МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

MODELLING OF HISTORICAL PROCESSES

ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ*

HISTORICAL APPLICATIONS OF FRACTAL SIMULATION

Жуков Дмитрий Сергеевич
Кандидат исторических наук, доцент кафедры международных отношений и политологии Тамбовского государственного университета им. Г. Р. Державина
E-mail: ineternatum@mail.ru

Dmitry S. Zhukov

Канищев Валерий Владимирович
Доктор исторических наук, профессор, профессор кафедры российской истории Тамбовского государственного университета им. Г. Р. Державина
E-mail: valcan@mail.ru

Valery V. Kanishchev

Лямин Сергей Константинович
Кандидат исторических наук, доцент кафедры российской истории Тамбовского государственного университета им. Г. Р. Державина
E-mail: laomin@mail.ru

Sergey K. Lyamin

Изложены подходы к построению и некоторые результаты использования фрактальных моделей в исторических исследованиях. Представлены модели ряда феноменов и процессов: демографическая динамика аграрного общества (модель «Демофрактал»), взаимодействие социума и природной среды («Экофрактал»), территориальная динамика российского общества и государства («Фронтирфрактал»).

Ключевые слова: фрактальная геометрия, моделирование, историческая демография, аграрное общество, фронтир.

The article describes the approaches to construction of fractal models in historical studies, as well as some of the results of fractal simulation. The authors present the models of some phenomena and processes, such as population dynamics of agrarian society (Demofractal model), the interaction of society and environment (Ecofractal model), the spatial dynamics of the Russian state and society (Frontierfractal model).

Keywords: fractal geometry, simulation, historical demography, institutional modernization, agrarian society, frontier.

* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14. B37.21.0953. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12–06–31111 мол_а.

С 2005 г. Центр фрактального моделирования (ЦФМ) (сайт: www.ineternum.ru или цфм.рф) занимается разработкой методологии и программного обеспечения для моделирования социальных явлений и процессов средствами фрактальной геометрии. Данная статья посвящена обзору некоторых результатов применения фрактальных моделей для решения частных исследовательских задач в различных проектах. Мы затронем следующие проблемы: демографические стратегии аграрного социума, эволюция форматов взаимодействия общества и природной среды, территориальная динамика российского общества и государства. Такую «пеструю» проблематику объединяет единый инструментарий — «общая фрактальная модель перехода» (ОФМП), которая описывает некоторые аспекты перехода социальных и политических систем из одного состояния в другое.

Для изучения разнообразных объектов фрактальные имитационные модели используются как своего рода «эвристическая машина» для формулирования гипотез, выявления потенциалов и альтернатив развития. Американский классик моделирования Рассел Акофф весьма оптимистично высказывался о подобном подходе к изучению социальных феноменов: «Основным научным методом изучения неизвестного всегда был эксперимент. Однако экспериментировать с крупномасштабными социальными системами нельзя… Можно сказать, что исследователь, изучающий деятельность многих социальных систем, находится в таком же положении, как первые астрономы: рассматриваемые ими системы тоже казались бесконечно сложными и к тому же недоступными для экспериментирования. Однако в дальнейшем астрономы разработали математические представления (модели) своих систем и стали экспериментировать с этими моделями. В наши дни такие эксперименты называют моделированием… История моделируется путем экспериментирования (например, разыгрывания сложной игры в лабораторных условиях), проводимого для проверки гипотез о реальном конфликте, которые для этого выражаются в конструктивных количественных терминах и адаптируются к данной искусственной действительности… [Затем] можно модифицировать первоначальную искусственную действительность… и построить более реалистичную… ситуацию…»[1].

В компьютерных экспериментах с фрактальными моделями возникают события и эффекты, описанные в теории хаоса. Способность фрактальных моделей имитировать нелинейное поведение систем делает их эвристически продуктивным инструментом для исследования социальных феноменов.

Фрактальная геометрия появилась в 1977 г. после публикации книги Бенуа Мандельброта «Fractals: Form, Chance, and Dimension». Переработанная редакция этой монографии стала классическим основополагающим трудом по фрактальной геометрии — «The Fractal Geometry of Nature» (русский перевод — «Фрактальная геометрия природы»). Фрактал — это особый тип геометрической фигуры, а «фрактальный» — это характеристика структуры, явления или процесса, обладающих свойствами фрактала. Сам Б. Мандельброт определял фрактал как структуру, части которой «в каком-то смысле» подобны целому. Од-

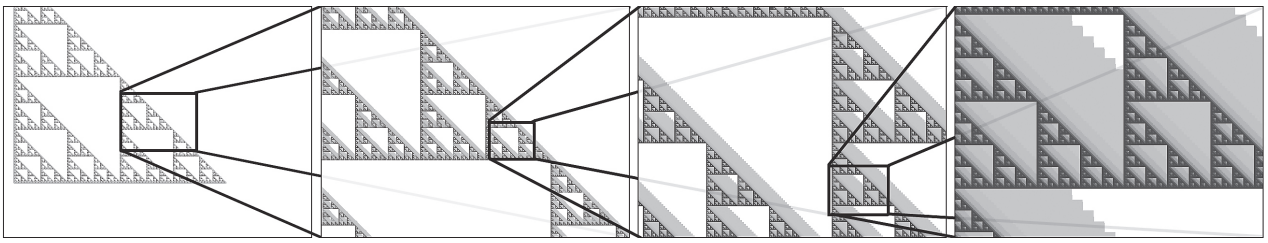


Рис. 1. Решето Серпински

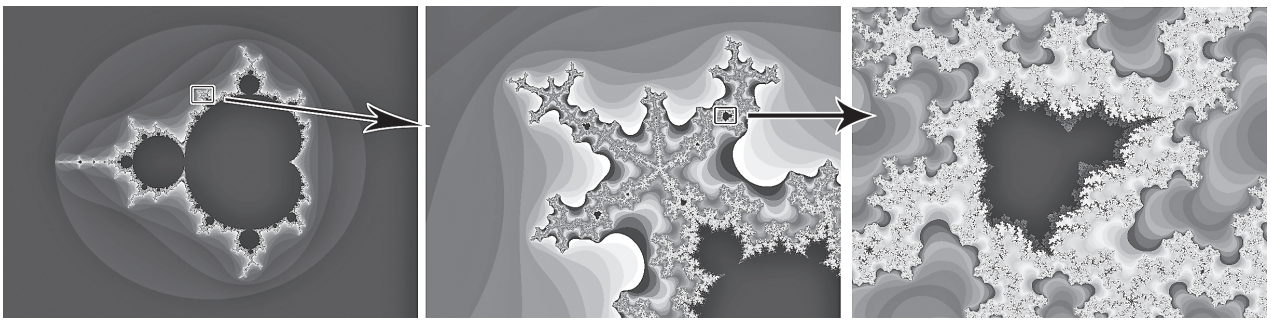


Рис. 2. Фрактал Мандельброта

ним из атрибутов фрактала является, таким образом, самоподобие (масштабная инвариантность): в каком бы приближении мы ни рассматривали фрактал, мы всегда видим одно и то же или, во всяком случае, нечто подобное[2]. На рисунке 1 в качестве иллюстрации масштабной инвариантности представлены несколько масштабов фрактала Решето Серпински.

