



М.Д. Андреичев, П.О. Гафурова,
А.М. Елизаров, Е.К. Липачёв

**Пополнение метаданных документов
математических цифровых
ретро-коллекций методом
семантических сетей**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Андреичев М.Д., Гафурова П.О., Елизаров А.М., Липачёв Е.К. Пополнение метаданных документов математических цифровых ретро-коллекций методом семантических сетей // Научный сервис в сети Интернет: труды XXIII Всероссийской научной конференции (20-23 сентября 2021 г., онлайн). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2021. — С. 22-33.

<https://doi.org/10.20948/abrau-2021-22>

<https://keldysh.ru/abrau/2021/theses/22.pdf>

[Видеозапись](#) выступления

Пополнение метаданных документов математических цифровых ретро-коллекций методом семантических сетей

М. Д. Андреичев¹ [0000-0001-5129-0325], П. О. Гафурова¹ [0000-0002-1544-155X],
А. М. Елизаров¹ [0000-0003-2546-6897], Е. К. Липачёв¹ [0000-0001-7789-2332]

¹*Институт информационных технологий и интеллектуальных систем
Казанского (Приволжского) федерального университета*

Аннотация. Представлен метод формирования обязательного набора метаданных документов ретро-коллекций цифровой математической библиотеки. В качестве источника пополнения метаданных использованы открытые ресурсы Семантической сети. С помощью программных инструментов фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML выполнены основные процессы текстового анализа документов цифровых ретро-коллекций, в частности, выделение именованных сущностей. Далее через систему запросов в Семантической сети произведены поиск и выделение информационных объектов. После проведения автоматической фильтрации и нормализации полученная информация включена в набор метаданных. Как один из результатов, представлен процесс формирования обязательного набора метаданных одной из коллекций цифровой библиотеки Lobachevskii-DML – ретро-коллекции статей журнала «Известия физико-математического общества при Казанском университете».

Ключевые слова: цифровая математическая библиотека Lobachevskii-DML, цифровая ретро-коллекция, метаданные, фабрика метаданных, Семантическая сеть.

Replenishment of Documents of Mathematical Digital Retro-collections by Searching in Semantic Web

M. D. Andreichev¹ [0000-0001-5129-0325], P. O. Gafurova¹ [0000-0002-1544-155X],
A. M. Elizarov¹ [0000-0003-2546-6897], E. K. Lipachev¹ [0000-0001-7789-2332]

¹*Institute of Information Technologies and Intelligent Systems,
Kazan (Volga Region) Federal University*

Abstract. A method of forming a mandatory set of metadata for retro collections of a digital mathematical library is presented. The open resources of the Semantic Network were used as a source for completing metadata. With the help of the software tools of the metadata factory of the digital mathematical library Lobachevskii-DML, the main processes of text analysis of documents of digital retro collections are performed, in particular, the selection of named entities. Further, through the system of queries in the semantic network, the search and selection of information objects is carried out. After performing automatic filtering and normalization, the obtained information is included in the metadata set. As one of the results, the process of forming a mandatory set of metadata for one of the collections of the digital library Lobachevskii-DML – a retro-collection of articles of the journal "Izvestia of the Physics and Mathematics Society at Kazan University" is presented.

Keywords: Lobachevskii-DML digital mathematical library, retrodigitized collection, metadata, metadata factory, semantic web.

1. Введение

Основной целью проекта “Lobachevskii Digital Mathematical Library” является создание системы взаимосвязанных программных сервисов, обеспечивающих формирование, обработку, хранение и управление объектами цифровых библиотек, а также интеграцию создаваемых коллекций в агрегирующие цифровые математические библиотеки. В рамках этого проекта спроектированы цифровая математическая библиотека Lobachevskii-DML (<https://lobachevskii-dml.ru/>) и фабрика метаданных цифровой библиотеки [1, 2]. При разработке методов и реализации инструментов управления метаданными документами цифровых коллекций нами применены форматы и схемы, используемые в Европейской цифровой математической библиотеке (“The European Digital Mathematics Library” – EuDML, <https://initiative.eudml.org/>) (см., например, [4, 5]).

