

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ СРЕДСТВАМИ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗОВАННОЙ КРИТИЧНОСТИ

ЖУКОВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина»,
г. Тамбов, Российская Федерация, e-mail: laomin@mail.ru

ЛЯМИН СЕРГЕЙ КОНСТАНТИНОВИЧ

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина»,
г. Тамбов, Российская Федерация, e-mail: laomin@mail.ru

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-06-00093а «Приложение теории самоорганизованной критичности к изучению исторических процессов»

Теория самоорганизованной критичности (СОК) получила широкое распространение в естественных и технических науках; идеи СОК также проникли и в социо-гуманитарные дисциплины. Одним из основных исследовательских центров, которые занимаются изучением социальных процессов и феноменов в духе теории СОК, является Центр фрактального моделирования Тамбовского государственного университета имени Г. Р. Державина. Статья демонстрирует эвристические возможности теории самоорганизованной критичности (СОК) в социо-гуманитарных дисциплинах. Изложены основные понятия и идеи теории СОК. Произведен анализ работ, выполненных на стыке СОК и социо-политических дисциплин. Описаны методы идентификации эффектов СОК, а также изучены некоторые социальные и политические процессы на предмет обнаружения в них розового шума. Авторы обсуждают возможности использования генераторов розового шума для имитационного моделирования. Поскольку розовый шум обнаруживается во многих социальных процессах, это подталкивает исследователей к изучению фундаментальных причин данного феномена. Теория СОК объясняет причины возникновения розового шума и унифицировано описывает свойства систем, которые его порождают. Это делает подходы и методы теории СОК весьма ценным исследовательским инструментом в социо-гуманитарных дисциплинах. Авторы смогли обнаружить розовый шум в некоторых исторических и современных социальных и политических процессах. Для интерпретации этих процессов абстрактные объяснительные схемы теории СОК были конкретизированы применительно к объектам исследования. Среди прочего, это позволило объяснить истоки таких нелинейных эффектов как спонтанная активность систем и наличие в их динамике колебаний различной длительности и амплитуды.

Ключевые слова: самоорганизованная критичность, фрактал, розовый шум, 1/f-шум, общество, политика, история

Задачи. Теория самоорганизованной критичности (СОК) получила широкое распространение в естественных и технических науках; идеи СОК также проникли и в социо-гуманитарные дисциплины. Одним из основных исследовательских центров, которые занимаются изучением социальных процессов и феноменов в духе теории СОК, является Центр фрактального моделирования Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина [1]. Эта статья является обзором результатов, которые получены в ходе таких исследований. Ключевая задача статьи – проанализировать эвристические возможности теории СОК применительно к социо-политическим объектам и продемонстрировать про-

дуктивность подобных междисциплинарных методов.

Подходы. Понятие «самоорганизованная критичность» было предложено П. Баком и коллегами [2; 3] для обозначения некоторого состояния многокомпонентных сложных систем. В состоянии критичности любой импульс (даже слабый и короткий) может оказать воздействие на всю систему, поскольку не гасится, а сохраняется и даже усиливается в цепочках причинно-следственных связей, в том числе в петлях обратных связей. Черда несильных внешних воздействий может инициировать внутренние процессы, которые являются малозаметными в самом их начале, но могут, в конце концов, генерировать сис-

темную катастрофу. Дело в том, что системы, функционирующие в режиме самоорганизованной критичности, способны к спонтанному скачкообразному росту активности и разбалансированию основных параметров. Подобные лавины возникают в результате действия огромного множества микроуровневых процессов, которые формируют макроуровневые эффекты и в совокупности с ними генерируют колебания разных масштабов – так называемый розовый шум.

Любая система порождает множество сигналов (процессов/шумов). Сигналом может быть запись изменения свойств системы (например, колебания яркости квазара), или событийный ряд, который формируется системой (например, число сделок на бирже). Атрибутом состояния СОК является именно розовый шум ($1/f$ -шум, фликкер-шум, примеры на рисунках 1, 2Б). Это фрактальный процесс, для которого свойственна масштабная инвариантность (самоподобие) [4; 5] – совмещение в одном процессе событий всех масштабов: маленьких всплесков, средних волн, грандиозных цунами.

Розовый шум можно назвать предвестником катастрофы. Однако многие системы – благодаря некоторым механизмам гомеостаза – способны издавать розовый шум весьма долго, то есть в норме пребывать в норме в состоянии, близком к срыву в критическое «пике». Оказалось, что в природе существует огромное количество объектов, которые генерируют розовый шум (от разливов рек до активности человеческого головного мозга) (рис. 1).

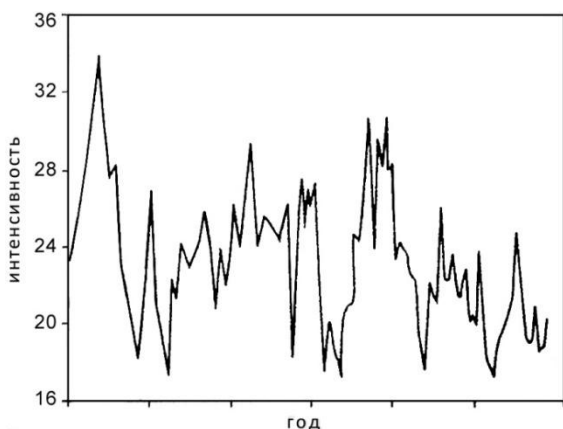


Рис. 1. Пример $1/f$ -шума – излучение квазара за 80 лет [2, с. 68]

Чтобы разъяснить как абстрактные конструкты «самоорганизованная критичность» и «розовый шум» относятся к реальным объектам – биологическим, физическим, социальным, экономическим и прочим – П. Бак использовал понятие «прерывисто-

го равновесия»: «Системы с прерывистым равновесием сочетают в себе черты замороженных, упорядоченных систем и хаотических, неупорядоченных систем. Эти системы могут помнить о своем прошлом благодаря длительным периодам застоя, позволяющим сохранять то, чему они научились на протяжении своей истории, имитируя поведение замороженных систем; вместе с тем, они могут эволюционировать благодаря внезапным вспышкам активности. <...> Нерегулярным масштабным вспышкам нет места в равновесных системах, но они повсеместно встречаются в истории, биологии и экономике. <...> Сложное состояние существует на границе между предсказуемым периодическим поведением и непредсказуемым хаосом» [6].

