

УДК 004.4'2+004.43

Р.Р. Айзатуллова, Л.Н. Лядова, А.О. Сухов, И.М. Шалыева

**МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
DSM-ПЛАТФОРМЫ METALANGUAGE***

Эффективное управление предприятиями невозможно без применения средств моделирования и анализа бизнес-процессов. Используемые средства моделирования должны быть доступны различным категориям пользователей, системным и бизнес-аналитикам, участвующим в создании и исследовании моделей. Ещё одно требование – снижение трудоёмкости работы аналитиков через «переиспользование» разработанных моделей для решения различных задач, при переходе от одного этапа работ к другому, где применяются другие средства моделирования. Основой таких средств может стать предметно-ориентированное моделирование с использованием DSM-платформ, предназначенных для создания предметно-ориентированных языков и моделей, а также выполнения их трансформаций в соответствии с потребностями пользователей. Применение DSM-платформ позволяет расширять выразительные возможности существующих языков, создавать новые языки, «заточенные» на решение определённых задач в конкретной предметной области. Существует множество DSM-платформ, но анализ показал, что все они имеют ограничения, существенные с точки зрения рассматриваемых задач. Описаны требования к языкам и средствам бизнес-моделирования, показаны возможности DSM-платформы MetaLanguage, повышающие эффективность работы аналитиков.

Метамоделирование; предметно-ориентированные языки; иерархия моделей; иерархия языков; языковые инструментари.

R.R. Aizatullova, L.N. Lyadova, A.O. Sukhov, I.M. Shaliaeva

**BUSINESS PROCESSES MODELING WITH METALANGUAGE
DSM-PLATFORM**

An effective management of enterprises is impossible without using tools of modeling and analysis of business processes. Used modeling tools should be available for different categories of users, system analysts and business analysts participating in creation and study of models. One more requirement is diminution of operation laboriousness of the analysts through reuse of the developed models for the solution of different tasks, upon transition from one stage of operations to another where other modeling means are applied. Domain specific modeling with DSM-platforms, intended for development of domain-specific languages and models, and also for execution of their transformations according to needs of users, can become a basis of such means. Use of DSM-platforms allows to expand expressive facilities of existing languages, to create new languages "focused" on the solution of certain tasks in specific domain. There are many DSM-platforms, but the analysis showed that all of them have the restrictions that are essential from the point of view of considered tasks. The requirements to languages and means of business modeling are described in the paper. New opportunities the MetaLanguage DSM-platform, increasing performance of analysts operation, are presented.

Metamodeling; domain specific languages; models hierarchy; languages hierarchy; language toolkits.

Введение. Одним из важнейших инструментов эффективного управления современной организацией являются различные методики моделирования бизнес-процессов. Создание и применение информационно-аналитических систем предполагает необходимость создания моделей с использованием различных инструментальных средств, языков моделирования. Задача создания моделей, соответствующих потребностям бизнес-аналитиков или разработчиков информационных и анали-

* Работа по созданию DSM-платформы MetaLanguage ведётся при поддержке РФФИ (проекты № 12-07-00763-а и № 14-07-31330-мол_а).

тических систем, требует привлечения к её решению не только ИТ-специалистов, но и экспертов в соответствующих предметных областях. При этом используемые ими инструментальные средства должны быть доступными пользователям различных категорий. Ещё одна проблема – трудоёмкость создания моделей, отсутствие преемственности в их разработке и использовании для решения различных задач, при переходе от одного этапа работ к другому, где применяются другие средства разработки и анализа моделей. Таким образом, актуальной становится задача создания инструментальных средств, которые, с одной стороны, были бы доступны для использования, а с другой – снижали бы трудоёмкость работы аналитиков через «переиспользование» разработанных моделей. Основой таких средств может стать предметно-ориентированное моделирование (DSM, Domain Specific Modeling) и языковые инструментарии, предназначенные для создания предметно-ориентированных языков (DSL, Domain Specific Languages), и моделей и их трансформации в соответствии с потребностями пользователей и решаемыми задачами. В данной работе описывается возможность решения задач моделирования бизнес-процессов на основе DSM-платформы MetaLanguage.

