

---

## **ПРЕДПРОГНОЗНЫЙ АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЯ ХЕРСТА<sup>1</sup>**

---

**Савинская Дина Николаевна**, канд. экон. наук, доц.  
**Недогонова Татьяна Алексеевна**, маг.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: savi\_dinki@mail.ru; nedogonovat@gmail.com

*Цель:* статья посвящена применению фрактального анализа как инструментария предпрогнозного исследования временного ряда. Выбранный метод позволит сделать вывод о типе поведения системы, определить постоянства трендов и продолжительность циклов, если такие имеются, выявить эффекты долговременной памяти и сделать выводы о влиянии фактора сезонности. *Обсуждение:* для определения динамики рынка расшифруй (HOD) – одной из главных задач его участников, авторами предлагается применение предпрогнозного анализа методами нелинейной динамики. Решить ее с помощью стандартных инструментов технического анализа зачастую очень сложно. Комплексным решением многих проблем в области оценки состояния рынка может стать фрактальный анализ. Этим инструментом часто незаслуженно пренебрегают трейдеры и инвесторы, но фрактальный анализ временных рядов помогает эффективно оценить наличие и устойчивость тренда на рынке. *Результаты:* в результате проведенного предварительного фрактального анализа можно сделать вывод, о том, что региональный рынок HOD обладает свойством фрактальности, а именно наличие сезонности в исследуемом процессе открывает дополнительные возможности наполнения трафика перевозок внепиковые периоды пригодными только для переработки материалами.

**Ключевые слова:** фрактальный анализ, сезонность, прогнозирование, показатель Херста.

**DOI:** 10.17308/meps.2019.9/2198

### **1. Введение**

Для эффективного управления логистической деятельностью необходимо применение методов и моделей прогнозирования, которые позволяют минимизировать риски и потери, осуществлять стратегическое, оперативное и тактическое планирование. Для логистики актуально составление

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края, грант № 19-410-233009 p\_мол\_a.

прогнозов наиболее ожидаемого уровня потребительского спроса, объема продаж, а также потребностей в материальных ресурсах и необходимого уровня запасов. Необходимость получения достоверных результатов прогноза обусловлена современными условиями рынка и тенденциями развития экономических систем. Решения, принятые на основе точных прогнозов, позволяют минимизировать возможные убытки от дефицита или излишнего профицита товаров на складах, их размещения, выбрать оптимальное время подачи заказа, определить параметры запасов и не только. При выборе метода прогнозирования необходимо отталкиваться от конечной цели прогноза, области применения, объема и характера исходных данных.

Практически во всех хозяйственных процессах, протекающих в Краснодарском крае, начиная с сельскохозяйственной деятельности и заканчивая туризмом, присутствует сезонная составляющая, которая в свою очередь накладывает отпечаток на логистический трафик, при грамотном управлении которым можно в разы улучшить состояние транспортных артерий края, а также дополнить и развить практику сбора и возврата различной тары, которая будет сопутствовать традиционной транспортировке.

Результаты авторских исследований позволяют, не перегружая логистический трафик, разработать математические и инструментальные решения, способствующие снижению вреда, наносимого экологической обстановке в Краснодарском крае, на базе реверса обратной тары для дальнейшего её использования и остаточной – для своевременной переработки.

## **2. Методология исследования**

Для наглядного представления одного из возможных и удобных решений сложившейся экологологической проблемы в Краснодарском крае рассмотрим рынок доставки воды в дома и офисы, сокращённо HOD (Home & Office Delivery), ключевой особенностью которого является превышение в несколько раз стоимости тары над стоимостью продукта в ней. То есть для участников этого отдельного сегмента рынка бутилированных вод традиционный логистический трафик дополнен точной точкой возврата, и путь к ней в свою очередь можно дополнить в зависимости от грузоподъёмности транспортного средства перевозчика пластиком или иной тарой, подлежащей переработке в возможных маршрутных промежуточных местах, реализующих соответствующую деятельность. Далее научно обоснуем план действий по оптимизации логистического трафика в рамках реверсивных процессов.

Определение динамики рынка HOD – одна из главных задач его участников. Решить ее с помощью стандартных инструментов технического анализа зачастую очень сложно. Комплексным решением многих проблем в области оценки состояния рынка может стать фрактальный анализ. Этим инструментом часто незаслуженно пренебрегают трейдеры и инвесторы, но фрактальный анализ временных рядов помогает эффективно оценить наличие и устойчивость тренда на рынке.

