

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.01  
по диссертации Черепанова Федора Михайловича  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Диссертация «Методы повышения эффективности нейросетевых рекомендательных систем в условиях ограниченных объемов выборок со сложными корреляционными связями (на примере диагностики и прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний человека)» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические и информационные системы) принята к защите 05 июля 2019 года (протокол заседания № 4) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.01, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета № 46-О от 28 мая 2018 г. в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым - четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. N 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. N 1792-р.

Диссертация выполнена на кафедре «Прикладная информатика, информационные системы и технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор **Ясницкий Леонид Нахимович**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Прикладная математика и информатика», профессор (в период с 17.11.2004 по 30.04.2014 работал по совместительству

заведующим кафедрой «Прикладная информатика», с 01.05.2014 по настоящее время работает по совместительству профессором кафедры «Прикладная информатика, информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»).

**Официальные оппоненты:**

1. Горбаченко Владимир Иванович, доктор технических наук (05.13.15), профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Компьютерные технологии», заведующий кафедрой;
2. Ключев Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук (01.02.04), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Вычислительная математика, механика и биомеханика», доцент.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Курск (отзыв ведущей организации утвержден Емельяновым Сергеем Геннадьевичем, доктором технических наук, профессором, ректором ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», заслушан на заседании кафедры «Биомедицинская инженерия» и подписан Корневским Николаем Алексеевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Биомедицинская инженерия» и Филистом Сергеем Алексеевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Биомедицинская инженерия»).

По теме диссертации соискателем опубликовано 22 научных труда, в том числе 6 работ – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени, из них 4 работы – в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, соискателем получено 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

**Издания, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени:**

1. Черепанов, Ф.М. Исследовательский симулятор нейронных сетей, обзор его приложений и возможности применения для создания системы диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы [Электронный ресурс] / Ф.М. Черепанов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8392>. – 12 стр./ 12 стр.

*В данной статье соискателем выполнен обзор существующих программных средств симуляции нейронных сетей; приведено описание разработанного им пакета «Нейросимулятор 4» и примеры применения его возможностей для решения задач медицинской диагностики.*

2. Черепанов, Ф.М. Методы повышения эффективности нейросетевых систем в условиях ограниченных объемов выборок со сложными корреляционными связями / Ф.М. Черепанов // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2019. – № 2 – С. 40–61. – 21 стр./ 21 стр.

*В данной статье соискателем приведены описание, обоснование и алгоритмы применения методов повышения эффективности нейросетевых информационных систем: метода выявления аномальных наблюдений в выборке с применением искусственной нейронной сети, метода вычисления информативности входных параметров посредством анализа нейросетевой модели, метода настройки алгоритмов обучения нейронных сетей к ошибкам первого и второго рода, метода повышения точности нейросетевого прогнозирования с использованием экспертных знаний и метода повышения точности нейросетевого прогнозирования с использованием скользящего окна; приведены данные об эффекте применения данных методов в нейросетевой информационной системе диагностирования и прогнозирования развития заболеваний сердечно-сосудистой системы человека.*

**Издания, индексируемые в международной базе цитирования Scopus:**

3. Diagnosis and Prognosis of Cardiovascular Diseases on the Basis of Neural Networks / L.N. Yasnitsky, A.A. Dumler, K.V. Bogdanov, A.N. Poleschuk, F.M. Cherepanov, T.V. Makurina, S.V. Chugaynov // Biomedical Engineering. – 2013. – Vol. 47, № 3. – P. 160–163. – 4 стр./1,5 стр.

*В данной работе соискателем представлены результаты апробации разработанной им нейросетевой информационной системы для диагностики и*

*прогнозирования развития заболеваний сердечно-сосудистой системы человека; соискателем приведено описание разработанного в соавторстве метода экспертной коррекции результатов прогнозирования при помощи нейросетевой модели, приведены примеры его применения на искусственных наборах данных и обсуждение полученных результатов; выполнены проектирование и обучение части нейросетевых моделей.*

4. Artificial Neural Networks for Obtaining New Medical Knowledge: Diagnostics and Prediction of Cardiovascular Disease Progression / L.N. Yasnitsky, A.A. Dumler, A.N. Poleshuk, C.V. Bogdanov, F.M. Cherepanov // Biology and Medicine (Aligarh). – 2015. – Vol. 7. – Iss. 2. – BM-095-15 – 8 p. – 8 стр./3 стр.

