

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА РФФИ 18-01-00459-а**  
**«Моделирование правдоподобных рассуждений в интеллектуальных системах на основе прецедентов, методов нечеткой логики и мультиагентного подхода»**

**Руководитель проекта**

Варшавский Павел Романович

**Коды классификатора, соответствующие содержанию фактически проделанной работы**

01-202 Математические методы в теории искусственного интеллекта и принятия решений

**Аннотация**

В ходе выполнения проекта был проведен анализ существующих моделей представления знаний для интеллектуальных систем (ИС) различных типов (ИС поддержки принятия решений (ИСППР), динамических экспертных систем (ЭС), систем на основе аналогий и прецедентов). Разработана сетевая модель, ориентированная на представление прецедентов с использованием онтологии предметной области. Проведено исследование и разработка методов автоматизированного построения и пополнения онтологии предметной области с использованием механизмов поиска решения на основе прецедентов (CBR – Case-Based Reasoning). Выполнена программная реализация модульной прецедентной системы в виде веб-приложения, способной выполнять все этапы CBR цикла. Выполнено исследование и разработка методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных (ИАД) для повышения эффективности (быстродействия) прецедентных систем при решении задач мониторинга и диагностики состояния сложных технических объектов. Для эффективного извлечения прецедентов разработано прецедентное представление сигнала и новая интегральная метрика сравнения прецедентов, а также метод хранения базы прецедентов с использованием матриц сходства. Предложен метод и алгоритм предварительной структуризации базы прецедентов для повышения эффективности извлечения прецедентов при анализе новых ситуаций. Предложена архитектура модуля, совмещающая прецедентный и нейросетевой подходы. Разработан и реализован модуль повышения эффективности работы CBR систем с использованием методов классификации и кластеризации данных. Проведена апробация реализованных алгоритмов в режиме мониторинга технического объекта на больших потоках данных и с использованием наборов данных из открытого репозитория UCI Machine Learning Repository. В рамках проводимых исследований была сформулирована задача ускорения поиска решения в нечетких ЭС, а также предложена классификация методов ускорения поиска решения в нечетких ЭС. В качестве перспективного алгоритма для ускорения поиска решения был выделен алгоритм Rete. Выполнено его исследование при работе с классическими ЭС и рассмотрена возможность его модификации для ускорения поиска правил в нечетких ЭС. Разработана формальная модель дерева решений алгоритма FuzzyRete и сам алгоритм FuzzyRete, предназначенный для ускорения поиска решения в нечетких

ЭС, а также выполнено проектирование архитектуры механизма поиска решения для нечеткой продукционной ЭС на основе алгоритма FuzzyRete. Осуществлена программная реализация разработанного алгоритма FuzzyRete и разработан прототип ЭС, функционирующей с использованием алгоритма FuzzyRete, для решения задач в области экспертной диагностики. Исследованы и реализованы методы машинного обучения с подкреплением (RL-обучения) на основе темпоральных различий и их модификации с применением искусственных нейронных сетей. Исследовано применение данных методов к ИСППР. Проведена интеграция методов обучения с подкреплением в мультиагентную подсистему прогнозирования для ИС различного типа, включая системы реального времени. Выполнен анализ работы подсистемы прогнозирования и проведена оценка эффективности предложенных решений. Выполнен анализ гибких (anytime) алгоритмов, в частности методов разбиения на этапы, метода решетчатых функций и использованием нескольких версий одного алгоритма. Проведена оценка возможности их включения в подсистему прогнозирования ИС, в том числе и в ИСППР. В результате были реализованы гибкие алгоритмы поиска в пространстве состояний, включая гибкие взвешенные алгоритмы  $A^*$  с перезапуском, продолжением и восстановлением и проведен их сравнительный анализ. Даны рекомендации по выбору конкретного алгоритма в ИС реального времени в зависимости от структуры решаемой задачи. Исследована возможность применения реализованных алгоритмов в связке с NoSQL базами данных. Выполнен обзор моделей, методов и алгоритмов, применимых для построения «виртуального сотрудника» в распределенной, мультиагентной среде. Разработана модель функционирования «виртуального сотрудника», а также архитектура и алгоритм работы классификатора подсистемы «виртуального сотрудника» для взаимодействия с клиентом, включающей модуль распознавания речи и модуль текстовой классификации по тематикам с использованием СВР технологии машинного обучения. Выполнено исследование методов построения ИС, решающих задачу эмуляции действий человека, взаимодействующего с цифровыми системами, при выполнении бизнес-процессов. Разработана базовая архитектура ИС «виртуальный сотрудник». На ее основе описана архитектура ИС «виртуальный сотрудник отдела сопровождения программного обеспечения». Сформирован прототип базы знаний для ИС «виртуальный сотрудник отдела сопровождения программного обеспечения платежного терминала». Описаны алгоритм оценки ситуации, алгоритм обучения и алгоритм принятия решений для использования в составе рассматриваемой ИС. Выполнен обзор и анализ средств автоматического распознавания речи. Разработаны алгоритмы текстовой классификации, реализован базовый программный модуль текстовой классификации по распознанной речи для системы голосового взаимодействия (IVR – системы интерактивного голосового меню), а также модуль распознавания речи на естественном языке, основанный на скрытой марковской модели. Произведена интеграция модулей распознавания и классификации речи для их дальнейшего взаимодействия. План работ по проекту выполнен в полном объеме, а полученные результаты характеризуются новизной и соответствуют мировому уровню.