

С. А. Рогачев – магистрант кафедры компьютерной математики и программирования

В. А. Матьяш (канд. техн. наук, доц.) – научный руководитель

ОБРАБОТКА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МАТРИЦ СОПРЯЖЕННОСТИ УРОВНЕЙ СЕРОГО

При анализе изображений важной их характеристикой служит текстура, которая присутствует во всех изображениях, начиная с изображений, получаемых с помощью самолетных и спутниковых устройств и кончая микроскопическими изображениями в биомедицинских исследованиях. Однако, несмотря на это, концепция текстуры не очень хорошо определена и понимается даже сегодня. Одно из свойств, определяющих текстуру, – пространственное распределение серых значений. Пространственная сопряженность уровней серого оценивает признаки изображения, связанные со статистическими вычислениями второго порядка. Харалик предложил использование матриц сопряженности уровня серого (GLC-матрица), которые стали одними из наиболее известных и широко используемых признаков текстуры [1]. Сопряженность определяется на основе пар пикселей, разделенных заданным направлением и расстоянием. Так, если расстояние равно одному пикселю, а направление горизонтальное, то для определения сопряженности берутся все пары пикселей в окне, расположенные рядом по горизонтали. Для каждого направления и расстояния создается собственная GLC-матрица. В каждую ячейку (i, j) в качестве меры записывается вероятность того, что разделенные указанным способом пиксели имеют яркости i и j . Таким образом, GLC-матрица является квадратной, с размерностью по вертикали и горизонтали, равной числу использованных уровней яркости (интервалов) [2].

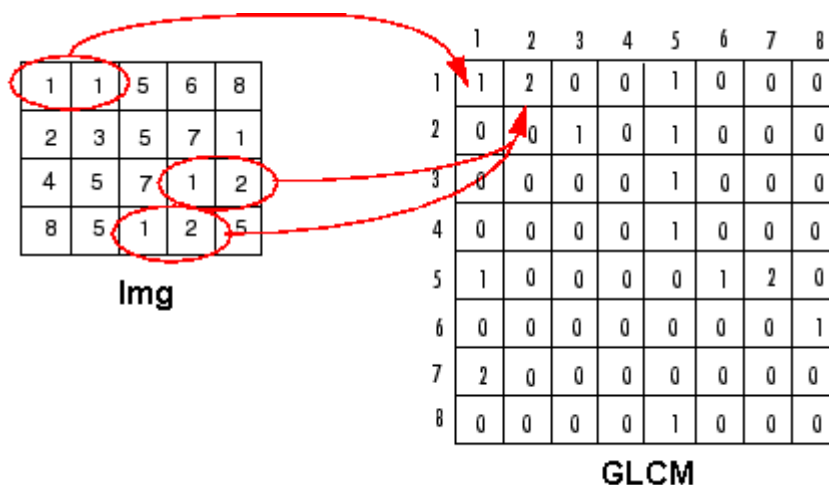


Рис. 1. Пример формирования GLC-матрицы

На рисунке 1, представлена матрица исходного изображения **Img**, и полученная из нее **GLC**-матрица, для случая, когда расстояние равно одному пикселю, а направление горизонтальное. Для дальнейшего применения матрицы требуется, чтобы она была симметричной относительно главной диагонали, такого эффекта можно добиться, если матрицу исходного изображения просмотреть два раза (один раз слева направо, и один раз справа налево). Далее требуется представить элементы в GLC-матрице, в виде вероятности появления определенного сочетания пикселей в изображении, для этого достаточно произвести нормализацию матрицы по общему количеству встретившихся сочетаний пикселей:

$$P_{i,j} = \frac{v_{i,j}}{\sum_{i,j=1}^N v_{i,j}}, \quad (1)$$

где i, j – индексы строк и столбцов матрицы, $v_{i,j}$ – элемент не нормированной матрицы, N – количество градаций уровней серого, или просто, количество строк и столбцов в матрице.

В классификации текстур обычно используются не сами GLC-матрицы, а некоторые их производные характеристики.

Производные характеристики, в свою очередь можно разделить на несколько групп: текстурные характеристики первого порядка, эти характеристики рассчитываются, как дисперсия для значений исходного изображения и не применяются для описания сопряженных пикселей (пикселей «соседей»); текстурные характеристики второго порядка, эти характеристики рассматривают взаимосвязь между группами по два (обычно соседних) пикселя в исходном изображении; текстурные характеристики третьего порядка, должны учитывать взаимосвязь между тремя и более пикселями. Теоретически такие характеристики могут быть использованы, но обычно не реализуются из-за нехватки большого времени расчета и трудностей в интерпретации [3].

