

Технологии трехмерного моделирования в ракурсе исторической информатики.

1.

Приёмы работы историков с источниками и историческим материалом складывались в течении длительного времени, методика совершенствовалась, инструментарий историка тоже претерпевал существенные изменения, отвечая на вызовы времени. Одним из современных методов исторического исследования по праву считается моделирование.

В нашей статье мы рассматриваем две стороны трехмерных технологий: виртуальную реальность и трехмерное моделирование. Под понятием технологии виртуальной реальности мы подразумеваем как программное обеспечение необходимое для создания виртуальных миров, в которое входят технологии трёхмерного моделирования, так и сам результат – виртуальный интерактивный мир. Отличительной особенностью технологий виртуальной реальности является наличие интерактивности, позволяющей пользователю перемещаться и взаимодействовать с моделями объектов в трехмерном пространстве. Понятие технологий трехмерного моделирования в чаще всего используется для обозначения инструментария создания виртуальных моделей.

Одно из определений понятия моделирования применительно к истории дали историки А.К. Соколов и В.С. Тяжелникова. По их мнению, моделирование в истории означает – попытку воспроизвести путём описания или формализации аналог процедуры исследования или исторической действительности. Формализация заключается в конструировании системы признаков и показателей, характеризующих основные сущностные черты исторического явления или процесса [1, с. 461]. Развитие компьютерных технологий дало новый импульс развитию моделирования. Помимо математического модели-

рования исторических процессов в сер. 1990-х зарождается новый тип моделирования - визуальное моделирование исторических объектов.

Отношение историков к трехмерным технологиям и моделированию было довольно неоднозначное от скепсиса до одобрения. В начале 90-х годов прошлого столетия трехмерная графика была предметом интереса в большинстве случаев лишь для специалистов технической направленности. Более того, изначально не было комплексных программных решений, которые бы соединяли в себе функции по моделированию, анимации и рендерингу [2], использовать такие программы историку было довольно сложно.

Однако, уже тогда инженеры, использовавшие технологии трехмерной визуализации, обращали внимание на их огромный потенциал. Появление технологий трехмерного моделирования, по словам «отцов-основателей» этого направления - заведующего кафедрой компьютерной графики технического университета штата Юта (США) Дэвида Эванса (David Evans) стало «настоящим открытием в области компьютерных технологий» [3]. Одной из отличительных особенностей программ трёхмерного моделирования стала возможность имитации объёмного изображения объектов на экране компьютера. Использование этой технологии математиками, физиками, архитекторами существенно облегчило сам процесс работы по сравнению с использованием традиционных систем построения чертежей.

Возник новый класс программного обеспечения - автоматизированные системы проектирования (САПР) или CAD (англ. Computer-Aided Design). Построение чертежей, ведение конструкторской, технологической документации было существенно упрощено, а полученный результат можно было представить в виде трёхмерной модели. Для обозначения таких моделей появился специальный термин - 3d модель (3-Dimensions, трехмерная модель).

В отличие от традиционных методов создания исторических реконструкций от чертежей к эскизам и макетам компьютерные технологии дали возможность быстрого дополнения и изменения получаемых моделей. Без трудоемкой перерисовки оказалось возможным редактировать параметры рельефа, изменять форму и материал исторического памятника, моделировать условия освещения и природные явления и т.д.

Несмотря на открываемые преимущества, отношение историков к возможности применения трёхмерных технологий в исторических исследованиях было неоднозначным. Так первоначально сложилось представление о технологии трёхмерной реальности как методе, возможности которого ограничиваются только примитивной визуализацией исторических объектов, носящей исключительно иллюстративный характер. Действительно, некоторые сильные стороны инженерных CAD систем казались для решения большинства исторических задач излишними, например точность до долей миллиметра избыточна при реконструкции крепости на основании описания, сделанного в сажнях. Тогда средства визуализации еще не были достаточно развиты, чтобы проверить, например, учитывали ли древние строители угол расположения солнца при создании своих сооружений и т.д.

Такое отношение было поколеблено в результате успешного применения трехмерных моделей в ходе проекта по исторической реконструкции Рима, проведенного Исследовательским центром античности и мифов университета г. Канны Нижняя Нормандия (Франция) [4, с. 46-51]. В этом проекте трехмерные модели служили основанием для проверки разнообразных гипотез о технологиях постройки и назначении различных сооружений древнего Рима. С 2005 г. использование технологий трёхмерного моделирования в исторических исследованиях все чаще становится в ряду методов, используемых историками.

Путь становления технологий трёхмерного моделирования и признания в научной среде в качестве инструментария пространственного анализа был достаточно долгим и начался еще в кон. 1980-х годов в эпоху формирования комплексов программ по трёхмерному моделированию.

Одним из первых комплексных пакетов для моделирования и рендеринга был Lightwave 3D, выпущенный в 1990 году для компьютеров серии Amiga. Программа 3Ds Max компании Autodesk, которую сейчас широко используют историки, археологи и др. в своих исследованиях, появилась в 1996 году. Первые опыты использования трехмерных технологий в области исторической реконструкции характеризовались тесным сотрудничеством историков и технических специалистов.

Наиболее значительными работами этого периода следует признать исследовательские проекты археолога M.S. Joukowsky (Браунский университет, США), связанные с раскопками храма Св. Петра в Иордании. Начиная с 1993 года группа под ее руководством вела исследования по созданию виртуальной исторической реконструкции этого памятника [5]. В 1994 г. появилась статья С. Baldock, S.W. Hughes, и D.K. Whittaker «3D реконструкция древних египетских мумий с применением компьютерной рентгено-томографии» [6], положившей начало расширению ареала использования технологий трёхмерного моделирования в исторических исследованиях.

Наиболее масштабным проектом стала реконструкция Ватиканского дворца эпохи Возрождения, предпринятая в 1998 году группой немецких исследователей [7]. Эти работы велись коллективом под руководством профессора Дармштадского университета Манфреда Кооба. Один из соавторов проекта, Марк Греллерт, впоследствии стал автором одной из первых монографий по методологии разработки виртуальных исторических реконструкций памятников культуры [8]. К числу крупных проектов виртуальных исторических реконструкций стоит отнести реконструкцию буддийского храмового комплекса Сазаедо (Япония) [9], разработанную коллективом исследователей J. Abouaf, C.W. Vilbrand, J.R. Goodwin, T. Ikedo, активно сотрудничающих с японскими университетами в 1999 г. [10, с. 489-502].

В это же время работы с использованием трёхмерных технологий в области исторической реконструкции велись в Германии, Польше, Италии, Великобритании, Швейцарии, Франции (Steuer J. [11, с.73-93], Marie-Laure Ryan [12], Liggett R. [13], Friedman S., Jepson W., Youngblut C. [14], Visnovcova J. [15] и др.). По данной проблематике неоднократно проводились международные конференции. Так в 2000 г. состоялась первая совместная конференция «Computing archaeology for understanding the past» (Любляна, Словения), которую организовали международные сообщества археологов САА (Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology) и UISPP (Union International des Sciences Prehistorique et Protohistorique) [16]. В ходе работы конференции были представлены и обсуждены доклады, в которых рассматривались различные аспекты применения трёхмерных технологий в археоло-

гических изысканиях: инструменты трехмерного моделирования, технологии и методики создания виртуальных моделей археологических памятников и т.д. [17].

Характерно, что в рамках данной конференции был представлен один из первых программных продуктов, для интеграции археологических данных и среды трехмерного моделирования – ARCHAVE [18]. Обсуждался вопрос об инструментарии создания трехмерных моделей археологических артефактов в полевых условиях и включения таких моделей в стандарт описания археологических находок.

Теоретическое освещение данная проблематика в России первоначально получила в работах технических специалистов: профессора Игнатъева М.Б., Решетниковой Н.Н., Никитина А.В. и др. [19].

В России проблематика применения технологий трёхмерного моделирования в исторических исследованиях получила развитие в рамках работы ассоциации «История и компьютер». Первые публикации по данной теме относятся к 2003-2004 гг. В этот период появляются работы теоретического характера, в которых выделяется необходимость в исторических исследованиях визуализировать социальные системы посредством математических моделей и моделей-образов. Так в перечне этапов реконструкции социальных систем профессор кафедры историографии и источниковедения ДНУ (Днепропетровского университета) В.В. Подгаецкий [20] выделяет три составляющие, в число которых входит визуализация исторических объектов.

