



# OSTIS-2014

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822:514

## СЕМАНТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ

Невзорова О.А.

*Научно-исследовательский институт «Прикладная семиотика» АН Республики Татарстан,  
Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
г. Казань, Россия  
onevzoro@gmail.com*

В статье приведен обзор семантических технологий, разработанных для представления и обработки математических знаний на крупных мировых порталах, а также оригинальные результаты проекта семантической публикации документов электронной коллекции «Известия ВУЗов. Математика».

**Ключевые слова:** связывание данных; пространство открытых связанных данных.

### Введение

Концепция семантического веба предполагает семантическое структурирование пространства Интернет-данных в целях использования его различными программными агентами. Основными прагматическими задачами текущего этапа развития семантического веба является задача унификации (совместимости данных) данных, а также задача связывания данных из разных источников данных.

Проект Linked Open Data<sup>1</sup> (LOD) является наиболее значимым по результатам примером принятия и применения принципов Linked Data (Связанные данные). Проект LOD стартовал в январе 2007 года и был поддержан Информационно-образовательной группой Семантической Паутины Консорциума W3C. В настоящее время в проекте участвуют не только исследователи и разработчики университетских научно-исследовательских лабораторий, но и ряд крупных организаций, таких как BBC, агентство Рейтер и библиотеки Конгресса США. Успех проекта, скорее всего, обусловлен его открытостью и актуальностью. На сегодняшний день технологии Linked Data все более широко используются производителями первичных данных. Ссылки RDF соединяют данные из различных источников в единый глобальный граф RDF и позволяют браузерам и поисковым роботам Связанных данных перемещаться между источниками данных.

Технологии Linked Data применяются для

совместного использования данных, относящихся к широкому спектру различных тематических доменов, а также данных, относящихся к различным доменам. Характерным примером и прототипом междоменных Связанных данных является DBpedia – набор данных, автоматически извлекаемый из общедоступного ресурса Википедия.

Разработанные решения проекта LOD и связанные с ним семантические технологии позволяют определить новое направление – семантическая публикация (semantic publishing) данных. Однако наибольшие успехи в этом направлении связаны с именно с публикацией структурированных данных, а не текстов (неструктурированных данных). Следующий шаг, несомненно, должен быть сделан в области развития семантических технологий обработки неструктурированных текстов.

Семантическая публикация предполагает увеличение числа вычислительных компонент текста, т.е. извлечения из текста компонент определенной семантики для последующей обработки (в том числе связывания). Математические тексты выгодно отличаются наличием стандартов и языков разметки, высокой структурированностью, наличием электронных математических библиотек, а также программных средств для автоматической обработки отдельных компонентов математических текстов.

В настоящей статье будут рассмотрены некоторые ключевые решения и крупные проекты, связанные с рассматриваемой задачей семантической публикации математических текстов.

<sup>1</sup> <http://lod2.eu>

## 1. Проект Mizar

Цель проекта Mizar, стартовавшего в 1973 году, была связана с задачами компьютеризации в области профессиональной математики. С 1989 года в рамках международного сотрудничества (Университет Shinshu, Nagano и Университет Alberta, Edmonton) разрабатывается система Mizar, которая поддерживает базу данных по математике, включающую более 9400 определений математических концептов, а также свыше 49000 теорем. Система Mizar использует формальный язык Mizar для представления математических статей.

Математическая библиотека Mizar (MML) в настоящее время является одной из крупнейших формальных математических библиотек и представляет собой коллекцию Mizar-статей (статей, подготовленных на формальном языке системы Mizar), содержащих определения, теоремы и доказательства. В проекте Mizar хорошо структурированные Mizar-статьи подготавливаются для публикации в журнале «Formalized Mathematics» [<http://mizar.org/fm/>]. Версия MML 1.166.1132 содержит свыше 1000 статей, включающих более чем 50000 теорем и свыше 10000 определений. Формальный язык Mizar использует логику первого порядка и теорию множеств Тарского-Гротендика. Язык Mizar поддерживает очень выразительную и гибкую систему типов, которая допускает зависимые типы, в том числе ограничения на предикаты. Однако замкнутость Mizar-статей не позволяет использовать новые методы и технологии управления математическим знанием (МКМ - the mathematical knowledge management). Поэтому следующий шаг в направлении семантического представления был сделан в работе [Iancu et al., 2013], в которой предложены методы трансляции MML в формализмы OMDoc/LF [Kohlhase, 2006]. OMDoc (Open Mathematical Documents) является XML-форматом представления математических знаний, в котором эксплицитно задаются структуры формул и контекстные зависимости для машинной обработки. OMDoc использует Эдинбургский синтаксис логической структуры (LF - Edinburgh Logical Framework) для формализации языка Mizar. Это преобразование позволило расширить выразительные возможности OMDoc и пересмотреть ряд разработанных ранее архитектурных решений.

