

УДК 004.4

УПРАВЛЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТАДАННЫХ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ В ЦИФРОВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕКАХ

П. О. Гафурова^[0000-0002-1544-155X]

НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

pogafurova@gmail.com

Аннотация

Представлены основные подходы к созданию систем управления метаданными в цифровых математических библиотеках, цифровых платформах и исследовательских инфраструктурах. Описаны способы представления метаданных в цифровых библиотеках и подходы к редактированию метаданных, принятые в различных цифровых математических проектах. Предложен редактор метаданных документов цифровых научных коллекций, разработанный как основной компонент фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML.

Ключевые слова: цифровая библиотека, цифровая математическая библиотека, математическая исследовательская инфраструктура, фабрика метаданных, метаданные научной статьи, редактор метаданных цифровой библиотеки, Lobachevskii-DML.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то что активное развитие проекта создания Всемирной цифровой математической библиотеки (WDML) приостановилось в 2013 г. [1, 2], сформированные в его рамках локальные цифровые библиотеки нуждаются в поддержке и формировании современных методов доступа к метаданным математических документов [3, 4]. Метаданные являются структурированным описанием документа, и на их основе реализуются методы навигации в пространстве научных знаний (см., например, [5]). При большом количестве цифровых документов и самих коллекций неминуемы ошибки в их обработке, причем не только со стороны программного обеспечения, но и со стороны авторов или редакторов статей. Сложная структура цифровых библиотек и большие объемы

данных требуют создания программных средств добавления, изменения и удаления метаданных цифровых документов и коллекций. В настоящей статье рассмотрена задача создания редактора метаданных документов на примере цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML [6–9]. Отметим, что один из методов пакетного пополнения метаданных документов цифровых коллекций этой библиотеки был предложен в [10].

Подходы к созданию средств пополнения и исправления ошибок в метаданных представлены в различных цифровых библиотеках, однако эти методы и средства были созданы с учетом локальных особенностей соответствующих проектов и форматов представления документов, включенных в эти цифровые коллекции. По этой причине актуальна задача создания собственных методов пополнения и исправления метаданных в библиотеке Lobachevskii-DML, включающей разнообразные коллекции цифровых документов [11–13]. Специфика документов библиотеки Lobachevskii-DML такова:

- 1) основной язык описания метаданных – русский;
- 2) имеются дополнительные метаданные на других языках (русский с до-реформенной орфографией, английский, французский, немецкий);
- 3) имеются математические символы.

В связи с достаточно сложной структурой библиотеки Lobachevskii-DML необходимо создание не только методов формирования метаданных для загрузки в библиотеку, но и методов пополнения и исправления этих метаданных [9].

ПОДХОДЫ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ И ИЗМЕНЕНИЮ МЕТАДАНЫХ ДОКУМЕНТОВ ЦИФРОВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕК

Исторически сложилось так, что метаданные научных документов могут быть представлены в различных форматах [14]. Из всего объема цифровых форматов для описания документов в цифровых библиотеках использован определенный набор метаданных [15]. Кроме того, основной набор метаданных документов цифровых математических библиотек достаточно ограничен. Поскольку все цифровые проекты были сформированы с учетом будущего включения в глобальный проект, каждая из таких библиотек использует специализированный xml-формат, который отражает основные особенности библиотеки, а также

средства перевода в общепринятый формат. Комплекс методов исправления и внедрения метаданных в цифровые библиотеки предложен в [16, 17] для цифровой математической библиотеки NumDam, созданной для поддержки математического контента в основном на французском языке (но поддерживает и другие языки). В этой библиотеке содержатся полные тексты документов по математическим исследованиям: журнальные статьи, материалы семинаров и конференций, книги и монографии, диссертации. В [17] был введен термин «фабрика метаданных» и описана структура фабрики метаданных библиотеки NumDam. Последняя включает сервисы нормализации метаданных, их корректировки и улучшения, а также инструменты работы с формулами в TEX- и MathML-форматах. На рис. 1 представлен редактор метаданных библиотеки NumDam.

Classification :

14G25 ✕

11G35 ✕

14M22 ✕

+ Nouveau

Mots clés (anglais) :

zero-cycles, Hasse principle, weak approximation, Brauer-Manin obstruction, rationally connected varieties, homogeneous spaces + -

= Supprimer

Mots clés (français) :

zéro-cycles, principe de Hasse, approximation faible, obstruction de Brauer-Manin, variétés rationnellement connexes, espaces homogènes + -

= Supprimer

+ Ajouter une traduction

Résumé (anglais) :

Let X be a rationally connected algebraic variety, defined over a number field K . We find a relation between the arithmetic of rational points on X and the arithmetic of zero-cycles. More precisely, we consider the following statements: (1) the Brauer-Manin obstruction is the only obstruction to weak approximation for X -rational points on X_K for all finite extensions K/k (2) the Brauer-Manin obstruction is the only obstruction to weak approximation in some sense that we define for zero-cycles of degree S on X_K for all finite extensions K/k (3) the sequence $\varprojlim_n \mathrm{CH}_0(X_K) \xrightarrow{\mathrm{Iprod}} \varprojlim_n \mathrm{CH}_0(X_K) \xrightarrow{\mathrm{Iprod}} \mathrm{Hom}(\mathrm{Br}(X_K), \mathbb{Q}/\mathbb{Z})$ is exact for all finite extensions K/k . We prove that (1) implies

+ -

= Supprimer

Рис. 1. Фрагмент редактора метаданных фабрики метаданных цифровой библиотеки NumDam.