Факт появления технологий виртуальной реальности и начало апробации возможностей технологии в научных исследованиях в России в 2003 – 2004 гг. говорит скорее не о технической отсталости или недостатке программного обеспечения на гуманитарных факультетах, а о наличии своего рода «психологического барьера». Наличие этого барьера связано с тем, что средства трехмерного моделирования и интерактивные среды обладают сложными интерфейсами и специфичным терминологическим аппаратом. Возможно поэтому в опубликованной в 2005 г. монографии А.В. Коробейникова [21], посвященной историческим реконструкциям в археологии, автор лишь вскользь упоминает о возможностях использования трехмерного моделирования.

Впрочем, надо отметить, что многие теоретические положения этой работы были использованы при создании трехмерной реконструкции поселения Сырой Аган, предпринятой в Уральском отделении РАН (Ижевск).

Аналізу возможностей трехмерного моделирования в археологии посвящены работы межрегиональной группы историков, в которой ведущие роли играли заведующий лабораторией систем автоматизации дин, профессор УрО РАН И.В. Журбин (Ижевск) [22, с.223-240], сотрудник Института археологии РАН Е.Н. Черных (Москва), и сотрудник института истории и археологии УрО РАН Л.Н. Корякова (Екатеринбург).

Интеграция трехмерного моделирования в исторические исследования нашла отражения в ряде теоретических статей посвященных истории архитектуры. Таковы работы искусствоведа Е. Я. Кальницкой [23], профессора физико-математических наук СПбГУ Ю.Л. Колесникова, Т.В. Шеламовой и И.Ю. Щербакова [24-28] и др.

Наряду с прикладными конференциями вопросы виртуальной реальности обсуждаются философами, музеоведами, культурологами. Так в Саратовском государственном университете в 2008 г прошла всероссийская конференция «Виртуальное пространство культуры: онтологический, аксиологический, антропологический и теоретико-познавательный аспекты» [29, с.108-109].

Проблемы использования трехмерной реальности в музее обсуждались в ходе конференций EVA. Так в ходе работы озвучивались не только отдельные научные доклады, посвящённые тематике использования технологий трехмерной реальности в музее, но и представлялись научные разработки исследователей. Одной из первых работ по реконструкции старинных крепостей, представленной в ходе работы конференции EVA в 2007 г. был проект, выполненный группой исследователей из Санкт-Петербургского государственного университета под руководством дин, профессора В. Горончаровского - реконструкция крепости Иллурат [30]. В этом же году в ходе конференции Ломоносов - 2007, проходившей в МГУ им. М.В. Ломоносова был представлен проект по реконструкции деревянной крепости Тамбов XVII в., выполненный под руководством кин, доцента Кончакова Р.Б. и дин, профессора

Мизиса Ю.А. [31, с.214]. Выполненные проекты стали одними из крупнейших реконструкций поселений в виртуальном пространстве, созданных российскими научными центрами на момент 2007 г. Эта работа продолжается, например, проект по реконструкции г. Тамбова в кон. XVIII – нач. XIX вв. был представлен в ходе работы конференции ассоциации «История и компьютер» в 2008 г.

Значимость внедрения технологий трёхмерного моделирования в исторических и искусствоведческих исследованиях подчеркнул руководитель отдела сохранения и усиления роли культурного наследия Генерального директората по вопросам информационного общества Европейской комиссии Бернанд Смит в своём докладе [32], отметив необходимость использования технологий трёхмерного моделирования для сохранения памятников культуры.

Таким образом, трехмерные технологии осознаются современными исследователями как мощный инструмент исследования и репрезентации исторической действительности, и требуют организованного внедрения на основе сопоставимых методик и стандартов.

2.

Отмечая основные вехи историографии технологий трёхмерного моделирования и отношение к ним со стороны исследователей, стоит обратиться к конкретным примерам, а также дать типологию визуальных исторических моделей. Отдельно стоит затронуть речь о истории развития самой технологии виртуального моделирования в различных отраслях.

Зарубежные исследователи обобщая информацию о существующих трёхмерных моделях городов выделили следующие направления использования технологий виртуального моделирования [33]:

1. Планирование городских застроек и проектов реконструкций.
2. Разработка и анализ архитектурных проектов.
3. Планирование и проверка расположения коммуникаций.
4. Анализ инвесторами возможных результатов тех или иных проектов.

5. Развлекательная индустрия.

6. Учебное применение при построении моделей исторических мест и моделей объектов, которые могут создать более наглядную картину тех или иных процессов или условий труда.

7. Использование виртуальных моделей городов политическими структурами и отдельными политическими деятелями для обеспечения связи с общественностью и для демонстрации тех или иных проектов.

Как один из методов исследования исторической действительности методика пространственной визуализации с использованием технологий трёхмерного моделирования стала применяться сравнительно недавно.

Первые проекты виртуальных реконструкций, которые упоминаются в литературных источниках – это модель университета и модель городской реконструкции “Avenches City” в Западной Швейцарии, выполненная в 1989 году [34]. Одним из первых крупномасштабных проектов виртуальных городов была модель “Virtual Los Angeles”, разработанная в 1994-1995 годах группой UST (Urban Simulation Team) Калифорнийского университета. [35, 36, с.10-16] Хотя подобные проекты до начала 90-х реализовывались только в военных и аэрокосмических отраслях, так как создание трехмерных моделей значительных территорий требовало применения баз данных огромных размеров, например, база данных вышеуказанного проекта имела объем порядка 1-2 Тб и при этом описывала площадь в 4000 кв. миль.

Обработка такого количества информации и визуализация результатов в реальном времени требовала применения высокопроизводительных графических станций. По образцу Лос-Анджелеса модели подобного типа в 1996-1997 годах были созданы для Филадельфии, Сан-Диего, Лас-Вегаса и Санта Барбары. Еще в Советском Союзе разрабатывались проекты, связанные с построением виртуальных моделей различных пространств. В основном это было связано с созданием тренажеров военного назначения. Подобные проекты были достаточно дорогостоящими и узкоспециализированными. Позже, в связи с отставанием в развитии аппаратной базы для построения подобных моделей, разработка моделей различных объектов, в том числе и городов, не получила соответствующего развития. Соответственно не проводились и ис-

следования в области совершенствования аппаратных и программных средств моделирования виртуальных сред.

Первоначально технологии трёхмерного моделирования применялись не для реконструкции памятников истории в виртуальном пространстве, а в сфере системы автоматизированного проектирования. Потребность в моделировании городов возникла задолго до появления виртуальных миров в сети Интернет.

С развитием проектов планирование городских застроек возникла потребность в системе моделирования, которая позволяла бы оценивать качество и эффективность новых проектов до их реального воплощения. Эта потребность стимулировала разработку проектов создания виртуальных копий реальных городов. Подобные модели значительно упрощают процесс анализа новых проектов и их оценки.



Рис. 1. Геоинформационная система территории Ближнего Востока



Рис. 2. Геоинформационная система территории Объединённых Арабских Эмиратов

Возможность наложения новых моделей на существующий ландшафт позволяет оценить взаимное влияние новых зданий и окружающих объектов еще на этапе проектирования. Интерактивные системы, которые позволяют наблюдать результаты влияния на городской ландшафт тех или иных изменений, являются эффективным средством планирования. Так строительные компании в своих интересах стали использовать виртуальные технологии для планирования жилищного строительства, проектировки подземных комму-

никаций, оценивать технические условия территории с точки зрения доступности и достаточности энергетических, тепловых, водных и других ресурсов.

Так, можно привести проекты группы компаний «Информап» в сфере девелопмента и градостроительства [37]: моделирование 13 промышленных зон Южного административного округа г. Москвы и др. частей города, 3D модель проекта планировки жилых территорий Нижнего Новгорода, разработка геоинформационной системы всей территории Ближнего Востока, площадью порядка 10 миллионов кв. км (рис.1), и территории Объединенных Арабских Эмиратов (рис.2), включающая адресную привязку с базами данных по всем объектам недвижимости. Проекты выполнены под эгидой Всемирного Агентства планетарного мониторинга и уменьшения сейсмической опасности (WARMERR) со встроенной системой моделирования последствий техногенных и природных катастроф.



