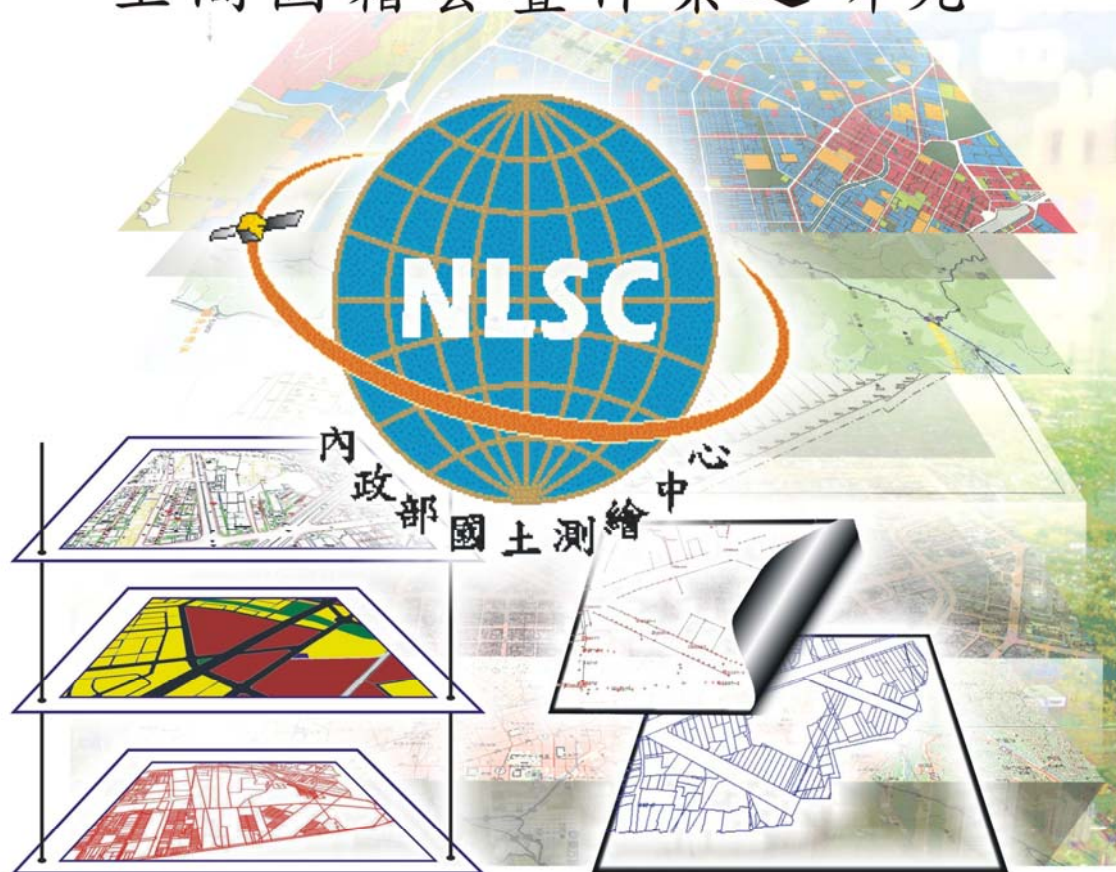


空間圖籍套疊作業之研究



內政部國土測繪中心97年度自行研究報告

民國 97 年 12 月

097301080000G2001

空間圖籍套疊作業之研究

簡任技正 鄭彩堂
測量員 董荔偉
研究人員：技 正 胡征懷
副主任 蘇惠璋
主 任 林燕山

民 國 9 7 年 1 2 月

097301080000G2001

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

A Study of Spatial Overlay for Multiple Maps

BY

Cheng , Tsai-Tang

Tung , Li-Wei

Hu, Cheng-Huai

Su Hui-Chang

Lin, Yen-Shan

December , 2008

目	次
表次	III
圖次	VI
摘要	X
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究動機及目的	9
第三節 文獻回顧	11
第二章 研究流程及方法	17
第一節 研究流程	17
第二節 研究方法	18
第三節 研究進度	42
第四節 研究預期發現及效果	43
第五節 研究人員編組	44
第三章 理論基礎	45
第一節 廣義最小二乘平差法	45
第二節 圖解地籍圖伸縮改正	49
第三節 地籍圖套疊現況	57
第四節 三圖套疊作業	60
第五節 計算轉換後點位坐標	69
第六節 統計測試	74
第四章 成果分析及驗證	75
第一節 花蓮市福德段成果分析及驗證	78
第二節 嘉義市港子坪段成果分析及驗證	94
第三節 臺中市龍門段分析及驗證	107
第四節 桃園縣蘆竹鄉河底段成果分析及驗證	124

第五節 綜合分析及討論	127
第五章 結論與建議	140
第一節 結論	140
第二節 建議	142
附錄一 都市計畫測量分割及圖紙伸改正相關法令規定	144
附錄二 三圖套疊約制條件六參數坐標轉換報表	150
附錄三 三圖套疊地形圖六參數轉換加內插計算結果報表	153
附錄四 三圖套疊地形圖六參數轉換加內插配置結果報表	154
附錄五 DELAUNAY 三角形四參數轉換計算報表	155
附錄六 Delaunay 三角形點位坐標內插改正量報表	159
參考書目	160

表 次

表 1-1 圖解地籍圖圖簿面積超過公差一覽表 -----	7
表 2-1 1/600 地籍圖使用圖幅面積條件改正一覽表 -----	26
表 2-2 研究進度表 -----	42
表 2-3 研究人員編組表-----	44
表 4-1 福德段空間圖籍套疊使用條件數量表 -----	79
表 4-2 福德段空間圖籍套疊結果精度表 -----	80
表 4-3 福德段地形圖六參數計算結果距離差值分析表 -----	83
表 4-4 福德段地形圖四參數計算結果距離差值分析表 -----	85
表 4-5 福德段都計圖六參數計算結果距離差值分析表 -----	85
表 4-6 福德段都計圖四參數計算結果距離差值分析表 -----	87
表 4-7 福德段共同點兩兩轉換坐標差值比較表 -----	88
表 4-8 福德段以不同圖籍為底圖使用條件數量表 -----	90
表 4-9 福德段以不同圖籍為底圖計算結果精度表-----	91
表 4-10 福德段地形圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表 ---	92
表 4-11 福德段地形圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表 ---	92
表 4-12 福德段都計圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表 ----	92
表 4-13 福德段都計圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表 ----	93
表 4-14 福德段地籍圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表 ---	93
表 4-15 福德段地籍圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表 ---	93
表 4-16 港子坪段各圖幅現況套疊使用條件數量表 -----	94
表 4-17 港子坪段各圖幅伸縮率改正結果精度表 -----	95
表 4-18 港子坪段各圖幅與現況套疊精度比較表 -----	95

表 4-19 港子坪段空間圖籍套疊使用條件數量表	97
表 4-20 港子坪段空間圖籍套疊結果精度表	98
表 4-21 港子坪段地形圖六參數計算結果距離差值分析表	101
表 4-22 港子坪段地形圖四參數計算結果距離差值分析表	101
表 4-23 港子坪段都計圖六參數計算結果距離差值分析表	103
表 4-24 港子坪段都計圖四參數計算結果距離差值分析表	104
表 4-25 龍門段空間圖籍套疊使用條件數量表	108
表 4-26 龍門段空間圖籍套疊結果精度表	109
表 4-27 龍門段地形圖六參數計算結果距離差值分析表	113
表 4-28 龍門段地形圖四參數計算結果距離差值分析表	114
表 4-29 龍門段都計圖六參數計算結果距離差值分析表	114
表 4-30 龍門段都計圖四參數計算結果距離差值分析表	116
表 4-31 龍門段共同點兩兩轉換坐標差值比較表	117
表 4-32 龍門段三圖套疊使用條件數量表	119
表 4-33 龍門段三圖套疊結果精度表	121
表 4-34 龍門段地形圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表	122
表 4-35 龍門段地形圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表	122
表 4-36 龍門段都計圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表	122
表 4-37 龍門段都計圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表	123
表 4-38 龍門段地籍圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表	123
表 4-39 龍門段地籍圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表	123
表 4-40 河底段空間圖籍套疊使用條件數量表	124
表 4-41 河底段地籍圖與地形圖套疊結果精度表	125

表 4-42 河底段地形圖六參數計算結果距離差值分析表	-----126
表 4-43 河底段地形圖四參數計算結果距離差值分析表	-----126
表 4-44 各地段地形圖套疊精度比較表	-----133
表 4-45 各地段都計圖套疊精度比較表	-----133
表 4-46 各地段地形圖套疊精度比較表	-----134
表 4-47 各地段地形圖套疊結果垂距在公差內比率統計表	-----135
表 4-48 各地段都計圖套疊結果垂距在公差內比率統計表	-----135
表 4-49 各地段地形圖不同方式套疊結果垂距差統計表	----- 136
表 4-50 各地段都計圖不同方式套疊結果垂距差統計表	----- 136

圖

次

圖 1-1 數化地籍圖與 1/1000 地形圖套疊結果-----	2
圖 1-2 臺灣地區地籍測量情形概況-----	3
圖 1-3 地籍圖不同坐標系統間轉換關係圖-----	5
圖 1-4 圖解數化地籍圖圖幅接合情形示意圖-----	6
圖 1-5 選擇資料庫建置方法考慮因素圖-----	15
圖 2-1 研究流程圖-----	17
圖 2-2 福德段範圍-----	19
圖 2-3 港子坪段範圍-----	20
圖 2-4 龍門段範圍圖-----	21
圖 2-5 河底段範圍圖-----	21
圖 2-6 四參數轉換(相似轉換)示意圖-----	22
圖 2-7 六參數轉換(仿射轉換)示意圖-----	23
圖 2-8 圖幅改正示意圖-----	24
圖 2-9 1/600 地籍圖面積條件改正與原地籍圖套疊示意圖-----	25
圖 2-10 地籍圖套疊現況--共線條件坐標轉換示意圖-----	27
圖 2-11 三圖套疊示意圖-----	28
圖 2-12-1 三點共線示意圖-----	29
圖 2-12-2 三點共線示意圖-----	30
圖 2-13 程式架構圖-----	30
圖 2-14-1 程式畫面 1-----	34
圖 2-14-2 程式畫面 2-----	34
圖 2-14-3 程式畫面 3-----	34
圖 2-14-4 程式畫面 4-----	34

圖 2-14-5 程式畫面 5-----	34
圖 2-14-6 程式畫面 6-----	34
圖 2-15 圖籍套疊及條件選取工具程式-----	37
圖 2-16 圖層設定-----	37
圖 2-17 共點共線條件選取畫面-----	38
圖 2-18 Delaunay 三角網圖示意圖-----	38
圖 2-19 各待轉換點位於 Delaunay 三角形情形示意圖-----	40
圖 2-20 資料處理流程-----	41
圖 3-1-1 三點共線示意圖 1-----	57
圖 3-1-2 三點共線示意圖 2-----	58
圖 3-2 距離條件示意圖-----	58
圖 3-3-1 三點共線示意圖 1-----	61
圖 3-3-2 三點共線示意圖 2-----	61
圖 4-1 福德段條件點分布圖-----	78
圖 4-2 福德段六參數轉換地形圖條件點誤差向量及 Delaunay 圖-----	81
圖 4-3 福德段六參數轉換都計圖條件點誤差向量及 Delaunay 圖-----	81
圖 4-4 福德段地形圖套疊精度圖-----	82
圖 4-5 福德段都計圖套疊精度圖-----	82
圖 4-6-1 福德段三圖套疊地形圖六參數轉換 Delaunay 三角形內插 改正圖-----	82
圖 4-6-2 福德段三圖套疊地形圖六參數轉換 Delaunay 三角形內插 配置圖-----	83
圖 4-7-1 三圖套疊地形圖垂距統計圖（不等權）-----	84
圖 4-7-2 三圖套疊地形圖垂距統計圖（等權）-----	84

圖 4-7-3 福德段地形圖套疊垂距統計圖-----	84
圖 4-8-1 三圖套疊都計圖垂距統計圖(不等權)-----	86
圖 4-8-2 三圖套疊都計圖垂距統計圖(等權)-----	86
圖 4-8-3 都計圖套疊垂距統計圖-----	86
圖 4-9 福德段三圖套疊成果圖--都計圖套疊地籍圖-----	89
圖 4-10 福德段三圖套疊成果圖—地形圖套疊地籍圖-----	89
圖 4-11 福德段地形現況、都計圖及地形圖三圖套疊成果-----	90
圖 4-12 港子坪條件點分布圖-----	94
圖 4-13 港子坪段四參數轉換地形圖條件點 Delaunay 三角網圖-----	98
圖 4-14 港子坪段四參數轉換都計圖條件點 Delaunay 三角網圖-----	99
圖 4-15 港子坪段地形圖套疊精度圖-----	99
圖 4-16 港子坪段都計圖套疊精度圖-----	99
圖 4-17-1 港子坪段三圖套疊地形圖四參數轉換 Delaunay 三角形 內插改正圖-----	100
圖 4-17-2 港子坪段三圖套疊地形圖四參數轉換 Delaunay 三角形 內插配置圖-----	100
圖 4-18-1 三圖套疊地形圖垂距統計圖(不等權)-----	102
圖 4-18-2 三圖套疊地形圖垂距統計圖(等權)-----	102
圖 4-18-3 地形套疊地籍垂距統計圖-----	102
圖 4-19-1 三圖套疊都計圖垂距統計圖(不等權)-----	105
圖 4-19-2 三圖套疊都計圖垂距統計圖-----	105
圖 4-19-3 都計套疊地籍垂距統計圖-----	105
圖 4-20 港子坪段轉換後地籍線套疊正射影像圖-----	105
圖 4-21 港子坪段地形套疊地籍成果圖-----	106

圖 4-22	港子坪段計算結果套疊正射影像圖-----	106
圖 4-23	龍門段條件點分布圖-----	107
圖 4-24	龍門段六參數轉換地形圖條件點誤差向量及 Delaunay 圖---	110
圖 4-25	龍門段六參數轉換都計圖條件點誤差向量 Delaunay 圖-----	111
圖 4-26	龍門段地形圖套疊精度圖-----	111
圖 4-27	龍門段地形圖套疊精度圖-----	111
圖 4-28-1	龍門段三圖套疊地形圖六參數轉換 Delaunay 三角形內插 改正圖-----	112
圖 4-28-2	龍門段三圖套疊地形圖六參數轉換 Delaunay 三角形內插 配置圖-----	112
圖 4-29-1	三圖套疊地形圖垂距統計圖(不等權) -----	113
圖 4-29-2	三圖套疊地形圖垂距統計圖(等權) -----	113
圖 4-29-3	地形圖套疊垂距統計圖-----	113
圖 4-30-1	三圖套疊都計圖垂距統計圖(不等權) -----	115
圖 4-30-2	三圖套疊都計圖垂距統計圖(等權) -----	115
圖 4-30-3	都計圖套疊地籍垂距統計圖-----	115
圖 4-31	龍門段三圖套疊成果圖-都計圖套疊地籍圖-----	118
圖 4-32	龍門段三圖套疊成果圖-都計圖套疊地籍圖-----	118
圖 4-33	龍門段三圖套疊成果圖-都計圖套疊地籍圖-----	119
圖 4-34	河底段條件點分布圖-----	124
圖 4-35	河底段四參數轉換地形圖條件點誤差向量及 Delaunay 圖---	125

摘要

關鍵詞：圖籍套疊、坐標轉換、電腦套圖、約制條件、圖解數化、土地複丈。

一、研究緣起

「國家地理資訊系統(NGIS)建置及推動十年計畫」，為行政院現階段正積極推動之重要工作之一。空間圖籍為國土資訊系統基本資料庫，尤以地籍圖、地形圖及都市計畫圖為該資料庫之核心資料，其成果之套疊及整合應用，為目前重要課題。惟因該空間圖籍之測製方法、程序及精度標準不同，致該三種圖籍無法精確套合，影響國土資訊系統加值應用與發展。

圖解地籍圖數值化後，地籍圖因破損、伸縮造成圖幅無法銜接之問題並未解決。為解決圖幅接合與套疊問題，經研訂「圖解數化地籍圖合建置及都市計畫地形圖套疊計畫」報奉行政院核定實施。為提高空間圖籍套疊精度及計畫成效，特進行本項自行研究案，以作為爾後該計畫之推動及相關 GIS 空間圖資套疊作業之重要參考。

二、研究方法及過程

(一)蒐集資料：蒐集地籍圖、都計圖及地形圖三圖等相關資料檔案。

(二)選定測試區：擇定數值與圖解地籍圖各二區進行測試。

(三)建立三圖套疊數學模式：推導三圖套疊約制條件不等權坐標轉換模式。

(四)程式功能增修及測試：針對三圖套疊約制條件不等權坐標轉換進行程式功能開發與增修。

(五)三圖套疊資料處理：實施圖解地籍圖伸縮改正與套疊現況先期資

料處理後，再進行三圖套疊及二圖套疊資料處理。

(六)成果比較分析：依據上列流程，實施三圖套疊作業，並與傳統二圖套疊成果進行比較分析。

三、重要發現

- (一)有關地籍圖、都計圖及 1/1000 地形圖三圖同時實施約制條件坐標轉換套疊結果，其精度與垂距差在公差內比率，優於兩圖套疊，並可避免傳統兩圖套疊所產生同一點位有不同坐標情形。
- (二)經研究結果，數值地籍測量地區其套疊精度高於圖解地區，且圖解地區地籍圖比例尺越大或測製精度越高者，其套疊精度亦越高。
- (三)實施兩圖套疊時，四參數成果精度較佳者，約占 85.7%，而實施三圖套疊時，則以六參數成果較佳(100%)。
- (四)實施三圖套疊結果，不等權方式之套疊成果精度與垂距差在公差內比率，優於等權方式。
- (五)以不等權方式實施三圖套疊成果中，不內插方式其垂距差在公差內所占比率最高，其次為以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數成果，至以內插配置方式則為最低。
- (六)以不同圖籍為底圖進行三圖套疊計算結果，其成果亦不同，而不論以何種圖為底圖，地籍圖之計算精度均為最高。另分析垂距差結果，以地籍圖為底圖時，其垂距差在公差內之比率亦較高。
- (七)研究人員自行推導之三圖套疊不等權坐標轉換模式及開發平差程式，可作為推動未來國土資訊系統空間圖籍套疊作業之重要參考。

四、主要建議事項

- (一)未來在測製圖籍時，建議儘量整合不同圖籍之測製精度，使性質與使用目的相近之圖籍，其測製精度接近，可提高套疊成果精度與降低垂距差異，並滿足多元使用，減少重複施測，節省政府資源。
- (二)地籍圖、都計圖與 1/1000 地形圖之套疊工作，為國土資訊系統重要工作項目，建議統一事權，由同一機關辦理成果測製與套疊服務，以提升成果品質與為民服務績效。
- (三)實施三圖套疊時，建議分別依其測圖精度，給予不同比例之權值，在誤差範圍內，作適度調整，以避免因採用等權方式套疊，而降低高精度成果之品質。
- (四)本案所建立三圖套疊數學模式，可避免傳統兩圖套疊所產生共同點坐標不一致情形，建議作為國土資訊系統推動空間圖籍套疊作業參考，並進而發展多圖籍套疊及線上服務應用系統。
- (五)實施三圖套疊時，其成果將因採不同圖籍為底圖而有所不同，建議配合本中心推動「圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊計畫」，由地政單位協同都計單位共同推動，以統一事權與套疊成果，發揮政府整體施政效能。

ABSTRACT

Keywords :map overlay 、coordinate transformation 、constraints 、graphic cadastral map
digitization 、 land revision

1. Origin

The National Geographic Information System (NGIS) 10-year Promotive and Innovative Achievement is one of the most important programs promoted by Executive Yuan. Spatial relative maps including cadastral maps, topographic maps and urban planning maps are all core data as a fundamental database within NGIS. Integrative application is now the most important issue and multiple maps overlap also. Different maps might not overlap precisely because of their different production procedures and precisions.

Digitization of analog cadastral maps for Taiwan Province was completed in 2005, with digital information containing only the status and precision of cadastral maps as they were digitized. The problems like map damage and map stretching/shrinking that caused difficulties in joining the maps remain to be solved. Project for Integrating Digitized Analog Cadastral Maps with Urban Planning Topographic Maps was developed and implemented by NLSC. To enhance the benefit of the project, this research is raised, in addition to improving the precise of multiple maps overlay process.

2. Methods and Procedures

(1) Data gathering: Collect cadastral maps, urban planning maps, topographic maps and relative data, etc.

(2) Test area Choosing: Select analog and digital cadastral map areas for test.

- (3) Building up mathematics model of triple maps coordinate transformation using un-unique weighted constrains.
- (4) Software modifying and testing.
- (5) Data process of triple maps overlay.
- (6) Result analyzing

3. Major Conclusions

- (1)Comparing to applying individual transform to triple maps, the result of simultaneously constrains coordinate transform among Cadastral maps, urban planning maps and 1/1000 scale topographic maps, is better at precision and vertical distance analysis.
- (2)Overlaying with other maps, Digital cadastral map is higher than analog map in precision. Besides, the bigger the map scale is, the high precision map overlay get.
- (3)Four parameters transformation applying to 2 kinds of maps get higher precision result. Applying to triple maps overlay, six parameters transformation is a better choice.
- (4)Applying to triple maps overlay, un-unique weighted method is better than unique weighted method.
- (5) Using un-unique weighted method in triple maps overlay, transformation without interpolation get best result, than parameters re-calculated via Delaunay triangle. Transformation with interpolation gets worst result.
- (6) Different base map was chosen, Different result was gotten. Choosing cadastral maps as base map always get best result.

(7)Software developed in the research, can be important reference for maps overlay process.

4. Suggestions

(1)Integrated, uniform precision standard should be considered into survey and map procedure, especially in those maps are similar with topic or subject.

(2)Cadastral, urban planning and topographic maps are all important items of NGIS.

To increase the performance, surveying and mapping accountability should be considered to assign to an organization.

(3)According to multiple precisions of maps, different weights should be assigned in overlay process.

(4)Individual transformation may cause different coordinates in the common points, triple maps overlay transformation simultaneously will prevent the problem.

(5)Cooperating with urban planning unit, land administration organization has responsibility to promote the triple maps overlay project.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

一、前言

「國家地理資訊系統(NGIS)建置及推動十年計畫」，為行政院現階段正積極推動之重要工作之一。空間圖籍為國土資訊系統基本資料庫，尤以地籍圖、地形圖及都市計畫圖，更為該資料庫之核心資料，其為國家經濟建設發展之基礎。隨著資訊網路及測繪科技之發展，GIS 空間圖籍除可提供作為國家各項建設基礎圖資外，更已深入於民眾日常生活，從旅遊、登山到大眾運輸、消防與救護車輛之派遣、流量監控與最短途徑、人員行蹤之掌控協尋等，均可將空間位置，透過網路科技加以即時呈現，大大提供了生活的便利性。美國勞工部長更在紐約 Elmira 學院畢業典禮時表示空間資訊產業，將與生物科技產業、奈米科技產業併列為 21 世紀三大產業(Elaine L. Chao, 2005)。其所憑藉的，除即時定位及網路傳輸技術的高度發展外，地理資訊空間圖籍之套疊應用，亦將發揮關鍵臨門一腳作用。

地籍圖、都市計畫圖及 1/1000 地形圖為現階段有關地理資訊空間圖籍中，精度要求最高之幾種圖籍，目前國土資訊系九大資料庫中，地籍圖與 1/1000 地形圖係由內政部地政司召集，而都計圖則由營建署召集。地籍圖資之建置係由本中心或縣市政府地政機關辦理；都計圖則由各地方政府都市計畫單位建置；而 1/1000 地形圖內政部地政司雖係權責單位，惟其建置與應用多為地方政府之都計或工務單位，造成不同圖籍測製單位不同，其測製方法、程序及精度標準亦不同，致該三種圖籍往往無法精確套合，其套合差異情形，在圖解地籍地區更為明顯(如圖 1-1)，不但影響地政機關地籍測量作業與都計單位核發土地使用分區證明之成果品質，亦影響國土資訊系統之加值應用與發展。

近年隨著資訊網路科技之高度發展，網路已取代馬路，成為政府推動各項建設，不可或缺之為民服務項目與目標之一。國土資訊系統各項子計畫所建置資料，透過網路服務之呈現，已明顯逐漸展現其推動成效，尤其各項空間資訊資料倉儲之建置後，透過網路地圖服務(WMS)及網路圖徵服務(WFS)

之發展，空間圖籍之套疊與加值利用，已形日益重要。

內政部為落實國土保育、建構永續經營環境，除積極推動國土計畫法之立法工作外，亦積極通盤檢討國土綜合開發計畫、區域計畫及各都市計畫土地使用分區之劃設，並配合國土資訊系統之推動，積極建置相關空間圖資及國土規劃應用系統(內政部營建署城鄉發展分署,2008)，都市計畫及使用分區圖與 1/1000 地形圖等數值圖資之建置與地籍圖之套疊，為其重要之作業內容。

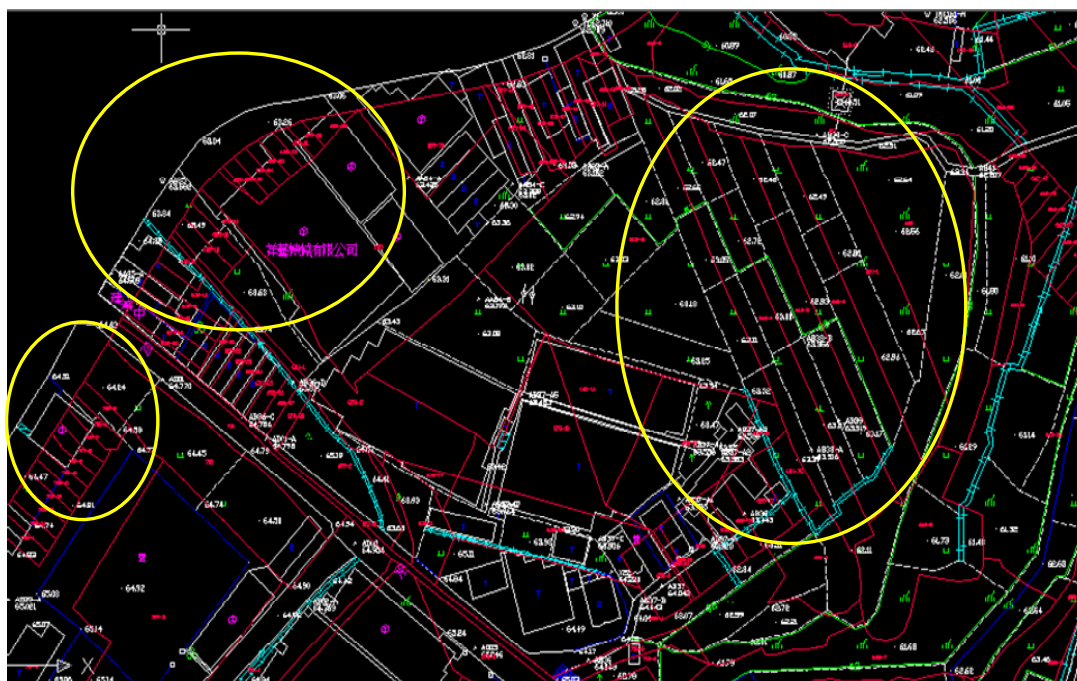


圖 1-1 數化地籍圖與 1/1000 地形圖套疊結果(紅色為地籍線,餘為地形線)

臺灣地區地籍圖重測雖自 78 年起地全面採用數值法測量，並於 94 年完成全部圖解地籍圖之數值化工作，惟已完成測量登記地區，多數仍為圖解地籍測量成果，數值地籍測量成果僅占少數，如圖 1-2(內政部國土測繪中心, 2008)。而地籍圖重測工作因限於經費，自 95 年至民國 103 年止，預定再辦理約 188 萬餘筆土地，其餘日治時期地籍圖尚有約 251 萬餘筆土地

尚未能列入辦理重測，有待再研定計畫利用新技術，以較為速捷方式予以推動。又已完成地籍圖數值化作業中，約有 471 萬餘筆土地屬已辦理圖解地籍整理地區，因其本身坐標系統不一，且圖解數化僅保存數化當時地籍圖之原貌及精度，地籍圖因破損、伸縮等自然或人為因素造成圖幅無法銜接之問題，並未藉由圖解數化解決，致數化後仍以分幅方式管理圖解地籍圖，且與都市計畫圖及地形圖亦多所不同，不利地籍管理及國土資訊整合應用與發展(內政部土地測量局, 2006)。

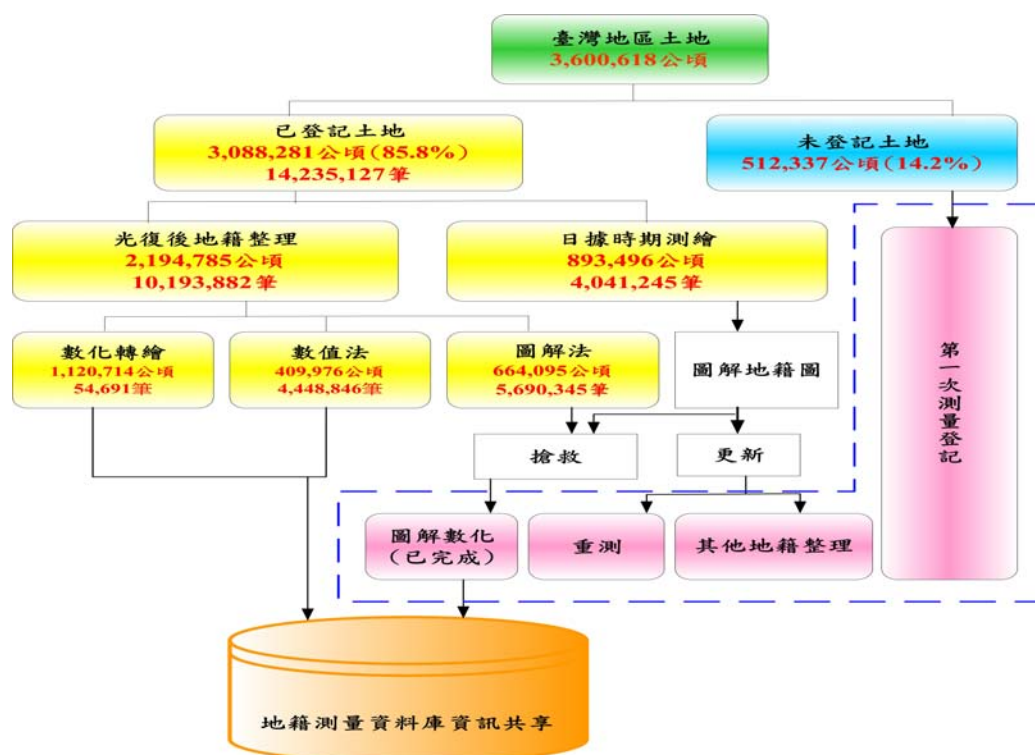


圖 1-2 臺灣地區地籍測量情形概況

為解決前述圖幅接合與套疊問題，經本中心(原土地測量局)研訂「圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊計畫」報奉行政院 95 年 4 月 28 日院台建字第 0950018237 號函核定，自 96 年起正式推動，除整合圖解數化地籍圖外，亦同時與都市計畫圖及 1/1000 地形圖實施套疊，以提高國土

資訊系統空間資料之精度及提升套疊整合應用效益。該計畫推動後，對於分幅地籍圖之整合，發揮具體效益，但其在於地籍圖、1/1000 地形圖及都計圖之套疊方面則尚待加強。為提高套疊精度及計畫成效，特進行本項自行研究案，以作為爾後該計畫之推動及相關 GIS 空間圖資套疊作業之重要參考。

二、問題之背景與現況：

（一）地籍圖與都市計畫圖套合困難

都市計畫發布實施係經由都市計畫樁位測定及地籍分割之過程，在理論上，無論現地樁位、樁位成果資料或地籍分割圖均應與都市計畫圖相符。然由於其測設所引用控制點不同，加上地籍圖圖紙伸縮變形，甚至測量人員辦理逕為分割之誤差，常造成地政單位，建管單位及都計單位對於建築線的測量結果不一致，或使用分區認定上之困難，不僅影響民眾權益，亦降低政府施政之威信。

都市計畫區因其範圍不同予地段，且都市計畫細部計畫發布後之釘樁工作，常分階段分區辦理，各區可能由不同廠商辦理，其成果品質不同，且造成後續地籍分割，亦需配合分階段分區辦理，因不同時期不同人員作業，其圖紙伸縮及控制點系統等之差異，造成地籍分割結果與都市計畫資料或實地產生套合問題(施宏昌,2005)。這些差異在土地價格高漲之今日，影響民眾權益甚鉅。而都市計畫單位在辦理檢討重製案，轉繪原都市計畫之分區界線時，深恐因轉繪疏失，而影響土地所有權人權益，且套疊後常發生有不符情形，如一地號同時坐落於二個使用分區，因多尚需以人工套疊及目視判斷，造成縣市政府在核發土地使用分區證明時，多仍採人工作業，不但影響成果品質，亦不利自動化為民服務線上系統之推動(內政部營建署城鄉發展分署,2008)。

（二）地籍圖與 1/1000 地形圖套合問題

1/1000 地形圖主要係由縣市政府都市計畫單位配合都市計畫圖檢討變更或重製時測製，目前國內尚無統一之測製規範，而係各建置單位，自行擬定，致其測製方法、標準及坐標系統等均與地籍圖不同，且其地物位置之認定，亦與地籍圖不同，造成與地籍圖套疊時，存在無法套合之問題，除在已完成數值地籍圖重測地區，地籍圖與 1/1000 地形圖現況之套合情形，相當吻合(鄒慶敏等, 2006)外，在圖解地籍圖地區，其差異情形，則仍相當明顯(如圖 1-1)，尚需另以小範圍實施坐標轉換套疊方式，其套合情形始有改善(董荔偉等, 2006)。

1/1000 地形圖以往係配合都市計畫區範圍予以測製，惟其與地籍圖之地段範圍不同，造成一個都市計畫區往往跨越不同地段，而不同地段之地籍圖，亦可能因測製方法(數值法、圖解法)、比例尺及坐標系統之不同，致段界間銜接出現問題，更遑論其與地形圖間將產生更大差異了。

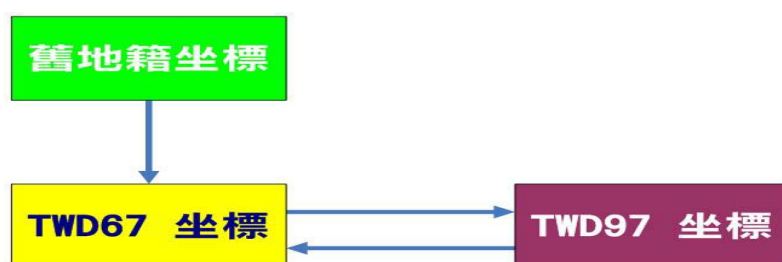


圖 1-3 空間圖籍不同坐標系統間轉換關係圖

(三) 坐標系統不一致問題：

目前地籍圖使用之坐標系統有地籍坐標、TWD67 及 TWD97 等數種不同之坐標系統，而都市計畫圖大部分則為 TWD67 與 TWD97，尚有少部分仍為地籍坐標成果；至 1/1000 地形圖，若已建置者，其坐標系統均為 TWD67 或 TWD97 (內政部營建署城鄉發展分署, 2008)。目前除 TWD97 外，其餘坐標系統均未再維護，因不同圖籍套疊時，須架構在相同坐系統上，且因同時具兩種坐標之控制點有限，造成實施坐標轉換

作業之困難。又目前不同坐標系統間之轉換，多採大範圍、坐標系統對坐標系統之方式轉換，以地籍圖而言，如為地籍坐標系統與 TWD97 系統間之轉換，尚需先轉換至 TWD67 系統，無法在地籍坐標與 TWD97 間直接轉換(如圖 1-3,蔡建彰, 2006)，增加其轉換之程序，並造成轉換誤差之累積；又以坐標系統對坐標系統方式轉換，於圖解區而言，其轉換結果精度，尚不符地籍測量精度需求(董荔偉等, 2006)。

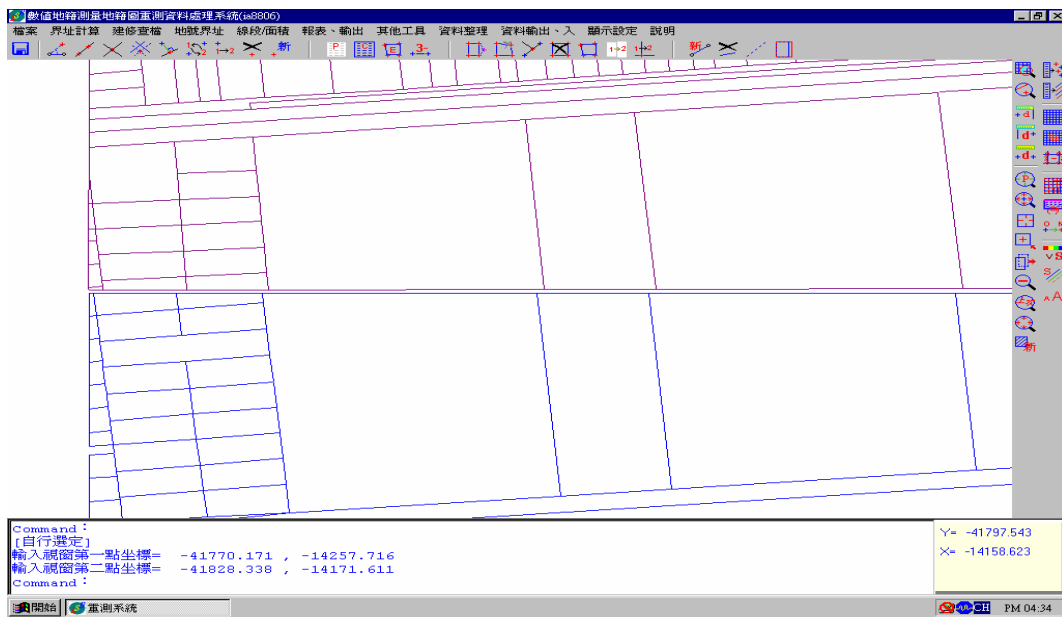


圖 1-4 圖解數化地籍圖圖幅接合情形示意圖(圖幅間無法接合)

(四)圖籍資料品質及比例尺不一致問題：

地籍圖採數值法測繪者，其比例尺以 1/500 為原則；圖解法地籍圖，比例尺則有 1/500、1/600、1/1200 及 1/3000。而都市計畫圖除近期測製者，均為 1/1000 比例尺外，尚有圖解法測製 1/3000 比例尺者。該二種圖籍採數值法測繪，其精度約可達 6 公分；惟圖解法成果，其精度視成圖比例尺而異，1/500 其精度約為 10 餘公分，1/1200 則約為數十公分(施宏昌，2005)；倘圖紙破損嚴重者，精度差異甚至可達數公尺。而 1/1000 地形圖，雖其成圖比例尺均為 1/1000，惟其測製精度，平面位置最大較

差亦有 25、30 及 50 公分(90%，在該差值內)之不同。又採圖解法測製者，多已具相當時日，且更新不易，與其他圖籍套合困難(林峰田, 2005)；又縱已完成數化，惟其圖紙因伸縮造成圖幅間無法接合(如圖 1-4)，亦將影響其數化成果品質。又圖解成果其本身亦存有圖、地、簿三者不一致情形，以地籍圖而言，尚有圖簿面積不符及圖地不符之問題(盧鄂生, 1995)；而都市計畫圖亦存有圖上樁位坐標或方位角、距離不符及與實地位置不符等。其此類問題，亦造成圖籍套疊之困難。

表 1-1 為研究人員針對不同比例尺之圖解地籍圖各選一地段，統計其圖簿面積不符情形。由該表得知，圖解地籍圖地區其原測量成果中，圖簿面積超過公差者，在 1/1200 比例尺地區甚至超過 50%，而經過後續分割複丈後，超過公差者，其筆數持續增加。由表可知圖解地區其圖簿面積超過公差者，隨著圖比例尺越小，其比率越高。

表 1-1 圖解地籍圖圖簿面積超過公差一覽表				
比 例 尺		1/500	1/600	1/1200
從未分割者	超過公差筆數/總筆數	50/338	2/8	116/206
	超過公差比例	14.8%	25.0%	56%
已辦理分割者 (分割前)	超過公差筆數/總筆數	59/371	55/139	138/254
	超過公差比例	16%	40%	54%
已辦理分割者 (分割後)	筆數	85/501	741/2062	798/2082
	超過公差比例	17%	36%	38%
總計 (未分割+已分割)	超過公差筆數/總筆數	135/839	743/2070	914
	超過公差比例	16%	36%	40%

(五)圖籍套疊時究以何種圖為底圖問題

地政單位依據都市計畫法第 23 條規定辦理地籍分割測量，將道路及其他公共設施用地、土地使用分區界線測繪於地籍圖上之成果，理論上應與都計單位依據都市計畫定期通盤檢討實施辦法第 41 條規定，辦理都

市計畫線展繪成果一致，惟因前述諸多原因造成二者圖籍產生套合問題，致地政單位與都計單位成果產生不一致情形。地政單位係依地籍圖為底圖，參考實地現況，將樁位坐標資料等展繪於地籍圖上後，辦理逕為分割；而都計單位則以都市計畫圖與使用分區圖為底圖，移動地籍圖後，再將地籍線套繪於都市計畫使用分區圖上，因地籍圖與都計圖均係依法所產製，二單位均堅持其所管圖籍具法定地位，不宜任意更動，且因該二種套疊結果不一致，致產生套疊時，究應以何種圖為底圖，即固定何種圖之疑義。

(六)多圖籍套疊之技術問題

以往實施不同圖籍套疊時，倘其係不同坐標系統成果時，則以坐標轉換方式，將其中一種圖籍成果，轉換為與另一種圖籍相同坐標系統後，再進行套疊。倘遇有三種以上圖籍套疊時，則係將欲套疊成果計算(或改算)為相同坐標系統後，直接進行套疊。實務處理時，如原成果均非相同坐標系統時，可利用分組將兩圖轉換至相同坐標系統(如將地形圖轉至地籍圖坐標系統及將都計圖轉至地籍圖坐標系統)。惟實施坐標轉換時，除非利用已建置完成之大地基準轉換參數(如 TWD67 轉 TWD97)進行轉換。否則當需各別重新求取轉換參數時，因坐標轉換之共同點間存有殘差，且分組轉換其所採用之共同點及其殘差不同，將導致三圖套疊結果，會產生不符情形。而透過大地基準轉換方式實施大範圍轉換結果，在圖解地籍圖地區，其地籍線與地形現況之差異情形，相當明顯(董荔偉等, 2006)。故如何建立三圖(或更多圖籍)套疊模式時，並提高其套疊精度，以提供多目標應用，為國土資訊系統需面臨之重要課題。

第二節 研究動機及目的

一、研究動機

- (一)空間圖籍為國家建設之基礎，其圖資之建置及套疊應用，亦為推動國土資訊系統之重要工作內容，尤以地籍圖、都市計畫圖與 1/1000 地形圖因其精度較其它圖籍為高，其套合成果品質之良窳，影響人民權益至鉅，惟目前該三圖，仍有無法套合之情形，如何提高其圖籍套疊精度，將成為推動 NGIS 之重要課題。
- (二)網路服務已成為政府推動各項為民服務之重要項目與目標，空間圖資資料倉儲建置後，透過 WMS 及 WFS 之發布，即時提供各項圖資加值應用，以發展線上為民服務系統(如核發土地使用分區證明及地籍多目標查詢系統等)，已成為未來提升為民服務品質之重點。
- (三)TWD97 坐標系統，已成為國內各項測繪業務之基準，新辦理各項測繪業務，均須採用該基準。而隨著測繪科技之發展，透過 e-GPS 或 RTK 技術，已可在外業現場立即得到點位之 TWD97 坐標，且該系統因精度均勻良好，亦成為各種圖籍整合套疊之最佳平台，如何利用該平台解決圖籍套疊問題，已成為各界推動國土資訊系統需面臨之重要課題。
- (四)國土測繪法已於 96 年 3 月 21 日公布實施，以往由各單位自行建置、各自為政，缺乏共同標準及整合之測繪業務，將因國土測繪法之實施而緊密聯結。依該法規定，地籍測量與都市計畫測量，均屬應用測量之範疇，依該法第 17 條規定，應用測量應依基本控制測量及加密控制測量成果辦理。爾後各應用測量均須依據相同測量基準、坐標系統及測量精度所建立之基本控制及加密控制測量成果建置，對於各應用測量成果之建置與整合，提供有利環境。
- (五)內政部國土測繪中心已由傳統僅辦理地籍測量業務，逐漸參與各項測繪業務，並建置整合式空間圖資倉儲流通供應系統，其未來將

成為空間圖資生產及服務之最大提供者，以往各單位各自建置資料無法整合套疊之問題，將隨著測繪業務之整併，需逐一面對，並予以克服。

二、研究目的

- (一)建立地籍圖、都市計畫圖及 1/1000 地形圖等空間圖籍三圖同時實施約制條件坐標轉換之套疊模式，並與傳統兩圖套疊方式之成果，進行比較分析，作為推動「圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊計畫」與發展多元圖籍套疊技術之基礎。
- (二)探討並建立不同圖籍之套疊作業流程及方法，針對不同精度之圖籍，如數值法、圖解法及不同測製精度，其套疊作業流程、方法之差異及可達到之套疊成果品質，以提供不同精度需求之應用。
- (三)開發空間圖資套疊坐標轉換約制條件平差模組，提供未來各單位推動空間圖資網路服務，如網路地圖服務(WMS)及網路圖徵服務(WFS)之應用，並作為各單位開發線上為民服務系統應用之基礎，以減少各單位重複辦理套疊作業，節省作業成本。
- (四)依測量誤差之觀點，探討分別以不同圖籍為底圖，並依其測製精度，給予不同權值處理後，再予分析其套疊成果之差異，並檢討套疊成果與人民權益相關者或僅供規劃應用之圖籍，其在國土測繪法應用測量中之法定地位。

第三節 文獻回顧

一、地形圖與地籍圖之套合

地籍圖與地形圖之套合，有學者提出套合之意義，即地籍圖上之經界線，與其相應之地形位置，能相互疊合。或謂地形圖上與地籍圖上同一點位之坐標，應為相同者，故以測量之精度而言，兩者能在其容許誤差限度內，即為能夠套合（劉延猷，1996）。並認為套合方式具有下列兩種類型：

1. 地形、地籍相應點位之位置，其差異在某項標準之內，即視二者為互相套合，此種類型可稱之為直接套合。
2. 二圖形套疊後之差異超過標準，必須利用坐標轉換之數學方法，轉換到一致的坐標系統，則稱為間接套合。

利用若干同時擁有 TWD67 及 TWD97 坐標之控制點＜進行參數計算及坐標轉換，雖可將圖地籍圖與地形圖作近似套合，惟仍有部分坵塊有不符情形；經數值重測後地籍圖與地形圖套合結果，較圖解地籍圖而言，與現況更加吻合（鄒慶敏等，2006）。

二、地籍圖與都市計畫圖之套合

依據「都市計畫法」第 23 條第 3 款規定：「細部計畫核定發布實施後，應於一年內豎立都市計畫樁、計算坐標及辦理地籍分割測量，並將道路及其他公共設施用地、土地使用分區之界線測繪於地籍圖上，以供公眾閱覽或申請謄本之用。」。

