

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОНТОЛОГИЯ ONTOMATH^{EDU}: ПРОБЛЕМЫ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНЖИНИРИНГА

**О.А. Невзорова, М.В. Фалилеева, А.В.
Кириллович, Е.К. Липачёв, Л.Р. Шакирова,
А.Э. Дюпина**

**Казанский федеральный университет,
Казань**

План презентации

- Онтологический инжиниринг в области математического образования
- Проектирование полилингвальной математической онтологии OntoMathEdu
 - Отбор понятий
 - Описание понятий
 - Проекции онтологии
 - Структура онтологии OntoMathEdu
 - Пререквизиты

План презентации

- Онтологический инжиниринг в области математического образования
- Проектирование полилингвальной математической онтологии OntoMathEdu
 - Отбор понятий
 - Описание понятий
 - Проекции онтологии
 - Структура онтологии OntoMathEdu
 - Пререквизиты

Применение онтологий в образовании

- обучающие системы
- построение учебных планов
- формирование компетенций
- управление образовательным процессом
- виртуальные обучающие среды
- динамика (индивидуализация) процессов обучения
- семантическое аннотирование образовательных материалов
- оценка знаний
- моделирование когнитивного профиля обучаемого

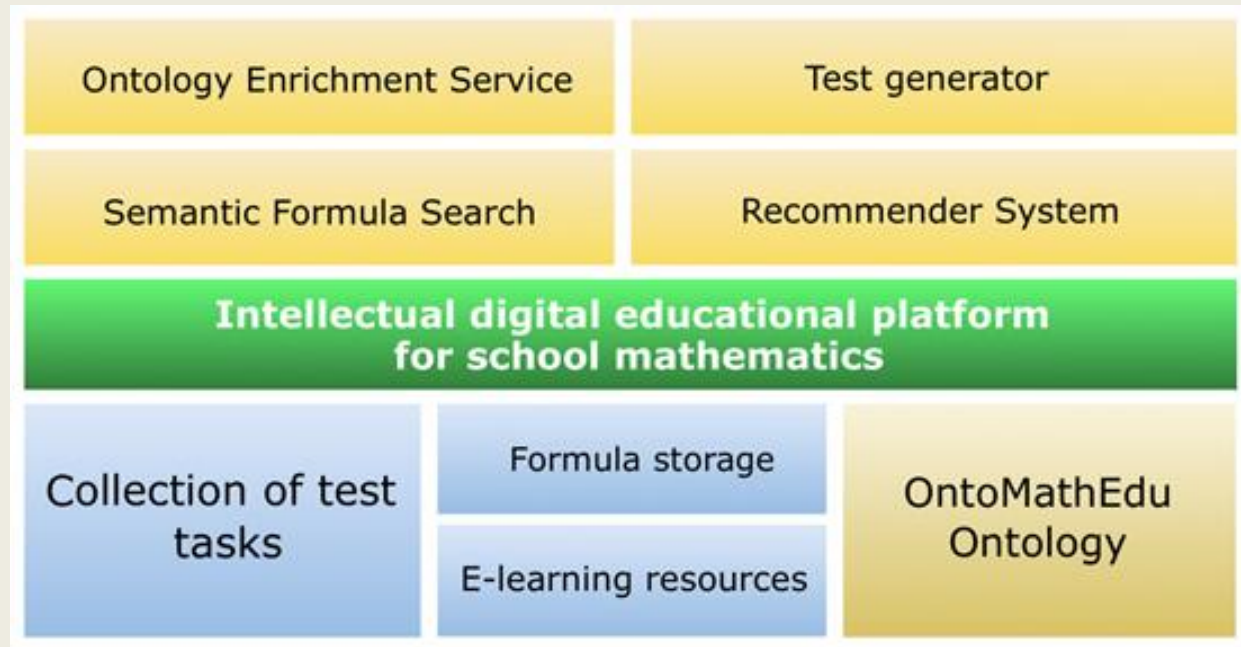
План презентации

- Онтологический инжиниринг в области математического образования
- Проектирование полилингвальной математической онтологии OntoMathEdu
 - Отбор понятий
 - Описание понятий
 - Проекции онтологии
 - Структура онтологии OntoMathEdu
 - Пререквизиты

