

Métodos Cuantitativos Avanzados

Entrega 3: Generación de Columnas



POLITÉCNICA

Grupo M

IRANMEHR KIMIA

ESPITIA HERRERA JAIME ALONSO

IRANMEHR KIANA

PELAEZ ORTEGA NICOLAS

Introducción

Este informe describe el proceso de resolución de un problema de asignación de equipos de cirugía a quirófanos mediante tres modelos distintos. **Todos los parámetros y datos del problema han sido copiados de los archivos Excel correspondientes.** Es por esta razón que algunos de los códigos presentan cientos de líneas para definir solamente el conjunto de datos

MODELO 1: Minimizar costes

Datos del problema y Resolución

Para realizar este problema, se han trasladado los datos del archivo Excel directamente al archivo de Python, definiendo las operaciones (precedidos por 20241204 OP-XXX, en un conjunto I), quirófanos (del 1 al 99, en un conjunto J) y los costes de cada operación en cada quirófano (en un conjunto C), **solamente de aquellas operaciones referidas a la cardiología pediátrica (13 en total):**

```
I = ["20241204 OP-68", "20241204 OP-57", "20241204 OP-133", "20241204 OP-12",  
    "20241204 OP-159", "20241204 OP-18", "20241204 OP-67", "20241204 OP-  
2", "20241204 OP-138", "20241204 OP-5", "20241204 OP-44", "20241204 OP-  
107", "20241204 OP-88", ]
```

Asimismo, se ha definido el conjunto L que indica las incompatibilidades por horario entre distintas operaciones:

```
L = {"20241204 OP-68":("20241204 OP-133","20241204 OP-159","20241204 OP-2","20241204  
OP-44","20241204 OP-107","20241204 OP-88",),  
    "20241204 OP-57":("20241204 OP-138",),  
    "20241204 OP-133":("20241204 OP-68","20241204 OP-159","20241204 OP-2","20241204 OP-  
44","20241204 OP-107","20241204 OP-88",),  
    "20241204 OP-12":("20241204 OP-159",),  
    "20241204 OP-159":("20241204 OP-68","20241204 OP-133","20241204 OP-12","20241204 OP-  
44","20241204 OP-107","20241204 OP-88",),  
    "20241204 OP-18":("20241204 OP-88",),  
    "20241204 OP-67":("20241204 OP-2","20241204 OP-88",),  
    "20241204 OP-2":("20241204 OP-68","20241204 OP-133","20241204 OP-67","20241204 OP-  
44","20241204 OP-107","20241204 OP-88",),  
    "20241204 OP-138":("20241204 OP-57",),  
    "20241204 OP-5":(),  
    "20241204 OP-44":("20241204 OP-68","20241204 OP-133","20241204 OP-159","20241204 OP-  
2","20241204 OP-107","20241204 OP-88",),  
    "20241204 OP-107":("20241204 OP-68","20241204 OP-133","20241204 OP-159","20241204 OP-  
2","20241204 OP-44","20241204 OP-88",),  
    "20241204 OP-88":("20241204 OP-68","20241204 OP-133","20241204 OP-159","20241204 OP-  
18","20241204 OP-67","20241204 OP-2","20241204 OP-44","20241204 OP-107",),}
```

Resultado: solución óptima

Se obtiene un **coste de 1510**, asignándose las 13 operaciones a los siguientes quirófanos:

QUIRÓFANO	OPERACIÓN (20241204 OP-XXX)	Equipo de cirugía
4	138	Pablo Marín
11	57	Alicia González
21	44	Ricardo Suárez
23	133	Ángel Castillo
24	5	Pedro Muñoz
34	68	Alfonso Rodríguez
40	2	Pablo Domínguez
42	12	David Guerrero
50	107	Sergio Navarro
58	67	Inmaculada Serrano
61	159	Dolores González
65	18	Encarnación Díaz
71	88	Teresa Ramírez

MODELO 2 (homogéneo): Set Covering

Datos del problema y Resolución

En este caso se han seleccionado las operaciones pertenecientes a las especialidades de:

- Cardiología Pediátrica
- Cirugía Cardíaca Pediátrica
- Cirugía Cardiovascular
- Cirugía General y del Aparato Digestivo

Por otro lado, se han seleccionado hasta 46 posibles planificaciones distintas, escogidas arbitrariamente, que estarán **dentro del conjunto B**, donde cada una de ellas podrá ocupar un quirófono durante el día completo (las distintas operaciones no podrán coincidir). Todas estas planificaciones han sido creadas con ayuda de un archivo Excel.

Resultado

Se han encontrado hasta 36 planificaciones distintas que minimizan el coste dentro de las 46 propuestas. En la siguiente tabla se incluye, en orden según las columnas, dichas planificaciones:

- La planificación (codificado con PXX)
- Las operaciones (20241204 OP-XXX) que incluye dicha planificación.
- El número total de operaciones que incluye.
- El coste total de la planificación

- El coste unitario medio de cada operación, resultado de dividir el coste de la planificación entre el número total de operaciones.

