

УДК 368:519.86

---

## О СВОЙСТВАХ НЕЛИНЕЙНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ<sup>1</sup>

---

**Ковалева Ксения Александровна**<sup>1</sup>, канд. экон. наук, доц.

**Кумратова Альфира Менлигуловна**<sup>1</sup>, канд. экон. наук, доц.

**Великанова Лариса Олеговна**<sup>1</sup>, канд. экон. наук, доц.

**Клинцевич Роман Иванович**<sup>2</sup>, канд. экон. наук

<sup>1</sup> Кубанский государственный аграрный университет, ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: kovaleva.k@edu.kubsau.ru

<sup>2</sup> Северо-Кавказская государственная академия, ул. Ставропольская, 36, Черкесск, Россия, 369001; e-mail: ii@ncsa.ru

*Цель:* настоящая статья посвящена вопросу использования инструментальных и математических методов моделирования временных рядов личного и социального страхования на базе фрактального анализа. *Обсуждение:* использованные и адаптированные автором методы фрактального анализа обеспечивают выявление и оценку ряда фундаментальных предпрогнозных характеристик социально-экономических временных рядов, а именно наличие памяти, в том числе долговременной, ее глубины, что, в свою очередь, может определить процесс как персистентный (антиперсистентный, трендоустойчивый или реверсный), выявить цвет шума. *Результаты:* проведенное исследование позволило адаптировать и предложить завершённую систему моделей и методов фрактального анализа временных рядов для обеспечения большей надёжности последующего прогнозирования.

**Ключевые слова:** страховая компания, показатель Хёрста, предпрогнозный анализ, R/S-анализ, цвет шума временного ряда.

**DOI:** 10.17308/meps.2020.12/2487

### Введение

Страховая деятельность (страховые услуги) – отдельный сектор экономики, который можно определить как стратегический. Крупное инвестиционное решение, включая частные инвестиции, вплоть до вопросов кредитования физических лиц не обходится без страховой поддержки. В российской

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта 19-010-00415 А.

действительности изучение вопросов финансовых возможностей сектора страховых услуг является актуальным и требует особого подхода.

Многообразны социальные, политические, криминальные, научные и практические проблемы на пути развития страхования в России. Многие из них могут быть успешно решены при наличии соответствующей концепции в исследовании проблем прогнозирования и принятия обоснованных управленческих решений в страховом деле.

В представленной работе определена актуальность исследования, поскольку в рыночной экономике, учитывая специфику российского менталитета, деятельность страховых компаний должна чётко показывать будущие возможности страховой деятельности, её востребованность и пути развития. Справедливо подчеркивается необходимость прогнозирования финансовой устойчивости страховых компаний.

Для дальнейшего развития экономики необходимо использовать современные методы прогнозирования. Известные нам экономико-математические методы прогнозирования опираются на условие, предполагающее независимость наблюдений, которые составляют временной ряд. Однако весьма значительная часть временных рядов, отражающих эволюцию реальных социально-экономических процессов, обладают свойством персистентности [3, 9, 13], что означает невыполнение условия независимости наблюдений, в силу чего классические модели и методы прогнозирования зачастую оказываются неадекватными.

Актуальность представленного авторами исследования обусловлена тем, что все более острой становится необходимость учета свойства нелинейности динамических социально-экономических систем и процессов при построении математических моделей.

В качестве объекта исследования выбран временной ряд, отражающий собой динамику основного показателя экономической деятельности страховых компаний. По существу, в работе предложен инструментарий исследования временных рядов на устойчивость их эволюционирования. Этот инструментарий представляет как теоретическую, так и практическую ценность в отношении прогнозирования финансовых показателей эволюционирующей экономической системы.

В статье исследуются значения агрегированных данных временного ряда учета договоров на все виды страхования компании «СТЕРХ». Основным показателем деятельности страховой компании – количество застрахованных клиентов. Авторами исследованы как сами временные ряды (ВР), так и агрегированные ВР: общий ряд, отдельно ВР застрахованных мужчин и женщин. Отметим, что исследование усредненных (типичных) значений для прогнозных выводов не является результативным [1, 2]. Прогнозную информацию определяет, прежде всего, последовательность данных, которая позволяет выявить возможности появления следующего значения во времени.

