

運用知識庫輔助 GPS 測量指派作業研究

The Research of Using Knowledge-Based for GPS Logistical Scheme Of Field Survey

洪本善* 葉昭憲** 陳立邦***
Pen-Shan Hung Chao-Hsien Yeh Li-Pang Chen

摘 要

研究中將 GPS 作業規劃者之知識及經驗、作業規範，經整理並以 C++ 撰寫成為一 GPS 網形設計知識庫，經由知識驗證後，得知建構之知識庫可合理的設計網形。規劃者可使用相似之幾何分佈的測點進行知識庫網形設計，以避免人為設計網形可能造成之疏忽。在指派模式方面，由網形設計知識庫所提供各個測段之測點透過指派模式進而再規劃，主要是以分段指派之方式進行，可成功指派各組別至下個測段的施測順序。

關鍵詞：知識庫、作業研究、GPS 作業規劃、測量人員指派

Abstract

In this study GPS project planner's knowledge and experience, standard and specifications of procedures are integrated into a Knowledge Base with a C++ programming. After knowledge-based rules testing, it is found out the Knowledge Base is useful to plan a reasonable GPS network design. The GPS project planner can use similar geometric figure to design network and avoid negligence of artificial operation. In the part of assignment model, Knowledge Base is used to arrange logistical scheme of GPS field survey in whole sessions in accordance with knowledge-based rules. The method can successfully assign field surveyors to visit next stations with cost efficiency no matter what surveyor has any design experience.

Keywords: Knowledge based, Operation research, GPS project planning, Logistical scheme of field survey

*逢甲大學土地管理系副教授兼環境資訊科技研究所所長

**逢甲大學水利工程系副教授

***逢甲大學土地管理系碩士

一、前言

GPS 作業規劃中網形設計的優劣直接影響到資料處理的精度、成果品質及工作效率，若作業規劃人員專業知識不足或其經驗缺乏，可能造成整體測量成果品質的不理想，整體測量進度落後或工作效率不佳。在後勤規劃方面，一般皆利用小比例尺地形圖或像片基本圖來進行觀測時段的先後、測站（儀器）移動順序及路線之安排。在規劃測站（儀器）移動順序過程中缺少了路徑長短的考量，則可能造成成本提高。

故本研究擬由知識庫（Knowledge Base）的處理方式，整合資料與文獻，同時將專家知識與經驗利用知識庫邏輯推論的機制，求出較完善的網形設計，以期減少吾人因知識及經驗缺乏所犯的規劃缺失，而在後勤指派作業中，則利用地理資訊系統（Geographic Information System；GIS）之實際道路網資訊，作為測量人員派遣之成本依據，並以作業研究(Operation Research；OR)方法進行指派，以期求得較優的指派方案，兼顧成果品質與成本效益原則下，求得整體外業測量較優化的後勤方案目標。

二、GPS 控制網網形設計與 OR 應用於 GPS 之相關研究

2.1 GPS 控制網網形設計

GPS 網形設計時一般應考慮之三原則：（朱森，1995）

- 網內所有點位皆應同等看待，不論其為已知控制點或未知點，因採用之觀測量為相對而非絕對的。
- 網形設計時，僅需要考慮網形內非相依基線即可。因為網內所有基線之組合均採用時，會使得網形設計的影響因素過於複雜。
- 控制網以網內非相依基線組成之四邊形方式佈設。此原則適用於大型控制網，也是一般傳統測量點位佈設原則。

若兩個測回間每次皆施測兩個共同點，在換測站時，將有二站接收儀不動，其它接收儀移動至所規劃的測站，以此方式佈設將可達到高精度及有效率之作業方式，因每次固定保留二部接收儀不動，接收儀的台數越多其效率越高，圖 1 所示為一個採用不同數目之接收儀來佈設之簡單網形情況。

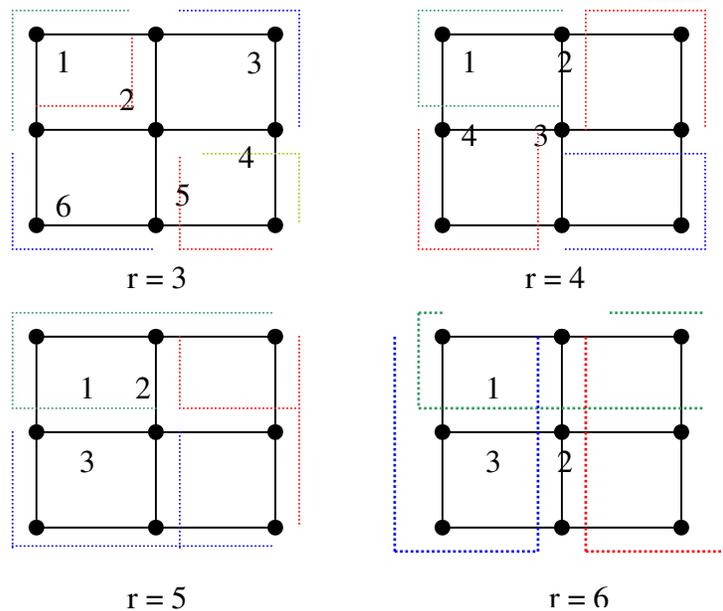


圖 1、對相同點位 (9 點) 採不同數量接收儀 (r) 之測回設計圖 (朱森, 1995)

