

УДК 025.4: [004.65:579]

ТЕХНОЛОГИЯ НАПОЛНЕНИЯ ПРЕДМЕТНЫХ ОНТОЛОГИЙ ПРОСТРАНСТВА НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Н. Е. Каленов^[0000-0001-5269-0988]

*Межведомственный суперкомпьютерный центр (МСЦ) РАН – филиал ФГУ ФНЦ
Научно-исследовательский институт системных исследований (НИИСИ) РАН*

nkalenov@jssc.ru

Аннотация

Под предметной онтологией в контексте этой статьи понимается совокупность ключевых понятий, относящихся к некоторой области науки, с их семантическими связями, дополненная индексами различных классификационных систем, описывающих данную научную область. Предметные онтологии являются необходимой составляющей каждого подпространства, входящего в Единое цифровое пространство научных знаний (ЕЦПНЗ). В данной статье приводятся результаты исследований, связанных с построением предметных онтологий на базе созданной автоматизированной системы поддержки терминологических словарей и предлагается методология выделения новых ключевых терминов отдельной области науки. Предлагаемая методология базируется на использовании существующих классификационных систем в совокупности с базами данных цитирования (БДЦ), такими как Web of Science и Scopus для англоязычных публикаций и Российский индекс цитирования (РИНЦ) – для русскоязычных. Методология предполагает разбиение научной области на ряд разделов в соответствии с выбранной классификационной системой, выделение из БДЦ ядра статей, относящихся к каждому разделу, а из статей – новых авторских ключевых терминов, которые и должны составлять, в совокупности с соответствующими разделами классификационных систем, основу предметной онтологии данной научной области.

Ключевые слова: *пространство научных знаний, предметная онтология, базы данных цитирования, ключевые термины, тезаурус, классификационные системы.*

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных направлений современной информатики, связанных с сохранением и распространением достижений науки, является создание единого цифрового пространства научных знаний (ЕЦПНЗ). В этом пространстве должны быть отражены достоверные знания, полученные в различных областях науки; цель создания пространства – предоставление пользователям различных категорий многоаспектной информации как внутри отдельных научных направлений, так и на стыке наук. В соответствии с концепцией, отраженной в [1–3], ЕЦПНЗ представляет собой совокупность разнородных информационных ресурсов, сгруппированных в тематические подпространства, объединяемые единой онтологией. Под единой онтологией понимаются общие для всех подпространств принципы их построения – единые подходы к хранению и предоставлению информации, формированию классов объектов и связей между ними, профилей метаданных и атрибутов, пользовательских интерфейсов и т. д. Онтология и поддерживающая ее программная оболочка ЕЦПНЗ должны обеспечивать развитый многоаспектный поиск разнородной информации, удобную ее визуализацию и навигацию по связанным ресурсам. Основой для тематического поиска информации в каждом подпространстве должна служить его предметная онтология – максимально полный набор терминов, отражающих все аспекты научного направления, с установленными между ними связями. По определению, ЕЦПНЗ должно содержать разнообразные ресурсы, в том числе, извлекаемые из существующих баз данных и каталогов библиотек. Тематический (предметный) поиск информации в этих базах данных, как правило, базируется на той или иной классификационной системе (КС). Если говорить про российские политематические библиографические ресурсы, то они базируются, в подавляющем большинстве, на одной из таких КС, как ГРНТИ, УДК, ББК, МКИ. Для обеспечения точного и полного импорта данных из внешних библиографических систем в состав предметной онтологии ЕЦПНЗ должны входить индексы этих КС. Иными словами, предметная онтология подпространства ЕЦПНЗ должна представлять

собой тематический тезаурус по данному научному направлению, дополненный индексами различных классификационных систем, выступающих в роли дескрипторов. Очевидно, что проблема формирования предметных онтологий тесно связана с традиционными задачами формирования тематических тезаурусов. Этим задачам посвящено достаточно много исследований – как зарубежных, так и отечественных [4–6]. Разработаны стандартные формы представления тезаурусов в машинном виде [7], программные средства для их формирования и встраивания в электронные библиотеки [8].

