

作業研究

期末專案書面報告

雙北快篩站設站建議

第A組

B06303134 經濟四 蔡旻頤

B06303130 經濟四 王裕萍

B07209032 大氣二 楊澤綱

B06109022 戲劇四 呂紀廷

40540326S 數學四 楊棋安

B08705031 資管二 陳沛竹

B07209030 大氣三 陳霖萱

B08106003 資管二 何品諭

B08203004 化學二 趙軒磊

B06703094 財金四 馬愷若

1 簡介

自2021年起，新冠肺炎在台灣疫情漸趨嚴重，並於五月上旬進入社區感染階段。為防止疫情持續擴大，建置快篩站的需求迅速攀升，醫療量能的配置也變得十分重要。然而在社區感染爆發初期，每日新增數百例確診個案時，卻屢屢傳出醫護人手不足、快篩站無法消化民衆需求的情況。一旦潛在的染疫者無法及時進行篩檢，很可能因延誤就醫而演變成重症患者，其散播病毒的風險也會因為沒有被隔離而大幅上升，使得病毒的傳染史更難以掌握。此時政府對於快篩站設置地點的決策便是關鍵，如何在有限的成本（資金、醫護量能）之下，加強疫情熱區的篩檢以降低病毒傳播風險，同時也不能忽略其他區域的快篩需求，成為了最大的挑戰。

除了篩檢量能，影響病毒傳播的因素也包括了人口密度，人口密度高的地區，群聚的風險自然也較高。病毒最初始的爆發地點武漢，便是中國華中地區人口最密集的都市；美國人口密度最高的城市紐約，也成了疫情最嚴重的地區之一。另外，放眼過去一年經歷疫情重創的世界各國，若要走向完全解封、回歸正常生活，唯一的解決之道便是進行疫苗施打。在台灣疫苗數量有限的情形之下，現階段雖無法有效阻斷病毒的傳播，我們仍可以運用疫苗接種的數據，評估傳染的風險。

根據醫護量能、人口密度、疫苗接種率、確診人數等數據，我們希望可以運用所學的作業研究知識，在台灣的主要疫區－雙北地區，設法決定並建議快篩站於各行政區建置的數量與時間點，以最小化疫情的傳染風險，並與實際情形進行比較。我們將此次專案的初始日期設定於5月17日，即5月17日為初始狀態，5月17日以後收集的資料都將視為「未來預估」資料。

2 問題描述

2.1 概念模型

2.1.1 我們的目標

要在雙北的哪些行政區設幾個快篩站，並且最小化感染風險。

2.1.2 我們將問題定義為

由於我們認為風險跟疫苗未接種率以及人口密度有很大的關係，同時我們也希望每天都能把應篩檢的人數篩完，如果沒篩完會有繼續擴散的風險，因此除了疫苗接種率以及人口密度我們也把沒篩完的人數當作另一個風險因子。另外，我們認為疫苗未接種率跟風險不是呈現線性的關係，因此我們將未接種率平方。同時我們在蒐集資料的過程，發現接種率到兩成之後，病毒感染的程度有明顯下降，因此我們將未接種率的平方乘上一個 $(\frac{5}{4})^2$ 的係數，此係數使疫苗接種率在兩成時係數為一，當接種率超過兩成，此項的係數就會小於一，也就是接種率在超過兩成後隨著接種率的增加，風險降低的程度也會越大。

