

ПРОТОКОЛ

заседания диссертационного совета 24.2.288.11

№ 14 от 26 сентября 2025 г.

Всего членов диссертационного совета – 16

Присутствовали на заседании: 14 членов диссертационного совета.

Председатель заседания: д. т. н. Сирота Александр Анатольевич

Присутствовали:

1. д. т. н. Сирота Александр Анатольевич, 1.2.1;
2. д. т. н. Леденева Татьяна Михайловна, 1.2.1;
3. к. ф.-м. н. Медведева Ольга Александровна, 2.3.8;
4. д. т. н. Азарнова Татьяна Васильевна, 2.3.8;
5. д. т. н. Астахова Ирина Федоровна, 1.2.1;
6. д. ф.-м. н. Головинский Павел Абрамович, 1.2.1;
7. д. т. н. Каширина Ирина Леонидовна, 1.2.1;
8. д. ф.-м. н. Кузнецов Александр Владимирович, 1.2.1;
9. д. т. н. Матвеев Михаил Григорьевич, 2.3.8;
10. д.ф.-м.н. Махортов Сергей Дмитриевич, 2.3.8;
11. д. т. н. Подвальный Семен Леонидович, 2.3.8;
12. д. т. н. Томакова Римма Александровна, 1.2.1;
13. д. т. н. Туровский Ярослав Александрович, 2.3.8;
14. д. т. н. Хацкевич Владимир Львович, 1.2.1.

Повестка дня:

Защита кандидатской диссертации Моисеевой Татьяны Александровны «Методы генерации баз знаний нечетких продукционных систем с использованием процедур кластеризации» по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Слушали:

защиту диссертации Моисеевой Татьяны Александровны «Методы генерации баз знаний нечетких продукционных систем с использованием процедур кластеризации» по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Официальные оппоненты по диссертации:

Катасёв Алексей Сергеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кафедра систем информационной безопасности, профессор – присутствует;

Ходашинский Илья Александрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании, профессор – отсутствует по уважительной причине.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск).

Вопросы задали: д.т.н. Подвальный С. Л., д.т.н. Сирота А. А., д.т.н. Матвеев М. Г., д.т.н. Азарнова Т. В., д.т.н. Каширина И. Л., д.ф.-м.н. Кузнецов А. В.

В дискуссии приняли участие: д.т.н. Подвальный С. Л., д.т.н. Матвеев М. Г., д.т.н. Азарнова Т. В., д. т. н. Астахова И. Ф., д. т. н. Туровский Я. А.

Постановили:

1. На основании результатов тайного голосования присудить Моисеевой Татьяне Александровне ученую степень кандидата технических наук.

Результаты тайного голосования:

"За" – 14 чел.

"Против" – нет.

Недействительных бюллетеней – нет.

Протокол счетной комиссии прилагается.

2. Принять заключение диссертационного совета по кандидатской диссертации Моисеевой Татьяны Александровны. Стенограмма и заключение диссертационного совета прилагаются.

Председатель диссертационного
совета 24.2.288.11



Сирота А. А.

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.288.11

Медведева О. А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.288.11,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26.09.2025 г., протокол №14

О присуждении Моисеевой Татьяне Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы генерации баз знаний нечетких продукционных систем с использованием процедур кластеризации» по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение принята к защите 16.06.2025 (протокол заседания № 11) диссертационным советом 24.2.288.11, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, (394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1, приказ Минобрнауки РФ № 239/нк от 14 февраля 2023 г.).

Соискатель Моисеева Татьяна Александровна, 10 января 1995 года рождения, работает преподавателем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет» на кафедре математического обеспечения ЭВМ, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2018 году окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» по направлению 02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем».

В 2024 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника».

Диссертация выполнена на кафедре вычислительной математики и прикладных информационных технологий факультета прикладной математики, информатики и механики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский

государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Леденева Татьяна Михайловна, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», факультет прикладной математики, информатики и механики, кафедра вычислительной математики и прикладных информационных технологий, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Катасёв Алексей Сергеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кафедра систем информационной безопасности, профессор;

