

На правах рукописи



Дородных Никита Олегович

**Метод и программное средство разработки баз знаний
на основе трансформации концептуальных моделей**

05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иркутск – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН)

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент,
Юрин Александр Юрьевич,
ИДСТУ СО РАН, заведующий лабораторией

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Грибова Валерия Викторовна,
ИАПУ ДВО РАН, заместитель директора
по научной работе

кандидат технических наук, доцент
Кудрявцев Дмитрий Вячеславович,
ВШМ СПбГУ, доцент

Ведущая организация: **Институт систем информатики имени
А.П. Ершова СО РАН (г. Новосибирск)**

Защита состоится 15 февраля 2018 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 003.021.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, расположенном по адресу: г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 134.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте www.idstu.irk.ru ИДСТУ СО РАН

Автореферат разослан 14 декабря 2017 г.

Отзывы и замечания по автореферату в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по вышеуказанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.ф.-м.н., доцент



Груздева Т.В.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В настоящее время знание является стратегическим ресурсом, при этом «оцифровка» знаний и их представление в виде концептуальных моделей, декларативных программ и кодов баз знаний (БЗ) обеспечивает их эффективное использование. БЗ является основным компонентом систем искусственного интеллекта и сдерживающим фактором их широкого применения, так как разработка БЗ является одним из самых сложных и трудоемких этапов при создании интеллектуальных систем – «узким местом» проектирования систем подобного вида. На данном этапе решаются задачи моделирования предметной области, получения, концептуализации и формализации знаний с их описанием на определенном языке представления знаний (ЯПЗ). Актуальность разработки новых методов и средств, повышающих эффективность процессов обработки знаний, в том числе при решении практических слабоформализованных задач в различных предметных областях, остается высокой.

Одним из способов повышения эффективности процесса разработки БЗ является применение методов получения знаний из различных источников, в том числе концептуальных моделей, под которыми понимаются модели, представленные множеством понятий и связей между ними определяющих смысловую структуру рассматриваемой предметной области вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней¹. При этом особый интерес представляет использование моделей, построенных с использованием программных средств концептуального, когнитивного, онтологического моделирования и CASE-средств путем их трансформации в программные коды.

Значительный вклад в разработку и исследование моделей, методов и средств создания интеллектуальных систем (включая онтологии, БЗ и программные средства для их проектирования и синтеза программных кодов) внесли Аверкин А.Н., Баадер Ф., Берман А.Ф., Вагин В.Н., Ван Хармелен Ф., Варшавский П.Р., Гаврилова Т.А., Голенков В.В., Грау Б., Грибова В.В., Грубер Т., Гуарино Н., Джарратано Дж., Джексон П., Еремеев А.П., Загорулько Ю.А., Клещев А.С., Колесников А.В., Кудрявцев Д.В., Ленат Д., Люгер Г., Массель Л.В., МакГиннесс Д., Мотик Б., Норвиг П., Осипов Г.С., Осуга С., Патель-Шнайдер П., Попов Э.В., Поспелов Д.А., Райли Г., Рассел С., Рыбина Г.В., Саэки Ю., Сова Дж., Стааб С., Финн В.К., Фоминых И.Б., Хорошевский В.Ф., Хоррокс Я., Шрайбер Г., Штудер Р., Частиков А.П. и др. В области автоматизации создания программных систем и их компонентов, разработки трансляторов, а также подходов трансформации моделей и программ можно отметить работы исследователей Ахо А., Гасевика Д.,

¹ Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. М.: Радио и связь, 1992. 256 с.

Горбунова-Посадова М.М., Гринфилда Дж., Джоолта Ф., Ершова А.П., Клеппе А., Кука С., Менса Т., Опарина Г.А., Сабельфельда В.К., Ульмана Дж., Фаулера М., Франкеля Д., Чарнецки К. и др.

Однако, существующие методы и системы автоматизированного создания БЗ на основе концептуальных моделей обладают рядом недостатков, в частности сложностью описания самих моделей для генерации кода; высокими квалификационными требованиями к пользователю; отсутствием возможности совместной распределенной и одновременной работы пользователей; отсутствием или ограниченностью генерации программного кода БЗ на различных ЯПЗ (частичное преобразование, скелетные коды). Это определяет актуальность создания новых моделей, методов и средств, обеспечивающих разработку БЗ, в том числе на основе трансформации концептуальных моделей. В свою очередь, существование множества форматов концептуальных моделей требует создания средства, которое будет обладать свойством расширяемости в части создания дополнительных модулей в форме программных компонентов трансформации моделей.

