборке, полученной на основе оценки поставщиков автосервисных услуг экспертами, способна качественно классифицировать поставщиков автосервисных услуг для предприятий логистической инфраструктуры. Способность обучаться позволяет передавать им знания и опыт экспертов, что в результате дает качественные результаты работы нейронной сети.

В результате нейросетевого моделирования получены различные варианты архитектур, значений весов и функций активации нейронных сетей – анализ производительности показал, что наилучшим образом данную задачу решает нейронная сеть вида RBF, работа которой была проверена в программе Statistica 13.

Таблица 5

Данные в программе Statistica Neural Network

	Время существования на рынке, годы	Наличие крупных предприятий, шт.	Отзывы о фирме-поставщике (по формуле (1))	Characteristic	Control and training
1	2	3	4	5	6
1	4	0	0	Абсолютно надежный поставщик	Train
2	6	1	-1	Абсолютно ненадежный поставщик	select
3	21	1	2	Ненадежный поставщик	Train
4	18	5	0	Сравнительно надежный поставщик	select
5	7	6	-1	Ненадежный поставщик	Train
6	2	2	6	Ненадежный поставщик	select
7	4	4	8	Сравнительно ненадежный поставщик	select
8	14	2	1	Сравнительно ненадежный поставщик	Train
9	8	10	0	Сравнительно ненадежный поставщик	Train

Данный результат исследования может применяться в качестве основы для программного продукта, на основе данной нейронной сети, способного обеспечить эффективное решение о выборе поставщика автосервисных услуг.

Для решения данной задачи построена нейронная сеть вида RBF, проведена проверка работы данной нейронной сети в программе Statistica. Для задач классификации в нейронных сетях обычно применяют логистическую и тангенциальную функции.

В результате было получено, что нейронная сеть вида MLP показывает невысокий результат (табл. 6), коэффициент производительности 90%, то есть в 90 случаях из 100 модель дает правильный результат, повысим качество прогноза, используя другой вид архитектуры нейронной сети.

Теперь для данной задачи выбираем тип RBF (сеть радиально-базисных функций).

Более полные результаты представлены в табл. 7.

Обращает внимание четвертая из полученных моделей вида RBF с 100%-ным результатом. Функция активации данной сети – функция Гаусса.

Анализ чувствительности параметров представлен в табл. 8, параметр «наличие крупных предприятий» можно не использовать при дальнейших исследованиях.

Также программа Statistica позволяет вывести в другие редакторы веса (синапсы) нейронной сети, что дает возможность использовать их для разработки нейронной сети для дальнейших исследований. Проведена проверка работы нейронной сети (табл. 9).

**Таблица 6**

Результаты моделирования, тип сети – MLP

Net. ID	Net.name	Training perf.	Test perf.
1	MLP 3-18-7	90,476190	71,428571
2	MLP 3-16-7	90,476190	71,428571
3	MLP 3-12-7	90,476190	71,428571
4	MLP 3-17-7	85,714287	57,142857

**Таблица 7**

Результаты моделирования, вид сети – RBF

Summary of active networks (avto)					
Index	Net. name	Training perf.	Test perf.	Validation perf.	Training algorithm
1	MLP 3-18-7	90,4762	71,42857		BFGS 15
2	MLP 3-16-7	90,4762	71,42857		BFGS 50
3	RBF 3-3-7	38,0952	28,57143		RBFT
4	RBF 3-20-7	100,0000	75,00000	50,00000	RBFT

**Таблица 8**

Анализ чувствительности параметров

Networks	Sensitivity analysis(avto) Samples Train Test Validation		
	Время существования на рынке	Наличие отзывов о фирме-поставщике	Наличие крупных предприятий в клиентах фирмы-поставщика
11. RBF 3-20-7	50,01342	13,15187	3,772813

**Таблица 9**

Результат работы нейронной сети

Network:RBF 3-20-7			
Характеристика поставщика	Время существования на рынке	Наличие отзывов о фирме-поставщике	Наличие крупных предприятий в клиентах фирмы-поставщика
Абсолютно надежный поставщик	10	1	10
Абсолютно надежный поставщик	10	1	5
Сравнительно надежный поставщик	10	1	2

Полученные результаты совпадают с моделью (2). Таким образом, используя данные экспертов, обучена нейронная сеть типа RBF в программе Statistica.