Ходашинский Илья Александрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании, профессор
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск) в своем положительном отзыве, подписанном Филистом Сергеем Алексеевичем, доктором технических наук, профессором (кафедра биомедицинской инженерии, профессор) и Серегиним Станиславом Петровичем, доктором медицинских наук, профессором (кафедра биомедицинской инженерии, заведующий кафедрой), указала, что диссертационная работа Моисеевой Татьяны Александровны является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной для инженерии знаний и разработки систем искусственного интеллекта научной задачи совершенствования подходов к генерации баз знаний нечетких продукционных систем с улучшенными свойствами на основе кластеризации обучающей выборки. Диссертация подготовлена автором самостоятельно, обладает внутренним единством, логически правильно выстроена и содержит новые научные результаты, полученные лично автором и имеющие значения для науки и практики. Предложенные соискателем решения в достаточной степени аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями. Все научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Качество и количество публикаций автора по теме диссертации удовлетворяет требованиям ВАК РФ. В диссертации

имеются обязательные ссылки на источники заимствования материалов. В диссертации и автореферате указан вклад соискателя в работы, выполненные в соавторстве. Диссертационная работа соответствует Паспорту заявленной специальности. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Таким образом, Т.А. Моисеева заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Работы посвящены совершенствованию и тестированию методов генерации баз знаний нечетких продукционных систем, в том числе улучшению качества кластеризации на основе нечетких метрик, алгоритмической и программной реализации рассмотренных и предложенных методов, а также их применению для решения практических задач.

В диссертации Т.А. Моисеевой отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Вклад автора – 80 %, объем 6,4 п.л.

Наиболее значительные работы:

1. Леденева, Т.М. Нечеткие метрики на основе генераторов архимедовых треугольных норм из класса рациональных функций / Т.М. Леденева, Т.А. Моисеева // Искусственный интеллект и принятие решений, 2024. – № 4. – С. 30-44. DOI: 10.14357/20718594240403

2. Моисеева, Т.А. Нечеткий классификатор электроэнцефалограмм для интерфейса «мозг-компьютер» / Т.А. Моисеева, Я.А. Туровский, Т.М. Леденева // Вестник Воронежского государственного университета. Системный анализ и информационные технологии, 2024. – № 4. – С. 129-142. doi.org/10.17308/sait/1995-5499/2024/4/129-142

3. Моисеева, Т. А. Генерация базы знаний на основе нечеткой кластеризации / Т.А. Моисеева, Т. М. Леденева // Информационные технологии и вычислительные системы. 2023. – № 1. – С. 97-108. DOI: 10.14357/20718632230110

4. Moiseeva T. Knowledge Base Generation Based on Fuzzy Clustering / T. Moiseeva, T. Ledeneva // Programming and Computer Software, 2023. – Vol. 49. – No. 1. – Suppl. 2. – Pp. 99-107. DOI:10.1134/S0361768823100043

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. Белявского Григория Исааковича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры методов оптимизации и машинного обучения Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (замечания: в автореферате

не упоминается сложность алгоритма; не обсуждаются ситуации, в которых получена некорректная база знаний).

2. Голосовского Михаила Сергеевича, кандидата технических наук, руководителя проектов ООО «ТХ РЕШЕНИЯ» (замечание: отсутствие анализа масштабируемости алгоритма на очень больших наборах данных).

3. Демидовой Лилии Анатольевны, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры корпоративных информационных систем ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА) (замечания: отсутствуют названия тестовых функций; не даны пояснения к таблицам; замечание по оформлению; не указана формула функции квантификации в явном виде; в положениях на защиту не уточнены числовые оценки и заявленные методы).

4. Ломакиной Любови Сергеевны, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Вычислительные системы и технологии» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (замечания: не раскрыт механизм интерполяции нечетких правил и его влияние на результаты работы).

5. Румовской Софии Борисовны, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Калининградского филиала федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (замечание: не изучается соответствие полученной базы правил требованиям, предъявляемым к базе правил, и методы обеспечения выполнения данных требований).

6. Тулупьева Александра Львовича, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры бизнес-информатики Северо-Западного института управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (СЗИУ РАНХиГС) (замечания: не приводится область применимости предложенного подхода; отсутствует анализ полученной базы правил на согласованность/непротиворечивость)

7. Язенина Александра Васильевича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой информационных технологий ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (замечания: не исследуется поведение метода для систем, содержащих несколько входных переменных; приведены характерные поверхности только для одной метрики).

Все отзывы положительные, содержат рекомендации по присуждению Т.А. Моисеевой ученой степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в соответствующей отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, а также их согласием.