Прежде чем непосредственно перейти к вычислениям, рассмотрим основные положения фрактального анализа и алгоритм расчета и содержательную интерпретацию коэффициента Херста.

Ключевой параметр фрактального анализа – показатель Херста, отражающий отношение силы тренда к уровню шума. Данный метод используют при анализе временных рядов, при этом чем больше задержка между двумя одинаковыми парами значений во временном ряду, тем меньше коэффициент Херста.

Этот важный показатель ввел Гарольд Эдвин Херст – выдающийся британский гидролог, который занимался проектом плотины на Ниле в Египте.

Для формирования своего метода гидролог использовал временной ряд  $X_1...X_n$  значений разлива реки. Далее проводился следующий алгоритм, названный в последующем методом нормированного размаха или  $R/S$  – анализом:

1. Расчет среднего значения  $X_m$  ряда  $X_1...X_n$ .
2. Расчет стандартного отклонения ряда,  $S$ .
3. Нормализация ряда путем вычитания из каждого значения среднего значения  $Z_r$ , где  $r = 1...n$ .
4. Создание кумулятивного временного ряда  $Y_r = Z_1 + Z_r$ , где  $r = 2...n$ .
5. Расчет размаха кумулятивного временного ряда  $R = \max(Y_1...Y_n) - \min(Y_1...Y_n)$ .
6. Деление размаха кумулятивного временного ряда на стандартное отклонение  $S$ .

Херст расширил уравнение Эйнштейна и привел его к более общей форме:

$$(R/S)_n = c * n^H,$$

где  $c$  – константа.

Впоследствии была разработана методика вычисления коэффициента Херста в применении к финансовым и фондовым рынкам.

Как же интерпретируется коэффициент Херста на рынках?

Если показатель Херста находится в промежутке между 0,5 и 1 и отличается от ожидаемого значения на два и более стандартных отклонений, то процесс характеризуется долговременной памятью. Иными словами, имеет место персистентность.

Это означает, что в пределах определенного периода времени следующие показатели сильно зависят от предыдущих. Наглядные примеры персистентного временного ряда – графики котировок наиболее устойчивых и авторитетных компаний. Пример – американские корпорации Apple, GE, Boeng и российские Роснефть, Аэрофлот и ВТБ.

### 3. Обсуждение результатов

Для исследования взят временной ряд объёмов продаж (общих суммарных продаж двух марок питьевой воды «Пилигрим» и «Кубай») дистрибьютора ООО «Меркурий», г. Черкесск, минеральной питьевой воды по Краснодарскому краю за период с 05.2014 по 05.2019 г. (рис. 1).

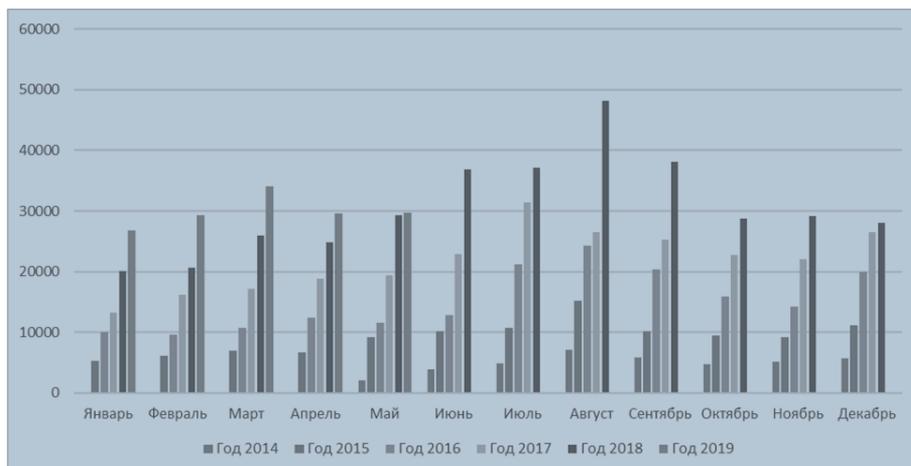


Рис. 1. Объёмы продаж минеральной питьевой воды по Краснодарскому краю за период с 05.2014 по 05.2019 г.

Данный ряд представляет собой временной ряд, отражающий эволюцию основных показателей развития процессов и систем, характерных рынку НОД.

