

GENERACION DE CELDAS DE MANUFACTURA USANDO EL ALGORITMO DE ORDENAMIENTO BINARIO (AOB)

Manufacturing Cell Generation Using Binary Ordering Algorithm (AOB)

RESUMEN

En el presente artículo se presenta una metodología rápida y sencilla para el ordenamiento de la matriz pieza – máquina, de tal manera que se pueda observar en ella los grupos naturales cada uno de ellos siendo generador de una celda de manufactura.

PALABRAS CLAVES: Algoritmo, Manufactura celular, Matriz pieza-máquina, Tecnología de grupos.

ABSTRACT

This article presents a quick and easy method for ordering the matrix piece - machine, so that it can be observed in natural groups each generator being a manufacturing cell.

KEYWORDS: Algorithm, Cellular manufacturing, Group Tehnology, Matrix part-machine.

PEDRO DANIEL MEDINA V.

Ingeniero Mecánico, Ms.C
Profesor Auxiliar
Universidad Tecnológica de Pereira
pemedin@utp.edu.co

EDUARDO ARTURO CRUZ T

Ingeniero Industrial, Ms.C
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
ecruz@utp.edu.co

MANUEL PINZON C.

Ingeniero Metalúrgico, Ms.C
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
candelario@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La manufactura celular surge como una alternativa de distribución de planta diferente a las tradicionales distribuciones por producto o en línea y por procesos o funcional. Esta forma distinta de organizar los sistemas productivos busca trasladar las ventajas de la distribución en línea a la distribución por procesos volviéndola una distribución por tipo de productos, tipos que son determinados de acuerdo a las similitudes de las piezas manufacturadas. Aquí se muestra una metodología diseñada para generar agrupamiento de piezas y máquinas en celdas de manufactura.

2. EL PROBLEMA

La manufactura celular es una estrategia de manufactura que divide un sistema de producción en pequeños grupos o células cada una de ellas enfocada a la producción de un conjunto de partes o componentes [1]. Esta estrategia de producción es una clara consecuencia de la aplicación de la filosofía de la tecnología de grupos, la cual plantea que *cosas parecidas debería de ser fabricadas de manera parecida*.

La manufactura celular busca distribuir la totalidad de piezas fabricadas y máquinas necesarias para su fabricación en un conjunto de grupos, concentrado cada uno a la fabricación de un subconjunto de estas partes que forman familias y que son determinadas de acuerdo a las similitudes entre ellas, similitudes que pueden ser de tipo geométrico, de materiales de fabricación, de operaciones necesarias, de peso, de volúmenes de fabricación, entre otras.

Uno de los objetivos principales de la manufactura celular es el de minimizar los movimientos e intercambio de material entre los grupos, objetivo que es logrado si se generan células que garanticen la fabricación completa de los productos asignados. Si esto no es posible entonces habría piezas que deberán de visitar diferentes grupos en su fabricación.

Para lograr la reorganización del sistema de producción es necesario conocer las rutas de fabricación de cada una de las piezas lo cual permite determinar las máquinas visitadas por cada una de las partes producidas en su ruta de fabricación

Una herramienta que permite de manera ordenada resumir esta información es la matriz pieza-máquina en la cual se puede determinar con unos o ceros las máquinas que son necesarias para la fabricación de cada una de las

piezas. En esta matriz de manera general se representan las máquinas en las filas y las piezas en las columnas, esta representación no presenta en ningún momento información referente a la secuencia de las operaciones o el número de máquinas existentes de cada tipo en las instalaciones de manufactura. En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de una matriz pieza – máquina, en la cual se observa que los únicos componentes son 1 o 0 teniendo los siguientes significados: si la componente $a_{ij} = 0$ la máquina i no procesa la pieza j , de lo contrario si la componente $a_{ij} = 1$ la máquina i si procesa a la pieza j .

Máquina	Parte									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1		1		1					
B		1		1	1					
C		1		1			1			
D		1		1						
E	1			1		1				1
G					1	1			1	
H			1		1				1	
I	1									
K				1				1		
L			1			1	1	1		1

Tabla 1. Matriz pieza – máquina

A partir de la matriz pieza - máquina se podría determinar una agrupación natural de piezas y partes en celdas. Para ellos se hace necesario generar un procedimiento lógico que permita transformar una matriz de la forma observada en la Tabla 1 en una matriz pieza – máquina como la mostrada en la Tabla 2 [2].

Máquina	Parte									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	1	1							
B	1	1	1							
C	1	1	1							
D	1									
E				1	1					
G				1		1				
H				1	1	1				
I				1		1				
K							1	1	1	1
L							1	1		

Tabla 2. Matriz pieza – máquina ordenada

En la Tabla 2 se observa una matriz-pieza máquina en la que la diagonal principal está formada preferentemente por unos, mientras que las componentes en otro sector de la matriz son ceros. En esta tabla se observa que los 10 tipos piezas y los 10 tipos de máquinas se agrupan principalmente en tres grupos totalmente independientes entre sí. Se podría resumir la solución usando un diagrama como el mostrado en la Figura 1, en el que se muestra de forma esquemática los resultados plasmados en la Tabla 2.

