

УДК 677.024: 519.15

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФА СОСЕДСТВА ЦВЕТОВ
ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ТЕКСТИЛЬНЫХ УЗОРАХ**

**USE OF A NEIGHBORING COLORS GRAPH
FOR RECOGNITION OF LINEAR ELEMENTS
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 Textile State University "A.N. Kosygin")
E-mail: borzunov_g@mail.ru; kirill.moisev@gmail.com

В статье описывается метод поиска изображений полос путем анализа графа соседства цветов. Рассмотрено влияние перестановок разноцветных полос в узоре на граф соседства цветов. Показана инвариантность этого графа к повороту узора на 90 градусов.

The method of image search by the analysis of a neighboring colors graph has been described in the article. The influence of replacement of colorful stripes in a pattern on a neighboring colors graph has been considered. The invariance of this graph to turning of the pattern for 90 degrees has been shown.

Ключевые слова: поиск изображений, граф, цветные полосы.

Keywords: image search, a graph, colored stripes.

Реализация удаленного доступа к электронным коллекциям изображений требует разработки адекватных математических моделей [1] и развития новых информационных технологий [2]. При использовании поиска визуальной информации по цветовым характеристикам для изображения формируется гистограмма, отражающая долю каждого подмножества цветов в цветовой гамме изображения. При разбиении RGB-цветов по яркости вычисляется интенсивность каждого цвета на основании

его красной, синей и зеленой составляющих. Полученное значение, заключенное между числами 0 и 255, попадает в один из 16 интервалов. В качестве расстояния между гистограммами используется сумма модулей разности соответствующих элементов гистограмм. Ниже будем считать, 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 ре-

