

систем на основе ФМО строится на взаимодействии множества вычислительных узлов (worker-nodes), каждый из которых поддерживает собственную локальную модель обучения (ЛМО). Благодаря этому сложный процесс обучения разбивается на множество более простых процессов (реализация стратегии «слабого ученика»), а затем производится их агрегирование, в результате которого формируется итоговая (глобальная) модель обучения (ГМО). Данная модель используется как финальная и применяется для решения прикладных задач. Такой подход наиболее востребован в задачах многоэлементной классификации, когда множество ЛМО выполняют классификацию по двум и более классам, а ансамблированная ГМО поддерживает классификацию по всему множеству классов.

Ключевыми проблемами в области распределённой многоэлементной классификации остаются вопросы управления процессом обмена данными выборок локальных классификаторов как в штатных, так и в особых условиях, обеспечивающего формирование результирующего классификатора.

Целью диссертационного исследования является повышение эффективности процесса классификации в распределённой системе многоэлементной классификации в условиях неполных данных для принятия решения.

Таким образом, можно заключить, что тема диссертационной работы является актуальной.

Научная новизна основных результатов и выводов

Полученные автором результаты обладают научной новизной, из них наиболее важны следующие:

1. Модели многоэлементного классификатора, отличающиеся от известных учетом условий неполноты локальных элементных матриц, и обеспечивающие представление значений оценки вероятностной функции не наблюдаемых классов параметрами статистической вероятностной модели.

2. Алгоритм получения оценок вероятностной функции ненаблюдаемых классов, отличающийся от известных итерационным оцениванием параметров модели методом максимального правдоподобия и обеспечивающий выбор таких оценок, которые наиболее полно представляют пространство признаков локальных классов.

3. Алгоритм децентрализованного управления обменом данными системы многоэлементной классификации, отличающийся гибридной схемой взаимодействия узлов в условиях неполноты классов локальных классификаторов, и обеспечивающий дополнение их элементных матриц оценками вероятностных функций ненаблюдаемых классов.

4. Архитектура распределенной системы многоэлементной классификации, отличающаяся от известных реализацией трехэтапной процедуры получения вероятностной функции ненаблюдаемых классов и обеспечивающая формирование итогового классификатора на основе динамически получаемых локальных элементных матриц.

Степень обоснованности и достоверность основных научных результатов

Достоверность полученных автором результатов и выводов подтверждается правильным выбором и корректным применением известных методов исследования, строгим математическим обоснованием выдвигаемых утверждений и предположений, соответствием теоретических значений полученным экспериментальным данным. Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и в международных изданиях, индексируемых в наукометрических базах Scopus. Работа прошла достаточную апробацию на различных научно-технических и отраслевых конференциях.

По материалам диссертации опубликовано 11 печатных работ, в ТОМ числе 4 статьи опубликовано в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, статья в издании, индексируемом в Scopus, разработана 1 программа для ЭВМ, зарегистрированные в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, получен 1 патент на изобретение РФ.

Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта», п. 5 «Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта» паспорта специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Значимость для науки и практики

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что предлагаемый новый подход к формированию модели классификатора распределенной системы многоэлементной классификации в условиях неполных данных для принятия решения может быть использован в совершенствовании теоретических и экспериментальных перспективных систем интеллектуальной обработки данных.

Практическая значимость работы заключается в повышении эффективности процесса многоэлементной классификации, применимого в различных областях человеческой деятельности. Разработано специальное

программное обеспечение компонентов распределенной системы многоэлементной классификации объектов на цифровых изображениях в условиях конфиденциальности части данных обучающей выборки. Предложены рекомендации для существующих вариантов систем интеллектуальной обработки данных по реализации процесса распределенной классификации в условиях неполных данных локальных элементных матриц классов.

Общий обзор диссертационной работы

Диссертация изложена на 140 страницах, содержит введение, четыре главы, заключение, список использованных источников и приложения.

Во введении дана общая характеристика работы, обозначена цель и перечислены задачи исследования.

