

內政部國土測繪中心(NLSC-108-7)

108 年度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

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」，作為三維國家底圖建構的第一步，建構全國三維建物模型。

「108 年度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、建置三維近似化建物模型及建置精緻建物模型，作業範圍包含臺灣本島、連江縣、金門縣、澎湖縣及部分離島，建物模型總數量約為 297 萬棟。其中，針對國內各直轄市、縣(市)政府機關、中央部會及特色地標建置 LOD3 等級精緻建物模型，總數量為 92 棟。

台灣世曦工程顧問股份有限公司有幸參與「108 年度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、精緻建物模型。

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.

The main work of this project includes building high-rise extraction, the construction of 3D gray-scale building model, 3D approximated building model, and exquisite building model. The scope of project includes Taiwan Island, Lianjiang County, Jinmen County, Wuhu County and the Offshore Island, the total number of building models is about 2.97 million. Among them, the LOD3 exquisite building model was built for the government agencies and special landmarks, with a total number of 92 buildings.

Keywords : Taiwan Electronic Map, Digital Terrain Model, 3D Gray-Scale Building Model, 3D Approximate Building Model, Exquisite 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
1.4	分批繳交數量及原則	4
第二章	工作項目及內容	7
2.1	工作項目	7
2.2	契約時程與交付成果	8
2.3	作業流程規劃	10
第三章	工作流程及執行方法.....	11
3.1	一千分之一地形圖建物轉置	11
3.2	圖資整併作業	13
3.3	建物樓高萃取作業	13
3.4	建物圖層屬性欄位及成果表格設計	15
3.5	三維灰階建物模型建置.....	18
3.6	屋頂紋理材質建置	20
3.7	外牆紋理材質建置	25
3.8	三維近似化模型建置	33
3.9	LOD3 精緻建物模型建置	35
3.10	建物模型成果格式轉檔.....	46
3.11	試辦圖資差異比對分析及回饋	47
3.12	試辦建物模型細緻化	52
第四章	作業成果說明	58
4.1	需求資料蒐集	58
4.2	三維近似化建物模型試作結果	59
4.3	LOD1 三維灰階建物模型	61
4.4	三維近似化建物模型	65
4.5	LOD3 精緻建物模型	75
4.6	三維模型瀏覽工具	82
4.7	精進試辦作業	83
4.8	成果統計與分析	102

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

第五章	品質分析及自我檢核.....	108
5.1	三維灰階建物模型檢核.....	108
5.2	屋頂及外牆紋理品質管控.....	109
5.3	模型資料格式轉換品質管控.....	110
5.4	LOD3 精緻建物模型精度驗證	110
5.5	公正第三方協助辦理檢核機制	111
第六章	結論與建議	120
參考文獻	127	

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、需求訪談會議紀錄
- 附錄四、LOD3 精緻建物模型核定清單
- 附錄五、計畫收發文紀錄
- 附錄六、歷次工作會議決議與辦理情形
- 附錄七、第三方監審單位審查報告
- 附錄八、工作總報告審查意見回覆紀錄表

表 目 錄

表 1-1	一千分之一地形圖彙整分批繳交規劃表.....	4
表 1-2	三維灰階建物模型分批繳交規劃表	4
表 1-3	三維近似化建物模型分批繳交規劃表.....	5
表 1-4	整體成果分批繳交規劃表	6
表 2-1	成果繳交項目、內容一覽表	9
表 3-1	建物 SHAPEFILE 成果屬性欄位內容	16
表 3-2	32 位元轉碼對照表.....	17
表 3-3	樓層級距與 HTML 顏色代碼對照表	19
表 3-4	屋頂紋理材質建置方案.....	20
表 3-5	外牆紋理分類及編碼表.....	26
表 3-6	外牆紋理材質庫預定建置數量表	27
表 3-7	CITYGML 對 LOD1~LOD3 提出的建議精度	36
表 3-8	LOD3 模型細緻度準則(三維房屋模型建置作業規範-草案).....	36
表 3-9	PHANTOM 4 PRO 規格表	43
表 3-10	無人機飛手資歷及所屬單位統計表	44
表 3-11	變遷差異樣態彙整表.....	48
表 4-1	需求資料取得情形一覽表.....	58
表 4-2	樓高萃取成果表格範例.....	59
表 4-3	一千分之一地形圖蒐集情形一覽表	61
表 4-4	建物高度分層比例統計表.....	63
表 4-5	變遷比例統計表	63
表 4-6	外牆紋理材質庫建置統計表	67
表 4-7	三維近似化建物模型成果數量統計表.....	74
表 4-8	LOD3 精緻建物模型成果繳交清單.....	77
表 4-9	不同樓高來源萃取結果統計及分析表.....	84
表 4-10	航照影像 DSM 樓高萃取未成功類別	85
表 4-11	航照影像匹配萃取樓高成本估算表	91

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

表 4-12	建物細緻化成功率評估混淆矩陣	99
表 4-13	建物細緻化成本估算表.....	101
表 4-14	3 公尺以下建物數量統計表.....	102
表 4-15	各縣市眾數層萃取網格點數比例偏低統計表	104
表 4-16	嘉義市建物樓高萃取精度分析統計表.....	106
表 4-17	騎樓紋理材質庫使用數量統計表	106
表 4-18	牆面紋理材質庫使用數量統計表	107
表 5-1	各工作階段之檢核表單.....	108
表 5-2	一千分之一地形圖屬性欄位完整性確認.....	111
表 5-3	一千分之一地形圖屬性欄位值域合理性確認	111
表 5-4	2-2 階段 LOD1 建物模型查核統計總表.....	112
表 5-5	2-3 階段 LOD1 建物模型查核統計總表.....	112
表 5-6	LOD3 精緻建物模型內容檢核統計表.....	113
表 5-7	LOD3 精緻建物模型幾何精度檢核統計表	114
表 5-8	屋頂紋理品質管控查核統計總表	116
表 5-9	牆面紋理品質管控查核統計總表	118
表 6-1	108 年度臺灣通用電子地圖建物異動數量統計	121
表 6-2	來年三維建物模型更新維護數量統計.....	122
表 6-3	臺南市建物細緻化作業數量統計	123
表 6-4	CITYGML 定義之建物細緻度 LOD1~LOD3	124
表 6-5	人工建置 LOD2 等級建物模型工項列表	124
表 6-6	109 年度三維近似化建物模型更新維護經費規劃	126

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	10
圖 3-1	一千分之一地形圖建物轉置流程圖	11
圖 3-2	一千分之一地形圖建物位相常見錯誤	12
圖 3-3	轉置 GIS 建物框流程	12
圖 3-4	高程量級分割示意圖	14
圖 3-5	各層數量統計示意圖	14
圖 3-6	DEM 最低點萃取示意圖	15
圖 3-7	高度和灰階值成反比呈現效果較佳	19
圖 3-8	暖色和冷色顯示差異	20
圖 3-9	近三年原始航照影像涵蓋率 92%	21
圖 3-10	產製屋頂真實正射示意圖	21
圖 3-11	屋頂真實正射影像	21
圖 3-12	自動化判釋屋頂紋理錯誤案例(臺北市遠企大樓)	22
圖 3-13	工作區塊分割示意圖	22
圖 3-14	半自動化屋頂偏移量修正	23
圖 3-15	屋頂紋理確認及註記回饋	23
圖 3-16	3D 建物模型真實正射影像貼圖實例(臺北市)	24
圖 3-17	外牆紋理材質庫建置架構	25
圖 3-18	房屋高度、外觀區分類說明	26
圖 3-19	各類型牆面紋理示意圖	27
圖 3-20	騎樓材質庫示意圖	28
圖 3-21	牆面材質庫示意圖	28
圖 3-22	紋理材質庫建置工具	28
圖 3-23	模型紋理敷貼流程圖	29
圖 3-24	街景測站分析示意圖	30

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

圖 3-25	街景影像比對分類材質庫.....	31
圖 3-26	二值化圖像計算	31
圖 3-27	紋理敷貼配置示意圖.....	32
圖 3-28	XML 格式範例	33
圖 3-29	屋頂紋理材質建置及敷貼示意圖	34
圖 3-30	外牆紋理材質敷貼示意圖.....	34
圖 3-31	CITYGML 定義 LOD3 建物模型(OGC).....	35
圖 3-32	LOD3 精緻建物模型建置作業流程圖	37
圖 3-33	無人機環繞拍攝建築物範例(桃園中路重劃區)	38
圖 3-34	空拍獲取屋頂影像	38
圖 3-35	低角度拍攝側面深度資訊.....	38
圖 3-36	無人機拍攝大量建築物影像	39
圖 3-37	地面近景攝影獲得建築物細節影像	39
圖 3-38	SFM 計算原理.....	40
圖 3-39	密匹配三維點雲資料.....	40
圖 3-40	點雲數化操作範例	41
圖 3-41	三維點雲塑模範例	41
圖 3-42	三維點雲塑模成果	41
圖 3-43	建物細部結構線及屋頂形狀註記	42
圖 3-44	LOD3 精緻模型紋理材質範例	42
圖 3-45	真實紋理材質貼模工具-3D MAPPER.....	43
圖 3-46	建物包含多個政府機關之地標案例	45
圖 3-47	篩選名單建物示意圖.....	45
圖 3-48	三維近似化模型成果適用於多種三維圖臺	46
圖 3-49	既有資料產製範圍示意圖	47
圖 3-50	無建物向量但有地表高度差異	47
圖 3-51	有建物向量但無地表高度差異	48
圖 3-52	密匹配三維點雲示意圖.....	49
圖 3-53	PLÉIADES 高解析衛星影像三立體像對示意圖(©AIRBUS)	50

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

圖 3-54	竹北重劃區位置圖	51
圖 3-55	建物區塊套疊正射影像.....	52
圖 3-56	建物區塊套疊 DSM 灰階影像.....	52
圖 3-57	自動化建物模型精進作業流程圖	54
圖 3-58	影像分割及建物偵測成果示意圖	54
圖 3-59	DOUGLAS-PEUCKER 演算法示意圖	55
圖 3-60	建物簡化前(黑色)、後(藍色)比較圖.....	55
圖 3-61	建物主軸方向計算示意圖.....	56
圖 3-62	建物邊界規則化前(藍色框)、後(紅色框)比較圖.....	56
圖 3-63	原 LOD1 建物模型.....	56
圖 3-64	細緻化 LOD1 建物模型	56
圖 3-65	臺南市東區位置圖	57
圖 4-1	測試三維灰階建物模型套疊臺灣通用電子地圖	60
圖 4-2	測試三維近似化建物模型成果	60
圖 4-3	自動化真實正射屋頂紋理貼圖成果範例.....	60
圖 4-4	一千分之一地形圖錯誤範例	61
圖 4-5	臺灣通用電子地圖建物圖層整併案例.....	62
圖 4-6	LOD1 三維灰階建物模型產製程式.....	64
圖 4-7	LOD1 三維灰階建物模型成果	64
圖 4-8	歷年既有原始航照影像分布圖	65
圖 4-9	屋頂紋理材質-真實正射影像	66
圖 4-10	真實正射影像套疊建物框.....	66
圖 4-11	待修正屋頂紋理材質.....	67
圖 4-12	外牆紋理材質庫-三合院	68
圖 4-13	外牆紋理材質庫-廠房.....	68
圖 4-14	外牆紋理材質庫-大樓.....	68
圖 4-15	外牆紋理材質庫-騎樓.....	68
圖 4-16	自動化三維近似化建模流程	69
圖 4-17	房屋角點計算原理示意圖.....	70

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

圖 4-18	騎樓及牆面目標影像擷取	71
圖 4-19	牆面影像分析案例	71
圖 4-20	騎樓影像分析案例	71
圖 4-21	外牆紋理比對結果示意圖	72
圖 4-22	三維近似化建物模型套疊臺灣通用電子地圖-新竹科學園區	73
圖 4-23	三維近似化建物模型套疊正射影像圖-竹北重劃區	73
圖 4-24	LOD3 精緻建物模型成果-縣市政府及議會	75
圖 4-25	LOD3 精緻建物模型成果-中央部會	76
圖 4-26	民航局規範禁飛限飛區域	79
圖 4-27	公務單位多有門禁管制	79
圖 4-28	臺北流行音樂中心三維建模方案	80
圖 4-29	利用建物成果(標示)圖辦理三維建模(內政部，2016)	81
圖 4-30	SKYLINE 展示三維灰階建物模型成果	82
圖 4-31	SKYLINE 展示 LOD3 精緻建物模型成果	82
圖 4-32	原始樓高萃取結果	84
圖 4-33	航照樓高萃取結果	84
圖 4-34	衛照樓高萃取結果	84
圖 4-35	建築中基地範例	86
圖 4-36	前後期影像比較圖	86
圖 4-37	前後期影像比較圖	86
圖 4-38	建物面積狹小	87
圖 4-39	影像匹配不佳	87
圖 4-40	圖資與影像不符	88
圖 4-41	向量圖資與衛星影像比對結果	88
圖 4-42	向量圖資與衛星影像比對結果	88
圖 4-43	衛星影像匹配 DSM 自動偵測新增建物	89
圖 4-44	新增建物自動偵測結果	89
圖 4-45	衛星影像匹配 DSM 自動偵測失敗案例	90
圖 4-46	臺南市東區 OHM 假色影像套疊電子地圖建物框	92

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

圖 4-47	平頂房屋案例-成大化工館	93
圖 4-48	多重解析度影像分割結果-成大化工館	94
圖 4-49	多重解析度影像分割結果-成大中正堂	94
圖 4-50	正射影像-大學路麥當勞週邊	95
圖 4-51	多重解析度影像分割結果-大學路麥當勞週邊	95
圖 4-52	建物缺漏-成大會館及太子學舍	95
圖 4-53	建物細緻化成果示意圖	96
圖 4-54	建物細緻化成果-臺南大遠百	96
圖 4-55	建物細緻化成果-成大醫院	97
圖 4-56	建物細緻化成果-大學路麥當勞週邊	97
圖 4-57	建物細緻化成果-成大中正堂	97
圖 4-58	地真資料比對自動偵測結構線	98
圖 4-59	成功率評估抽樣類別範例	99
圖 4-60	平面精度評估範例	100
圖 4-61	建物高度不足分布情形示意圖-以彰化縣為例	103
圖 4-62	嘉義市建物型態分析	105
圖 4-63	嘉義市建物樓高定義(TUNG ET AL., 2018)	105
圖 5-1	精緻建物模型幾何精度查核示意圖	115
圖 5-2	屋頂紋理抽驗分布圖-以宜蘭縣為例	117
圖 5-3	屋頂紋理審查內容示意圖	117
圖 5-4	牆面紋理程式查核結果示意圖	119
圖 6-1	臺灣通用電子地圖建物異動分布	122
圖 6-2	建物高度來源分布	122
圖 6-3	建物細緻化優先作業區(建議)	123
圖 6-4	半自動化建置 LOD2 建物模型示意圖	125

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，將以一千分之一地形圖更新年度為條件，優先使用 104 年至 107 年一千分之一更新成果之範圍，採用一千分之一地形圖建物框，其餘範圍則採用臺灣通用電子地圖建物框。

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。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

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、建置三維近似化建物模型及建置 LOD3 精緻建物模型，作業範圍包含臺灣本島、連江縣、金門縣、澎湖縣及部分離島，如圖 1-1，建物模型總數量約為 297 萬棟。

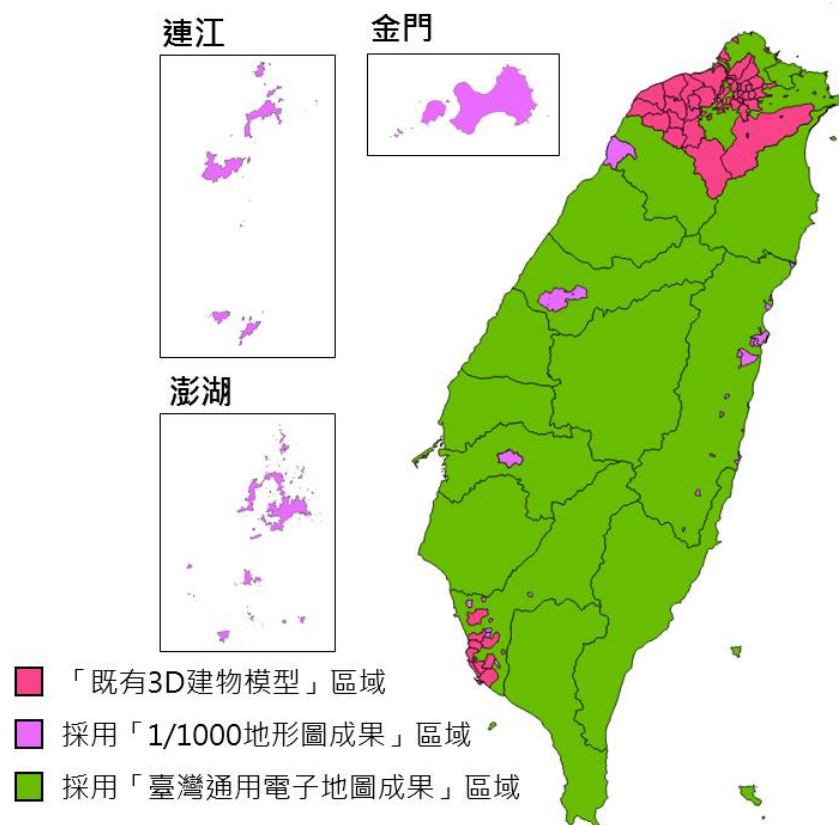


圖 1-1 計畫範圍圖

本案計畫目標如下：

- (一)圖資整併及樓高萃取：完成一千分之一數值地形圖建物圖層轉置及修補，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 建物模型產製：利用 2D 建物圖層資料產製 LOD1 三維灰階建物模型，並透過自動化/半自動化作業流程給予建物屋頂及牆面紋理材質，產製三維近似化建物模型。
- (三)精緻模型建置：建置 92 棟符合 OGC CityGML 所定義之 LOD3 等級房屋模型。

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

本案共分三階段辦理，自決標次日起 300 個日曆天內應完成第一至第三階段作業，經第三階段審核通過後依國土測繪中心指定期限內繳交修正後工作總報告。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

1.4 分批繳交數量及原則

本案原契約建置總數量為三維近似化建物模型約 310 萬棟，LOD3 等級精緻建物模型 150 棟；經國土測繪中心 108 年 7 月 17 日來函指示辦理契約變更，三維近似化建物模型減至 297 萬棟，LOD3 等級精緻建物模型減至 92 棟。

本案依需求訪談結論，規劃階段成果分批繳交，以利成果驗收及審查作業。繳交數量比例原則以直轄市、縣(市)為單位，建物模型部分各批次同時涵蓋一千分之一地形圖及臺灣通用電子地圖兩種來源，目前規劃各批次繳交直轄市、縣(市)及數量如表 1-1~1-3，三維灰階建物模型分兩次繳交，三維近似化建物模型分三梯次繳交。整體分批繳交期程及數量如表 1-4。

表 1-1 一千分之一地形圖彙整分批繳交規劃表

階段	直轄市、縣(市)	數量(棟)	比例(%)
2-1	新竹市	約 25 萬	20.2
2-2	南投縣、宜蘭縣、苗栗縣、屏東縣、新竹縣、澎湖縣、嘉義縣、連江縣、金門縣、高雄市、花蓮縣、嘉義市、臺中市	約 98.8 萬	79.8
總計		約 123.8 萬	100

表 1-2 三維灰階建物模型分批繳交規劃表

階段	直轄市、縣(市)	數量(棟)	比例(%)
2-2	嘉義市、新竹市、彰化縣	約 64.3 萬	21.6
2-3	南投縣、宜蘭縣、苗栗縣、屏東縣、新竹縣、澎湖縣、嘉義縣、連江縣、金門縣、高雄市、花蓮縣、臺中市、基隆市、臺南市、新北市、雲林縣、臺東縣	約 232.7 萬	78.4
總計		約 297 萬	100

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

表 1-3 三維近似化建物模型分批繳交規劃表

階段	直轄市、縣(市)	數量(棟)	比例(%)
3-1	嘉義市、新竹市、彰化縣	約 64.3 萬	21.6
3-2	基隆市、臺南市、苗栗縣、雲林縣、臺東縣、宜蘭縣	約 74.8 萬	25.2
3-3	南投縣、屏東縣、新竹縣、澎湖縣、嘉義縣、連江縣、金門縣、高雄市、花蓮縣、臺中市、新北市	約 157.9 萬	53.2
總計		約 297 萬	100

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

表 1-4 整體成果分批繳交規劃表

階段	交付項目	預計交付日期			合約期限
第1階段	作業計畫書	108.02.27			108.03.02
	測試區驗證 (彰化)	配合作業計畫書繳交			
階段	交付項目	預計交付日期			合約期限
第2階段	繳交批次	2-1	2-2	2-3	108.06.30
	1/1000 地形圖彙整	108.04.30 20.2%數量	108.05.31 79.8%數量	--	
	三維灰階建物 模型	--	108.05.31 21.6%數量	108.06.30 78.4%數量	
	LOD3 精模			75 棟	
	期中報告書 (含監審報告)	108.07.30			108.07.30
	三維模型 瀏覽工具				
階段	交付項目	預計交付日期			合約期限
第3階段	繳交批次	3-1	3-2	3-3	108.11.27
	三維近似化建 物模型	108.09.30 21.6%數量	108.10.31 25.2%數量	108.11.27 53.2%數量	
	LOD3 精模			17 棟	
	工作總報告 (含監審及試辦)	108.11.27			
	修正版 工作總報告 (含監審及試辦)	108.12.27			108.12.27

第二章 工作項目及內容

2.1 工作項目

一、需求訪談作業：依招標文件規定，應於決標次日起 10 個日曆天內，至國土測繪中心進行需求訪談作業。本案於 108 年 1 月 31 日決標，以前述日期計算應於 108 年 2 月 10 日前辦理需求訪談，因適逢假日順延至 108 年 2 月 11 日下午二時於國土測繪中心辦理(詳附件三，需求訪談會議紀錄)。

二、提報作業計畫書：本案之作業計畫書應於決標次日起 30 個日曆天內，依本案目標與範圍、工作項目、工作方法及步驟、工作時程規劃、品質管制、評選與會人員意見及需求訪談紀錄等撰寫作業計畫書，並送交國土測繪中心審查，俟通過後實行相關作業。本公司於 108 年 2 月 27 日發文提送作業計畫書初稿，依審查意見修訂後，分別於 108 年 3 月 28 日提送作業計畫書修訂版，108 年 4 月 22 日提送作業計畫書定稿版，經國土測繪中心於 108 年 5 月 3 日函文通知驗收合格。

三、專案項目：

1.建物樓高萃取作業

- (1) 一千分之一地形圖轉檔前置處理。
- (2) 一千分之一地形圖轉置(DWG 轉 Shapefile)。
- (3) 一千分之一建物框樓高萃取作業。
- (4) 臺灣通用電子地圖建物框樓高萃取作業。
- (5) 屬性欄位建置作業

2.建置 LOD1 三維灰階建物模型

- (1) 三維灰階建物模型產製。
- (2) 建物高度級距及灰階值規劃方案。
- (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。

3.建置 LOD1 三維近似化建物模型

(1) 屋頂紋理萃取及敷貼。

(2) 牆面紋理比對規劃方案及敷貼。

(3) 三維近似化建物模型 KML(或 KMZ)輸出。

(4) 製作成果紀錄表。

(5) 成果轉檔。

4.建置 LOD3 精製建物模型

(1) 建置標的候選清單規劃方案與說明。

(2) 建置 LOD3 模型。

(3) 精製建物模型 KML(或 KMZ)輸出。

(4) 製作成果紀錄表。

(5) 成果轉檔 I3S、3D Tiles。

5.三維建物模型精進作業

(1) 試辦圖資差異比對分析及回饋。

(2) 試辦建物模型細緻化。

6.公正第三方協助辦理檢核機制

7.三維模型瀏覽工具(Skyline)

四、期中報告、工作總報告：繳交期中報告、工作總報告，內容至少需包含：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

本案分三階段作業如下，決標次日起 300 個日曆天完成。

一、第一階段作業：

決標次日起至 10 個日曆天內，完成需求訪談作業，並於決標次日起 30 個日曆天內，交付作業計畫書（書面 10 份、電子檔 1 份）。

二、第二階段作業：

決標次日起 150 個日曆天內，交付以下項目(電子檔

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

各 1 份)：

- 1.樓高萃取成果檔。
- 2.三維灰階建物模型成果檔及成果紀錄表。
- 3.精製建物模型成果檔及成果紀錄表(75 棟)。

決標次日起 180 個日曆天內，交付期中報告(含監審報告) 及三維模型展示工具(展示期中成果)。

三、第三階段作業：

決標次日起 300 個日曆天內，交付以下項目(電子檔各 1 份)：

- 1.三維近似化建物模型成果檔及成果紀錄表。
- 2.精製建物模型成果檔及成果紀錄表(17 棟)。
- 3.工作總成果報告(含監審報告及試辦成果說明)。

另依機關指定期限內繳交修正後工作總報告(含監審報告及試辦成果說明)。

表 2-1 成果繳交項目、內容一覽表

階段	成果繳交項目	繳交格式	數量	繳交期限
第1階段	作業計畫書(含需求訪談紀錄)	書面	10份	決標次日起 30個日曆天內
		電子檔	1份	
第2階段	樓高萃取成果檔	電子檔	1份	決標次日起 150個日曆天內
	三維灰階建物模型成果檔及成果紀錄表	電子檔	1份	
	精製建物模型成果檔及成果紀錄表(75棟)	電子檔	1份	
	期中報告(含監審報告)	書面	10份	決標次日起 180個日曆天內
		電子檔	1份	
	三維模型展示工具	電子檔	1式	
第3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	決標次日起 300個日曆天內

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

階段	成果繳交項目	繳交格式	數量	繳交期限
	精製建物模型成果檔及成果紀錄表(17棟)	電子檔	1份	依機關指定 期限內繳交
	工作總報告(初稿) (含監審報告及試辦成果說明)	書面	10份	
		電子檔	1份	
	修正後工作總報告(含監審報告及試辦成果說明)	書面	5份	
		電子檔	1份	

2.3 作業流程規劃

為求圓滿完成本案「圖資整併及樓高萃取」、「3D 建物模型產製」、「精緻模型建置」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。

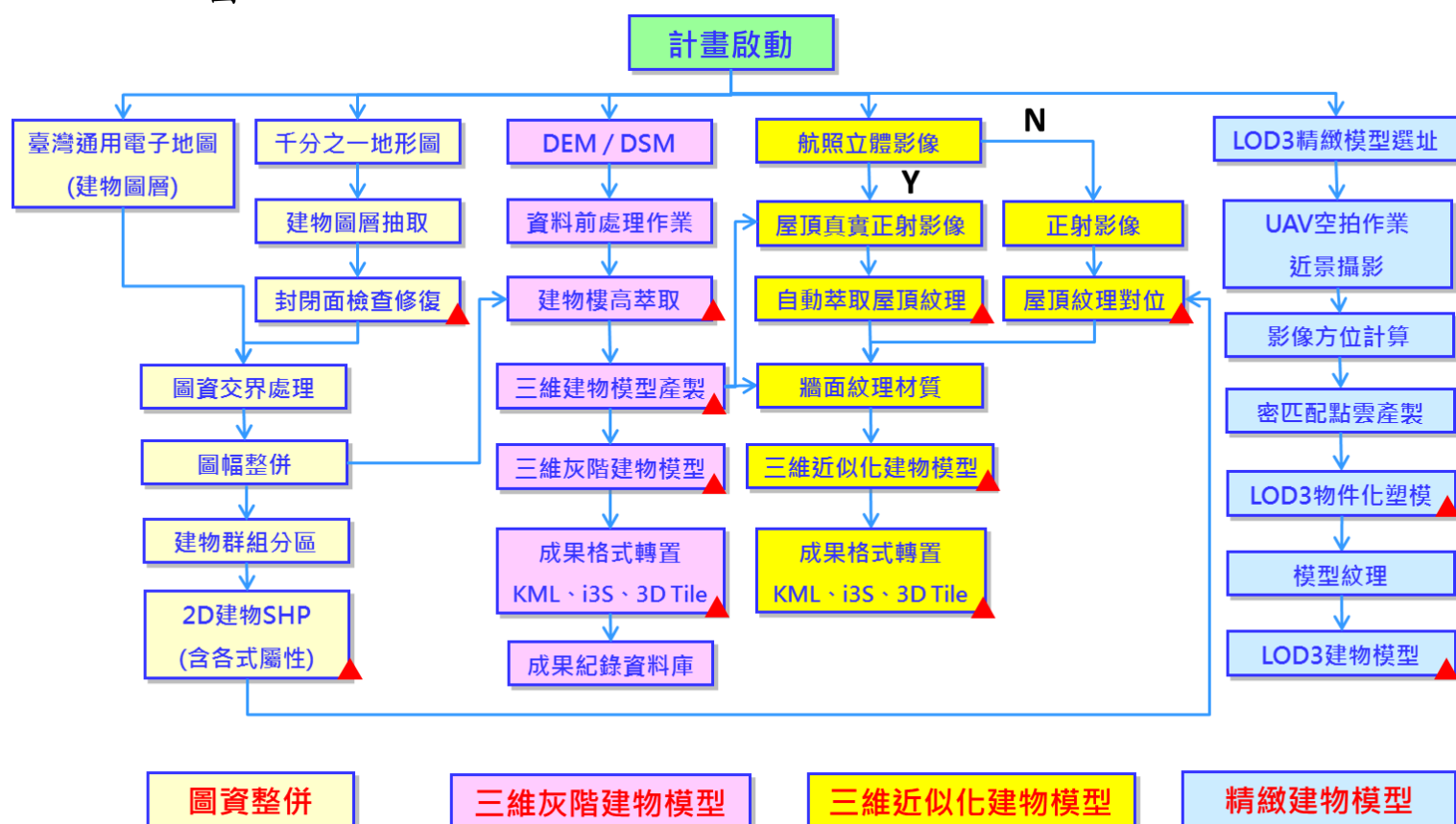


圖 2-1 整體作業流程圖

第三章 工作流程及執行方法

3.1 一千分之一地形圖建物轉置

一千分之一地形圖資料格式為 DWG 者，轉檔為 GIS Shapefile polygon 格式，其成果需將跨圖幅處進行接邊合併並記錄其建物樓層註記屬性，其作業流程說明如圖 3-1：

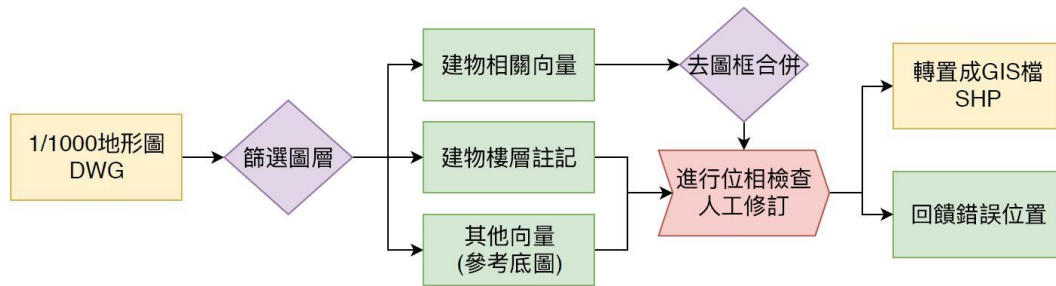


圖 3-1 一千分之一地形圖建物轉置流程圖

一、篩選圖層：

將地形圖依據圖層內容不同，拆分成三種檔案供後續進行作業，其拆分方式如下：

1. 建物相關向量：篩選建物圖層，如：9310100。
2. 建物樓層註記：篩選建物樓層註記，如：93110TXT
3. 其他向量：上述未篩選之向量，供後續位相編修參考用。

二、去圖框合併：

將各幅地形圖進行合併，其中建物相關向量需在跨圖幅處進行合併。

三、進行位相檢查：

將建物相關向量及建物樓層註記進行位相檢查，可依據常見錯誤情形分成下列不同態樣，如圖 3-2：

1. 建物向量懸掛錯誤：建物未正確編輯，導致線段突出、未連接。
2. 同建物不同註記：常發生在跨圖幅建物，不同圖幅間其建物樓層註記不同。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

3. 建物無註記：有建物向量但無樓層註記。

4. 註記無建物：有樓層註記但無建物向量。

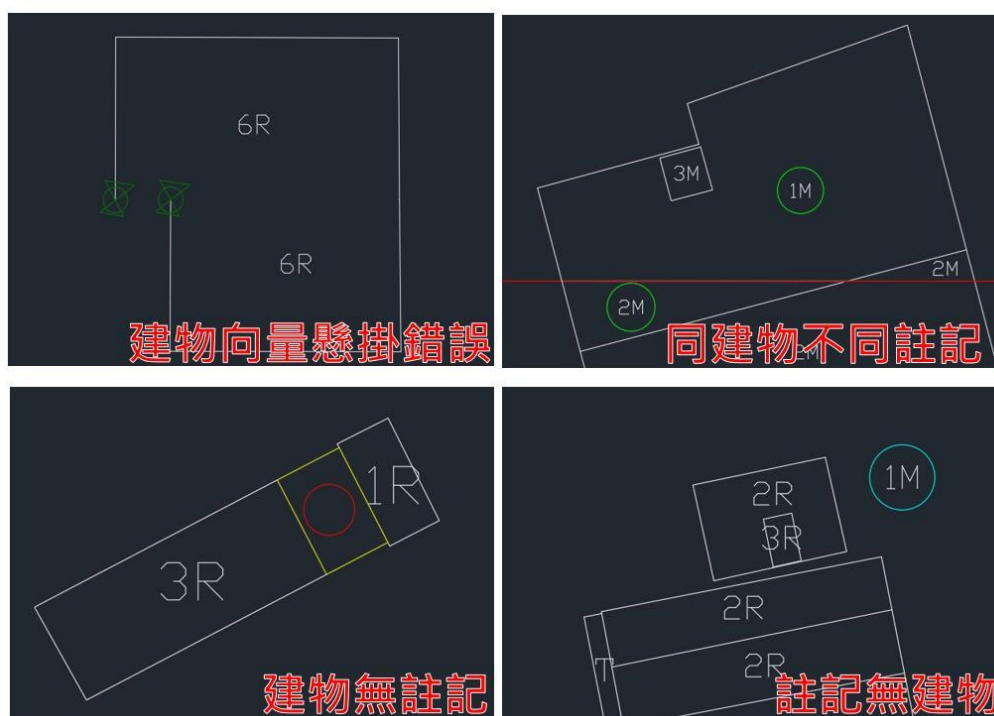


圖 3-2 一千分之一地形圖建物位相常見錯誤

將上述問題進行彙整後，進行人工編修作業，可參考前述所產製的其他圖層向量參考底圖及相關正射影像進行判斷及編修，完成後即可轉製為 Shapefile。

四、轉製 GIS 檔：

依據上述修正後成果，將建物向量由線轉成面資料，建物樓層註記由文字轉成點資料後進行空間連結，並再進行相關位相檢查後，即可得到建物成果，其流程如圖 3-3。

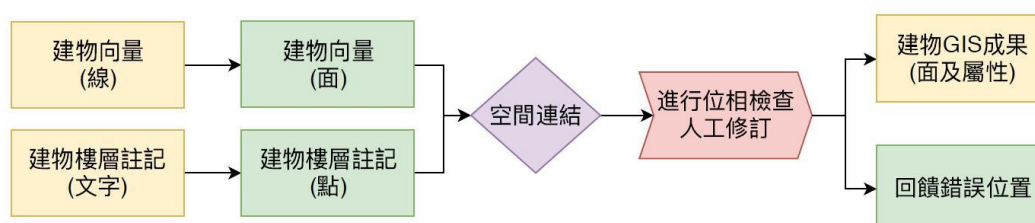


圖 3-3 轉置 GIS 建物框流程

3.2 圖資整併作業

本案資料來源包含既有 3D 建物模型、一千分之一地形圖及臺灣通用電子地圖，整併作業可分為四個步驟。

一、既有 3D 建物模型範圍，建物刪除：

針對既有 3D 建物模型範圍，本案不辦理三維建物模型產製作業，將刪除該區域之臺灣通用電子地圖建物物件。

二、一千分之一地形圖範圍，建物刪除：

針對一千分之一地形圖範圍，本案採用一千分之一地形圖建物圖資，將刪除該區域之臺灣通用電子地圖建物物件。

三、資料合併及邊界圖資合理性編修：

以直轄市、縣(市)為單位，整合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。

四、臨時性建物(T 棚)，建物刪除：

針對一千分之一地形圖中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 DSM 及 DEM 套疊，進行建物樓高萃取及變遷比例統計，各階段作業說明如下：

