

Казначеева Анна Олеговна

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАШУМЛЕННОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАММ

В статье развивается фрактальный метод анализа томограмм, основанный на взаимосвязи фрактальной размерности и зашумленности изображения. Анализ экспериментальных данных показал, что изменение параметров сканирования технических объектов изменяет фрактальную размерность шума томограмм в диапазоне от 1,31 до 1,42, в то время как появление внешнего источника шума приводит к снижению размерности до 1,18. Для клинических томограмм наличие образований также приводит к изменению фрактальной размерности шума.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2013/2/23.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2013. № 2 (69). С. 73-76. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2013/2/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

Несмотря на предложенные способы повышения квалификации, до сих пор наблюдаются трудности и противоречия, тормозящие процесс развития системы повышения квалификации учителей. К ним следует отнести:

- несоответствие материальных и финансовых ресурсов потребностям развития системы повышения квалификации;
- низкую эффективность функционирования системы образования в стране в целом;
- демократизацию и гуманизацию образования на фоне снижения социальной защиты учителя со стороны государства;
- сокращение численности педагогических кадров в стране при острой потребности общеобразовательных учреждений в высококвалифицированных учителях, способных осваивать новые педагогические технологии и проводить обучение на основе личностно-деятельностного подхода с использованием компьютерных и других электронных средств обучения [Там же].

Для профессионального роста и совершенствования квалификации учителя постоянно должны совершенствоваться профессиональную практику, участвовать в непрерывном образовании и проявлять лидерство в школе и профессиональном сообществе. Учителя должны участвовать в региональных, федеральных и глобальных образовательных сообществах для изучения форм творческого применения технологий с целью улучшения обучения учащихся.

Для повышения квалификации учитель должен постоянно отслеживать текущие исследования и профессиональную практику, чтобы эффективно использовать существующие цифровые инструменты и ресурсы для поддержки обучения; вносить свой вклад в эффективность, жизнеспособность и самообновление учительской профессии в школах и сообществах.

Список литературы

1. **Аникина Н. К.** Повышение квалификации преподавателей средней школы: увеличение КПД процесса // Вестник РУДН. Информатизация образования. 2007. № 2-3.
2. **Концепция модернизации российского образования на период до 2010 года:** Приказ МО РФ от 11.02.2002 № 393 // Учительская газета. 2002. № 31.
3. **Повзун В. Д.** Дискуссионная площадка «Работа с педагогом - ключевой элемент процесса модернизации муниципальной образовательной системы г. Сургута» [Электронный ресурс] // Стратегические ориентиры модернизации муниципальной образовательной системы г. Сургута: материалы педагогической конференции. URL: <http://www.surwiki.ru> (дата обращения: 27.08.2012).
4. **Стратегия модернизации содержания общего образования:** материалы для разработки документов по обновлению общего образования. М., 2001.
5. **Черепанова Л. В.** Теоретические основы оценки уровня квалификации учителя в условиях компетентностной парадигмы современного образования // Вектор науки ТГУ. 2011. № 2 (5). С. 206-209.

УДК 655.3.062.2

Технические науки

В статье развивается фрактальный метод анализа томограмм, основанный на взаимосвязи фрактальной размерности и зашумленности изображения. Анализ экспериментальных данных показал, что изменение параметров сканирования технических объектов изменяет фрактальную размерность шума томограмм в диапазоне от 1,31 до 1,42, в то время как появление внешнего источника шума приводит к снижению размерности до 1,18. Для клинических томограмм наличие образований также приводит к изменению фрактальной размерности шума.

Ключевые слова и фразы: фрактальная размерность; параметр Херста; томография; шум; качество изображений.

Казначеева Анна Олеговна, к.т.н., доцент

Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

a_kazn@mail.ru

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАШУМЛЕННОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАММ[©]

Одной из актуальных задач в области анализа биомедицинских изображений является количественная оценка качества [3]. Наиболее часто в качестве критериев используют среднеквадратическое отклонение и пиковое соотношение сигнал-шум, однако в ряде случаев они плохо коррелируют с визуальной оценкой [9]. Вместе с тем, в большинстве работ выбор количественных или визуальных критериев носит частный характер, что делает актуальной задачу поиска универсальных оценок.