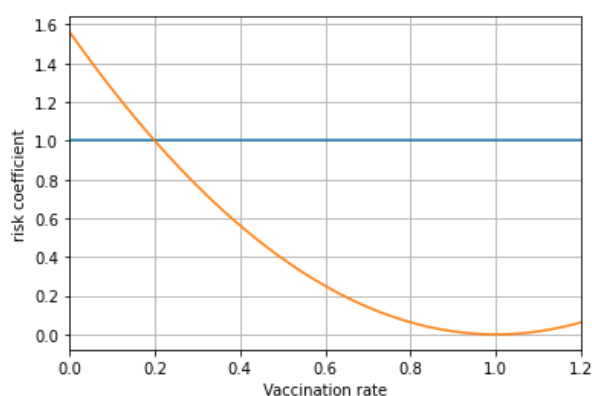


圖 1: 接種率與風險係數圖解

2.1.3 我們做的假設

假設一：每區的人只會在自己所在那區做快篩。

假設二：快篩站的總數不能超過現實生活中的快篩站總量（此假設方便我們將結果與現實中的快篩站做比較）。

假設三：每個快篩站的量能（每日可篩檢量）都相同，且我們假設量能為 300 人。

假設四：欲篩檢的人數為當天確診人數乘上接觸人數。

2.2 數學模型

2.2.1 變數

x_{it} ：區 i 在第 t 天要設置快篩站數量

y_{it} ：區 i 在第 t 天沒有篩檢完的人數

2.2.2 參數

Q ：已存在的快篩站數量（截至6月4日已存在48座）

P_i ：區 i 的人口密度

V_{it} ：區 i 在第 t 天的疫苗接種率

S_{it} ：區 i 在第 t 天欲篩檢人數

E ：各篩檢站可篩檢人數

2.2.3 集合

I ：雙北行政區的集合（行政區個數：新北：29，台北：12）

T ：日期的集合（5月17日～6月4日）

2.2.4 數學式

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \left(\frac{5}{4}\right)^2 (1 - V_{it})^2 P_i y_{it} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} x_{it} \leq Q \\ & y_{it} \geq y_{i,t-1} + S_{it} - E \sum_{k=1}^t x_{ik} & \forall i \in I, t \in T \\ & y_{i,0} = 0 & \forall i \in I \\ & y_{it} \geq 0 & \forall i \in I, t \in T \\ & x_{it} \geq 0 & \forall i \in I, t \in T. \end{aligned}$$

3 資料處理

3.1 資料來源

1. 雙北市各行政區人口數、面積

- <https://ca.gov.taipei/> (台北市)
- <https://www.ca.ntpc.gov.tw/> (新北市)

雙北市政府之民政局各自提供雙北各行政區的面積以及人口數，格式整齊且完整，我們之後會利用此資料計算區域人口密度，並加入我們所設計的目標式。

2. 疫苗接種率資料

- https://covid-19.nchc.org.tw/dt_002-csse_covid_19_daily_reports_vaccine_city2.php

這份專案所使用的疫苗施打率資料來自於網路上第三方整理的數據，其資料亦來自於衛生福利部疾管署，但因衛生福利部每日會更新其疫苗施打率，不符合我們所需要的逐日資料，故在這裡我們採用第三方收集之資料，並額外整理至我們自己的資料表。

3. 雙北市各行政區之每日新增確診人口數

- <https://www.gov.taipei/covid19/> (台北市)
- <https://www.health.ntpc.gov.tw/> (新北市)

新北市衛生局與台北市政府提供各自行政區域內的每日新增確診人數，並保留了過往的資料可供查詢，唯一需要注意的是這些資料分散在公告與圖片內，需要透過額外整理至我們的資料表。透過這份資料，我們可以用來計算各個區域每日欲篩檢人數。

4. 雙北市各行政區之快篩篩檢站設址量

- <https://health.gov.taipei/> (台北市)
- <https://www.health.ntpc.gov.tw/basic/> (新北市)

雙北市政府衛生局各自提供行政區域內已設置之快篩站，供民衆查詢地址、預約、並前往快篩，由於這些都是文字內容，我們會將其整理成數字後並放入資料表，並使用這份資料作為我們設計之限制式上界。

5. 雙北市之逐日快篩陽性率

- <https://www.gov.taipei/covid19/> (台北市)
- <https://www.facebook.com/myntpc> (新北市)

台北市政府之疫情專區提供了每日快篩陽性率圖表，新北市政府每日公布之新聞稿提供了當天的快篩陽性率，而這兩份原始資料都需再自行整理轉換，我們會在之後計算每日欲篩檢人數使用。

3.2 資料處理

如同上述內容描述，大部分資料都不是屬於一目了然的表格，所以我們在資料處理上費了一點功夫在將新聞稿、公告、圖片等內容轉換為我們自己所需要的資料表，轉換後的資料將可適用於上面所提及之數學模型參數，轉換後內容如下：

