

УДК 013+004.65

О ВКЛЮЧЕНИИ МУЗЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЕДИНОЕ ЦИФРОВОЕ ПРОСТРАНСТВО НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

С. А. Кириллов¹ [0000-0001-7560-0041], **И. Н. Соболевская**² [0000-0002-9461-3750]

^{1, 2}*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
г. Москва, Россия*

¹skirillov@jscs.ru, ²nik_first@mail.ru

Аннотация

Работа посвящена вопросам интеграции музейных объектов в Единое цифровое пространство научных знаний (ЕЦПНЗ). Рассмотрена эволюция музейного предмета от изолированного артефакта до «интеллектуального интерфейса» – связанного элемента сети знаний. Описана технология оцифровки трехмерных музейных объектов с помощью *spin*-съемки. На примере коллекции муляжей грибов Государственного биологического музея продемонстрирован процесс включения объектов в ЕЦПНЗ с использованием структурированных данных и интерактивных 3D-моделей. Работа выполнена в рамках государственного задания и демонстрирует потенциал ЕЦПНЗ как универсальной среды для сохранения и распространения научного наследия.

Ключевые слова: Единое цифровое пространство научных знаний, интеграция музейных объектов, *spin*-анимация, онтология, 3D-объект, воксель, облако точек.

ВВЕДЕНИЕ

Распространение научных знаний начиная с древних времен осуществлялось в письменном виде (рукописные и печатные книги, статьи, архивные материалы), в виде материальных предметов, хранящихся в музеях, и кинодокументов. Все эти источники в последние десятилетия активно переводятся в цифровую форму, что позволяет практически неограниченно и мгновенно распространять накопленные знания.

Единое цифровое пространство научных знаний (ЕЦПНЗ) – это среда, обеспечивающая хранение и распространение научных знаний, содержащихся изначально в перечисленных выше источниках [1–4].

Одним из направлений работ, связанных с проектированием ЕЦПНЗ, является разработка методологии отражения в пространстве музейных объектов. Если технология перевода в цифровую форму и визуализации «плоских» музейных предметов (рисунков, фотографий, документов и пр.) разработана и широко используется без особых проблем, то вопрос перевода в цифровую форму и отражения с необходимой точностью трехмерных музейных предметов является серьезной научной проблемой [5–8].

В ЕЦПНЗ музейный объект эволюционирует от «вещи в себе» к «интеллектуальному интерфейсу». Он превращается в связанную единицу информации. А именно: чтобы получить информацию об экспонате, находящемся в музее, надо прийти в музей, найти экспонат, прочитать текст о нем, при этом связи этого объекта, например, с историческим контекстом, людьми, событиями и другими предметами неочевидны и скрыты. И это при условии, что объект экспонируется, а не находится в фондохранилищах музея. За пределами музейных стен и каталогов для узкого круга специалистов этот объект практически не существует. В свою очередь, для цифрового образа музейного объекта ценностью является не только его «содержимое», но и сетевые связи между всеми элементами пространства знаний. Таким образом, оцифрованный музейный объект, интегрированный в ЕЦПНЗ, может быть «описан» структурированными данными (полями «автор», «дата создания», «материал», «техника», «географическая привязка», «историческое событие» и т. д.) и «приобретает» связи с другими объектами, т. е. становится «интеллектуальным интерфейсом»: пользователь взаимодействует не с изолированным предметом, а с сетью знаний, точкой входа в которую является цифровой образ музейного объекта.

1. ИНТЕГРАЦИЯ МУЗЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЕДИНОЕ ЦИФРОВОЕ ПРОСТРАНСТВО НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Принципы интеграции музейных объектов в ЕЦПНЗ направлены на то, чтобы превратить физический артефакт в «интеллектуальный интерфейс» и связанную единицу информации.

Для интеграции в ЕЦПНЗ цифровые образы музейных объектов должны соответствовать определенным требованиям: многоуровневость представления (стандартизированное, структурированное описание атрибутов – основа для связывания и поиска) и визуальный ряд (одно или серия изображений высокого разрешения; 3D-модели должны быть в форматах, поддерживающих веб-визуализацию).

Таким образом, в ЕЦПНЗ музейный объект превращается в «интеллектуальный интерфейс», позволяющий не только просматривать статические данные, но и исследовать связи объектов в их динамике и трехмерные образы объектов [9].

