

ОТЗЫВ

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

Одним из базовых понятий нечеткого моделирования являются нечеткие продукционные системы (НПС), которые используются в качестве ядра в интеллектуальных информационных системах различного назначения. Промышленные приложения НПС ориентированы на решение задач управления, диагностики, прогнозирования, принятия решений в условиях неопределённости и неполноты информации. Их ключевым преимуществом является возможность описания зависимости выходной переменной моделируемой системы от входных в виде интерпретируемых «если-то» правил, образующих базу знаний. Особенно актуальным является данный подход при наличии сложных нелинейных зависимостей. Важнейшим этапом проектирования НПС является разработка базы знаний. Для решения этой проблемы зачастую используется экспертный подход и тогда, по сути, НПС тиражирует опыт эксперта. Однако во многих предметных областях в процессе функционирования или наблюдения реальных систем формируются большие объемы информации и выявление существующих в них закономерностей позволяет сгенерировать базу знаний для прикладной НПС. Методы автоматической генерации продукционных правил на основе обучающих данных позволяют отказаться от трудоёмкого экспертного этапа. Разработка таких методов, основанных на использовании кластерных процедур, — ключевое направление представленной диссертационной работы. К ее основным результатам следует отнести:

- метод генерации базы продукционных правил на основе эллипсоидальной кластеризации с использованием эллипсоидов минимального объема, что позволяет в максимальной степени учесть данные обучающего множества;
- совокупность нечетких метрик, построенных с использованием аддитивных генераторов архимедовых треугольных норм, представимых рациональными функциями и отличающихся набором настраиваемых параметров;
- модель комплексной оценки нечетких метрик на основе функции порядкового взвешенного агрегирования, которая позволяет выделить лучшие метрики по набору критериев качества кластеризации.

Перечисленные результаты характеризуются научной новизной, имеют значение для развития теоретической базы построения систем искусственного интеллекта, основанных на НПС. Это делает их доступными для широкого круга

прикладных задач: от технической диагностики и интеллектуального управления до медицинской и финансовой аналитики, где доступны большие данные. Развитие алгоритмов генерации продукционных правил, включая кластерные подходы и выбор эффективных метрик, значительно расширяет возможности построения адаптивных моделей.

Положительное впечатление производит данная работа в части обоснованности предложенных решений. В автореферате приведены результаты вычислительных экспериментов. Установлено, что точностные характеристики НПС улучшаются за счет использования эллипсоидов минимального объема для аппроксимации обучающих данных. Убедительной кажется аргументация в пользу нечетких метрик, обеспечивающих лучшие значения практически по всем критериям качества кластеризации.

В диссертации также решена важная практическая задача – разработан нечеткий классификатор для анализа электроэнцефалограмм в системе интерфейса «мозг–компьютер», который позволяет идентифицировать воображаемые или реальные движения верхних конечностей. Понятно, что этот результат нуждается в дальнейших исследованиях. Тем не менее продемонстрирована принципиальная возможность применения НПС для решения важнейших проблем, связанных с технологией нейроинтерфейсов, которая активно развивается в сферах биопротезирования, нейрогейминга, где интерфейс «мозг–компьютер» позволяет взаимодействовать с виртуальной или дополненной реальностью.

Результаты диссертационной работы были реализованы в виде программного комплекса, позволяющего решать задачи аппроксимации и классификации, а также проводить кластеризацию для различных предметных областей.

К замечаниям по работе можно отнесли следующие:

1. Естественно предположить, что эллипсоидальная кластеризация позволяет получить продукционные правила не для любых данных, однако в автореферате не приводится характеристика области применимости данного подхода;
2. В автореферате отсутствует анализ полученной базы правил на согласованность/непротиворечивость, направленный на выявление конфликтующих или избыточных правил, что важно для качественного функционирования НПС.

Перечисленные замечания не являются принципиальными и не влияют на положительное впечатление от полученных соискателем результатов. Диссертация обладает внутренним единством и представляет собой завершённое исследование. Научные результаты опубликованы в авторитетных журналах,

соискатель имеет свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Считаю, что диссертация «Методы генерации баз знаний нечетких продукционных систем с использованием процедур кластеризации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук удовлетворяет всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Моисеева Татьяна Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Рецензент согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Рецензент,
д. ф.-м. н., профессор,
профессор кафедры бизнес-информатики,
Северо-Западный институт управления
Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте
Российской Федерации (СЗИУ РАНХиГС)


Александр Львович Тулупьев

«08» июля 2025 г.



Научная специальность: 05.13.17 — Теоретические основы информатики

Телефон: 7(812)335-94-94

Email: alexander.tulupiev@gmail.com

Почтовый адрес: 199178 Россия, Санкт-Петербург,

Средний проспект В.О., д. 57/43, СЗИУ РАНХиГС

Подпись

ЗАВЕРЯЮ
Ведущий специалист отдела
кадрового администрирования
управления развития персонала
 Ю.В. Землянко

