

© 2011 г.

А.А. ДАВЫДОВ

ФРАКТАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКА

ДАВЫДОВ Андрей Александрович - доктор философских наук, главный научный сотрудник Института социологии РАН, Вице-президент Российского общества социологов.

*«Наша подлинная задача состоит в том,
чтобы тщательно анализировать условия,
в которых происходят явления,
и связать их друг с другом
естественными отношениями
последовательности и подобия».*

Огюст Конт – основатель социологии¹

Введение

В международной деятельности ООН [1] фундаментальной социальной концепцией и приоритетной целью международного сообщества является «Human Development» (развитие человека), которая базируется на Всеобщей декларации прав человека, принятой Генеральной Ассамблеей ООН в 1948 году. В сравнительных международных исследованиях ООН, развитие человека в социуме (множество стран мира) измеряют с помощью Hybrid Human Development Index (HHDI) – Гибридного индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП)[1-2]. Hybrid Human Development Index (HHDI) включает в себя ожидаемую продолжительность жизни при рождении, грамотность, валовой охват населения образованием и ВВП на душу населения [2, с.26]. Hybrid Human Development Index (HHDI) связан со множеством других глобальных индексов (демографических, экономических, политических, социокультурных и т.д.) [3], с помощью которых в сравнительных международных исследованиях измеряют

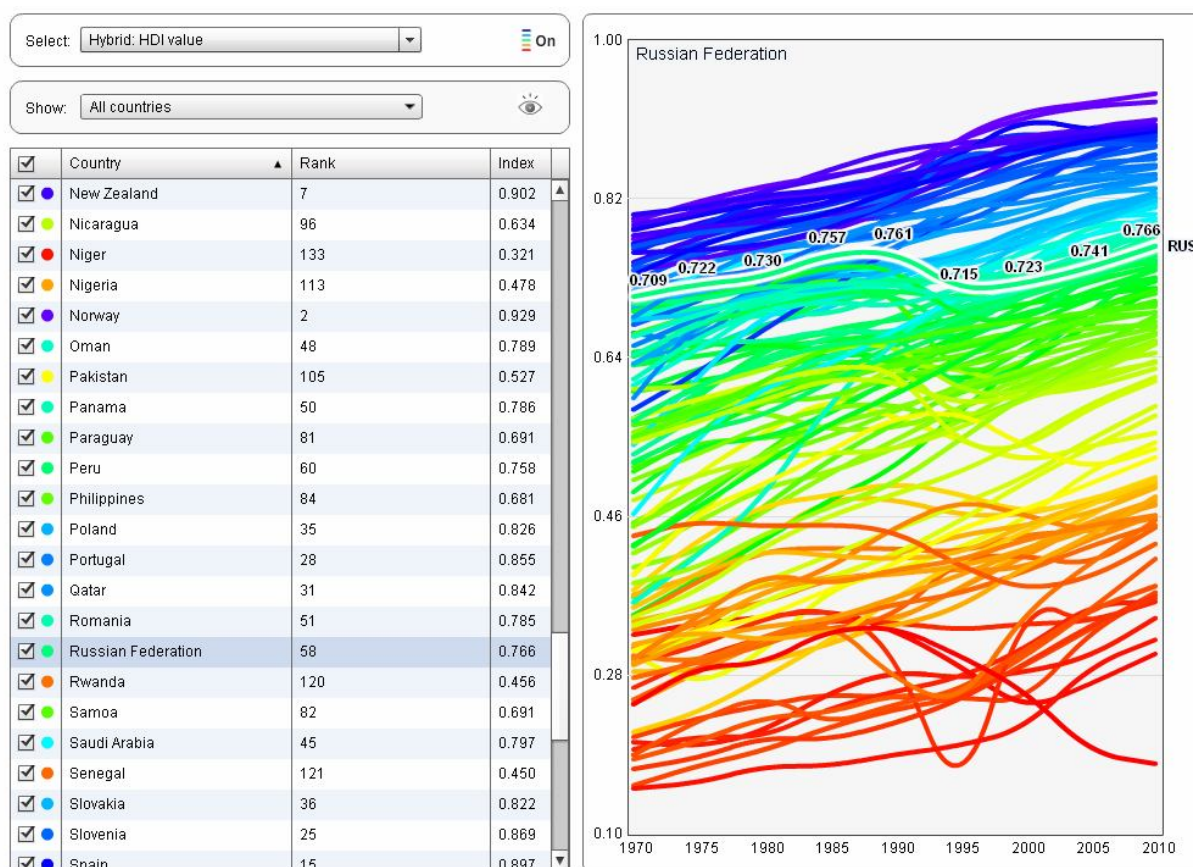
¹ Конт О. Курс положительной философии. СПб.: Посредник, 1899-1900, Т.1, С.8.

страны мира, и образует сложную многоуровневую иерархическую динамическую систему.

Динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для стран мира, довольно хорошо изучена [2-3], в частности, в онлайн Базе Данных ООН [4] реализована возможность визуализации динамики значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для 135 стран мира за период 1970-2010 гг. по различным показателям вариабельности динамики и группировкам стран мира. В качестве иллюстрации, на рис. 1 представлена динамика Hybrid Human Development Index (HHDI) из онлайн Базы Данных ООН [4] за период 1970-2010 гг. для социума (135 стран мира).

Рис.1

Динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для 135 стран мира за период 1970-2010 гг.



[Цит. по 4]

Из рис. 1 следует, что наблюдается общий рост значений Human Development Index (HHDI) за период 1970-2010 гг. Из группы в 135 стран мира, 132 страны повысили значение HHDI по сравнению с 1970 г. [2, с.26]. При этом наблюдается вариабельность динамики значений HHDI для стран мира.

Содержательные причины наблюдаемого роста и вариабельности значений HHDI для стран мира подробно описаны в [2, с.26]. Например, рост значений HHDI для Китая примерно в два раза, по сравнению с 1970 г., обусловлен преимущественно, ростом экономики, а рост значений HHDI для Омана, также, примерно в два раза, обусловлен ростом продолжительности жизни и ростом уровня образования населения. В этой связи отметим, что здесь наблюдается общесистемное свойство эквивинальности [цит. по 5], согласно которому разные причины могут приводить к одинаковым следствиям.

Визуальный анализ рис.1 очевидно показывает, что динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для стран мира обладает общесистемными свойствами подобия и сложности, благодаря глобальному росту и локальному влиянию национальной специфики стран мира [2].

В табл.1 представлены выявленные автором структурные комбинации динамики значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для 135 стран мира за период 1970-2010 гг. [4].