Языки моделирования бизнес-процессов и языковые инструментарии.

При создании моделей важнейшим вопросом является выбор методологии, основными составляющими которой являются этапы процесса моделирования; критерии перехода от текущего этапа к следующему; набор используемых языков моделирования (нотаций); инструментальные средства, поддерживающие создание бизнес-моделей для каждого из этапов моделирования [1]. Для всестороннего описания деятельности организации строится множество различных моделей, отражающих различные характеристики бизнес-системы. Основными аспектами моделирования бизнес-систем можно считать описание организационной структуры; функциональную модель системы; модель бизнес-процессов и модель данных. В большинстве методологий (UML, IDEF и др.) они играют значительную роль. Каждый из подходов к моделированию предполагает использование определённых языковых средств. В работе [2] приведены результаты сравнения наиболее широко применяемых языковых средств бизнес-моделирования в соответствии с предложенными авторами критериями. В настоящее время развиваются подходы, основанные на применении DSL и языковых инструментариев, предназначенных для их разработки [3, 6]. Существует большое число средств разработки DSL с возможностью задания собственной графической нотации (QReal [8], Microsoft DSL Tools [9], Eclipse Graphical Modeling Framework [10], MetaEdit+ [11] и др.).

Для решения задач моделирования бизнес-процессов широко применяются визуальные языки, предоставляющие разработчикам возможность использовать при создании моделей совокупность формализованных наборов графических символов и правил. Применение DSM-платформ позволяет расширять выразительные возможности существующих языков, создавать новые языки, «заточенные» на решение определённых задач в конкретной предметной области.

В создании и исследовании моделей могут принимать участие различные категории специалистов. В этом случае появляется необходимость динамического изменения построенных моделей, их настройки на потребности конкретного пользователя при переходе от одного этапа моделирования и анализа бизнес-процессов к другому, от решения одной задачи к другой. При использовании DSL для моделирования бизнес-процессов задачу автоматизации настройки моделей можно решить, реализовав возможность изменения использованных языков моделирования, их *трансформации*. Для решения этой задачи должна быть построена иерархия моделей (модель, метамодель, мета-метамодель и т.д., где *метамодель* – это язык, используемый для создания моделей, а мета-метамодель (*метаязык*) – язык, на котором описываются метамодели) и определены правила их трансформации при переходе от одного уровня моделирова-

ния к другому (*вертикальные трансформации*). *Горизонтальные трансформации* позволяют выполнять преобразование моделей, описанных с использованием одного визуального языка, в модели, построенные в иной графической нотации или в исходный код на целевом языке программирования. При этом описание правил преобразования моделей (выполнения трансформаций) должно производиться в терминах исходного и целевого языков моделирования, понятных различным категориям специалистов, а внесение изменений в язык моделирования (метамодель) должно приводить к автоматическому обновлению моделей, построенных с использованием этого языка. Пользователи должны иметь возможность передавать построенные модели во внешние системы для решения задач анализа, описанных процессов.

Таким образом, наиболее важными с точки зрения поставленных задач становятся следующие требования к языковым инструментариям: возможность экспорта и импорта созданных языков и моделей, интеграции различных языков в рамках одной системы, поддержка горизонтальных и многоуровневых вертикальных трансформаций. При разработке DSL нужно создать такой метаязык, выразительные возможности которого позволили бы разрабатывать на его основе новые языки и модели, предназначенные для решения разных задач моделирования и анализа бизнес-процессов, осуществлять трансформации построенных моделей с минимальной трудоёмкостью и минимальными потерями.

Анализ существующих языков моделирования и языковых инструментариев показал, что все они имеют ограничения, существенные с точки зрения рассматриваемых задач моделирования бизнес-процессов [4, 7].

Моделирование бизнес-процессов с использованием MetaLanguage. Проект создания DSM-платформы MetaLanguage нацелен на разработку средств в максимальной степени удовлетворяющих перечисленным выше требованиям [4].

