

2. Определить узкие места системы, ограничивающие производительность (например, в целях обоснования необходимости покупки дополнительного нового технологического оборудования);
3. Определить важные места системы, наиболее сильно влияющие на производительность (например, в целях обеспечения наличия требуемых для ремонта деталей, чтобы в случае поломки в минимальные сроки восстановить их работоспособность и обеспечить выполнение плана);
4. Определить объем выпускаемой продукции, обеспечивающий оптимальное использование имеющегося оборудования.

Заключение. Таким образом, улучшение функционирования АСУТП может быть достигнуто за счет изменений в применяемых подходах управления, а именно использовании схем управления с нейрорегулятором и нейроконтроллером, ПИД-нейроконтроллера как замены ПИ- и ПИД- ориентированных классических схем.

Наличие эффективной системы производственного планирования, её тесная интеграция с уровнем АСУТП, является одним из

необходимых условий успешного функционирования предприятия. Составление имитационной модели техпроцесса на основе его описания в SCADA-системе позволяет создать основу для построения такой системы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф. Нейроуправление и его приложения. Книга 2. – М.: Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника», 2000.
2. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2004.
3. www.ru.wikipedia.org
4. www.ortems.ru
5. www.microsoft.com/Rus/Dynamics/Default.msp
6. www.algors.com/mnf_def_ru.html

Материал поступил в редакцию 25.10.2008

IVANIUK D.S., GOLOVKO V.A., SHUT V.N. Industrial control. Neural methods of controlling dynamic systems. Connection with planning level

There are few problems about the ways of enhancing the controlling dynamic systems in this article. Usage neural networks is proposed as alternative way of using standard PID controlled systems. The structure of such systems is given. There are also some considerations about the problems of a manufacturing resource planning and a communication between it and the SCADA-systems. Three of the existing variety systems of production planning is briefly described with their advantages.

УДК 004.5;621.38

Бутов А.А.

МЕТОД ОБЪЕДИНЕНИЯ МНОЖЕСТВА ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ КОНТУРОВ

Введение. Автоматизированное проектирование топологии полупроводниковой пластины СБИС порождает большое число задач, многие из которых решаются методами вычислительной геометрии и используют, в частности, такое основное понятие как контур [1-3]. Важнейшей задачей проектирования является задача нахождения покрытия контура прямоугольниками, после чего найденное покрытие можно использовать как входную информацию для генераторов изображений микрофотонаборных установок [4]. При этом некоторые сложные задачи покрытия в процессе поиска решения или при его оптимизации обращаются к решению такой общей задачи как объединение множества контуров, которая и рассматривается в настоящей работе.

1. Основные определения, постановка задачи. Простой или, что то же самое, односвязный контур **B**, представляющий собой замкнутую ломаную, будем далее называть просто контуром и задавать последовательностью (упорядоченным множеством) его вершин (p_1, p_2, \dots, p_n) или последовательностью его ребер (a_1, a_2, \dots, a_n) , где ребро a_i будем задавать упорядоченной парой его концевых точек и обозначать $\overline{p_i p_{i+1}}$ для всех $i = 1, 2, \dots, n-1$.

Для $i = n$ будет иметь место: $a_n = \overline{p_n p_1}$. В свою очередь, каждой вершине p_i можно поставить в соответствие упорядоченную пару (x_i, y_i) декартовых координат на плоскости.

Каждое ребро контура имеет проекции на оси координат, представляющие собой отрезки координатных осей, которые будем записывать с использованием квадратных скобок:

$$Pr_x(a_i) = \begin{cases} [x_i, x_{i+1}], & \text{если } x_i \leq x_{i+1} \\ [x_{i+1}, x_i], & \text{если } x_i > x_{i+1} \end{cases}$$

$$Pr_y(a_i) = \begin{cases} [y_i, y_{i+1}], & \text{если } y_i \leq y_{i+1} \\ [y_{i+1}, y_i], & \text{если } y_i > y_{i+1} \end{cases}$$

для всех $i = 1, 2, \dots, n-1$. Для $i = n$ будет иметь место:

$$Pr_x(a_n) = \begin{cases} [x_n, x_1], & \text{если } x_n \leq x_1 \\ [x_1, x_n], & \text{если } x_n > x_1 \end{cases}$$

$$Pr_y(a_n) = \begin{cases} [y_n, y_1], & \text{если } y_n \leq y_1 \\ [y_1, y_n], & \text{если } y_n > y_1 \end{cases}$$

По аналогии можно говорить о проекции всего контура **B** на координатные оси, определяя это следующим образом:

$$Pr_x(B) = Pr_x(a_1) \cup Pr_x(a_2) \cup \dots \cup Pr_x(a_n) = [\min(x_1, x_2, \dots, x_n), \max(x_1, x_2, \dots, x_n)]$$

$$Pr_y(B) = Pr_y(a_1) \cup Pr_y(a_2) \cup \dots \cup Pr_y(a_n) = [\min(y_1, y_2, \dots, y_n), \max(y_1, y_2, \dots, y_n)]$$

Множество контуров будем называть множеством пересекающихся контуров, если его элементы можно упорядочить так, что в полученной последовательности контуров

$$(B_1, B_2, \dots, B_n) \tag{1}$$

каждый контур B_i пересекается по меньшей мере с одним из предшествующих ему контуров B_1, B_2, \dots, B_{i-1} , что можно записать следующим образом:

$$(B_i \cap B_1) \cup (B_i \cap B_2) \cup \dots \cup (B_i \cap B_{i-1}) \neq \emptyset \tag{2}$$

для всех $i = 2, 3, \dots, n$. Здесь и далее под пересечением и объединением контуров подразумевается выполнение указанных операций над точками плоскости, ограниченными соответствующими контурами.