Таблица 1

Структурные комбинации динамики значений Hybrid Human Development Index (HHDI)

Номер структурной комбинации	1970, 1975	1975, 1980	1980, 1985	1985, 1990	1990, 1995	1995, 2000	2000, 2005	2005, 2010	Количество	Доля, %
1	+	+	+	+	+	+	+	+	73	54,1
2	+	+	+	+	-	+	+	+	11	8,1
3	+	+	+	-	-	+	+	+	9	6,7
4	+	+	-	+	+	+	+	+	5	3,7
5	+	+	+	+	-	-	+	+	4	3
6	+	+	+	-	+	+	+	+	4	3
7	+	+	+	+	+	+	-	+	3	2,2
8	+	+	+	+	+	-	-	+	2	1,5
9	+	+	+	-	-	-	+	+	2	1,5
10	+	+	+	=	-	+	+	+	2	1,5
11	+	-	+	+	+	+	+	+	2	1,5
12	-	+	+	+	+	+	+	+	2	1,5
13	+	+	+	+	+	+	+	-	1	0,7
14	+	+	+	+	+	+	+	=	1	0,7
15	+	+	+	+	+	-	+	+	1	0,7

16	+	+	+	+	+	-	+	-	1	0,7
17	+	+	+	+	-	-	-	-	1	0,7
18	+	+	+	-	-	+	-	+	1	0,7
19	+	+	+	-	-	=	+	+	1	0,7
20	+	+	+	-	=	-	+	+	1	0,7
21	+	+	-	-	+	+	+	+	1	0,7
22	+	+	=	+	+	+	+	+	1	0,7
23	+	-	+	-	+	+	+	+	1	0,7
24	+	-	+	-	-	-	+	+	1	0,7
26	+	-	-	+	+	+	+	+	1	0,7
26	+	=	-	+	+	+	+	+	1	0,7
27	-	+	+	+	-	+	+	+	1	0,7
28	-	+	+	-	-	+	+	+	1	0,7

Примечание: знак «+» обозначает увеличение значения ННДИ по сравнению с предыдущим моментом времени, знак «-» обозначает уменьшение значения ННДИ по сравнению с предыдущим моментом времени, знак «=» обозначает равенство значений ННДИ.

Из табл.1 следует, что для 73 стран мира (54.1%) динамика значений ННДИ описывается строго возрастающей числовой последовательностью. Динамика значений ННДИ для России за период 1970-2010 гг. относится к структурной комбинации номер 2, представленной в табл.1. В данную группу также попали Казахстан, Кыргызстан, Беларусь, Болгария, Югославия, Албания, Хорватия, Монголия, Тринидад и Тобаго, Эфиопия.

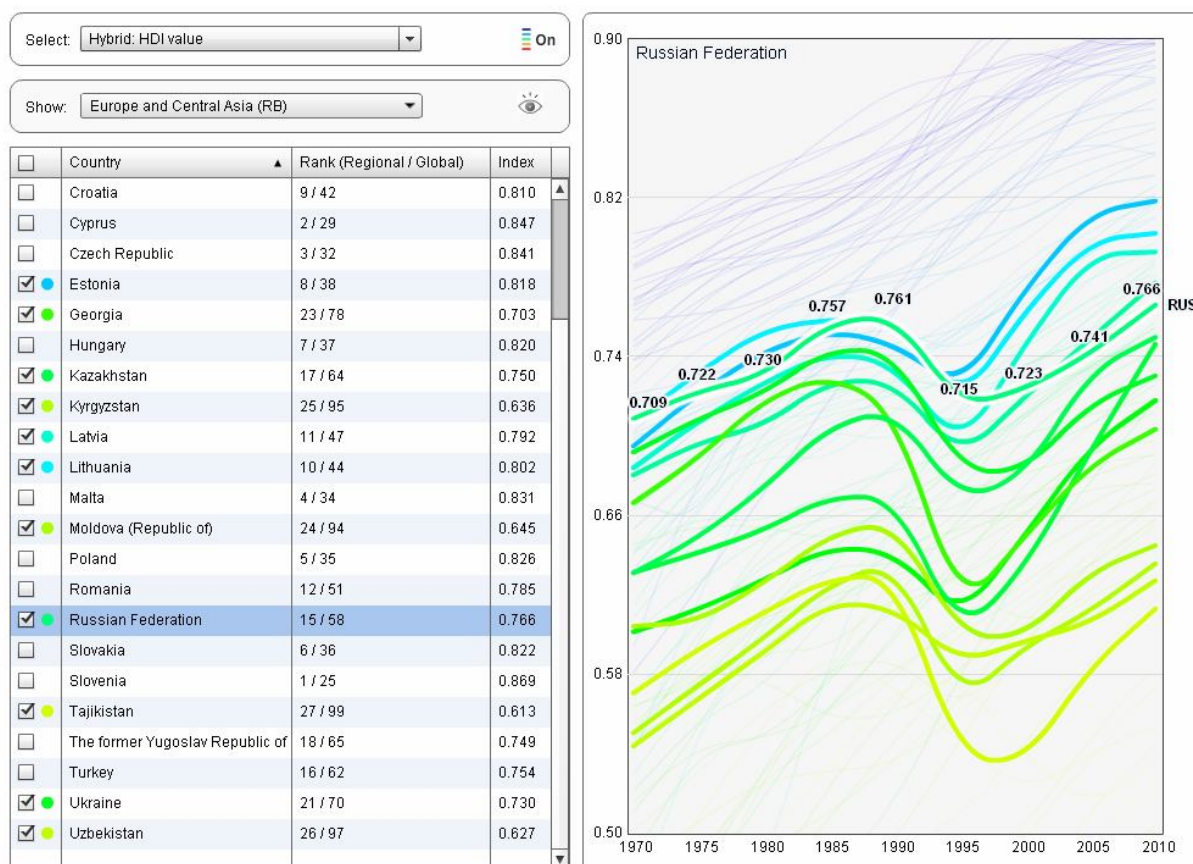
В этой связи отметим, что наблюдаемость 28 структурных комбинаций динамики значений ННДИ, представленных в табл.1 свидетельствует о сложности и гетерогенности (разнородности) динамики, что описывается в общесистемной теории сложных гетерогенных динамических систем в системной социологии [6]. Упорядоченная доля, % встречаемости комбинаторной конфигурации, представленной в табл. 1, описывается экспоненциальной зависимостью $y = 484.034 \exp(-x/0.52862324)$, где y - доля встречаемости комбинаторной конфигурации, x - порядковый номер убывающей числовой последовательности. Мера аппроксимации данной экспоненциальной функции составила $R^2 = 0.969$. В этой связи напомним, что убывающие числовые последовательности,

описываемые экспоненциальной зависимостью, как общесистемные закономерности, в социальных системах изучены достаточно подробно [7].

На рис. 2 представлена динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для бывших союзных республик СССР за период 1970-2010 гг.

Рис.2

Динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для бывших союзных республик СССР за период 1970-2010 гг.