Целью диссертационного исследования является разработка метода автоматизации проектирования и синтеза программных кодов БЗ в форме декларативных программ на основе трансформации концептуальных моделей и его программная реализация в виде инструментального средства для повышения эффективности обработки знаний.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ существующих подходов, методов и программных средств автоматизации создания интеллектуальных систем и систем разработки БЗ, в том числе в форме онтологий, обеспечивающих трансформацию концептуальных моделей в программные коды БЗ.

2. Разработать метод автоматизации процесса проектирования и создания программных компонентов интеллектуальных систем, обеспечивающих синтез кода БЗ на основе трансформации концептуальных моделей.

3. Создать предметно-ориентированный декларативный язык для описания трансформаций.

4. Разработать и апробировать инструментальное программное средство, реализующее предлагаемые метод и язык.

5. Разработать методику создания БЗ на основе трансформации концептуальных моделей с использованием разработанного инструментального средства и оценить ее эффективность.

Объектом исследования являются алгоритмическое и программное обеспечение создания программных средств обработки знаний в вычислительных машинах, комплексах и компьютерных сетях.

Предметом исследования являются модели, методы и алгоритмы

проектирования и синтеза программных кодов БЗ на основе трансформации концептуальных моделей.

Методы исследования. В работе использовались методы объектно-ориентированного программирования, трансформации моделей, построения трансляторов и предметно-ориентированных языков, а также методы и средства искусственного интеллекта и онтологического моделирования.

Научная новизна:

1. Впервые предложен специализированный метод автоматизации процесса создания программных компонентов интеллектуальных систем для проектирования БЗ и синтеза их кода на основе трансформации концептуальных моделей, отличием которого от известных является использование языка описания трансформаций и оригинальной модели типового программного компонента.

2. Разработан новый предметно-ориентированный декларативный язык описания трансформаций (TMRL), включающий конструкции для описания не только преобразуемых структур и связей между ними, но и механизма взаимодействия с внешними программными компонентами трансформаций. Это позволяет абстрагироваться от конкретики специализированных языков трансформации моделей общего назначения и использовать созданные ранее компоненты трансформации.

3. На основе предложенного метода разработано инструментальное программное средство, позволяющее интерактивно создавать компоненты трансформации концептуальных моделей, а также проектировать с их помощью БЗ.

4. Создана оригинальная методика автоматизированной разработки БЗ, отличием которой от известных является использование концептуальных моделей в качестве исходных данных и специализированных программных компонентов и языков (TMRL и RVML) в качестве инструментальных средств.

В целом в диссертации предложены новые модели, методы и средства разработки БЗ на основе трансформации концептуальных моделей, позволяющие значительно сократить сроки и стоимость разработки, а также снизить требования к квалификации разработчика в части знания языков программирования и модельных трансформаций за счет применения интерактивного инструментального средства создания компонентов трансформаций.

Практическая значимость результатов. Основные научные результаты по теме диссертации получены в рамках проекта СО РАН IV.36.1.2, проектов РФФИ 15-37-20655, 15-07-03088, 15-07-05641, 16-37-00122 (рук.), а также соглашения № 8770 ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

Предложенные в рамках диссертационной работы метод и веб-ориентированное инструментальное средство позволяют снизить трудозатраты и сократить сроки разработки программных компонентов создания БЗ

интеллектуальных систем. Практическая значимость результатов подтверждена полученными актами внедрения, а также их использованием в учебном процессе ИрНИТУ в рамках курсов «CASE-средства» и «Инструментальные средства информационных систем» при проектировании БЗ, и при выполнении работ по хозяйственному договору с АО «ИркутскНИИхиммаш».

Достоверность результатов проведенных исследований подтверждается обоснованным использованием методов и технологий трансформации моделей, опубликованных в открытой печати, публикацией полученных результатов, работоспособностью разработанного инструментария, решением тестовых и прикладных задач.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. В соответствие с паспортом специальности 05.13.11, диссертация охватывает решение задач создания программных средств различного назначения (в частности, систем проектирования и синтеза БЗ), включает исследование языков и систем программирования (построение предметно-ориентированного языка трансформации концептуальных моделей в код БЗ и поддерживающего его программной системы), а также моделей, методов, алгоритмов и программных инструментов для организации взаимодействия программ и программных систем. Отражённые в диссертационной работе положения соответствуют пунктам 1, 2 и 3 области исследования специальности 05.13.11.