Рис. 3. Реконструкция средневековой битвы в компьютерной игре Medieval II: Total War (игровой процесс)



Рис.4. Реконструкция средневекового города Иерусалима в компьютерной игре Assassin's Creed (игровой процесс)

Другой сферой области применения виртуальных технологий стала игровая индустрия (игры, фильмы с участием виртуальных актёров). Рассчитывая на большую массу аудитории разработчики стремились к созданию зрелищных проектов, подчас затрагивающих исторические события: походы Александра Македонского, Римские войны, Средневековые (рис.3), походы Наполеона Бонапарта, Первую и Вторую Мировые войны и др. В процессе разработки компьютерных игр с историческим сюжетом, разработчикам приходится реконструировать рельеф местности, архитектурные постройки, одежду, вооружение, методы ведения войны, культуру и др. Хотя иногда при

разработке компьютерных игр бывали случаи участия в составе разработчиков профессиональных историков, так было в проекте Assassin creed (рис.4), в котором приняли участие 3 специалиста по истории, непосредственно связанных с изучением истории г. Иерусалима в эпоху средневековья. К сожалению, таких случаев не много. Результаты, которые были достигнуты в области разработки компьютерных игр, поражают по своим масштабам, детализации, но, к сожалению, не исторической достоверностью, цели работы программистов далеки от изучения истории.

Позднее реконструкция исторических событий и памятников истории, стала проводиться на более профессиональном уровне, и служить уже не в сфере развлечения, но в области исторического исследования. Стали возникать исследовательские группы, лаборатории, и институты, занимающиеся применением виртуального моделирования в исторических исследованиях, и на практике осуществляющие виртуальные реконструкции памятников культуры существующих до сих пор или когда-то существовавших, но не сохранившихся. Сменился и сам исследовательский состав, участвующий в построении модели, помимо специалистов в технической области в него вошли историки, археологи, архитекторы и другие специалисты гуманитарии.

Компьютерные модели городского ландшафта получают в последнее время все более широкое распространение, как отдельные проекты, так и в тесной интеграции с существующими географическими информационными системами (ГИС) и другими подобными информационными структурами. Существует тенденция к слиянию крупных сетевых информационных ресурсов (базы данных, электронные библиотеки и галереи) с элементами виртуальной реальности. Этот процесс приводит к изменению характера взаимодействия между пользователем и информационным наполнением глобальной компьютерной сети. Использование моделей городского ландшафта во многих отраслях приобрело широкие масштабы в большинстве развитых стран.

В настоящее время технологии трёхмерного моделирования проходят новый этап становления как метода исследования и обработки исторического материала, проделав путь от произвольной реконструкции трёхмерных моделей, до профессиональной обработки данных коллективом учёных-

исследователей гуманитарных и технических специальностей, в конечном счёте, и сам результат труда приобретает иной статус – статус исторического исследования. Говоря о типологии визуальных исторических моделей, стоит отметить, что на данный момент не выработано ещё на научном уровне полноценной типологии, охватывающей все направления виртуальной исторической реконструкции. Условно визуальные исторические модели можно поделить на несколько групп:

1. Реконструкция старинных городов с целью изучения особенностей формирования и развития городской инфраструктуры, пространственной организации города, восстановления утраченных памятников культуры и архитектуры. Данный вид исторической реконструкции является наиболее обширным по диапазону реконструируемых моделей и может содержать в себе весь ниже стоящий перечень реконструкций исторических объектов: построек, ландшафта, отдельных моделей интерьера зданий, предметов быта, людей, костюмов. Виртуальная модель города может содержать в себе и реконструкцию событий. Так, в ходе работы над проектом виртуальная реконструкция Рима, были восстановлены не только постройки старинного города времён императора Константина I, но и улицы, вместе с её жителями [4, с. 51]. Говоря о виртуальной реконструкции городов, нельзя абсолютизировать данное направление в виртуальном историческом моделировании, модели города могут быть весьма условны. Возможности компьютерных программ являются далеко не безграничными, подчас программа позволяет моделировать только определённый километраж пространства. В результате виртуальную интерактивную модель города приходилось делить на несколько частей, что и было сделано в ходе реконструкции Рима [38]. Также в ходе реконструкции отдельных построек возможна и некоторая доля условности, такая как пропуск малозначимых деталей, так, например, реконструкции внутреннего интерьера зданий подчас уделяется меньше внимания. Работа по созданию виртуальных интерактивных моделей городов является очень кропотливой и требует больших затрат, реконструкция внутреннего интерьера зданий встречается редко в данной типологии исторических моделей.

2. Реконструкция ландшафта. Реконструкция ландшафта местности позволяет, по словам Jana Niederoest и J. Visnovcova [15], исследователя Швейцарского федерального технического института геодезии и фотометрии, изучать не только особенности местности, но и реконструировать в дальнейшем исторические события, например сражения, используя модель ландшафта. Изучение ландшафта позволяет исследователю не только смоделировать историческое сражение на ландшафте местности, проанализировать расстановку войск и тактику полководцев, но и рассмотреть более широкий круг аспектов, таких как влияние и роль природно-географического фактора на конкретное историческое событие.

3. Реконструкция комплекса построек и отдельных зданий. В качестве построек подвергающихся трёхмерной реконструкции можно выделить храмовые комплексы (монастыри, соборы, церкви, часовни), дворцы, например, Тадж-Махал, а также отдельные здания, обладающие культурной и исторической значимостью. По своим масштабам данный вид исторической реконструкции уступает реконструкциям городов, но не качеством детализованности объектов. Обычно в ходе работы над созданием трёхмерной модели постройки моделируется и внутренний интерьер здания, что является немало ценным для выполнения задачи сохранения культурного наследия.

4. Отдельным пунктом в рамках типологии виртуальных исторических реконструкций стоит сказать о реконструкции предметов быта, вооружения, археологических находок, и т.д. Так отдельные музейные центры ставят своей недалёкой задачей со временем создать «электронный архив» элементов убранства европейского интерьера, оказавших влияние на развитие русского декоративного искусства (десюдепортов, лепных деталей, плафонных обрамлений, печей, каминов, оконных драпировок, мебели) в трёхмерных моделях, а затем широко использовать полученный инструментарий при реставрации и реконструкции памятников. Работы в этой области ведутся как историками и археологами, в рамках работы над проектами оцифровки археологических находок и преобразования их в трёхмерные модели, так и музейоведами в ходе работы над оцифровкой фондов музея. Пока на данный момент русские музеи только приступили к разработке базы «электронного архива»

и оцифровки своих экспонатов в трёхмерные модели. К числу русских музеев занимающих лидирующие позиции по оцифровке своих экспонатов можно отнести Государственный исторический Музей, приступивший одним из первых в России к подобной работе.

5. Реконструкция старинных интерьеров комнат, виртуальные музеи. В последнее время данное направление виртуальной исторической реконструкции приобретает большие масштабы применения в археологических и искусствоведческих исследованиях. В научно-реставрационной деятельности музеев используются реконструкции предметов или зданий с целью визуализации утрат и восстановления первоначального вида различных объектов с сохранением в реальности актуального состояния памятника. Виртуальные технологии позволяют воссоздать целые архитектурные комплексы, части которых разбросанные по различным музеям. Так, например, скульптуры Парфенона, рассеянные по музеям Европы (10 музеев в 8 странах), впервые обретают единый вид в рамках виртуальной реконструкции, осуществлением которой сейчас занят Калифорнийский институт креативных технологий [39].

6. Виртуальная реконструкция исторических событий является обособленный вид исторических реконструкций в типологии визуальных исторических моделей. В большинстве случаев реконструкции исторических событий создаются коллективом разработчиков при участии историков для научно-популярных фильмов и игровой индустрии в основном это жанр RTS (Real Time Strategy) реже Action (жанровые компьютерные игры с участием персонажа с видом от 3-его или 1-го лица).

Результаты исследований, проводимые в этой области, весьма неоднородны и позволяют увидеть ход исторических событий, например сражений, от 3-его лица, непосредственно участвовать в них, или смоделировать возможные варианты исхода того или иного исторического события. Рассмотрению вопроса исторические компьютерные игры как способа моделирования исторической информации посвящена статья К.В. Яблокова [40, с.170-204].