## Методология исследования

В представленном исследовании авторами предложено использовать выявленные преимущества фрактального анализа [12] для рассматриваемых эволюционных процессов и выявления предпрогнозных свойств с целью повышения надежности дальнейшего прогноза.

Сравнительный анализ полученных характеристик и свойств прогнозируемости исходного временного ряда и его других формаций (приращение и агрегирование) представляет интерес для дальнейшего исследования.

Исходный временной ряд количества застрахованных лиц обозначим через  $u_i^k$ , где  $k = 1$  – агрегированные еженедельные данные,  $k = 2$  – приращения агрегированных еженедельных данных,  $i = 1, 2, \dots, n$  (календарный отрезок времени за период с 03.11.2015 – 15.12.2019 гг.). Аналогично ВР данных по количеству застрахованных мужчин и женщин обозначим  $v_i^k$  и  $w_i^k$  соответственно.

В силу особенностей работы алгоритма метода нормированного размаха Хёрста произвести расчет показателя Хёрста и построить график R/S-траектории для приращений исходных временных рядов не представляется возможным из-за наличия во временном ряде подряд идущих нулевых значений.

Для того чтобы сохранить динамику поведения приращений исходных еженедельных временных рядов, авторами проведена процедура нормирования данных.

Представим алгоритм нормирования данных:

1. В исходном ВР приращений найти минимальное значение.
2. Вычислить его абсолютное значение.
3. Последнее добавить к каждому элементу исходного ВР приращений.

Во избежание нулевых элементов ряда к каждому значению полученного ВР прибавим  $\Delta > 0$ , в нашем случае  $\Delta = 1$ ).

Таким образом, динамика значений исследуемого нормированного ряда приращений соответствует динамике базового ряда, а положительные значения элементов нормированного ряда позволяют рассчитать показатель Хёрста и применить к ряду алгоритм R/S-анализа.

Отдельно отметим, что алгоритм R/S-анализа, как наглядно показано в [13], является надежным инструментом для выявления цикла. Причем отличительной способностью данного алгоритма представляется факт обнаружения как периодических, так и непериодических циклов.

На рис. 1 представлена классификация значений показателя Херста (в соответствии с цветом шума).

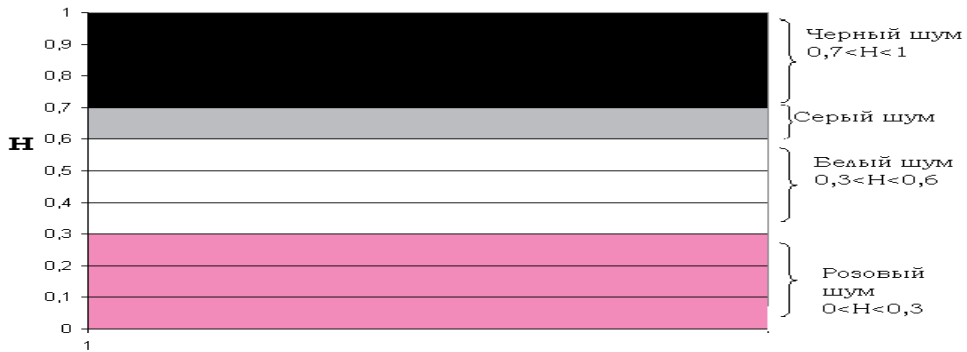
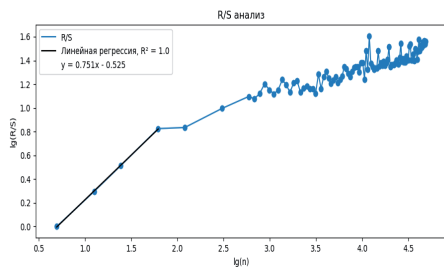
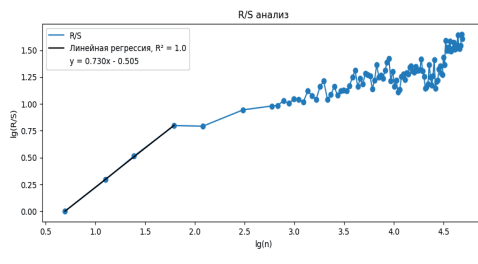


Рис. 1. Классификация значений показателя Хёрста (цвет шумов)

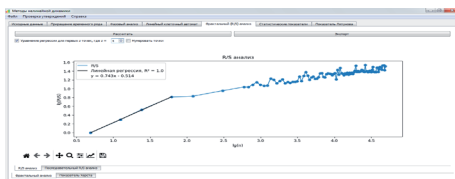
Подробное описание алгоритма работы метода нормированного размаха Хёрста представлено в источниках [9, 12, 13].



