

Виртуальная история науки и техники

Описаны задачи, предмет и методы исследования виртуальной истории науки и техники, представлены примеры выполненных проектов, показана взаимосвязь данного направления с тематиками виртуального наследия и виртуальных музеев.

В 2011 г. в Институте истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук (ИИЕТ РАН) было создано новое структурное подразделение – Центр виртуальной истории науки и техники. Задачи Центра: цифровое трёхмерное (3D) моделирование объектов науки и техники, а также разработка методов и программных средств интерактивной демонстрации этих моделей и связанной с ними информации с использованием различного оборудования, включая стереоскопические проекционные системы (и другие типы систем виртуальной реальности) и онлайн-приложения.

Сотрудниками Центра выполнен ряд проектов, результаты которых в 2011–2013 гг. демонстрировались на Постоянно действующей выставке достижений РАН, а также частично доступны в сети Интернет.

Задачи, предмет и методы исследования

Виртуальная история науки и техники, как научная дисциплина, решает три основные задачи:

1) сохранение информации об объектах науки и техники в цифровой электронной форме, прежде всего, в форме 3D-документов;

2) представление этой информации заинтересованным специалистам и широкой публике с использованием всего арсенала современных технологий, включая интернет-доступ и стереоскопические системы виртуальной реальности;

3) изучение объектов с использованием той информации, которая содержится в их виртуальных моделях.

Основным предметом виртуальной истории науки и техники является 3D-документ – особым образом организованная информация, предназначенная

для представления пользователю трехмерного визуального образа (3D-модели) объекта или процесса, а также разнообразной дополнительной информации, связанной с этим образом [1].

Возникновение 3D-документов связано с развитием технологий лазерного сканирования, фотограмметрии, томографии, трёхмерного моделирования. Широкое распространение соответствующего оборудования и программного обеспечения позволило создавать точные, детальные цифровые копии объектов, сохраняющие информацию о геометрии (топологии) и пространственной ориентации объектов, их внешнем виде, внутренней структуре (элементах, связях), особенностях материалов, динамике во времени.

С технической точки зрения, документ – это информация, зафиксированная на материальном носителе. Появление новых способов фиксации информации приводит к появлению нового типа документов. Так, в начале XX в. появились фото-, фоно-, кинодокументы. В начале XXI в. получил широкое распространение целый комплекс методов, позволяющих сохранять информацию об объектах в форме цифровых 3D-моделей, что привело к появлению нового типа научно-технической документации: 3D-документа. В научной литературе понятие 3D-документа появилось не позже 2007 г. [2].

В 3D-документе пространственная информация о геометрии и структуре объекта хранится в некоторой трехмерной системе координат, связанной с объектом. В этом состоит качественное отличие 3D-документа от рисунков, схем, чертежей, фото- и кинодокументов, которые сохраняют двумерные изображения объекта.

Как и любой электронный документ, 3D-документ может быть связан взаимными ссылками с другими электронными документами – текстами, изображениями, видеозаписями, которые имеют отношение к рассматриваемому объекту. Вся эта информация может быть сохранена в базах данных или файловых системах, как локальных, так и с интернет-доступом. Под 3D-документом часто понимается не только непосредственно 3D-модель объекта, но и весь массив информации, представленный на её основе, а также программное обеспечение для просмотра и взаимодействия с этой 3D-моделью и связанной с ней информацией.

Методы и технологии, используемые в виртуальной истории науки и техники, можно разбить на две группы: связанные с созданием 3D-модели объекта, и связанные с представлением 3D-документа пользователю. Это две практические независимые задачи.

Задача создания 3D-моделей к настоящему времени успешно решается как методически, так и технически. Простейшим примером 3D-документа является модель в виде трёхмерного облака точек, полученная в результате лазерного сканирования объекта (point cloud). На основе этого облака точек может быть построена трёхмерная полигональная модель объекта (mesh), трёхмерная твердотельная модель (solid). Также 3D-документ может быть создан в результате применения методов томографии (построение 3D-модели внутренней структуры объекта по его послойным сечениям), фотограмметрии (построение 3D-модели объекта по его двумерным изображениям с разных ракурсов), в результате 3D-моделирования по чертежам и др.