一、建物框於 DSM 之高程萃取：

1. 高程量級分割：建物框內 DSM 最大值與最小值間分十層，如圖 3-4。

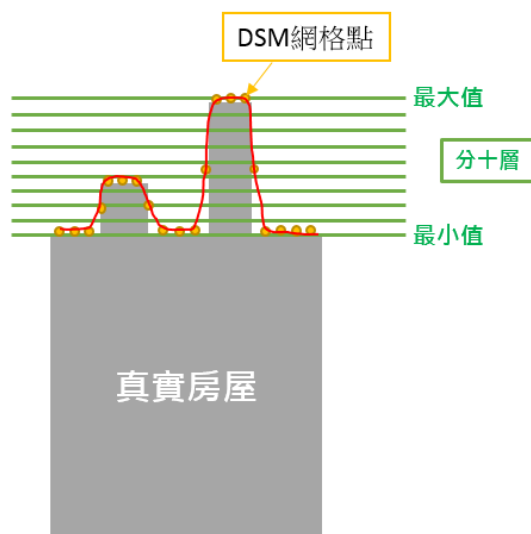


圖 3-4 高程量級分割示意圖

2. 各層數量統計：計算建物框內 DSM 高程值落於各層之數量、比例與平均高度，如圖 3-5。

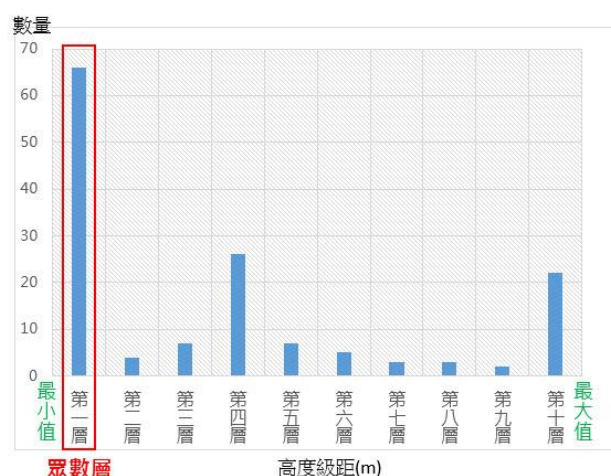


圖 3-5 各層數量統計示意圖

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，其他各層比例及平均高度另以報表詳細記錄。
5. 報表紀錄：以文字報表記錄此建物框內 DSM 高程值落於各層之數量、比例與平均高度。

二、建物框於 DEM 之高程萃取：

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。

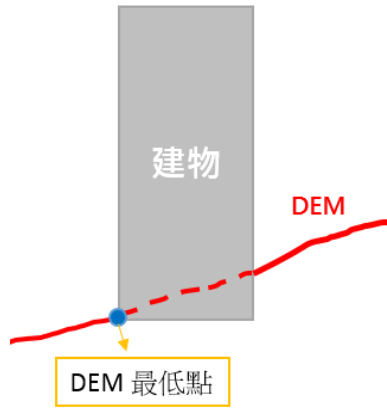


圖 3-6 DEM 最低點萃取示意圖

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)。

四、變遷比例統計：

建物框（尤其是臺灣通用電子地圖建物框）內通常涵蓋眾多網格點，如果網格點之 DSM 與 DEM 高度差明顯不足建物高度時（目前設定為 1.5 公尺），代表該處可能無建物；為了解建物框內無建物區域所占比例，因此特別記錄明顯不足建物高度之網格點比例，希望藉此初步篩選出後續更新及建物細緻化作業之優先施作標的。

1. 建物框內高程值差異計算：DSM 高程值減 DEM 高程值。
2. 屬性紀錄：在 shapefile 屬性欄位中記錄此建物框內小於 1.5 公尺高程值數量之比例。

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，可有效提高管控效率，其內容如表 3-1：

表 3-1 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 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

如表 3-1，除本案服務建議需求書提出 7 個基本欄位外，本公司提出增加更多欄位內容，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 3-2。

表 3-2 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。

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：

承 3.2 節所述，記錄建物區塊範圍內 DBM 高程值小於 1.5 公尺之比例，可利用此差異，篩選出「有建物向量但無地表高度差異」之建物位置。

五、模型細緻度控管(LOD1、LOD3)：

規劃第 13、14 欄位，記錄 LOD1 及 LOD3 建物模型相互存在關係，未來可依據此欄位有效在不同情境下進行視覺呈現篩選，也可供未來其他機關提供精緻模型時，能有效地和 LOD1 模型進行抽換。

六、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，可間接計算相對樓高數值。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が在平台呈現時發生高度不一致的問題。

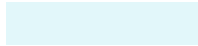
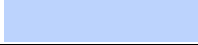
LOD1 三維灰階建物模型需依建物高度級距給予不同的灰階值，本公司將依照下列方式，選定出最為合適的方案，其說明如下：

一、建物樓層群組級距：

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，樓層級距分組規劃原則，低樓層組距較

小，高樓層組距較大，樓層級距與顏色代碼對照如表 3-3。

表 3-3 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。

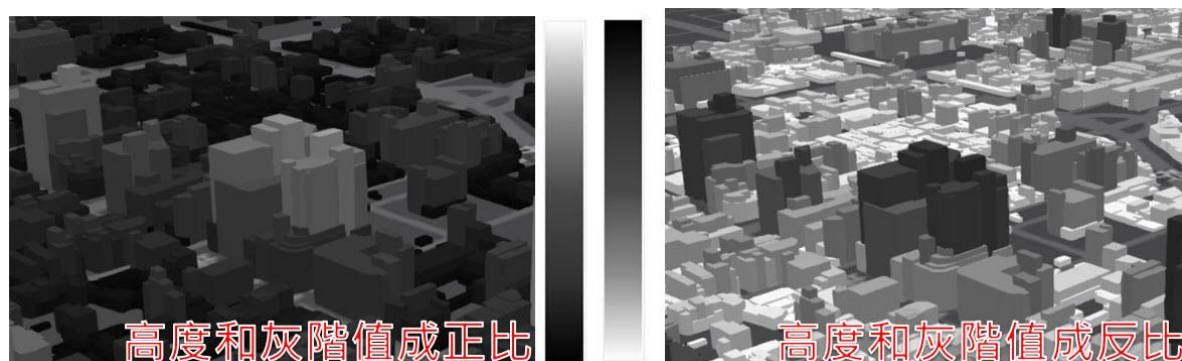


圖 3-7 高度和灰階值成反比呈現效果較佳

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。

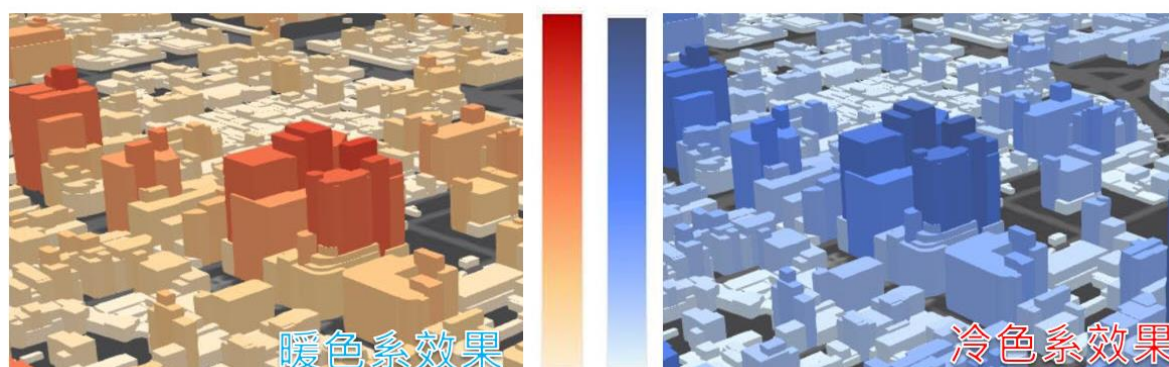


圖 3-8 暖色和冷色顯示差異

3.6 屋頂紋理材質建置

屋頂紋理材質建置作業，依據紋理來源及作業方法分為兩種方案同步作業，依照不同的資料來源進行方案的選定，如表 3-4。

表 3-4 屋頂紋理材質建置方案

	方案一	方案二
使用資料	原始航照資料 空中三角解算方位	正射影像
作業方法	真實正射影像屋頂紋理貼圖	半自動化房屋區塊影像 人工判釋

一、方案一：真實正射影像屋頂紋理貼圖

國土測繪中心提供之 105-107 年度電子地圖、105-107 年度基本圖原始航照影像，可涵蓋房屋區塊比例約為 92%(如圖 3-9)，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。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(如圖 3-12)。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

有房屋區塊，無航照立體對

105年度電子地圖

106年度電子地圖

107年度電子地圖

105年度基本圖

106年度基本圖

107年度基本圖

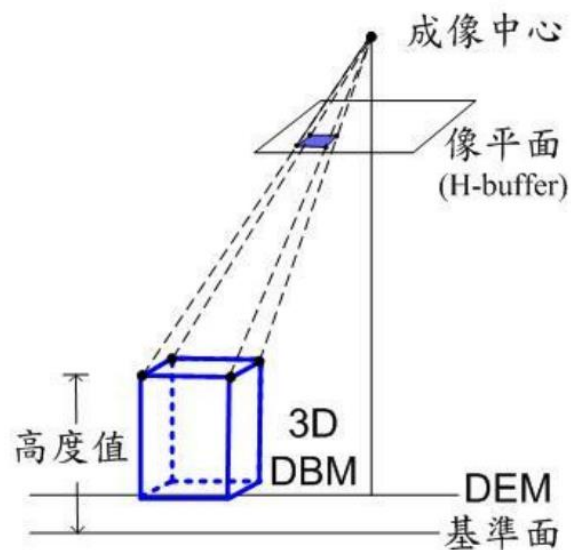
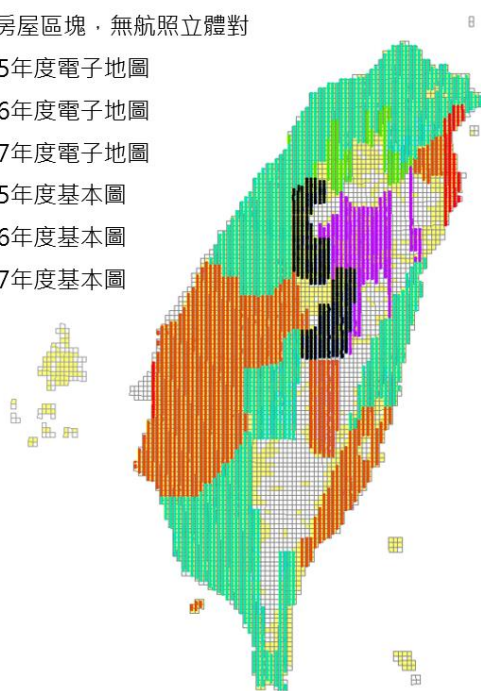
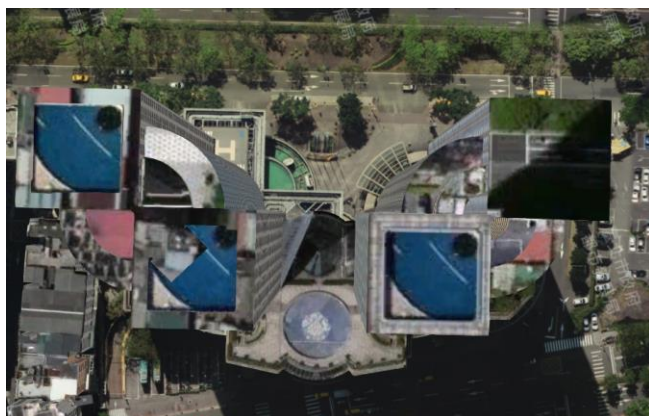


圖 3-9 近三年原始航照影像涵蓋率 92%

圖 3-10 產製屋頂真實正射示意圖
(李訢卉，2007)



圖 3-11 屋頂真實正射影像



(a)屋頂紋理誤植



(b)真實正射影像貼圖

圖 3-12 自動化判釋屋頂紋理錯誤案例(臺北市遠企大樓)

二、 方案二：半自動化房屋區塊影像人工判釋

無原始航照影像之房屋區塊，主要座落於外島及山區，將採用半自動化人工判釋方式，以分割工作區塊方式逐區修正向量至屋頂位置，以取得正確屋頂紋理。

1. 工作區塊建立：

將建物區塊首先依正射影像鑲嵌線分割，確保高差位移方向為一致，再以主要道路之中線及進行分割，建立工作區塊，如圖 3-13。



(a) 正射影像鑲嵌線



(b)主要道路中線

圖 3-13 工作區塊分割示意圖

2. 半自動化屋頂偏移量修正：

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建物 A 進行向量移位，即給定此區塊之屋頂偏差方向，區塊內其他建物之修正偏移量，以該建物與建物 A 之高度比例等比計算，如圖 3-14。

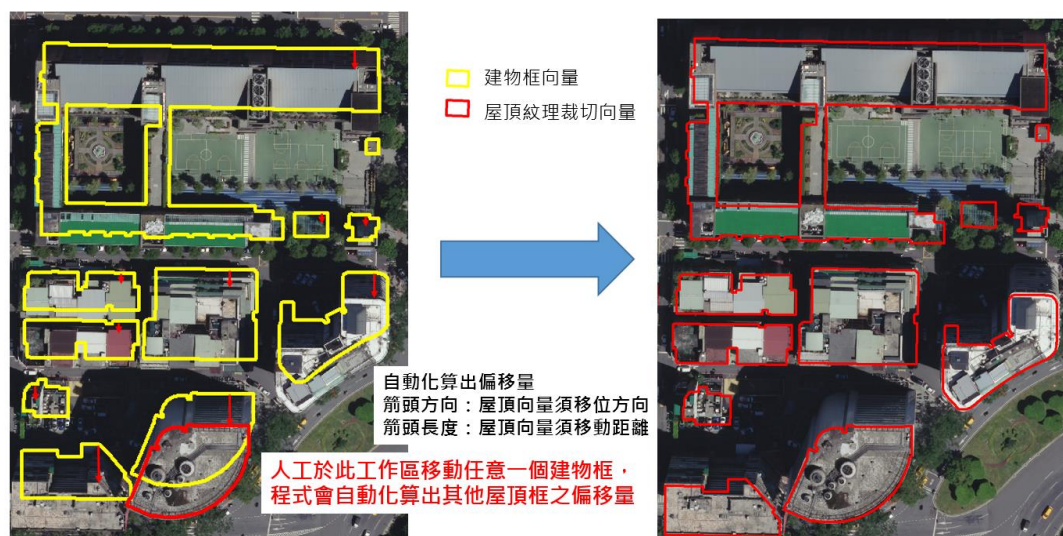
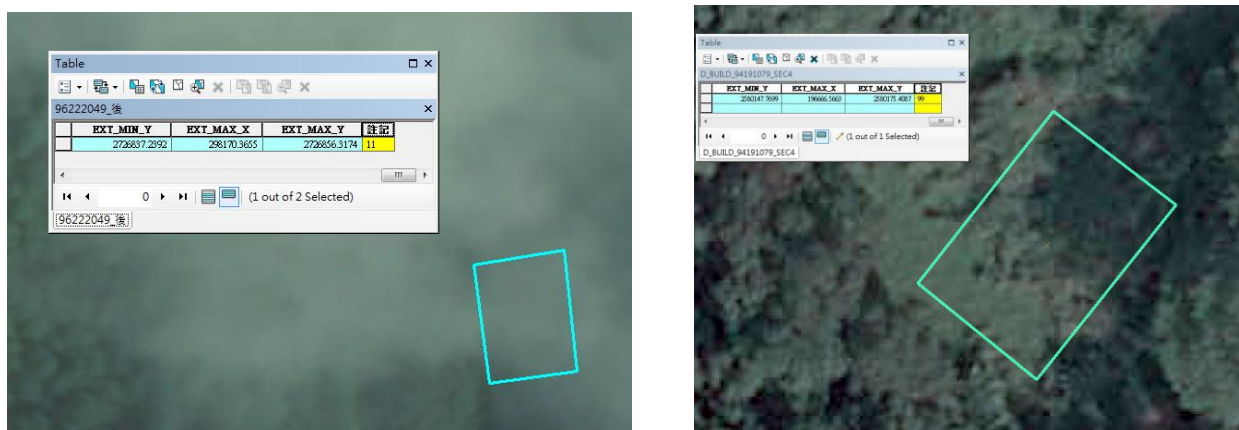


圖 3-14 半自動化屋頂偏移量修正

3. 屋頂向量確認：

當屋頂偏移量修正後，屋頂向量內若發現屋頂面有遮蔽現象或與建物屋頂面不符時，將進行註記，記錄於資料庫中，並以 shp file 型式回饋「臺灣通用電子地圖」專案，供進一步確認或修正，如圖 3-15。



(a) 正射影像含雲或遮蔽(註記代碼:11)

(b) 向量與正射影像不符(註記代碼:99)

圖 3-15 屋頂紋理確認及註記回饋

4. 自動化屋頂紋理貼圖：

取得屋頂紋理裁切向量，即可用此屋頂向量於正射影像上進行裁切，並輔以真實屋頂影像數貼技術，大規模建構全區地景建築模型，如圖 3-16。



圖 3-16 3D 建物模型真實正射影像貼圖實例(臺北市)

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 3-17；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 3-5。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 3-18)，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。

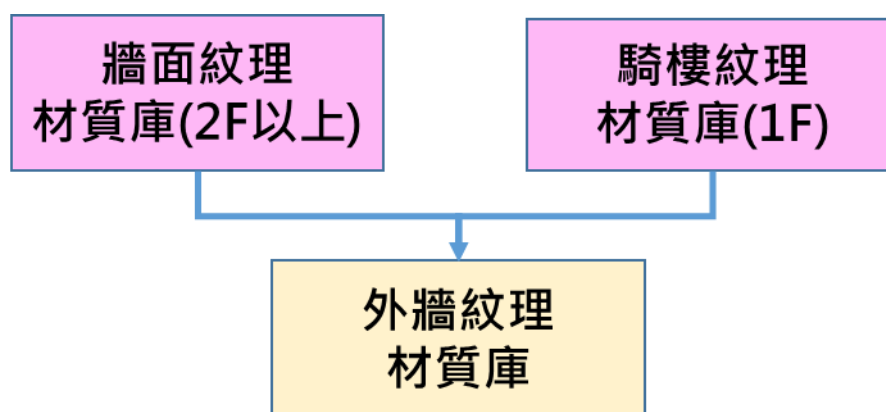


圖 3-17 外牆紋理材質庫建置架構

表 3-5 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 3-18 房屋高度、外觀區分類說明

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

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 3-19。

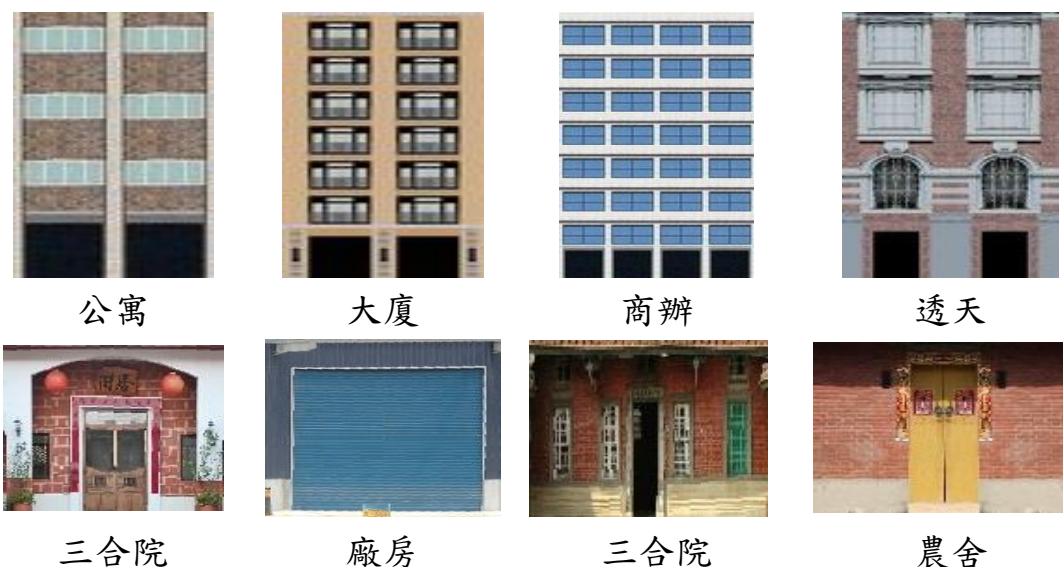


圖 3-19 各類型牆面紋理示意圖

外牆紋理依前述分類材質庫建置數量規劃如表 3-6，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 3-20。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，外牆紋理材質庫總建置數量為 12,480 種，如圖 3-21。另已開發紋理材質資料庫編碼介面，如圖 3-22。

表 3-6 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	

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



玻璃門類型
圖 3-20 騎樓材質庫示意圖

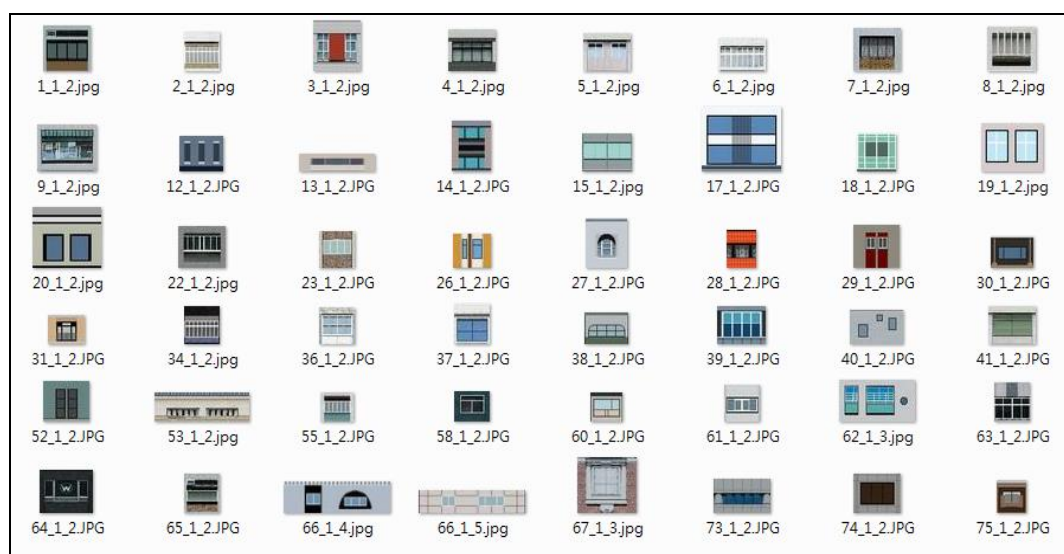


圖 3-21 牆面材質庫示意圖

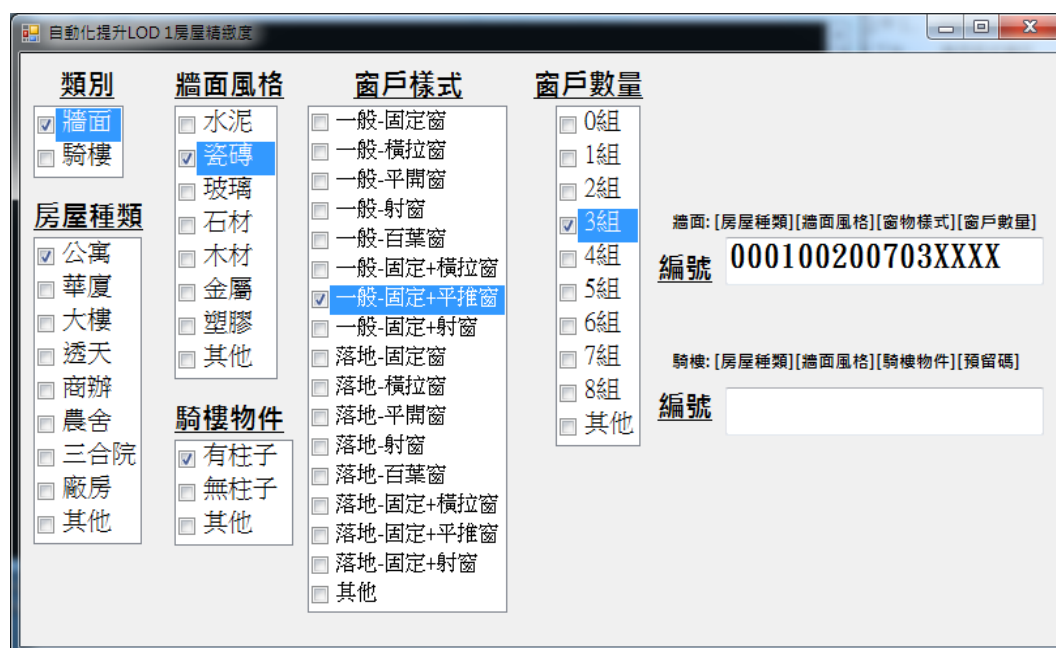


圖 3-22 紋理材質庫建置工具

二、紋理匹配與數貼：

在數貼牆面紋理前，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數貼作業。紋理數貼作業流程如圖 3-23，作業流程說明如下：

1. 建物 SHP 資料分類處理：

來源為一千分之一地形圖或臺灣通用電子地圖轉換之 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。

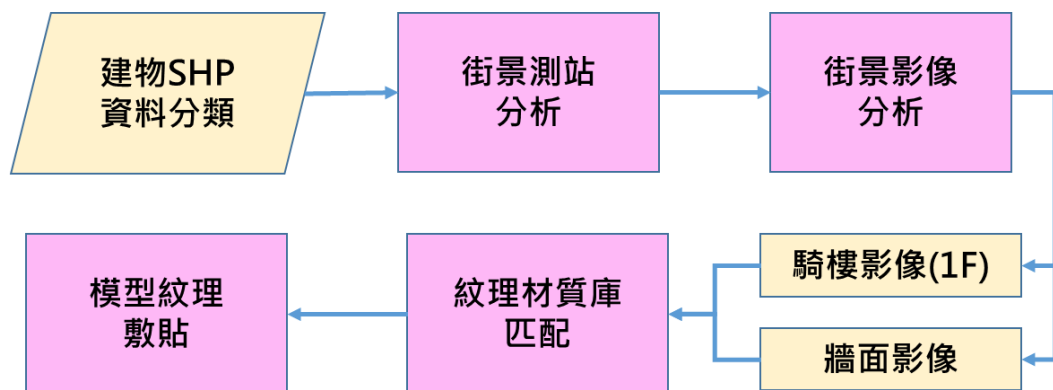


圖 3-23 模型紋理數貼流程圖

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 3-24。
- (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。

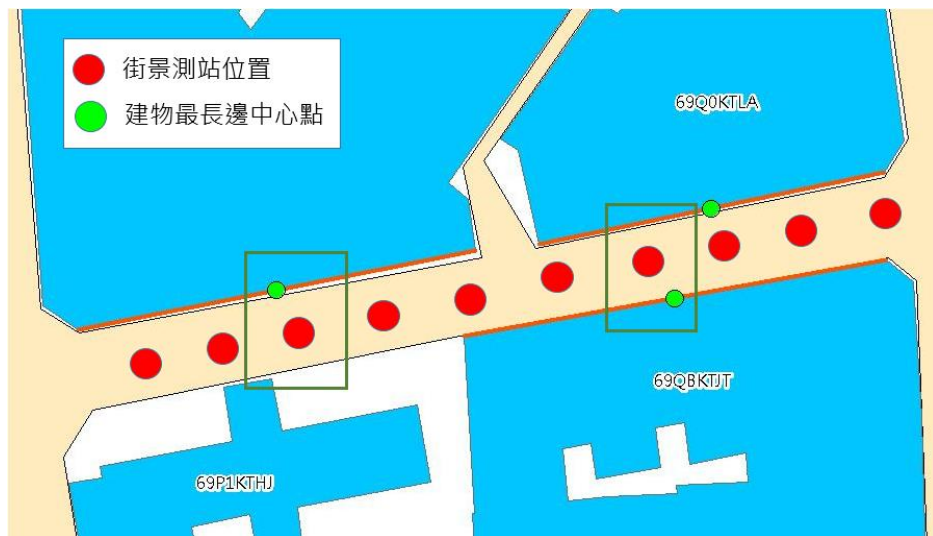


圖 3-24 街景測站分析示意圖

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 3-25 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 3-26。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。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



圖 3-25 街景影像比對分類材質庫



街景影像



二值化影像

圖 3-26 二值化圖像計算

$$\sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t)$$

公式 3-1

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

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 3-25。

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 3-27 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。

