

## Práctica 4

---

Daniel González Alonso

14 de marzo de 2017

### Resumen

En este documento se describen los problemas y los resultados obtenidos de la práctica 4 del tema 2 de la asignatura Modelos de Investigación Operativa de Ingeniería Informática, Universidad de Valladolid.

### 1. INTRODUCCIÓN

Esta práctica trata de problemas de cubrimiento máximo. El modelo empleado para resolver estos problemas es el siguiente:

$$\begin{array}{ll} \text{Maximizar} & \sum_{i=1}^m h_i \cdot z_i \\ \text{Sujeto a} & \sum_{j \in N_i} x_j \geq z_i \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n x_j \leq P \\ & x_j \in \{0, 1\} \quad j = 1, \dots, n \\ & z_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, m \end{array} \quad (1)$$

Donde  $x_j$  representa si se abre una instalación en  $j$  (1) o no (0),  $z_i$  nos dice si la demanda de  $i$  queda cubierta (1) o no (0),  $h_i$  es la demanda de  $i$  y  $P$  es el número de instalaciones que se van a abrir. El objetivo del modelo como se puede observar es maximizar la demanda que queda cubierta para un cierto número de instalaciones.

## 2. EJERCICIOS

Para la práctica 4 se hicieron los siguientes ejercicios:

### 2.1. MODELO DE LOCALIZACIÓN DE CUBRIMIENTO MÁXIMO APLICADO A UN PROBLEMA DE PUBLICIDAD

Los datos disponibles para este problema eran una matriz  $a_{i,j}$  que nos dice si una persona  $i$  consume una cierta revista  $j$ , la cual se encuentra en el archivo `data/publicidad.dat`. Siendo el número de consumidores  $m = 50$  y el número de revistas  $n = 10$ . Además se nos dice que la demanda  $h_i = 1$  en todos los casos. El objetivo del problema consiste en maximizar el número de personas a las que se puede cubrir con  $P$  anuncios (valores entre 1 y 10).

Este problema se encuentra resuelto mediante *Xpress Mosel* en el fichero `publicidad.mos`. Los resultados obtenidos para los distintos valores de  $P$  se muestran en la siguiente tabla:

Valor de $P$	Puntos instalados	Porcentaje de demanda cubierta	Puntos cubiertos
1	35	14 %	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10
2	13, 35	18 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10
3	3, 6, 35	20 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
4	2, 3, 6, 35	20 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
5	2, 3, 6, 10, 43	20 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
6	1, 3, 6, 21, 35, 45	20 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
7	1, 2, 3, 6, 9, 10, 24	20 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
8	1, 3, 5, 6, 21, 35, 37, 45	20 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
9	1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 24, 37	20 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
10	1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 18, 24, 37	20 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Cuadro 1: Resultados Max Covering para el problema de publicidad

Como se puede observar en la tabla 2.1, a partir de el número de instalaciones  $P = 3$  el porcentaje de demanda cubierta se mantiene constante, posiblemente debido a que a pesar de llegar a cubrir más puntos no hay suficientes consumidores de esa revista, por ello si buscamos minimizar el número de anuncios publicitarios,  $P = 3$  sea la mejor opción.

## 2.2. PROBLEMA DE CUBRIMIENTO MÁXIMO PARA EL EJEMPLO DE CENTROS DE AMBULANCIAS

Este problema consiste en maximizar la demanda cubierta con  $P$  instalaciones de ambulancias. Para ello se nos dice que el numero de posibles puntos de instalación es  $m = 10$  y el número de puntos de demanda es  $m = 20$ . En el fichero `data/ambulancias.dat` tenemos los datos del problema, por un lado tenemos la matriz  $a_{i,j}$ , donde un 1 indica que el punto  $i$  puede ser cubierto por un punto en  $j$  y un 0 si no. Al ser una matriz dispersa, en el fichero están almacenados solo aquellos valores donde haya un 1. En el fichero también está almacenada la demanda  $h_i$ .

El problema ha sido resuelto mediante *Xpress Mosel* en el fichero `ambulancias.mos`, el cual calcula el modelo anterior con valores de  $P$  entre 0 y 10. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Valor de $P$	Puntos instalados	Porcentaje de demanda cubierta	Puntos cubiertos
1	4	35.4779 %	7, 8, 10, 11, 12, 13
2	3, 5	69.0257 %	3, 4, 5, 8, 11, 12, 13, 16, 17
3	3, 5, 9	80.6679 %	3, 4, 5, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19
4	3, 4, 5, 9	89.951 %	3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19
5	3, 4, 6, 8, 10	95.3125 %	3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
6	2, 3, 4, 6, 8, 10	100 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
7	1, 2, 3, 5, 6, 8, 10	100 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10	100 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
9	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100 %	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20

Cuadro 2: Resultados Max Covering para el problema de ambulancias

Como se puede observar en la tabla 2.2, a partir del valor  $P = 6$  la demanda se cubierta totalmente.

### 2.3. PROBLEMA DE SERVICIO SANITARIO

Para este problema se nos daban dos archivos de datos `data/aint1.dat` y `data/aint5.dat` con el formato:

1.  $m$  (número de puntos de demanda)
2.  $n$  (número de puntos de servicio)
3.  $h_i$   $i = 1, \dots, m$  (demandas, una por línea)
4.  $d_{i,j}$   $i = 1, \dots, m$   $j = 1, \dots, n$  (matriz  $m \times n$  de distancias, en Hectómetros)

Y con estos datos se nos pide resolver el problema de cubrimiento máximo para valores de  $P$  desde 1 hasta 10, con una distancia de cubrimiento de 250 (25 Km). Para cada valor de  $P$  hay que obtener el porcentaje de población cubierta a una distancia máxima.

- Para el archivo de datos `aint1` este problema se encuentra resuelto en el fichero `servicio_sanitario_aint1.mos`. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Valor de $P$	Porcentaje cubierto
1	84.6573 %
2	95.2638 %
3	98.5311 %
4	100 %
5	100 %
6	100 %
7	100 %
8	100 %
9	100 %
10	100 %

Cuadro 3: Resultados Max Covering para el problema `aint1` de Servicio Sanitario

- Para el archivo de datos `aint5` este problema se encuentra resuelto en el fichero `servicio_sanitario_aint5.mos`. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Valor de $P$	Porcentaje cubierto
1	89.89 %
2	98.4877 %
3	99.8096 %
4	100 %
5	100 %
6	100 %
7	100 %
8	100 %
9	100 %
10	100 %

Cuadro 4: Resultados Max Covering para el problema `aint1` de Servicio Sanitario