

УДК 004.65 + 004.053 + 005 + 001.5

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО ПРОСТРАНСТВА НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

О. М. Атаева¹ [0000-0003-0367-5575], Н. Е. Каленов² [0000-0001-5269-0988],
В. А. Серебряков³ [0000-0003-1423-621X]

¹Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, г. Москва, ул. Вавилова, 40;

²Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН, г. Москва, Ленинский проспект, 32а; Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, г. Москва, ул. Вавилова, 40;

³Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, г. Москва, ул. Вавилова, 40

¹oli@ultimeta.ru, ²nekalenov@mail.ru, ³serebr@ultimeta.ru

Аннотация

Несмотря на развитие технических средств, усложняются процессы, связанные с поиском полной и точной научной информации в огромном количестве источников данных. Для выхода на новый уровень в использовании технологий обработки информации, в первую очередь, необходим переход к семантически значимому представлению научных знаний, извлекаемых из информации в цифровой среде. В современных условиях, характеризующихся мультидисциплинарностью исследований, необходимого эффекта можно достичь, разработав универсальные подходы к хранению и представлению научных знаний. Эти подходы нашли свое отражение в концепции Единого цифрового пространства научных знаний. В работе представлен обзор основных понятий в этой области, используемых как для представления элементов пространства, так и для обеспечения доступа к ним не только для человека, но и для программных агентов. В качестве инструментария для конструирования пространства знаний рассмотрены семантические библиотеки.

Ключевые слова: *пространство знаний, цифровое пространство знаний, онтологии, метаданные, научные знания, уровни метаданных, проектирование онтологии, семантические библиотеки.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие цифровизации многих сторон жизни общества поставило его перед необходимостью накопления и обработки большого объема информации. Происходит интенсивное развитие информационных ресурсов нового типа, возникают новые научные ресурсы, широко использующие цифровое представление. Появилось большое количество источников информации, которые предоставляют данные в разных видах и форматах. Несмотря на развитие технических средств, усложняются процессы, связанные с поиском полной и точной научной информации, резко возрастает время, необходимое на обработку данных. С появлением парадигмы Semantic Web для решения этих проблем делаются попытки формализации знаний в различных областях науки на основе разрабатываемых онтологий. Это дает возможность семантической обработки информации, извлечения новых знаний.

Для выхода на новый уровень в использовании возможностей технологий обработки информации, бурно развивающихся сегодня, в первую очередь, необходим переход к семантически значимому представлению научных знаний, извлекаемых из информации в цифровой среде. Хотя каждая область науки имеет свою специфику, в современных условиях, характеризуемых мультидисциплинарностью исследований и взаимопроникновением научных направлений, необходимого эффекта можно достичь, только разработав универсальные подходы к хранению и представлению научных знаний. Эти подходы нашли свое отражение в концепции создания Единого цифрового пространства научных знаний (ЕЦПНЗ) [1, 2].

Развитие технологий позволяет шире взглянуть на определение ЕЦПНЗ и обобщить накопившийся опыт в реализации различных решений в этой области. Далее представлен обзор основных понятий в этой области, используемых как для представления элементов пространства, так и для обеспечения доступа к ним не только человека, но и программных агентов, что открывает широкие

возможности их обработки и использования в различных областях потребления заинтересованными участниками научной деятельности.

Системность научной информации [4, 5] подразумевает опору на исследование разнообразных зависимостей. Спецификой такой информации является четкая структура организации научных данных в иерархические структуры, пронизанные горизонтальными связями. Как следствие, обеспечивается однозначная интерпретация научного знания различными исследователями.

Определение *научных знаний* тесно связано с понятием *научной информации*, которая определяется по ГОСТ 7.0-99 [6] как логически организованная информация, получаемая в процессе научного познания и отображающая явления и законы природы, общества и мышления. Как видно из определения, эти два понятия (*научная информация* и *научные знания*) часто используются как синонимы. Далее в тексте использован термин *научные знания*, на наш взгляд, наиболее точно отражающий смысл.

1. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЕЦПНЗ

Под *пространством научных знаний* понимается проверенная научным сообществом система знаний из разных областей науки. При этом *цифровое пространство научных знаний* (ЦПНЗ) представляет собой цифровую среду, в которую интегрированы проверенные научным сообществом информационные ресурсы и объекты, отражающие научные знания из некоторой области науки. Подпространство ЦПНЗ является частью пространства, ограниченного рамками определенной предметной области. Фактически ЕЦПНЗ состоит из совокупности подпространств, относящихся к различным направлениям науки и построенных по единым принципам.

Несмотря на то, что существуют отдельные примеры формализации знаний в разных предметных областях [7–15], обобщенный подход к определению цифрового пространства научных знаний отсутствует. Анализ примеров формализации пространства знаний в различных областях свидетельствует о том, что основными составляющими ЕЦПНЗ в целом и каждого его подпространства в частности являются *онтология* и *контент*.

В качестве *контента* рассматриваются совокупность цифровых копий объектов реального мира и описание профилей их метаданных, тогда как *онто-*

логия включает универсальное описание структуры данных ЕЦПНЗ, т. е. онтология ЕЦПНЗ содержит классы объектов, отражаемых в каждом подпространстве, виды связей между этими классами и их объектами как внутри одного подпространства, так и между подпространствами, а также правила отражения объектов в ЕЦПНЗ.

2. ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ОНТОЛОГИИ ЕЦПНЗ

Построение онтологии подпространства ЕПНЦЗ может быть представлено с точки зрения двух ортогональных подходов:

1. Вводятся термины, характерные для рассматриваемой научной предметной области, соединенные различными связями (как иерархическими, так и горизонтальными);

2. Вводится набор определений, который на более абстрактном уровне описывает множества объектов научной предметной области, фактически задавая структуру их описания и отношений между ними.

В различных исследованиях [3, 7–10, 16, 17] в обоих случаях говорят о построении или тезауруса, или онтологии предметной области. Но, по сути, это два совершенно разных подхода к описанию предметной области, которые не являются при этом взаимоисключающими, а должны дополнять друг друга. Такой подход позволяет, с одной стороны, отдельно сконцентрироваться только на типах информационных ресурсов, которые являются элементами пространства знаний, и описать основные понятия, характерные для этой предметной области. С другой стороны, говоря о тезаурусе, надо иметь в виду набор понятий и терминов, которые обеспечивают терминологическую поддержку понятий онтологии предметной области. Исходя из вышесказанного, считаем, что тезаурус пространства знаний – это полный систематизированный набор терминов какой-либо области знаний, в значительной мере относящийся к лексике, используемой в конкретной области, тогда как онтология описывает ресурсы предметной области и их взаимосвязи. Для каждой предметной области набор ресурсов может отличаться как по формату, так и по набору самих ресурсов.

Онтология научного пространства знаний [18]– это сложная многоуровневая система понятий, описывающих ресурсы и объекты предметной области, концептов, терминов и связей между ними, характеризующаяся открытой

иерархической и динамичной структуризацией и служащая как для хранения существующих знаний и их структуризации, так и для извлечения новых.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОНТОЛОГИИ ЕЦПНЗ

Проектирование общесистемной части онтологии ЕЦПНЗ предполагает выделение совокупности универсальных и общесистемных классов, а также определение их атрибутов. Среди универсальных классов выделяются общесистемные классы, экземпляры объектов которых могут одновременно относиться к различным подпространствам. К ним относятся персоны (один ученый может работать в различных областях науки), организации (одна организация может заниматься политематическими исследованиями), географические понятия, политематические журналы, сборники, базы данных и др.