Научное и народнохозяйственное значение диссертации заключается в повышении эффективности процессов обработки и передачи знаний (автоматизированная разработка БЗ) в вычислительных машинах, комплексах и компьютерных сетях.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы, её отдельные положения, а также результаты конкретных прикладных исследований и разработок обсуждались на научных семинарах ИДСТУ СО РАН и на следующих международных, всероссийских, региональных научных и научно-практических конференциях: XII Международный форум управления знаниями «International Forum on Knowledge Asset Dynamics. IFKAD-2017» (г. Санкт-Петербург, 2017 г.); II, III Российско-монгольские конференции молодых ученых по математическому моделированию, вычислительно-информационным технологиям и управлению (Россия, г. Иркутск – Монголия, п. Ханх, 2013, 2015 гг.); Международная научно-практическая конференция «Фундаментальная информатика, информационные технологии и системы управления: реалии и перспективы. FIITM-2014» (г. Красноярск, 2014 г.); XLIV Международная конференция «Информационные технологии в науке, образовании и управлении. IT + S&E'15» (г. Гурзуф, 2015 г.); Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. КИИ-2016 (г. Смоленск, 2016 г.); VI, VII Международные конференции «Системный анализ и информационные технологии.

САИТ» (г. Светлогорск, 2015, 2017 гг.); VI, VII Международные научно-технические конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. OSTIS» (Беларусь, г. Минск, 2016, 2017 гг.); XV, XVI Всероссийские конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Тюмень, г. Красноярск, 2014, 2015 гг.); XXI, XXII Байкальские Всероссийские конференции с международным участием и Школы-семинары научной молодежи «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (г. Иркутск, 2016, 2017 гг.); Конференции «Ляпуновские чтения» (г. Иркутск, 2014, 2015, 2016 гг.).

Публикации и личный вклад автора. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 30 печатных работах, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертаций, 1 статья в рецензируемом журнале, индексируемом в Web of Science и Scopus, 1 коллективная монография, 22 публикации в трудах международных и всероссийских конференций, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты главы 1 и 2 опубликованы в работах [1-4, 8-11, 14], результаты главы 3 и 4 опубликованы в работах [5-7, 12, 13].

Все выносимые на защиту научные положения получены соискателем лично. В основных научных работах по теме диссертации, опубликованных в соавторстве, лично соискателем разработаны: в [1, 2, 9, 11] – модели и метод создания программных компонентов трансформаций; [3, 4, 6-8, 10, 14] – методическое и программное обеспечение автоматизированного создания БЗ на основе трансформации концептуальных моделей. В [5, 12, 13] соискателем проведена апробация разработанного метода и программного средства, включая результаты оценки их эффективности.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 270 наименований, и 11 приложений. Объем составляет 150 страниц основного текста, включая 58 рисунков, 9 таблиц.

Краткое содержание работы

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и задачи исследования, определена научная новизна и практическая значимость результатов.

В первой главе дан анализ современных направлений исследований и существующих программных средств повышения эффективности создания интеллектуальных систем и их БЗ. В частности, рассмотрено применение систем концептуального, когнитивного и онтологического моделирования, а также CASE-средств; различных оболочек и специализированных сред разработки экспертных систем (ЭС); редакторов БЗ, а также методологий и средств проектирования БЗ с

использованием специализированных графических нотаций; подходов и программных средств автоматизации разработки гибридных ЭС.

Также в главе подробно рассмотрена проблематика трансформаций моделей, включая подходы и языки трансформации; приведен обзор работ, направленных на решение задач автоматизированного создания БЗ на основе преобразования концептуальных моделей. Представлено детальное сравнение существующих решений, определены их основные недостатки (ограничения).

На основе аналитического обзора сделаны выводы о перспективности использования подходов, основанных на порождающем программировании, в частности, на модельно-управляемом подходе (Model Driven Development, MDD), и концептуальных моделей в качестве основных артефактов при разработке БЗ. Также отмечено отсутствие единых принципов построения систем разработки БЗ на основе трансформации концептуальных моделей, наличие узкой специализации существующих решений и их направленность на высококвалифицированных программистов, что, в целом, обуславливает актуальность работы.

