



## Mathematical modeling in Historical studies: problems, features and opportunities of method application

O. D. Dashkovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>P. G. Demidov Yaroslavl State University, 14 Sovetskaya str., Yaroslavl 150003, Russian Federation

Research article  
Full text in Russian

The article analyses such a multidisciplinary research method as modeling of the historical processes and phenomena. Based on the available publications, the problems, typologization of models and their features are identified. The possibilities for the application of fractal geometry for modeling of the socio-political, demographic, and historical phenomena and processes were also considered. A characteristic of cliodynamics as a new discussion area in mathematical modeling is given. It is revealed that due to the development of computer technologies the application programs appeared that allow for three-dimensional modeling. It is concluded that the mathematical modeling is a perspective method that can be used not only for the analysis of socio-economic history, but also in historical and cultural studies.

**Keywords:** quantitative history; mathematical modeling; methods; synergetics; fractal; cliodynamics; reconstruction

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dashkovskaya Olga D. | E-mail: [dashod@mail.ru](mailto:dashod@mail.ru)  
Candidate of Sciences in History, Associate Professor



## Математическое моделирование в исторических исследованиях: задачи, особенности и возможности применения метода

О. Д. Дашковская<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, ул. Советская, 14, Ярославль, 150003, Российская Федерация

УДК 930.24+ 303.09  
Научная статья

В статье анализируется такой междисциплинарный метод исследования, как моделирование исторических процессов и явлений. На основе имеющихся публикаций выявлены задачи метода, типологизация моделей и их особенности. Также были рассмотрены возможности применения фрактальной геометрии для моделирования социально-политических, демографических и исторических явлений и процессов. Дается характеристика клиодинамики – нового дискуссионного направления в математическом моделировании. Выявлено, что благодаря развитию компьютерных технологий появились прикладные программы, позволяющие осуществлять трехмерное моделирование. Делается вывод, что математическое моделирование является перспективным методом, который может использоваться не только для анализа социально-экономической истории, но и в историко-культурных исследованиях.

**Ключевые слова:** квантитативная история; математическое моделирование; методы; синергетика; фрактал; клиодинамика; реконструкция

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дашковская Ольга Дмитриевна | E-mail: [dashod@mail.ru](mailto:dashod@mail.ru)  
Кандидат исторических наук, доцент

В настоящее время развитие исторической науки характеризуется активной математизацией и информатизацией. Расширение источниковой базы, выявление целого ряда статистических источников потребовали их обработки с помощью количественных методов, что способствовало появлению различных междисциплинарных направлений.

В 1960-х гг. начало складываться научное направление, связанное с применением математических методов в истории. Оно имело несколько различных названий: квантитативная история (от quantitative – количественный),

клиометрика (или клиометрия). Термин «клиометрика» впервые появился в печати в декабре 1960 г. на страницах журнала «Journal of Economic History» и первоначально означал одно из основных направлений исследований по экономической истории, основанное на применении математико-статистических методов и моделей. Иными словами, это «историческая экономика», «экономика истории». В отечественной науке вместо термина клиометрия использовалось понятие «количественная история». Пионером в данной области стал исследователь экономической истории Рос-

© Дашковская О. Д., 2020

Статья открытого доступа под лицензией CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>)

сии XIX – начала XX столетий И. Д. Ковальченко. Под его редакцией было создано первое учебное пособие для студентов, в котором раскрывались методические основы использования количественных методов в исторических исследованиях [1].

Активное развитие информационных технологий привело к тому, что на основе квантитативной истории было создано еще одно междисциплинарное направление – историческая информатика. В России методическим центром подобных исследований является кафедра исторической информатики МГУ им. М. В. Ломоносова (заведующий Л. И. Бородкин), созданная на основе преобразования одноименной межкафедральной лаборатории.

Одной из сфер научных интересов названных междисциплинарных направлений является математическое моделирование исторических явлений и процессов, которое способствует их более глубокому пониманию, раскрытию качественной сущности.

На протяжении своей жизни человек постоянно сталкивается с моделированием: в школьные годы он использует различные макеты (например, глобус), в студенчестве проводит лабораторные эксперименты. Моделирование стало не только удобным, но и в некоторых случаях необходимым научным приемом. Среди основных причин применения моделирования можно выделить следующие: сложность или дороговизну реального исследования (например, в биологии, в экологии); недопустимость экспериментов по причинам рисков или длительного времени ожидания результатов (например, аварийные ситуации при полетах, астрофизические явления).