Наряду с такими классами в каждом подпространстве могут существовать классы, специфичные именно для данного подпространства. Проектирование контента тематического подпространства включает создание его предметной онтологии, определение классов объектов и их атрибутов, специфичных для данного научного направления. Предметная онтология подпространства включает в себя совокупность индексов классификационных систем, ключевых терминов с их тезаурусными связями, относящихся к данному научному направлению, совокупность метаданных, специфичных для этого подпространства.

4. УРОВНИ МЕТАДАНЫХ ОНТОЛОГИИ ЕЦПНЗ

Фактически, решая задачу проектирования онтологии, приходим к необходимости использования метаданных разного уровня:

1. метаданные как универсальные понятия ЕЦПНЗ;
2. метаданные как часть описания объектов прикладной области или подмножества ЕЦПНЗ;
3. метаданные прикладной области как таковые.

В такой онтологии на верхнем уровне используются понятия, по сути своей относящиеся к высокоуровневым онтологиям и не связанные со спецификой какой-то конкретной предметной области. На втором уровне используются понятия, описывающие предметную область, при этом являющиеся экземплярами классов, определенных на первом уровне, но используемые как определения

классов для описания данных третьего уровня уже в конкретной предметной области. Иными словами, на первом уровне даются определения основных понятий, которые используются при формировании ЕЦПНЗ, в том числе:

- тематическое подпространство;
- контент ЕЦПНЗ (совокупность информационных объектов);
- информационный объект (цифровая копия объекта реального мира или специально созданный цифровой объект, отражающий определенные свойства реального объекта);
- идентификатор информационного объекта – элемент данных, позволяющий однозначно идентифицировать объект в ЕЦПНЗ;
- атрибуты цифрового объекта (набор метаданных (свойств объекта), характеризующих объект с точки зрения задач ЕЦПНЗ);
- источник данных (объект реального мира, содержащий информацию, отраженную в атрибутах цифрового объекта);
- предметная онтология подпространства – совокупность индексов классификационных систем, ключевых терминов с их тезаурусными связями, относящихся к данному научному направлению;
- предметная онтология ЕЦПНЗ – совокупность предметных онтологий отдельных подпространств;
- тезаурусные связи – связи между двумя элементами А и В предметной онтологии, принимающие одно из 4-х значений: «А эквивалентно В», «А входит в В», «А содержит В», «А пересекается с В»;
- локальный класс объектов – объекты, относящиеся к одному тематическому подпространству
- универсальный класс объектов – объекты, связанные с несколькими тематическими подпространствами.

На втором уровне мы описываем понятия конкретной предметной области как экземпляры классов первого уровня, т. е., например, конкретный тезаурус, конкретные типы информационных ресурсов, источников данных и т. д.

Понятия второго уровня используются как определения классов на третьем уровне при заполнении онтологии данными, которые являются экземплярами классов второго уровня. При этом, если новые введенные понятия являются

на втором уровне экземплярами обозначенных ресурсов первого уровня, то при наполнении онтологии ЕЦПНЗ мы используем их в качестве классов для описания данных. Рассмотрение экземпляров в качестве классов называют *метамоделированием*. И хотя даже прямая семантика языка онтологий OWL2, используемого для описания онтологий, не позволяет такого метамоделирования, это ограничение в языке обходится с помощью синтаксического трюка, известного под названием *running*. Это означает, что когда идентификатор экземпляра встречается в аксиоме класса, он рассматривается как класс, а когда этот же идентификатор встречается в отдельном утверждении, то рассматривается как экземпляр.

Итак, выполняя построение онтологии подпространства ЕЦПНЗ или конкретной предметной области, фактически конструируют трехуровневую онтологию, в которой экземпляры первого уровня – это высокоуровневые понятия, на втором уровне описываются понятия конкретной предметной области как экземпляры в терминах первого уровня и используются как определения классов на третьем уровне при заполнении онтологии данными.

5. СЕМАНТИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА КАК ИНСТРУМЕНТ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЕЦПНЗ

Формирование модели с перечисленными свойствами отвечает требованиям конструирования онтологии семантической научной библиотеки, близкой, по сути, к высокоуровневым онтологиям [20] для предметных областей науки. Фактически понятия делятся на три категории: первая включает определения понятий контента семантической библиотеки; вторая категория относится к определению понятий, необходимых для поддержки терминов в тезаурусе предметной области, и третья включает определения, необходимые для определения процессов интеграции контента этих ресурсов [21–24]. На основе этих определений могут быть описаны такие основные процессы, как, например, интегрирование данных из разных источников, категоризация/классификация, отображение разных моделей данных источников на заданную предметную область, построение классов эквивалентности и т. д. Такой подход хорошо согласуется с вышеописанной трехуровневой онтологией и позволяет говорить о семантических библиотеках как инструменте для построения подпространств ЕЦПНЗ.

Семантическая библиотека должна поддерживать модель данных для описания научных ресурсов и позволяет не ограничиваться при разработке строго очерченным набором ресурсов. Применение описанной модели позволяет понизить сложность (размерность) как самой модели данных, так и систем, разрабатываемых на ее основе. Получаемые модели более абстрактны, состоят из меньшего количества понятий с более простыми связями и не привязаны к определенным предметным областям. Использование этой модели данных делает возможной динамическую трансформацию и интерпретацию модели данных в приложении, позволяет настраивать решения под определенную предметную область. Фактически появляется возможность воспроизвести и поддерживать в процессе развития описание различных структур и процессов, используемых в рассматриваемой предметной области. Такой подход позволяет значительно улучшить качество обработки и поиска поступающих ресурсов и данных в рамках ограниченной предметной области не только за счет использования ее тезауруса, но и за счет гибкости описания представления имеющихся ресурсов. А также позволяет структурировать и связать различные ресурсы, извлечь из них и контекстуализировать разнообразные данные, превращая их в знания.

Приведем основные виды задач, реализуемых в семантической библиотеке, предназначенной для конструирования подпространства ЕЦПНЗ:

- описание контента информационной системы;
- реализация задач интеграции данных из внешних источников;
- поддержка коллекций;
- поиск и навигация по объектам системы;
- поддержка пользователей.

6. ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ «МАТЕМАТИКА»

Рассмотрим в качестве примера реализации подпространства ЕЦПНЗ предметную область «Математика» и ее раздел «обыкновенные дифференциальные уравнения» (далее ОДУ). На основе предложенного подхода было выполнено конструирование многоуровневой онтологии. В качестве тезауруса использован тезаурус ОДУ [19]. Особенность этого тезауруса заключается в том, что он содержит не только сами понятия и термины, но и ссылки на публикации, в которых вводятся/определяются эти понятия, их математические записи. Так-

же использованы различные математические классификаторы, такие, как MSC и математическая часть УДК, статьи математической энциклопедии. Структура понятий математической энциклопедии не обладает иерархией как таковой, но благодаря использованию связанных с понятиями кодов MSC удалось выделить тематически связанные термины отдельных разделов математики. Были отдельно выделены формулы и каждому понятию при возможности был сопоставлен набор соответствующих формул.

В качестве информационных ресурсов здесь использовались такие ресурсы, как события, теоремы, персоны, публикации. Отдельно выделяются формулы, поскольку математика подразумевает их наличие. Это семантический объект с разными связями. Формулы могут быть связаны с разными объектами, обладать различными метками и т. д. В качестве источников данных были использованы два крупных источника: это DBpedia и MathNet.

В качестве контента были использованы около 4000 публикаций, формулы, персоны, статьи математической энциклопедии. Формулы были извлечены из описаний математических текстов и на основе этих данных были сформулированы и выведены дополнительные связи: между MSC и УДК, между формулами и MSC, формулами и УДК.