Розовый шум является процессом, который подчинен некоторому статистическому степенному закону. Степенные законы обнаруживают обратно пропорциональную зависимость между свойствами объектов. Для розового шума верна зависимость: чем выше частота сигнала (то есть чем больше число колебаний за единицу времени), тем меньше их амплитуда, и наоборот.

Литература. В методологических, теоретических и комплексных трудах [7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14], включая классические работы П. Бака и коллег, содержатся многократные утверждения, что для многих социальных процессов характерна самоорганизованная критичность, и они, следовательно, могут быть исследованы с привлечением инструментария теории СОК. Г. Бранк [15; 16; 17], М. Бьюкенен [7], Г. Г. Малинецкий [18], Д. Тьюкот [12; 13] в своих статьях и монографиях показали, что самоорганизованная критичность является весьма распространенным феноменом. Л. И. Бородин более десятилетия назад предложил использовать теорию СОК для изучения социо-политической реальности [19]. Однако – и в нашей стране, и рубежом, – несмотря на огромные успехи теории СОК в естественных и технических науках, она не часто привлекается для анализа конкретных социальных систем (за исключением экономики, где подходы СОК активно используются для анализа ценовой динамики). Вместе с тем, теория хаоса, в русле которой развиваются идеи СОК, в целом близка российским исследователям [20; 21; 22; 23; 24; 25].

Только в конце 1990-х гг. появляются статьи, непосредственно посвященные эффектам СОК в конкретных социо-политических процессах. Д. Робертс и Д. Тьюкот [26] обнаружили, что частота и интенсивность войн в XV-XX вв. подчиняется степенному закону. Л.-Е. Цедерман [27] сделал аналогичные выводы. В работе М. Бигса [28] степенные законы обнаруживаются в «классовых конфликтах»

в Чикаго и в Париже в конце XIX в. В 2014 г. коллектив исследователей – С. Пиколи, М. дель Кастилло-Массот, Х. Рибейро, Е. Ленци, Р. Мендес [29] обнаружили степенной закон в распределении «событий с применением силы» в Ираке, Афганистане и Северной Ирландии в новейшее время.

В одной из наших статей дан детальный обзор литературы – преимущественно, зарубежной – по приложениям СОК в социо-гуманитарных дисциплинах [30].

Идентификация СОК. Идентификация исследуемого сигнала/процесса как розового шума позволяет прибегнуть к объяснительным схемам теории СОК для интерпретации самого процесса, а также внутренних свойств системы, которая его сгенерировала.

Для идентификации требуется осуществить спектральный анализ с помощью быстрого преобразования Фурье. Если совокупность точек на спектрограмме хорошо аппроксимируется степенной линией тренда, то статистическая зависимость между мощностью (S) и частотой (f) изучаемого сигнала имеет следующий вид:

$$S = v \frac{1}{f^\alpha}, \quad (1)$$

где v – коэффициент, выражающий соотношение единиц S и f .

Формула 1 верна, помимо розового шума, для белого и коричневого шумов, которые типологически граничат с розовым (рис. 2).

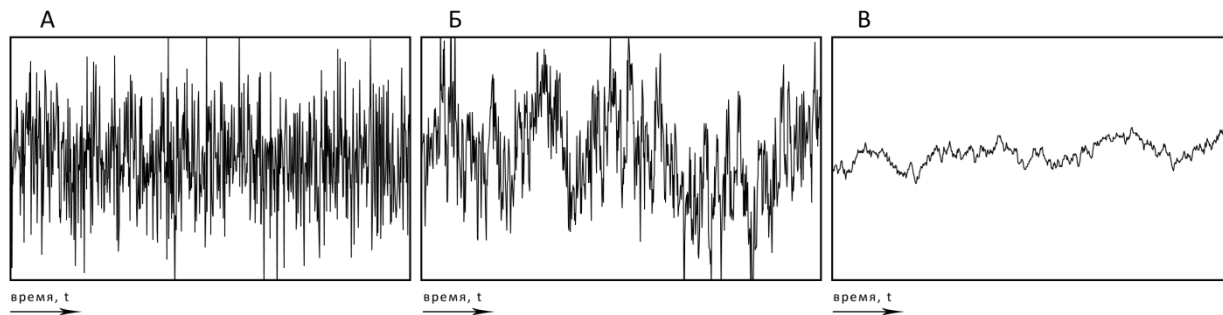


Рис. 2. Образцы белого (А), розового (Б) и коричневого (В) шумов

Ключевой величиной для идентификации цвета шума является показатель степени α («альфа») в формуле 1.

Если $\alpha = 0$, то сигнал является белым шумом (рис. 2А). Это хаотичный процесс, где каждое новое событие (изменение) не зависит ни от чего.

Если $\alpha = 2$, то сигнал шум считается коричневым (броуновским/красным) шумом (рис. 2В). Это процесс с короткой памятью: каждое последующее событие сильно зависит от непосредственно предшествующего.

Идеальный розовый шум имеет $\alpha = 1$. Однако П. Бак дал расширенное определение этому типу сигналов в природе: «Степень α [для розового шума] может принимать значения от 0 до 2» [6, с. 69]. На границах этого диапазона розовый шум постепенно переходит в белый или коричневый. Розовый шум (рис. 2Б) представляет собой нечто среднее между хаосом белого шума и упорядоченностью коричневого. Розовый шум, как и белый, наполнен случайными событиями, но вся совокупность событий формирует некоторую закономерность.

В наших статьях детально представлены процедуры спектрального анализа и идентификации розового шума – в частности, в работе [31].

Интерпретации социальных процессов в духе СОК. Теория СОК описывает свойства и поведение систем, которые пребывают в состоянии самоорганизованной критичности. Эти описания носят абстрактный, общий характер. Ведь теория СОК стремится к универсальности, к унифицированному описанию разнообразных систем (от звезд до дорожных пробок) в рамках одного терминологического и аналитического аппарата. Следовательно, абстрактные высказывания теории следует конкретизировать применительно к изучаемой системе. Это позволяет выработать гипотезы и интерпретации, которые имеют высокий шанс быть подтвержденными эмпирическими фактами.

Известно, например, что критичность – это состояние «суперпозиции» огромного множества изменений огромного множества компонентов. Скоротечные трансформации (лавины, скачки, кризисы, «революции») не обязательно вызваны неким сильным и экстраординарным единичным управляющим фактором. Вполне возможно, что системные трансформации могут быть вызваны ординарными, заурядными ее свойствами и не-сильными внешними воздействиями.

