

СЕРВИС ГЕНЕРАЦИИ УЧЕБНЫХ КАРТОЧЕК МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА ПО ГЕОМЕТРИИ

К. С. Николаев [0000-0003-3204-238X]

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г.Казань;
Казанский филиал Межведомственного суперкомпьютерного центра
Российской академии наук, г. Казань.*

konnikolaeff@yandex.ru

Аннотация

Представлен сервис генерации и визуализации учебных карточек математических понятий, основанный на онтологии школьной математики OntoMath^{Edu}. Приведены основные этапы сбора информации для отображения карточки понятия. Разработанный сервис применен в качестве рекомендационной системы в курсе дистанционного образования в Казанском федеральном университете (КФУ) «Технология решения планиметрических задач». Математические понятия, расположенные в текстах лекционных материалов, обогащены ссылками на соответствующую карточку понятия на сервисе.

Ключевые слова: онтологии, визуализация данных, информационные системы, математическое образование

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение семантических технологий в образовательный процесс является актуальной задачей для современных исследователей, так как семантические технологии позволяют значительно улучшить качество образовательного процесса. С учетом того, что дистанционные образовательные технологии формируют все большую часть образовательного контента, задача интеграции семантических технологий в образование становится необходимостью. Ведущим трендом внедрения ИКТ в процессы образования является разработка семантических методов, основанных на использовании предметных онтологий и моделей открытых связанных данных (Linked Open Data – LOD) [1, 2].

Одновременно с развитием концепции Linked Open Data возникали средства для визуализации открытых связанных данных, ориентированные на различные типы представления данных: в виде диаграмм, временных графиков, интерактивных веб-сервисов. В рамках данной работы наиболее важными являются разработки из группы интерактивных веб-сервисов, обеспечивающих навигацию по отдельным концептам в онтологии. Большинство решений по визуализации онтологий предоставляется в виде плагинов для Protégé (KC-Viz [3], GLOW[4] ProtégéVOWL [5]) либо в виде приложений для настольных компьютеров (OntoTrix [6]; Onto3DViz [7]). С другой стороны, веб-сервисы для визуализации онтологий в основном направлены на графовое представление данных (RDFDigest [8], RDFDigest+ [9], Ontodia [10]; WebVOWL [11]). Следовательно, необходима реализация веб-сервиса, ориентированного на визуализацию именно онтологий. Один из вариантов применения такого сервиса в образовательных задачах заключается в разметке образовательных текстов гиперссылками на соответствующие страницы веб-сервиса. Обогащение образовательных документов концептами онтологии позволяет решить проблему рекомендаций для пользователя курса. Рекомендационная система позволяет пользователю освежить знания о том или ином концепте, встречающемся в лекционных и тестовых материалах курса. Кроме того, задачей рекомендационной системы является предоставление доступа к концептам, связанным с текущим с помощью различных отношений: иерархических, пререквизитных и отношений онтологической связанности (например, концепт «Теорема Пифагора» онтологически связан с концептом «Прямоугольный треугольник»).

Для решения представленных задач был разработан сервис генерации и визуализации подробной информации о понятиях из онтологии школьной математики OntoMath^{Edu} (далее – Сервис).

НАБОРЫ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СЕРВИСОМ ГЕНЕРАЦИИ УЧЕБНЫХ КАРТОЧЕК МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

В качестве источника данных для Сервиса выступает онтология общеобразовательной математики OntoMath^{Edu}, разработанная в КФУ [12, 14].

Эта онтология состоит из трех уровней: лингвистический, состоящий из мно-

язычных лексиконов, которые обеспечивают лингвистическое обоснование понятий из предметного уровня онтологии; уровень базовых онтологий, построенный на онтологии UFO; и предметный уровень онтологии, включающий понятия из курса планиметрии (Рис. 1).

