



# OSTIS-2014

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.8 + 004.4

## ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ DSM-ПЛАТФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЙ

Сухов А.О. \*, Лядова Л.Н. \*, Замятина Е.Б. \*\*

*\* Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Пермский филиал), г. Пермь, Россия*

**LNLyadova@gmail.com**

**Sukhov.PSU@gmail.com**

*\* Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия*

**E\_Zamyatina@mail.ru**

Рассматривается подход к интеграции различных систем моделирования, основанный на использовании возможностей DSM-платформы (языкового инструментария) MetaLanguage. Инструментальные средства MetaLanguage позволяют разрабатывать предметно-ориентированные языки (DSL) и описывать их трансформации. Предметно-ориентированное моделирование обеспечивает возможность работы аналитиков в терминах предметной области при создании моделей. Компонент трансформации является основой для разработки средств экспорта и импорта моделей, их интеграции. Онтологии формализуют знания о предметных областях и моделях и используются средствами автоматизации разработки DSL, а также средствами поиска и доопределения моделей.

**Ключевые слова:** моделирование, предметно-ориентированные языки, онтология, адаптируемость, трансформации.

### Введение

Информационные и аналитические системы, используемые для решения различных задач управления, создаются с применением технологий, основой которых являются модели. Эти модели разрабатываются с использованием различных инструментальных средств, выбор которых зачастую определяет и выбор языков моделирования. Таким образом, используемый разработчиками инструментарий фактически «навязывает» им и пользователям систем соответствующий формальный аппарат, отсутствует возможность адаптации используемых средств к решаемым задачам, потребностям пользователей. Кроме того, часто отсутствует возможность использования ранее созданных моделей из-за невозможности или трудоёмкости их преобразования при переходе к новым средствам моделирования [Замятина и др., 2013].

Максимальная гибкость средств моделирования достигается при реализации многоуровневых моделей, описывающих моделируемые системы с разных точек зрения и с разной степенью

детализации с использованием языков моделирования, соответствующих особенностям предметных областей и решаемых пользователями задач, – предметно-ориентированных языков моделирования (DSL – Domain Specific Language). Мультиязыковые системы моделирования могут быть созданы на основе DSM-платформ (DSM – Domain Specific Modeling), основное назначение которых – разработка высокоуровневых предметно-ориентированных языков, предназначенных для создания моделей, ориентированных на решение задач в различных предметных областях, учитывающих их специфику, а также потребности аналитиков, экспертов, занимающихся разработкой моделей, их анализом [Hessellund, 2009]. При создании DSL могут быть учтены не только особенности предметной области, но и квалификация пользователей. Создание таких средств обеспечивает основу для интеграции различных информационных и аналитических систем, созданных на основе моделей и использующих их для решения задач пользователей [Balasubramanian and others, 2007; Bräuer and others, 2007].

Предметно-ориентированные языки можно рассматривать как метамодели, с помощью которых разрабатываются модели предметных областей [Сухов, 2013]. Для снижения трудоёмкости разработки DSL и моделей предлагается использовать ранее разработанные метамодели, доопределяя и уточняя их [Elokhov and others, 2013]. Онтологический подход широко используется для решения задач поиска. В сочетании с другими методами его можно успешно использовать для поиска (мета)моделей, удовлетворяющих заданным требованиям.

При решении задачи интеграции систем моделирования, информационных и аналитических систем, для разработки которых использован модельно-ориентированный подход, актуальной является задача трансформации построенных моделей. Визуальные языки моделирования обладают преимуществами – модели, построенные с их помощью наглядны, легче воспринимаются. Средства трансформации моделей, построенных с использованием графических нотаций, реализуются чаще всего на основе графовых грамматик, методов перезаписи графов. Однако эти средства не обеспечивают в достаточной степени учёт семантики предметных областей в процессе преобразования моделей, выполнение трансформаций приводит к потере «точности». Усовершенствовать средства трансформации можно, реализовав доопределение построенных моделей. При решении этой задачи используются различные методы, в частности, задача доопределения моделей сводится к задаче устранения неполноты информации (применяются методы интерполяции [Епифанов, 2011]). Одним из наиболее перспективных подходов здесь является подход, основанный на использовании онтологий [Миков и др., 2008; Миков и др., 2009].