зультатов. Реализация предлагаемого модифицированного 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 алгоритм построения вектора гистограммы $H[16]$ и матрицы соседства цветов $A[16][16]$ может быть описан в виде псевдокода:

```

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 разноцветных горизонтальных полос шириной в одну точку (табл. 1).

Таблица 1

i\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

Тогда соответствующая гистограмма имеет вид вектора: $H1[16]= \{ 4,4, 4, 4, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, а матрица соседства цветов $A1[16][16]$ вид табл. 2.

Таблица 2

i\j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	8	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	4	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

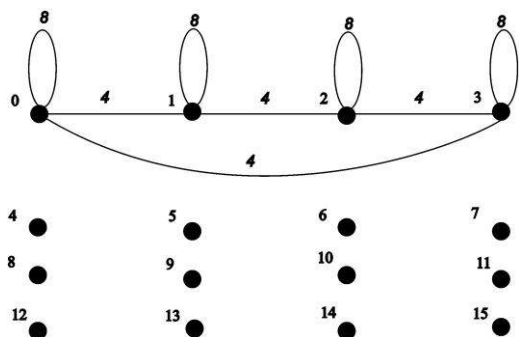


Рис. 1

Пусть матрица $A1$ является матрицей смежности вершин графа соседства цветов узора ($G1$), ребра которого взвешены по-

ложительными целыми значениями элементов матрицы $A1$ (рис. 1). Удлинение горизонтальных полос, очевидно, приведет к изменению весов ребер графа соседства цветов, но не изменит структуру самого графа, то есть при поиске такие узоры будут опознаны как подобные. Увеличение числа разноцветных горизонтальных полос путем добавления в узор новых разноцветных горизонтальных полос такой же ширины и при неизменной длине полос приводит к увеличению длины цикла в графе соседства цветов без изменения весов пе-

$i \setminus j$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9
10	10	10	10	10
11	11	11	11	11

тель при вершинах, по которым проходит цикл, и весов ребер, соединяющих вершины цикла. Например, пусть цветной узор $C2=[4][4]$ состоит из 12 разноцветных горизонтальных полос шириной в одну точку (табл. 3). Тогда соответствующая гистограмма имеет вид вектора: $H2[16]=\{4,4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 0, 0, 0, 0\}$, а цикл графа соседства цветов $G2$ включает в себя как подмножество ребра, образующие цикл в графе $G1$ (рис.2).

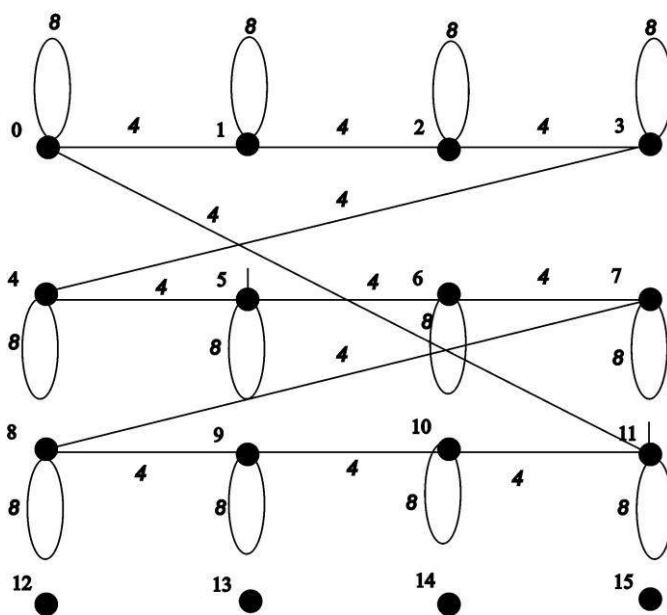


Рис. 2

Если все ребра цикла графа $G2: \{(3, 4), (4, 5), \dots, (11, 0)\}$ заменить одним ребром $(3, 0)$, то получим цикл, полностью совпадающий с циклом графа $G1$. Следует также отметить, что перестановки разноцветных полос в узоре не изменяют вид графа соседства цветов. Таким образом наличие в графе соседства цветов цикла, проходящего по вершинам, инцидентным петлям, вес которых в два раза превосходит вес ребер цикла, является признаком наличия в рисунке разноцветных горизонтальных полос шириной в 1 точку. При этом длина цикла определяет число разноцветных полос (число цветов), а вес ребер равен длине горизонтальных полос (количеству точек в каждой полосе). Рассмотрим полосы произвольной ширины. Легко видеть, что при

увеличении ширины горизонтальных полос в самом узоре увеличивается только число соседних точек, имеющих одинаковый цвет, а число смежных точек, окрашенных в разные цвета, остается без изменения. Соответственно в графе соседства цветов длина характеризующего горизонтальные полосы цикла остается без изменения, вес ребер указанного цикла также не меняется, а вес петель инцидентных вершинам этого цикла, увеличивается. Например, пусть $C3=[8][4]$ состоит из 4 полос шириной 2 (табл. 4). В этом случае граф соседства цветов $G3$ будет содержать цикл, отличающийся от цикла графа $G1$ только весом петель, инцидентных вершинам, по которым проходит цикл.

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
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9
10	10	10	10	10
11	11	11	11	11

Вес этих петель оказывается как в графе $G1$ одинаковым для всех петель и рав-

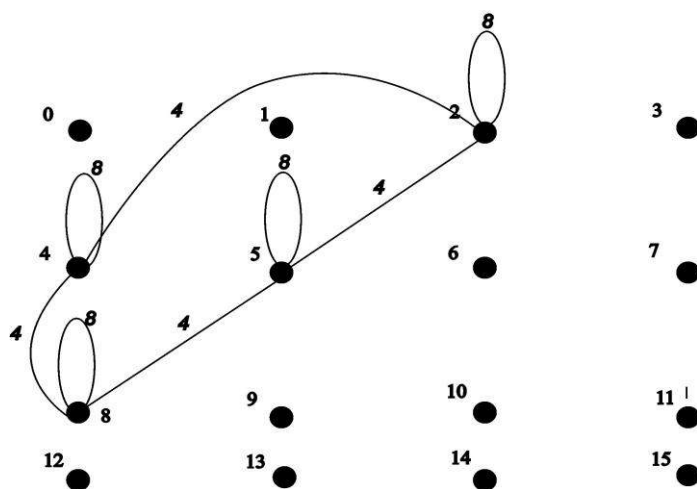


Рис. 3

Граф соседства цветов $G4$, построенный для узора, определенного табл. 5 приводится на рис. 3. Легко видеть, что этот граф изоморфен графу $G1$. Действительно, после переименования вершин графа $G4$: 2 в 0, 5 в 1, 8 в 2, 4 в 3, графы совпадают, что определяет подобие $C1$ и $C4$. Следует отметить, что в общем случае по векторам гистограмм нельзя установить подобие узоров.

Таблица 6

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

Так, узор $C5=[4][4]$, состоящий из двух диагоналей и четырех двухэлементных элементов (табл. 6), имеет в точности та-

ким 24. В общем случае вес петель p может быть определен из соотношения: $p=p1+2(k-1)p1$, где $p1$ – вес петель при ширине полосы, равной 1; k – новая ширина полосы, измеренная в числе точек. Пусть $C4=[4][4]$ состоит из 4 разноцветных горизонтальных полос шириной в одну точку (табл. 5).

Таблица 5

$i \setminus j$	0	1	2	3
0	2	2	2	2
1	5	5	5	5
2	8	8	8	8
3	4	4	4	4

кой же вектор гистограммы $H5[16]=\{4,4,4,4,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0\}$, как и узор $C1$, состоящий из 4 горизонтальных линий (табл. 1, вектор $H1$). Рассмотрим теперь узоры состоящие из вертикальных полос, шириной в 1 точку. Пусть узор $C6=[4][4]$ определяется табл. 7.

Таблица 7

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

Тогда соответствующая $C6$ гистограмма имеет вид вектора: $H6[16]=\{4,4,4,4,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0\}$, а матрица соседства цветов $A6[16][16]$, $A1[16][16]$, и графы соседства цветов $G6$, $G1$ в точности совпадают.

ВЫВОДЫ

1. Графы соседства цветов для узоров, состоящих из одинакового числа разноцветных полос шириной в 1 точку, изоморфны. При увеличении ширины полос в графах соседства цветов меняются только веса петель.

2. Граф соседства цветов инвариантен к повороту на 90° узора, состоящего из разноцветных полос, и может быть использован для определения подобия узоров, состоящих из разноцветных полос.

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 04.11.11.