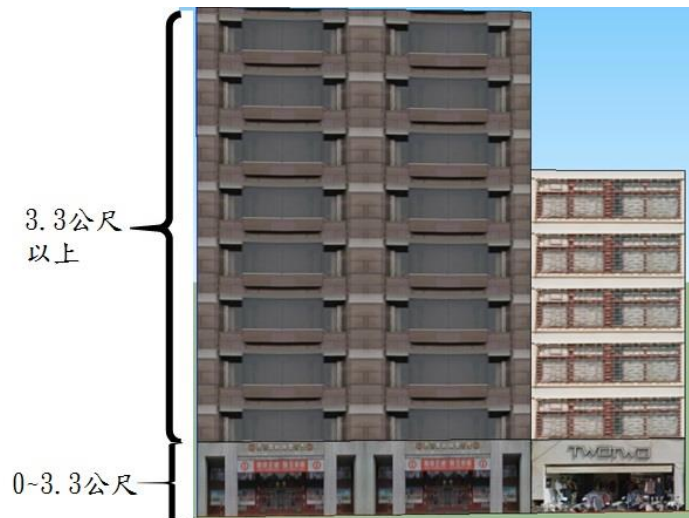


圖 3-27 紋理敷貼配置示意圖

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，相關數據皆列於成果資料表格。

3.8 三維近似化模型建置

本案重點為採用 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。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 3-28)，使屋頂紋理敷貼於房屋 polygon 之屋頂面上，如圖 3-29。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 3-30。

```
<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 3-28 XML 格式範例



房屋模型

屋頂紋理影像

屋頂敷貼紋理成果

圖 3-29 屋頂紋理材質建置及敷貼示意圖

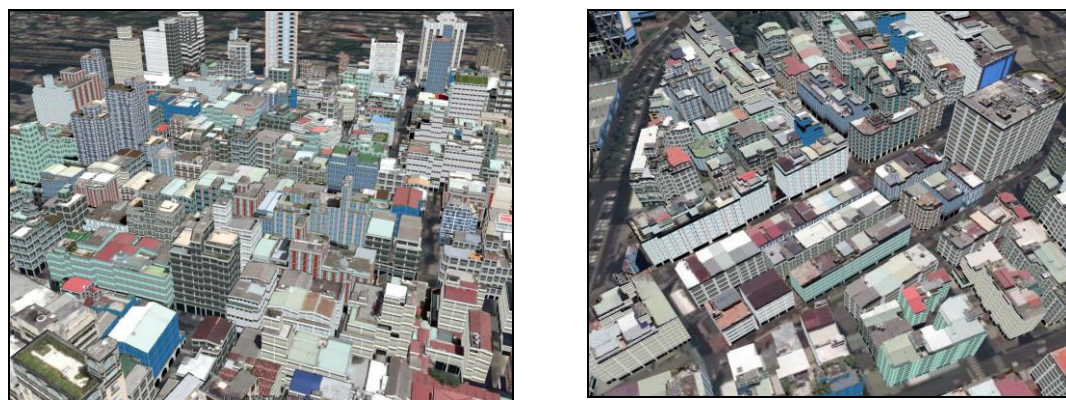


圖 3-30 外牆紋理材質敷貼示意圖

3.9 LOD3 精緻建物模型建置

一、LOD3 精緻建物模型定義

本案將建置符合 OGC CityGML 定義的 LOD3 以上的建物模型，OGC(Open Geospatial Consortium)是 1994 年由軟體廠商、政府機關及民間機構共同成立的組織。CityGML(City Geographic Markup Language)為 OGC 制訂以 XML 語法為基礎的三維資料標準開放資料格式，為國際上開放流通之資料標準，可做為空間資料之基礎。CityGML 將城市模型依細緻程度(Level of Detail, LOD)分為五個不同等級。

其中，LOD 1 為建物區塊模型，建物的牆面及屋頂皆由平坦平面構成；LOD 2 進一步表示不同的屋頂結構及不同邊界的表面紋理；LOD 3 則是外部建築模型，表現建物屋頂及牆面的細節，包含了建物的門與窗。LOD 4 是內部建物模型，包含室內房間、樓梯、門、家俱。圖 3-31 為 OGC CityGML 所定義 LOD3 建物模型示意圖。



圖 3-31 CityGML 定義 LOD3 建物模型(OGC)

二、LOD3 精緻建物模型精度

CityGML 對 LOD0~LOD3 提出的建議精度如表 3-7，其中 LOD3 的三維精度要求位置為 0.5 公尺，高度為 0.5 公尺，建模的最小範圍是 2*2 平方公尺，高度大於 1 公尺，所占面積大於 2*2 平方公尺的建物皆需建模，屋頂面及牆面的材質紋理需以真實圖徵為準。模型細緻度的部分，於 107 年內政部制定之「三維地形圖資測製技術指引(初稿)」，明確定義 LOD3 模型應有的細節準則，如表 3-8。

表 3-7 CityGML 對 LOD1~LOD3 提出的建議精度

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3
模型尺度	區域，地景	城市，地區	城市，城區	城市區，建築模型 (外部)，地標
準度分級	最低	低	中	高
三維精度 (位置；高程)	低於 LOD1	5 公尺；5 公尺	2 公尺；2 公尺	0.5 公尺；0.5 公尺
模型簡化	最大化的叢集	以概括圖徵呈現物件區塊； 所占面積>6*6 平方公尺/3 公尺	以概括圖徵呈現物件； 所占面積>4*4 平方公尺/2 公尺	以真實圖徵呈現物件； 所占面積>2*2 平方公尺/1 公尺
建物設施	無	無	有	具代表性的外部特徵
屋頂結構展現	有	平坦屋頂	差異化的屋頂結構	實際物件形式
屋頂懸掛部分	有	無	有	有

表 3-8 LOD3 模型細緻度準則(三維房屋模型建置作業規範-草案)

房屋主體	➤ 觀測明顯的屋頂面及牆面角點構成房屋主體模型 ➤ 小於 2 公尺之造型變化可以忽略 ➤ 明顯的曲面屋頂面或牆面須測繪其表面模型
房屋分部	➤ 高度超過 1 公尺或平面面積超過(2*2) 平方公尺的房屋分部都需塑模 ➤ 觀測明顯的屋頂面及牆面角點構成房屋分部模型 ➤ 小於 2 公尺之造型變化可以忽略 ➤ 明顯的曲面屋頂面或牆面須測繪其表面模型 ➤ 門、窗、陽台需包含於模型中

三、 LOD3 精緻建物模型建置方法

針對本案 92 棟 LOD3 精緻建物模型，依照禁航區之限制，採取不同方案獲取資訊，規劃建置流程如圖 3-32。

非禁航區：以無人機(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)空拍影像搭配近景攝影照片，獲取建物實景資料，內業以三維建模軟體建構大量點雲資訊，最後輔以人工數化方式，建立高精度高細緻度 LOD3 精緻建物模型。

禁航區：採用高重疊近景攝影照片，以三維建模軟體建構大量點雲資訊，搭配航照立體測圖產製屋頂結構線，最後輔以人工數化方式，建立高精度高細緻度 LOD3 精緻建物模型。

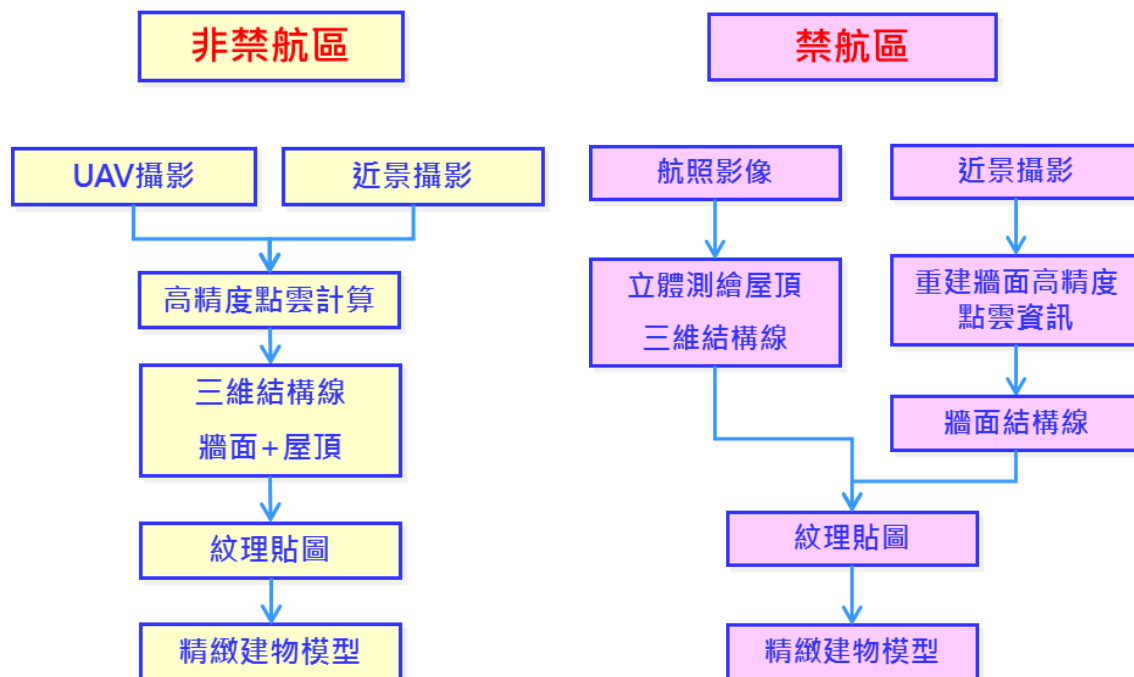


圖 3-32 LOD3 精緻建物模型建置作業流程圖

1. 無人機環景攝影

為取得高精度高細緻度之細節資料，無人機將以超高重疊率設定進行目標建物環景拍攝，於高空拍攝以接近垂直攝影方式建構絕對方位計算基礎、並取得屋頂結構資訊及紋理，於中等高度拍攝包含屋頂紋理、地面紋理及牆面紋理以確保完整連結，低空拍攝以取得建物側面深度資訊，如圖 3-33~圖 3-35。

以上述模式拍攝目標建物，可於短時間獲得大量影像資料，單一建物需拍攝近千張影像(如圖 3-36)，以詳實記錄目標建物現況，遮蔽區則以近景攝影補足建物細節資訊。



圖 3-33 無人機環繞拍攝建築物範例(桃園中路重劃區)



圖 3-34 空拍獲取屋頂影像



圖 3-35 低角度拍攝側面深度資訊

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

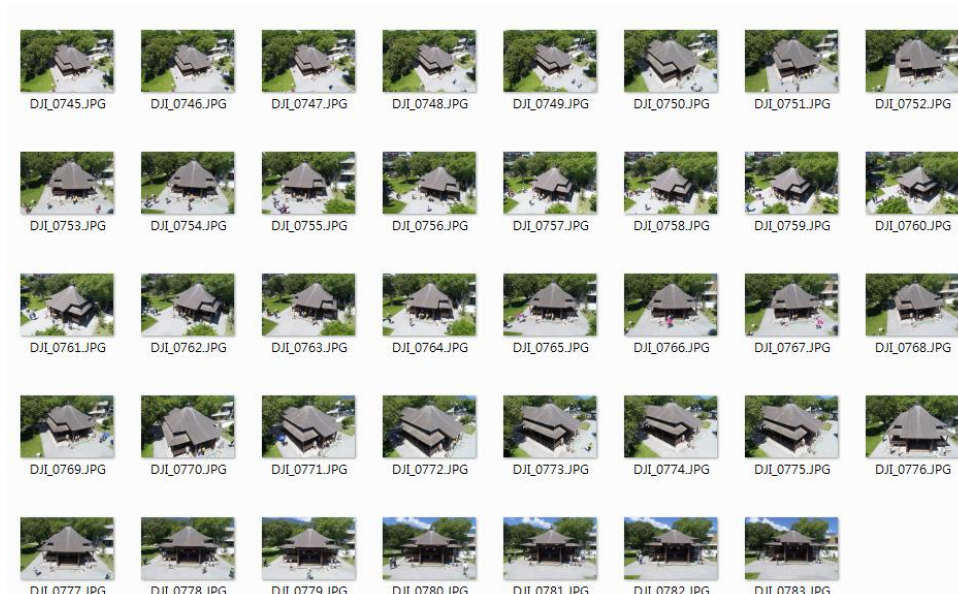


圖 3-36 無人機拍攝大量建築物影像

2. 地面近景攝影

LOD3 建物模型之重點，在於精準描述牆面凸出之結構如門、窗、陽台及雨遮，故需搭配地面近景攝影獲得更多建物細節影像。此外，無人機無法拍攝的角度，也可由近景攝影補足，如圖 3-37。



圖 3-37 地面近景攝影獲得建築物細節影像

3. 內業軟體計算

利用外業採集之大量影像資料，透過二維運動圖像重建三維結構原理(SFM，Structure from Motion)大量計算以建構精確方位(如圖 3-39)。實作上，透過三維建模軟體 Bentley ContextCapture Master 進行空中三角計算取得絕對方位，以重建密匹配三維點雲，作為點雲數化之依據(如圖 3-39)。

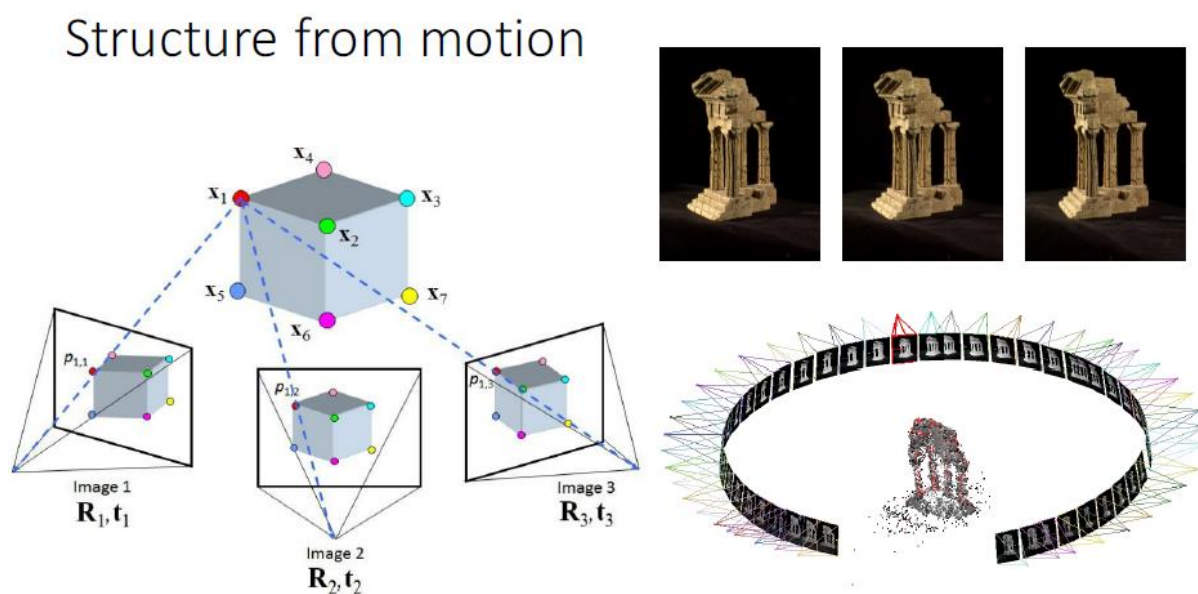


圖 3-38 SFM 計算原理

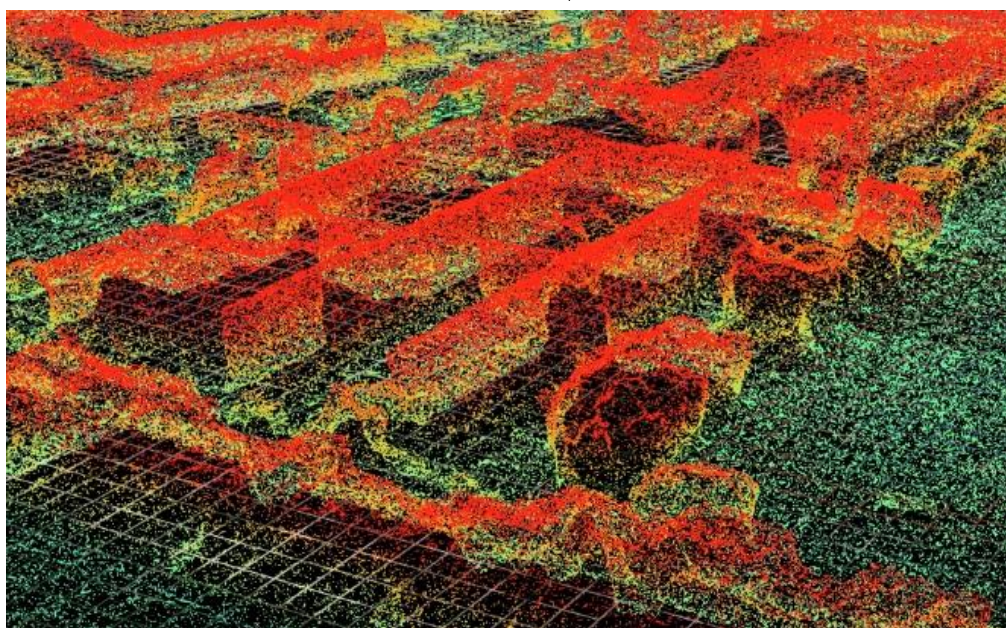


圖 3-39 密匹配三維點雲資料

4. LOD3 精緻建物模型數化

利用密匹配點雲作為建物結構線參考依據，搭配點雲數化建模軟體 SketchUP 及 3dsMax(如圖 3-40)，人工數化建構 LOD3 建物模型結構(如圖 3-41 及圖 3-42)。數化結果經過實際案例外業採樣檢核，可於平面及高程達到公分等級的精度，適用於 LOD3 精緻建物模型產製標準。

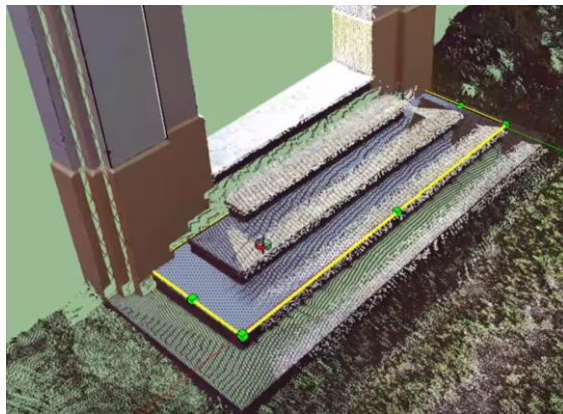


圖 3-40 點雲數化操作範例

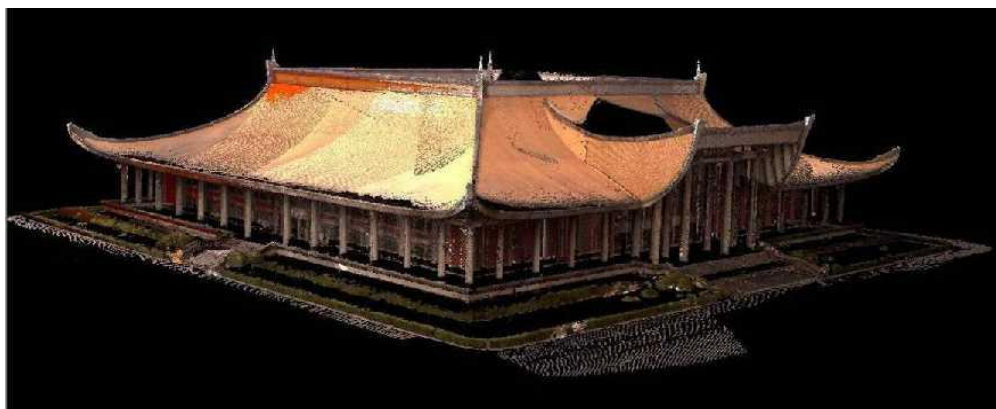


圖 3-41 三維點雲塑模範例

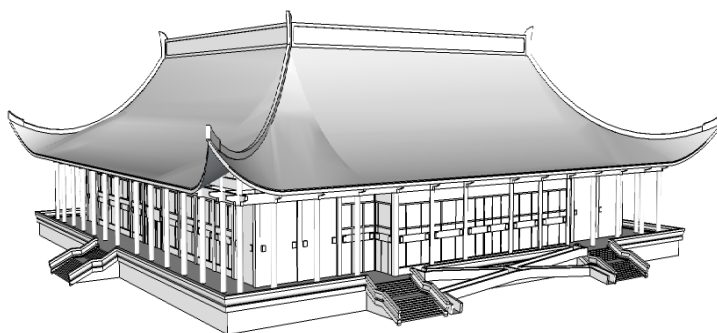


圖 3-42 三維點雲塑模成果

5. 立體測繪屋頂三維結構線

禁航區域因無法由無人機取得屋頂建模資訊，改以既有航照影像立體測繪方式，數化建物頂部三維結構線，並建立三維結構線數化原則及流程。立體測繪時需依造型塑模，小於 2 公尺之造型變化可以忽略，頂面面積大於 4 平方公尺之房屋裝置皆須繪製，建物細部結構線及屋頂形狀註記，如圖 3-43。

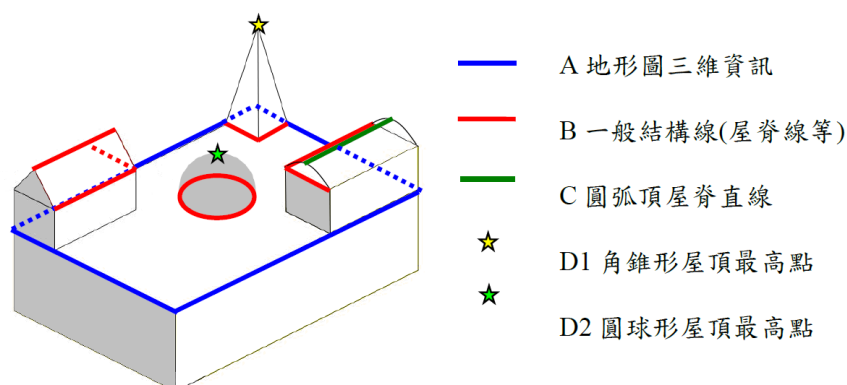
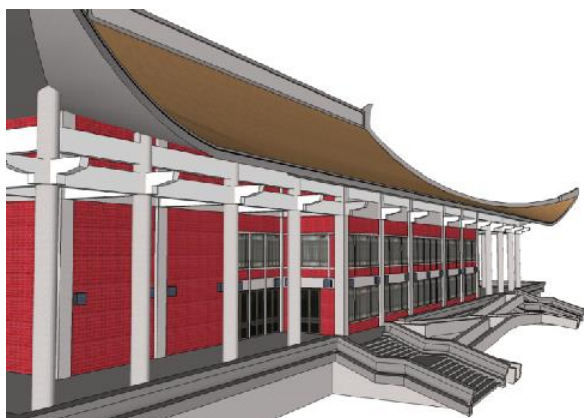


圖 3-43 建物細部結構線及屋頂形狀註記

6. LOD3 精緻建物模型紋理材質

紋理材質部分，可視建物週邊環境及遮蔽情形，選用材質庫紋理資料(如圖 3-44)，或採用現場拍攝照片進行實景貼圖，已開發實景材質貼圖工具 3D Mapper，可應用於各種需求案例(如圖 3-45)。



(a) 國父紀念館



(b) 台灣世曦大樓

圖 3-44 LOD3 精緻模型紋理材質範例

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

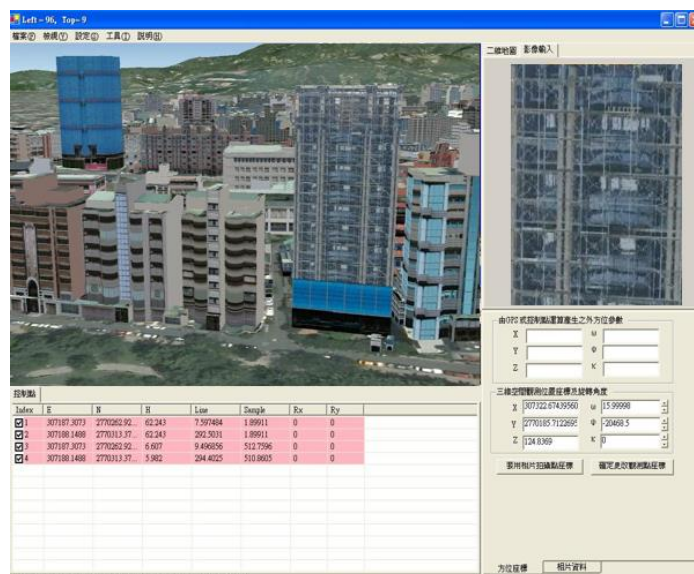


圖 3-45 真實紋理材質貼模工具-3D Mapper

四、作業機型及建模人力規劃

本案將以無人機 Phantom 4 Pro 為主要作業機型，Phantom 4 Pro 配備 1 英寸 2000 萬像素 CMOS 影像傳感器以及 7 組 8 片全玻璃鏡片組成的高解析度鏡頭，同時採用機械快門以降低拖影，關鍵性能與同級別的地面相機相當。Phantom 4 Pro 的規格如表 3-9。

表 3-9 Phantom 4 Pro 規格表

PHANTOM 4 PRO	
重量	1388 g
最大飛行時間	約 30 分鐘
視覺系統	前視、後視及下視系統
避障功能	前視，後視避障左右紅外避障
影像傳感器	1 英寸 CMOS 有效像素 2000 萬
最大錄影解像度	4K 60P
最大遙控距離	FCC: 4.3 mi
圖傳技術	Lightbridge
工作頻率	2.4 GHz/5.8 GHz

無人機於短時間搜集現地資料，本公司機隊經驗豐富，不同建築物的拍攝限制應變、飛行路徑模擬、空拍區域申請均能在最短時間處理完成。本案規劃具經驗的無人機飛手 11 位進行資料搜集，派駐於全臺辦公室，在選址

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

後將依現地天候狀況進行現場資料收集。表 3-10 為本案規劃無人機飛手操作年資及所屬單位統計表。

表 3-10 無人機飛手資歷及所屬單位統計表

部門	辦公室	駕駛人員	無人機操作年資(年)
GE	臺北總部	吳錫賢	3
GE	臺北總部	仝宜中	2
GE	臺北總部	李明儒	2
GE	臺北總部	翁敬恆	2
GE	臺北總部	林立哲	2
KS	高雄辦事處	鍾增煌	4
HI	蘇花改辦公室	謝從國	4
TA	臺中辦事處	陳協良	6
TA	臺中辦事處	黃廷烽	3
TA	臺中辦事處	黃嘉聖	2
CA	嘉南辦公室	林駿杰	2

五、LOD3 精緻建物模型預選原則

以重要政府機關、直轄市、縣(市)政府、議會及中央部會作為首要 LOD3 精緻建物模型的預選類別。以臺灣通用電子地圖的重要地標圖層，結合建物圖層做空間分析，篩選建置 LOD3 精緻建物模型候選清單，並統計分析各類別及直轄市、縣(市)分布數量，以分批提送的方式交由國土測繪中心確認後建製模型，建物以幾何上獨立不連續的建物作為建物棟數計算依據。

政府機關多集中於行政中心大樓，因此同一棟建物大樓中可能包含多個地標點，以此為重要度考量，透過 GIS 軟體空間分析功能，篩選同一棟建物包含地標數量 5 以上的建物，同時考量建物面積，面積 750 平方公尺以上列入篩選考量。篩選條件亦考慮民航局規範之禁航區範圍，綜合多種條件，篩選出 LOD3 精緻建物模型候選清單。圖 3-46 為同一建物包含多個重要地標之案例，圖 3-47 為政府機關地標預選範例。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

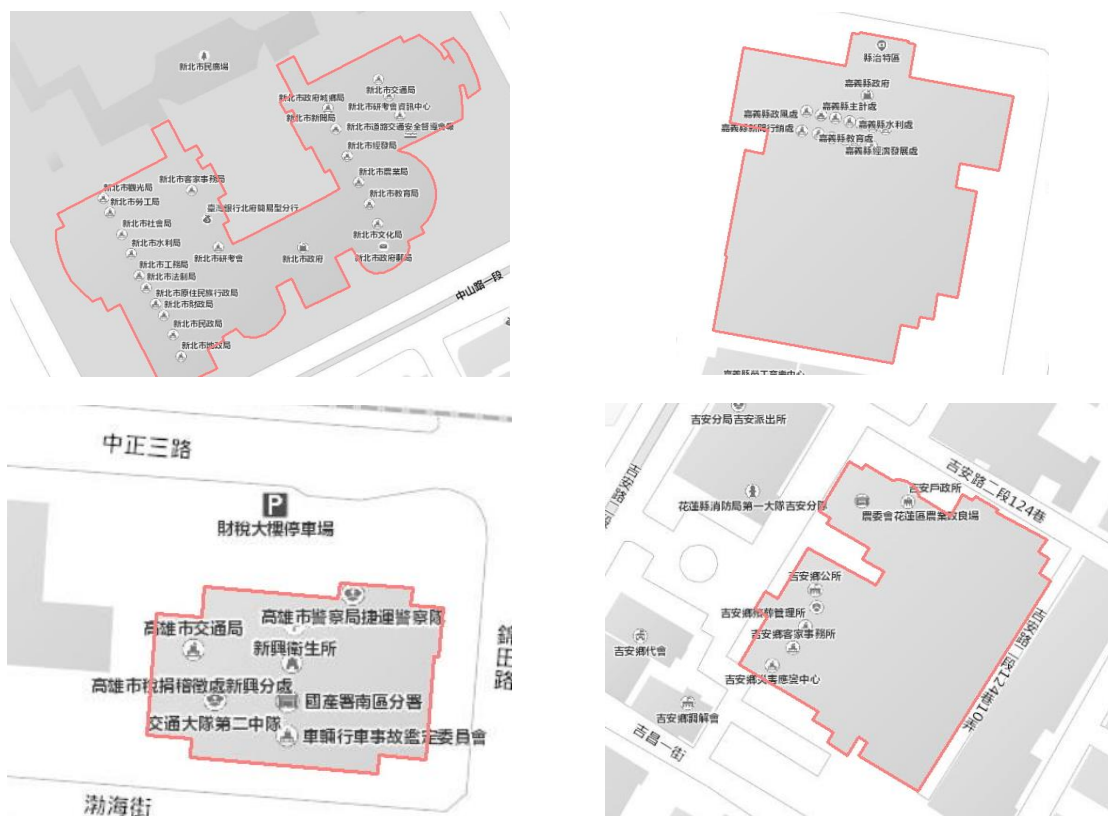


圖 3-46 建物包含多個政府機關之地標案例



(a)政府機關-新莊聯合辦公大樓



(b)政府機關-嘉義市政府

圖 3-47 篩選名單建物示意圖

3.10 建物模型成果格式轉檔

現今支援展示三維建物的平台眾多，如 Google Earth、Web 3D GIS、Skyline，以及透過網頁觀看的 Cesium 等，皆有不少使用者於上述平台進行開發、瀏覽以及應用。

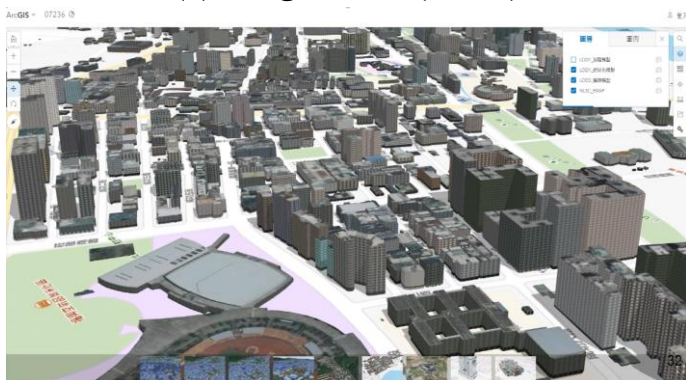
考量到各平台對於三維建物格式之使用性，以及格式間之互通性，選擇以符合 CityGML 規範之 KML (KMZ) 為建物模型成果檔案輸出格式，並於作業期間內配合辦理資料格式轉檔，如 OGC 發起之 i3S、Cesium 提出之 3D Tile、glTF 等，以利成果於各平台之成果展示。本案產製之三維近似化建物模型成果，經實際驗證可通用於市面上多種三維圖臺，包括 Google Earth、Skyline、ArcGIS Portal 及國土測繪中心開發之「多維度國家空間資訊服務平臺」，如圖 3-48。



(a)Google Earth(KML)



(b)Skyline(3dml)



(c)ArcGIS Portal(i3S)



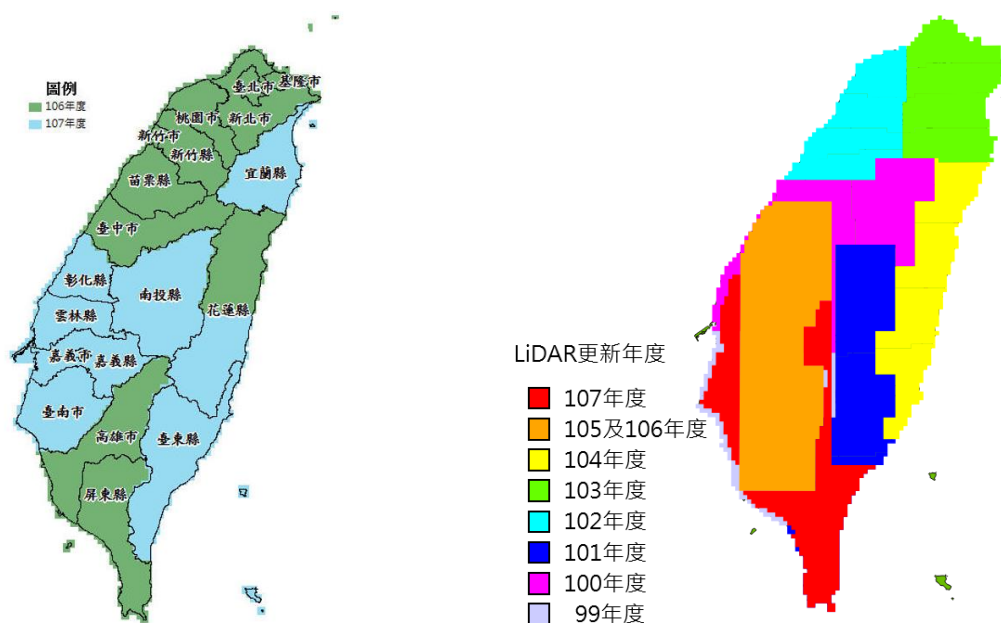
(d)多維度國家空間資訊服務平臺(3D Tile)

圖 3-48 三維近似化模型成果適用於多種三維圖臺

3.11 試辦圖資差異比對分析及回饋

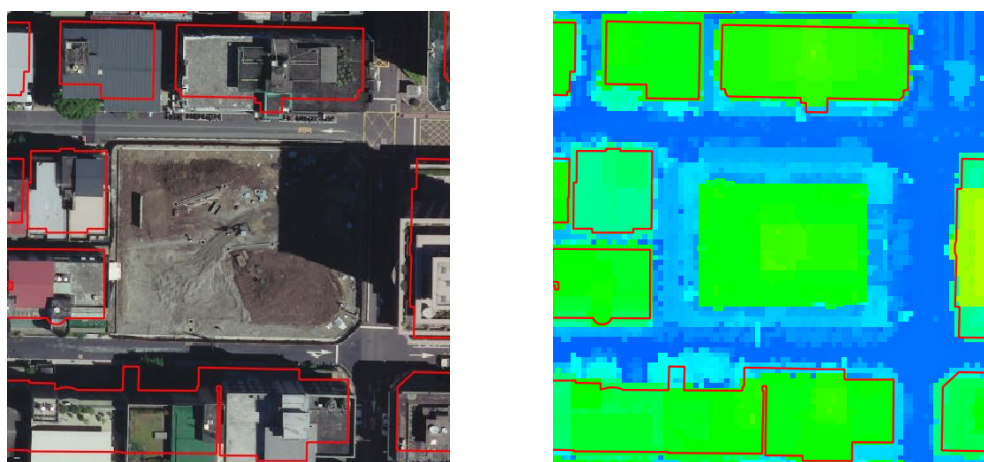
一、問題分析與發掘：

本案用於建置三維灰階建物模型之既有資料可分二類：(1) 建物輪廓向量圖資(臺灣通用電子地圖及一千分之一地形圖)，(2)數值地形模型資料(DEM/DSM)，資料分布範圍如圖 3-49。然而，兩種資料因更新頻率的不同，故會產生兩種資料不一致的變遷差異，如圖 3-50 及 3-51。



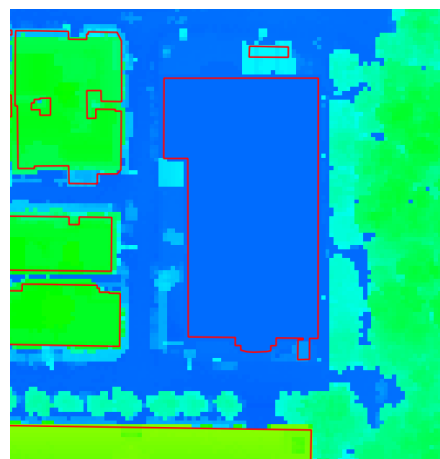
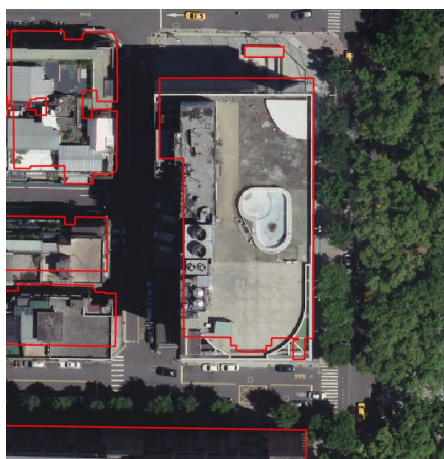
(a)臺灣通用電子地圖更新年度分布圖 (b)LiDAR 更新數值地形模型年度分布圖

圖 3-49 既有資料產製範圍示意圖



(a)建物向量套疊正射影像圖 (b)建物向量套疊地表高度差異圖

圖 3-50 無建物向量但有地表高度差異



(a)建物向量套疊正射影像圖

(b)建物向量套疊地表高度差異圖

圖 3-51 有建物向量但無地表高度差異

針對向量圖資與光達 DEM/DSM 資料時序有差異的區域，進行分析比對，各種變遷差異態樣如表 3-11，並針對新增建物的態樣，辦理回饋處理機制試辦。

表 3-11 變遷差異樣態彙整表

變遷樣態分析		建物向量	
		有	無
DSM-DEM 高度差異超過 3 米	是	無變遷	向量圖資較新：建物拆除
			向量圖資較舊：建物新增
	否	向量圖資較新：建物新增	無變遷
		向量圖資較舊：建物拆除	

二、新增建物萃取樓高：

針對向量資料較新，卻因為高程資料較舊而缺乏高度來源的建物，提出以下兩種替代方案做為高度萃取的來源：(1)既有原始航照影像萃取建物高度，(2)高解析度衛星影像萃取建物高度，說明如下。

1. 既有原始航照影像萃取樓高

既有的多重疊原始航照影像，為產製臺灣通用電子地圖之基礎資料，與建物向量資料時序完全一致，且方位資料經過空三校正，絕對精度可驗證。

針對建物向量較新，卻沒有地表高度差異可供樓高萃取之案例，可利用前述之既有航照立體影像，透過本公司自行採購之 Bentley ContextCapture Master 三維計算軟體，大量產製密匹配三維點雲及 DSM 網格資料(如圖 3-52)，作為樓高萃取之依據。

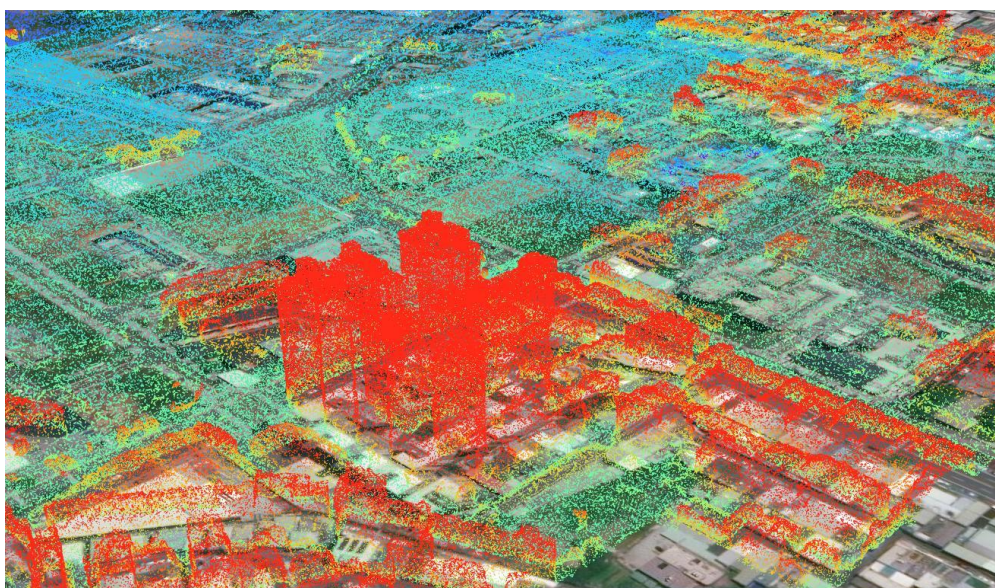


圖 3-52 密匹配三維點雲示意圖

2. 高解析度衛星影像萃取樓高

針對沒有較新航照立體像對的區域，本公司將採購 Pléiades 高解析度衛星影像，利用其地面解析度 50 公分的高解析度、同時期三立體像對之優勢、以及每日重訪的高再訪率(如圖 3-53)，可取得最新影像資訊，並進行密匹配三維點雲計算，以萃取最新樓高資訊。

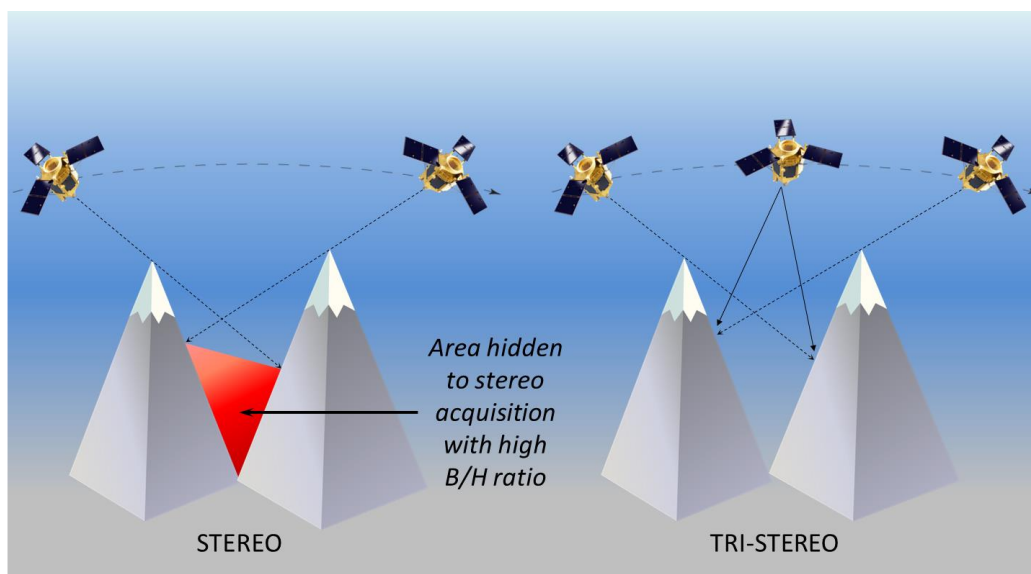


圖 3-53 Pléiades 高解析衛星影像三立體像對示意圖(©Airbus)

本公司將針對這兩種不同的高度萃取資料來源，評估其應用於大範圍資料建置時的成本、時效、以及精度。未來，或可做為大範圍產製 DSM 的替代方案，與光達資料更新相互搭配。

將於試辦區內建立三維建物模型更新機制流程，分析更新機制所需之成本，作為未來全國性三維建物模型更新維護之重要參考。

三、新增建物標記回饋：

針對建物向量資料較舊，光達 DEM/DSM 卻有高度差異的區塊，將以 shp file 的點圖層，記錄新增建物區塊的概略中心位置，標記潛在建物向量圖資更新之位置，做為來年更新臺灣通用電子地圖建物向量圖資的參考依據。

四、試辦區選定：

本試辦作業區域的選定，針對新增建物萃取樓高的部分，為凸顯試辦成效及其必要性，試辦區選擇重點為：(1)向量圖資較新且與光達資料時序差異大，(2)建物密集且新增建物多。針對新增建物標記回饋，選擇重點為(1)DEM/DSM 較新，(2)建物密集度高。

透過以上條件，並考量 107 年度光達產製 DEM/DSM 專案成果尚未移交等因素，前述兩項試辦皆依本案第四次工作會議結論，選定以竹北重劃區約 1100 公頃範圍，做為試辦區域(如圖 3-54)，其中，新增建物標記回饋改以 Pléiades 高解析度衛星影像所產製 DSM 資料進行測試。



圖 3-54 竹北重劃區位置圖

3.12 試辦建物模型細緻化

一、問題分析與發掘：

臺灣通用電子地圖建物圖層繪製時，相鄰建物係以建物區塊方式繪製，暫不考慮區塊內建物高度差異(如圖 3-55)。然而，在樓高萃取計算時，建物區塊內較大的高度差異仍有機會透過 DSM 的計算過程辨識出來(如圖 3-56)。本公司規劃利用多重疊原始航照影像產製之數值地表高程(DSM)資料，進一步以自動化方式提升建物模型細緻程度，提升模型成果價值。

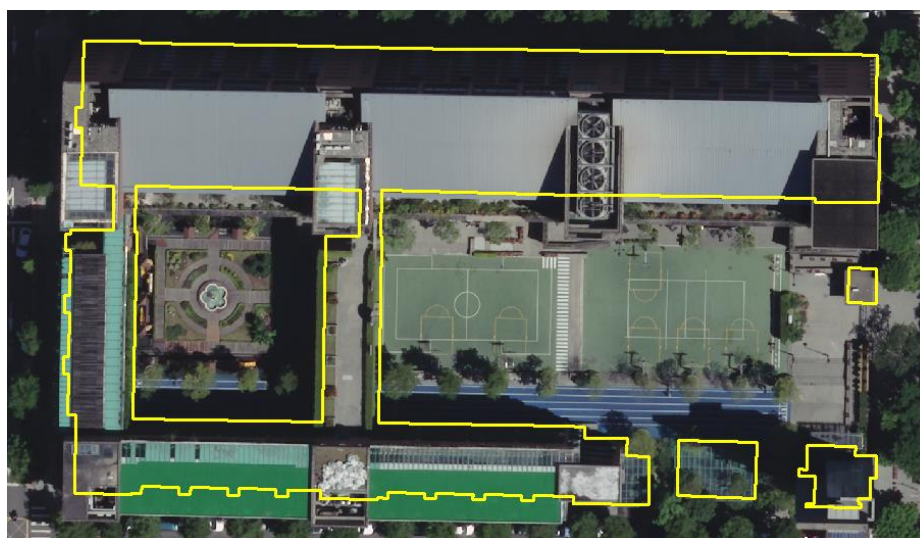


圖 3-55 建物區塊套疊正射影像

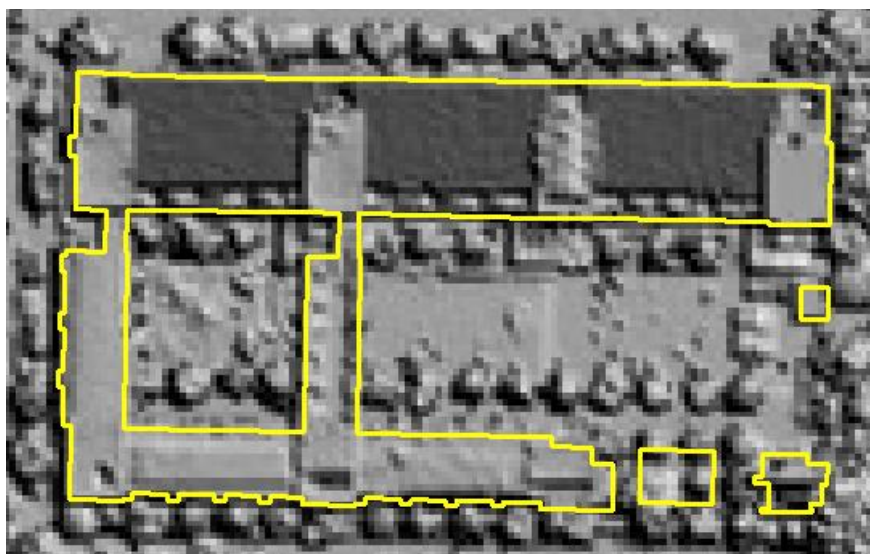


圖 3-56 建物區塊套疊 DSM 灰階影像

本公司提出於本案建置過程中，針對使用臺灣通用電子地圖建物區塊之區域，選擇約 750 公頃範圍試辦自動化建物模型細緻化作業，以提升 LOD1 建物模型之細緻程度，規劃作業流程如圖 3-57。

二、 建物模型細緻化作業：

本案採用物件導向影像分析(Object-based Image Analysis, OBIA)(Blaschk et al., 2000; Blaschke 2010)技術，利用臺灣通用電子地圖中建物輪廓向量圖輔助地物高程模型(OHM=DSM-DTM)資料進行影像分割(Segmentation)，再建立演算法則自動化萃取不同高度建物間之邊界線(階梯線)，流程圖如圖 3-57。

1. 影像分割(Image Segmentation)

在進行建物偵測前，必須先將 DSM 扣除 DTM 的值得到 OHM(Object Height Model)，以便得到扣除地面高程的地物高度資訊。接著結合電子地圖建物邊框，協助多重解析度影像分割(MRS, Multi-Resolution Image Segmentation)(Baatz & Schaepe, 2000)，自動萃取及分割出建物框內不同高度的建物結構。再建立一些分類法則，利用色彩與紋理等物件特徵(Object Feature)，過濾非建物之物件，例如植物與地面，結果如圖 3-58(蘇柏瑋, 2016;郭芯瑜等, 2017;Soedarmodjo & Rau, 2018)。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

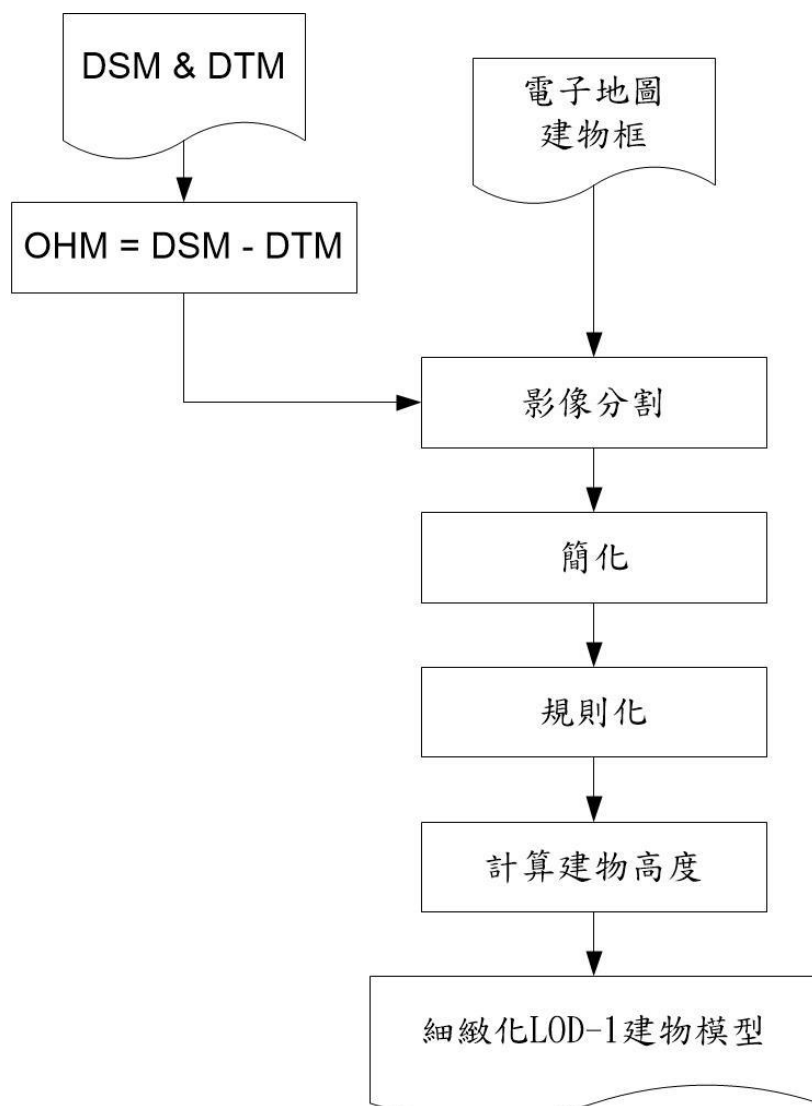


圖 3-57 自動化建物模型精進作業流程圖

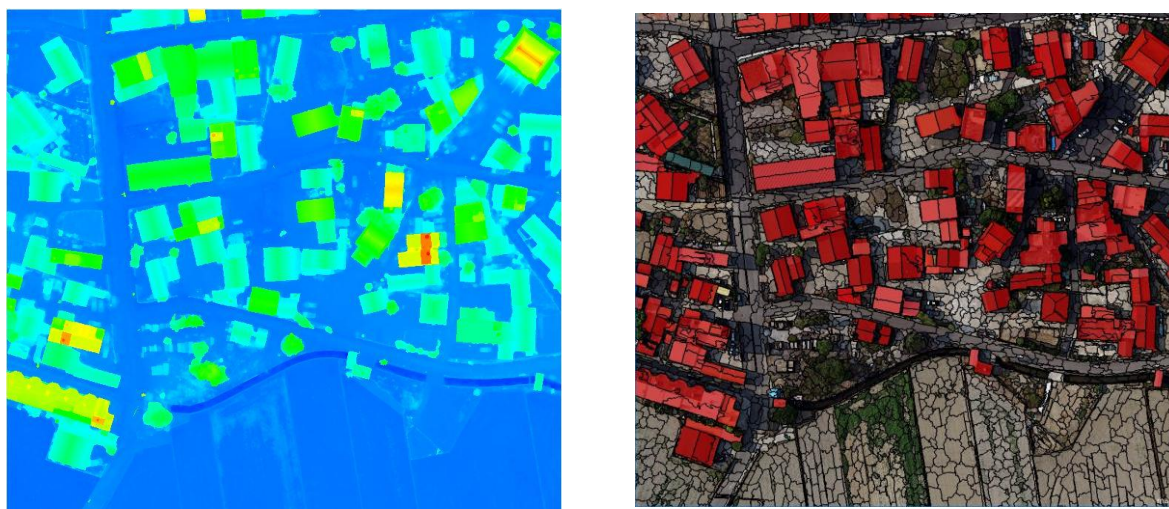


圖 3-58 影像分割及建物偵測成果示意圖

2. 建物邊界簡化及規則化

由於前一步驟偵測得到之邊界線會因為原始立體影像重疊百分比不足、影像空間解析度低、影像品質不佳(例如陰影或霧霾等)與密集匹配演算法不準確等問題，造成產製之點雲密度、完整度、細緻度與精確度不足的結果。甚至建物屋頂有雜物而產生非屋頂面之雜訊，造成影像分割後有邊界不規則與變形的現象。加上由影像轉換成向量也會有鋸齒狀，因此必須進一步進行建物邊界的簡化與規則化處理。過程中必須特別注意相鄰兩建物間的位相關係(Topology) 必須維持，不能在簡化與規則化後產生間隙或重疊，所以相鄰兩建物多邊形間的共邊部分必須採用相同的簡化與規則化程序(郭芯瑜, 2017; Kuo et al., 2018)。