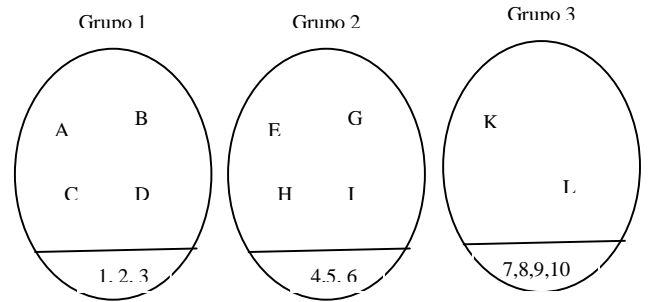


Figura 1. Esquema de la solución de la Tabla 2.

La solución de este ejemplo tiene la característica de que en ella no se hace necesario el intercambio de piezas entre grupos minimizándose de esta manera sus costos asociados. Hay ocasiones en que la solución no muestra el estado ideal de la Tabla 2, y en lugar a esto muestra un contexto como el referido en la Tabla 3.

Máquina	Parte									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	1	1							
B	1	1	1							
C	1	1	1							
D	1			1						
E				1	1					
G				1		1				
H				1	1	1				
I				1		1				
K							1	1	1	1
L							1	1		

Tabla 3. Matriz pieza – máquina con intercambio de material.

En la tabla anterior se muestra un caso típico en el que se logra una solución que requiere manejar de alguna manera el intercambio de material entre dos grupos, se observa pues que la pieza 4 aunque agregada al grupo 2, requiere la máquina D que haría parte del grupo 1. Este hecho generaría buscar una alternativa para el manejo del intercambio de la pieza 4 entre las celdas de manufactura 1 y 2. La Figura 2, muestra un esquema de la solución mostrada en la Tabla 3.

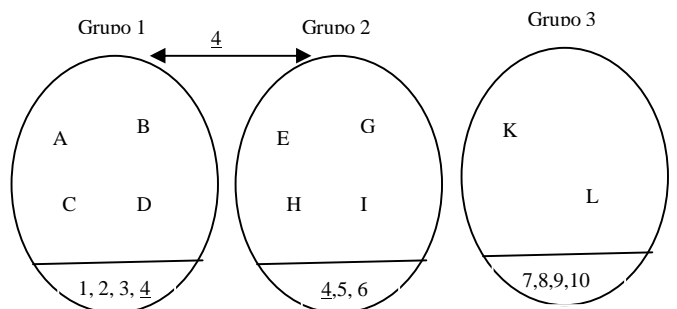


Figura 2. Esquema de la solución de la Tabla 3.

Cuando se dan casos en los que se forman celdas pero, la solución plantea la necesidad de intercambio de material entre ellas, existen un conjunto de alternativas para gestionar este aspecto, cuya escogencia depende de la situación particular de cada sistema de manufactura [3], estas opciones son:

- a. Permitir el intercambio.
- b. Multiplicar el número de máquinas de tal manera que cada celda tenga una del tipo que genera el intercambio.
- c. Rediseñar la pieza para que no sea necesaria la operación sobre el recurso compartido.
- d. Mezclar celdas para formar grupos más grandes.

3. ALGORITMO DE ORDENAMIENTO BINARIO

El AOB se basa en observar cada una de las filas y columnas como números binarios de diferente magnitud, y buscar a través de un procedimiento lógico el agrupamiento de binarios de la misma magnitud en la misma zona de la tabla, es así que por ejemplo si se observa las columnas 2 y 4 de la Tabla 2 se generan los número binarios 111000000 y 111100010 respectivamente, los cuales siendo de la misma magnitud deberían de estar ubicados en la misma zona de la matriz pieza – máquina. Caso contrario si se comparan las filas I y L con los binarios asociados 1000000000 y 10011101, que por ser de diferente magnitud deberán de ubicarse en diferentes zonas de la matriz.

El procedimiento lógico se plantea a continuación:

Paso 1 ordenar por filas:

- a. Asociar a la columna k el número decimal dado por 2^{n-k} .
- b. Calcular para cada fila i el valor de fila que estará dado por el producto escalar entre el vector fila i y el vector fila 2^{n-k} .
- c. Ordenar las filas de forma descendente de acuerdo a los valores de filas calculados en el punto anterior. Si la matriz no cambia el algoritmo para y está ya se encuentra ordenada, de lo contrario pasar al paso 2.

