

# АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫГОДНОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО АНАЛИЗА

## ANALYSIS OF METHODS DETERMINATION OF PROFITABLE LOCATION OF ENTERPRISES BASED ON NEURO-FUZZY ANALYSIS

**D. Goncharov  
I. Sviridova**

*Summary.* This article examines the current and modern methods of neuro-fuzzy analysis in the processes of determining the beneficial location of enterprises. The main directions of using artificial intelligence in the processes of determining the profitable location of enterprises are given. The article also investigates the direction of using artificial neural networks for solving learning problems for the selection of determining the favorable location of enterprises. The research methodology has a complex interdisciplinary nature and is based, firstly, on the analytical philosophy of consciousness and the philosophy of artificial intelligence, secondly, on the general methodology of cognitive, computer science and neurosciences, and thirdly, on the philosophical and methodological imperative of explicating the scientific and theoretical content in the economic processes of enterprise management. It is shown that artificial intelligence technologies generally have a positive effect on the functioning of the control system for selecting a favorable location for enterprises.

*Keywords:* neuro-fuzzy analysis, artificial intelligence, training, selection, advantageous location, enterprise, neural network.

**Гончаров Дмитрий Викторович**

Ассистент, НИУ «Белгородский Государственный  
Университет», г. Белгород  
goncharov@bsu.edu.ru

**Свиридова Ирина Вячеславовна**

Ассистент, НИУ «Белгородский Государственный  
Университет», г. Белгород  
sviridova@bsu.edu.ru

*Аннотация.* В данной статье исследованы актуальные и современные методы нейро-нечеткого анализа в процессах определения выгодного местоположения предприятий. Приведены основные направления использования искусственного интеллекта в процессах определения выгодного местоположения предприятий. В статье также исследовано направление применения искусственных нейронных сетей для решения задач обучения для подбора определения выгодного местоположения предприятий. Методология исследования имеет комплексный междисциплинарный характер и опирается, во-первых, на аналитическую философию сознания и философию искусственного интеллекта, во-вторых, на общую методологию когнитивных, компьютерных наук и нейронаук, в-третьих, на философско-методологический императив экспликации научно-теоретического содержания в экономических процессах управления предприятиями. Показано, что технологии искусственного интеллекта целом оказывают положительное влияние на функционирование системы управления подбора выгодного местоположения предприятий.

*Ключевые слова:* нейро-нечеткий анализ, искусственный интеллект, обучение, подбор, выгодное местоположение, предприятие, нейронная сеть.

## Введение

**В** настоящее время большая часть процессов на предприятиях активно адаптируется к инновациям на базе нейро-нечеткого анализа и искусственного интеллекта [2, с. 231]. Математическая теория нечетких множеств и нечеткая логика является обобщением классической теории множеств и классической формальной логики. Эти понятия были впервые предложены американским ученым Л. Заде в 1965 г. [12, с. 352]. Одной из главных причин появления новой теории стало наличие нечетких и приближенных рассуждений при описании человеческих процессов, систем, объектов и прочего. Прежде чем нечеткий подход к моделированию сложных систем получил признание во всем мире, прошло не один десяток лет с момента

зарождения теории нечетких множеств. Наиболее активное распространение нечеткой логики началось после доказательства в конце 80-х прошлого века Б. Коско знаменитой теоремы FAT, согласно которой любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечеткой логике [14, с. 202]. Гибридизация методов интеллектуальной обработки информации — девиз, под которым прошли 90-е годы XX ст. у западных и американских исследователей. В результате объединения нескольких технологий искусственного интеллекта появился специальный термин — «мягкие вычисления» (soft computing), который ввел Л. Заде в 1994 г. [7, с. 17]. Сегодня мягкие вычисления объединяют следующие сферы, как нечеткая логика, искусственные нейронные сети, вероятностные рассуждения, эволюционные алгоритмы. Они допол-

