

Андрей Анатольевич Печников

**ВЕБ-РЕСУРСЫ РОССИЙСКОГО ВУЗА: САМООРГАНИЗАЦИЯ ИЛИ
АДМИНИСТРАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ?
ИССЛЕДОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

С. 283-301

Екатерина Владимировна Разувалова, Константин Александрович Руденко
**ВИЗУАЛЬНЫЕ И ВИРТУАЛЬНЫЕ РЕКОНСТРУКЦИЯ В МУЗЕЙНОМ
ПРОСТРАНСТВЕ**

С. 302-317

**Каримова Луиза Каюмовна, Шарюкова Камила Ильдусовна, Екатерина
Владимировна Разувалова**

**КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ
(НА ПРИМЕРЕ КАЗАНСКОГО ИМПЕРАТОРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
XIX – НАЧАЛА XX ВЕКОВ)**

С. 318-336

**Евгения Флюровна Шайхутдинова, Алексей Валерьевич Касимов, Айрат
Габитович Ситдинов, Тимур Рустэмович Азизов**

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ УЧЁТА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИКО-
АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ ОСТРОВА-ГРАДА СВЯЖСКА**

С. 337-348

УДК 004.7

ВЕБ-РЕСУРСЫ РОССИЙСКОГО ВУЗА: САМООРГАНИЗАЦИЯ ИЛИ АДМИНИСТРАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ? ИССЛЕДОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

А.А. Печников

*Институт прикладных математических исследований
Карельского научного центра РАН
pechnikov@krc.karelia.ru*

Аннотация

Веб-пространство организации – это множество веб-сайтов организации, связанных посредством гиперссылок. Основной вопрос, рассматриваемый в статье, заключается в том, является ли такое веб-пространство самоорганизующимся, то есть происходит ли упорядочение его элементов за счёт их внутреннего взаимодействия без внешних воздействий или же внешние (так называемые «административные») воздействия настолько сильны, что их влияние можно обнаружить. В статье предлагается общий подход, демонстрируемый на примере веб-пространства Санкт-Петербургского государственного университета. На основе проведенного анализа на вопрос, являются ли значимыми административные воздействия на веб-пространство университета, в данном случае дается положительный ответ.

Ключевые слова: гиперссылка, веб-сайт, веб-граф, динамическая модель, административное воздействие

ВВЕДЕНИЕ

Веб-пространство организации (университета, предприятия, научного института) – это множество веб-сайтов организации, связанных посредством гиперс-

сылок. Как правило, в таком множестве выделяется т. н. «головной сайт» (официальный сайт организации), а также сайты подразделений, проектов, различных мероприятий, форумы, вики-ресурсы и т. д.

Веб-граф является общепризнанной моделью веб-пространства для исследования его основных теоретико-графовых свойств с целью их содержательной интерпретации и выработки управленческих решений, направленных на улучшение характеристик присутствия в Вебе. Определения веб-графа могут варьироваться в зависимости от целей, стоящих в конкретном исследовании. В данной работе мы определим веб-граф как граф, у которого вершинами служат веб-сайты, а ребра соединяют те вершины, между которыми имеются гиперссылки.

Под гиперссылками в данном случае мы понимаем не все ссылки между сайтами. На различных страницах одного сайта могут встречаться гиперссылки на один и тот же внешний адрес, имеющие одинаковый контекст (в частном случае – анкор), и количество таких «одинаковых» гиперссылок может быть равно количеству страниц на сайте (например – ссылка на сайт вышестоящей организации). Из такого множества гиперссылок, имеющих одинаковый адрес-приёмник и контекст, сделанных с данного сайта, в нашем исследовании мы рассматриваем только одну, – ту, которая находится на странице, имеющей максимальный уровень (наивысшим считается уровень начальной страницы сайта). Таким образом, здесь веб-граф – это ориентированный граф с кратными дугами без петель.

Методы построения веб-графа информационного веб-пространства университета на примере Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) детально описаны в [1], и здесь мы будем использовать полученные ранее результаты.

Регламентируемыми (администрируемыми) веб-ресурсами будем называть веб-ресурсы, для которых существует (или, точнее сказать, должен существовать) официальный документ, в котором изложены цели и задачи веб-ресурса, основные структурные составляющие, правила обновления, добавления и изменения информации и т. д. [2]. В частности, официальные сайты вузов следует отнести к регламентируемым веб-ресурсам.

Под управляемостью процессами в заданном фрагменте Веба понимается оформление управленческих решений в виде официальных документов, определяющих их реализацию и дальнейшее исполнение. Такие официальные документы будем называть административными воздействиями по управлению фрагментом Веба (или просто административными воздействиями).

В данной работе рассматриваются следующие вопросы:

- методика построения веб-пространства вуза и веб-графа как его модели;
- сравнение веб-графа вуза и веб-графа Барабаши–Альберт с целью установления факта, является ли веб-пространство вуза самоорганизующейся системой;
- анализ изменений веб-графа университета во времени с выявлением значимых процессов и явлений (таких, как появление большого количества ссылок и/или сайтов за ограниченный период времени);
- обнаружение в веб-пространстве университета документов, свидетельствующих об управленческих решениях, направленных на реализацию и исполнение решений относительно университетских веб-ресурсов (постановлений, инструкций, решений, приказов);
- сопоставление значимых изменений веб-пространства и управленческих решений во времени.

Последовательное рассмотрение этих вопросов позволяет ответить на основной вопрос данной работы, а именно, насколько значимыми являются административные воздействия на изменения, происходящие в веб-пространстве университета.

Представляется, что на примере СПбГУ удалось получить положительный ответ на данный вопрос, что, в свою очередь, позволило сформулировать ряд рекомендаций для разработчиков веб-сайтов, направленных на улучшение использования внешних гиперссылок как одного из основных инструментов коммуникации в Вебе.

СВЯЗАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ гиперссылок в Вебе является актуальной областью исследований последние двадцать лет, и актуальность исследований бесспорна, поскольку гиперссылки являются единственным способом взаимодействия между сайтами. В книге [3] всесторонне рассматривается комплекс проблем анализа гиперссылок на конкретных примерах, включая исследования университетского веб-пространства Великобритании. В данном кратком обзоре мы не будем останавливаться на большом массиве работ, посвященных теоретическим аспектам данной проблемы, таким, как модели Эрдеша–Реньи, Барабаши–Альберт, Боллобаша–Риордана [4], тем более, что модель Барабаши–Альберт будет несколько подробнее описана далее, а сделаем акцент на работах, посвященных реальным фрагментам Веба.

Одна из наиболее известных сегодня классических моделей так называемого Большого Веба, построенная с использованием теоретико-графового подхода, – это модель «галстук-бабочка» [5]. В дальнейшем модель применялась не только для всего Веба (что вскоре стало трудно осуществимым), но и для анализа его фрагментов (например, [6]).

Веб-граф как модель фрагмента веб-пространства на некотором заданном множестве сайтов является распространенной теоретико-графовой моделью, с успехом используемой в течение последних 10–15 лет. На эту тему написано большое количество работ, исследующих разные аспекты; мы ограничимся тремя ссылками [7–9]. Более 10 лет назад начались исследования по изучению самоорганизации веб-сообществ, представляющие большой научный и практический интерес [10].

Из российских работ, наиболее близких к содержанию данной статьи, можно выделить работу [11], в которой на примере веб-графа Сибирского отделения РАН моделируются сценарии присоединения к этому графу новых вершин и исследуются происходящие в результате этого изменения рангов вершин, вычисляемых алгоритмом PageRank.

Веб-пространства крупных университетов мира на сегодня становятся достаточно большими объектами, обладающими собственной спецификой. В отличие от описанных выше исследований, в данной статье предлагаются подходы к

исследованию веб-пространства одного вуза (на примере СПбГУ), а не группы вузов, как ранее. При этом веб-граф рассматривается в «динамике» с изменением по годам, а не как статический граф на некоторый момент времени. Предпринимается попытка использования информации об управляющих воздействиях, обнаруживаемой на головном сайте исследуемого веб-пространства. Подчеркнем новизну подходов, реализованных в данной работе. Сама постановка вопроса о проверке того, насколько значимыми являются административные воздействия на изменения, происходящие в веб-пространстве университета, представляется новой.

ВЕБ-ГРАФ СПБГУ

В соответствии с [1] кратко опишем подход к построению множества веб-сайтов информационного пространства университета. Вначале сканируется головной сайт вуза, и все полученные внешние гиперссылки сохраняются в специализированной базе данных. Головному сайту присваивается номер уровня, равный 0. Далее проводится анализ внешних гиперссылок, сделанных с головного сайта (в данном случае это официальный сайт СПбГУ spbu.ru), на предмет поиска:

а) доменных имен, аффилированных с доменом головного сайта (для spbu.ru, например, it.spbu.ru),

б) доменных имен, не аффилированных с доменом головного сайта, но содержащих вхождения подстрок домена головного сайта (например, для spbu.ru это подстроки 'spbu' и обнаруженный сайт www.spbumag.nw.ru) с дальнейшей содержательной проверкой сайтов,

в) доменных имен, не аффилированных с доменом головного сайта и не содержащих вхождения соответствующих подстрок, на которые имеются ссылки с головного сайта, и обнаруживаемые прямым просмотром анкоров гиперссылок (что является ненадежным поиском сайтов).

В нашем случае для СПбГУ получили множество из 97 доменных имен сайтов, которым присвоен номер уровня, равный 1. Далее проводится анализ внешних гиперссылок, сделанных с сайтов уровня 1, по тем же признакам а)–в). Для СПбГУ получили множество из 162 доменных имен сайтов уровня 2. Аналогично строятся множество из 25 доменных имен сайтов уровня 3 и множество из одного

доменного имени сайта уровня 4. На уровне 5 сайты отсутствуют. Полученное множество доменных имен веб-сайтов принимается в качестве множества вершин, а соединяющие эти вершины гиперссылки принимаются в качестве дуг веб-графа.

Веб-граф университета представляет собой $G=G(V,E)$, где V – множество вершин, соответствующих сайтам, а E – множество дуг, то есть пар вершин $(v,w) \in V$; дуга (v,w) существует, если существует гиперссылка с сайта v на сайт w . По построению граф $G=G(V, E)$ является ориентированным графом с кратными дугами без петель. Кратные дуги возникают в том случае, когда с сайта v на сайт w сделано более одной гиперссылки. Построенный веб-граф СПбГУ содержит 286 вершин и 19394 дуги (с учетом кратных дуг).

СРАВНЕНИЕ С МОДЕЛЬЮ БАРАБАШИ–АЛЬБЕРТ

Под самоорганизацией веб-пространства как системы понимается упорядочение его элементов за счёт их внутреннего взаимодействия без внешних воздействий. А.-Л. Барабаши и Р. Альберт [12] предложили одну из известных моделей случайного графа, основанную на принципе предпочтительного присоединения, когда с нового сайта преимущественно делаются ссылки на те сайты, на которые уже имеется много ссылок. Предпочтительное присоединение может рассматриваться как внутреннее взаимодействие. Поэтому, рассматривая граф Барабаши–Альберт в качестве одной из возможных моделей самоорганизации веб-пространства, будем полагать, что если граф веб-пространства обладает свойствами графа Барабаши–Альберт, то можно предположить, что и веб-пространство обладает свойством самоорганизации, то есть развивается без внешних воздействий.

Ряд важных особенностей веб-графа Барабаши–Альберт изложим, следуя работе [4]. Во-первых, веб-граф – это весьма разреженный граф, у которого на n вершинах примерно $k \cdot n$ ребер, где $k \geq 1$ – некоторая константа. Во-вторых, диаметр веб-графа исключительно скромный. «Кликакая» по ссылкам, можно с любого сайта на любой другой перейти за 5–7 нажатий клавиши компьютерной мыши. Несколько правильнее сказать, что в веб-графе есть гигантская компонента (сильной связности), и уже ее диаметр невелик. Таким образом, веб-граф очень специфичен: будучи разреженным, он, тем не менее, в известном смысле тесен. В-тре-

тых, у веб-графа весьма характерное распределение степеней вершин. Эмпирическая вероятность того, что вершина веб-графа имеет степень d , оценивается как c/d^λ , где $\lambda \approx 2.1$, а c – нормирующий множитель, вычисляемый из условия «сумма вероятностей равна 1».

Для веб-графа СПбГУ при $n=286$ вершин имеем 19394 дуги, т. е. $k=67.8$, тогда как в максимальном случае полного графа (даже без кратных дуг) их должно быть более 80000, т. е. k потенциально может увеличиться еще в 4 раза. Если взять веб-граф СПбГУ без кратных дуг, то количество дуг оказывается равным всего 1717, плотность графа равна 0.022, то есть свойство разреженности графа становится очевидным.

Компонента сильной связности (КСС) веб-графа СПбГУ достаточно велика, она содержит 218 вершин, и её диаметр равен 6. Отметим, что потенциально КСС имеет все предпосылки к росту, поскольку, если рассмотреть этот же веб-граф, но с неориентированными дугами, его компонента связности содержит уже все вершины (и её диаметр равен 5).

Таким образом, для веб-графа СПбГУ мы имеем практически полное выполнение первых двух свойств, характерных для модели Барабаши–Альберт: разреженный граф с КСС диаметром 6.

Более сложно обстоит дело с распределением степеней вершин. Используя метод идентификации степенного закона распределения, предложенный М. Ньюменом [13], получаем «теоретическое» степенное распределение степеней вершин в графе СПбГУ вида $p(d)=0.39/d^{1.39}$, где d – степень вершины (d – натуральное число). Очевидно, что показатель степени λ в данном случае гораздо меньше 2.1. Покажем на рисунке 1 различие данного распределения и значений частот, вычисленных на основе реальных данных (показаны значения d от 1 до 50).

Не погружаясь в математические подробности, можно сделать вывод о том, что степенной закон распределения степеней вершин в случае веб-графа СПбГУ не выполняется. Таким образом, веб-граф СПбГУ нельзя считать случайным веб-графом Барабаши–Альберт, а это значит, что предположение о его самоорганизации можно отвергнуть.

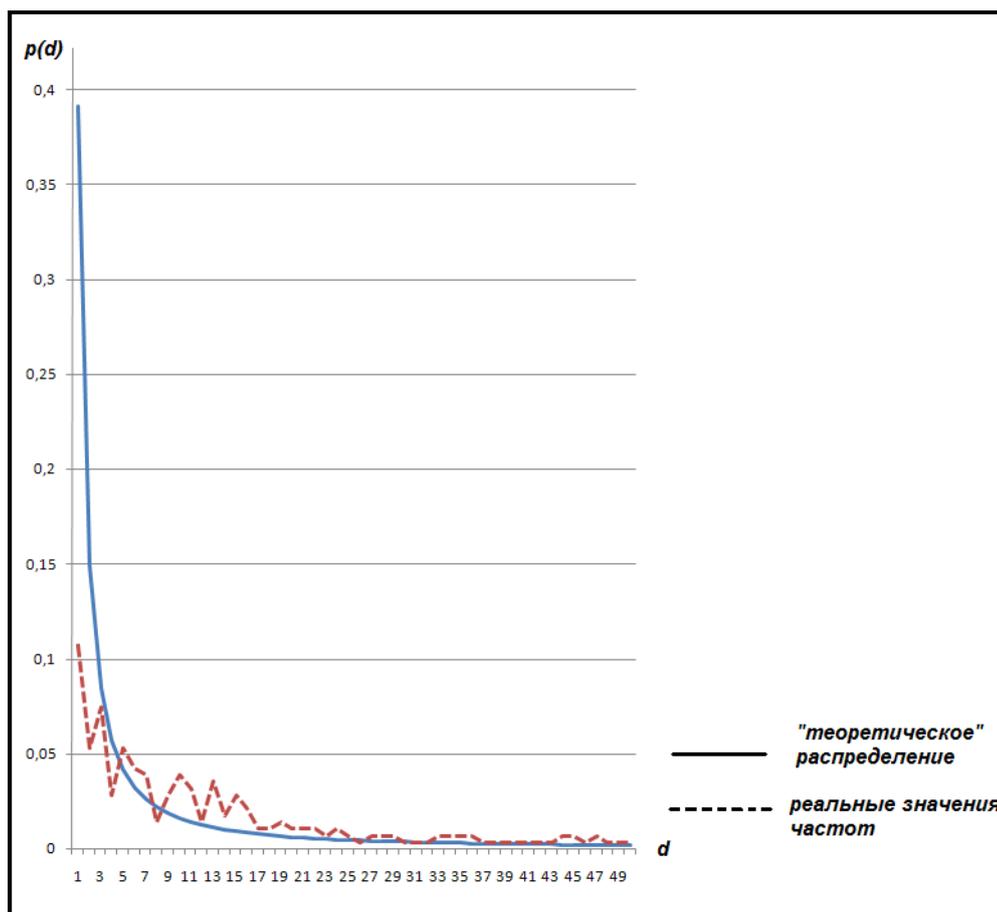


Рис. 1. Сравнение степенного закона и реальных частот распределения степеней вершин

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕБ-ГРАФА УНИВЕРСИТЕТА

До сих пор мы рассматривали $G=G(V,E)$ как статический веб-граф, сформированный на некоторый момент времени (в нашем случае – на конец 2015 года). На самом деле все несколько сложнее, поскольку сканирование сайтов занимает определенное время, – на сканирование сайтов СПбГУ понадобилось около месяца, – и уже за это время могли появиться или исчезнуть сайты, а на отсканированных сайтах могли исчезнуть некоторые гиперссылки и появиться новые.

