

На правах рукописи

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Александр', is placed on a light-colored rectangular background.

Куликова Анна Александровна

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ОНТОЛОГИЙ ПРОЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

05.13.12 - Системы автоматизации проектирования
(информационные технологии и промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ульяновск – 2021

Работа выполнена на кафедре «Вычислительная техника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет»

Научный руководитель: **Негода Виктор Николаевич,**
д.т.н., доцент, профессор кафедры
«Вычислительная техника» Ульяновского
государственного технического университета

Официальные оппоненты: **Курейчик Виктор Михайлович,**
д.т.н., профессор, профессор кафедры систем
автоматизированного проектирования
ФГАОУ ВО «Южный федеральный
университет»
Таратухин Виктор Владимирович,
PhD, к.т.н., профессор кафедры
информационных систем и технологий
Национального исследовательского
университета «Высшая школа экономики»
в Нижнем Новгороде

Ведущая организация: Институт проблем управления сложными
системами Российской академии наук –
обособленное подразделение Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки «Самарский федеральный
исследовательский центр Российской
академии наук» (ИПУСС РАН - СамНЦ РАН)

Защита диссертации состоится «09» марта 2022 года в 15:00 на заседании диссертационного совета Д212.277.04 при ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» по адресу: 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32 (ауд. 211, главный корпус).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет». Диссертация и автореферат размещены на сайте <http://www.ulstu.ru/>.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2022 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д212.277.04
д.т.н., доцент



А.М. Наместников

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В настоящее время специалистами в области автоматизированного проектирования (АП) проводится большое количество исследований, связанных с вовлечением онтологий в проектный процесс (ПП). Анализ публикаций по данной тематике показывает, что объекты проектирования, которые активно вовлекаются в онтологические модели (ОМ), на практике зачастую представляют собой технические объекты; однако, когда в качестве объектов проектирования выступают автоматизированные системы (АС), доминирует подход к онтологическому моделированию, обслуживающий повышение эффективности разработки программного обеспечения (ПО). Иными словами, АС рассматриваются исключительно как сложные системы, интенсивно использующие ПО, в то время как основные конкурентные преимущества разрабатываемых АС достигаются за счет применения такой технологии АП, которая вовлекает в ПП модели сущностей объектов автоматизации.

Использование инструментов программной инженерии, с одной стороны, повышает производительность труда специалистов, с другой стороны, приводят к доминированию таких технологий разработки ПО, которые предполагают активное разделение труда, что, в свою очередь, порождает эффект, для которого широко используется термин **«информационный разрыв»** или **«семантический разрыв»**. Наиболее остро проявляется данный эффект при переходе от анализа требований к концептуальному проектированию и далее – к разработке ПО: это, среди прочего, связано с тем, что совокупности компетенций и ценностей специалистов, работающих на данных этапах, различаются. А доминирование направленности онтологического моделирования на повышение эффективности процесса разработки ПО не решает указанную проблему, поскольку при таком подходе из фокуса уходит объект автоматизации, а на первый план выходят аспекты технологии программирования.

Помимо этого, возрастающая с каждым годом сложность АС приводит к необходимости вовлекать в их создание широкое **пространство прототипов**, которые представляют собой прецеденты в накопленном опыте автоматизации. К таким прототипам относятся продукты прототипирования и анализа требований, продукты разработки подрядчиков и субподрядчиков, части разработок других систем или подсистем с аналогичными или похожими свойствами и т.п. Данная практика, с одной стороны, является проявлением такого позитивного свойства прототипов как повторность использования, но, с другой стороны, является источником семантического разрыва. Более того, одним из негативных проявлений «лоскутности» прототипов является вовлечение в пространство АП **многих пространств имен**, что является причиной нарушения концептуального единства: когнитивные усилия, прикладываемые к осознанию того, что разными именами (терминами) называется одно и то же понятие, настолько велики, что доминирует тактика

изоляции одних частей проекта от других (например, микросервисная или мультиагентная архитектура), однако на этапе разработки и эксплуатации сложных АС многообразие пространств имен заметно и неизбежно снижает производительность труда.

Важным представляется уделять особое внимание тщательности проработки и специфицирования проектных решений (ПР) на этапе концептуального проектирования, т.к. концептуальное единство, непротиворечивость и полнота разрабатываемых ПР обеспечивается в последующем за счет активного использования проектных спецификаций именно этого этапа. Согласно зарубежным исследованиям, для решения данной проблемы широко распространена практика проектирования, называемая «*проектное мышление*» (DT, Design Thinking), суть которой – исследование объекта автоматизации на протяжении всех фаз его жизненного цикла и поиск решения поставленных задач в условиях значительной неопределенности.

Всё вышеизложенное указывает на **актуальность исследований** и разработок в области онтологического моделирования процессов проектирования АС, направленных на снижение негативных последствий ошибок концептуального проектирования, повышение концептуальной целостности и полноты проектирования, а также сокращение описанного семантического разрыва за счет более активного повторного использования результатов концептуального проектирования на этапах технического проектирования и реализации.

Цель исследования – снизить трудозатраты на проектирование АС за счет сокращения семантического разрыва между спецификациями проектных решений различных стадий проектного процесса, а также автоматизации разработки проектных решений и их реализации.

Задачи диссертационного исследования:

- 1) провести тематико-аналитический обзор исследований в области формирования и использования онтологий в проектировании систем, интенсивно использующих программное обеспечение, в том числе АС;
- 2) исследовать возможность применения DT-подхода при формировании онтологических моделей проекта АС;
- 3) разработать систему требований и архитектурные решения для технологии и инструментария онтологического сопровождения проекта;
- 4) исследовать возможную степень покрытия онтологической моделью необходимых проектных решений в процессе проектирования АС;
- 5) разработать совокупность аналитических моделей системы онтологий проекта, обслуживающих анализ требований, проектирование и реализацию, а также поддерживающую частичную автоматическую генерацию UML-диаграмм и исходного кода программ автоматизации;
- 6) разработать технологию для основных видов работ проектировщиков при формировании и использовании онтологии, включая действия по контролю языка проекта, извлечению из артефактов

проектирования новых онтологических сущностей, применению ОМ проекта для создания онтологических спецификаций ПР;

7) разработать функциональный прототип инструментально-технологического комплекса формирования и использования онтологий;

8) провести апробацию предложенной технологии и разработанного функционального прототипа в условиях проектирования АС и оценить результаты проведенных экспериментов.

В рамках диссертационного исследования разработана технология и средства прецедентно-ориентированного формирования и использования онтологий в проектировании АС, использование которых призвано повысить производительность труда проектировщиков и способствовать снижению негативных проявлений человеческого фактора в решении проектных задач.

Научная новизна результатов исследования состоит в следующем:

1) предложена **технология прецедентно-ориентированного онтологического сопровождения процесса проектирования АС**, отличающаяся от известных интегрированным в процесс решения проектных задач и осуществляемым параллельно с этим процессом формированием и использованием онтологии проекта, по ходу которого, оперативно взаимодействуя с доступным опытом, проектировщики применяют механизмы конструктивного проектного мышления, нацеленные на подготовку решений для их повторного использования, в условиях сохранения доминирующей роли сущностей, характеризующих объекты и процессы автоматизации;

2) предложено семейство **аналитических моделей системы онтологий проекта**, охватывающих этапы анализа требований, формирования предварительных проектных решений и их реализации, отличающаяся от известных более высокой долей присутствия сущностей объектов и процессов автоматизации в проектных спецификациях, а также наличием таких типов понятий, свойств, отношений, аксиом и функций интерпретации, которые обеспечивают возможность автоматизации проектного процесса, в том числе генерирования UML-диаграмм и исходных кодов программ автоматизации;

3) разработаны **алгоритмы формирования спецификаций онтологических моделей**, отличающиеся от известных поддержкой автоматической генерации агрегатов сущностей и отношений, направленные на сокращение трудозатрат на онтологическое моделирование и поддерживающие контроль концептуальной целостности и полноты ПР;

4) разработаны **алгоритмы формирования проектных решений АС на основе онтологических моделей**, в том числе UML-диаграмм и исходного кода программ автоматизации, отличающиеся от известных поддержкой управления изменениями за счет реализации правил логического вывода, связывающих онтологию требований с онтологиями проектирования и реализации.

