

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ОРГАНОВ СРЕДОСТЕНИЯ И ЗАБРЮШИННОГО ПРОСТРАНСТВА

В. Тимощук, А. Недзьведь

Объединенный институт проблем информатики, Минск, Беларусь.

Для изображения компьютерной томографии органов средостения и забрюшинного пространства был проведен фрактальный анализ. Результаты фрактального анализа сравнивались для полутонового и бинарного изображения в зависимости от аппретуры и раstra сканирования. Целью проведения конференции является обсуждение фундаментальных проблем компьютеризации медицины и биологии на основе современных информационных технологий, разработки интеллектуальных систем поддержки постановки диагноза для практического здравоохранения, а также определения путей и перспектив их дальнейшего развития.

Введение

Фрактал — самоподобное множество нецелой размерности. Самоподобное множество - множество, представимое в виде объединения одинаковых непересекающихся подмножеств подобных исходному множеству [1].

Фрактал характеризуется следующими свойствами [1,2]:

- имеет тонкую структуру, т. е. содержит произвольно малые масштабы;
- слишком нерегулярен, чтобы быть описанными на традиционном геометрическом языке;
- имеет некоторую форму самоподобия (по крайней мере приближённую или стохастическую);
- имеет дробную "фрактальную" размерность, называемую также размерностью Минковского, которая больше, чем его топологическая размерность (несмотря на то, что это условие не выполняется в случае кривых Пеано);
- имеет простое и рекурсивное определение.

С другой стороны изображение компьютерной томографии имеет текстуру, которую описать достаточно сложно, при этом каждому органу или образованию соответствует своя текстура [3]. Компьютерная томография измеряет плотность ткани посредством ослабления рентгеновских лучей. Характеристики этого типа изображений соответствует рентгеновским. Основной недостаток – слабая контрастность мягких тканей. Для плотных тканей эти изображения отличаются высоким контрастом. [4].

Нами было сделано предположение, что вычисляя фрактальные характеристики изображений компьютерной томографии можно выделить отдельные классы объектов, обладающие присущие только им фрактальными особенностями.

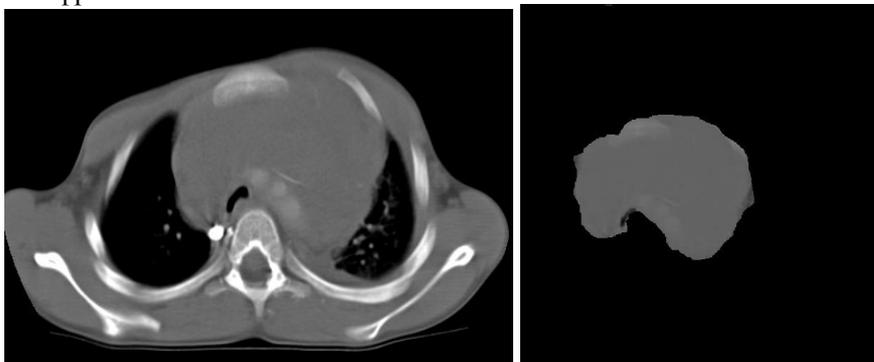


Рис. 1. КТ-Изображение органов средостения и вырезанное изображение объемного образование на нем

1. Измерение фрактальной размерности изображений

Моделью для измерения фрактальной размерности изображения является двумерная сцена с рельефом, высотами которого являются значения яркости пикселей изображения. Мемой $S(x)$ является площадь полученного рельефа. Для измерения площади поверхности рельефа можно использовать метод триангуляции. При этом четыре соседних угла множества-изображения разбиваются на две тройки, а затем производится измерение площади треугольника «вперед» - S_f и площадь «назад» - S_b . Тогда площадь поверхности, ограниченной элементами, составит $S_1=S_f+S_b$ - для одного масштаба и, аналогично, для более детального масштаба оценка площади примет значение S_2 . Поэтому в случае двукратного изменения масштаба фрактальную размерность D можно оценить по формуле[2] :

$$D = -\log_2 \frac{S_1}{S_2}$$

Обычно анализ ведётся только на двух масштабах. Однако изображение может состоять из нескольких составляющих, часть из которых, при масштабе, большем некоторого числа, становятся точками, другие же части на этих масштабах остаются множествами. Если оценивать фрактальную размерность всего изображения, то оценка D не позволит отделить участки (кластеры) изображений, а кроме того оценка может оказаться некорректной, искаженной, из-за того, что какой-то участок изображения окажется не проанализированным. Для того чтобы скомпенсировать этот эффект, достаточно разделить изображение на малые фрагменты и в этих фрагментах оценивать фрактальные размерности. Если фрагменты находятся на изображении фрактала, имеющего одинаковую размерность, то и общая оценка размерности по этим фрагментам останется постоянной. При таком подходе следует говорить о локальной фрактальной размерности, в отличие от глобальной, которая определяется по всему изображению.

