

摘要

內政部國土測繪中心（以下簡稱測繪中心）為提供像片基本圖瀏覽服務，業於國土測繪圖資服務雲新增 104 至 109 年像片基本圖圖磚成果提供線上閱覽，並開放網路地圖介接服務（WMTS）；惟 103 年以前之像片基本圖掃描檔或出圖檔並無定位資訊，無法提供產製圖磚供各界瀏覽查詢，為提升前開服務之資料完整性，遂辦理「110 年至 111 年歷年像片基本圖影像定位作業採購案」（以下簡稱本案或本計畫）由亞新國土科技股份有限公司（以下簡稱亞新）自 110.9.17 決標次日起算至 111.4.30 期間分 2 階段辦理，本計畫處理民國 65 年至 103 年期間測製像片基本圖紙圖掃描檔 JPG 及出圖檔 PDF 合計總數量 16,688 幅，以供像片基本圖瀏覽服務使用。

亞新全力投入合宜人力資源、在工序標準化及工期品質雙管齊下，配合本計畫特性試圖搭配使用人工智慧類神經網絡技術（AI）及人工手動量測兩種方式量測圖角及方格點，並自動化批次辦理坐標轉換及影像校正定位為具備 TWD97 地理坐標完整版及裁切版 GeoPDF 檔案，使用效果卓越，本計畫各階段成果皆在契約規範時間內如期且如質完成並成功上架展示在測繪中心圖資雲平台，感謝測繪中心計畫執行期間給予的督導與工作會議研商協助。

關鍵字：基本圖、國土測繪圖資服務雲、網路地圖介接服務、GeoPDF、影像校正定位

Abstract

In order to provide the Basic Topographic Map (BTM) browsing service, the National Land Survey and Mapping Center (hereinafter referred to as the “NLSC”) of the Ministry of the Interior has added BTM tiles from 2015 to 2020 to the Taiwan Map Service (TMS, <https://maps.nlsc.gov.tw>) for online browsing and opened the Web Map Tile Service (WMTS) for all GIS users. In order to extend the data integrity of the previous service, the "2021 and 2022 Government Procurement for Image Positioning of Basic Topographic Maps from 1976 to 2014" (hereinafter referred to as “this project”) was carried out by ASIA GIS&GPS Co.,Ltd.(AG&G) in two phases time period from 2021.9.17 to 2022.4.30, the day after the bid award. The total target number of scanned image files and pdf files have to processed is 16,688.

AG&G has fully invested in the appropriate human resources, standardization of processes and quality of work, and the use of artificial intelligence (AI) technology and manual one to measure map corners and grid crosses and automated the coordinates transformation and image map rectification into GeoPDF files with the full frame version of TWD97 geographic coordinates and cut ones, with excellent results. The results of all phases of the project were completed on time and in quality within the contracted time frame and successfully displayed on the TMS platform, thanks to the NLSC's supervision and working meetings during the implementation of the project.

Keyword: BTM, TMS, WMTS, GeoPDF, Rectification

目 錄

第一章 前言	1
第一節 計畫概述	1
第二節 使用資料說明	1
第三節 工作項目及內容	3
一、作業數量及範圍	3
二、工作項目	4
第四節 工作期程說明	8
第五節 工作完成時程說明	8
第二章 工作執行方法	10
第一節 作業執行理念	10
一、面臨挑戰	10
二、採用技術方案	11
第二節 先期試辦作業	12
一、需求訪談	12
二、試辦成果	12
第三節 作業執行方法	23
一、各年度基本圖每幅圖角點及方格點 NE 坐標值建立	23
二、影像圖角點及方格點 AI 辨識	23
三、影像圖角點及方格點人工量測	30
四、密圖定位作業原則及方法	32
五、坐標轉換前置作業	32
六、坐標轉換報表其他檢核標準定義	35
七、坐標轉換成果誤差向量圖說明	38
八、疑義圖幅處理方法	39
九、多項式影像校正	43
十、TM-2 或 TM-3 TWD67 轉換至 TM-2 TWD97 作法	48
十一、圖幅裁切作業方式及標準說明	49

十二、輸出完整版及裁切版影像定位檔 GeoPDF	50
十三、影像拼接合理性瀏覽校閱	51
第三章 資料檢核及品質管控	52
第一節 原始影像內容檢視結果	52
一、檔案名稱與作業清單圖號不符	52
二、檔案圖號與影像上圖號不符	52
三、影像上坐標系統錯誤	53
四、影像版次錯誤	54
五、測製時間不合理	55
第二節 影像數量檢核	56
第三節 影像定位成果檢核標準	57
第四節 機關驗收	58
第四章 成果說明	59
第一節 完成成果數量及狀況說明	59
一、各年度像片基本圖坐標系統	60
二、影像點位量測方式數量統計	60
三、特殊形狀圖幅框處理之數量統計	61
四、特例圖幅處理之數量統計	61
五、疑義圖幅處理之數量統計	61
第二節 特殊形狀圖幅框處理說明	62
第三節 特例圖幅處理說明	63
第五章 結論與建議	68
第一節 作業結論	68
第二節 建議事項	69
一、AI 辨識作業歷程	69
二、AI 辨識程式設定介紹	69
三、AI 辨識作業效果分析	70
四、AI 辨識遭遇困難及解決辦法	71
五、AI 辨識作業改進方向	72

- 附件 1：需求訪談會議紀錄
- 附件 2：歷次工作會議及工作總報告審查會議紀錄
- 附件 3：原始影像內容檢視不符清冊
- 附件 4：各年度像片基本圖坐標系統圖號清冊
- 附件 5：各年度圖幅量測方法數量統計表
- 附件 6：疑義圖幅及以多項式影像校正之圖幅清冊
- 附件 7：評選委員意見回覆表
- 附件 8：工作總報告審查意見及意見回覆

圖目錄

圖 1- 1：像片基本圖之圖廓 4 圖角點及 4 方格點示意圖	6
圖 2- 1：100 年測製臺灣地區基本圖試辦圖共 9 幅	13
圖 2- 2：72 年以前測製臺灣地區基本圖之試辦圖共 9 幅	14
圖 2- 3：仿射 Affine 6 參數坐標轉換公式	15
圖 2- 4：仿射 Affine 6 參數坐標批次轉換程式	15
圖 2- 5：95172021（100 年）轉換後誤差向量圖	17
圖 2- 6：95172021（67 年）轉換後誤差向量圖	19
圖 2- 7：基本圖影像地理定位及裁切生產作業流程	20
圖 2- 8：影像定位成果拼接合理性檢核（出圖檔）	21
圖 2- 9：影像定位成果拼接合理性檢核（掃描檔）	22
圖 2- 10：AI 影像辨識量測圖角點及方格點	24
圖 2- 11：霍夫線轉換公式參考圖	25
圖 2- 12：AI 追蹤辨識作業流程	25
圖 2- 13：影像前處理	26
圖 2- 14：輪廓檢測	27
圖 2- 15：文字部分前處理之結果	28
圖 2- 16：使用 Tesseract-OCR 文字辨識影像中的實際坐標	29
圖 2- 17：直線檢測及文字篩選範圍	29
圖 2- 18：成功辨識方格線	30
圖 2- 19：使用 GlobalMapper rectify image 功能進行人工量測	31
圖 2- 20：誤差向量圖（95201005_103）範例	39
圖 2- 21：多項式影像校正（檢核點 RMSE 過大）	41
圖 2- 22：多項式影像校正（xy 方向尺度比差值過大）	42
圖 2- 23：多項式轉換示意圖	43
圖 2- 24：1~3 階多項式方程式示意圖	44
圖 2- 25：Affine 參數轉換誤差表（95211093_083）	45
圖 2- 26：多項式影像校正前圖角點誤差明顯	45
圖 2- 27：多項式影像校正後成果與標準圖框吻合	46
圖 2- 28：校正成果合理性檢核（套繪臺灣通用電子地圖道路）	47
圖 2- 29：校正成果合理性檢核（與相鄰圖幅影像做接邊檢視）	47
圖 2- 30：測繪中心提供的 TWD67 轉 TWD97 轉換程式	49
圖 2- 31：自動化執行之工作目錄建立	50
圖 2- 32：影像拼接合理性瀏覽校閱（套繪 TWD97 1/5,000 圖框）	51
圖 3- 1：中央子午線標示錯誤	54
圖 3- 2：影像修改版次範例（94181078）	54
圖 4- 1：特殊形狀圖幅框圖幅範例（93203057_080）	62

圖 4-2：特殊形狀圖幅依實際影像範圍裁切 (93203057_080)	63
圖 4-3：特例圖幅 (方格線繪製錯誤)	64
圖 4-4：特例圖幅 (圖框繪製錯誤)	64
圖 5-1：國土測繪圖資服務雲 (66 年像片基本圖)	68
圖 5-2：框線邊緣之文字或圖形容易形成不平整的 4 邊形輪廓	71
圖 5-3：直線檢測及文字篩選範圍	71
圖 5-4：因文字導致圖角點辨識錯誤	73
圖 5-5：格線旁像素與格線特徵相似，前處理後被判為格線	74
圖 5-6：格線被地圖中的文字截斷	74
圖 5-7：因邊框線問題導致圖角點辨識錯誤	75

表目錄

表 1-1：歷年像片基本圖輸出用影像檔種類及特性說明表.....	2
表 1-2：誤差來源及可能之誤差量級.....	2
表 1-3：歷年像片基本圖數量統計表（整理前）.....	3
表 1-4：各作業階段交付期程及交付成果數量表.....	8
表 1-5：工作完成時程表.....	9
表 2-1：各年度像片基本圖坐標系統統計表（試辦圖幅）.....	12
表 2-2：權重分析（以 95172021_072 為例）（誤差單位：公尺）...34	
表 2-3：Affine 坐標轉換報表（95201005_103）.....	35
表 2-4：檢核點選定規則.....	37
表 2-5：檢核點 RMSE 檢核標準.....	38
表 2-6：檢核項目及標準.....	39
表 2-7：1-2 階段疑義圖幅（圖角點轉換後誤差過大）誤差表.....	40
表 2-8：多項式影像校正（xy 方向尺度比差值過大）.....	42
表 3-1：勘誤態樣數量統計表.....	52
表 3-2：檔案名稱與作業清單圖號不符列表.....	52
表 3-3：檔案圖號與影像圖號不符列表.....	53
表 3-4：坐標系統標示錯誤列表.....	53
表 3-5：影像版次錯誤列表.....	54
表 3-6：不合理資訊（製圖時間比航攝時間早）修正列表.....	55
表 3-7：圖幅數量更正表.....	56
表 3-8：成果檢核項目及標準總表.....	57
表 3-9：繳交定位影像成果驗收合格文.....	58
表 4-1：完成成果數量表.....	59
表 4-2：各年度像片基本圖坐標系統統計表.....	60
表 4-3：影像點位量測方式（AI 辨識及人工量測）數量統計表.....	60
表 4-4：特殊形狀圖幅框處理之數量統計表.....	61
表 4-5：特例圖幅列表.....	61
表 4-6：疑義圖幅列表.....	62
表 4-7：特例圖幅狀況說明及處理方式.....	65
表 5-1：量測方式分析.....	70
表 5-2：彩色掃描圖與出圖檔狀況對比.....	72

第一章 前言

第一節 計畫概述

內政部國土測繪中心（以下簡稱測繪中心）為像片基本圖供應機關，供應方式為利用影像檔【其中 94 年（含）以前產製之影像檔種類為掃描影像檔（以下稱為掃描檔）；95 年以後產製之影像檔種類為出圖影像檔（以下稱為出圖檔）】輸出紙圖後提供申購，相關供應作業可至國土測繪圖資 e 商城（<https://whgis.nlsc.gov.tw>）檢索瀏覽及申請。

除供應像片基本圖紙圖外，為提供像片基本圖瀏覽服務，業於國土測繪圖資服務雲（<https://maps.nlsc.gov.tw>）新增 104 至 109 年像片基本圖圖磚成果提供線上閱覽，並開放 WMTS 網路介接服務；惟 103 年（含）以前之像片基本圖掃描檔或出圖檔並無定位資訊，無法提供產製圖磚供各界瀏覽查詢，為提升前開服務之資料完整性，規劃辦理歷年像片基本圖影像定位作業，將民國 60 年至 103 年測製上述像片基本圖輸出紙圖使用之掃描檔（JPG）及出圖檔（PDF），透過影像地理定位技術完成完整版及裁切版 TWD97 坐標定位 GeoPDF 檔案。

第二節 使用資料說明

像片基本圖係以正射影像為底圖，經加繪等高線、河流、道路，再加註地名、地標、土地使用狀況等資訊，可用於工程規劃或判斷地形起伏。

測繪中心目前係採用像片基本圖掃描檔或出圖檔以大型繪圖機繪製輸出紙圖【尺寸為 73cm×57cm；圖廓範圍約為 55.5cm×50.5cm】供應各界使用。

輸出紙圖使用之像片基本圖影像檔依產製方式分為掃描檔（JPG）及出圖檔（PDF），惟 103 年（含）以前皆無影像定位資訊，

相關說明如表 1-1。

表 1-1：歷年像片基本圖輸出用影像檔種類及特性說明表

影像檔種類及檔案格式	備註
掃描檔 JPG	解析度 300dpi，檔案大小約 50MB
出圖檔 PDF	檔案大小約 30MB
出圖檔 GeoPDF	檔案大小約 30MB

統整本計畫作業心得，本計畫誤差來源（如表 1-2）為原製圖精度以及掃描圖紙伸縮變形二方面，（一）基本圖製圖精度為 0.2 公釐，依比例尺 1/5,000 換算為 1 公尺，後續檢核標準亦參酌製圖精度來訂立；（二）掃描圖紙伸縮變形則多發生於早年的掃描檔，為造成作業影像不符檢核標準的主因。本次作業採用 6 參數 Affine 坐標轉換，制訂三個檢核內容為圖角點轉換誤差（檢核定位位置）、檢核點 RMSE（檢核轉換作業精度）以及 xy 尺度比差值（確認圖紙伸縮變形是否過大），詳細數據請參閱本報告書第二章第三節「六、坐標轉換報表其他檢核標準定義」，而本次影像定位作業主要為圖資雲平台所使用，故主要品質門檻指標為定位誤差不得大於 3 公尺（比例尺 1/5,000 圖幅）。

表 1-2：誤差來源及可能之誤差量級

誤差來源	影像狀況	可能之誤差量級
原製圖精度	1/5,000	製圖精度 0.2mm*5,000=1m
	1/10,000	製圖精度 0.2mm*10,000=2m
掃描圖紙伸縮變形	1/5,000 掃描檔	0~11.448 公尺

註：11.448 公尺為本計畫疑義圖幅中最大的圖角點轉換誤差。

第三節 工作項目及內容

像片基本圖影像定位作業說明如下：

一、作業數量及範圍

需以原測圖比例尺辦理像片基本圖影像定位作業，範圍為 60 年至 103 年測製之影像檔，計有 16,688 幅，其中屬密等者計有 750 幅，契約規範上各年度數量詳如表 1-3（各年度數量經整理後需修正，修正後數量請閱第四章第一節 完成成果數量及狀況說明，總數量不變不影響契約執行）。其中數位出圖檔佔 3,366 幅（20.17%），紙圖掃描檔 13,322 幅（79.83%）。

表 1-3：歷年像片基本圖數量統計表（整理前）

測製年度	影像檔種類		測圖 比例尺	密圖幅數 (幅)	總幅數(含密 圖)(幅)
	出圖檔	掃描檔			
103	✓		5,000	5	143
102	✓		5,000	44	196
101	✓		5,000	16	131
100	✓		5,000	94	726
99	✓		5,000	22	955
98	✓		5,000	40	355
97*	✓		5,000	10	221
96	✓	✓	5,000	21	620
95	✓	✓	5,000	10	1,010
94*		✓	5,000	3	1,101
93		✓	5,000	33	609
92		✓	5,000	8	350
91		✓	5,000	51	450
90		✓	5,000	6	283
89		✓	5,000	10	507
88		✓	5,000	1	506
87		✓	5,000	8	149
86		✓	5,000	—	154
84		✓	5,000	29	448
83		✓	5,000	21	401
82*		✓	5,000	—	2

測製年度	影像檔種類		測圖 比例尺	密圖幅數 (幅)	總幅數(含密 圖)(幅)
	出圖檔	掃描檔			
81		✓	5,000	11	685
80		✓	5,000	22	484
79		✓	5,000	4	129
78		✓	5,000	38	301
76		✓	5,000	25	386
75		✓	5,000	19	389
74		✓	5,000	—	212
73		✓	5,000	17	611
72		✓	5,000	52	424
		✓	10,000	—	30
71		✓	5,000	—	130
		✓	10,000	—	503
70		✓	5,000	16	634
		✓	10,000	—	24
69		✓	5,000	12	274
		✓	10,000	—	5
68		✓	5,000	25	376
67		✓	5,000	16	507
66		✓	5,000	23	861
65		✓	5,000	38	399
64*		✓	5,000	—	1
61*		✓	10,000	—	2
60*		✓	5,000	—	4
合計				750	16,688

資料來源: 本案服務建議徵求書表 2

註*: 部分影像測製年度有誤, 正確年度數量請閱表 4-1 完成成果數量表

二、工作項目

「110 年至 111 年歷年像片基本圖影像定位作業採購案」(以下簡稱本計畫)工作項目包含「需求訪談」、「試辦作業」、「影像定位及圖幅整飾裁切」等共三項主要工作及「成果檢核紀錄」、「密圖定位作業原則」及「疑義處理作業」等作業要求。

(一)需求訪談

應於決標次日起 3 日內至測繪中心辦理需求訪談，另針對像片基本圖掃描檔及出圖檔分別研擬影像定位及圖幅整飾裁切作業流程，並研擬成果檢核方式及標準、成果檔案名稱命名方式。

(二)試辦作業

辦理試辦作業（作業範圍為掃描檔及出圖檔各試作 9 幅），於決標次日起 15 日內繳交上開研擬及試作結果，經測繪中心確認後據以辦理相關作業。

(三)影像定位及圖幅整飾裁切處理作業

每幅像片基本圖均應於影像定位後產出含圖幅整飾（以下簡稱完整版）及不含圖幅整飾（以下簡稱裁切版）2 種成果，格式為 GeoPDF，TWD97 經緯度坐標系統，影像定位及圖幅整飾裁切說明如下：

1、影像定位

以像片基本圖影像上圖廓 4 圖角點及至少 4 個圖面方格點（如圖 1-1）作為控制點，以其影像坐標及圖面坐標（經緯度坐標）進行定位。

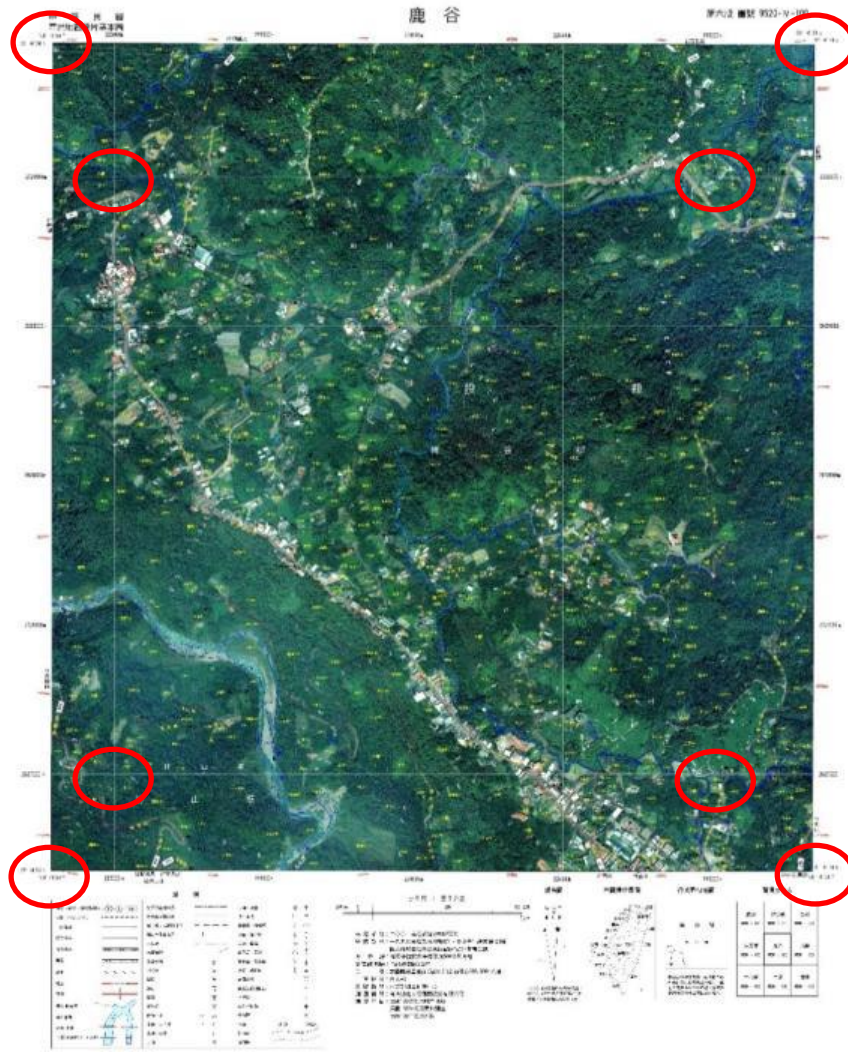


圖 1-1：像片基本圖之圖廓 4 圖角點及 4 方格點示意圖

2、圖幅整飾裁切

以完整保留圖廓內資訊為原則裁切去除圖幅整飾。

(四)成果檢核

依測繪中心確認同意之成果檢核方式及標準辦理作業成果檢核，製作成果檢核紀錄表併同成果繳交。

(五)密圖定位作業

辦理密等像片基本圖影像定位作業以測繪中心地籍資料庫作為作業場所，且需配合下列事項：

- 1、所需人員及軟硬體設備由廠商自備。

- 2、作業人員應配掛廠商識別證出入作業場所，遵守測繪中心門禁及相關管理規定，倘在一般作業時間外需超時加班，應事先徵得測繪中心同意派員配合。
- 3、作業人員對於相關圖檔及成果不得有攜出、傳送、攝影等情事，並對內容保密，如有違背情事，應負刑事及民事賠償責任，廠商並負連帶責任，測繪中心並得隨時派員監督作業過程。
- 4、作業場所內禁止吸煙、飲食，每日下班，並應將作業場所整理清潔。

(六)疑義處理作業

作業過程中，如遭遇處理疑義，應彙整疑義情形及擬具處理意見，並檢附相關資料通知測繪中心，俟測繪中心查處確認後再據以辦理後續作業。

(七)總報告書撰寫

總報告內容至少須包含：

1. 中英文摘要。
2. 計畫概述。
3. 工作項目及內容。
4. 工作執行方法。
5. 成果說明。
6. 結論與建議。
7. 附件。

第四節 工作期程說明

作業期限為自 110 年 9 月 17 日（決標日）次日起至 111 年 4 月 30 日，共分 2 階段辦理，各階段應交付成果項目及繳交期限如表 1-4：

表 1-4：各作業階段交付期程及交付成果數量表

階段	成果繳交項目	書面或電子檔	數量	單位	成果繳交日期
第 1 階段	第 1 批成果： 至少 5,458 幅像片基本圖（94 至 103 年測製）影像定位作業成果（含完整版及裁切版各 1 套、成果檢核紀錄表）	電子檔	1	份	於 110 年 11 月 15 日（含）前繳交。
	第 2 批成果： 至少 4,544 幅像片基本圖（81 至 93 年測製）影像定位作業成果（含完整版及裁切版各 1 套、成果檢核紀錄表）	電子檔	1	份	於 110 年 12 月 15 日（含）前繳交。
第 2 階段	第 1 批成果： 其餘歷年像片基本圖影像定位作業成果（含完整版及裁切版各 1 套、成果檢核紀錄表）	電子檔	1	份	於 111 年 3 月 31 日（含）前繳交。
	第 2 批成果： 完成工作總報告初稿，並裝訂成冊送交測繪中心辦理工作總報告審查。	書面	10	份	於 111 年 4 月 30 日（含）前繳交。
		電子檔	2	份	
	工作總報告修正版	書面	6	份	於測繪中心發文通知期限內繳交。
		電子檔	2	份	