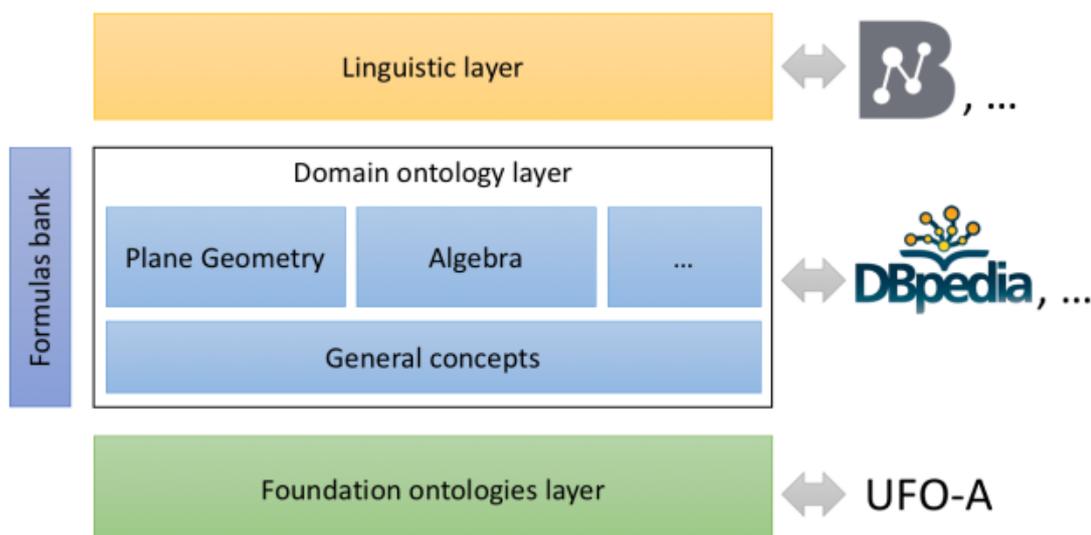


Рис. 1. Структура онтологии общеобразовательной математики OntoMath^{Edu}

Предметный уровень содержит две иерархии: иерархия объектов и иерархия материализованных отношений. Иерархия объектов отражает структуру отношений вида класс–подкласс между понятиями в онтологии. Иерархия материализованных отношений представляет набор отношений между двумя понятиями, представленными в виде полноценного третьего понятия. Фрагмент иерархии материализованных отношений приведен на Рис. 2.

Онтология также содержит систему пререквизитов, определяющую последовательность изучения понятий в рамках российской образовательной системы и разделение понятий по образовательным уровням (7–9 классы).

Помимо онтологии, сервис использует словарь определений понятий из онтологии, извлеченных из учебников по курсу геометрии общеобразовательного уровня Атанасяна Л.С., Шарыгина И.Ф. и Погорелова А.В.

АРХИТЕКТУРА СЕРВИСА

Сервис представляет из себя сервер, формирующий веб-страницу с информацией о понятии, переданном в параметр «concept» GET-запроса:

