

**108 年度臺中市部分地區三維
近似化建物模型建置工作採購案**

**2019 Construction Of 3D Building
Model With Simulation Texture In
Taichung City Area**

工 作 總 報 告(修訂版)

主辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：台灣世曦工程顧問股份有限公司

中 華 民 國 108 年 12 月 27 日

108
年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

工作總報告

內政部國土測繪中心



內政部國土測繪中心

地址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

網址：www.nlsc.gov.tw

總機：(04) 22522966

傳真：(04) 22592533

摘要

內政部國土測繪中心管有各項基礎及核心之國土測繪資料，包括臺灣通用電子地圖、地籍圖和國土利用調查成果圖等各類圖資，並建置「國土測繪圖資服務雲」，藉由 2D 與 3D 圖臺的展示，讓全民可應用及共享國土測繪成果。

內政部與國家發展委員會積極推動將現有 2D 國家底圖升級為 3D 國家底圖，定調以「數值地形模型 (DTM)」及「臺灣通用電子地圖」作為必備元件，正式啟動「三維國家底圖建構工程」，以深化我國 3D 加值智慧應用及產業發展。國土測繪中心於 108 年度辦理「108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案」，作為三維國家底圖建構的第一步，建構全國三維建物模型；並於 108 年中，推出「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」，以「先全面建置，後精進細緻」之策略持續精進國家三維底圖。

「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」主要工作包含建物樓高萃取作業、建置三維灰階建物模型及建置三維近似化建物模型，臺中市部分地區，分別為外埔區、后里區、豐原區、石岡區、東勢區、烏日區、大里區、太平區、霧峰區等共 9 區，範圍內分戶建物框數量共計約 44.5 萬個。

台灣世曦工程顧問股份有限公司有幸參與「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」建置工作，在國土測繪中心指導下秉持一貫的工作熱忱，順利完成本案交付任務。

關鍵字：臺灣通用電子地圖、數值地形模型、三維灰階建物模型、三維近似化建物模型。

Abstract

The Ministry of the Interior (MOI) and the National Development Council (NDC) actively promote the upgrading from 2D national map to 3D national map, use "Digital Terrain Model (DTM)" and "Taiwan Electronic Map" as the basic data to formulate data standards and providing common services. In 2019, the National Land Surveying and Mapping Center (NLSC) handled the “2019 3D Simulation Building Model Construction Project” as the first step of the 3D national map to construct a national 3D building model, then launched “2019 Taichung City Area 3D Simulation Building Model Construction Project”.

The main work of this project includes building high-rise extraction, the construction of 3D gray-scale building model, and 3D approximated building model. The scope of project includes part of Taichung City, including 9 districts as Waipu District, Houli District, Fengyuan District, Shigang District, Dongshi District, Wuri District, Dali District, Taiping District and Wufeng District, the total number of building models is about 445 thousands.

Keywords : Taiwan Electronic Map, Digital Terrain Model, 3D Gray-Scale Building Model, 3D Approximate Building Model.

工 作 總 報 告(修訂版)

目 錄

第一章	計畫概述與作業規劃.....	1
1.1	計畫概述.....	1
1.2	作業範圍與計畫目標	2
1.3	作業時程規劃	3
第二章	工作項目及內容	4
2.1	工作項目	4
2.2	契約時程與交付成果	5
2.3	作業流程規劃	6
第三章	工作流程及執行方法.....	7
3.1	加值圖資建物特性說明.....	7
3.2	圖資整併作業	8
3.3	建物樓高萃取作業	9
3.4	建物圖層屬性欄位及成果表格設計	11
3.5	三維灰階建物模型建置.....	15
3.6	屋頂紋理材質建置	17
3.7	外牆紋理材質建置	19
3.8	三維近似化建物模型建置.....	27
第四章	作業成果說明	29
4.1	需求資料蒐集	29
4.2	三維灰階建物模型	29
4.4	三維近似化建物模型	32
第五章	品質分析及自我檢核.....	41
5.1	三維灰階建物模型檢核.....	41
5.2	屋頂及牆面紋理品質管控.....	42
5.3	模型資料格式轉換品質管控	43
5.4	公正第三方協助辦理檢核機制	43
第六章	結論與建議	48
參考文獻	50	

附 錄：

附錄一、作業檢核表單

附錄二、各階段成果紀錄表格式樣張

附錄三、計畫收發文紀錄

附錄四、歷次工作會議決議與辦理情形

附錄五、工作總報告審查意見回覆紀錄表

表 目 錄

表 2-1	成果繳交項目、內容一覽表	5
表 3-1	加值圖資建物「房屋型態」編碼表	8
表 3-2	加值圖資建物「房屋結構」編碼表	8
表 3-3	建物 SHAPEFILE 成果屬性欄位內容	12
表 3-4	32 位元轉碼對照表	13
表 3-5	建物高度分層比例統計表	14
表 3-6	變遷比例統計表	14
表 3-7	樓層級距與 HTML 顏色代碼對照表	15
表 3-8	外牆紋理分類及編碼表	20
表 3-9	外牆紋理材質庫預定建置數量表	22
表 4-1	需求資料取得情形一覽表	29
表 4-2	建物高度分層比例統計表	30
表 4-3	變遷比例統計表	31
表 4-4	外牆紋理材質庫建置統計表	34
表 5-1	各工作階段之檢核表單	41
表 5-2	加值圖資屬性欄位完整性確認	43
表 5-3	加值圖資屬性欄位值域合理性確認	43
表 5-4	LOD1 三維灰階建物模型查核統計總表	44
表 5-5	LOD1 三維灰階建物模型分幅查核統計表	44

圖 目 錄

圖 1-1	計畫範圍圖	2
圖 1-2	工作項目與時程規劃甘特圖	3
圖 2-1	整體作業流程圖	6
圖 3-1	臺灣通用電子地圖建物	7
圖 3-2	臺中市加值圖資建物	7
圖 3-3	建物圖資整併案例	9
圖 3-4	高程組距分割示意圖	10
圖 3-5	各組距數量統計示意圖	10
圖 3-6	DEM 最低點萃取示意圖	11
圖 3-7	高度和灰階值成反比呈現效果較佳	16
圖 3-8	暖色和冷色顯示差異	16
圖 3-9	106 年度原始航照影像分布	17
圖 3-10	逆轉換模式產製屋頂真實正射影像	17
圖 3-11	屋頂真實正射影像範例(臺中市豐原區)	17
圖 3-12	真實正射影像套疊建物框	18
圖 3-13	真實正射影像套疊建物框	18
圖 3-14	半自動化屋頂偏移量修正	19
圖 3-15	外牆紋理材質庫建置架構	20
圖 3-16	房屋高度、外觀區分類說明	21
圖 3-17	各類型外牆紋理示意圖	21
圖 3-18	騎樓材質庫示意圖	22
圖 3-19	牆面材質庫示意圖	22
圖 3-20	紋理材質庫建置工具	23
圖 3-21	模型紋理敷貼流程圖	23
圖 3-22	街景測站分析示意圖	24
圖 3-23	街景影像比對分類材質庫	25
圖 3-24	二值化圖像計算	25

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

圖 3-25	紋理敷貼配置示意圖.....	27
圖 3-26	XML 格式範例	28
圖 3-27	屋頂紋理材質建置及敷貼示意圖	28
圖 3-28	外牆紋理材質敷貼示意圖.....	28
圖 4-1	建物圖層整併案例	30
圖 4-2	LOD1 三維灰階建物模型產製程式.....	31
圖 4-3	LOD1 三維灰階建物模型成果	32
圖 4-4	106 年度原始航照影像分布圖	32
圖 4-5	屋頂紋理材質-真實正射影像	33
圖 4-6	真實正射影像套疊建物框.....	33
圖 4-7	待修正屋頂紋理材質.....	34
圖 4-8	外牆紋理材質庫-三合院.....	35
圖 4-9	外牆紋理材質庫-廠房.....	35
圖 4-10	外牆紋理材質庫-大樓.....	35
圖 4-11	外牆紋理材質庫-騎樓.....	35
圖 4-12	自動化三維近似化建模流程	36
圖 4-13	房屋角點計算原理示意圖	37
圖 4-14	騎樓及牆面目標影像擷取.....	38
圖 4-15	牆面影像分析案例	38
圖 4-16	騎樓影像分析案例	38
圖 4-17	外牆紋理比對結果示意圖.....	39
圖 4-18	三維近似化建物模型套疊臺灣通用電子地圖-豐原區.....	39
圖 4-19	三維近似化建物模型套疊正射影像圖-豐原區	40
圖 4-20	多維度國家空間資訊服務平臺	40
圖 5-1	屋頂紋理抽驗分布圖.....	46
圖 5-2	屋頂紋理審查內容示意圖.....	47
圖 5-3	外牆紋理程式查核結果示意圖	47
圖 6-1	108 年度臺灣通用電子地圖作業區	49

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

第一章 計畫概述與作業規劃

1.1 計畫概述

內政部國土測繪中心（以下簡稱國土測繪中心）管有各項基礎及核心之國土測繪資料，包括臺灣通用電子地圖、地籍圖和國土利用調查成果圖等各類圖資，並建置「國土測繪圖資服務雲」，藉由 2D 與 3D 圖臺的展示，讓全民可應用及共享國土測繪成果。

近年來空間資訊的技術日益進步，發展方向由過去的二維平面資料往三維立體模式推進，為擴大測繪資料應用層面及推廣 3D GIS 應用，並考量未來 2D 及 3D 圖資整合之架構及應用功能需求，本案將利用既有大量 2D 建物資料及高度資訊(DEM 及 DSM)，快速產製 OGC CityGML 所定義建物模型細緻度(Level of Detail, LOD) LOD1 之三維近似化建物模型。考量既有圖資成果時效性，以臺中市政府資訊中心利用臺灣通用電子地圖建物圖層加值分戶之圖資，辦理本案三維建物模型建置。

為提供符合使用者需求的多元化圖資服務，滿足國土規劃、災害防救、治安維護、交通疏運、觀光旅遊等不同領域應用，本案完成三維近似化建物模型成果將導入國土測繪中心規劃建置之多維度圖臺及內政部三維空間資料與影像圖資整合展示工具進行成果展示、服務發布及相關應用。藉由立體的視覺化展示各項空間資訊，奠定智慧城市發展與應用之基礎。

內政部與國家發展委員會積極推動將現有 2D 國家底圖升級為 3D 國家底圖，定調以「數值地形模型 (DTM)」及「臺灣通用電子地圖」作為基礎資料進行加值，正式啟動「三維國家底圖建構工程」，以深化我國 3D 加值智慧應用及產業發展。國土測繪中心於 108 年辦理「108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案」(以下簡稱本案)，作為三維國家底圖建構的第一步，建構全國三維建物模型；並於 108 年中，推出「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」，以「先全面建置，後精進細緻」之策略持續精進國家三維底圖。

1.2 作業範圍與計畫目標

本案主要工作包含建物樓高萃取作業、建置三維灰階建物模型、及建置三維近似化建物模型，作業範圍包含臺中市部分地區，分別為外埔區、后里區、豐原區、石岡區、東勢區、烏日區、大里區、太平區、霧峰區等共 9 區，範圍內分戶建物框數量共計約 44.5 萬個，如圖 1-1。

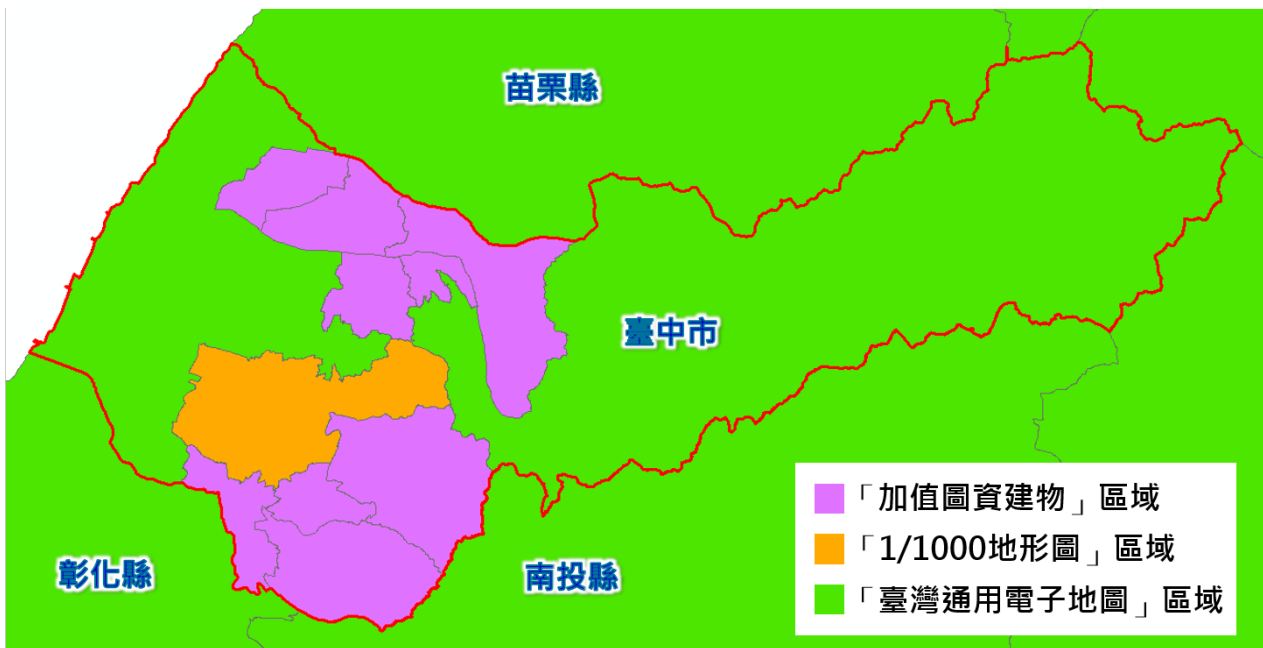


圖 1-1 計畫範圍圖

本案計畫目標如下：

- (一)航測圖資整併：完成臺中市部分地區加值後臺灣通用電子地圖分戶建物框轉置及修補，整合臺灣通用電子地圖建物資料，並由 DEM/DSM 資料取得建物樓高資訊，作為產製 3D 建物模型之先期準備。
- (二)3D 灰階建物模型產製：利用 2D 建物圖層資料產製三維灰階建物模型。
- (三)3D 近似化建物模型建置：透過自動化/半自動化作業流程給予建物屋頂及牆面紋理材質。

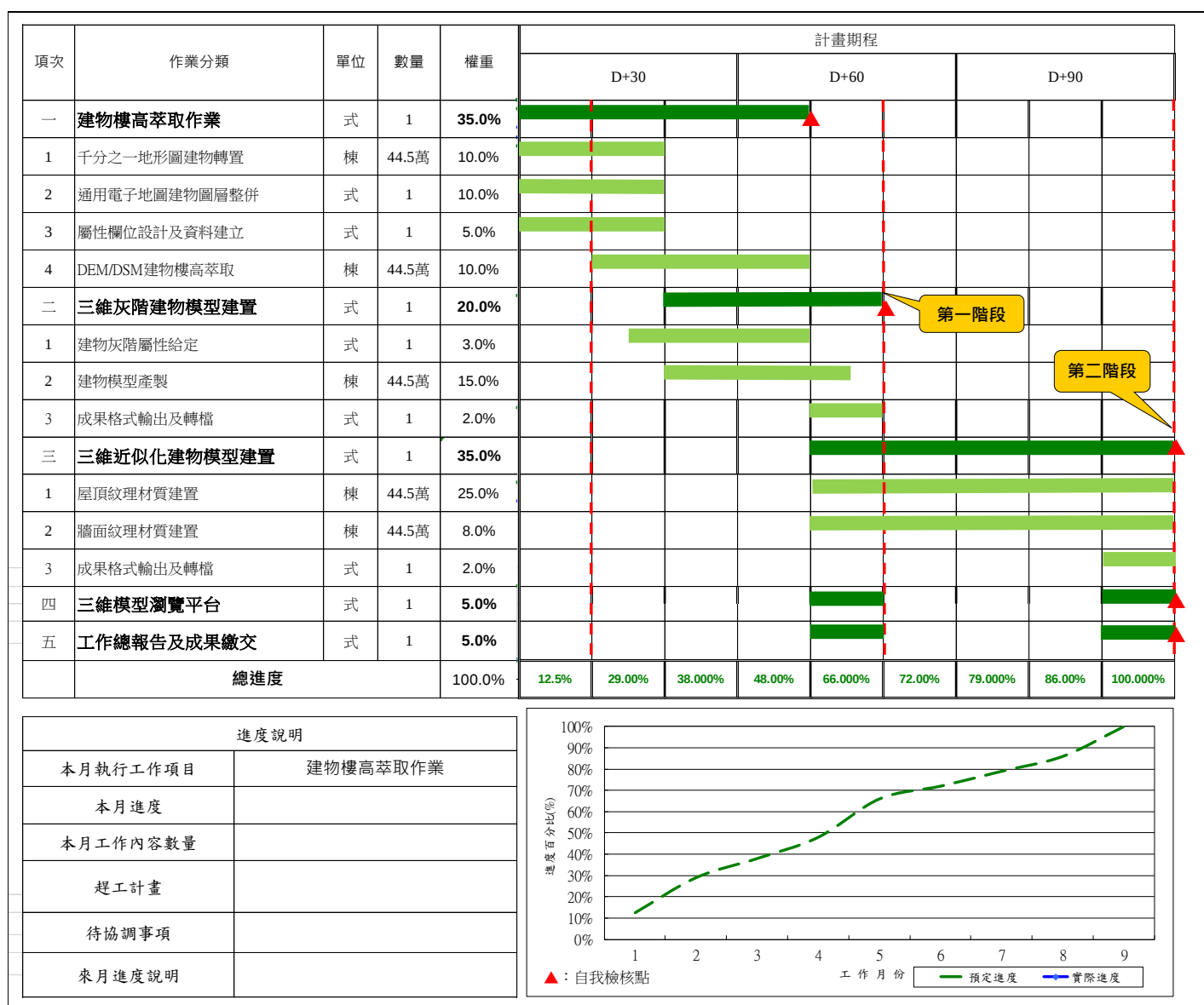
本公司以完善整合之團隊組織與審慎規劃，與國土測繪中心密切合作完成任務。

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

1.3 作業時程規劃

本案共分二階段辦理，自決標次日至 108 年 12 月 10 日前完成全部工作並提送工作總報告書。詳細工作時程及進度規劃，依據辦理工項所費之人力，估算訂定其權重。各工作項目與進度規劃如圖 1-2。進度規劃係配合各階段圖資繳交之時程進行安排，各作業工項之進度軸表示最遲開始及最遲需完成之時程點。

為能使各單項工作順利推展並確保整體作業如期進行，除參加國土測繪中心定期召開之工作會議外，並每月提送工作進度報告，掌握各項成果辦理情形。



紅色三角形為階段檢核點，D 為決標日

圖 1-2 工作項目與時程規劃甘特圖

第二章 工作項目及內容

2.1 工作項目

一、專案項目：

1.建物樓高萃取作業

- (1) 千分之一建物框樓高萃取作業。
- (2) shapefile 屬性資料紀錄。

2.建置三維灰階建物模型

- (1) 三維灰階建物模型產製。
- (2) 開級距及灰階值給定方式方案規劃。
- (3) 三維灰階建物模型 KML(或 KMZ)輸出。
- (4) 製作成果紀錄表。
- (5) 成果轉檔 I3S、3D Tiles。

