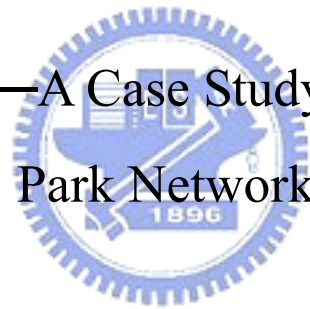


國立交通大學
運輸科技與管理學系碩士班

碩士論文

靜態號誌設計——以新竹科學園區路網為例

Static Signal Design—A Case Study of HsinChu Science
Park Network



研究生：卓學榮

指導教授：卓訓榮 教授

中華民國九十七年六月

靜態號誌設計—以新竹科學園區路網為例

Static Signal Design—A Case Study of HsinChu Science Park
Network

研 究 生：卓學榮

Student : Hsieh-Jun Cho

指導教授：卓訓榮

Advisor : Hsun-Jung Cho

國立交通大學

運輸科技與管理學系



Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

June 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年六月

靜態號誌設計—以新竹科學園區路網為例

學生：卓學榮

指導教授：卓訓榮 博士

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘要

新竹科學園區近年成為我國科技重鎮，發展迅速，導致交通需求量大增，當年規劃之道路規模至今已達飽和狀態，欲解決新竹科學園區尖峰時段交通擁擠的問題，可於園區興建新的道路，以增加道路之容量。然而園區內部之大部分土地用途均已確立，若欲在園區內興建新道路，必須從現有土地中將非道路使用土地更改為道路使用土地，此舉可能須拆除地上建物，成本甚鉅。因此在興建新路段成本過於高昂的情況之下，號誌之有效的規劃是較能改善路網中旅行成本的方法之一。

就路網規劃者而言，以整體使用者之旅行成本總和最小為目的，因此在設計路網號誌時，必須以總成本考量。然而道路之使用者在使用道路時會選擇對自己較有利之路徑，根據 Wardrop 之使用者均衡定律，使用者選擇旅行成本最短之路徑。因此規劃者在設計最佳化號誌時必須考慮使用者追求使用者均衡的行為，才能真正有效降低系統之成本。

本研究收集路段資料，如：路段長度、路旁干擾度高低與車道數等，求得路段之績效函數，並描述規劃者與道路使用者之雙層模式，以敏感性分析基礎之最陡下降演算法 (GSDA) 求解該模式，由得出之雙層模式之系統最佳解，並與現況號誌基礎下之使用者均衡解進行比較，期能有效降低系統之總旅行成本。

關鍵字：交通號誌最佳化、雙層模式、路段成本函數。

Static Signal Design—A Case Study of HsinChu Science Park Network

Student : Hsieh-Jung Cho

Advisor : Dr. Hsun-Jung Cho

Department of Transportation Technology and Management

National Chiao Tung University

Abstract

HsinChu Science Park has become the scientific and technological center in recent years. More traffic demand occurs due to the expansion of the facility, and leads to saturated road capacity and congestion. One alternative to improve the situation is to build new roads, but it may influence configuration of the existing buildings in the park. The other alternative, better and cheaper, is to design signal system efficiently.

Network planners purpose to minimize the system cost, but we suppose that users adapt to the Wardrop's first principle: the road users will minimize his own travel cost. The conflict between UE and SO makes the total travel cost higher. We describe this problem as a bilevel model. The upper is network planner whose objective function is to minimize total system cost. The lower is road users which stand to UE. It is a condition in this model. To solve the bilevel problem, we need to know the reactions between the roads users. It means that we need to calculate the sensitivity information to solve the bilevel network problem.

We collect the attributes of the roads in the research range, such as road length, roadside interference, lane number, and etc., to derive the link performance function and calculate the coefficients in this study. Then formulate the network bilevel problem, and solved by the Gradient Steepest Descent Algorithm. Finally, we compare the result with the current signal.

KeyWords : Traffic signal optimization, Bilevel model, Link cost function.

誌 謝

經過這一段煎熬，在恩師卓訓榮教授的悉心指導與諄諄教誨之下，本論文總算得以完成。在此感謝卓老師對於學生的求知精神與學習態度等等諸多指導，在老師的教導之下，學生除了得到了許多運輸上的專業知識，也學習到更多待人處世以及做研究應該有的態度。在此更感謝老師對於學生的耐心與關懷，使得學生在論文撰寫過程中，雖然進度有所落後，但最後仍能順利完成。最後要感謝老師在生活起居上的關心，使學生備感窩心，在此對老師這兩年來的照顧與指導，致上十二萬分的謝意。

論文口試期間，感謝韓復華老師指點學生論文之修正方向，並委婉給予糾正與指點；感謝黃家耀老師細心審閱文章內容，並對於文章細節部份給予不少建議，感謝二位老師撥冗審閱與指導，老師寶貴的意見使得本論文內容更加正確與完備，在此致上最誠摯的謝意。感謝吳宗修老師對於論文疏漏之處給予指導並提出疑問，使得學生有不同的思考觀點。感謝林貴璽老師在論文撰寫期間給予不少寶貴意見，並對於準備口試之細節給於學生不少提點，讓學生更有信心面對挑戰。

感謝博士班健綸學長、昱光學長、黃恆學長、嘉駿學長、日錦學長的帶領，學長給予不少學業上與生活上的幫助；感謝一起努力的同學之音與宜珊，陪伴我一同經歷修課、準備論文與玩樂的兩年光陰；感謝學弟妹繼光、豪傑、建嘉、如君與亦晴，一起渡過這一年的日子。在研究所的這兩年，研究室的夥伴們對我的諸多照顧與鼓勵，讓我感動不已，有歡笑，也有淚水，感謝你們。感謝一起在七舍 105 室一起渡過睡眠時光的翰澤、維唐與大鈞，跟你們當室友永遠不怕無聊。

最後，感謝我的家人與女友，有了你們的支持，我才有能量繼續堅持下去，謝謝你們。

卓學榮 謹誌

中華民國九十七年六月

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌 謝.....	iii
目 錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究流程.....	3
第二章 文獻回顧.....	4
2.1 用路人之均衡路網流量模式 ^[9]	4
2.1.1 數學規劃法.....	6
2.1.2 非線性互補問題.....	7
2.1.3 變分不等式問題.....	8
2.2 變分不等式之敏感性分析 ^[17]	9
2.3 路網敏感性分析 ^[7]	12
2.4 雙層路網設計問題.....	15
第三章 號誌設計問題.....	19
3.1 園區道路範圍.....	19
3.2 路網起迄資料.....	20
3.2.1 園區尖峰時段交通需求量之推測起點.....	20
3.2.2 園區尖峰時段交通需求量之推測迄點.....	22
3.2.3 路網縮減.....	23
3.2.4 OD 矩陣.....	24
3.3 路段成本函數.....	24
3.3.1 α 、 β 參數.....	25
3.3.2 修正 BPR 函數.....	27
3.4 號誌設計模式.....	28
第四章 號誌設計求解演算法.....	30
4.1 路網規劃者與使用者之賽局.....	30
4.2 敏感性分析基礎之最陡下降演算法(GSDA).....	31
第五章 數值例求解.....	33
5.1 小型路網範例.....	33
5.2 園區路網資料之搜集與處理.....	35
5.3 園區路網求解結果.....	40

第六章 結論與建議.....	45
參考文獻.....	46
附 錄 一.....	48
簡 歷.....	68



表目錄

表 3.2.1-1-園區起點位置表	21
表 3.2.2-1-園區迄點位置表	22
表 3.2.3-1-園區 OD 需求表	24
表 3.3.1-1-校估參數表 ^[14]	25
表 3.3.1-2-園區道路類型分類表	27
表 5.1-1-小型路網範例之路段 A、B 參數	34
表 5.1-2-小型路網範例之路段/路徑投引矩陣	34
表 5.1-3-小型路網範例之起迄對/路徑投引矩陣	34
表 5.1-4-小型路網範例求解結果	35
表 5.2-1-園區路網之路段資料 part 1(路段 1-55)	37
表 5.2-2-園區路網之路段資料 part 2(路段 56-110)	38
表 5.2-3-園區路網路段成本函數之參數	39
表 5.3-1-園區路網求解結果	41



圖目錄

圖 1.4-1 研究流程圖.....	3
圖 3.1-1-園區平面圖	20
圖 3.2.1-1-園區路網起點位置標示圖	21
圖 3.2.2-1-園區路網迄點位置標示圖	23
圖 3.2.3-1-園區縮減後之路網圖	23
圖 3.3.1-1-園區高干擾路段—研新四路	26
圖 3.3.1-2-園區低干擾路段—工業東二路	26
圖 3.3.1-3-園區低干擾路段—園區三路	27
圖 5.1-1-小型路網範例	33
圖 5.3-1-路口修正係數示意圖	40
圖 5.3-2-系統總成本比較圖	43



第一章 緒論

1.1 研究背景

新竹科學工業園區設立於民國 69 年 12 月 15 日，主要所在地位於新竹市東區，至目前已有三百多家廠商進駐，已開發之園區佔地面積約 632 公頃，主要產業包括有半導體業、電腦業、通訊業、光電業、精密機械產業與生物技術產業，是我國科技的發源地。園區內廠商增加會使得園區之科技發展更具競爭力，不僅使我國在國際上的經濟地位提升，更能促進新竹地區就業機會增加，使新竹地區居民所得提高，經濟獲得成長。就經濟發展的觀點來說，園區擴建與廠商進駐是極具正面意義的。

然而廠商的增加所產生的交通問題也是必須考慮的，材料運送、會議往來與上下班通勤等需求會使得交通擁塞問題日益嚴重，民國 69 年之「新竹科學工業園區特定區主要計畫書」中提到，園區之計畫人口為 2 萬 4 千人，但截至 93 年底園區之就業人口已多達 10 萬人，比原先規劃的計畫人口超出許多，且由於私人運具大量的使用，小客車承載率僅 1.14，機車承載率亦只有 1.09，原先規劃之道路系統已難以負荷，晨昏時段市區與園區聯絡道路、主要節點及園區內道路回堵甚為嚴重。園區內若毫無規劃地鋪設道路，並不能有效的紓解嚴重的交通問題，因此為了能有效的解決交通問題，路網必須經過良好的規劃與設計才不會致使道路使用效率過低而未能解決交通問題。

1.2 研究目的

園區路網本身是一個封閉型的路網，因為路網中起迄點較明確，上班尖峰時段園區交通需求量主要來自於幾個園區大門，而下班尖峰時段再由園區幾個出入口消散。園區道路包含聯外道路、主要道路、次要道路與地方道路，聯外道路包含園區一路與力行路，主要道路包含園區二路、園區三路、園區五路與新安路等等，底下包含其他許多的次要道路與地方道路，因此園區路網為一大型的路網。若道路使用者遵守 Wardrop 假設，則道路規劃者與道路使用者具有不同目標式，因此將園區路網問題視為雙層模式問題，上

層為路網規劃者，目標使系統總成本最小，下層為道路使用者，其滿足使用者均衡，為模式之限制式。路網規劃者在設計號誌時必須考慮使用者特性，因此雙層模式之 Stackelberg 賽局須求得使用者之反應函數。在以往求解雙層路網設計問題時，往往以封閉型的小型路網作為探討之範例，本研究希望擴大路網範圍，以新竹科學園區之大型路網做為研究實例，以期能解決大型封閉路網之雙層路網設計問題，進而解決新竹科學園區日益嚴重之交通問題。

BPR 函數為一常用為表示路段績效之函數，其型式為如下：

$$c_a = t_a^0 \left[1 + \alpha_a \left(\frac{f_a}{C_a} \right)^{\beta_a} \right]$$

本研究將以修正之 BPR 函數作為路段績效函數，並收集路段資訊，最後利用路網敏感性資訊求解園區之大型封閉路網之雙層路網設計問題。本研究目的可條列為以下：

1. 傳統路段績效函數為路段流量之函數，本研究將改寫路段績效函數，使路段之績效函數為流量與號誌變數之函數。
2. 收集路段之路段長度、車道數、自由流率、自由流旅行時間、號誌周期與建議容量，並判別路段干擾度高低，求得 α 、 β 係數，再藉由以上資料求出路段績效函數之係數。
3. 以求出之路段績效函數及其相對應係數作為求解路網雙層模式問題之成本函數，以敏感性分析基礎之最陡下降演算法(GSDA)求解，並將所求結果與現況號誌之使用者均衡指派之系統總成本做比較。

1.3 研究範圍

本研究將以新竹科學園區內之幾條聯外道路、主要道路與次要道路為本研究路網之主軸，西以新安路與園區三路交叉口(寶山崗哨)為界，東以力行路為界。整體路網之邊界道路為園區三路、寶山路、力行路、園區一路與新安路等，本研究將在此封閉路網範圍內，藉由求得之成本函數最為路網指派與號誌最佳化之依據，以進行大型路網之雙層模式求解。

1.4 研究流程

本研究先收集路段成本函數參數，並取得路網之交通需求量，進行 Frank-Wolfe 演算法求得可行路徑集合，並求得路段/路徑投引矩陣與起迄對/路徑投引矩陣，並求得列滿秩(full row rank)之路段/路徑投引矩陣與起迄對/路徑投引矩陣^[10]，求得 GSDA 演算法所需之資料後即可進行 GSDA 之演算，流程如下圖左半部，求出系統最佳之總成本後，再以現況號誌情況下，進行使用者均衡指派，求出使用者均衡下之系統總成本，兩者進行比較，期望在雙層模式下，可以求得較低之系統總成本。

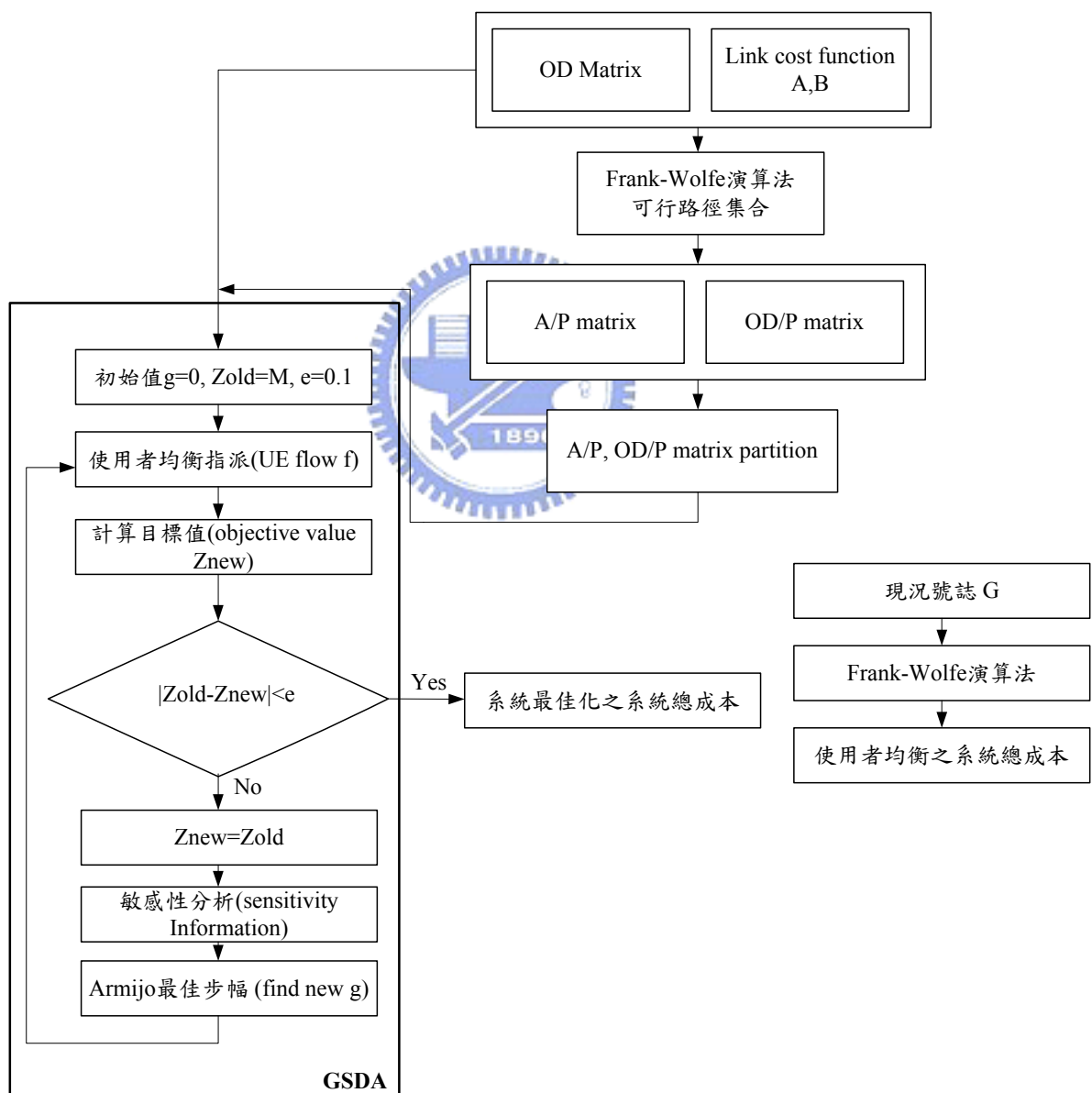


圖 1.4-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

交通上的均衡一般是指用路人在遵守某種特定的道路選擇原則，與路網上其他使用者進行交互影響，以及受到道路容量限制下，所形成的平衡狀態，與經濟學上所討論的市場均衡不相同。

路網指派是將起迄點的流量分派到各路段，最早有全有或全無（All-or-nothing）指派法。即將某一起迄的全部交通量分派到最短路徑，而其他路徑沒有分派車流量，這樣會造成被分派到的路徑可能成為最擁擠路徑。接著便有改良之增量指派法，即將起迄點的交通量分為數等分，逐一全有或全無指派法進行分派，此增量指派法若將總量細分越多小等分，其結果將會越接近路網均衡狀況，而 Frank-Wolfe 則提出一個指派後可回收之均衡流量指派法，可以改善增量指派法之缺點，當增量指派過程中某一等分之起迄需求全有全無指派後產生該路徑旅行成本過大時，會有無法改善之虞，而 Frank-Wolfe 則可以將該路徑之流量在演算過程中逐漸降低，能改善此問題。本章節將回顧用路人均衡路網流量模式、路網敏感性分析、以及雙層路網設計問題之文獻。

2.1 用路人之均衡路網流量模式^[9]

在探討所謂路網到達均衡狀態之前，必須先假設路網使用者在使用路網上路段之行為，才能知道路網會達到何種均衡狀態。由 Wardrop(1952)^[1]在用路人有路網完全資訊（Full Information）的假設下，首先提出使用者均衡（User Equilibrium）之行為準則。路網使用者的兩種行為準則如下：

1. Wardrop 第一使用準則(Wardrop's First Principle): 又可稱為使用者均衡準則(User Equilibrium)。對任一起迄點而言，當路網達到使用者均衡時，所有被使用的路徑，其旅行成本皆相同，而且最小或等於其他未被使用路徑的旅行成本。使用者均衡，假設每一用路人皆以降低自己的旅行成本為目標來選擇路徑，且不與其他人協調合作。當路網達到均衡時，用路人無法經由單獨改變路徑降低其旅行時間。此準則較符合實際之用路人行為，適用於公路路網上之小客車指派課題，對

真實世界之觀察此準則也廣泛地被接受。

2. Wardrop 第二使用準則 (Wardrop's Second Principle)：又可稱為系統最佳準則 (System Optimum)。當路網達到最佳時，系統總旅行成本最小。系統最佳僅在所有用路人經由全體協調合作，來選擇旅行路徑時，才有可能達成。所以，系統最佳不適合真實的都市路網，通常用於其他交通工具或固定路線系統，如鐵路、海運及空運等系統。