2. Анализ фрактальных свойств изображения

При измерении локальной размерности возникает вопрос о размере фрагментов изображения. Очевидно, что этот размер должен быть не больше, чем предполагаемые размеры анализируемых элементов изображений.

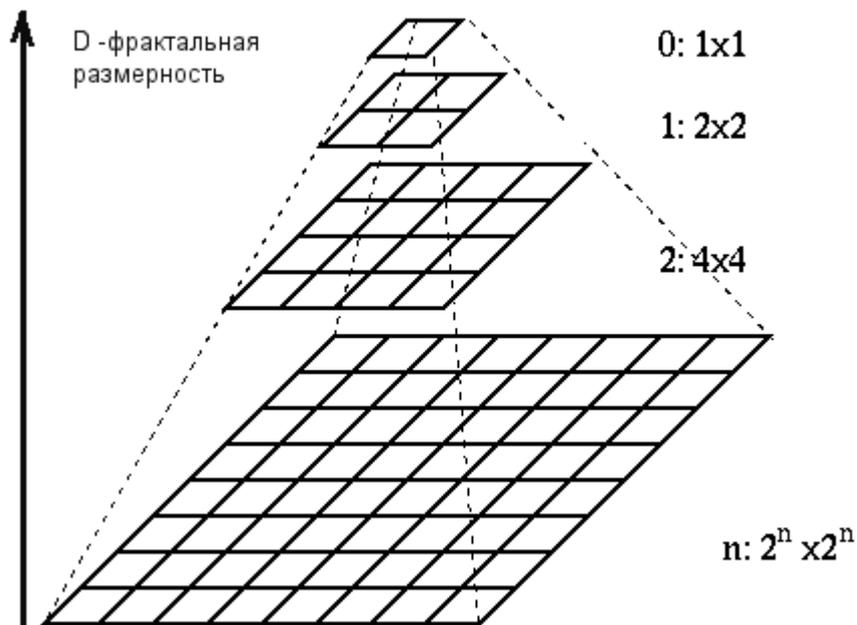


Рис. 2. Пирамида КТ-Изображение органов средостения

Для определения свойств КТ - изображения органов средостения строилась зависимость фрактальной размерности от размера локальной области анализа и размера фрактальной сигнатуры. В результате для изображений строилась пирамида. Каждый слой состоит из значений фрактальной размерности и определяется размерами локальной области анализа. Для упрощения восприятия анализируемого материала для каждого слоя определялось значение фрактальной размерности в этом слое и дисперсия. Исследования проводились как для изображения в целом, так и для фрагмента опухоли, как по полутоновому, так и по бинаризованному изображению, полученному из полутонового с использованием порога, вычисленного по адаптированному к локальной размерности методу Отсу [5].

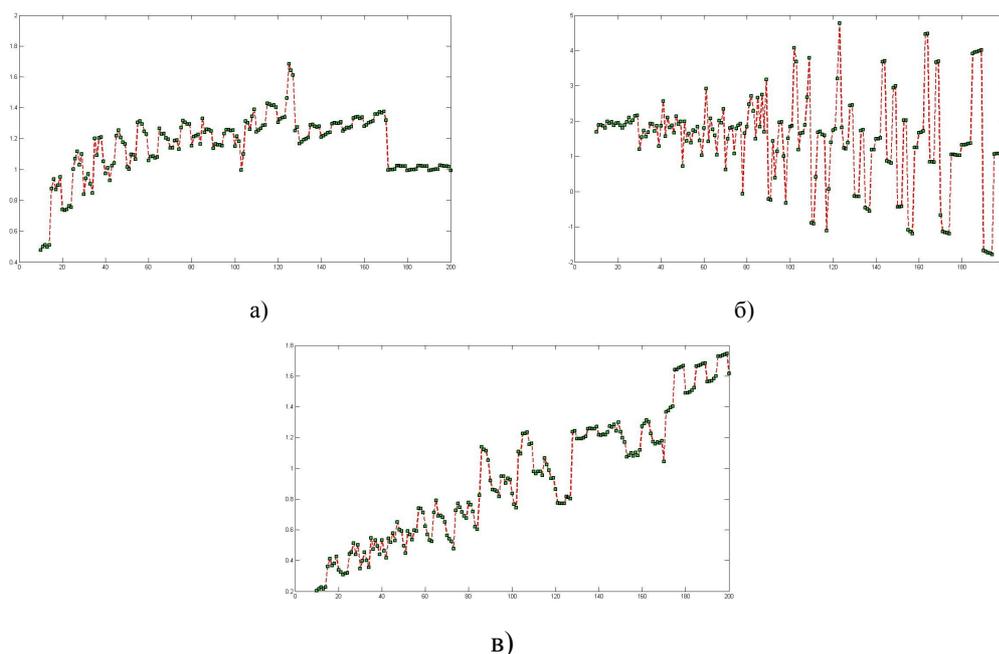


Рис. 3. График зависимости среднего значения фрактальной размерности изображения от размера блоков локализации (размер апертуры 5): а) для бинаризованного изображения, б) для полутонового изображения, в) для бинаризованного изображения опухоли

