

# TRABAJO TEMA 5

LUIS ALBERTO ÁLVAREZ ZAVALA

Diseñar y programar (opcional) una regla heurística para el problema de máquinas paralelas con tiempos de cambio anticipativos (setups) minimizando el makespan. Utilizar los siguientes datos de entrada para testear la heurística:

| p <sub>ij</sub> | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 |
|-----------------|----|----|----|----|----|
| M1              | 10 | 14 | 10 | 4  | 8  |
| M2              | 9  | 8  | 12 | 8  | 10 |
| M3              | 8  | 5  | 8  | 9  | 14 |

| S1 <sub>jk</sub> | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 |
|------------------|----|----|----|----|----|
| J1               | 0  | 3  | 3  | 6  | 5  |
| J2               | 5  | 0  | 6  | 1  | 3  |
| J3               | 2  | 6  | 0  | 5  | 3  |
| J4               | 5  | 3  | 6  | 0  | 4  |
| J5               | 3  | 3  | 3  | 5  | 0  |

| S2 <sub>jk</sub> | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 |
|------------------|----|----|----|----|----|
| J1               | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  |
| J2               | 3  | 0  | 6  | 4  | 3  |
| J3               | 1  | 3  | 0  | 4  | 3  |
| J4               | 6  | 5  | 1  | 0  | 5  |
| J5               | 3  | 2  | 1  | 4  | 0  |

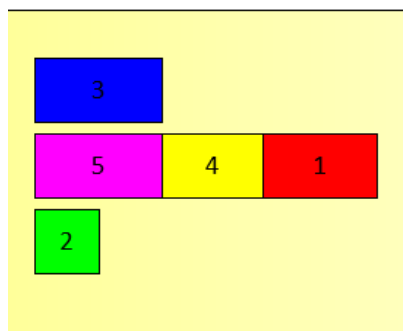
| S3 <sub>jk</sub> | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 |
|------------------|----|----|----|----|----|
| J1               | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  |
| J2               | 3  | 0  | 6  | 4  | 3  |
| J3               | 1  | 3  | 0  | 4  | 3  |
| J4               | 6  | 5  | 1  | 0  | 5  |
| J5               | 3  | 2  | 1  | 4  | 0  |

La heurística que he implementado se basa en un algoritmo genético, he utilizado la plantilla vista en clase de Secuenciación en taller de máquinas paralelas no relacionadas y la he ampliado para que tenga en cuenta el tiempo de cambio entre procesos.

Dado que ahora el tiempo de cambio tiene importancia, necesitaremos guardar orden de cada trabajo. JobID representa el orden general de todos los trabajos, a partir de él se puede obtener el orden de los trabajos asignados a cada máquina y Assigned Machine representa la máquina asignada a el trabajo .Estos dos serán las columnas que se le pasarán al algoritmo genético.

GENETIC ALGORITHM ORDER

| Job ID | Assigned Machine | Proc Time |
|--------|------------------|-----------|
| 5      | 2                | 10        |
| 4      | 2                | 8         |
| 3      | 1                | 10        |
| 2      | 3                | 5         |
| 1      | 2                | 9         |



Por lo que el algoritmo tendrá que tanto asignar un orden a los Trabajos, así como a la máquina. He hecho que cada máquina tenga en cuenta

| 1     |            | 2     |            | 3     |            |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| Start | Completion | Start | Completion | Start | Completion |
| 0     | 0          | 0     | 10         | 0     | 0          |
| 0     | 0          | 14    | 22         | 0     | 0          |
| 0     | 10         | 0     | 0          | 0     | 0          |
| 0     | 0          | 0     | 0          | 0     | 5          |
| 0     | 0          | 28    | 37         | 0     | 0          |

Podemos observar que en el caso de la maquina dos, termina en el tiempo de proceso 10, y debido a que el tiempo de cambio desde la máquina 5 a la 4 es de 4 , la maquina 4 comenzará a partir de 14.

Esto se consigue añadiendo en la función de start el tiempo de cambio de la matriz.

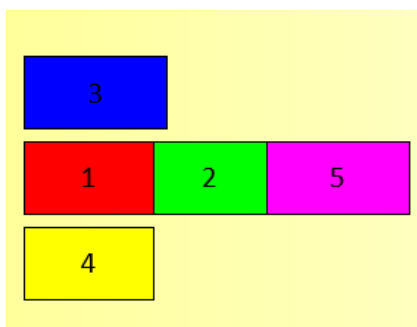
Buscar el trabajo anterior , en caso que que sea primero devuelve tu trabajo  
 =SI(\$I14=1;INDICE(M1\_Sijk;SI.ERROR(BUSCAR(2;1/(\$I\$10:\$I13=1);\$H\$10:\$H13);\$H14);\$H14)+MAX(N\$10:N13;0))  
 Añadir el tiempo de cambio de la matriz correspondiente [J\_anterior,J\_actual]

Si se cambia el orden, el tiempo de cambio entre 4 y 5 debe cambiar porque la matriz de tiempo de cambio entre procesos no es simétrica, además del tiempo de cambio que pasa a ser de 4 a 1 al cambio de 5 a 1.