В системе Mizar можно выделить два языковых уровня представлений: уровень шаблонов (pattern-level), для которого характерен синтаксис, ориентированный на человека, причем для формул используется нотация LaTeX, а также семантический уровень (уровень конструктора) для внутреннего представления данных.

OMDoc является контекстно-зависимым форматом разметки и моделью данных для математических документов. В представлении выделяются три уровня абстракции:

- уровень объектов (Object Level). OMDoc использует языки OpenMath и MathML в качестве стандартов для разметки формул. Типы, термины и формулы Mizar соотносятся с этим уровнем;

- уровень утверждений (Statement Level). OMDoc предлагает оригинальную разметку для представления определений и утверждений математической теории. Определения, теоремы, схемы, нотации Mizar соотносятся с этим уровнем;

- уровень теории (Theory Level). OMDoc предлагает оригинальную разметку для кластеризации множеств утверждений в теории, а также определения отношений между ними (включение, морфизмы). Mizar-статьи соотносятся с этим уровнем.

Ядро OMDoc включает структурные отношения между различными математическими концептами. При этом авторы сознательно избегают фиксирования языковых примитивов для отношений и абстрагируются от специфических математических оснований. Таким образом, OMDoc является универсальным форматом представления, достаточно простым для управления. OMDoc не представляет точных аналогий к усложненным определениям Mizar, например, не существует адекватного представления свойства «теоремности» (theoremhood), которое определяет семантику формул Mizar. Расширение OMDoc на такие языково-специфические черты выполнено в прагматической версии OMDoc (Pragmatic OMDoc). Прагматический OMDoc позволяет вводить сложные представления, которые, с одной стороны, имеют формальную семантику, а с другой – интуитивно понятны человеку. В частности, семантика таких языково-специфических расширений определяется целиком внутри ядра OMDoc, что позволяет создавать «прагматические словари», настроенные на различные области. Прагматический уровень объектов обеспечивается посредством параметризации основной структуры, в которой формализуется синтаксис и семантика. Так, логическая структура LF определяется как OMDoc-теория, логика (логика первого порядка в Mizar) как OMDoc-теория с метатеорией LF, которая в свою очередь является метатеорией для языка реальных объектов (теория множеств Тарского-Гротендика). Mizar-статьи представляются как расширения этой теории. Соответствующая метатеория порождает прагматическую семантику объектной теории. Для обеспечения прагматического уровня утверждений используются шаблоны утверждений, которые представляют собой новый тип утверждений с конкретным синтаксисом. Семантика шаблонов определяется в терминах ядра OMDoc. Так, например, стандартная логика первого порядка определяется на основе трех типов шаблонов для функциональных символов, предикатных символов и аксиом (теорем). Полный список (свыше 30 шаблонов) для представления Mizar в OMDoc можно найти в [Iancu

et al., 2011]. Представление Mizar в OMDoc является критически важным результатом для трансляции MML в OMDoc.

Трансляция MML является сложным процессом, включающим следующие стадии:

- конвертирование miz-формата в xml;
- трансляция xml в классы языка Scala, с помощью которых моделируется уровень конструктора языка Mizar;
- трансляция классов Scala на OMDoc;
- запуск базового алгоритма MML-инструментария, который детализирует преобразование прагматического OMDoc в ядро OMDoc.

В результате выполнения трансляции система Mizar может взаимодействовать с другими OMDoc-приложениями, среди которых наибольший интерес представляет возможность индексирования транслированной библиотеки в поисковой системе MathWebSearch [<http://search.mathweb.org/>]. Следующим направлением разработки является интеграция системы Mizar на основе новой платформы MizarWiki [Urban, 2010]. Кроме того, следует отметить, что в транслированной библиотеке Mizar пока не поддерживается трансляция доказательств теорем (транслируются только утверждения теорем), пока это направление также является актуальным.