簡化(Simplification)是利用 Douglas-Peucker 演算法(Douglas & Peucker, 1973)簡化線段節點，如圖 3-59；一個多邊形，在微觀時是由大量短小的直線或許多節點所構成，但綜觀時卻可由幾條直線所描述，因此經過簡化後可以用少數幾個節點來表達此多邊形，其結果除了可以減少資料量外，也比較符合實際地物的外形，範例如圖 3-60。

規則化(Regularization)是利用臺灣通用電子地圖建物框，計算建物主軸方向(如圖 3-61)，將一個具有直角與平行特性的矩形建物，因為影像分割造成的變形或扭曲現象，透過規則化重新恢復成直角與平行的形狀，以符合一般建物的特性，如圖 3-62。

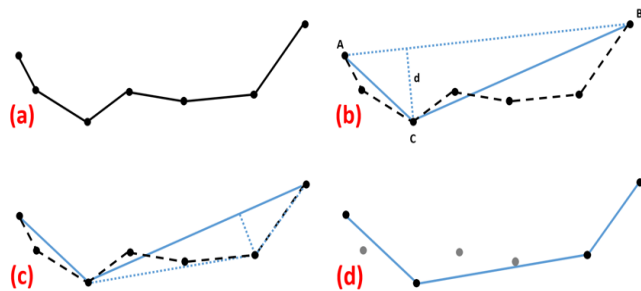


圖 3-59 Douglas-Peucker 演算法示意圖

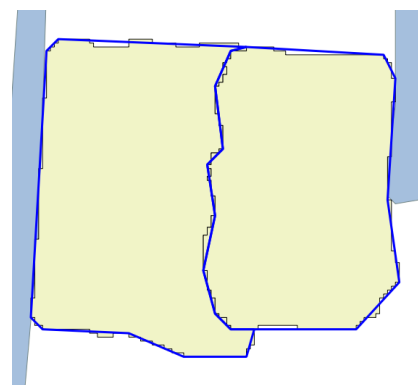


圖 3-60 建物簡化前(黑色)、後(藍色)比較圖

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

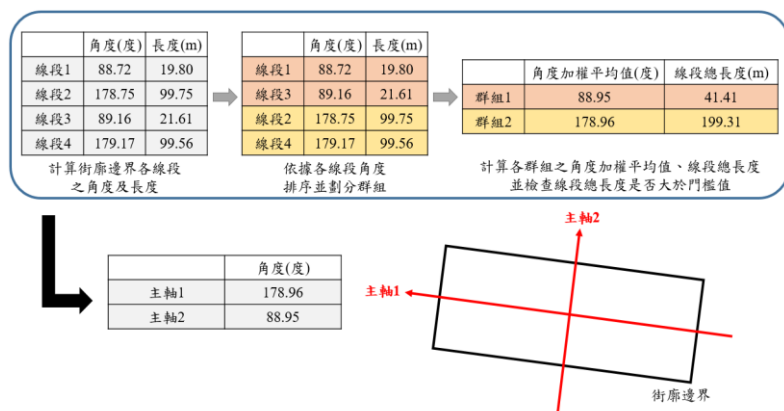


圖 3-61 建物主軸方向計算示意圖

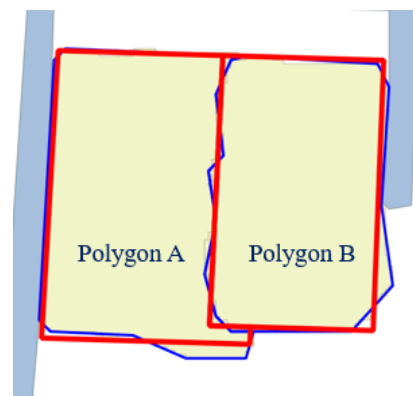


圖 3-62 建物邊界規則化前(藍色框)、後(紅色框)比較圖

3. 計算建物高度

本案之目標為 LOD1 建物模型，故建物高度的計算，可以直接採用建物多邊形內 DSM 高度的平均值，但為了避免雜訊的影響，本案採用最小二乘法平差計算剔除 DSM 網格資料粗差，取得合理之建物高度。

三、目的與預期成效：

本試辦作業目的，是期望利用既有資料進一步提升 LOD1 建物模型之細緻程度(如圖 3-63 及 3-64)，試辦重點在於評估既有 DSM 網格資料，對建物模型細緻化之成效，包括建物分割面積限制、高度差異分割成功率、建物階梯線精確度、成本分析及效能評估，試辦結果將回饋國土測繪中心，作為未來辦理之參考依據。

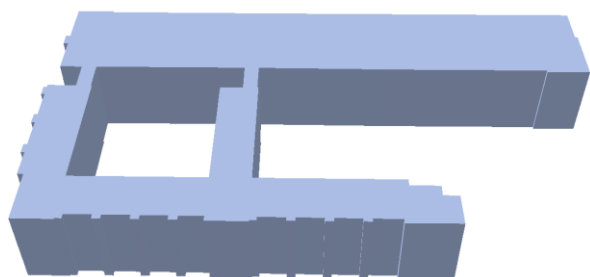


圖 3-63 原 LOD1 建物模型



圖 3-64 細緻化 LOD1 建物模型

四、試辦區選定：

試辦區域選定原則如下：(1)臺灣通用電子地圖建置範圍，(2)建物密集程度高，以減少試辦過程中錯誤態樣的釐清，影響試辦品質與時程，將依本案第一次工作會議結論，以臺南市東區約 750 公頃範圍做為試辦區域，如圖 3-65。

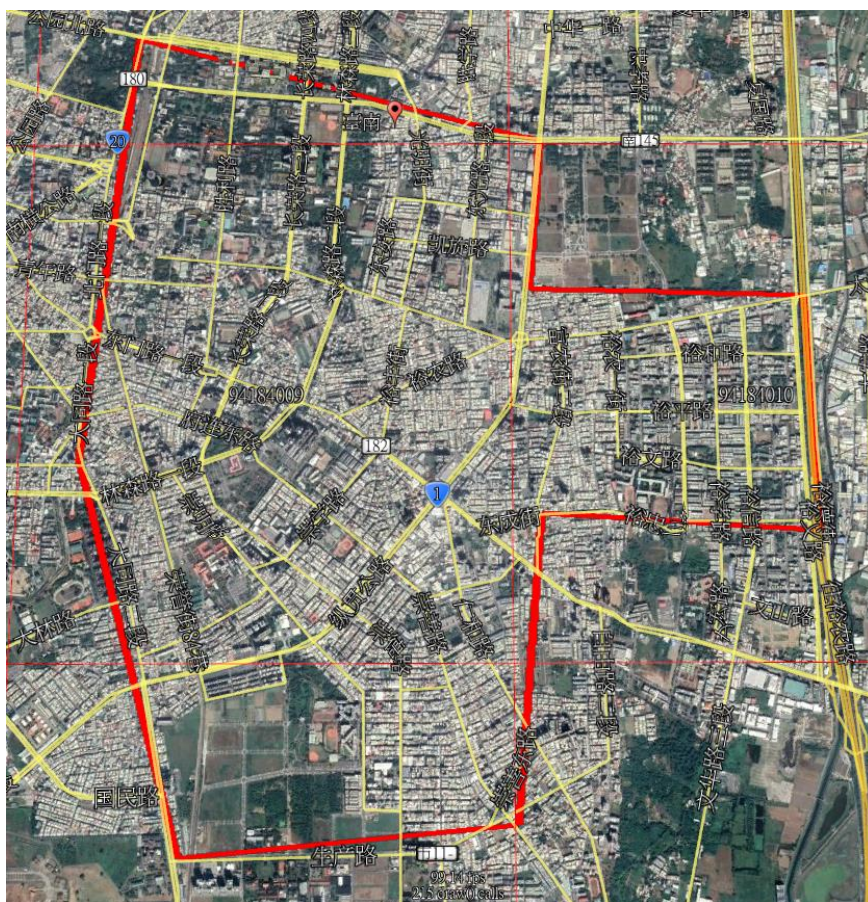


圖 3-65 臺南市東區位置圖

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，包含臺灣通用電子地圖、一千分之一地形圖、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，其中包含一千分之一地形圖、105~107 年度專案使用既有原始航照影像、以及臺灣通用電子地圖建物圖層等，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	彰化地區測試資料	航照影像、建物圖層 模擬高程資料
2	1/1,000 地形圖	部分都市計畫區
3	臺灣通用電子地圖建物圖層	全國
4	原始航照影像 105~107 年度	含外方位參數
5	正射影像	部分區域
6	既有三維建物模型	臺北市、新北市 桃園市、高雄市
7	全臺 1 公尺 DEM/DSM	國土測繪中心辦理樓高萃取作業
8	澎湖地區 5 公尺 DEM/DSM	辦理樓高萃取作業
9	臺南市東區 1 公尺 DSM	試辦建物細緻化作業
10	Pléiades 衛星影像	已於 108 年 8 月 27 完成拍攝

4.2 三維近似化建物模型試作結果

為於專案初期驗證本公司所提作業流程確實可行，利用國土測繪中心提供之測試資料進行三維近似化建物模型建置試作，說明如下。

一、作業區域：

測試區域使用彰化縣田尾鄉及員林市區兩種態樣，分別代表鄉區及城區資料類型，進行小範圍三維近似化建物模型測試案例，兩種態樣各建置 1~2 個街廓範圍。

二、測試成果：

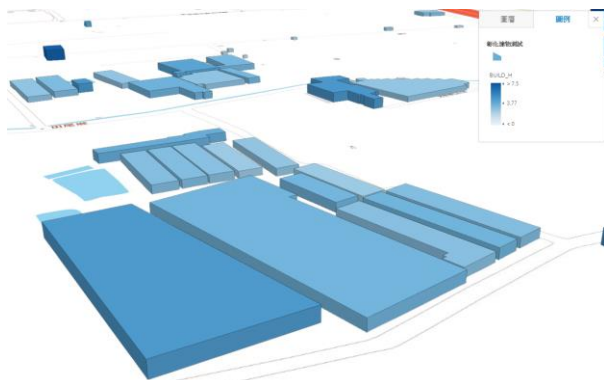
利用臺灣通用電子地圖建物圖層及模擬高程資料，依照本公司提出之自動化建置流程，進行建物樓高萃取(萃取成果如表 4-2)、外牆紋理及屋頂紋理貼圖，產製三維灰階建物模型如圖 4-1，三維近似化建物模型成果如圖 4-2。其中，外牆紋理材質庫，針對非都市計畫區部分，採用需求訪談所提之建議，增加鄉區之材質類型。

屋頂紋理貼圖成果範例如圖 4-3，透過 3.6 節所提之真實正射影像逆轉換模式，可自動化且大範圍建構屋頂紋理材質，俯瞰三維近似化建物模型成果，於屋頂部分與正射影像成果十分相近。

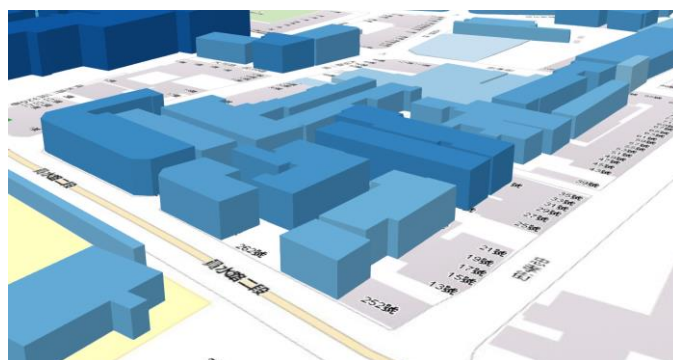
BUILD_ID	BUILD_RE	BUILD_H	FRAMEID	COUNTY	E_97	N_97
636QKM6C	37.59	11.9	94201040	N_彰化縣	199896.344132	2644300.14292
6369KMGS	31.4	4.74	94201040	N_彰化縣	199881.379683	2644634.44952
637CKP1A	27.32	1.51	94201040	N_彰化縣	199916.077536	2646185.80371
62NFKLQE	24.98	0.07	94201040	N_彰化縣	199374.512491	2643853.60987
62MPKLQN	28.46	4.14	94201040	N_彰化縣	199351.321571	2643862.0109
62DQKLQN	27.43	5.21	94201040	N_彰化縣	198680.135506	2643862.02994
60SEKLR1	35.04	12.63	94201040	N_彰化縣	197454.379906	2643873.02325
62MRKLR8	27.61	2.79	94201040	N_彰化縣	199353.113877	2643879.81579
62NFKLR8	29.59	5.12	94201040	N_彰化縣	199374.608246	2643880.25418
62SCKLRN	33.16	8.04	94201040	N_彰化縣	199500.459811	2643894.27624
62H8KLSF	28.24	3.31	94201040	N_彰化縣	199208.008106	2643926.90214
62MDKLT1	30.61	4.93	94201040	N_彰化縣	199340.52685	2643937.09175
6168KLSV	28.6	6.74	94201040	N_彰化縣	197831.983476	2643933.11716
631UKLT8	28.71	3	94201040	N_彰化縣	199739.53575	2643944.35435
62REKLSV	27.73	2.97	94201040	N_彰化縣	199469.619517	2643933.21297
633CKLSG	34.55	8.87	94201040	N_彰化縣	199788.238377	2643919.71925
62UKLT6	32.38	6.97	94201040	N_彰化縣	199249.935143	2643942.42275
62QNKLT7	32.11	7.59	94201040	N_彰化縣	199446.203633	2643943.01203
62NOKLT3	29.17	4.3	94201040	N_彰化縣	199359.666006	2643938.55715

表 4-2 樓高萃取成果表格範例

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



(a)田尾鄉



(b)員林市區

圖 4-1 測試三維灰階建物模型套疊臺灣通用電子地圖



(a)田尾鄉



(b)員林市區

圖 4-2 測試三維近似化建物模型成果



(a)三維近似化建物模型(員林農工)



(b)正射影像(員林農工)

圖 4-3 自動化真實正射屋頂紋理貼圖成果範例

4.3 LOD1 三維灰階建物模型

一、 一千分之一地形圖轉置：

依照服務建議需求書所列，使用一千分之一地形圖建物圖層建置模型範圍，進行圖資蒐集，蒐集結果及辦理情形如表 4-3。

部分圖資如嘉義市、花蓮縣等區域，圖資完整性較佳，可直接與臺灣通用電子地圖進行整併；部分圖資如高雄市、新竹市、金門縣、連江縣等，其資料未進行封閉面之轉置處理，並存在位相關係錯誤的情形，本公司已自原始 CAD 圖資予以修整及回復，錯誤修正範例如圖 4-4。

表 4-3 一千分之一地形圖蒐集情形一覽表

直轄市、縣(市)	資料說明
臺中市	建物樓高註記部分缺漏(0.4%)， 房屋結構代碼分類混亂
高雄市	阿蓮、燕巢:無封閉面資料，需編輯處理
	大寮、大社、美濃:無封閉面資料，需編輯處理
	路竹、大樹、楠梓交流道:無封閉面資料，需編輯處理
新竹市	104-106 年度部分圖資重疊，需清查比對
嘉義市	可直接使用
花蓮縣	可直接使用
澎湖縣	無封閉面資料，需編輯處理，位相處理
金門縣	無封閉面資料，需編輯處理，位相處理
連江縣	無封閉面資料，需編輯處理，位相處理
墾丁國家公園	轉換為 SHP 後可直接使用
玉山國家公園	可直接使用
新竹科學園區	可直接使用

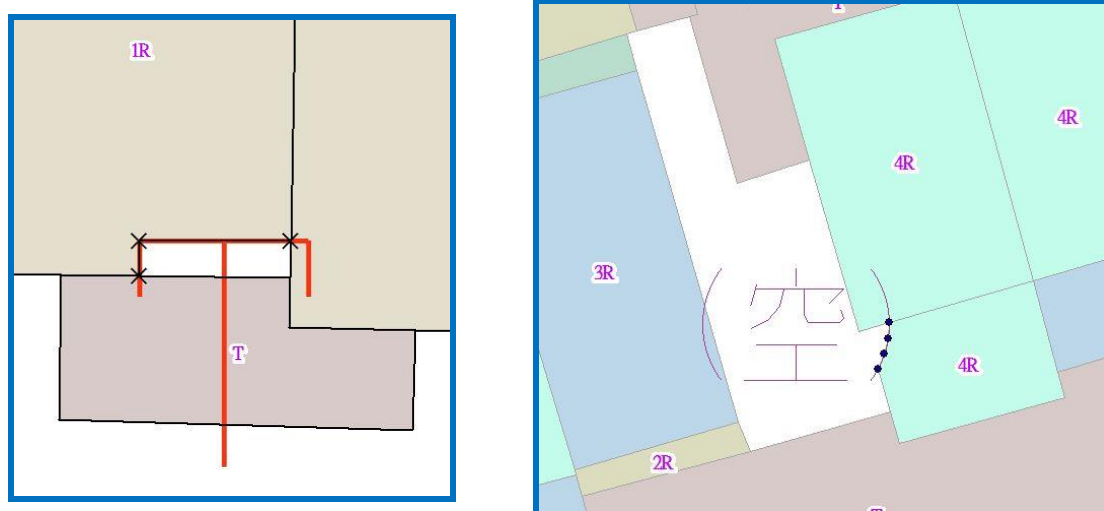


圖 4-4 一千分之一地形圖錯誤範例

二、 一千分之一地形圖與臺灣通用電子地圖建物圖層整併：

本公司已取得臺灣通用電子地圖建物圖層資料，針對已有一千分之一地形圖的蒐集區域，需要將兩種圖資予以整併。

一千分之一地形圖與臺灣通用電子地圖於交界處有部分資料重疊，將以人工判斷合理的邊界，進行切割後整併，同時保留圖資的細緻及資料的完整性，如圖 4-5。兩種圖資整併之邊界線圖層，已分別於 2-2 及 2-3 階段隨模型成果一併繳交，做為驗收及圖資管理之依據。

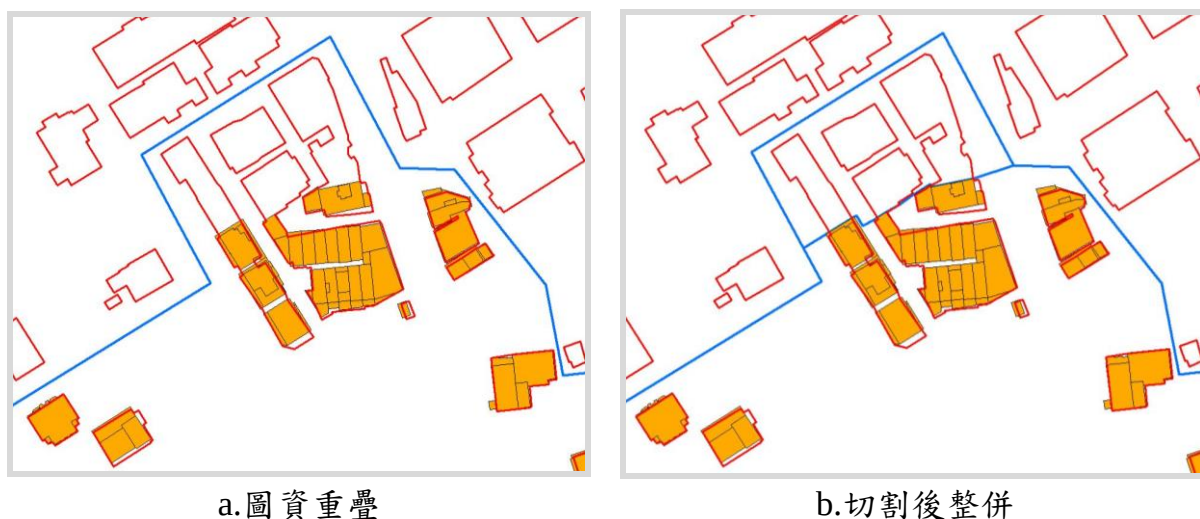


圖 4-5 臺灣通用電子地圖建物圖層整併案例

三、 建物樓高萃取作業：

利用已整併完成之全國建物圖層，本公司自行開發建物樓高萃取自動化程式，自 108 年 4 月 18 日起，每週一次派遣專人前往國土測繪中心辦理自動化樓高萃取作業，以取得全國建物之高程資訊。

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 4-4，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。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

表 4-4 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

(2) 變遷比例統計

如表 4-5，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 4-5 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
1SHRK5MVC5	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

(3) 樓高差異處理原則

針對一千分之一地形圖建模區域，部分建物樓高萃取結果與樓層數不一致，為保持整體視覺美觀，以樓高萃取結果辦理三維建模，以避免外牆紋理材質過度拉伸之不合理情形。

四、 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 4-6)，進行 LOD1 三維灰階建物模型的量產，並依照 1.4 節所規劃分批繳交原則，陸續繳交成果。

2-2 階段於 108 年 5 月 31 日發文提送國土測繪中心，2-3 階段成果於 108 年 7 月 1 日提送(遇假日順延)，各階段成果皆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。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

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 4-7)，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。

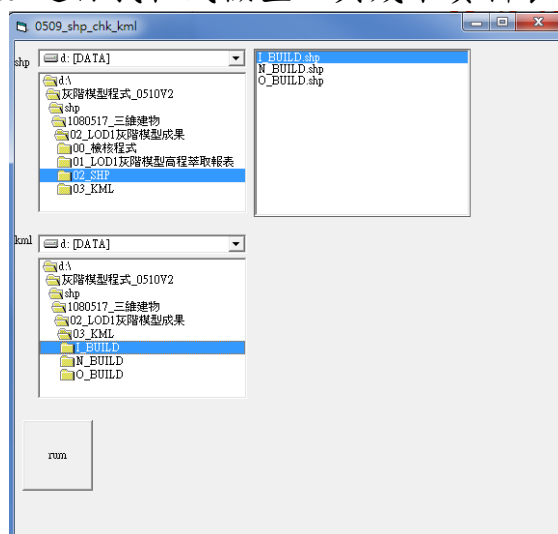


圖 4-6 LOD1 三維灰階建物模型產製程式



圖 4-7 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：

本公司於作業計畫書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 105~107 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 4-8，既有原始航照影像範圍，涵蓋有建物之圖幅，約占全臺 92%，針對這些圖幅，可自動化建置三維近似化建物模型屋頂紋理。

無原始航照影像的區域，則採用國土測繪中心提供之全臺正射影像成果，進行半自動化屋頂貼圖，目前正射影像已全數蒐集完成。

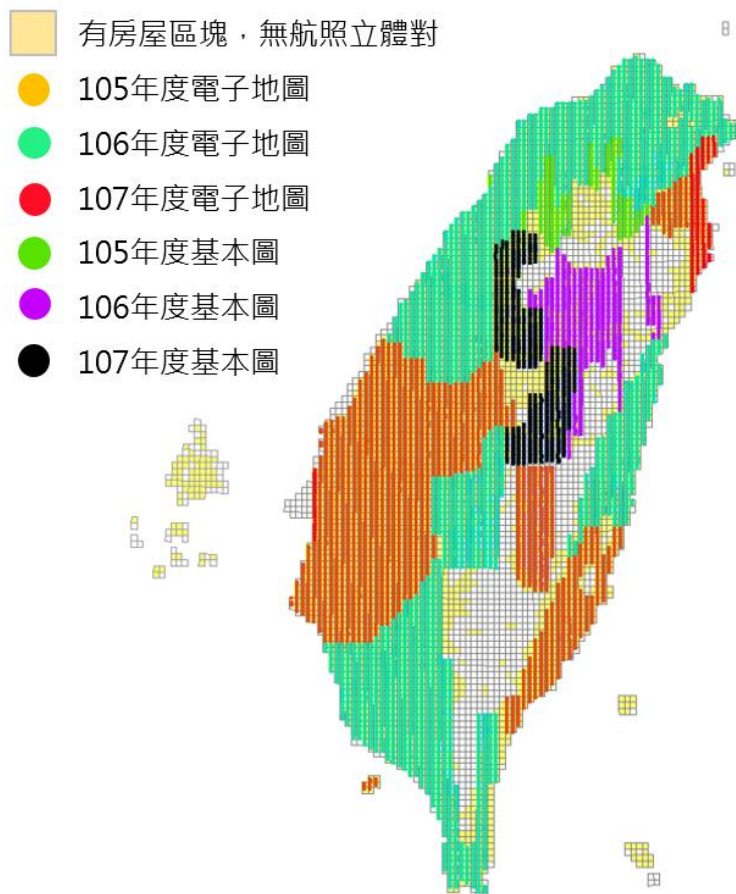


圖 4-8 歷年既有原始航照影像分布圖

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 4-9)。

取得屋頂紋理材質後，以 1/5,000 圖幅框為單位，逐圖幅近行人工檢核(如圖 4-10)，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 4-11)。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，據以貼附於全國三維近似化建物模型。



圖 4-9 屋頂紋理材質-真實正射影像

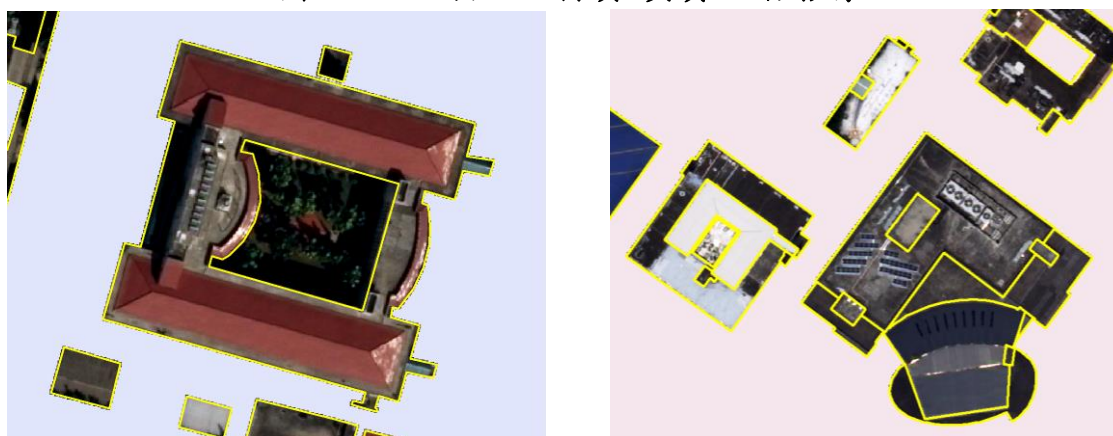


圖 4-10 真實正射影像套疊建物框

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

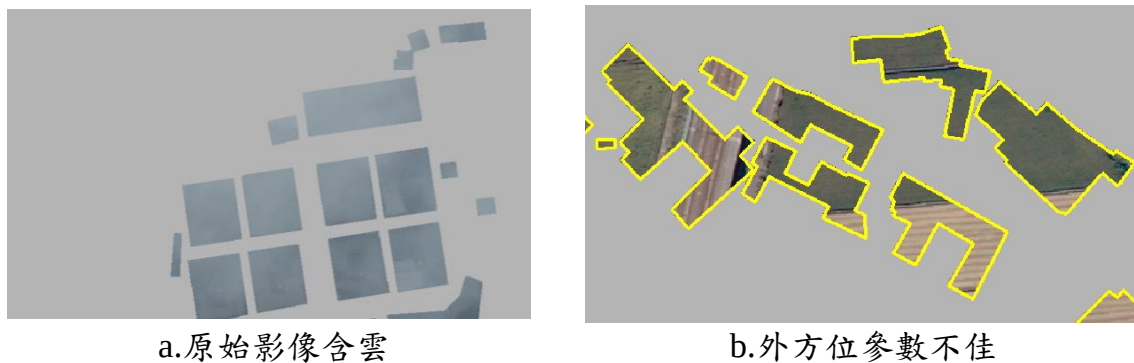


圖 4-11 待修正屋頂紋理材質

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 4-6。

各類別外牆紋理材質庫蒐集範例，如圖 4-12~15，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 4-6 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 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



圖 4-12 外牆紋理材質庫-三合院



圖 4-13 外牆紋理材質庫-廠房

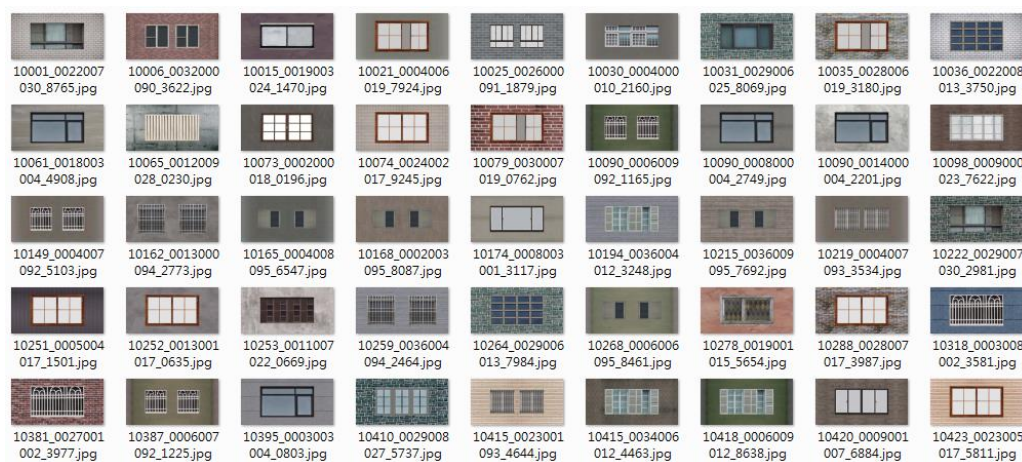


圖 4-14 外牆紋理材質庫-大樓



圖 4-15 外牆紋理材質庫-騎樓

四、外牆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。另於 108 年 8 月 22 日與 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 4-16，詳細說明如下：

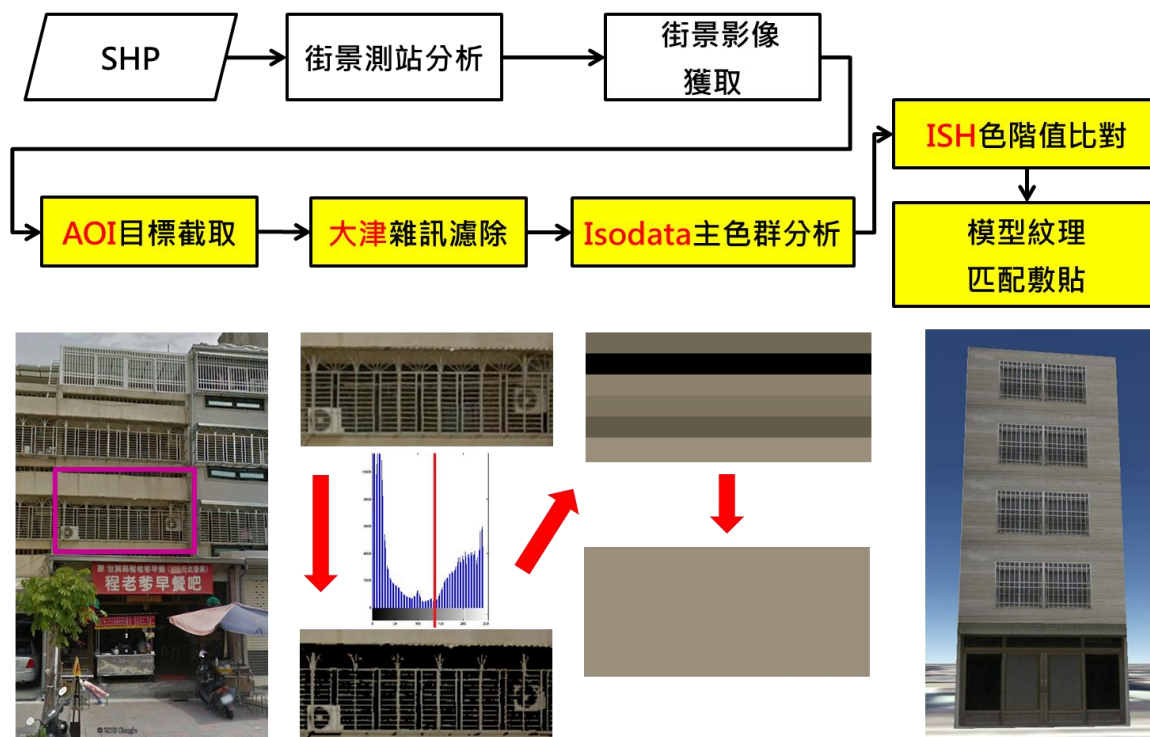


圖 4-16 自動化三維近似化建模流程

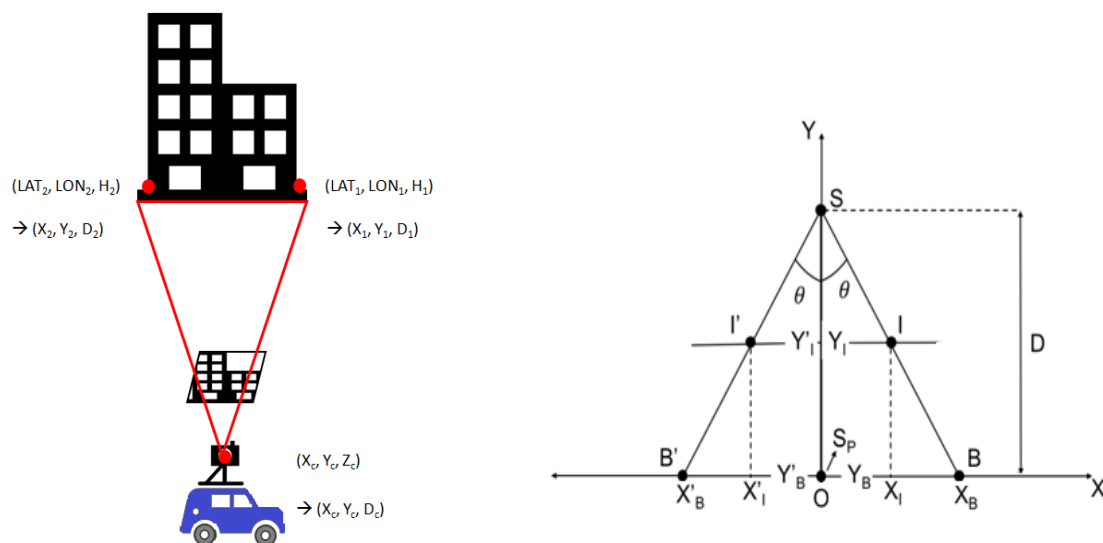
1. AOI 目標擷取：

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 4-17。

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 4-17 房屋角點計算原理示意圖

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

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

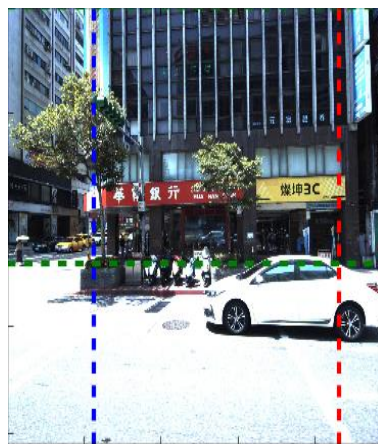
$$I' = \frac{\sqrt{(S_{Px} - X'_B)^2 - (S_{Py} - Y'_B)^2 + (S_{Pz} - Z'_B)^2}}{D \tan \theta} \quad \text{公式(4-3)}$$

(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

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



(c)騎樓影像切割



(d)牆面影像切割

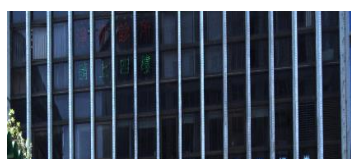
圖 4-18 騎樓及牆面目標影像擷取

2. 大津演算法雜訊濾除：

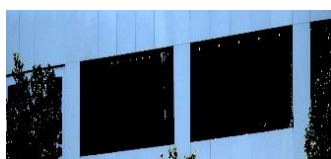
透過大津演算法(Otsu, 1979)的二值化處理，刪除非外牆的背景雜訊，如圖 4-19 及圖 4-20。

3. Isodata 主色群分析：

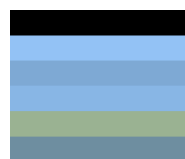
利用 Isodata 非監督式分類技術，將外牆資訊進行主色群分析，以像元數量最多的顏色作為後續比對的依據；同時，可在這個階段納入需要濾除的部分特殊色群，如圖 4-19 及圖 4-20。



(a)AOI 擷取影像



(b)大津演算法分析

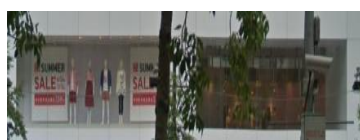


(c)主色群分析

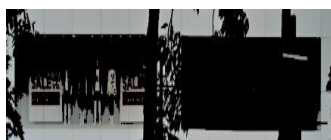


(d)主色群選定

圖 4-19 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 4-20 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 4-21。

108 年度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 4-21 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，即可產製全國三維近似化建物模型，本案總建置數量約為 297 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，成果範例如圖 4-22 及 4-23。

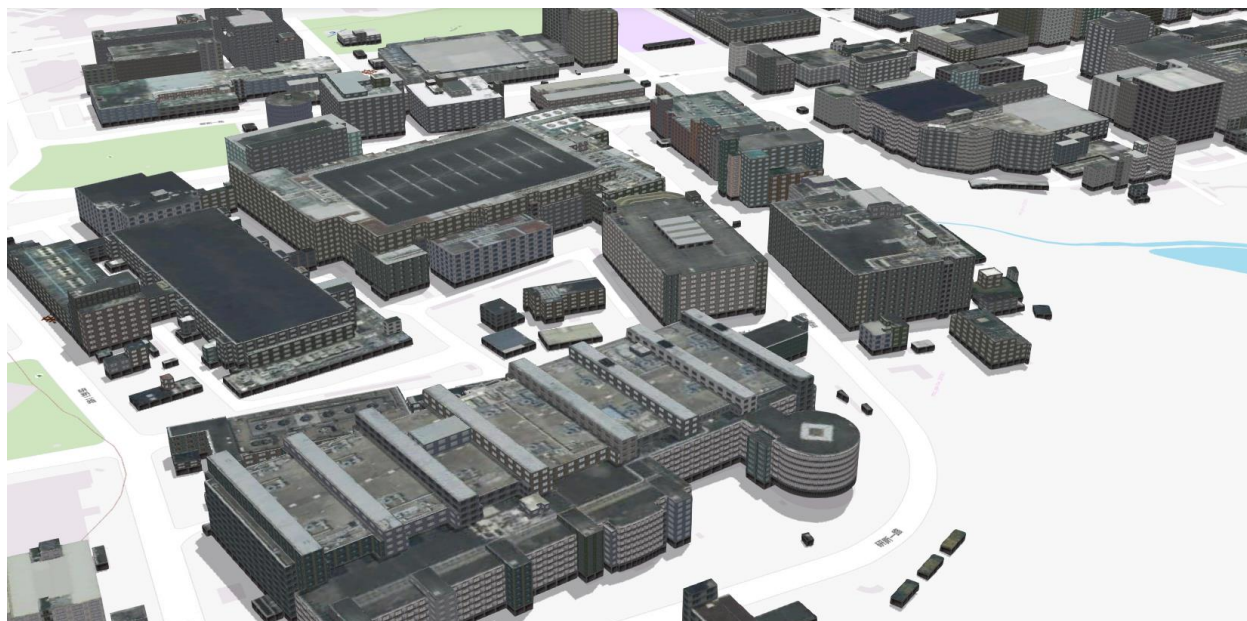


圖 4-22 三維近似化建物模型套疊臺灣通用電子地圖-新竹科學園區

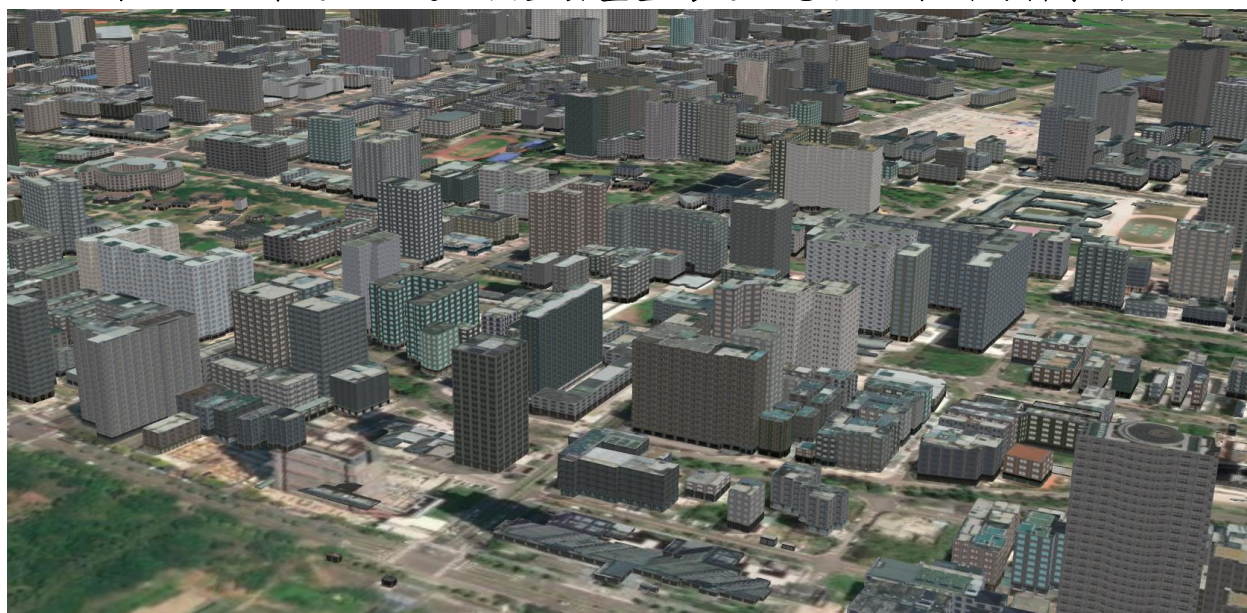


圖 4-23 三維近似化建物模型套疊正射影像圖-竹北重劃區

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

表 4-7 三維近似化建物模型成果數量統計表

縣市	採用 一千分之一地形圖成果		採用 臺灣通用電子地圖成果	
	區域	建物框數量	區域	建物框數量
臺北市	無	—	無	—
新北市	無	—	其餘區域 (非都市計畫範圍)	約 4.4萬個
桃園市	無	—	無	—
臺中市	臺中市都市計畫區 臺中市大坑風景特定區	約46.9萬個	其餘區域	約5.3萬個
臺南市	無	—	全市	約25.7萬個
高雄市	燕巢都市計畫區 阿蓮都市計畫區 大社都市計畫區 大寮都市計畫區 美濃都市計畫區 路竹都市計畫區 大樹(九曲堂)都市計畫區 楠梓交流道特定區(鳳山厝部分)	約 9.7 萬個	其餘區域	約13萬個
基隆市	無	—	全市	約 2.0萬個
新竹縣	無	—	全縣	約 8.6萬個
新竹市	全市	約 25 萬個	無	—
苗栗縣	無	—	全縣	約13.1萬個
彰化縣	無	—	全縣	約 21.5萬個
南投縣	無	—	全縣	約 13.1萬個
雲林縣	無	—	全縣	約 13.8萬個
嘉義縣	無	—	全縣	約 13.4萬個
