Документирование археологических раскопок в цифровую эпоху

**Человек:** Предметом исследования является документирование полевых археологических исследований. Систематизация методов документирования в археологии на разных уровнях и этапах исследования дает возможность понять, что автоматизированные технологии, используемые в настоящее время, представляют собой варианты традиционных подходов, получивших новые свойства. Отдельно рассмотрен вопрос перехода от традиционных форм отчётности по археологическим раскопкам к электронным, а также возникающих сложностях не только в самих технологиях, но и в использовании специальной лексики. Особое внимание уделено проблеме больших данных и аналитике. Анализ проблемы проведён с позиции системного подхода. Объектом исследования являются способы фиксации археологических памятников на разных этапах исследования и эффективность используемых технологий. Новизна исследования заключается в выделении двух уровней документирования археологических раскопок: макроуровня археологического памятника и микро-уровня объектов и находок. Все научные методы разведок и исследований, применяемых на этих двух уровнях, имеют различное описание результатов, включая форматы хранения исходных данных и их наглядного представления. Основные выводы касаются возможности рассмотрения дополнительных данных об археологических памятниках в качестве объективных источников информации.

**Key words:** аналитика, популяризация, надёжность, моделирование, фотограмметрия, цифровизация, оцифровка, документация, археология, управление

=================================

**FastText\_KMeans\_Clean:** Все научные методы разведок и исследований, применяемых на этих двух уровнях, имеют различное описание результатов, включая форматы хранения исходных данных и их наглядного представления. В середине XX в. академик Б.Б.Пиотровский проводил раскопки на холме Кармир-Блур (Красный Холм) в Армении, сопровождая их собственными рисунками, которые вошли в отчёты и книгу [15]. Рисунок, как метод документирования, настолько прочно закрепился в профессиональных навыках археологов, что, даже используя современное программное обеспечение, позволяющее выполнить чертёж в любом масштабе с соблюдением правил составления технической документации, они всё равно предпочитают обрисовывать раскопы и находки по фотографиям, внося грубые погрешности в данные, а не чертить в масштабе, как на миллиметровке [22. Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2014 (фото Д.Ю.Гук). Большие данные и аналитика. (URL: https://sketchfab.com/dhlab/collections/the-siberian-collection-of-peter-i). В результате проведения музейной практики по созданию моделей в технологии фотограмметрии, наиболее важными навыками, которые приобрели студенты Сибирского федерального университета (Красноярск), стало осознание необходимости, кроме наличия стандартного набора фотографа (камера, свет, провода, отражатели и фоны), всегда иметь в своем распоряжении дополнительные приспособления и материалы:.

**Key words part:** 0.631578947368421

=================================

**FastText\_KMeans\_Raw/:** В середине XX в. академик Б.Б.Пиотровский проводил раскопки на холме Кармир-Блур (Красный Холм) в Армении, сопровождая их собственными рисунками, которые вошли в отчёты и книгу [15]. Рисунок, как метод документирования, настолько прочно закрепился в профессиональных навыках археологов, что, даже используя современное программное обеспечение, позволяющее выполнить чертёж в любом масштабе с соблюдением правил составления технической документации, они всё равно предпочитают обрисовывать раскопы и находки по фотографиям, внося грубые погрешности в данные, а не чертить в масштабе, как на миллиметровке [22. Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). Например, служба археологических данных English Heritage Университета Йорка занимается форматами и технологиями хранения и передачи файлов больших размеров [32], которые возникают в результате генерирования и использования таких данных в исследованиях в специфических областях культурных и археологических видов деятельности (подводная археология и разведки, лазерное сканирование, георадарная съёмка, компьютерное моделирование и другие приложения для научных исследований). (URL: https://sketchfab.com/dhlab/collections/the-siberian-collection-of-peter-i). Технология состоит в ручном моделировании формы объекта и наложении реальной текстуры поверхности,взятой из фотографий, в частности, в случаях со сложными профилями. Мобильные приложения. - Математические модели, использующиеся для графического отображения информации, и соответствующие им наборы данных, не записанные на материальный носитель, считать архивным документом нельзя по определению, а записанные на носитель также сомнительно, поскольку они не могут быть считаны без специальных устройств и программного обеспечения.

**Key words part:** 0.631578947368421

=================================

**FastText\_PageRank\_Clean/:** Традиционная полевая документация. Музей-институт семьи Рерихов (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2014 (фото Д.Ю.Гук). Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). (URL: https://sketchfab.com/dhlab/collections/the-siberian-collection-of-peter-i). 2017. (Фото Д.Ю.Гук). Осталось дождаться финальной версии этого документа. Мобильные приложения.

**Key words part:** 0.5263157894736842

=================================

**FastText\_PageRank\_Raw/:** Традиционная полевая документация. Музей-институт семьи Рерихов (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2014 (фото Д.Ю.Гук). Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). (URL: https://sketchfab.com/dhlab/collections/the-siberian-collection-of-peter-i). 2017. (Фото Д.Ю.Гук). Осталось дождаться финальной версии этого документа. Мобильные приложения.