都市計畫樁位測定係依據「都市計畫法」及「都市計畫樁測定及管理辦法」。「國土測繪法」於 96 年公布實施後，已明確規範基本與加密控制測量作業及辦理都市測量時引用測量基準之規定，且定義了測量基準及參考系統為 TWD97 系統。並將都市計畫地形圖及都市計畫樁之測量，歸納為都市計畫測量。惟實務上，因多數地籍圖仍為 TWD67 甚或是地籍坐標系統，使都市計畫作業單位為配合地籍圖及地政單位所需，多採兼測上述坐標系統，常造成作業紊亂及人力資源之浪費（梁國楨等，2008）。

將圖資整合轉換至 TWD97 坐標系統，已是各機關努力推動之方向。就

地籍圖部分，係利用界址現況測量，輔以聯測都市計畫樁，再配合套圖分析作業以進行坐標系統之轉換（台中市政府地政局, 2004）（施宏昌, 2005），惟此方式較適合局部範圍之坐標轉換。由於在現況實測時，不易找到明確共同點位，故常以其他限制條件輔以進行參數轉換；亦有建議採用圖根點約制取代現況點約制之方式，以避免過度約制而產生較大的轉換誤差（邱元宏, 2007）。

三、以線約制條件實施坐標轉換

傳統之坐標轉換需有一定數量，且同時具轉換前後坐標之共同點，才得以實施坐標轉換作業，惟因地籍圖上之控制點多已遺失殆盡，且界址點實地多未埋設界標或界標多已遺失，致不易找到數量足夠之共同點進行坐標轉換；又地籍測量多僅能施測到使用現況，無法直接測量界址點。為解決此一問題，經本中心人員於 93 年度自行研究案中利用線條件約制方式，實施坐標轉換，突破傳統僅能以點對點方式實施坐標轉換之限制（劉正倫、鄭彩堂、董荔偉, 2004）。

四、以 Delaunay 三角形建構坐標轉換框架

台灣地區存在多種不同基準的坐標系統，造成空間資料整合的極大困擾。蔡建彰先生利用 Delaunay 三角網，所建構多點式的仿射變換，提供了大範圍到小區域 TWD97 坐標系統與 TWD67 坐標系統之間坐標轉換。經過 Delaunay 三角網之多點仿射變換後的數據可靠度相當高，空間拓樸關係的保持也有良好的精度，其坐標轉換點位較差提升到 1cm 以內。並將三等控制點框架建構坐標轉換共同點資料庫，可提供求解多組轉換參數以供動態式坐標轉換之用，可彌補傳統以固定轉換參數作為坐標轉換之彈性不足的缺點，提高轉換演算過程的機動性與靈活度。（蔡建彰, 2006）

五、以全區或分區方式實施坐標轉換

圖解地籍圖因圖紙伸縮問題，經土地複丈後，已漸形成各自獨立之區域系統，而為利整段地籍管理，仍有予以整合之必要，為分析轉換區域範圍大小與區域性之圖地關係，對實施坐標轉換整合成果之影響，經前人分別以全區、分區方式(林登建, 2004；李宏達等 3 人, 2006)，與以整合圖及分幅圖之方式(鄭彩堂等 4 人, 2005；李金輝等 3 人, 2008)，配合現況點幾何條件約制，實施坐標轉換作業，其研究成果提供了後續辦理坐標轉換作業，選定轉換區範圍之參考。

若圖籍所在地之控制點狀況保持良好，則利用同時具有舊坐標系統（地籍坐標或 TWD67 坐標系統）之圖根點加測 TWD97 坐標，再依此為共同點進行坐標轉換（台北市政府地政處測量大隊, 2004），較適合大範圍區域性轉換，並較具經濟之效益。而為避免此類大面積之轉換區內，存在個別的系統誤差，亦可配合最小二乘配置法之計算，將轉換區加以分區後，再分別進行坐標改算(陳志丞等, 2008)，將獲得更好的轉換成果。

六、地籍圖數化及伸縮改正

地籍圖數化過程中附加限制條件處理後，能保有原圖精度，不因數化過程中誤差之傳播累積，造成精度降低(陳鴻益，1984)；目前地政機關所推動之地籍圖數化工作，多係委外辦理，為避免數化過程中地籍圖被不當之變形處理，並方便驗收及釐清責任歸屬，委外辦理之數化作業多要求分幅數化後地籍圖不能變形及伸縮，即僅允許有平移及旋轉(傅桂霖, 2001)，故數化時對於地籍圖上所註記之距離或其它幾何條件，係僅以記錄方式處理，並未對地籍圖作修正處理(內政部土地測量局, 2001)。而目前地政機關部分測量人員對實施數化後，地籍圖以坐標方式存管、訂正方式及對於圖幅銜接、地籍線誤差範圍等，須以坐標之觀念處理，迥異於紙圖之處理方式。

以坐標轉換配合約制條件方式，盧鄂生先生曾於配合實施地籍圖重測時研究(盧鄂生，1978)。其係以照相放大之透明圖(比例尺由 1/1200 放大為 1/1000)，採用參數轉換，再結合限制條件，將原地籍圖、登記

面積與現況，分別比較後，逐筆列出不符原因，供地籍圖重測人員作業之參考，並可藉以作為改正界址坐標及加入適當之各種條件後(盧鄂生，1996;郭英俊,1995)，可以計算方式求出未確定之界址點，免除人工套圖移寫作業。另以圖廓點、圖上圖根點及距離條件等實施制條件，改正地籍圖伸縮情形，亦獲得良好成效(鄭彩堂等,2006)。

七、以 GPS 測設界址點坐標

GPS 為近年來應用層面極速擴展之測量方式，其在基本控制測量(一至四等控制點)之應用，已獲肯定，並逐漸取代傳統電子測距經緯儀；至於在圖根測量及細部(戶地)測量方面，亦有日漸增加之趨勢。而以 GPS 辦理大範圍之土地複丈，則涉及大地基準轉換外，所測量點位亦需符合 GPS 外業需求(林頌富，1996)。對於圖解區土地複丈而言，如能得到正確之界址點坐標，再配合選擇合適之外業工具，將可達到採用數值方式辦理土地複丈之目標。又配合 e_GPS 即時態定位系統之建置完成，在外業現場即時得到點位之 TWD97 坐標，已非難事，如能配合適當之坐標轉換方法，將界址點轉換至 TWD97 系統，則圖解區之土地複丈作業，將可大幅提高其作業速度與精度(王敏雄,2005)。

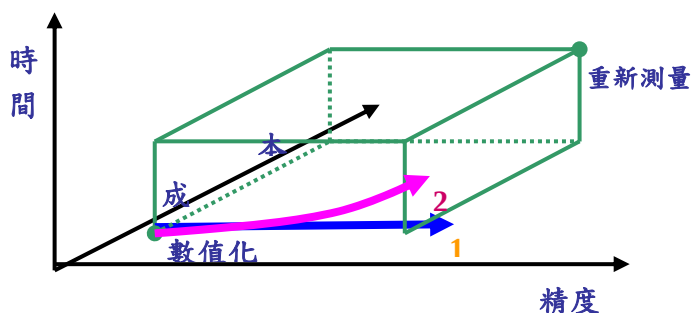
八、以自由測站法結合電子測距經緯儀辦理土地複丈及圖籍整合作業

現行地籍圖籍上僅有地籍經界線，並無地形地物資料；又日據時期及光復初期所完成地籍整理之圖解地籍圖多已伸縮，資料品質未盡理想，其原測設之圖根點亦多已遺失，導致界址點恢復能力低(許松、鄭彩堂，1998；邱仲銘、尤瑞哲，2001)。土地複丈傳統上係以平板儀施測使用現況後再以人工套圖決定界址點位置，因其僅能考慮局部圖、地情形，並且多需仰賴測量人員之經驗，惟往往因測量人員之經驗不同，而有不同結果，且其施測過程相關資料並無法存檔再利用。為解決此一問題，經陳永川等(1998)提出以自由測站法結合電子測距經緯儀及筆記型電腦，取代傳統平板儀及人工套圖作業；另林登建(2004)提出及邱元

宏等 3 人(2006)亦測試以自由測站法求得實地圖根點在地籍圖上之坐標，如此可得到二組坐標之共同點，再據以實施坐標轉換方式，提供了地籍測量人員使用數值法觀念應用在圖解區作業的另一種選擇。

九、以約制條件結合坐標轉換方式更新數化資料庫

地籍圖數值化為建立數值地籍測量資料庫所需成本及時間最低的一種方法，惟其精度亦最低。如採用全面重新測量方式建立數值地籍測量資料，雖可達到較高精度，其所需時間及經費將所費不貲。在純數化及全面測量之間如可找到其它方法，使經費及時間增加不多，而又能提高精度之方法，將可解決前述問題。經前人提出利用實測資料及幾何條件更新資料之構想及做法，如圖 1-7 所示(Tamim,1992&1995；郭英俊, 1995)。



*直線 1 表時間、成本最少、精度最高之方法

*曲線 2 表時間、成本增加不多，亦可提高精度之方法

圖1-5 選擇資料庫建置方法考慮因素圖

圖解地籍圖地區，在歷經不同時期複丈後，已產生數個各自獨立之局部系統，辦理土地複丈須遷就於已釘界之成果，難以單一地區實施坐標轉換，復以土地經圖解地籍圖重測或土地複丈時，記載著實量距離等條件或界址點與現況點間存有幾何關係(如共線條件等)，亦為土地複丈時需遵循之條件。經前人研究，分別以自由測站法所得圖根點圖上坐標

或以界址點為共同點，實施點對點方式坐標轉換後，再將約制條件加入坐標轉換計算成果，可更新並提高原資料庫測量資料成果品質(林登建, 2004；劉正倫等, 2004；吳宗寶, 2003；鄭彩堂、高書屏, 2002)。

十、應用控制點實施坐標轉換作業

界址點坐標成果主要係依據控制點觀測計算而來，控制點坐標具有法定地位，惟實務上控制點或因測算當時觀測、計算未盡嚴，或因點位遺失，零星補建結果與原成果未完全一致，造成控制網系間產生不均勻力，經前人以最小二乘配置法(Least Squares Collocation)結合六參數坐標轉換方式實施坐標轉換(洪慧玲, 1999；潘燕鎧, 2003；陳志, 2008)，並讓控制點坐標之改正量為 0；另吳萬順等(2003)亦利用實測及人工套圖方式求得基本控制點在地籍圖上之坐標後，再施以六參數或四參數坐標轉換，以得到界址點新(即轉換後)坐標，減少需全面重新測設新坐標作業。

第二章 研究流程及方法

第一節 研究流程

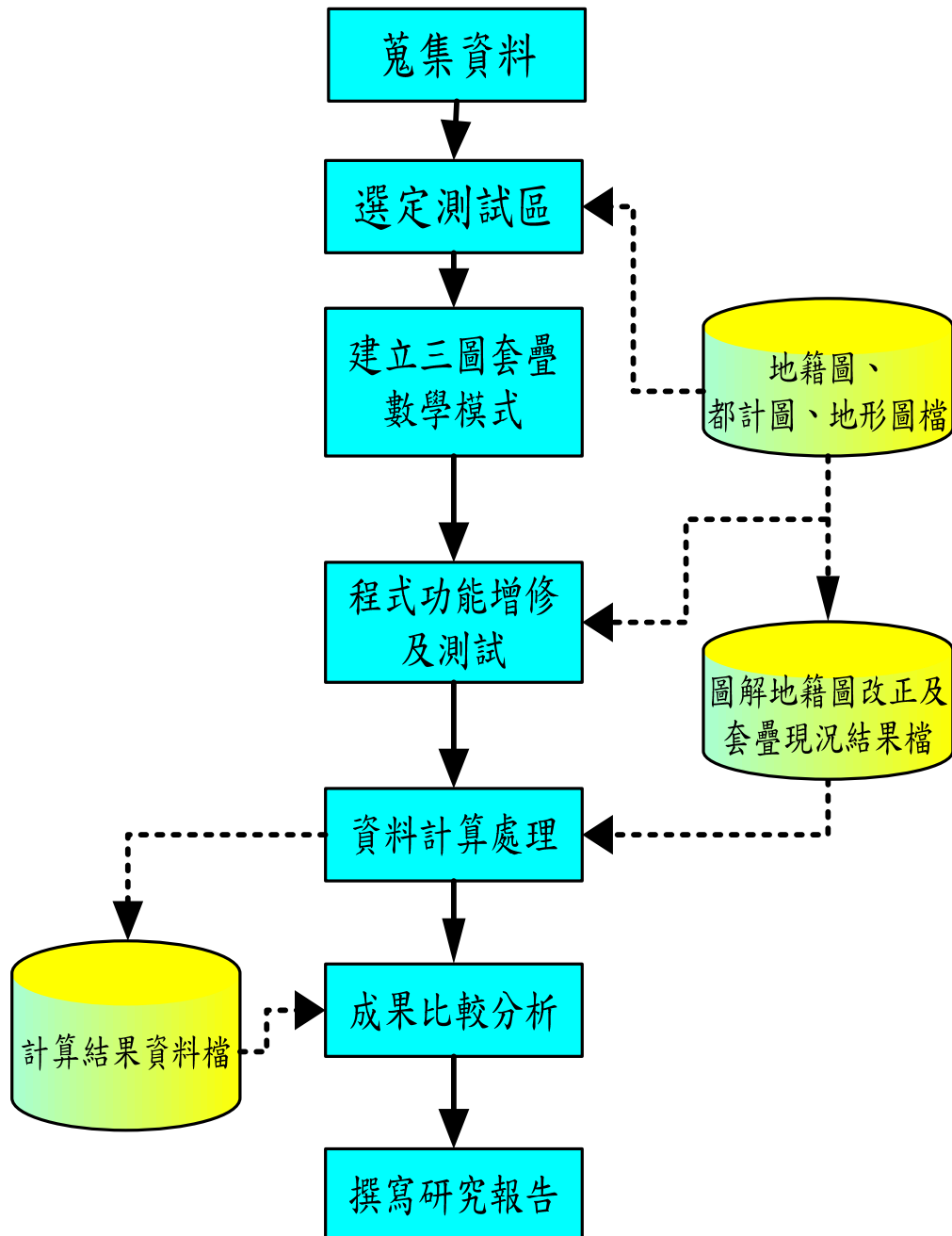


圖 2-1 研究流程圖

第二節 研究方法

一、蒐集資料

蒐集不同種類之空間圖籍資料，主要以大比例尺、高精度之地籍圖、都市計畫圖及 1/1000 地形圖(含正射影像)為主。其中地籍圖又分別蒐集數值區與圖解區之成果。不同種類之空間圖資，所蒐集內容需包含其測圖比例尺、坐標系統及測製精度等；另圖解地籍圖亦蒐集歷年分割複丈成果、界址點間之幾何關係或實量距離等、圖上控制點資料，以作為伸縮改正之參考；另亦蒐集圖籍套疊相關之約制條件坐標轉換計算公式或研究報告等。此外，對於有關都市計畫樁位、地形圖之測製、地籍逕為分割等及地籍圖伸縮之相關法令規定，亦一併予以蒐集整理，整理結果詳如附錄一。

(一)都市計畫地形圖及樁位測製規定

有關都市計畫樁位與書圖測製，現行「都市計畫法」第 23 條；「都市計畫書圖製作規則」第 12 條、第 14 條；「都市計畫定期通盤檢討實施辦法」第 41 條、第 42 條；「都市計畫樁測釘及管理辦法」第 7 條、第 11 條、第 19 條、第 22 條、第 28 條及第 38 條；「國土測繪法」第 17 條、第 18 條及「應用測量實施規則」第 6 條、第 11 條、第 13 條、第 15 條及第 16 條亦針對有關都市計畫應用測量等具文規定。

(二)地籍逕為分割規定

有關地籍逕為分割測量之規定，主要於「都市計畫法」第 23 條第 3 款及「都市計畫樁測釘及管理辦法」第 39 條、第 40 條、第 41 條、第 42 條等內容。

(三)地籍圖伸縮改正規定

鑑於現行三圖套疊結果，圖解地籍圖地區其不符情形明

顯高於數值區，故本研究亦整理有關圖解地籍圖伸縮率之相關法令規定供參考。其所規定圖紙伸縮改正方法，主要於「地籍測量實施規則」第 153 條、第 240 條、第 242 條、第 243 條、第 244 條及「辦理圖解法土地界址鑑定作業注意事項」第 3 點、第 5 點、第 16 點、第 21 點、第 22 點，其內容主要分成依面積比例改正及依實地與圖上邊長改正二種。

二、選定測試區

為實際測試分析本研究所提出方法應用在三圖套疊之可行性，本研究分別選擇數不同比例尺之值與圖解地籍測量地區，進行測試；另為了解圖解地區其是否經現況點改正及圖紙伸縮改正，對三圖套疊成果之差異，有關圖解地籍圖地區，本次係擇定 95 年度嘉義市圖解地籍圖比例尺 1/600 地籍圖之地段。至有關都市計畫圖與 1/1000 地形圖，因蒐集不易，故僅針對現使用圖籍進行測試分析。有關測試區範圍如圖 2-2、圖 2-3、圖 2-4 及圖 2-5。

（一）圖解地籍圖地區

1. 花蓮縣花蓮市福德段

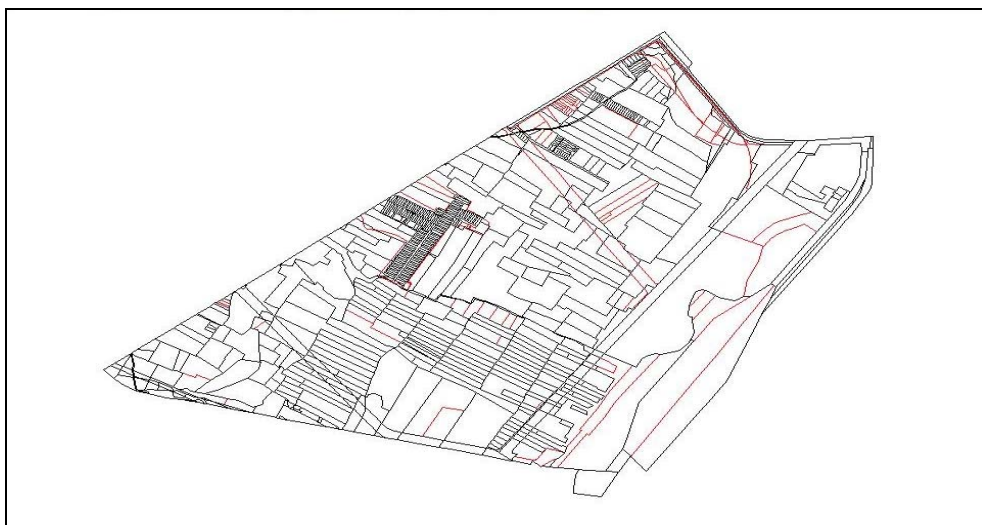


圖 2-2 福德段範圍圖

地籍圖係 67 年圖解重測地區，TWD67 坐標系統，比例尺 1/500，為 97 年度辦理「圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊計畫」地區。1/1000 地形圖，為 TWD97 坐標系統，94 年測製完成，其測製精度為 30 公分。

2. 嘉義市港子坪段

地籍圖比例尺為 1/600，民國 65 年辦理圖解地籍圖重測，500 磅原圖紙，地籍圖坐標系統為地籍坐標系統。本區域主要為市地，本地段選定第 5, 6, 10, 11 幅共 4 幅圖進行測試。1/1000 地形圖係 91 年測製完成，其坐標系統為 TWD97 坐標，測製精度為 90% 在 30 公分以內。

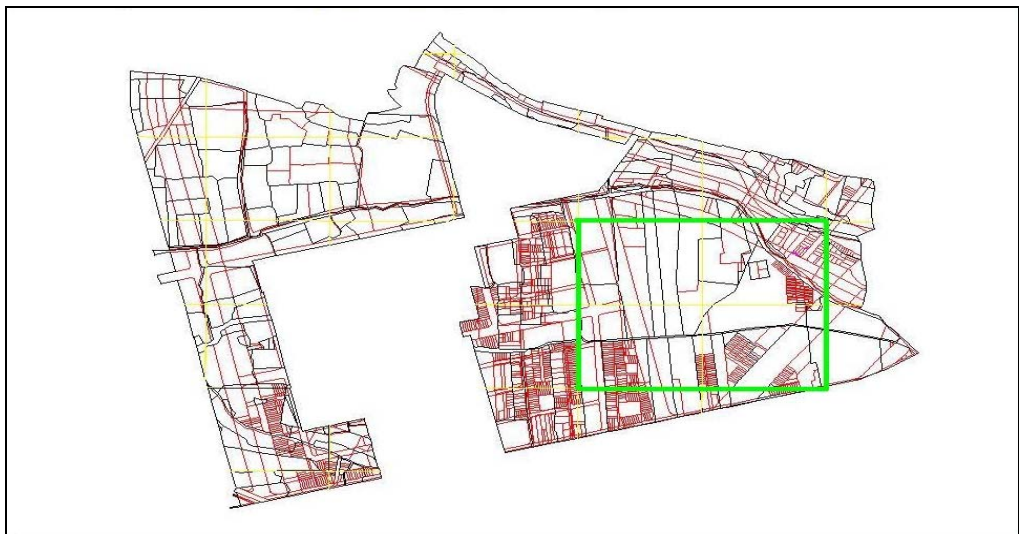


圖 2-3 港子坪段範圍圖 (表測試範圍)

(二) 數值地籍圖地區

1. 台中市西屯區龍門段

地籍圖為 87 年數值法地籍圖重測，TWD67 坐標系統成果，圖比例尺為 1/500。地形圖為 89 年測製，TWD67 坐標系統，比例尺為 1/1000，測製精度平面位置為 30 公分。

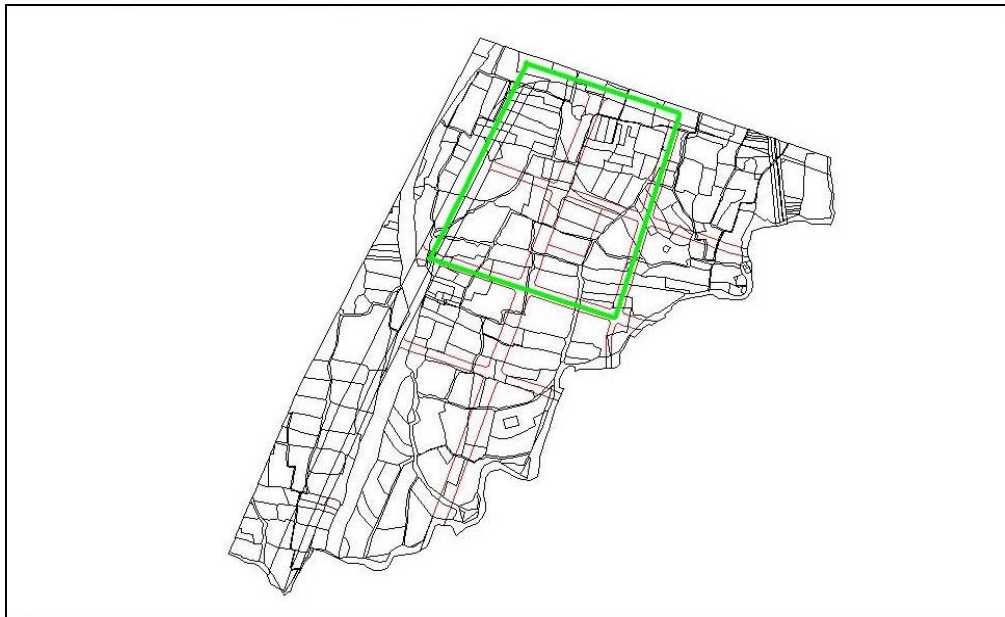


圖 2-4 龍門段範圍圖(□ 表測試範圍)

2. 桃園縣蘆竹鄉河底段

地籍圖：94 年數值法地籍圖重測，TWD97 坐標系統成果，圖比例尺為 1/500。地形圖為 94 年測製，TWD97 坐標系統，比例尺為 1/1000，測製精度平面位置為 25 公分。

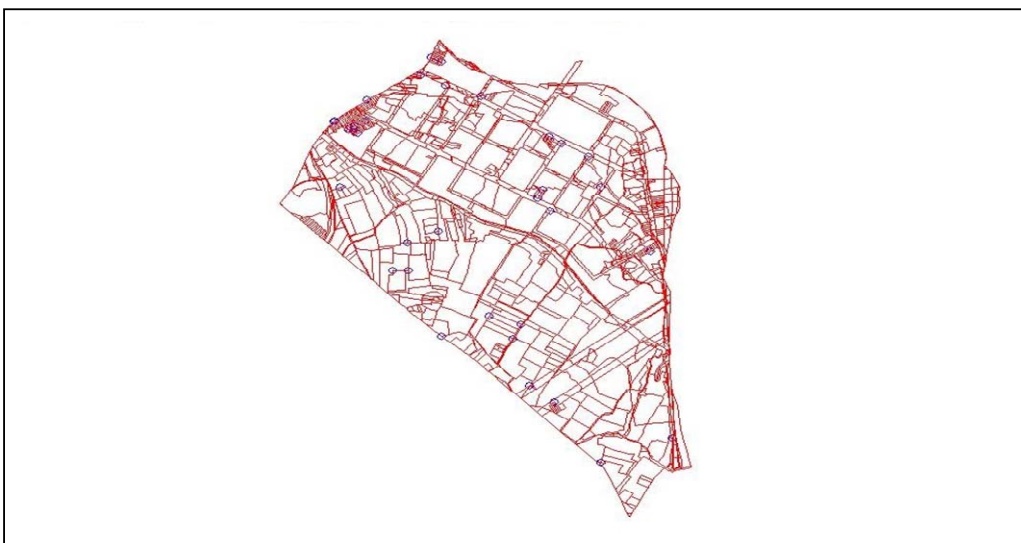


圖 2-5 河底段範圍圖

三、地籍圖伸縮改正及套疊現況方法

圖解地籍圖因存有圖紙伸縮及與現況不符之問題，故需對其伸縮改正處理及將地籍圖轉換至與現況相同坐標系統成果後，再據以實施三圖套疊。有關地籍圖伸縮改正及與實地套疊數學模式如下：

(一)地籍圖伸縮改正：

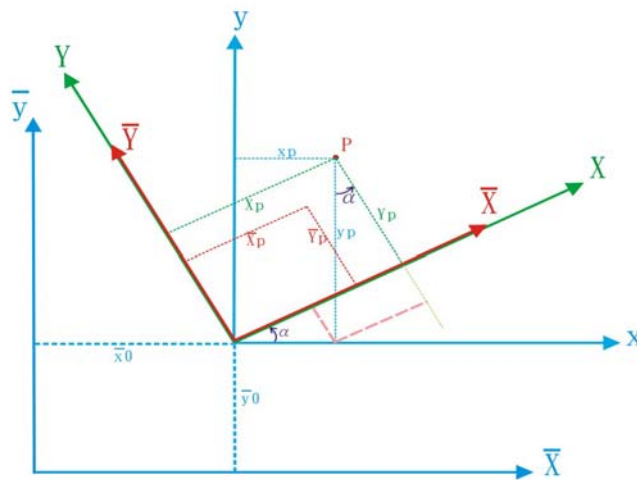


圖 2-6 四參數轉換(相似轉換)示意圖

地籍圖因圖紙伸縮問題，且僅為平面坐標，其圖紙伸縮改正乃同時採用測量上常用之平面轉換—相似轉換(Helmert 轉換，即四參數轉換)與仿射轉換(Affine 轉換，即六參數轉換)，再予比較轉換結果之差異。

1. 四參數坐標轉換

相似轉換在新舊坐標系間有一旋轉角度、一尺度比例因子、二平移量共四個參數，如圖 2-5。(陳鴻益, 1984；鄭彩堂等, 2002；劉正倫等, 2004；蔡建彰, 2006；董荔偉等, 2006)

$$X_p = S (\cos \alpha * x_p + \sin \alpha * y_p) + \bar{x}_0$$

$$Y_p = S (-\sin \alpha * x_p + \cos \alpha * y_p) + \bar{y}_0$$

將其改寫為線性關係之四參數轉換基本公式如下：

$$X_p = a x_p - b y_p + c \text{ -----(2-1)}$$

$$Y_p = b x_p + a y_p + d \text{ -----(2-2)}$$

圖中 α 為測點所在之兩坐標系間的旋轉角度。

$(\bar{x}0, \bar{y}0)$ 為兩坐標系間的平移量。

(x_p, y_p) 為轉換前坐標系之坐標。

(X_p, Y_p) 為轉換後坐標系之坐標。

S 為 X 軸與 Y 軸之尺度比例改正量(X 軸與 Y 軸相同)。

a, b, c, d 為轉換參數, 其中 c, d 為平移量。

2. 六參數坐標轉換(仿射轉換)

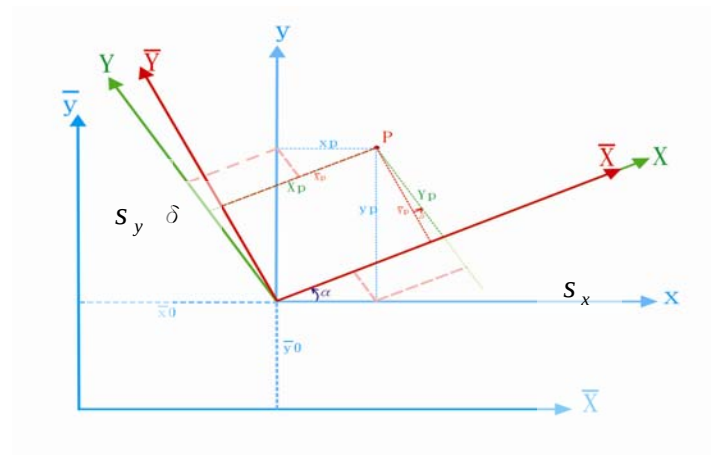


圖 2-7 六參數轉換(仿射轉換)示意圖

新舊兩坐標系間有一旋轉量(α)、一個坐標軸非正交改正量(δ)、二個尺度比例因子(S_x 、 S_y)及二坐標軸間之平移量共六個轉換參數(陳鴻益, 1984; 鄭彩堂等, 2002、2004; 蔡建彰, 2006; 董荔偉等, 2006), 如圖 2-6。

將其改寫為線性關係之六參數轉換基本公式如下:

$$X_p = a x_p + b y_p + c \text{ -----(2-3)}$$

$$Y_p = d x_p + e y_p + f \text{ -----(2-4)}$$

圖中 α 為測點所在之兩坐標系間的旋轉角度。

$(\bar{x}0, \bar{y}0)$ 為兩坐標系間的平移量。

(x_p, y_p) 為轉換前坐標系之坐標。

(X_p, Y_p) 為轉換後坐標系之坐標。

a, b, c, d, e, f 為轉換參數數, 其中 c, f 為平移量。

由於地籍圖之伸縮情形並非均勻，圖幅內不同位置，其伸縮情形，均有可能不同，為提高地籍圖改正之周延性，以四或六參數進行坐標轉換時，除利用各圖幅之 4 個圖廓點外，亦將地籍圖上之控制點納入，利用其均有數化坐標(已伸縮)及原始(視為正確坐標，無伸縮)坐標，2 組坐標之特性以提高地籍圖圖紙伸縮改正之嚴密性，使改正後地籍圖每一區塊更接近於原測設地籍圖時(即無伸縮)之狀況。

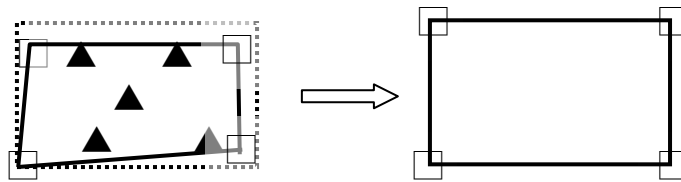


圖 2-8 圖幅改正示意圖

3. 幾何條件改正：

地籍圖上除了 4 個圖廓點及控制點，可提供作為地籍圖伸縮改正之依據外，歷年辦理複丈分割之分割原圖及其所註記之分割尺寸及數化面積與圖幅面積之面積條件，因其數化後成果均會與原測設成果存有差異，可作為圖紙縮改正之依據，提高圖紙伸縮改正之周延性；此外，尚有其他幾何條件，如直線條件(道路邊界逕為分割線)已於數化後作直線交點處理，未納入在地籍圖伸縮改正項目，於實地套疊時再予納入；另尚有角度條件、平行條件…等，因其可直接利用計算(非平差)方式，故未納入本項研究之平差項目。

(1) 距離條件： $d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$ ----- (2-5)

$$(2) \text{面積條件：} A = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i) \right] \text{-----}(2-6)$$

(Edward. M. Mikhail, 1981；陳鴻益, 1984；盧鄂生, 1978&1996；郭英俊, 1995；洪慧玲, 1999；鄭彩堂等, 2002；董荔偉等, 2006)。

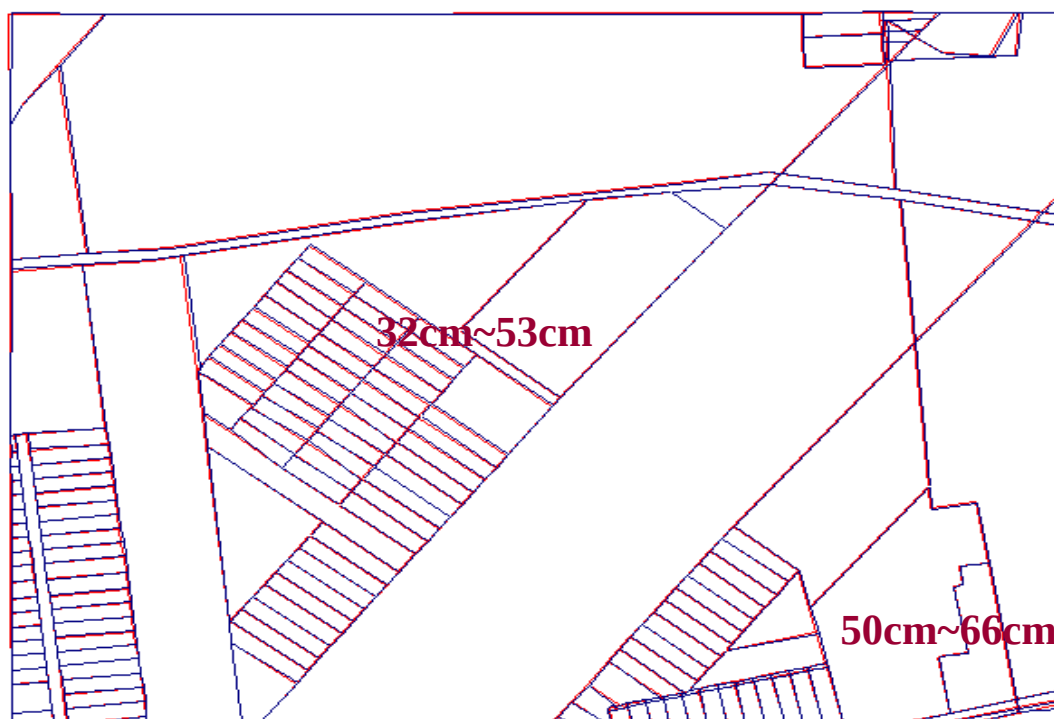


圖 2-9 1/600 地籍圖面積條件改正與原地籍圖套疊示意圖

圖 2-9 為本研究測試之 1/600 圖解地籍圖其中一幅圖，依其圖幅面積條件先實施伸縮改正後與原數化地籍圖再作疊比較結果，可看出部分地籍線其改正量已逾 30 公分，最大約 66 公分，已超過公差範圍(圖上 0.3mm)，故該地區之地籍圖伸縮改正，並未依面積條件實施伸縮改正，僅依其距離及圖上圖根點等實施改正。有關該幅圖所使用面積條件如表 2-1。

(二)地籍圖與實地套疊：

地籍圖圖紙伸縮改正後，因其僅處理界址點間之關係，尚需再考慮其與實地現況之關係後，予以套疊並接合跨圖幅之界址

點。惟因地籍圖上並無現況點，故套疊現況除利用前述六參數、四參數點對點坐標轉換為基礎後，再依實地界址點與現況點之幾何關係，如共線條件與距離條件等，將其化為點對點坐標轉換公式中，並將各項條件式改寫成以數化界址點坐標之函數，以計算轉換地區之坐標轉換參數，據以計算界址點 TWD97 坐標，並將各分幅地籍圖予以整合成整段成果後，予以比較分析。有關本研究案使用之轉換及套疊公式推導過程詳如第三章理論基礎。

表 2-1 1/600 地籍圖使用圖幅面積條件改正一覽表					
1/600 比例尺地籍圖面積條件四參數轉換結果(共 176 筆, 節錄 21 筆)					
地籍圖幅面積總和/登記面積總和之面積比: 1.00471					
地號	數化面積	登記面積	調整面積	平差後面積	公差值
1	7.2213	7.22	7.254	7.2545	0.4449
2	8.6676	8.72	8.7611	8.7608	0.4983
3	10.5786	10.61	10.66	10.66	0.5609
4	11.595	11.77	11.8254	11.8254	0.5973
5	13.5263	13.12	13.1818	13.1817	0.638
6	14.6811	14.99	15.0606	15.0605	0.6919
8	19.4355	19.98	20.0741	20.0740	0.825
9	23.1786	22.97	23.0782	23.0781	0.899
12	24.6122	24.23	24.3441	24.3439	0.9291
13	25.2628	25.93	26.0521	26.0519	0.9688
14	26.826	27.64	27.7702	27.77	1.0079
15	29.2702	28.64	28.7749	28.7746	1.0304
16	62.3865	61.96	62.2519	62.2515	1.6705
17	201.798	202.14	203.0922	203.0923	3.5661
18	10.7668	10.77	10.8207	10.8221	0.566
19	62.0099	63	63.2968	63.2967	1.6882
20	64.3171	63	63.2968	63.2967	1.6882
21	42.8737	44.42	44.6292	44.6293	1.3547
總和	41307.4937	41128.5800	41322.3140	41321.7552	53.0525

(1) 四參數坐標轉換

$$\begin{cases} X = ax - by + c & \text{---(2-1)} \\ Y = bx + ay + d & \text{---(2-2)} \end{cases}$$
$$\begin{cases} X_i = ax_i + by_i + c & \text{---(2-3)} \\ Y_i = dx_i + ey_i + g & \text{---(2-4)} \end{cases}$$
$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \text{-----}(2-5)$$

即現況點在經界線上(三點共線)，經坐標轉換及實地套疊後之界址點(含現況點)應符合前述共線條件。

$$\frac{(X_3 - X_4)}{(Y_3 - Y_4)} = \frac{(X_4 - X_5)}{(Y_4 - Y_5)} \text{-----} (2-7)$$



27

經坐標轉換及實地套疊後之界址點應符合前述距離及共線條件，有關地籍圖實地現況共線條件套疊之示意圖如圖 2-10。

四、建立三圖套疊平差模式

目前在處理有關三圖套疊時，係將欲套疊之圖籍計算或實施坐標轉換至相同坐標系統後，再將圖籍疊合在一起，無法如同二圖套疊時，再施以坐標轉換，各別調整套合成果。如採用兩圖套疊方式，限於共同點存有殘差，且兩圖套疊時共同點及其殘差不同，致其轉換後坐標亦不同，影響套疊作業之進行，故傳統三圖套疊時，在得到各點位相同坐標系統成果後，點位間已無調整空間，且未考量不同圖籍本身測製精度。如此，其套疊成果不利於高精度之利用。本研究藉由重新推導及建立三圖套疊坐標轉換加權平差模式，期能突破傳統僅以坐標疊合或兩圖套疊之方式，並分別依四參數及六參數實施三圖約制條件坐標轉換，其推導過程如下(本節以四參數為例，至詳細推導過程詳見第三章)。有關三圖套疊示意圖如圖 2-11。

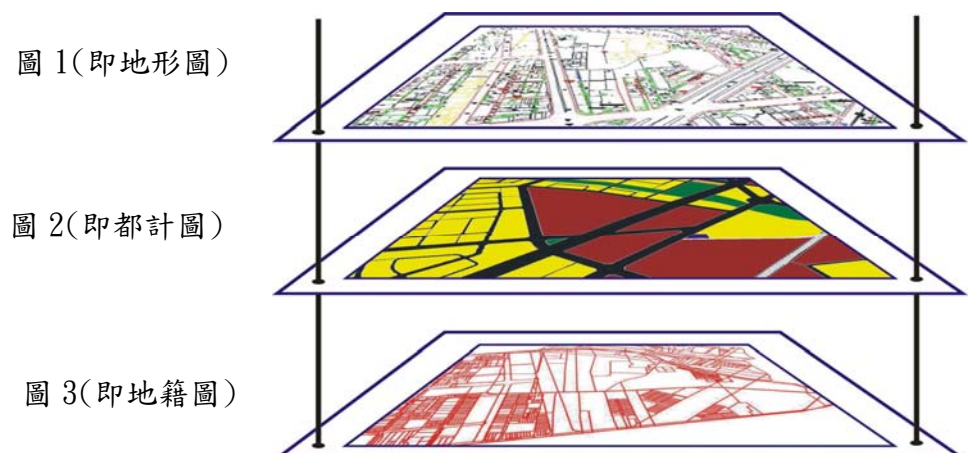


圖 2-11 三圖套疊示意圖

四參數轉換基本公式如下：

$$\begin{cases} X = ax - by + c & \text{-----}(2-1) \\ Y = bx + ay + d & \text{-----}(2-2) \end{cases}$$

1. 點對點轉換

(1) 三圖均有共同點

$$\begin{cases} X_1 = a_1x_1 - b_1y_1 + c_1 \\ Y_1 = b_1x_1 + a_1y_1 + d_1 \end{cases} \quad \text{——圖 1 套圖 3(第 1 組轉換參數)}$$

$$\begin{cases} X_1 = a_2x_2 - b_2y_2 + c_2 \\ Y_1 = b_2x_2 + a_2y_2 + d_2 \end{cases} \quad \text{——圖 2 套圖 3(第 2 組轉換參數)}$$

(2) 僅在二種圖上有共同點

$$\begin{cases} X_3 = a_1x_3 - b_1y_3 + c_1 \\ Y_3 = b_1x_3 + a_1y_3 + d_1 \end{cases} \quad \text{——圖 1 套圖 3(第 1 組轉換參數)}$$

$$\begin{cases} X_4 = a_2x_4 - b_2y_4 + c_2 \\ Y_4 = b_2x_4 + a_2y_4 + d_2 \end{cases} \quad \text{——圖 2 套圖 3(第 2 組轉換參數)}$$

2. 共線條件

設圖 1 點位轉換後與圖 3 存有共線關係

，並分下列二種狀況

1. 圖 1 點在圖 3 之界線上

$$\frac{(X_5 - X_6)}{(Y_5 - Y_6)} = \frac{(X_6 - X_7)}{(Y_6 - Y_7)}$$

$$(Y_5 - Y_6)(X_6 - X_7) - (X_5 - X_6)(Y_6 - Y_7) = 0$$

$X_5, Y_5; X_7, Y_7$: 圖 3 點位

X_6, Y_6 : 坐標轉換後圖 1 點位

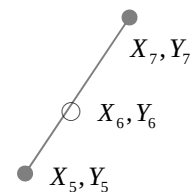


圖 2-12-1 三點共線示意圖

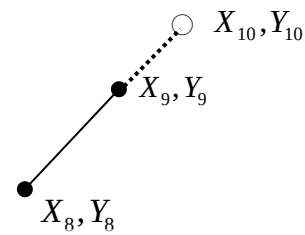


圖 2-12-2 三點共線示意圖

2. 圖 1 點位與圖 3 點位之延長線上

$$\frac{(X_8 - X_{10})}{(Y_8 - Y_{10})} = \frac{(X_9 - X_{10})}{(Y_9 - Y_{10})}$$

$$(Y_9 - Y_{10})(X_8 - X_{10}) - (X_9 - X_{10})(Y_8 - Y_{10}) = 0$$

$X_8, Y_8; X_9, Y_9$: 圖 3 點位

X_{10}, Y_{10} : 坐標轉換後圖 1 點位

為方便後續表達轉換前後圖籍種類，本研究係將地形圖及都市計畫圖轉換至地籍圖系統，即圖 1 為地形圖，圖 2 為都計圖，圖 3 為地籍圖。

五、程式功能增修及測試

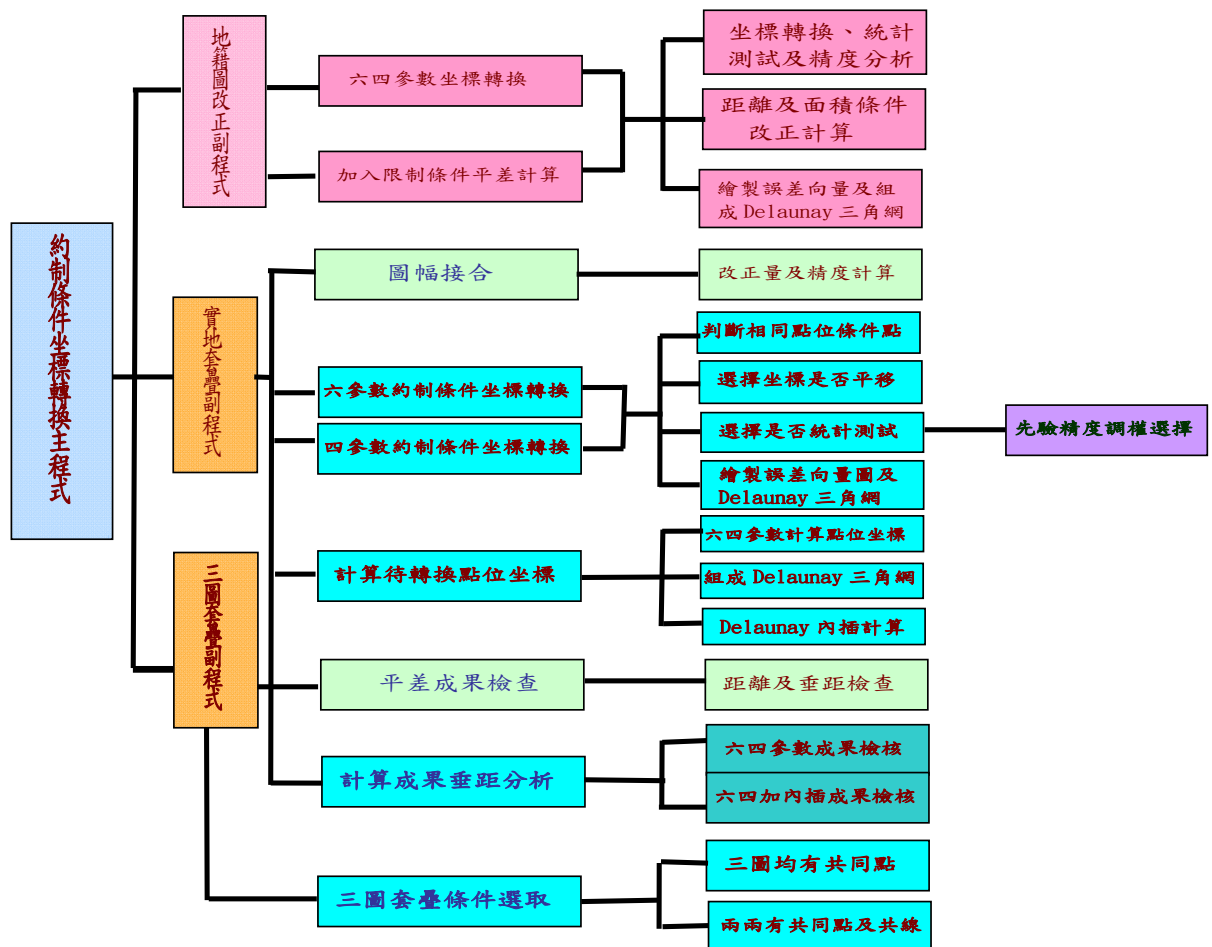


圖 2-13

程式架構圖

為符合本項研究針對三圖套疊實施約制條件坐標轉換需求之目標，由研究人員依 95 年度自行研究案所開發之程式再予增修程式功能，以供本項研究資料計算處理與分析使用。有關本研究程式功能及架構圖如下(體字形及藍色背景部分，係本次研究增修功能部分，如圖 2-13)：本研究所使用及增修程式功能如下：