Самоподобие фрактала может быть не абсолютным. Рисунок 2 демонстрирует фрагменты самого известного фрактала — Построения Мандельброта. В данном случае самоподобие трансформируется в разных масштабах, но на каждом уровне сложности (в каждом масштабе) возникает сплав индивидуальных характеристик элемента и общих черт всей системы.

Б. Мондельброт полагал, что для природы характерен именно фрактальный способ самоорганизации, поскольку алгоритмы построения фракталов имеют относительно простой «генетический код» (базовый принцип построения), но при этом способны создавать сверхсложные объекты или процессы.

Вслед за естественными и точными науками принципы фрактальной геометрии осваиваются и в социогуманитарных дисциплинах. В монографии «Fractals, Graphics and Mathematical Education» Б. Мандельброт помещает весьма примечательное размышление об истории и фрактальной геометрии: «Позвольте мне… признаться Вам в зависти, испытываемой мной в юности, когда я наблюдал то влияние на умы людей, которое является привилегией психологии и социологии; позвольте мне признаться в моих юношеских мечтах о некоей отрасли точной науки, которая могла бы так или иначе преуспеть в достижении подобного влияния. Еще несколько десятилетий назад природа самих точных наук делала все эти мечты бесполезными. Люди (не все, что и говорить, но достаточное их число) рассматривают историю, психологию, социологию как науки живые, ясно понимающие, действенные… Астрономия не рассматривалась как живая и действенная наука; Солнце и Луна сверхчеловечны, поскольку из-за своей правильности подобны богам. <…> В настоящее время острый контраст между астрономией и историей исчез. Мы являемся свидетелями возникновения не просто новой разновидности науки или нового рода наук, но намного более глубоких изменений… Начиная с 1960-х гг. изучение истинной сложности и неупорядоченности вышло на сцену. Здесь можно произнести два ключевых слова — хаос и фракталы, — но я остановлюсь на фракталах. Снова и снова в процессе моей работы обнаруживались случаи, где простота порождает сложность, которая кажется невероятно жизнеподобной. <…> Астрономия описывала простые правила и их простые результаты и эффекты, в то время как история описывала сложные правила и их сложные результаты и эффекты. Фрактальная геометрия обнаруживает простые правила и их сложные результаты и эффекты…»[3]

Метафора фрактала, которому свойственна масштабная инвариантность, позволяет свести все многообразие фактов, независимо от их масштаба, к определенной закономерности. При этом единообразие базовой закономерности не противоречит разнообразию исследуемых фактов. Фрактальные модели позволяют обнаружить закономерность и стройную упорядоченность в таких системах, где, казалось бы, царит абсолютный хаос разнонаправленных человеческих устремлений и многообразных эмпирических фактов — фрактальная геометрия объединяет их, не укладывая, вместе с тем, в прокрустово ложе простейших схем.

Самый «древний» тип фракталов — геометрические фракталы. Они являются удобной эвристической метафорой для описания самоподобных социальных и политических структур, а также логики их развития. Геометрическими фракталами называют фигуры, возникающие в результате повторения одного и того же графического элемента (генератора фрактала) бесконечное количество раз во все уменьшающемся масштабе. Примером такой фигуры может служить фрактал Решето Серпински (рис. 1) или Снежинка Коха (рис. 3).

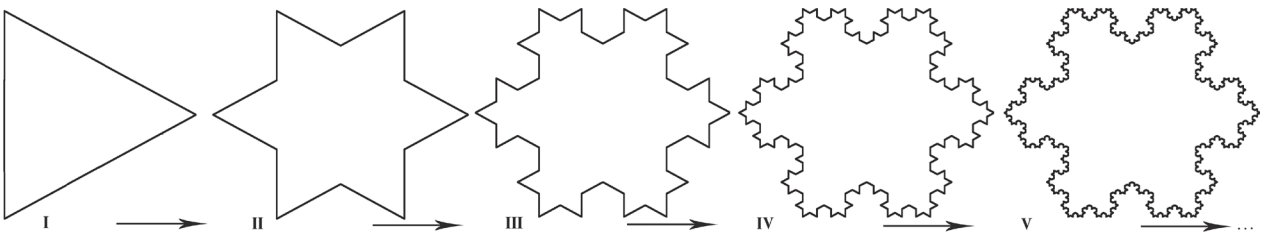


Рис. 3. Начальные этапы построения Снежинки Коха

Другой тип фракталов — алгебраические. Построение алгебраического фрактала можно рассматривать как исследование поведения системы в фазовом пространстве. Именно этот прием реализован в ОФМП.

ОФМП И ФРАКТАЛОПОСТРОИТЕЛЬ МОДЕРНОФРАКТАЛ

Математический аппарат ОФМП основывается на процедурах, описанных Б. Мандельбротом. Эти классические методы были модифицированы для реализации задач моделирования конкретных изучаемых объектов.

В ОФМП различные состояния системы в каждый момент времени представляются посредством изображающей точки в двухмерном фазовом пространстве (координаты этой точки соответствуют величинам ключевых характеристик системы, откладываемых на осях фазового пространства). Смена состояний (трансформация, эволюция) системы во времени представляется чередой точек — т. е. некоей траекторией в фазовом пространстве.

Для проведения компьютерных экспериментов с ОФМП разработана компьютерная программа Модернофрактал 5.1, которая осуществляет процедуры построения алгебраического фрактала.

Математический аппарат модели содержит итерируемую формулу:

$$Z_{n+1} = AZ_n^2 + C, \qquad (1)$$

где A — действительное число; Z и C — комплексные числа: $Z\ (d_{zn}; k_{zn})$, $C\ (d_c; k_c)$, а также ряд математических условий (так называемое правило C-симметрии, правило A-симметрии), которые позволяют отождествить геометрический смысл операций над комплексными числами с результатами нуклеарных взаимодействий факторов модели.

Правило C-симметрии требует, чтобы в каждой итерации знаки перед d_c и k_c устанавливались не в зависимости от знаков, полученных в предшествующей итерации, а в зависимости установок пользователя и от знаков перед частями комплексного числа $F\ (d_f; k_f)$ в текущей итерации (см. табл.).