Процесс создания DSL начинается с построения его метамодели, для описания которой используется метаязык. Выразительная мощность метаязыка зависит от конструкций, которыми он оперирует, а степень гибкости – от способа представления этих конструкций и выполнения операций над ними. Для контроля корректности построения моделей необходимо описать как формальные правила создания DSL, так и правила построения моделей. Учитывая требования к *метаязыку системы MetaLanguage*, его базовыми конструкциями должны быть *сущности* (классы объектов предметной области, существенные с точки зрения решаемой задачи, экземпляры которых создаются при построении конкретных моделей); *отношения* (связи между сущностями, позволяющие определить, как объекты предметной области могут быть связаны друг с другом, какую семантику имеет эта связь); *ограничения*, налагаемые на сущности и отношения (правила построения моделей для конкретной предметной области).

Метаязык системы MetaLanguage обладает свойством «самоописываемости», которое обеспечивает возможность выполнения многоуровневого моделирования, позволяет производить объединение нескольких моделей, созданных на основе общей метамодели, добавлять новые конструкции в метаязык и/или изменять существующие. Процесс создания моделей может быть итерационным: определив метамодель и выбрав её в качестве метаязыка, разработчик может использовать эту мета-метамодель для построения других метамodelей (создаётся иерархия моделей). Существует возможность изменения конструкций метаязыка и создаваемых DSL в динамике (при создании моделей).

В Metalanguage были разработаны метамодели, позволяющие описывать модели в различных нотациях (диаграммы UML, WFD, IDEF3, IDEF0, DFD). На рис. 1 приведён пример построенной метамодели. Разработанные метамодели были использованы для создания моделей бизнес-процессов в соответствующих нотациях. Пример одной из построенных моделей приведён на рис. 2.

