FOLIA FORESTALIA POLONICA
Seria B, zeszyt 21, 1990

SYSTEM OPTYMALIZACJI ROZKROJU TWORZYW PŁYTOWYCH W PRZEMYŚLE MEBLARSKIM

Ryszard Krawczyński, Bogusław Mitura, Leszek Żukowski

Katedra Organizacji, Ekonomiki i Projektowania Zakładów Przemysłu Drzewnego SGGW-AR w Warszawie

W artykule przedstawiono oryginalny system optymalizacji wzorów rozkroju tworzyw łytowych opracowany na komputery klasy IBM PC. Omówiono algorytm optymalizacji, odstawowe ograniczenia technologiczne dla formatyzerek, ograniczenia konstrukcyjne wycinaych formatek oraz ograniczenia organizacyjne dla Wyszkowskich Fabryk Mebli, w których ystem jest wykorzystywany. Przedstawiono również przykładowe wydruki i efekty stosowania.

WPROWADZENIE

Optymalizacja rozkroju tworzyw płytowych w przemyśle meblarskim, szczególnie w zakładach o ma owym typie produkcji, jest istotnym zagadnieniem o charakterze techniczno-ekonomicznym. Ogólnie polega ona na zaprojektowaniu wzorów rozkroju tworzyw płytowych na formatki o zadanych wymiarach oraz w określonej liczbie, przy równoczesnym dążeniu do maksymalizacji wykorzystania powierzchni płyt. Jeżeli uwzględni się fakt, że zakłady otrzymują płyty o różnych wymiarach (zgodnie z normą) i wykorzystują kilkaset rodzajów formatek, to zaprojektowanie rozkroju staje się zadaniem trudnym i pracochłonnym.

Dotychczas wzory rozkrojów wykonywane były ręcznie, sporządzano je wg zadanego rodzajowo a ortymentu wyrobów. Przy sto owaniu takiej techniki nie było możliwości optymalizacji tego zagadnienia. Optymalizacja wzorów rozkroju tworzyw płytowych w warunkach przemy łowych jest możliwa jedynie przy wykorzystaniu elektronicznej techniki obliczeniowej.

Z teoretycznego punktu widzenia zagadnienie optymalizacji prostokątnego rozkroju materiału jest znane od dość dawna. Problemem tym zajmowali się między innymi Gilmore i Gomory [1], którzy opracowali algorytm rozwiązujący to zagadnienie. Na pod tawie tego algorytmu opracowane zo tały standardowe pakiety programowe, takie jak: TRIM LOSS – firmy ICT, CROCODILLE – firmy IBM, OPTICUT – firmy IGGESUND i in.

Pakiety te charakteryzują się pewnymi wadami, takimi jak:

– ograniczoną dostępnością na rynku krajowym (pakiet CROCODILLE jest niedostępny),

– zaprojektowaniem według przestarzałej technologii przetwarzania danych, na duże, stacjonarne komputery,

– uniwersalnym, ogólnym charakterem, nie uwzględniającym specyfiki przemysłu drzewnego,

– brakiem możliwości uwzględnienia wszystkich ograniczeń technologicznych i konstrukcyjnych występujących w konkretnych warunkach produkcyjnych.

W rezultacie, z praktycznego punktu widzenia, przydatność pakietów standardowych jest w dużej mierze ograniczona.

Fabryki mebli, widząc poważne źródło oszczędności wykorzystania płyt poprzez optymalizację ich rozkroju, zmuszone zostały do własnych poszukiwań w tym zakresie. Dodatkowym impulsem do działań jest fakt ogólnej dostępności sprzętu komputerowego potrzebnego do tego celu. Efektem tych działań jest przedstawiony w niniejszym artykule komputerowy system optymalizacji rozkroju płyt na formatki, wykonany dla Wyszkowskich Fabryk Mebli, w Katedrze Organizacji, Ekonomiki i Projektowania Zakładów Przemysłu Drzewnego SGGW-AR w Warszawie.