[Цит. по 4]

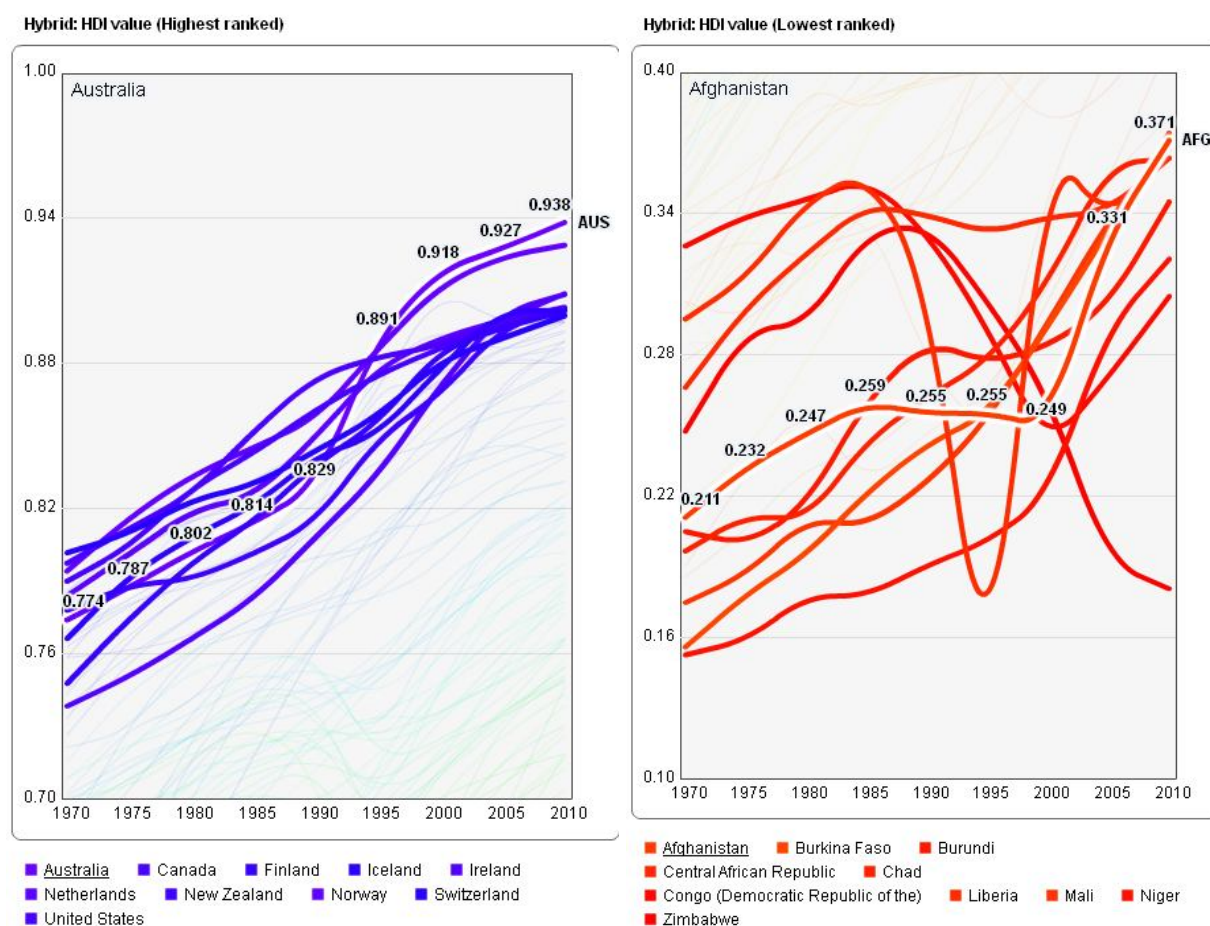
Визуальный анализ рис.2 также очевидно показывает, что динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для бывших союзных республик СССР обладает общесистемными свойствами подобия и сложности. Содержательные причины наблюдаемого подобия связаны с распадом СССР и другими известными социальными явлениями и процессами, описанными в [2] и имеющими объяснение в теории переходных периодов [8] социальных систем. В этой связи отметим, что если использовать метрику Block (метрика Минковского при $p = 1$, сумма абсолютных разностей) из пакета SPSS, то динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для России за период 1970-2010 гг. в

наибольшей мере похожа на динамику HDDI за аналогичный период времени для Тринидад и Тобаго (расстояние равно 0.134), Литву (расстояние равно 0.172), Беларусь (расстояние равно 0.191), Латвию (расстояние 0.204), Украину (расстояние 0.205).

На рис. 3 представлена динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) за период 1970-2010 гг. для двух групп стран мира, а именно группы стран с высоким значением HHDI и группы стран мира с низким значением HHDI.

Рис.3

Динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) за период 1970-2010 гг. для групп стран мира с высоким значением HHDI и низким значением HHDI



Примечание: левый рисунок – группа стран мира с высоким значением HHDI, правый рисунок – группа стран мира с низким значением HHDI.

[Цит. по 4]

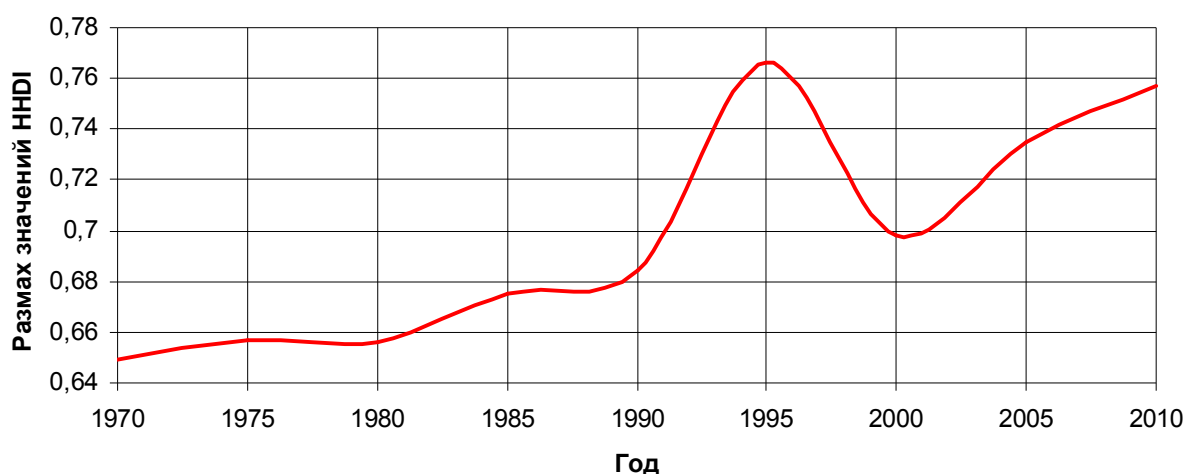
Из рис.3 следует, что для стран мира с высоким значением HHDI (рис.3 левый), динамика значений Hybrid Human Development Index (HHDI) за период 1970-2010 гг. более похожа друг на друга и менее «изломанная», по сравнению

со странами мира с низким значением ННДИ (рис.3 правый). Данный наблюдаемый факт имеет следующее объяснение [2]. Группа стран мира с высоким значением ННДИ развивалась в стабильных благоприятных условиях и наблюдался «естественный» рост, а в группе стран мира с низким значением ННДИ происходили различные неблагоприятные социальные события, в частности, военные конфликты. В этой связи отметим, что структурная комбинация номер 1 из табл.1, частота встречаемости которой составила 54.1%, характеризует «естественный» рост значений ННДИ.

На рис. 4 представлена динамика значения размаха (R), ($R = HNDI_{\max} - HNDI_{\min}$) вычисленная автором для 135 стран мира за период 1979-2010 гг.