**Key words part:** 0.5263157894736842

=================================

**Mixed\_ML\_TR/:** Техника создания плоскостных изображений известна - это могут быть художественные рисунки, обводки на прозрачные материалы (в том числе, на полиэтиленовую плёнку) или механические протирки изображений [19]. Рисунок, как метод документирования, настолько прочно закрепился в профессиональных навыках археологов, что, даже используя современное программное обеспечение, позволяющее выполнить чертёж в любом масштабе с соблюдением правил составления технической документации, они всё равно предпочитают обрисовывать раскопы и находки по фотографиям, внося грубые погрешности в данные, а не чертить в масштабе, как на миллиметровке [22. Например, отдел археологии Восточной Европы и Сибири Государственного Эрмитажа совместно с Сибирским федеральным университетом использовали автоматизированную систему съёмки панорам GigaPan для фотофиксации онежских петроглифов на экспозиции Государственного Эрмитажа (рис.2). На современном этапе за рубежом реализуются специальные проекты, ставящие перед собой цели разработки методов долгосрочного хранения данных (storage methods), удобства их использования (usability) и формирования стратегии популяризации (delivery mechanism) исключительно больших файлов данных, генерируемых археологами, специалистами и менеджерами культурных проектов, вовлечённых в полевые исследования и другие работы [32],[33]. Например, служба археологических данных English Heritage Университета Йорка занимается форматами и технологиями хранения и передачи файлов больших размеров [32], которые возникают в результате генерирования и использования таких данных в исследованиях в специфических областях культурных и археологических видов деятельности (подводная археология и разведки, лазерное сканирование, георадарная съёмка, компьютерное моделирование и другие приложения для научных исследований). Проект пытается ответить на вопросы, касающиеся стоимости хранения и передачи цифровой информации, а также разработать рекомендации и стратегии по данным вопросам, адресованные организациям культуры (архивам, музеям, библиотекам) и специалистам (археологам, исследователям и руководителям проектов в области культуры), которые сталкиваются с работой с "большими данными". В качестве примеров, иллюстрирующих данные вопросы, приводятся объекты, которые были уничтожены (статуи Будд Бамиана, археологические памятники Пальмиры), или те, которые невозможно перемещать для экспонирования широкой публике (Денисова пещера, оленные камни Монголии).

**Key words part:** 0.6842105263157895

=================================

**MultiLingual\_KMeans/:** Техника создания плоскостных изображений известна - это могут быть художественные рисунки, обводки на прозрачные материалы (в том числе, на полиэтиленовую плёнку) или механические протирки изображений [19]. Рисунок, как метод документирования, настолько прочно закрепился в профессиональных навыках археологов, что, даже используя современное программное обеспечение, позволяющее выполнить чертёж в любом масштабе с соблюдением правил составления технической документации, они всё равно предпочитают обрисовывать раскопы и находки по фотографиям, внося грубые погрешности в данные, а не чертить в масштабе, как на миллиметровке [22. Например, отдел археологии Восточной Европы и Сибири Государственного Эрмитажа совместно с Сибирским федеральным университетом использовали автоматизированную систему съёмки панорам GigaPan для фотофиксации онежских петроглифов на экспозиции Государственного Эрмитажа (рис.2). На современном этапе за рубежом реализуются специальные проекты, ставящие перед собой цели разработки методов долгосрочного хранения данных (storage methods), удобства их использования (usability) и формирования стратегии популяризации (delivery mechanism) исключительно больших файлов данных, генерируемых археологами, специалистами и менеджерами культурных проектов, вовлечённых в полевые исследования и другие работы [32],[33].

**Key words part:** 0.631578947368421

=================================

**Multilingual\_PageRank/:** Одна из его акварелей была использована Б.В.Фармаковским для доклада в Лондоне в 1913 г. и представлена в статье, опубликованной годом позже [14]. Например, опубликованные рисунки татуировок на алтайских мумиях [18] были выполнены в те несколько часов после открытия доступа воздуха, пока не исчезли совсем. Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2014 (фото Д.Ю.Гук). Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). Так низкоуровневая полигональная модель оленного камня (350-700 полигонов) за 5-7 шагов преобразуется в 13-14 миллионов полигонов;. Осталось дождаться финальной версии этого документа. Мобильные приложения. Но затраты на материальное обеспечение функционирования этих приложений не оправданы, к тому же не на каждом раскопе в продвинутой Европе есть интернет.

**Key words part:** 0.4736842105263158

=================================

**RuBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). Появляется закономерный вопрос, где и когда эти данные будут востребованы. Развитие и применение технологий приводит к появлению всё новых массивов, ценность которых не вызывает сомнений, потому что некоторые измерения попросту не воспроизодимы. Проект пытается ответить на вопросы, касающиеся стоимости хранения и передачи цифровой информации, а также разработать рекомендации и стратегии по данным вопросам, адресованные организациям культуры (архивам, музеям, библиотекам) и специалистам (археологам, исследователям и руководителям проектов в области культуры), которые сталкиваются с работой с "большими данными". К примеру, руководителям, проводившим практику и занимавшимся со студентами созданием моделей, пришлось объяснять администрации музея разницу в терминах, способах доступа к объектам (подлинным и смоделированным), и, наконец, разработать отдельный локальный нормативный акт - предложения, как эти модели могут быть использованы в музее и вне его. - Детализация контуров нужна для обозначения границ сглаженных областей, трещин и сколов.