2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ 3D-ОБЪЕКТОВ В ЕДИНОМ ЦИФРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Интеграция трехмерных музейных объектов в ЕЦПНЗ требует применения специализированных технологий, адаптированных к задачам ЕЦПНЗ. А именно: технология должна давать результат, пригодный для исследований, а не только для визуализации; данные должны легко интегрироваться с другими системами (архивами, библиотеками, исследовательскими базами).

Один из самых распространенных и первых методов в трехмерном моделировании – это полигональное моделирование [10, 11]. Этот метод заключается в создании объемных моделей объектов с помощью полигонов – многоугольных элементов, которые формируют поверхность модели. Однако для формирования и представления 3D-моделей музейных предметов этот метод не эффективен по следующим причинам [12]:

- полигональное моделирование – это интерпретация. Художник-модельер вручную создает форму, опираясь на фотографии или наброски. Оцифровка музейных предметов должна быть документом, а не иллюстрацией;
- нерентабельность для музейных объектов: ручное создание точной модели сложного трехмерного объекта (окаменелость, скелет, керамика и т. п.) требует сотен часов работы высококвалифицированного специалиста;
- невозможность массовой оцифровки: метод не подходит для создания больших цифровых коллекций (тысячи и десятки тысяч экспонатов) из-за огромных затрат времени и средств;

- в саму полигональную сетку сложно внедрить семантические слои – точно привязать метаданные к конкретным вершинам или полигонам (например, пометить область реставрации или конкретную трещину).

Поэтому для формирования цифровых 3D-объектов используют методы, альтернативные полигональному моделированию: воксели (воксель – объемный пиксель), облака точек, неявные функции, параметрические поверхности, а также spin-анимацию [13–17]. Существует несколько ключевых методов представления 3D-объектов, которые не используют полигональные модели. Каждый из них имеет свои уникальные характеристики, преимущества и недостатки, что делает их пригодными для различных типов объектов и приложений. Каждый из этих методов применяется в зависимости от типа объекта, требуемой детализации и наличия необходимых вычислительных мощностей.

В интерактивных цифровых 3D-моделях важна оптимизация для достижения баланса между визуальным качеством, производительностью (частотой кадров) и ресурсозатратами (памятью, вычислительной мощностью) при создании и воспроизведении последовательности кадров, имитирующих, например, вращение объекта [18]. Под интерактивной цифровой 3D-моделью понимается взаимодействие пользователя с таким объектом, в том числе вращение, масштабирование (приближение/отдаление), панорамирование, выбор ракурса для детального изучения, анализа объекта и т. п.

2.1. Воксели

Воксели представляют собой трехмерные эквиваленты пикселей, где каждый воксель является кубическим элементом в трехмерной сетке, содержащим информацию об объеме и цвете. В отличие от плоских пикселей, воксели обладают шириной, высотой и глубиной, что позволяет им представлять объемные объекты. Комбинируя множество окрашенных вокселей, можно создавать сложные 3D-формы, при этом увеличение количества вокселей приводит к повышению разрешения и детализации [19].

Одним из основных недостатков является ограниченный уровень детализации по сравнению с полигональным моделированием, поскольку воксели по своей природе являются блочными и могут испытывать трудности с представле-

нием гладких поверхностей или мелких деталей. Рендеринг векселей (метод визуализации трехмерных объектов и сцен, при котором базовым элементом представления данных является не полигон – треугольник, а вексель) может быть вычислительно затратным, особенно при высоком разрешении [20–22].

2.2. Облака точек

Облако точек представляет собой набор отдельных точек данных в трехмерном пространстве, каждая из которых имеет свои координаты XYZ и может содержать дополнительную информацию, такую как цвет, нормали и временные метки. Облака точек обычно создаются с помощью 3D-сканеров или программного обеспечения для фотограмметрии, которые измеряют множество точек на внешних поверхностях объектов [23, 24].

Несмотря на свою точность и детализацию, облака точек имеют некоторые недостатки, например, отсутствие связности между отдельными точками затрудняет визуализацию и анализ объекта. Большие наборы данных облаков точек требуют значительной вычислительной мощности для обработки. Для рендеринга (процесса синтеза изображения из данных) и анимации облака точек часто преобразуются в полигональные сетки с использованием методов реконструкции поверхности [25].