Определение фабрики метаданных в контексте цифровых платформ и цифровых научных библиотек предложено в [18, 19].

Работы по созданию редактора метаданных были проведены на базе цифровой библиотеки DML-CZ [20], которая ориентирована на цифровые документы на чешском языке. Центральным элементом этой цифровой библиотеки является редактор метаданных [21, 22]. На рис. 2 представлен редактор метаданных библиотеки DML-CZ. Подробное описание этой библиотеки содержится в [21, 22].

The screenshot shows the DML-CZ metadata editor interface. On the left, there is a form for entering metadata. The form includes fields for Title, Author, Language, Keywords, Summary, and MSC. The right panel displays a preview of the document, which is a mathematical paper titled "O JISTÉ VLASTNOSTI SOUSTAV NEZÁVISLÝCH PRVKŮ V ABELOVSKÉ GRUPE" by Milan Škarek, published in 1966. The preview shows the title, author, and the beginning of the text in Czech.

Рис. 2. Редактор метаданных библиотеки DML-CZ.

Цифровые библиотеки, указанные выше, а также разработанные в них методы формирования контента и метаданных были распространены и на другие библиотеки [23–25].

Отметим, что цифровые математические библиотеки могут иметь различную структуру. Так, библиотека NumDam имеет древовидную структуру (см. рис. 3). На этом рисунке «листья» (leaf) являются статьями или частями

книги, «контейнер» (container) – выпуском журнала или книгой, «коллекция» (collection) – журналом, серией книг или многотомным изданием. Хранение метаданных документов в библиотеках DML-CZ и BulDML (Bulgarian Digital Mathematical Library [26]) организовано в виде реляционных таблиц PostgreSQL и Oracle [25]. В библиотеке Lobachevskii-DML хранение метаданных – в виде реляционных таблицах MySQL [13]. На рис. 4 представлены реляционные таблицы Lobachevskii-DML.

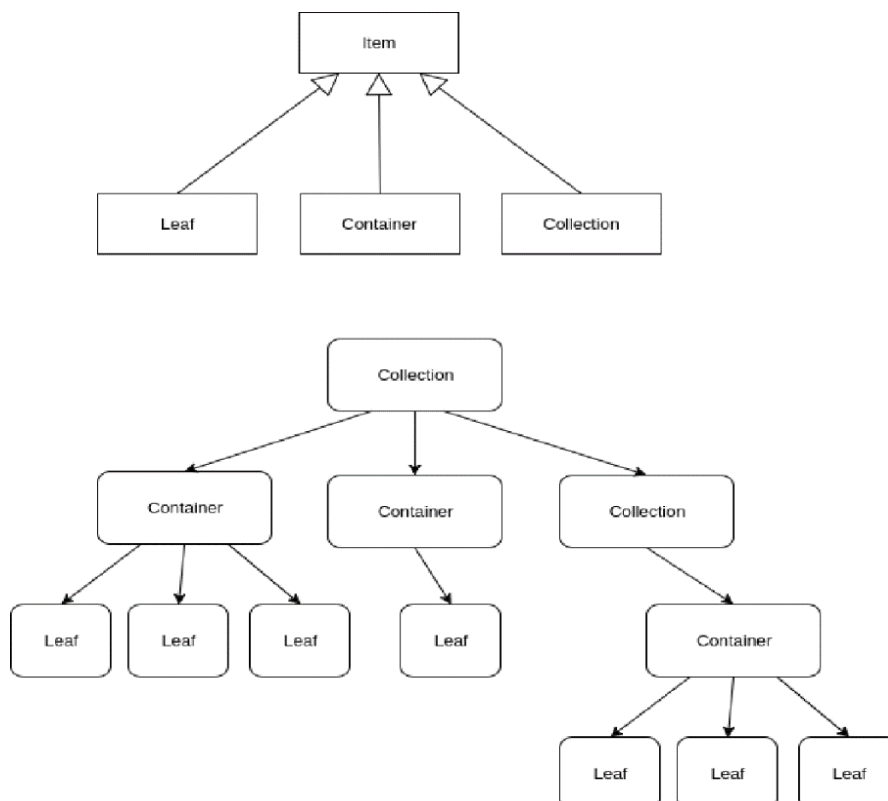


Рис. 3. Структура контента цифровой библиотеки NumDam [17].