Выясним, обладает ли исследуемый ряд таким прогностическим свойством, как персистентность. Для этого вычислим значение показателя Хёрста, промежуточные результаты расчета которого для всех смежных подпериодов длины  $n = 2, 4, 8, 16, 32$ , включали начальные и конечные точки временного ряда, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения средней величины  $R/S$  для интервалов  $n$

$n$	2	4	8	16	32
$R/S$	1	1,7813	11,0281	11,2402	7,1156

На основании полученных данных выполняем простую регрессию методом наименьших квадратов. Причём наклон уравнения линейной регрессии является оценкой показателя Хёрста, которая для исследуемого временного ряда составила 0,832 (рис. 2).

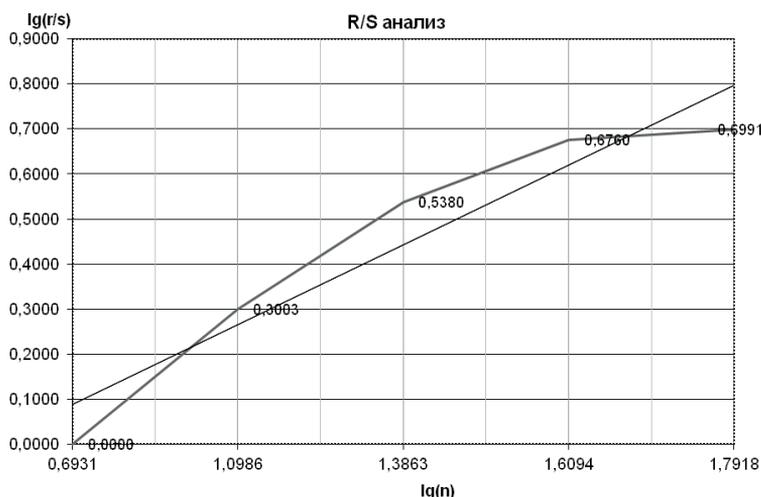


Рис. 2.  $R/S$  – анализ, ежемесячный объём: 04.2014 по 05.2019 г.

Полученное значение говорит о том, что нормированный размах изменяется быстрее, чем квадратный корень из времени, то есть система проходит большее расстояние, чем вероятностный процесс. Данный факт являлся предпосылкой момента, когда можно утверждать, что события прошлого оказывают существенное влияние на настоящее и будущее. При этом стоит отметить, что если показатель Хёрста находится в референтном интервале 0,5 и 1, а это означает, что в пределах определенного периода времени последующие показатели сильно зависят от предыдущих.

Помимо этого, чтобы быть уверенными, что полученные результаты не являются случайными (тривиальными), сравним их с ожидаемым значением  $R/S$  – анализа, которое формируется из следующих действий:

1. для каждого количества наблюдений считается ожидаемое значение и вычерчивается полученный график  $\text{Log}(E(R/S))$  от  $\text{Log}(N)$  совместно с  $\text{Log}(R/S)$  от  $\text{Log}(N)$ ;
2. рассчитывается ожидаемая дисперсия показателя Хёрста по знакомой из статистической теории формуле:  $\text{Variance}(H) = 1/N$ , где  $H$  – показатель Хёрста, а  $N$  – число наблюдений в выборке;
3. проверяется значимость полученного коэффициента Хёрста путем оценки количества стандартных отклонений, на которые  $H$  превосходит  $E(H)$ .

Состоятельным считается результат, когда показатель значимости по модулю больше 2, а в нашем случае он равен 2,3.

Далее, чтобы еще больше раскрыть сущность фрактального анализа, вернемся к понятию долговременной памяти.

Для определения глубины памяти не требуется какой-то особенной вычислительной мощности. Для этого достаточно простейшего визуального анализа графика логарифма  $V$ -статистики.

Длина периода =  $EXP$  (Длина периода в логарифмическом масшта-

бе). Соответственно, если мы анализировали 65 месячных данных объёмов продаж и получили число 0.0044 в логарифмическом масштабе, то цикл составляет  $EXP(0,0044) = 1.00441$ , или 1 месяц. При этом любые истинные циклы должны сохраняться на том же промежутке времени, но с другим тайм фреймом в качестве баз.