第五節 工作完成時程說明

本計畫自 110 年 9 月 17 日決標後，隨即於 110 年 9 月 22 日下午 2 點（決標次日起 3 日內）於測繪中心改組前測繪資訊課辦理需求訪談，針對像片基本圖掃描檔及出圖檔分別研擬影像定位及圖幅整飾

裁切作業流程，並研擬成果檢核方式及標準、成果檔案名稱命名方式，會議內容及決議事項詳如附件 1，相關內容請詳第二章工作執行方法，並於 110 年 10 月 4 日（決標日次日起 15 日曆天內）檢送試辦作業 18 幅圖成果及試辦作業報告。

依前述作業所定之核可作業流程辦理本計畫影像定位作業，已於 110 年 11 月 15 日繳交第 1 階段第 1 批成果，內含 5,458 幅像片基本圖（94 至 103 年測製）影像定位作業成果；於 110 年 12 月 15 日繳交第 1 階段第 2 批成果，內含 4,544 幅像片基本圖（81 至 93 年測製）影像定位作業成果；於 111 年 3 月 24 日繳交第 2 階段第 1 批成果，內含本計畫其餘 6,686 幅像片基本圖（65 至 80 年測製）影像定位作業成果。

於作業執行期間共召開 4 次工作會議，歷次工作會議內容及決議事項詳如附件 2，整理歷次工作會議決議事項及影像定位作業成果後，於 111 年 4 月 29 日繳交工作總報告初稿，上述各工作項目繳交時間皆符合本計畫契約規範，詳如表 1-5 所示。

表 1-5：工作完成時程表

工作項目	契約規定時程	實際完成時程	相關文號
計畫決標	-	110 年 9 月 17 日	測秘字第 11015812511 號
需求訪談	決標次日起 3 日（9 月 24 日）內	110 年 9 月 22 日	-
試辦作業	決標次日起 15 日（10 月 4 日）內	110 年 10 月 4 日	亞國字第 1100000161 號
第 1 階段第 1 批成果	於 110 年 11 月 15 日（含）前	110 年 11 月 15 日	亞國字第 1100000188 號
第 1 階段第 2 批成果	於 110 年 12 月 15 日（含）前	110 年 12 月 15 日	亞國字第 110,0000228 號
第 2 階段第 1 批成果	於 111 年 3 月 31 日（含）前	111 年 3 月 24 日	亞國字第 1110000052 號
工作總報告初稿	於 111 年 4 月 30 日（含）前	111 年 4 月 29 日	亞國字第 1110000077 號

第二章 工作執行方法

依照契約規範應於決標次日起 3 日內至測繪中心辦理需求訪談，另針對像片基本圖掃描檔及出圖檔分別研擬影像定位及圖幅整飾裁切作業流程，並研擬成果檢核方式及標準、成果檔案名稱命名方式後，辦理試辦作業（作業範圍為掃描檔及出圖檔各試作 9 幅），於決標次日起 15 日內繳交上開研擬及試作結果，經測繪中心確認後據以辦理後續影像定位及圖幅整飾裁切處理作業。以下分先期試辦作業及執行作業方法兩部分工作執行說明如下。

第一節 作業執行理念

本計畫執行理念是紙圖掃描檔 JPG 及出圖檔 PDF 在地理定位及坐標轉換程序上以人工及 AI 方式量測每幅圖 13~25 個（滿足合約規定 8 個以上）均勻分布點位，以地理定位技術對不同時期坐標系統進行坐標轉換校正紙張變形後，獲取具備 TWD97 坐標全幅影像再去除圖框並產製具備地理經緯度坐標定義的 GeoPDF 檔案。

一、面臨挑戰

表 1-3 像片基本圖 16,688 幅中，由於大部分是紙圖掃描影像（13,322 幅，佔比 79.83%，不同於出圖檔 PDF 是數位航測產製）且產製單位不一（有行政院農業委員會林務局農林航空測量所、聯勤測量處測量製圖廠及民間製圖公司），因此，本計畫面臨挑戰在於紙圖本身製圖品質可能存在少數問題（例如坐標系統標示錯誤或方格坐標標示錯誤等）、紙張變形或掃描數位化過程產生變形（原則上如為錯位等無法校正情形則提出由測繪中心協助重新取得更新影像），影像定位校正後可能會有圖框裁切問題或接縫處有很大誤差或互相重疊等，造成未來使用者網路閱覽困擾或質疑製圖精度不佳。

二、採用技術方案

由於作業數量龐大，為達到一致性的作業品質，採用的技術方案如下：

(一)圖角點及方格點量測技術

圖角點及方格點量測技術為 AI 影像自動辨識及人工量測兩種方式並行。AI 技術主要是使用在影像品質良好的出圖檔採自動化量測以節省作業時間，其他圖幅則使用人工量測方式處理。以上兩種量測方式原則上皆量測 13~25 個以上點位，作為後續影像坐標轉換校正定位基礎。

(二)自動化坐標影像轉換技術

坐標轉換採批次自動化進行，以仿射 6 參數轉換 (Affine) 產出轉換後報表及誤差向量圖，自動化評估轉換後成果品質是否滿足標準，通過前述品質查核後之影像則進行自動化批次影像定位，賦予 TWD97 地理坐標完成影像地理定位。而無法通過上述品質檢核標準之疑義疑義圖幅，經在工作會議提出解決方案並獲取測繪中心同意後，以再加密控制點 (數量至少 20 點以上) 後採用 3 階多項式 (3rd Polynomial) 方式校正影像變形，以處理網格內不均勻變形及圖框變形問題。

(三)自動化產製全幅及裁切版 GeoPDF 檔案

前述處理後通過品質標準且合格地理影像定位全幅影像檔，再以批次自動化產製圖幅整飾裁切版及完整版 TWD97 經緯度定義的 GeoPDF。

第二節 先期試辦作業

一、需求訪談

於 110 年 9 月 22 日下午 2 點在測繪中心改組前測繪資訊課進行需求訪談，會議內容及決議事項如附件 1。

二、試辦成果

在辦理本計畫合計總數量 16,688 幅的影像定位及圖幅整飾裁切處理作業之前，先透過試辦其中 18 幅圖以建立完整作業流程，並提出成果檢核方式及標準、成果檔案名稱命名方式，以利後續計畫進行。

(一) 試辦作業數量及圖號

試辦作業所辦理之 18 幅其圖號如表 2-1 所示。

表 2-1：各年度像片基本圖坐標系統統計表（試辦圖幅）

測製年度	影像檔種類		坐標系統	橫麥卡托投影	數量 (幅)	圖號
	PDF	JPG				
100	✓		TWD97	TM-2	9	95172021,95172022, 95172031,95172032, 95172041,95172042, 95173030,95173040, 95173050
70		✓	TWD67	TM-3	4	95173030,95173040, 95173050,95172022
67		✓	TWD67	TM-3	2	95172021,95172041
66		✓	TWD67	TM-3	3	95172031,95172032, 95172042
合計					18	
備註：						
TM-2：橫麥卡托投影經差二度分帶						
TM-3：橫麥卡托投影經差三度分帶						

1、出圖檔 PDF

100 年度臺灣地區基本圖測製出圖檔，一共有 9 幅如圖 2-1，坐標系統為 TM-2 TWD97。作業前須先轉為 300DPI（原圖解析度）JPG 檔。

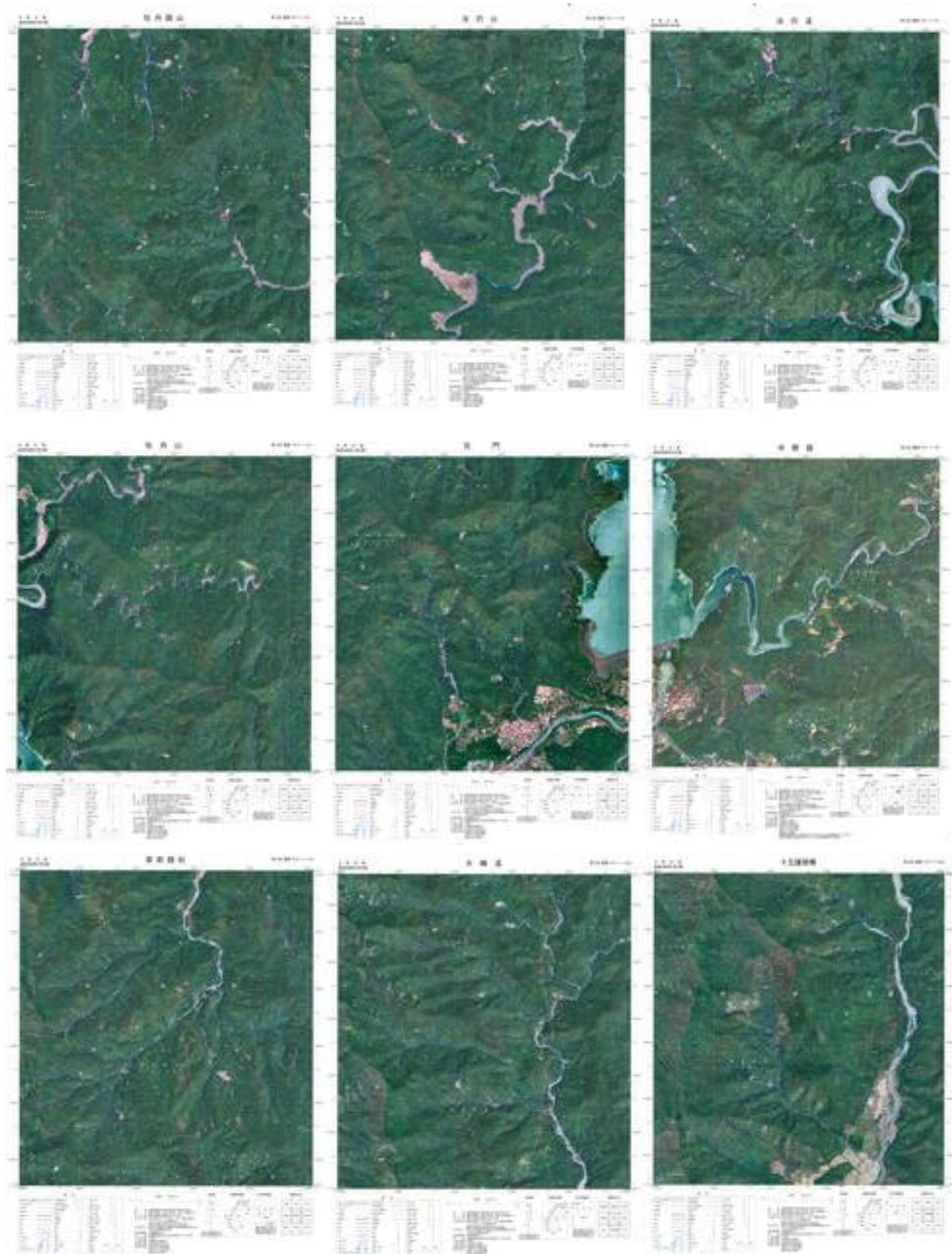


圖 2-1：100 年測製臺灣地區基本圖試辦圖共 9 幅

2、掃描檔 JPG

與出圖檔 PDF 相同圖號，一樣為 9 幅，如圖 2-2 所示，但測製時間為 72 年以前，坐標系統為 TM-3 TWD67。



圖 2-2：72 年以前測製臺灣地區基本圖之試辦圖共 9 幅

(二) 試辦作業點位量測方式

採用 GlobalMapper 軟體以影像定位人工量測方式辦理圖角點及方格點量測，每幅圖至少 12~25 個影像坐標點。相應圖面上 N,E 投影坐標點統稱為”控制點”。

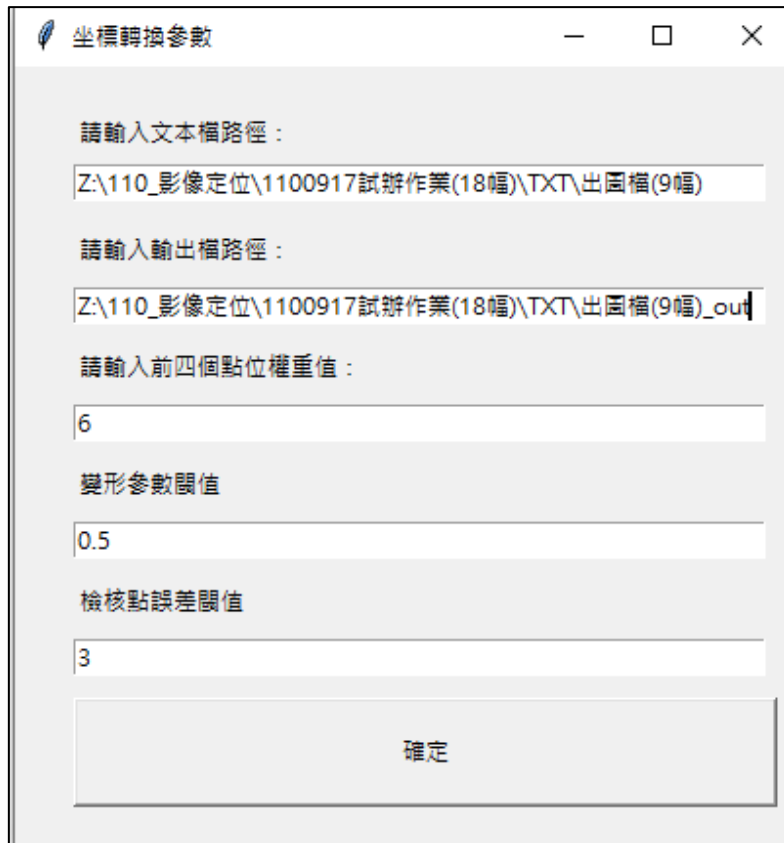
(三) Affine 6 參數坐標轉換

試辦 18 幅圖採用仿射 Affine 6 參數坐標轉換（公式如圖 2-3）辦理初步坐標轉換成果檢查，並撰寫為批次自動化處理程序產製成果報表（.txt 文字格式）及誤差向量圖（.dwg 格式）如圖 2-4。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x \cos \theta & S_y (\sin \theta + \sin \varepsilon \cdot \cos \theta) \\ -S_x \sin \theta & -S_y (\sin \varepsilon \cdot \sin \theta + \cos \theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 x + a_2 y + T_x \\ b_1 x + b_2 y + T_y \end{bmatrix}$$

a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、 T_x 、 T_y ：轉換參數

圖 2-3：仿射 Affine 6 參數坐標轉換公式



變形參數 ε ：
是指轉換前坐標軸
夾角及轉換後坐標
軸夾角之差值。

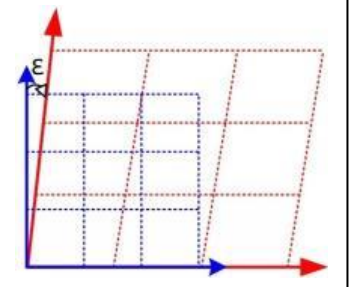


圖 2-4：仿射 Affine 6 參數坐標批次轉換程式

以下舉例 95172021 (100 年) 及 95172021 (67 年) 兩期
不同年代基本圖影像檔坐標轉換輸出成果報表及誤差向量圖
舉例如下：

1、圖號：95172021 (100 年) Affine 坐標轉換成果表

95172021 (100 年) 六參數轉換

 * X=a1*x+a2*y+Tx *
 * Y=b1*x+b2*y+Ty *

	控制點轉換前坐標		控制點坐標		轉換誤差	
圖角點	435.000	-7634.000	225049.210	2452768.510	0.248	0.244
	445.000	-1097.000	225053.620	2455536.570	0.050	0.129
	6534.000	-1106.000	227631.330	2455532.670	0.293	0.184
	6524.000	-7643.000	227627.370	2452764.610	0.040	0.299
方格點	1498.750	-7088.750	225500.000	2453000.000	-0.175	-0.378
	2679.750	-7088.750	226000.000	2453000.000	-0.165	-0.385
	3860.750	-7088.750	226500.000	2453000.000	-0.155	-0.392
	6222.750	-7088.750	227500.000	2453000.000	-0.134	-0.405
	1498.750	-5907.750	225500.000	2453500.000	-0.179	-0.311
	2679.750	-5907.750	226000.000	2453500.000	-0.169	-0.317
	5041.750	-5907.750	227000.000	2453500.000	-0.148	-0.330
	6222.750	-5907.750	227500.000	2453500.000	-0.138	-0.337
	1498.750	-4726.750	225500.000	2454000.000	-0.183	-0.243
	3860.750	-4726.750	226500.000	2454000.000	-0.162	-0.256
	5041.750	-4726.750	227000.000	2454000.000	-0.152	-0.263
	6222.750	-4726.750	227500.000	2454000.000	-0.142	-0.269
	2679.750	-3545.750	226000.000	2454500.000	-0.176	-0.182
	3860.750	-3545.750	226500.000	2454500.000	-0.166	-0.188
	5041.750	-3545.750	227000.000	2454500.000	-0.156	-0.195
	1498.750	-2364.750	225500.000	2455000.000	-0.190	-0.107
	2679.750	-2364.750	226000.000	2455000.000	-0.180	-0.114
	3860.750	-2364.750	226500.000	2455000.000	-0.170	-0.120
	6222.750	-2364.750	227500.000	2455000.000	-0.150	-0.133
	1498.750	-1183.750	225500.000	2455500.000	-0.194	-0.039
2679.750	-1183.750	226000.000	2455500.000	-0.184	-0.046	
5041.750	-1183.750	227000.000	2455500.000	-0.164	-0.059	
6222.750	-1183.750	227500.000	2455500.000	-0.153	-0.066	
				rmse	0.170	0.249

轉換參數:
 a1:0.423379
 a2:-0.000003
 b1:-0.000006
 b2:0.423427
 Tx:224865.263420
 Ty:2456001.201198
 Sx(尺度比x軸):0.423379
 Sy(尺度比y軸):-0.423427
 |Sy|-|Sx|(尺度比差值檢核):0.000049
 旋轉量:0-00-03
 單位權中誤差:0.298968

已知點數目= 34
 控制點數目= 27
 檢核點數目= 7
 前四個點位權重值= 6
 變形參數閾值= 0.5
 控制點誤差閾值= 3.0

檢核點檢核列表

轉換前坐標		檢核點坐標		檢核誤差	
5041.750	-7088.750	227000.000	2453000.000	-0.145	-0.398
3860.750	-5907.750	226500.000	2453500.000	-0.159	-0.324
2679.750	-4726.750	226000.000	2454000.000	-0.173	-0.249
1498.750	-3545.750	225500.000	2454500.000	-0.187	-0.175
6222.750	-3545.750	227500.000	2454500.000	-0.146	-0.201
5041.750	-2364.750	227000.000	2455000.000	-0.160	-0.127
3860.750	-1183.750	226500.000	2455500.000	-0.174	-0.053
rmse				0.164	0.244

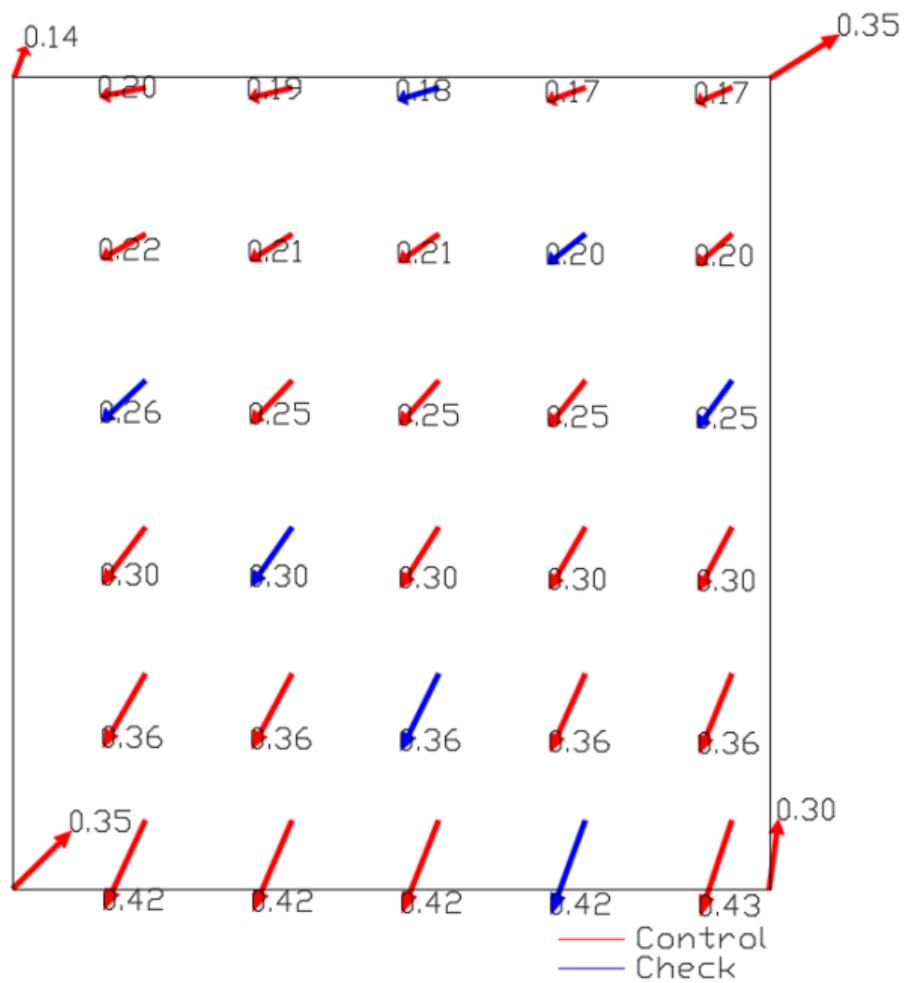


圖 2- 5：95172021（100 年）轉換後誤差向量圖

2、圖號：95172021（67 年）Affine 坐標轉換成果表

95172021（67 年）六參數轉換

 * X=a1*x+a2*y+Tx *
 * Y=b1*x+b2*y+Ty *

圖角點

方格點

控制點轉換前坐標	控制點坐標	轉換誤差
489.000 -7073.000	324216.104 2453208.190	0.208 0.161
493.000 -548.000	324220.666 2455976.539	0.125 -0.485
6577.000 -551.000	326798.609 2455972.501	-0.369 0.367
6574.000 -7080.000	326794.504 2453204.156	-0.321 -0.687
1158.000 -6385.000	324500.000 2453500.000	0.024 -0.031
5879.000 -6380.000	326500.000 2453500.000	0.049 0.606
1152.000 -1669.000	324500.000 2455500.000	-0.506 0.353
5876.000 -1667.000	326500.000 2455500.000	0.789 -0.284
		rmse 0.384 0.424

已知點數目= 13
 控制點數目= 8
 檢核點數目= 5
 前四個點位權重值= 1
 變形參數閾值= 0.5
 控制點誤差閾值= 3.0

轉換參數:
 a1:0.423644
 a2:0.000427
 b1:-0.000314
 b2:0.424169
 Tx:324012.168651
 Ty:2456208.653249
 Sx(尺度比x軸):0.423644
 Sy(尺度比y軸):-0.424170
 |Sy|-|Sx|(尺度比差值檢核):0.000526
 旋轉量:0-02-33
 單位權中誤差:0.572472