Онтология OntoMath^{Edu}

- центральный компонент разрабатываемой математической цифровой образовательной платформы
- онтология в области школьной математики
- детально описывает предметную область планиметрии и используется для встраивания в курс планиметрии для общеобразовательной средней школы, разрабатываемый в Казанском федеральном университете.
- важными компонентами онтологии являются дидактические отношения, которые образуют независимое измерение онтологии и выступают в качестве аналога отношения предварительных требований (отношение *пререквизит*).
-

Экосистема OntoMathEdu



План презентации

- Онтологический инжиниринг в области математического образования
- Проектирование полилингвальной математической онтологии OntoMathEdu
 - Отбор понятий
 - Описание понятий
 - Проекции онтологии
 - Структура онтологии OntoMathEdu
 - Пререквизиты

Цель

- Полилингвальная образовательная онтологии с терминологическими системами математических понятий на русском, английском и татарском языках

Задачи

- сформировать базу учебных материалов на различных языках;
- извлечь геометрические понятия из учебных материалов;
- установить соответствия терминов онтологии на разных языках в различных системах обучения;
- построить иерархии геометрических понятий;
- построить отношения между понятиями предметной области;
- ввести в онтологию специфические отношения, отражающие процесс обучения выбранному предмету школьной математики;
- описать понятия и все его отношения (определения, изображения, ссылки на внешние ресурсы и др.).

Отбор понятий

- При отборе геометрических понятий использовались экспертные знания авторов статьи, а также учебные и справочные материалы на русском, английском и татарском языках.
- **Некоторые учебники:**
 1. учебник по геометрии Л.С. Атанасяна и др., дополнительные учебные пособия по элементарной геометрии Г.К. Гордина и др.; учебник геометрии Л.С. Атанасяна на татарском языке (пер. с рус. З.Х. Билалова, В.З. Закиров),
 2. русско-татарские и русско-татарско-английские толковые словари и справочники математических терминов (И.Г. Галяутдинова, Л.И. Галиевой, Л.Л. Салеховой и др), русско-татарский и татарско-русский словари Lingvo 12.0 и др.;
 3. учебники по геометрии на английском языке, такие как Africk Henry (2013), Alexander, D.C., Koeberlein, G.M. (2016), Ameen, Ayesha&Khan, Khaleel&PadmajaRani, B. (2012), Cummins, J., Carter, J.A., Cuevas, G.J., Day, R, Malloy, C. (2012) и др.,
 4. русско-английские словари «Мультитран», Lingvo 12.0 и др.

Выбор языка и системы обучения планиметрии

- **методические особенности процесса обучения планиметрии** в системах образования России и Великобритании, а именно наличие геометрических понятий в курсе планиметрии для школьников; последовательность изучения понятий и устанавливаемые взаимосвязи между ними, предлагаемые определения геометрических понятий и др.;
- **выделение уровней подготовки учащихся по предмету** (на каждой образовательной ступени изучения планиметрии предлагается свой набор геометрических понятий и связей между ними);
- **лингвистические особенности русского и английского языков при переводе математической терминологии**, в том числе, выбор используемого варианта перевода термина при наличии нескольких вариантов (например, высота/height, altitude; круг/circle, disk) или проблема отсутствия термина в школьной программе (kite/дельтоид, complementary angle /угол, дополняющий до угла 90 градусов) и др.

План презентации

- Онтологический инжиниринг в области математического образования
- Проектирование полилингвальной математической онтологии OntoMathEdu
 - Отбор понятий
 - Описание понятий
 - Проекции онтологии
 - Структура онтологии OntoMathEdu
 - Пререквизиты

Описание понятия

- Выбор определения позволяет установить **положение геометрического понятия в таксономии** и в дальнейшем построить **многочисленные отношения** между рассматриваемым понятием и другими понятиями

Описание понятия

Определение понятия *многоугольник* в основных учебниках по геометрии на русском языке:

- простая замкнутая ломаная (Погорелов А.В.);
- плоский многоугольник или многоугольная область – конечная часть плоскости, ограниченная многоугольником (Погорелов А.В.);
- фигура, составленная из отрезков АВ, ВС, ..., FA, так, что смежные отрезки не лежат на одной прямой, несмежные отрезки не имеют общих точек (Атанасян Л.С.);
- фигура, состоящая из сторон многоугольника и его внутренней области (Атанасян Л.С.);
- замкнутая ломаная, не имеющая самопересечений, ограничивает многоугольник (Шарыгин И.Ф.);
- фигура, образованная простой замкнутой ломаной и ограниченная ею часть плоскости (Смирнова И.М.).