Для построения динамической модели веб-графа необходимо знать, когда появился тот или иной сайт, а также когда появилась та или иная гиперссылка. Например, зная датировки с точностью до года, мы могли бы, исключая вершины и/или дуги в соответствии с их датировками (начиная с 2015 года в обратном порядке), получить последовательность веб-графов, представляющих динамиче-

скую модель, развернутую в дискретном времени с шагом в 1 год. Датировка сайтов – решаемая задача, а вот датировка гиперссылок – нет, и поэтому потребует определенных допущений.

Датировка сайтов проводилась с помощью веб-ресурса Internet Archive: Wayback Machine [14], позволяющего по доменному имени сайта увидеть копии некоторых его страниц (включая начальную), собранные специализированным роботом и сохраненные в архиве с указанием даты сохранения с точностью до дня. В случае с СПбГУ для датировки сайтов мы использовали год первого появления копии сайта в архиве.

Таким способом удалось датировать 247 сайтов СПбГУ из 286. Еще 33 сайта, данные о которых отсутствуют в Internet Archive, были датированы по прямым или косвенным признакам, таким, как дата проведения конференции (для сайта конференции), дата первой новости, появившейся на сайте (для сайта кафедры) или годы выполнения проекта (для сайта проекта). Не удалось датировать лишь 6 сайтов, которые далее не рассматриваются (заметим, что это не самые важные сайты веб-пространства университета). Таким образом, мы получили веб-граф СПбГУ на 2015 год с датировками возникновения сайтов-вершин, содержащий 280 вершин и 9697 дуг.

Если из веб-графа 2015 года удалить все вершины, соответствующие веб-сайтам, датированным 2015 годом, то, очевидно, получим множество вершин веб-графа на 2014 год. Для веб-графа СПбГУ их будет 271. При этом количество дуг веб-графа СПбГУ уменьшится до 9400. Среди этих дуг могут быть как те, которые соответствуют гиперссылкам, появившимся в 2014 году (и ранее), так и те, которые появились позже, уже в 2015 году. К сожалению, возможностей датировки появления гиперссылок мы не имеем, значит, не можем удалить ссылки, которые относятся к 2015 году. Если бы нам это удалось, то мы без особого труда получили бы последовательность веб-графов СПбГУ, изменяющуюся во времени с временным шагом 1 год.

Поэтому вместо графа с кратными дугами будем рассматривать граф с одинарными дугами (то есть дуги любой кратности заменим единственной дугой). Что еще дает такая замена графа с кратными дугами графом без кратных дуг? Она дает возможность предложить похожую на реальность (не более того) гипотезу о

том, что дуги в веб-графе появляются вместе с вершинами (в один и тот же год). Поэтому, когда мы удаляем вершины, датированные некоторым годом, то удаляем и все дуги, (как бы) появившиеся вместе с ними.

При такой замене мы теряем характеристики веб-графа с кратными дугами, такие, как Page Rank и модулярность (точнее – их значения изменятся при такой замене), но сохраним не менее важные – связность, диаметр и среднюю длину пути.

Датировка веб-сайтов СПбГУ говорит нам о том, что первым сайтом был официальный сайт СПбГУ (spbu.ru), который датируется 1996 годом. Пусть $G_{year}(V_{year}, E_{year})$ – веб-граф СПбГУ на год 'year' без кратных дуг. Тогда $G_{1996} = G_{1996}(V_{1996}, E_{1996})$, где $V_{1996} = \{spbu.ru\}$, а $E_{1996} = \{\emptyset\}$. В 1997 году веб-граф не изменился, поскольку не появилось новых сайтов, а в 1998 году появилось еще 7 сайтов, т. е. в $G_{1998}(V_{1998}, E_{1998})$ имеем $|V_{1998}| = 8$, а $|E_{1998}| = 17$.

На рис. 2 приведены веб-графы СПбГУ, позволяющие наглядно представить изменения веб-пространства университета с 2008 по 2014 годы с двухгодичным интервалом. Из рисунка очевидно нарастание мощности множеств V и E , а также улучшение связности со временем.

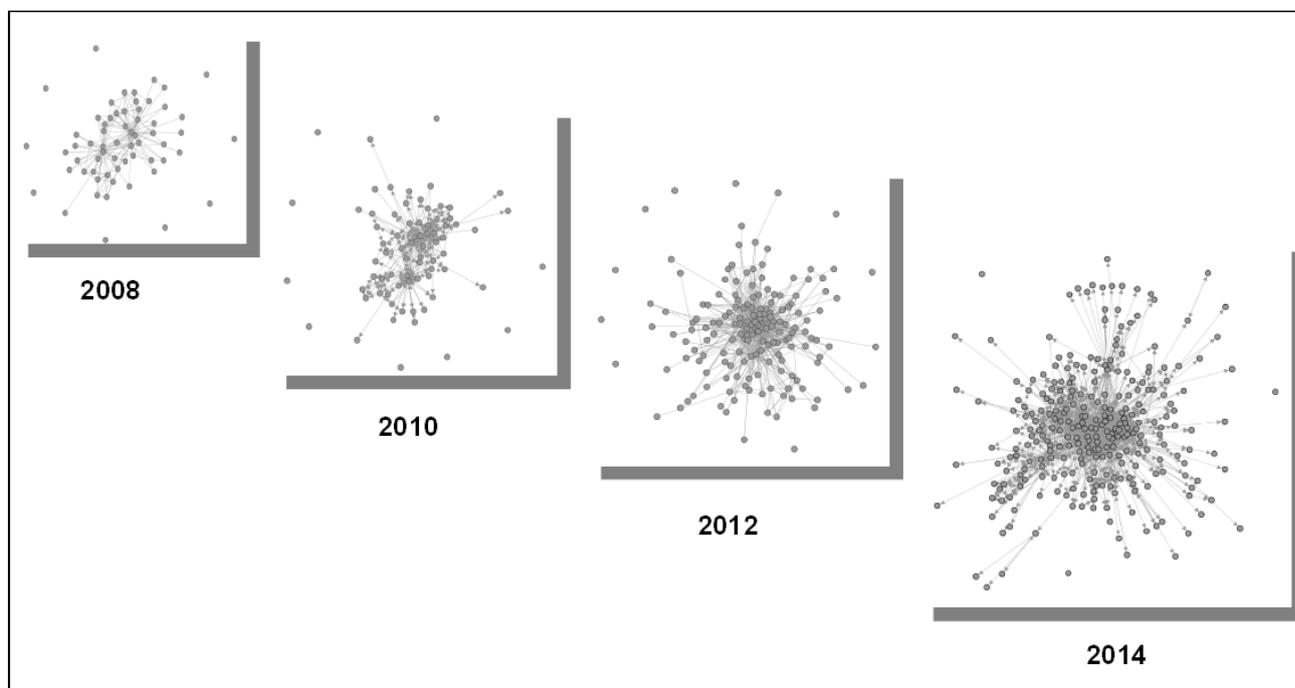


Рис. 2. Динамика веб-графа СПбГУ

Более точно изменение ряда характеристик веб-графов с 1996 по 2015 годы можно увидеть в приведенной таблице 1.

Таблица 1. Характеристики веб-графов с 1996 по 2015 годы

год	количество вершин	количество дуг	диаметр	связные компоненты
1996	1	0	0	0
1997	1	0	0	0
1998	8	17	4	1
1999	11	26	4	1
2000	13	31	4	1
2001	27	98	4	1
2002	30	105	4	2
2003	36	122	5	2
2004	41	140	5	3
2005	42	143	5	3
2006	50	174	7	5
2007	56	199	7	6
2008	62	208	7	10
2009	67	220	7	12
2010	74	291	5	10
2011	112	663	6	10
2012	165	991	6	10
2013	245	1428	6	6
2014	271	1623	6	4
2015	280	1717	6	1

Наглядное представление об изменении количества дуг и вершин веб-графа СПбГУ с 1996 по 2015 годы дают графики на рисунке 3. На верхнем графике показаны абсолютные значения, на нижнем – прирост количества дуг и вершин за год.

Очевиден резкий прирост количества дуг и вершин в период с 2011 по 2013 годы, например, количество дуг в веб-графе в 2010 году было равно 291, а в 2012 – уже 663. Наибольший прирост вершин произошел в 2013 году – добавилось сразу 80 веб-сайтов.

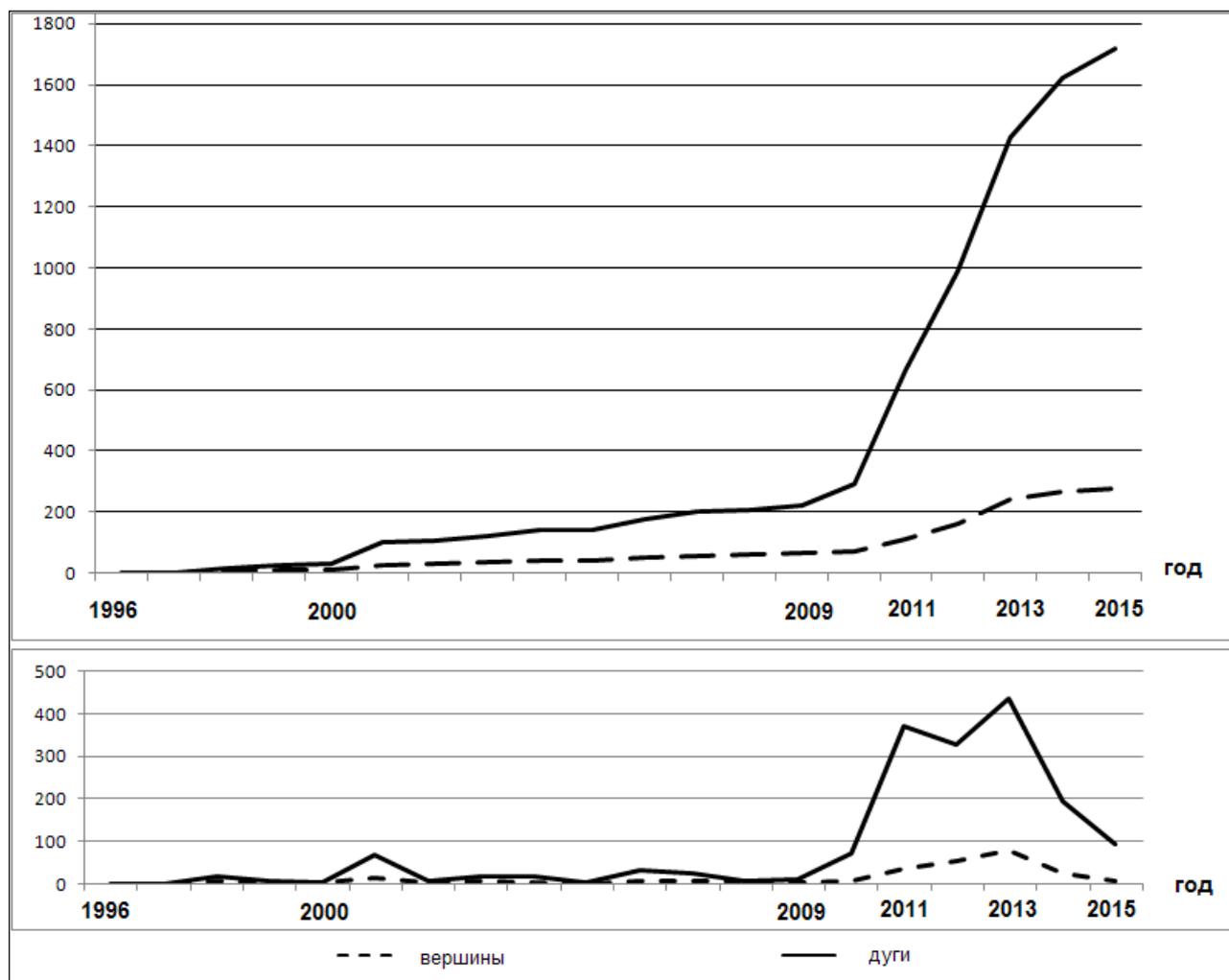


Рис. 3. Изменение количества дуг и вершин в веб-графе СПбГУ

Такие резкие скачки требуют рациональных объяснений, которые мы попробуем дать с точки зрения административных воздействий.

АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Для обнаружения административных воздействий на веб-пространство СПбГУ с использованием Яндекса и Google был осуществлен поиск документов на сайтах домена spbu.ru, содержащих словосочетания «единое информационное пространство», «веб-ресурсы университета», «официальный сайт университета», «официальный портал», «приказ», «положение» и их различные комбинации. Наиболее значимым результатом поиска в контексте данного исследования представляется приказ первого проректора И.А. Горлинского №665 от 17.03.2011 г. «Об

унификации доменных имен веб-ресурсов и повышения рейтинга Санкт-Петербургского государственного университета в информационном пространстве» (http://www.bio.spbu.ru/news/pdf/prikaz_665_1_17_03_2011.pdf). В приказе говорится: «... регистрацию всех веб-ресурсов Университета производить только в официальном международном домене “spbu.ru”». Обратим внимание на то, что год опубликования приказов совпадают с первым пиком нижнего графика на рис. 3.

Из 38 сайтов, появление которых датировано нами 2011 годом, половина – это 18 сайтов институтов и факультетов и 1 сайт научной библиотеки. Естественно, напрашивается вопрос, неужели раньше эти факультеты и библиотека не имели собственных сайтов? Ответ достаточно прост: до 2011 года их сайты имели другие доменные имена, например, сайт юридического факультета имел имя jurfak.spb.ru, а с 2011 года law.spbu.ru, сайт научной библиотеки – lib.spbu.ru, с 2011 года library.spbu.ru. Очевидно, что в 2011 году был выполнен приказ об унификации доменных имен для этих сайтов. В 2012 и 2013 годах продолжился процесс унификации доменных имен, причем многие из них ранее были поддоменами домена ru.ru. В частности, с домена ru.ru на домен spbu.ru было переведено 30 сайтов.

Отметим также, что на официальном сайте СПбГУ найдено несколько разделов, посвященных ректорским совещаниям, на которых затрагивались вопросы университетского веб-пространства. В частности, в материалах ректорского совещания от 02.04.2012 (<http://spbu.ru/structure/dekanskie/6287-6287#p6>) говорится: «... ректор напомнил деканам, что с главной страницы портала СПбГУ можно легко попасть на страницу/сайт любого факультета — достаточно зайти в раздел «Факультеты». А вот на страницах/сайтах далеко не всех факультетов есть обратные ссылки на главную страницу сайта СПбГУ (нет, например, у биологов, математиков ...). На странице факультета любого зарубежного университета есть такие ссылки на главную страницу вуза». К сожалению, решений ректорских совещаний, которые можно было бы рассматривать как прямые административные воздействия на веб-пространство СПбГУ, найти не удалось. Однако очевидно, что такие обсуждения на самом высоком уровне не прошли бесследно. Обратим внимание, что

время проведения указанного ректорского совещания попадает в интервал с 2011 по 2013 годы, когда происходил наибольший прирост количества дуг в графе.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии административных воздействий на веб-пространство СПбГУ, зафиксированных в 2011 и 2012 годах, совпадающих с основными моментами времени резкого увеличения количества дуг и вершин в веб-графе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье на примере веб-пространства СПбГУ описан достаточно общий подход, позволяющий ответить на вопрос о том, насколько управляемым является его процесс формирования и развития.

Описанный подход к построению веб-графа организации не представляется слишком сложным, тем более, что данные об исходящих с сайта гиперссылках можно сегодня получить из многих источников.

Сравнение веб-графа реального веб-пространства с моделью Барабаши–Альберт наверняка не является единственно возможным подходом подтвердить тот факт, что веб-пространство не обладает свойством самоорганизации. Эта тема может быть продолжена, например, с использованием модели Боллобаша–Риордана, которая учитывает направленность дуг. По крайней мере, мы с уверенностью можем сказать, что веб-граф сайта СПбГУ не является графом Барабаши–Альберт.

Предложенная в статье динамическая модель веб-графа позволяет увидеть «выбросы» в естественном течении процесса, датировать их и сопоставлять с событиями, отраженными в том же самом веб-пространстве организации. Пример СПбГУ показывает интересные возможности этого подхода.