## 1. Разработка моделей в MetaLanguage

При разработке DSM-платформы, которая может стать основой для интеграции систем моделирования, информационных и аналитических систем, должны быть обеспечены следующие возможности:

- построения языков моделирования для широкого спектра предметных областей и решаемых задач;
- многоуровневого и мультязыкового моделирования;
- динамического изменения языков моделирования с поддержанием в согласованном состоянии метамodelей и моделей;
- экспорта и импорта построенных моделей;
- поиска и доопределения моделей.

Одно из ключевых требований – доступность

инструментария для различных категорий пользователей: профессиональных разработчиков (программистов, системных аналитиков и др.) и экспертов в предметных областях, конечных пользователей (бизнес-аналитиков и пр.).

Перечисленные требования в полном объёме в настоящее время не реализуются ни в одной из существующих DSM-платформ [Сухов, 2013]. Языковой инструментарий MetaLanguage ориентирован на решение поставленных задач.

На первом этапе разработки моделей в языковом инструментарии MetaLanguage необходимо *создать метамодель* (в данном случае метамодель – это предметно-ориентированный язык моделирования, DSL, который используется для создания моделей, ориентированных на решение конкретных задач). Построение метамодели выполняется с помощью редактора моделей. При создании DSL в первую очередь определяются базовые конструкции языка. Базовыми элементами, которые используются в MetaLanguage для создания метамodelей, являются сущность, отношение, ограничение. В процессе создания DSL определяются *сущности* метамodelей, *отношения* между ними, задаются *ограничения*, налагаемые на сущности и отношения. После построения метамodelей разработчик получает в распоряжение расширяемый, динамически настраиваемый визуальный язык моделирования (рисунок 1).

Используя полученный DSL, пользователи (аналитики, эксперты) могут *создавать модели*, содержащие объекты, описывающие конкретные сущности предметной области и связи между ними. При разработке моделей выполняется их *валидация* (проверка, удовлетворяет ли модель ограничениям, которые были заданы для сущностей и отношений при создании метамodelей).

Разработанный DSL, в свою очередь, может использоваться в качестве метаязыка – на его основе, таким образом, может быть создана *иерархия языков*, позволяющих работать с моделями различных уровней абстракции, ориентированных на решение различных задач разными категориями пользователей [Замятина и др., 2013]. При внесении изменений в метамодель система автоматически внесёт все необходимые изменения в модели, созданные с помощью этой метамodelей.

Средства *трансформации* позволяют в соответствии с заданными правилами трансформаций (вертикальных и горизонтальных), созданными в той же среде, преобразовать модели. Таким образом, разработанная модель может быть переведена на нужный язык и передана во внешние системы для решения соответствующих задач.

Пользователь может сохранить построенные (мета)модели в репозитории, сгенерировать на их основе документацию к системе.

