



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН

Абрау-2020 • Труды конференции



Труды XXII Всероссийской научной конференции

Научный сервис в сети Интернет

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

Lobachevskii-DML: формирование архивных математических коллекций

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

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>

<https://keldysh.ru/abrau/2020/theses/23.pdf>

[Видеозапись выступления](#)

Lobachevskii-DML: формирование архивных математических коллекций

П.О. Гафурова^{1[0000-0002-1544-155X]}, А.М. Елизаров^{1,2[0000-0003-2546-6897]},
Е.К. Липачёв^{1,2[0000-0001-7789-2332]}

¹*Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского*
²*Высшая школа информационных технологий и интеллектуальных систем
Казанского (Приволжского) федерального университета*

Аннотация. Представлены решения ряда задач управления метаданными, возникающих при построении цифровых математических библиотек. Описаны структура фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML и набор сервисов, составляющих основу этой фабрики. Представлены те базовые сервисы фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML, которые удастся применить к архивным математическим коллекциям. Дано описание сформированных архивных математических коллекций, указаны особенности метаданных их документов.

Ключевые слова: цифровая математическая библиотека Lobachevskii-DML, фабрика метаданных, сервисы управления метаданными, архивные коллекции

Lobachevskii-DML: Formation of Archival Mathematical Collections

P.O. Gafurova^{1[0000-0002-1544-155X]}, A.M. Elizarov^{1,2[0000-0003-2546-6897]},
E.K. Lipachev^{1,2[0000-0001-7789-2332]}

¹*N. I. Lobachevskii Institute of Mathematics and Mechanics,*
²*Higher School of Information Technologies and Intelligent Systems,
Kazan (Volga Region) Federal University*

Abstract. The solutions of a number of metadata management problems arising in the construction of digital mathematical libraries are presented. The structure of the metadata factory of the digital mathematical library Lobachevskii-DML and the set of services that form the basis of this factory are described. The basic services of the Lobachevskii-DML digital mathematical library metadata factory that can be applied to archival mathematical collections are presented. The description of the formed archival mathematical collections is given, the features of the metadata of their documents are indicated.

Keywords: Lobachevskii-DML digital math library, metadata factory, metadata management services, archive collections

1. Введение

Как известно (см., например, [1]), научные цифровые библиотеки как специализированный класс информационных систем являются важнейшей составляющей любого научного информационного пространства, а построение таких библиотек напрямую нацелено на интеграцию соответствующих знаний и расширение доступа к ним. Сказанное в полной мере отражено в основных задачах, поставленных в проектах, связанных с развитием цифровых математических библиотек и выполняющих разнообразные функции интеграции математических знаний (например, [2–7]).

Общее количество цифровых математических библиотек, созданных к настоящему моменту времени в мире, достаточно велико. Среди первых цифровых математических библиотек наиболее крупными являются MathNet.Ru (<http://www.mathnet.ru/>), Numdam (<http://www.numdam.org/>) и DML-CZ (Czech Digital Mathematics Library, <https://dml.cz/>). Многие из существующих цифровых математических библиотек обладают особенностями, связанными в первую очередь с используемыми в них технологиями управления научным контентом. Обзор специфики и функциональных возможностей ряда существующих цифровых математических библиотек содержится, например, в [8].

Заметным шагом в цифровизации математических знаний стали инициативы “World Digital Mathematics Library” (WDML, «Всемирная цифровая математическая библиотека», <https://www.mathunion.org/ceic/library/world-digital-mathematics-library-wdml>, 2012 год) и “The Global Digital Mathematics Library” (GDML, «Глобальная цифровая математическая библиотека», 2014 год). Эти инициативы направлены на интеграцию математических знаний – разработку принципов построения информационной среды, предоставляющей доступ ко всем когда-либо опубликованным работам по математике с помощью системы интеллектуальных агентов, обеспечивающих навигацию в информационном пространстве. В направлении, обозначенном названными выше инициативами, инициирован и реализован ряд значимых международных проектов, например, “The European Digital Mathematics Library” – «Европейская Цифровая Математическая Библиотека» (EuDML, <https://initiative.eudml.org/>). Далее, благодаря реализации проекта MathNet.Ru (<http://www.math-net.ru/>) оцифрованы, снабжены метаданными и представлены в открытый доступ архивы многих российских математических научных журналов и других изданий.