2.2 OR 應用於 GPS 之相關研究

在多數的 OR 應用中，研究者所興趣的是發現一個最佳解，而瞭解最佳化的目的則是要找出在滿足限制條件下哪個是最便宜、最快或最可被接受的解，因此，使用 OR 中的巡迴推銷員問題(Travelling Salesman Problem；TSP)和指派問題 (Assignment Problem；AP) 則可節省接收儀移動換站之路徑成本及安排測量人員 (儀器) 至下一測段之順序。在 Saleh (1999) 研究中指出，若 GPS 在指派前可調查出路徑成本，則 GPS 網形可最佳化，而 GPS 規劃的目的就是在滿足 GPS 需求條件下尋找出最便宜的規劃。

Dare(1995) 研究利用巡迴推銷員問題，使用分支限制法 (branch-and-bound；BB) 成功地解決小的 GPS 網形問題。在 Saleh(1999) 研究中則利用模擬退火法(Simulated annealing；SA) 和禁忌收尋法(Tabu search；TS) 之啟發式方法解決了大的 GPS 網形問題。GPS 網路問題簡述如后：設儀器數 R 個、測點數 N 個，一個子規劃是由 U 個觀測時段(session) 所組成的，因此，模式之目標是如何以有效的方法並考慮到時間、成本等因素，決定每一台 GPS 儀器移動至測點，同時滿足全部的觀測時段成本為最小。其 GPS 測量問題

之數學模式與說明如下：

GPS 測量問題之數學模式：

$$\text{目標式(Minimize): } C(V) \quad (2-1)$$

$$\text{限制式(Subject to ; S.T): } V \in I, \quad I \subseteq Q; \quad (2-2)$$

$$\bigcup_{i=1}^r S_i \geq N; \quad (2-3)$$

$$(2-4)$$

$$C(V) = \sum_{i \in S_i} C(S_i) \quad \forall i \in R;$$

模式說明

目標式則是要找出成本最小化，必須依據 GPS 測量問題的限制，如此才能找出最佳解，其限制式如下所示：

$V \in I$: 一個適宜解 V 是屬於一系列的適宜群解 I 之中；

$I \subseteq Q$: 一系列的適宜群解在蒐尋空間之中；

$\bigcup_{i=1}^r S_i \geq N$: 儀器所拜訪測點的總數不能少於原本規劃的測點數；

$C(V) = \sum_{i \in S_i} C(S_i)$, $\forall i \in R$: 儀器所拜訪測點的成本總額為 $C(V)$ 。

三、網形設計知識庫與指派模式之建構

3.1 網形設計知識庫事前考量因素之確定

執行知識庫前，則必須提供已知之資訊（事實）。即為網形設計事前考量之因素，其分為三部分：(1)施測方向(2)所需測量之測站點位與儀器數(3)不同時段觀測時，各時段測網之間共同測站數，此三部分需先行確定，如此知識庫才有依據進行網形設計。

在施測方向之設定，本研究則依據研究範圍之測點幾何分佈訂定。在研究中的測點幾何分佈整體與長方形相似，由於考量網形設計之方便性，因此網形設計一般都是會以測區較長邊開始進行，因此，研究則採用以長邊的施測方向為主，再以整區測點的最右上、左上、右下、左下的測點作為起點，分別訂定了四個施測方向，如圖 2 所示。以便可對知識庫進行知識的驗證，並可加以探討以四個方向施測其所產生之成本差異性為何。

本研究所採用的模擬規劃設計之地區為台中市西屯區的「台中市

1/1000 數值航測 GIS 地形圖」測量成果之控制點，所需測量之測站點位共計 34 點，並依高書屏等（2001）一般的測量公司和地方級的測量單位 GPS 接收儀在 6 台至 12 台的狀況，因此研究中採用 6 台儀器數進行知識庫設計並看其可行性。而不同時段觀測時，各時段測網之間至少需有兩個共同測站。