Необходимо отметить, что если два контура пересекаются между собой, то можно найти по меньшей мере две пары пересекающихся между собой ребер, причем в каждой из этих пар одно ребро принадлежит одному контуру, а другое ребро – другому контуру. При этом возможны следующие 4 варианта пересечения двух ребер между собой (рис. 1):

1. **X-пересечение.** Точка пересечения ребер является внутренней точкой как одного ребра, так и другого.
2. **I-пересечение.** Ребра лежат на одной прямой и каждое из них включает в себя общий отрезок этой прямой.
3. **T-пересечение.** Точка пересечения ребер является внутренней точкой одного ребра и концевой точкой другого ребра.
4. **V-пересечение.** Точка пересечения ребер является концевой точкой как одного ребра, так и другого.

Все из перечисленных выше вариантов пересечения ребер можно увидеть на рисунке 2, где показаны два пересекающихся контура B^{i-1} и B_i , при этом контур B_i изображен пунктиром.

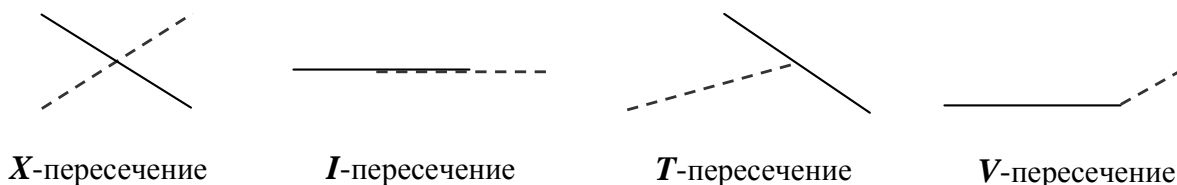


Рис. 1. Варианты пересечения ребер контуров

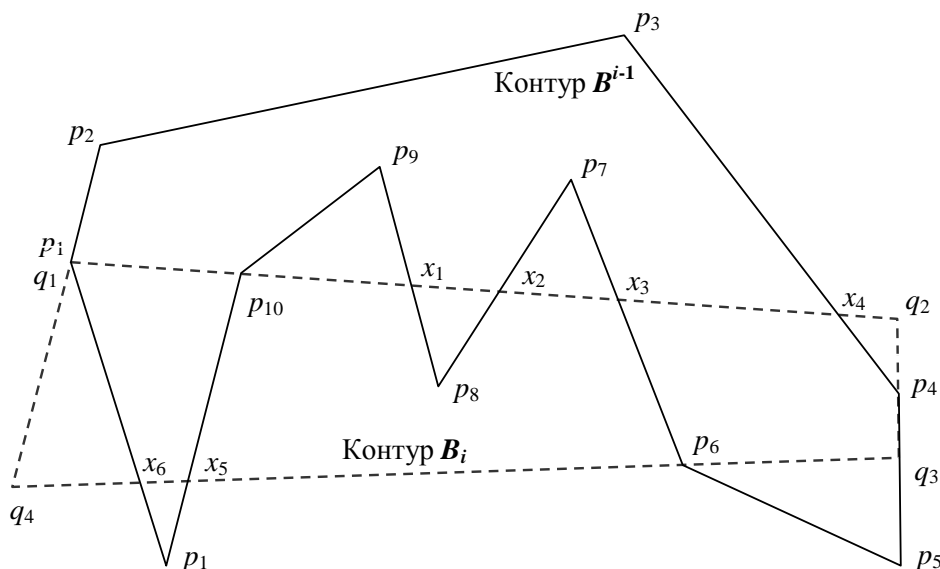


Рис. 2. Два пересекающихся контура B^{i-1} и B_i

В настоящей работе рассматривается следующая задача.

Для множества контуров B_1, B_2, \dots, B_n необходимо построить контур, представляющий собой их объединение.

2. Объединение множества контуров. Если рассматривать задачу объединения произвольного множества контуров, то предварительно нужно решить задачу разбиения этого множества на минимальное число классов, относя к одному и тому же классу те контуры, которые образуют множество пересекающихся контуров, после чего уже решать задачу объединения контуров применительно к каждому классу. Именно последняя задача, то есть задача объединения множества пересекающихся контуров, заданных упорядоченным множеством (1), и рассматривается ниже.