OGÓLNE ZAŁOŻENIA SYSTEMU

Dla omawianego systemu optymalizacji rozkroju tworzyw płytowych w Wyszkowskich Fabrykach Mebli przyjęto następujące założenia:

1. Istnieje określony asortyment tworzyw płytowych, w liczbie do 6 typowych wymiarów dla jednego zadania optymalizacyjnego.

2. Istnieje określone zapotrzebowanie na elementy prostokątne (formatki) w liczbie do 100 rodzajów, każdego w określonej liczbie.

3. Wśród elementów wyróżnia się formatki wielokrotnie powtarzające się, stanowiące około 5% asortymentu. Elementy te składają się z kilku formatek tego samego rodzaju, stanowiąc całość, dla której ustala się wzór cięcia. Formatki wielokrotnie powtarzające się w dalszej kolejności (na innej pilarce) rozcinane są na pojedyncze elementy.

4. Uwzględnienie następujących ograniczeń technologicznych wynikających z wykorzystywanych w WFM formatyzerek typu Wesse oraz Steton, takich jak
   – liczba pił,
   – dopuszczalne zbliżenie pił,
   – szerokość rzazu,
   – minimalna szerokość pasów,
   – maksymalna szerokość pasów,
   – dopuszczalna różnica w szerokości pasów,
   – martwe pola,
   – możliwość brzegowania lewo- i/lub prawostronnego,
   – możliwość brzegowania na długość,
   – możliwość cięcia przelotowego z drugim przecinaniem i bez niego.

5. Uwzględnienie następujących ograniczeń konstrukcyjnych wycinanych formatek, takich jak
   – występowanie formatek wielokrotnie powtarzających się,
   – możliwość obrotu formatki ze względu na wzór laminatu, okleiny, deseń itp.

6. Uwzględnienie następujących ograniczeń organizacyjnych, takich jak

– dopuszczalna liczba rodzajów pasów (dwa),
– różne elementy w pasach,
– maksymalne wykorzystanie wydajności formatyzerek,
– dopuszczanie wykonywania drugiego przecinania pasów na innej pilarce niż podstawowa,
– spływ maksymalnie 4 rodzajów elementów z formatyzerki,
– realizacja około 70% programu produkcyjnego każdej z formatek z jednego wzoru cięcia.

7. Rozkroje są prostokątne, dwustopniowe. W pierwszym stopniu odcinane są pasy wzdłuż arkusza, kolejno przez jedną piłę. W drugim stopniu pasy cięte są na elementy.

Algorytm

Algorytm rozwiązania zagadnienia optymalizacji rozkroju oparty jest na metodzie programowania liniowego opracowanej przez Strzelczaka [4].

Załóżmy, że $W_i \times L_i$ dla $i=1, 2, \ldots, m$ oznaczają długości i szerokości dysponowanych m formatów płyt występujących w liczbie M_i. Z materiału tego wycina się n rozmiarów formatek o wymiarach $w_j \times l_j$ dla $j=1, 2, \ldots, n$, zgodnie z ustalonym na nie zapotrzebowaniem wynoszącym N_j. Przyjmuje się dalej, że dla każdego $j=1, 2, \ldots$ $\ldots, n$ istnieje takie $i=1, 2, \ldots, m$, iż spełniony jest warunek ($w_j \leqslant W_i$ lub $w_j \leqslant L_i$ i $l_j \leqslant L_i$ lub $l_j \leqslant W_i$) oznaczający możliwość zmieszczenia przynajmniej jednej formatki na płycie.

