

УДК 677.024: 519.15

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФА СОСЕДСТВА ЦВЕТОВ ДЛЯ
РАСПОЗНАВАНИЯ ЦВЕТНЫХ КЛЕТОК В ТЕКСТИЛЬНЫХ УЗОРАХ**

**USE OF THE GRAPH OF COLORS ADJACENCY
FOR COLORED CELLS DETECTION IN TEXTILE PATTERNS**

Г.И. БОРЗУНОВ, К. А. МОИСЕЕВ, А. Н. НОВИКОВ
G.I. BORZUNOV, K.A. MOISEEV, A.N. NOVIKOV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

В статье описывается метод поиска изображений с клетчатыми элементами композиции путем анализа графа соседства цветов. Рассмотрено влияние перестановок разноцветных клеток в узоре, а также несимметричных размеров клетки на граф соседства цветов.

The article describes the method of retrieval of images with cell elements of a composition by the method of analysis of the color adjacency graph. The impact of transposition of colored cells in a pattern as well as asymmetric cells sizes on the graph of colors adjacency has been considered.

Ключевые слова: поиск изображений, граф, цветные клетки.

Keywords: image search, graph, colored cells.

Реализация удаленного доступа к электронным коллекциям изображений требует разработки адекватных математических моделей [1] и развития новых информационных технологий [2]. В данной работе считается, что точки рассматриваемых изображений могут быть окрашены в один из 16 цветов, являющихся представителем одного из 16 интервалов. Это предположение не ограничивает общности приводимых ниже результатов. Реализация предлагаемого метода требует для каждого изображения кроме построения вектора гистограммы $H[16]$ дополнительного расчета матрицы соседства цветов $A[16][16]$. Пусть коды точек изображения цветного узора размещены в массиве $C[m][n]$, тогда

псевдокод алгоритма построения вектора гистограммы $H[16]$ и матрицы соседства цветов $A[16][16]$ имеет вид:

```
for(i=0; i<16; i++){H[i]=0.0; for(j=0; j<16; j++){A[i][j]=0.0;}}
for(i=0; i<m; i++){ for(j=0; j<n; j++){
ir=C[i][j];H[ir]++;}}
for(i=0; i<m; i++){ for(j=0; j<n; j++) {
icol=C[i][j]; icol=C[i][j]; if(i>0) ir = i-1; else
ir = m-1; jr = j;
jcol=C[ir][jr];A[icol][jcol]+=1.0; if(j>0) jr =
j-1; else jr = n-1; ir = i; jcol=C[ir][jr];
A[icol][jcol]+=1.0; if(i<m-1)ir = i+1; else ir
=0; jr = j; jcol=C[ir][jr]; A[icol][jcol]+=1.0;
if(j<n-1) jr = j+1; else jr =0; ir = i;
jcol=C[ir][jr]; A[icol][jcol]+=1.0;}}
```

Например, пусть цветной узор $C1[4][4]$ состоит из 4 клеток (квадратов), окрашенных в 2 цвета, каждая из которых имеет размерность 2×2 точки (табл. 1).

Таблица 1

$i \setminus j$	0	1	2	3
0	0	0	1	1
1	0	0	1	1
2	1	1	0	0
3	1	1	0	0

Тогда соответствующая гистограмма имеет вид вектора: $H1[16] = \{8, 8, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, а матрица соседства цветов $A1[16][16]$ – вид табл. 2.

Таблица 2

$i \setminus j$	0	1	2 ... 15
0	16	16	0 ... 0
1	16	16	00
2	0	0	00
...
15	0	0	00

Пусть матрица $A1$ является матрицей смежности вершин графа соседства цветов узора ($G1$), ребра которого взвешены положительными целыми значениями элементов матрицы $A1$ (рис. 1 – граф соседства цветов узора ($G1$), матрица смежности которого приводится в виде табл. 2).