Указанная задача является нетривиальной и, поэтому, будет решаться последовательно, путем выполнения n итераций, таких, что i -я итерация заключается в нахождении объединения контура B^{i-1} с контуром B_i , где контур B^{i-1} представляет собой результат объединения первых $i-1$ контуров, принадлежащих последовательности (1).

В частности, на первом шаге объединяются контур $B^0 = \emptyset$ и контур B_1 , на втором шаге – контур $B^1 = B_1$ и контур B_2 , на третьем шаге – контур $B^2 = B_1 \cup B_2$ и контур B_3 , на четвертом шаге – контур $B^3 = B_1 \cup B_2 \cup B_3$ и контур B_4 , и так далее.

Такой итерационный процесс в итоге позволяет получить один результирующий контур B^n и некоторое, возможно пустое, множество так называемых контуров-разрезов C_1, C_2, \dots, C_p , задающих те внутренние области контура B^n , точки которых не принадлежат ни одному из объединяемых контуров B_1, B_2, \dots, B_p . Контур-разрезы не пересекаются между собой (иначе выполняются соответствующие объединения) и ни один из них не содержится внутри другого контура-разреза (иначе выполняются соответствующие поглощения). При этом каждый из контуров-разрезов содержится внутри контура B^n .

Необходимо отметить, что контур-разрезы могут появиться на любом шаге итерационного процесса, а также могут в дальнейшем изменять свои размеры вплоть до полного исчезновения (если будут

поглощены контурами, выбираемыми для объединения на последующих шагах).

Таким образом, на каждом итерационном шаге решается задача объединения только двух контуров: контура, полученного на предыдущем шаге, и следующего по порядку контура, выбираемого из последовательности (1).

3. Объединение двух пересекающихся контуров. Рассмотрим задачу объединения двух контуров B^{i-1} и B_i , решаемую на i -м итерационном шаге описанного выше многошагового процесса.

Решение данной задачи включает в себя такие этапы, как маркировка концевых точек ребер контуров, преобразование ребер в чередующиеся отрезки прямых и формирование на их основе результирующего контура B^n и контуров-разрезов C_1, C_2, \dots, C_p .

Маркировка концевых точек ребер контуров. На этом этапе концевые точки каждого ребра как в одном, так и в другом контуре снабжаются метками, представляющими собой символы «+» или «-». Смысл расстановки меток заключается в том, что, если концевая точка p некоторого ребра a , помечается символом «+», то это означает, что в результирующем контуре B^n (или в одном из контуров-разрезов C_1, C_2, \dots, C_p) найдется вершина, которая будет иметь такие же как у точки p декартовы координаты, и которая инцидентна ребру, совпадающему с ребром a или с частью этого ребра.

Для удобства, метками на рисунках будем снабжать не концы ребер, а вершины, инцидентные этим ребрам. В этом случае каждая вершина контура будет снабжена двумя метками: одна метка связана с «входящим» ребром, а другая – с «исходящим».

Чтобы начать процесс расстановки меток, необходимо сначала выполнить процедуру начальной маркировки, в результате чего каждый из контуров будет снабжен по меньшей мере одной меткой. В большинстве случаев для этого достаточно:

- найти проекции контуров на координатные оси;
- отыскать и пометить двумя символами «+» те вершины контура B^{i-1} , декартовы координаты которых не попадают в области проекций контура B_i ; хотя бы по одной из координат;

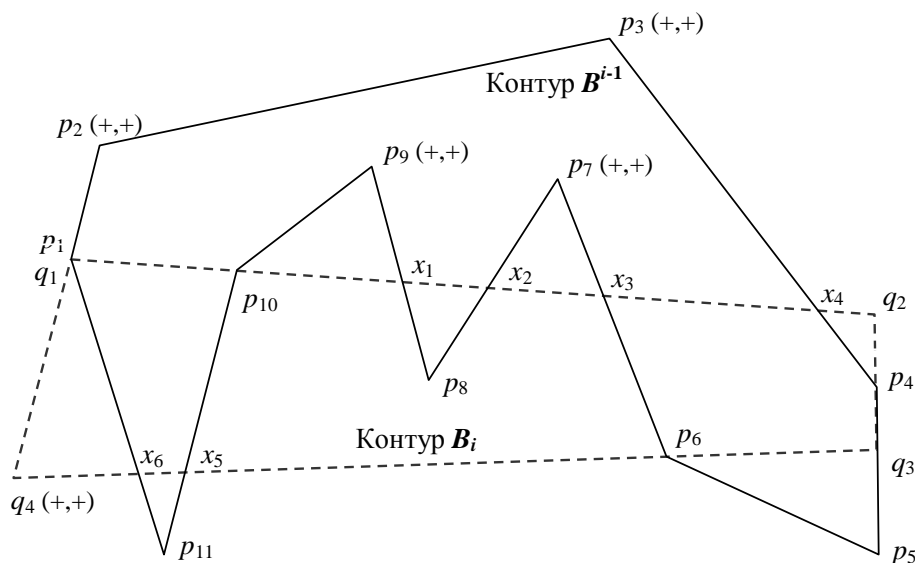


Рис. 3. Начальная маркировка концевых точек ребер контуров

- отыскать и пометить двумя символами «+» те вершины контура B_i , декартовы координаты которых не попадают в области проекций контура B^{i-1} хотя бы по одной из координат.

