

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА РФФИ 15-07-04574

«Методы и программные средства правдоподобных рассуждений на основе прецедентов и темпоральных зависимостей для интеллектуальной поддержки принятия решений в системах реального времени»

Руководитель проекта

Варшавский Павел Романович

Коды классификатора, соответствующие содержанию фактически проделанной работы 07-956

Аннотация

Выполнено исследование различных моделей, методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе прецедентов с использованием механизма структурного отображения, а также программная реализация базовых инструментальных средств, обеспечивающих представление и хранение прецедентов в структурированной форме и функционирование механизмов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе прецедентов с использованием современных языков и средств онтологического проектирования. Проанализированы различные возможности оптимизации (сокращения) базы прецедентов с использованием методов и средств интеллектуального анализа данных (классификации, кластеризации, индукции и нейросетевых методов). Разработаны алгоритмы, позволяющие выполнять сокращение числа прецедентов в базе без существенного снижения качества работы прецедентной системы.

Исследованы модели и методы обеспечения интероперабельности сложных структур на основе метамоделей, онтологии предметной области и методов нечеткой логики. Предложены алгоритмы построения концептуальных моделей знаний и классификации объектов различных информационных структур с применением методов нечеткой логики. Разработана архитектура системы обеспечения интероперабельности информационных структур на основе онтологического подхода и выполнена программная реализация базовых модулей прототипа системы.

Выполнено исследование моделей и методов представления информации о времени (темпоральных ограничений). Разработан метод ускорения алгоритмов вывода (поиска решения) для некоторых подклассов интервальной логики Аллена на основе перехода к оперированию полуинтервалами и представлению ограничений в виде битовых масок. Предложена архитектура решателя интервальных задач согласования темпоральных ограничений и выполнена программная реализация прототипа решателя для темпоральной логики на базе полуинтервалов. Проведена сравнительная оценка производительности разработанного прототипа решателя с аналогами.

Предложены методы анализа и верификации моделей сложных динамических систем на основе раскрашенных сетей Петри реального времени с применением темпоральной логики Аллена (PCP RV TLA). Обосновано применение подхода model checking («проверка модели») для верификации моделей и предложен алгоритм верификации на основе данного расширения раскрашенных сетей Петри. Выполнена реализация тестовой версии программного продукта, позволяющего проводить анализ и верификацию моделей процессов интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени (ИСППР RV), построенных с помощью PCP RV TLA.

Описана темпоральная модель для многомерного OLAP и темпоральный язык запросов OLAP (TOLAP), который выражает темпоральные запросы OLAP интуитивно понятным способом. Исследовано несколько реляционных альтернатив представления, а также подробно изучен перевод с языка TOLAP в SQL. Предложено расширение, которое допускает транзитивное замыкание запросов.

Проведено исследование статистических и экспертных методов прогнозирования и разработаны соответствующие алгоритмы прогнозирования для ИСППР РВ. Предложен комбинированный метод прогнозирования, основанный на статистических и экспертных методах. Спроектирована архитектура и выполнена программная реализация подсистемы прогнозирования для ИСППР РВ.

Полученные результаты характеризуются новизной и соответствуют мировому уровню. План работ по проекту выполнен в полном объеме.

Библиографический список всех публикаций по проекту за весь период выполнения проекта