<http://84.39.245.172:5000/?concept=RCiPxSb430eL41PfyY97bqy>

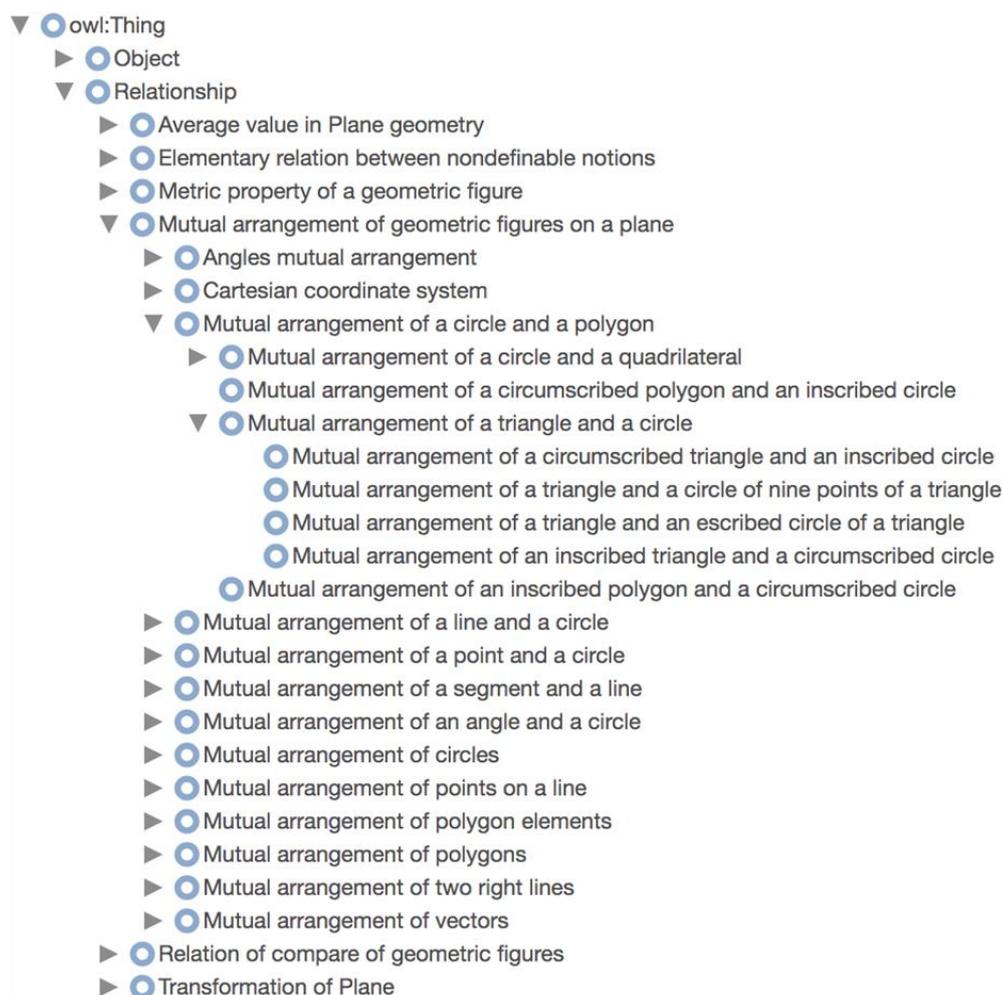


Рис. 2. Фрагмент иерархии материализованных отношений

Далее происходит извлечение из онтологии следующей информации о концепте:

1. Образовательный уровень.
2. Название.
3. Ссылки на внешние ресурсы (Wikipedia, Mathvox, Interneturok и другие).

Из дополнительного файла в формате *xlsx* извлекаются определения для текущего концепта.

Метод поиска соседних по иерархии объектов

В этом методе с помощью отношения «SubClassOf» определяются родительский и дочерние концепты для текущего понятия. Кроме того, производится

фильтрация результатов от концептов, для которых либо не доступно определение, либо нет концептов, полученных последующими методами.

Метод поиска непосредственных пререквизитов для текущего концепта

Для поиска пререквизитов применяется поиск триплетов вида [<Искомый пререквизит> – <отношение #hasPrerequisiteRu> – <Текущее понятие>]. Для концепта «Прямоугольный треугольник» пререквизитами являются «Прямой угол» и «Треугольник».

Метод поиска связанных понятий

Для поиска связанных понятий производится поиск триплетов вида [<Искомый пререквизит> - <отношение «является частью»> – <Текущее понятие>] и [<Текущее понятие> - <отношение «является частью»> – <Искомый пререквизит>] Таким образом для понятия «Прямоугольный треугольник» выделяются понятия «Гипотенуза» и «Катет».

Метод поиска утверждений

В этом методе производится поиск концептов, отражающих математические утверждения, которые связаны с текущим концептом отношением «предметность». Для концепта «Прямоугольный треугольник» связанными утверждениями являются понятия «Свойство сторон прямоугольного треугольника с углом 30°», «Теорема Пифагора», «Теорема о сумме острых углов прямоугольного треугольника».

По завершении подготовки данных для текущего концепта производится отрисовка веб-страницы с помощью микрофреймворка flask. Страница концепта состоит из блока header, содержащего список доступных образовательных уровней с возможностью переключения фильтрации отображаемых концептов для текущего пользователя. На Рис. 3 и Рис. 4 приведены различия в наборе концептов для 7-го класса и дополнительного уровня.

В основном блоке страницы находятся названия концепта, его определение, ссылки на внешние ресурсы, список пререквизитов, список связанных понятий, набор утверждений, а также блок навигации по иерархии объектов.

В фиксированном нижнем блоке находится справочная информация об онтологии, с приведением ссылки на страницу проекта в GitHub. На Рис. 5 приведен

пример страницы сервиса.

Треугольник

Посмотреть на: [Mathvox](#), [Yaklass](#), [Wikipedia](#)

Изучи сначала: [Многоугольник](#)

Связанные понятия: [Биссектриса треугольника](#); [Вершина треугольника](#); [Внешний угол треугольника](#); [Внутренний угол треугольника](#); [Медиана треугольника](#); [Сторона треугольника](#); [Угол треугольника](#)

Утверждения: [Теорема о сумме углов треугольника](#)

▲ [Выпуклый многоугольник](#)

▼ [Остроугольный треугольник](#); [Прямоугольный треугольник](#); [Равнобедренный треугольник](#); [Тупоугольный треугольник](#)

Рис. 3. Набор связанных концептов для концепта «Треугольник» с ограничением для 7-го класса