Теоретические разработки, связанные с проблемами построения и представления тезаурусов в цифровой форме, создают определенную основу для формирования предметных онтологий ЕЦПНЗ. Однако единая методология их практической реализации для различных научных областей отсутствует. Один из возможных подходов к решению этой задачи представлен в данной статье.

1. СИСТЕМА «ТЕРМИН»

В 2017–2019 гг., при поддержке РФФИ (проект 17-03-12013-ОГН) коллективом специалистов с участием автора проводились исследования в области создания прототипа предметной онтологии на основе использования существующих информационных ресурсов [9–12]. Результатом этих исследований явилось создание системы терминологических словарей «Термин» [13], включающей термины и их определения, соответствующие понятиям, отраженным в ГРНТИ [14]. Информационной основой построения системы послужили терминологические словари, сформированные в печатном виде в ВИНТИ.

Эта система в первоначальном виде включала более 12 000 терминов, относящихся к 69 тематическим научным направлениям, и определения терминов с активными ссылками на их источники в интернете. Система обеспечивала возможность ввода и редактирования данных, поиска, просмотра и навигации по ее элементам. На рис. 1 представлена информация о термине «волны в плазме», относящемся к словарю «Физика». Здесь представлено название словаря, к которому относится термин, индексы ББК (в данном примере отсутствует), индексы УДК (в данном случае 533.95), код ГРНТИ (29.27.29), ссылки на определение термина.

Показать		Редактировать	История	Удалить
волны в плазме / Физика				
Эта запись ссылается на записи				
Словарь		• Физика / ✓		
Раздел ББК		[Отсутствуют]		
Раздел УДК		• Динамика плазмы / 533.95		
См.		[Отсутствуют]		
На эту запись ссылаются				
Определение термина		Посмотреть (1)		
Связь терминов (как source)		Посмотреть (9)		
Атрибуты				
Термин		волны в плазме		
Код ГРНТИ		29.27.29		

Рисунок 1. Пример метаданных термина

Переход по ссылке «Посмотреть» в строке «Определение термина» открывает окно (рис. 2), в котором приведены определение термина и активная ссылка на его источник.

Показать		Редактировать	История	Удалить
Эта запись ссылается на записи				
Термин		• волны в плазме		
Источник		• Физическая энциклопедия femto.com.ua>articles/part_1/0569.html		
На эту запись ссылаются				
Связь терминов (как target)		Посмотреть (8)		
Атрибуты				
Определение		Волны в плазме (плазменные волны) — электромагнитные волны, самосогласованные с коллективным движением заряж. частиц плазмы. Специфика плазмы, в частности, её отличие от нейтрального газа, связана с волновыми процессами. Существует много типов В. в п., определяемых её состоянием, зависящим от наличия или отсутствия внеш. магн. полей и от конфигурации плазмы и полей. Классификация В. в п. производится, прежде всего, по величине амплитуды. При больших амплитудах волновые движения наз. нелинейными волнами; они могут быть регулярными, например, солитоны, либо хаотическими, например, бесстолкновительные ударные волны. Общее решение задачи о нелинейных волнах отсутствует. Задачу о волнах малой амплитуды удаётся решить до конца в общем виде, линеаризовав уравнения, описывающие состояние плазмы. Обычно под термином "В. в п." понимаются именно такие линейные волны.		