В работах [5, 6] представлены методы формирования цифровых коллекций из документов, созданных в «доцифровой» период и доступных только в бумажном виде, – такие коллекции, как предложено в [7], названы ретро-оцифрованными (retrodigitized).

В настоящей работе представлен метод создания обязательного набора метаданных документов ретро-коллекций цифровой математической библиотеки. Термин «обязательный набор метаданных» понимается в соответствии со схемой метаданных EuDML (см., например, [3]). В качестве источника пополнения метаданных использованы открытые ресурсы Семантической сети. С помощью программных инструментов фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML выполнены основные процессы текстового анализа документов цифровых ретро-коллекций, в частности, выделение именованных сущностей. С помощью разработанной системы запросов произведен поиск

в Семантической сети с последующей экстракцией информационных объектов. После проведения автоматической фильтрации и нормализации полученная информация включается в набор метаданных. Как один из полученных результатов, представлен процесс формирования обязательного набора метаданных одной из коллекций цифровой библиотеки Lobachevskii-DML – ретро-коллекции журнала «Известия физико-математического общества при Казанском университете».

2. Формирование метаданных ретро-коллекций цифровой математической библиотеки

Несомненный научный интерес представляет архив документов Физико-математического общества Казанского университета. Его основу составляют выпуски журнала «Известия физико-математического общества при Казанском университете» за 1891–1949 годы. Среди авторов статей журнала – выдающиеся математики XIX и XX веков.

Алгоритмы формирования метаданных документов ретро-коллекций цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML представлены в работах [5, 6].

На рис. 1 приведен фрагмент метаописания одного из документов цифровой коллекции.

Метаданные документов ретро-коллекций сформированы программными сервисами фабрики метаданных цифровой библиотеки Lobachevskii-DML. Эти сервисы реализуют методы, основанные на анализе структуры документов и особенностях их стилового оформления [8, 9].

```
<journal-meta>
  <journal-id journal-id-type="IFMO">IFMO</journal-id>
  <journal-title-group xml:lang="ru">
    <journal-title>Известия физико-математического общества при имп. Казанском
    университете</journal-title>
  </journal-title-group>
  <trans-title-group xml:lang="fr">
    <trans-title>Bulletin de la societe physico-mathematique de Kasan</trans-title>
  </trans-title-group>
  <publisher>
    <publisher-name>Казань</publisher-name>
  </publisher>
</journal-meta>
<article-meta>
  <article-id>1_1_1_22</article-id>
  <title-group>
    <article-title xml:lang="ru">К вопросу о распространении теплоты в текущей
    жидкости путем теплопроводности и конвекции</article-title>
    <article-title xml:lang="ru-o">Къ вопросу о распространении теплоты въ текущей
    жидкости путемъ теплопроводности и конвекции</article-title>
  </title-group>
  <contrib-group>
    <contrib contrib-type="author">
      <name-alternatives>
        <name>
          <surname xml:lang="ru">Шебуевъ</surname>
          <surname xml:lang="ru-o">Шебуевъ</surname>
          <string-name xml:lang="ru">Г. Шебуевъ</string-name>
          <string-name xml:lang="ru-o">Г. Шебуевъ</string-name>
        </name>
      </name-alternatives>
    </contrib>
  </contrib-group>
</article-meta>
```

Рис. 1. Фрагмент метаданных статьи из коллекции «Известия физико-математического общества при императорском Казанском университете», серия 2 номер 1 за 1891 г.

Проведена процедура нормализации метаданных в соответствии с DTD-правилами и XML-схемами Journal Archiving and Interchange Tag Suite (NISO JATS) [10]. Для этого был сформирован набор метаданных в виде item-структуры, включающей как содержание метаданных, так и информацию о языке их представления. Указанный набор метаданных позволяет размещать не только фамилии и имена авторов, приведенные в статье, но и дополнять их альтернативными написаниями с указанием языка. В результате работы соответствующего программного приложения генерируется набор файлов в формате JATS, которые описывают каждую статью из обрабатываемого источника.