2.3. Неявные функции

Неявные функции определяют поверхность как множество точек (x, y, z) , для которых значение функции $F(x, y, z) = 0$. В отличие от явных или параметрических представлений, неявные поверхности определяются условием, которому должны удовлетворять точки на поверхности. Примером неявных поверхностей являются сферы.

Визуализация неявных поверхностей является сложной задачей, которая часто требует использования таких методов, как трассировка лучей или алгоритм марширующих кубов для преобразования неявной функции в полигональную сетку для рендеринга. Оценка неявной функции для каждой точки может быть вычислительно затратной, особенно для сложных функций [26, 27].

2.4. Параметрические поверхности

Параметрические поверхности определяются набором уравнений, которые выражают координаты точек на поверхности как функции двух параметров. Примерами параметрических поверхностей являются сплайновые поверхности, NURBS (неравномерные рациональные B-сплайны) и поверхности вращения.

Параметрические поверхности обеспечивают точный контроль формы поверхности и широко используются в системах автоматизированного проектирования и промышленном дизайне. Они хорошо подходят для представления гладких криволинейных поверхностей и облегчают генерацию точек на поверхности.

По сравнению с неявными поверхностями, параметрические поверхности могут иметь топологические ограничения. Вычисление пересечений (луч – поверхность, поверхность – поверхность) может быть сложным [28, 29].

2.5. Технология spin-съемки

Для представления 3D-музейных объектов в ЕЦПНЗ используется технология спин-съемки (или круговой 360-ной° съемки) [30]. Такая съемка создает структурированный набор изображений, из которого можно:

- сформировать интерактивную анимацию для представления музейного объекта в цифровом формате;
- сгенерировать полноценную 3D-модель с помощью алгоритмов фотограмметрии;
- извлечь высокодетализированные текстуры для исследований.

Для ЕЦПНЗ технология спин-анимации является эффективной, поскольку что она эффективно преобразует физический музейный предмет в структурированный, многократный, машиночитаемый и визуально полный цифровой актив, который служит универсальным фундаментом для научных исследований, образования и публичного представления в рамках единой стандартизированной системы [31].

Таким образом, один раз проведенная качественная спин-съемка становится долгосрочным цифровым активом, который можно использовать для различных целей в рамках ЕЦПНЗ.

3. ПРИМЕР ВИРТУАЛЬНОЙ 3D-КОЛЛЕКЦИИ МУЗЕЙНЫХ ПРЕДМЕТОВ КАК ЭЛЕМЕНТА ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО ПРОСТРАНСТВА НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

В Государственном биологическом музее имени К. А. Тимирязева (ГБМТ) находится уникальная коллекция муляжей грибов (более 200 видов) в имитации природной обстановки. Каждый музейный предмет представляют собой палету, на которой установлены макеты грибов, изготовленные из папье-маше, и находящиеся в «природной среде», выполненной из природных материалов (мха, травы, листьев и т. п.) (рис. 1). По мнению сотрудников ГБМТ, эта коллекция представляет интерес как для обычных посетителей, так и для специалистов-микологов. Поэтому было принято решение сформировать и интегрировать в ЕЦПНЗ цифровую коллекцию на основе таких муляжей, находящихся как в основной экспозиции, так и в запасниках ГБМТ.



Рис. 1. Пример цифрового образа музейного предмета «Подгруздь белый».

Каждый элемент виртуальной коллекции, созданной авторами, – это 3D-образ исходного объекта. Для визуализации 3D-моделей и представления их в цифровом формате используется технология интерактивной анимации [9, 32–34].

В большинстве отечественных музеев, в том числе и в ГБМТ, используется комплексная автоматизированная музейная информационная система «КАМИС» [35, 36]. Она содержит структурированную информацию о музейных объектах и аппарат для ее экспорта.

С помощью алгоритмов формирования контента конкретного подпространства ЕЦПНЗ, реализованных в модельном программном комплексе, описанном в [36], осуществляется процесс загрузки данных о музейных объектах в ЕЦПНЗ.