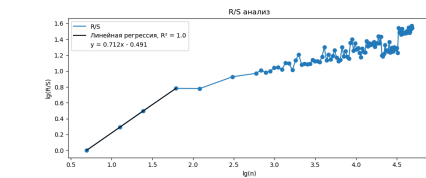
а) R/S-траектория агрегированного еженедельного исходного ВР



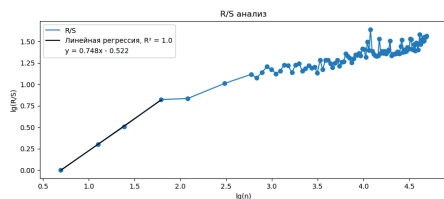
б) R/S-траектория приращений нормированного агрегированного еженедельного исходного ВР



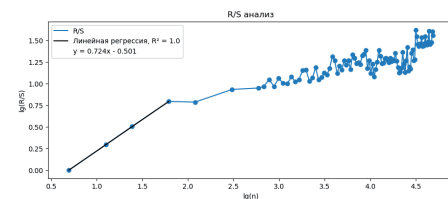
в) R/S-траектория агрегированного еженедельного ВР «Мужчины»



г) R/S-траектория приращений нормированного агрегированного еженедельного ВР «Мужчины»



д) R/S-траектория агрегированного еженедельного ВР «Женщины»



е) R/S-траектория приращений нормированного агрегированного еженедельного ВР «Женщины»

Рис. 2. R/S-траектории исследуемых временных рядов данных страховой компании

## Обсуждение результатов

На рис. 2 показаны результаты расчетов и графического представления авторской разработки «Методы нелинейной динамики» [8], в котором реализован алгоритм работы метода нормированного размаха Хёрста.

Таблица

Сводная таблица по методу нормированного размаха Хёрста

	Агрегированные еженедельные ВР			Нормированные значения ВР приращений		
	ВР «Основной»	ВР «Мужчины»	ВР «Женщины»	Приращения основного ВР	Приращения ВР «Мужчины»	Приращения ВР «Женщины»
Значение показателя Хёрста	0.75	0.74	0.748	0.73	0.71	0.72
Точка срыва с R/S-траектории	5	5	5	5	5	5

Анализ расчетных данных таблицы позволяет сделать следующие выводы:

– для каждого из исследуемых временных рядов зафиксирована пятая точка срыва с R/S-траектории. В среднем длительность 5 недель характеризует месяц, что, в свою очередь, подтверждает факт наличия памяти ряда с выявленной глубиной, равной 5 неделям. Для сравнения отметим, что значение глубины памяти ежедневных данных (основного ряда) равно 10 (две рабочих недели), а для ежедневного ряда приращений – 7 (полторы рабочих недели). Таким образом, в исследуемом процессе присутствует, так называемое, наложение циклов, обусловленное «приращением времени» [9].

– у всех временных рядов, представленных в настоящей работе, значение показателя Хёрста принадлежит зоне «черного» шума и характеризует их как персистентные и трендоустойчивые ВР [12]. При исследовании основного ежедневного ряда показатель Хёрста также находится в области черного шума и равен 0.78, что нельзя сказать о показателе Хёрста для ежедневного ряда приращений, этот показатель соответствует значению 0.3 (в соответствии с рисунком 1), находящемуся на границе белого и розового шума. Из вышесказанного следует вывод о наличии свойства персистентности у еженедельных временных рядов приращений и соответственно отсутствия персистентности у ежедневных. Этот факт также наглядно демонстрирует присутствие свойства «наложения цикла».

– уравнения регрессии однотипны у всех исследуемых ВР, этот вывод позволяет сделать анализ коэффициента  $a$ , значение которого колеблется в интервале от 0,712 до 0,75.