3.建置三維近似化建物模型

- (1) 屋頂與牆面紋理材質萃取。
- (2) 屋頂紋理材質敷貼。
- (3) 牆面紋理材質敷貼。
- (4) 三維近似化建物模型 KML(或 KMZ)輸出。
- (5) 製作成果紀錄表。
- (6) 成果轉檔 I3S、3D Tiles。

二、工作總報告：工作總報告，內容至少須包含：摘要、計畫概述、作業規劃及範圍、工作項目及內容、流程及執行方法、成果說明及品質分析、結論及建議。

2.2 契約時程與交付成果

本案分二階段作業如下，自決標次日至 108 年 12 月 10 日前完成，相關成果數量及繳交時程如表 2-1。

一、第一階段作業：

於 108 年 10 月 28 日前，交付以下項目：

- 1.樓高萃取成果檔(電子檔 1 份)。
- 2.三維灰階建物模型成果檔及成果紀錄表(電子檔 1 份)。

二、第二階段作業：

於 108 年 12 月 10 日前，交付以下項目：

- 1.三維近似化建物模型成果檔及成果紀錄表。
- 2.工作總成果報告(書面 10 份、電子檔 1 份)。

表 2-1 成果繳交項目、內容一覽表

階段	成果繳交項目	書面或電子檔	數量	單位	繳交期限
第一階段	樓高萃取成果檔	電子檔	1	份	於 108 年 10 月 28 日前繳交
	三維灰階建物模型成果檔及成果紀錄表	電子檔	1	份	
第二階段	三維近似化建物模型成果檔及成果紀錄表	電子檔	1	份	於 108 年 12 月 10 日前繳交
	工作總報告	書面	10	份	
		電子檔	1	份	

2.3 作業流程規劃

為求圓滿完成本案「航測圖資整併」、「3D 灰階建物模型產製」、「3D 近似化建物模型建置」3 大任務，本公司以歷年辦理各項專案所累積之經驗，釐清各項成果資料之關連性，擬定本案各工作項目及成果產製程序，將資源作最有效之分配利用。規劃整體作業流程，如圖 2-1。

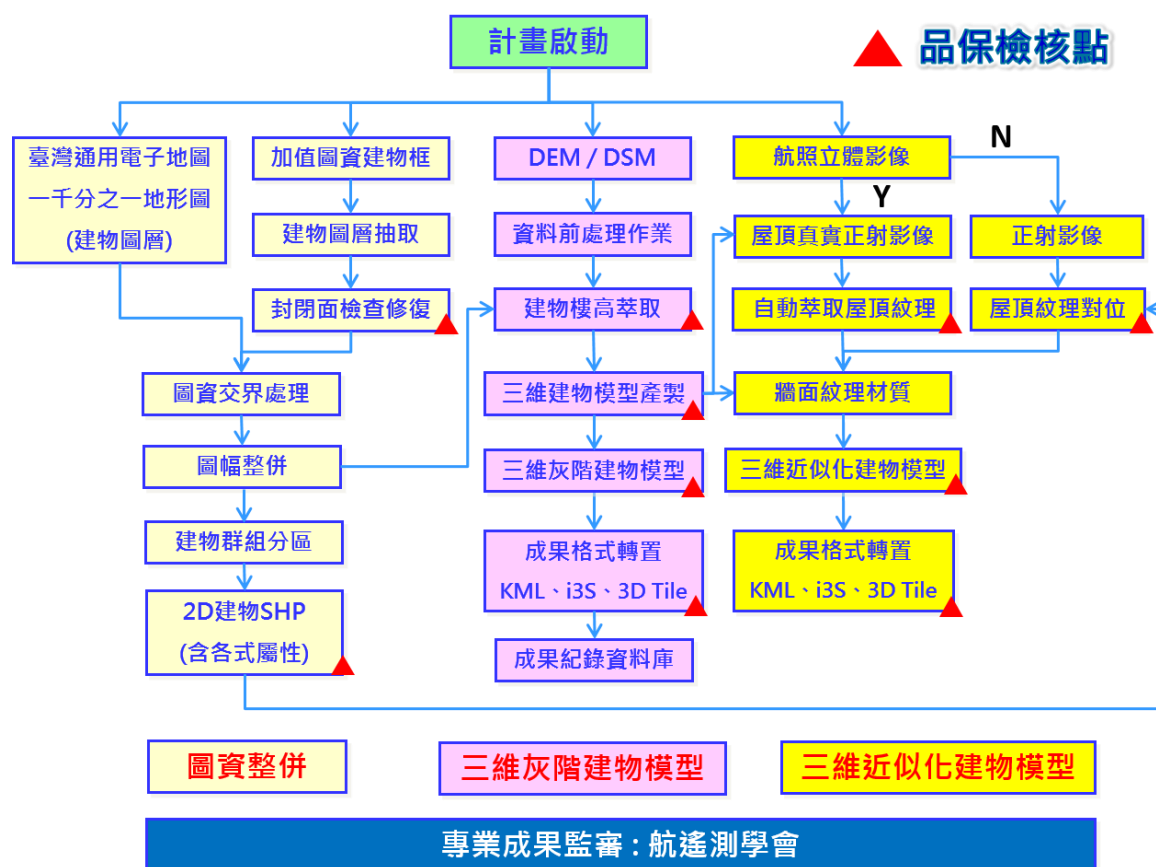


圖 2-1 整體作業流程圖

第三章 工作流程及執行方法

3.1 加值圖資建物特性說明

本案作業採用之加值圖資建物，為臺中市政府資訊中心自 103 年起，逐年利用臺灣通用電子地圖建物圖層，透過航照影像進行加值分戶，搭配輔助資料或現場調查方式，建置建物屬性資料。包含臺中市外埔區、后里區、豐原區、石岡區、東勢區、烏日區、大里區、太平區、霧峰區等共 9 區，範圍內分戶建物框數量共計約 44.5 萬個。

幾何上，加值圖資建物原則上繼承臺灣通用電子地圖建物區塊外框，針對建物邊緣轉折線小於 5 公尺處實行繪製，如圖 3-1；屬性資料上，新增「房屋型態碼」、「房屋結構碼」及「建物樓層數」等大比例尺地形圖常見之屬性內容，屬性欄位編碼說明如表 3-1 及 3-2。

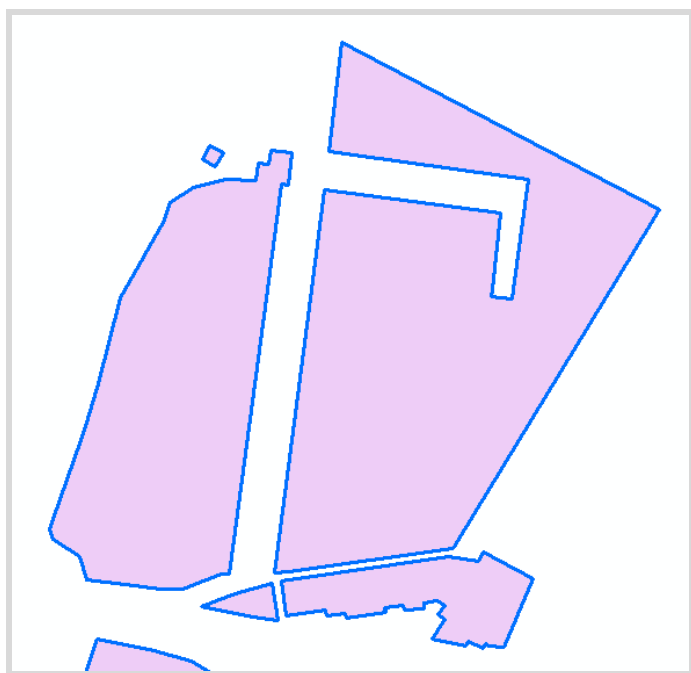


圖 3-1 臺灣通用電子地圖建物

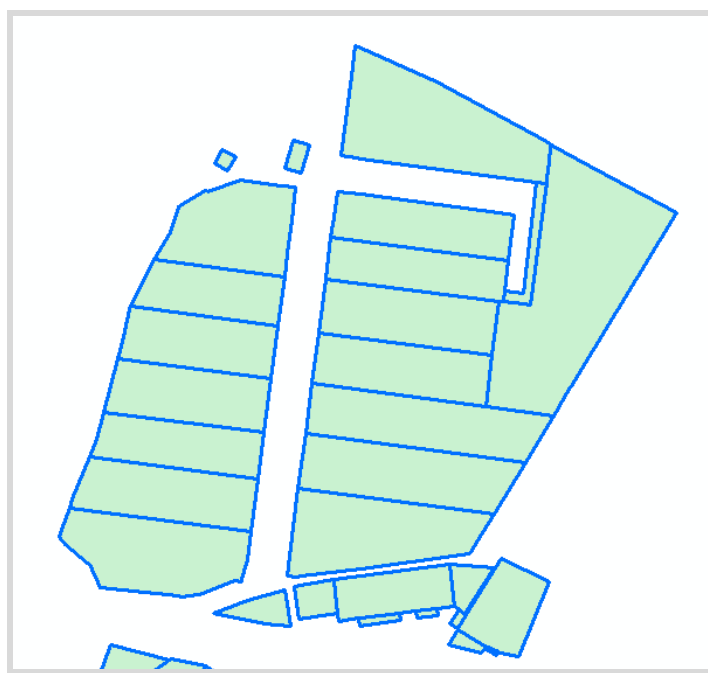


圖 3-2 臺中市加值圖資建物

房屋型態欄位，將加值圖資建物分為「獨戶」、「雙併」、「連棟式透天厝」、「連棟式公寓」、「獨棟式公寓」及「大廈」六種我國常見建物型態，可與本公司所規劃的「分類式外牆紋理材質資料庫」相互搭配(詳 3.7 節)，提升三維近似化模型之外牆紋理材質相似程度。

表 3-1 加值圖資建物「房屋型態」編碼表

欄位編碼	房屋型態	備註
1	獨戶	無與他戶共用牆或四周有庭院之房舍
2	雙併	兩棟房屋為一單元且有共用牆者
3	連棟式透天厝	
4	連棟式公寓	
5	獨棟式公寓	
6	大廈	六樓(含)以上

表 3-2 加值圖資建物「房屋結構」編碼表

欄位編碼	房屋結構	一千分之一地形圖常用圖例
1	木造房屋	D
2	磚造房屋	B
3	鐵架搭建房屋	M / T
4	鋼筋水泥及鋼骨結構房屋	R
5	其他	

3.2 圖資整併作業

本案作業範圍，與臺中市一千分之一地形圖及臺灣通用電子地圖相鄰，於接邊處部分圖資有重疊的情形，2D 圖資應先行整併，整併作業如下說明。

一、坐標轉換：

加值圖資建物是以 TWD97 坐標系統建置，為了與全國性三維建物模型資料整合，並且與三維圖臺底圖圖磚一致，需統一轉置為 TWD97@2010 坐標系統，再進行後續作業。

二、資料合併及邊界圖資合理性編修：

整合加值圖資建物框、一千分之一地形圖及臺灣通用電子地圖建物圖層為一完整 SHP 圖資檔案，於兩者邊界處，圖資重疊之情形，則劃定合理範圍予以整併，如圖 3-3 所示。

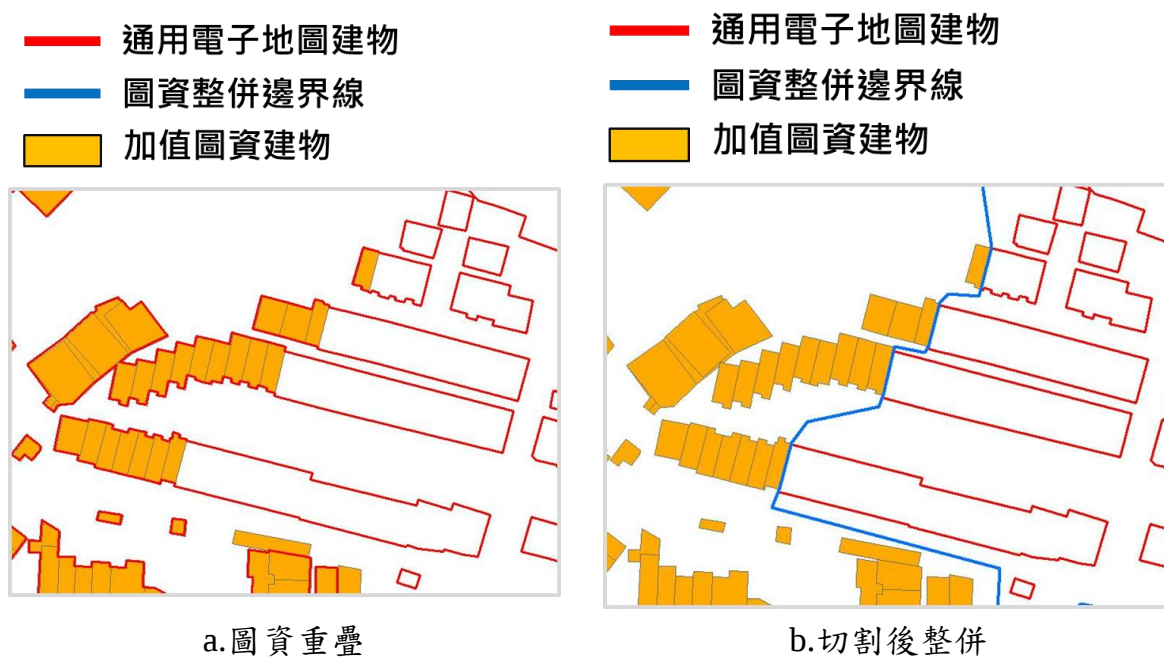


圖 3-3 建物圖資整併案例

三、臨時性建物(T 棚)，建物刪除：

針對建物結構碼為臨時性建物者(T 棚)，因其具有面積較小、無牆面結構等特性，非本案建物模型產製標的，將此類別建物過濾刪除。

3.3 建物樓高萃取作業

利用建物框與 DEM 及 DSM 套疊，萃取建物樓高，並紀錄各建物框高程資訊，各階段作業說明如下：

一、建物框於 DSM 之高程萃取：

1. 高程組距分割：建物框內 DSM 最大值與最小值間分十層，如圖 3-4 所示。

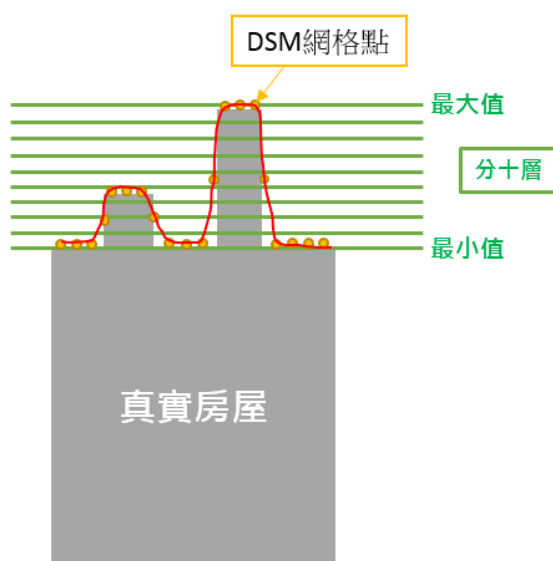


圖 3-4 高程組距分割示意圖

2. 各組距數量統計：計算建物框內 DSM 高程值落於各組距之數量、比例與平均高度，如圖 3-5 所示。

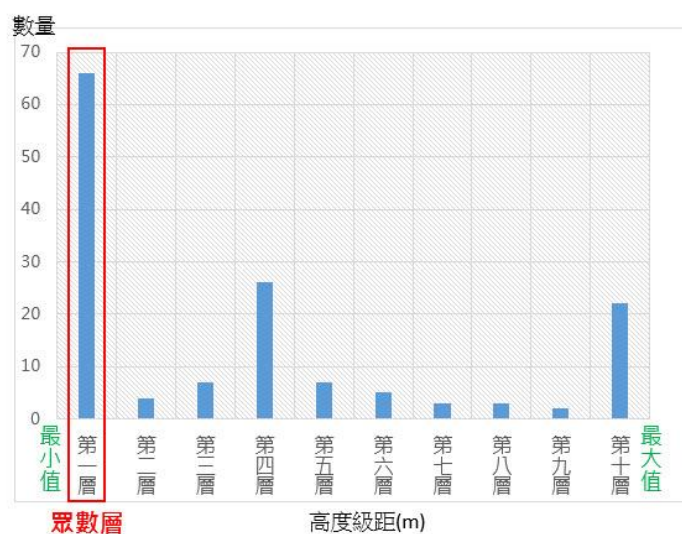


圖 3-5 各組距數量統計示意圖

3. DSM 高程值萃取：取眾數層內之高程值平均值(單一數值)。
4. 屬性紀錄：在 shapefile 屬性欄位中記錄此建物之 DSM 高程值與建物高眾數層比例，其他各組距比例及平均高度另以報表詳細記錄。
5. 報表紀錄：以文字報表紀錄此建物框內 DSM 高程值落於

各組距之數量、比例與平均高度。

二、建物框於 DEM 之高程萃取：

1. DEM 高程值萃取：取建物框內 DEM 最小值(單一數值)，以確保建物高度正確性及建物模型於 3D 平台展示時，視覺上之合理性，如圖 3-6。

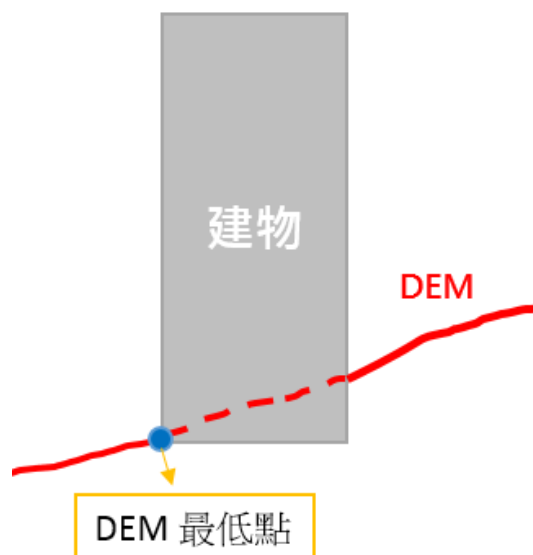


圖 3-6 DEM 最低點萃取示意圖

三、建物樓高計算：

1. 樓高計算：建物萃取之 DSM 高程值減 DEM 最小值(單一數值)。
2. 屬性紀錄：在 shapefile 屬性欄位中記錄此建物之樓高(單位：公尺)。

3.4 建物圖層屬性欄位及成果表格設計

本案所提供的 Shapefile 成果應具屬性資料，為能有效進行後續建物模型管控及未來能有效進行個別建物抽換或修訂，除原需求欄位規格並額外設計其於相關欄位屬性，將有效提高管控效率，其內容如表 3-3：