План презентации

- Онтологический инжиниринг в области математического образования
- Проектирование полилингвальной математической онтологии OntoMathEdu
 - Отбор понятий
 - Описание понятий
 - Проекции онтологии
 - Структура онтологии OntoMathEdu
 - Пререквизиты

Проекции онтологии

- Для выделения системы терминов, определяющих область понятий курса планиметрии той или иной системы образования, были созданы проекции онтологии OntoMath^{Edu}.
- Проекция онтологии – это система концептов онтологии и связывающих их отношений, являющаяся формализованной моделью содержания школьной математики определенной системы образования.

Проекции онтологии

- **две проекции онтологии:** на русском языке в системе образования РФ, вторая на английском языке в системе образования Великобритании.
- Проекции онтологии связаны друг с другом через единые концепты геометрических понятий, присутствующих одновременно в двух системах обучения планиметрии.
- Каждый концепт онтологии имеет название на русском и английском языках.

Проекции онтологии

- В проекции онтологии дополнительно размечаются **образовательные уровни**.
- **Образовательный уровень онтологии**
OntoMath^{Edu} включает совокупность концептов предметной области, изучаемых на определенной ступени обучения в соответствии с данной образовательной системой.
- Для разметки принадлежности концепта онтологии образовательному уровню введено **свойство «Образовательный уровень»**.

Свойство «Образовательный уровень»

Education level	Concepts
<i>Russian education system</i>	
7 th grade	184
8 th grade	122
8 th grade (extended)	33
9 th grade	37
9 th grade (extended)	23
Additional program	18
Total	417
<i>UK education system</i>	
Key stage #1	27
Key stage #2	67
Key stage #3	30
Key stage #4	20
Total	144

План презентации

- Онтологический инжиниринг в области математического образования
- Проектирование полилингвальной математической онтологии OntoMathEdu
 - Отбор понятий
 - Описание понятий
 - Проекции онтологии
 - Структура онтологии OntoMathEdu
 - Пререквизиты

OntoMathEdu – образовательная математическая

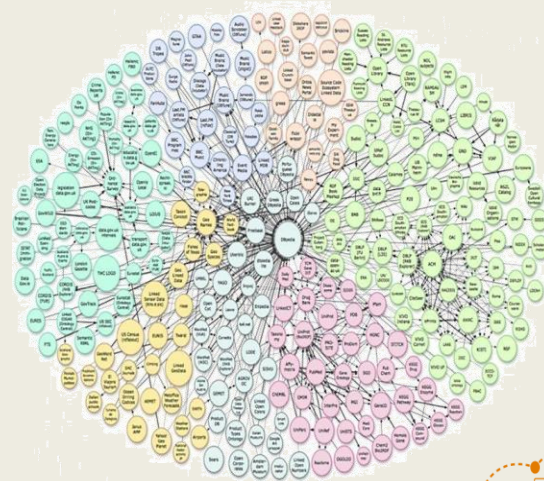
ОНТОЛОГИЯ

<https://github.com/CLLKazan/OntoMathEdu>



Онтология OntoMathEdu проектируется, чтобы служить:

- **Ядром Открытых связанных данных** (Linked Open Data - LOD) для математического образования и управления математическим знанием
- **Лингвистическим ресурсом** для обработки математических текстов на естественном языке
- **Справочной базой** данных для конечных пользователей