嘉義市	全市	約 17.2萬個	無	—
屏東縣	無	—	全縣	約 18.6萬個
臺東縣	無	—	全縣	約 6.5萬個
花蓮縣	花蓮都市計畫區 吉安都市計畫區 吉安(鄉公所附近地區)都市計畫區 新城(北埔地區)都市計畫區 鳳林都市計畫區 光復都市計畫區 東華大學城特定區 壽豐都市計畫區 鯉魚潭風景特定區 瑞穗都市計畫區 玉里都市計畫區 富里都市計畫區 秀林(和平地區)都市計畫區 秀林(崇德地區)都市計畫區 新秀(新城秀林地區)都市計畫區 磯崎風景特定區 石梯秀姑巒風景特定區	約 18.4萬個	其餘區域	約 5.1萬個
宜蘭縣	無	—	全縣	約 7.1 萬個
澎湖縣	鎖港都市計畫區 二崁都市計畫區 其餘地區	約 0.3 萬個	無	約2.0萬個
金門縣	金門特定區	約 4.3萬個	無	約190個
連江縣	連江縣(南竿地區)風景特定區 連江縣(東引地區)風景特定區 連江縣(北竿地區)風景特定區 連江縣(莒光地區)風景特定區 連江縣(無人島礁)風景特定區	約 0.9 萬個	無	—
墾丁國家公園	1區域	約 0.2萬個	無	—
玉山國家公園	1區域	約 30個	無	—
新竹科學園區	6園區	約 0.9萬個	無	—
合計	約 123.8萬個		約 173.2萬個	
總計	約297萬個			

4.5 LOD3 精緻建物模型

一、二階段選址說明：

本案分別於 108 年 3 月 15 日及 108 年 9 月 25 日核定 LOD3 精緻建物模型建置清單；第一批建置清單以直轄市、縣(市)政府及議會為主題，共計 57 棟；第二批建置清單以中央機關為主題，分別針對一級、二級和三級機關進行篩選，考量無人機飛行許可、專案執行期程及現地作業可行性，選定 35 棟標的，總計已核定 92 棟建置標的。

二、精緻模型建置成果：

本案已完成全部 LOD3 精緻模型建置作業，成果列表如表 4-8，並分別於 108 年 6 月 28 日及 108 年 11 月 26 日由航測學會完成兩階段自我審查作業，相對精度驗證結果，最大均方根誤差為 21 公分，最小為 7 公分，符合 CityGML 之建議精度規範 50 公分，自我審查內容詳本報告書第 5.5 節；前述二階段成果模型(如圖 4-24 及圖 4-25)，已分別於 108 年 7 月 1 日及 108 年 11 月 27 日發文提送國土測繪中心辦理審查。



a.桃園市政府



b.臺中市政府



c.臺南市政府



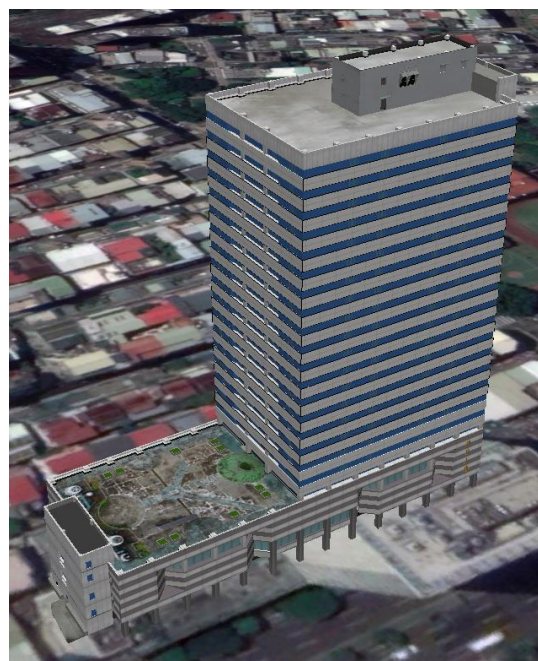
d.宜蘭縣議會

圖 4-24 LOD3 精緻建物模型成果-縣市政府及議會

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



a. 新莊聯合辦公大樓



b. 科技部大樓



c. 故宮博物院-南部院區



f. 國家生技園區

圖 4-25 LOD3 精緻建物模型成果-中央部會

三、無人機拍攝影像解析度：

本案利用無人機建模標的進行環景攝影，考量不同建物類型及現場地形限制，以及兼顧影像涵蓋範圍及建模細緻度，投影中心與建築物相對距離約在 50~100 公尺之間，影像解析度約為 1.3~2.6 公分。利用前述高解析度影像，即可產製高密度點雲，藉以進行 LOD3 等級精緻建模。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

表 4-8 LOD3 精緻建物模型成果繳交清單

代碼	地標名稱	地標屬性	代碼	地標名稱	地標屬性
001	基隆市政府	縣市政府、議會	047	黎明體能活動中心	黎明新村建築群
002	基隆市議會	縣市政府、議會	048	中正堂	黎明新村建築群
003	桃園市政府	縣市政府、議會	049	黎明郵局	黎明新村建築群
004	桃園市議會	縣市政府、議會	050	台水公司訓練中心	黎明新村建築群
005	苗栗縣政府	縣市政府、議會	051	台灣銀行黎明分行	黎明新村建築群
006	苗栗縣議會	縣市政府、議會	052	地籍資料庫	黎明新村建築群
007	苗栗縣政府第二辦公大樓	縣市政府、議會	053	地政資訊大樓	黎明新村建築群
008	苗栗縣政府第三辦公大樓	縣市政府、議會	054	生醫轉譯中心	國家生技中心
009	臺中市政府	縣市政府、議會	055	核心主題中心	國家生技中心
010	臺中州廳	縣市政府、議會	056	創服育成中心	國家生技中心
011	臺中市政府陽明大樓	縣市政府、議會	057	生物資訊中心	國家生技中心
012	臺中市議會	縣市政府、議會	058	生物技術開發中心	國家生技中心
013	彰化縣政府	縣市政府、議會	059	食品藥物管理署	國家生技中心
014	彰化縣議會	縣市政府、議會	060	國家實驗動物中心	國家生技中心
015	南投縣政府 01	縣市政府、議會	061	考試院-傳賢樓	考試院建築群
016	南投縣政府 02	縣市政府、議會	062	考試院-玉衡樓	考試院建築群
017	南投縣議會	縣市政府、議會	063	考試院-第一試務大樓	考試院建築群
018	雲林縣政府	縣市政府、議會	064	考試院-考選部	考試院建築群
019	雲林縣議會	縣市政府、議會	065	考試院-中興樓	考試院建築群
020	嘉義市政府	縣市政府、議會	066	考試院-中正樓	考試院建築群
021	嘉義市議會	縣市政府、議會	067	澎湖縣政府 01	縣市政府、議會
022	嘉義縣政府	縣市政府、議會	068	澎湖縣政府 02	縣市政府、議會
023	嘉義縣議會	縣市政府、議會	069	澎湖縣政府 03	縣市政府、議會
024	臺南市政府	縣市政府、議會	070	澎湖縣議會	縣市政府、議會
025	臺南市議會	縣市政府、議會	071	金門縣政府 01	縣市政府、議會
026	高雄市政府	縣市政府、議會	072	金門縣政府 02	縣市政府、議會
027	高雄市鳳山行政中心 01	縣市政府、議會	073	金門縣政府 03	縣市政府、議會
028	高雄市鳳山行政中心 02	縣市政府、議會	074	金門縣議會 01	縣市政府、議會
029	高雄市議會	縣市政府、議會	075	金門縣議會 02	縣市政府、議會
030	臺東縣政府 01	縣市政府、議會	076	立法院-台灣省諮議會	中央部會
031	臺東縣政府 02	縣市政府、議會	077	立法院-議政博物館	中央部會
032	臺東縣政府 03	縣市政府、議會	078	南部聯合服務中心	中央部會
033	臺東縣議會 01	縣市政府、議會	079	故宮博物院南部院區 1	中央部會
034	臺東縣議會 02	縣市政府、議會	080	故宮博物院南部院區 2	中央部會
035	花蓮縣政府	縣市政府、議會	081	新莊聯合辦公大樓 1	中央部會
036	花蓮縣議會	縣市政府、議會	082	新莊聯合辦公大樓 2	中央部會
037	宜蘭縣政府 01	縣市政府、議會	083	新莊聯合辦公大樓 3	中央部會
038	宜蘭縣政府 02	縣市政府、議會	084	飛航安全調查委員會	中央部會
039	宜蘭縣議會 01	縣市政府、議會	085	雲嘉南區聯合服務中心	中央部會
040	宜蘭縣議會 02	縣市政府、議會	086	行政院-原子能委員會	中央部會
041	臺南市民治市政中心 01	縣市政府、議會	087	行政院-交通部	中央部會
042	臺南市民治市政中心 02	縣市政府、議會	088	行政院-經濟部	中央部會
043	勤政樓	黎明新村建築群	089	行政院-科技部	中央部會
044	廉明樓	黎明新村建築群	090	行政院-財政部	中央部會
045	莊敬樓	黎明新村建築群	091	監察院-審計部	中央部會
046	自強樓	黎明新村建築群	092	新北市議會	縣市政府、議會

四、 LOD3 等級精緻建物模型問題探討:

依據 CityGML 所建議之 LOD3 等級精緻建物模型，有其精度及細緻度之要求，為達到符合標準、全面取得建物紋理材質及合理成本等目的，於本案中提出以無人機做為 LOD3 精緻建物模型的資料來源，經過驗證也確實可行。然而，作業過程中仍有其技術上及執行上的諸多限制，在此提出說明及未來建議方案。

1. 飛航許可範圍限制:

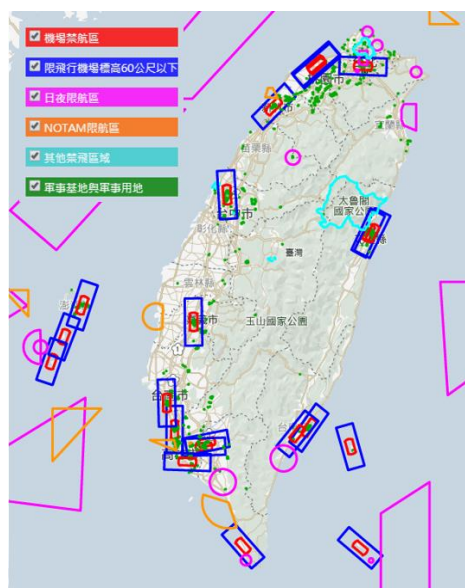
民航局針對國內所有機場、軍事基地與軍事用地、部分國家公園、以及特定行政區域(如博愛特區)設有嚴格的飛航管制及相關罰則(如圖 4-26)，現行申請程序繁複且需行文多重單位，且需與其他申請單位協調空域，於時效上較不經濟。

本案考量執行期程有限且產製數量龐大，於選址過程中予以過濾，建議未來如有禁限航區之建模需求，可提前於規劃階段以機關名義提出申請，於招標文件敘明標的，一方面爭取作業時間，廠商也可依據不同標的提出最適合的作業模式，成本估算也將更為準確。

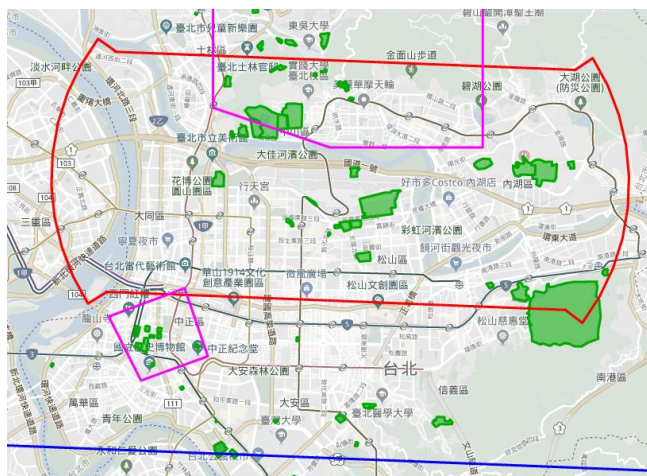
2. 進場許可取得:

為精細建構 LOD3 建物模型低樓層的騎樓構造，除了利用無人機由空拍取景之外，必須搭配地面近景攝影的影像組成，才能取得最完整的建物資訊。本案所選標的多為公務單位，一般都有配置警衛或門禁管制(如圖 4-27)，為取得進場許可完成地面拍攝作業，需要搭配機關協助發函與協調。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

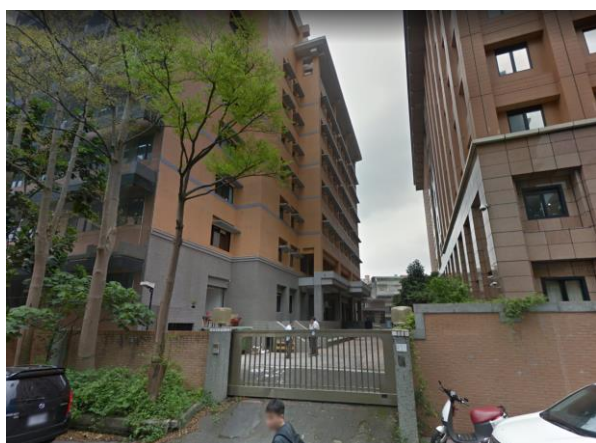


a. 禁飛地圖-全國



b. 禁飛地圖-臺北市

圖 4-26 民航局規範禁飛限飛區域



a. 街景影像-考選部



b. LOD3 精緻建物模型-考選部

圖 4-27 公務單位多有門禁管制

3. 禁航區建模方案，成效不如預期：

本團隊於 3.9 節中曾提出禁航區建模方案，是以航照影像立體測繪屋頂結構線做為基礎，搭配地面近景攝影組建 LOD3 建物模型，實際執行後發現成效不如預期，主要原因有三點。

- (1) 地面近景攝影幾何條件不佳，僅以屋頂結構線做為控制依據，解算之成果點雲精度不足，模型比例尺不符需求。
- (2) 高樓層牆面資訊及解析度較差，點雲精度及密度不足。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

(3) 低樓層易受路樹、植栽及設施遮蔽，難以取得完整牆面資訊。

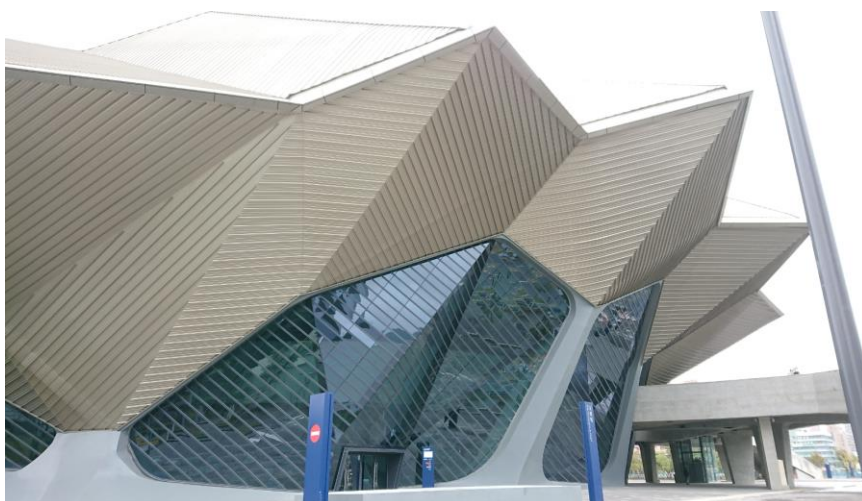
4. 替代方案及成本評估:

針對目前本團隊所涉及的建模技術，提出幾項可能的替代方案，供各界參考。

(1) 傳統地面測量:

以地面控制點搭配全測站量測建物牆面三次元點，再以內業數化建模，精度最高但自動化程度較低，需搭配現場照片讓內業檢視是否遺漏，缺點是補測需重返現地成本較高。

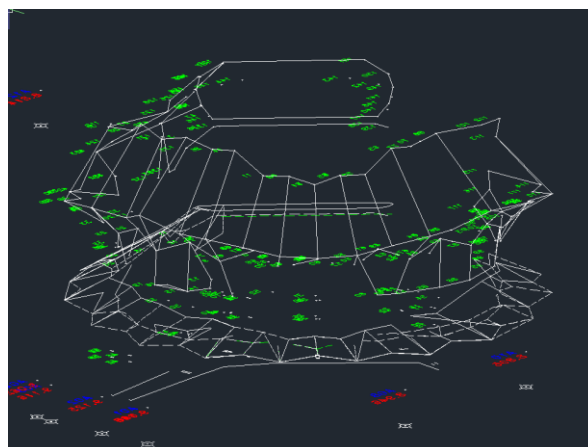
此方案適用於建築物外觀單一牆面面積大，牆面複雜度低的標的，如圖 4-28。



a. 現場照片



a. 航照影像量測屋頂結構



b. 地面測量量測牆面結構

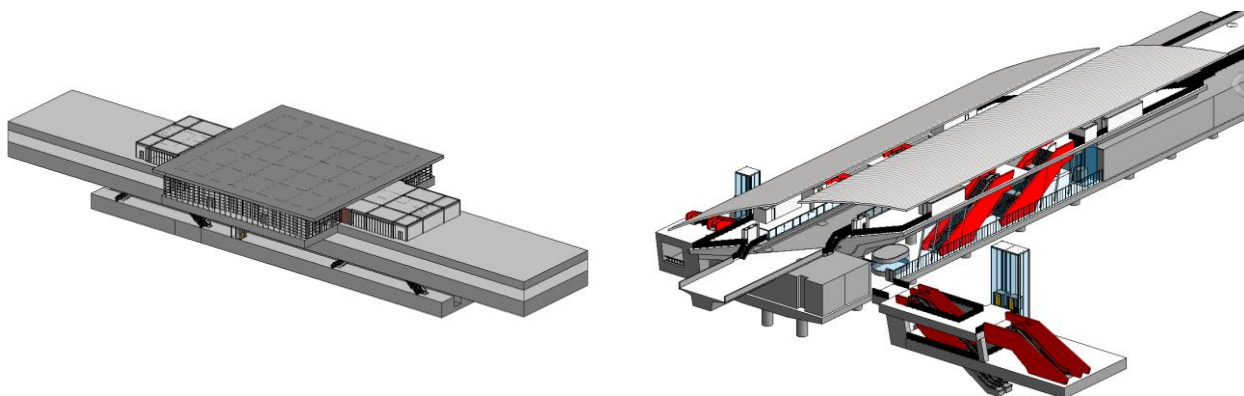
圖 4-28 臺北流行音樂中心三維建模方案

(2) 地面光達:

地面光達具有高精度、高點雲解析度等特性，對於高樓層的可及程度尚符合 LOD3 精緻建物模型之要求，為目前業界普遍使用的建模方案。唯需多次換站以解決通視問題，故建模成本取決於建築量體大小及建物複雜程度，以相同複雜度的標的而言，建置成本約為無人機建模方案的 2 倍至 2.5 倍。

(3) 建物竣工圖或建物成果(標示)圖:

若是新落成的指標性建物，能夠透過行政程序取得建物竣工圖或建物成果(標示)圖，可以精準尺寸建構 LOD3 精緻建物模型，也大幅減少外業作業成本，如圖 4-29。唯竣工資料若與現場實際建物有所差異時，較難以認定，可於作業規範中訂定認定依據。



a. 高鐵桃園站

b. 桃園機場捷運 A18 站

圖 4-29 利用建物成果(標示)圖辦理三維建模(內政部，2016)

5. 結論與建議:

未來如有 LOD3 建模需求，建議採用複合式多元技術整合方案，依據不同標的之特性、限制、現場條件擬定不同建模策略；此外，若可在招標階段預選執行標的，有助於加速申請行政程序，投標團隊也可依據不同標的提出最適執行策略，成本估算也將更加精確。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

4.6 三維模型瀏覽工具

本案產製各式模型成果，包含三維灰階建物模型、三維近似化建物模型以及 LOD3 精緻建物模型，除了資料產製及成果繳交，視覺化的成果展現亦非常重要。

本案於服務建議書中提出優規增值服務，規劃以專業版 Skyline Global 軟體，利用 20 公尺解析度 DEM 及福衛二號影像建置全臺 3D 底圖，於專案執行期間，將前述各式模型成果轉至 Skyline 軟體可讀格式，並於 Skyline TerraExplorer Viewer 中實機展示，可於各階段工作會議、業務會報、專案報告及研討會場合說明專案執行現況。

本公司已分別將前述各式成果，建置於 Skyline TerraExplorer Viewer 三維平臺，成果內容包含三維灰階建物模型、三維近似化建物模型及 LOD3 精緻建物模型，如圖 4-30 至 4-31。

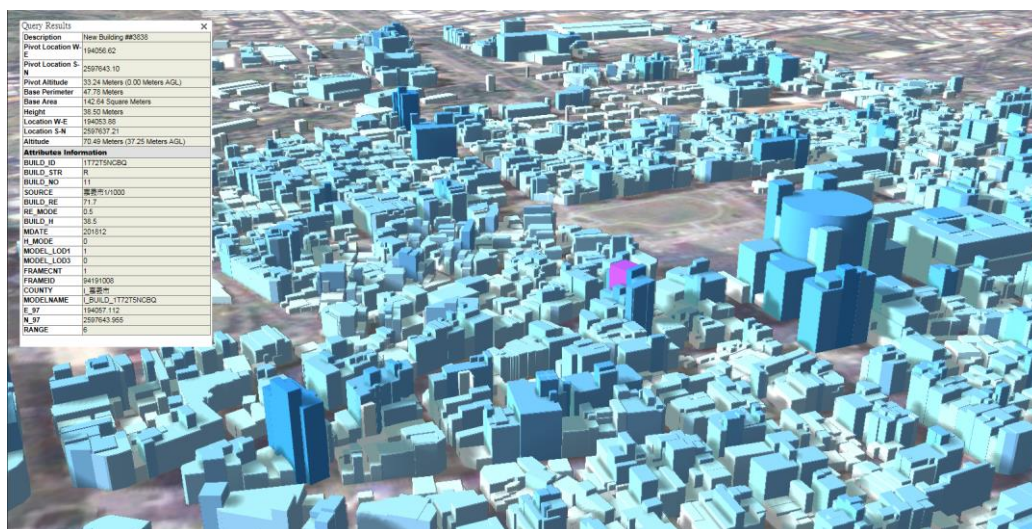
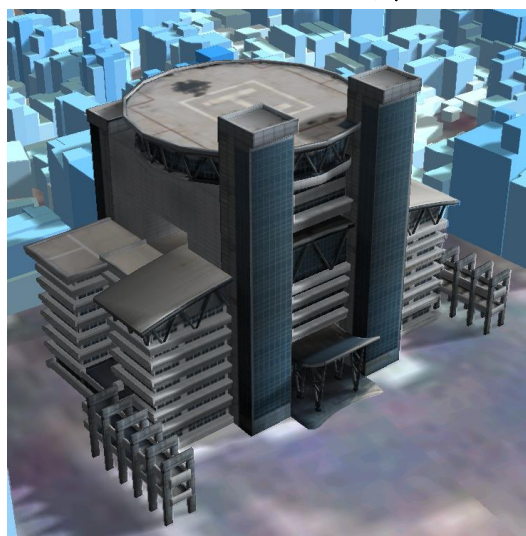
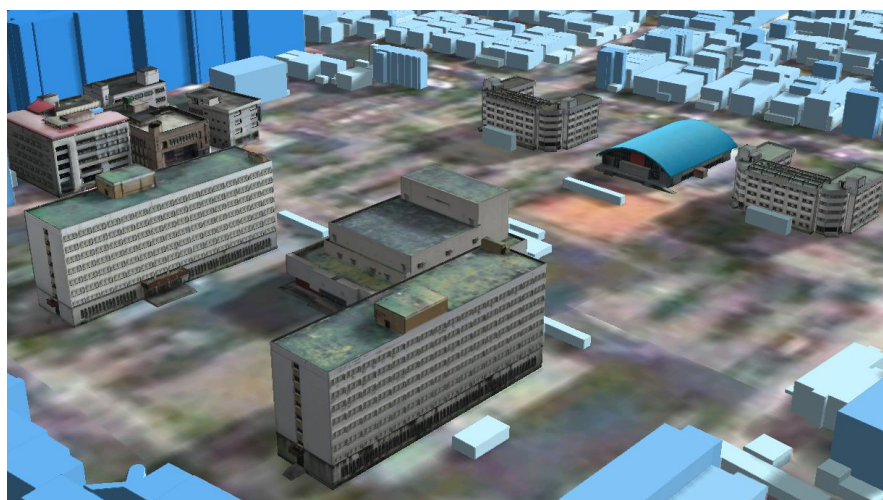


圖 4-30 Skyline 展示三維灰階建物模型成果



a.嘉義市政府



b.黎明新村建築群

圖 4-31 Skyline 展示 LOD3 精緻建物模型成果

4.7 精進試辦作業

本案於作業計畫書提出兩項試辦作業，分別為「試辦圖資差異比對分析及回饋」及「試辦建物模型細緻化」。第一項試辦利用航照影像及高解析度衛星影像取得建物高度，補足光達 DEM/DSM 資料更新頻率的缺口，同時也利用新拍的高解析度衛星影像，找出可能新增建物的區塊，回饋電子地圖辦理圖資更新；第二項試辦，則利用 1m 解析度的光達 DEM/DSM 資料，透過自動化程序，提升建物細緻化程度。

一、試辦圖資差異比對分析及回饋：

本項試辦規劃使用航照影像及高解析度衛星影像辦理樓高萃取，航照影像為農林航空測量所 105 年度的 DMC 影像，高解析度衛星影像為 108 年 8 月 27 日拍攝的 Pleiades 衛星影像，試辦結果說明如下。

1. 測試資料說明：

試辦區：竹北重劃區約 1100 公頃範圍。

建物區塊來源：臺灣通用電子地圖(106 年度成果)。

建物原始樓高來源：1 公尺解析度光達 DSM(102 年度)。

新增建物樓高來源 1：航照影像(105 年度/25 公分解析度)。

新增建物樓高來源 2：衛星影像(108 年度/50 公分解析度)。

2. 測試方法：

以 1.5 公尺做為是否成功取得建物高度的門檻，針對原始樓高不足 1.5 公尺的建物，利用 DMC 航照影像進行密匹配產製 DSM，以重新取得新增建物高度。

3. 測試結果與統計：

在試辦區域內，共計有 3999 個建物區塊，透過 102 年度的 1 公尺解析度光達 DSM 進行樓高萃取，共有 501 個建物區塊樓高不足 1.5 公尺，占比約 12%，如圖 4-32；利用 105 年度的 DMC 航照影像產製 DSM，據以進行樓高萃取後，成功取得樓高數量為 446 棟，成功率約 89%，如圖 4-33；而利用 108 年度的 Pleiades 衛星影像產製 DSM，據以進行樓高萃取後，成功取得樓高數量僅為 257 棟，成功率下降為 51%，如圖 4-34；整體統計數據如表 4-9 所示。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

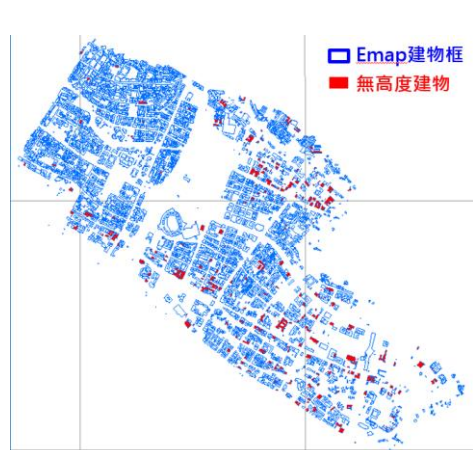


圖 4-32 原始樓高萃取結果

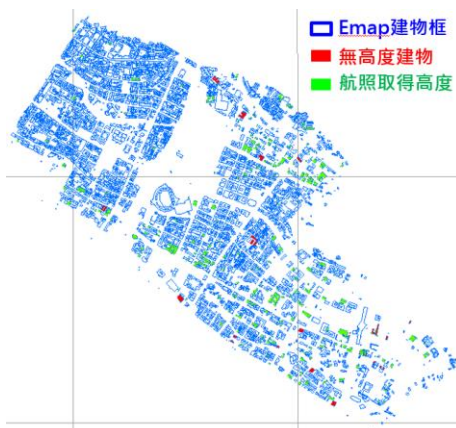


圖 4-33 航照樓高萃取結果

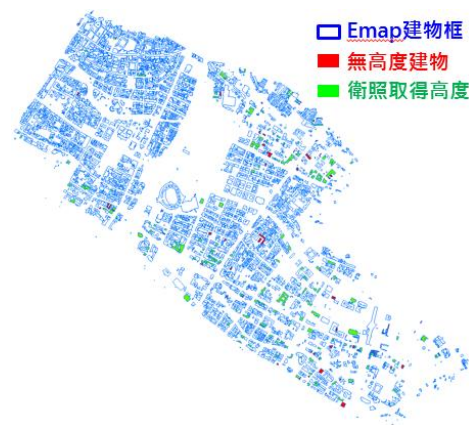


圖 4-34 衛照樓高萃取結果

表 4-9 不同樓高來源萃取結果統計及分析表

	LiDAR DSM	航照影像	Pleiades 衛星影像
資料年度	102 年度	105 年度	108 年度
影像解析度		25 公分	50 公分
DSM 解析度	1 公尺	1 公尺	1.5 公尺
建物高度低於 1.5 公尺	501 / 3999 = 12%		
新增建物高於 1.5 公尺		446 / 501 = 89%	257 / 501 = 51%
資料取得	LiDAR 更新計畫	航測計畫(空三範圍)	額外採購
更新頻率	約 6 年	約 2 年	--
時效性	低	與圖資一致性高	高

試辦結果其中的差異，主要來自於兩項主要變因：

(1) 資料更新頻率的差異

建物區塊的二維向量，是利用 105 年度的 DMC 航照影像立體數化而成，建物原始樓高來源則是 102 年度的資料，利用跟二維圖資同時序的航照影像做為樓高萃取的依據，可提升新增建物樓高萃取成功率。

(2) 影像資料解析度

Pleiades 衛星影像為 108 年度新拍影像資料，於時序上有其優勢，然而地面解析度相較於航照影像較不足，間接影響影像匹配產製 DSM 的品質，雖有助於新增建物樓高萃取，成功率仍不如航照影像與 LiDAR DSM。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

(3) 綜合結論

整體而言，考量成本及時效，利用航測計畫辦理空中三角平差的區域，進行影像匹配取得建物高層，綜合效益最高，適合後續辦理大規模更新維護作業；若有特定區域或時效性的需求，可另行辦理衛星影像採購，此外，小範圍的作業需求也可考慮無人機等其他方案。

4. 案例說明與分析：

利用航照影像產製 DSM 資料，仍有部分建物未能透過自動化程序成功萃取樓高，共計有 55 個建物區塊，占整個試辦區建物區塊比例約 1.3%。針對這些建物區塊進行案例探討與分類，藉以提出因應措施。大致歸納出幾種態樣，如表 4-10。

表 4-10 航照影像 DSM 樓高萃取未成功類別

案例類型	統計數量(棟)	比例(%)	因應措施
建築中基地	14	25	待建築體施工完成後高度以新資料來源取得
建物面積狹小	21	38	立體測製人工取得高程或考量成本效益予以過濾
影像匹配不佳	13	24	立體測製人工取得高程樓高量測基準有待定義
圖資與影像不符	7	13	已確認無誤高度以新資料來源取得
總計	55	100	

(1) 建築中基地：

於臺灣通用電子地圖或一千分之一地形圖中，會以能夠辨識的範圍界進行數化，然而施工現地尚未完成建築體，甚至仍處於地底基礎工程階段，利用航照 DSM 萃取建物高程，僅能得到錯誤高程資訊；由於本試辦區位於竹北重劃區，建築中基地多半區塊完整且面積較大(如圖 4-35)。

此類別之建物，於 108 年度的衛星影像中多可清楚辨識並取得正確高程資訊(如圖 4-36 及 4-37)，建議未來可於建築體施工完成後，再以更新之航照影像或光達資料取得建物高度。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



圖 4-35 建築中基地範例



a.建築中基地(105 年度)



b.建築完成(108 年度)

圖 4-36 前後期影像比較圖



a.建築中基地(105 年度)



b.建築完成(108 年度)

圖 4-37 前後期影像比較圖

(2) 建物面積狹小:

主要因為建物本身面積過小，光達或航照產製的 DSM，都可能因網格點數不足或樓高計算模式導致無法取得正確高度(圖 4-38)。然而，部分建物面積小於臺灣通用電子地圖測製要求，是否進一步取得高程資訊，應從成本及效益兩方面考量。



圖 4-38 建物面積狹小

(3) 影像匹配不佳:

航照影像上已有該建物的存在，也能夠以人工判別，然而，依 1/5,000 製圖比例尺規劃的航照影像，其重疊率並非為密匹配而設計，導致部分建物區塊無法以自動化模式取得正確高度(圖 4-39)。

此類別之建物高程，可以航測立體製圖的方式，由人工取得建物高程，但因建物占比不高，且 1/5,000 比例尺的建物區塊，其建物區塊高度量測基準仍有待定義。



a. 建物框套疊正射影像

b. 建物框套疊 DSM 灰階影像

圖 4-39 影像匹配不佳

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

(4) 影像與圖資不符:

此類建物由航照影像判斷，已不存在於現地(如圖 4-40)，主要的原因，是臺灣通用電子地圖更新修測來源相當多元，航照影像僅為其中一種依據，透過 108 年度的衛星影像比對，向量圖資多為一致(如圖 4-41 及 4-42)，可證實向量資料正確無誤。



圖 4-40 圖資與影像不符



a.圖資不符(105 年度)

b.圖資一致(108 年度)

圖 4-41 向量圖資與衛星影像比對結果



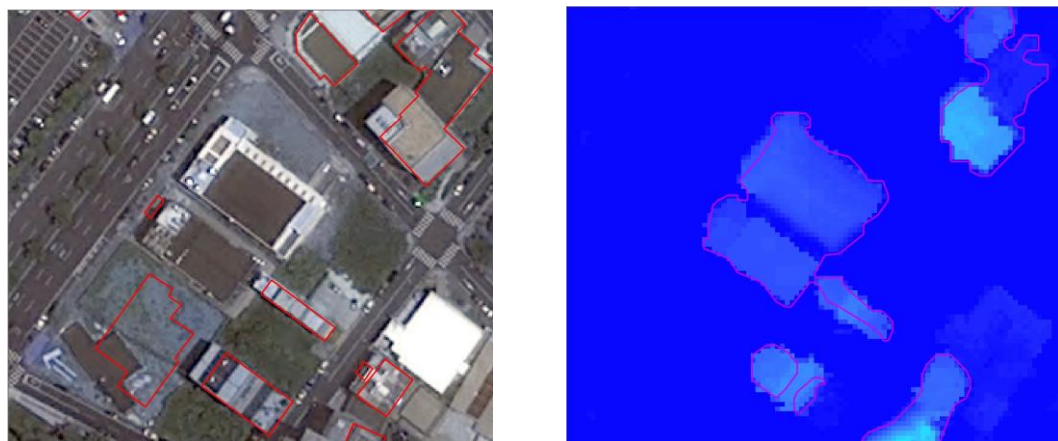