#### 4. Заключение

Таким образом, в результате проведённого предварительного фрактального анализа можно сделать вывод о том, что региональный рынок НОД обладает свойством фрактальности. Так как временной ряд продаж минеральной питьевой воды по Краснодарскому краю является персистентным, а значит, обладает долговременной памятью, целесообразно продолжить исследования методами нелинейной динамики, чтобы наиболее полно охарактеризовать исследуемый тип экономических систем и выбрать наиболее оптимальный метод для дальнейшего прогнозирования.

#### Список источников

1. Баранников А.А., Великанова Л.О. Математические и инструментальные методы автоматизации сбора, обработки и анализа учетной информации для целей управления // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право*, 2013, по. 3, с. 50.
2. Бардин А.К. *Математические и инструментальные методы и средства агро-экономической оценки сада (на материалах плодово-дачных хозяйств Краснодарского края)*. Автореферат дис. кандидата экономических наук. Воронеж, ВГУ, 2009.
3. Ковалева К.А., Попова Е.В., Молошнев С.А. Фазовый анализ как инструмент многофункционального центра // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2015, по. 107, с. 473-483.
4. 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.
5. Кумратова А.М., Попова Е.В., Романович В.В., Оглы И.Д. Прогнозирование эволюционного развития финансового рынка на базе программного инструментария линейного клеточного автомата // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2016, по. 121, с. 568-580.
6. Перепелица В.А., Попова Е.В., Янгишиева А.М., Леншова Т.М. Предпрогнозный анализ объемов стока горных рек как элемент экономической безопасности региона // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 2005, по. 1, с. 168-176.
7. Попова Е.В., Савинская Д.Н., Попов Г.И. Прогнозирование динамики рынка НОД на базе методов когнитивного анализа и предикторной обработки данных // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 2012, по. 35, с. 27-31.
8. Попова Е.В., Янгишиева А.М., Степанов С.Н., Чижиков С.А. О прогнозировании дискретных эволюционных процессов на базе теории нечетких множеств и линейных клеточных автоматов // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 2007, по. 5, с. 32-36.
9. Попова Е.В., Позднышева Н.О., Савинская Д.Н., Кумратова А.М., Терехов А.Г. Теория нечетких множеств и клеточных автоматов как инструментальный прогноз и адекватного отражения стохастической природы экономических процессов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2011, по. 67, с. 173-194.

10. Попок Л.Е., Сивидов И.Г. Использование потенциала современных интернет-технологий в российской экономике // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2013, no. 7 (43), с. 122-127.

11. Тамбиева Д.А., Попова Е.В., Салпагарова Ш.Х. К проблеме недостаточности информации. Малые выборки или «очень короткие» временные ряды // *Политематический сетевой электрон-*

*ный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2015, no. 107, с. 126-141.

12. Янгишиева А.М. *Моделирование экономических рисков методами нелинейной динамики (на материалах Карачаево-Черкесской Республики)*. Автореферат дис. кандидата экономических наук. Ставрополь, Ставроп. гос. ун-т., 2005.

---

# PREPREGNANCY ANALYSIS LOGISTIC TIME SERIES BASED ON HURST EXPONENT

---

**Savinskaya Dina Nikolaevna**, PhD. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

**Nedogonova Tatiana Alekseevna**, graduate student

Kuban state agrarian University named after I.T. Trubilin, Kalinina, 13, Krasnodar, Russia, 350044; e-mail: savi\_dinki@mail.ru; nedogonovat@gmail.com

*Purpose:* to apply fractal analysis as a tool for predictive study of the time series. The chosen method will allow to draw a conclusion about the type of system behavior, to determine the constancy of trends and the duration of cycles, if any, to identify the effects of long-term memory and draw conclusions and the impact of seasonality. *Discussion:* to determine the dynamics of the market HOD – one of the main tasks of its participants, the authors propose the use of predictive analysis methods of nonlinear dynamics. It is often very difficult to solve it with the help of standard technical analysis tools. Fractal analysis can be a comprehensive solution to many problems in the field of market assessment. This tool is often undeservedly neglected by traders and investors, but fractal analysis of time series helps to effectively assess the presence and stability of the trend in the market. *Results:* as a result of the preliminary fractal analysis, it can be concluded that the regional HOD market has the property of fractality, namely, the presence of seasonality in the process under study opens up additional opportunities for filling traffic traffic off-peak periods suitable only for processing materials.