Мы, в соавторстве с профессором В. В. Канищевым, выдвинули гипотезу о том, что изменение цвета исследуемого сигнала может быть индикатором качественной трансформации социальной системы, которая генерирует исследуемый сигнал [32]. Следовательно, для обнаружения такой трансформации, в самом простом случае, достаточно сравнить величины α двух разных по времени (и приблизительно одинаковых по длительности) периодов одного того же процесса. Мы условно назвали такой прием методом 1.

Этот метод мы применили для исследования ряда социальных – исторических и политических процессов. В частности, были исследованы колебания рождаемости в некоторых общинах Тамбовской губернии/области в XIX–XX вв. (абсолютное число рождений по годам) [7], динамика цен на рожь в европейской России в XIII–XIX вв. (среднегодовые данные) [32], а также изменение террористической активности (помесячные количества преступлений террористической направленности) в России в 1994–2014 гг.

Исследование рождаемости показало, что в XX в. (с 1930–40-х гг.) величина α для рождаемости близка к 1, тогда как в XIX в. – существенно меньше. Изменение цвета шума, в данном случае, мы интерпретировали как проявление демографического перехода. Такой переход сопровождался, среди прочего, сменой демографической стратегии населения – от традиционной (белый, хаотический шум) к частичному регулированию рождаемости (розовый шум).

Исследование динамики цен на рожь позволило сделать ценные, с точки зрения исторической науки, выводы относительно времени формирования единого рынка хлеба в России. Ценовые ряды, возникающие в рамках классического единого саморегулирующегося рынка, являются, как правило, розовым шумом. Нам удалось установить, что уже в начале XIX в. российский хлебный рынок демонстрирует именно такое поведение, что свидетельствует о его консолидации и высоком уровне развития. Причем, в более ранний период для рынка было характерно сильное государственное регулирование, что выражалось в наличии коричневого шума в ценовой динамике.

Исследование месячных данных о террористических событиях в России также привело к обнаружению розового шума. Это позволило сделать выводы о том, что система, генерирующая подобные событийные ряды, находится в состоянии критичности и, следовательно, склонна к самопроизвольному росту активности.

Метод 2р. Однако метод 1 не позволяет достаточно точно установить время, когда произошла трансформация. Спектральный анализ нельзя проделать над небольшим количеством данных, поэтому невозможно вычислить величину α для, например, 10 точек данных. Кроме того, если исходных данных недостаточно, погрешность вычисления α значительно. В результате экспериментов с тестовыми образцами искусственного розового шума разной длины мы пришли к выводу, что определить величину α с погрешностью до 20 % можно при наличии 75 и более точек данных [33]. Это количество мы приняли как стандартное минимальное количество исходных данных в наших исследованиях.

Чтобы отслеживать переход систем из одного качественного состояния в другое с разрешением более 75 точек мы разработали метод 2р [32]. Этот метод предусматривает вычисление индекса метаморфизации m , косвенно свидетельствующего об изменении цвета шума с разрешением до 10 точек данных.

Некоторые результаты, полученные с помощью метода 2р представлены на рисунках 3, 4 и 5. Эти результаты согласуются с известными историческими и политологическими данными.

На рисунке 3 мы можем обнаружить скачки индекса m в 1920-е и 1940-е гг. Это свидетельствует о том, что демографическое поведение аграрного общества быстро – в катастрофическом режиме – менялось под воздействием резкого сужения ресурсной базы в ходе масштабных социально-экономических катаклизмов (Гражданская война, Великая Отечественная война).

На рисунке 4 график индекса m приближается к величине 1 (идеальный розовый шум) в результате резкого спада в самом начале XIX в. Это свидетельствует о скоротечном ослаблении присутствия государства на рынке как весомого актора, очевидно, под воздействием затоваривания хлебного рынка. Рост объемов торгов мог быть связан, в частности, с Континентальной блокадой и сокращением экспорта зерна в Англию. В таких условиях основной рычаг воздействия государства на рынок – госзакупки продовольствия и фуража для армии – терял общий вес на растущем рынке.

Рисунок 5 демонстрирует, что с 2000 по 2006 гг. индекс m для террористической активности опускался существенно ниже 1, то есть процесс приобретал характер хаоса. Это, помимо прочего, свидетельствует о хаотизации и атомизации террористического подполья. Однако с 2006 г. индекс m вновь – хотя и медленно – начинает расти.

Разработка имитационных моделей в духе теории СОК. Будучи виртуальными копиями реальных систем, имитационные модели позволяют ставить компьютерные эксперименты и исследовать, таким образом, альтернативные сценарии развития и скрытый потенциал объектов и ситуаций. Моделирование, поэтому, является мощным

инструментом для выработки гипотез и формулирования прогнозов.

Модели, специально имитирующие основные положения и частные эффекты теории СОК, должны быть, по существу, генераторами розового шума. Первой такой моделью является модель эволюции Бака – Снеппена [34].