Важность основных свойств фрактальных моделей (масштабной инвариантности и самоподобия) для анализа биомедицинских и иных структурных изображений известна достаточно давно. Многие анатомические структуры обладают самоподобием, например, артерии головного мозга, граница белого вещества и коры [10]; фрактальный подход может быть использован для оценки микроструктурных изменений [8], выявления опухолей и совмещения изображений [7]. Фрактальные характеристики выявляются на изображениях различной диагностической модальности (рентгенограммах, томограммах, маммограммах), позволяя получить новую информацию о характере структурных изменений, заболеваниях, качестве изображения.

Для количественного описания фракталов достаточно размерности Хаусдорфа, описывающей сохранение статических характеристик при изменении масштаба. Однако большинство явлений имеют мультифрактальную структуру, т.е. их составные части обладают своими свойствами самоподобия, что приводит к спектру показателей, одним из которых является размерность.

В данной работе развивается фрактальный метод анализа магнитно-резонансных (МР) томограмм, основанный на анализе взаимосвязи фрактальной размерности и уровня шума изображений, связанного с процессами в МР-сканере и исследуемом биологическом объекте.

Фрактальный анализ. Для количественной характеристики сложности геометрии разнообразных фрактальных объектов используется понятие фрактальной размерности D , принимающей нецелые значения для самоподобных объектов с сильно изрезанной формой. Если исследуемый объект покрыт кубами со стороной r , и каждая точка объекта попадает в тот или иной куб, то изменение числа кубов $N(r)$ будет происходить по степенному закону:

$$N(r) \propto r^{-D}$$

В случае если анализируемое множество покрывают кубами, сторона которых не превышает r ($\varepsilon \leq r$), то размерность Хаусдорфа представляет собой такое значение δ , при котором выполняются следующие условия [4]:

$$\begin{cases} \delta < d_H \Rightarrow \lim_{r \rightarrow 0} \inf_K \sum_i \varepsilon_i^\delta = \infty \\ \delta > d_H \Rightarrow \lim_{r \rightarrow 0} \inf_K \sum_i \varepsilon_i^\delta = 0 \end{cases}$$

где K - все возможные покрытия множества. Для многих фракталов D и d_H имеют близкие значения или совпадают, и в общем случае справедливо неравенство $d_H \leq D$.

Часто используемую в теоретических обоснованиях размерность Хаусдорфа сложно вычислить на практике, поэтому часто оценка степени самоподобия изображения выполняется посредством расчета параметра Херста (H), значения которого лежат в интервале $0 < H < 1$. Параметр Херста [5] определяется как угловой коэффициент наклона линии регрессии эмпирической зависимости, построенной в двойных логарифмических координатах:

$$R/S = (\tau/2)^H$$

где R/S - нормированный размах, τ - период (длина ряда) наблюдений. Для случайного процесса (классическое броуновское движение) параметр Херста $H=0,5$. Системы, проявляющие цикличность (после роста идет спад), имеют значения $H < 0,5$. Чем ближе параметр Херста к 1, тем более ярко проявляются фрактальные свойства; для самоподобных процессов с долгосрочной зависимостью значение H лежит в интервале $0,7 \dots 0,9$. Для двумерного случая величина фрактальной размерности связана с параметром Херста как $D=2-H$.

Качество МР-томограмм часто характеризуют уровнем и характером шума [2; 6], зависящим как от аппаратных помех, так и от параметров сканирования, одним из которых является число усреднений N_{ex} . В исследованиях биологических объектов источником шума является пульсация жидкостей в организме, специфичная для каждого конкретного случая [1]. Количественная оценка шума томограмм важна при выборе способа его устранения и выполняется для области фона вне отображаемого объекта. Поскольку МР-сигнал воздуха равен нулю, то распределение шума в такой области будет подчинено закону Релея.