(一)地籍圖伸縮改正副程式

1.坐標轉換子程式

提供以六及四參數點對點條件坐標轉換計算功能，所選用點對點條件，可為四個圖角點及地籍圖上之控制點，作為地籍伸縮改正之依據。本項坐標轉換計算可選擇是否作卡方統計測試及選擇進行調權。計算可選擇是否將條件點組成 Delaunay 三角網及繪製條件點誤差向量圖。

2.幾何條件改正子程式

可將地籍圖上註記界址點間之距離及面積條件納入，面積條件可選擇依地籍圖圖幅面積或登記，面積進行改正。因本項幾何改正，主要針對界址點，並未包含現況點，故所稱幾何條件均指界址點間之關係。

(二) 地籍圖套疊現況副程式

1.六參數約制條件坐標轉換子程式

以六參數約制條件實施坐標轉換，可計算各條件點改正量、中誤差、地籍圖伸縮率、後驗單位權中誤差及選擇是否作卡方統計測試，若未通過統計測試，亦可選擇是否進行調權。計算可選擇是否將條件點組成 Delaunay 三角網及繪製條件點誤差向量圖。本項約制條件坐標轉換計算，除包含界址點外，亦將現況點納入，當現況點與界址點間構成一定幾何條件時，可納入本項施予約制條件計算處理。

2.四參數約制條件坐標轉換子程式

以四參數約制條件實施坐標轉換，可計算各條件點改正量、中誤差、地籍圖伸縮率、後驗單位權中誤差及選擇是否作卡方統計測試，若未通過統計測試，亦可選擇是否進行調權。計算可選擇是否將條件點組成 Delaunay 三角網及繪製條件點誤差向量圖。本項約制條件坐標轉換計算，除包含界址點外，亦將現況點納入，當現況點與界址點間構成一定幾何條件時，可納入本項施予約制條件計算處理。

(三)三圖套疊副程式(本次新增功能)

1.條件點選取子程式

於進行套疊之圖層中，萃取所需圖層資料，選取所需共點及共線條件，記錄其坐標及點號，作為後續三圖套疊約制條件計算子程式使用。

2.三圖套疊約制條件計算子程式提供對三種圖籍同時實施坐標轉換功能，坐標轉換之共同點可以同時存在於三圖上，或僅在二種圖存在。本項副程式提供以六參數及四參數點對點、共線條件坐標轉換計算功能。本項坐標轉換計算可選擇是否作卡方統計測試及選擇進行調權。計算後可選擇是否繪製轉換前二種圖籍(即都計圖與地形圖)轉換後圖籍(即地籍圖)條件點所組成 Delaunay 三角網及誤差向量圖。

3.尋找相同條件點位子程式

採約制條件計算坐標轉換參數時，各條件點之改正數應為唯一，若條件點有二個以上條件時，其改正數應同時合併計算，故本副程式係判斷同一條件點如有 2 個以上條件時，記錄其排列位次及點號，以進行後續坐標轉換平差後條件點殘差之分配處理。

4.組成 Delaunay 三角網子程式

為使每一待轉換之點位，均在由條件點所組成之 Delaunay 三角網內，原由約制條件所組成之 Delaunay 三角網需進行重組，先找出待內插計算點位之分布坐標之極大、極小值後，再虛擬部分條件點，使其殘差為 0，讓每一待轉換點位均在 Delaunay 三角網內，並判斷每一點位係座落在那一 Delaunay 三角網內後，據以實施後續界址點內插計算或重新計算各三角形之轉換參數。

5.計算待轉換點位坐標子程式

根據所採用坐標轉換方式，選擇以六或四參數計算點位坐標，並可選擇是否將每一條件點之殘差，依點位座落在何 Delaunay 三角網內後，分配至各新點之內插方式計算坐標；如選擇 Delaunay 三角網內插計算時，可再選擇採用內插(即將條件點殘差依距離倒數，分配至各新點上)、內插配置(即將條件點殘差依距離倒數，分配至各新點後，條件點殘差為 0)及重新以各 Delaunay 三角網之頂點，計算各三角網內之轉換參數方式進行計算。

6.繪製誤差向量及 Delaunay 三角網子程式

平差後可選擇是否繪製條件點之誤差向量及各條件點是否組成 Delaunay 三角網，以了解各條件點之改正量大小、方向及其空間分布情形。

7.平差成果檢查子程式

對平差計算結果是否正確 是否符合所列條件等，提供依計算結果之點位坐標進行計算檢核，以確定成果之正確性。

8.垂距分析副程式

本項副程式提供計算結果，進行條件間點之距離差檢核，可

分為六、四參數坐標轉換與加內插計算成果之檢核，並分別依垂距差異量統計其點數與百分比，據以判斷經轉換處理後之成果與實地點位之差異情形。

(四)程式執行畫面(如圖 2-14)

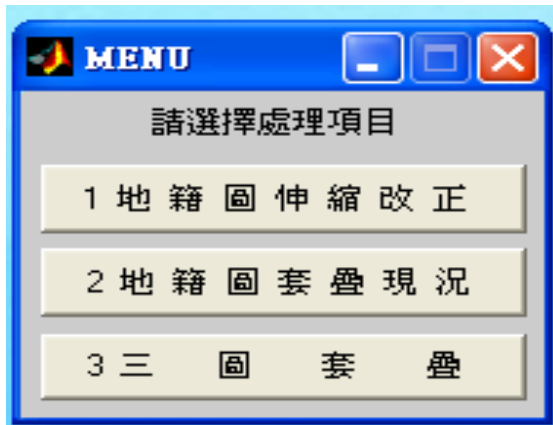


圖 2-14-1 程式畫面 1

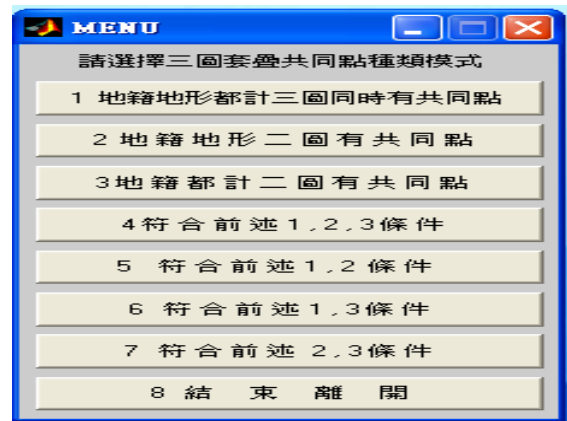


圖 2-14-2 程式畫面 2

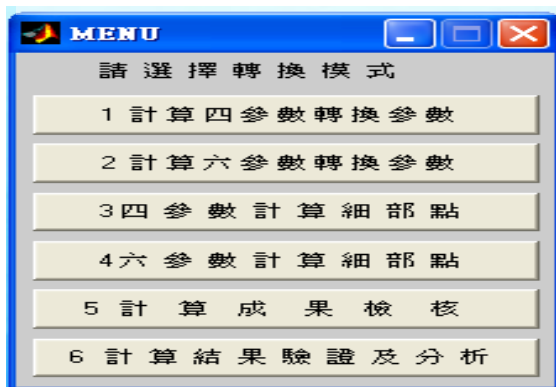


圖 2-14-3 程式畫面 3

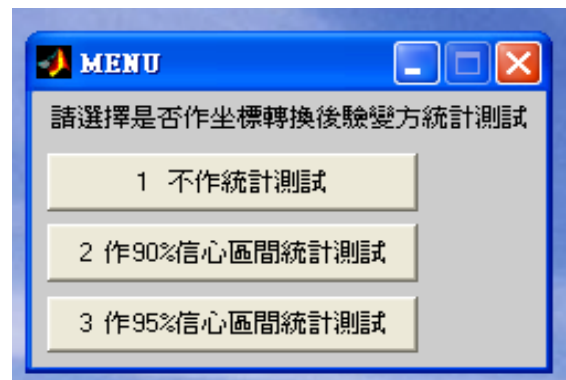


圖 2-14-4 程式畫面 4

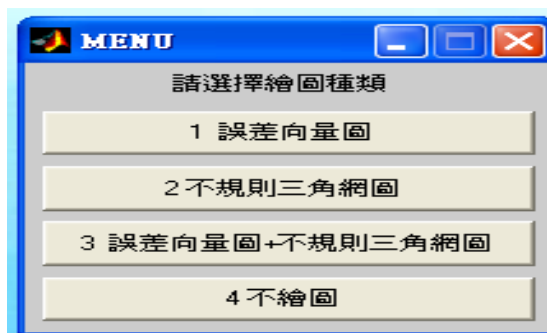


圖 2-14-5 程式畫面 5

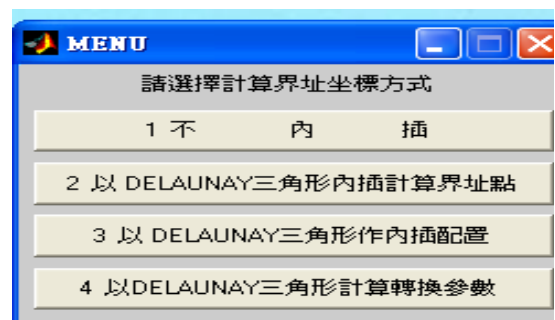


圖 2-14-6 程式畫面 6

六、地籍圖伸縮改正處理。

依據所蒐集資料及 寫之程式，針對圖解地籍圖地區，進行測試區各圖幅之伸縮改正計算處理。

(一)依四個圖角點改正

首先依各圖幅地籍圖上四個圖角點，利用其數化坐標及地籍圖上原標記之坐標，將伸縮之地籍圖改正成標準圖廓長度。因地籍圖數化時，左下角之圖廓點其數化坐標均與原地籍圖上坐標一致，僅其餘 3 個圖角點(左上角、 上角及 下角)各有 2 組坐標，為避免地籍圖幅伸縮改正均集中於該 3 個圖角點，乃再將地籍圖幅之 4 個邊長條件一併納入平差改正地籍圖幅長度。本項改正因屬強制性，故不論各圖角點之改正量大小，均予以強制改正成標準圖廓大小。

(二)加入地籍圖圖上控制點改正

地籍圖因圖紙伸縮並非均勻，為提高其圖紙伸縮改正之嚴密性，除依 4 個圖角點改正圖幅外，亦將圖上之控制點納入作為第二階段改正之依據，利用圖上控制點均有原測設之坐標及數化坐標，以點對點條件方式，實施坐標轉換改正圖紙伸縮情形，因原圖上控制點亦可能存有測量誤差，故本項改正如控制點改正量超過圖上 0.3mm 時，則該點予以 除。

(三)加入幾何條件改正

進行前述二個步驟後，接下來再依地籍圖上所註記界址點間之邊長條件，實施約制條件改正；並擇部分圖幅，依該圖幅應有之面積大小及數化面積與登記面積之差異情形，施以面積改正。

(四)界址點計算

前述地籍圖改正平差處理後，利用所求得轉換參數計算其餘

非條件點之各界址點改正後坐標時，以作為後續地籍圖各界址點與使用現況套疊使用。

七、地籍圖套疊現況及接合處理。

圖解地籍圖依前述方式實施伸縮改正後，再依下列程序套疊現況測量資料，並接合計算處理。

(一)約制條件坐標轉換

利用現況點為界址點或僅為地籍線上之點等關係組成點對點條件或共線條件，以所開發之 體實施約制條件平差計算；另如有實量邊長資料時，亦同時納入平差。本項約制條件同時採用四及六參數計算，並比較其結果之差異。本項坐標轉換結果，除記錄轉換參數外，亦評估各條件點平差後精度，並實施 95%卡方統計測試；如未通過統計測試時，則刪除觀測量或進行調權，直至通過統計測試止。

(二)計算界址坐標

依據前述計算約制條件轉換參數結果，計算非條件點之界址點坐標。

(三)圖幅接合處理

圖廓線上之界址點，因各圖幅伸縮情形不同及採分幅各別套疊現況，致其於套疊現況後之坐標無法一致，故對於跨圖幅之地籍線，利用各圖幅在圖廓線上之界址點，其接後坐標應相同之原理，進行平差計算，予以接合。

八、三圖套疊處理

(一)三圖套疊條件點選取

為了進行三圖套疊之圖籍選取共點或共線條件之相關點位資料，由研究人員自行開發圖籍套疊及條件選取工具程式，利用

該程式可讀取地籍圖之複丈整合交換檔 (BNP, COA, PAR)、地形圖及都市計畫圖 (DXF 交換檔) 以及正射影像 (ECW 縮檔), 選取同時存在於三種圖籍或僅存在於兩圖之條件點, 如圖 2-15。

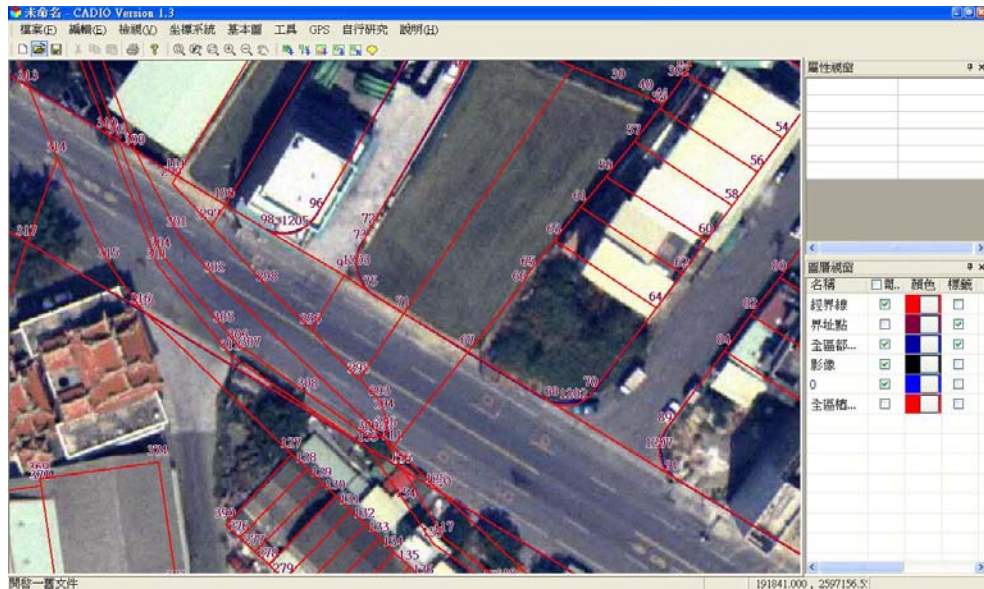


圖 2-15 圖籍套疊及條件選取工具程式

在進行地形圖與其他圖籍套疊時, 為避免圖層過多, 影響套圖選點作業, 由研究人員先行選與地籍圖線較有關聯之圖層, 例如房屋、圍、田及道路等, 以簡化套圖畫面。而程式亦具備圖層設定功能, 以分別顯示各種不同圖籍資訊, 如圖 2-16。



圖 2-16 圖層設定選單

此外, 由於不同圖籍之原始坐標系統常有不同, 為利選取共線及共點條件, 需將圖籍進行約略套疊, 利用中本心「地籍坐標與二度分帶坐標轉換之研究」成果 (李弘洲等, 1999), 以及內政部開發「台灣地區大地基準/坐標系統轉換」程式 (內政

部,1997)，進行地籍坐標系統、TWD67 及 TWD97 系統之轉換(如圖 1-3)。

而在選取共點或共線條件時，為記錄選取點位之點號及坐標，程式亦具備點號編定及點位選取之功能，並於點選完成後，將選取點位存檔，提供套圖程式計算使用，如圖 2-17。



圖 2-17 共點共線條件選取畫面

(二)三圖套疊處理作業

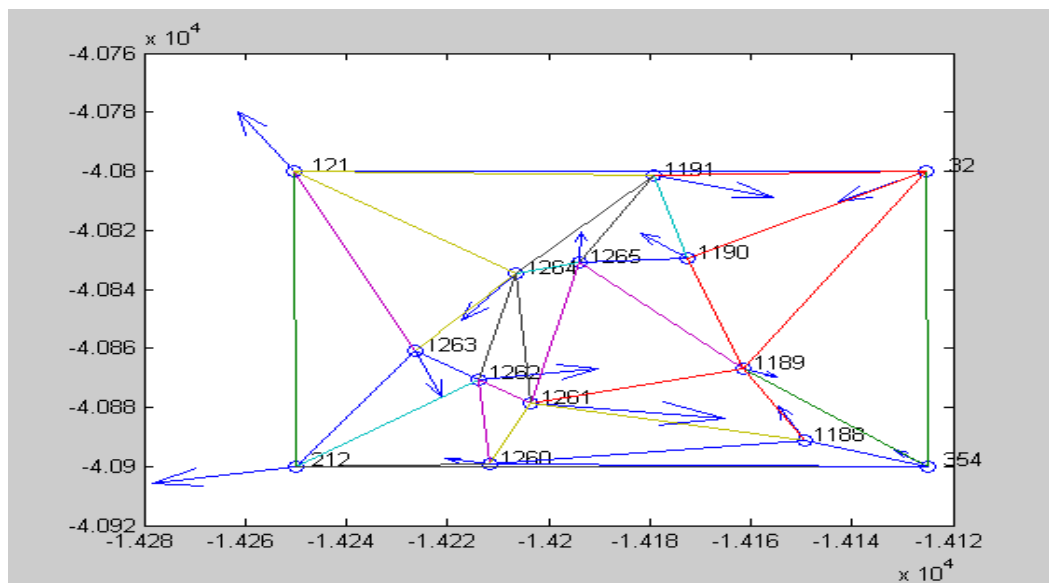


圖 2-18 Delaunay 三角網示意圖

依前述數學模式及所選取之條件點，找出三圖套疊時之共同點，包含同時存在於地籍圖、都市計畫圖及 1/1000 地形圖上之點位，及另僅存在於二圖，如地籍圖、都市計畫圖及地籍圖、

1/1000 地形圖上等狀況。經考量三種圖籍其測製精度後，以地籍圖精度要求最高，故本研究係將都市計畫圖與 1/1000 地形圖視為轉換前，地籍圖當成轉換後圖籍(即以地籍圖為底圖)。而為探討以不同圖籍當底圖其套疊結果之差異，本研究亦再分別以都市計畫圖及 1/1000 地形圖為底圖，實施坐標轉換套疊計算

(三)組成 Delaunay 三角網

三圖套疊坐標轉換後，條件點間可以組成 Delaunay 三角網，惟為避免有待轉換點位未座落在任一 Delaunay 三角網內情形，而導致外插情形，故需考量各點位之分布狀況，依據待轉換點坐標之極大、極小值重組 Delaunay 三角網，以利後續各待轉換點位之內插計算。

Delaunay 三角網圖形如圖 2-18。

(四)利用 Delaunay 三角網進行計算

利用四、六參數及共線約制條件坐標轉換實施三圖套疊後，條件點之坐標均會有殘差，為避免其改正後，與相鄰點位之關係變化太大，而導致原點位間之形狀變得不勻稱，乃將各條件點組成 Delaunay 三角網，並視各待轉換點位座落在何三角網內，再進行後續計算。本項計算分成下列 4 種方式

- 1.不內插計算，即直接依約制條件坐標轉所得轉換參數計算各待轉換點轉換後坐標。
- 2.將條件點坐標轉換之殘差依其所座落 Delaunay 三角形頂點之殘差量，依據各待轉換點至 Delaunay 三角形頂點距離倒數為權，將各頂點之殘差內插分配至各新點(即待轉換點)上。
- 3.重複上述動作，惟將 Delaunay 三角形頂點各條件點之殘差正負號顛倒，使各條件點經內插配置改正後其殘差為 0。本項內插配置係仿照最小二乘配置法(Least Square Collocation)，條件點之殘差改正量為 0 之做法，改以較簡易內插方式實施。
- 4.重新依各 Delaunay 三角形頂點計算各三角形之轉換參數，座

落於其內之各待轉換點，即依其外圍三角形頂點所計算之轉換參數重新計算坐標。圖 2-19 為各待轉換點位於 Delaunay 三角形情形示意圖

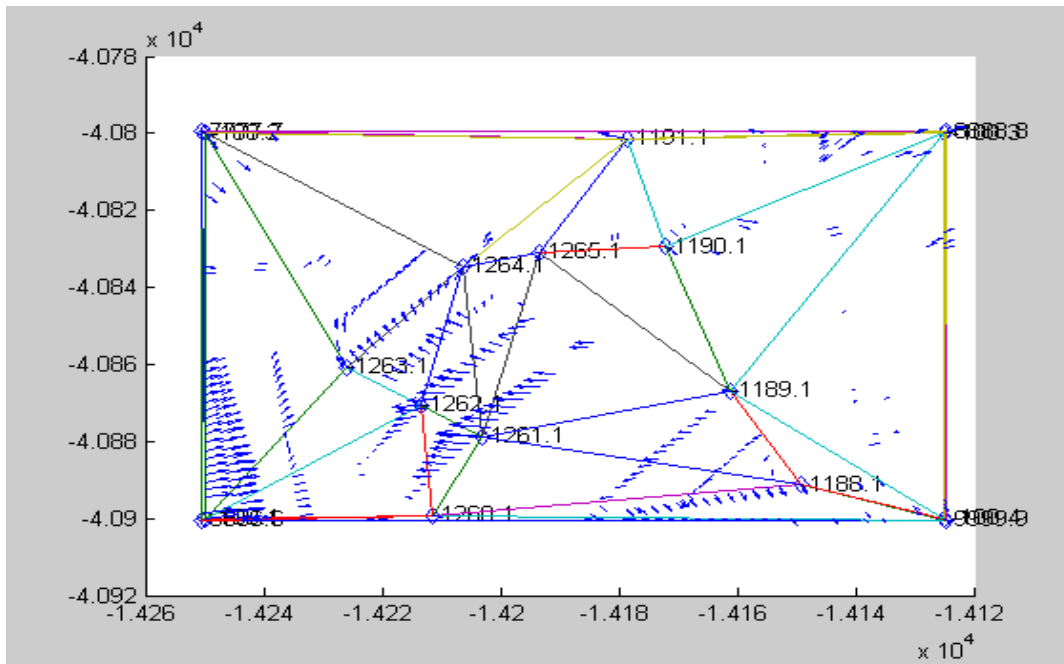


圖 2-19 各待轉換點位於 Delaunay 三角形內插改正示意圖

(五)繪製三圖套疊成果

為具體展現套疊成果及提高套疊成果之應用效益，經三圖套疊坐標轉換處理後，將各種圖籍點位改正後坐標成果，重新呈現，即分別將地籍圖、都市計畫圖與 1/1000 地形圖圖形疊合，並套疊所蒐集之正射影像。

九、成果比較分析

本項研究因分別採用不同方法，如四及六參數坐標轉換、地籍圖是否實施伸縮改正、是否經套疊現況及三圖套疊不同之轉換方法等，

為了解不同方法其成果之差異情形，乃分別就各種轉換方法之計算精度及套疊後相關對應點位之平均垂距差差異情形等方面進行文又分析比較。

有關本研究資料處理流程如圖 2-20。

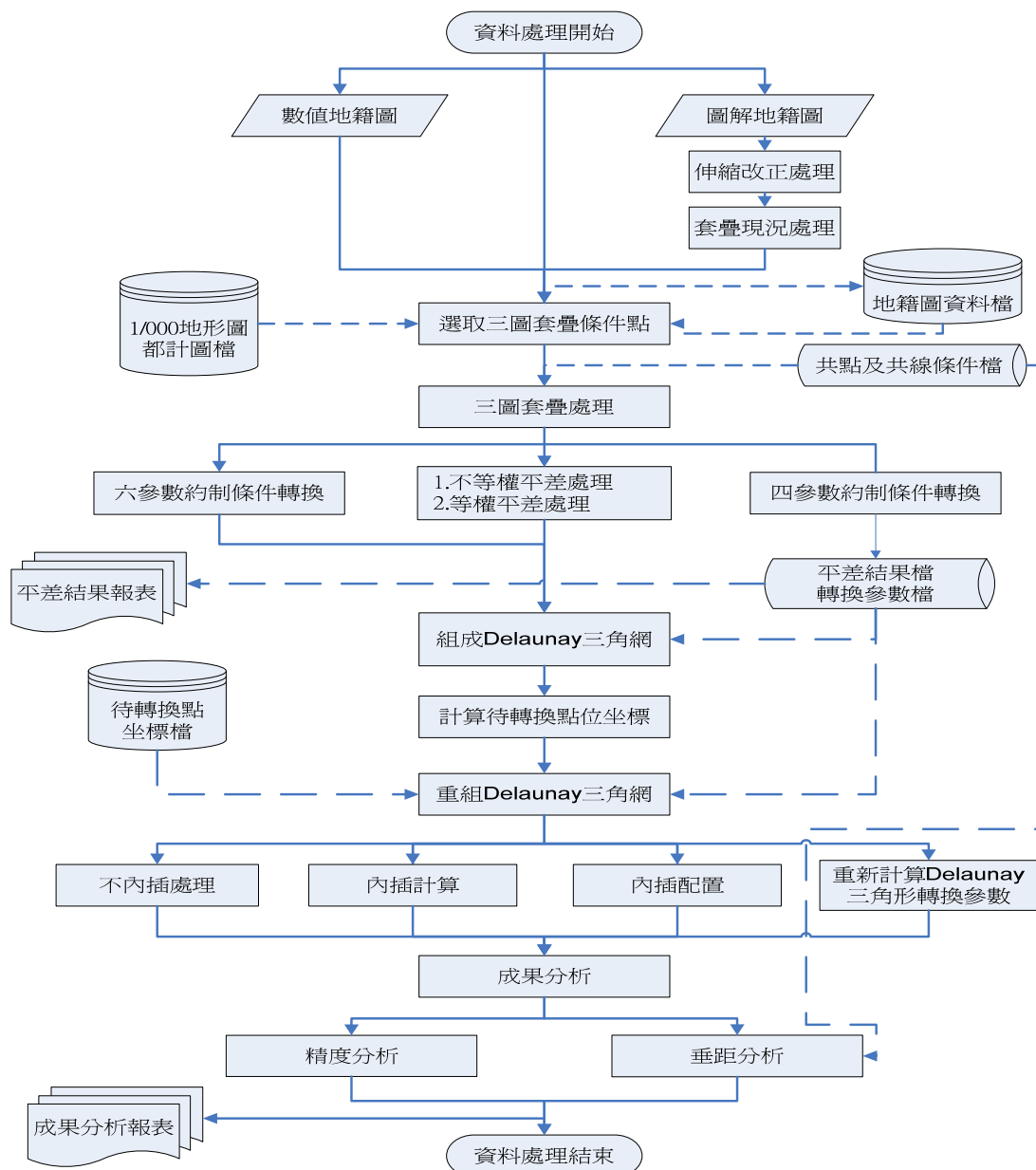


圖 2-20 資料處理流程圖

十、 寫研究報告

依各項作業過程與結果， 寫研究報告，分析比較本研究所各別方法成果之差異性，並對於研究結果作成結論及建議事項，以提供後續相關機關推動相關空間圖籍套疊計畫作業之參考。

第三節研究進度

表 2-2 研究進度表(紅色線表預定進度；藍色線表實際進度)

工作項目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
蒐集資料												
選定測試區												
建立三圖套疊 平差模式模式												
程式功能 增修及測試												
												
資料計算處理												
												
成果比較分析												
												
寫研究報告												
												

第四節 研究預期發現及效果：

- 一、建立空間多圖籍嚴密及加權套疊模式，作為後續國土資訊系統各項空間圖籍套疊作業之參考，改善三圖套疊成果品質，進而擴大其應用效益。
- 二、分析不同精度之空間圖籍其套疊成果之差異，進而作為後續選擇套疊圖籍之參考，進而作為測製空間圖籍採用精度之參考。
- 三、開發空間多圖籍電腦套疊平差程式，提供地籍圖、都市計畫圖及1/1000地形圖實施電腦套疊等資料處理作業使用，並可作為其他空間圖籍套疊應用參考。
- 四、建立標準套疊作業流程，方便各機關推動核發土地使用分區證明及其他多目標地理資訊系統發展線上系統之建置，減少重複實施套疊工作，提高網路服務成效及為民服務品質。
- 五、透過本案建立三圖套疊平差模式過程，可提供爾後實施更多空間圖資套疊之理論論述基礎，發展更多元套疊作業模式。
- 六、分析及了解不同加權平差模式、坐標轉換方式及採用不同底圖其套疊成果之差異，作為整合空間圖籍測製及套疊業務之重要參考。

第五節 研究人員編組

表 2-3 研究人員編組表			
姓名	現職	職等	作業分工
林燕山	主任	簡任 11 職等	督辦研究計畫方向等相關事宜。
蘇惠璋	副主任	簡任 10 職等	督辦研究計畫相關執行事宜。
鄭彩堂	簡任 技正	簡任 10 職等	資料蒐集、套疊公式推導、撰寫坐標轉換套疊程式及測試、資料處理分析及撰寫研究報告。
胡征懷	技 正	薦任 9 職等	相關參考文獻之蒐集及探討、圖籍資料預處理、圖籍套疊條件選取及成果展示程式撰寫、圖籍套疊成果處理分析及撰寫研究報告。
董荔偉	測量員	薦任 7 職等	資料蒐集、資料處理分析、行政事務及撰寫研究報告。

第三章 理論基礎

第一節 廣義最小二乘平差法

本研究主要平差理論係採用廣義最小二乘平差法及限制條件，並將坐標轉換及幾何條件化成廣義最小二乘平差法及限制條件模式，其基本理論及推導過程說明如下：

一、廣義最小二乘平差法基本公式

廣義最小二乘法(General Least Square)之基本公式為

$$A_{c \times n} V_{n \times 1} + B_{c \times u} \Delta_{u \times 1} = f_{c \times 1} \quad \text{----- (3-1), 其中}$$

Δ ：未知數矩陣 V ：觀測量殘差矩陣

A ：觀測量殘差之係數矩陣

B ：未知數改正數之係數矩陣

f ：為常數之係數矩陣

n ：為觀測量總數

n_0 ：為所需最低觀測數量

r ：為多餘觀測數量

c ：所列獨立條件總數

u ：獨立未知數數量

$$0 \leq u \leq n_0$$

$$r \leq c \leq n$$

$$r = n - n_0$$

當 $c = r + u = n$ 即間接平差(Indirect Method)模式

當 $c = r + u = r$ 即條件平差(Observations Only)模式

即 $u = 0$ ，而 $r = c - u$

依最小二乘原理

$$\Phi = V^T W V - 2K^T (AV + B\Delta - f) \Rightarrow \min$$

分別對 V 及 Δ 偏微分

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial V} = 2V^t W - 2K^t A = 0 \\ \frac{\partial \Phi}{\partial \Delta} = -2K^t B = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V^t W - K^t A = 0 \\ -K^t B = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} WV = A^t K \text{-----}(3-2) \\ B^t K = 0 \text{-----}(3-3) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{由}(3-2)\text{式可得 } V = W^{-1} A^t K = Q A^t K \text{-----}(3-4)$$

將(3-4)代入(3-1)

$$\Rightarrow A(Q A^t K) + B\Delta = f \Rightarrow (A Q A^t) K = f - B\Delta$$

$$\text{設 } Q_e = A Q A^t \Rightarrow K = Q_e^{-1} (f - B\Delta) = W_e (f - B\Delta) \text{-----}(3-5)$$

$$\text{將}(3-5)\text{代入}(3-3) \Rightarrow B^t K = B^t W_e (f - B\Delta) = 0$$

$$B^t W_e f - B^t W_e B\Delta = 0 \quad , \quad \text{設 } B^t W_e B = N \quad , \quad B^t W_e f = t$$

$$\Rightarrow N\Delta = t \quad , \quad \Delta = N^{-1} t \text{-----}(3-6)$$

(Mikhail. Edward M. , 1981)

二、廣義最小二乘平差法加限制條件

廣義最小二乘平差法加限制條件(General Least Square Adjustment With Conditions and Constraints)當平差後未知數間存在一些幾何條件，諸如距離、共線..等幾何條件時，則平差時需將其另外列為限制條件，一併納入平差，使平差後得以滿足其幾何條件，設其條件數為 s ，則

$$s = u - u'$$

u' 即為 3-1-1 中之 u

此時 $u = u' + s$ ，

u : 原未知數個數及限制條件數之和

$$s < u$$

獨立條件數量 $c = r + u'$

將限制條件納入條件總數內，可以得到

$$c + s = r + u' + s$$

將上式改寫成 $c + s = r + u$

$$\text{而 } r = c + s - u$$

廣義最小二乘法加限制條件模式如下

$$\begin{cases} A_{c \times n} V_{n \times 1} + B_{c \times u} \Delta_{u \times 1} = f_{c \times 1} \\ C_{s \times u} \Delta_{u \times 1} = g_{s \times 1} \end{cases}$$

依最小二乘法原理， $\Phi = V^t W V \Rightarrow \min$

$$\Phi' = V^t W V - 2K^t (AV + B\Delta - f) - 2K_c^t (C\Delta - g) \Rightarrow \min$$

將 Φ' 分別對 V, K, Δ, K_c 偏微分

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi'}{\partial V} = 2V^t W - 2K^t A = 0 \\ \frac{\partial \Phi'}{\partial K} = -2(AV + B\Delta - f) = 0 \\ \frac{\partial \Phi'}{\partial \Delta} = -2K^t B - 2K_c^t C = 0 \\ \frac{\partial \Phi'}{\partial K_c} = -2(C\Delta - g) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -WV + A^t K = 0 \text{-----(3-7)} \\ AV + B\Delta = f \text{-----(3-8)} \\ B^t K + C^t K_c = 0 \text{-----(3-9)} \\ C\Delta = g \text{-----(3-10)} \end{cases}$$

將 3-7 至 3-10 式以矩陣形式表示如下

$$\begin{bmatrix} -W & A^t & 0 & : & 0 \\ A & 0 & B & : & 0 \\ & & B^t & 0 & : & C^t \\ .. & .. & .. & .. & .. & \\ 0 & 0 & C & 0 & 0 & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ K \\ \Delta \\ : \\ K_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ f \\ : \\ g \end{bmatrix} \text{-----(3-11)}$$

$$\text{由(3-7)式可得 } -WV + A^t K = 0 \Rightarrow WV = A^t K \Rightarrow V = W^{-1} A^t K = QAK \text{-----(3-12)}$$

由(3-8)及(3-12)式可得

$$A(QAK) + B\Delta = f \Rightarrow Q_e K + B\Delta = f \Rightarrow K = W_e(f - B\Delta) \text{------(3-13)}$$

由(3-9)及(3-13)式可得 $B^t(W_e(f - B\Delta)) + C^t K_c = 0$

$$\Rightarrow B^t W_e f - B^t W_e B \Delta + C^t K_c = 0$$

$$\Rightarrow -N\Delta + C^t K_c = -t \quad \text{------(3-14)}$$

$$\text{其中 } N = B^t W_e B \quad t = B^t W_e f$$

將 (3-9) 及 (3-13) 式合併

$$\begin{cases} -N\Delta + C^t K_c = -t \\ C\Delta = g \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} -N & C^t \\ C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \\ K_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -t \\ g \end{bmatrix} \quad r(B) = \min(c, u) = u \Rightarrow u \leq c$$

$$r(B) = r(N) = u, \quad r(A) = c, \quad r(C) = s$$

$$\text{由(3-12)式可得 } N\Delta = t + C^t K_c$$

$$\Delta = N^{-1}t + N^{-1}C^t K_c = \Delta^0 + \delta\Delta$$

$$\text{其中 } \Delta^0 = N^{-1}t \quad \text{-----(3-6)} \quad \delta\Delta = N^{-1}C^t K_c \quad \text{--(3-15)} \quad \text{代入(3-10)式}$$

$$C\Delta = g \Rightarrow C(N^{-1}t + N^{-1}C^t K_c) = g, \quad \text{設 } CN^{-1}C^t = M$$

$$\Rightarrow CN^{-1}t + MK_c = g, \Rightarrow K_c = M^{-1}(g - CN^{-1}t) = M^{-1}(g - C\Delta^0) \quad \text{--(3-16)}$$

$$\delta\Delta = N^{-1}C^t K_c = N^{-1}C^t M^{-1}(g - C\Delta^0) \quad \text{------(3-17)}$$

$$\text{由(18)及(19)可得 } \Rightarrow V = QA^t K = QA^t W_e(f - B\Delta) \quad \text{------(3-18)}$$

$$\text{最後可得平差後觀測值 } \hat{l} = l + V \quad \text{------(3-19)}$$

(Edward. M. Mikhail & F. Ackerman, 1976)

第二節 圖解地籍圖伸縮改正

圖解地籍圖因受於保存環境與材質影響，經數化後，圖幅大小與原測設成果已有差異，以往在處理圖紙伸縮問題時，多僅以 4 個圖廓點為改正依據，惟因地籍圖伸縮並非均勻，且各圖幅隨複丈範圍大小及時間之不同，已各自成一獨立系統。為提高地籍圖伸縮改正之週延性，本研究除將 4 個圖廓點納入作為伸縮率改正外，亦再將地籍圖上之控制點及圖上註記之距離逐次納入改正，並利用四參數及六參數轉換方式，分別予以改正。

一、四參數坐標轉換改正

四參數轉換前後坐標系間有一旋轉角度、一尺度比例因子、二平移量共四個參數，如圖 2-6 (陳鴻益, 1984; 鄭彩堂等, 2002; 劉正倫等, 2004; 蔡建彰, 2006)，其基本公式為

$$\begin{cases} X_1 = ax_1 - by_1 + c & \text{----- (3-20)} \\ Y_1 = bx_1 + ay_1 + d & \text{----- (3-21)} \end{cases}$$

X_1, Y_1 ：改正後坐標； x_1, y_1 ：數化後坐標，即待改正坐標。

X_1, Y_1 及 x_1, y_1 均視為測量。

X 軸與 Y 軸之尺度改正量相同。

a, b, c, d 為轉換參數，即未知數，其中 c, d 為平移量。

將(3-20)(3-21)式分別對觀測量及未知數偏微分，其中觀測量為

轉換前後坐標，未知數為轉換參數。

$$\Rightarrow \begin{cases} F_{10} + \frac{\partial F_1}{\partial x_1} v_{x1} + \frac{\partial F_1}{\partial y_1} v_{y1} + \frac{\partial F_1}{\partial a} v_a + \frac{\partial F_1}{\partial b} v_b + \frac{\partial F_1}{\partial c} v_c + \frac{\partial F_1}{\partial X_1} \delta_{x1} + \frac{\partial F_1}{\partial Y_1} \delta_{y1} = 0 \\ F_{20} + \frac{\partial F_2}{\partial x_1} v_{x1} + \frac{\partial F_2}{\partial y_1} v_{y1} + \frac{\partial F_2}{\partial a} v_a + \frac{\partial F_2}{\partial b} v_b + \frac{\partial F_2}{\partial d} v_d + \frac{\partial F_1}{\partial X_1} \delta_{x1} + \frac{\partial F_1}{\partial Y_1} \delta_{y1} = 0 \end{cases}$$

再化成廣義最小二乘平差法模式，對每一點而言

$$\begin{bmatrix} a^0 & -b^0 & -1 & 0 \\ b^0 & a^0 & 0 & -1 \end{bmatrix}_{2 \times 4} \begin{bmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{x1} \\ v_{y1} \end{bmatrix}_{4 \times 1} + \begin{bmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \end{bmatrix}_{2 \times 4} \begin{bmatrix} \delta a \\ \delta b \\ \delta c \\ \delta d \end{bmatrix}_{4 \times 1} = \begin{bmatrix} X_1 - a^0 x_1 + b^0 y_1 - c^0 \\ Y_1 - b^0 x_1 - a^0 y_1 - d^0 \end{bmatrix}_{2 \times 1}$$

$$\Rightarrow AV + B\Delta = f$$

a^0, b^0, c^0, d^0 為 a, b, c, d 之起始值

即每一點可列二個方程式。當有 n 個共同點時，可列 $2n$ 個方程式，自由度 $(r) = 2n - 4$ 。

$$N = B^t W_e B \quad \text{-----} (3-22)$$

$$t = B^t W_e f \quad \text{-----} (3-23)$$

$$W_e = Q_e^{-1} = (A Q A^t)^{-1} \quad \text{-----} (3-24)$$

N ：法方程式矩陣 t ：係數矩陣

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{xi} & & & \\ & Q_{yi} & & \\ & & Q_{xi} & \\ & & & Q_{yi} \end{bmatrix}_{4n \times 4n} \quad \text{：協因子矩陣}$$

Q_{xi}, Q_{yi} ：數化坐標協因子矩陣； Q_{xi}, Q_{yi} ：轉換後坐標協因子矩陣

$$\Delta = N^{-1} t \quad \text{-----} (3-6)$$

$$K = W_e (f - B \Delta) \quad \text{-----} (3-25)$$

$$V = Q A^t K = Q A^t W_e (f - B \Delta) \quad \text{-----} (3-26)$$

$$\hat{l} = l + v \quad \text{-----} (3-27)$$

$$\text{計算結果：} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^0 \\ b^0 \\ c^0 \\ d^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta a \\ \delta b \\ \delta c \\ \delta d \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ X_1 \\ Y_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ x_n \\ y_n \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix}_{4n \times 1} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ X_1 \\ Y_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ x_n \\ y_n \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix}_{4n \times 1} + \begin{bmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{X1} \\ v_{Y1} \\ \vdots \\ \vdots \\ v_{Xn} \\ v_{Yn} \end{bmatrix}_{4n \times 1}$$

二、六參數坐標轉換(仿射轉換)

六參數轉換前後兩坐標系間有一旋轉量(α)、一個坐標軸非正交改正量(δ)、二個尺度比例因子(S_x 、 S_y)及二坐標軸間之平移量共六個轉換參數，如圖 2-7 (陳鴻益, 1984；鄭彩堂等, 2002、2004；蔡建彰, 2006)，其基本公式如下：

$$\begin{cases} X_1 = ax_1 + by_1 + c & \text{----- (3-28)} \\ Y_1 = dx_1 + ey_1 + g & \text{----- (3-29)} \end{cases}$$

X_1, Y_1 ：改正後坐標； x_1, y_1 ：數化後坐標，即待改正坐標。

a, b, c, d, e, g 為轉換參數，即未知數，其中 e, g 為平移量。

將(3-28)(3-29)式分別對觀測量及未知數偏微分，其中觀測量為轉換前及轉換後坐標，未知數為轉換參數。

$$\Rightarrow \begin{cases} F_{10} + \frac{\partial F_1}{\partial x_1} v_{x1} + \frac{\partial F_1}{\partial y_1} v_{y1} + \frac{\partial F_1}{\partial a} v_a + \frac{\partial F_1}{\partial b} v_b + \frac{\partial F_1}{\partial c} v_c + \frac{\partial F_1}{\partial X_1} \delta_{x1} + \frac{\partial F_1}{\partial Y_1} \delta_{y1} = 0 \\ F_{20} + \frac{\partial F_2}{\partial x_1} v_{x1} + \frac{\partial F_2}{\partial y_1} v_{y1} + \frac{\partial F_2}{\partial d} v_d + \frac{\partial F_2}{\partial e} v_e + \frac{\partial F_2}{\partial g} v_g + \frac{\partial F_2}{\partial X_1} \delta_{x1} + \frac{\partial F_2}{\partial Y_1} \delta_{y1} = 0 \end{cases}$$

再化成廣義最小二乘平差法模式，對每一點而言

$$\begin{bmatrix} a^0 & b^0 & -1 & 0 \\ d^0 & e^0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{x1} \\ v_{y1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta & a \\ \delta & b \\ \delta & c \\ \delta & d \\ \delta & e \\ \delta & g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 - a^0 x_1 - b^0 y_1 - c^0 \\ Y_1 - d^0 x_1 - e^0 y_1 - g^0 \end{bmatrix}$$

$\Rightarrow A V + B \Delta = f$ ，其求解過程同四參數，故不另敘述。

每一點可列二個方程式。當有 n 個共同點時，可列 $2n$ 個方程式，
自由度 $(r)=2n-6$ 。

三、幾何條件改正：

本研究地籍圖伸縮改正採用之限制條件，計有距離條件及面積等幾何條件；至直線條件(道路邊界逕為分割線)已於數化後作直線交點處理，故未納入在地籍圖伸縮改正項目。此外，尚有角度條件、平行條件…等，因其實用機會較低，故未納入本次研究改正項目內。

1. 距離條件： $S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$ ----- (3-30)

2. 面積條件： $A = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i) \right]$ ----- (3-31)

(Edward. M. Mikhail, 1981; 陳鴻益, 1984; 盧鄂生, 1978&1996; 郭英俊, 1995; 洪慧玲, 1999; 鄭彩堂等, 2002)。

(一)點到點距離條件

設界址點 i 與 j 有距離條件，其二點間之距離為：

$$S_{ij} = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2} \text{ ----- (3-30)}$$

分別對 X_j, X_i, Y_j, Y_i 偏微分

$$\Rightarrow \frac{\partial S}{\partial X_i} \Delta X_i + \frac{\partial S}{\partial Y_i} \Delta Y_i + \frac{\partial S}{\partial X_j} \Delta X_j + \frac{\partial S}{\partial Y_j} \Delta Y_j = S^0 - S$$

將距離條件化為限制條件模式： $C\Delta = g$ ，其中

$$C = \begin{bmatrix} \frac{X_j^0 - X_i^0}{S_{ij}^0} & \frac{Y_j^0 - Y_i^0}{S_{ij}^0} & -\frac{X_j^0 - X_i^0}{S_{ij}^0} & -\frac{Y_j^0 - Y_i^0}{S_{ij}^0} & \dots \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} \delta X_1 & \delta Y_1 & \delta X_2 & \delta Y_2 & \dots & \delta X_n & \delta Y_n \end{bmatrix}^t$$

$$g = [S^0 - S]$$

$X_j^0, X_i^0, Y_j^0, Y_i^0$ ：未知數坐標起始值； S^0 ：距離起始值； S ：距離量測值。

(二)面積條件

$$A = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i) \right] \text{-----} (3-31)$$

將面積條件化為限制條件模式： $C\Delta = g$

$$C = \begin{bmatrix} Y_2^0 - Y_n^0 & X_n^0 - X_2^0 & Y_3^0 - Y_1^0 & X_1^0 - X_3^0 & \dots \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} \delta X_1 & \delta Y_1 & \delta X_2 & \delta Y_2 & \dots & \delta X_n & \delta Y_n \end{bmatrix}^t$$

$$g = \left[2A - \sum_{i=1}^n (X_i^0 Y_{i+1}^0 - X_{i+1}^0 Y_i^0) \right]$$

其中 $X_1^0, Y_1^0, X_2^0, Y_2^0, \dots$ = 界址點坐標起始值； A 為面積量測值。

將前述各項限制條件合併，組成下式

$$\sum_{i=1}^2 (C_i \Delta) = \sum_{i=1}^2 g_i \Rightarrow C\Delta = g$$

(三)計算求解

1. 將前述幾何條件併同坐標轉換組成下式

$$\begin{cases} AV + B\Delta = f \text{-----} (3-1) \\ C\Delta = g \text{-----} (3-10) \end{cases}$$

再依下列公式求解：

$$\Delta_{2n \times 1}^0 = N^{-1}t \quad \text{-----}(3-6)$$

$$P_{s \times s} = C_{s \times 2n} N^{-1} 2n \times 2n C_{2n \times s} \quad \text{-----}(3-32)$$

$$k_{c_s \times 1} = P^{-1}(g - C\Delta^0) \quad \text{-----}(3-33)$$

$$\Delta_{2n \times 1} = \Delta^0 + N^{-1}Ck_c \quad \text{-----}(3-34)$$

$$K_{2n \times 1} = W_e(f - B\Delta) \quad \text{-----}(3-5)$$

$$V_{2n \times 1} = QA^t K = QA^t W_e(f - B\Delta) \quad \text{-----}(3-4)$$

$$\hat{l}_{2n \times 1} = l + V \quad \text{-----}(3-19)$$

前述諸方程式中，下標 n 為待計算界址點個數，每一點各有二個未知數即 X, Y 坐標； S 表示限制條件個數。

將改正後觀測量及未知數再代入計算，至 Δ 改正量趨近於零為止。前述未知數 Δ 在(3-1)式坐標轉換時為轉換參數，但在(3-10)式限制條件中為界址坐標，需將該二式之未知數化成一致，故計算時，先求得轉換參數後，再依 3-1 式計算界址坐標，此時未知數即為界址坐標，再與 3-10 式與限制條件併同求解界址坐標。

2. 因前述加入幾何條件後，將影響僅以坐標轉換方式所求得之轉換參數，故本研究乃再將前節坐標轉換所計算之轉換參數視為虛擬觀測量(於坐標轉換時，原視為未知數)，併同限制條件迭代求解，再逐次修正轉換參數。其公式推導如下：

將(3-1)式整理改寫如下：

$$\Rightarrow [A_1 \quad A_2] \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} + B\Delta = f, \text{ 其中 } A = [A_1 \quad A_2] \quad V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

其中 A_1 ：表地籍圖坐標觀測量之係數矩陣。

A_2 ：表轉換參數虛擬觀測量之係數矩陣。

V_1 ：表地籍圖坐標觀測量之殘差矩陣。

V_2 ：表轉換參數虛擬觀測量之殘差矩陣。

若有 n 點界址點時，則

$$\begin{bmatrix} A_{1_{2n \times 2n}} & A_{2_{2n \times 6}} \end{bmatrix}_{2n \times (2n+6)} \begin{bmatrix} V_{1_{2n \times 1}} \\ V_{2_{3 \times 1}} \end{bmatrix}_{(2n+6) \times 1} + B_{2n \times 2n} \Delta_{2n \times 1} = f_{2n \times 1} \quad \text{-----} (3-35)$$

$$\begin{aligned} Q_e &= AQA^t = \begin{bmatrix} A_{1_{2n \times 2n}} & A_{2_{2n \times 6}} \end{bmatrix}_{2n \times (2n+6)} \begin{bmatrix} Q_1 & Q_2 \end{bmatrix}_{(2n+6) \times (2n+6)} \begin{bmatrix} A^t_{1_{2n \times 2n}} \\ A^t_{2_{3 \times 2n}} \end{bmatrix}_{(2n+6) \times 2n} \\ &= A_1 Q_1 A_1^t + A_2 Q_2 A_2^t \quad \text{-----} (3-36) \end{aligned}$$

$$Q_e = Q_{e_1} + Q_{e_2}$$

$$Q_{e_1} = A_1 Q_1 A_1^t = W_{e_1}^{-1} \quad ; \quad Q_{e_2} = A_2 Q_2 A_2^t = W_{e_2}^{-1}$$

Q ：協因子(cofactor)矩陣 $= W^{-1}$

$$\begin{aligned} V &= QA^t W_e (f - B\Delta) = \begin{bmatrix} Q_1 & Q_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1^t \\ A_2^t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{e_1} \\ W_{e_2} \end{bmatrix} (f - B\Delta) \\ &= (Q_1 A_1^t)_{2n \times 2n} W_{e_1}^{-1} (f - B\Delta) + (Q_2 A_2^t)_{3 \times 2n} W_{e_2}^{-1} (f - B\Delta) \quad \text{---} (3-37) \end{aligned}$$

其中 n 表界址點個數，每一點有二個坐標。

Q_1 ：表地籍圖坐標觀測量之協因子矩陣。

Q_2 ：表轉換參數虛擬觀測量之協因子矩陣。

依誤差傳播定律可推導出平差後未知數、殘差及觀測量協因子矩陣、後驗單位權中誤差及未知數變方協變方矩陣(Mikhail & F.

