

**112 年度三維國家底圖成果
加值應用研析採購案
2023 Government Procurement for
Value-add and Application of
Taiwan 3D Map**

**工作總報告
Achievement Report**



標案案號：NLSC-112-52

主辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：易圖科技股份有限公司

中華民國 112 年 12 月 4 日

摘要

本案探討以內政部國土測繪中心所建置之三維國家底圖為基礎，結合各種資料，探討三維國家底圖多元創新應用之可能性。110 年度開始與臺中市政府地方稅務局及臺中市政府交通局合作，利用三維國家底圖之特性，協助合作機關提升業務執行效能。今年與臺中市政府經濟發展局（以下簡稱經發局）及臺中市政府消防局（以下簡稱消防局）進行合作，以三維建物模型應用於太陽能發電潛勢分析及三維道路模型應用於最適救災路線與空間分析為題。三維建物模型應用案例以臺中市西屯區及南屯區為試辦範圍，將三維建物模型作為基礎圖資，運用建物本身資訊（包含樓高、樓地板面積）結合跨域資料，如日照資訊、數值地形模型、國土利用現況調查成果等，分析建物之太陽能輻射量與遮蔽率等分析因子，計算單棟屋頂及各里建置太陽能光電設置容量，導入建號定位成果及再生能源設備登記總表，篩選具設置潛能建物，並將各里發電潛能排名，提供經發局作為推廣目標之參考；三維道路模型以臺中市中區及沙鹿區為試辦範圍，依照兩區之區域特性，將三維道路模型作為基礎資料，運用三維道路模型之資料特性（具道路路寬與道路高程），結合消防局提供搶救不易地區清冊、消防車資訊及三維建物模型等資料，分析道路寬度、坡度、彎度等因子，以狹小巷弄火災案例及墓地火災案例為模擬進行路經規畫，提供消防局最適救災路徑與空間分析成果參考。

兩式應用案例均為利用三維國家底圖資料之特性進行分析，

協助提升業務單位之效率或解決其業務困難，期以更多元的加值應用示範案例，帶動三維國家底圖多元加值應用。

關鍵字：三維、三維國家底圖、國家底圖、太陽能發電、太陽能設置潛能、救災路徑、火災災害防救、國家底圖推廣

Abstract

This project explores the possibilities of diverse and innovative applications using the three-dimensional National Base Map constructed by the National Land Surveying and Mapping Center of the Ministry of the Interior, combined with various data sources. Since the fiscal year 2021, collaborations have been initiated with the Local Tax Bureau and Transportation Bureau of the Taichung City Government, leveraging the characteristics of the three-dimensional National Base Map to enhance the operational efficiency of collaborating agencies. In the current year, collaborations have extended to the Economic Development Bureau (referred to as the Economic Bureau) and the Fire Bureau of the Taichung City Government (referred to as the Fire Bureau). Two specific collaboration topics include the application of three-dimensional building models for analyzing solar energy potential and the application of three-dimensional road models for optimizing disaster relief routes and spatial analysis.

In the case of three-dimensional building model applications, the trial areas include the Xitun District and Nantun District of Taichung City. The three-dimensional building models serve as foundational data, incorporating building-specific information (including height and floor area) along with cross-domain data such as sunlight exposure information, digital terrain models, and current land-use survey results. Analysis factors include solar radiation and shading factors, enabling the calculation of solar photovoltaic installation capacity for individual rooftops and various neighborhoods. The results, including building potential for installation, are ranked by solar energy generation capacity, providing the Economic Bureau with reference information for promotional goals.

In the case of three-dimensional road model applications, the trial areas encompass the Central District and Shalu District of Taichung City. Based on the characteristics of the regions, three-dimensional road models serve as foundational data, incorporating features such as road width and elevation. Collaborating with the Fire Bureau, additional data, including a list of difficult-to-rescue areas, information on firefighting vehicles, and three-dimensional building models, is utilized. Factors such as road width, slope, and curvature are analyzed, and simulations for fire incidents in narrow alleys and cemetery areas are conducted to plan optimal disaster relief routes. The outcomes provide the Fire Bureau with references for the most suitable disaster relief paths and spatial analysis.

Both application cases leverage the characteristics of the three-dimensional National Base Map to analyze and assist in improving efficiency or addressing challenges faced by collaborating agencies. The aim is to showcase diverse value-added application examples, promoting the manifold value applications of the three-dimensional National Base Map.

Keywords : 3D, 3D national map, national map,

Solar power generation, potential of solar panel installation, rescue routes, Fire disaster prevention and rescue, national map promotion

目錄

第壹章、	專案概述.....	1
第一節	計畫概述.....	1
第二節	背景分析.....	2
第貳章、	作業內容規劃及實施方法.....	5
第一節	需求訪談及工作會議.....	5
第二節	三維建物模型應用案例規劃與實作.....	7
一、	目的及預期使用成效.....	8
二、	資料蒐集與流程規劃.....	9
三、	資料前處理.....	12
四、	成果分析.....	34
五、	研究成果.....	48
六、	成果檢核.....	54
七、	結論與未來建議.....	57
第三節	三維道路模型應用案例規劃與實作.....	58
一、	中區應用案例.....	58
二、	沙鹿區應用案例.....	80
三、	研究成果產出及效益分析.....	102
四、	成果檢核.....	104
五、	結論與未來建議.....	113
第參章、	專案品質與進度管理.....	115
第一節	專案管理計畫.....	115
第二節	團隊架構及組織分工.....	117
第三節	團隊成員背景及專業能力.....	119
第四節	工作進度及交付項目.....	120

圖目錄

圖 2-1 需求訪談流程圖	5
圖 2-2 經發局需求訪談圖	6
圖 2-3 消防局需求訪談圖	7
圖 2-4 三維建物模型應用案例作業範圍圖	9
圖 2-5 三維建物應用案例整體流程圖	12
圖 2-6 三維建物模型建物樓高屬性欄位	15
圖 2-7 20 公尺網格資料裁剪後失真	16
圖 2-8 MOSAIC TO NEW RASTER.....	16
圖 2-9 計畫範圍 DEM(解析度 0.5M)	17
圖 2-10 FEATURE TO RASTER	18
圖 2-11 三維建物模型網格資料(解析度為 0.5M).....	18
圖 2-12 RASTER CALCULATOR	19
圖 2-13 建物樓高圖	19
圖 2-14 ARCGIS 幾何間隔法	21
圖 2-15 HILLSHADE 工具模組建物陰影運算示意圖.....	22
圖 2-16 春天各時段建物細部日照遮蔽灰度值之平均值	22
圖 2-17 夏天各時段建物細部日照遮蔽灰度值之平均值	22
圖 2-18 秋天各時段建物細部日照遮蔽灰度值之平均值	23
圖 2-19 冬天各時段建物細部日照遮蔽灰度值.....	23
圖 2-20 日照遮蔽灰度值計算流程圖	24
圖 2-21 ZONAL STATISTICS AS TABLE	25
圖 2-22 ZONAL STATISTICS AS TABLE 成果	25
圖 2-23 遮蔽值匯入建物框	26
圖 2-24 春天平均日照遮蔽灰度值	26
圖 2-25 夏天平均日照遮蔽灰度值	27
圖 2-26 秋天平均日照遮蔽灰度值	27
圖 2-27 冬天平均日照遮蔽灰度值	28

圖 2- 28 AREA SOLAR RADIATION	29
圖 2- 29 春天太陽輻射總量	30
圖 2- 30 夏天太陽輻射總量	30
圖 2- 31 秋天太陽輻射總量	31
圖 2- 32 冬天太陽輻射總量	31
圖 2- 33 ZONAL STATISTICS AS TABLE	32
圖 2- 34 ZONAL STATISTICS AS TABLE 成果	33
圖 2- 35 太陽輻射量匯入建物框	33
圖 2- 36 建物遮蔽度細部成果	34
圖 2- 37 春天建物遮蔽率	35
圖 2- 38 夏天建物遮蔽率	35
圖 2- 39 秋天建物遮蔽率	36
圖 2- 40 冬天建物遮蔽率	36
圖 2- 41 四季建物細部平均太陽輻射量(原始資料)(單位： WH / m^2)	38
圖 2- 42 四季建物細部平均太陽輻射量(調整後)(單位： WH / m^2)	38
圖 2- 43 春天調整後太陽輻射量(單位： WH / m^2).....	39
圖 2- 44 夏天調整後太陽輻射量(單位： WH / m^2).....	39
圖 2- 45 秋天調整後太陽輻射量(單位： WH / m^2).....	40
圖 2- 46 冬天調整後太陽輻射量(單位： WH / m^2).....	40
圖 2- 47 FIELD CALCULATOR 工具	42
圖 2- 48 春天建物預估裝置容量(單位：峰瓦 KW)	42
圖 2- 49 夏天建物預估裝置容量(單位：峰瓦 KW)	43
圖 2- 50 秋天建物預估裝置容量(單位：峰瓦 KW)	43
圖 2- 51 冬天建物預估裝置容量(單位：峰瓦 KW)	44
圖 2- 52 SELECT BY ATTRIBUTES 工具	47
圖 2- 53 潛能建物盤點成果	47
圖 2- 54 西屯區春天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW).....	49
圖 2- 55 西屯區夏天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW).....	50

圖 2-56 西屯區秋天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW).....	50
圖 2-57 西屯區冬天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW).....	51
圖 2-58 南屯區春天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW).....	52
圖 2-59 南屯區夏天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW).....	52
圖 2-60 南屯區秋天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW).....	53
圖 2-61 南屯區冬天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW).....	53
圖 2-62 檢核資料之空間定位	55
圖 2-63 檢核資料點位定位於相同建物框	55
圖 2-64 檢核資料未對應到建物	56
圖 2-65 檢核資料為工廠和公寓大樓等建物.....	57
圖 2-66 門牌定位成果座落於較小之建物框，導致分析成果數值降低	57
圖 2-67 中區應用案例作業範圍圖.....	59
圖 2-68 中區應用案例流程圖	61
圖 2-69 建物樓高分類圖	63
圖 2-70 SELECT BY LOCATION 功能	64
圖 2-71 道路關聯樓高分類圖	64
圖 2-72 臺中市路邊停車格分布圖.....	65
圖 2-73 部分停車格有不在道路範圍內之示意圖	66
圖 2-74 SELECT BY ATTRIBUTES 功能.....	68
圖 2-75 道路寬度分級示意圖	68
圖 2-76 小型水箱車搶救困難路段分級.....	70
圖 2-77 水箱車搶救困難路段分級.....	71
圖 2-78 常用水箱車搶救困難路段.....	72
圖 2-79 雲梯車搶救困難路段分級.....	73
圖 2-80 NEW NETWORK DATASET 功能.....	74
圖 2-81 NEW CLOSEST FACILITY 功能.....	74
圖 2-82 小型水箱車救援最佳路徑模擬.....	75
圖 2-83 水箱車救援最佳路徑模擬.....	76

圖 2-84 雲梯車救援最佳路徑模擬.....	77
圖 2-85 水箱車與雲梯車救援最佳路徑檢視對比圖	78
圖 2-86 救援最佳路徑模擬檢視.....	79
圖 2-87 沙鹿區應用案例作業範圍圖.....	81
圖 2-88 沙鹿區應用案例流程圖	83
圖 2-89 FEATURE VERTICES TO POINTS 功能.....	84
圖 2-90 ADD Z INFORMATION 功能	84
圖 2-91 TABLE TO EXCEL 功能.....	85
圖 2-92 計算方法之差異以示意圖.....	86
圖 2-93 EXCEL 樞紐分析功能	87
圖 2-94 EXCEL 篩選路段節點公式運用示意圖	87
圖 2-95 EXCEL 坡度計算公式運用示意圖	88
圖 2-96 JOIN DATA 功能	89
圖 2-97 坡度值呈現圖.....	89
圖 2-98 道路坡度成果街景佐證圖.....	90
圖 2-99 道路彎道分級示意圖	91
圖 2-100 道路彎道圖示化成果	92
圖 2-101 道路彎道圖示化成果街景佐證圖.....	92
圖 2-102 消防車輛安全駕駛之力學分析-消防車爬坡能力表.....	93
圖 2-103 沙鹿區道路坡度分級圖	94
圖 2-104 小型水箱車道路寬度分級.....	95
圖 2-105 水箱車道路寬度分級	95
圖 2-106 雲梯車道路寬度分級	96
圖 2-107 山區搶救困難路段分級方式.....	97
圖 2-108 小型水箱車搶救困難路段分級.....	97
圖 2-109 水箱車搶救困難路段分級.....	97
圖 2-110 雲梯車搶救困難路段分級.....	98
圖 2-111 NEW NETWORK DATASET 功能.....	99
圖 2-112 面圖層轉換點圖層方式比較圖	100

圖 2-113 墓地位置面圖層轉換成點圖層	100
圖 2-114 NEW CLOSEST FACILITY 功能.....	101
圖 2-115 小型水箱車救援最佳路徑模擬.....	102
圖 2-116 中區小型水箱車搶救困難路段成果	103
圖 2-117 沙鹿區小型水箱車搶救困難路段成果	103
圖 2-118 112 年搶救不易地區列管清冊.....	105
圖 2-119 GOOGLE MAP 網站	105
圖 2-120 112 年臺中市公寓大廈報備資料.....	106
圖 2-121 國土測繪圖資服務雲	106
圖 2-122 不易救災地區圖示化成果.....	107
圖 2-123 不易救災地區圖示化成果(3D 呈現)	107
圖 2-124 112 年搶救不易地區列管清冊內容.....	108
圖 2-125 分析成果與清冊檢視對比圖.....	109
圖 2-126 差異路段街景圖	109
圖 2-127 路寬分級調整街景圖	110
圖 2-128 南勢溪附近兩條路寬分級調整.....	111
圖 2-129 南斗路 378 巷路寬分級調整.....	111
圖 2-130 沙鹿區無法通行涵洞位置.....	112
圖 2-131 無法通行涵洞街景圖	113
圖 2-132 救援最佳路徑模擬初步成果圖.....	114
圖 3-1 專案管理程序圖	115
圖 3-2 人力配置圖	118

表目錄

表 2-1 三維建物案例所需圖資列表.....	10
表 2-2 臺中市四季日照資料.....	13
表 2-3 非潛能建物主要建材總表.....	46
表 2-4 西屯區非潛能建物盤點總表.....	48
表 2-5 南屯區非潛能建物盤點總表.....	48
表 2-6 西屯區村里潛能裝置容量前三名.....	51
表 2-7 南屯區村里潛能裝置容量前三名.....	54
表 2-8 檢核總表.....	56
表 2-9 三維道路應用案例(中區)所需圖資列表.....	60
表 2-10 消防車分類表.....	67
表 2-11 三維道路應用案例(沙鹿區)所需圖資列表.....	81
表 3-1 團隊成員學歷與工作分配表.....	119
表 3-2 計畫時程表(甘特圖).....	120
表 3-3 交付項目及繳交期限.....	122

第壹章、 專案概述

第一節 計畫概述

近年來在全球在智慧城市發展的浪潮下，對於地理空間的應用層面已逐漸成為施政決策的依據，資料的需求也逐漸由二維轉向三維，美國紐約及波士頓、加拿大多倫多及魁北克、英國劍橋、荷蘭鹿特丹、芬蘭赫爾辛基、德國柏林、新加坡及香港等國家及城市，均已推動建立三維建物模型，多數三維建物模型成果除可進行線上瀏覽及查詢，並以開放資料形式提供下載。我國政府推動國家地理資訊系統(National Geographic Information System, NGIS)發展至今，建置超過 1,200 項具坐標空間屬性圖資成果，包含共用基本底圖及各類主題性圖資，已成為政府施政與決策的重要輔助工具。

內政部國土測繪中心(以下簡稱測繪中心)配合國家發展委員會推動 3D GIS 政策，並依據「國家發展委員會第 54 次委員會議」與「中央災害防救會報第 38 次會議」及「國土資訊系統優先推動事項(107-109 年)」，推動既有 2D 國家底圖升級為 3D。測繪中心自 108 年度起辦理三維國家底圖建置作業，以三維建物模型及三維道路模型為主軸，辦理三維圖資建置與更新維護，其中三維建物模型已於 108 年度完成全國成果整合及建置，自 109 年度辦理三維國家底圖更新維護及精進；三維道路模型於 109 年至 111 年已完成全臺國道及快速道路、桃園市、臺中市、臺南市、高雄市、新竹市、新竹縣等縣市路街以上成果，預計於 114 年完成臺灣本島及澎湖縣計 20 個直轄市、(縣)市路街以上

道路三維道路模型。

為推動三維國家底圖流通供應與資料加值應用，測繪中心於 110 年及 111 年與臺中市政府地方稅務局、110 年與臺中市政府交通局合作，以三維國家底圖成果為基礎，結合測繪中心產製圖資與前開二局處業務資料，協助辦理房屋稅清查及道路設施設置，除拓展測繪中心圖資使用之應用面向，亦有效提升前開二局處業務執行效能。爰此，測繪中心於 112 年賡續辦理三維國家底圖成果加值應用研析，藉由本案開發新的圖資應用案例，期以更多元的加值應用示範案例，帶動三維國家底圖多元加值應用。

第二節 背景分析

本案前兩年分別於 110 年與臺中市政府交通局、110 年及 111 年臺中市政府地方稅務局進行合作，成果均相當豐碩，今年以三維建物應用案例及三維道路應用案例 2 式案例作為目標，分別與臺中市政府經濟發展局(以下簡稱經發局)及臺中市政府消防局(以下簡稱消防局)合作，推廣三維國家底圖之應用，並協助提升前開二局處業務執行效能。

一、三維建物模型應用案例

為達成國發會 2050 淨零排放目標，臺中市政府配合中央積極推動各項再生能源措施，於 111 年公布「臺中市 2050 淨零碳排路徑」報告，以「無碳無憂」(Carbon Free Trouble Free)為願景主軸，提出 6 大關鍵策略及 20 條零碳路徑，以城市的角度擘劃更好的未來，再透過定期檢視成果，確保邁向零碳的正確道路。同時以太陽光電、風力發電及資源循環發電作為臺中市發展再生

能源主軸，目標於 2030 年前臺中市太陽光電發電量達 1GW，因此持續推動補助民眾設置太陽光電及太陽能屋頂全民參與計畫，響應光電四倍增政策提前於 111 年 4 月達成並超標。惟目前之推行方法須由民眾主動進行申請太陽能光電屋頂，缺少主動分析可建置屋頂或太陽能潛能較高屋頂之方法。為協助經發局全面掌握區域內具發電潛能之建物，本案例透過三維國家底圖之三維建物模型具有建物樓高、面積及屋頂形式等之屬性，配合陰影分析計算出太陽能光電發電屋頂潛勢較高之建物，使經發局可掌握轄區上具發電潛勢區域並主動進行推廣，配合相關推廣政策與計畫，增加民眾建置屋頂型太陽能光電設備之意願，已加速達成太陽能光電設置目標，並帶動三維國家底圖多元加值應用。

二、三維道路模型應用案例

臺中市舊市區巷弄狹小，消防局時常遭遇火災發生時救援車輛無法及時進駐之問題，目前須仰賴消防隊員本身對於轄區之熟悉程度，當火災發生時根據災害規模及現場空間配置派遣消防車輛，而負責消防車駕駛人員須仰賴過往經驗，避免行經狹小道路及消防車無法通行之路線。對於新進消防人員需花費較長時間熟悉轄區，一方面透過其他隊員之過往經驗傳承，另一方面以災前訓練（如駕駛消防車熟悉轄區道路、熟記轄區地圖等）於火災發生時能避開消防車無法通過之路段，快速抵達現場。除市區之狹小巷弄造成救災困難議題之外，在郊區的墓地火災也造成消防局救災業務上相當大的負擔，尤其清明節前後更為明顯，具 112 年統計數據，清明節前後 40 天內發生之墓地火災案件多達 123 件，一方面墓地多位於山坡地上，範圍遼闊較不易掌握實際起火點，另一方面山區道路狹小崎嶇且多彎道，容易增加消防車行駛難

度，更有部分道路無法進入或因坡度過陡造成消防車翻覆之危險。

本案例運用三維國家底圖（三維建物模型及三維道路模型）之特性，依消防車特性將道路寬度與道路坡度進行分級，並協助將原列冊納管之救災困難路段或列管建物圖示化，以及針對山區道路狹小或道路坡度較陡處消防車不意行駛區域進行標示，提供消防局使用，協助新進或其他區域協助救災消防人員能快速地了解轄區情形，提升消防局之救災業務效率，亦達成三維國家底圖多元加值應用

第貳章、 作業內容規劃及實施方法

第一節 需求訪談及工作會議

一、 需求訪談

為使本案更加符合合作機關業務執行需求，除至測繪中心進行需求訪談，確認本案規劃方向、圖資應用及應用案例流程外，亦前往合作機關進行三方需求訪談，如本案合作單位為經發局及消防局，深入了解合作機關業務執行現況與遭遇困難，並依合作機關需求調整案例流程與產出成果。本案的訪談流程如下圖 2-1 所示。

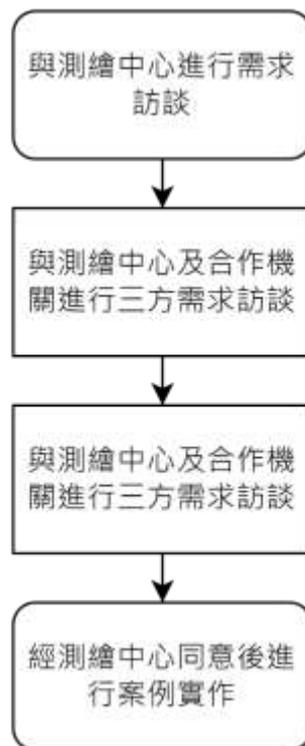


圖 2-1 需求訪談流程圖

(一) 經發局訪談

本團隊與測繪中心於 112 年 3 月 15 日前往經發局進行需求訪談，如圖 2-2，主要以三維建物模型應用於太陽能屋頂潛勢分析為主題，討論如何利用三維國家底圖提升經發局既有之業務執行效率，最後由會議中決議，以臺中市西屯區及南屯區為試辦區域，建立「太陽能發電潛勢分析」之標準作業流程及提供分析成果供經發局推廣太陽能發電設備設置業務之參考，詳細會議紀錄請參考附件二。



圖 2-2 經發局需求訪談圖

(二) 消防局訪談

本團隊與測繪中心於 112 年 3 月 25 日前往消防局進行需求訪談，如圖 2-3，以三維道路模型應用於消防局救災路線作為發想，與消防局了解詳細之業務執行細節，經會議討論後決議，結合測繪中心產製之三維國家底圖與二維圖資研析「最適救災路線及空間分析」，建立相關分析之標準作業流程，並將相關分析成

果提供消防局參考，詳細會議紀錄請參考附件二。



圖 2-3 消防局需求訪談圖

二、工作會議

除需求訪談外，另配合測繪中心之時間每月召開工作會議，並於會議中報告目前應用案例執行進度、辦理情形、遭遇問題、待協助事項及來月工作事項，與測繪中心充分保持聯繫並雙向溝通，歷次工作會議會議記錄請參考附件三。

第二節 三維建物模型應用案例規劃與實作

交通部中央氣象署臺灣地區日照時數資料顯示¹，臺中市 111 年日照時數高達 2,094 小時，遠超過全國平均 1,600 小時，就空間區域及條件而言，相當適合發展太陽能光電設施。本案與經發

¹ <https://www.motc.gov.tw/ch/app/statistics301/query?module=month&id=579> 交通部 交通統計月報 氣象類 表 8-3 臺灣地區日照時數

局合作，試辦範圍為臺中市西屯區及南屯區，利用三維建物模型具有建物樓高、面積及屋頂形式之屬性，配合陰影分析與太陽能輻射量分析，計算出太陽能光電發電屋頂潛勢較高之建物，使經發局可掌握轄區上具發電潛勢區域並主動進行推廣，配合相關推廣政策與計畫，增加民眾建置屋頂型太陽能光電設備之意願，已加速達成太陽能光電設置目標，並帶動三維國家底圖多元加值應用。

一、目的及預期使用成效

為協助經發局推動建置屋頂型太陽能光電設施，以三維建物模型為主體關聯各種資料，包含日照資訊、數值地形模型、國土利用現況調查成果等，將可系統性的盤點臺中市各行政區之公私有建物，其樓層高度、日照遮蔽率、太陽輻射量、建物屋頂面積等，分析臺中市轄區內具發電潛勢可供設置太陽光電的建築物屋頂，進而擬定示範區及建議優先實施區域。

本案為推動三維國家底圖成果，有別於以往太陽能屋頂利用地形圖或建物相關樓層數資訊，並考慮太陽單一日照角度作為分析因子，本案利用三維建物模型具有樓高資料之特性，將三維建物模型結合地形，計算實際建物樓高，並利用四季之日照角度推算建物之日照潛能與日照遮蔽率，進而計算太陽能屋頂之設置容量。期促進三維國家底圖流通供應與資料加值應用成效，爰規劃以「太陽能發電潛勢分析」案例一式，運用三維建物模型計算得出建置太陽能屋頂潛能之村里排名及單棟建物可設置之發電容量，提供經發局評估建置或推廣太陽能屋頂區域參考，顯現三維國家底圖應用之實用及重要性。

二、資料蒐集與流程規劃

(一) 作業範圍

作業範圍依需求訪談會議決議選定臺中市西屯區及南屯區，如圖 2-4，因此二區內建物種類多樣，使用分區多元，包含工業區、住宅區、商業區及文教區等，。多樣的建物種類隨著建物相互關係與建物樓高等因素影響建物屋頂接受日照時間與面積，進而影響太陽光電設備發電量，如工業區之建物通常樓層數較低，而住商混合區之建物樓層數較高，較高樓高之建物會遮蔽較低樓高之建物一部份或全部日照，透過分析屋頂遮蔽率與太陽輻射量，得出不同樣態建物之可發電容量，可提供經發局掌握不同樣態之建物之發電效益與擬定推廣策略。



圖 2-4 三維建物模型應用案例作業範圍圖

(二) 資料蒐集

針對作業範圍所需之相關使用圖資向測繪中心提出申請，經測繪中心同意提供後取得並進行後續案例實作，欲蒐集之圖資如表 2-1 所示，部分圖資為其他機關產製，於工作會議與測繪中心討論後，由測繪中心協助申請。

表 2-1 三維建物案例所需圖資列表

資料名稱	資料類型	資料使用說明	資料所屬機關
日照資訊	文字資料	日照遮蔽分析使用	中央氣象署
西屯、南屯區 太陽能屋頂建置 成果	文字資料	成果檢核	臺中市政府
國土利用現況調 查成果	面資料	分析建物使現況	內政部國土測 繪中心
鄉鎮市區界線	面資料	計畫範圍劃設	
三維建物模型	三維資料	建物實際樓高計算	
三維建物框	面資料	建物輻射量分析及 建物平均遮蔽及灰 度值計算	
建號定位成果	點資料	非潛能建物篩選	
20 公尺數值高程 模型 (DEM)	網格資料	建物實際樓高計算	內政部地政司

(三) 案例流程規劃

整體案例流程規劃如圖 2-5 所示，項目為資料蒐集及整理、產製建物實際樓高、日照遮蔽分析和太陽輻射量計算，以下章節將說明詳細流程之規劃。於資料蒐集步驟將蒐集資料進行資料檢

視與資料前處理，資料之項目如前述章節所示；數值高程模型與建物樓高合併運算可得出建物實際樓高，並將建物實際樓高之資料進行建物日照遮蔽分析與太陽輻射量計算，並將其成果匯入三維建物框，便可進行後續分析與比對。日照遮蔽分析主要目的為分析太陽能屋頂潛能區，透過計算各棟建物遮蔽強度，並分析各里發電潛能排名，再利用經發局已建置太陽能屋頂之建物進行成果檢核後，將國土利用現況調查成果加入三維建物框，分析建物利用現況，提供經發局推廣順許與輔導民眾或業者之資訊參考。太陽輻射計算結合太陽能板電力換算進行計算，其過程日照時數通常是利用一年之平均數做為基礎進行換算，本案預計將該年度日照資訊利用統計方式進行運用，以準確計算出日照時數、太陽方位角及仰角，而後將屋頂面積進行計算轉換為設置容量並分析出最適合建置太陽能屋頂之區域。

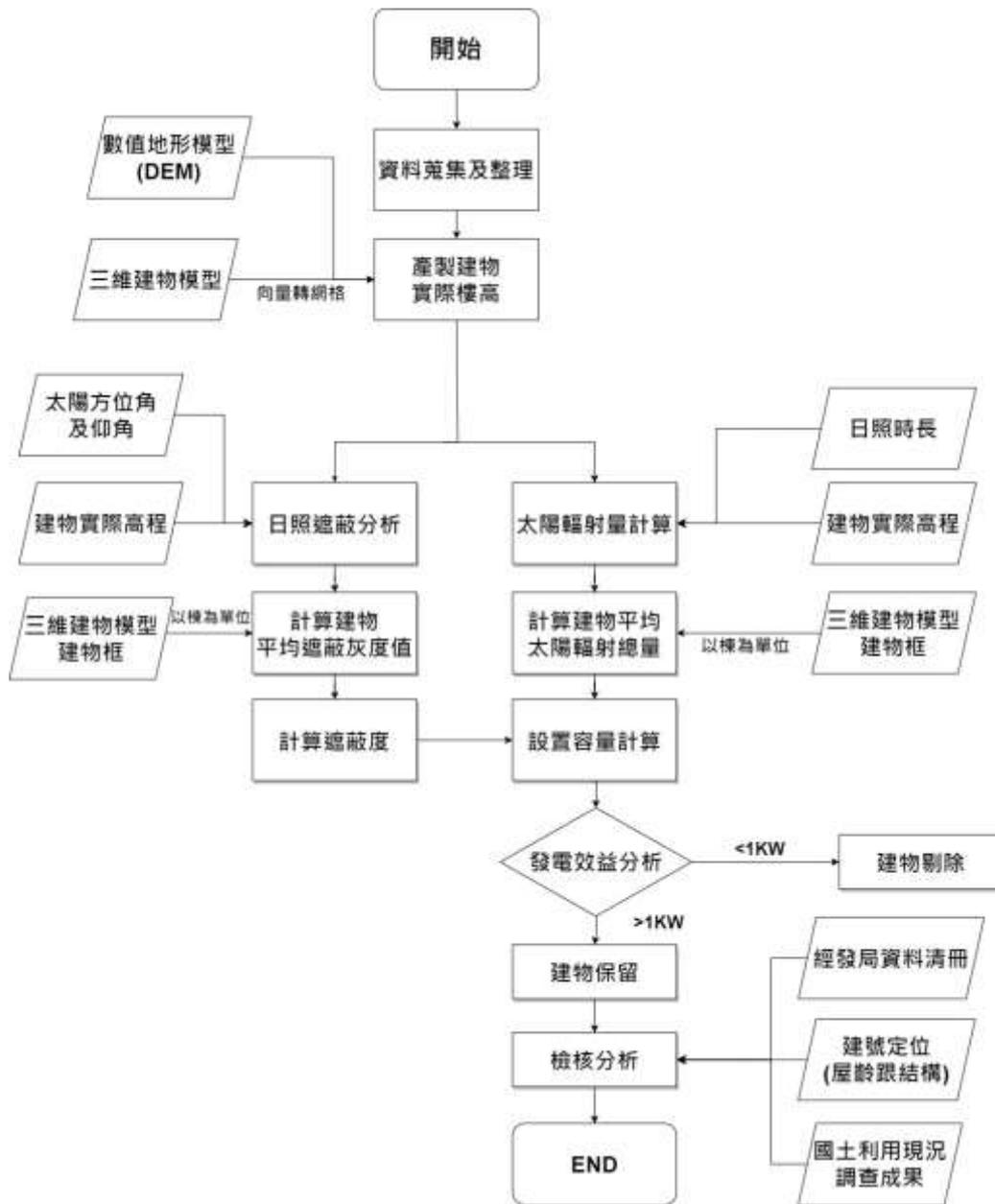


圖 2-5 三維建物應用案例整體流程圖

三、資料前處理

(一) 資料蒐集及整理

三維建物框之資料為向量資料，透過此特性將其與建物樓高、建物面積、DSM 進行空間關聯，使後續進行日照陰影分析及太陽能屋頂潛能計算時更為快速，另將空間關聯後之建物框與國土利用現況調查成果進行關聯，以利確認該建物使用現況為

何，是否利於建置太陽能屋頂。

1、臺中四季日照資料

進行日照遮蔽分析與太陽輻射量計算分以太陽仰角、太陽方位角與日照時長為參數並計算，本計畫為了進行更全面的分析，將會以臺中市四季各四個時段進行運算分析。如表 2-2。

表 2-2 臺中市四季日照資料

季節	時	6	7	8	9	10	11	中天	12	13	14	15	16	17	18
春	仰角		12.6	26.1	39.2	51.4	61.3	65.9	65.9	62.5	53.1	41.2	28.2	14.8	1.1
	方位角		95.7	102.7	111.4	124.0	144.6	180.0	177.2	211.2	233.6	247.1	256.3	263.4	269.7
夏	仰角	9.6	22.5	35.7	49.2	62.8	46.5	89.3	89.3	76.1	62.4	48.8	35.4	22.1	9.2
	方位角	68.5	73.4	77.6	81.5	85.3	90.0	180.0	195.6	270.2	274.8	278.6	282.5	286.8	291.7
秋	仰角	2.4	16.0	29.4	42.4	54.1	63.1	65.9	65.8	60.5	50.3	38.0	24.9	11.3	
	方位角	90.9	97.2	104.5	113.9	128.1	151.5	180.0	186.2	217.8	237.4	249.5	258.0	264.8	
冬	仰角		4.0	15.7	26.2	34.8	40.5	42.4	42.4	39.9	33.7	24.7	14.0	2.2	
	方位角		117.9	125.3	134.9	147.4	163.2	180.0	181.4	199.4	214.7	226.7	235.9	243.0	

資料來源：<https://www.cwb.gov.tw/Data/astronomy/season.pdf>

2、日照時長

統計各季節每天的日出和日落時間，將日照時間相加，然後除以天數，即可得到平均日照時間。

3、太陽方位角

太陽方位角是指太陽相對於觀察者所在地點的方位角度。對於每個季節，選擇一些具有代表性的日期和時間（例如每個月的特定日期和時刻），以下為 2023 年四季時間：

- (1) 春季：2023 年 3 月 20 日（春分）至 6 月 21 日（夏至）
- (2) 夏季：2023 年 6 月 21 日（夏至）至 9 月 23 日（秋分）
- (3) 秋季：2023 年 9 月 23 日（秋分）至 12 月 21 日（冬至）

(4) 冬季：2023 年 12 月 21 日（冬至）至 2024 年 3 月 20 日

（春分）

計算各季節每天各時段太陽方位角總和，然後將總和以天數進行平均，即可得到該季節的平均太陽方位角。

4、太陽仰角

太陽仰角是指太陽光線與地平線的夾角，表示太陽在天空中的高度。對於每個季節，選擇一些具有代表性的日期和時間，計算季節每天各時段太陽仰角總和。然後將總和以天數進行平均，即可得到該季節的平均太陽仰角。

(二) 產製建物樓高

過往一些專家學者進行建物樓高的估算時，經常採用將建物的樓層數乘以 3 公尺的方法來估計建物的樓高，例如：Huabing_Huan²、Wan-Ben Wu³和 Mr. Miguel Ureña Pliego⁴等人的研究都是以此方法估算樓高，但都在研究報告中提出此方法都會有所偏差。若本案例利用此估算法計算樓高並進行日照遮蔽分析和太陽輻射量計算，成果並不能與現場狀況符合。

本案利用了三維建物模型解決了這個問題，三維建物模型擁有其建物實際樓高之屬性表(如圖 2- 6)，與數值地形模型相加就能推算出其真實的建物樓高，並可進行日照遮蔽分析與太陽輻射

² Huabing_Huang(2022), Estimating building height in China from ALOS AW3D30, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 185, Pages 146-157

³ Wan-Ben Wu(2023), A first Chinese building height estimate at 10 m resolution (CNBH-10 m) using multi-source earth observations and machine learning, Remote Sensing of Environment, Volume 291, 113578

⁴ Mr. Miguel Ureña Pliego(2023), Automatic Building Height Estimation: Machine Learning Models for Urban Image Analysis,

量計算。

建物ID	建物名稱	建物樓高	建物用途	建物類型	建物狀態	建物面積	建物容積
101	101號	10.5	住宅	公寓	完成	100	1050
102	102號	12.0	住宅	公寓	完成	120	1200
103	103號	15.0	住宅	公寓	完成	150	1500
104	104號	18.0	住宅	公寓	完成	180	1800
105	105號	20.0	住宅	公寓	完成	200	2000
106	106號	22.0	住宅	公寓	完成	220	2200
107	107號	25.0	住宅	公寓	完成	250	2500
108	108號	28.0	住宅	公寓	完成	280	2800
109	109號	30.0	住宅	公寓	完成	300	3000
110	110號	32.0	住宅	公寓	完成	320	3200
111	111號	35.0	住宅	公寓	完成	350	3500
112	112號	38.0	住宅	公寓	完成	380	3800
113	113號	40.0	住宅	公寓	完成	400	4000
114	114號	42.0	住宅	公寓	完成	420	4200
115	115號	45.0	住宅	公寓	完成	450	4500
116	116號	48.0	住宅	公寓	完成	480	4800
117	117號	50.0	住宅	公寓	完成	500	5000
118	118號	52.0	住宅	公寓	完成	520	5200
119	119號	55.0	住宅	公寓	完成	550	5500
120	120號	58.0	住宅	公寓	完成	580	5800

圖 2-6 三維建物模型建物樓高屬性欄位

1、產製建物實際樓高流程

建物實際樓高是將數值地形模型與建物樓高相加後所得出的，其優勢在於可分析出建物實際遮蔽情形。但在進行計算前，需將圖資進行前處理，前處理會拆分成二部分，分別為數值地值模型裁減與解析度轉換和向量資料轉換網格資料。最後再將建物樓高計算出來。

(1) 數值地值模型裁剪與解析度轉換

本案例分析所採用的數值地形模型為全臺 20 公尺網格 DEM，但全臺 20 公尺網格 DEM 分割為很多資料集，因此需進行融合處理，才能進行計畫範圍裁剪。本案例分析是以建物為基礎單位，若 20 公尺網格資料與三維建物框進行範圍裁剪會發生失真的狀況，無法進行後續計算，如圖 2-7，因此也需將 20 公尺網格 DEM 進行解析度轉換。利用 ArcGIS 工具箱的 Mosaic To New Raster 功能進行 20 公尺網格 DEM 融合與解析度轉換，解析度轉換為 0.5 公尺網格資料，如圖 2-8。

