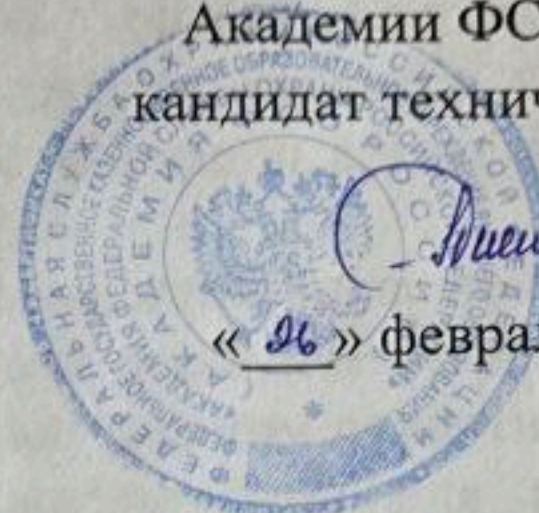


УТВЕРЖДАЮ

Временно исполняющий обязанности  
начальника

Академии ФСО России

кандидат технических наук



А.А. Кисляк

« 26 » февраля 2026 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного казенного военного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации»

Диссертация на тему «Управление децентрализованным обменом информацией для принятия решений в распределенных системах многоэлементной классификации с неполными данными» выполнена на кафедре «Информатика и вычислительная техника».

В период подготовки диссертации соискатель Михалев Павел Андреевич обучался в адъюнктуре федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации» (далее - Академия ФСО России) и работал в должности сотрудника Управления информационно-телекоммуникационного обеспечения Спецсвязи ФСО России.

В 2019 году окончил Академию ФСО России по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем». В настоящее время заканчивает обучение в военной докторантуре и адъюнктуре Академии ФСО России.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2026 году федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Воронежский государственный технический университет».

Научный руководитель – кандидат технических наук Куцакин Максим Алексеевич, Академия ФСО России, кафедра «Информатика и вычислительная техника», сотрудник.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

**1. Оценка выполненной соискателем работы**

Диссертация Михалева Павла Андреевича на тему «Управление децентрализованным обменом информацией для принятия решений

в распределенных системах многоэлементной классификации с неполными данными», выполненная на кафедре «Информатика и вычислительная техника» по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», представляет собой законченную и самостоятельно выполненную автором научно-квалификационную работу, в рамках которой разработаны: модель классификатора распределенной системы многоэлементной классификации, алгоритм получения оценок вероятностной функции ненаблюдаемых классов, алгоритм децентрализованного управления обменом данными системы многоэлементной классификации, архитектура распределенной системы многоэлементной классификации.

Судя по представленным материалам, в том числе по публикациям автора, диссертация написана им самостоятельно и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, рекомендации по использованию научных выводов и сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов в области математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

Предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Оформление диссертации соответствует требованиям, установленным ГОСТ Р 7.0.11-2011 и Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных журналах и изданиях, индексируемом в международной базе данных Scopus, в материалах всероссийских и международных конференций, имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

## **2. Актуальность темы исследования**

Развитие систем интеллектуальной обработки данных, которые в настоящее время являются основой множества информационных, управляющих и контролирующих систем в различных предметных областях, неразрывно связано с совершенствованием методов математического, программного, аппаратного обеспечения, технологий машинного обучения (МО) и моделей машинного обучения. В частности, вопросы МО имеют высокую актуальность для совершенствования систем, реализующих процесс многоклассовой (многоэлементной) классификации и имеющих распределенную архитектуру.

В традиционных системах классификации процесс МО опирается на централизованный сбор, хранение и распределение данных, являющихся обучающими и тестовыми выборками. Однако, постоянно возрастающая сложность этих моделей требует в процессе их обучения все больших объемов анализируемых данных, что существенно усложняет схемы организации центров обработки данных, на базе которых они развертываются. Другим аспектом,

усложняющим использование централизованных схем, является потенциальная невозможность консолидации всей совокупности данных обучающих выборок в единой системе хранения. Это может быть связано как с распределенным характером хранения данных, так и вопросами безопасности их использования в силу конфиденциальности некоторого их подмножества.

