

Система визуального моделирования знаний Knowledge Modeling System

Никита Дородных¹ и Александр Юрин¹

¹Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, ул. Лермонтова, 134, Иркутск, 664033, Россия

Аннотация

В работе описывается веб-ориентированная программная система – Knowledge Modeling System (KMS), обеспечивающая возможность визуального моделирования знаний в форме деревьев событий и диаграмм переходов состояний, а также генерации на их основе кодов баз знаний. Полученные таким способом базы знаний могут быть использованы в качестве прототипов. Приведено детальное описание разработанной системы, включая: метод создания баз знаний на основе преобразования концептуальных моделей; основные функции; архитектуру. Представлен иллюстративный пример использования системы KMS в контексте создания фрагмента базы знаний для решения задач диагностирования и прогнозирования технического состояния объектов в нефтехимии.

Ключевые слова

Визуальное моделирование, знания, база знаний, генерация кода, правила, онтология, дерево событий, диаграмма переходов состояний, трансформация моделей

1. Введение

Прикладные интеллектуальные системы поддержки принятия решений представляют собой сложные программные комплексы, создаваемые с целью повышения эффективности решения слабоформализованных задач. В архитектуре подобных систем выделяют базы знаний (БЗ) [1], содержащие информацию о закономерностях предметной области, а также решатели, реализующие алгоритмы логического вывода. Для представления знаний используются различные формализмы и языки, при этом формализмы, основанные на семантических технологиях (такие как онтологии [2] и графы знаний [3]) и логических правилах (продукциях) [4] сохраняют свою популярность. Однако, разработка как онтологических, так и продукционных БЗ продолжает оставаться одним из самых сложных и трудоемких этапов при создании интеллектуальных систем, который требует значительных ресурсов и привлечения специалистов различной квалификации.

Для решения данной проблемы в последние годы активно развиваются методы автоматического извлечения знаний из различных информационных источников (баз данных, веб-ресурсов, электронных документов и таблиц) [5]. Большинство предлагаемых решений в области разработки БЗ требуют от пользователей владения не только информацией предметной области, но знаний и навыков в области программирования. При этом актуально более полное вовлечение в данный процесс экспертов предметной области и системных

6th International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2024), July 01–05, 2024, Irkutsk, Russia

EMAIL: nikidomy@icc.ru (A. 1); iskander@icc.ru (A. 2)

ORCID: 0000-0001-7794-4462 (A. 1); 0000-0001-9089-5730 (A. 2)



© 2024 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

ICCS-DE 2024 Workshop Proceedings

DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.13

аналитиков за счет реализации методов автоматизированного преобразования данных из различных источников информации и визуального программирования.

Для поддержки визуального программирования и моделирования предлагаются различные редакторы построения когнитивных или концептуальных (информационных) моделей, в частности, концепт-карт (IHMC CMapTools, Miro, MindMaster), деревьев событий и отказов (ПО «Дерево неисправностей», Edraw, EFTed), диаграмм переходов состояний (StarUML, Enterprise Architect, Draw.io), диаграмм рыбьей кости (XMind, Fishbone Diagram Maker – SmartDraw, Creately) и др. Однако большинство из них не предназначены для целенаправленной разработки БЗ и не предоставляют какой-либо возможности для генерации кодов на определенном языке представления знаний (ЯПЗ) или интеграции построенных визуальных моделей БЗ определенной платформы. Данная особенность затрудняет практическое использование результатов моделирования иначе как в качестве «статических» графических артефактов и схем.

Данная работа посвящена описанию веб-ориентированной программной системы визуального моделирования знаний – Knowledge Modeling Language (KMS) [6], обеспечивающей возможность графического описания причинно-следственных зависимостей в форме деревьев событий и диаграмм переходов состояний и их отображения в коды БЗ на определенном ЯПЗ. При этом в качестве целевых ЯПЗ используются CLIPS (C Language Integrated Production System) и OWL (Web Ontology Language), а также формат электронных таблиц CSV (Comma-Separated Values). Разработанная система была использована для создания прототипов БЗ в области техногенной безопасности при решении задач диагностирования и прогнозирования технического состояния объектов и систем [7].

2. Программная система

Knowledge Modeling System (KMS) [6] – это веб-ориентированная программная система, предназначенная для моделирования знаний некоторой предметной области в форме концептуальных моделей и создания на их основе прототипов БЗ.

