

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу  
Сорокиной Ирины Владимировны на тему: «Методы оценки параметров  
возможностных распределений и их применение для прогнозирования  
неисправностей электрооборудования»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.13.01 — «Системный анализ, управление и обработка  
информации (в промышленности)»

### **I. Актуальность избранной темы исследования**

Одним из общепризнанных трендов развития современных информационно-телекоммуникационных технологий является интернет вещей (Internet of Things) и связанные с ним возможности улучшения качества жизни (Smart House), муниципального управления (Smart City), производства (Industry 4.0) и многих других аспектов общественной жизни. Огромные усилия многих компаний и научных коллективов направлены на разработку и внедрение продуктов и сервисов, базирующихся на таких новых возможностях. Диссертационная работа И.В. Сорокиной находится в русле таких исследований.

Целью диссертации является повышение надежности работы электрооборудования на основе применения методов оценки параметров возможностных распределений. Электрооборудование – важная часть любого современного производства. Его поломки, сбои и другие неисправности приводят к нарушению процесса производства и ведут к огромным потерям. Надежное прогнозирование неисправностей позволит минимизировать потери и повысить уровень безопасности производства. Предлагаемая автором интеграция разработанных им методов оценки параметров возможностных распределений с методами машинного обучения как раз повышает надежность и эффективность прогнозов. Сказанное определяет актуальность темы исследования.

## **II. Оценка достоверности полученных результатов и новизна диссертационной работы**

Достоверность результатов работы подтверждается их аprobацией как на научно-практических конференциях и семинарах, так и публикациями основных результатов в рецензируемых журналах, корректностью постановки и решения поставленных задач с использованием методов теории возможностей, проведением численных экспериментов, а также сравнением их с результатами работы современных методов интеллектуального анализа данных.

Новизна полученных результатов заключается в разработке методов оценки параметров многомерных возможностных распределений, разработанном на их основе алгоритме обучения машин нечёткого вывода и алгоритмах идентификации сложных систем, использующих эффективные методы машинного обучения, с помощью которых могут быть спрогнозированы неисправности электрооборудования.

## **III. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы**

Теоретическая значимость работы состоит в формулировке и доказательстве ряда теорем, обосновывающих методы нахождения параметров возможностных распределений в многомерном случае, на основе которых разработан алгоритм обучения машин нечёткого вывода.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что разработанные алгоритмы в совокупности с использованием нейронных сетей, нечёткого вывода и бустинга нечётких контроллеров можно применять при разработке эффективных систем прогнозирования неисправностей. Автором были разработаны такие системы для прогнозирования неисправностей вагонного электрооборудования на железнодорожном транспорте и для прогнозирования свойств прозрачных проводниковых материалов.

Результаты диссертационной работы реализованы в виде программного комплекса, что подтверждается наличием двух свидетельств государственной регистрации программ для ЭВМ. Автором также получены акты внедрения на производстве ОАО «ТВЗ» и ЗАО «РТИС-ВКО».

#### **IV. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность разработанных в диссертации научных положений подтверждается анализом библиографических работ российских и зарубежных авторов в области теории и практики разработки и использования автоматизированных систем выявления и прогнозирования неисправностей и связанных с ними разделов теории нечеткого логического вывода, машинного обучения и современных методов анализа данных. Научные результаты диссертационной работы были обсуждены на 5 международных конференциях, опубликованы в 11 научных работах, защищены двумя свидетельствами о регистрации программ на ЭВМ. Их достоверность и обоснованность подтверждается корректным применением методов теории возможностей, системного анализа, общей теории систем, моделирования систем, теории управления, методов оптимизации, методов вычислительной математики, а также успешной реализацией полученных результатов в виде программных систем. Приведённые в диссертации теоретические положения обоснованы посредством доказательств соответствующих теорем, приведённые алгоритмы имеют корректное описание, апробацию на модельных примерах, а также на данных, полученных из реальных промышленных систем контроля и управления электрооборудованием, экспериментальные статистические исследования проведены в полном объёме путём моделирования на ЭВМ.

Все научные положения, выводы и рекомендации логически связаны, целостны, подкреплены результатами практической реализации. Таким образом, на основе достаточного анализа предметной области, адекватной постановки научной проблемы, корректного применения методов

исследования, получены вполне достоверные, убедительные и обоснованные результаты.

## V. Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и шести приложений. Список литературы содержит 104 наименования, включает основные современные публикации по исследуемой проблеме. Объём представленной работы составляет 115 страниц, не учитывая приложения, содержит 30 рисунков и 7 таблиц.