В Казанском университете, начиная с 2017 года, в соответствии с базовыми принципами WDML и GDML создается цифровая математическая библиотека Lobachevskii Digital Mathematical Library (Lobachevskii-DML, <https://lobachevskii-dml.ru/>) (см. также [9, 10]). Одно из базовых направлений исследований, развиваемых в рамках Lobachevskii-DML, связано с разработкой системы взаимосвя-

занных программных инструментов, обеспечивающих создание, обработку, хранение, управление метаданными объектов цифровых библиотек и интеграцию создаваемых электронных коллекций в агрегирующие их цифровые научные библиотеки. Система таких инструментов названа нами фабрикой метаданных (см. [11]). Для оптимизации названных инструментов и последующей их модернизации было необходимо:

- выявить и описать особенности представления метаданных документов различных электронных коллекций, связанные как с применяемыми форматами, так и с изменениями состава и полноты набора метаданных в течение всего времени существования соответствующего научного издания;
- охарактеризовать программные инструменты управления научным контентом и методы организации автоматизированной интеграции репозитория математических документов с другими информационными системами;
- обеспечить нормализацию метаданных в соответствии с форматами агрегирующих библиотек.

В результате разработанными инструментами фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML стали (см. [11]): система сервисов автоматизированного формирования метаданных электронных математических коллекций; xml-язык представления метаданных, основанный на Journal Archiving and Interchange Tag Suite (NISO JATS) различных версий [12]; созданные программные инструменты нормализации метаданных электронных коллекций научных документов в форматах, разработанных агрегаторами ресурсов по математике и Computer Science; алгоритм приведения метаданных к формату oai_dc и генерации структуры архивов для импорта в цифровое хранилище DSpace; методы интеграции существующих электронных математических коллекций Казанского университета в отечественные и зарубежные цифровые математические библиотеки. Вместе с тем, в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского Казанского университета в не оцифрованном виде хранятся уникальные коллекции математических документов 19–20 веков издания, метаданные которых не просто отсутствуют, но и требуют специальных приемов их формирования и специальной настройки инструментов фабрики метаданных для управления ими.

В настоящей статье представлены те базовые сервисы фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML, которые удастся применить к упомянутым выше архивным математическим коллекциям. Описаны сформированные архивные математические коллекции, указаны особенности метаданных их документов.

2. Управление цифровым математическим контентом

Создание любой цифровой математической коллекции или библиотеки и последующее расширение её функциональных возможностей предполагают ре-

шение целого ряда трудоемких задач, связанных, в первую очередь, с управлением контентом. Именно поэтому программные инструменты управления научным контентом являются важнейшей составляющей любой цифровой библиотеки. Многие из этих инструментов используются фабрикой метаданных для создания, обработки, хранения и управления метаданными цифровых документов и позволяют интегрировать создаваемые электронные коллекции в агрегирующие цифровые научные библиотеки. Опишем подробнее имеющиеся решения.

Существующие цифровые библиотеки, а также агрегаторы научных знаний предлагают ряд программных инструментов работы с контентом, прежде всего, сервисы поиска в электронных коллекциях. Например, средства семантического поиска документов представлены на сайте проекта EuDML (<https://initiative.eudml.org/>). Здесь же размещены демонстрационные версии инструментов, разработанных для обслуживания EuDML. Назначение и функциональные возможности этих программных инструментов описаны в [13].

Сервисы управления цифровым математическим контентом, разработанные и реализованные в рамках проекта Lobachevskii-DML, описаны в работах [11, 14–17]. Как и в случае любой цифровой научной библиотеки, формирование Lobachevskii-DML и соответствующей фабрики метаданных потребовало привлечения ранее созданных, а также разработки новых технологических решений управления научным контентом.

На этапе препроцессорной обработки не рассматриваются те документы, обработка которых не поддерживается инструментами фабрики метаданных в автоматическом режиме. Вместе с самим документом в фабрику метаданных загружается справочная информация о документе, например, о его типе и кодировке. Основные документы, которые обрабатываются фабрикой метаданных, – это файлы статей в различных форматах. Поэтому одной из целей препроцессорной обработки также является определение типа документа: статья, монография или сборник статей. Дальнейшие действия выполняются для статей и монографий, а сборники статей разделяются на отдельные статьи, которые также отправляются на обработку в фабрику метаданных. Один из подходов к решению этой задачи описан в [18]. Отметим, что причины, по которым некоторые документы могут оказаться необработанными в фабрике метаданных, отражаются в отчете, который генерируется автоматически.