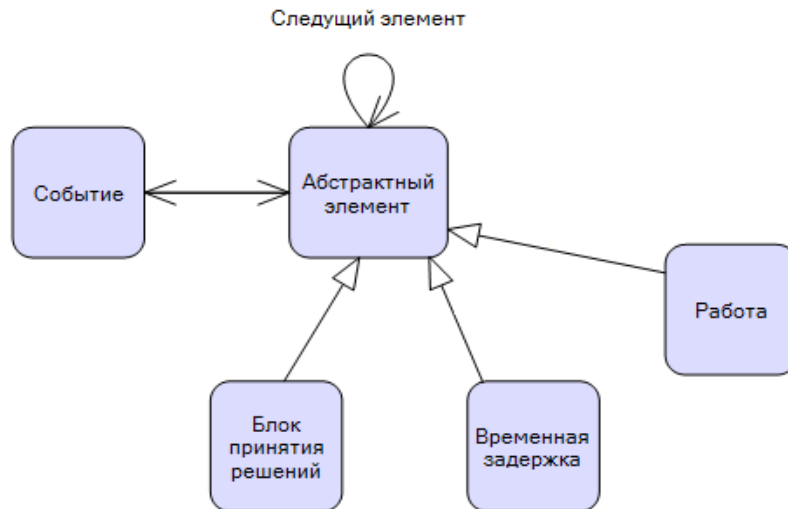


Рис. 1. Мета модель WFD

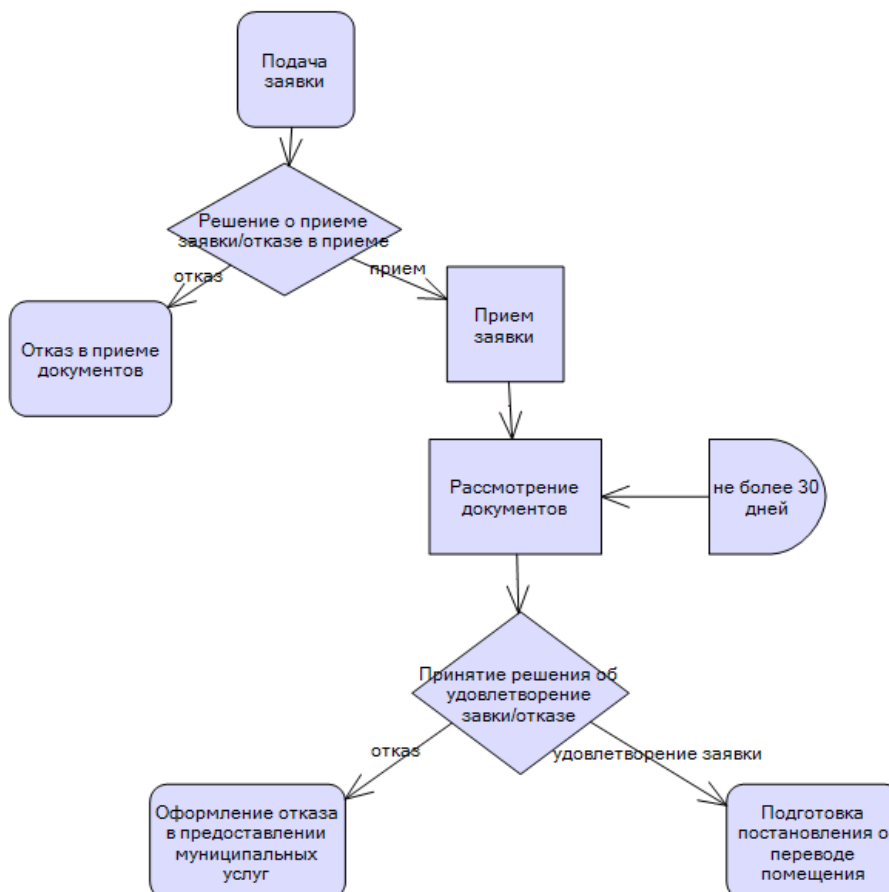


Рис. 2. Модель бизнес-процесса (упрощённое описание) в нотации WFD

Заключение. Система MetaLanguage обладает новыми возможностями, не реализованными ни в одной другой DSM-платформе. Было показано, что метаязык системы MetaLanguage обладает достаточной выразительной мощностью для создания языков, предназначенных для решения различных задач бизнес-моделирования. Именно благодаря использованию собственного метаязыка DSM-платформа MetaLanguage обладает универсальностью: позволяет создавать предметно-ориентированные языки для различных предметных областей, оперирующие привычными для пользователей терминами. Однако реализованные в ней средства трансформации необходимо дополнить новыми операциями, которые позволили бы уменьшить потери при преобразовании моделей, дать возможность их доопределения. Для этих целей предлагается использовать онтологический подход (онтологии являются основой для автоматизации разработки DSL, доопределения моделей).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бабкин Э.А., Князькин В.П., Шиткова М.С.* Разработка метода проведения сравнительного анализа языков бизнес-моделирования // Бизнес-информатика. – 2010. – № 3. – С. 41-46.
2. *Бабкин Э.А., Князькин В.П., Шиткова М.С.* Сравнительный анализ языковых средств, применяемых в методологиях бизнес моделирования // Бизнес-информатика. – 2011. – № 2. – С. 31-42.
3. *Лядова Л.Н.* Метамоделирование как основа средств разработки профессионально-ориентированных информационных систем // Математика программных систем: Межвуз. сб. науч. ст. – Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. исслед. ун-та, 2012. – Вып. 9. – С. 20-32.
4. *Лядова Л.Н., Сухов А.О.* Языковой инструментарий системы MetaLanguage // Математика программных систем: Межвуз. сб. научн. статей. – Пермь, 2008. – С. 40-51.
5. *Сухов А.О.* Классификация предметно-ориентированных языков и языковых инструментариев // Математика программных систем: Межвуз. сб. науч. ст. – Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. исслед. ун-та, 2012. – Вып. 9. – С. 74-83.
6. *Сухов А.О., Лядова Л.Н.* О подходе к разработке профессионально-ориентированных систем на основе DSM-платформ // Материалы IV Межд. науч.-тех. конф. «Технологии разработки информационных систем ТРИС-2013». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2013. – Т. 1. – С. 61-70.
7. *Сухов А.О.* Сравнение систем разработки визуальных предметно-ориентированных языков // Математика программных систем: Межвуз. сб. науч. ст. – Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. исслед. ун-та, 2012. – Вып. 9. – С. 84-111.
8. *Терехов А.Н., Брыксин Т.А., Литвинов Ю.В.* QReal: платформа визуального предметно-ориентированного моделирования // Программная инженерия. – 2013. – № 6. – С. 11-19.
9. *Cook S., Jones G., Kent S., Wills A.C.* Domain-Specific Development with Visual Studio DSL Tools. Reading : Addison-Wesley, 2007. – 560 p.
10. *Gronback R.C.* Eclipse Modeling Project: A Domain-Specific Language Toolkit. Reading: Addison-Wesley, 2009. – 706 p.
11. *Tolvanen J.-P., Pohjonen R., Kelly S.* Advanced Tooling for Domain-Specific Modeling: MetaEdit+ / Proceedings of the 7th OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling at OOPSLA 2007. Montreal, 2007. – P. 48-55.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор С.В. Русаков.