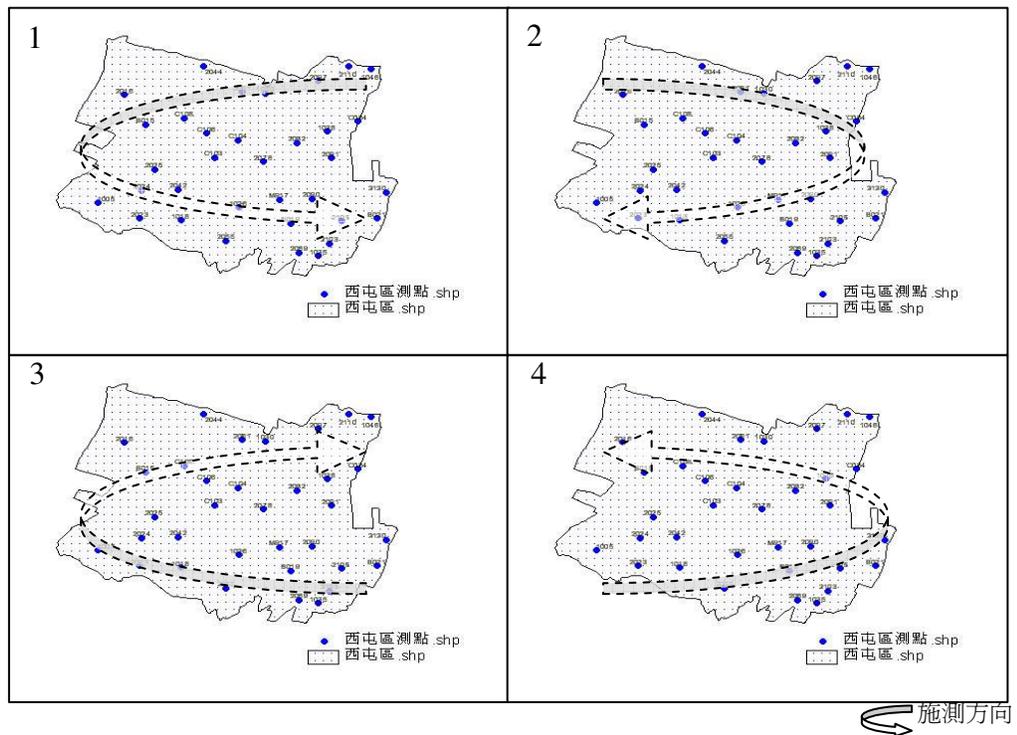


圖 2 施測方向示意圖

3.2 建立網形設計知識庫法則

本研究以規則為基礎的知識庫系統，因此必須依網形設計的經驗、準則撰寫成條列式「IF... THEN...」的法則，推論成一網形設計成果。並以迴圈方式逐次搜尋測點，利用所搜尋到的測點及依據所建構的規則和網形設計原則與方法予以適當的安排，直至所有測點佈設完畢。

由朱森（1995）所提出的 GPS 網形佈設原則中，可瞭解各測段裡的點位以基線最短為原則進行佈設。其規則表示如下：

IF 測點與測點之間距離最短 (取六點) THEN 一測段

在共同測站規則之準則有：

- 轉換至下一測段時，測段之間需有 2 個之共同測站銜接之原則。
- 共同測站盡量在測段與測段間的邊緣處，並依據施測方向進行固定點選取。

以之施測方向為例，其規則表示如下：

IF 180° <=方位角<=360° AND 測點必須離測段之中心點最遠 (取兩點) THEN 圈選共同測站

以之施測方向為例，若西邊無點則往南邊找尋測點並將之前已佈設完成之測段的最南邊點改成未測點，如此可增加網形強度(完整性增高)，並可增加精度和及重複測站。其規則表示如下：

IF 西邊已無測點可施測 AND 南邊仍有測點需施測 THEN 佈設南邊網形且須與之前已佈設好的網形相接

3.3 指派模式建立與參數說明

研究中採用下列兩模式進行指派:(A)各測點換站時間總合最小化、(B)最晚到達的時間成本最小化。並假設每測量組別行車皆以市區限速每小時 40 公里行車速度進行換站及各測點的可及性相等。模式之數學式、參數說明、與各限制式的說明如下(陳立邦等, 2002)：

指派模式 A：	指派模式 B：
Minimize Time = $\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Time_{ij} X_{ij}$ (3-1)	Minimize K (3-5)
<p>限制式：</p> $\sum_{j=1}^6 X_{ij} = 1$ 對 i(儀器數)=1,2,3,...,6 (3-2)	<p>限制式：</p> $\sum_{j=1}^6 Time_{ij} X_{ij} - K \leq 0$ 對 i=1,2,3,...,6 (3-6)
$\sum_{i=1}^6 X_{ij} = 1$ 對 j(測點數)=1,2,3,...,6 (3-3)	$\sum_{i=1}^6 Time_{ij} X_{ij} - K \leq 0$ 對 j=1,2,3,...,6 (3-7)
$X_{ij} \geq 0$ 對所有 i 和 j (3-4)	$\sum_{j=1}^6 X_{ij} = 1$ 對 i=1,2,3,...,6 (3-8)
$(X_{ij}$ 二位元，對所有的 i 和 j)	$\sum_{i=1}^6 X_{ij} = 1$ 對 j=1,2,3,...,6 (3-9)
	$X_{ij} \geq 0$ 對所有 i 和 j (3-10)
	$(X_{ij}$ 二位元，對所有的 i 和 j)