В естественных и технических науках использование данного метода не вызывает сомнений. В социологии, политологии и экономике моделирование применяется для прогнозирования разных вариантов социальной политики, экономических реформ.

Вопросы моделирования исторических объектов, явлений и процессов являются достаточно дискуссионными. Исторический

процесс объективен и закономерен, ход истории изменить нельзя, эксперимент в данной области не возможен. Однако уже около 60 лет зарубежные и отечественные историки используют моделирование исторических процессов как один из прогрессивных методов исследования.

Моделирование – метод построения моделей объектов, процессов или явлений с целью их подробного исследования. Под моделью (от лат. *modulus* – образец) имеется в виду объект, схожий с оригиналом, являющийся упрощением последнего и используемый в целях познания. Вполне очевидно, что при изучении массовых процессов с участием множества людей историка будут интересовать не особенности каждого человека, а наиболее существенные, значимые различия. Математическое моделирование в истории решает различные задачи.

По мнению, И. Д. Ковальченко первой и главной задачей моделирования представляется «построение таких моделей, которые позволяют выявить коренную суть изучаемых явлений и процессов в целом, т. е. рассмотреть их как определенные системы» [2, с. 361]. Воссоздаются отсутствующие данные об объекте или процессе в какой-то промежуток времени.

Второй задачей моделирования является прогнозирование дальнейшего хода развития общественных систем. Так, в 1985 году во Всесоюзном научно-исследовательском институте системных исследований АН СССР был подготовлен к печати доклад «На пороге третьего тысячелетия (Глобальные проблемы и долгосрочное развитие СССР)», где были представлены результаты системного компьютерного моделирования мирового развития с 1980-х гг. до начала XXI века. Результаты исследования оказались неожиданными: период «1990–2000» становился кризисным для СССР, что неизбежно усиливало центробежные тенденции среди стран социалистического лагеря [3, с. 16]. Разработчики предложили варианты выхода из данной ситуации, но доклад так и не был опубликован, началась «перестройка», а потом и распад СССР.

Кроме того, математическое моделирование позволяет проводить изучение альтернатив исторического развития, что подробнее будет охарактеризовано далее.

По способу представления модели могут быть предметными и знаковыми. Предметные модели воссоздают физические характеристики объекта-оригинала. Примером служит метод антропологической реконструкции облика на краниологической основе, то есть восстановление лица человека по внешним данным черепа, по его рельефу и структуре. Этой методикой, разработанной советским антропологом Михаилом Герасимовым, до сих пор пользуются ученые различных стран.

М. Герасимову удалось создать более 200 скульптурных портретов-реконструкций различных исторических личностей, в том числе Ярослава Мудрого, Андрея Боголюбского и Ивана Грозного.

Предметными моделями являются копии орудий труда древних людей, макеты их жилищ и кораблей. В 1947 году норвежский исследователь Тур Хейердал, чтобы доказать гипотезу о возможности переселения южноамериканских индейцев на острова Полинезии, совершил плавание на гигантском плоту «Кон-Тики». «Кон-Тики» был изготовлен на основании старинных испанских описаний плотов инков из бальсовых бревен – очень легкой древесины, которая и могла стать основой для индейских плотов.

Знаковые модели являются абстрактными и воспроизводят объект-оригинал в виде формул, таблиц, графических схем, сценариев альтернативных событий, в том числе в форме исторического повествования. Последнее представляет собой описательную модель. Например, придуманный литературный герой из художественного произведения реалистичного жанра, которое было создано в изучаемую эпоху, может стать для исследователя образцом описания мотивов поведения типичного представителя какой-либо социальной общности в определённой исторической обстановке [4, с. 117], что допустимо, так как часто литературные герои представ-

ляют собирательный образ, имеющий реальных прототипов.

Существуют различные подходы к классификации исторических моделей. Но так или иначе во всех типологиях присутствуют наиболее популярные у историков имитационные модели. В имитационных моделях осуществляется воспроизведение самого изучаемого процесса в смысле его функционирования во времени, причем моделируются элементарные явления, которые составляют процесс, сохраняется их последовательность протекания во времени и логическая структура [5, с. 28].

Первая сфера применения имитационного моделирования – реконструкция исторической действительности. Образцом является исследование, проведенное группой математиков и историков под руководством академика Н. Н. Моисеева. В качестве объекта моделирования было выбрано греческое рабовладельческое общество периода Пелопоннесской войны (431–404 гг. до н. э.). С помощью компьютерного моделирования было показано неравномерное влияние войны на экономическое положение древнегреческих полисов. В ходе работы были уточнены размеры участков земли у представителей различных слоев населения, цены на некоторые товары, численность войска, военные расходы, состояние государственной казны [6].