Рассмотрим кратко как для описания тезауруса ОДУ базовая онтология тезауруса расширяется на втором уровне для того, чтобы учесть все особенности модели этого тезауруса. Рассмотрим понятия, необходимые для описания на всех уровнях онтологии и связи между ними:

– На первом уровне используются классы, необходимые для описания общей модели, такие как *информационный ресурс*, *тезаурус*, *концепт*, *атрибут тезауруса* и т. д.

– На втором уровне описываются понятия конкретной предметной области как экземпляры в терминах первого уровня:

- *Математическая запись* – экземпляр класса *атрибут тезауруса*. Используется для хранения строки формулы;
- *Математическое примечание* – также экземпляр класса *атрибут тезауруса*; используется для хранения текста с формулами;

- *Литература* – экземпляр класса *информационный ресурс*, для описания литературы, включённой в тезаурус ОДУ;
- На третьем уровне используем понятия первого и экземпляры второго уровней как определения классов на третьем уровне.

Для поддержки формул в онтологию на втором уровне было введено понятия *Формула*, которое позволяет хранить оригинальную строку формулы из источника и связано отношениями с *информационными объектами* и *понятиями* тезауруса. Таким образом, можно построить сеть связей формулы с различными объектами, составляющими контент рассматриваемого подпространства.

С использованием такого подхода к описанию онтологии для каждой публикации на основе ее названия, аннотации и ключевых слов были выявлены связи с тезаурусом ОДУ. В качестве семантических меток были использованы термины математической энциклопедии. Такое связывание позволило выявить с некоторой долей вероятности статьи, относящиеся к предметной области ОДУ в имеющемся наборе публикаций, выявить межпредметные связи и рубрики и организовать их в коллекции на основе тезауруса и выявленных семантических меток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены основные принципы построения онтологии ЕЦПНЗ и набор основных понятий для построения описания произвольной предметной области. Продемонстрирован пример разработки онтологии ЕЦПНЗ для предметной области «Математика». Дальнейшие работы ориентированы на использование математического аппарата, лежащего в основе дескриптивных логик, на которых базируются онтологии, и использование средств логического вывода новых фактов. Такой подход позволяет выявлять скрытые знания и находить противоречия в имеющихся, что повышает достоверность знаний.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты №№20-07-00324, 18-00-00297, 18-00-00372.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антопольский А.Б., Каленов Н.Е., Серебряков В.А., Сотников А.Н. О едином цифровом пространстве научных знаний // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89, № 7. С. 728–735.
2. Антопольский А.Б. и др. Принципы построения и структура единого цифрового пространства научных знаний (ЕЦПНЗ) // Научно-техническая информация. Сер. 1. 2020. № 4. С. 9–17.
3. Муромский А.А., Тучкова Н.П. Представление математических понятий в онтологии научных знаний // Онтология проектирования. 2019. Т. 9, № 1 (31). С. 50–69.
4. Губанов Н.И., Губанов Н.Н., Волков А.Э. Критерии истинности и научности знания // Философия и общество. 2016. №3 (80). С. 78–95.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-istinnosti-i-nauchnosti-znaniya>
5. Ильин В.В., Калинин А.Т. Природа науки: Гносеологический анализ. М.: Высшая школа, 1985. 230 с.
6. ГОСТ 7.0-99. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.0-99 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения». Постановление Госстандарта РФ от 7 октября 1999 г. N 334-ст.
7. Гуревич И.Б., Трусова Ю.О. Тезаурус и онтология предметной области «Анализ изображений» // Всероссийская конф. с междунар. участием «Знания – Онтологии – Теории» (ЗОНТ–09). Новосибирск: Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН. 2009. 10 с.
8. Hlava M.M.K. The Taxobook: History, Theories, and Concepts of Knowledge Organization, Part 1 of a 3-Part Series // Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services. 2014. V. 6, No. 3. P. 1–80.
9. Hlava M.M.K. The taxobook: Principles and practices of building taxonomies, part 2 of a 3-Part Series // Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services. 2014. V. 6, No. 4. P. 1–164.
10. Hlava M.M.K. The Taxobook: Applications, Implementation, and Integration in Search: Part 3 of a 3-Part Series // Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services. 2014. V. 6, No. 4. P. 1–156.

