

The aims of the work are creation of surface-barrier structures  $n\text{-GaSe}/p\text{-CuIn}_3\text{Se}_5$  on the basis of single crystals  $\text{CuIn}_3\text{Se}_5$ . Their photoelectric properties are investigated. Grown  $\text{CuIn}_3\text{Se}_5$  crystals are used in the Institute of Physics of Solids and Semiconductors National Academy of Sciences of Belarus as targets for thin-film structures preparation and structures  $n\text{-GaSe}/p\text{-CuIn}_3\text{Se}_5$  are used in the Ioffe Physicotechnical Institute of Russian Academy of Sciences for creation of selective phototransformers for natural radiation.

УДК 004.5; 621.38

Шестаков Е.А.

## ДЕКОМПОЗИЦИЯ МНОГОСВЯЗНОГО МНОГОУГОЛЬНИКА В МНОЖЕСТВО ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ

**Введение.** При производстве многих микронэлектронных устройств возникает задача формирования топологических структур на металлизированных фотошаблонах [1]. Эти структуры формируются с помощью специальных генераторов изображений. Генераторы изображений строят топологию на фотошаблоне из наборных элементов в виде прямоугольников. Создание посредством таких генераторов произвольных изображений топологических структур требует предварительного разложения (декомпозиции) описания этих структур (многоугольников) на множество прямоугольников, объединение которых с заданной точностью совпадает с описанием соответствующих исходных структур. При этом число прямоугольников, входящих во множество, должно быть минимальным или близким к минимальному. По полученному множеству прямоугольников формируется оптимальная входная последовательность, которая кодируется в соответствии с правилами входного языка соответствующего генератора изображений.

Задача декомпозиции многосвязного многоугольника не является новой. Разработаны достаточно эффективные методы ее решения [1–6], однако при проектных нормах меньше 1 мкм возникают значительные трудности при генерации изображений, так как возрастает объем топологии и ее сложность. Поэтому разработка новых методов решения задачи покрытия прямоугольниками объектов топологии микросхем, которые описываются многоугольниками, является актуальной.

В настоящей работе предлагается описание эвристического метода декомпозиции произвольного многосвязного многоугольника. Этот алгоритм в достаточно редких случаях не гарантирует, что полученное подмножество прямоугольников покрывает данный многосвязный многоугольник. Поэтому после получения совокупности прямоугольников (покрытия) решается задача анализа этой совокупности на корректность [7]. Если покрытие не является корректным, то оно пополняется прямоугольниками так, чтобы новое покрытие стало корректным.

**1. Основные определения, постановка задачи.** Точки плоскости  $a$  и  $b$ , заданные соответственно координатами  $(x_a, y_a)$  и  $(x_b, y_b)$  в декартовой системе, где  $x$  и  $y$  – переменные, связанные соответственно с осью абсцисс  $Ox$  и с осью ординат  $Oy$ , совпадают, если  $x_a = x_b$  и  $y_a = y_b$ . Если хотя бы одно из этих равенств не выполняется, то точки считаются различными. Отрезком  $ab$  называется пара различных точек  $a$  и  $b$  плоскости, соединенных прямой линией. Точки плоскости, находящиеся на этой прямой, принадлежат данному отрезку. Точки  $a$  и  $b$  отрезка  $ab$  называются *граничными*. Рассмотрим различные точки плоскости  $a, b, c, d, \dots, k, m$ . Соединим эти точки отрезками  $ab, bc, cd, \dots, km, ma$ . Получим замкнутую ломаную, которую обозначим через  $L = abcd\dots km$ . Точки  $a, b, c, d, \dots, k, m$  называются *вершинами* ломаной  $L$ , а отрезки  $ab, bc, cd, \dots, km, ma$  – *сторонами* ломаной  $L$ . Две стороны ломаной  $L$  называются *соседними*, если одна из их граничных точек является общей. Общую граничную точку соседних сторон назовем *точкой соединения*.

Два отрезка пересекаются, если существует хотя бы одна точка плоскости, принадлежащая каждому из них. Если такая точка отсут-

ствует, то отрезки не пересекаются.

Замкнутая ломаная  $L$  является *непересекающейся*, если любая точка, общая для двух ее сторон, является граничной для этих и только для этих сторон. В дальнейшем непересекающуюся ломаную будем называть контуром.

Рассмотрим некоторый контур  $L$ . Этот контур делит плоскость на две части. Одна часть содержит точки плоскости, находящиеся внутри контура  $L$  и на его сторонах, другая – точки плоскости, находящиеся вне контура  $L$ . Под *многоугольником*  $M$  будем понимать часть плоскости, находящуюся внутри контура  $L$  и на ее сторонах.

Многосвязный многоугольник  $W$  представляется последовательностью контуров:  $L_1, L_2, \dots, L_g$ . В этой последовательности контур  $L_1$  называется основным, а контуры  $L_2, \dots, L_g$  – контурами-разрезами. При этом контура-разрезы находятся внутри основного контура, т. е. все точки, лежащие на их сторонах, являются внутренними точками основного контура. Многосвязный многоугольник задает точки плоскости, находящиеся на границах представляющих его контуров, а также точки плоскости, находящиеся внутри основного контура, но не внутри контуров-разрезов. Если в описании многосвязного многоугольника отсутствуют контура-разрезы, то такой многоугольник называется односвязным или просто многоугольником.