Вторая область использования имитационного моделирования – построение контрфактических моделей. С этим направлением связано появление такого направления, как альтернативная история. Наиболее известным примером профессионального применения данного метода является работа американского учёного Роберта Фогеля «Железные дороги и экономический рост» (1964 г.), ставшего лауреатом Нобелевской премии по экономике [7]. Автор моделирует развитие Америки XIX века при отсутствии железных дорог. Он пытается оспорить утверждение, что главным стимулом развития всех остальных отраслей хозяйства и вообще развития

капитализма было строительство железных дорог.

Образцом альтернативного моделирования, осуществленного отечественными историками, стали исследования Л. И. Бородкина по изучению вариантов путей аграрного развития СССР в конце 1920-х – начале 1930-х годов. Работы были начаты историком еще в конце 1980-х гг. и получили законченное оформление в монографии «Моделирование исторических процессов: от реконструкции реальности к анализу альтернатив» (2016 г.). Целью Л. И. Бородкина было получение «ретропрогноза» о том, как развивалась бы социальная дифференциация в советской деревне, если бы политика нэпа не была прервана коллективизацией. Расчеты показали, что опасения большевиков по поводу неизбежного развития в деревне «мелкобуржуазного капитализма» были сильно преувеличены. При «долгом нэпе» доля богатых крестьян росла бы незначительно, зато бедных хозяйств стало бы меньше за счет роста середняков. При таком сценарии за 1924–1940 гг. посевы выросли бы на 70 %, а поголовье скота – на 50 %. Как показывает имитационная модель, продолжение политики нэпа «не привело бы ни к взрывному росту аграрной экономики, как утверждают одни, ни к хозяйственному хаосу и социальным катаклизмам в деревне, как считают другие» [5, с. 97–98]. Получается, что «Великий перелом» прервал начавшийся еще в годы Гражданской войны процесс массового осереднячивания деревни.

В последние годы историков привлекают концепции синергетики – учения о самоорганизации, об универсальной закономерности эволюции сложных систем. Синергетика исходит из того, что процессы не всегда развиваются линейно, системы могут непредсказуемо вести себя в периоды их неустойчивого развития, а малые случайные флуктуации могут оказать сильные воздействия на траекторию процесса.

Синергетика основывается на том, что в самых различных предметах и явлениях окружающей действительности встречается самоподобие. Например, самоподобие мож-

но рассмотреть в снежинках, в строении гор, облаков, при развитии экономических систем. Указанные объекты и другие, подобные им по своей структуре, называются фрактальными. Под словом «фрактал» чаще всего принято подразумевать особый тип геометрической фигуры. Это графическое изображение структуры, которая в более крупном масштабе подобна сама себе, то есть даже малая часть фрактала содержит информацию о фрактале в целом. Обладание свойствами самоподобия означает, что отдельные фрагменты структуры предметов, явлений и процессов строго повторяются через определенные пространственные промежутки.

С помощью фрактальной геометрии ученые создают математические модели социально-политических, демографических и исторических явлений и процессов. В 2009 году на базе Тамбовского государственного университета имени Г. Р. Державина был образован «Центр фрактального моделирования социальных и политических процессов», который и стал методической базой для существовавших разрозненных проектов [8]. Так, сотрудниками центра была разработана модель, которая описывает процессы модернизации городской социальной среды и сознания горожан в пореформенной России («Менталофрактал»). Историки и программисты осуществили компьютерное моделирование демографического поведения аграрного населения Центральной России второй половины XIX – начала XX вв. (программа «Демофрактал»). Для исследования эволюции крупных гетерогенных государственных образований, а именно для построения сценариев разделения полномочий между властными органами центра и периферии, была создана компьютерная разработка «Империя». Наиболее масштабным проектом центра стала программа «Модернофрактал 5.1», предназначенная для проведения компьютерных экспериментов с математической моделью, которая описывает переход социально-политических систем из одного состояния в другое.

Главная ценность фракталов как инструментов исследования заключается в том,



что фрактальные модели способны обнаруживать и моделировать нелинейные эффекты, возникающие в социальных системах. По мнению сотрудников «Центра фрактального моделирования социальных и политических процессов», «построение фрактальных моделей и компьютерные эксперименты с ними не предоставляет в распоряжение историка собственно эмпирических фактов, однако претендуют на роль продуктивного источника гипотетических утверждений, которые можно и проверять, и развивать, и уточнять, и использовать в дальнейших изысканиях» [9, с. 82].