**Key words part:** 0.4736842105263158

=================================

**RuBERT\_KMeans\_With\_ST/:** За последние четверть века Полом Рейли был введён в оборот термин виртуальная археология [5], но никто пока так и не предложил всестороннего анализа тех преимуществ, которые она даёт при документировании процесса археологических раскопок [6],[7]. Традиционная полевая документация. Рисунок, как метод документирования, настолько прочно закрепился в профессиональных навыках археологов, что, даже используя современное программное обеспечение, позволяющее выполнить чертёж в любом масштабе с соблюдением правил составления технической документации, они всё равно предпочитают обрисовывать раскопы и находки по фотографиям, внося грубые погрешности в данные, а не чертить в масштабе, как на миллиметровке [22. Автоматическая панорамная фотосъёмка гранитной плиты с петроглифами с Онежского озера. Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2014 (фото Д.Ю.Гук). Таким образом, очевидна эволюция подходов в работе с археологическим документированием процессов результатов разысканий: описательный подход к документации, присущий XIX веку, и функциональный подход XX века были заменены аналитической концепцией XXI века, требующей от археологов более аккуратного отношения и работы с данными. · Латексные перчатки: для избегания тактильного контакта с объектом и обеспечения его сохранности (исключения возможности выскальзывания предмета из рук);. Добавим, что аналогичная работа (фотографирование), осуществляемая в полевых условиях, зависит от ещё большего количества условий, на её результат влияют погода, освещенность и контрастность текстуры в равной степени, как и мастерство фотографа.

**Key words part:** 0.5789473684210527

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Макро- и микроуровни документирования. Строго говоря, документирование посредством видеосъёмки – это один из видов фотографирования (25 кадров/секунду), но с более низким качеством (разрешением). · Природа сложности: при работе с большими данными необходимо помнить, что главная сложность не в их количестве, а в их разнородности;. Именно эти вопросы обсуждает профессиональное сообщество. Любопытно, что последствия практики оказались абсолютно непредсказуемыми.

**Key words part:** 0.4736842105263158

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Большие данные и аналитика. Появляется закономерный вопрос, где и когда эти данные будут востребованы. Копирование и моделирование. 2017. (Фото Д.Ю.Гук). Мобильные приложения.

**Key words part:** 0.5789473684210527

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** В годовых отчётах публиковались тексты и рисунки, которые представляли схемы памятников и наиболее интересные находки. Предшествующие попытки сделать фотографию этого объекта терпели фиаско из-за многочисленных трудностей: формы и размера самого камня, смешанного освещения и т.п. . Рисунок 2. Здесь же хотелось бы остановиться на некоторых аспектах документирования временных и пространственных координат, в которых существуют археологические памятники]. Анализ процессов документирования на разных уровнях масштаба (от памятника до единичных находок) позволяет сделать следующие обобщения:.

**Key words part:** 0.4736842105263158

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_With\_ST/:** Попытки создания и использования специальных программ для документирования археологических исследований [11] осуществляются одновременно в двух направлениях: первое - адаптация стандартных программных пакетов (AutoCAD, ArcGIS, Surfer, GeoPlot и др.) в археологических целях. · Природа сложности: при работе с большими данными необходимо помнить, что главная сложность не в их количестве, а в их разнородности;. Отдельного разговора заслуживают практически не проработанные вопросы организации доступа к подобным моделям музейных объектов с помощью специального программного обеспечения [35] и их архивирование [36]. Вместе с тем, рабочая группа CIDOC-CRM (URL: http://www.cidoc-crm.org) разрабатывает онтологию для описания цифровых объектов, оцифрованных и цифровых по своей природе (born-digital).

**Key words part:** 0.4736842105263158

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Макро- и микроуровни документирования. Традиционная полевая документация. (URL: https://sketchfab.com/dhlab/collections/the-siberian-collection-of-peter-i). Не проработаны и не очевидны и другие вопросы. 2017. (Фото Д.Ю.Гук).

**Key words part:** 0.5263157894736842

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Макро- и микроуровни документирования. Традиционная полевая документация. (URL: https://sketchfab.com/dhlab/collections/the-siberian-collection-of-peter-i). Не проработаны и не очевидны и другие вопросы. 2017. (Фото Д.Ю.Гук).

**Key words part:** 0.5263157894736842

=================================

**Simple\_PageRank/:** За последние четверть века Полом Рейли был введён в оборот термин виртуальная археология [5], но никто пока так и не предложил всестороннего анализа тех преимуществ, которые она даёт при документировании процесса археологических раскопок [6],[7]. Рисунок, как метод документирования, настолько прочно закрепился в профессиональных навыках археологов, что, даже используя современное программное обеспечение, позволяющее выполнить чертёж в любом масштабе с соблюдением правил составления технической документации, они всё равно предпочитают обрисовывать раскопы и находки по фотографиям, внося грубые погрешности в данные, а не чертить в масштабе, как на миллиметровке [22. В качестве примеров, иллюстрирующих данные вопросы, приводятся объекты, которые были уничтожены (статуи Будд Бамиана, археологические памятники Пальмиры), или те, которые невозможно перемещать для экспонирования широкой публике (Денисова пещера, оленные камни Монголии). К примеру, руководителям, проводившим практику и занимавшимся со студентами созданием моделей, пришлось объяснять администрации музея разницу в терминах, способах доступа к объектам (подлинным и смоделированным), и, наконец, разработать отдельный локальный нормативный акт - предложения, как эти модели могут быть использованы в музее и вне его. В результате проведения музейной практики по созданию моделей в технологии фотограмметрии, наиболее важными навыками, которые приобрели студенты Сибирского федерального университета (Красноярск), стало осознание необходимости, кроме наличия стандартного набора фотографа (камера, свет, провода, отражатели и фоны), всегда иметь в своем распоряжении дополнительные приспособления и материалы:. - Дополнительные данные, полученные различными способами (георадар, лазерное сканирование, магнитометрия), позволяют учёным интерпретировать археологические объекты и не являются новым документом, а представляют собой только дополнительный источник данных;.

