Autores:

Alejandro García Berrocal - 100451059

Rubén Vecino Garzón - 100428968

Link GitHub: https://github.com/AlejandroGB-9/practica-1-heuristica-gr84-451059-428968

Introducción

El documento contiene tres apartados, la primera parte es una explicación acerca de las decisiones tomadas para el diseño de archivo de LibreOffice Calc y la restricciones tomadas según el enunciado además de restricciones adicionales necesarias para que el problema pueda devolver el resultado óptimo esperado.

La segunda parte del documento incluirá como se ha diseñado el modelo de la parte 1 tomando como base el archivo LibreOffice Calc, esto es la formalización de las restricciones y como se ha desarrollado el archivo de datos para que se puedan utilizar en el modelo. Por otro lado se incluirá las decisiones para modelar el modelo 2 teniendo en cuenta que los datos han cambiado y que encontramos nuevas condiciones al igual que variables de decisión y restricciones.

La tercera parte se enfocará en el análisis de resultados del problema además de la realización de cambios en los datos de los dos modelos para comprobar que las restricciones sean las correctas y que se hayan obtenido las suficientes restricciones y variables para desarrollar los modelos de la manera correcta y que sean lo suficientemente generales.

Las conclusiones presentarán las observaciones y sentimientos por parte de los alumnos acerca de la práctica así como posibles mejoras o recomendaciones.

Parte 1 - LibreOffice Calc

El problema consta de obtener rutas de tal manera de que podamos minimizar el coste al contratar autobuses y el coste por kilómetro. Para ello se han creado tres matrices las cuales reflejan el grafo del enunciado en kilómetros y en alumnos, por otro lado la última matriz es una matriz de coeficientes que será utilizada para representar los caminos utilizados y que se utilizará para las restricciones. Nótese que las matrices contienen valores muy altos de mayor a tres dígitos para indicar que no se puede porque volveríamos a la misma parada o según el grafo no sería posible.

Encontramos unas cajas en el LibreOffice Calc que es para los datos indicando la capacidad que tienen los buses y sobre todo los costes de contratar un autobús y el coste por kilómetro.

Centrándonos en las restricciones, las restricciones son las indicadas en el enunciado más unas adicionales para que no ocurran casos erróneos en el problema.

Para las restricciones de llegadas se hará un sumatorio de la matriz de coeficientes donde la columna sea la parada que corresponda, pero para las salidas haremos un sumatorio de la fila de la parada correspondiente, de esta manera se comprobará que se llega una vez a cada parada y que sale de ella.

El número de rutas no puede ser mayor al número de autobuses disponibles, para ello se hará sumatorio iterando por la fila del parking de la matriz de coeficientes y tendrá que ser menor o igual al número de buses disponibles que equivale a 3.

Para las 2 últimas restricciones relacionadas al flujo de alumnos de una parada a otra parada se comprobará que la suma de alumnos de una parada y de otra no supera la capacidad del autobús, en caso que esto no se cumpla la matriz de coeficientes representará ese tramo como 0 ya que no es viable, esta restricción se comprobará de una parada a otra y viceversa.

Como restricciones adicionales se comprobará que se usa un mínimo de autobuses, es decir 1. El número de alumnos que llegan al colegio es igual al número de alumnos existentes, en este caso 30. No se deben crear rutas repetidas o mejor dicho que no se generen bucles entre dos paradas.

Otra restricción que es crítica para identificar cuántos autobuses se necesitan dado el problema es que el número de buses por su capacidad tendrá que ser mayor o igual al número de alumnos totales, así según el número de alumnos existentes dado el problema podremos saber si un solo autobús es capaz de llevar a todos o otro sería necesario.

Finalmente, para estar seguros el número de autobuses que se necesita ha de ser igual al número de salidas del parking.

Las restricciones aquí presentes se mostrará su formalización el la parte 2 de modelización del problema.