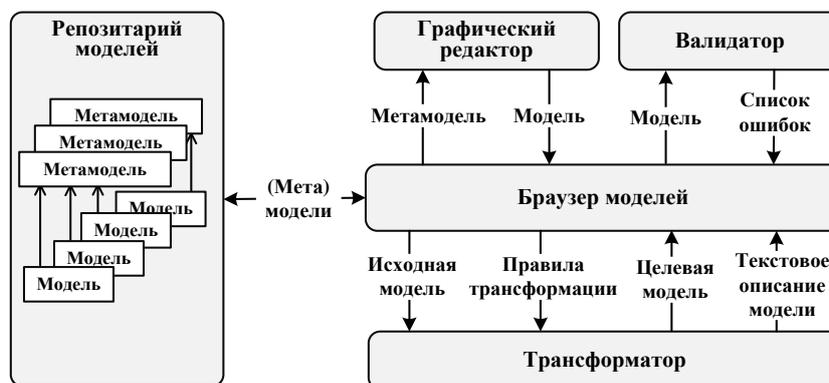


Рисунок 1 – Компоненты DSM-платформы MetaLanguage

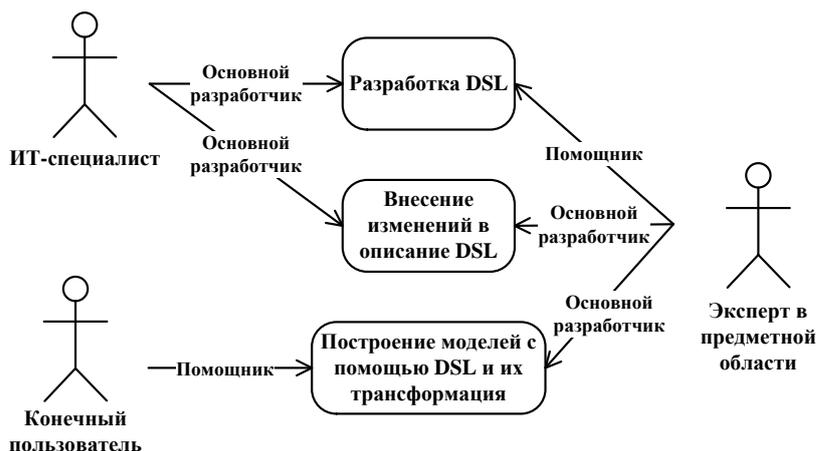


Рисунок 2 – Участие пользователей в разработке DSL и моделей

Специальные средства позволяют при необходимости выполнить поиск наиболее подходящих моделей в репозитории на основе созданных онтологий [Elokhov and others, 2013]. Поиск моделей осуществляется с использованием онтологий, описывающих предметные области.

Пользователи могут принимать активное участие как в разработке языков, так и в создании моделей на их основе (рисунок 2). Средства настройки языков, возможность динамического переопределения DSL с автоматическим поддержанием согласованности, без необходимости изменять код редакторов моделей, разрабатывать программы, делают DSM-платформу доступной для использования различными категориями специалистов.

## 2. DSM-платформа как основа средств интеграции

В разных системах, применяемых на предприятиях, используются различные модели, методы представления и обработки данных, ориентированные на решение соответствующих задач. При обмене данными, при передаче их из одной системы в другую выполняется преобразование данных в соответствии с заданными правилами средствами, обеспечивающими возможность интеграции систем. Методы и средства

решения этих задач проработаны и реализуются во всех промышленных информационных и аналитических системах. Однако более полная интеграция требует не только обмена данными, но и передачи созданных моделей из одной системы в другую. Модель, созданная с использованием какого-либо языка моделирования в одной системе, ориентированной на решение некоторых задач, может быть передана в другую систему для решения других задач. При разработке информационных систем различного назначения применяются разные типы моделей и языки моделирования. Для интеграции этих систем необходимо учитывать особенности используемых в них языков и моделей. При этом может потребоваться перевод модели с одного языка моделирования на другой, её трансформация. Оперативность решения задач пользователей зависит от того, смогут ли они самостоятельно настраивать используемые средства, создавать и модифицировать модели, задавать правила их преобразования.

Таким образом, DSM-платформа, обеспечивающая возможность создания новых языков моделирования и правил трансформаций созданных языков и моделей, обеспечивающая их согласованность, становится центральным звеном (рисунок 3), обеспечивающим интеграцию различных систем [Замятина и др., 2013].