Область исследования соответствует паспорту специальности 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования (информационные технологии и промышленность)», а именно – п. 3 «Разработка научных основ построения средств САПР, разработка и исследование моделей, алгоритмов и методов для синтеза и анализа проектных решений, включая конструкторские и технологические решения в САПР и АСТПП».

Объектом исследования в диссертации является процесс проектирования сложных АС.

Предметом исследования являются методы и средства формирования и специфицирования проектных решений АС на основе онтологического моделирования, которые позволяют существенно повысить производительность труда проектировщика за счет сокращения семантического разрыва между различными стадиями проектного процесса, а также обеспечения концептуальной целостности, непротиворечивости и полноты разрабатываемых проектных решений.

Методы исследования. При выполнении работы использованы основные положения и методы онтологического анализа, системного анализа, искусственного интеллекта, а также объектно-ориентированного программирования при построении программного комплекса.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке подхода к онтологической поддержке проектов в условиях оперативного взаимодействия проектировщиков с доступным опытом с обеспечением доминирующей роли проектных спецификаций, формируемых на основе ДТ-подхода в ходе концептуального проектирования, в ходе создания проектных спецификаций всех последующих этапов проектирования вплоть до реализации.

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке программного обеспечения, включающего следующие компоненты:

1. Средства формирования системы онтологий проекта, охватывающей требования, предварительные проектные решения и реализацию, в соответствии с разработанными моделями на основе текстов проектной документации и неформальных описаний объектов и процессов автоматизации.

2. Средства трансформации онтологических спецификаций за счет реализации правил логического вывода, связывающих онтологию требований с онтологиями проектирования и реализации.

3. Средства использования системы онтологий проекта для генерации проектных решений, в том числе UML-диаграмм и исходного кода программ.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Методика интегрированного в проектный процесс прецедентно-ориентированного онтологического сопровождения процесса проектирования АС в условиях оперативного взаимодействия проектировщиков с доступным

опытом, обеспечивающая доминирующую роль результатов применения DT-подхода, полученных в ходе концептуального проектирования, на всех этапах разработки АС вплоть до реализации.

2. Аналитические модели системы онтологий проекта АС, охватывающие этапы анализа требований, формирования предварительных проектных решений и реализации, а также обладающие высокой долей присутствия продуктов DT-подхода в проектных спецификациях всех этапов разработки вплоть до создания исходного кода программ АС.

3. Средства формирования и использования системы онтологий, поддерживающей единство пространств имен, задействованных на различных этапах проектного процесса, а также обладающей набором функций интерпретации, обеспечивающим возможность автоматизации проектного процесса, в том числе генерацию UML-диаграмм и исходного кода целевых программ.

Достоверность результатов работы. Достоверность полученных результатов обеспечена результатами практического использования, в том числе в ряде НИОКР, выполненных в Ульяновском государственном техническом университете, направленных на решение научно-технических задач. К наиболее важным результатам следует отнести участие в выполнении грантов РФФИ:

- №18-07-00989 «Технология и инструментарий образно-семантического прототипирования в концептуальном проектировании систем с программным обеспечением»;
- №18-47-730016 «Технология и инструментарий прецедентно-ориентированного формирования и использования онтологий проектирования автоматизированных систем»;
- №18-47-732012 «Методы и средства содержательно-эволюционной теоретизации человеко-компьютерной деятельности в процессах проектирования и эксплуатации автоматизированных систем».

Реализация и внедрение результатов работы. Разработанные программные средства внедрены в практику работы ФНПЦ АО «НПО «Марс» (г. Ульяновск) и учебный процесс Ульяновского государственного технического университета (г. Ульяновск).

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научном семинаре «Онтология проектирования» (Самарский университет, ИПУСС РАН, 2021 г.), Международной конференции «Creativity in Intelligent Technologies and Data Science» (CIT&DS 2019), г. Волгоград; 11-ой, 12-ой и 14-ой Международных конференциях «Интерактивные системы: проблемы человеко-компьютерного взаимодействия» (IS-2015, IS-2017, IS-2019), г. Ульяновск; 18-ой Международной конференции по компьютерным наукам и приложениям (International Conference on Computational Science and Applications, ICCSA 2018), г. Мельбурн, Австралия; 2-ой и 3-ей Международных научных конференциях «Интеллектуальные информационные технологии в технике и

на производстве» (ПТИ'17, ПТИ'18), г. Варна, Болгария и г. Сочи; 26-ом Форуме по телекоммуникациям (TELFOR-2018), г. Белград, Сербия; 2-ой Международной научно-практической конференции «Нечеткие системы и мягкие вычисления. Промышленные применения» (FTI 2018), г. Ульяновск; 5-ой Международной научно-практической конференции «Электронное обучение в непрерывном образовании 2018» (ЭОНО-2018), г. Ульяновск; Международных Конгрессах по интеллектуальным системам и информационным технологиям (IS&IT'17, IS&IT'18, IS&IT'21), г. Дивноморское; 15-ой Международной конференции по компьютерной и когнитивной лингвистике (TEL'2018), г. Казань; 7-ой, 8-ой, 9-ой, 10-ой и 12-ой Всероссийских научно-технических конференциях аспирантов, студентов и молодых ученых (ИВТ-2015, ИВТ-2016, ИВТ-2017, ИВТ-2018, ИВТ-2021), г. Ульяновск; 7-ом, 8-ом, 9-ом и 10-ом Всероссийских школах-семинарах аспирантов, студентов и молодых ученых «Информатика, моделирование, автоматизация проектирования» (ИМАП-2015, ИМАП-2016, ИМАП-2017, ИМАП-2018), г. Ульяновск; 17-ой Международной конференции по компьютерным наукам и приложениям (2017), г. Триест, Италия; IV молодежном инновационном форуме ПФО, г. Ульяновск.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 31 печатная научная работа (из них 1 статья из перечня ВАК, а также 9 статей в изданиях, индексируемых в Scopus), 1 учебно-методическое пособие и 3 свидетельства о регистрации ПО для ЭВМ.

Личный вклад автора. Научные результаты проведенных исследований, представленных в диссертационной работе и выносимых на защиту, получены автором лично. Научному руководителю принадлежит выбор направления исследований, постановка задачи и конструктивное обсуждение. В публикациях с соавторами вклад соискателя определяется рамками представленных в диссертации результатов.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 207 страницах машинописного текста, содержит 40 рисунков, 6 таблиц, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 126 наименований на 15 страницах и 7 приложений на 40 страницах, включая акты о внедрении.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость, дана краткая характеристика работы и приведены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена исследованию подходов к онтологическому моделированию, в том числе в области разработки АС, а также проблем проектирования, связанных с информационными разрывами, нарушениями концептуальной целостности, непротиворечивости и полноты ПП и разрабатываемых ПР, и существующих способов решения данных проблем.

Раскрыто современное состояние технологий информационного обеспечения производственного процесса в целом и систем автоматизации проектирования в частности, к которым относятся технологии онтологического моделирования.

Отмечено, что между фазами ПП практически всегда наблюдается **семантический разрыв**, и чем он больше, тем к большему количеству негативных последствий он приводит, тем самым, влияя на успешность разработок и производительность труда. Онтологическое моделирование является эффективным средством преодоления такого разрыва при условии, что созданы соответствующие инструменты.

Рассмотрены различные **подходы к онтологическому моделированию и применению онтологий в проектном процессе**. В настоящее время онтологии широко применяются на всех этапах разработки сложных систем с ПО, начиная с анализа требований, заканчивая тестированием и повторным использованием компонентов таких систем. Однако, несмотря на большое количество существующих примеров такого использования, дальнейшие исследования способов семантического описания АС, а также применения онтологий в данной области, по мнению исследователей, являются одной из актуальнейших задач в сфере управления знаниями.

