

Кузьмичев Сергей Алексеевич,
кандидат биологических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной психологии ФБГОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти
serrkkuz@yandex.ru



Опыт сравнения речевых и стандартных аудиосигналов в параметрах фрактального анализа

Аннотация. В статье приводятся данные на основе применения нелинейных методов расчета для анализа аудиокomпонентов голоса человека. Показано, что использование элементов фрактального анализа не позволяет однозначно трактовать динамическую феноменологию речи. В то же время отдельные расчетные показатели могут рассматриваться как наиболее информативные.

Ключевые слова: фрактал, показатель Херста, фрактальная размерность, корреляционная размерность, фазовое пространство, автокорреляционная функция.

Раздел: (02) комплексное изучение человека; психология; социальные проблемы медицины и экологии человека.

Ранее автором данного материала было высказано предположение о потенциальных возможностях применения алгоритмов фрактального анализа для выявления специфических аудиокomпонентов в речи человека [4]. Полагалось, что наряду с классическими приемами в оценке частотно-амплитудных характеристик данный подход позволит получить более глубокое представление о феноменологии и механизмах формирования и осуществления вокализации. Последнее обстоятельство рассматривалось как основа для поиска нового класса психофизиологических коррелятов, отражающих нелинейные динамические переходы в функциональной регуляции. Кроме того, при потенциальном обнаружении относительно самостоятельных алгоритмов линейной и нелинейной динамики в регуляции речевой функции привлекала возможность оценить специфику их возможного взаимодействия [3].

К задаче оценки нелинейных характеристик была применена программа свободного доступа FRACTAN 4.4 в разработке Вячеслава Сухова (Институт Математических Проблем Биологии РАН, г. Пущино). Фрактальный анализ временных рядов данной программой обеспечивает вычисление корреляционной размерности, корреляционной энтропии, показателя Херста, средней взаимной информации, автокорреляции. Кроме того, динамика временных рядов может быть представлена траекторией в фазовом пространстве. Для осуществления расчетов аудиоданные загружаются в программу в виде звукового файла. Типичная картина интерфейса программы с загруженными данными приведена на рис. 1.

В ходе тестирования программы на образцах аудиосигналов в записи от ряда добровольцев выяснился ряд особенностей, которые определенно ограничивают оценочные возможности некоторых показателей, в частности показателя Херста (H). Известно, что расчетное значение этого показателя варьирует в пределах от 0 до 1. При значениях $H > 0,5$ поддерживается имеющийся тренд в смене событий и система определяется как персистентная. При $H < 0,5$ система антиперсистентна, тенденция сменяется на противоположную т. е. убывание наблюдаемой величины сменяется ростом и наоборот. При $H = 0,5$ система характеризуется хаотичным состоянием [5].

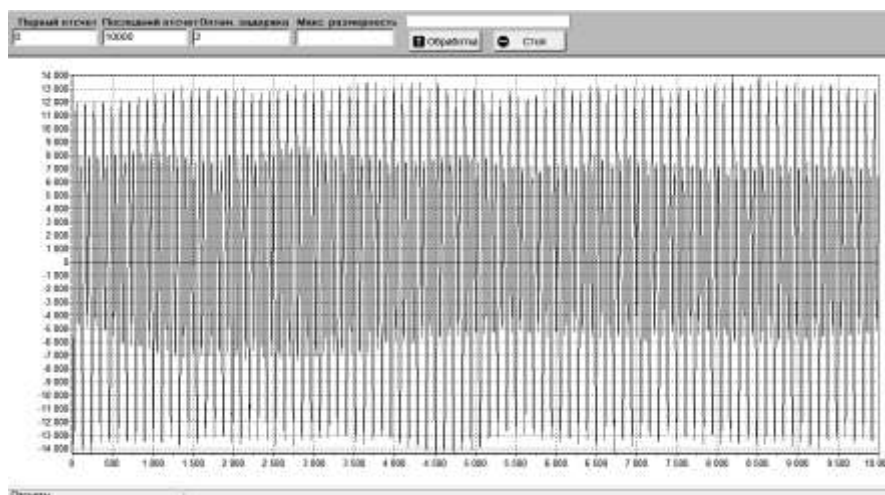


Рис. 1. Графическое отображение аудиоданных в окне программы FRACATAN 4.4

В наших случаях показатель Херста варьировал в крайне низких значениях (в сотых, реже в десятых долях). Причем размах вариации не редко превышал абсолютное значение самого показателя. Динамика вариации традиционного вида приведена на рис. 2.