檢核點檢核列表

轉換前坐標	檢核點坐標	檢核誤差
3518.000 -6380.000	325500.000 2453500.000	-0.174 1.348 檢核誤差>1
1154.000 -4025.000	324500.000 2454500.000	-0.664 1.010 檢核誤差>1
3515.000 -4022.000	325500.000 2454500.000	-0.439 1.540 檢核誤差>1
5877.000 -4025.000	326500.000 2454500.000	0.207 -0.475
3514.000 -1666.000	325500.000 2455500.000	0.143 0.883
		rmse 0.381 1.115 rmse>1.000000

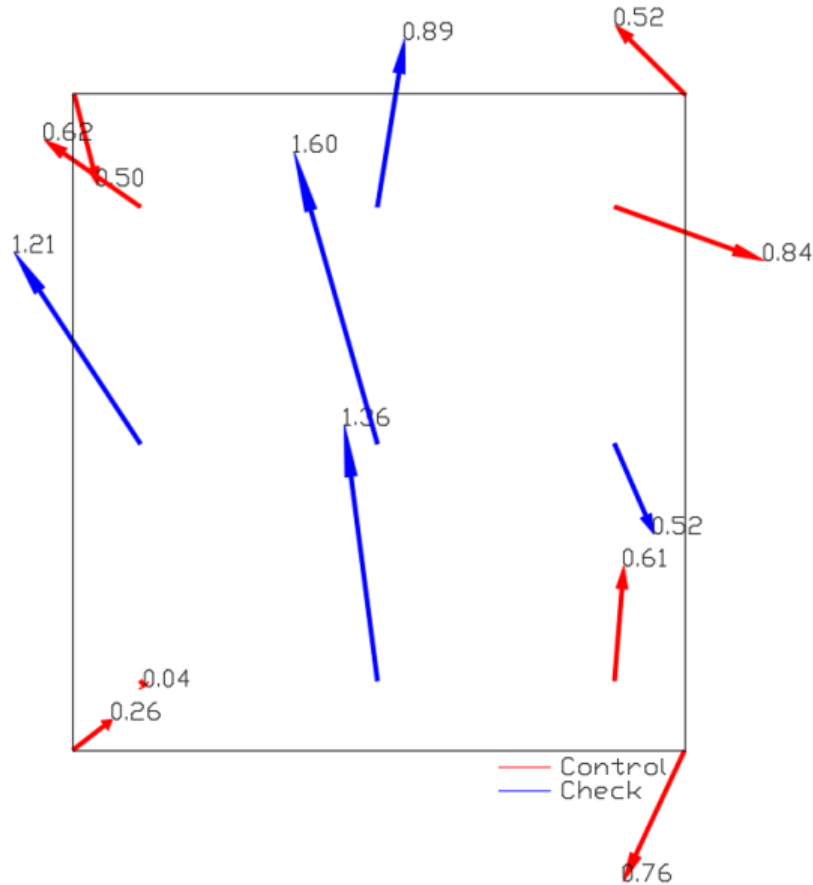


圖 2- 6：95172021（67 年）轉換後誤差向量圖

(四) 成果檢查方式及標準

依據前述 18 幅不同時期代表性圖幅圖角點及方格點量測後轉換成果報表及誤差向量圖，試辦作業針對比例尺 1/5,000 出圖檔擬定檢核項目及檢核標準，後續隨計畫進行滾動修正 1/5,000 掃描檔（第 3 次工作會議，考量掃描檔品質較差調整檢核點 RMSE 標準）及 1/10,000 掃描檔（第 4 次工作會議，依比例尺不同調整）之檢核標準，詳細內容請閱本章第三節坐標轉換報表其他檢核標準定義及附件 2。

(五) 影像定位及圖幅裁切作業流程

依據本計畫工作項目內容及試辦作業工作會議（詳附件 2 內第 1 次及第 2 次工作會議紀錄）定調影像定位及圖幅裁切作業流程，並因應 AI 辨識技術及自動化圖幅裁切程式，統一掃描檔及出圖檔作業流程如圖 2-7 所示。

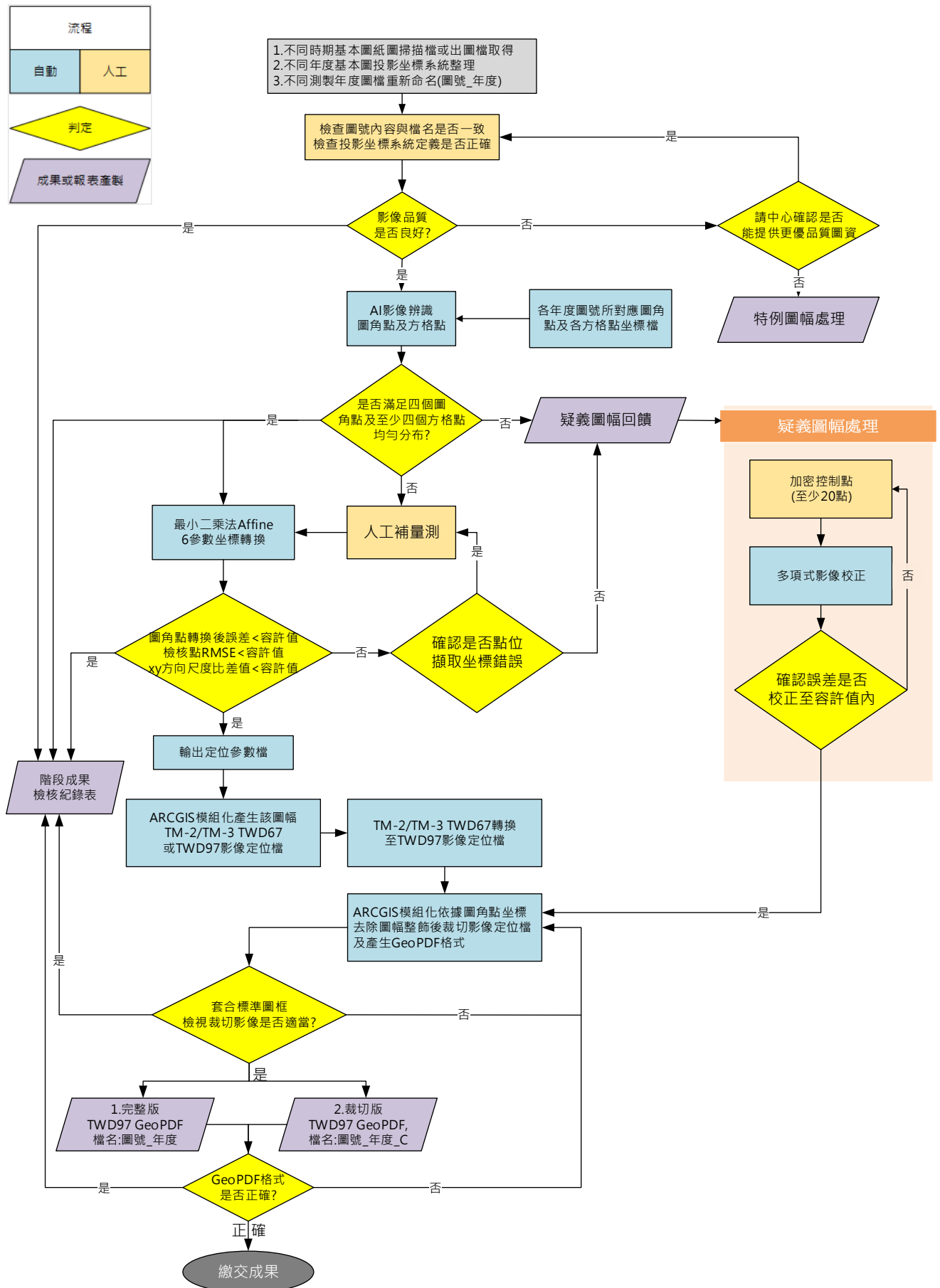


圖 2- 7：基本圖影像地理定位及裁切生產作業流程

(六)成果檔案命名方式

完整版在圖號後加上年度別（3 碼）如 95172021_067，
裁切版則在圖號後加上年度別及 C 如 95172021_067_C。

(七)試辦作業影像定位成果檢核

100 年試辦圖幅 9 幅圖（出圖檔）透過定位裁切後影像拼接如圖 2-8，72 年以前 9 幅圖（掃描檔）透過定位裁切後影像拼接如圖 2-9，拼接後檢核影像定位位置是否正確，並與相鄰圖幅做接邊檢視，以確認影像定位作業品質良善。

1、影像定位成果拼接合理性檢核（出圖檔）

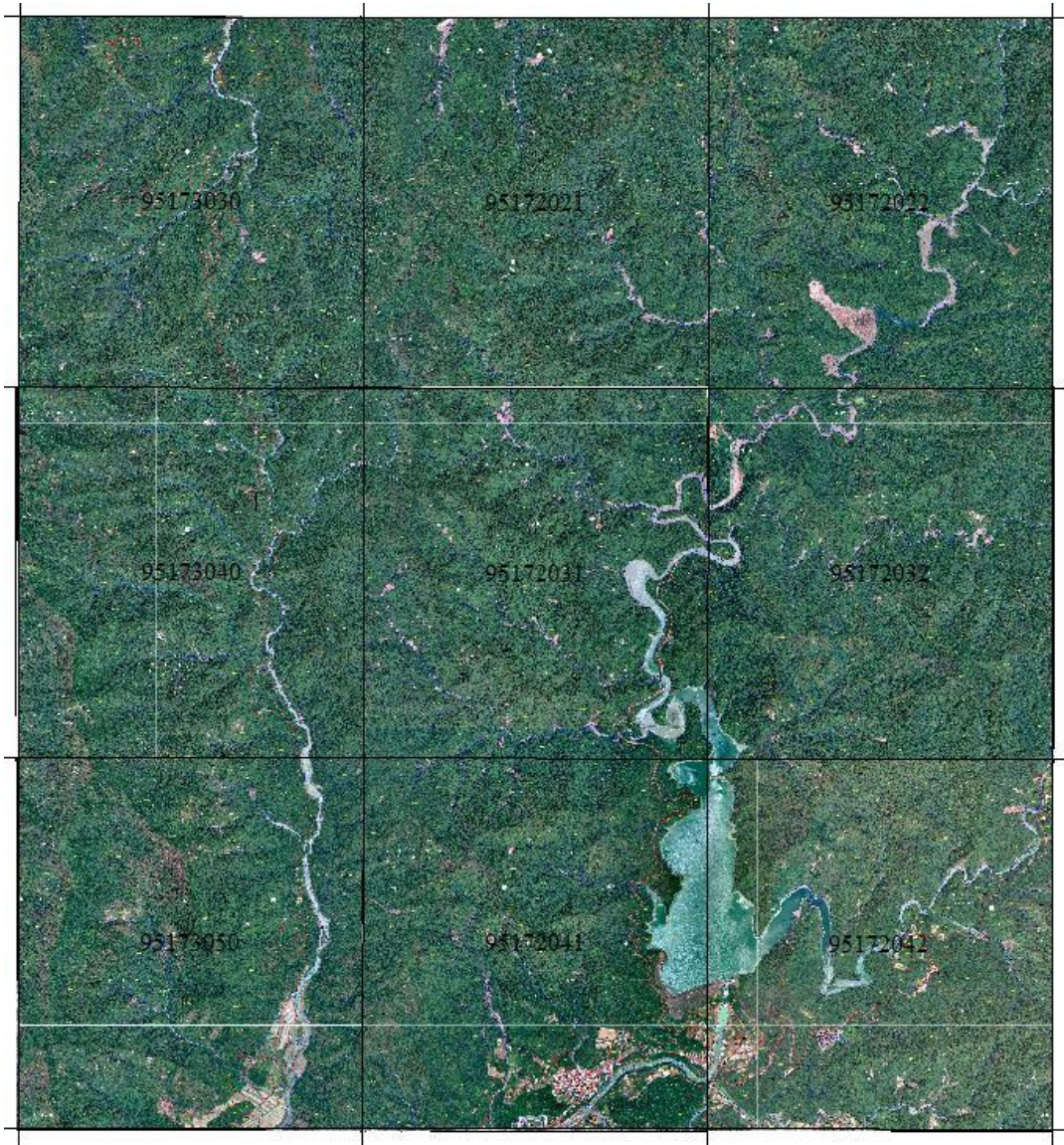


圖 2-8：影像定位成果拼接合理性檢核（出圖檔）

2、影像定位成果拼接合理性檢核（掃描檔）



圖 2-9：影像定位成果拼接合理性檢核（掃描檔）

第三節 作業執行方法

本計畫以原測圖比例尺辦理像片基本圖影像定位作業，影像定位作業中量測圖角點及方格點主要方法分為 AI 辨識及人工量測等 2 種方法，當 AI 辨識點位不足或不夠均勻分布時，則改以人工量測，實務執行上 AI 辨識只適用於品質良好的出圖檔，掃描影像檔因為解析度及掃描後影像雜訊過多，加上大部分早期基本圖為黑白，都是造成 AI 辨識失敗率高的問題，為使工作順利執行，原則上出圖檔皆採 AI 自動化量測（加上部分圖幅人工補量測）方式辦理，其他掃描檔則是以人工量測方式作業。影像定位作業完成後每幅像片基本圖均產出含圖幅整飾及不含圖幅整飾 2 種成果，格式為 GeoPDF，TWD97 經緯度坐標系統，成果產製後與相鄰成果及標準圖框套匯檢視確認成果品質。

詳細作業執行方法如下所述：

一、各年度基本圖每幅圖角點及方格點 NE 坐標值建立

(一)1/5,000 比例尺

為了後續自動化取方格坐標值及坐標轉換，以 excel 表列 TWD67-119 TM-2、TWD67-121 TM-2 及 TWD67-121 TM-3；TWD97-119 TM-2 及 TWD97-121 TM-2 全臺灣 1/5,000 圖幅各圖角點 NE 坐標值。

(二)1/10,000 比例尺

1 張 1/10,000 比例尺基本圖涵蓋 4 張 1/5,000 比例尺圖幅，圖角點 NE 坐標計算取自上述 1/5,000 圖框 NE 坐標。

二、影像圖角點及方格點 AI 辨識

(一)AI 辨識方式

辨識方式主要是採取人工智慧類神經網絡（Artificial Intelligence Neural Networks）技術自動辨識圖角點及所有方

格點如圖 2-10，記錄每幅圖四個圖角點及方格點（含檢核點）坐標，提高量測數量至 25 點以上，AI 無法成功辨識圖幅則以人工介入方式補正。目的是增加多餘觀測量以提高歷史基本圖資影像檔可能伸縮變形校正品質，並在最小二乘法 Affine 轉換過程剔除較大誤差值以提升整體作業品質。

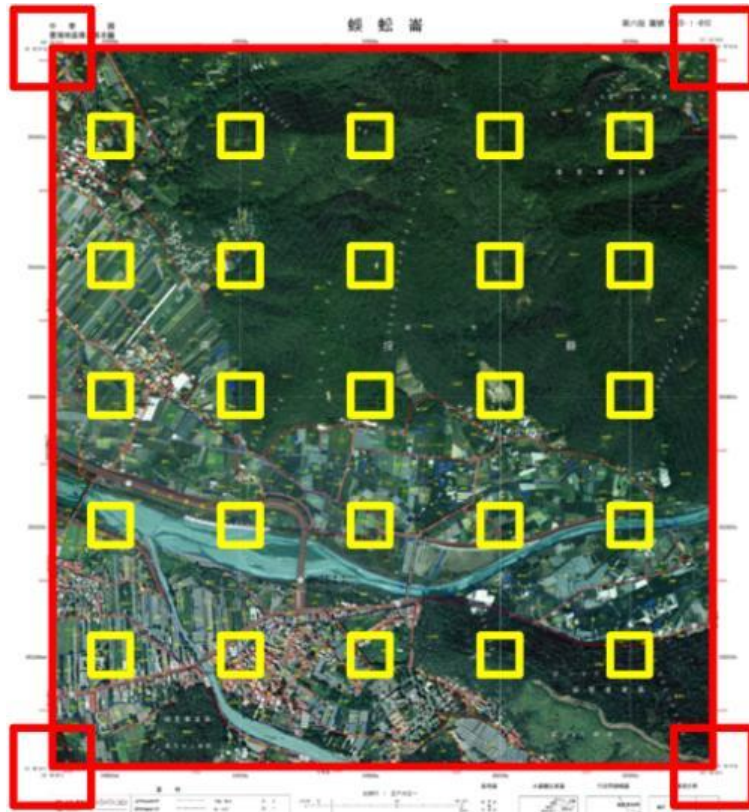


圖 2-10：AI 影像辨識量測圖角點及方格點

(二)AI 辨識圖角點及方格點作業技術說明

本系統導入影像 AI 辨識技術，主要是基本圖圖角點及方格點影像標的物辨識偵測及坐標記錄。本次影像 AI 追蹤辨識技術主要的方法為採用影像邊緣檢測及霍夫線轉換

（HoughLines Transform）直線偵測技術：

霍夫線轉換是一種用來尋找直線的方法，首先一條直線在圖像二維空間可由極坐標系參數 (ρ, θ) 極徑和極角兩個變量表示，如圖 2-11 所示，一直線的表達式可為： $y = (-\cos\theta/\sin\theta) x + (\rho/\sin\theta)$ ，那麼一條直線能夠通過在 $\rho\theta$ 平面尋找交於 1 點的曲線數量（每一個點在 $\rho\theta$ 平面上代表一條曲

線) 來檢測，越多曲線交於 1 點也就表示這個交點代表的直線由更多的點組成，霍夫線轉換便是通過設置直線上點的閾值來定義多少條曲線交於一點才認為檢測到了一條直線，它追蹤圖像中每個點對應曲線間的交點，如果交於一點的曲線的數量超過了閾值，那麼可以認為這個交點所代表的 (ρ, θ) 在原圖像中為一條直線。

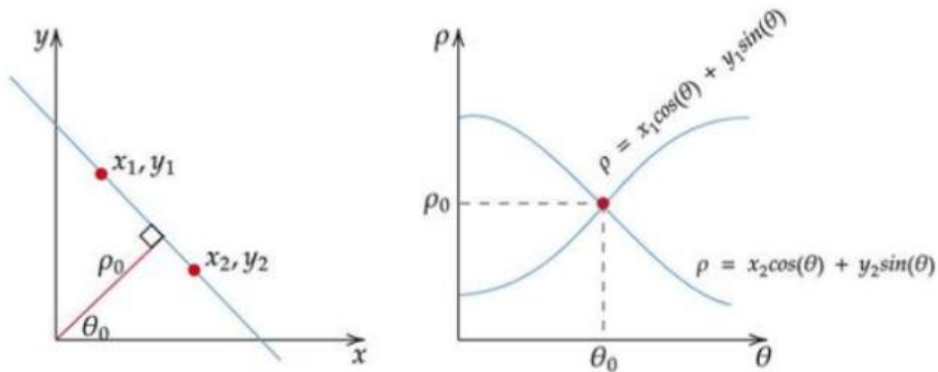


圖 2-11：霍夫線轉換公式參考圖

(三)AI 辨識圖角點及方格點作業流程

依 AI 追蹤辨識核心技術制定作業流程如下，如圖 2-12 所示。

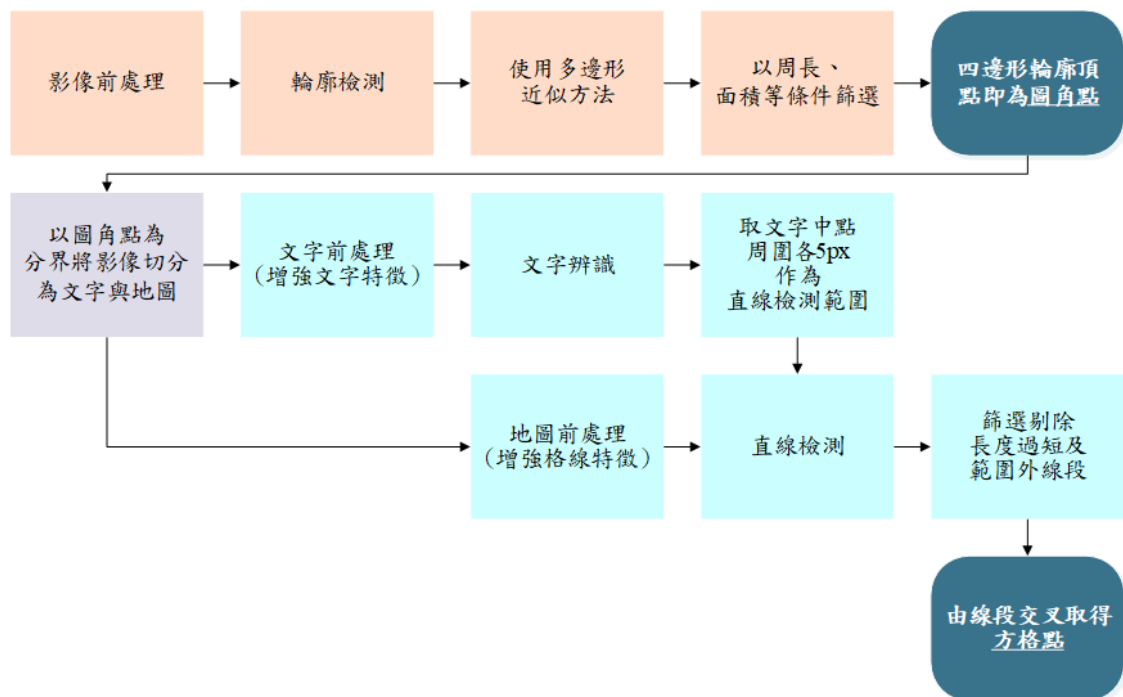


圖 2-12：AI 追蹤辨識作業流程

1、影像前處理

因影像內容繁雜不利於辨識，首先對影像作灰階、二值化等前處理，篩選掉非目標內容，如圖 2-13 所示，以利辨識作業進行。



圖 2-13：影像前處理

2、圖角點辨識

輪廓檢測原理是先透過閾值來對目標與其餘非目標（背景）分割，以突顯出目標物，再透過邊緣檢測找出目標的輪廓，如圖 2-14 所示，再利用多邊形近似方法，使得輪廓能更加逼近於平滑且無凸起的 4 邊形，最後進行周長、面積大小等篩選，留下唯一的四邊形輪廓，則以此 4 邊形之頂點作為圖角點輸出。



圖 2-14：輪廓檢測

3、方格點-前處理

以取得圖角點的 4 邊形輪廓作為分界線，將原始影像切分為外圍的文字部分與內部的地圖部分，分別對 2 個部分作不同的影像前處理。文字部分影像需進行適當的膨脹處理，以使文字些微加粗，如圖 2-15 所示，以利後續辨識，但不能過度膨脹，會造成文字與文字彼此相連，反而無法正確辨識出文字。地圖部分則須使用形態學處理來調整影像，其中也包含膨脹處理，以增強格線特徵。



圖 2- 15：文字部分前處理之結果

4、方格點-文字辨識

本計畫採用 Tesseract-OCR (Optical Character Recognition, 光學字元辨識, OCR) 來辨識文字, 步驟為先辨識出影像中的文字區塊, 接著辨識區塊中的各行文字, 再辨識每一行裡的連續文字或數字。