Описаны **преимущества использования онтологий** в сфере проектирования, среди которых: удобство применения благодаря присущим им логическим формализмам; гибкость, которая позволяет комбинировать в них информацию из различных источников и строить на ее основе новые знания; возможность использования на разных стадиях жизненного цикла разрабатываемой системы благодаря моделированию предметной области; высокий потенциал для повторного использования и др.

Проведен **сравнительный анализ наиболее известных и широко используемых семантических технологий и инструментария** для онтологического инжиниринга, таких как Protégé, Apollo, SWOOP, IsaViz, OilEd, OWLGrEd, Fluent Editor, модуль Owlready2 для языка программирования Python, WIQA, графовые СУБД – в частности Neo4j, которую было решено использовать для реализации программного комплекса онтологической поддержки проектирования в рамках исследования.

Раскрыты **особенности методологии проектного мышления**, успешно применяемой в проектировании, в основе которой лежит использование рассуждений, направленных на исследование объектов и процессов автоматизации и вовлечение результатов концептуального проектирования во все этапы проектного процесса, вплоть до реализации АС. Основные стадии проектного процесса соответствии с DT-подходом: *emphasize* (формирование утверждений, выражающих интересы конечного пользователя); *define* (постановка задачи); *ideate* (формирование идеи решения задачи); *prototype* (прототипирование); *test* (тестирование прототипа).

Поддержка прототипирования, тестирования и реализации на основе онтологического моделирования в случае создания АС наиболее эффективна

при наличии средств автоматической генерации кода, в связи с чем проведен анализ существующих методов и средств поддержки кодогенерации.

Во второй главе представлен подход к онтологической поддержке проектирования в формате системы положений, снабженных соответствующей аргументацией. К основным положениям относятся следующие:

Положение 1. В основе автоматизируемого процесса разработки АС лежат механизмы проектного мышления и вопросно-ответного моделирования, обслуживающие процесс моделирования рассуждений и активно вовлекающие в проектный процесс онтологические модели. Последовательная реализация данных механизмов способствует снижению неопределенности проектной ситуации и достижению проектировщиком необходимого и достаточного уровня понимания стоящей перед ним задачи, а также направлена на обеспечение концептуальной целостности, непротиворечивости и полноты разрабатываемых проектных решений.

Положение 2. В целях сокращения семантических разрывов в проектном процессе, а также повышения степени автоматизации процесса онтологического моделирования онтологию проекта целесообразно представлять как многоуровневую систему онтологических моделей в согласии с традиционным пониманием разбиения проектного процесса разработки АС на этапы; при этом, набор этапов, результаты которых будут отражены в онтологии проекта, должен определяться с учетом особенностей конкретного проекта: в том числе требований к нему, предметной области и здравого смысла.

Положение 3. Для построения такой онтологии проекта, которая способна управлять проектным процессом, носить динамический характер и оперативно отражать модификации разрабатываемых проектных решений и других артефактов проектирования, целесообразно организовать процесс онтологического моделирования как систему инкрементальных процессов, результатом каждого из которых является изменение состояния онтологии.

Предлагается следующая модель онтологической спецификации:

$$O^P = (C, R, F, Pr, Agg, A), \quad (1)$$

где $C = \{c_n | n \in \mathbb{N}, n \in [1, |C|]\}$ – множество концептов (или понятий);
 $R = \{(c_i, c_j, rt_n) | rt \in RT, c \in C\}$, где RT – множество типов отношений;

F – множество функций интерпретации, представленных в виде отображений: $F = \{f_n: C^* \times R^* \rightarrow C^{**} \times R^{**} | C^*, C^{**} \subseteq C; R^*, R^{**} \subseteq R\}$;

Pr – множество свойств понятий и отношений: $Pr = \{(pr_i, e_j) | pr \in Pr, e \in C \cup R\}$; Agg – множество агрегатов, A – множество аксиом.

Также предлагается следующая **процедура формирования и/или модификации онтологической модели**:

1) Формирование или модификация пространства агрегатов Agg в соответствии со этапами проектного процесса $I (a^I: I \rightarrow Agg^*)$, прототипами, представляющих прецеденты P в накопленном опыте автоматизации ($a^P: P \rightarrow$

Agg^*), а также проектными задачами, проектными решениями и проектными операциями.

2) Формирование или модификация множества классов понятий CC^i , характеризующих АС на этапе проектного процесса i , экземпляры которых CI^i связываются с сущностями типичных артефактов проектирования текущего этапа Atf^i отношением материализации ($m^i: CI^i \rightarrow Atf^i$).

3) Формирование или модификация аксиом A^i , накладывающих ограничения на структуру ОС: описывающих возможные типы семантических отношений RT^i между экземплярами CI^i различных классов CC^i , а также возможность связывания этих классов с определенными агрегатами Agg :

$$ax^R: \{(cc_n, cc_m) | cc \in CC; n, m \in \mathbb{N}; n, m \in [1, |CI|]\} \rightarrow \quad (2)$$

$$\{rt_p | rt \in RT, p \in \mathbb{N}, p \in [1, |RT|]\}$$

$$ax^{Agg}: CC \rightarrow Agg \quad (3)$$

4) Формирование множества экземпляров классов понятий CI_j^i за счет реализации функций: l^i , обеспечивающей **связывание дискурсов** из множества D с понятиями C_j^i и t^i , обеспечивающей **трансформацию продуктов онтологического специфицирования** предыдущих этапов O^{i-1} и связывание их с понятиями C_j^i в соответствии с результатами вопросно-ответного моделирования QA^i :

$$l^i: D \times QA^i \rightarrow \{(cc_j^i, ci_j^i) | cc \in CC, ci \in CI\} \times \quad (4)$$

$$\{(ci_j^i, ci_a^i, rt) | d = f(D), rt \in RT\}$$

$$t^i: O^{i-1} \times QA^i \rightarrow \{(cc_j^i, ci_j^i) | cc \in CC, ci \in CI\} \times \{(ci_j^{i-1}, ci_j^i, r) | ci \in CI\} \quad (5)$$

5) Описание множества свойств понятий Pr и их значений V . В качестве свойств могут быть заданы имена Nm сущностей E объекта проектирования, материализованные в конкретном артефакте:

$$p: \{(e_n, nm_n) | e \in E, nm \in Nm\} \rightarrow \{(pr_m, v_m) | pr \in Pr, v \in V\} \quad (6)$$

6) Описание отношений между понятиями R , извлекаемых на основе дискурсов D , отражающих потребности потребителей АС на естественном языке, и продуктов его анализа QA в соответствии с аксиомами A :

$$r^i: D \times QA \times A \rightarrow \{(c_n, c_m, rt)\} \quad (7)$$

7) Агрегация сущностей в соответствии с аксиомами A^i :

$$agg^i: \{e^i | e \in C \cup R\} \times A^i \rightarrow \{(e^i, agg) | agg \in Agg\} \quad (8)$$

8) Извлечение ОС, пригодных для генерирования артефактов проектирования в соответствии с метаданными ОС:

$$g^i: C_i^D \times R_i^D \times Agg^i \rightarrow C^* \times R^* \quad (9)$$

В обобщенном виде ПП с применением технологии онтологического моделирования представлен на рис. 1. Он выстроен с опорой на ГОСТ 34.601, а также парадигму проектного мышления. В ходе ПП активно применяется технология **вопросно-ответного (QA) анализа**, обслуживающая процесс моделирования рассуждений в форме вопросов и ответов и осуществление пошаговой детализации проектных задач. Результатом такого анализа являются QA-протоколы на естественно-профессиональном языке, которые целесообразно использовать для формирования онтологических моделей.

