

程式設計 (106-1)

期中專案

題目設計：孔令傑

國立臺灣大學資訊管理學系

說明：本專案題目的類似題目曾經出現在作業六和作業七。為了閱讀上的方便，在這份文件中我們完整地描述了整個問題，並且只用醫院和小鎮做描述，但你應該知道這個問題的應用是超過醫院和小鎮的。你可以利用你之前的想法或程式碼¹，不過你不需要回去看那兩個題目的敘述。

1 題目敘述

你現在是一個醫療集團的營運長，剛接受了一個任務：去一個新區域佈建醫療設施（以下稱為診所）。為了簡單起見，我們假設這個區域目前沒有任何診所，而貴公司也沒有任何競爭者。你成立了一個專門的小組，自己擔任組長，並且請你的得力助手去調查了一下。助手調查之後，給了你整個區域的村落資訊，包含村落人口、村落位置，以及村落間的道路連通狀況。你的任務是利用給定的預算，在這許多村落中挑幾個興建診所，去盡量滿足此區域所有人的醫療需求。跟老闆討論後，你為這個任務設定的目標是：要讓此區域內的所有人都能在車程 t_1 分鐘內抵達至少一家診所，在此前提下最大化能在車程 t_2 分鐘內抵達至少一家診所的總人口數。若一家診所距離一個村落的車程不超過 30 分鐘，我們說此診所的服務範圍覆蓋此村落，或者簡單地說此診所覆蓋此村落；若一家診所距離一個村落的車程不超過 15 分鐘，我們說此診所滿足此村落。因此我們的任務就是要覆蓋所有人並且滿足盡量多人。

我們用一個例子來說明這個題目。在圖 1 中，我們可以看到區域內有九個村落（編號 1 到 9），以九個點代表。點跟點之間的連線表示這兩個村落之間有路，而連線上的數字則表示這段路的車程需要幾分鐘。請注意有些點之間是沒有連線的，表示這兩個村落之間沒有直接連通；也請注意圖上的線段未必符合三角不等式，例如在 3、5、2 號村落之間，2 號到 3 號與其直接走，還不如經由 5 號，這在實際上也是有可能的（路也有高速公路跟鄉間小路的差別）。為了簡單起見，我們假設此區域內各村落的人口數就是其編號乘以十，例如村落 5 的人口數就是 50 人。此外，我們假設每個村落上蓋診所的成本是一樣的、 $t_1 = 30$ 、 $t_2 = 15$ 。

假設我們的預算只夠蓋兩間診所，則在圖 2 中我們展示了一個範例方案：蓋診所

¹或許你應該感謝當時你有好好模組化，讓你的某些程式（特別是函數）可以被重新利用。如果你正在咒罵當時的你沒有好好模組化，也請不要介意，因為大部分人都是如此。從今天起好好模組化吧！