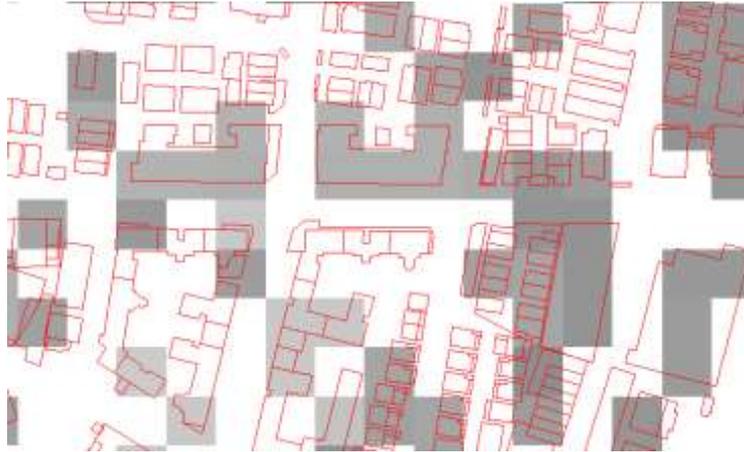


圖 2- 7 20 公尺網格資料裁剪後失真

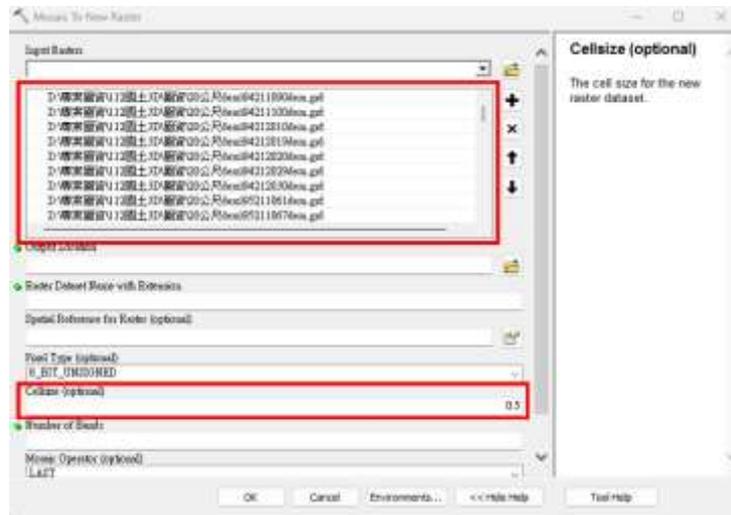


圖 2- 8 Mosaic To New Raster

轉換解析度後，利用遮罩裁減功能，以臺中市西屯區與南屯區為裁剪範圍，產製出計畫範圍的數值地值模型，如圖 2- 9。

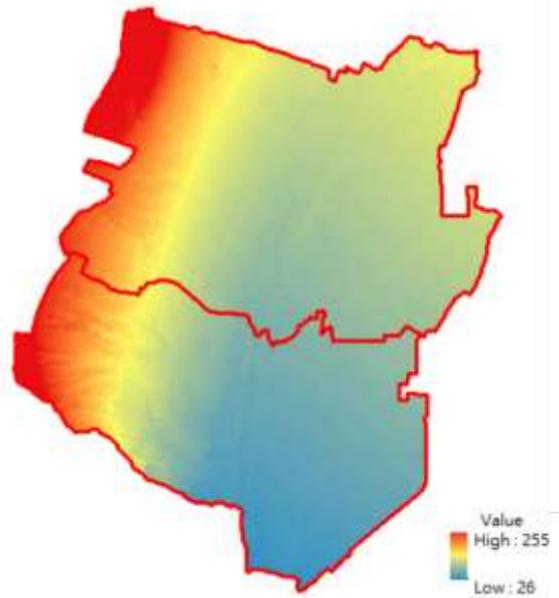


圖 2-9 計畫範圍 DEM(解析度 0.5m)

(2) 向量資料轉換網格資料

臺中市三維建物模型具有建物樓高之屬性欄位，由於臺中市三維建物模型為向量資料，而計畫範圍 DEM 為網格資料，若要進行計算建物樓高計算，需先以臺中市三維建物模型建物屬性表內的樓高資料做為網格資料數值，並以 tif 圖檔輸出。利用 ArcGIS 工具內的 Feature to Raster 功能，如圖 2-10，將三維建物模型從向量資料轉換為網格資料，網格解析度為 0.5 公尺，產製成果如圖 2-11。

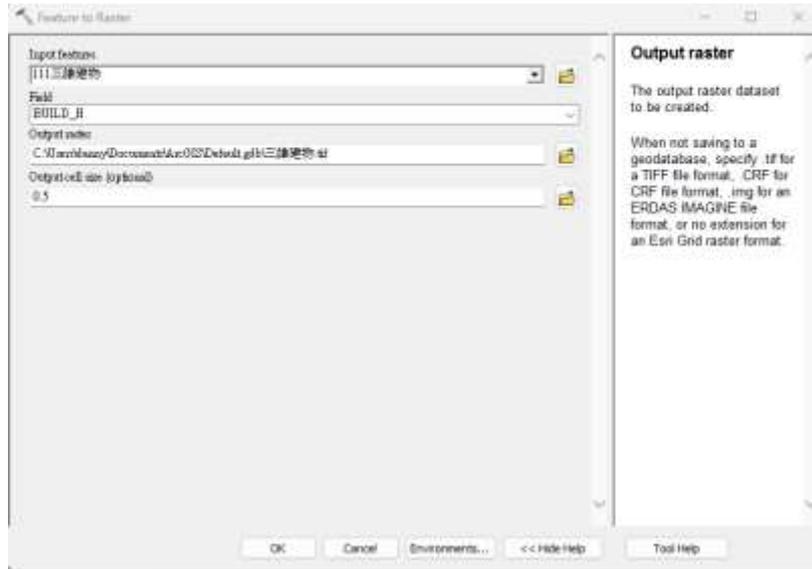


圖 2- 10 Feature to Raster

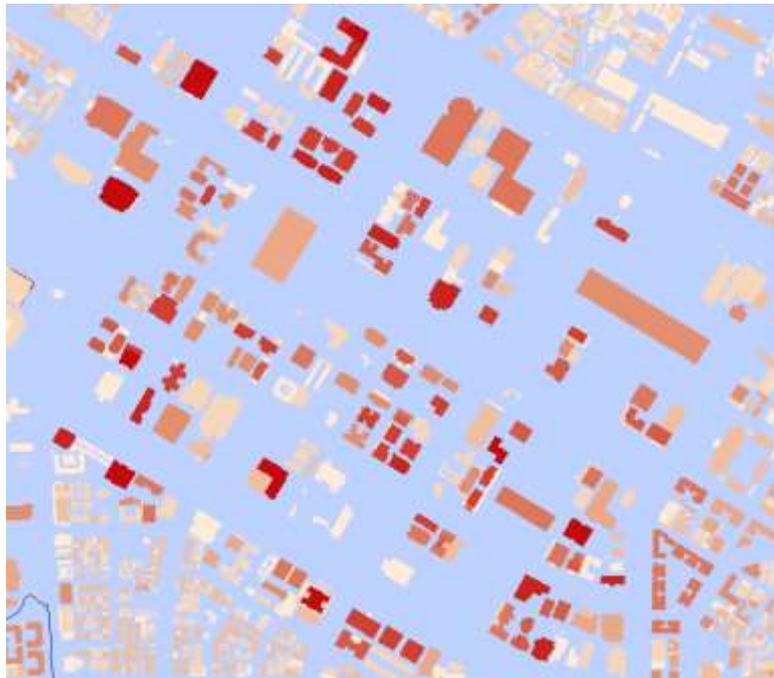


圖 2- 11 三維建物模型網格資料(解析度為 0.5m)

(3) 建物樓高計算

完成前處理後，會得到三維建物模型網格資料和計畫範圍 DEM 兩個網格資料，利用 ArcGIS 工具內的 Raster Calculator 功能進行相加計算，輸出解析度設置為 0.5 公尺，並產製出建物樓高圖，如圖 2- 12、圖 2- 13。

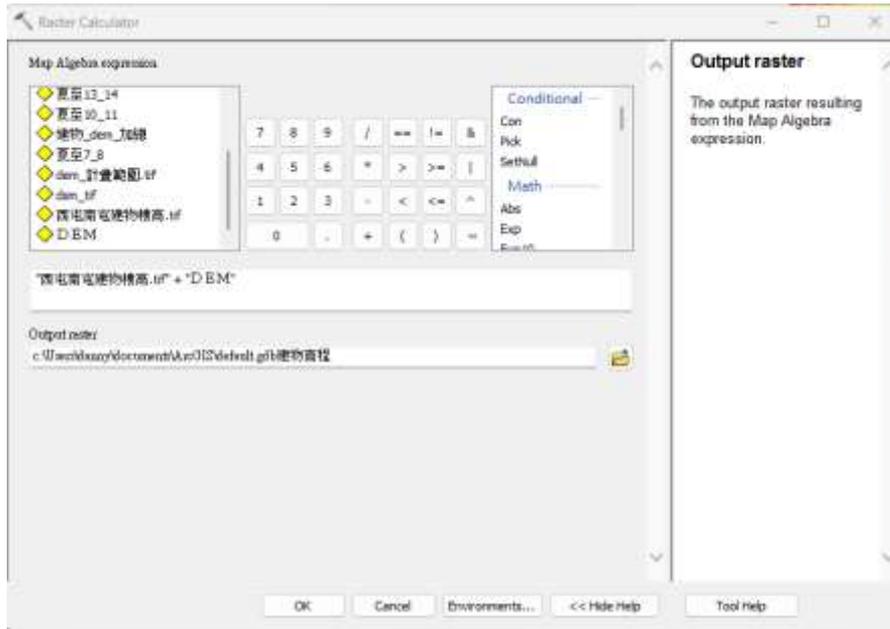


圖 2- 12 Raster Calculator

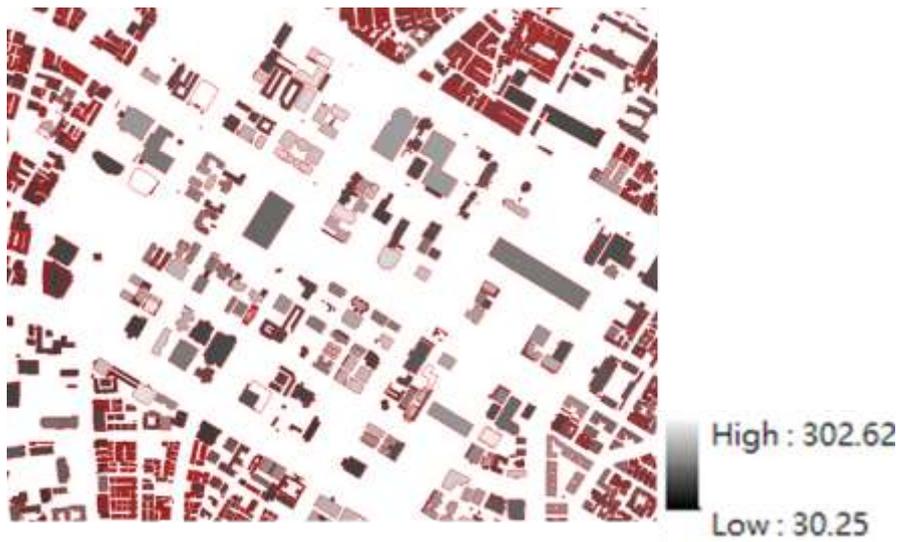


圖 2- 13 建物樓高圖

(三) 日照遮蔽分析

不同建物之落差可能在鄰近建物屋頂形成陰影，造成太陽能板在不同時段遮蔽情形，Hussein A. Kazem 等 (2017)⁵以建物陰影評估太陽能發電效能之影響，結果表示電壓及功率的降低取決為是否被陰影遮罩。透過視覺化由光源和高程表面的坡度和坡向確定地形之技術，將虛擬照明光源，設定所需之重要參數如太陽方位角、太陽仰角、表面灰度值等，模擬建築日照陰影情形，並計算出高程資料之網格陰影遮蔽值。

1、幾何間隔法 (Geometrical interval)

在 ArcGIS 中，幾何間隔法是一種用於圖層符號化和分類的方法。此方法基於數值範圍的等間隔劃分，將數據按照一定間隔分成多個類別，每個類別使用不同的符號或顏色來表示。幾何間隔法通常應用於連續型的數值數據，例如高程、溫度、人口密度等，使用幾何間隔法可以在地圖上清晰地顯示不同數值範圍的變化。

日照遮蔽分析產製出來的資料只有灰度值高低並無按照數值分類，會導致後續圖層套疊與權重設定計算上之困難，故利用幾何間隔法 (Geometrical interval) 予以分類，因其分類是根據具有幾何系列的組距，創建分類間隔，可確保每個範圍及類別皆具有大致相同的值數，且該方法專門用於處理連續數據，可將透過

⁵ Hussein A. Kazem, Miqdam T. Chaichan, Ali H. Alwaeli & Kavish Mani(2017), Effect of Shadows on the Performance of Solar Photovoltaic, Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy, pp 379-385

計算使中間值和極端值達成一種平衡，如圖 2-14。

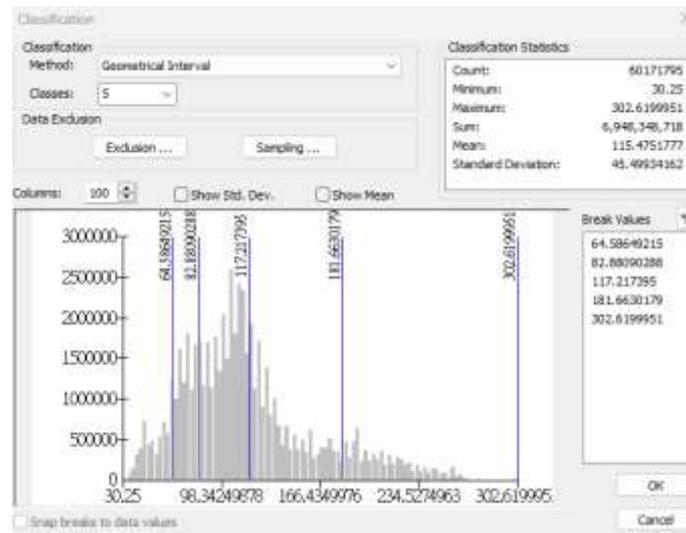


圖 2-14 ArcGIS 幾何間隔法

2、遮蔽計算方法

透過 ArcGIS 內的 Hillshade 工具模組可根據太陽相對位置，計算不同時段地表陰影遮蔽情形，如圖 2-15，需要的函數為 DSM、太陽仰角與方位角其運作原理為透過設定之光源方向和角度，計算每一網格與鄰近網格的相關性，各網格的陰影值為 0~255 (灰階值)，其遮蔽影響強度可由其數值顯示得知，數值越低越受遮蔽影響越強。

如下圖 2-16 至圖 2-19 分別為本案例分析之四季不同時段日照遮蔽灰度值，從圖中可看出各建築於不同季節、不同時段都會有不同的遮蔽灰度值，其中可看出三維建物圖應用於日照分析的實用性，因三維建物圖與 DEM 圖資結合可推算出建物樓高，並可將建物遮蔽狀況細部呈現。

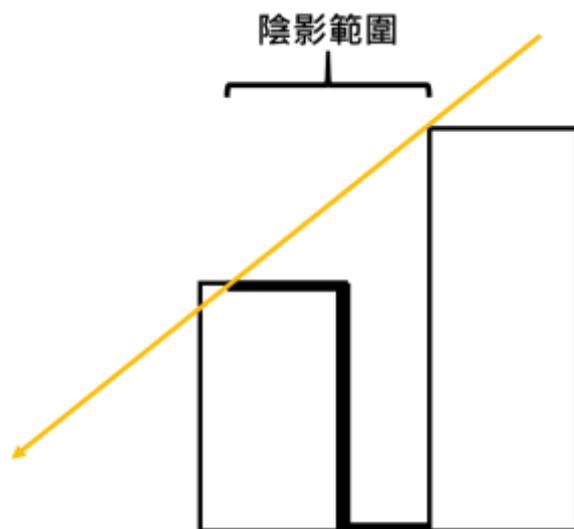


圖 2- 15 Hillshade 工具模組建物陰影運算示意圖

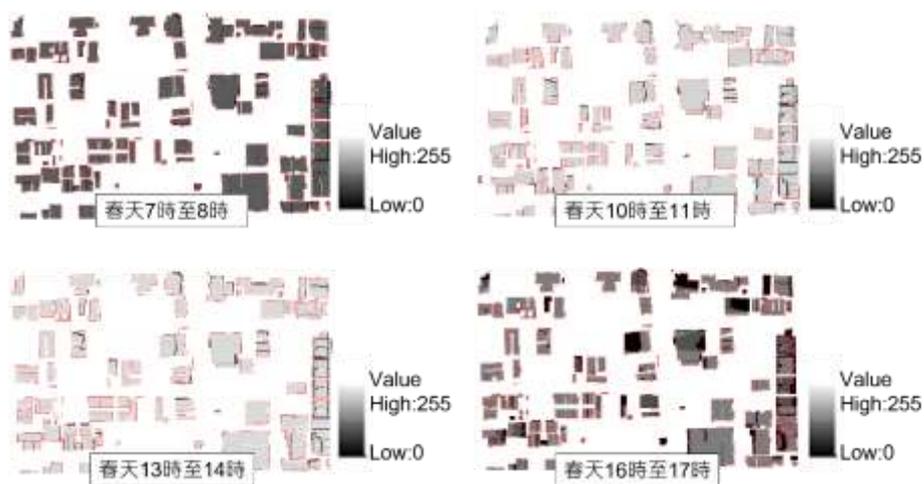


圖 2- 16 春天各時段建物細部日照遮蔽灰度值之平均值

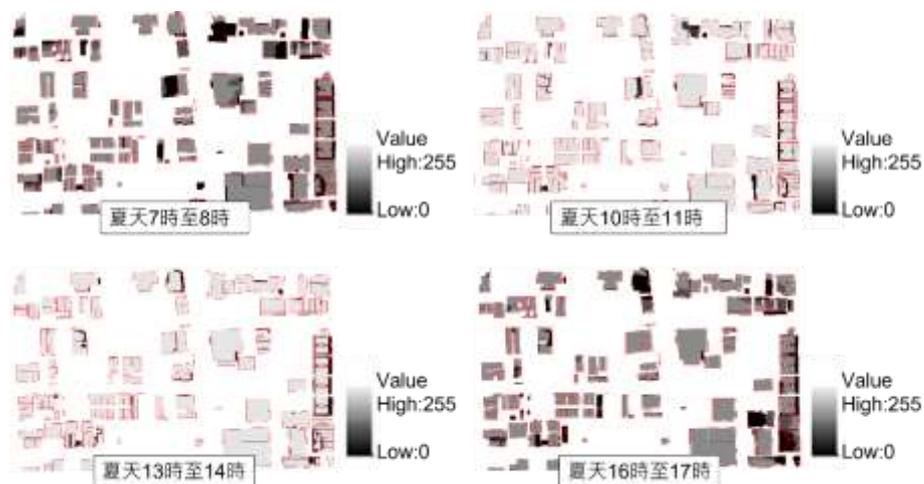


圖 2- 17 夏天各時段建物細部日照遮蔽灰度值之平均值

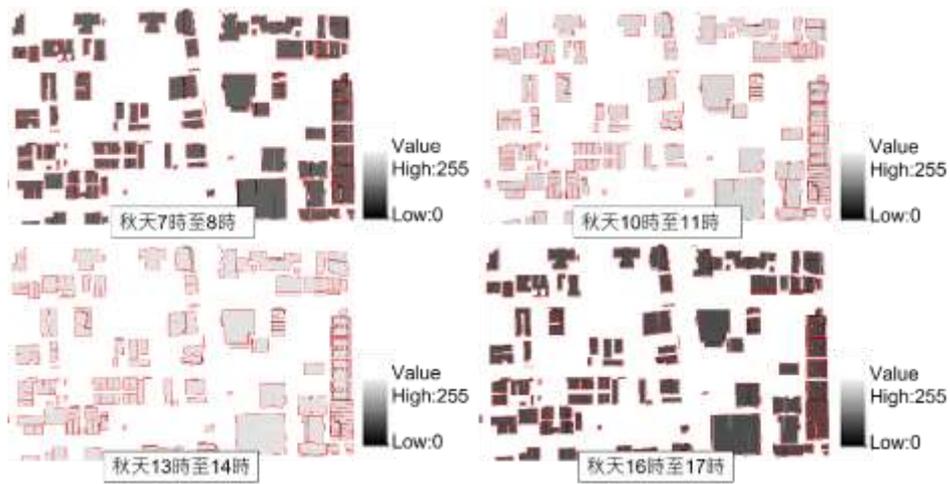


圖 2- 18 秋天各時段建物細部日照遮蔽灰度值之平均值

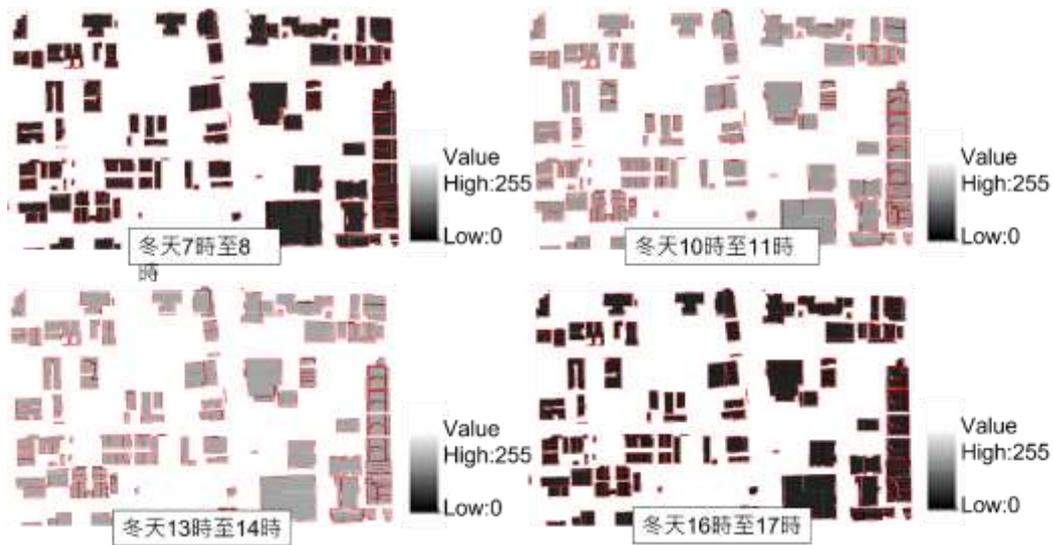


圖 2- 19 冬天各時段建物細部日照遮蔽灰度值

3、計算建物遮蔽率

利用 ArcGIS 內的 Zonal Statistics As Table 工具(圖 2-21)，用於計算向量資料內的統計網格資料並將其輸出到一個表格中，這些統計方式有總和、平均值、最小值、最大值等。可以根據需求選擇要計算的統計類型。本案例利用了三維建物模型屬性表內的 Build_id，如，作為計算各棟建物建物框內網格資料之平均值之

依據，其目的為方便後續分析能進行資料匹配，最後便可得出各棟建物的日照遮蔽灰度值之平均值(圖 2-22)(圖 2-23)。

因日照遮蔽灰度值數值以 0~255 之間做表示，並無其單位度量衡，無法將其與太陽輻射量做合併計算，因此需將該數值量化，算出建物日照遮蔽率，成果如下圖 2-37、圖 2-38、圖 2-39、圖 2-40 所示。公式如下：

$$\frac{\text{日照遮蔽灰度值總和}}{\text{建物面積總和}} = \text{平均日照遮蔽灰度值} \quad (1)$$

$$\frac{\text{平均日照遮蔽灰度值}}{256} = \text{日照遮蔽平均} \quad (2)$$

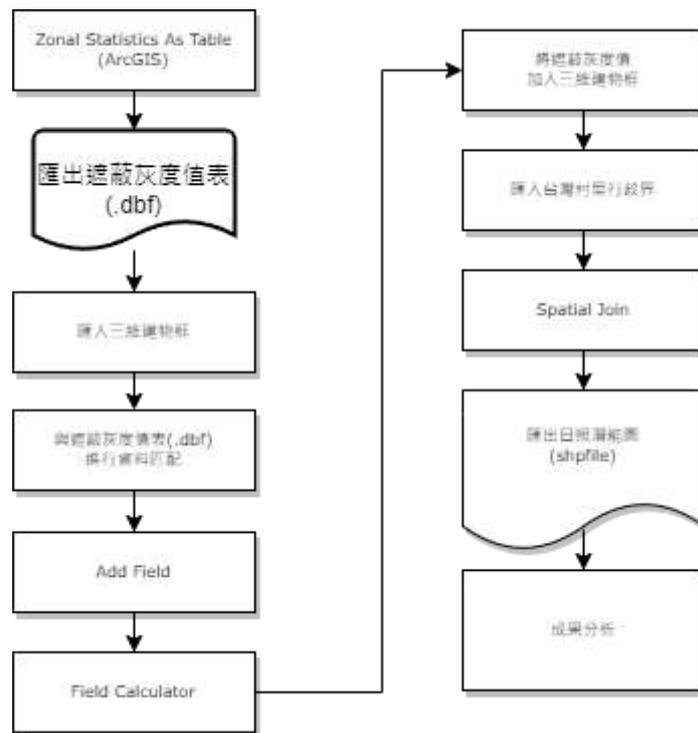


圖 2-20 日照遮蔽灰度值計算流程圖

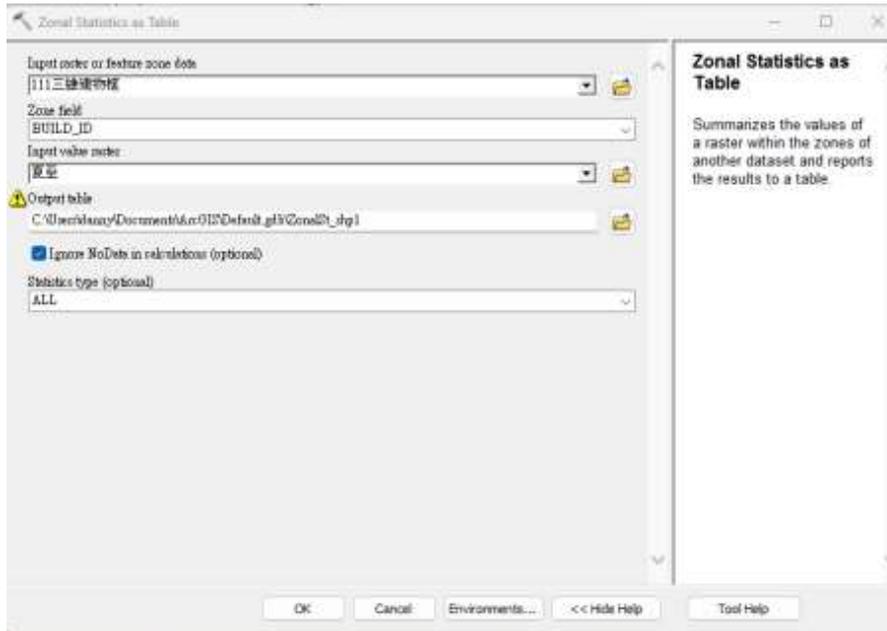


圖 2- 21 Zonal Statistics As Table

BUILD_ID *	ZONE_CODE	COUNT	AREA	MEAN
12S3H2PPS	75	707	176.75	174.371994
12R096EJDE	76	3991	962.75	172.387943
12R096EJHH	77	3917	979.25	169.196621
12R0A6EJHMM	78	3945	986.25	172.542205
12R0A6EJHJ	79	1513	378.25	170.927297
12R0A6EJVS	80	22	5.5	117.409091
12R0H6EJNQ	81	21	5.25	132.095288
12R0H6EJNR	82	22	5.5	148.818182
12R126C8GA	83	61	15.25	152.901639
12R0D6CKSF	84	367	91.75	172.637602
12R0A6D8QC	85	152	38	173.671053
12R0M6D7S3	86	2594	648.5	154.966847
12R196S6S	87	612	153	178
12R196S6GM	88	612	153	178
12R0A6CL2D	89	28	7	58.5
12Q0N6E2R4F	90	642	160.5	177.983022
12R0P6D4D4	91	292	73	161.825342
12U2D6D099	92	295	58.75	125.425532
2130Q6T9Q	93	114	28.5	101.412281
20V0a6B7V5	94	37	9.25	115.702709
12R0L6D72N	95	2122	530.5	164.506655
21E0B6D6WV	96	228	57	132.210526
210P66CQPS	97	77	19.25	162.480519
213HR6DAF2	98	76	19.5	143.538462
21G526D64P	99	203	50.75	81.827586
21EANK65VP	100	220	55	118.663636
214K36D78S	101	4	1	13.25
21D6A6D2BH	102	567	141.75	155.37097
21D146D677	103	19	4.75	112.578947
21P6S6D9QB	104	87	21.75	157.229885
20W0M6D4LET	105	163	40.75	138.98773
20S4S6D1N2	106	1260	315	159.254782
20CT76D111	107	1126	281.5	119.933399
211PUG67KA	108	6	1.5	72
211UR6DBJC	109	96	24	128.177083
219KA6DRAS	110	16	4	33.625
215W76D90W	111	71	17.75	141.253521
216MUR6D7A	112	6140	1535	161.377096

圖 2- 22 Zonal Statistics As Table 成果

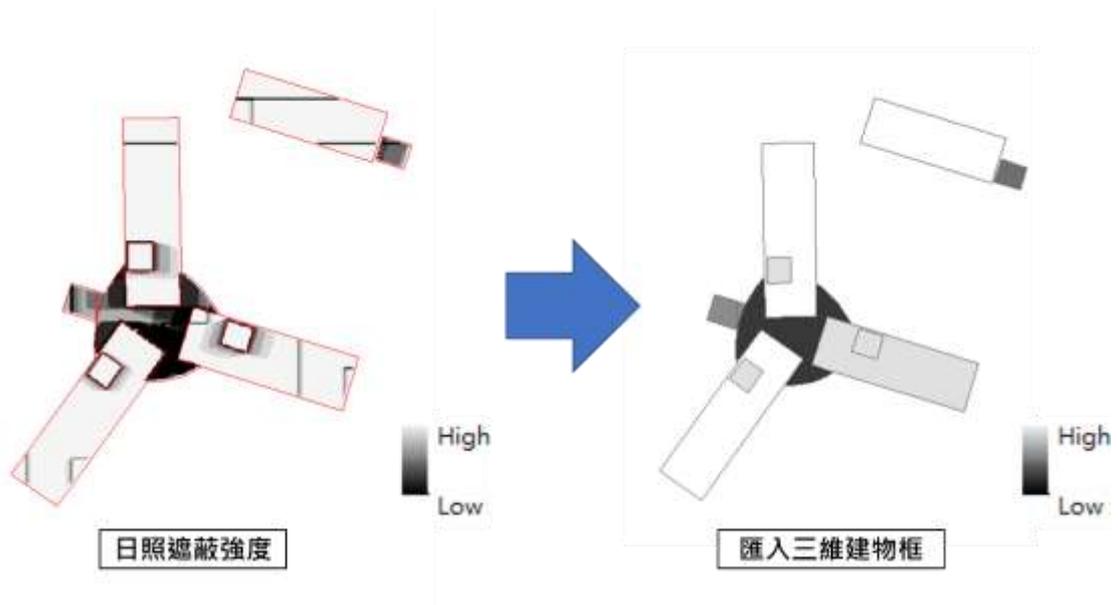


圖 2-23 遮蔽值匯入建物框

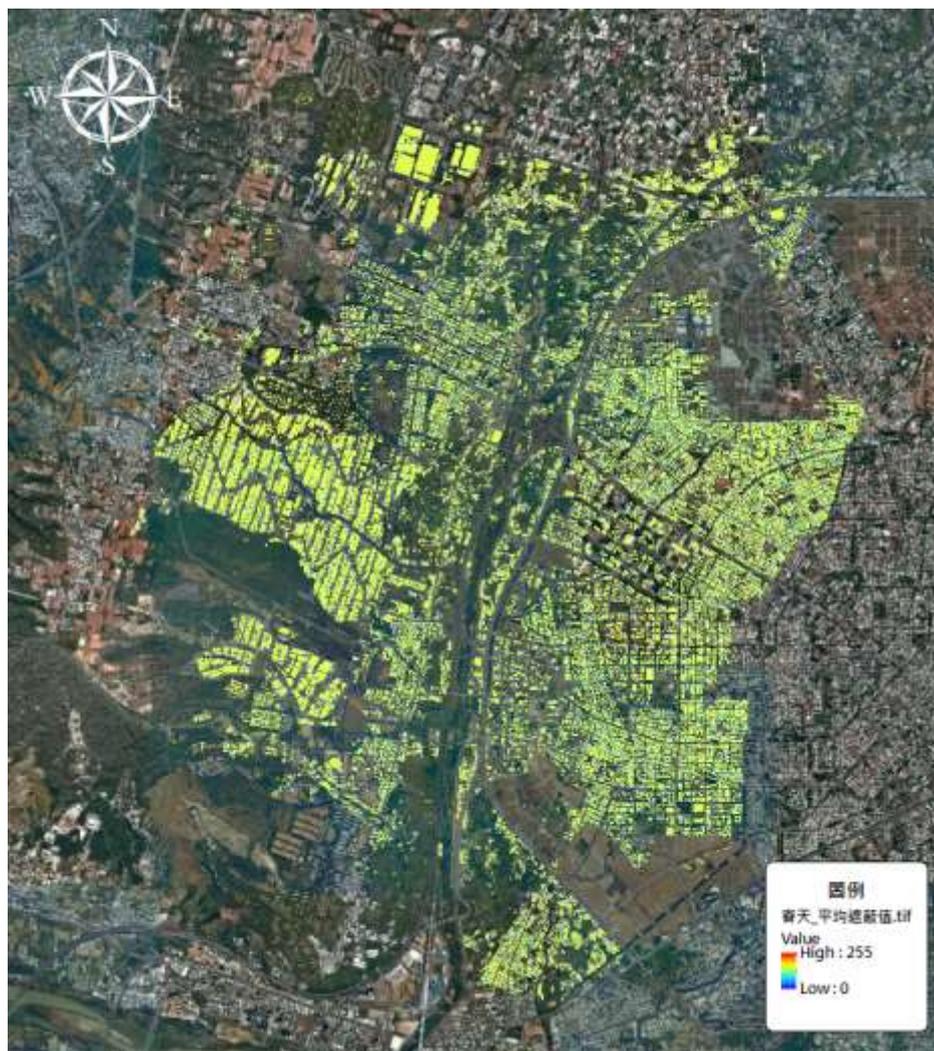


圖 2-24 春天平均日照遮蔽灰度值

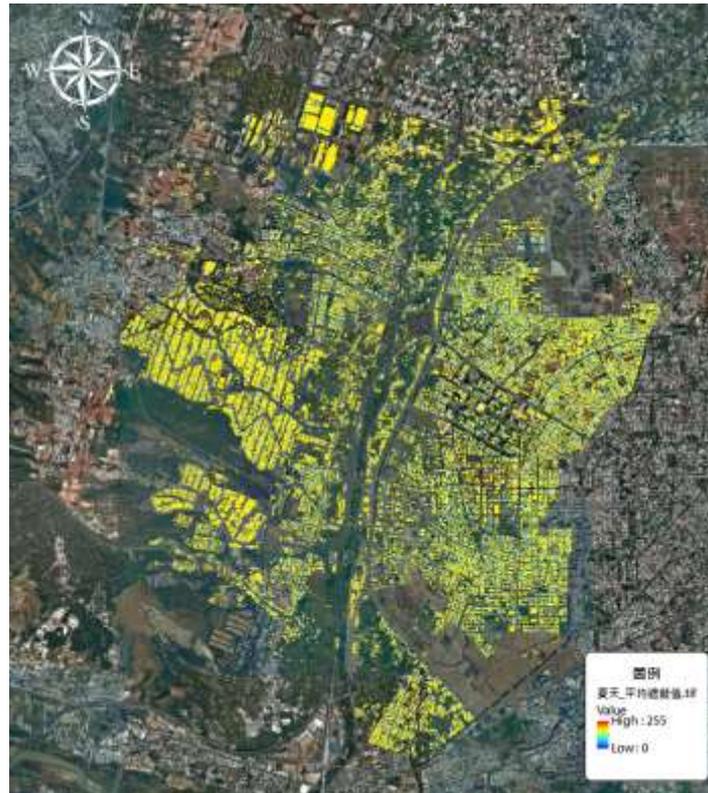


圖 2- 25 夏天平均日照遮蔽灰度值

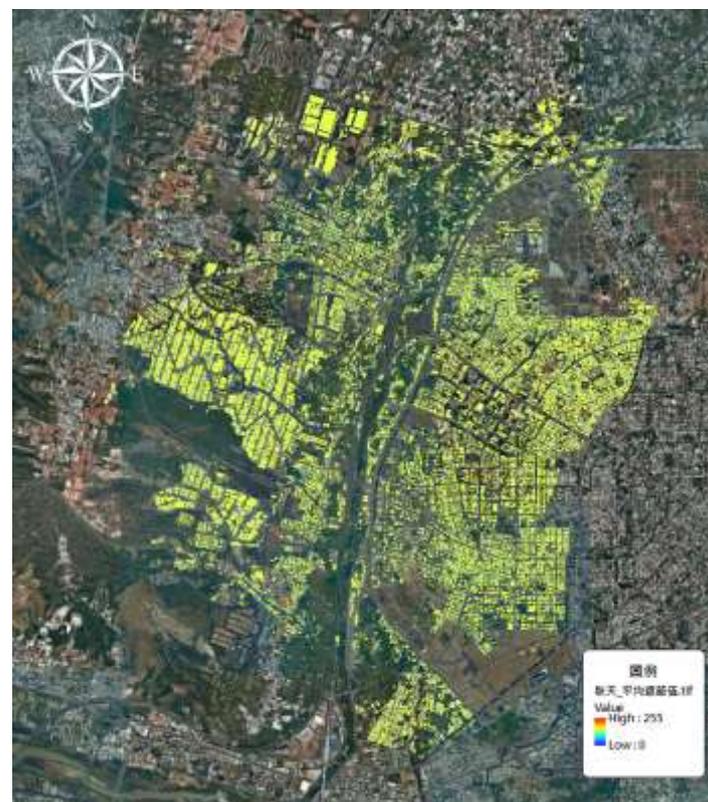


圖 2- 26 秋天平均日照遮蔽灰度值

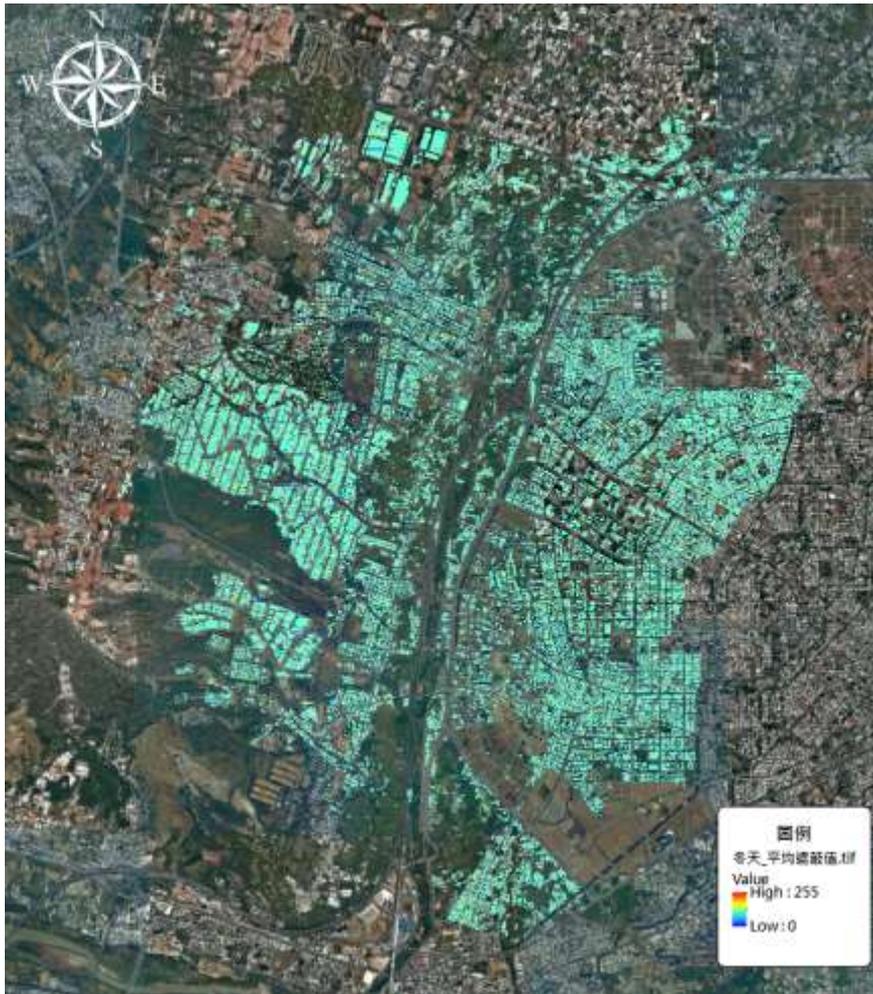


圖 2-27 冬天平均日照遮蔽灰度值

(四) 太陽輻射量計算

太陽輻射量的計算是確定太陽能輻射在地球表面的能量傳遞過程，計算涉及多個因素，如太陽位置、大氣傳輸、地形和地表特徵等，本應用案例利用太陽能發電之評估故使用太陽輻射量作為因子之一。透過確定日照時常、太陽方位角及仰角。並參考地形和地表特徵（如海拔、坡度、坡向、植被覆蓋和建物遮蔽）對太陽輻射量的分佈產生重要影響，地形陰影效應會導致某些區域的輻射量減少，考慮地形和地表特徵，可以更準確地估算太陽輻射量。

