

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.93

Моисеенко  
Игорь Владимирович

Модели и методы распознавания изображений на основе нейронной сети

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание академической степени  
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель  
Серебряная Л.В.  
к.т.н., доцент

Минск 2019

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

С появлением и развитием вычислительной техники открываются широкие возможности автоматизации технологических процессов, позволяющие свести к минимуму или вообще исключить участие человека в них. В основном это процессы, связанные с рутинной, однообразной работой, а также те, которые человек не в состоянии решить со скоростью и качеством, задаваемыми обстоятельствами. Одним из таких процессов является распознавание образов.

Задача распознавания образов играет важнейшую роль в области машинного зрения, прогнозирования, управления и принятия решений в различных сферах человеческой деятельности. Одним из направлений применения алгоритмов распознавания образов является анализ финансовых временных рядов, цель которого – прогнозирование их дальнейшего развития.

Существуют две основные методологии, на которые опираются инвесторы, когда целью анализа является определение того, какую акцию купить и по какой цене: *фундаментальный анализ* (ФА) и *технический анализ* (ТА). ФА изучает законы движения цен с точки зрения влияния фундаментальных (макро- и микроэкономических) факторов, таких как прибыль, себестоимость, ВВП, инфляция, занятость и является методом прогнозирования рыночной стоимости компании, основанным на анализе финансовых и производственных показателей ее деятельности. ТА не объясняет причины возникновения и существования рыночного тренда, но выявляет его направление, и является совокупностью инструментов прогнозирования вероятного изменения цен на основе закономерностей изменений цен в прошлом в аналогичных обстоятельствах.

В техническом анализе часто рассматривают и анализируют так называемые паттерны или модели – типовые комбинации, формирующиеся на ценовых графиках. Примерами могут служить разворотные модели (*тройная вершина, двойная вершина*, а также обратные к ним *тройное дно, двойное дно*), модели продолжения тренда (различные *треугольники, флаг*). Распознавание таких паттернов как раз является процессом, связанным с рутинной, однообразной работой, которую человек не в состоянии решить со скоростью и качеством, задаваемыми обстоятельствами, а с ростом автоматизации появляется необходимость обеспечить работу многих технологических процессов, исключая или минимизируя участие человека в них. В связи с этим целесообразным является построение искусственной нейронной сети для

решения задачи классификации – к какой фигуре ТА относится текущее состояние финансового ряда.

Диссертационная работа посвящена вопросам построения математической модели искусственной нейронной сети для распознавания изображений, составления обучающей выборки, используемой для ее обучения, с целью исследования ее влияния на качество обучения.

Незатронутыми остаются вопросы разработки программного обеспечения, позволяющего решать задачу определения фигуры ТА в процессе ее формирования (в реальном времени), а не после того, как она уже сформировалась. Так как и фундаментальный, и технический анализ имеют свои ограничения, только сочетание этих двух подходов позволит получить наиболее реальную картину происходящего и сделать прогноз на будущее.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## Цель и задачи исследования

*Целью* диссертационной работы является исследование моделей и методов распознавания изображений на основе нейронной сети.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ предметной области и существующих архитектурных решений.
2. Определить основные этапы построения искусственной нейронной сети.
3. Составить обучающую, валидационную и тестовую выборки. Провести расширение (аугментацию) выборки.
4. Построить математическую модель нейронной сети.
5. Разработать ИНС на основании построенной математической модели.
6. Разработать ПО, обучить ИНС, оценить точность ее распознавания и провести сравнительный анализ результатов исследования.

*Объектом* исследования является распознавание изображений.

*Предметом* исследования являются модели и методы распознавания изображений на основе искусственной нейронной сети.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность использования компьютеров общего назначения под управлением ОС MacOS, Linux или Windows для решения задачи распознавания фигур технического анализа на графиках временных рядов. Особенности процесса обучения и архитектуры искусственной нейронной сети позволяют повысить качество обучения сети наряду с уменьшением ошибки распознавания, что, в свою очередь, способствует улучшению качества системы поддержки принятия решений.

## Личный вклад соискателя

Результаты, приведенные в диссертации, полученные соискателем лично. Вклад научного руководителя Л.В. Серебряной заключается в формулировке целей и задач исследования.

## **Апробация результатов диссертации**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, Беларусь, 2018); международной научно-практической конференции "European Scientific Conference" (Пенза, РФ, 2018); 55-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, Беларусь, 2019).