няют друг друга и используются в разных комбинациях для создания гибридных интеллектуальных систем. Нейронные сети — это параллельно распределенные системы, способные к сохранению и репрезентации знаний путем анализа положительных и отрицательных воздействий [2, с. 123]. Нечеткие нейронные сети логически прозрачны, поэтому они могут получать новые знания. Нечеткие нейронные сети также легко адаптируются к окружающей среде. Все это свидетельствует о том, что эти системы эффективно использовать для повышения эффективности экономического и финансового состояния предприятий. Нейро-нечеткая сеть — это представление системы нечеткого вывода в виде нейронной сети, удобной для изучения, пополнения, анализа и использования. Структура нейро-нечеткой сети соответствует основным блокам системы нечеткого вывода [6, с. 16]. Именно поэтому нейронные сети и генетические алгоритмы сейчас широко применяются повсюду, где есть неформализованные задачи, которые очень тяжело алгоритмизировать [6, с. 15]. Сегодня многие компании не могут добиться высоких результатов в конкурентной среде именно потому, что команда специалистов недостаточно технически образована в сфере применения нейро-нечеткого анализа. Сегодня эксперты называют одним из главных умений нейро-нечеткого анализа и искусственного интеллекта — взвешенное принятие решений. Человек основывается на субъективных ощущениях, не всегда соблюдая правила, а искусственный интеллект не может нарушить установленный порядок принятия решений, и поэтому он более беспристрастный и объективный. Согласно отчету индийской аналитической компании TeamLease, в Индии в области информационных технологий методы искусственного интеллекта создали 2300000 рабочих мест, перед этим сократив 1800000. Для бизнеса такая ситуация выгодна, поскольку руководители департаментов и менеджеры по персоналу автоматически создали на предприятиях технически более образованную и современную среду.

### Цель статьи

Анализ методов определения выгодного местоположения предприятий на основе нейро-нечеткого анализа данных.

### Обсуждение результатов

Сегодня искусственный интеллект становится все более и более важной составляющей подбора определения выгодного местоположения предприятий, поскольку такие инструменты упрощают оптимизацию выбора местоположения предприятий и повышают его прогнозную работу [13, с. 840]. В новом десятилетии предприятиям стоит обратить внимание на аналити-

ку, которая улучшит опыт в разработке новых выгодных местоположений их деятельности. Предприятия должны четко понимать и осознавать особенности выгодных местоположений их деятельности в аспекте открытия новых площадей. Системы на основе искусственного интеллекта и машинного обучения отслеживают эффективность, охват и ранжирование выгодного местоположения.

Искусственный интеллект — только одна из многих технологий, которая помогает быстрее и эффективнее осуществлять процессы подбора выгодного местоположения. Искусственный интеллект в компании в аспекте выгодных местоположений их деятельности по многим причинам, вот основные из них:

- ◆ способность анализировать данные про территориальные рынки: их глубину, характеристики потенциальной клиентской базы, прогнозируемый спрос и т.п.;
- ◆ анализ потребности в количестве новых площадей компании;
- ◆ выполнение рутинных задач (например, управление запросами с помощью ботов);
- ◆ ведения когнитивных вычислений с использованием искусственных нейронных сетей: без дополнительных исследований методы искусственного интеллекта способны вычислить по заданным параметрам, какие из потенциальных территорий для освоения смогут более эффективно эксплуатировать.

В последнее время стремительно развивается новая прикладная область математики искусственного интеллекта, которая специализируется на искусственных нейронных сетях (далее — ИНС). Актуальность данных исследований в этом направлении состоит в многообразии приложений ИНС. Широкий круг задач, решаемых ИНС, не позволяет в настоящее время создавать универсальные мощные сети, вынуждая разрабатывать специализированные ИНС, функционирующие по разным алгоритмам. Модели ИНС могут быть программного и аппаратного исполнения. Нервная система человека состоит из клеток, которые называются нейронами, и имеет чрезвычайную сложность: около 1011 нейронов участвуют около 1015 передающих связей, имеющих длину один метр и более. Наиболее целесообразным является использование искусственных нейронных сетей в задачах определения выгодного местоположения предприятий [12, с. 352].