*Затраты на аутсорсинг  
и механизм оценки качества работ*

При выборе поставщика необходимо учитывать все затраты на аутсорсинг, в том числе связанные с возможной транспортировкой техники к месту ремонта [15].

Затраты при аутсорсинге автосервисных услуг можно выразить формулой

$$C_i = \sum_j^k S_{ij} \cdot N_{ij} + SD_i + Z_i, \quad (3)$$

где  $C_i$  – затраты при использовании услуг  $i$ -го поставщика;

$k$  – количество видов услуг, предоставляемых предприятию фирмой-поставщиком;  
 $j = \{1 \dots k\}$ ;

$S_j$  – стоимость  $j$ -го вида услуг  $i$ -го поставщика;

$N$  – количество необходимых услуг  $j$ -вида услуг, осуществляемых  $i$ -м поставщиком;

$SD$  – стоимость транспортировки машины к месту ремонта  $i$ -го поставщика, если данная работа выполняется фирмой-поставщиком;

$Z$  – стоимость запасных частей  $i$ -го поставщика.

Тогда при выборе  $i$ -го поставщика необходимо руководствоваться условиями, при которых количество необходимых услуг ( $N_i$ ) достигает максимального значения, а затраты при использовании  $i$ -го поставщика – минимального значения.

После выбора поставщика, при заключении договора на оказание услуг, следует разработать механизм оценки качества работ. Мы предлагаем автосервисные услуги оценивать по параметрам:

$$K1 = \frac{t_{n+1}}{t_n}, \quad (4)$$

где  $K1$  – время ожидания;

$t_{n+1}$  – время ожидания: время, затрачиваемое на оформление документов на ремонт и прием машины за  $(n + 1)$ -й период использования услуг поставщика;

$t_n$  – то же время, за  $n$ -й период использования услуг поставщика.

$$K2 = \frac{t2_{n+1}}{t2_n}, \quad (5)$$

где  $K2$  – время выполнения услуги;

$t2_{n+1}$  – время выполнения услуги за  $(n + 1)$ -й период,  $t2_n$  – время выполнения услуги за  $n$ -й период.

$$K3 = \frac{m_{n+1}}{m_n}, \quad (6)$$

где  $K3$  – Количество отказов;

$m_{n+1}$  – количество отказов за  $(n + 1)$ -й период,  $m_n$  – количество отказов за  $n$ -й период.

Если в предыдущий период не пользовались услугами поставщика и ремонт машин осуществлялся собственными силами, то параметр  $K1$  не рассчитывается.

При уменьшении данных параметров можно говорить об улучшении уровня качества услуг. На наш взгляд процесс оказания автосервисных услуг можно считать успешным при следующих значениях параметров:

$$K1 \leq 1, K2 \leq 1, K3 \leq 1. \quad (7)$$

Данные параметры можно использовать при обосновании изменений в договоре на оказание услуг, связанных со стоимостью или иными аспектами.

### Заключение

В данном исследовании применено нейросетевое моделирование для решения вопросов выбора поставщика, которое позволило убедиться в правильности применения нейросетевой технологии в методике работы с поставщиками услуг. Предлагаемая методика работы с поставщиками услуг позволяет учесть адаптивные свойства при принятии оперативных решений, что снижает риск при отсутствии экспертных оценок.

Целью исследования было разработать методику работы с поставщиками услуг и рассмотреть возможность решения вопросов по выбору поставщика автосервисных услуг с помощью нейронных сетей. Для достижения этой цели были решены задачи, связанные с разработкой предпочтительности поставщиков автосервисных услуг. Предложены критерии оценки поставщиков, которые, на наш взгляд, возможно, проанализировать через сеть Интернет – время существования на рынке, наличие крупных предприятий в клиентах фирмы-поставщика, наличие отзывов о фирме-поставщике. Набор критериев в дальнейшем не встретил критику со стороны экспертов.

Результатом экспертного метода стала построенная модель 2, которая позволяет получить оценку поставщика, предложенную называть надежность поставщика услуг. Кроме того, проведенный анализ чувствительности показал, что параметр «наличие крупных предприятий» имеет наименьшее влияние на значение надежности поставщика услуг. Надежность поставщика услуг в данной работе выражена предложенными критериями, выбор кото-

рых обусловлен доступностью информации по ним в сети Интернет.

Для обучения нейронной сети авторами сформирована обучающая выборка со случайным набором параметров поставщиков и значением надежности в соответствии с моделью 2, то есть с учетом результата экспертного метода.