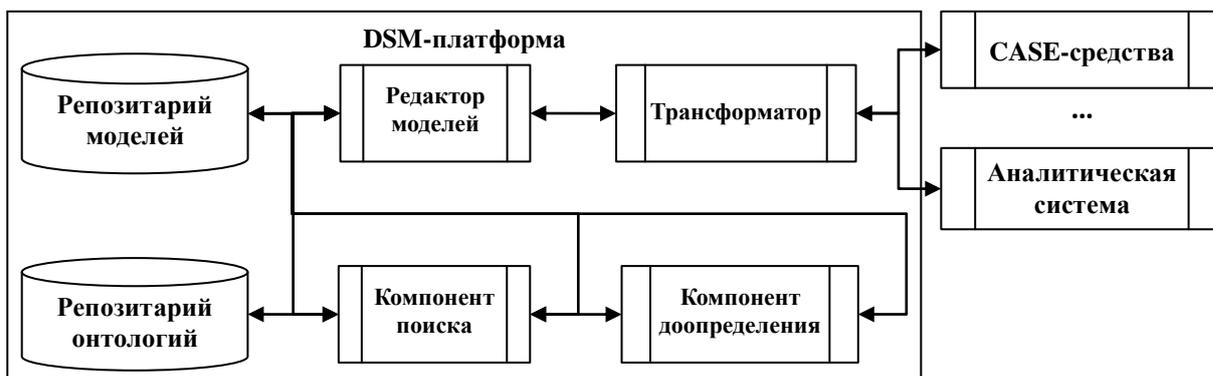


Рисунок 3 – DSM-платформа как основа средств интеграции

### 3. Использование онтологий для реализации DSM-платформы

В соответствии с наиболее общим определением онтология представляет описание сущностей предметной области, их свойств и отношений. Они создаются и используются во множестве областей знаний (поиск информации, автоматизация построения моделей и пр.). Онтологии применяются для решения различных задач моделирования (здесь моделирование рассматривается и как процесс построения моделей, и как процесс их исследования): от поиска информации о моделируемой системе до доопределения и валидации созданных моделей. В частности, онтологии часто рассматриваются как средство автоматизации построения моделей из заданных компонентов, как средство конфигурирования [Benjamin and others, 2006; Liang and others, 2003; Fishwick and others, 2004]. Онтологии служат для решения задачи рефакторинга систем, выполнения настройки моделей в соответствии с меняющимися требованиями.

Создание онтологий для решения задач моделирования является достаточно сложной задачей, поскольку модели используются для исследования самых разнообразных систем, относящихся к различным предметным областям. Кроме того, методы построения и анализа моделей основаны на применении математического аппарата, теории графов, вероятностных и статистических методов. Таким образом, онтологии этих областей знания должны служить основой для разработки онтологий для других областей [Миков и др., 2008; Миков и др., 2009], требуется разрабатывать многоуровневые онтологии предметных областей. При этом необходимо обеспечить преемственность, «переиспользовать» ранее созданные модели.

Предлагается снизить трудоёмкость разработки моделей: при решении многих задач можно найти ранее созданные предметно-ориентированные языки и модели для той же или близкой предметной области; доработка найденных моделей, их настройка на изменившиеся условия может оказаться менее трудоёмкой, чем создание DSL и

моделей «с нуля». Поиск моделей (метамodelей, DSL) предлагается выполнять с использованием онтологий соответствующих предметных областей. Однако и сам процесс построения онтологий является трудоёмким, требующим знаний не только в предметной области, но и навыков использования инструментальных средств, языков описания и редакторов онтологий. Помочь в создании онтологий и поиске моделей могут средства, базирующиеся на анализе документов, описывающих предметные области и решаемые задачи [Elokhov and others, 2013].

Найденные модели требуют доопределения. Решение этой задачи также основывается на создании онтологий. Реализуются средства полуавтоматического доопределения найденных DSL (метамodelей) или моделей (рисунок 4).

На основе документов, описывающих предметную область и решаемые задачи, получаемых из различных источников, формируются требования к целевой модели (или к DSL – метамodelи).