表 3-3 建物 Shapefile 成果屬性欄位內容

編碼	圖層名稱	中文說明	型態	欄寬	一千分之一 地形圖	臺灣通用電子地圖
1	BUILD_ID	建物編號	TEXT	20	利用建物中心點TWD97坐標資料以32位元編碼	
2	BUILD_STR	建物結構	TEXT	2	原建物結構， 如:R、B、M	統一給空白
3	BUILD_NO	建物樓層數	Integer	3	原建物樓層數	建物樓高/3.3 公尺 (四捨五入最低為 1)
4	SOURCE	建物框資料來源	TEXT	50	記錄圖檔原始來源，如:花 蓮市都市計畫區	記錄「電子地圖年度+ 臺灣通用電子地圖」， 如 107 年度臺灣通用電 子地圖
5	BUILD_RE	建物屋頂高	Doubles	10.2	DSM 高度(建物眾數)	
6	RE_MODE	建物高眾數層比 例	Doubles	10.3	建物高眾數層比例	
7	BUILD_H	建物樓高	Doubles	10.2	建物屋頂高-建物地面高	
8	MDATE	建物框測製日期	TEXT	8	該地形圖記錄之測製日 期，跨圖框則擇較新日期	原電子地圖建物既有 欄位
9	ROOF	屋頂影像	TEXT	50	屋頂所使用影像名稱	
10	TEXTURE1	騎樓紋理	TEXT	50	側面一樓使用影像名稱	
11	TEXTURE2	牆面紋理	TEXT	50	側面二樓及以上使用影像名稱	
12	H_MODE	變遷比例統計	Doubles	10.3	統計建物框內，DSM 與 DEM 高差值為 1.5 公尺以 下之網格點比例	
13	MODEL_LOD1	LOD1 模型	Integer	2	0：無轉製(過小、該區有 LOD3 模型) 1：有轉製	
14	MODEL_LOD3	LOD3 模型	Integer	2	0：無轉製 1：有轉製(控管有 LOD3 模型不轉製)	
15	FRAMECNT	圖幅數	Integer	2	記錄有涵蓋圖框之數目(1~4)	
16	FRAMEID	圖幅編號	TEXT	50	記錄有涵蓋圖框之圖號， 跨圖框處則以逗號進行區分	
17	COUNTY	直轄市、縣(市) 名稱	TEXT	50	B_臺中市、C_基隆市等， 跨圖框處則以逗號進行區分	
18	MODELNAME	模型檔案名稱	TEXT	50	匯出後模型檔名	
19	E_97	模型中心 E 坐標	Doubles	10.3	建物中心點 E 坐標值(TWD97)	
20	N_97	模型中心 N 坐標	Doubles	10.3	建物中心點 N 坐標值(TWD97)	

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

如表 3-3，除本案服務建議需求書提出之基本欄位外，本公司增加更多欄位內容，並且以 Geodatabase(File GDB)方式儲存，所有成果表格資料皆具有地理空間資訊，於未來能同步管控 3D 建物模型並掌握資料動態。其中針對較為特殊欄位進行細節說明，如下：

一、建物編號(BUILD_ID)：

本案建物編號為考慮其編號能具備其唯一性及識別性，擬參考臺灣通用電子地圖道路節點識別碼之編碼方式，將建物中心點 XY 坐標(TWD97)進行 32 位元轉碼，可使建物編號同時具備其空間意義及識別性，較一般流水號編碼更具管理意義。

進行轉碼前，將 Y 坐標減 2000000，保留小數第一位並推算至整數，使其 XY 坐標為 7 位整數，其參考 32 位元轉碼定義如表 3-4。

表 3-4 32 位元轉碼對照表

0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
8	8	9	9	10	A	11	B	12	C	13	D	14	E	15	F
16	G	17	H	18	J	19	K	20	L	21	M	22	N	23	P
24	Q	25	R	26	S	27	T	28	U	29	V	30	W	31	X

其中為避免字母和數字混淆，字母 I、O 不納入計算，如原建物坐標為(300500.390,2770000.460)，經由 Y 坐標減 2000000 且保留小數第一位至整數後，其坐標變為(3005004, 7700005)，利用 32 位元轉碼後可得到 3005004=2TNJC 及 7700005=7AXH5，其字串相加後可得到其建物編碼為 2TNJC7AXH5，共計 10 位數之編碼。

二、建物屋頂高(BUILD_RE)、屋頂高分層比例(RE_MODE)：

本案雖已將建物屋頂高記錄於 Shapefile 中，但由於屋頂高是用 DSM 高程值萃取，並取其建物區塊範圍內眾數層之高程值平均值，故新增屋頂高分層比例(RE_MODE)欄位，記錄該高程值占眾數層之比例，以供後續進行建物品質管控時之依據。

此外，樓高萃取過程中，將記錄建物高度組距比例統計報表，如表 3-5，每棟建物皆會記錄其各層的 DSM 網格點數及

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

平均高程，同時以點數最多的層為眾數層，同時紀錄其比例及高度。以此表格為依據，可於自我檢核及驗收階段，比對及驗證成果模型與統計數據是否一致，藉以確保成果品質及一致性。

表 3-5 建物高度分層比例統計表

BUILD_ID	眾數_平均高	點數	眾數比例	第一層點數	第二層點數	第三層點數	第四層點數	第五層點數	第六層點數	第七層點數	第八層點數	第九層點數	第十層點數
1R8CW5NXMM	25.385	157	0.363	1_22.69	0_0.00	7_23.78	4_24.29	34_24.57	44_24.99	57_25.39	1_25.65	4_26.25	5_26.70
1R8GF5NXJ6	27.616	98	0.276	1_25.73	0_0.00	1_26.24	1_26.51	1_26.76	9_26.98	9_27.16	24_27.37	27_27.62	25_27.82
1R8K75NV65	29.914	914	0.542	1_21.96	1_23.33	2_24.10	0_0.00	0_0.00	2_26.97	21_28.21	308_29.08	495_29.91	84_30.50
1R8X15NV8J	26.301	226	0.332	23_21.88	24_22.69	27_23.68	21_24.53	26_25.50	75_26.30	16_26.89	1_27.81	8_28.89	5_30.01
1RA4R5NR61	31.895	306	0.252	1_28.35	1_28.80	0_0.00	4_29.69	9_30.03	14_30.41	68_30.77	68_31.14	64_31.50	77_31.89
1RA7U5NR4J	31.949	178	0.185	2_30.31	7_30.52	22_30.68	20_30.87	19_31.02	26_31.22	12_31.39	19_31.56	18_31.77	33_31.95
1RA885NWE8	22.73	9	0.222	1_22.55	0_0.00	2_22.73	0_0.00	1_22.83	1_22.94	0_0.00	1_23.06	1_23.09	2_23.19
1RAA65NR2M	25.552	116	0.422	49_25.55	44_25.94	5_26.60	3_26.98	0_0.00	0_0.00	1_28.63	6_29.31	5_29.86	3_30.52
1RAF25NR3E	25.204	74	0.311	1_24.26	0_0.00	1_24.52	1_24.61	3_24.76	4_24.86	7_24.98	18_25.10	23_25.20	16_25.29
1RAPU5NRKB	28.825	361	0.51	1_24.00	1_25.03	1_25.40	1_26.15	1_26.55	7_27.20	18_27.79	104_28.33	184_28.83	43_29.20

三、騎樓紋理 (TEXTURE1)、牆面紋理(TEXTURE2)：

依過往建模之經驗，部分高樓層建物之一樓通常會進行挑高處理，故進行側面紋理貼圖時，除分為騎樓及牆面紋理外，也參考建物樓層數(BUILD_NO)屬性，篩選出 8 層樓以上之建物，其騎樓紋理將採用大樓類型之紋理。

四、變遷比例統計：

如表 3-6，針對樓高數據不足 3m 之建物，以 0.5m 為單位，紀錄各區間網格數量比例，未來於三維圖臺展示時，可據以考量並過濾不需展示之建物。

表 3-6 變遷比例統計表

BUILD_ID	變遷比例(0.5m以下)	變遷比例(0.5m~1m)	變遷比例(1m~1.5m)	變遷比例(1.5m~2m)	變遷比例(2m~2.5m)	變遷比例(2.5m~3m)
1TK7L5MKC4	0	0	0	0	0	0
1SHRK5MCV5	0	0	0	0	0	0
1SHDF5MD8J	0	0	0	0	0	0
1TK475MH8B	0	0	0	0	0	0
1TKAU5MJS9	0	0	0.011	0	0	0.011
1TK935MK45	0	0	0	0	0	0
1TKRX5ML5S	0	0	0	0.026	0.132	0.25
1UVEU5N1RW	0.024	0.095	0.024	0.024	0.048	0.071
1R8CW5NXMM	0	0	0.006	0	0.038	0.178
1T90M5M8NQ	0	0	0	0	0	0

五、圖幅編號(FRAMEID)、直轄市、縣(市)名稱(COUNTY)：

因本案建物將進行跨圖幅整併，而臺灣通用電子地圖建物是用直轄市、縣(市)界進行區分，將建物框在跨圖框、直轄市、縣(市)及一千分之一地形圖和臺灣通用電子地圖接邊處進行

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

合併，並將合併前之圖幅號、直轄市、縣(市)名稱全部記錄下來，可供未來進行各種不同統計分析及應用。

3.5 三維灰階建物模型建置

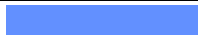
完成上述的 Shapefile 屬性資料後，即可使用其內容產製 LOD1 三維灰階建物模型資料。在建置模型時，將直接參考建物屋頂高(BUILD_RE)、建物地面高(BUILD_GE)欄位，而非僅記錄兩者相減後的樓高值。依過往執行經驗，模型成果僅記錄其相對高度而非其絕對高度時，可能發生因展示平台 DEM 解析度差異，導致原本應為同樣高度的建物在平台呈現時發生高度不一致的問題。

LOD1 三維灰階建物模型需依建物高度級距給予不同的灰階值，本公司將依照下列方式，選定出最為合適的方案，其說明如下：

一、建物樓層群組級距：

因我國多數房屋以低樓層居多，以臺北市為例，約有 8 成建物樓層數低於 5 層樓，故建議在分組時，低樓層組距可較小，而高樓層組距可較大，建議群組如表 3-7 所示。

表 3-7 樓層級距與 HTML 顏色代碼對照表

群組	樓層級距	HTML 顏色代碼	色表
1	1	E2F5FA	
2	2	BCD3FD	
3	3-4	A2C0FE	
4	5-6	81A6FE	
5	7-8	6290FF	
6	9-11	547EEC	
7	12-15	5074CC	
8	16-20	4C68B2	
9	21-40	486099	
10	>40	455682	

二、建物灰階值選定：

建物高度和灰階值成正比時，會因低樓層建物占了將近 8 成以上的面積，整體視覺會較為陰暗，故設計高度和灰階值成反比呈現，如下圖 3-7。

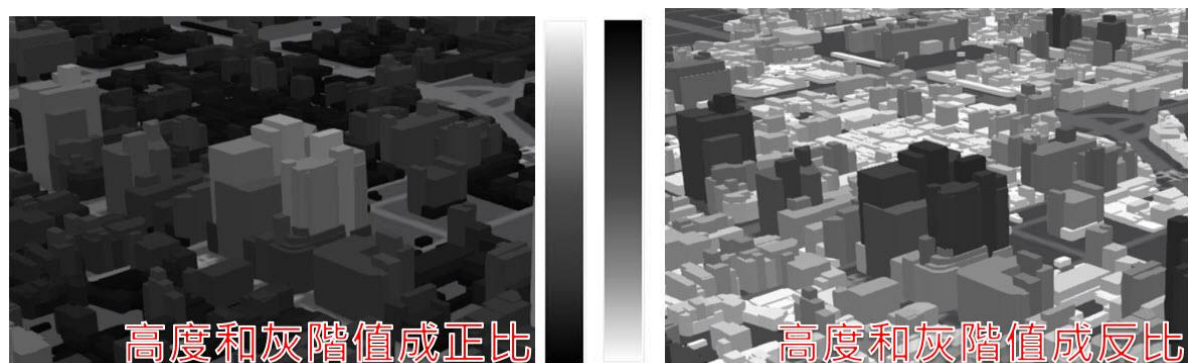


圖 3-7 高度和灰階值成反比呈現效果較佳

三、建物色彩選定：

色彩選擇上，暖色系代表色為紅、黃、橘色，冷色系則為藍、綠、紫色，以全臺建物模型呈現來說，冷色呈現效果較為銳利及整齊，國外相關城市地圖也較常選定冷色系中的藍色作為代表，冷暖色系呈現效果差異如下圖 3-8。

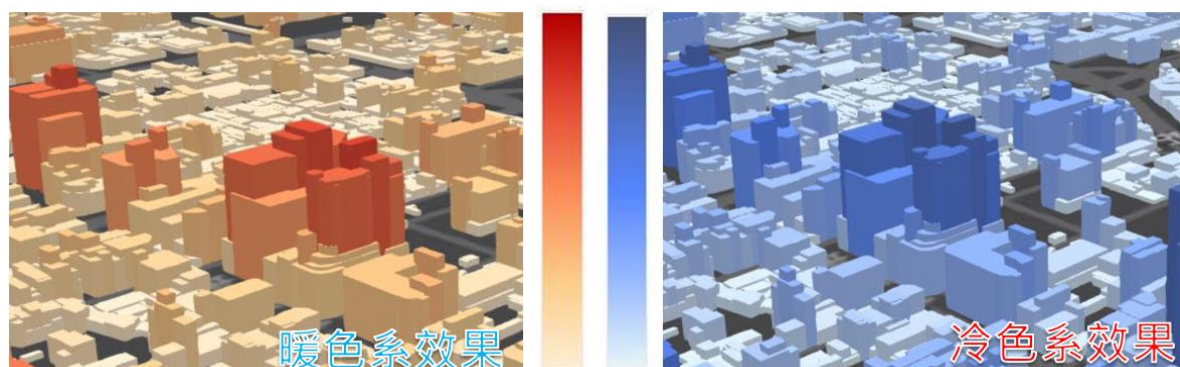


圖 3-8 暖色和冷色顯示差異

3.6 屋頂紋理材質建置

一、真實正射影像屋頂紋理貼圖：

以國土測繪中心提供之 106 年度電子地圖使用之原始航照影像(影像涵蓋如圖 3-9，共 615 片)，搭配空中三角計算方位資料，以逆轉換模式(如圖 3-10)產製屋頂真實正射影像。

首先，以建物框出發，尋找距離建物框最近投影中心之影像，並利用樓高萃取而得的建物樓高，配合影像空三方位，於原始航照影像上獲取完整屋頂面資訊。另外，為求每一屋頂紋理無不同影像鑲嵌之問題，作業時會以完整航照像幅為單位進行產製，屋頂真實正射影像如圖 3-11 與圖 3-12。藉此以精確方位參數進行計算，將可避免自動化屋頂紋理判釋錯誤之情形。

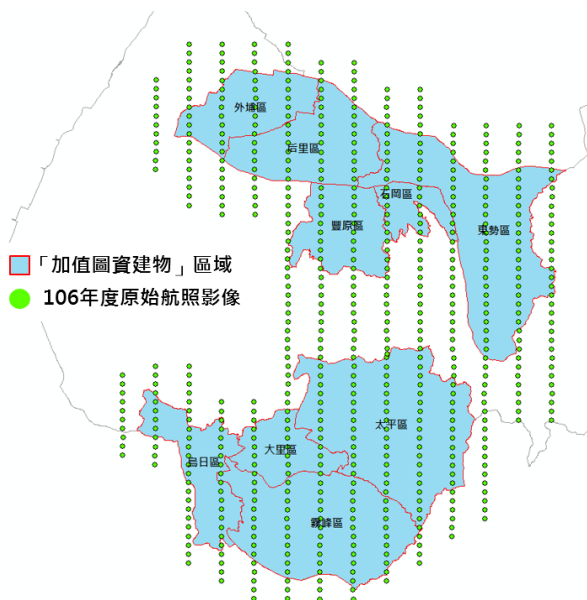


圖 3-9 106 年度原始航照影像分布

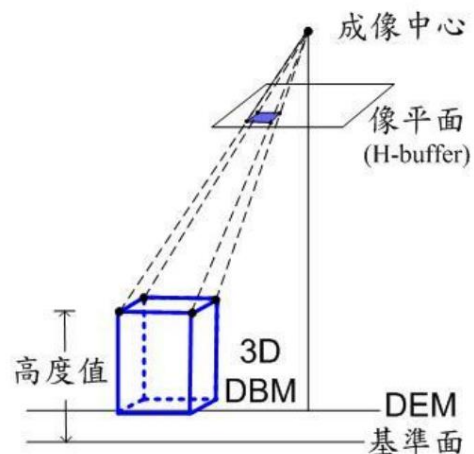
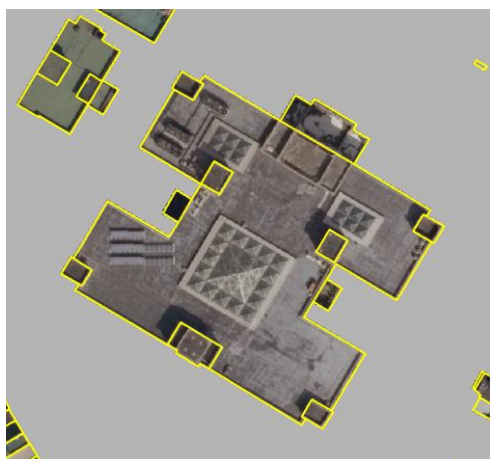


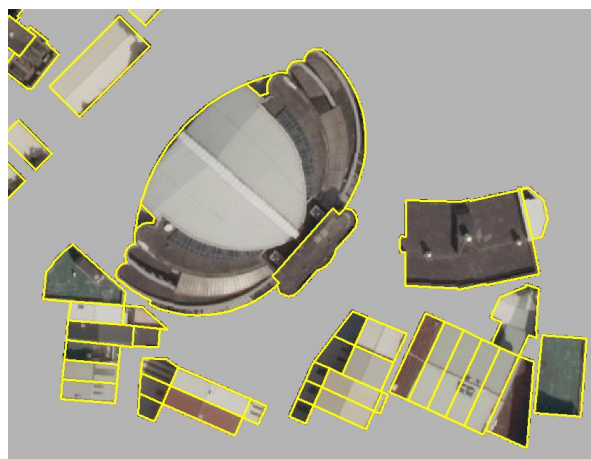
圖 3-10 逆轉換模式產製屋頂真實正射影像



圖 3-11 屋頂真實正射影像範例(臺中市豐原區)



a.臺中市政府陽明市政大樓

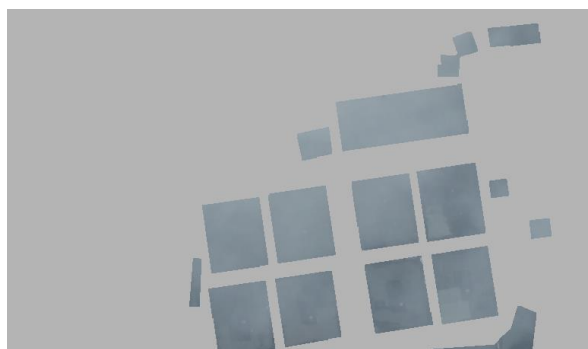


b.慈濟豐原靜思堂

圖 3-12 真實正射影像套疊建物框

二、自動化屋頂真實正射檢核：

自動化產置屋頂真實正射後，以人工檢核方式逐幅檢查，若屋頂影像為雲區、或外方位參數不佳時，如圖 3-13，將進行註記，並將向量篩選出來，進行第二階段正射影像半自動化萃取。



a.原始影像含雲



b.外方位參數不佳

圖 3-13 真實正射影像套疊建物框

三、第二階段正射影像-半自動化萃取：

自動化屋頂真實正射檢核篩選出來之建物框，以工作區為單位，將建物框與正射影像套疊後，在每一工作區內以人工隨意選擇一棟進行向量移位，即給定此區塊之屋頂偏差方向，偏移量則是以建物高之比值計算，與此同時若發現與正射影像不符時，將進行註記，並紀錄於資料庫中提供修正回饋，如圖 3-14 所示。有了屋頂紋理裁切向量，即可用此屋頂向量於正射影像上進行裁切。

