

# ЗАДАЧА КЛАССИФИКАЦИИ СЛОЖНЫХ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ КОНСТРУКТОРСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ

УДК 004.93:519.71

**МОЛЧАНОВА Вера Сергеевна**

ст. преподаватель, факультет информационных технологий, кафедра информатики,  
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Донецкая область  
Научные интересы: распознавание изображений, конечные автоматы,  
разработка систем компьютерного зрения, системы искусственного интеллекта

## ВВЕДЕНИЕ

В статье решается одна из основных проблем, возникающих при подготовке растровых изображений конструкторских чертежей к их распознаванию и обработке специализированными векторизаторами. Это проблема классификации объектов на линейные и площадные, а также выделение вспомогательных, специфических для такого типа изображений объектов: штриховки, стрелки, пунктирные линии и т. д.

Эту задачу важно решить на этапе предобработки изображения, поскольку линейные и площадные, а также вспомогательные объекты, в дальнейшем обрабатываются разными способами.

Цель работы состоит в разработке и реализации алгоритма, позволяющего определить наличие у каждого из объектов растра особенностей, специфических для каждого типа объектов, на основании которых принимается решение о соответствии объекта тому или иному типу.

Работа состоит из введения, 4-х глав и заключения. В первой главе описаны основные исходные данные, используемые при решении задачи классификации объектов на растровых изображениях технических чертежей, а также вводятся понятия линейных и площадных объектов. Во второй главе работы описан существующий подход к решению задачи сегментации линейных и площадных объектов, показана его трудоемкость в контексте решения проблемы обработки конструкторской документации и

предложен менее трудоемкий подход. В третьей главе работы рассматривается проблема выделения площадных объектов на растре, содержащих штриховки, предложенный алгоритм учитывает специфику штриховок, применяемых при разработке конструкторской документации, согласно ГОСТ и не требует больших временных затрат для его реализации. В четвертой главе рассматривается проблема выделения на растровом изображении стрелок. В заключении представлены выводы о проделанной работе.

## 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Определим бинарное изображение как матрицу  $P$ , каждый элемент которой (пиксел) принимает значение 1 (черный) или 0 (белый). Значение пиксела в точке  $(i, j)$  обозначается как  $p_{ij}$ . Объекты на изображении состоят из черных пикселов.

Для определения значения пиксела используется некоторый агент  $A$ , перемещающийся по растру в направлениях: вправо, влево, вверх и вниз.

Исходное растровое изображение содержит линейные, площадные и вспомогательные объекты, а также текст. Важно ввести критерии отличия объектов различных типов при обработке растровых изображений, содержащих их.

Линейными объектами представляются сущности, "не имеющие ширины, а лишь протяженность

Площадными объектами представляются любые закрашенные области.

Примеры различных линейных и площадных объектов показаны на рисунке 1.

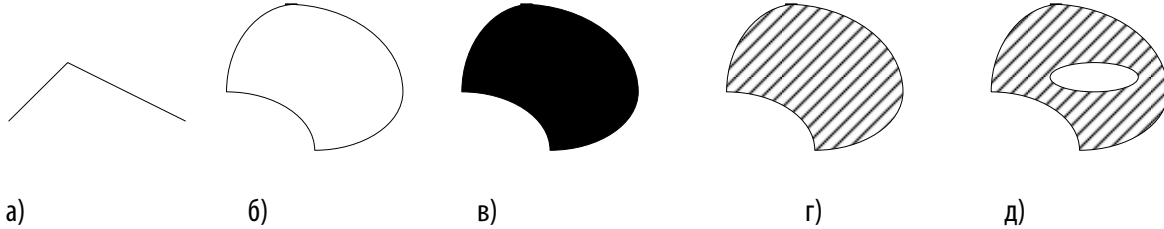


Рисунок 1 – Примеры линейных и площадных объектов: а-б) линейные объекты; в-д) площадные объекты

## 2 СЕГМЕНТАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ И ПЛОЩАДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Необходимость сегментации линейных и площадных объектов возникает ввиду их обработки различными алгоритмами на последующих этапах векторизации. Традиционно эта задача решается с помощью подхода, основанного на применении операторов математической морфологии [1]. В качестве критерия классификации может выступать толщина линии объекта. Если толщина объекта в данной точке меньше некоторого порогового значения  $\Delta$ , то эта точка - на линейном объекте, иначе - на площадном.