1. Еремеев А.П., Королев Ю.И. Анализ и верификация моделей процессов в сложных динамических системах // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2015. – № 1. – С. 45-56.
2. Варшавский П.Р., Алехин Р.В., Ар Кар Мью, Зо Лин Кхаинг. Реализация прецедентного модуля для интеллектуальных систем // Программные продукты и системы. – 2015. – №2. – С. 26-31.
3. Михайлов И.С., Зо Мин Тайк. Разработка формальной модели процесса поиска решения по модифицированному алгоритму Rete для нечетких экспертных систем // Программные продукты и системы. – 2015. – №2. – С. 44-47.
4. Михайлов И.С., Зо Мин Тайк. Реализация процесса поиска решения по модифицированному алгоритму rete для нечетких экспертных систем // Программные продукты и системы. – 2015. – №4. – С. 142-147.
5. Михайлов И.С., Зо Мин Тайк. Разработка и реализация модификации алгоритма Rete для нечётких экспертных систем // Вестник МЭИ. – 2015. – №6. – С. 114-119.
6. Eremeev A.P., Kurilenko I.E., Varshavskiy P.R. Temporal Case-Based Reasoning Systems for Automatic Parking Complex // International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering. – 2015. – Vol. 9, № 5. – pp. 1274-1280.
7. Варшавский П.Р., Ар Кар Мью, Шункевич Д.В. Применение методов классификации и кластеризации для повышения эффективности работы прецедентных систем // Программные продукты и системы, № 4, 2017, С. 625-631.
8. Куриленко И.Е., Еремеев А.П. Реализация вывода в темпоральных моделях ветвящегося времени // Известия академии наук. Теория и системы управления, 2017, № 1, С. 107-127.
9. Eremeev A.P., Kurilenko I.E. An Implementation of Inference in Temporal Branching Time Models // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2017. Vol. 56. № 1. P. 105-124.
10. Куриленко И.Е. Некоторые алгоритмы вывода для расширенной точечно-интервальной временной логики // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VIII-й Международной научно-практической конференции (Коломна, 18-20 мая 2015 г.). В 2-х томах. – М.: Физматлит, 2015. – Т. 1. – С. 190-199.
11. Куриленко И.Е., Шорникова Д.А. Пошаговые алгоритмы вывода для точечной временной логики // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VIII-й Международной научно-практической конференции (Коломна, 18-20 мая 2015 г.). В 2-х томах. – М.: Физматлит, 2015. – Т. 1. – С. 200-207.
12. Алехин Р.В., Варшавский П.Р. Применение прецедентного модуля для решения задач экспертного диагностирования // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VIII-й Международной научно-практической конференции (Коломна, 18-20 мая 2015 г.). В 2-х томах. – М.: Физматлит, 2015. – Т. 1. – С. 165-173.
13. Варшавский П.Р., Кожухов А.А. Разработка подсистемы прогнозирования с использованием статистических и экспертных методов // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VIII-й Международной

- научно-практической конференции (Коломна, 18-20 мая 2015 г.). В 2-х томах. – М.: Физматлит, 2015. – Т. 1. – С. 174-180.
14. Еремеев А.А., Еремеев А.П. OLAP-ориентированный подход к моделированию гранулированных темпоральных тенденций и запросы к ним // Современные технологии в задачах управления, автоматизации обработки информации: Труды XXIV Международной научно-технической конференции (14-20 сентября 2015 г., Алушта). – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – С. 56-57.
15. Алехин Р.В., Варшавский П.Р. Проектирование базы знаний интеллектуальной системы, основанной на прецедентах // Современные технологии в задачах управления, автоматизации обработки информации: Труды XXIV Международной научно-технической конференции (14-20 сентября 2015 г., Алушта). – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – С. 40-41.
16. Варшавский П.Р., Кожухов А.А. Реализация прототипа подсистемы прогнозирования для интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) // Современные технологии в задачах управления, автоматизации обработки информации: Труды XXIV Международной научно-технической конференции (14-20 сентября 2015 г., Алушта). – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – С. 45-46.
17. Еремеев А.П., Королев Ю.И., Кутепов В.П., Фальк В.Н. Формализм сетей Петри с поддержкой темпоральных зависимостей // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям “IS&IT’15”. Научное издание в 3-х томах. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – Т. 2. – С. 118-131.
18. Королев Ю.И. Верификация моделей процессов в динамических системах по методу Model Checking // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2015): материалы V междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19-21 февраля 2015 года) / редкол.: В.В. Голенков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2015. – С. 545-548.
19. Королев Ю.И. Инструментарий для разработки моделей сложных динамических систем на основе темпоральных сетей Петри // Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы. Сборник научных трудов III-ей Международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту для студентов, аспирантов и молодых ученых (Тверь – Протасово, 1-5 июля 2015 г.) – Тверь: Изд-во Тверского государственного технического университета, 2015. – С. 13-22.
20. Алехин Р.В., Кожевников А.В. Разработка программного приложения для построения компьютерных средств обучения на основе технологии wiki // Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы. Сборник научных трудов III-ей Международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту для студентов, аспирантов и молодых ученых (Тверь – Протасово, 1-5 июля 2015 г.) – Тверь: Изд-во Тверского государственного технического университета, 2015. – С. 41-48.
21. Еремеев А.П., Королев Ю.И. Подход к анализу процессов в динамических системах на основе темпоральных сетей // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2015. Аннотации докладов. В 3 томах. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015 – Т.3. – С. 121.
22. Королев Ю.И. Разработка моделей процессов в сложных системах с использованием модифицированных сетей Петри // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2015. Аннотации докладов. В 3 томах. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015 – Т.3. – С. 158.
23. Алехин Р.В. Реализация прецедентного модуля с использованием механизма структурного отображения // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать первая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. В 4 т. Т. 2. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – С. 17-18.
24. Шорникова Д.А. Построение темпоральных прецедентов с помощью точечно-интервальной темпоральной логики // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать первая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. В 4 т. Т. 2. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – С. 34.