Наиболее актуальный вопрос, на сегодняшний день – представление 3D-моделей и связанной с ними информации широкой публике. Сюда входит разработка программных средств визуализации виртуальных 3D-моделей и взаимодействия с ними, а также адаптация 3D-моделей в зависимости от выбранного способа представления (упрощение, текстурирование, перегруппировка элементов и т.д.). Для представления 3D-документов широкой публике могут применяться два подхода: индивидуализированный или массовый.

Индивидуализированный подход предполагает использование стационарного или мобильного программно-аппаратного комплекса, как правило, с большим экраном, зачастую с поддержкой специфических функций отображения (например, стерео) или специфических функций взаимодействия (сенсорные экраны, манипуляторы). При этом может подразумеваться либо непосредственное взаимодействие пользователя (зрителя) с данным комплексом, либо наличие оператора, осуществляющего демонстрацию. Программное обеспечение для демонстрации 3D-документов в этом случае разрабатывается с учётом индивидуальных технических особенностей используемого оборудования, и не может быть перенесено на другой аппаратный комплекс без значительной переработки.

Массовый подход предполагает создание автономного программного продукта, который можно установить на пользовательском компьютере, либо создание веб-версии, которую можно просматривать с использованием браузера. В обоих случаях, предполагается самостоятельное взаимодействие пользователя с программным продуктом. Реализация веб-версий 3D-документов долгие годы сдерживалась отсутствием единого стандарта представления 3D-моделей для браузеров. На сегодняшний день, таким стандартом де-факто стал WebGL, который уже долгое время поддерживается браузерами Mozilla Firefox, Google Chrome, Safari, Opera, а в ноябре 2013 г. был, наконец, поддержан и наиболее массовым браузером Internet Explorer (IE).

Официальный релиз IE11 с поддержкой WebGL вышел 7 ноября 2013 г. А уже 13 ноября 2013 г. широкой публике был представлен проект «Smithsonian X 3D» Смитсоновского института (США): <https://3d.si.edu>. Проект посвящён оцифровке наиболее интересных экспонатов, доступных в коллекциях Смитсоновского института, и общедоступному представлению созданных 3D-моделей и связанной с ними информации в Интернете. Для просмотра 3D-документов на сайте Смитсоновского института используется специальный плагин для браузера на основе WebGL, разработанный компанией Autodesk. Очевидно, что запуск проекта в общий доступ был приурочен к официальному выходу IE11.

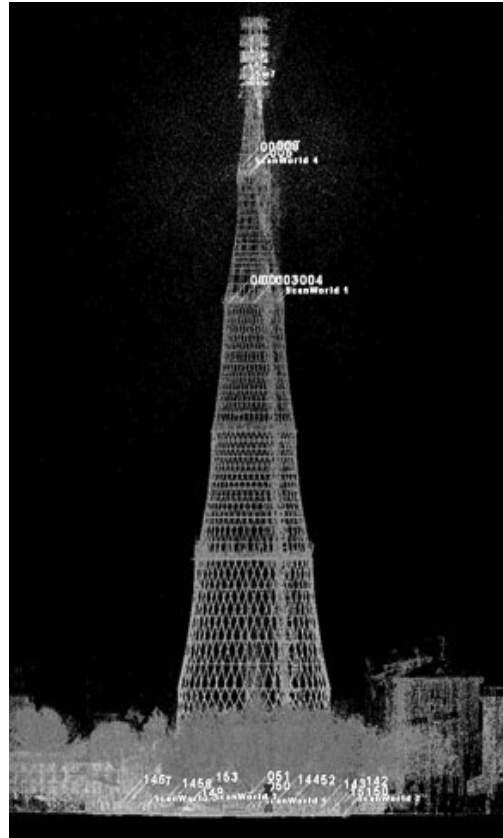
Развитый программный инструментарий позволяет пользователю самостоятельно осматривать и изучать 3D-документ, исследовать внешний вид и внутреннее устройство объекта. При необходимости, может быть создана масштабная виртуальная сцена, которая погружает пользователя в пространство модели, позволяет «путешествовать» по ней. Такие приложения могут использоваться как для образовательных целей, так и для научных задач.

