

Um Algoritmo Heurístico Aplicado a Homogeneização das Características Físicas de Produtos

Luis Henrique Leão

Universidade Federal de Ouro Preto

luis_ccm14@hotmail.com

01 de agosto de 2016

Introdução

Contexto Histórico

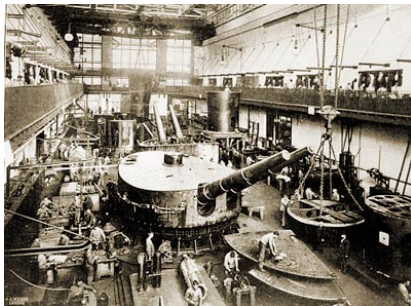
Antes da Revolução Industrial os produtos eram feitos manualmente e, no máximo com a ajuda de máquinas simples. Essa produção era feita em oficinas que funcionavam na própria casa do artesão que comandava todo o processo, desde a matéria-prima até a comercialização do produto finalizado.

Revolução Industrial

- Proporcionou um grande avanço tecnológico em todo o mundo;
- Substituição em larga escala de processos manuais por processos automatizados ou semi-automatizados;
- Aumento da produtividade e da lucratividade a partir dos bens produzidos.



(a) Antes da Revolução



(b) Depois da Revolução

Figura: contexto histórico industrial.

Dias Atuais

Atualmente, a inteligência computacional e seus métodos têm sido utilizados nas indústrias, basicamente em todas as fases da produção, desde a obtenção da matéria-prima até a entrega do produto acabado ao consumidor final



Figura: Computadores na Indústria.

Conceitos

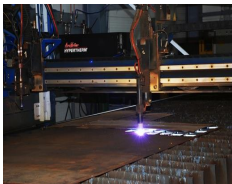
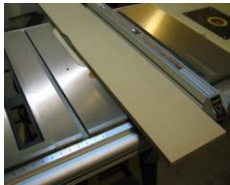
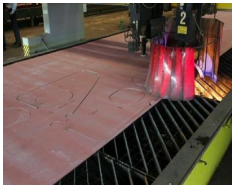
Peça

Em algumas indústrias há a necessidade de transformar unidades maiores de matéria prima em produtos menores com diferentes formas e tamanhos. É preciso realizar cortes em uma determinada unidade de matéria prima a fim de se obter unidades menores (ou peças), respeitando algum objetivo pré-estabelecido.

Padrão

Um plano (ou padrão) de corte pode ser caracterizado como a disposição das peças dentro de uma chapa de matéria prima, semelhante a um gabarito. Cada padrão é unicamente reconhecido por possuir uma quantidade finita de peças e para cada uma há uma posição associada

Conceitos





Estágio

Um estágio é definido como uma subdivisão de um processo em uma sequência de sub-processos.

Definição

No meio industrial um estágio da produção pode ser caracterizado como uma unidade de tempo em que determinado padrão de corte é processado.

Critérios de Qualidade

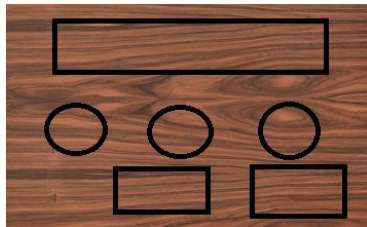
A ordem em que os padrões são processados, pode interferir diretamente na produtividade, ocasionando custos desnecessários. É preciso então planejar a sequência em que os padrões serão cortados atendendo algum critério de qualidade.

Descontinuidade

Uma descontinuidade surge quando uma determinada peça está sendo processada a partir de um padrão em um determinado estágio, e em nos estágios posteriores a referida peça não é produzida, porém, volta a sê-lo em algum estágio posterior.

Consequência

Ao fabricar peças diferentes, a mesma matéria prima é utilizada e, posteriormente, ao retomar a produção de um tipo de peça específica, as características da matéria prima podem ser diferentes, originando variações de características físicas.



Motivação

Prática

Trata-se de um problema de aplicação prática no contexto industrial, tornando-se essencial para o planejamento e execução do processo produtivo de diversas indústrias, tais como as relacionadas a produtos de madeira, vidro, papel e cimentícios.