Айзатуллова Рената Ринатовна – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; e-mail: ajz-genata@mail.ru; 614060, г. Пермь, бул. Гагарина, 37а; тел. +73422825372; кафедра информационных технологий в бизнесе; студентка.

Лядова Людмила Николаевна – e-mail: LLyadova@hse.ru; кафедра информационных технологий в бизнесе; доцент.

Сухов Александр Олегович – e-mail: sukhov_psu@mail.ru; кафедра информационных технологий в бизнесе; к.ф.-м.н., старший преподаватель.

Шалыева Ирина Михайловна – e-mail: ishalyaeva@bk.ru; кафедра информационных технологий в бизнесе; студентка.

Aizatullova Renata Rinatovna – National Research University “Higher School of Economics”; e-mail: ajz-renata@mail.ru; 37a, Gagarina St., Perm, 614060, Russia; phone: +73422825372; the department of business information technologies; student.

Lyadova Lyudmila Nickolaevna – e-mail: LLyadova@hse.ru; the department of business information technologies; candidate of sciences; associate professor.

Sukhov Alexander Olegovich – e-mail: sukhov_psu@mail.ru; the department of business information technologies; cand. of phis.-math. sc.; senior teacher.

Shaliaeva Irina Mihailovna – e-mail: ishalyaeva@bk.ru; the department of business information technologies; student.

УДК 004.4'22

Ю.И. Рогозов, А.А. Дегтярев

РАЗРАБОТКА ОСНОВ АЛГЕБРЫ НАД ОПЕРАЦИОННЫМИ ПРОГРАММАМИ*

Рассматривается проблема формализации процесса создания программ потоковой обработки данных. Исследуются существующие способы представления механизмов реализации действий. Рассматривается природа программ потоковой обработки данных и их основные составляющие – операционные программы. Вводится понятие механизма создания программ потоковой обработки данных, который должен содержать в себе в качестве элементов операционные программы, а в качестве функций, операции позволяющие соединять элементы различным способом. Рассматриваются основные классы операционных программ и характерные для них особенности внутренней и внешней организации. Поскольку классическое понятие множества, по своему определению, не накладывает никаких ограничений на природу предметов входящих в него, оно не может использоваться для формализации рассматриваемого механизма. Поэтому предлагается математический формализм – алгебра над операционными программами, которая представлена совокупностью носителя алгебры – многослойное множество, и сигнатурой алгебры – операции определенные на носителе. Данный формализм ввиду своей специфики позволяет учитывать внутреннюю организацию операционных программ, что предоставляет возможности для проработки вопросов автоматизированного создания программ потоковой обработки данных.

Конфигурирование; механизм реализации действия; программы потоковой обработки данных; алгебра над программами; формализация.

Y.I. Rogozov, A.A. Degtyarev

THE DEVELOPMENT FOUNDATION OF ALGEBRA ON OPERATIONAL PROGRAMMS

In this paper is consider problem of formalizing the process of creating programs streaming data. We investigate ways of presenting existing implementation mechanisms of action. Examines the nature of streaming data processing programs and their main components – the operating program. Introduces the concept of a mechanism for creating streaming data processing programs, which should contain as elements of operational programs, and as functions, allowing the operation to combine the elements in a different way. The basic classes of operational programs and their particular characteristics of internal and external organizations is consider. Since the

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-07-00971.