Примеры выполненных проектов

Сотрудниками Центра выполнен ряд проектов по двум направлениям: виртуальное наследие и научная визуализация. Первый тип проектов посвящен, прежде всего, 3D-документированию уникальных природных и технических объектов (Шуховской башни на Шаболовке, Денисовой пещеры на Алтае, Долины гейзеров на Камчатке), а также разработке средств демонстрации созданных виртуальных моделей. Второй тип проектов ориентирован в большей степени на разработку средств визуализации исторических и современных данных в виртуальном пространстве, а также развитие способов интерактивного взаимодействия с этими данными (визуализация геофизических исследований, орбиты космических полётов).

Тематики виртуального наследия и научной визуализации тесно связаны между собой. Точная и детальная 3D-модель объекта является удобной основой для визуализации разнообразных научных данных, связанных с этим объектом. В обоих случаях могут использоваться одни и те же методы и программные средства как для визуализации 3D-моделей и связанных с ними данных, так и для взаимодействия с ними.

Виртуальная Шуховская башня на Шаболовке. Шуховская башня – уникальное инженерное сооружение, признанный в мире памятник техники и архитектуры. Ее состояние уже не менее 20 лет вызывает опасения у специалистов. Ещё в 1991 г. при подготовке проекта новой надстройки для установки антенн была обнаружена щелевая коррозия элементов башни и отмечена необходимость её безотлагательного обследования и ремонта. К сожалению, ремонт так и не был проведён, её состояние в 2012 г. оценивалось как предаварийное.



3D-модель Шуховской башни с высокой точностью и детальностью фиксирует современное состояние башни и используется для историко-технического анализа конструкции башни, реконструкции истории её постройки и дальнейших изменений.

В связи с удручающим техническим состоянием башни и отсутствием её полной современной документации, а также объявленными планами реконструкции-реставрации, в Институте истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН в 2011 г. было принято решение о создании цифровой 3D-модели башни на основе лазерного сканирования. Проект был приурочен к 90-летию юбилею башни (2012), и 160-летию юбилею В.Г.Шухова (2013).

В результате работ была создана 3D-модель башни в виде облака точек, выполнено твердотельное моделирование основных несущих конструкций башни на основе облака точек, а также

полигональное моделирование соединительных элементов на основе документации 1947 г., любезно предоставленной ЦНИИПСК им. Н.П.Мельникова [3, 4]. В результате создана геометрически точная и детальная полигональная модель башни, привязанная к опорной геодезической сети г. Москвы. В ноябре 2013 г. созданный набор 3D-моделей башни вместе с инструментарием их просмотра был передан в Российский государственный архив научно-технической документации (РГАНТД) как первый документ нового типа – 3D-документ.

Таким образом, в результате проекта была сохранена информация о геометрии и конструкции башни в цифровой электронной форме, обеспечен доступ к этой информации всем заинтересованным специалистам и широкой публике. Созданная виртуальная модель может использоваться для исследования конструкции башни, изучения истории её постройки, контроля точности реставрации-реконструкции, инженерных расчётов, а также для разнообразных научно-популярных и образовательных приложений.