## 2. Парадигма активных документов (Active Document Paradigm - API) для публикации семантических данных

Проекты публикации семантических данных широко различаются от простой публикации документов с RDFa аннотациями, отражающих метаданные и междокументные ссылки до фреймворков, которые поддерживают организационно-техническое обеспечение документов, адаптированных для пользователей, которые представляют контент и инструменты, осуществляющие взаимодействия с семантической информацией контента. В дальнейшем, следуя [David et al., 2011] введем понятие «общее пространство контента» (content commons), которое включает семантически-аннотированные документы вместе с семантическими онтологиями. Эта информация может быть использована для различных семантических сервисов, например, для компиляции, визуализации, навигации, информационного поиска и др. Таким образом, соответствующее приложение может интегрировать эти сервисы, чтобы построить исполняемый документ, удовлетворяющий пользовательским предпочтениям. Такой фреймворк получил название ADP (Active Document Paradigm), далее будет рассматриваться реализация ADI в системе Planetary [Kohlhase, 2012]. Система Planetary является Web 3.0 системой, предназначенной для семантического аннотирования коллекции в различных областях науки, технологии, инженерии

и математики (STEM – Science, Technology, Engineering, Mathematics). Документы, опубликованные в системе Planetary, становятся гибкими адаптивными интерфейсами к общему пространству контента, включая объекты предметной области, контексты и отношения. Это решение обеспечивает встроенную поддержку пользователя посредством расширяемого набора пользовательских взаимодействий с документами на основе различных сервисов, которые эксплицируют данные (и таким образом делают их машиночитаемыми) в общем пространстве контента. Можно указать ряд успешных реализаций данной концепции: от архивов научной литературы [Argx], математической энциклопедии [Plac], создаваемой сообществом, системы курсов PantaRhei [Koh+] до портала формальной логики [Plaa].

Концепция активных документов использует идею модульной организации контента. Нижний уровень включает атомные «модули», т.е. объекты контента, которые соотносятся с некоторым элементарным уровнем представления и единственной темой. Например, для системы управления учебными курсами набор атомных модулей образуют обучающие объекты, для энциклопедии – отдельные статьи. Следующий уровень в иерархии – уровень «монографии» (модуль имеет хорошую структуру, одного или группу авторов, единую тематику содержания). Как объект контента монография включает ряд других объектов (модулей): предисловие, главы, оглавление, списки таблиц и рисунков, благодарности и пр. Монографии составляют коллекции, в которых возникают дополнительные модули (комментарий редакторов). Конкретными коллекциями в различных областях являются энциклопедии, академические журналы, материалы конференций, учебные курсы в системе управления курсами. Верхний уровень – уровень библиотеки предоставляет доступ к коллекциям. Практически, библиотека обеспечивает базовый URI для web-ресурса. В концепции Semantic Web библиотека представляет собой службу, которая объединяет ресурсы, адресуемые своими URL.

Приведем пример из [David et al., 2011], поясняющий различия между объектами контента и документами, подготовленными из них, как презентации. Для внутреннего представления объектов контента в системе Planetary используется OMDoc, при этом автор использует язык STeX (вариант LaTeX, позволяющий добавлять семантические аннотации в исходный файл). STeX-представление может быть сконвертировано в OMDoc посредством конвертора LaTeXXML [Ginev, 2011] для управления в Planetary. Подготовку STeX-документа производится в среде STeXIDE [Jucovschi&Kohlhase, 2010], которая обеспечивает такие сервисы, как семантико-синтаксическое выделение, завершение/поиск команд и управление взаимосвязями модулей.

Представление-презентация содержит дополнительные текстовые маркеры, которые вносят дополнительную информацию (например, параметр для нумерации определений по тексту). Другим отличием является привязка к термину его определения с указанием имени термина и модуля, в котором он определяется. При этом возможен импорт модуля с помощью специального отношения `\importmodule`. При этом гиперссылка к определению разрешается с помощью регулярной URI-ссылки. Отметим, что объекты контента вносят вклад в содержимое других объектов, расположенных выше по иерархии. Например, определяемые понятия запускают для пополнения индексное приложение (соответствующий модуль), которое размещается в конце монографии. Или названия секций вносятся во вступительную часть и т.п.