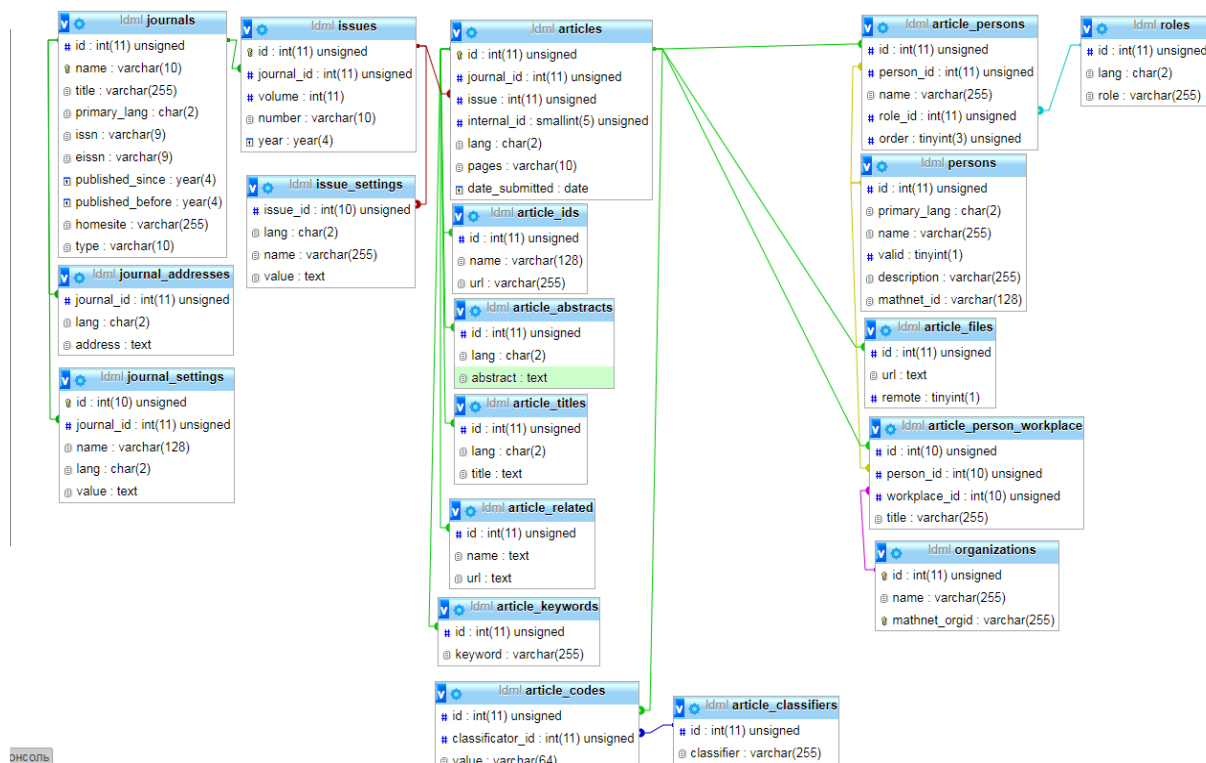


Рис. 4. Структура реляционных таблиц, описывающих метаданные документа цифровой библиотеки Lobachevskii-DML.

Так как внесение исправлений в сложную структуру таблиц в библиотеке Lobachevskii-DML требует больших трудозатрат, а методы внесения изменений в метаданные достаточно быстро устаревают со временем, необходимо создание редактора метаданных для данной библиотеки – программного средства, дающего возможности изменения, добавления и удаления метаданных документов цифровой библиотеки.

Важно отметить, что подходы к формированию метаданных не стоят на месте и постоянно совершенствуются. Сегодня основным форматом представления научных данных является Journal Archiving and Interchange Tag Library (NISO JATS) [28], который был разработан как раз после формулирования основных особенностей цифровых математических библиотеки.

РЕДАКТОР МЕТАДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ

В настоящее время система формирования метаданных также претерпевает изменения. В частности, на платформе Crosref [29] метаданные статей собираются из различных источников (см. рис. 5) [30–37]. При этом специфика математических документов никак не учитывается.