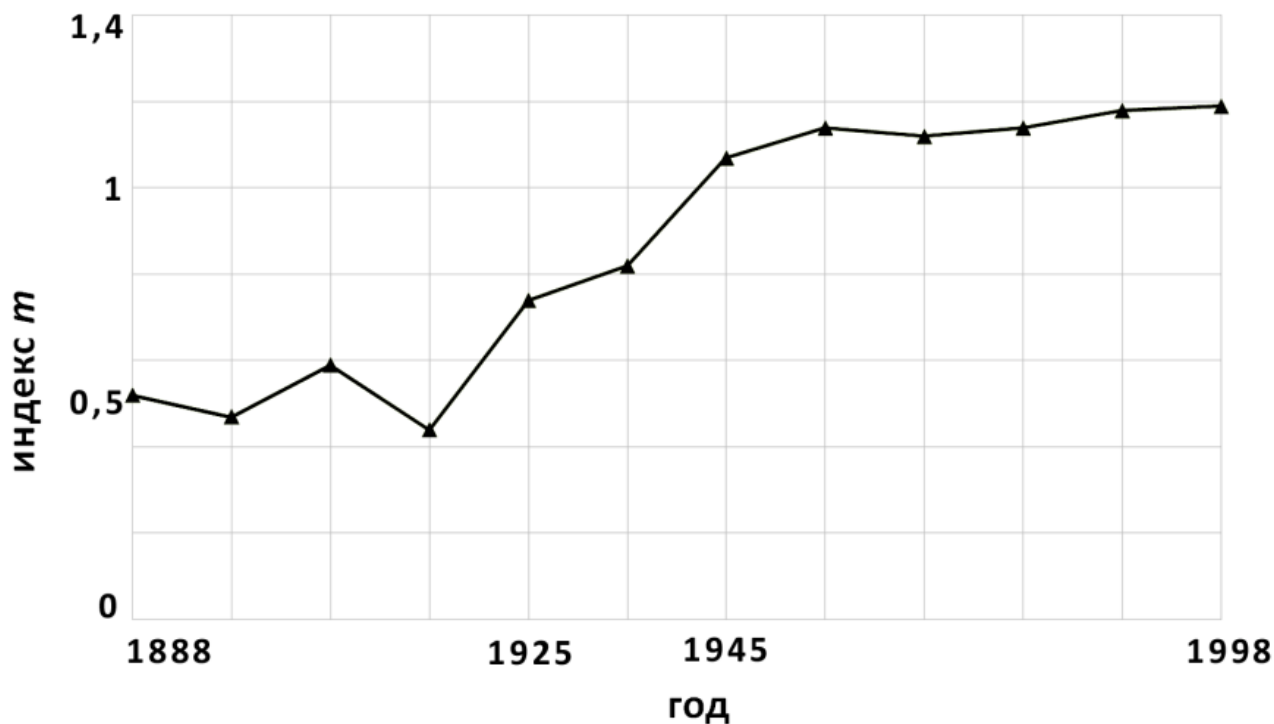


Рис. 3. Динамика индекса m , Малые Пупки (тамбовская губерния/область), рождения

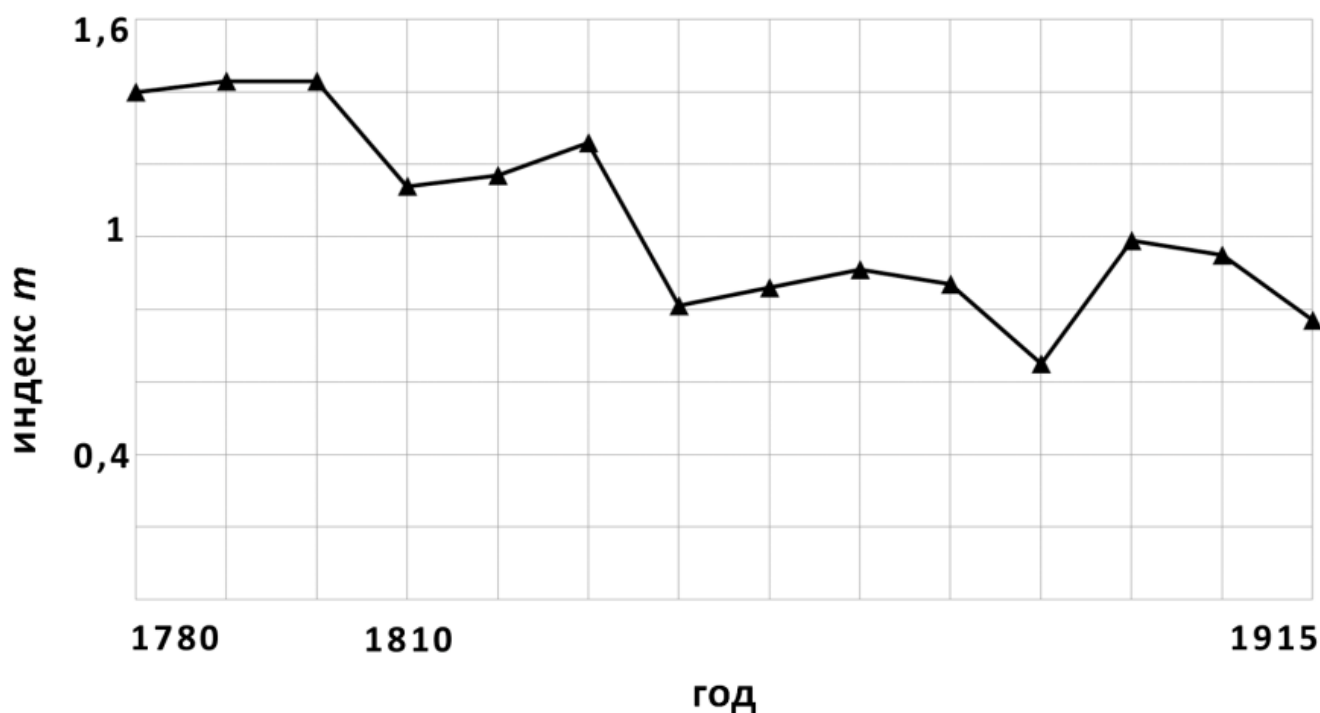


Рис. 4. Динамика индекса m , Европейская Россия, цены на розь

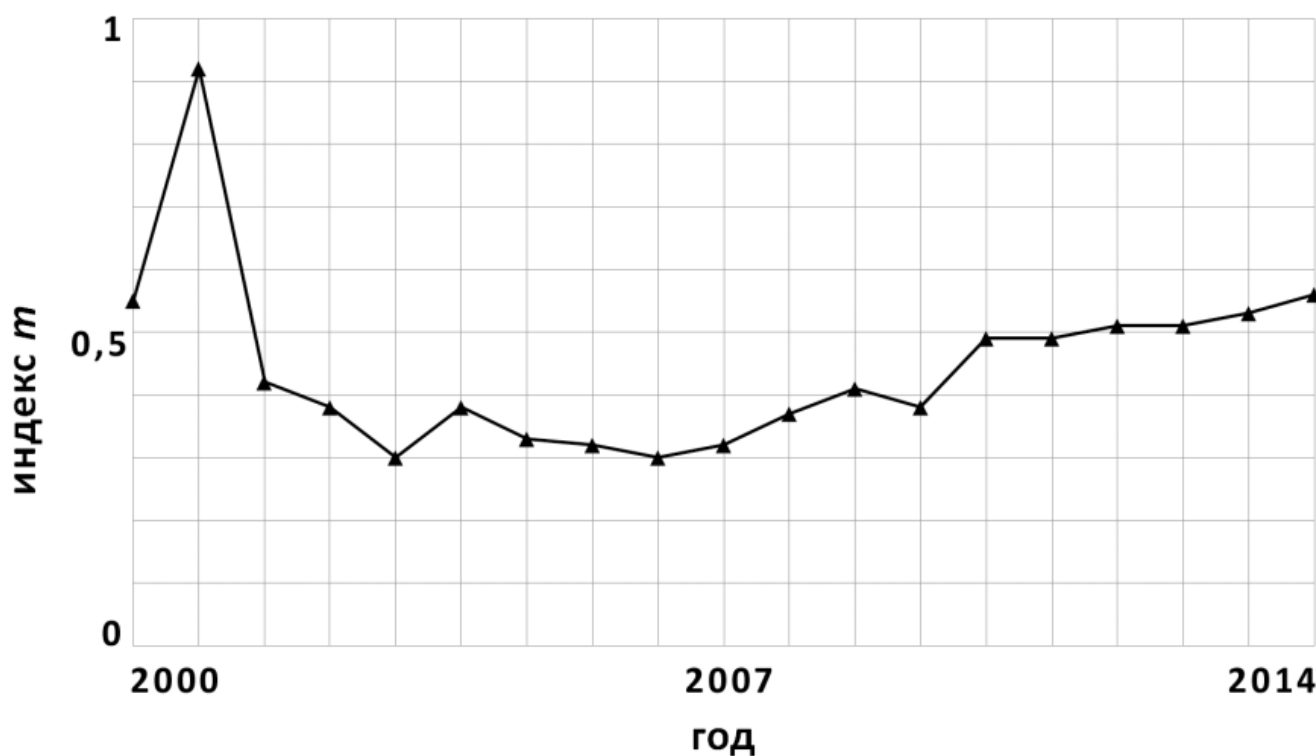


Рис. 5. Динамика индекса m, Россия, количество преступлений террористического характера

Для решения ряда частных задач в Центре фрактального моделирования также разработан генератор розового шума на базе модели Бака – Снеппена.

Виртуальная структура, генерирующая розовый шум, представляет собой совокупность связанных факторов, внутри которого по некоторым правилам распространяются импульсы, возникшие

в результате изменения величин определенных факторов. Такие изменения мы назвали «событиями». Пользователь имеет возможность вводить параметры начальных событий – инициаторов процесса. Эти параметры: время, «место» (положение в системе связей), величина «события», число «событий», количество тактов (виртуальное время наблюдения процесса).

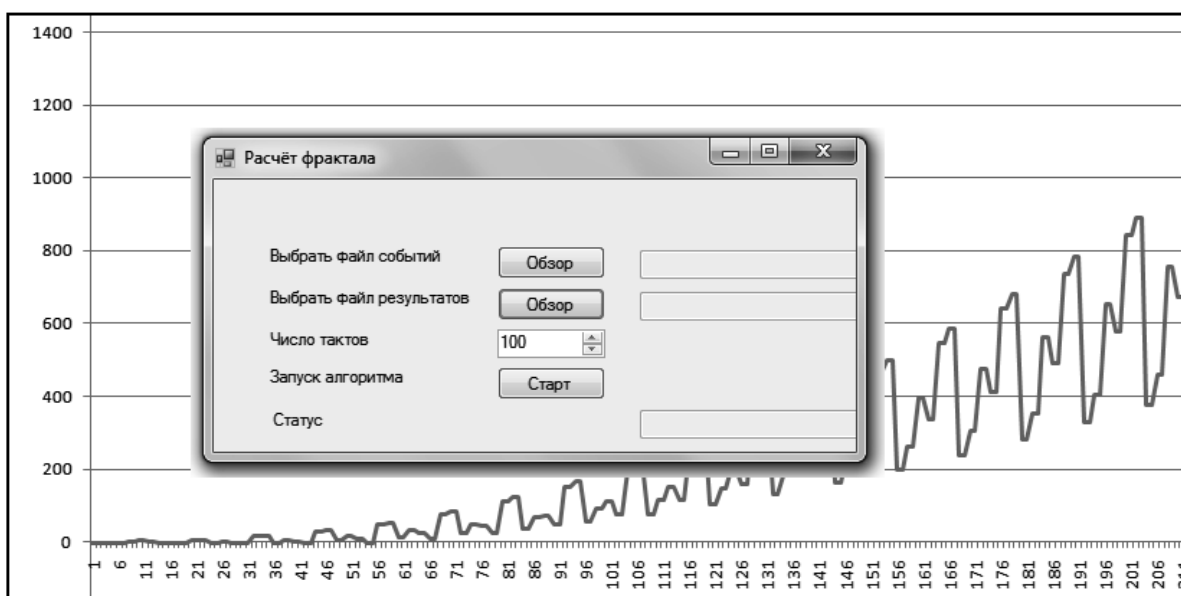


Рис. 6. Диалоговое окно и пример результатов работы программы UV

Разработчиками программного обеспечения (рабочее название UV, рисунок 4) для данной модели являются Ю. И. Мовчко и Е. И. Мовчко. Виртуальная структура UV как запись изменений/событий того или иного фактора. Величина α сигнала на рисунке 6 равна 1,2.

Конечным итогом динамики всех факторов в нашей модели является уход их величин в бесконечность. Собственно, это теоретически предсказуемо, поскольку розовый шум является, во многих случаях, предвестником катастрофы. Однако в ходе работ над моделью удалось обнаружить такие структуры и условия их функционирования, которые генерируют розовый шум довольно долго до наступления лавины. Это расширяет возможности имитировать реальные системы.