前處理後的文字部分影像使用 Tesseract-OCR 文字辨識, 如圖 2-16 所示, 辨識出影像內所有文字後, 保留與實

際坐標相符之文字而坐標位置。再取其坐標中點的周圍各 5Pixel 作為直線檢測範圍，以利後續篩選格線時使用。

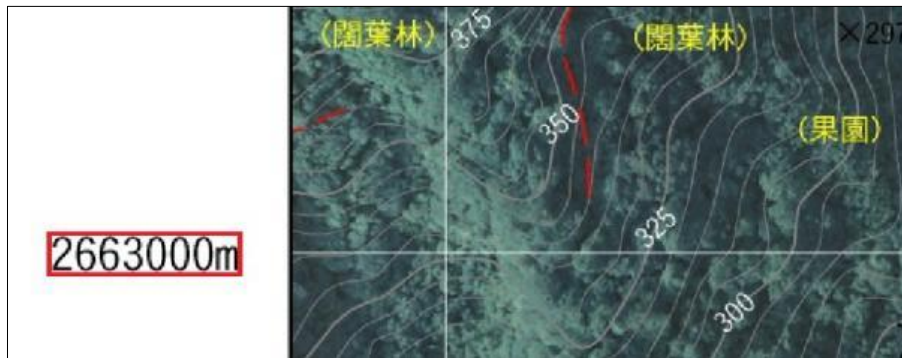


圖 2-16：使用 Tesseract-OCR 文字辨識影像中的實際坐標

5、方格點-直線檢測

對已增強格線特徵的地圖部分影像做直線檢測，找出影像內所有線段，再使用辨識到的線段以長度及文字辨識所篩出的檢測範圍來進行篩選，如圖 2-17 所示。

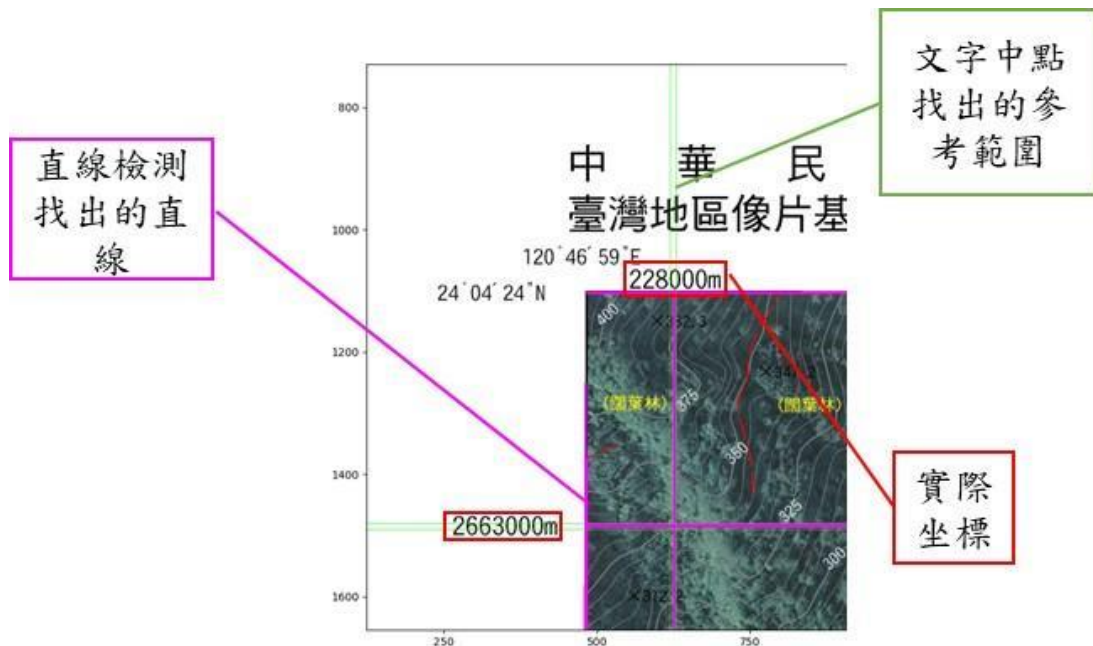


圖 2-17：直線檢測及文字篩選範圍

6、取得方格點坐標

成功辨識方格線後（如圖 2-18），取方格線交點即可得方格點坐標。

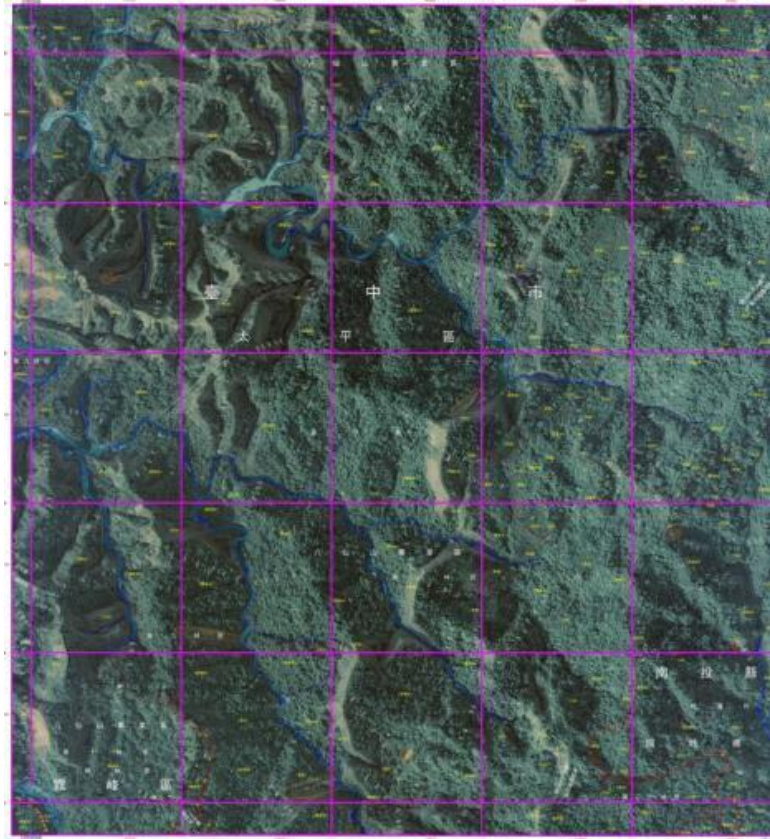


圖 2-18：成功辨識方格線

(四)AI 辨識點位檢核及反饋機制

辨識點檢核可採取檢視 Affine 坐標轉換報表是否有圖角點轉換後誤差過大、檢核點 RMSE 過大或 xy 方向尺度比差值過大等情形（檢核方式詳第三章說明）再介入反饋是否為量測誤差造成，如果是，則檢討 AI 辨識原則後重新辨識或是人工重新量測，再重新 Affine 計算求取最佳轉換結果。

三、影像圖角點及方格點人工量測

(一)人工量測方式

人工量測時機有二，一為 AI 辨識圖角點不足 4 個，二為方格點 AI 追蹤辨識點數量不足 4 個或不夠均勻分布（這可由點位誤差向量圖展點分析可知），人工量測以滿足合約規定圖角點 4 個及方格點 4 個（均勻分布）為主，另外加 5 個方格點為檢核點。量測方式為採用 GlobalMapper rectify image 功

能（如圖 2-19），先選定影像的投影及坐標系統（TM-2/TM-3 TWD67 或 TM-2 TWD97）後進行人工量測，依序完成所有必要點位量測後輸出記錄所有點位量測值及相應地面坐標值供後續坐標轉換成果品質評估及轉出定位檔使用。

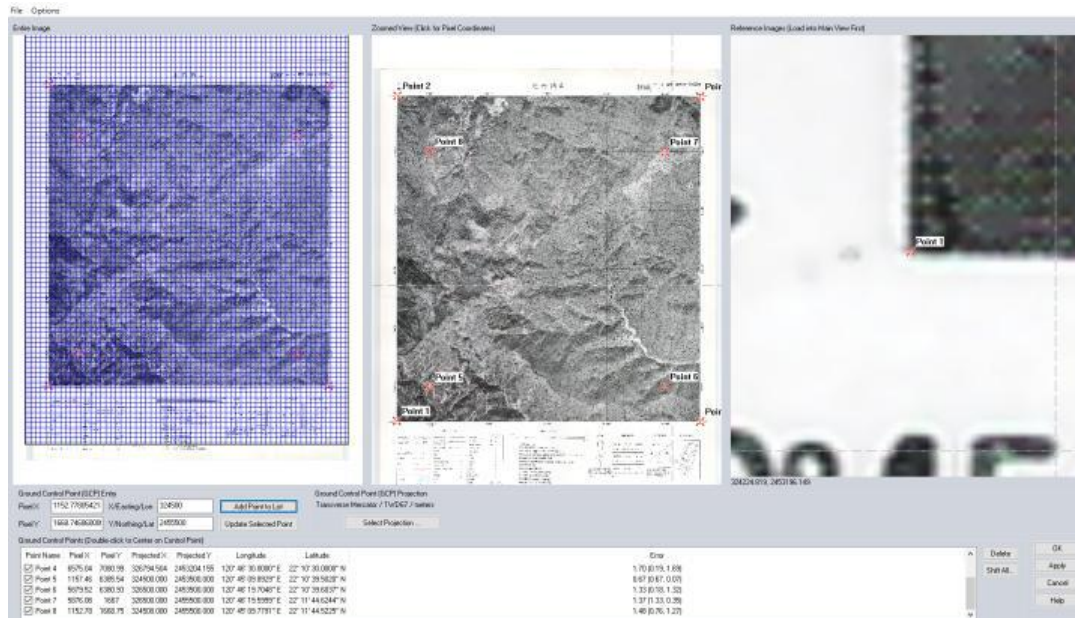


圖 2- 19：使用 GlobalMapper rectify image 功能進行人工量測

(二)人工量測精度分析

依據試辦作業人工量測所有點位數據的量測精度經評估 95%可達到 1pixel~2pixel 以內（原始 300dpi 掃描檔每個 Pixel 等同地面解析度約 42cm），約略等同 AI 辨識精度。

(三)人工量測點位檢核及反饋機制

量測點檢核可採取檢視 Affine 坐標轉換報表是否有圖角點轉換後誤差過大、檢核點 RMSE 過大或 xy 方向尺度比差值過大（檢核方式詳第三章說明）等情形再介入反饋是否為量測誤差造成，如果是則人工重新量測後再重新 Affine 計算求取最佳轉換結果。

四、密圖定位作業原則及方法

本計畫 16,688 幅需作業影像中有 750 幅屬於密等像片基本圖，辦理密等像片基本圖影像定位作業以測繪中心地籍資料庫作為作業場所，自備作業程式及資料安裝至測繪中心指定電腦上，作業時必需於指定位置作業，由監控攝影機錄製全程作業動作，測繪中心亦派員監督作業過程，作業結束時需確認密等影像是否有刪除，不可遺留在電腦上，並遵守契約規範之密圖定位作業規定事項。

本公司於密圖作業時，亦展示利用 AI 辨識程式做圖角點和方格點的自動辨識與量測，以中心密室電腦執行 AI 辨識程式約莫 1 分鐘 1 幅（每幅辨識圖角點加方格點合計 29 點以上），確認程式執行過程及結果符合本報告書 AI 章節內容所述。

五、坐標轉換前置作業

採用 Affine 坐標 6 個參數轉換：兩坐標系間包含二個比例尺因子 S_x 、 S_y 、一個變形因子（坐標系兩軸間之非正交） ϵ 、一個旋轉量 θ 及兩個平移量 Δx 、 Δy 。一組坐標可列兩條觀測方程式，6 個未知數至少需要 6 條方程式才能求解，換句話說：至少要三個共同點來求解，基本上坐標轉換以 a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , T_x , T_y 6 個參數表列如圖 2-3。

為了批次作業自動化處理並留存計算報表及誤差向量圖供測繪中心審視，依公式撰寫完成 6 參數 Affine 坐標轉換計算程式如圖 2-4。辦理坐標轉換前，尚需依設計需求建立坐標輸入檔及相關參數設置如下說明：

(一)坐標輸入檔定義

1、影像量測坐標輸入檔

首先記錄四個圖角點量測坐標再依序記錄其他所有方格點量測坐標如下：

$x_1 y_1$

x2 y2
.....

2、地面坐標 NE 輸入檔

依據每幅圖坐標系統 (TM-2 TWD97, TM-2 TWD67, TM-3 TWD67) 定義，自動讀取該坐標系統各圖幅圖角點 N,E 投影坐標值，並自動對 500mx500m 方格點坐標讀出組合如下：

E1 N1
E2 N2
.....

3、程式自動匹配組合以上坐標為後續坐標轉換使用輸入檔

x1 y1 E1 N1
x2 y2 E2 N2
.....

(二)坐標轉換圖角點權值定義

圖角點為後續圖幅鑲接重要依據，權重值相比方格點要高才合理 (因為圖角點只有 4 個，出圖檔方格點數量為圖角點數量 5~7 倍) 且設定上會有出圖檔及掃描檔兩種不同權值 (出圖檔圖角點權值為 6，量測轉換計算上，掃描檔的圖角點權值降為 1)。

AI 辨識點位為 4 個圖角點、25~36 個方格點 (19~27 個為坐標轉換用控制點，6~9 個為檢核點)，人工量測為 4 個圖角點、9 個方格點 (4 個為坐標轉換用控制點，5 個為檢核點)，兩者圖角點與坐標轉換用方格點之比例不一致 (AI 辨識為 4:19~4:27，人工量測為 4:4)，為使兩者作業方式坐標轉換結果趨於一致，故設置 AI 辨識圖角點位權重值為 6，人工量測圖角點位權重值為 1，加權後 AI 辨識圖角點方格點比例

為 24:19~24:27=4:3.2~4:4.5，趨近於人工量測比例 4:4。

另就不同權重之轉換誤差進行比對（如表 2-2），以試作作業圖幅 95172021_072 為例，經比對後可發現為權重值越高，圖角點誤差就會越少，但方格點（轉換誤差第 5~第 23 點及檢核點第 1~6 點）誤差會變大，判斷為把圖角點誤差配賦去其他點位的關係，只是基本上不管權值為何，各點的轉換誤差皆在 2Pixel（0.8 公尺）內，所以理論上可視為各權值（1~100）的轉換結果差不多。但是高權值的轉換會有一疑慮，就是若有一圖角點抓點位置錯誤或掃描檔變形嚴重，但其誤差被配賦去其他點位而導致其誤差看起來沒這麼大，有可能使我們未發現其為疑義圖資。但圖角點於定位準確度部分有相當重要關係，故需要一定權重程度但又不可太高，於試辦作業期間分析且經與測繪中心討論後確認出圖檔採用權重值 6，可使權重後圖角點數量與方格點數量約莫保持 1：1 的比例。

表 2-2：權重分析（以 95172021_072 為例）（誤差單位：公尺）

權重值	權重值=1		權重值=4		權重值=6		權重值=10		權重值=50		權重值=100	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
轉換誤差												
圖角點 1	0.086	-0.732	-0.060	-0.393	-0.082	-0.291	-0.097	-0.178	-0.101	0.032	-0.100	0.068
圖角點 2	0.225	-0.485	0.121	-0.381	0.105	-0.335	0.096	-0.276	0.094	-0.153	0.095	-0.131
圖角點 3	-0.691	-0.053	-0.397	-0.062	-0.325	-0.042	-0.252	-0.009	-0.135	0.073	-0.117	0.089
圖角點 4	-0.441	-0.727	-0.188	-0.500	-0.123	-0.425	-0.054	-0.337	0.060	-0.168	0.078	-0.139
方格點 1	-0.167	-0.491	-0.266	-0.189	-0.277	-0.096	-0.282	0.009	-0.273	0.205	-0.270	0.238
方格點 2	0.415	-1.121	0.395	-0.841	0.400	-0.753	0.411	-0.653	0.443	-0.465	0.449	-0.433
方格點 3	-0.269	1.218	-0.213	1.475	-0.190	1.558	-0.163	1.653	-0.108	1.833	-0.099	1.864
方格點 5	-0.374	0.382	-0.162	0.596	-0.106	0.669	-0.047	0.753	0.054	0.917	0.070	0.946
方格點 6	-0.047	-0.116	-0.138	0.143	-0.149	0.226	-0.153	0.321	-0.144	0.501	-0.140	0.532
方格點 7	0.537	0.526	0.524	0.763	0.530	0.840	0.542	0.931	0.574	1.103	0.581	1.133
方格點 9	0.433	0.538	0.575	0.731	0.615	0.799	0.659	0.879	0.737	1.035	0.750	1.063
方格點 10	-0.254	0.756	-0.035	0.928	0.022	0.990	0.082	1.065	0.184	1.214	0.200	1.240
方格點 11	-0.350	0.682	-0.434	0.899	-0.443	0.972	-0.446	1.057	-0.437	1.222	-0.433	1.250
方格點 13	-0.031	0.694	0.041	0.867	0.065	0.930	0.094	1.005	0.150	1.154	0.160	1.180
方格點 14	0.975	-0.360	1.124	-0.209	1.166	-0.151	1.211	-0.081	1.290	0.059	1.303	0.084
方格點 15	-0.136	-0.990	0.090	-0.860	0.149	-0.808	0.209	-0.743	0.311	-0.610	0.328	-0.586

權重值	權重值=1		權重值=4		權重值=6		權重值=10		權重值=50		權重值=100	
方格點 17	-0.495	0.427	-0.493	0.579	-0.485	0.637	-0.471	0.707	-0.438	0.848	-0.431	0.873
方格點 18	-0.334	1.069	-0.255	1.199	-0.230	1.252	-0.200	1.317	-0.144	1.450	-0.134	1.474
方格點 19	0.671	-0.410	0.828	-0.301	0.870	-0.253	0.916	-0.193	0.995	-0.068	1.008	-0.046
方格點 21	-0.535	0.159	-0.604	0.290	-0.611	0.344	-0.613	0.409	-0.602	0.542	-0.599	0.566
方格點 22	-0.376	-0.471	-0.367	-0.361	-0.357	-0.313	-0.343	-0.253	-0.309	-0.128	-0.303	-0.105
方格點 23	0.631	0.171	0.718	0.259	0.745	0.302	0.775	0.357	0.832	0.474	0.842	0.495
方格點 25	0.527	-0.665	0.768	-0.621	0.829	-0.588	0.891	-0.543	0.994	-0.442	1.011	-0.423
轉換誤差 rmse	0.451	0.654	0.475	0.682	0.488	0.703	0.503	0.735	0.534	0.815	0.540	0.831
Sy - Sx 尺度比差值檢核	0.000541		0.000439		0.000417		0.000395		0.000362		0.000357	
單位權中誤差	0.795		0.721		0.672		0.597		0.349		0.273	
檢核誤差	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
方格點 4	0.737	0.163	0.871	0.399	0.910	0.477	0.953	0.567	1.031	0.739	1.044	0.769
方格點 8	-0.997	0.744	-0.933	0.960	-0.910	1.032	-0.882	1.117	-0.827	1.282	-0.817	1.311
方格點 12	-0.192	-0.372	-0.198	-0.177	-0.190	-0.109	-0.177	-0.029	-0.145	0.128	-0.138	0.155
方格點 16	-0.231	0.208	-0.307	0.382	-0.315	0.446	-0.318	0.521	-0.308	0.670	-0.304	0.696
方格點 20	-0.016	-0.191	0.218	-0.104	0.278	-0.062	0.339	-0.007	0.442	0.110	0.458	0.132
方格點 24	0.791	-0.035	0.955	0.031	0.999	0.069	1.045	0.119	1.125	0.228	1.138	0.248
檢核誤差 rmse	0.613	0.365	0.674	0.460	0.691	0.502	0.710	0.556	0.744	0.673	0.750	0.695

六、坐標轉換報表其他檢核標準定義

Affine 坐標轉換後報表如表 2-3 所示，其內紀錄 Affine 坐標轉換相關參數、圖角點量測數量、方格點量測數量、圖角點轉換後誤差、檢核點 RMSE 及 xy 方向尺度比差值等相關數值。

表 2-3：Affine 坐標轉換報表 (95201005_103)

95201005_103 六參數轉換

```

*****
*      X=a1*x+a2*y+Tx      *
*      Y=b1*x+b2*y+Ty      *
*****

```

控制點轉換前坐標		控制點坐標		轉換誤差	
476.000	-7641.000	235555.360	2652077.140	-0.046	-0.174
483.000	-1100.000	235558.140	2654845.820	-0.038	0.103
6492.000	-1105.000	238101.720	2654843.480	0.075	-0.020
6486.000	-7645.000	238099.420	2652074.800	0.010	0.127
1527.000	-6641.000	236000.000	2652500.000	0.190	0.229
2708.000	-6641.000	236500.000	2652500.000	0.124	0.161

3889.000	-6641.000	237000.000	2652500.000	0.057	0.093
6251.000	-6641.000	238000.000	2652500.000	-0.075	-0.043
1527.000	-5460.000	236000.000	2653000.000	0.158	0.174
2708.000	-5460.000	236500.000	2653000.000	0.092	0.106
5070.000	-5460.000	237500.000	2653000.000	-0.041	-0.031
6251.000	-5460.000	238000.000	2653000.000	-0.107	-0.099
1527.000	-4279.000	236000.000	2653500.000	0.127	0.118
3889.000	-4279.000	237000.000	2653500.000	-0.006	-0.018
5070.000	-4279.000	237500.000	2653500.000	-0.072	-0.086
6251.000	-4279.000	238000.000	2653500.000	-0.138	-0.154
2708.000	-3098.000	236500.000	2654000.000	0.029	-0.005
3889.000	-3098.000	237000.000	2654000.000	-0.037	-0.073
5070.000	-3098.000	237500.000	2654000.000	-0.104	-0.141
1527.000	-1917.000	236000.000	2654500.000	0.064	0.008
2708.000	-1917.000	236500.000	2654500.000	-0.002	-0.060
3889.000	-1917.000	237000.000	2654500.000	-0.069	-0.128
6251.000	-1917.000	238000.000	2654500.000	-0.202	-0.265
				RMSE	0.098 0.125

已知點數目 = 29
 控制點數目 = 23
 檢核點數目 = 6
 前四個點位權重值 = 6
 變形參數閾值 = 0.5
 控制點誤差閾值 = 3.0

轉換參數:
 a1:0.423314
 a2:-0.000027
 b1:-0.000058
 b2:0.423323
 Tx:235353.612473
 Ty:2655311.606251
 Sx(尺度比 x 軸):0.423314
 Sy(尺度比 y 軸):-0.423323
 |Sy|-|Sx|(尺度比差值檢核):0.000009
 旋轉量:0-0-28
 單位權中誤差:0.145538

檢核點檢核列表

轉換前坐標		檢核點坐標		檢核誤差	
5070.000	-6641.000	237500.000	2652500.000	-0.009	0.025
3889.000	-5460.000	237000.000	2653000.000	0.026	0.037
2708.000	-4279.000	236500.000	2653500.000	0.061	0.050
1527.000	-3098.000	236000.000	2654000.000	0.095	0.063
6251.000	-3098.000	238000.000	2654000.000	-0.170	-0.209
5070.000	-1917.000	237500.000	2654500.000	-0.135	-0.197
				RMSE	0.101 0.123

(一)控制點轉換後誤差檢核標準定義

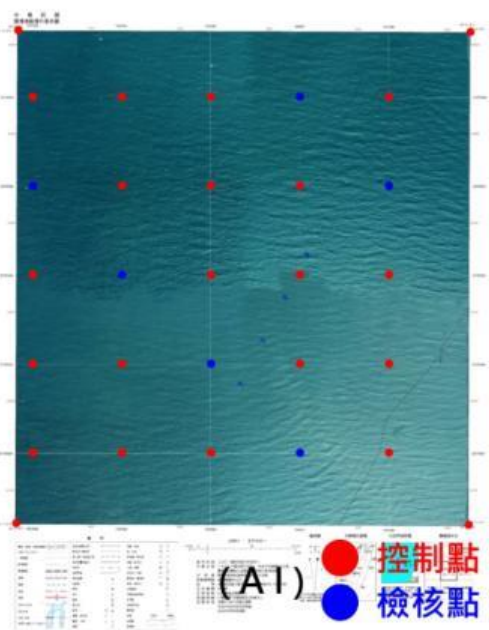
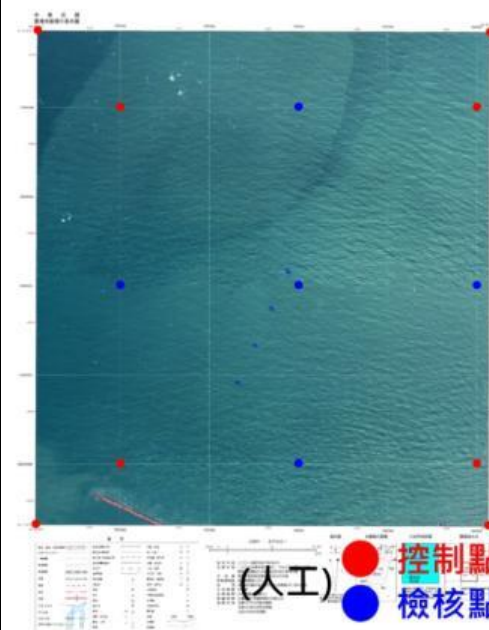
上述批次轉換報表轉換後點位 X 方向或 Y 方向誤差大於 3 公尺 (以製圖精度 0.2mm*5,000=1 公尺的 3 倍為門檻值)