Teórica

Trata-se de um problema NP-Difícil ou seja, não existe algoritmo conhecido que resolva este problema em tempo determinístico polinomial.

Fundamentação Teórica

Entrada

É representada por uma matriz M binária que relaciona os padrões de corte e as peças. Cada elemento m_{ij} ($i \in P, j \in S$) da matriz M é preenchida da seguinte forma:

$$m_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o padrão } p_j \text{ possui a peça } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
1	1	1	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0
4	0	0	0	1	0	1
5	0	1	0	0	1	0
6	0	0	1	0	0	1

Solução

Uma solução para o MDP é dada por uma permutação π das colunas da matriz M , dando origem à uma Matriz Q^π , que consiste nos mesmos elementos da Matriz M , porém, com as colunas permutadas. Essa representação indica qual padrão de corte será processado em cada estágio da produção.

	p_5	p_2	p_4	p_6	p_3	p_1
1	0	1	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1	1
3	1	0	1	0	0	0
4	0	0	1	1	0	0
5	1	1	0	0	0	0
6	0	0	0	1	1	0

(a)

	p_1	p_6	p_5	p_4	p_3	p_2
1	1	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0
4	0	1	0	1	0	0
5	0	0	1	0	0	1
6	0	1	0	0	1	0

(b)

Tabela: Dois possíveis sequenciamentos para o processamento dos padrões.

Valor de uma Solução

Uma maneira aproximada de determinar o número de descontinuidades na matriz Q^π é determinar o número de inversões de 0 para 1 em cada linha da mesma matriz.

$$Z_{MDP}^\pi(Q^\pi) = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I q_{ij}^\pi (1 - q_{ij-1}^\pi) \quad (1)$$

Função Objetivo

$$\min_{\pi \in \Pi} Z_{MDP}^\pi(M) \quad (2)$$

Pré-processamento por dominância

Técnica que consiste na remoção de padrões que possuem em sua composição todas as peças existentes em algum outro padrão do problema, a fim de eliminar redundâncias.

Exemplo

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
1	1	1	0	1	1	0
2	0	1	0	0	0	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	0	0	0	1	1
5	0	0	0	1	1	1
6	1	0	1	0	0	0
7	1	1	0	0	1	1

	$p_1 p_3$	p_2	$p_5 p_4$	p_6
1	1	1	1	0
2	0	1	0	1
3	1	1	1	1
4	1	0	1	1
5	0	0	1	1
6	1	0	0	1
7	1	1	1	1

Metodologia

Grafo

Construção de um grafo ponderado e não direcionado, em que os vértices representam as peças, havendo ligação entre dois vértices quaisquer se as peças estão presentes em um mesmo padrão. A cada ocorrência desta característica, o peso da aresta correspondente é aumentado em uma unidade.

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
1	1	1	1	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0
4	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	0	1	1
6	0	0	1	0	0	1

Tabela: Instância MDP.

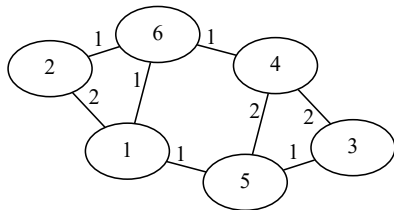


Figura: Grafo correspondente a instância.