Еще одним новым направлением в моделировании исторических процессов стала клиодинамика, которая не получила общего признания и является дискуссионной. Термин предложен американским ученым советского происхождения П. В. Турчиным [10]. Его единомышленниками и соавторами являются российские историки А. В. Коротаев и С. А. Нефёдов. Сторонники применения данного метода используют математические модели для изучения динамических процессов в истории: сокращения или увеличения численности населения, роста или упадка экономики, укрепления или развала государств. Для этого исследователи анализируют четыре основных переменных: численность населения, социальную структуру, государственную мощь и политическую нестабильность.

Для количественной оценки каждой переменной существуют различные способы. Например, одним из факторов оценки социальной структуры является здоровье населения, а его, в свою очередь, можно измерить при помощи различных показателей (средняя продолжительность жизни).

Опираясь на доступные источники и исследовательскую литературу, сторонники применения метода клиодинамики накладывают полученные статистические данные на временную ось и ищут возможные совпадения и созависимости изучаемых показателей. Так, социополитическая нестабильность сказывается на демографии (приводит к росту смертности, эмиграции), а также под-

рывает продуктивную инфраструктуру общества. При этом падает численность населения, элиты гибнут в гражданских войнах или скатываются вниз по социальной лестнице. В какой-то момент общество находит новое равновесие, и цикл повторяется сначала. Так получаются «вековые циклы» в численности населения и социополитической нестабильности [11, с. 178]. С точки зрения математики эти циклы не имеют точной периодичности, так как возникают из-за внутренних причин и могут быть нарушены внешними силами. На основании «вековых циклов» строятся и прогнозы в клиодинамике. Так, по мнению П. В. Турчина, в 2020 году США ожидает волна беспорядков, схожая по масштабам с 1970 г.

Итак, клиодинамика основана на циклических концепциях развития. Подобные «волновые» теории выдвигались и ранее (Л. Фробениусом, П. Сорокиным, Н. Д. Кондратьевым). В работах П. В. Турчина и его сторонников они получили математическое обоснование.

Наконец, важнейшей тенденцией развития математического моделирования стало совершенствование программного обеспечения. Первые пакеты компьютерных программ для моделирования социальных явлений и процессов появились в середине 1980-х гг., хотя и ранее обработка данных происходила на электронно-вычислительных машинах. В конце 1990-х – начале 2000 гг. историки использовали такие специализированные программы, как «PowerSim» и «Vensim». Существующие в настоящее время компьютерные приложения настолько совершенны, что позволяют осуществлять трехмерное (3D) компьютерное моделирование. Чтобы сделать моделирование рельефа местности и точные строительные конструкции, зарубежные и отечественные исследователи используют САД-системы (системы автоматизированного проектирования) – такие трёхмерные редакторы, как «ArhiCAD», «AutoCAD», «Autodesk 3ds Max». Виртуальные модели позволяют проверить прочность конструкций архитектурных сооружений, выяснить предназначение отдельных элементов зданий. Так, создание виртуальной модели Колизея позволило

идентифицировать назначение отдельных деталей стены как креплений, поддерживающих тент.

Компьютерное моделирование широко используются виртуальной палеоантропологией. Например, Британский музей в 2004 г. осуществил проект по созданию трехмерной модели древнеегипетской мумии священника Неспереннуба, который был захоронен в Фивах примерно 2800 лет назад. Благодаря этому стало возможным проводить многоаспектный компьютерный анализ частей мумии, слоев ткани, различных сопутствующих предметов (например, фрагментов стекла, амулетов) без повреждений исследуемого объекта [12, с. 54].

Российские историки применяли технологии интерактивного трехмерного моделирования для воссоздания утраченных памятников истории и архитектуры: Тамбовской крепости, историко-культурного наследия Енисейска, памятников античного Боспора [13]. Большую методическую роль в исторической реконструкции сыграла кафедра исторической информатики МГУ им. М. В. Ломоносова и Л. И. Бородин, популяризовавший данное направление.

Технологии 3D-моделирования в археологических исследованиях в России получили распространение благодаря деятельности группы археолого-географических информационных систем (АГИС) при отделе охранных раскопок, возглавляемой Д. С. Коробовым. Так, в результате анализа системы расселения алан в эпоху раннего Средневековья в Кисловодской котловине были изучены 590 археологических объектов, разработана база данных АГИС и построен ряд трёхмерных моделей рельефа и ряда строений. Разработки Д. С. Коробова в области 3D-моделирования стали одной из тем раздела учебного пособия «Основы геоинформатики в археологии» [14].