將剔除不參與平差，如果剔除的是圖角點則暫停平差並重新檢視量測位置或坐標值輸入是否有誤，再重新加入平差，如果仍然大於 3 公尺就視為疑義提出轉換成果數據供測繪中心參考。註：若為比例尺 1/10,000 之圖幅，則圖角點轉換後誤差容許值為 $3*2=6$ 公尺（依比例尺調整）。

(二)檢核點 RMSE 檢核標準定義

因應量測總點位數量不同（AI 辨識至少 29 點，人工量測至少 13 點）分別制定兩種檢核點選取規則，如表 2-4 所示。

表 2-4：檢核點選定規則

	檢核點選定 (AI 辨識)	檢核點選定 (人工量測)
說明	AI 作業時，方格點在平差程式計算中會自動挑選 4 的倍數序為檢核點（挑選基準為依序將讀入的方格點依照 4 個取 1 個方式，視為檢核點）不參與平差解算。	人工量測數量需滿足合約規定圖角點 4 個及方格點 4 個為轉換用控制點，除 8 個控制點外另外加 5 個檢核點，點位分布以均勻分布為原則，故方格點點位分布以九宮格分布為主，4 個端點點位做為轉換用控制點，其餘 5 個中軸點位則做為檢核點
圖示	 <p>(AI) ● 控制點 ● 檢核點</p>	 <p>(人工) ● 控制點 ● 檢核點</p>

檢核點 RMSE 檢核標準因應圖紙狀況及比例尺訂定不同容許值，96 年以後的像片基本圖其檢核點 RMSE 小於 1 公尺

(以製圖精度 $0.2\text{mm} \times 5,000 = 1$ 公尺為標準門檻) 視為合格；95 年以前的像片基本圖圖紙伸縮誤差嚴重，導致掃描檔品質較差，經測繪中心同意後調整 95 年以前的像片基本圖之檢核點 RMSE 檢核標準為小於 1.5 公尺；10,000 比例尺之像片基本圖皆為 95 年以前，則因應比例尺不同調整檢核標準為兩倍，故 10,000 比例尺像片基本圖之檢核點 RMSE 檢核標準調整為小於 3 公尺。檢核點 RMSE 檢核標準如表 2-5 所示。

表 2-5：檢核點 RMSE 檢核標準

像片基本圖狀況	檢核點 RMSE
比例尺 1/5,000 (96 年以後測製)	應小於 1 公尺
比例尺 1/5,000 (95 年以前測製)	應小於 1.5 公尺
比例尺 1/10,000	應小於 3 公尺

(三)xy 方向尺度比差值檢核標準定義

x 方向與 y 方向尺度比不應差異過大，如果 S_x 與 S_y 絕對值差異值大於 0.002 (約當 $0.002 \times 2,500$ 公尺 = 5 公尺)，則認定有掃描檔本身 x 方向或 y 方向圖紙不等量伸縮過大，應列為疑義圖檔。註：若為比例尺 1/10,000 之圖幅，則 xy 方向尺度比差值容許值為 $0.002 \times 2 = 0.004$ (依比例尺調整)。

七、坐標轉換成果誤差向量圖說明

依參數轉換後圖角點及方格點誤差向量展繪成 dwg 檔如圖 2-20 所示。採用坐標系統為原圖投影坐標系統，單位為公尺。

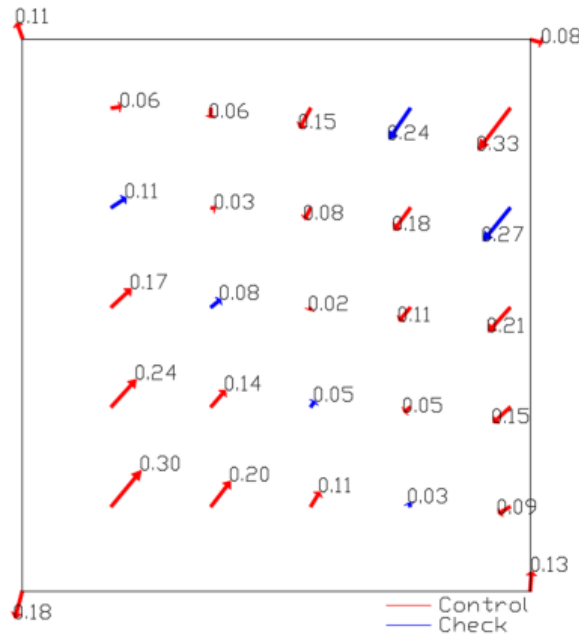


圖 2-20：誤差向量圖（95201005_103）範例

八、疑義圖幅處理方法

依據前述檢核標準進行檢核，檢核項目如表 2-6，檢核不通過者先確認圖角點及方格點影像坐標是否有量測錯誤，確認影像坐標量測無誤後則列為疑義圖幅，並且測繪中心亦針對部分疑義圖幅另外提供新的掃描影像，然而新影像同樣有轉換誤差過大之疑義情形，且疑義圖幅皆為 84 年以前的掃描影像，故可知疑義圖幅為紙圖本身因年代較早已有較嚴重的伸縮變形，才導致掃描作業之影像有轉換誤差過大之情形。

表 2-6：檢核項目及標準

檢核項目	影像狀況	檢核標準
圖角點 轉換後誤差	1/5,000	應小於 3 公尺
	1/10,000	應小於 6 公尺
檢核點 RMSE	1/5,000 (96 年以後測製)	應小於 1 公尺
	1/5,000 (95 年以前測製)	應小於 1.5 公尺
	1/10,000	應小於 3 公尺
xy 方向 尺度比差值	1/5,000	應小於 0.002
	1/10,000	應小於 0.004

因應此圖紙不均勻影像伸縮變形問題，提出的處理方式為該圖幅再加密控制點量測數量至 20 點以上並以 3 階多項式影像校正

(Third-order image polynomial rectification) 的方式進行調整，使影像作業定位點可以正確地座落於圖幅框上，經人工檢視校正後影像誤差皆在檢核標準內，可知多項式影像校正可以解決 Affine 轉換誤差過大之疑義情形。以下說明各種類型疑義圖幅處理方式：

(一)圖角點轉換後誤差過大

部分圖幅疑義情形為圖角點 Affine 轉換後圖角點誤差大於 3 公尺，已重新確認過圖角點圖面量測坐標正確無誤，非影像 Affine 轉換作業之問題，為紙圖本身因年代較早已有較嚴重的伸縮變形，才導致掃描作業之影像有轉換誤差過大之情形。

以 3 階多項式影像校正的方式進行調整，使影像四個圖角點可以正確地座落於圖幅框上，經影像校正後影像圖角點位置與四個圖框坐標誤差皆在容許誤差 3 公尺內，以 1-2 階段疑義圖幅為例（如表 2-7），經影像校正後影像圖角點位置與四個圖框坐標誤差皆在 0.8 公尺（約莫 2Pixel）內。

表 2-7：1-2 階段疑義圖幅（圖角點轉換後誤差過大）誤差表

圖號	影像校正後誤差[公尺]			
	圖角點西南	圖角點西北	圖角點東北	圖角點東南
95211093_083	0.2	0.5	0.5	0.8
95214036_083	0.3	0.6	0.3	0.3
95214066_083	0.0	0.6	0.6	0.7
95222062_083	0.2	0.7	0.6	0.3

(二)檢核點 RMSE 過大

部分圖幅疑義情形為檢核點 RMSE 大於 1.5 公尺，已重新確認過檢核點圖面量測坐標正確無誤，非影像 Affine 轉換作業之問題，為紙圖本身因年代較早已有較嚴重的伸縮變形，才導致掃描作業之影像有轉換誤差過大之情形。

採用 3 階多項式影像校正的方式進行校正，如圖 2-21 所示，使影像檢核點可以座落於正確坐標位置上，校正前轉換

誤差最大之檢核點點位經影像校正後其坐標差小於 1 公尺。

以多項式影像校正可以調整檢核點 RMSE 過大之狀況，但部分圖幅有方格線繪製錯誤之情形，需確認方格線繪製無誤後，方可使用多項式影像校正調整。

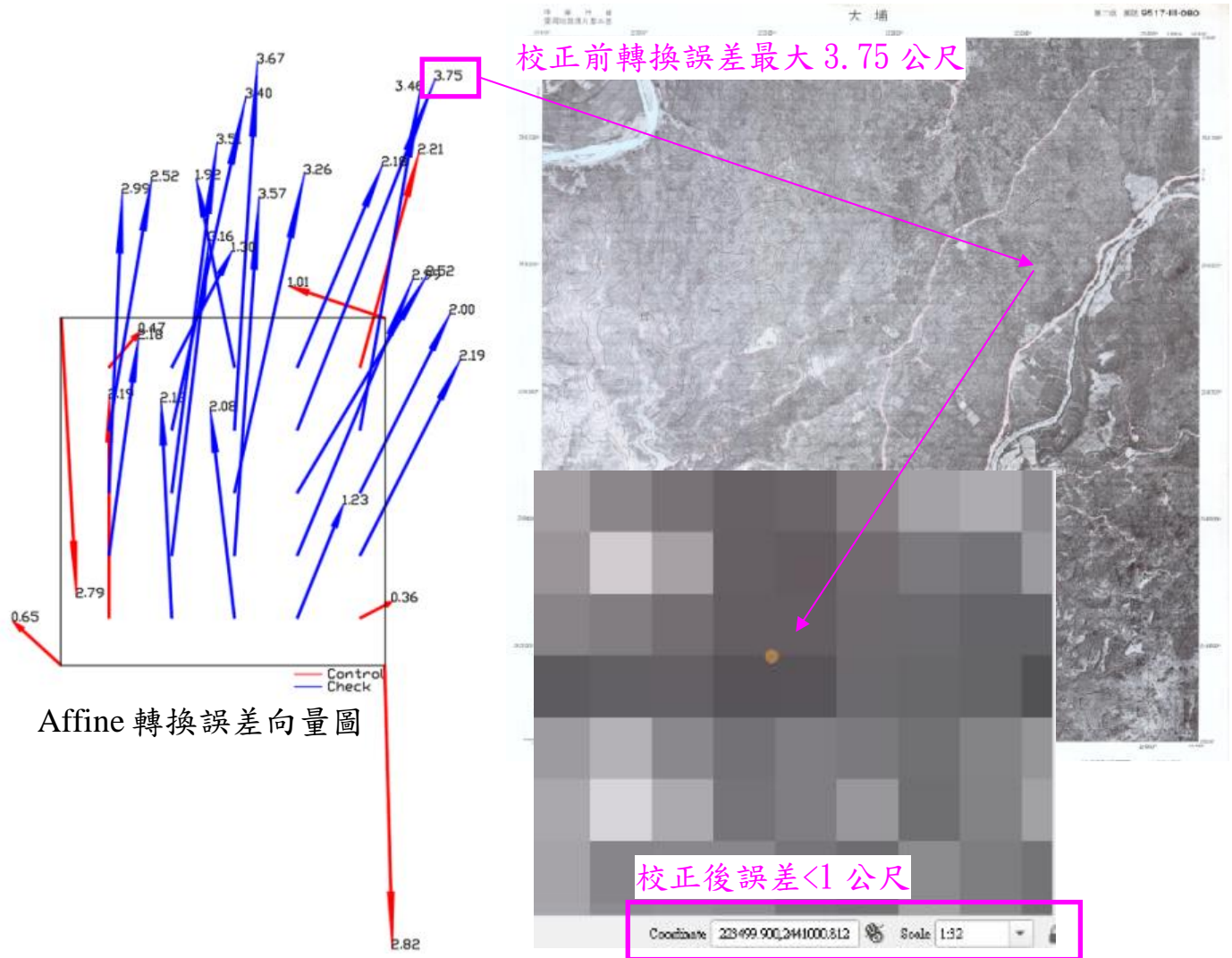


圖 2-21：多項式影像校正（檢核點 RMSE 過大）

(三)xy 方向尺度比差值過大

針對 xy 方向尺度比差值過大之情形，同樣以 3 階多項式影像校正的方式進行校正，如表 2-8 及圖 2-22 所示（以 94193009_073 為例），校正後影像距離與圖面坐標差之差值最大為 1.952 公尺（小於單點誤差容許值 3 公尺）。

表 2-8：多項式影像校正（xy 方向尺度比差值過大）

	X 坐標	Y 坐標
西南圖角點	168,952.963	2569,225.281
東北圖角點	171,526.522	2571,979.964
圖面坐標差	(X 方向) 2,573.559	(Y 方向) 2,754.683
校正後影像距離	(X 方向) 2,573.431	(Y 方向) 2,756.635
坐標差與影像距離差值	0.128 公尺	1.952 公尺

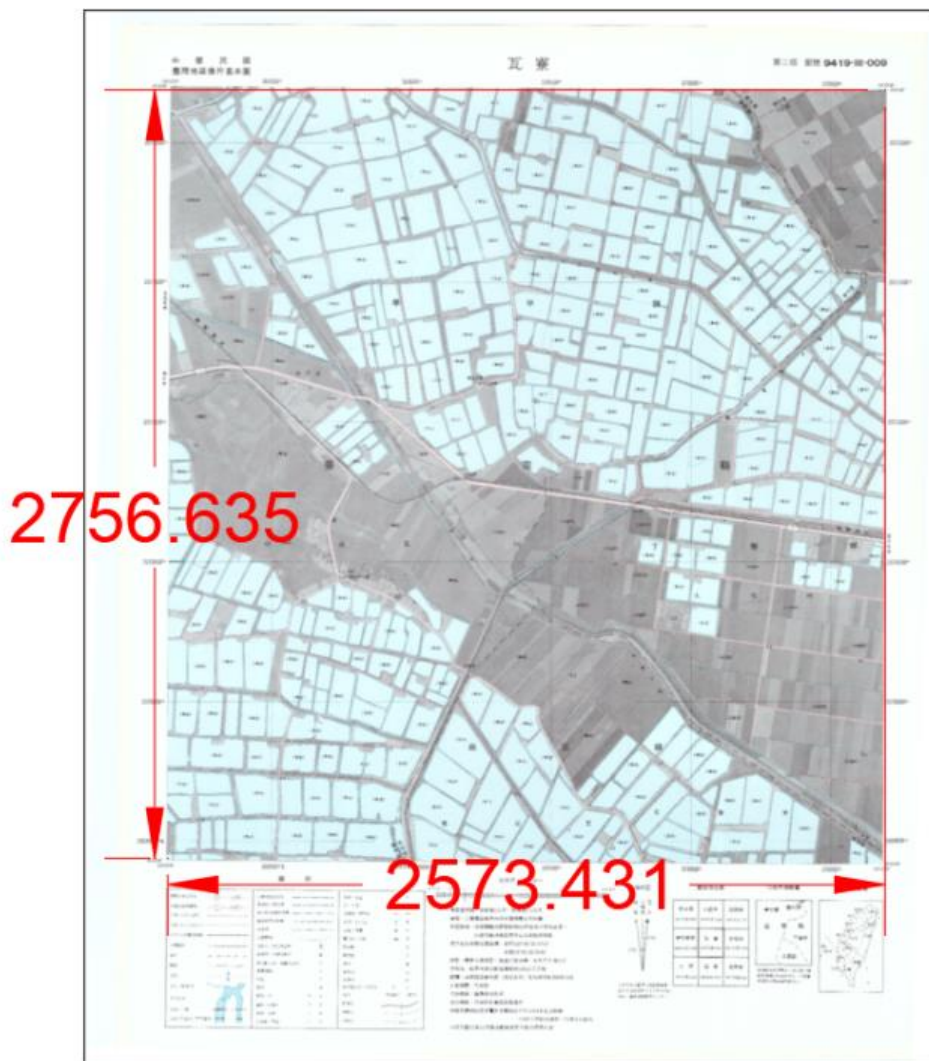


圖 2-22：多項式影像校正（xy 方向尺度比差值過大）

九、多項式影像校正

(一)校正內容說明

上述所提之多項式影像校正是一基於 3 階多項式轉換而來的影像校正方式（使用前提是圖面控制點數量至少 20 點以上），一般常用的 Affine 參數轉換誤差（也可以說是一階多項式轉換）可以做到把平面擬合到定位坐標上，但對於伸縮扭曲變形而導致轉換誤差大之影像，其實就可視為一複雜的曲面，Affine 參數轉換則難以把曲面擬合到定位坐標上，但 3 階多項式轉換則可以把此複雜的曲面擬合到定位坐標上，如圖 2-23 所示，故針對轉換誤差較大（不符合檢核標準）之圖幅，本公司提出以多項式影像校正處理。

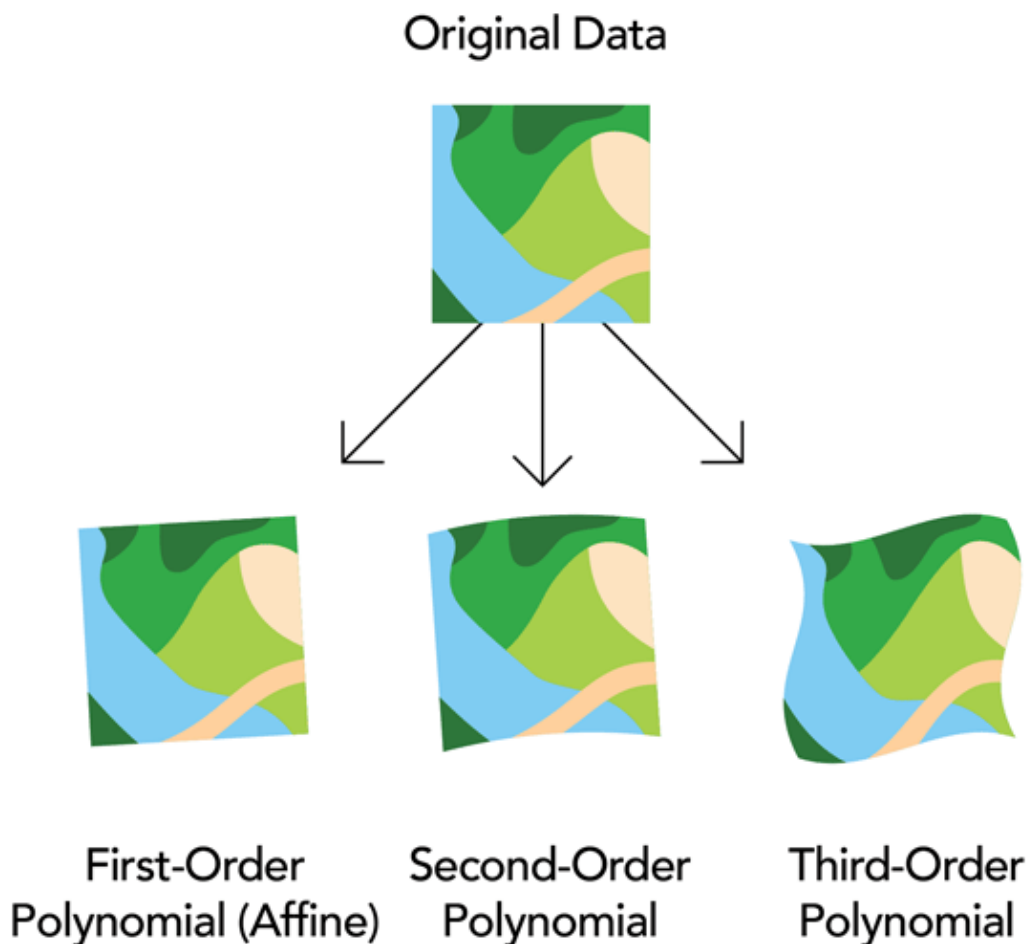


圖 2-23：多項式轉換示意圖

多項式轉換基本上就是多項式方程式的應用，若以方程式來說明，如圖 2-24 所示，我們可以看到 1 階方程式其方程式呈現結果為直線，故對應於 1 階多項式轉換（Affine 參數轉換）其轉換結果就是擬合到平面，而 2 階方程式其方程式呈現結果為曲線，故對應於 2 階多項式轉換其轉換結果就是擬合到曲面，最後 3 階方程式其方程式呈現結果為連續曲線，故對應於 3 階多項式轉換其轉換結果就是擬合到更複雜的曲面。

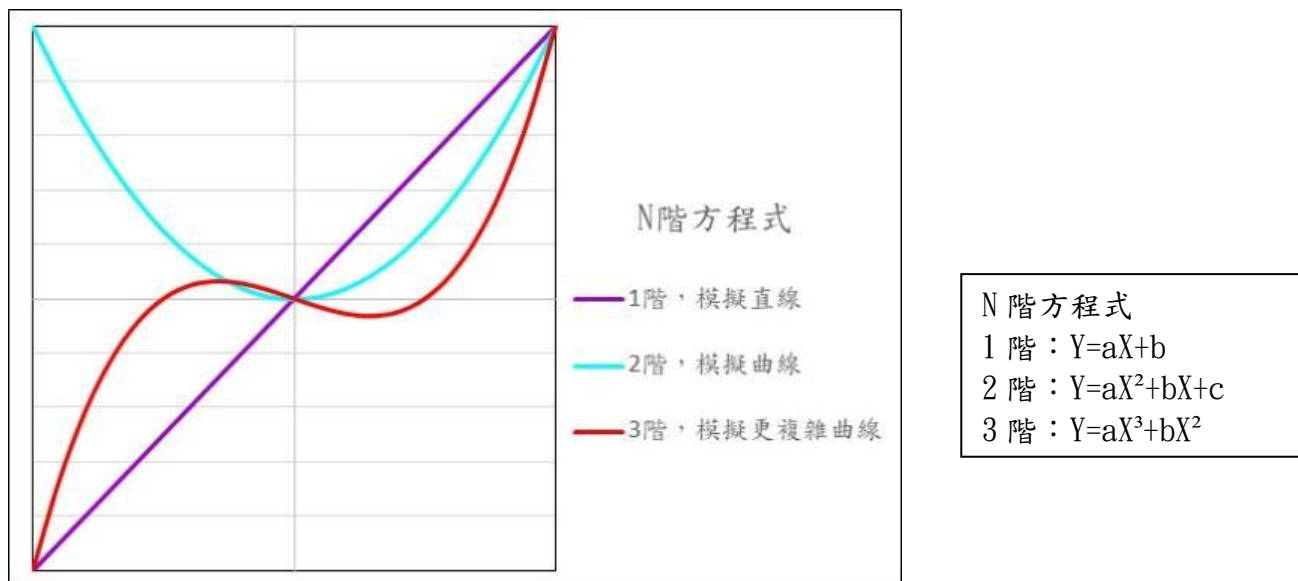


圖 2- 24：1~3 階多項式方程式示意圖

3 階多項式轉換公式含 20 個參數，20 個參數至少需要 20 條方程式才能求解，一組坐標可列兩條觀測方程式，故至少需要 10 個點位來求解，公式如下：

$$\begin{array}{ll}
 X = a_1 + & Y = b_1 + \\
 a_2X + a_3y + & b_2X + b_3y + \\
 a_4X^2 + a_5xy + a_6y^2 + & b_4X^2 + b_5xy + b_6y^2 + \\
 a_7X^3 + a_8X^2y + a_9xy^2 + a_{10}y^3 & b_7X^3 + b_8X^2y + b_9xy^2 + b_{10}y^3
 \end{array}$$