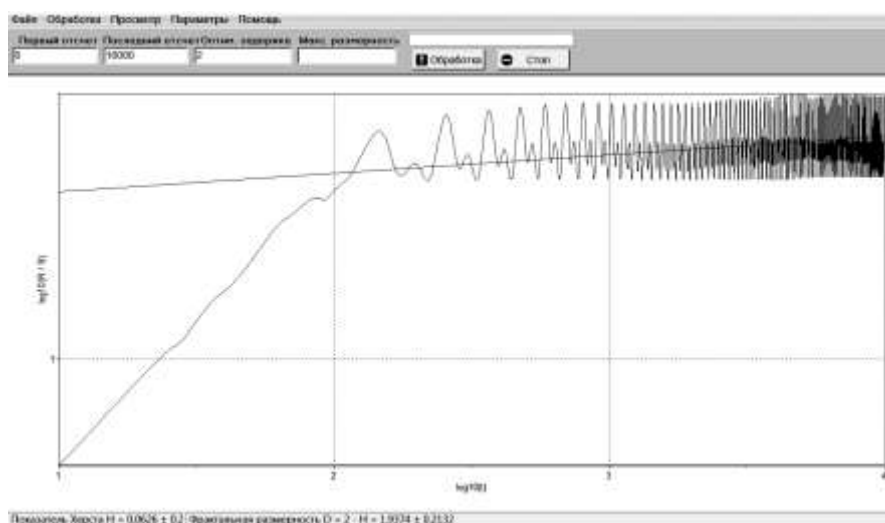


Рис. 2. Расчет показателя Херста и фрактальной размерности аудиоданных в окне программы FRACATAN 4.4

Необходимо отметить, что до настоящего времени существуют неоднозначные трактовки вариаций показателя Херста в применении к анализу различных процессов. Отмечено, что значительный вклад в этом случае может оказывать длина временного ряда [1]. Последнее обстоятельство предъясняет особую строгость к стандартизации в параметрах исходных аудиоданных. Тем не менее вариативность обсуждаемого показателя в наших исследованиях не оказалась связанной ни с гендерными, ни с возрастными характеристиками испытуемых.

Следующим этапом работы стало сравнение показателя Херста, полученного на основе данных речевых аудиограмм с таковым при анализе ряда стандартных аудиосигналов с заранее определенными характеристиками. К таковым был отнесен сигнал «белого шума» и гармоническая синусоида в области речевого диапазона.

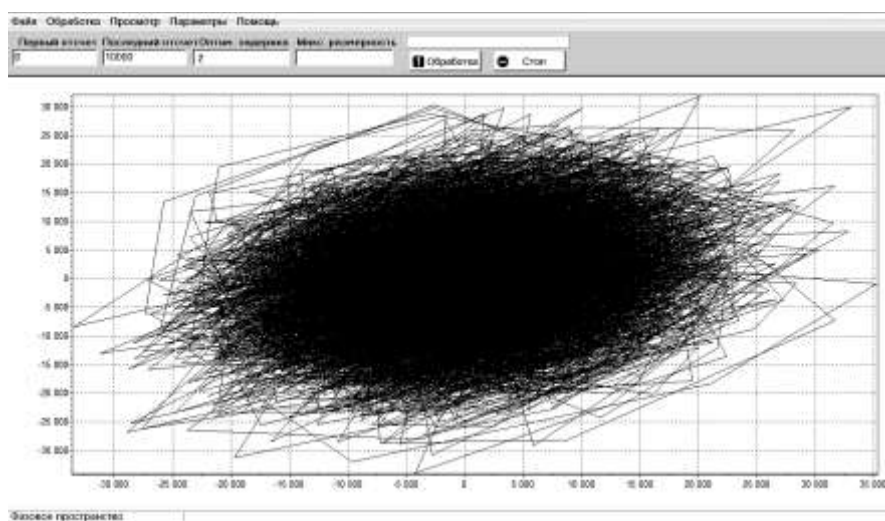


Рис. 3. Траектория в фазовом пространстве временной последовательности аудиоданных «белого шума»

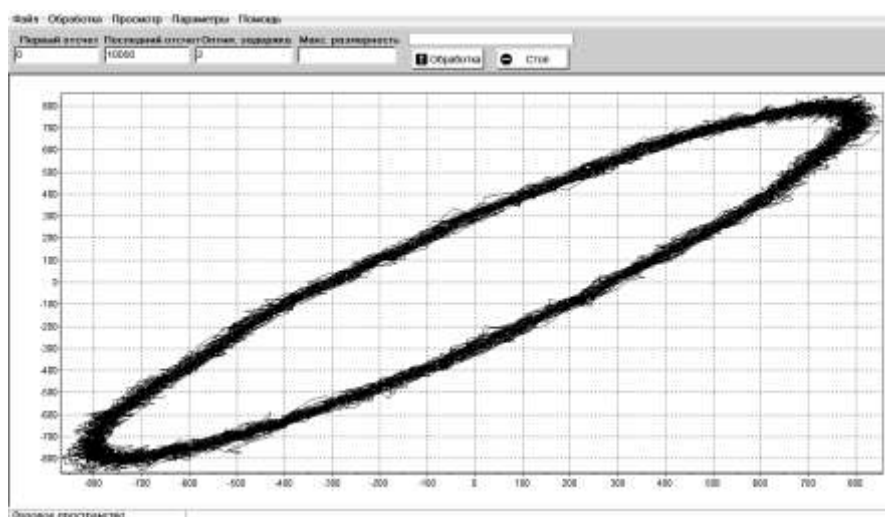


Рис. 4. Траектория в фазовом пространстве временной последовательности аудиоданных гармонического сигнала