本研究之用路人行為將以 Wardrop 第一準則作為依據。底下將介紹由卓訓榮^[17]整理之使用者均衡下之流量模式。其所提到之用路人均衡路網流量模式，用路人之行為準則都是基於 Wardrop 第一準則 (使用者均衡準則)。其文獻中之符號表示如下：

a : 表示路網中的路段 a

i, j : 表示路網節點 i 或節點 j

P : 表示路網中的路徑 p

P_{ij} : 表示路網中起點為 i ，迄點為 j 之所有路徑的集合

c_a : 表示路網中路段 a 的成本

c_p : 表示路網中路徑 p 的成本

f_a : 表示路網中路段 a 的交通流量

f : $(f_1, f_2, \dots, f_a, \dots)$ 表示路網中所有路段交通流量的向量

h_p : 表示路網中路徑 p 的交通流量

h : $(h_1, h_2, \dots, h_p, \dots)$ 表示路網中所有路徑交通流量的向量

u_{ij} : 表示路網中起點為 i ，迄點為 j 的最小旅行成本

u : $(u_{11}, \dots, u_{ij}, \dots)$ 表示路網中所有不同起迄點的最小旅行成本的向量

T_{ij} : 表示路網中起點為 i ，迄點為 j 的需求量

T : $(T_{11}, \dots, T_{ij}, \dots)$ 表示路網中所有不同起迄點的需求量向量

δ_{ap} : 路徑與路段指標，當路網中的路段 a 屬於路徑 p 時為 1，否則為 0

Δ : $(\dots, \delta_{ap}, \dots)$ 路段與路徑投引矩陣 (incidence matrix)

Λ : 起迄點與路徑指標，當路網中的路徑屬於某一起迄點時為 1，否則為 0

2.1.1 數學規劃法

在 Wardrop^[1]提出使用者均衡之行為假設後，Beckmann^[2]首先構建出第一準則之數學規劃模式（Mathematical Programming，簡稱 MP），假設路段的成本函數是可分離的（Separable），就是說路段（Arc）的使用成本只受到路段車流的影響。在這個模式中，成功地將原本所求解的路網均衡問題，轉換為一求解極值的數學規劃問題，其模式如下：

$$\min_f Z(f) \quad (1)$$

$$= \min_f \sum_a \int_0^{f_a} C_a(x) dx \quad (2)$$

$$s.t. \quad f \in \Omega \quad (3)$$

其中

$$\Omega = \{f \mid f = \Delta h, \Delta h = T, h \geq 0\} \quad (4)$$

由上面所述非線性規劃方程式的 K-K-T 條件（Karush-Kuhn-Tucker），可以得出求解此一數學規劃式的必要條件（Necessary Condition），其 K-K-T 條件如下：

$$(c_p - u_{ij}) \cdot h_p = 0 \quad p \in P_{ij} \quad \forall i, j \quad (5)$$

$$c_p - u_{ij} \geq 0 \quad (6)$$

上述之數學模式符合 Wardrop 第一準則，因此我們可以將求解的路網均衡指派問題轉換成求解上述之數學規劃問題。我們也可以將式（5）和式（6）轉換成：

$$\text{若 } h_p > 0 \Rightarrow c_p = u_{ij} \quad p \in P_{ij} \quad \forall i, j \quad (7)$$

$$\text{若 } c_p > u_{ij} \Rightarrow h_p = 0 \quad p \in P_{ij} \quad \forall i, j \quad (8)$$

式（7）說明若由起點 i 到迄點 j 之路徑 p 如已經被使用（即路徑流量大於零），則其旅行成本 c_p 等於起點 i 到迄點 j 之最小旅行成本 u_{ij} 。式（8）則說明若路徑 p 的旅行成本大於由起點 i 到迄點 j 最小的路徑旅行成本，則路徑 p 不被使用（即路徑流量等於零）。

Beckmann^[2]假設路段成本是可分離的。但事實上，若考慮十字路口不同方向的路

段，則路段的使用成本會受到其他路段的車流量影響且影響的程度亦不同，因此成本可分離的假設並不合理。Dafermos^[8]假設路段旅行成本的 Jacobian 矩陣是對稱的，這個對稱的假設准許某路段成本函數可以包含其他路段流量。以 A 和 B 兩路段為例，A 路段增加（或減少）一單位流量對 B 路段的影響，必須等於 B 路段增加（或減少）一單位流量對 A 路段的影響，即：

$$\frac{\partial C_a(f)}{\partial f_b} = \frac{\partial C_b(f)}{\partial f_a}$$

但是，就一個十字路口而言，如果臨近路段道路的路寬不同，則影響的程度必定不同；即使路寬一樣，若成本函數中之其他影響因子使得邊際函數不同，則分別增加一單位流量產生的邊際效果也不同，因此這個假設也不合理。Dafermos^[5]也曾放鬆路段成本是可分離的條件，將使用者均衡路網的模式改成線積分形式：

$$\min_{f,h} \sum_a \oint_0^f C_a(x) dx \quad (9)$$

在式（9）中，影響路段旅行成本的因素，除了本身路段的流量外，也可以受其他相關路段流量的影響。因為（9）式是向量積分，是線積分，必須先定義其積分路徑，方得積分，且不同路徑積分結果也不同。故（9）式不是一個完整定義（Well define）的數學模式，無法求解。

2.1.2 非線性互補問題

Aashtiani^[3]放棄路段旅行成本可分離的假設，建立了以路徑為變數的數學模式，稱為非線性互補問題（Nonlinear Complementarity Problem，簡稱 NCP）。在 NCP 模式中，路段成本函數可以是任何型式，沒有任何的假設條件。其模式構建如下：

$$(c_p - u_{ij}) \cdot h_p = 0 \quad p \in P_{ij} \quad \forall i, j \quad (10)$$

$$c_p - u_{ij} \geq 0 \quad (11)$$

$$h \in \Omega' \quad (12)$$

其中

$$\Omega' = \{h \mid \Lambda h = T, h \geq 0\} \quad (13)$$

由方程式可以看出求解非線性互補問題所得到的解亦滿足路網均衡條件。所以，我們可以藉由非線性互補問題來描述均衡路網交通量指派問題。上述方程式雖然和式(7)、式(8)類似，但是路段的成本函數卻不需要數學規劃模式中的假設條件。

Aashtiani^[3]所提出的非線性互補問題模式，其路段成本函數已無數學模式的假設條件，但是非線性互補問題模式在求解過程中，必須以路徑流量為變數。而在真實世界中的路網問題，路徑的數目十分龐大，所以非線性互補問題不適合用在求解大型的路網。李治綱^[12]也指出，非線性互補問題模式的求解，在某種路網流量類型下不易收斂到較好的精確度。

2.1.3 變分不等式問題

Smith^[4]和 Dafermos^[5]放鬆了路段旅行成本可分離的假設，以路徑和路段為變數分別建立變分不等式模式 (Variational Inequality Problem, 簡稱 VIP)，即是本研究所要討論的模式。此模式可以以路段為變數之方程式型式，表示如下：

求 $f^* \in \Omega$ ，使得下式成立

$$c(f^*)(f - f^*) \geq 0 \quad \text{對所有 } f \in \Omega \quad (14)$$

其中

$$\Omega = \{f \mid f = \Delta h, \Delta h = T, h \geq 0\} \quad (15)$$

當其可行解區間為非負的空間時，我們可以推導出變分不等式問題的解滿足非線性互補問題，反之亦然。由於非線性互補問題所得到的解滿足路網均衡時的條件，所以變分不等式問題的解也滿足路網均衡時的條件。因此，我們也可以利用變分不等式問題來描述均衡路網流量問題。

利用變分不等式所建立的路網均衡流量模式，不需要路段成本是可分離或路段成本函數的 Jacobian 矩陣為對稱性的假設條件。而且其模式是以路段為變數，尤其是在考慮大型路網的分析時，這個特性將原本龐大的路徑變數轉換成較少的路段變數。使得此模式為最可行之路網均衡模式。

2.2 變分不等式之敏感性分析^[17]

本節將討論對變分不等式參數微擾 (parameters perturbation) 的充分條件。以下是 Tobin^[6]所得到的結果，本文將摘錄部份重要結果而不加以證明。

令 $F: R^n \rightarrow R^n$ 是連續的

$g: R^n \rightarrow R^m$ 是可微分的

$h: R^n \rightarrow R^p$ 是線性的

並且定義

$$K = \{x \in R^n \mid g(x) \geq 0, h(x) = 0\} \quad (16)$$

若一向量 $x^* \in K$ ，使得下式成立

$$F(x^*)^T (x - x^*) \geq 0 \quad \forall x \in K \quad (17)$$

則 x^* 可稱為變分不等式 (17) 在 K 的一組解。

定理 2.1：變分不等式有解的必要條件。

若向量 $x^* \in K$ 對變分不等式 (17) 是一組解而且在 $g_i(x^*) = 0$ 的梯度

$\nabla g_i(x^*)$ ， i 從 1 到 m ，和梯度 $\nabla h_i(x^*)$ ， i 從 1 到 p ，是線性獨立，則存在

$\lambda \in R^m$ ， $\mu \in R^p$ 使得下列各式成立：

$$F(x^*) - \nabla g(x^*)^T \lambda - \nabla h(x^*)^T \mu = 0 \quad (18)$$

$$\lambda^T g(x^*) = 0 \quad (19)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (20)$$

定理 2.2：變分不等式有解的充分條件。

若 $g_i(x)$ 是凸函數而且 $x^* \in K$ ， $\lambda \in R^m$ ， $\mu \in R^p$ 滿足 (18)、(19)、(20) 式，

則 x^* 是變分不等式 (17) 的一組解，式中 i 從 1 到 m 。

定理 2.3：變分不等式區域性單一解的充分條件。

若定理 2.2 的充分條件滿足，且 F 函數是可微的，而且對所有 $y \neq 0$ ，下式成

立：

$$y^T \nabla F(x^*) y > 0 \quad (21)$$

並使得下列各式成立：

$$\nabla g_i(x^*) y \geq 0 \quad \text{對使 } g_i(x^*) = 0 \text{ 的所有 } i \quad (22)$$

$$\nabla g_i(x^*) y = 0 \quad \text{對使 } \lambda_i > 0 \text{ 的所有 } i \quad (23)$$

$$\nabla h_i(x^*) y = 0 \quad \text{式中 } i \text{ 是從 } 1 \text{ 到 } p \quad (24)$$

則 x^* 對變分不等式 (17) 是一區域性單一解。

令 $F(x, \varepsilon)$ 對 (x, ε) 是一次連續可微的；

$g(x, \varepsilon)$ 對 x 是凸函數，和對 (x, ε) 是兩次連續可微的；

$h(x, \varepsilon)$ 對 x 是線性的，和對 ε 是一次連續可微的。

考慮下列參數變分不等式，寫成 $VI(\varepsilon)$ 。求 $x_\varepsilon^* \in K(\varepsilon)$ 使得下式成立：

$$F(x_\varepsilon^*, \varepsilon)^T (x - x_\varepsilon^*) \geq 0 \quad \text{對所有 } x \in K(\varepsilon) \quad (25)$$

式中 $K(\varepsilon)$ 滿足下式：

$$K(\varepsilon) = \{x \mid g(x, \varepsilon) \geq 0, h(x, \varepsilon) = 0\} \quad (26)$$

定理 2.4：變分不等式隱函數定理。

設 $VI(0)$ 滿足定理 2.3 中的條件而 $VI(0)$ 中 $F(x^*)$ ， $g(x^*)$ ， $h(x^*)$ ， λ ， μ 分別

以 $F(x^*, 0)$ ， $g(x^*, 0)$ ， $h(x^*, 0)$ ， λ^* ， μ^* 取代，且當 $g_i(x^*, 0) = 0$ 時其梯度

$\nabla g_i(x^*, 0)$ ， $i = 1, \dots, m$ ，和 $\nabla h_i(x^*, 0)$ ， $i = 1, \dots, p$ ，為線性獨立，此外並假設嚴格

鬆弛互補條件 (strict complementary slackness condition) 成立，當 $g_i(x^*, 0) = 0$

時，滿足 $\lambda_i^* > 0$ 。則可得到下列結果：

(1) λ^* 和 μ^* 是唯一；

(2) 在 $\varepsilon = 0$ 的一鄰域中，存在一唯一的連續可微函數

$[x(\varepsilon)^T, \lambda(\varepsilon)^T, \mu(\varepsilon)^T]^T$ ，其中 $x(\varepsilon)$ 是 $VI(\varepsilon)$ 的區域性唯一解， $\lambda(\varepsilon)$ 和 $\mu(\varepsilon)$ 為對應於 $x(\varepsilon)$ 的乘數（multipliers），滿足定理 2.3 的條件，且

$$[x(0)^T, \lambda(0)^T, \mu(0)^T]^T = [x^{*T}, \lambda^{*T}, \mu^{*T}]^T ;$$

(3) 在 $\varepsilon=0$ 的鄰域中約束不等式（binding inequalities）不改變，嚴格互補鬆弛性成立且約束條件（binding constraint）的梯度在 $x(\varepsilon)$ 為線性獨立。

若 $\varepsilon=0$ ， $[x^T, \lambda^T, \mu^T]^T = [x^{*T}, \lambda^{*T}, \mu^{*T}]^T$ ，根據定理 2.1 我們可以得到：

$$F(x, \varepsilon) - \sum_{i=1}^m \lambda_i \nabla g_i(x, \varepsilon)^T - \sum_{i=1}^p \mu_i \nabla h_i(x, \varepsilon)^T = 0 \quad (27)$$

$$\lambda_i g_i(x, \varepsilon) = 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (28)$$

$$h_i(x, \varepsilon) = 0 \quad i = 1, \dots, p \quad (29)$$

(27)、(28)、(29) 對 $y = (x, \lambda, \mu)$ 和對 ε 的 Jacobian 矩陣分別以 J_y^* 和 J_ε^*

表示。

系 2.1：若定理 2.4 的假設成立，即 J_y^* 存在且 (x^*, λ^*, μ^*) 對 ε 的導數為

$$\nabla_\varepsilon y = [J_y^*]^{-1} [-J_\varepsilon^*] \quad (30)$$

系 2.2：若定理 2.4 的假設成立則在 $\varepsilon=0$ 的鄰域中， $[x(\varepsilon)^T, \lambda(\varepsilon)^T, \mu(\varepsilon)^T]^T$ 的一階近似為

$$\begin{bmatrix} x(\varepsilon) \\ \lambda(\varepsilon) \\ \mu(\varepsilon) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x^* \\ \lambda^* \\ \mu^* \end{bmatrix} + [J_y^*]^{-1} [J_\varepsilon^*] \varepsilon \quad (31)$$

其中

$$[x^*, \lambda^*, \mu^*] = [x(0), \lambda(0), \mu(0)] \quad (32)$$

$$J_y^* = J_y(0)$$

$$J_\varepsilon^* = J_\varepsilon(0) \quad (33)$$

2.3 路網敏感性分析^[7]

變分不等式問題的數學模式是求均衡路網流量一般化的模式。可以表示如下：

求 $f^* \in \Omega$ ，使得下式成立：

$$c(f^*)^T (f - f^*) \geq 0 \quad \forall f \in \Omega \quad (34)$$

其中

$$\Omega = \{f \mid \Delta h = f^*, \Lambda h = T, h \geq 0\} \quad (35)$$

$c(f)$ 是嚴格單調 (strictly monotone)，則知均衡路段流量向量 f^* 是唯一，微擾 (perturbed) 均衡路網流量問題可寫成下列變分不等式：

求 $f_\varepsilon^* \in \Omega(\varepsilon)$ 使得下式成立：

$$c(f_\varepsilon^*, \varepsilon)^T (f - f_\varepsilon^*) \geq 0 \quad \forall f \in \Omega(\varepsilon) \quad (36)$$

其中

$$\Omega(\varepsilon) = \{f \mid \Delta h = f_\varepsilon^*, \Lambda h = T(\varepsilon), h \geq 0\} \quad (37)$$

而 ε 是微擾參數向量。因為均衡路徑流量不是唯一的，而是包含在凹多胞形 (convex polytope) 中：

$$\Gamma^*(\varepsilon) = \{h \mid \Delta h = f_\varepsilon^*, \Lambda h = T(\varepsilon), h \geq 0\} \quad (38)$$

對任意向量 ε ，在 $\Gamma^*(\varepsilon)$ 的路徑流量解集合是一凹集合，一組解 h 對微擾參數 (perturbation parameters) 的導數不存在。雖然路段流量是單一，但因為路段流量是由路徑流量加總求得，所以路徑流量的非唯一性使得定理 2.3 不能直接引用。

因此，卓訓榮^{[10][11]}的廣義反矩陣方法和最短距離方法，將路徑變數可行解空間轉換為路段變數可行解空間，而均衡路網之路段具唯一性，如此，就可以應用定理 2.3 求解。底下將介紹卓訓榮^[10]提出的廣義反矩陣法。

這個方法是利用廣義反矩陣求出路段流量變數和路徑流量變數之間的適當關係。假設所考慮的路徑包括所有最低成本的路徑，這些路徑的流量均為正，因為正流量為導數存在的必要條件。如果有一最小路徑成本的流量為零，經過微擾後可能為正。另外亦假

設路段流量為正，假設流量為零之路段經過微擾後仍為零，可以刪除。最後假設路徑數大於路段數。

在微擾均衡路網流量問題的可行解路段流量和路徑流量有下列關係：

$$\Delta h_\varepsilon = f_\varepsilon \quad (39)$$

$$\Lambda h_\varepsilon = T(\varepsilon) \quad (40)$$

將 Δ 切成兩個子矩陣 (submatrices) $\Delta = \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Delta^r \end{bmatrix}$ ，其中 Δ^0 是使得 $\begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix}$ 為最大列滿秩

(maximum full row rank) 矩陣，且 Δ^r 為一非空矩陣。令

$$\Delta^0 h_\varepsilon = f_\varepsilon^0 \quad (41)$$

$$\Lambda h_\varepsilon = T(\varepsilon) \quad (42)$$

式中 f^0 是 f 切割後的一部份，即 $f = \begin{bmatrix} f^0 \\ f^r \end{bmatrix}$ ，而 f^0 是與 Δ^0 有關的部份， f^r 為 f 切

割後去除 f^0 而剩餘部份，可得

$$h_\varepsilon = \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f_\varepsilon^0 \\ T(\varepsilon) \end{bmatrix} + \left[I - \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix} \right] k \quad (43)$$

式中

$$\begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix}^T \left[\begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix}^T \right]^{-1} \quad (44)$$

k 是使得 h_ε 為正的任意矩陣向量，一定存在某些 k 使得 h_ε 的所有元素為正。給使 h_ε 為正的任意一組 k ，則可行解路段流量可寫成

$$\Omega(\varepsilon) = \left\{ f = \begin{bmatrix} f^0 \\ f^r \end{bmatrix} \mid \Delta^r \left[I - \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix} \right] k + \begin{bmatrix} \Delta^0 \\ \Lambda \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f_\varepsilon^0 \\ T(\varepsilon) \end{bmatrix} = f_\varepsilon^0, f \geq 0 \right\} \quad (45)$$

對於微擾均衡路網流量問題可以用變分不等式表示，即求 $f_\varepsilon^* \in \Omega(\varepsilon)$ ，使得(36)式成

立：

$$c(f_\varepsilon^*, \varepsilon)^T (f - f_\varepsilon^*) \geq 0 \quad \forall f \in \Omega(\varepsilon)$$

其中

$$\Omega(\varepsilon) = \{f \mid C + B_1 f_\varepsilon^0 + B_2 [T(\varepsilon)] = f_\varepsilon^r, f \geq 0\} \quad (46)$$