Одной из структурных особенностей формата метаданных JATS является то, что выбирается основной язык представления статьи, а остальные объявляются альтернативными.

Выбор основного языка представления – один из вопросов, которые приходится решать при создании xml-представления документов. Одним из вариантов решения этой проблемы является использование языка, на котором написаны статьи, однако это не всегда позволяет организовать адекватный поиск в коллекциях библиотеки Lobachevskii-DML. Это связано с тем, что цифровые коллекции библиотеки содержат, в основном, статьи на русском языке, а большая часть материалов ретро-коллекций – документы на дореформенном русском языке. При обработке статей в этом случае возникают сложности написания названий статей и имен авторов, а также дополнительной информации, необходимой для формирования метаданных.

Определенные сложности метаописания документов ретро-коллекций в формате JATS возникают со статьями, опубликованными частями в различных номерах журнала, а также со статьями, имеющими продолжения, о чём, как правило, сказано только в тексте статьи, имеющей то же название.

Отдельно отметим документы коллекции, не являющиеся научными статьями. Это отчеты о деятельности Физико-математического общества, письма, воспоминания об ученых и многое другое. Алгоритмы распознавания этих материалов представлены в [2, 6].

Далее описаны алгоритмы, позволяющие осуществить процесс пополнения метаданных из открытых ресурсов Семантической сети (см., например, [11]).

3. Метод пополнения метаданных из внешних источников

В качестве источника пополнения метаданных использованы открытые ресурсы Семантической сети. Программные инструменты фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML на основе текстового анализа документов цифровых ретро-коллекций позволяют извлечь такие метаданные, как название статьи, библиографические ссылки, диапазоны страниц, фамилии авторов на языке

оригинала (русском, дореформенном русском, немецком, французском или английском). В настоящее время в Сети о многих авторах этих статей имеются дополнительные сведения (в Википедии и на научных сайтах). Это делает возможным пополнение информации об авторе, в частности, вариантов написания фамилии на различных языках, имени и отчества, места проживания и работы.

Отметим, что имеется ряд сервисов связывания данных, содержащих объекты математического знания. Большинство из них имеет точку подключения (SPARQL endpoint) [12]. Методы пополнения метаданных в данной статье основаны на SPARQL-запросах в базу Wikidata [13, 14].

Так, в набор метаданных цифровых ретро-коллекций были добавлены такие метаданные, как:

- URI для Wikidata – базы данных об ученых;
- идентификатор автора в MathNet.ru, ZbMATH и OpenLibrary;
- имя и аффилиация автора.

Далее приведен алгоритм пополнения метаданных с помощью запросов в Семантической сети.

Алгоритм 1: Пополнение метаданных статей цифровой коллекции

- 1:** считать набор метаданных
 - 2:** выделить автора статьи `author`
 - 3:** сформировать SPARQL запрос поиска именованных сущности
 - 4:** сформировать `http` запрос к точке подключения семантического графа
 - 5:** выполнить запрос к точке подключения семантического графа
 - 6:** записать результаты запроса в список `Q`
 - 7:** сформировать `f`-шаблон фильтрации результатов запроса
 - 8:** **for each** `x` in `Q`
 - 9:** выделить `label` в объекте `x`
 - 10:** заменить в строках `label` и `author` `ё` на `е`,
 - 11:** произвести разделение строк `label` и `author` по небуквенным символам в массивы `ar_label` и `ar_author`
 - 12:** удаление пересечений в массивах `ar_label` и `ar_author`
 - 13:** произвести попарное сравнение элементов массивов `ar_label` и `ar_author` по первым символам
 - 14:** включение `x` в список искомых сущностей `authors` в случае `true` в сравнении пункта 13
 - 15:** **end for**
-

-
- 16:** **for each** au in authors
17: **сформировать** SPARQL запрос извлечения данных определяемых объектом au
18: **выполнить запрос** к точке подключения семантического графа
19: **записать** результаты запроса (имя автора, URI для Wikidata, идентификатор автора в MathNet.ru, ZbMATH и OpenLibrary)
20: **end for**
21: **сформировать** набор метаданных в соответствии со схемой нормализации
-

Поиск происходит при помощи службы MediaWiki API. Она позволяет вызывать MediaWiki API из SPARQL и получать результаты из запроса SPARQL.