a.圖資不符(105 年度)

b.圖資一致(108 年度)

圖 4-42 向量圖資與衛星影像比對結果

5. 新增建物標記回饋：

透過 3.12 節的多重解析度影像分割(MRS)技術，同樣可以利用 108 年度新拍攝的衛星影像產製的 DSM 資料，做為新增建物偵測的來源；如圖 4-43，新增建物於 106 年度的臺灣通用電子地圖中尚未更新數化，於 108 年度的衛星影像上以清晰可見，利用最新時序的 DSM 資料，可自動偵測潛在的建物邊界，有效找出新增建物所在位置。



a.臺灣通用電子地圖套疊衛星影像 b.OHM 模型自動偵測潛在建物邊界

圖 4-43 衛星影像匹配 DSM 自動偵測新增建物

利用潛在建物邊界的資料，與臺灣通用電子地圖建物圖層套疊分析，即可找出潛在的新增建物位置；如圖 4-44，在竹北重劃區中，已成功偵測出 140 棟潛在新增建物位置，其中部分區域為非建築物(如高鐵高架橋)，仍具相當的參考價值；此外，相關位置也可轉化為點圖層，提供臺灣通用電子地圖更新維護工作做為參考。



a.新增建物潛在區域

b.新增建物點位回饋

圖 4-44 新增建物自動偵測結果

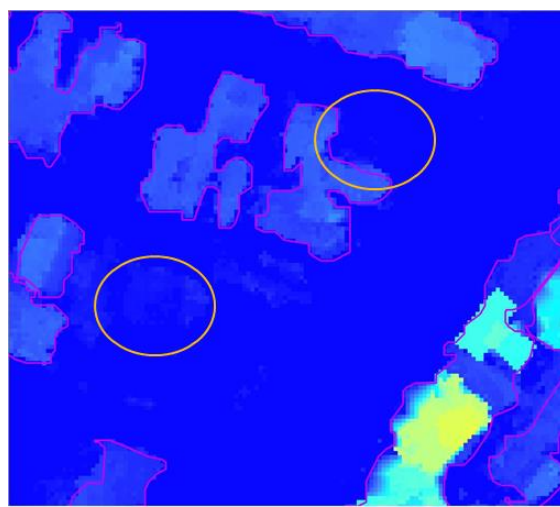
108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

自動偵測過程中，仍有為數不少的錯誤及失敗案例，主要原因有兩個：(1)DSM 匹配失敗導致原始資料不足，(2)建物移除。

如圖 4-45 所示，左下角的建物明顯存在於衛星影像上，臺灣通用電子地圖建物框也存在，但因為 DSM 匹配不佳的因素，在 OHM 模型的自動偵測中被認定為沒有建物；右上角的案例，於衛星影像上可辨識建物已移除，卻仍然存在於臺灣通用電子地圖建物框。



a.臺灣通用電子地圖套疊衛星影像



b.OHM 模型自動偵測潛在建物邊界

圖 4-45 衛星影像匹配 DSM 自動偵測失敗案例**6. 成本估算與建議：**

透過試辦作業測試結果，考量影像匹配的軟體運算效率及規模化以降低成本，建議的單位作業面積為 6000~8000 公頃；面積過大，影像匹配運算效率大幅降低，面積過小不具規模，單位成本將上升。

試辦作業過程中，需人工作業的部分包含分區資料整備、空三除錯及軟體操作等，雖然方位參數資料已在航測專案中進行空三校正，但使用上仍有局部方位不佳導致匹配錯誤，影響樓高萃取的正確性。

另外，採用立體量測取得樓高的方案，技術上是可行的，但 1/5,000 比例尺的建物區塊樓高定義尚不明確，執行上還需要更進一步探討；利用航照影像匹配的方案，進行樓高萃取成本估算如表 4-11。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

表 4-11 航照影像匹配萃取樓高成本估算表

成本估算	作業工項	成本類別
14 元/公頃	硬體設備	資本支出
	軟體維護	資本支出
	資料整備	人工作業
	空三除錯	人工作業
	軟體操作	人工作業
	影像匹配	自動化作業
備註:不包含影像取得、點雲過濾		

二、試辦建物模型細緻化：

1. 測試資料說明：

試辦區：臺南市東區。

建物區塊來源：臺灣通用電子地圖(106 年度成果)。

建物原始樓高來源：1 公尺解析度光達 DSM/DEM(102 年度)。

2. 測試方法：

請參考 3.12 節。

3. 多重解析度影像分割(MRS)參數分析：

圖 4-46 為地物高度模型(OHM)假色影像，套疊臺灣通用電子地圖建物框向量資料(紅色)。為了檢視及分析前述工作流程處理成果，以成大化工館做為平頂房屋範例、成大中正堂做為圓弧屋頂範例，以及複雜屋頂結構建物群分別進行說明。



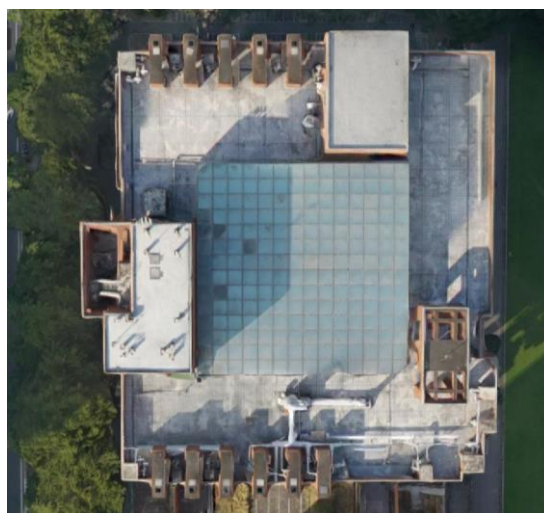
圖 4-46 臺南市東區 OHM 假色影像套疊電子地圖建物框

(1) 平頂房屋類型

從圖 4-47 中，大致可從 OHM 假色影像與正射影像比對出幾個較大面積的屋頂突出物，中間最大處為藍綠色透明雨遮、一處樓梯間、一處約兩層樓高的水塔間以及一處沒有圍牆之水泥結構物。針對這些具有高度差異的區塊，利用多重解析度影像分割技術(MRS)進行細緻化分析。



a.OHM 假色影像



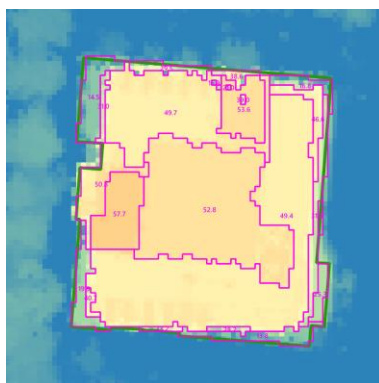
b.正射影像

圖 4-47 平頂房屋案例-成大化工館

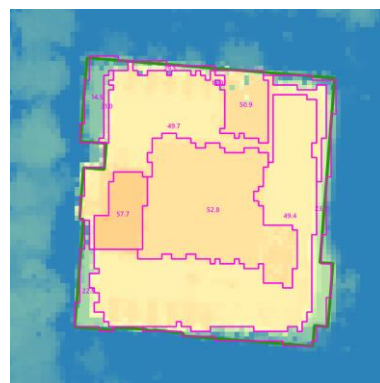
多重解析度影像分割(MRS)時需設定一個尺度參數，此參數對萃取的物件大小與細緻程度有絕對關係。圖 4-48 中，分別展示以 Scale = 10, 25, 37.5, 50, 75, 100 進行影像分割的結果，圖中數字為多邊形內建物模型計算之平均高度。由此比較分析可以得知，大的 Scale 參數萃取出的多邊形面積會比較大，地物細節較少，反之則可獲取較細小的地物細節。依此案例測試結果與正射影像進行比較，尺度參數介於 25~37.5 之間比較符合該建物屋頂細節實際狀況。



Scale = 10

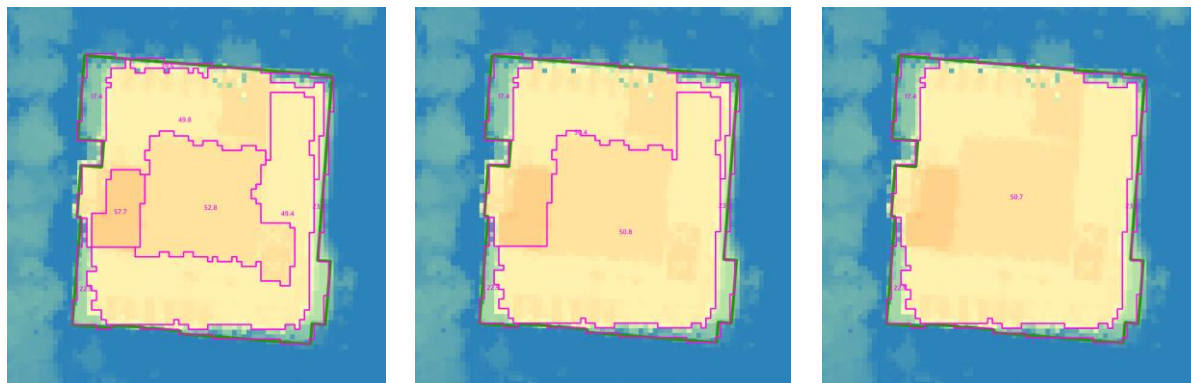


Scale = 25



Scale = 37.5

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



Scale = 50

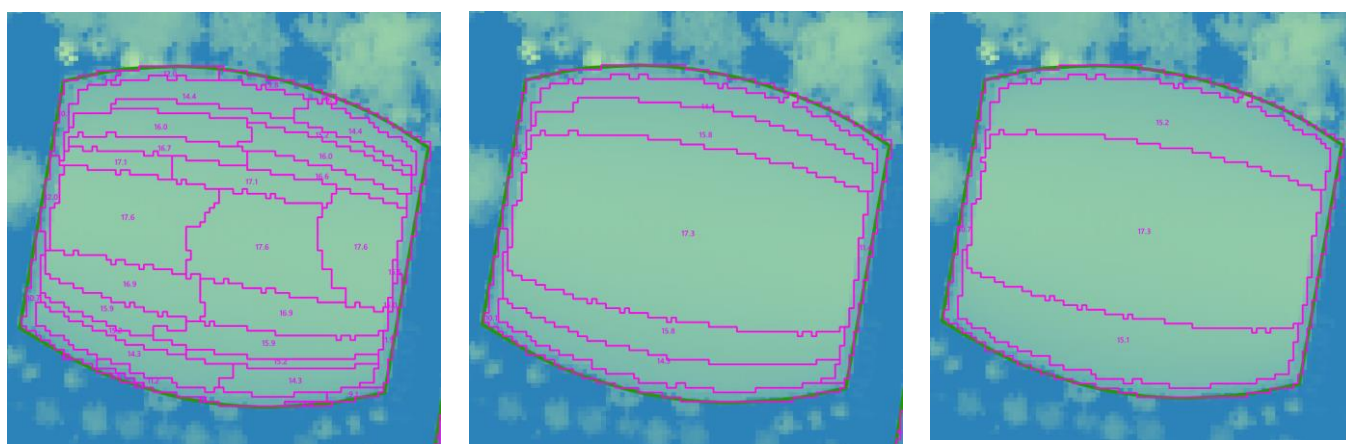
Scale = 75

Scale = 100

圖 4-48 多重解析度影像分割結果-成大化工館

(2) 圓弧形屋頂類型

針對大面積的圓弧形屋頂，於試辦區中選擇成大中正堂做為案例說明；圖 4-49 為成大中正堂進行多重解析度影像分割(MRS)之參數測試結果，尺度參數約在 35 為較佳的成果，與前述平頂屋案例的測試結果大致相同。



Scale = 10

Scale = 25

Scale = 35

圖 4-49 多重解析度影像分割結果-成大中正堂

(3) 複雜屋頂結構建築群

以我國的建築形式而言，複雜屋頂結構的案例應占相當高的比例，也為本試辦作業能否實際應用的關鍵測試重點，於本試辦區中選擇大學路麥當勞週邊街區進行案例說明。

如圖 4-50，此街區屋頂結構相當複雜，有小型尖塔，也有屋頂上種植樹木，透過不同尺度參數測試後，Scale 等於 10 最能完整描述各建物細部結構，與前述兩案例差異甚鉅；此外，Scale=10 將產生過多細小狹長的多邊形，不利於高度萃取及整體模型資料量，Scale=35 對於複雜結構建築則過於粗略(如圖 4-51)，經整體考量，建議折衷採用 Scale=30 做為整體尺度參數。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



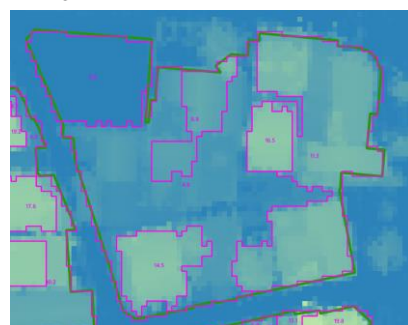
圖 4-50 正射影像-大學路麥當勞週邊



Scale=10



Scale=25



Scale=35

圖 4-51 多重解析度影像分割結果-大學路麥當勞週邊

(4) 建物缺漏與資料來源探討

本試辦過程中也觀察到部分建物圖層不足的案例，如圖 4-52，於成大會館與太子學舍之間的聯接空橋，並未於臺灣通用電子地圖中繪製，由於本試辦方法是基於臺灣通用電子地圖加值進一步細緻化，此類案例則無法成功分割。



a.OHM 假色影像



b.正射影像

圖 4-52 建物缺漏-成大會館及太子學舍

4. 建物細緻化成果展示:

依據前述建議的參數(Scale=30)辦理建物分割，再透過 3.12 節的簡單化及規則化處理，即可以自動化流程完成試辦區的建物細緻化作業，如圖 4-53。

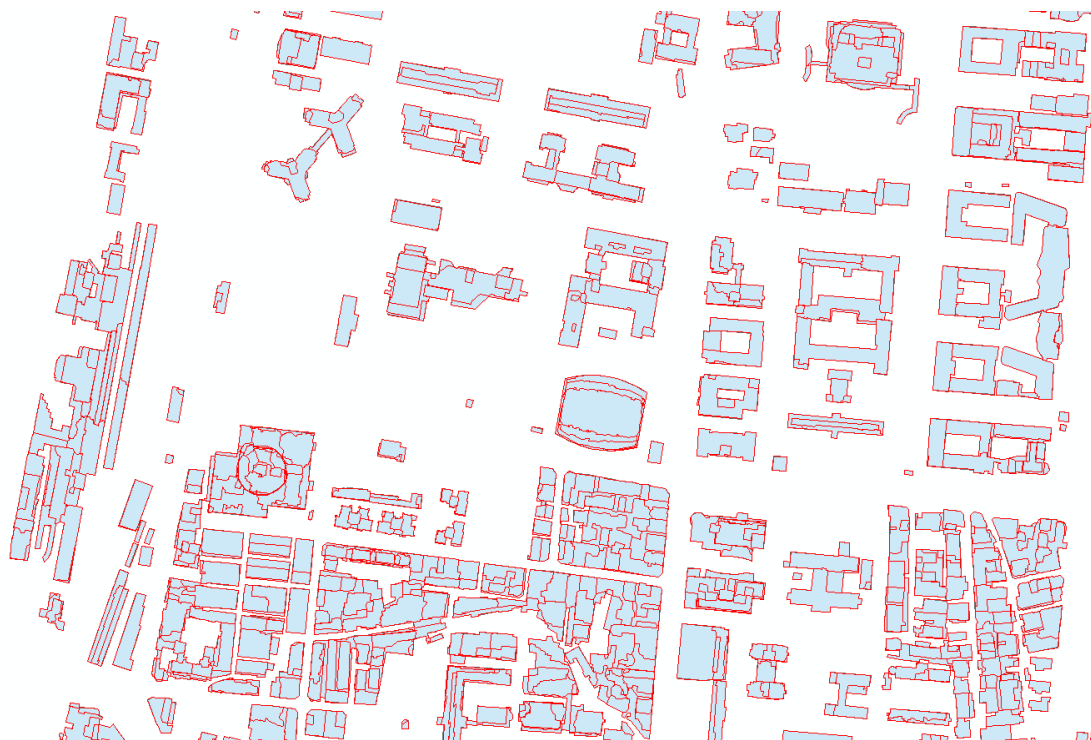
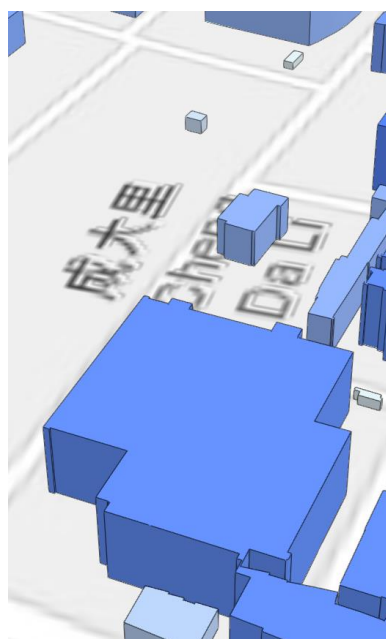
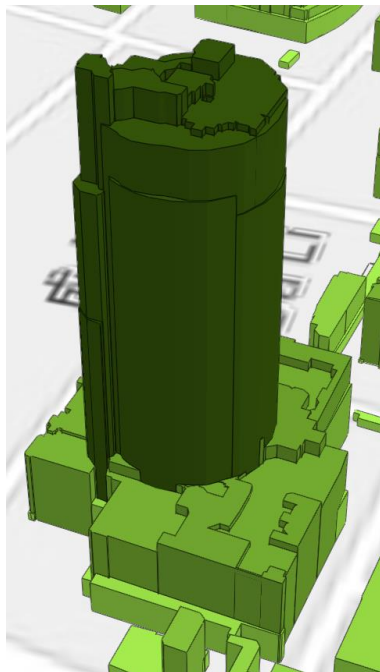


圖 4-53 建物細緻化成果示意圖



a.LOD1 建物模型



b.LOD1 建物模型-細緻化



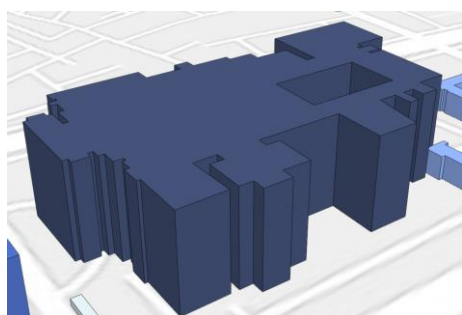
c.3D 影像模型

圖 4-54 建物細緻化成果-臺南大遠百

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

利用細緻化前、後的建物區塊，分別辦理建物樓高萃取並建構 LOD1 建物模型，搭配無人機空拍產製的 3D 影像模型做為對照，可明顯比較出建物細緻化的差異；由於多重解析度影像分割(MRS)技術是以高度差異做為分割基礎，因此高度差異越大的建物，效果越顯著，如圖 4-54 及 4-55。

展示案例中，除了大型建築物，也包含一般街區民房(如圖 4-56)及特殊造型建物(如圖 4-57)，圓弧形屋頂較難以 LOD1 等級建物描述，需要以更高等級的建築形式才能完整呈現。



a.LOD1 建物模型

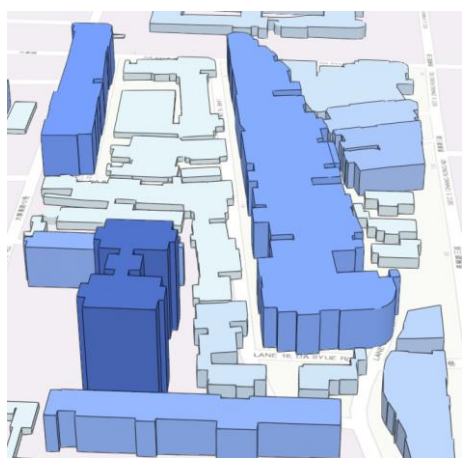


b.LOD1 建物模型-細緻化



c.3D 影像模型

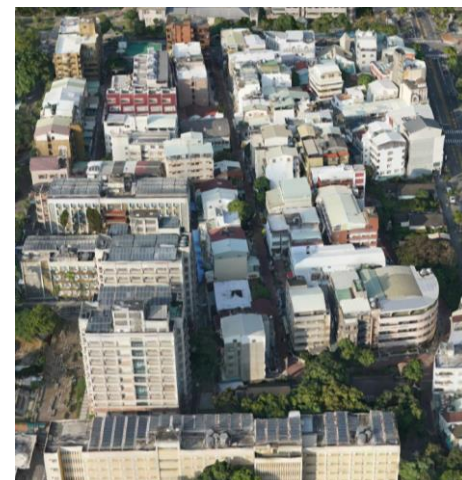
圖 4-55 建物細緻化成果-成大醫院



a.LOD1 建物模型

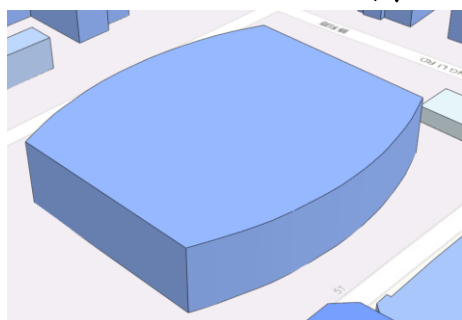


b.LOD1 建物模型-細緻化

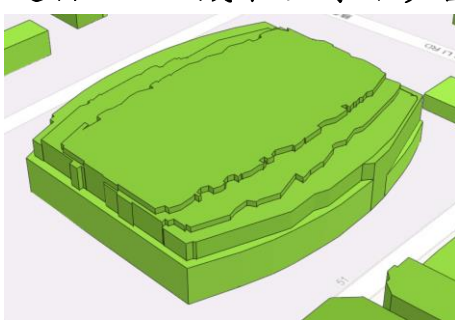


c.3D 影像模型

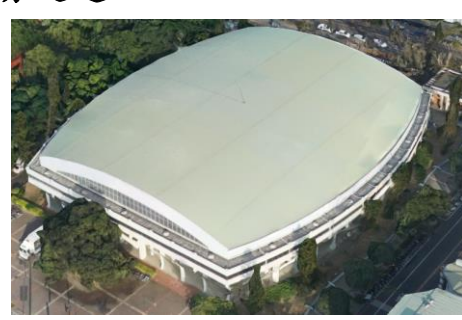
圖 4-56 建物細緻化成果-大學路麥當勞週邊



a.LOD1 建物模型



b.LOD1 建物模型-細緻化

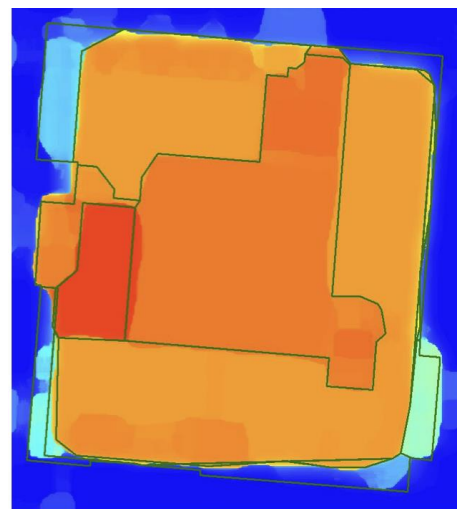
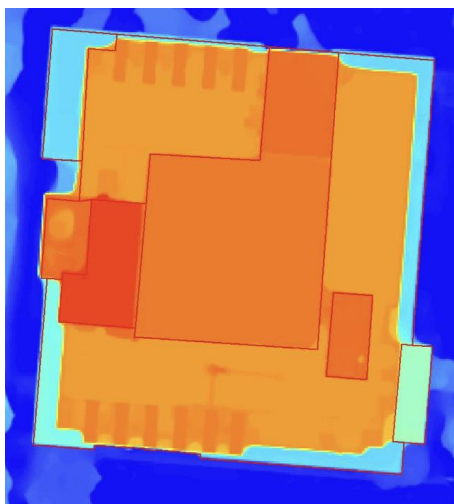


c.3D 影像模型

圖 4-57 建物細緻化成果-成大中正堂

5. 建物細緻化成功率分析：

為評估建物細緻化的成功率，以人工數化的方式，針對建物區塊內部結構大於 3 公尺 x3 公尺的獨立結構物進行數化，做為成功率評估的地真資料；評估方法，是利用混淆矩陣(Confusion Matrix)做為評估模型，比較地真資料邊界數與自動偵測邊界數(如圖 4-58)，同時採用無人機產製的 0.1 公尺解析度 DSM 資料做為對照組，計算漏授數量(應為內部結構線，未成功偵測)及誤授數量(非內部結構線，誤判為結構線)。



a.地真資料(人工數化結構線) b.自動偵測結構線(0.1 公尺 DSM) c.自動偵測結構線(1 公尺 DSM)

圖 4-58 地真資料比對自動偵測結構線

自試辦區中，抽樣 20 棟建物區塊，包含大型建築及一般街區樣態，進行混淆矩陣模型評估，建物樣態範例如圖 4-59，評估結果如表 4-12。

評估結果可以發現，以 1 公尺解析度的 LiDAR DSM 搭配臺灣通用電子地圖建物框，自動偵測內部結構線的錯誤率約為 30.9，即有接近七成的成功率；而採用更高解析度的無人機產製 0.1 公尺解析度 DSM，錯誤率可降低至 15.2%。

因此，隨著資料品質的提升，建物細緻化的成功率也有明顯的正相關，而現階段涵蓋範圍最廣、品質最為一致的高度資料來源仍為 LiDAR DEM/DSM 資料，以本案試辦的方案可達 70%成功率。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



圖 4-59 成功率評估抽樣類別範例

表 4-12 建物細緻化成功率評估混淆矩陣

建物 編碼	漏授 線段數	誤授 線段數	無人機自動偵測 線段總數	LiDAR DSM 自動偵測線段總數	無人機自動 偵測錯誤率	LiDAR DSM 自動偵測錯誤率
1	2	18	11	42	18.2%	42.9%
2	0	2	4	10	0.0%	20.0%
3	1	4	9	23	11.1%	17.4%
4	1	8	13	38	7.7%	21.1%
5	0	3	3	6	0.0%	50.0%
6	0	8	12	22	0.0%	36.4%
7	1	1	3	3	33.3%	33.3%
8	1	4	3	6	33.3%	66.7%
9	1	1	1	1	100.0%	100.0%
10	0	3	2	3	0.0%	100.0%
11	1	4	16	34	6.3%	11.8%
12	1	3	4	3	25.0%	100.0%
13	1	6	4	12	25.0%	50.0%
14	2	2	10	16	20.0%	12.5%
15	0	1	4	7	0.0%	14.3%
16	2	2	2	4	100.0%	50.0%
17	2	5	5	11	40.0%	45.5%
18	8	16	47	77	17.0%	20.8%
19	0	15	9	21	0.0%	71.4%
20	1	3	3	14	33.3%	21.4%
Total	25	109	165	353	15.2%	30.9%

6. 幾何精度分析:

幾何精度評估，是比較地真資料與自動化偵測結構線之間，建物內部結構角點的平面位置差異，總共評估 6 棟建物區塊，共計 169 點，如圖 4-60。

評估結果，均方根誤差約為 1.03 公尺，標準差為 0.6 公尺，最大誤差為 5.64 公尺，最小誤差為 0.04 公尺；評估結果符合 CityGML 建議精度規範 LOD1 建物模型標準。



圖 4-60 平面精度評估範例

7. 成本估算及規劃建議:

建物細緻化作業流程，以目前試辦區測試結果，尚屬可行，未來若有大規模建置需求，需投入較多成本在工具程式開發的部分，以因應大規模的壓力測試。

建物細緻化成本估算包含人工作業及自動化作業兩部份，人工作業需因應大規模建置所需前期資料整備、前述的工具程式開發以及成果檢核修正，自動化作業則處理到 2D 建物分割成果，如表 4-13。由於分割後建物數量將以倍數成長，以本試辦區結果約為 4 倍，需作業完成後才可取得確切數量，故樓高萃取及三維建模相關費用需另計。

建議未來可優先選擇 LiDAR DEM/DSM 更新區域辦理建物細緻化作業，使高程與向量資料時序一致，整體效果較好，也毋須耗費過多成本釐清基礎資料的問題。

表 4-13 建物細緻化成本估算表

成本估算	作業工項	成本類別
7 元/公頃	資料整備	人工作業
	工具程式開發	人工作業
	軟體操作	人工作業
	建物分割	自動化作業
	簡單化及規則化	自動化作業
	成果檢核及修正	人工作業
備註:不包含 DSM 資料取得		

4.8 成果統計與分析

針對本案三維近似化建物模型成果，辦理以下幾項統計數據分析：(1)本島建物樓高統計及分析，(2)建物樓高萃取統計及精度分析，(3)外牆紋理材質使用統計。

一、 本島建物樓高統計及分析：

針對本案建物樓高萃取結果，篩選因 DSM 於圖資不一致，不足一層樓的建物，統計樓高不足 3 公尺的建物數量，門檻值分別設為 1.5、2.0 及 2.5 公尺。

如表 4-14 分析結果顯示，各縣市樓高不足 1.5 公尺的建物數量占比約在 0.86%~12.66%之間，隨著門檻值的提高，累計建物數量也逐漸上升，樓高不足 2.5 公尺的建物數量占比最高為 21.75%，座落於台東縣，次高者為宜蘭縣約 19.03%，最低者為嘉義市約 1.41%。

表 4-14 3 公尺以下建物數量統計表

	樓高不足 1.5 公尺	比例	樓高不足 2 公尺	比例	樓高不足 2.5 公尺	比例	總數
基隆市	734	3.48%	1,002	4.75%	1,706	8.08%	21,107
新北市	3,955	7.75%	5,677	11.13%	9,254	18.14%	51,010
新竹縣	7,410	8.28%	8,970	10.02%	12,920	14.43%	89,527
新竹市	5,283	2.06%	5,732	2.23%	7,056	2.75%	256,998
苗栗縣	12,865	9.63%	16,867	12.63%	24,817	18.58%	133,581
臺中市	44,134	4.43%	55,051	5.52%	77,954	7.82%	996,699
彰化縣	15,091	6.72%	22,414	9.99%	36,048	16.06%	224,413
南投縣	10,360	7.55%	13,580	9.89%	20,399	14.86%	137,291
雲林縣	16,497	11.14%	19,333	13.05%	27,337	18.45%	148,132
嘉義市	1,444	0.86%	1,642	0.97%	2,376	1.41%	168,814
嘉義縣	8,912	6.25%	12,522	8.78%	21,261	14.90%	142,653
臺南市	25,695	9.72%	31,275	11.83%	46,620	17.63%	264,391
高雄市	11,853	4.78%	14,441	5.83%	23,116	9.33%	247,716
屏東縣	9,792	5.16%	13,011	6.86%	23,102	12.18%	189,695
宜蘭縣	7,966	10.90%	9,806	13.41%	13,912	19.03%	73,105
花蓮縣	6,528	2.72%	9,553	3.98%	18,572	7.74%	239,912
台東縣	8,617	12.66%	10,402	15.28%	14,800	21.75%	68,061
Total	197,136	5.71%	251,278	7.28%	381,250	11.04%	3,453,105

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

對照 3.11 節的圖 3-49，可觀察到台東縣與宜蘭縣的 LiDAR DEM/DSM 更新年度分別為 101 年度及 103 年度，與 2D 向量圖資已有時間差；而嘉義市的 2D 向量圖資為 107 年度修測，LiDAR DEM/DSM 為 106 年度的資料，時序差異小，樓高不足比例遠低於所有縣市。

觀察其分布情形，如圖 4-61，無論何種高度門檻，皆為均勻分布於各縣市行政轄區內。然而，樓高不足的原因不只有 DSM 更新頻率，尚有其它次要的因素如：各縣市土地開發及新建數量、LiDAR DEM/DSM 品質，其中也參雜著實際為矮小房屋的情形，未來將隨著資料品質的提升，前後期資料比對的結果，逐漸改善建物樓高不足的情況。

因此，由此樓高統計分析結果，可大致推論為建物高度來源與 2D 向量圖資時序接近，有助於提升建物樓高萃取的成功率；隨著臺灣通用電子地圖更新頻率已提升至 2 年更新一次，並考量建物高度不足的分布情形，以航照影像匹配技術搭配 LiDAR DEM/DSM 更新，可成為加速建物高度來源更新頻率的方案。

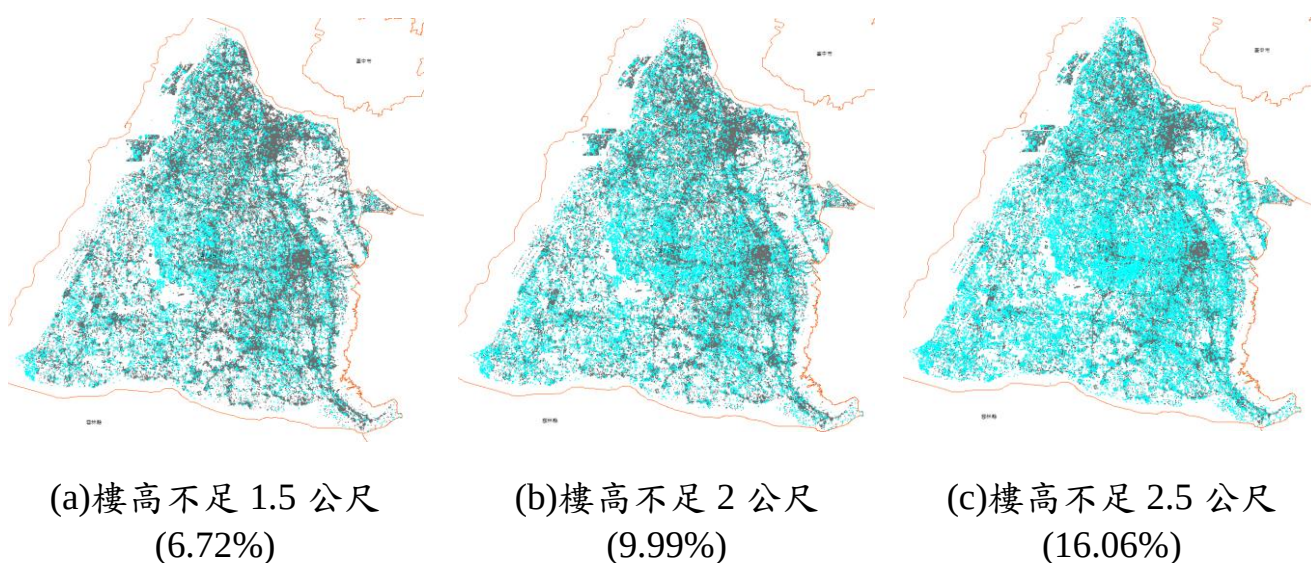


圖 4-61 建物高度不足分布情形示意圖-以彰化縣為例

二、建物樓高萃取統計及精度分析：

1. 眾數層網格點數比例統計：

篩選眾數層網格比例過低(20%以下)的建物並統計各縣市數量，做為樓高萃取可靠度的參考。眾數層比例分析結果如表 4-15，各縣市約在 1.6%~5.5%之間，整體比例約為 4.48%，標準差為 4.61。其中，嘉義市比例偏高約為 22%，超出標準差甚多，故進一步搭配其他輔助資料探討原因。

表 4-15 各縣市眾數層萃取網格點數比例偏低統計表

	眾數比例小於 20%	比例	總數
基隆市	727	3.44%	21,107
新北市	2,146	4.21%	51,010
新竹縣	2,060	2.30%	89,527
新竹市	14,140	5.50%	256,998
苗栗縣	3,960	2.96%	133,581
臺中市	32,214	3.23%	996,699
彰化縣	7,175	3.20%	224,413
南投縣	5,369	3.91%	137,291
雲林縣	6,668	4.50%	148,132
嘉義市	37,292	22.09%	168,814
嘉義縣	7,314	5.13%	142,653
臺南市	7,260	2.75%	264,391
高雄市	8,720	3.52%	247,716
屏東縣	4,691	2.47%	189,695
宜蘭縣	1,235	1.69%	73,105
花蓮縣	11,464	4.78%	239,912
台東縣	2,419	3.55%	68,061
Total	154,854	4.48% (標準差 4.61%)	3,453,105

針對嘉義市的建物樓高統計結果，搭配「嘉義市建築物屋頂之調查及 3D 模型建置計畫」屋頂屬性調查進行分析，如圖 4-62，眾數層比例較低的建物多為斜屋頂的建物型態，可合理解釋眾數層比例較低的原因。

綜合嘉義市 2D 圖資與 LiDAR DEM/DSM 資料時續接近，以及一千分之一建模區域辦理確實的分戶作業之特性，確實有助於樓高萃取的成功率與正確性，相對的，對於眾數層的比例變化也會較為敏感。



a.嘉義市樓高統計主題圖

b.嘉義市屋頂屬性調查成果