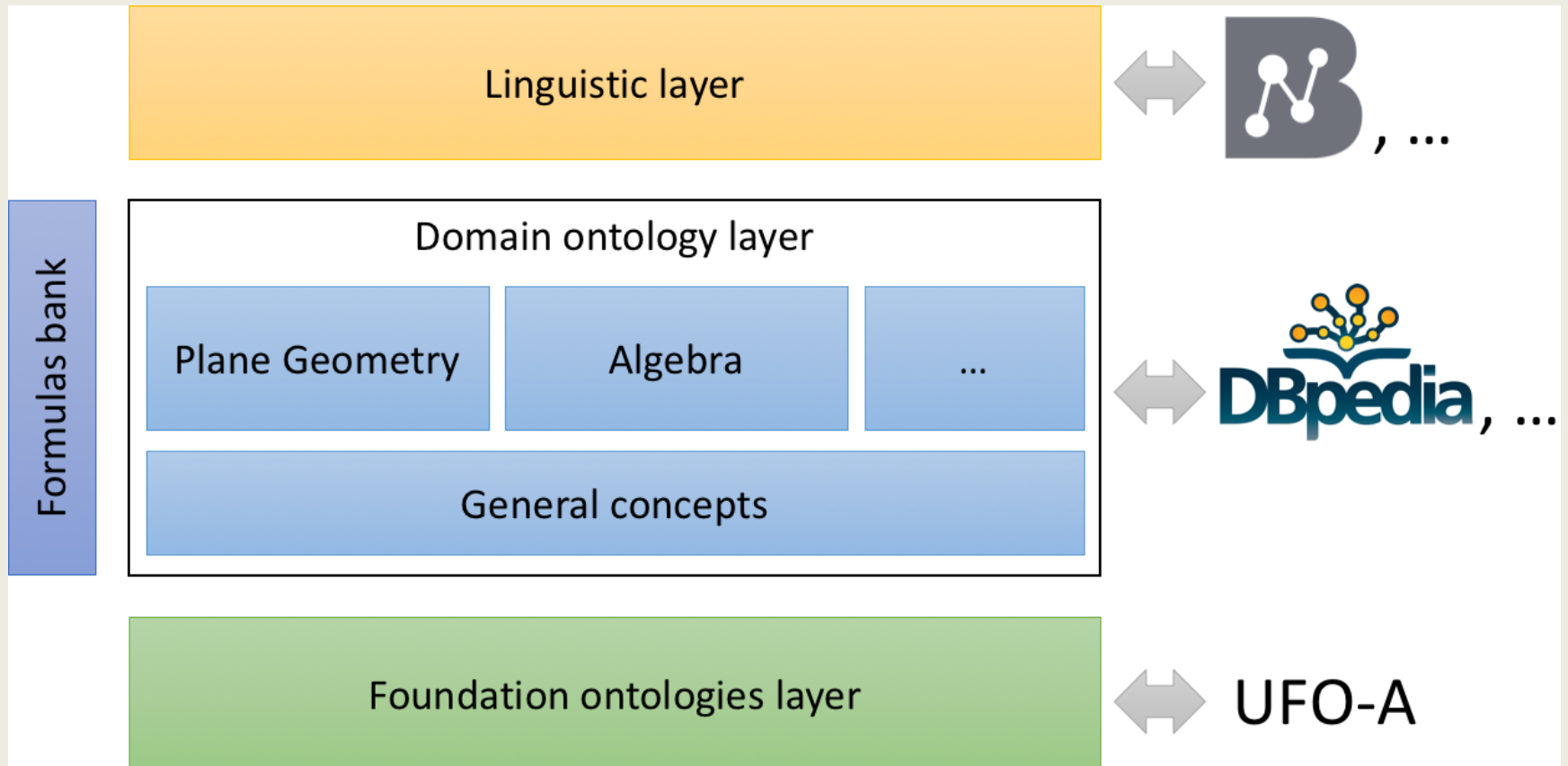


OntoMathEdu – образовательная математическая ОНТОЛОГИЯ

Онтология OntoMathEdu состоит из трех уровней



Структура Онтологии OntoMath^{Edu}



Уровень предметной онтологии

В структуре онтологии выделяются:

- иерархия объектов;
- иерархия материализованных отношений;
- сеть точек зрения.

Текущая версия OntoMath^{Edu} содержит 916 концептов, при этом иерархия объектов включает 675 классов, иерархия материализованных отношений 212 классов.

В онтологии введено 1280 отношений «класс-подкласс».

Уровень предметной онтологии

- Концептуальная модель школьной математики. OntoMath^{Edu} отражает набор концептов школьной математики, который применяется в учебной математической литературе.
- Строгое соблюдение онтологических различий, определяемых в онтологии верхнего уровня. Например, концепты разделяются на типы и роли.
- Материализация предметных отношений. Многоместные математические отношения в онтологии представлены как концепты, а не как объектные свойства. Благодаря этому математические отношения являются сущностями первого порядка и могут выступать в качестве объектов утверждений.
- Многоязычность. Концепты онтологии содержат названия на английском, русском и татарском языках.