Рис.4

Динамика размаха значений Hybrid Human Development Index (ННДИ)



Увеличение значения размаха R в 1995 г., представленного на рис. 4, связано с распадом СССР (см. рис.2), изменениями в зарубежных странах бывшего социалистического содружества и другими социальными явлениями [2], происходящими в разных странах мира в данный момент времени, в частности, военными конфликтами в странах Африки.

В целом, данные, представленные на рис.1-3 и в табл. 1 свидетельствуют, что в динамике значений ННДИ для 135 стран мира за период 1970-2010 гг. наблюдаются известные общесистемные закономерности, в частности, общесистемные геометрические свойства сложности и подобия, обусловленные тем фактом, что социум – это сложная гетерогенная (разнородная) динамическая система [6], состоящая из взаимозависимых подсистем (стран мира) – мультиагентная система [9-10]. Известно [5,9-10], что в мультиагентных системах

динамика отдельной подсистемы и (или) подсистем может быть различной в силу внутренних, национальных факторов; взаимодействие известных содержательных факторов (экономических, политических, демографических, социокультурных и т.д.) [2] приводит к общесистемным закономерностям [5-6], в частности, к геометрическому подобию и сложности динамики HHDI. Однако, данного общего вывода недостаточно для математического анализа и моделирования динамики значений HHDI для множества стран мира, поскольку здесь требуется точное измерение.

Для измерения подобию и сложности социальной динамики в системной социологии [11] используется классический метод фрактального анализа [12]. Напомним, что фракталом называется система, состоящая из частей, которые в геометрическом смысле подобны целому [13, с. 19], а фрактальная размерность – мера «изломанности» геометрической фигуры, в частности, линии. Известно [12], что динамика социальных систем обладает общесистемным свойством фрактальности. В частности, известно [12], что с 95% вероятностью среднее значение фрактальной размерности ($\bar{D}$) для некоторых социальных процессов может быть заключено в интервале $1.436 \leq \bar{D} \leq 1.635$, а медиана распределения фрактальных размерностей может быть равна $M = 1.51$. В этой связи напомним, что для прямой линии фрактальная размерность равна $D = 1$, что удобно для анализа динамики значений HHDI, представленных на рис.1, поскольку, чем больше значение фрактальной размерности отличается от единицы, тем больше динамика значения HHDI отличается от прямой линии, т.е. тем она сложнее.

Однако, насколько было известно автору, общесистемное свойство фрактальности (геометрического самоподобия) динамики значений Hybrid Human Development Index (HHDI) за период 1970-2010 гг. для социума в целом и каждой страны мира пока не изучалось, что ограничивало решение ряда научных и прикладных задач ООН. В этой связи были сформулированы следующие задачи исследования.

Задача 1. Измерить фрактальную размерность изображения динамики значений Hybrid Human Development Index (HHDI) на периоде 1970-2010 гг. на уровне социума в целом, представленную на рис.1.

Задача 2. Выявить класс распределения вероятностей значений фрактальной размерности и измерить среднюю фрактальную размерность динамики значений Hybrid Human Development Index (HHDI) на периоде 1970-2010 гг. для социума в целом.

Задача 3. Измерить фрактальную размерность динамики значений Hybrid Human Development Index (HHDI) для России на периоде 1970-2010 гг. и выявить страны мира, близкие, по значению фрактальной размерности, к России.

Решение поставленных исследовательских задач важно для реализации подпрограммы Президиума РАН «Комплексный системный анализ и математическое моделирование мировой динамики»; для развития общей теории систем, поскольку фрактальный анализ позволяет выявлять фрактальные сходства и различия между различными системами (процессами); для развития теории фрактальной динамики социума [12] в системной социологии [11]; для компьютерного моделирования и прогнозирования значений Hybrid Human Development Index (HHDI) и решения ряда других научных и прикладных задач ООН.

Скажем сразу, что поскольку теория фракталов и фрактальный анализ процессов и визуальных изображений являются классическими в Systems Science (наука о системах) и системной социологии [12], существует множество монографий, например [13-15] и компьютерных систем для фрактального анализа, например [16-17], то в данной статье автор будет только называть основные термины и использованные в данном исследовании методы фрактального анализа, без их детального описания.

Теория

Решение поставленных исследовательских задач осуществлялось в рамках системной социологии [6,11] на основе классических общесистемной теории фрактальной динамики систем [13-14] и общесистемной теории сложных систем (Complex Systems Theory) [цит. по 14], поскольку в теории сложных систем фрактальная размерность (D) используется в качестве одной из мер сложности процесса и (или) системы. Напомним, что теория сложных систем включает в себя множество частных теорий, в частности, теорию фракталов, странных аттракторов, детерминированных систем с хаотическим поведением, теорию самоорганизованной критичности, теорию Intermedity [18], согласно которой социальные системы функционируют между Порядком и Хаосом и т.д. Также напомним, что системная социология является разделом Systems Science (науки о системах), базируется на общей теории систем, множестве частных теорий

социальных систем, в частности, классических теорий фрактальной динамики систем и сложности систем и относится к точным наукам.

Методология

Решение поставленных исследовательских задач осуществлялось на основе естественнонаучной методологической парадигмы системной социологии [6], в частности, с использованием классической методологии фрактального анализа и моделирования [12] социальных процессов и визуальных изображений [15]. В этой связи напомним, что математический анализ визуальных изображений – классическая исследовательская задача в системной социологии [11] в рамках визуальной аналитики.

Исходя из поставленных задач исследования, в рамках естественнонаучной методологической парадигмы параллельно применялись два стиля системного мышления [цит. по 11], а именно, холистский стиль системного мышления, который направлен на целостное восприятие (изучение) явлений и аналитический стиль системного мышления, который направлен на выделение в целостном явлении составляющих частей и изучения взаимодействий между частями.

