ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978
Seria: AUTOMATYKA z. 45 Nr kol. 581

Edward Solarski
Politechnika Śląska

METODA RACJONALNEGO ROZMIESZCZENIA KONTURÓW NA PŁASZCZYŹNIE W SPOSÓB AUTOMATYCZNY

[illegible]reszczenie: Zastosowanie automatycznego sterowania technologią [illegible]anie konturów, wymaga opracowania algorytmu automatycznego opakowania elementów na płaszczyźnie. W pracy przedstawiono zadanie optymalizacji i podano algorytm realizujący racjonalne rozmieszczenie konturów na płaszczyźnie.

1. Wstęp

Sterowanie przez maszynę cyfrową technologią cięcia termicznego blach, odbywa się w dwóch etapach. W trybie off line przygotowany jest plan cięcia w języku akceptowanym przez automat lub minikomputer sterujący w trybie on line urządzeniami wykonawczymi /silnikami krokowymi/.

Przygotowanie planu cięcia dokonuje się w trzech fazach. W fazie pierwszej kodujemy kontur znajdujący się na rysunku wykonawczym w określonym języku specjalistycznym. Dwie następne fazy wykonuje się w sposób automatyczny, wpierw odbywa się translacja, a następnie sporządzenie planu cięcia konturów na arkuszu blachy. W etapie translacji wypracowuje się wszystkie punkty charakterystyczne konturu.
W planie wycinania konturów z ograniczonej płaszczyzny staramy się umieścić maksymalną ilość elementów określając bezpośrednie współrzędne.

W przypadku, gdy długość serii wycinanych elementów jest nawet duża lub gdy arkusze blachy są drogie, wtedy opłacalne jest ręczne wykonywanie planu cięcia, chociaż niweluje to korzyści płynące z automatycznego przygotowania programów cięcia z dwóch poprzednich etapów.

Konieczność oszczędnego gospodarowania materiałami oraz wysokie koszty ręcznego upakowania nawet przy współpracy z maszyną cyfrową sprawiły że rozwiązanie problemu automatycznego sporządzania planów cięcia stało się konieczne.

2. Sformułowanie problemu

Załóżmy, że zaplanowano do wycięcia "L" konturów, które zostały opisane przez podanie:

a. współrzędnych załamania konturu,
b. rodzaje krzywych łączących punkty załamania,
c. parametry krzywych.

Niech zbiór

$$Pi = \left\{ Q_{i1} \quad X, Y_1 \;\ldots\ldots\; Q_{im}, X_m, Y_m \right\} \quad \ldots\ldots (1)$$

gdzie

$Q_{i1} \quad X_1, Y_1$ – współrzędne punktów załamań, (2)

$i = 1, 2 \ldots m$ – ilość elementów ograniczających powierzchnię konturu,

opisuje punkty załamania konturu.

Istnieje również zbiór Ri opisujący charakter krzywych łączących punkty załamania

$$Ri = \alpha_{i1} \ldots\ldots \alpha_{im} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

gdzie

$$\alpha_i = \begin{cases} 0 & - \text{ prosta} \\ 1 & - \text{ łuk} \\ 2 & - \text{ okrąg} \end{cases}$$

Przez wartość α i oznaczamy umownie rodzaj krzywej.

Zbiór R_i^* uzupełnia zbiór R_i podając wartości parametrów dla krzywych (promienie i współrzędne środków łuków i okręgów)

$$R_i^* = \left\{ \beta_{i1}, \ldots \beta_{im} \right\} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

gdzie

$$\beta_i = \begin{cases} 0 \\ +R \\ -R \end{cases}$$

Podzbiór iloczynu kartezjańskiego

$$A_i \subset P_i \times R_i \quad R_i^* \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

będzie zbiorem opisującym jednoznacznie konfiguracje konturu.

Zakładamy ponadto, że zbiory Pi i Ri zostały uporządkowane tak, że opisują kontur w kierunku matematycznie dodatnim.

Element wycinany może zawierać kilka konturów, dlatego zbiór Kj

$$Kj = \bigcup_{i=1}^{n} A_i, \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

gdzie

Y_1, Y_2 dolny i górny indeks ze zbioru i =1,2 ... m

A_{Y1} - główny kontur wykroju

będący sumą A_i określa jednoznacznie konfiguracje elementu.

Zbiór $K = \{K_1 \ldots K_j \ldots K_m\} \wedge \bigwedge_{j,i \in m} \{K_j \neq K_i\}$ ....(7)

gdzie j = 1, 2, ... m ilość typów elementów

Określamy również zbiór Z,

$Z = \{Z_1 \ldots Z_m\}$ ....(8)

gdzie $Z_i \in N$,

którego elementy określają zapotrzebowanie Zi na element "i". Podzbiór iloczynu kortezjańskiego

$ZA \subset K \times Z$ ....(9)

zawiera pełną informacje o ilości i typie wycinanych elementów.

Arkusze, na których będziemy dokonywali upakowywania elementów mogą posiadać również kształty dowolne.