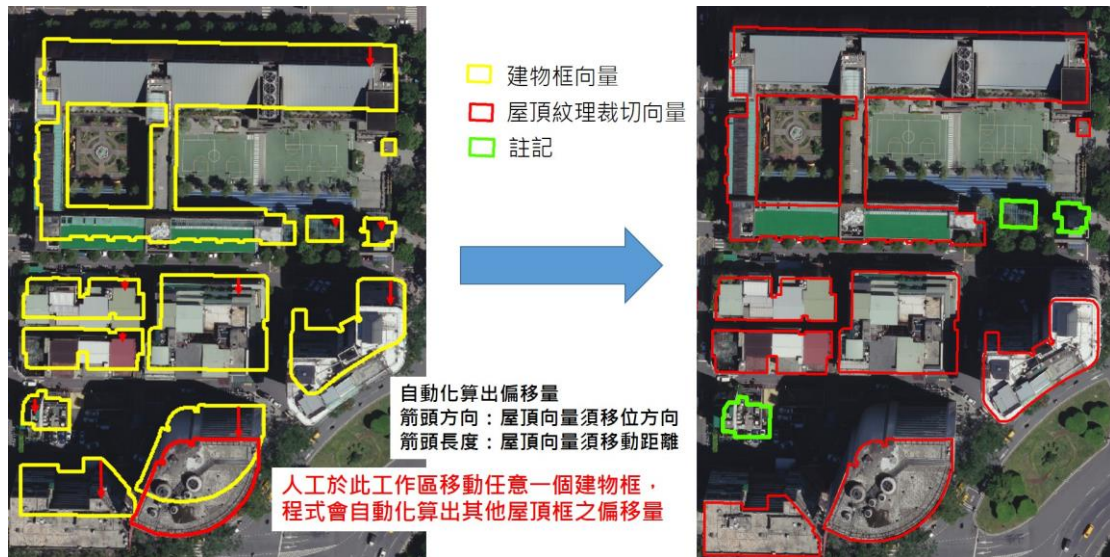


圖 3-14 半自動化屋頂偏移量修正

3.7 外牆紋理材質建置

外牆紋理材質作業方法主要分成(1)外牆紋理材質庫建置、(2)紋理匹配與敷貼、(3)紋理分析量化指標，相關說明如下：

一、外牆紋理材質庫建置：

三維近似化建物模型的外觀貼圖，每一個獨立建物模型(即一個 polygon)至少包含三張紋理材質，分別為屋頂、騎樓、及牆面紋理。屋頂紋理來源為 3.6 節產製之航照影像，本節主要描述牆面及騎樓之紋理材質庫。

模型外牆紋理是由騎樓紋理與牆面紋理(騎樓以上)兩種類別組合而成，外牆紋理材質庫建置架構如圖 3-15；另依據房屋類型，分成公寓、華廈、大樓、透天別墅、商辦、農舍、三合院、廠房等類別，各類別底下則建置各種分類紋理材質，如表 3-8。建置紋理材質時，會依據房屋高度、外觀等條件進行分類並建置外牆紋理材質庫(如圖 3-16)，並給與對應的類別代碼與 ID 編號，以供後續紋理匹配使用。

騎樓紋理之類別區分與牆面相同，在建置騎樓紋理時，會根據房屋高度、外觀等方式給定騎樓所屬類別代碼。騎樓與牆面採用相同的區分方式，主要因來源為真實街景影像，即代表現實中該類別的牆面真的會出現此騎樓影像，故騎樓所屬的房屋類別編碼方式與牆面相同。

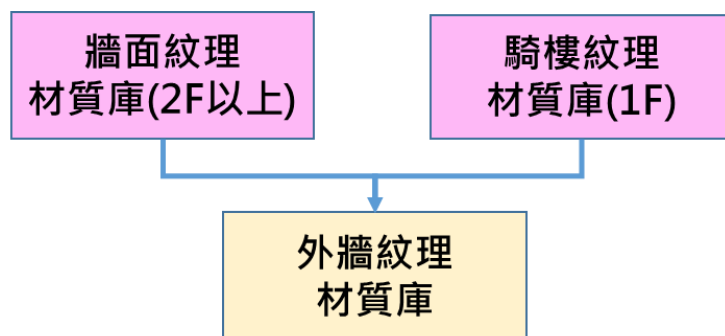


圖 3-15 外牆紋理材質庫建置架構

表 3-8 外牆紋理分類及編碼表

分類	說明	代碼
外牆類別	牆面、騎樓	0~1
房屋類別	公寓、華廈、大樓、透天、商辦、農舍、三合院、廠房等	001~008 (009~999 為擴充用)
ID 編號	紋理 ID 編號	0000~9999
材質編碼範例說明:外牆類別+房屋類別+ID 編號		



公寓
高度：1~6 樓



華廈
高度：7~11 樓



大樓
高度：12 樓以上



透天
高度：1~6 樓



廠房
高度：不限樓層



三合院
高度：1~2 樓



商辦
高度：不限樓層



農舍
高度：1~3 樓

圖 3-16 房屋高度、外觀區分類說明

外牆紋理材質庫之建立主要透過牆面與騎樓相互搭配，參考臺灣街道常見之房屋外觀樣式，於材質庫中依照建築形式態樣進行分類，如都市區域常見之公寓、大廈、商辦、透天等類型，以及非都市區域常見之廠房、三合院、農舍等類型，如圖 3-17。



公寓



大廈



商辦



透天



三合院



廠房



三合院



農舍

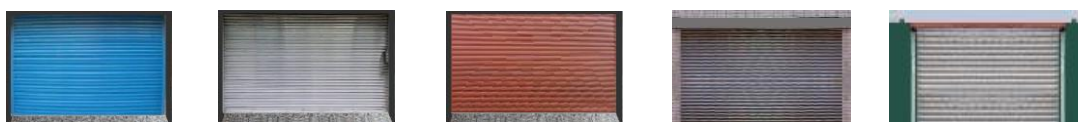
圖 3-17 各類型外牆紋理示意圖

外牆紋理材質庫依前述分類材質庫建置數量規劃如表 3-9，並透過材質色調調整，騎樓材質庫預定建置約 650 種紋理影像，如圖 3-18。牆面材質根據不同房屋類型亦有不同紋理數量，牆面材質庫預定建置約 11,830 種，外牆紋理材質庫預定總建置數量為 12,480 種，如圖 3-19。另已開發紋理材質資料庫編碼介面，如圖 3-20。

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

表 3-9 外牆紋理材質庫預定建置數量表

外牆類型	紋理類型	數量	紋理類型	數量
騎樓紋理	騎樓	650		
牆面紋理	公寓	3,120	農舍	91
	華廈	3,120	三合院	78
	大樓	3,120	廠房	91
	商辦	650	透天別墅	1,560
	總計		12,480	



鐵捲門類型



玻璃門類型

圖 3-18 騎樓材質庫示意圖

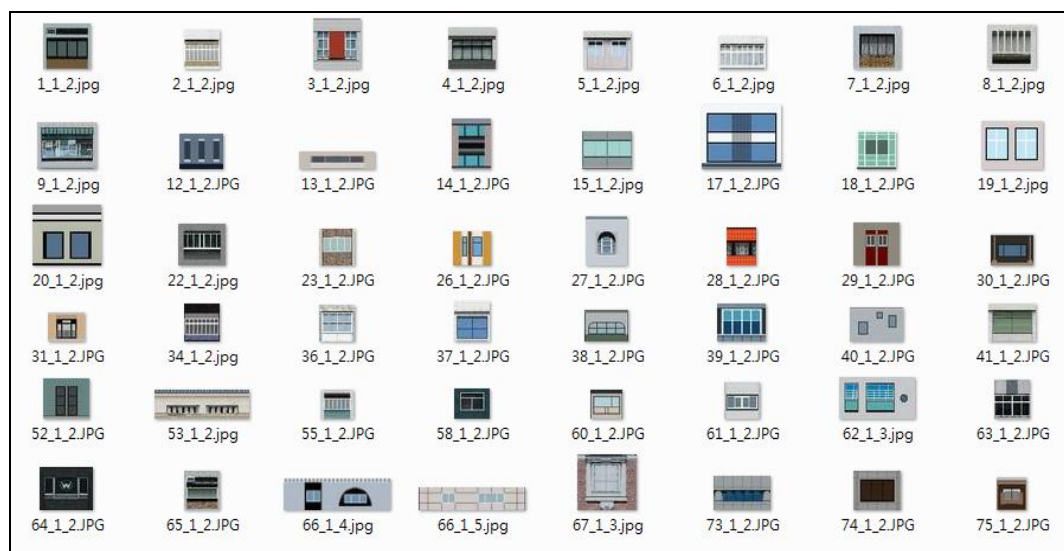


圖 3-19 牆面材質庫示意圖

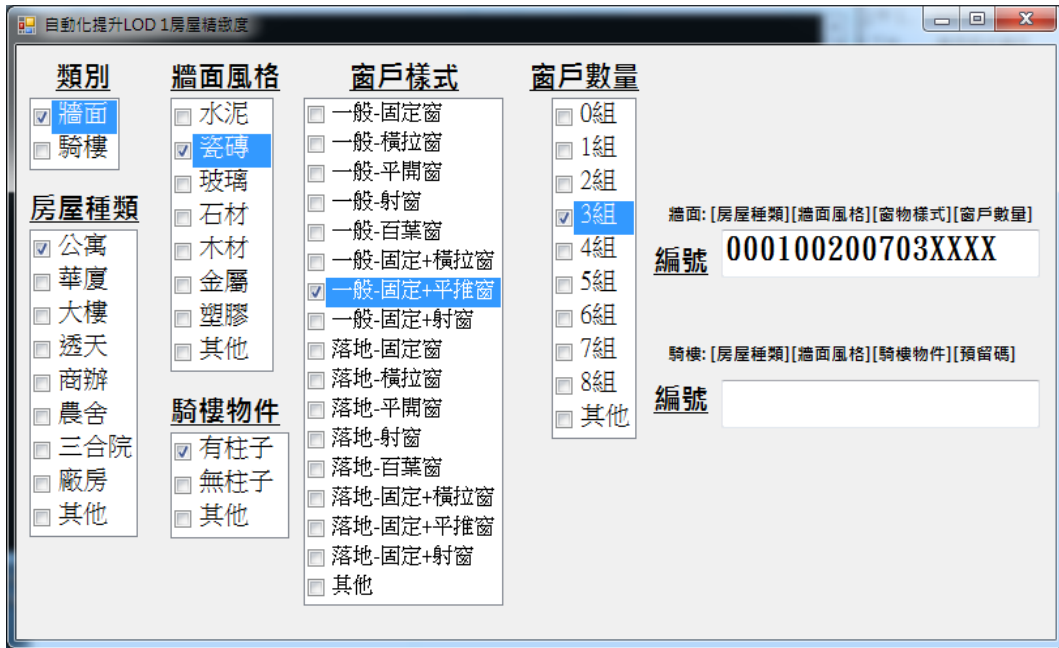


圖 3-20 紋理材質庫建置工具

二、紋理匹配與敷貼：

在敷貼牆面紋理前，必須先進行街景影像分析，找到 polygon 對應之街景影像，並與紋理材質庫匹配出最適的牆面材質，最後才進行模型紋理敷貼作業。紋理敷貼作業流程如圖 3-21，作業流程說明如下：

1. 建物 SHP 資料分類處理：

來源為臺中市部分地區之加值圖資轉換之 SHP 格式，搭配樓層高度資訊予以分類，並於外牆紋理資料庫中進行比對分析。

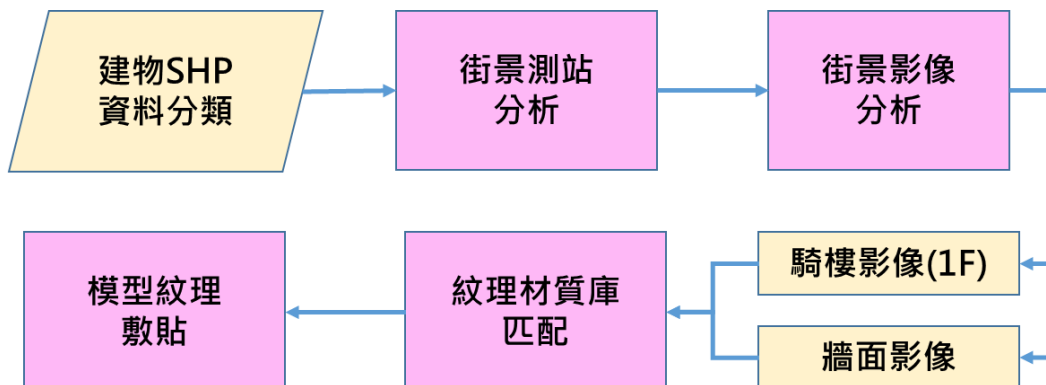


圖 3-21 模型紋理敷貼流程圖

2. 街景測站分析：

- (1) 針對建物 polygon 計算分析，同時考量臺灣通用電子地圖道路中線圖層，先尋找建物 polygon 所臨道路路寬最大之側，再由該側尋找最長邊，以最長邊中心點坐標，搜尋距離最近之街景影像測站，如圖 3-22。
- (2) 若該牆面找不到適合的測站影像，則換成第二長的牆面進行搜尋，重覆上述步驟直到找到適合的測站影像為止。
- (3) 鄰近無街景測站的建物，則尋找距離最近且具有紋理影像之模型，採用其紋理影像，使得該區域整體觀看起來具有一致性。

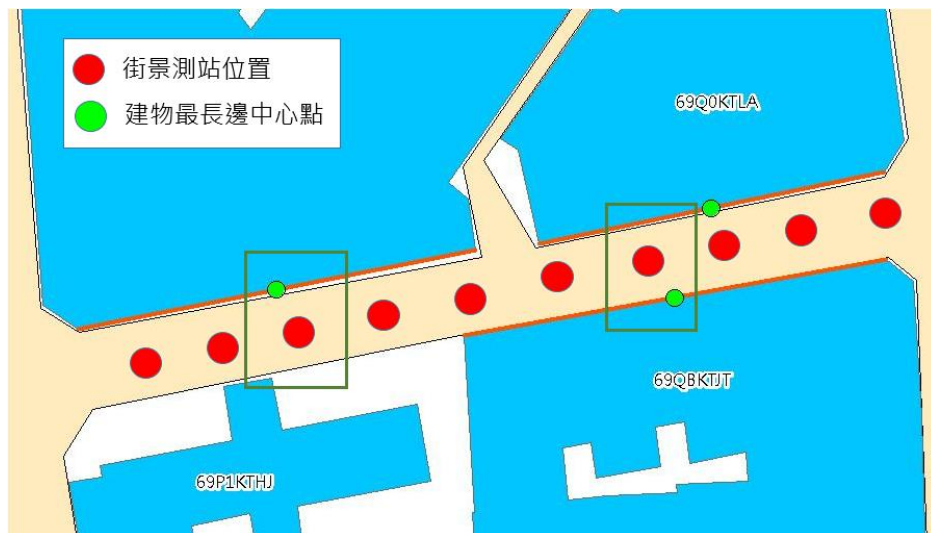


圖 3-22 街景測站分析示意圖

3. 街景影像分析：

- (1) 雜訊濾除:若街景影像具有樹木遮蔽，則利用自動化非監督式分類演算法濾除樹木雜訊，提高分析品質。
- (2) 將街景影像切割為騎樓與牆面兩個部分，如圖 3-23 紅框處。
- (3) 牆面部分，透過大津演算法分析牆面影像的灰階特性，進行二值化圖像計算，將影像分成前景像素(牆面遮罩)和背景像素(窗戶遮罩)，如圖 3-24。如公式 3-1，透過閾值 t 將影像依灰階值分布分成兩類別，使得它們的類內變異數最小。針對窗戶遮罩，分析

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

窗戶與牆面遮罩間的相對距離，尋找長寬比最接近之窗戶樣式成果。分析牆面遮罩與窗戶樣式成果，接著透過顏色分群(Color Clustering)萃取主要色群，方法為透過反覆自我組織分析技術(Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm, ISODATA)取得主色群成果之 RGB 影像，利用 RGB 影像轉換為 ISH 數值(如公式 3-2~3-4)。

- (4) 騎樓部分，則只分析 ISH 數值。最後，比對分類紋理材質庫中，條件相符且 ISH 與街景影像最相近之紋理影像。



圖 3-23 街景影像比對分類材質庫



圖 3-24 二值化圖像計算

$$\sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t) \quad \text{公式 3-1}$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad \text{公式 3-2}$$

$$S = 1 - \frac{3\min(R, G, B)}{R + G + B} \quad \text{公式 3-3}$$

$$H = \begin{cases} \theta, & G \geq B \\ 2\pi - \theta, & G < B \end{cases}, \text{ where } \theta = \cos^{-1} \left(\frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right) \quad \text{公式 3-4}$$

4. 紋理材質庫匹配：

透過 SHP 屬性欄位中之 polygon 高度資訊、都市與非都市資訊等，以及步驟 3 分析之內容，與紋理材質庫進行條件匹配與色階比對，找到材質庫中符合搜尋條件，並且與街景 ISH 值最相近之騎樓與牆面影像，如圖 3-23。

未來若能取得更多模型屬性資訊，如建物登記資料、使用類別、使用分區等，則可考量納入資料庫類別判斷依據，以提高配對紋理類型的準確度。此時會分別記錄街景影像之騎樓、牆面與紋理材質庫之騎樓、牆面的 ISH 數值，以便於後續檢核作業。

5. 模型紋理敷貼：

敷貼作業分成屋頂、騎樓、牆面三個部分。屋頂影像使用 3.6 節產製之真實正射影像進行敷貼，外牆分成騎樓與牆面 2 個部分。

牆面敷貼依牆面高度約 0~3.3 公尺處敷貼騎樓影像，3.3 公尺以上則敷貼牆面影像，圖 3-25 為紋理敷貼配置示意圖。後續若因模型高度造成視覺性不佳，則進行紋理比例配置的微調，以提升模型外觀品質。

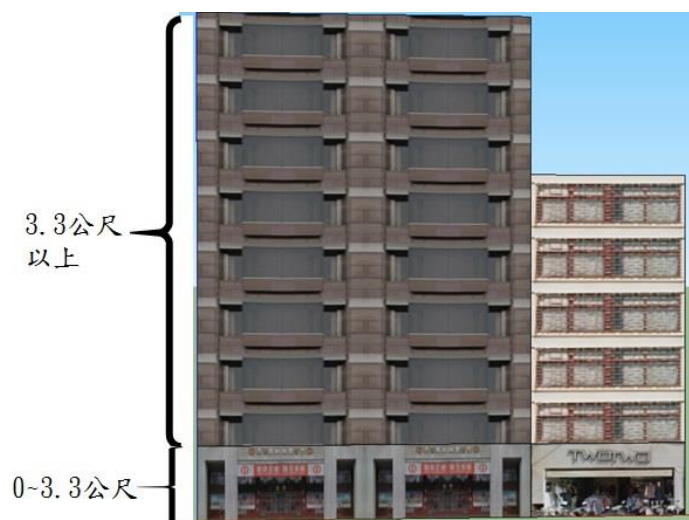


圖 3-25 紋理敷貼配置示意圖

三、紋理材質量化指標：

量化指標以紋理材質庫分類方式作為區分，分成牆面、騎樓兩種類別進行量化，量化街景影像與紋理材質庫之 ISH 色調數值，比對出最相近之紋理影像。

因此本案會使用街景影像(騎樓、牆面) ISH 數值與匹配出之紋理材質庫影像(騎樓、牆面) ISH 數值，作為量化指標與檢核依據。數據資料內容至少包含 SHP 中 polygon 的 Build_ID，該 polygon 使用之街景影像名稱與 ISH 數值(含騎樓與牆面)、紋理材質影像名稱與 ISH 數值(含騎樓與牆面)，共四組 ISH 數值。後續若有可供量化、檢核數據，亦會補充於此數據資料中。