圖 4-62 嘉義市建物型態分析

2. 建物樓高萃取精度分析：

為了以數據化方式，驗證建物樓高萃取的成果精度，需利用建物樓高萃取的成果與「真值」進行比較分析。然而，臺灣通用電子地圖建物框為 1/5,000 比例尺之建物區塊，建物樓高「真值」的定義尚不明確，暫不列入驗證項目；一千分之一建模區中，唯有嘉義市於 107 年度採用人工立體量測方式取得建物高程(嘉義市建物高度定義如圖 4-63)，故以嘉義市全市 168,814 棟建物為標的進行精度統計，以人工量測高度作為「真值」，評估自動化建物樓高萃取的精度。



a.斜屋頂-量測屋頂下緣

b.平屋頂-量測女兒牆高度

圖 4-63 嘉義市建物樓高定義(Tung et al., 2018)

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

統計結果如表 4-16，整體建物高程精度均方根誤差值為 2.5 公尺，符合 CityGML 建議精度標準(5 公尺)，如考量平屋頂女兒牆高度與樓地板造成的差異，理論精度可以再提高；此外，將近 96% 的建物高度差異在 3 公尺以內，以此驗證本案所採用的建物樓高萃取模式為可行。

表 4-16 嘉義市建物樓高萃取精度分析統計表

均方根誤差(公尺) (RMS Error)	高差 1 公尺以下	高差 1~2 公尺	高差 2~3 公尺	高差 3 公尺以上	建物總數
2.50	105,946	41,662	14,377	6,829	168,814
	62.76%	24.68%	8.52%	4.05%	100.00%

三、 外牆紋理材質使用統計：

本報告書第 4.4 節，表 4-6 說明本案實際建置騎樓紋理數量為 651，牆面紋理數量為 13,175，透過三維近似化建物模型成果，進行外牆紋理材質使用數量統計，了解紋理材質庫使用情形。

如表 4-17，騎樓紋理材質總計使用 619 張，使用率約 95%，其中，使用次數大於 10,000 次的材質數量有 73 張，約占騎樓紋理使用總數 11.79%，顯示我國騎樓類型並不多元，許多建物都匹配到相同的騎樓紋理；進一步細究其原因，主要是鐵捲門的騎樓型態普遍存在於各種建物類型，包括大樓、透天、商辦、公寓或華廈，一樓多作為店面使用，且裝設鐵捲門的比例偏高，故匹配結果易集中。

表 4-17 騎樓紋理材質庫使用數量統計表

使用次數	大於 10,000	5,000 ~ 10,000	3,000 ~ 5,000	1,000 ~ 3,000	小於 1,000	總計
騎樓材質庫 張數	73	109	110	220	107	619
百分比	11.79%	17.61%	17.77%	35.54%	17.29%	100.00%

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

表 4-18 為牆面紋理材質庫使用數量統計，總計使用 8,728 張，使用率約 66%，且超過 90%的牆面紋理材質使用次數小於 1,000 次，呈現均勻分布的使用情形；主要因為我國建築型態及街景多為中性的均質色調，透過大津演算法過濾路樹、招牌等色調鮮明的街景資訊後，牆面材質庫中較為極端色調的材質(深色、對比強烈、鮮豔)則不會使用。

表 4-18 牆面紋理材質庫使用數量統計表

使用次數	大於 10,000	5,000 ~ 10,000	3,000 ~ 5,000	1,000 ~ 3,000	小於 1,000	總計
牆面材質庫 張數	18	134	168	432	7,976	8,728
百分比	0.21%	1.53%	1.92%	4.94%	91.20%	100.00%

第五章 品質分析及自我檢核

本公司針對本案所產製之成果項目辦理自我檢核，包括一千分之一地形圖建物框轉置檢核、建物樓高萃取作業檢核、LOD1 三維灰階建物模型檢核、屋頂及外牆紋理材質檢核、LOD3 精緻模型細緻度及精度驗證，各階段性資料所對應之檢核重點及表單說明如表 5-1，以下各節則說明各項自我檢核作業之辦理方式。

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	作業檢核表單 附錄一
1	三維灰階建物模型 建置	1/1,000 地形圖建物框(.shp)	建物框數量、屬性檢查	表 1
2		1/1,000 建物樓高屬性欄位	屬性欄位檢查 (DSM 高程、DEM 高程、樓高)	
3		1/5,000 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	三維近似化建物模型	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 平臺與 Sketchup 軟體要求	表 4
7	LOD3 精製模型精度驗證	LOD3 精製模型	模型細緻度、模型準確度、資料格式	表 5

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 一千分之一地形圖建物框轉置檢核

- 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

一、一千分之一建物樓高萃取：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，樓層數是否與一千分之一地形圖一致。

二、臺灣通用電子地圖建物樓高萃取：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，樓層數計算結果是否正確。

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 屋頂及外牆紋理品質管控

本案紋理品質管控可分成屋頂與外牆兩個部分，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 節外牆紋理判斷方式作為品質管控依據，透過外牆高度、寬度區分出房屋類別，根據街景影像進

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

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，即使匹配之外牆紋理類型與真實街景有誤差，但兩者之色階資訊仍會相近。模型敷貼外牆紋理後，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 LOD3 精緻建物模型精度驗證

針對 LOD3 精緻建物模型，有完整的三大項檢核，分別為模型細緻度、模型準確度、模型資料格式。檢核項目詳如 附錄一之表 5。以下分項說明檢核內容：

- 一、**模型細緻度**：以 CityGML 中定義的 LOD3 建物為準，牆面裝置高度大於 1 公尺、平面面積大於 2*2 平方公尺的建物設施需於模型中表現，具代表性的外部特徵需於模型中表示，屋頂結構展示為真實物件形式，屋頂懸掛部分需表現出來。
- 二、**模型精確度**：由模型本體檢核相對精度，整體相對比例、門窗、牆面裝置、屋頂是否符合 OGC CityGML 之 LOD3 建物模型精度標準。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

5.5 公正第三方協助辦理檢核機制

本公司規劃提撥 100 萬(含稅)經費，委託公正第三方作為本案各式成果之監審及檢核單位，協助確保成果品質。依據本案第一次工作會議結論，積極洽詢國內適合辦理單位，已於 108 年 5 月 1 日完成簽約程序，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)協助辦理本項查核作業，針對各項階段成果出具檢核報告。

一、 一千分之一地形圖查核：

航測學會配合本案分批提送成果，辦理成果自我審查作業，一千分之一地形圖查核項目為(1)屬性欄位完整性及(2)屬性欄位值域合理性。於 108 年 5 月 24 日提供成果查核報告，如表 5-2 及 5-3。

表 5-2 一千分之一地形圖屬性欄位完整性確認

繳交數量	抽驗數量	查核紀錄		修正紀錄	
		日期	問題類型	日期	問題修正情形
76.1%數量 (20 直轄市、 縣(市))	全數查核	108.5.21	欄位名稱 錯誤 SOURCE	108.5.24	已全面修正為 SOURCE
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					

表 5-3 一千分之一地形圖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
76.1%數量 (20 直轄市、 縣(市))	全數查核	108.5.24	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分為 2-2 及 2-3 兩階段辦理，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。分別於 108 年 5 月 24 日及 108 年 6 月 28 日提供成果查核報告，如表 5-4 及 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 2-2 階段 LOD1 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	
			幅	棟	日期	問題類型
23.3% 數量	O_新竹市	28	3	88	108.5.24	確認無誤
	N_彰化縣	187	19	432	108.5.24	確認無誤
	I_嘉義市	18	2	143	108.5.24	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						

表 5-5 2-3 階段 LOD1 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	108.6.28	確認無誤
C	基隆市	32	4	80	108.6.28	確認無誤
D	臺南市	359	39	780	108.6.28	確認無誤
E	高雄市	339	37	740	108.6.28	確認無誤
F	新北市	299	32	640	108.6.28	確認無誤
G	宜蘭縣	213	22	440	108.6.28	確認無誤
J	新竹縣	182	19	380	108.6.28	確認無誤
K	苗栗縣	234	25	500	108.6.28	確認無誤
M	南投縣	402	42	840	108.6.28	確認無誤
N	彰化縣	187	20	400	108.6.28	確認無誤
P	雲林縣	220	23	460	108.6.28	確認無誤
Q	嘉義縣	303	31	630	108.6.28	確認無誤
T	屏東縣	355	36	720	108.6.28	確認無誤
U	花蓮縣	360	36	720	108.6.28	確認無誤
V	臺東縣	310	31	620	108.6.28	確認無誤
W	金門縣	47	5	100	108.6.28	確認無誤
X	澎湖縣	67	7	140	108.6.28	確認無誤
Z	連江縣	25	3	60	108.6.28	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						

三、 LOD3 精緻建物模型查核：

精緻建物模型於 2-3 階段及 3-3 階段辦理審查，以各直轄市、縣(市)抽查一棟為原則，選定 18 棟精緻建物模型進行相關查核作業。查核項目為(1)模型正確度、(2)模型準確度及(3)模型成果格式。於 108 年 6 月 28 日及 108 年 11 月 25 日提供成果查核報告，如表 5-6 及 5-7。

詳細查核內容及表格詳附錄七、第三方監審單位審查報告，各建物幾何精度查核如圖 5-1，由查核人員重複量測 3D Mesh 與 LOD3 成果模型，針對相同的牆面、窗戶、屋頂結構抽樣量測尺寸，逐一比對，統計確認建模精度。

表 5-6 LOD3 精緻建物模型內容檢核統計表

序 號	建物模型名稱	檢核 人員	模型正確度			模型準確度				模型成果格式	
			項目 A1	項目 A2	項目 A3	項目 B1	項目 B2	項目 B3	項目 B4	項目 C1	項目 C2
1	001_基隆市政府	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	007_桃園市政府	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	011_苗栗縣政府第二辦公大樓	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	014_臺中州廳	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
5	017_彰化縣政府	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	019_南投縣政府	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	022_雲林縣議會	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	023_嘉義市政府	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9	026_嘉義縣議會	張子展	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10	028_臺南市民治市政中心	翁慧萍	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11	033_高雄市議會	翁慧萍	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
12	037_臺東縣政府 02	翁慧萍	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
13	047_澎湖縣議會	翁慧萍	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
14	050_金門縣政府 03	翁慧萍	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
15	077_立法院議政博物館	陳建全	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
16	079_故宮南院	陳建全	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

序 號	建物模型名稱	檢核 人員	模型正確度			模型準確度				模型成果格式	
			項目 A1	項目 A2	項目 A3	項目 B1	項目 B2	項目 B3	項目 B4	項目 C1	項目 C2
17	081_新莊聯合辦公大樓	陳建全	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
18	091_監察院 審計部	陳建全	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
查核單位：中華民國航空測量及遙感探測學會											
覆核人員：陳昱芸											

表 5-7 LOD3 精緻建物模型幾何精度檢核統計表

序 號	建物模型名稱	檢核 人員	模型幾何精度查核（距離較差統計量）					
			筆數	min	MAX	AVG	RMS	合格 確認 (Y/N)
1	001_基隆市政府	張子展	20	0.001	0.331	0.082	0.111	Y
2	007_桃園市政府	張子展	20	0.002	0.335	0.067	0.101	Y
3	011_苗栗縣政府第二辦公大樓	張子展	20	0.000	0.481	0.103	0.168	Y
4	014_臺中州廳	張子展	20	0.069	0.283	0.172	0.183	Y
5	017_彰化縣政府	張子展	20	0.008	0.595	0.162	0.213	Y
6	019_南投縣政府	張子展	20	0.012	0.336	0.133	0.165	Y
7	022_雲林縣議會	張子展	20	0.005	0.388	0.088	0.121	Y
8	023_嘉義市政府	張子展	20	0.002	0.353	0.127	0.158	Y
9	026_嘉義縣議會	張子展	20	0.003	0.362	0.120	0.151	Y
10	028_臺南市民治市政中心	翁慧萍	20	0.003	0.588	0.112	0.173	Y
11	033_高雄市議會	翁慧萍	20	0.000	0.449	0.123	0.173	Y
12	037_臺東縣政府 02	翁慧萍	20	0.001	0.179	0.075	0.090	Y
13	047_澎湖縣議會	翁慧萍	20	0.004	0.155	0.054	0.070	Y
14	050_金門縣政府 03	翁慧萍	20	0.001	0.256	0.064	0.087	Y
15	077_立法院議政博物館	陳建全	20	0.001	0.331	0.082	0.111	Y
16	079_故宮南院	陳建全	20	0.000	0.175	0.061	0.078	Y
17	081_新莊聯合辦公大樓	陳建全	20	0.002	0.101	0.032	0.042	Y
18	091_監察院 審計部	陳建全	20	0.000	0.283	0.113	0.137	Y

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

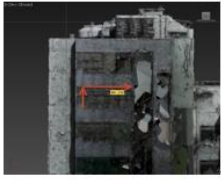
編號	模型 視角	3D MESH 模型_截圖	LOD3 模型_截圖	MESH_ 橫向距離	MESH_ 直向距離	LOD3_ 橫向距離	LOD3_ 直向距離	距離差 橫向	距離差 直向
01	Front			1.124	2.070	1.077	2.174	-0.047	0.104
02	Front			5.701	2.558	5.738	2.509	0.037	-0.049
編號	模型 視角	3D MESH 模型_截圖	LOD3 模型_截圖	MESH_ 橫向距離	MESH_ 直向距離	LOD3_ 橫向距離	LOD3_ 直向距離	距離差 橫向	距離差 直向
03	Back			0.982	2.493	1.083	2.824	0.101	0.331
04	Back			2.349	2.089	2.254	2.16	-0.095	0.071

圖 5-1 精緻建物模型幾何精度查核示意圖

四、三維近似化建物模型成果查核：

三維近似化建物模型於第三階段辦理審查，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) 牆面紋理品質管控。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統計如表 5-8，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 5-2，屋頂紋理審查內容示意圖如圖 5-3；牆面紋理品質管控統計如表 5-9，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，各縣市比對結果如圖 5-4。

因查核報告內容及數量繁多，詳細查核內容及表格詳附錄七、第三方監審單位審查報告，屋頂紋理及牆面紋理查核結果另以電子表單儲存備查。

表 5-8 屋頂紋理品質管控查核統計總表

縣市	提交範圍圖幅數	應抽圖幅數	抽驗圖幅數	抽驗模型棟數	合格模型棟數	合格圖幅數	合格率	查核紀錄	問題修正情形
I 嘉義市	18	1.8	2	140	126	1	50.0%	10/1 回覆查核問題	確認修訂完成
O 新竹市	32	3.2	4	121	119	4	100.0%	9/25 回覆查核問題	確認修訂完成
N 彰化縣	220	22	22	452	444	22	100.0%	9/25 回覆查核問題	確認修訂完成
C 基隆市	32	3.2	4	105	102	4	97.14%	合格	
G 宜蘭縣	213	21.3	22	456	445	22	97.59%	合格	
K 苗栗縣	234	23.4	24	496	488	23	98.39%	合格	
P 雲林縣	220	22	22	451	439	19	97.34%	合格	
V 臺東縣	319	31.9	32	662	649	30	98.04%	合格	
D 臺南市	358	35.8	36	769	754	36	98.05%	合格	
B 臺中市	282	28.2	29	611	611	29	100.00%	合格	
E 高雄市	339	33.9	34	693	691	34	99.71%	合格	
F 新北市	299	29.9	30	608	573	26	94.24%	合格	
J 新竹縣	182	18.2	19	383	379	19	98.96%	合格	