Este cambio puede llegar a afectar al Cmax del proceso. En la primera configuración el Cmax era de 37 y el cambio ha hecho que pase a 35

## GENETIC ALGORITHM ORDER


| Job ID | Assigned Machine | Proc Time |
|--------|------------------|-----------|
| 1      | 2                | 9         |
| 2      | 2                | 8         |
| 3      | 1                | 10        |
| 4      | 3                | 9         |
| 5      | 2                | 10        |




| 1     |            | 2     |            | 3     |            |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| Start | Completion | Start | Completion | Start | Completion |
| 0     | 0          | 0     | 9          | 0     | 0          |
| 0     | 0          | 10    | 18         | 0     | 0          |
| 0     | 10         | 0     | 0          | 0     | 0          |
| 0     | 0          | 0     | 0          | 0     | 9          |
| 0     | 0          | 21    | 31         | 0     | 0          |
| 10    |            | 31    |            | 9     |            |

.En cuanto a los parámetros del solver, podemos observar que son taskOrder y MachAssign , los cuales son respectivamente las columnas que permiten obtener el orden de los trabajos y la maquina en la que se han asignado.

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:  

Para: ☐ Máx ☒ Mín ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:  
 

Sujeto a las restricciones:

Mach\_Assign <= 3  
Mach\_Assign = entero  
Mach\_Assign >= 1  
TaskOrder = Todos diferentes

Agregar


Cambiar

Eliminar

Restablecer todo

Cargar/Guardar

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

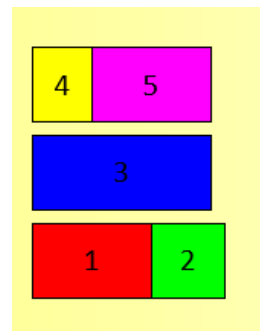
Método de resolución:  

Opciones

Una vez ejecutado podemos observar el resultado en el orden las tareas

## GENETIC ALGORITHM ORDER

| Job ID | Assigned Machine | Proc Time |
|--------|------------------|-----------|
| 4      | 1                | 4         |
| 5      | 1                | 8         |
| 3      | 2                | 12        |
| 1      | 3                | 8         |
| 2      | 3                | 5         |



Podemos observar que con esta asignación el resultado que nos da el algoritmo tiene un  $C_{max}=16$ .

| 1     |            | 2     |            | 3     |            |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| Start | Completion | Start | Completion | Start | Completion |
| 0     | 4          | 0     | 0          | 0     | 0          |
| 8     | 16         | 0     | 0          | 0     | 0          |
| 0     | 0          | 0     | 12         | 0     | 0          |
| 0     | 0          | 0     | 0          | 0     | 8          |
| 0     | 0          | 0     | 0          | 9     | 14         |

Para instancias más complejas puede ser necesario utilizar openSolver o utilizar otro programa o librería que permita la implementación de estos algoritmos.

Una regla heurística que podemos definir para obtener una solución inicial podría ser utilizar La regla LPT para ordenar los trabajos en cada máquina por orden decreciente de duración. Dado que en este caso el tiempo de proceso no es el mismo en cada máquina lo que haremos será ordenarlos según la media de tiempos de proceso

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| J5 | J3 | J2 | J1 | J4 |
| 32 | 30 | 27 | 27 | 21 |

Para la primera iteración el trabajo se asignará los trabajos insertando en la máquina en el que tenga menor tiempo de proceso y que todavía no tenga un ningún trabajo.

|    |    |
|----|----|
| M1 | J5 |
| M2 | J2 |
| M3 | J3 |

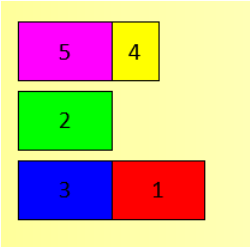
A continuación, se tratará de insertar los nuevos trabajos minimizando el cambio entre proceso de las diferentes máquinas e intentando minimizar el makespan de todos los trabajos

|    |        |
|----|--------|
| M1 | J5-J4  |
| M2 | J2     |
| M3 | J3- J1 |

Con esta configuración tenemos un Cmax=17, el cual es un buen tiempo comparado con el que hemos obtenido en la solución obtenida mediante el algoritmo genético.

GENETIC ALGORITHM ORDER

| Job ID | Assigned Machine | Proc Time |
|--------|------------------|-----------|
| 5      | 1                | 8         |
| 3      | 3                | 8         |
| 2      | 2                | 8         |
| 1      | 3                | 8         |
| 4      | 1                | 4         |



Maquinas

| 1     |            | 2     |            | 3     |            |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| Start | Completion | Start | Completion | Start | Completion |
| 0     | 8          | 0     | 0          | 0     | 0          |
| 0     | 0          | 0     | 0          | 0     | 8          |
| 0     | 0          | 0     | 8          | 0     | 0          |
| 0     | 0          | 0     | 0          | 9     | 17         |
| 13    | 17         | 0     | 0          | 0     | 0          |
| 17    |            | 8     |            | 17    |            |