Для обеспечения гибкости выбора форматов языков моделирования и ЯПЗ предложено использовать группу концептуальных моделей, которые описываются при помощи XML. Формат XML является универсальным и наиболее распространенным способом представления и хранения концептуальных моделей, интеграции программных систем и обеспечения обмена информацией между приложениями. В качестве целевых ЯПЗ предложено использовать CLIPS и OWL, как наиболее распространенные на данный момент средства представления знаний в виде продукций и онтологий.

Во второй главе приведено описание разработанного метода автоматизации процесса создания программных компонентов (модулей) интеллектуальных систем, обеспечивающего генерацию кодов БЗ путем трансформации концептуальных моделей. Разработка программных компонентов осуществляется на основе компонентно-каркасного подхода, путем «клонирования» (копирования) типового шаблонного программного компонента для его дальнейшей специализации. При этом типовой компонент рассматривается как «каркас» с «разъемами/слотами/гнездами»² (далее в тексте будет использовано понятие «слот»), специализация которого, в свою очередь, осуществляется путем интерпретации декларативной программы в форме модели трансформации, содержащей описание правил преобразования и вызываемых блоков (модулей) анализа и генерации.

Предложена следующая модель программного компонента: $M_{TPC} = \langle M_T, A_{IN}, CG_{OUT}, I \rangle$, где M_T – модель трансформации; A_{IN} – анализатор (слот для модуля анализатора) входных моделей; CG_{OUT} – генератор (слот для

² Горбунов-Посадов М.М. Расширяемые программы. М.: Полиптих, 1999. 321 с.

модуля генератора) выходных моделей; I – интерфейс взаимодействия с внешними системами, обеспечивающий доступ к анализатору и генератору.

При этом $M_T = \langle MM_{IN}, MM_{OUT}, T \rangle$, где MM_{IN} – метамодель исходной (входной) концептуальной модели, $MM_{IN} \in \{MM_{CM}, MM_{PR}, MM_{ONT}\}$, где MM_{CM} – метамодель концептуальной модели, MM_{PR} – метамодель обобщенной модели продукций, MM_{ONT} – метамодель обобщенной модели онтологии; MM_{OUT} – метамодель целевой модели представления знаний (БЗ), $MM_{OUT} \in \{MM_{PR}MM_{ONT}, MM_{CLIPS}, MM_{OWL}\}$, где MM_{CLIPS} – метамодель языка CLIPS; MM_{OWL} – метамодель языка OWL; T – оператор преобразования моделей, $T: CM \rightarrow KB$, где CM – исходная концептуальная модель; KB – целевая БЗ. Определено три типа оператора преобразования: $T = \langle T_{CM-KB}, T_{CM-UM}, T_{UM-KB} \rangle$, где T_{CM-KB} – оператор преобразования исходной концептуальной модели в код БЗ на целевом ЯПЗ; T_{CM-UM} – оператор преобразования исходной концептуальной модели в модель онтологии или унифицированный формат представления знаний в форме продукций; T_{UM-KB} – оператор преобразования модели онтологии или продукций в код БЗ на целевом ЯПЗ (CLIPS или OWL, соответственно).

В основе оператора M_T и рассмотренного далее метода лежит концепция модельных трансформаций³, согласно которой в процессе проектирования и синтеза конкретного экземпляра программного компонента необходимо сформировать модель трансформации, определяющую правила преобразования (программу трансформации) исходных концептуальных моделей в целевые БЗ, а также определить (вставить в гнезда) соответствующие блоки анализатора и генератора, из которых произойдет сборка конкретного программного компонента.

Для создания программных компонентов трансформации разработан специализированный метод, использующий предложенную модель типового программного компонента и язык модельных трансформаций. Разработка программного компонента на основе данного метода состоит из четырех основных этапов.

Этап 1: создание метамодели исходной концептуальной модели на основе анализа XML-схемы или исходной концептуальной модели.

Этап 2: выбор целевой метамодели БЗ (CLIPS или OWL), определяющий блок генератора при создании (сборке) программного компонента на этапе 4.

Этап 3: создание модели трансформации M_T на языке модельных трансформаций.

³ Czarnecki K., Helsen S. Feature-based survey of model transformation approaches // IBM Systems Journal. 2006. Vol. 45, no. 3. P. 621–645.

Этап 4: автоматическое создание программного компонента путем специализации типового программного компонента на основе сформированной модели трансформации M_T и выбранных блоков анализатора и генератора.

