

Uma Heurística para o Problema de Redução de Padrões de Corte

Marcelo Saraiva Limeira^{*,1}, Horacio Hideki Yanasse^{**,1}

(1)Área de Pesquisa Operacional

Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

(*)Doutorado, Bolsa CNPq, e-mail: marcelo@lac.inpe.br (**) Orientador

Resumo

Propõe-se um procedimento híbrido para obter a redução do número de padrões em problemas de corte de estoque. Em um primeiro estágio são gerados bons padrões de corte que, uma vez cortados, simultaneamente completam as demandas de alguns dos itens contidos nele. Com a redução do problema, outras técnicas básicas de redução de padrão, propostas previamente na literatura, são utilizadas para se tentar obter uma melhor solução para o problema.

Palavras-Chave: problema de corte unidimensional, padrão de corte, redução de padrões

Introdução

O problema de corte básico consiste em determinar a "melhor maneira" de cortar itens, com dimensões e quantidades específicas, de objetos com dimensões específicas de forma a otimizar uma função objetivo, por exemplo, minimização dos custos. Os objetos podem estar disponíveis em estoques, ou serem produzidos ou adquiridos de terceiros.

Padrão de corte é definido pelos itens a serem cortados de um objeto bem como a disposição deles no objeto para a realização dos cortes em sua produção. Observe que a geometria é determinante, isto é, as formas e as dimensões dos itens e objetos determinarão os possíveis padrões de corte.

Qualquer solução para o problema de corte de estoque consiste de um conjunto de padrões de corte e as frequências correspondentes, isto é, o número de vezes que cada padrão tem de ser cortado. Vários métodos de solução estão sugeridos na literatura, tais como Gau e Waescher [3], Stadtler [5], etc, para o problema de corte de estoque. Em particular, nem sempre pode ser apropriado considerar a minimização de perdas como um único objetivo. Na prática, o material do qual os itens são usualmente cortados faz parte apenas de um dos custos relevantes de decisão do processo de corte.

O número de trocas de padrões de corte para satisfazer uma dada demanda pode afetar consideravelmente o tempo do processo de corte. Este é particularmente o caso quando, o equipamento de corte tem de ser preparado a cada novo padrão de corte; um procedimento que consome um determinado tempo durante o qual o processo de corte tem de ser interrompido. Para evitar a falta de produção devido aos tempos de preparação de máquina, a minimização do número de padrões de corte diferentes é, nestes casos, um segundo objetivo a ser considerado na geração dos padrões. Visto que a minimização do número de objetos (minimização da entrada) e a minimização do número de padrões de corte (setups) são objetivos parcialmente conflitantes, seria desejável avaliar os efeitos de ambos os fatores em uma minimização mais geral do custo.

Parece existir um número relativamente pequeno de trabalhos publicados tratando o problema de redução de padrões (Haessler [4], Farley e Richardson [1]). Em todos os trabalhos este problema foi resolvido com o uso de heurísticas. Foerster and Wäscher [2] apresentaram uma pequena revisão de alguns trabalhos, incluindo os dois listados anteriormente. Eles propuseram um método de redução de padrões que combinava 2, 3, ou 4, padrões, de um plano de corte de entrada mínimo gerado em um primeiro estágio.

Neste trabalho apresentamos uma heurística para resolver o problema de redução de padrões em problemas de corte de estoque. O método proposto é baseado na observação que para se ter uma redução do número de padrões, os requisitos de que mais do que um item (em média) precisam ser completados quando a quantidade total de um padrão é cortada. Esta quantidade é o número de vezes que um padrão é repetido em uma solução.

A heurística

Focalizaremos o problema com um único tipo de objeto e teremos como objetivo reduzir o número de padrões dentro de um desperdício tolerável.

A idéia básica é relativamente simples. Do problema original (P), nós definimos um problema (P_1) com os mesmos itens do problema original (P) mas com as demandas ajustadas de acordo com um fator F_1 . O problema (P_1) é obtido dividindo-se $d_1, d_2, \dots, d_m$ (m é o número de itens) por F_1 e pegando-se apenas a parte inteira. Qualquer padrão de corte viável para o problema (P_1) é também viável para (P) e, além disso, este padrão pode ser cortado F_1 vezes sem ter excesso de produção de um item.