1、太陽輻射量計算

太陽輻射量計算需要地理資料，如 DEM（數位高程模型）、氣象資料包含溫度、濕度、雲量等及地表特徵資料。本案例分析使用 ArcGIS 內的 Area Solar Radiation 模組工具(圖 2- 28)可對計畫區域進行太陽輻射量計算。該模組工具可依據全年或一天中不同時間的太陽位置、並將遮擋陽光之障礙物（例如：建築物）列入計算計畫範圍內太陽輻射總量。計算得到的太陽輻射量資料可以進行分析和視覺化，以研究輻射量的空間和時間分佈，四季平均太陽輻射總量如下圖 2- 29、圖 2- 30、圖 2- 31 和圖 2- 32 所示。

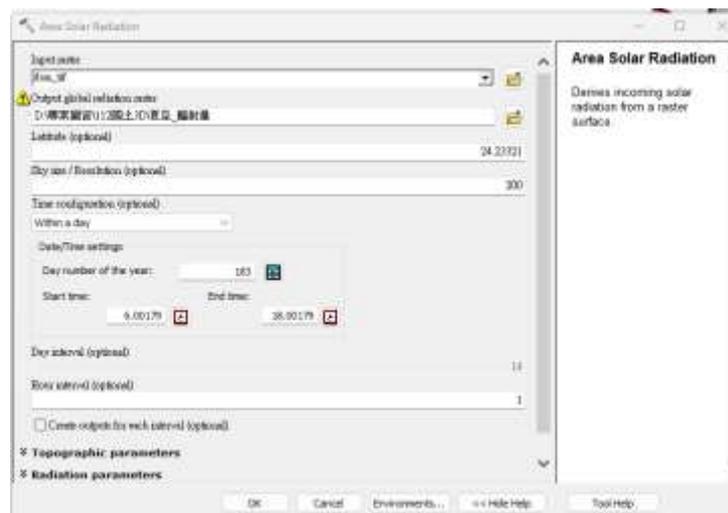


圖 2- 28 Area Solar Radiation

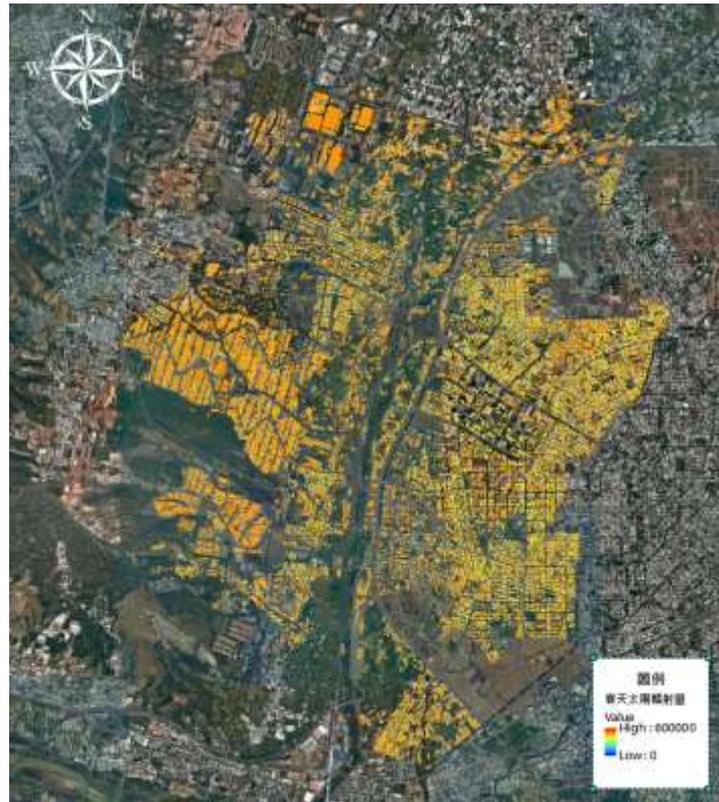


圖 2- 29 春天太陽輻射總量

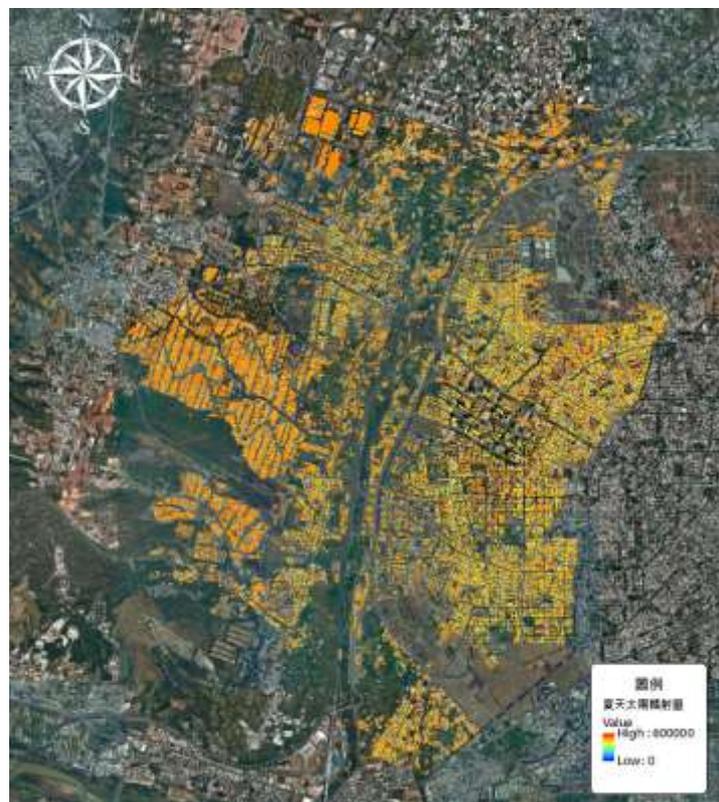


圖 2- 30 夏天太陽輻射總量

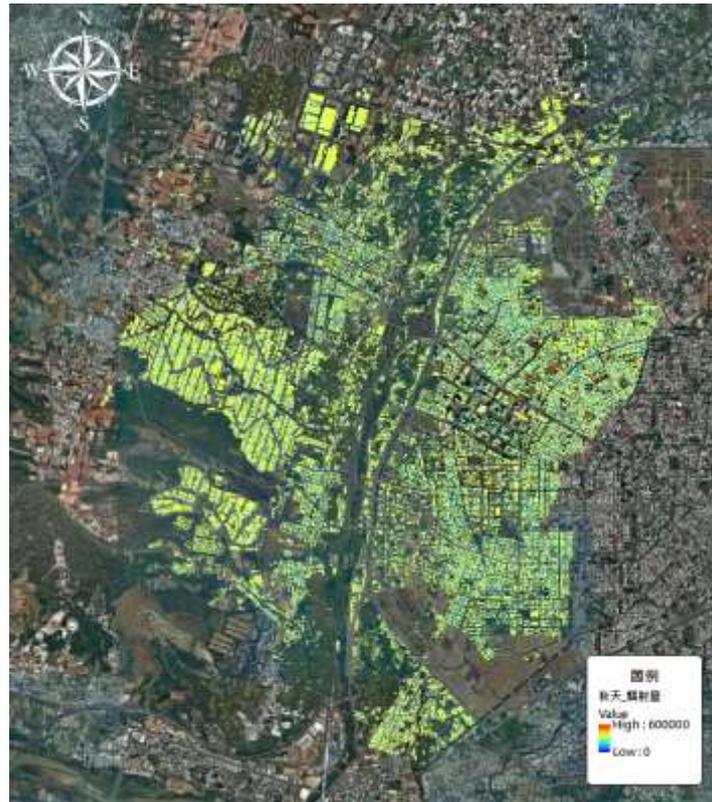


圖 2- 31 秋天太陽輻射總量

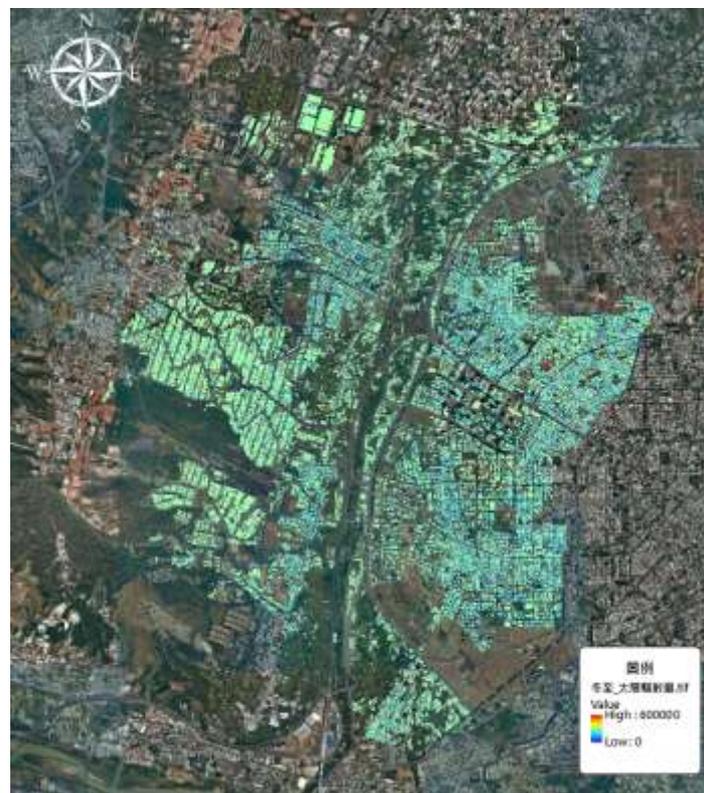


圖 2- 32 冬天太陽輻射總量

2、計算建物平均太陽輻射量

本案利用 ArcGIS 內的 Zonal Statistics As Table 工具(如圖 2-33)，用於計算向量資料內的統計網格資料並將其輸出到一個表格中，這些統計方式有總和、平均值、最小值、最大值等，可以根據需求選擇要計算的統計類型。本案例利用了三維建物模型屬性表內的 Build_ID，如圖 2-34，作為計算各棟建物建物框內網格資料之平均值之依據，其目的為方便後續分析能進行資料匹配，最後便可得出各棟建物的太陽輻射量平均值(圖 2-34)(圖 2-35)。

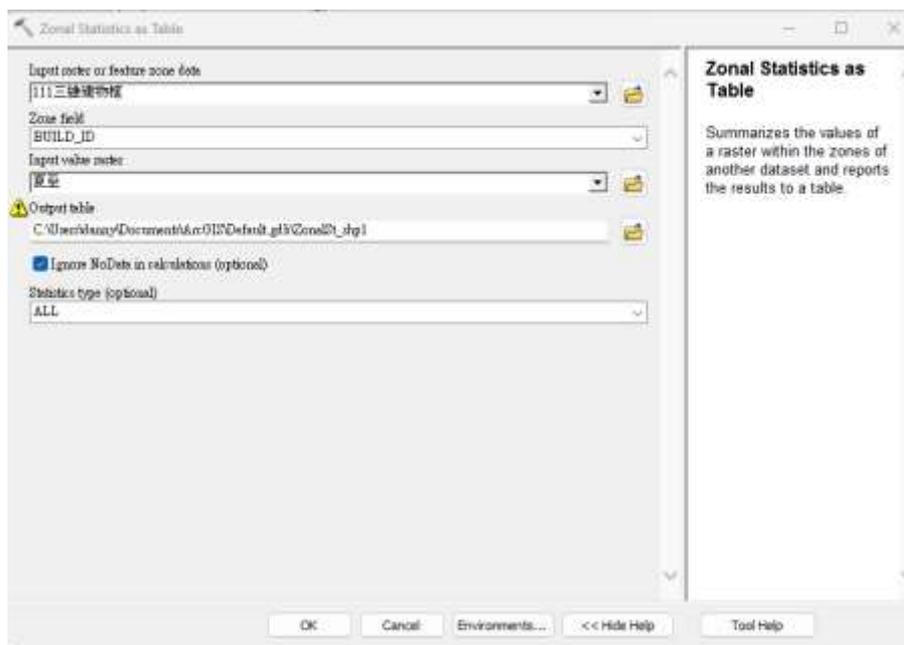


圖 2- 33 Zonal Statistics As Table

BUILD_ID *	ZONE_CODE	COUNT	AREA	MEAN
12R3H6EPR2	75	707	176.75	174.371994
12R096EJDE	76	3981	982.75	172.387942
12R086EJ1H	77	3917	979.25	169.198621
12R0A6EJMM	78	3945	986.25	172.542005
12R0A6EK7J	79	1513	378.25	170.927297
12RH26EJVS	80	22	5.5	117.409091
12RH16EJWQ	81	21	5.25	132.095298
12RB16EJNR	82	22	5.5	148.818182
12SL26C8GA	83	61	15.25	152.901639
12ND66C78P	84	367	91.75	172.637802
12KS96D8QC	85	152	38	179.671053
12PM86D753	86	2594	648.5	154.966847
12RT96B368	87	612	153	178
12RT96B30M	88	612	153	178
12N4A6C128	89	28	7	58.5
12DN86E2RW	90	642	160.5	177.983022
12HPV6DUD4	91	292	73	161.825342
12J2D6DU99	92	285	58.75	125.425532
213JQ6BT9Q	93	114	28.5	101.412281
20VI66BVNS	94	37	9.25	115.702708
12PKL6DT2N	95	2122	530.5	164.505655
21EBB6D5WV	96	228	57	132.210526
21GFB6DQPS	97	77	19.25	162.480519
213HR6DAF2	98	76	19.5	145.538462
21G526D64P	99	208	50.75	81.827586
21EANG6D5VP	100	220	55	118.668636
214K36D78S	101	4	1	13.25
21D6J6DQBH	102	567	141.75	155.37087
21D146D87V	103	19	4.75	112.578947
21PS86D9QB	104	87	21.75	137.209885
20W2H6D1KT	105	163	40.75	138.96773
20X456D1N2	106	1260	315	159.254762
20XT86D111	107	1126	281.5	119.983398
211PU6D7LA	108	6	1.5	72
211UR6DBJC	109	96	24	128.177083
219LA6D8AS	110	16	4	33.625
215WT6D9QW	111	71	17.75	141.253521
216MD6D7JA	112	6140	1535	161.377086

圖 2- 34 Zonal Statistics As Table 成果

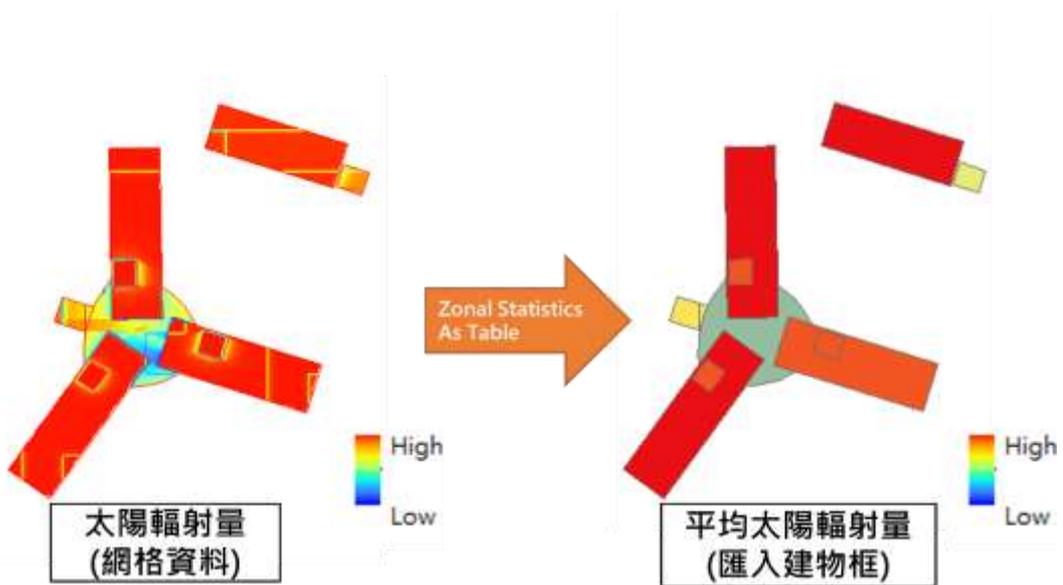


圖 2- 35 太陽輻射量匯入建物框

四、成果分析

前述資料關聯整合之成果進行後續整合，將日照遮蔽灰度值量化成遮蔽率，並與太陽輻射總量進行整合換算，計算出各棟建物的潛能裝置容量，再使用建物之建號定位成果內部資訊，盤點出潛能建物。詳細說明如下：

(一) 日照遮蔽率

透過日照遮蔽分析，可評估建築物周圍的日照情況(圖 2-36)，遮蔽分析對於評估建物屋頂架設太陽能板適應性非常重要，因太陽能光電板轉換效能與陽光照射時數為正比關係，建物日照遮蔽分析可以光電板在不同時間段內受到陰影的程度，從而將分析結果應用於篩選出計畫範圍內受陰影遮蔽程度較少之建物，有助於篩選最佳的太陽能板架設位置。四季日照遮蔽率成果如下圖 2-37、圖 2-38、圖 2-39 和圖 2-40 所示。

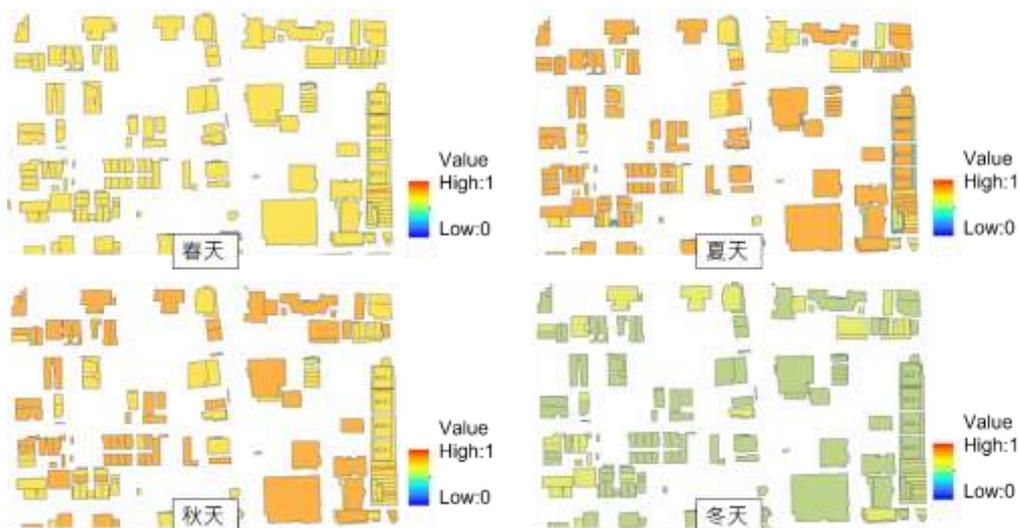


圖 2-36 建物遮蔽度細部成果

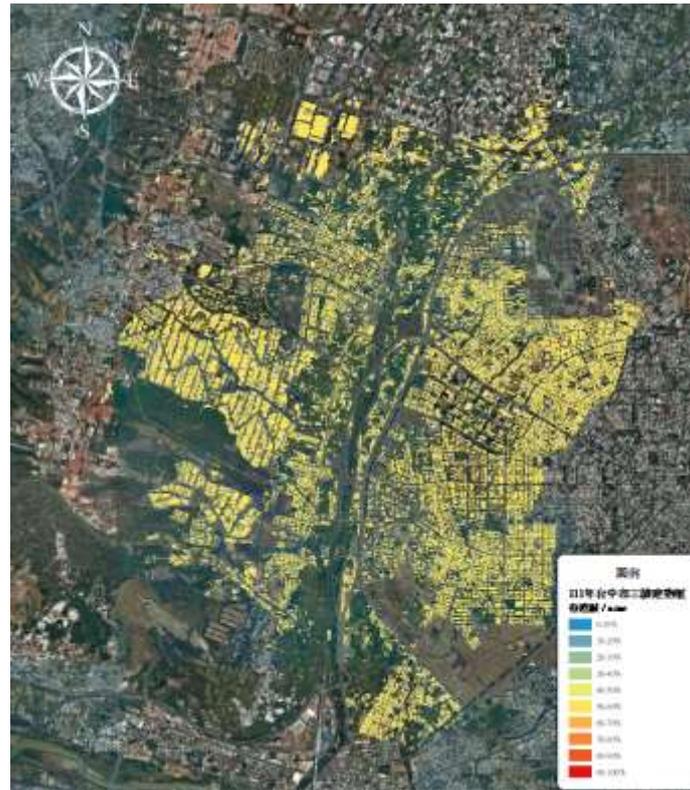


圖 2- 37 春天建物遮蔽率

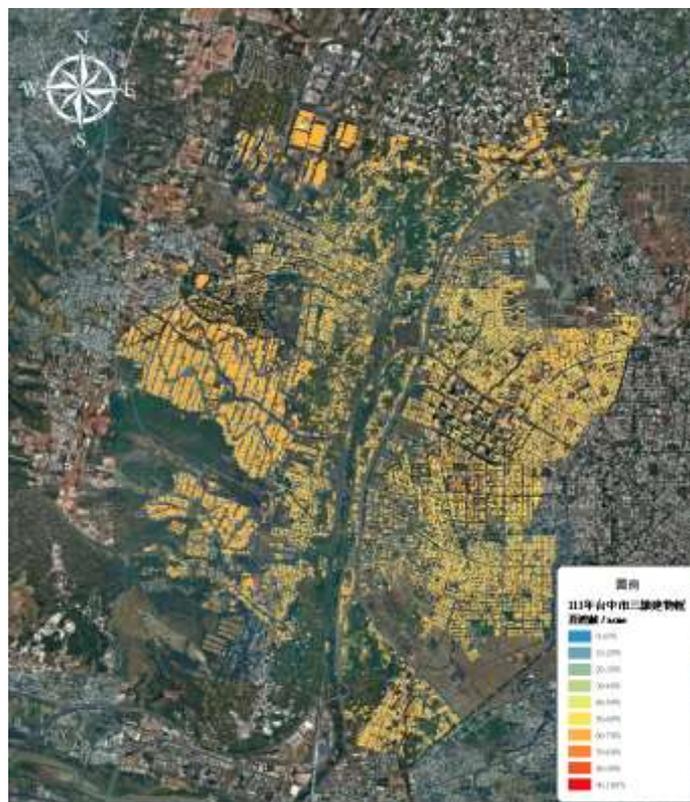


圖 2- 38 夏天建物遮蔽率

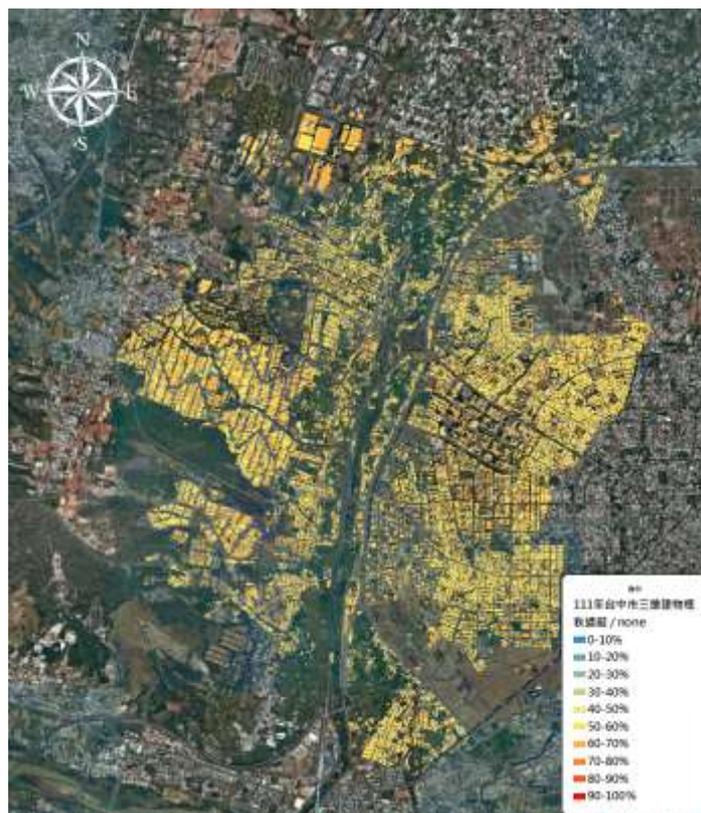


圖 2-39 秋天建物遮蔽率

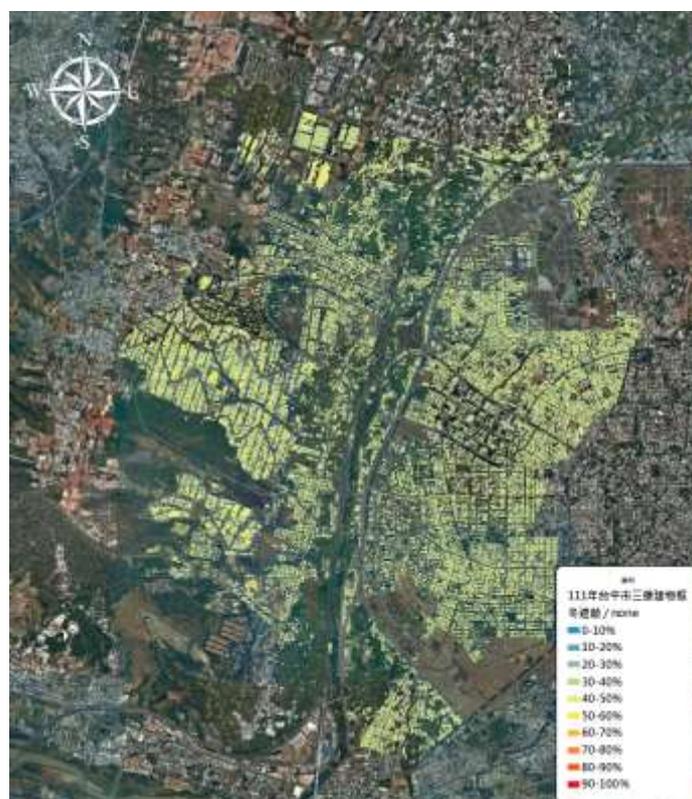


圖 2-40 冬天建物遮蔽率

(二) 太陽輻射量計算

太陽輻射量通常應用於分析太陽能利用、能源評估和熱環境設計等方面，本案通過分析建物日照遮蔽率及太陽輻射量，並計算出潛能建物之裝置容量，有助於輔導民眾決定是否適合安裝太陽能光電板於自家建物屋頂上，並可以提供太陽輻射總量與日照遮蔽率合併計算出較符合現場狀況的太陽輻射量數值，進而可換算出生產裝置容量，從而能讓民眾更快速了解架設太陽能光電板之優勢。

1、電力效益分析

電力效益分析其目的於太陽輻射總量與遮蔽率進行整合，將原有的太陽輻射量(圖 2- 41)調整為符合現地遮蔽狀況的太陽輻射量(圖 2- 42)。本案例利用 Field Calculator 工具進行圖資分析計算，該公式為：

$$\text{該季節調整輻射量} = \text{太陽總輻射量}(WH/m^2) \times (1 - \text{遮蔽率})$$

四季調整後太陽輻射量成果如圖 2- 43、圖 2- 44、圖 2- 45 和圖 2- 46 所示。

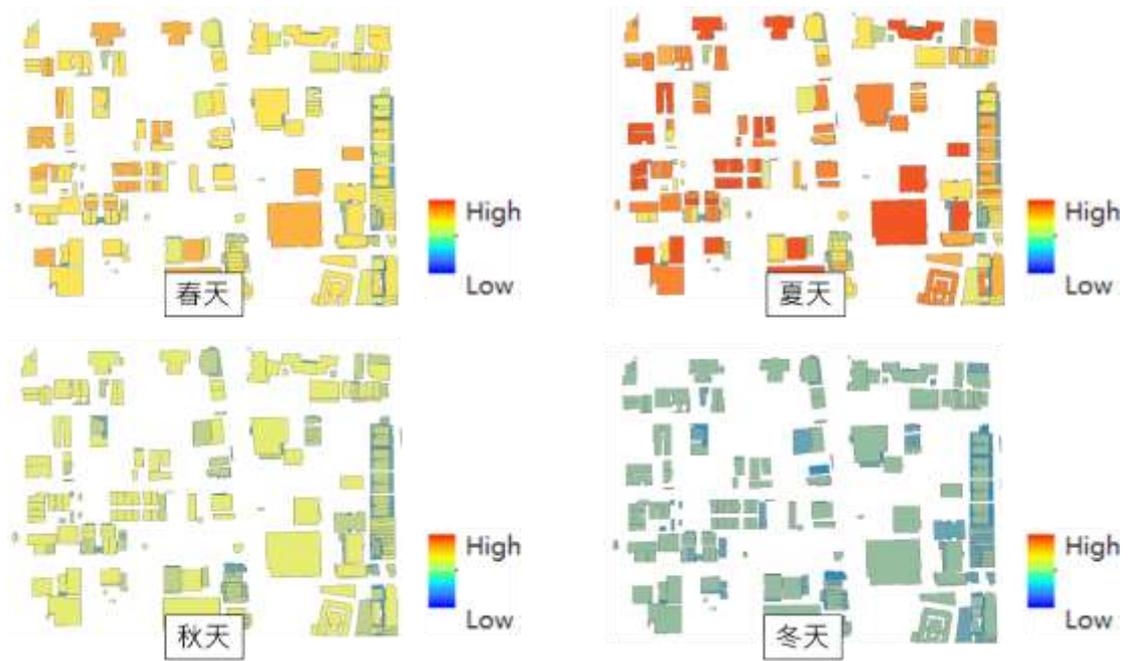


圖2-41 四季建物細部平均太陽輻射量(原始資料)(單位： WH / m^2)

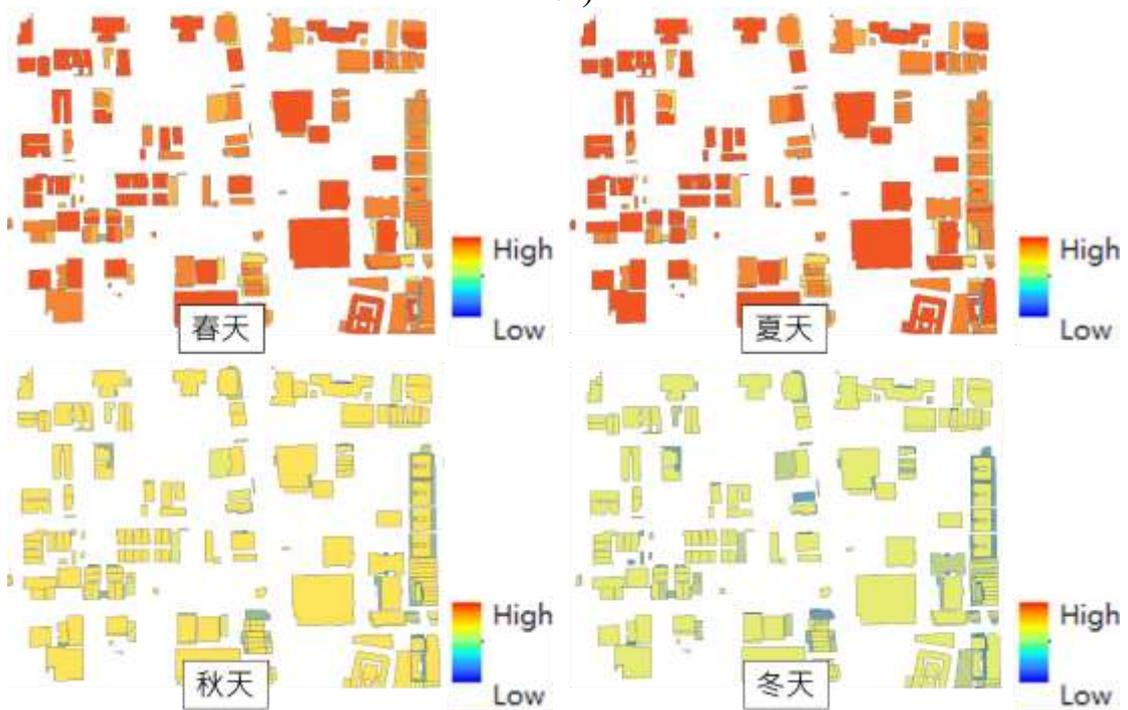


圖 2-42 四季建物細部平均太陽輻射量(調整後)(單位： WH / m^2)

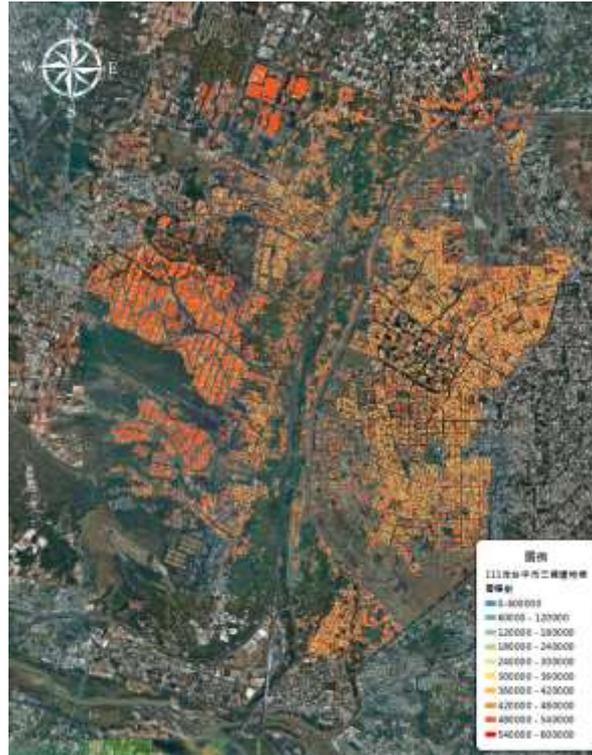


圖 2-43 春天調整後太陽輻射量(單位： WH/m^2)

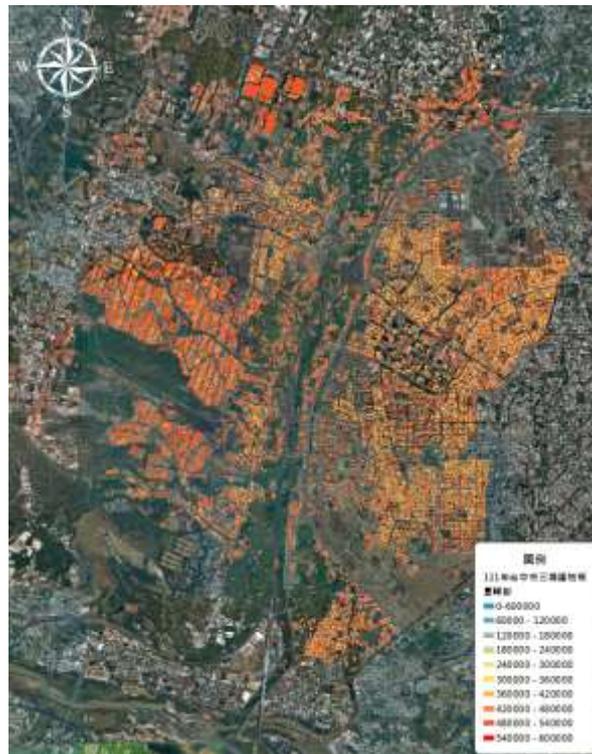


圖 2-44 夏天調整後太陽輻射量(單位： WH/m^2)

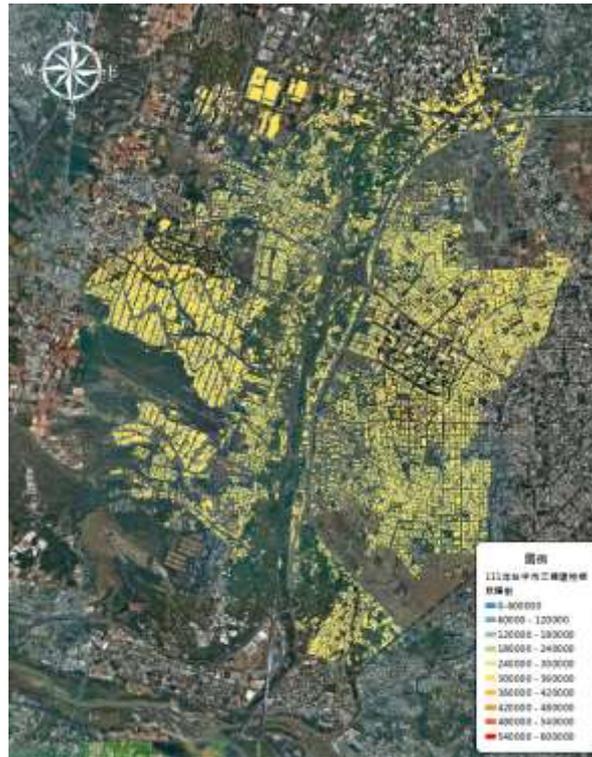


圖 2-45 秋天調整後太陽輻射量(單位： WH / m^2)