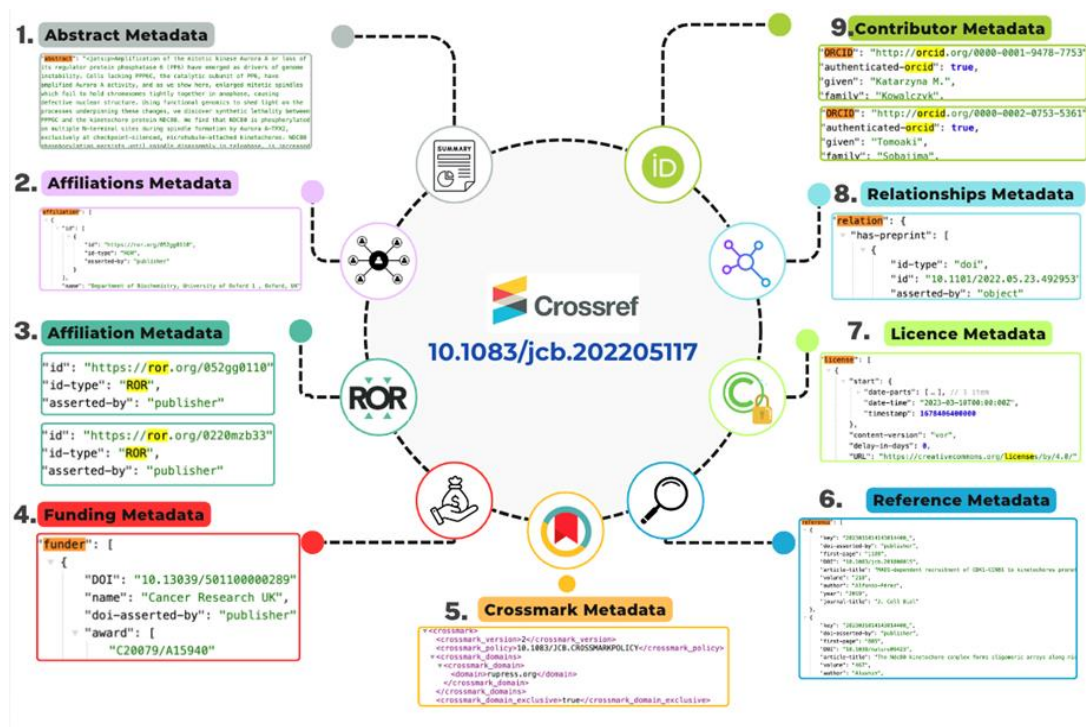


Рис. 5. Метаданные о статье и их источники [37].

Для внесения исправлений в обе системы необходимы средства внесения изменений в метаданные цифровых статей, т. е. редактор метаданных документов цифровых библиотек. Основной целью создания такого редактора является создание среды, в которой пользователь имеет возможность мануального изменения, добавления, удаления метаданных на конкретной странице [38, 39].

Далее рассмотрим редактор метаданных документов цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML. Такой редактор должен обладать следующими возможностями:

- добавление новых метаданных, потому что наборы метаданных цифровых документов расширяются с каждым годом;

- поддержка разных языков и метаданных на этих языках;
- обеспечение читаемости математического и информационного контента библиотеки;
- простота использования и удобства интерфейса для пользователей;
- доступ к базе данных и защиты библиотеки от несанкционированного доступа.

Обратимся к структуре Lobachevskii-DML (рис. 2). Сложная структура библиотеки затрудняет внесение метаданных в систему, поэтому для внесения исправлений и защиты метаданных необходимо создание временной таблицы (табл. 1).

Табл. 1. Структура временной таблицы цифровой библиотеки.

Название	Описание
id	Идентификатор
type	Тип метаданных, которые должны быть изменены
operation	Удаление (D), вставка(), изменение (R)
old_meta	Прошлые метаданных
new_meta	Новые метаданные

Анализируя структуру таблиц Lobachevskii-DML (рис. 4), необходимо отметить, что такие метаданные, как ключевые слова, аннотация, название, могут быть изменены при обращении к таблице по идентификатору статьи. К метаданным, связанным с авторами (фамилия, имя, отчество, место работы, название организации, роли авторов), доступ производится через комплекс реляционных таблиц. Основные метаданные статьи приведены в табл. 2. Таким образом, необходимо создание двух ролей «редактор» и «эксперт-администратор» со следующими функциями:

1) роль «редактор» библиотеки Lobachevskii-DML – внесение изменений и дополнений в метаданные цифровых документов;

2) роль «эксперт-администратор» – проверка корректности измененных метаданных и их загрузка в библиотеку.

Табл. 2. Метаданные статьи и их расположение в реляционных таблицах библиотеки Lobachevskii-DML.

Метаданные	Название в реляционной таблице	Количество таблиц, которые необходимо проверить для доступа к данным
название	title из таблицы article_titles	2
фамилия автора	name из persons	3
имя автора	name из persons	3
отчество автора	name из persons	3
аффилиация автора	name из organizations	3
аннотация	abstract из article_abstract	3
ключевые слова	keyword из article_keywords	3
классификаторы	value из article_codes	3
страницы	pages из articles	1

На рис. 6 представлен фрагмент формы прототипа редактора метаданных для цифровой библиотеки Lobachevskii-DML. Основные подключаемые метаданные приведены в табл. 1.

Опишем подробнее процедуру реализации роли «редактор» (рис. 6):

1) вход со страницы конкретной статьи в режим изменения метаданных; открывается форма с полями для изменения метаданных этой статьи;

2) те метаданные, которые должны быть изменены, изменяются «редактором» и отправляются на структуризацию;

3) происходит структуризация метаданных для записи в таблицу и формирования JATS-представления метаданных;

4) осуществляются записи метаданных в таблицу MySQL и в файл JATS.

Редактор метаданных

В данной форме возможно внести изменения в метадаанные статьи. Поставьте галочки в тех местах, где вы хотите внести изменения. Если будет поставлена галочка около пустого поля, то оно будет удалено.