Будем говорить, что прямоугольник принадлежит многосвязному многоугольнику, если любая точка плоскости, находящаяся внутри или на границе этого прямоугольника, находится внутри или на границе многосвязного многоугольника.

Прямоугольник называется  $h$ -допустимым, если длина любой из его сторон не меньше некоторой величины  $h$ , где  $h$  является положительным вещественным числом.

Точка плоскости  $r$ , находящаяся внутри или на границе многосвязного многоугольника, называется  $h$ -покрываемой, если существует  $h$ -допустимый прямоугольник, принадлежащий данному многосвязному многоугольнику, такой, что точка  $r$  находится на границе или внутри данного прямоугольника.

Заметим, что в многосвязном многоугольнике могут существовать точки, расположенные около острых внутренних углов, которые не являются  $h$ -покрываемыми. Так, точка плоскости, находящаяся в вершине острого угла, не является  $h$ -покрываемой для любой величины  $h$ , сколь малой она бы не была.

Под покрытием  $V$  многосвязного многоугольника  $W$  понимается совокупность  $h$ -допустимых прямоугольников, удовлетворяющих следующим условиям:

- всякий прямоугольник из данной совокупности принадлежит многосвязному многоугольнику  $W$ ,
- для всякой точки  $r$  многосвязного многоугольника  $W$  найдется хотя бы один прямоугольник этой совокупности такой, что точка  $r$  находится на границе или внутри данного прямоугольника.

Если при этом покрытие  $V$  многосвязного многоугольника  $W$  состоит из  $h$ -допустимых прямоугольников, то будем говорить, что покрытие  $V$  покрывает многосвязный многоугольник  $W$  с точностью  $h$ .

В настоящей работе рассматривается следующая задача.

Необходимо найти для многосвязного многоугольника  $W$  покрытие  $V$ , состоящее из минимального числа  $h$ -допустимых прямоугольников.

Пример 1. Рассмотрим многосвязный многоугольник  $W$ , представленный на рисунке 1. Этот многоугольник задается основным контуром  $L_1$  и тремя контурами-разрезами:  $L_2, L_3, L_4$ .



Рис. 1. Многосвязный многоугольник, содержащий три контура-разреза

Основной контур  $L_1$  представляется следующей последовательностью вершин, заданных своими координатами: (3, 7), (5, 13), (8, 13), (8, 16), (7, 16), (7, 22), (14, 22), (20, 15), (20, 12), (15, 12), (15, 3), (11, 3), (9, 6), (6, 6), (5, 3), (3, 3). Контур-разрезы  $L_2, L_3, L_4$  задаются соответственно последовательностями вершин:

(5, 7), (6, 12), (9, 9);  
 (12, 5), (12, 10), (10, 10), (9, 11), (9, 14), (11, 14), (11, 12), (14, 12), (14, 5);  
 (14, 15), (12, 19), (15, 19), (18, 16), (18, 13).

**2. Метод декомпозиции.** Под сторонами многосвязного многоугольника  $W$  понимаются стороны основного контура, а также стороны контуров-разрезов. Обозначим через  $P(ab)$  прямую, проходящую через сторону  $ab$  многосвязного многоугольника. Будем говорить, что стороны  $ab$  и  $cd$  параллельны, если и только если параллельны прямые  $P(ab)$  и  $P(cd)$ . Стороны  $ab$  и  $cd$  перпендикулярны, если и только если перпендикулярны прямые  $P(ab)$  и  $P(cd)$ . Предлагаемый метод покрытия состоит из следующих этапов.

1) Множество всех сторон исходного многосвязного многоугольника разбиваются на простые классы. В один простой класс включаются стороны, параллельные или перпендикулярные друг другу. Для каждого простого класса полученного разбиения вычисляется вес, равный сумме длин сторон, входящих в него. Простые классы разбиения упорядочиваются по убыванию весов. Стороны внутри каждого простого класса упорядочиваются по убыванию своих длин.

2) Для каждой вершины основного контура, а также контура-разреза определяется ее тип. Тип вершины определяется по внутреннему углу, образованному двумя сторонами контура, примыкающими к данной вершине. Рассматриваются четыре типа вершин, которые помечаются числами от 0 до 3. Считается, что внутренний угол между двумя сторонами многоугольника, примыкающими к данной вершине, не может равняться нулю и  $360^\circ$ . Поэтому, если этот угол меньше  $90^\circ$ , то вершина относится к типу 3. Если внутренний угол между сторонами больше или равен  $90^\circ$ , но меньше  $180^\circ$ , то вершина многоугольника относится к типу 2. Если угол между сторонами больше или равен  $180^\circ$ , но меньше  $270^\circ$ , то вершина многоугольника относится к типу 0. Если угол между сторонами больше или равен  $270^\circ$ , но меньше  $360^\circ$ , то вершина многоугольника относится к типу 1.