В начале 2014 г. Минкомсвязи РФ выступило с предложением срочно демонтировать башню в связи с опасностью обрушения («Известия», 4 февраля: <http://izvestia.ru/news/565094>). На заседании правительственной комиссии по телерадиовещанию 25 февраля было принято решение о демонтаже и переносе башни («Известия», 27 февраля: <http://izvestia.ru/news/566666>). 7 марта на общественное обсуждение был представлен проект постановления Правительства РФ о демонтаже башни и восстановлении её на новом месте в пределах города Москвы «в объёмах и пропорциях, повторяющих аналогичное сооружение, созданное в 1922 году».

Инициатива Минкомсвязи РФ вызвала волну общественного протеста. Эксперты ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова, в чьём ведении башня находилась до начала 2000-х гг., не были допущены к экспертизе, а сам отчёт о выполненной экспертизе не доступен общественности. В связи с этим выводы об опасности обрушения башни представляются необоснованными. По мнению независимых специалистов, опасности обрушения башни на сей день нет, и возможна её рес-

таврация на месте. Более того, есть основания предполагать коммерческую заинтересованность в «избавлении» от башни, т.к. это откроет возможность постройки высотного здания с использованием освободившегося земельного участка и части прилегающей территории, которая уже находится в частной собственности.

Подавляющее большинство экспертов, как в России, так и за рубежом сходится во мнении, что демонтаж башни по предлагаемому плану фактически означает её уничтожение. Клёпаная конструкция не предполагает возможность её сборки-разборки; при демонтаже башни её корректная сборка в будущем практически невозможна. Кроме того, «новодел», если он и будет построен, уже не будет являться памятником. «Перенос» башни полностью исключит возможность её включения в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Открытые письма в защиту башни подписали многие известные российские и зарубежные архитекторы.

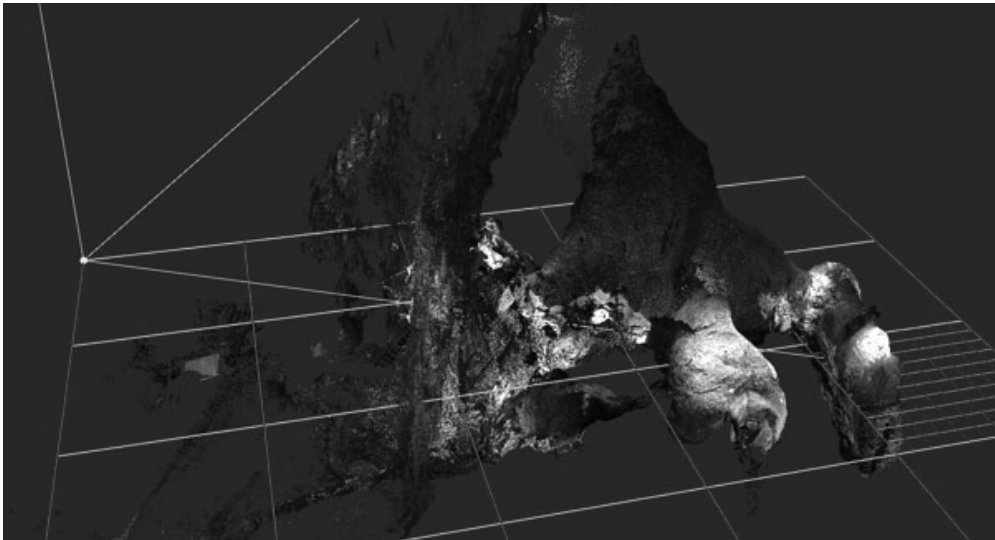
Ситуация, сложившаяся с Шуховской башней на Шаболовке, наглядно демонстрирует возможность утери даже важнейших, «знаковых» для государства и общества памятников техники – как в результате объективного ухудшения технического состояния, так и из-за необдуманных решений чиновников. Это дополнительно подтверждает важность 3D-документирования памятников, которые находятся под угрозой разрушения.

