

Проблемы описания объектов цифрового наследия

Д. Е. Прокудин

Санкт-Петербургский государственный университет, Университет ИТМО

d.prokudin@spbu.ru

Аннотация

В современном обществе осознаны и решаются проблемы сохранения цифрового наследия как части культурного наследия. Существуют различные инициативы, в рамках которых оцифровываются объекты культурного наследия (вторичное цифровое наследие). Исторически этими видами деятельности занимаются институции культуры — библиотеки, архивы и музеи. В этих сообществах сложились подходы и стандарты описания объектов культурного наследия. Эти же подходы используются и для описания оцифрованных объектов. В рамках деятельности разработчиков программного обеспечения и информационных систем, коллективов по выполнению цифровых гуманитарных проектов, инициативных групп появляются различные цифровые объекты, претендующие стать в будущем первичным цифровым наследием. Для некоторых из них разрабатываются стандарты описания. В целом, задачи описания и классификации цифровых объектов являются одной из важнейших в деятельности по сохранению цифрового наследия. В данном исследовании анализируются существующие подходы к описанию и классификации различных цифровых объектов. Отдельное внимание уделяется описанию и классификации информационных систем как сложных программно-аппаратных комплексов. На основе анализа выявляются проблемы, не позволяющие предложить единый подход к описанию различных объектов цифрового наследия. Предлагаются пути решения проблем, что направлено на возможность систематизации и каталогизации цифрового наследия, что позволит синхронизировать и интегрировать деятельность заинтересованных сторон в области сохранения цифрового наследия.

Ключевые слова: цифровое наследие, сохранение, описание, метаданные, классификация, информационная система

Библиографическая ссылка: Прокудин Д. Е. Проблемы описания объектов цифрового наследия // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. Выпуск 8 (Труды XXVII Международной объединенной научной конференции «Интернет и современное общество», IMS-2024, Санкт-Петербург, 24–26 июня 2024 г. Сборник научных статей). — СПб.: Университет ИТМО, 2024. С. 15–31. DOI: 10.17586/2587-8557-2024-8-15-31.

1. Введение

Исследование культурного наследия, представленного в цифровой форме, привело к институционализации инициатив по его сохранению на международном уровне, что нашло своё отражение в принятой по инициативе ООН в 2003 г. Хартии о сохранении цифрового наследия [1]. С течением времени цифровые объекты переходят в статус культурного наследия, т. е. становятся цифровым наследием. А «устаревание оборудования и программ, обеспечивающих доступ к цифровым материалам, неопределенность в вопросах ресурсного обеспечения, ответственности и методик обеспечения сохранности и сохранения, отсутствие соответствующих законодательных актов» напрямую ведут к утрате цифрового наследия (статья 3 «Угроза утраты» Хартии).

Одним из основных направлений генерирования потенциальных объектов цифрового наследия является оцифровка (получение цифровых копий) объектов культурного наследия. Традиционно оцифровываются печатные издания, фотографии, архивные документы, а в последнее время — аудио и видео записи. Также оцифровке в 3D-форматах подвергаются и трёхмерные объекты культурного наследия (музейные экспонаты, археологические артефакты, монументы, скульптуры и т. п.).

Междисциплинарные проекты, представляющих собой коллаборацию историков, искусствоведов, археологов, а также специалистов информационных технологий, являются источником разработки цифровых моделей и реконструкций объектов материального культурного наследия. Реализуются проекты по созданию информационных порталов и информационных систем, которые обеспечивают хранение и доступность цифрового культурного наследия, а также включение его в культурно-исторический контекст.

Немаловажным аспектом решения задачи сохранения цифрового наследия является не только сохранение самого объекта цифрового наследия, но и его описание. При этом описание должно обеспечивать представление и обработку информации об объектах цифрового наследия вычислительными системами. Современные подходы к описанию цифровых объектов основаны на представлении их метаданными. Метаданные могут быть включены в сам цифровой объект или сопровождать его в информационной системе (цифровой коллекции) как отдельный элемент. Системы метаданных и каталогизация информации необходимы для организации и работы с данными цифровых объектов, упрощая управление и доступ к ним [2]. При этом сами метаданные являются информационным ресурсом, который должен сохраняться наряду с самим цифровым объектом [3]. Использование метаданных направлено не только на решение задач идентификации и повторного использования цифровых объектов, но должно обеспечить:

- стандартизацию процессов хранения и обмена информацией об объектах цифрового наследия;
- обмен информацией без переноса самих цифровых объектов;
- широкий доступ как к объектам цифрового наследия, так и к информации о них.

Целью данного исследования является исследование подходов и методов описания цифровых объектов. Их комплексный анализ позволит предложить подход, который учитывает специфику объектов как вторичного, так и первичного цифрового наследия. Для этой цели используются методы поиска и анализа как научной литературы, так и прикладных разработок, также метод сравнительного анализа на отобранных массивах релевантной информации.

2. Основные источники формирования объектов цифрового наследия

Некоторые формы цифровых объектов сложились естественным образом в ходе исторического генезиса информационного общества. В основном к таким объектам стоит отнести продукты оцифровки, которую на регулярной основе проводят следующие институции культуры.

1) Библиотеки. Например, ведущие отечественные библиотеки уже не первое десятилетие ведут регулярно эту деятельность [4, 5, 6], что согласовывается с общемировыми тенденциями [7]. В результате этой деятельности оцифрованные печатные издания включаются в электронные каталоги соответствующих библиотек, а также из них формируются тематические цифровые коллекции и проекты — электронные библиотеки:

- Российской государственной библиотеки, которая доступна через поисковую систему электронного каталога (<https://search.rsl.ru/ru/index#digitalAvail=digitized&digitalAvail=accessFree>);
- Российской национальной библиотеки (<https://nlr.ru/elibrary>);
- Научной педагогической библиотеки им. К. Д. Ушинского (<http://elib.old.gnpbu.ru>).

Отдельно стоит отметить проект «Научное наследие России» (<http://www.e-heritage.ru>) библиотеки Российской академии наук. В этом конкретном случае целенаправленно развивается проект по сохранению в цифровой форме научного наследия, которое является неотъемлемой частью культурного наследия и автоматически является цифровым наследием [8].

2) Архивы. В рамках деятельности архивов и иных держателей архивной информации оцифровываются архивные документы, которые размещаются в открытом доступе как на сайтах самих архивов, так и в цифровых коллекциях на тематических порталах, например:

- архивные онлайн проекты портала «Архивы России» Федерального архивного агентства России (<https://rusarchives.ru/archivnye-online-proekty>);
- тематические подборки архивных документов «Открытый архив» на портале Российского исторического общества (<https://historyrussia.org/tsekh-istorikov/archives.html>);
- электронный банк документов открытого доступа «Подвиг народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» Министерства обороны Российской Федерации, наполняемый всеми имеющимися в военных архивах документами о ходе и итогах основных боевых операций, подвигах и наградах всех воинов Великой Отечественной войны (<https://podvignaroda.ru>);
- портал «Память народа» Министерства обороны Российской Федерации, содержащий документы и наградные листы участников Второй мировой войны (<https://pamyat-naroda.ru>).

Электронные архивы, как правило, снабжены систематическими каталогами и средствами поиска.

3) Музеи. Деятельность музеев включает в себя создание электронных коллекций оцифрованных экспонатов, а также электронных виртуальных музеев, тематических экспозиций и виртуальных туров. Как правило, они находятся на Интернет-ресурсах соответствующих музеев в открытом доступе, например:

- онлайн коллекции Государственного Эрмитажа (<https://collections.hermitage.ru>);
- коллекции Русского музея (<https://www.rusmuseum.ru/collections/>);
- онлайн коллекции Российского этнографического музея (<https://collection.ethnomuseum.ru>);
- виртуальный тур с аудиогидом «Подвиг Народа» на сайте Центрального музея Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. (<https://victorymuseum.ru/excursions/online-excursions/virtualnaya-eczursia-podvig-naroda/>);
- виртуальный музей Музея современной истории России (<http://vm.sovrhistory.ru/sovremennoy-istorii-rossii/>).