參數說明:

$Time_{ij}$: 從 i 測點至 j 測點之換站時間。

K : 換站所花費最長的時間。

X_{ij} : 測站節點之流量。

模式說明:

式(3-1)及(3-5)為本模式 A、B 之目標式，請參閱 A、B 模式前述說明。

式(3-2)及(3-8)為一限制式其代表在同一測段中，每一組測量人員只能恰好派到一個測點測量。

式(3-3)及(3-9)為一限制式其代表在同一測段中，每一個測點只能由一組測量人員進行測量。

式(3-4)及(3-10)為二元限制式， $X_{ij} = 1$ 代表指派 i 到 j 測點測量， $X_{ij} = 0$ 代表無指派工作。

式(3-6)與為一限制式，其代表每一組測量人員在轉換測段中所需花費的時間需小於或等於最長的換站時間，如此才能找出最長的換站時間值，並透過目標函數使最長的換站時間最小化。

式(3-7)為一限制式，當每一測點由一組測量人員從上一測段之測點至此所花費之時間需小於或等於最長的換站時間。

式(3-7)其 $X_{ij} \geq 0$ 與式(3-4)相同，而 K 為時間單位，需為正值。

四、網形知識庫設計成果與指派成本分析

4.1 網形設計成果與知識庫驗證

為了對知識庫進行知識的驗證，分別以四個施測方向(、、、)去進行網形設計，來探討以不同施測所產生之成本差異性為何，網形設計成果示意圖，如圖 3、圖 4、圖 5、圖 6 所示。