Если, после выполнения этих операций, один из контуров не получил ни одной метки, то в нем выбирается какая-либо вершина (например, первая) и далее определяется, содержится ли эта вершина во внутренней области, ограниченной вторым контуром, участвующим в объединении. Соответствующий алгоритм (принадлежность точки простому многоугольнику) описан в [2]. Если выбранная вершина содержится во внутренней области, ограниченной вторым контуром, то она помечается двумя символами «-», а если не содержится – двумя символами «+». Если же оказывается, что выбранная вершина совпадает с одной из вершин второго контура или с внутренней точкой одного из его ребер, то выбирается любая другая вершина (например, вторая) и описанный выше процесс повторяется. Результат выполнения процедуры начальной маркировки для контуров B^{i-1} и B_i показан на рисунке 3.

Далее метками снабжаются все оставшиеся не помеченными концевые точки ребер обоих контуров. Для этого сначала строится матрица M межреберных пересечений по следующему правилу: если ребро a_r контура B^{i-1} пересекается с ребром b_s контура B_i , то на пересечении r -ой строки и s -го столбца записываются: во-первых, вариант пересечения и, во-вторых, координаты точки пересечения (или, в случае I -пересечения, координаты концевых точек линии совпадения). Для рассматриваемого примера матрица M межреберных пересечений в упрощенном виде изображена на рисунке 4. При этом в ячейках матрицы показана только символика вариантов пересечения, а координаты точек пересечения (или концевых точек линии совпадения) опущены. Кроме того, T -пересечения детализированы: символ T сохраняется, если точка пересечения ребер является внутренней точкой ребра из B^{i-1} и концевой точкой ребра из B_i . Если же точка пересечения ребер является концевой точкой ребра из B^{i-1} и внутренней точкой ребра из B^{i-1} , то используется символ t .

После этого выбирается любое ребро контура B^{i-1} , одна из концевых точек которого снабжена меткой (символом «+» или «-»), а вторая – метки не имеет. Пусть таким ребром будет ребро a_k . Затем выполняется анализ строки k в матрице M и подсчитывается число точек пересечения ребра a_k с ребрами контура B_i . Это число есть число тех элементов строки k , в которых содержатся конкретные координаты точек пересечения (или концевых точек линии совпадения). Пары точек пересечения, которые имеют одинаковые декарто-

вы координаты (результат T -пересечений), учитываются один раз. Если подсчитанное число точек пересечений четно, то вторая концевая точка ребра a_k помечается тем же символом, что и первая, в противном случае (при нечетном числе точек пересечения) – противоположным символом.

$b_1 b_2 b_3 b_4$

a_1	V			V
a_2				
a_3				
a_4	X	T		
a_5		I	T	
a_6			t	
a_7				
a_8	X		t	
a_9	X			
a_{10}	X			
a_{11}	t			
	t		X	
	V		X	V

Рис. 4. Упрощенная матрица M межреберных пересечений

С другой стороны, так как любая вершина p^* контура является также концевой точкой каждого из двух ребер, инцидентных этой вершине, то, после того, как одна из этих концевых точек будет снабжена меткой, такую же метку можно присвоить и другой концевой точке. Однако это правило можно применять лишь тогда, когда во втором контуре, участвующем в объединении, отсутствует вершина, совпадающая с p^* (другими словами, вершина p^* не должна являться точкой, в которой образуются V -пересечения). Кроме того, если во втором контуре существует ребро, одна из внутренних точек которого совпадает с вершиной p^* (т.е. вершина p^* является точкой, в которой образуются два T -пересечения), то другая концевая точка p^* должна получить метку, противоположную метке, которой снабжена первая концевая точка.

Такой процесс расстановки меток, использующий операции определения второй метки ребра и ее дублирования (возможно, с заменой маркирующего символа на противоположный), в большинстве случаев позволяет снабдить метками все концевые точки ребер контура B^{i-1} . Аналогичным образом метки получают и все концевые точки ребер контура B_i . На рисунке 5 показаны контуры B^{i-1} и B_i , в которых определены метки всех концевых точек их ребер.

