

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора Г.М. Кошкина на диссертационную работу Нгуен Ань Ту «Алгоритмическое обеспечение нейронной сети с полиномиальными кусочно-непрерывными функциями активации для обнаружения закономерностей в данных», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – **Системный анализ, управление и обработка информации (научные исследования)**

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время в различных областях знаний при изучении сложных систем различной природы часто необходимо решать задачи обнаружения закономерностей в данных. Проблемы такого сорта всегда вызывают интерес как теоретиков, так и практиков. При решении таких задач, наряду со статистическими методами, все чаще привлекаются нейронные сети, которые позволяют обнаруживать даже скрытые закономерности, присущие исследуемым данным, процессам, явлениям.

В диссертационной работе представлено оригинальное решение актуальной научно-технической задачи обнаружения скрытых закономерностей в наборах данных. Подобные задачи возникают при принятии решений во многих практических приложениях. Данное направление научных исследований интенсивно развивается, однако известных решений оказывается недостаточно для решения задач обнаружения закономерностей в наборах данных.

В диссертации предлагается подобные задачи решать на основе разработки нейронных сетей нового типа с полиномиальными кусочно-непрерывными функциями активации. Разработаны модификации алгоритмов обучения и программных средств для создания новых нечетких нейронных сетей при решении следующих типовых задач обнаружения закономерностей в наборах данных: прогнозирование временных рядов,

определение амплитуды сигнала на фоне белого шума, классификация интенсивностей марковского случайного потока событий, классификация объектов и их состояний.

В диссертации отмечается, что решение этих задач осложняется неопределенностью, нечеткостью, неточностью и неполнотой знаний о свойствах проблемной области, что подтверждает актуальность темы диссертационной работы Нгуен Ань Ту.

На базе разрабатываемого программного обеспечения и нейронных сетей нового типа с полиномиальными кусочно-непрерывными функциями решались следующие актуальные задачи:

- моделирование нечетких нейронных сетей для тестовых задач обнаружения закономерностей в данных;
- разработка алгоритмов обучения нечетких нейронных сетей для тестовых задач обнаружения закономерностей в данных;
- математическое моделирование нечетких нейронных сетей для тестовых задач обнаружения закономерностей в данных.

В связи с вышесказанным, исследования в области обнаружения скрытых закономерностей в наборах данных и, что особенно важно для приложений, разработка соответствующих методик и программного обеспечения для решения обширного класса конкретных практических задач, является весьма актуальной.

2. Общая методология и методика исследования

Целью диссертационной работы Нгуен Ань Ту является расширение возможностей использования математического аппарата и развитие компьютерных технологий для решения задач обнаружения закономерностей в данных. Также важное значение имеет обеспечение корректности применения рассматриваемых подходов в условиях нарушения стандартных предположений. В основе методов исследования лежат теория нечетких множеств, теория принятия решений, нейроинформатика, методы цифровой обработки информации, методы обучения нейронных сетей, цифровая обработка сигналов.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Все полученные в диссертации научные результаты, выводы и рекомендации опираются на корректное применение методов теории нечетких множеств, принятия решений и цифровой обработки информации,

подтверждаются решением тестовых задач. Все алгоритмы, разработанные в диссертации, протестированы на модельных данных и верифицированы на реальных данных. Также часть результатов диссертационной работы совпадают с результатами, полученными другими авторами.

4. Оценка проведенного исследования и полученных результатов

Диссертация, объемом 112 страниц, включает введение, четыре главы основного содержания, включая 39 рисунков и 5 таблиц, заключение, список использованных источников из 118 наименований и три приложения.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулирована цель, определены задачи, которые требуется решить для успешной реализации предложенных методов, алгоритмов и программных средств для создания новых нечетких нейронных сетей. Показывается научная новизна и практическая ценность выполненных исследований, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дается общее введение в искусственные нейронные сети. Обсуждаются проблемы теории и практики искусственных нейронных сетей. Изложено общее описание известных видов нейронных сетей. Проанализированы процессы обучения нейронных сетей: с учителем и без учителя. Выполнен анализ различных типов функций активации искусственных нейронных сетей: пороговая функция, гиперболический тангенс, функция сигмоида. Предложено применение в искусственных нейронных сетях новых функций активации, базирующихся на функциях принадлежности нечетких чисел.

Во второй главе представлено использование новых функций активации в многослойной однонаправленной нейронной сети для прогноза и определения параметров сигналов. Разработана структура многослойной однонаправленной нейронной сети на базе метода скользящего среднего для прогноза временных рядов. Также разработана и исследована нейронная сеть для определения параметров детерминированного сигнала на фоне белого шума.