Использование механизма работы алгоритма последовательного R/S-анализа позволяет наблюдать синергетический эффект от исследова-

ния сложных социально-экономических процессов в разрезе результатов триады: исходного временного ряда, ряда его приращений и агрегированных данных. Полученные предпрогнозные результаты и сделанные выводы представляются базой адаптации, разработки и использования для прогнозирования динамики изучаемого процесса и подбора адекватных моделей прогноза.

Новизна результатов, полученных авторами в ходе исследования, обеспечивается одновременно применением как классических методов, так и современных методов нелинейной динамики. Сравнение этих подходов позволяет более чётко очертить круг тех экономических, финансовых, актуарных, маркетинговых, сельскохозяйственных, производственных задач, в которых синергетические методы превалируют над классическими, давая идемпотентные и более валидные результаты, а также выделить круг процессов, для которых классическая парадигма остаётся достаточно точной, при этом она более привычна, проста и понятна.

### Список источников

1. Ковалева К.А., Ефанова Н.В. Применение методов нелинейной динамики к оценке рисков деятельности страховых компаний // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2019, по. № 12 (120), с. 31-39.
2. Ковалева К.А., Яхонтова И.М. Теория исследования и разработки методов и моделей прогнозирования временных рядов с приращением в страховании // *Новые технологии*, 2019, по. 4, с. 239-248.
3. Кричевский М.Л. *Интеллектуальные методы в менеджменте*. Санкт-Петербург, Питер, 2005.
4. Кумратова А.М. Концептуальная основа получения и исследования максимального времени прогноза с заранее заданной точностью // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2017, по. 6 (90), с. 23-31.
5. Кумратова А.М., Попова Е. В., Курносова Н.С., Попова М.И. Снижение экономического риска на базе предпрогнозного анализа // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, по. 3 (63), с. 18-28.
6. Кумратова А.М., Попова Е.В., Савинская Д.Н., Курносова Н.С. Комплексная методика анализа экономических временных рядов методами нелинейной динамики // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, по. 8 (68), с. 35-43.
7. Кумратова А.М., Попова Е.В., Третьякова Н.В. Методы многокритериальной оптимизации и классической статистики для оценки риск-экстремальных значений // *Известия Кубанского государственного университета. Естественные науки*, 2014, по. 1, с. 55-60.
8. Кумратова А.М., Сивков К.А. Методы нелинейной динамики // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020612899, 05.03.2020. Заявка № 2020611841 от 20.02.2020.
9. Перепелица В.А., Попова Е.В., Комиссарова К.А. *Моделирование деятельности страховых компаний методами нелинейной динамики*: монография. Краснодар, КубГАУ, 2007.
10. Перепелица В.А., Тамбиева Д.А., Комиссарова К.А. Исследование R/S-траектории одного временного ряда страхования // *Исследовано в России*, 2004, по. 248, с. 2663.
11. Петерс Э. *Фрактальный анализ финансовых рынков*. Москва, Интернет-трейдинг, 2004.
12. Петерс Э. *Хаос и порядок на рынках капитала*. Москва, Мир, 2000.
13. Янгишиева А.М. *Моделирование экономических рисков методами нелинейной динамики (на материалах Карачаево-Черкесской Республики)*: автореферат дис. ... канд. экон. наук. Ставрополь, СГУ, 2005.

---

# ON THE PROPERTIES OF NON-LINEARITY OF DYNAMIC SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS AND PROCESSES

---

**Kovaleva Ksenia Aleksandrovna**<sup>1</sup>, Cand. Sc. (Econ.)

**Kumratova Alfira Menligulovna**<sup>1</sup>, Cand. Sc. (Econ.)

**Velikanova Larisa Olegovna**<sup>1</sup>, Cand. Sc. (Econ.)

**Klintsevich Roman Ivanovich**<sup>2</sup>, Cand. Sc. (Agricultural)

<sup>1</sup> Kuban State Agrarian University, Kalinina st., 13, Krasnodar, Russia, 350044; e-mail: kovaleva.k@edu.kubsau.ru

<sup>2</sup> North Caucasus state Academy, st. Stavropol, 36, Cherkessk, Russia, 369001; e-mail: ii@nca.ru

*Purpose:* this article is devoted to the use of instrumental and mathematical methods for modeling time series of personal and social insurance based on fractal analysis. *Discussion:* the methods of fractal analysis used and adapted by the author provide identification and evaluation of a number of fundamental characteristics of socio-economic time series, namely, such pre-forecast characteristics as memory depth, persistence or anti-persistence, trend stability or reversal of more often random, color noise. *Results:* the study allowed us to adapt and offer a complete system of models and methods for fractal analysis of time series to ensure greater reliability of subsequent forecasting.