Экспериментальные данные. Анализируемые томограммы были получены на клиническом МР-сканере с полем 1.5 Тл (EchoSpeed, General Electric). Серии аксиальных срезов стандартного фантома для контроля качества получены с помощью импульсных последовательностей (ИП) быстрого спин-эхо (FSE) и градиент-эхо (GRE). Параметры базового протокола: время повторения $TR=400$ мс, время эхо $TE=15$ мс (7 мс для GRE ИП), ширина полосы пропускания $BW=62$ кГц, длина эхо-трейна $ETL=8$, поле сканирования 130 мм, толщина среза 2 мм, матрица 512×256 . Моделирование различных условий выполнялось изменением параметров TR (150, 2000 мс), ETL (2, 4, 8) для FSE ИП и параметров FA (45° , 90° , 135°), TR (150, 600 мс) для GRE ИП. Изменение числа усреднений N_{ex} (при постоянстве прочих параметров) для GRE ИП позволяло снизить уровень шума с 233 ± 112 единиц (при $N_{ex}=1$) до 75 ± 37 единиц (при $N_{ex}=10$). Изображения головного мозга получены с помощью стандартного клинического протокола с T2-взвешенностью.

Аналізу подвергалась область 252×24 пиксела, расположенная за границами объекта симметрично относительно центральной линии (Рис. 1-а) и свободная от влияния краевых эффектов. Расчет фрактальной размерности выполнялся в программе *Fractan* для фрагментов 24×24 пиксела, смещаемых на 6 пикселов внутри анализируемой области. Затем данные усреднялись для 10 томограмм, полученных при одинаковых параметрах.

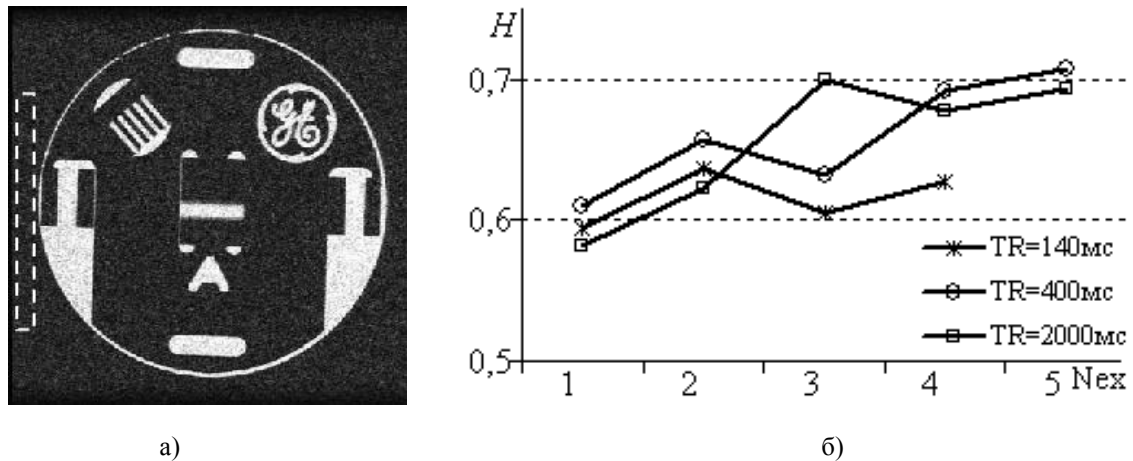


Рис. 1. Анализируемая область томограммы (а) и зависимость параметра Херста от числа усреднений для спин-эхо последовательности (б)

Результаты. Для спин-эхо последовательности наблюдается зависимость фрактальной размерности от числа усреднений: снижение уровня шума для различных значений TR приводит к увеличению параметра H и уменьшению фрактальной размерности (Рис. 1-б). Так, для периода повторения импульсов $TR=2000$ мс значение размерности составило $D=1,4187$ при уровне шума 174 ± 88 ($N_{ex}=1$) и $D=1,3068$ при уровне шума 84 ± 46 ($N_{ex}=5$).