3.8 三維近似化建物模型建置

採用 3.5 節建置之 LOD1 三維灰階建物模型，敷貼 3.6 節與 3.7 節建置之屋頂與外牆紋理材質，產生 LOD1 三維近似化模型。在紋理敷貼前，會針對房屋進行輪廓分組，一組房屋模型由一至數個 polygon 組成(如圖 3-26)，而且一組房屋模型只會有一張屋頂紋理影像。屋頂敷貼作業時，計算屋頂與屋頂紋理間之對應關係，分析屋頂紋理於 polygon 之位置，再藉由 XML 格式的敘述(如圖 3-26)，使屋頂紋理敷貼於房屋 polygon 之屋頂面上，如圖 3-27。外牆敷貼作業時，計算房屋牆面高度與寬度，根據分析之數值以及上述牆面敷貼流程與方法，合理化敷貼外牆紋理，如圖 3-28。

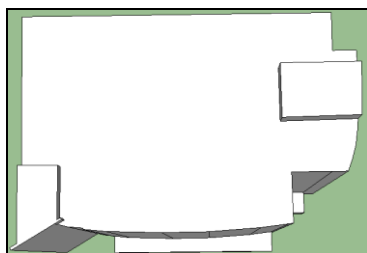
108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

```

<name>W_BUILD_1J3B36LT3Q</name>
<Style id="default">
</Style>
<ExtendedData>
<SchemaData schemaUrl = "#1J3B36LT3Q">
  <SimpleData name="BUILD_ID">1J3B36LT3Q</SimpleData>
  <SimpleData name="BUILD_STR">R</SimpleData>
  <SimpleData name="BUILD_NO">1</SimpleData>
  <SimpleData name="SOURCE">107年度臺灣通用電子地圖</SimpleData>
  <SimpleData name="BUILD_RE">3.3</SimpleData>
  <SimpleData name="RE_MODE">0</SimpleData>
  <SimpleData name="BUILD_H">3.3</SimpleData>
  <SimpleData name="MDATE">201605</SimpleData>
  <SimpleData name="ROOF">ROOF_1J3B36LT3Q.jpg</SimpleData>
  <SimpleData name="Texture1">41591_9951.jpg</SimpleData>
  <SimpleData name="Texture2"></SimpleData>
  <SimpleData name="H_MODE">0</SimpleData>
  <SimpleData name="MODEL_LOD1">1</SimpleData>
  <SimpleData name="MODEL_LOD3">0</SimpleData>
  <SimpleData name="FRAMECNT">1</SimpleData>
  <SimpleData name="FRAMEID">90214046</SimpleData>
  <SimpleData name="COUNTY">W_金門縣</SimpleData>
  <SimpleData name="MODELNAME">W_BUILD_1J3B36LT3Q</SimpleData>
  <SimpleData name="E_97">164182.746</SimpleData>
  <SimpleData name="N_97">2697458.413</SimpleData>
  <SimpleData name="ISH">0.580392_0.082353_226;0_0_0</SimpleData>
</SchemaData>
</ExtendedData>
<styleUrl>#msn_y1w-pushpin12</styleUrl>
<Region>

```

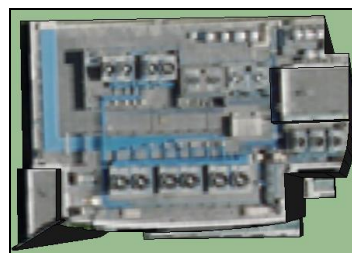
圖 3-26 XML 格式範例



房屋模型



屋頂紋理影像



屋頂敷貼紋理成果

圖 3-27 屋頂紋理材質建置及敷貼示意圖

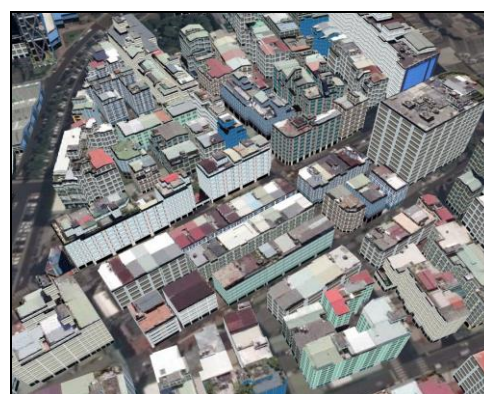


圖 3-28 外牆紋理材質敷貼示意圖

第四章 作業成果說明

4.1 需求資料蒐集

本案需求規格書所提產製模型所需基本資料，包含臺中市部分地區加值圖資、航照正射影像、DEM 及 DSM 等；其中，DEM 及 DSM 屬機敏資料，本公司須派員親赴國土測繪中心辦理資料處理作業，並配合資料管制及抽查作業。

另因本公司提出之作業方法，需使用既有原始航照影像資料，並於需求訪談提出此額外需求，經國土測繪中心同意，辦理資料蒐集作業。

在國土測繪中心的協助之下，已取得並使用本案所需作業資料，其中包含臺中市部分地區加值圖資、航照正射影像、106 年度專案使用既有原始航照影像等，以下逐一說明資料取得及使用情形。

表 4-1 需求資料取得情形一覽表

項次	資料名稱	備註
1	臺中市部分地區加值圖資	臺中市 9 個行政區
2	臺灣通用電子地圖建物圖層	臺中市轄區
3	106 年度原始航照影像	含外方位參數
4	正射影像	臺中市 9 個行政區
5	臺中地區 1 公尺 DEM/DSM	國土測繪中心辦理樓高萃取作業

4.2 三維灰階建物模型

一、建物圖層整併作業：

本案作業範圍，與臺中市一千分之一地形圖及臺灣通用電子地圖相鄰，於接邊處部分圖資有重疊的情形，2D 圖資應先行整併，為一完整 SHP 圖資檔案，於兩者邊界處，圖資重疊之情形，則劃定合理範圍予以整併，如圖 4-1 所示。

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案



a.圖資重疊

b.切割後整併

圖 4-1 建物圖層整併案例

二、建物樓高萃取作業：

利用已整併完成之臺中市部分地區建物圖層，本公司自行開發建物樓高萃取自動化程式，於自 108 年 10 月 9 日派遣專人前往國土測繪中心辦理自動化樓高萃取作業，取得本案作業範圍建物之高程資訊。

自動化程式主要產生兩份統計報表，(1)建物高度分層比例統計，(2)變遷比例統計。

(1)建物高度分層比例統計

如表 4-2，每棟建物皆會記錄其各層的 DSM 網格點數及平均高程，同時以點數最多的層為眾數層，同時記錄其比例及高度。

以此表格為依據，可於自我檢核及驗收階段，比對及驗證成果模型與統計數據是否一致，藉以確保成果品質及一致性。

表 4-2 建物高度分層比例統計表

BUILD_ID	眾數_平均高	點數	眾數比例	第一層點數	第二層點數	第三層點數	第四層點數	第五層點數	第六層點數	第七層點數	第八層點數	第九層點數	第十層點數
1R8CW5NXMM	25.385	157	0.363	1_22.69	0_0.00	7_23.78	4_24.29	34_24.57	44_24.99	57_25.39	1_25.65	4_26.25	5_26.70
1R8GF5NXJ6	27.616	98	0.276	1_25.73	0_0.00	1_26.24	1_26.51	1_26.76	9_26.98	9_27.16	24_27.37	27_27.62	25_27.82
1R8K75NV65	29.914	914	0.542	1_21.96	1_23.33	2_24.10	0_0.00	0_0.00	2_26.97	21_28.21	308_29.08	495_29.91	84_30.50
1R8X15NV8J	26.301	226	0.332	23_21.88	24_22.69	27_23.68	21_24.53	26_25.50	75_26.30	16_26.89	1_27.81	8_28.89	5_30.01
1RA4R5NR61	31.895	306	0.252	1_28.35	1_28.80	0_0.00	4_29.69	9_30.03	14_30.41	68_30.77	68_31.14	64_31.50	77_31.89
1RA7U5NR4J	31.949	178	0.185	2_30.31	7_30.52	22_30.68	20_30.87	19_31.02	26_31.22	12_31.39	19_31.56	18_31.77	33_31.95
1RA885NWE8	22.73	9	0.222	1_22.55	0_0.00	2_22.73	0_0.00	1_22.83	1_22.94	0_0.00	1_23.06	1_23.09	2_23.19
1RAA65NR2M	25.552	116	0.422	49_25.55	44_25.94	5_26.60	3_26.98	0_0.00	0_0.00	1_28.63	6_29.31	5_29.86	3_30.52
1RAF25NR3E	25.204	74	0.311	1_24.26	0_0.00	1_24.52	1_24.61	3_24.76	4_24.86	7_24.98	18_25.10	23_25.20	16_25.29
1RAPU5NRKB	28.825	361	0.51	1_24.00	1_25.03	1_25.40	1_26.15	1_26.55	7_27.20	18_27.79	104_28.33	184_28.83	43_29.20

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

(2) 變遷比例統計

如表 4-3，針對樓高數據不足 3 公尺之建物，以 0.5 公尺為單位，記錄各區間網格數量比例，未來於三維圖臺展示時，可據以考量並過濾不需展示之建物。

表 4-3 變遷比例統計表

BUILD_ID	變遷比例(0.5m以下)	變遷比例(0.5m~1m)	變遷比例(1m~1.5m)	變遷比例(1.5m~2m)	變遷比例(2m~2.5m)	變遷比例(2.5m~3m)
1TK7L5MKC4	0	0	0	0	0	0
1SHRK5MCV5	0	0	0	0	0	0
1SHDF5MD8J	0	0	0	0	0	0
1TK475MH8B	0	0	0	0	0	0
1TKAU5MJ89	0	0	0.011	0	0	0.011
1TK935MK45	0	0	0	0	0	0
1TKRX5ML5S	0	0	0	0.026	0.132	0.25
1UVEU5N1RW	0.024	0.095	0.024	0.024	0.048	0.071
1R8CW5NXMM	0	0	0.006	0	0.038	0.178
1T90M5M8NQ	0	0	0	0	0	0

三、 LOD1 三維灰階建物模型產製：

取得建物高程資訊後，即可利用本公司自行開發之程式模組(如圖 4-2)，進行 LOD1 三維灰階建物模型的量產，並於 108 年 10 月 28 日發文提送國土測繪中心，並於提送前經公正第三方(即「中華民國航空測量及遙感探測學會」)協助辦理自我檢核，詳細說明於 5.5 節。

依本案服務建議需求書，產製之成果皆為 KML 檔格式，可於 Google Earth 中正常開啟(如圖 4-3)，屬性欄位可透過點選方式查詢，並經過自我程式檢查，與成果資料表 100%吻合。

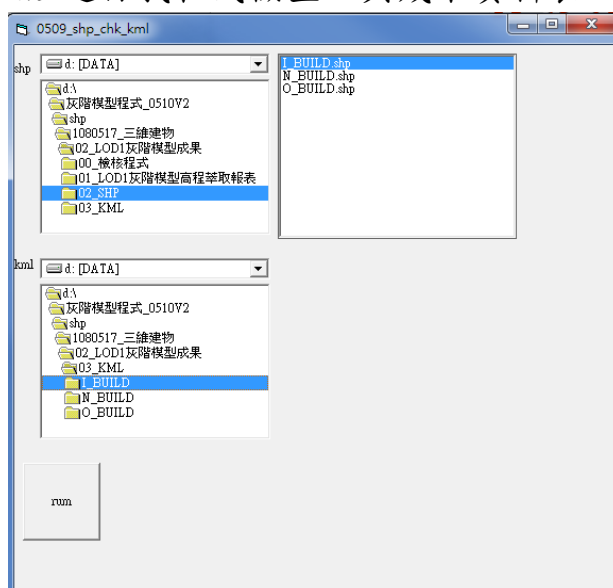


圖 4-2 LOD1 三維灰階建物模型產製程式

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

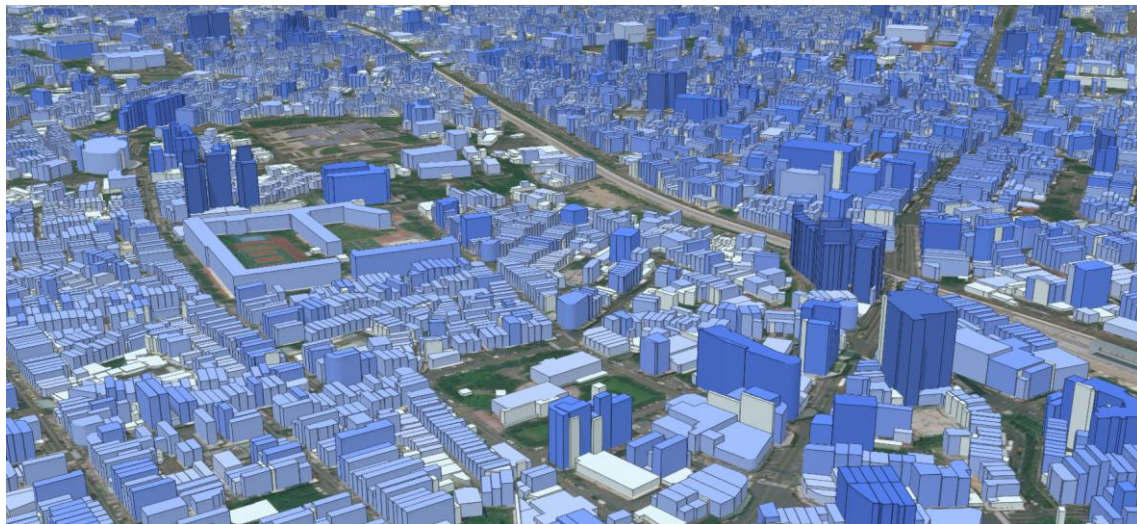


圖 4-3 LOD1 三維灰階建物模型成果

4.4 三維近似化建物模型

一、航照影像蒐集及整合：

本公司提出以既有原始航照影像，做為三維近似化建物模型屋頂紋理貼圖來源，在國土測繪中心的協助之下，蒐集 106 年度，國土測繪中心辦理航測專案所使用之既有原始航照影像。

蒐集情形如圖 4-4，既有原始航照影像範圍，100%涵蓋本案作業範圍，可自動化建置三維近似化建物模型屋頂紋理。

其中，原始影像含雲或方位不佳等區域，則採用國土測繪中心提供之正射影像成果，進行半自動化屋頂貼圖，目前正射影像已全數蒐集完成。

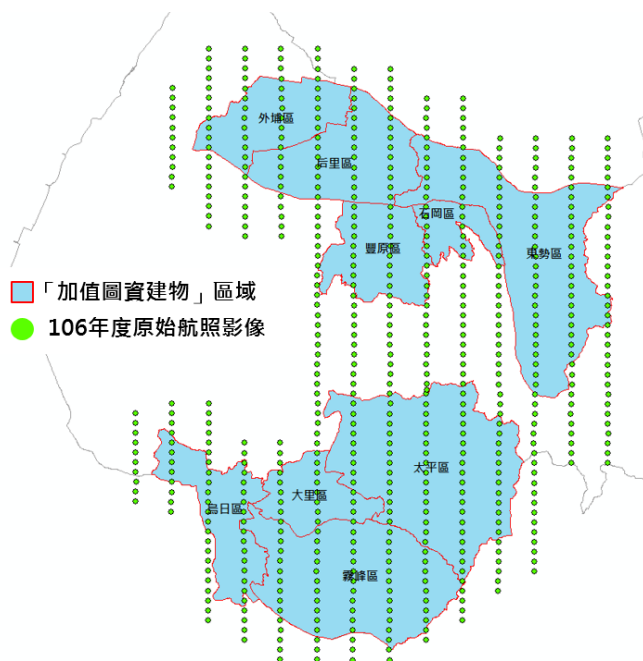


圖 4-4 106 年度原始航照影像分布圖

二、 自動化屋頂紋理產製：

取得原始航照影像後，搭配校正過的外方位參數及三維建物模型，即可利用本公司自行開發的程式，自動化產製屋頂紋理貼圖(如圖 4-5)。

取得屋頂紋理材質後，以五千分之一圖幅框為單位，逐圖幅近行人工檢核(如圖 4-6)，利用建物框與真實正射影像套疊，比對套疊情形是否正確，影像是否含雲，以及修正因外方位參數精度不佳造成的偏移(如圖 4-7)。於建物框標註需要修正的建物，一併納入半自動化屋頂紋理建置程序，進行人工修正處理。