25. Еремеев А.П., Королев Ю.И. Разработка программного обеспечения для моделирования систем на основе темпоральных сетей Петри // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2016 Open Semantic Technologies for Intelligent Systems). Материалы VI международной научно-технической конференции (Минск, 18-20 февраля 2016 года), БГУИР, 2016. С. 283-288.
26. Куриленко И.Е. Разработка методов рассуждений на основе темпоральных прецедентов для интеллектуальных систем // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2016 Open Semantic Technologies for Intelligent Systems). Материалы VI международной научно-технической конференции (Минск, 18-20 февраля 2016 года), БГУИР, 2016, С. 289-294.
27. Р.В. Алехин, П.Р. Варшавский, А.В. Кожевников. Реализация программного приложения, обеспечивающего анализ и формирование подборки статей из Интернет на основе технологии wiki для электронных библиотек и баз знаний // Труды Международной научно-практической конференции «Информатизация инженерного образования» – ИНФОРИНО-2016. (Москва, 12-13 апреля 2016 г.). – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. С. 23-26.
28. И.Е. Куриленко, Г.К. Джамалов. Реализация проектов по автоматизации тестирования распределенных программных комплексов // Труды Международной научно-практической конференции «Информатизация инженерного образования» – ИНФОРИНО-2016 (Москва, 12-13 апреля 2016 г.). – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. С. 159-162.
29. И.Е. Куриленко. Автоматизация тестирования крупных распределенных программных комплексов, построенных по событийно-управляемой архитектуре // Труды Международной научно-практической конференции «Информатизация инженерного образования» – ИНФОРИНО-2016 (Москва, 12-13 апреля 2016 г.). – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. С. 352-355.
30. Alexander Eremeev, Pavel Varshavskiy, Roman Alekhin. Case-Based Reasoning Module for Intelligent Decision Support Systems // Proceedings of the First International Scientific Conference — Intelligent Information Technologies for Industry (IITI'16), Vol. 1. Part III. Publisher Springer International Publishing, pp. 207-216.
31. Alexander P. Eremeev, Yury I. Korolev. Temporal Coloured Petri Nets as a Tool for Modelling of Complex Dynamic Systems // Proceedings of the First International Scientific Conference — Intelligent Information Technologies for Industry (IITI'16), Vol. 1. Part V. Publisher Springer International Publishing, pp. 339-348.
32. Eremeev A.P., Kozukhov A.A. Development of an Integrated Environment for Intelligent Decision Support Systems Based on Forecasting and Reinforcement Learning // INTERNATIONAL ACADEMIC FORUM AMO – SPITSE – NESEFF (20–25 June 2016, Moscow – Smolensk): Proceedings of the International Academic Forum AMO – SPITSE – NESEFF. –Smolensk: Publishing «Universum». – 2016. p. 61.
33. Pavel Varshavskiy, Roman Alekhin, Ar Kar Myo. Application of CBR Module for Solving Problems of Expert Diagnostics // INTERNATIONAL ACADEMIC FORUM AMO – SPITSE – NESEFF (20–25 June 2016, Moscow – Smolensk): Proceedings of the International Academic Forum AMO – SPITSE – NESEFF. –Smolensk: Publishing «Universum». – 2016. p. 62-63.
34. Еремеев А.П., Кожухов А.А. Разработка интегрированной среды на основе методов прогнозирования и обучения с подкреплением для интеллектуальных систем реального времени // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'16». Научное издание в 3-х томах. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – Т.1. С. 140-149.
35. Еремеев А.П., Кожухов А.А. Анализ и разработка методов обучения с подкреплением на основе темпоральных различий для интеллектуальных систем реального времени // XV национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах., Смоленск: Универсум, 2016, Том 1, С. 323-331.