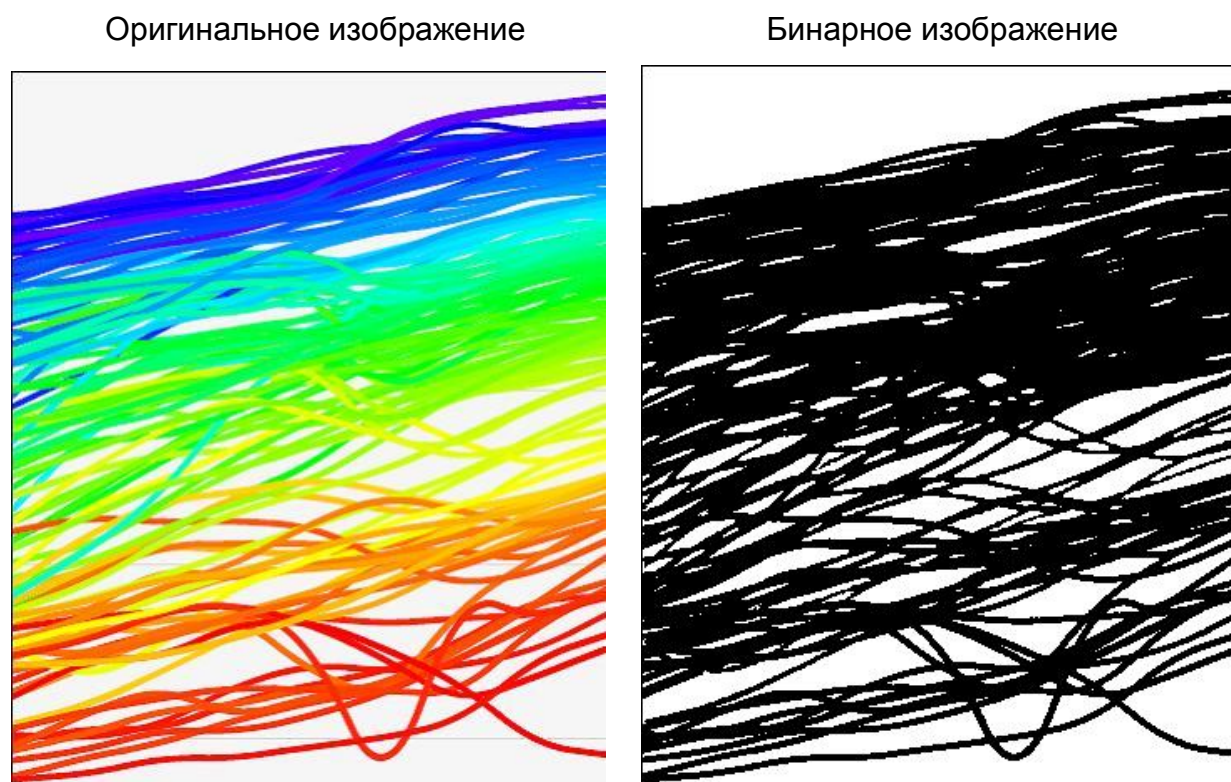
Методика

Для решения поставленных исследовательских задач были использованы значения Hybrid Human Development Index (HHDI) из Базы Данных ООН [4] за период 1970-2010 гг. по 135 странам мира. Скажем сразу, что поскольку значения Hybrid Human Development Index (HHDI) в Базе Данных ООН представлены с пятилетним интервалом за моменты времени 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 гг., т.е. всего 9 моментов времени, что очевидно недостаточно для надежного измерения фрактальной размерности динамики. Однако, в настоящий момент времени, это максимально полные сопоставимые официальные данные ООН по динамике Hybrid Human Development Index (HHDI) [1-2]. В этой связи, полученные в данном исследовании результаты следует рассматривать только как предварительные, в качестве первого приближения.

Фрактальный анализ осуществлялся с помощью FracLab Toolbox [16] интегрированного в пакет MATLAB. Напомним, что в FracLab Toolbox [16] реализовано множество методов фрактального анализа и моделирования, в

частности, Regularization Dimension, Box Dimension, 1D и 2D Multifractal Spectra, Syntesis, Denoising, Interpolation, Besov Norms и т.д. С помощью метода Box Dimension измерялась фрактальная размерность динамики значений ННДИ на рис.1. Сначала цветное изображение на рис.1 преобразовывалось в бинарное (черно-белое) изображение (см. рис.5), а затем измерялась фрактальная размерность бинарного изображения.

Рис.5



С помощью метода Regularization Dimension измерялась фрактальная размерность динамики значений ННДИ для каждой страны мира, из 135 стран мира, за период 1970-2010 гг. по данным ООН [4]. Для уточнения полученных результатов также использовался модуль FracLac [17], интегрированный в пакет ImageJ, предназначенный для Image Processing и анализа изображений. В FracLac [17] реализовано множество продвинутых методов фрактального анализа цифровых изображений, включая Multifractal Analysis, Sliding Box Lacunarity, Subareas Scan, Local Connected Fractal Dimension (LCFD), которые позволяют избежать многих методических трудностей, возникающих при фрактальном анализе цифровых изображений, в частности, ориентации изображения, начальной точки отсчета, размеров и распределения Box (клеток) при сегментации изображения и т.д. В этой связи отметим, что вычисление

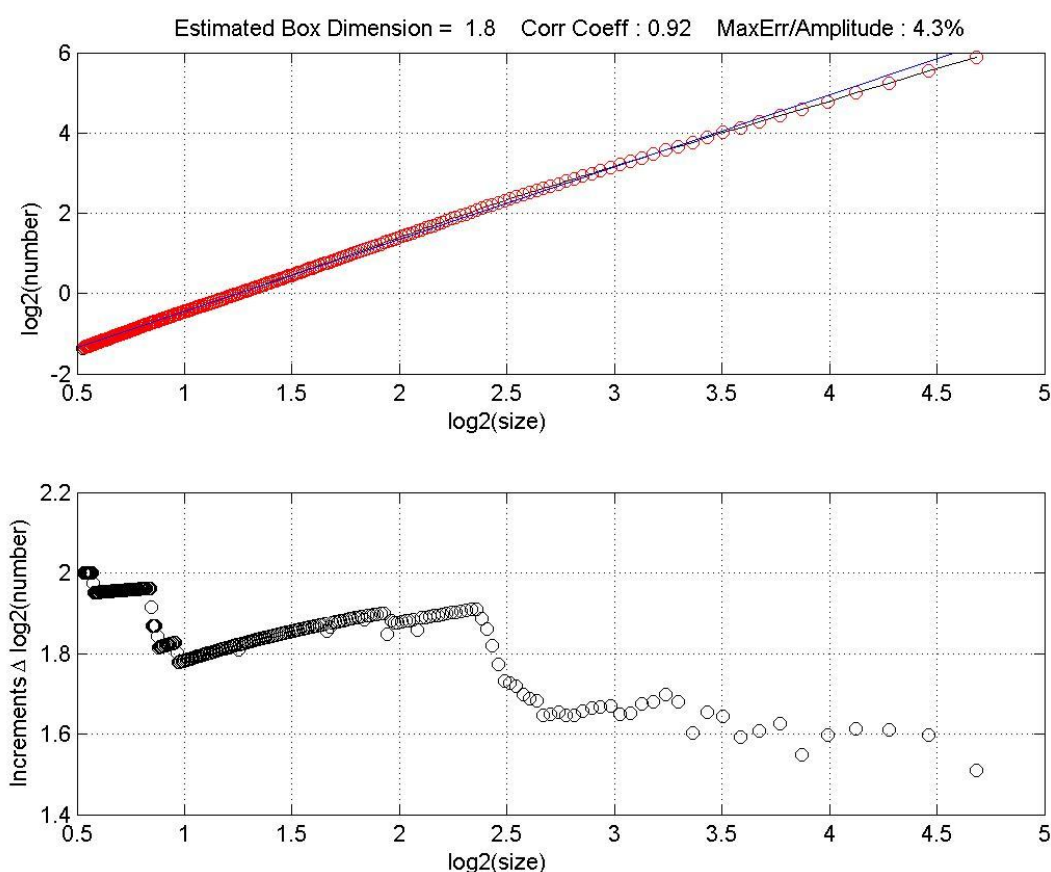
фрактальной размерности цифровых изображений с помощью различных методов фрактального анализа, дает разную величину фрактальной размерности, поскольку каждый метод вычисления фрактальной размерности учитывает различные аспекты цифрового изображения.

Полученные результаты

На рис. 6 представлена фрактальная размерность бинарного изображения динамики значений ННДИ на уровне социума (1970-2010 гг.), представленного на рис. 5, полученная с помощью Box Dimension Variation Method из пакета FracLab [16].