Parte 2 - Modelización del problema

Para el **modelo 1** los datos son de la siguiente manera. Se encuentra un set que contenga todos los vértices del grafo, en otras palabras todos los destinos (*parking, S1, S2, S3, colegio*) y otros 3 sets en que se dividan el parking por un lado como el origen , otro el lugar de destino que sería el colegio y por el último las paradas existentes..

-RUTAS{ P, S1, S2, S3, SC } PARKING{ P } ESTACION{ S1 ,S2 ,S3 } COLE{ SC }-

Entre los parámetros creados encontramos el número de autobuses, la capacidad de los autobuses, el número de estudiantes del problema, el coste de los autobuses y el coste por kilómetro, estos parámetros se ponen con un valor predeterminado que es el dado por el enunciado del problema.

Otros parámetros desarrollados son dos matrices de tal manera que C_{ij} donde i y j están en RUTAS. Estas dos matrices son para representar los kilómetros de una a otra al igual que los alumnos.

$M\_KM\ i,\ j\ \in\ RUTAS$

$$\begin{bmatrix} 9999 & 8 & 10 & 10 & 9999 \\ 9999 & 9999 & 3 & 7 & 6 \\ 9999 & 3 & 9999 & 5 & 7 \\ 9999 & 7 & 5 & 9999 & 4 \\ 9999 & 9999 & 9999 & 9999 & 9999 \end{bmatrix}$$

$M\_ST\ i,\ j\ \in\ RUTAS$

$$\begin{bmatrix} 9999 & 15 & 10 & 5 & 9999 \\ 9999 & 9999 & 10 & 5 & 0 \\ 9999 & 15 & 9999 & 5 & 0 \\ 9999 & 15 & 10 & 9999 & 0 \\ 9999 & 9999 & 9999 & 9999 & 9999 \end{bmatrix}$$

Pasando al modelo 1 se implementan todos los parámetros y sets. Como variables de decisión se escogieron las siguientes:

$x\ >=\ 0,\ integer:\ corresponde\ al\ número\ de\ autobuses\ necesarios$
$y_{ij}:\ una\ matriz\ de\ binarios\ donde\ i\ está\ en\ RUTAS\ y\ j\ está\ en\ RUTAS$

Como restricciones tendremos:

1. Se sale una vez de cada parada

$$\sum_{z=P}^{SC} y_{c,z} = 1;\ \forall c\ \in\ ESTACION,\ \forall z\ \in\ RUTAS$$

2. Se llega una vez a cada parada

$$\sum_{c=P}^{SC} y_{c,z} = 1;\ \forall c\ \in\ ESTACION,\ \forall z\ \in\ RUTAS$$

3. No se pueden repetir rutas o que se generen bucles entre paradas

$$y_{i,j} + y_{j,i} <= \ 1;\ \forall i, j\ \in\ ESTACION,\ i \neq j$$

4. El número de rutas o salidas del parking debe ser <= al de los autobuses usados

$$\sum_{j=P}^{SC} y_{p,j} <= \ N\_BUSES;\ \forall j\ \in\ RUTAS,\ p\ \in\ PARKING$$

5. Los buses que salen del parking han de ser igual a los que llegan al colegio

$$\sum_{c=P}^{SC} y_{z,c} = \sum_{j=P}^{SC} y_{j,i};\ \forall c, j\ \in\ RUTAS,\ z\ \in\ PARKING,\ i\ \in\ COLE$$