Особенностями метода, определяющими его новизну, является использование языка описания модельных трансформаций и оригинальной модели типового программного компонента.

Для унифицированного промежуточного представления и хранения, а также изменения знаний, полученных из концептуальных моделей, предложено использовать модель онтологии и продукций. Данные модели позволяют абстрагироваться от особенностей описания знаний в различных ЯПЗ, используемых при реализации БЗ (например, CLIPS, JESS, Drools, RuleML, SWRL, OWL, RDF и др.), и хранить знания в собственном независимом формате.

Для представления и хранения модели трансформации M_T разработан предметно-ориентированный язык (Domain Specific Language, DSL) – Transformation Model Representation Language (TMRL). Грамматика TMRL принадлежит к классу контекстно-свободных грамматик (КС-грамматик – LL(1)⁴). Конструкции TMRL позволяют в декларативном виде описывать элементы модели трансформации M_T , в частности, правила соответствия элементов метамodelей, а также механизм взаимодействия с ранее разработанными (внешними) программными компонентами трансформации. Созданные на TMRL спецификации удовлетворяют требованиям точности, понятности и полноты⁵, т.е. в спецификациях на TMRL содержится вся необходимая (в рамках предложенного метода) информация для решения поставленной задачи, все объекты модели хорошо формализованы, при этом спецификации достаточно компактны и в то же время понятны (читабельны).

TMRL является специализированным языком, ориентированным только на поддержку представления и хранения модели трансформации M_T . Вследствие чего TMRL не имеет прямых аналогов, с которыми можно было бы осуществить полное и корректное сравнение. Наиболее близкими к TMRL являются универсальные языки модельных трансформаций: ATL (ATLAS Transformation Language), языки стандарта Query/View/Transformation (QVT-R, QVT-C, QVT-O), Epsilon и др. Основным отличием TMRL от данных языков является его простота, достигаемая за счет ограниченного набора элементов (15 лексем), а также возможность описания механизма взаимодействия с внешними программными компонентами (блоками анализа и генерации).

Структура программы на TMRL состоит из трех основных блоков, рассмотрим

⁴ Ахо А.В., Лам М.С., Сети Р., Ульман Дж.Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий, 2-е изд. М.: Вильямс, 2008. 1184 с.

⁵ Агафонов В.Н. Спецификация программ: понятийные средства и их организация. Новосибирск: Наука, 1987. 240 с.

ее на примере программы, описывающей преобразование диаграммы классов UML в модель онтологии (элементы языка выделены жирным шрифтом).

Блок 1. Описание элементов и отношений исходной метамодели:

```
Source Meta-Model UML-diagram-class {  
  Elements [  
    Model,  
    Class attributes (xmi.id, name), ... ]  
  Relationships [  
    Model is associated with Namespace.ownedElement,  
    Namespace.ownedElement is associated with Class,  
    DataType(xmi.id) is Attribute(type), ... ] }  
}
```

Данный блок содержит описание диаграммы классов UML: «UML-diagram-class», включая элементы модели (раздел «Elements»). В данном примере – это элементы «Model» и «Class», при этом элемент «Class» обладает свойствами «xmi.id» и «name». Помимо описания элементов, исходная метамодель содержит описание связей между элементами метамодели (раздел «Relationships»), в том числе по идентификаторам, например, связь атрибута с типом данных («DataType(xmi.id) is Attribute(type)»).

Блок 2. Описание элементов и отношений целевой метамодели:

```
Target Meta-Model Ontology {  
  Elements [  
    ExtendedOntology attributes (id, name),  
    Class attributes (id, name), ... ]  
  Relationships [  
    Ontology is associated with Class, ... ] }  
}
```

Блок содержит описание модели онтологии: «Ontology». Структура блока аналогична структуре блока исходной метамодели.

Блок 3. Описание правил преобразования моделей:

```
Transformation UML-diagram-class to Ontology {  
  Rule Model to Ontology priority 1 [  
    Ontology(name) is Model or ModelElement.name  
    Ontology(id) is Model(xmi.id) ]  
  Rule (Class, ModelElement.name) to Class priority 2 [  
    Class(name) is Class(name) or ModelElement.name  
    Class(id) is Class(xmi.id) ] ...  
  Rule (AssociationEnd, MultiplicityRange) to Lhs priority 7 [  
    Lhs is AssociationEnd  
    Lhs(operator) is "AND" [  
      if (MultiplicityRange(lower) is "1") and  
      (MultiplicityRange(upper) is "-1") ... ]... ]... }  
}
```

Данный блок содержит описание правил преобразования элементов исходной («UML-diagram-class») метамодели в целевую («Ontology»).