Рисунок 2. Окно определения термина

Когда разработка и наполнение первой версии системы были завершены, возникла идея выявления связей терминов путем выявления присутствия каждого термина в определении других терминов, как внутри «своего» словаря, так и во внешних словарях. Был разработан и реализован соответствующий про-

граммный алгоритм, в результате применения которого в системе было сформировано более 300 000 пар терминов, связанных между собой в указанном смысле, и обеспечена возможность просмотра и редактирования этих связей. Полученные связи, относящиеся к нескольким словарям, были отредактированы специалистами в данных предметных областях – каждой связи было присвоено одно из значений пяти типов: тождественны, близки, содержит, содержится, пересекаются. В системе, наряду со словесными обозначениями типа связей, для наглядности используются, соответственно, символы – «=», «~», «>», «<», «><».

На страницах метаданных терминов присутствуют ссылки на связи данного термина с другими. На основной странице (рис. 1) имеется ссылка на связи с теми терминами, в определение которых входит данное понятие. На странице, содержащей определение термина (рис. 2), размещена ссылка на связи с терминами, которые входят в определение данного. В примере, приведенном на рис. 1, таких ссылок 9, на рис. 2 – 8. Переход по ссылке «Посмотреть 9» открывает окно с конкретизацией связей (рис. 3). Как видим, система предлагает не только 7 связей терминов внутри словаря «Физика», но и связи термина «волны в плазме» из словаря «Физика» с терминами «Течение плазмы» из словаря «Механика» и «Солнечный ветер» из словаря «Астрономия».

Терминологические словари

Пользователь [+] Источник [+] Определение термина [+] Термин [+] Словарь [+] ББК [+] Связь терминов [+]

УДК [+]

admin Выйти

Список Структура

- волны в плазме (Физика) < течения плазмы (Механика)
- волны в плазме (Физика) > ленгмюровские волны (Физика)
- волны в плазме (Физика) > магнитозвуковые волны (Физика)
- волны в плазме (Физика) > ударные волны в плазме (Физика)
- волны в плазме (Физика) >< нелинейные явления в плазме (Физика)
- волны в плазме (Физика) >< солнечный ветер (Астрономия)
- волны в плазме (Физика) >< турбулентность плазмы (Физика)
- волны в плазме (Физика) >< Шредингера уравнение нелинейное (Физика)
- волны в плазме (Физика) < волны (Физика)

Найдено 9 записей

Выбор

source
волны в плазме / Физика

name

Применить

Рисунок 3. Пример связей терминов (слова данного термина входят в определение других).

Каждая связь является активной ссылкой, при переходе по которой открывается окно с определением термина, связанного с данным (рис. 4). Авторизованный пользователь, имеющий соответствующие права, может редактировать тип связи или ее удалить.

Аналогичное окно открывается при переходе по ссылке «Посмотреть 8» на рис. 2. Здесь мы видим связи термина «волны в плазме» с терминами из словарей «Геофизика», «Ядерная техника», «Космические исследования» и «Математика».

