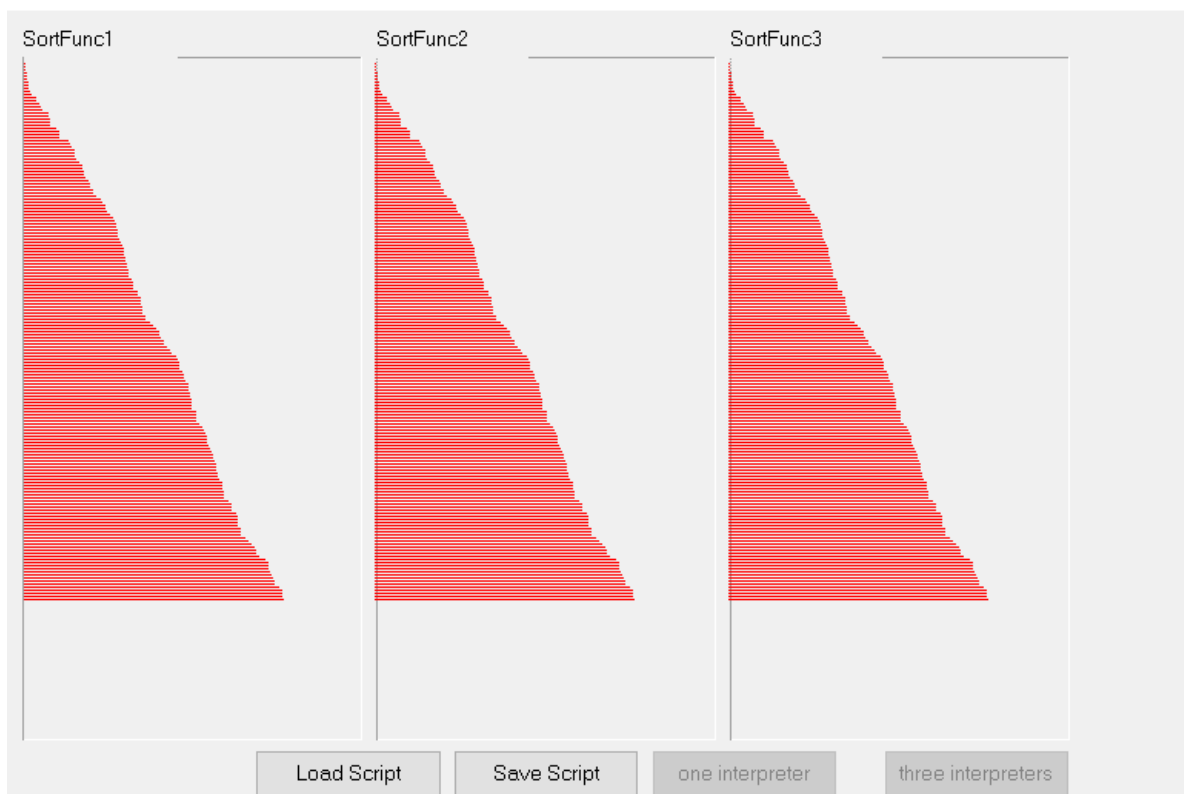


Выбрав кнопку one interpreter или three interpreters, запустим данный скрипт и увидим сортировку (картинками, к сожалению, не передать момент самой сортировки).



Результатом является расположение значений по возрастанию. Таким образом, совместное использование двух программных пакетов облегчает процесс программирования при расширении возможностей визуализации.

#### Список цитированных источников

1. Архангельский, А. Я. Программирование в Delphi 7 / А. Я. Архангельский. – М. : ООО «Бином-Пресс», 2003. – 1152 с.
2. Саммерфилд, М. Программирование на Python 3. Подробное руководство: пер. с англ. / М. Саммерфилд. – СПб. : Символ-Плюс, 2009. – 608 с.

УДК 519.6

*Римашевская А. И.*

*Научный руководитель: ассистент Сидак С. В.;*

*ст. преподаватель Рамская Л. К.*

## ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Развитие современных компьютерных технологий, совершенствование методов математического моделирования, автоматизация бизнес-процессов позволяют использовать более сложные математические методы нахождения параметров, отражающих скрытые, неявные свойства финансовых процессов. Одним из таких инструментов, получившим в настоящее время популярность в различных областях науки, является фрактальный анализ [1, с. 2]. Суть данного метода заключается в том, что состояние системы, в котором она находится в настоящий момент, формируется на основе предыдущих состояний или процессов.

В результате временной ряд на определенном промежутке является фрактальным (самоподобным).

Целью данной работы является анализ фрактальной структуры временного ряда курсов валют. Было проведено исследование теоретических основ фрактального анализа; разработан программный модуль определения фрактальных характеристик временного ряда и определены фрактальные характеристики временного ряда курсов валют с использованием разработанного программного модуля.