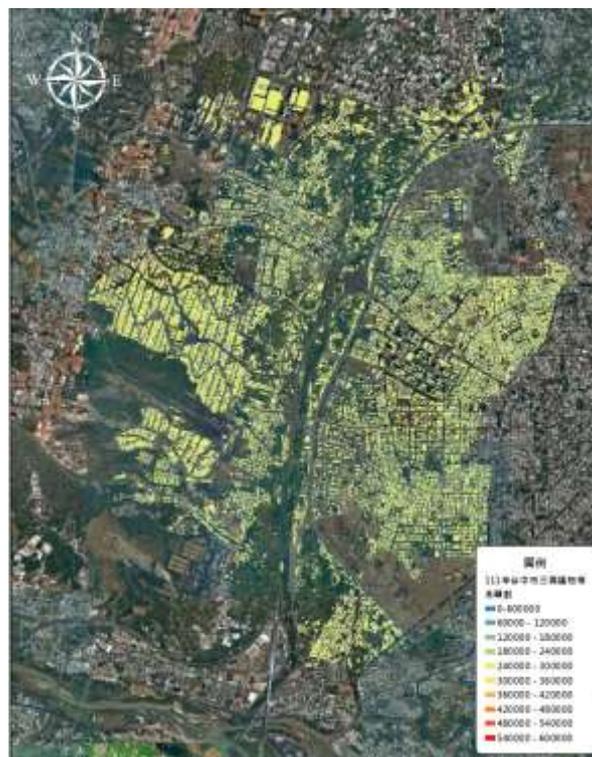


圖 2-46 冬天調整後太陽輻射量(單位： WH / m^2)

本案例臺中市政府 111 年度補助設置太陽光電發電系統實施計畫內最低補助要求，其要求為設置容量 1 峰瓩為基準。但太陽輻射量的單位為 WH / m^2 ，要篩選出設置容量大於 1 峰瓩的建物屋頂需進行公式轉換，公式參考蔣佳霓於 3D GIS 運用於分析都市內太陽光電板最佳架設位置進行研究分析⁶、ArcGIS 官網手冊和美國環境保護局 (EPA) 提供保守的最佳估計，太陽能板能夠將吸收太陽輻射量 16% 轉換為電能，太陽能裝置能保留 86% 的電力。這意味著太陽總輻射量換算裝置容量需再乘以 16% 和 86%。，公式如下：

$$\text{裝置容量(峰瓩)(KW)} = \text{該季節調整輻射量}(WH/m^2) \times \text{建物面積}(m^2) \div \text{該季節天數} \div 24(\text{時數}) \div 1000 \times 16\% \times 86\%$$

ArcGIS 的 Add Field 工具可讓向量屬性資料增加空白欄位該欄位設定為 TYPE=Double，其目的為存放各季節的裝置容量數據，再利用 Field Calculator 工具將上述公式套入，工具功能為可計算向量屬性表內資料並匯入空白欄位，如圖 2- 47 所示。四季推估裝置容量成果如下圖 2- 48、圖 2- 49、圖 2- 50 和圖 2- 51 所示。

⁶ 蔣佳霓(2011)。3D GIS 在都市建築之應用—以太陽光電板最佳架設位置為例

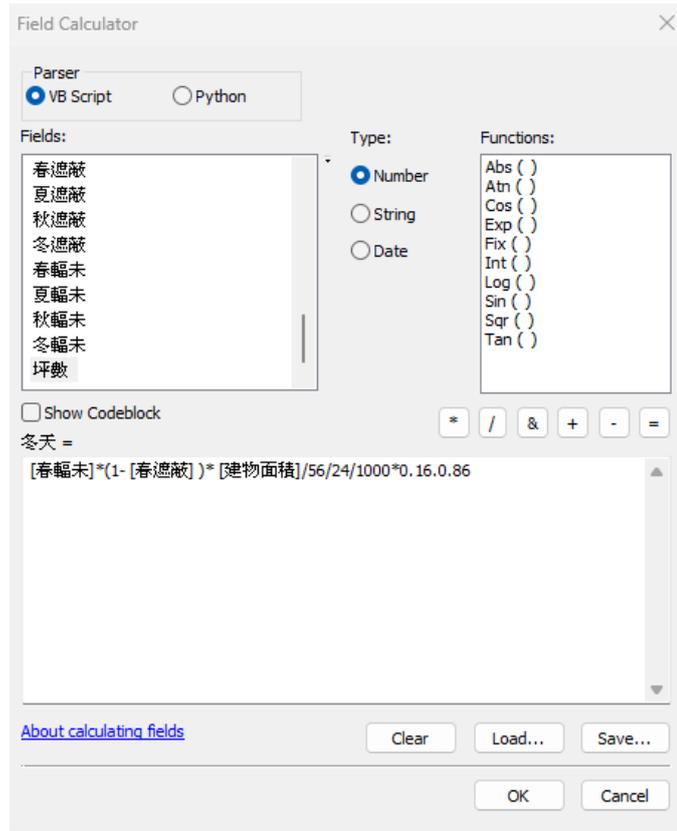


圖 2- 47 Field Calculator 工具

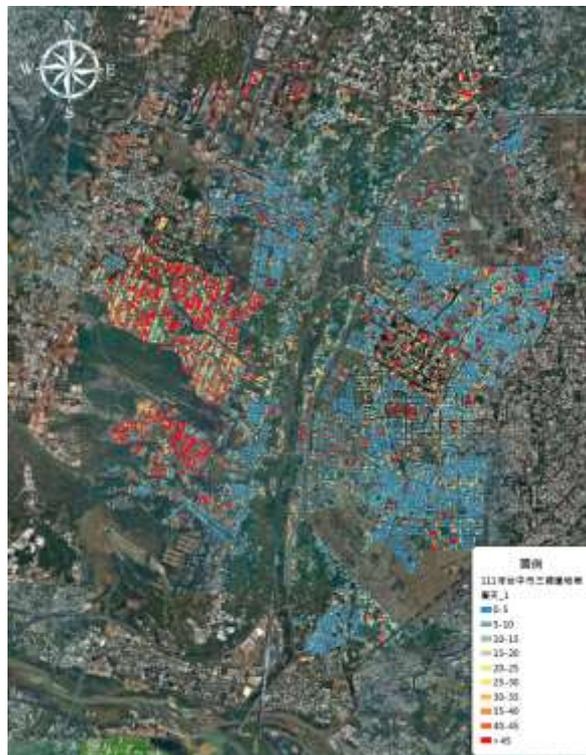


圖 2- 48 春天建物預估裝置容量(單位：峰瓦 KW)

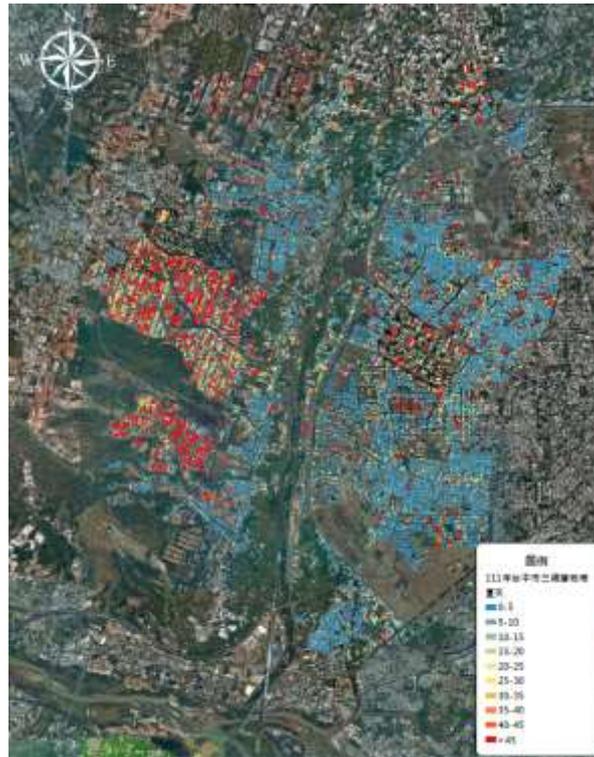


圖 2- 49 夏天建物預估裝置容量(單位：峰瓦 KW)

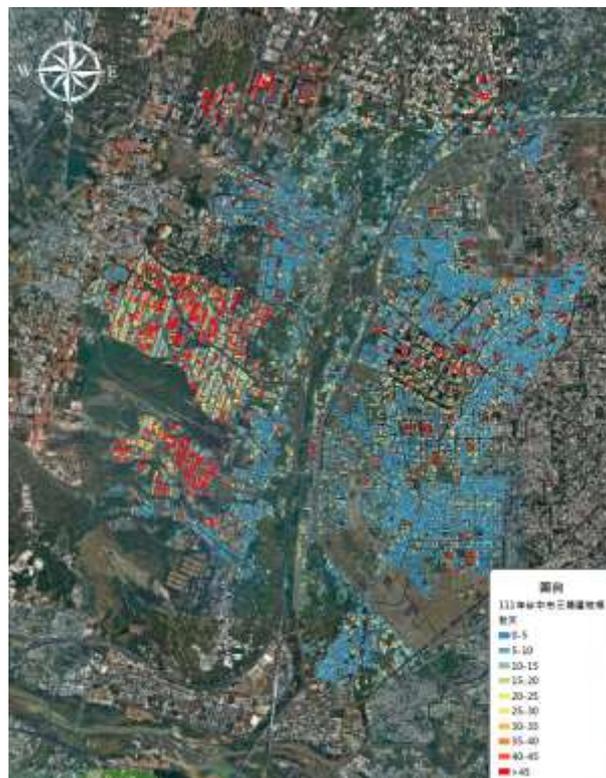


圖 2- 50 秋天建物預估裝置容量(單位：峰瓦 KW)

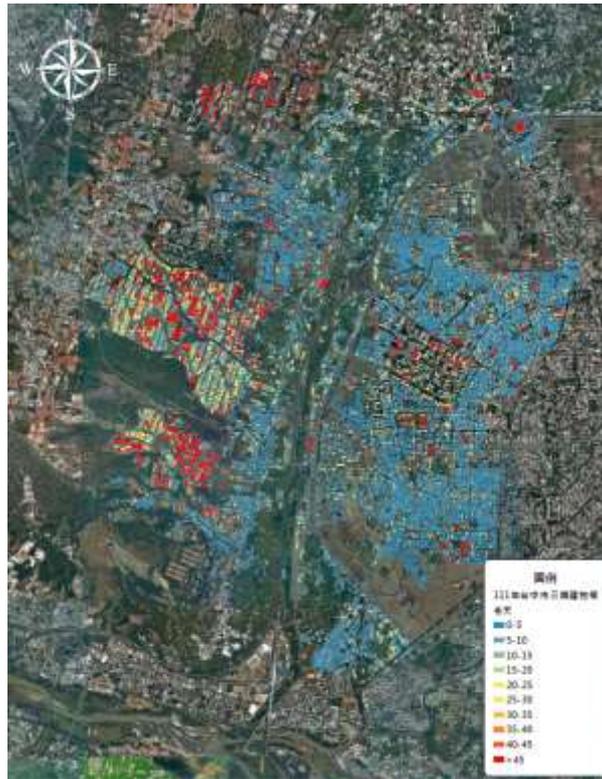


圖 2-51 冬天建物預估裝置容量(單位：峰瓦 KW)

2、設置光電設備之外部影響因素

屋齡和結構可以對太陽能板的效能和長期運作產生影響。資料來源為國土測繪中心提供之建號定位成果圖資，利用該圖資內部屬性表的完工日期、樓層數和主要建材為依據，篩選出適當的潛能建物。以下是屋齡和結構對太陽能板的一些常見影響因素：

(1) 屋齡對太陽能板之影響

較老的屋齡意味著太陽能系統可能需要更多的維護和保養工作，以確保太陽能板的正常運作和性能。

(2) 結構對太陽能板之影響

A. 安裝角度和朝向

太陽能板的安裝角度和朝向會直接影響其能量收集效率。正

確的安裝角度和朝向可以最大限度地捕捉太陽能，提高系統的發電能力。

B. 遮蔽和阻擋

結構物（例如樹木、建築物）可能會投射陰影或阻礙太陽能板的光線。這會降低太陽能板的效能，因為陰影部分無法有效轉換太陽能。

C. 建材穩固性

建材的穩固性對於太陽能系統的運作安全和太陽能板的長期使用至關重要。建材需要能夠承受風、雨、雪等自然元素的影響，以確保太陽能板的安全並保持其正常運作。

(3) 非潛能建物篩選條件

綜合上述條件、建物標示部資料及經發局過往經驗，本案利用以下幾個重要的因素進行潛能建物篩選：

A. 屋齡大於 30 年：較老建築物可能需要進行結構評估，以確保其能夠支撐太陽能板的重量。

B. 屋頂面積小於 10 坪：影響可安裝的太陽能板數量，進而影響能量產出。

C. 樓層高大於 6 樓：較高的建築物可能會面臨更強烈的風壓，需要更堅固的固定結構。

D. 主要建材：種類和質地也會影響太陽能板的安裝方式和固定策略，不適合建材如下表 2-3：

表 2-3 非潛能建物主要建材總表

編碼	建材	不適合設置原因
01	木造	<ul style="list-style-type: none"> 不確保結構能夠支持太陽能板的重量。 需要考慮防火措施。
05	石造	部分石材可能較為脆弱，可能需要特殊的安裝技術和支架。
06	磚造	磚牆的結構強度和穩定性需做評估。
14	土造、土石造、土磚石混合造	結構可能需要進一步的評估和加固，才可以支持太陽能板。
15	竹造	結構的穩定性和承重能力較差。
17	土木造	結構需進一步的評估和加固，確保可以安全地支持太陽能板。
18	鋁架造	鋁架結構通常較輕，穩定性和承重能力較差。

*建物若符合(A)~(D)四個條件中其中一項就會被標示為非潛能建物。

(4) 潛能建物盤點

先利用 Spatial Join 工具將建物標示部圖資與三維建物圖合併，再使用 ArcGIS 內的 Select By Attributes 工具，將前述的屋齡、面積、樓層高和主要建材加入篩選條件，將不適合建設太陽能板之建物篩選出後，如圖 2-52，應用 Switch Selection 功能，選取出潛能建物，匯出檔案後進行分析，成果如下圖 2-53 所示。西屯區原有 61,754 棟建物，剔除不適合建置太陽能板之建物 16,029 棟後，西屯區潛能建物為 45,725 棟，如表 2-4；南屯區原有 44,573 棟建物，剔除不適合建置太陽能板之建物 10,507 棟後，南屯區潛能建物為 34,066 棟，如表 2-5。



圖 2- 52 Select By Attributes 工具

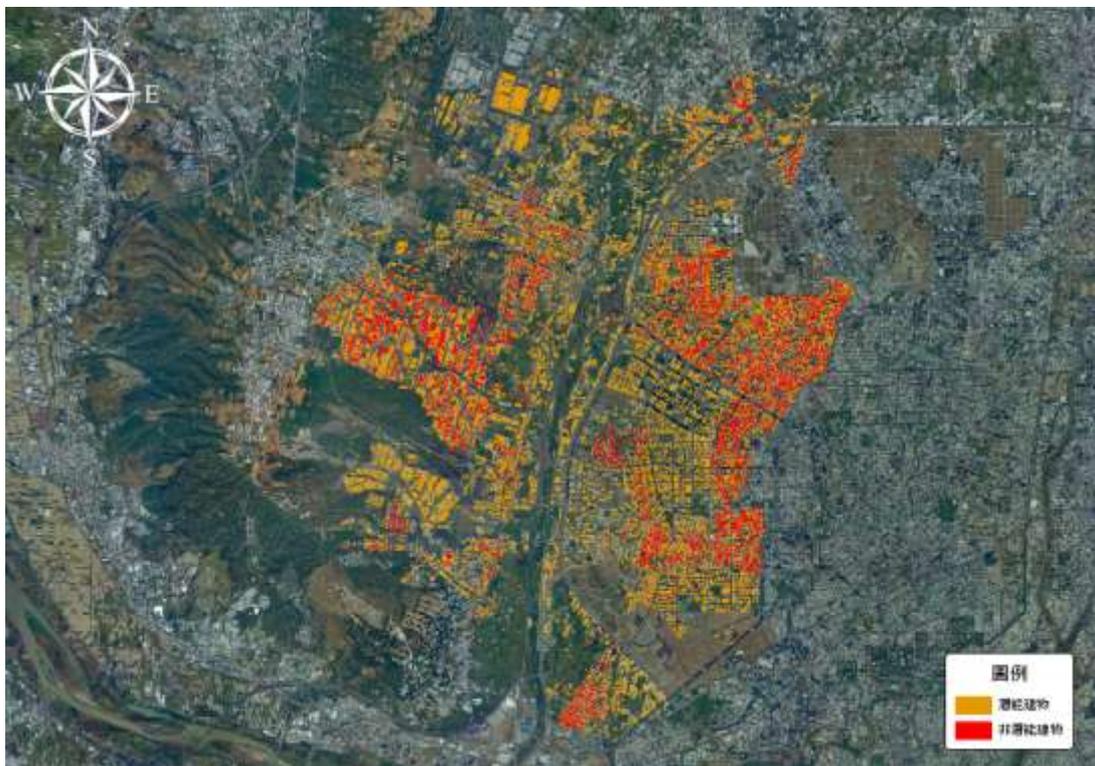


圖 2- 53 潛能建物盤點成果

表 2-4 西屯區非潛能建物盤點總表

總計剔除建物數量		16,029棟
篩選條件	剔除建物數量	
屋齡大於30年	15,485	
屋頂面積小於10坪	1,704	
樓層高大於6樓	974	
主要建材	278	

表 2-5 南屯區非潛能建物盤點總表

總計剔除建物數量		10,507棟
篩選條件	剔除建物數量	
屋齡大於30年	7,036	
屋頂面積小於10坪	1,089	
樓層高大於6樓	358	
主要建材	101	

五、研究成果

本應用案例預計產出西屯區及南屯區之各里之太陽能屋頂潛能，並依照其潛能之高低進行排序提供給經發局參考，使經發局可利用本應用案例之成果，將西屯區建置太陽能屋頂潛能最高之里作為重要推廣處，並以本案例作為推廣文件提供給該區之居民參考，以提升其裝設太陽能屋頂意願。於長期發展來看，經發局可持續透過此案例執行模式進行分析，並將範圍擴大至全中

市，透過定期之分析確認各里之太陽能屋頂之潛能變化，進而隨時調整政策走向，達到發展太陽能光電之最大效益。

(一) 西屯區

西屯區潛能裝置容量以協和里、林厝里和惠來里為前三名，成果如下圖 2-54、圖 2-55、圖 2-56 和圖 2-57 所示，表 2-6 為協和里、林厝里和惠來里的四季預估裝置容量。

協和里與林厝里建物使用目的以工業生產為主，其腹地較大，並建物周圍較無遮蔽，因此其潛能容量數值較高於其他村里，而兩里也有部分潛能建物使用目的農業生產，其建物佔地面積也較大，遮蔽也少，因此裝置容量大。而兩里中建物於住宅區也佔據少許比例，協和里與林厝里推薦經發局向工廠業者與農民進行太陽能屋頂推廣及宣導；惠來里潛能建物大多使用目的為住宅、商業等，其宣導對象為普通居民。

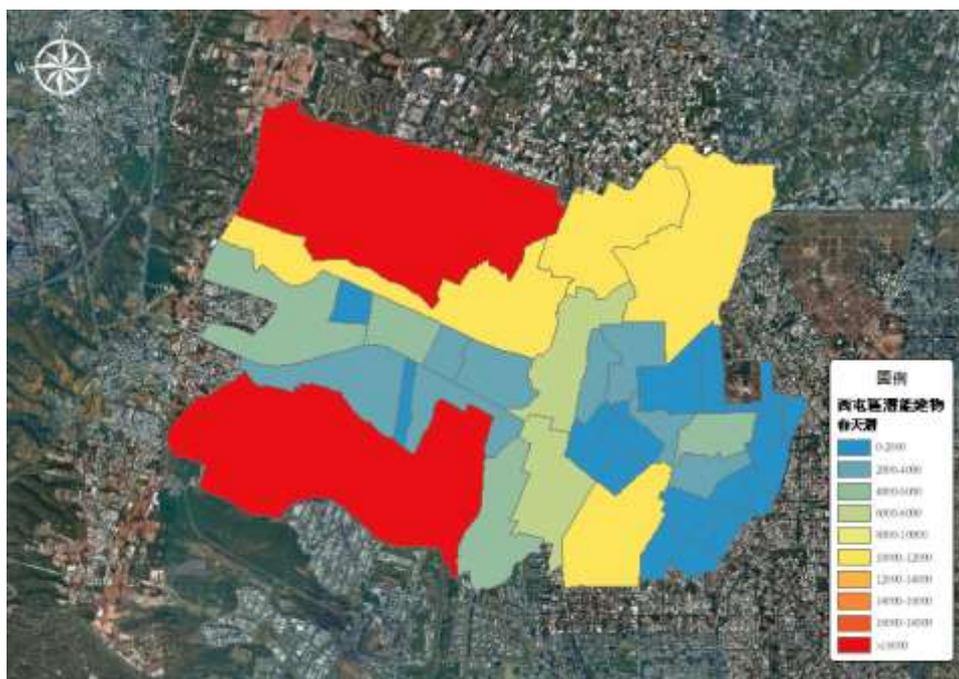


圖 2-54 西屯區春天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW)

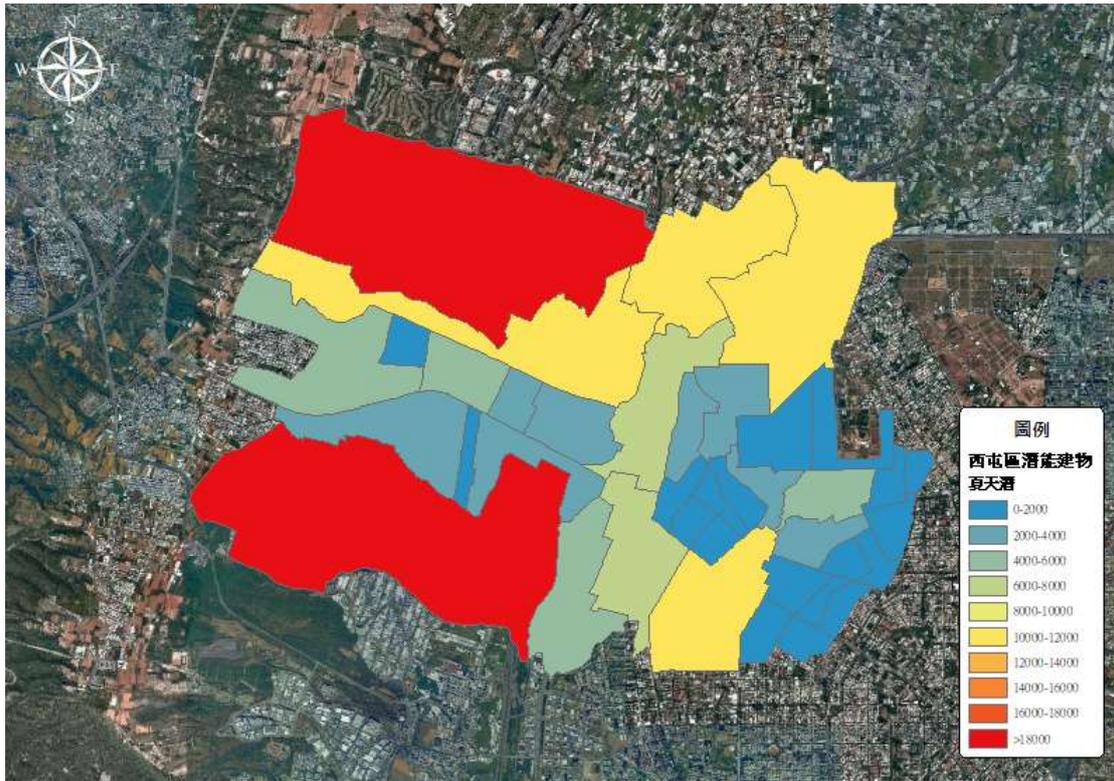


圖 2- 55 西屯區夏天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW)

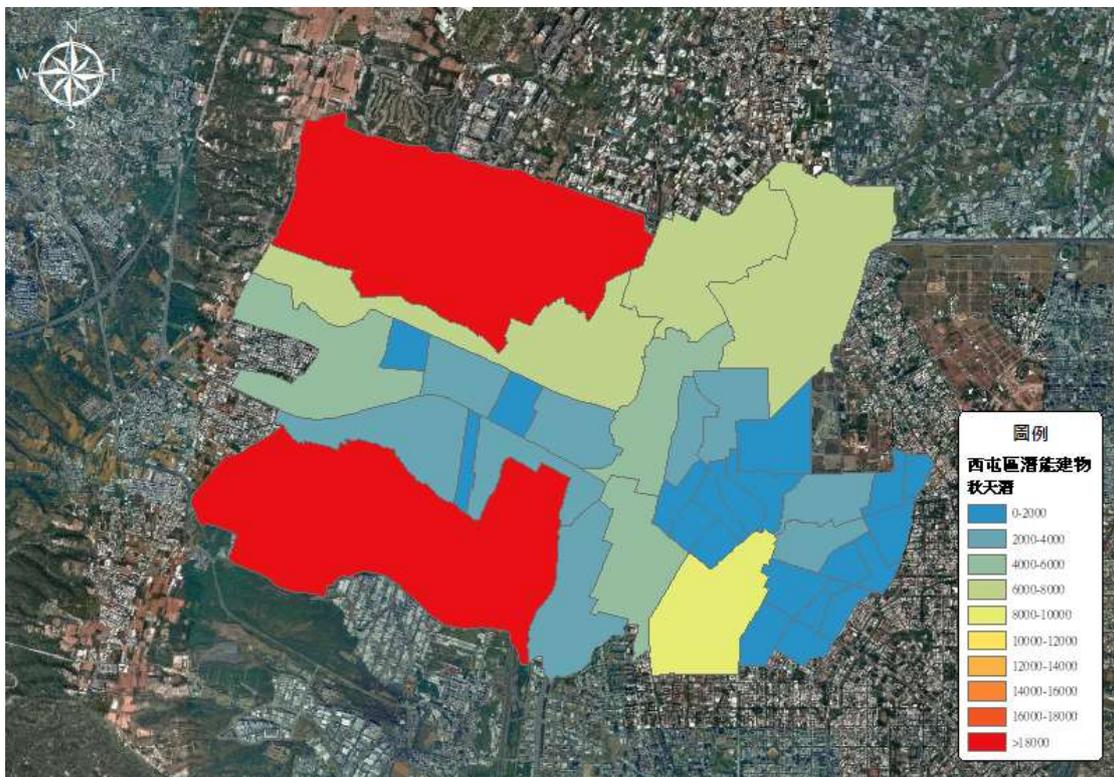


圖 2- 56 西屯區秋天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW)

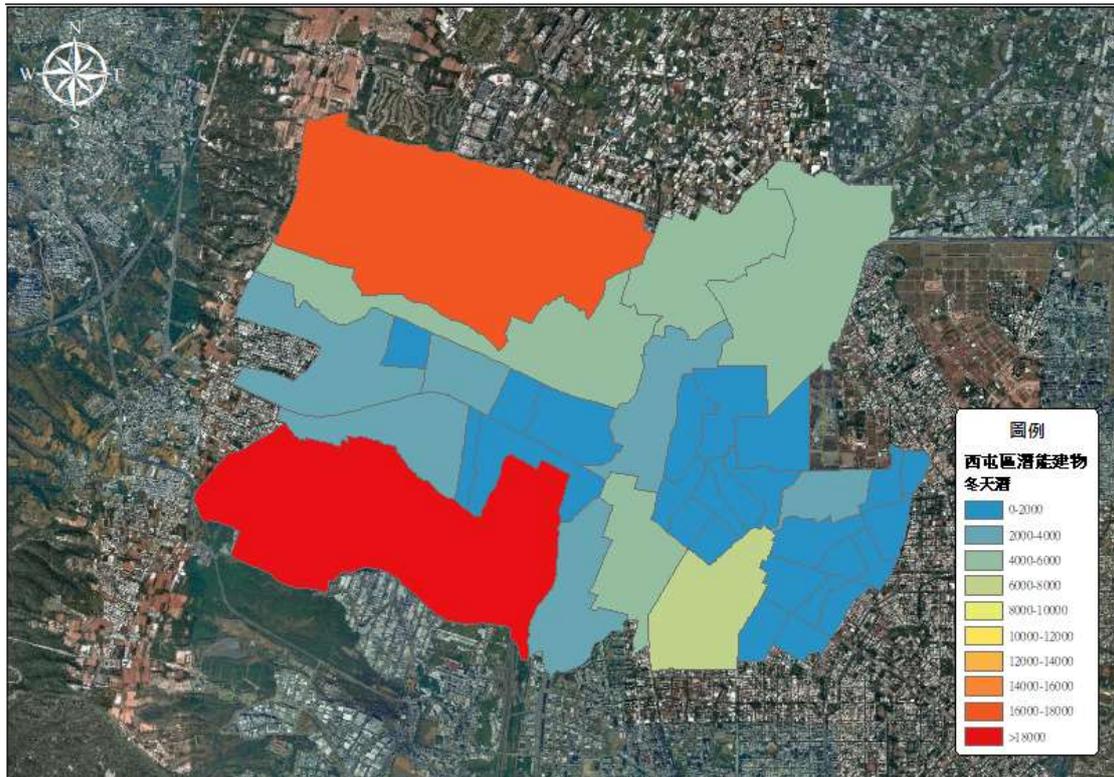


圖 2-57 西屯區冬天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW)

表 2-6 西屯區村里潛能裝置容量前三名

排名	村里	春天潛能裝置容量(KW)	夏天潛能裝置容量(KW)	秋天潛能裝置容量(KW)	冬天潛能裝置容量(KW)
1	協和里	40,625.364	40,420.191	29,891.117	23,386.381
2	林厝里	28,433.201	28,341.797	21,029.250	16,583.840
3	惠來里	10,870.878	10,920.267	8,005.467	6,147.275

(二) 南屯區

南屯區以文山里、寶山里和春社里的潛能裝置容量為前三高，成果如下圖 2-58、圖 2-59、圖 2-60 圖 2-61 和所示，表 2-7 為文山里、寶山里和春社里的四季預估裝置容量。

三里因建物大多以工業區、住宅區為主。因鄰近工業區，建物具有面積大和低遮蔽兩特性，其潛能裝置容量也較高。建議經發局向工廠業者與居民進行太陽能屋頂推廣及宣導。

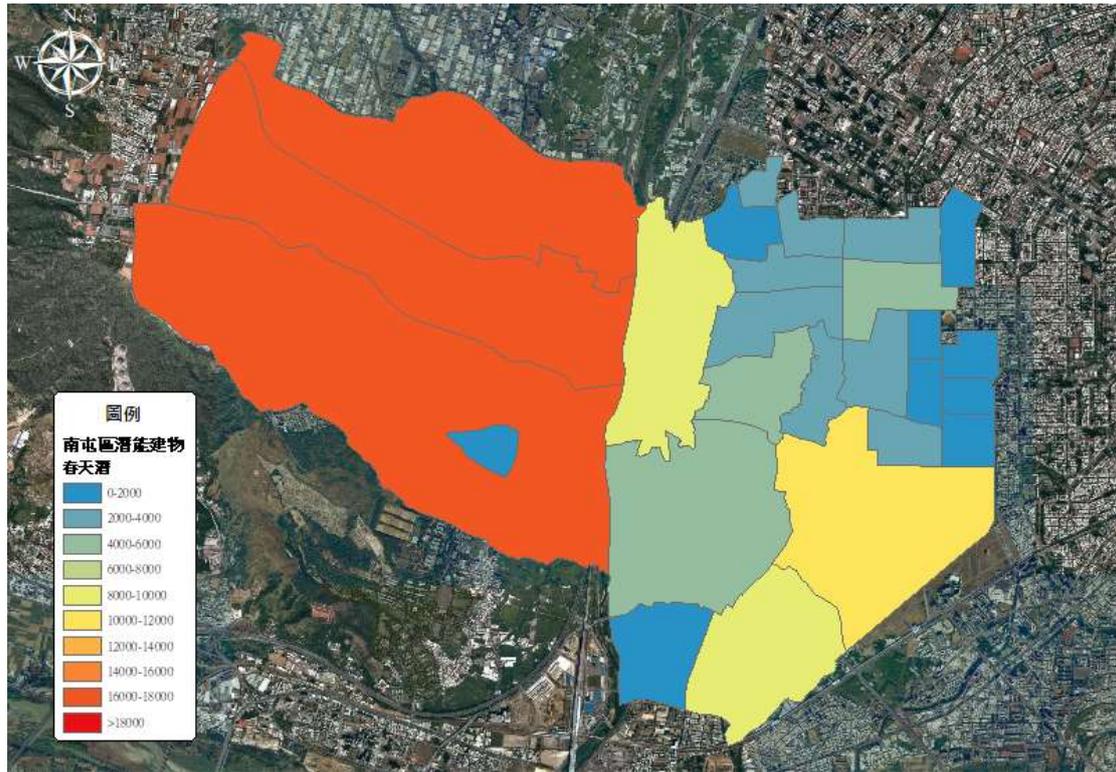


圖 2- 58 南屯區春天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW)

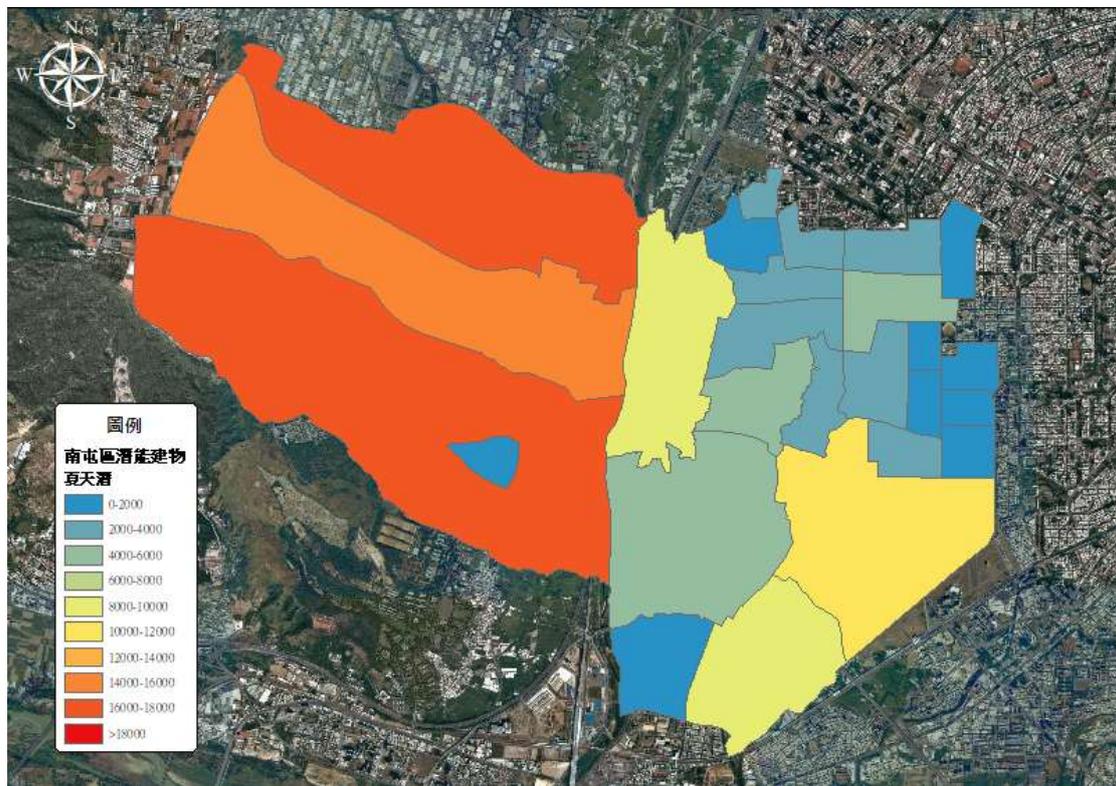


圖 2- 59 南屯區夏天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW)

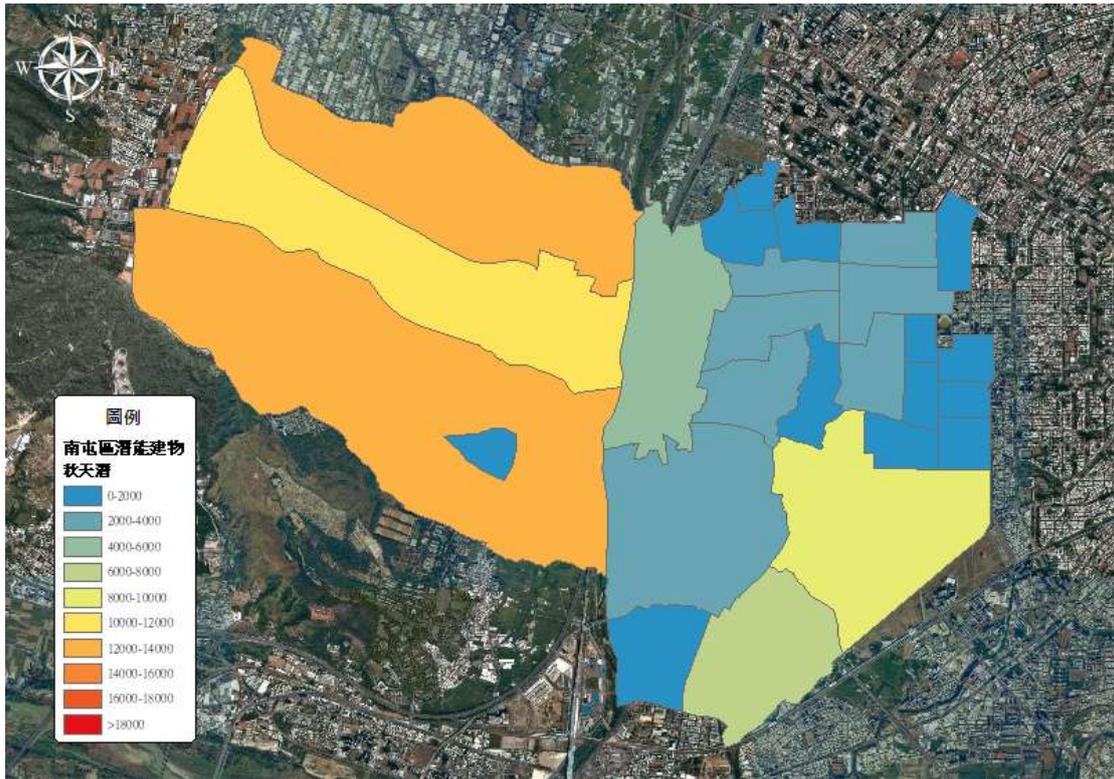


圖 2- 60 南屯區秋天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW)