В UV процесс создается без участия генератора случайных чисел и задается незначительным количеством несильных внешних импульсов. Причем, малое количество исходных событий генерирует весьма разнообразные типы поведения в разных частях модели (то есть в разных факторах моделируемой системы). Например, на рисунке 7 показаны некоторые типы поведения, которые инициируются только тремя (!) начальными событиями-

ми. Не все эти типы поведения являются розовым шумом, что лишь увеличивает эвристическую продуктивность модели.

Сейчас наши усилия сосредоточены на том, чтобы сопоставить входные и результирующие данные модели с реальными фактами, что позволит существенно повысить интерпретабельность модели. Мы стремимся к тому, чтобы с помощью UV можно было продемонстрировать не только общие закономерности некоторых процессов (что уже возможно на данный момент), но и имитировать динамику конкретных социальных объектов.

Заключение. Розовый шум обнаруживается во многих социальных процессах, что подталкивает исследователей к изучению фундаментальных причин этого феномена. Теория самоорганизованной критичности объясняет причины возникновения розового шума и унифицированно описывает свойства систем, которые его порождают. Это делает подходы и методы теории СОК весьма ценным исследовательским инструментом в социогуманитарных дисциплинах. Коллектив Центра фрактального моделирования смог обнаружить розовый шум в некоторых исторических и современных социальных и политических процессах.