Правило C-симметрии

Условие	Направление воздействия d_c (установка пользователя)				Направление воздействия k_c (установка пользователя)			
	«внутрь»		«во-вне»		«внутрь»		«во-вне»	
если знак перед d_f	—	+	—	+				
то знак перед d_c	+	—	—	+				
если знак перед k_f					—	+	—	+
то знак перед k_c					+	—	—	+

Причем $$F = AZ_n^2. \qquad (2)$$

Правило A-симметрии имитирует использование в вычислениях равного количества отрицательных и положительных значений A, взятых в случайном порядке, что приводит к распределению аттракторов симметрично относительно всех осей. Это правило может применено пользователем, если качественный смысл A безотносителен к знаку.

Итерируемая формула генерирует последовательность чисел, которые берутся как координаты и задают, таким образом, траекторию изображающей точки в комплексной плоскости (она же — двухмерное фазовое пространство модели). Исследователь получает возможность наблюдать траектории, отслеживая стартовые точки (начальные состояния системы) и конечные устойчивые точки (если таковые имеются) — аттракторы эволюции системы. Компьютерная программа-фракталопостроитель может, таким образом, генерировать изображения аттракторов системы (условно назовем эти изображения «пространством перспектив») и бассейнов («пространство потенциалов»). Бассейны (совокупности начальных позиций, из которых система попадает в тот или иной аттрактор) указывают на потенциальные сценарии эволюции. Аттракторы дают представление о наиболее вероятных и комфортных исходах развития системы под воздействием факторов модели.

Аттрактор — точка (и) «притяжения» траектории системы — эвристически очень продуктивное понятие синергетики. Конфигурация каждой конкретной траектории может зависеть от многих случайностей, но это не отменяет конечного итога и не меняет «местоположения» аттрактора. Впрочем, система может иметь несколько аттракторов, выбор между которыми осуществляется в точке бифуркации и может зависеть от флуктуаций. После прохождения точки бифуркации внутри системы может происходить лишь корректировка траектории приближения к аттрактору, но не выбор самого аттрактора. В аттракторе система стабилизируется. Обнаружение аттракторов позволяет эффективно прогнозировать будущее объекта исследования, ведь конкретные траектории (т. е. любые сценарии будущего), в конечном счете, демонстрируют сильную сходимость к аттрактору.

Во многих случаях выбор аттрактора сильно зависит от начальных условий, исходных позиции системы. Каждому аттрактору соответствует некоторая область начальных состояний/точек, стартуя из которых, система (если она «зависит от начальных условий») обязательно попадет в этот аттрактор. В качестве метафоры подобного рода явлений используется бассейн реки. Аттрактор системы здесь — устье. Начальные состояния — родники. В каком бы месте бассейна не находились родники, вода из них непременно окажется в устье. Между бассейнами разных рек существует водораздел. В устье какой реки попадет вода того или иного родника? Это зависит от его положения относительно водораздела.

Довольно часто изображения бассейнов и, реже, изображения аттракторов, которые генерируются описанным выше способом, являются фракталами.

Методика качественной интерпретации результирующих изображений основана на анализе движения изображающей точки в «размеченном» фазовом пространстве, разным областям и дополнительным построениям которого сопоставлены различные физические (качественные) смыслы.

Различные области фазового пространства в соответствии с условиями модели могут иметь некоторый качественный смысл. Система в ОФМП рассматривается в контексте перехода от одного идеального состояния (нулевой полюс) в другое идеальное состояние («полюс» бесконечности). Применительно к реальным системам переход этот начинается, осуществляется и заканчивается в большинстве случаев где-то между двумя этими полюсами. (см. рис. 4.) Изображающую точку в рассматриваемой плоскости можно представить как некое качественное состояние системы, возникшее из сочетания некоторых величин двух ключевых характеристик системы: H_x и H_y. Условная граница рабочего пространства ОФМП (рис. 4) представляет собой квадрат с координатами диагонали *(2;2)*, *(–2; –2)*. Каждая из двух характеристик (в самом общем виде) имеет две градации: слабая (от 0 до 1) и сильная (от 1 до 2). Эти градации можно рассматривать как два принципиально (качественно) разных диапазона соответствующей характеристики. Сочетание двух градаций двух характеристик дает четыре типа состояния системы, условно обозначенные как Т, О, М, Н (ТОМН).

Модернофрактал 5.1 генерируют изображения аттракторов и бассейнов исследуемой системы в зависимости от управляющих факторов. Пользователь задает значения A, d_c *и* k_c (т. е. силу управляющих факторов) в качестве констант; определяет направление воздействия на систему со стороны факторов d_c *и* k_c (направление задается как «внутрь» (к нулю) или «во-вне» — на периферию, в бесконечность). В соответствии с заданным шагом сетки программа тестирует совокупность точек комплексной плоскости в области ТОМН или в иной области, произвольно задаваемой пользователем. Координаты каждой тестируемой точки подставляются в итерируемую формулу в качестве начального значения Z_1. Далее программа осуществляет количество итераций, определенное пользователем, и анализирует конечный результат. Как правило, 300–400 итераций достаточно, чтобы определить, уходит ли генерируемый числовой ряд в бесконечность или же стремится к некоему аттрактору в видимых пределах (в области ТОМН).

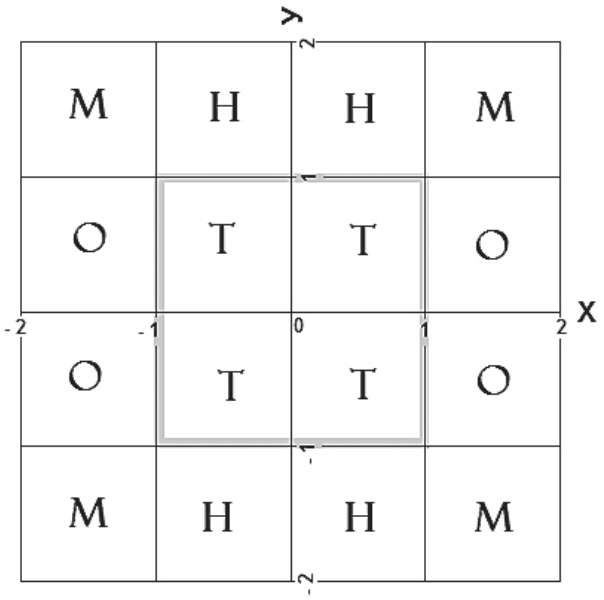


Рис. 4. Разметка фазового пространства ОФМП «по умолчанию»

Получаемые изображения (благодаря «правилам симметрии») симметричны относительно *x* и *y*. Поэтому качественный смысл изображений заключен в любой одной четверти рабочего пространства, ограниченной полуосями.