На государственном уровне создаются государственные каталоги национальных музейных фондов, в которые передаются фотографии с описаниями музейных экспонатов музеями, например, Государственный каталог Музейного фонда Российской Федерации (<https://goskatalog.ru/portal>) или Государственный каталог Музейного фонда Республики Беларусь (<https://www.dkmf.by>).

Широко оцифрованное культурное наследие представлено в различных ресурсах мирового и регионального масштаба. К ним можно отнести следующие проекты:

- Мировая цифровая библиотека, созданная совместно ЮНЕСКО и Библиотекой конгресса США (<http://www.wdl.org/ru>);
- Европейская цифровая библиотека, созданная и поддерживаемая на уровне Европейского союза (<http://europeana.eu>);
- интернет-платформа Google Arts & Culture, созданная компанией Google и предоставляющая доступ к изображениям произведений искусства с высоким разрешением; на платформе представлено более 35 000 произведений искусства,

держателями которых являются художественные музеи, галереи и дворцы из разных стран мира (<https://artsandculture.google.com>).

Оцифровка культурного наследия производится и в рамках различных инициативных проектов, например, проект 3D-ICONS (<http://3dicons-project.eu>), поддержанный Еврокомиссией, обеспечил создание 3D-моделей различных объектов культурного наследия Европы (архитектурные, скульптурные и иные объекты). Модели и их подробные описания интегрированы в интерактивную карту (<http://3dicons.ceti.gr/index.php> [9, 10, 11]), а также объединены в цифровую коллекцию, которая размещена в европейской цифровой библиотеке Европеана (<http://europeana.eu>), в которой каждый объект является не только доступным широкому кругу пользователей по всему миру, но и помещён в культурно-исторический и географический контексты [12].

В отличие от оцифрованных объектов культурного наследия первичное цифровое наследие изначально создаётся в цифровой форме. Как правило, объекты первичного цифрового наследия разрабатываются:

- коммерческими компаниями-разработчиками программного обеспечения;
- коммерческими разработчиками информационных систем и мультимедийных продуктов по заказам для институтов культуры;
- инициативными независимыми разработчиками, например энтузиастами, создающими электронные музеи, электронные коллекции и электронные библиотеки;
- коллективами исследователей и разработчиков, которые создают или творческими коллективами в рамках исследований, направленных на создание исторических, архитектурных, археологических и иных реконструкций.

В качестве характерных примеров можно привести следующие ресурсы:

- сайт «Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи», созданный и поддерживаемый Отделением жесткокрылых Лаборатории систематики насекомых Зоологического института РАН (<https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/>) [13];
- целый ряд информационных ресурсов гуманитарной направленности, которые созданы коллективом исследователей, учёных и разработчиков как результат выполнения проектов, поддержанных Российским гуманитарным научным фондом (РГНФ) [14, с. 13–14];
- проекты, в которых принимали участие сотрудники Центра юзабилити и смешанной реальности Университета ИТМО; информация о проектах доступна на сайте Центра (https://uxr.itmo.ru/ru/listproject/show_all_project.htm).

Целенаправленно деятельность по созданию потенциальных объектов цифрового наследия проводилась в рамках выполнения проектов Российского государственного научного фонда (РГНФ). В настоящее время в связи с упразднением РГНФ состояние этих объектов неизвестно, хотя по условиям Фонда ответственность за их сохранность и доступность несут организации, в которых выполнялись проекты и через которые шло их финансирование. В основном это университеты и научные учреждения. Созданные по этим стоит также отнести:

- организации-члены Российской ассоциации цифровых гуманитарных наук (<http://dhrussia.ru>), которые реализуют различные цифровые проекты;
- Министерство культуры Российской Федерации, на сайтах и порталах которого размещены различные цифровые объекты культурного наследия;
- разработчики программного обеспечения и информационных систем, которые непосредственно участвуют в создании потенциальных объектов цифрового наследия (как правило, на их сайтах представлено портфолио реализованных проектов, а некоторые из них находятся в открытом доступе).

В качестве источников объектов цифрового наследия стоит рассматривать разработчиков программного обеспечения — как проприетарного, так и свободно распространяемого. Ведь в мировом сообществе уже есть сложившееся представление

о том, что программный код в самом широком понимании может потенциально представлять ценность и должен получить статус цифрового наследия. В этом направлении уже действуют соответствующие инициативы. Так, например, французская компания Inria с 2016 г. реализует проект Software Heritage (<https://www.softwareheritage.org>) по сбору, сохранению и обеспечению доступности исходного кода программного обеспечения [15, 16, 17]. Для создателей проекта источниками цифровых объектов являются репозитории со свободно распространяемым кодом (например, GitHub, Mercurial, Subversion, CVS, Bazaar).

3. Подходы к описанию объектов цифрового наследия

Повторное использование объектов цифрового наследия, обеспечение их доступности невозможно без их описания и включения его в соответствующие электронные каталоги. В рамках деятельности различных сообществ исторически сложились общепринятые подходы к описанию цифровых объектов.

Так, Международным советом музеев (International Council of Museums, ICOM) разработан и рекомендован к использованию с 1997 г. в качестве стандарта описания музейных экспонатов Object ID [18], который используется и в России. При этом Object ID используется как при описании музейных объектов, так и для представления их в электронных музейных каталогах. Однако, он не содержит сведения именно о цифровых объектах, а идентифицирует и описывает сам музейный объект. В музейной парадигме в качестве музейного экспоната будет описан, например, CD-диск как физический объект без описания его содержимого.

Как в библиотечном, так и в музейном сообществе исторически разрабатываются стандарты метаданных, например, Dublin Core, VRA, MODS, CDWA, IPTC, LIDO [19, 20], которые стали общепризнанными. При этом некоторые из метаданных встраиваются в сами цифровые объекты [21]. Существуют и более современные схемы метаданных. В цифровой энциклопедии Europeana разработана и используется собственная схема метаданных Europeana Data Model (EDM), основанная на стандартах представления метаданных таких, как LIDO для музеев, EAD для архивов или METS для цифровых библиотек [22, 23] и CARARE [24] для агрегирования археологического и архитектурного цифрового наследия в цифровой форме.

Для описания файлов как объектов цифрового наследия необходимо ориентироваться на стандарты метаданных, разработанные для описания файлов различных форматов. Для 2D-графических объектов и их обработки существуют хорошо отлаженные стандарты описания метаданных, такие как, например, Exchangeable Image File Format (EXIF) [25] или Extensible Metadata Platform (XMP) [26]. Для файлов с неподвижными изображениями в 2006 г. Американским национальным институтом стандартизации (American National Standards Institute, NISO, США) разработан стандарт, который описывает все информацию о создании, пересылке и использовании материалов, о правах на доступ и других элементах процесса управления, что позволяет иметь достаточно подробную информацию о цифровом объекте и идентифицировать его однозначным образом [27].

Как считают авторы монографии, посвящённой различным аспектам сохранения цифрового наследия [28, с. 289], наиболее перспективными являются стандарты описательных метаданных, используемых для улучшения процедуры сохранения цифровых данных: PREMIS (Метаданные предварительного сохранения: стратегии реализации — Preservation Metadata: Implementation Strategies) и METS (Стандарт кодирования и передачи метаданных — Metadata Encoding and Transmission Standard). Словарь данных PREMIS и вспомогательные инструменты были специально разработаны для обеспечения процессов сохранения цифровых материалов и основаны на языке разметки XML, позволяющем эффективно организовывать цифровые материалы с архивной информацией.