**Key words part:** 0.631578947368421

=================================

**TextRank/:** Рисунок, как метод документирования, настолько прочно закрепился в профессиональных навыках археологов, что, даже используя современное программное обеспечение, позволяющее выполнить чертёж в любом масштабе с соблюдением правил составления технической документации, они всё равно предпочитают обрисовывать раскопы и находки по фотографиям, внося грубые погрешности в данные, а не чертить в масштабе, как на миллиметровке [22. Например, служба археологических данных English Heritage Университета Йорка занимается форматами и технологиями хранения и передачи файлов больших размеров [32], которые возникают в результате генерирования и использования таких данных в исследованиях в специфических областях культурных и археологических видов деятельности (подводная археология и разведки, лазерное сканирование, георадарная съёмка, компьютерное моделирование и другие приложения для научных исследований). Проект пытается ответить на вопросы, касающиеся стоимости хранения и передачи цифровой информации, а также разработать рекомендации и стратегии по данным вопросам, адресованные организациям культуры (архивам, музеям, библиотекам) и специалистам (археологам, исследователям и руководителям проектов в области культуры), которые сталкиваются с работой с "большими данными". В качестве примеров, иллюстрирующих данные вопросы, приводятся объекты, которые были уничтожены (статуи Будд Бамиана, археологические памятники Пальмиры), или те, которые невозможно перемещать для экспонирования широкой публике (Денисова пещера, оленные камни Монголии). В результате проведения музейной практики по созданию моделей в технологии фотограмметрии, наиболее важными навыками, которые приобрели студенты Сибирского федерального университета (Красноярск), стало осознание необходимости, кроме наличия стандартного набора фотографа (камера, свет, провода, отражатели и фоны), всегда иметь в своем распоряжении дополнительные приспособления и материалы:. - Дополнительные данные, полученные различными способами (георадар, лазерное сканирование, магнитометрия), позволяют учёным интерпретировать археологические объекты и не являются новым документом, а представляют собой только дополнительный источник данных;.

**Key words part:** 0.6842105263157895

=================================

**TF-IDF\_KMeans/:** Стоит отметить, что некоторые рисунки были выполнены в ходе раскопок знаменитыми художниками. Например, для публикации в качестве примера страницы какого-нибудь полевого дневника необходимо получить специальное разрешение архива или исследователя (Федеральный закон от 20.07.2004 N 72-ФЗ). В настоящее время для решения этих задач археологи используют электронные микроскопы для мелких предметов и панорамные фотографии для больших объектов. Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2014 (фото Д.Ю.Гук). Так цифровая фотография может превратиться в цифровую модель, а цифровая модель может репродуцироваться и использоваться для тиражирования, создания точных копий. Отдельного разговора заслуживают практически не проработанные вопросы организации доступа к подобным моделям музейных объектов с помощью специального программного обеспечения [35] и их архивирование [36]. Вместе с тем следует понимать, что такая модель не будет объективной или точной, и будет уступать модели, созданной с помощью фотограмметрии, по качеству и адекватности подлиннику. Анализ процессов документирования на разных уровнях масштаба (от памятника до единичных находок) позволяет сделать следующие обобщения:.