Дополнительно к описанию модели трансформации M_T на TMRL возможно задать взаимодействие с другими ранее разработанными программными компонентами трансформации при помощи специальной конструкции «Call»:

Call <название программного компонента трансформации> , “<путь к концептуальным моделям>” , “<путь сохранения баз знаний>”

Таким образом, программный компонент трансформации, в котором содержится модель трансформации с заданным оператором вызова, является не только конвертором, но и средством для связи с другими компонентами трансформации для поддержки импорта различных форматов концептуальных моделей.



Рисунок 1. Методика разработки БЗ на основе трансформации концептуальных моделей

Пример экранной формы (веб-страница) редактора моделей трансформаций, содержащий понятия исходной и целевой метамодели и их соответствия, представлен на рисунке 3.

KBDS также реализует программный интерфейс, обеспечивающий взаимодействие со сторонними программными средствами в части импорта концептуальных моделей и генерации кода БЗ.

Методика автоматизированной разработки БЗ на основе трансформации концептуальных моделей с использованием специализированных программных компонентов и языков TMRL и RVML (Rule Visual Modeling Language) ⁶ представлена в виде последовательности действий на рисунке 1.

В третьей главе описано веб-ориентированное программное средство – Knowledge Base Development System (KBDS), реализующее предложенный метод и язык. Основной особенностью KBDS (Рис. 2) является расширяемость в части создания новых программных компонентов, обеспечивающих импорт и анализ различных форматов концептуальных моделей и генерацию кода БЗ на разных ЯПЗ.

⁶ Юрин А.Ю. Нотация для проектирования баз знаний продукционных экспертных систем // Объектные системы. 2016. № 12. С. 48–54.

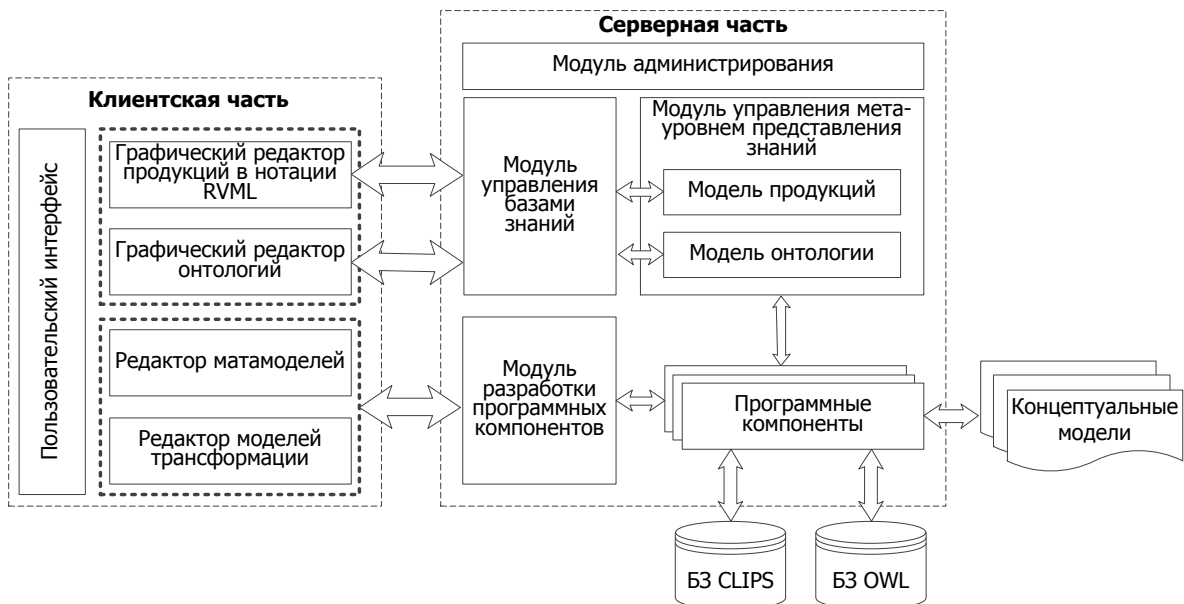


Рисунок 2. Архитектура KBDS



Главная / Модели трансформации / Модель трансформации - Модель трансформации UML-Продукции / Редактор трансформации