В первой главе выполнена постановка задачи исследования и разработана модель классификатора распределенной системы многоэлементной классификации, учитывающая неполноту классов подмножества ее локальных классификаторов. Для этого рассмотрены системы обработки данных с федеративным машинным обучением, выявлены их обобщенные характеристики, в частности, применительно к решению задачи распределенной многоэлементной классификации. Проведен анализ подходов к бинаризации в задаче многоэлементной классификации, а также виды функции потерь и метрики оценивания эффективности, применяемые при решении этой задачи.

Во второй главе разработан алгоритм получения значений оценок вероятностной функции меток ненаблюдаемых классов локальных классификаторов, обеспечивающий выбор тех из них, которые наиболее полно представляют распределение векторов признаков этих классов, и отличающийся от известных итерационным оцениванием параметров модели гауссовой смеси распределений методом максимального правдоподобия, основанном на этапах EM-алгоритма.

Третья глава посвящена разработке алгоритма децентрализованного управления обменом данными системы многоэлементной классификации, функционирующей в условиях неполных данных для принятия решения, основанный на трехэтапной гибридной (автономная-децентрализованная-централизованная) схеме функционирования ее узлов и реализующий обобщенный цикл получения элементных матриц подмножества локальных классификаторов с учетом потенциально не наблюдаемых классов.

В четвертой главе разработана архитектура распределенной системы многоэлементной классификации и структура ее программного комплекса, обеспечивающая формирование многоэлементного классификатора в условиях неполноты классов подмножества локальных классификаторов, входящих в ее состав.

В заключении перечислены полученные результаты диссертационного исследования, делается вывод о достижении его цели.

Замечания по работе

1. В диссертационной работе недостаточно детально проработана формулировка задачи исследования. Основное внимание уделено качественному описанию, что не позволяет в полной мере оценить степень достижения поставленной цели.

2. Во второй главе детально рассмотрена модификация EM-алгоритма для итерационного оценивания параметров модели гауссовой смеси распределений (GMM) при получении значений оценок вероятностной функции меток ненаблюдаемых классов локальных классификаторов, включая реализацию E-шага и M-шага в составе двухциклового алгоритма формирования модели многоэлементного классификатора. Однако в работе не представлена методика выбора начальных оценок параметров модели λ для реальных сигналов (цифровых изображений).

3. В автореферате содержание пунктов паспорта научной специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, которым соответствует диссертационная работа, приведены в сокращенном виде.

4. В тексте автореферата недостаточно формализована модель классификатора распределенной системы многоэлементной классификации.

5. В заключении автореферата соискателем не представлены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы исследования, а также не представлена степень достоверности полученных результатов.

6. Текст диссертации и автореферата содержат небольшое количество грамматических ошибок и опечаток и незначительные технические ошибки в нумерации списков в диссертации и рисунков в автореферате, которые затрудняют чтение, но не влияют на содержание работы.

В целом, представленные выше замечания не являются существенными и не снижают практической и научной значимости диссертационной работы, которая выполнена на высоком научном уровне и содержит новые результаты, полученные лично автором.

Заключение

Диссертационная работа Михалева Павла Андреевича «Управление децентрализованным обменом информацией для принятия решений в распределенных системах многоэлементной классификации с неполными данными» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальных научных задач в области вопросов

классификации. Работа изложена последовательно и структурированно, полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам. Автореферат корректно отражает содержание диссертации, автореферат и диссертация оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки РФ, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемых к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы Михалев Павел Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию обсуждены и одобрены на заседании института цифровых и интеллектуальных систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет», протокол № 3 от «20» апреля 2026 года. На заседании присутствовало 12 сотрудников, из них 7 докторов наук (по специальности 2.3.1 – 5 доктора наук).

Директор института цифровых
и интеллектуальных систем
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет»,
д.т.н., профессор

Зольников В. К.

Адрес: 394087, Россия, Воронежская область,
г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет»,
Сайт: <https://vgltu.ru/>
Телефон: +7 (473) 253-78-47
e-mail: vglta@vglta.vrn.ru



20
Зольникова В.К.
Секретарь кафедры
Учленство
20.04
261