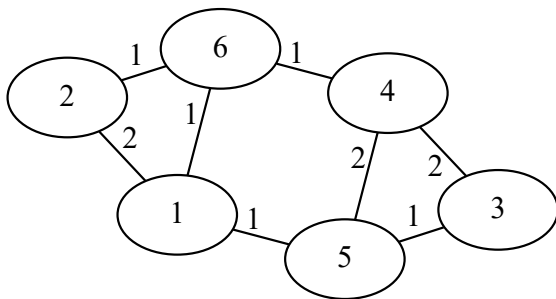


Figura: $\phi = []$

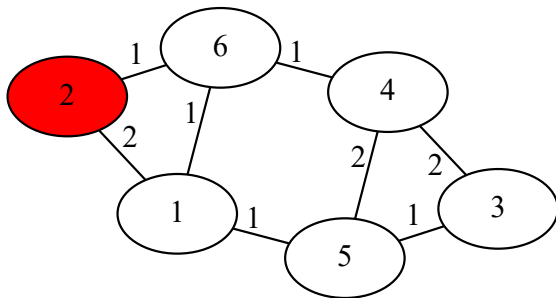


Figura: $\phi = [2]$

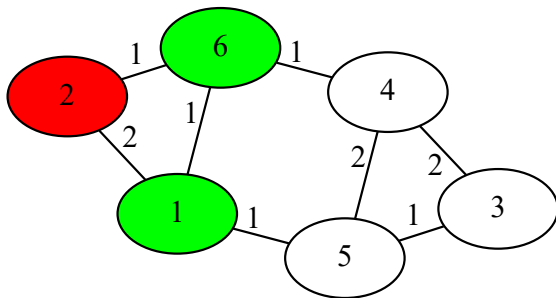


Figura: $\phi = [2,1,6]$

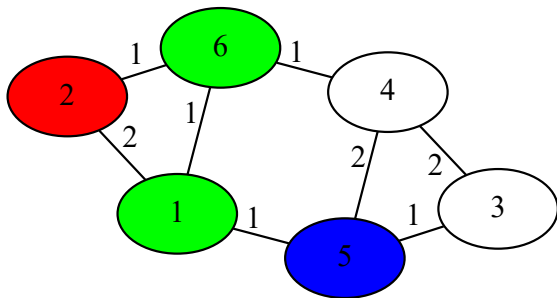


Figura: $\phi = [2,1,6,5]$

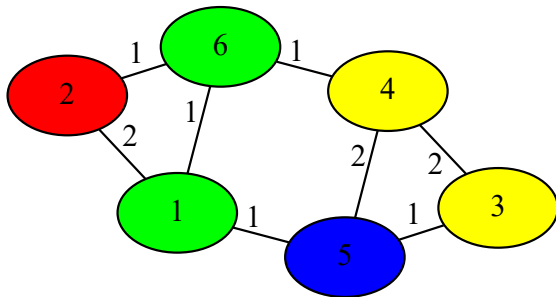


Figura: $\phi = [2,1,6,5,4,3]$

Sequenciamento dos Padrões

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
1	1	1	1	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0
4	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	0	1	1
6	0	0	1	0	0	1

Tabela: Instância MDP.

ϕ	π
2	
2,1	p_1
2,1,6	p_1, p_3
2,1,6,5	p_1, p_3, p_2
2,1,6,5,4	p_1, p_3, p_2, p_6
2,1,6,5,4,3	$p_1, p_3, p_2, p_6, p_4, p_5$

Tabela: Sequenciamento de padrões a partir da BFS.

Experimentos

Instâncias

Conjunto de quarenta e cinco instâncias artificiais é dividido em nove grupos (A-I), com cinco instâncias cada. Cada instância foi gerada aleatoriamente atendendo o critério de que cada coluna possua pelo menos um valor diferente a zero, e cada linha possua pelo menos um valor igual a um.

Tabela: Comparação de Resultados.

Grupo	\bar{B}	<i>Haddadi</i>	<i>BFS-Blocos</i>	<i>BFS-MDP</i>	<i>gap</i>
<i>A</i>	416,0	253,0	298,2	198,2	18,10%
<i>B</i>	955,6	695,8	816,6	716,6	16,93%
<i>C</i>	1789,4	1358,6	1632,4	1532,4	20,15%
<i>D</i>	1027,2	552,0	636,4	536,4	15,29%
<i>E</i>	2370,2	1616,0	1953,0	1853,0	20,85%
<i>F</i>	4529,2	3308,4	4098,8	3998,8	23,89%
<i>G</i>	2078,8	1072,4	1222,6	1122,6	14,00%
<i>H</i>	4778,4	3125,4	3896,6	3796,6	24,67%
<i>I</i>	8998,8	6375,4	8123,6	8023,6	11,73%

- Importante problema no contexto industrial, que pode reduzir os custos operacionais da produção de bens de consumo e também auxiliar na homogeneização das características físicas dos mesmos;
- Existem poucas propostas na literatura para a resolução deste problema;
- Método inicial proposto apresentou resultados razoáveis também para a resolução de um problema relacionado;
- Trabalhos futuros incluem o aprimoramento da heurística proposta, a realização de novos experimentos computacionais com a inclusão de outros conjuntos de instâncias.