式中

$$B_1 = \Delta^r \Delta^{0T} A_{11} + \Delta^r \Lambda^T A_{21}$$

$$B_2 = \Delta^r \Delta^{0T} A_{12} + \Delta^r \Lambda^T A_{22}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta^0 \Delta^{0T} & \Delta^0 \Lambda^T \\ \Lambda \Delta^{0T} & \Lambda \Lambda^T \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}$$

$$A_{11} = [\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1} + [\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1} \Delta^0 \Lambda^T [\Lambda \Lambda^T - \Lambda \Delta^{0T} [\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1} \Delta^0 \Lambda^T]^{-1} \Lambda \Delta^{0T} [\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1}$$

$$A_{12} = -[\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1} \Delta^0 \Lambda^T [\Lambda \Lambda^T - \Lambda \Delta^{0T} [\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1} \Delta^0 \Lambda^T]^{-1}$$

$$A_{21} = -[\Lambda \Lambda^T - \Lambda \Delta^{0T} [\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1} \Delta^0 \Lambda^T]^{-1} \Lambda \Delta^{0T} [\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1}$$

$$A_{22} = [\Lambda \Lambda^T - \Lambda \Delta^{0T} [\Delta^0 \Delta^{0T}]^{-1} \Delta^0 \Lambda^T]^{-1}$$

因為 f_ε^* 是式 (36) 的解，根據定理 2.4，下列系統存在解：

$$c(f_\varepsilon^*, \varepsilon) - \lambda(\varepsilon) - [B_1, -I]^T \mu(\varepsilon) = 0 \quad (47)$$

$$\lambda(\varepsilon)^T f_\varepsilon^* = 0 \quad (48)$$

$$C + B_1 f_\varepsilon^0 + B_2 [T(\varepsilon)] = f_\varepsilon^r \quad (49)$$

式中 $\lambda(\varepsilon)$ 是非負限制式的向量乘數， $\mu(\varepsilon)$ 是維持路網流量限制式的向量乘數。

因假設系統的路段流量皆為正，所以非負限制部份可刪除，上述系統可改寫為：

$$c(f_\varepsilon^*, \varepsilon) - [B_1, -I]^T \mu(\varepsilon) = 0 \quad (50)$$

$$C + B_1 f_\varepsilon^0 + B_2 [T(\varepsilon)] - f_\varepsilon^r = 0 \quad (51)$$

可以很簡單的看出此系統滿足定理 2.3 和定理 2.4，因此 f_ε^* 對 ε 的導數即可計算。

在系統 (50)、(51) 中對 $y = (f, \mu)$ 的 Jacobian 矩陣是

$$J_y = \begin{bmatrix} \nabla c(f_\varepsilon^*, \varepsilon) & -[B_1, -I]^T \\ B_1, -I & 0 \end{bmatrix} \quad (52)$$

且系統對 ε 的 Jacobian 矩陣是

$$J_\varepsilon = \begin{bmatrix} \nabla_\varepsilon c(f_\varepsilon^*, \varepsilon) \\ B_2 \nabla_\varepsilon T(\varepsilon) \end{bmatrix} \quad (53)$$

得到

$$\nabla_\varepsilon y = [J_y]^{-1} [-J_\varepsilon] \quad (54)$$

2.4 雙層路網設計問題

Larry J. Leblanc 於 1975 年提出離散形式的路網設計問題，文中給訂一 24 個節點、76 個路段的真實路網的所有路段成本函數與每對 O-D 組的流量等資料，在求解時之變數為一離散之變數，當變數求解結果為 1，則該變數之路段應該興建此路段，若為 0 則該路段不應興建。離散形式的路網設計問題是一個整數規劃之問題，其在求解的過程中相當困難，1979 年 Larry J. Leblanc 提出了連續形式的路網設計問題，把問題定義成連續的形式，再求解路網的過程中，使問題變得容易許多。且 ustafa Abdulaal, and Larry J. Leblanc(1978)將每條路段的成本函數定義為 $c_a(f_a, y_a) = A_a + B_a(f_a / (K_a + y_a))^4$ 其中 a 表路段編號， A 、 B 與 K 表成本函數中的係數， f_a 表路段流量 y_a 表路段改善參數，當 y_a 不等於 0 時，表示此路段需要做適當的改善，才能使整個路網成本最小，改善的方法包括增加路寬、增加道路鋪面、增加線道等方法。Cho 和 Lo(1999)並提出了 MINOS、H-J、IOA、EDO、GSDA、LAA 等方法，應用於連續形式的路網求解，每種方法各有優缺點，在不同的路網中每種求解的演算法沒有絕對的好與壞。基本路網設計求解方法，除了目標式為系統最佳外，目標限制是必須滿足使用者均衡，且目前文獻大都是以 Frank-Wolfe 演算法求解使用者均衡這一限制式^[17]。

Ernesto Cipriani, Gaetano Fusco(2004)^[15]，探討流量滿足使用者均衡限制下之全

域最佳化號誌設計問題，利用延伸切線演算法(Projected Gradient Algorithm, PGA)求解，且以 Armijo rule 來做最佳步幅長度之估計。他提出考量號誌設計系統最佳化之之目標式如下：

$$Z(g, f) = \sum_a c_a(f_a, g_a) f_a \quad (55)$$

其中 Z 為系統總旅行成本，亦即是系統在使用者均衡下之總績效函數。其在模式中對於時相結構與車流允許流動做一些假設：

1. 號誌週期固定
2. 時相順序為外生給定的
3. 2 時相獨立路口
4. 在交叉路口上移動時，均面對相同一個時相。
5. 每部車輛在同一個週期內均面對相同時相。

此號誌最佳設計問題可寫成如下：

$$g^* = \arg \min_g \left\{ \sum_a c_a(f_a^*(g), g_a) f_a^*(g) \right\} \quad (56)$$

$$\text{st. } 0 < g_a^{\min} \leq g_a \leq g_a^{\max} \quad (57)$$

其中， $f^*(g) \geq 0$ 為使用者均衡之流量向量，與號誌有關，因此為 g 之函數， $g_a^{\min}$ 最小號誌時間， $g_a^{\max}$ 為最大號誌時間。

Gao Ziyu, Song Yifan(2002)^[16]，提出同時對號誌與路段流量進行控制之雙層模式，其模式之上層為道路規劃者，一方面由號誌設計來找出最大可能增加之交通需求，另一方面增加路段容量來提升路網系統之總容量；模式之下層則為 Beckmann 提出之流量均衡下的數學規劃模式。模式表為如下：

$$\max Z = \sum_{i \in I, j \in J} \mu_{ij} q_{ij} - \theta \sum_{a \in A} G_a(y_a) \quad (58)$$

$$\begin{aligned}
& \text{s.t. } y_a \geq 0 \quad \forall a \in A, \\
& f_a(y, \mu, \lambda) \leq p_a s_a(y_a, \lambda) \quad \forall a \in \bar{A}, \\
& G_r \lambda_r \geq b_r \quad r \in R \\
& \mu_{ij} \geq \mu_0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J,
\end{aligned} \tag{59}$$

上式為模式中之上層規劃者模式，目標為最大化路網保留容量扣除改善路段容量之支出， $\mu_{ij}q_{ij}$ 為保留容量， $G_a(y_a)$ 為增加路段容量所需之支出， y_a 為改善之路段容量， λ 為號誌設定向量，而模式底下之限制式包含流量小於路段容量限制式、號誌限制式。而雙層模式之下層模式則為使用者均衡，表示如下：

$$\min \sum_{a \in A} \int_0^{f_a(y, \mu, \lambda)} c_a(x_a, y_a, \lambda_a) dx \tag{60}$$

$$\begin{aligned}
& \text{s.t. } \sum_{k \in K} h_k^{ij} = \mu_{ij} q_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \\
& f_a = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} h_k^{ij} \delta_{ak}^{ij} \quad \forall a \in A, \\
& h_k^{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K,
\end{aligned} \tag{61}$$

目標式為 Beckmann 之流量均衡數學規劃模式，底下限制式則為流量守恆之限制式。由於對容量修正所需支出必須滿足一個預算限制，因此模式上層又可以改寫成以下：

$$\max Z = \sum_{i \in I, j \in J} \mu_{ij} q_{ij} \tag{62}$$

$$\begin{aligned}
& \text{s.t. } G_a(y_a) \leq B \\
& y_a \geq 0 \quad \forall a \in A, \\
& f_a(y, \mu, \lambda) \leq p_a s_a(y_a, \lambda) \quad \forall a \in \bar{A}, \\
& G_r \lambda_r \geq b_r \quad r \in R \\
& \mu_{ij} \geq \mu_0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J,
\end{aligned} \tag{63}$$

其中 $G_a(y_a) \leq B$ 為預算限制式， B 則為總預算，以總預算限制來控制容量修正之上限，可使模式之目標式僅保留保留容量部分即可；下層模式同(60)、(61)式。

至今，已發展數種連續均衡路網設計問題之表示法，最被廣泛使用者如下^[17]：

$$\min F(f, y) = \min \sum_a f_a c_a(f, y) + \rho \sum_a \beta_a(y) \quad (64)$$

$$\text{st. } C(f^*)^T (f^* - f) \geq 0 \quad \forall f \in \Omega \quad (65)$$

$$f^* \in \Omega \quad (66)$$

$$L \leq y \leq U \quad (67)$$

其中 L 與 U 分別為 y 之上下界，已知在一滿足成本函數嚴格遞增之假設下，對於每個 y 皆存在一滿足使用者均衡之為一解 f (Dafermos, 1980)，此即意味上面的式子可以寫成如下：

$$\min F(f, y) = \min \sum_a f_a(y) c_a(f(y), y) + \rho \sum_a \beta_a(y) \quad (68)$$

$$\text{st. } L \leq y \leq U \quad (69)$$

其中 $f(y)$ 為使用者均衡下之路網流量。



第三章 號誌設計問題

本章節在介紹新竹科學園區於本研究之道路範圍、起迄點歸納、起迄需求表收集、路段成本之估計，並且由現有之雙層模式修正，建立雙層路網之號誌設計模式。

3.1 園區道路範圍

新竹科學園區路網之路網系統依據民國88年「新竹科學工業園區主幹道、拓寬動線規劃暨綠地多目標使用規劃之研究」，概分為：

- (1) 聯外道路（如園區一路、力行路等）
 - (a) 銜接園區外環幹道，進出園區之主要幹道
 - (b) 平均行車速率在40~60公里/小時之間。
 - (c) 路寬25公尺以上，4線快車道以上。
 - (d) 貫通園區，銜接園區各區塊或重要之公共設施，如：行政中心、活動中心、倉儲區與宿舍區等。
- (2) 主要道路（如園區二路、園區三路、園區五路、新安路等）
 - (a) 輔助聯外道路，提供貫穿區廓間穿越性交通之運輸需求。
 - (b) 銜接區外之次要幹線道路，疏導園區部分交通量之次要進出道路。
 - (c) 路寬15~25公尺，4線快慢混合車道以上。
 - (d) 平均行車速率在30~40公里/小時之間。
- (3) 次要道路（如工業東二路等）
 - (a) 連接各主要道路，匯集各廠區車流至主要道路與聯外道路之管道。
 - (b) 廠房出入可及性高，交叉路口及廠房進出開口設置較多。
 - (c) 路寬12~15公尺，2線混合車道以上。
 - (d) 平均車行速率在25~30公里/小時之間。
- (4) 地方道路
 - (a) 提供大區廓內廠房或大廠房方便進出次要道路之孔道。

- (b) 可及性高，公共服務性最低，只限於部份廠商使用。
- (c) 路寬12公尺以下。
- (d) 平均車行速率小於25公里/小時。

園區路網平面圖如下(圖片來源：科學園區工業管理局網站 <http://www.sipa.gov.tw/>)：

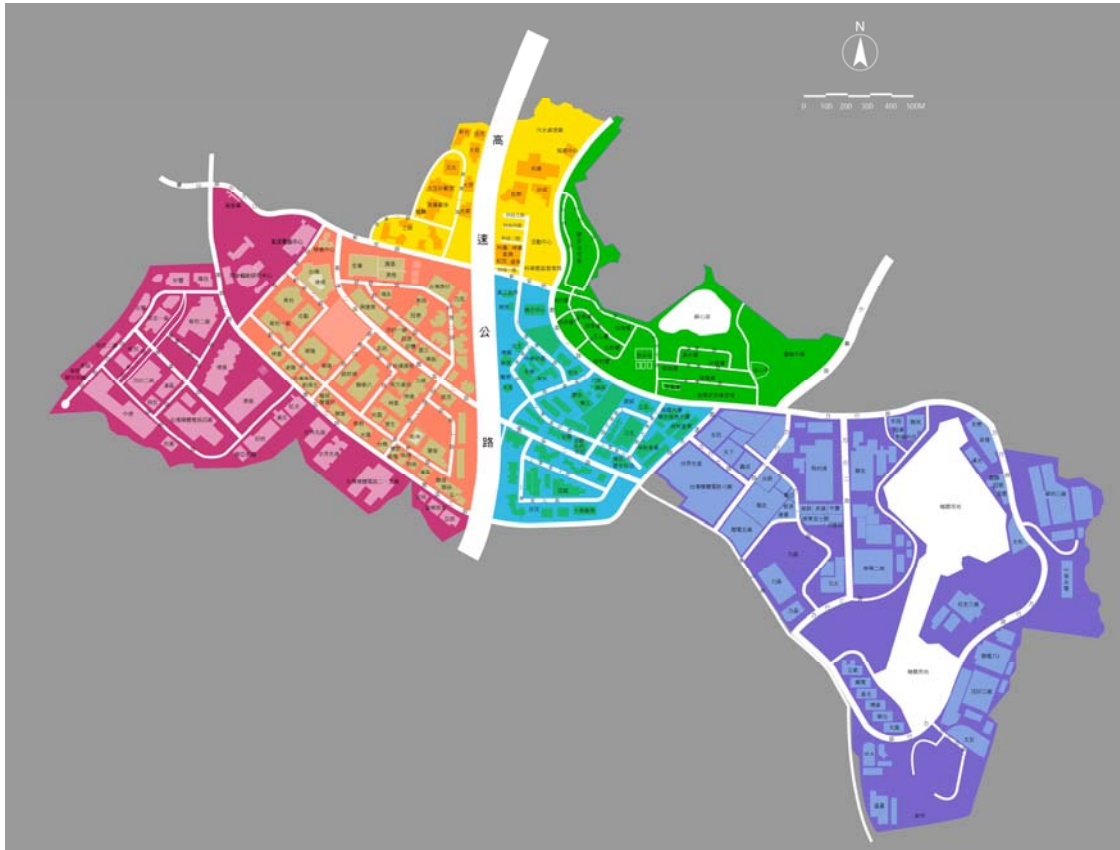


圖 3.1-1-園區平面圖

由於新竹科學園區從業人口已超過以往計畫之數目，在高需求量下，道路必須更妥善應用，以達到紓解大量旅次需求的目的。本研究將搜集園區相關資料，並進一步利用雙層模式來求解號誌設計問題，期能有效降低系統之總成本。

3.2 路網起迄資料

3.2.1 園區尖峰時段交通需求量之推測起點

本研究之起迄資料採用民國 94 年「科學工業園區交通整體改善計畫」之推測資料，園區路網本身是一個封閉的路網，根據旅次需求者出發之位置，旅次需求者居住位置，

猜測其可能選擇之園區入口，結果如下表 3.3.1-1 所示：

表 3.2.1-1-園區起點位置表

入口編號	所在位置
1	寶山路入口
2	研新四路與高峰路交會路口
6	交通大學機車出入口
9	大學路 51 巷與展業路交會路口
16	園區一路與光復路交會路口
18	竹村七路口
21	國道一號出口匝道與園區二路交會路口
24	雙園路與園區三路交會路口
28	竹村七路與園區一路交會路口
32	介壽路與光復路交會路口
40	金山 25 街
41	園區三期寶山路
42	學區一路與園區一路交會路口
43	竹村三路與園區一路交會路口

以上各旅次入口之所在位置，大部分之起點皆位於路網之末端，這是因為觀察時間為上午尖峰時段，大部分需求為員工進入園區上班之需求之故，在此依照其實際位置，將其標示於路網中，如下圖 3.2.1-1：

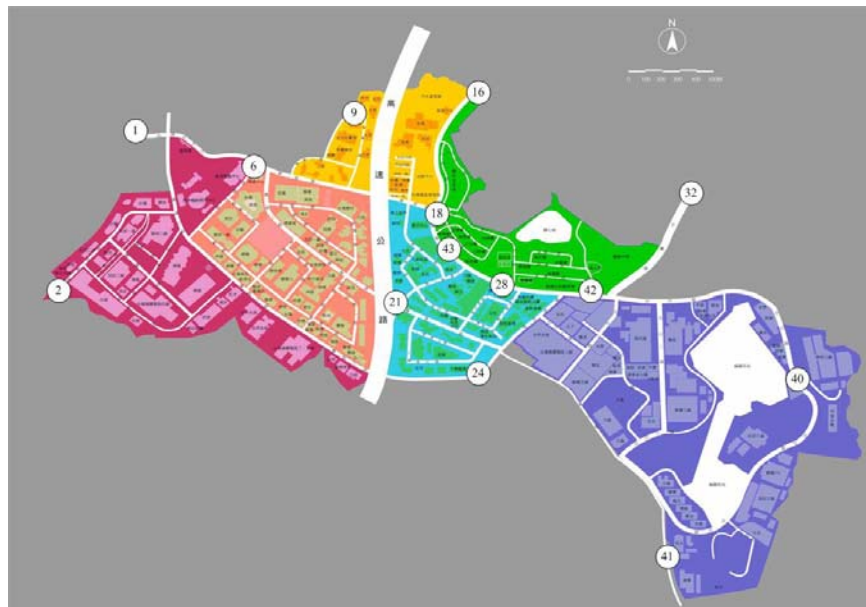


圖 3.2.1-1-園區路網起點位置標示圖

3.2.2 園區尖峰時段交通需求量之推測迄點

其次根據旅次需求者工作之所在地點，即所就職之公司，來決定旅次之迄點如下表

3.2.2-1：

表 3.2.2-1-園區迄點位置表

迄點編號	所在位置
4	研新四路與園區三路交會路口
5	研發六路與園區三路交會路口
6	研發六路與新安路交會路口
8	展業二路與新安路交會路口
10	展業一路與新安路交會路口
11	研發二路與園區二路交會路口(近新安路)
12	研發四路與園區二路交會路口
15	研發二路與園區二路交會路口(近高速公路)
17	工業東二路與新安路交會路口
19	工業東三路與園區二路交會路口
22	工業東三路與園區一路交會路口
23	工業東九路與園區二路交會路口(近高速公路)
25	工業東五路與園區二路交會路口
26	工業東九路與園區二路交會路口(近寶山路)
29	工業東七路與園區一路交會路口
31	力行七路與園區五路交會路口
33	力行六路與園區一路交會路口
36	力行二路與力行路交會路口
38	寶山崗哨
39	力行三路與力行路交會路口