Одним из способов решения этой проблемы является разработка моделей и методов федеративного МО (ФМО). В основе функционирования распределенных систем на основе ФМО лежит взаимодействие множества распределенных вычислительных узлов (worker-nodes), каждый из которых поддерживает собственную локальную модель обучения (ЛМО). Таким образом, сложный процесс обучения декомпозируется на множество простых процессов (реализация стратегии «слабый ученик»), а в дальнейшем производится их агрегирование, в результате которого формируется итоговая (глобальная) модель обучения (ГМО). Эта модель используется в качестве финальной и применяется для решения прикладных задач. Такой подход наиболее актуален для решения задач многоэлементной классификации, когда множество ЛМО реализуют классификацию для двух и более классов, а ансамблированная ГМО поддерживает задачи классификации по всему множеству классов.

Основными проблемами в предметной области распределенной многоэлементной классификации являются проблемы управления процессом обмена данными выборок локальных классификаторов в нормальных и специальных условиях, который обеспечивает формирование итогового классификатора.

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

Таким образом, можно сделать вывод, что тема диссертационной работы является актуальной.

### **3. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации**

Все разделы диссертационной работы написаны лично автором. Результаты исследований получены им самостоятельно, либо при его непосредственном участии. Ссылки на источники заимствования материалов или отдельных результатов приведены корректно и соответствуют требованиям п. 14 Положения о присуждении ученых степеней.

Все результаты, изложенные в диссертации, получены соискателем лично:

1. Разработана модель классификатора распределенной системы многоэлементной классификации, учитывающая неполноту локальных элементных матриц и основанная на представлении меток ненаблюдаемых классов распределением плотности вероятности.

2. Создан алгоритм получения значений оценок вероятностной функции ненаблюдаемых классов локальных классификаторов, основанный на методе

расчета параметров статистической вероятностной модели со смешанными распределениями.

3. Разработан алгоритм децентрализованного взаимодействия узлов распределенной системы многоэлементной классификации, функционирующей в условиях неполноты локальных элементных матриц классов, обеспечивающий получение полной элементной матрицы с учетом потенциально ненаблюдаемых классов.

4. Предложены модификация существующей архитектуры распределенной системы многоэлементной классификации и реализующий ее программный комплекс, обеспечивающие формирование итоговой модели обучения классификатора для условий неполноты локальных элементных матриц классов.

#### **4. Степень достоверности и обоснованности результатов проведенных исследований**

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается научно организованными экспериментами, корректным применением известных методов исследования, адекватных природе изучаемых процессов и явлений, непротиворечивостью и воспроизводимостью результатов, полученных в процессе сравнительного анализа вычислений и натурных экспериментов.

Результаты диссертационной работы апробированы на научно-технических конференциях и опубликованы в научных статьях. Основные результаты диссертации внедрены в практическую деятельность ООО «Айти Интегра Системс» (г. Москва), о чем имеется акт реализации.

#### **5. Научная новизна работы заключается в разработке:**

1. Модели многоэлементного классификатора, отличающейся от известных учетом условий неполноты локальных элементных матриц и обеспечивающей представление значений оценки вероятностной функции ненаблюдаемых классов параметрами статистической вероятностной модели.

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

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

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

**6. 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.

**7. 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.

**8. Специальность, которой соответствует диссертация**

Диссертационная работа соответствует научной специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

**9. Ценность научных работ соискателя. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.**

В публикациях Михалева Павла Андреевича отражены основные результаты исследования, содержатся все вышеуказанные положения, обладающие научной новизной и практической значимостью.

По результатам диссертационного исследования опубликовано 11 научных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 1 статья в издании, индексируемом в международной базе данных Scopus, и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ). В публикациях соискателя обеспечена полнота изложения материалов диссертации.

В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично автором получены следующие результаты: [1, 5, 7, 9] – модель классификатора распределенной системы многоэлементной классификации, функционирующая в условиях неполноты классов локальных классификаторов, [2, 4, 11] – алгоритм многоэлементного классификатора, функционирующего в условиях неполноты классов локальных классификаторов, [3, 4] – алгоритм получения значений оценки вероятностной функции ненаблюдаемых классов локальных классификаторов, [3, 7, 8, 9, 10] – архитектура системы многоэлементной классификации с федеративным машинным обучением, поддерживающая формирование итогового классификатора на основе динамически полученных матриц классов локальных классификаторов.

Публикации по теме исследования:

### Публикации в изданиях из перечня ВАК

1. **Михалев, П.А.** К вопросу о структурно-параметрической оптимизации систем федеративного машинного обучения / И.И. Ветров, М.А. Куцакин, П.А. Михалев // Системы управления и информационные технологии. – 2022. – № 3 (89). – С. 42-48.