Внутренние углы контуров-разрезов являются внешними для многосвязного многоугольника. Поэтому для контуров-разрезов не-

обходимо провести корректировку типов вершин. Так, если тип вершины, вычисленный по внутреннему углу, равен 0, то тип этой вершины для внешнего угла будет равен 2. Соответственно этому тип, равный 1, преобразуется в 3, тип, равный 2, преобразуется в 0 и тип, равный 3, преобразуется в 1.

Таким образом, всякая сторона многосвязного многоугольника характеризуется парой чисел, задающих тип вершин, на которые она опирается. По этому признаку все стороны многоугольника разбиваются на 16 классов типов: (3, 0), (3, 1), (3, 2), (3, 3), (2, 0), (2, 1), (2, 2), (2, 3), (1, 0), (1, 1), (1, 2), (1, 3), (0, 0), (0, 1), (0, 2), (0, 3).

3) Для каждой стороны многосвязного многоугольника определяется тип полуплоскости. Рассмотрим некоторую сторону  $ab$  многосвязного многоугольника. Прямая  $P(ab)$  делит плоскость на две части:  $P^+(ab), P^-(ab)$ . Координаты любой точки плоскости  $d$ , подставленные в уравнение прямой  $P(ab)$ , задают некоторое число  $P(ab)(d)$ . Если это число положительное или равно нулю, то точка  $d$  принадлежит полуплоскости  $P^+(ab)$ , иначе эта точка принадлежит полуплоскости  $P^-(ab)$ . Если точки многосвязного многоугольника, непосредственно примыкающие к стороне  $ab$ , но не лежащие на ней, находятся в полуплоскости  $P^+(ab)$ , то этой стороне присваивается тип полуплоскости, равный 1, иначе – 2.

4) Поиск покрытия многосвязного многоугольника осуществляется следующим образом. Последовательно просматриваются простые классы разбиения. В очередном выбранном простом классе последовательно просматриваются стороны многосвязного многоугольника, входящие в данный класс. Для очередной выбранной стороны определяется один из ее 16 типов, а также тип полуплоскости.

4.1) Если тип стороны  $a$  равен (2, 2), то строится прямоугольник, одна из сторон которого совпадает с данной стороной (рис. 2). Для этого находятся прямые  $R_1, R_2$ , перпендикулярные прямой  $P(a)$  и проходящие через концевые точки стороны  $a$ . В пространстве многосвязного многоугольника, лежащем между этими прямыми и стороной  $a$  в полуплоскости, тип которой приписан стороне  $a$ , ищется точка  $c$ , лежащая на границе многосвязного объекта и находящаяся на минимальном расстоянии от стороны  $a$ . Через эту точку проводится прямая  $R_3$ , параллельная прямой  $P(a)$ . Прямая  $P(a)$  обозначена на рисунке символом  $R_4$ . Точки, находящиеся на пересечении прямых  $R_1, R_2, R_3, R_4$ , задают вершины искомого прямоугольника.

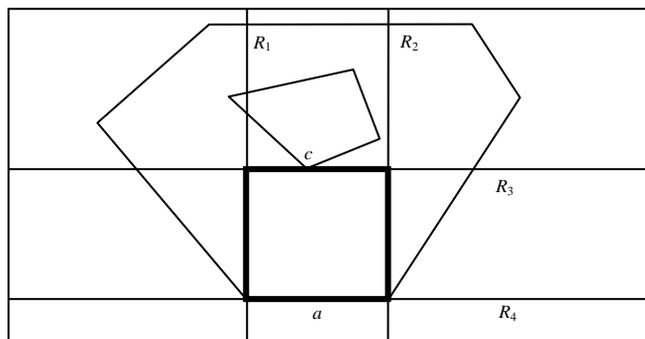


Рис. 2. Тип стороны  $a$  равен (2, 2)

4.2) Если тип стороны  $a$  равен или (2, 0), или (2, 1), или (0, 2), или (1, 2), то по этой стороне строится прямоугольник  $S_1$ , так же как для стороны типа (2, 2). Обозначим через  $P_1$  сторону прямоугольника  $S_1$ , совпадающую со стороной  $a$ . Через  $P_2$  обозначим сторону прямоугольника  $S_1$ , параллельную стороне  $P_1$ . Через  $P_3$  обозначим сторону прямоугольника  $S_1$ , перпендикулярную стороне  $a$  и опирающуюся на вершину многосвязного объекта, тип которой равен 0 или 1. Соответственно через  $G_1, G_2, G_3$  обозначим прямые, проходящие через стороны  $P_1, P_2, P_3$  прямоугольника  $S_1$ . Построим, если это возможно, прямоугольник  $S_2$ . Для этого в пространстве многоугольника, ограниченного прямыми  $G_1, G_2, G_3$  и не включающего в себя прямоугольник  $S_1$ , ищется точка, лежащая на границе многосвязного объекта и находящаяся на минимальном расстоянии (не равном нулю) от прямой  $G_3$ . Если такая точка существует, то через нее проводится прямая  $G_4$ , параллельная прямой  $G_3$ . Точки, находящиеся

на пересечении прямых  $G_1, G_2, G_3, G_4$ , задают вершины искомого прямоугольника  $S_2$ . Прямоугольник, полученный посредством объединения прямоугольника  $S_1$  с прямоугольником  $S_2$ , включается в искомое покрытие. На рис. 3 представлен процесс получения прямоугольника для стороны  $a$ , тип которой равен  $(2, 0)$ .