Треугольник

Посмотреть на: [Mathvox](#), [Yaklass](#), [Wikipedia](#)

Изучи сначала: [Многоугольник](#)

Связанные понятия: [Биссектриса треугольника](#); [Вершина треугольника](#); [Внеписанная окружность треугольника](#); [Внешний угол треугольника](#); [Внутренний угол треугольника](#); [Вписанная окружность треугольника](#); [Медиана треугольника](#); [Описанная окружность треугольника](#); [Площадь треугольника](#); [Прямая Эйлера в треугольнике](#); [Серединный треугольник](#); [Серединный треугольник, вписанный в треугольник](#); [Средняя линия треугольника](#); [Сторона треугольника](#); [Точка пересечения медиан треугольника](#); [Угол треугольника](#); [Чевiana треугольника](#)

Утверждения: [Теорема о сумме углов треугольника](#)

▲ [Выпуклый многоугольник](#)

▼ [Остроугольный треугольник](#); [Прямоугольный треугольник](#); [Равнобедренный треугольник](#); [Серединный треугольник](#); [Тупоугольный треугольник](#)

Рис. 4. Набор связанных концептов для концепта «Треугольник» с ограничением для дополнительного уровня

The screenshot shows a service page for the concept "Right-angled triangle" (Прямоугольный треугольник). At the top, there are navigation links for different grade levels: "7 класс", "8 класс", "8 класс (профильный)", "9 класс", "9 класс (профильный)", and "Дополнительный уровень". The main title is "Прямоугольный треугольник". Below the title, there are several sections:

- Определение:** Прямоугольным называется треугольник, у которого есть прямой угол. (И.Ф. Шарыгин)
- Посмотреть на:** [Interneturok](#), [Mathvox](#), [Wikipedia](#)
- Изучи сначала:** [Прямой угол](#); [Треугольник](#)
- Связанные понятия:** [Гипотенуза](#); [Катет](#)
- Утверждения:** [Свойство сторон прямоугольного треугольника с углом 30°](#); [Теорема Пифагора](#); [Теорема о сумме острых углов прямоугольного треугольника](#)

At the bottom, there are two small icons: a triangle and a horizontal line, with the word "Треугольник" next to them.

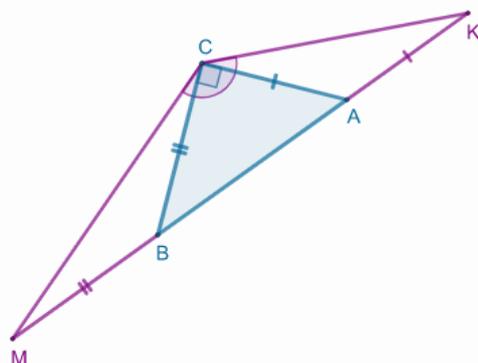
Рис. 5. Пример страницы сервиса для концепта «Прямоугольный треугольник»

Сервис применяется в качестве рекомендательной системы в дистанционном курсе по планиметрии на образовательной платформе edu.kpfu.ru. На Рис. 6 приведен пример страницы курса с ссылками на соответствующие понятия в тексте (например, в предложении « Δ АКС и Δ ВМС являются равнобедренными» ссылка на слове «равнобедренными» ведет на страницу сервиса «Равнобедренный треугольник»).

Сервис находится в открытом доступе по адресу <http://84.39.245.172:5000/?concept=RDE5zanRvaa9BRn3cYniCkv>.



Следующим этапом решения задачи является анализ, включающий нахождение определений, теорем, связанных с данными из условия и фигурами на чертеже.



- ? Какие из следующих утверждений являются верными и полностью соответствуют чертежу?
1. $\angle MCK$ – тупой.
 2. $\triangle AKC$ и $\triangle BMC$ являются равнобедренными.
 3. $\angle MCK$ – острый.
 4. $\angle MBC$ – смежный с $\angle ABC$.
 5. $\angle ACK$ и $\angle BCM$ вертикальные.
 6. $\angle BCM$ – внешний для $\triangle AKC$.
 7. Сумма острых углов прямоугольного треугольника $\triangle ABC$ равна 90° .
 8. $\angle ABC$ – внешний для $\triangle BMC$.

! Запиши номера верных утверждений (в порядке возрастания без запятой, например, 1358).