Модель нейросети определения выгодного местоположения предприятий оценивает информацию по разметке данных, заранее составленной 150 специалистами. Входные данные для нейросети — это описание территории, рынка или страны. Далее она исследу-

ется на всех доступных базах с вариантами разработки. Машинный мозг анализирует опыт эксплуатации подобных предприятий, их характеристики и базовые свойства, необходимые для прохождения оптимизации выработки. При этом искусственные нейронные сети «разбивают» опыт на этапы — таким образом, он может оценить самый релевантный.

Для построения нейросетевого классификатора определения выгодного местоположения предприятий в различных природных условиях отрасли была выбрана нейронная сеть «Многослойный персептрон» [1, с. 231]. Как известно, при трех и более слоях в персептроне область решения может состоять из несмежных областей, ограниченных гиперплоскостью. Многослойные персептроны дают возможность строить сложные разделительные поверхности и поэтому имеют широкое применение для решения задач классификации. Эта модель нейронной сети легко реализуется с применением современных программных и аппаратных средств. Итак, с помощью многослойного персептрона можно решать задачи любой сложности.

Для построения системы классификации определения выгодного местоположения предприятий был реализован трехслойный персептрон с разным количеством нейронов в скрытых слоях и в исходном слое. Нейроны каждого слоя соединяются с нейронами предыдущего и последующего слоев по принципу «каждый с каждым». Количество нейронов в выходном слое зависит от количества классов, а количество нейронов в скрытых слоях избирается на основе сложности поверхностей гиперплоскостей, разделяющих диагностические признаки, описывающие территории города в котором планируется освоить новые офисы предприятия. Каждый слой выполняет нелинейное преобразование от линейной комбинации выходных сигналов предыдущего слоя. Поочередным расчетом линейных комбинаций и нелинейных преобразований достигается аппроксимация произвольной многомерной функции при соответствующем выборе параметров сети.

Созданы сотни программных продуктов, имеющих различные возможности, различную область применения, и соответственно — стоимость лицензии.

1. Нейропакет Neural 10, который разработан компанией Southern Scientific CC, South Africa, имеет достаточно ограниченные возможности, реализует только одну нейросетевую парадигму — двухслойная нейронная сеть прямого распространения.
2. Пакет NeuroPro, имеет возможность задавать количество до 10 слоев и количество нейронов в слое — до 100. Но нейроны могут быть только

с нелинейной сигмоидальной функцией активации, крутизна которой может задаваться для каждого слоя отдельно, есть возможность установки точности обучения. Для обучения можно использовать один из следующих методов: градиентного спуска, модифицированный ParTap метод, метод сопряженных градиентов.

3. В пакете QwikNet 32 реализовано только один тип нейросети — многослойная сеть прямого распространения с количеством скрытых слоев (до 5) и возможностью выбора одного из 6 алгоритмов обучения (модификации метода обратного распространения).
4. Программная оболочка Neural Planer позволяет моделировать нейронные сети различной конфигурации. В нем реализована работа в локальной сети.
5. Пакет BrainMaker предназначен для моделирования многослойных нейронных сетей с алгоритмом обучения обратного распространения. Пакет ориентирован на широкий круг задач — от решения задач прогнозирования, к системам распознавания образов. Программа обрабатывает входные данные нейронной сети, выводит статистику его обучения и прогонки. В программе имеется большое количество контрольных функций для оптимизации процесса обучения.
6. Программный пакет Statistica Neural Network является универсальным пакетом нейросетевого анализа, созданным компанией StatSoft. В пакете реализовано много видов нейронных сетей, есть возможность создания сложных комбинаций из сетей различных архитектур.
7. Программный пакет MatLab содержит много возможностей, касательно создания и использования алгоритмов искусственных нейронных сетей. Это пакеты Neural Network Toolbox и Simulink, работающие с помощью внутренней речи описания данных пакета MatLab. Пакет позволяет решать самые разнообразные задачи и строить сложные системы.
8. Пакет NeuroSolutions является разработкой NeuroDimension NeuroSolutions на основе изображения обеспечивает наиболее мощную и гибкую окружающую среду для создания искусственных нейронных сетей. Интуитивность пакета имеет преимущества перед другими программными продуктами, его интерфейс дает возможность быстро и легко строить и учить нейронную сеть, чтобы решить любую сложную проблему. Пакет имеет мощный графический, пользовательский, интерфейс.