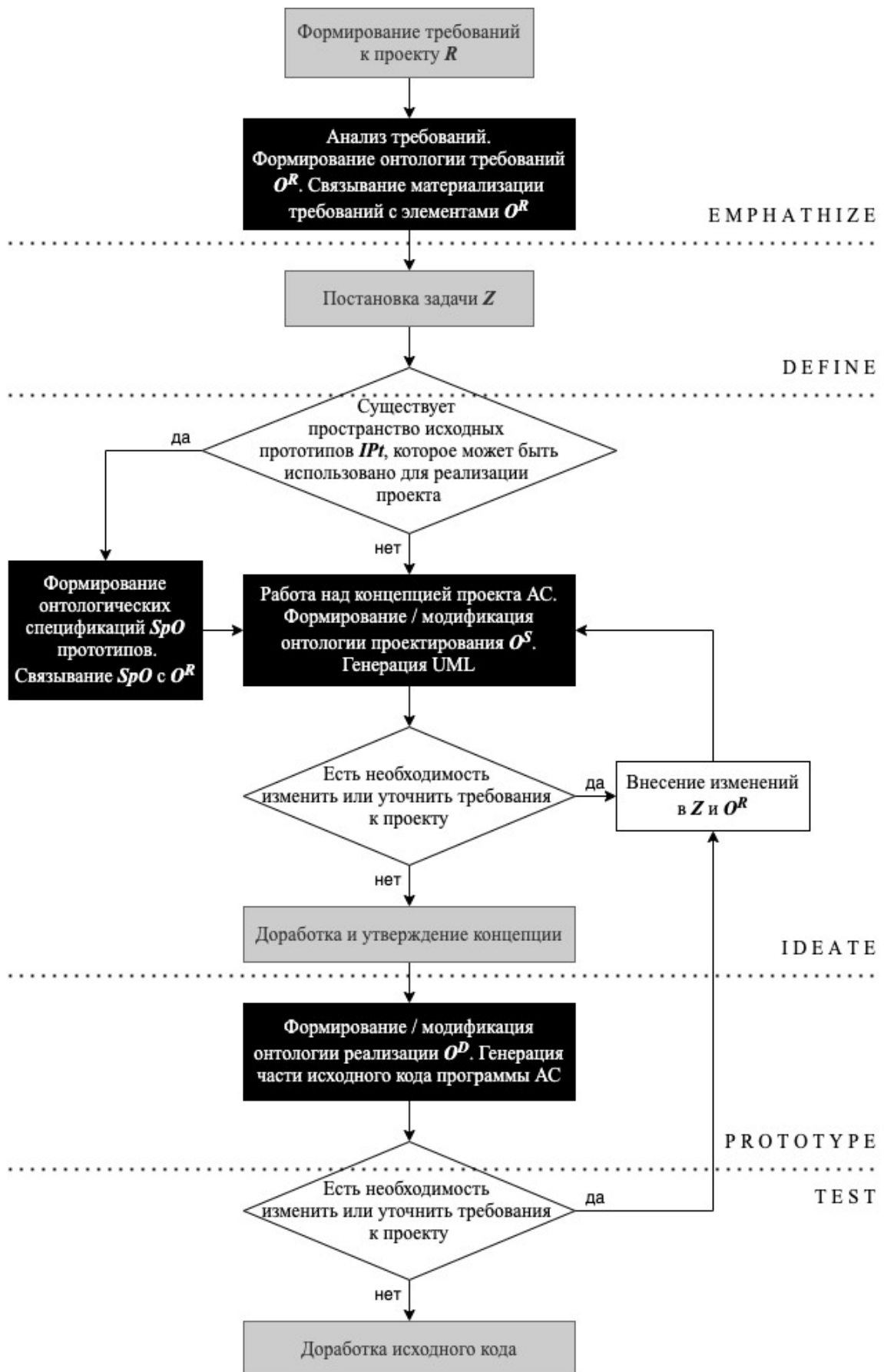


Рисунок 1 – Проектный процесс по разработке АС с применением технологии онтологического моделирования в парадигме Design Thinking

Проектный процесс начинается с этапа **формирования требований RQ** к проекту, которые специфицируются в форме дискурсов, как обозначено в подходе. После чего каждое требование из множества **RQ** подвергается вопросно-ответному анализу (или QA-анализу). Результаты такого анализа служат основой для автоматизированного формирования **онтологической модели требований O^R**.

Далее следует этап **постановки задачи Z0**, в результате чего должна быть сформулирована исходная постановка задачи и набор подзадач с опорой на требования.

На практике для разработки АС зачастую используются **исходные прототипы IPt** (тексты, UML-диаграммы, фрагменты кода и т.п.), которые по сути являются готовыми и подтвердившими свою состоятельность ПР, сущности которых связаны с сущностями результирующей системы отношением аналогии на концептуальном уровне. В онтологическую модель проекта прототип встраивается в качестве агрегата сущностей и отношений множества **Agg** в ходе онтологического специфицирования.

$$Sp^O = (Sp^S, Sp^M),$$

где **Sp^S** – набор спецификаций по сохраняющейся части прототипов (если прототип можно сохранить в неизменном виде); **Sp^M** – набор спецификаций по эволюционирующей части прототипов (если прототип необходимо подвергнуть модификации). Полученные спецификации связываются с онтологической моделью требований.

Далее постановка задачи также подвергается QA-анализу, в результате которого формируется концепция проекта, материализованная в **онтологии проектных решений O^S**, которая содержит такие спецификации, которые могут быть использованы для генерации UML-диаграмм.

Дальнейшая детализация задачи **Z0** предполагает формирование **онтологической модели реализации O^I** проекта, ориентированной на частичную генерацию исходного кода программы автоматизации.

Понятия онтологии требований сопоставляются с понятиями онтологии проектных решений и реализации с помощью соответствующих функций интерпретации, которые обеспечивают их порождение или модификацию. Важным позитивным свойством такой конфигурации онтологии проекта является возможность **автоматизированного управления изменениями** при возникновении необходимости внесения изменений или уточнений в набор требований.

В третьей главе представлена архитектура и раскрыты особенности реализации инструментальных средств онтологической поддержки проектирования АС. Как показано на рисунке 2, инструментальные средства состоят из модулей обработки исходных данных, которые используются для формирования и/или модификации ОМ проекта; модулей, использующих данные из ОМ для генерирования проектных решений; вспомогательных скриптов и хранилища онтологий проекта.