## **Опубликованность результатов диссертации**

По теме диссертации опубликованы 3 печатные работы, из них 1 статья в сборнике материалов 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, 1 работа в сборнике трудов и материалов международной конференции, 1 статья в сборнике материалов 55-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений. В первой главе представлен анализ предметной области и существующих архитектурных решений, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Вторая глава посвящена формированию выборки и разработке математической модели нейронной сети. В третьей главе рассмотрены этапы построения ИНС, программные средства, применяемые при ее разработке, реализация ИНС на основе ее математической модели, приведены результаты экспериментальных исследований.

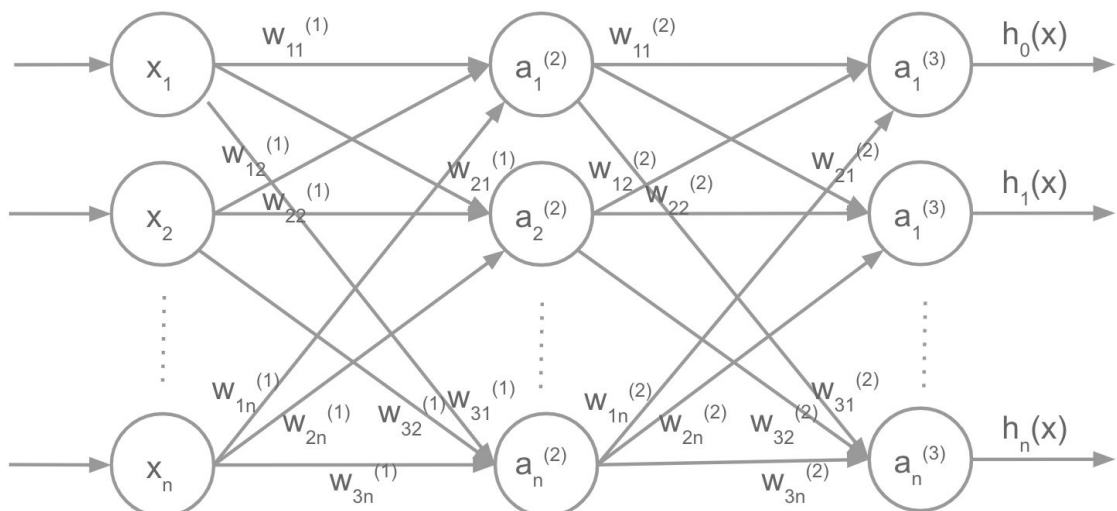
Общий объем работы составляет 66 страниц, из которых основного текста – 59 страниц, 27 рисунков на 14 страницах, 1 таблице на 1 странице, список использованных источников из 30 наименований на 3 страницах и 4 приложения на 7 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** рассмотрена задача распознавания фигур технического анализа. Приведена общая классификация и основные свойства временных рядов, основные типы тенденций и их уравнения, показатели временного ряда и методы их исчисления. Уделено внимание вопросу применения графического изображения для распознавания типа тенденции. Также был приведен ряд классических фигур технического анализа финансовых временных рядов.

Во **второй главе** проведен анализ архитектурных решений искусственных нейронных сетей, используемых при решении задач распознавания поведенческих шаблонов на графиках временных рядов. Также в данном разделе уделено внимание математической модели ИНС (архитектура сети представлена на рисунке 1), позволяющей решить задачу многоклассовой классификации в области распознавания фигур ТА, предложен способ повышения точности распознавания – использование функции SoftMax (обобщение логистической функции) в качестве функции активации нейронов выходного слоя.



**Рисунок 1 – Архитектура нейронной сети**

Функция SoftMax реализуется выражением

$$\sigma(z_i) = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^K e^{z_j}} \quad (1)$$

В качестве функции потерь используется перекрестная энтропия (*cross-entropy*):

$$\xi = - \sum_{i=1}^C t_i \log(y_i) \quad (2)$$

В **третьей главе** рассмотрены основные этапы построения искусственной нейронной сети: сбор данных для обучения, выбор топологии сети, подбор параметров обучения и характеристик сети, обучение ИНС, тестирование качества обучения. Также в этой главе рассмотрен способ формирования выборки и предложены способы расширения набора изображений путем генерации искусственных примеров с использованием реальных данных, применяя искажения разных типов: поворотом исходного изображения по направлению часовой стрелки и против, сдвигом исходного изображения вдоль оси Y. Приведено описание алгоритма преобразования изображений обучающей, валидационной и тестовой выборок в двоичный вектор, который является входным вектором для искусственной нейронной сети.