KMS реализует принципы технологии PESoT (Prototyping Expert System based On Transformations) [8], которая рассматривает процесс создания интеллектуальных систем и БЗ в контексте последовательного преобразования моделей разного уровня абстракции [9].

2.1. Реализуемый метод разработки баз знаний

Метод разработки БЗ на основе трансформации концептуальных моделей, реализованный в KMS, образует последовательность из шести основных этапов:

Этап 1 – посвящен построению концептуальных моделей, описывающих некоторую предметную область. На данном этапе KMS обеспечивает поддержку построения:

1) Деревьев событий (event trees) [10], представляющих в виде иерархических древовидных структур сценарии развития событий. Деревья событий обычно используются для анализа и оценки рисков в различных областях, таких как природная и техногенная безопасность, управление проектами и др.

2) Диаграмм переходов состояний (state transition diagrams) [11], визуализирующих последовательность состояний и переходов между ними в виде ориентированного графа, где узлы – это состояния системы, а дуги (переходы) – это события или действия, которые приводят к изменению состояния системы. При этом могут быть указаны конкретные условия, выполняемые при каждом переходе. В отличие от деревьев событий данные диаграммы могут содержать циклы и петли. Диаграммы переходов состояний активно используются в проектировании и анализе сложных технических и социальных систем.

Этап 2 – представление (сериализация) построенных концептуальных моделей в формате XML (eXtensible Markup Language) с использованием специально разработанных спецификаций.

Этап 3 – анализ XML-структур представления концептуальных моделей с целью выделения элементов и их отношений.

Этап 4 – формирование модели продукций (правил) или онтологии по результатам анализа XML-структур. Выбор модели определяется целевым ЯПЗ, для которого планируется получение кода БЗ.

Этап 5 – генерация кода БЗ для целевой платформы путем преобразования сформированной модели продукций или онтологии.

Этап 6 – уточнение (модификация) полученных структур правил или онтологии.

В процессе перехода с этапа на этап происходит преобразование моделей, которые можно наглядно представить в виде таблицы соответствий (Таблица 1).

Таблица 1

Пример основных соответствий между элементами деревьев событий, модели продукций и конструкций на ЯПЗ CLIPS

Элемент формата представления деревьев событий	Элемент модели продукций	Оператор ЯПЗ CLIPS
TreeDiagram	Model	-
Node (name)	FactTemplate / Fact	Deftemplate
Parameter (name)	Slot	(slot "<name>")
Sequence	RuleTemplate / Rule	defrule
Node (parent_node)	FactTemplate / Condition	deftemplate / defrule (consequent)
Node (id)	FactTemplate / Action	deftemplate / defrule (antecedent)

Полученный таким образом код БЗ может быть использован в сторонних программных средствах (например, Personal Knowledge Base Designer (PKBD) [12] или Protégé) с целью уточнения и модификации и дальнейшего использования при разработке интеллектуальных систем.

2.2. Основные функции

Основные функции KMS:

- Создание, редактирование, просмотр и удаление пользователей (для администратора).
- Доступ к личному пространству пользователя (авторизация и аутентификация).
- Создание, редактирование, просмотр и удаление проектов в личном пространстве пользователя.
- Создание, редактирование, просмотр и удаление концептуальных моделей.
- Проверка корректности построенных диаграмм.
- Импорт и экспорт концептуальных моделей в виде сериализованных файлов в формате XML.
- Импорт онтологий в формате OWL (RDF/XML).
- Предоставление программного интерфейса (REST API) для доступа к моделям.
- Экспорт (генерация) кодов для целевых платформ.

2.3. Архитектура и особенности реализации

Разработанная веб-ориентированная программная система KMS обладает клиент-серверной архитектурой и включает следующие основные модули:

- Подсистема построения концептуальных моделей, включающая два визуальных редактора:
 - а. редактор классических и расширенных диаграмм деревьев событий (Extended Event Tree Editor) [13];

- б. редактор диаграмм переходов состояний (State Transition Diagram Editor) [14].
- Модуль администрирования (авторизация/аутентификация).
- Модуль доступа к унифицированным моделям представления продукции и онтологии (используются для внутреннего представления информации моделей).
- Генераторы программных кодов и спецификаций БЗ.
- Модули импорта и экспорта диаграмм.
- Модуль взаимодействия с внешними системами через открытый REST API.