Лидером в этом направлении является компания History Channel, в последнее время активно включившаяся в сферу игровой индустрии, посредством внедрения трёхмерных проектов игровых симуляторов, в основе кото-

рых лежат виртуальные исторические реконструкции. Судить о историзме данных работ, выпущенных под брендом известного исторического телеканала, можно с некоторой долей условности. В качестве примера можно привести проект History Channel – Великие битвы Рима. Проект «The History Channel: Great Battles of Rome», по словам разработчиков, является современной RTS (стратегией), основанной на достоверных исторических материалах и точной симуляции сражений.

В основе таких RTS стратегий условно лежит математическая модель. Но как бы совершенна она не была, она не может учитывать все факторы, реально влияющие на ход сражений. Если подробнее вникнуть в суть технологии поведения моделей, например воинов, все они действуют по определённому алгоритму, заложенному в них разработчиком программы, который, к сожалению, не совершенен. В нём отсутствуют многие составляющие: взять чувство страха, компьютерным моделям страх не свойственен, для этого необходимо реконструировать систему виртуального разума, что на данный момент является под силу лишь немногим трёхмерным разработчикам. Следовательно такая модель, в которой пользователь может сам вмешиваться в процесс и создавать отклонения в ту или иную сторону не является историчной. Моделирования исторических процессов посредством использования программных движков RTS в исторических исследованиях успешно используется в ходе построения линейных цепочек развития событий и находит своё выражение в научно-популярных фильмах посвящённых истории.

Последние 5 лет за рубежом наблюдается тенденция создания крупных образовательных ресурсов по истории с элементами виртуальной реальности, ориентированных как на массовую аудиторию, так и на средние и высшие учебные заведения, и музеи. Основной целью данных проектов является популяризация исторических знаний. Результаты исследований представляются аудитории в виде научно-популярных фильмов с элементами трёхмерной реконструкции той или иной постройки, или в виде самой интерактивной исторической реконструкции. Ведущая роль в создании научно-популярных фильмов с элементами виртуальной реальности принадлежит американскому каналу History Channel, и National Geographic, заказывающих съёмку филь-

мов, и активно сотрудничающих с компаниями специализирующимися в этой отрасли.

Рассмотрев типологию визуальных исторических моделей, отдельно стоит поведи речь об основных научных центрах, занимающихся виртуальными историческими реконструкциями, их проектах и методиках применения технологий виртуального моделирования в исторических исследованиях. В рамках данной статьи речь пойдёт лишь о наиболее известных научных центрах и компьютерных фирмах, работающих в этой области, перечислять все проекты реконструкций памятников культурного наследия не имеет смысла.

3.

Для начала систематизируем центры, занимающиеся виртуальными историческими реконструкциями, среди них находятся как отдельные компании, так и университеты (гуманитарные и технические), где разработки осуществляются в рамках отдельных факультетов, лабораторий или исследовательских групп. Иногда в рамках крупных проектов научные центры активно сотрудничают.

Одним из крупнейших центров занимающийся проблематикой использования виртуального моделирования в исторических исследованиях является Технический университет г. Дармштадт в Германии, имеющий большой опыт цифрового документирования объектов, входящих в фонд мирового культурного наследия.

Работая 20 лет в этой области, университет провёл виртуальные реконструкции Ватиканского дворца эпохи Возрождения [7] (признанной одной из самых грандиозных и масштабных проектов виртуальных исторических реконструкций памятников культуры в 1999 г. – рис.5), Темпле Майор в Мехико в Мексике, некрополя в Сьяне, и комплекса Шаолинь в Китае (рис. 6) [41], 15 еврейских синагог Германии XIX – XX столетия (рис. 7) [42], Бенедиктинского монастыря 823-830 гг. Св. Галленера Клостерпланеса [43], а также Московского кремля с XII до XX столетия, (по временным срезам 1157 г.,

1250 г., 1266 г., 1380 г., кремль Ивана III, 1600 г., 1900 г., 2000 г. - рис. 8) [44], инфраструктуру г. Венеции, памятников культуры Камбоджи (Храмов Кхмер, Ангкор Ват, Баон, Фном Вакхенг и их окрестностей), средневековой Болгарской церкви.



Рис. 5. Реконструкция Ватиканского дворца 16 в.

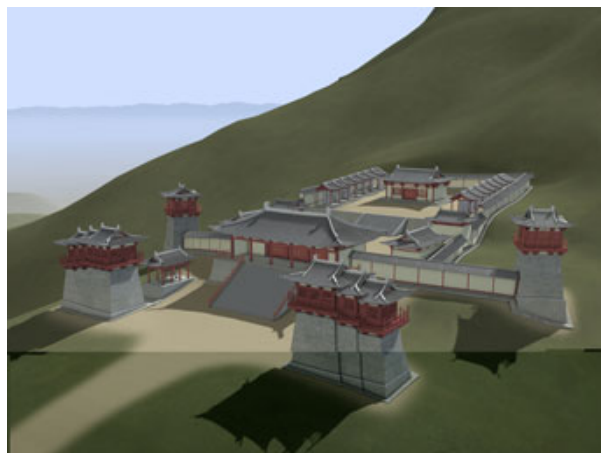


Рис. 6. Реконструкция комплекса Шаолинь

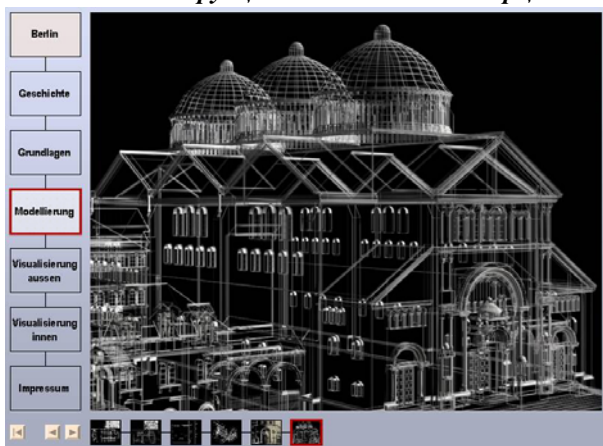


Рис. 7. Процесс реконструкции еврейской синагоги в Германии



Рис. 8. Реконструкция Московского кремля 1600 г.

Реконструкция Московского кремля является одним из сложных проектов, над которым университет работал в течение нескольких лет, изучая материал вместе со специалистами. Виртуальная реконструкция включала не только создание архитектуры Кремля в разные временные рамки (более 500 зданий существовавших когда-то в Кремле), но и реконструкцию рельефа, растительности в разные времена года [45]. Финансирует разработки Технического Университета Дармштадта Министерство науки и образования Германии посредством грантов.

Обязательным условием для получения гранта является международное сотрудничество, то есть взаимодействие с каким-либо российским ВУЗом. В качестве четвертого партнера к проекту исторической реконструкции Мос-

ковского Кремля был привлечен Российский Государственный Гуманитарный Университет (РГГУ).