36. Алехин Р.В., Варшавский П.Р., Кожевников А.В. Подсистема анализа и формирования сборника wiki-статей на основе методов аналогий и прецедентов // XV национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах., Смоленск: Универсум, 2016, Том 3, С. 5-14.
37. Куриленко И.Е. Применение нечеткой временной логики реального времени при построении подсистемы диагностики и мониторинга для интеллектуальной системы управления крупным парковочным комплексом // XV национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах., Смоленск: Универсум, 2016, Том 3, С. 107-115.
38. Алехин Р.В. Метод извлечения прецедентов на основе теории структурного отображения // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. Двадцать вторая Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов в 3 томах, Т. 1. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016, С. 215.
39. Джамалов Г.К. Параметризация тестовых данных для автоматизации тестирования веб-сервисов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. Двадцать вторая Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов в 3 томах, Т. 1. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016, С. 220.
40. Кожухов А.А. Исследование и разработка методов обучения с подкреплением и прогнозирования для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. Двадцать вторая Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов в 3 томах, Т. 1. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016, С. 226.
41. A.P. Ereemeev and A.A. Kozhukhov. Methods and Program Tools Based on Prediction and Reinforcement Learning for the Intelligent Decision Support Systems of Real-Time // Springer International Publishing AG 2018 A. Abraham et al. (eds.), Proceedings of the Second International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (ITI'17), Advances in Intelligent Systems and Computing 679, pp. 74-83.
42. Ereemeev A.P., Kozhukhov A.A. Implementation of reinforcement learning tools for real-time intelligent decision support systems // Proc. of VII International Scientific Conference “Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2017), Minsk, BSUIR, 16-18 February 2017. – P. 183-186.
43. Еремеев А.П., Еремеев А.А. Реализация темпоральной базы данных для интеллектуальных систем реального времени // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS&IT'17". Научное изд. в 3-х томах. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2017. Т. 1. - С. 205-212.
44. Еремеев А.П., Кожухов А.А. Гулякина Н.А. Исследование и реализация методов обучения с подкреплением для интеллектуальных систем реального времени // Нечеткие системы, мягкие вычисления и интеллектуальные технологии (НСМВИТ-2017): труды VII всероссийской научной-практической конференции. — СПб.: Политехника-сервис, 2017. – С. 50-62.
45. Куриленко И.Е. Применение нечеткой ветвящейся временной логики для построения алгоритма решения задачи планирования работ // Сборник трудов XXVI международной научно-технической конференции "Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации", 14-20 сентября 2017, г. Алушта. – М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2017. – С. 72.
46. Алехин Р.В., Варшавский П.Р., Кожевников А.В. Представление прецедентов для решения задач акустико-эмиссионного контроля сложных технических объектов // Современные технологии в задачах управления, автоматизации обработки информации: Сборник трудов XXVI международной научно-технической конференции, 14-20 сентября 2017 г., Алушта. – М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2017, С. 145.

47. Алехин Р.В., Кожевников А.В. Идентификация зашумленных сигналов акустико-эмиссионного контроля сложных технических объектов на основе прецедентного подхода // Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы. Сборник научных трудов IV Международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов (Санкт-Петербург, 30 июня – 3 июля 2017 г.). — СПб.: Политехника-сервис, 2017. С. 15-21.