Собственно говоря, управление веб-пространством организации сводится к ряду достаточно очевидных административных воздействий, направленных на увеличение (до некоторого «разумного предела») количества сайтов и гиперссылок между ними (ответ на вопрос о «разумных пределах» далеко не очевиден и выходит далеко за рамки данной статьи, именно поэтому это словосочетание заключено в кавычки).

На примере веб-пространства СПбГУ можно заметить, что возможности административного воздействия в основном были направлены на увеличение количества сайтов посредством «унификации имен» и на сегодня практически исчерпаны. Об этом свидетельствуют и графики на рис. 3; смотрите значения нижнего графика в 2014 и 2015 годах.

Далеко не исчерпана тема обратных ссылок, затронутая на упомянутом ректорском совещании, её можно воплотить в распоряжение, касающееся обязательности гиперссылок на сайты вышестоящих подразделений.

По большому счёту необходимо разработать официальный документ, называющийся, например, «Концепция развития единого информационного веб-пространства СПбГУ», с изложением основных целей, задач и перспектив развития этого важного направления деятельности вуза. Такого документа на официальном сайте СПбГУ найти, к сожалению, не удалось.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-01-06105 «Разработка вебметрических и эргономических моделей и методов анализа эффективности присутствия в Вебе информационных веб-пространств крупных организаций».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Печников А.А.* Построение и исследование веб-графа информационного веб-пространства Санкт-Петербургского государственного университета // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 10 (часть 3). С. 512-517.
2. *Печников А.А.* Методы исследования регламентируемых тематических фрагментов Web // *Труды Института системного анализа Российской академии наук. Серия: Прикладные проблемы управления макросистемами*. 2010. Т. 59. С. 134-145.
3. *Thelwall M.* Link analysis: an information science approach / Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. 269 p.
4. *Райгородский А.М.* Модели случайных графов и их применения // *Труды МФТИ*. 2010. Т. 2, № 4. С. 130-140.

5. Broder A., Kumar R., Maghoul F., Raghavan P., Rajagopalan S., Stata R., Tomkins A., Wiener J. Graph structure in the Web // *Journal of Computer Networks*. 2000. No 33 (1-6). P. 309-320.

6. Blekanov I.S., Sergeev S.L., Maksimov A.I. Analysis of the topology of large Web segments using Broder's bow-tie model // *Life Science Journal*. 2014. V. 11. No 6 Spec. Iss. P. 258-261.

7. Thelwall M., Harries G. The connection between the research of a University and counts of links to its Web pages: an investigation based upon a classification of the relationships of pages to the research of the host university // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2003. V.54, Iss.7. P. 593-699.

8. Ortega J.L., Aguillo I.F. Interdisciplinary relationships in the Spanish academic web space: A Webometric study through networks visualization // *Cybermetrics. International Journal of Scientometrics, Informetrics and Bibliometrics*. 2007. V. 11, Iss. 1. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cybermetrics.cindoc.csic.es/articles/v11i1p4.pdf>.

9. Kenekayoro P., Buckley K., Thelwall M. Hyperlinks as inter-university collaboration indicators // *Journal of Information Science*. 2014. V. 40, No 4. P. 514-522.

10. Flake G.W., Lawrence S.R., Giles C.L., Coetzee F.M. Self-organization and identification of Web communities // *IEEE Computer*. 2002. V. 35, No 3. P. 66-71.

11. Веснин Ю.А., Константинова Е.В., Савин М.Ю. О сценариях присоединения новых сайтов к веб-пространству СО РАН // *Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии*. 2013. Т. 11, вып. 4. С. 28-37.

12. Barabasi L.-A., Albert R., Jeong H. Scale-free characteristics of random networks: the topology of the world-wide web // *Physica*. 2000. V. A281. P. 69-77.

13. Newman M.E.J. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law // *Contemporary Physics*. 2005. V. 46, No 5, September–October. P. 323-351.

14. Internet Archive: Wayback Machine. URL: <http://archive.org/web>.

**WEB RESOURCES OF RUSSIAN UNIVERSITIES:
THE SELF-ORGANIZATION OR ADMINISTRATIVE IMPACT?
CASE STUDY OF ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY**

A.A. Pechnikov

Institute of Applied Mathematical Research

Karelian Research Centre of RAS

pechnikov@krc.karelia.ru

Abstract

The web space of the organization is the many web sites connected by hyperlinks. The main question considered in the article, is whether this web space self-organizing, i.e. the ordering of its elements occurs at the expense of their internal interaction without external influences, or external (so-called "administrative") the impact is so strong that their influence can be detected. The article proposes a common approach demonstrated by the example of the web space of St. Petersburg State University. On the question of whether significant administrative influence on the web space of the University, in this case on the basis of the analysis given a positive response.

Keywords: *hyperlink, web site, web graph, dynamic model, administrative impact*

REFERENCES

1. *Pechnikov A.A.* Postroenie i issledovanie veb-grafa informacionnogo veb-prostranstva Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta // Fundamental'nye issledovaniya. 2015. No 10 (part 3). S. 512-517.
2. *Pechnikov A.A.* Metody issledovaniya reglamentiruemyh tematicheskikh fragmentov Veba // Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiiskoi Akademii Nauk. Serija: Prikladnye problemy upravleniya makrosistemami. 2010. T. 59. S. 134-145.
3. *Thelwall M.* Link analysis: an information science approach / Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. 269 s.
4. *Raigorodskii A.M.* Modeli sluchainyh grafov i ih primenenija // Trudy MFTI. 2010. T. 2, № 4. S. 130-140.

5. Broder A., Kumar R., Maghoul F., Raghavan P., Rajagopalan S., Stata R., Tomkins A., Wiener J. Graph structure in the web // *Journal of Computer Networks*. 2000. No 33 (1-6). S. 309-320.

6. Blekanov I.S., Sergeev S.L., Maksimov A.I. Analysis of the topology of large Web segments using Broder's bow-tie model // *Life Science Journal*. 2014. T. 11, No 6 Spec. vip. S. 258-261.

7. Thelwall M., Harries G. The Connection between the research of a university and counts of links to its web pages: an investigation based upon a classification of the relationships of pages to the research of the host university // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2003. T. 54, Iss. 7. P. 593-699.

8. Ortega J.L., Aguillo I.F. Interdisciplinary relationships in the Spanish academic web space: A Webometric study through networks visualization // *Cybermetrics. International Journal of Scientometrics, Informetrics and Bibliometrics*. 2007. V. 11, Iss. 1. [Electronic resource] – URL: <http://cybermetrics.cindoc.csic.es/articles/v11i1p4.pdf>.

9. Kenekayoro P., Buckley K., Thelwall M. Hyperlinks as inter-university collaboration indicators // *Journal of Information Science*. 2014. V. 40, No 4. P. 514-522.

10. Flake G.W., Lawrence S.R., Giles C.L., Coetzee F.M. Self-organization and Identification of Web Communities // *IEEE Computer*. 2002. V. 35, No 3. P. 66-71.

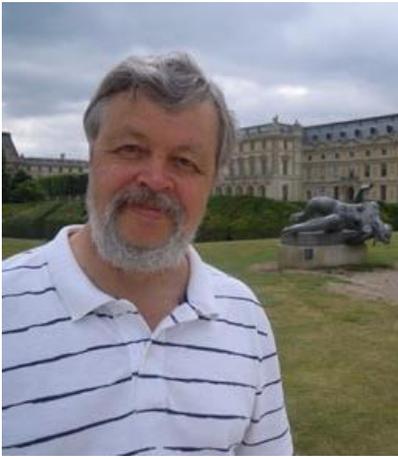
11. Vesnin Yu.A., Konstantinova E.V., Savin M.Yu. O scenarijah prisoedinenija novyh saitov k veb-prostranstvu SO RAN // *Vestnik NGU. Serija: Informacionnye tehnologii*. 2013. T. 11, Vyp. 4. S. 28-37.

12. Barabasi L.-A., Albert R., Jeong H. Scale-free characteristics of random networks: the topology of the world-wide web // *Physica*. 2000. V. A281. P. 69-77.

13. Newman M.E.J. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law // *Contemporary Physics*. 2005. V. 46, No 5, September–October. P. 323-351.

14. Internet Archive: Wayback Machine. URL: <http://archive.org/web>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



ПЕЧНИКОВ Андрей Анатольевич – доктор технических наук, гл. научный сотрудник, руководитель лаборатории телекоммуникационных систем Института прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН.

Andrey Anatolievich PECHNIKOV – Doctor of Technics (Comp. Sci.), Chief Research Associate, Head in the Laboratory for Telecommunications Systems, Institute of Applied Mathematical Research Karelian Research Centre of RAS.

email: pechnikov@krc.karelia.ru

Материал поступил в редакцию 30 ноября 2015 года

УДК 004.5

ВИЗУАЛЬНЫЕ И ВИРТУАЛЬНЫЕ РЕКОНСТРУКЦИЯ В МУЗЕЙНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Е.В. Разувалова¹, К.А. Руденко²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет; ²Казанский государственный институт культуры

¹ekaterina.razuvalova@gmail.com, ²murziha@mail.ru

Аннотация

Проанализированы наиболее успешные российские и зарубежные примеры визуальных и виртуальных реконструкций историко-культурных объектов, реализованных на базе информационно-коммуникационных технологий и представленных в интернете.

3D-реконструкции способны наглядно демонстрировать внешний облик, визуализировать различные гипотезы, связанные с представленным объектом. Виртуальная реальность способна погрузить нас в желаемое время суток или года, в любую среду, период или эпоху. Возможно «прокрутить» бытовые сцены и особенности жизненного уклада различных народов; вывести дополнительную информацию об объекте; показать исторические комплексы в реальном пространстве городской среды там, где это невозможно в силу временных или иных утрат.

Новые технологии дают возможность расширять границы музейного пространства, повышая возможности музейной экспозиции, создавая эмоциональную атмосферу временного погружения, способную заинтересовать современного посетителя. Используя компьютерное моделирование, современные музеи могут идти в ногу с техническим прогрессом, существенно меняя наше представление об экспозиции. Визуальные и виртуальные реконструкции историко-культурного наследия помогают правильно расставить акценты поведенческого сценария посетителя (направить, переключить внимание, заинтересовать); лучше воспринять информационно-смысловую строй экспозиции; представить зрительную связь между объектами, их взаимодействие друг с другом, зрителем; понять

объемно-пространственные характеристики демонстрируемого объекта (экспоната, комплекса).

Использование сетевых ресурсов позволяет увеличить число посетителей, а открывающиеся виртуальные возможности реконструкций выводят музейное дело из сферы хранения в по-настоящему творческую область практически неограниченных временем и пространством возможностей выражения, выстраивания связей со специалистами разных областей знаний.

***Ключевые слова:** историческая реконструкция; компьютерные технологии; виртуальная реконструкция, музей, культурное наследие.*

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня с помощью компьютерных технологий возможно проектировать познавательные музеи нового типа; содержательные экскурсии, состав которых может меняться и дополняться; 3D-реконструкции объектов историко-культурного наследия, которые могут не только наглядно демонстрировать внешний облик, но и визуализировать различные гипотезы, связанные с представленным объектом. Виртуальная реальность способна погрузить нас в желаемое время суток или года, в любые среды, период или эпоху. Возможно «прокрутить» бытовые сцены и особенности жизненного уклада различных народов; вывести дополнительную информацию об объекте; показать исторические комплексы в реальном пространстве городской среды там, где это невозможно в силу временных или иных утрат. Все эти новшества, несомненно, подтверждают тот факт, что появление компьютерной 3D-реконструкции — важная страница в истории развития музеев как мест «погружения» в прошлое, дающая зримые возможности осуществления различных пространственно-временных сдвигов.

Оговоримся сразу, что обзор посвящен не только виртуальным музеям в интернете, но и отдельным компьютерным реконструкциям, которые могут входить в состав как виртуальных музеев, так и демонстрироваться в реальном музее.

Рассматривая наиболее интересные примеры визуальных и виртуальных реконструкций, заранее заметим, что под **визуальными реконструкциями** мы будем понимать 3D-изображения различных предметов, объектов, архитектурно-исторических комплексов, построек или явлений, выраженных в зримой форме.

Они константны, зафиксированы в пространстве в один единственный момент своего существования и не выходят за границы сиюминутного представления. Под **виртуальными реконструкциями** будем понимать некое пространство со своими временем, правилами, явлениями. Эти реконструкции «растворены» в продолжительном временном периоде и существуют в нематериальном пространстве. В них могут меняться время суток, года, природные условия, состояние объекта. Жизнь в них находится в движении, демонстрируя способности существования виртуального мира.

ВИЗУАЛЬНЫЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Несложных визуальных и виртуальных реконструкций в сети, сделанных любителями для себя или туристических фирм, много. Они не представляют особого интереса, так как большинство из них «поднято» без проработки информационной базы. Но среди них встречаются и вполне достойные.

Так, по виртуальным зарисовкам можно отметить компанию AMMONIT 3D [1] с рядом роликов, демонстрирующих виртуальный дореволюционный Екатеринбург, его храмовые и церковные постройки, среду города. Особенно в этих реконструкциях хочется подчеркнуть мастерство авторов в умении передать временную среду с помощью художественно-выразительных средств компьютерных технологий: передача в движении людей, наложение фильтров, подчинение единому стилевому замыслу.

Из зарубежных вызывают интерес две большие и красочные работы: «Вавилон» [2] и «Византия 1200» [3]. В представленных проектах городов на картах отмечены знаковые сооружения; дается их краткая история; к каждому объекту прилагается красочный видеоролик с виртуальной моделью, передающий дух давно ушедшей эпохи.

Визуальные реконструкции, представляющие более сложные как по графической проработке моделей, так и достаточности информационной базы, можно найти как в российских, так и в зарубежных источниках [4–22]. Одним из таких примеров может послужить итальянский «Виртуальный Музей Повседневной Жизни» (MUVI), созданный в 1999 году. Его визуальные реконструкции представляют внутреннее пространство и обстановку трех болонских квартир, датиро-

ванных 1930-ми, 1950-ми и 1980-ми годами. В информационном блоке рассказывается о месте расположения апартаментов, их связи с окружающей средой, истории быта, традициях; об отношениях между членами семьи, полами и поколениями, истории создания вещей, представленных в интерьере. Задачей виртуального музея является призыв к диалогу между поколениями, а также вызвать интерес к истории своей семьи, её корням [4].

Еще одним емким примером может послужить Музей Галилео во Флоренции, полный разнообразных механических устройств, старинных приборов и научных инструментов, с помощью которых ученые 16–19-го веков открывали планеты, лечили зубы — познавали мир всевозможными способами [5]. Реальная и визуальная экспозиция, состоящая из более чем из 1000 предметов, занимает два этажа. Первый этаж хранит коллекцию семьи Медичи, второй — коллекцию Лотарингской династии. В онлайн-каталоге виртуального музея пользователь может получить доступ к биографическим данным, информацию, относящуюся к выбранному объекту. Также представлены: глоссарий, каталог, фотографии и визуальные модели с пояснениями.

В университете Роли (штат Северная Каролина, США) разработан проект The Virtual Paul's Cross Project [6]. Интересной деталью этой визуальной реконструкции являются аудио сопровождения со звуковыми эффектами разной степени «наполненности»: гул толпы от пятисот до двух с половиной тысяч человек, внимающий голосу проповедника Джона Донна. На сайте представлена историческая справка, сделанная со слов специального писца, который задокументировал весь ход проповеди, имевшей место быть 5 ноября 1622 г., с пояснениями, как и в каком стиле она была произнесена. Акцент в реконструкции сделан на силу изреченного слова, сказанного в публичном пространстве и имевшего непосредственное влияние на дальнейшую историю.

В университете Дармштадт (Германия) имеется ряд научных разработок по различным реконструкциям. Каждый проект — это «научная стройка». Во всех компьютерных реконструкциях (синагог Германии, дворца в Ватикане, Флорентийского собора и т. д.) ведутся работа по сбору материала в архивах и музеях, изучение приемов строительства, анализ сохранившихся архитектурных элементов объектов, работа со стилистическими особенностями зданий соответствующих эпох и проработка всего материала в 3D-модели [7].

Пожалуй, самый объемный проект по реконструкции был начат в 1995 году. Он касался восстановления в виртуальном пространстве синагог, уничтоженных нацистами в 1940-х годах. В отделе САПР архитектурно-технического университета Дармштадта были восстановлены в виде визуальных реконструкций синагоги Берлина, Дрездена, Ганновера, Кельна и других городов. Целью работы было продемонстрировать их на выставках в музеях Франкфурта и Бонна, а также в постоянной экспозиции в Еврейском музее Берлина [8].