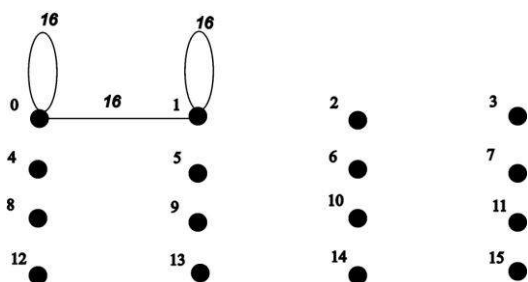


Рис. 1

Таблица 3

$i \setminus j$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	1	1	2	2	3	3
1	0	0	1	1	2	2	3	3
2	1	1	2	2	3	3	0	0
3	1	1	2	2	3	3	0	0
4	2	2	3	3	0	0	1	1
5	2	2	3	3	0	0	1	1
6	3	3	0	0	1	1	2	2
7	3	3	0	0	1	1	2	2

Для сравнения с узорами, состоящими из горизонтальных линий, рассмотрим цветной узор $C2[8][8]$, который состоит из 8 окрашенных в 4 различных цвета клеток (квадратов), каждая из которых имеет размерность 2×2 точки (табл. 3). Вектор гистограммы этого узора имеет вид: $H2[16]: \{16, 16, 16, 16, 0, \dots, 0\}$. Граф соседства цветов $G2$, соответствующий цветному узору $C2$, приводится на рис. 2.

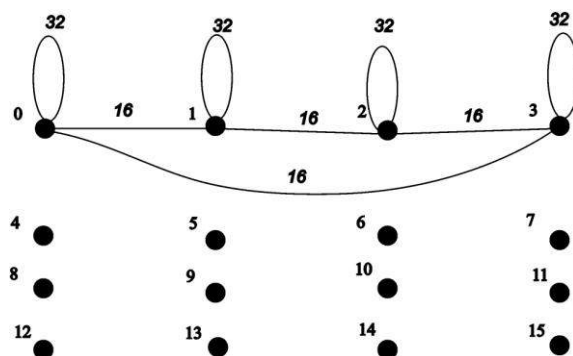


Рис. 2

Таблица 4

$i \setminus j$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3

Вектор гистограммы этого узора имеет вид: $H3[16]: \{4, 4, 4, 4, 0, 0, \dots, 0\}$. Граф соседства цветов $G3$, соответствующий цветному узору, состоящему из четырех разноцветных линий (табл. 4), приводится на рис. 3.

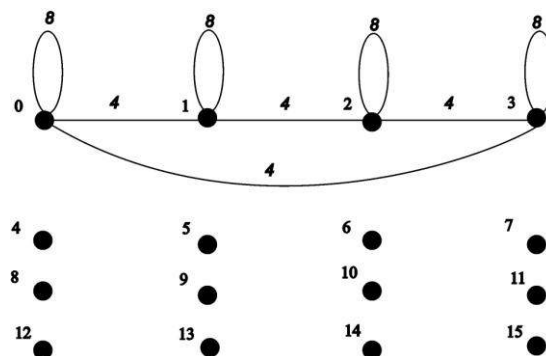


Рис. 3

Граф $G2$ по структуре полностью совпадает с графом $G3$, то есть эти два графа

определяются одним и тем же отношением инцидентности вершин ребрам и петлям. Эти два графа различаются только весами ребер и петель, так как оказываются различными их матрицы соседства цветов $A2[16][16]$ и $A3[16][16]$ (соответственно табл. 5, 6). Различны также гистограммы $H2[16]$, $H3[16]$.

Таблица 5

$i \setminus j$	0	1	2	3	4...15
0	32	16	0	16	0...0
1	16	32	16	0	0...0
2	0	16	32	16	0...0
3	16	0	16	32	0...0
4	0	0	0	0	0...0
...
15	0	0	0	0	0...0

Таблица 6

$i \setminus j$	0	1	2	3	4...15
0	8	4	0	4	0...0
1	4	8	4	0	0...0
2	0	4	8	4	0...0
3	4	0	4	8	0...0
4	0	0	0	0	0...0
...
15	0	0	0	0	0...0

Для устранения влияния числа точек в изображении узора или масштаба представления узора можно использовать нормировку, псевдокод алгоритма которого имеет вид: $k1=m*n; k2=4*k1; \text{for}(i=0; i<16; i++)\{H[0][i]=k1; \text{for}(j=0; j<16; j++)\{A[0][i][j] /=k2;\}}$; где m, n – соответственно число строк и число столбцов в изображении узора. После нормировки векторы гистограмм $H2, H3$ совпадают и имеют вид: $H_{norm}[16]=\{0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0, \dots, 0\}$. Матрицы соседства цветов $A2, A3$ после нормировки также оказываются одинаковыми и равными матрице $A_{norm}[16][16]$, которая приводится в табл. 7.