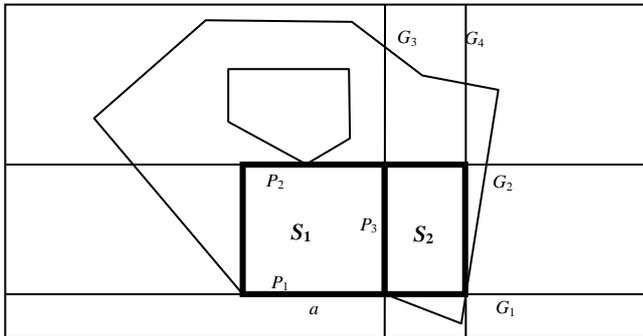


Рис. 3. Тип стороны  $a$  равен  $(2, 0)$

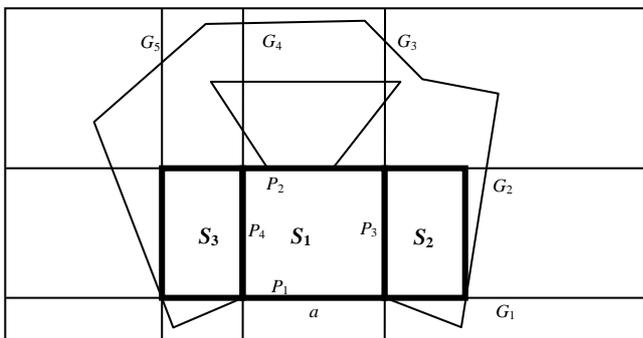


Рис. 4. Тип стороны  $a$  равен  $(0, 0)$

4.3) Если тип стороны равен или  $(0, 0)$ , или  $(0, 1)$ , или  $(1, 0)$ , или  $(1, 1)$ , то прямоугольник искомого покрытия строится следующим образом. По рассматриваемой стороне  $a$  строится прямоугольник  $S_1$ , так же как для стороны типа  $(2, 2)$ . Стороны этого прямоугольника обозначим через  $P_1, P_2, P_3, P_4$ . Сторона  $P_1$  совпадает со стороной  $a$  многоугольника. Сторона  $P_2$  параллельна стороне  $P_1$ , а сторона  $P_3$  параллельна стороне  $P_4$ . Обозначим через  $G_1, G_2, G_3, G_4$  прямые, проходящие соответственно через стороны  $P_1, P_2, P_3, P_4$  прямоугольника  $S_1$ . Построим, если это возможно, прямоугольник  $S_2$ , так как это сделано в случае 4.2). Аналогичным образом построим прямоугольник  $S_3$ . Для этого в пространстве многосвязного объекта, ограниченного прямыми  $G_1, G_2, G_4$  и не включающего в себя прямоугольник  $S_1$ , ищется точка, лежащая на границе многосвязного объекта и находящаяся на минимальном расстоянии (не равном нулю) от прямой  $G_4$ . Если такая точка существует, то через нее проводится прямая  $G_5$ , параллельная прямой  $G_4$ . Точки, находящиеся на пересечении прямых  $G_1, G_2, G_4, G_5$ , задают вершины прямоугольника  $S_3$ . Прямоугольник, полученный посредством объединения прямоугольника  $S_1$  с прямоугольниками  $S_2, S_3$  включается в искомое покрытие. На рисунке 4 представлен процесс получения прямоугольника для стороны  $a$ , тип которой равен  $(0, 0)$ .

4.4) Тип стороны равен  $(2, 3)$ , или  $(3, 2)$ . Обозначим эту сторону через  $a$ . Проведем через концевую вершину стороны  $a$ , тип которой равен 2, прямую  $F_1$ , перпендикулярную стороне  $a$ . Возможны два варианта.

**Вариант 1.** Сторона многоугольника  $t$ , соседняя к стороне  $a$  и соединяющаяся с ней в вершине  $u$ , тип которой равен 3, пересекается с прямой  $F_1$ , т. е. на стороне  $t$  существует точка, принадлежащая прямой  $F_1$ . Пусть  $T = P(t), A = P(a)$ . Через  $F_2$  обозначим прямую, являющуюся биссектрисой угла между сторонами  $t, a$ . В этом случае поиск прямоугольников искомого покрытия выполняется следующим образом.