11. *Бездушный А.Н., Жижченко А.Б., Кулагин М.В., Серебряков В.А.* Интегрированная система информационных ресурсов РАН и технология разработки цифровых библиотек // Программирование. 2000. №4. С. 3–14.

12. *Ахлёстин А.Ю., Лаврентьев Н.А., Фазлиев А.З.* Систематизация научных графических ресурсов по молекулярной спектроскопии // Научный сервис в сети Интернет: труды XIX Всероссийской научной конференции (18–23 сентября 2017 г., г. Новороссийск). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2017. С. 34–42.

URL: <http://keldysh.ru/abrau/2017/39.pdf> doi:10.20948/abrau-2017-39

13. *Сотников А.Н. и др.* Принципы построения и формирования электронной библиотеки «Научное наследие России» // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 30–40.

14. *Елизаров А.М. и др.* Онтологии математического знания и рекомендательная система для коллекций физико-математических документов // Докл. РАН. 2016. Т. 467, № 4. С. 392–395.

15. *Митрофанова О.А., Константинова Н.С.* Онтологии как системы хранения знаний // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы». 2008. 54 с.

16. *Dextre Clarke S.G., Zeng M.L.* From ISO 2788 to ISO 25964: The evolution of thesaurus standards towards interoperability and data modelling // Information Standards Quarterly (ISQ). 2012. V. 24, No. 1. P. 20–26.

17. *Костин В.В.* Обзор семантических моделей, описывающих научные публикации и научно-исследовательскую деятельность // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции (RCDL–2014). 2014. С. 131–136.

18. *Gruber T.* Ontology of folksonomy: A mash-up of apples and oranges // International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS). 2007. V. 3, No. 1. P. 1–11.

19. *Муромский А.А., Тучкова Н.П.* О тезаурусе для предметной области «Обыкновенные дифференциальные уравнения». Вычисл. центр им. А.А. Дородницына РАН. 2004.

20. *Mascardi V., Cordi V., Rosso P.* A Comparison of Upper Ontologies. 2007. 10 p.

21. Katsis Y., Papakonstantinou Y. View-based data integration // Encyclopedia of Database Systems. 2009. P. 3332–3339.
 22. Xu L., Embley D.W. Combining the Best of Global-as-View and Local-as-View for Data Integration // ISTA. 2004. V. 48. P. 123–136.
 23. Noy N.F. Semantic integration: a survey of ontology-based approaches // ACM Sigmod Record. 2004. V. 33, No. 4. P. 65–70.
 24. Zhao L., Ichise R. Ontology integration for linked data // Journal on Data Semantics. 2014. V. 3, No. 4. P. 237–254.
-

ONTOLOGICAL APPROACH TO THE DESCRIPTION OF A COMMON DIGITAL SPACE OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

O. M. Ataeva¹ [0000-0003-0367-5575], N. E. Kalenov² [0000-0001-5269-0988],
V. A. Serebryakov³ [0000-0003-1423-621X]

¹*Dorodnicyn Computing Centre FRC CSC RAS, Moscow*

²*Joint Supercomputer Center of the RAS, Moscow;* ¹*Dorodnicyn Computing Centre FRC CSC RAS, Moscow*

³*Dorodnicyn Computing Centre FRC CSC RAS, Moscow*

¹oli@ultimeta.ru, ²nekalenov@mail.ru, ³serebr@ultimeta.ru

Abstract

Despite the development of technical means, the processes associated with the search for complete and accurate scientific information in a huge number of data sources are becoming more complicated. To reach a new level in the use of information processing technologies, first of all, a transition to a semantically meaningful representation is necessary for scientific knowledge extracted from information in a digital environment. In modern conditions, characterized by multidisciplinary research, the desired effect can be achieved by developing universal approaches to the storage and presentation of scientific knowledge. These approaches are reflected in the concept of the Common Digital Space of Scientific Knowledge. The paper presents an overview of the basic concepts in this area, which are used both to represent the elements of space and to provide access to them not only for humans, but also for

software agents. Semantic libraries are considered as tools for constructing the knowledge space.