Виртуальная Денисова пещера на Алтае. Денисова пещера – выдающийся природный и археологический памятник мирового значения. Регулярные раскопки ведутся с 1982 г., выявлено более 20 культурных слоев, собрано более 80000 экспонатов. Находки, сделанные в ней в 2008 г., привели к открытию новой эволюционной ветви в развитии человека.

В 2012 г. было выполнено лазерное сканирование и детальная фотосъёмка пещеры и создана ее фотореалистичная и метрически точная полигональная 3D-модель [5, 6], привязанная к археологической системе координат. Таким образом, обеспечена возможность сопоставления созданной 3D-модели с археологическими схемами и непосредственного переноса имеющихся данных в виртуальное пространство 3D-модели.

Эта модель и программное обеспечение, созданные в результате проекта, могут использоваться для решения различных научных задач. В частности, функция горизонтальных срезов с шагом в 10 см позволяет вычерчивать точнейшие планы всей пещеры или ее определенного участка на любой высотной отметке. Могут быть также созданы вертикальные сечения пещеры, рассчитаны объёмы и измерены расстояния между объектами внутри карстовой полости. Модель может использоваться для уточнения существующих археологических схем и создания новой топографической основы.

Модель позволяет визуализировать пространственное взаиморасположение литологических слоев. Широкий набор фильтров в базе данных по находкам позволяет быстро найти любой интересующий артефакт (или группу находок) и установить его пространственное расположение в слое относительно других объектов. Существенным дополнением модели является возможность визуализации и анализа горизонтальной и вертикальной ориентации находки в слое. Модель позволяет выполнять планиграфический анализ в любом масштабе — от квадрата до сектора или пещеры в целом.



3D модель пещеры, фиксирующая её геометрию с высокой точностью, привязана к археологической системе координат, обеспечивая возможность ее сопоставления с археологическими схемами. Она может использоваться для визуального анализа стратиграфии и осадконакопления и других исследовательских задач.

Также 3D-модель может быть адаптирована для просмотра через интернет, выложена на общедоступный сайт для создания виртуальной экскурсии. Это особенно актуально для Денисовой пещеры, которая является достаточно труднодоступным для посещения объектом.

Виртуальная Долина гейзеров на Камчатке. Эта долина — одно из крупнейших в мире и единственное в Евразии скопление гейзеров. Она расположена в Кроноцком заповеднике, который входит во всемирное наследие ЮНЕСКО в номинации «Вулканы Камчатки».

Из-за удалённого расположения и заповедного статуса Долину посещают всего несколько тысяч человек в год. В 2007 г. здесь произошёл крупный оползень, в результате которого многие гейзеры были завалены или затоплены, а рельеф территории заметно изменился.

Чтобы сохранить информацию об этом уникальном объекте и сделать ее доступной широкой публике, в 2009-2012 гг. был выполнен проект «Виртуальная Долина гейзеров» [7, 8]. Впервые создана точная цифровая 3D-модель территории долины, привязанная к мировой системе координат; создан современный каталог объектов (гейзеров, горячих источников и др.) и набор документальных стерео-видеофильмов об основных объектах. Раз-

работано интерактивное стерео-3D-приложение для «виртуального путешествия» по Долине гейзеров, которое позволяет изучить рельеф местности и расположение объектов, ознакомиться с общей схемой работы гейзера и геотермальной системы. Вся информация доступна на веб-сайте www.valleyofgeysers.com.

Создание 3D-модели позволило сохранить и систематизировать информацию о Долине гейзеров, а также обеспечить широкий доступ к данным об этом объекте для научных и экопросветительских задач, в частности, для анализа оползневых процессов, визуализации локальной сейсмической активности.