Będzie istniał więc zbiór

$K_B = \{K_{B1}, \ldots K_{Bi} \ldots K_{Bm_B}\}$, ...(10)

gdzie

K_{Bi} - podzbiór określający całkowicie konfiguracje arkusza

$i = 1, 2 \ldots m_B$ - ilość arkuszy.

Problem optymalnego upakowania można sformułować w następujący sposób :

$$\min_{z_{ij}} \left[\sum_{i=1}^{m_B} S_{B_i} - \max_{z_{ij}} \sum_{j=1}^{m} S_{aj} z_{ij} \right]$$ ....(11)

przy ograniczeniach

$$\sum_{i=1}^{m_B} z_{ij} = Z_j$$ ....(12)

$$\bigwedge_{\substack{j \in m \\ i \in m_B}} \{ z_{ij} \geqslant 0 \wedge z_{ij} \in C \}$$ ....(13)

$$\bigcup_{j=1}^{m} (K_j^{*})_{3ij} = 0, \qquad \text{.........(14)}$$

gdzie

$K_j^{*} = G\ (K_j)$

G – funkcja przekształceń geometrycznych,

S_{Bi} – pole powierzchni "i" arkusza,

S_{aj} – pole powierzchni "j" konturu,

3_{ij} – zmienna rozdziału określająca, że na arkuszu będzie znajdować się 3_{ij} konturów typu "j".

Elementy Kj wyznaczają obszary konturów, a warunek (14) określa rozłączność obszarów Kj będących po przesunięciu lub obrocie.

By znaleść rozwiązanie przy pomocy maszyny cyfrowej, tzn. określić 3_{ij} opt. i X_j^{*} Y^{*} należałoby wykonać olbrzymią ilość iteracji co wydłużyłoby w znakomity sposób czas obliczeń.

Ograniczenia (12) zapewniają upakowanie tylko takiej ilości elementów danego typu, która została zaplanowana.

Generalnie problem upakowania polega na umieszczeniu maksymalnej ilości elementów na żądanej ilości arkuszy, tak by ilość odpadów była minimalna.
Problem ten należy rozwiązywać przy założeniu, że suma pól wszystkich elementów

$$\sum_{i=1}^{m} S_{ai} < \sum_{i=1}^{m_B} S_{Bi} \qquad \text{.......(15)}$$

jest mniejsza od sumy pól arkuszy.
W przeciwnym razie oznacza to, że nawet w idealnym przypadku elementy nie zmieszczą się.
Należy więc wybrać elementy do wycięcia najważniejsze. Wpierw należy każdemu elementowi zbioru K przypisać odpowiednią wagę i rozwiązać problem

$$\max\left[\gamma_1\vartheta_1 + \gamma_2\vartheta_2 + \cdots + \gamma_m\vartheta_m\right] \qquad \text{.......(16)}$$

przy ograniczeniach

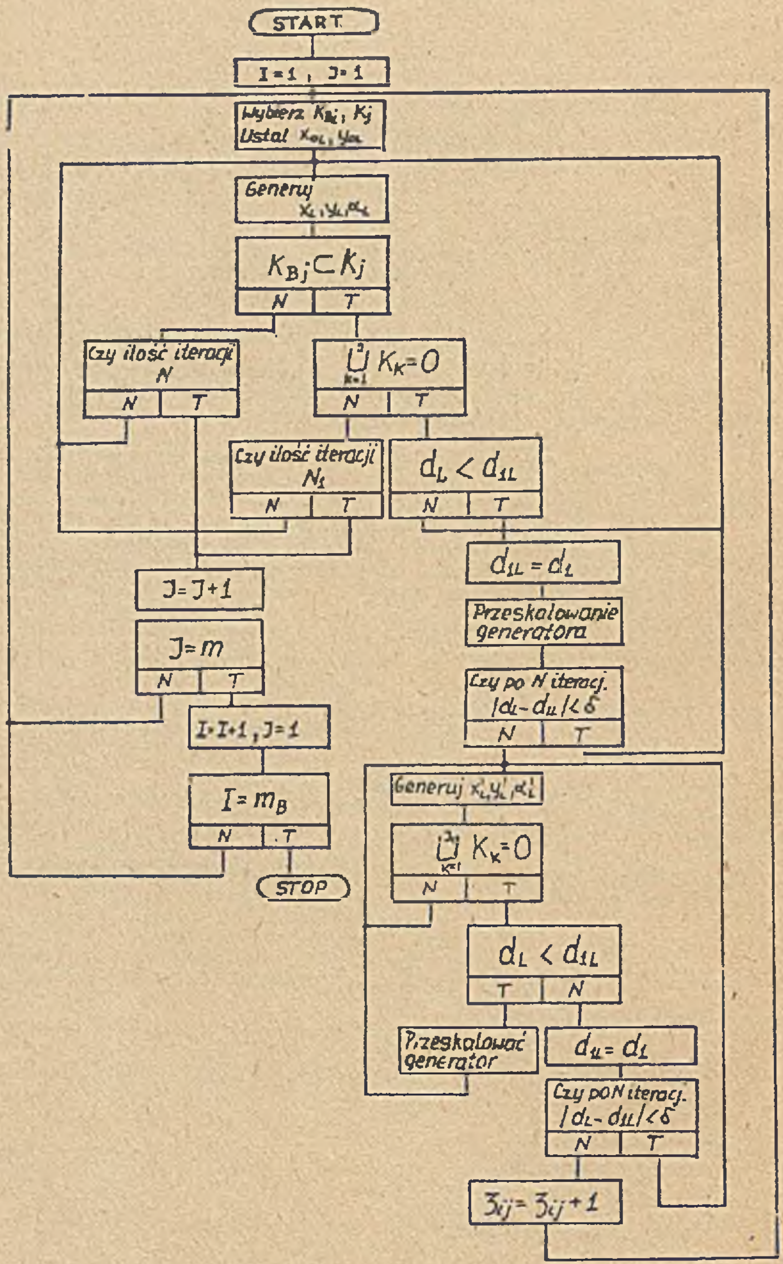
$$S_{a_1}\vartheta_1 + S_{a_2}\vartheta + \cdots + S_{am}\vartheta_m < \sum_{i=1}^{m_B} S_{Bi} \qquad \text{......(17)}$$