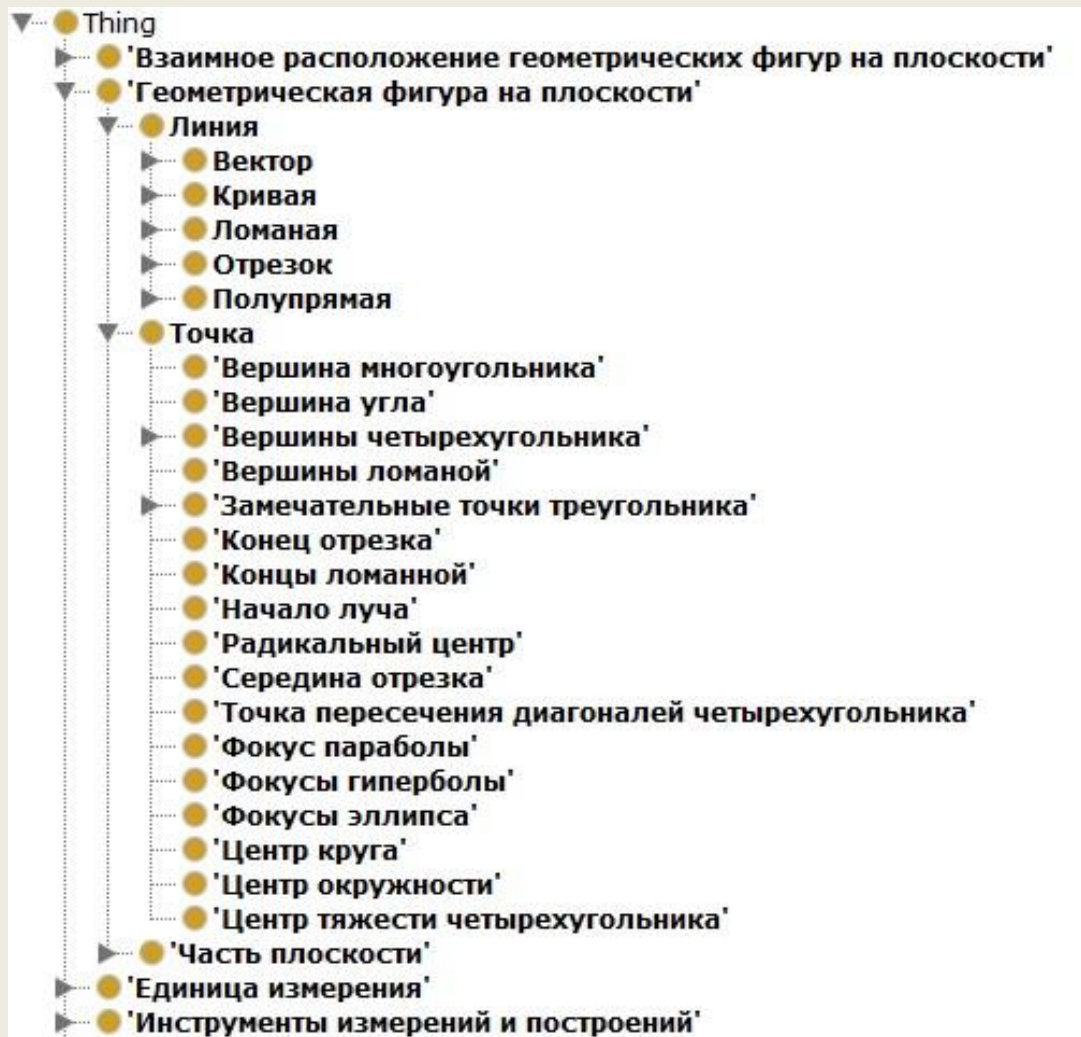
OntoMathEdu – образовательная математическая ОНТОЛОГИЯ

Описание концепта онтологии
включает в себя:

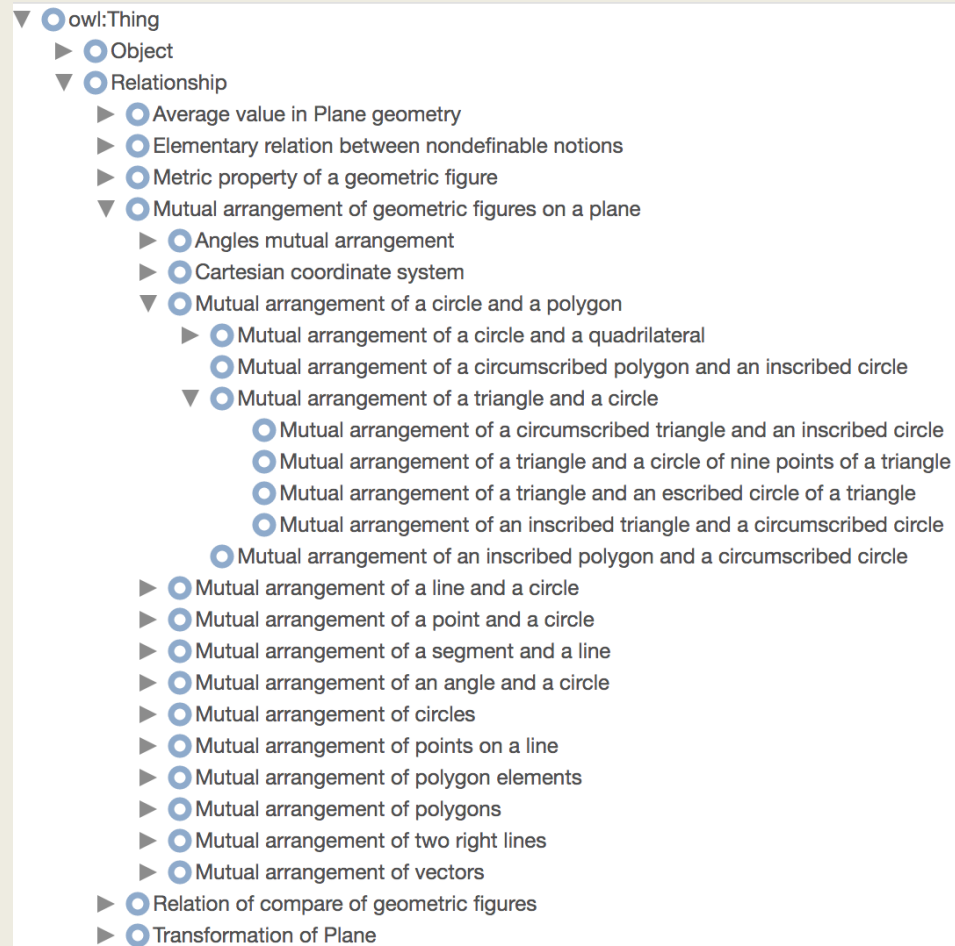
- Название на трех языках (русском, английском, татарском)
- Определение
- Связь с другими концептами
- Связь с внешними ресурсами из облака Открытых связанных данных (LOD)

Annotations	
rdfs:label	Triangle
rdfs:label	Треугольник
rdfs:label	Өчпочмак
dc:source	https://ru.wikipedia.org/wiki/Треугольник
dc:source	https://en.wikipedia.org/wiki/Triangle
Английский образовательный ресурс	https://www.mathsisfun.com/triangle.html
образовательный уровень	7 класс
образовательный уровень	Ключевой уровень 2
Русский образовательный ресурс	https://www.yaklass.ru/p/geometria/7-klass/treugolniki-
Enter property	Enter value
Parents	
Выпуклый многоугольник	

Фрагмент онтологии предметной области



Иерархия материализованных отношений



Отношения между понятиями

- **«Определяется»** связано с элементами, которые определяют, но не являются частью самой фигуры. Например, окружность определяется центром окружности и ее радиусом.
- **«Целое-часть»** – данное отношение указывает, из каких элементов состоит геометрическая фигура. Например, «многоугольник» (целое) имеет части: «сторона многоугольника», «угол многоугольника», «вершина многоугольника».
- **Онтологическая зависимость** связывает ролевое понятие с понятием, от которого зависит данная роль. Например, «фокус эллипса» онтологически зависит от понятия «эллипс», а «хорда окружности» зависит от понятия «окружность».