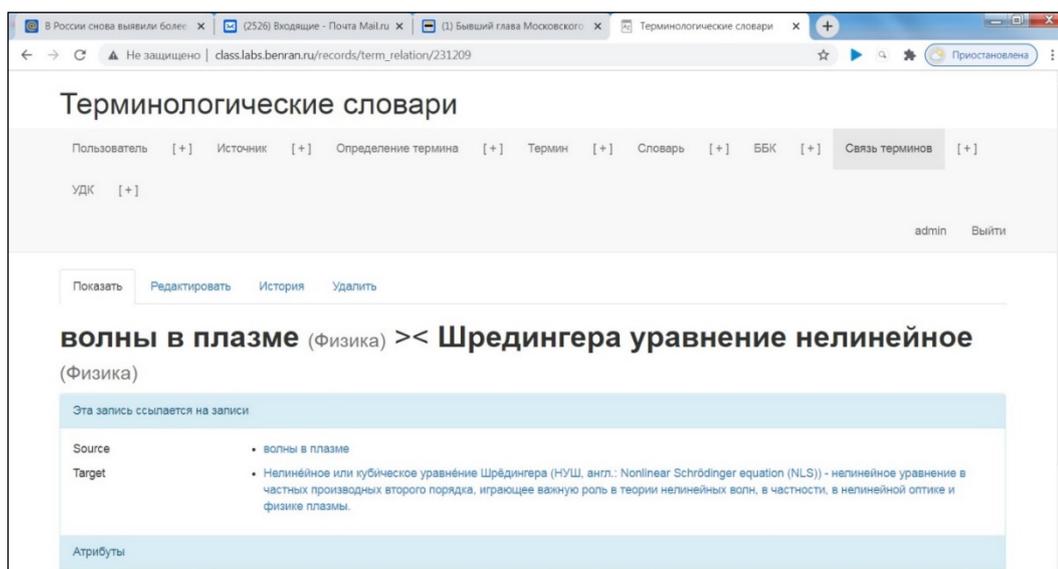


Рисунок 4. Окно просмотра деталей связи

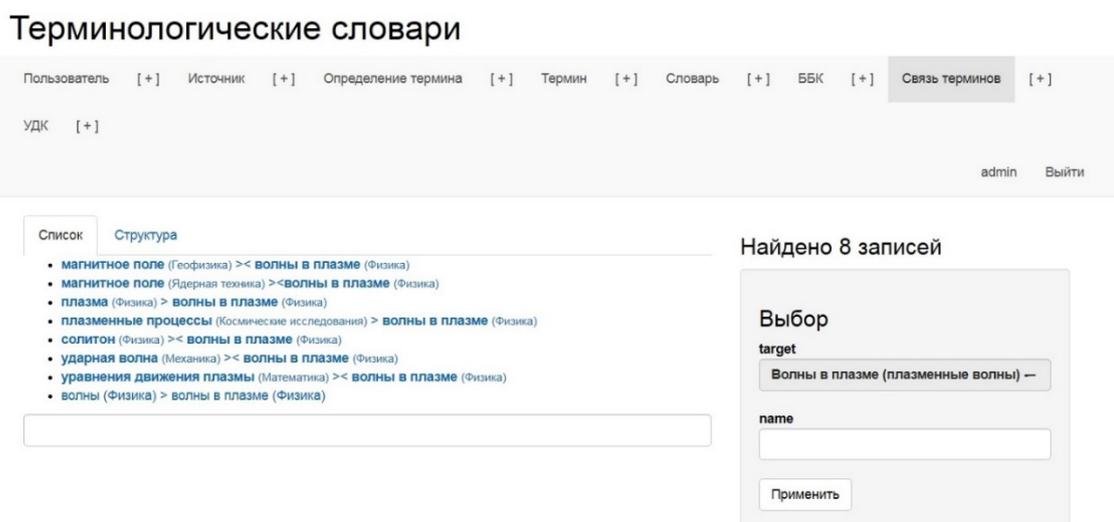


Рисунок 5. Пример связей терминов (термины, входящие в определение данного).

2. МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОНТОЛОГИИ

Для развития системы «Термин» до полноценной версии предметной онтологии необходимо дополнить ее ключевыми терминами (КТ), достаточно детально описывающими выбранные научные направления. Эту задачу предлагается решать, используя ключевые слова, которые указывают авторы в своих научных статьях. Для автоматизации этого процесса и отбора качественных публикаций могут быть использованы базы данных цитирования, такие как Web of Science (WoS) и Scopus (для англоязычных публикаций) и Российский индекс цитирования (РИНЦ) – для русскоязычных.

Предлагаемая методика включает следующие процессы.

1. Разбиение области науки на отдельные разделы. Степень детализации такого разбиения определяется учеными совместно с информационными работниками на основе анализа существующих классификационных систем (КС), таких как ГРНТИ, УДК, МКИ и др., достаточно хорошо проработанных для данной научной области.

2. Установление связей между выделенными разделами и индексами выбранных КС, относящимися к данной области науки. По отношению к каждому разделу в каждой КС выбираются индексы, в той или иной мере связанные с данным разделом. Формируются пары «раздел – индекс» и внутри пар устанавливаются связи одного из 4-х типов: тождественны, содержит, содержится, пересекаются.