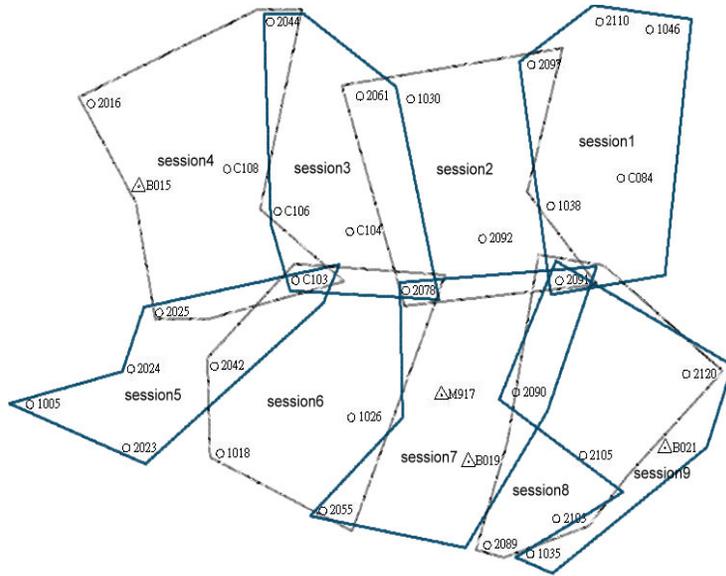


圖 3 施測方向 ↺ 之網形設計成果示意圖

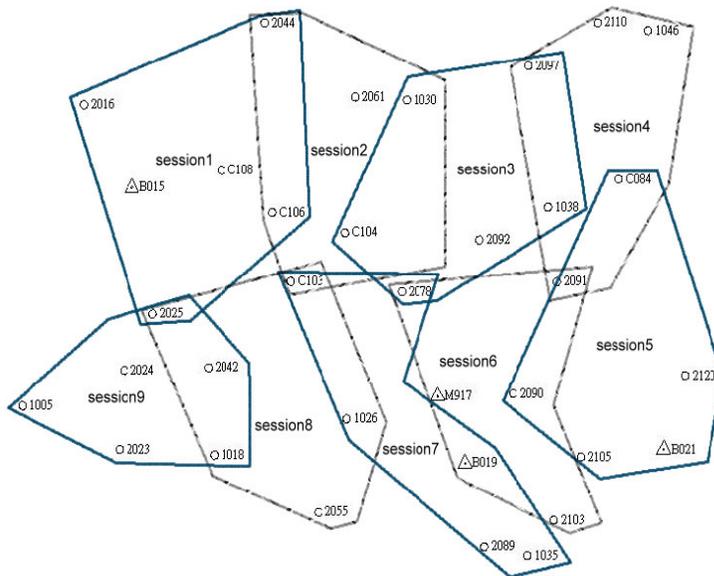


圖 4 施測方向 ↻ 之網形設計成果示意圖

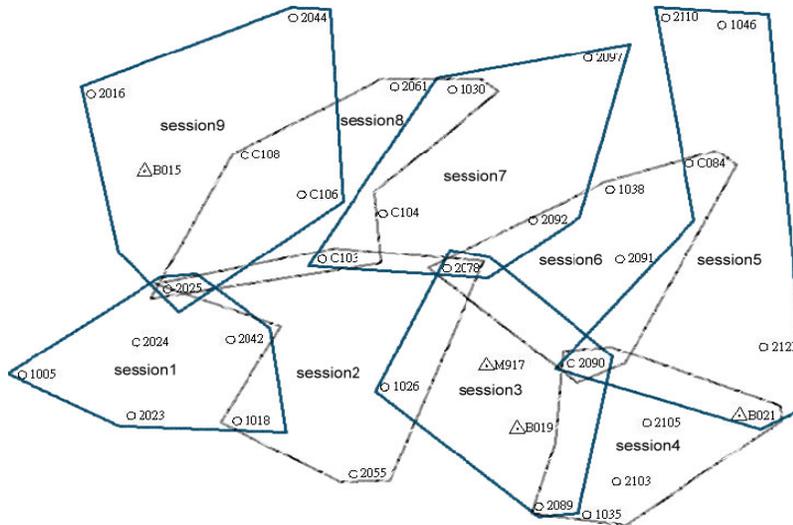


圖 5 施測方向→之網形設計成果示意圖

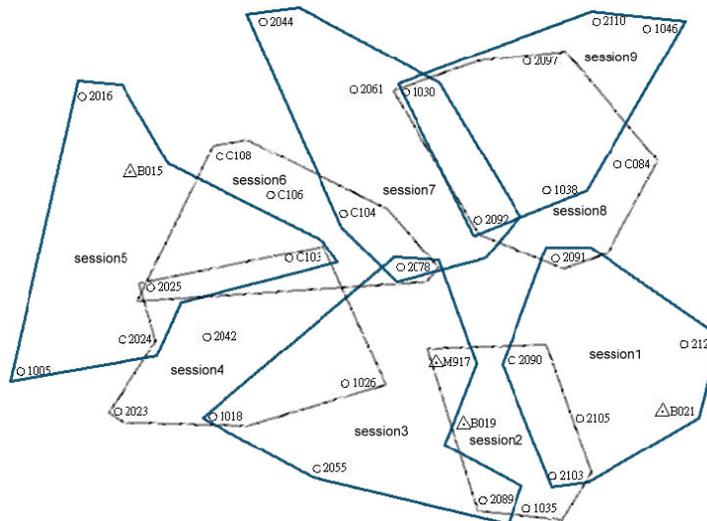


圖 6 施測方向←之網形設計成果示意圖

由網形設計成果示意圖則可清楚的瞭解，不同施測方向會有不同的網形佈設，在知識庫中，其中主要是以各測段裡的點位基線最短為原則進行佈設。在四個施測方向裡其各個測段中大都有遵循此規則進行網形設計，惟獨在各個之施測方向的第五個測段無依此規則進行網形設計。以→施測方向說明其因，若依照規則一進行網形設計，在第五測段之測點群應該為 2092、B021、2090、2120、1038、2091，而為了防止知識庫內有漏測點之狀況產生，在下方測段轉換至上方測

段時，知識庫將 2092、1038 和 2091 的測點改變為 C084、2110 和 1046，因此，在第五測段中測點群改變為 C084、B021、2090、2120、2110、1046。

於規則二，由網形設計成果示意圖則可瞭解，在四個施測方向之共同測站，都有遵循其規則進行佈設。而在各個施測方向的最後一個測段中，可發覺有三個或四個共同測站，其因為在最後一個測段中，只剩二個至三個未測點，因此，知識庫則將剩餘之儀器安排為共同測站。而在規則三在四個施測方向的上方各個測段與下方各個測段之網形彼此相連，也證實知識庫依其規則進行網形設計。

在研究中所建制之網形設計知識庫，主要是依據所建構的規則和網形設計原則與方法適當的安排網形，四個施測方向之成果可證實，本知識庫可合理的設計網形。

4.2 指派成果分析

4.2.1 指派模式 A、B 換站時間成本分析

指派模式 A、B 的模式與四個施測方向之初始解不同，模式 A、B 指派成果如表 1~8 所示，分析後的成本必然也不同，由四個施測方向之模式 A、B 的轉換站成本比較如表 9 可知，其中的轉換站所需要的時間成本主要是採最長換站時間為主，由於需等待最晚到達測站之組別，以便同步觀測。