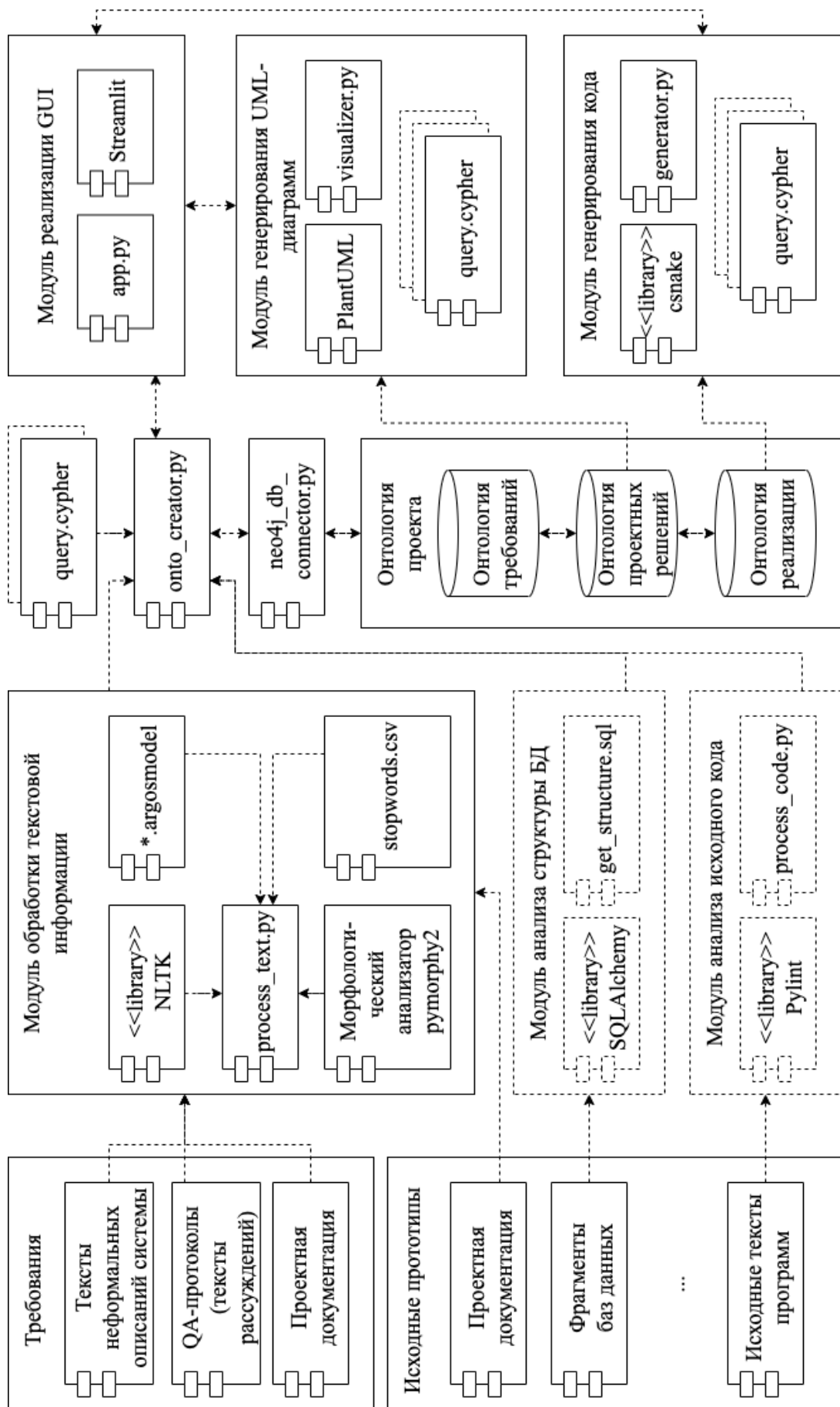


Рисунок 2 – Архитектура инструментальных средств

Модули обработки исходных данных разграничены в зависимости от типа анализируемых данных – текст, фрагменты баз данных и исходный код программ (модули анализа баз данных и исходного кода отмечены пунктиром, поскольку спроектированы, но не реализованы в рамках исследования). В качестве исходных данных рассматриваются следующие группы:

- данные, относящиеся к **требованиям к проекту** (неформальные описания системы на естественном языке; тексты рассуждений, организованные в формате QA-протоколов; проектная документация);
- данные, относящиеся к **исходным прототипам** (документация, фрагменты баз данных и исходного кода).

Также предусмотрено два **модуля генерирования проектных решений** на основе данных из онтологии – модуль генерирования UML-диаграмм и модуль генерирования кода. **Вспомогательные скрипты** используются для осуществления соединения с базой данных онтологий проекта, выполнения преобразований данных и осуществления запросов на запись в онтологию.

В качестве основного языка программирования инструментальных средств выбран **Python**.

Онтология проекта реализована в форме связанных ОМ требований, предварительных проектных решений и реализации.

Обобщенная структура **онтологии требований** в случае проектирования АС может быть представлена в следующем виде:

$$O^R = (\textit{Source} \mid \textit{Inputs}, \textit{Outputs}, \textit{Actions}, \textit{Events}, \textit{Messages}, \textit{Processes}, \textit{Protocols}, \textit{Conditions} \mid \textit{RInputs}, \textit{ROutputs}, \textit{RActions}, \textit{REvents}, \textit{RMessages}, \textit{RProcesses}, \textit{RProtocols}, \textit{RConditions}).$$

Source – множество исходных данных, к которым относятся тексты описаний объекта автоматизации, определяющие требования; проектная документация; QA-протоколы, а также исходные прототипы.

Множество **Source** используется для порождения таких множеств понятий O^R , как входы (**Inputs**) и выходы (**Outputs**) АС; события, возникающие в АС и объекте автоматизации (**Events**); сообщения о событиях (**Messages**); процессы, осуществляемые в ходе функционирования АС и объекта автоматизации (**Processes**); протоколы о ходе функционирования АС (**Protocols**); технические условия, включающее в себя функциональные, параметрические и иные требования (**Conditions**).

Каждое понятие из данных множеств обязательно содержит метку **Requirements**, которая указывает на его принадлежность к онтологии требований, метку с указанием множества, к которому оно принадлежит, а также свойство (*property*) **name**, в значение которого в виде списка записываются варианты его материализации на естественном языке. Среди опциональных свойств – **description**, в значение которого может быть записано определение понятия; **source**, в значение которого может быть записан фрагмент текста из множества **Source** или ссылка на файл с исходным прототипом. В листинге 1 представлен пример понятия онтологии требований в JSON-подобной структуре, которой оперирует СУБД Neo4j.

```

{
  "identity": 1,
  "labels": [
    "Requirements",
    "Processes"
  ],
  "properties": {
    "name": ["Инициализация"],
    "source": "Существует некоторый процесс инициализации, за которым могут скрываться последовательные подпроцессы загрузки контейнера с плитками и подпроцесс движения к начальной точке монтажа. Начало этого процесса задается некоторым внешним воздействием – старт укладки плитки."
  }
}

```

Помимо декларативной части онтологии требований, описанной выше, в нее включена алгоритмическая часть, содержащая множество функциональных отношений и правил логического вывода, обеспечивающих связывание подмножеств понятий указанных типов, а также накладывающих дополнительные ограничения на структуру онтологии. Так, например, функциональное отношение $RActions: Source^* \times Inputs^* \times Outputs^* \rightarrow Actions^*$ определяет зависимости операций от входов и выходов, а также порождает правила, в соответствии с которыми понятие множества $Actions$ должно быть связано с соответствующими понятиями из множеств $Inputs$ и $Outputs$.

Процедурная часть *онтологии проектирования* определяет проектные операции ($DActions$), проектные задачи ($DTasks$), проектные решения ($DSolutions$) и проектные процессы ($DProcesses$), а также правила их порождения или модификации.

$$O^S = (DActions, DTasks, DSolutions, DProcesses \mid RDActions, RDTasks, RDSolutions, RDProcesses),$$

Элементы множества $DSolutions$ представляют собой онтологические спецификации методов решения задач автоматизации и соответствующих алгоритмов, способов представления функциональных зависимостей и данных, в том числе схемы баз данных, спецификации интерфейсов объектом управления и человеком-оператором и др. Для построения конкретного проектного решения из множества $DSolutions$ используется последовательность проектных операций из множества $DActions$ в соответствии с проектным процессом из множества $DProcesses$ в рамках задачи из множества $DTasks$.

Так, например, проектное решение «Автоматная модель» содержит в себе группы связанных между собой понятий, характеризующих состояния ($State$), переходы между состояниями ($Transition$), условия перехода ($Predicate$), действия ($Action$) и др. Тогда проектная задача по спецификации некоего процесса управления в соответствии с автоматной моделью будет включать в себя проектные операции по формированию вышеупомянутых сущностей на основе онтологии требований, часть из

которых может быть автоматизирована с помощью заданных аксиом, таких как, например:

$$\begin{aligned} & State(?a), State(?b), Transition(?t), from(?a, ?t), to(?t, ?b), \\ & precede(?a, ?x), call(?t, ?y) \rightarrow precede(?x, ?t), precede(?x, ?y), \\ & precede(?y, ?b), \end{aligned}$$

что означает: если между состоянием a и переходом t есть связь «быть переходом из» и между переходом t и состоянием b есть связь «быть переходом в», а также состояние a предшествует некоему событию x и переход t вызывает некое событие y , то в онтологической модели должна появиться связь предшествования между событием x и переходом t , между событиями x и y , а также между событием y и состоянием b .

Процедурная часть *онтологии реализации*, во-первых, обеспечивает порождение новых сущностей, которые связаны с сущностями, заданными на уровне проектных решений, отношением «быть реализованным»; во-вторых, задает новые множества связанных между собой понятий:

$$C^D \in O^D, C^D = (IFunctions, IOperations, IParameters),$$

где *IFunctions* – множество функций исходного кода программы; *IOperations* – множество операций исходного кода программы; *IParameter* – множество параметров функций исходного кода программы автоматизации. Другие множества понятий (например, состояния или классы) наследуются из онтологии проектных решений.

В четвертой главе приводятся результаты *трех экспериментов* по практическому применению предлагаемых методов и средств: разработка системы логического управления (СЛУ) плиткоукладчиками; создание средств поддержки проектирования прототипов базовых средств программного управления транспортными роботами; и разработка управляющей продвижением товаров народного потребления подсистемы АС.

