ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСНИ

УДК 621.383:681.3

В.Л.Белов, Л.А.Луизова, В.П.Поливко

ЦИКЛИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГОГИНА ДЛЯ РАСШИРЕННЫХ В "m" РАЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

(г. Петрозаводск)

При построении автоматической системы распознавания изображений должна решаться задача представления исходных данных, полученных в результате измерений коэффициентов разложения в определенной системе базисных функций подлежащего распознаванию объекта. На выбор оптимального базиса существенное влияние оказывают два фактора: первый связан с пороговой чувствительностью фотоприемного устройства, второй – с возможностью сгруппировать классовые признаки изображений и упростить проведение разделяющих поверхностей в пространстве признаков классификатора.

В последнее время уделяется большое внимание бинарным системам функций Уолша, Хаара и т.д. [1,2] . Интерес к подобным функциям, использующим двоичную арифметику, не случаен, а связан, прежде всего, с развитием дискретной и вычислительной техники, в частности микро и мини-ЭВМ, а также с внедрением методов цифровой обработки сигналов. Для кодирования изображений оказалась целесообразной реализация двумерного преобразования Адамара на матричном фотоэлектрическом преобразователе [3] посредством коммутации управляющих напряжений, подводимых к ортогональным шинам матрицы. В случае ограниченного класса входных изображений кодирование изображения при помощи преобразования Адамара и ему подобных ускоряет процесс распознавания, поскольку каждый коэффициент несет информацию о всем изображении, и поэтому для сравнения с эталоном часто достаточно лишь нескольких коэффициентов. Однако в тех случаях, когда положение изображения не фиксировано жестко в поле наблюдения, массив коэффициентов преобразования изменяется как по величине, так и по порядку следования при сдвигах изображения. То же самое происходит с изменением масштаба изображения, причем если при сдвигах изображения еще возможно путем математических операций сформировать из массива некоторые комбинации коэффициентов, инвариантных к сдвигу, то при изменении масштаба это, как правило, невозможно.

В Петрозаводском университете найден циклический вариант [4,5], отличный от чистого преобразования Адамара прежде всего тем, что при сдвигах изображения сохраняется весь массив коэффициентов преобразования; со сдвигом их на такую же величину в порядке следования и существует линейная однозначная связь между массивом коэффициентов для растянутого в "m" раз изображения и массивом коэффициентов эталонного изображения.

Цель проделанной работы заключалась в проверке работоспособности циклического преобразования Гогина для растянутых в "m" раз изображений и на устойчивость его к шумам изображения методом машинного эксперимента.

Циклическое преобразование Гогина для растянутых в "m" раз изображений

Преобразование Адамара в матричной форме имеет вид

$$\hat{f} = \frac{1}{n} H f H, \tag{1}$$

где H – матрица Адамара.

Циклическое преобразование Гогина получают из преобразования Адамара посредством действия перестановочного оператора P [4]

$$F(f) = \frac{1}{n} (PHP^T) f (PHP^T). \tag{2}$$

Для двумерного случая расширенного изображения в "m_1" раз по горизонтали и в "m_2" по вертикали циклическое преобразование связано с преобразованием для эталона следующей формулой:

$$\Gamma[M(m_1 m_2)(ij)(f)] = S_{m_2} Q^*_{m_2} \Gamma(f) Q^*_{m_1} S_{m_1}, \tag{3}$$

где M – оператор увеличения эталона в "m" раз, а

S_m – матрица размерности $n \times n$, построенная так, что

$$S_{11} = m \quad S_{1i} (i = 2 \dots n) = 0 \quad S_{i1} (i = 2 \dots n) = 0,$$

второй столбец содержит m единиц и $n-m-1$ нулей, а остальные столбцы получаются как каждый из предыдущего путем циклического сдвига вниз на один элемент (Q_m – перестановочный оператор, который не меняет величины коэффициентов F (f), но меняет порядок их следования).

На функцию f и число m накладываются следующие ограничения:

I. m должно быть взаимно-простым числом $2^{\nu} - I$.

2. $f(0) = 0$ и значения f сосредоточены на ν последовательных числах из множества $\{I,2,3,\dots 2^{\nu} - I\}$.

3. Расширение в m раз допустимо для функции в том смысле, что множество, на котором сосредоточены значения расширенной функции, "умещается" в множестве $\{0,I \dots n^{\nu} - I\}$, где $n = 2^{\nu}$. В силу ограничения I удобными здесь являются те значения ν, для которых число $2^{\nu} - I$ простое, например, равное 3, 5, 7, I3. Такие числа известны как простые числа Мерсена.