為了檢定採用模式 A 與模式 B 對換站時間成本影響是否顯著差異，本研究以獨立樣本 t 檢定來進行檢定分析。本研究之研究假設：採用模式 A 與模式 B 對成本影響無顯著差異。由表 10 得知，在四種施測方向中，模式 A 與模式 B 對成本的影響之 P 值皆大於 0.05，因此不具顯著差異。

表 1 施測方向④之模式 A 指派成果表

	測段1	測段2	測段3	測段4	測段5	測段6	測段7	測段8	測段9
組別1	1046	1030	2044	2044	2042	2042	2091	2091	2091
組別2	2110	2061	2061	C108	2024	1026	B019	2103	B021
組別3	2097	2097	C103	C103	C103	C103	2090	2090	2090
組別4	C084	2092	C106	2016	1005	2055	2055	2089	1035
組別5	1038	2078	2078	B015	2023	1018	M917	2105	2105
組別6	2091	2091	C104	2025	2025	2078	2078	2120	2120
									共同測站

表 2 施測方向 ↻ 之模式 A 指派成果表

組別	測段1	測段2	測段3	測段4	測段5	測段6	測段7	測段8	測段9
組別1	2016	2061	2097	2097	2105	B019	B019	2042	2042
組別2	B015	1030	1030	1046	B021	2103	1035	1018	1018
組別3	C108	C103	2078	2091	2091	2091	C103	C103	2023
組別4	2044	2044	2092	C084	C084	2078	2078	2025	2025
組別5	2025	C104	C104	2110	2120	M917	1026	1026	2024
組別6	C106	C106	1038	1038	2090	2090	2089	2055	1005

共同測站

表 3 施測方向 ↻ 之模式 A 指派成果表

組別	測段1	測段2	測段3	測段4	測段5	測段6	測段7	測段8	測段9
組別1	1005	2055	2089	2089	2110	2092	2092	C108	C108
組別2	2023	1026	1026	1035	2120	2091	C104	C106	C106
組別3	2024	C103	2090	2090	2090	2090	C103	C103	2016
組別4	2025	2025	B019	2103	1046	1038	1030	1030	B015
組別5	2042	2078	2078	B021	B021	2078	2078	2025	2025
組別6	1018	1018	M917	2105	C084	C084	2097	2061	2044

共同測站

表 4 施測方向 ↻ 之模式 A 指派成果表

組別	測段1	測段2	測段3	測段4	測段5	測段6	測段7	測段8	測段9
組別1	2120	B019	1018	1018	1005	C104	C104	C084	1046
組別2	B021	1035	2055	2023	2024	2078	2078	1038	1038
組別3	2105	2089	2089	2042	2016	C108	2044	2091	2110
組別4	2091	M917	M917	2025	2025	2025	1030	1030	1030
組別5	2090	2090	2078	C103	C103	C103	2092	2092	2092
組別6	2103	2103	1026	1026	B015	C106	2061	2097	2097

共同測站

表 5 施測方向 ↻ 之模式 B 指派成果表

組別	測段1	測段2	測段3	測段4	測段5	測段6	測段7	測段8	測段9
組別1	1046	2092	C106	2016	1005	2055	2055	2089	1035
組別2	2110	1030	2044	2044	2042	2042	2091	2091	2091
組別3	2097	2097	C104	2025	2025	2078	2078	2120	2120
組別4	C084	2078	2078	B015	2023	1018	M917	2105	2105
組別5	1038	2061	2061	C108	2024	1026	B019	2103	B021
組別6	2091	2091	C103	C103	C103	C103	2090	2090	2090

共同測站

表 6 施測方向 ↻ 之模式 B 指派成果表

組別	測段1	測段2	測段3	測段4	測段5	測段6	測段7	測段8	測段9
組別1	2016	2061	1038	1038	2105	B019	B019	2025	2025
組別2	B015	1030	1030	1046	2120	M917	C103	C103	2023
組別3	C108	C103	2097	2097	B021	2103	1035	2042	2042
組別4	2044	2044	2078	2091	2091	2091	1026	1026	2024
組別5	2025	C104	C104	2110	2090	2090	2089	2055	1005
組別6	C106	C106	2092	C084	C084	2078	2078	1018	1018

共同測站

表 7 施測方向 \Rightarrow 之模式 B 指派成果表

	測段1	測段2	測段3	測段4	測段5	測段6	測段7	測段8	測段9
組別1	1005	C103	2090	2090	2090	2090	C103	C103	2016
組別2	2023	2055	2089	2089	2120	2091	C104	2025	2025
組別3	2024	1026	1026	1035	C084	C084	2097	2061	2044
組別4	2025	2025	B019	B021	B021	2092	2092	C106	C106
組別5	2042	2078	2078	2103	2110	1038	1030	1030	B015
組別6	1018	1018	M917	2105	1046	2078	2078	C108	C108