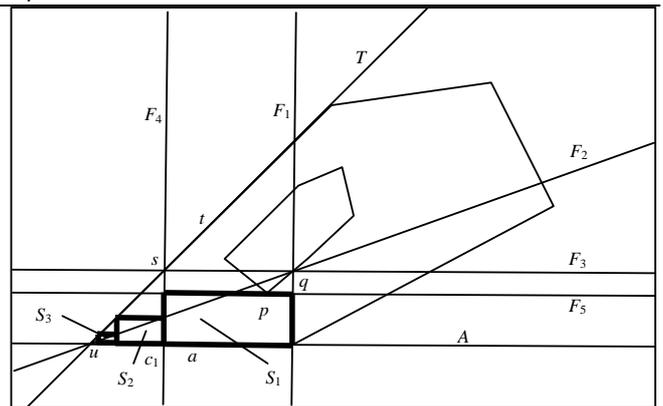


Рис. 5. Тип стороны  $a$  равен  $(3, 2)$ , прямая  $F_1$  пересекает сторону  $t$

Найдем точку  $q$  пересечения прямых  $F_1$  и  $F_2$ . Проведем через точку  $q$  прямую  $F_3$ , параллельную прямой  $A$ . Находим точку  $s$  пересечения прямой  $F_3$  с прямой  $T$ . Проведем через эту точку прямую  $F_4$ , параллельную прямой  $F_1$ . В пространстве многосвязного многоугольника, лежащем между прямыми  $F_1, F_4$  и стороной  $a$  в полуплоскости, тип которой приписан стороне  $a$ , ищется точка  $p$ , лежащая на границе многосвязного объекта и находящаяся на минимальном расстоянии от стороны  $a$ . Через эту точку проводится прямая  $F_5$ , параллельная прямой  $A$ . Точки, находящиеся на пересечении прямых  $F_1, F_4, F_5, A$ , задают вершины прямоугольника  $S_1$ . На рис. 5 отражен процесс формирования этого прямоугольника для стороны  $a$ , тип которой равен  $(3, 2)$ . Если длина некоторой стороны прямоугольника  $S_1$  оказывается меньше наперед заданной величины, то процесс построения прямоугольников прекращается. Иначе прямоугольник  $S_1$  включается в покрытие и строится прямоугольник  $S_2$ .

Прямоугольник  $S_2$  (рис. 5) строится точно так же как и прямоугольник  $S_1$ . Для этого обозначим через  $c_1$  точку пересечения прямых  $A, F_4$ . В качестве стороны  $a$  рассматриваем отрезок прямой, расположенный между точками  $u, c_1$ , вместо прямой  $F_1$  – прямую  $F_4$ . Если длины некоторых сторон прямоугольника  $S_2$  оказываются меньше заданной величины, то процесс построения прямоугольников прекращается. Иначе аналогичным образом строится прямоугольник  $S_3$  и т. д.

**Вариант 2.** Сторона многоугольника  $t$ , соседняя к стороне  $a$  и соединяющаяся с ней в вершине  $u$ , тип которой равен 3, не пересекается с прямой  $F_1$ . Проведем прямую  $Z$ , перпендикулярную к стороне  $a$  и проходящую через концевую точку стороны  $t$ , не являющуюся точкой сочленения сторон  $a$  и  $t$ . Обозначим через  $b$  точку пересечения прямых  $Z$  и  $A$ , а через  $u_1, u$  концевые точки стороны  $a$ . Разобьем сторону  $a$  на два отрезка:  $(u_1, b), (b, u)$ .

По части стороны  $a$ , представленную отрезком  $(u_1, b)$ , построим прямоугольник искомого покрытия так, как это делается в случае 1). При этом в качестве исходной стороны многоугольника рассматривается отрезок  $(u_1, b)$ .

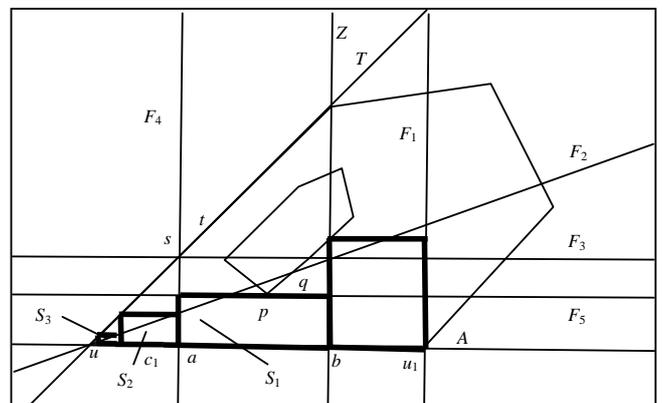


Рис. 6. Тип стороны  $a$  равен  $(3, 2)$ , прямая  $F_1$  не пересекает сторону  $t$

По части стороны  $a$ , представленной отрезком  $(b, u)$ , построим подмножество прямоугольников искомого покрытия так, как это сделано в варианте 1 случая 4.4). При этом в качестве стороны  $a$  многоугольника рассматривается отрезок  $(b, u)$ . На рис. 6 отражен процесс формирования прямоугольников для стороны  $a$ , тип которой равен  $(3, 2)$  и прямая  $F_1$  не пересекает сторону  $t$ .