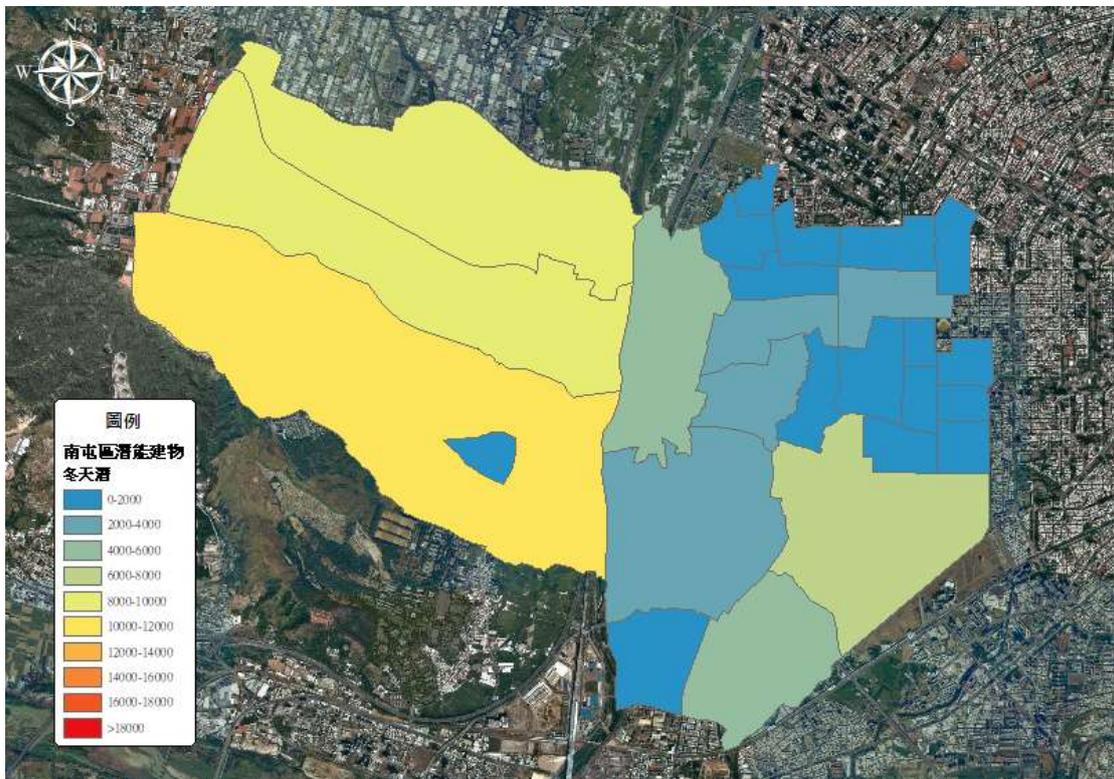


圖 2- 61 南屯區冬天太陽能屋頂潛能裝置容置(單位：峰瓦 KW)

表 2-7 南屯區村里潛能裝置容量前三名

排名	村里	春天潛能裝置容量(KW)	夏天潛能裝置容量(KW)	秋天潛能裝置容量(KW)	冬天潛能裝置容量(KW)
1	春社里	17,736.474	17,509.048	12,939.804	10,121.861
2	寶山里	16,580.203	16,473.585	12,156.855	9,473.569
3	文山里	16,047.679	15,917.765	11,770.284	9,206.858

六、成果檢核

本案利用 ArcGIS 內的 Area Solar Radiation 計算各棟建物的太陽輻射量，再進行發電效益分析，以臺中市政府 111 年度補助設置太陽光電發電系統實施計畫最低補助要求 1 峰瓩(KW)為篩選基準，將發電效益大於 1 峰瓩(KW)之建物保留，其檢核方法為規劃將本案例之成果與經發局提供之申請資料進行檢核查驗，並計算出本案例之方法準確度。

(一) 檢核資料敘述

利用臺中市經濟發展局提供臺中市再生能源設備登記總表內的門牌地址資訊，並將其地址透過 TGOS (內政地理資訊圖資雲整合服務平臺)提供的地址轉換坐標服務得到再生能源設備登記坐標，作為檢核資料之定位點，該資料位於西屯區及南屯區共有 684 筆，如圖 2-62。



圖 2- 62 檢核資料之空間定位

本計畫使用 ArcGIS Select By Location 功能利用檢核資料點位來選取其空間展示相對應的建物，有匹配到建物框資料為 355 筆資料，資料筆數有落差的原因為：

1. 檢核資料點位定位於相同建物框，下圖 2- 63 所示。



圖 2- 63 檢核資料點位定位於相同建物框

2. 因檢核資料年份為 112 年，而三維建物框資料年份為 111 年，因此有 172 筆檢核資料未對應到建物，圖 2- 64 所

示。



圖 2-64 檢核資料未對應到建物

(二) 檢核成果

承上節，因資料限制因素，本案例只會利用有互相空間對應之檢核資料與建物框資料進行成果檢核。

表 2-8 檢核總表

資料項目	資料數量(筆)	比例
建物框資料(與檢核資料有匹配)	355	—
大於 1 峰瓩(KW)	347	98%
小於 1 峰瓩(KW)	8	2%

依據上表 2-8，可看出本案例利用了三維建物圖資去推估計算建物的潛能裝置容量是可行的，本次案例的準確度比例為 98%，其可信度相當高，而其 2%誤差因素為該檢核資料為工廠和公寓大樓等建物(圖 2-65)之建物框分割較細，其門牌定位成果坐落於較小之建物框，導致分析成果數值降低(圖 2-66)。



圖 2- 65 檢核資料為工廠和公寓大樓等建物

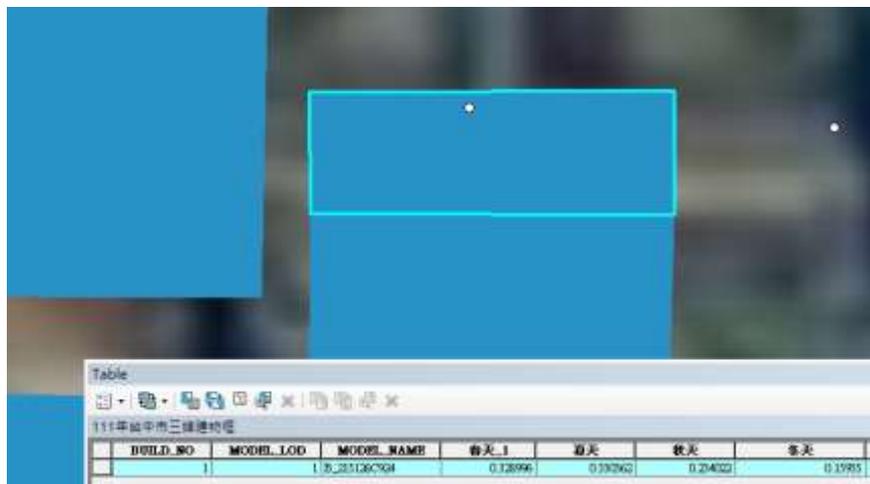


圖 2- 66 門牌定位成果座落於較小之建物框，導致分析成果數值降低

七、 結論與未來建議

往後若要進行屋頂型太陽能板裝置容量潛能盤點可利用國土測繪中心提供三維建物圖資及建物框與本分析案例流程可精確的推算出建物潛能裝置容量，本案例利用三維建物圖資計算出建物的實際樓高，與過往研究利用樓層數乘以 3 公尺去估算樓高的方式大相逕庭，此方法得出建物實際遮蔽情形並非推算，搭配日照遮蔽分析與太陽輻射總量計算，後續透過公式轉換出裝置容量數值，該數值具備高準確度可利用於潛能盤點規劃。

第三節 三維道路模型應用案例規劃與實作

臺中市於 111 年共發生 1,423 起火警，並造成 26 人死亡及 20 人受傷，總損失財物達 3,675 萬元⁷，造成之傷亡人數及損失財物數量之大不可不視，故本應用案例與臺中市消防局中區分隊與沙鹿分隊進行合作，利用三維道路模型具高程、路寬等屬性，搭配三維建物模型具樓高屬性，結合消防局提供搶救不易列管清冊、臺中市路邊停車格資訊及消防車基礎資訊等，以臺中市中區與沙鹿區做為作業範圍，中區（市區）分析重點在於分析消防車行駛於狹小巷弄與救援高度之限制，並分析最佳路徑；沙鹿區（山區）分析重點在於，當發生墓地火災時，山區道路對救援所帶來的限制，並分析最佳路徑。將分析結果提供消防局參考，協助消防局於火災發生前的訓練參考，當火災發生時可更為快速地抵達現場。

一、 中區應用案例

（一）目的及預期使用成效

於市區火災發生時，中區分隊常面臨到因道路狹小、路邊停車或現場堆置雜物，導致救援過程困難之問題，故本應用案例因應消防局需求，將三維道路模型及三維建物模型進行結合，透過其具高程與樓高之屬性協助將道路依消防車種類進行搶救難易程度分級，並建立出市區搶救困難路段之圖檔及清冊，透過此分析提供消防局消防人員於救災或不同轄區支援調度時之行駛路徑參考，也可將本案例成果做為教育訓練之教材，提供新進人員

⁷ 消防局 111 年 1 至 12 月份火災資料統計分析報告

之參考依據。

(二) 資料蒐集與流程規劃

1、作業範圍

作業範圍經需求訪談會議決議選定於臺中市中區如圖 2-67，因中區為臺中市之舊城區，道路相對於重劃區較為窄小，容易造成消防車出入不易。



圖 2-67 中區應用案例作業範圍圖

2、資料蒐集

針對作業範圍所需之相關使用圖資向測繪中心提出申請，經測繪中心同意提供後取得並進行後續案例實作，若所需圖資為其他機關產製，則須測繪中心函文其他機關協調者，並透過工作會議進行討論提出申請，經研議後所蒐集之圖資如表 2-9 所示。

表 2-9 三維道路應用案例(中區)所需圖資列表

資料名稱	資料格式	資料使用說明	資料所屬機關
臺中市路邊停車格位資訊	面資料	道路路寬分級	臺中市政府
臺中市公寓大廈報備資料	文字資料	用於確認搶救不易地區列管清冊之大樓地址	
鄉鎮市區界線	面資料	計畫範圍劃設	內政部國土測繪中心
臺灣通用電子地圖道路中心線	線資料	道路關聯建物屬性步驟中補充三維道路中心線缺少的部分(路寬資訊)	
三維道路中心線	線資料	道路關聯建物屬性	
三維建物框	面資料	道路關聯建物屬性	
消防車基礎資訊	文字資料	道路路寬分級	臺中市消防局
112 年搶救不易地區列管清冊	文字資料	消防局提供之資料用於圖資萃取	
消防局點位	點資料	搶救困難路段分析之案例模擬使用	

3、案例流程規劃

中區應用案例流程如圖 2- 68 所示，主要項目為資料蒐集、市區搶救困難路段分析及成果檢核等。將三維道路中心線與三維建物框進行資料關聯，並利用消防車基礎資訊、電子地圖道路中心線、三維道路模型及臺中市路邊停車格位資訊將中區道路進行寬度分級，而後運用上述處理整合過之資料進行市區搶救困難路段分析，最後依分析成果產出市區搶救困難路段分級圖檔。運用蒐集來的 112 年搶救不易地區列管清冊及臺中市公寓大廈報備資料進行圖資數化與彙整，並以清冊內實際發生火災案例進行分

析，模擬救災建議行駛路徑，提供後續消防人員於救災時之行駛路徑之建議。

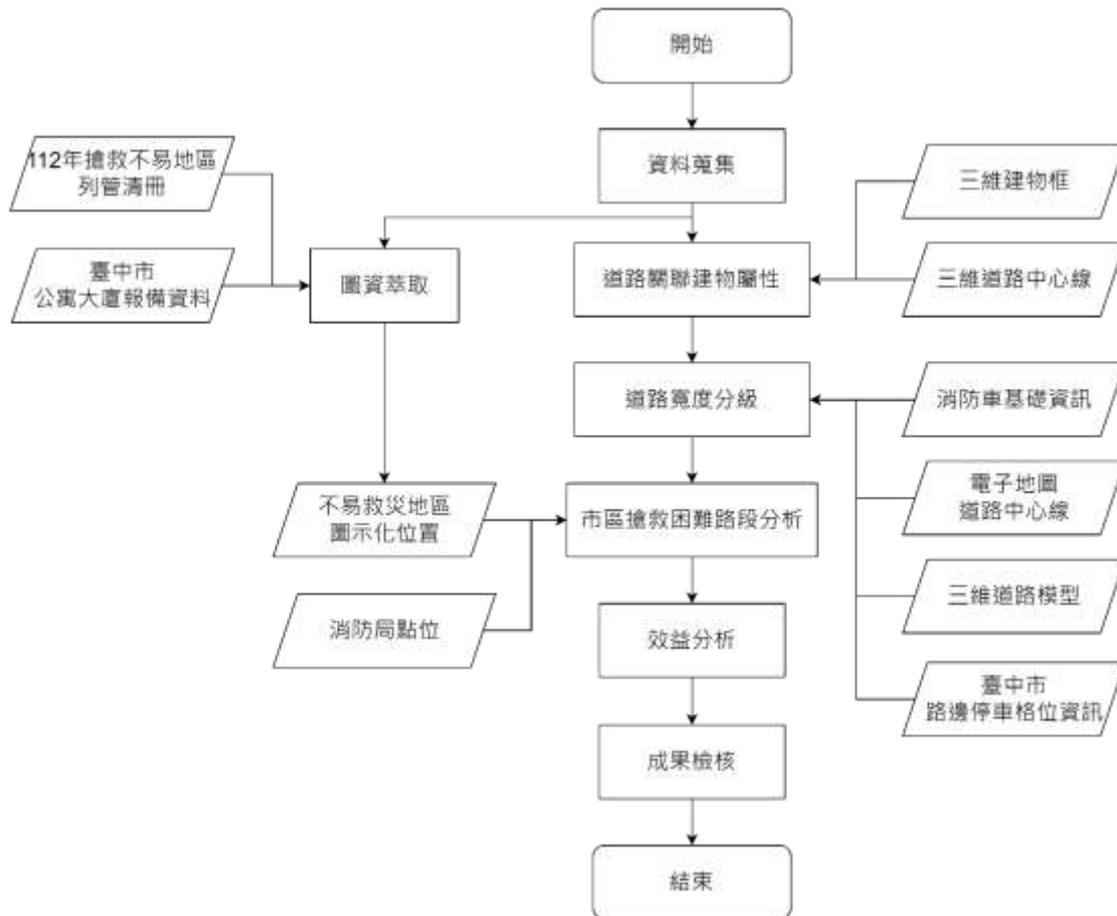


圖 2-68 中區應用案例流程圖

(三) 資料前處理

為利後續市區搶救困難路段分析，將對上述所獲取的資料進行處理整合，主要分為道路關聯建物屬性及道路寬度分級，詳細說明如下：

1、道路關聯建物屬性

依據消防車輛之救災動線於「劃設消防車輛救災活動空間指導原則」⁸中規範，大略分為兩種：

- 供救助 5 層以下建築物消防車輛通行之道路或通路，至少應保持 3.5 公尺以上之淨寬，及 4.5 公尺以上之淨高。
- 供救助 6 層以上建築物消防車輛通行之道路或通路，至少應保持 4 公尺以上之淨寬，及 4.5 公尺以上之淨高。

由上述條件，將建物樓層分類與道路關聯樓高分類依據規範條件進行分類。

(1) 建物樓層分類

先把建物樓 5 層(含)以下及 6 層(含)以上進行分類，如圖 2-69，以樓高 20 公尺為基準，高於 20 公尺為 6 層(含)以上之建物，低於 20 公尺為 5 層(含)之建物。

⁸ 內政部主管法規共用系統-法規內容-劃設消防車輛救災活動空間指導原則

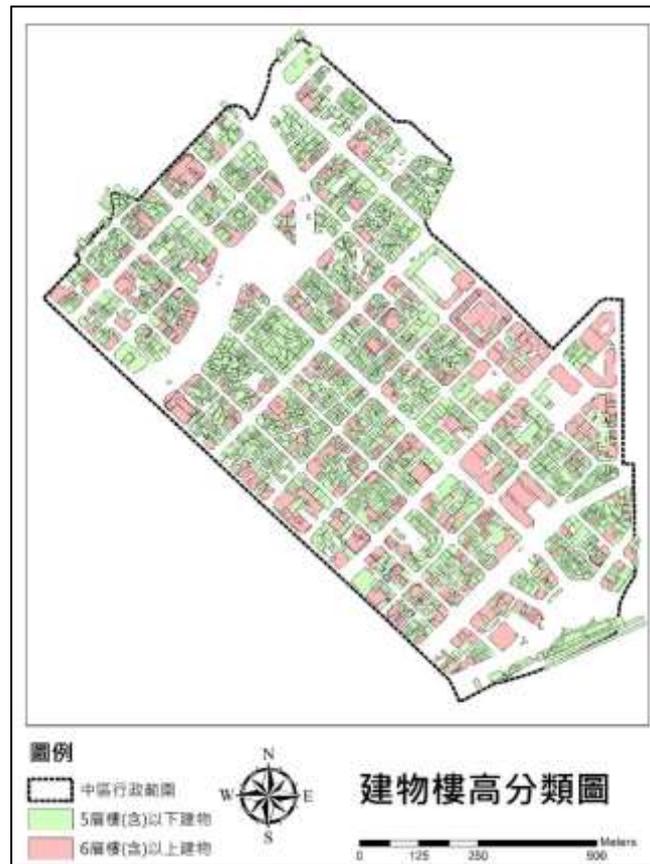


圖 2- 69 建物樓高分類圖

(2) 道路關聯樓高分類

運用 ArcGIS 軟體 Select By Location 功能將鄰近 20 公尺以上建物之道路篩選出，如圖 2- 70，分類依據採該路段具最高樓層為原則，單一路段上如具有 6 層(含)以上之建物，則該路段將分類為具 6 層(含)以上建物之道路，最後將其分類結果關聯至三維道路中心線，使三維道路中心線帶有該路段之樓高分類資料，整合成果如圖 2- 71。

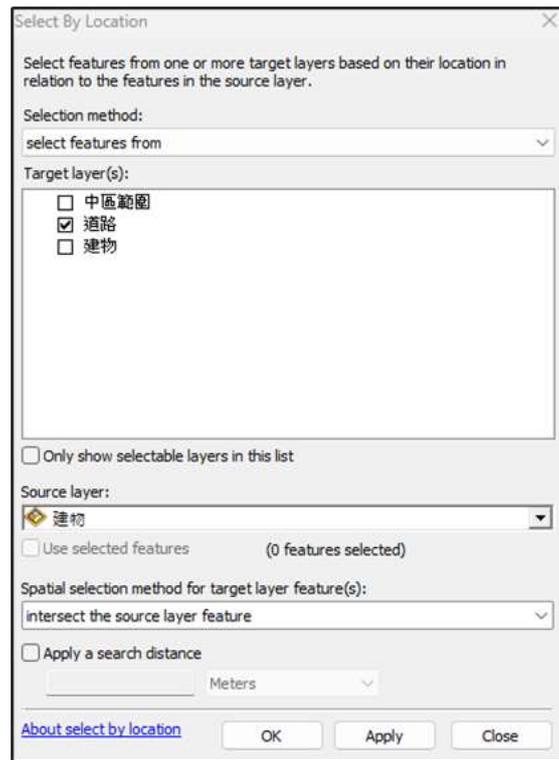


圖 2- 70 Select By Location 功能

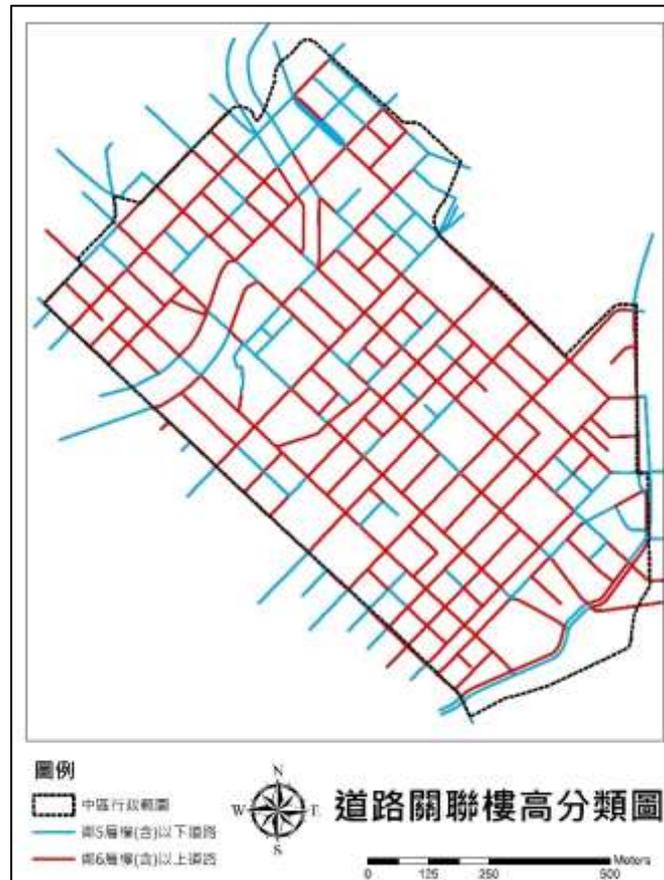


圖 2- 71 道路關聯樓高分類圖

2、道路寬度分級

為求道路路寬能更貼近實際現況，將三維道路模型與路邊停車格(如圖 2-72)進行關聯整合，從圖中可發現到部分停車格有不在道路範圍內之情形(如圖 2-73)，原因為此路邊停車格位資訊有涵蓋部分收費停車場之停車格，所以會有不在路邊卻又有停車格之情形，故在使用上需先運用以下步驟進行篩選。



圖 2-72 臺中市路邊停車格分布圖

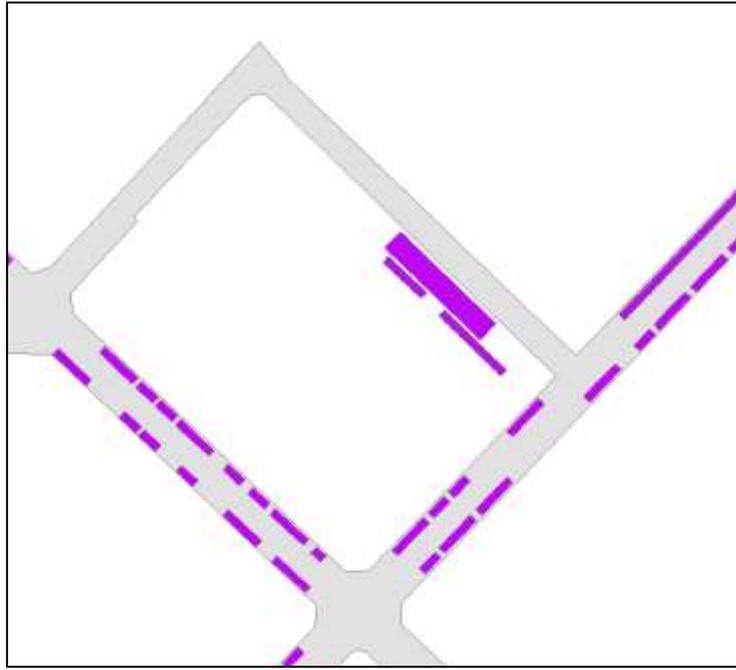


圖 2-73 部分停車格有不在道路範圍內之示意圖

(1) 篩選具有停車格之路段

運用 ArcGIS 軟體 Select By Location 之功能將附有停車格之道路篩選出，並對道路進行路寬上的調整，如道路兩旁皆具停車格(以有接觸到道路的停車格為主)，則扣除雙邊停車格之寬度，只有單邊則扣除單邊停車格之寬度，所得計算後之路寬採最窄寬度為基準。

(2) 依消防車種進行路寬分級

利用上述所獲得之調整後路寬在對其進行分級，將道路寬度依目前消防局常見使用車種進行分類，如表 2-10 所示，運用 ArcGIS 軟體 Select By Attributes 之功能，如圖 2-74，以不同車種之車寬作為分類級距，將道路寬度小於車寬分類為難等級、介於車寬與 2 倍車寬為中等級而大於 2 倍車寬之道路則分類為易等級，分級方式如圖 2-75。

表 2-10 消防車分類表

車種	定義	裝置	車輛尺寸	圖示
小型水箱消防車(以下簡稱小型水箱車)	儲存約 1500 公升水量，供加壓送水、射水，執行救火任務。	備有消防泵浦及相關消防救災工具。	車長約 5.66m； 車寬約 2.15m； 車高約 3.08m	
水箱消防車(以下簡稱水箱車)	儲存約 3500 公升水量，供加壓送水、射水，執行救火任務。	備有消防泵浦及相關消防救災工具。	車長約 7.61m； 車寬約 2.5m； 車高約 3.43m	
30m 曲折雲梯消防車(以下雲梯車)	執行高空救生及救火任務。	在旋轉臺上的動力延伸梯或屈折升降臺，可搭載人員並可執行救生及救火之籃架。	車長約 10.1m； 車寬約 2.5m； 車高約 3.44m	

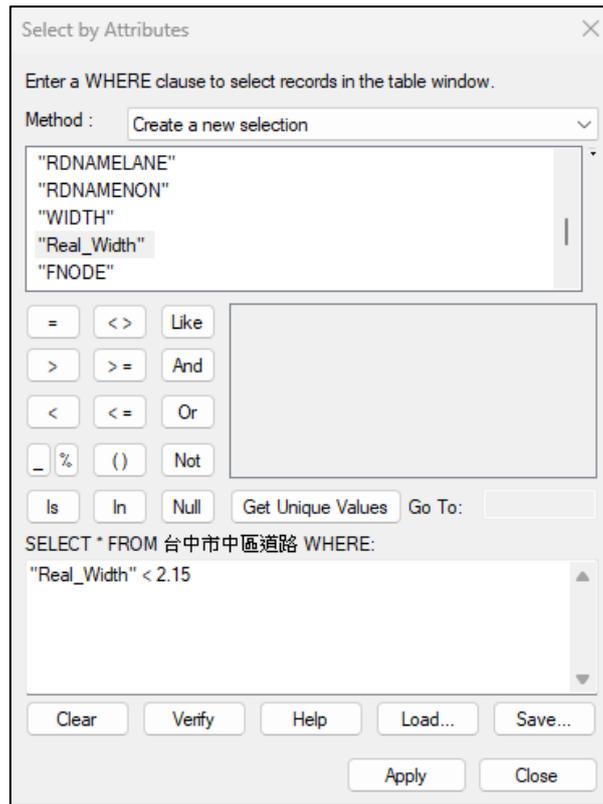


圖 2- 74 Select By Attributes 功能

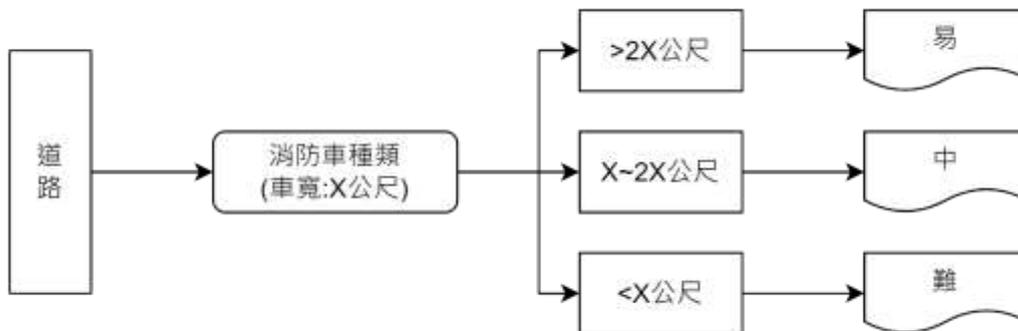


圖 2- 75 道路寬度分級示意圖

(四) 成果分析

將中區道路導入上述資料處理整合之成果，並依據其成果對市區道路進行搶救困難路段分析，產出市區道路搶救困難路段分級，最後依實際火警案例搭配分析結果規劃出最適救災路線，作為本案例之成果，後續並將成果與消防局現況之救災路線相互檢核，提供救援路徑上之建議，詳細說明如下：

1、影響救災因子分析

(1) 含鄰路之建物高度

本案例將依據「劃設消防車輛救災活動空間指導原則」中兩種規範，將三維建物框分為兩種類別，分別為 5 層以下及 6 層以上，以這兩種類別再對三維道路中心線進行分類，並將分類結果做為後續評估中區搶救困難路段分級之因子，評估該路段是否合適做為救援之道路。

(2) 道路寬度

道路寬度對於消防車通行與否為實際現實面之影響因素，因此做為在評估搶救困難路段分級上，為重要的評估依據。透過消防車基礎資訊，了解各類消防車所需最低通行寬度，藉此作為道路寬度的分級依據，以做為後續評估市區搶救困難路段分級之因子。

2、市區搶救困難路段分析

運用上述資料前處理成果，分別對三種消防車進行市區道路搶救困難路段分析，透過帶入不同之路寬及樓高因子，產出市區道路搶救困難路段分級，分級將採 3 個級別，將最困難路段分類為(難)，普通困難路段分類為(中)，依此類推，而呈現方式將以(難)(中)路段為主要呈現方式。

(1) 小型水箱車

- (A).分析因子採用道路寬度，依據小型水箱車之車寬約 2.15 公尺對中區道路進行路寬分級，並將其成果帶入小型水箱車搶救困難路段分析中，分析成果如圖 2-76。

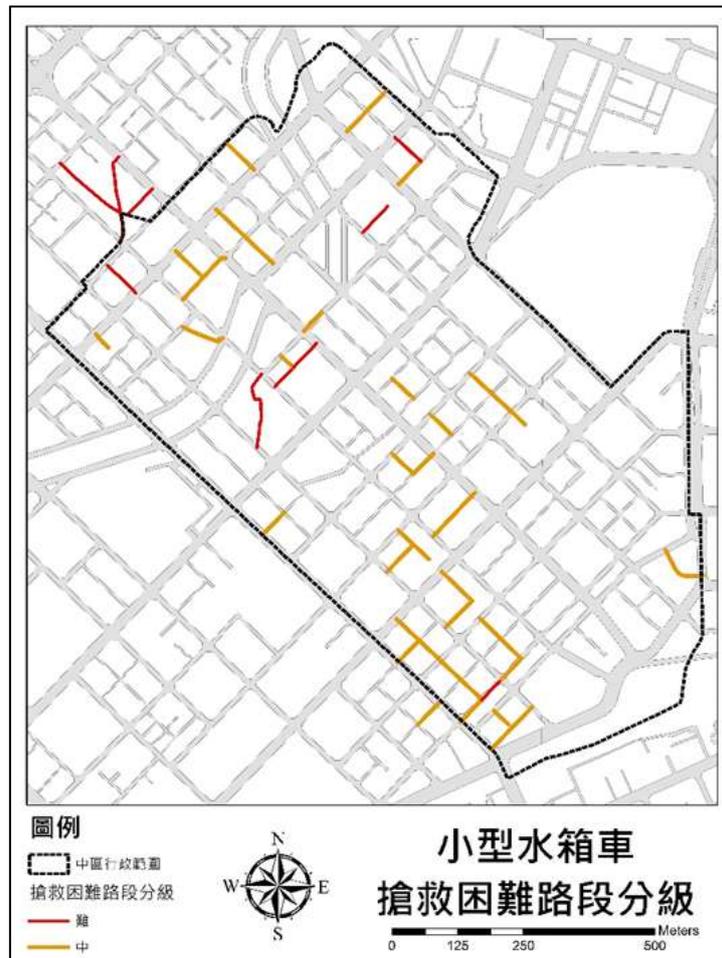


圖 2-76 小型水箱車搶救困難路段分級

(2) 水箱車

分析因子採用道路寬度，依據水箱車之車寬約 2.5 公尺對中區道路進行路寬分級，並將其成果帶入水箱車搶救困難路段分析中，分析成果如圖 2-77。

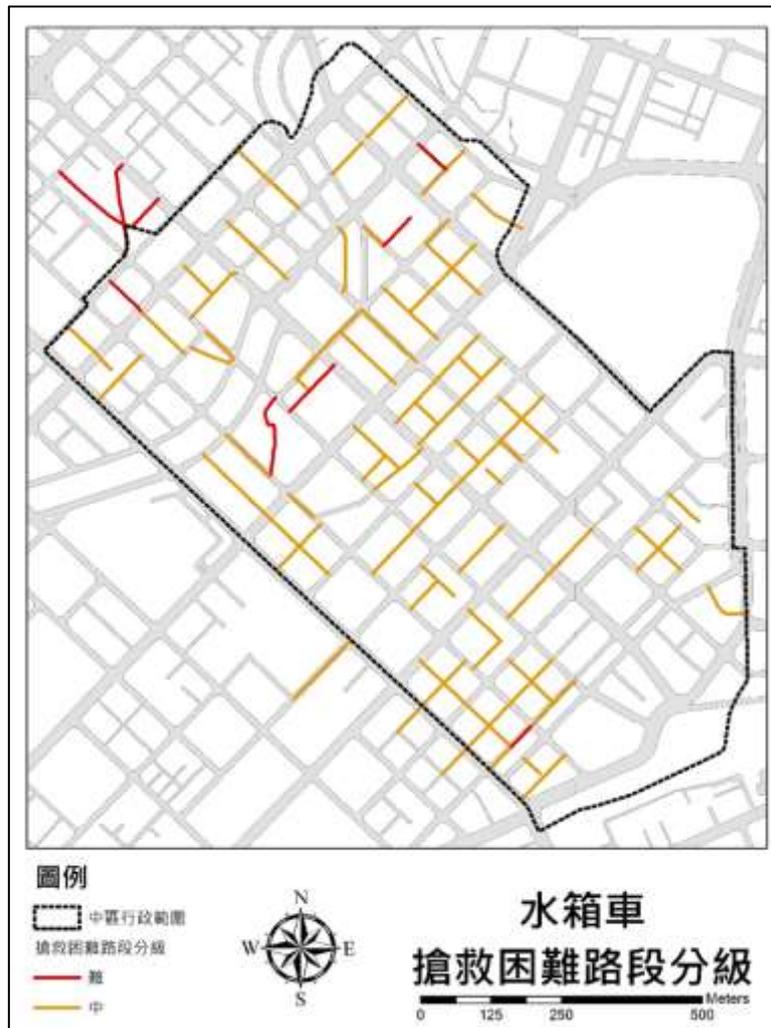


圖 2-77 水箱車搶救困難路段分級

(3) 整合小型水箱車與水箱車成果

為利消防人員能更迅速辨識小型水箱車及水箱車，在搶救困難路段分級上之差異，因此，將小型水箱車及水箱車之搶救困難路段分級成果進行整合，由此呈現出兩種水箱車(常用水箱車)分級皆為(難)之路段，讓消防人員能更清楚了解常用水箱車需多加注意之路段，其整合成果如圖 2-78。

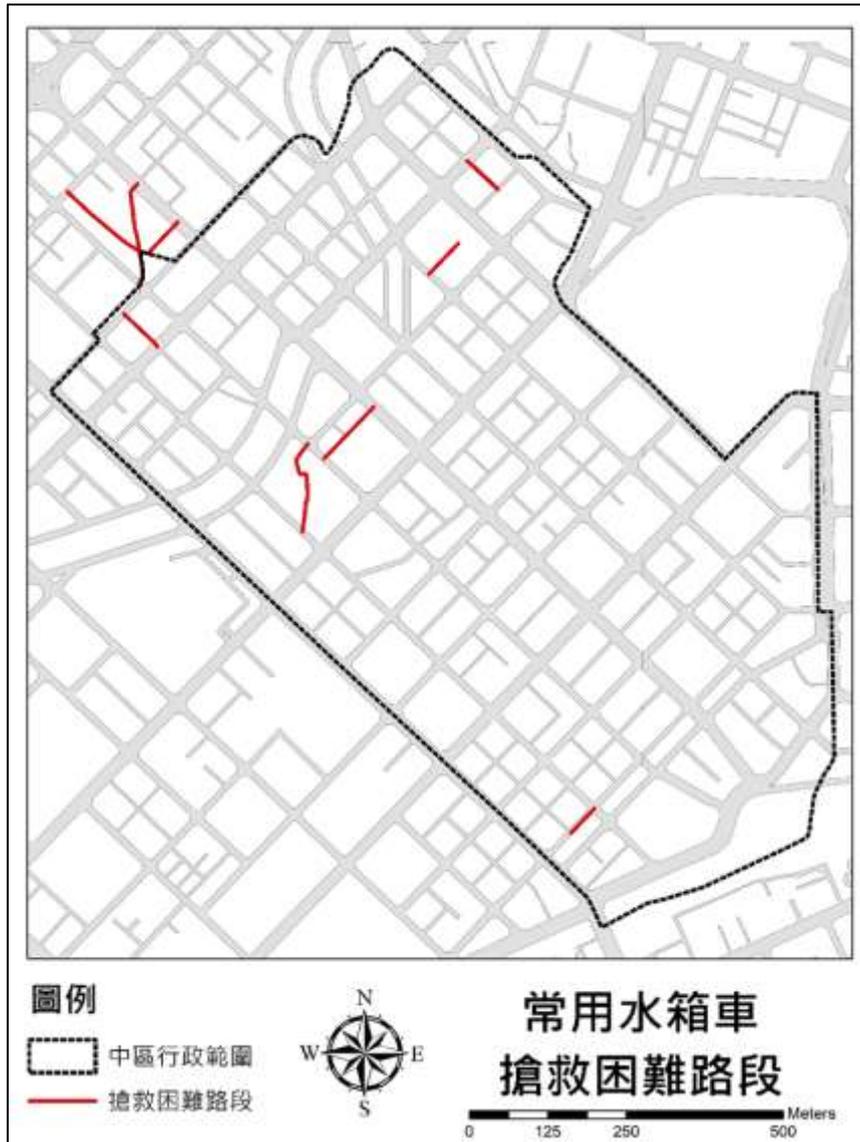


圖 2-78 常用水箱車搶救困難路段

(4) 雲梯車

分析因子採用鄰路建物高度及道路寬度，將 5 層樓以下路段其路寬未達 3.5 公尺，以及 6 層樓以上路段其路寬未達 4 公尺，在雲梯車搶救困難路段分析中分級為(難)；5 層樓以下路段其路寬介於 3.5 公尺至兩倍車寬 5 公尺，以及 6 層樓以上路段其路寬介於 4 公尺至兩倍車寬 5 公尺，在雲梯車搶救困難路段分析中分級為(中)，剩餘路寬大於 5 公尺之路段將分級為(易)，其分析成果如圖 2-79。