6. El número de buses que salen debe ser un mínimo de uno

$$\sum_{j=P}^{SC} y_{i,j} >= 1;\ \forall j \in RUTAS,\ i \in PARKING$$

7. El flujo de alumnos de una parada X a Y no puede superar la capacidad del autobús

$$y_{i,j} * (M\_ST_{i,j} + M\_ST_{j,i}) <= B\_CAP;\ \forall i, j \in ESTACION$$

8. La suma de todos los alumnos que se recogen llegan al colegio debe ser igual al número de alumnos totales

$$\sum_{i,j\,=\,P}^{SC} y_{i,j} * M\_ST_{i,j} = N\_ST; \forall i, j \in RUTAS$$

9. Los buses en relación al número de alumnos debe ser dado a que la capacidad * buses a usar >= número de alumnos totales

$$B\_CAP * x >= N\_ST;$$

10. Buses usados debe ser igual al número de salidas del parking

$$\sum_{j=P}^{SC} y_{p,j} = x;\ \forall j \in RUTAS, p \in PARKING$$

Función objetivo:

$$(\sum_{v=P}^{SC} \sum_{m=P}^{SC} y_{v,m} * M\_KM_{v,m}) * COST\_KM + x * COST\_BUS$$

Para el **modelo 2,** el cual no está terminado por tiempo pero se considera que se iba un buen camino, se utiliza como base los datos de la parte 1 se utilizan modificando únicamente los parámetros con los nuevos datos para esta sección, puede ser que con la modificación de restricciones de la base más algunas más nuevas y alguna variable más se podría haber obtenido el valor óptimo. Como datos nuevos se añade un set de alumnos.

-ALUMNOS{A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8}-

Las variables de decisión se mantendrán para función objetivo del modelo 1, por otra parte se incluirá 1 variables más que no tomarán parte en la función objetivo sino para que el modelo se valide de buena manera. Estas nuevas variables son 'distribucion_de_alumnos_paradas', una matriz de valores binarios cuyas i y j's son los ALUMNOS para i y ESTACION para j, y 'alumnos_por_una_parada' que recogerá los alumnos que hayan sido asignados a cada parada.

Por otro lado encontramos dos nuevos parámetros que representan matrices donde uno es donde se podrían asignar los alumnos a las paradas y la otra matriz si dos hermanos son hermanos.

$A\_ST_{i,j}\ i \in\ ALUMNOS,\ j \in ESTACION$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$A\_HERMNS_{i,j}\ i \in\ ALUMNOS,\ j \in ALUMNOS$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Las **restricciones** se mantienen de la parte 1 pero 4 nuevas restricciones son implementadas:

1. Los alumnos en una parada no pueden sobrepasar la capacidad de los autobuses

$$\sum_{j=A1}^{A8} distribucion\_alumnos\_en\_paradas_{j,p} <= B\_CAP;\ \forall j \in ALUMNOS, \forall p \in ESTACION$$

2. La suma de todos los alumnos en todas las paradas no puede superar la cantidad total de alumnos existentes.

$$\sum_{j=A1}^{A8} \sum_{p=A1}^{A8} distribucion\_alumnos\_en\_paradas_{j,p} <= N\_ST;\ \forall j, p \in ALUMNOS$$

3. La relación de asignación de los alumnos a las paradas y cómo se han asignado en distribución_alumnos_en_paradas ha de ser <= 1

$$distribucion\_alumnos\_en\_paradas_{a,e} * A\_ST_{a,e} <= 1;\ \forall a \in ALUMNOS,\ \forall e \in ESTACION$$

4. Los alumnos deberán estar en la parada a las que se le haya asignado.

$$\sum_{e=S1}^{S3} distribucion\_alumnos\_en\_paradas_{a,e} * A\_ST_{a,e} = 1;\ \forall a \in ALUMNOS,\ \forall e \in ESTACION$$

Parte 3 - Análisis de los resultados

Para el modelo 1, se ha alcanzado el resultado y las rutas esperadas por lo que se podría decir que es funcional. Al comprobar las restricciones, las restricciones 1,9 y 10 son completamente restrictivas, es decir, sin estas el valor óptimo no se podría haber alcanzado. Aunque las otras restricciones no sean tan restrictivas son necesarias para alcanzar el resultado esperado, lo cual implica que el conjunto de restricciones son necesarias pero para otra versión de problema podrían ser críticas para alcanzar el objetivo.