**Keywords:** insurance company, Hurst indicator, predictive analysis, R/S analysis, time series noise color.

## References

1. Kovaleva K.A., Efanova N.V. Primenenie metodov nelineynoi dinamiki k ocenke riskov deyatelnosti strahovih kompanii [Application of nonlinear dynamics methods to risk assessment of insurance companies]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2019, no. 12 (120), pp. 31-39. (In Russ.)
2. Kovaleva K.A., Yakhontova I.M. Teoriya issledovaniya i razrabotki metodov i modelei prognozirovaniya vremennih ryadov s prirasheniem v strahovanii [Theory of research and development of methods and models for predicting time series with increment in insurance]. *Novie technology*, 2019, no. 4, pp. 239-248. (In Russ.)
3. Krichevskiy M.L. *Intellektual'nyye metody v menedzhmente* [Intellectual methods in management]. Sankt-Peterburg, Piter, 2005. (In Russ.)
4. Kumratova A.M. Kontseptual'naya osnova polucheniya i issledovaniya maksimal'nogo vremeni prognoza s zaraneye zadannoy tochnost'yu [Conceptual basis for obtaining and researching the maximum forecast time with a predetermined accuracy]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2017, no. 6 (90), pp. 23-31. (In Russ.)
5. Kumratova A.M., Popova Ye.V., Kurnosova N.S., Popova M.I. Snizheniye ekonomicheskogo riska na baze predprognoznogo analiza [Reducing the economic risk on the basis of a predictive analysis]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2015, no. 3 (63), pp. 18-28. (In Russ.)

6. Kumratova A.M., Popova Ye.V., Savinskaya D.N., Kurnosova N.S. Kompleksnaya metodika analiza ekonomicheskikh vremennykh ryadov metodami nelineynoy dinamiki [Complex method of analysis of economic time series by non-linear dynamics methods] *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2015, no. 8 (68), pp. 35-43. (In Russ.)
7. Kumratova A.M., Popova E.V. and other. Metodi vnogokriterial'noy optimizatsii i klassicheskoy statistiki dlya ocenki risk-extremalnih znacheniy [Methods of multi-criteria optimization and classical statistics to assess risk under extreme values]. *Izvestiya KubGU. Estestvenniye nauki*, 2014, no. 1(3), pp. 55-60. (In Russ)
8. Kumratova A.M., Sivkov K.A. Metodi nelineynoy dinamiki [Methods of nonlinear dynamics]. Svidetel'stvo o registratsii programi RU 2020612899, 05.03.2020. Application No. 2020611841 from 20.02.2020. (In Russ.)
9. Perepelitsa V.A., Popova E.V., Komissarova K.A. *Modelirovanie deyatel'nosti strahovih kompanii metodami nelineynoy dinamiki* [Modeling the activity of insurance companies using nonlinear dynamics methods: monograph]. Krasnodar, Kubgau, 2007. (In Russ.)
10. Perepelitsa V.A., Tambieva D.A., Komissarova K.A. Issledovanie R/S-traektorii odnogo vremennogo ryada strahovaniya [Investigation of the R/S trajectory of a single insurance time series]. *Issledovano v Rossii*, 2004, no. 248, p. 2663. (In Russ.)
11. Peters E. *Fraktal'nyy analiz finansovykh rynkov* [Fractal analysis of financial markets]. Moscow, Internet-treiding, 2004. (In Russ.)
12. Peters E. *Chaos i poryadok na rinkah kapitala* [Chaos and order in the capital markets]. Moscow, Mir, 2000. (In Russ.)
13. Yangishieva A.M. *Modelirovanie ekonomicheskikh riskov metodami nelineynoy dinamiki* [Modeling the economic risks of nonlinear dynamics methods]. Synopsis, SGU, Stavropol', 2005. (In Russ.)