Planif.	Incluye las operaciones	Nº op.	Coste planificación	Coste unitario med
P3	57,133,12,18,67,5,143	7	10169,20	1452,74
P5	57,159,18,67,5,125,143	7	10735,81	1533,69
P8	57,12,18,2,5,143	6	9674,16	1612,36
P9	68,12,18,67,138,5,143,21	8	10409,35	1301,17
P12	57,12,18,67,5,107,143,21	8	11970,89	1496,36
P13	57,12,5,88,143	5	8370	1674,00
P14	68,12,18,67,5,22,21	7	8819,78	1259,97
P15	57,12,18,67,5,167,143,21	8	12227,09	1528,39
P16	68,57,12,5,70,143	6	8882,29	1480,38
P17	57,12,18,5,35,143	6	11019,41	1836,57
P19	57,12,18,67,5,110,143	7	10943,35	1563,34
P20	57,18,67,5,55,143	6	8897,87	1482,98
P21	68,57,12,5,99,143,21	7	11281,64	1611,66
P22	57,12,18,67,5,104,143	7	11275,94	1610,85
P23	57,12,18,67,5,165,143	7	10188,82	1455,55
P24	68,18,67,102,21	5	4840,97	968,19
P25	68,12,18,67,5,148,21	7	8252,44	1178,92
P26	68,57,12,18,5,9,143,21	8	12379,32	1547,42
P27	57,12,18,67,5,126,143	7	10810,78	1544,40
P28	57,23,143	3	5672,3	1890,77
P29	57,12,18,5,73,143	6	10330,07	1721,68
P32	57,5,143,34	4	7872,83	1968,21
P33	57,18,67,143,21,1	6	8586,31	1431,05
P34	57,12,18,67,5,143,21,139	8	13112,09	1639,01
P35	57,12,18,5,44,143,59	7	10868,42	1552,63
P36	68,57,12,18,67,21,121	7	8226,72	1175,25
P37	57,12,18,67,5,125,143,83	8	12812,54	1601,57
P38	57,12,18,67,5,143,135	7	11157,98	1594,00
P39	68,12,18,67,5,21,117	7	8849,76	1264,25
P40	68,57,18,67,143,21,36	7	8275,95	1182,28
P41	57,12,18,67,5,143,164	7	10916,24	1559,46
P42	57,18,67,125,143,78	6	7571,36	1261,89
P43	57,12,18,5,143,30	6	10291,83	1715,31
P44	68,57,12,67,5,143,21,105	8	11167,18	1395,90
P45	57,12,18,67,5,143,163	7	11712,23	1673,18
P46	57,12,18,5,143,156	6	10595,51	1765,92

De aquí se puede concluir que:

MCA

- 7 planificaciones contienen el mayor número de operaciones posibles a efectuar en un día (8), siendo estas las planificaciones P9,P12,P15,P26,P34,P37 y P44.
- La planificación que menor coste unitario medio tiene es la P24, con un valor de 968,124 pero solo incluye 5 operaciones
- **La función objetivo** resulta ser la suma de todos los 36 costes totales de cada planificación, con un valor de 359169,36.

MODELO 3: Generación de Columnas

Resolución

El objetivo de este apartado es minimizar el número de quirófanos utilizados mediante el uso de planificaciones. Para ello, se han propuesto hasta 175 planificaciones de manera similar que en el modelo 2, se construyó el problema maestro y a continuación su subproblema. El problema maestro se definió así:

$$\text{F.O. Min } \sum_k y_k$$

$$\text{Sujeto a } \sum_k B_{ki} \cdot y_k \geq 1 \quad \forall i$$

Donde y_k es una variable entera y positiva y B_{ki} es el conjunto de planificaciones propuestas

Por otro lado, el subproblema se definió así:

$$\text{F.O. Max } \sum_i duals_i \cdot x_i$$

$$\text{Sujeto a } \sum_h x_h \leq W \cdot (1 - x_i) \quad \forall i$$

Donde W es una cantidad máxima (positiva, no nula) que no debe superarse (el nº de planificaciones propuestas, 175 en este caso), x es una variable de decisión binaria y $duals$ son los costes duales procedentes de las restricciones de demanda.

Se realizarán tantas iteraciones como sean necesarias (entre el subproblema y el problema maestro) hasta que el subproblema llegue a la función objetivo igual a 1, donde se regresa al problema maestro por última vez para obtener la solución óptima del problema. De todas formas, se ha programado un contador de iteraciones (llamado iteration) para que no supere las 100 y evitar un excesivo tiempo de ejecución del programa.

Resultado

Tras haber iterado un total de 29 veces, se ha llegado a una solución óptima donde se usarán 97 planificaciones: de ellas 80 son de las propuestas (precedidas por la letra P) y 17 son de nueva creación por el subproblema, que llegó a crear hasta 28 nuevas planificaciones. De forma general, **las planificaciones oscilan entre 9 y 11 operaciones por cada quirófano en un solo día.**

Opera/Plan	
Planificación	Número de Operaciones al día por quirófano y día
P3	10
P8	10
P13	9
P15	11
P20	10
P22	11
P23	10
P27	11
P28	6
P32	7
P33	9
P34	11
P35	11
P38	10
P41	11
P43	10
P45	10
P46	10
P48	10
P49	8
P51	10
P52	10
P55	11
P57	11
P62	9
P64	10
P67	10
P70	9
P71	10
P75	11
P76	7
P78	9

P79	9
P80	10
P81	10
P83	10
P87	11
P89	11
P91	8
P93	11
P94	11
P96	9
P97	11
P98	11
P101	10
P104	11
P105	4
P106	9
P107	10
P110	9
P111	9
P112	4
P113	4
P115	7
P116	10
P118	11
P119	10
P120	11
P121	9
P127	11
P128	7
P129	10
P130	9
P131	11
P133	9
P134	11
P139	2
P143	10
P145	9
P146	11
P148	9
P149	9
P151	11
P155	10
P156	11

P159	9
P160	10
P161	10
P166	10
P168	8
176	9
177	9
178	8
179	7
180	7
181	6
182	7
184	4
189	5
190	5
191	5
192	5
193	5
195	4
197	4
199	5
200	2