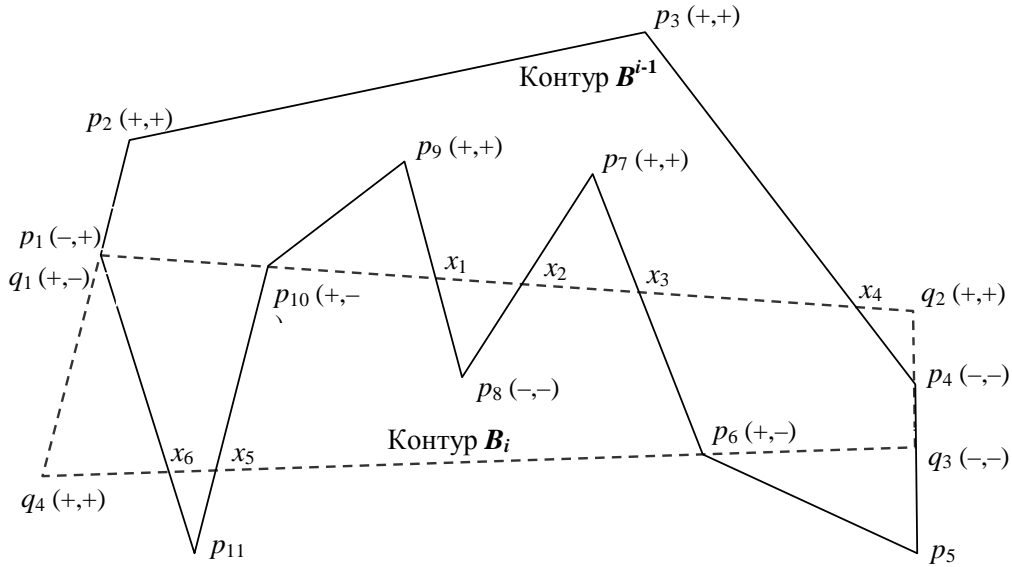


Рис. 5. Контуры, у которых концевые точки всех ребер снабжены метками

Если какие-либо концевые точки ребер контуров оказываются все же не помеченными, то это свидетельствует о наличии соответствующих V -пересечений. В этом случае для выполнения маркировки используются другие методы, которые рассмотрены отдельно в пункте 4.

Преобразования ребер контуров в чередующиеся отрезки прямых. На этом этапе формируется множество S , элементами которого служат отрезки прямых. В дальнейшем из элементов множества S будут сформированы результирующий контур и контуры-разрезы.

Для формирования множества S выбирается произвольное ребро контура B^{i-1} , например ребро a_k . Далее выполняется анализ строки k в матрице M и из нее извлекаются координаты всех точек пересечения ребра a_k с ребрами контура B_i (если имеются отрезки совпадения, то извлекаются координаты концевых точек таких отрезков). Из этих координат точек пересечения формируется множество A_k , в которое добавляются также координаты тех концевых точек ребра a_k , которые отмечены символом «+». Затем множество A_k сортируется по абсциссам или ординатам содержащихся в нем точек, в зависимости от того, по какой координатной оси диапазон изменения больше (если, например, ребро a_k перпендикулярно оси X , то не имеет смысла выполнять сортировку точек пересечения по их абсциссам).

Теперь полученное упорядоченное множество A_k рассматривается как набор чередующихся отрезков прямых (то есть отрезков прямых, разделенных внутренними промежутками). Все эти отрезки включаются в множество S . В частности, если ребро a_k не пересекается ни с одним из ребер контура B_i и концевые точки этого ребра помечены символом «+», то множество A_k будет содержать только координаты концевых точек ребра a_k и, следовательно, это ребро целиком включается в множества S . Если же ребро a_k не пересекается ни с одним из ребер второго контура и его концевые точки помечены знаком «-», то в этом случае множество A_k будет пустым.

После этого выбирается другое ребро контура B^{i-1} , например a_{k+1} , и для него повторяются описанные выше действия по извлечению координат всех точек пересечения с ребрами контура B_i , формированию и сортировке множества A_{k+1} , выбору чередующихся отрезков и пополнению множества S . Далее выбирается следующее ребро и так далее до тех пор, пока не закончится перебор всех ребер контура B^{i-1} . Для рассматриваемого примера множество S примет следующий вид:

$$S = \{ \overline{p_1 p_2}, \overline{p_2 p_3}, \overline{p_3 x_4}, \overline{q_3 p_5}, \overline{p_5 p_6},$$

$$\overline{x_3 p_7}, \overline{p_7 x_2}, \overline{x_1 p_9}, \overline{p_9 p_{10}}, \overline{x_5 p_{11}}, \overline{p_{11} x_6} \}.$$

Аналогичные действия повторяются применительно к контуру B_i с тем лишь отличием, что в матрице M межреберных пересечений анализируются не строки, а столбцы, поскольку именно столбцы поставлены в соответствие ребрам контура B_i . В результате множество S будет дополнено новыми элементами и окажется окончательно сформированным. Продолжая рассмотрение примера, пополним множество S новыми элементами:

$$S = \{ \overline{p_1 p_2}, \overline{p_2 p_3}, \overline{p_3 x_4}, \overline{q_3 p_5}, \overline{p_5 p_6}, \overline{x_3 p_7}, \overline{p_7 x_2}, \overline{x_1 p_9}, \overline{p_9 p_{10}}, \overline{x_5 p_{11}}, \overline{p_{11} x_6}, \overline{x_4 q_2}, \overline{x_2 x_3}, \overline{p_{10} x_1}, \overline{q_2 p_4}, \overline{p_6 x_5}, \overline{x_6 q_4}, \overline{q_4 q_1}, \overline{p_4 q_3} \}$$

Формирование результирующего контура и контуров-разрезов. На этом этапе к множеству $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ последовательно применяется следующая цепочка операций.