Принять изменения

Название статьи: МЕТОД КАСКАДНОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ☐

Автор 1

Фамилия: Жогалов ☐

Имя: В. ☐

Отчество: И. ☐

Автор 2

Фамилия: Тихонова ☐

Имя: О. ☐

Отчество: А. ☐

Рис. 6. Форма редактора метаданных для цифровой библиотеки Lobachevskii-DML.

Процедура реализации роли «эксперт-администратор» включает следующие функции:

- 1) «эксперт-администратор» получает форму для принятия или отклонения изменений в метаданных;
- 2) «эксперт-администратор» отправляет валидированные метаданные на обработку;
- 3) приложение обеспечивает структуризацию и создание запросов загрузки метаданных на сервер.

В итоге мы получим систему, полностью закрытую для пользователей, которая позволит изменять и дополнять метаданные цифровых документов в библиотеке.

Важной структурной особенностью описанного процесса является то, что необходимо избежать дублирования в таблицах *organizations* и *persons*, поскольку эти таблицы сформированы так, что один автор может быть привязан ко многим статьям. Решению этой задачи будет посвящен следующий этап исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сделан обзор редакторов метаданных для различных цифровых математических библиотек, предложено решение для редактирования метаданных в

цифровой математической библиотеке Lobachevskii-DML. Созданы методы мануального управления метаданными цифровых математических библиотек. Эти методы рассчитаны на русскоязычные тексты и могут быть использованы в других информационных системах.

Дальнейшая работа направлена на расширение набора изменяемых метаданных в цифровых библиотеках, разработку методов избегания дублирования и внесение изменений в структуру цифровой библиотеки в соответствии с современными стандартами представления научных данных.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания НИЦ «Курчатовский институт».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DML: Digital Mathematics Library Also: WDML: World Digital Mathematics Library URL: https://www.math.uni-bielefeld.de/~rehmann/DML/dml_links.html
2. Developing a 21st Century Global Library for Mathematics Research. – Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18619>
3. *Borwein J.M., Rocha E.M., Rodrigues J.F.* Communicating Mathematics in the Digital Era. A K Peters/CRC Press, 2008. 325 p. <https://doi.org/10.1201/b10587>
4. *Elizarov A.M., Lipachev E.K., Zuev D.S.* Digital Mathematical Libraries: Overview of Implementations and Content Management Services // CEUR Workshop Proceedings. 2017. Vol. 2022. P. 317–325.
5. *Gartner R.* Metadata. Shaping Knowledge from Antiquity to the Semantic Web. Springer Cham, 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40893-4>
6. Digital Mathematics Library Lobachevskii-DML. URL: lobachevskii-dml.ru
7. *Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Lobachevskii DML: Towards a Semantic Digital Mathematical Library of Kazan University // CEUR Workshop Proc. 2017. Vol.2022. P.326–333.
8. *Elizarov A., Lipachev E.* Big math methods in Lobachevskii-DML digital library // CEUR Workshop Proc. 2019. Vol. 2523. P.59–72.
9. *Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Lobachevskii digital library in the scientific space of mathematical knowledge // Scientific and Technical Information Processing. 2023. Vol. 50, No. 1. P. 35–39. <https://doi.org/10.3103/s0147688223010021>

10. *Gafurova P.O.* Automatic Replenishment of Metadata of Digital Publications Using Semantic Services of the Internet // *Russian Digital Libraries Journal*. 2024. Vol. 27, No. 2. P. 164–186. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2024-27-2-164-186>
11. *Gafurova P., Elizarov A., Lipachev E.* Basic services of factory metadata digital mathematical library Lobachevskii-DML // *Russian Digital Libraries Journal*. 2020. Vol. 23, No. 3. P. 336–381. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-3-336-381>
12. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Wikidata in Metadata Formation Methods for Documents of Digital Mathematical Library // *CEUR Workshop Proc*. 2021. Vol. 3066. P. 23–33.
13. *Gafurova P.O.* Semanticheskie metody i instrumenty fabriki metadannyh cifrovoj matematicheskoy biblioteki: dis. ... kand. tekhn. nauk 2.3.8 / Gafurova P.O. – Kazan', 2024. 148 s.
14. *Xie I., Matusiak K. K.* Discover Digital Libraries: Theory and Practice – Elsevier Inc., 2016. – 388 p.
15. *Antopolsky A.B.* Metadata Systems for Electronic Libraries// *Mezhdunarodnaya konferenciya Krym-2001*. URL: <https://www.gpntb.ru/win/inter-events/crimea2001/tom/sec4/doc5.html> (дата доступа 15.07.2026).
16. Numdam. URL: <http://www.numdam.org/>) (дата доступа 15.07.2026).
17. *Bouche T., Labe O.* The New Numdam Platform // In: Geuvers H., England M., Hasan O., Rabe F., Teschke O. (Eds) *Intelligent Computer Mathematics. CICM 2017. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 10383. Springer, Cham, 2017. P. 70–82. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62075-6_6
18. *Елизаров А.М., Липачев Е.К.* Цифровые платформы и цифровые научные библиотеки // *International Journal of Open Information Technologies*. 2020. Т. 8, № 11. С. 80–90. <https://doi.org/10.25559/injoit.2307-8162.08.202011.80-90>
19. *Elizarov A., Lipachev E.* Digital Library Metadata Factories // *CEUR Workshop Proc*. 2021. Vol. 2813. P. 13–21.
20. Czech Digital Mathematics Library. URL: <http://dml.cz/> (дата доступа 15.07.2026).
21. *Bartošek M., Kovář P., Šárfy M.* DML-CZ Metadata Editor // *Towards Digital Mathematics Library*. Birmingham, United Kingdom Masaryk University, Brno. 2008. P. 139–151. URL: <http://dml.cz/dmlcz/702537> (дата доступа 15.07.2026).