ОФМП предназначена имитировать реальные социальные процессы. Но способность имитировать, как минимум, предполагает некие качественные смыслы процедур и математического аппарата модели. Как именно осуществляется переход (или непереход) системы из одного состояние в другое в сценариях ОФМП? Или, если задать вопрос иначе, почему ОФМП описывает различные трансформации различных систем в рамках одной математико-логической структуры представлений; какие именно общие для разных систем качественные смыслы зафиксированы в математическом аппарате модели?

Переход социальной системы из одного состояния в другое происходит под воздействием трех поликомпонентных управляющих факторов: Z_n^2 — саморазвитие системы; A — устойчивость/неустойчивость системы к внешнему воздействию; C — воздействие внешней среды.

Любая система стремится воспроизвести саму себя, сохраниться, обеспечить (как минимум) идентичность и (как максимум) усиление ключевых характеристик и т. п. Под воздействием такой внутренней интенции саморазвития социальные системы движутся вовсе не прямолинейно и не равномерно. И это свойство социальных систем точно отражено в операции возведения в квадрат именно комплексного числа — Z_n^2. Во-первых, внутренние факторы самовоспроизводства и самосохранения системы могут приводить в процессе перехода к эмпирически описанным «турбулентностям» (откатам, рывкам, пробуксовкам и т. п.) — множественным нелинейным эффектам, столь свойственным реальной жизни. Во-вторых, чем ближе система к «полюсам» (идеальным состояниям), тем сильнее ее интенция к усилению ключевых характеристик.

В ОФМП вся совокупность воздействий внешней среды на систему определяется пользователем через две константы — части комплексного числа C $(d_c; k_c)$. Это две генерализированные группы «внешних импульсов». Каждая из них действует преимущественно вдоль соответствующей оси, т. е. есть влияет на одну из ключевых характеристик. Но участие в вычислениях комплексных чисел приводит к парадоксальному «перекрещиванию» внешних влияний. Обратим внимание: внешние импульсы могут способствовать как усилению той или иной характеристики, так и ее ослаблению. Поэтому-то пользователь и может задавать для d_c и k_c не только величину («силу»), но и направление: «внутрь» или «во-вне»). Мы можем так легко размышлять о направлении воздействия внешних факторов (как будто находимся в одномерном мире) лишь потому, что имеем дело с теорией *перехода* из одного состояние в другое. И сама парадигма изучения переходности заставляет нас устанавливать четкое направление перехода — или туда, или обратно.

Фактор A — внутренний фактор системы, тесно связанный с характером ее отношений со средой, Этот фактор ослабляет или усиливает способность системы к самостоятельному развитию по внутренней логике, делает систему более устойчивой или менее устойчивой по отношению к среде. Чтобы обеспечить линейность воздействия фактора A, он вводится как действительное число. Как и C, фактор A может представлять собой генерализованную совокупность факторов.

Поскольку при построении алгебраических фракталов используются комплексные числа и плоскость комплексных чисел, возникает вопрос: каков «онтологический статус» комплексных чисел в социальных исследованиях, какой тип социально-политических феноменов можно выразить с помощью комплексных чисел. Мы предлагаем соотнести с действительной и мнимой частями комплексного числа некоторые бинарные понятия, характеризующие систему. Это могут быть контрадикторные или, напротив, комплиментарные понятия. Выявление двух ключевых характеристик весьма часто осуществляется исследователями для описания диалектического развития системы. Примененный в ОФМП математический аппарат позволяет моделировать поведение системы именно как динамику соотношения двух ключевых характеристик — H_x и H_y.

Но почему две характеристики? Почему важно их соотношение? Почему вообще траекторию/эволюцию системы в такой системе координат можно считать инструментом изучения различных (порой весьма непохожих) социальных систем? Примененная в ОФМП четырехчастная разметка фазового пространства — это довольно распространенный прием. Он эвристически продуктивен, поскольку размеченное таким образом фазовое пространство можно рассматривать как визуализацию двухмерной (по двум критериям) типологии.

Хорошее описание этого инструментария помещено в книге Джамшида Гараедаги — ученика и последователя Рассела Акоффа — «Системное мышление: Как управлять хаосом и сложными процессами»[4]. Дж. Гараедаги предлагает рассматривать несколько характеристик систем в совокупности, причем в неразрывной совокупности: «Как утверждает принцип многомерности, противоположные тенденции не только сосуществуют и взаимодействуют, но еще и дополняют друг друга. <…> Технологически проще работать с двухмерным фазовым пространством, где каждое из свойств представлено отдельным измерением. В этом измерении каждое из свойств может быть «сильным» или «слабым» (или, например «низким» или высоким»)» [5]. Этот прием позволяет (в самом первом, грубом приближении) выделить четыре типа систем (или их состояний): «В результате, — продолжает Дж. Гараедаги, — возникает многомерная схема, в которой варианты «низкий+низкий» и «высокий+высокий», помимо вариантов «низкий+высокий» и «высокий+низкий», тоже обладают большой степенью вероятности. Эта формулировка не подразумевает игры с нулевым исходом; в ней поражение для одной стороны необязательно означает выигрыш другой. Наоборот: обе противоположные

тенденции могут возрастать и убывать одновременно. Рассмотрение противопоставляемых тенденций с позиции многомерности позволяет увидеть, что они вполне могут взаимодействовать и даже интегрироваться в нечто совершенно новое. <…> В этом плане точка разбиения на значения «низкий» и «высокий» не является произвольной. Она отмечает уровень, при котором поведение зависимой системы подвергается качественному изменению»[6].

Точка, о которой упоминает Дж. Гараедаги, в ОФМП это так называемая единичная линия (рис. 4), которую можно рассматривать как границу между двумя (по каждой оси) качественно разными величинами соответствующей характеристики. Такое свойство единичной линии определено самим назначением ОФМП, призванной отслеживать качественные переходы в процессе эволюции системы.

В размеченном «по умолчанию» пространстве ОФМП можно провести разнообразные дополнительные построения, например, линию гомеостазиса, на которой основные характеристики системы сбалансированы, и пр. Это делает модель эвристически продуктивной, ведь изображающая точка перемещается (система эволюционирует) в пространстве, наделенном некоторыми весьма сложными качественными смыслами. Известны примеры, когда метод изучения траекторий систем в фазовом пространстве с успехом применялся для исследования не только физических, но и социальных феноменов[7]. Но как генерируются эти траектории? Мы предположили, что процедуры построения алгебраического фрактала позволяют имитировать некоторые социальные эволюции, главным образом — их начальные и конечные точки.