На этапе экстракции метаданных обрабатываются полные тексты документов и используются шаблоны поиска обязательных метаданных. Также на этом этапе производятся исправление некоторых орфографических ошибок, неправильного выбора регистра, а также удаление лишних пробелов и знаков. Этап экстракции является одним из базовых этапов функционирования фабрики метаданных.

Сервисы экстракции метаданных отвечают за извлечение метаданных из документов и внешних ресурсов. Извлечение основных метаданных на первом этапе экстракции существенно зависит от их наличия в документе в явном виде.

Также для извлечения информации из текста применяются инструменты текстовой аналитики. В качестве внешних ресурсов могут использоваться коллекции цифровых документов, в которые входит рассматриваемая статья, а также интернет-ресурсы. На этапе предпроцессорной обработки обрабатываемые сборники статей делятся на статьи так, чтобы было необходимо отправлять в фабрику метаданных информацию об этом сборнике или искать ее в интернет-ресурсах.

Широкое размещение в интернете метаданных различных документов привело к тому, что одним из их источников могут стать веб-страницы сайта-агрегатора метаданных или самой цифровой библиотеки. Таким образом, при формировании фундаментального набора метаданных электронных коллекций, а также при получении дополнительных метаданных необходимо использовать метаданные, хранящиеся на внешних ресурсах. Эта задача сопряжена с задачами поиска информации в агрегирующих базах данных и цифровых библиотеках, некоторые из которых частично закрыты для доступа или прерывают соединение, позволяя скачивать только ограниченное количество метаданных. При поиске метаданных на страницах сайтов-агрегаторов нужно также учитывать, что выбор и порядок поиска в таких источниках должны быть определены заранее, так как некоторые источники хранят информацию только по конкретной тематике (например, библиографическая база данных DBLP) или же неполный список метаданных. Особенности данного этапа является то, что к некоторым сайтам ограничен режим доступа. Однако многие ресурсы предоставляют возможность легальной экстракции метаданных через средства API и OAI-PMH сервера. Основные шаги алгоритма экстракции метаданных с интернет-ресурса на примере одной из коллекций приведены в [16].

На этапе верификации выполняется проверка полноты и соответствия состава выделенных метаданных установленным правилам, записанным в виде DTD-файлов или XML-схем. После прохождения этого этапа возможны три варианта дальнейших действий: дополнительная экстракция необходимых и дополнительных метаданных и повторная верификация; выдача отчета о том, что средства фабрики метаданных недостаточны для получения требуемого набора метаданных; переход к финальному этапу – нормализации метаданных.

Экстракция дополнительных метаданных направлена на извлечение метаданных из источников, размещенных вне обрабатываемого документа. К таким источникам можно отнести коллекции, в которые входит обрабатываемый документ, а также интернет-ресурсы.

Заключительным является этап нормализации метаданных: здесь происходит формирование файлов для выгрузки в зависимости от настроек фабрики метаданных. Задачи, связанные с нормализацией метаданных в различные форматы, – одни из самых актуальных при работе фабрики метаданных. Примерами таких задач служат: нормализация в форматы для внутреннего хранения и загрузки в цифровую библиотеку; экстракция в другие библиотеки и агрегаторы или представление в виде форматов библиографического цитирования.

В Lobachevskii DML реализовано несколько сервисов, которые нормализуют метаданные в различные форматы. Так, одним из них является сервис перевода метаданных электронной коллекции статей журнала «Электронные библиотеки» (“Russian Digital Libraries Journal”, <https://elbib.ru/>) в формат базы данных DBLP. Процесс перевода включал семантическую транслитерацию имен и фамилий авторов статей. Исходные наборы метаданных, использованных при переводе в названный формат, были сформированы автоматически с помощью разработанных нами программных инструментов, с учётом специфики программной платформы OJS [19], на которой функционирует данный журнал. Алгоритм перевода этих метаданных в формат DBLP был успешно реализован, подробно он описан в [15, 16].

