
МЕТОДЫ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Каира В.В., группа КСД-00а

Руководитель доц. Адамов В.Г.

В настоящее время в медицинских лабораториях автоматизированные средства анализа выполняют огромное количество задач, помогая исследователям в разработке новых методов анализа и врачам в более точной постановке диагноза. Существующие автоматизированные системы, предназначенные для анализа изображений, имеют ограничения, не позволяющие использовать их достаточно широко. В частности, большинство внедрённых методик анализа изображений не обладают инвариантностью к сдвигам и масштабу анализируемых объектов на изображении.

Решение данной проблемы наталкивается на определённые сложности реализации существующих разработанных методов анализа, предназначенных для одиночных объектов на снимке. Рассматриваются новые методики решения поставленной задачи, а также возможные процедуры анализа полученных данных.

Наиболее широко используемый программный продукт, применяемый для анализа изображений, - это программа Лаборатории прикладной математики при МГУ «Hesperus». «Hesperus» предназначен для обработки и визуализации двумерных наборов числовых данных любой природы. Другие специализированные пакеты, такие как «Диаморф», предоставляют в основном оценку геометрических характеристик: площадь объектов, периметр и др.

«Hesperus» обеспечивает большой набор функций обработки, таких как фильтрация, растяжение и поворот, текстурный анализ, вычисление спектра, классификация [4]. С точки зрения математической обработки изображения и визуализации результатов – это один из лучших пакетов, однако его применимость для столь узкой задачи ограничена.

Следует отметить некоторые недостатки:

1) пользоваться им может специалист, хорошо понимающий математику, так как выводы по вычисляемым параметрам должен давать именно он;

2) отсутствует обработка групп объектов, сегментация, что также затрудняет анализ;

3) комплекс не является автоматизированным и вся последовательность действий и ответственность ложится на оператора;

В «Hesperus» для текстурного анализа используется как гистограмма, так и матрица пространственной зависимости (GLCM).

Матрица пространственной зависимости (GLCM - gray level co-occurrence matrix) - гистограмма второго порядка, показывающая вероятность совместного появления двух определенных значений пикселей на заданном расстоянии и в определенном направлении. Размеры матриц зависят от количества градаций цвета берущихся в рассмотрение. В «Hesperus» применяются матрицы размером 256x256 элементов, что соответствует 256 оттенкам серого цвета. На основе матрицы пространственной зависимости вычисляется большое число текстурных характеристик.

Текстура может выделяться на основании различных критериев. Применение любого из этих критериев к изображению дает на выходе другое изображение, где интенсивность каждого пиксела отражает величину соответствия этому частному критерию в конкретной точке входного изображения. Результаты текстурного анализа обычно трактуются как одно многоканальное изображение, и могут быть поданы на вход к стандартному классификатору, который группирует текстуры по классам.

Для того чтобы применить некий частный критерий, требуется задаться рядом параметров. Обычно это размер окна, которое рассматривается вокруг каждого пикселя, а также направление и смещение. Последние два параметра используются для анализа текстур, которые различаются в различных направлениях (например, кирпичная стенка, где расстояние между кирпичами больше в одном направлении, чем другом).

Для распознавания всех областей с подобной текстурой могут понадобиться сложные методы, поскольку критерии чувствительны к ориентации текстуры в изображении. Например, на вспаханном поле текстура по бороздам отлична от текстуры поперек борозд, следовательно две смежных области с бороздами, ориентируемыми под 90 градусов относительно друг друга, не будут классифицированы как одинаковые, если для них использовать критерий, зависящий от ориентации. Во избежание подобных проблем, анализ по некоторому критерию часто повторяется несколько раз с использованием ряда различных направлений (обычно 0, 45, 90, и 135 градусов). Затем результаты анализируются совместно.

Следующий метод текстурного анализа основан на двумерном спектре текстуры. Данный метод ориентирован на частотные характеристики текстуры, которые инвариантны к повороту и смещению.

Спектр-изображение вычисляется применением к изображению дискретного преобразования Фурье [2,3]. Результат преобразования является комплексным изображением. По амплитуде спектра можно определить главные частоты в изображении, характеристики и зависимости которых предстоит изучить.

Коэффициенты кратного ряда Фурье (для двумерного случая):

$$c(w_1, w_2) = \frac{1}{T_1 \cdot T_2} \int_{a_1}^{a_1+T_1} \int_{a_2}^{a_2+T_2} f(\tau_1, \tau_2) \bullet e^{\left[-i2\pi \sum_{j=1}^2 w_j \frac{t_j}{T_j} \right]} d\tau_1 d\tau_2, \quad a_j < t_j < a_j + T_j, j=1,2. \quad (1)$$

Такое описание изображений обладает существенными преимуществами, полезными при распознавании [1].