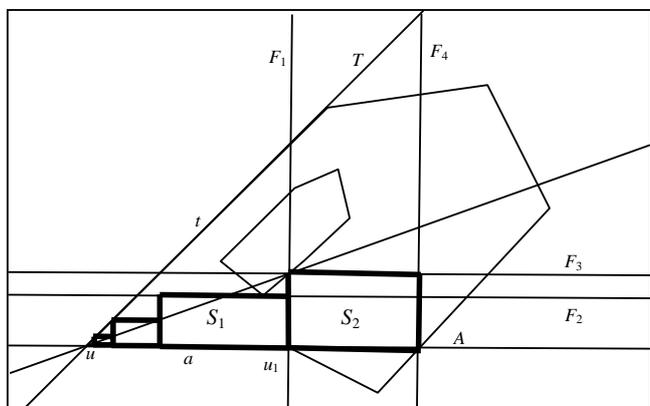


Рис. 7. Тип стороны  $a$  равен  $(3, 0)$ , прямая  $F_1$  пересекает сторону  $t$

4.5) Тип стороны  $a$  равен одной из пар множества  $\{(0, 3), (3, 0), (1, 3), (3, 1)\}$ . Концевые точки стороны  $a$  обозначим через  $u_1, u$ . Положим, что вершина  $u$  имеет тип, равный 3. Сторону многоугольника, соединяющуюся со стороной  $a$  в вершине  $u$ , обозначим через  $t$ . Проведем через концевую вершину  $u_1$  прямую  $F_1$ , перпендикулярную стороне  $a$ . В этом случае также возможны два варианта.

**Вариант 1.** Сторона  $t$  пересекается с прямой  $F_1$ . Тогда прямоугольники, примыкающие к стороне  $a$ , строятся точно так же, как для случая 4.4), вариант 1. Объединим эти прямоугольники в множество  $Q$ . Положим, что  $A = P(a)$ . Обозначим через  $S_1$  прямоугольник из множества  $Q$ , одна из сторон которого лежит на прямой  $F_1$  (рис. 7). Обозначим через  $F_1$  прямую, проходящую через сторону многоугольника  $S_1$ , которая параллельна прямой  $A$ . Построим, если это возможно, прямоугольник  $S_2$ . Для этого в пространстве многоугольника, ограниченного прямыми  $A, F_2, F_1$  и не включающего в себя точку  $u$ , ищется точка, лежащая на границе многоугольника и находящаяся на минимальном расстоянии (не равном нулю) от прямой  $F_1$ . Если такая точка существует, то через нее проводится прямая  $F_4$ , параллельная прямой  $F_1$ . Затем в пространстве многоугольника, ограниченного прямыми  $A, F_1, F_4$  и не включающего в себя точку  $u$ , ищется точка, лежащая на границе многоугольника и находящаяся на минимальном расстоянии (не равном нулю) от прямой  $A$ . Если такая точка существует, то через нее проводится прямая  $F_3$ , параллельная прямой  $A$ . Точки, находящиеся на пересечении прямых  $A, F_1, F_4, F_3$ , задают вершины искомого прямоугольника  $S_2$ , который включается в искомое покрытие.

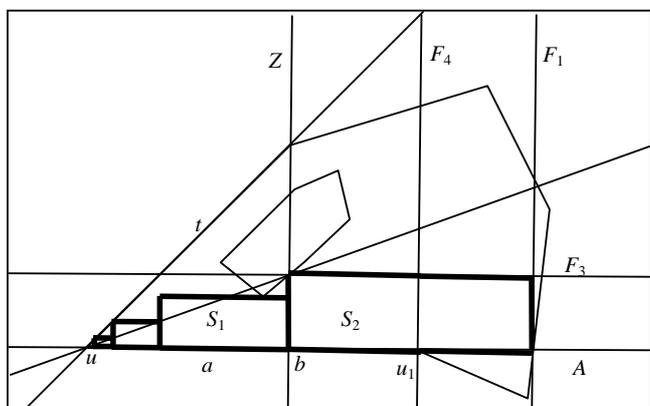


Рис. 8. Тип стороны  $a$  равен  $(3, 0)$ , прямая  $F_1$  не пересекает сторону  $t$

**Вариант 2.** Сторона многоугольника  $t$  не пересекается с прямой  $F_1$  (рис. 8). Проводим прямую  $Z$ , перпендикулярную к стороне  $a$  и проходящую через граничную точку стороны  $t$ , не являющуюся точкой сочленения сторон  $a$  и  $t$ . Обозначим через  $F_4$  прямую, параллельную прямой  $Z$  и проходящую через граничную точку  $u_1$  стороны  $a$ . Через  $b$  обозначим точку пересечения прямых  $Z, A$ . Прямоугольники, примыкающие к части стороны  $a$  (отрезок  $ub$ ), строятся точно так же, как для случая 4.4), вариант 1. В пространстве многоугольника, ограниченного прямыми  $A, Z, F_4$  и не включающего в себя точку  $u$ , ищется точка, лежащая на границе многоугольника и находящаяся на минимальном расстоянии (не равном нулю) от прямой  $A$ . Через эту точку проводится прямая  $F_3$ , параллельная прямой  $A$ . В пространстве многоугольника, ограниченного прямыми  $A, F_3, Z$  и не включающего в себя точку  $u$ , ищется точка, лежащая на границе многоугольника и находящаяся на минимальном расстоянии от прямой  $Z$ . Через эту точку проводится прямая  $F_1$ , параллельная прямой  $Z$ . Точки, находящиеся на пересечении прямых  $A, F_3, Z, F_1$ , задают вершины искомого прямоугольника  $S_2$ , который включается в искомое покрытие.