**Key words part:** 0.5263157894736842

=================================

**Текст:** Рабочая группа по развитию онтологии культурного наследия [1], предназначенной для обмена данными, продолжает активно обсуждать вопросы, связанные с археологией и цифровыми данными. Система описания археологических данных [2], знакомая каждому археологу , описывалась много раз только в той части, которая известна большинству археологов [3],[4]. За последние четверть века Полом Рейли был введён в оборот термин виртуальная археология [5], но никто пока так и не предложил всестороннего анализа тех преимуществ, которые она даёт при документировании процесса археологических раскопок [6],[7]. На практике существуют два уровня этого документирования: макроуровень археологического памятника [8],[9] и микроуровень объектов и находок [10]. Все научные методы разведок и исследований, применяемых на этих двух уровнях, имеют различное описание результатов, включая форматы хранения исходных данных и их наглядного представления. Попытки создания и использования специальных программ для документирования археологических исследований [11] осуществляются одновременно в двух направлениях: первое - адаптация стандартных программных пакетов (AutoCAD, ArcGIS, Surfer, GeoPlot и др.) в археологических целях. Второе - оцифровка (в общем смысле) объектов, которые становятся частью музейных коллекций [12]. Представляется, что настало время для аналитического обзора преимуществ каждого из направлений цифрового документирования археологических исследований.. . Макро- и микроуровни документирования. Традиционная полевая документация. С XIX в. Императорская археологическая комиссия работала в Императорском Эрмитаже в Санкт-Петербурге и контролировала все археологические исследования в России. В годовых отчётах публиковались тексты и рисунки, которые представляли схемы памятников и наиболее интересные находки. Использование такой формы документации требует от современного исследователя специальных навыков и даже талантов [13]. Стоит отметить, что некоторые рисунки были выполнены в ходе раскопок знаменитыми художниками. Например, Н.К.Рерих проводил археологические раскопки в Петербургской губернии вблизи своего поместья в Изваре, в ходе которых выполнил много рисунков, документирующих раскопки. Одна из его акварелей была использована Б.В.Фармаковским для доклада в Лондоне в 1913 г. и представлена в статье, опубликованной годом позже [14].. В середине XX в. академик Б.Б.Пиотровский проводил раскопки на холме Кармир-Блур (Красный Холм) в Армении, сопровождая их собственными рисунками, которые вошли в отчёты и книгу [15]. На эти раскопки приезжали и профессиональные художники, также выполнившие красочные виды памятника. Эта живопись очень информативна, поскольку зафиксировала изменения окружающего ландшафта и собственные впечатления художников от Красного Холма.. Есть и другие примеры, когда рисунки художников, приезжавших на развалины, например, в Помпеи, стали документальной базой для проекта Лундского университета (см.: The Swedish Pompeii Project, URL: http://www.pompejiprojektet.se/).. Рукописные полевые дневники и чертежи являются наиболее старой, распространенной традиционной формой документирования, несмотря на то, сделаны ли они вручную в поле или электронным способом [16]. Подобный ежедневный контроль процесса раскопок прост и сегодня вполне доступен. Однако создание рисунков, чертежей, планов и схем является весьма трудоемким процессом. К тому же, их точность относительна и некоторые детали могут быть утрачены [9].. Тем не менее, рисунки могут оказаться единственным источником информации об археологическом памятнике [17]. Например, опубликованные рисунки татуировок на алтайских мумиях [18] были выполнены в те несколько часов после открытия доступа воздуха, пока не исчезли совсем. По счастливому стечению обстоятельств исследователям удалось зафиксировать их на кальке.. Техника создания плоскостных изображений известна - это могут быть художественные рисунки, обводки на прозрачные материалы (в том числе, на полиэтиленовую плёнку) или механические протирки изображений [19].. К сожалению, еще сравнительно недавно художественные (графические) рисунки могли быть некорректными или выполненными без учёта масштаба, что отмечают исследователи, обращавшиеся к ним как к источникам [20].. Протирки через микалентную бумагу, помогающие зафиксировать гравировку на скалах с петроглифами или на оленных камнях Алтая, могут быть оцифрованы и превращены в векторную графику для публикаций в отчётах. Однако, большинство отчётов остаётся в архивах и фактически недоступным для использования. К тому же, существует достаточно жесткая практика, ограничивающая свободное использование этих отчетов. Например, для публикации в качестве примера страницы какого-нибудь полевого дневника необходимо получить специальное разрешение архива или исследователя (Федеральный закон от 20.07.2004 N 72-ФЗ).. . Рисунок 1. Протирки на микалентной бумаге и маркеры AR (дополненной реальности) на выставке «Оленные камни Монголии». Музей-институт семьи Рерихов (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). . Приблизительное представление о полевой документации можно получить по увеличенным изображениям, которые были использованы для оформления выставок как археологических (рис.1), так и современного искусства [21]. Рисунок, как метод документирования, настолько прочно закрепился в профессиональных навыках археологов, что, даже используя современное программное обеспечение, позволяющее выполнить чертёж в любом масштабе с соблюдением правил составления технической документации, они всё равно предпочитают обрисовывать раскопы и находки по фотографиям, внося грубые погрешности в данные, а не чертить в масштабе, как на миллиметровке [22. с.63-68].. . Фотографирование и фотограмметрия. Фотографирование в отчётах по полевым исследованиям появилось в конце XIX в. и применялось в большинстве случаев для фиксации общих видов или уникальных находок. Точное воспроизведение формы и масштаба, тонкая передача текстуры материалов сделали чёрно-белые фотографии очень ценными документальными источниками [23],[10] в отличие от цветных фотографий, которые зачастую утрачивают детали.. Учитывая эту особенность фотографии, многие исследователи предпочитают рисунки, которые специально подчёркивают наиболее важные свойства объекта. Однако возможны ситуации, в которых обычная фотография практически бесполезна. Речь идёт о слишком больших или чрезвычайно малых объектах, фотофиксация которых требует специальной техники и навыков.. В настоящее время для решения этих задач археологи используют электронные микроскопы для мелких предметов и панорамные фотографии для больших объектов.. Например, отдел археологии Восточной Европы и Сибири Государственного Эрмитажа совместно с Сибирским федеральным университетом использовали автоматизированную систему съёмки панорам GigaPan для фотофиксации онежских петроглифов на экспозиции Государственного Эрмитажа (рис.2). В результате проведения этой съемки музейным специалистам впервые стало доступно полное изображение памятника. Предшествующие попытки сделать фотографию этого объекта терпели фиаско из-за многочисленных трудностей: формы и размера самого камня, смешанного освещения и т.