С учетом приведенного анализа выше считаем, что для решения различных технологических задач це-



Рис. 1. Стратегии определения выгодного местоположения предприятий для услуг

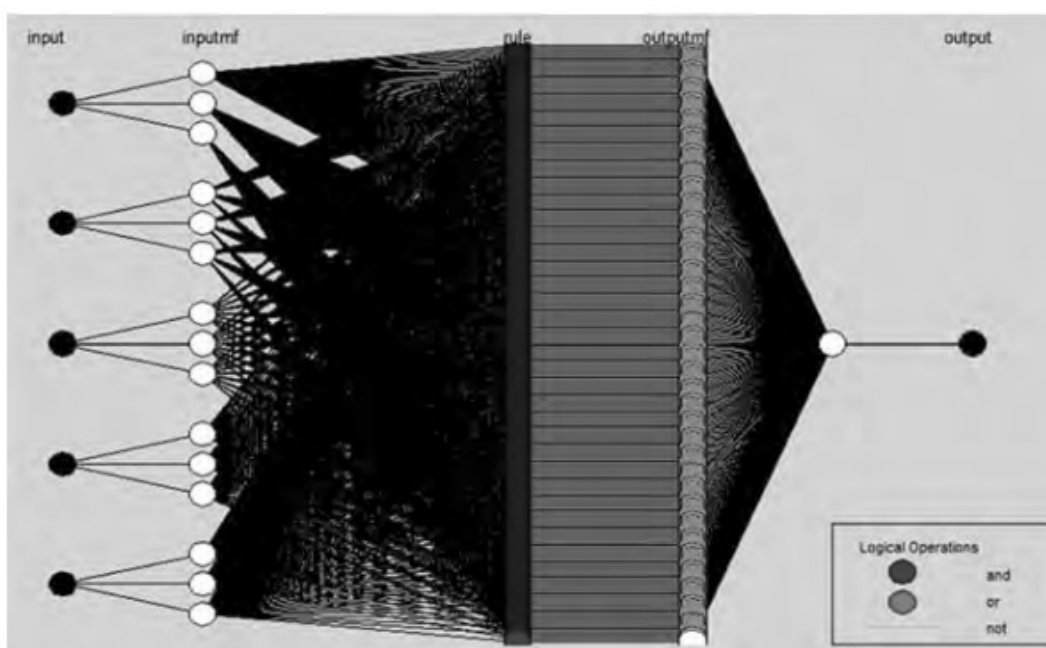


Рис. 2. Структура нечеткой нейронной сети определения выгодного местоположения предприятий

лесообразно использовать пакет MatLab и систему NeuroSolutions. Изначально проводится детализация критериев выгодных местоположений их деятельности, что во многом определяется видом бизнеса: производство, сервис, ритейл. Ниже на рис. 1 представлено основание критериев выгодного местоположения предприятия сферы услуг).

На рис. 2 четко видно, что многослойный перцептрон провел нелинейную классификацию и выделил области со сложной структурой определения выгодного местоположения предприятий.