4.6) Тип стороны равен  $(3, 3)$ . Обозначим эту сторону через  $a$ . Концевые точки стороны  $a$  обозначим через  $u_1, u$ . Сторону многоугольника, соединяющуюся со стороной  $a$  в вершине  $u$ , обозначим через  $t_1$ , а сторону многоугольника, соединяющуюся со стороной  $a$  в вершине  $u_1$ , обозначим через  $t_2$ . В этом случае также возможны два варианта.

**Вариант 1.** Стороны  $t_1, t_2$  являются соседними, т. е. стороны  $t_1, t_2, a$  образуют треугольник. Обозначим через  $u_2$  точку, в которой соединяются стороны  $t_1, t_2$ . Через точку  $u_2$  проведем прямую, перпендикулярную стороне  $a$ . Пусть эта прямая пересекается с этой стороной в точке  $b$ . Разобьем сторону  $a$  на два отрезка:  $(u_1, b), (b, u)$ . По полученным частям стороны  $a$  построим подмножество прямоугольников искомого покрытия так, как это сделано в варианте 1 случая 4.4). При этом в качестве исходной стороны многоугольника сначала рассматривается отрезок  $(u_1, b)$ , а затем – отрезок  $(b, u)$ .

**Вариант 2.** Стороны  $t_1, t_2$  не являются соседними. Проводим прямые  $Z_1, Z_2$ , перпендикулярные к стороне  $a$  и проходящие через концевые точки сторон  $t_1, t_2$  соответственно, не являющимися точками сочленения со стороной  $a$ . Обозначим соответственно через  $b_1, b_2$  точки пересечения прямых  $Z_1$  и  $Z_2$  со стороной  $a$ . Разобьем сторону  $a$  на три отрезка:  $(u_1, b_1), (b_1, b_2), (b_2, u)$ . По частям  $(u_1, b_1), (b_2, u)$  построим подмножества прямоугольников искомого покрытия так, как это сделано в варианте 1 случая 4.4). При этом в качестве исходной стороны многоугольника сначала рассматривается отрезок  $(u_1, b_1)$ , а затем – отрезок  $(b_2, u)$ . По отрезку  $(b_1, b_2)$  построим четырехугольник покрытия так, как это сделано в случае 4.1).

**Пример 2.** Рассмотрим многосвязный многоугольник, приведенный в примере 1. Графическое представление этого многоугольника дано на рисунке 1, а его покрытия на рис. 9.

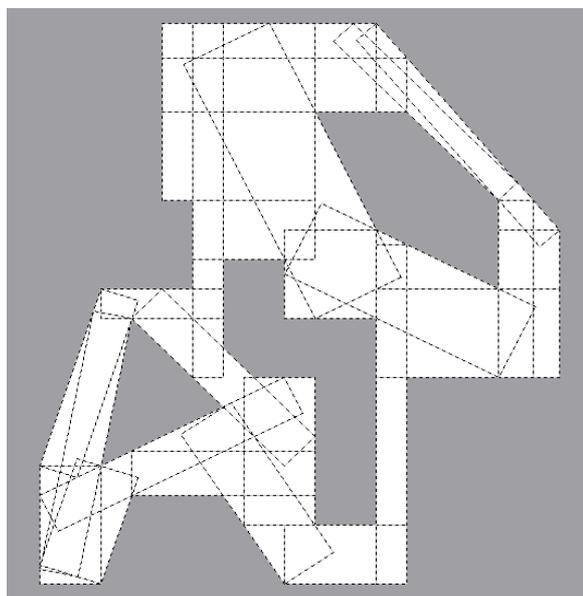


Рис. 9. Покрытие многоугольника из примера 1

Покрытие этого многосвязного многоугольника, полученное посредством данного выше алгоритма, описывается следующей последовательностью строк:

(7, 22), (14, 22), (14, 19), (7, 19);  
(7, 16), (7, 22), (12, 22), (12, 16);  
(20, 15), (20, 10), (18, 10), (18, 15);  
(15, 3), (11, 3), (11, 5), (15, 5);  
(3, 3), (3, 7), (5, 7), (5, 3);  
(3, 7), (5, 13), (6.2, 12.6), (4.2, 6.6);  
(14, 22), (20, 15), (19.34, 14.44), (13.34, 21.44);  
(15, 14.5), (15, 3), (14, 3), (14, 14.5);  
(20, 10), (14, 10), (14, 13), (20, 13);  
(12, 5), (12, 10), (9.67, 10), (9.67, 5);  
(5, 13), (9, 13), (9, 12), (5, 12);  
(8, 10), (8, 22), (9, 22), (9, 10);  
(12, 6), (6, 6), (6, 7.5), (12, 7.5);  
(11, 12), (14, 12), (14, 15), (11, 15);  
(7, 19), (15, 19), (15, 20.83), (7, 20.83);  
(18, 16), (18, 10), (19.14, 10), (19.14, 16);  
(8, 14), (12, 14), (12, 22), (8, 22);  
(6, 12), (11, 7), (12, 8), (7, 13);  
(12.62, 21.38), (18, 16), (18.62, 16.62), (13.2, 22);  
(6.2, 6.6), (5, 3), (3, 3.67), (4.2, 7.27);  
(11, 10), (3, 6), (3.6, 4.8), (11.6, 8.8);  
(14.8, 13.4), (10.5, 22), (7.7, 20.6), (12, 12);  
(4.25, 3.25), (6, 12), (4.75, 12.25), (3, 3.5);  
(19.2, 12.4), (12.2, 15.9), (11, 13.5), (18, 10);  
(11, 3), (7.62, 8.08), (9.23, 9.15), (12.62, 4.08).

