

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА МАСКИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ КАК МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ОБЛАСТЕЙ

Анастасова Е.А., Беловодский В.Н.

Донецкий национальный технический университет
кафедра компьютерных систем мониторинга

E-mail: anastasova.k@gmail.com

Аннотация

Анастасова Е.А., Беловодский В.Н. Особенности механизма маскирования изображений как метода выделения значимых областей. Рассмотрены существующие алгоритмы и системы маскирования изображений. Изложены общие понятия и техники выделения значимых областей на изображениях. Описаны требования по работе алгоритма для обработки медицинских изображений. Определены этапы дальнейшего создания адаптивного алгоритма фрактального сжатия медицинских изображений.

Общая постановка проблемы

Медицинские изображения относятся к классу очень информативных, т.е. изображения такого класса несут большое количество данных, которые очень важны для дальнейшего анализа, которыми нельзя пренебречь. В тоже время такие изображения зачастую имеют большие размеры, что может вызывать сложности при работе с ними. В связи с этим при обработке изображений такого рода следует аккуратно варьировать соотношение степени сжатия и потерь качества изображения. Одним из вариантов решения этой дилеммы может быть применение алгоритмов выделения значимых областей. Такой подход позволяет разделять все изображения на части и к каждой из частей применять определенный алгоритм сжатия. Для части, представляющей большой интерес, целесообразным является применять алгоритмы сжатия без потерь или задавать параметры, обеспечивающие малую погрешность. А для другой части – алгоритм, обеспечивающий высокий коэффициент сжатия и высокую скорость компрессии и декомпрессии. Таким образом, в результате обработки такой алгоритм позволит достичь малого размера файла на выходе и незначительных потерь информации.

Цель исследования

Целью данной работы является описать требования и этапы создания программного продукта для обработки медицинских изображений. Провести анализ существующих техник выделения значимых областей изображения, особенностей их функционирования и возможность применения для дальнейшей работы с изображениями путем включения их в адаптивный алгоритм фрактального сжатия изображений в качестве первого этапа работы – подготовки изображения для применения к нему алгоритма фрактального сжатия.

Степень исследования проблемы

В большинстве работ посвященных теме выделения значимых областей выделяют методы, основанные на особенностях морфологического строения изображения, на цветовых показателях характеристик изображения или вручную путем задания прямоугольной области. Под структурными особенностями понимается неоднородность изображения точки зрения наличия в нем так называемых областей постоянства, где все пиксели имеют одинаковый или близкий по значению оттенок цвета, и областей с большим количеством мелких деталей, где соседние пиксели существенно отличаются по цвету. Одним из вариантов выделения этих областей является использование статистических характеристик, определяемыми по гистограмме яркости. В частности можно проводить анализ изображения

на основе значения средней энтропии. Энтропия характеризует изменчивость яркости изображения: она принимает максимальное значение в случае равновероятностных значений, то есть при наличии большого количества мелких деталей=0 для областей постоянства [1]. В случае, когда область интереса определяется, исходя из границ объектов, присутствующих в изображении, выделение границ областей изображения может быть выполнено с использованием операций морфологической обработки изображений: дилатации, эрозии, центрального отражения и параллельного переноса. В современных вычислительных пакетах реализованы возможности создания маски изображения. Так, например MatLab предлагает создание маски путем задания полигона. Для этого используется функция `poly2mask(x,y,m,n)`, где x,y – индексы пикселей исходной маски изображения, образующие полигон маски, m,n – матрица изображения. Используя теоретические основы создания маски изображения и инструментов SciLab можно выделить значимые области по показателям цветовых характеристик и морфологических особенностей изображения. Для первого используется функция перевода изображения в режим оттенков серого и задачи параметра яркости больше определенного порога, т.е. можно выделить объекты, цвет которых приближен к белому. Бинарная маска прямоугольной формы создается путем наложения на матрицу исходного изображения матрицы содержащей 1 в той части, где содержится важная информация и 0 – оставшееся изображение.

Выделение значимых областей

Задачей является создание приложения адаптированного для обработки медицинских изображений. На данном этапе необходимо реализовать подготовку изображения для дальнейшего анализа – разделение ее на значимые и незначимые области. Для этого целесообразно в качестве основных способов принято апробировать маскирование с использованием цветовых характеристик, морфологических особенностей (показатель энтропии) и наложение прямоугольной матрицы. Для обоснования выбора ставится задачей провести достаточное количество экспериментов на заранее оцифрованных изображениях и оценить работу указанных методов. Выделяют три наиболее распространенные оценки качества выделения регионов изображений [2]. В первую очередь необходимо указать общие требования к результатам работы таких алгоритмам по Харалик и Шапиро [2,3]: 1) выделенные регионы должны быть однородными; 2) внутренняя часть области должна быть простой, без большого числа отверстий; 3) смежные регионы должны иметь значительно отличающиеся значения соответствующих цветовых характеристик. Согласно предложенным критериям, оценочная функция определяется как:

$$F(I) = \frac{1}{1000 \cdot (N \times M)} \cdot \sqrt{R} \cdot \sum_{i=1}^R \frac{e_i^2}{\sqrt{A_i}}, \quad (1)$$