В случае градиент-эхо последовательности наблюдается зависимость параметра Херста от времени повторения импульсов, при этом для $TR=400$ мс среднее значение фрактальной размерности составило $D=1,3765$, в то время как для $TR=150$ мс оно было незначительно выше и составило $D=1,4287$. Анализ зависимости фрактальной размерности от зашумленности градиент-эхо томограмм не носит четко выраженного характера (Рис. 2-а) и вероятно требует большего числа измерений.

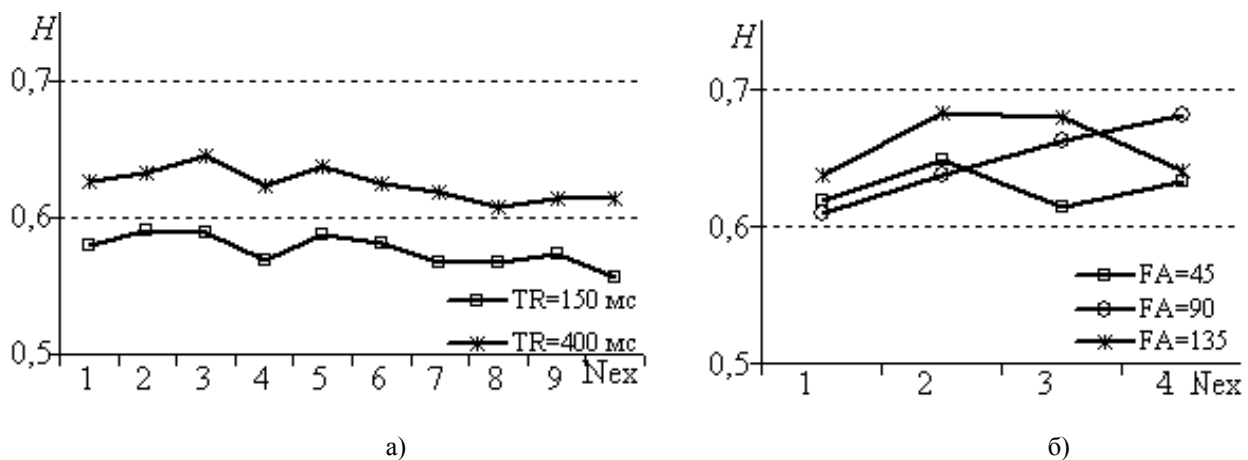


Рис. 2. Зависимость параметра Херста шума градиент-эхо томограмм от периода повторения импульсов (а) и угла поворота намагниченности (б)

Угол первоначального отклонения вектора намагниченности от равновесного состояния (FA) не оказывает существенного влияния на рассчитанную фрактальную размерность (Рис. 2-б). При этом увеличение или уменьшение его величины приводит к изменению параметра Херста в пределах $\pm 0,03$; среднее значение фрактальной размерности составляет $D=1,3521$. Отдельный интерес для исследования представляет зависимость фрактальной размерности при малых (до 10°) значениях угла.

Дополнительно была проанализирована группа изображений, полученных с целью контроля технических характеристик оборудования с помощью специализированных протоколов при отсутствии объекта. Анализ полученных данных показал, что наличие когерентного шума (Рис. 3-а) уменьшает фрактальную размерность до 1,18 (при отсутствии когерентного шума $D=1,42$).

Анализ шума, выполненный для T2-взвешенных томограмм головного мозга группы из 12 пациентов, дал значение параметра Херста в диапазоне 0,62...0,96 (фрактальная размерность от 1,04 до 1,38). При этом у двух пациентов выявлена зависимость между наличием заболевания (объемное образование и рассеянный склероз) и рассчитанным значением H . В обоих случаях наблюдалось снижение фрактальной размерности до 1,27 и 1,04 соответственно. Это позволяет предположить наличие зависимости между типом образования и размерностью, исследование которой может стать предметом отдельного статистического исследования.