相較於起點，迄點亦因為觀察時段為上午尖峰之上班時段，因此迄點分布位置主要是位於路網中較中央之節點。在此將迄點標示於路網圖上，如下圖 3.2.2-1：

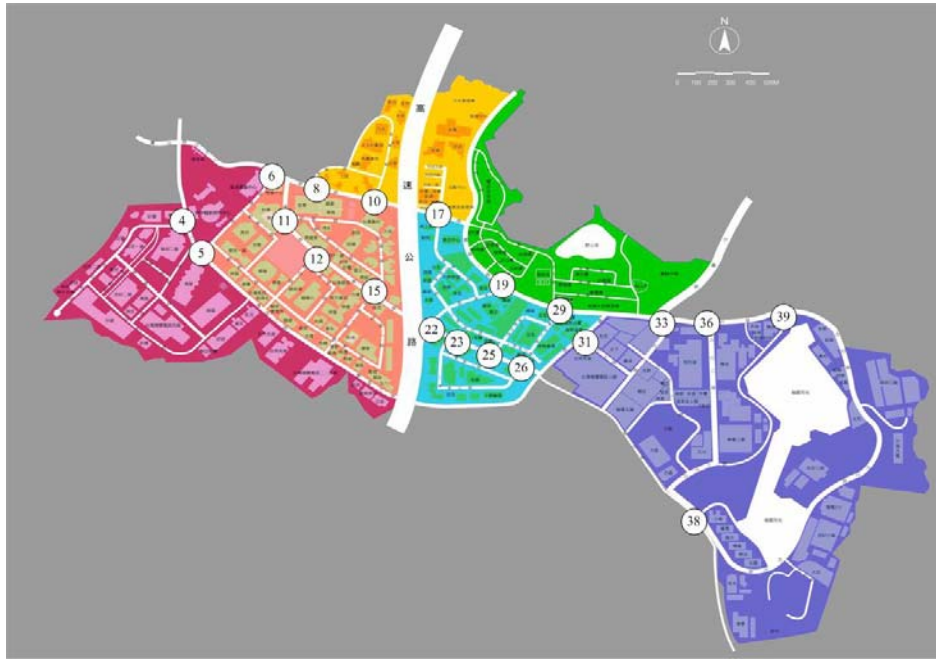


圖 3.2.2-1-園區路網迄點位置標示圖

3.2.3 路網縮減

由於目前路網過於龐大，在指派時無法顧及僅有少數廠商員工通過之「地方道路」，因此根據路網上起迄點之特性，將園區之路網縮減如下圖 3.2.3-1：

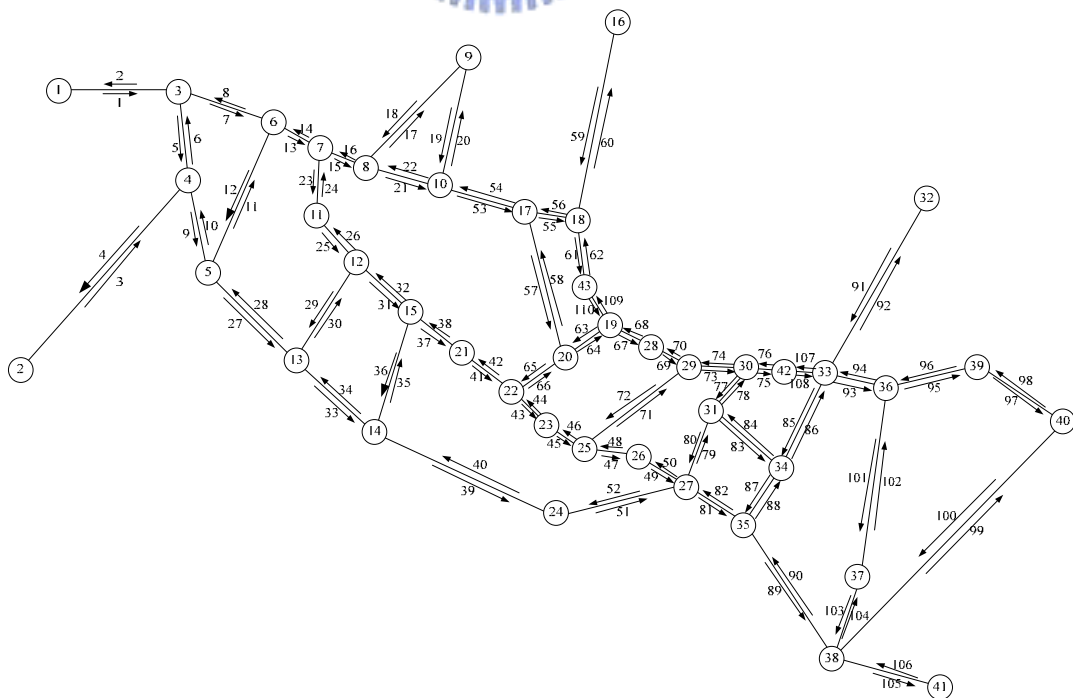


圖 3.2.3-1-園區縮減後之路網圖

圖中箭頭上之編號為路段編號，圓圈內之編號為節點之編號，此圖已將園區內部之部份路段省略，僅留下包含聯外道路與園區主要道路以及部份會影響起迄點之次要道路。此路網即為本研究之實用路網，刪減結果總共包含 43 個節點與 110 條節線。

3.2.4 OD 矩陣

本研究引用之路網旅次需求乃根據民國 94 年「科學工業園區交通整體改善計畫」之調查結果，其對未來年旅次進行預測，各起迄對尖峰時間之推測旅次需求如下表：

表 3.2.3-1-園區 OD 需求表

OD	4	5	6	8	10	11	12	15	17	19	22	23	25	26	29	31	33	36	38	39
1	1149	576	180	84	160	632	292	408	180	64	32	100	24	176	88	104	552	660	532	300
2	400	277	69	18	43	244	161	118	70	32	13	32	5	69	48	41	191	263	294	81
6	60	50	0	0	0	34	20	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	525	464	55	25	38	240	149	226	64	16	3	10	3	19	35	14	70	58	78	10
16	215	201	37	5	27	181	127	106	94	16	17	71	37	121	35	49	446	378	504	64
18	201	156	22	0	22	67	67	67	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	426	366	28	32	23	138	102	163	42	19	6	17	2	53	13	30	225	399	477	91
24	192	188	22	4	18	77	93	91	38	6	10	20	2	36	10	20	144	138	119	22
28	132	94	0	16	0	70	47	54	32	0	0	39	8	0	8	0	54	31	16	31
32	391	315	19	9	24	61	72	37	20	13	9	33	7	70	33	154	497	567	513	152
40	132	135	17	12	26	118	132	83	24	12	6	6	3	86	20	12	106	618	224	63
41	146	99	16	4	12	42	43	36	12	13	4	11	1	11	13	8	52	67	56	25
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	22	12	34	0
43	5	3	2	0	1	1	2	2	2	1	0	1	0	2	0	0	1	2	4	0

推測之時段為上午上班之尖峰時段(AM7:00-AM9:00)。為求清楚與版面限制，本需求表僅僅列出與推測出起迄點相關之需求矩陣的行與列，而矩陣中其餘行列之值皆為零，即除了推測之起迄節點外，其餘節點之間彼此無旅次需求。本研究即利用此 OD 需求矩陣來作為使用者均衡指派與號誌最佳化之依據。

3.3 路段成本函數

路網中所有路段皆須存在一個代表該路段績效之函數，即行經該路段所必須耗費之

成本，路段成本函數為流量之函數。本研究使用 BPR 函數(U.S. Bureau of Public Roads,1964)來估計路段之成本，函數形式如下：

$$c_a = t_a^0 \left[1 + \alpha_a \left(\frac{f_a}{C_a} \right)^{\beta_a} \right] \quad (70)$$

其中

c_a ：經由 BPR 函數估計之平均旅行成本，在此為時間成本。

t_a^0 ：自由車流旅行時間，為路段長度除於自由車流速率。

C_a ：道路實際容量。

f_a ：流率。

α_a, β_a ：隨著不同道路所屬特性而不同之參數。

本研究再進行號誌最佳化求解，因此將對 BPR 函數進行修正，使成本函數為號誌變數之函數，將於 3.3.2 節介紹。

3.3.1 α 、 β 參數

BPR函數及其變化型式最常被使用於運輸規劃中估計路段旅行時間，其函數型式簡單，而且其輸入變數容易取得，因此以BPR函數來估計路段成本。首先根據卓訓榮等人^[14]，在校估BPR成本函數之參數時將道路型態定義為以下幾類：

- (1) 無干擾路段：周邊無旅次。
- (2) 低干擾：道路兩側開發度低，兩側無強烈旅次吸引。
- (3) 高干擾：道路兩側開發度高，土地高度使用，兩側有強烈旅次吸引。

經過校估後之結果如下表 3.3.1-1：

表 3.3.1-1-校估參數表^[14]

類型	α	β
低干擾 1 車道	1.21	2.39
低干擾 2 車道	0.92	3.58
低干擾 3 車道	0.86	4.34
高干擾 1 車道	2.03	1.99
高干擾 2 車道	1.41	2.02
高干擾 3 車道	1.42	2.32

本研究將園區內之道路依以上定義加以分類，以決定園區路網路段成本函數之參數。

由於園區道路在規劃上屬於市區道路，道路周邊廠房林立，因此路網中之路段週邊土地皆具有某種程度之開發度，因此假設沒有無干擾路段。而在判別干擾度高低時，以路邊停車格規劃來辨別路段之干擾度高低。有停車格時，任何使用者會在旅次需求點附近尋找停車格停車，此時路段沿線車輛受路邊停車影響較高，因此若存在路邊停車格時，如圖 3.3.1-1，則假設該路段為高干擾路段，而路邊未規劃停車格時則假設該路段特性為低干擾路段，如圖 3.3.1-2 與圖 3.3.1-3。



圖 3.3.1-1-園區高干擾路段—研新四路



圖 3.3.1-2-園區低干擾路段—工業東二路



圖 3.3.1-3-園區低干擾路段—園區三路

透過園區實地走訪觀察，茲將園區道路之干擾度分類如下表，而由於路網將縮減成較小之路網，因此僅將路網範圍內之道路做分類：

表 3.3.1-2-園區道路類型分類表

干擾程度	路名
低干擾	新安路、園區一路、園區二路、園區三路、研新三路、研新二路(興業一路口至園區三路口路段)、工業東一路、工業東二路、工業東三路等
高干擾	研新四路、研發二路、研發四路、研發六路、展業一路、展業二路、工業東五路、工業東六路、工業東七路、力行路、力行二路、力行三路、力行六路、力行七路等

3.3.2 修正 BPR 函數

由於本研究目的在求解靜態之號誌問題，因此須將成本函數中加入號誌之決策變數，目的為在成本函數中流量之分母加入一綠燈改善係數 g_a ，使成本函數能改寫成如下格式：

$$c_a = A_a + B_a \left(\frac{f_a}{G_a + g_a} \right)^{\beta_a} \quad (71)$$

其中

A_a 、 B_a ：為路段已知係數

G_a ：路口之預設綠燈時間(秒)

g_a ：綠燈之改善係數(秒)。

因此(71)式中之 $G_a + g_a$ 即為求出該路段之路口實際總綠燈時間，而(71)式即是本研究所希望能得到路段成本函數格式，係數 α_a 、 β_a 已於上節所參照，底下將推求係數 A_a 、 B_a 。已知路口之實際容量為道路上實際可通過之飽和車流量，因此道路經過號誌設計後之實際容量可以下式表示：

$$\text{實際容量} = \frac{\text{Green time}}{\text{Cycle length}} \times \text{Capacity} = \text{Green ratio} \times \text{Capacity} \quad (72)$$

因此由(70)式，成本函數可改寫成：

$$c_a = t_a^0 \left[1 + \alpha_a \left(\frac{f_a \times c_{0a}}{(G_a + g_a) \times C_a} \right)^{\beta_a} \right] \quad (73)$$

其中 c_{0a} 為週期長度。再將上式乘開得：

$$c_a = t_a^0 + \alpha_a t_a^0 \left(\frac{c_{0a}}{C_a} \right)^{\beta_a} \left(\frac{f_a}{G_a + g_a} \right)^{\beta_a} \quad (74)$$

整理後得到(71)式之 A_a 、 B_a 係數公式如下：

$$\begin{cases} A_a = t_a^0 \\ B_a = \alpha_a t_a^0 \left(\frac{c_{0a}}{C_a} \right)^{\beta_a} \end{cases} \quad (75)$$

3.4 號誌設計模式

本號誌設計問題將以 Stackelberg 之 leader-follower 賽局來建立號誌設計模式，上層為 leader，即號誌規劃者，其目的在藉由控制號誌之綠燈長度，使整體之系統成本最小化；下層則為 follower，即道路上之使用者，使用者在遵從 Wardrop 第一原則下，依個人最小旅行成本來選擇路線，為模式之限制式，問題形式如下：

$$\begin{aligned}
& \min \sum_a f_a \times c_a(f_a, g_a) \\
& \text{st.} \quad c_a(f_a^*(g), g_a)(f_a^*(g) - f_a) \geq 0 \quad \forall f_a \in \Omega \\
& \quad f_a^* \in \Omega, \quad \Omega = \{f \mid f = \Delta h, \wedge h = T, h \geq 0\} \\
& \quad \sum_j^{NP(i)} g_j^i = c_{0a}^i, \quad g_j^i \in \Theta_i, i = 1 \text{ to } NN \\
& \quad g_j^i = g_a + G_a, a \in \Psi_j^i \\
& \quad \Theta_i = \{g_j^i \mid g_j^i = \text{the green length of the } i\text{th node and the } j\text{th signal phase}\} \\
& \quad \Psi_j^i = \{a \mid g_a \text{ and } G_a \text{ belong to the } j\text{th signal phase of the } i\text{th node}\} \\
& \quad NN = \text{number of nodes, } NP(i) = \text{number of signal phases in node } i.
\end{aligned} \tag{76}$$

其中 $\sum_a f_a \times c_a(f_a, g_a)$ 表系統之總成本函數，用以求解系統最佳化問題，而使用者

均衡之流量指派問題，則是以變分不等式形式表現，由於號誌設計者之目標在於系統最佳化，必須考慮使用者在路網上選擇路徑之資訊，因此找尋使用者之敏感性資訊求得反應函數，並求解雙層號誌設計問題：



$$\begin{aligned}
& \min \sum_a f_a(g) \times c_a(f_a(g), g_a) \\
& \text{st.} \quad c_a(f_a^*(g), g_a)(f_a^*(g) - f_a) \geq 0 \quad \forall f_a \in \Omega \\
& \quad f_a^* \in \Omega, \quad \Omega = \{f \mid f = \Delta h, \wedge h = T, h \geq 0\} \\
& \quad \sum_j^{NP(i)} g_j^i = c_{0a}^i, \quad g_j^i \in \Theta_i, i = 1 \text{ to } NN \\
& \quad g_j^i = g_a + G_a, a \in \Psi_j^i \\
& \quad \Theta_i = \{g_j^i \mid g_j^i = \text{the green length of the } i\text{th node and the } j\text{th signal phase}\} \\
& \quad \Psi_j^i = \{a \mid g_a \text{ and } G_a \text{ belong to the } j\text{th signal phase of the } i\text{th node}\} \\
& \quad NN = \text{number of nodes, } NP(i) = \text{number of signal phases in node } i.
\end{aligned} \tag{77}$$

第四章 號誌設計求解演算法

小路網號誌設計問題可以數學規劃方法求解，然而本研究將以大型路網之新竹科學園區為例作求算，因此必須找出一套合適之演算法來求解。本章將介紹路網規劃者與使用者之賽局以及號誌設計求解演算法之敏感性分析基礎之最陡下降演算法(GSDA)。

4.1 路網規劃者與使用者之賽局

Fisk^[18]提出在交通路網應用上，當管理者在做號誌決策時，沒有道路使用者之資訊，而道路使用者也沒有管理者之資訊，雙方針對彼此當下的行為做反應，此情形下為 Nash Game。號誌管理者之問題表示如下：

$$\min_{g \geq 0} Z(g) = \sum_a c_a(g_a, f_a) f_a \quad (78)$$

管理者根據使用者均衡假設之流量 f_a ，以系統成本最小化來決定其決策變數 g 。

迭帶最佳化演算法(IOA)由 Tan 等人所提出，其處理流程為先固定號誌設定 g ，求算路段流量 f ，在固定流量 f 求算號誌 g ，直至收斂條件滿足為止，最終之收斂條件可為 $g^{k+1} - g^k \rightarrow 0$ 或 $f^{k+1} - f^k \rightarrow 0$ ，所求得之解即為所謂的 Nash 解。

當環境中的兩個參與者之一，具有另一方之反應資訊時，則可將其視為一個 Stackelberg game，通常反應函數之確切函數形式是未知的，或者不容易取得，在實際應用與求解上有其困難，因此在求解時必須要以另外之函數形式來估計實際之反應函數。

在交通路網的應用上，由於 $f_a(g)$ 之函數形式為未知，因此在找出一個函數形式足以描述並貼近函數 $f_a(g)$ 的行為是必須的。號誌變數 g 可藉由綠燈、週期長度等方式來控制，具體說明成本函數，並假設使用者遵守 Wardrop 第一原則，上述問題可改寫成：

$$\begin{aligned} \min_{g \geq 0} \sum_{a \in A} c_a(g_a, f_a(g)) f_a(g) \\ \text{subject to } c_a(g_a, f_a(g)) \cap (u - f_a) \geq 0 \quad \forall u \in \Omega, \end{aligned} \quad (79)$$

其中 $\Omega = \{f \mid f = \Delta h, \wedge h = T, h \geq 0\}$ 。若 $c_a(g_a, f_a)$ 為嚴格單調，對於每個 $g_a \geq 0$ 上式都存在唯一解，且 $f_a(g)$ 在每個 $g_a \geq 0$ 的點上皆連續可微。上述問題可改寫如下：

$$\min_{g \geq 0} Z(g) = \sum_a c_a(g_a, f_a(g)) f_a(g) \quad (80)$$

因此在 Stackelberg Game 之迭代演算過程中，必須將路網敏感性資訊輸入目標式，在經由最佳化演算法，求目標式之最佳值，即求總系統成本最小。

4.2 敏感性分析基礎之最陡下降演算法(GSDA)

文獻上提出三種演算法，包含懲罰方法、敏感性分析基礎之最陡下降演算法、敏感性分析基礎之線性逼近方法等^[7]，本研究將應用敏感性分析基礎之最陡下降演算法做修正來求算最佳化號誌設計問題之解。

以下之啟發式演算法藉由下降方式的求解法來求解雙層模式之號誌設計問題，首先選擇初始向量 $g^0 \geq 0$ ，在過程中以最陡下降方向移動一步幅 α^k 來決定向量 $g^{k+1} \geq 0$ ，該演算法有兩個主要觀點，決定最陡下降方向與移動步幅。然而雙層模式問題之下降方向可由敏感性分析來決定，但步幅的決定則較為困難。步驟如下：

Step 0: 決定一極小之收斂門檻 $\delta > 0$ ，決定一初始值 g^k ，令 $k = 0$ 。

Step 1: 給定 g^k ，並由 Beckmann 數學規劃法求出使用者均衡流量 f^k 。

Step 2: 求出在流量 f^k 處之敏感性資訊 $\nabla_g f(g^k)$ 。

Step 3: 計算(80)式中之梯度 $\nabla_g Z(g^k) = \nabla_g c_a(f, g) + \nabla_f c_a(f, g) \nabla_g f^k$ 。

Step 4: 令 $m = 1$ 。

Step 5: 令 $\alpha^k = \beta^m$ ， $\beta \in (0, 1)$ ，求算 $g^{k+1} = [g^k - \alpha^k \nabla Z(g^k)]^+$ 。

Step 6: 若滿足 $Z(g^k) - Z(g^{k+1}) \geq \sigma \left(\alpha^k \sum_{i \in I} \nabla_g Z(g^k) + \sum_{i \in I} \nabla_g Z(g^k) (g^k - g^{k+1}) \right)$ 則跳到步驟

7，若不滿足則令 $m = m + 1$ ，跳回步驟 5。

其中 $I = \{i \mid 0 \leq g^k \leq \varepsilon^k, \nabla_g Z(g^k) > 0\}$

$$\varepsilon^k = \min \left\{ 0, |g^k - [g^k - \nabla_g Z(g^k)]^+| \right\} \text{ 且 } \sigma \in (0, 1/2)$$

Step 7: 若滿足 $|Z^k - Z^{k+1}| \leq \delta$ 停止，若不滿足則令 $k = k + 1$ 則跳回步驟 1 繼續求算。



第五章 數值例求解

本章節先以小型路網當做範例，從現有之雙層規劃模式之演算法求解，再以新竹科學園區之大路網為研究實力進行求解，以求提高往後在設計號誌上之實用程度，因此在整理出園區路網路段之成本函數後，進行園區大型路網之雙層模式求解，本研究是採用敏感性分析基礎之最陡下降演算法(GSDA)來求出雙層模式之系統最佳解。此外並以 Frank-Wolfe 演算法在現況號誌之基礎下求出使用者均衡解，與系統最佳解進行比較。