Исходными данными послужили официальные курсы белорусского рубля по отношению к доллару США, устанавливаемые Национальным банком Республики Беларусь ежедневно, за период с 03.01.2011 по 05.04.2022.

В теории фрактального анализа известны несколько способов исследования временных рядов и оценки их фрактальных размерностей. В данной работе использован метод, основанный на исследованиях английского ученого Хёрста. Этот метод анализа в научной литературе носит название R/S анализа [2, с. 25].

Специфика метода ориентирована на анализ колебаний с непостоянными амплитудой и частотой, т. е. нелинейных. В отличие от спектрального и корреляционного анализов, метод R/S анализа не требует, чтобы рассматриваемая выборка и её подвыборки изменялись по гармоническому закону. Основным достоинством критерия Хёрста является его устойчивость к априорному распределению временного ряда. Анализ Хёрста позволяет достаточно просто выявить периодические и даже не периодические циклы.

В современных исследованиях метод R/S анализа эффективно используется специалистами, занимающимися компьютерной графикой, решением финансовых и экономических задач, в области телекоммуникаций, в медицине, при анализе биоэлектрических сигналов, в механике полиграфических материалов и технологии печатных процессов [2, с. 10].

Рассмотрим подробнее процедуру R/S анализа. Для изучения фрактальной структуры ряда необходимо выполнить анализ интервала изменения параметра (разности между максимальным и минимальным значением на выбранном отрезке) и стандартного отклонения.

Алгоритм вычисления показателя Хёрста состоит из строго определенной последовательности статистических расчетов [3, с.12].

1. Разобьём исследуемый ряд  $Q(t)$  на  $v$  непересекающихся отрезков длиной  $\delta$ .
2. Для каждого полученного подмножества рассчитаем функцию  $Q(t, \delta)$ :

$$Q(t, \delta) = \sum_{i=1}^t (Q(i) - \bar{Q}),$$

где  $\bar{Q}$  – среднее значение для каждого интервала.

3. Рассчитаем величину размаха  $R$  накопленных отклонений от среднего, представляющую разность между максимальным и минимальным значениями  $Q(t, \delta)$  для каждого из  $v$  разбиений:

$$R(t, \delta) = \max_{1 \leq \delta \leq n} Q(t, \delta) - \min_{1 \leq \delta \leq n} Q(t, \delta).$$

4. Для каждого интервала находим стандартное отклонение:

$$S(t, \delta) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^t (Q(i) - \bar{Q})^2}{\delta}}.$$

5. Рассчитаем нормированный размах по каждому интервалу:

$$R/S_l = \frac{R_l(t, \delta)}{S_l(t, \delta)}, \quad l = \overline{1, v}. \quad (1)$$

Для вычисленного по формуле (1) набора величин  $R/S$  находим среднее для всех разбиений. Составляем множество точек с координатами  $(\ln(\delta), \ln(R/S))$ , по которым строим  $H$ -траекторию. Используя линейное приближение по построенному графику зависимости  $\ln(R/S)$  от  $\ln(\delta)$  находим тангенс угла наклона полученной линии, который и считается показателем Хёрста ( $H$ ).

6. Вычисляем статистику

$$V(\delta)_l = \frac{R/S_l}{\sqrt{\delta_l}}, \quad l = \overline{1, v}.$$

На основе анализа значений статистики  $V(\delta)_l$  происходит оценка длины памяти временного ряда.

Значение  $H$  колеблется от 0 до 1 и является главным показателем трендоустойчивости ряда, а также определяет цвет шума. При определенных значениях  $H$  можно просто и надежно прогнозировать течение изучаемого процесса на основе предыдущих состояний процесса. Если показатель  $H$  равен 0.5, то сигнал представляет собой случайный процесс (белый шум). Процессам с более высоким значением  $H$  ( $H > 0.5$ ) присуща персистентность. Это означает, что предыдущие значения ряда непосредственно повлияют на будущее значение, таким образом, наступление экстремального события будет предпосылкой более высокой вероятности того, что за ним последуют другое экстремальное событие. Чем ближе значение показателя  $H$  к 1, тем больше эта вероятность. Показатель  $H > 0.6$  определяет область черного шума и указывает на наличие эффекта «долговременной памяти». Более низкий показатель  $H$  ( $H < 0.5$ ) имеет отрицательную долгосрочную зависимость и соответствует области розового шума. Таким процессам характерна антиперсистентность, т. е. значения на текущем этапе противоположно влияют на будущее поведение ряда, что практически нельзя предсказать.