ОФМП, как оказалось, применима к имитации широкого круга тех социальных феноменов, для которых характерны фазовые переходы, несоразмерность причин и следствий, иные контринтуитвные эффекты, не уловимые классическими линейными моделями. Конечно, это имеет смысл, если развитие этих феноменов может быть смоделировано итерацией формулы (1). Итерирование этой формулы имитирует взаимодействие ряда управляющих факторов; причем эти факторы в их абстрактной формулировке можно считать наиболее значимыми для многих социальных систем. Это обстоятельство, а также простота этой формулы вкупе с многообразием и сложностью генерируемых ею результатов делают модель весьма полуфункциональной. ОФПМ можно «настроить», конкретизировать для исследования различных объектов. Для этого достаточно лишь переопределить характеристики, управляющие факторы и сделать новую «разметку» фазового пространства.

ДЕМОФРАКТАЛ: ИСТОРИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Модель Демофрактал, разработанная на базе ОФМП, предназначена для исследования демографического перехода в Центральных регионах России и используется в реализации большого исследовательского проекта, посвященного демографическим и экологическим проблемам российской аграрной провинции. Для доработки моделей использовались стандартные методы шкалирования и калибровки. Для формализации исходных данных использовались исчисляемые индикаторы, рассчитанные на основе репрезентативных выборок или экспертных оценок. Верификация моделей осуществлялась посредством сопоставления результатов компьютерных экспериментов с известными из источников и литературы величинами управляющих факторов и конечных результатов исследуемых процессов.

Мы моделируем демографические стратегии отдельных микросоциумов (поселений) как интерсубъективный феномен — совокупность ключевых характеристик человеческого поведения, имеющего отношения к индивидуальному и коллективному выживанию и воспроизводству. Традиционные (главным образом статистические) методы исторической демографии представляют собой чрезвычайно мощный инструмент анализа базовых тенденций. Полагаем, что эти классические методы можно дополнить новым инструментом — анализом демографических стратегий. Интерсубъективная стратегия реализуемся в среде, где действуют объективные факторы, благоприятствующие или противодействующие стратегии.

Разметка фазового пространства Демофрактала представлена на рисунке 5. Мы следующим образом определили управляющие факторы модели. Z^2 — «инерция» демографического поведения и, более того, внутреннее стремление к усилению присущих системе характеристик. A — природный фактор. C — внешние импульсы: d_c — факторы контроля над потребностью в детях; k_c — факторы контроля над потребностью в индивидуальном выживании.

Для расчета величин управляющих факторов были привлечены данные за несколько отрезков периода 1862–1939 гг. по случайно выбранным ≈200 сельским поселениям. Тамбовской губернии. Регион рассматривался как типичный (с известными ограничениями) для Центральной России. Поэтому общие выводы, сделанные в этом исследовании, с определенными оговорками можно переносить на некоторые другие губернии средней земледельческой полосы России.

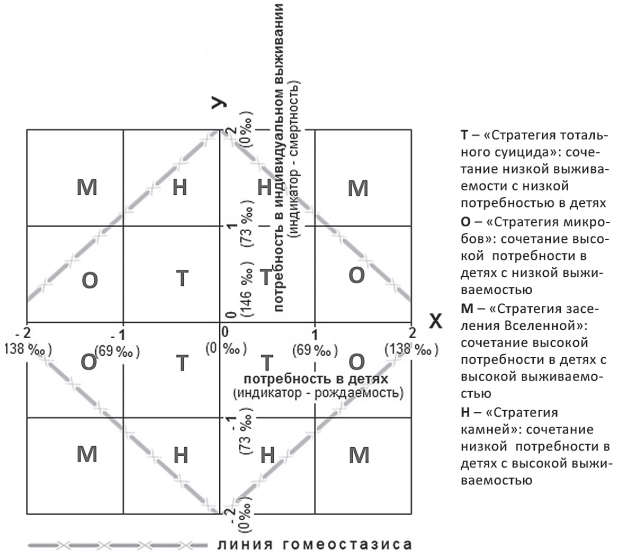


Рис. 5. Разметка фазового пространства Демофрактала

Рассчитав для каждого рассматриваемого социума (отдельного поселения) величину управляющих факторов, мы ввели эти данные в качестве исходных во фракталопостроитель и получили для каждого поселения одно изображение бассейнов и одно изображение аттракторов демографической стратегии. В качестве Z_1 в каждом случае мы тестировали все точки рабочего пространства модели. Заметим, что в большинстве случаев все стартовые точки (пространство бассейнов) приводили к аттракторам, собранным или в одну точку или в очень плотное облако точек. Это вполне интерпретабельный результат, поскольку в рамках одного поселения в обычном состоянии существует, как правило, единая демографическая стратегия.

Обнаруженные аттракторы обладают двумя координатами, обозначающими обе исследуемые интенции: потребность в детях и стремление к индивидуальному выживанию. Аттракторы обозначают наиболее комфортную для каждого конкретного социума демографическую стратегию. Отклонение социума от данной стратегии следует объяснить непредвиденным изменением величин учтенных факторов или появлением новых. Если наложить (свести) изображения аттракторов по всем поселениям, то можно получить картину разброса демографических стратегий большого крестьянского мира. Обобщенные результаты экспериментов в Демофрактале за 1862–1926 гг. представлены на рисунке 6.

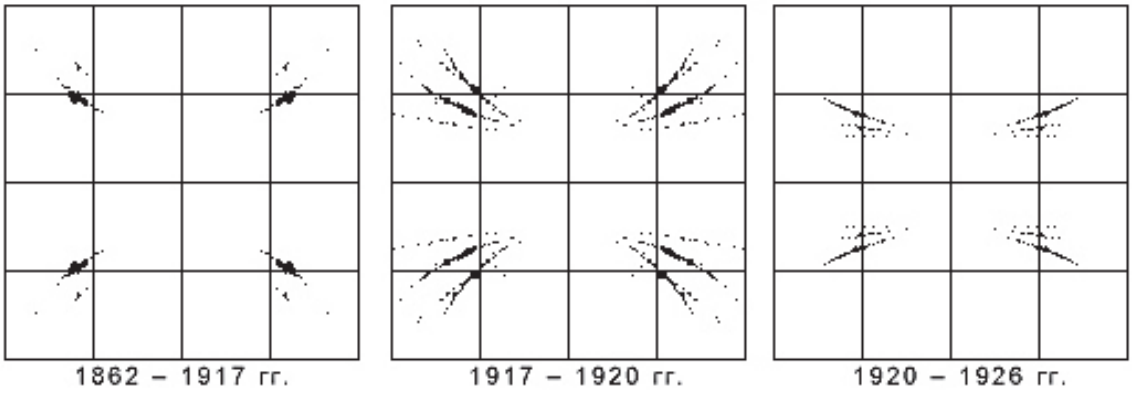


Рис. 6. Сводные пространства перспектив Демофрактала за 1862–1926 гг.
(каждая точка — аттрактор демографической стратегии отдельного поселения)