На первом этапе включения коллекции грибов в ЕЦПНЗ с помощью унифицированной диалоговой программы [37] создается подпространство «Биология». В нем формируются справочники следующих классов: «Грибы», «Объекты биологических музеев», «Биологические коллекции», «Изображения и мультимедиа в биологии». Для каждого из сформированных классов созданы справочники соответствующих атрибутов.

В результате работы программы загрузки формируются все необходимые словари объектов и связей. Таким образом, все связанные данные оказываются загруженными в структуру ЕЦПНЗ. Существующие в настоящее время программные средства ЕЦПНЗ позволяют просматривать объекты любого класса и осуществлять навигацию по их связям.

Названия грибов являются активными ссылками, которые обеспечивают переход к информации о выбранном объекте и его связях. Связи объекта «муляж гриба “Груздь черный”» показывают, что он хранится в Государственном биологическом музее и входит в состав микологической коллекции этого музея. Ссылка связи «модель гриба “Груздь черный”» обеспечивает переход на 3D-модель данного объекта [38].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс включения музейных объектов в ЕЦПНЗ представляет собой комплексную задачу, требующую сочетания технологических решений, стандартизации данных и методологической проработки, что в итоге ведет к созданию универсальной, открытой и многофункциональной среды для сохранения и распространения научных знаний.

Концепция представления музейных объектов в ЕЦПНЗ предполагает интеграцию в единую систему знаний целостной информационной модели, что позволяет перейти от простого представления отдельных оцифрованных копий музейных предметов к построению сложных информационных моделей, где каждый музейный объект занимает определенное место в онтологии ЕЦПНЗ.

Благодарности

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савин Г.И. Единое цифровое пространство научных знаний: цели и задачи // Информационные ресурсы России. 2020. № 5. С. 3–5.
2. ISO 25964 the international standard for thesauri and interoperability with other vocabularies. <https://www.niso.org/schemas/iso25964>
3. Каленов Н.Е., Сотников А.Н. Единое цифровое пространство научных знаний как интегратор политематических информационных ресурсов // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления. 2024. Т. 515. С. 114–123. <https://doi.org/10.31857/S2686954324010177>
4. Антопольский А.Б., Босов А.В., Савин Г.И., Сотников А.Н., Цветкова В.А., Каленов Н.Е., Серебряков В.А., Ефременко Д.В. Принципы построения и структура единого цифрового пространства научных знаний (ЕЦПНЗ) // Научно-техническая информация. Сер. 1. 2020. № 4. С. 9–17.
5. Каленов Н.Е., Сотников А.Н. Архитектура единого цифрового пространства научных знаний // Информационные ресурсы России. 2020. № 5. С. 5–8.
6. Vlasova S.A., Kalenov N.E., Kirillov S.A., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N. Modeling of a fragment of the Common digital space of scientific knowledge by the example of museum collections // Scientific and Technical Information Processing, 2025. Vol. 52, No. 2. P. 129–134. <https://doi.org/10.3103/S014768822570011X>
7. Каленов Н.Е., Соболевская И.Н., Сотников А.Н. Виртуальная выставка как элемент популяризации научных знаний // Научные и технические библиотеки. 2024. № 2. С. 107–122.
8. Власова С.А., Каленов Н.Е., Кириллов С.А., Соболевская И.Н., Сотников А.Н. Естественнонаучные коллекции как элемент Единого Цифрового Пространства Научных Знаний // Научный сервис в сети Интернет: труды XXVI Всероссийской научной конференции. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша. 2024. С. 39–49.

9. *Paszkowska M. et al.* 3D technologies for Intangible Cultural Heritage Preservation—Literature Review for selected databases. *Heritage Science* [Электронный ресурс]. 2022. Vol. 10(1). No. 3.

URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40494-021-00633-x> (Дата обращения: 07.02.2026).

10. *Кириллов С.А., Соболевская И.Н., Сотников А.Н.* Принципы формирования и представления междисциплинарных коллекций в цифровом пространстве научных знаний // *Электронные библиотеки*. 2021. Т. 24. № 2. С. 294–314.

11. *Botsch M., Pauly M., Kobbelt L., Alliez P., Lévy B., Bischoff S., Röoss C.* Geometric modeling based on polygonal meshes Video files associated with this course are available from the citation page // SIGGRAPH '07: ACM SIGGRAPH 2007 courses. P. 49. <https://doi.org/10.1145/1281500.1281640>

12. *Russo M.* Polygonal modeling: basic and advanced techniques. Jones & Bartlett Learning. 2006. 411 p.