Редактор трансформации

→ Вернуться к Удалить Генерация программного компонента

Элементы

- Исходная метамодель 34
- Целевая метамодель 12
- ProductionModel
- DataType
- FactTemplate
- FactTemplateSlot
- Fact
- FactSlot
- RuleTemplate
- RuleTemplateCondition
- RuleTemplateAction
- Rule
- RuleCondition
- RuleAction

Рисунок 3. Пример экранной формы KBDS: редактор моделей трансформаций (пример фрагмента модели трансформации диаграмм классов UML в модель продукций)

В четвертой главе описана апробация разработанного метода и программного средства, включающая:

1. Разработку программных компонентов для анализа концептуальных моделей в форме деревьев событий TreeEditorET, диаграмм классов UML CASE-средства IBM Rational Rose Enterprise и концепт-карт ИМС SmartTools стандарта ХТМ.

2. Проверку адекватности предлагаемых моделей и метода на примере разработки продукционной БЗ в формате CLIPS для прогнозирования развития деградиционных процессов аппаратов в нефтехимии, на основе созданных программных компонентов. Результаты автоматизированного создания БЗ сравнивались с созданной БЗ в ручном режиме.

3. Оценку эффективности предлагаемой методики по временному критерию.

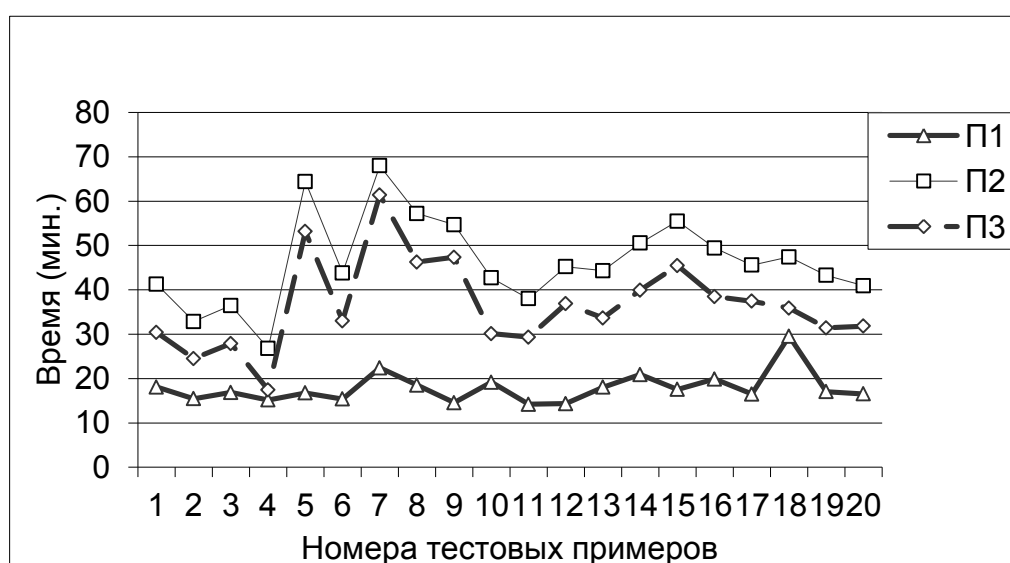


Рисунок 4. Результаты оценки временных затрат

Оценка эффективности проводилась на базе ИрННТУ с участием 60 студентов Института кибернетики имени Е.И. Попова. Было проанализировано 20 тестовых вариантов (примеров) разработки БЗ статических ЭС. Результаты оценки временных затрат представлены на рисунке 4, где:

- П1: разработка БЗ с использованием предлагаемого метода и средства;
- П2: разработка БЗ с использованием CASE-средства (IBM Rational Rose) и средства создания БЗ CLIPS – ClipsWin;
- П3: разработка БЗ с использованием средства разработки БЗ CLIPS – ClipsWin, но без использования визуального UML-моделирования.

Анализ результатов показал, что эффективность разработки БЗ может быть повышена в среднем на 60.3% по сравнению с П2 и на 48.2% по сравнению с П3 за счет автоматической кодогенерации на основе визуальных моделей, что в свою очередь позволяет:

- использовать результаты этапов концептуализации и формализации в форме

диаграмм классов UML, рассматривая последние не как статические графические артефакты, а как основу для формирования программного кода в соответствии с идеологией модельно-управляемого подхода;

- снизить риск ошибок проектирования, за счет возможности быстрого прототипирования БЗ и получения их программного кода;
- исключить ошибки программирования, за счет автоматического отображения элементов концептуальной модели в CLIPS.