Средства просмотра 3D-документов

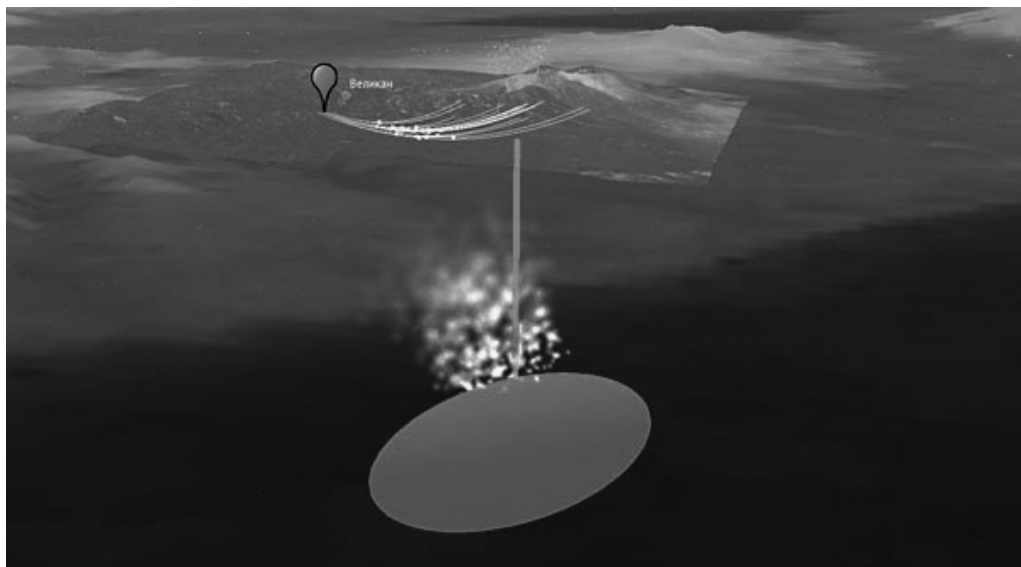
В рамках выполненных проектов, разработаны технические решения по представлению 3D-документов в формате автономных приложений на различных программно-аппаратных комплексах (стереоскопические проекционные системы со спектральным и поляризационным разделением каналов, 3D-телевизоры и 3D-мониторы разных типов), а также решения для веб-доступа. Для автономных приложений используется графический инструмент OpenSceneGraph, для веб-приложений – Unity3D.

Необходимо отметить, что разработка универсального программного кода,

который можно было бы использовать для всех вариантов представления, очень сложна. Значительно проще на основе одной и той же 3D-модели и связанного с ней массива информации разрабатывать разные пользовательские приложения, предназначенные для разных способов представления. Это и было в реальности реализовано.

Одним из разработанных технических решений является виртуальный глобус – виртуальная модель Земли. Помимо средств визуализации данных на поверхности Земли, необходимых для задач виртуального наследия, нами также разработаны решения на основе виртуального глобуса для визуализации подземных данных (результаты геофизических исследований) [9] и данных в околоземном пространстве (орбиты космических полётов) [10].

Виртуальное наследие и виртуальные музеи. Цифровые 3D-модели реальных или исторических объектов ныне создаются в мире в постоянно возрастающих масштабах. В том числе, создаются виртуальные модели объектов, представляющих общественную ценность – памятников культуры и природы, иных видов национального или мирового достояния. В англоязычной литературе это направление получило название Virtual Heritage (виртуальное наследие).



Виртуальная модель территории Долины гейзеров используется в ряде научных задач: для анализа оползневых процессов, визуализации локальной сейсмической активности и др.

Такие 3D-модели представляют собой не только новый тип документа, сохраняющего информацию об объекте, но и новый тип музейного экспоната, который может (и должен) демонстрироваться широкой публике [11]. Их демонстрация позволяет показать в музейной экспозиции: 1) объекты большого масштаба (башни, мосты, крепости, подземные сооружения, городскую застройку, заводские цеха, верфи и т.п.); 2) утраченные или ныне не существующие объекты (археологическая реконструкция, историческая архитектурная реконструкция); 3) территориально удалённые и труднодоступные объекты; 4) территориально разнесённые объекты (например, экспонаты из коллекций разных музеев); 5) ценные экспонаты или объекты, находящиеся под угрозой разрушения (оригиналы которых недоступны широкой публике).