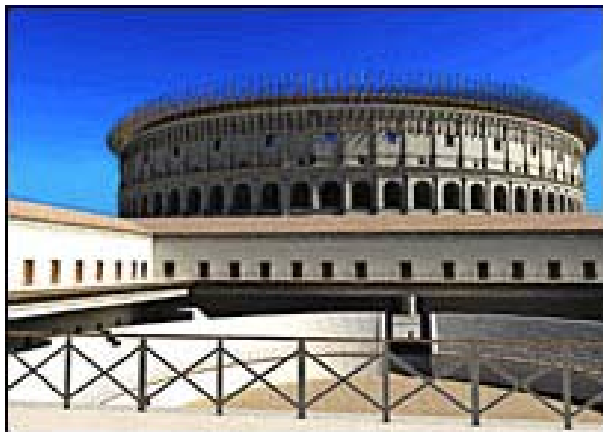


Рис. 9 Реконструкция Колизея

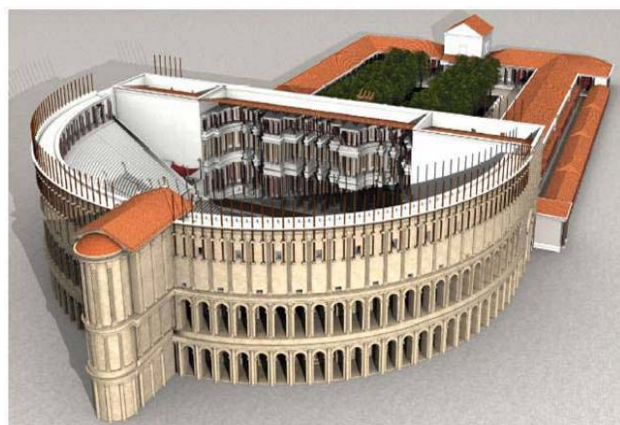


Рис. 10. Комплекс Помпея на Марсовом поле



Рис. 11. Вид на центральную часть г. Рима



Рис. 12. Вид на цирк Максимуса

Другим не менее масштабным международным проектом в области исследования и реконструкции исторической действительности, в котором участвуют несколько университетов, является реконструкция античного Рима: «Rome Reborn» (рис.9-12), проводимая Исследовательским центром античности и мифов университета г. Канн, Нижняя Нормандия (Франция) совместно с Институтом Передовых Технологий в Гуманитарных науках университета г. Виржиния США (Institute for Advanced Technology in the Humanities, University of Virginia IATH), UCLA Лаборатории виртуальной реальности в культуре (UCLA Cultural Virtual Reality Laboratory CVRLab), UCLA Центром экспериментальных технологий (UCLA Experiential Technology Center ETC), и Lab at the Politecnico di Milano, the Ausonius Institute of the CNRS на основе гипсового макета архитектора Поля Биго *Plastico di Roma Antica*, представляющего три пятых части Рима эпохи Константина I (начало IV века). Работа над созданием интерактивной модели длится уже более 10 лет. Использование трёхмерных технологий позволило проверить различные гипотезы учё-

ных, к примеру, о наличии тента над Театром Помпея, и прийти к определённым выводам, по-новому использовать и репрезентовать модель (имеется в виду макет Рима Поля Биго) уже в интерактивном виде, позволяющей посетителю свободно перемещаться по античному Риму, что приближает интерактивную экскурсию к реальной [46].

Не менее известным центром исторической визуализации является центр изучения Старого Света и Археологии кафедры истории и архитектуры Браунского университета (США), который совместно с Лабораторией Инженеринга Машинных Систем проводил реконструкцию храма Св. Петра в Иордании [47], под руководством главного археолога, заведующего раскопками, M.S. Joukowsky. Одной из научных разработок центра является разработка программы ARCHAVE, позволяющей интегрировать в себя всю документацию по археологическим раскопкам, в том числе геоинформационные данные и трёхмерную модель. Тем самым научные разработки позволили исследователям выработать новые формы фиксации и документации полевых раскопок, превосходящие по своему объёму и простоте использования обычную систему археологического документирования. В результате чего по ходу раскопок о найденном артефакте может быть составлено самое подробное описание, с которым пользователь может легко и быстро работать.

Одним из центров занимающийся исторической реконструкцией на базе института является Швейцарский Федеральный технический Институт Цюриха Институт Геодезии и Фотометрии, который уже несколько лет занимается виртуальной реконструкцией рельефа Швейцарии. Основной целью исследования швейцарского научного центра является создания виртуальной модели рельефа Швейцарии на основании космических снимков и замеров поверхностей с целью сопоставления полученных результатов с макетом Франца Людвиг Файфера, созданного им в 1786 г. отражающего 1/10 часть территории страны в масштабе 1:12500 и проверкой макета на точность [15]. Если тогда в 1799 году макет рельефа оказал неоценимую услугу французскому полководцу Наполеону Бонапарту, позволив разгромить русские войска под командованием Александра Суворова в месте St. Gotthard в Швейцарии, то теперь виртуальная модель созданная Институтом Геодезии и Фото-

метрии Швейцарским Федеральным техническим Институтом, Цюриха позволила проверить точность самого создателя макета рельефа.

В числе крупных зарубежных компаний, работающих в сфере виртуального исторического моделирования, можно отнести компанию Digital archaeology group, создавшей трёхмерную интерактивную модель одного из крупных городов Европы – Белграда XV в. (рис.13), под руководством главного археолога, эксперта крепости Белград доктора Марко Поповик (Dr. Marko Popovic) [48].



Рис. 13. Реконструкция городской застройки Белграда XV в.

В последнее время наиболее крупными в сфере виртуального исторического моделирования проектами считаются те, в которых принимают участие несколько университетов и компаний. Например, над проектом виртуальной исторической реконструкции буддийского храма Сазаедо было налажено сотрудничество между несколькими университетами Японии - Лабораторией компьютерного искусства университета Айзу, префектура Фукусима, совместно с институтом ИТ технического института Каназава и Департаментом цифрового медиа, университета Хосеи, Япония [10, с.489-502]. В ходе работы над проектом была сформирована группа экспертов в области искусства, истории, археологии, информатики, архитектурного дизайна.

Одной из крупнейших виртуальных исторических реконструкций, созданной в США, является 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.

Racker – профессора классической археологии Северо-западного Калифорнийского университета [49].

В 2007 – 2008 гг. в США осуществлялся проект виртуальной исторической реконструкции храмового комплекса Амон Ра в Карнаке и гробниц египетских фараонов. В ходе работы над проектом среди нескольких центров разработчиков виртуальных исторических реконструкций в США было достигнуто соглашение о совместной работе. Так команда известных египтологов, педагогов, архитекторов, и технологов США поставила перед собой задачу разработать реконструкцию известного памятника культуры мирового значения египетских Храмом в Карнаке и учебный Интернет ресурс по истории Египта в срезе изучения истории храмовых комплексов и гробниц фараонов Египта, которая была успешно выполнена [50].

Цифровой Проект Карнака объединяет опыт двух факультетов Университета Калифорнии в Лос-Анджелесе (UCLA): the Experiential Technologies Center (ETC) и the UCLA Encyclopedia of Egyptology (UEE). Первый под руководством доктора Дианы Фавро Школы Искусств и Архитектуры (School of the Arts and Architecture) и Академии технологического сервиса (UCLA's Academic Technology Services). Второй под руководством доктора Виллек Вендрич Отдела Ближневосточных Языков и Культур - директора Цифровой Группы Инкубатора Гуманитарных наук UCLA (UDHIG) и главного редактора Энциклопедии UCLA онлайн египтологии (UCLA Encyclopedia of Egyptology UEE), внесшей значимый вклад в научное изучение истории Египта и в данный проект в частности [51].

Многие проекты виртуальных исторических реконструкций за рубежом разрабатываются как посредством сотрудничества факультетов и исследовательских групп учёных, работающих по грантам. Так, одними из крупнейших проектов виртуальных исторических реконструкций памятников культуры Латинской Америки, стали проекты реконструкция города майя Бонампак и индейского города Теотиуакана. В соответствии с соглашением, подписанным в 2007 году, Национальный автономный университет Мексики (Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM) с помощью Арагонского факультета научных исследований (FES Aragon), создал более 600 файлов

с виртуальной 3D-моделью, в том числе виртуальные фильмы-путешествия и статичные изображения археологической зоны Теотиуакана. Сегодня термином Теотиуакан (ацт. «место рождения богов») обозначается археологическая зона, расположенная в 40 км к северо-востоку от Мехико. Ее общая площадь составляет 83 км². В Теотиуакане располагаются огромные пирамиды и архитектурные комплексы, построенные еще в доколумбовы времена. В начале первого тысячелетия нашей эры Теотиуакан был крупнейшим городом в обеих Америках и во времена своего расцвета насчитывал более 100 тыс. жителей. Благодаря междисциплинарному подходу историки и программисты смогли воссоздать пирамиды Солнца и Луны, храмы Кецальпапалотля и Пернатых Раковин, храм и двор Ягуаров, архитектурный ансамбль Западной площади, дворцы Ля-Вентийа, Тетитла, Атетелько и Закуала. Программисты опирались на результаты работ археологов и физических антропологов из INAH. Работу FES Aragon возглавили доктор Хесус Эскамийа (Jesus Escamilla), архитекторы Роберто Плиего (Roberto Pliego) и Давид Яньес (David Yañez), инженеры Иван Флорес (Ivan Flores) и Октавио Гарсиа (Octavio Garcia) [52].