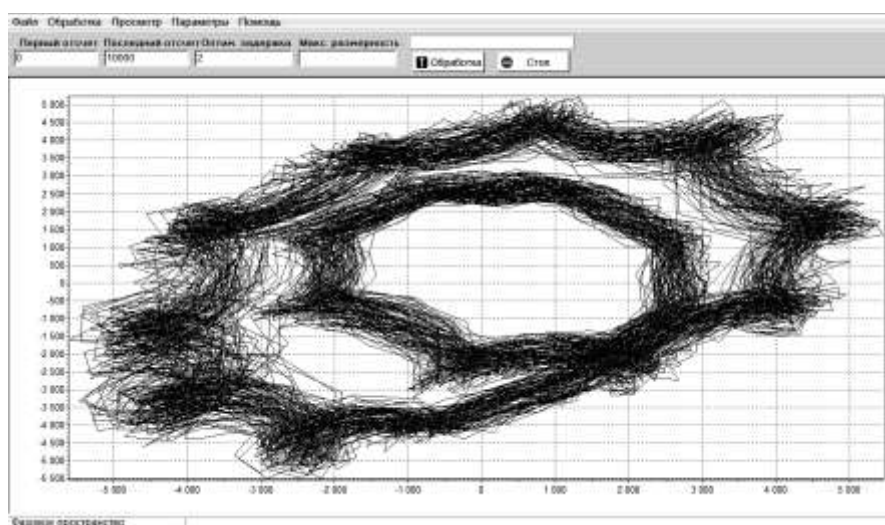


Рис. 5. Образец траектории в фазовом пространстве временной последовательности аудиоданных речевого сигнала

Значимых отличий в значениях и вариативности показателя в этом случае так же обнаружено не было. Зато траектории изменения временной последовательности в фазовом пространстве оказались резко отличны, что демонстрируется скриншотами, приведенными на рис. 3–5. Можно полагать, что именно картины в фазовом пространстве наиболее достоверно иллюстрируют тонкую структуру аудиосигнала и могут послужить основой для разработки дополнительных алгоритмов диагностического анализа.

Остается открытым вопрос по поводу крайне низких значений показателя Херста, который в природных системах колеблется в значениях выше 0,7. Есть предположение, что показатель H , приближаясь к нулю, характеризует системы с периодическими или близкими к ним процессами [1]. Речевые компоненты, особенно в гласных звуках, и тем более гармонические колебания безусловно могут быть отнесены к этой категории. Белый шум – особый случай. Будучи по природе процессом хаотическим, он в первую очередь отражает в высшей степени нестабильность структурного содержания, что и воплощается в неожиданно низких значениях H .

Ссылки на источники

1. Андреев С. Д., Ивлев Л. С. Временная и пространственная изменчивость полей оптических и аэрозольных характеристик в атмосфере. Ч. II. Аэрозольные характеристики // Оптика атмосферы и океана. – 1997. – Т. 10. – № 12. – С. 1450–1455.
2. Калуж Ю. А., Логинов В. М. Показатель Херста и его скрытые свойства // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2002. – Т. V. – № 4. – С. 34–41.
3. Койчубеков Б. К. Взаимосвязь линейных и нелинейных показателей сердечного ритма // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 9. – С. 28–33.
4. Кузьмичев С. А. Физические особенности вокализации в параметрах фрактального анализа // Психологическая культура и психологическое здоровье личности в современных социокультурных условиях: регион. науч.-практ. конф. (Тольятти, 26 января 2015 года): сб. материалов / отв. ред. В. Е. Якунин, Е. А. Денисова, В. В. Пантелева. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015.
5. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991.

Sergey Kuz'michev,

Ph.D., Associate Professor of the Department "Theoretical and Applied Psychology", Togliatti State University, Togliatti

serrkkuz@yandex.ru

Experience comparison of speech and standard audio signals in the options fractal analysis

Abstract. The article presents the data on the basis of use of nonlinear calculation methods for analyzing audio components of the human voice. It is shown that the use of the elements of fractal analysis does not allow to explicitly treat the dynamic phenomenology of speech. At the same time, separate estimates can be considered as the most informative.

Key words: fractal, Hurst exponent, fractal dimension, correlation dimension, phase space, autocorrelation function.

Рекомендовано к публикации:

Горевым П. М., кандидатом педагогических наук, главным редактором журнала «Концепт»



www.e-koncept.ru

Поступила в редакцию <i>Received</i>	09.11.15	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	18.11.15
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	18.11.15	Опубликована <i>Published</i>	01.12.15

© Концепт, научно-методический электронный журнал, 2015

© Кузьмичев С. А., 2015