5.1 小型路網範例

本小節將以 Fisk^[18]所提出包含一個路口之小型路網範例來求算，其能驗證本演算法之正確性，路網型式、成本函數、交通需求與號誌限制如下：

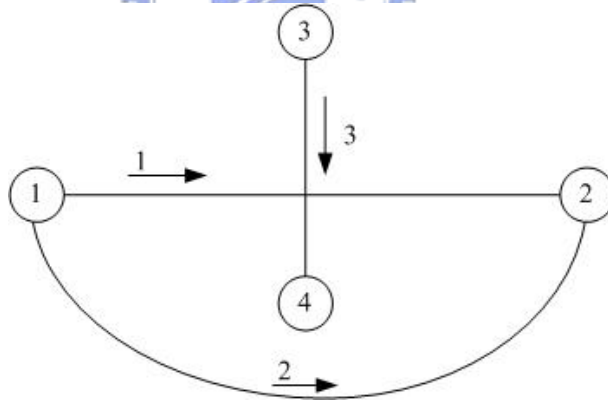


圖 5.1-1-小型路網範例

$$c_1 = 2 + \frac{f_1}{g_1} \quad c_2 = 2 f_2 \quad c_3 = 2 \times \frac{f_3}{g_3}$$

$$\text{Demand}(1,2)=10, \quad \text{Demand}(3,4)=10, \quad g_1 + g_3 = 20$$

由成本函數套用於本研究第三節所推出之成本函數公式(71)式，三式可改寫如下：

$$c_1 = 2 + \left(\frac{f_1}{G_1 + g_1} \right)^1 \quad c_2 = 0 + 2 \left(\frac{f_2}{1} \right)^1 \quad c_3 = 0 + 2 \times \left(\frac{f_3}{G_3 + g_3} \right)^1$$

此時之 g_1, g_3 為路段之綠燈修正係數， G_1, G_3 為綠燈下界，由以上三式可整理出各路段 A、B 參數如下表：

表 5.1-1-小型路網範例之路段 A、B 參數

Link NO.	A	B
1	2	1
2	0	2
3	0	2

本路網共有三條路徑，第一條為由節點 1 走路段 1 至節點 2，第二條為由節點 1 走路段 2 至節點 2，第三條為由節點 3 走路段 3 至節點 4，因此路段/路徑投引矩陣可以整理如下表：

表 5.1-2-小型路網範例之路段/路徑投引矩陣

A/P	1	2	3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1

起迄對/路徑投引矩陣可整理如下表：

表 5.1-3-小型路網範例之起迄對/路徑投引矩陣

OD\P	1	2	3
1→2	1	1	0
3→4	0	0	1

本小型路網僅有一處交叉口需考慮號誌，即路段 1 與路段 3 須決定其綠燈修正係數以求解最佳號誌結果，本演算過程在求算時必須先決定一初始綠燈 G ，在此假設路段 1 與路段 3 之初始綠燈皆為 5 秒，即設定下界為 5 秒，而由於路段 2 沒有號誌設計之問題，其綠燈修正係數需固定為 0，即不決定其值。由以上設定，經過求解之結果如下表所示：

表 5.1-4-小型路網範例求解結果

Approach	Link NO.	Flow	g	G	Total green
GSDA	1	8.4519	2.7102	5	7.7102
	2	1.5481	-	-	-
	3	10	7.2898	5	12.2898
	Total cost	47.2356			
LAA ^[19]	1	8.45325	-	-	7.7305
	2	1.54675	-	-	-
	3	10	-	-	12.2695
	Total cost	47.2355			
NLAA ^[19]	1	8.45326	-	-	7.7306
	2	1.54674	-	-	-
	3	10	-	-	12.2694
	Total cost	47.2355			

上表中 LAA 為線性反應函數法，NLAA 為非線性反應函數求解法，求解結果取自卓訓榮^[19]，在此與本演算法進行比較，以確認本研究之演算之正確性。



5.2 園區路網資料之搜集與處理

由於園區路網龐大，一組 OD 包含非常大量可能之路徑，其中也包含繞遠路而到達目的地之路徑，一般來說，我們不考慮所謂的「從新竹經過台中、高雄、台東、花蓮、宜蘭而到達台北」的路徑，因此為了達到效率目的，必須將不合理之繞遠路路徑加以刪減，使每組 OD 選出幾個可行路徑即可。茲先利用 Frank-Wolfe 演算法對路網做示範性的使用者均衡指派，在指派過程中記錄每組起迄對所使用過之路徑，當演算過成達到均衡狀態時，取出其使用過之路徑集合，以所紀錄之路徑集合作為本研究之可行路徑集合。在此次示範性均衡指派中，共蒐集到 730 組可行路徑集合，列表如附錄一。

此 730 組可行路徑中，每條路徑都會對應到其中一組起迄對，且每組起迄對給一個編號(OD NO.)，如附錄一所示，另外每組起迄對所對應之需求量亦列於表中(demand)，可自行參對附錄一。以上資料經過整理後，可得路網之路段/路徑投引矩陣為一個 110×730 之 0/1 矩陣，而起迄對/路徑投引矩陣則為一 279×730 之 0/1 矩陣，將於演算中

作為輸入資料。

園區之路網圖已於 3.2 節之圖 3.2.3-1 呈現，其中園區道路資料之整理，包含路段長度、車道數、路段名稱、路段干擾度、 α 、 β 、路段號誌週期、自由流率與路段建議容量^[14]如下表 5.5-1 與表 5.5-2 所列，表中之 Link NO. 為節線編號，F-node 為節線起點所連接的節點，T-node 為節線終點所連接的節點，Length 為節線長度，Lane Num 為車道數。

另圖 3.2.3-1 中，有以下三種情形之節點不決定其號誌：

1. 節點路段非路口：有兩種情形會產生非路口之節點，第一種情形為節點為起點或迄點，因此必須於路網中之直線路段設置該節點，如節點 39、40...等；而第二種情形為連接於該節點兩端之路段道路特性不同，因此為方便起見，將直線路段分成兩節線，並於不同道路特性之交界處視為節點，唯其不須決定最佳號誌，如節點 37。
2. 園區路網未給予號誌管制之路口：園區有些路口在規劃上不設置紅綠燈，為求接近園區路網之現實狀況，因此該處亦不決定其號誌參數，如節點 25、38...等。

本路網聯外之端點節點：該節點受本研究範圍外之路網影響，不考慮該因素，因此不決定路號誌參數，如節點 1、2...等。

另假設不決定路口之綠燈長度等於週期長度，可使路口之容量等於沒有以號誌路口管制之容量。

表 5.2-1-園區路網之路段資料 part 1(路段 1-55)

Link NO.	F-node	T-node	Length (公尺)	自由流率 (公里/小時)	旅行時間 (秒)	Lane Num	中文路名	干擾度	α	β	現況周期 (秒)	建議容量
1	1	3	118	60	7.08	2	寶山路	高	1.41	2.02	142.5	883.3
2	3	1	118	60	7.08	2	寶山路	高	1.41	2.02	-	883.3
3	2	4	750	60	45.00	1	研新四路	高	2.03	1.99	-	800
4	4	2	750	60	45.00	1	研新四路	高	2.03	1.99	-	800
5	3	4	427	70	21.96	2	園區三路	低	0.92	3.58	-	2100
6	4	3	427	70	21.96	2	園區三路	低	0.92	3.58	142.5	2100
7	3	6	564	70	29.01	2	新安路	低	0.92	3.58	172.5	2100
8	6	3	564	70	29.01	2	新安路	低	0.92	3.58	142.5	2100
9	4	5	125	70	6.43	2	園區三路	低	0.92	3.58	107.5	2100
10	5	4	125	70	6.43	2	園區三路	低	0.92	3.58	-	2100
11	5	6	590	60	35.40	1	研發六路	高	2.03	1.99	172.5	800
12	6	5	590	60	35.40	1	研發六路	高	2.03	1.99	107.5	800
13	6	7	116	70	5.97	2	新安路	低	0.92	3.58	172.5	2100
14	7	6	116	70	5.97	2	新安路	低	0.92	3.58	172.5	2100
15	7	8	130	70	6.69	2	新安路	低	0.92	3.58	112.5	2100
16	8	7	130	70	6.69	2	新安路	低	0.92	3.58	172.5	2100
17	8	9	378	60	22.68	1	展業一路	高	2.03	1.99	-	800
18	9	8	378	60	22.68	1	展業一路	高	2.03	1.99	112.5	800
19	9	10	374	60	22.44	1	展業一路	高	2.03	1.99	112.5	800
20	10	9	374	60	22.44	1	展業一路	高	2.03	1.99	-	800
21	8	10	314	70	16.15	2	新安路	低	0.92	3.58	112.5	2100
22	10	8	314	70	16.15	2	新安路	低	0.92	3.58	112.5	2100
23	7	11	187	70	9.62	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
24	11	7	187	70	9.62	2	園區二路	低	0.92	3.58	172.5	2100
25	11	12	254	70	13.06	2	園區二路	低	0.92	3.58	165	2100
26	12	11	254	70	13.06	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
27	5	13	480	70	24.69	2	園區三路	低	0.92	3.58	-	2100
28	13	5	480	70	24.69	2	園區三路	低	0.92	3.58	107.5	2100
29	12	13	322	60	19.32	1	研發四路	高	2.03	1.99	-	800
30	13	12	322	60	19.32	1	研發四路	高	2.03	1.99	165	800
31	12	15	307	70	15.79	2	園區二路	低	0.92	3.58	165	2100
32	15	12	307	70	15.79	2	園區二路	低	0.92	3.58	165	2100
33	13	14	420	70	21.60	2	園區三路	低	0.92	3.58	80	2100
34	14	13	420	70	21.60	2	園區三路	低	0.92	3.58	-	2100
35	14	15	304	60	18.24	1	研發二路	高	2.03	1.99	165	800
36	15	14	304	60	18.24	1	研發二路	高	2.03	1.99	80	800
37	15	21	326	70	16.77	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
38	21	15	326	70	16.77	2	園區二路	低	0.92	3.58	165	2100
39	14	24	580	70	29.83	2	園區三路	低	0.92	3.58	-	2100
40	24	14	580	70	29.83	2	園區三路	低	0.92	3.58	80	2100
41	21	22	140	70	7.20	2	園區二路	低	0.92	3.58	107.5	2100
42	22	21	140	70	7.20	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
43	22	23	126	70	6.48	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
44	23	22	126	70	6.48	2	園區二路	低	0.92	3.58	107.5	2100
45	23	25	252	70	12.96	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
46	25	23	252	70	12.96	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
47	25	26	37	70	1.90	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
48	26	25	37	70	1.90	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
49	26	27	126	70	6.48	2	園區二路	低	0.92	3.58	195	2100
50	27	26	126	70	6.48	2	園區二路	低	0.92	3.58	-	2100
51	24	27	520	70	26.74	2	園區三路	低	0.92	3.58	195	2100
52	27	24	520	70	26.74	2	園區三路	低	0.92	3.58	-	2100
53	10	17	327	70	16.82	2	新安路	低	0.92	3.58	225	2100
54	17	10	327	70	16.82	3	新安路	低	0.86	4.34	112.5	2100
55	17	18	158	70	8.13	3	新安路	低	0.86	4.34	185	2100

表 5.2-2-園區路網之路段資料 part 2(路段 56-110)

Link	F-node	T-node	Length (公尺)	自由流率 (公里/小時)	旅行時間 (秒)	Lane Num	中文路名	干擾 度	α	β	預設周期 (秒)	建議 容量
56	18	17	158	70	8.13	3	新安路	低	0.86	4.34	225	2100
57	17	20	278	60	16.68	1	工業東二路	低	1.21	2.39	127.5	2650
58	20	17	278	60	16.68	1	工業東二路	低	1.21	2.39	225	2650
59	16	18	551	70	28.34	2	園區一路	低	0.92	3.58	185	2100
60	18	16	551	70	28.34	2	園區一路	低	0.92	3.58	-	2100
61	18	43	327	70	16.82	2	園區一路	低	0.92	3.58	-	2100
62	43	18	327	70	16.82	2	園區一路	低	0.92	3.58	185	2100
63	19	20	178	60	10.68	2	工業東三路	高	1.41	2.02	127.5	883.3
64	20	19	178	60	10.68	2	工業東三路	高	1.41	2.02	255	883.3
65	20	22	324	60	19.44	2	工業東三路	高	1.41	2.02	107.5	883.3
66	22	20	324	60	19.44	2	工業東三路	高	1.41	2.02	127.5	883.3
67	19	28	275	70	14.14	2	園區一路	低	0.92	3.58	-	2100
68	28	19	275	70	14.14	2	園區一路	低	0.92	3.58	255	2100
69	28	29	152	70	7.82	2	園區一路	低	0.92	3.58	212.5	2100
70	29	28	152	70	7.82	2	園區一路	低	0.92	3.58	-	2100
71	25	29	505	60	30.30	1	工業東七路	高	2.03	1.99	212.5	800
72	29	25	505	60	30.30	1	工業東七路	高	2.03	1.99	-	800
73	29	30	104	70	5.35	2	園區一路	低	0.92	3.58	255	2100
74	30	29	104	70	5.35	2	園區一路	低	0.92	3.58	212.5	2100
75	30	42	157	60	9.42	2	力行路	高	1.41	2.02	-	883.3
76	42	30	157	60	9.42	2	力行路	高	1.41	2.02	255	883.3
77	30	31	120	60	7.20	2	園區五路	高	1.41	2.02	120	883.3
78	31	30	120	60	7.20	2	園區五路	高	1.41	2.02	255	883.3
79	27	31	321	60	19.26	2	園區五路	高	1.41	2.02	120	883.3
80	31	27	321	60	19.26	2	園區五路	高	1.41	2.02	195	883.3
81	27	35	232	60	13.92	1	寶山路	高	2.03	1.99	-	800
82	35	27	232	60	13.92	1	寶山路	高	2.03	1.99	195	800
83	31	34	155	60	9.30	1	力行七路	高	2.03	1.99	60	800
84	34	31	155	60	9.30	1	力行七路	高	2.03	1.99	120	800
85	33	34	134	60	8.04	1	力行六路	高	2.03	1.99	60	800
86	34	33	134	60	8.04	1	力行六路	高	2.03	1.99	260	800
87	34	35	65	60	3.90	1	力行六路	高	2.03	1.99	-	800
88	35	34	65	60	3.90	1	力行六路	高	2.03	1.99	60	800
89	35	38	560	60	33.60	1	寶山路	高	2.03	1.99	-	800
90	38	35	560	60	33.60	1	寶山路	高	2.03	1.99	-	800
91	32	33	504	60	30.24	2	介壽路	高	1.41	2.02	260	883.3
92	33	32	504	60	30.24	2	介壽路	高	1.41	2.02	-	883.3
93	33	36	230	60	13.80	2	力行路	高	1.41	2.02	120	883.3
94	36	33	230	60	13.80	2	力行路	高	1.41	2.02	260	883.3
95	36	39	219	60	13.14	2	力行路	高	1.41	2.02	-	883.3
96	39	36	219	60	13.14	2	力行路	高	1.41	2.02	120	883.3
97	39	40	550	60	33.00	2	力行路	高	1.41	2.02	-	883.3
98	40	39	550	60	33.00	2	力行路	高	1.41	2.02	-	883.3
99	38	40	1571	60	94.26	2	力行路	高	1.41	2.02	-	883.3
100	40	38	1571	60	94.26	2	力行路	高	1.41	2.02	-	883.3
101	36	37	705	60	42.30	2	力行二路	高	1.41	2.02	-	883.3
102	37	36	705	60	42.30	2	力行二路	高	1.41	2.02	120	883.3
103	37	38	233	60	13.98	2	力行三路	高	1.41	2.02	-	883.3
104	38	37	233	60	13.98	2	力行三路	高	1.41	2.02	-	883.3
105	38	41	374	60	22.44	1	寶山路	高	2.03	1.99	-	800
106	41	38	374	60	22.44	1	寶山路	高	2.03	1.99	-	800
107	33	42	158	60	9.48	2	力行路	高	1.41	2.02	-	883.3
108	42	33	158	60	9.48	2	力行路	高	1.41	2.02	260	883.3
109	19	43	55	60	3.3	2	園區一路	低	0.92	3.58	-	2100
110	43	19	55	60	3.3	2	園區一路	低	0.92	3.58	255	2100

將以上路段資料代入(75)式之公式計算，可求得(81)式所需之 A 與 B 係數，參數求算結果如下表 5.2-3：

表 5.2-3-園區路網路段成本函數之參數

Link	F-node	T-node	A	B	Link	F-node	T-node	A	B
1	1	3	7.08	0.0617645	56	18	17	8.13	0.0000037
2	3	1	7.08	0.0513096	57	17	20	16.68	0.0143085
3	2	4	45.00	2.4564433	58	20	17	16.68	0.0556083
4	4	2	45.00	2.4564433	59	16	18	28.34	0.0003642
5	3	4	21.96	0.0000798	60	18	16	28.34	0.0001030
6	4	3	21.96	0.0001109	61	18	43	16.82	0.0000611
7	3	6	29.01	0.0002902	62	43	18	16.82	0.0002162
8	6	3	29.01	0.0001465	63	19	20	10.68	0.0744221
9	4	5	6.43	0.0000118	64	20	19	10.68	0.3018438
10	5	4	6.43	0.0000234	65	20	22	19.44	0.0959713
11	5	6	35.40	3.3928178	66	22	20	19.44	0.1354649
12	6	5	35.40	1.3238936	67	19	28	14.14	0.0000514
13	6	7	5.97	0.0000597	68	28	19	14.14	0.0005735
14	7	6	5.97	0.0000597	69	28	29	7.82	0.0001650
15	7	8	6.69	0.0000145	70	29	28	7.82	0.0000284
16	8	7	6.69	0.0000669	71	25	29	30.30	4.3977838
17	8	9	22.68	1.2380474	72	29	25	30.30	1.6540052
18	9	8	22.68	0.9285035	73	29	30	5.35	0.0002169
19	9	10	22.44	0.9186780	74	30	29	5.35	0.0001129
20	10	9	22.44	1.2249464	75	30	42	9.42	0.0682679
21	8	10	16.15	0.0000350	76	42	30	9.42	0.2662330
22	10	8	16.15	0.0000350	77	30	31	7.20	0.0443893
23	7	11	9.62	0.0000350	78	31	30	7.20	0.2034902
24	11	7	9.62	0.0000962	79	27	31	19.26	0.1187414
25	11	12	13.06	0.0001115	80	31	27	19.26	0.3166111
26	12	11	13.06	0.0000475	81	27	35	13.92	0.7598598
27	5	13	24.69	0.0000897	82	35	27	13.92	1.7027664
28	13	5	24.69	0.0000454	83	31	34	9.30	0.1089810
29	12	13	19.32	1.0546330	84	34	31	9.30	0.4329130
30	13	12	19.32	1.6949119	85	33	34	8.04	0.0942159
31	12	15	15.79	0.0001347	86	34	33	8.04	1.7434118
32	15	12	15.79	0.0001347	87	34	35	3.90	0.2128918
33	13	14	21.60	0.0000138	88	35	34	3.90	0.0457017
34	14	13	21.60	0.0000785	89	35	38	33.60	1.8341443
35	14	15	18.24	1.6001653	90	38	35	33.60	1.8341443
36	15	14	18.24	0.3788967	91	32	33	30.24	0.8888487
37	15	21	16.77	0.0000609	92	33	32	30.24	0.2191529
38	21	15	16.77	0.0001431	93	33	36	13.80	0.0850795
39	14	24	29.83	0.0001084	94	36	33	13.80	0.4056254
40	24	14	29.83	0.0000191	95	36	39	13.14	0.0952272
41	21	22	7.20	0.0000133	96	39	36	13.14	0.0810105
42	22	21	7.20	0.0000262	97	39	40	33.00	0.2391550
43	22	23	6.48	0.0000236	98	40	39	33.00	0.2391550
44	23	22	6.48	0.0000119	99	38	40	94.26	0.6831136
45	23	25	12.96	0.0000471	100	40	38	94.26	0.6831136
46	25	23	12.96	0.0000471	101	36	37	42.30	0.3065532
47	25	26	1.90	0.0000069	102	37	36	42.30	0.2607873
48	26	25	1.90	0.0000069	103	37	38	13.98	0.1013147
49	26	27	6.48	0.0001006	104	38	37	13.98	0.1013147
50	27	26	6.48	0.0000236	105	38	41	22.44	1.2249464
51	24	27	26.74	0.0004150	106	41	38	22.44	1.2249464
52	27	24	26.74	0.0000972	107	33	42	9.48	0.0687027
53	10	17	16.82	0.0004356	108	42	33	9.48	0.2786470
54	17	10	16.82	0.0000004	109	19	43	3.3	0.0000120
55	17	18	8.13	0.0000016	110	43	19	3.3	0.0001338