(二) 影像多項式校正成果確認

以 95211093_083 為例，本圖幅經 Affine 參數轉換後，如圖 2-25 所示，可以發現本圖幅西北圖角點轉換誤差達 6.001 公尺，已超過圖角點的檢核誤差（3 公尺），轉換後影像與標

準圖框比對亦有明顯的間距列為疑義圖幅，如圖 2-26 所示，本圖幅採用上述 3 階多項式影像校正後成果如圖 2-27 所示，與標準圖框對比已無明顯差距。

95211093_083 六參數轉換

```

    *****
    *           X=a1*x+a2*y+Tx          *
    *           Y=b1*x+b2*y+Ty          *
    *           *****
  
```

控制點轉換前坐標		控制點坐標		轉換誤差	
東南	575.450 -7081.000	229691.080	2682734.200	0.358	1.131
東北	586.450 -555.550	229695.050	2685502.990	0.093	-1.755
西北	6579.450 -551.960	232233.180	2685499.580	-2.031	6.001
西南	6573.000 -7102.000	232229.700	2682730.780	-0.328	-1.524
	1304.000 -6455.000	230000.000	2683000.000	-0.359	1.013
	6032.000 -6465.000	232000.000	2683000.000	0.349	-0.998
	1306.000 -1740.000	230000.000	2685000.000	-0.199	-0.471
	6033.000 -1738.000	232000.000	2685000.000	0.085	2.604
				rmse	0.278 1.498

圖 2-25：Affine 參數轉換誤差表 (95211093_083)

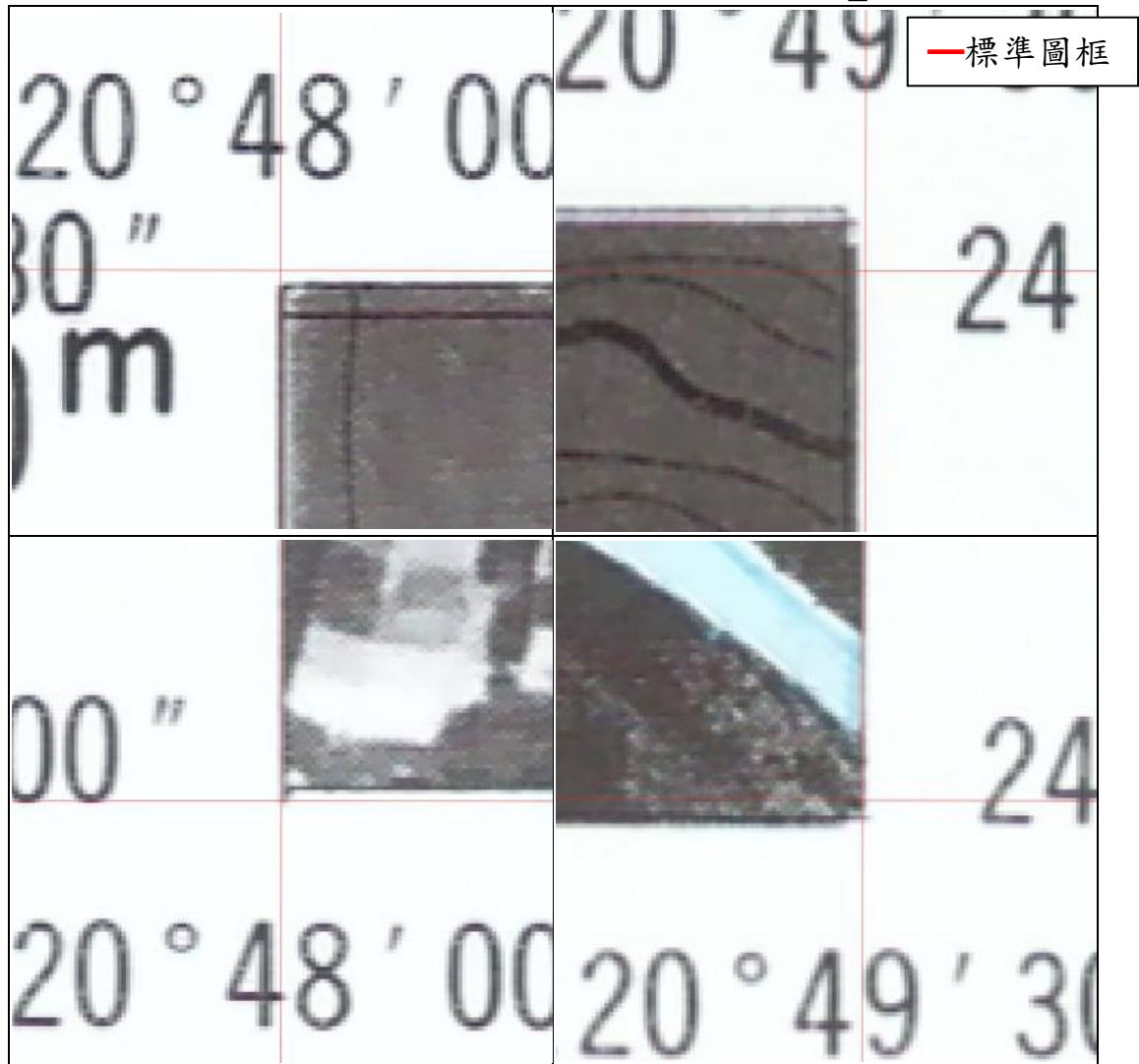


圖 2-26：多項式影像校正前圖角點誤差明顯

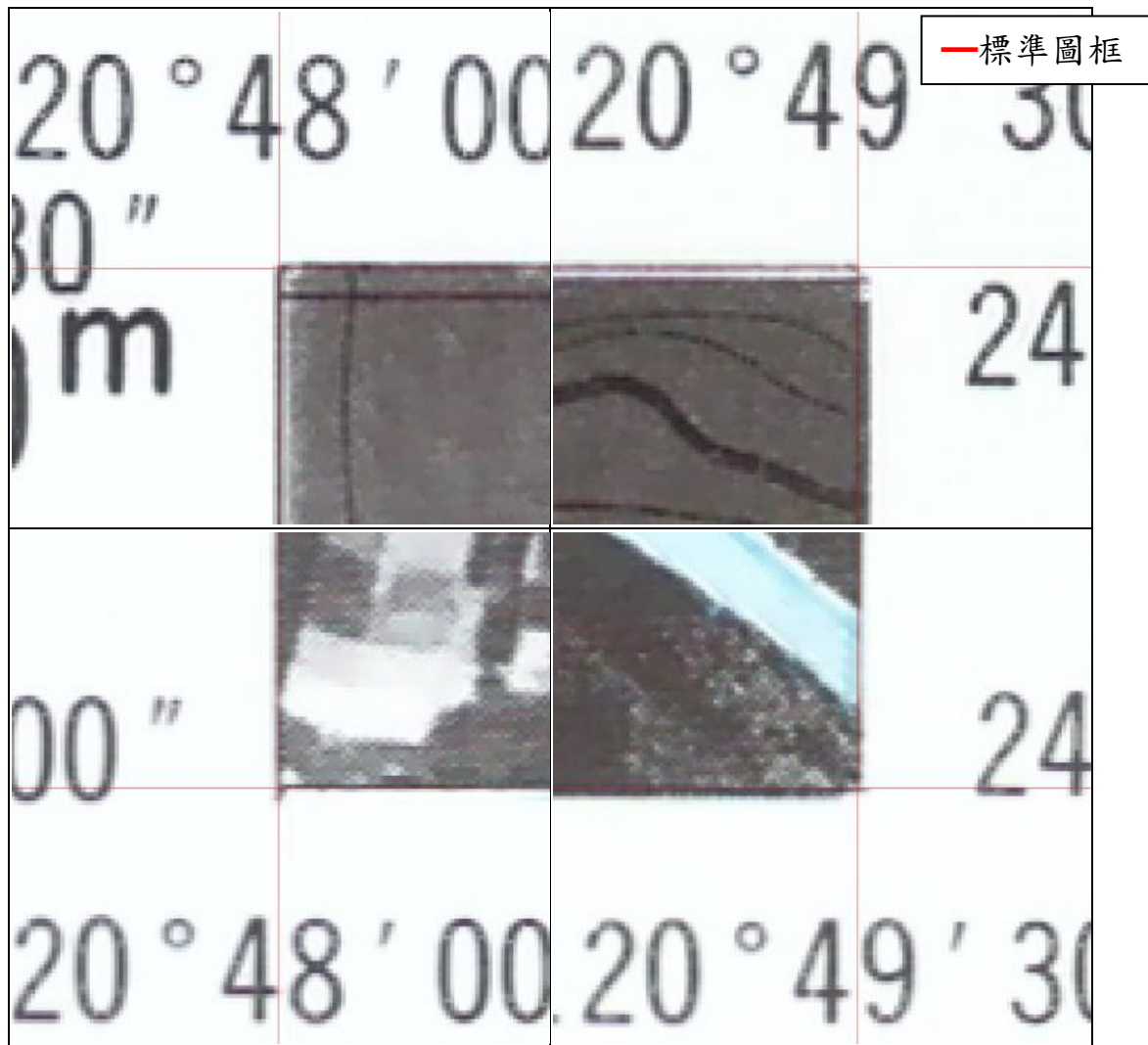


圖 2-27：多項式影像校正後成果與標準圖框吻合

(三)校正成果套合電子地圖檢核

後續並以套繪臺灣通用電子地圖道路中心線做內部檢視以及與相鄰圖幅影像做接邊檢視，如圖 2-28 及圖 2-29 所示，誤差皆在合理範圍內，確認多項式影像校正方式為可行之處理解辦法。



圖 2-28：校正成果合理性檢核（套繪臺灣通用電子地圖道路）

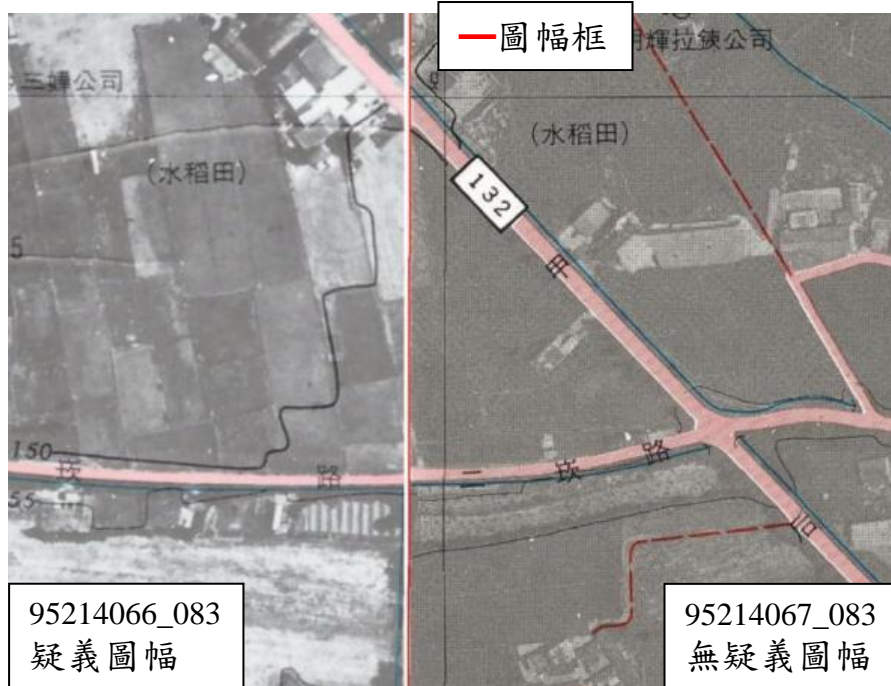


圖 2-29：校正成果合理性檢核（與相鄰圖幅影像做接邊檢視）

十、TM-2 或 TM-3 TWD67 轉換至 TM-2 TWD97 作法

(一)臺灣橫麥卡托 (Transverse Mercator, TM) 投影坐標系統定義

TM 坐標系統	中央經線	中央經線尺度	橫坐標平移量
二度分帶	東經 121°	0.9999	250,000 公尺
三度分帶	東經 121°	1	350,000 公尺

(二)本計畫坐標系統說明

本案辦理之圖幅其坐標系統分為 3 種類別，分別為 TM-2 TWD67 (7,503 幅)、TM-3 TWD67 (1,735 幅) 以及 TM-2 TWD97 (7,450 幅)，而繳交之成果為 TWD97 坐標系統，因此 TWD97 坐標系統圖幅僅需要執行影像坐標至 TWD97 坐標系統的轉換，而 TWD67 坐標系統圖幅則先要執行影像坐標至 TWD67 坐標系統的轉換，再執行 TWD67 坐標系統至 TWD97 坐標系統的轉換。

(三)TM-2 TWD67 轉 TWD97 坐標方式

考量 TWD67 坐標系統的成圖特色，若是原始製圖坐標系統為 TWD67 者，要取得 TWD97 坐標系統非直接投影轉換，而是採取測繪中心提供的”臺灣地區地籍測量坐標轉換程式”，採用內插計算方式取得 4 個圖角點 TWD97 坐標，如圖 2-30 所示，對 4 個圖角點 TWD67 NE 投影坐標批次轉換成 TWD97 NE 投影坐標後，再以 ArcGIS 模組功能 4 點坐標 Affine 轉換方式將 TWD67 影像定位檔轉換至 TWD97 影像定位檔。



圖 2- 30：測繪中心提供的 TWD67 轉 TWD97 轉換程式

(四)TM-3 TWD67 轉 TWD97 坐標方式

TM-3 TWD67 系統圖幅可取用相同圖號 TM-2 TWD67 圖角點 TWD97 坐標辦理坐標轉換，作法同上。

十一、圖幅裁切作業方式及標準說明

(一)出圖檔裁切標準說明

- 1、原始出圖檔 PDF 轉成 300dpi JPG。
- 2、記錄辨識 4 個圖角點所偵測影像坐標值為裁切去除圖框外圖幅整飾標準值。
- 3、依據上述標準值製成影像遮罩 (MASK) 供後續去除圖框外圖幅整飾使用。

(二)掃描檔裁切方式及標準說明

- 1、掃描檔因為掃描過程不會完全方正朝北，因此，無法如上述出圖檔作法。
- 2、實務上先對 TM-2/TM-3 TWD67 或 TM-2 TWD97 圖幅進行影像定位，校正影像伸縮變形及旋轉朝北改正。
- 3、將上述 TM-2/TM-3 TWD67 投影坐標系完整版影像轉換至 TWD97 投影坐標系。
- 4、依據上述轉換後 4 個圖角點 TWD97 坐標製成影像遮罩 (MASK) 供後續進行去除完整版框外圖幅整飾。

十二、輸出完整版及裁切版影像定位檔 GeoPDF

基本上進行影像校正定位及 GeoPDF 檔案輸出之前，已是通過成果檢核標準圖幅，以下為作業程序說明：

(一)建立資料處理空間

首先建立 ArcGIS 自動化模組，創建 9 個工作資料夾與一個影像列表，在自動化的過程中，會把所需的輸入資料放入相對應的資料夾中，當執行完成自動化定位時，所有的檔案都會在目錄底下，以提供後續調閱與查核確認使用，如圖 2-31 所示。



圖 2-31：自動化執行之工作目錄建立

(二)控制點輸入檔

把各圖幅量測之圖角點、方格點影像坐標及相應目標坐標（TWD67 坐標、TWD67 轉換至 TWD97 坐標、TWD97 坐標等）表列文字檔存放在控制點目錄。

(三)程式自動化排程影像定位及裁切

經過 ArcGIS 模組化程式讀取控制點目錄下各圖幅控制點檔及原始影像目錄下相應原始影像 JPG 檔進行自動影像定位及裁切工作，其程式執行內容步驟為下：

- (1) 影像依據控制點進行影像定位
- (2) 影像依據目標圖框進行裁切
- (3) 影像 No Data 的部分設定為白色
- (4) 設定輸出 PDF 紙張尺寸為 A1 大小
- (5) 匯出完整版 GeoPDF
- (6) 匯出裁切後 GeoPDF

十三、影像拼接合理性瀏覽校閱

最後利用 QGIS 軟體把定位作業處理完畢後之影像與標準圖框及相鄰圖幅影像套匯檢視，如圖 2-32，確認影像定位位置無誤、影像裁切適當以及與相鄰圖幅接邊無差異後方交付做為成果繳交。

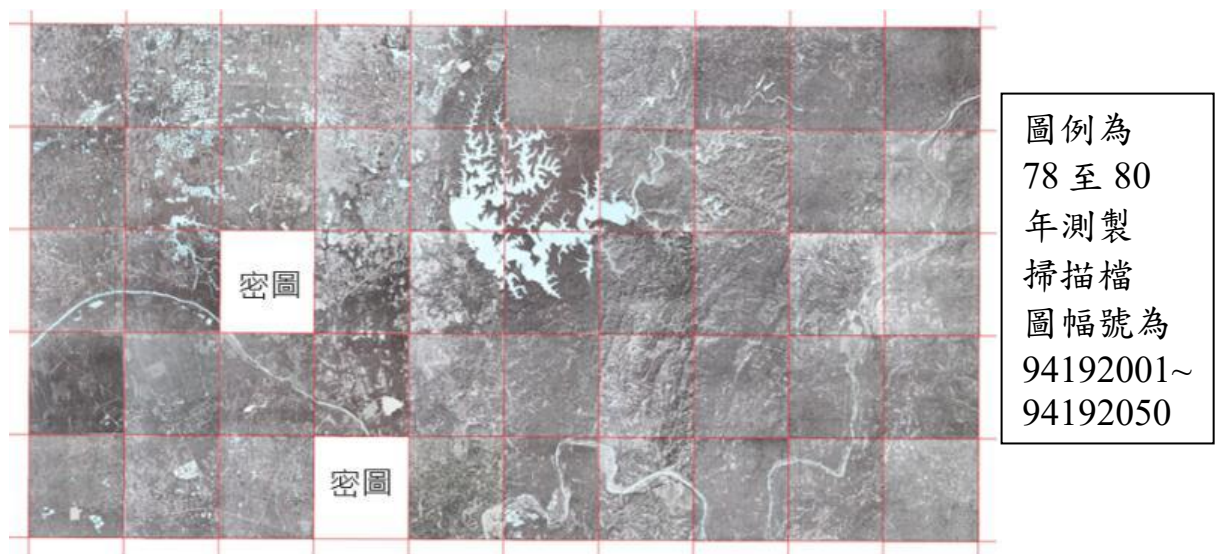


圖 2-32：影像拼接合理性瀏覽校閱（套繪 TWD97 1/5,000 圖框）

第三章 資料檢核及品質管控

第一節 原始影像內容檢視結果

取得作業影像後，首先就影像內容與檔案名稱進行比對，並檢視影像內容以及檢視投影坐標系統定義是否正確，發現 5 類錯誤內容，如表 3-1 所示，詳細圖號狀況請閱附件 3 原始影像內容檢視不符清冊。

表 3-1：勘誤態樣數量統計表

	勘誤態樣	處理情形	數量統計 (幅)
1	檔案名稱與作業清單圖號不符	依清單更正	2
2	檔案圖號與影像上圖號不符	依檔案名取得正確影像	2
3	影像上坐標系統錯誤	依正確坐標系統進行影像定位	104
4	影像版次錯誤	依正確版次修正影像	244
5	測製時間不合理	依正確測製時間命名檔案名稱	9

一、檔案名稱與作業清單圖號不符

發現 2 幅檔案圖號與作業清單上圖號不符，皆屬於比例尺 1/10,000 基本圖掃描檔，如表 3-2 所示，檢視影像內容後發現為檔案名稱錯誤，於提報測繪中心後經其同意依清單修正檔案名稱。

表 3-2：檔案名稱與作業清單圖號不符列表

所屬資料夾	圖號	勘誤內容	處理情形
※ (todo) 比例尺 10,000 基本圖掃描檔原始_564	9720401_072	原檔案名稱 9720403 錯誤，應為清單 9720401	已依清單更正
	9722302_070	原檔案名稱 9722303 錯誤，應為清單 9722302	已依清單更正

二、檔案圖號與影像上圖號不符

發現 2 幅檔案圖號與影像上圖號不符，皆屬於 72 年以前掃描檔，如表 3-3 所示。已於作業階段中提報測繪中心，測繪中心已重新提供正確影像內容，提送成果已使用正確影像內容製作。

表 3-3：檔案圖號與影像圖號不符列表

所屬資料夾	圖號	勘誤內容	處理情形
72 年以前臺灣地區基本圖修測_3079	95204032_066	舊圖號應為 95204066，但影像上舊圖號為 95201062	依測繪中心重新提供正確影像進行作業。
	96184036_070	舊圖號應為 96184032，但影像上舊圖號為 96184036	

三、影像上坐標系統錯誤

部分圖幅影像上坐標系統標示錯誤，如表 3-4 所示，此部分於定位作業時即可發現，常見狀況為：(一) 圖號為 92 開頭及 93 開頭之圖幅必為 119 分帶，但影像上圖幅整飾卻標示為 121 分帶，如圖 3-1 所示；(二) 參照方格點 E 坐標坐落範圍，亦可推斷其坐標系統為 TWD67 TM-2 或者 TM-3，從而發現其為圖面標示錯誤。於發現此類錯誤時，改用正確坐標系統坐標進行定位作業。

表 3-4：坐標系統標示錯誤列表

所屬資料夾	圖號	勘誤內容	正確坐標系統資訊
94 至 97 年掃描檔_2066	92191033、、 93204095 等	94 年/95 年澎湖地區 92191033、...、93204095 等圖幅計 83 幅圖，投影誤植為中央子午線東經 121° E，應為 119°。	TWD97，119 分帶
72 年以前臺灣地區基本圖修測_3079	94171064_071	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	96202017_070	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97173062_071	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97173083_071	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97203001_070	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97203021_070	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97204031_071	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97204044_071	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97221023_069	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97221042_070	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97233036_069	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	97233048_069	誤植為經差三度分帶，應為二度分帶	TWD67，TM-2
	94191089_067	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3
	94212010_066	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3
	95194046_069	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3
	95194053_071	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3
	95194054_069	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3
	95203085_070	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3
95203094_070	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3	
95203096_070	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3	
95212068_067	誤植為經差二度分帶，應為三度分帶	TWD67，TM-3	

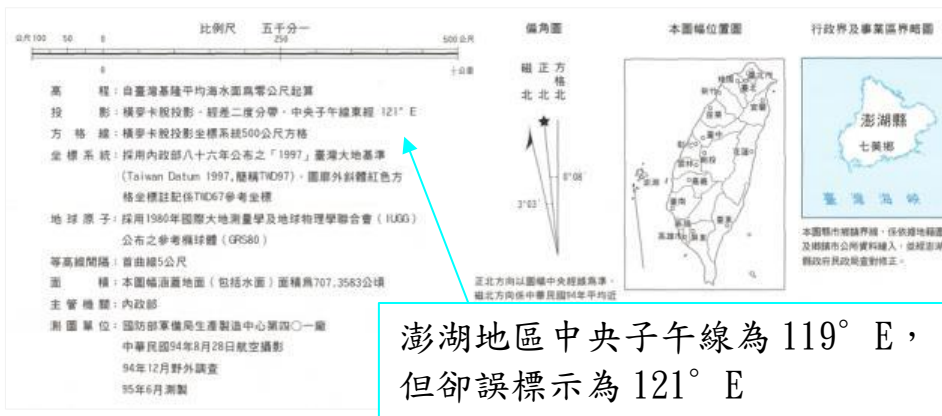


圖 3-1：中央子午線標示錯誤

四、影像版次錯誤

1-1 階段 97 至 100 年度部分影像版次標示錯誤，如表 3-5 所示，計非密 172 幅及密等 72 幅共 199 幅，已依測繪中心提供正確版次資訊修正影像內容，如圖 3-2 所示，詳細圖號版次請閱附件 3 原始影像內容檢視不符清冊。