При циклическом преобразовании Гогина расширенного изображения, описываемого формулой (3), как указывалось в работе [5], нулевая строка и нулевой столбец матрицы S_m при перестановках Q^{*}_{mi} и Q^{*}_{mj} переходят сами в себя, и формулу (3) для коэффициентов нулевой строки можно записать в другом виде:

$$\hat{y} = \hat{x} S_m , \tag{4}$$

где набор коэффициентов нулевой строки $\hat{x} = \{x_1, x_2, \dots x_{n-1}\} n = 2$, а $\hat{y} = \{y_1, \dots y_{n-1}\}$. Для растянутого изображения (4) имеет очевидное решение

$$\hat{x} = \hat{y} S_m^{-1} . \tag{5}$$

Для распознавания односвязных изображений достаточно информации, заключенной в нулевой строке и нулевом столбце матрицы $\Gamma(f)$, и задача распознавания для растянутых изображений сводится к решению системы $n-1$ уравнений вида (5), т.е. практически распознавание изображений с различным масштабом можно производить таким образом:

I. Для эталонных изображений $f(э)$, состоящих из $\nu \times \nu$ элементов, находим набор коэффициентов $\Gamma(f_э)$. Обозначим их $\hat{X}^{i}_{э}$ (i – номер эталона).

2. Анализируемое изображение f подвергаем преобразованию $\Gamma(f)$ и находим набор коэффициентов первой строки $\hat{y}$.

3. Решаем (5), предполагая различные расширения m, т.е. перебирая m = I, 2 ..., и получаем ряд решений $\hat{X}_n$ (набор m = = I, 2 ... ограничен условием $\nu \times m < 2^{\nu} - 1$). Этот набор X_m можно считать информативным признаком. Если при каком-то m набор $\hat{X}_m$ совпадает с $\hat{X}_э$, то изображение принадлежит i-му классу, а

10-5552

m – его коэффициент расширения. Разумеется, требуемая мера близости X_m и X_j^i должна определяться для конкретных классов i и в зависимости от влияния шумов.

Результаты численного эксперимента по распознаванию расширенных изображений

Четыре эталонных изображения задавались на матрице $\nu \times \nu$ элементов при ν = 5: треугольник – I, прямоугольник – 2, круг – 3, пятиугольник – 4. Эксперимент проводился на ЭВМ "Одра-1204". Для распознавания эталонных изображений оказалось достаточно первой строки преобразования $\hat{X}$, но информационное расстояние, определяемое по формуле

$$\rho_{\kappa\ell}^2 = \sum_{j=1} [X_{0j}^{\kappa} - X_{0j}^{\ell}]^2$$

для различных изображений, не очень велико.

Таблица I

ℓ/κ	$\rho_{\kappa\ell}$			
	κ			
	I	2	3	4
I	0	3I	I60	95
2		0	I43	64
3			0	3I
4				0

В табл. I приведены значения $\rho_{\kappa\ell}$ для всех фигур.

Могло возникнуть опасение, что при решениях системы (5) появится набор $\hat{X}$, близкий к "чужому" эталону, так как решения выполняются при разных m до совпадения набора $\hat{X}$ с одним из эталонов. Однако численный эксперимент показал, что для рассматриваемых классов изображений "пересечения" классов не происходит. Эксперимент проводился при различных расширениях m = I, 2,3,4,5. Более того, расстояние $\rho_{\kappa\ell}$ между расширенным изображением и эталоном при $\kappa \neq \ell$ ни при каких "ошибочных" версиях m не было меньше расстояния между эталонными изображениями. Была проведена оценка возможности распознавания изображения при наличии шумов. Шумы элементов матрицы изображения и фона считались независимыми и нормально распределенными с дисперсией σ^2. В табл.2 приведены значения дисперсий отсчетов фотоприемной матрицы $\sqrt{\sigma^2 y}$, обеспечивающих различие пар объектов с номерами K и ℓ с надежностью 95% для различных m. Очевидно, что требования к стабильности отсчетов высоки. Но, как и следовало ожидать, с увеличением размера изображения они снижаются.

Таблица 2

Пары фигур	$\sqrt{\sigma^2 y}$			
	расширение "m"			
1	2	3	4	5
1 и 2	0,02	0,03	0,04	0,06
1 и 3	0,04	0,07	0,1	0,14

Вывод

Результаты численного эксперимента показали, что циклическое преобразование Гогина позволяет при изменении масштаба изображения вычислить информативные признаки изображения, инвариантные к изменению масштаба. Для конкретных классов изображения, не препятствующих различению объектов с заданной надежностью, даны численные оценки допустимых шумов изображения.

Литература

1. Smift R.D. d.o Hadamard transform imager and imaging spectrometr.- Appl. Opt. 1976. V15 N6, p. 1595-1609.

2. Oliver C.I. Optical image processing by multiplex coding. Appl. Opt, 1976. N1, p. 93-106.

3. Берковская К.Ф. Возможности реализации Адамаровского спектроанализатора на фотоприемном устройстве типа "Маскон".-В кн.:Оптическая обработка информации.-Л.:Наука, 1978, с.135-147.

4. Гогин Н.Д. Преобразование Адамара и сдвиг изображения.- Автометрия, 1979, № 2, с.26-31.

5. Гогин Н.Д. Преобразование Адамара и увеличение масштаба сигнала.-Автометрия, 1980, № 6, с.112-115.