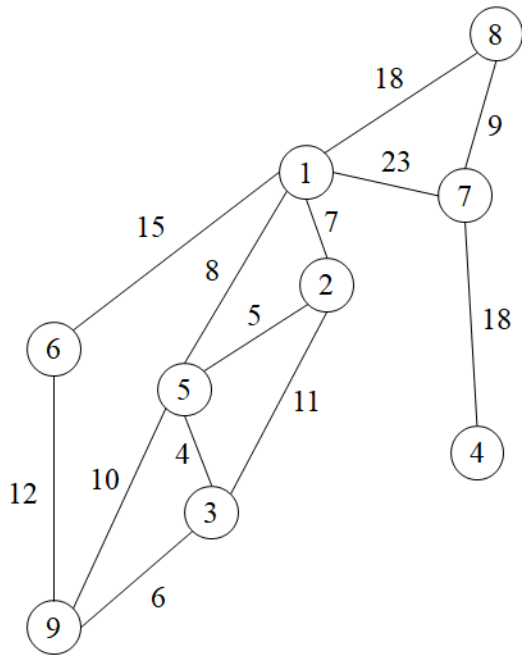


圖 1: 範例區域地圖

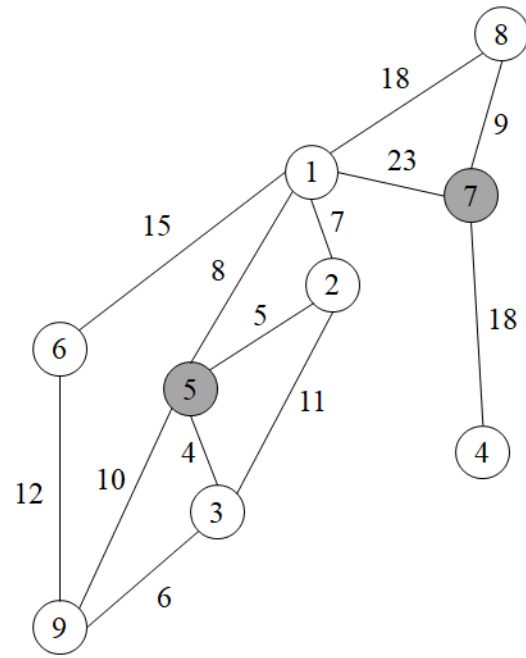


圖 2: 一個範例方案

在村落 5 跟 7。如此一來，所有村落的居民都能在車程 30 分鐘之內抵達至少一間診所（村落 1、2、3、5、6、9 可以在 30 分鐘內抵達村落 5，村落 1、2、4、7、8 能在 30 分鐘內抵達村落 7）。此外，村落 1、2、3、5、9 的居民能在 15 分鐘內抵達村落 5，村落 7、8 的則能抵達村落 7，因此共有 350 人是車程 15 分鐘內就有診所的。有一些其他方案也能蓋兩間診所去覆蓋所有人，但滿足人數可能各不相同。舉例來說，蓋兩間診所在村落 4、5 也能覆蓋所有人，但就只剩下 240 人滿足了。

針對此題，請根據給定的村落人口資訊、交通資訊、診所建造成本資訊、預算資訊，去設計一個符合預算限制並且覆蓋所有人的診所建造方案，以滿足盡量多的人。

補充說明 1：「以最低成本覆蓋所有人」本身是 set cover 問題，這部份就已經 NP-hard 了，只要村落數夠大，目前沒有演算法能在有效時間內保證得到最低成本方案。很類似地，「在預算內找到建造方案以覆蓋所有人」也是 NP-hard，只要村落數夠大，目前沒有演算法能在有效時間內保證能得到可行方案。為了 PDOGS 計分方便，我們保證給定的測試資料中，都有不算少的可行方案，因為我們會讓總預算大約是在所有村落蓋診所的總成本的一半。大家還是需要自行設計方法去找出可行的建造方案，但總之這不會太困難的。

補充說明 2：若要計算兩個村落之間的车程，顯然大家必須找到費時最短的一條路徑。這樣的問題在 Computer Science 領域中被稱為「the shortest path problem」（最短路徑問題）。大家可以上網查查，很快就會查到這是一個有經典演算法可以解決的問題（很可能會看到「Dijkstra」這個字）。另外，也建議大家查查「all-pair shortest path」與

「Floyd-Warshall algorithm」。當然你也不一定要使用這些演算法就是了。總之，天下學問這麼多，老師是教不完的。對於這種經典、廣為人知、網路上充滿學習資料、三四個人中一定有人看得懂的知識，請試著（在教學團隊的引導下）自己學習一下吧！

輸入輸出格式

系統會提供數組測試資料，每組測試資料裝在一個檔案裡。在每個檔案中會有若干行，第一行包含四個正整數 n 、 B 、 t_1 、 t_2 ，分別表示村落的個數、總預算、村落被診所覆蓋的車程時間上限，以及村落被診所滿足的車程時間上限。第二行包含 n 個介於 1 和 1000 之間的正整數，依序表示第 i 個村落的人口數。第三行包含 n 個介於 1 和 1000 之間的正整數，依序表示在第 i 個村落建造診所的建造成本。從第四行起的 $n - 1$ 行中，第 $i + 3$ 行包含村落 i 與其他村落間的距離。第 $i + 3$ 行含有 $n - i$ 個整數 $d_{i,i+1}$ 、 $d_{i,i+2}$ 到 $d_{i,n}$ ，分別代表村落 i 到村落 $i + 1$ 、 $i + 2$ 等村落所需的車程分鐘數。如果村落 i 跟村落 j 中間沒有直通的路，就記錄 -1 。同一行的任意兩個值之間被一個空白隔開。已知 $1 \leq n \leq 500$ 、 $1 \leq B \leq 10000$ 、 $-1 \leq d_{ij} \leq t_1$ 。