Ackerman,1976)如 (3-38)至(3-41)式。

$$Q_{\Delta\Delta} = N^{-1}(I - C^t P^{-1} C N^{-1}) \quad \text{-----} (3-38)$$

$$Q_{vv} = QA^t W_e AQ - QA^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e AQ \quad \text{-----} (3-39)$$

$$Q_{\Delta\Delta}^{\wedge} = Q - QA^t W_e (I - B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e) AQ = Q - Q_{vv} \quad \text{-----} (3-40)$$

$$\sigma_0^2 = \frac{V^t W V}{r} = \frac{V^t W V}{c + s^t - u - q} \quad \text{-----} (3-41)$$

$$\sum_{xx} = \sum_{\Delta\Delta}^{\wedge 2} Q_{\Delta\Delta}^{\wedge} = \sigma_0^2 N^{-1}(I - C^t P^{-1} C N^{-1}) \quad \text{-----} (3-42)$$

式中 N, W_e, P 意義同上。

(3-41)式中 r 為自由度， W 為觀測值之權矩陣， c (小寫)表坐標轉換條件式數量(大寫 C 表限制條件未知數之係數)， s' 表限制條件數量， u 表未知數(即界址點坐標)數量。

將(3-39)及(3-40)式中 Q 及 A 分別以 $\begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix}$ 及 $[A_1 \ A_2]$ 取代

$$Q_{vv} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1^t \\ A_2^t \end{bmatrix} W_e [A_1 \ A_2] \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1^t \\ A_2^t \end{bmatrix} W_e B N^{-1} B^t W [A_1 \ A_2] \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} Q_1 A_1^t W_e A_1 Q_1 - Q_1 A_1^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_1 Q_1 & Q_1 A_1^t W_e A_2 Q_2 - Q_1 A_1^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_2 Q_2 \\ Q_2 A_2^t W_e A_1 Q_1 - Q_2 A_2^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_1 Q_1 & Q_2 A_2^t W_e A_2 Q_2 - Q_2 A_2^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_2 Q_2 \end{bmatrix} \quad (3-43)$$

$$Q_{ll}^{\wedge} = Q - Q_{vv}$$

$$= \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Q_1 A_1^t W_e A_1 Q_1 - Q_1 A_1^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_1 Q_1 & Q_1 A_1^t W_e A_2 Q_2 - Q_1 A_1^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_2 Q_2 \\ Q_2 A_2^t W_e A_1 Q_1 - Q_2 A_2^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_1 Q_1 & Q_2 A_2^t W_e A_2 Q_2 - Q_2 A_2^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_2 Q_2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} Q_1 - Q_1 A_1^t W_e A_1 Q_1 + Q_1 A_1^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_1 Q_1 & -Q_1 A_1^t W_e A_2 Q_2 + Q_1 A_1^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_2 Q_2 \\ -Q_2 A_2^t W_e A_1 Q_1 + Q_2 A_2^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_1 Q_1 & Q_2 - Q_2 A_2^t W_e A_2 Q_2 + Q_2 A_2^t W_e B Q_{\Delta\Delta} B^t W_e A_2 Q_2 \end{bmatrix} \quad (3-44)$$

第三節 地籍圖套疊現況

圖解地籍圖伸縮改正完成後，界址點仍維持原地籍圖之坐標系統。為建立界址點 TWD97 坐標成果，作為三圖套疊之平台，乃再與 TWD97 成果之現況點進行套疊計算，以便將界址點轉換至 TWD97 坐標系統。現況測量時，除已埋樁之界址點可測得其 TWD97 坐標外，多數界址點並無法藉由外業觀測得到其 TWD97 坐標，而僅能測得地籍線上之現況點。因現況點並非界址點，其多僅為地籍線上之點位，且地籍圖上並無現況點，故在進行套疊時，需利用現況點與地籍線之幾何關係，以新增條件式及參數，利用平差方式計算處理。又現況測量時，可量測部分界址點間之距離(如連棟房屋之寬度)，該項距離條件亦為坐標轉換中一項重要之約制條件。

為因應實務作業需要，並建立以電腦實施套圖之作業模式，本研究利用線條件方式(劉正倫等,2004)，將現有地籍測量人工套疊現況點方式，改以幾何條件約制平差方式，並配合前述六參數及四參數坐標轉換公式，建立一套數學平差模式。其套疊方式說明如下(以六參數轉換為例)：

一、點對點條件

$$\begin{cases} X_1 = ax_1 + by_1 + c & \text{-----(3-28)} \\ Y_1 = dx_1 + ey_1 + g & \text{-----(3-29)} \end{cases}$$

X_1, Y_1 ：共同點實測坐標，即套疊後坐標

x_1, y_1 ：共同點地籍圖坐標，即套疊前坐標

a, b, c, d, e, g ：轉換參數，意義同前

二、共線條件(三點共線)

1. 現況點在經界線上

$$\frac{(X_3 - X_4)}{(Y_3 - Y_4)} = \frac{(X_4 - X_5)}{(Y_4 - Y_5)}$$

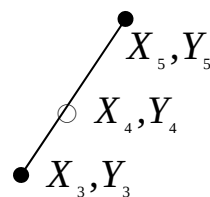


圖 3-1-1 三點共線示意圖 1

$$(Y_3 - Y_4)(X_4 - X_5) - (X_3 - X_4)(Y_4 - Y_5) = 0 \quad \text{-----}(3-45)$$

$X_3, Y_3; X_5, Y_5$: 經坐標轉換後之界址點

X_4, Y_4 : 實測之現況點

2. 現況點與經界延長線上

$$\frac{(X_6 - X_8)}{(Y_6 - Y_8)} = \frac{(X_7 - X_8)}{(Y_7 - Y_8)}$$

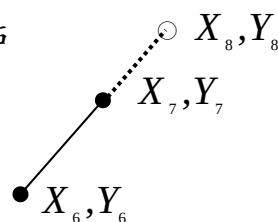


圖 3-1-2 三點共線示意圖 2

$$(Y_7 - Y_8)(X_6 - X_8) - (X_7 - X_8)(Y_6 - Y_8) = 0 \quad \text{-----}(3-46)$$

$X_6, Y_6; X_7, Y_7$: 經坐標轉換後之界址點

X_8, Y_8 : 實測之現況點

3. 若有二組以上共線條件時，依前述 1、2 共線條件再予合併組成條件式。

$$\text{三、距離條件 } S = \sqrt{(X_{12} - X_{11})^2 + (Y_{12} - Y_{11})^2} \quad \text{-----}(3-30)$$

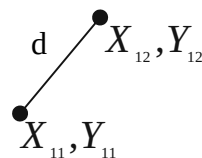


圖 3-2 距離條件示意圖

將前述 5 式合併

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 : ax_1 + by_1 + c - X_1 = 0 \\ F_2 : dx_1 + ey_1 + g - Y_1 = 0 \\ F_3 : (Y_3 - Y_4)(X_4 - X_5) - (X_3 - X_4)(Y_4 - Y_5) = 0 \\ F_4 : (Y_7 - Y_8)(X_6 - X_8) - (X_7 - X_8)(Y_6 - Y_8) = 0 \\ F_5 : \sqrt{(X_{12} - X_{11})^2 + (Y_{12} - Y_{11})^2} - S = 0 \end{array} \right.$$

將轉換參數 a,b,c,d,e,g 視為未知數外，其餘均視為觀測量，其中 $X_3, Y_3; X_5, Y_5; X_6, Y_6; X_7, Y_7; X_{11}, Y_{11}; X_{12}, Y_{12}$ 係由坐標轉換計算而得，再將其代入公式(3-28)、(3-29)，並將 F_3 、 F_4 、 F_5 式改寫

$$\begin{cases} F_3 : (dx_3 + ey_3 + g - Y_4)(X_4 - ax_5 - by_5 - c) - (ax_3 + by_3 + c - X_4)(Y_4 - dx_5 - ey_5 - g) = 0 \\ F_4 : (dx_7 + ey_7 + g - Y_8)(ax_6 + by_6 + c - X_8) - (ax_7 + by_7 + c - X_8)(dx_6 + ey_6 + g - Y_8) = 0 \\ F_5 : \sqrt{(ax_{12} + by_{12} - ax_{11} - by_{11})^2 + (dx_{12} + ey_{12} - dx_{11} - ey_{11})^2} - S = 0 \end{cases}$$

分別對觀測量及未知數偏微分，並組成 $A V + B \triangle = f$

每一個坐標轉換共同點可列 2 個條件式

每一個三點共線條件可列 1 個條件式

每一個距離條件可列 1 個條件式

設有 i 個坐標轉換共同點， j 個三點共線， k 個距離條件，則可列 $2i+j+k$ 個條件式，未知數為 a, b, c, d, e, g 等 6 個

自由度 $= 2i+j+k-6$

將以上條件式代入廣義最小二乘法平差模式求解，其求解過程同上。

$$A_{(2i+j+k) \times (4i+6j+4k)} \times V_{(4i+6j+4k) \times 1} + B_{(2i+j+k) \times 6} \times \triangle_{6 \times 1} = f_{(2i+j+k) \times 1}$$

第四節 三圖套疊作業

目前在處理有關三圖套疊時，係將欲套疊之圖籍計算或實施坐標轉換為相同坐標系統後，再將圖籍疊合在一起。如採用計算方式，需有所有點位之觀測量後，才能藉由計算方式得到新坐標成果，此方法除非全面重新測量，否則難以達成目標；至如採用坐標轉換方式時，傳統僅能兩圖實施轉換，故需分組實施二圖套疊坐標轉換(如地形轉地籍、都計轉地籍)，惟其因共同點存有殘差，且兩組套疊時共同點之殘差不同，致其轉換後坐標不同，將影響套疊作業之進行，如此，套疊成果將不利於高精度之利用。為解決此一問題，本研究乃推導及建立三圖套疊坐標轉換模式，以突破傳統僅限兩圖轉換及坐標疊合之方式，並分別依四參數及六參數方式實施三圖坐標轉換，其推導過程如下：

一、四參數轉換

$$\begin{cases} X = ax - by + c & \text{-----(3-20)} \\ Y = bx + ay + d & \text{-----(3-21)} \end{cases}$$

X, Y ：共同點轉換後坐標，即套疊後坐標

x, y ：共同點轉換前坐標，即套疊前坐標

a, b, c, d ：轉換參數，意義同前

(一)點對點轉換

1. 三圖均有共同點

$$\begin{cases} X_1 = a_1 x_1 - b_1 y_1 + c_1 & \text{---(3-20)} \\ Y_1 = b_1 x_1 + a_1 y_1 + d_1 & \text{---(3-21)} \end{cases} \quad \text{——圖 1 套圖 3(第 1 組轉換參數)}$$

$$\begin{cases} X_1 = a_2 x_2 - b_2 y_2 + c_2 & \text{---(3-20')} \\ Y_1 = b_2 x_2 + a_2 y_2 + d_2 & \text{---(3-21')} \end{cases} \quad \text{——圖 2 套圖 3(第 2 組轉換參數)}$$

轉成矩陣模式

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_1 \\ Y_1 & Y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & -b_1 & a_2 & -b \\ b_1 & a_1 & b_2 & a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 & 0 \\ y_1 & 0 \\ 0 & x_2 \\ 0 & y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \\ d_1 & d_2 \end{bmatrix}$$

2. 僅在二種圖上有共同點

$$\begin{bmatrix} X_3 & X_4 \\ Y_3 & Y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & -b_1 & a_2 & -b_2 \\ b_1 & a_1 & b_2 & a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_3 & 0 \\ y_3 & 0 \\ 0 & x_4 \\ 0 & y_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \\ d_1 & d_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} X_3 = a_1 x_3 - b_1 y_3 + c_1 & \text{---(3-20'')} \\ Y_3 = b_1 x_3 + a_1 y_3 + d_1 & \text{---(3-21'')} \end{cases} \quad \text{——圖 1 套圖 3(第 1 組轉換參數)}$$

$$\begin{cases} X_4 = a_2 x_4 - b_2 y_4 + c_2 & \text{---(3-20''')} \\ Y_4 = b_2 x_4 + a_2 y_4 + d_2 & \text{---(3-21''')} \end{cases} \quad \text{——圖 2 套圖 3(第 2 組轉換參數)}$$

(二) 共線條件(圖 1 點位轉換後與圖 3 存有共線關係)

1. 圖 1 點在圖 3 之界線上

$$\frac{(X_5 - X_6)}{(Y_5 - Y_6)} = \frac{(X_6 - X_7)}{(Y_6 - Y_7)}$$

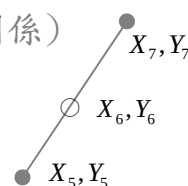


圖 3-3-1 三點共線示意圖 1

$$(Y_5 - Y_6)(X_6 - X_7) - (X_5 - X_6)(Y_6 - Y_7) = 0 \quad \text{-----(3-45)}$$

$X_5, Y_5; X_7, Y_7$: 圖 3 點位

X_6, Y_6 : 坐標轉換後圖 1 點位

2. 圖 1 點與圖 3 點之延長線上

$$\frac{(X_8 - X_{10})}{(Y_8 - Y_{10})} = \frac{(X_9 - X_{10})}{(Y_9 - Y_{10})}$$

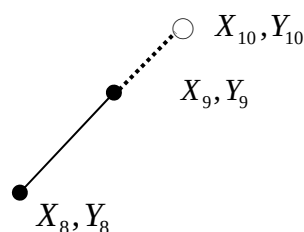


圖 3-3-2 三點共線示意圖 2

$$(Y_9 - Y_{10})(X_8 - X_{10}) - (X_9 - X_{10})(Y_8 - Y_{10}) = 0 \quad \text{---(3-46)}$$

$X_8, Y_8; X_9, Y_9$: 圖 3 點位

X_{10}, Y_{10} : 坐標轉換後圖 1 點位

3. 若有二組以上共線條件時，依前述 1、2 共線條件再予合併組成條件式。

4. 本節共線條件與第三節套疊現況之共線條件不同，第三節係轉換前 2 點界址點，經轉換後與 1 點現況點共線；本節係轉換前 1 點圖 1(即地形圖)之成果，經坐標轉換後與圖 3(即地籍圖)之 2 點點位共線，故其適用公式有所不同。

將三圖均有共同點及僅在二種圖上有共同點之條件合併如下：

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1: -X_1 + a_1x_1 - b_1y_1 + c_1 = 0 \text{ ----- (3-47)} \\ F_2: -Y_1 + b_1x_1 + a_1y_1 + d_1 = 0 \text{ ----- (3-48)} \\ F_3: -X_1 + a_2x_2 - b_2y_2 + c_2 = 0 \text{ ----- (3-49)} \\ F_4: -Y_1 + b_2x_2 + a_2y_2 + d_2 = 0 \text{ ----- (3-50)} \\ F_5: -X_3 + a_1x_3 - b_1y_3 + c_1 = 0 \text{ ----- (3-51)} \\ F_6: -Y_3 + b_1x_3 + a_1y_3 + d_1 = 0 \text{ ----- (3-52)} \\ F_7: -X_4 + a_2x_4 - b_2y_4 + c_2 = 0 \text{ ----- (3-53)} \\ F_8: -Y_4 + b_2x_4 + a_2y_4 + d_2 = 0 \text{ ----- (3-54)} \end{array} \right.$$

轉矩陣模式如下：

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_1 & X_3 & X_4 \\ Y_1 & Y_1 & Y_3 & Y_4 \end{bmatrix}_{2 \times 4} = \begin{bmatrix} a_1 & -b_1 & a_2 & -b_2 \\ b_1 & a_1 & b_2 & a_2 \end{bmatrix}_{2 \times 4} \begin{bmatrix} x_1 & 0 & x_3 & 0 \\ y_1 & 0 & y_3 & 0 \\ 0 & x_2 & 0 & x_4 \\ 0 & y_2 & 0 & y_4 \end{bmatrix}_{4 \times 4} + \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_1 & c_2 \\ d_1 & d_2 & d_1 & d_2 \end{bmatrix}_{2 \times 4}$$

再納入共線條件：

$$\left\{ \begin{array}{l} F_9: (Y_5 - Y_6)(X_8 - X_7) - (X_5 - X_6)(Y_8 - Y_7) = 0 \\ \Rightarrow (Y_5 - b_1x_6 - a_1y_6 - d_1)(a_1x_6 - b_1y_6 + c_1 - X_7) - (X_5 - a_1x_6 + b_1y_6 - c_1)(b_1x_6 + a_1y_6 + d_1 - Y_7) = 0 \text{ ----- (3-55)} \\ \Rightarrow a_1x_6Y_5 - b_1Y_5Y_6 + c_1Y_5 - X_7Y_5 + b_1x_6X_7 + a_1y_6X_7 + d_1X_7 - b_1x_6X_5 - a_1X_5Y_6 - d_1X_5 + X_5Y_7 - a_1x_6Y_7 + b_1y_6Y_7 - c_1Y_7 = 0 \\ F_{10}: (Y_9 - Y_{10})(X_8 - X_{10}) - (X_9 - X_{10})(Y_8 - Y_{10}) = 0 \\ \Rightarrow (Y_9 - b_1x_{10} - a_1y_{10} - d_1)(X_8 - a_1x_{10} + b_1y_{10} - c_1) - (X_9 - a_1x_{10} + b_1y_{10} - c_1)(Y_8 - b_1x_{10} - a_1y_{10} - d_1) = 0 \text{ ----- (3-56)} \\ \Rightarrow X_8Y_9 - a_1x_{10}Y_9 + b_1y_{10}Y_9 - c_1Y_9 - b_1x_{10}X_8 - a_1y_{10}X_8 - d_1X_8 - X_9Y_8 + b_1x_{10}X_9 + a_1y_{10}X_9 + d_1X_9 + a_1x_{10}Y_8 - b_1y_{10}Y_8 + c_1Y_8 = 0 \end{array} \right.$$

分別對觀測量及未知數偏微分，並組成 $A V + B \Delta = f$ ，其中

觀測量為 $x_1, y_1 \sim x_4, y_4; X_1, Y_1, X_3, Y_3, X_4, Y_4$

未知數為 $a_1, b_1, c_1, d_1; a_2, b_2, c_2, d_2$

$$\begin{aligned}
 F_1 &= F_1^0 + \frac{\partial F_1}{\partial x_1} v_{x1} + \frac{\partial F_1}{\partial y_1} v_{y1} + \frac{\partial F_1}{\partial X_1} v_{X1} + \frac{\partial F_1}{\partial Y_1} v_{Y1} + \frac{\partial F_1}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial F_1}{\partial b_1} \delta b_1 + \frac{\partial F_1}{\partial c_1} \delta c_1 + \frac{\partial F_1}{\partial d_1} \delta d_1 = 0 \\
 F_2 &= F_2^0 + \frac{\partial F_2}{\partial x_1} v_{x1} + \frac{\partial F_2}{\partial y_1} v_{y1} + \frac{\partial F_2}{\partial X_1} v_{X1} + \frac{\partial F_2}{\partial Y_1} v_{Y1} + \frac{\partial F_2}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial F_2}{\partial b_1} \delta b_1 + \frac{\partial F_2}{\partial c_1} \delta c_1 + \frac{\partial F_2}{\partial d_1} \delta d_1 = 0 \\
 F_3 &= F_3^0 + \frac{\partial F_3}{\partial x_2} v_{x2} + \frac{\partial F_3}{\partial y_2} v_{y2} + \frac{\partial F_3}{\partial X_1} v_{X1} + \frac{\partial F_3}{\partial Y_1} v_{Y1} + \frac{\partial F_3}{\partial a_2} \delta a_2 + \frac{\partial F_3}{\partial b_2} \delta b_2 + \frac{\partial F_3}{\partial c_2} \delta c_2 + \frac{\partial F_3}{\partial d_2} \delta d_2 = 0 \\
 F_4 &= F_4^0 + \frac{\partial F_4}{\partial x_2} v_{x2} + \frac{\partial F_4}{\partial y_2} v_{y2} + \frac{\partial F_4}{\partial X_1} v_{X1} + \frac{\partial F_4}{\partial Y_1} v_{Y1} + \frac{\partial F_4}{\partial a_2} \delta a_2 + \frac{\partial F_4}{\partial b_2} \delta b_2 + \frac{\partial F_4}{\partial c_2} \delta c_2 + \frac{\partial F_4}{\partial d_2} \delta d_2 = 0 \\
 F_5 &= F_5^0 + \frac{\partial F_5}{\partial x_3} v_{x3} + \frac{\partial F_5}{\partial y_3} v_{y3} + \frac{\partial F_5}{\partial X_3} v_{X3} + \frac{\partial F_5}{\partial Y_3} v_{Y3} + \frac{\partial F_5}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial F_5}{\partial b_1} \delta b_1 + \frac{\partial F_5}{\partial c_1} \delta c_1 + \frac{\partial F_5}{\partial d_1} \delta d_1 = 0 \\
 F_6 &= F_6^0 + \frac{\partial F_6}{\partial x_3} v_{x3} + \frac{\partial F_6}{\partial y_3} v_{y3} + \frac{\partial F_6}{\partial X_3} v_{X3} + \frac{\partial F_6}{\partial Y_3} v_{Y3} + \frac{\partial F_6}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial F_6}{\partial b_1} \delta b_1 + \frac{\partial F_6}{\partial c_1} \delta c_1 + \frac{\partial F_6}{\partial d_1} \delta d_1 = 0 \\
 F_7 &= F_7^0 + \frac{\partial F_7}{\partial x_4} v_{x4} + \frac{\partial F_7}{\partial y_4} v_{y4} + \frac{\partial F_7}{\partial X_4} v_{X4} + \frac{\partial F_7}{\partial Y_4} v_{Y4} + \frac{\partial F_7}{\partial a_2} \delta a_2 + \frac{\partial F_7}{\partial b_2} \delta b_2 + \frac{\partial F_7}{\partial c_2} \delta c_2 + \frac{\partial F_7}{\partial d_2} \delta d_2 = 0 \\
 F_8 &= F_8^0 + \frac{\partial F_8}{\partial x_4} v_{x4} + \frac{\partial F_8}{\partial y_4} v_{y4} + \frac{\partial F_8}{\partial X_4} v_{X4} + \frac{\partial F_8}{\partial Y_4} v_{Y4} + \frac{\partial F_8}{\partial a_2} \delta a_2 + \frac{\partial F_8}{\partial b_2} \delta b_2 + \frac{\partial F_8}{\partial c_2} \delta c_2 + \frac{\partial F_8}{\partial d_2} \delta d_2 = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_9 &= F_9^0 + \frac{\partial F_9}{\partial x_5} v_{x5} + \frac{\partial F_9}{\partial y_5} v_{y5} + \frac{\partial F_9}{\partial x_6} v_{x6} + \frac{\partial F_9}{\partial y_6} v_{y6} + \frac{\partial F_9}{\partial x_7} v_{x7} + \frac{\partial F_9}{\partial y_7} v_{y7} + \frac{\partial F_9}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial F_9}{\partial b_1} \delta b_1 + \frac{\partial F_9}{\partial c_1} \delta c_1 + \frac{\partial F_9}{\partial d_1} \delta d_1 = 0 \\
 F_{10} &= F_{10}^0 + \frac{\partial F_{10}}{\partial x_8} v_{x8} + \frac{\partial F_{10}}{\partial y_8} v_{y8} + \frac{\partial F_{10}}{\partial x_9} v_{x9} + \frac{\partial F_{10}}{\partial y_9} v_{y9} + \frac{\partial F_{10}}{\partial x_{10}} v_{x10} + \frac{\partial F_{10}}{\partial y_{10}} v_{y10} + \frac{\partial F_{10}}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial F_{10}}{\partial b_1} \delta b_1 + \frac{\partial F_{10}}{\partial c_1} \delta c_1 + \frac{\partial F_{10}}{\partial d_1} \delta d_1 = 0
 \end{aligned}$$

設同時存在於地籍圖、1/1000 地形圖及都計圖三圖上之共同點有 i 點；各別存在於地籍圖與 1/1000 地形圖、地籍圖與都計圖上之共同點各有 j 、 k 點，共線條件有 m 個，則可列 $4i+2(j+k)+m$ 個條件式，1/1000 地形圖及都計圖轉換到地籍圖各需一組 a, b, c, d 等 4 個未知數，合計未知數共 2 組 8 個(即 $a_1, b_1, c_1, d_1; a_2, b_2, c_2, d_2$)轉換參數。

自由度 $= 4i+2(j+k)+m-8$

代入廣義最小二乘法平差模式

$$A_{(4i+2j+2k+m) \times (6i+4j+4k+6m)} V_{(6i+4j+4k+6m) \times 1} + B_{(4i+2j+2k+m) \times 8} \Delta_{8 \times 1} = f_{(4i+2j+2k+m) \times 1}$$

(三)坐標平移

為避免因計算過程中產生溢位情形，在實施套疊計算時，對三圖轉換前後之坐標均先予以平移截位，俟計算完成後，再加回平移值

$$\begin{cases} X - X_0 = a(x - x_0) - b(y - y_0) + c \\ Y - Y_0 = b(x - x_0) + a(y - y_0) + d \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X' = ax' - by' + c' \\ Y' = bx' + ay' + g' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X - ax + by = X_0 - ax_0 + by_0 + c' \\ Y - bx - ay = Y_0 - bx_0 - ay_0 + d' \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} c = c' + X_0 - ax_0 + by_0 & \text{----- (3-57)} \\ d = d' + Y_0 - bx_0 - ay_0 & \text{----- (3-58)} \end{cases}$$

$X_0, Y_0; x_0, y_0$ ：為坐標平移值。

c', d' 為坐標平移後之平移參數； c, d 為正確之平移參數。

二、六參數轉換

$$\begin{cases} X = ax + by + c & \text{----- (3-28)} \\ Y = dx + ey + g & \text{----- (3-29)} \end{cases}$$

X, Y ：共同點轉換後坐標，即套疊後坐標

x, y ：共同點轉換前坐標，即套疊前坐標

a, b, c, d, e, g ：轉換參數，意義同前

(一)點對點條件

1. 三圖均有共同點

$$\begin{cases} X_1 = a_1x_1 + b_1y_1 + c_1 & \text{--- (3-28)} \\ Y_1 = d_1x_1 + e_1y_1 + g_1 & \text{--- (3-29)} \end{cases} \quad \text{——圖 1 套圖 3 (第 1 組轉換參數)}$$

$$\begin{cases} X_1 = a_2x_2 + b_2y_2 + c_2 & \text{--- (3-28')} \\ Y_1 = d_2x_2 + e_2y_2 + g_2 & \text{--- (3-29')} \end{cases} \quad \text{——圖 2 套圖 3 (第 2 組轉換參數)}$$

轉成矩陣模式

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_1 \\ Y_1 & Y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & a_2 & b_2 \\ d_1 & e_1 & d_2 & e_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 & 0 \\ y_1 & 0 \\ 0 & x_2 \\ 0 & y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \\ g_1 & g_2 \end{bmatrix}$$

2. 共同點僅存在二種圖上

$$\begin{bmatrix} X_3 \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ d_1 & e_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 \\ g_1 \end{bmatrix} \quad \text{——圖 1 套圖 3(第 1 組轉換參數)}$$

$$\begin{bmatrix} X_4 \\ Y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_2 & b_2 \\ d_2 & e_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_4 \\ y_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_2 \\ g_2 \end{bmatrix} \quad \text{——圖 2 套圖 3(第 2 組轉換參數)}$$

$$\text{整併後} \Rightarrow \begin{bmatrix} X_3 & X_4 \\ Y_3 & Y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & a_2 & b_2 \\ d_1 & e_1 & d_2 & e_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_3 & 0 \\ y_3 & 0 \\ 0 & x_4 \\ 0 & y_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \\ g_1 & g_2 \end{bmatrix}$$

合併後如下：

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_1 & X_3 & X_4 \\ Y_1 & Y_1 & Y_3 & Y_4 \end{bmatrix}_{2 \times 4} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & a_2 & b_2 \\ d_1 & e_1 & d_2 & e_2 \end{bmatrix}_{2 \times 4} \begin{bmatrix} x_1 & 0 & x_3 & 0 \\ y_1 & 0 & y_3 & 0 \\ 0 & x_2 & 0 & x_4 \\ 0 & y_2 & 0 & y_4 \end{bmatrix}_{4 \times 4} + \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_1 & c_2 \\ g_1 & g_2 & g_1 & g_2 \end{bmatrix}_{2 \times 4}$$

分別對觀測量及未知數偏微分，並組成 $A \nabla + B \Delta = f$ ，其中

觀測量為 $x_1, y_1 \sim x_4, y_4; X_1, Y_1, X_3, Y_3, X_4, Y_4$

未知數為 $a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, g_1; a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, g_2$

$$\begin{cases}
F_1 = a_1x_1 + b_1y_1 + c_1 - X_1 = 0 & \text{-----}(3-59) \\
F_2 = d_1x_1 + e_1y_1 + g_1 - Y_1 = 0 & \text{-----}(3-60) \\
F_3 = a_2x_2 + b_2y_2 + c_2 - X_1 = 0 & \text{-----}(3-61) \\
F_4 = d_2x_2 + e_2y_2 + g_2 - Y_1 = 0 & \text{-----}(3-62) \\
F_5 = a_1x_3 + b_1y_3 + c_1 - X_3 = 0 & \text{-----}(3-63) \\
F_6 = d_1x_3 + e_1y_3 + g_1 - Y_3 = 0 & \text{-----}(3-64) \\
F_7 = a_2x_4 + b_2y_4 + c_2 - X_4 = 0 & \text{-----}(3-65) \\
F_8 = d_2x_4 + e_2y_4 + g_2 - Y_4 = 0 & \text{-----}(3-66)
\end{cases}$$

(二)共線條件(圖 1 點位轉換後與圖 3 存有共線關係)

同前四參數，本項亦區分為圖 1 點位在圖 3 點位之線上及延長線上二種情形。

$$\begin{cases}
F_9: (Y_5 - Y_6)(X_6 - X_7) - (X_5 - X_6)(Y_6 - Y_7) = 0 \\
\Rightarrow (Y_5 - d_1x_6 - e_1y_6 - g_1)(a_1x_6 + b_1y_6 + c_1 - X_7) - (X_5 - a_1x_6 - b_1y_6 - c_1)(d_1x_6 + e_1y_6 + g_1 - Y_7) = 0 & \text{-----(3-67)} \\
\Rightarrow a_1x_6Y_5 + b_1Y_5Y_6 + c_1Y_5 - X_7Y_5 + d_1x_6X_7 + e_1Y_6X_7 + g_1X_7 - d_1x_6X_5 - e_1X_5Y_6 - g_1X_5 + X_5Y_7 - a_1x_6Y_7 + b_1Y_6Y_7 - c_1Y_7 = 0 \\
F_{10}: (Y_9 - Y_{10})(X_8 - X_{10}) - (X_9 - X_{10})(Y_8 - Y_{10}) = 0 \\
\Rightarrow (Y_9 - d_1x_{10} - e_1y_{10} - g_1)(X_8 - a_1x_{10} - b_1y_{10} - c_1) - (X_9 - a_1x_{10} - b_1y_{10} - c_1)(Y_8 - d_1x_{10} - e_1y_{10} - g_1) = 0 & \text{-----(3-68)} \\
\Rightarrow X_8Y_9 - a_1x_{10}Y_9 - b_1Y_9Y_{10} - c_1Y_9 - e_1y_{10}X_8 - d_1x_{10}X_8 - g_1X_8 - X_9Y_8 + d_1x_{10}X_9 + e_1y_{10}X_9 + g_1X_9 + a_1x_{10}Y_8 + b_1Y_{10}Y_8 + c_1Y_8 = 0
\end{cases}$$

分別對觀測量及未知數偏微分：

$$\begin{aligned}
F_1 &= F_1^0 + \frac{\partial F_1}{\partial x_1}v_{x1} + \frac{\partial F_1}{\partial y_1}v_{y1} + \frac{\partial F_1}{\partial X_1}v_{X1} + \frac{\partial F_1}{\partial Y_1}v_{Y1} + \frac{\partial F_1}{\partial a_1}\delta a_1 + \frac{\partial F_1}{\partial b_1}\delta b_1 + \frac{\partial F_1}{\partial c_1}\delta c_1 = 0 \\
F_2 &= F_2^0 + \frac{\partial F_2}{\partial x_1}v_{x1} + \frac{\partial F_2}{\partial y_1}v_{y1} + \frac{\partial F_2}{\partial X_1}v_{X1} + \frac{\partial F_2}{\partial Y_1}v_{Y1} + \frac{\partial F_2}{\partial d_1}\delta d_1 + \frac{\partial F_2}{\partial e_1}\delta e_1 + \frac{\partial F_2}{\partial g_1}\delta g_1 = 0 \\
F_3 &= F_3^0 + \frac{\partial F_3}{\partial x_2}v_{x2} + \frac{\partial F_3}{\partial y_2}v_{y2} + \frac{\partial F_3}{\partial X_1}v_{X1} + \frac{\partial F_3}{\partial Y_1}v_{Y1} + \frac{\partial F_3}{\partial a_2}\delta a_2 + \frac{\partial F_3}{\partial b_2}\delta b_2 + \frac{\partial F_3}{\partial c_2}\delta c_2 = 0 \\
F_4 &= F_4^0 + \frac{\partial F_4}{\partial x_2}v_{x2} + \frac{\partial F_4}{\partial y_2}v_{y2} + \frac{\partial F_4}{\partial X_1}v_{X1} + \frac{\partial F_4}{\partial Y_1}v_{Y1} + \frac{\partial F_4}{\partial d_2}\delta d_2 + \frac{\partial F_4}{\partial e_2}\delta e_2 + \frac{\partial F_4}{\partial g_2}\delta g_2 = 0 \\
F_5 &= F_5^0 + \frac{\partial F_5}{\partial x_3}v_{x3} + \frac{\partial F_5}{\partial y_3}v_{y3} + \frac{\partial F_5}{\partial X_3}v_{X3} + \frac{\partial F_5}{\partial Y_3}v_{Y3} + \frac{\partial F_5}{\partial a_1}\delta a_1 + \frac{\partial F_5}{\partial b_1}\delta b_1 + \frac{\partial F_5}{\partial c_1}\delta c_1 = 0 \\
F_6 &= F_6^0 + \frac{\partial F_6}{\partial x_3}v_{x3} + \frac{\partial F_6}{\partial y_3}v_{y3} + \frac{\partial F_6}{\partial X_3}v_{X3} + \frac{\partial F_6}{\partial Y_3}v_{Y3} + \frac{\partial F_6}{\partial d_1}\delta d_1 + \frac{\partial F_6}{\partial e_1}\delta e_1 + \frac{\partial F_6}{\partial g_1}\delta g_1 = 0 \\
F_7 &= F_7^0 + \frac{\partial F_7}{\partial x_4}v_{x4} + \frac{\partial F_7}{\partial y_4}v_{y4} + \frac{\partial F_7}{\partial X_4}v_{X4} + \frac{\partial F_7}{\partial Y_4}v_{Y4} + \frac{\partial F_7}{\partial a_2}\delta a_2 + \frac{\partial F_7}{\partial b_2}\delta b_2 + \frac{\partial F_7}{\partial c_2}\delta c_2 = 0 \\
F_8 &= F_8^0 + \frac{\partial F_8}{\partial x_4}v_{x4} + \frac{\partial F_8}{\partial y_4}v_{y4} + \frac{\partial F_8}{\partial X_4}v_{X4} + \frac{\partial F_8}{\partial Y_4}v_{Y4} + \frac{\partial F_8}{\partial d_2}\delta d_2 + \frac{\partial F_8}{\partial e_2}\delta e_2 + \frac{\partial F_8}{\partial g_2}\delta g_2 = 0
\end{aligned}$$

$$F_9 = F_9^0 + \frac{\partial F_9}{\partial X_5} v_{x5} + \frac{\partial F_9}{\partial Y_5} v_{y5} + \frac{\partial F_9}{\partial X_6} v_{x6} + \frac{\partial F_9}{\partial Y_6} v_{y6} + \frac{\partial F_9}{\partial X_7} v_{x7} + \frac{\partial F_9}{\partial Y_7} v_{y7} + \frac{\partial F_9}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial F_9}{\partial b_1} \delta b_1 + \frac{\partial F_9}{\partial c_1} \delta c_1 + \frac{\partial F_9}{\partial d_1} \delta d_1 = 0$$

$$F_{10} = F_{10}^0 + \frac{\partial F_{10}}{\partial X_8} v_{x8} + \frac{\partial F_{10}}{\partial Y_8} v_{y8} + \frac{\partial F_{10}}{\partial X_9} v_{x9} + \frac{\partial F_{10}}{\partial Y_9} v_{y9} + \frac{\partial F_{10}}{\partial X_{10}} v_{x10} + \frac{\partial F_{10}}{\partial Y_{10}} v_{y10} + \frac{\partial F_{10}}{\partial a_1} \delta a_1 + \frac{\partial F_{10}}{\partial b_1} \delta b_1 + \frac{\partial F_{10}}{\partial c_1} \delta c_1 + \frac{\partial F_{10}}{\partial d_1} \delta d_1 = 0$$

設同時存在於地籍圖、1/1000 地形圖及都計圖等三圖上之共同點有 i 點；各別存在於地籍圖與 1/1000 地形圖、地籍圖與都計圖上之共同點各有 j 、 k 點，另有共線條件 m 個，則可列 $4i+2(j+k)+m$ 個條件式，1/1000 地形圖及都計圖套疊地籍圖各需一組 a, b, c, d, e, g 等 6 個未知數，合計未知數共 2 組 12 個(即 $a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, g_1; a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, g_2$) 轉換參數

$$\text{自由度} = 4i + 2(j+k) + m - 12$$

轉換廣義最小二乘法平差模式

$$A_{(4i+2j+2k+m) \times (6i+4j+4k+6m)} V_{(6i+4j+4k+6m) \times 1} + B_{(4i+2j+2k+m) \times 12} \Delta_{12 \times 1} = f_{(4i+2j+2k+m) \times 1}$$

(三) 坐標平移

為避免因計算過程中產生溢位情形，在實施套疊計算時，

均對各種坐標予以平移截位，俟計算完成後，再加回平移值

$$\begin{cases} X - X_0 = a(x - x_0) + b(y - y_0) + c \\ Y - Y_0 = d(x - x_0) + e(y - y_0) + g \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} X' = ax' + by' + c' \\ Y' = dx' + ey' + g' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X - ax - by = X_0 - ax_0 - by_0 + c' \\ Y - dx - ey = Y_0 - dx_0 - ey_0 + g' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} c = c' + X_0 - ax_0 - by_0 \\ g = g' + Y_0 - dx_0 - ey_0 \end{cases}$$

$X_0, Y_0; x_0, y_0$ 為坐標平移值。

c', g' 為坐標平移後之平移參數； c, g 為正確之平移參數。

(四) 計算求解

將前述各條件式，依下列步驟進行計算求解

$$N = B^t W_e B \quad \text{-----} (3-22)$$

$$t = B^t W_e f \quad \text{-----} (3-23)$$

$$W_e = Q_e^{-1} = (A Q A^t)^{-1} \quad \text{-----} (3-24)$$

N：法方程式矩陣 t：係數矩陣

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{xi} & & & \\ & Q_{yi} & & \\ & & Q_{Xi} & \\ & & & Q_{Yi} \end{bmatrix}_{4n \times 4n} \quad \text{：協因子矩陣}$$

Q_{xi}, Q_{yi} ：數化坐標協因子矩陣； Q_{Xi}, Q_{Yi} ：轉換後坐標協因子矩陣

$$\Delta = N^{-1} t \quad \text{-----} (3-6)$$

$$K = W_e (f - B \Delta) \quad \text{-----} (3-25)$$

$$V = Q A^t K = Q A^t W_e (f - B \Delta) \quad \text{-----} (3-26)$$

$$\hat{l} = l + v \quad \text{-----} (3-27)$$

其中 $\hat{l}$ 為平差後各點位之轉換後坐標； Δ 為轉換參數，其餘各代號意義，詳本章第一節內容。

第五節 計算轉換後點位坐標

依據前述六參數或四參數約制條件坐標轉換所計算之轉換參數，將其他待轉換點(即新點)，分別帶入原坐標轉換公式計算待轉換點位轉換後坐標，即可得到待轉換點未內插之新坐標成果。

一、六參數轉換

$$\begin{cases} X_1 = ax_1 + by_1 + c & \text{----- (3-28)} \\ Y_1 = dx_1 + ey_1 + g & \text{----- (3-29)} \end{cases}$$

二、四參數轉換

$$\begin{cases} X_1 = ax_1 - by_1 + c & \text{----- (3-20)} \\ Y_1 = bx_1 + ay_1 + d & \text{----- (3-21)} \end{cases}$$

三、利用 Delaunay 三角網計算：

利用四、六參數及約制條件，實施三圖套疊坐標轉換後，條件點之坐標均會有殘差，為避免僅改正條件點後，造成其與相鄰點位之關係變化太大，而導致原點位間之形狀變得不勻稱，乃將各條件點組成 Delaunay 三角網，並視其餘待轉換點座落在何 Delaunay 三角網內，依其所座落三角形頂點點位之殘差量，分配至各新點上及重新計算各組三角形之轉換參數，以得到點位間較佳之關係。

建立相鄰關係的方法有許多種，其資料結構也各有優劣，而最廣泛使用的即為不規則三角網，其中又以 Delaunay 三角形能表現出最佳的最近鄰關係，讓許多群集上的傳統問題得以解決。(陳章毅, 2005)。

(一)空間分析資料

在地理資訊系統 (Geographic Information Systems, GIS) 中，常用來作為空間分析 (Spatial Analysis) 的資料有規則網格 (Regular Square Grid) 以及不規則三角網

(Triangulated Irregular Network, TIN) 兩種。規則網格係將空間切割成一個個的正方形，每一格各代表一種資料。它具有結構簡單、容易產生、以及計算速度快等諸多優點。如果分割的正方形太大時會導致細部資料遺失，但分割的太小又會佔用龐大的儲存空間。

至於TIN 則不會破壞原始資料，它會將鄰近的點連接起來使其形成一個網路圖，其優點是可以精確地展現及計算出實際資料的分佈情形，但缺點是建構三角網以及進行空間分析時的計算成本非常高(陳章毅, 2005)。

產生TIN 的方法主要有距離排序法 (Distance Ordering) 以及Delaunay 三角形。距離排序法首先將全部點做組合每兩點組成一組點對(point pair)，並計算各組點對距離對所有距排序，接著將最近距離的點對連線（保證較近者相連，次產生胖三角形），然後連接次一近距離者，但不可與前述線段相交。如此重複上一步驟但與所有線的均不可相交，直至產生三角網為止。距離排序法容易產生許多狹長的三角形，也就是說它無法正確地找出最鄰近的點。另外Delaunay 三角形則會盡可能地避免生成小內角的長薄三角形，使三角形能夠最接近等角或等邊，是最適合用來描述空間關係的一種結構(陳章毅, 2005；蔡建彰, 2006)。故本研究亦同時採用Delaunay三角網，作為待轉換點與相鄰條件點點位間內插計算，並據以重新組合轉換模型，依其三角網分布，重新計算各區之轉換參數。

(二)Delaunay 三角形(陳章毅, 2005；蔡建彰, 2006)

1. Delaunay三角形基本準則

要符合Delaunay 三角形的定義，必須滿足最大空圓 (Largest empty circle)以及最大化最小角原則兩項基本準則。最大空圓指的是任一三角形的外接圓範圍內不

能包含其他點。至於最大化最小角原則是指每兩個相鄰的三角形構成凸四邊形的對角線，在相互交換後，六個內角的最小角不再增大。這兩個特性保證了Delaunay 三角剖分能夠盡可能地避免生成小內角的長薄單元，使三角形能夠最接近等角或等邊，這也是Delaunay 演算法依據。