Наиболее распространённым общемировым подходом для структурированного представления описания цифрового объекта различными учреждениями культуры используется схема метаданных Дублинского ядра (Dublin Core Metadata Element Set, DCMES) [29]. В своей практике этим стандартом пользуются как библиотеки, так и музеи [30, 31]. Этот стандарт применим не только к описанию оцифрованных объектов (например, книг и музейных экспонатов), но и объектов, изначально созданных в цифровой форме [32, 33]. За счёт возможности расширения квалификаторами DCMES [34, 35, 36] его применение, в принципе, не ограничено устоявшимися типами цифровых объектов. Так, например, для описания программного обеспечения разработан расширенный набор метаданных XDC-SC (Extended Dublin Core for Software Components) [37]. Наличие протокола обмена метаданными OAI-PMH [38] обеспечивает возможность создания машиночитаемого каталога, наполняемого посредством автоматизированного извлечения метаданных из информационных систем, содержащими информацию о цифровом наследии в формате Dublin Core [38]. Рабочая группа АВМ (Дания) предложила использовать для обмена метаданными с системами, не поддерживающих стандарт Dublin Core, схему данных, основанную на использовании формата XML [39]. При этом схема обмена основывается на сопоставлении (картировании) собой элементов метаданных различных схем. В отчёте группы представлено разработанное картирование обмена метаданными между разработанным Датским министерством культуры стандартом ALM (2003 г.) для использования библиотеками, архивами и музеями, и схемой метаданных Dublin Core.

Основываясь на разработанной модели CHDE (Cultural Heritage in Digital Environment), авторы для представления расширенного набора метаданных предлагают использовать модель RDF (Resource Description Framework) и схему описания Dublin Core, учитывая CIDOC-CRM для обеспечения агрегации метаданных другими информационными системами [40].

Существующее многообразие стандартов и схем метаданных, используемых различными сообществами и отдельными организациями, не позволяет разработать унифицированное решение для представления метаданных. Поэтому для обмена метаданными между разнородными информационными системами рабочей группой по стандартизации документации комитета Международного комитета документации (International Committee for Documentation, CIDOC) Международного совета музеев (International Council of Museums, ICOM) разработана концептуальная эталонная модель CIDOC (CIDOC Conceptual Reference Model, CIDOC CRM) для объединения разнородной информации по культурному наследию, публикуемой музеями, архивами и библиотеками [41]. Для перевода метаданных, представленных различными схемами, разработаны соответствующие карты соответствия метаданных [42].

Существенным аспектом в описании цифровых объектов является возможность их однозначной идентификации. Для этого разработан и используется в качестве международного стандарта ISO 26324 Digital Object Identifier (DOI) — идентификатор цифрового объекта [43]. Он является одним из элементов метаданных (например, в схеме метаданных Dublin Core) и при регистрации в единой базе CrossRef (<https://www.crossref.org>) с ним сопоставляется ссылка в сети Интернет на оригинал цифрового объекта (сколько его копий не существовало бы на различных Интернет-ресурсах). С 2016 г. этот стандарт принят в России в качестве ГОСТ [44].

Ещё одним важнейшим аспектом, необходимым для стандартизации описания цифровых объектов и возможности их каталогизации, является разработка стандартов классификации (таксономия), которые могут быть описаны различными способами: тезаурусами (контролируемыми словарями), онтологиями, классификаторами и т. д.

Так, для описания произведений искусства и архитектуры используются не только различные стандарты метаданных, но также классификаторы и контролируемые словари [45]. В качестве основной классификационной системы для изображений музеев и картинные галереи используют систему ICONOCLASS (Iconographic Classification System)

— универсальную информационно-поисковую иконографическую систему, возникшую в 1950-1960-х гг. в Нидерландах и разработанную историком в области искусства Х. ван де Ваалем в Лейденском университете (<http://www.iconclass.org>). Библиотеками, издательствами и различными ассоциациями разработаны и используются различные классификаторы: УДК, ББК, ГРНТИ, OECD, ASJC и т. п. При этом классификаторы являются разноуровневыми, и не всегда удаётся найти соответствие между элементами различных классификаторов. Ещё меньше согласованности в классификации программного обеспечения.

За рубежом существуют различные подходы к классификации программного обеспечения. Например, классификации ПО разработаны:

- Корпорацией международных данных (International Data Corporation — IDC) [46];
- Международной ассоциацией вычислительной техники (Association for Computing Machinery, ACM) [47];
- компанией Гартнер (Gartner «Infrastructure and Applications Worldwide Software Market Definitions») [48].

В России на государственном уровне разработан классификатор программного обеспечения, используемый в Реестре российского программного обеспечения Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (<https://reestr.digital.gov.ru/analytics/classifier-counter/>), который можно принять в качестве основы для формирования классификации программного обеспечения как части цифрового наследия.

4. Описание информационных систем

Не только отдельный цифровой объект (например, файл) может представлять ценность, но также информационная система, цифровая коллекция, веб-сайт или сложный программно-аппаратный комплекс. Такие информационные системы либо сами являются потенциальными объектами цифрового наследия, либо являются хранилищами объектов вторичного цифрового наследия, обеспечивая доступ к ним [49]. Поэтому требуется описание метаданными не только размещённых в электронных библиотеках цифровых копий изданий, но и самих электронных библиотек как целостных информационных систем. В этом направлении исследования почти не ведутся. В библиотечном и музейном сообществах есть устоявшееся представление о размещённых в электронных каталогах, электронных библиотеках, электронных коллекциях цифровых объектов как объектах цифрового наследия. Поэтому описываются метаданными сами эти объекты, но не целостные информационные системы, их содержащие.

Как правило, на технологическом уровне эти ресурсы представляют собой комплексные информационные системы (можно назвать их веб-сайты или интернет-порталы) с доступом к контенту по сети Интернет. В этих системах можно выделить следующие функциональные компоненты:

- мультимедийное хранилище с цифровыми объектами (например, фотографии музейных экспонатов, оцифрованные печатные издания и т. д.);
- база данных, содержащая информацию о цифровых объектах (при этом объекты описаны какой-либо стандартной схемой метаданных);
- программный код сайта, обеспечивающий пользовательский интерфейс, поиск и отображение цифровых объектов и их метаданных.

Такие решения используют клиент-серверную архитектуру и технологии баз данных, а также различные мультимедийные технологии в зависимости от форматов цифровых объектов. Существуют как типовые решения, например, с использованием систем управления контентом (Content Management Systems, CMS), таких как Joomla, WordPress, Drupal и т.п., так и оригинальные решения, которые интегрируют различные технологии и программные решения. Поэтому наиболее проблематичным является описание

комплексных информационных систем, так как такое описание должно содержать сведения обо всех основных компонентах (включая характеристики не только программного, но и аппаратного обеспечения).

В предлагаемой концепции описанию метаданными подлежит именно сама информационная система как цифровой объект, а мультимедийные и иные файлы, к которым осуществляется доступ через эту систему, являются отдельными самостоятельными цифровыми объектами с собственным описанием.

Так, например, Научная электронная библиотека (<https://elibrary.ru>) является комплексным программно-аппаратным комплексом, включающим в себя каталоги с классификаторами (притом различных сущностей — организаций, журналов, авторов, публикаций), поисковую систему, аналитический инструментарий и целый набор других функциональных подсистем. Уже сама система без публикаций (в формате pdf) является отдельным объектом, который можно рассматривать в качестве уникального объекта цифрового наследия.