Проиллюстрируем работу алгоритма 1 проверки близости именованных сущностей на следующем примере.

На вход поступают две строки для сравнения, пример: «Чеботарёв, Николай Григорьевич» и «Н. Г. Чеботарев», у строк удаляются разделители, производятся замена ё на е и преобразование в массивы, пример: [Чеботарев, Николай, Григорьевич] и [Н, Г, Чеботарев]. У массивов удаляются общие элементы, пример: [Николай, Григорьевич] и [Н, Г]. По каждому элементу сравнивается первый символ и возвращается результат.

```
PREFIX wd: <http://www.wikidata.org/entity/>
PREFIX wds: <http://www.wikidata.org/entity/statement/>
PREFIX wdv: <http://www.wikidata.org/value/>
PREFIX wdt: <http://www.wikidata.org/prop/direct/>
PREFIX wikibase: <http://wikiba.se/ontology#>
PREFIX p: <http://www.wikidata.org/prop/>
PREFIX ps: <http://www.wikidata.org/prop/statement/>
PREFIX pq: <http://www.wikidata.org/prop/qualifier/>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX bd: <http://www.bigdata.com/rdf#>
SELECT DISTINCT ?object ?objectLabel
WHERE
{
  ?object wdt:P31 wd:Q5 .
  SERVICE wikibase:mwapi {
    bd:serviceParam wikibase:endpoint "www.wikidata.org";
    wikibase:api "EntitySearch";
    mwapi:search "Парфентьев";
    mwapi:language "ru".
    ?object wikibase:apiOutputItem mwapi:item.
  }
  SERVICE wikibase:label {bd:serviceParam wikibase:language "ru".}
} LIMIT 100
```

Рис. 2. Фрагмент SPARQL-запроса поиска именованных сущностей в Семантической сети.

```

PREFIX wd: <http://www.wikidata.org/entity/>
PREFIX wds: <http://www.wikidata.org/entity/statement/>
PREFIX wdv: <http://www.wikidata.org/value/>
PREFIX wdt: <http://www.wikidata.org/prop/direct/>
PREFIX wikibase: <http://wikiba.se/ontology#>
PREFIX p: <http://www.wikidata.org/prop/>
PREFIX ps: <http://www.wikidata.org/prop/statement/>
PREFIX pq: <http://www.wikidata.org/prop/qualifier/>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX bd: <http://www.bigdata.com/rdf#>
SELECT ?mathNetId ?zbMATHAuthorID ?openLibraryID
WHERE
{
  OPTIONAL {
    <http://www.wikidata.org/entity/Q15078974> p:P4252 ?mathNetStatement .
    ?mathNetStatement ps:P4252 ?mathNetId .
  }

  OPTIONAL {
    <http://www.wikidata.org/entity/Q15078974> p:P1556 ?zbMATHAuthorIDStatement .
    ?zbMATHAuthorIDStatement ps:P1556 ?zbMATHAuthorID .
  }

  OPTIONAL {
    <http://www.wikidata.org/entity/Q15078974> p:P648 ?openLibraryIDStatement .
    ?openLibraryIDStatement ps:P648 ?openLibraryID .
  }
} LIMIT 1

```

Рис. 3. Фрагмент SPARQL-запроса извлечения метаданных по конкретной именованной сущности в Семантической сети.

После проведения серии запросов получаем информацию, позволяющую пополнить метаданные.

На рис. 4 и 5 представлены результаты работы алгоритма поиска и фильтрации метаданных.