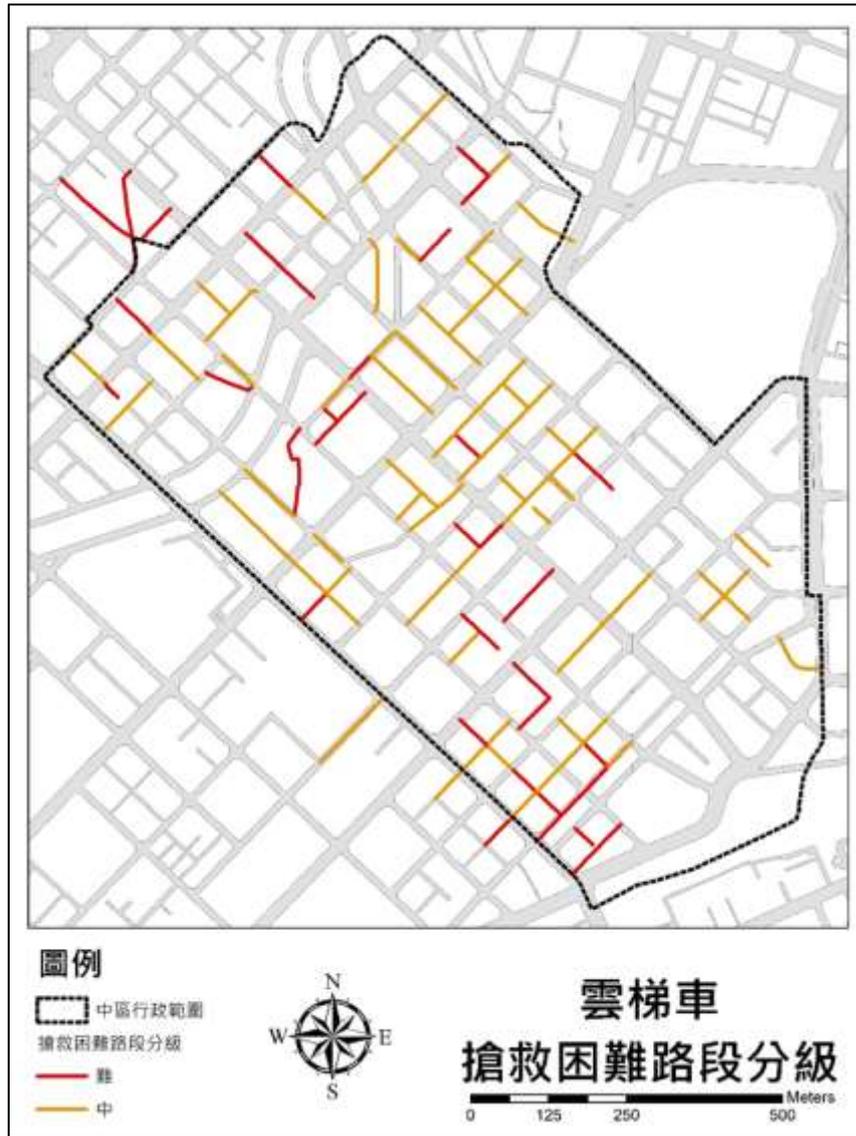


圖 2-79 雲梯車搶救困難路段分級

3、救援最佳路徑模擬

將前述各類消防車之搶救困難路段分級成果，運用不易救災地區圖示化位置做為災害發生之案場，結合消防局點位進行救援最佳路徑模擬。

(1) 創建分析用路網

使用 ArcGIS 軟體 New Network Dataset 之功能，如圖 2-80，為各類消防車搶救困難路段分別創立路網分析(Network Analyst)

用之路網，並在創立的過程中設定路徑選擇的方式，以搶救困難路段分級為(易)之路段且行徑距離最短為最優先選擇路線。

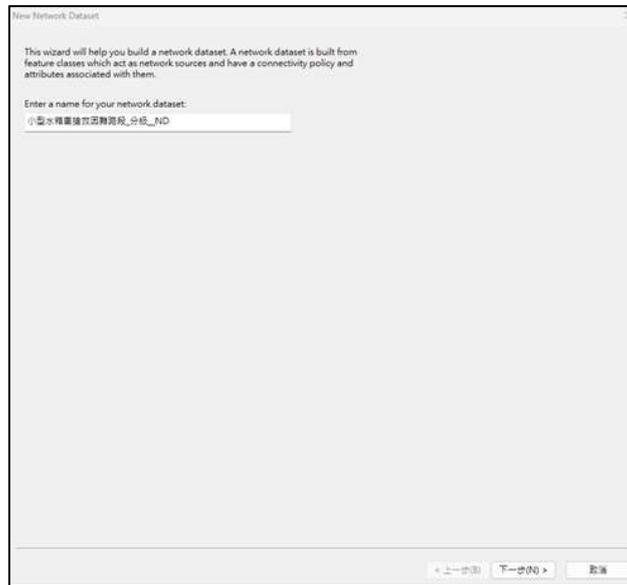


圖 2- 80 New Network Dataset 功能

(2) 使用路網分析功能

在路網分析功能中選擇上述所創建出的路網做為分析目標後，運用路網分析中 New Closest Facility 之功能，將案場位置匯入 Facility 以及把消防局位置匯入 Incidents 中，最後按下執行鍵產製出各案場之救援最佳路徑，如圖 2- 81。

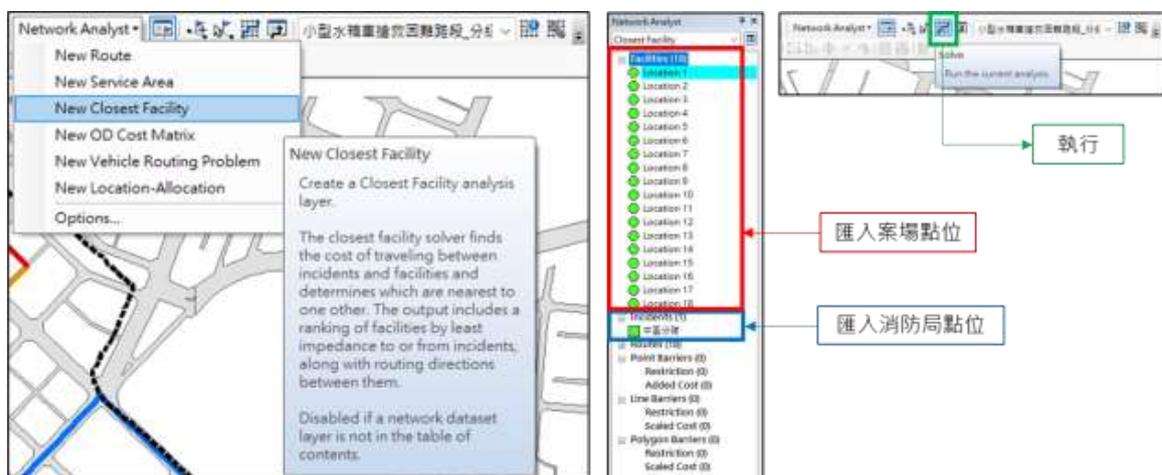


圖 2- 81 New Closest Facility 功能

(3) 案場模擬成果

A. 救援最佳路徑模擬總成果

不易救災地區圖示化位置，其資料來源主要是依消防員多年之救災經驗所累積而來，因此更為貼近實際火災發生情形，本救援最佳路徑模擬選用其 18 個搶救困難地區(建物位置)做為案場，運用上述分析方式，模擬出各類消防車抵達各案場的救援最佳路徑，如圖 2-82、圖 2-83、圖 2-84，並以路線圖方式提供消防局參考。從救援最佳路徑模擬成果可發現，各式消防車在救援路線上大致相同，但由於各式消防車在搶救困難路段分級上皆有不同，因此在救援路徑上還是有出現些許之差異，如圖 2-85，於綠色圓圈處可發現水箱車與雲梯車差異處。

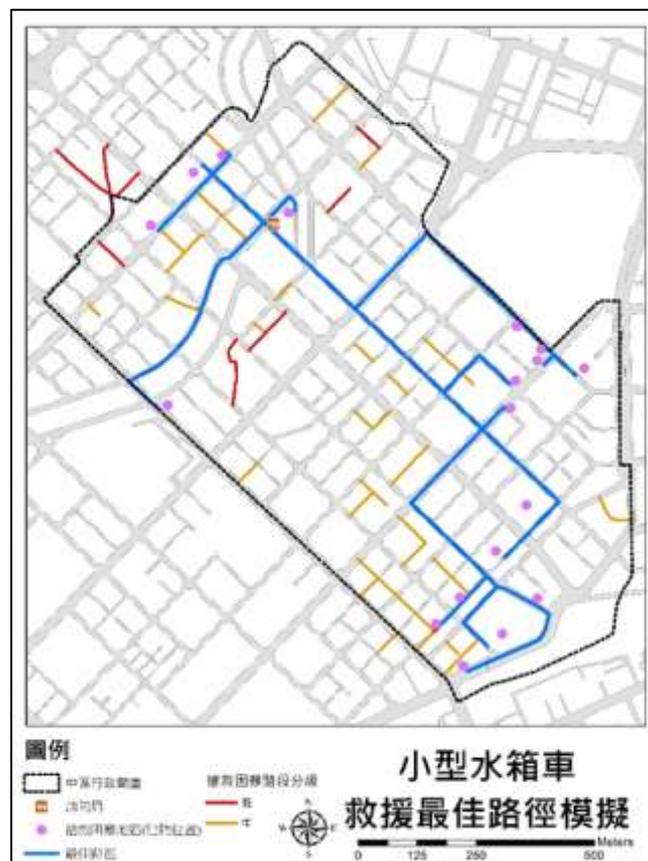


圖 2-82 小型水箱車救援最佳路徑模擬

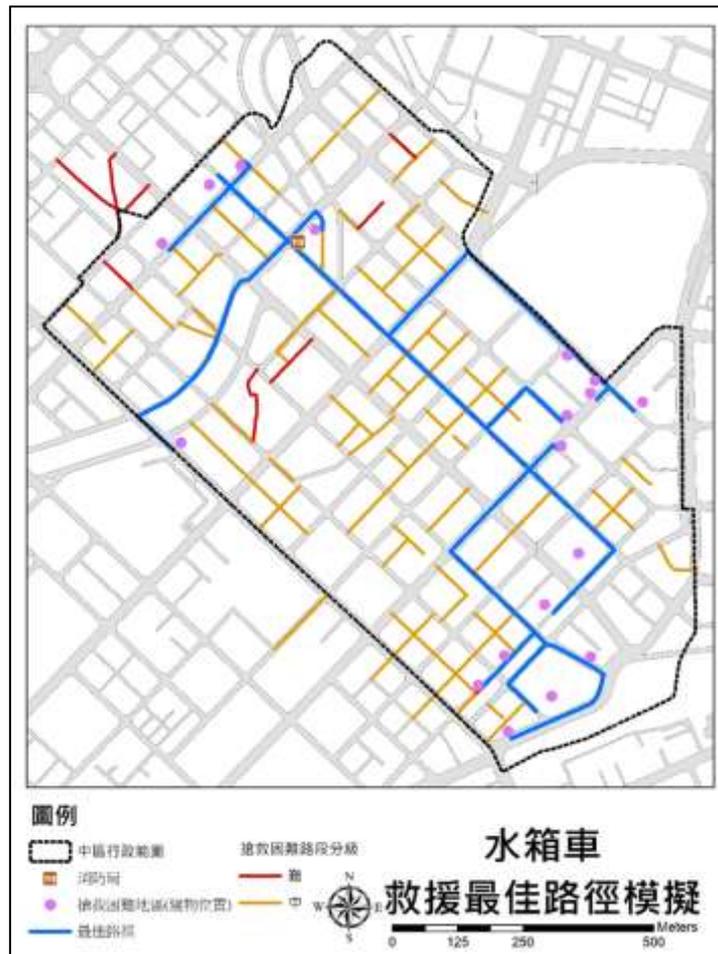


圖 2- 83 水箱車救援最佳路徑模擬

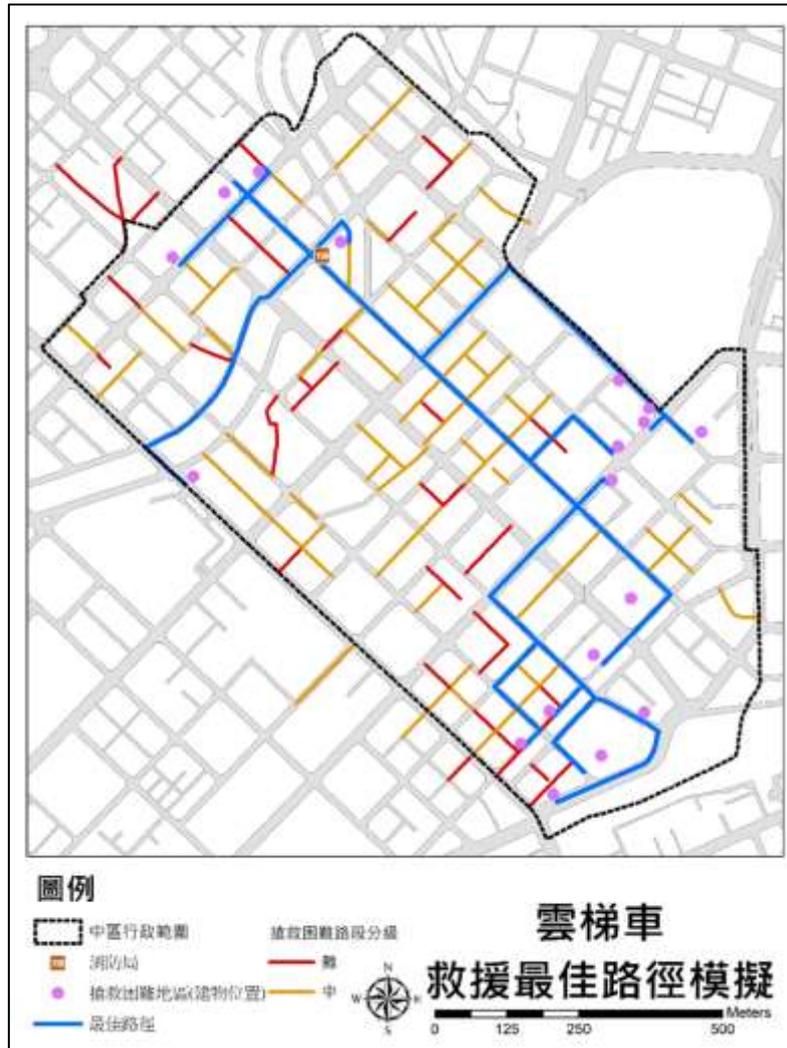


圖 2- 84 雲梯車救援最佳路徑模擬

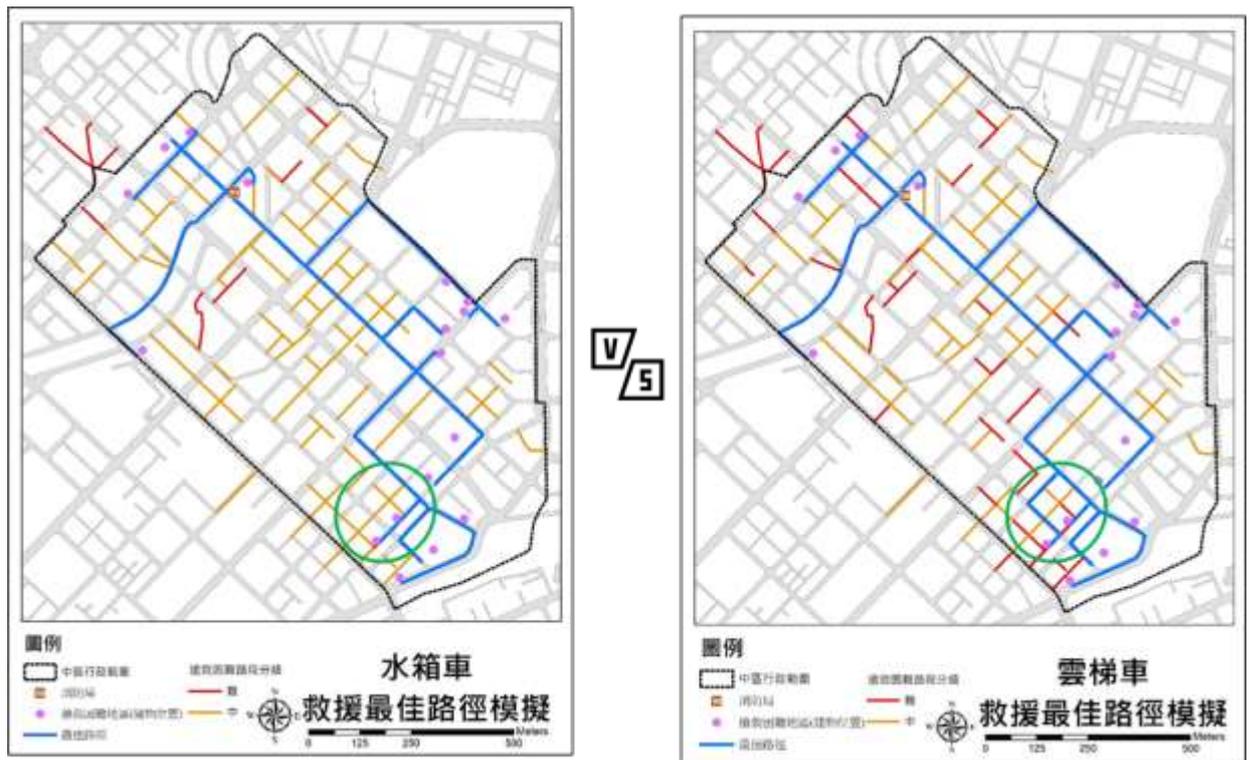


圖 2- 85 水箱車與雲梯車救援最佳路徑檢視對比圖

B. 救援最佳路徑模擬檢視

為檢視救援最佳路徑的成果合理性，將以小型水廂消防車做為代表，選擇距離中區分局最遠之慶災大樓為案場，進行該救援最佳路徑之檢視，如圖 2- 86。經檢視最佳路徑，從中區分局出發一路沿成功路至自由路二段右轉，並由自由路二段左轉進中山路，未選擇於民族路左轉原因為民族路為往北之單行道，因此選擇於中山路先行左轉。本案透過利用三維道路及建物模型，輔助消防局進行救援路徑之規劃，運用具路寬與樓高之特性，將道路進行分級，做為消防人員在救援路徑上之參考依據，提高未來在救援執行上之效率。

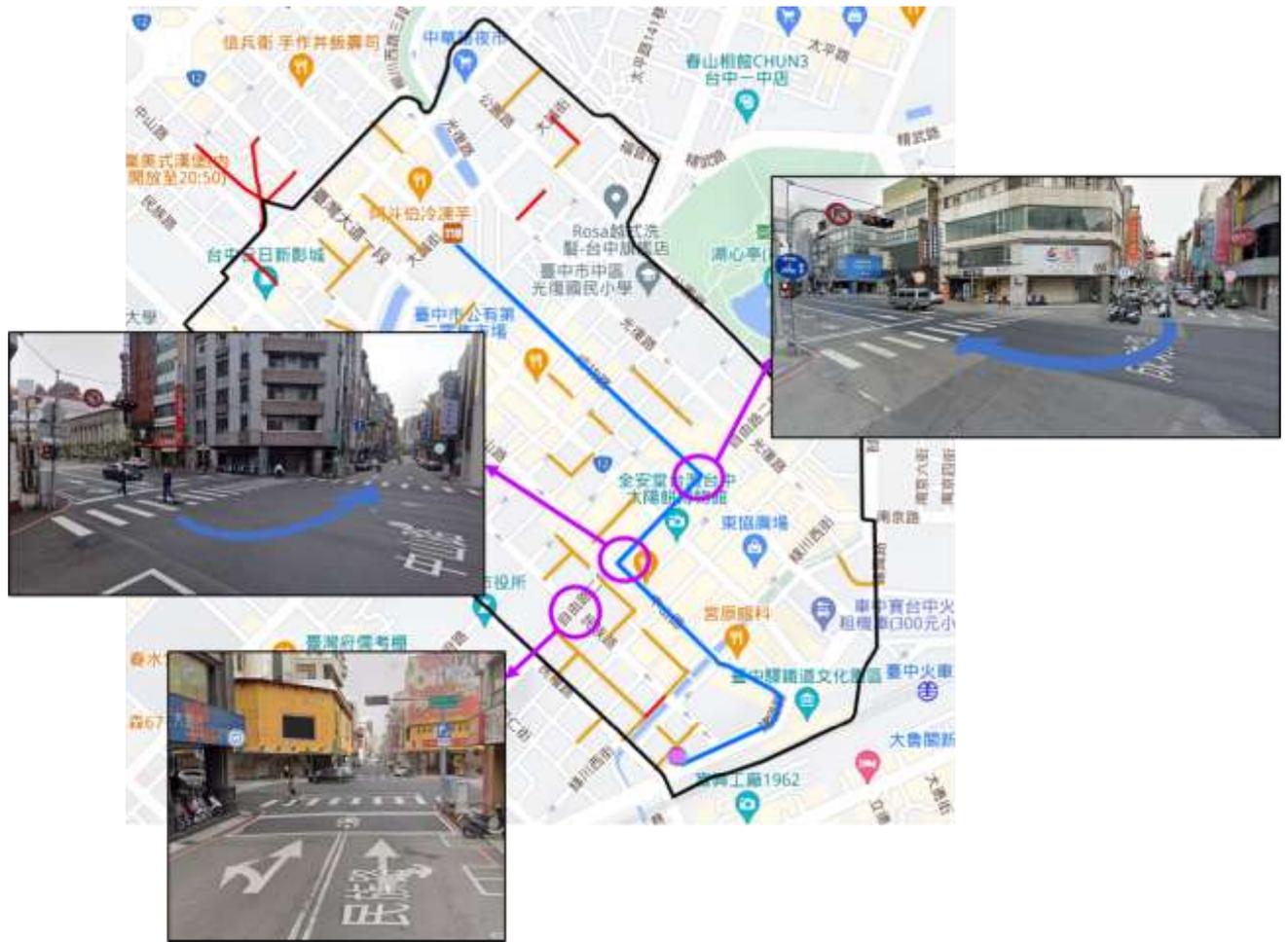


圖 2-86 救援最佳路徑模擬檢視

二、沙鹿區應用案例

(一) 目的及預期使用成效

於山區火災發生時，沙鹿分隊常面臨到因道路狹小與坡度高程，導致救援過程困難之問題，固本應用案例因應沙鹿分隊需求，運用三維道路模型具高程之特性協助將道路依消防車種類進行搶救難易程度分級，並建立出山區搶救困難路段之圖檔及清冊，透過此分析提供消防局消防人員於救災或不同轄區支援調度時之行駛路徑參考，也可將本案例成果做為教育訓練之教材，提供新進人員之參考依據。

(二) 資料蒐集與流程規劃

1、作業範圍

作業範圍選定於臺中市沙鹿區如圖 2- 87，沙鹿區因主要位於山坡地範圍，其救援路線常以具高低起伏之山路為主，容易在出勤時產生救援上的困難。本案例分析目標將以沙鹿區內一般道路作為主要分析對象，剔除範圍內之國道部分，主要原因為國道在道路設計上需滿足各類車種皆能通行之需求，故排除消防車無法通行國道之可能性。



圖 2-87 沙鹿區應用案例作業範圍圖

2、資料蒐集

針對作業範圍所需之相關使用圖資向測繪中心提出申請，經測繪中心同意提供後取得並進行後續案例實作，若所需圖資為其他機關產製，則須測繪中心函文其他機關協調者，並透過工作會議進行討論提出申請，經研議後所蒐集之圖資如表 2-11 所示。

表 2-11 三維道路應用案例(沙鹿區)所需圖資列表

資料名稱	資料格式	資料使用說明	資料所屬機關
臺中市路邊停車格位資訊	面資料	道路路寬分級	臺中市政府
鄉鎮市區界線	面資料	計畫範圍劃設	內政部國土測繪中心
臺灣通用電子地圖道路中心線	線資料	道路關聯建物屬性 步驟中補充三維道路中心線缺少的部分(路寬資訊)	
國土利用現況調查成果	面資料	確認墓地分布位置	

資料名稱	資料格式	資料使用說明	資料所屬機關
三維道路中心線	線資料	計算道路坡度	
三維道路模型	三維資料	道路路寬分級	
消防車基礎資訊	文字資料	道路路寬分級	臺中市消防局
消防局點位	點資料	搶救困難路段分析 中案例模擬使用	

3、案例流程規劃

沙鹿區應用案例流程如圖 2-88 所示，主要項目為資料蒐集、山區搶救困難路段分析及成果檢核等。將三維道路中心線與電子地圖道路中心線進行資料關聯，將電子地圖道路中心線之路寬資訊賦予到三維道路中心線，並利用消防車基礎資訊、電子地圖道路中心線及三維道路模型將沙鹿區道路進行寬度分級，其中藉由臺中市路邊停車格位資訊進行路寬上的調整，已達更貼近實際路寬，而後運用上述處理整合過之資料進行山區搶救困難路段分析，最後依分析成果產出山區搶救困難路段分級圖檔，透過將成果圖檔與消防局現況之救災路線相互檢核，提供後續消防人員於救災時之行駛路徑之建議。

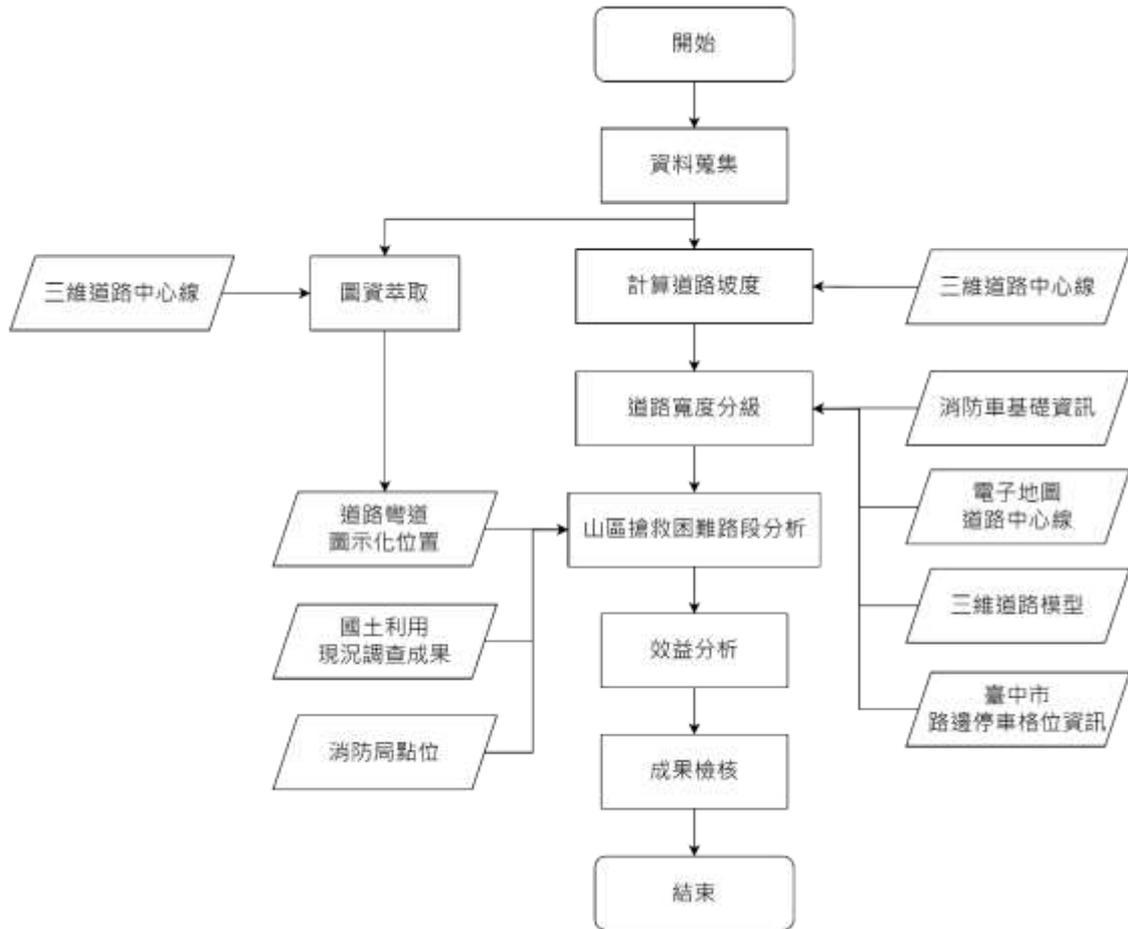


圖 2-88 沙鹿區應用案例流程圖

(三) 資料前處理

為利後續山區搶救困難路段分析，將對上述所獲取的資料進行處理整合，主要分為計算道路坡度及道路寬度分級，而道路彎道圖示化主要做為提供消防局作圖面參考使用，因此並不會納進本次山區搶救困難路段分析之中，詳細說明如下：

1、計算道路坡度

(1) 道路節點萃取

運用 ArcGIS 軟體工具中 Feature Vertices To Points 之功能，如圖 2-89，將三維道路中心線之節點萃取出，並匯出為 Point。

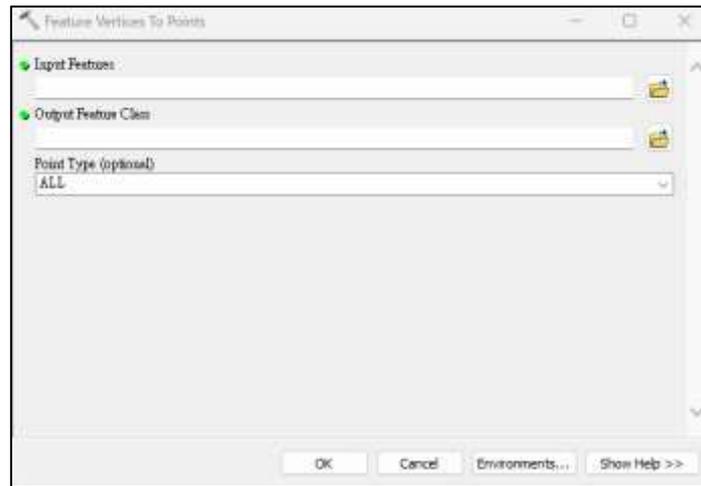


圖 2- 89 Feature Vertices To Points 功能

(2) 計算節點高程值

利用 ArcGIS 軟體工具中 Add Z Information 之功能，如圖 2-90，將上步驟所匯出之 Point 檔，賦予高程值資料。

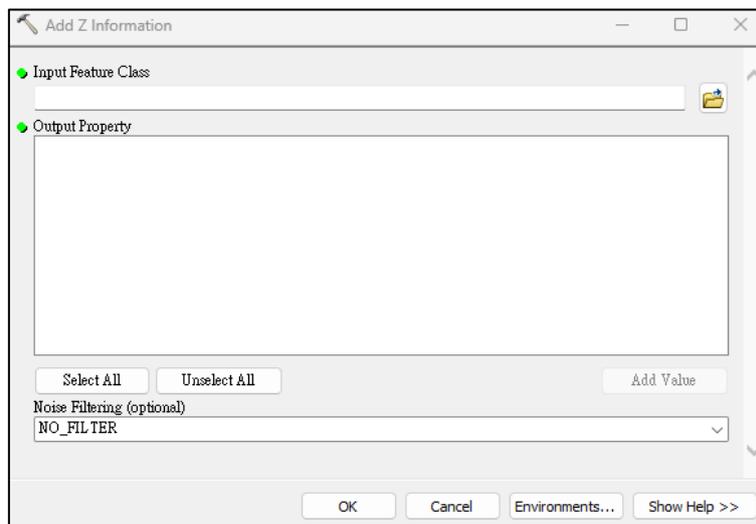


圖 2- 90 Add Z Information 功能

(3) 匯入 Excel 軟體

運用 ArcGIS 軟體中 Open Attribute Table 之功能，開啟三維道路中心線之屬性資料表，將上述所獲得之高程值資料及原有資料，運用 Table to Excel 之功能一併匯進 Excel 軟體中，如圖 2-91。

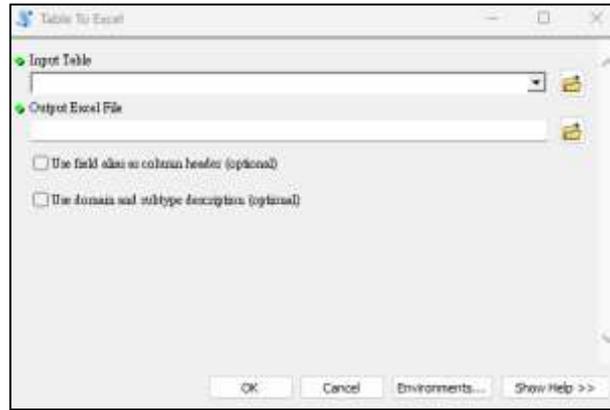


圖 2- 91 Table to Excel 功能

(4) 篩選路段節點

路段分類將影響後續在坡度呈現上的精細程度，在路段分類上以節點高程值做為路段分類依據，篩選出所有高程值中的最大值與最小值，以各最大值與最小值之間段做為路段分類依據，但考量沙鹿區地形起伏相較高山地區來的小，為簡化計算量，將以三維道路中心線單一圖徵為單元取最大最小值計算坡度，兩種計算差異，詳圖 2-92。依三維道路中心線 LINEID 欄位作為路段分類依據，運用 Excel 軟體中樞紐分析之功能，如圖 2-93，找出各路段中的波峰與波谷(最大高程值與最小高程值)。為找出其值所對應的節點(FID)，透過運用輸入 VLOOKUP 公式，找出最大最小高程值所對應的節點，並運用 ISNUMBER 公式從所有節點中篩選出最大最小 Z 值的節點，如圖 2- 94，以此達到篩選出各線段的波峰與波谷節點，並依此節點進行後續計算。

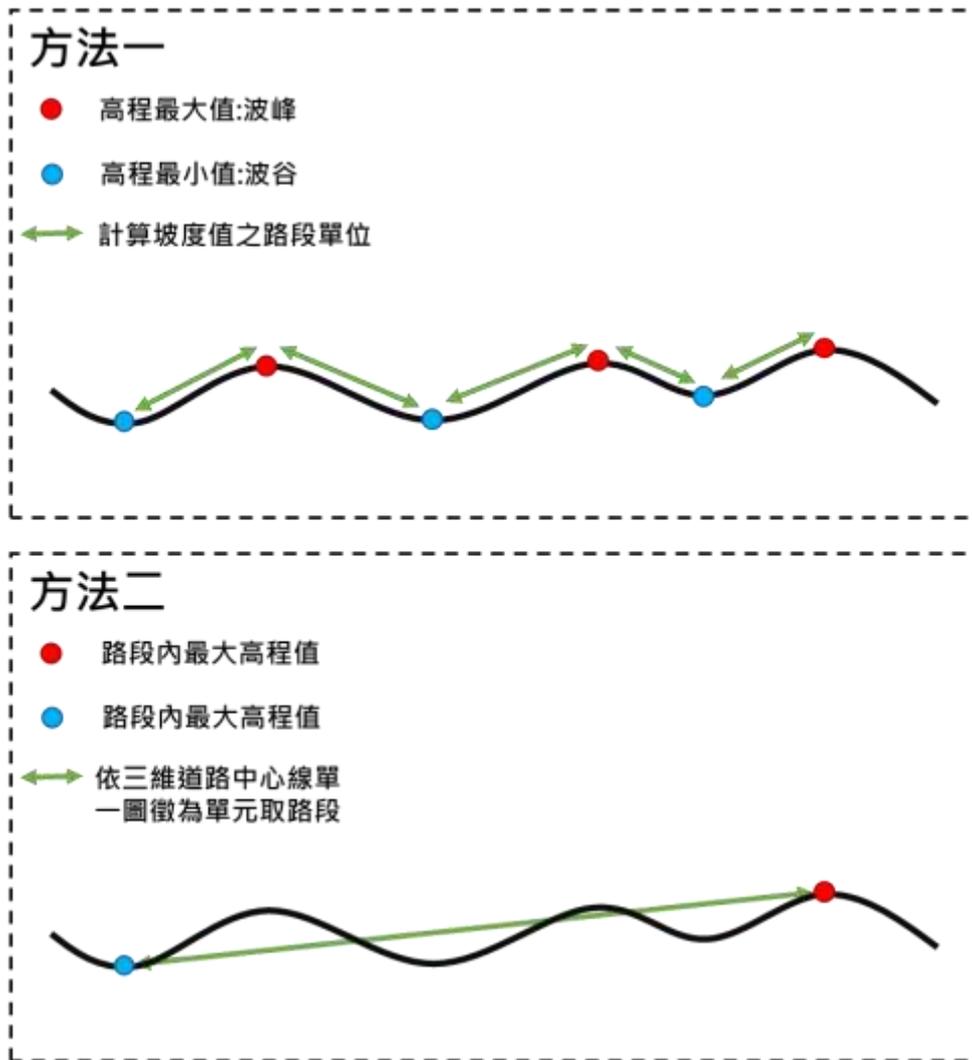


圖 2- 92 計算方法之差異以示意圖

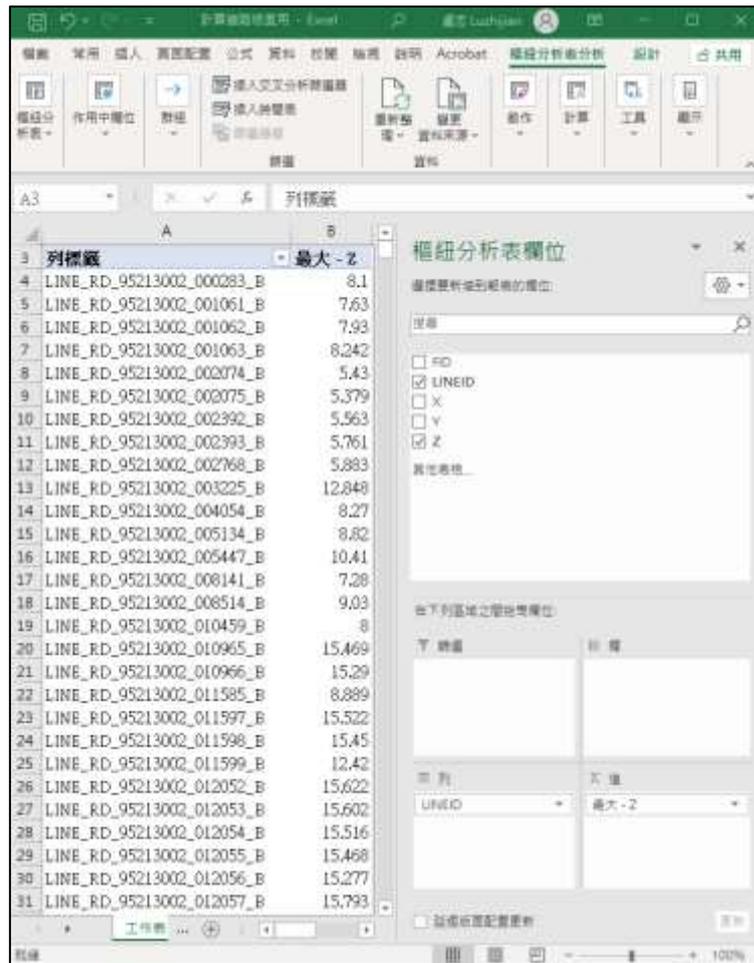
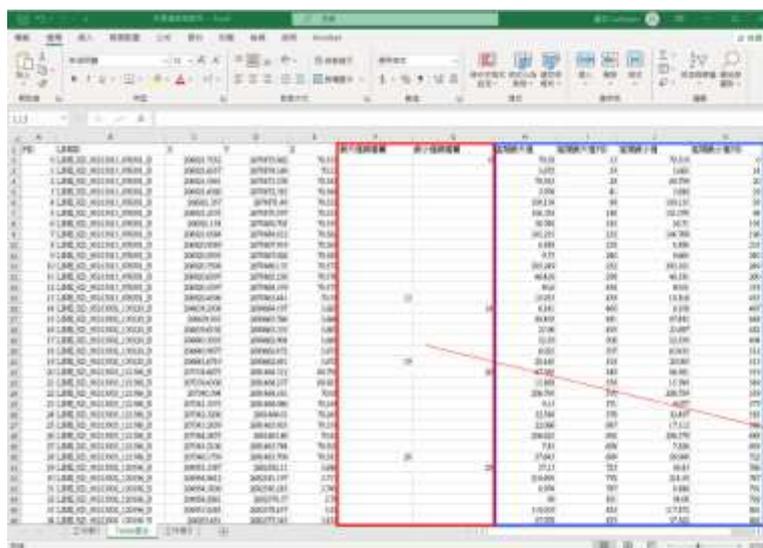