Выбор ведущей организации обосновывается ее достижениями в соответствующей отрасли науки, способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Это также подтверждается публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан и протестирован метод генерации баз знаний нечетких продукционных систем на основе обучающих данных с использованием эллипсоидальной кластеризации, позволивший улучшить качество аппроксимации для лингвистической модели и модели Такаги-Сугено на тестовых примерах;

получены ограничения на параметры непрерывных архимедовых треугольных норм из класса рациональных функций, обеспечивающие свойство строгости;

введены новые семейства нечетких метрик на основе аддитивных генераторов строгих непрерывных архимедовых треугольных норм из класса рациональных функций, одним из параметров которых являются обычные метрики;

предложено применить полученные в исследовании нечеткие метрики для решения задачи нечеткой кластеризации, что позволит расширить класс метрических алгоритмов кластеризации;

доказано преимущество предложенных нечетких метрик по сравнению с обычной евклидовой метрикой для решения задачи нечеткой кластеризации;

предложена модель комплексной оценки качества кластеризации для сравнения используемых метрик, в которой учитываются распространенные критерии качества, и показано, что важно обосновать выбор операции агрегирования при свертке частных оценок;

разработан алгоритм формирования базы знаний нечеткого классификатора для классификации электроэнцефалограмм для реализации интерфейса «мозг-компьютер»;

разработана структура и осуществлена реализация программного комплекса, предназначенного как для исследовательских целей, так и для решения практических задач.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложена модификация метода генерации баз знаний нечетких продукционных систем на основе использования эллипсоидов минимального объема, что позволяет повысить качество аппроксимации зависимости выходной переменной от входных в задачах, для решения которых используются нечеткие продукционные системы, новый метод способствует развитию технологий обнаружения закономерностей в системах искусственного интеллекта;

изложены условия, при выполнении которых рациональные непрерывные архимедовы треугольные нормы являются строгими, что является вкладом в теорию функционального представления нечетких логических операций;

предложены и **изучены** новые нечеткие метрики, впервые полученные на основе аддитивных генераторов строгих непрерывных архимедовых треугольных норм, которые развивают теоретическую базу нечетких метрических пространств, а также их применение к задачам нечеткой кластеризации, что способствует развитию методов машинного обучения;

раскрыта значимость предложенного метода для разработки алгоритма классификации электроэнцефалограмм в интерфейсе «мозг-компьютер», что расширяет теоретические основы применения нечеткой логики и методов интеллектуального анализа данных к задачам обработки биосигналов;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы теория оптимизации, теория нечетких множеств и методы нечеткого моделирования, а также метрические алгоритмы кластеризации.

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

разработан программный комплекс, включающий модули, которые реализуют не только предложенные алгоритмические решения для формирования базы знаний нечеткой системы, но и подходы, использовавшиеся для сравнительного анализа;

результаты **внедрены** в образовательный процесс ФГБОУ ВО «ВГУ» и используются при чтении лекций и проведении практических занятий, а также при выполнении выпускных квалификационных работ;

результаты **внедрены** в Лаборатории медицинской кибернетики ФГБОУ ВО «ВГУ» для проведения научных исследований, связанных с разработкой интерфейсов «мозг-компьютер»;

программный комплекс **внедрен** в деятельность в финансовой компании ООО «ФПК «Альфа» для обработки специальной информации;

результаты **внедрены** и используются при проведении исследований по проектированию киберфизических систем в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук;

определены перспективы использования теоретических результатов диссертации на практике и направления дальнейших исследований.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ подходы, представленные в диссертации, были протестированы на основе серии вычислительных экспериментов, и результаты позволили подтвердить преимущество предложенных подходов перед известными;

теория построена на известных, проверяемых данных и фактах из теории оптимизации, теории нечетких множеств и методов нечеткого моделирования;

идея базируется на применении методов кластерного анализа для получения разбиения пространства входных/выходных переменных, что позволяет учесть структуру данных, на основе которых генерируется база знаний;

установлено, что предложенный метод способствует увеличению точности аппроксимации нечеткой системой по сравнению с широко известным методом, основанном на матрицах ковариаций кластеров, обеспечивая тем самым повышение качества решения прикладных задач, в которых используется продукционная модель представления знаний;

установлено, что точность выполнения классификации электроэнцефалограмм составляет около 74% для реальных движений и 60% для мысленных, что согласуется с результатами других исследователей.