В описании любой информационной системы можно выделить как общие метаданные (автор, название, год создания, описание в свободной форме и т. д.), так и специфические (см. выше). Поэтому насущной является задача разработки схемы метаданных для таких комплексных объектов. Помимо этой задачи необходимо разработать классификатор информационных систем и веб-сайтов. Иначе такие объекты невозможно включить в единый каталог. При этом в основу классификации можно положить функциональное назначение информационной системы, например, электронный журнал, электронная библиотека, электронный архив, виртуальный музей, виртуальный тур (экскурсия), цифровая коллекция (например, музейная), репозиторий, агрегатор (сетевой каталог), электронные журналы, цифровые коллекции.

5. Обсуждение и выводы

Как показывает анализ подходов к описанию цифровых объектов, которые исторически сложились и используются в различных сообществах (например, библиотеки и музеи), разработать единую схему метаданных не представляется возможным. Также это невозможно из-за различной природы цифровых объектов. Но, тем не менее, можно выделить набор общих метаданных, присущих любому объекту, и специфических для каждого вида объекта. Также важным является вопрос о создании единого классификатора, который может быть основан на объединении классификаторов, разработанных для различных видов цифровых объектов вторичного цифрового наследия (произведения искусства, музейные экспонаты, печатные издания и т. п.) и цифровых объектов первичного цифрового наследия (программное обеспечение, файлы различных форматов и т. п.). Такой подход позволит разработать и создать электронный каталог цифрового наследия с возможностью поиска как по метаданным, так и отбирать группы объектов по классификатору.

Дискуссионным является вопрос о составе метаданных, необходимых для описания объектов цифрового наследия в едином каталоге. Прежде всего это относится к специализированным метаданным. Например, при трёхмерной оцифровке археологических артефактов через аппаратуру снимаются геоданные и другие специализированные данные (например, трекинг камеры), которые необходимы как для реконструкции, так и для включения объектов в культурно-исторический и географический контексты [50]. Поэтому необходимо критически отбирать только необходимые метаданные, которые не относятся к технологическим и иным аспектам форматов цифровых объектов. Скорее всего нет необходимости представлять в качестве отдельного набора метаданные, которые встроены в цифровой объект. Зная структуру (формат данных) цифрового объекта всегда можно получить эти метаданные. Но это является отдельной задачей, которая должна решаться по необходимости, поэтапно, в соответствии с включением в классификацию тех или иных

цифровых объектов. При этом должны разрабатываться механизмы извлечения этих метаданных и их отображением в каталоге.

Для описания объектов цифрового наследия некоторые исследователи предлагают разрабатывать специальную схему метаданных [40, 51]. Но, как показывает анализ подходов к описанию различных по типу цифровых объектов и общемировые тенденции, можно на основе существующих и разработки новых карт соответствия тегов различных схем метаданных [20]. Так, например, различными организациями разработаны карты соответствия различных схем метаданных: набора элементов метаданных Dublin Core (DCMES) и полей формата RUSMARC; полей форматов UNIMARC и MARC 21; элементов данных стандартов и схем метаданных CDWA, CCO, CIDOC CRM, CDWA Lite, VRA Core, MODS, EAD и других; элементов CIDOC-CRM и формата UNIMARC [52]. Для унификации представлять их лучше общепринятой и наиболее распространённой для описания различных коллекций и цифровых объектов в области культурного наследия расширяемой схемой метаданных Dublin Core, которая совместно с протоколом обмена метаданными OAI-PMH позволяет решить задачу автоматизации размещения метаданных в каталоге. Эта возможность позволяет агрегировать метаданные в едином каталоге с доступом к распределённым объектам цифрового наследия. Применение механизмов OAI-PMH позволит не только агрегировать в каталоге метаданные о цифровом наследии из распределённых систем и коллекций, но и предоставить свободный доступ к метаданным как пользователям, так и внешним информационным системам.

В качестве отдельной важной задачи по данной проблематике является разработка описания метаданными таких комплексных цифровых объектов как информационные системы, представляющие собой программно-аппаратные комплексы и построенные на клиент-серверной технологии. В рамках этой задачи необходима разработка классификатора информационных систем и веб-сайтов, что позволит решить задачу включения сведений о них в единый каталог цифрового наследия. Насколько известно, целенаправленная деятельность в этом направлении в настоящее время не производится.

Использование DOI в качестве основного идентификатора при агрегации метаданных в едином каталоге объектов цифрового наследия позволит решить как проблему унификации идентификации, так и избежать учёта копий (дублей) объектов цифрового наследия. В каталог могут быть включены как объекты, имеющие DOI, так и те, у которых его нет или используются другие идентификаторы. Для второго случая при размещении в каталог необходимо будет присвоение идентификатора DOI, который формируется организацией, которая его создала и сопровождает. Поэтому и префикс DOI будет использован, назначенный данной организации. Однако, это повлечёт за собой как дополнительную нагрузку по размещению метаданных в депозитарии CrossRef, так и финансовые расходы по оплате каждого отдельного номера DOI. Что требует отдельной проработки всеми заинтересованными сторонами, обеспечивающими постоянную целенаправленную и комплексную работу по выявлению и описанию объектов цифрового наследия.

6. Заключение

Проблемы описания объектов цифрового наследия в России, как и во всём мире, лежат как в плоскости наличия множества стандартов и схем метаданных, сложившихся исторически с развитием информационного общества и его технологий, так и с отсутствием целенаправленной и скоординированной деятельности всех заинтересованных в сохранении цифрового наследия акторов. Также отсутствует комплексное представление об этой деятельности на государственном уровне. Поэтому, прежде всего, необходимо наладить работу по координации исследовательской, организационной и методической деятельности в области сохранения цифрового наследия. Одной из первоочередных задач в этой комплексной деятельности должна быть разработка классификатора объектов цифрового наследия, в работе над которым необходимо учитывать многолетний опыт

библиотек, архивов, музеев и других заинтересованных лиц. Эта разработка требует интеграции существующих схем метаданных для описания объектов цифрового наследия. А отдельной подзадачей видится разработка описания информационных систем как комплексных цифровых объектов.

Литература

- [1] Хартия о сохранении цифрового наследия (2003) // ООН. Конвенции и соглашения. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/digital_heritage_charter.shtml (дата обращения: 01.04.2023).
- [2] Яблокова А. А., Клендер И. Л., Сафонов С. А. К вопросу о сохранении объектов историко-культурного наследия в постиндустриальном обществе: перспективы применения современных цифровых технологий // Информатика. Экономика. Управление. 2023. Том 2, № 4. С. 145–161. DOI: 10.47813/2782-5280-2023-2-4-0145-0161.
- [3] Рекомендации по сохранению цифрового наследия // Национальная библиотека Австралии. Отдел Общественной Информации ООН по вопросам образования, науки и культуры. 2003. 167 с. URL: http://www.ifapcom.ru/files/UNISKO2003_-_rekomendatsii_po_sokhraneniu_tsifrovogo_naslediya.pdf (дата обращения: 10.04.2024).
- [4] Воробьева Н. В. Оцифровка региональных книжных памятников как возможность представить образ территории в мировом информационном пространстве (на примере Алтайской краевой универсальной научной библиотеки им. В. Я. Шишкова) // Книжные памятники в цифровой среде: Сборник научных трудов / Научный редактор Е. Д. Жабко. Санкт-Петербург: Президентская библиотека имени Б. Н. Ельцина, 2020. С. 52–61.
- [5] Костицина А. В., Шпакова М. В. Опыт оцифровки книжных памятников Пермской государственной краевой универсальной библиотеки им. А. М. Горького в рамках федерального проекта «Цифровая культура» // Библиотека и культурное пространство региона: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Пермь, 11–12 ноября 2021 г.) / Министерство культуры Российской Федерации; Пермский государственный институт культуры; Центр непрерывного образования и повышения квалификации творческих и управленческих кадров в сфере культуры; ответственный редактор Вафина Е. М.; редакционная коллегия: Чуприн К. П., Шепелева С. В. Пермь, 2021. 324 с.
- [6] Лихоманов А. В. Реализация проекта «Оцифровка книжных памятников» в Российской национальной библиотеке в 2019 г. // Книжные памятники в цифровой среде: Сборник научных трудов / Научный редактор Е. Д. Жабко. Санкт-Петербург: Президентская библиотека имени Б. Н. Ельцина, 2020. С. 136–140.
- [7] Непомнящий К. Л., Городищева А. Н. Стандарты цифрового аудиовизуального архивирования культурного наследия // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. Т. 2, № 8. С. 311–312.
- [8] О проекте // ЭБ Научное наследие России. URL: <http://www.e-heritage.ru/Catalog/About> (дата обращения: 10.04.2024).
- [9] Corns A., Deevy A., Devlin G., Kennedy L., Shaw R. 3D-ICONS: Digitizing Cultural Heritage Structures // New Review of Information Networking. 2015. Vol. 20, iss. 1–2. P. 59–65. DOI: 10.1080/13614576.2015.1115232.
- [10] Gonizzi Barsanti S., Guidi G. 3D Digitization of Museum Content within the 3d-icons Project // ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. 2013. Vol. II-5/W1. P. 151–156. DOI: 10.5194/isprsannals-II-5-W1-151-2013.
- [11] Guidi G., Gonizzi Barsanti S., Loredana Micoli L., Russo M. Massive 3D Digitization of Museum Contents // Built Heritage: Monitoring Conservation Management Research for