3. Формирование архивных математических коллекций

Как первый пример формирования архивных коллекций опишем результаты создания цифровой коллекции «Трудов Математического центра им. Н.И. Лобачевского», полученные с помощью сервисов фабрики метаданных. Названная коллекция издается с 1998 года, ее основное назначение – публикация материалов математических конференций. Как следствие, большинство томов «Трудов ...» содержит по несколько десятков статей с ограниченным (с современной точки зрения) составом метаданных. При этом с момента выпуска первого тома использовалось несколько стилевых правил подготовки материалов, что отразилось на оформлении статей и форматах файлов сформированных сборников. Необходимыми условиями создания цифровой коллекции из файлового массива «Трудов ...» были разделение томов на отдельные статьи, выделение метаданных, описывающих каждую статью, генерация дополнительных метаданных (содержащих, в частности, библиографическое описание статьи, ссылку на файл статьи в цифровой коллекции, а также связи с профилями авторов статьи на академических порталах и наукометрических базах (kpfu.ru, MathNet.ru, Scopus и др.)). Разработанный алгоритм приведен в [20].

На следующем этапе были сформированы метаданные в формате загрузки цифрового хранилища DSpace (см. рис. 1). Формат загрузки файлов в DSpace основан на Дублинском ядре, файлы формируются в определенном порядке, таким образом получая структуру, необходимую для DSpace. Сформированный сервис был апробирован на коллекции «Трудов ...», а соответствующая цифровая библиотека включена в состав Lobachevskii DML.

Другой архивной коллекцией, представляющей несомненный научный интерес, является «Архив Физико-математического общества Казанского университета», существующий только на бумажных носителях. Его основой является выпуск журнала «Известия физико-математического общества при Казанском университете» за 1891–1949 годы. Таким образом, необходимо было не только провести процедуры по экстракции метаданных документов коллекции, но и оцифровать сами журналы.



Рис. 1. Преобразование метаданных в Dublin Core с учётом специфики цифрового хранилища DSpace

Выделим основные особенности создаваемого «Архива ...»:

- различное стилевое оформление статей и сборников в зависимости от года выпуска;
- практически полное отсутствие в статьях данных, необходимых для формирования фундаментального набора метаданных (см. рис. 2);
- в одном сборнике могут встречаться статьи на нескольких языках; при этом для статей на русском языке обязательным требованием редакции было включение краткого содержания на одном из языков: английском, немецком, французском или итальянском (см. рис. 3).

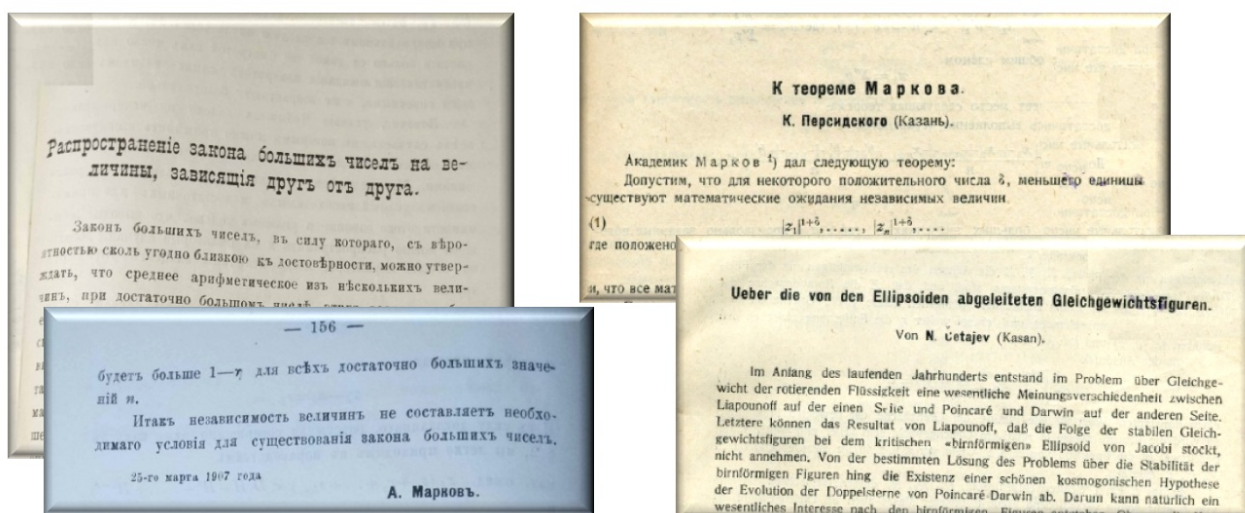


Рис. 2. Отсутствие в статьях информации, необходимой для формирования фундаментального набора метаданных, в частности, сведений об авторах, ключевых слов