Рассмотрим алгоритм действий ученых по реконструкции исторических объектов средствами трёхмерного компьютерного моделирования на примере создания модели городища Эмдер (Ханты-Мансийский

округ). Эта крепость из лиственницы существовала с конца XI–XII вв. по вторую половину XV–XVI вв. Разработчики выделили ряд этапов проектирования трехмерной модели городища Эмдер [15, с. 16–17].

Сбор и обработка информации, необходимой для создания первоначальных чертежей и моделирования 3D-объектов.

Создание в конструкторской программе «ArchiCAD 2D» чертежей отдельных элементов городка, схемы размещения построек, рвов и башен крепости.

Построение трехмерной модели объекта и прилегающих территорий. Для этого применялась профессиональная программная система для создания и редактирования трёхмерной графики и анимации «Autodesk 3ds Max».

Выбор материалов и текстурирование (создание эффекта рельефной поверхности) смоделированных 3D-объектов.

Освещение и визуализация ландшафта и 3D-объектов. Визуализация также выполнялась в программе «Autodesk 3ds Max».

В результате были получены не только фотореалистичные изображения, но и панорамный видеоролик городища Эмдер.

Созданные трехмерные реконструкции архитектурных комплексов могут использоваться как полноценный исторический источник с высоким уровнем достоверности. Также применение компьютерного 3D-моделирование виртуальной реальности содействует популяризации историко-культурного наследия.

Таким образом, математическое моделирование явлений и процессов является одним из самых перспективных методов, используемых историками. Сейчас моделирование применяется не только для анализа социально-экономической истории, но и в историко-культурных исследованиях. Безусловно, любая модель всегда будет беднее оригинала, а многие исследовательские подходы расходятся с имеющимся у историка методическим инструментарием. В то же время решение спорных теоретико-методологических вопросов, более тесное сотрудничество историков

с математиками и программистами приведет к более широкому использованию такого инновационного инструмента познания исторической действительности, как моделирование.

#### Ссылки

1. Количественные методы в исторических исследованиях: учебное пособие / под ред. И. Д. Ковальченко. М.: Высшая школа, 1984. 384 с.
2. Ковальченко И. Д. Методы исторического исследования. М.: Наука, 1987. 438 с.
3. Геловани В. А., Бритков В. Б., Дубовский С. В. Глобальное моделирование процессов развития СССР/России: 1985–2010 гг. (Прогноз, который мог изменить ход истории) // Математическое моделирование исторических процессов: тезисы докладов II Международной конференции. М.: Ин-т прикладной математики им. М. В. Келдыша, 2007. 72 с.
4. Бочаров А. В. Основные научные методы в историческом исследовании: учебное пособие. Томск: Томский гос. ун-т, 2006. 188 с.
5. Бородкин Л. И. Моделирование исторических процессов: от реконструкции реальности к анализу альтернатив. СПб.: Алетейя, 2016. 303 с.
6. Опыт имитационного моделирования историко-социального процесса / А. С. Гусейнова, В. И. Кузицин, Ю. Н. Павловский, В. А. Устинов // Вопросы истории. 1976. № 11. С. 91–108.
7. Fogel R. W. Railroads and American Economic Growth: Essays in Econometric History. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1964. 296 p.
8. Жуков Д. С., Канищев В. В., Лямин С. К. Фрактальное моделирование историко-демографических процессов. М.; Тамбов: Изд-во ТГУ, 2011. 194 с.
9. Жуков Д. С., Канищев В. В., Лямин С. К. Исторические приложения фрактального моделирования // Историческая информатика, информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. 2013. № 1(3). С. 71–82.
10. Турчин П. В. Историческая динамика. На пути к теоретической истории. М., 2007. 365 с.
11. Турчин П. В. Клиодинамика: новая теоретическая и математическая история // Метод. 2011. № 2. С. 173–186.
12. Бородкин Л. И., Жеребятьев Д. И. Технологии 3D-моделирования в исторических исследованиях от визуализации к аналитике // Историческая информатика. 2012. № 2. С. 49–63.
13. Виртуальная реконструкция историко-культурного наследия в форматах научного исследования и образовательного процесса: сб. науч. ст. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. 196 с.
14. Коробов Д. С. Основы геоинформатики в археологии: учебное пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. 220 с.
15. Бублова Н. П., Епанян В. Методика трёхмерного компьютерного моделирования при реконструкции исторических объектов // Регионы. Города. Ракурсы и параллели. Теоретические доклады IV Всероссийской творческой лаборатории. Омск, 2016. С. 14–19.