В этой последовательности каждая строка задает координаты вершин прямоугольника, входящего в покрытие. Координаты вершины, представленные парой чисел, заключены в круглые скобки. Пер-

вое из этих чисел задает значение по оси  $OX$ , второе – значение по оси  $OY$ .

**Заключение.** Описанный в настоящей работе эвристический метод покрытия произвольных многосвязных многоугольников прямоугольниками запрограммирован на языке C++. Проведены испытания этой программы на примерах практической сложности. Как правило, покрытия, полученные посредством этой программы, являются корректными, т. е. объединение полученных прямоугольников не содержит иных контуров-разрезов, чем исходный многоугольник. Проверка корректности выполняется по методу, приведенному в работе [7].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фейнберг, В.З. Геометрические задачи машинной графики больших интегральных схем. – М.: Радио и связь, 1987. – 178 с.
2. Hegedus A., Algorithms for covering polygons by rectangles, Computer Aided Design, vol. 14, no 5, 1982.
3. Asano Ta., Asano Te., and Imai H. Partitioning a polygonal region into trapezoids. J. ACM, 33:290-312, 1986.
4. Ferrari L., Sankar P.V., and Sklansky J. Minimal rectangular partitions of digitized blobs. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 28:58-71, 1984.
5. Nahar S. and Sahni S. Fast algorithm for polygon decomposition. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 7:473-483, 1988.
6. Ohtsuki T. Minimum dissection of rectilinear regions. In Proceedings of the 1982 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Rome, pages 1210-1213, 1982.
7. Бутов, А.А. Анализ корректности покрытий многосвязных многоугольников / А.А. Бутов, Е.А. Шестаков / Вестник БрГТУ. – № 5: Физика, математика, информатика. – 2008. – С. 57–60.

*Материал поступил в редакцию 20.09.08*

#### SHESTAKOV E.A. Decomposition multicoherent polygon in set of rectangulars

The decomposition multicoherent polygon in set of rectangulars is considered. The purpose of work is the search for multicoherent polygon of a covering consisting of the minimal number of rectangulars. Object of research are the multicoherent final areas of a plane, by means of which the elements of topology of photo masks are described.

The heuristic method of decomposition any multicoherent polygon in set of rectangulars is developed.

УДК 004.81

**Крапивин Ю.Б.**

## К ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ВОСПРОИЗВЕДЕННЫХ ФРАГМЕНТОВ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

**Введение.** Чем быстрее изменяются научные представления об окружающем нас мире, внедряются в человеческую жизнь информационные технологии, тем все большую значимость приобретает возможность оперативного получения актуальной информации и использования электронной формы хранения подавляющего большинства текстовых документов практически во всех областях человеческой деятельности. Информационные системы, оперирующие большими объемами текстовых документов произвольной предметной области и успешно решающие различные прикладные задачи, становятся все более востребованными как предприятиями и организациями, так и отдельными пользователями. Постоянно увеличивающийся объем информации, доступной в полнотекстовых базах данных и в сети Интернет, кроме очевидных преимуществ, создает множество проблем. Одной из таких проблем является избыточность информации, что выражается в существовании документов, дублирующих, полностью или частично, информацию различной тематической направленности. Последнее затрудняет получение необходимых данных, создаёт предпосылки для нарушения авторских прав, влечёт за собой не толь-

ко временные, но и экономические потери.

В этой связи разработка методов и алгоритмов автоматического распознавания воспроизведенных фрагментов текстового документа, т.е. тех фрагментов данного (входного) документа, которые заимствованы из других документов, представленных, в конечном счете, в некоторой заданной полнотекстовой базе данных, является актуальной задачей. В настоящее время существуют различные системы, решающие данную задачу. Наибольшее распространение получили среди них системы WCopyfind, CopyCatch, PlagiatInform, Анти-Плагиат, оперирующие алгоритмами распознавания явного, но не всегда точного заимствования фрагментов текста: их соответствие по лексическому составу и позициям лексических единиц либо только по лексическому составу, с учётом простейших морфологических преобразований и отношений синонимии. К тому же, каждая из этих систем поддерживает работу только с одним языком. Существующие системы в большинстве своем не обеспечивают приемлемых результатов работы по таким показателям, как полнота и точность

**Крапивин Юрий Борисович**, аспирант кафедры информационных интеллектуальных технологий Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.