$$X_j \geqslant 0, \qquad \text{.........(18)}$$

gdzie

S_{aj} – jest to minimalne pole prostokąta opisanego na elemencie K_j.

j = 1, 2 ... m – ilość rodzajów typów elementów.



Rys. 1. Schemat blokowy algorytmu

Obliczenia można dokonać podaną w [1] procedurą Gomoryego. Należy zaznaczyć, że chociaż wektor V = Vopt to jednak sam wybór ilości i typu elementów nie będzie optymalnym, a wydaje się że jedynie będzie lepszym od wyboru intuicyjnego. W procesie upakowania mogą się nie znaleźć wszystkie elementy Kj lub też może któregoś zabraknąć. Po określeniu V = Vj należy zmodyfikować zbior Za.

3. Koncepcja przybliżonego rozwiązania problemu

Podstawa koncepcji rozwiązania problemu opiera się na przeglądzie wielu wariantów upakowania i wyboru najbardziej korzystnego.
Algorytm realizuje funkcje celu przez wprowadzenie elementów Kj i dokonywanie przekształceń geometrycznych /rotacji i przesunięcia/, tak by zachowując warunek rozłączności zmniejszyć do minimum odpady arkusza. Obliczanie pola odpadów po każdym przekształceniu jest pracochłonne, dlatego też przyjęto jako kryterium, minimum odległości, między środkiem ciężkości a początkiem układu współrzędnych.
Z dwóch dopuszczalnych położeń korzystniejsze będzie to dla, którego odległość będzie mniejsza.
Opracowanie heurystycznych reguł doboru współrzędnych środka ciężkości przyspieszyłoby zbieżność procesu, jednakże opracowanie reguł dla konturów o dowolnym kształcie i dowolnym kształcie arkuszy jest niezwykle utrudnione. W algorytmie przyjęto, że współrzędne środków ciężkości będą generowane przez generator liczb pseudolosowych o rozkładzie równomiernym [3].

4. Uwagi i wnioski

Na rysunku podano algorytm pracujący w sposób automatyczny bez udziału człowieka oraz bez określonych reguł postępowania w określonych przypadkach.
W pracy nie określono szybkości pracy podanego algorytmu.
Jednak jeżeli program podanego algorytmu zmieści się w pamięci operacyjnej to po wstępnych oszacowaniach wynika, iż dłużej trwałaby komunikacja i transmisja danych między człowiekiem a maszyną niż uzyskanie podobnego wyniku w sposób automatyczny, dlatego algorytm nie przewiduje konwersacyjnego trybu pracy.

LITERATURA

1 Kucharczyk J., Sysło M.: Algorytmy optymalizacji w języku Algol 60. PWN, Warszawa 1975.

2 Szkupba B.B.: Zadacza trech stankow. Naukowa Dumka, Moskwa 1976.

3 Stojan G., Gil N.I.: Metody i algoritmy rozmieszczienia płaskich geometriczeskich obiektow. Nauka, Kijów. [illegible]6.

4 Zieliński R.: Metody Monte Carlo. WNT, Warszawa 1970.

5 Niederhausen H.P.: Program zum automatischen Herstellen eines Schneidplans für beliebig gestaltete Werkstücke durch elektronische Datenverarbeitung, Schweissen und Schneiden 29.

МЕТОД РАЦИОНАЛЬНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТУРОВ НА ПЛОСКОСТИ

Р е з ю м е

В работе представляется проблемма оптимализации размещения контуров и указан алгоритм реализирующий рациональное размещение контуров на плоскости.

THE METHOD OF AUTOMATIC RATIONAL DISPOSING OF CONTOURS ON THE PLANE

S u m m a r y

The automatic system of steering the cutting out technology and its application, need a special algorithm of automatic and precise disposing of the elements on the plane. The article shows the problem of optimization and gives the algorithm, which performs the rational disposing of contours on the plane.