В качестве объектов виртуальных исторических реконструкций выступают не только крупные объекты, такие как города, но предметы быта, археологические находки. Одной из крупных работ университета г. Пиза (Италия) факультета археологических наук и антропологии совместно с факультетом исторических наук мира, CNR-ITABC (Институт прикладных технологий культурного наследия), Лабораторией научной Визуализации Casalecchio на Рейне, Болонья (Италия), внесшей вклад в развитии египтологии, является создание виртуальной модели египетской мумии 2 тыс. до н.э. на основании останков. На основании выработанной технологии продолжается реконструкция останков других мумий, и отдельных предметов быта погребального комплекса.

Исследования в области применения виртуальных технологий в образовательной среде ведутся не только за рубежом, но и в России. В Санкт-Петербурге в двух крупнейших высших учебных заведениях созданы два учебно-производственных комплекса компании Avid (США): в Санкт-

Санкт-Петербургском университете телекоммуникаций им. профессора Бонч-Бруевича (Институт информационных технологий) и в Санкт-Петербургском государственном университете (Факультет филологии и искусств, Кафедра информационных систем в искусстве и гуманитарных науках) ставящих перед собой задачи ориентации «университетской тематики мультимедиа проектов на историческое наследие». В число выполненных проектов входит реконструкция архитектурного ансамбля древней причерноморской боспорской крепости Илурат первых веков н.э. [53], расположенной в окрестностях г. Керчь, на основе «максимальной обеспеченности материалами по градостроительству, фортификации и бытовой культуре» [54], новгородского храма Спаса на Нередице [55], и ансамбля Старой Ладogi [56].

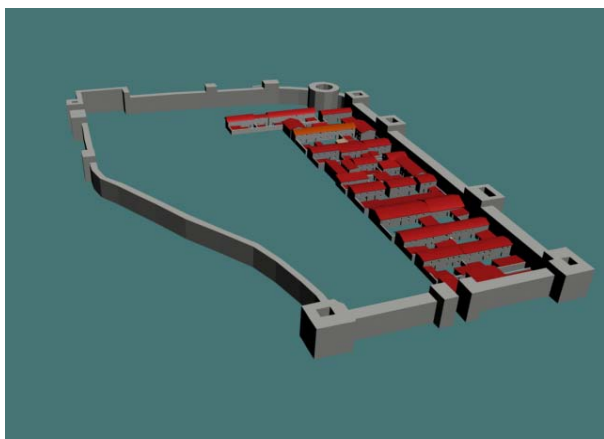


Рис.14. Реконструкция крепости Илурат

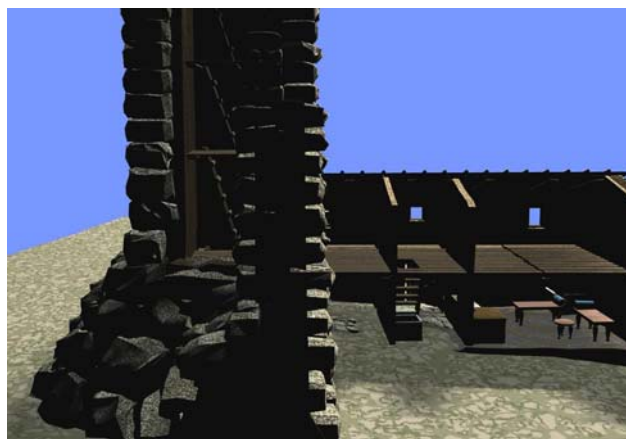


Рис.15. Реконструкция стены боспорской крепости Илурат

По словам доктора физико-математических наук, профессора Н.В. Борисова, возглавляющего кафедру информационных систем в искусстве и гуманитарных науках Факультета филологии и искусств Санкт-Петербургского государственного университета, «студенты с помощью возможностей нового учебно-производственного комплекса, средствами 3D графики и мультимедиа работают над различными культурно-историческими темами, с помощью современных технологий, обогащая свои представления об исторической среде разных периодов истории» [54].

Одним из центров в России, использующих в своём инструментарии технологии 3x мерного моделирования в археологических и исторических исследованиях, помимо исследовательских центров Москвы и Санкт-Петербурга, является Российская академия наук Уральское отделение Института истории и археологии, где в рамках лабораторных исследований ведётся

разработка реконструкции «Виртуальная реконструкция поселения Сырой Аган 11, 12» (рис.15) под руководством археологов Ю.М. Баранова и М.Ю. Баранова [57]. Сбор материалов и разработка модели реконструкции поселения проводилась в ходе археолого-этнографической экспедиции ИИА УрО РАН в 2001, 2003 гг., по итогам которой были исследованы поселения Сырой Аган 11, 12, находящихся в Нефтеюганском районе Ханты-Мансийского автономного округа.



Рис.15. Реконструкция поселения Сырой Аган 11, 12



Рис.16. Реконструкция провинциального г. Тамбова кон. XVIII – нач. XIX вв. Вид на губернаторский дом и Спасо-Преображенскую церковь

Наряду с ведущими университетами России исследования по данной проблематике с 2004 г. ведутся в Тамбовском государственном университете им. Г.Р. Державина Лаборатории социальной истории (рис.16). В состав коллектива входят исключительно историки, руководит работами в этом направлении кандидат исторических наук Р.Б. Кончаков [58, с.12-13]. В ходе научных разработок было создано 3 модели виртуальных исторических реконструкций: крепость Свислоч, деревянной крепости Тамбов XVII в., и провинциального г. Тамбова кон. XVIII – нач. XIX вв. Ведутся исследования по реконструкции деревянных крепостных сооружений и городской застройки центральной части г. Тамбова нач. XVIII в., и разработка программного обеспечения для возможности передачи реконструкции через Интернет.

Пока на данный момент число компьютерных фирм занимающихся разработкой виртуальных исторических реконструкций в России довольно невелико. К таким фирмам можно отнести московскую компанию 3Dreamteam, активно сотрудничающую с National Geographic. Компания разработала виртуальные исторические реконструкции г. Ангкор-Ват, часть комплекса Ан-

гкор, расположенного в камбоджийской провинции Сием-Реап, мексиканского города Мачу-Пикчу, индийских храмовых комплексов, дворца Тадж-Махал и Успенской лавры и др. [59].

4.

Поговорив о самих проектах виртуальных реконструкций памятников культуры, стоит отдельно затронуть вопрос: каким образом используются технологии виртуального моделирования для исследования исторической действительности?

Использование технологий трёхмерного моделирования в исторических и археологических исследованиях во многом обуславливалось не столько задачей реконструкции исторических объектов, т.е. их визуализацией, но непосредственно поиском решения исторической проблемы, которую можно решить посредством использования трёхмерных технологий. В данном случае для проверки научных гипотез. Так уже 1994 – 1995 гг. итальянские, французские, американские историки начинают активно внедрять технологии трёхмерного моделирования в исторические исследования как в рамках археологических изысканий, в которых они принимали участие, так и для проверки научных теорий и гипотез. Например, для установления методов и технологий строительства пирамиды Хуфу [60], или проверка гипотезы наличия над Колизеем тента, защищающего зрителей от солнца [4, с. 50-51]. В ходе проверки этой гипотезы в проекте «Виртуальный Рим», было реконструирован угол падения солнечных лучей в течении всего дня над Колизеем без тента и с его наличием, в результате чего исследователи пришли к выводу о возможности существования такого сооружения и смогли дать объяснение назначению найденным элементам в конструкции Колизея.

Не менее интересным является пример использование технологий трёхмерного моделирования в исследованиях проведённых немецким научным центром г. Дармштада, проводившего реконструкцию императорского некрополя в Сьяне в Китае, комплекса Шаолинь [61], и терракотовой армии

гробницы первого императора Китая. В ходе исследования были поставлены следующие задачи: реконструировать императорский некрополь в Сьяне, посредством трехмерных технологий проверить научные теории предполагаемого расположения скрытого входа в гробницу императора с целью последующих раскопок на этом месте. Эти задачи с успехом были разрешены, несмотря на малую информативность сохранившихся письменных источников.

Данное открытие, совершённое в 1999 г. существенно укрепило репутацию научного центра М. Кооба, занимающегося виртуальными историческими реконструкциями, так и репутацию самих технологий трёхмерного моделирования в исторических и археологических исследованиях.