圖 2- 93 Excel 樞紐分析功能



- 運用VLOOKUP公式，找出最大最小z值所對應的FID
- =VLOOKUP (查閱值，範圍包含查閱值，範圍中包含傳回值的欄位號，大約符合 (TRUE) 或完全符合 (FALSE))

- 運用ISNUMBER公式，篩選出最大最小z值的FID
- =IF(ISNUMBER(MATCH(A1, B:B, 0)), A1, "")

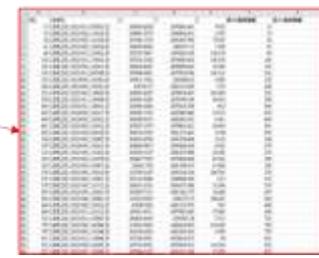


圖 2- 94 Excel 篩選路段節點公式運用示意圖

(5) 計算路段坡度

運用 Excel 軟體中的公式進行各路段的坡度計算，坡度計算公式為坡度=(高程差/水平距離)x100%。先將各路段中的波峰與波谷(最大高程值與最小高程值)兩值相減得出高程差，並運用 SQRT 公式，計算波峰與波谷兩點間水平距離，最後套入上述坡度計算公式得到各路段的坡度值，如圖 2- 95。

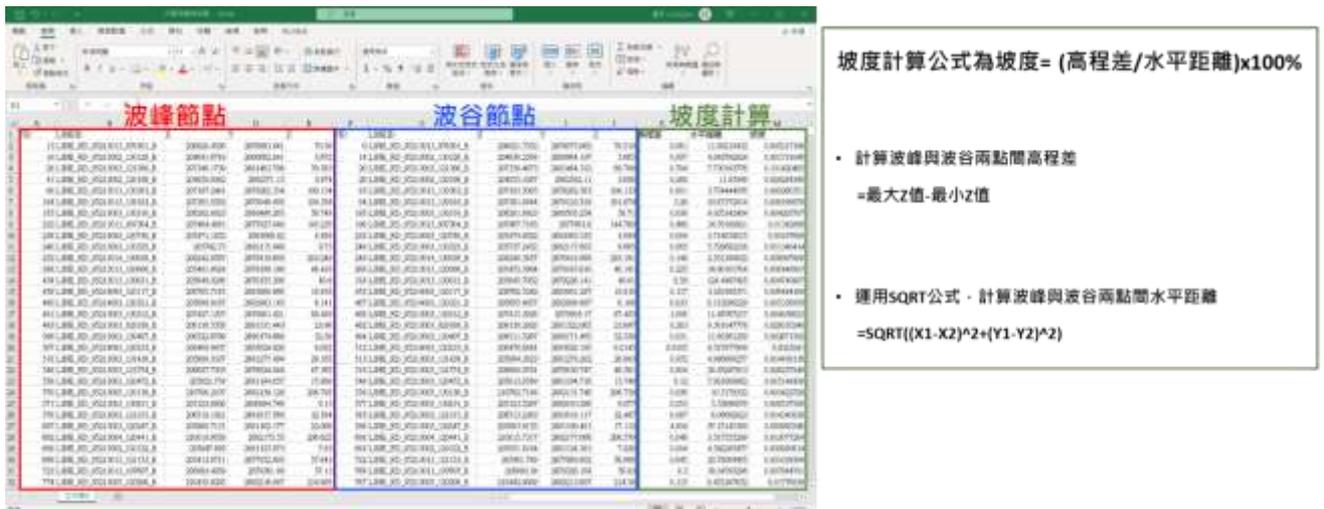


圖 2- 95 Excel 坡度計算公式運用示意圖

(6) 坡度值呈現

將從 Excel 軟體計算出的道路坡度值匯入回 ArcGIS 軟體中，並運用 ArcGIS 軟體 Join Data 之功能，如圖 2- 96，以 LINEID 欄位作為相對應欄位，如圖 2- 97，將數值 Join 進原來的三維道路中心線，可知沙鹿區坡度最大值約為 25%，並同時以街景確認其現況是否與計算成果相符，如圖 2- 98。



圖 2- 96 Join Data 功能

PTID	LineID	LINEID	AREAID	坡度
0	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
1	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
2	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
3	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
4	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
5	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
6	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
7	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
8	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
9	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
10	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
11	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
12	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
13	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
14	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
15	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
16	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
17	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
18	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
19	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
20	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
21	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
22	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
23	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
24	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
25	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
26	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
27	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
28	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
29	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
30	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
31	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
32	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
33	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
34	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
35	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
36	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
37	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
38	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
39	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
40	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
41	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
42	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
43	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
44	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
45	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
46	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
47	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
48	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
49	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	
50	1288_02_02000_12874_0	AREA_02_02000_12874_0	0.000000	



圖 2- 97 坡度值呈現圖



圖 2-98 道路坡度成果街景佐證圖

2、道路寬度分級

為求道路路寬能更貼近實際現況，將三維道路模型與路邊停車格進行關聯整合。

(1) 篩選具有停車格之路段

運用 ArcGIS 軟體 Select By Location 之功能將附有停車格之道路篩選出，並對道路進行路寬上的調整，如道路兩旁皆具停車格(以有接觸到道路的停車格為主)，則扣除雙邊停車格之寬度，只有單邊則扣除單邊停車格之寬度，所得計算後之路寬採最窄寬度為基準。

(2) 依消防車種進行路寬分級

利用上述所獲得之調整後路寬在對其進行分級，將道路寬度依目前消防局常見使用車種進行分類，運用 ArcGIS 軟體 Select By Attributes 之功能，以不同車種之車寬作為分類級距，將道路寬度小於車寬分類為難等級、介於車寬與 2 倍車寬為中等級而大於 2 倍車寬之道路則分類為易等級。

3、道路彎道圖示化

在山區道路中彎道也為影響救援路徑的選擇因素之一，但由於道路設計皆有考量車輛轉彎可行性，因此本數化資料僅以圖面呈現提供做示警使用，將不會納入到後續作為分析因子使用。透過運用三維道路中心線將道路彎道進行分級，分級依據以彎道夾角而定，夾角小於 90° 之彎道分級為(難)、夾角介於 90° 至 120° 間之彎道分級為(中)，如圖 2-99，並以點位的方式標示呈現，其成果如圖 2-100，同時與街景圖比對確認其道路彎道符合分析成果，如圖 2-101。

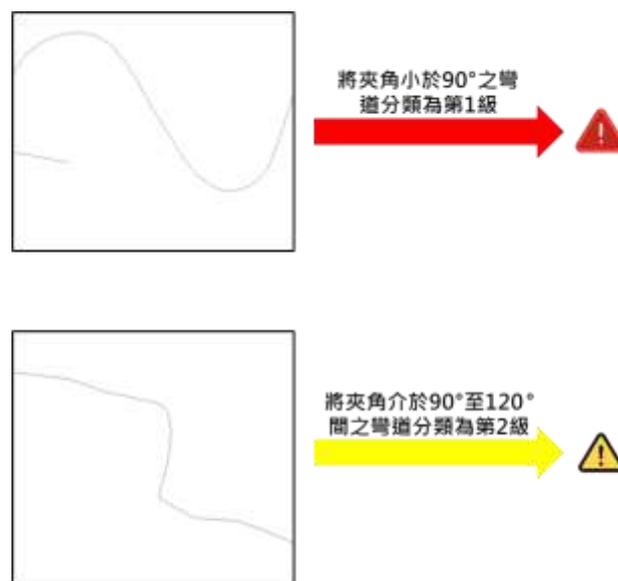


圖 2-99 道路彎道分級示意圖

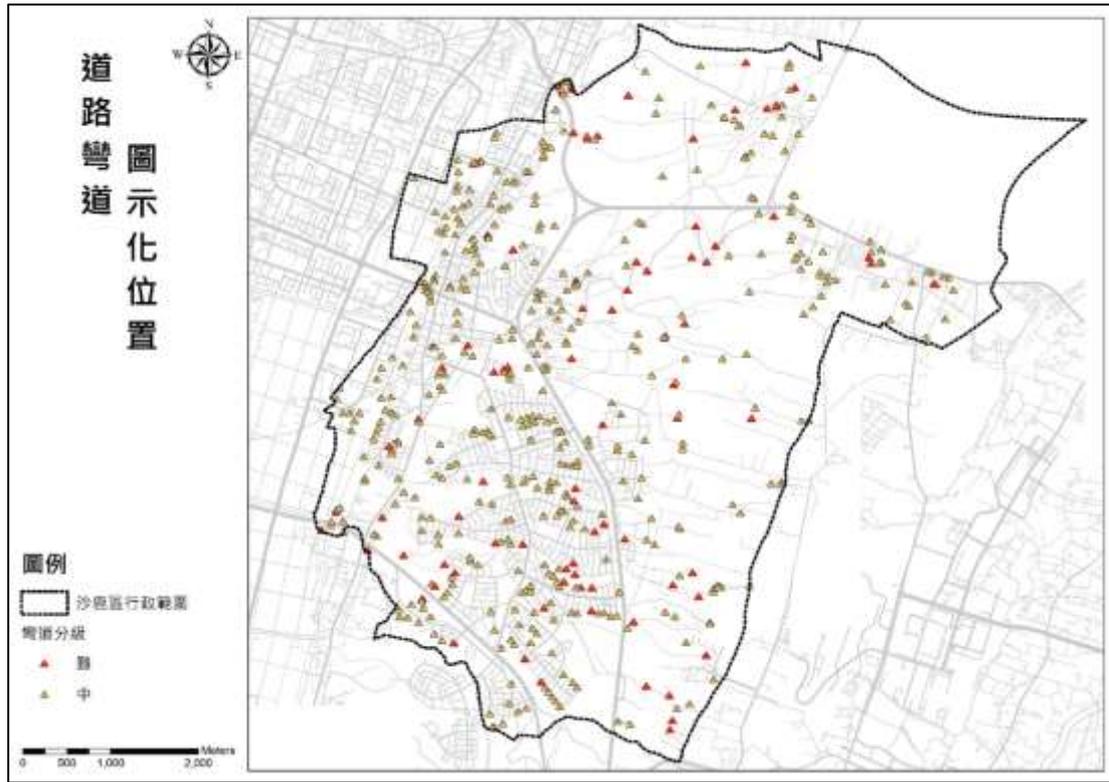


圖 2- 100 道路彎道圖示化成果



圖 2- 101 道路彎道圖示化成果街景佐證圖

(四) 成果分析

將沙鹿區道路導入上述道路坡度及寬度之資料處理整合成果，並依據其成果對山區道路進行搶救困難路段分析，產出山區道路搶救困難路段分級，最後依實際火警案例搭配分析結果規劃出最適救災路線，作為本案例之成果，後續並將成果與消防局現況之救災路線相互檢核，提供救援路徑上之建議，詳細說明如下：

1、影響救災因子分析

(1) 道路坡度

由於山區道路易有起伏不定之現象，對於消防車在通行上亦也會產生一定的限制，因此本案運用三維道路模型具高程之特性，將坡度納進作為我們後續在進行道路分級評估上之因子。依據上述資料前處理之成果並參考消防車輛安全駕駛之力學分析⁹，發現到消防車的爬坡能力均大於分析成果之坡度(最大值25%)，如圖 2-102，因此將參考「道路交通標誌標線號誌設置規則-險升險降標示設置於道路縱坡百分之七以上」做為坡度分級之依據，將坡度大於7%以上分類為難等級、介於3%-7%分類為中等級，小於等於3%則分類為易等級，而呈現方式上以難、中等級之路段為主要呈現方式，如圖 2-103。

車輛型式		水箱消防車 (前後單軸)	較小型水箱消防車 (前後單軸)	水庫消防車 (前單軸後雙軸)
規格項目		15,000	7,500	27,000
車軸總重量(kg)				
底盤重量	前軸(kg)	5,075	2,710	9,050
	後軸(kg)	3165	1,910	4,580
爬坡能力(tan θ) %		31	39	40

圖 2-102 消防車輛安全駕駛之力學分析-消防車爬坡能力表

⁹ 胡淞銀(2013)。3 消防車輛安全駕駛之力學分析

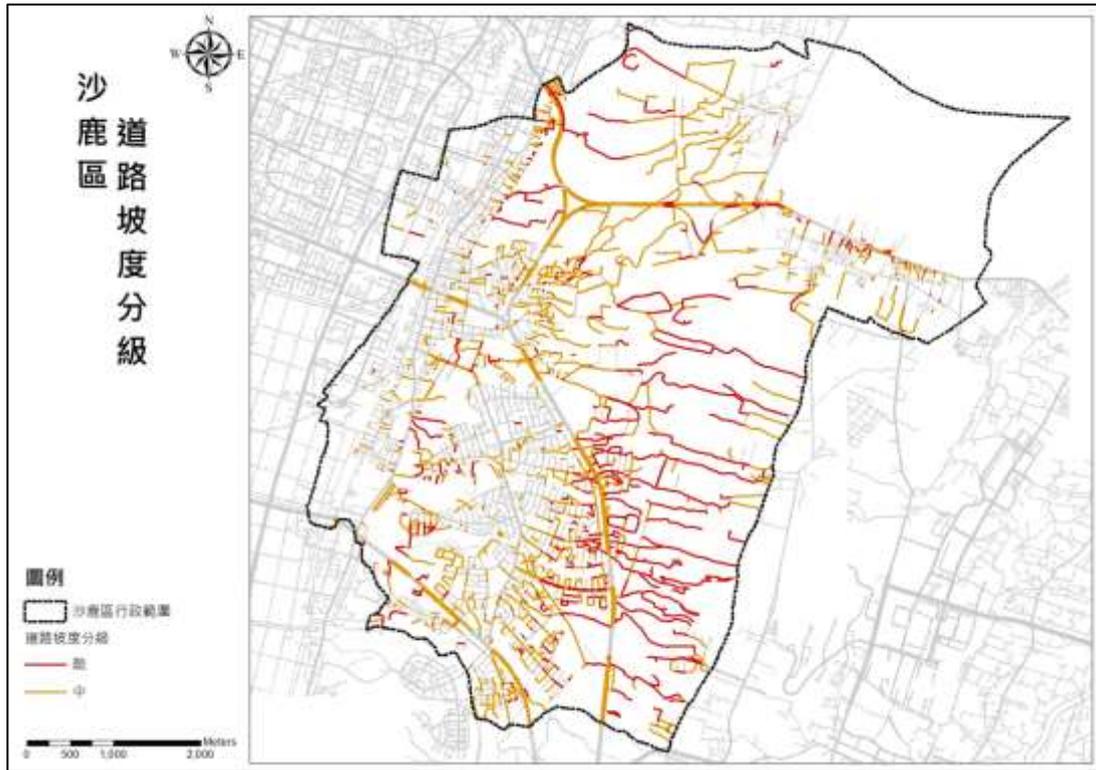


圖 2- 103 沙鹿區道路坡度分級圖

(2) 道路寬度

道路寬度對於消防車通行與否為實際現實面之影響因素，因此做為在評估搶救困難路段分級上，為重要的評估依據。透過消防車基礎資訊，了解各類消防車所需最低通行寬度，藉由上述資料前處理之成果，做為評估市區搶救困難路段分級之因子，分級成果如圖 2- 104、圖 2- 105、圖 2- 106。

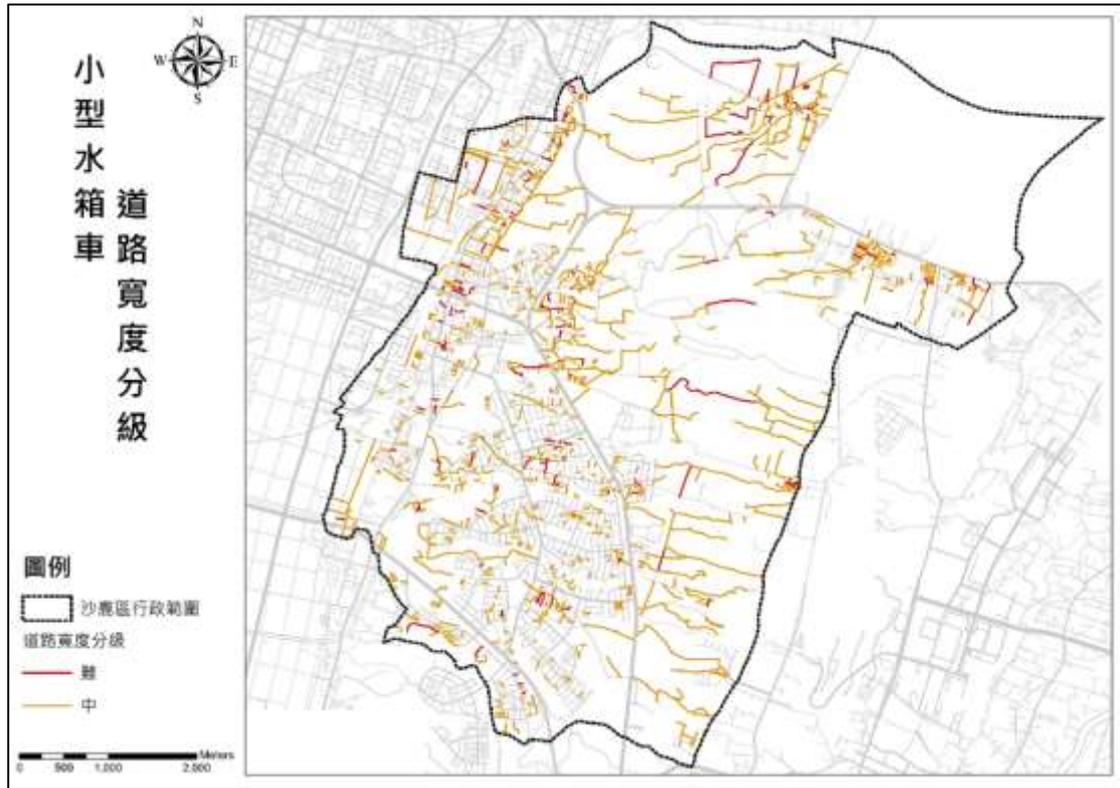


圖 2- 104 小型水箱車道路寬度分級

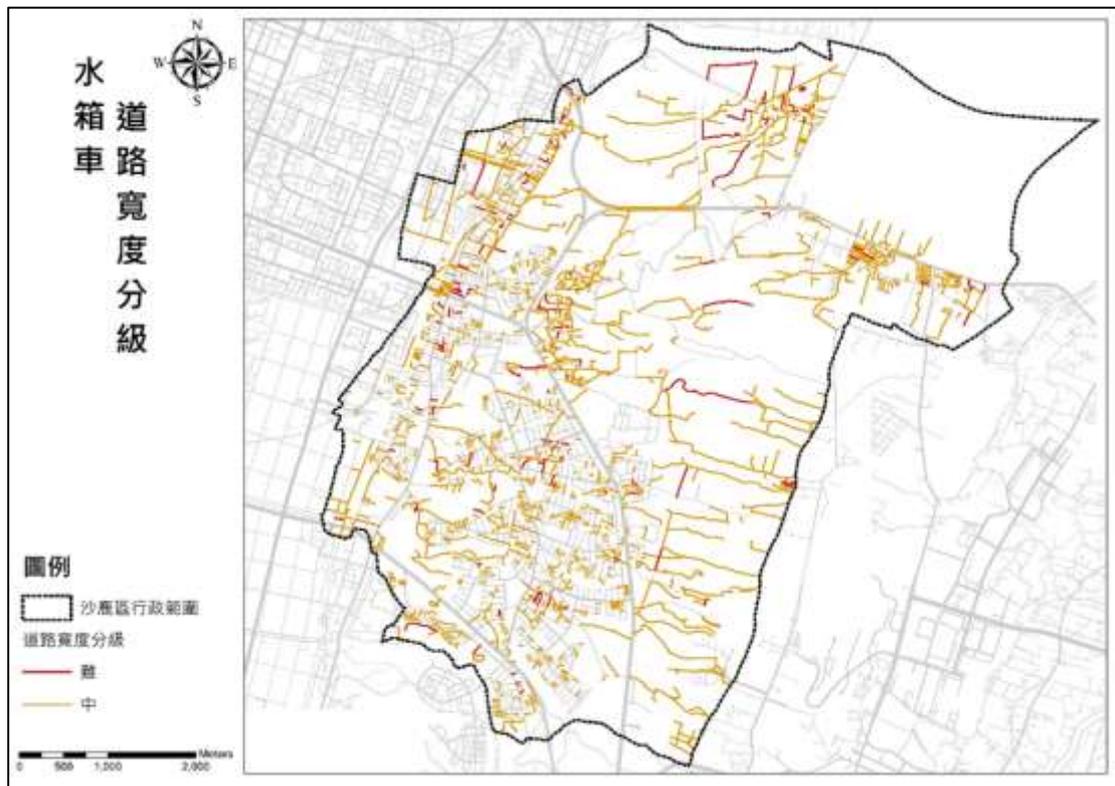


圖 2- 105 水箱車道路寬度分級

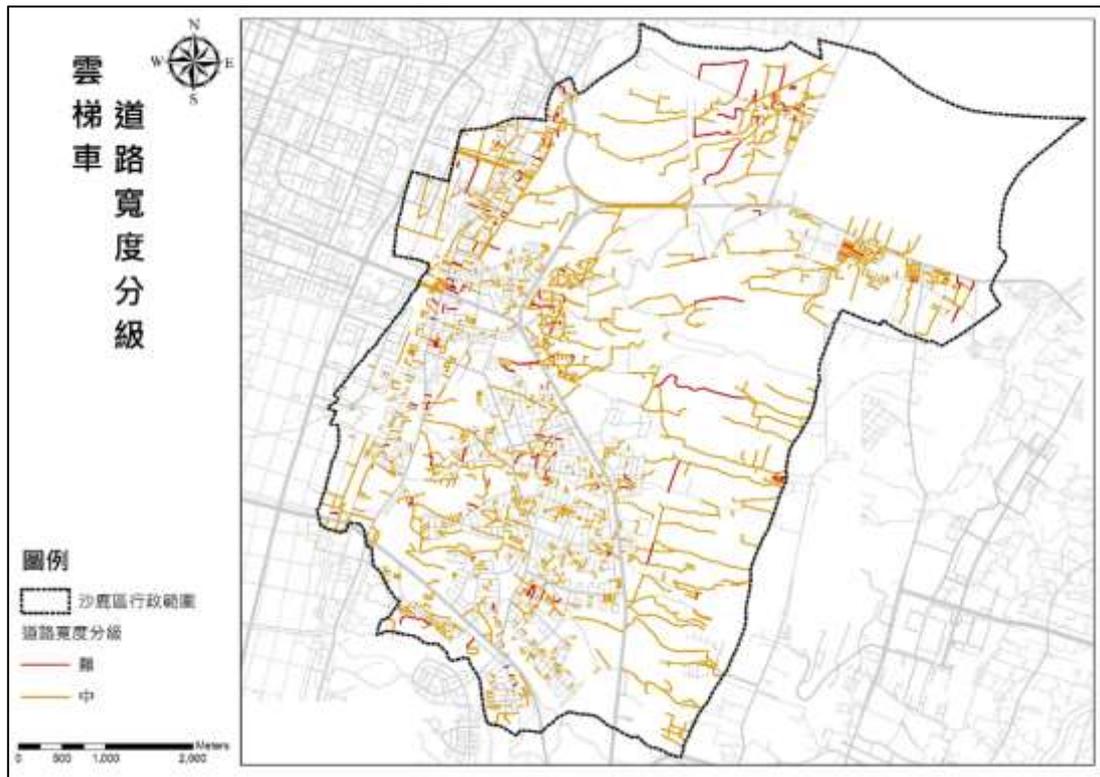


圖 2-106 雲梯車道路寬度分級

2、山區搶救困難路段分析

運用上述資料前處理成果，分別對 3 種消防車進行山區道路搶救困難路段分析，透過帶入上述坡度及路寬之分析因子，產出山區道路搶救困難路段分級，分級將採 3 個級別，將各類消防車在道路寬度分級為(難)之路段做為最困難路段，在山區搶救困難路段分級中分類為(難)；各類消防車在道路寬度分級為(中)或道路坡度分級為(難)之路段，在山區搶救困難路段分級中將分類為(中)普通困難路段，剩餘路段則分類為(易)，分級方式如圖 2-107，而呈現方式將以(難)(中)路段為主要呈現方式，搶救困難路段分級成果如圖 2-108、圖 2-109、圖 2-110。

難 :路寬 < 車寬
中 :車寬 \leq 路寬 \leq 2倍車寬 or 道路坡度 > 7%
易 :剩餘路段

圖 2- 107 山區搶救困難路段分級方式

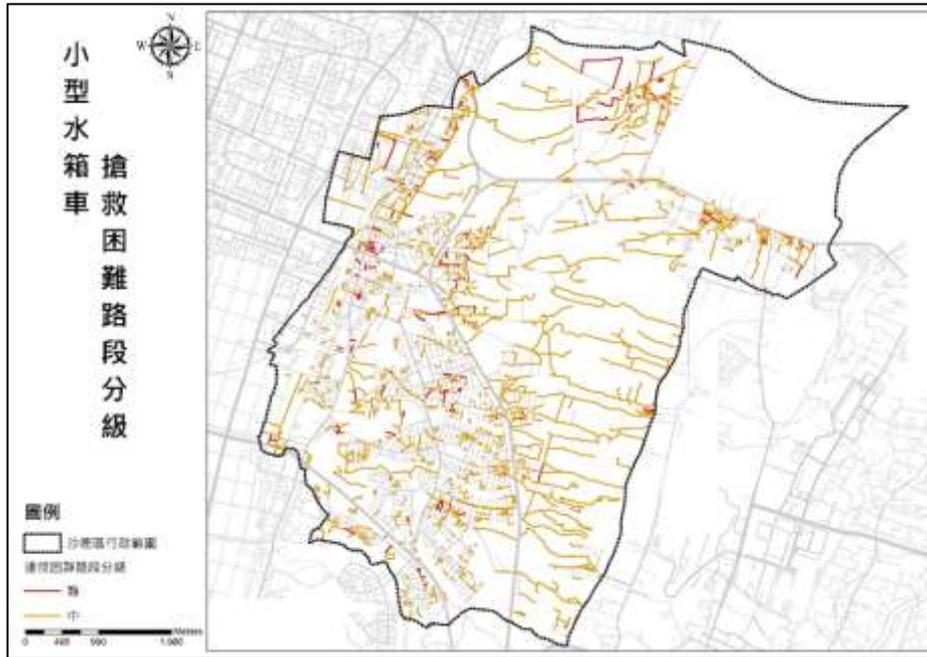


圖 2- 108 小型水箱車搶救困難路段分級

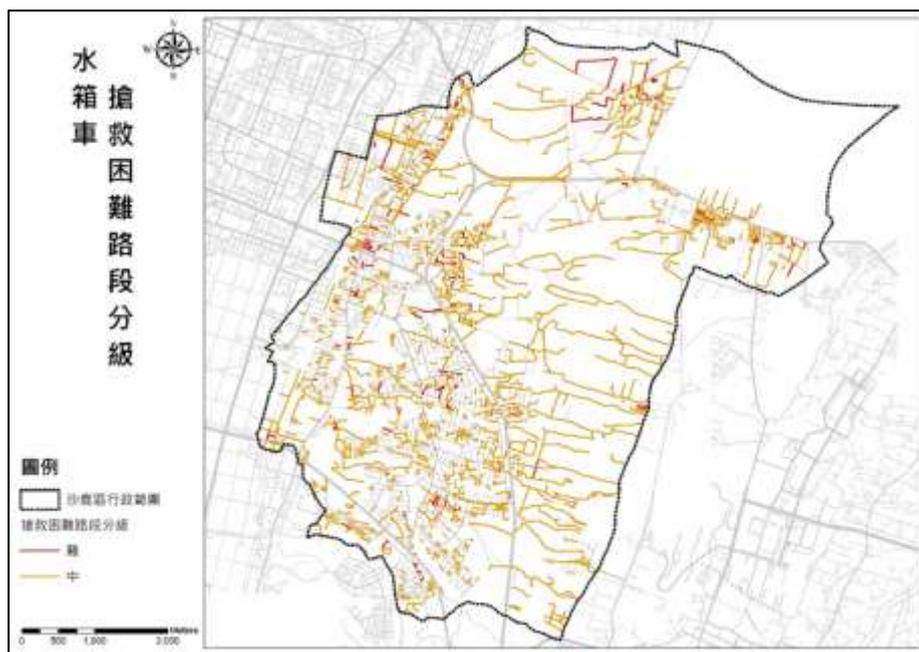


圖 2- 109 水箱車搶救困難路段分級

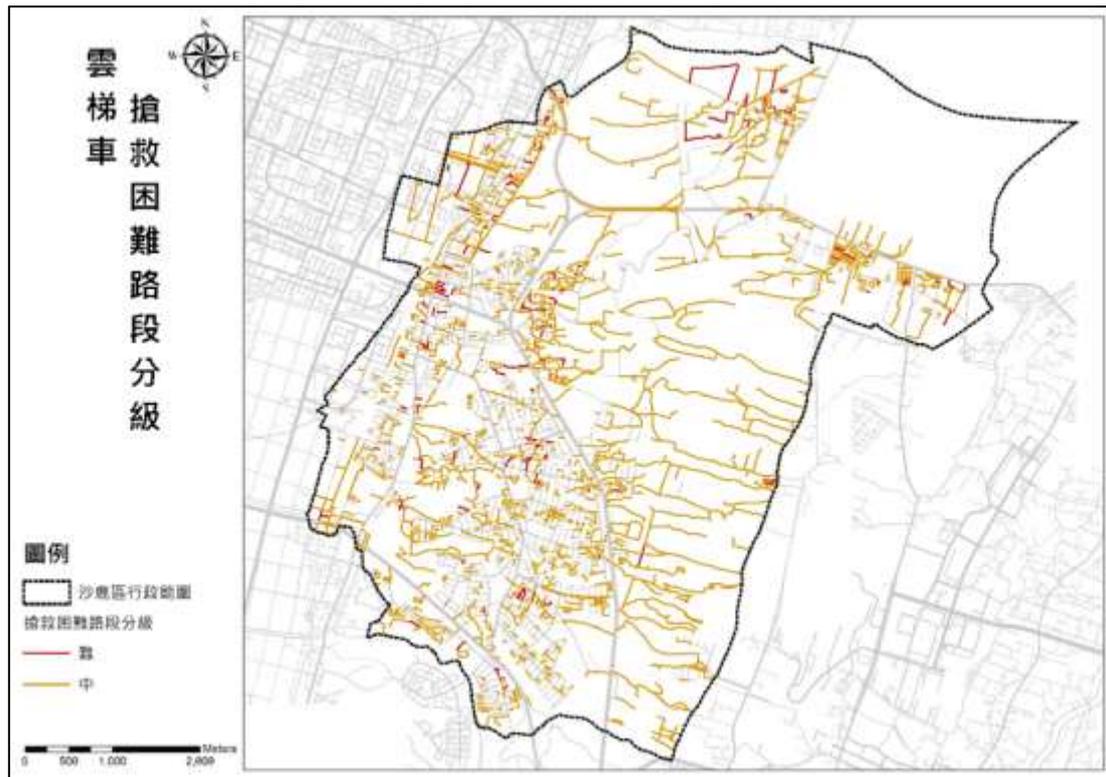


圖 2-110 雲梯車搶救困難路段分級

3、救援最佳路徑模擬

利用前述各類消防車之搶救困難路段分級成果，結合蒐集之消防局點位圖資及由國土利用現況調查成果獲取墓地位置，進行救援最佳路徑模擬，模擬情境為沙鹿區之墓地發生火災，消防局需調配合適之消防車前往搶救，由於沙鹿區墓地數量眾多且發散為求圖示清晰，以下將舉三處墓地做為案場進行模擬，分別為沙鹿示範公墓、沙鹿區第九公墓及北勢溪旁一處墓地，並將三式案例模擬產出路徑分析成果提供消防局作為圖資應用方式之參考。

(1) 創建分析用路網

使用 ArcGIS 軟體 New Network Dataset 之功能，圖 2-111，為各類消防車搶救困難路段分別創立路網分析(Network Analyst)用之路網，如，並在創立的過程中設定路徑選擇的方式，以搶救

困難路段分級為(易)之路段且行徑距離最短為最優先選擇路線。

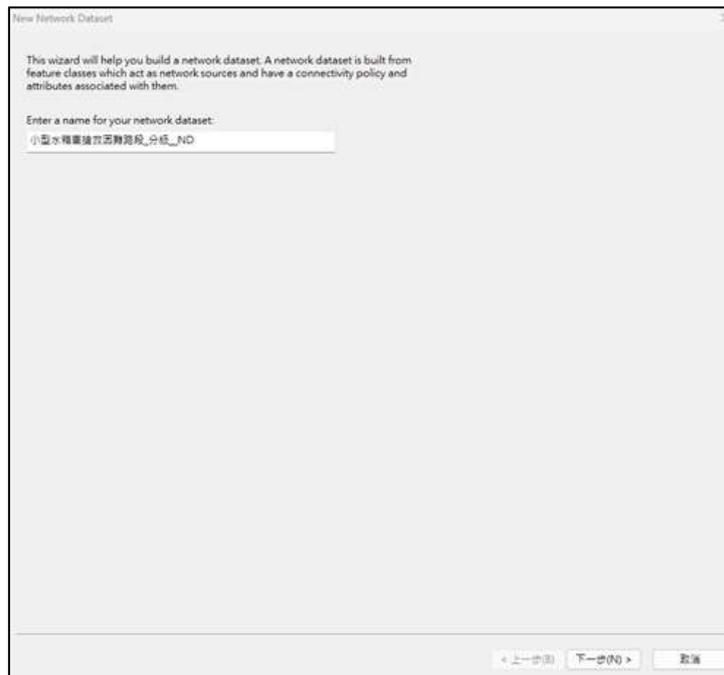


圖 2- 111 New Network Dataset 功能

(2) 案場位置轉為點資料

在路網分析中案場位置需匯入的資料屬性為點圖層，由於從國土利用現況調查成果中所獲取之墓地位置為面圖層，因此需運用 ArcGIS 軟體中之工具來進行圖層屬性的轉換。轉換的方式有兩種，方法一是運用 Feature To Point 將面圖層轉出其面的中心點，二是運用 Feature Vertices To Points 之功能將面圖層轉出其面的邊緣節點，兩種方法比較圖如圖 2- 112；由於只取中心點作為路徑規劃到案場位置並不合實際現況，故選擇方法二將墓地位置面圖層轉換成點圖層，如圖 2- 113，以利後續進行匯入分析。

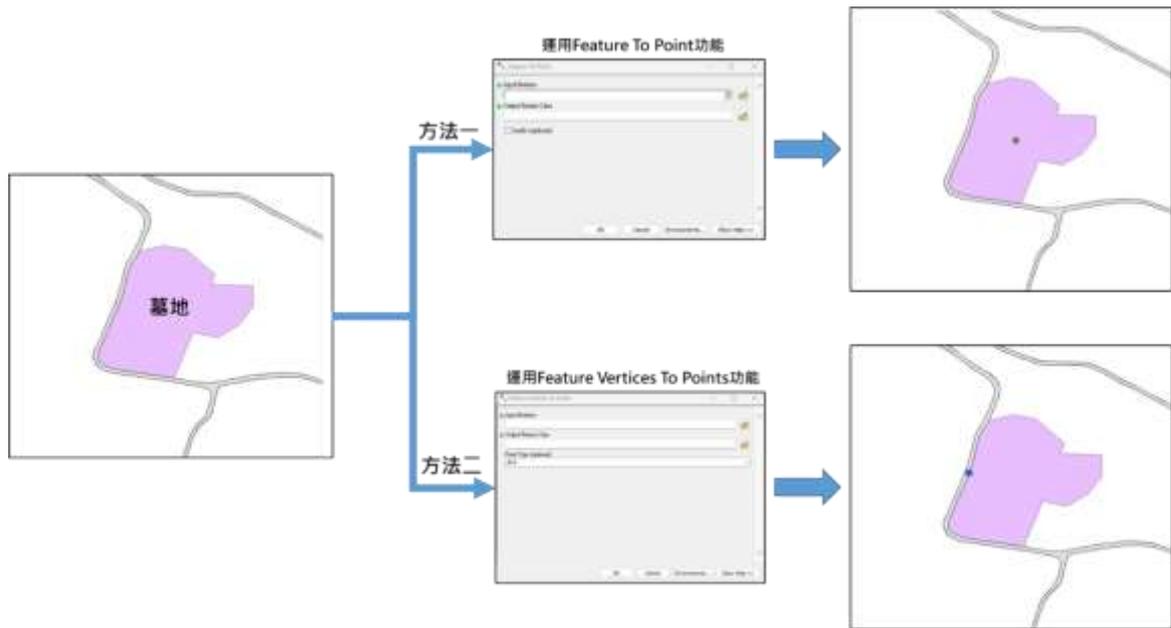


圖 2- 112 面圖層轉換點圖層方式比較圖

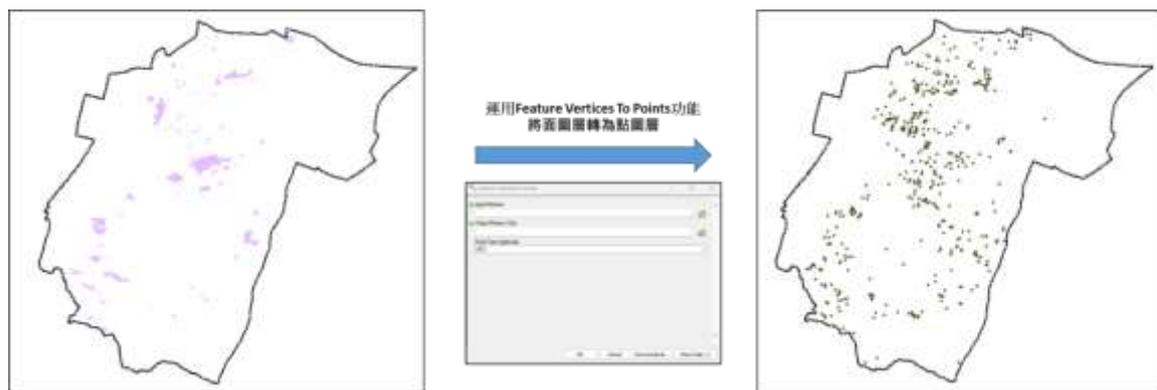


圖 2- 113 墓地位置面圖層轉換成點圖層

(3) 使用路網分析功能

在路網分析功能中選擇上述所創建出的路網做為分析目標後，運用路網分析中 New Closest Facility 之功能，如圖 2- 114，將三處墓地位置匯入 Facility 以及把消防局位置匯入 Incidents 中，最後按下執行鍵產製出各案場之救援最佳路徑，並以路線圖方式提供消防局參考。