Интересной находкой этого проекта является синагога во Франкфурте-на-Майне. В аутентичных местах, как правило, храмы восстановить невозможно. Для смягчения этой проблемы команда *Architectura Virtualis* предложила показывать утраченные здания в виде компьютерных реконструкций. Идея предусматривает создание стереоскопического фильма, показывающего, как это место выглядело бы сейчас, если бы синагога все еще стояла. Это впечатление достигается эффектом трехмерного изображения и специальной технической установкой-телескопом, расположенной на улице города так, чтобы иметь возможность получить реальное представление от видеоролика с наиболее удобного угла восприятия архитектурного объекта [9].

Не менее интересный проект «дополнительной» реальности реализован в совместной работе компании Google и специалистов французского Версаля. В центре дворцового двора, в церкви или на террасе в саду посетителям с помощью планшета или смартфона, становящихся реальным окном в прошлое, предлагается погрузиться в историю, осмотреть замок, сад. На сайте проекта можно посмотреть компьютерную панораму дворца и террасы сада, получить информацию об основных исторических датах резиденции [10].

Интерактивный портал «Виртуальный музей Ирака», поддержанный итальянским правительством, не воспроизводит структуру и устройство реального музея. Это коммуникационный проект, интерактивные функции и формат которого объединены в удобный пользовательский интерфейс. Сделано это для того, чтобы виртуальный музей был удобным для сегодняшних исследований культурного наследия Ирака, затрудненных обстоятельствами царящих там войны и насилия. Созданный для освещения основных этапов исторического и культурного развития древнего Ирака проект представлен на трех языках, в семи виртуальных

залах. Демонстрируются работы, датируемые Шумерским, Вавилонским, Ассирийским периодами. Для ознакомления представлены изображения, информационное видео, фото, сведения об археологических артефактах, карты и графика. Визуальные реконструкции экспонатов можно просматривать в интерактивном режиме [11].

В Берлинском историческом музее ядром экспозиции является макет средневекового города Штраубинг (Германия), а визуальная реконструкция работает совместно с ним. Экскурсия сопровождается исторической справкой, которая по ходу пояснения отмечает отдельные ключевые моменты как на макете, так и на отображаемой компьютерной модели. Посетитель может получить более четкое представление о развитии городской крепости и самого города [12].

В Испанском департаменте Паленсия проект-музей «Римская вилла Олмеда» привязан к образовательному проекту для учащихся школ и других учебных заведений. На сайте этого музея представлен виртуальный тур по вилле с использованием мультимедийного приложения, а небольшие пояснительные видеоролики, наложенные на визуальную реконструкцию, рассказывают о строительстве и жизненном укладе виллы [13]. Так музейное сообщество Паленсии использует современные технологии для популяризации и исследований своих археологических раритетов. Большое влияние на распространение информации о музее оказывают рекламные ролики в средствах массовой информации (телевидение, интернет, кинотеатры и культурные проекты).

В Чувашском национальном музее реализован проект «Чебоксары: история в формате 3D», представленный мультимедийным экспозиционным комплексом «Чебоксары XVIII – нач. XX вв.». По планам, фотографиям, словесным описаниям и различным архивным материалам воссоздан исторический ландшафт города (более 200 объектов) [14]. Особую важность этой отечественной визуальной реконструкции придает тот факт, что в современных Чебоксарах практически не осталось исторических памятников, дающих возможность представить город таким, каким он был 200–300 лет назад. Музейно-визуальные реконструкции, равно как и картины старых мастеров эту возможность предоставляют.

Визуальная реконструкция «Московский кремль» – часть проекта реальной выставки музеев Московского кремля. Она формирует зрительное представ-

ление Московского Кремля не только как сокровищницы, хранящихся в нем раритетов, но и как градостроительного комплекса, уникального места, где за одними стенами сосуществовали светская и духовная власти [15].

В Санкт-Петербургском государственном университете выполнен ряд емких и познавательных проектов: «Виртуальная трехмерная реконструкция Илурата — боспорского города-крепости I–III вв. н. э.» [16], «Памятники истории и археологии на о. Березань» [17], «Античные храмы и святилища на территории Восточного Крыма и Таманского полуострова» [18]. Последний из указанных проектов разработан с одной особенностью – виртуальные модели представлены по авторам реконструкций.

Музей-заповедник «Старая Ладога» (Ленинградская область) [19] представляет полную информационную справку, раскрывающую историю архитектурно-исторического памятника. Она содержит фото- и видео-документацию, статьи, библиографию; представлены исследователи территории, создатели виртуального проекта. На основе имеющихся архитектурно-археологических реконструкций были построены 3D-проекции жилых построек и кузницы. Создана коллекция трехмерных моделей, представляющих различные типы вооружений, предметов интерьера, мебели, керамической и деревянной посуды соответствующих эпох. Ремесла средневековой Ладоги представлены не только трехмерными моделями инструментов, использовавшихся в производстве, но и анимациями, иллюстрирующими производственный процесс (в частности, ювелирное литье по восковой модели, производство проволоки, технология построения срубного дома, работа на средневековом токарном станке).

Проект «Архитектура и настенная живопись новгородской церкви Спасо-Преображения на Нередице» [20] представляет трехмерные реконструкции храмовых фресок. Реставрационный коллектив проекта отмечал: «компьютерные технологии эффективно работают только в условиях строгой документальной базы, оперируя моделями реальных объектов; они гарантируют обратимость и восполнимость реставрационного процесса, так как по самой своей сути соответствуют принципу «не навреди» [21].

Виртуальный музей архитектуры — проект Государственного музея архитектуры имени А.В. Щусева — это прогрессивный, мобильный и доступный портал

по изучению истории отечественной архитектуры, снабженный научными текстами, описаниями, аннотациями, раскрывающими историю создания отдельных зданий в эскизах, чертежах и макетах. Также представлены проектные материалы нереализованных построек, фотографические снимки и обмерочные чертежи, 3D-реконструкции утраченных сооружений, позволяющие зрителю наглядно представить развитие отечественной архитектуры. Так, страница, посвященная конкурсу на проект Дворца Советов (1931–1933), представляет несколько 3D-реконструкций конкурсных предложений [22]. Это интереснейшая работа по наглядному представлению о знаковой архитектурной форме. Ни одно из конкурсных предложений не было реализовано, но проекты, которые участвовали в творческом соревновании, оказали решающее влияние на формирование и дальнейшее развитие советской архитектуры.

ВИРТУАЛЬНЫЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Переходя к рассмотрению виртуальных реконструкций, представленных в рамках музейных экспозиций, можно условно разделить их на три основные группы. Первая — **замкнутая виртуальная реконструкция**, где модель представляет ограниченную по времени сцену, уместаемую в рамки видеоролика. Вторая — **локационная виртуальная реконструкция**, где компьютерная модель, в которой имитируется реальное пространство, представлена в виде локации. Мы можем перемещаться в нем с помощью «мышки» или других вспомогательных средств. Третья — **проецируемая виртуальная реконструкция**, которая может выстраиваться на окружающий нас объем так, как будто она существует здесь и сейчас.

Примером **замкнутой виртуальной реконструкций** могут послужить проект «История строительства Флоренского собора», созданный в Дармштадтском университете (Германия) [23], представленный виртуальными реконструкциями поэтапного метода возведения здания, и «Карнак», разработанный в экспериментальном центре виртуальных научно-исследовательских технологий Калифорнийского университета [24]. «Карнак» – впечатляющий проект по воссозданию более 60 конструкций (обелиски, храмы, суды, пилоны, ограждающие стены) в трехмерных моделях. Каждое здание (последовательные этапы его строительства, модификации) реконструировано на основе реальных планов и чертежей.

Большая работа была предпринята для добавления новейших исследований. Веб-страницы для каждого объекта включают в себя подробное описание и библиографию источников для каждого строения. Одной из главных «изюминок» проекта является возможность посмотреть на «рост» храмов во времени – трансформируемая модель отображает «жизнь» храма от первых предположений о его форме до последних, что позволяет наглядно представить, как здания и их сакральные пространства могли меняться за 1500 лет своего существования.

Примером **локационной виртуальной реконструкции** может послужить проект по виртуализации архитектурного наследия города Енисейска, разработанный в Сибирском федеральном университете (Красноярск). На сайте представлены история города в разные периоды его существования, карта с обозначением объектов, каталог наследия с фотографиями, панорамами и 3D-реконструкциями. По отдельным объектам можно получить подробную историческую справку, посмотреть видеоролик и скачать локацию, по которой можно побродить как в привычной для современного интернет-пользователя компьютерной игре [25].

На кафедре исторической информатики МГУ им. М.В. Ломоносова осуществлен проект «Виртуальная реконструкция Московского Страстного монастыря (середина XVII – начало XX вв.)» [26]. Его расширенная версия с полным информационным обеспечением представлена в Музее истории Москвы. На сайте представлены общие сведения о проекте, краткий очерк истории московского монастыря; источники, по которым были построены 3D-реконструкции, методы построения, доклады, публикации по проекту и текущие результаты; интерактивные карты и различные исторические срезы. Интересен этот проект тем, что в нем представлена возможность работы с электронным цифровым архивом, который позволяет пользоваться моделью монастыря: построить разрез (под любым углом), произвести замеры, увидеть внутреннюю структуру построек, напечатать чертежи. Есть доступ к просмотру виртуальной реконструкции в режиме «дополнительной» реальности. Каждый пользователь в интерактивном режиме имеет возможность сделать замечания по работе, обсудить и прокомментировать облик монастырских построек и городской застройки.

Проецируемые виртуальные реконструкции демонстрируются в различных музеях мира. Музей «Палаццо Валентини» (Рим) представляет находящиеся теперь в постоянной экспозиции археологические остатки древних римских

домов, найденных под палаццо [27]. Особенность этой экспозиции заключается в том, что реконструкция трехмерного интерьера дома с первоначальной росписью стен и колонн, мозаикой пола проецируется непосредственно на сохранившиеся поверхности (при этом пространство законсервировано в том виде, в котором оно было обнаружено). Проецируемая виртуальная реконструкция помогает нам увидеть и понять, каким же был этот интерьер в свое время.

На побережье Чиленто (Италия) находится новый Виртуальный Эко-музей Палеолита (MUVIP). Он погружает посетителя в увлекательный мир доисторической пещеры, восстанавливая важное звено в тысячелетней истории региона. Благодаря использованию технологии лазерного 3D-сканирования, 3D-анимации, интерактивной комплектации, звукового сопровождения, можно оценить достопримечательности и природу этого места, его исторические, культурные и религиозные особенности [28].

Совместным примером **замкнутых виртуальных реконструкций** и **проецируемых виртуальных пространств** можно считать Виртуальный Археологический Музей в Эркалано (MAV, провинция Неаполя). В музее представлены более семидесяти визуальных реконструкций, в формате медиа-инсталляции показывающих античную жизнь (Помпеи, Геркуланум, Неаполь и Капри). В кинотеатре, оснащённом вибрирующей платформой, имитирующей землетрясение, представлена виртуальная реконструкция извержения Везувия. Через реконструкцию сцен жизни города, интерфейсы, визуальные эффекты и голограммы посетитель попадает в виртуальное измерение, где испытывает интерактивные возможности новых мультимедийных технологий. MAV – это пример представлений эмоционально окрашенных исторических событий и соединения учебного, познавательного и развлекательного, где реальные и мнимые миры встречаются, чтобы вдохнуть жизнь в прошлое. Одним из недостатков музея считается отсутствие реальных экспонатов, но наличие 3D-реконструкций, мультисенсорные эффекты, сенсорные экраны, мультимедийные столы, виртуальные книги, голограммы, репродукции экспонатов заполняют этот пробел [29].

Понятие «виртуальный музей» используется и в виртуальной реконструкции города Болоньи. Её авторы также применяют понятие «виртуальной театр». Слово «театр» древние греки понимали как пространство, наблюдения и понима-

ния. В современном представлении виртуальной театр — это среда компьютерного полупогружения, она оснащена полуцилиндрическим экраном, системой Dolby Surround и возможностью стереографического отображения через очки. Этот набор из доступных технологий позволяет вызвать у зрителя сильное ощущение погружения в реальность, испытать иллюзию трехмерного видения. Конечным результатом является новый способ интерпретации известных объектов, воплощенных повторно в жизнь [30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, мы видим, что современные музеи могут идти в ногу с техническим прогрессом, существенно меняя наше представление об экспозиции. Визуальные и виртуальные реконструкции историко-культурного наследия помогают:

- правильно расставить акценты поведенческого сценария посетителя (направить, переключить внимание, заинтересовать);
- лучше воспринять информационно-смысловой строй экспозиции;
- представить зрительную связь между объектами, их взаимодействие друг на друга, зрителя;
- понять объемно пространственные характеристики демонстрируемого объекта (экспоната, комплекса).

Использование сетевых ресурсов позволяет увеличить число посетителей, а открывающиеся виртуальные возможности реконструкций выводят музейное дело из сферы хранения в по-настоящему творческую область практически неограниченных временем, пространством возможностей выражения, выстраивания связей со специалистами разных областей знаний.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AMMONIT 3D. URL: <http://ammonit.org/about/>.
2. ВАВИЛОН. URL: <http://www.kadingirra.com/babylon.html>.
3. Византия1200. URL: <http://www.byzantium1200.com/hipodrom.html>.
4. MUVI. URL: <http://muvi.cineca.it>.
5. Museo Galileo. URL: <http://catalogue.museogalileo.it/index.html>.
6. Virtual Paul's Cross Project. URL: <http://vpcp.chass.ncsu.edu>.
7. Digitale Rekonstruktionen. URL: http://www.dg.architektur.tu-darmstadt.de/dg/forschung_dg/digitale_rekonstruktionen/projekte.de.jsp.
8. Synagogen in Deutschland – Eine Virtuelle Rekonstruktion. URL: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.
9. Fernrohr in die Vergangenheit. URL: <http://www.architectura-virtualis.com/exponate/fernrohr.php?lang=de&img=0>.
10. The Versailles 3D projects. URL: <http://www.versailles3d.com/en>.
11. The virtual museum of Iraq. URL: <http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it/homeITA.htm>.
12. Mittelalterl. Gründungsstädte. URL: <http://www.architectura-virtualis.com/exponate/gruendungsstaedte.php?lang=de&img=0>.
13. La Villa Romana La Olmeda. URL: <http://www.villaromanalaolmeda.com>.
14. Григорьева А.А., Кузуратов И., Павлов В. Дополненная реальность Чебоксар. URL: <http://kizhi.karelia.ru/library/adit-2012-t/873.html>.
15. Якимова Е.В. Проект трехмерной исторической реконструкции Московского Кремля. ФГУ ГИКМЗ «Московский Кремль». URL: http://www.hist.msu.ru/Departments/Inf/3D/Article/doklad_809.pdf
16. Мультимедийная информационная система: Илурат. URL: <http://ilurat.nw.ru/>.
17. Мультимедийная информационная система: Памятники истории и археологии на о. Березань. URL: <http://www.borysthenes.org>.
18. Мультимедийная информационная система: «Античные храмы и святилища на территории Восточного Крыма и Таманского полуострова». URL: <http://www.bosportemple.ru/content/main/index.htm>.

19. Мультимедийная информационная система: Старая Ладога. URL: <http://oldladoga.nw.ru/>.

20. Мультимедийная информационная система: «Архитектура и настенная живопись новгородской церкви Спасо-Преображения на Нередице». URL: <http://www.nereditsa.ru>.

21. Ромашкевич Т.А., Луций С.А. Компьютерная реконструкция монументальной живописи церкви Спаса Преображения на Нередице URL: <http://www.nereditsa.ru/Museum/reconstr.htm>.

22. Конкурс на проект дворца советов (1931–1933). URL: <http://vma.muar.ru/palace-of-the-soviets>.

23. Die Baugeschichte des Florentiner Doms. URL: <http://www.architectura-virtualis.com/rekonstruktion/florenz.php?lang=de&img=0>.

24. WELCOME TO DIGITAL KARNAK. URL: <http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Karnak>.

25. Мультимедийная информационная система: Историко-культурное наследие города Енисейска. URL: <http://www.yeniseisk-heritage.ru/ru>.

26. Мультимедийная информационная система: «Виртуальная реконструкция московского Страстного монастыря (середина XVII – начало XX вв.): анализ эволюции пространственной инфраструктуры на основе методов 3D моделирования». URL: <http://www.hist.msu.ru/Strastnoy/index.html>.

27. Le Domus Romane Palazzo Valentini. URL: <http://www.palazzovalentini.it/index.php?lang=eng>.

28. L'Ecomuseo Virtuale Paleolitico di Marina di Camerota. URL: <http://www.camerotamuvip.eu>.

29. MAV. URL: <http://www.museomav.it>.

30. NU.M.E. Nuovo museo elettronico delle città di Bologna. URL: <http://www.centrofasoli.unibo.it/nume/italiano/home.html>.