- Development / Toniolo, L., Boriani M., Guidi G. (eds). 2014. P. 335–346. DOI:10.1007/978-3-319-08533-3_28.
- [12] Papatheodorou C., Dallas C., Ertmann-Christiansen C., Fernie K., Gavrilis D., Masci M.E., Constantopoulos P., Angelis S. A New Architecture and Approach to Asset Representation for Europeana Aggregation: The CARARE Way // *Metadata and Semantic Research. MTSR 2011* / García-Barriocanal E., Cebeci Z., Okur M.C., Öztürk A. (eds). Springer, Berlin, Heidelberg. Communications in Computer and Information Science. 2011. Vol. 240. P. 412–423. DOI: 10.1007/978-3-642-24731-6_41.
- [13] Лобанов А. Л., Кирейчук А. Г., Синев С. Ю., Смирнов И. С., Дианов М. Б. Суперсайт «Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи» — 20 лет на службе у научного сообщества // Интернет и современное общество: сборник тезисов докладов [Электронный ресурс] / Труды XXII Международной объединенной научной конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2019), Санкт-Петербург, 19–22 июня 2019 г. СПб.: Университет ИТМО, 2019. С. 8–10. URL: <https://ojs.itmo.ru/index.php/IMS/article/view/1070/914> (дата обращения: 10.04.2024).
- [14] Борисов Н. В., Захаркина В. В., Мбого И. А., Прокудин Д. Е., Щербаков П. П. Проблемное поле сохранения цифрового культурного наследия // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. Выпуск 6 (Труды XXV Международной объединенной научной конференции «Интернет и современное общество», IMS-2022, Санкт-Петербург, 23–24 июня 2022 г. Сборник научных статей). СПб.: Университет ИТМО, 2022. С. 19–26. DOI: 10.17586/2587-8557-2022-6-09-26.
- [15] Di Cosmo R. Archiving and Referencing Source Code with Software Heritage // *Mathematical Software — ICMS 2020*. ICMS 2020 / Bigatti A., Carette J., Davenport J., Joswig M., de Wolff T. (eds). Springer, Cham. Lecture Notes in Computer Science. 2020. Vol 12097. P. 362–373. DOI: 10.1007/978-3-030-52200-1_36.
- [16] Di Cosmo R. Software Heritage: Why and How We Collect, Preserve and Share All the Software Source Code // *IEEE/ACM 40th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Society (ICSE-SEIS)*. Gothenburg, Sweden, 2018. P. 2. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8445152> (дата обращения: 04.04.2024).
- [17] Di Cosmo R., Zacchiroli S. Software Heritage: Why and How to Preserve Software Source Code // *iPRES 2017 — 14th International Conference on Digital Preservation*, Sep. 2017, Kyoto, Japan. 2017. P. 1–10. URL: <https://hal.science/hal-01590958> (дата обращения: 04.04.2024).
- [18] Yasaitis K. E. Object ID: A Model of Global Collaboration // *Journal of Museum Management and Curatorship*. 2005. Vol. 20, № 1. P. 21–39. DOI: 10.1080/09647770500402001.
- [19] Miller S. J. Metadata for digital collections. Second edition. Chicago: ALA Neal-Schuman, 2022. 536 p.
- [20] Saleh E. I. Image embedded metadata in cultural heritage digital collections on the web: An analytical study // *Library Hi Tech*. 2018. Vol. 36, № 2. P. 339–357. DPO: 10.1108/LHT-03-2017-0053.
- [21] Christensen S., Dunlop D. The case for implementing core descriptive embedded metadata at the Smithsonian // *Proceedings of the 2010 International Conference on Dublin Core and Metadata Applications (DCMI '10)*. Dublin Core Metadata Initiative. 2010. P. 80–87. DOI: 10.5555/1891793.1891804.
- [22] Europeana Data Model // *Europeana Professional*. URL: <https://pro.europeana.eu/page/edm-documentation> (дата обращения: 04.04.2024).
- [23] Europeana Data Model Primer // *Europeana Professional*. 2013. 35 p. URL: https://pro.europeana.eu/files/Europeana_Professional/Share_your_data/Technical_requirements/EDM_Documentation/EDM_Primer_130714.pdf (дата обращения: 04.04.2024).
- [24] Mukherjee S., Das R. Integration of Domain-Specific Metadata Schema for Cultural Heritage Resources to DSpace: A Prototype Design // *Journal of Library Metadata*. 2020. Vol. 20, № 2–3. P. 155–178. DOI: 10.1080/19386389.2020.1834093.