本案已完成作業範圍內全部建物屋頂紋理材質建置作業，自動化產製及人工檢核修正已辦竣，據以貼附於三維近似化建物模型。

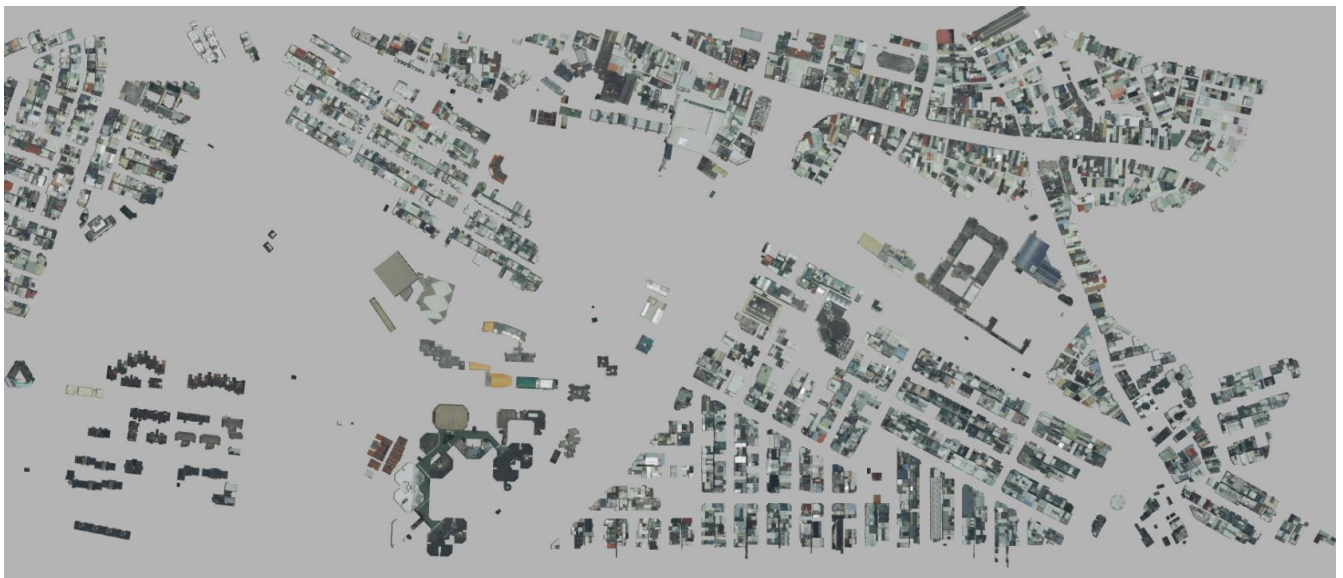


圖 4-5 屋頂紋理材質-真實正射影像

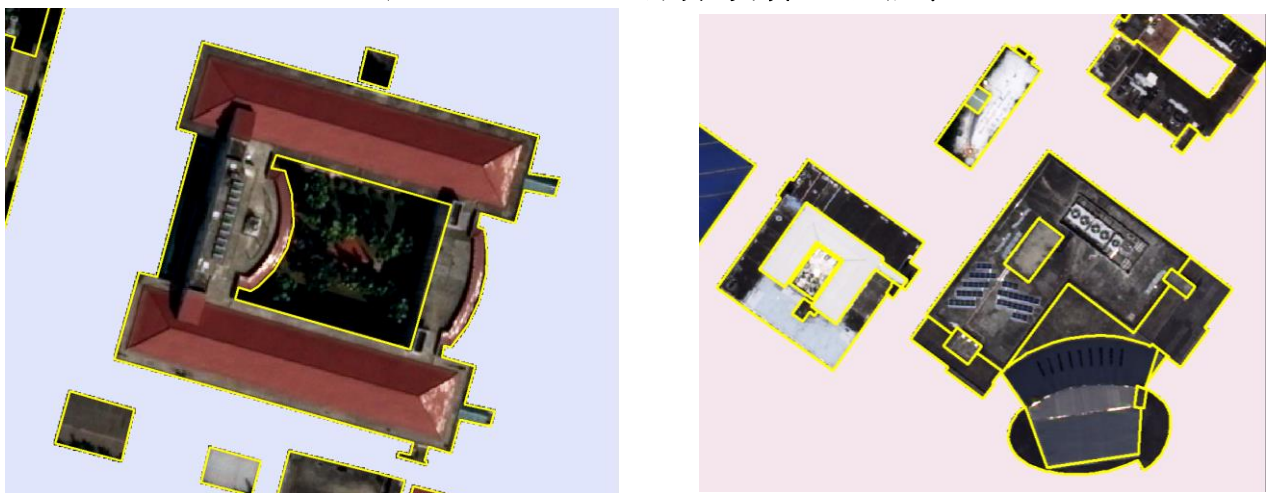


圖 4-6 真實正射影像套疊建物框

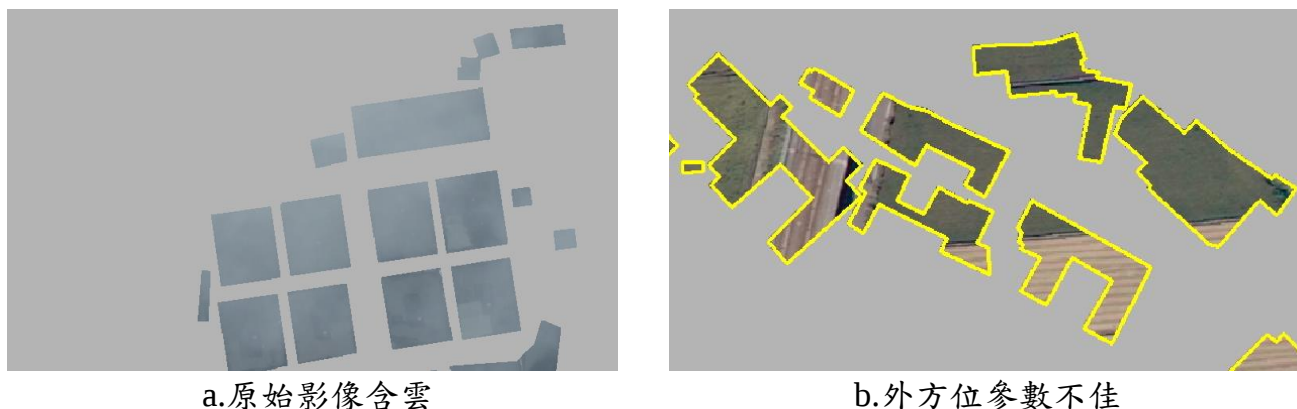


圖 4-7 待修正屋頂紋理材質

三、 外牆紋理材質庫建置：

外牆紋理材質庫的建置，是以人工方式，針對規劃的各種類別進行材質庫蒐集、分類、校正，做為後續自動化外牆紋理比對及貼圖的依據。

本案已分別針對各類別外牆紋理材質，完成全部數量蒐集，原預定建置數量為 12,480，實際建置數量略多於鑒定數量，達 13,826，外牆紋理材質建置數量統計如表 4-4。

各類別外牆紋理材質庫蒐集範例，如圖 4-8~11，皆依照規劃之編碼方式建置，以便於後續進行牆面紋理材質比對分析。

表 4-4 外牆紋理材質庫建置統計表

類型	預定建置數量	實際建置數量
騎樓	650	651
公寓	3,120	3,212
華廈	3,120	3,323
大樓	3,120	3,788
商辦	650	707
農舍	91	99
三合院	78	130
廠房	91	93
透天別墅	1,560	1,823
總計	12,480	13,826

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案



圖 4-8 外牆紋理材質庫-三合院



圖 4-9 外牆紋理材質庫-廠房

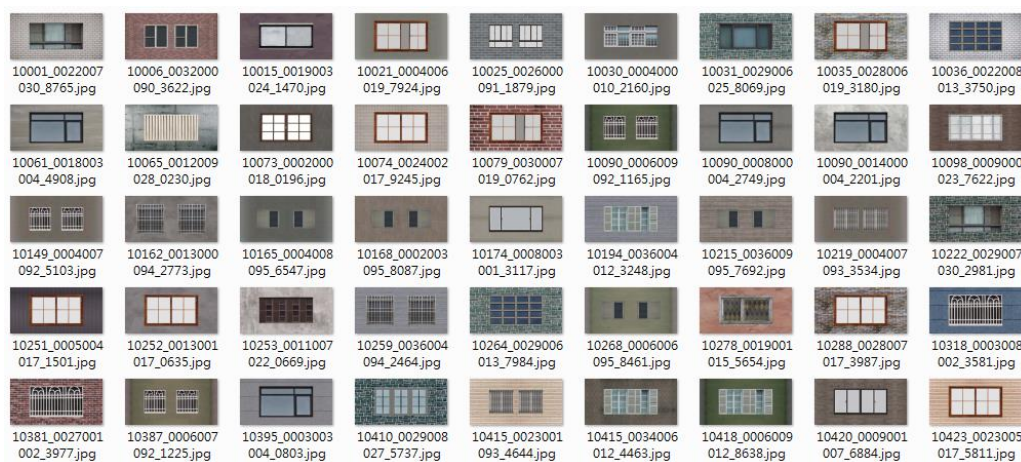


圖 4-10 外牆紋理材質庫-大樓



圖 4-11 外牆紋理材質庫-騎樓

四、牆面紋理相似度比對分析：

本案自動化外牆紋理比對分析，是利用 Google 街景影像與自建的紋理材質庫進行比對，找出相近的紋理，貼敷自建紋理材質，完成三維近似化建物模型建置。另與 Google 代理商簽訂服務契約，合法取得街景影像下載比對之授權。作業流程如圖 4-12，詳細說明如下：

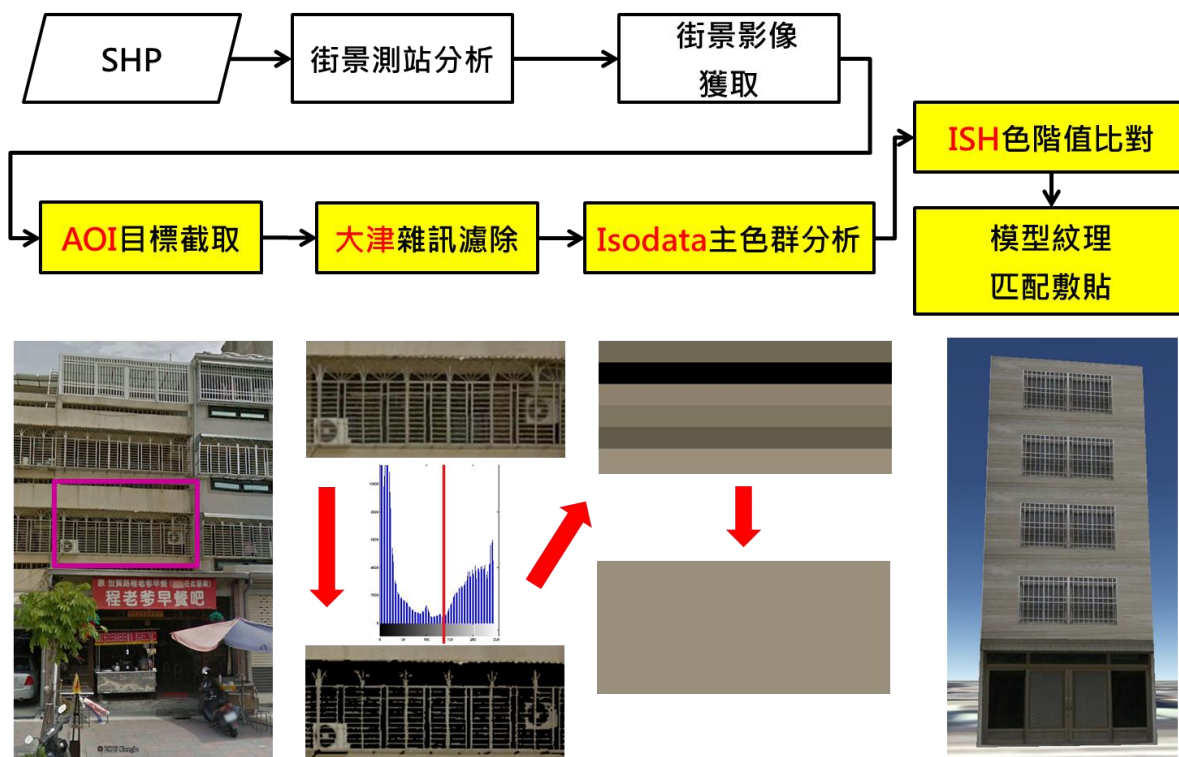


圖 4-12 自動化三維近似化建模流程

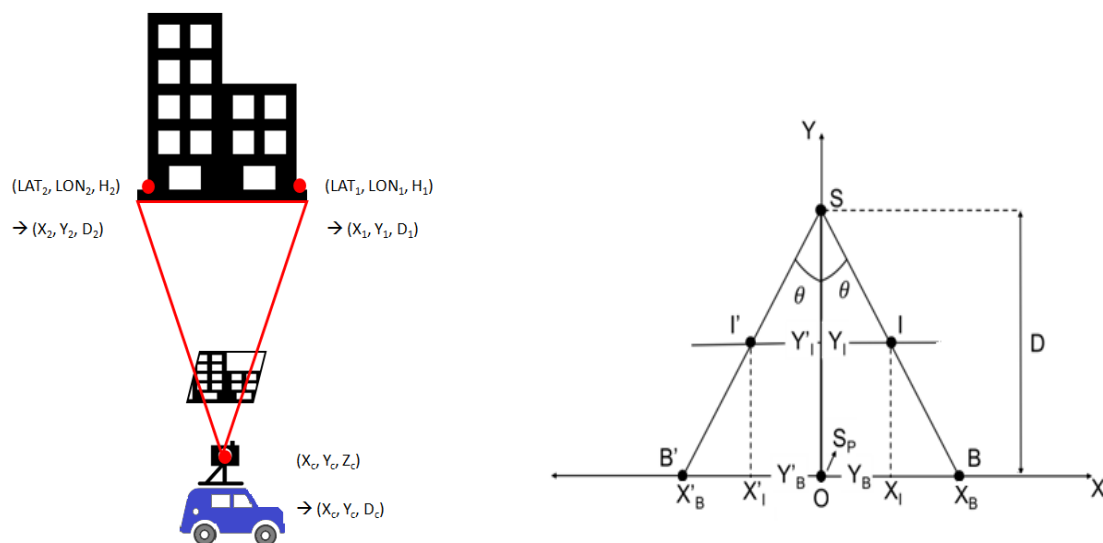
1. AOI 目標擷取：

利用建物框與街景測站的相對位置，以及建物高度資訊，估算可能為外牆的目標區域，縮小目標區域。

(1) 計算房屋角點坐標：

房屋角點在街景影像中的像坐標，是利用街景測站坐標做為像主點位置(S)，以及目標建物外牆三維坐標，透過共線條件方程式求解而得，如圖 4-13。

由於街景影像之像機焦距為未知，故利用像主點位置 S 投影到 $\overline{BB'}$ 之投影點 SP 的距離 D，取代焦距並改良傳統共線條件式(公式 4-1)為公式(4-2)及公式(4-3)，最終求得目標建物於街景影像上之像坐標(內政部，2019)。



(a)街景影像與建物相對關係示意圖

(b)三點共線條件式求解

圖 4-13 房屋角點計算原理示意圖

$$\frac{X_s - X_I}{X_s - X_B} = \frac{Y_s - Y_I}{Y_s - Y_B} = \frac{-f}{Z_s - Z_B} \quad \text{公式(4-1)}$$

$$I = \frac{\sqrt{(S_{Px} - X_B)^2 - (S_{Py} - Y_B)^2 + (S_{Pz} - Z_B)^2}}{D \tan \theta} \quad \text{公式(4-2)}$$

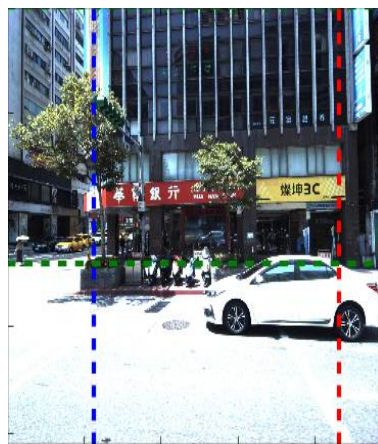
$$I' = \frac{\sqrt{(S_{Px} - X'_B)^2 - (S_{Py} - Y'_B)^2 + (S_{Pz} - Z'_B)^2}}{D \tan \theta} \quad \text{公式(4-3)}$$

(2) 目標區域擷取：

透過前述的像坐標，自街景影像分別擷取騎樓影像及牆面影像，為避免遮蔽問題，牆面影像主要自高樓層向下切割，騎樓影像則無可避免參有較多雜訊。



(a)原始街景影像



(b)利用建物影像坐標取得邊界



(c)騎樓影像切割



(d)牆面影像切割

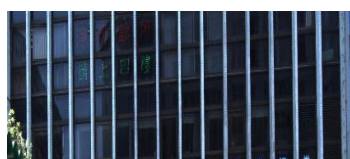
圖 4-14 騎樓及牆面目標影像擷取

2. 大津演算法雜訊濾除：

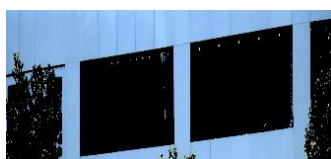
透過大津演算法(Otsu, 1979)的二值化處理，刪除非外牆的背景雜訊，如圖 4-15 及圖 4-16。

3. Isodata 主色群分析：

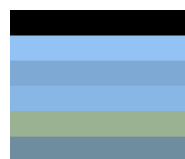
利用 Isodata 非監督式分類技術，將外牆資訊進行主色群分析，以像元數量最多的顏色作為後續比對的依據；同時，可在這個階段納入需要濾除的部分特殊色群，如圖 4-15 及圖 4-16。



(a)AOI 擷取影像



(b)大津演算法分析

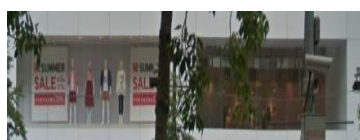


(c)主色群分析

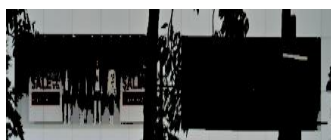


(d)主色群選定

圖 4-15 牆面影像分析案例



(a)AOI 擷取影像



(b)大津演算法分析



(c)主色群分析



(d)主色群選定

圖 4-16 騎樓影像分析案例

4. ISH 色階值比對：

利用上一步分析的主色群 ISH 值，與外牆紋理材質庫的 ISH 值進行比對分析，找出最接近的紋理，敷貼於三維近似化建物模型。

比對過程以 H(色調)為主，若找不到 H 數值相同時，則放寬 H 值範圍(± 1)，直到找到紋理為止。根據搜尋到的紋理影像，計算 S(比重佔 95%)與 I(比重佔 5%)數值，數值與 AOI 影像最接近者，做為模型外牆貼圖影像，分析成果案例如圖 4-17。

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案



(a)AOI 擷取影像



(b)主色群分析



(c)主色群選定



(e)外牆紋理貼敷成果

圖 4-17 外牆紋理比對結果示意圖

五、三維近似化建物模型產製：

結合三維灰階建物模型、屋頂紋理材質及牆面紋理材質，即可產製臺中市部分地區三維近似化建物模型，本案總建置數量約為 44.5 萬棟，相關成果可套疊臺灣通用電子地圖、正射影像圖等多元圖資，並成功於國土測繪中心開發之「多維度國家空間資訊服務平臺」展示，成果範例如圖 4-18~20。

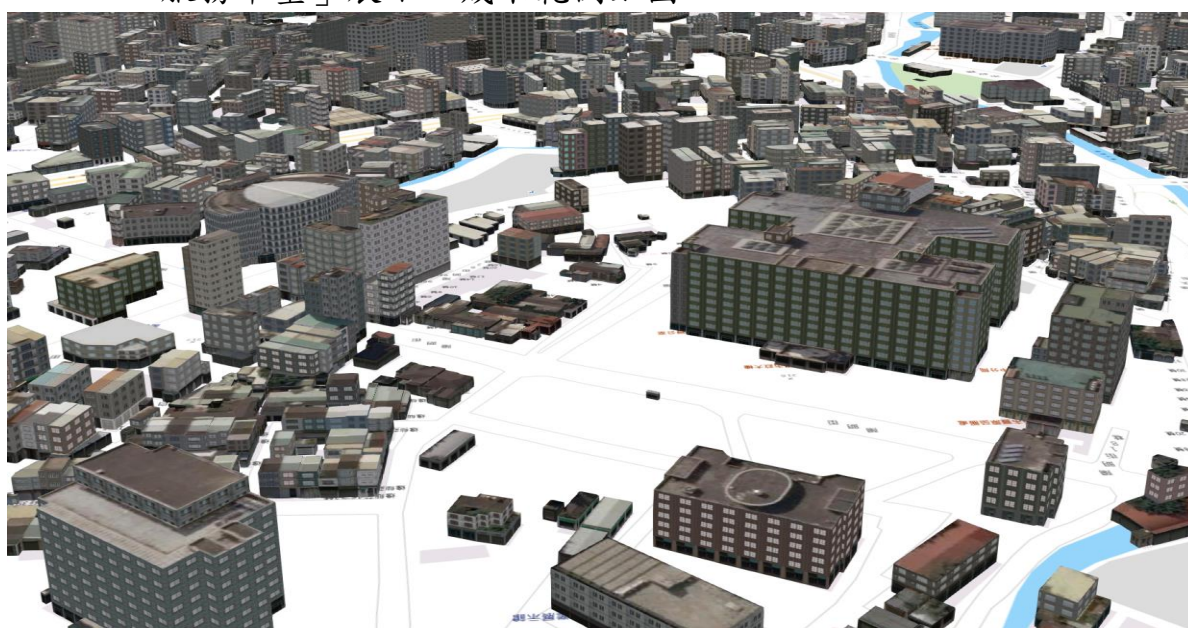


圖 4-18 三維近似化建物模型套疊臺灣通用電子地圖-豐原區

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

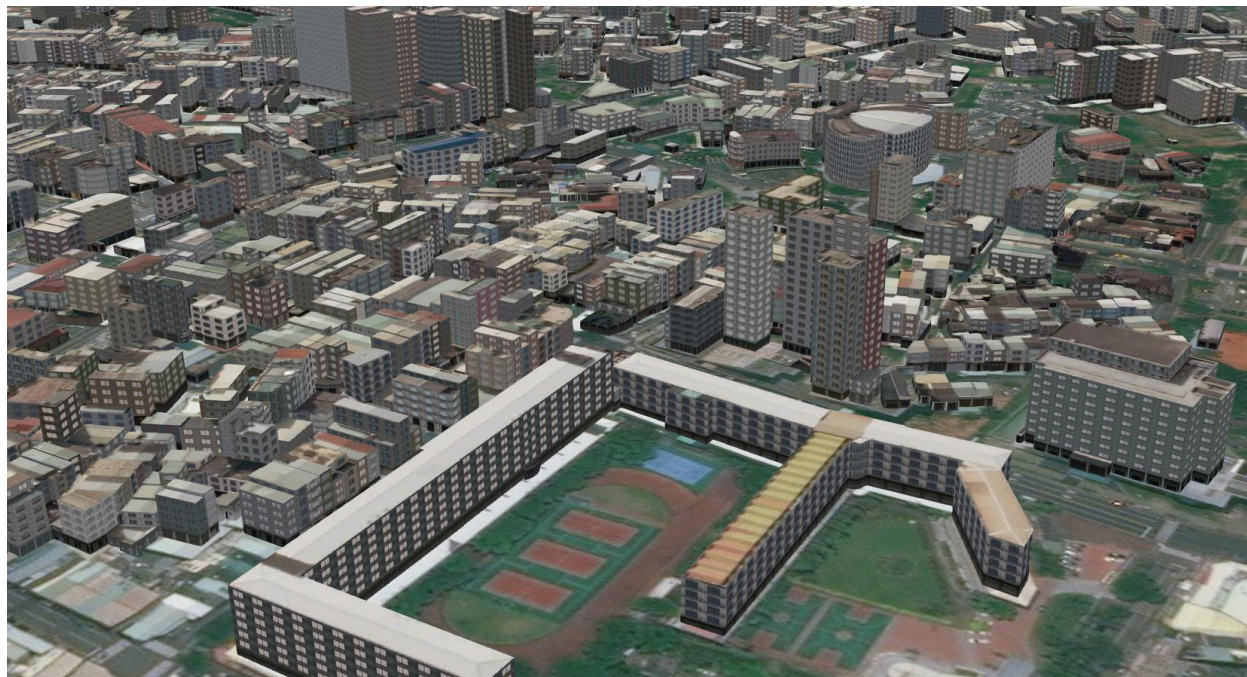


圖 4-19 三維近似化建物模型套疊正射影像圖-豐原區



圖 4-20 多維度國家空間資訊服務平臺

第五章 品質分析及自我檢核

自我成果檢核計畫將自作業初期之加值建物圖框轉置到最後建物成果均有一系列的自我檢核計畫，為使自我檢核能具體落實且發揮效益，自我檢核項目之設計是以「品質優先」、「階段性執行」、「具體可行」、「自動化檢核」為目標，本案的重點檢核項目如表 5-1 所示。