M 南投縣	402	40.2	41	825	796	38	96.48%	合格	
Q 嘉義縣	303	30.3	31	646	630	29	97.52%	合格	
T 屏東縣	355	35.5	36	721	716	36	99.31%	合格	
U 花蓮縣	358	35.8	36	835	830	36	99.40%	合格	
W 金門縣	47	4.7	5	128	128	5	100.00%	合格	
X 澎湖縣	67	6.7	7	140	137	7	97.86%	合格	
Z 連江縣	26	2.6	3	105	105	3	100.00%	合格	
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									

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

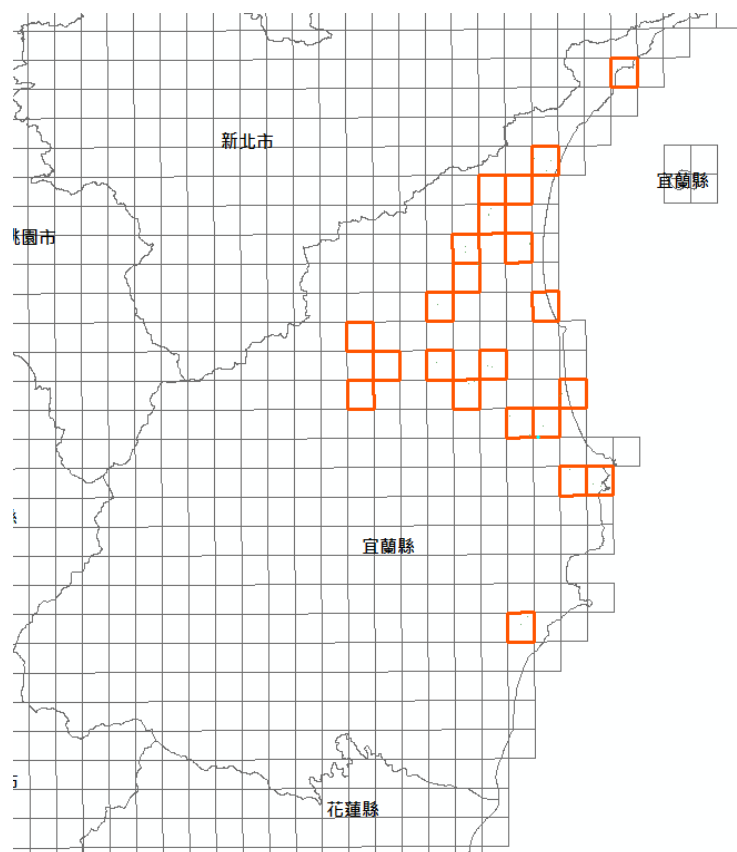


圖 5-2 屋頂紋理抽驗分布圖-以宜蘭縣為例

@352D774E2H.
jpg

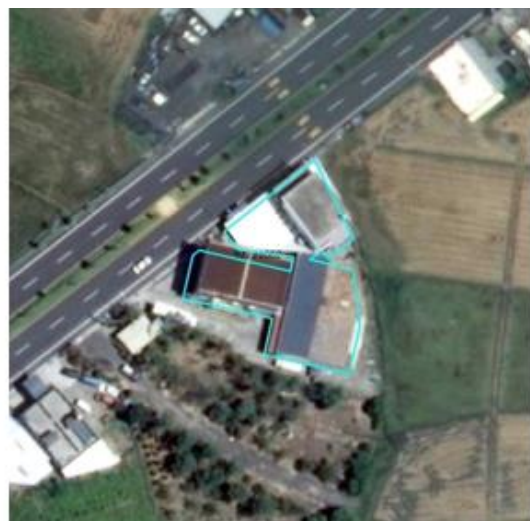
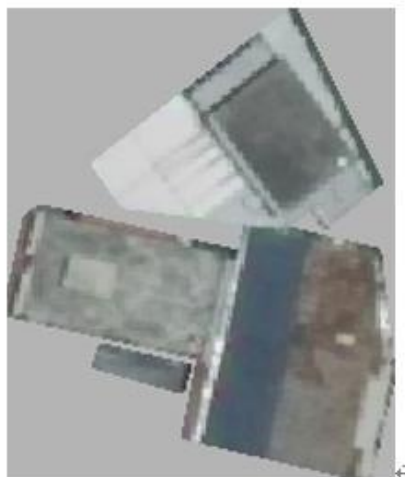


圖 5-3 屋頂紋理審查內容示意圖

表 5-9 牆面紋理品質管控查核統計總表

縣市	抽棟		合格棟數		合格率	合格(Y/N)	查核紀錄
	1F	2F	1F	2F			
I 嘉義市	140	109	140	109	100.0%	Y	確認均無誤
O 新竹市	121	90	121	90	100.0%	Y	確認均無誤
N 彰化縣	452	426	452	426	100.0%	Y	確認均無誤
G 宜蘭縣	331	358	331	358	100.0%	Y	確認均無誤
C 基隆市	85	106	85	106	100.0%	Y	確認均無誤
K 苗栗縣	324	378	324	378	100.0%	Y	確認均無誤
P 雲林縣	352	371	352	371	100.0%	Y	確認均無誤
V 臺東縣	455	517	455	517	100.0%	Y	確認均無誤
D 臺南市	655	621	655	621	100.0%	Y	確認均無誤
B 臺中市	455	481	455	481	100.0%	Y	確認均無誤
E 高雄市	490	517	490	517	100.0%	Y	確認均無誤
F 新北市	269	230	269	230	100.0%	Y	確認均無誤
J 新竹縣	295	297	295	297	100.0%	Y	確認均無誤
M 南投縣	556	477	556	477	100.0%	Y	確認均無誤
Q 嘉義縣	413	490	413	490	100.0%	Y	確認均無誤
T 屏東縣	501	488	501	488	100.0%	Y	確認均無誤
U 花蓮縣	530	579	530	579	100.0%	Y	確認均無誤
W 金門縣	109	106	109	106	100.0%	Y	確認均無誤
X 澎湖縣	117	108	117	108	100.0%	Y	確認均無誤
Z 連江縣	108	102	108	102	100.0%	Y	確認均無誤
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							

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	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
2	1	彰化縣	1UVH16DP3B	0.668	0.013	175	0004002002030020.jpg	0.674	0.075	175	0.006	0.061	0	OK
3	2	彰化縣	1UKEF6DNQK	0.361	0.114	48	0001001002010082.jpg	0.482	0.114	48	0.122	0	0	OK
4	3	彰化縣	1UJF46DNLX	0.358	0.132	53	0005001021030010.jpg	0.334	0.133	53	-0.023	0.002	0	OK
5	4	彰化縣	1UG6W6DL4L	0.714	0.039	52	0001002002040038.jpg	0.772	0.039	52	0.058	0	0	OK
6	5	彰化縣	1UF5C6DN30	0.663	0.02	160	0005004028010007.jpg	0.671	0.016	160	0.008	-0.004	0	OK
7	6	彰化縣	1UEXF6DFXK	0.706	0.035	190	0001001021060000.jpg	0.772	0.048	190	0.066	0.013	0	OK
8	7	彰化縣	1UDAF6DJ91	0.639	0.09	43	0004001002020043.jpg	0.592	0.098	43	-0.047	0.008	0	OK
9	8	彰化縣	1UD686DE4A	0.322	0.138	48	0004002002030089.jpg	0.384	0.153	48	0.062	0.015	0	OK
10	9	彰化縣	1UBHP6DAFE	0.62	0.104	176	0001002006020031.jpg	0.612	0.114	176	-0.008	0.01	0	OK
11	10	彰化縣	1UG976D228	0.781	0.023	153	0006004006010006.jpg	0.647	0.086	153	-0.134	0.063	0	OK
12	11	彰化縣	1UESJ6CWYM	0.672	0.215	202	0005003001040000.jpg	0.718	0.212	202	0.046	-0.003	0	OK
13	12	彰化縣	1UBP36D06T	0.718	0.012	147	0001001006010009.jpg	0.629	0.083	147	-0.089	0.072	0	OK
14	13	彰化縣	1UCGK6D4LG	0.767	0.023	58	0004002006010048.jpg	0.867	0.106	58	0.099	0.082	0	OK
15	14	彰化縣	1UCMS6D3RK	0.718	0.061	201	0004002002020137.jpg	0.721	0.059	201	0.003	-0.003	0	OK
16	15	彰化縣	1U92K6DBRB	0.736	0.012	89	0004002002020315.jpg	0.584	0.012	89	-0.152	0.001	0	OK
17	16	彰化縣	1UA1J6DC2E	0.698	0.016	178	0005001021010030.jpg	0.81	0.02	178	0.112	0.005	0	OK
18	17	彰化縣	1UBMC6DE5Q	0.844	0.023	58	0004002006010048.jpg	0.867	0.106	58	0.023	0.083	0	OK
19	18	彰化縣	1UDCU6DF80	0.58	0.167	35	0001999999010010.jpg	0.566	0.161	35	-0.014	-0.006	0	OK
20	19	彰化縣	1UAEL6DJNQ	0.722	0.031	30	0004002007030004.jpg	0.675	0.035	30	-0.047	0.004	0	OK
21	20	彰化縣	1U9BJ6DJNT	0.676	0.027	71	0001002007020035.jpg	0.554	0.037	71	-0.122	0.01	0	OK
22	21	彰化縣	1TBKK6CMDV	0.711	0.039	151	0004001002020020.jpg	0.882	0.047	151	0.171	0.008	0	OK
23	22	彰化縣	1TCQW6CMUR	0.497	0.125	55	0005002006010031.jpg	0.39	0.141	55	-0.107	0.016	0	OK
24	23	彰化縣	1TDMP6CNU	0.285	0.176	55	0004006002020042.jpg	0.545	0.18	55	0.26	0.005	0	OK

圖 5-4 牆面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，建構國家三維底圖。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. 本案結合一千分之一地形圖、臺灣通用電子地圖及 LiDAR DEM/DSM 等既有資料，完成全國三維近似化建物模型成果共計約 297 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，一千分之一地形圖建置區高程精度約 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. 利用歷年航照影像，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，產製全國三維近似化建物模型。
4. 利用無人機環景影像搭配地面近景攝影測量技術，建置 LOD3 等級精緻建物模型，包含各縣市政府、議會及中央部會，共計 92 棟。
5. 試辦航照影像密匹配萃取建物樓高作業，有效補足 LiDAR DEM/DSM 更新頻率之缺口，提高建物樓高萃取成功率，未來可作為三維建物模型更新維護適用方案。
6. 試辦 LiDAR DEM/DSM 自動化建物分割作業，成功率約 70%，平面精度約 1 公尺，有效提升臺灣通用電子地圖區域建物細緻度達 LOD1.5 等級，未來可規劃逐區辦理建物細緻化，以期全面提升國家底圖細緻程度。
7. LOD2 等級建物模型，依現有技術評估，自動化程度仍有限，建議未來可納入試辦作業，進一步評估人工建置

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

及自動化提升相關技術及成本。

二、三維建物模型更新維護

本案三維近似化建物模型建置過程，所使用的基礎資料包括：(1)二維建物框(含臺灣通用電子地圖及一千分之一地形圖)，(2) 原始航照影像及正射影像，(3) LiDAR DEM/DSM 資料。未來三維近似化建物模型，應考量前述基礎資料更新範圍及狀況，逐年逐區辦理更新維護，綜合考量因素說明如下。

1. 108 年度臺灣通用電子地圖建物異動：

108 年度臺灣通用電子地圖作業範圍，第 1 作業區包含北北基及桃竹苗等縣市，第 2 作業區包含臺中市、花蓮縣北部及高屏地區，經前後期建物分析比對，統計異動數量如表 6-1，其中實際有建置需求者為建物異動(含新增及修改)。

表 6-1 108 年度臺灣通用電子地圖建物異動數量統計

統計項目	數量(棟)
建物差異比對	394,658
建物異動(新增及修改)	339,158
建物減失	55,500
圖幅數	1,996

2. 建物高度來源分布：

本案已採用 106 年度 LiDAR DEM/DSM 辦理樓高萃取作業，來年三維建物模型更新，可使用的高度來源有兩種：(1)108 年度臺灣通用電子地圖計畫中，使用 UltraCAM 影像辦理立體測量修測之區域，(2)107 年度及 108 年度 LiDAR DEM/DSM 更新作業區，如圖 6-2。

3. 建物模型高度不足 2 公尺：

本案建置作業中，建物高度不足 2 公尺的標的，應利用前述建物高度來源予以重建，經實際萃取及比對分析後，計算應重建之數量。

將前述三項因素進行交集比對後，可概算來年三維建物更新維護之數量，詳列於表 6-2。其中，108 年度航照立體對涵蓋圖幅約 520 幅，需辦理影像密匹配作業；建物更新數量包含異動建物及高度不足 2 公尺之建物，總數約 291,970 棟，需辦理建物樓高萃取及產製三維近似化建物模型。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

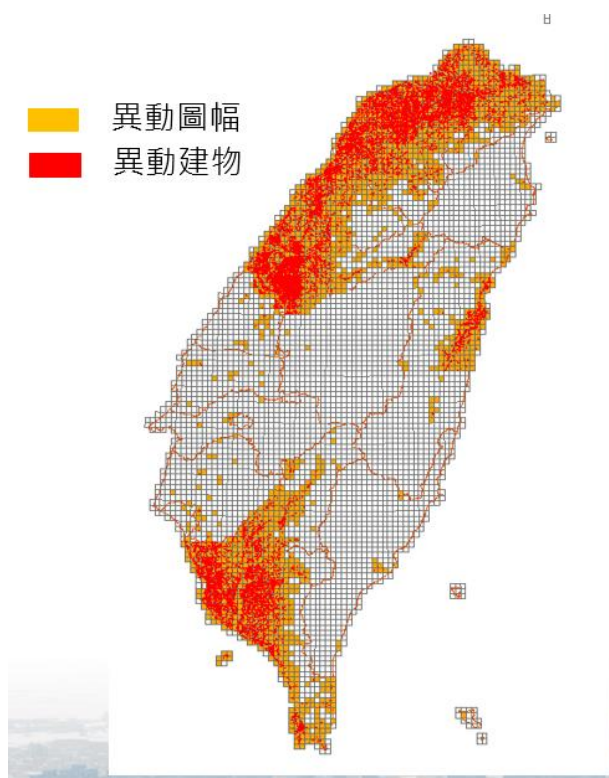


圖 6-1 臺灣通用電子地圖建物異動分布

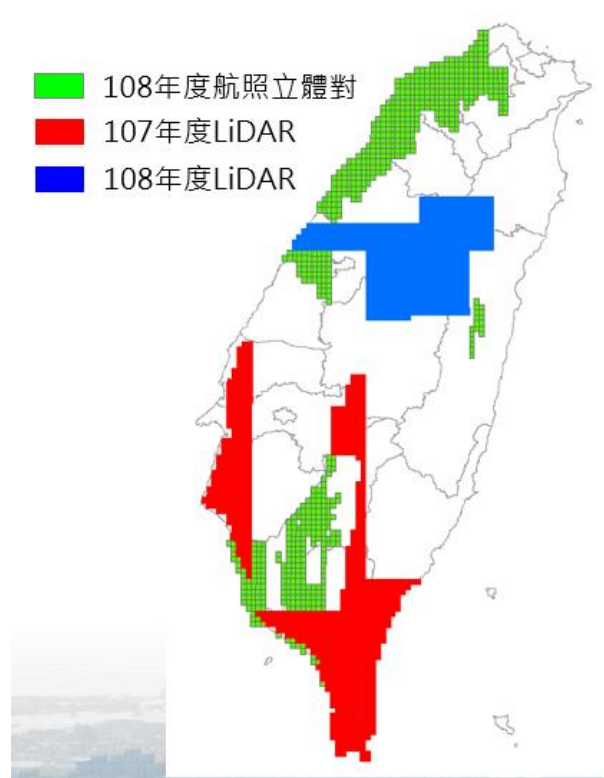


圖 6-2 建物高度來源分布

表 6-2 來年三維建物模型更新維護數量統計

高度來源	異動數量 (電子地圖區)	高度不足 2 公尺 (電子地圖區)	高度不足 2 公尺 (1/1,000 建模區)	建物 更新數量	1/5,000 圖幅數
108 年度航照立體對	131,344	7,791	26,367	165,502	520
107 年度 LiDAR	20,228	60,297	2,640	83,165	559
108 年度 LiDAR	14,783	14,239	14,281	43,303	272
總計	166,355	82,327	43,288	291,970	1,351

*備註:建物數量皆以「棟」為單位

三、三維建物模型精進作業

除了三維建物模型更新維護，也建議利用本(108)年度試辦技術，逐年提升國家底圖細緻程度，建議優先區為臺南市，考量因素有兩點：

1. 臺南市為六都中，唯一沒有採用一千分之一地形圖辦理三維建物模型產製的區域，主要原因為圖資較舊，故僅以臺灣通用電子地圖產製三維近似化建物模型。
2. 考量 106 年度及 107 年度 LiDAR DEM/DSM 作業範圍集中於臺灣本島中南部西部沿海縣市，高度來源較新，如圖 6-3。其中，又以臺南市轄區內建物數量最多。

綜合以上考量，統計臺南市辦理建物細緻化作業如表 6-3，供後續規劃參考。

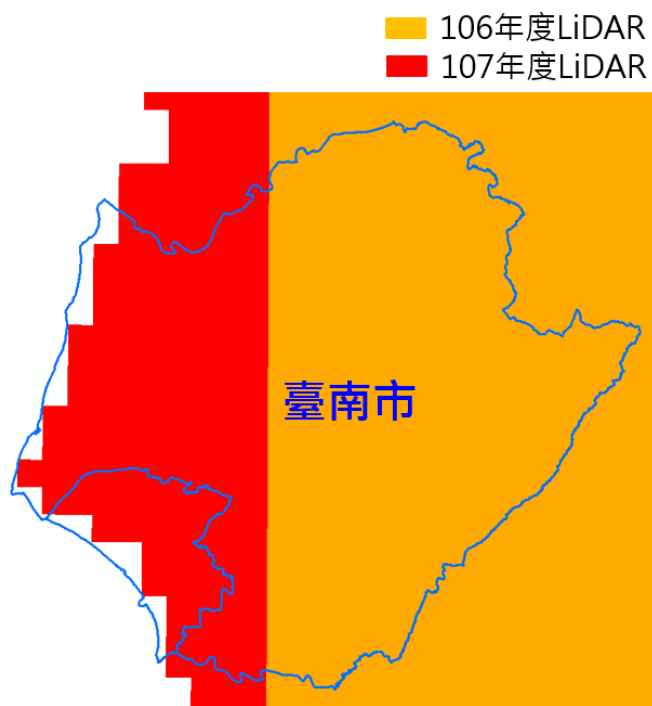


圖 6-3 建物細緻化優先作業區(建議)

表 6-3 臺南市建物細緻化作業數量統計

統計項目	數量(單位)
行政轄區面積	219,200(公頃)
電子地圖建物	約 25.9 萬(棟)
細緻化後建物(概估)	約 80 萬(棟)

四、LOD2 等級建物模型試辦作業

CityGML 所定義之 LOD2 等級建物模型，為具有差異化屋頂結構展現之建物模型，最小繪製單位為 16 平方公尺，如表 6-4。

表 6-4 CityGML 定義之建物細緻度 LOD1~LOD3

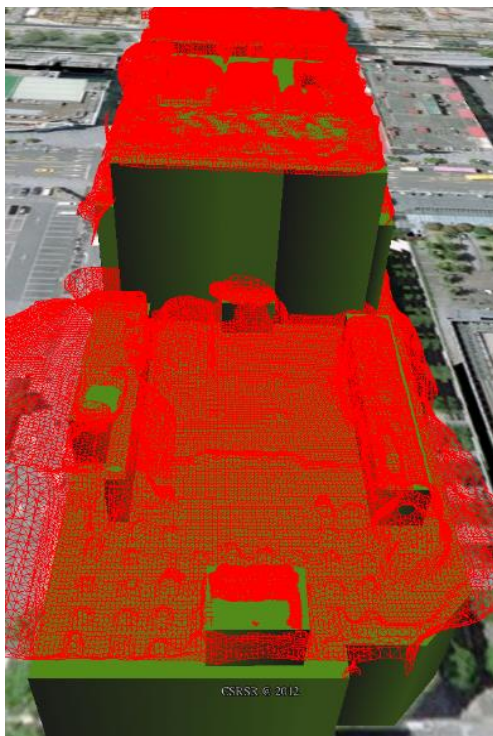
	LOD1	LOD2	LOD3
模型尺度	城市，地區	城市，城區	城市區，建築模型(外部)，地標
準度分級	低	中	高
三維精度 (位置；高程)	5M；5M	2M；2M	0.5M；0.5M
模型簡化	以概括圖徵呈現物件區塊； 所佔面積 >6*6m/3m	以概括圖徵呈現物件； 所佔面積 >4*4m/2m	以真實圖徵呈現物件； 所佔面積 >2*2m/1m
建物設施	無	有	具代表性的外部特徵
屋頂結構展現	平坦屋頂	差異化的屋頂結構	實際物件形式
屋頂懸掛部分	無	有	有

以現行技術而言，尚無自動化建模之套配方案，目前可行技術可分為人工建置及半自動化塑模兩種方案。人工建置方案，是利用建物框加測建物內部三維結構線，完成屋頂結構，過去多以一千分之一地形圖加值製作，臺灣通用電子地圖建物框需另行辦理分戶處理，詳列所需工項如表 6-5；半自動化塑模，是利用 LiDAR 三維點雲資料，搭配編修工具進行人工塑模，建置方式如圖 6-4。

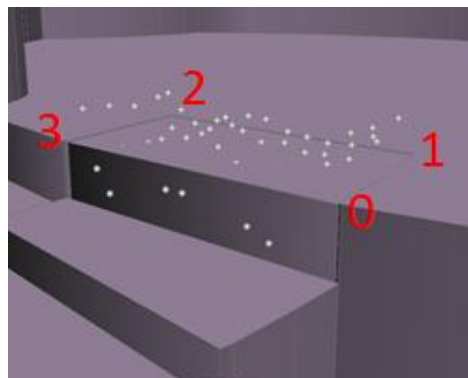
表 6-5 人工建置 LOD2 等級建物模型工項列表

建物框來源	臺灣通用電子地圖	一千分之一地形圖
建物分戶處理	Y	N
加測內部三維結構線	Y	Y
LOD2 建物模型產製	Y	Y
屋頂真實正射影像紋理敷貼	Y	Y
外牆近似化紋理貼敷	Y	Y

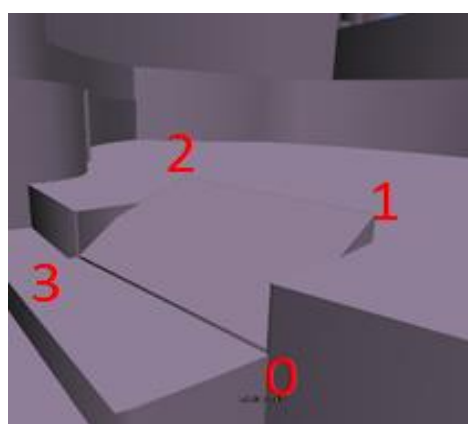
108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案



(a) LOD1 建物模型+三維點雲



(b) 點雲輔助人工修正



(c) 斜屋頂建置成果

圖 6-4 半自動化建置 LOD2 建物模型示意圖

建議可以試辦方式，分別挑選臺灣通用電子地圖及一千分之一地形圖建模區，評估人工及半自動化成本，作為未來精進作業之參考。

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案

五、整體經費及預算規劃

根據前述建議及估算數量、本案作業單價以及試辦成本分析結果，綜合規劃來年具體作業工項及費用如表 6-6。

表 6-6 109 年度三維近似化建物模型更新維護經費規劃

項次	工項	單位	數量	單價	複價	備註
1	航照影像匹配 產製 DSM	幅	520	10,000	5,200,000	108 年度航照立體對範圍
2	三維建物模型產製 (異動建物)	棟	166,355	6.8	1,131,214	1.樓高萃取作業 2.三維灰階建物模型 3.三維近似化建物模型
3	2m 以下建物 比對分析	棟	125,615	3.4	427,091	1.樓高萃取作業 2.比對分析
4	2m 以下建物 重建	棟	100,000	4.4	440,000	1.三維灰階建物模型 2.三維近似化建物模型 3.初估數量，經分析完成確定數量，以實作數量計價
5	建物細緻化分割	公頃	219,200	7	1,534,400	以臺南市為例
6	三維建物模型產製 (細緻化建物)	棟	800,000	6.8	5,440,000	1.樓高萃取作業 2.三維灰階建物模型 3.三維近似化建物模型 4.初估數量，經細緻化完成後確定數量，以實作數量計價
7	LOD2 建物模型 (人工建置)	公頃	300	5,000	1,500,000	臺灣通用電子地圖
8		公頃	300	1,500	450,000	一千分之一地形圖
9	LOD2 建物模型 (半自動化試辦)	式	1	1,000,000	1,000,000	1.一千分之一地形圖區域 2.需提供 LiDAR 三維點雲
10	總計				17,122,705	

參考文獻

1. 內政部，2016。105 年度三維地形圖資技術發展工作案期末報告。
2. 內政部，2018。三維地形圖資測製技術指引(初稿)。
3. 內政部，2019。108 年度三維地形圖資技術發展工作案期末報告。
4. 郭芯瑜，2017。利用開放街圖之道路資訊輔助建物邊界線規則化。
5. 蘇柏瑋，2016。以高解析衛星影像產製之數值地表模型與真實正射影像進行 LOD-1 房屋模型重建。
6. 張凱硯，2018。三維房屋模型擬真牆面通用紋理產製及敷貼。
7. 嘉義市政府，2019。「嘉義市航測數值地形圖更新及 3D 城市建置計畫案」嘉義市 3D 空間資訊展示系統 <https://3dmap.chiayi.gov.tw/gis/>。
8. 嘉義市政府，2019。「嘉義市建築物屋頂之調查及 3D 模型建置計畫」。
9. OGC, 2012. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding.
10. Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing 65, 2-16.
11. Blaschke, T., Lang, S., Lorup, E., Strobl, J., Zeil, P., 2000. Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications. Environmental information for planning, politics and the public 2, 555-570.
12. Baatz, M., Schaepe, A., 2000. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. Angewandte geographische informationsverarbeitung XII 58, 12-23.
13. Soedarmodjo & Rau, 2018. Roof Segmentation Using True-Orthoimage and DSM with OBIA Paradigm.
14. 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
15. Yi-Chung Tung, His-Hsien Wu, Hong-Kuei Cheng and Liang-Chien Chen, 2018. Reconstruction of 3D Urban Environment for the Immersive Planning of Elevated Railway Systems, Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing , Oct. 15-19, 2018 , kuala Lumpur, Malaysia.

108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案