п.. . Рисунок 2. Автоматическая панорамная фотосъёмка гранитной плиты с петроглифами с Онежского озера. Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2014 (фото Д.Ю.Гук). . В работе с панорамными изображениями существуют различные сложности. Так, для просмотра и публикации в открытом доступе увеличенных изображений маленьких предметов не нужно никакого специализированного и программного обеспечения, а просмотр панорамных изображений большеразмерных объектов возможен только при использовании встроенных сервисов CMS (URL: http://www.virtualarchaeology.ru/news/petroglifs/index.php).. Технология видеосъёмки обычно не упоминается в качестве средства документирования археологических раскопок, хотя может содержать гораздо больше информации, чеv обычная фотосъёмка. Строго говоря, документирование посредством видеосъёмки – это один из видов фотографирования (25 кадров/секунду), но с более низким качеством (разрешением). Тем не менее, известны случаи, когда пара секунд видео может являться единственным доказательством археологического открытия. Следующая ступень развития фотографии – фотограмметрия – также применяется в музеях для сохранения данных и для представления объектов культурного наследия публике. После компьютерной обработки фотографий получается 3D-модель. [24] Таким образом, археологический объект может быть прокомментирован исследователями и доступен для новых исследований в виртуальном пространстве (см., например, Ныргындинская пластина: https://sketchfab.com/models/95e5df361fd6442f9d95b7c2e4bd28ca?utm\_medium=embed&utm\_source=website&utm\_campain=share-popup).. . Рисунок 3. Фотограмметрия бронзовой пластины в пермском зверином стиле. Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург), 2017 (фото Д.Ю.Гук). . Большие данные и аналитика. Обзор всех технологий, применяемых в археологических разведках, потребовал бы отдельной обширной статьи, подобной опубликованным ранее [22],[25],[26],[28].. Здесь же хотелось бы остановиться на некоторых аспектах документирования временных и пространственных координат, в которых существуют археологические памятники].. Традиционный способ фиксации находок на плане с использованием рулетки и отвеса в современной археологии заменяется электронными устройствами: лазерным сканированием и портативными компьютерами. [25],[4],[27].. Безусловными техническими достижениями, которые используются сейчас в археологии, являются высокоточное дистанционное зондирование, спутниковая съёмка и георадары, которые позволяют фиксировать информацию об археологических объектах на местности. Новые подходы позволяют археологам выбрать наиболее перспективные участки для раскопок после таких предварительных разведок с использованием этих технических средств[23],[29]. Точность привязки этих данных на микроуровне (переход с макроуровня километровой карты в масштаб раскопа, где измерения проводятся в сантиметрах) пока недостаточна [30].. Трёхмерная модель стратиграфии памятника с распределением всех находок выглядит наглядно и содержит большой объем информации. Тем не менее, суммарные усилия, затраченные на получение наглядного изображения на компьютере с применением технических новинок, сопоставимы с ежедневными вычерчиванием планов [17]. К тому же, полученные данные столь разнородны, что их документирование представляет собой серьёзную проблему.. В 1980–90-х гг., когда в археологии начали применять цифровые методы записи данных, археологи не предполагали, что их будет необходимо хранить десятилетиями. В результате даже при сохранности информации, использовать ее невозможно, поскольку деградировало само программное обеспечение. Тенденция оцифровки старых археологических данных и создание связанных с ними баз данных для более лёгкого доступа к этой информации привела к необходимости разработки надёжных и эффективных систем управления данными археологических исследований [8],[31],[26]. Появляется закономерный вопрос, где и когда эти данные будут востребованы.. К тому же, археология, как любой производственный процесс, имеет свои производственные операции. В условиях цифровой трансформации происходит их реорганизация с целью повышения эффективности. Т.е., данные помогают руководителям, ответственным за принятие решений, предсказывать и обосновывать их имеющимися фактическими данными. Однако в то же время исследователи перегружены многочисленными разнородными данными, имеющими различное предназначение и требующими различного восприятия [32]. В результате на каждой конференции по компьютерным методам в археологии постоянно обсуждаются преимущества и недостатки, перспективы и ограничения использования этой информации.. Наиболее серьёзной проблемой в настоящее время является обеспечение хранения и доступа к массивам больших данных (а именно, по археологии и смежным дисциплинам). Эти данные удовлетворяют как минимальному набору признаков, которыми принято характеризовать большие данные (volume, velocity, variety), так и расширенному (value). Повышение качества любых измерений увеличивает число замеров в геометрической прогрессии. Развитие и применение технологий приводит к появлению всё новых массивов, ценность которых не вызывает сомнений, потому что некоторые измерения попросту не воспроизодимы. На современном этапе за рубежом реализуются специальные проекты, ставящие перед собой цели разработки методов долгосрочного хранения данных (storage methods), удобства их использования (usability) и формирования стратегии популяризации (delivery mechanism) исключительно больших файлов данных, генерируемых археологами, специалистами и менеджерами культурных проектов, вовлечённых в полевые исследования и другие работы [32],[33].. Например, служба археологических данных English Heritage Университета Йорка занимается форматами и технологиями хранения и передачи файлов больших размеров [32], которые возникают в результате генерирования и использования таких данных в исследованиях в специфических областях культурных и археологических видов деятельности (подводная археология и разведки, лазерное сканирование, георадарная съёмка, компьютерное моделирование и другие приложения для научных исследований). Проект пытается ответить на вопросы, касающиеся