Таблица 7

$i \setminus j$	0	1	2	3	4...15
0	0.125	0.0625	0	0.0625	0...0
1	0.0625	0.125	0.0625	0	0...0
2	0	0.0625	0.125	0.0625	0...0
3	0.0625	0	0.0625	0.125	0...0
4	0...0	0...0	0...0	0...0	0...0
...
15	0...0	0...0	0...0	0...0	0...0

При изменении формы клеток не изменяются вектор гистограммы, в графе соседства цветов сохраняется цикл, проходящий по инцидентным петлям вершинам. Однако в графе соседства цветов появляются новые ребра и изменяются веса петель и ребер, составляющих указанный цикл. Например, пусть узор $C4[8][8]$ состоит из клеток 3×2 вместо клеток 2×2 , как в случае узора $C2[8][8]$ (табл. 8). Цветному узору $C4[8][8]$ соответствует матрица соседства цветов $A4[16][16]$, приведенная ниже в виде табл. 9, и граф соседства цветов $G4$, изображенный на рис. 4.

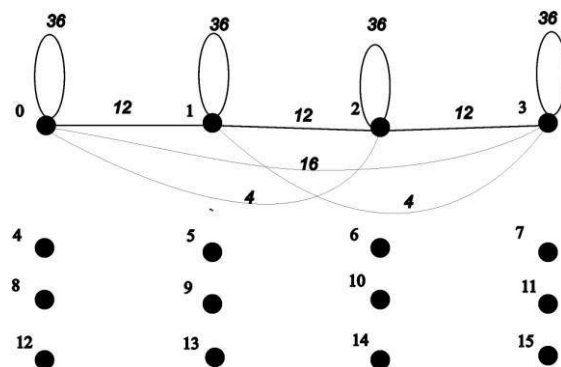


Рис. 4

Таблица 8

$i \setminus j$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	1	1	2	2	3	3
1	0	0	1	1	2	2	3	3
2	0	0	1	1	2	2	3	3
3	1	1	2	2	3	3	0	0
4	1	1	2	2	3	3	0	0
5	1	1	2	2	3	3	0	0
6	2	2	3	3	0	0	1	1
7	2	2	3	3	0	0	1	1

Таблица 9

$i \setminus j$	0	1	2	3	4...15
0	36	12	4	12	0...0
1	12	36	12	4	0...0
2	4	12	36	12	0...0
3	12	4	12	36	0...0
4	0...0	0...0	0...0	0...0	0...0
...
15	0...0	0...0	0...0	0...0	0...0

Сравнение графов соседства цветов $G2$ (рис. 2) и $G4$ (рис. 4) показывает, что при нарушении регулярности (симметрии) узора за счет несимметричных размеров клетки в графе соседства цветов ($G4$) кроме

простого цикла, проходящего по всем инцидентным петлям вершинам, появляются дополнительные ребра. Эти дополнительные ребра имеют значительно меньший вес, что позволяет не учитывать их при анализе (индексации) изображений.

ВЫВОДЫ

1. Графы соседства цветов узоров, представляющих собой перестановки разноцветных квадратов (клеток), и узоров состоящих из разноцветных полос, полностью совпадают по структуре, так как состоят из простых циклов, проходящих по инцидентным петлям вершинам. Эти графы в общем случае различаются по весу ребер и петель. Предложенная процедура нормирования весов делает указанные веса одинаковыми.

2. При нарушении регулярности (симметрии) узора за счет несимметричных размеров клетки в соответствующем графе

соседства цветов кроме простого цикла, проходящего по всем инцидентным петлям вершинам, появляются дополнительные ребра. Эти дополнительные ребра имеют значительно меньший вес, что позволяет не учитывать их при анализе (индексации) изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борзунов Г.И., Моисеев К.А.* Разработка программного комплекса для автоматизации обработки точечных изображений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 1. С. 123..125.

2. *Борзунов Г.И., Моисеев К.А.* Автоматизированный анализ композиции текстильных изображений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 3.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна. Поступила 10.12.12.