Niech $x_1, x_2, \ldots, x_r$ oznaczają poszukiwane ilości materiału wyjściowego, jaki należy rozciąć wg kolejnych wzorów cięcia, lub, inaczej, niech oznaczają, ile należy razy zastosować poszczególne wzory cięcia. Zmienne te muszą spełniać n następujących nierówności:

$$a_{j,1} x_1 + a_{j,2} x_2 + \ldots + a_{j,r} x_r \geqslant N_j, \quad j=1, 2, \ldots, n, \tag{1}$$

gdzie $a_{j,s}$ oznaczają liczbę formatek, jaką można wyciąć wg s-tego wzoru z wyjściowego materiału.

Jako funkcję celu przyjmuje się minimalizację powierzchni rozcinanego materiału. Zakłada się, że c_s jest powierzchnią materiału wyjściowego rozcinanego wg s-tego wzoru cięcia.

Funkcję celu i warunki ograniczające zadania można zapisać następująco: zminimalizować

$$c_1 x_1 + c_2 x_2 + \ldots + c_r x_r, \tag{2}$$

przy warunkach

$$a_{j,1} x_1 + a_{j,2} x_2 + \ldots + a_{j,r} x_r - x_{r+j} = N_j, \quad j=1, 2, \ldots, n, \tag{3}$$

$$x_s \geqslant 0, \quad x_{r+j} \geqslant 0 \quad \text{dla } s=1, 2, \ldots, r, \; j=1, 2, \ldots, n \tag{4}$$

oraz

$$\sum_{s=1}^{r} x_s \leqslant \sum_{i=1}^{m} M_i,$$

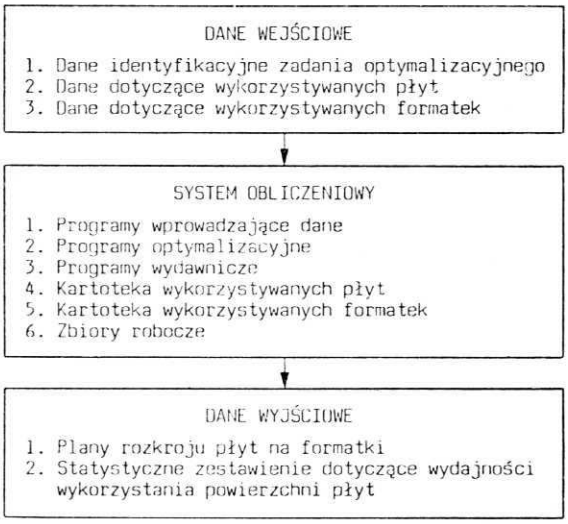
gdzie ostatni warunek oznacza, że ilość zużytego materiału nie powinna przekraczać ilości dysponowanej. Zmienna x_{r+j} jest zmienną swobodną wprowadzoną w celu przekształcenia nierówności ograniczeń w równania.

Otrzymane rozwiązanie spełnia założone warunki technologiczne, organizacyjne i konstrukcyjne, dając minimalny odpad materiałowy.

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU

Realizacja powyższego algorytmu możliwa jest na komputerach typu IBM PC/XT/AT, ewentualnie z koprocesorem arytmetycznym typu 8087 oraz drukarką lub ploterem.

Ogólny schemat systemu optymalizacyjnego w WFM przedstawiono na rys. 1. Po wprowadzeniu danych wejściowych i przeprowadzeniu obliczeń system emituje gotowe plany rozkroju. Przykładowe wydruki takich planów przestawiono na rysunkach 2 oraz 3. Plany rozkroju dostosowane są do potrzeb produkcyjnych. System emituje również zetawienie dotyczące wydajności wykorzystania powierzchni płyt.