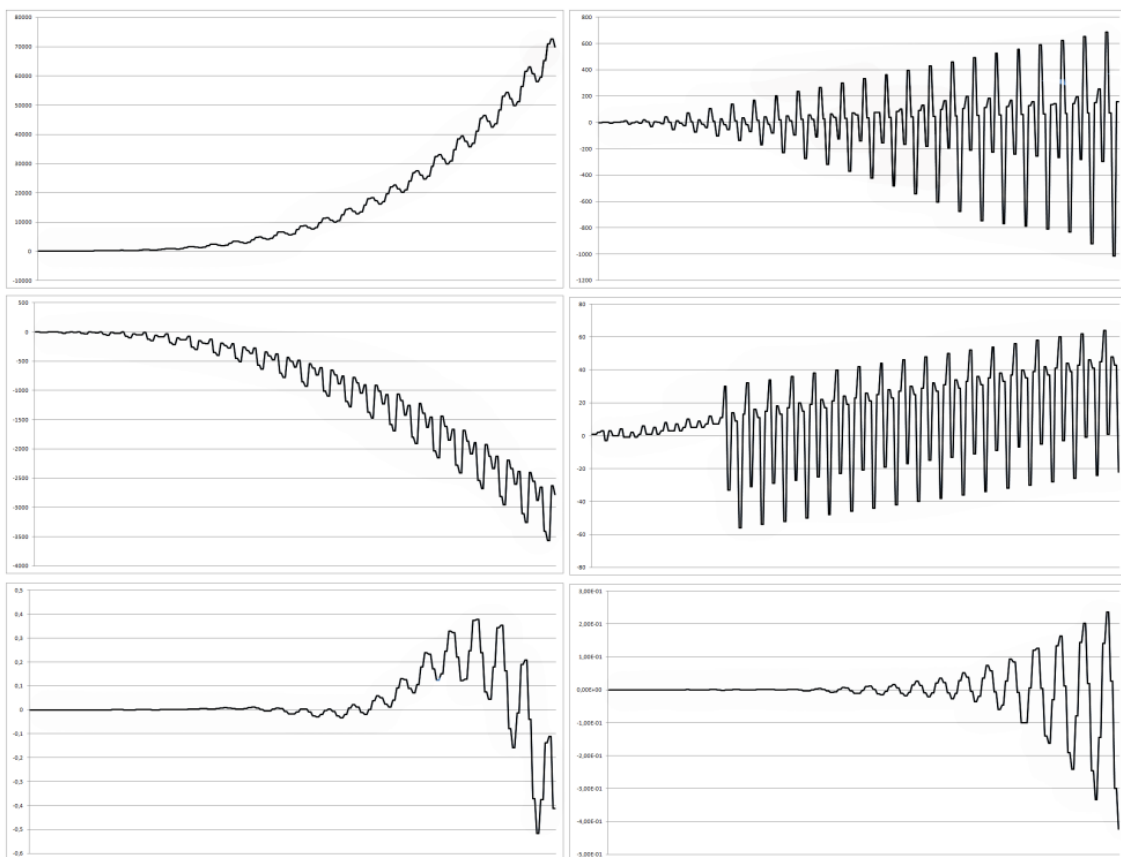


Рис. 7. Некоторые результаты модели UV (числовые ряды сгенерированы в UV, графики посроены в Excel)

Для интерпретации этих процессов абстрактные объяснительные схемы теории СОК были конкретизированы применительно к объектам исследования. Среди прочего это позволило объяснить истоки таких нелинейных эффектов, как спонтанная активность систем и наличие в их динамике колебаний различной длительности и силы.

Литература

1. Жуков Д. С., Канищев В. В., Лямин С. К., Мовчко Ю. И. Центр фрактального моделирования: развитие инструментария для исследования социальных феноменов // Вестник Пермского университета. Серия История. 2014. № 3. С. 13-26.
2. Bak P. *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*. New York: Copernicus, 1996.
3. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. *Self-organized Criticality* // *Physical Review A*. 1988. Vol. 38. № 1. P. 364-374.
4. Mandelbrot B.B. *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W.H. Freeman and Company, 1982.
5. Шибков А. А., Желтов М. А., Михлик Д. В., Золотов А. Е. *Физика и геометрия фракталов*. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2011.
6. Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013. С. 74-75.
7. Buchanan M. *Ubiquity. The Science of History... or Why the World is Simpler Than We Think*. London: Weidenfeld & Nicolson, 2000.
8. Guastello S. J. *Chaos, Catastrophe, and Human Affairs: Applications of Nonlinear Dynamics to Work, Organizations, and Social Evolution*. Abingdon: Psychology Press, 2013.
9. Kron T., Grund T. *Society as a Self-Organized Critical System* // *Cybernetics & Human Knowing*. 2009. Vol. 16. № 1-2. P. 65-82.
10. Mathews M. K., White M. C., Long R. G. *Why Study the Complexity Sciences in the Social Sciences?* // *Human Relations*. 1999. Vol. 52. № 4. P. 439-462.
11. Pinto C. M. A., Mendes Lopes A., Machado J.A.T. *A Review of Power Laws in Real Life Phenomena* // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2012. Vol. 17. № 9. P. 3558-3578.
12. Turcotte D. L. *Self-organized criticality* // *Reports on Progress in Physics*. 1999. Vol. 62. № 10. P. 1377.
13. Turcotte D. L., Rundle J.B. *Self-organized Complexity in the Physical, Biological, and Social Sciences* // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. Vol. 99. № 1. P. 2463-2465.
14. Weisbuch G., Solomon S., Stauffer D. *Social Percolators and Self Organized Criticality* // *Economics with Heterogeneous Interacting Agents Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* / Ed. by A. Kirman, J.-B. Zimmermann. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2001. P. 43-55.
15. Brunk G. G. *Self-Organized Criticality: A New Theory of Political Behaviour and Some of Its Implications* // *British Journal of Political Science*. 2001. Vol. 31. № 2. P. 427-445.
16. Brunk G. G. *Why Are So Many Important Events Unpredictable? Self-Organized Criticality as the "Engine of History"* // *Japanese Journal of Political Science*. 2002. Vol. 3. № 1. P. 25-44.
17. Brunk G. G. *Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality* // *Journal of Theoretical Politics*. 2002. Vol. 14. № 2. P. 195-230.
18. Малинецкий Г. Г. Чудо самоорганизованной критичности // Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. М.: УРСС, 2013. С. 13-56.
19. Бородкин Л. И. *Методология анализа неустойчивых состояний в политико-исторических процессах* // *Международные процессы*. 2005. Т.3. №7. С. 4-16.
20. Алексеев В. В., Бородкин Л. И., Коротаев А. В., Малинецкий Г. Г., Подлазов А. В., Малков С. Ю., Турчин П. В. *Международная конференция «Математическое моделирование исторических процессов»* // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2007. № 6. С. 37-47.
21. Бородкин Л. И., Владимиров В. Н., Гарскова И.М. *Институционализация исторической информатики: к 20-летию АИК* // Информационный бюллетень ассоциации История и компьютер. 2012. № 39. С. 3-7.
22. Головашина О. В., Жуков Д. С. *Нелинейные эффекты динамики социально-политических институтов* // *Ineternum*. 2012. № 2. С. 49-59.
23. Гринин Л. Е., Коротаев А. В., Марков А. В. *Макроэволюция в живой природе и обществе*. М.: УРСС, 2008.
24. Сморгунюв Л. В. *Сложность в политике: некоторые методологические направления исследований* // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 6 Философия. Культурология. Политология. Право. Международные отношения. 2012. № 4. С. 90-101.
25. Zhukov D., Kanishev V., Lyamin S. *Fractal Modeling of Historical Demographic Processes* // *Historical Social Research*. 2013. Vol. 38. № 2. P. 271-287.
26. Roberts D. C., Turcotte D. L. *Fractality and Self-Organized Criticality of Wars* // *Fractals*. 1998. Vol. 6. № 4. P. 351-358.
27. Cederman L.-E. *Modeling the Size of Wars: From Billiard Balls to Sandpiles* // *American Political Science Review*. 2003. № 1. P. 135-150.
28. Biggs M. *Strikes as Forest Fires: Chicago and Paris in the Late Nineteenth Century* // *American Journal of Sociology*. 2005. Vol. 110. № 6. P. 1684-1714.
29. Picoli S., Castillo-Mussot M. del, Ribeiro H. V., Lenzi E. K., Mendes R. S. *Universal bursty behaviour in human violent conflicts* // *Scientific Reports*. 2014. Vol. 4. P. 1-3.
30. Жуков Д. С., Лямин С. К. *Подходы и инструментарий теории самоорганизованной критичности в социо-политических исследованиях* // *Pro nunc. Современные политические процессы*. 2014. № 1. С. 84-109.
31. Жуков Д. С., Канищев В. В., Лямин С. К. *Возможности использования теории самоорганизованной критичности в изучении демографических процессов в российском позднем аграрном обществе* // *Историческая информатика*. 2014. № 1. С. 70-91.

