

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ РАНГОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ

С.В. Абламейко, Н.И. Мурашко, А.Я. Кулешов, Д.В. Романчик
Беларусь, Минск

Исследована возможность применения рангового коэффициента корреляции для классификации объектов полутоновых изображений по их контурному представлению. Разработаны программные модули классификации объектов с помощью рангового коэффициента корреляции.

Введение

В общем виде задачу распознавания можно рассматривать как задачу классификации, т.е. разбиения множества анализируемых объектов $O = \{O_i\}$, $i = (1, n)$ на несколько однородных в определенном смысле групп или классов [1, 2]. При этом возможны три ситуации: полностью описанные классы; использование обучающих выборок; отсутствие априорных сведений о виде функции распределения вероятностей $P_j(u)$ от j -го объекта. При отсутствии априорных сведений о распределении $P_j(u)$ и отсутствии обучающей выборки невозможно проводить распознавание и можно лишь пытаться определить "сходство" исследуемых объектов между собой [2]. Мера близости как один из важнейших инструментов анализа данных: сопоставления, классификации, выбора средних, поиска закономерностей связана с оценкой сходства, различия, корреляции, сопряженности изучаемых объектов, тесноты связи, т.е. близости между ними [2, 3]. Опыт показывает, что при решении задач распознавания и классификации объектов нельзя ограничиваться одной моделью формирования признаков и одним методом классификации, так как нет модели, адекватной всем задачам, и нет метода, эффективного для всех задач. В докладе рассмотрена возможность классификации объектов полутоновых изображений по их контурному представлению с помощью рангового коэффициента корреляции, позволяющего получить количественные характеристики близости исследуемых объектов.

1. Формирование нормализованной векторной модели

Полутоновое изображение (ПТИ) исследуемого объекта характеризуется значением оптической плотности и его внешним очертанием. Контур несет наибольшую информацию об объекте изображения и позволяет значительно сократить объем обрабатываемой в ЭВМ информации в процессе избирательного ввода, но наиболее подвержен яркостным и геометрическим искажениям. В этой связи использование оптимальных ин-

тервалов порогового значения яркости, векторов направлений и локальной анизотропной фильтрации зон поиска ближайшей точки позволяет получить более качественный контурный препарат и сформировать векторную модель, состоящую из множества векторов, удовлетворяющих условиям примыкания каждого вектора к единственному последующему и предыдущему [4]:

$$M_V :: \{k_1 V_{i_1}, k_2 V_{i_2}, \dots, k_n V_{i_n}\}, \quad (1)$$

где k_j - число векторов V_{i_j} направлений определенного весового значения.

Векторную модель (1) для конкретного объекта полутонового изображения, представленную в виде

$$M_V :: \{10V_1, 10V_3, 5V_5, 5V_7, 5V_5, 5V_7\} \quad (2)$$

можно показать в развернутом виде

$$M_V :: \{1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 5, 5, 5, 5, 5, 7, 7, 7, 7, 5, 5, 5, 5, 7, 7, 7, 7\}. \quad (3)$$

Цепочка векторов (1) должна образовывать замкнутый контур без пересечений и разветвлений. В табл. 1 приведены векторные модели исследуемых объектов полутонового изображения.

Классификация в условиях геометрических преобразований тесно связана с задачей нормализации: учета масштаба изображения, определения его местоположения (координат центра тяжести) и угла ориентации [5].

Таблица 1

Векторные модели исследуемых объектов ПТИ

Номер объекта	Векторная модель
1	{2, 2, 1, 2, 4, 5, 6, 5, 5, 5, 7, 8, 8}
2	{2, 2, 1, 2, 2, 4, 4, 5, 6, 5, 5, 5, 8, 7, 8, 8, 8}
3	{1, 3, 3, 1, 1, 2, 4, 5, 6, 5, 5, 5, 7, 8, 8}
4	{2, 1, 2, 2, 4, 5, 6, 5, 5, 5, 7, 8, 8}
5	{2, 2, 1, 1, 3, 4, 5, 6, 5, 5, 5, 7, 8, 8}
6	{2, 2, 1, 2, 1, 4, 5, 6, 5, 5, 5, 5, 7, 8, 8}
7	{2, 2, 1, 2, 4, 5, 5, 6, 5, 5, 7, 8, 8}
8	{2, 2, 1, 3, 3, 5, 6, 4, 6, 5, 7, 8, 8}
9	{2, 2, 1, 3, 3, 5, 6, 5, 5, 3, 6, 7, 8, 8}
10	{2, 2, 1, 2, 4, 5, 6, 5, 5, 4, 7, 7, 8, 8}

Для нормализации изображения объекта по масштабу целесообразно представить его векторную модель (3) в виде последовательности числовых коэффициентов k , векторов направлений (2). При этом важно определить количество векторов направлений в каждой группе весовых значений векторов направлений $V_1 - V_8$, а затем найти наибольший общий делитель (коэффициент k_g гомотетии) [1]. Определив коэффициент

гомотетии [1], найдем число векторов направлений масштабированной векторной модели

$$n_0 := n / k_g \quad (4)$$

Зная коэффициент гомотетии k_g и число n_0 векторов направлений масштабированной векторной модели, производим формирование масштабированной векторной модели [1]: $n=40$; $k_1=10$, $k_2=10$, $k_3=5$, $k_4=5$, $k_5=5$, $k_6=5$; $k_g=5$ $n_0=8$. Масштабированная векторная модель (3) примет следующий вид

$$M_{V_{max}}::\{1, 1, 3, 3, 5, 7, 5, 7\}. \quad (5)$$

Вторым шагом нормализации исследуемого объекта ПТИ является определение его ориентации относительно эталона. Предлагается ориентировать исследуемый объект ПТИ на угол α , кратный 45° , таким образом, чтобы момент силы F , приложенной перпендикулярно к концу радиус-вектора $O'E$, соединяющему центр тяжести объекта (замкнутое однородное тело) с началом новой системы координат $X'O'Y'$, определяемой координатами первой граничной точки, был минимален [4 - 6]:

$$M_F = O'E \times F = \sqrt{(ET)^2 + (O'T)^2} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где F - вектор единичной силы в 1 Н.