Разработанная нейронная сеть позволяет выполнять нелинейное разделение и классификацию определения

выгодного местоположения предприятий по набору диагностических признаков, выделять сложную зависимость между степенью выгоды местоположения и значениями информативных параметров. Во время учебы нейронная сеть может автоматически изменять собственные параметры, достигая при этом наиболее высокой достоверности контроля. К недостаткам системы можно отнести необходимость для обучения многослойного персептрона существования обучающей выборки, содержащей информацию о возможных недостатках местоположения. Внесение информации о новом типе недостатка местоположения сопровождается полным переобучением сети. Решить данный недостаток возможно использованием гибридных нейронных сетей, или комбинации многослойного персептрона с другими сетями, обучающихся без учителя и имеющих способность изменять свои параметры в процессе работы и приспосабливаться к изменению входных

данных. Система классификации на базе многослойного персептрона имеет высокую достоверность контроля. Полученные результаты показали перспективность применения нейронных сетей при проведении определения выгодного местоположения предприятий.

## ВЫВОДЫ

Искусственный интеллект — это инструменты, которые идеально подходят для использования в сфере обучения для определения выгодного местоположения предприятий. Это обусловлено наличием в «умных» системах алгоритмов, способных собирать, анализировать, упорядочивать данные. По прогнозам IBM, в ближайшие годы большинство компаний в странах мира с наиболее развитой экономикой необходимо будет переквалифицироваться, чтобы использовать потенциал рынка искусственных технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ананченко И.В., Чагина П.А. Торговые работы — использование нейронных сетей, методов машинного обучения для рынка форекс. Москва: Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. 231 с.
2. Качагина К.С., Сафарова А.Д. Нейронные сети — перспективы развития. Санкт-Петербург: E-Scio. 2021. 123 с.
3. Ковалиева Е.Р., Алексеева В.П. Причины стремительного развития нейронных сетей. Санкт-Петербург: E-Scio. 2021. 125 с.
4. Кириллова Е.А., Лазарев А.И. Программно-аналитические системы прогнозирования и оценки реализации инновационных процессов в интеграционных формированиях. Москва: Экономика и экологический менеджмент. 2021. 15 с.
5. Круглов В.В., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. Москва: Ленанд. 2020. 779 с.
6. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Колесникова О.Д. Информационные нейронные сети. Москва: Научное обозрение. Технические науки. 2019. 11–16 с.
7. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А. Нейронные сети: общие технологические характеристики. Москва: Научное обозрение. Технические науки. 2019. 17–23 с.
8. Ширяев В.И. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика. Москва: Ленанд. 2019. 232 с.
9. Яхъяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. Москва: Бином. 2018. 316 с.
10. Редько В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики. Москва: Ленанд. 2017. 224 с.
11. Ширяев В.И. Финансовые рынки. Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика. Москва: Либроком. 2017. 232 с.
12. Барский А.Б. Логические нейронные сети. Москва: Бином. 2016. 352 с.
13. Галушкин А.И. Нейронные сети: история развития теории. Москва: Альянс. 2016. 840 с.
14. Иваненко Б.П. Исследование точностных характеристик прогноза показателей нефтедобычи с использованием линейной нейронной сети. Томск: Известия ТПУ. 2016. 202 с.
15. Подольский А.К. Применение методов искусственного интеллекта в нефтегазовой промышленности. Москва: Современная наука. 2016. 281 с.
16. Рутковская Д.М., Пилинский М.А., Рутковский Л.Я. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Москва: Ри С. 2016. 384 с.
17. Ткаченко М.Г. Применение искусственной нейронной сети, оптимизированной генетическим алгоритмом, в задаче анализа состояния технологического оборудования нефтегазодобывающей промышленности. Ростов — на — дону: ЮФУ: Технические науки. 2016. 156 с.
18. Усков А.А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. Москва: Телеком. 2016. 143 с.

© Гончаров Дмитрий Викторович (goncharov@bsu.edu.ru), Свиридова Ирина Вячеславовна (sviridova@bsu.edu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»