5.3 園區路網求解結果

本研究以敏感性分析基礎之最陡下降演算法(GSDA)求解，求解前先假設一初設綠燈時間 G ，再藉由演算過程中之 Armijo rule 公式求出號誌修正係數 g 。而號誌修正係數須滿足一上限，以避免求解過程中產生不合理之解。

假設所有初始綠燈時間 $G = 15\text{secs}$ ，且假設相同路口對向路段為相同之號誌時相，因此其修正係數相等，交叉路段為不同號誌時向，因此修正係數和須等於路網現況周期長度扣掉兩時相之預設綠燈和即 $(c_0 - 100)$ 。本方法為所有路段皆具有一相同基本之綠燈時間，再藉由綠燈修正係數使成本較高路段之綠燈向上調整，在此假設情況之下所求出之路網數值解，其週期長度與現況週期相等。

由以上各資料，包含 OD 需求、各路段參數、路段/路徑投引矩陣、起迄對/路徑投引矩陣、路口資料等，於程式中進行求解，其中在求解一開始，須先假設一初使綠燈下界 G ，由現況綠燈中找出下界，因現況綠燈最小為 15 秒，因此設定下界 G 為 15 秒。取一路口如下圖 5.3-1 所示：

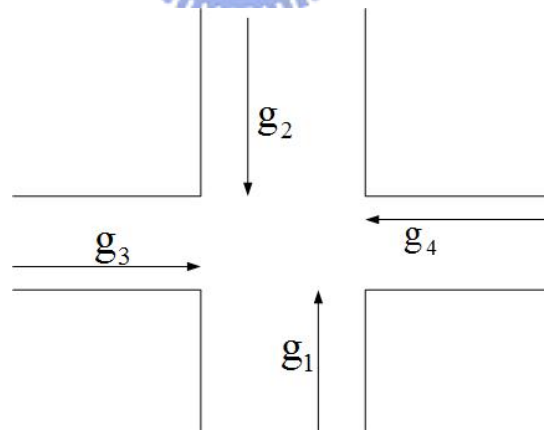


圖 5.3-1-路口修正係數示意圖

假設路口有四個方向之路段(1、2、3、4)，其修正係數之限制式如下：

$$g_h = g_1 = g_2$$

$$g_v = g_3 = g_4$$

$$g_v + g_h = c_0 - 2 \times G$$

g_h = 橫向路段時相之綠燈修正係數

g_v = 縱向路段時相之綠燈修正係數

將號誌修正係數之限制設定完成之後，即可進行雙層模式之求解，求解結果如下表，表格左半部為由 GSDA 演算法所求出之系統最佳化之結果，右半部則是以現況綠燈基礎下進行 Frank-Wolfe 演算法進行求解，其所求出之解為使用者均衡解。

根據前文所提到之路口條件後，求算結果如下表 5.3-1，另外以園區現況之號誌為輸入參數 G，以現況之號誌系統來求解 Frank-Wolfe 演算法，求出使用者均衡結果，亦列於下表中：

表 5.3-1-園區路網求解結果

Link NO.	Flow	g	G	Total green	Flow	G
1	6293.00	112.50	15.0	127.50	6293.00	58
2	0.00	-	-	-	0.00	-
3	2469.00	-	-	-	2469.00	-
4	0.00	-	-	-	0.00	-
5	4324.90	-	-	-	4368.42	-
6	304.44	0.00	15.0	15.00	225.68	83
7	3964.31	134.22	15.0	149.22	3495.08	75
8	1691.78	112.50	15.0	127.50	1344.82	30
9	3916.50	77.50	15.0	92.50	3726.11	35
10	1401.03	-	-	-	1088.37	-
11	69.56	8.28	15.0	23.28	113.38	25
12	82.06	0.00	15.0	15.00	358.89	28
13	3872.87	133.65	15.0	148.65	3451.62	75
14	1881.84	134.22	15.0	149.22	1815.86	145
15	1280.87	51.61	15.0	66.61	1846.57	78
16	2938.87	133.65	15.0	148.65	3467.84	140
17	0.00	-	-	-	0.00	-
18	697.07	30.90	15.0	45.90	1474.45	35
19	1404.93	82.50	15.0	97.50	627.55	15
20	0.00	-	-	-	0.00	-
21	1138.87	0.00	15.0	15.00	1775.59	113
22	2308.80	51.61	15.0	66.61	2131.42	53
23	3795.00	-	-	-	3586.74	-
24	145.97	8.85	15.0	23.85	329.70	33
25	2326.00	103.46	15.0	118.46	2034.92	110
26	581.97	-	-	-	682.88	-
27	2326.13	-	-	-	2755.94	-
28	2722.16	77.50	15.0	92.50	2796.70	45
29	751.32	-	-	-	915.53	-
30	254.82	31.54	15.0	46.54	232.83	28
31	1764.83	70.15	15.0	85.15	852.40	30
32	1824.29	103.46	15.0	118.46	1490.07	138
33	2071.30	50.00	15.0	65.00	2527.02	60

34	1970.84	-	-	-	1885.07	-
35	446.64	64.85	15.0	79.85	233.92	30
36	138.84	0.00	15.0	15.00	176.74	15
37	1138.47	-	-	-	305.81	-
38	2315.13	70.15	15.0	85.15	2311.30	105
39	1911.66	-	-	-	2299.32	-
40	2119.00	50.00	15.0	65.00	1714.55	80
41	2535.47	77.50	15.0	92.50	1716.25	83
42	1060.13	-	-	-	1069.74	-
43	1619.00	-	-	-	1066.03	-
44	764.36	77.50	15.0	92.50	965.32	50
45	1420.00	-	-	-	928.35	-
46	905.36	-	-	-	1167.64	-
47	1667.62	-	-	-	1059.85	-
48	496.09	-	-	-	956.65	-
49	1143.00	78.82	15.0	93.82	786.07	75
50	614.48	-	-	-	1325.86	-
51	2494.66	86.18	15.0	101.18	3162.22	120
52	1452.00	-	-	-	1327.45	-
53	1280.87	195.00	15.0	210.00	1757.70	60
54	1439.87	0.00	15.0	15.00	1879.98	75
55	1086.08	26.40	15.0	41.40	1710.44	63
56	1865.87	195.00	15.0	210.00	2423.22	105
57	261.00	2.11	15.0	17.11	426.30	33
58	240.21	0.00	15.0	15.00	435.79	60
59	2731.00	128.60	15.0	143.60	2731.00	123
60	0.00	-	-	-	0.00	-
61	2857.21	-	-	-	3216.83	-
62	282.00	128.60	15.0	143.60	574.61	123
63	214.77	95.39	15.0	110.39	124.81	65
64	756.26	31.77	15.0	46.77	561.11	43
65	475.77	0.00	15.0	15.00	527.37	25
66	996.47	95.39	15.0	110.39	973.17	95
67	3356.34	-	-	-	3618.88	-
68	402.64	193.23	15.0	208.23	703.36	213
69	3781.70	182.50	15.0	197.50	3910.07	188
70	196.00	-	-	-	362.55	-
71	73.09	0.00	15.0	15.00	121.93	25
72	821.98	-	-	-	556.42	-
73	3398.44	225.00	15.0	240.00	3648.24	163
74	864.62	182.50	15.0	197.50	838.21	93
75	2923.39	-	-	-	3585.62	-
76	1587.26	225.00	15.0	240.00	1728.84	230
77	1253.95	25.39	15.0	40.39	1501.08	95
78	56.26	0.00	15.0	15.00	547.84	25
79	1371.49	25.39	15.0	40.39	1020.71	95
80	1148.48	86.18	15.0	101.18	991.36	120
81	1957.08	-	-	-	1835.37	-
82	608.90	78.82	15.0	93.82	569.74	75
83	1354.54	30.00	15.0	45.00	820.41	25
84	367.84	64.61	15.0	79.61	271.82	25
85	359.84	0.00	15.0	15.00	35.90	35
86	1655.31	147.59	15.0	162.59	227.50	15
87	234.31	-	-	-	641.02	-
88	543.08	0.00	15.0	15.00	284.03	35
89	1656.31	-	-	-	2433.64	-

90	616.90	-	-	-	811.02	-
91	2996.00	147.59	15.0	162.59	2996.00	108
92	0.00	-	-	-	0.00	-
93	4173.69	90.00	15.0	105.00	3396.36	53
94	836.10	82.41	15.0	97.41	641.98	40
95	776.00	-	-	-	768.15	-
96	1352.10	90.00	15.0	105.00	1205.39	83
97	0.00	-	-	-	0.00	-
98	1415.10	-	-	-	1276.25	-
99	0.00	-	-	-	15.53	-
100	419.90	-	-	-	574.28	-
101	914.69	-	-	-	564.95	-
102	194.00	0.00	15.0	15.00	566.32	38
103	914.69	-	-	-	564.95	-
104	194.00	-	-	-	566.32	-
105	0.00	-	-	-	0.00	-
106	671.00	-	-	-	671.00	-
107	1585.26	-	-	-	1726.53	-
108	2991.39	82.41	15.0	97.41	3653.31	113
109	276.00	-	-	-	560.81	-
110	2880.21	193.23	15.0	208.23	3232.02	163

上表中 Flow 為各自求出之流量，GSDA 演算法之 g 為求出之修正係數， G 為初始設定之綠燈；而 Frank-Wolfe 演算法之 G 為園區現況之綠燈時間。橫線部分則為不決定其號誌之節線。

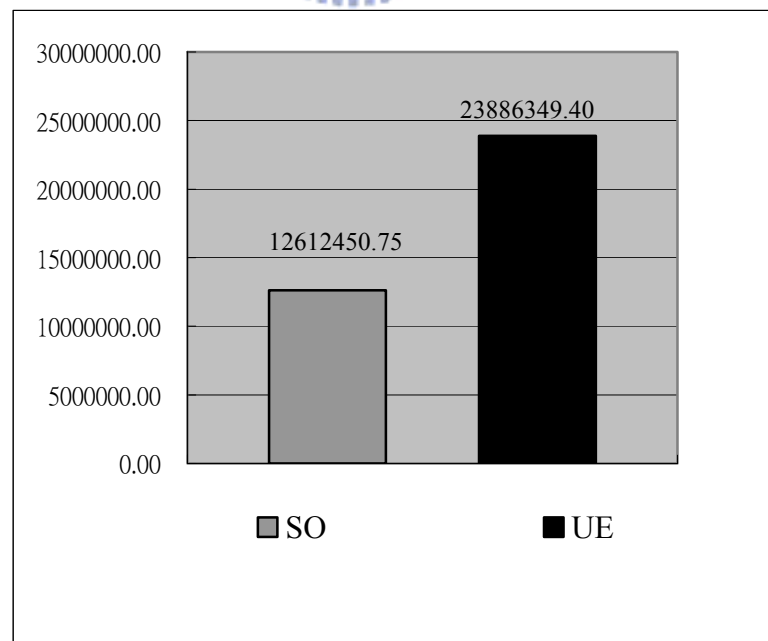


圖 5.3-2-系統總成本比較圖

上圖為求出之系統總成本比較圖，其中 GSDA 演算法求出之系統最佳之系統總成本為 12612450.75 (車輛秒數)而 Frank-Wolfe 演算法求出之使用者均衡的系統總成本為 23886349.40 (車輛秒數)。由以上結果，我們可以得知，當系統中之現況綠燈已知的情況之下進行使用者均衡指派，會得到一個較高之系統總成本，而號誌若能考慮使用者之反應，可知所求出雙層模式解的系統總成本較佳，其改善率為 47.20%。



第六章 結論與建議

利用 Frank-Wolfe 演算法所求出之均衡解滿足使用者均衡解(User Equilibrium)，亦即是在現況號誌的情況之下，任由使用者選擇其最迅速之路徑來行走，就使用者觀點來說是最理想的方法，但是這樣的均衡結果並非路網規畫者所樂見的情況，因為系統之目標式是所有用路人成本的加總，用路人自由選擇最短路徑的結果，往往造成系統總成本之上升。

由 5.3 節所求出之結果觀察，使用者均衡狀態之系統總成本較敏感性分析基礎之最陡下降演算法之系統總成本為大，因此若能在設計號誌時，考慮使用者之反應，即求出使用者之敏感性係數，就能有效考慮使用者行為，進而改善路網之系統總成本。

本研究所使用之資料如 OD 起迄需求引用自科學工業園區交通整體改善規劃^[13]，該計畫執行於民國九十四年，需求表為當時預測之未來年資料，將來若欲求解更久以後之園區路網問題，可於需求資料再做改善，以期能達到更正確的目的。

參考文獻

1. Wardrop J. G., "Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research," *Proceedings of Institute of Civil Engineers*, Part II, pp. 325-378, 1952.
2. Beckmann M. J., C. B. McGuire and C. B. Winston, *Studies in the Economics of Transportation*, Yale University Press. New Haven, Conn., 1956.
3. Ashtiani H. Z., *The Multi-modal Traffic Assignment Problem*, Ph.D. Dissertation, M. I. T., 1979.
4. Smith M. J., "The Existence, Uniqueness and Stability of Traffic Equilibria," *Transportation Research B*, Vol. 13, pp. 295-304, 1979.
5. Dafermos S. C., "Traffic Equilibrium and Variational Inequalities," *Transportation Science*, Vol 14, pp. 42-54, 1980.
6. Tobin R. L., "Sensitivity Analysis for Variational Inequalities," *Journal of Optimization Theory and Applications*, Vol.48, pp. 191-204. 1986.
7. Cho, H-J and S-C, Lo, "Solving Bilevel Network Design Problem Using Linear Reaction Function without Nondegeneracy Assumption," *Transportation Research Record*, No. 1667, pp96-106, 1999.
8. Dafermos S. C., "The Traffic Assignment Problem for Multiclass-user Transportation Network," *Transportation Science*, Vol. 6, pp. 73-87, 1972.
9. 卓訓榮，李治輝，「靜態路網交通量指派模式與求解法之回顧」，運輸計畫季刊，第二十四卷，第三期，頁 283-頁 298，民國八十四年。
10. 卓訓榮，「以廣義反矩陣方法探討均衡路網流量的敏感性分析」，運輸計畫季刊，第二十卷，第一期，頁 1-頁 14，民國八十年。
11. 卓訓榮，「最短距離方法與廣義反矩陣敏感性分析方法之比較」，運輸計畫季刊，第二十一卷，第一期，頁 23-頁 34，民國八十一年。
12. 李治綱，「用路人路徑選擇問題之研究」，成功大學交通管理科學研究所研究報告，

民國七十八年。

13. 國立交通大學運輸研究中心，「科學工業園區交通整體改善規劃」，民國九十四。
14. 卓訓榮，吳育婷，林國顯，楊幼文，楊金華，「靜態旅行時間路段成本函數 BPR 之校估與應用」，運輸學刊，第十九卷，第一期，頁 1-頁 24，民國九十六年。
15. Ernesto Cipriani and Gaetano Fusco, "Combine Signal Setting Design And Traffic Assignment Problem," *European Journal of Operation Research*, 155, pp.569-583, 2004.
16. Gao Ziyong, Song Yifan, "A Reserve Capacity Model Of Optimal Signal Control With User-Equilibrium Route Choice," *Transportation Research Part B*, 36, pp.313-323, 2002.
17. 卓訓榮，「靜態交通路網指派模式及路網敏感性分析之回顧」，運輸網路分析，第四章，頁 87-112，民國八十八年。
18. C. S. Fisk, "Game Theory And Transportation Systems Modeling," *Transportation Research Part B*, 18B, pp.301-313, 1983.
19. Hsun-Jung Cho and Guey-Shii Lin, "Nonlinear Approximation of Reaction Function for Stackelberg Game in Transportation Network Design," has been accepted for publication in the *Mathematical and Computer Modelling*.

附 錄 一

OD NO.	OD PAIR PATH NO.	DMAND LEVEL PASS LINK
1	1→4	demand=1149
	PATH1	1 5
2	1→5	demand=576
	PATH2	1 5 9
	PATH3	1 7 13 23 25 28 29
3	1→6	demand=180
	PATH4	1 5 9 14 24 26 27 32 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH5	1 7
	PATH6	1 5 9 14 24 26 27 30
	PATH7	1 5 9 11
4	1→8	demand=84
	PATH8	1 5 9 15 24 26 27 32 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH9	1 7 13 15
	PATH10	1 5 9 15 24 26 27 30
5	1→10	demand=160
	PATH11	1 5 9 27 33 39 44 46 48 50 51 54 58 66
	PATH12	1 7 13 15 21
	PATH13	1 5 9 15 21 24 26 27 30
6	1→11	demand=632
	PATH14	1 5 9 26 27 32 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH15	1 7 13 23
	PATH16	1 5 9 26 27 30
7	1→12	demand=292
	PATH17	1 5 9 27 32 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH18	1 7 13 23 25
	PATH19	1 5 9 27 30
8	1→15	demand=408
	PATH20	1 5 9 27 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH21	1 7 13 23 25 31
	PATH22	1 5 9 27 33 35
9	1→17	demand=180
	PATH23	1 5 9 27 33 39 44 46 48 50 51 58 66
	PATH24	1 7 13 15 21 53
	PATH25	1 5 9 27 33 35 37 41 58 66
10	1→19	demand=64
	PATH26	1 5 9 27 33 39 51 68 70 74 78 79
	PATH27	1 7 13 15 21 53 55 61 110
	PATH28	1 5 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 110
	PATH29	1 5 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66
11	1→22	demand=32
	PATH30	1 5 9 27 33 39 44 46 48 50 51
	PATH31	1 7 13 23 25 31 37 41
	PATH32	1 5 9 27 33 35 37 41
12	1→23	demand=100
	PATH33	1 5 9 27 33 39 46 48 50 51
	PATH34	1 7 13 23 25 31 37 41 43
13	1→25	demand=24
	PATH35	1 5 9 27 33 39 48 50 51

	PATH36	1 7 13 23 25 31 37 41 43 45
14	1→26	demand=176
	PATH37	1 5 9 27 33 39 50 51
	PATH38	1 7 13 23 25 31 37 41 43 45 47
15	1→29	demand=88
	PATH39	1 5 9 27 33 39 51 74 78 79
	PATH40	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 110
	PATH41	1 5 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 67 69 110
	PATH42	1 5 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66 67 69
	PATH43	1 5 9 27 33 39 48 50 51 71
16	1→31	demand=104
	PATH44	1 5 9 27 33 39 51 79
	PATH45	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 110
	PATH46	1 7 13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79
17	1→33	demand=552
	PATH47	1 5 9 27 33 39 51 75 78 79 108
	PATH48	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 108 110
	PATH49	1 5 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 108 110
	PATH50	1 5 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 108
	PATH51	1 5 9 27 33 39 48 50 51 71 73 75 108
	PATH52	1 5 9 27 33 39 51 79 83 86
	PATH53	1 5 9 27 33 39 51 81 86 88
18	1→36	demand=660
	PATH54	1 5 9 27 33 39 51 75 78 79 93 108
	PATH55	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 102 104 110
	PATH56	1 5 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 108 110
	PATH57	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 93 108 110
	PATH58	1 5 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 93 108
	PATH59	1 5 9 27 33 39 51 81 89 102 104
	PATH60	1 5 9 27 33 39 48 50 51 71 73 75 93 108
	PATH61	1 5 9 27 33 39 51 79 83 86 93
	PATH62	1 5 9 27 33 39 51 81 86 88 93
19	1→38	demand=532
	PATH63	1 5 9 27 33 39 51 75 78 79 93 101 103 108
	PATH64	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 110
	PATH65	1 5 9 27 33 39 51 81 89
	PATH66	1 7 13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89
	PATH67	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 93 101 103 108 110
	PATH68	1 5 9 27 33 39 51 79 83 87 89
20	1→39	demand=300
	PATH69	1 5 9 27 33 39 51 75 78 79 93 95 108
	PATH70	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 95 102 104 110
	PATH71	1 5 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH72	1 7 13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89 98 99
	PATH73	1 5 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 93 95 108
	PATH74	1 5 9 27 33 39 51 81 89 95 102 104
	PATH75	1 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH76	1 5 9 27 33 39 48 50 51 71 73 75 93 95 108
	PATH77	1 5 9 27 33 39 51 79 83 86 93 95
	PATH78	1 5 9 27 33 39 51 81 86 88 93 95
21	2→4	demand=400
	PATH79	3
22	2→5	demand=277
	PATH80	3 9