Личный вклад соискателя заключается в разработке метода генерации баз знаний нечетких продукционных систем на основе обучающих данных с использованием эллипсоидов минимального объема. Постановка задач исследования и определение его основных направлений осуществлялись научным руководителем. Теоретическое и экспериментальное исследование нечетких метрик, разработка алгоритмической и программной реализации метода автоматизированного формирования базы знаний, проведение вычислительных экспериментов, внедрение результатов диссертационной работы осуществлялись соискателем.

Научный вклад данной работы выражается в следующих аспектах:

предложен метод генерации баз знаний нечетких продукционных систем, отличающийся использованием эллипсоидов минимального объема;

впервые получены семейства нечетких метрик на основе аддитивных генераторов строгих непрерывных архимедовых треугольных норм из класса рациональных функций, что стало возможным в результате предварительного выявления параметров данных треугольных норм, обеспечивающих свойство строгости;

разработана комплексная оценка качества кластеризации, что позволяет анализировать и сравнивать алгоритмы, базирующиеся на различных метриках, для дальнейшего использования в задаче генерации баз знаний;

осуществлено улучшение качества работы алгоритмов кластеризации за счет разработанных нечетких метрик;

проведена проверка и продемонстрирована эффективность разработанных алгоритмов для обработки электроэнцефалограмм, а также в задаче обработки пропущенных значений в наборах данных.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания и заданы вопросы:

1) Предложенный метод эллипсоидальной кластеризации не всегда гарантирует построение корректной базы правил с покрытием универсального множества, на котором определены термы лингвистических шкал, однако в диссертации этому факту не уделено достаточного внимания.

2) В работе отсутствует конструктивное определение понятия «интерпретируемость». При сравнении различных методов и моделей необходимо учитывать показатель интерпретируемости наряду с точностью.

Заданы следующие вопросы:

1) Насколько однозначно определяются эллипсы на слайде 10? Ведь когда у вас рядом два соседних кластера, Вы можете пожертвовать какими-то удаленными от центра данными, и получается, что на самом деле у вас не один эллипс, а семейство эллипсов. Одни и те же точки могут быть отнесены к разным кластерам, и тогда у вас получается не единственный эллипс, а их семейство.

2) Почему Ваши эллипсы обведены прямоугольниками?

3) Какие правила формируются, как работает база знаний?

4) Как Вы можете объяснить и проинтерпретировать Ваши результаты, что в случае эллипсов минимальной площади, а в общем случае эллипсоидов минимального объема, точность аппроксимации выше (как показано на слайде 11), чем на основе ковариационной матрицы? Какой физический смысл этой ситуации?

5) А так ли уж хороша стратегия нахождения эллипсоида минимального объема, который покрывает в точности все точки? В машинном обучении мы говорим о том, что, если сверхточное построение разделяющих границ, разделяющих областей, это не очень хорошо. Это ведет к тому, что называется переобучением. Это означает, что новые данные могут восприниматься с большим отклонением от того, что было при обучении. Насколько правильна эта стратегия, можете пояснить?

6) Вы выделили кластеры, и на слайде 10 показано, как формируется модель Мамдани. Тем самым, Вы определили структуру правил с помощью этих кластеров. А как вы определяете параметры этой модели?

7) Когда нет никаких определенных требований к параметрам функций принадлежности, то существует известное правило, что поверхность нечеткости должна быть одинаковой плотности. Другими словами, сумма μ по вертикали должна равняться 1. Она у вас явно не равняется 1. Каким образом учитывается этот факт? Дело в том, что, когда это правило нарушается, можно получить совершенно неподходящие ответы из-за разной плотности.

8) Как в соответствии с Вашим подходом получить модель Такаги-Сугено? Вы строите уравнение регрессии? В модели Такаги-Сугено в заключении стоит функция, как вычислить параметры?

9) Вы ставите задачу нахождения минимального эллипса. Дело в том, что, чем меньше вы делаете этот эллипс, тем меньше у Вас выборка для применения метода наименьших квадратов, правильно? Нет ли тут противоречия?

10) Когда для получения проекций на оси используется прямоугольник, эллипс уже не будет содержать некоторых точек, которые были в прямоугольнике?

11) Ожидаемый ли результат улучшения качества классификации при переходе в нечеткие метрические пространства за счет того, что там много параметров и их можно настраивать?