Для определения, превышает ли толщина объекта на растре значение  $\Delta$ , к исходному растровому изображению применяется  $\Delta$ -кратный оператор эрозии  $G = P \otimes E_{\Delta}$ . Оператор эрозии  $\otimes$  на каждой итерации стирает 1 слой граничных пикселей объектов, находящихся на исходном растре  $P$ .

Далее применяется оператор восстановления  $\oplus$  со структурирующим элементом  $E$ . В результате получаем растр, содержащий лишь площадные элементы. Математически получение такого растра выглядит следующим образом:

$$F_0 = G; F_i = F_{i-1} \oplus E \cap P; i = 1, \Delta + 1$$

$$P_{nl} = F_{n+1}$$

Растр, содержащий только линейные объекты, получаем как  $P_{лин} = P - P_{nl}$ .

Недостаток такого подхода заключается в необходимости выполнения  $\Delta$ -кратной операции эрозии изображения, а затем его восстановления, что делает трудоемкость алгоритма пропорциональной, где  $S$  определяется как площадь растра  $P$  и равна  $w \times h$ .

В работе предлагается подход, основанный на вычислении максимума локальных минимумов оценки толщины объекта. Оценка толщины объекта  $O$  в точке  $(x, y)$  определяется как минимальное расстояние  $d$  от границы объекта до точки фона (рисунок 2). Прямая, определяющая это расстояние должна пересекать объект и быть параллельна одной из координатных осей.

$$Dl_p = \min(dl_{y,p}, dl_{x,p}), D = \max\{Dl_p\}, p \in O$$

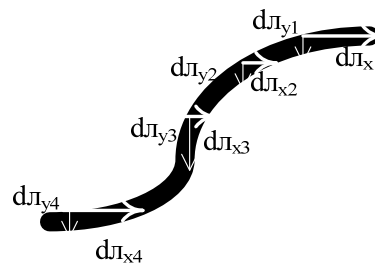


Рисунок 2 – Оценка расстояния от контура до фона

Описанный выше алгоритм подразумевает следующую последовательность шагов.

1) Для выделения граничных точек объекта используется критерий: если  $p_{rs} \neq p_{ij}$ , где  $(r, s) \in 4$ -окрестности точки  $(i, j)$ , то  $(i, j)$  принадлежит границе.

2) Определяется  $dl_{x,p} = x_2 - x_1$  как разность координат между двумя граничными точками объекта на растре по оси  $x$ .

3) Определяется  $dl_{y,p} = y_2 - y_1$  как разность координат между двумя граничными точками растра по оси  $y$ .

4) Определяется оценка толщины объекта в точке  $Dl_p = \min(dl_{x,p}, dl_{y,p})$ .

5) Величина  $D_{L_p}$  определяется для всех граничных точек объекта.

6) Вычисляется максимальное значение оценки толщины объекта на всей его протяженности  $D = \max \{D_{L_p}\}, p \in O$

7) Объект считается линейным, если  $\forall P(x, y) \in O \quad D \leq \Delta$ .

Алгоритм, реализующий данную методику, достаточно прост и представлен на рисунке 3

Описанный алгоритм имеет трудоемкость пропорциональную длине контурной линии, что значительно меньше по сравнению с традиционным подходом.