Keywords: *knowledge space, digital knowledge space, ontologies, metadata, scientific knowledge, metadata levels, ontology design, semantic libraries.*

REFERENCES

1. *Antopolskiy A.B., Kalenov N.E., Serebryakov V.A., Sotnikov A.N.* Common digital space of scientific knowledge // Vestn. Ros. akad. nauk. 2019. T. 89, № 7. S. 728–735.
2. *Antopolskiy A.B. i dr.* Principy postroeniya i struktura edinogo cifrovogo prostranstva nauchnyh znaniy // Nauchno tekhnicheskaya informaciya. Ser. 1. 2020. № 4. S. 9–17.
3. *Muromskij A.A., Tuchkova N.P.* Predstavlenie matematicheskikh ponyatij v ontologii nauchnyh znaniy //Ontologiya proektirovaniya. 2019. T. 9, № 1 (31). S. 50–69.
4. *Gubanov N.I., Gubanov N.N., Volkov A.E.* Kriterii istinnosti i nauchnosti znaniya // Filosofiya i obshchestvo. 2016. №3 (80). S. 78–95.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-istinnosti-i-nauchnosti-znaniya>
5. *Il'in V.V., Kalinkin A.T.* Priroda nauki: Gnoseologicheskij analiz. M.: Vysshaya shkola, 1985. 230 s.
6. GOST 7.0-99 Mezhdunarodnyy standart GOST 7.0-99 «Sistema standartov po informacii, bibliotechnomu i izdatel'skomu delu. Informacionno-bibliotechnaya deyatel'nost', bibliografiya. Terminy i opredeleniya» (Postanovlenie Gosstandarta RF ot 7 oktyabrya 1999 g. N 334-st)
7. *Gurevich I.B., Trusova Yu.O.* Tezaurus i ontologiya predmetnoj oblasti «Analiz izobrazhenij» // Vserossiyskaya konf. s mezhdunar. uchastiem "Znaniya – Ontologii – Teorii" (ZONT–09). Novosibirsk: Institut matematiki im. S.L. Soboleva SO RAN, 2009. 10 s.
8. *Hlava M.M.K.* The Taxobook: History, Theories, and Concepts of Knowledge Organization, Part 1 of a 3-Part Series // Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services. 2014. V. 6, No. 3. P. 1–80.

9. *Hlava M.M.K.* The taxobook: Principles and practices of building taxonomies, part 2 of a 3-Part Series // Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services. 2014. V. 6, No. 4. P. 1–164.

10. *Hlava M.M.K.* The Taxobook: Applications, Implementation, and Integration in Search: Part 3 of a 3-Part Series // Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services. 2014. V. 6, No. 4. P. 1–156.

11. *Bezdushnyj A.N., Zhizhenko A.B., Kulagin M.V., Serebryakov V.A.* Integrirovannaya sistema informacionnyh resursov RAN i tekhnologiya razrabotki cifrovyyh bibliotek // Programmirovaniye. 2000. №4. S. 3–14.

12. *Ahlyostin A.Yu., Lavrent'ev N.A., Fazliev A.Z.* Sistematizatsiya nauchnyh graficheskikh resursov po molekulyarnoy spektroskopii // Nauchnyj servis v seti Internet: trudy XIX Vserossiyskoj nauchnoj konferencii (18–23 sentyabrya 2017 g., g. Novorossiysk). M.: IPM im. M.V. Keldysha. 2017. S. 34–42.