Для формирования инвариантных информационных признаков необходимо также нормализовать и векторную модель, получаемую после поворота изображения объекта [5, 9]. Измененные в процессе нормализации векторные модели исследуемых объектов ПТИ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Нормализованные векторные модели исследуемых объектов ПТИ

Номер объекта	Векторная модель
2	{1, 2, 1, 1, 1, 2, 3, 4, 4, 4, 6, 6, 5, 6, 6, 8, 8}
8	{2, 1, 3, 4, 4, 6, 6, 5, 7, 7, 1, 2, 8}
9	{1, 1, 3, 4, 3, 3, 1, 4, 5, 6, 6, 8, 8, 7}

2. Определение коэффициента ранговой корреляции

Для вычисления рангового коэффициента корреляции ρ необходимо записать все значения факториального признака в возрастающем (или убывающем) порядке (ранжировать). Соответственно записываются значения результативного признака. Определяем ранг по обоим признакам, т.е. номер каждого признака в ранжированных рядах R_x R_y . Для одинаковых значений ранг определяется как частное от деления суммы их районов на число этих одинаковых значений. Вычисляем разности рангов

$$d = R_x - R_y \quad (7)$$

и определяем значение рангового коэффициента корреляции

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}. \quad (8)$$

Если между признаками функциональная прямая зависимость, то $\Sigma d^2 = 0$ и $\rho = 1$. Если зависимость обратная, то $\rho < 0$.

В качестве инвариантных информационных признаков классификации объектов воспользуемся весовыми значениями векторов направлений (табл. 2). Поскольку векторная модель исследуемых объектов нормализована, весовые значения векторов направлений расположены в порядке обхода контура против часовой стрелки и не требуют их ранжирования в порядке возрастания. В качестве эталона примем векторную модель исследуемого объекта 5. Недостающее число векторов направлений эталона или исследуемого объекта дополняем нулевыми значениями.

3. Результаты экспериментальных исследований

Для классификации исследуемых объектов необходимо определить меру сходства их контурного представления. Затем, пользуясь пороговыми значениями показателя степени сходства, отнести исследуемые объекты ПТИ в тот или иной кластер [8].

В экспериментальной проверке предложенных признаков для классификации объектов полутоновых изображений по их контурному представлению использовались десять объектов. Результаты экспериментальных исследований по определению коэффициента корреляции контурного представления объектов ПТИ и их классификация относительно объекта 5, принимаемого за эталон, представлены в табл. 3.

Сравнительная характеристика меры сходства предложенных инвариантных информационных признаков с мерой сходства, вычисленной по интегральным признакам [9] и с помощью рангового коэффициента корреляции для этих же объектов, показала близкие результаты.

Таблица 3

Классификация исследуемых объектов ПТИ

Номер объекта	Коэффициент ранговой корреляции	Номер кластера
1	95,659341	6
2	94,148284	7
3	95,550595	6
4	95,659341	6
5	100,00	1
6	97,681319	5
7	96,428571	6
8	78,516484	10
9	86,831502	9
10	93,827839	7

Заключение

Разработанные программные модули и экспериментальные результаты подтвердили оригинальность, новизну и корректность предложенного в качестве меры сходства коэффициента ранговой корреляции для классификации объектов полутоновых изображений по их контурному представлению с использованием нормализованных весовых значений векторов направлений.

Литература

1. Красиков В.А., Штарьков Ю.М. Аэрокосмические исследования Земли // Обработка изображений на ЭВМ. - М.: Наука, 1978.-С.87-107.
2. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. Справочное изд. / С.А. Айвазян, И.М. Бухштабер, М.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. Под ред. С.А. Айвазяна. - М.: Финансы и статистика, 1989.
3. Раушенбах Г.В. Меры близости и сходства // Анализ нечисловой информации в социологических исследованиях. - М.: Наука, 1985. С. 169 - 203.
4. Абламейко С.В., Кулешов А.Я. Формирование параметрической модели объектов полутоновых изображений // Цифровая обработка изображений. Вып. 1.-Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1997.-С.64-78.
5. Абламейко С.В., Мурашко Н.И., Самошкин М.А., Кулешов А.Я. Нормализация и идентификация контурного представления объектов полутоновых изображений //Автоматика и вычислительная техника. – Рига.-1994.-N 6.-С.16-28.
6. Кулешов А.Я. Формирование признаков для классификации объектов полутоновых изображений по их контурному представлению // Цифровая обработка изображений. Вып. 4.-Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2000.-С. 95-106.
7. Лапа В.Г. Математические основы кибернетики. - Киев: Вища школа, 1971.
8. Абламейко С.В., Кулешов А.Я. Определение меры сходства контуров объектов, аппроксимированных дугами окружностей // Тез. докл. Второй Всероссийской с участием стран СНГ конф. «Распознавание образов и анализ изображений».-М., 1995.-Ч.2.-С. 53-56.
9. Абламейко С.В., Самошкин М.А., Кулешов А.Я. Векторное представление границ объектов полутонового изображения и их обработка в высокопроизводительных системах.-Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1993.