Al modificar los datos más relevantes, esto es las matrices que contienen los alumnos y los kilómetros, se aprecia que sigue manteniéndose firme y se obtiene el valor óptimo a la vez que la ruta. Si se cambia la capacidad y el número de autobuses también se alcanzará el resultado deseado.

Por otra parte, el uso de dos variables es más que de sobra para representar los autobuses utilizados y las rutas. Que la definición de las rutas por la variable sea binaria permite que se reduzca la complejidad del problema.

El nuevo enunciado para el modelo 1 se reduce la capacidad de los autobuses a 15 alumnos, se aumentan a 34 alumnos con 4 más en S2, además se han alterado los kilómetros de P-S2 = 7km, P-S3=12km y S1-S3=2km. El resultado esperado era de 3 autobuses de rutas P-S1-SC, P-S2-SC y P-S3-SC, lo cual es correcto y el valor óptimo es de 580 debido a la modificación de los kilómetros entre los vértices.

En el modelo 2 al no poder haber sido terminado no se puede hacer un análisis correcto de los resultados pero es obvio que la ser hermanos los alumnos A4 y A5 no podrían moverse de la parada S2 y por lo tanto el valor óptimo sería de 585 euros usando 3 autobuses y con rutas P-S1-SC, P-S2-SC, P-S3-SC. En cambio, si estos dos alumnos no fueran hermanos el valor óptimo sería de 380 euros, usando 2 autobuses y con rutas P-S1-SC y P-S3-SC. Por otro lado, al no disponer del modelo totalmente funcional no se podría discutir la complejidad del modelo en base a restricciones más restrictivas y las variables de decisión.

Ventajas y desventajas de las herramientas utilizadas:

-LibreOffice Ventajas-

- Los datos pueden ser observados y analizados con mayor facilidad
- Mayor facilidad al ver si las restricciones se cumplen
- Herramienta que es intuitiva con la interfaz que proporciona
- El uso de comentarios facilita comprender el modelo
- Corregir errores is mucho más rápido dado que se presenta toda la información

-GLPK Ventajas-

- Se pueden resolver problemas de mayor magnitud
- No hay límite de variables ni de restricciones
- Se puede construir un modelo genérico

-LibreOffice Desventajas-

- Las variables y restricciones deben introducirse una por una
- El uso del solver implica que se deba introducir los datos de nuevo si se modifican datos o restricciones al igual que cuando se cierra el archivo.
- El uso de celdas implica un aumento en la probabilidad de fallo al modelar

-GLPK Desventajas-

- Aprendizaje de un nuevo lenguaje
- Resolver errores es complejo
- Problemas de gran magnitud son muy difícil de leer los datos y se reduce su optimización

Conclusiones

La práctica nos ha enseñado a saber cómo actuar ante un problema más grande a los afrontados en las clases reducidas, por lo que se ha demostrado el poder entender programación lineal.

Como comentario hacía la práctica, el tener que aprender un nuevo lenguaje ha supuesto invertir mucho tiempo en poder comprender cómo formular el problema una vez ya hecho en LibreOffice Calc, el cuál ha sido bastante sencillo de poder implementar en él como se ha explicado en las ventajas de ello.

Una recomendación, sería poder dedicar alguna clase más para explicar la práctica y sobre todo poder disponer de modelos de problemas de esta magnitud y poder explicar sobre ese modelo. Con la explicación realizada en clase sobre uno de los problemas disponibles en Aula Global se podría que era algo insuficiente para poder entender un problema más grande a ese, por lo demás invirtiendo todo el tiempo posible de los alumnos en ello ha resultado la posibilidad de obtener el modelo 1 completo y lo que esperamos que sea los suficiente general.

Finalmente, no es una mala práctica ,si no fuese por el tener que aprender otro lenguaje, para abarcar la sección del temario dado. Con mucho más tiempo y menos trabajo por parte de otras asignaturas hubiera sido completamente más divertido de realizar.