Парфентьев, Николай Николаевич WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q15078974> MathNetId:null ZbMATHAuthorID:parfentev.n-n OpenLibraryID:null
 Д. Д. Мордухай-Болтовский: Ресурс не найден
 Чеботарёв, Николай Григорьевич WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q570859> MathNetId:23095 ZbMATHAuthorID:chebotarev.nikolai-grigorevich OpenLibraryID:OL2252285A
 Гагаев, Борис Михайлович WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q26243811> MathNetId:27708 ZbMATHAuthorID:gagaev.b-m OpenLibraryID:null
 Гагаев, Борис Михайлович WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q26243811> MathNetId:27708 ZbMATHAuthorID:gagaev.b-m OpenLibraryID:null
 Четаев, Николай Гурьевич WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q4514946> MathNetId:37786 ZbMATHAuthorID:chetaev.nikolai-gurevich OpenLibraryID:null
 Малеев, Всеволод Александрович WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q65126041> MathNetId:null ZbMATHAuthorID:null OpenLibraryID:null
 Е. Н. Аравийская: Ресурс не найден
 М. К. Куренский: Ресурс не найден
 А. Д. Гольдгаммер: Ресурс не найден
 Широков, Пётр Алексеевич WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q23656701> MathNetId:20291 ZbMATHAuthorID:shirokov.p-a OpenLibraryID:OL5476121A
 Широков, Пётр Алексеевич WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q23656701> MathNetId:20291 ZbMATHAuthorID:shirokov.p-a OpenLibraryID:OL5476121A
 Чеботарёв, Николай Григорьевич WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q570859> MathNetId:23095 ZbMATHAuthorID:chebotarev.nikolai-grigorevich OpenLibraryID:OL2252285A
 Гагаев, Борис Михайлович WikidataURI: <http://www.wikidata.org/entity/Q26243811> MathNetId:27708 ZbMATHAuthorID:gagaev.b-m OpenLibraryID:null
 А. Д. Гольдгаммер: Ресурс не найден

Рис. 4. Результат работы алгоритма поиска именованных сущностей в Семантической сети и фильтрации по признакам цифровой коллекции.

том	страница	С	язык	автор 1	название статьи	WikidataURI	MathNetId	ZbMATHAuthorID	OpenLibraryID
1	2	лл		Н. Н. Парфентьев	Научная характеристика академика В. А. Стэк	http://www.wikidata.org/entity/Q15078974	null	parfentev.n-n	null
1	14	лл		Д. Д. Мордухай-Болтовский	Об интегрировании в конечном виде дифференциальных биномов в случае иррациональных показателей				
1	26	лл		Н. Г. Чеботарев	К задаче нахождения алгебраических уравне	http://www.wikidata.org/entity/Q570859	23095	chebotarev.nikolai-grigorevich	OL2252285A
1	33	лл		Б. М. Гагаев	Обобщение формулы Фурье	http://www.wikidata.org/entity/Q26243811	27708	gagaev.b-m	null
1	41	лл		Б. М. Гагаев	О порядке приближения выражения функций	http://www.wikidata.org/entity/Q26243811	27708	gagaev.b-m	null
1	49	лл		Н. Г. Четаев	Об устойчивых фигурах равновесия некоторо	http://www.wikidata.org/entity/Q4514946	37786	chetaev.nikolai-gurevich	null
1	95	лл		В. А. Малеев	О групповых решениях уравнений $x^{(3n)}+y^{(3n)}=z$	http://www.wikidata.org/entity/Q65126041	null	null	null
1	107	лл		Е. Н. Аравийская	О линейных соотношениях между показателями степеней в сравнениях $g^n+g^u=1 \pmod{p}$				
1	115	лл		М. К. Куренский	Преобразование дифф. Ур-ий Euler'a в задаче о 3 телях на одной прямой и случая интегрируемости ур-ий этой задачи				
1	119	лл		А. Д. Гольдгаммер	Опыт теории закалики кварца				
1	123	лл		П. А. Широков	Исследование тензорного дифферен. Ур-ия D	http://www.wikidata.org/entity/Q23656701	20291	shirokov.p-a	OL5476121A
1	135	лл		П. А. Широков	О параллельном переносе векторов в неевкли	http://www.wikidata.org/entity/Q23656701	20291	shirokov.p-a	OL5476121A
1	146	лл		Н. Г. Чеботарев	Поправка к моей статье: " О методе исключен	http://www.wikidata.org/entity/Q570859	23095	chebotarev.nikolai-grigorevich	OL2252285A
1	149	лл		Б. М. Гагаев	К теории симметрического ядра	http://www.wikidata.org/entity/Q26243811	27708	gagaev.b-m	null
1	153	лл		А. Д. Гольдгаммер	К вопросу об электропроводности кварца				