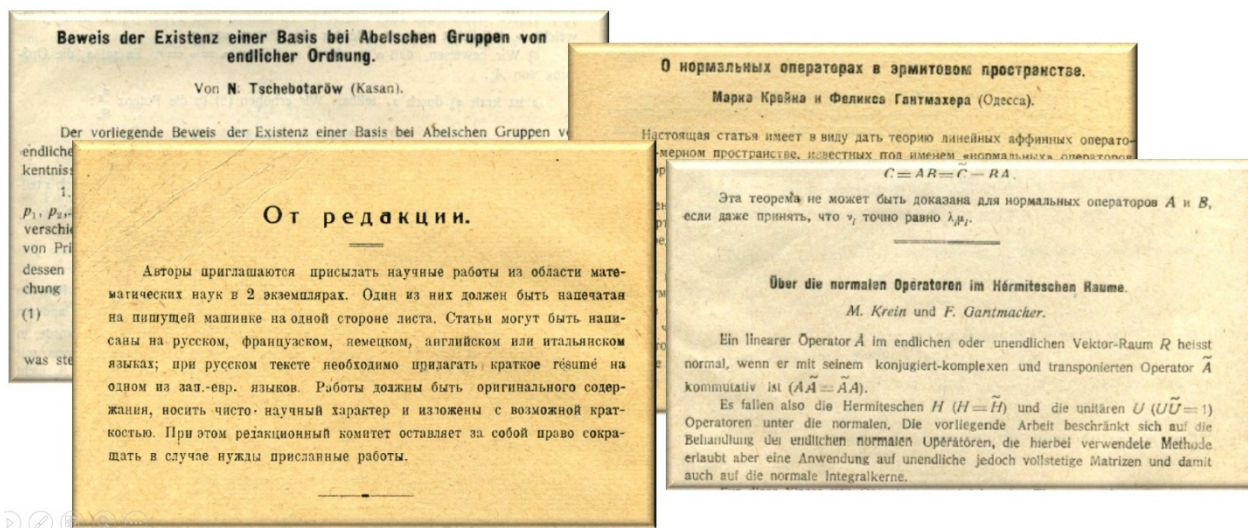


Рис. 3. Статьи в одном номере могут быть представлены на русском, французском, немецком, английском или итальянском языках. Статьи на русском сопровождаются кратким содержанием на одном из перечисленных европейских языков

Выделим выполненные этапы работы с названной архивной коллекцией.

Этап 1. Создание метаописания архива статей журнала в форматах, допускающих машинную обработку. Предполагалось, что метаописание должно включать библиографическую запись всех статей указанного журнала. Поскольку журнал не оцифрован, этот этап автоматизировать не удалось. Дополнительное возникшее затруднение – необходимость работы с библиотечным бумажным фондом через систему выписок из каталога.

Этап 2. Представление цифровой коллекции в Lobachevskii-DML в виде системы метаданных и ссылок на каталог Научной библиотеки Казанского университета.

Этап 3. Организация оцифровки архива указанного журнала.

Этап 4. Формирование цифровой коллекции, включающей полные тексты статей указанного журнала, снабженными наборами метаданных в форматах Lobachevskii-DML, MathNet.ru и формате обязательного набора метаданных «Европейской Цифровой Математической Библиотеки» (EuDML, <https://initiative.eudml.org/>).

Этап 5. Включение сформированной цифровой коллекции в Lobachevskii-DML с набором метаданных и полными текстами статей.

Заключение

Таким образом, в статье описаны структура фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML и набор сервисов, составляющих основу этой фабрики. Представлены те базовые сервисы фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML, которые уда-

ется применить к архивным математическим коллекциям. Дано описание сформированных архивных математических коллекций, указаны особенности метаданных их документов.

Дальнейшее направление развития заключается в совершенствовании созданной фабрики метаданных и разработке возможности ее использования в любых научных цифровых библиотеках.