Третья глава посвящена исследованию нейронных сетей, которые могут использоваться для классификации и кластеризации интенсивностей потоков событий. Представлены результаты исследования по классификации параметров случайных потоков на основе четырех экспериментов.

В четвертой главе разработана структура нечеткого нейросетевого классификатора, использующего импульсные нечеткие функции активации нейронов нечеткой нейронной сети. Приводится описание функции и структуры слоев нечеткого нейросетевого классификатора, состоящего из

входного слоя, слоя нечетких функций активации, слоя фаззификации, слоя дефаззификации, слоя нормализации и выходного слоя. Проведен сравнительный анализ разработанных нечетких нейросетевых классификаторов с известными нечеткими нейросетевыми классификаторами.

5. Научная новизна полученных результатов

В диссертационной работе Нгуен Ань Ту получены следующие новые научные результаты, представляющие теоретический и практический интерес:

1. Исследования новых функций активации нейронных сетей, основанных на функциях принадлежности LR-типа теории нечетких систем, что позволило создать нейронные сети нового типа.
2. Модификация алгоритмов обучения нейронных сетей для типовых задач автоматической идентификации состояния объектов для повышения эффективности систем обработки информации в сложных системах.
3. Исследования моделей нейронных сетей нового типа для решения типовых задач автоматической идентификации состояния сложных объектов: определение состояния финансового рынка ценных бумаг на основе прогнозирования временных рядов, определение мощности сигналов в системах путем определения амплитуды детерминированного сигнала на фоне белого шума, определение состояния трафика в телекоммуникационных и компьютерных сетях по интенсивности марковского случайного потока событий и классификация объектов и их состояний.

6. Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации для науки и практики

Результаты диссертационных исследований и разработанное программное обеспечение используются в учебном процессе, в научных исследованиях, а также в компании Midas Core Pte Ltd (Сингапур) для улучшения качества продукции.

Разработанные Нгуен Ань Ту модели и алгоритмы могут применяться для создания программного обеспечения нечеткого нейросетевого классификатора для повышения эффективности решения задач прогнозирования временных рядов, определения амплитуды сигнала на фоне белого шума, классификации интенсивностей марковских случайных потоков событий и классификация объектов и их состояний.

7. Полнота опубликования результатов, соответствие автореферата содержанию диссертации

Результаты диссертации Нгуен Ань Ту обсуждались на научных всероссийских и международных конференциях и достаточно полно опубликованы в открытой печати. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК, и 3 публикации в изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

8. Замечания по диссертационной работе

1. Каждая из типовых задач обнаружения закономерностей в данных, рассмотренных в диссертации, может быть решена не только с помощью нейросетевых технологий, но и другими методами, например, с привлечением непараметрических алгоритмов идентификации типа ядерных регрессионных оценок Надарая–Ватсона. Поэтому представляет интерес сравнительное исследование авторского подхода с известными подходами к решению таких задач. Однако в диссертации этого исследования нет.

2. На с. 66 матрица $(\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T$ названа обобщенной псевдообратной выходной матрицей Мура–Пенроуза. Заметим, что такие матрицы известны почти 200 лет и используются в методе наименьших квадратов (К. Гаусс) при решении системы нормальных уравнений ($\Phi w = T$, в обозначениях автора на с. 65).

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, носят, в основном, характер пожеланий и не влияют на общую положительную оценку результатов исследований.

Заключение

Диссертационная работа Нгуен Ань Ту является завершенной научно-квалификационной работой, посвящена решению важной научной задачи, имеющей большую практическую значимость, и выполнена на высоком научном уровне. Представленные в работе исследования обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы. Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Вышесказанное позволяет утверждать, что диссертационная работа Нгуен Ань Ту "Алгоритмическое обеспечение нейронной сети с

полиномиальными кусочно-непрерывными функциями активации для обнаружения закономерностей в данных”, соответствует требованиям пунктов 9–14 "Положения о присуждении учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 и соответствующим пунктам «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете», которые предъявляются к кандидатским диссертациям, а ее автор, Нгуен Ань Ту, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (научные исследования).

Официальный оппонент,
профессор кафедры системного анализа и математического моделирования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор

Геннадий Михайлович Кошкин

2.12.2019 г.

Сведения об организации:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; Тел.: +7382 252-95-82

E-mail: rector@tsu.ru; <http://www.tsu.ru>



Handwritten signature