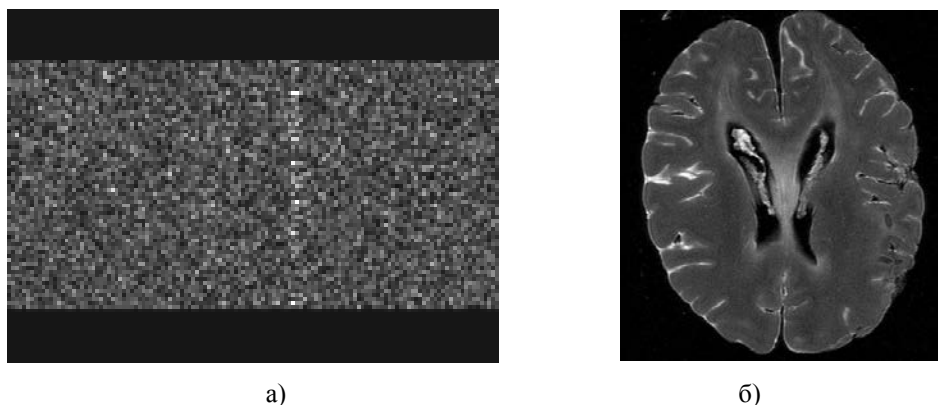


Рис. 3. Проявление когерентного шума (а) и томограмма препарата (б)

Во всех случаях наблюдалась корреляция T2-взвешенных томограмм с фрактальной моделью, что может быть объяснено анатомическим строением сосудов или фрактальным изменением концентрации кислорода в крови. Кроме того, эти наблюдения можно рассматривать как еще одно подтверждение значимости фрактального анализа для биомедицинских приложений. В случае оценки фрактальной размерности томограммы макропрепарата головного мозга (отсутствует пульсация жидкостей), полученной с использованием стандартного протокола (Рис. 3-б), рассчитанное значение составило 1,39.

Основываясь на фрактальной природе различных биологических структур и характере измерений в МР-томографии, предложены критерии количественной оценки для фрактального анализа томограмм. Апробация обсуждаемых критериев была выполнена для томограмм тестового объекта и головного мозга и показала соответствие полученных результатов теоретическим предположениям. Полученные результаты показывают высокий потенциал дальнейших исследований в области обработки изображений, полученных на различных диагностических приборах. Фрактальная размерность может служить эффективным инструментом как для диагностики состояния оборудования и выявления источников шума, так и для оценки структурных изменений в биологических тканях.

Список литературы

1. **Казначеева А. О.** Возможности и ограничения высокопольной магнитно-резонансной томографии (1, 5 и 3 Тесла) // Лучевая диагностика и терапия. 2010. № 4. С. 83-87.
2. **Казначеева А. О.** Разработка методов и средств шумоподавления в томографии: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. СПб., 2006. 19 с.
3. **Монич Ю. И., Старовойтов В. В.** Оценка качества для анализа цифровых изображений // Искусственный интеллект. 2008. № 4. С. 376-386.
4. **Павлов А. Н., Анищенко В. С.** Мультифрактальный анализ сложных сигналов // Успехи физических наук. 2007. Т. 177. № 8. С. 859-876.
5. **Федер Е.** Фракталы. М.: Мир, 1991. 254 с.
6. **Aja-Fernandez S., Antonio T. V., Alberola-Lopez C.** Noise Estimation in Single and Multiple Magnetic Resonance Data Based on Statistical Models // Magnetic Resonance Imaging. 2009. Vol. 27. P. 1397-1409.
7. **Iftekharruddin K., Zheng J., et. al.** Fractal-Based Brain Tumor Detection in Multimodal MRI // Applied Mathematics and Computation. 2009. Vol. 27 (1). P. 23-41.
8. **Takahashi T., Murata T., Narita K., et. al.** Multifractal Analysis of Deep White Matter Microstructural Changes on MRI in Relation to Early-Stage Atherosclerosis // NeuroImage. 2006. Vol. 32. P. 1158-1166.
9. **Wilder W. C.** Subjective Relevant Error Criteria for Pictorial Data Processing: report TR-EE 72-34 / Purdue University; School of Electrical Engineering. 1972. December.
10. **Wu Y., Shyu K., Jao C., et. al.** Fractal Dimension Analysis for Quantifying Cerebellar Morphological Change of Multiple System Atrophy of the Cerebellar Type // NeuroImage. 2010. Vol. 49. P. 539-551.