Основное преимущество модели ADP заключается в возможности поддержки режима раздельной компиляции и динамического связывания, а также повторного использования контекстных объектов. При этом по требованию пользователей в системе Planetary можно порождать контексты, удовлетворяющие запросам. В архитектуре Planetary производится преобразование структуры контента, закодированного в STeX, в формат активных документов в виде XHTML+MathML+RDFa. При этом исходные модули компилируются в контекстно-независимые формы, которые затем связываются в соответствующую конфигурацию под конкретную программу.

### 3. Проект формального математического хранилища на wiki-платформе (MathWiki)

Проект MathWiki [Alama et al., 2011] - интегральный проект на основе wiki-архитектуры, интегрирующий сервисы хостинга проектов и системы управления версиями, специализированные редакторы и средства интерактивной верификации, семантические сервисы для доказательства теорем (Coq proof assistant) с библиотекой CoRN (Constructive Coq Repository at Nijmegen). В настоящее время проект поддерживает только Mizar и Coq, однако авторы стремятся интегрировать в систему Mizar новые инструменты, например, сервис для доказательства tmEgg [Geuvers et al., 2006], а также систему Proviola [Tankink et al., 2010]. Цель проекта - развитие формального математического wiki-портала с соответствующим набором инструментов, связывание формальных математических текстов с соответствующими неформальными представлениями в Википедия, PlanetMath [http://planetmath.org], Wolfram MathWorld [http://mathworld.wolfram.com]. Для системы Mizar в некоторой степени реализовано связывание с Википедия MML-объектов (около двухсот объектов).

### 4. Семантическое аннотирование данных математической коллекции

Для Казанского университета актуальным является подготовка наборов связанных данных на основе статей научных журналов, издаваемых в университете. Подготовка математического набора связанных данных выполняется на основе разработанных программных инструментов, реализующих комплексный технологический процесс подготовки RDF-набора данных [Невзорова и др., 2012]. В качестве экспериментальной коллекции использовалась статья журнала «Известия ВУЗов. Математика» за 1997-2009 г.г.

Основными функциями разработанного программного прототипа для публикации данных в облаке LOD являются:

- индексирование математических статей в формате LaTeX в виде LOD-совместимых RDF-данных;
- извлечение метаданных статьи в виде концептов онтологии AKT Portal Ontology<sup>2</sup>;
- извлечение логической структуры документа с использованием онтологии Mocassin;
- извлечение экземпляров математических сущностей в виде концептов онтологии OntoMath<sup>Pro</sup> и связывание с ресурсами DBPedia;
- распознавание семантики формул через связывание полученных экземпляров математических сущностей с математическими выражениями и формулами в тексте;
- установление взаимосвязи между опубликованными RDF-данными и существующими наборами данных LOD.

Разработанная технология имеет следующие отличительные особенности:

- математический RDF-набор строится на основе коллекции математических статей на русском языке. Применение разработанной технологии к коллекции текстов на других национальных языках требует замены используемого NLP-модуля системы "OntoIntegrator" [Невзорова&Невзоров, 2009] на соответствующий NLP-модуль, ориентированный на обработку математических текстов;
- для построения математического RDF-набора разработаны специальные онтологические ресурсы: онтология профессиональной математики OntoMath<sup>Pro</sup>; онтология семантики структурных элементов математической статьи (расширение онтологии OMDoc);
- построенный RDF-набор помимо метаданных статей включает специальные семантические знания: знания, формируемые в результате специальной обработки математических формул - семантического связывания текстовых определений переменных формул с их

<sup>2</sup> <http://www.aktors.org/ontology/>

символьными обозначениями; знания, связанные с идентификацией в тексте экземпляров онтологии профессиональной математики OntoMath<sup>Pro</sup>; знания о структурных элементах математической статьи.

Архитектура прототипа программной системы включает 8 модулей, которые могут быть сгруппированы в следующие подсистемы:

- преобразование формата;
- аннотирование текста;
- семантическое аннотирование;
- аннотирование метаданных;
- генерация RDF;
- связывание.

Подробное описание модулей дано в [Nevzorova et al., 2013]. Кратко отметим ряд важных особенностей разработанных семантических технологий.