12) Вы берете разные метрики кластеризации и собираете их в интегральный показатель. Что дает Вам эта интегральная оценка, ведь она не учитывает интерпретацию каждой метрики?

13) На слайде 30 у Вас приводится показатель ассигасы – доля правильных ответов. Поясните постановку задачи.

14) Что означает, что для бинарной классификации точность 48 процентов на слайде 30?

15) Если к точке (значению входной переменной) необходимо применить два правила, то в какой последовательности они применяются?

С замечаниями соискатель Т.А. Моисеева согласилась и дала на них следующие ответы и привела собственную аргументацию:

1) Как отмечалось в начале выступления, построение базы знаний является важной многоэтапной задачей. На первом этапе с использованием обучающего множества строится первоначальная база знаний в автоматическом режиме на основе предложенного подхода. Именно этот этап реализован в моей диссертации. Следующий этап – это проверка качества базы правил, определение направлений совершенствования (оптимизация, редукция, интерполяция правил). По сути, это отдельные задачи, достаточно сложные. Задача оценки качества базы правил и разработка процедур, направленных на улучшение ее свойств, планируются в качестве последующих исследований.

2) В диссертации под интерпретируемостью понимается близость описания зависимости выходной переменной от входных к естественному языку, это качественное понятие и формализация этого понятия требует дальнейших исследований.

Соискатель Т.А. Моисеева ответила на все заданные ей в ходе заседания вопросы:

1) В своей работе я использую только эллипсы, которые включают в себя все точки, принадлежащие кластеру. Действительно, при нечеткой, кластеризации точки могут принадлежать разным кластерам с разной степенью уверенности. Но в своем подходе я перехожу к однозначной принадлежности точки к кластеру и далее уже без неоднозначности делаю проекции на оси координат.

2) Прямоугольники используются для упрощения вычислений. Вообще существует два подхода: первый подход, когда матрица разбиения проецируется на оси входных и выходных переменных, и далее находится аппроксимация нечетких чисел. Второй подход заключается в проецировании

эллипсов, или описывающих их прямоугольников, на оси координат. Для упрощения вычислений эллипсы описываются прямоугольниками и прямоугольники проецируются на оси координат.

3) Может использоваться либо нечеткий вывод Мамдани, либо нечеткий вывод Такаги-Сугено.

4) Носитель треугольного числа становится меньше, и за счет этого правило становится более точным.

5) Я могу сказать, что это наиболее простой способ, но и построение эллипсов, которые не будут включать в себя все точки кластера, например, какие-то удаленные точки, может служить основой для дальнейших исследований.

6) Параметры функций принадлежности определяются проекциями.

7) Дело в том, что процедура корректировки базы знаний не учитывается в настоящем исследовании, то есть не проводилась проверка базы правил критериям полноты, связности, согласованности, и это открывает перспективы для дальнейших исследований.

8) Тут используется известный подход, согласно которому в качестве функций в заключениях правил Такаги-Сугено используются большие оси эллипсов. Вообще, для построения функций в заключении модели Такаги-Сугено может использоваться метод наименьших квадратов.

9) Я не уменьшаю выборку, все точки остаются на месте.

10) У меня основа эллипс, а не прямоугольник, то есть у меня сначала строится эллипс, а прямоугольник описывается.

11) Улучшение качества установлено на основе эксперимента.

12) Она учитывает нечеткое большинство.

13) Это бинарная классификация. Классифицировались два состояния: когда человек находится в покое, и когда человек поднимает руки реально или мысленно.

14) Это означает, что в 48 процентах случаев удалось построить нечеткий классификатор, то есть доля тех случаев, когда у нас метрики чувствительности и специфичности не стали равными нулю.

15) Применение правила определяется механизмом нечеткого вывода, то есть сначала мы проводим фаззификацию, потом нечеткий вывод, потом применяем композицию и дальше дефаззификацию. Акцент данного исследования делался именно на генерации правил, а не на механизмах логического вывода, но я могу сказать, что каждое правило вносит свой вклад в формирование ответа. То есть, если у нас два правила, то они оба будут применяться.

На заседании 26 сентября 2025 г. диссертационный совет принял решение: за решение задачи разработки методов и алгоритмов обработки данных, обеспечивающих генерацию баз знаний нечетких продукционных систем с улучшенными аппроксимирующими свойствами, имеющей важное значение в области искусственного интеллекта и машинного обучения, присудить Моисеевой Т.А. ученую степень кандидата технических наук.