Rys. 1. Ogólny schemat systemu organizacji rozkroju płyt

Fig. 1. A general diagram of the optimizing chipboard cutting system

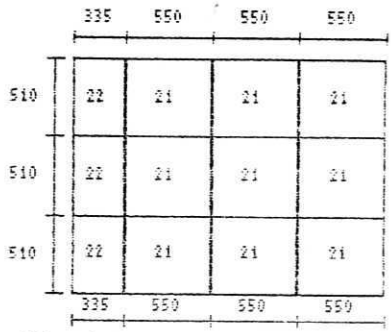
PODSUMOWANIE

Przedstawiony komputerowy system optymalizacyjny rozkroju płyt wykonany dla Wyszkowskich Fabryk Mebli posiada następujące cechy:

– zaprojektowany jest według nowoczesnej technologii, na sprzęcie komputerowym będącym w dyspozycji WFM,

>>> SYSTEM ROZKROJU PLYT DLA WYSZKOWSKICH FABRYK MEBLI <<<

Zadanie 2/1987/10/26



Rozkroj Nr 1

Ilosc plyt : 100

Plyta wiorowa 1

2000 x 1540 x 18

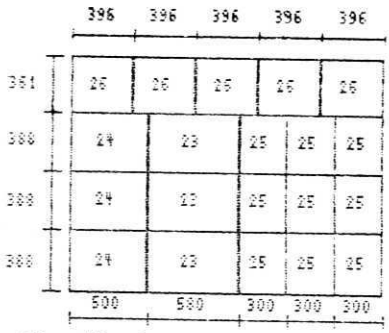
22 * Cokol waski	510 x 335	3 szt.	
21 * Cokol waski	510 x 550	9 szt.	

Wn = 94.72 %

Wb = 98.61 %

>>> SYSTEM ROZKROJU PLYT DLA WYSZKOWSKICH FABRYK MEBLI <<<

Zadanie 2/1987/10/26



Rozkroj Nr 2

Ilosc plyt : 200

Plyta wiorowa 1

2000 x 1540 x 18

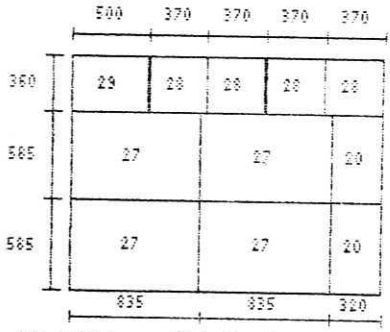
26 * Wieniec segment	361 x 396	5 szt.
24 * Przegroda Segment	388 x 500	3 szt.
23 * Przegroda Segment	388 x 580	3 szt.
25 * Wieniec segment	388 x 300	9 szt.

Wn = 93.05 %

Wb = 98.04 %

>>> SYSTEM ROZKROJU PLYT DLA WYSZKOWSKICH FABRYK MEBLI <<<

Zadanie 2/1987/10/26



Rozkroj Nr 3

Ilosc plyt : 200

Plyta wiorowa 1

2000 x 1540 x 18

29 * Bok szafki dwudrzw	360 x 500	1 szt.
28 * Bok szafki jednodrz	360 x 370	4 szt.
27 * Bok szafki jednodrz	585 x 835	4 szt.
20 * Bok szafki dwudrzw	585 x 320	2 szt.

Wn = 95.11 %

Wb = 98.74 %

Rys. 2. Przykładowe wyniki

Fig. 2. Examples of the results

```
*****************************************
W Y S Z K O W S K I E  F A B R Y K I  M E B L I
******** R O Z K R O J E ********
*******************
*********
```

ZADANIE OPTYMALIZACYJNE nr Z/1987/10/26

W Y K A Z P L A N O W R O Z K R O J U

NR	NAZWA PLYTY	WYMIARY [mm]			ILOSC [szt]		POWIERZCHNIA [m²m]					WYDAJN %	
		Dlug	Szer	Gr.	DYSP	WYKO	PLYTY	BRZEG	FORMA	RZAZ	ODPAD	BRT	NET
1	Plyta wiorowa 1	2000	1540	18.0	9600	100	308.00	304.46	291.75	6.06	6.65	98.61	94.72
2	Plyta wiorowa 1	2000	1540	18.0	9600	200	616.00	608.92	573.21	15.63	20.08	98.04	93.05
3	Plyta wiorowa 1	2000	1540	18.0	9600	200	616.00	608.92	583.90	11.31	11.71	98.74	95.11
L A C Z N I E							1540	1522	1451	33	38	98.43	94.21