Эти требования формализуются в виде онтологии, которая создаётся в результате анализа собранных документов (корпуса) на основе ранее разработанных базовых онтологий: из документов, включённых в корпус, извлекаются ключевые понятия и связи между ними, устраняется синонимия и т.д.

Пользователь может внести изменения в построенную онтологию, доработать её, используя редактор системы: дополнить множество понятий, связей, ограничений и т.д.

Далее осуществляется поиск в репозитории модели (или метамodelи, DSL), наиболее подходящей для описанной предметной области и решаемой задачи. Найденная модель (или метамodelь) рассматривается как основа для построения целевой модели или DSL.

Выявляются все несоответствия найденной модели (метамodelи) формализованному с помощью онтологии описанию предметной области – требованиям к целевой модели (новому DSL).

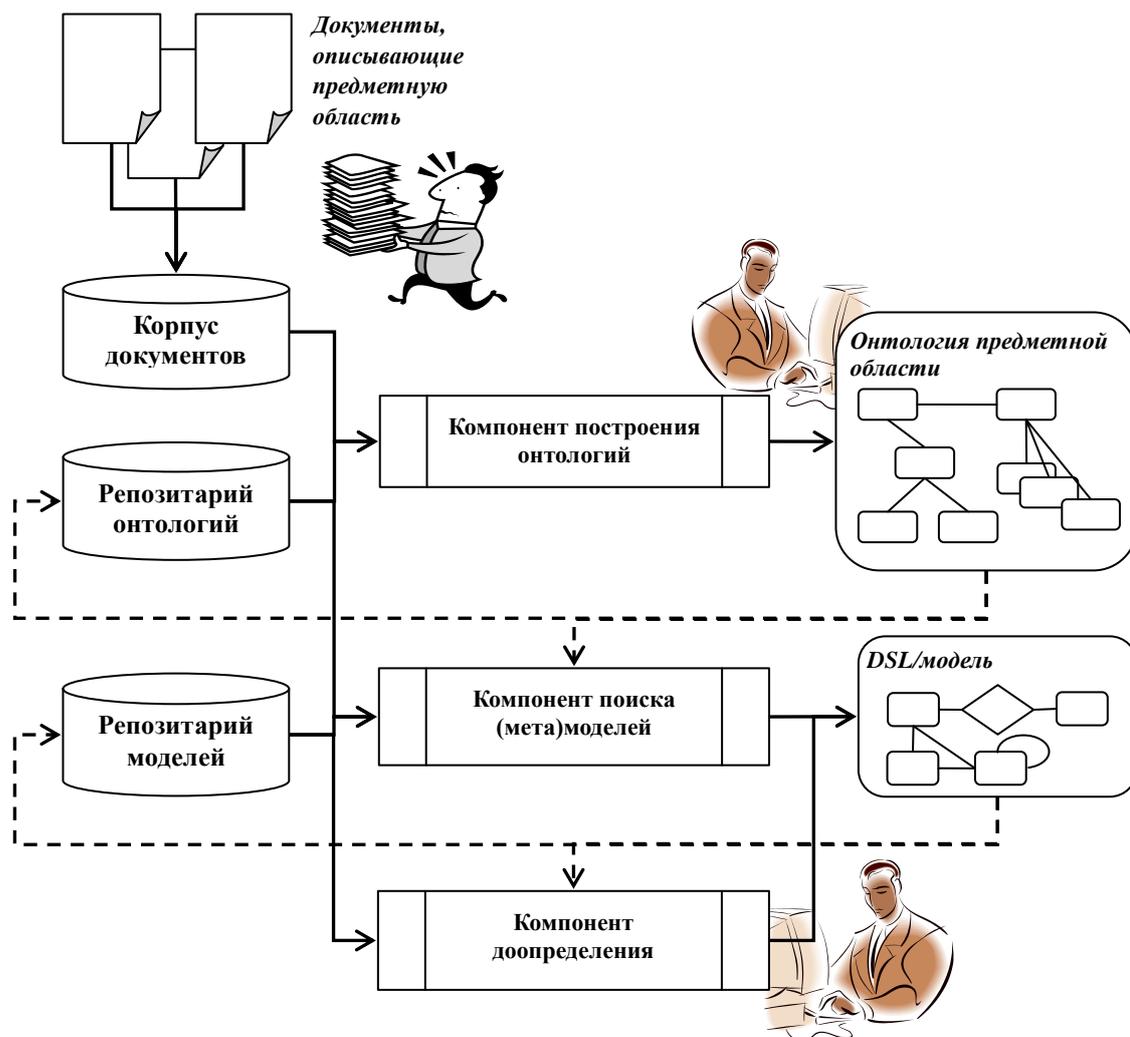


Рисунок 4 – Схема поиска и доопределения моделей с использованием онтологий

Если найденная модель (или метамодель) не удовлетворяет требованиям, то пользователь может доработать найденную модель (DSL) «вручную» или же использовать возможности компонента автоматического доопределения моделей с использованием репозитория моделей и онтологий.

Для доопределения модели (DSL) пользователь может повторить поиск в репозитории, исключив из исходного множества ранее выбранную и уже использованную модель (метамодель).

Результаты поиска могут соответствовать «фрагментам» построенной онтологии предметной области, т.е. сформированным для поиска требованиям, для которых на предыдущем шаге не было найдено соответствий. Таким образом, найденная новая модель (DSL) может быть использована для доопределения ранее выбранной из репозитория модели (метамодели).

Поиск и автоматическое доопределение моделей или DSL могут продолжаться, пока в построенной в результате поиска и доопределения модели (или в DSL) будут выявляться несоответствия формализованным в виде онтологии требованиям, и

в репозитории будут находиться модели (метамодели), «покрывающие» их.