表 3-5：影像版次錯誤列表

所屬資料夾	數量	勘誤內容	處理情形
97 年度基本圖及中小比例尺地形圖建置_211	非密 172+ 密等 72 幅 共 199 幅	影像版次 錯誤	已依正確 版次修正 影像
98 年度通電 2 測置基本圖成果_214			
99 年災區_812			
99 年度基本圖成果_75			
100 年度莫拉克颱風災區基本地形圖修測工作 案 (第 3 作業區)_164			
100 年度莫拉克颱風災區基本地形圖修測工作 案 (第 3 作業區) 密圖_47			

圖幅號	舊圖幅號	圖名	版次	修改
94181055		山河壽	3	5

第三版 圖號 9418-I-055



第五版 圖號 9418-I-055



修改前



修改後

圖 3-2：影像修改版次範例 (94181078)

五、測製時間不合理

於航空攝影測量製圖作業時，必須先有航攝影像方能執行製圖作業，是故測製時間一定比航攝時間晚，但有部分圖資測製時間比航攝時間早，為不合理資訊。參考航攝時間相近鄰近圖幅修正測製時間，修正列表如表 3-6 所示。

表 3-6：不合理資訊（製圖時間比航攝時間早）修正列表

所屬資料夾	圖號	測製時間比航攝時間早		時間更正		修正後圖號
		航攝日期	測製日期	航攝日期	測製日期	
1 比例尺 10,000 掃描檔_564	9722301_061	69/11/30	61/3/1-		71/3/1	9722301_071
2 比例尺 10,000 掃描檔_564	9521214_061	68/12/14	61/1/1-		71/1/1	9521214_071
3 72 年以前掃描檔_3079	96191056_060	68/7/20	60/4/1	69/7/1	70/1/1	96191056_070
4 72 年以前掃描檔_3079	97223057_060	68/7/20	60/7/1-		70/7/1	97223057_070
5 72 年以前掃描檔_3079	97224077_060	68/7/20	60/7/1-		70/4/1	97224077_070
6 72 年以前掃描檔_3079	97224087_060	69/7/1	60/9/1	68/7/20	70/7/1	97224087_070
7 72 年以前掃描檔_3079	94193023_064	64/4/12	64/12/1-		65/12/1	94193023_065
8 81 至 84 年掃描檔_1344	95214093_082	82/8/16	82/12/1-		83/3/1	95214093_083
9 81 至 84 年掃描檔_1344	95211092_082	82/8/18	82/12/1-		83/4/1	95211092_083

第二節 影像數量檢核

歷年像片基本圖數量統計表經整理發現出圖檔的測製年度為依其所屬測製專案年度，為免造成後續成果數量比對疑慮，檔案名稱年度先依測製專案年度（出圖檔）命名，無測製專案年度者依單幅測製年度（掃描檔）。

圖幅數量經整理確認後需更正如表 3-7 紅色部分所示，數量更正：測製年度 97 年漏計掃描檔影像 2 幅，總幅數實為 223 幅；測製年度 94 年的總幅數錯誤，實為 1,099 幅。測製年度更正（依表 3-6）：測製年度 82 年有 2 幅修正至測製年度 83 年；測製年度 61 年有 2 幅修正至測製年度 71 年比例尺 10,000；測製年度 60 年有 4 幅修正至測製年度 70 年比例尺 5,000；測製年度 64 年有 1 幅修正至測製年度 65 年。

各階段繳交數量及契約總量於前述數量更正後皆不變，不影響各階段成果繳交。

表 3-7：圖幅數量更正表

階段	測製年度	影像檔種類		測圖比例尺	密圖幅數(幅)	總幅數(含密圖)(幅)
		出圖檔	掃描檔			
1-1	97	✓	✓	5,000	10	221+2
	94	✓	✓	5,000	3	1,101-2
1-2	83		✓	5,000	21	401+2
	82		✓	5,000	—	2-2
2-1	71		✓	5,000	—	130
			✓	10,000	—	503+2
	70		✓	5,000	16	634+4
			✓	10,000	—	24
	65		✓	5,000	38	399+1
	64		✓	5,000	—	1-1
	61		✓	10,000	—	2-2
60		✓	5,000	—	4-4	

第三節 影像定位成果檢核標準

依本計畫工作項目及作業內容訂定成果檢核項目及標準表如表 3-8 所示。

表 3-8：成果檢核項目及標準總表

項次	檢核項目	檢核標準			檢核方式
1	圖號內容及檔名	圖號內容與檔名是否一致? 投影坐標系統定義是否正確?			人工
2	原始影像之品質檢核	影像品質是否良好			人工
3	圖角點量測數量	是否有明確 4 個?			自動
4	方格點量測數量	是否大於 8 個點?			自動
5	坐標轉換平差成果	圖角點	$1/5,000^{*1}$	應小於 3 公尺	自動
		轉換後誤差	$1/10,000$	應小於 6 公尺	
		檢核點 RMSE	$1/5,000^{*3}$ (96 年以後測製)	應小於 1 公尺	自動
			$1/5,000$ (95 年以前測製)	應小於 1.5 公尺	
			$1/10,000$	應小於 3 公尺:	
		xy 方向	$1/5,000^{*2}$	應小於 0.002	自動
尺度比差值	$1/10,000$	應小於 0.004			
6	裁切影像合理性	套合標準圖框檢視裁切影像是否適當?			人工
7	TWD97 GeoPDF 檢查	是否可正確讀取坐標值?			人工
備註：					
1.圖角點誤差：轉換後點位 X 方向或 Y 方向誤差大於 3 公尺（以製圖精度 $0.2\text{mm} \times 5,000 = 1$ 公尺的 3 倍為門檻值）視為疑義圖幅。					
2.xy 方向尺度比差值分析：x 方向與 y 方向尺度比不應差異過大，如果 S_x 與 S_y 絕對值差異值大於 0.002（約當 $0.002 \times 2,500$ 公尺 = 5 公尺）視為疑義圖檔。					
3.檢核點 RMSE：平差後檢核點 X 方向或 Y 方向 RMSE 大於 1 公尺（以製圖精度 $0.2\text{mm} \times 5,000 = 1$ 公尺為標準門檻）視為疑義圖幅。					

第四節 機關驗收

本案所交付之各階段「像片基本圖影像定位作業成果」驗收方式由測繪中心辦理成果抽查，抽查數量為繳交數量至少 5% 以上，並利用本案成果檢核方式及標準進行檢查，並作成檢查紀錄表後，再由測繪中心成果審查小組辦理書面審查。檢查結果若不合格數量超過抽查數量 5% 以上，應全面檢查改正後再送測繪中心複檢（除檢核前次不合格部分外，另重新抽查該批繳交成果 5%）；不合格數量未達抽查數量 5%，應將缺點改正並送交測繪中心檢查合格後判定檢查通過。經測繪中心驗收，各階段繳交定位影像成果皆已審查合格，如表 3-9 所示。

表 3-9：繳交定位影像成果驗收合格文

驗收合格文號	驗收合格文內容
110 年 12 月 24 日測資字第 1101575728 號	第 1 階段第 1 批成果驗收合格
111 年 1 月 6 日測資字第 1111575006 號	第 1 階段第 2 批成果驗收合格
111 年 5 月 2 日測推字第 1111332985 號	第 2 階段第 1 批成果驗收合格

測繪中心亦套疊定位影像及相鄰圖幅定位影像、標準圖框、通用版電子地圖來做套匯檢視，確認影像定位位置無誤、影像裁切適當、與相鄰圖幅接邊無差異以及與通用版電子地圖無差異後方上傳至國土測繪圖資服務雲。

第四章 成果說明

第一節 完成成果數量及狀況說明

本計畫共完成 16,688 幅影像定位作業，經影像數量檢核後（參考第三章第二節），部分數量與計畫提供數量表不同，統整後如表 4-1 所示。

表 4-1：完成成果數量表

階段	測製年度	影像檔種類		測圖比例尺	密圖幅數(幅)	總幅數(含密圖)(幅)
		出圖檔	掃描檔			
第 1 階段 第 1 批次 (5,458 幅)	103	✓		5,000	5	143
	102	✓		5,000	44	196
	101	✓		5,000	16	131
	100	✓		5,000	94	726
	99	✓		5,000	22	955
	98	✓		5,000	40	355
	97	✓	✓	5,000	10	223
	96	✓	✓	5,000	21	620
	95	✓	✓	5,000	10	1,010
	94		✓	5,000	3	1,099
第 1 階段 第 2 批次 (4,544 幅)	93		✓	5,000	33	609
	92		✓	5,000	8	350
	91		✓	5,000	51	450
	90		✓	5,000	6	283
	89		✓	5,000	10	507
	88		✓	5,000	1	506
	87		✓	5,000	8	149
	86		✓	5,000	-	154
	84		✓	5,000	29	448
	83		✓	5,000	21	403
	81		✓	5,000	11	685
第 2 階段 第 1 批次 (6,686 幅)	80		✓	5,000	22	484
	79		✓	5,000	4	129
	78		✓	5,000	38	301
	76		✓	5,000	25	386
	75		✓	5,000	19	389
	74		✓	5,000	-	212
	73		✓	5,000	17	611
	72		✓	5,000	52	424
			✓	10,000	-	30
	71		✓	5,000	-	130
		✓	10,000	-	505	
70		✓	5,000	16	638	
		✓	10,000	-	24	

階段	測製 年度	影像檔種類		測圖 比例尺	密圖幅數 (幅)	總幅數 (含密圖) (幅)
		出圖檔	掃描檔			
	69		✓	5,000	12	274
			✓	10,000	-	5
	68		✓	5,000	25	376
	67		✓	5,000	16	507
	66		✓	5,000	23	861
	65		✓	5,000	38	400
合 計					750	16,688

一、各年度像片基本圖坐標系統

統計各年度像片基本圖坐標系統如表 4-2 所示，詳細圖號清冊請閱附件 4 各年度像片基本圖坐標系統圖號清冊。

表 4-2：各年度像片基本圖坐標系統統計表

影像檔種類		比例尺	坐標系統	橫麥卡托投影	數量 (幅)	
出圖檔	掃描檔					
✓		5,000	TWD97	TM-2	3,366	7,450
	✓				4,084	
	✓	5,000	TWD67	TM-2	6,939	7,503
	✓	10,000	TWD67	TM-2	564	
	✓	5,000	TWD67	TM-3		1,735

二、影像點位量測方式數量統計

統計兩種影像點位量測方式 (AI 辨識及人工量測) 如表 4-3 所示，詳細各年度數量請閱附件 5 各年度圖幅量測方法數量統計表。

表 4-3：影像點位量測方式 (AI 辨識及人工量測) 數量統計表

	數量	AI 作業數量		人工作業數量	
出圖檔	3,366	1,613	47.9%	1,753	52.1%
掃描檔	13,322	0	0.0%	13,322	100.0%
總幅數	16,688	1,613	9.7%	15,075	90.3%

三、特殊形狀圖幅框處理之數量統計

統計特殊形狀圖幅框之數量如表 4-4 所示，特殊形狀圖幅框處理方式請閱本章第二節說明。

表 4-4：特殊形狀圖幅框處理之數量統計表

所屬資料夾	特殊形狀圖幅框數量
72 年以前掃描檔	18
72 年以前密圖	4
72 年至 76 年掃描檔	1
72 年至 76 年密圖	2
78 至 80 年掃描檔	1
81 至 84 年掃描檔	2
84 至 89 年掃描檔	1
89 至 93 年掃描檔	3
94 至 97 年掃描檔	1
合計	33

四、特例圖幅處理之數量統計

本次作業中有 7 幅圖幅因影像本身問題列為特例圖幅需另行處理，如表 4-5 所示，特例圖幅處理方式請閱本章第三節說明。

表 4-5：特例圖幅列表

項次	所屬資料夾	檔案名稱	狀況說明
1	89 至 93 年掃描檔	95183032_091	方格線位置錯誤
2	89 至 93 年密圖	95214095_093	圖面無方格線
3	72 至 76 年掃描檔	97233021_076	方格線位置錯誤
4	72 年以前掃描檔	94182002_065	方格線位置錯誤
5		94203038_066	方格線位置錯誤
6		94204088_066	圖框繪製錯誤
7		95213079_067	方格線位置錯誤

五、疑義圖幅處理之數量統計

本次作業中有 199 幅圖幅因影像定位作業中坐標轉換精度不符合檢核標準列為疑義圖幅，如表 4-6 所示，疑義圖幅處理方式請閱第二章第三節八、疑義圖幅處理方法，詳細圖幅內容請閱附件 6 疑義圖幅及以多項式影像校正之圖幅清冊。

表 4-6：疑義圖幅列表

資料夾	圖角點轉換 誤差過大	檢核點 RMSE 過大	xy 方向尺度 比差值過大	圖& 檢	圖& 尺	合計
比例尺 10,000 掃描檔	0	0	29	0	0	29
72 年以前掃描檔	11	0	94	1	0	106
72 年以前密圖	0	0	4	0	0	4
72 至 76 年掃描檔	3	1	47	1	1	53
72 至 76 年密圖	0	0	1	0	0	1
78 至 80 年掃描檔	0	0	1	0	0	1
81 至 84 年掃描檔	4	0	0	0	0	4
81 至 84 年密圖	1	0	0	0	0	1
總計	19	1	176	2	1	199

註 1：圖&檢為圖角點轉換誤差過大且檢核點 RMSE 過大。

註 2：圖&尺為圖角點轉換誤差過大且 xy 方向尺度比差值過大。

第二節 特殊形狀圖幅框處理說明

特殊形狀圖幅框（圖幅框非長方形）之圖幅，如圖 4-1 所示，改以人工方式辦理影像定位作業，並依實際影像範圍辦理圖幅整飾裁切作業，如圖 4-2 所示。



圖 4-1：特殊形狀圖幅框圖幅範例 (93203057_080)

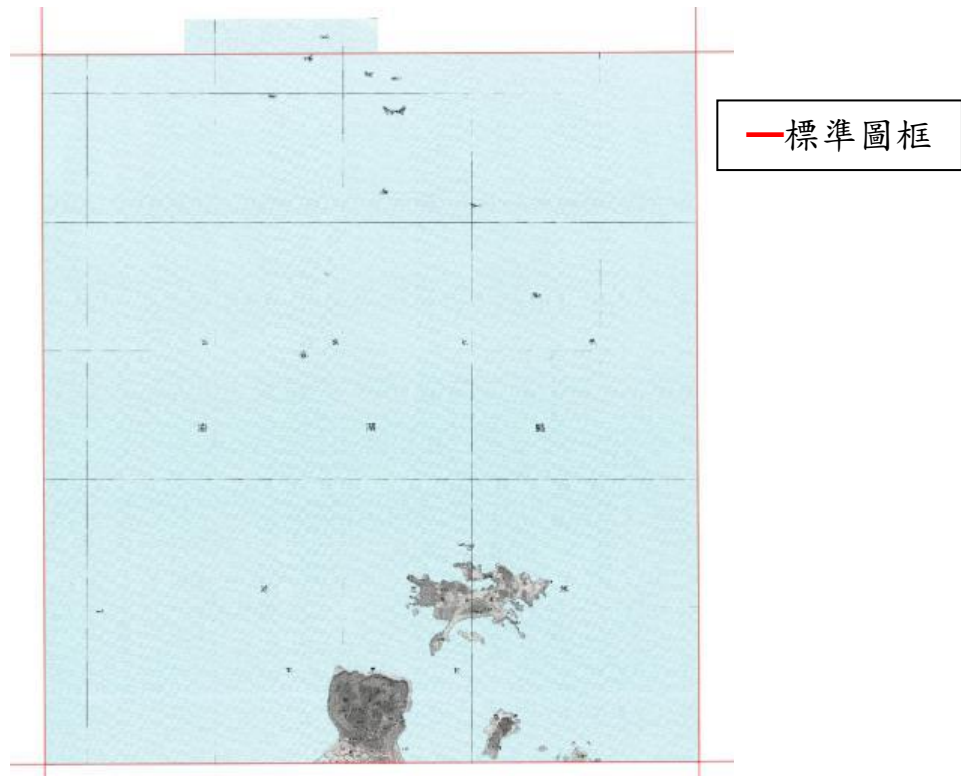


圖 4-2：特殊形狀圖幅依實際影像範圍裁切 (93203057_080)

第三節 特例圖幅處理說明

本次作業中有 7 幅圖幅因影像本身問題列為特例圖幅另外處理，其中大部分為方格線繪製錯誤，以圖 4-3 為例（檔案為 95183032_091），其狀況為方格線繪製位置與方格線標記不符，且方格線交點轉換誤差大，判斷為方格線繪製錯誤，故此類特例圖幅建議僅用 4 個圖角點進行定位。另有 1 幅為圖框繪製錯誤（檔案為 94204088_066），如圖 4-4 所示，西北圖角點及西南圖角點轉換誤差分別為 20.42m 及 19.43m，但除此兩點外其餘點位轉換誤差皆在 1.60m 以下，且把標準圖框與原始影像依東側圖框線套疊，可發現東西兩側圖框線是相符的，但南北兩側圖框線上標準圖框與原始影像不相符，因此判斷為圖框繪製錯誤而導致西北圖角點及西南圖角點轉換誤差大，故建議本圖去除誤差大圖角點，僅用東北圖角點、東南圖角點及 24 點方格點合計 26 點進行定位作業。