- [25] Tachibanaya T. Description of Exif file format. 2001. URL: <https://www.media.mit.edu/pia/Research/deepview/exif.html> (дата обращения: 04.04.2024).
- [26] Extensible Metadata Platform // Adobe Developer URL: <https://developer.adobe.com/xmp/docs/#%21adobe/xmp-docs/master/Namespaces.md> (дата обращения: 04.04.2024).
- [27] ANSI/NISO Z39.87-2006 (R2017) Data Dictionary — Technical Metadata for Digital Still Images. Approved December 18, 2006. DOI: 10.3789/ansi.niso.z39.87-2006R2017.
- [28] Сохранение цифрового наследия в России: методология, опыт, правовые проблемы и перспективы: монография / И. И. Горлова, А. Л. Зорин, А. А. Гуцалов; отв. ред. А. В. Крюков; Юж. ф-л Рос. науч.-иссл. ин-та культурного и природ. наследия им. Д. С. Лихачёва. М.: Институт Наследия, 2021. 385 с. DOI: 10.34685/ИИ.2021.44.95.006.
- [29] ГОСТ Р ИСО 15836-2011 Информация и документация. Набор элементов метаданных Dublin Core [Электронный ресурс] // Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2014. URL: https://standartgost.ru/g/ГОСТ_Р_ИСО_15836-2011 (дата обращения: 10.04.2024).
- [30] Nevile L., Lisonnet S. Dublin core and museum information: metadata as cultural heritage data // International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies. 2006. Vol. 1, № 3. P. 198–206. DOI: 10.1504/IJMSO.2006.012344.
- [31] Zavalin V., Zavalina O. L. Exploration of Accuracy, Completeness and Consistency in Metadata for Physical Objects in Museum Collections // Information for a Better World: Normality, Virtuality, Physicality, Inclusivity. iConference 2023. Lecture Notes in Computer Science. 2023. Vol. 13972. Springer, Cham P. 83–90. DOI: 10.1007/978-3-031-28032-0_7.
- [32] Homburg T., Cramer A., Raddatz L., Mara H. Metadata schema and ontology for capturing and processing of 3D cultural heritage objects. Herit. Sci. 2021. Vol. 9. Art. 91. DOI: 10.1186/s40494-021-00561-w.
- [33] Mi X., Pollock B. M. Metadata Schema to Facilitate Linked Data for 3D Digital Models of Cultural Heritage Collections: A University of South Florida Libraries Case Study // Cataloging & Classification Quarterly. 2018. Vol. 56. № 2–3. P. 273–286. DOI: 10.1080/01639374.2017.1388894.
- [34] Квалификаторы Dublin Core (Дублинского ядра) // RUSMARC, российская версия UNIMARC / Российская национальная библиотека. URL: <http://www.rusmarc.info/soft/dcq.html> (дата обращения: 10.04.2024).
- [35] DCMi Qualifiers // Dublin Core Metadata Initiative. URL: <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmes-qualifiers/> (дата обращения: 10.04.2024).
- [36] Wan J., Zhou Y., Chen G., Yi J. Designing a Multi-level Metadata Standard based on Dublin Core for Museum Data // International Conference on Dublin Core and Metadata Applications. 2014. P. 31–36. URL: <https://dcpapers.dublincore.org/pubs/article/view/3712> (дата обращения: 04.04.2024).
- [37] González R., Van Der Meer K. Standard Metadata Applied to Software Retrieval // Journal of Information Science. 2004. Vol. 30 (4). P. 300–309. DOI: 10.1177/0165551504045850.
- [38] Jackson A. S., Han M.-J., Groetsch K., Mustafoff M., Cole T.W. Dublin Core Metadata Harvested Through OAI-PMH // Journal of Library Metadata. 2008. Vol. 8, № 1. P. 5–21. DOI: 10.1300/J517v08n01_02.
- [39] Andresen L. Dublin Core as a tool for interoperability: Common presentation of data from archives, libraries and museums // International Conference on Dublin Core and Metadata Applications. DCMi Proceedings. 2006. URL: <https://dcpapers.dublincore.org/pubs/article/view/844> (дата обращения: 10.04.2024).
- [40] Wijesundara C., Sugimoto S. Metadata model for organizing digital archives of tangible and intangible cultural heritage, and linking cultural heritage information in digital space // LIBRES. 2018. № 28 (2). P. 58–80. DOI: 10.32655/LIBRES.2018.2.2.

- [41] CIDOC-CRM (CIDOC Conceptual Reference Model) // Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина [раздел: Стандарты метаданных в области культурного наследия]. URL: https://www.prilib.ru/cidoc_crm (дата обращения: 10.04.2024).
- [42] Reports about mappings // CIDOC-CRM. URL: https://cidoc-crm.org/report_mappings_res (дата обращения: 10.04.2024).
- [43] ISO 26324:2022. Information and documentation. Digital object identifier system. International Standard. Published 08-2022. URL: <https://www.iso.org/standard/81599.html> (дата обращения: 04.04.2024).
- [44] ГОСТ Р ИСО 26324–2015. Система дискретных идентификаторов объекта. Национальный стандарт российской федерации / Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Москва: Стандартинформ, 2016. 15 с.
- [45] Васа М. Practical Issues in Applying Metadata Schemas and Controlled Vocabularies to Cultural Heritage Information // *Cataloging & Classification Quarterly*. 2003. Vol. 36, № 3–4. P. 47–55. DOI: 10.1300/J104v36n03_05.
- [46] Andsbjerg R., Vesset D. IDC's Worldwide Software Taxonomy. 2024. URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US52000924&pageType=PRINTFRIENDLY> (дата обращения: 10.04.2024).
- [47] Computing Classification System // ASM Digital Library. URL: <https://dl.acm.org/ccs> (дата обращения: 10.04.2024).
- [48] Market Definitions and Methodology: Software. Gartner. 2021. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/3906823> (дата обращения: 10.04.2024).
- [49] Шаповалова Г. М. Информационное общество: Электронные библиотеки как объекты цифрового культурного наследия // *Общество: политика, экономика, право*. 2016. Вып. 3. URL: <https://disk.yandex.ru/i/cUYFM2L-vf4ppg> (дата обращения: 01.04.2023).
- [50] Yao Sh., Yu Y., AliAkbarpour H., Seetharaman G., Palaniappan K. EpiX: A 3D Measurement Tool for Heritage, Archeology, and Aerial Photogrammetry // *Heritage Preservation / B. Chanda et al. (eds.). Springer Nature Singapore Pte Ltd*. 2018. P. 47–66. DOI: 10.1007/978-981-10-7221-5_3.
- [51] Giannoulakis S., Tsapatsoulis N., Grammalidis N. Metadata for Intangible Cultural Heritage - The Case of Folk Dances // *Proceedings of the 13th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISAPP 2018)*. 2018. P. 634–645. DOI: 10.5220/0006760906340645.
- [52] Таблицы соответствия. Стандарты метаданных в области культурного наследия // Президентская библиотека. URL: <https://www.prilib.ru/mapping> (дата обращения: 10.04.2024).

Problems of Description Digital Heritage

D. E. Prokudin

Saint-Petersburg State University, ITMO University

In modern society, the problems of preserving digital heritage as part of cultural heritage are realized and solved. There are various initiatives that digitize cultural heritage sites (secondary digital heritage). Historically, these types of activities have been carried out by cultural institutions — libraries, archives and museums. These communities have developed approaches and standards for describing cultural heritage sites. The same approaches are used to describe digitized objects. As part of the activities of software and information systems developers, teams for the implementation of digital humanitarian projects, initiative groups, various digital objects appear that claim to become the primary digital heritage in the future. Description standards are being developed for some of them. In general, the tasks of describing and classifying digital objects are

one of the most important in the preservation of digital heritage. This study analyzes existing approaches to the description and classification of various digital objects. Special attention is paid to the description and classification of information systems as complex software and hardware complexes. Based on the analysis, problems are identified that do not allow us to offer a unified approach to the description of various objects of digital heritage. The ways of solving problems are proposed, which is aimed at the possibility of systematization and cataloging of digital heritage, which will allow synchronizing and integrating the activities of stakeholders in the field of digital heritage preservation.

Keywords: digital heritage, preservation, description, metadata, classification, information system

Reference for citation: Prokudin D. E. Problems of Description Digital Heritage // Information Society: Education, Science, Culture and Technology of Future. Vol. 8 (Proceedings of the XXVII International Joint Scientific Conference «Internet and Modern Society», IMS-2024, St. Petersburg, June 24–26, 2024). — St. Petersburg: ITMO University, 2024. P. 15–31. DOI: 10.17586/2587-8557-2024-8-15-31.