	PATH81	3 6 7 13 23 25 28 29
23	2→6	demand=69
	PATH82	3 9 14 24 26 27 32 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH83	3 6 7
	PATH84	3 9 14 24 26 27 30
	PATH85	3 9 11
24	2→8	demand=18
	PATH86	3 9 15 24 26 27 32 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH87	3 6 7 13 15
	PATH88	3 9 15 24 26 27 30
	PATH89	3 9 11 13 15
25	2→10	demand=43
	PATH90	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 54 58 66
	PATH91	3 6 7 13 15 21
	PATH92	3 9 15 21 24 26 27 30
	PATH93	3 9 11 13 15 21
26	2→11	demand=244
	PATH94	3 9 26 27 32 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH95	3 6 7 13 23
	PATH96	3 9 26 27 30
	PATH97	3 9 11 13 23
27	2→12	demand=161
	PATH98	3 9 27 32 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH99	3 6 7 13 23 25
	PATH100	3 9 27 30
	PATH101	3 9 27 32 33 35
	PATH102	3 9 11 13 23 25
28	2→15	demand=118
	PATH103	3 9 27 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH104	3 6 7 13 23 25 31
	PATH105	3 9 27 33 35
	PATH106	3 9 27 30 31
29	2→17	demand=70
	PATH107	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 58 66
	PATH108	3 6 7 13 15 21 53
	PATH109	3 9 27 33 35 37 41 58 66
30	2→19	demand=32
	PATH110	3 9 27 33 39 51 68 70 74 78 79
	PATH111	3 6 7 13 15 21 53 55 61 110
	PATH112	3 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 110
	PATH113	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66
	PATH114	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 55 58 61 66 110
	PATH115	3 9 27 33 35 37 41 64 66
31	2→22	demand=13
	PATH116	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51
	PATH117	3 6 7 13 23 25 31 37 41
	PATH118	3 9 27 33 35 37 41
32	2→23	demand=32
	PATH119	3 9 27 33 39 46 48 50 51
	PATH120	3 6 7 13 23 25 31 37 41 43
33	2→25	demand=5
	PATH121	3 9 27 33 39 48 50 51
	PATH122	3 6 7 13 23 25 31 37 41 43 45
34	2→26	demand=69

	PATH123	3 9 27 33 39 50 51
	PATH124	3 6 7 13 23 25 31 37 41 43 45 47
35	2→29	demand=48
	PATH125	3 9 27 33 39 51 74 78 79
	PATH126	3 6 7 13 15 21 53 55 61 67 69 110
	PATH127	3 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 67 69 110
	PATH128	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66 67 69
	PATH129	3 9 27 33 39 48 50 51 71
	PATH130	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 55 58 61 66 67 69 110
36	2→31	demand=41
	PATH131	3 9 27 33 39 51 79
	PATH132	3 6 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 110
	PATH133	3 6 7 13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79
37	2→33	demand=191
	PATH134	3 9 27 33 39 51 75 78 79 108
	PATH135	3 6 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 108 110
	PATH136	3 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 108 110
	PATH137	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 108
	PATH138	3 9 27 33 39 51 81 86 88
	PATH139	3 9 27 33 39 48 50 51 71 73 75 108
	PATH140	3 9 27 33 39 51 79 83 86
38	2→36	demand=263
	PATH141	3 9 27 33 39 51 75 78 79 93 108
	PATH142	3 6 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 102 104 110
	PATH143	3 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 108 110
	PATH144	3 6 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 93 108 110
	PATH145	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 93 108
	PATH146	3 9 27 33 39 51 81 89 102 104
	PATH147	3 9 27 33 39 48 50 51 71 73 75 93 108
	PATH148	3 9 27 33 39 51 79 83 86 93
	PATH149	3 9 27 33 39 51 81 86 88 93
39	2→38	demand=294
	PATH150	3 9 27 33 39 51 75 78 79 93 101 103 108
	PATH151	3 6 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 110
	PATH152	3 9 27 33 39 51 81 89
	PATH153	3 6 7 13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89
	PATH154	3 9 27 33 39 51 79 83 87 89
40	2→39	demand=81
	PATH155	3 9 27 33 39 51 75 78 79 93 95 108
	PATH156	3 6 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 95 102 104 110
	PATH157	3 9 27 33 35 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH158	3 6 7 13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89 98 99
	PATH159	3 9 27 33 39 44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 93 95 108
	PATH160	3 9 27 33 39 51 81 89 95 102 104
	PATH161	3 6 7 13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH162	3 9 27 33 39 51 81 89 98 99
	PATH163	3 9 27 33 39 48 50 51 71 73 75 93 95 108
	PATH164	3 9 27 33 39 51 79 83 86 93 95
	PATH165	3 9 27 33 39 51 81 86 88 93 95
41	6→4	demand=60
	PATH166	5 8
42	6→5	demand=50
	PATH167	5 8 9
	PATH168	13 23 25 28 29

	PATH169	12
43	6→8	demand=0
	PATH170	13 15
44	6→10	demand=0
	PATH171	13 15 21
45	6→11	demand=34
	PATH172	13 23
46	6→12	demand=20
	PATH173	13 23 25
47	6→15	demand=34
	PATH174	5 8 9 27 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH175	13 23 25 31
48	6→17	demand=0
	PATH176	5 8 9 27 33 39 44 46 48 50 51 58 66
	PATH177	13 15 21 53
	PATH178	13 23 25 31 37 41 58 66
49	6→19	demand=0
	PATH179	5 8 9 27 33 39 51 68 70 74 78 79
	PATH180	13 15 21 53 55 61 110
	PATH181	13 23 25 31 37 41 55 58 61 66 110
50	6→22	demand=0
	PATH182	5 8 9 27 33 39 44 46 48 50 51
	PATH183	13 23 25 31 37 41
51	6→23	demand=0
	PATH184	5 8 9 27 33 39 46 48 50 51
	PATH185	13 23 25 31 37 41 43
	PATH186	13 23 25 29 33 39 46 48 50 51
52	6→25	demand=0
	PATH187	5 8 9 27 33 39 48 50 51
	PATH188	13 23 25 31 37 41 43 45
	PATH189	13 23 25 29 33 39 48 50 51
53	6→26	demand=0
	PATH190	5 8 9 27 33 39 50 51
	PATH191	13 23 25 31 37 41 43 45 47
	PATH192	13 23 25 29 33 39 50 51
54	6→29	demand=0
	PATH193	5 8 9 27 33 39 51 74 78 79
	PATH194	13 15 21 53 55 61 67 69 110
	PATH195	13 23 25 31 37 41 55 58 61 66 67 69 110
55	6→31	demand=0
	PATH196	5 8 9 27 33 39 51 79
	PATH197	13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 110
	PATH198	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79
	PATH199	13 23 25 29 33 39 51 79
56	6→33	demand=0
	PATH200	5 8 9 27 33 39 51 75 78 79 108
	PATH201	13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 108 110
	PATH202	13 23 25 31 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 108 110
	PATH203	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79 83 86
57	6→36	demand=0
	PATH204	5 8 9 27 33 39 51 75 78 79 93 108
	PATH205	13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 102 104 110
	PATH206	13 23 25 31 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 108 110

	PATH207	13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 93 108 110
	PATH208	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79 83 86 93
	PATH209	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89 102 104
58	6→38	demand=0
	PATH210	5 8 9 27 33 39 51 75 78 79 93 101 103 108
	PATH211	13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 110
	PATH212	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89
	PATH213	13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 93 101 103 108 110
	PATH214	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79 83 87 89
59	6→39	demand=0
	PATH215	5 8 9 27 33 39 51 75 78 79 93 95 108
	PATH216	13 15 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 95 102 104 110
	PATH217	13 23 25 31 37 41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH218	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89 98 99
	PATH219	13 15 21 53 55 61 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH220	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79 83 86 93 95
	PATH221	13 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89 95 102 104
60	9→4	demand=525
	PATH222	5 8 14 16 19 22
	PATH223	10 16 18 23 25 28 29
	PATH224	5 8 14 16 18
61	9→5	demand=464
	PATH225	5 8 9 14 16 19 22
	PATH226	16 18 23 25 28 29
	PATH227	5 8 9 14 16 18
	PATH228	16 19 22 23 25 28 29
	PATH229	12 14 16 18
	PATH230	12 14 16 19 22
62	9→6	demand=55
	PATH231	14 16 19 22
	PATH232	14 16 18
63	9→8	demand=25
	PATH233	19 22
	PATH234	18
64	9→10	demand=38
	PATH235	19
	PATH236	18 21
65	9→11	demand=240
	PATH237	16 19 22 23
	PATH238	16 18 23
66	9→12	demand=149
	PATH239	16 19 22 23 25
	PATH240	16 18 23 25
67	9→15	demand=226
	PATH241	16 19 22 23 25 29 33 38 39 42 44 46 48 50 51
	PATH242	16 18 23 25 31
	PATH243	16 19 22 23 25 31
68	9→17	demand=64
	PATH244	19 53
	PATH245	18 21 53
69	9→19	demand=16
	PATH246	16 19 22 23 25 29 33 39 51 68 70 74 78 79
	PATH247	18 21 53 55 61 110

	PATH248	19 53 55 61 110
70	9→22	demand=3
	PATH249	16 19 22 23 25 29 33 39 44 46 48 50 51
	PATH250	16 18 23 25 31 37 41
	PATH251	19 53 57 65
	PATH252	16 19 22 23 25 31 37 41
71	9→23	demand=10
	PATH253	16 19 22 23 25 29 33 39 46 48 50 51
	PATH254	16 18 23 25 31 37 41 43
	PATH255	19 43 53 57 65
	PATH256	16 19 22 23 25 31 37 41 43
72	9→25	demand=3
	PATH257	16 19 22 23 25 29 33 39 48 50 51
	PATH258	16 18 23 25 31 37 41 43 45
	PATH259	19 43 45 53 57 65
	PATH260	16 19 22 23 25 31 37 41 43 45
73	9→26	demand=19
	PATH261	16 19 22 23 25 29 33 39 50 51
	PATH262	16 18 23 25 31 37 41 43 45 47
	PATH263	19 43 45 47 53 57 65
	PATH264	16 19 22 23 25 31 37 41 43 45 47
74	9→29	demand=35
	PATH265	16 19 22 23 25 29 33 39 51 74 78 79
	PATH266	18 21 53 55 61 67 69 110
	PATH267	19 53 55 61 67 69 110
75	9→31	demand=14
	PATH268	16 19 22 23 25 29 33 39 51 79
	PATH269	18 21 53 55 61 67 69 73 77 110
	PATH270	16 18 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79
	PATH271	19 53 55 61 67 69 73 77 110
	PATH272	16 19 22 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79
76	9→33	demand=70
	PATH273	16 19 22 23 25 29 33 39 51 75 78 79 108
	PATH274	18 21 53 55 61 67 69 73 75 108 110
	PATH275	19 53 55 61 67 69 73 75 108 110
77	9→36	demand=58
	PATH276	16 19 22 23 25 29 33 39 51 75 78 79 93 108
	PATH277	18 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 102 104 110
	PATH278	18 21 53 55 61 67 69 73 75 93 108 110
	PATH279	19 53 55 61 67 69 73 75 93 108 110
78	9→38	demand=78
	PATH280	16 19 22 23 25 29 33 39 51 75 78 79 93 101 103 108
	PATH281	18 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 110
	PATH282	18 21 53 55 61 67 69 73 75 93 101 103 108 110
	PATH283	16 18 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89
	PATH284	19 53 55 61 67 69 73 75 93 101 103 108 110
	PATH285	16 18 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79 83 87 89
	PATH286	19 43 45 47 49 53 57 65 81 89
	PATH287	19 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 110
	PATH288	16 19 22 23 25 31 37 41 43 45 47 49 81 89
	PATH289	16 19 22 23 25 31 37 41 43 45 47 49 79 83 87 89
79	9→39	demand=10
	PATH290	16 19 22 23 25 29 33 39 51 75 78 79 93 95 108
	PATH291	18 21 53 55 61 67 69 73 77 83 87 89 95 102 104 110

	PATH292	18 21 53 55 61 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH293	19 53 55 61 67 69 73 75 93 95 108 110
80	16→4	demand=215
	PATH294	5 8 14 16 22 54 56 59
	PATH295	10 16 22 23 25 28 29 54 56 59
81	16→5	demand=201
	PATH296	5 8 9 14 16 22 54 56 59
	PATH297	16 22 23 25 28 29 54 56 59
	PATH298	28 34 36 38 42 59 61 63 65 110
	PATH299	12 14 16 22 54 56 59
82	16→6	demand=37
	PATH300	14 16 22 54 56 59
83	16→8	demand=5
	PATH301	22 54 56 59
84	16→10	demand=27
	PATH302	54 56 59
85	16→11	demand=181
	PATH303	16 22 23 54 56 59
86	16→12	demand=127
	PATH304	16 22 23 25 54 56 59
87	16→15	demand=106
	PATH305	38 42 44 46 59 61 67 69 72 110
	PATH306	38 42 59 61 63 65 110
	PATH307	38 42 56 57 59 65
88	16→17	demand=94
	PATH308	56 59
89	16→19	demand=16
	PATH309	59 61 110
90	16→22	demand=17
	PATH310	44 46 59 61 67 69 72 110
	PATH311	56 57 59 65
	PATH312	59 61 63 65 110
91	16→23	demand=71
	PATH313	46 59 61 67 69 72 110
	PATH314	43 59 61 63 65 110
	PATH315	43 56 57 59 65
92	16→25	demand=37
	PATH316	59 61 67 69 72 110
	PATH317	43 45 59 61 63 65 110
	PATH318	43 45 56 57 59 65
93	16→26	demand=121
	PATH319	47 59 61 67 69 72 110
	PATH320	43 45 47 59 61 63 65 110
	PATH321	43 45 47 56 57 59 65
94	16→29	demand=35
	PATH322	59 61 67 69 110
95	16→31	demand=49
	PATH323	59 61 67 69 73 77 110
96	16→33	demand=446
	PATH324	59 61 67 69 73 75 108 110
97	16→36	demand=378
	PATH325	59 61 67 69 73 75 93 108 110
	PATH326	59 61 67 69 73 77 83 87 89 102 104 110

98	16→38	demand=504
	PATH327	59 61 67 69 73 75 93 101 103 108 110
	PATH328	59 61 67 69 73 77 83 87 89 110
	PATH329	43 45 47 49 59 61 63 65 81 89 110
99	16→39	demand=64
	PATH330	59 61 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH331	59 61 67 69 73 77 83 87 89 95 102 104 110
100	18→4	demand=201
	PATH332	5 8 14 16 22 54 56
	PATH333	10 16 22 23 25 28 29 54 56
101	18→5	demand=156
	PATH334	5 8 9 14 16 22 54 56
	PATH335	16 22 23 25 28 29 54 56
	PATH336	28 34 36 38 42 61 63 65 110
	PATH337	12 14 16 22 54 56
102	18→6	demand=22
	PATH338	14 16 22 54 56
103	18→8	demand=0
	PATH339	22 54 56
104	18→10	demand=22
	PATH340	54 56
105	18→11	demand=67
	PATH341	16 22 23 54 56
106	18→12	demand=67
	PATH342	16 22 23 25 54 56
107	18→15	demand=67
	PATH343	38 42 44 46 61 67 69 72 110
	PATH344	38 42 61 63 65 110
	PATH345	38 42 56 57 65
108	18→17	demand=22
	PATH346	56
109	18→19	demand=0
	PATH347	61 110
110	18→22	demand=0
	PATH348	44 46 61 67 69 72 110
	PATH349	61 63 65 110
	PATH350	56 57 65
111	18→23	demand=0
	PATH351	46 61 67 69 72 110
	PATH352	43 61 63 65 110
	PATH353	43 56 57 65
112	18→25	demand=0
	PATH354	61 67 69 72 110
	PATH355	43 45 61 63 65 110
	PATH356	43 45 56 57 65
113	18→26	demand=0
	PATH357	47 61 67 69 72 110
	PATH358	43 45 47 61 63 65 110
	PATH359	43 45 47 56 57 65
114	18→29	demand=0
	PATH360	61 67 69 110
115	18→31	demand=0
	PATH361	61 67 69 73 77 110

116	18→33	demand=0
	PATH362	61 67 69 73 75 108 110
117	18→36	demand=0
	PATH363	61 67 69 73 75 93 108 110
	PATH364	61 67 69 73 77 83 87 89 102 104 110
118	18→38	demand=0
	PATH365	61 67 69 73 75 93 101 103 108 110
	PATH366	61 67 69 73 77 83 87 89 110
	PATH367	43 45 47 49 61 63 65 81 89 110
119	18→39	demand=0
	PATH368	61 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH369	61 67 69 73 77 83 87 89 95 102 104 110
120	21→4	demand=426
	PATH370	5 8 14 24 26 32 38
	PATH371	10 28 29 32 38
	PATH372	10 28 34 40 41 43 45 47 49 52
	PATH373	10 28 34 36 38
121	21→5	demand=366
	PATH374	28 34 36 38
	PATH375	28 29 32 38
	PATH376	28 34 40 41 43 45 47 49 52
122	21→6	demand=28
	PATH377	14 24 26 32 38
123	21→8	demand=32
	PATH378	15 24 26 32 38
124	21→10	demand=23
	PATH379	41 54 58 66
	PATH380	15 21 24 26 32 38
125	21→11	demand=138
	PATH381	26 32 38
126	21→12	demand=102
	PATH382	32 38
127	21→15	demand=163
	PATH383	38
128	21→17	demand=42
	PATH384	41 58 66
129	21→19	demand=19
	PATH385	41 43 45 68 70 71
	PATH386	41 55 58 61 66 110
	PATH387	41 64 66
130	21→22	demand=6
	PATH388	41
131	21→23	demand=17
	PATH389	41 43
132	21→25	demand=2
	PATH390	41 43 45
133	21→26	demand=53
	PATH391	41 43 45 47
134	21→29	demand=13
	PATH392	41 43 45 71
	PATH393	41 55 58 61 66 67 69 110
	PATH394	41 64 66 67 69
135	21→31	demand=30