стоимости хранения и передачи цифровой информации, а также разработать рекомендации и стратегии по данным вопросам, адресованные организациям культуры (архивам, музеям, библиотекам) и специалистам (археологам, исследователям и руководителям проектов в области культуры), которые сталкиваются с работой с «большими данными». Логично, что предпринимаются попытки использовать инструменты, прошедшие апробацию в других сферах, в частности, в бизнесе. Но любое заимствование методических приёмов должно происходить с учётом рекомендаций по их применению.. Для оптимизации работы с «большими данными» американский исследователь Билл Франкс в своей монографии [34] дает несколько общих рекомендаций, применимых вне зависимости от предметной области:. · Природа сложности: при работе с большими данными необходимо помнить, что главная сложность не в их количестве, а в их разнородности;. · Вектор: среди данных и методов в первую очередь необходимо выявить основную (производственную) проблему и все время держать ее в поле зрения. · Актуализация: не забывать подгружать новые данные в аналитику;. · Приоритет: проводить верификацию новых данных на предмет соответствия изучаемой проблеме перед тестированием новых методик;. · Право на ошибку: помнить, что некоторые редкие ошибочные решения, полученные при помощи пакета бизнес-аналитики Analytics 3.0 (URL: https://hbr.org/2013/12/analytics-30) не являются причиной сомнений в предложенной методике;. · Внедрение: не забывать о том, что некоторые удачные решения могут быть не связаны с рентабельностью и потому не будут применены.. Чем больше данных, тем сложнее их анализировать, но и эффект от этого анализа заметнее [33]. Таким образом, очевидна эволюция подходов в работе с археологическим документированием процессов результатов разысканий: описательный подход к документации, присущий XIX веку, и функциональный подход XX века были заменены аналитической концепцией XXI века, требующей от археологов более аккуратного отношения и работы с данными.. . Копирование и моделирование. Разница в терминах оцифровка (digitalisation) и цифровизация (digitisation) для многих гуманитарных специалистов, в том числе, сотрудников музеев не очевидна. В первом случае, любой вид аналогового сигнала преобразуется в цифровую форму (например, фотография (плёнка) в цифровое изображение (набор битов)). Во втором случае - происхождение цифрового объекта (цифровой модели) может быть комплексным или изначально цифровым (born-digital) [28]. Современный технологический прорыв в археологии связан с трёхмерной печатью цифровых копий [6].. Так цифровая фотография может превратиться в цифровую модель, а цифровая модель может репродуцироваться и использоваться для тиражирования, создания точных копий. Музей Виктории и Альберта (Великобритания) в партнёрстве с Peri Charitable Foundation инициировали проект ReACH (Reproduction of Art and Cultural Heritage), целью которого является исследование процессов переосмысления представлений о воспроизведении, хранении и распространении объектов культурного наследия [12]. Действительно, при создании цифровых копий технически всё достаточно просто. Однако серьёзные проблемы в этом направлении деятельности связаны с авторскими правами и подделками. Именно эти вопросы обсуждает профессиональное сообщество.. В качестве примеров, иллюстрирующих данные вопросы, приводятся объекты, которые были уничтожены (статуи Будд Бамиана, археологические памятники Пальмиры), или те, которые невозможно перемещать для экспонирования широкой публике (Денисова пещера, оленные камни Монголии).. В Государственном Эрмитаже в настоящее время в образовательных целях создаются высококачественные цифровые копии (модели) с копий объектов, созданных в 1930-е гг. методом гальванопластики. Речь идет о моделях предметов из так называемой Сибирской коллекции Петра I, известных благодаря золотым бляшкам в скифо-сибирском зверином стиле. (URL: https://sketchfab.com/dhlab/collections/the-siberian-collection-of-peter-i). Эти модели также входят в музейное собрание (в так называемый научно-вспомогательный фонд − НВФ), но не требуют специальных условий и разрешений для копирования, чтобы требовалось при копировании подлинных предметов. Отдельного разговора заслуживают практически не проработанные вопросы организации доступа к подобным моделям музейных объектов с помощью специального программного обеспечения [35] и их архивирование [36].. Трёхмерное моделирование не входит в компетенцию сотрудников музея, поэтому научное сотрудничество с университетами становится большой помощью. Студенты имеют возможность закрепить на практике навыки, полученные на занятиях, а музей получает в своё распоряжение цифровые модели. Любопытно, что последствия практики оказались абсолютно непредсказуемыми. К примеру, руководителям, проводившим практику и занимавшимся со студентами созданием моделей, пришлось объяснять администрации музея разницу в терминах, способах доступа к объектам (подлинным и смоделированным), и, наконец, разработать отдельный локальный нормативный акт - предложения, как эти модели могут быть использованы в музее и вне его. Не проработаны и не очевидны и другие вопросы. Так, технология фотограмметрии, в которой практиковались студенты, понятна для технических специалистов, но не ясна кураторам (хранителям) коллекций, и поэтому вызывала опасения за сохранность музейных предметов, пусть и отнесенных только к НВФ.. К тому же, фотографирование в учебной лаборатории университета отличается от правила фотосъёмки в музее, где, во-первых, ничего нельзя делать без хранителя, который должен постоянно присутствовать рядом. Во-вторых, существуют специфические особенности музейных предметов, которые нужно учитывать: археологические предметы редко бывают симметричными и сбалансированными и могут не иметь точки опоры.. В результате проведения музейной практики по созданию моделей в технологии фотограмметрии, наиболее важными навыками, которые приобрели студенты Сибирского федерального университета (Красноярск), стало осознание необходимости, кроме наличия стандартного набора фотографа (камера, свет, провода, отражатели и фоны), всегда иметь в своем распоряжении дополнительные приспособления и материалы:. · Латексные перчатки: для избегания тактильного контакта с объектом и обеспечения его сохранности (исключения возможности выскальзывания предмета из рук);. · Специальные подпорки для фиксации предмета в нужном положении;. · Тонкую леску для подвешивания предмета в воздухе, чтобы убрать из кадра подпорки;. · Вращающyюся подставку (турнетку) с подсветкой для создания видео со спецэффектами.. Опрос студентов после практики показал, что момент преодоления рутинных трудностей при фотографировании оказался наиболее