Семантическое аннотирование математических текстов базируется на онтологии<sup>3</sup> проекта Mocassin<sup>4</sup> и онтологии профессиональной математики OntoMath<sup>Pro</sup>. В процессе разработки онтологии использовались различные терминологические источники: классические книги, интернет-ресурсы (Wikipedia, Cambridge Mathematical Thesaurus), научные статьи журнала «Известия Вузов. Математика», а также личный опыт профессиональных математиков Казанского Федерального Университета. Онтология Mocassin разработана на языках OWL2/RDFS<sup>5</sup>, которые обеспечивают богатые выразительные возможности, а также теоретические и практические средства вывода, например, с использованием современных машин вывода таких, как Pellet<sup>6</sup> и FaCT++<sup>7</sup>. Онтология OntoMath<sup>Pro</sup> разработана на языках OWL-DL/RDFS и содержит 3450 классов, 6 типов свойств объектов, 3630 экземпляров свойства IS-A и 1140 экземпляров остальных свойств.

Объектами семантического аннотирования также являются формулы связанные с формулами фрагменты текста, задающие описания переменных формул. Внутри указанных фрагментов выделяются кандидаты в экземпляры классов OntoMath<sup>Pro</sup>, которые затем связываются с соответствующими формулами с помощью оригинального алгоритма, реализованного в виде расширения GATE<sup>8</sup>.

Связывания построенного RDF-набора данных с существующими наборами данных в облаке LOD выполняется с использованием системы Silk<sup>9</sup>, в частности выполнено связывание классов онтологии OntoMath<sup>Pro</sup> с ресурсами DBPedia

<sup>3</sup> The ontology is accessible via URL:  
<http://c11.niimm.ksu.ru/ontologies/mocassin> (login/password: demo/demokpfu)

<sup>4</sup> <http://code.google.com/p/mocassin/>

<sup>5</sup> <http://www.w3.org/TR/owl2-rdf-based-semantics/>

<sup>6</sup> <http://clarkparsia.com/pellet/>

<sup>7</sup> <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>

<sup>8</sup> <http://bit.ly/c11-gate-morph-formula>

<sup>9</sup> <http://www4.wiwiw.fu-berlin.de/bizer/silk/>

[Nevzorova&Кириллович, 2013]. Разработанный прототип был апробирован на коллекции математических статей (общий объем коллекции более 1300 статей) для демонстрации возможностей предложенного подхода. Оценки результатов, приведенные в [Nevzorova et al., 2013] позволяют делать вывод об эффективности принятых решений.

## Заключение

Рассмотренные в настоящем разделе крупные проекты организации математических порталов и семантические технологии представления и обработки математических знаний позволяют выделить следующие направления исследований и разработок:

- формализация уровня представлений. Предлагаемые решения содержат широкий спектр языков представления исходных математических текстов – форматы LaTeX, STeX, XML, специализированные формальные языки, а также программные средства конвертации языков;
- разработка специализированных онтологических ресурсов и различных схем описания данных, используемых в наборах LOD;
- разработка специализированных семантических сервисов для обработки математических текстов. Назначение сервисов весьма многообразно - обработка формул, проверка доказательств, семантический поиск, извлечение математических объектов и др.

## Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект # 11-07-00507.

## Библиографический список

- [Iancu et al., 2013] Mihnea Iancu, Michael Kohlhase, Florian Rabe, Josef Urban. The Mizar Mathematical Library in OMDoc: Translation and Applications; pp. 191-202 in Journal of Automated Reasoning (50:2); Springer Verlag, 2013.
- [Kohlhase, 2006] Kohlhase M. OMDoc – An Open Markup Format for Mathematical Documents [Version 1.2]. – Berlin: Springer Berlin Heidelberg New York, 2006. – 428 p.
- [Iancu et al., 2011] M. Iancu, M. Kohlhase, F. Rabe. *Translating the Mizar Mathematical Library into OMDoc format*; Technical Report KWARC Report-01/11, Jacobs University Bremen, 2011.
- [Urban, 2010] Josef Urban, Jesse Alama, Piotr Rudnicki, and Herman Geuvers. *A wiki for Mizar: motivation, considerations and initial prototype*. In Intelligent Computer Mathematics, 10<sup>th</sup> International Conference. Proceedings, volume 6167 of Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2010. Pp.155-169.
- [David et al., 2011] Catalin David, Deyan Ginev, Michael Kohlhase, Bogdan Matican, Stefan Mirea. A Framework for Modular Semantic Publishing with Separate Compilation and Dynamic Linking; in Alexander Castro, Christoph Lange, Evan Sandhaus, Anita Waard, eds.: *Ist Workshop on Semantic Publication (SePublica)*, , 2011-05-30 in Hersonissos, Crete, Greece; CEUR Workshop Proceedings 721, 2011.
- [Kohlhase, 2012] Michael Kohlhase. The Planetary Project: Towards eMath3.0; pp. 448–452 in Johan Jeuring, John A. Campbell, Jacques Carette, Gabriel Reis, Petr Sojka, Makarius Wenzel, Volker Sorge, eds.: *Intelligent Computer Mathematics, Conferences on Intelligent Computer Mathematics (CICM), 2012-07-09/2012-07-14 in Bremen, Germany*; LNAI 7362, Springer Verlag 2012.

