

## МЕТОД НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ТЕКСТУР

Бондаренко В.А., Короткин А.А., Ламдан А.Я., Мячин М.Л.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Наличие текстуры является характерной особенностью фотографических изображений большинства природных объектов. При визуальном анализе изображений зрительная система человека естественным образом использует текстурированность для выделения однородных областей. В настоящее время отсутствует удовлетворительное формальное определение текстуры как структурной особенности изображения. Одно из первых определений текстуры дано Т. Павлидисом [1], развернутый же обзор различных подходов к определению текстуры содержится в [2]. В последнее время были изучены фрактальные и мультифрактальные свойства текстур и приобрели популярность спектральные методы, основанные на применении вейвлетных преобразований.

На практике наиболее интересна т.н. задача текстурной сегментации изображений, состоящая в обнаружении всех различных текстур, присутствующих на изображении. В результате изображение оказывается разбитым на непересекающиеся области однородной текстуры.

Рассмотрим общую структуру, характерную для большей части известных методов текстурной сегментации изображений. Будем рассматривать ситуацию, когда исходное изображение в градациях серого цвета задано матрицей  $F = [f(x, y)]$  значений яркости точек.

На первом этапе каждой точке  $(x, y)$  изображения ставится в соответствие число  $t(x, y)$  – значение текстурного признака. Текстурный признак характеризует локальные структурные свойства изображения в окрестности данной точки. Обычно значение текстурного признака вычисляется по значениям яркостей точек, лежащих в некоторой фиксированной окрестности данной точки. В простейшем случае различным по структуре текстурам будут соответствовать различные значения текстурного признака.

На практике для текстурной сегментации реальных изображений, содержащих более двух текстур, одного текстурного признака оказывается недостаточно. В этом случае выбирается несколько текстурных признаков  $t_k(x, y)$ , каждый из которых характеризует некоторую характерную особенность структуры изображения. Отдельные скалярные текстурные признаки  $t_k(x, y) \in \mathbf{R}$  образуют векторный текстурный признак  $t(x, y) = [t_k(x, y)] \in \mathbf{R}^m$ . При использовании векторного текстурного признака две различные текстуры могут оказаться различимыми, даже если они значительно отличаются только по одному из скалярных признаков. Выбор текстурных признаков определяет структурные свойства, по которым производится различение текстур. Таким образом, используемые текстурные признаки существенным образом определяют селективные характеристики алгоритма.

На втором этапе алгоритма текстурной сегментации производится кластеризация семейства векторов  $t(x, y)$ . Каждый полученный кластер соответствует некоторой текстуре, присутствующей в изображении. В результате каждый вектор  $t(x, y)$  попадает в один из кластеров, а соответствующая точка изображения оказывается отнесенной к одной из выделенных текстур. Для кластеризации значений текстурного признака обычно применяется простейший итерационный метод кластеризации, называемый методом k-средних. При удачном выборе текстурных признаков к алгоритму кластеризации не предъявляется жестких требований, и использование более сложных алгоритмов кластеризации не приводит к улучшению качества сегментации.

На практике даже при сегментации тестовых изображений, содержащих заранее известное число текстур, при кластеризации обычно получается несколько больше кластеров, чем текстур. Лишние кластеры обычно соответствуют точкам, лежащим вблизи границы областей с различной текстурой. В этом случае окрестность, по которой вычисляется значение текстурного признака, может захватывать точки из различных областей. В результате вектор текстурных признаков не удастся однозначно отнести к одному из кластеров, соответствующих текстурам. Вообще на границе текстур обычно наблюдается некоторое «размытие» значений текстурных признаков, не позволяющее провести четкую кластеризацию. Соответственно для точек лежащих вблизи границы текстур не удастся однозначно указать их принадлежность к одной из выделенных текстур.

С учетом сказанного представляет интерес алгоритм сегментации на основе метода нечеткой кластеризации. В данной работе рассматривается нечеткий аналог метода k-средних [3]. В этом случае каждой точке  $(x, y)$  изображения приписывается набор нормированных величин  $\mu_k(x, y) \in [0, 1]$  – степени принадлежности к кластерам, соответствующим различным текстурным областям. На основании этих величин строится  $k$  изображений – по числу текстур, на каждом из которых степень принадлежности точки к текстуре отмечается яркостью – чем темнее точка, тем выше степень ее принадлежности к данной текстуре.

В качестве текстурного признака предлагается некоторый аналог автокорреляционной функции изображения. Определим квадратную окрестность размера  $r$  с центром в точке  $(x, y)$  как фрагмент изображения  $F_{x,y} = [f(x+i, y+j)]$  ( $-r \leq i \leq r, -r \leq j \leq r$ ); фрагмент  $F_{x,y}(\varphi, \tau)$  – это сдвиг

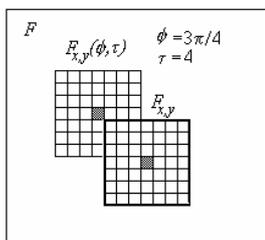


Рис. 1.

окрестности  $F_{x,y}$  в направлении  $\varphi$  на  $\tau$  пикселей (рис. 1), где величина  $\varphi \in \Phi = \{k \cdot \pi/4, k = 0, 1, \dots, 7\}$ ,  $\tau = 1, \dots, \tau_{\max}$ . Каждому пикселю  $(x, y)$  поставим в соответствие матрицу признаков  $P(x, y) = [p_{\varphi, \tau}(x, y)]$  ( $\varphi \in \Phi, \tau = 0, 1, \dots, 7$ ) размера  $\tau_{\max} \times 8$ , где  $(\varphi, \tau)$ -й элемент матрицы вычисляется по формуле  $p_{\varphi, \tau}(x, y) = \|F_{x,y} - F_{x,y}(\varphi, \tau)\|$ .

Как показывают эксперименты с реальными изображениями, данный признак является достаточно критичным к изменению текстуры. Существенное влияние при этом оказывает величина  $r$  текстурной окрестности. В работе предлагается метод настройки величины  $r$  к конкретному изображению.

Предлагаемый алгоритм нечеткой кластеризации изображения реализован в среде Delphi 5.0. На рис. 2. приведены результаты кластеризации изображения, полученные данным алгоритмом.



Рис. 2.

### Литература

1. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. М.: Радио и связь. 1986.
2. Харалик Р.М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур. ТИИЭР, т. 67, №5, 1979. С. 98-120.
3. С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин, Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности, М.: Финансы и статистика. 1989.