Рис. 5. Фрагмент таблицы метаданных сформированных после обработки результатов запросов (см. Рис. 4).

Дополнение метаданных позволяет уточнить результаты поиска, однако вопросы, связанные с остановкой алгоритма, остаются открытыми.

Альтернативным подходом к поиску данных об авторах является использование программных интерфейсов различных ресурсов. Базы, в которых содержатся документы, выпущенные только в настоящее время, в связи со спецификой коллекции можно не рассматривать. Таким образом, можно обратиться к таким ресурсам, как цифровые математические библиотеки EuDML, DML-CZ, NumDam, а также Wikipedia [1, 3, 4]. Главная цель в этом случае – максимально сузить результаты поиска, что позволит точно определить дополнительные метаданные соответствующей статьи.

Названные выше цифровые математические библиотеки используют технологию OAI-PMH – сервер сбора и обмена метаданными [15]. Основной обзор использования этой технологии приведен в [14]. Эта технология позволяет получать доступ к материалам в базе данных библиотеки.

Заключение

Дальнейшее направление работы предполагает уточнение результатов поиска при дополнении метаданных за счёт добавления основной тематики статьи с использованием онтологий, а также вопросы представления статьи на различных языках.

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

Литература

1. Elizarov A.M., Lipachev E.K. Lobachevskii DML: Towards a Semantic Digital Mathematical Library of Kazan University // CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 2022. P. 326–333.
2. Гафурова П.О., Елизаров А.М., Липачёв Е.К. Базовые сервисы фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML // Электронные библиотеки. 2020. Т. 23 (3). С. 336–381. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-3-336-381>
3. EuDML metadata schema specification (v2.0–final), <https://initiative.eudml.org/eudml-metadata-schema-specification-v20-final>, last accessed 2021/01/05.
4. Bouche T., Rákosník J. Report on the EuDML External Cooperation Model // In: Kaiser K., Krantz S.G., Wegner B. (Eds) Topics and Issues in Electronic Publishing, JMM, Special Session. San Diego. 2013. P. 99–108. URL: https://www.emis.de/proceedings/TIEP2013/07bouche_rakosnik.pdf, last accessed 2021/01/05.
5. Гафурова П.О., Елизаров А.М., Липачёв Е.К. Lobachevskii-DML: формирование архивных математических коллекций // Научный

- сервис в сети Интернет: труды XXII Всероссийской научной конференции
(21–25 сентября 2020 г., онлайн). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2020.
С. 171–183. <https://doi.org/10.20948/abrau-2020-23>
URL: <https://keldysh.ru/abrau/2020/theses/23.pdf>
6. Гафурова П.О., Елизаров А.М., Липачёв Е.К. Алгоритмы формирования метаданных математических ретро-коллекций на основе анализа структурных особенностей документов // Электронные библиотеки. 2021. Т. 24, № 2. С. 238–271. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2021-24-2-238-270>
 7. Rocha E.M., Rodrigues J.F. Disseminating and preserving mathematical knowledge // In: Borwein J.M., Rocha E.M., Rodrigues J.F. (Eds.). *Communicating Mathematics in the Digital Era*. A K Peters, Ltd., 2008. P. 3–21.
 8. Biryal'tsev E., Elizarov A., Zhil'tsov N., Lipachev E., Nevzorova O., Solov'ev V. Methods for Analyzing Semantic Data of Electronic Collections in Mathematics // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. 2014. V. 48, No. 2. P. 81–85.
 9. Елизаров А.М., Липачёв Е.К., Хайдаров Ш.М. Автоматизированная система сервисов обработки больших коллекций научных документов // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных: сборник статей XVIII Межд. конф. DAMDID/RCDL'2016. М.: ФИЦ ИУ РАН, 2016. С.109–115.
 10. Journal Article Tag Suite. URL: <https://jats.nlm.nih.gov/about.html>, last accessed 202/01/05.
 11. Berners-Lee T. Semantic Web Road map // The World Wide Web Consortium (W3C). 1998. URL: <https://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>
 12. SPARQL Query Language for RDF // W3C. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
 13. Wikidata. URL: https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Main_Page
 14. Андреичев М.Д., Ференец А.А. Разработка программного комплекса генерации вопросов по заданным субъектам при помощи семантической сети // Электронные библиотеки. 2019. Т. 22 (2). С. 68–94. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2019-22-2-68-94>
 15. Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting. URL: <https://www.openarchives.org/pmh/>.