Работа выполнена в рамках программы развития Регионального научно-образовательного математического центра Приволжского федерального округа, номер соглашения 075-02-2020-1478/1.

Литература

1. Xie I., Matusiak K.K. *Discover Digital Libraries: Theory and Practice*. Elsevier Inc., 2016. 388 p.
2. Jackson A. *The Digital Mathematics Library* // *Notices Amer. Math. Soc.* 2003. V. 50. P. 918–923.
3. Borwein J.M., Rocha E.M., Rodrigues J.F. (eds.) *Communicating Mathematics in the Digital Era*. Taylor & Francis, 2008. 325 p.
4. Bouche T. *Introducing the mini-DML project* // *ECM4 Satellite Conference EMANI/DML*. 2004. P. 19–29.
5. Bouche T. *Some Thoughts on the Near-Future Digital Mathematics Library* // *Towards a Digital Mathematics Library*. Masaryk University, 2008. P. 3–15. URL: <https://eudml.org/doc/221606>.
6. Bouche T. *Digital Mathematics Libraries: The Good, the Bad, the Ugly* // *Math. Comput. Sci.* 2010. V. 3. P. 227–241. URL: <https://doi.org/10.1007/s11786-010-0029-2>.
7. Bouche T. *The Digital Mathematics Library as of 2014* // *Notices Amer. Math. Soc.* 2014. V. 61. No 9. P. 1085–1088.
8. Elizarov A.M., Lipachev E.K., Zuev D.S. *Digital Mathematical Libraries: Overview of Implementations and Content Management Services* // *CEUR Workshop Proceedings*. 2017. V. 2022. P. 317–325.
9. 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.
10. Елизаров А.М., Липачёв Е.К. Семантические методы и инструменты электронной математической библиотеки Lobachevskii-DML // *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. 130–136. URL: <https://doi.org/10.20948/abrau-2017-73>. <http://keldysh.ru/abrau/2017/73.pdf>.

11. 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>
12. Journal Article Tag Suite. URL: <https://jats.nlm.nih.gov/about.html>.
13. D7.4: Toolset for Image and Text Processing and Metadata Enhancements – Final Release. URL: <https://wiki.eudml.eu/mediawiki/eudml/images/D7.4-v1.0.pdf>.
14. Елизаров А.М., Липачёв Е.К. Семантические методы и инструменты электронной математической библиотеки Lobachevskii-DML // 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. 130–136. URL: <https://doi.org/10.20948/abrau-2017-73>. <http://keldysh.ru/abrau/2017/73.pdf>.
15. Гафурова П.О., Елизаров А.М., Липачёв Е.К., Хамматова Д.М. Методы формирования и нормализации метаданных в цифровой математической библиотеке // Научный сервис в сети Интернет: труды XXI Всероссийской научной конференции (23–28 сентября 2019 г., г. Новороссийск). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2019. С. 234–244. URL: <https://doi.org/10.20948/abrau-2019-28>. <http://keldysh.ru/abrau/2019/theses/28.pdf>.
16. Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K., Khammatova D.M. Metadata Normalization Methods in the Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proceedings. 2020. V. 2543. P. 136–148.
17. 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.
18. Elizarov A.M., Lipachev E.K. Methods of Processing Large Collections of Scientific Documents and the Formation of Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2543. P. 354–360.
19. MacGregor J., Stranack K., Willinsky J. The Public Knowledge Project: Open Source Tools for Open Access to Scholarly Communication // In: Bartling S., Friesike S. (Eds) Opening Science. The Evolving Guide on How the Internet is Changing Research, Collaboration and Scholarly Publishing. Springer International Publishing, 2014. P. 165–175. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-00026-8_3.
20. Батыршина Р.Р., Елизаров А.М., Липачев Е.К. Организация коллекций цифровой математической библиотеки методами семантического анализа // Научный сервис в сети Интернет: труды XXI Всероссийской научной конференции (23–28 сентября 2019 г., г. Новороссийск). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2019. С. 85–90.

