

conditions, topographical features, and the organization of urban space.

Keywords: *urban planning structure, territorial and geographical factors, urbanism, urban infrastructure, functional zoning, urban development.*

Об авторах:

АНКУШИНА Светлана Константиновна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sveta.ankushina@yandex.ru

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

ANKUSHINA Svetlana Konstantinovna – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sveta.ankushina@yandex.ru

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

УДК 004.85

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ БАЗ ДАННЫХ

М.Р. Гатин

© Гатин М.Р., 2025

Аннотация. В статье представлено решение одной из задач анализа реляционных баз данных, а именно классификации с использованием искусственной нейронной сети. Для решения задачи классификации использована такая архитектура сети, как многослойный персептрон. Описаны особенности ее работы. Рассмотрен алгоритм извлечения правил классификации из обученной нейронной сети.

Ключевые слова: нейронные сети, многослойный персептрон, анализ данных, классификация, извлечение правил, система вывода.

В настоящее время объем информации, которую человек получает и создает, увеличивается с каждым днем. Очевидно, эти данные необходимо не только хранить, но и каким-то образом анализировать и обрабатывать. Зачастую информация хранится в базах данных, а последние, в свою очередь, подвергаются анализу и обработке с целью выявления знаний и закономерностей, которые не всегда заметны невооруженным взглядом.

Один из таких типов закономерностей, позволяющий выявлять методы анализа и представления данных, – классификация.

Средства обнаружения знаний в базах данных, как правило, базируются на применении таких пяти методов, как индукция ассоциативных правил, деревья решений, k-ближайшие соседи, нейронные сети, генетические алгоритмы [1]. В настоящей работе выбор пал на использование нейронных сетей.

Современный мир трудно представить без технологий, в основе которых лежат нейронные сети. Результаты, полученные с помощью нейронных сетей, могут быть понятны и легки в интерпретации. Однако то, как работает нейронная сеть, может быть непонятно, особенно если речь идет о сложных моделях глубокого обучения.

Например, если мы используем нейронную сеть для классификации изображений, то можем получить результаты в виде вероятностей относительно того, какой объект присутствует на изображении. Данные результаты могут быть легко интерпретированы как вероятности классов, но неизвестно, как именно нейронная сеть пришла к такому результату.

Это становится проблемой в ситуациях, когда мы хотим понимать, как работает нейронная сеть, чтобы улучшить ее производительность или обнаружить ошибки. В таких случаях может потребоваться анализировать веса и параметры нейронной сети. Для этого используются методы интерпретации нейронных сетей, которые дают возможность установить, какие признаки и атрибуты входных данных были наиболее важны для принятия решения. Один из способов интерпретации работы сети – использование методов логического вывода, позволяющих определить явные правила классификации на основе результатов, полученных с помощью нейронных сетей.

База данных. На первом этапе решения поставленной задачи классификации объектов базы данных нейронной сетью необходимо выполнить предобработку данных, поскольку она может помочь улучшить качество модели и повысить эффективность ее работы. Предобработку данных необходимо проводить перед началом обучения, поскольку все признаки должны быть представлены в виде чисел с одинаковой размерностью. Если признаки имеют различную размерность, то это может привести к проблемам с обработкой данных и к снижению качества модели. В качестве предобработки данных производится их нормализация: она стандартизирует признак, вычитая среднее и затем масштабируя к единичной дисперсии. Единичная дисперсия представляет собой деление всех значений на стандартное отклонение.

Архитектура сети. Многослойный персепtron (МСП) – это (в общем виде) математическая функция, отображающая множество входных значений на множество выходных. Данная функция является композицией нескольких более простых функций. Многослойный персепtron состоит из

нескольких слоев нейронов, включая входной слой, скрытые слои и выходной (рис. 1). Персептрон применяется для задач с несколькими классами и может использоваться для решения широкого спектра классификационных задач.

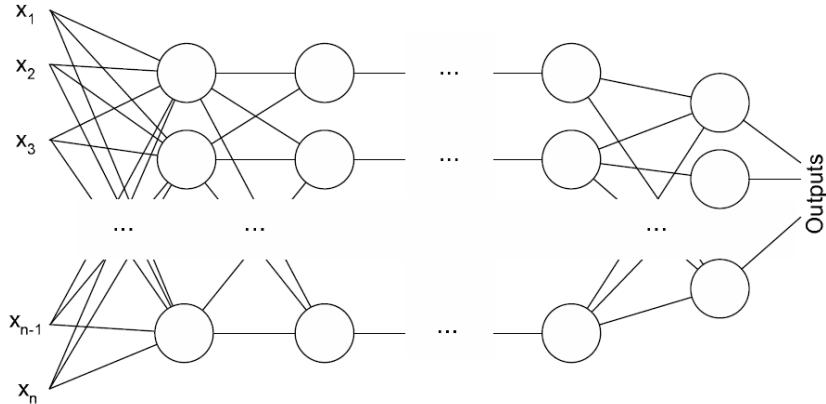


Рис. 1. Архитектура МСП

Каждая нейронная сеть нуждается в обучении. В данной работе представлен стандартный алгоритм обучения методом обратного распространения ошибки сигнала с целью настройки весов нейронов (рис. 2).