2. Delaunay特性

Delaunay具備之特性如下：

- (1)最接近：以最鄰近的3 個點形成三角形，且各線段(三角形的邊)皆不相交。
- (2)唯一性：不論從區域何處開始構網，最終都將得到一致的結果。
- (3)最優性：任意兩個相鄰三角形形成的凸四邊形的對角線如果可以互換的話，那麼兩個三角形6 個內角中最小的角度不會變大。
- (4)最規則化：如果將三角網中的每個三角形的最小角進行昇冪排列，則Delaunay三角網的排列得到的數值最大。
- (5)區域性：新增、刪除、移動某一點時只會影響鄰近的三角形。
- (6)具凸多邊形“外殼”：由點集合所構成的三角網最外圍的邊界會形成一個凸多邊形的“外殼”(convex hull)。

四、重組 Delaunay 三角網

當坐標轉換條件點未能涵蓋全部測區範圍時，為使每一待轉換點位均能在所組成 Delaunay 三角網內，必需對 Delaunay 三角網進行重組。因每一轉換區大小不同，故坐標

轉換後，需對各待轉換點進行排序，找出其 X, Y 坐標之最大值與最小值，並設其虛擬為條件點及坐標改正量為零後，重新組成 Delaunay 三角網，如此將可使轉換區內之所有點位均在新組成之三角網內，以供後續內插計算。

五、內插計算點位坐標

傳統坐標轉換時，共同點（即條件點）之殘差，均僅由共同點吸收，不論共同點為控制點或細部點，如僅在特定點位上增加修正量，而不改正其他大多數未加入坐標轉換計算之點位，將造成該點與鄰近其它點位關係之改變。為降低因坐標轉換而改正之變異量，本研究除前述直接依轉換參數計算各待轉換點坐標方式，得到各新點轉換後坐標外(即不內插成果)，亦嘗試將具約制條件之共同點殘差，依距離之遠近，分配至其他未作為坐標轉換條件點之待轉換點位上，使該點與坐標轉換條件點之關係，能維持一較為和緩之變化關係。即分別以待計算點位至其 Delaunay 三角形頂點間之距離倒數為權，將 Delaunay 三角形頂點其點位之殘差修正量，分配至新點上。

本研究並採用二種方法進行殘差修正：

(一)直接將殘差依待計算點位至其 Delaunay 三角形頂點間之距離倒數為權分配

$$v_i = \frac{w_1 v_1 + w_2 v_2 + w_3 v_3}{w_1 + w_2 + w_3}$$

$$= \frac{w_1}{\sum w} v_1 + \frac{w_2}{\sum w} v_2 + \frac{w_3}{\sum w} v_3 \text{ -----(3-69)}$$

(Mikhail,1981；劉正倫等,2004；董荔偉等,2006)

3-48 式中

v_i ：為任一待計算點位至其 Delaunay 三角形頂點(即坐標轉換條件點)之殘差改正量； $i=1\sim3$ 。

$w_1, w_2, \dots$ ：為待計算點位至 Delaunay 三角形頂點 1、2...之權，本研究係以待計算點位至 Delaunay 三角形各頂點距離倒數為權。

(二)先將 Delaunay 三角形頂點殘差之正負號顛倒後，再將殘差依待計算點位至其 Delaunay 三角形頂點間之距離倒數為權分配，其目的係使條件點改正後之殘差為 0。

$$\begin{aligned} v_i &= - \frac{w_1 v_1 + w_2 v_2 + w_3 v_3}{w_1 + w_2 + w_3} \\ &= - \frac{w_1}{\sum w} v_1 - \frac{w_2}{\sum w} v_2 - \frac{w_3}{\sum w} v_3 \text{-----}(3-70) \end{aligned}$$

$v_i, w_1, w_2, \dots$ 之意義同前。

(三)此外，本研究亦嘗試以各個 Delaunay 三角形為範圍，重新計算各三角形內之轉換參數，並視各待轉換點座落在何 Delaunay 三角形內後，再依其該三角形所算出之轉換參數求解各待轉換點轉換後坐標。

第六節 統計測試

為判斷所計算結果及模式是否合理可接受，依據統計理論，對後驗變方 σ_0^2 及先驗變方 σ_0^2 作卡方分佈測試(Chi-squared distribution test)，而後驗變方 σ_0^2 有可能大或小於先驗變方 σ_0^2 ，故其測試假說如下(Edward. M. Mikhail & F. Ackerman, 1976；廖揚清, 1983)：

零假說(null hypothesis) $H_0: \sigma_0^2 = \sigma_0^2$

變通假說(alternative hypothesis) $H_1: \sigma_0^2 \neq \sigma_0^2$

$$P\left\{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2 < \frac{r\sigma_0^2}{\sigma_0^2} < \chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2\right\} = 1 - \alpha \quad (3-71)$$

r : 自由度，即 $r = 4i + 2(j + k) + m - 12$ (或 $4i + 2(j + k) + m - 8$)

α : (signification level)，設為 5%。

當 $\frac{r\sigma_0^2}{\sigma_0^2} > \chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2$ 或 $\frac{r\sigma_0^2}{\sigma_0^2} < \chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2$ 時，拒絕 H_0

而 $\chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2 = rF_{\frac{\alpha}{2}, r, \infty}$ ， $\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2 = \frac{r}{F_{\frac{\alpha}{2}, \infty, r}}$

$$\Rightarrow \chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2 < \frac{r\sigma_0^2}{\sigma_0^2} < \chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2 \Rightarrow \frac{1}{F_{\frac{\alpha}{2}, \infty, r}} < \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2} < F_{\frac{\alpha}{2}, r, \infty}$$

當 $\frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2} > F_{\frac{\alpha}{2}, r, \infty}$ 或 $\frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2} < \frac{1}{F_{\frac{\alpha}{2}, \infty, r}}$ 時，拒絕 H_0

即成果未通過統計測試，反之，則接受 H_0 ，即通過測試。

第四章 成果分析及驗證

本研究擇定之測試地區，包含數值地籍測量地區與圖解地籍測量地區各 2 區，其中圖解地籍圖地區於實施三圖套疊前，先實施地籍圖伸縮改正與套疊現況處理，因其為本研究之先期資料處理，限於篇幅，且有關地籍圖伸縮改正及套疊現況之具體做法，於本中心 95 年自行研究報告已有詳細描述，故該項成果，僅列出嘉義市港子坪段部分，並略作說明；至其他各測試區，則依本研究流程，分別與 1/1000 地形圖及都市計畫圖套疊，再予分析比較成果。

本研究案之資料處理程序，分別為先期資料處理(即圖解地籍圖伸縮改正與套疊現況處理)、選取三圖套疊條件點、三圖套疊處理、組成及重組 Delaunay 三角網、計算待轉換點坐標、成果分析及繪製三圖套疊成果圖等步驟。

一、圖解地籍圖伸縮改正及套疊現況

將圖解區之地籍圖依各圖幅之圖廓點、圖上圖根點、距離條件等先實施伸縮改正後，再與所施測現況點進行套疊，以得到界址點之 TWD97 坐標成果。

二、選取三圖套疊條件點：

由研究人員自地籍圖、都計圖及 1/1000 地形圖中，先萃取相關圖層資料，並作近似坐標轉換套疊後，得到三圖套疊之共同點及共線條件資料後，作為後續嚴密套疊計算使用。

三、三圖套疊處理：

同時以四參數及六參數約制條坐標轉換方式，利用前述所得共線及共點條件，參考各圖籍之測製精度，分別給予不同權值(地形圖為 0.30 公尺；都計圖為 0.20；地籍圖則依數值區與圖解區分別為 0.06、0.15 公尺)，考量地籍圖之精度要求最高，故本研究主要將將都市計畫圖及 1/1000 地形圖轉換至地籍圖系統，即以地籍圖為底圖，實施三圖套疊。又為分析以不同圖籍為底圖其轉換成果之差異性，本研究另亦嘗試分別以都計圖及 1/1000 地形圖為底圖，

實施套疊計算。

四、組成及重組 Delaunay 三角網：

實施約制條件坐標轉換後，可以根據各條件點之空間分布組成最佳近鄰關係之 Delaunay 三角網，惟考量各待轉換點之分布可能較各條件點為廣，為避免後續內插計算各待轉換點時發生外插，致無法計算之情形，需再依各待轉換點其坐標之極大與極小值假設虛擬條件點，並令其殘差為 0，重組 Delaunay 三角網，使所有待轉換點均在 Delaunay 三角網內，再據以進行後續計算。

五、計算待轉換點坐標：

Delaunay 三角網重組後，採用下列方式計算待轉換點坐標。

- (一)不內插計算：利用前述約制條件坐標轉換所得之轉換參數，直接將各待轉換點代入轉換公式，計算得到各待轉換點之轉換後坐標。
- (二)內插計算：以前述不內插計算坐標為起始值，將前述約制條件坐標轉換後，各 Delaunay 三角網頂點(即條件點)之殘差，以各待轉換點至 Delaunay 三角網頂點距離倒數為權，分配至各待轉換點上，即由各待轉換點共同吸收條件點之殘差。
- (三)內插配置：將前述各 Delaunay 三角網頂點之殘差，正負號顛倒，並重複前述步驟，將各 Delaunay 三角網頂點之殘差，依各待轉換點至 Delaunay 三角網頂點距離倒數為權，分配至各待轉換點上，並使各條件點殘差，經內插配置後為 0。
- (四)重新計算轉換參數：以前述各 Delaunay 三角形之三個頂點，作為坐標轉換之共同點，重新計算各 Delaunay 三角形範圍內之轉換參數，並視各待轉換點座落在何三角形內，即採用該組轉換參數計算轉換後坐標。

六、成果分析及驗證：

為符合地籍測量上判斷套疊成果優劣之原則—使多數現況點

與經界線相符之理念，故本研究有關成果分析，除將前述各測試區四、六參數坐標轉換成果及四種方式計算之待轉換點成果，分別比較其計算精度外，並檢核其對應點位之垂距差異平均值，以探討不同轉換方式轉換成果之優劣。

七、繪製三圖套疊成果：

將完成前述不同方式套疊之坐標成果，以圖形顯示，即以圖形顯示三圖套疊成果，惟不同轉換成果，其差異可能僅數公分，目視並無法判釋其成果之差異，故並不將所有套疊成果均繪圖顯示，而係僅擇要代表。此外為提高成果之可閱讀性，亦同時亦將部分轉換成果套疊正射影像。

以上各項約制條件坐標轉換計算過程，如有改正量太大(超過允許誤差，以數值地籍圖而言，設定為 0.06 公尺)時，則逐條件刪除，並實施後驗變方卡方統計測試至通過統計測試止。為利各地段成果比較分析，本研究分別依兩圖套疊(1/1000 地形圖套地籍圖、都計圖套地籍圖)、三圖同時套疊予以比較，其中三圖套疊，又區分為不同精度(即依其測製精度)及等權方式(相同精度)，進行測試及分析，有關各地段測試成果如本章各節之分析說明。

第一節 花蓮市福德段成果分析及驗證

一、選取條件點



圖 4-1 福德段條件點分布圖 (紅色表地籍線；○藍色點表條件點)

(一) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖

福德段地形圖套地籍圖選取之條件計有 76 共點條件與 46 個共線條件，合計 124 個條件，經四、六參數約制條件坐標轉換後，因改正量超過允許誤差而刪除者如下：六參數計刪除 23 個點對點條件、11 個共線條件；四參數則刪除 10 個點對點條件，合計各使用 90 及 114 個條件，其使用條件情形如表 4-1。

2. 都計圖套地籍圖

選取之條件計有 48 個共點條件，經四、六參數約制條件坐標轉換後，因改正量超過允許誤差而刪除者，六參數及四參數均刪除 9 個點對點條件，合計各使用 39 個條件。

(二)三圖套疊

1. 不等權處理

依地形圖、都計圖及地籍圖其各別測製精度，給予不同先驗精度，本項選取條件計有 111 個點對點條件與 46 個共線條件，經四、六參數約制條件坐標轉換後，因改正量超過允許誤差而刪除者，四參數計刪除 15 個點對點條件；六參數計刪除 20 個共點條件、11 個共線條件，合計四、六參數各使用 126 及 142 個條件，如表 4-1；條件點分布如圖 4-1。

2. 等權處理

地形圖、都計圖及地籍圖不管其各別測製精度，均給予相同先驗精度，本項選取及刪除之條件數同前項不等權處理。

表 4-1 福德段空間圖籍套疊使用條件數量表										
套疊情形	轉換方式	採用條件			刪除條件			合計使用條件	自由度	先驗精度 單位:公尺
		點對點條件	共線條件	小計	點對點條件	共線條件	小計			
地形圖 地籍圖 套疊	六參數	78	46	124	23	11	34	90	139	0.30
	四參數	78	46	124	10	0	10	114	178	0.30
都計圖 地籍圖 套疊	六參數	48	0	48	9	0	9	39	72	0.15
	四參數	48	0	48	9	0	9	39	74	0.15
三圖套疊	六參數	111	46	157	20	11	31	126	213	0.30 0.15 0.15
	四參數	111	46	157	15	0	15	142	238	0.30 0.15 0.15
三圖套疊 (等權)	六參數	111	46	157	20	11	31	126	213	0.20
	四參數	111	46	157	15	0	15	142	238	0.20
備註：三圖套疊先驗精度之排列順序為：地形圖、都計圖及地籍圖。										

二、套疊成果精度

(一) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖

四參數坐標轉換計算之精度(後驗中誤差)為 0.064 公尺；六參數坐標轉換計算之精度為 0.062 公尺，六參數略優於四參數，如表 4-2。

2. 都計圖套地籍圖

四參數坐標轉換計算之精度為 0.026 公尺；六參數坐標轉換計算之精度亦為 0.026 公尺，本項計算精度優於地形套地籍所計算精度。

(二) 三圖套疊

表 4-2		福德段空間圖籍套疊結果精度表				單位:公尺	
套疊情形	圖籍種類	六參數			四參數		
		N	E	平均	N	E	平均
地形圖 地籍圖 套疊	地形圖	0.044	0.043	0.062	0.046	0.044	0.064
都計圖 地籍圖 套疊	都計圖	0.019	0.019	0.026	0.019	0.019	0.026
三圖套疊 (不等權)	地形圖	0.054	0.053	0.076	0.059	0.058	0.082
	都計圖	0.044	0.044	0.062	0.046	0.046	0.064
三圖套疊 (等權)	地形圖	0.054	0.053	0.076	0.060	0.060	0.085
	都計圖	0.051	0.051	0.072	0.056	0.056	0.079

1. 不等權處理

三種圖籍套疊之計算結果，六參數之精度均高於四參數成果，其中地形圖四、六參數坐標轉換計算精度分別為 0.082、0.076 公尺；都計圖四、六參數計算精度 0.064、

0.062 公尺，其計算精度低於兩圖套疊之成果精度。有關地形圖及都計圖其條件點坐標轉換誤差向量及 Delaunay 三角網圖形，如圖 4-2、圖 4-3；計算精度如圖 4-4、圖 4-5。

2. 等權處理

地形圖、都計圖及地籍圖三種圖籍以等權方式之計算結果，六參數之精度均高於四參數成果，惟其精度低於不等權方式，如表 4-2。

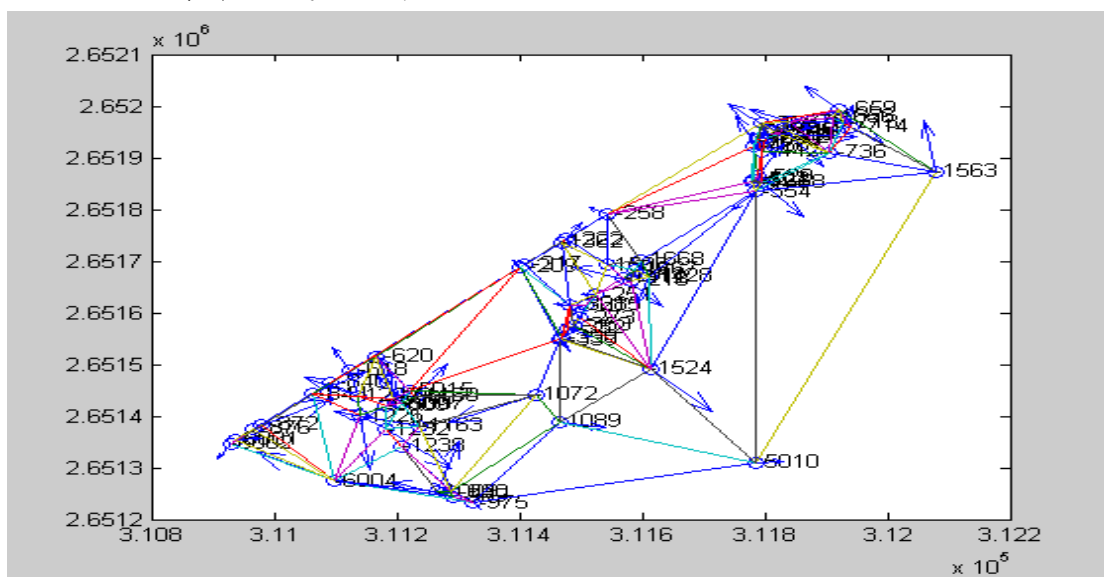


圖 4-2 福德段六參數轉換地形圖條件點誤差向量及 Delaunay 圖

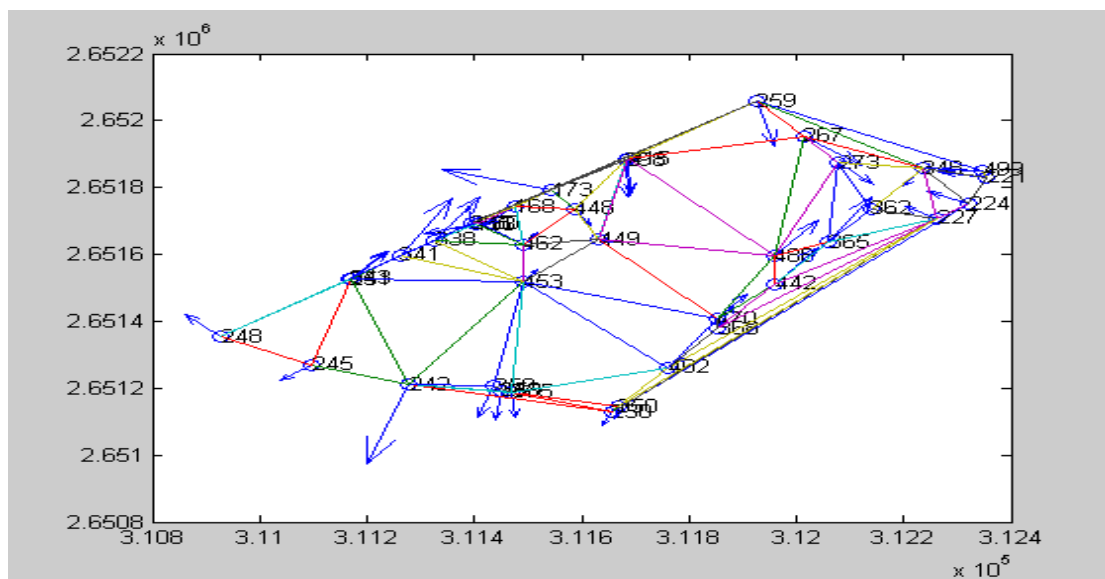


圖 4-3 福德段六參數轉換都計圖條件點誤差向量及 Delaunay 圖

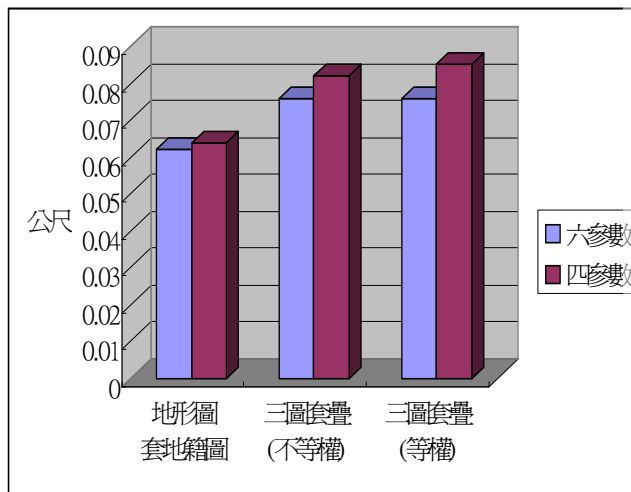


圖 4-4 福德段地形圖套疊精度圖

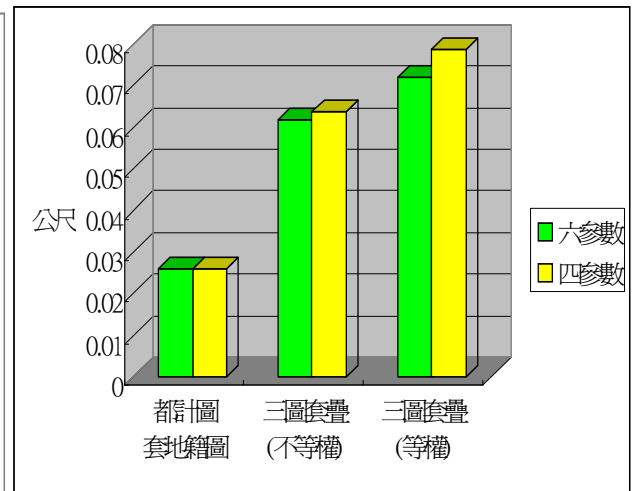


圖 4-5 福德段都計圖套疊精度圖

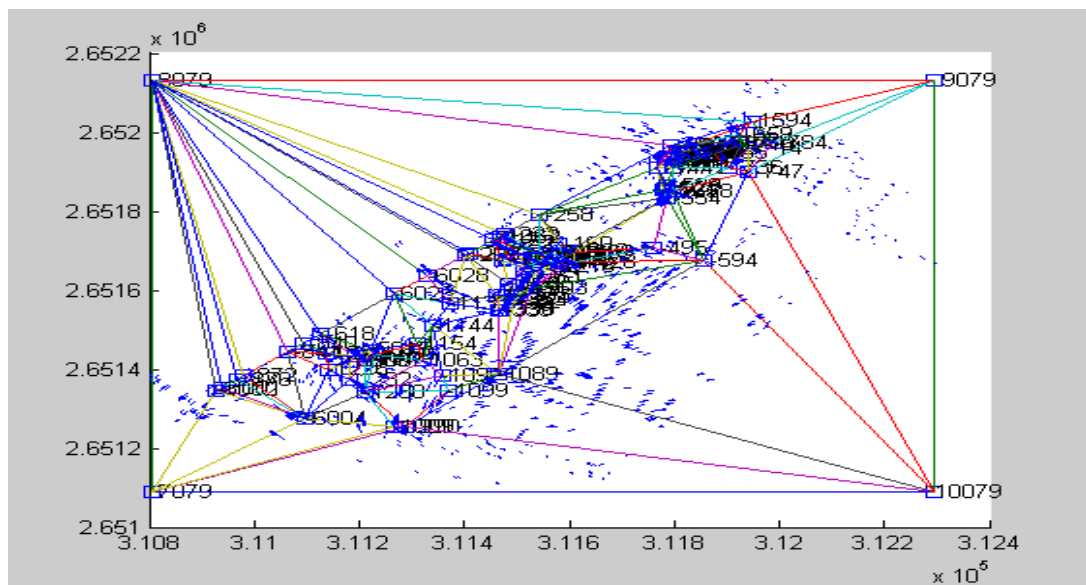


圖 4-6-1 福德段三圖套疊地形圖六參數轉換 Delaunay 三角形內插改正圖

三、垂距分析

(一) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖(取 30 公分為誤差範圍)

六參數計算成果，地形圖與地籍圖對應點之垂距差，在

30 公分內之比率為 98.4%，四參數成果垂距差，在公差之比率為 93.5%，六參數成果優於四參數，如表 4-3、表 4-4。

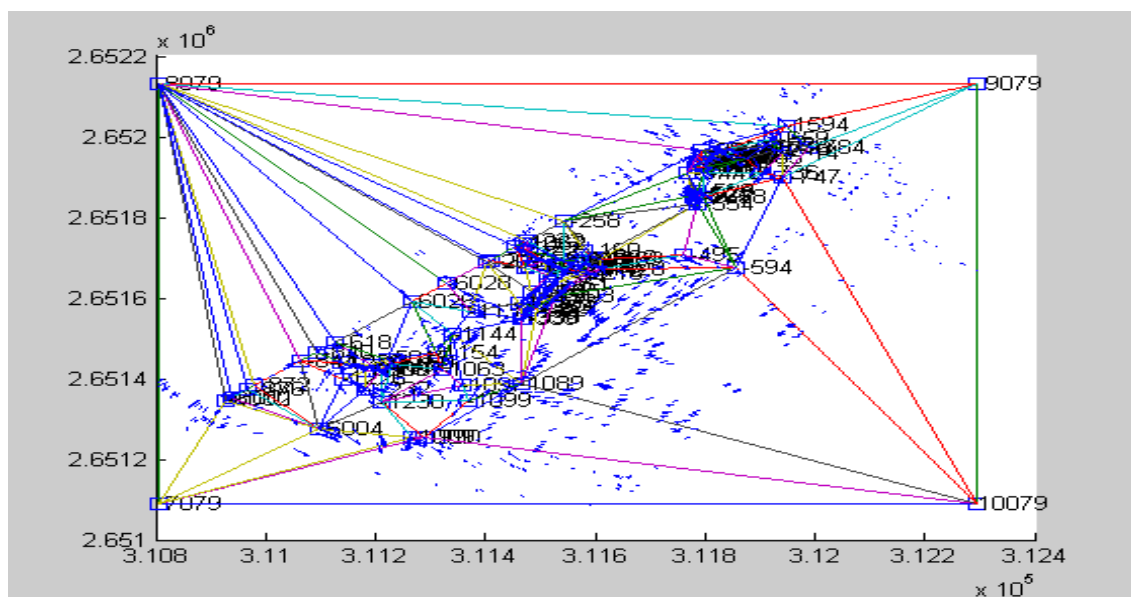


圖 4-6-2 福德段三圖套疊地形圖六參數轉換 Delaunay 三角形內插配置圖

表 4-3 福德段地形圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地形套地籍	不內插	48	38.71	46	37.10	28	22.58	2	1.61
三圖套疊 (不等權)	不內插	52	41.94	54	43.55	18	14.52	0	0.00
	Delaunay 內插	37	29.84	46	37.10	7	5.65	34	27.42
	Delaunay 內插配置	32	25.81	39	31.45	13	10.48	40	32.26
	Delaunay 計算轉換 參數	49	39.52	56	45.16	19	15.32	0	0.00
三圖套疊 (等權)	不內插	64	51.61	57	45.97	3	2.42	0	0.00

2. 都計圖套地籍圖(取 20 公分為誤差範圍)

六參數計算成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在

20 公分內之比率為 91.7%，四參數成果垂距差，在公差之比率亦為 91.7%，其在公差內之比率低於地形圖套疊地籍圖結果，如表 4-5、表 4-6。

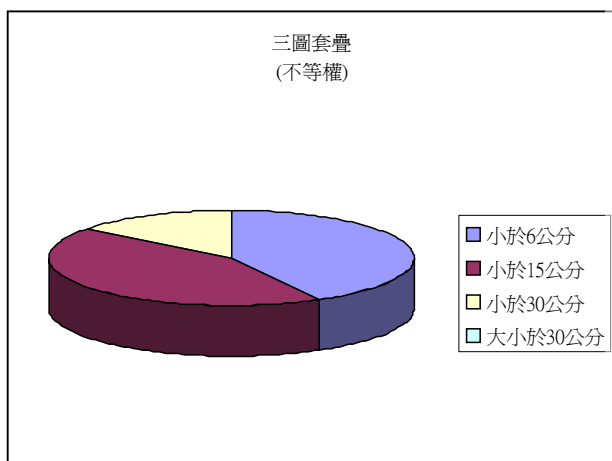


圖 4-7-1 三圖套疊地形圖垂距統計圖
(不等權)

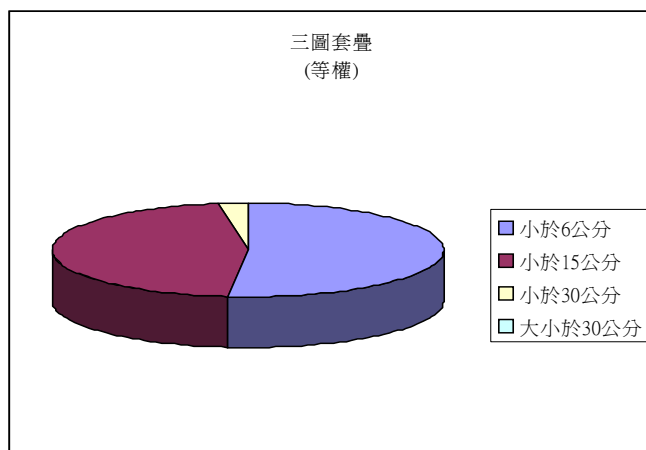


圖 4-7-2 三圖套疊地形圖垂距統計圖(等權)

本地段有關六參數轉換地形圖
對應點其垂距分析，如圖 4-7-1~
圖 4-7-3。

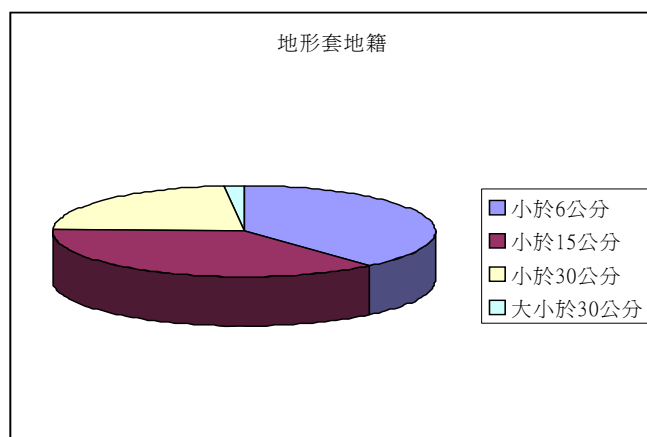


圖 4-7-3 福德段地形圖套疊垂距統計圖

(二) 三圖套疊

1. 不等權處理

(1)地形圖與地籍圖：六參數計算不內插成果，地形圖與地籍圖對應點之垂距差，在 30 公分內之比率為 100%，四參數成果垂距差，在公差之比率為 99.2%，六參數成果略優

於四參數，且其在公差內比率高於兩圖套疊地形套地籍之成果，如表 4-3 及表 4-4。

表 4-4 福德段地形圖四參數計算結果距離差值分析表									
套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地形套地籍	不內插	12	9.68	60	48.39	44	35.48	8	6.45
三圖套疊 (不等權)	不內插	25	20.16	66	53.23	32	25.81	1	0.81
	Delaunay 內插	7	5.65	65	52.42	19	15.32	33	26.61
	Delaunay 內插配置	8	6.45	52	41.94	20	16.13	44	35.48
	Delaunay 計算轉換參數	26	20.97	65	52.42	32	25.81	1	0.81
三圖套疊 (等權)	不內插	38	30.65	73	58.87	13	10.48	0	0.00

表 4-5 福德段都計圖六參數計算結果距離差值分析表									
套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
都計套地籍	不內插	12	25.00	30	62.50	2	4.17	4	8.33
三圖套疊 (不等權)	不內插	10	20.83	35	72.92	3	6.25	0	0.00
	Delaunay 內插	13	27.08	32	66.67	3	6.25	0	0.00
	Delaunay 內插配置	11	22.92	32	66.67	2	4.17	3	6.25
	Delaunay 計算轉換參數	34	70.83	14	29.17	0	0.00	0	0.00
三圖套疊 (等權)	不內插	11	22.92	35	72.91	2	4.17	0	0.00

(2)都計圖與地籍圖：六參數計算不內插成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在 20 公分內之比率達 100%，四參數成果垂距差，在公差之比率亦達 100%，且其在公差內比率高於兩圖套疊都計套地籍之成果，如表 4-5 及表 4-6。

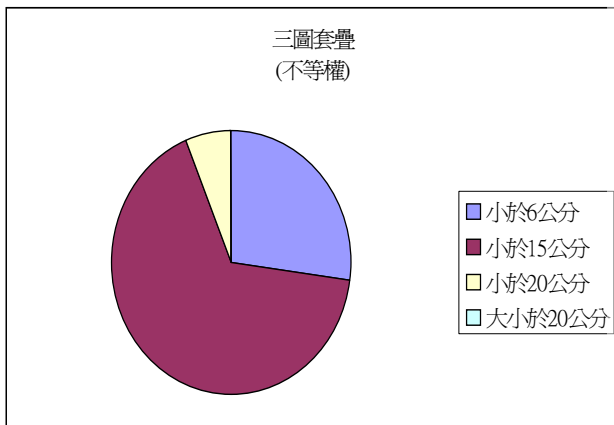


圖 4-8-1 三圖套疊都計圖垂距統計圖 (不等權)

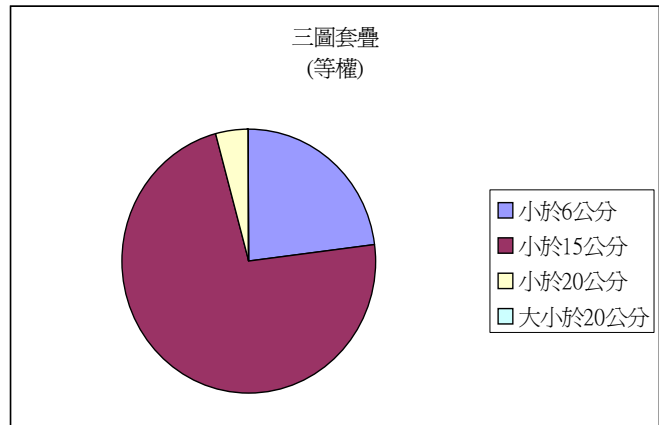


圖 4-8-2 三圖套疊都計圖垂距統計圖(等權)

本地段有關六參數轉換都計圖
對應點其垂距分析，如圖 4-8-1~
圖 4-8-3。

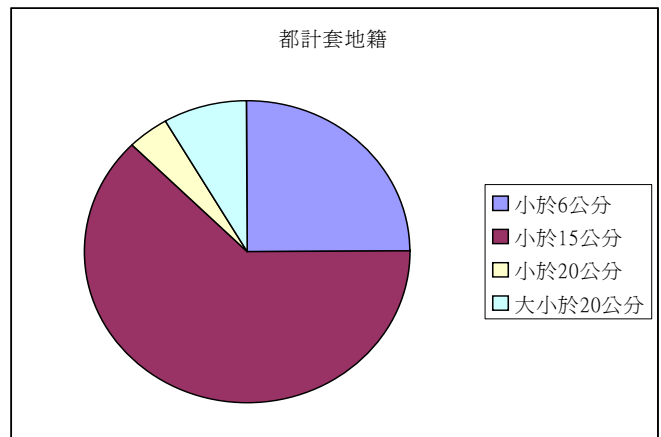


圖 4-8-3 都計圖套疊垂距統計圖

2. 等權處理

- (1)地形圖與地籍圖：六參數及四參數計算成果，地形圖與地籍圖對應點之垂距差，在 30 公分內之比率均為 100%，與不等權處理結果幾乎一致，如表 4-3 及表 4-4。
- (2)都計圖與地籍圖：六參數及四參數計算成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在 20 公分內之比率均為 100%，與不等權處理結果一致，如表 4-5 及表 4-6。

3. 內插處理

- (1)地形圖與地籍圖：六參數及四參數計算成果，經再分別

以內插計算、內插配置及依 Delaunay 三角網重新計算轉換參數後，比較地形圖與地籍圖之垂距差結果，六、四參數轉換成果中，以 Delaunay 三角網重新計算轉換參數結果，其在 30 公分以內之比率，均與不內插成果相同，其中以內插配置之成果在公差內比率最低，如表 4-3 及表 4-4。

表 4-6 福德段都計圖四參數計算結果距離差值分析表									
套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
都計套地籍	不內插	20	41.67	22	45.83	2	4.17	4	8.33
三圖套疊 (不等權)	不內插	24	50.00	21	43.75	3	6.25	0	0.00
	Delaunay 內插	22	45.83	23	47.92	3	6.25	0	0.00
	Delaunay 內插配置	19	39.58	24	50.00	2	4.17	3	6.25
	Delaunay 計算轉換參數	13	27.08	35	72.92	0	0.00	0	0.00
三圖套疊 (等權)	不內插	31	64.58	16	33.33	1	2.08	0	0.00

(2)都計圖與地籍圖：六參數及四參數計算成果，經再分別以內插計算、內插配置及依 Delaunay 三角網重新計算轉換參數後，比較都計圖與地籍圖之垂距差結果，六、四參數成果中，以 Delaunay 三角網重新計算轉換參數及內插計算結果，其在 20 公分以內之比率，均與不內插成果相同，以內插配置之成果在公差內比率仍為最低，如表 4-5 及表 4-6。

表 4-7 福德段共同點兩圖轉換坐標差值比較表					
點號	轉換後地形點坐標		轉換後都計點坐標		距離差值
194	2651510.718	311943.604	2651510.718	311943.604	0.000
462	2651198.299	311432.016	2651198.299	311432.016	0.000
469	2651178.435	311559.448	2651178.435	311559.448	0.000
494	2651874.155	312079.075	2651874.181	312079.048	0.037
530	2651514.312	311167.095	2651514.312	311167.095	0.000
681	2651874.741	312074.791	2651874.771	312074.776	0.034
1308	2651933.81	311753.733	2651933.801	311753.719	0.017
1549	2651160.745	311640.718	2651160.745	311640.718	0.000
1724	2651792.182	311543.932	2651792.152	311544.029	0.102
1845	2651742.245	311475.547	2651742.274	311475.571	0.038
2209	2651694.458	311409.578	2651694.471	311409.629	0.053
2215	2651689.177	311402.325	2651689.18	311402.347	0.022
2413	2651530.747	311184.287	2651530.747	311184.287	0.000
2415	2651525.648	311183.763	2651525.648	311183.763	0.000
2418	2651514.895	311162.343	2651514.895	311162.343	0.000

備註：單位為公尺

為探討傳統兩圖套疊之坐標轉換方式，其共同點坐標於轉換後是否一致，本研究特別找出地形圖、都計圖及地籍圖上均有之共同點，以兩圖轉換方式，即分別將地形圖套地籍圖及都計圖套地籍圖方式，實施坐標轉換結果，合計存在於三圖之共同點計有 15 點，以此方式轉換後，同一點位其轉換後坐標不同者計 7 點，如表 4-7，其比率達 47%，故在三圖套疊時，倘採用傳統兩圖套疊方式，將會造成同一點位產生二組坐標，導致無法套合情形。

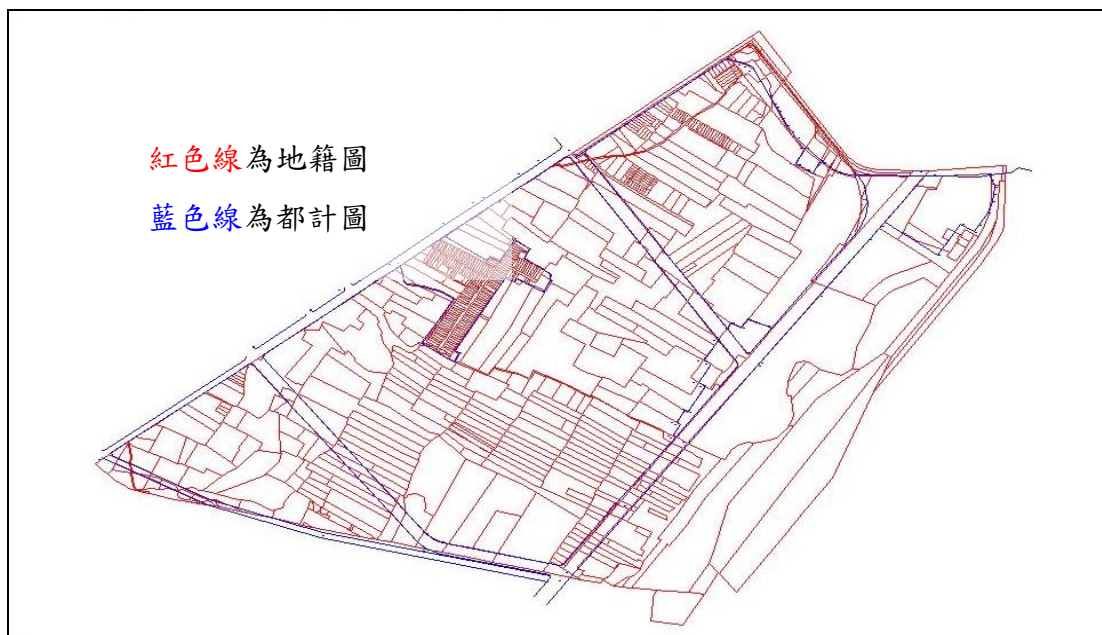


圖 4-9 福德段三圖套疊成果圖--都計圖套疊地籍圖

有關福德段三圖套疊結果，如圖 4-9、圖 4-10、圖 4-11。



圖 4-10 福德段三圖套疊成果圖—地形圖套疊地籍圖

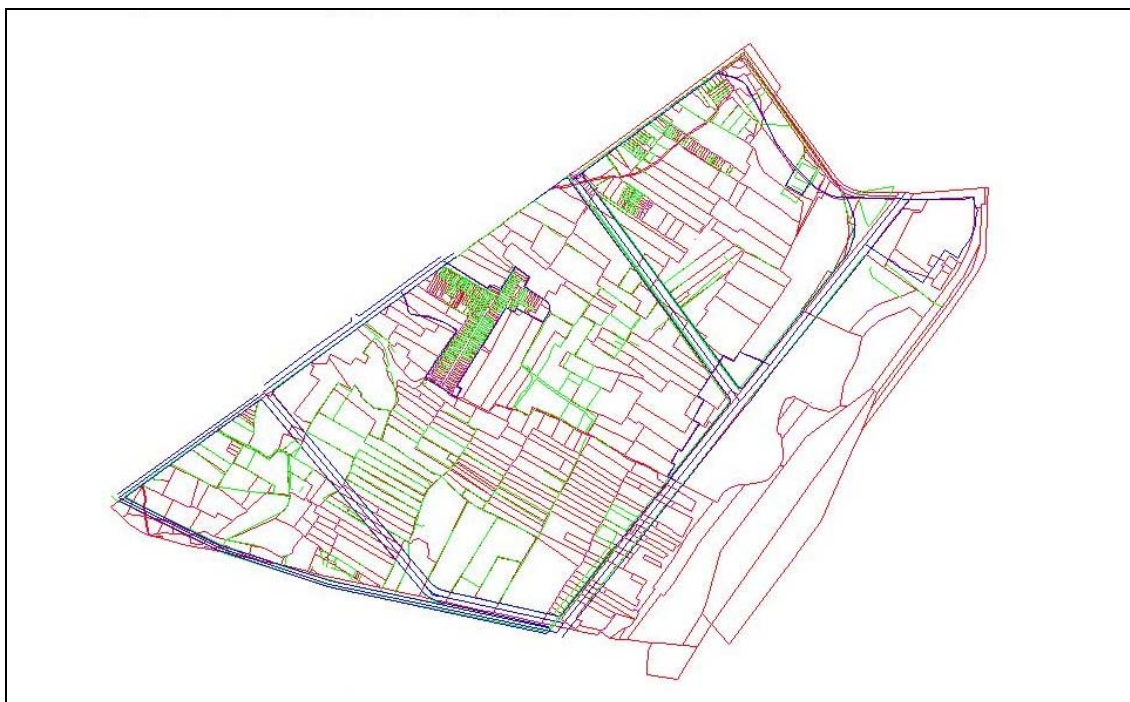


圖 4-11 福德段地形現況、都計圖及地形圖三圖套疊成果

四、以地形圖及都計圖為底圖

為了解以不同圖籍為底圖，其套疊成果之差異，本研究特再分別以地形圖及都計圖為底圖，予以套疊分析比較。

(一)選取條件點

表 4-8 福德段以不同圖籍為底圖使用條件數量表								
套疊情形	轉換方式	採用點對點條件	刪除點對點條件	使用條件數	自由度	先驗精度		
						地形圖	都計圖	地籍圖
固定地籍圖	六參數	15	7	8	20	0.30	0.15	0.10
	四參數	15	7	8	24	0.30	0.15	0.10
固定地形圖	六參數	15	7	8	20	0.30	0.15	0.10
	四參數	15	8	7	20	0.30	0.15	0.10
固定都計圖	六參數	15	7	8	20	0.30	0.15	0.10
	四參數	15	7	8	24	0.30	0.15	0.10

為利比較分析，本項測試僅選取就同時存在於地籍圖、地形圖及都計圖之條件點進行測試，倘僅存在於兩種圖籍之條件點，則不予列入。故起始選取之條件點均為 15 點，經刪除改正量超過公差後，所採用條件數如表 4-8。

(二)套疊成果精度

經以不同圖籍為底圖所計算之精度，均以地籍圖所計算精度最高、都計圖次之、地形圖精度最低，其恰與先驗精度之高低相同，即先驗精度高者，其計算精度亦高。倘再比較不同圖籍為底圖時，以都計圖為底圖時，所計算之地形圖、都計圖及地籍圖之精度均為最高，並六參數成果精度高於四參數，六參數成果精度分別為 0.078、0.066、0.043 公尺。

表 4-9 福德段以不同圖籍為底圖計算結果精度表							單位:公尺
套疊情形 (採用底圖)	圖籍 種類	六參數			四參數		
		N	E	平均	N	E	平均
地籍圖	地形圖	0.094	0.094	0.133	0.080	0.080	0.113
	都計圖	0.069	0.069	0.098	0.061	0.061	0.087
	地籍圖	0.051	0.051	0.072	0.049	0.049	0.069
地形圖	地形圖	0.063	0.063	0.088	0.061	0.061	0.086
	都計圖	0.045	0.045	0.064	0.045	0.045	0.064
	地籍圖	0.030	0.030	0.042	0.032	0.032	0.045
都計圖	地形圖	0.055	0.055	0.078	0.097	0.097	0.137
	都計圖	0.047	0.046	0.066	0.066	0.066	0.094
	地籍圖	0.030	0.030	0.043	0.048	0.048	0.068

(三)垂距分析

1. 地形圖：分別以地籍圖、都計圖及地形圖為底圖時，地形圖其條件點之垂距差，六參數與四參數成果，超過 30 公分者，均為 60%，如表 4-10、表 4-11。

表 4-10 福德段地形圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地籍圖	無內插	8	53.33	0	0.00	1	6.67	6	40.00
地形圖	無內插	8	53.33	0	0.00	1	6.67	6	40.00
都計圖	無內插	8	53.33	0	0.00	1	6.67	6	40.00

表 4-11 福德段地形圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地籍圖	無內插	8	53.33	0	0.00	1	6.67	6	40.00
地形圖	無內插	7	46.67	0	0.00	2	13.33	6	40.00
都計圖	無內插	8	53.33	0	0.00	1	6.67	6	40.00

表 4-12 福德段都計圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地籍圖	無內插	8	53.33	1	6.67	0	0.00	6	40.00
地形圖	無內插	8	53.33	3	20.00	0	0.00	4	26.67
都計圖	無內插	8	53.33	0	0.00	1	6.67	6	40.00

2. 都計圖：分別以地籍圖、都計圖及地形圖為底圖時，都計圖其條件點之垂距差，六參數成果以地形圖為底圖時最高，其在 20 公分以內者為 73.3%，其餘六參數以地籍圖及都計圖為底圖時，在 20 公分以內

者均為 60%；至四參數成果則反以地形圖為底圖時最低，為 53.3%，如表 4-12、表 4-13。

表 4-13 福德段都計圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地籍圖	無內插	8	53.33	0	0.00	1	6.67	6	40.00
地形圖	無內插	7	46.67	1	6.67	0	0.00	7	46.67
都計圖	無內插	8	53.33	1	6.67	0	0.00	6	40.00