Выбирается произвольный элемент множества S , например, S_i . Среди остальных элементов множества S отыскивается такой отрезок S_j , одна из концевых точек которого совпадает с одной из концевых точек отрезка S_i (в этом случае будем говорить, что отрезки S_i и S_j являются смежными). Далее в множестве S ищется отрезок, смежный с отрезком S_j и так далее. Процесс заканчивается тогда, когда полученная последовательность отрезков будет представлять собой контур, т.е. замкнутую ломаную. Множество S корректируется путем удаления из него всех тех отрезков, которые образуют найденный контур. Если $S \neq \emptyset$, то описанная выше цепочка операций повторяется для нахождения следующего контура и так далее.

После того как множество S окажется пустым, из найденных контуров выбирается контур, проекции на оси координат которого включают в себя соответствующие проекции каждого из остальных найденных контуров. Тем самым будет найден результирующий контур B^n . Оставшиеся контуры (если только они имеются) представляют собой контуры-разрезы C_1, C_2, \dots, C_p .

Завершая рассмотрение примера, найдем результирующий контур B^i и контуры-разрезы C_1 и C_2 :

$$B^i = (\overline{p_1 p_2}, \overline{p_2 p_3}, \overline{p_3 x_4}, \overline{x_4 q_2}, \overline{q_2 p_4}, \overline{p_4 q_3}, \overline{q_3 p_5}, \overline{p_5 p_6}, \overline{p_6 x_5}, \overline{x_5 p_{11}}, \overline{p_{11} x_6}, \overline{x_6 q_4}, \overline{q_4 q_1})$$

$$C_1 = (\overline{x_2 x_3}, \overline{x_3 p_7}, \overline{p_7 x_2})$$

$$C_2 = (\overline{p_{10} x_1}, \overline{x_1 p_9}, \overline{p_9 p_{10}})$$

4. Расстановка меток для ребер, образующих V-пересечения. Рассмотрим два контура B^{i-1} и B_i , показанные на рисунке 6, для которых нужно найти их объединение.

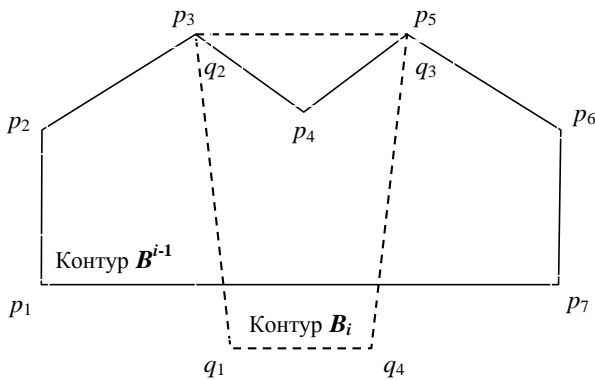


Рис. 6. Контур y , ребра которых образуют V-пересечения

Из рисунка 6 видно, что вершина p_3 контура B^{i-1} , совпадающая с вершиной q_2 контура B_i , является точкой V-пересечения ребер a_2 и b_1 , a_2 и b_2 , a_3 и b_1 , a_3 и b_2 . Точно так же вершина p_5 контура B^{i-1} , совпадающая с вершиной q_3 контура B_i , является точкой V-пересечения ребер a_4 и b_2 , a_4 и b_3 , a_5 и b_2 , a_5 и b_3 . Таким образом, каждая из этих вершин является точкой соприкосновения четырех ребер. Ясно, что в итоге два соприкасающихся конца ребер должны получить метку «+» и два конца ребер – метку «-» в каждой из указанных четверок ребер.

Если контур B_i относится к классу выпуклых многоугольников, что часто бывает на практике, то для нахождения разметки концевых точек ребер, образующих V-пересечения, можно воспользоваться тем свойством выпуклых многоугольников, что отрезок прямой, соединяющий любые две его вершины, целиком лежит внутри такой фигуры.

Рассмотрим вершину p_3 (или что тоже самое, вершину q_2), в которой соприкасаются четыре ребра (по два ребра из каждого контура).

Проведем прямую линию, соединяющую в контуре B_i вершины q_1 и q_3 . Другими словами, соединим те концы ребер b_1 и b_2 , которые противоположны концам, соприкасающимся в вершине p_3 (или q_2). Далее будем искать пересечение этого отрезка прямой с лучом, выходящем из вершины p_3 и содержащем в себе ребро a_2 , а также с лучом, выходящем из той же вершины и содержащим ребро a_3 (рис. 7, рис. 8).