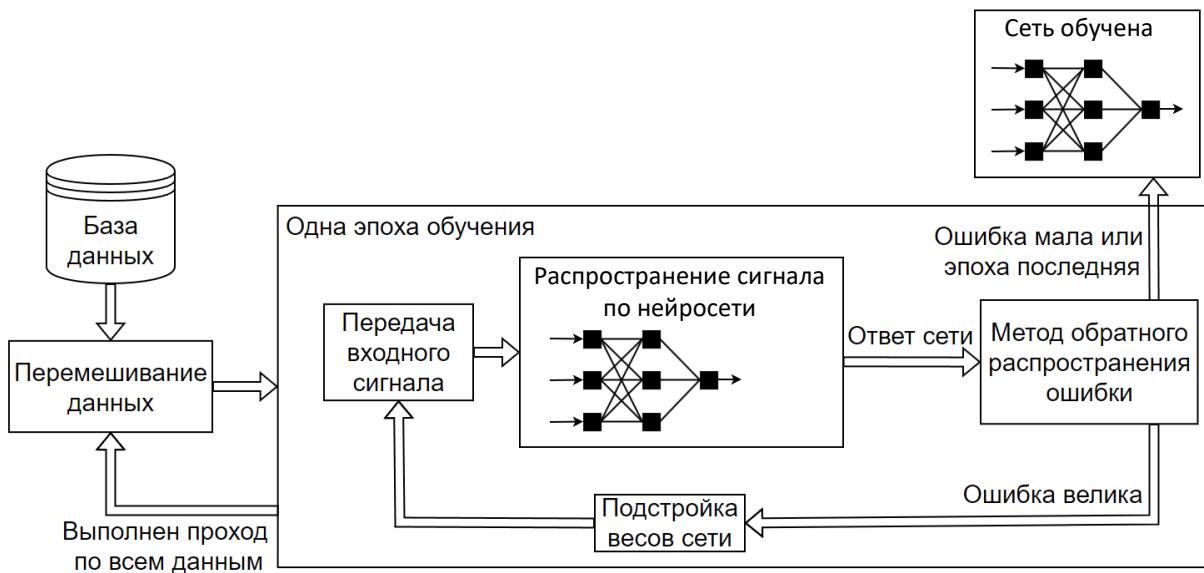


Рис. 2. Схема обучения искусственной нейронной сети

Извлечение правил классификации. Один из методов извлечения правил из нейронных сетей, обученных решению задачи классификации, – это метод *NeuroRule*.

Задача состоит в классификации некоторого набора данных с помощью многослойного персептрона и последующего анализа полученной

сети с целью нахождения классифицирующих правил, описывающих каждый из классов.

Пусть A обозначает набор из N свойств A_1, A_2, \dots, A_N , а $\{a_i\}$ – множество возможных значений, которое может принимать свойство A_i . Обозначим через C множество классов: c_1, c_2, \dots, c_m . Для обучающей выборки известны ассоциированные пары векторов входных и выходных значений (a_1, \dots, a_m, c_k) , где $c_k \in C$.

Алгоритм извлечения классифицируемых правил включает 3 этапа:

1. Обучение нейронной сети.

2. Прореживание нейронной сети. Обученная нейронная сеть содержит все возможные связи между входными нейронами и нейронами скрытого слоя, а также между последними и выходными нейронами. Полное число этих связей обычно столь велико, что из анализа их значений невозможно извлечь обозримые для пользователя классифицируемые правила. Прореживание заключается в удалении излишних связей и нейронов, не приводящем к увеличению ошибки классификации сетью.

3. Извлечение правил. На этом этапе из прореженной сети извлекаются правила, имеющие форму *если* $(a_1 \theta q_1)$ и $(a_2 \theta q_2)$ и ... и $(a_N \theta q_N)$, *то* c_j , где q_1, \dots, q_N – константы; θ – оператор отношения ($=, \geq, \leq, ><$). Предполагается, что эти правила достаточно очевидны при проверке и легко применяются к большим базам данных [2].

Схема алгоритма извлечения правил классификации представлена на рис. 3.