共同測站

表 8 施測方向 \Leftarrow 之模式 B 指派成果表

	測段1	測段2	測段3	測段4	測段5	測段6	測段7	測段8	測段9
組別1	2120	1035	2055	2025	2025	2025	2044	2091	2110
組別2	B021	2089	2089	2042	2016	C106	2061	1038	1038
組別3	2105	B019	1018	1018	1005	C108	2092	2092	2092
組別4	2091	M917	M917	C103	C103	C103	1030	1030	1030
組別5	2090	2090	2078	2023	2024	2078	2078	C084	1046
組別6	2103	2103	1026	1026	B015	C104	C104	2097	2097

共同測站

表 9 模式 A、B 的轉換站成本比較表 (單位:分鐘)

施測方向 \Leftarrow	模式A	模式B	施測方向 \Rightarrow	模式A	模式B
第一次轉換站所需時間	6.271	5.894	第一次轉換站所需時間	7.84	7.84
第二次轉換站所需時間	4.907	4.791	第二次轉換站所需時間	8.681	6.923
第三次轉換站所需時間	4.965	4.965	第三次轉換站所需時間	6.397	6.397
第四次轉換站所需時間	7.948	7.948	第四次轉換站所需時間	8.535	7.463
第五次轉換站所需時間	9.63	9.63	第五次轉換站所需時間	6.248	6.248
第六次轉換站所需時間	6.961	6.961	第六次轉換站所需時間	4.683	4.553
第七次轉換站所需時間	5.463	5.463	第七次轉換站所需時間	8.82	8.016
第八次轉換站所需時間	2.512	2.512	第八次轉換站所需時間	9.72	9.72
SUM	48.657	48.164	SUM	60.924	57.16
差值	0.493		差值	3.764	

施測方向 \Rightarrow	模式A	模式B	施測方向 \Leftarrow	模式A	模式B
第一次轉換站所需時間	9.671	8.867	第一次轉換站	4.73	4.305
第二次轉換站所需時間	6.741	6.741	第二次轉換站	6.534	6.534
第三次轉換站所需時間	5.735	4.941	第三次轉換站	9.769	8.161
第四次轉換站所需時間	10.404	9.875	第四次轉換站	7.976	7.976
第五次轉換站所需時間	7.019	6.726	第五次轉換站	14.042	10.106
第六次轉換站所需時間	5.562	5.562	第六次轉換站	7.989	6.281
第七次轉換站所需時間	6.111	5.408	第七次轉換站	9.002	9.002
第八次轉換站所需時間	8.233	8.234	第八次轉換站	6.582	6.582
SUM	59.476	56.354	SUM	66.624	58.947
差值	3.122		差值	7.677	

表 10 指派模式 A 與模式 B 換站時間成本比較分析

	模式 A	模式 B	P 值
施測方向↙之測量時間成本	18.024	18.229	0.972
施測方向↘之測量時間成本	20.961	21.595	0.836
施測方向↗之測量時間成本	21.836	22.973	0.586
施測方向↖之測量時間成本	20.276	21.285	0.797

p<0.05* p<0.01** p<0.001***

雖於四個施測方向的 A、B 兩模式對成本影響是無明顯差異，從平均值可發現，四個施測方向中，模式 B 之轉換站所需換站時間成本比模式 A 少，且在實務測量中乃是採用成本較低的方案來進行規劃。因此，本研究建議規劃者採用模式 B 來進行指派。

4.2.2 指派模式 A、B 運輸時間成本分析

在一般測量中，運輸成本也是主要測量之花費，若規劃者所重視之成本概念為轉換測段時各個組別的運輸時間成本可節省多少，而不是重視減短整體測量所花費的時間之概念，則模式分析成果又是如何？因此在此節中將討論模式 A、B 之各個組別再轉換下一測站的運輸時間成本之差異性。在四個施測方向之兩方案模式 A、B 運輸成本比較表，如表 11 所示。