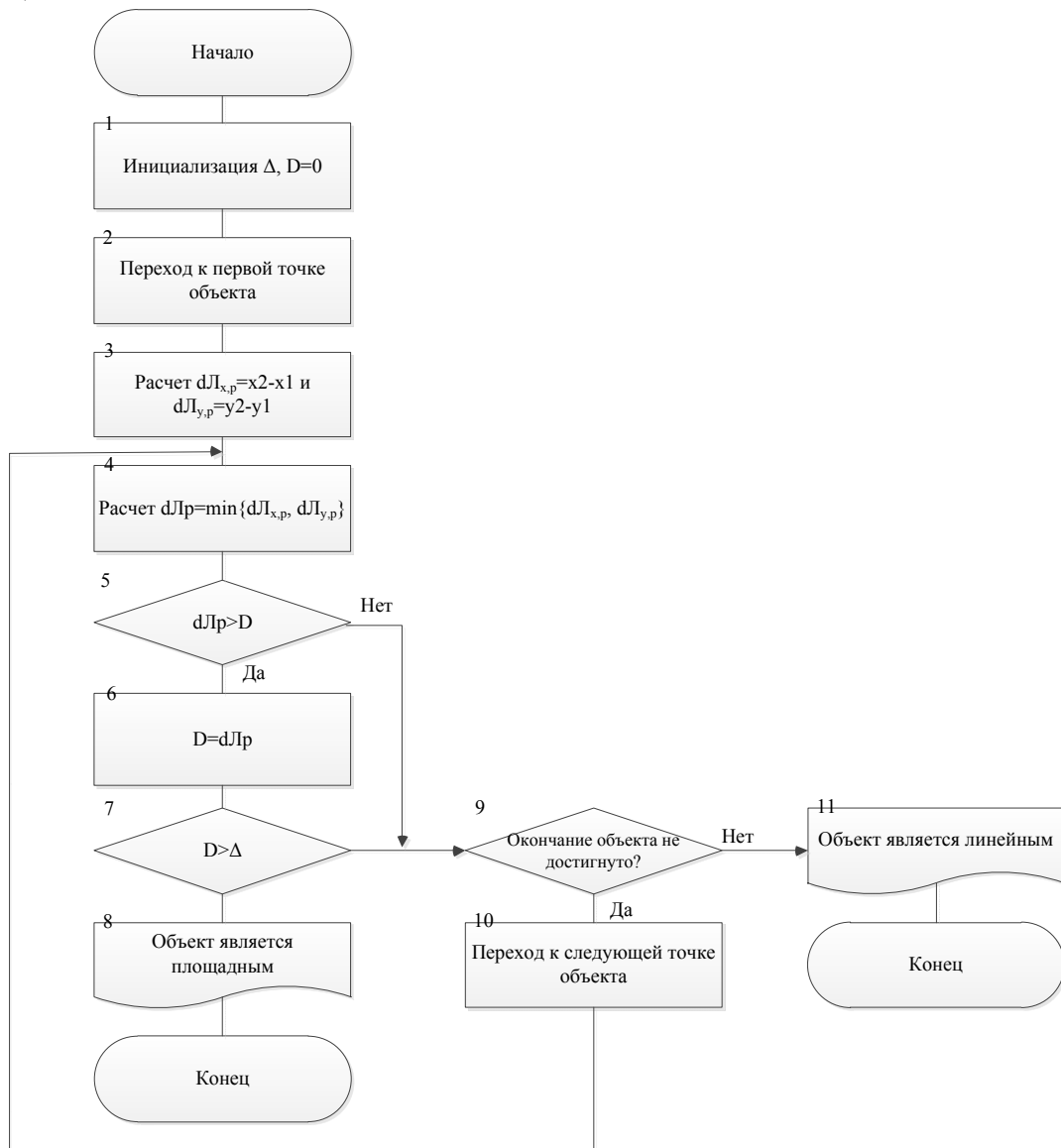


Рисунок 3 – Алгоритм сегментации линейных и площадных объектов

### 3 ВЫДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ШТРИХОВКИ

Площадные объекты могут иметь как заливку сплошным цветом, так и заливку, представленную в

виде стандартных штриховок. Штриховка представляет собой повторяющиеся в определенном порядке линии. При оформлении технических чертежей штриховки используются для изображения сечений [2].

Обычно для распознавания штриховок используется метод основанный на представлении штриховки как последовательности прямых, обладающих одинаковыми геометрическими характеристиками, расстояние между которыми кратно некоторому целому числу  $k$  [3,4]. Существенным недостатком такого метода является необходимость распознавания каждой прямой, составляющей штриховку, что требует дополнительных временных затрат на решение задачи.

В работе предлагается подход, основанный на идее сравнения некоторой локальной области растра со стандартными шаблонами штриховок. Поскольку при

оформлении технических чертежей следует соблюдать ГОСТ, то требования к оформлению штриховок согласно ГОСТ можно представить в виде множества таких шаблонов. При построении шаблонов учитывается тот факт, что линии штриховки имеют наклон 45 градусов [2]. В рамках рассматриваемой задачи такой подход более уместен.

В качестве исходных данных представлен бинарный растр  $P$  и некоторое конечное множество шаблонов  $C$ , каждый из которых описан в виде бинарной квадратной матрицы размерностью  $\{l \times h\}$ .