表 5-1 各工作階段之檢核表單

項次	工作流程	階段性成果	檢核重點項目	表單附錄四
1	三維灰階建物模型建置	加值建物圖框(.shp)	建物框數量、屬性檢查	表 1
2		加值建物樓高屬性欄位	屬性欄位檢查 (DSM 高程、DEM 高程、樓高)	
4		LOD1 建物模型	模型高度檢核、完整性檢查、灰階表示方式檢查	
5	屋頂與外牆紋理材質建置	三維近似化模型	屋頂正確性檢查、外牆指標檢核	表 2、表 3
6	模型資料格式轉換品質	建物模型成果	符合 Google Earth 平臺要求	表 4

5.1 三維灰階建物模型檢核

三維灰階建物模型檢核包含一千分之一地形圖建物框轉置、建物樓高萃取作業與 LOD1 建物模型檢核，詳如 附錄一之表 1。檢核方式分為隨機抽樣檢核及自動化程式檢核兩部分，針對建物樓高萃取檢核作業，採抽樣檢核模式，以 1/5,000 圖幅分幅數量之 10%，每幅隨機抽驗 20 棟；針對建物框轉置數量、屬性完整度，則採程式自動化 100%檢核，確保資料無漏失之情形。各階段成果檢核方式說明如下：

5.1.1 加值圖資建物框轉置檢核

- 一、建物框數量：檢查建物框轉置前後之數量是否一致。
- 二、屬性完整性數量：檢查建物框轉置後之屬性欄位是否完整及正確。

5.1.2 建物樓高萃取作業檢核

檢查 shp 檔之建物屬性欄位，DSM 高程是否與原始資料眾數層平均值一致，DEM 高程是否與最低點數值一

致，樓高計算是否正確，樓層數是否與加值圖資欄位一致。

5.1.3 LOD1 建物模型檢核

一、LOD1 模型高度檢核：檢查 LOD1 模型樓高與 shp 檔記錄之樓高與是否一致。

二、完整性檢查：檢查建物框數量與 LOD1 模型數量是否一致。

三、灰階呈現方式檢查：檢查灰階呈現方法是否與規定一致。

5.2 屋頂及牆面紋理品質管控

本案紋理品質管控可分成屋頂與牆面兩個部分，詳如 附錄一之表 2 及表 3，檢核方式說明如下：

5.2.1 屋頂紋理品質管控

針對以正射影像半自動化方式萃取之區域，屋頂紋理品質自我檢核方式，以 1/5,000 圖幅分幅數量之 10%，每幅隨機抽驗 20 棟，辦理屋頂紋理正確性評估(不含遮蔽及建物框與正射影像不符之情形)，若未通過，則須重新進行檢查。

針對國土測繪中心提供原始航照影像資料之區域，進行真實正射影像屋頂紋理貼圖，以 1/5,000 圖幅分幅數量之 10%，每幅隨機抽驗 20 棟，辦理屋頂紋理正確性評估，若未通過，則須重新進行檢查。

5.2.2 外牆紋理品質管控

外牆品質管控方面，依據 3.7 節牆面紋理判斷方式作為品質管控依據，透過牆面高度、寬度區分出房屋類別，根據街景影像進行窗戶樣式、數量的比對，藉由色階數值的篩選，從紋理材質庫匹配出最符合條件之牆面紋理。透過街景影像與紋理材質庫整體顏色之 ISH 數值匹配，即使匹配之牆面紋理類型與真實牆面有誤差，但兩者之色階資訊仍會相近。模型敷貼牆面紋理後，整體色彩在視覺觀看上，更貼近、符合現場狀況。藉由各種樣式的區分、色階數值的篩選，使本案在維持紋理品質管控具有一定的水準。

外牆紋理品質自我檢核方式，以直轄市、縣(市)為單位，採取隨機抽樣 100 棟以上外牆紋理進行房屋類別、色階數值評估，若未通過，則須重新進行檢查。

5.3 模型資料格式轉換品質管控

XML 屬於較開放之格式，可根據使用者需求建置所需標記，且無硬性規定一定要包含特定屬性或敘述等內涵。KML (KMZ) 為遵循 XML 文件格式、架構所產出之格式，因此具有 XML 原有之開放、可擴充性功能，但也可能造成各軟體產出之 KML 格式不盡相同。考量 KML 格式原為 Google 公司於 Google Earth 平臺上展示，因此本案在模型資料格式品質管控上，對於建置之模型格式至少符合 Google 公司開發之 Sketchup 軟體要求。透過 Sketchup 軟體或開發擴充插件功能進行格式匯入與轉換等作業，以維持模型基本品質，進而達到模型資料格式之品質管控。

模型資料格式檢核：檢核繳交之資料格式，需合於規範繳交 KML(或 KMZ)的成果檔，正確率應達 100%。

5.4 公正第三方協助辦理檢核機制

本案委託「中華民國航空測量及遙感探測學會」(以下簡稱航測學會)作為各式成果之監審及檢核單位，協助確保成果品質，針對各項階段成果出具檢核報告。

一、 加值圖資完整性查核：

航測學會配合本案分批提送成果，辦理成果自我審查作業，加值圖資查核項目為(1)屬性欄位完整性及(2)屬性欄位值域合理性。於 108 年 10 月 26 日提供成果查核報告，如表 5-2 及 5-3。

表 5-2 加值圖資屬性欄位完整性確認

繳交數量	抽驗數量	查核紀錄	
		日期	問題類型
44.5 萬棟	全數查核	108.10.26	確認無誤

表 5-3 加值圖資屬性欄位值域合理性確認

繳交數量	抽驗數量	查核紀錄	
		日期	問題類型
44.5 萬棟	全數查核	108.10.26	確認無誤
查核單位：航空測量及遙感探測學會，查核人員：李涵，覆核人員：陳昱芸			

二、 LOD1 三維灰階建物模型查核：

三維灰階建物模型查核項目為(1)樓高萃取結果、(2)屬性欄位對應、(3)灰階值域正確性及(4)成果表與模型資料一致性。於 108 年 10 月 26 日提供成果查核報告，如表 5-4 及表 5-5。

詳細查核內容及表格詳附錄七、第三方監審單位審查報告。

表 5-4 LOD1 三維灰階建物模型查核統計總表

繳交數量		1/5000 圖框數量	抽驗數量 (至少 10%幅數， 20 棟/幅)		查核紀錄	
代碼	直轄市、 縣(市)名		幅	棟	日期	查核結果
B	臺中市	283	31	620	108.10.26	確認無誤
查核單位：中華民國航空測量及遙感探測學會						
查核人員：李涵 覆核人員：陳昱芸						

表 5-5 LOD1 三維灰階建物模型分幅查核統計表

縣市	序號	圖號	抽驗棟數	確認樓高 萃取是否 為眾數層 平均值	欄位是 否完整 且對應 正確	SHP 和 KML 屬性是否 一致	KML 樓層 對應的顏 色是否正 確
臺中市	1	94212030	20	Y	Y	Y	Y
	2	95213001	20	Y	Y	Y	Y
	3	95213002	20	Y	Y	Y	Y
	4	95212051	20	Y	Y	Y	Y
	5	95212061	20	Y	Y	Y	Y
	6	95211071	20	Y	Y	Y	Y
	7	95211093	20	Y	Y	Y	Y
	8	95213020	20	Y	Y	Y	Y
	9	95212007	20	Y	Y	Y	Y
	10	95212036	20	Y	Y	Y	Y
	11	95212037	20	Y	Y	Y	Y

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案

縣市	序號	圖號	抽驗棟數	確認樓高萃取是否為眾數層平均值	欄位是否完整且對應正確	SHP 和 KML 屬性是否一致	KML 樓層對應的顏色是否正確
	12	95214034	20	Y	Y	Y	Y
	13	95212013	20	Y	Y	Y	Y
	14	95212073	20	Y	Y	Y	Y
	15	95213029	20	Y	Y	Y	Y
	16	95213038	20	Y	Y	Y	Y
	17	95213047	20	Y	Y	Y	Y
	18	95213065	20	Y	Y	Y	Y
	19	95213066	20	Y	Y	Y	Y
	20	95214081	20	Y	Y	Y	Y
	21	95214090	20	Y	Y	Y	Y
	22	95214065	20	Y	Y	Y	Y
	23	95214076	20	Y	Y	Y	Y
	24	95214096	20	Y	Y	Y	Y
	25	95214098	20	Y	Y	Y	Y
	26	96213007	20	Y	Y	Y	Y
	27	96211044	20	Y	Y	Y	Y
	28	96211073	20	Y	Y	Y	Y
	29	96213021	20	Y	Y	Y	Y
	30	96214098	20	Y	Y	Y	Y
	31	96211093	20	Y	Y	Y	Y
查核單位：中華民國航空測量及遙感探測學會							
查核人員：李涵 覆核人員：陳昱芸							

三、 三維近似化建物模型成果查核：

三維近似化建物模型於第二階段辦理審查，以 1/5,000 圖幅分幅數量之 10%，每幅隨機抽驗 20 棟辦理查核作業。查核項目為(1) 屋頂紋理品質管控及(2) 外牆紋理品質管控。於 108 年 11 月 25 日提供成果查核報告。

屋頂紋理品質管控，查核方式是比對屋頂材質影像與正射影像，抽驗分布圖範例如圖 5-1，屋頂紋理審查內容示意圖如圖 5-2；外牆紋理品質管控，檢核方式採用程式比對方式進行，比對街景影像 ISH 值與目前材質庫影像 ISH 值中最接近者是否相符一致，臺中市部分地區比對結果如圖 5-3。

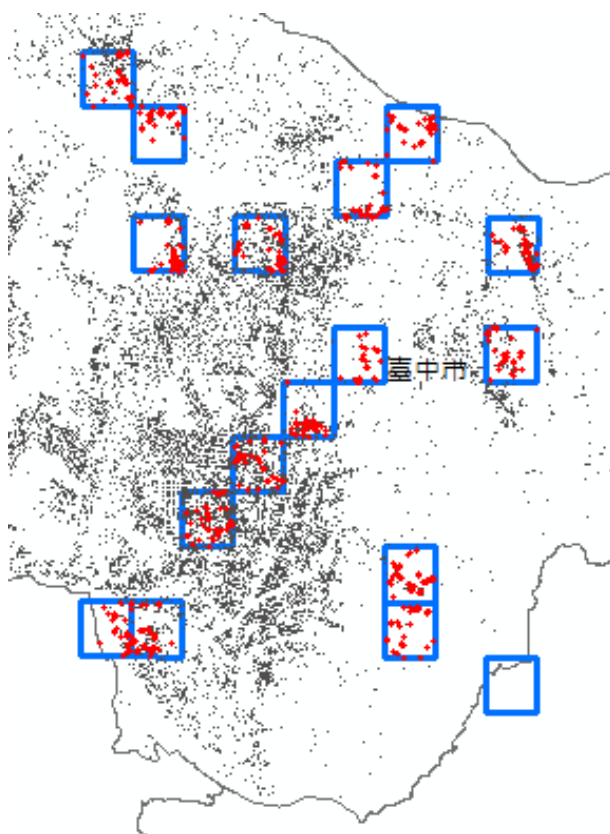


圖 5-1 屋頂紋理抽驗分布圖

108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案



圖 5-2 屋頂紋理審查內容示意圖

序號	縣市	建物ID	街景I	街景S	街景H	資料庫最佳材質	資料庫最佳I	資料庫最佳S	資料庫最佳H	dI	dS	dH	資料庫比對
1	臺中市	1SECD5N4MG	0.302	0.051	196	100800402000016.jpg	0.329	0.047	196	0.027	-0.004	0	OK
2	臺中市	1S3PS5N5PM	0.366	0.305	71	100100202000073.jpg	0.298	0.251	71	-0.068	-0.054	0	OK
3	臺中市	1S3VR5N5RM	0.333	0.224	60	100800201000012.jpg	0.329	0.228	60	-0.005	0.005	0	OK
4	臺中市	1S76P5N5QK	0.739	0.012	178	100300401000033.jpg	0.351	0.045	178	-0.388	0.033	0	OK
5	臺中市	1SCW95N5QV	0.306	0.153	40	100699902000094.jpg	0.224	0.157	40	-0.082	0.004	0	OK
6	臺中市	1S42U5N646	0.731	0.02	194	100300401000094.jpg	0.627	0.054	194	-0.104	0.035	0	OK
7	臺中市	1SA0U5N67W	0.514	0.082	32	1004002020000391.jpg	0.635	0.079	32	0.121	-0.004	0	OK
8	臺中市	1SE465N63F	0.329	0.035	137	100500401000055.jpg	0.357	0.078	137	0.028	0.044	0	OK
9	臺中市	1SCD05N6H8	0.327	0.068	57	100400101000069.jpg	0.377	0.228	57	0.05	0.159	0	OK
10	臺中市	1T0J95N7LQ	0.411	0.065	33	1004002010000159.jpg	0.401	0.071	33	-0.01	0.006	0	OK
11	臺中市	1SXA75N7P1	0.447	0.05	155	1001002020000122.jpg	0.333	0.059	155	-0.114	0.009	0	OK
12	臺中市	1T9L85N7PP	0.376	0.106	204	1002003020000003.jpg	0.36	0.11	204	-0.017	0.004	0	OK
13	臺中市	1SF1P5N83J	0.388	0.197	157	1004002010000336.jpg	0.42	0.149	157	0.032	-0.048	0	OK
14	臺中市	1SNGX5N8EL	0.474	0.066	170	1001002010000002.jpg	0.315	0.074	170	-0.159	0.008	0	OK
15	臺中市	1T8LL5N8VU	0.923	0.008	59	1008001020000012.jpg	0.893	0.008	59	-0.03	0	0	OK
16	臺中市	1SU305N994	0.306	0.039	100	100699902000093.jpg	0.569	0.02	100	0.263	-0.02	0	OK
17	臺中市	1T7UB5NA7G	0.376	0.322	44	1001005010000003.jpg	0.137	0.314	44	-0.239	-0.008	0	OK
18	臺中市	1T7TL5NABU	0.393	0.217	142	1004002020000189.jpg	0.273	0.144	142	-0.12	-0.073	0	OK
19	臺中市	1SV6A5NADX	0.704	0.015	310	1004002010000435.jpg	0.843	0.027	310	0.14	0.012	0	OK

圖 5-3 外牆紋理程式查核結果示意圖

第六章 結論與建議

內政部與國家發展委員會積極推動將現有 2D 國家底圖升級為 3D 國家底圖，定調以「數值地形模型 (DTM)」及「臺灣通用電子地圖」作為基礎資料進行加值，深化我國 3D 加值智慧應用及產業發展。在國土測繪中心的支持與指導下，「108 年度臺中部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」已經由台灣世曦完成全部成果，將在穩固的基礎上，繼續秉持專業、專職、專任的團隊意志，完成交辦任務，建構三維底圖。針對專案執行的經驗及實務狀況，提出以下結論與建議。

一、 本案作業成果概況及精度規格說明

1. 本案結合臺中市部分地區加值圖資及 LiDAR DEM/DSM 等既有資料，完成三維近似化建物模型成果共計約 44.5 萬棟。
2. 三維近似化建物模型成果，繼承 2D 向量圖資，平面精度高於 1.25 公尺，高程精度約 2.5 公尺，為平面屋頂結構，符合 CityGML 所建議 LOD1 等級建物模型(5 公尺)。
3. 利用 106 年度航照影像，搭配屋頂真實正射影項專利技術，成功完成自動化屋頂紋理產製作業；外牆紋理則利用 Google 街景比對自建之紋理材質庫，產製臺中市部分地區三維近似化建物模型。
4. 臺中地區加值圖資，經分戶處理後，對於建物樓高萃取整體精度有幫助，也間接提升屋頂紋理貼圖的可靠度。

二、 原始高程資料問題探討：

於建物樓高萃取作業過程中，觀察到既有原始高程資料(光達 DEM/DSM)於局部區域有不合理的情形，導致樓高欄位為負值或明顯未達一般建物基本樓高之情況，在此提出幾點建議，供後續三維圖臺廠商參考展示及呈現方式：

- (1)加值圖資區域，採用該建物「樓層數」欄位屬性，以平均每層樓 3.3 公尺呈現三維建物模型高度。
- (2)建物「樓層數」欄位屬性缺漏區域(約占 0.4%)，採用相鄰或最近點建物之高度，使視覺展示上較為一致。

三、臺中市部分地區三維建物模型更新維護：

本案作業範圍，同時為 108 年度臺灣通用電子地圖更新區域，如圖 6-1，為該案第 2 作業區範圍所涵蓋。然而，本案加值圖資為人工介入分割之成果，細緻程度較高，且帶有個別屬性，自 103 年起逐年編列預算分區建置；臺灣通用電子地圖為 1/5,000 比例尺之建物區塊，更新頻率較高(兩年一次)，且兩套圖資維護單位不同。

建議可針對臺中市轄區內尚未辦理加值作業的區域，以及超過三年未辦理更新之區域，利用臺灣通用電子地圖建物框，辦理建物細緻化作業，使臺中市轄區內的三維建物模型細緻程度及品質皆一致，維持最新版本國家底圖。