表 11 模式 A、B 的運輸成本比較表（單位:分鐘）

施測方向↙	模式A	模式B	施測方向↘	模式A	模式B
第一次轉換站運輸成本	20.53	21.67	第一次轉換站運輸成本	21.25	21.25
第二次轉換站運輸成本	14.08	14.58	第二次轉換站運輸成本	23.08	25.18
第三次轉換站運輸成本	17.29	17.29	第三次轉換站運輸成本	19.61	19.61
第四次轉換站運輸成本	26.95	26.95	第四次轉換站運輸成本	27.39	28.31
第五次轉換站運輸成本	25.04	25.04	第五次轉換站運輸成本	16.86	16.86
第六次轉換站運輸成本	21.46	21.46	第六次轉換站運輸成本	11.47	12.48
第七次轉換站運輸成本	15.19	15.19	第七次轉換站運輸成本	24.83	25.82
第八次轉換站運輸成本	3.65	3.65	第八次轉換站運輸成本	23.25	23.25
SUM	144.19	145.83	SUM	167.69	172.76
模式A-B之差值	-1.64		模式A-B之差值	-5.07	
施測方向↗	模式A	模式B	施測方向↖	模式A	模式B
第一次轉換站運輸成本	25.63	30.24	第一次轉換站運輸成本	13.42	13.76
第二次轉換站運輸成本	21.5	21.5	第二次轉換站運輸成本	18.31	18.31
第三次轉換站運輸成本	15.38	17.2	第三次轉換站運輸成本	25.61	26.87
第四次轉換站運輸成本	30.78	31.48	第四次轉換站運輸成本	23.51	23.51
第五次轉換站運輸成本	23.1	24.39	第五次轉換站運輸成本	29.9	32.31
第六次轉換站運輸成本	18.49	18.49	第六次轉換站運輸成本	17.9	19.7
第七次轉換站運輸成本	18.5	19.16	第七次轉換站運輸成本	24.14	26.4
第八次轉換站運輸成本	21.32	21.32	第八次轉換站運輸成本	9.42	9.42
SUM	174.7	183.78	SUM	162.21	170.28
模式A-B之差值	-9.08		模式A-B之差值	-8.07	

為了檢定在運輸時間成本觀點上兩模式對成本影響是否顯著，研究假設為：採用模式 A 與模式 B 對運輸成本影響無顯著差異。由表 12 得知，兩模式對成本影響的 P 值皆大於 0.05，因此皆不具顯著差異。

表 12 指派模式 A 與模式 B 運輸時間成本比較分析

	模式 A	模式 B	P 值
施測方向④之測量時間成本	6.082	6.021	0.998
施測方向⑤之測量時間成本	7.616	7.145	0.556
施測方向⑥之測量時間成本	7.435	7.044	0.927
施測方向⑦之測量時間成本	8.326	7.368	0.496

p<0.05* p<0.01** p<0.001***

在實務測量中大都採用成本較低之規劃進行，由四個施測方向模式 A 與模式 B 的平均數可知模式 A 之轉換站所需時間成本比模式 B 少，因此，也較建議規劃者採用模式 A 來進行指派。

在前述的模式 A、B 成本分析中，於換站與運輸時間成本差異在統計測試上並無顯著差異，此可能因素為研究測試區的路網市區分佈均勻，而且測試區的範圍形狀過於理想所致。此知識庫網形設計與指派模式若能於不同類型的範圍及路網進一步測試，或許能夠得到顯著之成果。無論如何，此網形設計與指派模式應可提供一般作業實務使用

五、結論

1. 研究中所建制之網形設計知識庫，主要是依據所建構的規則和網形設計原則與方法適當的安排網形，經由知識驗證後，得知本研究所建構之知識庫可合理的設計網形。因此若非專業之人員也可利用此知識庫進行網形設計，並可避免人為設計網形所造成之疏忽。
2. 在網形設計知識庫中，由於知識庫主要是以西屯區之測點分佈之幾何圖形進行知識撰寫，因此規劃者可使用相似之幾何分佈的測點進行知識庫網形設計，並可選擇一個施測方向之結果，來進行指派模式或是以人工進行指派皆可。
3. 經由模式(A):各個換站時間最小化、模式(B):最晚到達的時間成本最小

化之目標式與限制式，並以分段指派之方式進行指派，可成功的指派各組別至下個測段的施測順序，並求得其兩模式之目標值。雖於 t 檢定後發覺兩模式對成本之影響無顯著，但經由兩模式之成本平均數比較後得知，模式 B 之成果，減短整體測量所花費之時間比模式 A 之成效佳。

六、致謝

本研究誠蒙國科會計劃 NSC 91-2211-E-035-029 贊助，及各位專家學者的不吝指正，特此申謝。

七、參考文獻

1. 朱森，1995。「GPS 網形設計考量因素之研析」，第十四屆測量學術及應用研討會論文計集，第 51-59 頁，國立中興大學，台中。
2. 高書屏、謝東發、朱森，2001。利用網形設計概念降低佈設 GPS 控制網外業作業成本之研究，地籍測量，第二十卷第一期，第 1-14 頁。
3. 陳立邦、洪本善、葉昭憲，2002。GPS 測量人員指派作業之研究，2002 中華地理資訊學會年會暨學術研討會光碟，B-39。
4. Dare, Peter John. , 1995. “ *Optimal Design of GPS Networks: Operational Procedures*, “ Ph.D. Thesis, School of Surveying, University of East London, Dagenham, Essex, UK.
5. Saleh, Hussain Aziz. , 1999 “ A heuristic approach to the design of GPS networks. “ Ph.D. Thesis, School of Surveying, University of East London, Dagenham, Essex, UK.