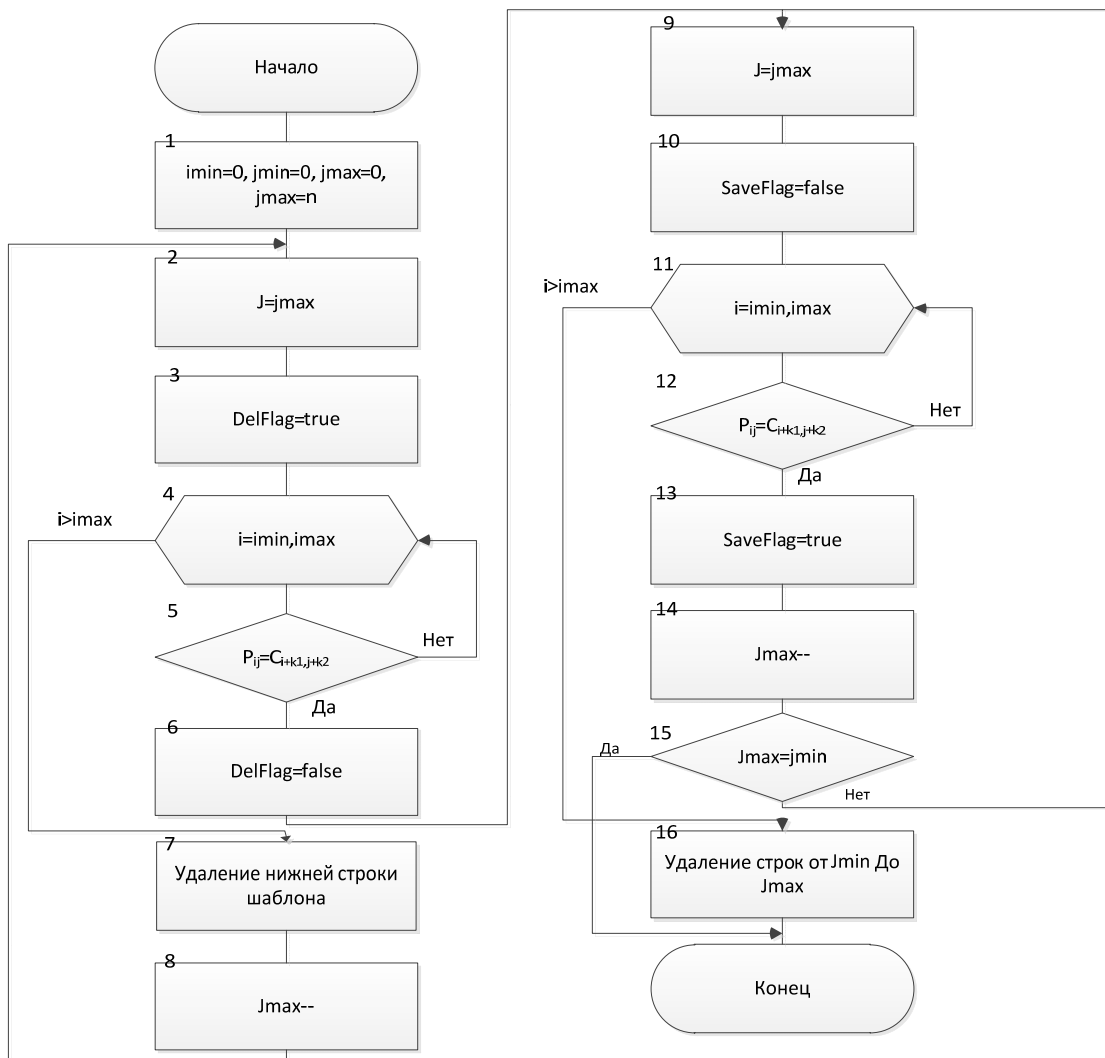


Рисунок 4 – Алгоритм сужения «окна»

Для решения задачи выделения заштрихованных областей на растре будет использован модифициро-

ванный метод «бегущего окна», суть которого сводится к следующему:

1) Проверяется соответствие каждой точки растра шаблону. Полагаем, что точка растра соответствует шаблону, если

$$P_{ij} = C_{i+k_1, j+k_2} \quad (1)$$

Где  $k_1, k_2$  - положение верхнего левого угла шаблона на растре.

2) Полагается, что область является штриховкой, если условие  $P_{ij} = C_{i+k_1, j+k_2}$  выполняется для связанного множества точек на растре. Причем  $i \in (i \min; i \max), j \in (j \min; j \max)$

$$|j \max - j \min| \geq \Delta_1, |i \max - i \min| \geq \Delta_2 : \Delta_1 + \Delta_2 \geq \Delta$$

3) При обнаружении штриховки размер окна подгоняется под площадь штриховки. «Окно» может быть сужено или расширено вниз и вправо, влево и вверх.

Отсечению подлежат строки шаблона, для которых не обнаружено ни одного соответствия с исходным растром, на который данный шаблон накладывается. Графическое представление алгоритма сужения окна показано на рисунке 4.

4) «Окно» может быть сужено путем последовательного отсечения столбцов и строк, начиная от граничных, для которых ни в одной точке не выполняется условие (1). Блок-схема алгоритма сужения окна снизу показана на рисунке 4. Сужение окна слева справа и сверху может быть выполнено аналогичным образом.