где: I – изображение, разбитое на кластеры; $N \times M$ – размер изображения; R – число выделенных регионов; A_i и e_i – площадь и среднее отклонение цветовых характеристик для i -ого региона соответственно. При анализе эффективности сравниваемых способов кластеризации, минимальные значения показателей (1) соответствуют наилучшему методу разбиения изображения на регионы. Оценка (1) состоит из трех основных частей, входящих в формулу в качестве множителей произведения: первая часть – нормализующий фактор, обратно пропорциональный размеру изображения; вторая часть, \sqrt{R} , “препятствует” выделению большого числа кластеров; третья часть, сумма, увеличивает значение оценочного показателя в случае выделения неоднородных регионов. В качестве другого подхода к оценке результатов кластеризации изображений в [2] выделяют технологию нахождения оптимального разбиения изображений на кластеры по цветовому подобию,

подробно описанную в [4]. В основании рассматриваемой методики – минимизация следующего функционала качества:

$$F = \sum_{i=1}^R \left(\alpha \frac{1}{A_i} + \beta D_i + \gamma \sum_{j=1, j \neq i}^R \frac{1}{D_{i-j}} \right) \quad (2)$$

В формуле (2): D_i – среднее расстояние между цветовыми характеристиками i -ого региона, D_{i-j} – среднее расстояние между цветовыми компонентами i -ого и j -ого регионов, α, β, γ - контрольные параметры, соответствующие уровню приоритета того или иного компонента критерия (2).

Общая схема предлагаемого алгоритма обработки изображений

В первую очередь укажем основные позиции для базового фрактального алгоритма. Базовый алгоритм предполагает разбиение исходного изображения на доменные и ранговые блоки. После чего для каждого ранга перебирают доменные блоки (для каждого варианта ориентации домен сжимают до размеров рангового блока и определяют оптимальные значения коэффициентов преобразования методом наименьших квадратов). Затем вычисляют нормированное значение параметра L , который характеризует соответствие полученного сжатого доменного блока в его ориентации ранговому блоку. Возможно два режима работы алгоритма (с поиском и без поиска лучшего домена). В режиме с поиском лучшего домена для каждого ранга перебираются все домены, и выбирается с минимальным L . В режиме без поиска наилучшего домена полный перебор доменов останавливают, как только определяется такой i -й домен и его j -я ориентация, что значение его параметра L не превышает заданной допустимой ошибки. Теперь поэтапно рассмотрим существующие методы для модификации базового алгоритма. Наиболее распространенной модификацией базового алгоритма является FE-алгоритм. Однако, как показали проведенные эксперименты, такой подход не дает удовлетворительных оценок применительно к медицинским изображениям.

В качестве дальнейшей работы выделены этапы разделения изображения на домены и ранги, сравнение и подбор пары домен ранг. В результате предварительного анализа, были выбраны методы нелинейного (квадратного) отображения. Работа алгоритма аналогична работе базового алгоритма за исключением вычисления коэффициентов.

Для анализа динамики поведения показателей качества предлагается использовать квадратичное отображение вида:

$$r_{xy} = w(d_{xy}) = a \cdot d_{xy}^2 + b \cdot d_{xy} + c, \quad (3)$$

где r_{xy} - пиксель ранга, d_{xy} - пиксель домена, сжатого до размеров ранга.

Коэффициенты a, b, c находятся методом наименьших квадратов, так чтобы выполнялось требование:

$$F(a, b, c) = \sum_{i, j=1}^n (r_{xy} - (a \cdot d_{xy}^2 + b \cdot d_{xy} + c))^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где n – размер ранга в пикселях.

Функция F принимает свои минимальные значения в точках экстремума. Для их нахождения необходимо приравнять частные производные функции к нулю. В развернутом виде получаем систему линейных уравнений. Решая ее по правилу Крамера, находят определители, а значение коэффициентов находят по формуле:

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta}; b = \frac{\Delta_b}{\Delta}; c = \frac{\Delta_c}{\Delta}, \quad (5)$$

Вместо набора используется непосредственно основной критерий, но применять его к уменьшенным копиям сравниваемых пар домен-ранг.

Были сделаны выводы:

1. Значительно снижается время кодирования – на 13-39% в базовом алгоритме и в FE-алгоритме – до 25% для фотореалистичных изображений. Для изображений с резкими переходами уменьшения более значительны – до 58%, но, в основном, только в базовом алгоритме. Особенно примечателен факт опережения базового алгоритма перед FE-алгоритмом в ряде экспериментов при кодировании изображения с резкими переходами.