*В данной публикации рассматриваются общие принципы построения нейросетевых моделей, описывается методика построения нейросетевых моделей для диагностирования заболеваний. Соискателем приведено сравнение нейросетевых, регрессионных моделей и экспертных систем, описаны достоинства и недостатки этих подходов приведено описание метода экспертной коррекции повышения точности прогнозирования, а также результатов его применения.*

5. Yasnitsky, L.N. The Capabilities of Artificial Intelligence to Simulate the Emergence and Development of Diseases, Optimize Prevention and Treatment Thereof, and Identify New Medical Knowledge / L.N. Yasnitsky, A.A. Dumler, F.M. Cherepanov // Journal of Pharmaceutical Science and Research. – 2018. – Vol. 10. – Iss. 9. – P. 2192–2200.– 9 стр./3 стр.

*Соискателем опубликовано описание метода повышения точности прогнозирования развития процессов с применением особым образом сформированной обучающей выборки основанный на методе окна; соискателем приведены результаты сравнения точности предложенного метода с методом экспертной коррекции на примере прогнозирования степени развития заболеваний сердечно-сосудистой системы.*

6. Yasnitsky, L.N. Dynamic Artificial Neural Networks as Basis for Medicine Revolution / L.N. Yasnitsky, A.A. Dumler, F.M. Cherepanov // Advances in Intelligent Systems and Computing – 2019. – Vol. 850. – P. 351–358. – 8 стр./4 стр.

*В статье описаны результаты апробации, разработанной соискателем нейросетевой информационной системы, приведено описание метода экспертной коррекции нейросетевых прогнозов. Соискателем выполнена разработка и обучение*

*части нейросетевых моделей, и описана соответствующая часть результатов прогнозирования, полученных с использованием данного метода на искусственных данных.*

**Прочие работы, приравненные к опубликованным:**

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Нейросимулятор 5.0» № 2014618208 от 12 августа 2014 г. / Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. (РФ); заявл. № 2014614649 от 05.05.2014.

*Соискателем выполнены проектирование и разработка программного кода, предложены и реализованы методы выявления аномальных наблюдений, метод вычисления информативности входных параметров, метод настройки чувствительности алгоритмов обучения искусственных нейронных сетей к ошибкам первого и второго рода.*

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Дифференциальная диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы (НСМ)» № 2014618207 от 12 августа 2014 г. / Черепанов Ф.М. (РФ); заявл. № 2014614798 от 05.05.2014.

*Соискателем выполнены проектирование, разработка и тестирование программы.*

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный комплекс «Е-Эскулап». Нейросетевой модуль диагностики состояния сердечно-сосудистой системы человека» № 2015618984 от 20 августа 2015 г. / Черепанов Ф.М., Богданов К.В., Плюснин А.С., Ясницкий Л.Н. (РФ); правообладатель ООО «Информационно-вычислительные системы»; заявл. № 2015613987 от 14.05.2015.

*Соискателем выполнена реализация программного кода загрузки нейросетевых моделей, реализованы методов выявления аномальных наблюдений и вычисления информативности входных параметров.*

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный комплекс «Е-Эскулап». Модуль обработки анкет пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями» № 2015618985 от 20 августа 2015 / Черепанов Ф.М., Богданов К.В., Плюснин А.С., Ясницкий Л.Н. (РФ); правообладатель ООО «Информационно-вычислительные системы»; заявл. № 2015613989 от 14.05.2015.



*Соискателем разработан формат описания и редактор предметной области для поддержки автоматической генерации интерфейса ввода и хранения данных.*

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Нейро-экспертная система диагностики и прогнозирования рисков сердечно-сосудистых заболеваний» № 2017662410 от 07 ноября 2017 г. / Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. (РФ); заявл. № 2017619552 от 11.09.2017.