Триада задач виртуальной истории науки и техники — «сохранять, показывать, изучать» — в точности соответству-

ет традиционным задачам музеев. Таким образом, виртуальная история науки и техники может рассматриваться, в том числе, как одно из современных направлений музейной деятельности, тесно связанное с тематикой виртуальных музеев.

В заключение отметим, что реализация полного комплекса задач виртуальной истории науки и техники возможна только в кооперации специалистов разного профиля. Это историки науки и техники, которые обеспечивают поиск и анализ архивной документации, постановку задачи, историко-технический анализ созданных моделей. Это инженеры и программисты, профессионально владеющие современным оборудованием и программным обеспечением для 3D-моделирования объектов. И это специалисты в области музейно-выставочной деятельности, которые способны реализовать полноценную демонстрацию созданных 3D-документов широкой публике, в том числе в рамках действующих музейных экспозиций.

1. Леонов А.В., Батуринов Ю.М. 3D-документ — новый тип научно-технической документации // Вестник архивиста. — 2013. — № 2. — С. 192–205.
2. Fellner, D.W. et al. Guest Editors' Introduction: 3D documents // IEEE Computer Graphics and Applications. — 2007. — Vol. 27. — No. 4. — P. 20–21.
3. Аникушкин М.Н., Леонов А.В. 3D-моделирование Шуховской башни на Шаболовке на основе лазерного сканирования // Промышленное и гражданское строительство. — 2013. — № 4. — С. 56–58.
4. Леонов А. В., Батуринов Ю. М., Петропавловская И. А. О необходимости 3D-документирования памятников техники: пример Шуховской башни на Шаболовке // Вопросы истории естествознания и техники. — 2013. — № 3. — С. 156–170.
5. Аникушкин М.Н., Бобков А.Е., Леонов А.В. Создание виртуальной 3D-модели Денисовой пещеры на Алтае // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция (2013). — Т. 2. — М., 2013. С. 372–373.
6. Mikhail Anikushkin, Aleksandr Bobkov, and Andrey Leonov. A 3D Documentation Project in Russia: Data Capture, Modeling and Representation // GeoInformatics Magazine (ISSN 1387-0858). — 2013. — September (No. 6). — P. 38–39.
7. Алейников А.А., Бобков А.Е., Дроздин В.А., Ерёмченко Е.Н., Леонов А.В., Шпиленок Т.И. Интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» // Компьютерные инструменты в образовании. — 2011. — № 4. С. 41–49.
8. Леонов А.В., Бобков А.Е., Ерёмченко Е.Н. 3D-документирование территории для систем виртуальной реальности // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2012. — № 9. — С. 13–17.
9. Бобков А.Е., Леонов А.В., Чебров В.Н. Визуализация сейсмических данных на виртуальном глобусе // Научная визуализация. — 2012. — № 4. — С. 30–43.
10. Бобков А.Е., Пуртов И.С., Шуруп А.И., Шербинин Д.Ю. Виртуальная реконструкция истории космических полётов советских/российских пилотируемых кораблей // Вопросы истории естествознания и техники. — 2013. — № 4. — С. 138–144.
11. Леонов А.В., Бобков А.Е. 3D-документы и виртуальная реальность в музейной экспозиции // Труды объединённой международной научно-практической конференции «Электронный век культуры» и «EVA 2013 Москва», РГБ, 20-21 ноября 2013 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://eva.rsl.ru/gu/2013/report/list/1204>. Дата доступа: 04.03.2014 г.

Получено 26.03.2014

А. В. Леонов

Віртуальна історія науки та техніки

Описано завдання, предмет і методи дослідження віртуальної історії науки і техніки, подано приклади виконаних проектів, показано взаємозв'язок даного напрямку з тематиками віртуальної спадщини та віртуальних музеїв.