VISUAL AND VIRTUAL RECONSTRUCTIONS IN MUSEUM ENVIRONMENTS

E.V. Razuvalova¹, K.A. Rudenko²

¹Kazan Federal University; ²Kazan State Institute of Culture and Arts

¹ekaterina.razuvalova@gmail.com, ²murziha@mail.ru

Abstract

In this paper, we analyze examples of the most successful reconstructions of historico-cultural objects, which were based on the informational and communicational technologies and were presented and available through the Internet. Modern technologies allow to expand the museum environment and to increase the abilities of museum exhibitions by creating the emotional, authentic immersive atmosphere, which appeals to modern visitors.

Keywords: *historical reconstruction, virtual reconstruction, museum, cultural heritage*

REFERENCES

1. AMMONIT 3D. URL: <http://ammonit.org/about/>.
2. BABYLON. URL: <http://www.kadingirra.com/babylon.html>.
3. Byzantium1200. URL: <http://www.byzantium1200.com/hipodrom.html>.
4. MUVI. URL: <http://muvi.cineca.it>.
5. Museo Galileo. URL: <http://catalogue.museogalileo.it/index.html>.
6. Virtual Paul's Cross Project. URL: <http://vpcp.chass.ncsu.edu>.
7. Digitale Rekonstruktionen. URL: http://www.dg.architektur.tu-darmstadt.de/dg/forschung_dg/digitale_rekonstruktionen/projekte.de.jsp.
8. Synagogen in Deutschland – Eine Virtuelle Rekonstruktion. URL: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.
9. Fernrohr in die Vergangenheit. URL: <http://www.architectura-virtualis.com/exponate/fernrohr.php?lang=de&img=0>.
10. The Versailles 3D projects. URL: <http://www.versailles3d.com/en>.
11. The virtual museum of Iraq. URL: <http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it/homeITA.htm>.
12. Mittelalterl. Gründungsstädte. URL: <http://www.architectura-virtualis.com/exponate/gruendungsstaedte.php?lang=de&img=0>.

13. La Villa Romana La Olmeda. URL: <http://www.villaromanalaolmeda.com>.
14. *Grigoryeva A., Kugurakov I., Pavlov V.* Augmented reality of Cheboksary. URL: <http://kizhi.karelia.ru/library/adit-2012-t/873.html>.
15. *Yakimova V.* The three-dimensional reconstruction of Moscow Kremlin. URL: http://www.hist.msu.ru/Departments/Inf/3D/Article/doklad_809.pdf.
16. Ilurat: multimedia informational system. URL: <http://ilurat.nw.ru/>.
17. Multimedia informational system: archaeological monuments of Berezen islands. URL: <http://www.borysthenes.org>.
18. Multimedia informational system «Ancient temples and sanctuaries of western Crimea and Taman peninsula». URL: <http://www.bosportemple.ru/content/main/index.htm>.
19. Multimedia informational system: Staraya Ladoga. URL: <http://oldladoga.nw.ru/>.
20. Multimedia informational system: «Architecture and murals of Saviour Church on Nereditsa». URL: <http://www.nereditsa.ru>.
21. *Romashkevich T., Luciy S.* Computer reconstruction of murals of Saviour Church on Nereditsa. URL: <http://www.nereditsa.ru/Museum/reconstr.htm>.
22. Contest for project of Palace of the Soviets (1931–1933) URL: <http://vma.muar.ru/palace-of-the-soviets>.
23. Die Baugeschichte des Florentiner Doms. URL: <http://www.architectura-virtualis.com/rekonstruktion/florenz.php?lang=de&img=0>.
24. WELCOME TO DIGITAL KARNAK. URL: <http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Karnak>.
25. Multimedia informational system: Historico-cultural heritage of Eniseysk town. URL: <http://www.yeniseisk-heritage.ru/ru>.
26. Multimedia informational system: «Virtual reconstruction of Moscow Strastnoy monastery (from middle of XVII century to start of XX century): analysis of evolution of spatial infrastructure with 3D-modelling». URL: <http://www.hist.msu.ru/Strastnoy/index.html>.
27. Le Domus Romane Palazzo Valentini. URL: <http://www.palazzovalentini.it/index.php?lang=eng>.
28. L'Ecomuseo Virtuale Paleolitico di Marina di Camerota. URL: <http://www.camerotamuvip.eu>.

29. MAV. URL: <http://www.museomav.it>.

30. NU.M.E. Nuovo museo elettronico delle citta di Bologna. URL: <http://www.centrofasoli.unibo.it/nume/italiano/home.html>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



РАЗУВАЛОВА Екатерина Владимировна – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Информационные технологии и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» Института международных отношений, истории и востоковедения Казанского (Приволжского) федерального университета.

Ekaterina Vladimirovna RAZUVALOVA – junior research scientist of Kazan Federal University. Current scientific interests: virtual heritage reconstruction.

email: ekaterina.razuvalova@gmail.com



РУДЕНКО Константин Александрович – заведующий кафедрой музейного дела и охраны памятников Института дополнительного профессионального образования специалистов социокультурной сферы и искусства (г. Казань), профессор Казанского государственного института культуры, доктор исторических наук, диссертация «Процессы этнокультурного взаимодействия в Волго-Камье в конце X–XIV вв. по археологическим данным».

Konstantin Alexandrovich RUDENKO – Professor of Kazan State Institute of Culture and Arts, Dr. H. S., thesis in “Processes of ethnocultural interactions in Volgo-Kamie (X-XIV AD) using archaeological data”, chair of museum studies and historic preservation of Institute of additional professional education of specialists in the sociological and cultural sphere.

email: murzih@mail.ru

Материал поступил в редакцию 23 октября 2015 года

УДК 004.82+004.9

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ (НА ПРИМЕРЕ КАЗАНСКОГО ИМПЕРАТОРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА XIX – НАЧАЛА XX ВЕКОВ)

Л.К. Каримова¹, К.И. Шарюкова², Е.В. Разувалова³

*^{1,2,3}Институт истории, востоковедения и международных отношений
Казанского (Приволжского) федерального университета*

¹lukarimo@gmail.com, ²uuueesi@gmail.com, ³ekaterina.razuvalova@gmail.com

Аннотация

Рассмотрена комплексная технология виртуальной реконструкции Казанского императорского университета XIX – начала XX веков. Описаны технологии 3D-визуализации высокодетализированных моделей объектов университетского пространства, создания многоагентной системы и связанной с этими объектами структурированной базы данных исторических источников, варианты применения технологий погружения в виртуальную среду и геймификации.

Ключевые слова: 3D, виртуальная реальность, виртуальная реконструкция, мультиагентные системы, университетское пространство, база данных, культурно-историческое наследие

ВВЕДЕНИЕ

Технологии построения виртуальных реконструкций памятников историко-культурного наследия постоянно совершенствуются и усложняются вслед за усложнением запросов потребителей итоговой продукции. Уже недостаточно обычной визуализации, создания трехмерной модели объекта на основе сохранившихся исторических источников. Требуется включение в виртуальную модель стереоэффектов, возможности бесконтактного управления, создание многоагентной системы, использование технологий погружения и геймификации и др. Создать виртуальную модель Казанского императорского университета XIX–начала XX веков, используя указанные методы или, другими словами, комплексную тех-

нологию виртуальной реконструкции, поставил своей задачей коллектив исследователей Казанского федерального университета. Данный коллектив носит междисциплинарный характер, включая в свой состав профессиональных историков, IT-специалистов и архитектора.

Виртуальная реконструкция не только дает возможность продвинуться за пределы двухмерного представления и создать более точные – трехмерные – представления с помощью виртуального изучения реконструируемых объектов. Сам процесс конструирования трехмерных моделей может стать творческим и интерактивным исследовательским процессом. Модели выявляют неточности интерпретации реконструированных пространств, потому что заставляют полностью представить всю модель целиком, оценить каждый угол, деталь или структурное решение. В этом случае каждый шаг трехмерного моделирования может прояснить сомнения на счет природы конкретного фрагмента артефакта. Чаще всего со временем возникают новые вопросы и приходится возвращаться к исходным данным, документальным доказательствам или к иконографическим источникам. Таким образом, модели, реальные или виртуальные, являются важной частью исторических исследований и процесса сохранения историко-культурного наследия в целом.

СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДАННОЙ ОБЛАСТИ

Применение технологий трехмерного моделирования западными историками начинается практически параллельно с формированием самого направления в начале 1990-х годов. Наиболее заметные исследовательские проекты периода 1990-х годов связаны с виртуальными реконструкциями храма Св. Петра в Иордании, буддийского храмового комплекса Сазаедо, Ватиканского дворца эпохи Возрождения и др. Исследования с использованием трехмерных технологий велись в Германии, Польше, Италии, Великобритании, Швейцарии, Франции [1].

Среди российских исследователей данная тематика становится актуальной с некоторым запозданием, с начала 2000-х годов. Первыми на вопросы применения трехмерных технологий при создании музеев, в культуре и образовании обратили внимание М.Б. Игнатьев, Н.Н. Решетникова, Ю.Л. Колесников, Т.В. Шеламова и др. [2].

Практические разработки российских исследователей в области виртуальных исторических реконструкций в России появились только в середине 2000-х годов, когда ученые занялись реконструкциями крепостей Илурат, Тамбов и др. [3].

Отношение историков к возможностям применения трехмерных технологий в исследованиях изначально сводилось к представлению о методе, позволяющем добиться лишь примитивной визуализации исторических объектов, носящей исключительно иллюстративный характер. Но после успешного применения трехмерных моделей в ходе проекта по исторической реконструкции Рима, проводившегося Исследовательским центром античности и мифов университета г. Канны (Франция) [4], позволивших проверить различные гипотезы о технологии постройки и назначении различных сооружений Древнего Рима, отношение к применению технологий трехмерной визуализации в историческом сообществе изменилось. Все большее распространение в последнее время получают компьютерные модели городского ландшафта. Существует тенденция к слиянию крупных сетевых информационных ресурсов (баз данных, электронных библиотек, галерей) с элементами виртуальной реальности. И сейчас технологии трехмерного моделирования выступают уже как метод исследования и обработки исторического материала.

Одним из крупнейших современных центров использования виртуального моделирования в исторических исследованиях является Технический университет г. Дармштадт в Германии, который провел виртуальную реконструкцию Ватиканского дворца эпохи Возрождения, Темпле Майор в Мехико, некрополя в Сьяне и комплекса Шаолинь в Китае, 15 еврейских синагог Германии XIX–XX столетий, Бенедиктинского монастыря 823–830 гг. Св. Галленера Клостерпланеса [5]. Не менее известен центр исторической визуализации изучения Старого Света и археологии кафедры истории и архитектуры Браунского университета (США), который совместно с Лабораторией инжиниринга машинных систем проводил реконструкцию храма Св. Петра в Иордании [6].

В США крупнейшими проектами виртуальной исторической реконструкции являются проект «The Herodian Temple at the Davidson Center for Exhibition and Virtual Reconstruction», разрабатываемый американской компанией The Urban Simulation Team at UCLA под руководством James E. Packer, профессора классической археоло-

гии Северо-Западного Калифорнийского университета, и проект виртуальной исторической реконструкции храмового комплекса Амон Ра в Карнаке и гробниц египетских фараонов [7].

Одними из крупнейших проектов виртуальных исторических реконструкций памятников культуры Латинской Америки стали проекты реконструкции города майя Бонампак и индейского города Теотиуакана [8].

В России также существует несколько центров, применяющих виртуальные технологии в исторических исследованиях и образовательной среде. На истфаке МГУ в был реализован проект «Виртуальная реконструкция московского монастыря «Всех скорбящих радости»: анализ эволюции пространственной инфраструктуры на основе методов 3D моделирования», и сейчас идет работа над проектом «Виртуальная реконструкция московского Страстного монастыря (середина XVII – начало XX вв.): анализ эволюции пространственной инфраструктуры на основе методов 3D моделирования». В Санкт-Петербургском университете телекоммуникаций им. профессора Бонч-Бруевича и в Санкт-Петербургском государственном университете реконструируются архитектурный ансамбль древней боспорской крепости Иллурат, новгородского храма Спаса на Нередице, в Уральском отделении Института истории и археологии РАН работают над проектом «Виртуальная реконструкция поселения Сырой Аган-11, 12», в Тамбовском государственном университете им. Г.Р. Державина были созданы модели виртуальных исторических реконструкций крепости Свислоч, деревянной крепости XVII в. и провинциального Тамбова конца XVIII — начала XIX вв. [9]

В научно-исследовательской лаборатории «Информационные технологии и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия», организованной при Институте международных отношений, истории и востоковедения Казанского федерального университета, разработан проект историко-культурной геоинформационной системы Болгарского городища и прилегающих территорий «Великий Болгар» [10].

В целом налицо все большая актуализация проблем виртуальной реконструкции исторического прошлого, что вызвано, прежде всего, обновлением методологических принципов исторического познания и все усиливающейся тенденцией сохранения историко-культурного наследия.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Аналогов проекта по комплексной исторической реконструкции Казанского императорского университета XIX – начала XX веков среди российских проектов виртуальной реконструкции на данный момент нет. Впервые будет проведена комплексная историческая реконструкция университетского пространства, упор в которой будет сделан на историческую непрерывность, то есть пользователи конечного продукта смогут увидеть и поучаствовать во всех ключевых моментах истории восстанавливаемого объекта. При этом каждая деталь реконструкции будет подтверждена соответствующим архивным источником, а совокупность оцифрованных специально для этого проекта архивных материалов будет представлена в виде структурированной базы данных и привязана к трёхмерной реконструкции. Такая структура нашего проекта открывает доселе неизведанные возможности проведения сравнительного исторического анализа облика университета в различное время.

Достижение главной цели проекта – разработка технологии виртуальной реконструкции процесса формирования целостного университетского пространства и его отдельных объектов в контексте города в XIX – начале XX веков (на примере Казанского императорского университета) – позволит не только широко использовать его результаты в образовательных (учебные курсы по истории университета, городской культуре и пр.), научно-популярных (музейная и выставочно-экспозиционная деятельность), научных целях, но даст возможность применять эту технологию к полной или частичной реконструкции объектов культурно-исторического наследия в целом.

МЕТОДЫ

Для построения виртуальной реконструкции процесса формирования целостного пространства Казанского императорского университета и его отдельных объектов в контексте города в XIX – начале XX веков будет использоваться целый комплекс методов, которые позволят на основе значительного пласта сохранившихся исторических источников получить пространственную реконструкцию на нескольких временных срезах, подтвержденную материалами структурированной базы данных, привязанных к трёхмерной реконструкции, погрузить пользователя в среду провинциального российского университета XIX – начала XX веков и дать ему возможность

не просто осмотреть объекты изнутри и снаружи, но и пообщаться с персонажами, принять участие в повседневной жизни учебного заведения.

Базой реконструкции станет богатый комплекс источников, затрагивающих историю развития архитектурного пространства Казанского императорского университета. Для реализации задач проекта привлекаются следующие группы источников:

- планы и проекты как самого города (и университета на них), так и университета и его отдельных зданий и строений, которые позволят представить, как рос и видоизменялся комплекс университета и как он «вместал» в тело города, адаптируя или видоизменяя городское пространство;
- дополнительную важную информацию в этом плане представят директивные документы, касающиеся постройки (перестройки) зданий университета, сноса или перепланирования городских зданий и пространств, заполнения университетских зданий мебелью и оборудованием, их дизайна,
- фотографии (литографии, рисунки) университетских зданий и других объектов, университетского городка разных периодов, позволяющие оценить и визуализировать эволюцию кампуса,
- источники личного происхождения университетских людей и горожан, свидетельствующие о спектре восприятия университетского пространства «изнутри» и «извне»,
- отражение архитектурного облика Казанского университета в произведениях художественной литературы и поэзии,
- университетские эмблемы, символы, знаки, форменная одежда, другие маркеры разных периодов его истории, которые будут важны для наполнения реконструируемой модели историческим контентом, соотносимым с представляемой эпохой.

Сегодня архив Казанского императорского университета является одним из богатейших в Российской Федерации. Фонды профессорского совета, правления, четырех факультетов, строительного и училищного комитетов, попечителя, его канцелярии содержат в общей сложности около 17 тысяч дел. Все они находятся в Национальном архиве Республики Татарстан (Казань). Кроме того, Казанский университет, несмотря на нестоличное расположение, был интегрирован в имперскую и совет-

скую систему образования, следовательно, документы по истории университета отложились в фонде Казанского учебного округа в составе архива Министерства народного просвещения (Российский государственный исторический архив, Петербург). Это более 3 тысяч архивных дел, объём которых колеблется от одного до тысячи листов рукописного текста. И ещё: богатую рукописную коллекцию документов по истории Казанского императорского университета имеет Отдел рукописей и редких книг Научной библиотеки Казанского университета (более 1.5 тысяч единиц хранения). Если добавить к этому сборники опубликованных документов законодательного характера, изданные воспоминания, созданные за последние сто лет исследования историко-биографического, историографического и конкретно-исторического жанров, то станет ясно, что имеющее документальное наследие вполне достаточно и репрезентативно для решения поставленной проблемы.