Один из экспериментов заключался в разработке СЛУ, охватывающей группу роботов, укладывающих плитки на негоризонтальной плоскости. Каждый робот оснащен механизмом укладки, закрепленном на мобильной платформе с правой стороны.

На рисунке 3 показан *фрагмент ОМ*, ориентированной на реализацию в СУБД Neo4j. Белым отмечены сущности онтологии требований, серым – сущности онтологии проектных решений, черным – сущности онтологии реализации; пунктиром отмечены элементы, генерируемые автоматически или автоматизировано.

Онтология требований была сформирована с помощью средств автоматического анализа текстовых описаний СЛУ: на вход модуля анализа текстовых данных поступают файлы проектной документации, на выходе проектировщик получает список потенциальных понятий и связей, которые он может дополнить и отредактировать, после чего подать на вход модулю формирования онтологии проекта через графический интерфейс.

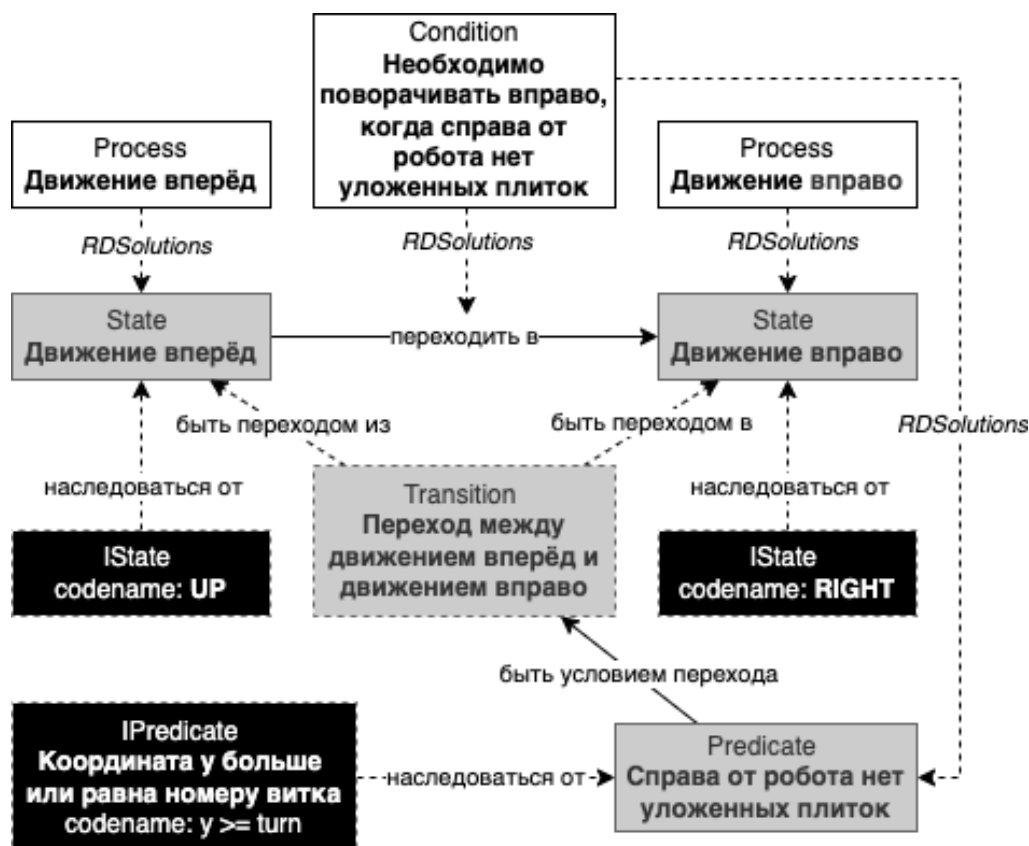


Рисунок 3 – Фрагмент онтологии СЛУ плиткоукладчиками

Онтология проектных решений сформирована на основе онтологических спецификаций выбранной базовой модели – смешанного автомата Мура-Мили. Данная модель в комплексе с заданными функциями интерпретации определила также и структуру **онтологии реализации** СЛУ. Показанный на рис. 3 фрагмент демонстрирует переход из состояния «Движение вперед» в состояние «Движение вправо».

На основе данной онтологической модели возможна генерация UML-диаграммы состояний, а также исходного кода программы СЛУ. Кроме того, **сущности онтология требований связаны с сущностями онтологии проектирования и реализации через правила логического вывода**, следовательно, при внесении изменений в требования возможна автоматическая модификация UML-диаграмм и исходного кода программы управления.

В таблице 1 представлен фрагмент кода функции, реализующей шаг автоматного управления на языке С в двух вариантах: сгенерированный модулем автоматической генерации кода на основе ОМ и написанный программистом вручную. Как видно из сравнения, сгенерированный код **обладает некоторой избыточностью** (в случае условного ветвления и в случае возникновения «петли» – перехода из состояния в себя).

Таблица 1 – Сравнение сгенерированного кода с кодом, написанным программистом

Сгенерированный код	Написанный программистом код
<pre> void step(void){ switch (state){ case UP: setTile(); /* Укладывание плитки */ if (y < turn) { /* Справа от плиткоукладчика есть уложенные плитки */ state = UP; y++; /* Увеличение значения координаты y на одну единицу */ move(); /* Перемещение к следующему плиткоместу */ } if (y >= turn) { /* Справа от плиткоукладчика нет уложенных плиток */ state = RIGHT; x++; /* Увеличение значения координаты x на одну единицу */ rotate(); /* Поворот */ } break; case STOP: if (!start) { /* Нет сигнала на старт укладки плитки */ state = STOP; } if (start) { /* Получен сигнал на старт укладки плитки */ state = INIT; init(); /* Выполнение инициализации */ timeOut = clock() + timeInit; /* Установка ограничения на пребывание в состоянии инициализации */ } break; </pre>	<pre> void step() { switch (state){ case UP: setTile(); // установка плитки if (y < turn) { y++; move(); } else { state = RIGHT; x++; rotate(); } break; case STOP: // если есть сигнал start, то запустить инициализацию if (start) { state = INIT; timeOut = clock() + timeInit; init(); } break; </pre>

Позитивным эффектом от применения онтологического моделирования в АП является *сокращение трудозатрат на доработку системы* при возникновении необходимости внесения изменений в требования, что всегда происходит на практике, и, чем больше требований требуется изменить, тем более заметны позитивные эффекты (см. рис. 4). Сокращение трудозатрат можно выразить следующей функцией от количества измененных требований:

$$f(x) = 1 - \frac{E_O^P + E_O^R x}{E^P + E^R x}, \quad (10)$$

где E^P и E_O^P – количество трудозатрат на первую итерацию проектного процесса (до внесения изменений в требования) без использования онтологического моделирования и с его использованием соответственно; E^R и E_O^R – количество трудозатрат на перепроектирование.

При необходимости изменить 7 и более требований трудозатраты на онтологическое моделирование нивелируются средствами автоматизации, а *при внесении 50 изменений сокращение трудозатрат достигает 30%*.