Алгоритм вычисления показателя Хёрста с использованием описанного метода является авторской разработкой и полностью автоматизирован в среде MS Excel+VBA. При вычислении показателя Хёрста в настоящих исследованиях была использована последовательность разбиений, представляющих  $k$  интервалов длиной  $m$  (таблица 1). Было выявлено, что среднее значение исследуемого ряда значительно изменяется с течением времени, поэтому было выполнено его предварительное логарифмирование.

Таблица 1 – Промежуточные вычисления показателя Хёрста

m	8	10	12	15	18	22	45	...	360	396	440	495	660	792	990	1320	1980
k	495	396	330	264	220	180	88	...	11	10	9	8	6	5	4	3	2
R/S	2,56	2,91	3,22	3,73	4,17	4,83	7,76	...	25,41	27,52	28,50	34,63	38,83	50,28	52,93	67,14	69,79
V(m)	0,91	0,92	0,93	0,96	0,98	1,03	1,16	...	1,34	1,38	1,36	1,56	1,51	1,79	1,68	1,85	1,57
ln(m)	2,08	2,30	2,48	2,71	2,89	3,09	3,81	...	5,89	5,98	6,09	6,20	6,49	6,67	6,90	7,19	7,59
ln(R/S)	0,94	1,07	1,17	1,32	1,43	1,57	2,05	...	3,24	3,32	3,35	3,54	3,66	3,92	3,97	4,21	4,25

На основании данных таблицы было получено значение показателя Хёрста  $H = 0,615$  для исследуемого ряда (рисунок 1).

Из представленных результатов видно, что показатель Хёрста  $H = 0,615 > 0,5$ , т. е. временной ряд курса доллара за период 201–2022 гг. является персистентным и, следовательно, обладающим «памятью».

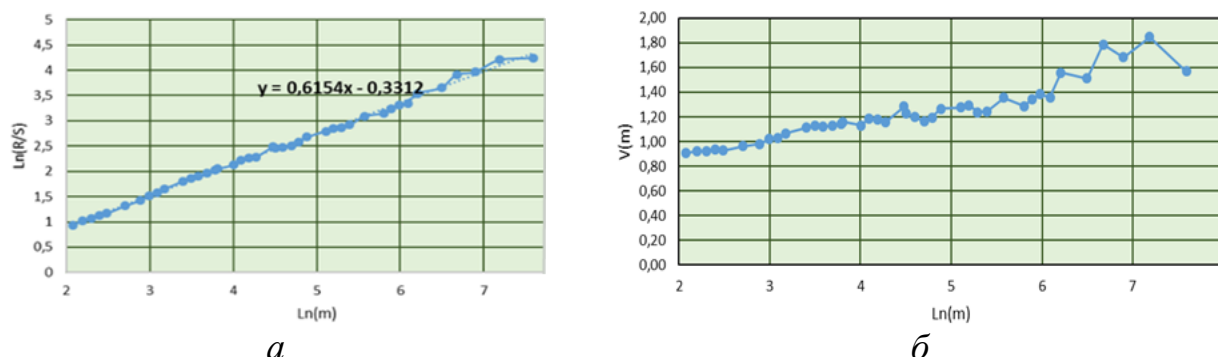


Рисунок 1 – Вычисление показателя Хёрста (а) и оценка длины «памяти» (б) ряда

Ориентировочная длина «памяти» для исследуемого ряда составляет 45 точек. Следовательно, в дальнейшем исследуемый ряд курсов валют будет развиваться по такой же тенденции, как и последние 45 значений ряда.

#### Список цитированных источников

1. Бисчоков, Р. М. Использование методов фрактального анализа для выявления характеристик временных рядов / Р. М. Бисчоков // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – № 4. – С. 70–79.
2. Петерс, Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории хаоса в инвестициях и экономике / Э. Петерс. – М. : Интернет-трейдинг. 2004. – 304 с.
3. Волчек, А. А. К вопросу исследования гидрометеорологических рядов методами фрактального анализа / А. А. Волчек, С. В. Сидак // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ: сб. тез. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию РГГМУ, СПб., 22–24 окт. 2020 г. – СПб. : РГГМУ, 2020. – С. 321–323.

УДК 004.5

*Каменец А. Г., Котыш А. Ю.*

*Научные руководители: к. т. н., доцент Кофанов В. А.;  
ст. преподаватель Хомицкая Т. Г.*

## МЕХАНИЗМ СБОРА ДАННЫХ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАРИЯ GOOGLE WORKSPACE

При агрегации большого количества информации важно создать централизованную систему, которая будет обеспечивать надежность и непрерывность сбора данных. Так как процесс заполнения базы данных напрямую связан с человеком, то необходимо, чтобы эта система обладала удобным интерфейсом, через который осуществляется взаимодействие.