2. **Михалев, П.А.** Подход к моделированию многоклассового классификатора системы федеративного машинного обучения, функционирующего в условиях неполноты классов локальных классификаторов / И.И. Ветров, М.А. Куцакин, П.А. Михалев // Системы управления и информационные технологии. – 2024. – № 4 (98). – С. 26-32.

3. **Михалев, П.А.** Разработка алгоритма многоклассового классификатора системы федеративного обучения, функционирующей в условиях неполноты классов локальных классификаторов / П.А. Михалев, М.А. Куцакин, О.В. Карамыхова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – № 12 (3). Режим доступа: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1731>.

### Публикации в изданиях, индексируемых в Scopus

4. **Mikhalev, P.A.** An algorithm for obtaining an ensemble machine learning model for node federation in decentralized machine learning systems / P.A. Mikhalev, N.Yu. Bumazhkina, A. A. Rubtsov // AIP Conference Proceedings. Manuscript № AIPCP21-AR-MIP 2024-00155.

### Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

5. Программа на языке Python «GMM-классификатор локального машинного обучения»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024662112 / **П.А. Михалев, М.А. Куцакин, В.В. Живодеров, М.В. Кондратенков**; заявители и правообладатели: **П.А. Михалев, М.А.Куцакин, В.В. Живодеров, М.В. Кондратенков**; № заявки 2024660493, заявл. 13.05.2024, опубл. 23.05.2024.

### Статьи и материалы конференций

6. **Михалев, П.А.** Подходы к моделированию распределенной автоматизированной системы информационного мониторинга в режиме реального времени в условиях нестационарной нагрузки // П.А. Михалев, М.А. Куцакин / Сборник статей научно-исследовательского института систем связи и управления (НИИССУ). – Москва, – 2022. – С. 26-32.

7. **Mikhalev, P.A.** On the need for parametric optimization of systems with federated machine learning // P.A. Mikhalev, M.A. Kutsakin, O.Yu. Mironov / Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis (MIP-2023'SCT). Proceedings of the XXVIII-th International Open Science Conference. – Yelm, WA, USA, 2023. – p. 37-41.

8. **Mikhalev, P.A.** An approach to the ensembling of models of local classifiers under conditions of incompleteness of classes in systems with federated learning // P.A. Mikhalev, M.A. Kutsakin, O.Yu. Mironov / Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis (MIP-2024'SCT). Proceedings of the XXIX-th International Open Science Conference. – Yelm, WA, USA, 2024. – p. 36-40.

9. Михалев, П.А. Анализ подходов к построению математических моделей систем активного мониторинга, функционирующих на основе машинного обучения // П.А. Михалев, М.А. Куцакин / XVI Всероссийская научно-практическая конференция «Территориально распределенные системы охраны». – Калининград, 2023. – С. 84-88.

10. Михалев, П.А. О проблеме централизованного подхода к организации управления подсистемы анализа поведенческих профилей системы контроля и управления доступом // П.А. Михалев, М.А. Куцакин / XVI Всероссийская научно-практическая конференция «Территориально распределенные системы охраны». – Калининград, 2023. – С. 67-70.

11. Михалев, П.А. Алгоритм многоклассового классификатора системы федеративного обучения, функционирующей в условиях неполноты классов локальных классификаторов // П.А. Михалев, М.А. Куцакин, О.В. Карамыхова / XIV Всероссийская межведомственная научная конференция «Актуальные направления развития систем обеспечения безопасности объектов государственной охраны и защиты охраняемых объектов, специальной связи для нужд органов государственной власти и специального информационного обеспечения государственных органов». – Орел, 2025. – С. 133-136.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Михалевым Павлом Андреевичем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Диссертация на тему «Управление децентрализованным обменом информацией для принятия решений в распределенных системах многоэлементной классификации с неполными данными» Михалева Павла Андреевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Заключение принято на заседании кафедры «Информатика и вычислительная техника» Академии ФСО России (протокол № 10 от «22» октября 2025 г.).

Присутствовали на заседании 32 чел. Результаты голосования: «за» – 32 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет.

Председательствующий  
расширенного заседания кафедры №31  
Начальник кафедры  
«Информатика и вычислительная техника»  
доктор технических наук, доцент

Белов Андрей Сергеевич

Секретарь  
кандидат технических наук, доцент

Лапко Александр Николаевич