Одним из крупнейших исследований с использованием технологий трёхмерного моделирования для проверки научных гипотез, проводимых в 2000 г., являются исследования археолога Норберта Циммерманна (Norbert Zimmermann) Венской академии наук и других десяти исследователей, которые при помощи технологии лазерного сканирования создали трехмерную модель одних из самых древних римских катакомб, длина тоннелей которых составляет около 15 км. Ученые в течение трех лет работали над созданием полной трехмерной модели катакомб Домитиллы (IV века), что в результате позволило получить общее представление о лабиринте подземных тоннелей [63]. Данные, полученные с помощью 3d-сканера, ученые совместили с существующими фотографиями катакомб, чтобы получить наиболее полное представление о том, что и где находится. Этот прием позволил не только бродить по виртуальным тоннелям, но также изучать в таком режиме отдельные захоронения и настенные росписи, которые обычно находятся в темноте.

С 2006 г. в Лаборатории социальной истории ведутся работы по созданию трехмерной реконструкции центральной части города Тамбова сер. XVII – нач. XIX. вв., где в ходе исследований также проверялись отдельные научные гипотезы: гипотеза строительства крепостных стен г. Тамбова посредством городней (деревянных клетей), скорость перемещения защитников крепости по боевому ходу крепостных и острожных стен, были найдены ответы причин расхождения описей 1659 и 1662 гг. Так в ходе реконструкции

было выдвинуто предположение о причинах расхождения длин крепостных стен в участках, где стены не подвергались перестройке. В ходе исследований было выявлено, что погрешности во многом обусловлены особенностью измерения. В ходе анализа ландшафта г. Тамбова XVII в. была прослежена взаимосвязь показателей длин крепостных стен с колебанием высот ландшафта местности. В местах, где высоты сильно колебались, показатели в описях 1659 и 1662 гг. разнятся. Предположение о том, что ландшафт местности крепости Тамбов мог сильно измениться за три года, тем самым повлияв на показатели описей, не нашло подтверждения.

Современное развитие методов исторического исследования демонстрирует расширение технологий и методик обработки информации. Особенно отчетливо этот процесс выражается в эволюции методов пространственного анализа. Опыт анализа историографии применения технологий трехмерного моделирования в исторических исследованиях показал устойчивый интерес историков к данному инструментарию, как за рубежом, так и в России. Все чаще стали появляться исследования, выполненные как коллективами технических специалистов и гуманитариев, так и отдельно гуманитарными факультетами и научными центрами.

Характерной особенностью развития этого направления исторической информатики в России является то, что большинство научных центров замкнуты внутри себя и своих исследований, предпочитают работать отдельными группами. Редко можно встретить примеры крупного сотрудничества между факультетами и отдельными университетами как, например, в странах США, Англии, Франции, Италии, Германии и др.

С другой стороны многие компьютерные фирмы специализирующиеся на разработках виртуальных исторических реконструкций в России, в отличие от западных, предпочитают не сотрудничать с научными сообществами. Сбор информации для подобных реконструкций преимущественно ведётся в сети Интернет, а не архивах, обращения к историкам-консультантам редки. Между тем, в настоящий момент за рубежом наблюдается тенденция концентрации научных центров в рамках международных проектов по сохранению

культурного наследия, поддерживаемых крупными благотворительными фондами, а также фондом ЮНЕСКО. Несомненно, что отечественный вариант развития этого направления будет выглядеть сходно.

В настоящее время программные средства трехмерного моделирования претерпевают значительные изменения. Появляются специализированные программы, адаптированные для работы историков и археологов. Расширяются также возможности самих программ трехмерного моделирования, которые позволяют уже не просто реконструировать внешний вид исторических памятников, но и наделять их интерактивными свойствами. Появляются широкие возможности и для проверки научных гипотез, так с помощью программ трехмерного моделирования стало возможно реконструировать технологию строительства того или иного объекта, его устойчивость, подвергнуть его различному влиянию. Так в виртуальном мире, можно имитировать воздействие огня, затопления, антропогенное разрушающее воздействие, природный катаклизм и т.д.

Таким образом, хочется отметить, что данный метод анализа исторического материала является востребованным в инструментарии историка, основная задача которого пространственный анализ изучаемого объекта, визуализация данных исторического источника, проверка научных гипотез методики постройки объекта, его функциональности.

Историческая информатика как предмет пошла дальше по сравнению с другими гуманитарными дисциплинами в использовании технологий трёхмерного моделирования. Это обстоятельство подчеркивает особый статус этого направления, который выражается в поиске и адаптации новых методов и технологий к задачам исторического исследования.

Список литературы

1. Источниковедение новейшей истории России: теория, методология, практика: Учебник/А.К. Соколов, Ю.П. Бокарев, Л.В. Борисова и др. Под ред. А.К. Соколова. – М.: Высш. Шк., 2004.
2. Рендеринг (англ. rendering) – окончательная обработка изображения полученной трёхмерной модели и вывод её на экран монитора.
3. Константин Мееров. Урок 3D истории / http://www.render.ru/books/show_book.php?book_id=285
4. Fleury Ph. et Madeleine S. Réalité virtuelle et restitution de la Rome antique au IV siècle p. C., Histoire urbaine, 2007. Виртуальная интерактивная реконструкция античного Рима IV в. н.э. // Новый взгляд. Лаборатория социальной истории ТГУ им. Г.Р. Державина: Междунар. Сб. Работ молодых историков. Т.1. Тамбов: Юлис, 2007. С. 46 – 51.

5. Mary Jo Curtis. The Great Temple of Petra. Scientists, artists and archaeologists collaborate on digital archaeology // http://www.brown.edu/Administration/News_Bureau/2002-03/02-077.html
6. Baldock C., Hughes S.W., Whittaker D.K. et al., 3D reconstruction of an ancient Egyptian Mummy using x-ray computer tomography, *Journal of Royal Society of Medicine* 87 (12), 1994 Dec., 806 – 808 // <http://www-ijp.ums.ac.uk/MEDPHYS/projects/jen>
7. Von Thomas Thelen. Auf den Spuren von Bramante & Co-Ausstellung in Bonn lädt zum virtuellen Spaziergang durch die päpstlichen Paläste ein // *Aachener Zeitung*, 05.12.1998 // http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/e_exhibitions/index_vatikan.html
8. Marc Grellert. Synagogues in Germany: a virtual reconstruction. Birkhäuser, 2004; Marc Grellert. Immaterielle Zeugnisse : Synagogen in Deutschland: Potentiale digitaler Technologien für das Erinnern zerstörter Architektur. Bielefeld: Transcript, 2007.
9. Virtual Shikki // <http://www.k.hosei.ac.jp/~pasko/Shikki/Shikki.html>
10. Vilbrandt C.W., Goodwin J.M., Goodwin J.R. Computer models of historical sites: Sazaedou – from the Aizu History Project, *Proceeding 1999 EBTI, ECAI, SEER&PNC Joint Meeting* (Taipei: Academia Sinica). P. 489-502
11. Steuer J. Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communications*, 42.4. 1992: pp. 73-93.
12. Marie-Laure Ryan. Immersion vs. Interactivity: Virtual Reality and Literary Theory. *Dept. of English, Postmodern Culture*, v. 5 n. 1, Oxford University Press, 1994 // http://www.brown.edu/Administration/News_Bureau/2002-03/02-077.html
13. Liggett R., Friedman S., Jepson W., Interactive Design/Decision Making in a Virtual Urban World: Visual Simulation and GIS, 1996 // <http://www.aud.ucla.edu/~robin/ESRI/p308.html>
14. Youngblut C. Educational Uses of Virtual Reality Technology.-Institute for Defense Analyses, Paper D-2128, Virginia, 1998.
15. 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* 7 / 2001, pp. 486 – 489 // http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/jana_pub/jana_japan.pdf
16. Biab online. Council for British Archaeology. P. 64 / <http://www.biab.ac.uk/A4volume9-2005.pdf>
17. List of Abstracts and Poster Presentations / <http://www.zrc-sazu.si/caa/abstracts.htm#Abstracts>
18. Daniel Acevedo Feliz. ARCHAVE: A virtual reality interface for archaeological 3D GIS // http://graphics.cs.brown.edu/research/sciviz/archaeology/archave/ARCHAVE_proposal.pdf
19. Ignatiev M.B., Nikitin A.V., Nikitin A., Reshetnikova N.N. The Virtual Worlds in Culture and Education // *Russian Digital Libraries Journal* - 2001 - Vol. 4 - No 3 // <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/eng/journal/2001/part3/INNR>
20. Подгаецкий В. В. Социальная структура как скульптура для слепых // <http://kleio.asu.ru/aik/bullet/14/91-93.pdf>
21. Коробейников А.В. Историческая реконструкция по данным археологии. Ижевск, 2005.
22. Груздев Д.В., Журбин И.В. Визуализация и анализ результатов археолого-географических исследований: задачи, режимы и программная реализация // *Информационный бюллетень Ассоциации «История и компьютер»*. № 33. М., 2006. С. 43 – 52. И.В. Журбин Методика и технология геофизических исследований при сохранении и музеефикации памятников археологии. *Круг идей: алгоритмы и технологии исторической информатики: Труды IX конференции Ассоциации «История и компьютер»* // Под ред. Л.И. Бородкина, В.Н. Владимирова. М.; Барнаул: Изд-во Алт. Ун-та, 2005. С. 223 – 240.
23. Кальницкая Е.Я. Трехмерное моделирование как новый инструмент историка архитектуры. 2005. // http://conf.cpic.ru/upload/eva2005/reports/tezis_725.doc
24. 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)*, вып. 9. СПб, 2003. – с. 8-11.;
25. Колесников Ю.Л., Шеламова Т.В. Разработка и использование виртуального музея университета как средство изучения истории оптики // В сб.: *Наука и техника: Вопросы истории и теории*. Выпуск XIX. – СПб.: СПбФ ИИЕТ РАН, 2003. – С. 317-321.
26. Колесников Ю.Л., Шеламова Т.В., Щербакова И.Ю. Виртуальная образовательная среда и система изучения истории вуза как факторы формирования исторического сознания молодежи // В сб.: *Наука и техника: Вопросы истории и теории*. Выпуск XX. – СПб.: СПбФ ИИЕТ РАН, 2004. – С. 177-178.;
27. Колесников Ю.Л., Шеламова Т.В., Щербакова И.Ю. Опыт создания виртуального музея университета и перспективы его использования в образовательной среде // В сб.: *Актуальные проблемы вузовских музеев*. – СПб: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2004. - С.29-30.;
28. Васильев В.Н., Колесников Ю.Л., Чуфаров Е.В., Шеламова Т.В., Щербакова И.Ю. Виртуальный музей университета как средство изучения истории оптического приборостроения и оптического образования // *Оптический журнал*. – 2005. – Т.72, №3. – с. 69-73.;
29. Листвина Е.В., Афанасьева В.В. Хроника. Виртуальное пространство культуры // *Известия Саратовского университета*. 2008. Т. 8. Сер. Философия. Психология. Педагогика, вып. 1. С. 108 – 109 // <http://www.sgu.ru/files/nodes/32526/2008-1-23.pdf>
30. 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 Москва» / http://conf.cpic.ru/eva2007/rus/reports/theme_1112.html