Рис. 6. Страница курса «Технология решения планиметрических задач» с гиперссылками на сервис генерации и визуализации информации о понятиях из онтологии школьной математики OntoMath^{Edu}

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен сервис генерации и визуализации подробной информации о понятиях из онтологии школьной математики OntoMath^{Edu}. Приведены основные этапы получения данных и формирования веб-страницы для понятия из онтологии. Сервис применяется для улучшения качества усвоения материала в рамках дистанционного курса по планиметрии на платформе дистанционного образования КФУ. Разработанный сервис является частью цифровой экосистемы OpenMath [15, 16].

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 21-11-00105).

Выражаю особую благодарность моему научному руководителю Невзоровой Ольге Авенировна, к. т. н., доценту кафедры информационных систем за зна-

чимые замечания и важнейшие советы при проведении исследования и оформления данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. LinkingOpenData. W3C SWEO Community Project. URL: <https://www.w3.org/wiki/SweoIG/TaskForces/CommunityProjects/LinkingOpenData>.
2. *Berners-Lee T.* Linked Data – Design Issues, 2009. URL: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.
3. *Motta E. et al.* A novel approach to visualizing and navigating ontologies // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2011. Vol. 7031 LNCS, No. 1. P. 470–486.
4. *Hop W. et al.* Using hierarchical edge bundles to visualize complex ontologies in GLOW // Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing. New York, NY, USA: ACM. 2012. P. 304–311.
5. *Lohmann S., Negru S., Bold D.* The ProtégéVOWL Plugin: Ontology visualization for everyone // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2014. Vol. 8798. P. 395–400.
6. *Bach B., Pietriga E., Liccardi I.* Visualizing Populated Ontologies with OntoTrix // Int. J. Semant. Web Inf. Syst. 2013. V. 9, No. 4. P. 17–40.
7. *Guo S.S., Chan C.W.* A tool for ontology visualization in 3D graphics: Onto3DViz // CCECE 2010. IEEE, 2010. P. 1–4.
8. *Troullinou G. et al.* RDF digest: Efficient summarization of RDF/S KBs // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2015. V. 9088. P. 119–134.
9. *Troullinou G. et al.* Exploring RDFS KBs using summaries // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2018. V. 11136. LNCS. P. 268–284.
10. *Mouromtsev D. et al.* The simple, Web-based tool for visualization and sharing of semantic data and ontologies // CEUR Workshop Proc. 2015. Vol. 1486.
11. *Lohmann S. et al.* WebVOWL: Web-based visualization of ontologies // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2015. V. 8982. P. 154–158.

12. Фалилеева М.В., Кириллович А.В., Невзорова О.А., Шакирова Л.Р., Липачёв Е.К., Дюпина А.Э. Разработка образовательных проекции математической онтологии OntoMathEdu // Научный сервис в сети Интернет: труды XXII Всероссийской научной конференции (21–25 сентября 2020 г., онлайн). М.: ИПМ им. М.В.Келдыша. 2020. С. 604–611.

13. Фалилеева М.В., Кириллович А.В., Невзорова О.А., Шакирова Л.Р., Липачёв Е.К., Дюпина А.Э. Системы образовательных проекций, уровней и пререквизитов математической онтологии OntoMathEDU // Электронные библиотеки. 2021. Т. 24. № 3. С. 505–530. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2021-24-3-505-530>.

14. OntoMathEdu: a Linguistically Grounded Educational Mathematical Ontology. URL: <https://github.com/CLLKazan/OntoMathEdu>.

15. Елизаров А.М., Кириллович А.В., Липачёв Е.К., Невзорова О.А. Цифровая экосистема OntoMath как подход к построению пространства математических знаний // Электронные библиотеки. 2023. Т. 26. № 2. С. 154–202. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2023-26-2-154-202>.

16. Елизаров А.М., Кириллович А.В., Липачёв Е.К., Невзорова О.А. Цифровая экосистема OntoMath: взаимодействие семантических сервисов и математических онтологий // Научный сервис в сети Интернет: труды XXIV Всероссийской научной конференции (19–22 сентября 2022 г., онлайн). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2022. С. 167–178. <https://doi.org/10.20948/abrau-2022-40>.

SERVICE FOR GENERATING EDUCATIONAL CARDS OF MATHEMATICAL CONCEPTS FOR A DISTANCE LEARNING COURSE IN GEOMETRY

K. S. Nikolaev^[0000-0003-3204-238X]

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan;

Joint Supercomputer Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan

konnikolaeff@yandex.ru

Abstract

A service for generating and visualizing educational cards of mathematical concepts based on the ontology of school mathematics OntoMathEdu is presented. The main stages of collecting information for displaying the concept card are given. The developed service is used as a recommendation system in the distance education course of KFU "Technology for solving planimetric problems". Mathematical concepts located in the texts of lecture materials are enriched with links to the corresponding concept card on the service.