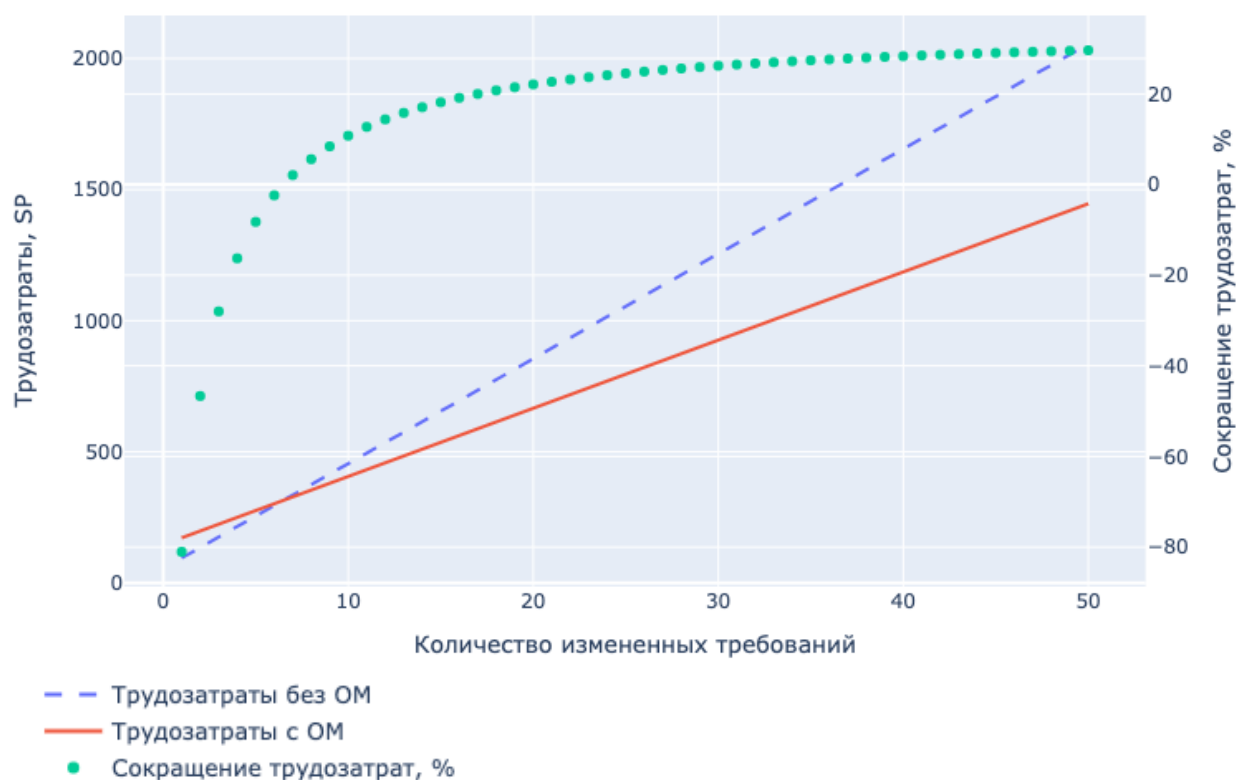


Рисунок 4 – Сокращение трудозатрат на проектирование

Кроме того, разработанные средства автоматизации онтологического моделирования, включающие в себя предобработку исходных данных, формальные правила и ограничения структуры ОМ, позволили **сократить трудозатраты на формирование ОМ на 56%**.

Основные результаты и выводы

1. Проведено исследование подходов к онтологическому моделированию проектного процесса, а также анализ существующих проблем в области проектирования АС, связанных с семантическими разрывами.
2. Разработан подход к онтологическому сопровождению ПП разработки АС в условиях оперативного взаимодействия проектировщиков с доступным опытом, обеспечивающий доминирование сущностей объекта автоматизации на всех его стадиях, вплоть до реализации.
3. Разработана модель проектного процесса разработки АС, базирующаяся на принципах ДТ-подхода с применением онтологического моделирования, направленная на обеспечение концептуальной целостности, непротиворечивости и полноты разрабатываемых проектных решений.
4. Разработаны аналитические модели системы связанных онтологий требований, проектных решений и реализации, включающие в себя набор ограничений и функций интерпретации, обеспечивающих возможность автоматизированной трансформации ОМ, а также генерирования UML-диаграмм и исходных кодов программ.
5. Разработаны средства, обслуживающие онтологическую поддержку ПП и повышающие трудозатраты в части обработки исходных

спецификаций, которые служат основой для формирования проектных онтологий.

6. Разработаны средства, обслуживающие формирование UML-диаграмм и исходных кодов программ автоматизации на основе ОМ проекта.

7. Проведена апробация разработанного подхода и инструментальных средств в ходе решения трех задач по автоматизации. Внедрение подхода и инструментальных средств позволило сократить трудозатраты на перепроектирование в условиях изменения требований (сокращение составило 30% при внесении 50 изменений в требования) и трудозатраты непосредственно на онтологическое моделирование на 56%, а также снизить информационный разрыв между этапами проектного процесса в 3 раза.

Разработанный подход является универсальным и может быть применен для автоматизации ПП по разработке различных сложных систем с ПО. Структура ОМ проекта организована таким образом, что предусматривает возможность изменения набора онтологий и их структуры в зависимости от поставленных задач. Возможности разработанных инструментальных средств могут быть расширены и адаптированы для их применения в различных предметных областях.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

В российских рецензируемых научных журналах из перечня ВАК:

1. Соснин, П.И., Пушкарева, А.А., Васильев, А.А. Комплекс средств онтологического сопровождения процессов решения новых проектных задач в разработке систем с программным обеспечением // Автоматизация процессов управления. – 2017. – N 3 (49). – С. 79 – 87.

В изданиях, проиндексированных в SCOPUS:

2. Sosnin, P., Kulikova, A. System of architectural views on ontological maintenance // Proceedings of the 14th International Conference on Interactive Systems: Problems of Human-Computer Interaction. Ulyanovsk, Russia. – 2019. – P. 32-51.

3. Sosnin, P., Kulikova, A., Shumilov, S. Architectural Approach to Ontological Maintenance of Solving the Project Tasks in Conceptual Designing a Software Intensive System. // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. Third Conference, CIT&DS 2019, Volgograd, Russia, September 16–19, 2019, Proceedings, Part II. – 2019.

4. Sosnin, P., Kulikova, A. Ontology-Based Way of Formulating the Statements of Project Tasks in Designing a System with Software // Proceedings of the 18th International Conference on Computational Science and Applications (ICCSA 2018). – 2018. – P. 25-30.

5. Sosnin, P., Kulikova, A. Discovering of Part-Whole Relations Used in Architectural Prototyping of Project Tasks // Proceedings of the Third International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’18). Volume I. – Springer Nature Switzerland AG 2019. – P. 159-170.

6. Sosnin, P., Sosnina, E., Kulikova, A. Ontology-Based Specifications of Concerns in Architectural Modeling of a Software Intensive System // 26th Telecommunications Forum (TELFOR). Proceedings of Papers. Belgrade, Serbia, November, 20-21. – 2018. – P. 843-845.

7. Sosnin, P., Sosnina, E., Kulikova, A. Specifications of Fuzzy Concepts with Evaluative Meaning in a Project Ontology During a Design of a System with Software // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference “Fuzzy Technologies in the Industry – FTI 2018”. Ulyanovsk, Russia, October 23-25, 2018. – 2018. – P. 324-332.

8. Sosnin, P., Pushkareva, A., Negoda, V. Ontological Support of Design Thinking in

Developments of Software Intensive Systems. // Abraham A., Kovalev S., Tarassov V., Snasel V., Vasileva M., Sukhanov A. (eds) Proceedings of the Second International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (ITI’17). ITI 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 679. Springer, Cham – P. 159-168.

9. Sosnin, P., Pushkareva, A. Ontological Controlling the Lexical Items in Conceptual Solution of Project Tasks. // Gervasi O. et al. (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2017. ICCSA 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10409. Springer, Cham. – 2017. – P. 31-46.

В иных изданиях:

10. Негода, В.Н., Куликова, А.А. Оценка влияния онтологического моделирования на трудоемкость проектного процесса по созданию программ логического управления. // Информатика и вычислительная техника. XIII Всероссийская научно-техническая конференция аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2021 (Россия, г. Ульяновск. 17 – 18 июня 2021 г.): сборник научных трудов / под общей ред. В.Н. Негоды. – Ульяновск : УлГТУ, 2021. – С. 200-207.

11. Негода, В.Н., Куликова, А.А. Онтологическое моделирование в проектировании средств логического управления. // Труды Международного научно-технического конгресса «Интеллектуальные системы и информационные технологии - 2021» («ИС & ИТ-2021»), «IS&IT’21»). Научное издание. – Таганрог: Изд-во Ступина С.А., 2021. – С. 92-98.