3. По каждому из выделенных разделов формулируются запросы к БД цитирования (WoS, Scopus, РИНЦ), в соответствии с которыми выбираются публикации за определенный интервал годов, зависящий от научного направления. Метаданные каждой статьи, полученной по запросу, имеют атрибуты, содержащие перечень ключевых терминов и ссылки на публикации, цитирующие данную статью.

Полученные данные могут служить основой для формирования предметной онтологии. При этом возможны различные подходы к отбору ключевых терминов, подлежащих включению в нее. Можно выделить и проанализировать все ключевые термины, полученные на этом этапе; определить частотность встречаемости каждого и выбрать наиболее часто встречаемые. Второй вариант

предусматривает фильтрацию публикаций путем выделения наиболее цитированных в качестве источников ключевых терминов.

Технически отбор ключевых терминов из WoS и Scopus не представляет сложности – обе эти системы могут обрабатывать запросы в автоматическом режиме и предоставляют возможность получения информации в различных структурированных форматах, позволяющих легко выделять авторские ключевые термины и количество цитирующих работ.

Несколько сложнее обстоит дело с РИНЦ, в котором не предусмотрены ни автоматическая обработка запросов, ни выдача информации в каком-либо структурированном формате. Система выдает данные в виде текстовых записей. Для извлечения необходимой информации потребуются разработка программы, обрабатывающей HTML-страницы, содержащие найденные публикации.

В результате обработки полученной информации по каждому выделенному разделу данной научной области формируется массив русскоязычных (РИНЦ) и англоязычных терминов (WoS, Scopus) с указанием частоты их встречаемости в течение любого заданного интервала времени.

В первом приближении можно считать, что все выделенные ключевые термины входят в соответствующие разделы данного научного направления, которые, в свою очередь, связаны установленным ранее видом связи с индексами различных КС. Очевидно, что полученные наборы ключевых терминов требуют редактирования со стороны специалистов в данном научном направлении, но эта работа существенно проще, чем поиск ключевых терминов.

3 МОДЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Предлагаемая методика была опробована в 2019 году на примере моделирования предметной онтологии по микробиологии [15]. В этом научном направлении было выделено 42 раздела. Для каждого раздела была установлена связь одного из 5-ти вышеуказанных типов с ГРНТИ и УДК. По каждому из них на основании обработки статей, полученных по запросам к БД WoS, программным образом были выбраны ключевые термины.

Всего было обработано 5865 статей, из которых выделено 22715 различных ключевых англоязычных терминов. После смысловой обработки (отсева КТ, не связанных с микробиологией) общее количество уникальных КТ составило

7346. Эти термины были переведены на русский язык и вместе с данными по микробиологии, выгруженными из системы терминологических словарей, загружены в отдельную базу данных, представляющую собой упрощенную модель предметной онтологии. Обмен данными между системами осуществлялся на основе формата описания тезаурусов, предложенного в рамках концепции Semantic Web (рекомендации SKOS) [16].

На рис. 6 показана форма выдачи терминов, связанных с понятием «фотосинтез». Элементы предметной онтологии, расположенные под заголовком «тождественны», показывают, что «фотосинтез» является базовым термином одного из терминологических словарей и заголовком разделов рубрикаторов ВИНТИ и ГРНТИ.