При расчете текстурных характеристик по GLC-матрице, получается одно единственное значение этой характеристики. Для получения текстурно-обработанного изображения создается окно с радиусом $(N-1)/2$ пикселей (для получения окна $N \times N$), текстурная характеристика высчитывается для целого окна и записывается в его центр.

На рисунке 2 представлен пример расчета текстурной характеристики для исходного изображения.

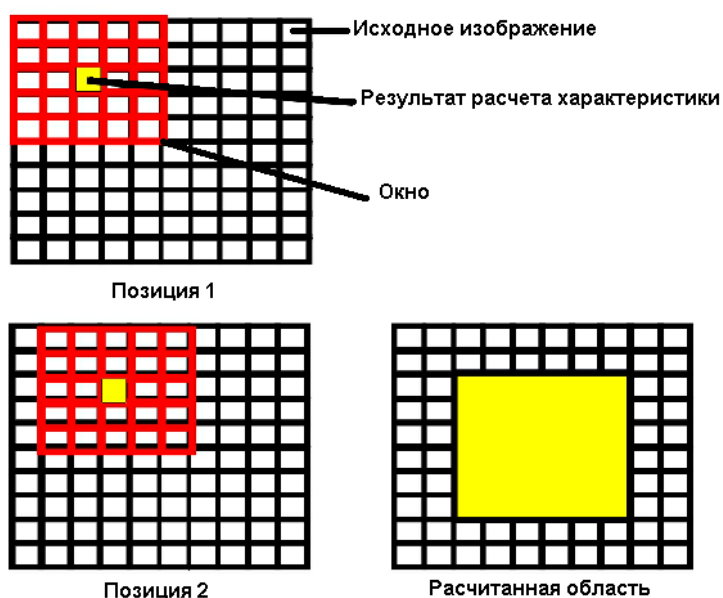


Рис. 2. Расчет текстурной характеристики

На приведенном изображении видно, что характеристика будет рассчитана не для всех пикселей изображения. По краям останутся области, к которым не была рассчитана текстурная характеристика, ширина этой области равняется радиусу окна, который равняется: $(N - 1)/2$. Обычно эта область заполняется ближайшими рассчитанными значениями, и сама по себе очень мала. Однако для изображений маленького размера или при применении большого окна, следует учитывать, как заполнялись крайние области изображения при дальнейшей интерпретации полученных результатов.

В данной статье буду описаны текстурные характеристики, которые наиболее часто реализуются и встречаются на практике. Из множества текстурных характеристик Харалика, можно выбрать три некоррелирующих признака: контраст, энтропия и корреляция. Контраст – мера распространения уровней яркости, вычисляется по формуле [3]:

$$C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (i - j)^2 P_{i,j}, \quad (2)$$

где $P_{i,j}$ – вероятность появления пикселей с яркостью i и j , отстоящие друг от друга на заданном расстоянии, в заданном направлении на обрабатываемом изображении. Для расчета этой характеристики используется матрица весов, чтобы подчеркнуть больший контраст на большом изображении. Матрица весов, заполняется по следующему принципу: если i равно j , то есть яркость пикселей полностью совпадает, то в матрицу записывается 0, если i и j отличаются на единицу, то в матрицу записывается 1,

если отличаются на 2, то записывается 4 и так далее. В результате матрица весов размерностью 5×5 пикселей, примет вид как на рисунке 3.

0	1	4	9	16
1	0	1	4	9
4	1	0	1	4
9	4	1	0	1
16	9	4	1	0

Рис. 3. Матрица весов для характеристики – контраст

Термин энтропия является крайне сложным для понимания, его концепция исходит из термодинамики. В нетехнической речи означает непоправимый хаос и беспорядок, является мерой «беспорядка» на изображении [4], характеризует упорядоченность пикселей в пределах окна. Вычисляется данная характеристика по формуле (3), приведенной ниже [3].

$$E = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_{i,j} \log(P_{i,j}), \quad (3)$$

Корреляция измеряет линейную зависимость между значением серого соседних пикселей. Вычисляется по формуле [3]:

$$Cor = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{((i-\mu_i)(j-\mu_j))}{\sigma_i \sigma_j} P_{i,j}, \quad (4)$$

где μ_i и μ_j – среднее по строкам и по столбцам, σ_i и σ_j – дисперсия средник по строка и по столбцам, соответственно. Интуитивный смысл расчетных значений данной характеристики в том, что: 0 – значения некоррелируют, 1 отлично коррелируют. Вычисление данной характеристики иногда затруднено тем, что при обработке однородной области, дисперсия может быть равна нулю. В результате в знаменателе корреляционного уравнения образуется ноль, и соотношение становится неопределенным.