12. Соснин, П.И., Куликова, А.А., Наместников, А.М. Контролируемое формирование понятий с нечётким значением в архитектурном моделировании систем с программным обеспечением. // Кибернетика и программирование. — 2019. – № 3. – С.15-28.

13. Kulikova, A., Trifonova E. Identifying Scientific Constructs in the Results of Question-and-Answer Reasoning to Support Project Theorizing. // Interactive Systems Workshop 2019: Collection of scientific papers, Ulyanovsk, Russia. – 2019. – P. 76-81.

14. Kulikova, A. Multi-Agent Approach to Fill Project Ontology with the Help of Reasoning Text // Interactive Systems Workshop 2019: Collection of scientific papers, Ulyanovsk, Russia. – 2019. – P. 105-109.

15. Куликова, А.А. Онтологии терминов предметной области как один из инструментов электронного обучения. // V Международная научно-практическая конференция “Электронное обучение в непрерывном образовании 2018” (ЭОНО-2018). Россия, Ульяновск, 18 – 20 апреля 2018 г.: сборник научных трудов. – Ульяновск : УлГТУ, 2018. – С. 531-538.

16. Куликова, А.А. Извлечение связанных групп понятий из текстов рассуждений как первый шаг к достижению архитектурного понимания задачи. Информатика и вычислительная техника. // X Всероссийская научно-техническая конференция аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2018 (Россия, г. Ульяновск. 23 – 25 мая 2018 г.): сборник научных трудов / под общей ред. В.Н. Негоды. – Ульяновск : УлГТУ, 2018. – С. 97-104.

17. Соснин, П.И., Куликова, А.А. Формирование системных отношений в концептуальном пространстве проектирования автоматизированной системы. // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям “IS&IT’18”. Научное издание в 3-х томах. – Таганрог: Изд-во Ступина С.А., 2018. – Т. 1. – С. 156-163.

18. Куликова, А.А. Прототипирование модуля онтологического сопровождения проектов в инструментальной среде WIQA // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2018). X Всероссийская школа-семинар аспирантов, студентов и молодых ученых (Россия, г. Ульяновск, 27-28 ноября 2018 г.): сборник научных трудов / под ред. А. Н. Афанасьева. – Ульяновск : УлГТУ, 2018. – С. 109-114.

19. Рыбникова, Е.Е., Трифонова, Е.А., Куликова, А.А. Средства формирования текстовой базы для создания теории проекта // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2018). X Всероссийская школа-семинар аспирантов, студентов и молодых ученых (Россия, г. Ульяновск, 27-28 ноября 2018 г.): сборник научных трудов / под ред. А. Н. Афанасьева. – Ульяновск : УлГТУ, 2018. – С. 151-155.

20. Трифонова, Е.А., Рыбникова, Е.Е., Куликова, А.А. Средства структурирования вопросно-ответных рассуждений в рамках решения проблемы теоретизации проекта // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2018). X Всероссийская школа-семинар аспирантов, студентов и молодых ученых (Россия, г. Ульяновск, 27-28 ноября 2018 г.) : сборник научных трудов / под ред. А. Н. Афанасьева. – Ульяновск : УлГТУ, 2018. – С. 185-189.
21. Куликова, А.А., Трифонова, Е.А., Рыбникова, Е.Е. Методы и средства обнаружения семантических конструкторов в результатах парсинга проектных документов // Труды международной конференции по компьютерной и когнитивной лингвистике TEL-2018. – В 2-х томах. Т 1. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2018. – С. 422-434.
22. Соснин, П.И., Пушкарева, А.А. Средства онтологического сопровождения проектного мышления // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'17». Научное издание в 3-х томах. – Таганрог: Изд-во Ступина С.А., 2017. – Т. 2. – С. 366-374.
23. Kulikova, A. Automated Discovery of Part-Whole Relations to Assist Semantic Modelling of a Project. // Interactive systems: Problems of Human - Computer Interaction. – Collection of scientific papers. – Ulyanovsk: USTU, 2017. – P. 118-123.
24. Куликова, А.А. Автоматизированное извлечение причинно-следственных отношений из текстов проектных документов // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2017). IX Всероссийская школа-семинар аспирантов, студентов и молодых ученых (Россия, г. Ульяновск, 24-25 октября 2017 г.) : сборник научных трудов / под ред. А. Н. Афанасьева. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – С. 140-147.
25. Пушкарева, А.А. Тематико-аналитический обзор примеров формирования и использования онтологий в сфере человеко-компьютерного взаимодействия // Информатика и вычислительная техника 2017. IX Всероссийская научно-техническая конференция аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2017 (Россия, г. Ульяновск. 31 мая-2 июня 2017 г.) : сборник научных трудов / под общей ред. В.Н. Негоды. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – с. 182-188.
26. Пушкарева, А.А. Анализ различных подходов к решению и перспектив реализации задач формирования и использования проектных онтологий // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования (ИМАП-2016). VIII Всероссийская школа-семинар аспирантов, студентов и молодых ученых (Россия, г. Ульяновск, 25-26 октября 2016 г.) : сборник научных трудов / под ред. А. Н. Афанасьева. – Ульяновск : УлГТУ, 2016. – С.186-190.
27. Пушкарева, А.А. Механизмы автоматической обработки текстов в задаче формирования проектных онтологий // Информатика и вычислительная техника 2016. VIII Всероссийская научно-техническая конференция аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2016 (Россия, г. Ульяновск. 24-26 мая 2016 г.) : сборник научных трудов / под общей ред. В.Н. Негоды. – Ульяновск : УлГТУ, 2016. – С. 200-206.
28. Пушкарева, А.А. Средства автоматизированной оценки смысловой нагрузки слова на базе нечетких выводов // Информатика и вычислительная техника 2015. VII Всероссийская научно-техническая конференция аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2015 (Россия, г. Ульяновск. 25-27 мая 2015 г.) : сборник научных трудов / под общей ред. В.Н. Негоды. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – С. 418-422.
29. Пушкарева, А.А. Механизмы формирования концептов онтологии предметной области // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования: сборник научных трудов VII Всероссийской школы-семинара аспирантов, студентов и молодых ученых (ИМАП-2015, г. Ульяновск, 27-28 октября 2015 г.) / под ред. А. Н. Афанасьева. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – С. 175-180.
30. Пушкарева, А.А. Средства формирования набора понятий для онтологических рассуждений // Каталог проектов Четвёртого молодежного инновационного форума ПФО на базе УлГТУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ify2015.ulstu.ru/projects/122>.

31. Sosnin, P., Pushkareva, A. Toolset to create a domain ontology: forming a set of concepts // Interactive systems: Problems of Human – Computer Interaction. – Collection of scientific papers. – Ulyanovsk: USTU, 2015. – p. 186-193.

Учебно-методическое пособие:

32. Негода, В.Н., Куликова, А.А. Онтологическое моделирование в проектировании автоматизированных систем. Свидетельство №1491 о регистрации программно-информационного продукта ОФАП УОЦ НИТ, 23.09.2021.

Свидетельства о регистрации программного продукта:

33. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665410. Программная система онтологического сопровождения проектного процесса по разработке систем логического управления // В.Н. Негода, Куликова А.А.; правообладатель: ФГБОУ ВО «УлГТУ»; заявл. 20.09.2021; зарегистр. 24.09.2021. – М.: Роспатент, 2021.

34. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018661247. Программа извлечения из текста связанных концептов типа «часть-целое» // П.И. Соснин, Куликова А.А.; правообладатель: ФГБОУ ВО «УлГТУ»; заявл. 02.08.2018; зарегистр. 04.09.2018. – М.: Роспатент, 2018.

35. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017664036. Программа семантического контроля текстов постановок проектных задач // П.И. Соснин, Куликова А.А.; правообладатель: ФГБОУ ВО «УлГТУ»; заявл. 27.10.2017; зарегистр. 14.12.2017. – М.: Роспатент, 2017.

Куликова Анна Александровна

Методы формирования и использования онтологий проектов в процессе проектирования автоматизированных систем

Автореферат

Подписано в печать. _____. Формат 60x84/24

Усл. печ. л. _____. Тираж 120 экз. Заказ _____.

ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, Северный Венец, 32.