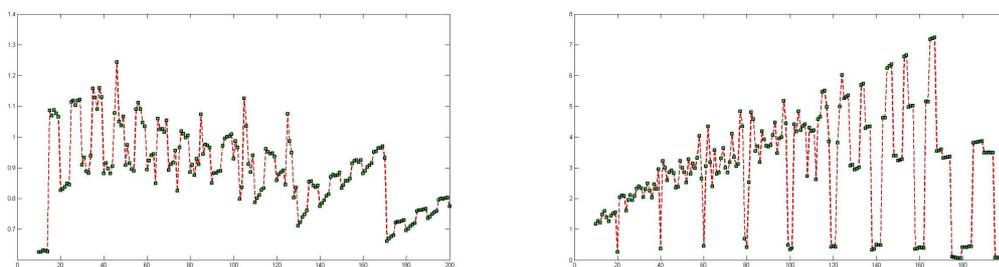


Рис. 4. График зависимости дисперсии фрактальной размерности изображения от размера блоков локализации (размер апертуры 5): а) для бинаризованного изображения, б) для полутонового изображения

Фрактальная размерность полутонового изображения вычислялась по методу триангуляции, бинаризованного – стандартным способом.

На графиках фрактальных сигнатур объектов отчётливо наблюдались периодические скачки, которые характеризуют собой выделение тех или иных объектов изображения в зависи-

мости от размера апертуры.

Графики, полученные по бинаризованному изображению были гораздо более гладкими, чем аналогичные графики, полученные по полутоновому. Это обусловлено разницей в алгоритмах, применяемых для вычисления фрактальной размерности, и более сглаженной структурой бинаризованного изображения.

Так же стоит отметить, что практически на всех графиках существовали промежутки наиболее адекватного их вида, которые наблюдались при размере блоков локализации, лежащих в пределах обрабатываемого изображения.

Так на графиках средней фрактальной размерности изображения в зависимости от размера блоков можно было выделить соответствующие промежутки и оценить, какие именно объекты изображения на данном этапе оказывали влияние на вид графика.

Зависимость дисперсии средней фрактальной размерности изображения в зависимости от размера блоков локализации была линейной убывающей, что обусловлено тем, что чем больше блоки локализации, тем более однородную структуру имеют объекты изображения, которые в них попадают. Соответственно, и фрактальная размерность данных объектов будет не сильно отличаться. Причем, чем большие размеры апертуры использовались при данной обработке, тем менее гладким был график зависимости, что объясняется увеличением эффекта сглаживания и соответственно увеличением наименьшего размера объектов, выделяемых при обработке.

При обработке изображения опухоли, как таковой, было замечено, что зависимость средней фрактальной размерности изображения в зависимости от размера блоков локализации практически линейная. Т. е. данная характеристика в данном случае напрямую зависит только от размеров апертуры, т.к. опухоль имеет довольно однородную структуру.

Заключение

Для изображений компьютерной томографии органов средостения был проведён анализ фрактальной размерности изображения в целом и фрагмента опухоли. В зависимости от апертуры тренд изменения фрактальной зависимости от размера блока локализации приблизительно сохраняется. При уменьшении апертуры он становится более выраженным. При анализе полутоновых характеристик фрактальная размерность слабо меняется, однако при увеличении размеров блоков локализации увеличивается ошибка определения фрактальной размерности. Информативность определения фрактальной размерности уменьшается с увеличением блока локализации. Это хорошо видно из графика дисперсии фрактальной размерности в зависимости от размеров блока по изображению в целом. В то же время для фрагмента опухоли этот график имеет линейную возрастающую зависимость от размеров блоков, что говорит о том, что текстура ткани опухоли имеет линейную природу. В ходе исследования было выявлено, что различные органы имеют различную фрактальную структуру, что позволяет использовать фрактальные характеристики в задачах распознавания. Изменяя размер блока локализации, мы можем определять нахождение различных структур ткани. Однако в качестве характеристики самой опухоли фрактальные характеристики в лечебных или диагностических целях в изображениях компьютерной томографии являются неинформативными.

Благодарности

Данная работа проводилась при поддержке проектов ISTC #B1489 и ИТ06-501.

Список литературы

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. –М.: «Институт компьютерных исследований», 2002.

2. Фоменко А. Т. Наглядная геометрия и топология. – М.: изд-во МГУ, 1993.
3. Рущая Е.А., Исмаил-Заде Р.С., Кочубинский Д.В. с соавт.. Опухоли почек у детей // Материалы съезда онкологов и радиологов СНГ. Ч.2, 2004. – С. 392–393.
4. М. Хофер Компьютерная томография: Базовое руководство. – М: Медицинская Литература, 2006, 207с.
5. Sahoo P.K, Soltani S., Wong A.K.C., Chen Y.C. A survey of thresholding techniques // Computer Vision, Graphics, and Image processing, v. 41, 1988. – P. 233–260.