Keywords: *ontologies, data visualization, information systems, mathematical education*

REFERENCES

1. LinkingOpenData. W3C SWEO Community Project. URL: <https://www.w3.org/wiki/SweoIG/TaskForces/CommunityProjects/LinkingOpenData>.
2. *Berners-Lee T.* Linked Data – Design Issues, 2009. URL: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.
3. *Motta E. et al.* A novel approach to visualizing and navigating ontologies // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2011. V. 7031 LNCS, № 1. P. 470–486.
4. *Hop W. et al.* Using hierarchical edge bundles to visualize complex ontologies in GLOW // Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing. New York, NY, USA: ACM. 2012. P. 304–311.
5. *Lohmann S., Negru S., Bold D.* The ProtégéVOWL Plugin: Ontology visualization for everyone // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture

Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2014. V. 8798. P. 395–400.

6. *Bach B., Pietriga E., Liccardi I.* Visualizing Populated Ontologies with OntoTrix // *Int. J. Semant. Web Inf. Syst.* 2013. V. 9, No. 4. P. 17–40.

7. *Guo S.S., Chan C.W.* A tool for ontology visualization in 3D graphics: Onto3DViz // *CCECE 2010. IEEE, 2010.* P. 1–4.

8. *Troullinou G. et al.* RDF digest: Efficient summarization of RDF/S KBs // *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 2015. V. 9088. P. 119–134.

9. *Troullinou G. et al.* Exploring RDFS KBs using summaries // *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 2018. V. 11136. P. 268–284.

10. *Mouromtsev D. et al.* The simple, Web-based tool for visualization and sharing of semantic data and ontologies // *CEUR Workshop Proc.* 2015. Vol. 1486.

11. *Lohmann S. et al.* WebVOWL: Web-based visualization of ontologies // *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 2015. V. 8982. P. 154–158.

12. *Falileeva M.V., Kirillovich A.V., Nevzorova O.A., Shakirova L.R., Lipachev E.K., Dyupina A.E.* Razrabotka obrazovatel'nyh proekcii matematicheskoy ontologii OntoMathEdu // *Nauchnyj servis v seti Internet: trudy XXII Vserossijskoj nauchnoj konferencii (21-25 sentyabrya 2020 g., onlajn)*. M.: IPM im. M.V. Keldysha. 2020. S. 604–611.

13. *Falileeva M.V., Kirillovich A.V., Nevzorova O.A., Shakirova L.R., Lipachev E.K., Dyupina A.E.* Educational projection systems, levels and prerequisites of mathematical ontology OntoMathEDU // *Russian Digital Libraries Journal*. 2021. T. 24. No. 3. S. 505–530. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2021-24-3-505-530>.

14. OntoMathEdu: a Linguistically Grounded Educational Mathematical Ontology. URL: <https://github.com/CLLKazan/OntoMathEdu>.

15. *Elizarov A.M., Kirillovich A.V., Lipachev E.K., Nevzorova O.A.* Digital ecosystem ontomathas an approach to building the space of mathematical knowledge // *Russian Digital Libraries Journal*. 2023. T. 26. No. 2. S. 154–202. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2023-26-2-154-202>.

16. *Elizarov A.M., Kirillovich A.V., Lipachev E.K., Nevzorova O.A.* OntoMath Digital Ecosystem: Semantic Service and Mathematical Ontologies // *Nauchnyj servis v seti*

Internet: trudy XXIV Vserossijskoj nauchnoj konferencii (19–22 sentyabrya 2022 g., onlajn). M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2022. S. 167–178.

URL: <https://keldysh.ru/abrau/2022/theses/40.pdf>. <https://doi.org/10.20948/abrau-2022-40>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



Николаев Константин Сергеевич – ассистент кафедры системного анализа и информационных технологий Института Вычислительной математики и информационных технологий Казанского федерального университета. Основные направления научных исследований: обработка естественного языка, искусственный интеллект.

Konstantin Sergeevich Nikolaev – Assistant of the Department of System Analysis and Information Technologies of the Institute of Computational Mathematics and Information Technologies of Kazan Federal University. Major fields of scientific research are Natural Language processing, artificial intelligence.

email: konnikolaeff@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-3204-238X

Материал поступил в редакцию 25 марта 2023 года