Во введении автором обоснована актуальность темы диссертации, произведён обзор литературы по выбранной теме и анализ степени разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

Первая глава содержит основные понятия теории возможностей, в которой проанализированы существующие подходы к интерпретации понятия функции распределения возможностей и способам измерения её значений.

Вторая глава посвящена изучению существующих подходов к оценке параметров возможностных распределений. Они представлены только для одномерного случая. В этой главе автор проводит их сравнительный анализ.

В третьей главе доказываются теоремы, позволяющие находить оценку параметров возможностных распределений в многомерном случае для сильнейшей  $t$ -нормы и класса Архimedовых  $t$ -норм.

В четвёртой главе приводится описание разработанных автором алгоритмов обучения машин нечёткого вывода, и их последующая модернизация. Также автор приводит разработанную на основе данного алгоритма двухуровневую систему анализа данных, основанную на нейронных сетях и нечётком выводе, и разработанный алгоритм, основанный на обучении машин нечёткого вывода и алгоритм построения композиций машин нечёткого вывода, опирающийся на использование метода Adaboost.

В пятой главе приводится описание разработанных в диссертации библиотек программ и прототипов систем прогнозирования.

Сначала автор решает задачу прогнозирования неисправностей вагонного электрооборудования на железнодорожном транспорте, применяя технологии, разработанные в четвёртой главе, проводит сравнительный анализ их работы с методом ANFIS. Результат тестирования на реальных данных, предоставленных ОАО «ТВЗ», показал, что данная система анализа данных справляется с задачей прогнозирования эффективнее, чем ANFIS.

Далее автор применяет алгоритм бустинга Adaboost и разработанный алгоритм обучения машин нечёткого вывода к задаче определения энергии образования прозрачных проводниковых материалов на основе данных об их составе. Результаты сравнивались с работой бустинга деревьев решений как одного из наиболее используемых в подобных задачах современных методов анализа данных. Результаты работы показывают, что разработанный алгоритм эффективнее справляется с задачей, чем бустинг деревьев решений.

В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы и делаются выводы, на основе которых можно судить о достижении целей, сформулированных в ней.

## **VI. Соответствие содержания автореферата диссертации**

Автореферат соответствует содержанию диссертации и полностью удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, так как отражает основные положения, результаты и выводы диссертации, научную новизну и практическую значимость результатов исследования, отражает структуру диссертации и личный вклад автора.

## **VII. Недостатки и замечания по диссертационной работе**

При изучении материалов диссертации отмечены следующие недостатки и замечания:

1. В части введения, посвящённой степени изученности темы, не рассмотрен вопрос обучения машины нечёткого вывода.
2. В главе 1.4 автор выбирает, но не обосновывает подход к интерпретации понятия функции распределения.
3. Не обосновано использование метода наименьших квадратов в алгоритме обучения машины нечёткого вывода.
4. Не ясно, что понимается под «ошибкой» на страницах 77, 79 в таблицах 4.3 и 4.4
5. Имеются погрешности в оформлении текста диссертации, например:
  - теорема 5 на с. 23 приводится без ссылки на источник;
  - подписи рисунков 4.2 и 4.3 на страницах 73, 74 выполнены слишком мелким шрифтом;
  - содержатся ссылки на несуществующие параграфы 5.2.2.1 и 5.2.2.2 на с. 102.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают положительную интегральную оценку диссертационной работы Сорокиной Ирины Владимировны.

### **VIII. Заключение**

Диссертация Сорокиной Ирины Владимировны является законченной научно-квалификационной работой, обладает актуальностью, научной новизной и практической значимостью. Предлагаемые теоретические положения и методы разработаны до практических методик, алгоритмов и программ.

Результаты диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 05.13.01 — «Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности)», а разработанные теоретические положения и полученные результаты имеют важное научное и прикладное значение.

Диссертация соответствует всем требованиям, предъявляемым к

кандидатским диссертациям согласно «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор, Сорокина Ирина Владимировна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 — «Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности)».

Официальный оппонент  
доктор технических наук, профессор,  
доцент кафедры математической теории  
интеллектуальных систем  
механико-математического факультета  
МГУ им. М.В. Ломоносова

*A. P. Rykov* А. П. Рыков

14 января 2019 г.

Подпись А.П. Рыжова заверяю:  
*А.Рыков*



Адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1  
Телефон: +7.495.939.4637  
Адрес электронной почты: rygov@mail.ru  
Специальность, по которой защищена докторская диссертация:  
05.13.10 - Управление в социальных и экономических системах