Следующим этапом исследования станет систематизация и оцифровка собранных исторических данных, результатом которых будет создание специализированной базы данных, в которую войдет вся значимая для реконструкции информация. Создание базы данных значительно упростит и ускорит доступ к необходимой информации.

Схема базы данных проекта (см. рис. 1) отражает структуру взаимосвязей, в которой видна пространственная и временная зависимость. Сущность «Место» представляет собой определенную область на территории университета со своей историей и значимостью. Возможность этой модели содержать в себе другие «Места» или «Примечательности» позволяют создавать конкретизирующие иерархические структуры. Каждое место университета будет иметь несколько состояний, которые зависят от выбранного периода времени. К тому же большое внимание будет уделяться историческим справкам, информационному и медиаконтенту, источникам. В качестве системы управления базами данных будет использоваться PostgreSQL.

Финальный программный продукт будет состоять из двух взаимосвязанных модулей. Один модуль будет осуществлять прямую работу с базой данных архивных источников и предоставлять публичный API для доступа к ней. Обращение к этому API будет возможно через отдельное приложение для администрирования базы данных при помощи пользовательского интерфейса. Доступными будут такие операции, как добавление в базу данных новых источников, достопримечательностей и

людей, редактирование и удаление информации о них. Будет возможным осуществление выборки данных из базы по заданным критериям. К базе также подключается модуль визуализации, откуда он берёт необходимые данные.

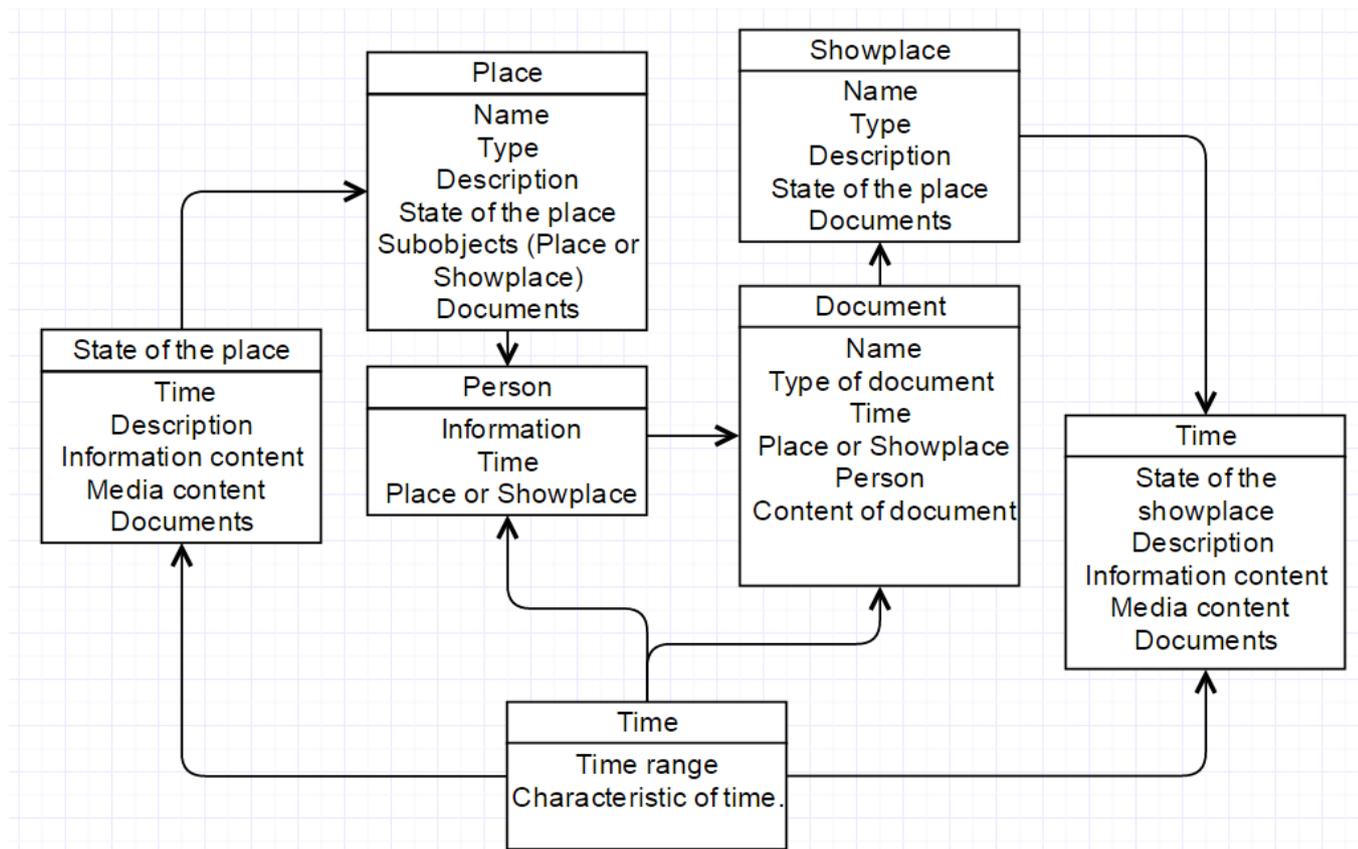


Рис. 1. Схема базы данных проекта

Второй модуль будет реализован на базе игрового движка Unity 3D и будет представлять собой трёхмерную реконструкцию пространства университета с видом от первого лица и возможностью перемещаться как во времени между ключевыми моментами в истории, так и в пространстве, посещая различные здания и осматривая их с разных ракурсов. Объекты интереса, такие, как архитектурные и иные достопримечательности и обучавшиеся или преподававшие в университете знаменитые люди, будут подсвечены специальным образом, чтобы указать пользователю на возможность взаимодействия с ними. По щелчку мыши будет выводиться историческая справка по такому объекту вместе со ссылками на все использованные источники.

Большое внимание будет уделено процессу визуализации. Трёхмерные модели будут создаваться при помощи таких пакетов для работы с трёхмерной графикой, как Blender, Autodesk Maya – непосредственно для создания моделей и ZBrush – для скульптурирования сложных объектов, таких, как, например, одежда людей, скульптуры и другие архитектурные элементы, а также других программ. Также скульптурирование поможет создать карты нормалей, благодаря которым увеличится визуальная детализация моделей без использования дополнительных полигонов и тени на объектах будут отображаться корректно. Было решено, что 3D-модели будут создаваться высокодетализированными. Это означает, что будут создаваться различные мелкие детали объектов, что поспособствует наибольшей их реалистичности. Всевозможные эффекты цветокоррекции будут использованы для создания соответствующей временному периоду, времени года и времени суток атмосферы. С наибольшей точностью создастся окружающая обстановка: свет фонарей, плывущие облака, дым, туман, а также анимация растительности. Все это поможет создать максимально приближенную к реальности атмосферу, а также даст ценную возможность многочисленной аудитории интерактивно окунуться в историю, изучать и запоминать её.

Ранее уже были созданы модели некоторых корпусов университета, в частности, главного корпуса (см. рис. 2).



Рис. 2. Виртуальная реконструкция части университетского городка КФУ (браузерная реализация, lowpoly-вариант)

В проекте предполагается внедрение возможности использования технологий виртуальной реальности, которое позволило бы окунуться в повседневный мир Казанского императорского университета XIX – начала XX веков. К оборудованию, позволяющему такое погружение, относятся очки, надеваемые на голову, и специальный стереодисплей для просмотра в этих очках. При просмотре изображений, сгенерированных стереодисплеем, в таких очках возникает полная иллюзия объёмности изображения.

Среди методов бесконтактного управления нами предполагается использование новейшей технологии Leap Motion – управление камерой жестами рук. Эта технология позволяет пользователю взаимодействовать со своим виртуальным окружением при помощи привычных ему жестов и движений рук, таких, как жест «щипка» для увеличения масштаба и жест «смахивания в сторону» для перелистывания экранов или переворачивания страниц. Данная разработка является необычайно гибкой и предоставляет самые широкие возможности в области управления компьютером жестами, без использования таких стандартных устройств, как мышь или клавиатура, что, несомненно, способствует более глубокому погружению в виртуальную реальность.

Технология Microsoft Kinect дальнейшим образом развивает возможности бесконтактного управления. Благодаря состоящей из двух камер системе, компьютер может распознавать более общие движения тела, в том числе движения рук, ног и головы.

Примеров использования подобных технологий в отечественных исторических виртуальных реконструкциях нами не было встречено. Между тем современные технологии позволяют достичь максимального погружения в виртуальную среду с помощью трёхмерных изображений и регистраций движений тела, которые используются для управления аватаром пользователя в виртуальной реальности.

Устройств, предоставляющих возможность такого погружения, на рынке немало. К ним относится, в частности, и технология Oculus Rift. Устройство представляет собой очки, надеваемые на голову, снабженные специальными видеозэкранами, благодаря чему будет создаваться зрительный эффект присутствия в заданном на компьютере пространстве. Использование нескольких экранов одновре-

менно, включая экран с технологией 3D-изображения и экран, управляющийся бесконтактными методами, позволяет стереть границы между реальностью и симуляцией, способствуя максимальному погружению.

Кроме того, при реализации проекта будут использоваться технологии геймификации. Под геймификацией понимается использование игровых элементов и методов игрового дизайна, характерных для компьютерных игр в неигровых контекстах. В исторических реконструкциях технологии геймификации используются при виртуальной реконструкции исторических событий. Чаще всего при этом используется жанр RTS (Real Time Strategy), реже Action (жанровые компьютерные игры с участием персонажа от 1-го или 3-го лица). Применение технологий геймификации позволяет пользователю увидеть ход исторических событий (например, студенческих сходок в Казанском императорском университете 1890-х годов и др.), смоделировать возможные варианты исхода того или иного события, принять непосредственное участие в событиях (например, «прожить» типичный день студента или преподавателя XIX века и др.). Подобные технологии только начинают находить свое применение в отечественных разработках виртуальных исторических реконструкций.

Технология геймификации создаваемого виртуального университетского пространства будет разрабатываться как увлекательное погружение с помощью «машины времени» в тот или иной период истории университета. Предполагается, что посетитель машины времени не будет ограничен в выборе своего маршрута в виртуальном пространстве Казанского императорского университета определенного временного периода. Передвигаясь внутри зданий, открывая различные двери, он будет становиться свидетелем, а иногда и участником реконструированных нами по историческим источникам событий (слушателем Актовой речи профессора, свидетелем защиты диссертации, участником студенческой сходки и т. д.)

В разрабатываемой виртуальной реконструкции внешнего и внутреннего пространств Казанского императорского университета особое внимание будет уделяться воссозданию университетских символов. Часть этих символов сохранилась до сих пор, часть (например, украшающее вход в главное здание изображение совы, восседающей на рыцарском шлеме с открытым забралом, символизирующее, что

университет – это храм науки (см. рис. 3)). Часть символов оказалась забыта и утрачена, но будет восстановлена в виртуальном пространстве Казанского императорского университета XIX – начала XX веков. Все эти символы являлись своеобразными признаками университетской культуры и маркировали университетское пространство Казани.



Рис. 3. Изображение совы, восседающей на рыцарском шлеме с открытым забралом, расположенное над входом в главный корпус КФУ

Существует множество других примеров присутствия символов в университетском пространстве изучаемого периода, и отражение их в виртуальной реконструкции позволит проследить, как в них интегрируются и причудливо трансформируются элементы традиций многих культур и субкультур: российской и западноевропейской, средневековой и современной, религиозной и светской, военной и гражданской.

Немаловажной частью виртуальной исторической реконструкции является логичное и естественное поведение в нём людей. Основой для искусственного интеллекта обитателей трёхмерной реконструкции Казанского императорского университета XIX – начала XX веков выступит модель BDI, Belief-Desire-Intention. Данная модель регулирует поведение интеллектуальных агентов в многоагентной системе, такой, как историческая реконструкция с большим количеством человеческих персонажей. При этом поведение агентов основывается на упрощённой пирамиде потребностей Маслоу, в соответствии с которой в каждый момент времени приоритет

каждой из потребностей агента динамически пересчитывается и потребность с самым высоким приоритетом отдаётся на выполнение. Способы удовлетворения каждой потребности прописывает программист.

Виртуальное пространство реконструируемого Казанского университета будет «населено» и персонажами, действовавшими в тот или иной исторический период. Сохранившиеся исторические источники позволяют детально воссоздать костюмы и атрибутику, свойственные различным типам персонажей в разные хронологические периоды. Кроме трёхмерных моделей, отражающих усредненный облик студентов, преподавателей, служащих и горожан, смоделированы фигуры и конкретных исторических персоналий, людей, живших и трудившихся в университетском пространстве в разные годы (например, профессоров Н.И. Лобачевского, Н.Н. Зинина, А.М. Бутлерова, И.М. Симонова и др., студентов В.И. Ульянова, Л.Н. Толстого и др.). Предполагается также «наделение» персонажей способностью говорить с пользователем, помочь ему в навигации по виртуальному пространству Казанского университета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разрабатываемый в Казанском федеральном университете проект виртуальной реконструкции Казанского императорского университета XIX–начала XX веков предполагает использование комплексной технологии виртуальной реконструкции, как наиболее эффективной методики для решения поставленных амбициозных задач. Кроме создания непосредственно высокодетализированных трехмерных моделей объектов университетского пространства с использованием всевозможных эффектов цветокоррекции, многоагентной системы и связанной с этими объектами структурированной базы данных исторических источников, будут использоваться технологии погружения в виртуальную среду (Leap Motion, Microsoft Kinect, Oculus Rift) и геймификации. Конечный продукт позволит погрузить пользователя в среду одного из старейших российских университетов XIX –начала XX веков и даст ему возможность выбора маршрута передвижения в виртуальном пространстве университетского городка как снаружи, так и внутри зданий, общения с персонажами и даже участия в некоторых событиях повседневной жизни учебного заведения.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Steuer J. Defining. Virtual reality: dimensions determining telepresence // Journal of Communications. 1992. No 42.4. P. 73-93.*
2. *Marie-Laure Ryan. Immersion vs. interactivity: virtual reality and literary theory // Dept. of English, Postmodern Culture. Oxford. 1994. V. 5, No 1.*
3. *Youngblut C. Educational uses of virtual reality technology // Institute for Defense Analyses, Paper D-2128, Virginia, 1998.*
4. *Visnovcova J. 3D-Rekonstruktion und Visualisierung des Reliefs der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer (1716–1802) // VPK/MPG-Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik Mensuration, Photogrammetrie, Genie rural. 2001. No 7. P. 486-489.*
5. *Ignatiev M.B., Nikitin A.V., Nikitin A., Reshetnikova N.N. The virtual worlds in culture and education // Russian Digital Libraries Journal. 2001. V. 4, No 3.*
6. *Колесников Ю.Л., Потеев М.И., Шеламова Т.В. Виртуальный музей истории создания и развития образовательного учреждения как составляющая его информационной среды // Научно-технический вестник СПб ГИТМО (ТУ). 2003. Вып. 9. С. 8-11.*
7. *Колесников Ю.Л., Шеламова Т.В., Щербакова И.Ю. Опыт создания виртуального музея университета и перспективы его использования в образовательной среде // Актуальные проблемы вузовских музеев. 2004. С. 29-30.*
8. *Борисов Н.В., Горончаровский В.А., Швембергер С.В., Щербаков П.П. Компьютерная 3D-реконструкция археологических памятников (по материалам боспорского города-крепости Илурат) // 10-я юбилейная международная конференция «EVA 2007», 2007.*

9. *Жеребятьев Д.И.* Применение технологий интерактивного 3D-моделирования для реконструкции утраченных памятников истории и архитектуры на примере крепости Тамбов // Материалы XIV межд. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2007». М., 2007.

10. *Fleury Ph. et Madeleine S.* Realitie virtuelle et restitution de la Rome antique au IV siecle p.C. // Histore urbaine, 2007.

11. Виртуальная интерактивная реконструкция античного мира IV в. н. э. // Новый взгляд, Тамбов, 2007. Т. 1. С. 46-51.

12. О проектах Технического университета г. Дармштадт. URL: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/d_projects/index.html.

13. *Vote E., Raford N. & Walsky A.* HIGHER LEARNING – PROJECTS. URL: <http://vis.cs.brown.edu/docs/pdf/Shape-2003-SHA.pdf>.

14. Urban Simulation Team. URL: <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/projects.html>

15. The Development of the Temple of Karnak. URL: <http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Karnak/assets/media/resources/ProcessionalRoutesAndFestivals/guide.pdf>.

16. *Минаева Ю.* Древний индейский город Теотиуакан восстановлен. URL: http://infox.ru/science/past/2009/06/15/Тyeotiuakan_3D.html.