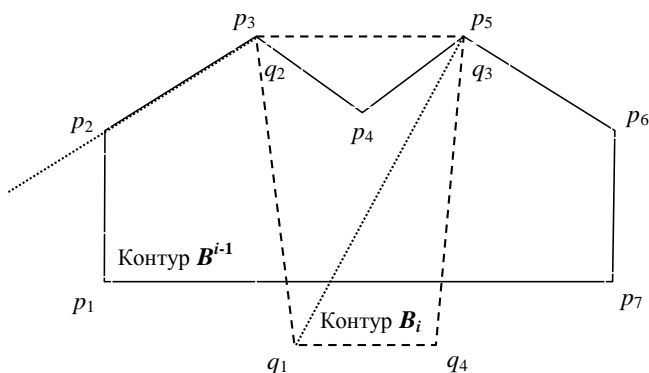


Рис. 7. Отрезок прямой не пересекается с лучом, содержащем в себе ребро a_2

Из рисунков 7 и 8 видно, что в первом случае пересечение отсутствует, а во втором – имеется. При отсутствии пересечения конец ребра, из которого исходит построенный луч, получает метку «+», а при наличии пересечения – метку «-».

Аналогичные построения можно выполнить и для второй вершины (p_5 или q_3), в которой также соприкасаются четыре ребра, и тем самым снабдить метками соприкасающиеся концы ребер a_4 и a_5 .

В результате соприкасающиеся концы ребер контура B^{i-1} , связанные с вершинами p_3 и p_5 , будут снабжены метками так, как показано на рисунке 9.

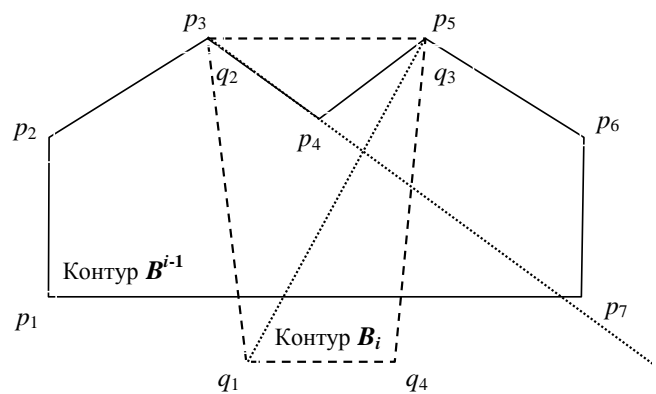


Рис. 8. Отрезок прямой пересекается с лучом, содержащем в себе ребро a_3

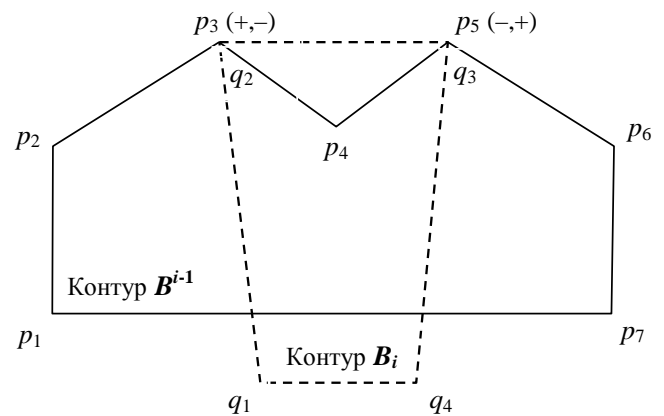


Рис. 9. Метки, полученные концами ребер контура B^{i-1} , образующими V-пересечение

Однако для соприкасающихся концов ребер контура B_i , связанных с вершинами p_3 и p_5 , метки пока еще не определены. Для решения этой задачи можно воспользоваться следующими соображениями.

Так как в каждой из четверок ребер, связанных с одной и той же вершиной, два соприкасающихся конца ребер в итоге должны получить метку «+» и два конца ребер – метку «-», то, если два знака «+» уже имеются, очевидно, остальные два соприкасающихся конца ребер контура B_i должны получить метки «-». И, наоборот, если имеются две метки «-», то соответствующие не помеченные концы ребер контура B_i получают метки «+».

Если же из двух имеющихся меток одна есть символ «+», а другая – символ «-», и, кроме того, рассматриваемая четверка ребер не образует I-пересечений, то для маркировки оставшихся концов ребер необходимо использовать более сложный алгоритм, основанный на нахождении точек пересечения прямой линии, содержащей ребро контура или перпендикулярной к этому ребру, со всеми ребрами другого контура и анализом числа и расположения найденных точек пересечения относительно концевых точек рассматриваемого ребра. При наличии I-пересечений решение данной задачи значительно упрощается.

Заключение. В данной работе описан метод объединения множества пересекающихся контуров, в основе которого лежит многошаговый процесс, на каждом шаге которого решается задача объединения только двух контуров: очередного контура, подлежащего объединению, и контура, полученного в результате выполнения предыдущего шага. Метод может быть использован, в частности, в

системах подготовки и оптимизации входной информации для генераторов изображений микрочитательных установок.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ласло М. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++ / Пер. с англ. М.: БИНОМ, 1997. 304 с.

2. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение / Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 478 с.

3. Фейнберг В.З. Геометрические задачи машинной графики больших интегральных схем // М.: Радио и связь 1987.-178 с.

4. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики – СПб.: БХ-Петербург, 2005. – 576 с.