22. Bartošek M., Rákosník J. DML-CZ: The Experience of a Medium-Sized Digital Mathematics Library // Notices of the AMS. 2013. Vol. 60, No. 8. P. 1028–1033. <http://dx.doi.org/10.1090/noti1031>
23. MDML: The Mathdoc Digital Mathematics Library. URL: <http://dml.mathdoc.fr/> (дата доступа 15.07.2026).
24. Bouche T., Goutorbe C., Jorda J.-P., Jost M. The EuDML Metadata Schema: Version 1.0. // Towards a Digital Mathematics Library, Jul 2011, Bertinoro, Italy. P. 45–61. URL: <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03765892/file/D3.6.pdf> (дата доступа 15.07.2026).
25. Rakosnik J., Stanchev P., Simeonov G., Pavlov R. Bulgarian Digital Mathematical Library BulDML and Czech Digital Mathematical Library DML-CZ as parts of the European Digital Mathematics Library EuDML // Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage. 2012. P. 60–68. <https://doi.org/10.55630/dipp.2012.2.27>
26. Bulgarian Digital Mathematics Library (BulDML). URL: <https://buldml.math.bas.bg/> (дата доступа 15.07.2026).
27. Bouche T., Rehmann U. Digital Mathematics Library Report of the Technical Standards Working Group. URL: https://www.math.uni-bielefeld.de/~rehmann/DML/dml_standards_fin.pdf (дата доступа 15.07.2026).
28. Journal Archiving and Interchange Tag Library NISO JATS Version 1.3d1. URL: <https://jats.nlm.nih.gov/archiving/tag-library/1.3d1/chapter/how-to-read.html> (дата доступа 15.07.2026).
29. Crossref. URL: <https://www.crossref.org/> (дата доступа 15.07.2026).
30. Gafurova P.O., Lipachev E.K. Method for Clarifying the Affiliation of Authors of Scientific Documents Based on Requests to the Semantic Web // Scientific Services and Internet, SSI-2022. M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2022. P. 115–127.
31. Elizarov A.M., Zaitseva N., Zuev D.S., Lipachev E.K., Khajdarov Sh.M. Services for Formation of Digital Documents Metadata in the Formats of International Science-Based Databases // CEUR Workshop Proc. 2018. Vol. 2260. P. 175–185.
32. Andreichev M.D., Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K. Replenishment of documents of mathematical digital retro-collections by searching in semantic web // Scientific Services and Internet, SSI-2021. M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2021. P. 22–33. <https://doi.org/10.20948/abrau-2021-22>

33. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Wikidata in Metadata Formation Methods for Documents of Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proc. 2021. Vol. 3066. P. 23–33.

34. *Apanovich Z.V.* Information about russian research organizations in multilingual data sources // Russian Digital Libraries Journal. 2021. Vol. 24, No. 5. P. 756–769. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2021-24-5-756-769>

35. *Gafurova P.O.* Automatic replenishment of metadata of digital publications using semantic services of the Internet // Scientific Services and Internet, SSI-2023. M.: IPM im. M.V.Keldysha, 2023. Vol. 25. P. 84–93. <https://doi.org/10.20948/abrau-2023-27>

36. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Algorithms for Integration of Unstructured Mathematical Documents into the Common Digital Space of Scientific Knowledge// CEUR Workshop Proc. 2021. Vol. 2990. P.39–49. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2990/rpaper4.pdf> (дата доступа 15.07.2026).

37. *Amdekar M.S.* Scholarly Metadata as Trust Signals: Opportunities for Journal Editors // Amdekar MS. Scholarly metadata as trust signals: opportunities for journal editors. Sci. Ed. 2024. No. 47. P. 130 – 133. URL: <https://doi.org/10.36591/SE-4704-10>. URL: <https://www.csescienceeditor.org/article/scholarly-metadata-as-trust-signals-opportunities-for-journal-editors/> (дата доступа 15.07.2026).

38. *Articulus Instruction.* URL: [https://vniigis.ru/1_dlya_failov/Help/Инструкция по работе с программой Articulus eLibrary НЭБ%20РИНЦ.pdf](https://vniigis.ru/1_dlya_failov/Help/Инструкция%20по%20работе%20с%20программой%20Articulus%20eLibrary%20НЭБ%20РИНЦ.pdf) (дата доступа 15.07.2026).