5) Расширение окна вправо осуществляется по формуле:

- Вправо

$$c_{i+1, j} = c_{i, j+1} \quad \forall j \in 1, n-1$$

$$c_{i+1, j} = c_{i-1, j} \quad j = n$$

- вниз

$$c_{i, j+1} = c_{i+1, j} \quad \forall i \in 1, n-1$$

$$c_{i, j+1} = c_{i+1, j} \quad i = n$$

Итерационные формулы для формирования шаблона при его расширении влево и вверх могут быть получены аналогичным образом.

Иллюстрация к описанной методике представлена на рисунке 5.

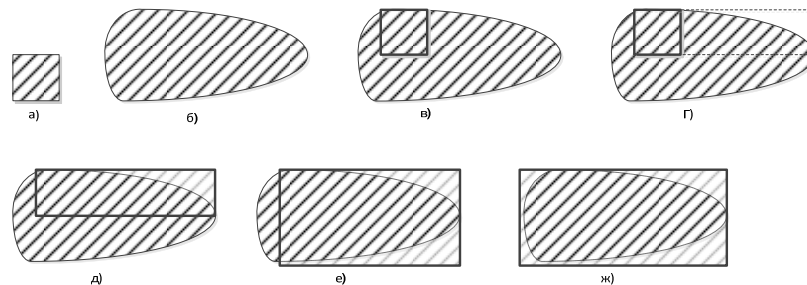


Рисунок 5 – Иллюстрация алгоритма поиска штриховок: а) шаблон для сравнения; б) исходный объект; в) наложение шаблона на объект; г) подготовка к расширению шаблона вправо; д) расширение шаблона вправо; е) расширение шаблона вниз; ж) расширение шаблона влево

#### 4 РАСПОЗНАВАНИЕ СТРЕЛОК

Специфическим для технических чертежей является объект типа «стрелка». Поиск стрелок можно разделить на две стадии:

- первичный поиск стрелок,
- объединение стрелок.

Первичный поиск стрелок заключается в отыскании среди общего списка всех отрезков чертежа трех отрезков, удовлетворяющих условиям:

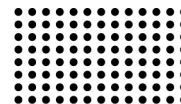
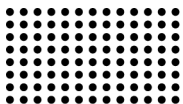
- Первый и второй отрезки имеют длину  $\Delta$  ± 20% и заканчиваются в одной точке.

— Угол между первым и вторым отрезками составляет от 20° до 60°.

— Третий отрезок заканчивается в той же точке что и первые два, при этом длина третьего отрезка превосходит длину первых двух.

— Угол между первым и третьим отрезком, а так же между вторым и третьим лежит в пределах от 10° до 30°.

Отрезки, удовлетворяющие данным условиям, помещаются в список, хранящий стрелки, эти отрезки исключаются из общего списка отрезков.



Объединение стрелок состоит в отыскании в списке, хранящем стрелки, таких троек отрезков, в которых третий отрезок совпадает в двух тройках, и замене найденных пар троек на кортеж, содержащий один третий отрезок и две пары первый-второй.

### **ВЫВОДЫ**

В работе описаны алгоритмы сегментации площадных и линейных объектов, а также алгоритмы выделения специфических объектов на растровых изображениях технических чертежей. К таким объектам относят-

ся штриховки и стрелки. Их значение определено ГОСТ. Проведенное исследование существующих методик решения поставленной задачи показало высокую трудоемкость алгоритмов, их реализующих. Кроме того, существующие алгоритмы универсальны и не всегда учитывают специфику конкретной предметной области. Тестирование разработанных алгоритмов показало их высокую производительность на растровых изображениях технических чертежей.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Mesteckijj L. M. Nepreryvnaja morfologija binarnykh izobrazhenijj. Figury. Skelety. Cirkuljary / L. M. Mesteckijj. — M.: FIZMAT-LIT, 2009.- 287s.
2. ESKD. Izobrazhenija - vidy, razrezy, sechenija. — GOST 2.305-68.
3. Janssen R. D. T., Vossepoel A. M. Adaptive Vectorization of Line Drawing Images // Computer Vision and Image Understanding, January 1997, Vol. 65, No. 1, pp. 38-56.
4. Temnov K.A. Povyshenie ehffektivnosti vektorizacii konstruktorskojj dokumentacii ehlektronnykh sredstv. // Vestnik MAI. — 2012. — Т. 17, № 13,- S. 213-221.