17. Виртуальная реконструкция московского монастыря «Всех скорбящих радости»: анализ эволюции пространственной инфраструктуры на основе методов 3D моделирования. URL: <http://www.hist.msu.ru/3D/monastery-auth-1.htm>.

18. Учебно-производственные комплексы Avid в Санкт-Петербурге. URL: http://www.elogar.ru/files/Avid_in_SaintPeterburg.doc.

19. Виртуальная реконструкция новгородского храма Спаса на Нередице. URL: <http://www.nereditsa.ru>.

20. Виртуальная реконструкция Старой Ладogi. URL: <http://oldladoga.nw.ru>.

21. Поселенческие памятники коренного населения Средней Оби. Виртуальная реконструкция поселения Сырой Аган-11, 12. URL: <http://www.ihist.uran.ru>.

22. *Жеребятьев Д.И., Кончаков Р.Б.* Использование технологий создания 3-d игр как инструмента сохранения и реконструкции исторических памятников //

Материалы X конференции ассоциации «История и компьютер». М., Тамбов, 2006. С. 12-13.

23. Разуvalова Е.В., Низамутдинов А.Р. Виртуальная реконструкция культурно-исторических памятников Среднего Поволжья // Национальная ассоциация ученых (НАУ). VII международная научно-практическая конференция «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени». 2015. Ч. II, № 2(7). С. 46-49.

COMPLEX TECHNOLOGY OF VIRTUAL RECONSTRUCTION (THE CASE OF KAZAN IMPERIAL UNIVERSITY OF XIX – EARLY XX CENTURIES)

L.K. Karimova¹, K.I. Shariukova², E.A. Razuvalova³

^{1,2,3}*Institute of International Relations, History and Oriental Studies.*

Kazan Federal University

¹lukarimo@gmail.com, ²uuueesi@gmail.com, ³ekaterina.razuvalova@gmail.com

Abstract

This article deals with technology of virtual reconstruction of Kazan Imperial University of XIX – early XX centuries. The paper describes technologies of 3D-visualization of high resolution models of objects of university space, creation of multi-agent system and connected with these objects organized database of historical sources, variants of use of technologies of immersion into the virtual environment.

Keywords: *3D-reconstruction, multi-agent system, database, university's space, virtual reconstruction, virtual heritage*

REFERENCES

1. Steuer J. *Defining*. Virtual reality: dimensions determining telepresence // Journal of Communications. 1992. No 42.4. P. 73-93.

2. Marie-Laure Ryan. *Immersion vs. interactivity: virtual reality and literary theory* // Dept. of English, Postmodern Culture. Oxford. 1994. V. 5, No 1.

3. *Youngblut C.* Educational uses of virtual reality technology // Institute for Defense Analyses, Paper D-2128, Virginia, 1998.

4. *Visnovcova J.* 3D-Rekonstruktion und Visualisierung des Reliefs der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer (1716–1802) // VPK/MPG-Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik Mensuration, Photogrammetrie, Genie rural. 2001. No 7. P. 486-489.

5. *Ignatiev M.B., Nikitin A.V., Nikitin A., Reshetnikova N.N.* The virtual worlds in culture and education // Russian Digital Libraries Journal. 2001. V. 4, No 3.

6. *Kolesnikov U.V., Poteev M.I., Shelamova T.V.* Virtual Museum of the history and development of the educational institution as part of its information environment // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics (Saint-Petersburg). 2003. T. 9. S. 8-11.

7. *Kolesnikov U.V., Shelamova T.V., Tscherbakova I.Yu.* Opyt sozdaniya virtual'nogo museya universiteta i perspektivy ego ispol'zovaniya v obrazovatel'noy srede // Aktual'nye problemy vuzovskikh muzeev. 2004. S. 29-30.

8. *Borisov N.B., Goroncharovskiy V.A., Shemberger S.V., Scherbakov P.P.* Computer 3D-reconstruction of archaeological sites (based on the Bosphorus Ilurat fortress city) // The 10th International Conference «EVA 2007", 2007.

9. *Gerebyat'ev D.I.* Primewneniy tekhnologiy interaktivnogo 3D-modelirovaniya dlya rekonstruktsii utrachennykh pamyatnikov istorui i arkhitektury na primere kreposti Tambov // Materialy XIV megdunarodnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh "Lomonosov-2007". M., 2007.

10. *Fleury Ph.et Madeleine S.* Realitie virtuelle et restitution de la Rome antique au IV siecle p.C. // Histore urbaine, 2007.

11. About Darmstadt's projects read more. URL: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/d_projects/index.html.

12. Virtual'naya interaktivnaya rekonstruktsiya antichnogo IV v. n. e. // Novyi vzglyad, Tambov, 2007. T. 1. S. 46-51.

13. *Vote E., Rford N. & Walsky A.* HIGHER LEARNING – PROJECTS. URL: <http://vis.cs.brown.edu/docs/pdf/Shape-2003-SHA.pdf>.

14. Urban Simulation Team. URL: <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/projects.html>.

15. The Development of the Temple of Karnak. URL: <http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Karnak/assets/media/resources/ProcessionalRoutesAndFestivals/guide.pdf>.

16. *Minaeva U.* Ancient Indian city of Teotihuakan was restored. URL: http://infox.ru/science/past/2009/06/15/Tyeotiuakan_3D.html.

17. Virtual reconstruction of the Moscow monastery "All the Afflicted": an analysis of the evolution of the space infrastructure, based on methods of 3D simulation. URL: <http://www.hist.msu.ru/3D/monastery-auth-1.htm>.

18. Training Avid production facilities in St. Petersburg. URL: http://www.elogor.ru/files/Avid_in_SaintPeterburg.doc.

19. Virtual reconstruction of the Novgorod Church of the Savior on Nereditsa. URL: <http://www.nereditsa.ru> and others.

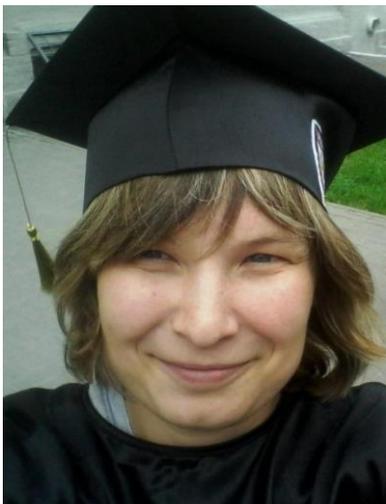
20. Virtual'naya rekonstruktsiya Staroy Ladogi. URL: <http://oldladoga.nw.ru>.

21. Poselencheskie pamyatniki korennoy naseleniya Sredney Obi. Virtual'naya rekonstruktsiya poseleniya Syroy Agan-11, 12. URL: <http://www.ihist.uran.ru>.

22. *Gerebyat'ev D.I., Konchakov R.B.* Ispol'zovanie tekhnologiy sozdaniya 3-d igr kak instrumenta sokhraneniya i rekonstruktsii istoricheskikh pamyatnikov // Materialy X konferentsii assotsiatsii «Istoriya i kompyuter». M., Tambov, 2006. pp. 12-13.

22. *Razuvalova E.V., Nizamutdinov A.R.* Virtual reconstruction of cultural and historical monuments of the Middle Volga region // National Association of Scholars (NAU). VII International scientific-practical conference "domestic science in the era of change: the past and the tenets of the theory of modern times. 2015. P. II, № 2 (7). S. 46-49.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



КАРИМОВА Луиза Каюмовна – кандидат исторических наук, доцент кафедры историографии и источниковедения Института международных отношений, истории и востоковедения Казанского (Приволжского) федерального университета.

Luiza Kayumovna KARIMOVA – Associate Professor of Institute of International Relations, History and Oriental Studies Kazan Federal University (2008), candidate of historical science.

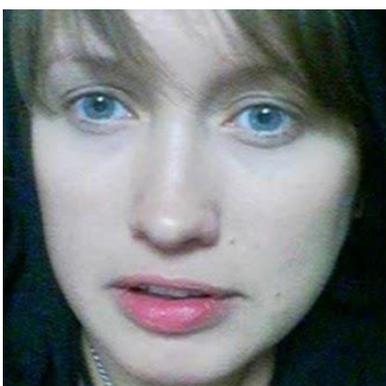
email: lukarimo@gmail.com



ШАРЮКОВА Камила Ильдусовна – студентка IV курса Высшей школы информационных технологий и информационных систем, лаборант-исследователь научно-исследовательской лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» Института международных отношений, истории и востоковедения Казанского (Приволжского) федерального университета.

Kamila Ildusovna SHARYUKOVA – bachelor of Higher School ITIS, researcher in the Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage" of Kazan Federal University.

email: uuueesi@gmail.com



РАЗУВАЛОВА Екатерина Владимировна – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Информационные технологии и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» Института международных отношений, истории и востоковедения Казанского (Приволжского) федерального университета.

Ekaterina Vladimirovna RAZUVALOVA – researcher in the Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage" of Kazan Federal University. Current scientific interests: virtual heritage reconstruction.

email: ekaterina.razuvalova@gmail.com

Материал поступил в редакцию 25 октября 2015 года

УДК 004.946

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЁТА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ ОСТРОВА-ГРАДА СВЯЖСКА

Е.Ф. Шайхутдинова¹, А.В. Касимов², А.Г. Ситдииков³, Т.Р. Азизов⁴

^{1,2,3}Институт археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан; ⁴Казанский (Приволжский) федеральный университет

¹eugen.shaykhutdinova@gmail.com; ²delaluna@mail.ru; ³sitdikov_a@mail.ru;

⁴timmik94@gmail.com

Аннотация

Статья посвящена проблемам автоматизированного учета результатов исследования и текущего мониторинга объектов культурного наследия острова-града Свяжск. Приведена общая концепция создания автоматизированной системы, включающей в себя разработку базы знаний по текущему и периодическому состоянию трех историко-культурных объектов. Так же описана разработка автоматизированной системы учета результатов исследования объектов культурного наследия острова-града Свяжск.

Ключевые слова: автоматизированная система, учет, результаты исследований, unity3D, ASP.NET

ВВЕДЕНИЕ

Остров-град Свяжск – уникальный объект историко-культурного наследия (ОКН) России. Природно-географическое расположение острова всегда привлекало к нему человека и располагало к активному освоению местности. В разные периоды времени остров населяли черемисы, буртасы, чувашаи и татары [1]. В середине XVI в. после неудачного похода на Казань царя Ивана IV было решено построить крепость вблизи Казани [1]. Город был основан и заселен единовременно в 1551 г. Согласно летописям, вблизи Углича был срублен лес и построены стены, башни, церкви и дома, которые были сплавлены по воде на остров Свяжск [1]. На протяжении четырех столетий Свяжск был духовно-миссионерским центром. На территории острова к началу XX в. функционировало 12 церквей и 2 монастыря

[1]. После Октябрьской революции и гражданской войны начинается упадок города, который связан со многими объективными причинами. Активные мероприятия по сохранению объектов культурного наследия Свияжска, начатые в 2010 г., позволили сохранить уникальный архитектурный ансамбль города, что способствует активной популяризации и развитию туризма в России.

С началом проведения широких работ по сохранению культурного наследия острова возникла острая необходимость в систематизации и учете результатов реставрации и исследований, мониторинге и контроле текущего состояния объектов наследия Свияжска. Для решения этих вопросов было принято решение о создании автоматизированной системы (АС), которая должна решать следующие задачи: систематизация и унификация результатов исследования; разработка системы учета и хранения результатов исследования; разработка системы хранения образцов исследований; разработка системы хранения архивных документальных источников; разработка автоматизированной системы мониторинга текущего состояния; создание системы визуализации объектов наследия в 2-D и 3-D форматах; историческая реконструкция объектов наследия по архивным документальным источникам.

В систему будут включены результаты научных работ и отчеты текущих состояний по естественно-научным, биологическим, климатическим, инженерным и архитектурным методам исследования трех объектов культурного наследия (ОКН) Свияжска: Успенский собор, Троицкая церковь и музеефикация раскопа «Татарская слободка».

В рамках разработки АС будут решены две основные задачи: отслеживание изменений состояния объекта во времени (периодические исследования: инженерное состояние, выявление происхождения элементов, определение возраста элементов и объекта) и текущее состояние (мониторинг температурно-влажностного режима объекта). В качестве объектов изучения выступают элементы деревянной и каменной конструкции, декора и др. Характеристики ОКН складываются из результатов исследований этих элементов. На основе созданного банка знаний специалист сможет построить прогноз разрушения объекта, сформировать комплекс охранно-спасательных работ и использовать накопленные знания для научного изучения объекта.

АС будет содержать несколько модулей: визуализация; мониторинг; исследование; архив; база данных хранилища физических образцов.

Модуль визуализации должен содержать модели ОКН в 2-D и 3-D форматах с индикацией мест забора проб. Кроме моделирования объектов в современном состоянии предполагается историческая реконструкция объектов в различные периоды времени.

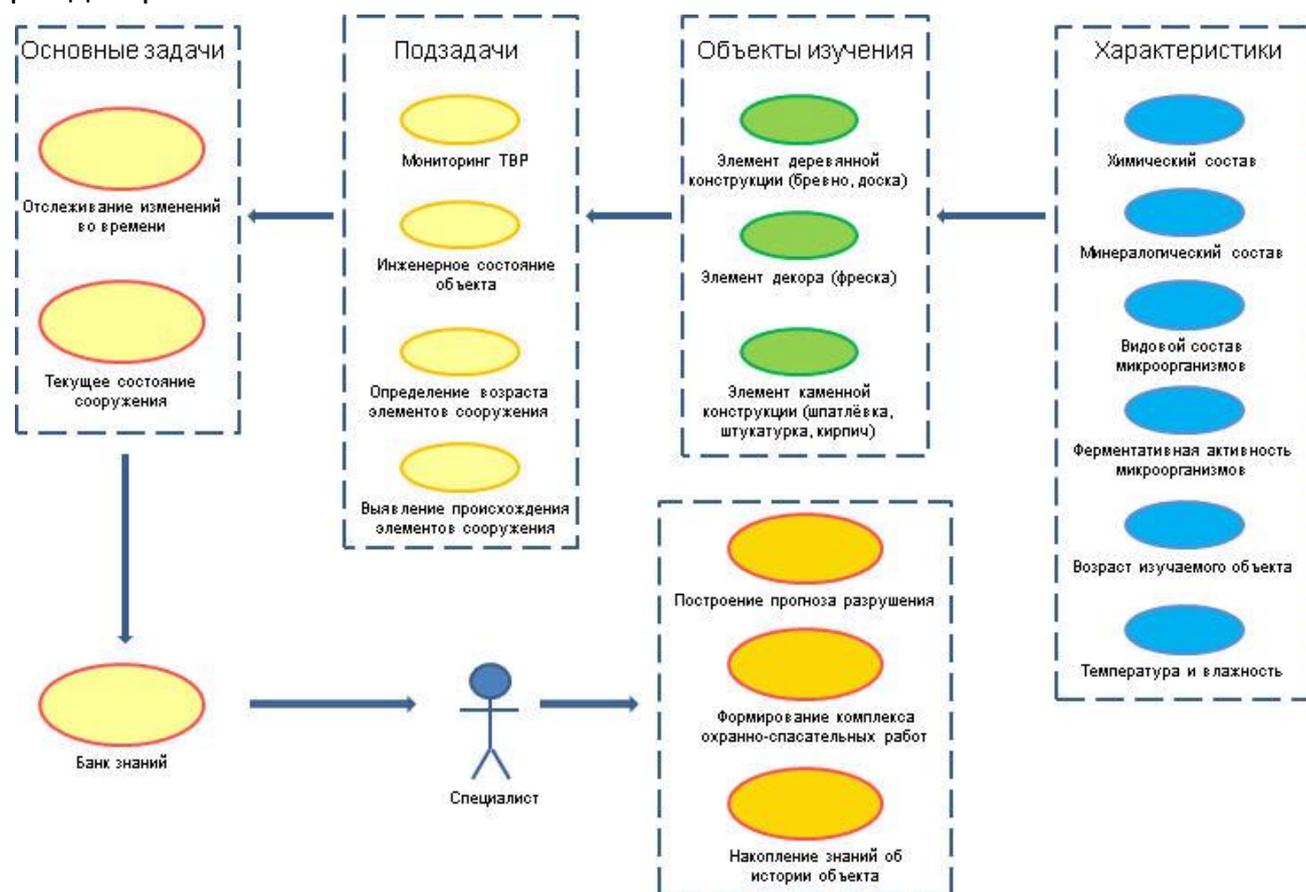


Рис. 1. Схема автоматизированной системы

Мониторинг объектов включает в себя наблюдение за изменением температурно-влажностного режима (ТВР) во времени и хранение предыдущих данных ТВР. Также предполагается, что данные ТВР будут включены в журнал состояния объекта.

Знания о результатах исследования включают в себя сведения об образце, области исследования и будут связаны с системой ТВР и журналом состояния объекта.