39. *Bouche T., Goutorbe C., Jorda J.-P., Jost M.* The EuDML Metadata Schema: Version 1.0. // Towards a Digital Mathematics Library, Jul 2011, Bertinoro, Italy. P. 45–61. URL: <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03765892/file/D3.6.pdf> (дата доступа 15.07.2026).

ORGANIZATION AND MANAGEMENT METADATA OF SCIENTIFIC ARTICLES IN DIGITAL MATHEMATICAL LIBRARIES

P. O. Gafurova^[0000-0002-1544-155X]

National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

pogafurova@gmail.com

Abstract

This paper presents the main approaches to creating metadata management systems for digital mathematics libraries. It describes approaches to editing metadata adopted in various digital mathematics projects. Methods for representing metadata in digital libraries are presented. A metadata editor for digital mathematics collections is proposed. Approaches to adding, editing, and deleting article metadata in a digital library are described, and a method for editing metadata in a digital library is proposed.

Keywords: *digital library, digital mathematics library, mathematical research infrastructure, metadata factory, research article metadata, digital library metadata editor, Lobachevskii-DML.*

REFERENCES

1. DML: Digital Mathematics Library Also: WDML: World Digital Mathematics Library URL: https://www.math.uni-bielefeld.de/~rehmann/DML/dml_links.html
2. Developing a 21st Century Global Library for Mathematics Research. – Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18619>
3. Borwein J.M., Rocha E.M., Rodrigues J.F. Communicating Mathematics in the Digital Era. A K Peters/CRC Press, 2008. 325 p. <https://doi.org/10.1201/b10587>
4. Elizarov A.M., Lipachev E.K., Zuev D.S. Digital Mathematical Libraries: Overview of Implementations and Content Management Services // CEUR Workshop Proceedings. 2017. Vol. 2022. P. 317–325.
5. Gartner R. Metadata. Shaping Knowledge from Antiquity to the Semantic Web. Springer Cham, 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40893-4>
6. Digital Mathematics Library Lobachevskii-DML. URL: lobachevskii-dml.ru

7. *Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Lobachevskii DML: Towards a Semantic Digital Mathematical Library of Kazan University // CEUR Workshop Proc. 2017. Vol.2022. P.326–333.
8. *Elizarov A, Lipachev E.* Big math methods in Lobachevskii-DML digital library // CEUR Workshop Proc. 2019. Vol. 2523. P.59–72.
9. *Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Lobachevskii digital library in the scientific space of mathematical knowledge // Scientific and Technical Information Processing. 2023. Vol. 50, No. 1. P. 35–39. <https://doi.org/10.3103/s0147688223010021>
10. *Gafurova P.O.* Automatic Replenishment of Metadata of Digital Publications Using Semantic Services of the Internet // Russian Digital Libraries Journal. 2024. Vol. 27, No. 2. P. 164–186. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2024-27-2-164-186>
11. *Gafurova P., Elizarov A., Lipachev E.* Basic services of factory metadata digital mathematical library Lobachevskii-DML // Russian Digital Libraries Journal. 2020. Vol. 23, No. 3. P. 336–381. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-3-336-381>
12. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Wikidata in Metadata Formation Methods for Documents of Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proc. 2021. Vol. 3066. P. 23–33.
13. *Gafurova P.O.* Semanticheskie metody i instrumenty fabriki metadannyh cifrovoj matematicheskoy biblioteki: dis. ... kand. tekhn. nauk 2.3.8 / Gafurova P.O. – Kazan', 2024. 148 s.
14. *Xie I., Matusiak K. K.* Discover Digital Libraries: Theory and Practice – Elsevier Inc., 2016. – 388 p.
15. *Antopolsky A.B.* Metadata Systems for Electronic Libraries// Mezhdunarodnaya konferenciya Krym-2001. URL: <https://www.gpntb.ru/win/inter-events/crimea2001/tom/sec4/doc5.html> (accessed: July 15, 2026).
16. Numdam. URL: <http://www.numdam.org/>) (accessed: July 15, 2026).
17. *Bouche T., Labe O.* The New Numdam Platform // In: Geuvers H., England M., Hasan O., Rabe F., Teschke O. (Eds) Intelligent Computer Mathematics. CICM 2017. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 10383. Springer, Cham, 2017. P. 70–82. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62075-6_6
18. *Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Cifrovye platformy i cifrovye nauchnye biblioteki // International Journal of Open Information Technologies. 2020. T. 8, No 11. C. 80–90. <https://doi.org/10.25559/injoit.2307-8162.08.202011.80-90>