13. *Ju T.* Fixing geometric errors on polygonal models: a survey // *Journal of Computer Science and Technology*. 2009. Vol. 24.No. 1. P. 19–29.

14. *Chuvikov D.A. et al.* 3D modeling and 3D objects creation technology analysis for various intelligent systems // *International Journal of Advanced Studies*. 2014. Vol. 4. No. 4. P. 16–22.

15. *Beraldin J. A. et al.* Real world modelling through high resolution digital 3D imaging of objects and structures // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2000. Vol. 55. No. 4. P. 230–250.

16. *Palka D., Sobota M., Buchwald P.* 3D object digitization devices in manufacturing engineering applications and services // *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*. 2020. Vol. 3. P. 450–463.

17. *Yan Y., Letscher D., Ju T.* Voxel cores: Efficient, robust, and provably good approximation of 3d medial axes // *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. 2018. Vol. 37. No. 4. P. 1–13.

18. *Koeva M.N.* 3D modelling and interactive web-based visualization of cultural heritage objects // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2016. Vol. 41. P. 297–303.

19. Zhengren Wang 3D Representation Methods: A Survey URL: <https://arxiv.org/html/2410.06475v1> (Дата обращения: 16.02.2026)
20. Spatial Representation URL: <https://app.uxcel.com/courses/3d-design-foundations/d-spatial-representation-514> (Дата обращения: 16.02.2026)
21. *Chen C., Chen Z., Zhang J., Tao D.* SASA: Semantics-Augmented Set Abstraction for Point-Based 3D Object Detection // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2022. Vol. 36, No. 1. P. 221–229. <https://doi.org/10.1609/aaai.v36i1.1989>
22. *Wang W. et al.* Volsplat: Rethinking feed-forward 3d gaussian splatting with voxel-aligned prediction // arXiv preprint arXiv:2509.19297. 2025.
23. *Cao R. et al.* Poxel: Voxel Reconstruction for 3D Printing // arXiv preprint arXiv:2501.10474. 2025.
24. What is the Difference Between 3D Point Clouds vs. 3D BIM Models? URL: <https://www.existingconditions.com/knowledge-center-articles/3d-point-cloud-vs-model>
25. *Yu Y. et al.* From comparison to integration: A workflow evaluation of 3D Gaussian splatting and LiDAR point cloud for modern architectural heritage // Automation in Construction. 2025. Vol. 180. No. 106509.
26. *Kwon O., Yu J.* Realistic and Interactive Virtual Museum Representation Using 3D Gaussian Splatting // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2025. P. 185–192.
27. *Chibane J., Alldieck T., Pons-Moll G.* Implicit functions in feature space for 3d shape reconstruction and completion // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2020. P. 6970–6981.
28. *Bhatnagar B.L. et al.* Combining implicit function learning and parametric models for 3d human reconstruction // European conference on computer vision. Cham: Springer International Publishing, 2020. P. 311–329.
29. *Bison G. et al.* Automatizing 3D reconstruction pipelines for speeding-up cultural heritage digitization // Multimedia Tools and Applications. 2025. P. 1–21.
30. *Kilis N. et al.* AI tools for generating Digital Heritage Twins enhancing storytelling in educational games // Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. 2025. e00451.

31. *Vargün Ö.* Visual analysis of 3D characters and animations used in the presentation of cultural heritage at museums // *Journal of Arts*. 2023. Vol. 6. No. 2. P. 141–155.

32. *Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N.* Virtual Exhibition as a Means of Integrating into a Unified Digital Space of Scientific Knowledge the Information Systems in the Field of Science and Culture // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*, 2025. Vol. 58. S43–S50. <https://doi.org/10.3103/S0005105525700098>

33. *Каленов Н.Е., Погорелко К.П., Соболевская И.Н., Сотников А.Н.* Электронная библиотека «Научное наследие России» как элемент Единого цифрового пространства научных знаний // *Научные и технические библиотеки*. 2025. № 8. С. 101–123. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2025-8-101-123>

34. *Skublewska-Paszkowska M. et al.* 3D technologies for Intangible Cultural Heritage Preservation—Literature Review for selected databases. *Heritage Science* [Электронный ресурс]. 2022. Vol. 10(1). No. 3. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40494-021-00633-x> (Дата обращения: 10.02.2026).