Reference

- [1] Hartiya o sohraneniі cifrovogo naslediya (2003) // OON. Konvencii i soglasheniya. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/digital_heritage_charter.shtml (access date: 10.04.2024). (In Russian)
- [2] Yablokova A. A., Klender I. L., Safonov S. A. K voprosu o sohraneniі ob"ektov istoriko-kul'turnogo naslediya v postindustrial'nom obshchestve: perspektivy primeneniya sovremennyh cifrovyyh tekhnologij // Informatika. Ekonomika. Upravlenie. 2023. Tom 2, № 4. S. 145–161. DOI: 10.47813/2782-5280-2023-2-4-0145-0161. (In Russian)
- [3] Rekomendacii po sohraneniyu cifrovogo naslediya // Nacional'naya biblioteka Avstralii. Otdel Obshchestvennoj Informacii OON po voprosam obrazovaniya, nauki i kul'tury. 2003. 167 s. URL: http://www.ifapcom.ru/files/UNISKO2003_-_rekomendatsii_po_sohraneniyu_tsifrovogo_naslediya.pdf (access date: 10.04.2024). (In Russian)
- [4] Vorob'eva N. V. Ocifrovka regional'nyh knizhnyh pamyatnikov kak vozmozhnost' predstavit' obraz territorii v mirovom informacionnom prostranstve (na primere Altajskoj kraevoj universal'noj biblioteki im. V. YA. SHishkova) // Knizhnye pamyatniki v cifrovoj srede: Sbornik nauchnyh trudov / Nauchnyj redaktor E. D. ZHabloko. Sankt-Peterburg: Prezidentskaya biblioteka imeni B. N. El'cina, 2020. S. 52–61. (In Russian)
- [5] Kostitsina A. V., Shpakova M. V. Experience in the digitization of book-monuments of Perm state regional universal library named after A. M. Gorky within the federal project «Digital Culture» // Biblioteka i kul'turnoe prostranstvo regiona: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Perm', 11–12 noyabrya 2021 g.) / Ministerstvo kul'tury Rossiyskoy Federatsii; Permskiy gosudarstvennyy institut kul'tury; Tsentr nepreryvnogo obrazovaniya i povysheniya kvalifikatsii tvorcheskikh i upravlencheskikh kadrov v sfere kul'tury; otvetstvennyy redaktor Vafina E. M.; redaktsionnaya kollegiya: Chuprin K. P., Shepeleva S. V. Perm', 2021. P. 218–223. (In Russian)
- [6] Lihomanov A. V. Realizaciya proekta «Ocifrovka knizhnyh pamyatnikov» v Rossijskoj nacional'noj biblioteke v 2019 g. // Knizhnye pamyatniki v cifrovoj srede: Sbornik nauchnyh trudov / Nauchnyj redaktor E. D. ZHabloko. Sankt-Peterburg: Prezidentskaya biblioteka imeni B. N. El'cina, 2020. S. 136–140. (In Russian)
- [7] Nepomnyashchij K. L., Gorodishcheva A. N. Standarty cifrovogo audiovizual'nogo arhivirovaniya kul'turnogo naslediya // Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki. 2012. T. 2, № 8. S. 311–312. (In Russian)
- [8] About the Project // Digital Library "Scientific Heritage of Russia". URL: <http://www.e-heritage.ru/Catalog/About> (accessed date: 10.04.2024). (In Russian)

- [9] Corns A., Deevy A., Devlin G., Kennedy L., Shaw R. 3D-ICONS: Digitizing Cultural Heritage Structures // *New Review of Information Networking*. 2015. Vol. 20, iss. 1–2. P. 59–65. DOI: 10.1080/13614576.2015.1115232.
- [10] Gonizzi Barsanti S., Guidi G. 3D Digitization of Museum Content within the 3d-icons Project // *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* 2013. Vol. II-5/W1. P. 151–156. DOI: 10.5194/isprsannals-II-5-W1-151-2013.
- [11] Guidi G., Gonizzi Barsanti S., Loredana Micoli L., Russo M. Massive 3D Digitization of Museum Contents // *Built Heritage: Monitoring Conservation Management Research for Development* / Toniolo, L., Boriani M., Guidi G. (eds). 2014. P. 335–346. DOI:10.1007/978-3-319-08533-3_28.
- [12] Papatheodorou C., Dallas C., Ertmann-Christiansen C., Fernie K., Gavrilis D., Masci M.E., Constantopoulos P., Angelis S. A New Architecture and Approach to Asset Representation for Europeana Aggregation: The CARARE Way // *Metadata and Semantic Research. MTSR 2011* / García-Barriocanal E., Cebeci Z., Okur M.C., Öztürk A. (eds). Springer, Berlin, Heidelberg. Communications in Computer and Information Science. 2011. Vol. 240. P. 412–423. DOI: 10.1007/978-3-642-24731-6_41.
- [13] Lobanov A. L., Kireychuk A. G., Sinev S. Yu., Smirnov I. S., Dianov M. B. Supersayt «Zhuki (Coleoptera) i koleopterologi» — 20 let na sluzhbe u nauchnogo soobshchestva // *Internet i sovremennoe obshchestvo: sbornik tezisov dokladov [Elektronnyy resurs] / Trudy XXII Mezhdunarodnoy ob"edinennoy nauchnoy konferentsii «Internet i sovremennoe obshchestvo» (IMS-2019), Sankt-Peterburg, 19 – 22 iyunya 2019 g.* SPb: Universitet ITMO, 2019. S. 8-10. URL: <https://ojs.itmo.ru/index.php/IMS/article/view/1070/914> (accessed date: 10.04.2024). (In Russian)
- [14] Borisov N. V., Zaharkina V. V., Mbogo I. A., Prokudin D. E., Shcherbakov P. P. Problemnoe pole sohraneniya cifrovogo kul'turnogo naslediya // *Informacionnoe obshchestvo: obrazovanie, nauka, kul'tura i tekhnologii budushchego. Vypusk 6 (Trudy XXV Mezhdunarodnoy ob"edinennoy nauchnoy konferentsii «Internet i sovremennoe obshchestvo», IMS-2022, Sankt-Peterburg, 23–24 iyunya 2022 g. Sbornik nauchnyh statej).* SPb.: Universitet ITMO, 2022. S. 19–26. DOI: 10.17586/2587-8557-2022-6-09-26. (In Russian)
- [15] Di Cosmo R. Archiving and Referencing Source Code with Software Heritage // *Mathematical Software — ICMS 2020. ICMS 2020* / Bigatti A., Carette J., Davenport J., Joswig M., de Wolff T. (eds). Springer, Cham. Lecture Notes in Computer Science. 2020. Vol 12097. P. 362–373. DOI: 10.1007/978-3-030-52200-1_36.
- [16] Di Cosmo R. Software Heritage: Why and How We Collect, Preserve and Share All the Software Source Code // *2018 IEEE/ACM 40th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Society (ICSE-SEIS)*. Gothenburg, Sweden. 2018. P. 2. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8445152> (accessed date: 04.04.2024).
- [17] Di Cosmo R., Zacchiroli S. Software Heritage: Why and How to Preserve Software Source Code // *iPRES 2017 — 14th International Conference on Digital Preservation*, Sep 2017, Kyoto, Japan. 2017. P. 1-10. URL: <https://hal.science/hal-01590958> (accessed date: 04.04.2024).
- [18] Yasaitis K. E. Object ID: A Model of Global Collaboration // *Journal of Museum Management and Curatorship*. 2005. Vol. 20, № 1. P. 21–39. DOI: 10.1080/09647770500402001.
- [19] Miller S. J. Metadata for digital collections. Second edition. Chicago: ALA Neal-Schuman, 2022. 536 p.
- [20] Saleh E. I. Image embedded metadata in cultural heritage digital collections on the web: An analytical study // *Library Hi Tech*. 2018. Vol. 36, № 2. P. 339–357. DOI: 10.1108/LHT-03-2017-0053.
- [21] Christensen S., Dunlop D. The case for implementing core descriptive embedded metadata at the Smithsonian // *Proceedings of the 2010 International Conference on Dublin Core and*