1. 雙北市人口密度——透過提供的人口數除以面積及可以得到雙北市各行政區的人口密度。

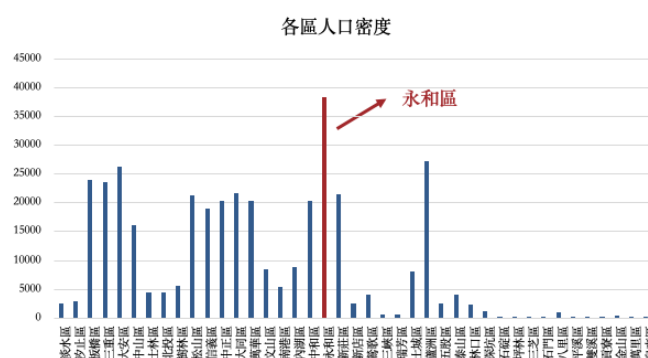


圖 2: 雙北市各區人口密度

2. 疫苗施打率——我們假設各個區域的接種分配是公平的，亦即新北市、台北市內各區域使用相同接種率數值，並隨著每日更新而可見數值逐漸上升。

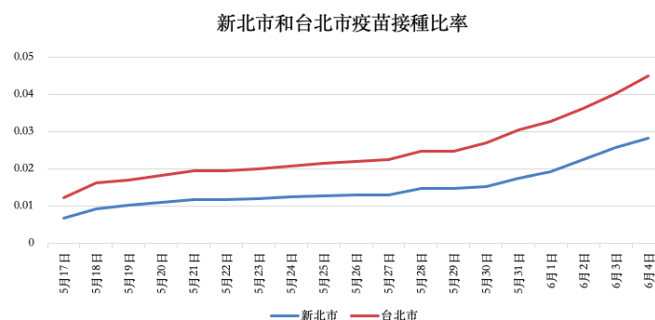


圖 3: 雙北市疫苗接種率

3. 雙北市各行政區每日新增確診人口數——將各區確診人口資料整理成表格並放入資料表。

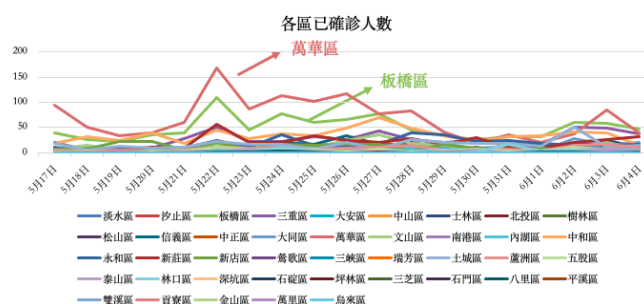


圖 4: 雙北市各區已確診人數

4. 雙北市每日快篩陽性率——用於接下來的計算欲篩檢人數。
5. 雙北市各行政區欲篩檢人數——我們把接觸人數定義為待快篩人數除以確診人數，而這個比率恰為快篩陽性率的倒數，因此我們使用快篩陽性率的倒數作為我們的接觸人數，將每日快篩陽性率之倒數乘以各個區域之每日新增確診人口數可得每日各行政區的欲篩檢人數。

$$\text{接觸人數} = \frac{\text{欲篩檢人數}}{\text{新增確診人數}} = \frac{1}{\text{快篩陽性率}}$$

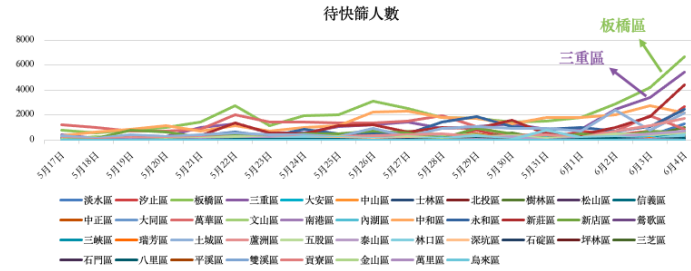


圖 5: 雙北市各區待快篩人數

6. 總快篩站設址數量——此數值為各行政區設置篩檢站之總和，用於設定限制式的上界。

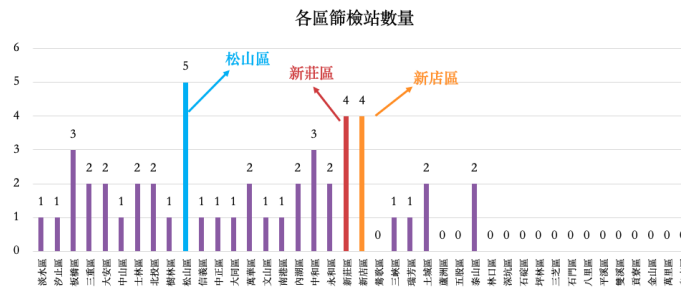


圖 6: 雙北市各區篩檢數量

4 方法

4.1 工具

1. 欲求出上述線性規劃問題，我們以 gurobipy 資料庫為主解此問題，以 pandas 和 numpy 為輔協助我們讀檔及處理數據。
2. 為加速此模型的計算速度與方便性，我們將所有變數設為非負實數，並在之後進行數據後續處理。