35. Круглый стол «Культурная вакцина. Музей в цифровой реальности» на Петербургском международном юридическом форуме – 2021 URL: https://www.hermitagemuseum.org/news/news_107_21?lng=en (Дата обращения: 16.02.2026)

36. *Юрина Ю.Г., Шалыганова О.С.* КАМИС-2000 в музее В.Г. Белинского // В сборнике: *Современное общество, образование и наука. сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях*. 2015. С. 143–145.

37. *Румянцев М.С.* Использование информационных технологий в научно-фондовой деятельности музея (на примере программы «КАМИС») // В сборнике: *XVI ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых. материалы Всероссийской научной конференции*. Вологда, 2023. С. 303–305.

38. *Власова С.А., Каленов Н.Е.* Диалоговый программный комплекс формирования онтологии Единого цифрового пространства научных знаний // *Программные продукты и системы*. 2024. Т. 37, № 4. С. 514–523.

39. *Власова С.А., Каленов Н.Е., Кириллов С.А., Соболевская И.Н., Сотников А.Н.* Моделирование фрагмента Единого цифрового пространства научных

знаний на примере музейных коллекций // Научно-техническая информация. Серия 1. 2025. № 5. С. 30–35. <https://doi.org/10.36535/0548-0019-2025-05-4>

40. Грибное пространство URL: <http://exhibitions.jbcc.ru/360/15619/> (Дата обращения: 16.02.2026)

ON THE INTEGRATION OF MUSEUM OBJECTS INTO THE COMMON DIGITAL SPACE OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

S. A. Kirillov¹ [0000-0001-7560-0041], I. N. Sobolevskaya² [0000-0002-9461-3750]

^{1, 2}*National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia*

¹skirillov@jbcc.ru, ²nik_first@mail.ru

Abstract

The work addresses the issues of integrating museum objects into the Common Digital Space of Scientific Knowledge (CDSSK). It examines the evolution of a museum item from an isolated artifact to an "intelligent interface" – a linked element of a knowledge network. The technology for digitizing three-dimensional museum objects using spin-scanning is described. Using the collection of mushroom models from the State Biological Museum as an example, the process of incorporating objects into the CDSSK using structured data and interactive 3D models is demonstrated. The work is carried out within the framework of a state assignment and demonstrates the potential of the CDSSK as a universal environment for preserving and disseminating scientific heritage.

Keywords: *Common Digital Space of Scientific Knowledge, integration of museum objects, spin animation, ontology, 3D object, voxel, point cloud.*

REFERENCES

1. Savin G.I. Edinoe cifrovoe prostranstvo nauchnykh znaniy: celi i zadachi // Informacionnye resursy Rossii. 2020. № 5. С. 3–5.
 2. ISO 25964 the international standard for thesauri and interoperability with other vocabularies. <https://www.niso.org/schemas/iso25964>
-

3. *Kalenov N.E., Sotnikov A.N.* Edinoe cifrovoe prostranstvo nauchnykh znaniy kak integrator politematicheskikh informacionnykh resursov // *Doklady Rossijskoj akademii nauk. Matematika, informatika, processy upravleniya.* 2024. T. 515. S. 114–123. <https://doi.org/10.31857/S2686954324010177>

4. *Antopol'skij A.B., Bosov A.V., Savin G.I., Sotnikov A.N., Cvetkova V.A., Kalenov N.E., Serebryakov V.A., Efremenko D.V.* Principy postroeniya i struktura edinogo cifrovogo prostranstva nauchnykh znaniy (ECPNZ) // *Nauchno-tehnicheskaya informaciya. Ser. 1.* 2020. № 4. S. 9–17.

5. *Kalenov N.E., Sotnikov A.N.* Arkhitektura edinogo cifrovogo prostranstva nauchnykh znaniy // *Informacionnye resursy Rossii.* 2020. № 5. S. 5–8.