Рис.6

Фрактальная размерность изображения динамики значений ННДИ на уровне социума (1970-2010 гг.)

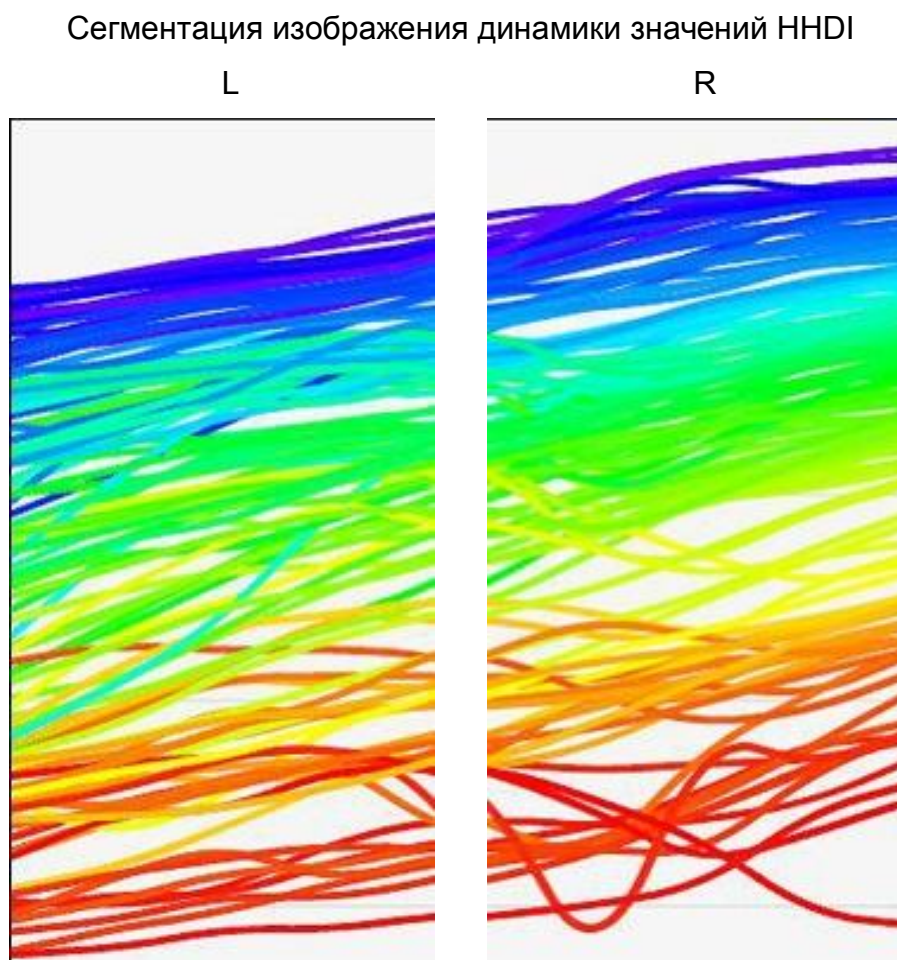


Из рис.6 следует, что фрактальная размерность бинарного изображения динамики значений Hybrid Human Development Index (ННДИ) для стран мира за период 1970-2010 гг., представленного на рис. 5, измеренная с помощью Box Dimension Variation Method, составила $D = 1.7996$. Если использовать метод

Sliding Box Lacunarity из пакета FracLac [17], то тогда фрактальная размерность будет равна $D = 1.846$.

На рис.7 представлена сегментация изображения из рис.5, на 2 равных сегмента (L – левый и R - правый), разделяющая динамику значений HNDI на два интервала времени 1970-1990 гг. и 1990-2010 гг.

Рис.7



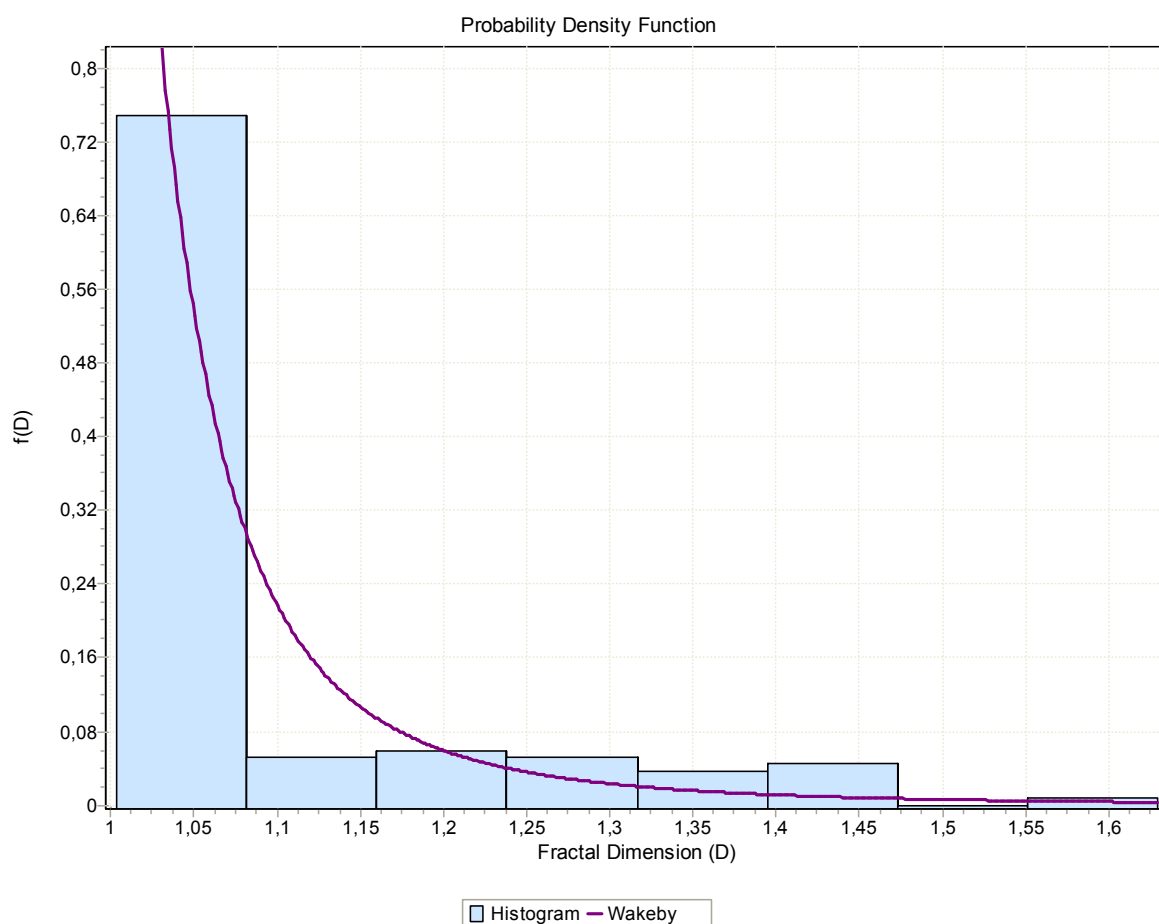
Фрактальная размерность $D_L = 1.8773$, $D_R = 1.9578$. Фрактальная размерность вычислялась с помощью Box Dimension Variation Method. Полученные результаты свидетельствуют, что $D_L < D_R$, т.е. изображение динамики значений HNDI за период 1970-1990 гг. менее сложное ($D_R - D_L = 0.0805$), по сравнению с изображением динамики значений HNDI за период 1990-2010 гг. Полученный результат хорошо дополняет и объясняет динамику размаха (R) значений HNDI, представленную на рис. 4.