Reference

1. Xie I., Matusiak K.K. *Discover Digital Libraries: Theory and Practice*. Elsevier Inc., 2016. 388 p.
2. Jackson A. The Digital Mathematics Library // *Notices Amer. Math. Soc.* 2003. V. 50. P. 918–923.
3. Borwein J.M., Rocha E.M., Rodrigues J.F. (eds.) *Communicating Mathematics in the Digital Era*. Taylor & Francis, 2008. 325 p.
4. Bouche T. Introducing the mini-DML project // *ECM4 Satellite Conference EMANI/DML*. 2004. P. 19–29.
5. Bouche T. Some Thoughts on the Near-Future Digital Mathematics Library // *Towards a Digital Mathematics Library*. Masaryk University, 2008. P. 3–15. URL: <https://eudml.org/doc/221606>.
6. Bouche T. Digital Mathematics Libraries: The Good, the Bad, the Ugly // *Math. Comput. Sci.* 2010. V. 3. P. 227–241. URL: <https://doi.org/10.1007/s11786-010-0029-2>.
7. Bouche T. The Digital Mathematics Library as of 2014 // *Notices Amer. Math. Soc.* 2014. V. 61. No 9. P. 1085–1088.
8. Elizarov A.M., Lipachev E.K., Zuev D.S. Digital Mathematical Libraries: Overview of Implementations and Content Management Services // *CEUR Workshop Proceedings*. 2017. V. 2022. P. 317–325.
9. 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.
10. Elizarov A.M., Lipachov E.K. Semanticheskie metody i instrumenty elektronnoj matematicheskoy biblioteki Lobachevskii-DML // *Nauchnyj servis v seti Internet: trudy XIX Vserossijskoj nauchnoj konferencii (18–23 sentyabrya 2017 g., g. Novorossijsk)*. M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2017. S. 130–136. URL: <https://doi.org/10.20948/abrau-2017-73>. <http://keldysh.ru/abrau/2017/73.pdf>.
11. Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K. Bazovye servisy fabriki metadannyh cifrovoj matematicheskoy biblioteki Lobachevskii-DML // *Elektronnye biblioteki*. 2020. T. 23 (3). S. 336–381. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-3-336-381>
12. Journal Article Tag Suite. URL: <https://jats.nlm.nih.gov/about.html>.
13. D7.4: Toolset for Image and Text Processing and Metadata Enhancements – Final Release. URL: <https://wiki.eudml.eu/mediawiki/eudml/images/D7.4-v1.0.pdf>.
14. Elizarov A.M., Lipachev E.K. Semanticheskie metody i instrumenty elektronnoj matematicheskoy biblioteki Lobachevskii-DML // *Nauchnyj servis v seti Internet: trudy XIX Vserossijskoj nauchnoj konferencii (18–23 sentyabrya*

- 2017 g., g. Novorossijsk). M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2017. S. 130–136. URL: <https://doi.org/10.20948/abrau-2017-73>. <http://keldysh.ru/abrau/2017/73.pdf>.
15. Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K., Hammatova D.M. Metody formirovaniya i normalizacii metadannyh v cifrovoj matematicheskoj biblioteke // Nauchnyj servis v seti Internet: trudy XXI Vserossijskoj nauchnoj konferencii (23–28 sentyabrya 2019 g., g. Novorossijsk). M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2019. S. 234–244. URL: <https://doi.org/10.20948/abrau-2019-28>. <http://keldysh.ru/abrau/2019/theses/28.pdf>.
 16. Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K., Khammatova D.M. Metadata Normalization Methods in the Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proceedings. 2020. V. 2543. P. 136–148.
 17. 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.
 18. Elizarov A.M., Lipachev E.K. Methods of Processing Large Collections of Scientific Documents and the Formation of Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2543. P. 354–360.
 19. MacGregor J., Stranack K., Willinsky J. The Public Knowledge Project: Open Source Tools for Open Access to Scholarly Communication // In: Bartling S., Friesike S. (Eds) Opening Science. The Evolving Guide on How the Internet is Changing Research, Collaboration and Scholarly Publishing. Springer International Publishing, 2014. P. 165–175. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-00026-8_3.
 20. Batyrshina R.R., Elizarov A.M., Lipachev E.K. Organizaciya kollekcij cifrovoj matematicheskoj biblioteki metodami semanticheskogo analiza // Nauchnyj servis v seti Internet: trudy XXI Vserossijskoj nauchnoj konferencii (23–28 sentyabrya 2019 g., g. Novorossijsk). M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2019. S. 85–90.