全部特例圖幅狀況說明及處理方式詳如表 4-4 所示。

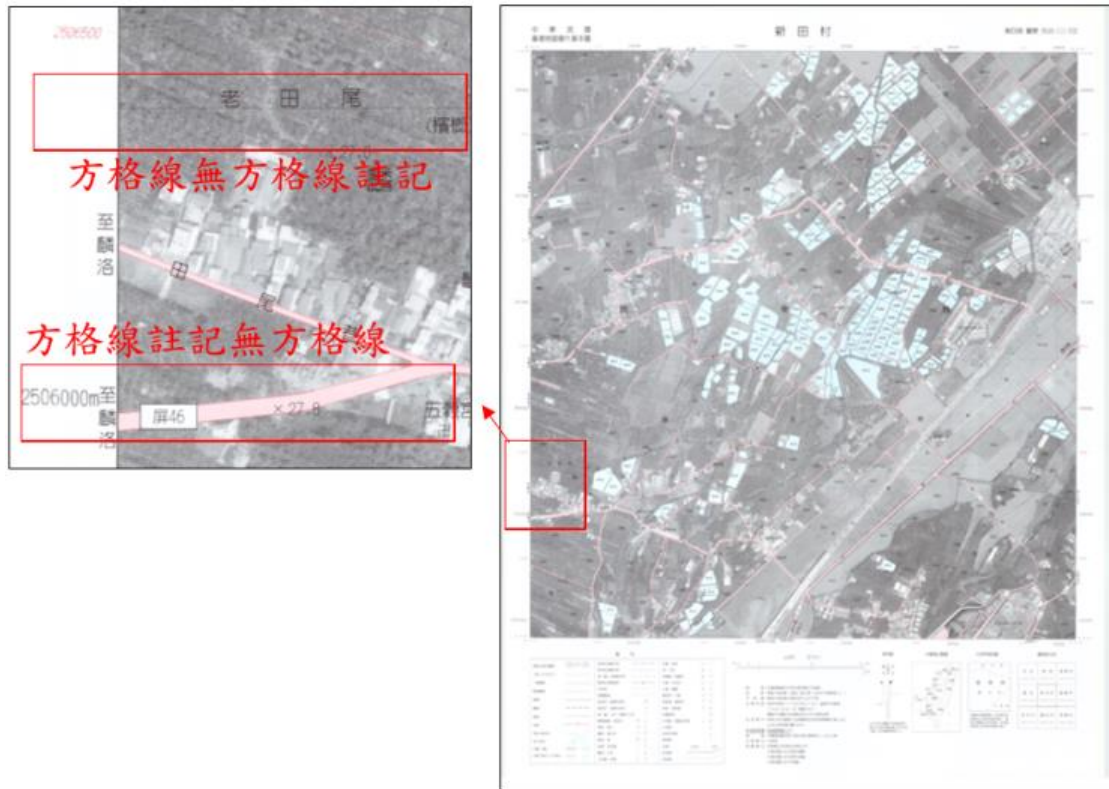


圖 4-3：特例圖幅（方格線繪製錯誤）

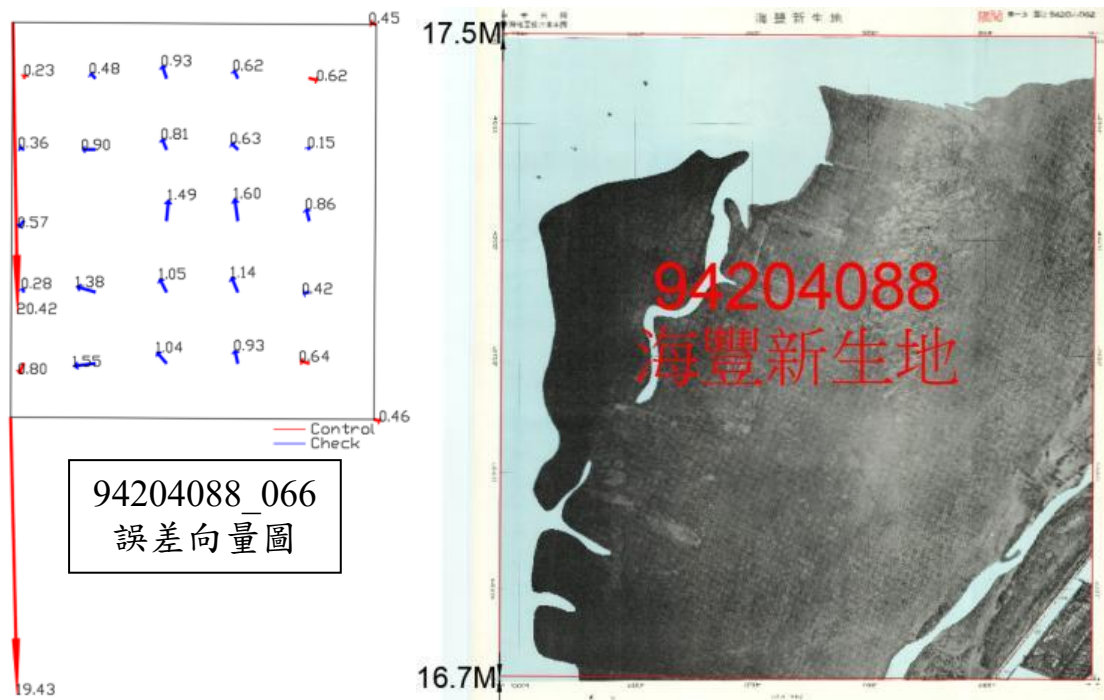
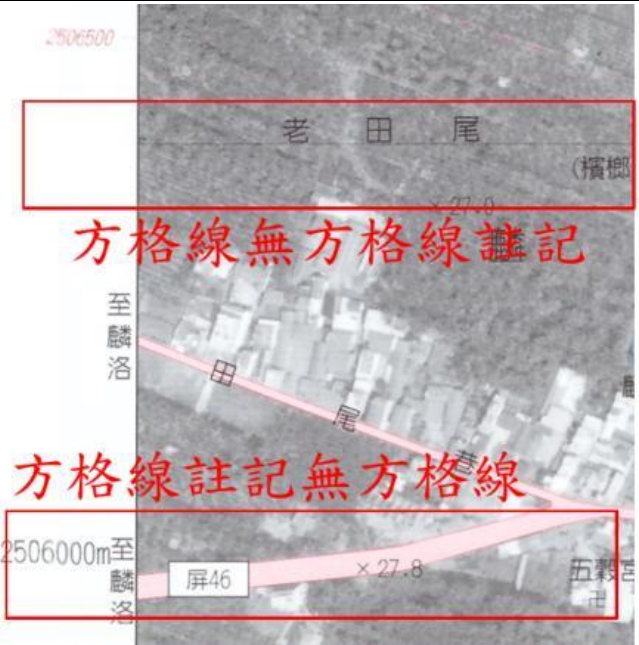
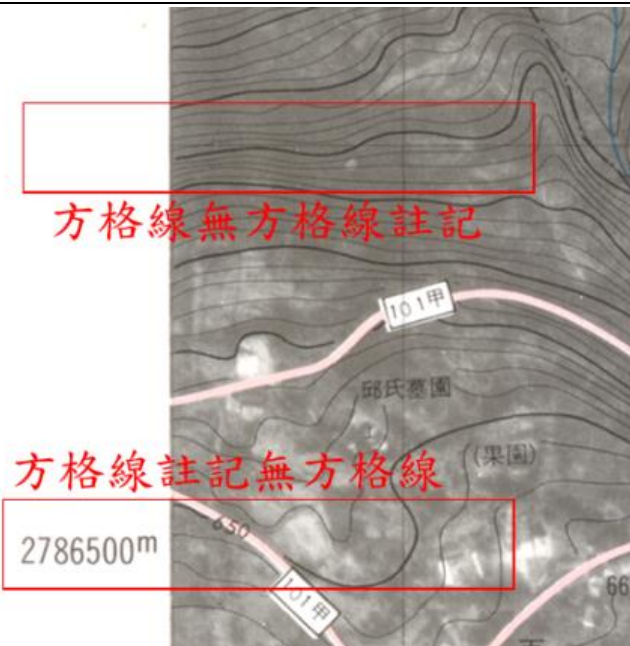
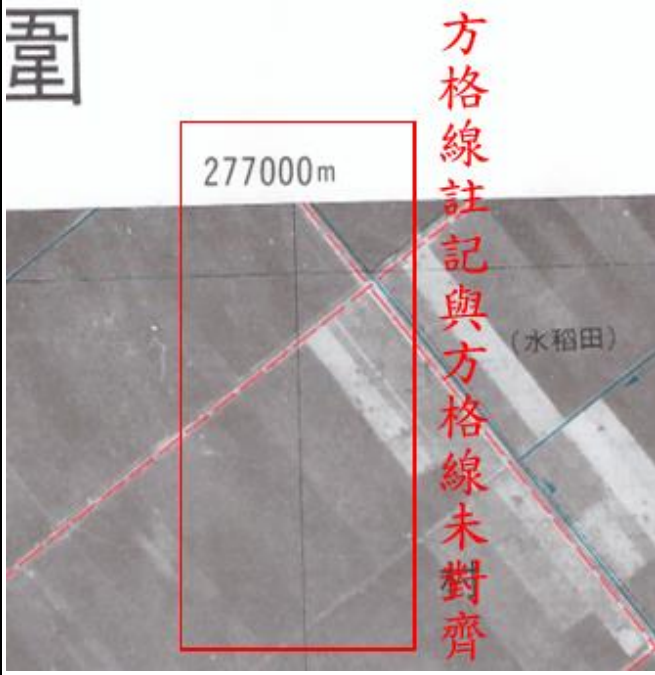
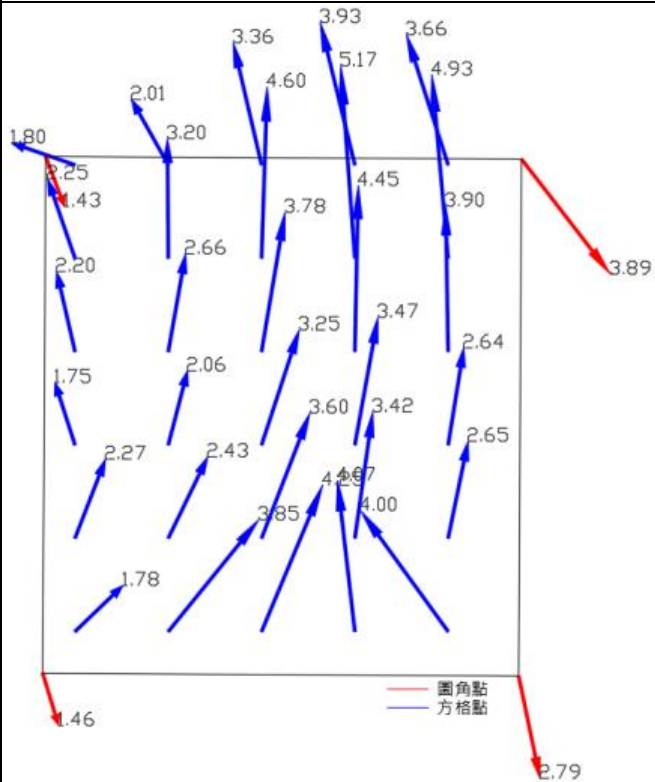
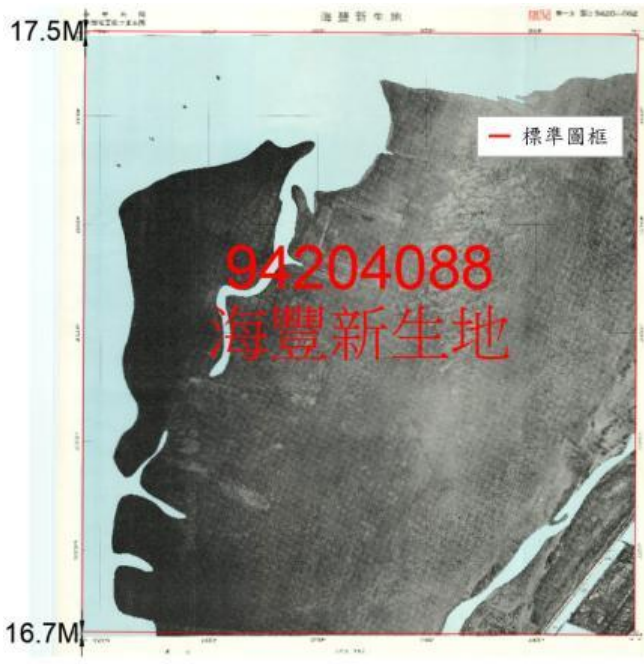
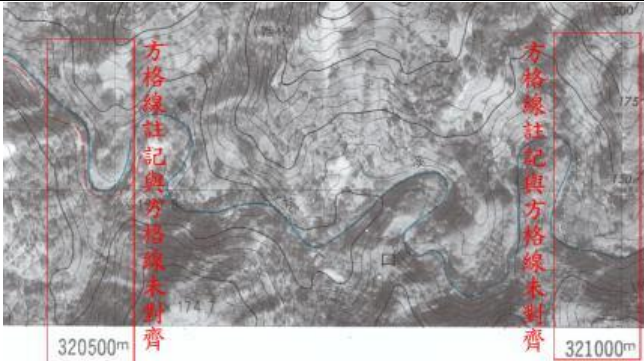


圖 4-4：特例圖幅（圖框繪製錯誤）

表 4-7：特例圖幅狀況說明及處理方式

項次	所屬資料夾	影像
	檔案名稱	
	狀況說明	
	處理方式	
1	89 至 93 年掃描檔	
	95183032_091	
	方格線位置錯誤	
	僅用 4 圖角點定位	
2	89 至 93 年密圖	密圖影像不展示
	95214095_093	
	圖面無方格線	
	僅用 4 圖角點定位	
3	72 至 76 年掃描檔	
	97233021_076	
	方格線位置錯誤	
	僅用 4 圖角點定位	

項次	所屬資料夾	影像
	檔案名稱	
	狀況說明	
	處理方式	
4	72 年以前掃描檔	
	94182002_065	
	方格線位置錯誤	
	僅用 4 圖角點定位	
5	72 年以前掃描檔	
	94203038_066	
	右圖為轉換誤差向量圖，可以發現圖角點與方格線有整體系統係偏差，圖角點轉換誤差整體偏南但方格點整體轉換誤差偏北，判斷為方格線繪製錯誤。	
	僅用 4 圖角點定位	

項次	所屬資料夾	影像
	檔案名稱	
	狀況說明	
	處理方式	
6	72 年以前掃描檔	
	94204088_066	
	圖框繪製錯誤	
	建議本圖去除誤差大圖角點，僅用東北圖角點、東南圖角點及 24 點方格點合計 26 點進行定位作業。	
7	72 年以前掃描檔	
	95213079_067	
	方格線位置錯誤	
	僅用 4 圖角點定位	

第五章 結論與建議

第一節 作業結論

本計畫如期完成，除了引進 AI 辨識技術在計畫第 1 階段投入圖面影像控制點量測節省人力及時間外，後續亦製作自動作業化程式應對 Affine 6 參數坐標轉換及輸出完整版及裁切版影像定位校正等重要流程，可以說除了前置作業整理、人工量測、人工檢核定位成果及疑義圖幅多項式影像校正等需人工作業外，本計畫幾乎都是自動化作業，正是本作業團隊累積多年基本圖測繪基礎、對於不同坐標系統掌握度及程式撰寫實力的展現。

藉由辦理影像定位作業全面清點歷年 16,688 幅像片基本圖，可了解圖資狀況並釐清誤謬情形，供使用者掌握且利於未來使用，本案完成之成果已產製圖磚並上傳於本中心國土測繪圖資服務雲供瀏覽查詢。圖 5-1 為 66 年像片基本圖影像定位成果，展示效果卓越。



圖 5-1：國土測繪圖資服務雲（66 年像片基本圖）

第二節 建議事項

本案採用 AI 技術試辦像片基本圖影像定位作業，但目前 AI 辨識技術僅在出圖檔影像的部分辨識成功率較高，但受限於時程及技術層次，部分圖幅仍需人工介入檢查及補量測，而掃描檔影像辨識成功率尚未達到預期程度，需要大量的人力進行檢查及補測，作業效率低落，因此本計畫掃描檔影像的部分皆為人工作業。

因此若要提高本計畫的作業效率，首要條件便是提高 AI 辨識技術的成功率，而要提高成功率是需要透過提供給 AI 大量資訊樣本以及大量試驗時間供 AI 感知、學習、推理與校正等過程，以利 AI 智能技術應用於各種測繪領域。

一、AI 辨識作業歷程

目前影像辨識最常被使用到的就是類神經網路，根據人類神經的結構與功能所產生的數學模型，由許多的非線性的運算單元和這些運算單元相互之間的眾多連結所組成，利用這樣的網路架構模擬人類在辨識影像的分法來增加機器的影像辨識能力，所以目前影像辨識最常被使用到的就是類神經網路技術，因類神經網路技術應用於影像辨識已非常成熟，故本司採用類神經網路技術於本計畫。而其中 YOLO (you only look once) 是一個物件偵測的類神經網路演算法，因為輕量及高效率的特點，已廣泛的應用在影像辨識方面，因此起初曾嘗試使用 YOLO 進行，可惜成果不盡理想，因本計畫契約有時程上的規範，於本計畫決標後至繳交第 1 次成果作業時程僅有 2 個月不到，評估在短期內 AI 技術能夠達到合約規定時間的條件上，最後採用辨識成功率快又簡單的影像邊緣檢測及霍夫線轉換直線偵測技術。

二、AI 辨識程式設定介紹

本案 AI 辨識技術為因應本案自行研發使用 OPENCV 函數及 python 撰寫程式，定義：(1) 輸入層，主要功能是接收輸入的資

料進入網路。(2) 隱藏層，位於輸入層和輸出層之間，而神經網路中可以含有一個以上的隱藏層，學習特徵的關鍵所在。(3) 輸出層，神經網路的最後一層，功能即是將運算並分類後結果作輸出。學習策略包含: constant, sgdr, steps, step, sig, exp, poly, random，預設使用 steps 這個策略。訓練樣本需先以人工進行目標框選，框出圖角點及格線交叉點，再將原圖及框選的目標放入進行訓練。

三、AI 辨識作業效果分析

本次作業因 AI 辨識正確率不如預期，故只有出圖檔點位量測方式採用 AI 辨識，出圖檔中完全由 AI 辨識的圖幅數為 1,613 幅（佔全部出圖檔 47.9%，佔全部圖幅 9.7%），其他出圖檔（1,753 幅佔全部出圖檔 52.1%）則因辨識精度不佳或辨識點位不足等原因以人工量測方式介入補足，如表 5-1 所示，雖 AI 作業數量未達預期，但節省時程亦有 30 工作人天（以 AI 辨識作業速度 1 分鐘 1 幅來算，1 幅節省 9 分鐘， $1,613 * 9 \text{ 分鐘} \div 242 \text{ 小時} \div 30 \text{ 工作天}$ ），以第 1 階段第 1 批次作業時程僅有 60 日曆天來看（出圖檔全屬於第 1 階段第 1 批次作業範圍），對於幫助如期如質完成本計畫是有顯著幫助的，並且 AI 辨識點位數量是人工量測的點位數量兩倍以上，定位精度更佳且有更多的檢核點可以確認作業品質，若 AI 辨識經新樣本訓練後再提高辨識正確率，是可以預見 AI 辨識對於影像定位作業是有顯著助益的。

表 5-1：量測方式分析

量測方式	作業速度	量測經度	作業數量（幅）	作業範圍
AI 辨識	約 5 秒~1 分鐘/幅 (1 幅 29 點)	1~2Pixel 內	1,613 (9.7%)	部分出圖檔
人工量測	約 10 分鐘/幅 (1 幅 13 點)	1~2Pixel 內	15,075 (90.3%)	部分出圖檔及 全部掃描檔

註：AI 辨識速度視電腦配置而有所不同。

四、AI 辨識遭遇困難及解決辦法

基本圖影像內容繁雜極易影響辨識，辨識過程中造成不少影響，對此本司設置許多篩選機制以去除不利辨識因素，比如對邊框進行檢測後發現有非常多輪廓，且可能有各式各樣不同形狀，許多輪廓其實接近 4 邊形但邊緣卻不平整，如圖 5-2 所示，邊框檢測目標為地圖外框的黑色 4 邊形，因此使用了多邊形近似方法，輪廓能更加逼近於平滑且無凸起的 4 邊形，最後進行周長、面積大小等篩選，留下唯一的四邊形輪廓，才能確保邊框檢測的正確。



圖 5-2：框線邊緣之文字或圖形容易形成不平整的 4 邊形輪廓

方格線檢測的部分則利用坐標軸文字縮小篩選範圍，如圖 5-3 所示，篩掉不利辨識內容，再利用線段長度篩選提高方格線檢測的正確性。

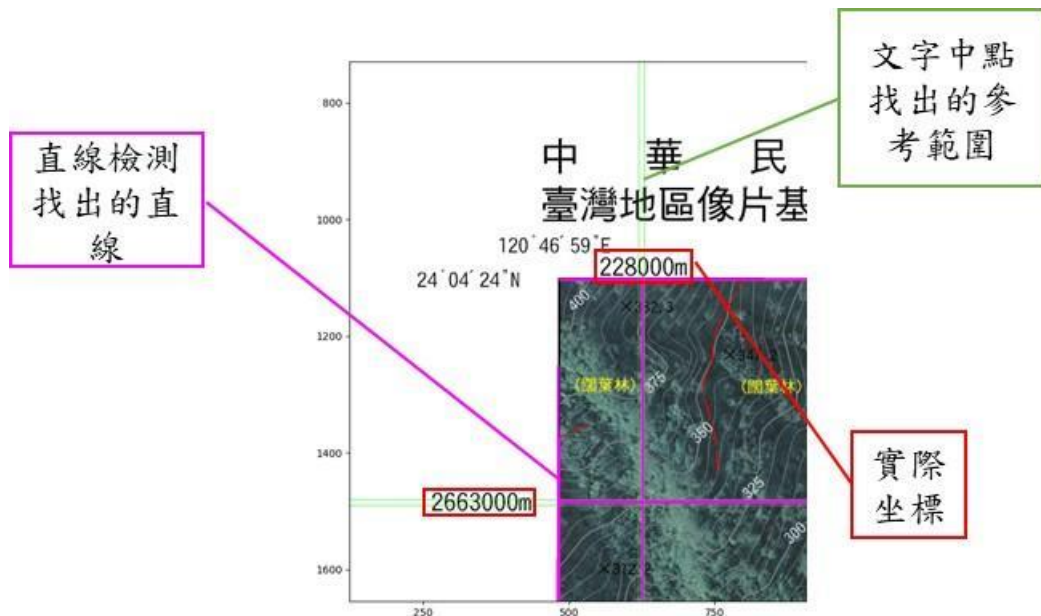


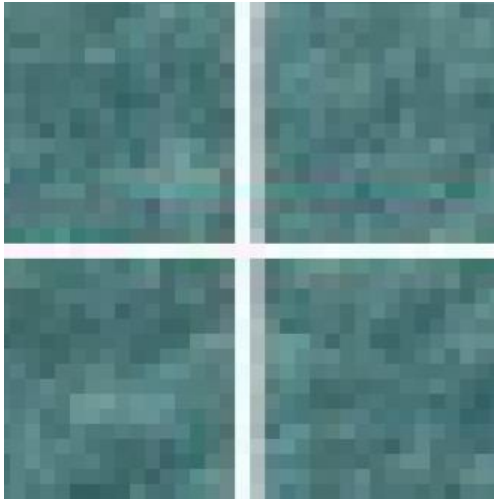

圖 5-3：直線檢測及文字篩選範圍

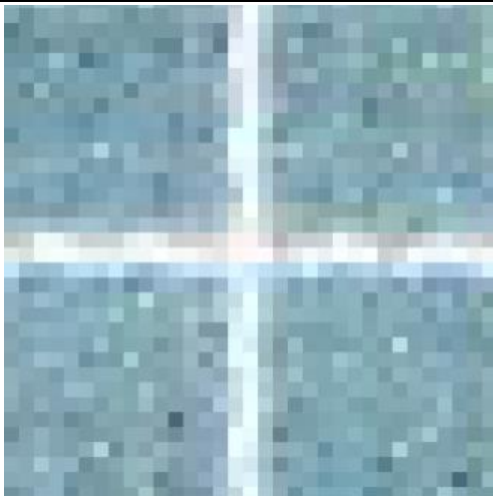
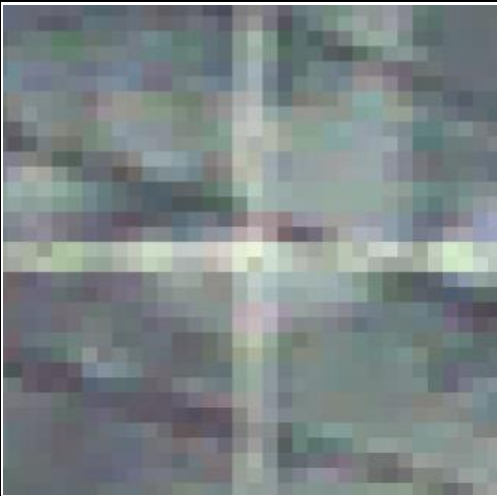
五、AI 辨識作業改進方向

目前 AI 辨識只適用於品質良好的出圖檔，掃描影像檔因為解析度及掃描後影像雜訊過多，以及早期基本圖為黑白，造成 AI 辨識失敗率高，所以目前掃描檔皆未以 AI 辨識執行，而其中像片基本圖繪製年度自 93 年以後，約有 2,700 幅掃描檔其紙圖成果為彩色，雖與出圖檔同樣為彩色影像，但方格線顯示狀況卻有不小差異，如表 5-2 所示，可以發現出圖檔的方格線整條顏色一致，但是彩色掃描檔的方格線卻受影像顏色影響，色度跨越極大，極易造成 AI 辨識失敗。

首先改進方式為針對線段色度跨越極大之問題改良影像前處理（灰階、二值化）設定，並提供新的訓練樣本，以期通過訓練樣本的校正，提高 AI 辨識對於彩色掃描檔的成功率，待彩色掃描檔的 AI 辨識率有所提升後，再以此延伸良善黑白掃描檔的 AI 辨識。

表 5-2：彩色掃描圖與出圖檔狀況對比

		影像內容	
		海面	山區
影像種類	出圖檔		
		94201012_098	95191062_095

		影像內容	
		海面	山區
影像種類	彩色掃描檔		
		92191033_094	95191002_095

另統整目前 AI 辨識失敗的主要原因如下，以做為日後 AI 辨識作業改進方向：

(一) 近似特徵影響辨識

部分圖幅的文字較靠近圖角點，且文字與邊框線皆為黑色並有直角的特徵，如圖 5-4 所示，因此造成誤判圖角點。

預定修正方向：

可藉由近似特徵樣本訓練 AI 以排除圖角點辨識錯誤。



圖 5-4：因文字導致圖角點辨識錯誤

因前處理對線段膨脹加粗以增強特徵，若旁邊的內容也與方格線相似，則方格線膨脹後可能與旁邊相似內容產生連結，導致旁邊近似內容與方格線一同被判定為格線，造成格

線辨識位置會與實際格線位置有所偏移，如圖 5-5 所示。

預定修正方向：

藉由調整影像前處理設定以減少此類情形產生，另外方格線辨識亦需要增加寬度篩選。

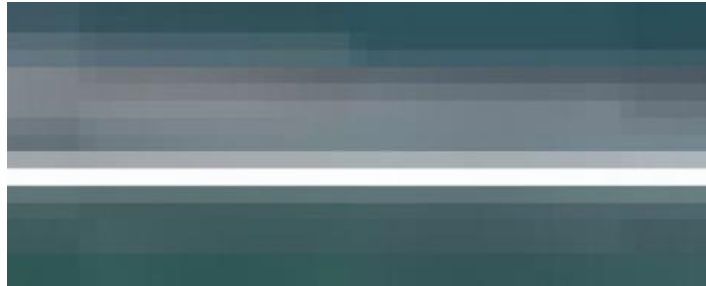


圖 5-5：格線旁像素與格線特徵相似，前處理後被判為格線

(二)繁雜特徵影響辨識

但影像中發現有格線被截斷的狀況，導致許多辨識出的線段過短（如圖 5-6），以至於在後續篩選過程中被剔除掉，若被剔除過多則無法判定為格線。

預定修正方向：

藉由調整篩選設定以減少方格線被剔除之情形。



圖 5-6：格線被地圖中的文字截斷

(三)圖框繪製錯誤

發現部分圖幅無黑色邊框線，或是邊框線與地圖內容不貼齊，甚至出現雙重框線等狀況，如圖 5-7 所示，導致圖角點辨識錯誤。

預定修正方向：

繪製錯誤數量少且狀況不一，難以樣本訓練解決，故對

此類錯誤圖框情形新增偵錯設定，通知以人工量測方式介入補正。

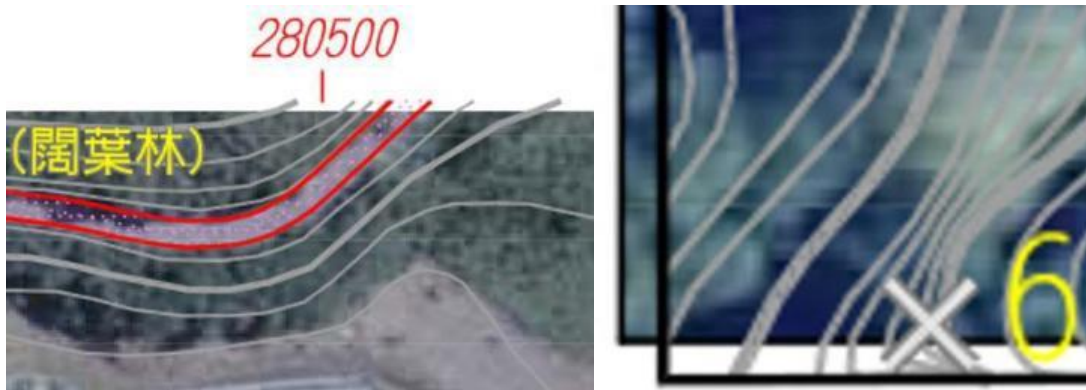


圖 5-7：因邊框線問題導致圖角點辨識錯誤