Перейдем теперь к рассмотрению распределения значений фрактальной размерности D для динамики значений HNDI для каждой страны мира, из 135 стран мира, за период 1970-2010 гг. На рис.8 представлено Wakeby

распределение значений фрактальной размерности, полученное с помощью пакета EasyFit Professional [19], предназначенного для автоматического определения классов распределения. Выбор данного распределения удовлетворяет критериям селекции моделей в системной социологии [6], в частности, точности аппроксимации, теоретической обоснованности, плодотворности следствий модели и т.д.

Рис.8

Wakeby распределение значений фрактальной размерности D для динамики значений ННДИ для 135 стран мира (1970-2010 гг.)



Примечание: значения параметров Wakeby распределения: $\alpha=0$, $\beta=0$, $\gamma=0.0500535268$, $\delta=0.420772083$, $\xi=1.005567265$

В этой связи отметим, что для 135 стран мира Wakeby распределение, представленное на рис.8, совпадает с трехпараметрическим Generalized Pareto распределением. Напомним, что Wakeby распределение наблюдается в распределении вероятностей значений Human Development Index (HDI) [20], а Парето распределение - один из известных общесистемных законов Power-law

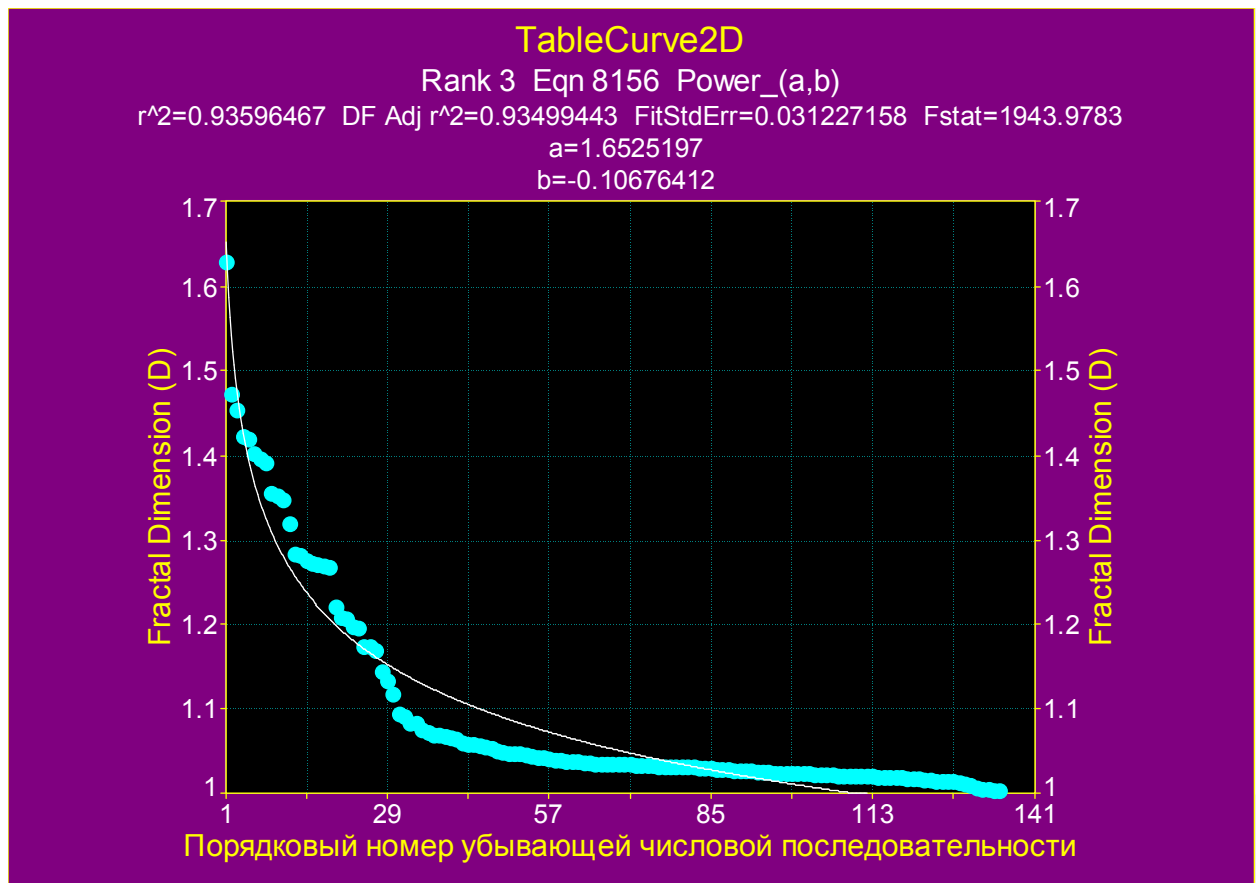
[7,14], описывающий убывающие числовые последовательности в социальных системах.

Значение фрактальной размерности D для динамики значений ННДИ за период 1970-2010 гг. для 135 стран мира, заключено в интервале $1.0032 \leq D \leq 1.6296$, среднее арифметическое значение Wakeby распределения равно $\overline{M}_D = 1.09198$, коэффициент вариации $V_D = 0.19879$. Для России значение фрактальной размерности составило $D_{Россия} = 1.3551$. По значению фрактальной размерности динамики значений ННДИ, Россия занимала 9 место среди 135 стран мира, располагаясь рядом с Конго, Азербайджаном, Молдавией и Казахстаном.

На рис. 9 представлена зависимость «ранг-размер» между значением фрактальной размерности и порядковым номером убывающей числовой последовательности для 135 стран мира. Аппроксимация осуществлялась в пакете TableCurve 2D [21], предназначенном для автоматической аппроксимации функций.

Рис.9

Зависимость «ранг-размер» между значением фрактальной размерности и порядковым номером убывающей числовой последовательности для 135 стран мира



В этой связи отметим, что зависимость «ранг-размер», представленная на рис.9, геометрически соответствует Wakeby распределению, представленному на рис. 8, поскольку данные кривые относятся к классу кривых гиперболического типа.