URL: <http://keldysh.ru/abrau/2017/39.pdf> doi:10.20948/abrau-2017-39

13. *Sotnikov A.N. i dr.* Principy postroeniya i formirovaniya elektronnoj biblioteki «Nauchnoe nasledie Rossii» // Programmnyye produkty i sistemy. 2012. No. 4. S. 30–40.

14. *Elizarov A.M. i dr.* Ontologii matematicheskogo znaniya i rekomendatel'naya sistema dlya kollekcij fiziko-matematicheskikh dokumentov // Dokl. RAN. 2016. T. 467, No. 4. S. 392–395.

15. *Mitrofanova O.A., Konstantinova N.S.* Ontologii kak sistemy hraneniya znaniy // Vserossiyskij konkursnyj otbor obzorno-analiticheskikh statej po prioritetnomu napravleniyu «Informacionnotelekkommunikacionnye sistemy». 2008. S. 54.

16. *Dextre Clarke S.G., Zeng M.L.* From ISO 2788 to ISO 25964: The evolution of thesaurus standards towards interoperability and data modelling // Information Standards Quarterly (ISQ). 2012. V. 24, No. 1. P. 20–26.

17. *Kostin V.V.* Obzor semanticheskikh modelej, opisyvayushchih nauchnye publikatsii i nauchno-issledovatel'skuyu deyatel'nost' // Elektronnye biblioteki: perspektivnyye metody i tekhnologii, elektronnye kollekcii (RCDL–2014). 2014. S. 131–136.

18. *Gruber T.* Ontology of folksonomy: A mash-up of apples and oranges // International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS). 2007. V. 3, No. 1. P. 1–11.
19. *Muromskij A.A., Tuchkova N.P.* O tezauruse dlya predmetnoj oblasti "Obyknovennye differencial'nye uravneniya" // Vychisl. centr im. A.A. Dorodnicyna RAN, 2004.
20. *Mascardi V., Cordi V., Rosso P.* A Comparison of Upper Ontologies. 2007. 10 p.
21. *Katsis Y., Papakonstantinou Y.* View-based data integration // Encyclopedia of Database Systems. 2009. P. 3332–3339.
22. *Xu L., Embley D.W.* Combining the Best of Global-as-View and Local-as-View for Data Integration // ISTA. 2004. V. 48. P. 123–136.
23. *Noy N.F.* Semantic integration: a survey of ontology-based approaches // ACM Sigmod Record. 2004. V. 33, No. 4. P. 65–70.
24. *Zhao L., Ichise R.* Ontology integration for linked data // Journal on Data Semantics. 2014. V. 3, No. 4. P. 237–254.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



АТАЕВА Ольга Муратовна – научный сотрудник Вычислительного центра им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, кандидат техн. наук, специалист в области системного программирования и баз данных.

Olga Muratovna ATAeva – researcher of the of Dorodnicyn computing center FRC SCS RAS, PhD, expert in the field of system programming and databases.

email: oli@ultimeta.ru



КАЛЁНОВ Николай Евгеньевич – главный научный сотрудник Межведомственного суперкомпьютерного центр РАН – филиала ФГУ НИЦ НИИСИ РАН, доктор технических наук, профессор.

Nikolay Evgenevich KALENOV – chief Researcher in Joint Supercomputer Center of the Russian Academy of Sciences, doctor of sciences, professor.

email: nekalenov@mail.ru



СЕРЕБРЯКОВ Владимир Алексеевич – специалист в области теории формальных языков и её приложений, доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. отделом Вычислительного центра им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН. Руководитель и участник разработки ряда известных программных проектов, в частности, ИСИР и ИСИР РАН, «Научный портал РАН».

Vladimir Alekseevich SEREBRIAKOV – expert in the field of theory of formal languages and its applications, doctor of sciences, professor, head of Dorodnicyn computing center FRC SCS RAS department. Head and participant in the development of a number of well-known program projects, in particular, ISIR and ISIR RAS, Scientific portal RAS.

email: serebr@ultimeta.ru

Материал поступил в редакцию 25 ноября 2020 года