Paso 2 ordenar por columnas:

- a. Asociar a la fila k el número decimal dado por 2^{m-k} .
- b. Calcular para cada columna j el valor de columna que estará dado por el producto escalar entre el vector columna j y el vector columna 2^{m-k} .

- c. Ordenar las columnas de forma descendente de acuerdo a los valores de columnas calculados en el punto anterior. Si la matriz no cambia el algoritmo para y está ya se encuentra ordenada, de lo contrario pasar al paso 1.

Donde

k , representa la posición de fila y columna.
 m , número de máquinas en el sistema
 n , número de tipos de piezas a fabricar

4. CASO

Un sistema de manufactura procesa 20 piezas en 10 máquinas de acuerdo a la matriz pieza-máquina mostrada en la Tabla 4, se busca mediante el AOB generar una solución en la que se observen los grupos naturales que se podrían formar.

Máquina	Parte																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	1			1					1						1	1				1
B		1	1		1					1				1				1		1
C						1	1			1		1	1						1	
D	1			1					1						1	1				1
E						1	1			1		1	1						1	
F		1	1		1					1				1				1		1
G	1			1					1						1	1				1
H					1	1			1		1	1							1	
I		1	1		1					1				1					1	1
J						1	1			1		1	1						1	

Tabla 4. Matriz pieza – máquina de caso analizado.

Iteración 1.

Paso 1. Una vez seguido los puntos a y b de este paso se obtiene la matriz mostrada en la Tabla 5.

Máquina	Parte																				Valor fila
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
A	1			1						1										1	591921
B		1	1		1					1			1			1	1	1	1	1	430666
C							1	1				1	1							1	25988
D	1				1						1					1	1	1		1	591921
E							1	1			1		1	1						1	25988
F		1	1		1					1			1			1	1	1	1	1	430666
G	1			1						1						1	1	1	1	1	591921
H						1	1			1		1	1							1	25988
I		1	1		1					1			1	1						1	430666
J							1	1				1	1							1	25988
2^{n-k}	524288	262144	131072	65536	32768	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	

Tabla 5. Matriz pieza-máquina después de aplicar pasos 1a y 1b.

Según los valores de fila la matriz de la anterior debe de ser ordenada generándose el arreglo mostrado en la Tabla 6. Como se ve en ella, la matriz pieza-máquina sufre un cambio respecto a la original y ya se empiezan agrupar vectores binarios de la misma magnitud. De acuerdo al planteamiento del AOB se hace necesaria la realización del paso 2 en el que se ordenará la matriz de acuerdo a las columnas.

Máquina	Parte																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	1			1					1						1	1				1
D	1			1					1						1	1				1
G	1			1					1						1	1				1
B		1	1		1			1			1			1				1		1
F		1	1		1			1			1			1				1		1
I		1	1		1			1			1			1				1		1
C						1	1		1		1	1							1	
E						1	1		1		1	1							1	
H						1	1		1		1	1							1	
J						1	1		1		1	1							1	

Tabla 6. Matriz pieza-máquina ordenada después de aplicar el paso 1c a la Tabla 5.

Iteración 2.

Paso 2. Una vez seguido los puntos a y b de este paso se obtiene la matriz mostrada en la Tabla 7

Máquina	Parte																				2 ^{m-k}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
A	1			1					1						1	1				1	512
D	1			1					1						1	1				1	256
G	1			1					1						1	1				1	128
B		1	1		1			1			1			1				1		1	64
F		1	1		1			1			1			1				1		1	32
I		1	1		1			1			1			1				1		1	16
C						1	1		1		1	1							1		8
E						1	1		1		1	1							1		4
H						1	1		1		1	1							1		2
J						1	1		1		1	1							1		1
Valor col	896	112	112	896	112	15	15	112	896	15	112	15	15	112	896	896	112	15	112	896	

Tabla 7. Matriz pieza-máquina después de aplicar pasos 2a y 2b.

Según los valores de columna la matriz de la tabla anterior debe de ser ordenada generándose el arreglo mostrado en la Tabla 8. Como se ve en ella, la matriz pieza-máquina sufre un importante cambio respecto a la anterior y ya se agrupan vectores binarios de la misma magnitud. De acuerdo al planteamiento del AOB se hace necesaria la realización del paso 1 en el que se ordenará la matriz de acuerdo a las filas.

Máquina	Parte																			
	1	4	9	15	16	20	2	3	5	8	11	14	17	19	6	7	10	12	13	18
A	1	1	1	1	1	1														
D	1	1	1	1	1	1														
G	1	1	1	1	1	1														
B							1	1	1	1	1	1	1	1						
F							1	1	1	1	1	1	1	1						
I							1	1	1	1	1	1	1	1						
C															1	1	1	1	1	1
E															1	1	1	1	1	1
H															1	1	1	1	1	1
J															1	1	1	1	1	1

Tabla 8. Matriz pieza-máquina ordenada después de aplicar el paso 1c a la Tabla 6.