Облако аттракторов на левом изображении рисунка 6 довольно плотное, то все-таки разные его части находятся в разных типологических зонах. На среднем и правом изображениях уже появляются вытянутые, более рассеянные скопления аттракторов. Эти скопления расположены по линиям, расходящимся веером из некоторой точки. Очевидно, социумы стремились изменить свое демографическое поведение вдоль определенных векторов. Мы условно назвали их «векторами спасения». Возможно, они обозначили направления, в которых социумы неосознанно искали выход из условий послереволюционного кризиса. «Векторы спасения» практически перпендикулярны линии гомеостазиса, а на среднем изображении они тяготеют в зону стратегии «заселения Вселенной».

Интерпретация результатов моделирования не сводится к рассмотрению расположений аттракторов и конфигураций бассейнов. Мы также имеем данные о распределении социумов по типам Т, О, М, Н и о динамике этого распределения в нескольких хронологических периодах. Все вместе эти инструменты позволяют делать некоторые выводы, строить гипотезы о столь «неуловимом» феномене, как коллективная поведенческая стратегия.

Моделирование показало, что в течение 1862–1917 гг. сельские социумы стремились придерживаться традиционного типа воспроизводства (относительно высокая смертность при относительно высокой рождаемости), однако внутри «большой» традиционной демографической стратегии наметилась дифференциация подтипов демографического поведения.

На следующем этапе (1917–1920 гг.) обнаружилось, что разброс аттракторов демографических интенций разных поселений в фазовом пространстве модели, в отличие от предшествовавшего этапа, оказался значителен. Увеличение разброса можно объяснить средовым шоком (Гражданская война в сочетании с политикой «военного коммунизма»). На этот средовой шок общество в целом отвечало диверсифицировано, но превалировало стремление к росту интенций к рождаемости и индивидуальному выживанию. В сущности, именно такого ответа на вызовы внешней среды и следовало ожидать от традиционного общества, которое нацелено на выживание и, следовательно, должно было ответить на сокращение потенций к этому выживанию решительным стремлением к экстенсивному росту численности. Причем средовой шок вызывает реакцию традиционного общества, направленную против линии гомеостатической эволюции (т. е. против постепенного сбалансирования «демографических амбиций» и ресурсов среды).

На третьем изучаемом этапе (1920–1926 гг.) общество столкнулось не просто со средовым шоком, а с существенным ухудшением среды: голод, эпидемии и крупное восстание крестьян значительной части Тамбовской губернии очень резко воздействовали на традиционный социум. В ходе компьютерной симуляции обнаружено, что традиционное общество оказалось более «подготовлено» к катастрофическому ухудшению условий жизни, нежели к незначительному улучшению. Улучшение условий (в проведенных компьютерных экспериментах) снижало прессинг высокой смертности и стимулировало демографический взрыв, переполнение ресурсной ниши к середине 1920-х гг. и депопуляционный обвал в исторической перспективе. Напротив, социально-экономический и военный кризисы не спровоцировали кризиса традиционной демографической стратегии: в ухудшившихся условиях общество лишь ослабило интенцию к индивидуальному выживанию (приступило к «сбросу лишнего населения»).

Стратегии социума с «катастрофическим мышлением» пульсируют (в зависимости от благоприятности/неблагоприятности среды) вдоль так называемых векторов спасения, а не гомеостатической линии. Это означает, что социум живет/жил в режиме реагирования на наличную катастрофу, или ожидает катастрофу в будущем, или помнит прошлую катастрофу.

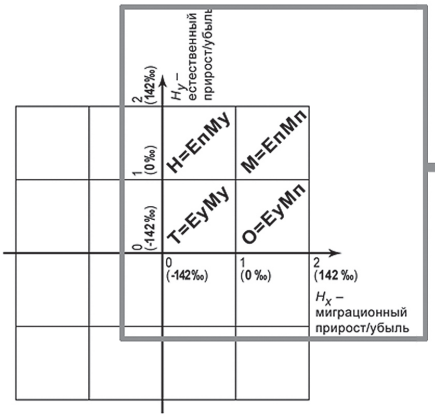
Очевидно, что ни средовой шок, ни масштабное бедствие не могли заставить традиционный социум перейти к гомеостатической модернизации — соблюдению баланса численности коллектива и ресурсов для индивидуального выживания. Для такого радикального изменения демографического поведения требуется смена качественного формата существования социума (его социально-экономической и культурной базы), а не количественное изменение условий жизни.

Для исследования следующего этапа (1926–1939 гг.) в разметку фазового пространства Демофрактала были внесены коррективы, связанные с увеличением значимости миграционных процессов для сельского населения (рис. 7).

Мы определили управляющие факторы модели следующим образом. Факторы k_c (контроль над рождаемостью и смертностью) и A (средовой фактор) заимствованы из модели предшествующих периодов. Переопределен фактор d_c, который в новой версии модели рассматривается как совокупность средств контроля (поощряющих или угнетающих) над миграционным ростом/убылью населения. Для формализации управляющих факторов подобраны индикаторы, которые могут быть исчислены на основе историко-статистических данных или экспертных оценок, в частности: «уровень медицинского обслуживания», «уровень принудительной миграции», «рост населения», «статус поселения» и др.

В результате моделирования обнаружилось, что миграционные процессы (независимо от того, идет ли речь о притоке или оттоке населения) доминируют над естественным движением населения в 55,22% поселений (типы 1, 4, 5, 8). Это социумы, ориентированные на миграцию и втягивающиеся в процессы урбанизации и аграрного переселения.

Подавляющее большинство социумов ориентировано на миграционное сокращение населения. Ниже линии баланса прироста/убыли находится «зона сокращения численности населения». В эту зону входят типы 1, 8, 7, 6 (53,48% поселений). Поэтому можно утверждать, что тенденция к естественному росту, свойственная традиционному обществу, перестала быть единственно возможной демографической стратегией. Безусловно, сама модель не может показать, имел ли место *реальный* естественный абсолютный прирост или убыль населения всего большого общества (эти факты известны из статистических источников и не требуют моделирования). Модель лишь фиксирует тенденцию, которая могла осуществиться в реальности лишь в благоприятных для данной тенденции условиях.