Поиск связанных терминов

Термины, рубрикаторы, ключевые слова

фотосинтез

Искать

Тождественны

- + Фотосинтез
- + ВИНТИ 341.31.17
- + ГРНТИ 34.31.17

Близки

- + фотосинтезирующие бактерии
- + фотосинтезирующие микроорганизмы
- + anoxygenic photosynthesis
- + mechanism of photosynthesis

Шире

- + Обмен веществ и транспорт
- + УДК 581.13
- + ВИНТИ 341.31
- + ВИНТИ 341
- + ГРНТИ 34.31
- + ГРНТИ 34
- + УДК 581.11/13
- + Plant physiology
- + УДК 581.1

Уже

- + УДК 581.11/13
- + Катаболизм: дыхание и гликолиз
- + Обмен других веществ
- + Транспорт. Обмен неорганических веществ
- + ВИНТИ 341.31.19
- + ВИНТИ 341.31.21
- + ГРНТИ 34.31.23

Связаны

- + Физиология микроорганизмов
- + ВИНТИ 341.27.17.09

Рисунок 6. Пример визуализации терминов, связанных с «фотосинтезом»

В списках «Шире» и «Уже» присутствуют как соответствующие рубрики трех рубрикаторов (ГРНТИ, УДК и ВИНТИ), так и разделы, выделенные микробиологами. В список «Близки» входят ключевые термины, выбранные из WoS, в названия которых входит основа слова «фотосинтез»; в список «Связаны» – разделы микробиологии, с которыми была установлена связь, в терминологические названия которых входит «фотосинтез» (в данном примере – одна из рубрик ВИНТИ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методология показала свою работоспособность. Работы по ее развитию будут продолжены в МСЦ РАН в рамках государственного задания 0580–2021–0016 и при поддержке РФФИ (проект № 20-07-00103). Ближайшая перспектива – расширение модели предметной онтологии на примере микробиологии – отработка технологии пополнения набора ключевых терминов из русскоязычных баз данных (в первую очередь, из РИНЦ), ввод в систему англоязычных терминов с установлением синонимии и других отношений с выделенными из РИНЦ русскоязычными терминами; объединение всех КТ с рубриками дополнительных классификационных систем (МКИ, рубрикатор ВАК и др.) в единой базе данных.

Предлагаемая технология позволяет не только формировать предметные онтологии, но и может служить основой для наукометрического анализа развития отдельных направлений той или иной области науки. На основании сопоставительного анализа набора и частотности ключевых терминов, полученных в разные хронологические периоды, можно делать выводы о динамике развития различных областей науки.

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. Kalenov N., Sobolevskaya I., Sotnikov A. Mathematical modeling of the processes of interdisciplinary collections formation in the digital libraries environment // CEUR Workshop Proceedings. 2020. V. 2543. P. 391–398.

4. M. Mercedes Martínez-González, María Luisa Alvite Díez. The support of constructs in thesaurus tools from a Semantic Web perspective: Framework to assess standard conformance // Comput. Stand. Interfaces. 2019. Iss. 65. P. 79–91.

5. Roche C., Costa R., Carvalho S., Almeida B. Knowledge-based terminological e-dictionaries: The EndoTerm and al-Andalus Pottery projects // Terminology, Inter-

national Journal of Theoretical and Applied Issues in Specialized Communication. 2019. No. 2. P. 259–290.

6. Белоозеров В.Н., Гуревич И.Б., Трусова Ю.О. Тезаурус по анализу изображений в сети терминологических словарей // Перспективные направления исследований и критические технологии в классификационных системах: материалы конф. Москва, 2017. С. 35–36.

7. UNESCO Thesaurus <https://skos.um.es/unescothes/> (дата обращения 28.04.2020).

8. Атаева О.М., Серебряков В.А. Персональная открытая семантическая цифровая библиотека LibMeta. Конструирование контента. Интеграция с источниками LOD // Информатика и её применения. 2017. Т. 11, Вып. 2. С. 85–100.

9. Антопольский А.Б., Белоозеров В.Н., Маркарова Т.С. О разработке онтологии на основе классификаторов научной информации и терминологических словарей // Информационные ресурсы России. 2017. № 5 (159). С. 2–7.

10. Antopolskiy A.B. and others. The Development of a Semantic Network of Keywords Based on Definitive Relationships // Scientific and Technical Information Processing. 2017. Vol. 44, No. 4. P. 261–265.