Материал поступил в редакцию 20.09.2008

BUTOV A.A. Method for set association of crossed contours

One of – An association for set of contours is considered in this paper. This classical problems of computing geometry has an application in the automated systems of input data preparation and optimisation for layout generators. The purpose of the work is to search for set of crossed contours B_1, B_2, \dots, B_n the output contour B^j and some set of so-called contours-cuts C_1, C_2, \dots, C_p representing those internal areas of contour B^j which points do not inhere any of united contours. Object of research is the set of contours, i. e. elements of layout patterns.

A method for set association of the crossed contours was developed. This method basis on such operations, as marking of end points of edges, transformation of edges to alternating pieces of straight lines and formation on their basis output contour and contours-cuts. The proposed method allows carry out analysis correctness of a covering for multiply connected polygons by rectangles at manufacturing of microcircuit.

УДК 004.8.032.26

Безобразова С.В., Головки В.А., Евстигнеев В.В.

ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ

Введение. Электроэнцефалография, открытая австрийским психиатром и психофизиологом Хансом Бергером в 1924 году [1], и сегодня является основным методом исследования функциональной активности головного мозга человека. С развитием технологий появилось множество вспомогательных исследований, таких как компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография, которые позволяют производить уточнение диагноза эпилепсии. Заболевание эпилепсией носит внезапный характер появления припадков, что осложняет выявление и диагностику этого заболевания. Постановка точного диагноза является основой проведения успешного лечения.

Разработано множество методов для изучения и анализа сигналов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) с целью выявления патологических изменений мозга во время эпилептических припадков [2]. Многие из этих методов уже используются в клиниках. Например, Фурье-анализ позволяет производить спектральный анализ сигнала, однако имеет ряд существенных недостатков. Фурье-анализ предназначен для работы с линейными процессами и при обработке нестационарного сигнала, когда происходит смена состояний в системе, дает усредненные показатели для всего анализируемого сигнала [3]. Использование Вейвлет-анализа позволяет решить проблему обработки нестационарных сигналов, однако требует применения методов распознавания образов, которые получаются в результате преобразования [3-5]. Результаты применения Вейвлет-анализа для исследования ЭЭГ сигналов показывают, что данный метод не позволяет отличить патологическую активность от артефактов (проявление мускульной и другой активности на ЭЭГ), а также не всегда обнаруживает аномалии в сигналах [5].

Не смотря на проведение широких исследований в области анализа ЭЭГ, самым эффективным считается метод визуальной оценки. При этом даже опытные врачи расходятся во мнении, принимая один и тот же паттерн за аномальную активность либо за артефакт. Также не существует единого мнения о том, где фиксировать начало появления эпилептиформной активности и где она завершается [6]. Все вышеописанное приводит к идее оценить ЭЭГ сигнал какой-то величиной, которая могла бы характеризовать изменения функциональной активности, то есть фиксировать появление аномалий из-

менением этой величины.

ЭЭГ описывает поведение сложной динамической системы, и характер нормальной активности ЭЭГ сигнала является хаотическим. При возникновении в ЭЭГ сигнале всплеск эпилептиформной активности отмечается снижение сложности сигнала, что приводит к снижению хаоса. Для оценки таких изменений возможно применение теории хаоса и нелинейной динамики. В качестве характеристических величин применимы корреляционная размерность восстановления аттрактора и старший показатель Ляпунова ($Lmax$) [7].

Следует отметить, что для обнаружения одиночных эпилептиформных активностей, длительность которых на ЭЭГ очень мала (от 20-100 мс), необходимо использовать методы, способные обрабатывать малые объемы данных. Именно поэтому в результате применения расчета $Lmax$ для больших фрагментов данных (2 - 10 сек) не получается выявить никаких изменений. Применяемый нами нейросетевой подход позволяет вычислять значение $Lmax$ для выборки малого объема за счет обобщающей способности искусственных нейронных сетей (ИНС) [8]. Для определения участков расчета, как условно-стационарных предлагается использовать адаптивную сегментацию при помощи прогнозирующей ИНС [9]. Данный метод сегментации позволяет выделять сегменты небольшой длительности, достаточные для выявления аномальных активностей.

Данная статья посвящена описанию вспомогательной диагностической системы для обнаружения эпилептиформной активности. В первом разделе представлена структура системы и описаны модули, на основании которых строится система, а также взаимодействие этих модулей. Приведены алгоритмы и методы, реализованные в каждом модуле, а также промежуточные результаты системы, наглядно отображающие работу модулей, для тестовых сигналов. Второй раздел содержит описание исходных данных, используемых для экспериментальных исследований системы. В третьем разделе приводятся результаты экспериментов, их анализ. Статья завершается выводами о проведенной научной работе.

1. Описание системы. Структура разработанной нами системы обнаружения эпилептиформной активности и вспомогательной диагностики эпилепсии представлена на рисунке 1.

Безобразова Светлана Владимировна, аспирант кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.

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

Евстигнеев Виктор Владимирович, профессор, д.м.н., заслуженный деятель науки Республики Беларусь, профессор кафедры «Неврология и нейрохирургия» Белорусской медицинской академии последипломного образования.