Область **M** – социумы-концентраторы, которые вырвались вперёд благодаря экономическому росту и ди-версификации, улучшению качества жизни; они становились привлекательными для мигрантов и, вместе с тем обеспечивали хорошие условия для естественного воспроизводства.

Область **H** содержит стратегии социумов, которые являются «успешными демографическими донорами»; миграционный отток здесь обеспечивается естественным ростом населения.

Область **O** – это демографические реципиенты, в которых естественная убыль населения компенсируется миграционным притоком; здесь происходит постепенная смена «коренного» населения «пришлым».

Область **T** содержит стратегии упадка; эти социумы сокращаются вследствие естественной убыли и эмиграции, являются «вымирающими демографическими донорами».

H(EпMу)/**1** – естественный прирост не компенсирует миграционную убыль;

H(EпMу)/**2** – естественный прирост компенсирует и перекрывает миграционную убыль;

O(EуMп)/**5** – миграционный прирост компенсирует и перекрывает естественную убыль;

O(EуMп)/**6** – миграционный прирост не компенсирует естественную убыль;

M(EпMп)/**3** – естественный прирост больше, нежели миграционный прирост;

M(EпMп)/**4** – миграционный прирост больше, нежели естественный прирост;

T(EуMу)/**7** – миграционная убыль меньше, нежели естественная убыль;

T(EуMу)/**8** – миграционная убыль больше, нежели естественная убыль.

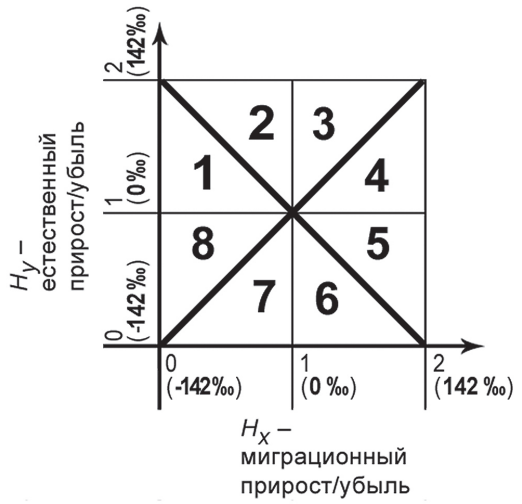


Рис. 7. Разметка фазового пространства Демофрактала (для 1926–1939 гг.)

Таким образом, идеальные стратегии (ориентации) движения народонаселения поменялись: во-первых, социум уже не был нацелен на демографический рост при любых обстоятельствах; во-вторых, сельское сообщество более чем на половину было готово к роли демографического донора. Это тем более удивительно, что мы наблюдаем всплеск миграционных устремлений в недавнем «сидячем» крестьянском мире.

В целом, сельское общество стремилось сбалансировать убыль и приток населения (что и следовало ожидать от крестьянского общества в мирных условиях). Очевидно, это нормальная ситуация — начало внутреннего регулирования демографических тенденций с целью сбалансировать их. Однако заметим, что все-таки главные регуляторы историко-демографических процессов в рассматриваемый период оказались в руках сил, внешних по отношению к сельским социумам — государственная политика, климатические катаклизмы (сильный неурожай 1932–1933 гг.) и пр. Механизмы внутрисоциального регулирования, формирование которых можно наблюдать в ходе моделирования по *косвенным* признакам, очевидно, не могли работать в нормальном режиме.

Сводное пространство аттракторов различных социумов представлено на рисунке 8. Аттракторы по большей части (но не все) собираются в несколько «облаков». Основные «облака» указывают на перспективы (веер возможных сценариев) демографического движения всего большого общества. Два крупных четко выраженных облака в пространстве аттракторов (одно на границе зон 1 и 2, другое — в зоне 4) «зеркально отражают» друг друга: это социумы со стратегиями демографических доноров (1, 2) и демографических реципиентов (4). Такая конфигурация аттракторов может означать то, что большое общество стало биполярным. Миграционные потоки связывают два полюса: на одном полюсе находятся многочисленные села-реципиенты; на другом полюсе — относительно немногочисленные концентраторы мигрантов.

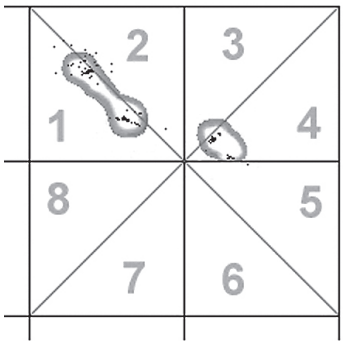


Рис. 8. Сводное пространство перспектив Демофрактала за 1926–1939 гг. (верхняя правая четверть рабочего пространства; каждая черная точка — аттрактор демографической стратегии отдельного поселения; серая линия — произвольная пометка скоплений аттракторов)

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ФРАКТАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ: ЭКОФРАКТАЛ И ФРОНТИРФРАКТАЛ

Новыми модели, созданные на базе ОФМП и реализуемые посредством программы Модернофрактал 5.1, получили условные обозначения: Экофрактал и Фронтирфрактал. Первая модель применяется в большой исследовательской программе под руководством В. В. Канищева по изучению экологических факторов модернизации аграрного социума; вторая модель разрабатывается для проекта изучения российского фронтира под руководством Ю. А. Мизиса. В обоих случаях в 2012 г. были пройдены лишь начальные этапы моделирования, поэтому мы изложим скорее подходы, нежели результаты.

Экофрактал разработан для изучения динамики взаимодействие аграрного социума и природы. Мы моделируем две тенденции, свойственные социуму и определяющие его стратегию отношения к природной среде: 1) стремление к использованию природы (H_x) (генеральный индикатор — степень заполнения социумом эколого-технологической ниши); 2) Стремление к сохранению природы (H_y) (генеральный индикатор — степень развития природоохранных практик). Разные зоны комплексной плоскости Экофрактала будут выражать разные экологические стратегии (см. рис. 9).

Мы предложили следующие управляющие факторы: Z^2 — внутренняя «инерция» системы. A — уровень зависимости/независимости общества от природы, это наиболее обобщенный параметр модели, указывающий на степень развития общества в совокупности со степенью воздействия природы на жизнь человека; C — внешние импульсы по отношению к системе: d_c — совокупность объективных факторов, поощряющих использование природных ресурсов; k_c — совокупность объективных факторов, ограничивающих использование природных ресурсов.