4.2 數據後處理

1. 將解完的欲設置快篩站數量無條件捨棄至整數位，作為最後建議的各區快篩站設置數量。
2. 我們以無條件捨棄至整數位後的結果（實驗）和現況作為輸入計算目標值，並計算

$$\text{Optimality Gap} = \frac{\text{現況數值}-\text{實驗值}}{\text{實驗值}} * 100\%$$

作為評斷我們模型優劣的指數。

5 結果

5.1 快篩站設置數量

下表為一區在定義的時間內所設置的快篩站數量以及我們根據 gurobi 計算得出建議的快篩站設置數量。

	原設置數量（個）	應設置數量（個）		原設置數量（個）	應設置數量（個）
淡水區	1	0	汐止區	1	0
板橋區	3	7	三重區	2	3
大安區	2	0	中山區	1	0
士林區	2	0	北投區	2	0
樹林區	1	0	松山區	5	0
信義區	1	0	中正區	1	0
大同區	1	0	萬華區	2	5
文山區	1	0	南港區	1	0
內湖區	2	0	中和區	3	5
永和區	2	1	新莊區	4	2
新店區	4	1	鶯歌區	0	0
三峽區	1	0	瑞芳區	1	0
土城區	2	3	蘆洲區	0	0
五股區	0	0	泰山區	2	0
林口區	0	0	深坑區	0	0
石碇區	0	0	坪林區	0	0
三隻區	0	0	石門區	0	0
八里區	0	0	平溪區	0	0
雙溪區	0	0	貢寮區	0	0
金山區	0	0	萬里區	0	0
烏來區	0	0	總計	48	27

表 1: 各區已設置快篩站數量與計算理論值（調整後）比較

5.2 數據分析、誤差討論

1. 目前臺灣的最終目標是要達成群體免疫，因此雖然此模型仍有許多參數可以討論，我們認為疫苗接種率應為第一優先考量。
2. 理論上快篩站數量愈多必定愈好，但為方便此模型的推廣與擴展，故將應設置的快篩站個數設為非負實數使之具備良好的計算效率，再將數值無條件捨棄置整數位以取得近最佳解，故在此專案內我們並非架設與已存在的快篩站數量(48個)相同數量之快篩站(27個)。若不追求計算效率則可以將變數改為非負整數以取得更精準的結果。
3. 如上所說，因快篩站設置數量並非我們定義可以設置的最大值，故與實際最佳目標值有微小正偏差。
4. 雖然我們的結果與實際最佳目標有正偏差，但相比於現況已經是一大進步，擁有 37% 的 Optimality Gap。因此若就實際疫情狀況可以酌量在某些人口密度低的偏遠地區設置少量快篩站以避免遠距離的交通增加染疫或傳染風險。
5. 此模型推薦我們在某些疫情較嚴重或人口密度高的區多設立快篩站，如：板橋區、萬華區；並在疫情相對不嚴重的區酌量減少快篩站，如：新店區、新莊區等。換言之此模型建議我們盡可能集中篩檢，優先處理潛在危險較大的區以盡可能避免疫情擴散。
6. 此模型為一理想狀況，為一在各篩檢站狀況一致的前提下進行運算，因此若為了要符合實際情況，可以根據醫療資源、疫情擴散程度等因素酌量調整快篩站設立位置及量能大小。

6 結論與未來展望

6.1 結論

此次專案我們透過建立模型，提供快篩站設立地區及個數建議，並達到以下成果：

1. 有效降低新冠肺炎傳播風險：將我們的模型結果與實際政府設立的快篩站比較，目標式的 Optimality Gap 達到 37%，可以更有效地降低傳播風險，並作為未來政府設站的建議。
2. 有效運用醫療資源：隨著疫情漸趨嚴重，醫護人手逐漸無法滿足日益增加的醫療需求，因此如何分配有限的醫療資源與量能就變得非常重要。而我們的模型在盡可能滿足篩檢需求的前提下，能夠更有效地分配珍貴的醫療資源，減低資源的浪費。

6.2 未來展望

1. 精準設站：目前的模型是以雙北各區作為設立快篩站的站點，並建議設立的數量，然而，在實務上仍然會需要更精確的設立地點建議，以在符合醫療量能的前提下，盡可能快速滿足各個地區的快篩需求，並有效降低潛在染疫者的傳播風險。因此希望未來可以更精確地計算出設站地點，例如：以里或路為單位，提出設站建議。
2. 提升設站的量能彈性：由於醫療量能可能因為地區而有醫療資源的差異，我們希望未來可以在提出設站建議的同時，也同時建議各站的篩檢量能大小，方便醫療資源的調度，也避免在實際快篩需求量低的情況下，設立太大規模的快篩站，造成不必要的資源浪費。
3. 跨區篩檢：目前模型假設稍強，限制同一區的居民只能到其所在區域的快篩站篩檢，因此，為滿足區內的快篩需求，必須設立的快篩站數量也較多；然而如果使居民能夠跨區篩檢，便可以消化該區快篩站的篩檢量能，也能針對每個居民不同的所在地點做最鄰近的建議，降低快篩者的移動距離，最小化社區傳播的風險。
4. 實務上的應用：希望將此專案的設站候選區域，從目前的雙北地區拓展到全臺各地區，並與政府合作，提供全臺的快篩站設站建議，最佳化醫療量能的分配。