32. Жуков Д. С., Канищев В. В., Лямин С. К., Мизис Ю. А. Опыт изучения истории российского хлебного рынка средствами теории самоорганизованной критичности // Историческая информатика. 2015. № 4.

33. Жуков Д. С., Лямин С. К. Проблемы идентификации розового шума в исторических данных // Fractal Simulation. 2015. № 1. С. 17-23.

34. Sneppen K., Bak P., Flyvbjerg H., Jensen M. H. Evolution as a self-organized critical phenomenon // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1995. Vol. 92. № 11. P. 5209-5213.

References

1. Zhukov D. S., Kanishchev V. V., Lyamin S. K., Movchko Yu. I. Tsentr fraktal'nogo modelirovaniya: razvitiye instrumentariya dlya issledovaniya sotsial'nykh fenomenov [Center of fractal modeling: development of tools for research of social phenomena] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Istoriya. 2014. № 3. S. 13–26.

2. Bak P. How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. New York: Copernicus, 1996. 212 p.

3. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized Criticality // Physical Review A. 1988. Vol. 38. № 1. P. 364–374.

4. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W.H. Freeman and Company, 1982. 468 p.

5. Shibkov A. A., Zheltov M. A., Mikhlik D. V., Zolotov A. E. Fizika i geometriya fraktalov [Physics and geometry of fractals]. Tambov: Izdatel'skij dom TGU im. G. R. Derzhavina, 2011. 135 c.

6. Bak P. Kak rabotaet priroda: teoriya samoorganizovannoj kritichnosti [How does the nature work: theory of self-organized criticality]. M.: URSS, 2013.

7. Buchanan M. Ubiquity. The Science of History... or Why the World is Simpler tThan We Think. London: Weidenfeld & Nicolson, 2000. 288 p.

8. Guastello S.J. Chaos, Catastrophe, and Human Affairs: Applications of Nonlinear Dynamics to Work, Organizations, and Social Evolution. Abingdon: Psychology Press, 2013. 456 p.

9. Kron T., Grund T. Society as a Self-Organized Critical System // Cybernetics & Human Knowing. 2009. Vol. 16. № 1-2. P. 65–82.

10. Mathews M.K., White M.C., Long R.G. Why Study the Complexity Sciences in the Social Sciences? // Human Relations. 1999. Vol. 52. № 4. P. 439–462.

11. Pinto C. M. A., Mendes Lopes A., Machado J.A.T. A Review of Power Laws in Real Life Phenomena // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2012. Vol. 17. № 9. P. 3558–3578.

12. Turcotte D. L. Self-organized criticality // Reports on Progress in Physics. 1999. Vol. 62. № 10. P. 1377.

13. Turcotte D. L., Rundle J.B. Self-organized Complexity in the Physical, Biological, and Social Sciences // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2002. Vol. 99. № 1. P. 2463–2465.

14. Weisbuch G., Solomon S., Stauffer D. Social Percolators and Self Organized Criticality // Economics with Heterogeneous Interacting Agents Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems / Ed. by A. Kirman, J.-

B. Zimmermann. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2001. P. 43–55.

15. Brunk G. G. Self-Organized Criticality: A New Theory of Political Behaviour and Some of Its Implications // British Journal of Political Science. 2001. Vol. 31. № 2. P. 427–445.

16. Brunk G. G. Why Are So Many Important Events Unpredictable? Self-Organized Criticality as the “Engine of History” // Japanese Journal of Political Science. 2002. Vol. 3. № 1. P. 25–44.

17. Brunk G. G. Why Do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality // Journal of Theoretical Politics. 2002. Vol. 14. № 2. P. 195–230.

18. Malinetskij G. G. Chudo samoorganizovannoj kritichnosti [Miracle of self-organized criticality] // Bak P. Kak rabotaet priroda: teoriya samoorganizovannoj kritichnosti. M.: URSS, 2013. С. 13–56.