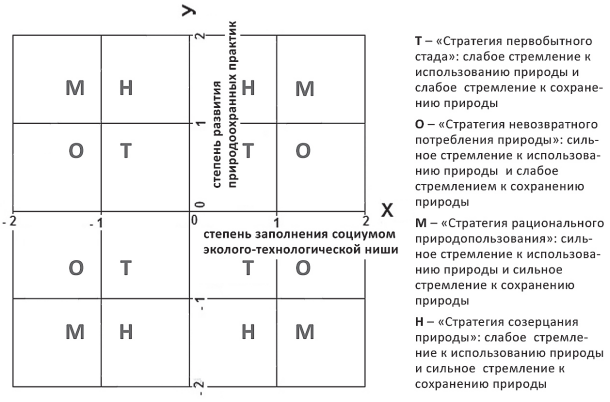


Рис. 9. Разметка фазового пространства Экофрактала

Для формализации основных факторов Экофрактала была использована база данных, содержащая сведения по ряду центральных губерний России за 1790 и 1846 гг. Эта база данных содержит следующие позиции: численность и прирост населения, состояние земель (количество пашни, лугов и лесов), чистый сбор хлебов, уровень плодородия почв, возможности самовосстановления почв, температура (в долях от оптимума) и динамика температуры, количество осадков (в долях от оптимума) и динамика осадков. Эти данные являются результатом эмпирических или источниковых исследований, а по некоторым позициям — результатом экспертной оценки. В качестве иллюстрации приведем некоторые результирующие изображения (рис. 10).

В экспериментах для Рязанской губернии получены обширные недифференцированные бассейны и консолидированные в одну точку аттракторы. Это означает, что вариативность развития отсутствует — социум довольно стабильно эволюционирует к заданному итогу. На изображениях для Тамбовской губернии наличествует некоторая вариативность развития (хотя облако аттракторов довольно плотное). Бассейны рассечены, содержат области разного цвета — такой социум не стабилен и, скорее всего, более разнороден, имеет множество (хотя и близких) перспектив развития. Подобный «портрет аттракторов» характерен или для молодых и бурно растущих обществ или, напротив, для стареющих, агонизирующих.

Аттракторы для Тамбовской губернии плотным облаком сконцентрированы на линии гомеостазиса вокруг точки равновесия тенденций. Некоторая поливариативность развития, большая сбалансированность отношения к природным ресурсам, очевидно, объясняется тем фактом, что Тамбовский

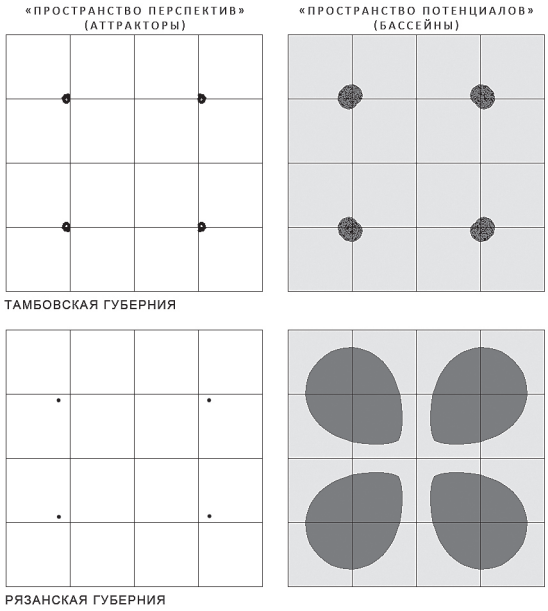


Рис. 10. Результаты экспериментов в Экофрактале для Тамбовской и Рязанской губерний за 1790–1846 гг.

регион, по сравнению с Рязанским, является в рассматриваемый период более молодым, колонизируемым, значительно более обеспеченным природными ресурсами и потому неистощенным.

Смысловым центром нашей модели фронтира (для периода российской истории XVI–XIX вв.) является соотношение двух ключевых тенденций развития территории:

1. Вовлеченность территории в «русский мир» (степень военно-политического контроля государства над территорией и степень принадлежности общества территории к русской/православной общности);
2. Освоенность территории в общекультурном смысле (именно в самом широком смысле — как уровень сформированности на территории «второй природы», как степень заселенности, хозяйственной и инфраструктурной развитости территории) безотносительно к ее принадлежности к тому или иному обществу или государству.

Фронтир, который является весьма подвижным феноменом, можно представить как эволюцию типов фронтирных территорий. В конечном счете, такое исследование позволило бы типизировать фронтирные территории по их динамике и аттрактору (ам). Предложенная разметка фазового пространства позволяет предположить (и смоделировать) восемь основных теоретически вероятных направлений эволюции фронтирной территории (рис. 11). Это делает модель эвристически продуктивной, ведь изображающая точка перемещается (от начальной позиции до аттрактора) в пространстве, наделенном некоторыми весьма сложными качественными смыслами.

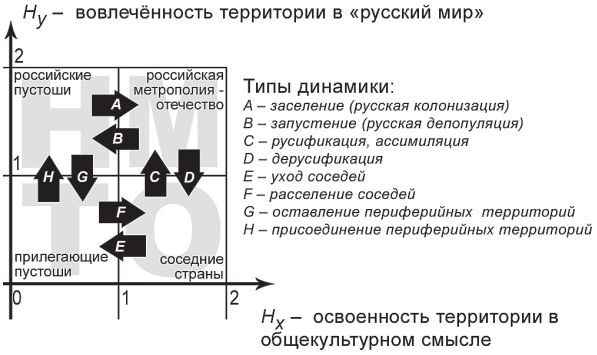


Рис. 11. Качественные смыслы перемещений точки в рабочем пространстве Фронтирфрактала (общая характеристика)

Фрактальные модели способны обнаруживать и моделировать нелинейные эффекты, возникающие в социальных системах. В этом, как нам представляется, заключена ценность этого инструмента. 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.

ПРИМЕЧАНИЯ

1 Акофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах. М., 1974. С. 220, 223–224.
2 Жиков В. В. Фракталы // Соросовский образовательный журнал. Математика. 1996. № 12. С. 109.
3 Frame M. L., Mandelbrot, B. B. Fractals, Graphics and Mathematical Education. Washington DC: Mathematical Association of America & Cambridge UK, 2002. P. 25–26.
4 Гараедаги Дж. Системное мышление: Как управлять хаосом и сложными процессами: Платформа для моделирования архитектуры бизнеса. Минск, 2010. Исходное издание: Gharajedaghi, Jamshid. System Thanking. Managing Chaos and Complexity. A Platform for Designing Business Architecture. (Second edition.) Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2006.
5 Гараедаги, Дж. Указ. соч. С. 71–72.
6 Там же. С. 71–72.
7 Там же. С. 145.