- Metadata Applications (DCMI '10). Dublin Core Metadata Initiative. 2010. P. 80–87. DOI: 10.5555/1891793.1891804.
- [22] Europeana Data Model // Europeana Professional. URL: <https://pro.europeana.eu/page/edm-documentation> (accessed date: 04.04.2024).
- [23] Europeana Data Model Primer // Europeana Professional. 2013. 35 p. URL: https://pro.europeana.eu/files/Europeana_Professional/Share_your_data/Technical_requirements/EDM_Documentation/EDM_Primer_130714.pdf (accessed date: 04.04.2024).
- [24] Mukherjee S., Das R. Integration of Domain-Specific Metadata Schema for Cultural Heritage Resources to DSpace: A Prototype Design // *Journal of Library Metadata*. 2020. Vol. 20, № 2–3. P. 155–178. DOI: 10.1080/19386389.2020.1834093.
- [25] Tachibanaya T. Description of Exif file format. 2001. URL: <https://www.media.mit.edu/pia/Research/deepview/exif.html> (accessed date: 04.04.2024).
- [26] Extensible Metadata Platform. URL: <https://developer.adobe.com/xmp/docs/#%21adobe/xmp-docs/master/Namespaces.md> (accessed date: 04.04.2024).
- [27] ANSI/NISO Z39.87-2006 (R2017) Data Dictionary — Technical Metadata for Digital Still Images. Approved December 18, 2006. DOI: 10.3789/ansi.niso.z39.87-2006R2017.
- [28] Sohranenie cifrovogo naslediya v Rossii: metodologiya, opyt, pravovye problemy i perspektivy: monografiya / I. I. Gorlova, A. L. Zorin, A. A. Gucalov; otv. red. A. V. Kryukov; YUzh. f.-I Ros. nauch.-issl. in-ta kul'turnogo i prirod. naslediya im. D. S. Lihachyova. M.: Institut Naslediya, 2021. 385 s. DOI: 10.34685/HI.2021.44.95.006. (In Russian)
- [29] GOST R ISO 15836-2011 Informaciya i dokumentaciya. Nabor elementov metadannyh Dublin Core [Elektronnyj resurs] // *Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii*. M.: Standartinform, 2014. URL: https://standartgost.ru/g/GOST_R_ISO_15836-2011 (accessed date: 10.04.2024). (In Russian)
- [30] Nevile L., Lissonnet S. Dublin core and museum information: metadata as cultural heritage data // *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*. 2006. Vol. 1, № 3. P. 198–206. DOI: 10.1504/IJMSO.2006.012344.
- [31] Zavalin V., Zavalina O. L. Exploration of Accuracy, Completeness and Consistency in Metadata for Physical Objects in Museum Collections // *Information for a Better World: Normality, Virtuality, Physicality, Inclusivity*. iConference 2023. Lecture Notes in Computer Science. 2023. Vol. 13972. Springer, Cham P. 83–90. DOI: 10.1007/978-3-031-28032-0_7.
- [32] Homburg T., Cramer A., Raddatz L., Mara H. Metadata schema and ontology for capturing and processing of 3D cultural heritage objects. *Herit. Sci*. 2021. Vol. 9. Art. 91. DOI: 10.1186/s40494-021-00561-w.
- [33] Mi X., Pollock B. M. Metadata Schema to Facilitate Linked Data for 3D Digital Models of Cultural Heritage Collections: A University of South Florida Libraries Case Study // *Cataloging & Classification Quarterly*. 2018. Vol. 56. № 2–3. P. 273–286. DOI: 10.1080/01639374.2017.1388894.
- [34] Kvalifikatory Dublin Core (Dublinskogo yadra) // RUSMARC, rossijskaya versiya UNIMARC / Rossijskaya nacional'naya biblioteka. URL: <http://www.rusmarc.info/soft/dcq.html> (accessed date: 10.04.2024). (In Russian)
- [35] DCMI Qualifiers // Dublin Core Metadata Initiative. URL: <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmes-qualifiers/> (accessed date: 10.04.2024).
- [36] Wan J., Zhou Y., Chen G., Yi J. Designing a Multi-level Metadata Standard based on Dublin Core for Museum Data // *International Conference on Dublin Core and Metadata Applications*. 2014. P. 31–36. URL: <https://dcpapers.dublincore.org/pubs/article/view/3712> (access date: 04.04.2024).
- [37] González R., Van Der Meer K. Standard Metadata Applied to Software Retrieval // *Journal of Information Science*. 2004. Vol. 30 (4). P. 300–309. DOI: 10.1177/0165551504045850.

- [38] Jackson A. S., Han M.-J., Groetsch K., Mustafoff M., Cole T.W. Dublin Core Metadata Harvested Through OAI-PMH // *Journal of Library Metadata*. 2008. Vol. 8, № 1. P. 5–21. DOI: 10.1300/J517v08n01_02.
- [39] Andresen L. Dublin Core as a tool for interoperability: Common presentation of data from archives, libraries and museums // *International Conference on Dublin Core and Metadata Applications. DCMI Proceedings*. 2006. URL: <https://dcpapers.dublincore.org/pubs/article/view/844> (accessed date: 10.04.2024).
- [40] Wijesundara C., Sugimoto S. Metadata model for organizing digital archives of tangible and intangible cultural heritage, and linking cultural heritage information in digital space // *LIBRES*. 2018. № 28 (2). P. 58–80. DOI: 10.32655/LIBRES.2018.2.2.
- [41] CIDOC-CRM (CIDOC Conceptual Reference Model) // *Prezidentskaya biblioteka im. B. N. El'cina [razdel: Standarty metadannyh v oblasti kul'turnogo naslediya]*. URL: https://www.prilib.ru/cidoc_crm (accessed date: 10.04.2024). (In Russian)
- [42] Reports about mappings // *CIDOC-CRM*. URL: https://cidoc-crm.org/report_mappings_res (accessed date: 10.04.2024).
- [43] ISO 26324:2022. Information and documentation. Digital object identifier system. International Standard. Published 08-2022. URL: <https://www.iso.org/standard/81599.html> (accessed date: 04.04.2024).
- [44] GOST R ISO 26324–2015. Sistema diskretnykh identifikatorov ob"ekta. Nacional'nyj standart rossijskoj federacii / Sistema standartov po informacii, bibliotechnomu i izdatel'skomu delu. Moskva: Standartinform, 2016. 15 s. (In Russian)
- [45] Baca M. Practical Issues in Applying Metadata Schemas and Controlled Vocabularies to Cultural Heritage Information // *Cataloging & Classification Quarterly*. 2003. Vol. 36, № 3–4. P. 47–55. DOI: 10.1300/J104v36n03_05.
- [46] Andsbjerg R., Vesset D. IDC's Worldwide Software Taxonomy. 2022. URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US48990921> (accessed date: 10.04.2024).
- [47] Computing Classification System // *ASM Digital Library*. URL: <https://dl.acm.org/ccs> (accessed date: 10.04.2024).
- [48] Market Definitions and Methodology: Software. Gartner. 2021. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/3906823> (accessed date: 10.04.2024).
- [49] Shapovalova G. M. Informacionnoe obshchestvo: Elektronnye biblioteki kak ob"ekty cifrovogo kul'turnogo naslediya // *Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo*. 2016. Vyp. 3. URL: <https://disk.yandex.ru/i/cUYFM2L-vf4ppg> (access date: 10.04.2024). (In Russian)
- [50] Yao Sh., Yu Y., AliAkbarpour H., Seetharaman G., Palaniappan K. EpiX: A 3D Measurement Tool for Heritage, Archeology, and Aerial Photogrammetry // *Heritage Preservation / B. Chanda et al. (eds.)*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018. P. 47-66. DOI: 10.1007/978-981-10-7221-5_3.
- [51] Giannoulakis S., Tsapatsoulis N., Grammalidis N. Metadata for Intangible Cultural Heritage - The Case of Folk Dances // *Proceedings of the 13th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISAPP 2018)*. 2018. P. 634–645. DOI: 10.5220/0006760906340645.
- [52] Tablitsy sootvetstviya. Standarty metadannykh v oblasti kul'turnogo naslediya // *Prezidentskaya biblioteka*. URL: <https://www.prilib.ru/mapping> (accessed date: 10.04.2024). (In Russian)