表 4-14 福德段地籍圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地籍圖	無內插	13	86.67	2	13.33	0	0.00	0	0.00
地形圖	無內插	4	26.67	5	33.33	1	6.67	5	33.33
都計圖	無內插	0	0.00	4	26.67	6	40.00	5	33.33

3. 地籍圖：分別以地籍圖、都計圖及地形圖為底圖時，地籍圖其條件點之垂距差，六參數成果以地籍圖為底圖時最高，其在 15 公分以內者為 100%，其餘六參數以都計圖為底圖時，在 15 公分以內者為最低 26.7%；至四參數成果亦以都計圖為底圖時最低，為 20.0%，如表 4-14、表 4-15。

表 4-15 福德段地籍圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地籍圖	無內插	14	93.33	1	6.67	0	0.00	0	0.00
地形圖	無內插	0	0.00	9	60.00	6	40.00	0	0.00
都計圖	無內插	0	0.00	3	20.00	5	33.33	7	46.67

第二節 嘉義市港子坪段成果分析及驗證

一、選取條件點



圖 4-12 港子坪條件點分布圖（紅色表地籍線；○藍色點表條件點）

（一）地籍圖伸縮改正處理

本地段於套疊地形圖與地籍圖前，先依地籍圖圖廓點、圖根點及距離條件實施圖紙伸縮改正，各圖幅所使用及刪除條件情形與數量如表 4-16。其伸縮改正計算精度如表 4-17。

4-16 港子坪段各圖幅現況套疊使用條件數量表									
圖幅號	轉換方式	採用條件			刪除條件			合計使用條件	自由度
		點對點條件	距離條件	小計	點對點條件	距離條件	小計		
5	六參數	10	52	62	3	12	15	47	48
	四參數	10	52	62	4	12	16	46	48
6	六參數	14	37	51	4	3	7	44	48
	四參數	14	37	51	5	7	12	39	44
10	六參數	4	11	15	0	1	1	14	12
	四參數	4	11	15	0	1	1	14	14
11	六參數	7	61	68	2	14	16	52	55

其中第 5、6 幅伸縮改正六參數成果精度較佳；第 10、11 幅則四參數成果較佳。

4-17 港子坪段各圖幅伸縮率改正結果精度表 單位:公尺						
圖幅號	六參數			四參數		
	N	E	平均	N	E	平均
5	0.024	0.024	0.034	0.028	0.029	0.040
6	0.023	0.023	0.032	0.025	0.026	0.036
10	0.055	0.055	0.077	0.038	0.043	0.057
11	0.046	0.046	0.065	0.037	0.040	0.054

(二)地籍圖套疊現況

地籍圖經伸縮改正後，再與使用現況套疊，並與未實施圖紙伸縮改正結果比較，其套疊計算成果，如表 4-18。由表可知，實施伸縮改正後，其套疊現況之精度均較無伸縮改正為佳。

表 4-18 港子坪段各圖幅與現況套疊精度比較表 單位:公尺							
圖幅號	條件 內容	六參數			四參數		
		N	E	平均	N	E	平均
5	無伸縮改正	0.085	0.100	0.131	0.089	0.105	0.138
	伸縮改正	0.079	0.093	0.122	0.090	0.109	0.141
	較差	+0.006	+0.007	+0.009	-0.001	-0.004	-0.003
6	無伸縮改正	0.084	0.099	0.129	0.079	0.093	0.122
	伸縮改正	0.070	0.081	0.107	0.069	0.083	0.108
	較差	+0.014	+0.018	+0.022	+0.010	+0.010	+0.014
10	無伸縮改正	0.116	0.094	0.149	0.113	0.091	0.145
	伸縮改正	0.116	0.094	0.149	0.111	0.089	0.142
	較差	0.000	0.000	0.000	+0.002	+0.002	+0.003
11	無伸縮改正	0.081	0.102	0.131	無四參數成果		
	伸縮改正	0.082	0.099	0.128			
	較差	-0.001	+0.003	+0.003			

故本研究後續各項套疊作業，均採用經伸縮改正之成果。

(三) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖

港子坪段在地形圖套地籍圖時，選取之條件計有 20 個共點條件，另原同時選取 37 個共線條件，以四、六參數約制條件坐標轉換時，因加入共線條件計算後，改正量均暴增為數十公尺，經逐一刪除後，仍未改善，因查明該共線條件，仍無法找出問題，乃將共線條件全部刪除，僅採用共點條件。經計算後改正量超過允許誤差而刪除者如下：六參數及四參數均刪除 5 個條件，合計使用 15 個條件，其使用條件情形如表 4-16。

2. 都計圖套地籍圖

選取之條件計有 20 個共點條件，經四、六參數約制條件坐標轉換後，因改正量超過允許誤差而刪除者，六參數及四參數均刪除 3 個點對點條件，合計各使用 17 個條件。

(四) 三圖套疊

1. 不等權處理

依地形圖、都計圖及地籍圖其各別測製精度，給予不同先驗精度，本項選取條件計有 40 個點對點條件；至共線條件部分，同前兩圖套疊情況，因而未採用。經四、六參數約制條件坐標轉換後，因改正量超過允許誤差而刪除者，六及四參數均刪除 11 個點對點條件，合計四、六參數均使用 29 個條件，如表 4-19；條件點分布如圖 4-7。

表 4-19 港子坪段空間圖籍套疊使用條件數量表

套疊情形	轉換方式	採用條件			刪除條件			合計使用條件	自由度	先驗精度
		點對點條件	共線條件	小計	點對點條件	共線條件	小計			
地形圖 地籍圖 套疊	六參數	20	0	20	5	0	5	15	24	0.30
	四參數	20	0	20	5	0	5	15	26	0.30
都計圖 地籍圖 套疊	六參數	20	0	20	3	0	3	17	28	0.15
	四參數	20	0	20	3	0	3	17	30	0.15
三圖套疊 (不等權)	六參數	40	0	40	11	0	11	29	66	0.30 0.15 0.15
	四參數	40	0	40	11	0	11	29	70	0.30 0.15 0.15
三圖套疊 (等權)	六參數	40	0	40	11	0	11	29	66	0.20
	四參數	40	0	40	11	0	11	29	70	0.20
備註：三圖套疊先驗精度之排列順序為：地形圖、都計圖及地籍圖。										

2. 等權處理

地形圖、都計圖及地籍圖不管其各別測製精度，均給予相同先驗精度，本項選取及刪除之條件數同前項不等權處理。

二、套疊成果精度

(一) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖

四參數轉換計算之精度(後驗中誤差)為 0.078 公尺；
六參數計算之精度為 0.088 公尺，四參數優於六參數，如表 4-20。

2. 都計圖套地籍圖

四參數轉換計算之精度為 0.069 公尺；六參數計算之精度為 0.080 公尺，四參數成果優於六參數；本項計算成果精度略優於地形套地籍所計算精度。

(二) 三圖套疊

1. 不等權處理

三種圖籍套疊之計算結果，六參數之精度與四參數成果甚為接近，其中地形圖四、六參數計算精度均為 0.091 公尺；都計圖四、六參數計算精度 0.070、0.069 公尺，如表 4-20。有關地形圖及都計圖坐標轉換誤差向量及 Delaunay 三角網如圖 4-13、圖 4-14；計算精度如圖 4-15、圖 4-16。

表 4-20 港子坪段空間圖籍套疊結果精度表							
套疊情形	圖籍種類	六參數			四參數		
		N	E	平均	N	E	平均
地形圖 地籍圖 套疊	地形圖	0.062	0.062	0.088	0.055	0.055	0.078
都計圖 地籍圖 套疊	都計圖	0.057	0.057	0.080	0.048	0.048	0.069
三圖套疊 (不等權)	地形圖	0.064	0.064	0.091	0.064	0.064	0.091
	都計圖	0.049	0.049	0.069	0.050	0.050	0.070
三圖套疊 (等權)	地形圖	0.057	0.057	0.081	0.060	0.060	0.084
	都計圖	0.057	0.057	0.081	0.060	0.060	0.084

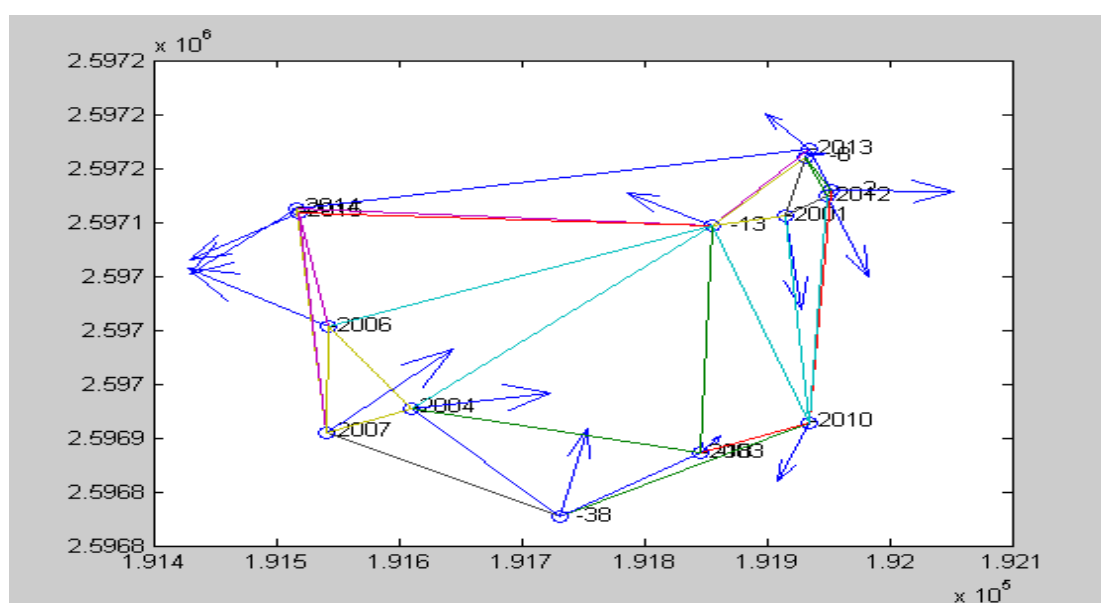


圖 4-13 港子坪段四參數轉換地形圖條件點 Delaunay 三角網圖

2. 等權處理

地形圖、都計圖及地籍圖三種圖籍以等權方式之計算結果，六參數之精度均略高於四參數成果，且其都計圖與地籍圖之計算精度較不等權方式為低，如表 4-20。

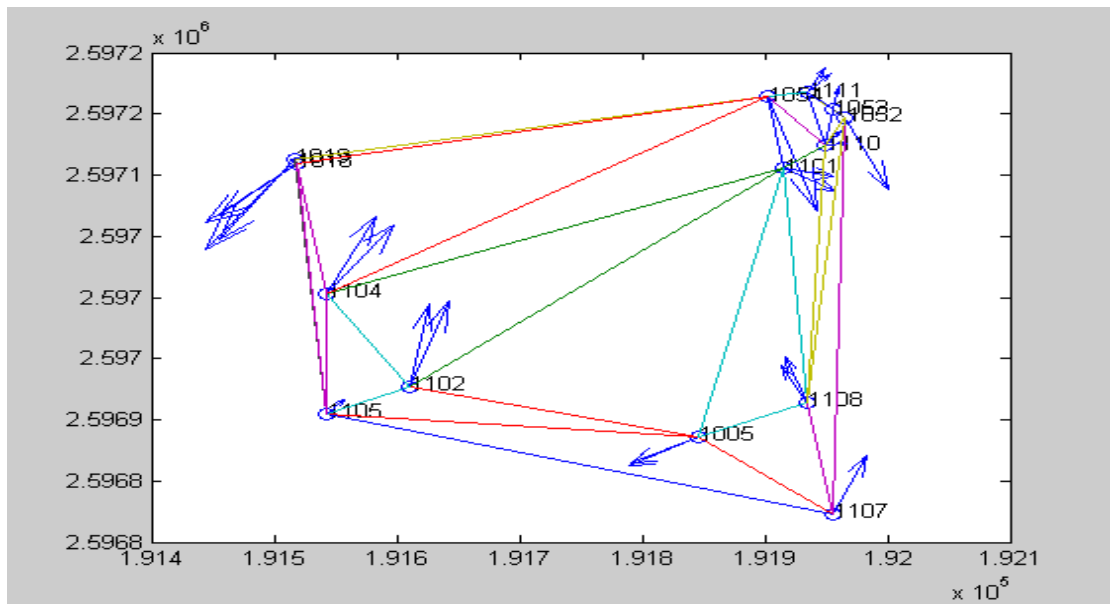


圖 4-14 港子坪段四參數轉換都計圖條件點 Delaunay 三角網圖

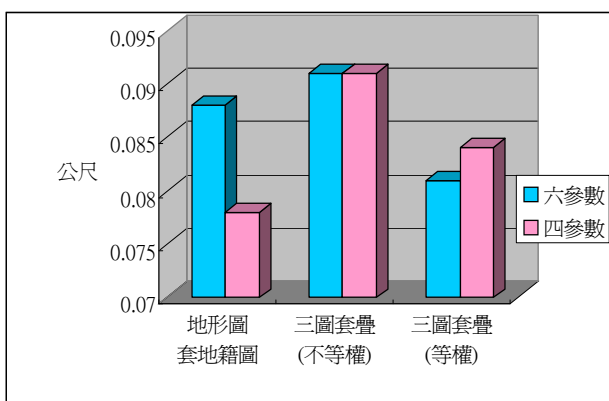


圖 4-15 港子坪段地形圖套疊精度圖

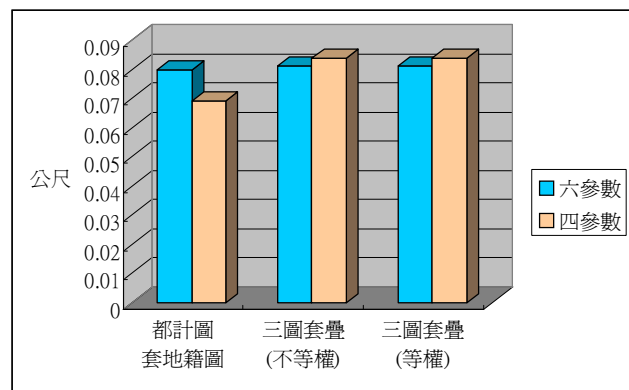


圖 4-16 港子坪段都計圖套疊精度圖

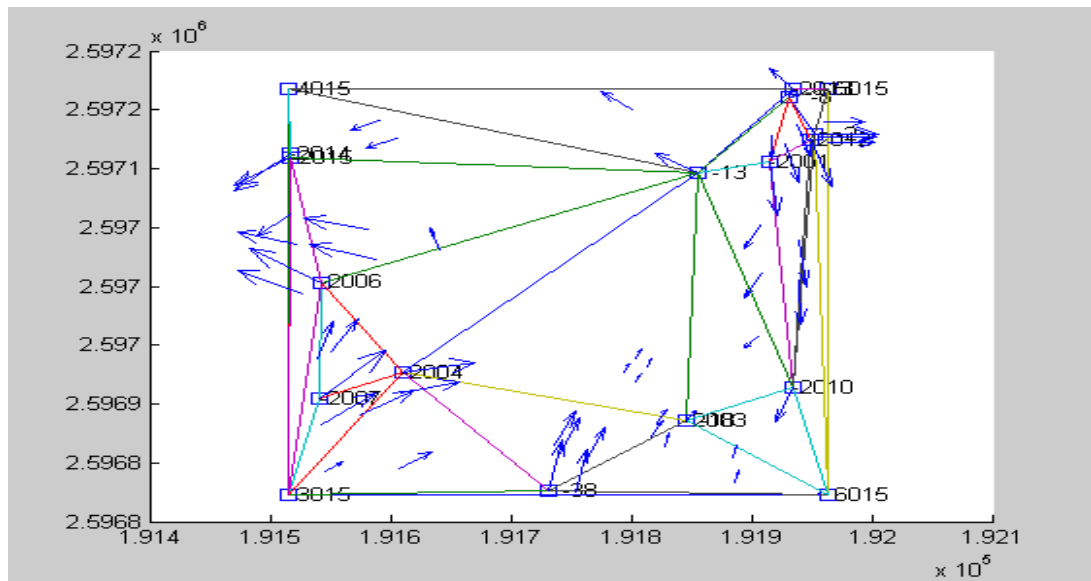


圖 4-17-1 港子坪段三圖套疊地形圖四參數轉換 Delaunay 三角形內插改正圖

三、垂距分析

(一) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖(取 30 公分為誤差範圍)

六參數計算成果，地形圖與地籍圖對應點之垂距差，在 30 公分內之比率為 92.5%，四參數成果垂距差，在公差之比率亦為 92.5%，如表 4-21、表 4-22。

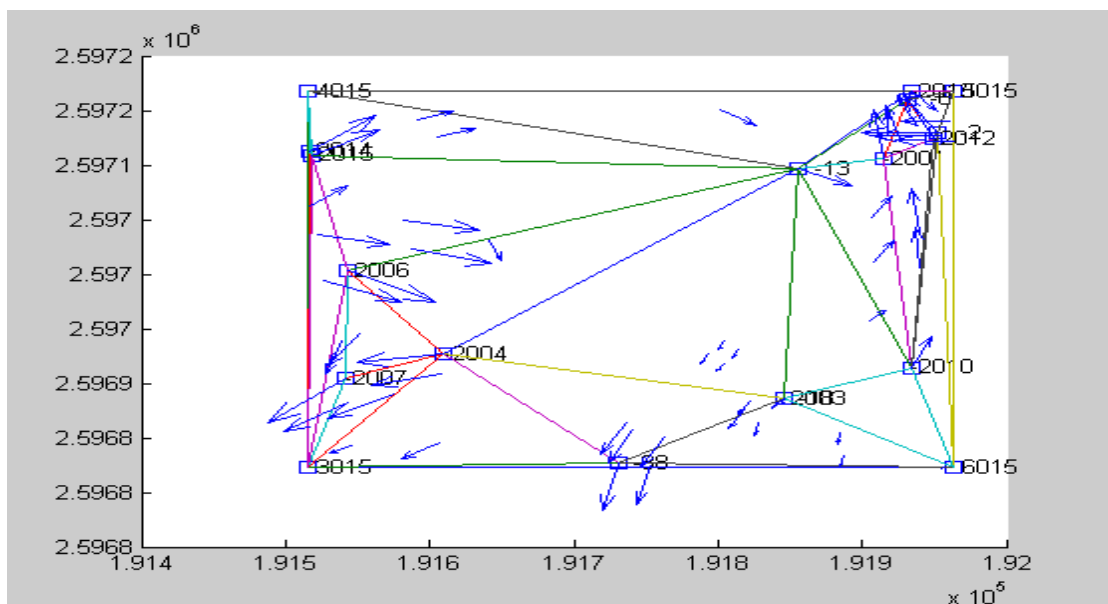


圖 4-17-2 港子坪段三圖套疊地形圖四參數轉換 Delaunay 三角形內插配置圖

表 4-21 港子坪段地形圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地形套地籍	不內插	1	2.50	26	65.00	10	25.00	3	7.50
三圖套疊 (不等權)	不內插	2	5.00	26	65.00	9	22.50	3	7.50
	Delaunay 內插	0	0.00	21	52.50	6	15.00	13	32.50
	Delaunay 內插配置	1	2.50	21	52.50	5	12.50	13	32.50
	Delaunay 計算轉換參數	2	5.00	16	40.00	13	32.50	8	20.00
三圖套疊 (等權)	不內插	2	5.00	29	72.50	6	15.00	3	7.50

表 4-22 港子坪段地形圖四參數計算結果距離差值分析表

套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地形套地籍	不內插	11	27.50	18	45.00	8	20.00	3	7.50
三圖套疊 (不等權)	不內插	11	27.50	19	47.50	7	17.50	3	7.50
	Delaunay 內插	10	25.00	17	42.50	3	7.50	10	25.00
	Delaunay 內插配置	9	22.50	17	42.50	3	7.50	11	27.50
	Delaunay 計算轉換參數	4	10.00	19	47.50	12	30.00	5	12.50
三圖套疊 (等權)	不內插	10	25.00	23	57.50	7	17.50	0	0.00

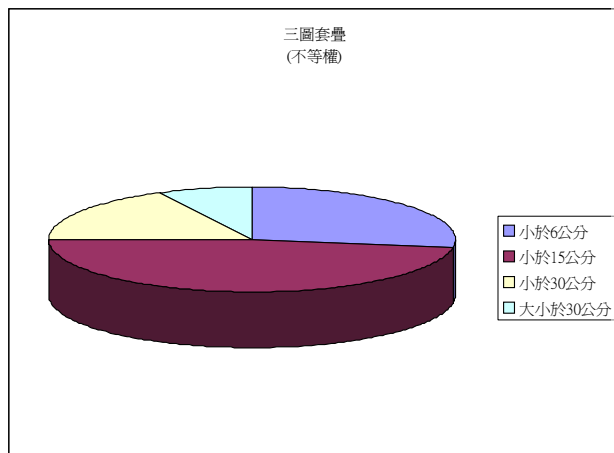


圖 4-18-1 三圖套疊地形圖垂距統計圖
(不等權)

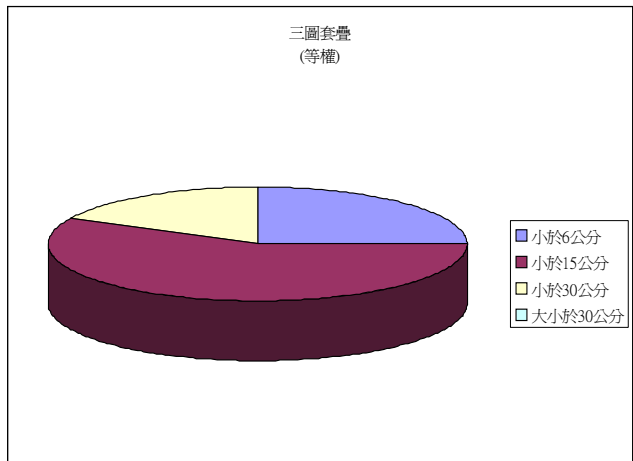


圖 4-18-2 三圖套疊地形圖垂距統計圖(等權)

本地段有關四參數轉換地形圖對應點其垂距分析，如圖 4-18-1~
圖 4-18-3。

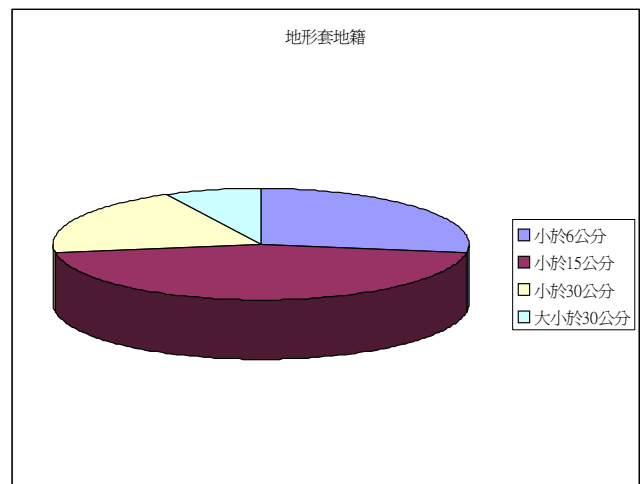


圖 4-18-3 地形套疊地籍垂距統計圖

2. 都計圖套地籍圖(取 20 公分為誤差範圍)

六參數計算成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在 20 公分內之比率為 70.6%，四參數成果垂距差，在公差內之比率為 76.5%，四參數成果優於六參數，其在公差內之比率低於地形圖套疊地籍圖結果，如表 4-23、表 4-24。

(二) 三圖套疊

1. 不等權處理

(1)地形圖與地籍圖：六參數計算不內插成果，地形圖與地

籍圖對應點之垂距差，在 30 公分內之比率為 92.5%，四參數成果垂距差，在公差之比率亦為 92.5%，其在公差內比率與兩圖套疊時地形套地籍之成果相同，如表 4-21 及表 4-22。

(2)都計圖與地籍圖：六參數計算不內插成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在 20 公分內之比率為 61.8%，四參數成果垂距差，在公差之比率亦為 58.8%，六參數成果優於四參數，其在公差內比率低於兩圖套疊都計套地籍之成果，如表 4-23 及表 4-24。

2. 等權處理

(1)地形圖與地籍圖：六參數計算成果，地形圖與地籍圖對應點之垂距差，在 30 公分內之比率均為 92.5%，與不等權處理結果一致；四參數計算成果，在 30 公分內之比率均為 100%，高於不等權處理結果，如表 4-213 及表 4-22。

表 4-23 港子坪段都計圖六參數計算結果距離差值分析表									
套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
都計套地籍	不內插	1	2.94	13	38.24	10	29.41	10	29.41
三圖套疊 (不等權)	不內插	1	2.94	17	50.00	3	8.82	13	38.24
	Delaunay 內插	1	2.94	17	50.00	4	11.76	12	35.29
	Delaunay 內插配置	1	2.94	17	50.00	4	11.76	12	35.29
	Delaunay 計算轉換參數	0	0.00	21	61.76	7	20.59	6	17.65
三圖套疊 (等權)	不內插	1	2.94	16	47.06	5	14.71	12	35.29

(2)都計圖與地籍圖：六參數計算成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在 20 公分內之比率為 64.7%；四參數計算成果，在公差內比率均為 61.8%，略高於不等權處理結

果，如表 4-23 及表 4-24。

表 4-24 港子坪段都計圖四參數計算結果距離差值分析表									
套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
都計套地籍	不內插	1	2.94	18	52.94	7	20.59	8	23.53
三圖套疊 (不等權)	不內插	0	0.00	13	38.24	7	20.59	14	41.18
	Delaunay 內插	0	0.00	14	41.18	8	23.53	12	35.29
	Delaunay 內插配置	1	2.94	11	32.35	12	35.29	10	29.41
	Delaunay 計算轉換參數	9	26.47	12	35.29	13	38.24	0	0.00
三圖套疊 (等權)	不內插	0	0.00	14	41.18	7	20.59	13	38.24

3. 內插處理

(1)地形圖套地籍圖：六參數及四參數計算成果，經再分別以內插計算、內插配置及依 Delaunay 三角網重新計算轉換參數後，比較地形圖與地籍圖之垂距差結果，六參數成果中，以 Delaunay 三角網重新計算轉換參數結果，其在 30 公分以內之比率 80%，較不內插成果 92.5%為低，但較內插計算與內插配置之成果在公差內比率為高；四參數成果在公差內比率為 87.5%，低於不內插成果，但仍高於內插計算與內插配置成果，如表 4-21 及表 4-22。

(2)都計圖套地籍圖：六參數及四參數計算成果，經再分別以內插計算、內插配置及依 Delaunay 三角網重新計算轉換參數後，比較都計圖與地籍圖之垂距差結果，六參數成果中，以 Delaunay 三角網重新計算轉換參數結果，其在 20 公分以內之比率 82.3%為最高，並高於不內插成果，內插計算及內插配置之成果在公差內比率為最低；，四參數成果中，亦以 Delaunay 三角網重新計算轉換參數

結果，在 20 公分以內之比率為最高，達 100%，如表 4-23 及表 4-24。

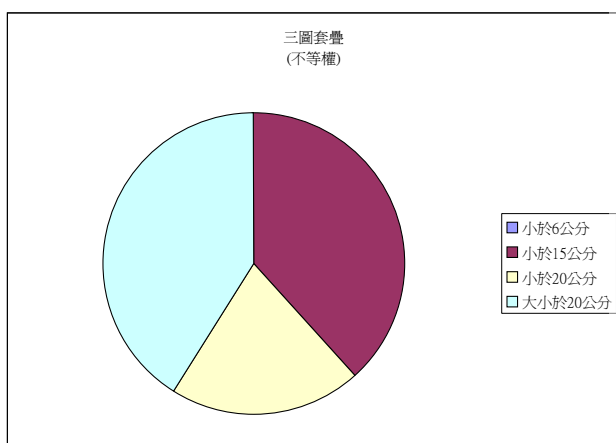


圖 4-19-1 三圖套疊都計圖垂距統計圖
(不等權)

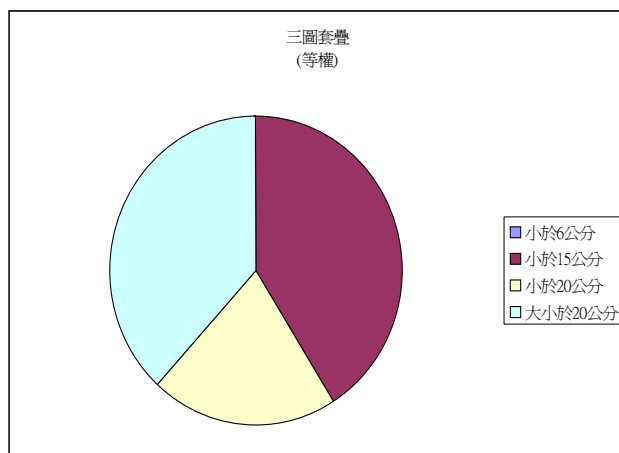


圖 4-19-2 三圖套疊都計圖垂距統計圖

本地段有關四參數轉換都計圖對應點其垂距分析，如圖 4-19-1 至圖 4-19-3。

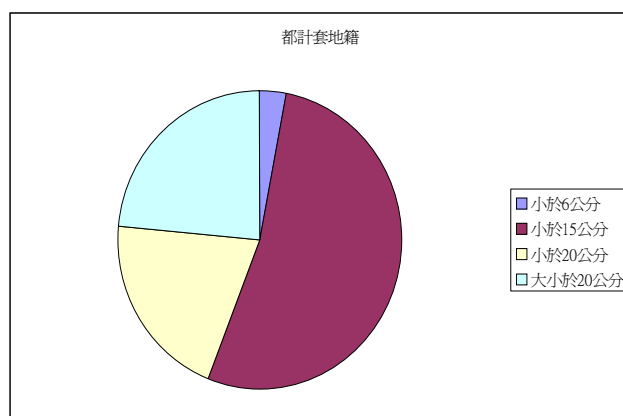


圖 4-19-3 都計套疊地籍垂距統計圖



圖 4-20 港子坪段轉換後地籍線套疊正射影像圖



圖 4-21 港子坪段地形套疊地籍成果圖(紅色線:地籍線 黃色線:地形線)



圖 4-22 港子坪段計算結果套疊正射影像圖

第三節 臺中市龍門段成果分析及驗證

一、選取條件點



圖 4-23 龍門段條件點分布圖

(一) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖

龍門段在地形圖套地籍圖時，選取之條件計有 23 個共點條件及 14 個共線條件，以四、六參數約制條件坐標轉換後，經計算後改正量超過允許誤差而刪除者如下：六參數刪除 5 個共線條件，四參數刪除 4 個條件，合計各使用 32 及 33 個條件，其使用條件情形如表 4-14。

2. 都計圖套地籍圖

選取之條件計有 18 個共點條件，經四、六參數約制條件坐標轉換後，無超過允許誤差而刪除者，合計各使用 18 個條

件。

(二)三圖套疊

1. 不等權處理

依地形圖、都計圖及地籍圖其各別測製精度，給予不同先驗精度，本項選取條件計有 35 個點對點條件、14 個共線條件，合計 49 個條件。經四、六參數約制條件坐標轉換後，因改正量超過允許誤差而刪除者，六及四參數各刪除 4、3 個共線條件，合計四、六參數各使用 45、46 個條件，如表 4-25。條件點分布如圖 4-23。

2. 等權處理

地形圖、都計圖及地籍圖不管其各別測製精度，均給予相同先驗精度，本項選取條件數及刪除條件數，與前述六及四參數相同，合計四、六參數各使用 45、46 個條件。

表 4-25 龍門段空間圖籍套疊使用條件數量表										
套疊情形	轉換方式	採用條件			刪除條件			合計使用條件	自由度	先驗精度
		點對點條件	共線條件	小計	點對點條件	共線條件	小計			
地形圖 地籍圖 套疊	六參數	23	14	37	0	5	5	32	49	0.30
	四參數	23	14	37	0	4	4	33	52	0.30
都計圖 地籍圖 套疊	六參數	18	0	18	0	0	0	18	30	0.15
	四參數	18	0	18	0	0	0	18	32	0.15
三圖套疊 (不等權)	六參數	35	14	49	0	4	4	45	80	0.30 0.15 0.06
	四參數	35	14	49	0	3	3	46	85	0.30 0.15 0.06
三圖套疊 (等權)	六參數	35	14	49	0	4	4	45	80	0.20
	四參數	35	14	49	0	3	3	46	85	0.20
備註：三圖套疊先驗精度之排列順序為：地形圖、都計圖及地籍圖。										

二、套疊成果精度

(一) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖

四參數轉換計算之精度(後驗中誤差)為 0.046 公尺；
六參數計算之精度為 0.053 公尺，四參數略優於六參數，
如表 4-26。

2. 都計圖套地籍圖

四參數轉換計算之精度為 0.020 公尺；六參數計算之
精度為 0.021 公尺，四參數成果精度與六參數成果甚為接
近；本項計算成果精度優於地形套地籍所計算精度。

(二) 三圖套疊

表 4-26 龍門段空間圖籍套疊結果精度表							
套疊情形	圖籍種類	六參數			四參數		
		N	E	平均	N	E	平均
地形圖 地籍圖 套疊	地形圖	0.038	0.037	0.053	0.034	0.031	0.046
都計圖 地籍圖 套疊	都計圖	0.015	0.015	0.021	0.014	0.014	0.020
三圖套疊 (不等權)	地形圖	0.044	0.043	0.061	0.045	0.045	0.062
	都計圖	0.035	0.035	0.050	0.035	0.035	0.050
三圖套疊 (等權)	地形圖	0.044	0.043	0.062	0.045	0.043	0.063
	都計圖	0.042	0.042	0.060	0.042	0.042	0.060

1. 不等權處理

三種圖籍套疊之計算結果，六參數之精度與四參數成
果甚為接近，其中為地形圖其四、六參數計算精度分別為
0.062、0.061 公尺；都計圖其四、六參數計算精度均為 0.050

公尺，如表 4-26。有關地形圖及都計圖經三圖套疊坐標轉換後，其條件點誤差向量與 Delaunay 三角網如圖 4-24、圖 4-25；計算精度如圖 4-26、圖 4-27。

2. 等權處理

地形圖、都計圖及地籍圖三種圖籍以等權方式之計算結果，六參數之精度與四參數成果甚為接近，本項計算精度均較不等權方式為低，如表 4-18。

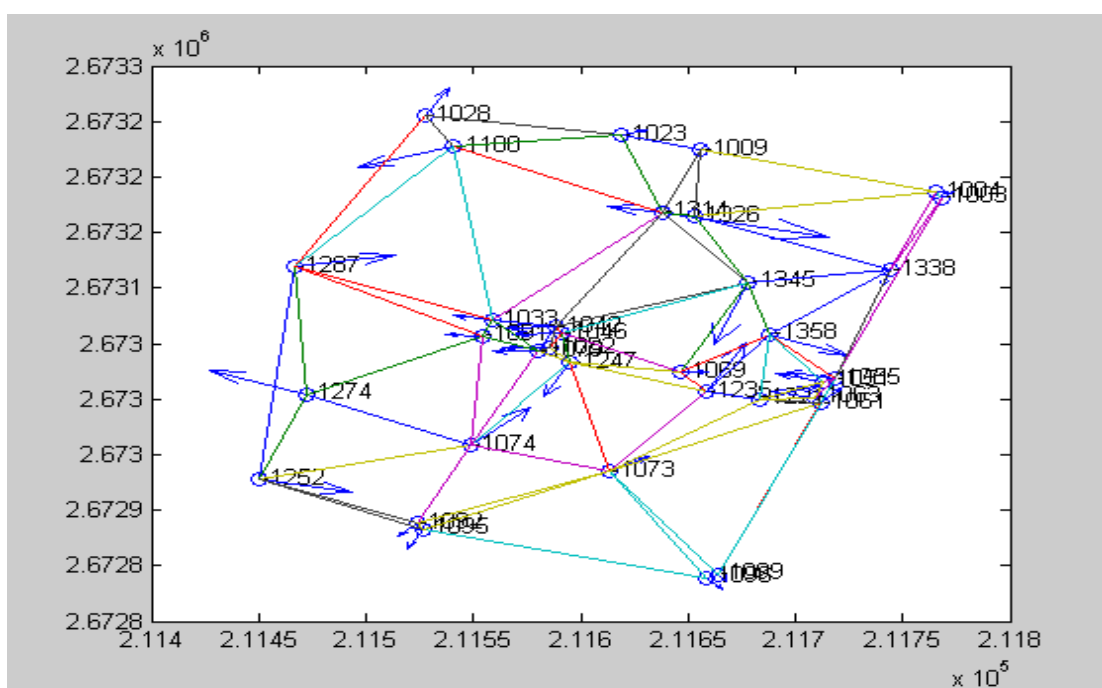


圖 4-24 龍門段六參數轉換地形圖條件點誤差向量及 Delaunay 圖

三、垂距分析

(一) 兩圖套疊

1. 地形圖套地籍圖(取 30 公分為誤差範圍)

六參數計算成果，地形圖與地籍圖對應點之垂距差，在 30 公分內之比率為 100%，四參數成果垂距差，在公差之比率亦為 100%，如表 4-27、表 4-28。

2. 都計圖套地籍圖(取 20 公分為誤差範圍)

六參數計算成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在 20 公分內之比率為 100%，四參數成果垂距差，在公差內之比率亦為 100%，如表 4-29、表 4-30。

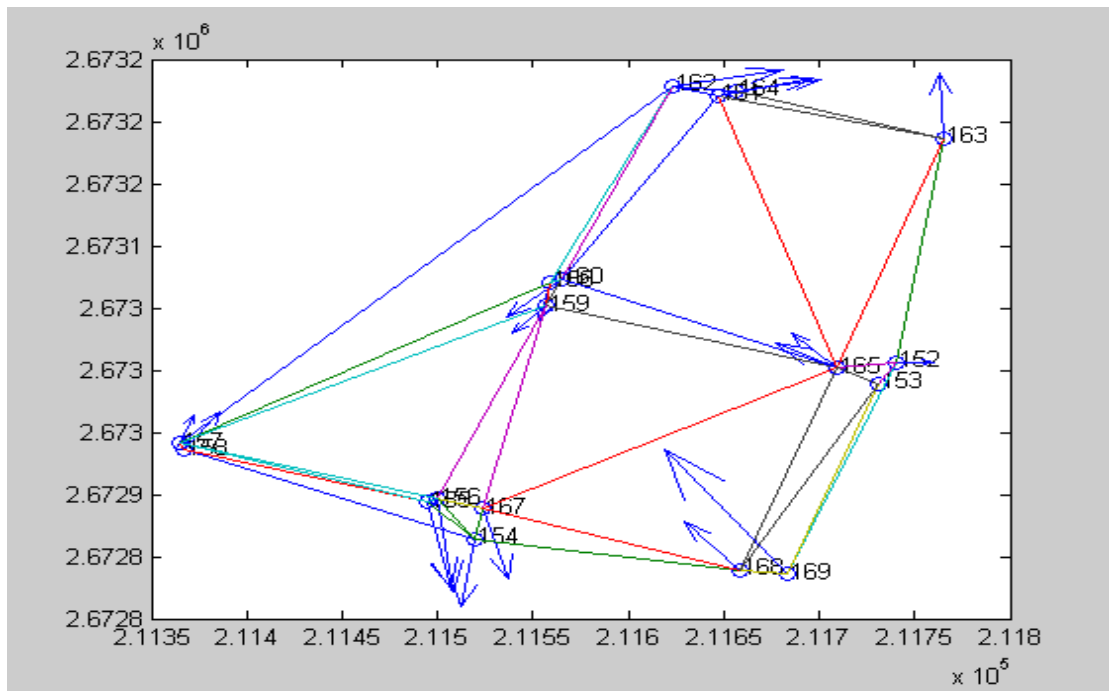


圖 4-25 龍門段六參數轉換都計圖條件點誤差向量 Delaunay 圖

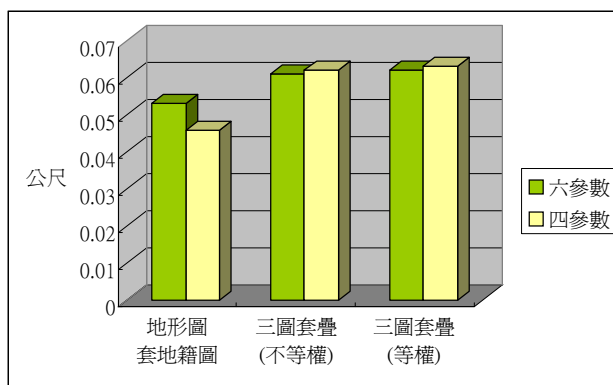


圖 4-26 龍門段地形圖套疊精度圖

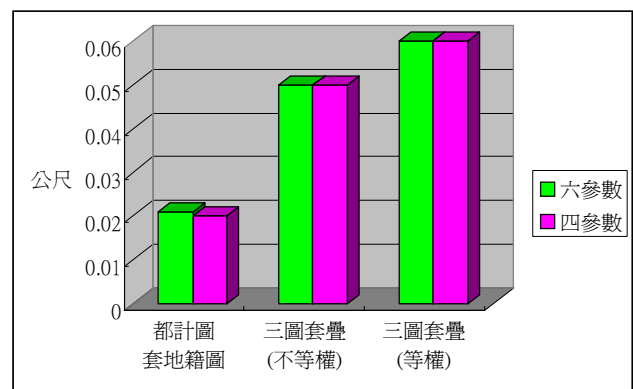


圖 4-27 龍門段都計圖套疊精度圖

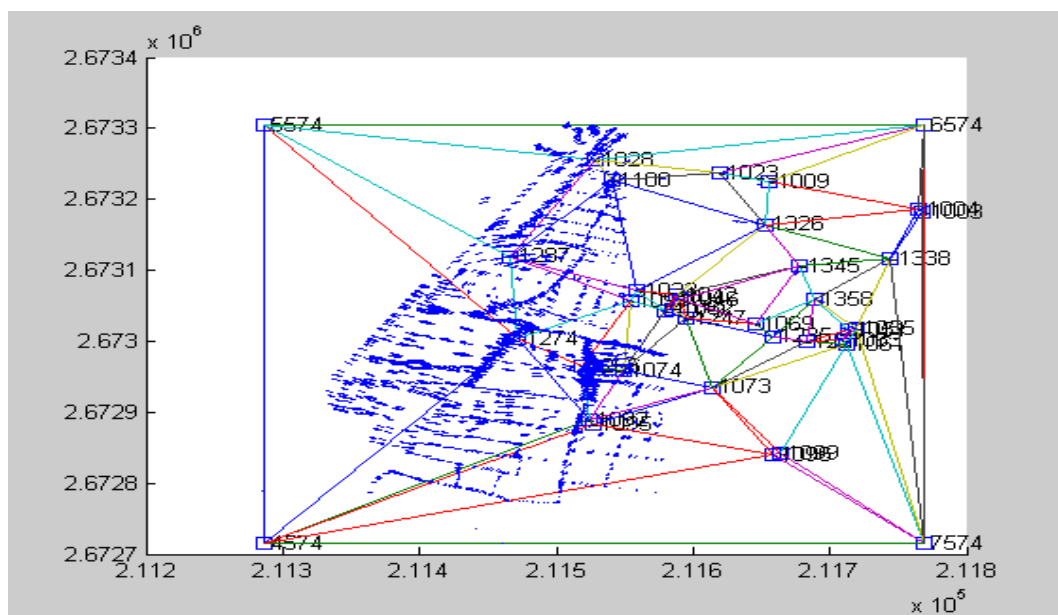


圖 4-28-1 龍門段三圖套疊地形圖六參數轉換 Delaunay 三角形內插改正圖

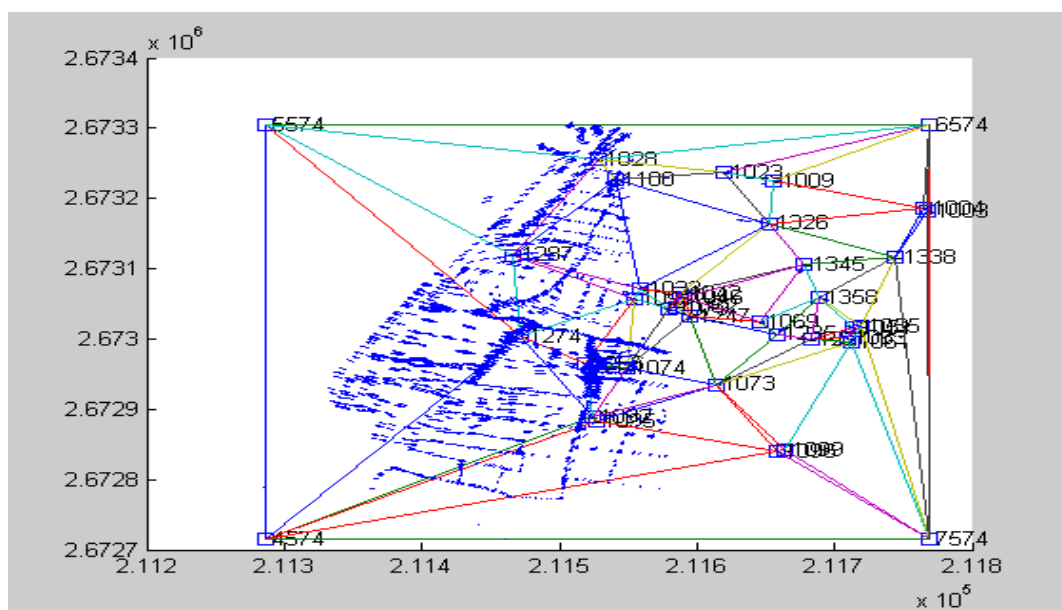


圖 4-28-2 龍門段三圖套疊都計圖六參數轉換 Delaunay 三角形內插配置圖

表 4-27 龍門段地形圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地形套地籍	不內插	18	48.65	10	27.03	9	24.32	0	0.00
三圖套疊 (不等權)	不內插	18	48.65	14	37.84	4	10.81	1	2.70
	Delaunay 內插	7	18.92	18	48.65	5	13.51	7	18.92
	Delaunay 內插配置	3	8.11	15	40.54	10	27.03	9	24.32
	Delaunay 計算轉換 參數	14	37.84	17	45.95	5	13.51	1	2.70
三圖套疊 (等權)	不內插	19	51.35	17	45.95	1	2.70	0	0.00

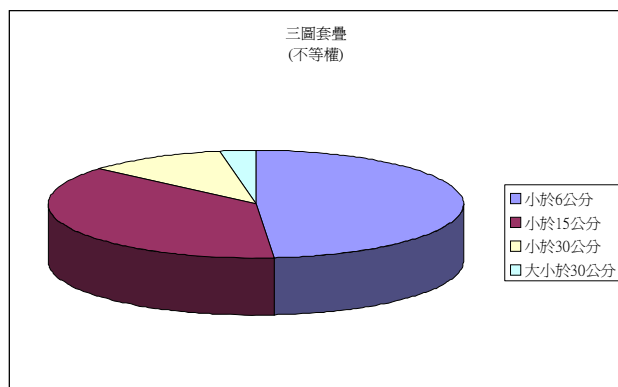
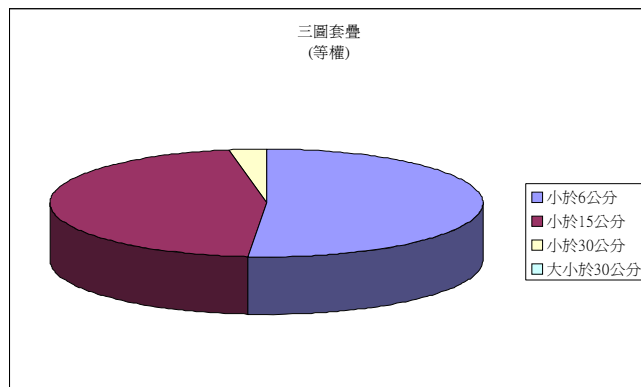
圖 4-29-1 三圖套疊地形圖垂距統計圖
(不等權)