*Соискателем выполнено проектирование системы и разработка программного кода, в том числе в систему включен «Нейросимулятор 5.0» в качестве модуля обучения искусственных нейронных сетей. Также соискателем выполнена реализация методов повышения качество прогнозирования развития процессов при помощи искусственных нейронных сетей: метод экспертной коррекции нейросетевых и метод скользящего окна.*

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**предложен** оригинальный подход комплексного применения нейросетевых методов анализа и обработки информации для повышения эффективности применения технологии нейросетевого моделирования;

**разработаны** методы анализа и обработки информации, позволяющие расширить границы применимости технологий нейросетевого моделирования за счет снижения погрешности в условиях ограниченных объемов выборок со сложными корреляционными связями, а именно: метод обнаружения аномальных наблюдений; метод вычисления информативности входных параметров нейросетевой модели; метод настройки алгоритма обучения нейронных сетей для получения моделей с заданным уровнем ошибок первого и второго родов; методы повышения точности нейросетевых прогнозов: метод экспертной коррекции и метод с использованием скользящего окна;

**показано** преимущество применения разработанных методов при решении рассмотренных в диссертации задач диагностирования и прогнозирования развития заболеваний сердечно-сосудистой системы человека, характеризующихся наличием сложных внутренних связей в структуре исходных данных, доступных для анализа, и их ограниченным объемом.

**Теоретическая значимость исследования**, обоснована тем, что:

**изложена** и аргументирована идея повышения точности нейросетевых моделей за счет комплексного применения специализированных методов: выявления аномальных наблюдений в выборках данных, вычисления степени информативности входных параметров моделируемого объекта или процесса, настройки чувствительности нейросетевых моделей, повышения точности прогнозирования процессов во времени;

**изучена** эффективность применения известных и авторских нейросетевых методов в условиях малых выборок при наличии сложных внутренних связях;

**проведена модернизация** технологии нейросетевого моделирования за счет разработки новых методов анализа и обработки данных, обеспечивающих более высокую точность результатов моделирования при их применении.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

**разработана** оригинальная нейросетевая информационная система, предназначенная для диагностики, прогнозирования и построения рекомендаций по лечению и профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы человека (имеется свидетельство) и **внедрена** в клиническую практику кардиологического отделения Городской клинической больницы № 4 г. Перми;

**приведены** рекомендации по применению разработанных методов в различных условиях, а также примеры использования данных методов при решении задач диагностирования и прогнозирования развития заболеваний сердечно-сосудистой системы;

**определены** перспективы практического использования разработанного алгоритмического и программного обеспечения, реализующего представленные в диссертационной работе методы, при разработке и эксплуатации нейросетевых информационных систем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**теоретическое обоснование** применимости и работоспособности разработанных методов опирается на известные принципы работы алгоритмов обучения нейронных сетей, теоретические положения нейросетевого моделирования, регрессионного анализа и теории информации;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходных данных;

**использованы** реальные исходные данные для обучения и тестирования нейронных сетей, а также для проведения сравнительного анализа эффективности разработанных методов;

**показано**, что применение разработанных методов повышает точность нейросетевых моделей, по сравнению с аналогичными методами в условиях ограниченных объемов выборок со сложными корреляционными связями;

**установлена** непротиворечивость авторских результатов применения предложенных методов результатам, полученными другими авторами при решении схожих задач.

Личный вклад соискателя состоит в:

**непосредственном участии** в постановке задач исследования и их решении;

**разработке** метода выявления аномальных наблюдений в выборке, метода вычисления информативности входных параметров, метода настройки алгоритмов обучения нейронных сетей к ошибкам первого и второго родов, **реализации** метода повышения точности нейросетевого прогнозирования с использованием экспертных знаний, **разработке** метода повышения точности нейросетевого прогнозирования с использованием метода скользящего окна;

**проведении** серии вычислительных экспериментов, подтверждающих точность обучения нейронных сетей и достоверность полученных результатов;

**подготовке** публикаций работ по теме диссертационной работы;

**проектировании и реализации** нейросетевой информационной системы.

**Диссертационный совет пришел к выводу** о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 января 2018 г. № 1-О: в ней содержится решение задачи разработки методов анализа и обработки сложно структурированных данных при их ограниченном объеме для повышения эффективности нейросетевых информационных систем.

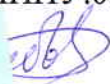
На заседании 20 сентября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить **Черепанову Федору Михайловичу** ученую степень **кандидата технических наук** (протокол заседания №6).



При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 11, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета Д ПНИПУ.05.01,

доктор технических наук, профессор



**Столбов Валерий Юрьевич**

Ученый секретарь Д

кандидат экономических наук

ПНИПУ.05.01,

**Алексеев Александр Олегович**

«30» сентября 2019 г.

М.П.