Программная реализация осуществлена на языках PHP 8 (Yii2 framework) и JavaScript с использованием стилей Bootstrap 5. При этом визуальные редакторы реализованы с использованием библиотеки JsPlumb Toolkit. Для хранения данных используется СУБД PostgreSQL 15. Исходный код системы доступен на GitHub [15].

3. Иллюстративный пример применения

Одним из примеров применения KMS является создание прототипов БЗ в области техногенной безопасности при решении задач диагностирования и прогнозирования технического состояния объектов и систем для ИАС «Экспертиза ПБ» [13]. В частности, были построены деревья событий, описывающие динамику развития аварий.

На рисунке 1 приведены результаты выполнения отдельных этапов реализованного в KMS метода на примере создания фрагмента БЗ для процесса «Истечение нефти» в результате аварии на установке первичной переработки нефти: 1) исходное дерево событий, включающее описание основных состояний с вероятностями их возникновения (20 узлов и 19 отношений); 2) XML-код, соответствующий построенному дереву; 3) сгенерированный CLIPS-код (1 шаблон фактов и 10 конкретных правил); 4) RVML-схемы, описывающие шаблон правил и одно из конкретных правил.

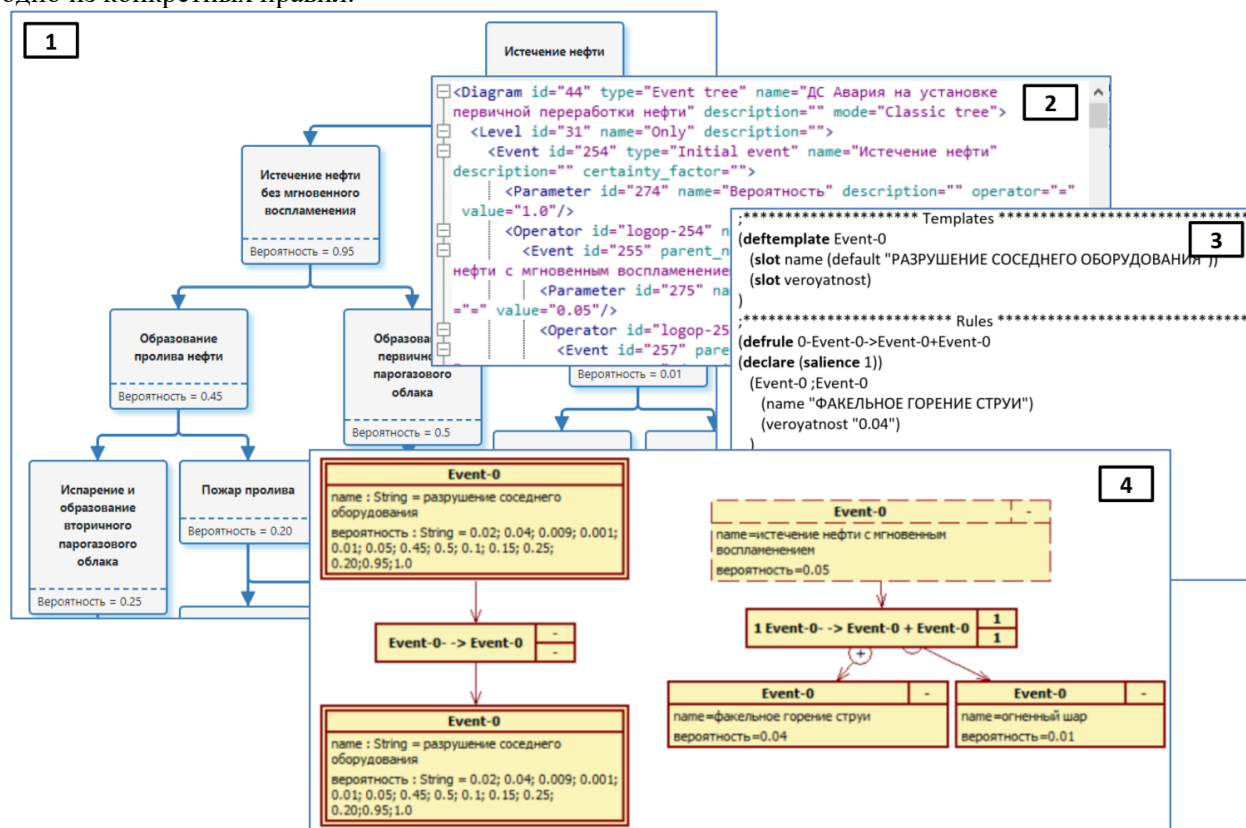


Рисунок 1: Фрагменты результатов этапов реализованного в KMS метода

После уточнения построенных диаграмм и тестовых «прогонов» (отладки) в системе PKBD сгенерированный программный код в дальнейшем был перенесен в ИАС «Экспертиза ПБ».