圖 4-29-2 三圖套疊地形圖垂距統計圖(等權)

本地段有關六參數轉換地形圖對應點其垂距分析，如圖 4-29-1 至圖 4-29-3。

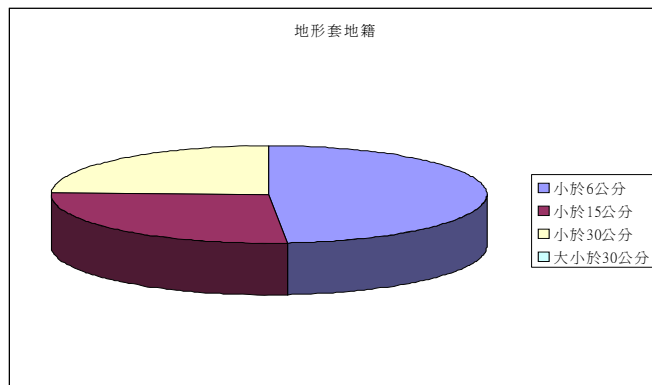


圖 4-29-3 地形圖套疊垂距統計圖

表 4-28 龍門段地形圖四參數計算結果距離差值分析表

套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地形套地籍	不內插	17	45.95	11	29.73	9	24.32	0	0.00
三圖套疊(不等權)	不內插	17	45.95	11	29.73	9	24.32	0	0.00
	Delaunay 內插	5	13.51	16	43.24	6	16.22	10	27.03
	Delaunay 內插配置	2	5.41	11	29.73	12	32.43	12	32.43
	Delaunay 計算轉換參數	16	43.24	8	21.62	13	35.14	0	0.00
三圖套疊(等權)	不內插	17	45.95	17	45.95	3	8.11	0	0.00

表 4-29 龍門段都計圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
都計套地籍	不內插	10	55.56	8	44.44	0	0.00	0	0.00
三圖套疊(不等權)	不內插	13	72.22	5	27.78	0	0.00	0	0.00
	Delaunay 內插	13	72.22	5	27.78	0	0.00	0	0.00
	Delaunay 內插配置	10	55.56	8	44.44	0	0.00	0	0.00
	Delaunay 計算轉換參數	7	38.89	11	61.11	0	0.00	0	0.00
三圖套疊(等權)	不內插	15	83.33	3	16.67	0	0.00	0	0.00

(二) 三圖套疊

1. 不等權處理

(1)地形圖與地籍圖：六參數計算成果，地形圖與地籍圖對應點之垂距差，在 30 公分內之比率為 97.3%；四參數成果垂

距差，在公差之比率為 100%，與兩圖套疊時地形套地籍之成果比率相同，如表 4-27 及表 4-28。

(2)都計圖與地籍圖：六參數計算成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在 20 公分內之比率為 100%；四參數成果垂距差，在公差之比率亦為 100%，與於兩圖套疊都計套地籍之成果比率相同，如表 4-29 及表 4-30。

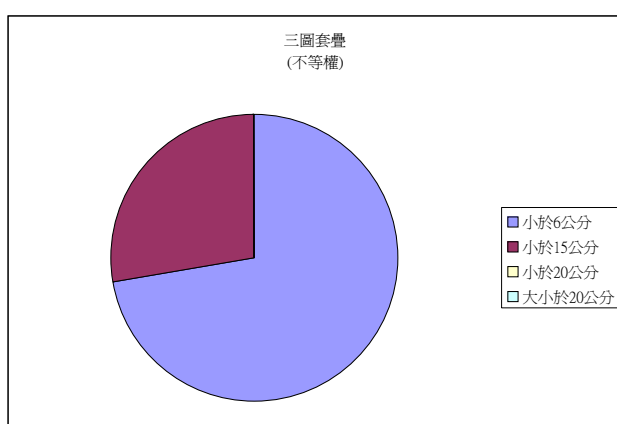


圖 4-30-1 三圖套疊都計圖垂距統計圖
(不等權)

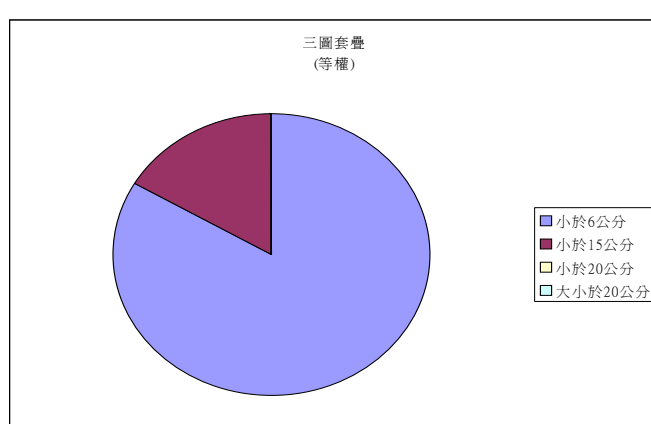


圖 4-30-2 三圖套疊都計圖垂距統計圖(等權)

本地段有關六參數轉換都計圖
對應點其垂距分析，如圖
4-30-1~圖 4-30-3。

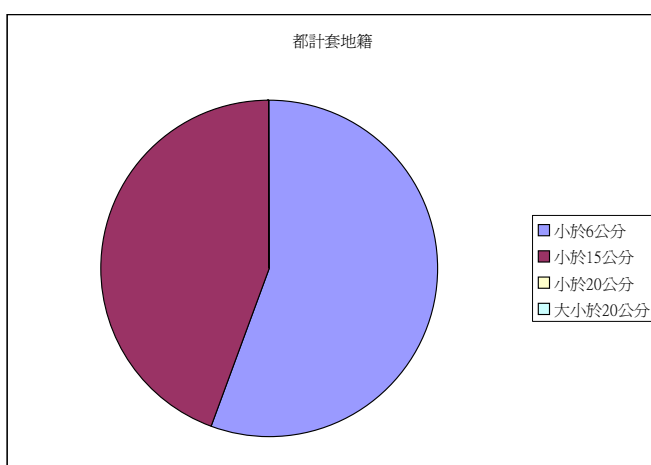


圖 4-30-3 都計圖套疊地籍垂距統計圖

2. 等權處理

(1)地形圖與地籍圖：六參數計算成果，地形圖與地籍圖對應

點之垂距差，在 30 公分內之比率均為 100%，略高於不等權處理結果；四參數計算成果，在 30 公分內之比率亦為 100%，與不等權處理結果相同，如表 4-27 及表 4-28。

(2)都計圖與地籍圖：六參數計算與四參數成果，都計圖與地籍圖對應點之垂距差，在 20 公分內之比率均為 100%，與不等權處理結果相同，如表 4-29 及表 4-30。

表 4-30 龍門段都計圖四參數計算結果距離差值分析表									
套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
都計套地籍	不內插	10	55.56	8	44.44	0	0.00	0	0.00
三圖套疊	不內插	17	94.44	1	5.56	0	0.00	0	0.00
三圖套疊 (不等權)	無內插	15	83.33	3	16.67	0	0.00	0	0.00
	Delaunay 內插	15	83.33	3	16.67	0	0.00	0	0.00
	Delaunay 內插配置	10	55.56	8	44.44	0	0.00	0	0.00
	Delaunay 計算轉換參數	4	22.22	14	77.78	0	0.00	0	0.00
三圖套疊 (等權)	不內插	16	88.89	2	11.11	0	0.00	0	0.00

3. 內插處理

(1)地形圖套地籍圖：六參數及四參數計算成果，經再分別以內插計算、內插配置及依 Delaunay 三角網重新計算轉換參數後，比較地形圖與地籍圖之垂距差結果，六、四參數成果中，以 Delaunay 三角網重新計算轉換參數結果，其在 30 公分以內之比率分別為 97.3%、100%，均與不內插成果相同，亦均較內插計算與內插配置之成果在公差內比率為高，如表 4-27 及表 4-28。

(2)都計圖套地籍圖：六參數及四參數計算成果，經再分別以內插計算、內插配置及依 Delaunay 三角網重新計算轉

換參數後，比較都計圖與地籍圖之垂距差結果，六參數成果及四參數成果中，以 Delaunay 三角網重新計算轉換參數、內插計算及內插配置結果，其在 20 公分以內之比率均為 100%，如表 4-29 及表 4-30。

本地段同時存在於地形圖、都計圖及地籍圖上之共同點計有 6 點，以兩圖轉換方式，即分別將地形圖套地籍圖及都計圖套地籍圖方式，實施坐標轉換結果，每一點位其轉換後坐標均不相同者(表 4-31)，故在三圖套疊時，倘採用傳統兩圖套疊方式，將會造成同一點位產生二組坐標，導致無法套合情形。

表 4-31 龍門段共同點兩圖轉換坐標差值比較表					
點號	轉換後地形點坐標		轉換後都計點坐標		距離差值
4650	2673001.626	211709.148	2673001.619	211709.132	0.017
4652	2673186.815	211765.206	2673186.787	211765.229	0.036
4661	2672839.36	211658.825	2672839.331	211658.841	0.033
4665	2673224.708	211656.16	2673224.703	211656.166	0.008
4673	2673070.854	211559.244	2673070.869	211559.230	0.021
4685	2672888.479	211523.837	2672888.484	211523.823	0.015

備註：單位為公尺

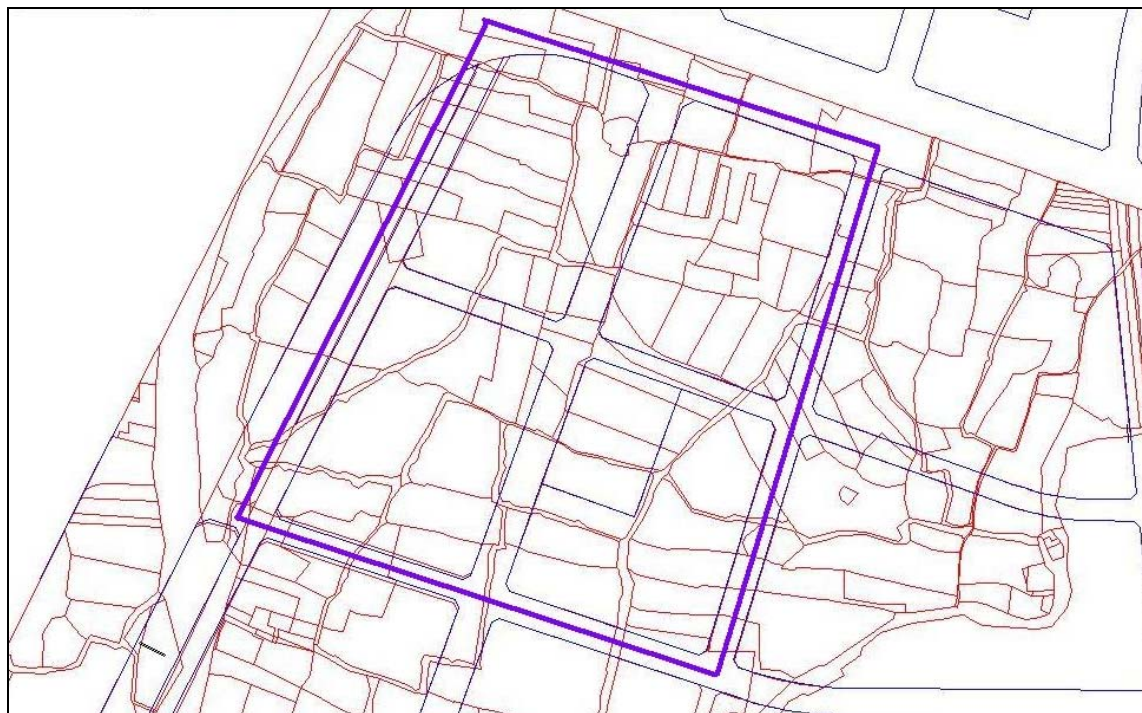


圖 4-31 龍門段三圖套疊成果圖-都計圖套疊地籍圖
(紅色線為地籍圖，紫色線為都計圖)

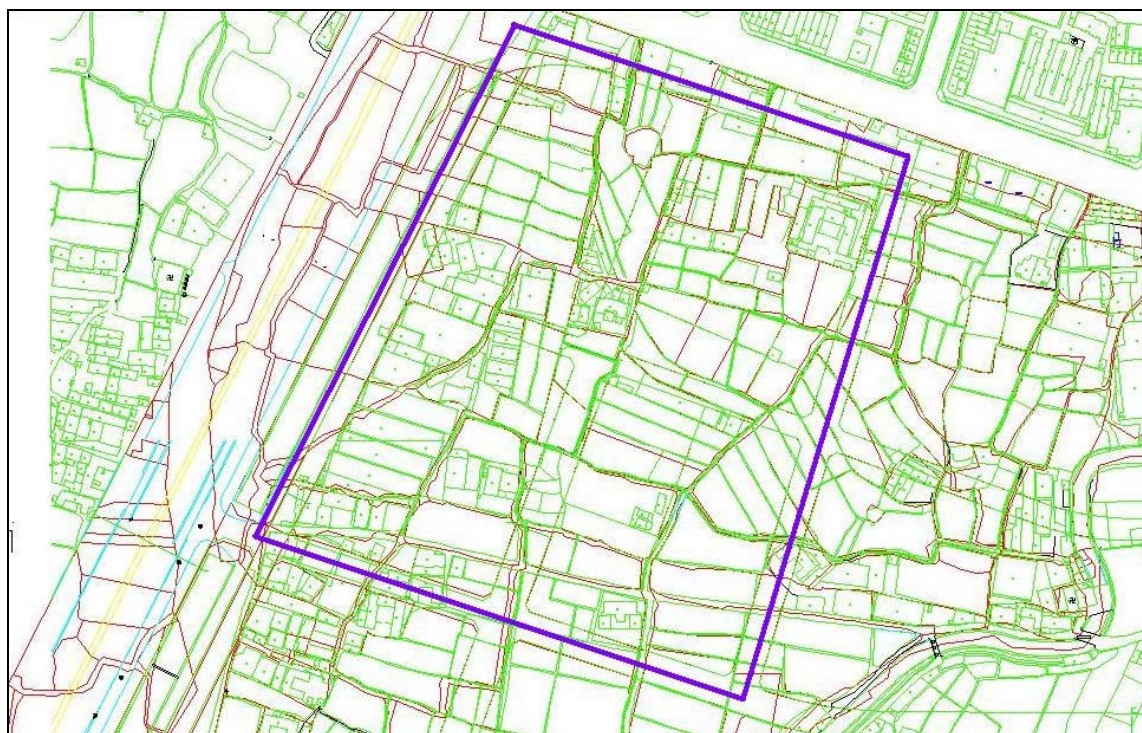


圖 4-32 龍門段三圖套疊成果圖-都計圖套疊地籍圖
(紅色線為地籍圖，綠色線為地形現況)

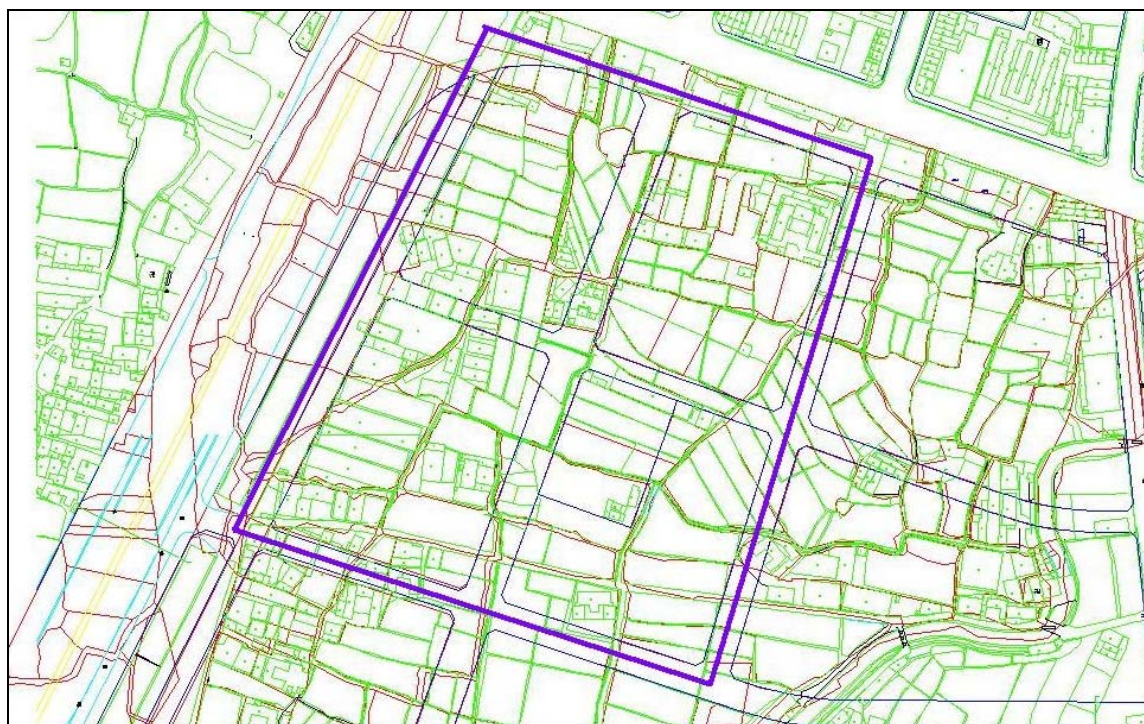


圖 4-33 龍門段三圖套疊成果圖-都計圖套疊地籍圖

(紅色線為地籍圖，藍色線為都計線，綠色線為地形現況)

四、以地形圖及都計圖為底圖

為了解以不同圖籍為底圖，其套疊成果精度與垂距之差異，本研究另亦選定龍門段分別以地形圖、都計圖及地籍圖為底圖，分別套疊另二種圖籍，其成果分析如下：

表 4-32 龍門段三圖套疊使用條件數量表								
套疊情形 (採用底圖)	轉換 方式	採用 點對點條件	刪除 點對點條件	使用 條件數	自由度	先驗精度		
						地形圖	都計圖	地籍圖
地形圖	六參數	6	0	6	12	0.30	0.15	0.06
	四參數	6	0	6	16	0.30	0.15	0.06
都計圖	六參數	6	0	6	12	0.30	0.15	0.06
	四參數	6	0	6	16	0.30	0.15	0.06
都計圖	六參數	6	0	6	12	0.30	0.15	0.06
	四參數	6	0	6	16	0.30	0.15	0.06

(一)選取套疊條件

為利比較分析，本項係選取同時存在於三圖上之共同點，不考慮原只存在於二圖上之條件，本地區存有於三圖上之共同點計有 6 點，其所採用先驗精度，分別依各圖之測製精度，即地形圖、都計圖及地籍圖分別為 0.30、0.15、0.06 公尺，如表 4-32。

(二)套疊成果精度

為利比較分析，本項係選取同時存在於三圖上之共同點，不考慮僅存在於二圖之條件點(含共點及共線)。

1. 以地籍圖為底圖：分別依各圖測製精度，給予不同權(先驗精度)，將都計圖與地形圖套疊地籍圖結果，其中六參數轉換結果，地形圖、都計圖及地籍圖套疊計算精度各為 0.039、0.025、0.019 公尺；四參數轉換結果，地形圖、都計圖及地籍圖套疊計算精度各為 0.048、0.028、0.023 公尺。六參數轉換之地形圖精度較四參數為高，如表 4-33。
2. 以地形圖為底圖：分別依各圖測製精度，給予不同權(先驗精度)，將都計圖與地籍圖套疊地形圖結果，其中六參數轉換結果，地形圖、都計圖及地籍圖套疊計算精度各為 0.043、0.023、0.018 公尺；四參數轉換結果，地形圖、都計圖及地籍圖套疊計算精度各為 0.038、0.032、0.021 公尺。四參數成果精度均較六參數成果高。

表 4-33 龍門段以不同底圖三圖套疊結果精度表 單位公尺							
套疊情形 (採用底圖)	圖籍 種類	六參數			四參數		
		N	E	平均	N	E	平均
地籍圖	地形圖	0.028	0.028	0.039	0.034	0.034	0.048
	都計圖	0.018	0.018	0.025	0.020	0.020	0.028
	地籍圖	0.013	0.013	0.019	0.016	0.016	0.023
地形圖	地形圖	0.030	0.030	0.043	0.027	0.027	0.038
	都計圖	0.017	0.017	0.023	0.023	0.023	0.032
	地籍圖	0.012	0.012	0.018	0.015	0.015	0.021
都計圖	地形圖	0.028	0.028	0.039	0.034	0.034	0.048
	都計圖	0.018	0.018	0.025	0.020	0.020	0.028
	地籍圖	0.013	0.013	0.019	0.016	0.016	0.023

3. 以都計圖為底圖：分別依各圖測製精度，給予不同權(先驗精度)，將地籍圖與地形圖套疊都計圖結果，其中六參數轉換結果，地形圖、都計圖及地籍圖套疊計算精度各為 0.039、0.025、0.019 公尺；四參數轉換結果，地形圖、都計圖及地籍圖套疊計算精度各為 0.048、0.028、0.023 公尺。六參數成果精度均高於四參數成果，如表 4-33。

(三)垂距分析

分別固定不同圖籍時，其計算結果對應點位間之距離差值如下：

1. 地形圖：以地籍圖、地形圖及都計圖為底圖時，地形圖其條件點六參數及四參數成果之垂距差均在 6 公

分以內，如表 4-34、表 4-35。

表 4-34 龍門段地形圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點 數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分 比
地籍圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
地形圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
都計圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

表 4-35 龍門段地形圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點 數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分 比
地籍圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
地形圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
都計圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

2. 都計圖：以地籍圖、地形圖及都計圖為底圖時，都計圖其條件點六參數及四參數成果之垂距差均在 6 公分以內，如表 4-36、表 4-37。

表 4-36 龍門段都計圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點 數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分 比
地籍圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
地形圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
都計圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

表 4-37 龍門段都計圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點 數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分 比
地籍圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
地形圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
都計圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

3. 地籍圖：以地籍圖、地形圖及都計圖為底圖時，地籍圖其條件點之垂距差，在以地籍圖為底圖時，六參數及四參數成果均在 6 公分以內，至以地形圖為底圖時，其垂距在 6 公分以內之比率最低，其中六參數成果僅有 50%，如表 4-38、表 4-39。

表 4-38 龍門段地籍圖不同底圖六參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點 數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分 比
地籍圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
地形圖	無內插	3	50.00	3	50.00	0	0.00	0	0.00
都計圖	無內插	4	66.67	2	33.33	0	0.00	0	0.00

表 4-39 龍門段地籍圖不同底圖四參數計算結果距離差值分析表

套疊情形 (採用底圖)	計算 方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 20 公分		大於 20 公分	
		點 數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分 比
地籍圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
地形圖	無內插	4	66.67	2	33.33	0	0.00	0	0.00
都計圖	無內插	6	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

第四節 桃園縣蘆竹鄉河底段成果分析及驗證

一、選取條件點

河底段因無法蒐集到都計圖資料，故本地段僅就地籍圖與 1/1000 地形圖二圖實施套疊，並就其套疊精度與垂距差等作分析。



圖 4-34 河底段條件點分布圖

表 4-40		河底段空間圖籍套疊使用條件數量表								
套疊情形	轉換方式	採用條件			刪除條件			合計使用條件	自由度	先驗精度
		點對點條件	共線條件	小計	點對點條件	共線條件	小計			
地形圖 地籍圖 套疊	六參數	28	3	31	8	0	8	23	37	0.25 0.06
	四參數	28	3	31	8	0	8	23	39	0.25 0.06

備註：先驗精度排列順序：地形圖、地籍圖；單位：公尺。

河底段在地形圖套地籍圖時，選取之條件計有 28 個共點條件及 3 個共線條件，以四、六參數約制條件坐標轉換後，經計算後改正量超過允許誤差而刪除者，六參數及四參數均各刪除 8 個共點條件，合計各使用 23 個條件，其使用條件情形如表 4-40。

二、套疊成果精度

地形圖與地籍圖套疊後，其中四參數轉換計算之精度為 0.047 公尺；六參數計算之精度為 0.055 公尺，四參數略優於六參數，如表 4-41；計算結果條件點誤差向量及 Delaunay 三角網如圖 4-35。

表 4-41 河底段地籍圖與地形圖套疊結果精度表							
套疊情形	圖籍種類	六參數			四參數		
		N	E	平均	N	E	平均
地形圖 地籍圖 套疊	地形圖	0.039	0.038	0.055	0.034	0.033	0.047

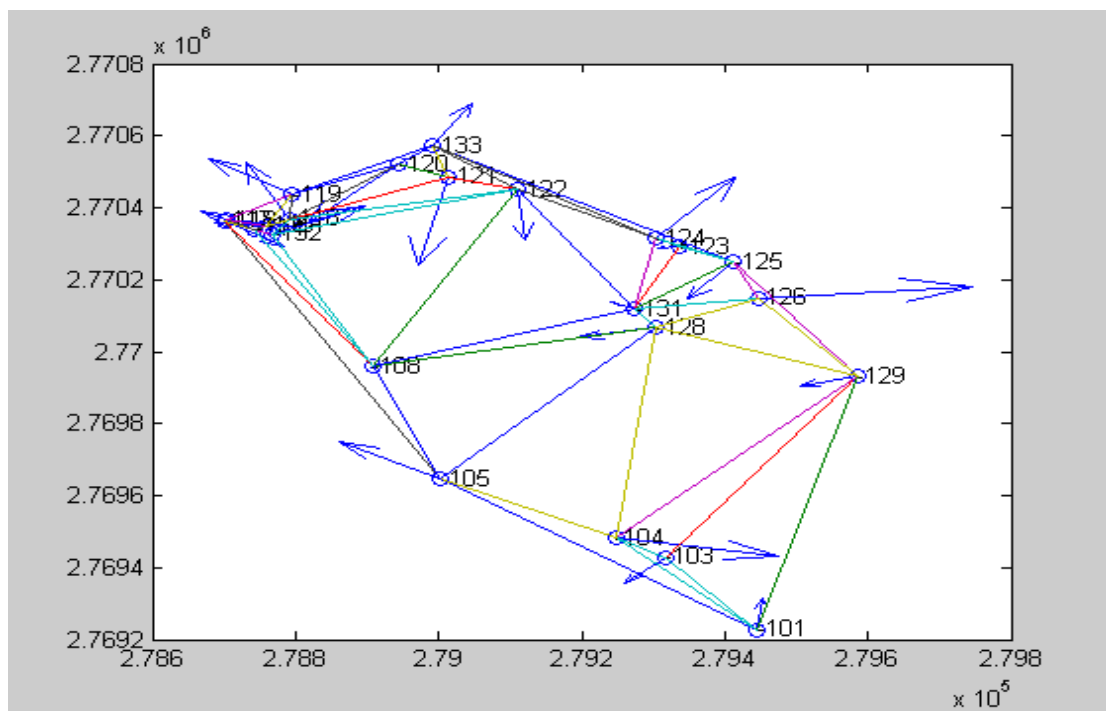


圖 4-35 河底段四參數轉換地形圖條件點誤差向量及 Delaunay 圖

三、垂距分析

六參數計算結果，地形圖與地籍圖對應點之垂距差，在 30 公分內之比率為 100%；四參數成果垂距差，在公差之比率亦為 100%，如表 4-42、表 4-43。

表 4-42 河底段地形圖六參數計算結果距離差值分析表									
套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地形套地籍	無內插	14	42.42	12	36.36	7	21.22	0	0.00

表 4-43 河底段地形圖四參數計算結果距離差值分析表									
套疊情形	計算方法	小於 6 公分		小於 15 公分		小於 30 公分		大於 30 公分	
		點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比	點數	百分比
地形套地籍	無內插	14	42.42	11	33.33	8	24.25	0	0.00

第五節 綜合分析及討論

一、花蓮縣花蓮市福德段

- (一)福德段於地形圖套地籍圖與都計圖套地籍圖兩圖套疊及地形圖、都計圖套地籍圖三圖套疊成果中，六參數所計算之精度，均較四參數成果為佳；其中兩圖套疊中都計圖套地籍圖之精度較地形圖套地籍圖之精度高；而三圖套疊中都計圖套地籍圖之精度，亦高於地形圖套地籍圖之精度。
- (二)三圖套疊中以不等權方式與等權方式套疊計算精度比較結果，無論六參數或四參數、地形圖或都計圖，不等權方式成果精度均高於等權方式。
- (三)經比較兩圖套疊與三圖套疊其對應點之垂距差異結果，其中地形圖部分，在兩圖套疊時，其垂距在 30 公分以內者，六參數成果為 98.4%；四參數成果為 93.5%；在三圖套疊(不內插成果)時，其垂距在 30 公分以內者，六參數成果為 100%，四參數則為 99.2%，三圖套疊成果其垂距均較兩圖套疊時為佳。
- (四)經比較都計圖在兩圖套疊與三圖套疊其對應點之垂距差異結果，在兩圖套疊時，其垂距在 20 公分以內者，六參數成果與四參數成果均為 91.7%；在三圖套疊(不內插成果)時，其垂距在 20 公分以內者，六參數與四參數則均為 100%，三圖套疊成果其垂距均較兩圖套疊時為佳。
- (五)三圖套疊成果，不等權方式與等權方式，經比較其垂距差異情形，在地形圖部分，六參數成果，兩者在 30 公分內者，均達 100%，四參數成果，不等權方式為 99.2%，等權方式為 100%，等權方式略優於不等權。
- (六)都計圖在三圖套疊成果，不等權方式與等權方式，經比較其垂距差異情形，六參數及四參數成果，兩者在 20 公分內者，均為

100%。

- (七)地形圖在三圖套疊以不等權方式處理之成果中，以不內插、內插、內插配置及以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數四種方式，其垂距差分析結果，以不內插及 Delaunay 三角形重新計算轉換參數兩種方式，在公差內比率最高，其六參數成果兩者均為 100%，四參數成果兩者亦均為 91.2%；至以內插配置方式，其在公差內比率最低。
- (八)都計圖在三圖套疊以不等權方式處理成果中，以不內插、內插、內插配置及以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數四種方式，其垂距差分析結果，以不內插、Delaunay 三角形重新計算轉換參數及加內插三種方式，在公差內比率最高，其六參數與四參數成果均為 100%；至以內插配置方式，其在公差內比率仍為最低。
- (九)另福德段經再比較兩圖套疊時，其相同點位於地形轉地籍與都計轉地籍時之坐標成果，有 47%不同，最大差為 10 公分。此一現象顯示，於實施三圖以上套疊時，如採用傳統二圖兩圖套疊之做法，將造成同一共同點產生不同坐標情形發生。
- (十)福德段另分別以地籍圖、地形圖及都計圖為底圖，實施三圖套疊結果，以都計圖為底圖時，其計算精度最高、地形圖為底圖時次之，以地籍圖為底圖時，計算之精度最低，如表 4-9。而不論六參數或四參數成果及何種圖為底圖，地籍圖之計算精度均為最高，都計圖次之；其垂距分析結果，以地形圖及都計圖為底圖時，其垂距差在公差內之比率，均較以地籍圖為底圖時為低，如表 4-3 至表 4-6、4-10 至表 4-15。

二、嘉義市港子坪段

- (一)港子坪段實施地籍圖伸縮改正後，再套疊現況點結果，其成果精度均較未實施伸縮改正為佳(如表 4-18)，故在處理圖解地籍

圖地區時，仍需先改正圖伸縮問題。

- (二)港子坪段於地形圖套地籍圖與都計圖套地籍圖兩圖套疊成果，四參數轉換計算之精度均高於六參數；至地形圖、都計圖套地籍圖三圖套疊成果，六參數所計算之精度略高四參數成果；其中兩圖套疊中都計圖套地籍圖之精度較地形圖套地籍圖之精度高；而三圖套疊中都計圖套地籍圖之精度，亦高於地形圖套地籍圖之精度。
- (三)三圖套疊中以不等權方式與等權方式套疊計算精度比較結果，無論六參數或四參數，在都計圖部分，不等權方式成果精度均高於等權方式；至於地形圖部分，不等權方式成果精度則較等權方式為低，兩圖平均結果，不等權方式精度略高於等權方式。
- (四)經比較兩圖套疊與三圖套疊其對應點之垂距差異結果，其中地形圖部分，在兩圖套疊時，其垂距在 30 公分以內者，六參數及四參數成果均為 92.5%；在三圖套疊(不內插成果)時，其垂距在 30 公分以內者，六參數與四參數成果亦均為 92.5%，三圖套疊成果其垂距差異，均與兩圖套疊相同。
- (五)經比較都計圖在兩圖套疊與三圖套疊其對應點之垂距差異結果，在兩圖套疊時，其垂距在 20 公分以內者，六參數成果為 70.6%，四參數成果則為 76.5%；在三圖套疊(不內插成果)時，其垂距在 20 公分以內者，六參數為 61.8%，四參數則為 58.8%，兩圖套疊成果其垂距差，均較三圖套疊為佳。
- (六)三圖套疊成果，經比較不等權方式(不內插成果)與等權方式其垂距差異結果，在地形圖部分，六參數成果，兩者在 30 公分以內者，均為 92.5%；至四參數成果，不等權方式亦為 92.5%，等權方式則為 100%，等權方式成果較佳。
- (七)都計圖在三圖套疊成果，不等權方式與等權方式，經比較其垂

距差異情形，不等權方式其六參數成果為 61.8%、等權方式其六參數成果為 64.7%；四參數成果兩者在 20 公分內者，分別為 58.8 與 61.8%，等權方式成果較佳。

(八)三圖套疊以不等權方式處理之成果中，以不內插、內插計算、內插配置及以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數四種方式，其垂距差分析結果，在地形圖部分，六參數及四參數均以不內插 92.5%最高，Delaunay 三角形重新計算轉換參數次高，六參數與四參數成果分別為 80%、87.5%在；至以內插配置方式，其在公差內比率仍為最低。

(九)都計圖在三圖套疊以不等權方式處理成果中，以不內插、內插、內插配置及以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數四種方式，其垂距差分析結果，以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數方式，在公差內比率最高，其六參數與四參數成果分別為 82.3%、100%；至以內插方式，其四參數成果在公差內比率為最低。

三、臺中市西屯區龍門段

(一)龍門段於地形圖套地籍圖與都計圖套地籍圖兩圖套疊成果，四參數所計算之精度高於六參數成果；至地形圖、都計圖套地籍圖三圖套疊成果，則六參數所計算之精度略高四參數成果；其中兩圖套疊中都計圖套地籍圖之精度較地形圖套地籍圖之精度高；而三圖套疊中都計圖套地籍圖之精度，亦高於地形圖套地籍圖之精度。

(二)三圖套疊中以不等權方式與等權方式套疊計算精度比較結果，無論六參數或四參數、地形圖或都計圖，不等權方式成果精度均高於等權方式。

(三)經比較兩圖套疊與三圖套疊其對應點之垂距差異結果，其中地形圖部分，在兩圖套疊時，其垂距在 30 公分以內者，六參數成

果與四參數成果均為 100%；在三圖套疊(不內插成果)時，其垂距在 30 公分以內者，六參數成果為 97.3%，四參數則為 100%，三圖套疊六參數成果，其垂距差異均較兩圖套疊時略差，四參數成果則相同。

(四)經比較都計圖在兩圖套疊與三圖套疊其對應點之垂距差異結果，在兩圖套疊時與三圖套疊，其垂距在 20 公分以內者，六參數成果與四參數成果均為 100%，三圖套疊成果其垂距與兩圖套疊時相同。

(五)三圖套疊成果，不等權方式與等權方式，經比較其垂距差異情形，在地形圖部分，六參數成果在 30 公分內者，不等權方式為 97.3，等權方式為 100%；四參數成果，不等權與等權方式均為 100%，兩者相同。

(六)都計圖在三圖套疊成果，不等權方式與等權方式，經比較其垂距差異情形，六參數及四參數成果，兩者在 20 公分內者，均為 100%。

(七)三圖套疊以不等權方式處理之成果中，以不內插、內插、內插配置及以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數四種方式，其垂距差分析結果，在地形圖部分，以不內插及 Delaunay 三角形重新計算轉換參數兩種方式，在公差內比率最高，其六參數成果兩者均為 97.3%，四參數成果兩者亦均為 100%；至以內插配置方式，其在公差內比率最低。

(八)都計圖在三圖套疊以不等權方式處理成果中，以不內插、內插、內插配置及以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數四種方式，其垂距差分析結果，其六參數與四參數成果均為 100%。

(九)另龍門段經再比較兩圖套疊時，其相同點位於地形轉地籍與都計轉地籍時之坐標成果均有差異，此一現象顯示，於實施三圖

以上套疊時，若採用傳統二圖套疊之做法，將造成共同點產生兩組坐標情形。

- (十)龍門段另分別以地籍圖、地形圖及都計圖為底圖，實施三圖套疊結果，以地籍圖與都計圖為底圖時，其計算精度最高，如表 4-33。而不論六參數或四參數成果及何種圖為底圖，地籍圖之計算精度均為最高，都計圖次之；其垂距差在公差內之比率，不論以何種圖為底圖時，均在公差範圍內，如表 4-34~表 4-39。

四、桃園縣蘆竹鄉河底段

- (一)河底段因僅蒐集到地籍圖與 1/1000 地形圖，故僅有二圖套疊成果，並無都計圖與地籍圖及三圖套疊成果可供分析。本地段地形圖套疊地籍圖成果，四參數所計算之精度高於六參數成果。
- (二)本地段地形圖套疊地籍圖後，其對應點位之垂距差值，六參數與四參數成果均在 30 公分以內。
- (三)本地段為 TWD97 坐標系統成果，因僅有地形圖套疊地籍圖成果，且該成果有關套疊精度與垂距差異等，與 TWD67 之套疊成果(龍門段)差異不大，惟因資料有限，無法再進一步分析比較。

五、綜合分析及討論

- (一)有關測試區各地段地形圖各種套疊成果精度，經整理如表 4-44 該表可看出以龍門段及河底段之套疊計算精度較高，經分析結果，該二區為數值地籍測量成果，於地形圖套地籍圖與都計圖套地籍圖兩圖套疊成果，其計算精度亦較其他二區圖解地籍測量成果為佳。另各區地形圖套地籍圖之計算精度，均高於三圖套疊不等權與等權計算之精度，其六參數與四參數成果精度，則互有高低；而以三圖同時套疊方式，不等權計算之精度均高(等)於等權方式；並六參數成果精度均略高於四參數成果。

表 4-44 各地段地形圖套疊精度比較表

地段別	套疊精度	地形圖 套地籍圖	三圖套疊 (不等權)	三圖套疊 (等權)
福德段	六參數	0.062	0.076	0.076
	四參數	0.064	0.082	0.085
港子坪段	六參數	0.088	0.091	0.081
	四參數	0.078	0.091	0.084
龍門段	六參數	0.053	0.061	0.062
	四參數	0.046	0.062	0.063
河底段	六參數	0.055	無此項成果	
	四參數	0.047		

(二)有關測試區各地段都計圖各種套疊成果精度，經整理如表 4-45

該表可看出以龍門段之套疊計算精度最高，經分析結果，該區為數值地籍測量成果，都計圖套地籍圖兩圖套疊成果，其計算精度較其他二區圖解地籍測量成果為佳。另各區以都計圖套地籍圖方式之計算精度，均高於三圖套疊不等權與等權計算之精度，其四參數成果精度，略高(等)於六參數成果；而以三圖同時套疊之方式，不等權計算之精度均高於等權方式；並六參數成果精度均略高(等)於四參數成果。

表 4-45 各地段都計圖套疊精度比較表

地段別	套疊精度	都計圖 套地籍圖	三圖套疊 (不等權)	三圖套疊 (等權)
福德段	六參數	0.026	0.062	0.072
	四參數	0.026	0.064	0.079
港子坪段	六參數	0.08	0.069	0.081
	四參數	0.069	0.07	0.084
龍門段	六參數	0.021	0.05	0.06
	四參數	0.02	0.05	0.06

- (三)經比較兩圖套疊與三圖套疊之計算精度，各測試區之都計圖套疊成果均高於地形圖套疊成果，其原因應係都計圖(樁位)之測製精度較地形圖高及其與地籍圖之精度較接近所致。
- (四)表 4-44 與表 4-45 雖顯示，兩圖套疊之精度均高於三圖套疊，惟由誤差傳播理論而言，兩圖套疊時，僅有二圖之誤差，故其誤差理應小於三圖套疊，如將兩圖套疊時二種成果之誤差累計，則兩圖套疊之精度反而較三圖套疊成果為低。
- (五)由表 4-44 與表 4-45 分析，數值地籍地區(龍門段及河底段)其套疊成果，無論兩圖套疊或三圖套疊(含等權與不等權)，均高於圖解地籍地區之精度，且圖解地區，其圖比例尺較大者(福德段)，其套疊精度亦高於圖比例尺較小者(港子坪段)。

表 4-46 各地段地形圖套疊精度比較表				
地段別	地形圖 套地籍圖	都計圖 套地籍圖	三圖套疊 (不等權)	三圖套疊 (等權)
福德段	六參數	六四參數 精度相同	六參數	六參數
港子坪段	四參數	四參數	六四參數 精度相同	六參數
龍門段	四參數	四參數	六參數	六參數
河底段	四參數	無成果比較		

- (六)經整理本研究各測試區不同轉換方法其套疊精度結果，由表 4-46 得知，兩圖套疊時，四參數成果較佳之比率約有 85.7%(6/7，7 區內有 6 區)；而三圖套疊時，則以六參數成果為佳，且達 100%。(6/6，6 區全部)顯示當多圖籍套疊時，因其

圖籍種類多，較適用參數較多的六參數轉換來吸收彼此之差異；而兩圖套疊時，其狀況較單純，故較適用四參數轉換。

(七)經比較各地段兩圖套疊與三圖套疊其對應點之垂距差異結果，三圖套疊成果其垂距差，在公差內比率占較多數(2/3)，除港子坪段外，餘二段之三圖套疊成果均較佳；數值區(龍門段與河底段)在公差內比率則為最高；至以等權方式三圖套疊成果，其在地形圖之垂距差異，均優於不等權方式及僅以地形圖套疊地籍圖之成果，如表 4-47、表 4-48。

表 4-47 各地段地形圖套疊結果垂距在公差內比率統計表

地段別	地形圖套地籍圖		三圖套疊 (不等權)		三圖套疊 (等權)	
	六參數	四參數	六參數	四參數	六參數	四參數
福德段	99.40%	93.50%	100%	99.20%	100%	100%
港子坪段	92.5%	92.5%	92.5%	92.5%	92.5%	100%
龍門段	100%	100%	97.30%	100%	100%	100%
河底段	100%	100%	無此項成果			

表 4-48 各地段都計圖套疊結果垂距在公差內比率統計表

地段別	都計圖套地籍圖		三圖套疊 (不等權)		三圖套疊 (等權)	
	六參數	四參數	六參數	四參數	六參數	四參數
福德段	91.70%	91.70%	100%	100%	100%	100%
港子坪段	70.6%	76.5%	61.8%	58.8%	64.7%	71.8%
龍門段	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(八)經再比較各地段都計圖兩圖套疊與三圖套疊之垂距差結果，三圖套疊成果，除港子坪段外，均優(等)於僅以都計圖套地籍圖成果，應係該地段為圖解地區，且圖比例尺較小(1/600)，其圖地不符、三圖不一致情形較其他地區明顯，由該區地形圖之垂距差在公差內比率，較其他地區低，亦可得到驗證。而本區三圖套疊成果，等權方式之垂距差均優於不等權成果，如表 4-48。

表 4-49 各地段地形圖不同方式套疊結果垂距差統計表								
地段別	六參數				四參數			
	不內插	Delaunay 內插	Delaunay 內插配置	Delaunay 計算轉換 參數	不內插	Delaunay 內插	Delaunay 內插配置	Delaunay 計算轉換 參數
福德段	100%	82.6%	67.7%	100%	99.2%	73.4%	64.5%	99.2%
港子坪段	92.5%	67.5%	67.5%	80%	92.5%	75%	72.5%	87.5%
龍門段	97.3%	81.1%	75.7%	97.3%	100%	73%	67.60%	100%

表 4-50 各地段都計圖不同方式套疊結果垂距差統計表								
地段別	六參數				四參數			
	不內插	Delaunay 內插	Delaunay 內插配置	Delaunay 計算轉換 參數	不內插	Delaunay 內插	Delaunay 內插配置	Delaunay 計算轉換 參數
福德段	100%	100%	93.7%	100%	100%	100%	93.7%	100%
港子坪段	61.8%	65.3%	65.3%	82.3%	58.8%	64.7%	70.6%	100%
龍門段	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(九)各測試地段(河底段除外)其以不等權方式實施三圖套疊結果，

經比較其垂距差結果，不內插方式其垂距差在公差內所占比率最高，其次為以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數成果，至以內插配置方式則為最低，如表 4-49、表 4-50。由此顯示，坐標轉換之轉換參數，已含有不同坐標系統間之關連性，不需再另加工處理；而採內插配置使條件點之殘差為 0 方式，反而造成點位間幾何關係之改變，致影響其成果品質。

(十)福德段與龍門段經再分別以地形圖及都計圖為底圖進行三圖套疊計算結果，其計算精度部分，福德段以都計圖為底圖時精度最高，以地形圖為底圖時次之，以地籍圖為底圖之精度最低，而不論以何種圖為底圖，地籍圖之計算精度均為最高；龍門段則於以地籍圖與都計圖為底圖時精度均相同，地形圖為底時精度最低；而不論以種圖為底圖，龍門段地籍圖之計算精度均為最高，此點與福德段情形一致。另其垂距差分析結果，龍門段當以地形圖為底圖時，地籍圖點位之垂距差在公差內比率略低，其餘無論以何種圖為底圖，其垂距均在 6 公分以內；至福德段部分，則以地籍圖為底圖時，其垂距差在公差內比率為最高。

(十一)由本研究結果顯示，地籍圖、1/1000 地形圖及都計圖三圖同時套疊結果，雖其計算精度低於兩圖套疊個別成果，惟其在垂距差異方面，平均而言優於兩圖套疊成果。如同前述，如考慮誤差傳播後，地形圖與都計圖兩圖個別套疊地籍圖之成果精度累加後，則較三圖套疊之精度為低，這亦是兩圖套疊成果之垂距差異，較三圖套疊成果不佳之原因。又採用三圖同時套疊方式，亦可避免傳統兩圖套疊所產生共同點平差後坐標不一致情形。

(十二)地籍圖、1/1000 地形圖及都計圖三圖同時實施套疊結果，採

不等權方式之計算精度，高於等權方式，惟就點位間之垂距差異分析結果，等權方式之成果，則優於不等權。經分析其原因，應係等權方式將造成高精度之圖籍(如地籍圖)，其改正量與低精度之圖籍(如地形圖)相同，此情況原本在不等權時不被允許，故高精度圖籍超量改正後，與其他圖籍之吻合程度便自然提高了。

(十三)地籍圖與都計圖均與民眾財產權益息息相關，惟因目前其等製作方式，僅繪製法定界線(如地籍線及都市計畫使用分區線)，並未同時將實地對應位置繪出，因其係由不同權責單位測製，測製方法及精度與地形圖不同，致日後將該等圖籍之權利界線放樣至實地時，發生與實地不符情形，造成套合困難情形，未來宜儘早將相關測繪業務整合，統一事權。

(十四)理論上地籍線與都市計畫線等權利界線，應與實地現況對應，惟由本研究以地形圖為底圖套疊結果顯示時，其成果在計算精度與垂距差異方面均較以地籍圖或都計圖為底圖時不理想，其主要原因，應係目前地形圖之精度要求較界址點與都計樁為低，且其測製地區範圍及地物位置認定與地籍管理有所差異。未來相關業務整合時，應予檢討其成果之流通應用需求，以滿足同一圖籍可符合多元使用之目標，避免重複施測。