	PATH395	41 43 45 47 49 79
	PATH396	41 43 45 71 73 77
136	21→33	demand=225
	PATH397	41 43 45 47 49 75 78 79 108
	PATH398	41 55 58 61 66 67 69 73 75 108 110
	PATH399	41 43 45 71 73 75 108
	PATH400	41 64 66 67 69 73 75 108
	PATH401	41 43 45 47 49 79 83 86
	PATH402	41 43 45 47 49 81 86 88
137	21→36	demand=399
	PATH403	41 43 45 47 49 75 78 79 93 108
	PATH404	41 43 45 71 73 77 83 87 89 102 104
	PATH405	41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 108 110
	PATH406	41 43 45 47 49 81 89 96 98 99
	PATH407	41 64 66 67 69 73 75 93 108
	PATH408	41 43 45 47 49 81 89 102 104
	PATH409	41 43 45 47 49 79 83 86 93
	PATH410	41 43 45 47 49 81 86 88 93
138	21→38	demand=477
	PATH411	41 43 45 47 49 75 78 79 93 101 103 108
	PATH412	41 43 45 71 73 77 83 87 89
	PATH413	41 43 45 47 49 81 89
	PATH414	41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 101 103 108 110
	PATH415	41 43 45 47 49 79 83 87 89
139	21→39	demand=91
	PATH416	41 43 45 47 49 75 78 79 93 95 108
	PATH417	41 43 45 71 73 77 83 87 89 95 102 104
	PATH418	41 55 58 61 66 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH419	41 43 45 47 49 81 89 98 99
	PATH420	41 64 66 67 69 73 75 93 95 108
	PATH421	41 43 45 47 49 81 89 95 102 104
	PATH422	41 43 45 47 49 79 83 86 93 95
	PATH423	41 43 45 47 49 81 86 88 93 95
140	24→4	demand=192
	PATH424	10 28 34 40
141	24→5	demand=188
	PATH425	28 34 40
142	24→6	demand=22
	PATH426	14 24 26 32 38 42 44 46 48 50 51
	PATH427	14 24 26 32 35 40
	PATH428	14 24 26 30 34 40
143	24→8	demand=4
	PATH429	15 24 26 32 38 42 44 46 48 50 51
	PATH430	15 24 26 32 38 42 44 46 48 50 51
	PATH431	15 24 26 32 35 40
	PATH432	15 24 26 30 34 40
144	24→10	demand=18
	PATH433	44 46 48 50 51 54 58 66
	PATH434	15 21 24 26 32 35 40
	PATH435	15 21 24 26 32 38 42 44 46 48 50 51
145	24→11	demand=77
	PATH436	26 32 38 42 44 46 48 50 51
	PATH437	26 32 35 40
	PATH438	26 30 34 40

146	24→12	demand=93
	PATH439	32 38 42 44 46 48 50 51
	PATH440	32 35 40
	PATH441	30 34 40
147	24→15	demand=91
	PATH442	38 42 44 46 48 50 51
	PATH443	35 40
148	24→17	demand=38
	PATH444	44 46 48 50 51 58 66
	PATH445	35 37 40 41 58 66
149	24→19	demand=6
	PATH446	51 68 70 74 78 79
	PATH447	48 50 51 68 70 71
	PATH448	44 46 48 50 51 55 58 61 66 110
	PATH449	44 46 48 50 51 64 66
150	24→22	demand=10
	PATH450	44 46 48 50 51
	PATH451	44 46 48 50 51
	PATH452	35 37 40 41
151	24→23	demand=20
	PATH453	46 48 50 51
	PATH454	35 37 40 41 43
152	24→25	demand=2
	PATH455	48 50 51
153	24→26	demand=36
	PATH456	50 51
154	24→29	demand=10
	PATH457	51 74 78 79
	PATH458	48 50 51 71
	PATH459	44 46 48 50 51 55 58 61 66 67 69 110
	PATH460	44 46 48 50 51 64 66 67 69
155	24→31	demand=20
	PATH461	51 79
	PATH462	48 50 51 71 73 77
156	24→33	demand=144
	PATH463	51 75 78 79 108
	PATH464	48 50 51 71 73 75 108
	PATH465	44 46 48 50 51 55 58 61 66 67 69 73 75 108 110
	PATH466	44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 108
	PATH467	51 81 86 88
	PATH468	51 79 83 86
157	24→36	demand=138
	PATH469	51 75 78 79 93 108
	PATH470	48 50 51 71 73 77 83 87 89 102 104
	PATH471	44 46 48 50 51 55 58 61 66 67 69 73 75 93 108 110
	PATH472	51 81 89 96 98 99
	PATH473	44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 93 108
	PATH474	51 81 89 102 104
	PATH475	48 50 51 71 73 75 93 108
	PATH476	51 79 83 86 93
	PATH477	51 81 86 88 93
158	24→38	demand=119
	PATH478	51 75 78 79 93 101 103 108

	PATH479	48 50 51 71 73 77 83 87 89
	PATH480	51 81 89
	PATH481	51 79 83 87 89
159	24→39	demand=22
	PATH482	51 75 78 79 93 95 108
	PATH483	48 50 51 71 73 77 83 87 89 95 102 104
	PATH484	44 46 48 50 51 55 58 61 66 67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH485	51 81 89 98 99
	PATH486	44 46 48 50 51 64 66 67 69 73 75 93 95 108
	PATH487	51 81 89 95 102 104
	PATH488	48 50 51 71 73 75 93 95 108
	PATH489	51 79 83 86 93 95
	PATH490	51 81 86 88 93 95
160	28→4	demand=132
	PATH491	5 8 14 16 22 54 56 62 68 109
	PATH492	10 28 34 40 52 69 73 77 80
	PATH493	10 28 34 40 47 49 52 69 72
161	28→5	demand=94
	PATH494	5 8 9 14 16 22 54 56 62 68 109
	PATH495	28 34 40 52 69 73 77 80
	PATH496	28 34 40 47 49 52 69 72
162	28→6	demand=0
	PATH497	14 16 22 54 56 62 68 109
163	28→8	demand=16
	PATH498	22 54 56 62 68 109
164	28→10	demand=0
	PATH499	54 56 62 68 109
165	28→11	demand=70
	PATH500	16 22 23 54 56 62 68 109
166	28→12	demand=47
	PATH501	32 38 42 44 46 69 72
	PATH502	32 38 42 63 65 68
	PATH503	16 22 23 25 54 56 62 68 109
167	28→15	demand=54
	PATH504	38 42 44 46 69 72
	PATH505	38 42 63 65 68
168	28→17	demand=32
	PATH506	56 62 68 109
169	28→19	demand=0
	PATH507	68
170	28→22	demand=0
	PATH508	44 46 69 72
	PATH509	63 65 68
171	28→23	demand=39
	PATH510	46 69 72
172	28→25	demand=8
	PATH511	69 72
173	28→26	demand=0
	PATH512	47 69 72
174	28→29	demand=8
	PATH513	69
175	28→31	demand=0
	PATH514	69 73 77

176	28→33	demand=54
	PATH515	69 73 75 108
177	28→36	demand=31
	PATH516	69 73 75 93 108
	PATH517	69 73 77 83 87 89 102 104
178	28→38	demand=16
	PATH518	69 73 75 93 101 103 108
	PATH519	69 73 77 83 87 89
	PATH520	47 49 69 72 81 89
179	28→39	demand=31
	PATH521	69 73 75 93 95 108
	PATH522	69 73 77 83 87 89 95 102 104
180	32→4	demand=391
	PATH523	5 8 14 16 22 54 56 62 68 70 74 76 91 107 109
	PATH524	10 28 34 40 52 76 77 80 91 107
	PATH525	10 28 34 40 52 80 84 85 91
181	32→5	demand=315
	PATH526	28 34 40 52 76 77 80 91 107
	PATH527	28 34 40 47 49 52 72 74 76 91 107
	PATH528	28 34 40 52 80 84 85 91
182	32→6	demand=19
	PATH529	14 16 22 54 56 62 68 70 74 76 91 107 109
183	32→8	demand=9
	PATH530	22 54 56 62 68 70 74 76 91 107 109
184	32→10	demand=24
	PATH531	54 56 62 68 70 74 76 91 107 109
185	32→11	demand=61
	PATH532	26 32 38 42 44 46 72 74 76 91 107
	PATH533	16 22 23 54 56 62 68 70 74 76 91 107 109
186	32→12	demand=72
	PATH534	32 38 42 44 46 72 74 76 91 107
187	32→15	demand=37
	PATH535	38 42 44 46 72 74 76 91 107
188	32→17	demand=20
	PATH536	56 62 68 70 74 76 91 107 109
189	32→19	demand=13
	PATH537	68 70 74 76 91 107
190	32→22	demand=9
	PATH538	44 46 72 74 76 91 107
191	32→23	demand=33
	PATH539	46 72 74 76 91 107
192	32→25	demand=7
	PATH540	72 74 76 91 107
193	32→26	demand=70
	PATH541	50 76 77 80 91 107
	PATH542	47 72 74 76 91 107
	PATH543	50 80 84 85 91
194	32→29	demand=33
	PATH544	74 76 91 107
195	32→31	demand=154
	PATH545	76 77 91 107
	PATH546	84 85 91
196	32→33	demand=497

	PATH547	91
197	32→36	demand=567
	PATH548	91 93
	PATH549	76 77 83 87 89 91 102 104 107
198	32→38	demand=513
	PATH550	91 93 101 103
	PATH551	76 77 83 87 89 91 107
199	32→39	demand=152
	PATH552	91 93 95
	PATH553	76 77 83 87 89 91 95 102 104 107
200	40→4	demand=132
	PATH554	5 8 14 24 26 32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 100
	PATH555	10 28 34 40 52 76 77 80 94 96 98 107
	PATH556	5 8 14 16 22 54 56 62 68 70 74 76 94 96 98 107 109
	PATH557	10 28 34 40 52 82 90 100
	PATH558	10 28 34 40 52 80 84 88 90 100
201	40→5	demand=135
	PATH559	28 34 40 52 80 84 88 90 100
	PATH560	28 34 40 52 76 77 80 94 96 98 107
	PATH561	28 34 40 47 49 52 72 74 76 94 96 98 107
	PATH562	28 34 40 52 82 90 100
202	40→6	demand=17
	PATH563	14 24 26 32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 100
	PATH564	14 16 22 54 56 62 68 70 74 76 94 96 98 107 109
	PATH565	14 24 26 32 38 42 44 46 48 50 82 90 100
203	40→8	demand=12
	PATH566	22 54 56 62 68 70 74 78 84 88 90 100 109
	PATH567	22 54 56 62 68 70 74 76 94 96 98 107 109
204	40→10	demand=26
	PATH568	54 56 62 68 70 74 78 84 88 90 100 109
	PATH569	54 56 62 68 70 74 76 94 96 98 107 109
205	40→11	demand=118
	PATH570	26 32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 100
	PATH571	16 22 23 54 56 62 68 70 74 76 94 96 98 107 109
	PATH572	26 32 38 42 44 46 48 50 82 90 100
206	40→12	demand=132
	PATH573	32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 100
	PATH574	32 38 42 44 46 72 74 76 94 96 98 107
	PATH575	32 38 42 44 46 48 50 82 90 100
207	40→15	demand=83
	PATH576	38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 100
	PATH577	38 42 44 46 72 74 76 94 96 98 107
	PATH578	38 42 44 46 48 50 82 90 100
208	40→17	demand=24
	PATH579	56 62 68 70 74 78 84 88 90 100 109
	PATH580	56 62 68 70 74 76 94 96 98 107 109
209	40→19	demand=12
	PATH581	68 70 74 78 84 88 90 100
	PATH582	68 70 74 76 94 96 98 107
210	40→22	demand=6
	PATH583	44 46 48 50 80 84 88 90 100
	PATH584	44 46 72 74 76 94 96 98 107
	PATH585	44 46 48 50 82 90 100

211	40→23	demand=6
	PATH586	46 48 50 80 84 88 90 100
	PATH587	46 72 74 76 94 96 98 107
	PATH588	46 48 50 82 90 100
212	40→25	demand=3
	PATH589	48 50 80 84 88 90 100
	PATH590	72 74 76 94 96 98 107
	PATH591	48 50 82 90 100
213	40→26	demand=86
	PATH592	50 80 84 88 90 100
	PATH593	47 72 74 76 94 96 98 107
	PATH594	50 76 77 80 94 96 98 107
	PATH595	50 82 90 100
214	40→29	demand=20
	PATH596	74 78 84 88 90 100
	PATH597	74 76 94 96 98 107
215	40→31	demand=12
	PATH598	84 88 90 100
	PATH599	76 77 94 96 98 107
216	40→33	demand=106
	PATH600	94 96 98
	PATH601	94 96 98
217	40→36	demand=618
	PATH602	96 98
218	40→38	demand=224
	PATH603	100
219	40→39	demand=63
	PATH604	98
220	41→4	demand=146
	PATH605	5 8 14 24 26 32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 106
	PATH606	10 28 34 40 52 76 77 80 94 102 104 106 107
	PATH607	10 28 34 40 52 82 90 106
	PATH608	10 28 34 40 52 80 84 88 90 106
221	41→5	demand=99
	PATH609	28 34 40 52 80 84 88 90 106
	PATH610	28 34 40 52 76 77 80 94 102 104 106 107
	PATH611	28 34 40 52 82 90 106
222	41→6	demand=16
	PATH612	14 24 26 32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 106
	PATH613	14 16 22 54 56 62 68 70 74 76 94 102 104 106 107 109
	PATH614	14 24 26 32 38 42 44 46 48 50 82 90 106
223	41→8	demand=4
	PATH615	22 54 56 62 68 70 74 78 84 88 90 106 109
	PATH616	22 54 56 62 68 70 74 76 94 102 104 106 107 109
	PATH617	15 24 26 32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 106
	PATH618	15 24 26 32 38 42 44 46 48 50 82 90 106
224	41→10	demand=12
	PATH619	54 56 62 68 70 74 78 84 88 90 106 109
	PATH620	54 56 62 68 70 74 76 94 102 104 106 107 109
	PATH621	44 46 48 50 54 58 66 80 84 88 90 106
	PATH622	15 21 24 26 32 38 42 44 46 48 50 82 90 106
	PATH623	44 46 48 50 54 58 66 82 90 106
225	41→11	demand=42

	PATH624	26 32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 106
	PATH625	16 22 23 54 56 62 68 70 74 76 94 102 104 106 107 109
	PATH626	26 32 38 42 44 46 48 50 82 90 106
226	41→12	demand=43
	PATH627	32 38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 106
	PATH628	32 38 42 44 46 72 74 76 94 102 104 106 107
	PATH629	32 38 42 44 46 48 50 82 90 106
227	41→15	demand=36
	PATH630	38 42 44 46 48 50 80 84 88 90 106
	PATH631	38 42 44 46 72 74 76 94 102 104 106 107
	PATH632	38 42 44 46 48 50 82 90 106
228	41→17	demand=12
	PATH633	56 62 68 70 74 78 84 88 90 106 109
	PATH634	56 62 68 70 74 76 94 102 104 106 107 109
	PATH635	44 46 48 50 58 66 80 84 88 90 106
	PATH636	44 46 48 50 58 66 82 90 106
229	41→19	demand=13
	PATH637	68 70 74 78 84 88 90 106
	PATH638	68 70 74 76 94 102 104 106 107
	PATH639	44 46 48 50 55 58 61 66 80 84 88 90 106 110
	PATH640	44 46 48 50 55 58 61 66 82 90 106 110
230	41→22	demand=4
	PATH641	44 46 48 50 80 84 88 90 106
	PATH642	44 46 72 74 76 94 102 104 106 107
	PATH643	44 46 48 50 82 90 106
231	41→23	demand=11
	PATH644	46 48 50 80 84 88 90 106
	PATH645	46 72 74 76 94 102 104 106 107
	PATH646	46 48 50 82 90 106
232	41→25	demand=1
	PATH647	48 50 80 84 88 90 106
	PATH648	72 74 76 94 102 104 106 107
	PATH649	48 50 82 90 106
233	41→26	demand=11
	PATH650	50 80 84 88 90 106
	PATH651	50 76 77 80 94 102 104 106 107
	PATH652	50 82 90 106
234	41→29	demand=13
	PATH653	74 78 84 88 90 106
	PATH654	74 76 94 102 104 106 107
	PATH655	74 76 94 96 98 99 106 107
235	41→31	demand=8
	PATH656	84 88 90 106
	PATH657	76 77 94 102 104 106 107
236	41→33	demand=52
	PATH658	94 102 104 106
	PATH659	94 96 98 99 106
237	41→36	demand=67
	PATH660	102 104 106
	PATH661	96 98 99 106
238	41→38	demand=56
	PATH662	106
239	41→39	demand=25

	PATH663	95 102 104 106
	PATH664	98 99 106
240	42→4	demand=0
	PATH665	5 8 14 16 22 54 56 62 68 70 74 76 109
	PATH666	10 28 34 40 52 76 77 80
241	42→5	demand=0
	PATH667	28 34 40 52 76 77 80
	PATH668	28 34 40 47 49 52 72 74 76
242	42→6	demand=0
	PATH669	14 16 22 54 56 62 68 70 74 76 109
243	42→8	demand=0
	PATH670	22 54 56 62 68 70 74 76 109
244	42→10	demand=0
	PATH671	54 56 62 68 70 74 76 109
	PATH672	54 56 62 68 70 74 76 109
245	42→11	demand=0
	PATH673	26 32 38 42 44 46 72 74 76
	PATH674	16 22 23 54 56 62 68 70 74 76 109
246	42→12	demand=0
	PATH675	32 38 42 44 46 72 74 76
	PATH676	32 38 42 44 46 72 74 76
247	42→15	demand=0
	PATH677	38 42 44 46 72 74 76
248	42→17	demand=0
	PATH678	56 62 68 70 74 76 109
249	42→19	demand=0
	PATH679	68 70 74 76
250	42→22	demand=0
	PATH680	44 46 72 74 76
251	42→23	demand=0
	PATH681	46 72 74 76
252	42→25	demand=0
	PATH682	72 74 76
253	42→26	demand=0
	PATH683	50 76 77 80
	PATH684	47 72 74 76
254	42→29	demand=0
	PATH685	74 76
255	42→31	demand=2
	PATH686	76 77
256	42→33	demand=22
	PATH687	108
257	42→36	demand=12
	PATH688	93 108
	PATH689	76 77 83 87 89 102 104
258	42→38	demand=34
	PATH690	93 101 103 108
	PATH691	76 77 83 87 89
259	42→39	demand=0
	PATH692	93 95 108
	PATH693	76 77 83 87 89 95 102 104
260	43→4	demand=5
	PATH694	5 8 14 16 22 54 56 62

	PATH695	10 28 34 40 52 67 69 73 77 80 110
261	43→5	demand=3
	PATH696	5 8 9 14 16 22 54 56 62
	PATH697	28 34 40 52 67 69 73 77 80 110
	PATH698	28 34 36 38 42 63 65 110
	PATH699	28 34 40 43 45 47 49 52 63 65 110
	PATH700	28 34 40 47 49 52 67 69 72 110
	PATH701	12 14 16 22 54 56 62
	PATH702	16 22 23 25 28 29 54 56 62
262	43→6	demand=2
	PATH703	14 16 22 54 56 62
263	43→8	demand=0
	PATH704	22 54 56 62
264	43→10	demand=1
	PATH705	54 56 62
265	43→11	demand=1
	PATH706	16 22 23 54 56 62
266	43→12	demand=2
	PATH707	16 22 23 25 54 56 62
	PATH708	32 38 42 63 65 110
267	43→15	demand=2
	PATH709	38 42 44 46 67 69 72 110
	PATH710	38 42 63 65 110
268	43→17	demand=2
	PATH711	56 62
269	43→19	demand=1
	PATH712	110
270	43→22	demand=0
	PATH713	44 46 67 69 72 110
	PATH714	63 65 110
271	43→23	demand=1
	PATH715	46 67 69 72 110
	PATH716	43 63 65 110
272	43→25	demand=0
	PATH717	67 69 72 110
	PATH718	43 45 63 65 110
273	43→26	demand=2
	PATH719	47 67 69 72 110
	PATH720	43 45 47 63 65 110
274	43→29	demand=0
	PATH721	67 69 110
275	43→31	demand=0
	PATH722	67 69 73 77 110
276	43→33	demand=1
	PATH723	67 69 73 75 108 110
277	43→36	demand=2
	PATH724	67 69 73 75 93 108 110
	PATH725	67 69 73 77 83 87 89 102 104 110
278	43→38	demand=4
	PATH726	67 69 73 75 93 101 103 108 110
	PATH727	67 69 73 77 83 87 89 110
	PATH728	43 45 47 49 63 65 81 89 110
279	43→39	demand=0

	PATH729	67 69 73 75 93 95 108 110
	PATH730	67 69 73 77 83 87 89 95 102 104 110



簡 歷



姓名：卓學榮

籍貫：台灣彰化

出生日期：民國 72 年 9 月 5 日

聯絡地址：彰化縣員林鎮正興街 359 號

E-MAIL：smallq.com@gmail.com

學歷：

民國 97 年 6 月 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班畢業

民國 94 年 6 月 國立高雄大學應用數學系學士班畢業

民國 90 年 6 月 國立彰化高級中學畢業