В заключении сформулированы основные научные результаты диссертационной работы.

Основные результаты диссертационной работы:

1. Предложен новый метод автоматизации процесса проектирования и создания программных компонентов интеллектуальных систем, обеспечивающих синтез кода баз знаний на основе трансформации концептуальных моделей.

2. Разработан новый предметно-ориентированный декларативный язык описания трансформаций – Transformation Model Representation Language (TMRL).

3. Разработано и апробировано инструментальное программное средство – Knowledge Base Development System (KBDS), реализующее предложенные метод и язык.

4. Создана оригинальная методика автоматизированной разработки баз знаний на основе анализа концептуальных моделей, основанная на применении предлагаемых метода и средства, а также произведена оценка ее эффективности.

Список основных публикаций по теме диссертации

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Бычков И. В., Дородных Н. О., Юрин А. Ю. Подход к разработке программных компонентов для формирования баз знаний на основе концептуальных моделей // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21, №4. С. 16–36.

2. Грищенко М. А., Дородных Н. О., Николайчук О. А., Юрин А. Ю. Применение модельно-управляемого подхода для создания продукционных экспертных систем и баз знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. 2016. № 2. С. 16–29.

3. Дородных Н. О., Юрин А. Ю. Использование диаграмм классов UML для формирования продукционных баз знаний // Программная инженерия. 2015. № 4. С. 3–9.

4. Дородных Н. О., Юрин А. Ю. Web-сервис для автоматизированного формирования продукционных баз знаний на основе концептуальных моделей // Программные продукты и системы. 2014. № 4. С. 103–107.

5. Berman A. F., Grishchenko M. A., Dorodnykh N. O., Nikolaychuk O. A., Yurin A. Y. A model-driven approach and a tool to support creation of rule-based expert systems for industrial safety expertise // Proc. of the 12th International Forum on Knowledge Asset Dynamics (IFKAD-2017) – Russia, St. Petersburg: Graduate School of

Management of St. Petersburg University. 2017. P. 2034–2050.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

6. Дородных Н. О. Web-ориентированный редактор моделей трансформаций (Web Transformation Model Editor). 2017. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2017618430 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

7. Дородных Н. О. RVML editor (Web Knowledge Base Designer). 2017. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2017618446 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

Другие основные работы по теме диссертации

8. Грищенко М. А., Дородных Н. О., Юрин А. Ю. Модельно-управляемый подход. Алгоритмическое и программное обеспечение для создания продукционных баз знаний и экспертных систем. LAP. 2015. 129 с.

9. Дородных Н. О., Коршунов С. А., Юрин А. Ю. Концепция подхода к созданию программных компонентов генерации баз знаний на основе трансформации концептуальных моделей // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. № 2. С. 111–120.

10. Дородных Н. О., Юрин А. Ю. Формирование баз знаний продукционного типа на основе UML-моделей // Информатика и кибернетика. 2016. № 3(5). С.44–50.

11. Дородных Н. О., Юрин А. Ю. Разработка программных компонентов для формирования баз знаний на основе трансформации концептуальных моделей // Труды Пятнадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2016). 2016. Т. 1. С. 33–40.

12. Дородных Н. О. Web-based software for automating development of knowledge bases on the basis of transformation of conceptual models // Материалы VII Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем OSTIS-2017». 2017. С. 145–150.

13. Дородных Н. О. Программная система автоматизации разработки web-сервисов для генерации баз знаний // Труды Седьмой международной конференции «Системный анализ и информационные технологии». 2017. С. 222–229.

14. Дородных Н. О., Николайчук О. А., Юрин А. Ю. Автоматизация создания продукционных баз знаний на основе концептуальных моделей // Труды Шестой международной конференции «Системный анализ и информационные технологии». 2015. Т. 1. С. 281–288.

Научно-организационный отдел

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН

664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 134

e-mail: rio@icc.ru

Подписано к печати 12.12.2017

Формат бумаги 60 x 84 1/16, объем 1 п.л. Заказ №16. Тираж 100 экз.

Отпечатано в ИДСТУ СО РАН