Uma seqüência de padrões é gerada para o problema (P_1) e um padrão é aceito se possui um desperdício em torno de um determinado α e completa simultaneamente as demandas de mais de um item contido nele (níveis de aspiração). Este padrão fará parte da solução global do problema (P) tendo uma quantidade F_1 .

Se nenhum padrão foi escolhido, nenhuma redução é realizada. Um novo fator F_2 é definido e o processo é repetido como do início. O processo termina quando o fator 1 é alcançado e nenhum outro padrão alcança os níveis de aspiração desejados. Caso se tenha no final um problema residual, demandas de alguns itens ainda não atendidas, então este problema residual é resolvido de maneira independente e, técnicas de redução de padrão, propostas previamente na literatura são aplicadas para a solução composta de todos os padrões gerados.

Os fatores $F_1, F_2, \dots, 1$ são definidos da seguinte maneira. Visto que os padrões desejados, quando cortados, precisam finalizar as demandas de pelo menos dois itens, as quantidades de tais padrões precisam ser submúltiplas das demandas de alguns itens. Portanto, os candidatos a fatores são números submúltiplos das demandas dos itens e definidos da seguinte maneira:

$d_m; \lfloor d_m/2 \rfloor; \lfloor d_m/3 \rfloor; \lfloor d_m/4 \rfloor; \dots; 1;$
 $d_{m-1}; \lfloor d_{m-1}/2 \rfloor; \lfloor d_{m-1}/3 \rfloor; \lfloor d_{m-1}/4 \rfloor; \dots; 1;$
 $d_{m-2}; \lfloor d_{m-2}/2 \rfloor; \lfloor d_{m-2}/3 \rfloor; \lfloor d_{m-2}/4 \rfloor; \dots; 1;$
 $\dots;$
 $d_1; \lfloor d_1/2 \rfloor; \lfloor d_1/3 \rfloor; \lfloor d_1/4 \rfloor; \dots; 1;$

Estes valores são ordenados em ordem decrescente (excluindo os valores iguais) e são testados um a um. Alguns valores podem ser imediatamente excluídos. Por exemplo, visto que nós estabelecemos que dois ou mais itens precisam ser finalizados por padrão, então o primeiro fator F_1 a ser considerado é d_{m-1} , se d_m é um múltiplo de d_{m-1} ou, um valor menor, caso contrário.

Um dos níveis de aspiração para os padrões gerados é que o desperdício precisa estar em torno de um determinado α visto que nosso objetivo é gerar uma solução com desperdício global tão igual quanto possível do valor de α . Contudo, não conhecemos o desperdício dos diferentes padrões que compõem uma solução. O valor α é obtido através da computação do desperdício gerado pela solução do problema de corte, que pode ser resolvido por algum método já proposto na literatura.

Para que se tenha um desperdício global aceitável os padrões escolhidos no procedimento precisam ter um desperdício menor ou próximo de α e padrões que são repetidos várias vezes precisam ser analisados detalhadamente quanto ao desperdício, pois se sua quantidade é elevada a solução global no final pode ter um desperdício grande e não ser muito boa. Por outro lado, um padrão levemente pior pode ser aceito se sua quantidade é pequena visto que sua contribuição para o desperdício global será mínimo.

Testes computacionais foram realizados para um problema de corte de estoque unidimensional. Escolheu-se o problema de corte de estoque unidimensional visto que este caso é mais simples comparado com problemas de corte de estoque de dimensões maiores. Além disso, para este caso, temos os resultados do trabalho de Foerster e Wäscher [2], para comparação. Para estes testes são utilizados 18 classes de problemas (cada classe contendo 100 problemas) definidas segundo Foerster e Wäscher [2]. Os resultados parciais obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Todas as implementações foram feitas em C++. Os testes computacionais foram realizados em um microcomputador Pentium II, 400 MHz com 128MB RAM.