2. Расхождения в средних пиксельных ошибках не так значительно. При кодировании фотореалистичных изображений ухудшение составляет не больше 10%, а при кодировании изображения с резкими переходами сами значения малы, а расхождения в них – до 50%

3. Изменяется коэффициент сжатия в сравнении с основными алгоритмами. При кодировании фотореалистичных изображений базовым алгоритмом он уменьшается на 5-14% и FE-алгоритмом – на 9-16%. При кодировании базовым алгоритмом изображений с резкими переходами он в разных случаях как уменьшается, так и увеличивается не больше чем на 11%. При кодировании FE-алгоритмом значительных изменений не наблюдается.

4. Уменьшается время декодирования: для фотореалистичных изображений снижение составляет не больше 17%, а для изображений с резкими переходами – не больше 13%, при чем только в базовом алгоритме.

Более высокая скорость работы базового алгоритма в сравнении с FE-алгоритмом в некоторых случаях при кодировании изображения с резкими переходами. Степень эффекта введения нелинейного отображения заметно отличается в зависимости от алгоритма. Если в базовом наблюдаются значительные расхождения, то в FE-алгоритме они в большинстве случаев не так значительны. Применение нелинейного отображения позволяет достичь улучшений по ряду показателей качества кодирования [5]. Данный подход обеспечивает большой коэффициент сжатия, достаточно малое значение погрешности и малое время компрессии и декомпрессии. Рекомендуется применять на основе базового алгоритма (этап сравнения доменов и рангов) и метод, основанный на использовании коэффициента корреляции (усовершенствованный). Коэффициент корреляции Пирсона является возможным использовать в качестве критерия оптимальности для ускорения процесса:

$$r' = \rho (R,D), \quad (6)$$

Чем лучше реальная зависимость R от D аппроксимируется линейной, тем ближе по модулю к 1 будет их коэффициент корреляции. Использование этого коэффициента позволяет сразу оценить оптимальность текущего домена для данного ранга, без расчета коэффициента преобразования контраста и яркости. Таким образом, эти коэффициенты рассчитываются один раз для каждого ранга. Выполняется преобразование формул, описывающих соотношения для определения коэффициентов яркости и контраста, через коэффициент корреляции. Кроме того, заранее вычисляется среднеквадратичное отклонение яркостей пикселей рангов и доменов. После этого становится возможным рассматривать только те домены, которые удовлетворяют неравенству:

$$\sigma D > \sigma R, \quad (7)$$

т.е. контрастность домена должна быть выше контрастности ранга (предлагается подсчитывать среднее значение яркости пикселей для каждого ранга, а не коэффициент яркости для каждого домена, что значительно ускоряет процесс сжатия в среднем в 9,35 раза) [6].

Таблица 1

Модификация	Вид изображения	Время кодирования	Средняя пиксельная ошибка	Коэффициент сжатия
Нелинейное отображение	фотореалистичные	Уменьшение на 13-39%	Ухудшение $\leq 10\%$	Уменьшается на 4-16%
	с резкими переходами	Уменьшение до 58%	малы	Может увеличиваться не больше чем на 11%
Основанные на показателях энтропии	дает превосходную производительность по сравнению с обычными алгоритмами фрактального кодирования			

Выводы

Таким образом, предложены возможные алгоритмы выделения значимых областей, изложены критерии оценки их работы. Так как медицинские изображения, представленные для анализа, представляют собой изображения в градациях серого, то рациональным является применять методы выделения значимых областей на основе цветовых характеристик. Освещена целесообразность применения выбранных алгоритмов для медицинских изображений, так как они обеспечивают ускорение процесса сжатия, повышение качества восстановления и коэффициент сжатия.

Литература

1. Самира Эбрахими Кахоу, Адаптивный способ сжатия изображений [Текст] / Самира Эбрахими Кахоу, Е.С. Сулема // Вісник Хмельницького національного університету №2 '2010. – 295с.
2. Schettini R. A Survey of Methods for Color Indexing and Retrieval in Image Databases [Текст] / R. Schettini, G. Ciocca, S. Zuffi //, – Режим доступа : [www/URL: http://www.itim.mi.cnr.it/Linee/Linea1/scaricare/methodsCIIR-9-1-01a.pdf](http://www.itim.mi.cnr.it/Linee/Linea1/scaricare/methodsCIIR-9-1-01a.pdf) – Загл. с экрана.
3. Haralick R.H. Image Segmentation Techniques [Текст] / R.H. Haralick, L.G. Shapiro // Computer Vision, Graphics and Image Processing. – 1985. – vol. 29. – P.100-132.
4. Del Bimbo A. Visual Information Retrieval. [Текст] / A. Del Bimbo // San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
5. Bublichenko, A.V. Algorithms for image compression: a comparative analysis and modification / A.V. Bublichenko, V.N. Belovodsky / Qualification Masters work. - 2008.
6. Илюшин С.В. Фрактальное сжатие телемедицинских изображений [Текст] / С.В. Илюшин, С.Д. Свет //, – Режим доступа : [www/URL: http://www.elsv.ru/files/actual/130.pdf](http://www.elsv.ru/files/actual/130.pdf) – Загл. с экрана.