(十五)本研究顯示，實施三圖套疊時，其成果將因採不同圖籍為底圖而有所不同，而都市計畫圖(含使用分區圖等)與地籍圖(含地籍逕為分割)皆係依法產製，具有法定效力，其套疊成果不同時，將對民眾之權益造成影響，故該項作業除宜由同一單位辦理外，可參考本研究建立三圖套疊模式，開發自動化套疊系統，以統一事權與套疊成果，發揮政府整體施政成效。

(十六)本研究因 TWD97 坐標系統地區(河底段)，並未蒐集到都計

圖成果資料，該區地形圖套疊地籍圖之成果精度與垂距差，經與 TWD67 地區(龍門段) 比較結果，其差異尚不明顯；至其餘有關 TWD97 與 TWD67 間都計圖及三圖套疊精度與垂距差異等，並無足夠資料可據以分析。

(十七)福德段為本中心推動「圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊計畫」97 年度辦理地區，其整合建置成果，經本研究測試結果，在套疊精度與垂距差異分析方面，均與數值區差距不遠，且較另一圖解區(1/600，港子坪段)成果為佳，其整合成果應用在三圖套疊及土地複丈作業，達成原計畫目標。

第五章 結論與建議

第一節 結論

- 一、有關地籍圖、都計圖及 1/1000 地形圖三圖同時實施約制條件坐標轉換之套疊方式，經本研究測試結果，兩圖套疊其各別計算精度高於三圖套疊之成果，惟三圖套疊成果對應點之垂距差在公差內比率，優於傳統兩圖套疊方式。經分析結果，兩圖套疊時，其誤差傳播僅有二圖，故其誤差小於三圖套疊，如將兩圖各別套疊時其成果之誤差累計後，則兩圖套疊之精度反而較三圖套疊成果為低。此一現象可驗證何以兩圖套疊成果精度較佳，惟其垂距差異情形反而較大之原因。故採用三圖同時套疊方式，其精度與垂距差異，均優於兩圖套疊，並可避免傳統兩圖套疊產生同一點位有不同坐標情形。
- 二、經本研究結果，無論三圖套疊或兩圖套疊成果，數值地籍測量地區其計算精度均高於圖解地區，且圖解地區地籍圖比例尺越大者，其計算精度越高；另在三圖套疊或兩圖套疊時，都計圖與地籍圖套疊結果之計算精度，均較地形圖套疊地籍圖為高。經分析結果，除都計圖(樁位圖)與地籍圖較地形圖測製精度高外，該二種圖籍之精度(6 公分與 15 公分)較地形圖與地籍圖(6 公分與 30 公分)較接近，應亦係原因之一。有關套疊圖籍間之精度與其差異值，可作為未來測製空間圖籍及實施套疊作業之參考。
- 三、實施兩圖套圖時，四參數成果精度較佳者，約占 85.7%，而實施三圖套疊時，則以六參數成果較佳(100%)，分析其原因，應係多圖籍套疊時，其圖籍種類多，較適用參數較多之六參數轉換，以吸收並改善不同坐標系統成果之差異；而兩圖套疊時，其狀況較為單純，僅係處理兩坐標系間之差異，故較適用四參

數轉換。

- 四、同時以不等權及等權方式實施三圖套疊結果，不等權方式之套疊成果精度高於等權方式。至對應點垂距差在公差內比率，雖等權方式之比率較高，惟經分析結果，以等權方式套疊，將造成高精度圖籍改正量與低精度圖籍相同。高精度圖籍超量改正後，與其他圖籍之吻合程度因而提高，惟此一現象並不符合測量誤差理論與法令規定。故爾後實施套疊計算時，宜從縮短圖籍間之精度差異著手，讓套疊圖籍之精度儘量接近，而不宜採用等權方式，以免因而降低圖籍品質。
- 五、各測試地段以不等權方式實施三圖套疊結果，不內插方式其垂距差在公差內所占比率最高，其次為以 Delaunay 三角形重新計算轉換參數成果，至以內插配置方式則為最低。由此顯示，坐標轉換之轉換參數，已含有不同坐標系統成果間之關連性，不需再另加工處理；而採內插配置使條件點殘差為 0 之方式，反而造成點位間幾何關係之改變，致影響其套疊成果品質。
- 六、本研究分別以地形圖及都計圖為底圖進行三圖套疊計算結果，其成果與以地籍圖為底圖之方式不同；而不論以何種圖為底圖，地籍圖之計算精度均為最高。顯示當圖籍測製精度越高者，其計算精度亦越高；另其垂距差分析結果，以地籍圖為底圖時，其垂距差在公差內之比率亦較高，可作為未來不同圖籍套疊時，採用何種圖籍為底圖之參考。
- 七、本案由研究人員自行推導之三圖套疊不等權約制條坐標轉換模式及據以開發之平差程式，經測試結果，三圖同時實施套疊，優於傳統兩圖套疊方式，並可避免兩圖套疊所產生問題，可作為未來國土資訊系統空間圖籍套疊之重要參考。

第二節 建議

- 一、經本研究測試結果，實施三圖套疊時，不等權方式之計算精度高於等權方式，惟在對應點垂距差異方面，則為等權方式較佳。故未來在測製圖籍時，建議儘量整合不同圖籍之測製精度，使性質與使用目的相近之圖籍，其測製精度接近，不但可達到提高套疊成果精度與降低垂距差異之雙贏目標，其成果亦可滿足多元使用，並減少重複施測，節省政府資源。
- 二、地籍圖、都計圖與 1/1000 地形圖之套疊工作，為國土資訊系統重要工作項目，其與民眾權益關係密切，惟目前分由不同權責單位負責，造成其套合困難情形，建議配合政府再造或機關法制化機會，統一事權，由同一機關辦理成果測製與套疊服務，並考量後續成果流通及其他機關應用精度需求，以減少其不一致情形，提升成果品質與為民服務績效。
- 三、地籍圖與都計圖雖均係依法測製並公告，具法定效力，不能任意更動。惟各種圖籍均有其測製誤差，其於三圖套疊時，建議應分別依其測圖精度，給予不同比例之權值，在誤差範圍內，可作適度調整，以避免因採用等權方式套疊，而降低高精度成果之品質，造成新的問題，並可使套疊成果更符合理論依據及實際需要。
- 四、本案研究人員所推導建立三圖套疊數學模式及開發程式，突破以往僅能於兩圖間實施坐標轉換之限制，並可避免兩圖套疊，所產生共同點坐標不一致情形。建議爾後國土資訊系統推動空間圖籍套疊作業時納入參考，並可進而發展多圖籍套疊、線上應用系統及作為發布 WFS、WMS 等網路

服務應用。

- 五、本研究顯示，實施三圖套疊時，其成果將因採不同圖籍為底圖而有所不同，而都市計畫圖(含使用分區圖等)與地籍圖(含地籍逕為分割)皆具有法定效力，其套疊成果不同時，將對民眾之權益造成影響。故該項作業宜由同一單位辦理，建議配合本中心推動「圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊計畫」，由地政機關協同都計單位共同推動，以統一事權與套疊成果，發揮政府整體施政效能。
- 六、本研究對有關垂距差異較大者，其是否與圖簿面積不符或有其他圖籍問題，因限於時間未能同時進行分析，建議權責單位再予深入探討及分析原因，以作為後續推動空間圖籍套疊作業及採取相關因應措施之參考。

附錄一、都市計畫測量、地籍分割及圖紙伸改正相關法令規定

(一)國土測繪法及其子法

1.國土測繪法

(1)第 17 條：應用測量應依基本控制測量及加密控制測量成果辦理，其種類如下：

- 一、地籍測量。
- 二、地形測量。
- 三、工程測量。
- 四、都市計畫測量。
- 五、河海測量。
- 六、礦區測量。
- 七、林地測量。
- 八、其他相關之應用測量。

(2)第 18 條：機關辦理應用測量達一定規模或條件者，其測量計畫應送該管主管機關備查；其變更計畫者，亦同。

機關依前項測量計畫完成測量後，應於六個月內將測量成果送該管主管機關建檔管理。...

2.應用測量實施規則

(1)第 6 條：都市計畫測量之適用範圍如下：

- 一、都市計畫地形圖之測量。
- 二、都市計畫樁之測量。

(2)第 11 條：應用測量應依下列順序辦理：

- 一、檢測控制點。
- 二、實施細部測量。
- 三、調製測量成果。

(3)第 13 條：辦理應用測量，應選定涵蓋測區範圍及其毗鄰位置之基本控制點或加密控制點作為測量依據。

前項基本控制點、加密控制點不足提供細部測量使用時，應依基本測量實施規則規定辦理加密控制測量。

(4)第 15 條：實施細部測量時，其作業精度應依各級主管機關或目的事業主管機關所定法令、規範或作業手冊規定辦理。....。

- (5)第 16 條：依本法第十八條第二項規定送該管主管機關建檔管理之測量成果，其資料格式，應依國土資訊系統各資料庫相關規定辦理。

(二)都市計畫書圖及樁位測製

1.都市計畫書圖製作規則

- (1)第 12 條：主要計畫圖之編製，依左列規定：

一、主要計畫之比例尺不得小於一萬分之一。…」。

- (2)第 14 條：「細部計畫圖之編製，依左列規定：

一、細部計畫圖之比例尺不得小於一千二百分之一…。

2.都市計畫定期通盤檢討實施辦法

- (1)第 41 條：都市計畫線之展繪，應依據原都市計畫圖、都市計畫樁位圖、樁位成果資料及現地樁位，參酌地籍圖，配合實地情形為之；其有下列情形之一者，都市計畫辦理機關應先修測或重新測量，符合法定都市計畫圖比例尺之地形圖：

一、都市計畫經發布實施屆滿二十五年。

二、原計畫圖不合法定比例尺或已無法適用者。

三、辦理合併通盤檢討，原計畫圖比例互不相同者。

- (2)第 42 條：都市計畫圖已無法適用且無正確樁位資料可據以展繪都市計畫線者，得以新測地形圖，參酌原計畫規劃意旨、地籍圖及實地情形，並依都市計畫擬定或變更程序，重新製作計畫圖。原計畫圖於新計畫圖依法發布實施之同時，公告廢除。

3.都市計畫樁測釘及管理辦法

- (1)第 7 條：直轄市、縣（市）（局）政府、鄉、鎮、縣轄市公所，應於都市計畫樁測釘並經檢查校正完竣後三十天內，將都市計畫樁位公告圖、樁位圖及樁位座標表公告三十天，並將公告地點及日期登報周知，公告期滿確定…。

- (2)第 11 條：都市計畫樁位經公告確定後，原測釘單位如發現錯誤，應即予更正，若實地樁位更動或與地籍圖原分割結果有出入者，應重新辦理樁位公告，並通知土地及建物所有權人…。

- (3)第 19 條：都市計畫樁實地定位，應依左列規定辦理：

一、依據圖上選定之樁位及其有關之主要地形地物，測定地上樁位，並檢驗其相關樁位作適當調整，使其誤差減至最小。

二、樁位附近缺少可資參考之地形地物時，可先在圖上量取重要樁位座標值，依據已知點測定其實地位置，然後據以推算其他點位。

三、道路中心樁，以採用相交道路中心線之交會點定位為原則，如不同方向之交會點在兩點以上，彼此之距離在三十公尺以內者，取其平均值…。

(4)第 22 條:都市計畫樁公告實施後，因都市計畫變更，需另釘樁位時，應與鄰近相關樁位座標系統予以聯測，並依第七條規定辦理。

(5)第 28 條:都市計畫樁有缺失不全情形，應依左列規定儘速恢復或補建，以保持樁位完整：

一、恢復樁位：原設樁位毀失，由樁位管理維護機關會同樁位測定機關核對都市計畫書圖後，依據原樁位資料，並參照現地建築線及地籍圖資料恢復樁位；原樁位資料與建築線不符合時，應由有關單位會同檢測處理。

二、補建樁位：原設樁位不足或漏釘，由樁位測定機關依釘樁有關規定補建，並與其相關樁位座標系統聯測後，辦理樁位公告。

(6)第 38 條:樁位檢測規定如左：

一、依據計畫圖上樁位與其附近主要地形地物之相關位置，核對實地相應位置，二者應該相符，如部分校對不符，其較差未超出圖上○·五公厘者視為無誤。

二、依據實地樁位，利用鄰近道路中心樁或界樁檢測其相關之距離與角度，其角度誤差在六十秒以內，或樁位偏差在二公分以內，距離誤差在二千分之一以內者，視為無誤。

三、依據控制點，選擇樁位附近之三角點、精密導線點或導線點檢測樁位，其閉合差在二千分之一以內者，視為無誤。

(二)地籍逕為分割規定

1.都市計畫法第 23 條第 3 款規定：細部計畫核定發布實施後，應於一年內豎立都市計畫樁、計算坐標及辦理地籍分割測量，並將道路及其他公共設施用地、土地使用分區之界線測繪於地籍圖上，以供公眾閱覽或申請謄本之用。

2.都市計畫樁測釘及管理辦法

(1)第 38 條:都市計畫樁豎立完竣，並經依第七條規定公告確定後，直轄市、縣（市）（局）政府工務（建設或都市計畫）單位除應將樁位座標表、樁位圖、樁位指示圖及有

關資料送地政單位外，並應實地完成樁位點交作業，據以辦理地籍逕為分割測量。」。

(2)第 39 條:「樁位展點，應依各都市計畫樁之座標，就圖廓及方格網，按地籍圖之比例尺，嚴密施行，並以距離檢查之。展點樁位間距離，除去圖紙伸縮成數後，與樁位圖記載距離比較，其圖上相差超過○·二公厘時，應予查明訂正。」。

(3)第 40 條:「製作分割測量原圖，應依據樁位圖，將分割有關各地號與其鄰接周圍適當範圍內之地籍經界線及經檢查無誤之樁位座標展點位置，精密移繪於測量圖紙上。」。

(4)第 41 條:實施分割測量時，應先實地檢測圖上都市計畫樁位後，依左列規定測定分割界線位置：

一、都市計畫範圍、土地使用分區、及公共設施用地之分割測量，依檢測後之圖上樁位，決定分割界線位置。

二、道路用地之分割測量，依檢測後之圖上道路中心樁位，並按照道路寬度決定分割界線位置。道路兩旁有線地者，同時按照線地寬度決定其分割界線位置。

三、曲線道路用地之分割測量依曲線起點、終點及交點圖上樁位，求繪曲線道路中心線後，依照道路寬度測定分割界線位置。

四、交叉道路截角之分割測量，應依照道路交叉口截角規定辦理。但都市計畫書圖另有敘明及標示規定者，從其規定辦理。

(5)第 42 條:地籍分割測量完竣之地區，都市計畫經變更並發布實施後，直轄市、縣（市）（局）政府工務（建設或都市計畫）單位應依第三十八條之規定，將有關資料送地政機關，據以重行辦理地籍分割。

前項地區，如經核定辦理地籍圖重測時，工務（建設或都市計畫）單位應配合於辦理地籍圖重測年度前，將有關資料送交直轄市、縣（市）地政單位及完成實地點交，據以辦理地籍圖重測。

(三)地籍圖伸縮改正規定

圖解地籍圖伸縮率改正之方法，主要分為依面積比例改正及依實地與圖上邊長改正二種，其內容如下：

1. 地籍測量實施規則

(1)第 153 條：每幅之圖紙伸縮誤差與求積誤差在限制內者，應依各宗

地面積大小比例配賦之。…圖紙伸縮誤差之限制另定之。

(2)第 240 條：複丈應以圖根點或界址點作為依據。其因分割或鑑定界址複丈者，應先將其測區適當範圍內按其圖上界線長度與實地長度作一比較，求其伸縮率，分別平均配賦後，其在第 153 條規定之圖紙伸縮誤差內者，再依分割線方向及長度決定分割點或鑑定點之位置。

(3)第 242 條：分割複丈，應依下列規定辦理：……三、土地分割時，其分割之本宗周圍界線，經實測結果在容許誤差以內者，周圍之界線不予變動，其內部之分割點應按宗地圖上距離與實地距離之伸縮比例決定分割點，儘量在土地複丈圖上分別註明其實量邊長，並按其實量邊長計算面積。…

(4)第 243 條：一宗土地分割為數宗土地，該分割後數宗土地面積之總和，須與原土地面積相符。如有差數，經將圖紙伸縮成數除去後，其增減在下列公式計算值以下者，應按各地號土地面積比例配賦；在下列公式計算值以上者，應就原測量及計算作必要之檢核，經檢核無誤後依第 232 條規定辦理。

(5)第 244 條：採圖解法複丈者，依下列規定訂正地籍圖：……四、因地籍圖之伸縮致拼接發生差異時，應依其伸縮率，平均配賦…。

2. 辦理圖解法土地界址鑑定作業注意事項

(1)第 3 點：複丈土地鄰接段界或跨越二圖幅以上時，將鄰接地段及其附近適當範圍內之圖廓線、經界線，妥予謄繪拼接。如圖廓伸縮率不一致，應分別計算其比率配賦後，參酌原有圖根點及毗鄰地段可靠經界線拼接之。

(2)第 5 點：調製複丈圖後，應依下列規定查對地籍資料：……（二）量算複丈土地及其適當範圍宗地界線之圖上邊長，註記於複丈圖上之適當位置，或抄錄地籍圖上或原有複丈圖上或地籍調查表等註記之邊長，註記於複丈圖上之相應邊，作為實地鑑測之參考。

(3)第 16 點：依第 5 點第 2 款量算之圖上邊長與實地長度比較，求其伸縮百分比，分別平均配賦後，

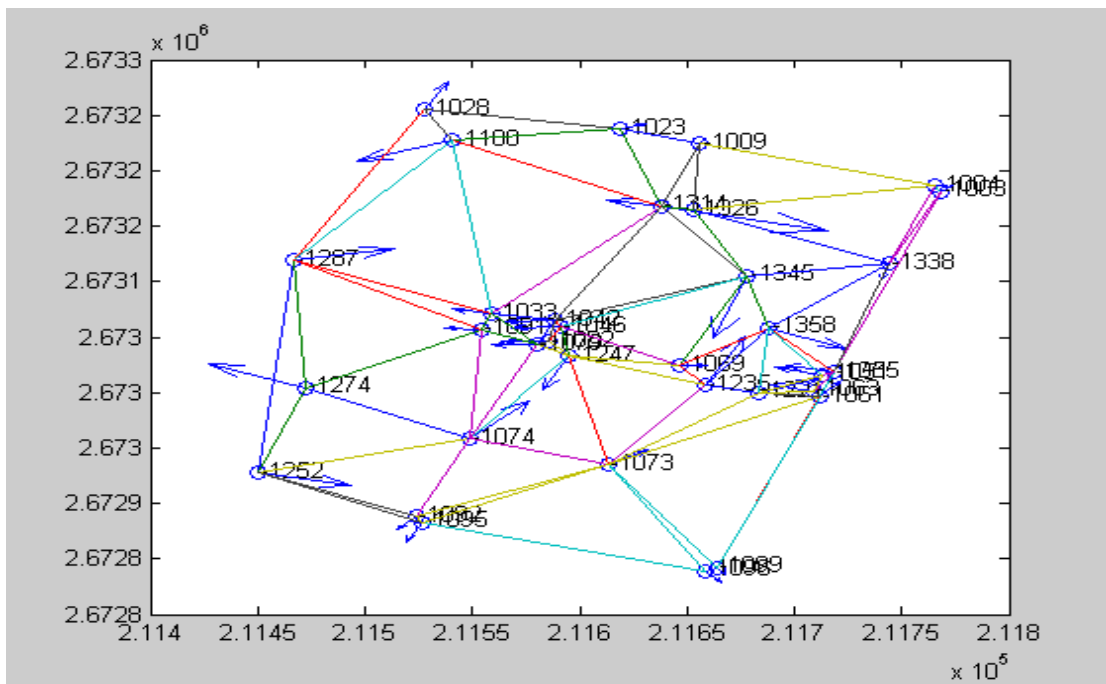
其在規定容許誤差內者，視為無誤，其伸縮百分比應註記於複丈圖。

(4)第 21 點：複丈土地如有下列情形之一者，得依實地使用位置為鑑定之界址點：

(一)複丈土地依第 16 點規定配賦後之邊長與實地使用位置間之邊長，經檢核無誤後，其較差在地籍測量實施規則第 76 條規定容許誤差範圍內者。……

(5)第 22 點：依邊長（應將圖紙伸縮成數除去或原實量邊長）量算複丈土地所得面積，並與登記面積比較，其增減在地籍測量實施規則第 243 條第一款規定公式計算值以上者，應就原測量或計算作必要之檢核，據以依法更正地籍圖簿，並作成紀錄…。

附錄二、三圖套疊約制條件六參數坐標轉換報表



地形圖平均改正量 = 0.032 N-方向= 0.013 E-方向= 0.029

都計圖伸縮率 N-方向 = 0.99993242 E-方向= 0.99983295

都計點號	圖-N坐標	圖-E坐標	圖-N改正量	圖-E改正量	改正後-N坐標	改正後-E坐標
165.0	2673001.628	211709.161	-0.007	-0.011	2673001.621	211709.150
163.0	2673186.794	211765.241	-0.005	-0.001	2673186.789	211765.240
168.0	2672839.337	211658.851	0.011	0.005	2672839.348	211658.856
164.0	2673224.735	211656.152	0.005	0.017	2673224.740	211656.169
166.0	2673070.916	211559.244	0.006	-0.022	2673070.922	211559.222
167.0	2672888.545	211523.815	-0.011	0.011	2672888.534	211523.826

都計圖平均改正量 = 0.013 N-方向= 0.007 E-方向= 0.011

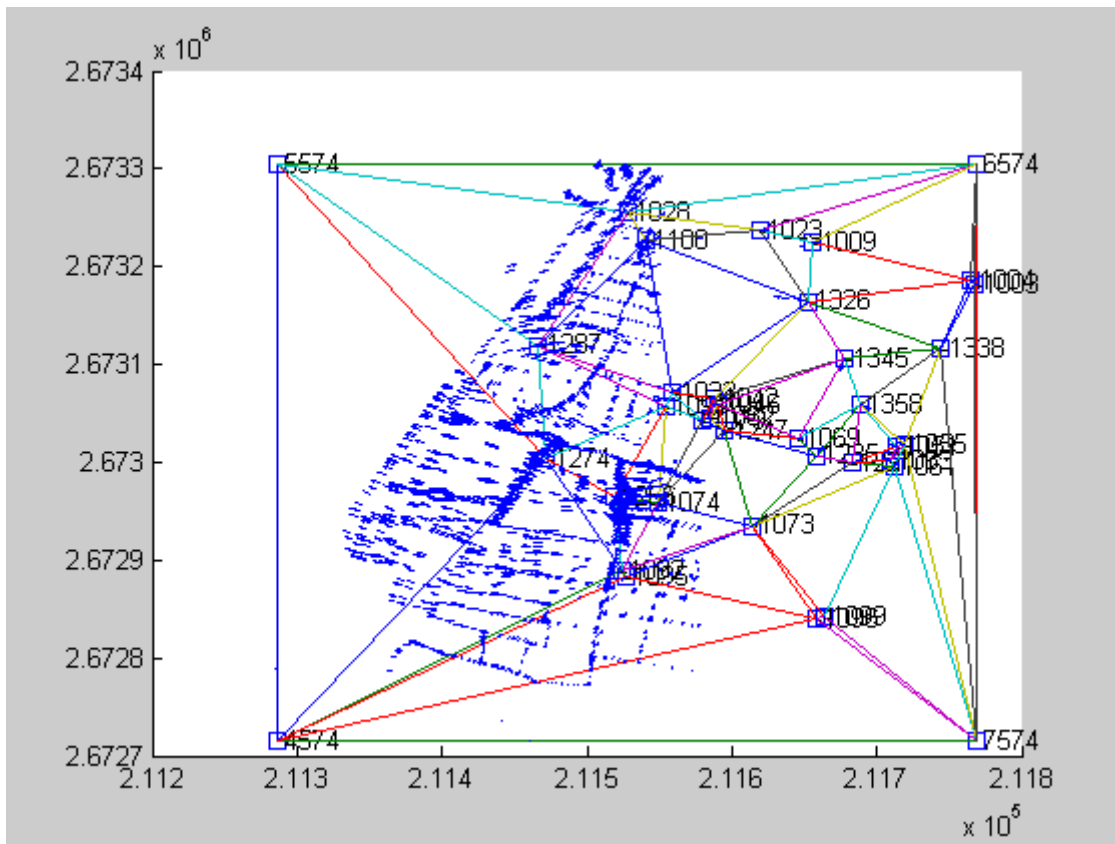
界址點號	N坐標	E坐標	N改正量	E改正量	改正後 N坐標	改正後 E坐標
4650.0	2673001.637	211709.109	-0.004	0.017	2673001.633	211709.126
4652.0	2673186.812	211765.232	0.005	-0.004	2673186.817	211765.228
4661.0	2672839.346	211658.831	-0.002	-0.010	2672839.344	211658.821
4665.0	2673224.709	211656.190	-0.000	-0.011	2673224.709	211656.179
4673.0	2673070.856	211559.218	-0.006	0.013	2673070.850	211559.231
4685.0	2672888.450	211523.826	0.007	-0.006	2672888.457	211523.820

界址點平均改正量 = 0.011 N-方向= 0.004 E-方向= 0.010

地形點號	先驗-N 中誤差	先驗-N 中誤差	後驗-N 中誤差	後驗-E 中誤差
-1063.00	0.040	0.040	0.022	0.022
-1004.00	0.040	0.040	0.026	0.026
-1096.00	0.040	0.040	0.026	0.026
-1009.00	0.040	0.040	0.025	0.025
-1033.00	0.040	0.040	0.024	0.024
-1092.00	0.040	0.040	0.026	0.026

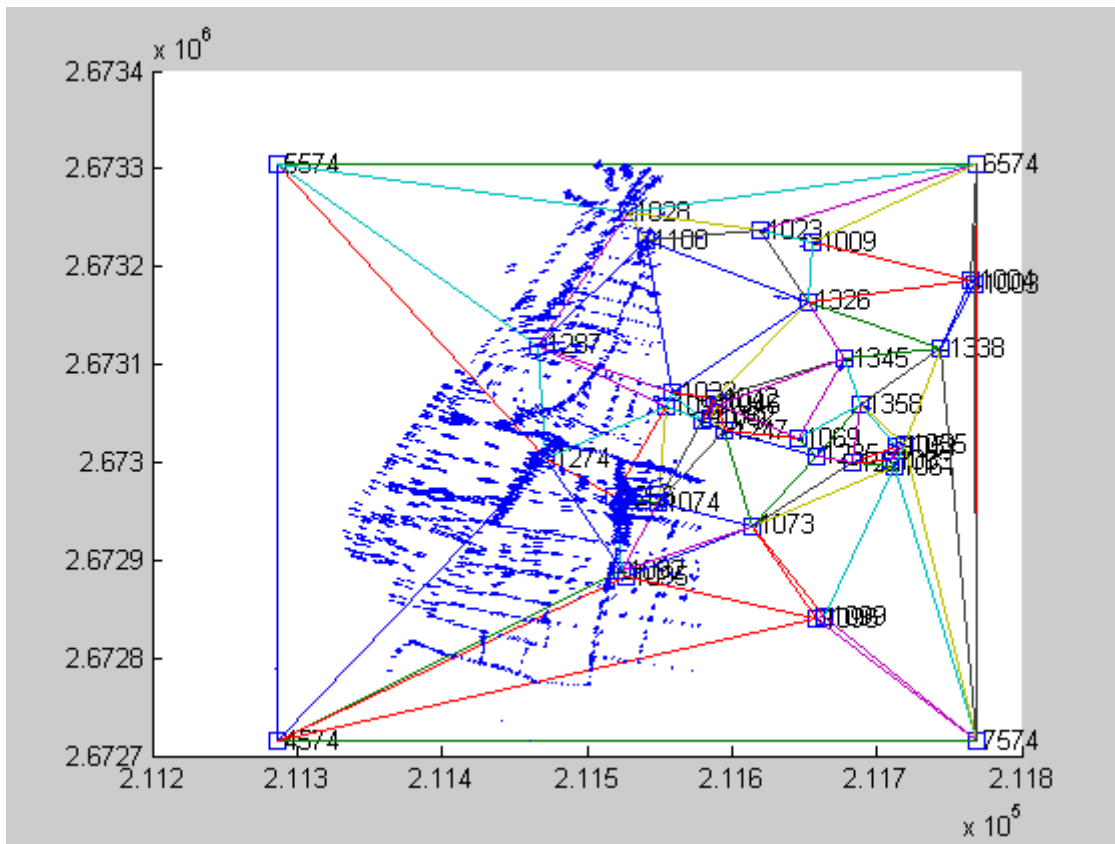
平均後驗中誤差 N 平均後驗中誤差 E 平均後驗中誤差

附錄三、三圖套疊-龍門段地形圖六參數轉換加內插計算結果報表(節錄):
(改正量與內插配置結果正負號顛倒)



點號	N 修正量	E 修正量	改正後 N 坐標	改正後 E 坐標
1003.0	-0.032	-0.076	2673181.427	211767.864
1004.0	-0.063	-0.057	2673186.737	211765.166
1009.0	-0.020	-0.147	2673224.686	211656.024
1014.0	-0.039	-0.148	2673220.425	211646.919
1019.0	-0.156	-0.524	2673228.335	211622.836
1023.0	-0.022	-0.185	2673237.539	211618.995
1028.0	-0.567	-0.630	2673254.878	211527.027
1033.0	0.042	0.136	2673070.906	211559.377
1037.0	0.210	0.349	2673073.594	211565.069
1042.0	0.017	0.111	2673065.095	211588.386
1046.0	0.032	0.250	2673059.665	211591.046
1051.0	-0.045	0.119	2673016.007	211713.460
1055.0	-0.035	0.105	2673018.721	211718.802
1061.0	-0.231	-0.163	2672996.025	211711.622
1063.0	-0.055	0.117	2673001.570	211709.251
1069.0	0.007	-0.620	2673024.036	211645.583

附錄四、三圖套疊-龍門段地形圖六參數轉換內插配置計算結果報表(節錄):
(改正量與內插計算結果正負號顛倒)



地形點號	N 修正量	E 修正量	改正後 N 坐標	改正後 E 坐標
1003.0	0.032	0.076	2673181.492	211768.017
1004.0	0.063	0.057	2673186.864	211765.279
1009.0	0.020	0.147	2673224.726	211656.318
1014.0	0.039	0.148	2673220.502	211647.215
1019.0	0.156	0.524	2673228.647	211623.885
1023.0	0.022	0.185	2673237.583	211619.365
1028.0	0.567	0.630	2673256.012	211528.287
1033.0	-0.042	-0.136	2673070.822	211559.106
1037.0	-0.210	-0.349	2673073.174	211564.372
1042.0	-0.017	-0.111	2673065.061	211588.163
1046.0	-0.032	-0.250	2673059.600	211590.547
1051.0	0.045	-0.119	2673016.098	211713.221
1055.0	0.035	-0.105	2673018.791	211718.592
1061.0	0.231	0.163	2672996.487	211711.948
1063.0	0.055	-0.117	2673001.681	211709.018
1069.0	-0.007	0.620	2673024.022	211646.822

附錄五、地形圖--DELAUNAY 三角形四參數轉換計算報表(節錄)

***** 第 1 個 DELAUNAY 三角形轉換參數 *****

轉換參數 計算精度

a=	1.00016322	0.000256861
b=	0.00018439	0.000256861
c=	-82.61638346	0.0819438
d=	-50.20745664	0.0819438

地形圖 N 平移量: 2673014.219 地形圖 E 平移量: 211480.189

地籍圖 N 平移量: 2673064.375 地籍圖 E 平移量: 211562.809

後驗單位權中誤差 = 0.276806

地形圖伸縮率 = 1.00016324

點號	地形 N 坐標	地形 E 坐標	N 改正量	E 改正量	改正後-N 坐標	改正後-E 坐標
-1004.0	2673186.775	211765.204	0.005	0.006	2673186.780	211765.210
-1338.0	2673116.442	211744.435	-0.000	0.001	2673116.442	211744.436
-1003.0	2673181.425	211767.927	-0.006	-0.008	2673181.419	211767.919

地形圖平均改正量 = 0.006 N-方向= 0.003 E-方向= 0.005

點號	界址 N 坐標	界址 E 坐標	N 改正量	E 改正量	改正後 N 坐標	改正後 E 坐標
-1004.0	2673186.812	211765.232	-0.003	-0.004	2673186.809	211765.228
-1338.0	2673116.456	211744.464	0.000	-0.001	2673116.456	211744.464
-1003.0	2673181.444	211767.934	0.004	0.005	2673181.448	211767.939

界址點平均改正量 = 0.004 N-方向= 0.002 E-方向= 0.003

轉換前點號	先驗-N 中誤差	先驗-N 中誤差	後驗-N 中誤差	後驗-E 中誤差
-1004.00	0.037	0.037	0.009	0.009
-1338.00	0.041	0.041	0.011	0.011
-1003.00	0.041	0.041	0.009	0.009

平均後驗中誤差 N 平均後驗中誤差 E 平均後驗中誤差

0.014 0.010 0.010

轉換後點號	先驗-N 中誤差	先驗-N 中誤差	後驗-N 中誤差	後驗-E 中誤差
-1004.00	0.032	0.032	0.008	0.008
-1338.00	0.037	0.037	0.010	0.010
-1003.00	0.034	0.034	0.008	0.008

	平均後驗中誤差		N 平均後驗中誤差	E 平均後驗中誤差

	0.013		0.009	0.009

***** 第 2 個 DELAUNAY 三角形轉換參數 *****
 轉換參數 計算精度

a=	1.00017115	0.000139439
b=	0.00030898	0.000139439
c=	-82.59342305	0.0416727
d=	-50.24126244	0.0416727
地形圖 N 平移量:	2673014.219	地形圖 E 平移量: 211480.189
地籍圖 N 平移量:	2673064.375	地籍圖 E 平移量: 211562.809
後驗單位權中誤差	= 0.216888	
地形圖伸縮率	= 1.00017120	

點號	地形 N 坐標	地形 E 坐標	N 改正量	E 改正量	改正後-N 坐標	改正後-E 坐標
-1004.0	2673186.775	211765.204	0.003	0.003	2673186.778	211765.207
-1338.0	2673116.442	211744.435	-0.000	-0.006	2673116.442	211744.429
-1326.0	2673164.468	211653.049	-0.009	0.005	2673164.459	211653.054

地籍圖平均改正量 = 0.006 N-方向= 0.004 E-方向= 0.005

點號	界址 N 坐標	界址 E 坐標	N 改正量	E 改正量	改正後 N 坐標	改正後 E 坐標
-1004.0	2673186.812	211765.232	-0.002	-0.003	2673186.810	211765.229
-1338.0	2673116.456	211744.464	0.000	0.005	2673116.456	211744.469
-1326.0	2673164.450	211653.065	0.003	-0.001	2673164.452	211653.064

實地平均改正量 = 0.003 N-方向= 0.002 E-方向= 0.003

轉換前點號	先驗-N 中誤差	先驗-E 中誤差	後驗-N 中誤差	後驗-E 中誤差
-1004.00	0.037	0.037	0.007	0.007
-1338.00	0.041	0.041	0.008	0.008
-1326.00	0.068	0.068	0.013	0.013

	平均後驗中誤差	N 平均後驗中誤差	E 平均後驗中誤差	
	0.013	0.009	0.009	

轉換後點號	先驗-N 中誤差	先驗-E 中誤差	後驗-N 中誤差	後驗-E 中誤差
-1004.00	0.032	0.032	0.007	0.007
-1338.00	0.037	0.037	0.007	0.007
-1326.00	0.037	0.037	0.008	0.008

	平均後驗中誤差	N 平均後驗中誤差	E 平均後驗中誤差	
	0.010	0.007	0.007	

***** 第 3 個 DELAUNAY 三角形轉換參數 *****
 轉換參數 計算精度

a=	1.00003318	0.00012083
b=	0.00035333	0.00012083
c=	-82.53931886	0.0354921
d=	-50.22926449	0.0354921

地形圖 N 平移量: 2673014.219 地形圖 E 平移量: 211480.189

地籍圖 N 平移量: 2673064.375 地籍圖 E 平移量: 211562.809

後驗單位權中誤差 = 0.225585

地形圖伸縮率 = 1.00003324

點號	地形 N 坐標	地形 E 坐標	N 改正量	E 改正量	改正後-N 坐標	改正後-E 坐標
-1004.0	2673186.775	211765.204	0.002	-0.001	2673186.777	211765.203
-1009.0	2673224.713	211656.170	0.000	0.004	2673224.713	211656.174
-1326.0	2673164.468	211653.049	-0.008	-0.013	2673164.460	211653.036

地籍圖平均改正量 = 0.007 N-方向= 0.004 E-方向= 0.006

點號	界址 N 坐標	界址 E 坐標	N 改正量	E 改正量	改正後 N 坐標	改正後 E 坐標
-1004.0	2673186.812	211765.232	-0.002	0.001	2673186.810	211765.233
-1009.0	2673224.709	211656.190	-0.000	-0.003	2673224.709	211656.187
-1326.0	2673164.450	211653.065	0.003	0.004	2673164.452	211653.069

實地平均改正量 = 0.003 N-方向= 0.001 E-方向= 0.003

轉換前點號	先驗-N 中誤差	先驗-N 中誤差	後驗-N 中誤差	後驗-E 中誤差
-1004.00	0.037	0.037	0.008	0.008
-1009.00	0.037	0.037	0.008	0.008
-1326.00	0.068	0.068	0.011	0.011

平均後驗中誤差 N 平均後驗中誤差 E 平均後驗中誤差

0.013 0.009 0.009

轉換後點號	先驗-N 中誤差	先驗-N 中誤差	後驗-N 中誤差	後驗-E 中誤差
-1004.00	0.032	0.032	0.007	0.007
-1009.00	0.032	0.032	0.007	0.007
-1326.00	0.037	0.037	0.008	0.008

平均後驗中誤差 N 平均後驗中誤差 E 平均後驗中誤差

0.010 0.007 0.007

附錄六、Delaunay 三角形點位坐標內插改正量報表(節錄)

點號	點 1	點 2	點 3	點 1 改正	點 2 改正	點 3 改正	內插 1	內插 2	內插 3	總改正
1.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.065	0.015	0.034	0.046
2.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.063	0.016	0.035	0.044
3.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.057	0.018	0.038	0.036
4.0	346.0	32.0	1190.0	0.032	0.124	0.066	0.003	0.096	0.008	0.097
5.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.106	0.005	0.011	0.099
6.0	32.0	1191.0	4265.0	0.124	0.139	0.000	0.062	0.007	0.000	0.057
7.0	346.0	32.0	1190.0	0.032	0.124	0.066	0.004	0.090	0.010	0.091
8.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.072	0.014	0.030	0.055
9.0	121.0	1191.0	4265.0	0.129	0.139	0.000	0.011	0.034	0.000	0.028
10.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.072	0.013	0.031	0.054
11.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.067	0.014	0.033	0.049
12.0	121.0	1191.0	4265.0	0.129	0.139	0.000	0.014	0.049	0.000	0.041
13.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.057	0.016	0.041	0.035
14.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.058	0.016	0.040	0.037
15.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.058	0.016	0.040	0.037
16.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.063	0.015	0.036	0.043
17.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.057	0.017	0.040	0.036
18.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.057	0.017	0.040	0.036
19.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.056	0.018	0.039	0.035
20.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.056	0.017	0.041	0.035
21.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.056	0.017	0.041	0.035
22.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.056	0.017	0.040	0.034
23.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.054	0.018	0.040	0.033
24.0	121.0	1191.0	4265.0	0.129	0.139	0.000	0.016	0.070	0.000	0.060
25.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.038	0.020	0.055	0.021
26.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.036	0.022	0.052	0.017
27.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.054	0.018	0.040	0.033
28.0	32.0	1190.0	1191.0	0.124	0.066	0.139	0.055	0.018	0.039	0.034
29.0	346.0	32.0	1190.0	0.032	0.124	0.066	0.008	0.043	0.026	0.054
30.0	48.0	4265.0	5265.0	0.085	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.028
31.0	48.0	4265.0	5265.0	0.085	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.026
32.0	48.0	32.0	4265.0	0.085	0.124	0.000	0.000	0.124	0.000	0.124

參考書目

- 一、盧鄂生：「原地籍圖修正之研究」，國立成功大學碩士論文，1978
- 二、廖揚清：「統計在平差上之應用」，第二屆測量學術及應用研討會，1983
- 三、陳鴻益：「地籍圖數值化之研究」，國立成功大學碩士論文，1984
- 四、盧鄂生：「漫談建立多目標數值地籍圖資料庫環境評估：系列二~五代同堂地籍圖」，中華民國地籍測量學會會刊第十四卷第四期，1995
- 五、郭英俊，「利用地籍圖套控平差法來維護地籍圖資料庫」，中華民國地籍測量學會會刊第十四卷第四期，1995
- 六、盧鄂生：「土地鑑界電腦套圖最佳模式之研究」，第十五屆測量學術及應用研討會，1996
- 七、劉延猷：「地形圖與地籍圖套合之研究」，第十五屆測量學術及應用研討會(第 183-191 頁)，1996
- 八、內政部：「二等衛星控制點測量平差工作報告書」，1997
- 九、許松、鄭彩堂：「地籍測量改進方向之探討」，第十七屆測量學術及應用研討會，1998
- 十、陳永川、曾清涼、余致義：「現況點自由測站法應用於圖解數化地籍圖數值法複丈」，第十七屆測量學術及應用研討會，1998
- 十一、林頌富：「G P S 輔助土地複丈」，國立成功大學碩士論文，1998
- 十二、洪慧玲：「土地測量成果坐標整合之研究」，國立成功大學碩士論文，1999
- 十二、李弘洲、王乃卿、曾德福：「地籍坐標與二度分帶坐標轉換之研究」，內政部土地測量局自行研究報告，1999
- 十三、內政部土地測量局：「臺灣省地籍圖數值化工作手冊」，2001
- 十四、邱仲銘、尤瑞哲：「圖解地區數值法土地複丈作業與成果管理維護之研究」，內政部土地測量局委託研究，2001
- 十五、傅桂霖：「地籍圖掃描數化位置精度評估之研究」，國立中興大

- 學碩士論文，2001
- 十六、鄭彩堂、高書屏：「圖解數化附加條件坐標轉換研究」，中華民國地籍測量學會會刊第 21 卷第 4 期，2002
- 十七、潘燕鎧：「臺北市不同坐標系統整合作業報告」，臺北市政府地政處測量大隊，2002
- 十八、吳宗寶：「圖解數化土地複丈外業電腦套圖之研究」，國立中興大學碩士論文，2003
- 十九、吳萬順、曾耀賢、陳鶴欽、邱明全：「應用基本控制點於地籍圖坐標轉換精度之研究」，內政部土地測量局，2003
- 二十、內政部土地測量局網站，<http://www.lsb.gov.tw>，2004
- 廿一、林登建：「以自由測站法輔助圖解法地籍圖數值化成果坐標整合之研究」，逢甲大學碩士論文，2004
- 廿二、劉正倫、鄭彩堂、董荔偉：「以約制條件實施坐標轉換整合圖解數化成果之研究」(第1~151頁)，2004。
- 廿三、臺中市政府地政局：「台中市地籍資料由 TWD67 轉換至 TWD97 坐標系統前後套合地形圖之研究」(第 1-49 頁)，2004
- 廿四、臺北市政府地政處測量大隊：「臺北市 TWD67 地籍坐標系統轉換為 TWD97 坐標系統作業總報告」(第 1-155 頁)，2004
- 廿五、陳章毅：「一種以Delaunay三角網為基礎之階層式空間群集演算法」，逢甲大學資訊工程學系碩士論文 (第1-83頁)，2005
- 廿六、王敏雄：「全國性e-GPS衛星定位基準站即時動態定位系統建置及測試作業」，中華民國地籍測量學會「地籍測量應用及發展研討會」(第22-51頁)，2005
- 廿七、施宏昌：「都市計畫圖與地籍圖套合之研究」，逢甲大學環境資訊科技研究所碩士論文(第 1-59 頁)，2005
- 廿八、林峰田：「都市基本圖形資料數化之課題與展望」，海峽兩岸空間資訊應用研討會(第 3-8 頁)，2005

- 廿九、蔡建彰：「以 Delaunay 三角形建構坐標轉換框架提供空間資料整合應用之研究」，國立成功大學碩士論文(第 1-79 頁)，2006
- 三十、邱元宏、湯明厚、蕭萬禧：「圖解法地籍圖數值化成果坐標轉換整合之研究」，第廿五屆測量學術及應用研討會(第 999-1008 頁)，2006
- 卅一、李宏達、洪本善、李樹莊：「數化圖解地籍圖全區與分區坐標轉換之研究」，第廿五屆測量學術及應用研討會(第 1131-1138 頁)，2006
- 卅二、董荔偉、鄒慶敏、鄭彩堂、劉正倫、蕭輔導：「圖解地籍圖伸縮改正及實測接合研究」(第1~150頁)，內政部土地測量局95年自行研究報告，2006。
- 卅三、內政部土地測量局：「圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊計畫」，(第 1-59 頁)，2006
- 卅四、鄒慶敏、鄭彩堂、劉榮增：「圖解數化地籍圖套合 1/1000 數值地形圖之研究」，中華民國地籍測量學會會刊第 25 卷第 2 期(第 21-45 頁)，2006
- 卅五、李宏達、洪本善、李樹莊：「電腦套圖補建圖根點定位因子 HPDOP 分析及圖解地籍圖坐標轉換之研究」，第廿六屆測量學術及空間資訊研討會(第 771-778 頁)，2007
- 卅六、邱元宏：「地籍圖、都市計畫圖與地形圖三圖合一套疊分析與加值應用之研究」，臺中市 96 年自行研究報告(第 1-45 頁)，2007
- 卅七、鄭彩堂、董荔偉、鄒慶敏、劉正倫：「圖解數化地籍圖之伸縮改正及實測接合研究」(第25~49頁)，中華民國地籍測量學會會刊第26卷第4期，2007。
- 卅八、梁國楨、王儷蓉、蕭輔導：「從國土測繪法談都市計畫樁測定之執行」，第廿七屆測量及空間資訊研討會(第 1089-1098 頁)，2008

- 卅九、陳志丞、徐百輝：「利用最小二乘配置法轉換臺北市現有數值圖資之坐標系統」(第 1163-1171 頁)，2008
- 四十、內政部營建署城鄉發展分署：「國土規劃資訊整合流通系統規劃暨系統開發」期末報告初稿，2008
- 四十一、李金輝、陳清標、李樹莊：「圖解數值化地籍圖整合建置與都市計畫地形圖套疊之研究／以光線法批次轉換為應用」，空間資訊基礎建設國際研討會(A-02)，2008
- 四十二、Mikhail & F. Ackerman：「observation and least squares」，1976
- 四十三、Mikhail, Edward M. and Gordon Gracie: 「Analysis and Adjustment of Survey and Measurement」，1981
- 四十四、Tamim, N. S. (1992) A Methodology to Create a Digital Cadastral Overlay Through Upgrading Digitized Cadastral Data. Ph. D. Dissertation. Department of Geodetic Science, The Ohio State University. 147 pages.
- 四十五、Tamim, N. and schaffrin, B. (1995) A Methodology to Create a Digital Cadastral Overlay Through Upgrading Digitized Cadastral Data. Surveying and Land Information System, vol. 55, no. 1, pp. 3-12.
- 四十六、Elaine L. Chao: (2005) Remarks Prepared for Delivery by U. S. Secretary of Labor Elaine L. Chao Commencement Address
Elmira College, Elmira, New York, June 5, 2005。
http://www.dol.gov:80/_sec/media/speeches/20050605_Elmira.htm