11. Антопольский А.Б., Белоозеров В.Н., Каленов Н.Е., Маркарова Т.С. О развитии терминологической базы данных в виде комплекса отраслевых информационно-поисковых тезаурусов // Информационные ресурсы России. 2018. № 5 (165). С. 22–30.

12. Белоозеров В.Н., Шабурова Н.Н. О разработке классификационно-тезаурусной онтологии для предметной области физики и радиоэлектроники // Информационное обеспечение науки: новые технологии: сб. науч. тр. Екатеринбург, 2018. С. 75–86.

13. Kalenov N.E., Senko A.M. Interactive system of terminological dictionaries as one of the elements in the ontology of scientific knowledge // Software Journal: Theory and Applications (electronic Journal). 2019. Iss. 4. <http://swsys-web.ru/en/interactive-system-of-terminological-dictionaries.html> (дата обращения 28.04.2020)

14. Государственный рубрикатор научно-технической информации. <http://grnti.ru> (дата обращения 28.04.2020).

15. Цветкова В.А., Харыбина Т.Н., Мохначева Ю.В., Бескаравайная Е.В., Митрошина И.Ю. Особенности совмещения классификационных систем и формирования массива ключевых слов для определения пространства знаний по микробиологии // Научные и технические библиотеки. 2019. № 11. С. 25–43.

16. Marcia Lei Zeng, Philipp Mayr. Knowledge Organization Systems (KOS) in the Semantic Web: a multi-dimensional review // International Journal on Digital Libraries. 2019. Vol. 20, Issue 3. P. 209–230.

TECHNOLOGY FOR FILLING SUBJECT ONTOLOGIES OF THE SCIENTIFIC KNOWLEDGE SPACE

N. E. Kalenov

Joint Supercomputer Center of the Russian Academy of Sciences – JSCC

nkalenov@jssc.ru

Abstract

Subject ontology in the context of this article is understood as a set of key concepts related to a certain field of science, with their semantic connections, supplemented by indexes of various classification systems describing this scientific field. Subject ontologies are a necessary component of each subspace that is part of the Unified digital space of scientific knowledge (DSSK). This article presents the results of research related to the construction of subject ontologies based on the created automated system for supporting terminological dictionaries and suggests a methodology for identifying new key terms in a particular field of science. The proposed methodology is based on the use of existing classification systems in conjunction with citation databases, such as Web of Science and Scopus for English-language publications and the Russian citation index for Russian-language publications. The methodology involves dividing the scientific field into a number of sections in accordance with the selected classification system, extracting from the CSB the core of articles related to each section, and from the articles - new author's keywords, which should constitute, in combination with the corresponding sections of classification systems, the basis of the subject ontologies of this scientific field.

Keywords: *scientific digital space, subject ontology, citation databases, keywords, thesaurus, classification systems.*

REFERENCES

1. *Antopolskij A.B., Kalenov N.E., Serebryakov V.A., Sotnikov A.N.* O edinom cifrovom prostranstve nauchnyh znaniy // *Vestnik Rossijskoj akademii nauk.* 2019. Iss. 89. № 7. S. 728–735.

2. *Antopolskij A.B. and others.* Principy postroeniya i struktura edinogo cifrovogo prostranstva nauchnyh znaniy (ECPNZ) // *Nauchno-tehnicheskaya informaciya.* Ser. 1. 2020. № 4. S. 9–17.

3. *Kalenov N., Sobolevskaya I., Sotnikov A.* Mathematical modeling of the processes of interdisciplinary collections formation in the digital libraries environment // *CEUR Workshop Proceedings.* 2020. Vol. 2543. P. 391–398.

4. *M. Mercedes Martínez-González, María Luisa Alvite Díez.* The support of constructs in thesaurus tools from a Semantic Web perspective: Framework to assess standard conformance. *Comput. Stand. Interfaces,* 2019. Iss. 65. P. 79–91.

