

## АЛГОРИТМ ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТА ТОЧЕК РИСУНКА ПРИ ЕГО ПРЕОБРАЗОВАНИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Г.И. БОРЗУНОВ, А.Е. ВОЙНОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Ранее в [1] была впервые предложена математическая модель, обеспечивающая путем изменения цвета отдельных точек преобразование потенциально допустимых изображений, имеющих допустимую глубину цвета, в технологически допустимые изображения, удовлетворяющие необходимым требованиям технологии ткачества.

Указанное преобразование изображений основывается на удалении из графа структуры рисунка запрещенных фигур. В соответствии с предложенной математической моделью удаление запрещенных фигур из графа структуры рисунка представляет собой итеративно повторяющуюся процедуру, которая осуществляется в два этапа.

На первом этапе для каждой вершины определяется количество инцидентных этой вершине запрещенных фигур. На втором этапе из графа структуры рисунка удаляются запрещенные фигуры. Это реализуется удалением ребер, принадлежащих запрещенным фигурам.

Для удаления любого ребра из графа структуры рисунка необходимо изменить цвет одной из точек рисунка, соответствующих вершинам, инцидентным удаляемому ребру.

Число изменений исходного рисунка, необходимых для удаления всех запрещенных фигур, определяется выбором точек, меняющих свой цвет, а также выбором цветов, в которые эти точки перекрашиваются.

В [1] впервые был предложен алгоритм, реализующий первый этап процедуры удаления запрещенных фигур из графа струк-

туры рисунка. В настоящей статье впервые описывается алгоритм DelCycles, реализующий второй этап этой процедуры.

Пусть в соответствии с ранее предложенной математической моделью [1] для точечного рисунка задан граф структуры цветного рисунка  $G(V, U)$ , вершины которого (множество  $V$ ) соответствуют цветным точкам заданного рисунка, а каждое ребро ( $\forall u \in U$ ) окрашено в один из двух цветов, обозначаемых нулем или единицей, или, другими словами, имеет вес, равный либо 0, либо 1.

После выполнения первого этапа процедуры удаления запрещенных фигур определяется вершина  $v_{\max} \in V$ , которая представляет собой вершину, инцидентную максимальному количеству запрещенных фигур.

При вызове  $Adj(G, w, 0)$  функция  $Adj$  возвращает множество вершин, принадлежащих окрестности вершины  $w$  и соединенных с вершиной  $w$  ребрами с весом 0, а при вызове  $Adj(G, w, 1)$  функция  $Adj$  возвращает вершины той же окрестности, но соединенные с вершиной  $w$  ребрами с весом 1.

Наконец, в ассоциативном массиве  $C$  хранятся коды цветов точек, соответствующих вершинам графа структуры рисунка:  $C[v]$  представляет собой код цвета точки, соответствующей вершине  $v$ .

Ниже приводится псевдокод алгоритма DelCycles, в описании которого использована традиционная математическая нотация и обозначения, принятые в языке СИ:

```
DelCycles (G, vmax)
{ /* Начало функции DelCycles */
X0= Adj(G, vmax, 0); X1= Adj(G, vmax, 1);
```

```

if(|X0|<|X1|) {k=|V|;
/* Выбор вершины минимальной степени в множестве X0 */
  for( $\forall x \in X0$ ) {
    if(|Adj(G, x, 0)|<k) {k=|Adj(G, x, 0)|; w=x;}
  } /* Конец цикла for( $\forall x \in X0$ ) */
  c=C[vmax]; C[vmax]= C[w];
  if(|X0|<= |Adj(G, vmax, 0)|) {C[vmax]=c; k=0;
/* Выбор вершины максимальной степени в множестве X0 */
  for( $\forall x \in X0$ ) {
    if(|Adj(G, x, 0)|>k) {k=|Adj(G, x, 0)|; w=x;}
  } /* Конец цикла for( $\forall x \in X0$ ) */
  C[w]= C[vmax];
  } /* Конец оператора if(|X0|<= |Adj(G, vmax, 0)|) */
  } /* Конец оператора if(|X0|<|X1|) */
else {k=|V|;
/* Выбор вершины минимальной степени в множестве X1 */
  for( $\forall x \in X1$ ) {
    if(|Adj(G, x, 1)|<k) {k=|Adj(G, x, 1)|; w=x;}
  } /* Конец цикла for( $\forall x \in X1$ ) */
  c=C[vmax]; C[vmax]= C[w];
  if(|X0|<= |Adj(G, vmax, 1)|)
    {C[vmax]=c; k=0;
/* Выбор вершины максимальной степени X1 */
  for( $\forall x \in X1$ ) {
    if(|Adj(G, x, 1)|>k) {k=|Adj(G, x, 1)|; w=x;}
  } /* Конец цикла for( $\forall x \in X1$ ) */
  C[w]= C[vmax];
  } /* Конец оператора if(|X0|<= |Adj(G, vmax, 1)|) */
  } /* Конец оператора else */
} /* Конец функции DelCycles */

```

Из приведенного выше описания алгоритма видно, что в результате его выполнения изменяется цвет либо точки, соответствующей вершине  $v_{max}$ , либо цвет точки, которая соответствует одной из вершин, смежных с вершиной  $v_{max}$  в графе структуры рисунка.

Выбор точки  $v_{max}$  основывается на глобальном по отношению к структуре изображения критерии. Анализ вариантов описанного выше алгоритма DelCycles показал, что попытка использовать для его построения также глобальный критерий приводит к недопустимо высокой временной сложности.

Действительно, пусть обрабатывается точечный рисунок размером  $n \times n$ . Тогда число вершин соответствующего графа структуры рисунка будет равно  $n^4$ .

Для построения глобального критерия

понадобится многократный обход графа структуры рисунка "в глубину" или "в ширину" [2.с. 217...220], что приведет в худшем случае к асимптотической оценке временной сложности, равной  $O(n^{12})$ . Вследствие этого предлагаемый алгоритм основывается на эвристическом критерии, который предполагает анализ окрестности вершины  $v_{max}$  до и после возможного изменения цвета точки, соответствующей этой вершине.

Если степень вершины  $v_{max}$  после предполагаемого изменения цвета указанной точки не уменьшается, то меняется цвет точки  $w$ , которая соответствует вершине, принадлежащей окрестности  $v_{max}$ , и имеет максимальную степень среди вершин этой окрестности.

Указанная точка окрашивается в цвет точки, соответствующей вершине  $v_{max}$ .

При этом обеспечивается уменьшение степени вершины  $v_{max}$ , что приводит к удалению из графа структуры циклов нечетной длины, инцидентных вершине  $v_{max}$ .

Таким образом, обеспечивается эффективность предлагаемого алгоритма: за конечное число шагов из графа структуры рисунка будет удалено число циклов нечетной длины, и в указанном графе не останется запрещенных фигур, а соответствующий этому графу рисунок превратится в технологически допустимое изображение.

## ВЫВОДЫ

1. Впервые предложенный алгоритм рационального определения нового цвета для выбранной точки основывается на сочетании анализа глобальных характеристик (число запрещенных фигур) и ло-

кальных характеристик (степени вершин) графа структуры рисунка.

2. Использование в качестве критерия рационального выбора нового цвета точки уменьшение мощности степени вершины, соответствующей этой точке, обеспечивает эффективность предлагаемого алгоритма при сохранении его невысокой временной сложности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Борзунов Г.И.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2006, №5.

2. *Ахо А.В., Хопкрофт Дж., Ульман Дж.Д.* Структуры данных и алгоритмы. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и вычислительной техники. Поступила 30.05.06.