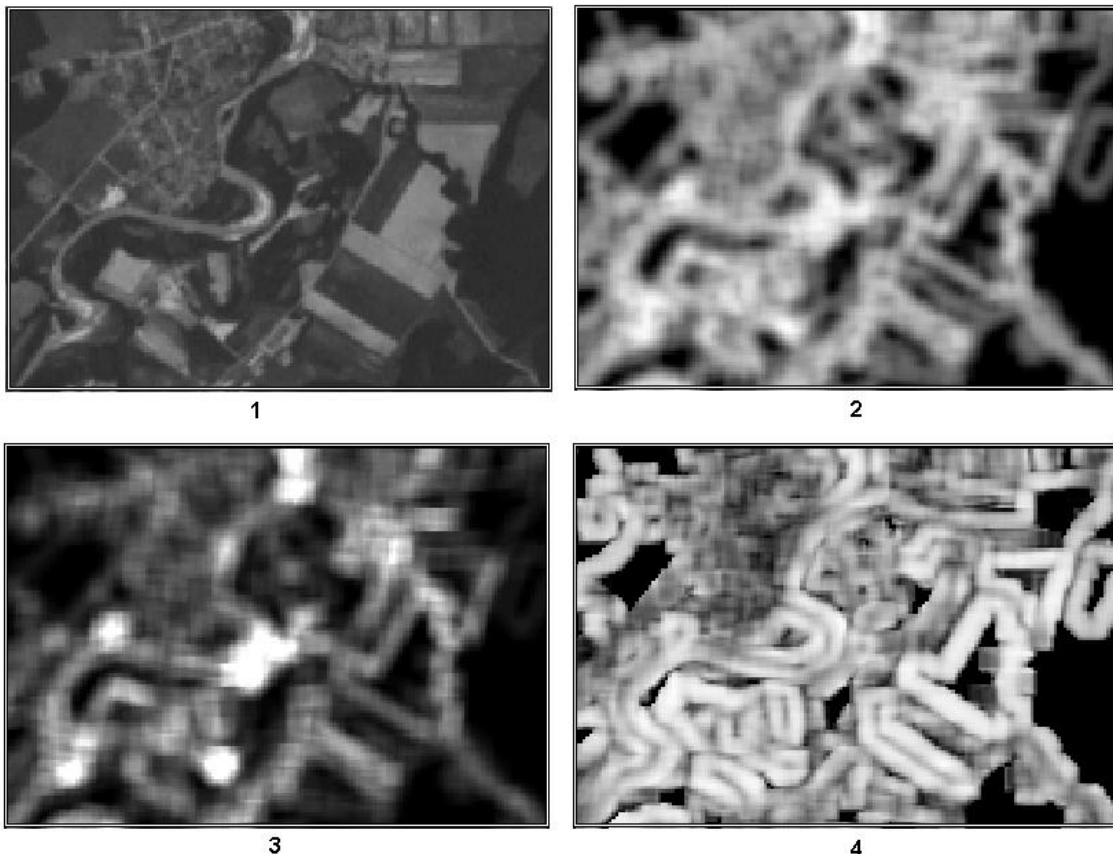


Рис. 4. Результаты классификации текстур исходного изображения (1), по характеристикам: энтропия (2), контраст (3), корреляция(4).

На рисунке 4, представлен фрагмент исходного аэрокосмического изображения сделанного в красном диапазоне, а также представлены рассчитанные текстурные характеристики. Как видно полученные результаты соответствуют описанным ранее свойствам характеристик. Все характеристики безошибочно определили зоны наиболее однородного покрытия (на изображениях это наиболее темные участки). В дальнейшем можно попробовать с помощью синтеза результатов вычисления разных характеристик проводить дешифрирование аэрокосмических изображений. К преимуществу данного метода, можно отнести тот факт, что для дешифрирования необходим всего один канал аэрокосмического снимка (можно выбрать наиболее предпочтительный канал).

Библиографический список

1. Антошук С. Г., Сербина Н. А. Система распознаваний текстурных изображений при экологическом мониторинге / С. Г. Антошук, Н. А. Сербина - Одесский национальный политехнический университет – 2002 год.
2. *ScanEx Image Processor v.3.0*, Модуль обработки радиолокационных изображений / Copyright © 2002–2009, RDC ScanEx. All Rights Reserved.
3. Харалик Р. М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур / Р. М. Харалик, ТИИРЭ 5, 1979, 98-118.
4. Родионова Н. В. Классификация одноканальных радиолокационных изображений по текстурным признакам / Н.В. Родионова - Институт радиотехники и электроники РАН, Московская область, г. Фрязино.