Предполагается, что в АС будут включены результаты микробиологии, оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии, рентгено-флуоресцентного анализа, спектрального анализа, рентгено-фазового анализа, технико-технологического анализа, дендрохронологии, радиоуглеродного анализа, инженерно-архитектурного анализа. Например, результаты сканирующей электронной микроскопии образца номер MC021 отображены в табличной форме, отмечены на 2-D и 3-D моделях, кроме этого полный отчет и графические материалы по этому образцу можно скачать в формате *.pdf.

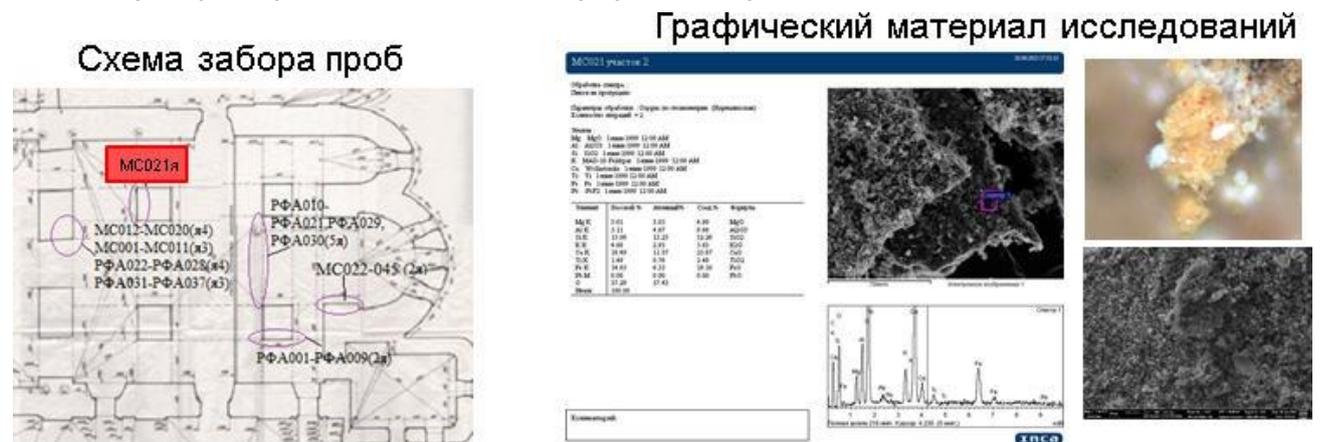


Таблица результатов исследования

Шифр	Место	Цвет краски	Химический состав					
			Mg	Al	Si	Ca	Fe	...
MC001	Стена над аркой во 2 молебном зале, 2 ярус	темно-красный	0,69	0,23	1,97	1,65	71,42	...
MC002	Стена над аркой во 2 молебном зале, 2 ярус	-	0,18	0,38	0,13	9,02	0,61	...
...
MC021	Колонна 1, над фреской с Варсонофием с головой лошади	-	5,76	1,48	2,29	0,58	32,35	...

Рис. 2. Отображение результатов исследования образцов методом сканирующей электронной микроскопии

Архивный модуль будет содержать все периодические и текущие наблюдения и исследования объекта.

Помимо АС планируется создание физической базы данных образцов. Каждому образцу будет присвоен уникальный номер, а информация о нем в базе знаний будет содержать сведения о месте и дате забора проб, а также физическое

место хранения пробы. Например, образец МС021 забран с фрески с Варсонофием на колонне №1 08.06.2015 лаборантом-исследователем Сафиной И., место хранения – Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ (реставрационно-аналитический отдел).

Таким образом, результатом разработки АС станет создание единой информационной системы, включающей в себя модули: мониторинга ТВР в режиме реального времени и архив состояний; визуализации ОКН и их исторических реконструкций; учета и хранения образцов исследований; учета и хранения результатов исследований; хранения архивных документальных источников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На данный момент АС состоит из (1) базы данных, (2) серверной части, (3) клиентской части в виде веб-страниц (для авторизации и заполнения справочников) и (4) 3D-визуализации результатов исследований.

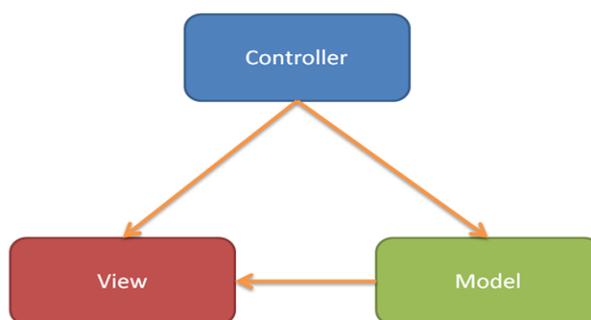


Рис. 3. Модель Model-View-Controller

Для реализации серверной части АС использована технология ASP.NET [6], что позволяет использовать модель Model-View-Controller. Данная модель подразумевает разделение системы на 3 части: Model – модель данных; View – представление данных для пользователя, пользовательский интерфейс; Controller – часть системы, передающая данные из модели в представление и обратно.

Серверная часть разработанной АС содержит реализацию модели и контроллера.

Для реализации модели используется технология Microsoft Entity Framework, которая позволяет работать с базой данных (БД) через классы, пред-

ставляющие модель. Также данная технология позволяет легко осуществлять переход между различными реляционными базами данных. В данной АС была использована технология Code first [8], т. е. сначала были написаны классы, представляющие модель, а затем по ним сгенерировалась база данных.

Основной сущностью модели является сущность образца, представленная в модели классом Point. Данная сущность представляет образец, взятый на ОКН, в ней содержатся данные о том, когда и где взят данный образец, координаты для его визуализации, ссылки на исследователя и на исследования, проведенные с ним.

Для представления результатов исследования был создан абстрактный класс Analyze, в котором содержатся общие для всех исследований данные, такие как, дата проведения исследования, тип исследования, ссылки на исследователя и на сам образец. Для представления результатов конкретного исследования создается соответствующий наследник данного класса с необходимыми полями и ссылками.

Используемые в системе контроллеры делятся на две части: (1) стандартные контроллеры, которые служат для связи сервера и веб-страниц, эти контроллеры используются при авторизации и редактировании данных в БД; (2) webapi-контроллеры, которые связывают сервер и 3D-визуализацию, эти контроллеры передают и принимают json-объекты, в которых хранятся необходимые данные.

Для авторизации используется технология asp.net identity [7], к достоинствам которой в первую очередь нужно отнести возможность гибкого разделения ролей и предоставления им различных прав по взаимодействию с системой.

Представление (View) состоит из трех частей: веб-страницы; 3D-сцена для заполнения данных об образце, анализах, с ним связанных, и отправки данных на сервер; 3D-сцена для выгрузки данных об образцах с сервера и их расстановка на 3D-модели ОКН.

Веб-страницы нужны для управления таблицами-справочниками, такими, как справочник исследователей или справочник элементов ОКН, данные в таких таблицах редко изменяются в ходе выполнения приложения. Также веб-страницы используются для авторизации пользователей АС, которым могут быть приписаны разные роли и уровни доступа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для визуализации заполнения данных на сцене имеется упрощенная 3D-модель ОКН, которая была получена на основе обмерочных чертежей [3, 4]. Кроме того, методом лазерного сканирования было получено плотное облако точек двух архитектурных объектов: Успенский собор и Троицкая церковь [5], из которых в дальнейшем будет получена высокоточные полигональные модели.



Рис. 4. Успенский собор



Рис. 5. Троицкая церковь

На данную модель помещен mesh collider, который точно повторяет все контуры модели. Для определения координаты точки используется метод Raycast из стандартного набора методов Unity3D, который позволяет отметить точку

столкновения выпущенного луча и физического коллайдера объекта. При нажатии левой кнопки мыши создается объект типа Point, активируется панель с различными полями, где вводятся данные образца и всех анализов. При создании экземпляра класса Point в него записываются координаты точки столкновения луча и коллайдера объекта, представляющего 3D-модель ОКН. Эти данные используются для последующей визуализации образцов.

Для каждого типа анализов создана отдельная панель. Она активируется, если нажать на кнопку с соответствующим названием анализа, и деактивируется при добавлении анализа к точке или при отмене. Многие анализы связаны со справочными таблицами. При запуске все данные из справочных таблиц загружаются с сервера. При работе приложения они доступны через всплывающие списки.

Для общения с сервером создан класс Connector, в котором создан метод AddPointInDatabase, отвечающий за отправку данных об образце. Для связи с сервером используется класс WebClient, содержащий методы как для отправки данных на сервер, так и для загрузки данных с сервера.

Для отправки на сервер объект класса Point конвертируется в json-строку. Для сериализации объекта в json используется библиотека Newtonsoft json. После этого в коллекцию Headers добавляются параметры id всех справочных таблиц. Затем данные отправляются на сервер с помощью метода UploadString. В ответ сервер посылает id вставленной точки.

Аналогично отправляются данные анализов, связанных с отправленным образцом. Для того чтобы результаты исследования были приписаны к правильному образцу в запросе, отправляется также id образца. Таким же образом в БД записываются сущности, связанные с исследованием.

В сцене, где происходит загрузка данных, также имеется модель ОКН, на которой происходит визуализация локализаций, из которых были взяты образцы.

Чаще всего в АС возникает необходимость получить выборочные данные только об образцах с определенными параметрами, например, образец, взятый конкретным исследователем, или результаты, полученные в определенный промежуток времени, или получить список образцов исследований, которые дали

определенные результаты. Для решения данной задачи создана система фильтров. Для этого были созданы классы, определяющие набор параметров, по которым идет отбор. Для определения параметров для фильтрации создан класс `PointFilterParameters`, где хранятся основные параметры, по которым выбирается образец. В данном классе имеется ссылка на абстрактный класс `AbstractAnalyzeFilterParameters`, который определяет основные параметры исследований, которыми должен обладать выбираемый образец. Для определения параметров для конкретного типа исследований создается наследник этого класса.

Так как не всегда требуется отбирать образцы по всем фильтрам, требуется проверять, нужно ли применять данный фильтр в запросе. Для этого в поле в классе, представляющем параметр, по которому фильтрация производится не должна, заносится значение, по которому система данный фильтр не учитывает. Например, если в данный момент не требуется выдать образцы, взятые конкретными исследователями, то вместо списка в соответствующее поле класса `PointFilterParameters` заносится значение `null`. Фильтрация данных производится на стороне сервера специальным `webapi`-контроллером.

Загрузка данных происходит по частям – сначала загружаются данные об образце, затем по его `id` происходит загрузка сущностей, связанных с данным образцом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент времени реализованы модули заполнения и отправки данных на сервер, а также загрузки данных с сервера и их визуализации. Также реализована возможность использовать некоторые фильтры для загружаемых данных.

Данная АС решает задачи по унификации учета, хранения, быстрого доступа к данным и наглядной визуализации результатов исследований. В связи с этим мы находим целесообразным внедрение нашей АС для всех ОКН, на которых проводятся масштабные и комплексные научные исследования и возникает необходимость формирования комплекса охрано-спасательных работ на их основе.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История реставрации объектов культурного наследия острова-града Свияжск. Казань: ИП Гарипова Г.Г., 2013. 260 с.

2. Шайхутдинова Е.Ф., Касимов А.В., Ситдииков А.Г. Разработка автоматизированной системы учета результатов исследования и мониторинга текущего состояния историко-архитектурных объектов острова-града Свияжск // Сборник международного конгресса по Свияжску, 2015.

3. Бугров Д.Г., Гайнуллин И.И., Касимов А.В., Ситдииков А.Г., Старовойтов А.В., Усманов Б.М., Чернова И.Ю. Комплексный подход при сборе информации для визуализации историко-культурного наследия острова-града Свияжск // Виртуальная археология (эффективность методов): материалы Второй международной конференции, состоявшейся 1–3 июня 2015 года в Государственном Эрмитаже / Государственный Эрмитаж. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2015. С. 103-112.

4. Гайнуллин И.И., Касимов А.В., Усманов Б.М. Трехмерное моделирование объектов культурного наследия исторического поселения Свияжск // Вторая международная конференция «Археология и геоинформатика», 20–22 мая 2015 г., Институт археологии РАН. Доклад.

5. Усманов Б.М., Загретдинов Р.В., Старовойтов А.В. Создание высокоточных геопространственных моделей уникальных историко-архитектурных объектов Болгара и Свияжска // IV Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем» в рамках Татарстанского нефтегазо-химического форума. Казань, 2–3 сентября 2015.

6. Pranav Rastogi, Rick Anderson, Tom Dykstra and Jon Galloway. Introduction to ASP.NET Identity. October 17, 2013.

7. MSDN. Технология Code First для создания базы.

PRACTICAL APPROACH TO DEVELOPMENT AUTOMATED SYSTEM OF RECORD RESEARCH RESULTS CULTURAL HERITAGE OBJECTS ISLAND-TOWN SVIYAZHISK

E.F. Shaihutdinova¹, A.V. Kasimov², A.G. Sitdikov³, T.R. Azizov⁴

^{1,2,3}*Khalikov Institute for Archaeology, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;* ⁴*Kazan (Volga Region) Federal University*

¹eugen.shaykhutdinova@gmail.com; ²delaluna@mail.ru; ³sitdikov_a@mail.ru; ⁴timmik94@gmail.com

Abstract

In this paper we tackle the problems of automated registration of research data of cultural heritage of Sviyazhsk island, and associated live monitoring of historical monuments. We describe the general idea of automated system that gathers the data from the monitored monuments and maintains the resulting knowledge base. We cover the development of the said system in details.

Keywords: *automated system, data collection and storage, unity 3D, ASP.NET*

REFERENCES

1. Istoriya restavratsii ob'ektov kul'turnogo naslediya ostrova-grady Svaijsk. Kazan, 2013. 260 s.
2. Shaykhutdinova E.F., Kasimov A.V., Sitdikov A.G. Razrabotka avtomatizirovannoy sistemy ucheta rezul'tatov issledovaniya i tekutshego sostoyaniya istoriko-arkhitekturnykh ob'ektov ostrova-grady Svaijsk // Sbornik mezhdunarodnogo kongressa po Svaijsku, 2015.
3. Bugrov D.G., Gaynullin I.I., Kasimov A.V., Sitdikov A.G., Starovoytov A.V., Usmanov B.M., Chernova I.Yu. Kompleksnyi podkhod pri sbore informatsii dlya vizualizatsii istoriko-kul'turnogo naslediya ostrova-grady Svaijsk // Virtual'naya arkheologiya (effektivnost' metodov): materialy 2 Mezhdunarodnoy konferentsii / Gosudarstvennyi Ermitage. St.-Pb., 2015. S. 103-112.
4. Gaynullin I.I., Kasimov A.V., Usmanov B.M. Trekhmernoe modelirovaniye ob'ektov kul'turnogo naslediya istoricheskogo poseleniya Svaijsk // 2 Mezhdunarodnaya

konferentsiya "Arkheologiya i geoinformatika", 20–22. May 2015.

5. *Usmanov B.M., Zagretdinov R.V., Starovoytov A.V.* Sozdanie vysokotochnykh geoprostranstvennykh modeley unikal'nykhistoriko-arkhitekturnykh ob'ektov Bolgara i Sviajska. // IV Megdunarodnaya nauchnoprakticheskaya konferentsiya "Aktual'nye voprosy geodezii i geoinformatsionnykh system" v ramkakh Tatarstanskogo neftegazohimicheskogo foruma. Kazan, 2–3. Sept. 2015.

6. *Pranav Rastogi, Rick Anderson, Tom Dykstra and Jon Galloway.* Introduction to ASP.NET Identity. October 17, 2013.

7. MSDN. CodeFirst technology.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



ШАЙХУТДИНОВА Евгения Флюровна – канд. техн. наук, сотрудник Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан.

Evgeniya Flyurovna SHAYKHUTDINOVA, Ph. D, researcher of the Khalikov Institute of Archaeology.

email: eugen.shaykhutdinova@gmail.com



КАСИМОВ Алексей Валерьевич – сотрудник Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан.

Alexey Valer'evich KASIMOV, researcher of the Khalikov Institute of Archaeology.

email: delaluna@mail.ru



СИТДИКОВ Айрат Габитович – директор Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, российский, татарстанский археолог, доктор исторических наук, специалист по средневековой археологии Поволжья, археологии Казани.

Ayrat Gabitovich SITDIKOV, Director of the Khalikov Institute of Archaeology, Doctor of Sciences in History. Research interests: Volga region medieval archaeology; archaeology of Kazan.

email: sitdikov_a@mail.ru

АЗИЗОВ Тимур Рустэмович – бакалавр Высшей школы Информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ), лаборант-исследователь лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» КФУ.



Timour Rustemovich AZIZOV, bachelor of Higher School ITIS, researcher in the Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage".

email: timmik94@gmail.com

Материал поступил в редакцию 12 октября 2015 года