запоминающимся и полезным.. Добавим, что аналогичная работа (фотографирование), осуществляемая в полевых условиях, зависит от ещё большего количества условий, на её результат влияют погода, освещенность и контрастность текстуры в равной степени, как и мастерство фотографа. Качество этих изображений определяет точность модели артефакта. Высокая степень детализации самой модели требует для наиболее сложных мест объекта создания дополнительных кадров, выполненных с разным фокусным расстоянием и при разном освещении. Если это невозможно, то применяются комбинированные методы моделирования. Технология состоит в ручном моделировании формы объекта и наложении реальной текстуры поверхности,взятой из фотографий, в частности, в случаях со сложными профилями. Очевидно, что эти операции обработки изображений занимают значительную часть времени всего процесса создания модели. При этом полный цикл процесс может быть разбит на этапы:. - Анализ исходных изображений (например, фотографии оленных камней с различных ракурсов и прорисовки изображений на микалентной бумаге). Этот этап позволяет разработчику создать трёхмерный шаблон и подготовить векторные маски для наиболее сложных мест, например, петроглифов;. - Разработка низкополигональной (грубой) модели (протомодели), учитывающей реальные размеры и пропорции объекта, представленного в виде полигональной сетки. Такой способ визуализации в трёхмерной компьютерной графике моделирует объект в виде четырёхсторонних полигонов (четырёхугольников), число которых постепенно увеличивается. Так низкоуровневая полигональная модель оленного камня (350-700 полигонов) за 5-7 шагов преобразуется в 13-14 миллионов полигонов;. - Детализация контуров нужна для обозначения границ сглаженных областей, трещин и сколов. После проведения этой операции в качестве дополнительного слоя на уже созданную протомодель накладываются небольшие повреждения и текстура;. - Моделирование текстуры с помощью векторной маски, которая помогает смоделировать выбитые изображения;. Оптимизация, предназначенная для создания окончательной версии модели и заключаюшаяся в уточнении текстуры на основе фотографий, сделанных с различных ракурсов.. Преимущество данного метода заключается в том, что модель может быть создана даже в случае наличия малого количества исходных данных низкого качества. Вместе с тем следует понимать, что такая модель не будет объективной или точной, и будет уступать модели, созданной с помощью фотограмметрии, по качеству и адекватности подлиннику.. . . Рисунок 4. Цифровая модель оленного камня в приложении с дополненной реальностью DeerStones. 2017. (Фото Д.Ю.Гук). . Доступ к закодированной (после рендеринга текстур) и оптимизированной модели возможен через такие открытые ресурсы как Sketchfab или мобильное приложение “DeerStones” в AppStore или GooglePlay (рис.4). Платформа Unity3D позволяет создать мобильное приложение для различных операционных систем и типов устройств. Таким образом, музейная публика получает возможность восторгаться преимуществами дополненной реальности и расширять свой собственный опыт, примеривая на себя роль учёного, исследующего музейные артефакты (например, оленные камни).. Проблема кроется в профессиональном описании цифровизированных артефактов. Разработка языка разметки для реконструкций объектов культурного наследия показала, что специалисты пока не готовы к конструктивному диалогу. [21], поскольку практический опыт в этой области пока не настолько велик, чтобы появилась общая позиция и единый подход. Вместе с тем, рабочая группа CIDOC-CRM (URL: http://www.cidoc-crm.org) разрабатывает онтологию для описания цифровых объектов, оцифрованных и цифровых по своей природе (born-digital). Осталось дождаться финальной версии этого документа.. . Мобильные приложения. Последние пять лет на археологических конференциях (САА2013, ВАС2017) анонсируются мобильные приложения, предназначенные для решения различных задач:. - для фиксации подъёмного материала (археологические сборы во время разведочных работ) по GPS-координатам (к сожалению, к этим выступлениям не опубликовано тезисов или статей);. – для печати наклеек для упаковки находок (автоматически генерируемые штрих-коды с их номерами);. Применение этих технологий в качестве эксперимента на количествах находок, измеряемых десятками, выглядит современно и убедительно. Но затраты на материальное обеспечение функционирования этих приложений не оправданы, к тому же не на каждом раскопе в продвинутой Европе есть интернет. О российских регионах, где зоны охвата мобильной связи покрывают даже не все участки дорог, говорить не приходится. В результате оперативность производства рукописных этикеток, сохранность этикеток, написанных шариковой ручкой, низкая скорость ввода массивов данных оператором в предложенные приложения – все эти факторы пока располагают археологов в пользу работы с традиционными методами.. . Заключение. Систематизация методов документирования в археологии на разных уровнях и этапах исследования дает возможность понять, что автоматизированные технологии, используемые в настоящее время, представляют собой варианты традиционных подходов, получивших новые свойства. Анализ процессов документирования на разных уровнях масштаба (от памятника до единичных находок) позволяет сделать следующие обобщения:. - Визуально воспринимаемая информация фиксируется любым возможным способом: текстовым описанием, рисунком на любой поверхности, изображением, являющим отражённым светом на специальном покрытии, CMOS (КМОП) или CCD (ПЗС) матрице;. - Фотография на стекле или плёнке - аналоговая форма - преобразуется в цифровую путём оцифровки или создаётся при помощи цифрового устройства;. - Дополнительные данные, полученные различными способами (георадар, лазерное сканирование, магнитометрия), позволяют учёным интерпретировать археологические объекты и не являются новым документом, а представляют собой только дополнительный источник данных;. - Математические модели, использующиеся для графического отображения информации, и соответствующие им наборы данных, не записанные на материальный носитель, считать архивным документом нельзя по определению, а записанные на носитель также сомнительно, поскольку они не могут быть считаны без специальных устройств и программного обеспечения.. Сами компьютерные модели следует рассматривать как объективный (достоверный и репрезентативный) источник информации, только если они выполнены как облако точек, то есть опираются на объективные исходные данные, или методом фотограмметрии. Если же модель сложная, комплексная, то, скорее всего, она является вторичной, в нее привнесена творческая мысль разработчика, как в рисунок или картину, что снижает ее достоверность и адекватность подлиннику..