5. *Roche C., Costa R., Carvalho S., Almeida B.* Knowledge-based terminological e-dictionaries: The EndoTerm and al-Andalus Pottery projects // *Terminology, International Journal of Theoretical and Applied Issues in Specialized Communication.* 2019. No. 2. P. 259–290.

6. *Beloozerov V.N., Gurevich I.B., Trusova Yu.O.* Tezaurus po analizu izobrazhenij v seti terminologicheskikh slovarej // *Perspektivnye napravleniya issledovanij i kriticheskie tehnologii v klassifikacionnyh sistemah : materialy konf. Moskva,* 2017. S. 35–36.

7. UNESCO Thesaurus <https://skos.um.es/unescothes/> (28.04.2020).

8. *Ataeva O.M., Serebryakov V.A.* Personalnaya otkrytaya semanticheskaya cifrovaya biblioteka LibMeta. Konstruirovanie kontenta. Integraciya s istochnikami LOD // *Informatika i eyo primeneniya,* 2017, tom 11. vyp 2. S. 85–100.

9. *Antopolskij A.B., Beloozerov V.N., Markarova T.S.* O razrabotke ontologii na osnove klassifikatorov nauchnoj informacii i terminologicheskikh slovarej // *Informacionnye resursy Rossii.* 2017. № 5 (159). S. 2–7.

10. *Antopolskiy A.B. and others.* The Development of a Semantic Network of Keywords Based on Definitive Relationships // *Scientific and Technical Information Processing.* 2017. Vol. 44. No. 4. S. 261–265.

11. *Antopolskiy A.B., Beloozerov V.N., Kalenov N.E., Markarova T.S.* O razvitii terminologicheskoy bazy dannyh v vide kompleksa otraslevykh informacionno-poiskovykh tezaurusov // *Informacionnye resursy Rossii.* 2018. № 5 (165). S. 22–30.

12. *Beloozerov V.N., Shaburova N.N.* O razrabotke klassifikacionno-tezaurusnoj ontologii dlya predmetnoj oblasti fiziki i radioelektroniki // *Informacionnoe obespechenie nauki: novye tehnologii: sb. nauch. tr. Ekaterinburg,* 2018. S. 75–86.

13. *Kalenov N.E., Senko A.M.* Interactive system of terminological dictionaries as one of the elements in the ontology of scientific knowledge // *Software Journal: Theory and Applications (electronic Journal),* 2019. Iss. 4. <http://swsys-web.ru/en/interactive-system-of-terminological-dictionaries.html> (28.04.2020)

14. Gosudarstvennyj rubrikator nauchno-tehnicheskoy informacii. <http://grnti.ru> (28.04.2020).

15. *Cvetkova V.A., Harybina T.N., Mohnacheva Yu.V., Beskaravajnyaya E.V., Mitroshina I.Yu.* Osobennosti sovmesheniya klassifikacionnykh sistem i formirovaniya massiva klyuchevykh slov dlya opredeleniya prostranstva znanij po mikrobiologii // *Nauchnye i tehnicheckie biblioteki.* 2019. № 11. S. 25–43.

16. *Marcia Lei Zeng, Philipp Mayr.* Knowledge Organization Systems (KOS) in the Semantic Web: a multi-dimensional review // *International Journal on Digital Libraries.* 2019. Vol. 20, Issue 3. P. 209–230.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



КАЛЕНОВ Николай Евгеньевич – главный научный сотрудник Межведомственного Суперкомпьютерного Центра РАН – филиала Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», доктор технических наук, профессор.

Nikolay Evgenievich KALENOV – Chief Researcher of Joint Super Computer Center of the Russian Academy of Sciences – Branch of Federal State Institution «Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences», Doctor of Technical Sciences, Professor.

email: nkalenov@jsc.ru; ORCID: 0000-0001-5269-0988

Материал поступил в редакцию 18 ноября 2020 года