**Keywords:** fractal analysis, seasonality, forecasting, Hurst index.

## References

1. Barannikov A.A., Velikanova L.O. *Matematicheskie i instrumental'nye metody avtomatizacii sbora, obrabotki i analiza uchetnoj informacii, dlya celej upravleniya* [Mathematical and instrumental methods of automation of collection, processing and analysis of accounting information for management purposes]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo*, 2013. no. 3, p. 50. (In Russ.)
2. Bardin A.K. *Matematicheskie i instrumental'nye metody i sredstva agro-ekonomicheskoy ocenki sada* (na materialah plodovodcheskih hozyajstv Krasnodarskogo kraja). Avtoreferat dis. kandidata ekonomicheskikh nauk [Mathematical and instrumental methods and means of agro-economic evaluation of the garden (on the materials of fruit farms of Krasnodar region)]. The author's abstract dis. PhD in economics]. Voronezh, Voronezh. gos. un-t., 2009. (In Russ.)
3. Kovaleva K.A., Popova E.V., Moloshnev S.A. *Fazovyj analiz kak instrument predprognroznogo analiza deyatel'nosti mnogofunkcional'nogo centra* [Phase analysis as a tool prepregnated analysis of multifunctional centre's activity]. *Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 107, pp. 473-483. (In Russ.)
4. Kumratova A.M., Popova E.V., Kurnosova N.S., Popova M.I. *Snizhenie ekonomicheskogo riska na baze predprognroznogo*

analiza [Reduction of economic risk on the basis of preprocessor analysis]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2015, no. 3 (63), pp. 18-28. (In Russ.)

5. Kumratova A.M., Popova E.V., Romanovich V.V., Ogly I.D. Prognozirovanie evolyucionnogo razvitiya finansovogo rynka na baze programmnoogo instrumentariya linejnogo kletochnogo avtomata [Prediction of the evolutionary development of the financial market on the software tools of linear cellular automate]. *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, no. 121, pp. 568-580. (In Russ.)

6. Perepelica V.A., Popova E.V., Yangishieva A.M., Lenchova T.M. Predprognoznyj analiz obemov stoka gornyh rek, kak element ekonomicheskoy bezopasnosti regiona [Pregnancy analysis of the volume of runoff of mountain rivers, as an element of economic security of the region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie*, 2005, no. 1, pp. 168-176. (In Russ.)

7. Popova E.V., Savinskaya D.N., Popov G.I. Prognozirovanie dinamiki rynka HOD na baze metodov kognitivnogo analiza i prediktornoj obrabotki dannyh [Forecasting of Hod market dynamics on the basis of methods of cognitive analysis and predictor data processing]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, no. 35, pp. 27-31. (In Russ.)

8. Popova E.V., Yangishieva A.M., Stepanov S.N., Chizhikov S.A. O prognozirovanii diskretnyh evolyucionnyh processov na baze teorii nechetkih mnozhestv i linejnyh kletochnyh avtomatov [On prognosis of discrete evolutionary processes based on the theory of fuzzy sets and linear

cellular automate]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2007, no. 5, pp. 32-36 (In Russ.)

9. Popova E.V., Pozdnysheva N.O., Savinskaya D.N., Kumratova A.M., Terekhov A.G. Teoriya nechetkih mnozhestv i kletochnyh avtomatov kak instrumentarij prognoza i adekvatnogo otrazheniya stohasticheskoy prirody ekonomicheskikh processov [Theory and cellular automata as a tool to forecast and adequately reflect the stochastic nature of economic processes]. *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, no. 67, pp. 173-194. (In Russ.)

10. Popok L.E., Sividov I.G. Ispol'zovanie potentsiala sovremennyh internet-tekhnologij v rossijskoj ekonomike [Use of potential modern the Internet-technologies in the Russian economy]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2013, no. 7 (43), pp. 122-127. (In Russ.)

11. Tambieva D.A., Popova E.V., Salpagarova Sh.H. K probleme nedostatochnosti informacii. malye vyborki ili «ochen' korotkie» vremennye ryady [On the problem of information insufficiency. small samples or «very short» time series]. *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 107, pp. 126-141. (In Russ.)

12. Yangishieva A.M. *Modelirovanie ekonomicheskikh riskov metodami nelinejnoj dinamiki (na materialah Karachaevo-Cherkesskoj Respubliki)*. Avtoreferat dis. kandidata ekonomicheskikh nauk. [modeling the economic risks, methods of nonlinear dynamics (on materials of Karachaevo-Circassian Republic). The author's abstract dis. PhD in economics]. Stavropol', Stavrop. gos. un-t., 2005.