1. Модуль спектральной функции : $|F(u, v)|$ не зависит от переноса функции $f(x,y)$, т.е. описание является инвариантным к переносам изображения в плоскости наблюдения.

2. Описание изображений обладает определенной помехоустойчивостью. В тех случаях, когда спектры распознаваемого

изображения и аддитивной помехи различны, можно увеличить отношение сигнал/шум с помощью пространственной фильтрации.

3. Поворот изображения вокруг произвольной точки приводит к повороту пространственного спектра $F(u, v)$ вокруг начала координат с соответствующим изменением фаз составляющих (изменение фаз не влияет на $|F(u, v)|$).

4. Если изображение $f(x, y)$ имеет спектр $F(u, v)$, то изображение $f(ax, ay)$, связанное преобразованием подобия с $f(x, y)$, где a - постоянный коэффициент, имеет спектр

$$\frac{1}{a^2} F\left(\frac{u}{a}, \frac{v}{a}\right). \quad (2)$$

Радиальная линия в частотной плоскости соответствует единственному направлению в изображении, которое включает все частотные компоненты. Набор величин

$$m_j = \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} \int_{\theta_j}^{\theta_j + \Delta\theta} F(\rho, \theta) \rho d\rho d\theta, \quad (3)$$

характеризует все направления, если $\theta_j (j=1, 2, \dots, n)$ покрывают сектор от 0 до 360° . На практике используется дискретизирующее окно клинообразной формы (рис. 1б). Такое окно определяет вклад от небольшого числа смежных направлений и обладает тем преимуществом, что уменьшает число необходимых выборок и снижает влияние небольших изменений. Набор дискретизирующих окон клинообразной формы позволяет получить описание амплитудного спектра вдоль радиального направления. Этот метод дискретизации не чувствителен к масштабу изображения.

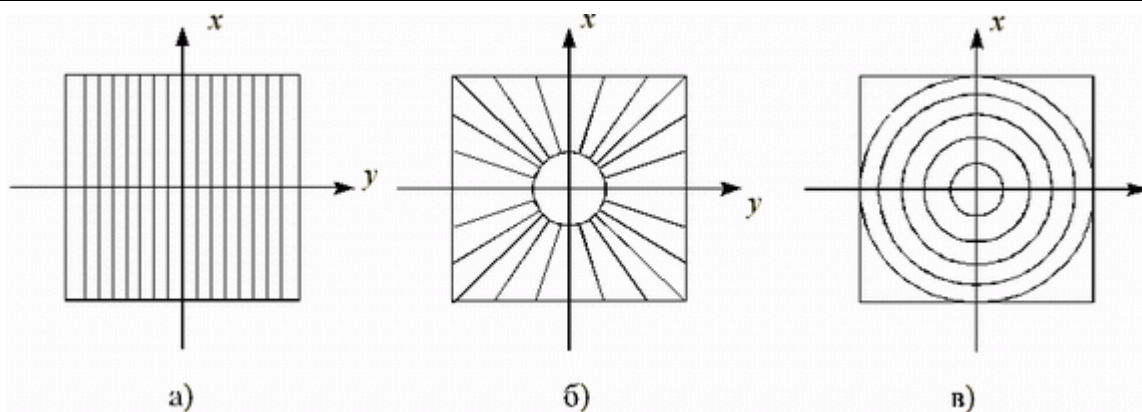


Рисунок 1 - Набор окон, используемых при обработке пространственно-частотных спектров

В данной работе приведены немногие возможные характеристики объектов. Поставлены эксперименты по классификации фибробластов (клеток кожи). Клетки кожи классифицировались как «живые» и «мёртвые». В качестве спектральных характеристик были взяты нормированные интегральные функции, полученные при обработке спектра окнами клинообразной и радиальной форм (рис. 1б,в). Полученные результаты экспериментов показали более высокую точность классификации, в сравнении со стандартными и фрактальными методами классификации.

Перечень ссылок

1. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике. - Москва: Наука, 1974. - 831 с.
2. Г. Дженкинс, Д. Ваттс. Спектральный анализ и его приложения. Выпуск 1. - Москва: Мир, 1971. - 316с.
3. С. Л. Марпл-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения. - Москва: Мир, 1990. - 555с.
4. Руководство пользователя программы Nereus / Электронный ресурс. Способ доступа: URL: <http://amlab.hs.ru/support.htm>.