В **четвертой главе** рассматривается процесс реализации искусственной нейронной сети на основе ее математической модели.

В этой главе проводятся экспериментальные исследования и приводятся результаты распознавания нейронной сетью фигур технического анализа в зависимости от набора элементов обучающей выборки и функции активации нейронов выходного слоя.

Также было рассмотрено программное обеспечение для решения линейных и нелинейных математических задач — GNU Octave. Операции преобразования, сложения, умножения, возведения в степень и другие, являющиеся базовыми операциями при работе с линейной алгеброй, наглядно и удобно описываются с помощью языка программирования Octave.

Применение методов аугментации обучающей выборки позволило повысить качество обучения сети, тем самым уменьшив ошибку распознавания,

как для сети с функцией активации нейронов выходного слоя Sigmoid, так и для сети, функция активации нейронов выходного слоя которой – SoftMax.

Применение функции SoftMax вместо функции Sigmoid в качестве функции активации нейронов выходного слоя также позволило сократить ошибку распознавания.

Результаты экспериментального исследования приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки ошибки распознавания в случае использования исходной и расширенной выборки, функции Sigmoid и SoftMax в качестве функции активации нейронов выходного слоя

	Функция активации нейронов выходного слоя	
	Sigmoid	SoftMax
Без аугментации	74,54%	76,36%
С аугментацией	81,81%	85,45%

Получившаяся в результате ИНС позволяет эффективно решить задачу многоклассовой классификации в области распознавания фигур технического анализа. На вход данной сети подается образ, являющийся векторным представлением одной из одиннадцати рассмотренных типов фигуры технического анализа, а на выходе формируется ответ, какому из одиннадцати типов принадлежит эта фигура.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Предложен метод улучшения архитектуры искусственной нейронной сети типа многослойный персептрон применительно к задаче распознавания фигур технического анализа на графиках временных рядов. Проведены экспериментальные исследования предложенного метода, которые показали эффективность его применения для решения задачи распознавания образов.

2. Предложен метод формирования дополнительного набора элементов обучающей, валидационной и тестовой выборок. Также проведены



экспериментальные исследования предложенного метода. Исследования показали эффективность метода и возможность его применения для решения задач распознавания фигур технического анализа.

3. Разработана искусственная нейронная сеть и программное обеспечение, позволяющее оценить качество ее обучения на исходной обучающей выборке и расширенной. Данное ПО также позволяет определить ошибку распознавания в зависимости от типа функции активации нейронов выходного слоя.

4. Проведен сравнительный анализ качества обучения ИНС на исходной обучающей выборке и расширенной, а также сравнительный анализ ошибки распознавания в условиях использования двух разных функций активации нейронов выходного слоя: Sigmoid и SoftMax.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки программного обеспечения, позволяющего решать задачу определения фигуры технического анализа в процессе ее формирования, в реальном времени, а не после того, как она уже сформировалась. Они могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих систем.

2. Разработанные методы и алгоритмы составления обучающей выборки могут применяться в автоматизированных системах распознавания фигур технического анализа на графиках временных рядов для поддержки принятия решения по открытию или закрытию сделки на биржевых рынках валют и ценных бумаг.

3. Результаты работы могут использоваться при подготовке персонала для разработки и обслуживания компьютерных систем, решающих задачи распознавания образов.

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. Моисеенко, И. В. Построение искусственной нейронной сети для распознавания образов / И. В. Моисеенко // Компьютерные системы и сети: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23 – 27 апреля 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 93 – 95.

2. Моисеенко, И.В. Обзор существующих архитектур искусственных нейронных сетей для распознавания поведенческих шаблонов / И.В. Моисеенко // European Scientific Conference: сборник статей XII Международной научно-практической конференции В 2 ч. Ч. 1. / Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – Пенза, 2018. – С. 120-122.

3. Моисеенко, И.В. Построение искусственной нейронной сети для распознавания графических фигур технического анализа / И.В. Моисеенко // Компьютерные системы и сети: материалы 55-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22 – 26 апреля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2019. – С. 134 – 135.