4. Заключение

Актуальность проблемы автоматизации разработки интеллектуальных систем обусловлена, в том числе, необходимостью создания нового методологического и программного инструментария, обеспечивающего более полное вовлечение в данный процесс непрограммирующих пользователей, а также использование уже накопленной ранее информации, представленной, в частности, в форме визуальных концептуальных моделей.

В данной работе предлагается веб-ориентированная программная система KMS [9], которая позволяет экспертам визуально моделировать знания предметной области в форме диаграмм переходов состояний и деревьев событий. Построенные таким образом концептуальные модели являются основным источником информации для автоматического формирования кодов БЗ как продукционного, так и онтологического типа. Приведено детальное описание предлагаемой системы, ее функции и архитектура. Также рассмотрен иллюстративный пример использования системы KMS в рамках создания фрагмента БЗ для решения задач диагностирования и прогнозирования технического состояния систем в нефтехимии.

5. Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России по проекту «Методы и технологии облачной сервис-ориентированной цифровой платформы сбора, хранения и обработки больших объёмов разноформатных междисциплинарных данных и знаний, основанные на применении искусственного интеллекта, модельно-управляемого подхода и машинного обучения» (№ гос. регистрации: 121030500071-2).

6. Список литературы

- [1] Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев, Инженерия знаний. Модели и методы, СПб., Лань, 2023.
- [2] E. Karabulut, S.F. Pileggi, P. Groth, V. Degeler, Ontologies in digital twins: A systematic literature review. *Future Generation Computer Systems* 153 (2024) 442–456.
- [3] S. Ji, S. Pan, E. Cambria, P. Marttinen, P.S. Yu, A Survey on Knowledge Graphs: Representation, Acquisition and Applications, *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* 33 (2022) 494–514.
- [4] A. Nowak-Brzezińska, A. Wakulicz-Deja, Exploration of rule-based knowledge bases: A knowledge engineer's support, *Information Sciences* 485 (2019) 301–318.
- [5] J.L. Martinez-Rodriguez, A. Hogan, I. Lopez-Arevalo, Information Extraction meets the Semantic Web: A Survey, *Semantic Web* 11 (2020) 255–335.
- [6] Knowledge Modeling System (KMS), 2024. URL: <http://kms.knowledge-core.ru/>.
- [7] А.Ф. Берман, К.А. Кузнецов, О.А. Николайчук, А.И. Павлов, А.Ю. Юрин, Информационно-аналитическая поддержка экспертизы промышленной безопасности объектов химии, нефтехимии и нефтепереработки, *Химическое и нефтегазовое машиностроение* 8 (2018) 30–36.
- [8] A.Yu. Yurin, Technology for Prototyping Expert Systems Based on Transformations (PESoT): A Method, *CEUR Workshop Proceedings* 2677 (2020) 36–50.
- [9] K. Czarnecki, S. Helsen, Feature-based survey of model transformation approaches, *IBM Systems Journal* 45 (2006) 621–645.
- [10] ГОСТ Р 54142-2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий, М., Стандартинформ, 2020.
- [11] Дж. Хопкрофт, Р. Мотвани, Дж. Ульман, Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, М., Вильямс, 2008.
- [12] Personal Knowledge Base Designer (PKBD), 2024. URL: <http://www.knowledge-core.ru/index.php?p=pkbd&lan=ru>.

- [13] Н.О. Дородных, Д.Н. Шпаченко, Extended Event Tree Editor, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, М., Рег. № 2020660788 от 11.09.2020.
- [14] Н.О. Дородных, Д.Н. Шпаченко, А.Ю. Юрин, State Transition Diagram Editor. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, М., Рег. № 2022664023 от 22.07.2022.
- [15] KMS GitHub, 2024. URL: <https://github.com/Lab42-Team/kms>.