19. Borodkin L. I. Metodologiya analiza neustojchivyx sostoyanij v politiko-istoricheskikh protsessakh [Methodology of the analysis of unstable states in political and historical processes] // Mezhdunarodnye protsessy. 2005. T.3. №7. S. 4–16.

20. Alekseev V. V., Borodkin L. I., Korotaev A. V., Malinetskij G. G., Podlazov A. V., Malkov S. Yu., Turchin P. V. Mezhdunarodnaya konferentsiya «Matematicheskoye modelirovaniye istoricheskikh protsessov» [International conference «Mathematical Modeling of Historical Processes»] // Vestnik Rossijskogo fonda fundamental'nykh issledovanij. 2007. № 6. S. 37–47.

21. Borodkin L. I., Vladimirov V. N., Garskova I. M. Institucionalizatsiya istoricheskoy informatiki: k 20-letiyu AIK [Institutionalization of historical informatics: to the 20 anniversary of AIC] // Informatsionnyj byulleten' assotsiatsii Istoriya i komp'yuter. 2012. № 39. S. 3–7.

22. Golovashina O. V., Zhukov D. S. Nelinejnye efekty dinamiki sotsial'no-politicheskikh institutov [Nonlinear effects of dynamics of socio-political institutes] // Ineternum. 2012. № 2. С. 49–59.

23. Grinin L. E., Korotaev A. V., Markov A. V. Makroevolyutsiya v zhivoj prirode i obshchestve [Macroevolution in wildlife and society]. M.: URSS, 2008. 248 c.

24. Smorgunov L. V. Slozhnost' v politike: nekotorye metodologicheskiye napravleniya issledovanij [Complexity in policy: some methodological directions of researches] // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 6: Filosofiya. Kul'turologiya. Politologiya. Pravo. Mezhdunarodnye otnosheniya. 2012. № 4. S. 90–101.

25. Zhukov D., Kanischev V., Lyamin S. Fractal Modeling of Historical Demographic Processes // Historical Social Research. 2013. Vol. 38. № 2. P. 271–287.

26. Roberts D. C., Turcotte D. L. Fractality and Self-Organized Criticality of Wars // Fractals. 1998. Vol. 6. № 4. P. 351–358.

27. Cederman L.-E. Modeling the Size of Wars: From Billiard Balls to Sandpiles // American Political Science Review. 2003. № 1. P. 135–150.

28. Biggs M. Strikes as Forest Fires: Chicago and Paris in the Late Nineteenth Century // American Journal of Sociology. 2005. Vol. 110. № 6. P. 1684–1714.

29. Picoli S., Castillo-Mussot M. del, Ribeiro H. V., Lenzi E. K., Mendes R. S. Universal bursty behaviour in human violent conflicts // *Scientific Reports*. 2014. Vol. 4. P. 1–3.

30. Zhukov D. S., Lyamin S. K. Podkhody i instrumentarij teorii samoorganizovannoj kritichnosti v sotsio-politicheskikh issledovaniyakh [Approaches and tools of the theory of self-organized criticality in socio-political researches] // *Pro nunc. Sovremennye politicheskiye protsessy*. 2014. № 1. С. 84–109.

31. Zhukov D. S., Kanishchev V. V., Lyamin S. K. Vozmozhnosti ispol'zovaniya teorii samoorganizovannoj kritichnosti v izuchenii demograficheskikh protsessov v rossijskom pozdnem agrarnom obshchestve [Possibilities of use of the theory of self-organized criticality in studying of demographic processes in the Russian late agrarian society] // *Istoricheskaya informatika*. 2014. №1. S. 70–91.

32. Zhukov D. S., Kanishchev V. V., Lyamin S. K., Mizis Yu. A. Opyt izucheniya istorii rossijskogo khlebnogo rynka sredstvami teorii samoorganizovannoj kritichnosti [Experience of studying of history of the Russian grain market means of the theory of self-organized criticality] // *Istoricheskaya informatika*. 2015. № 4. (v pechati)

33. Zhukov D. S., Lyamin S. K. Problemy identifikatsii rozovogo shuma v istoricheskikh dannykh [Problems of identification of pink noise in historical data] // *Fractal Simulation*. 2015. № 1. S. 17–23.

34. Sneppen K., Bak P., Flyvbjerg H., Jensen M.H. Evolution as a self-organized critical phenomenon // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1995. Vol. 92. № 11. P. 5209–5213.

* * *

RESEARCH OF SOCIAL PROCESSES BY MEANS OF THE THEORY OF SELF-ORGANIZED CRITICALITY

ZHUKOV DMITRY SERGEEVICH

Tambov State University named after G. R. Derzhavin,
Tambov, the Russian Federation, e-mail: laomin@mail.ru

LYAMIN SERGEY KONSTANTINOVICH

Tambov State University named after G. R. Derzhavin,
Tambov, the Russian Federation, e-mail: laomin@mail.ru

Research is executed with financial support of the Russian Federal Property Fund within the scientific project № 14-06-00093a «The annex of the theory of self-organized criticality to studying of historical processes»

The theory of self-organized criticality (SOC) widespread in natural and technical science; ideas of SOC also got into socio-humanistic disciplines. The Center of fractal modeling of the Tambov state university named after G. R. Derzhavin is one of the main research centers which study social processes and phenomena in the spirit of the theory of SOC. Article shows heuristic opportunities of the theory of self-organized criticality (SOC) in socio-humanistic disciplines. Authors stated the basic concepts and ideas of the theory of SOC, made the analysis of the works performed on a joint of SOC and socio-political disciplines, described methods of identification of effects of SOC and also studied some social and political processes regarding detection in them pink noise. Authors discussed possibilities of use of generators of pink noise for imitating modeling. As, pink noise is in many social processes, it pushes researchers to studying of the fundamental reasons of this phenomenon. The theory of SOC explains the reasons of emergence of pink noise and unified describes properties of systems which generate it. It does approaches and methods of the theory of SOC by very valuable research tool in socio-humanistic disciplines. Authors could find pink noise in some historical and modern social and political processes. They concretized abstract explanatory schemes of the theory of SOC for interpretation of these processes in relation to objects of research. Among other things, it allowed to explain sources of such nonlinear effects as spontaneous activity of systems and existence in their dynamics of fluctuations of various duration and amplitude.

Key words: self-organized criticality, fractal, pink noise, 1/f-noise, society, policy, history