31. Жеребятъев Д.И. Применение технологий интерактивного 3D моделирования для реконструкции утраченных памятников истории и архитектуры на примере крепости Тамбов (тезисы) / Д.И. Жеребятъев // Материалы XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2007». Секция «История». Подсекция «Историческая информатика» / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. М.: Изд-во МГУ, 2007.
32. Смит Б. Исследовательская деятельность Европейского Союза в области культурного наследия // http://www.evarussia.ru/upload/doklad/%D0%9F1-3_Smith.doc.
33. Chan R., Jepson W., Friedman S., Urban Simulation: An Innovative Tool for Interactive Planning and Consensus Building, 1998 // <http://www.asu.edu/caed/proceedings98/Chan/chan.html>
34. Schmitt G., Wenz F., Gramazio F., Urban space simulation by computer Graphics // http://xarcad.ethz.ch/trace/TOKYO_TRACE.html
35. Liggett R., Friedman S., Jepson W., Interactive Design/Decision Making in a Virtual Urban World: Visual Simulation and GIS, 1996 // <http://www.aud.ucla.edu/~robin/ESRI/p308.html>
36. Delaney B. Visualisation in Urban Planning: They Didn't Build LA in a Day, IEEE Computer Graphics and Applications, May/June 2000, p10-16.
37. Инновационные технологии в сферах девелопмента и градостроительства // http://www.informap.ru/Informap_Development_WEB_2_2.pdf
38. Le plan de Rome. Restituer la Rome antique. The Scale Model of Rome // http://www.unicaen.fr/services/cireve/rome/pdr_maquette.php?fichier=histoire
39. Заменит ли виртуальный Парфенон оригинал?// BBC, 23.03.2004. // http://news.bbc.co.uk/hi/russian/entertainment/newsid_3561000/3561907.stm
40. Яблоков К.В. Исторические компьютерные игры как способ моделирования исторической информации // Альманах «История и компьютер». Анализ и моделирование социально-исторических процессов / отв. ред. А.В. Коробаев, С.Ю. Малков, Л.Е. Гринин. М.: Комкнига, 2007. С.170 – 204.
41. Kaisergräber von Xi'an [China] // http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/d_projects/xian.html
42. Synagogen in Deutschland - Eine Virtuelle Rekonstruktion // <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>
43. Der St. Gallener Klosterplan // http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/d_projects/stgallen_img13.html
44. Der Moskauer Kreml entsteht in Darmstadt neu // intern 2/2004 13-14 April 2004 // http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/g_pdf/kreml/print_2004_04_13_tud-intern.pdf
45. Проект «Кремлёвские палаты» 2006 год Виртуальная реконструкция Московского кремля от начала XII века до XX столетия // <http://www.echo.msk.ru/programs/kremlin/41448/>
46. Institute for Advanced Technology in the Humanities. Rome Reborn // http://www.romereborn.virginia.edu/rome_1.0.php
47. Vote E., Raford N. & Walsky A. HIGHER LEARNING – PROJECTS // <http://vis.cs.brown.edu/docs/pdf/Shape-2003-SHA.pdf>
48. Interactive XV Century Belgrade a historical reconstruction of XV Century Belgrade presented through a new form of interactive real-time environment // <http://www.belgradexv.com/>
49. Urban Simulation Team // <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/projects.html>
50. The Development of the Temple of Karnak1 // <http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Karnak/assets/media/resources/ProcessionalRoutesAndFestivals/guide.pdf>
51. Digital Karnak Feature // <http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Karnak/feature/TempleComplexOverview>
52. Минаева Ю. Древний индейский город Теотиуакан восстановлен // http://infox.ru/science/past/2009/06/15/Tyeotiuakan_3D.phtml
53. Виртуальная реконструкция Боспорской крепости Иллураг I – III вв. // <http://ilurat.nw.ru/>
54. Учебно-производственные комплексы Avid в Санкт-Петербурге. // http://www.elogar.ru/files/Av-id_in_SaintPeterburg.doc.
55. Виртуальная реконструкция новгородского храма Спаса на Нередице // <http://www.nereditsa.ru/>
56. Виртуальная реконструкция Старой Ладogi // <http://oldladoga.nw.ru/>
57. Поселенческие памятники коренного населения Средней Оби. Виртуальная реконструкция поселения Сырой Аган 11, 12 // <http://www.ihist.uran.ru>
58. Жеребятъев Д.И., Кончаков Р.Б. Использование технологий создания 3-d игр как инструмента сохранения и реконструкции исторических памятников / Д.И. Жеребятъев, Р.Б. Кончаков // Материалы X конференции ассоциации «История и компьютер». - М: Тамбов: Изд-во Тамбовского университета, 2006. С. 12 – 13.
59. Vizerra // <http://www.vizerra.com/ru/locations>
60. Blidenberg V., Malherbe A., Rouhen C., Younsi N. 3D Technology Solves the Mystery of the Great Pyramid // http://khufu.3ds.com/introduction/datas/intro/downloads/Kheops_Story.pdf
61. Wissenschaftler der TU Darmstadt entdecken verborgenen Grabeingang zu chinesischem Kaisergrab // <http://www.rhombos.de/shop/a/show/story/?868>
62. Abenteuer Wissen. Zhaoling im Cyberspace. Spurensuche mit neuen digitalen Technologien // <http://abenteuerwissen.zdf.de/ZDFde/inhalt/1/0,1872,3939201,00.html?dr=1>
63. Минаева Ю. 3D-карта покажет секретные ходы римских катакомб // [http://www.infox.ru/science/ animal/2008/09/27/document418.phtml](http://www.infox.ru/science/animal/2008/09/27/document418.phtml)