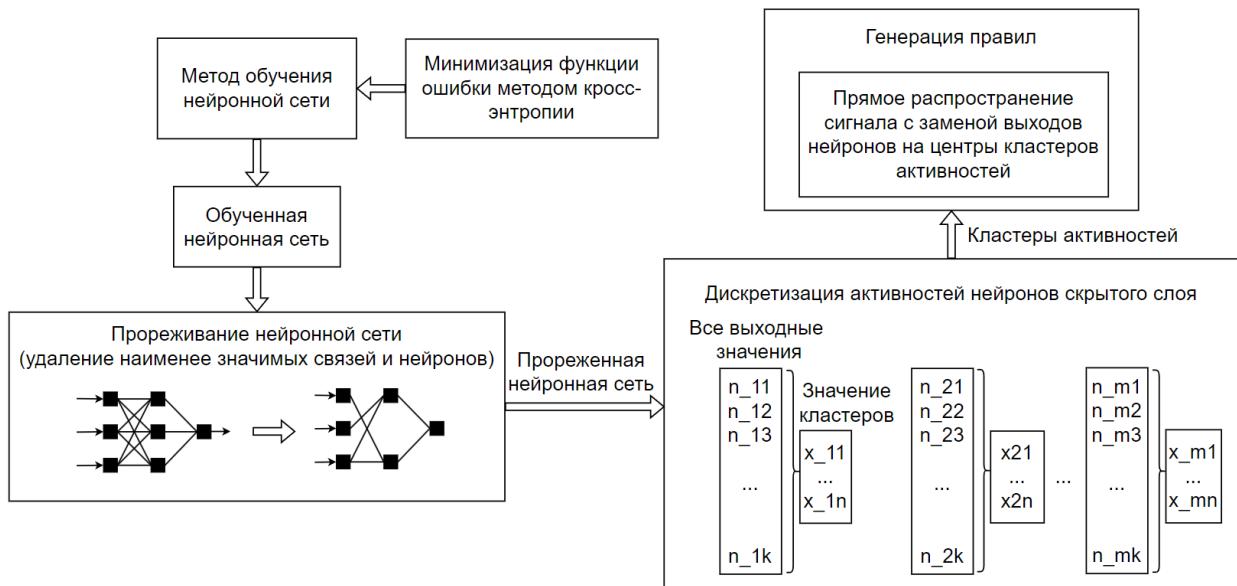


Рис. 3. Схема извлечения правил классификации

Продукционная система вывода. Полученные правила впоследствии передаются продукционной системе вывода, которая использует их для

принятия решений вида «если ..., то ...». Каждое правило содержит условие и вывод, и система применяет их последовательно до тех пор, пока не будет найдено правило, которое соответствует входным данным. Этот подход позволяет один раз обучить сеть, получить из нее правила, сохранить их и передать системе вывода, которая в дальнейшем может использоваться сколько угодно раз и требовать наименьшее количество ресурсов системы, в отличие от нейронной сети, которую придется заново обучать или у которой нужно будет сохранять состояние всех ее весов и нейронов, чтобы вновь воспользоваться ее возможностями.

Решение выглядит следующим образом. Искусственная нейронная сеть обучается на записях анализируемой реляционной базы данных, т.е. запоминает их. Сеть становится моделью обучающей базы данных. Полученную таким образом модель пользователь может использовать для прогнозирования и исследования ассоциативных связей, скрытых в базе данных, за счет извлечения правил из нейронной сети алгоритмом *NeuroRule* и передачи их в производственную систему вывода для дальнейшего использования последней вместо обученной сети (для выполнения одной задачи, которой прежде была обучена искусственная нейронная сеть).

Программный модуль (рис. 4) состоит из пользовательского интерфейса, связывающего воедино 3 основных подмодуля:

- 1) модуль нейронной сети;
- 2) модуль извлечения правил, которому передается обученная сеть;
- 3) модуль производственной системы вывода, которому передаются правила из модуля 2.