讀入資料後，請執行你設計的演算法，去找出一組要建造診所的村落，並且將這些村落的編號一一印出。任兩個村落之間用一個空白字元隔開。舉例來說，前面的例子（圖 1）的輸入可能是

```
9 200 30 15
10 20 30 40 50 60 70 80 90
90 90 90 90 90 90 90 90 90
7 -1 -1 8 15 23 18 -1
11 -1 5 -1 -1 -1 -1
-1 4 -1 -1 -1 6
-1 -1 18 -1 -1
-1 -1 -1 10
-1 -1 12
9 -1
-1
```

而一個可行的輸出是

```
5 7
```

你可以用任何順序輸出村落編號，只要確定一個村落編號只被輸出最多一次、輸出的數字確實都是村落編號（介於 1 到 n 的正整數）即可。

你的.cpp 原始碼檔案裡面應該包含讀取測試資料、做運算，以及輸出答案的 C++ 程式碼。當然，你應該寫適當的註解。針對這個題目，你**可以**使用任何方法。

2 評分原則

這一題的其中 75 分會根據程式運算的結果給分。你的程式不需要找出真的能最大化總滿足人數的最佳方案 (optimal solution)。只要你的輸出符合規定，且確實是一組可行方案 (feasible solution，在預算覆蓋所有人)，就會得到分數。對於每一組輸入，PDOGS 會檢查你的輸出，如果輸出格式不合乎要求或方案不可行，則在該筆測試資料會得到零分；如果合乎要求，且目標式值非負，則對每筆測資，我們依下列公式計分：假設 z 是這組的計畫得到的總滿足人數、 z_0 是所有組的計畫得到的總滿足人數中最少的、 z_1 是所有組的計畫得到的總滿足人數中最多的，則在這筆測資的得分就是

$$1.5 + 1.5 \left(\frac{z - z_0}{z_1 - z_0} \right)。$$

以上面的例子而言，得分就是 $1.5 + 1.5 \left(\frac{350 - z_0}{z_1 - z_0} \right)$ 。

寫程式之外，每組還需要合力用中文或英文寫一份書面報告 (所謂「寫」，就是用電腦打的意思)，以組為單位上傳 PDF 檔至 PDOGS。在報告裡請用文字描述你的演算法 (可以用 pseudocode 但不能直接貼 code)、系統的設計 (哪個函數做什麼、程式執行的流程等等)、分工方式 (誰寫哪個函數、誰負責指揮、誰負責寫書面報告、誰負責買便當等等；當然一個人可以又買便當又寫程式)，以及每個人的簡單心得感想。報告**不可以超過八面 A4 紙**。書面報告佔 25 分。這份專案截止後，書面報告才會被批改。

3 繳交方式

請修課的同學們自行組成每組二至四人的小組，以組為單位繳交你們的程式和報告。

有兩件事需要注意。首先，系統會以該組內任意一位同學的最後一次上傳得到的分數，做為該組所有人的分數，所以愈傳愈低分是有可能的。其次，原則上 PDOGS 不限制兩次上傳間的時間間隔，但如果有許多組在同個時間大量地上傳執行時間很長的程式，導致 PDOGS 大塞車，屆時我們會對兩次上傳的時間間隔做出限制。

程式的截止時間是 **2017 年 11 月 20 日凌晨一點**，書面報告的截止時間是 **2017 年 11 月 22 日凌晨一點**。附帶一提，第二次期中考的日期是 **2017 年 11 月 21 日**。我們把程式的截止時間設在 11 月 20 日凌晨一點，以便你考前一晚可以早點睡覺。