Отношения между понятиями

- **«Теорема-свойство»** показывает, какими свойствами, представленными в школьном курсе в виде теорем, обладает геометрическое понятие. Например, концепт *«треугольник»* связан отношением *«теорема-свойство»* с концептами: *«соотношения между углами и сторонами треугольника»*
- **«Теорема-признак»** связывает геометрическое понятие с его признаками (классифицирующие свойства), представленными теоремами. Например, концепт *«ромб»* связан отношением *«теорема-признак»* с концептом *«признак ромба»* и др.
- **«Находится по формуле»** связывает геометрические фигуры с их метрическими свойствами. Например, концепт *«площадь треугольника»* связан с концептами: *«нахождение площади треугольника по формуле Герона»*
- **«Прямая – обратная теоремы»** связывает между собой прямые и обратные теоремы. Например, *«признак параллелограмма по диагоналям»* и *«свойство диагоналей параллелограмма»* связаны в онтологии данным отношением, также как и *«теорема Пифагора»* и *«признак прямоугольного треугольника (обратная теорема Пифагора)»*.

Отношения между понятиями

- **Материализованные отношения** (концепты-отношения, номинализация имени отношения)

Например, для моделирования отношения между вписанной окружностью и треугольником, в который эта окружность вписана, онтология содержит **класс «вписанная окружность треугольника»**. Данный класс связан отношением «вписано» с классом «окружность» и отношением «описано» с классом «треугольник».

- **Набор дидактических отношений:**

а) **отношение «Изучается одновременно»** связывает понятия, которые рекомендуются изучать совместно, например, понятия «отрезок» и «луч»;

б) **отношение «Изучается позже»** (обратное отношение «Изучается раньше»), например, понятие «равнобедренный треугольник» изучается позже понятия «Остроугольный треугольник». Отношение «Изучается позже», как и его обратное отношение является транзитивным, поэтому по свойству транзитивности могут быть выстроены **последовательности отношений «Изучается позже»**,

в) **отношение «понятие-уровень»** определяет отнесенность понятия к образовательному уровню.

Сеть точек зрения

- **Определения.** Один и тот же концепт может иметь разные определения в соответствии с разными точками зрения.
- **Образовательные уровни.** В онтологии имеются различные образовательные уровни, которые относятся к различным образовательным системам.

План презентации

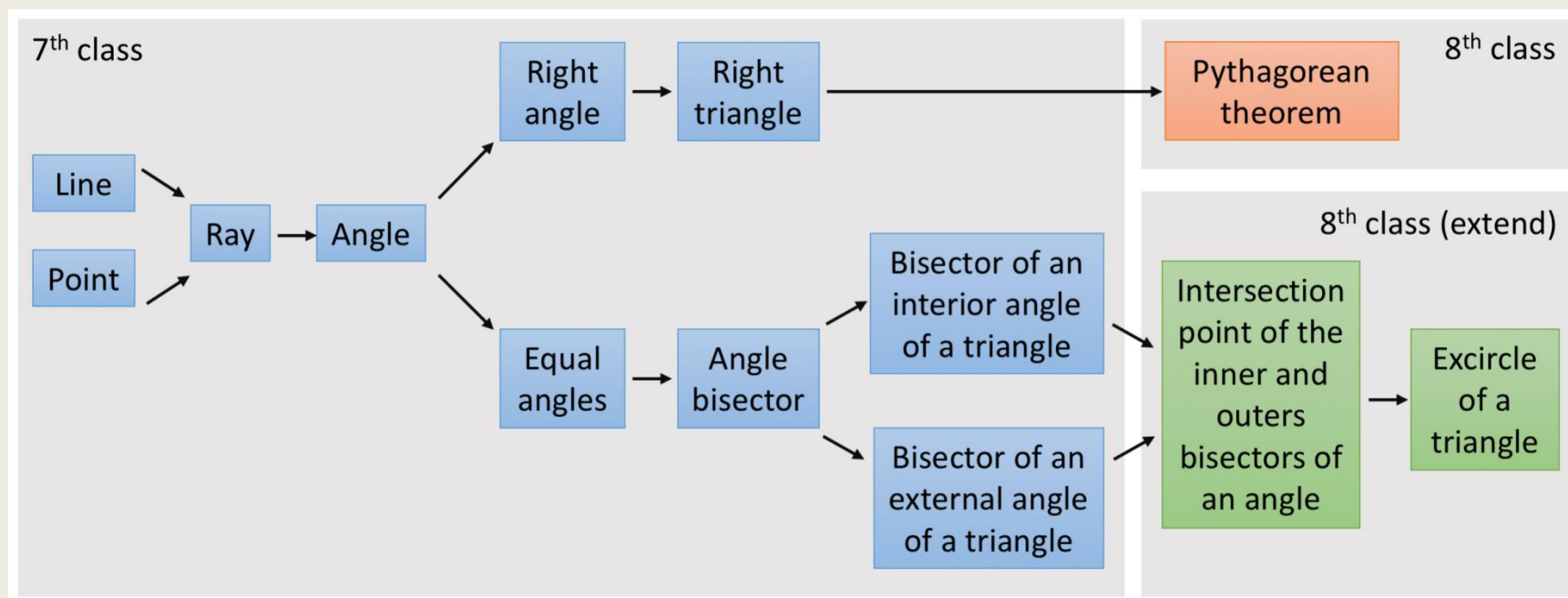
- Онтологический инжиниринг в области математического образования
- Проектирование полилингвальной математической онтологии OntoMathEdu
 - Отбор понятий
 - Описание понятий
 - Проекции онтологии
 - Структура онтологии OntoMathEdu
 - Пререквизиты