- [Arx] *arXMLiv Build System*. URL: <http://arxivdemo.mathweb.org>
- [Plac] *PlanetMath.org Math for people, by the people*. URL: <http://planetmath.org>
- [Piaa] *Logic Atlas and Integrator*. URL: <http://logicatlas.omdoc.org/planetary>
- [Koh+] Michael Kohlhase et al. *Planet GenCS*. URL: <http://gens.kwarc.info>
- [Ginev, 2011] Deyan Ginev et al. The LATEXML Daemon: A LATEX Entrance to the Semantic Web, submitted 2011. URL: <https://kwarc.eecs/iu-bremen.de/repos/arXMLiv/doc/cicm-systems11/paper.pdf>
- [Jucovschi&Kohlhase, 2010] Constantin Jucovschi, Michael Kohlhase. sTeXIDE: An Integrated Development Environment for sTeX Collections; pp. 336–344 in Serge Autexier, Jacques Calmet, David Delahaye, Patrick D. F. Ion, Laurence Rideau, Renaud Rioboo, Alan P. Sexton, eds.: *Intelligent Computer Mathematics*; LNAI 6167, Springer Verlag 2010.
- [Alama et al., 2011] Jesse Alama, Kasper Brink, Lionel Mamane, and Josef Urban. Large Formal Wikis: Issues and Solutions. *Intelligent Computer Mathematics, Lecture Notes in Computer Science*, Volume 6824, 2011, pp. 133-148.
- [Geuvers et al., 2006] Herman Geuvers, Lionel Elie Mamane A Document-Oriented Coq Plugin for TEXmacs. In: Libbrecht, P. (ed) *MathUI Workshop, MKM 2006 Conference*, Wokingham, UK (2006), <http://www.activemath.org/~paul/MathUI06/>
- [Tankink et al., 2010] Carst Tankink, Herman Geuvers, James McKinna, Freek Wiedijk. Proviola: A Tool for Proof Re-animation. In: *Intelligent Computer Mathematics, Lecture Notes in Computer Science*, Volume 6167, 2010, pp. 440-454.
- [Nevzorova et al., 2013] Olga Nevzorova, Nikita Zhiltsov, Danila Zaikin, Olga Zhibrik, Alexander Kirillovich, Vladimir Nevzorov, Evgeniy Biral'tsev Bringing Math to LOD: A Semantic Publishing Platform Prototype for Scientific Collections in Mathematics // *The Semantic Web – ISWC 2013. Lecture Notes in Computer Science*. Volume 8218, 2013, pp. 379-394.
- [Невзорова&Кириллович, 2013] Невзорова О.А., Кириллович А.В. Технологии связывания данных в пространстве Открытых данных на примере математической коллекции // *Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2013): материалы II Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 21-23 февраля 2013 г.) / Редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]*. – Минск: БГУИР, 2013. С. 91-96.
- [Stamerjohanns et al., 2010] Stamerjohanns H., Kohlhase M., Ginev D., David C., Miller B. Transforming Large Collections of Scientific Publications to XML // *Mathematics in Computer Science*. – Heidelberg: Springer, 2010. – P. 299–307.
- [Schraefel et al., 2004] Schraefel M., Shadbolt N., Gibbins N. CS AKTive Space: Representing Computer Science on the Semantic Web // *Proceedings of WWW 2004*. – N.Y.: ACM Press New York, 2004. – P. 384–392.

## SEMANTIC TECHNOLOGIES FOR MATHEMATICAL RESOURCES

Nevzorova O.A.

*Research Institute of Applied Semiotics of the Academy of Sciences of Tatarstan Republic, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia*

**onevzoro@gmail.com**

The article provides an overview of semantic technologies developed for the submission and processing the mathematical knowledge on the mathematical Internet portals, as well as the original results of semantic publishing on the Web for the articles of "Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Matematika" journal.