На основе этой выборки были проведены исследования по оцениванию нейронными сетями надежности поставщиков по предложенным критериям. Были рассмотрены два типа нейронных сетей MLP с тангенциальной функцией активации и двухслойный перцептрон типа RBF, с функцией активации Гаусса. Оценка качества работы нейронных сетей показала, что с данной задачей при данном наборе данных лучше справилась нейронная сеть RBF со структурой 3-20-7.

Проведенный экспертный анализ позволил получить весовые коэффициенты параметров, характеризующих поставщиков автосервисных услуг, предложена шкала для их оценки, что дает возможность оценивать поставщика до начала работы с ним. В результате получен механизм, позволяющий ориентироваться при выборе поставщика автосервисных услуг по параметрам: время существования, отзывы и количество крупных клиентов.

Показана возможность применения в методике работы с поставщиком автосервисных услуг современного инструмента – нейросетевой технологии. В методике работы с поставщиками автосервисных услуг также предложено использовать критерии оценки его работы, выражающие тенденцию изменения качества услуг: время ожидания, время выполнения услуги, количество отказов, которые можно использовать для защиты интересов предприятия в случае возникновения претензий к поставщику.

## Список литературы

1. Хаиров Б.Г. Логистика для бакалавров: учебник / Под общ. ред. проф. С.В. Карповой. М.: Вузский учебник. ИНФРА-М., 2016. 323 с.
2. Крылова Т., Мельцас Е., Еремин И. Стратегия взаимодействия финансовой логистики как способ увеличения финансовой устойчивости // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 1. С. 264–267.
3. Дж. Брайан Хейвуд. Аутсорсинг. В поисках конкурентных преимуществ. М.: ДВильямс, 2004. 176 с.
4. Майкл Р. Линдерс, Харольд. Е. Управление снабжением и запасами. Логистика / Пер. с англ. Фирон. Изд-во: РГБ.М., 2006. 768 с.
5. Шимохин А.В. Применение нейросетевого моделирования для принятия решения о передаче бизнес-процесса на аутсорсинг // Фундаментальные исследования. 2019. № 5. С. 160–166.
6. Ilan Oshri, Julia Kotlarsky, Alexandra Gerbasi Strategic Innovation Through Outsourcing: The Role of Relational and Contractual Governance. The Journal of Strategic Information Systems. 2015. Vol. 24. Iss. 3. P. 203–216.
7. Ahm Shamsuzzoha, Petri Helo Does outsourcing always work? – A critical evaluation for project business success. Benchmarking An International Journal. 2018. Vol. 25 (9). DOI: 10.1108/BIJ-06-2017-0146.
8. McNelis P., McAdam P. Forecasting Inflation with Forecast Combinations: Using Neural Networks in Policy. Complexity Hints for Economic Policy. 2007. P. 253–270. DOI: 10.1007/978-88-470-0534-1\_13.
9. Leandro S. Maciel, Rosangela Ballini Neural networks applied to stock market forecasting: an empirical analysis. Learning and Nonlinear Models (L&NLM). Journal of the Brazilian Neural Network Society. 2010. Vol. 8. Iss. 1. P. 3–22. DOI: 10.21528/lmln-vol8-no1-art1.
10. Abdullah L. Fuzzy multi criteria decision making and its applications: a brief review of category. Procedia-social and behavioral sciences of the 9th international conference on cognitive science: 97. Kuching, Sarawak, Malaysia. 2013. P. 131–136.
11. LukasFalat Quantitative Modeling in Economics with Advanced Artificial Neural Networks. Business Economics and Management Conference. 2015. Vol. 34. P. 194–203.
12. Виноградова Е.Ю. Принципы выбора оптимальной топологии нейронной сети для поддержки принятия управленческих решений // Управленец. 2012. № 7 (35). С. 74–78.
13. Велихов П. Машинное обучение для понимания естественного языка // Открытые Системы. СУБД. 2016. № 1. С. 18–21.
14. Бауэрсокс Д., Клосс Д. Логистика: интегрированная цепь поставок / Пер. с англ. 2-е изд. М.: Олимп-Бизнес, 2008. 640 с.
15. Хаирова С.М. Выбор концепций логистики транспортными системами России при формировании опорных сетей и интеграции услуг // Вестник СГТУ. 2014. № 1 (74). С. 217–222.