Пререквизиты

- **Концепт А** называется **пререквизитом для концепта В**, если изучение концепта А, является обязательным для понимания концепта В. Например, понимание концепта *Сложение* требуется для понимания концепта *Умножение*.
- OntoMathEdu предлагает **два подхода к определению пререквизитов**: прямым путем установления связи между двумя понятиями и, косвенно, путем организации понятий по образовательным уровням.
- Пример цепочки пререквизитов:

Точка [7-й класс] → Луч [7-й класс] → Угол [7-й класс] → Прямой угол [7-й класс] → Прямоугольный треугольник [7-й класс] → Теорема Пифагора [8-й класс].

Отношение «Пререквизит»



Карточка понятия

7 класс

8 класс

8 класс (профильный)

9 класс

9 класс (профильный)

Дополнительный уровень

Треугольник

Посмотреть на:

Mathvox, Yaklass, Wikipedia

Изучи сначала

Многоугольник

Связанные понятия

Биссектриса треугольника; Вершина треугольника; Вневписанная окружность треугольника; Внешний угол треугольника; Внутренний угол треугольника; Вписанная окружность треугольника; Медиана треугольника; Описанная окружность треугольника; Площадь треугольника; Средняя линия треугольника; Сторона треугольника; Точка пересечения медиан треугольника; Угол треугольника; Чевизна треугольника

Утверждения

Теорема о сумме углов треугольника

▲

Выпуклый многоугольник

▼

Остроугольный треугольник; Прямоугольный треугольник; Равнобедренный треугольник; Тупоугольный треугольник

OntoMathEdu: a Linguistically Grounded Educational Mathematical Ontology

The ontology is intended to be used as:

1) a Linked Open Data hub for mathematical education,
2) a linguistic resource for intelligent mathematical language processing,
3) an end-user reference educational database.
[Read more on GitHub](#)

Лингвистический уровень онтологии OntoMath^{Edu}

- многоязычные словари (лексиконы), определяющие способы выражения концептов из предметной онтологии в русском, английском и татарском языках
- Для представления многоязычных лексиконов онтологии разработана мета-онтологическая модель, которая базируется на существующих онтологиях [OntoLex/Lemon](https://www.w3.org/community/ontolex/) (<https://www.w3.org/community/ontolex/>; <https://www.w3.org/2016/05/ontolex/>), [LexInfo](https://lexinfo.net/) (<https://lexinfo.net/>) и [PreMOn](https://premon.fbk.eu/) (Predicate Model for Ontologies, <https://premon.fbk.eu/>).
- Таким образом разработанные лексиконы могут быть интегрированы в облако Лингвистических открытых связанных данных (Linguistic Linked Open Data, LLOD, <http://linguistic-lod.org/llod-cloud>).

Заключение

- Представлен процесс разработки новой образовательной онтологии OntoMath^{Edu} и кратко описана ее текущая версия.
- Выделены основные проблемы онтологического инжиниринга в образовательной сфере, связанные со спецификой предметного обучения в различных странах в различных образовательных системах, в том числе требующие учета методики преподавания и языка обучения.
- Онтология OntoMath^{Edu} является первой образовательной полилингвальной математической онтологией общего назначения, которая представлена в облаке Открытых связанных данных (Linked Open Data, LOD).
- Онтология OntoMath^{Edu} находится в процессе дальнейшей разработки, и в ближайших планах применить принципы моделирования, протестированные в настоящем проекте, для разработки других разделов школьной математики.

Спасибо за внимание!

- Вопросы?