19. *Elizarov A., Lipachev E.* Digital Library Metadata Factories // CEUR Workshop Proc. 2021. Vol. 2813. P. 13–21.
20. Czech Digital Mathematics Library. URL: <http://dml.cz/> (дата доступа 15.07.2026).
21. *Bartošek M., Kovář P., Šárky M.* DML-CZ Metadata Editor // Towards Digital Mathematics Library. Birmingham, United Kingdom Masaryk University, Brno. 2008. P. 139–151. URL: <http://dml.cz/dmlcz/702537> (accessed: July 15, 2026).
22. *Bartošek M., Rákosník J.* DML-CZ: The Experience of a Medium-Sized Digital Mathematics Library // Notices of the AMS. 2013. Vol. 60, No. 8. P. 1028–1033. <http://dx.doi.org/10.1090/noti1031>
23. MDML: The Mathdoc Digital Mathematics Library. URL: <http://dml.mathdoc.fr/> (accessed: July 15, 2026).
24. *Bouche T., Goutorbe C., Jorda J.-P., Jost M.* The EuDML Metadata Schema: Version 1.0. // Towards a Digital Mathematics Library, Jul 2011, Bertinoro, Italy. P. 45–61. URL: <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03765892/file/D3.6.pdf> (accessed: July 15, 2026).
25. *Rakosnik J., Stanchev P., Simeonov G., Pavlov R.* Bulgarian Digital Mathematical Library BulDML and Czech Digital Mathematical Library DML-CZ as parts of the European Digital Mathematics Library EuDML // Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage. 2012. P. 60–68. <https://doi.org/10.55630/dipp.2012.2.27>
26. Bulgarian Digital Mathematics Library (BulDML). URL: <https://buldml.math.bas.bg/> (accessed: July 15, 2026).
27. *Bouche T., Rehmann U.* Digital Mathematics Library Report of the Technical Standards Working Group. URL: https://www.math.uni-bielefeld.de/~rehmann/DML/dml_standards_fin.pdf (дата доступа 15.09.2026).
28. Journal Archiving and Interchange Tag Library NISO JATS Version 1.3d1. URL: <https://jats.nlm.nih.gov/archiving/tag-library/1.3d1/chapter/how-to-read.html> (дата доступа 15.09.2026).
29. Crossref. URL: <https://www.crossref.org/> (accessed: July 15, 2026).
30. *Gafurova P.O., Lipachev E.K.* Method for Clarifying the Affiliation of Authors of Scientific Documents Based on Requests to the Semantic Web // Scientific Services and Internet, SSI-2022. M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2022. P. 115–127.

31. *Elizarov A.M., Zaitseva N., Zuev D.S., Lipachev E.K., Khajdarov Sh.M.* Services for Formation of Digital Documents Metadata in the Formats of International Science-Based Databases // CEUR Workshop Proc. 2018. Vol. 2260. P. 175–185.
32. *Andreichev M.D., Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Replenishment of documents of mathematical digital retro-collections by searching in semantic web// Scientific Services and Internet, SSI-2021. M.: IPM im. M.V.Keldysha, 2021. P. 22–33. <https://doi.org/10.20948/abrau-2021-22>
33. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Wikidata in Metadata Formation Methods for Documents of Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proc. 2021. Vol. 3066. P. 23–33.
34. *Apanovich Z.V.* Information about russian research organizations in multilingual data sources // Russian Digital Libraries Journal. 2021. Vol. 24, No. 5. P. 756–769. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2021-24-5-756-769>
35. *Gafurova P.O.* Automatic replenishment of metadata of digital publications using semantic services of the Internet // Scientific Services and Internet, SSI-2023. M.: IPM im. M.V.Keldysha, 2023. Vol. 25. P. 84–93. <https://doi.org/10.20948/abrau-2023-27>
36. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Algorithms for Integration of Unstructured Mathematical Documents into the Common Digital Space of Scientific Knowledge// CEUR Workshop Proc. 2021. Vol. 2990. P.39–49. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2990/rpaper4.pdf> (accessed: July 15, 2026).
37. *Amdekar M.S.* Scholarly Metadata as Trust Signals: Opportunities for Journal Editors // Amdekar MS. Scholarly metadata as trust signals: opportunities for journal editors. Sci. Ed. 2024. No. 47. P. 130 – 133. URL: <https://doi.org/10.36591/SE-4704-10>. URL: <https://www.csescienceeditor.org/article/scholarly-metadata-as-trust-signals-opportunities-for-journal-editors/> (accessed: July 15, 2026).
38. Articulus Instruction.
URL: https://vniigis.ru/1_dlya_failov/Help/Инструкция по работе с программой Articulus eLibrary НЭБ%20РИНЦ.pdf (accessed: July 15, 2026).
39. *Bouche T., Goutorbe C., Jorda J.-P., Jost M.* The EuDML Metadata Schema: Version 1.0. // Towards a Digital Mathematics Library, Jul 2011, Bertinoro, Italy. P. 45–61. URL: <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03765892/file/D3.6.pdf> (accessed: July 15, 2026).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



ГАФУРОВА Полина Олеговна – младший научный сотрудник Лаборатории суперкомпьютерного моделирования Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Polina Olegovna GAFUROVA – junior researcher at the Supercomputer Modeling Laboratory of the National Research Center «Kurchatov Institute».

email: pogafurova@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1544-155X

Материал поступил в редакцию 20 августа 2026 года