Пользователь может внести изменения в найденные модели (в DSL) вручную, доопределить построенную модель или предметно-ориентированный язык, используя редактор системы. Таким образом, если в репозитории были сохранены языки и модели, предназначенные для решения каких-либо задач в определённой предметной области, то с их помощью можно создать новую (мета)модель, для решения более сложной задачи, относящейся к той же предметной области, разбив новую задачу на «подзадачи», которые были решены ранее. Можно также расширить возможности DSL для новой предметной области, дополнив найденные языки вручную.

## Заключение

В настоящее время разработаны исследовательские прототипы описанных средств. Языковой инструмент MetaLanguage прошёл апробацию, с его помощью были разработаны несколько предметно-ориентированных языков и

моделей, описаны трансформации, которые позволили экспортировать созданные модели во внешние системы, в частности сгенерировать модели на языке моделирования GPSS и провести имитационные эксперименты; построить базу данных для описанной предметной области, автоматически определив её схему на основе разработанной с использованием DSL модели и правил трансформации.

Работы выполнены при поддержке Научного фонда НИУ ВШЭ (проект № 13-09-0143) и РФФИ (проект № 14-07-31330-мол-а).

## Библиографический список

[Епифанов, 2011] Епифанов А.С. Доопределение частично заданных законов функционирования дискретных детерминированных систем / Проблемы управления. – 2011. – № 2. – С. 23-30.

[Замятина и др., 2013] Замятина Е.Б., Лядова Л.Н., Сухов А.О. О подходе к интеграции систем моделирования и информационных систем на основе DSM-платформы MetaLanguage // В кн.: Технологии разработки информационных систем ТРИС-2013. Материалы IV Международной научно-технической конференции / Т. 1. Таганрог: Издательство Технологического института ЮФУ, 2013. С. 61-70.

[Миков и др., 2008] Миков А.И., Замятина Е.Б., Кубрак Е.Н. Онтологический метод доопределения имитационной модели // *Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering: International Book Series, Supplement to International Journal "Information Technologies and Knowledge"*. N4, Vol.2. Sofia, 2008. Pp. 133-140.