Обсуждение полученных результатов

Из полученных результатов следует, что фрактальная размерность изображения динамики значений Human Development Index (HNDI), представленной на рис.1 составляет $D = 1.7996$. Для сравнения, фрактальная размерность снежинки Коха равна 1.2618, фрактальная размерность треугольника Серпинского равна 1.5849, фрактальная размерность береговой линии Великобритании равна 1.3, фрактальная размерность облаков равна 1.37-1.41, фрактальная размерность рек примерно равна 1.2 [13]. В качестве иллюстрации сравнения значений фрактальной размерности различных систем, на рис.10 представлено изображение песков пустыни [22]. Выбор данного изображения из множества возможных изображений выполнен в рамках социофизики [23-24] – одного из классических направлений системной социологии [11], поскольку между динамикой значений HNDI и контурами песков пустыни можно указать общую системную аналогию. «Изломанность» линий обусловлена постоянно действующими, взаимосвязанными внешними и внутренними факторами, влияние которых происходит нелинейно, с запаздываниями, порогами функционирования и другими известными свойствами системной динамики [6], которые обуславливают сложную и самоподобную динамику линий. Но самое главное – в кучах песка и социальных системах наблюдается общесистемное свойство самоорганизованной критичности [18, 25-27], когда малое событие может вызывать лавинообразный процесс в системе или в части подсистем. Поэтому контуры песков пустыни, представленные на рис.10, могут быть похожи на линии роста динамики значений HNDI, представленные на рис. 5.

Пески пустыни



[Цит. по 22]

Фрактальная размерность бинарного изображения контуров песков пустыни, вычисленная по методу Box Dimension Variation Method, составила $D = 1.8085$, что близко к значению фрактальной размерности для изображения динамики значений ННДИ, составляющей $D = 1.7996$. Если использовать метод Sliding Box Lacunarity из пакета FracLac [17], то тогда фрактальная размерность будет равна $D = 1.8308$. Таким образом, общесистемные механизмы динамики могут обуславливать похожее значение фрактальной размерности для различных систем, что является аксиомой теории фракталов [13].

Среднее арифметическое значение Wakeby распределения фрактальной размерности D для динамики значений ННДИ за период 1970-2010 гг. для 135 стран мира, составило $\overline{M}_D = 1.09198$. Данные результат хорошо объясняется доминированием в динамике структурной комбинации, которая отображает строго возрастающую числовую последовательность (см. табл.1), что соответствует «естественному» росту значений ННДИ, который описывается, приближенно, линейной функцией. Кроме того, динамика значений ННДИ за период 1970-2010 гг. – это локальный, приближенно линейный, фрагмент глобальной логистической функции роста [3], с помощью которой можно описать глобальную динамику развития человека.

Известно [20], что Wakeby распределение хорошо аппроксимирует распределение значений Human Development Index (HDI) стран мира и объясняется известными общесистемными законами [7] убывающих числовых последовательностей в социальных системах. Также, как и широко известная общесистемная степенная зависимость «ранг-размер» или закон Ципфа (Zipf law) [цит. по 7], которая наблюдается в целостных системах и представлена на рис.9.

В целом, вычисленные значения фрактальной размерности для социума в целом и России в частности, хорошо объясняются известными социальными явлениями [2] и общесистемными закономерностями [7,14,18].

Выводы

В результате проведенного исследования, на основании используемой методики измерения фрактальной размерности, было установлено следующее.

1. Для социума в целом, фрактальная размерность визуального изображения динамики значений Hybrid Human Development Index (HNDI) на периоде 1970-2010 гг. составила $D = 1.7996$. Сложность динамики значений HNDI на периоде 1970-1990 гг., меньше, чем сложность динамики значений HNDI на периоде 1990-2010 гг.
2. Значение фрактальной размерности D для динамики значений HNDI за период 1970-2010 гг. для 135 стран мира, заключено в интервале $1.0032 \leq D \leq 1.6296$, описывается Wakeby распределением, среднее арифметическое значение фрактальной размерности D для Wakeby распределения составило $\overline{M}_D = 1.09198$.
3. Значение фрактальной размерности D для динамики значений HNDI за период 1970-2010 гг. для России составило $D_{Россия} = 1.3551$. По значению фрактальной размерности, динамика значений HNDI России наиболее близка к динамике значений HNDI бывших союзных республик СССР, а именно, к Азербайджану, Молдавии и Казахстану.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. United Nations Human Development Programme. (<http://hdr.undp.org/en/>)
2. Human Development Report 2010. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development. UN, 2010. (<http://hdr.undp.org/en/>). Доклад о развитии человека 2010. Реальное богатство народов: пути к развитию человека. М.: «Весь мир», 2010.
3. Давыдов А.А. Динамика развития человека (Сборник статей). Официальный сайт РОС, 2011. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53#13)
4. Human Development Index Trends. (<http://hdr.undp.org/en/data/trends/>)
5. Давыдов А.А. Системный подход в социологии: законы социальных систем. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
6. Давыдов А.А. Системная социология: введение в анализ динамики социума. М.: ЛКИ, 2007.
7. Давыдов А.А. Убывающие числовые последовательности в социологии: факты, объяснения, прогнозы//Социолог. исслед. 2001, №7, С. 113-119. (<http://www.ecsocman.edu.ru/socis/msg/18681462.html>)
8. Давыдов А.А. Социальная информатика: переходные периоды в социальных системах//Системные исследования. Ежегодник. М.:Наука, 1997, С.123-130.
9. Давыдов А.А. Компьютационная теория социальных систем//Социологические исследования. 2005, № 6, С. 14-24. (<http://www.ecsocman.edu.ru/socis/msg/274278.html>)
10. Давыдов А.А. О компьютерной теории социальных агентов//Социологические исследования. 2006, № 2, С. 19-28. (<http://www.ecsocman.edu.ru/text/19034658/>)
11. Давыдов А.А. Конкурентные преимущества системной социологии. (Электронное издание) М.: ИС РАН, 2008. (<http://www.isras.ru/publ.html?id=855> ,
<http://www.ecsocman.edu.ru/db/msg/324618.html>)
12. Давыдов А.А. Системный подход в социологии: новые направления, теории и методы анализа социальных систем. М.: Эдиториал УРСС, 2005.
13. Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991.
14. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. М, И.: РХД, 2001.
15. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. М.: Триумф, 2003.

16. FracLab. (<http://fraclab.saclay.inria.fr/>)
17. FracLac. (<http://rsbweb.nih.gov/ij/plugins/fraclac/FLHelp/Introduction.htm>)
18. Davydov A. Intermedity - Basic State of Social Systems?//Systems Research, 1993, Vol. 10, P. 81-84.
19. EasyFit Professional (<http://www.mathwave.com/easyfit-distribution-fitting.html>)
20. Давыдов А. Развитие человека в социуме: распределение стран мира. Официальный сайт РОС, 2011. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53#13)
21. TableCurve 2D.
(<http://www.sigmaplot.com/products/tablecurve2d/tablecurve2d.php>)
22. Изображение «Пески пустыни». (<http://sight-touch.com/photos/>)
23. Sobkowicz P. Modelling Opinion Formation with Physics Tools: Call for Closer Link with Reality//Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2009, vol. 12, no. 1, 11. (<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/1/11.html>)
24. Castellano C., Fortunato S., Loreto V. Statistical physics of social dynamics// Accepted by Reviews of Modern Physics, 2007. (<http://arxiv.org/pdf/0710.3256>)
25. Бак П., Чен К. Самоорганизованная критичность// В мире науки, 1991, №3, С.16-24.
26. Bak P. How Nature Works: The Science of Self-organized Criticality. N.Y.: Springer, 1996.
27. Давыдов А.А. Модульный анализ и конструирование социума. М.: ИС РАН, 1994.