Na Tabela I, na primeira coluna apresenta-se cada classe de problemas testada (m = número de itens, d = demanda média, P, M, G, indicam o tamanho dos itens: pequeno, médio, grande). Na segunda e terceira colunas estão indicados os números médios de objetos cortados dos dados fornecidos pela literatura (N_{O_L}) e os obtidos pela heurística proposta (N_{O_H}), respectivamente. Na quarta e quinta colunas estão indicados os números médios de padrões distintos fornecidos pela literatura ($N_{P_D_L}$) e os obtidos pela heurística ($N_{P_D_H}$), respectivamente. Na sexta e sétima colunas estão indicados os números médios de padrões distintos após a aplicação de algoritmos de redução fornecidos pela literatura ($N_{P_D_K_L}$) e os obtidos pela heurística ($N_{P_D_K_H}$), respectivamente. Algumas células da Tabela 1 não estão preenchidas devido ao elevado tempo computacional e a explosão combinatória de alguns dados.

Com relação aos resultados, o número médio de objetos obtidos pela heurística foi maior para todas as classes de problemas rodadas. Em contra partida percebeu-se que para quase todas as classes testadas o número médio de padrões distintos foi menor antes e depois da aplicação dos métodos de redução de padrões propostos na literatura.

Com a heurística proposta é possível realizar ajustes na escolha dos padrões de modo que o número de objetos permaneça dentro de um limite permitido e o número médio de padrões distintos não aumente de maneira indesejável. Uma análise de *tradeoff* poderá então ser feita de acordo com a aplicação determinando-se assim qual o acréscimo no número de objetos se tentarmos reduzir o número de padrões distintos (ou vice-versa).

CLASSE	N_O_L	N_O_H	N_P_D_L	N_P_D_H	N_P_D_K_L	N_P_D_K_H
01 – m=10; d=10 - P	11,49		8,07		4,36	
02 – m=10; d=100 - P	110,25		11,86		9,23	
03 – m=20; d=10 - P	22,13		15,49		7,72	
04 – m=20; d=100 - P	215,93		23,21		17	
05 – m=40; d=10 - P	42,96		29,22		14,40	
06 – m=40; d=100 - P	424,71		44,48		31,01	
07 – m=10; d=10 - M	50,21	51,95	10,33	8,51	8,44	7,92
08 – m=10; d=100 - M	499,52	502,82	11,67	10,38	10,39	10,02
09 – m=20; d=10 - M	93,67	100,18	19,92	14,92	16,25	14,28
10 – m=20; d=100 - M	932,32	953,05	22,51	19,48	20,19	18,81
11 – m=40; d=10 - M	176,97		38,34		32,01	
12 – m=40; d=100 - M	1766,20		43,22		39,11	
13 – m=10; d=10 - G	63,27	64,34	10,04	9,65	9,33	9,15
14 – m=10; d=100 - G	632,12	633,3	10,53	10,73	10,42	10,59
15 – m=20; d=10 - G	119,43	123,68	19,71	17,49	17,74	16,73
16 – m=20; d=100 - G	1191,80	1197,13	20,57	20,64	20,17	20,25
17 – m=40; d=10 - G	224,68	241,68	38,12	31,05	33,53	30,11
18 – m=40; d=100 - G	2242,4	2270,27	39,90	39,82	39,12	39,06

Tabela 1: Testes Computacionais

Referência

- [1] Farley A. A.; Richardson K. V. *European Journal of Operational Research*, 18: 245-249 (1984)
- [2] Foerster, H.; Wäscher, G. Pattern reduction in one-dimensiopnal cutting stock problem. Accepted for publicantion in *International Journal of Production Research* (1999)
- [3] Gau T. Wäscher G. *Or Spektrum*, 16: 131-144 (1996)
- [4] Haessler, R. W. *Operations Research*, 23: 483-493 (1975)
- [5] Stadtler, H. *European Journal of Operational Research*, 44: 209-223 (1990)