KONIEC PLANOW ROZKROJU

W Y K A Z P L Y T

LP	NAZWA PLYTY	WYMIARY [mm]			ILOSC [szt]			BRZEGOWANIE			
		Dlug	Szer	Gr.	DYSP	WYKO	POZO	G.Dlu	D.Dlu	L.Szer	P.Szer
1	Plyta wiorowa 1	2000	1540	18.0	9600	500	9100	0	0	0	0

KONIEC WYKAZU PLYT

Rys. 3. Przykładowe wyniki
Fig. 3. Examples of the results

– dostosowany jest do konkretnych warunków produkcyjnych i ograniczeń panujących w zakładzie,

– charakteryzuje się dużą prostotą obsługi,

– dane wyjściowe, w postaci planów rozkroju, dostosowane są do bezpośredniego wykorzystania w produkcji,

– umożliwia sformułowanie dowolnego zadania optymalizacyjnego obejmującego różne okresy, różny rodzajowo i ilościowo asortyment formatek i płyt,

– charakteryzuje się dużą szybkością obliczeniową (skrócenie czasu obliczeń kilkunastu godzin na EMC ODRA 1305 do kilkudziesięciu minut na IBM PC/AT z koprocesorem).

Zastosowanie w praktyce przemysłowej prezentowanego systemu przynosi następujące efekty:

– oszczędności materiałowe rzędu 4% w stosunku do dotychczasowych metod ręcznych,

– skrócenie cyklu realizacji planów rozkroju oraz zmniejszenie ich pracochłonności,

– zmniejszenie zapasów międzyoperacyjnych i powierzchni magazynowych-

– skuteczniejsze sterowanie przepływem produkcji.

Praca wpłynęła do Redakcji w maju 1989 r.

LITERATURA

1. Gilmore P. C., Gomory R. E.: A linear-programming approach to the cutting-stock problem. Operations Research 11, 6, 1963.
2. Piasecki B.: Optymalny rozkrój materiałów. Warszawa, WNT 1978.
3. Sadowski W.: Teoria podejmowania decyzji. Warszawa, PWE, 1976.
4. Strzelczak S.: Metody optymalizacji rozkroju materiałów w procesach tłoczenia-cięcia w warunkach produkcji drobnoseryjnej. Maszynopis rozprawy doktorskiej, Politechnika Warszawa 1986.

SYSTEM FOR OPTIMIZING CHIPBOARD CUTTING PROBLEM IN FURNITURE INDUSTRY

Summary

In the paper a computer system for optimizing cutting of chipboard is described. This system is designed for furniture factories with regard to production and organization restriction. The criterium of the optimization is maximum utilization of the chipboard. Minimum computer system requirements are: IBM PC AT (or compatible), 640 kB RAM, hard disc (20 MB) and printer.

СИСТЕМА ОПТИМАЛИЗАЦИИ РОЗРЕЗА ДРЕВЕСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В МЕБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Содержание

В статии приведена компютеровая система оптимализации розреза древесностружечных плит. Она есть запроектирована для заводов роботающих в условях чётко соблюданных произведственных и организационных режимов. Критерией оптимализации есть максимальное использование древесностружечных плит в производстве мебели. Минимальные требования компютерной системы есть: IBM PC AT (либо компатыбильные), 640 кВ РАМ, твёрдый диск (20 МВ) и принтер.

Adres autorów
Ryszard Krawczyński
Bogusław Mitura
prof. dr hab. Leszek Żukowski
Katedra Organizacji, Ekonomiki i Projektowania
Zakładów Przemysłu Drzewnego
ul. Rakowiecka 28/80
02-528 Warszawa