Reference

1. Elizarov A.M., Lipachev E.K. Lobachevskii DML: Towards a Semantic Digital Mathematical Library of Kazan University // CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 2022. P. 326–333.
2. Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K. Basic Services of Factory Metadata Digital Mathematical Library Lobachevskii-DML // Russian Digital Library. 2020. V. 23, No. 3. P. 336–381. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-3-336-381>
3. EuDML metadata schema specification (v2.0–final), <https://initiative.eudml.org/eudml-metadata-schema-specification-v20-final>, last accessed 2021/01/05.
4. Bouche T., Rákosník J. Report on the EuDML External Cooperation Model // In: Kaiser K., Krantz S.G., Wegner B. (Eds) Topics and Issues in Electronic Publishing, JMM, Special Session. San Diego. 2013. P. 99–108. URL: https://www.emis.de/proceedings/TIEP2013/07bouche_rakosnik.pdf, last accessed 2021/01/05.
5. Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K. Lobachevskii-DML: Formation of Archival Mathematical Collections // Nauchnyj servis v seti Internet: trudy XXII Vserossijskoj nauchnoj konferencii (21–25 sentyabrya 2020 g., onlajn). M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2020. S. 171–183. <https://doi.org/10.20948/abrau-2020-23>
URL: <https://keldysh.ru/abrau/2020/theses/23.pdf>.
6. Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K. Algorithms for Formation of Metadata Mathematical Retro Collections Based on Analysis of Structural Features of Documents // Russian Digital Library. 2021. V. 24, No. 2. P. 238–271. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2021-24-2-238-270>
7. Rocha E.M., Rodrigues J.F. Disseminating and preserving mathematical knowledge // In: Borwein J.M., Rocha E.M., Rodrigues J.F. (Eds.). Communicating Mathematics in the Digital Era. A K Peters, Ltd., 2008. P. 3–21.
8. Biryal'tsev E., Elizarov A., Zhil'tsov N., Lipachev E., Nevzorova O., Solov'ev V. Methods for Analyzing Semantic Data of Electronic Collections in Mathematics // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. 2014. V. 48, No. 2. P. 81–85.
9. Elizarov A.M., Lipachev E.K., Khaydarov S.M. Automated system of services for processing of large collections of scientific documents // CEUR Workshop Proceedings. 2016. Vol. 1752. P. 58–64.

10. Journal Article Tag Suite. URL: <https://jats.nlm.nih.gov/about.html>, last accessed 202/01/05.
11. Berners-Lee T. Semantic Web Road map // The World Wide Web Consortium (W3C). 1998. URL: <https://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>
12. SPARQL Query Language for RDF // W3C. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
13. Wikidata. URL: https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Main_Page
14. Andreichev M.D., Ferenetz A.A. Development of a Software Package for Generating Questions for Specified Subjects using a Semantic Network // Russian Digital Library. 2019. V. 22, No. 2. P. 68–94. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2019-22-2-68-94>
15. Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting. URL: <https://www.openarchives.org/pmh/>