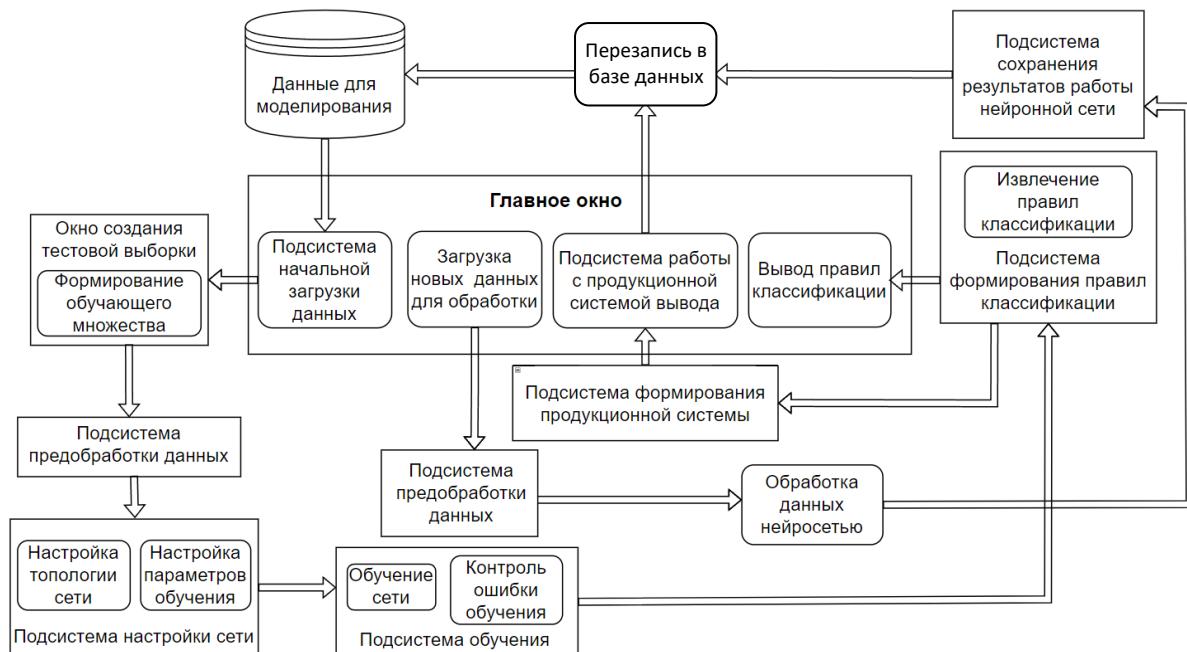


Рис. 4. Функциональная схема программного модуля

В настоящей работе был продемонстрирован общий принцип построения системы с использованием искусственной нейронной сети, решающей задачу классификации, а также показан алгоритм извлечения правил из обученной нейронной сети, который обеспечивает эффективное применение классификационных правил без необходимости повторного обучения сети и значительно сокращает затраты как ресурсов, так и времени. Представленная система предполагает широкие возможности ее практического применения в различных областях, требующих анализа данных и их классификации, и при этом гарантирует интерпретируемость результатов.

Библиографический список

1. Программы обнаружения знаний – как выбрать? // Банковские технологии. 1997. С. 91–93.
2. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе: учебное пособие. М.: МИФИ, 1998. С. 169–170.

USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TO CLASSIFY DATABASE OBJECTS

M.R. Gatin

Abstract. The paper presents a solution to one of the problems of analyzing relational databases, namely classification using an artificial neural network. To solve the problem of classification such network architecture as multilayer perceptron is used. The peculiarities of its operation are described. The algorithm of extraction of classification rules from the trained neural network is considered.

Keywords: neural networks, multilayer perceptron, data analysis, classification, rule extraction, inference system.

Об авторе:

ГАТИН Малик Ренатович – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: gatin.mal@yandex.ru

Научный руководитель – Мальков Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: 21_maa@mail.ru

About the author:

GATIN Malik Renatovich – Bachelor's degree, Tver State Technical University, Tver. E-mail: gatin.mal@yandex.ru

Research manager – Malkov Alexander Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Software Department, Tver State Technical University, Tver. E-mail: 21_maa@mail.ru

УДК 338.1

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТВЕРСКОГО РЕГИОНА

М.Р. Данильченко, Э.Э. Гатамов

© Данильченко М.Р., Гатамов Э.Э., 2025

Аннотация. В статье рассмотрена специфика сценариев экономического развития Тверского региона с точки зрения возникающих угроз и факторов дестабилизации. Предположено, что наиболее вероятным сценарием развития региона является инерционный, согласно которому развитие региона будет основано на базовых отраслях экономики, поскольку на протяжении последних 15 лет структура промышленного производства по отраслям в Тверской области достаточно стабильна. Исследование подтвердило гипотезу авторов о том, что обеспечение экономической безопасности связано не только с мониторингом и оценкой текущих показателей, но и с разработкой стратегических ориентиров развития региона.

Ключевые слова: экономическая безопасность, Тверская область, сценарии экономического развития.

Региональная экономическая безопасность (экономическая безопасность регионов страны) является важным элементом национальной экономической безопасности. При этом следует подчеркнуть, что в условиях современной России экономическая безопасность регионов во многом производна от общенациональной и очень сильно зависит от нее. «В настоящее время регионы России сформировались как относительно целостные экономические системы, которые имеют свои особенности и самостоятельность в выборе стратегии экономического развития» [9, с. 13]. Региональные особенности предопределяют всю совокупность угроз и опасностей, которые влияют на безопасность не только данного региона, но и страны в целом.

А.Г. Бреусова и К.К. Логинов отмечают [2, с. 120]: «Подходы к обеспечению экономической безопасности на уровне регионов в настоящее время только складываются, и текущим этапом развития является