[Миков и др., 2009] Миков А.И., Замятина Е.Б., Кубрак Е.Н. Использование онтологий в распределённой системе имитационного моделирования Triad.Net // "Знания-Онтологии-Теории" (ЗОНТ-09): Материалы Всероссийской конференции с международным участием 22-24 октября 2009 г. / Новосибирск, 2009. С. 197-206.

[Сухов, 2013] Сухов А.О. Инструментальные средства создания визуальных предметно-ориентированных языков моделирования / *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 4 (ч. 4). – С. 848-852.

[Balasubramanian and others, 2007] Balasubramanian K. Component-Based System Integration via (Meta)Model Composition / K. Balasubramanian, D.C. Schmidt, Z. Molnar, A. Ledeczi // *Proceedings of the 14th Annual IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS'07)*. Tucson, Arizona. March 26 29, 2007. P. 93-102.

[Benjamin and others, 2006] Benjamin P., Patki M., Mayer R. Using Ontologies for Simulation Modeling // *Proceedings of Winter Simulation Conference*, p.1161-1167, 2006.

[Bräuer and others, 2007] Bräuer M. Towards Semantic Integration of Multiple Domain-Specific Languages Using Ontological Foundations / M. Bräuer, H. Lochmann // *Proceedings of the 4th International Workshop on (Software) Language Engineering (ATEM'07)*, Nashville, 2007. 15 pp.

[Elokhov and others, 2013] Elokhov E. An Approach to the Selection of DSL Based on Corpus of Domain-Specific Documents / E. Elokhov, E. Uzunova, M. Valeev, A. Yugov, V. Lanin // *Proc. of the 7th Spring/Summer Young Researchers' Colloquium on Software Engineering*. М.: Изд-во Инст. сист. прогн. РАН, 2013. – P. 139-143.

[Fishwick and others, 2004] Fishwick P.A., Miller J.A. Ontologies for Modeling and Simulation: Issues and Approaches. In: *Proceedings of Winter Simulation Conference*, p. 259-264, 2004.

[Hessellund, 2009] Hessellund A. Domain-specific Multimodeling: PhD thesis. IT-University of Copenhagen, Software Development Group, 2009. 190 p.

[Liang and others, 2003] Liang V.-C., Paredis C.J. A Port Ontology for Automated Model Composition // *Proceedings of Winter Simulation Conference*, p. 613-622, 2003.

## INTEGRATION OF MODELING SYSTEMS ON THE BASIS OF DSM-PLATFORM WITH ONTOLOGIES

Sukhov A.O. \*, Lyadova L.N. \*, Zamyatina E.B. \*\*

\* *National Research University «Higher School of Economics» (Perm Branch), Perm, Russia*

**LNLyadova@gmail.com**

**Sukhov.PSU@gmail.com**

\*\* *Perm State National Researching University, Perm, Russia*

**E\_Zamyatina@mail.ru**

An approach to integration of various modeling systems, based on use of the MetaLanguage DSM-platform facilities, is considered. The MetaLanguage tools allow to develop domain specific languages (DSL) and to describe their transformations. Domain specific modeling provides possibility to work in terms of subject domain for analysts at models creation. The transformation component is a basis for development of means of models export and import, for models integration. Ontologies formalize knowledge on domains and models. They are used by tools of DSL development automation, by means of model search and by means of model definition complete.

## Introduction

The maximum flexibility of modeling tools is reached with use of the multilevel models describing modelled systems at the different points of view and with different detailing level. The tasks of DSL development and model transformations are important. Model search and model definition completing are actual too.

## Main Part

The main part includes the description of MetaLanguage structure and using scheme. This DSM-platform is suggested as a central component of integration tools. These means allow realizing export and import of DSLs and models, integrating different information and analytical systems. Ontologies are the main elements of integration tools.

## Conclusion

Now research prototypes of the described tools are developed. The MetaLanguage workbenches were approved, some domain specific languages were developed with this DSM-platform and some transformations are described.