6. *Vlasova S.A., Kalenov N.E., Kirillov S.A., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N.* Modeling of a fragment of the Common digital space of scientific knowledge by the example of museum collections // *Scientific and Technical Information Processing.* 2025. Vol. 52, No. 2. P. 129–134. <https://doi.org/10.3103/S014768822570011X>

7. *Kalenov N.E., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N.* Virtual'naya vystavka kak ehlement populyarizacii nauchnykh znaniy // *Nauchnye i tehnikheskie biblioteki.* 2024. № 2. S. 107–122.

8. *Vlasova S.A., Kalenov N.E., Kirillov S.A., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N.* Estestvennonauchnye kollekcii kak ehlement Edinogo Cifrovogo Prostranstva Nauchnykh Znaniy // *Nauchnyj servis v seti Internet: trudy XXVI Vserossijskoj nauchnoj konferencii.* M.: IPM im. M.V. Keldysha, 2024. S. 39–49.

9. *Paszowska M. et al.* 3D technologies for Intangible Cultural Heritage Preservation—Literature Review for selected databases. *Heritage Science.* 2022. Vol. 10(1). No. 3.

URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40494-021-00633-x>

10. *Kirillov S.A., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N.* Principy formirovaniya i predstavleniya mezhdisciplinarnykh kollekcij v cifrovom prostranstve nauchnykh znaniy // *Russian Digital Library Journal.* 2021. T. 24, № 2. S. 294–314.

11. *Botsch M., Pauly M., Kobbelt L., Alliez P., Lévy B., Bischoff S., Röoss C.* Geometric modeling based on polygonal meshes Video files associated with this course are available from the citation page // *SIGGRAPH '07: ACM SIGGRAPH 2007 courses.* P. 49. <https://doi.org/10.1145/1281500.1281640>

12. *Russo M.* Polygonal modeling: basic and advanced techniques. Jones &

Bartlett Learning. 2006. 411 p.

13. *Ju T.* Fixing geometric errors on polygonal models: a survey // *Journal of Computer Science and Technology*. 2009. Vol. 24. No. 1. P. 19–29.

14. *Chuvikov D.A. et al.* 3D modeling and 3D objects creation technology analysis for various intelligent systems // *International Journal of Advanced Studies*. 2014. Vol. 4. No. 4. P. 16–22.

15. *Beraldin J.A. et al.* Real world modelling through high resolution digital 3D imaging of objects and structures // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2000. Vol. 55. No. 4. P. 230–250.

16. *Palka D., Sobota M., Buchwald P.* 3D object digitization devices in manufacturing engineering applications and services // *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*. 2020. Vol. 3. P. 450–463.

17. *Yan Y., Letscher D., Ju T.* Voxel cores: Efficient, robust, and provably good approximation of 3d medial axes // *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. 2018. Vol. 37. No. 4. P. 1–13.

18. *Koeva M.N.* 3D modelling and interactive web-based visualization of cultural heritage objects // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2016. Vol. 41. P. 297–303.

19. Zhengren Wang 3D Representation Methods: A Survey
URL: <https://arxiv.org/html/2410.06475v1>

20. Spatial Representation URL: <https://app.uxcel.com/courses/3d-design-foundations/d-spatial-representation-514>

21. *Chen C., Chen Z., Zhang J., Tao D.* SASA: Semantics-Augmented Set Abstraction for Point-Based 3D Object Detection // *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2022. Vol. 36, No. 1. P. 221–229.
<https://doi.org/10.1609/aaai.v36i1.1989>

22. *Wang W. et al.* Volsplat: Rethinking feed-forward 3d gaussian splatting with voxel-aligned prediction // *arXiv preprint arXiv:2509.19297*. 2025.

23. *Cao R. et al.* Poxel: Voxel Reconstruction for 3D Printing // *arXiv preprint arXiv:2501.10474*. 2025.

24. What is the Difference Between 3D Point Clouds vs. 3D BIM Models?
URL: <https://www.existingconditions.com/knowledge-center-articles/3d-point-cloud-vs-model>

25. Yu Y. *et al.* From comparison to integration: A workflow evaluation of 3D Gaussian splatting and LiDAR point cloud for modern architectural heritage // *Automation in Construction*. 2025. Vol. 180. No. 106509.

26. Kwon O., Yu J. Realistic and Interactive Virtual Museum Representation Using 3D Gaussian Splatting // *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2025. P. 185–192.