Iteración 3.

Paso 1. Una vez seguido los puntos a y b de este paso se obtiene la matriz mostrada en la Tabla 9.

Máquina	Parte																		Valor fila						
	1	4	9	15	16	20	2	3	5	8	11	14	17	19	6	7	10	12		13	18				
A	1			1																	1032192				
D	1			1																	1032192				
G	1			1																	1032192				
B		1	1		1																16320				
F		1	1		1																16320				
I		1	1		1																16320				
C																			1	1	1	1	1	1	63
E																			1	1	1	1	1	1	63
H																			1	1	1	1	1	1	63
J																			1	1	1	1	1	1	63
2 ^{m-k}	524288	262144	131072	65536	32768	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1					

Tabla 9. Matriz pieza-máquina después de aplicar pasos 1a y 1b.

Según lo anterior no se obtiene un ordenamiento adicional sobre la matriz pieza-máquina mostrada en la Tabla 9, lo que significa que la matriz ya se encuentra ordenada y en ella se deben de observar los grupos naturales cada uno asociado a una celda de manufactura. Se concluye además que las celdas formadas serán independientes entre sí al obtenerse una solución sin necesidad de intercambios de material entre las unidades productivas. La Tabla 10 muestra los grupos naturales formados.

Máquina	Parte																			
	1	4	9	15	16	20	2	3	5	8	11	14	17	19	6	7	10	12	13	18
A	1	1	1	1	1	1														
D	1	1	1	1	1	1														
G	1	1	1	1	1	1														
B							1	1	1	1	1	1	1	1						
F							1	1	1	1	1	1	1	1						
I							1	1	1	1	1	1	1	1						
C															1	1	1	1	1	1
E															1	1	1	1	1	1
H															1	1	1	1	1	1
J															1	1	1	1	1	1

Tabla 10. Matriz pieza-máquina ordenada y con los grupos naturales ubicados en la diagonal principal.

La Figura 3 muestra un esquema de la solución planteada una vez aplicado el AOB. En este esquema se confirma la ausencia de intercambio de material entre las celdas de manufactura generadas, lo cual significa queda pieza es total mente fabricada sobre al unidad productiva a la que se asignó.

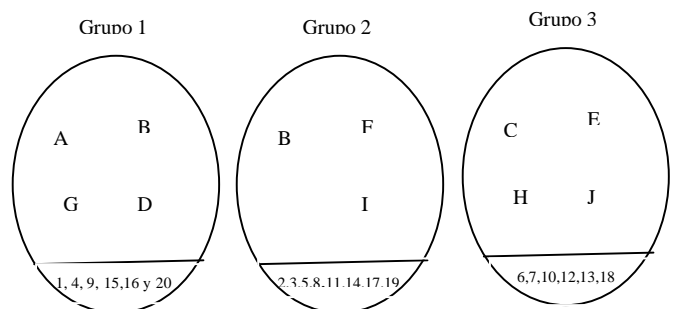


Figura 3. Esquema de la solución de la Tabla 10.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El AOB surge como una alternativa fácil y rápida para la formación de celdas de manufactura, permitiendo generar una reorganización eficiente de un sistema productivo. Por otro lado, debido a que el fin del algoritmo es ubicar en la misma zona de la matriz pieza-máquina aquellos vectores binarios de la misma magnitud, la solución final no se enfoca a minimizar los intercambios de material entre las celdas generadas, lo cual podría en ciertas situaciones generar un arreglo en la que se presenten dichos movimientos que producirían una cantidad de costos ocultos en un sistema de manufactura real.

Se hace necesario contar pues con una metodología alternativa que se enfoque a la formación de celdas de manufactura pero teniendo como objetivo importante la minimización de los intercambios de material entre los grupos naturales generados.

Finalmente aunque el Algoritmo de Ordenamiento Binario mostrado aquí se enfoca a un contexto de manufactura, es de subrayar que éste puede ser aplicado en cualquier ámbito organizacional en el que se requiera agrupar procesos, funciones o procedimientos con mucho grado de similitud entre sí.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) IRANI, Shahrukh. Handbook of Cellular Manufacturing Systems. John Wiley & Sons. 1999.
- (2) ASKIN, Ronal G. y STANDRIDGE, Charles R. Modeling and Analisis of Manufacturing Systems. Jhon Wiley & Sons. 1998.
- (3) ASKIN, Ronald G. y GOLDBERG, Jeffrey B. Design and Analysis of Lean Production Systems. Jhon Wiley & Sons. 2001.
- (4) The Productivity Development Team. Cellular Manufacturing: One-Piece Flow for Workteams. Productivity Press. Shopfloor Series. 1999.