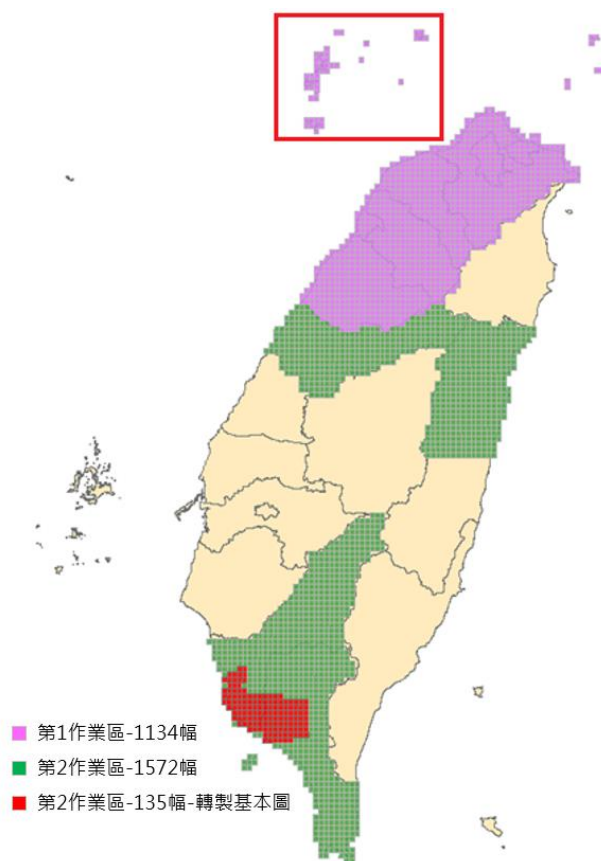


圖 6-1 108 年度臺灣通用電子地圖作業區

參考文獻

1. 內政部，2019。108 年度三維地形圖資技術發展工作案期末報告。
2. 張凱硯，2018。三維房屋模型擬真牆面通用紋理產製及敷貼。
3. OGC, 2012. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding.
4. Nobuyuki Otsu. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Trans. Sys., Man., Cyber. 1979, 9 (1): 62–66. doi:10.1109/TSMC.1979.4310076

附 錄 一

作業檢核表單

檢核表單一覽表

表 1 三維灰階建物模型建置作業檢查表

表 2 屋頂紋理品質管控檢查表

表 3 牆面紋理品質管控檢查表

表 4 模型資料格式轉換品質檢查表

表 1 三維灰階建物模型建置作業檢查表

日期：			
檢查項目	檢查內容	審查人員	合格 (Y/N)
千分之一地形圖 建物框(.shp)	建物框轉置前後之數量一致		
	建物框轉置後之屬性欄位是否完整		
	建物框轉置後之屬性欄位是否正確		
千分之一建物樓 高屬性欄位	屬性欄位- DSM 高程是否正確		
	屬性欄位- DEM 高程是否正確		
	屬性欄位-樓高是否正確		
	屬性欄位-樓層數是否正確		
五千分之一建物 樓高屬性欄位	屬性欄位- DSM 高程是否正確		
	屬性欄位- DEM 高程是否正確		
	屬性欄位-樓高是否正確		
	屬性欄位-樓層數是否正確		
LOD1 建物模型	LOD1 模型高度檢核		
	建物框數量與 LOD1 模型數量是否一致		
	灰階呈現方示是否與規定一致		

表 4 模型資料格式轉換品質檢查表

檢核項目		日期：	
檢查項目	測試內容	審查人員	合格 (Y/N)
建物模型成果	可於 Google Earth 平臺瀏覽		
	可於 Sketchup 軟體瀏覽		
	格式副檔名(.KML 或.KMZ)符合規定		

附 錄 二

各階段成果紀錄表格式樣張

**「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」
 加值圖資整併成果紀錄表**

[illegible]

「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」

三維灰階建物模型成果紀錄表

[illegible]

「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」

三維近似化建物模型成果紀錄表

[illegible]

附 錄 三

計畫收發文紀錄

一、來文

來文日期	來文字號	來文機關	主旨
108/09/10	測資字第 10815754861 號	內政部國土測繪中心	開會事由:「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」採購評選委員會第 1 次會議(廠商備詢)開會時間:108 年 9 月 19 日(星期四)上午 9 時 0 分
108/09/24	測資字第 10815755101 號	內政部國土測繪中心	為本中心「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—64)採購評選委員會評選結果及辦理議價案,請查照。
108/10/09	測秘字第 1081581219 號	內政部國土測繪中心	有關貴公司承攬本中心「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」(採購案號:NLSC-108-64),業已完成簽約手續,茲檢送契約書正本 1 份及副本 2 份,復請查照。
108/10/09	測秘字第 10815812191 號	內政部國土測繪中心	本中心「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」(採購案號:NLSC—108—64)公開評選限制性招標案,決標結果如說明,請查照。
108/09/27	測資字第 1081575525 號	內政部國土測繪中心	召開本中心「108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—7)第 6 次工作會議及「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—64)第 1 次工作會議開會時間:108 年 10 月 3 日(星期四)上午 10 時
108/10/08	測資字第 1081575541 號	內政部國土測繪中心	檢送本中心「108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—7)第 6 次工作會議及「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—64)第 1 次工作會議紀錄 1 份,請依會議結論辦理,請查照。
108/10/31	測資字第 1081575583 號	內政部國土測繪中心	召開本中心「108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—7)第 7 次工作會議及「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—64)第 2 次工作會議開會時間:108 年 11 月 12 日(星期二)上午 9 時 30 分。
108/11/21	測資字第 1081575628 號	內政部國土測繪中心	檢送本中心「108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—7)第 7 次工作會議及「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號:NLSC—108—64)第 2 次工作會議紀錄 1 份,請依會議結論辦理,請查照。

二、發文

發文日期	發文字號	受文單位	主旨
108/10/07	世曦空資字第 1080030118 號	內政部國土測繪中心	檢送「108 年度臺中市部份地區三維近似化建物模型建置工作採購案(NLSC-108-64)」契約書,如附件,敬請 查收。
108/10/28	世曦空資字第 1080032055 號	內政部國土測繪中心	檢送「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案(NLSC-108-64)」第一階段成果電子檔乙式,敬請 查收。
108/10/28	世曦空資字第 1080032118 號	內政部國土測繪中心	檢送「108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案」暨「108 年度臺中市部份地區三維近似化建物模型建置工作採購案」10 月份工作進度月報,如附件,敬請 查核。

附 錄 四

歷次工作會議決議與辦理情形

第 1 次工作會議(108.10.03)決議及辦理情形

- 一、 會議時間：108 年 10 月 3 日(星期四)上午 10 時 00 分
- 二、 會議地點：本中心第 1 會議室
- 三、 主持人：林簡任技正志清 紀錄：林信助
- 四、 出席人員：詳如簽到簿

結論

項次	決議事項	辦理情形
1	請針對近似化紋理材質庫進行去識別化修正，並改善街景比對效果，修正第 1 批三維近似化建物模型成果。	謹遵辦理。
2	請釐清確認本案「外牆紋理匹配」所採用之技術理論、程式判斷邏輯及流程等細節資訊，並於下次工作會議報告。	謹遵辦理。
3	有關模型細緻化試辦作業，請於期末報告補充說明簡單化及規則化作業方法及參考文獻或公式。	謹遵辦理。
4	有關本案 LOD3 精緻建模過程，採用無人機及地面攝影技術所遭遇之困難及限制，請於期末報告補充說明，並提出其他建議方案及成本分析。	謹遵辦理。
5	有關 DTM 成果時效較差區域，以航照影像匹配萃取樓高之作法，請先針對本次建置所發現之區域（分析三維灰階建物模型成果）規劃作業區域及分析所需成本與時間，作為本中心規劃 109 年度更新作業之參考。	謹遵辦理。

第 2 次工作會議(108.11.12)決議及辦理情形

- 一、 會議時間：108 年 11 月 12 日(星期二)上午 09 時 30 分
- 二、 會議地點：本中心第 1 會議室
- 三、 主持人：林簡任技正志清 紀錄：林士哲
- 四、 出席人員：詳如簽到簿

結論

項次	決議事項	辦理情形
1	建物模型請配合圖臺需要修改資料，以利匯入系統測試。	謹遵辦理。
2	精緻建物模型原規劃之行政院公共工程委員會建物，因位在限航區，無法完整拍攝辦公大樓全貌，更換為行政院原子能委員會。	謹遵辦理。
3	試辦圖資差異比對分析中，樓高篩選請評估 1.5 米、2 米及 2.5 米之門檻結果，並請評估萃取樓高及更新三維建物模型所需經費及成本。	謹遵辦理。
4		
5		

附 錄 五

工作總報告審查意見回覆紀錄表

內政部國土測繪中心

「108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號：NLSC—108—7)及「108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案」(案號：NLSC—108—64)

工作總報告 審查意見回覆紀錄表

委員	審查意見及建議事項	回覆及處理說明
洪委員榮宏	Q1. 為評估產品滿足 LOD 之規定，請說明 SHP 之規格及符合精度規範。	A1. 本案所採用之 2D 向量圖資源於 1/1,000 地形圖及 1/5,000 臺灣通用電子地圖，平面測製精度高於 1.25m，高程精度約為 2.5m(請參照工作總報告書 4.8 節，表 4-16)；產製建物模型屋頂為平坦屋頂，故可定義為 LOD1 等級建物模型。
	Q2. 基於均一品質之服務目標，建議不刪除重疊區域低 LOD 資料。	A2. 現行作法係同時保留重疊區域各種 LOD 等級建物，利用成果表(表 3-1)中的「MODEL_LOD1」及「MODEL_LOD3」欄位記錄，由圖臺控制該建物展示開關。
	Q3. 建議針對建物尺寸及 DSM 點數部分加以說明，並討論眾數模式之正確性(以實際統計資料及驗證成果說明)。	A3. 各別建物模型皆於樓高萃取過程中，紀錄各層 DSM 點數及其平均高度；眾數模式之正確性僅以「嘉義市」進行統計，高程精度可達 2.5 公尺(請參照工作總報告書 4.8 節，表 4-16)，符合 LOD1 之建議精度標準(5 公尺)；電子地圖建模區，尚未定義建物區塊高度「真值」，故無法驗證評估。

	Q4. 建議對於版本控制於討論中說明，如同區域、不同時間有多種版本等如何管理。	A4. 成果資料表(表 3-1)中已設計建物唯一識別碼作為建物編號，可比照臺灣通用電子地圖的作法管理版本，持續更新維護三維圖資。
	Q5. 整體作業之人工比例建議予以討論，尤其偵測更新部分之需求人工及參考圖資規格。	A5. 本案執行過程中，人工介入較多的工項主要為「多元圖資彙整」及「半自動化屋頂紋理貼圖」兩項，將於結論與建議說明取得原始航照影像可提升自動化程度。
	Q6. 屋頂為另行處理，與牆面是否可以區隔(P.39 所提 LOD 3 是否可以區隔)。	A6. LOD1 及 LOD3 建物模型，屋頂及外牆紋理皆為獨立處理，可以區隔。
	Q7. P.33，XML 敘述補充 schema 之說明。	A7. 已補充說明。
	Q8. P.55，說明建物邊界簡化及規則化之影響量，對大規模產製圖資有何影響。	A8. 建物邊界簡化可大幅減少節點數，即減少 3D 建物之面數，可降低資料量同時保持外牆紋理貼圖的美觀性；規則化可使建物邊界角度較為整齊，預估可使屋頂紋理貼圖視覺上較為美觀。
	Q9. 嘉義市之特例是否有其他因素，而非只有斜屋頂。	A9. 眾數層比例偏低的可能原因還包含房屋區塊內樓高過於細碎，然而，以嘉義市而言，因基礎圖資已確實辦理分戶作業，故主要原因仍來自於斜屋頂。

	Q10. 明確比較說明產品之規格，包含大規模建置及精緻建物，是否有改變現行測製作業程序之建議作法。	A10. 於結論與建議中，納入建物細緻化及航照影像點雲密匹配試辦結果，作為未來精進作業程序之建議。
	Q11. 說明臺中市採用具分戶之圖資優勢差異，品質(如 LOD、分戶正確性)如何定以提供應用參考。	A11. 分戶之圖資可在建物樓高萃取時更為精確，間接提升屋頂紋理貼圖的精確度。
江委員渾欽	Q1. P.19，顏色代碼對照表請附顏色。	A1. 謹遵辦理。
	Q2. P.27、P.67，預定建置數量表與實際建置數量是否有增加。	A2. 已於 P67.表 4-6 中補充實際建置數量，建置成果約略高於預定建置數量，達成預定目標。
	Q3. P.46，成果請附上使用於測繪中心三維圖資平臺應用。	A3. 已於 P46.圖 3-48，補充多種三維圖臺展示成果，包含國土測繪中心開發之「多維度國家空間資訊服務平臺」。
	Q4. P.70，請將各縣市完成之模型列表呈現，展現具體成果。	A4. 已補充表 4-7「三維近似化建物模型成果數量統計表」。
	Q5. P.71，LOD 3 精緻模型的建置成本說明，並說明是否有其他方式(如 UAV、竣工圖)，以做為未來評估。	A5. 已於 P.78 新增「LOD3 等級精緻建物模型問題探討」，說明替代方案及相關成本，作為未來建置參考方案。
	Q6. P.75，所述費用每公頃 14 元請說明如何計算及規劃之作業內容。	A6. 航照影像匹配作業成本及細部工項如表 4-12 所示。

	Q7. P.92，建物細緻化是屬於建物分割，容易混淆建物可視化之細緻性，建議詳細說明。	A7. 試辦成果作業已有大篇幅說明建物分割技術，應不致誤導為 LOD 細緻化提升。
	Q8. 是否可提出修測臺灣通用電子地圖時，加入建物群組分割。	A8. 臺灣通用電子地圖採用農航所 25 公分解晰度航照影像，技術上應可行，建物分割成果應與臺中市加值圖資類似；唯實際建置成本及精度限制尚需另行評估。
	Q9. 臺中市部分地區成果可以行政範圍區分，並展現成果。	A9. 三維近似化建物模型成果已整合多種基礎圖資，建議可於圖臺展示時另以行政邊界劃分，執行上較為直觀且容易。
	Q10. 結論中可再增加資料分析、成果精度分析。未來建議可增加分割細緻化的處理、未來不同版本的問題成果管理。	A10. 於結論與建議補充說明未來圖資更新方案建議說明。
吳委員景斌	Q1. 利用現有 DEM、DSM、臺灣通用電子地圖及一千分之一地形圖，難免有資料時期不同及測繪目的差異的取捨，因此有許多的加工方式改善 3D 建物模型，不同的方式於報告建議說明供業務單位參考應用。	A1. 於結論與建議補充說明未來圖資更新方案建議說明。
	Q2. 近年來高精地圖有許多自動化建模的方式，請提供建議或運用的範疇及限制，供未來發展 3D 化物件模型之參考。	A2. 高精地圖之建置目標為車用導航圖資，以道路設施為標的，與本案主要成果有所區隔；目前三維房屋模型建置技術，LOD2 等級建物模型自動化程度及成功率仍有限，需進一步試辦研擬。

	Q3. P.16，表 3-1 建物屋頂高、建物樓高請說明差異	A3. 建物屋頂高，為 DSM 樓高萃取之絕對高度(正高)；建物樓高，為扣除 DEM 高度後之相對高。
王成機 副司長	Q1. 建議蒐集各單位之 LOD 3 或 LOD 2 之建物模型，如文化部、經濟部等；另政府各標案中有 UAV 建置之三維模型，如何蒐集此類資料應用。	A1. 擬建議機關未來可透過行程程序，向其他政府單位蒐集既有模型成果，充實國家底圖。
	Q2. 本案成果於測繪中心之圖資平臺展示效益如何，請於報告呈現。	A2. 已於 P46.圖 3-48，補充多種三維圖臺展示成果，包含國土測繪中心開發之「多維度國家空間資訊服務平臺」。
	Q3. 建物細緻化於報告中成功率可達 70%，請說明在高程差異多少狀況下可以成功細緻化；細緻化成果可否達 LOD 1.5 以上；另目前所評估成本約為每公頃 7 元，技術更成熟後成本可在降低時，評估本項工作全面執行。	A3. 建物細緻化所採用之演算法是基於高度差異作為分割的依據，差異大小取決於採用的參數，於本案試辦結果建議採用參數值為 30，較符合大部份的建物型態；目前細緻化成果可定義為 LOD1.5，未達 LOD2 等級，目前 LOD2 等級建物模型自動化程度及成功率仍有限，需進一步試辦研擬；擬建議機關來年選定單一縣市辦理建物細緻化作業，爾後評估大規模建置成本。
	Q4. 3D 建物模型的更新維護機制應建立，參考其他國家如何維護更新，讓更新後成果優於舊有資料，請提出建議方法。	A4. 於結論與建議補充說明未來圖資更新方案建議說明。

工作小組意見回覆彙整表

審查意見	回覆說明
1. P.4 補充說明契約變更後數量異動。	已補充說明。
2. P.16 請說明模型坐標使用之中心點，以利後續產製，另臺灣通用電子地圖建物結構請以空白表示。。	已修正。
3. P.23 說明所提註記回饋情形。	已補充說明回饋情形。
4. P.27 說明騎樓紋理材質數量及統計使用狀況。	已於 4.8 節中補充補充說明外牆紋理材質使用統計。
5. P.69 補充紋理敷貼之方法說明、執行原理及流程說明(僅有流程圖)。	已參照「108 年度三維地形圖資技術發展工作案」補充說明。
6. P.84 補充說明一千分之一地形圖及臺灣通用電子地區分析。	已新增 4.8 節「成果統計與分析」。
7. P.88 說明建議尺度參數之考量及使用。	已補充說明，考量多種建物型態，折衷採用 Scale=30，對整體區域成果較為適當。
8. P.97 統一使用文字，如外牆、牆面、騎樓。	已修正。
9. P.101 說明 3D Mesh 如何確認精度。	已補充說明查核方式。
10. P.112 補充 108 年 LiDAR 範圍。	已補充。
11. 有關本案資料統計部分，請新增一個成果分析的章節，並包含 P.23 註記統計、紋理材質註記統計、P.82 建物框內高度不足統計。	已新增 4.8 節「成果統計與分析」。
12. 補充說明當樓高與 DSM 高度不一致時之處理情形。	P63.，補充說明「樓高差異處理原則」。
13. 補充說明使用之 Google 街景授權情形。	P69.，補充說明 Google 街景授權。
14. 補充精緻模型過程中，拍攝相片及解析度。	P76.，於 4.5 節補充說明無人機拍攝影像解晰度。
15. 有關 109 年三維建物模型更新，報告中建議以 108 年臺灣通用電子地圖更新區域為主，本中心未來亦將配合臺灣通用電子地圖更新頻率（2 年）及 1/1,000 地形圖更新區域辦理	於第六章、結論與建議規劃具體執行方案及相關費用。

審查意見	回覆說明
三維建物模型，報告中針對更新部分，提出以空載光達 DTM 最新成果及航照影像密匹配萃取樓高(針對更新 DTM 成果時效較差區域)之作法，為提供本中心規劃 109 年度更新作業參考，請分析以 DTM 最新成果更新之工項及成本，具體提出三維建物模型更新之單價；此外，針對本次建置所發現樓高不足之建物模型，請分析以航照影像密匹配萃取樓高更新之成本，並參考 P111 航照影像清查結果(107 及 108 年)規劃作業區域及具體提出所需費用。	
16. 「台」灣通用電子地圖→「臺」灣通用電子地圖。	已全面修正。
17. 「貴中心」→國土測繪中心	已全面修正。
18. 線「斷」→線「段」	已全面修正。