Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 9, n. 1, 2022.

Trabalho apresentado no XLI CNMAC, Unicamp - Campinas - SP, 2022.

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics
Preprint

Uma heurística para o problema do corte de estoque com limitação de pilhas abertas e aplicação à indústria de móveis

Natália S. Rodrigues[1] Kelly C. Poldi[2] Paulo J. Silva e Silva[3]
IMECC/Unicamp, Campinas, SP
Domingos Dellamonica Jr.[4]
DotProduct Consultoria e Desenvolvimento de Software, São Paulo, SP

Na indústria de móveis moderna, as peças que compõem um móvel são cortadas de chapas maiores. É de interesse que a produção destas peças seja executada com perda mínima de material [4]. Este é um contexto comum de aplicação do clássico Problema do Corte de Estoque bidimensional (2D-PCE), problema de otimização que tem como objetivo determinar padrões de corte que, quando produzidos, satisfazem uma demanda minimizando a perda de material [2].

Além da minimização da perda de material, consideramos também o problema de empilhamento das peças após a produção. Ao concluir o corte de uma chapa em peças menores, estas peças são dispostas em pilhas – que suporemos que são homogêneas, ou seja, cada pilha contém apenas itens idênticos. Uma pilha é *aberta* no momento em que a produção da peça é iniciada e é *fechada* depois que toda a demanda da peça já foi produzida. A limitação no número máximo de pilhas abertas pode ser vista como um problema de sequenciamento de padrões de corte [1, 5, 6].

Um problema de sequenciamento muito conhecido é o de minimização de pilhas abertas [5, 6], que consiste em sequenciar os padrões de corte de uma solução de modo que possa ser produzida utilizando uma quantidade mínima de pilhas abertas. Estamos interessados em um problema associado: o de limitação de pilhas abertas (2D-CS-LOSP), que pede por uma solução para o PCE que possa ser sequenciada com uma quantidade pré-definida M de pilhas abertas. Em [1], é proposta uma modelagem do problema como programa linear inteiro para o caso unidimensional.

A restrição de pilhas abertas é uma regra de produção que limita a quantidade de peças a serem produzidas simultaneamente. Desde modo, é de interesse sistematizar o controle de *quais* peças podem ser produzidas *quando*. Faremos isso através de uma estrutura chamada *t-guide* [3].

Definição 1. *Seja $t \in [n]$. Um **t-guide** sobre $[n]$ é uma sequência $(S_i)_{i=1}^m$ em que $S_1, \ldots, S_m \subseteq [n]$ são conjuntos distintos satisfazendo as seguintes propriedades:*

1. $\bigcup_{i=1}^m S_i = [n]$;
2. $|S_i| \leq t, \forall i \in [m]$;
3. *se $p \in S_i \cap S_j$ para $i < j$, então $p \in S_k$ para todo k tal que $i \leq k \leq j$.*

Na Definição 1, $[m]$ indexa um conjunto de períodos de produção e $S_i, i = 1, \ldots, m$, indica o conjunto das peças que podem ser produzidas no período i. A propriedade 2 garante que no máximo t pilhas estejam abertas em um mesmo período, e a propriedade 3, que cada pilha seja mantida aberta até que o tipo de peça tenha sua produção concluída.

[1]nataliaswrodrigues@gmail.com, financiada com bolsa da empresa Biesse S.p.A (Itália)
[2]kelly@ime.unicamp.br
[3]pjssilva@unicamp.br
[4]domingos@dotproduct.com.br

O controle de produção oferecido por um *t-guide* restringe também o conjunto de padrões de corte que podem ser cortados: um padrão só pode ser cortado se suas peças podem ser produzidas em um mesmo período. Neste caso, dizemos que o padrão é *compatível* com o *t-guide*. Da mesma forma, uma solução factível é dita compatível com um dado *t-guide* se todos os padrões que a compõem são compatíveis. Observe que para obter uma solução para o PCE compatível com um dado t-guide $\mathcal{G}$, é suficiente resolver o PCE com conjunto de padrões de corte restrito aos compatíveis com $\mathcal{G}$. Denotamos este problema de corte restrito por $\text{PCE}_{\mathcal{G}}$.

É simples mostrar que soluções factíveis para o $\text{PCE}_{\mathcal{G}}$ trazem uma vantagem: elas são trivialmente sequenciáveis com quantidade máxima t de pilhas abertas. Desta forma, para encontrar uma solução sequenciável para o PCE com M pilhas abertas, é suficiente determinar um M-guide $\mathcal{G}_M$ e resolver $\text{PCE}_{\mathcal{G}_M}$. Para tal, propomos um algoritmo heurístico que constrói simultaneamente um M-guide $\mathcal{G}_M$ e uma solução relaxada para $\text{PCE}_{\mathcal{G}_M}$ executando pequenas modificações estruturais sobre um t-guide inicial. Isto é feito através de uma busca em árvore, associando nós da árvore a *guides* e em que nós filhos são obtidos modificando o *guide* associado ao nó pai. Estas modificações são escolhidas de modo a garantir que existam nós associados a *M-guides* em um nível conhecido da árvore, e a exploração é feita por prioridade, sendo critérios de prioridade a profundidade dos nós e a qualidade das soluções ótimas de cada $\text{PCE}_{\mathcal{G}}$ relaxado.

Neste trabalho, pudemos observar que a heurística proposta para obter soluções fracionárias para o 2D-CS-LOSP apresentou bons resultados quando aplicada à resolução de 88 instâncias reais da indústria moveleira. O procedimento mostra potencial de construção de boas soluções contra uma certa sensibilidade às modificações estruturais definidas sobre os *t-guides*. Como continuidade do trabalho, pretendemos explorar estratégias para obtenção de solução inteira para o problema.

Agradecimentos

Agradecemos à DotProduct Consultoria e Desenvolvimento de Software e à Biesse S.p.A. (Itália) pelo financiamento do projeto de pesquisa do qual este trabalho é resultado.

Referências

[1] Claudio Arbib, Fabrizio Marinelli e Paolo Ventura. "One-dimensional cutting stock with a limited number of open stacks: bounds and solutions from a new integer linear programming model." Em: **International Transactions in Operational Research** 23 (2016), pp. 47–63. DOI: 10.1111/itor.12134.

[2] Robert W. Haessler e Paul E. Sweeney. "Cutting stock problems and solution procedures". Em: **European Journal of Operational Research** 54.2 (1991), pp. 141–150. DOI: 10.1016/0377-2217(91)90293-5.

[3] Domingos Dellamonica Jr. "Cut pattern sequencing". Em: (2020). Notas.

[4] Reinaldo Morabito e Marcos Arenales. "Optimizing the cutting of stock plates in a furniture company". Em: **International Journal of Production Research** 38.12 (2000), pp. 2725–2742. DOI: 10.1080/002075400411457.

[5] Horacio H. Yanasse. "On a pattern sequencing problem to minimize the maximum number of open stacks". Em: **European Journal of Operational Research** 100.3 (1997), pp. 454–463. DOI: 10.1016/S0377-2217(97)84107-0.

[6] Boon J. Yuen. "Heuristics for sequencing cutting patterns". Em: **European Journal of Operational Research** 55 (1991), pp. 183–190. DOI: 10.1016/0377-2217(91)90222-H.