27. Chibane J., Alldieck T., Pons-Moll G. Implicit functions in feature space for 3d shape reconstruction and completion // *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2020. P. 6970–6981.

28. Bhatnagar B.L. *et al.* Combining implicit function learning and parametric models for 3d human reconstruction // *European conference on computer vision*. Cham: Springer International Publishing, 2020. P. 311–329.

29. Bison G. *et al.* Automatizing 3D reconstruction pipelines for speeding-up cultural heritage digitization // *Multimedia Tools and Applications*. 2025. P. 1–21.

30. Kilis N. *et al.* AI tools for generating Digital Heritage Twins enhancing storytelling in educational games // *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 2025. e00451.

31. Vargün Ö. Visual analysis of 3D characters and animations used in the presentation of cultural heritage at museums // *Journal of Arts*. 2023. Vol. 6. No. 2. P. 141–155.

32. Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N. Virtual Exhibition as a Means of Integrating into a Unified Digital Space of Scientific Knowledge the Information Systems in the Field of Science and Culture // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*, 2025. Vol. 58. S43–S50. <https://doi.org/10.3103/S0005105525700098>

33. Kalenov N.E., Pogorelko K.P., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N. Elektronnaya biblioteka «Nauchnoe nasledie Rossii» kak ehlement Edinogo cifrovogo prostranstva nauchnykh znaniy // *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki*. 2025. № 8. S. 101–123. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2025-8-101-123>

34. Skublewska-Paszowska M. *et al.* 3D technologies for Intangible Cultural Heritage Preservation—Literature Review for selected databases. *Heritage Science*. 2022. Vol. 10(1). No. 3.

URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40494-021-00633-x>.

35. Kruglyj stol «Kul'turnaya vakcina. Muzej v cifrovoj real'nosti» na Peterburgskom mezhdunarodnom juridicheskom forume – 2021 URL: https://www.hermitagemuseum.org/news/news_107_21?lng=en

36. *Yurina Yu.G., Shalyganova O.S.* KAMIS-2000 v muzee V.G. Belinskogo // V sbornike: *Sovremennoe obshchestvo, obrazovanie i nauka. sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 16 chastyakh.* 2015. S. 143–145.

37. *Rumyancev M.S.* Ispol'zovanie informacionnykh tekhnologij v nauchno-fondovoj deyatel'nosti muzeya (na primere programmy «KAMIS») // V sbornike: *XVI ezhegodnaya nauchnaya sessiya aspirantov i molodykh uchenykh. materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii.* Vologda, 2023. S. 303–305.

38. *Vlasova S.A., Kalenov N.E.* Dialogovyj programmnyj kompleks formirovaniya ontologii Edinogo cifrovogo prostranstva nauchnykh znaniy // *Programmnye produkty i sistemy.* 2024. T. 37, № 4. S. 514–523.

39. *Vlasova S.A., Kalenov N.E., Kirillov S.A., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N.* Modelirovanie fragmenta Edinogo cifrovogo prostranstva nauchnykh znaniy na primere muzejnykh kolekcij // *Nauchno-tekhnicheskaya informaciya. Seriya 1,* 2025. № 5. S. 30–35. <https://doi.org/10.36535/0548-0019-2025-05-4>

40. Gribnoye prostranstvo URL: <http://exhibitions.jbcc.ru/360/15619/>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



КИРИЛЛОВ Сергей Александрович – научный сотрудник отделения суперкомпьютерных систем и параллельных вычислений Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Sergey Aleksandrovich KIRILLOV – researcher at the Department of Supercomputer Systems and Parallel Computing, National Research Center "Kurchatov Institute".

email: skirillov@jscs.ru

ORCID: 0000-0001-7560-0041



СОБОЛЕВСКАЯ Ирина Николаевна – старший научный сотрудник отделения суперкомпьютерных систем и параллельных вычислений Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», кандидат физико-математических наук.

Irina Nikolaevna SOBOLEVSKAYA – senior researcher at the Department of Supercomputer Systems and Parallel Computing, National Research Center "Kurchatov Institute", Candidate of Physics and Math Sciences.

email: nik_first@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9461-3750

Материал поступил в редакцию 17 февраля 2026 года