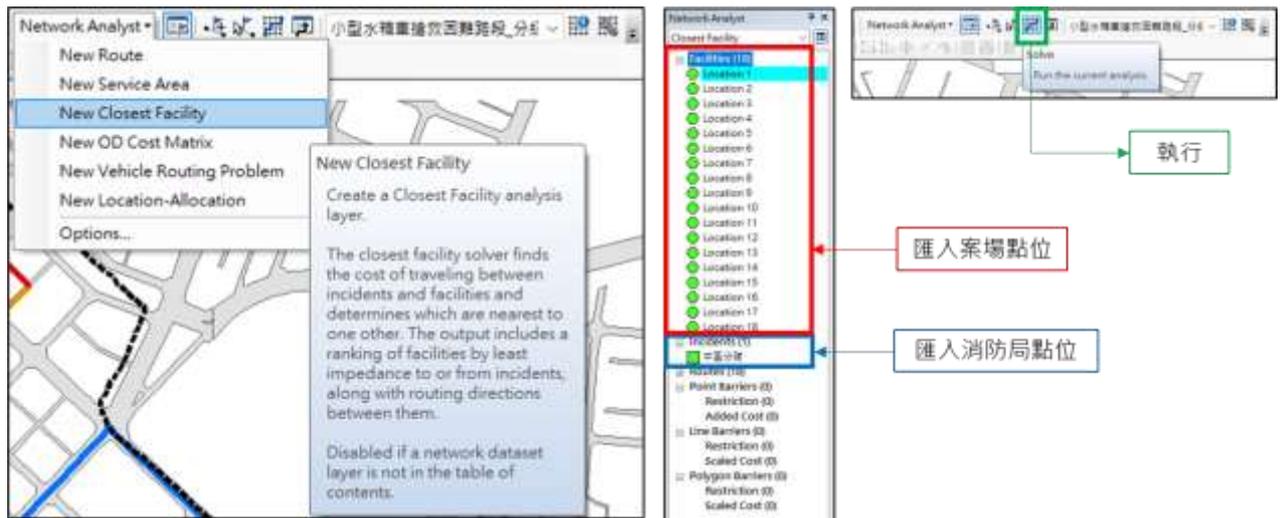


圖 2- 114 New Closest Facility 功能

(4) 案場模擬成果

沙鹿區每逢清明連假前後，墓地火警案件層出不窮，為更貼近實際火災發生情形，本救援最佳路徑模擬選用 3 個墓地位置做為案場，分別為沙鹿示範公墓、沙鹿區第九公墓及北勢溪旁一處墓地，其中沙鹿示範公墓才於今年 3 月發生過一場火勢，為能提供消防員在救災行動上之協助，本模擬將運用上述分析方式，模擬出各類消防車抵達各案場的救援最佳路徑，並以路線圖方式提供消防局參考，如圖 2- 115，模擬成果顯示各類消防車皆選擇了相同路線，經檢視最佳路徑模擬，由於該路徑在各類消防車搶救困難路段分級上皆為(中)或(易)，並未出現(難)之分級阻擋主要路線，導致無法通行需繞道之情形，故路線選擇上才会有相同的情形出現，成果呈現將以小型水箱車做代表。



圖 2- 115 小型水箱車救援最佳路徑模擬

三、研究成果產出及效益分析

此三維道路模型應用案例將產出市區及沙鹿區搶救困難路段之圖檔及清冊做為成果，其圖檔內容將提供兩式案例之 3 種消防車搶救困難路段分級成果、中區不易救災地區圖示及沙鹿區道路彎道圖示化之 KML 檔；清冊則以各搶救困難路段之路名、路寬、坡度和分級等資訊之 EXCEL 檔為主，提供做為消防局現有救災路徑之改善意見。目前消防局之救災路線多為以人之經驗做為參考，若將本案例之成果做為教材提供給新進人員參考，可有效減少人員交接時之經驗之流失。消防局未來可透過本應用案例之流程，將全臺中市之道路做行駛難易度分級，倘若未來有其他區域之成果完成，也可作為不同轄區支援調度時之參考資料，將

可提高臺中市之救災效率，且針對救災窒礙難行之路段，不同轄區單位可相互進行檢討，有效提升臺中市居民之居住安全性。將產出成果之 KML 圖檔，套疊於 Google Map 上模擬消防局於實務運用之展示畫面，兩區各舉小型水箱車搶救困難路段之成果為展示範例，如圖 2-116、圖 2-117。

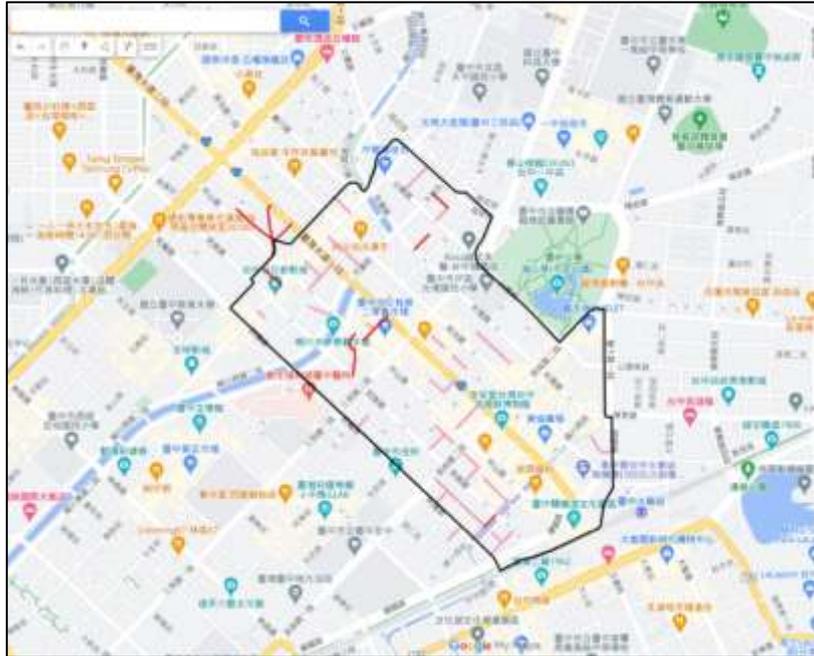


圖 2-116 中區小型水箱車搶救困難路段成果

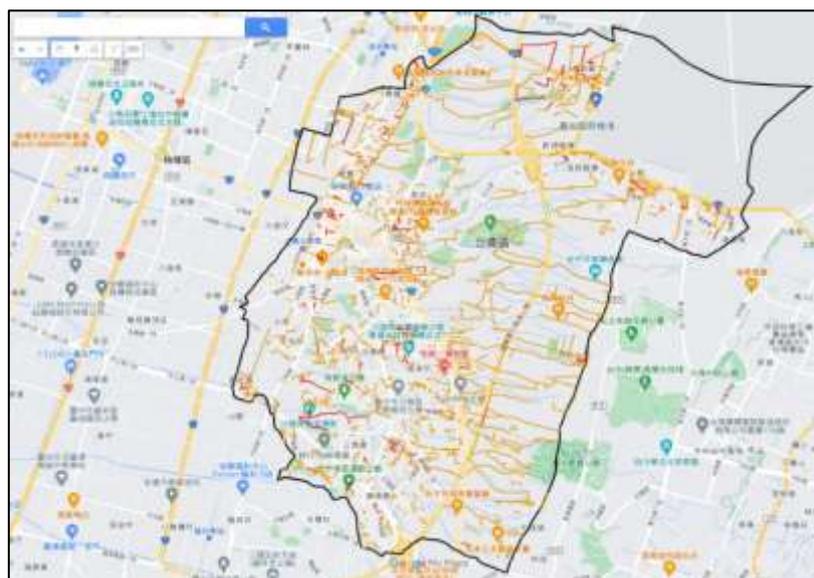


圖 2-117 沙鹿區小型水箱車搶救困難路段成果

四、成果檢核

為確保應用案例之分析成果符合現況及業務單位需求，於成果完成時將進行檢核。檢核方式採實際與消防局進行訪談，由消防局協助進行成果檢核，透過消防局過往經驗進行差異比對，檢核本案例分析成果是否與現況以及消防局經驗相符，並提供我們相關調整建議，詳細說明如下。

(一) 中區成果檢視及分析

不易救災地區為中區消防分隊所提供之 112 年搶救不易地區列管清冊中，搶救困難地區及道路狹小不易進入地區進行整合而來，其資料來源主要是依消防員多年之救災經驗累積，因此本圖示化位置也將做為檢視中區搶救困難路段分析成果的依據。藉由小車不能過大車也不能過的概念，選擇小型水箱車做為檢視對象，經檢視中區小型水箱車搶救困難路段成果與消防局所提供之清冊，可發現到兩者有出現部分路段上的差異，詳細說明如下。

1、不易救災地區圖示化

中區消防分隊所提供之「112 年搶救不易地區列管清冊」為文字資料，其內容並未提供各大樓之門牌地址，如圖 2-118，為利於資料分析將對其進行圖資萃取，將清冊內之搶救困難地區及道路狹小不易進入地區進行整合。

樓層	戶數	區段編號	分區	樓宇名稱	座落座號	建物類別	樓高	大廈地址詳表
2	1327	73	1	中國分區	安悅555大樓	11101020900	其他	111/91
	1338	73	2	中國分區	海豐大樓	11101029900	其他	111/91
	1339	73	3	中國分區	神龍大樓	1090021500	高層建築物	108
	1340	73	4	中國分區	九地保層大樓	1101001000	高層建築物	108
	1341	73	5	中國分區	慶泰小宮都	1080412930	高層建築物	108
	1342	73	6	中國分區	知縣名門	1080531500	高層建築物	108
	1343	73	7	中國分區	慶泰村大樓		高層建築物	108
	1344	73	8	中國分區	匯泰世家銀行-匯豐大樓	1080329900	高層建築物	108
	1345	73	9	中國分區	慶豐國際式大樓		高層建築物	108
	1346	73	10	中國分區	高層大廈		高層建築物	108
	1347	73	11	中國分區	3PC 匯豐高層大樓	11011981600	高層建築物	108
	1348	73	12	中國分區	慶泰水村慶豐大樓	11012221500	高層建築物	108
	1349	73	13	中國分區	德大國際旅館	11012071500	高層建築物	108
	1350	73	14	中國分區	湖心大樓		集合住宅	102
	1351	73	15	中國分區	五福大樓		集合住宅	103
	1352	73	16	中國分區	中華莊公寓大廈	1080121100	集合住宅	
	1353	73	17	中國分區	神農中環大樓	1101029100	集合住宅	111
	1354	73	18	中國分區	匯豐大樓		集合住宅	
	1355	73	19	中國分區	匯豐大樓		集合住宅	
	1356	73	20	中國分區	匯豐大樓		集合住宅	
	1357	73	21	中國分區	匯豐大樓		集合住宅	
	1358	73	22	中國分區	匯豐大樓		集合住宅	
	1359	73	23	中國分區	匯豐大樓		集合住宅	
	1360	73	24	中國分區	中山大樓		集合住宅	
	1361	73	25	中國分區	北京大樓		集合住宅	
	1362	73	26	中國分區	健隆大樓		集合住宅	
	1363	73	27	中國分區	慶豐大樓		集合住宅	
	1364	73	28	中國分區	台開站前大樓(地產科樓層大樓)		集合住宅	
	1365	73	29	中國分區	都會國際大樓		集合住宅	
	1366	73	30	中國分區	世紀名門大樓		集合住宅	
	1367	73	31	中國分區	中龍樓前廣場大廈	1101010900	集合住宅	111

圖 2- 118 112 年搶救不易地區列管清冊

(1) 獲取地址

利用清冊內所提供之大樓名稱與路段，運用 Google map 之搜尋功能(圖 2- 119)及「112 年臺中市公寓大廈報備資料」所附有的門牌資料，如圖 2- 120，來確認清冊資料中之大樓名稱與路段的確切地址。

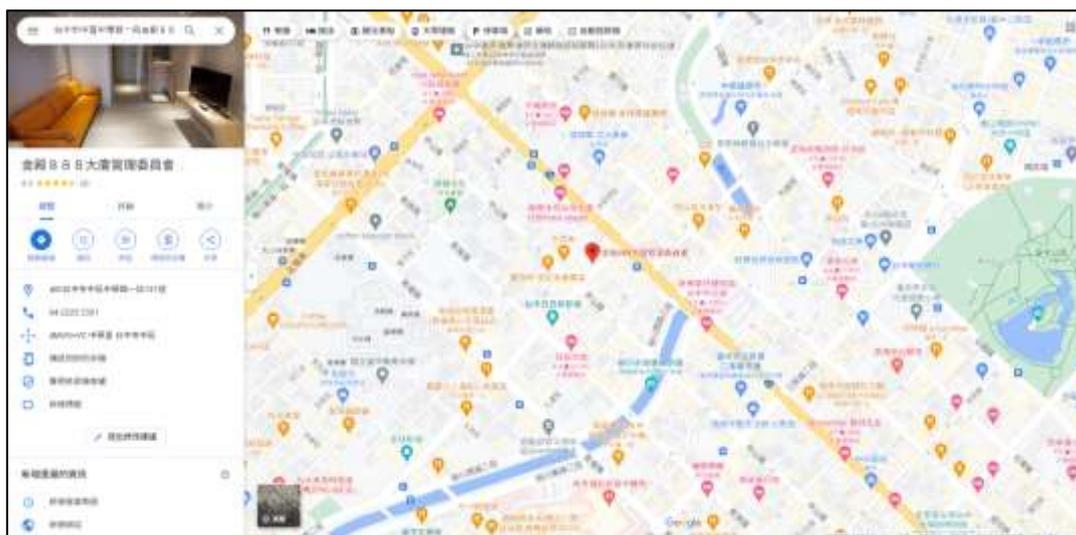


圖 2- 119 Google map 網站

序號	公寓大廈名稱	管理委員會	地址
1	081-00619	富麗書香園	27 大甲區大甲街52號
2	110-01892	帝堡21社區	76 大甲區大智街205巷5號十樓之1
3	102-02048	萬泰富禧芳	20 大甲區大智街301號
4	100-01226	溫莎瓏社區	30 大甲區大智街99巷3號
5	080-05078	日南甲天下	109 大甲區工二路4-169號
6	087-00182	富麗園	32 大甲區中山路1225巷85號
7	081-06806	好吉第*	21 大甲區中山路1段1007巷19號
8	104-03037	日南麗富*	2 大甲區中山路2段30號
9	100-00083	綠香編	16 大甲區中山路2段566巷2-7號
10	108-01029	奕安里III	24 大甲區中山路2段918之301號等
11	102-02777	新北大樓公寓大廈	3 大甲區中山路一段1007巷22號
12	081-04645	富麗王朝	75 大甲區中山路一段947號
13	095-02191	季府公寓大廈	7 大甲區中山路二段127巷2號
14	109-00282	奕安府四季	3 大甲區中山路二段918之228號等
15	109-00280	幼兒身編	19 大甲區中山路二段918之06 等
16	110-01553	奕安府五期	14 大甲區中山路二段928巷36弄32號
17	095-00867	陽光森林	2 大甲區五福街256號
18	084-01382	文化大學社區	26 大甲區五福街298巷15號
19	108-01372	萬春仁愛社區	31 大甲區仁愛街211號等
20	106-01132	帝堡17之3	2 大甲區文曲路562-6號
21	106-01139	帝堡17之5	2 大甲區文曲路566巷10號
22	106-01140	帝堡17之6	2 大甲區文曲路566巷16號
23	106-01130	帝堡17之2	2 大甲區文曲路599號
24	106-01129	帝堡17之1	2 大甲區文曲路605號

圖 2- 120 112 年臺中市公寓大廈報備資料

(2) 獲取坐標

透過國土測繪圖資服務雲門牌模糊搜尋比對功能，如圖 2-121，輸入上述所獲得之地址，取得該地址之坐標資料，最後運用其坐標資料數化出不易救災地區圖示化，其成果如，並額外將成果以更視覺化之三維方式呈現，如圖 2- 122、圖 2- 123。



圖 2- 121 國土測繪圖資服務雲

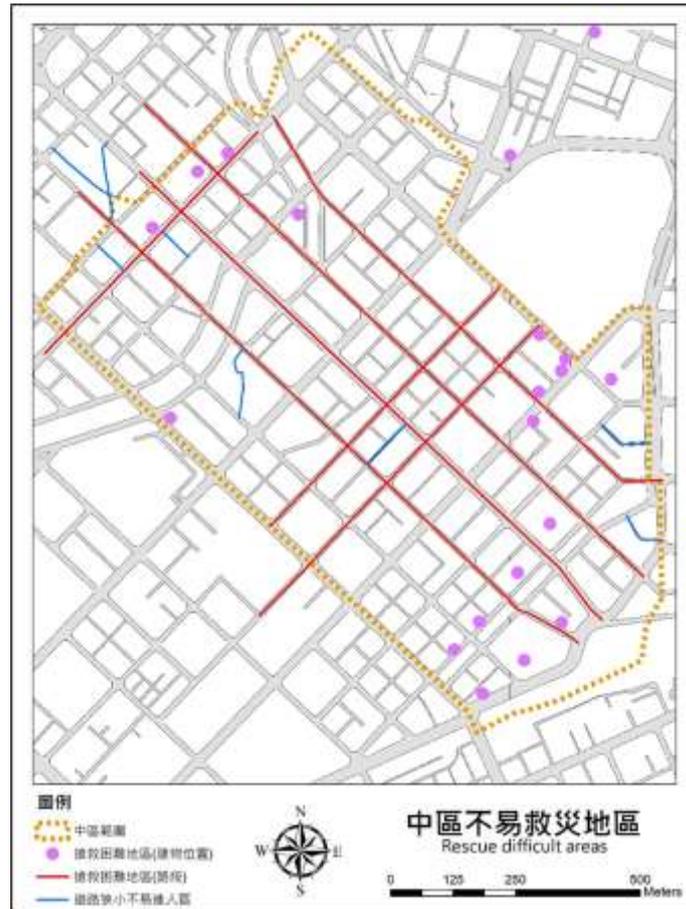


圖 2- 122 不易救災地區圖示化成果

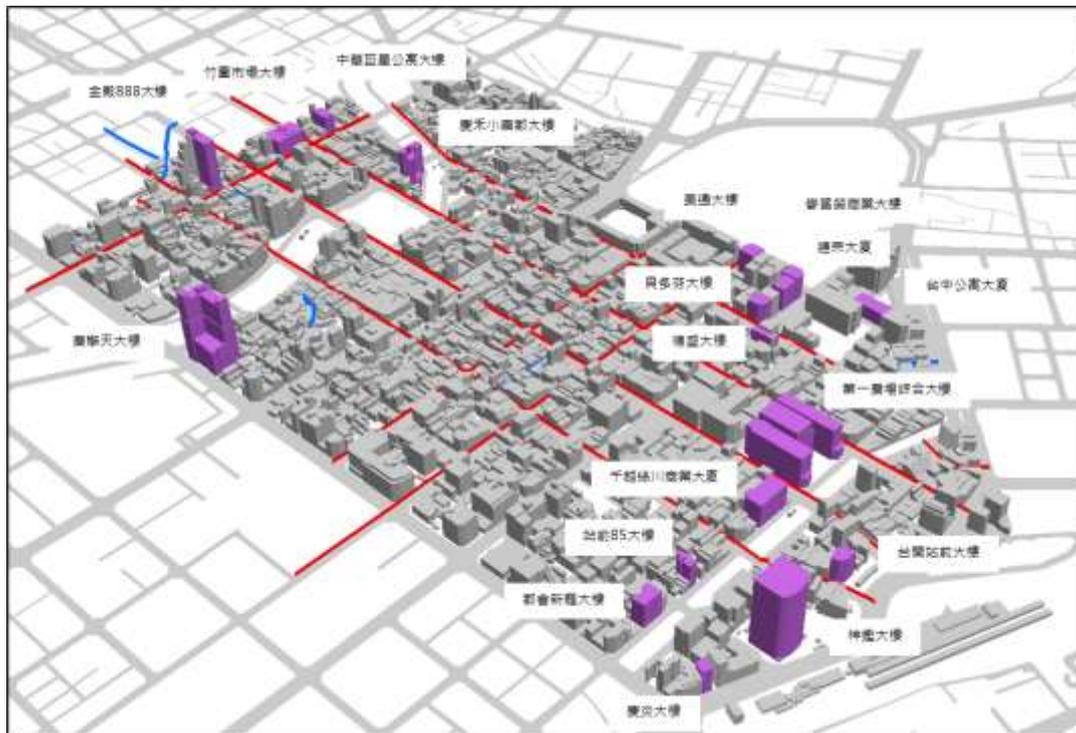


圖 2- 123 不易救災地區圖示化成果(3D 呈現)

2、搶救困難地區(路段)

經檢視不易救災地區圖示化位置及分析成果發現，不易救災地區圖示化位置標示為搶救困難地區(路段)的部分，在分析成果上皆未分級為(難)(中)之路段，推測原因在於清冊中所提供之搶救困難地區(路段)，其評斷為建物結構類型是否為不易救援之連棟式老舊建築及木造建築物，如圖 2- 124。

1308	1388	73	52	中區分隊	中區中華里中華路一段93巷12至36號	10908271600	連棟式老舊建築
1309	1389	73	53	中區分隊	中區綠川里建國路193巷2至20號	10904231600	連棟式老舊建築
1310	1390	73	54	中區分隊	中區中山路	10907291540	木造建築物
1311	1391	73	55	中區分隊	中區中華路一段	10907081620	木造建築物
1312	1392	73	56	中區分隊	中區平等街	10907081640	木造建築物
1313	1393	73	57	中區分隊	中區光復路	10910081500	木造建築物
1314	1394	73	58	中區分隊	中區成功路380號	10905121600	木造建築物
1315	1395	73	59	中區分隊	中區市府路	10910211500	木造建築物
1316	1396	73	60	中區分隊	中區臺灣大道一段	10909291630	木造建築物

圖 2- 124 112 年搶救不易地區列管清冊內容

3、道路狹小不易進入地區

經檢視不易救災地區圖示化位置及分析成果發現，不易救災地區圖示化位置標示為道路狹小不易進入地區的部分，在分析成果中共計有三條未被分級為(難)之路段，如圖 2- 125 綠色圓圈處，經檢視街景推測原因為該三條實際路寬可能因其他因素，如雜物堆積、汽機車停放、招牌、屋簷及電纜等因素，如圖 2- 126，導致實際路寬與獲取到之道路寬度資料有所差異，因此才有上述檢視差異出現。

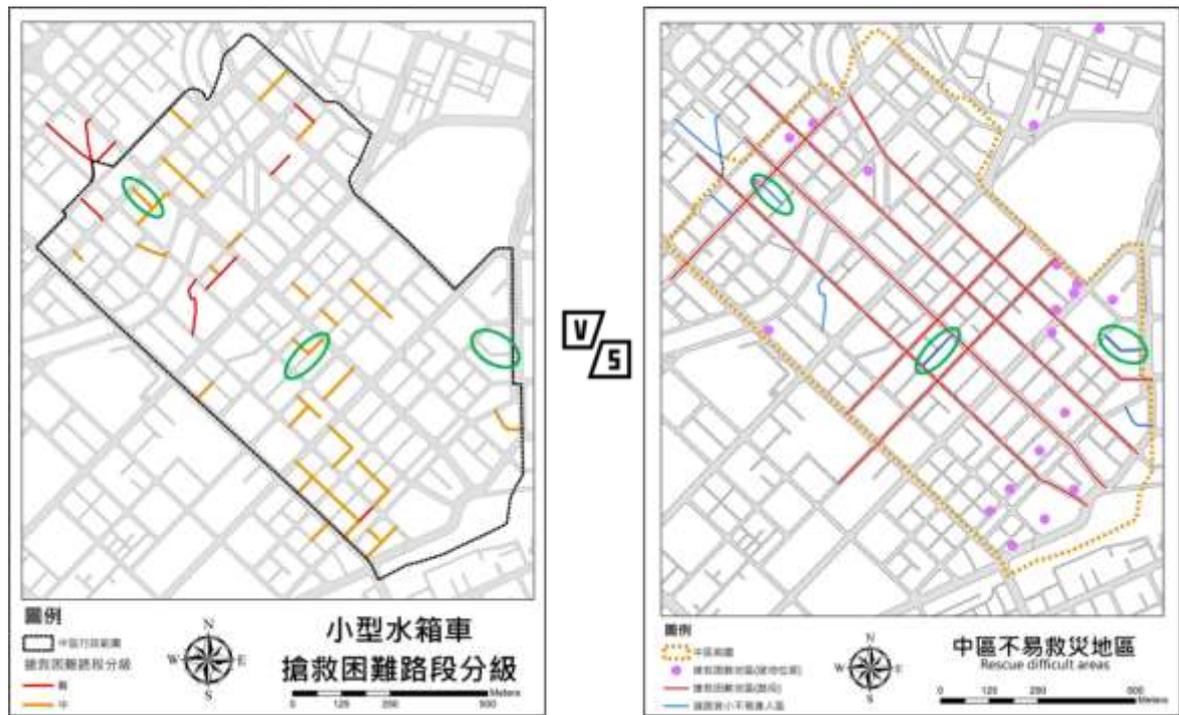


圖 2- 125 分析成果與清冊檢視對比圖



圖 2- 126 差異路段街景圖

(二) 沙鹿區成果檢視及分析

以目前所提供之成果，消防局認為路寬為最主要的影響因素，因此建議成果以各因素之分級成果圖(如路寬分級、坡度分級及彎道分級)之方式提供將更有利於業務使用。

1、路寬分級調整建議

經檢視成果後，消防局沙鹿分隊提出了 3 條依實務經驗上的調整建議，分別在南勢溪附近兩條及南斗路 378 巷，由於該 3 條路段路旁有堆置雜物或石墩及變電箱凸出等原因，如圖 2-127，導致實際寬度過於窄小，因此建議將此 3 條路段在路寬分級上調整為(難)之分級，調整圖如圖 2-128、圖 2-129。



圖 2-127 路寬分級調整街景圖



圖 2- 128 南勢溪附近兩條路寬分級調整



圖 2- 129 南斗路 378 巷路寬分級調整

2、增加無法通行涵洞位置

由於沙鹿區部分路段具有涵洞，因此消防局沙鹿分隊希望能增加無法通行的涵洞位置，提供做為救援上之參考。經分析並予以消防局檢核後，沙鹿區共有兩處無法通行之涵洞，分別位於沙鹿區中峰巷高架道路下以及國道 3 號鹿寮南溪旁底下如圖 2-130，經街景比對後其確實為限高較低之涵洞，如圖 2-131。

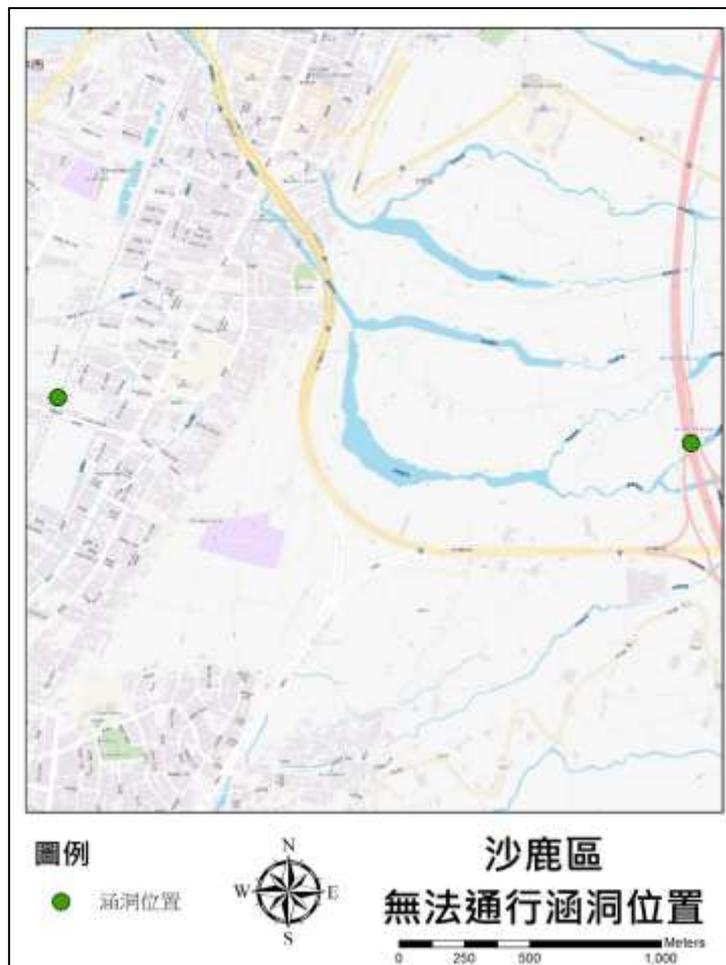


圖 2-130 沙鹿區無法通行涵洞位置



國道3號鹿寮南溪旁底下



中峰巷臺鐵道路下

圖 2- 131 無法通行涵洞街景圖

五、結論與未來建議

現行救援路徑多由經驗豐富的消防同仁，依長期累積之經驗進行判斷，透過本案例運用三維建物及道路之特性，將可輔助消防局在未來救援路徑上之規劃，不僅能提高救援效率，還可做為教育訓練之教材。惟目前在搶救困難路徑之分析中，尚有其他影響救災因子可納入，經本案自我檢視及消防局協助進行成果檢核，未來將可持續依以下建議進行改善與精進，詳細建議說明如下：

(一) 增加建物結構類型作為分析因子

根據中區消防分隊所提供之「112 年搶救不易地區列管清冊」資料中可發現，建物結構類型也會是一個影響搶救程度難易之評斷標準，建議未來可透過建號定位成果串接建物標示部資料，了解各建物結構之類型，並結合消防局實務經驗為各建物類型進行搶救難易評比，以利未來作為搶救困難路段分級之分析因子使用。

(二) 增加路邊相關民生設施高度作為分析因子

於訪談前將各項初步成果提供給消防局進行檢視，其中包含救援最佳路徑模擬初步成果。在成果檢視訪談過程中，消防局提出救援最佳路徑模擬初步成果並不符合他們目前實際出勤路線，如圖 2-132，認為道路上既有之電線、樹木及路邊設施如招牌、屋簷等高度因素，也是影響消防車是否能通行該路段的因素之一，建議是否能將此因子納入分析之中。由於現階段在高度因素上的資料尚未完善，後續可確認是否有相關權責機關已建立民生設施資料，若無則可以建議相關地方政府權責機關建置，其成果將能更貼近符合實際現況。

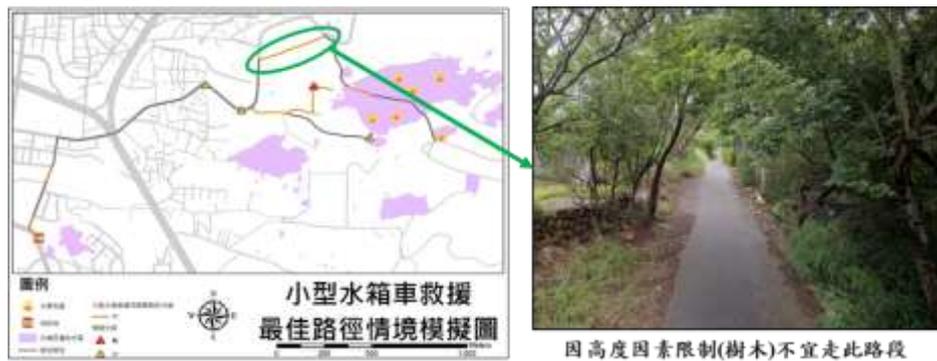


圖 2-132 救援最佳路徑模擬初步成果圖

(三) 系統平臺功能

消防局建議是否未來在平臺上能顯示出救援路徑中所會面臨到的所有行駛困難處，如當使用 Google Map 導航消防車出勤地點至火災發生地點的最佳路徑後，平臺能一併顯示出此段路徑上會經過幾個需注意路段及彎道等。未來如進入到系統化之階段，建議能將上述需求增加於系統中，相信能為消防人員在救災行動中帶來更大的輔助效益。

第參章、 專案品質與進度管理

第一節 專案管理計畫

專案管理是指對完成專案目標所需執行的任務，及分派執行這些任務所需的資源管理，其主要目的為確保專案能順利執行。本團隊規劃完善之專案管理方案，以確實掌控專案之進度，並指定經驗豐富的專案經理進行專案管理工作。以下說明專案管理程序及方法。

(一) 專案管理程序

由專案經理負責各工作分組計畫之擬定、人員掌握、工作分派、進度控制、成果檢討、品質保證、文件校核、報告彙整等工作。本專案管理工作內容及控制程序如圖 3-1 所示。

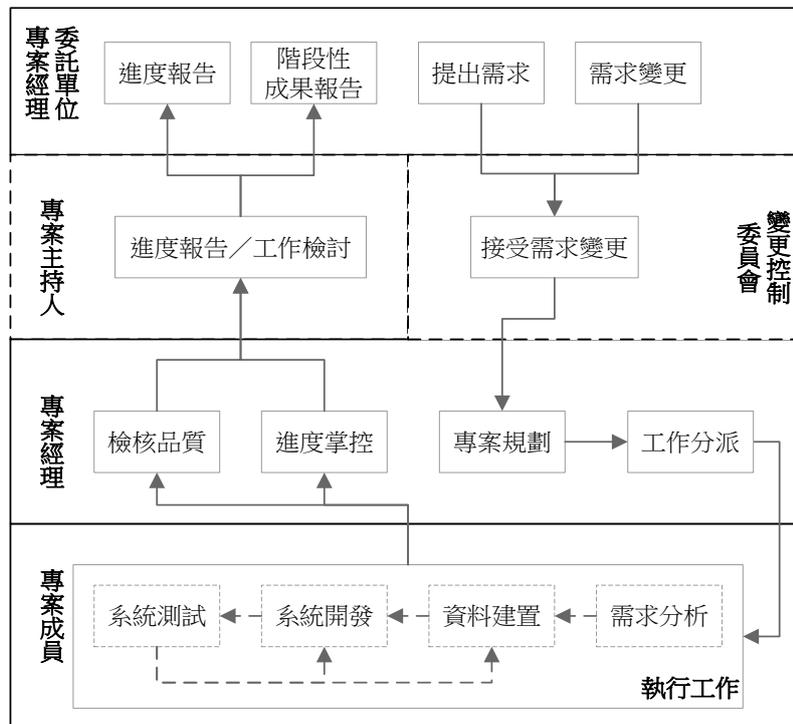


圖 3-1 專案管理程序圖

(二) 工作分派

- 1、將專案區分為多項工作，由專案經理進行任務分派計畫，指派專案成員執行。每一項工作分派必須有分派記錄（待辦事項追蹤單），以確定工作責任。
- 2、為使工作成果符合委託單位的需求，並了解工作執行狀況，將由專案經理與委託單位召開工作會議，提報工作進度，以及遭遇問題之建議方案。

(三) 專案會議

- 1、由專案經理召開定期專案會議，掌握工作進度、資源使用狀況、資料蒐集狀況及潛在問題，避免影響工作進度。
- 2、為使工作成果符合委託單位的需求，並了解工作執行狀況，將由專案經理與委託單位召開工作會議，提報工作進度，以及遭遇問題之建議方案。

(四) 進度控制

將擬訂之進度依各主要工作項目展開的執行步驟為追蹤單元，採用甘特圖技術建立里程碑（Milestone），並依計畫時程及內容完成每個里程碑目標，到達里程碑後，停止對已到達目標工作之發展活動，以達到以下目的：

- 1、產品設計規格趨向穩定。
- 2、中間產品明確規劃出來。
- 3、產品逐漸進入穩定階段。

4、避免設計遭任意調整或增加資源造成進度延誤。

(五) 文件管理

- 1、每次資料之蒐集，均應記錄資料來源、版次、數量及相關必要之資料，並經雙方簽章，以明確責任。
- 2、專案工作會議作成紀錄供委託單位參考。
- 3、任何必須要了解處理經過之事務，如訪談紀錄、問卷調查、測試紀錄等，均應設計明確之表格，並督促成員依實紀錄，以供爾後參考。

(六) 專案監控

- 1、依工作計畫書擬定之工作期限，完成各階段工作項目。
- 2、於本計畫進行過程中，將由專案經理分配各項工作，並監控各項工作的執行進度。專案經理將定期向委託單位提出專案報告，報告內容含專案執行進度、執行狀況及問題反應等，提供委託單位全盤了解掌握專案進行情形。

第二節 團隊架構及組織分工

本計畫以易圖科技股份有限公司葉美伶董事長擔任計畫主持人，專責統籌本案各項工作之執行與進度督導、品質管理；另邀請逢甲大學建設學院周天穎院長/特聘教授擔任計畫顧問，協助計畫資料關聯及成果分析之專業諮詢；由管志偉副總經理擔任共同主持人，協助計畫推行、議題討論、產官學研合作接洽等工作。

由江志展擔任本案專案經理，協助本計畫之進度及品質控管，依各項工作內容屬性不同，茲將本團隊人員依其個人專業能力與實務經驗，區分為「資料蒐集規劃組」、「資料整合分析組」及「行政管理組」等執行本計畫。本計畫人力配置架構如所下圖示。

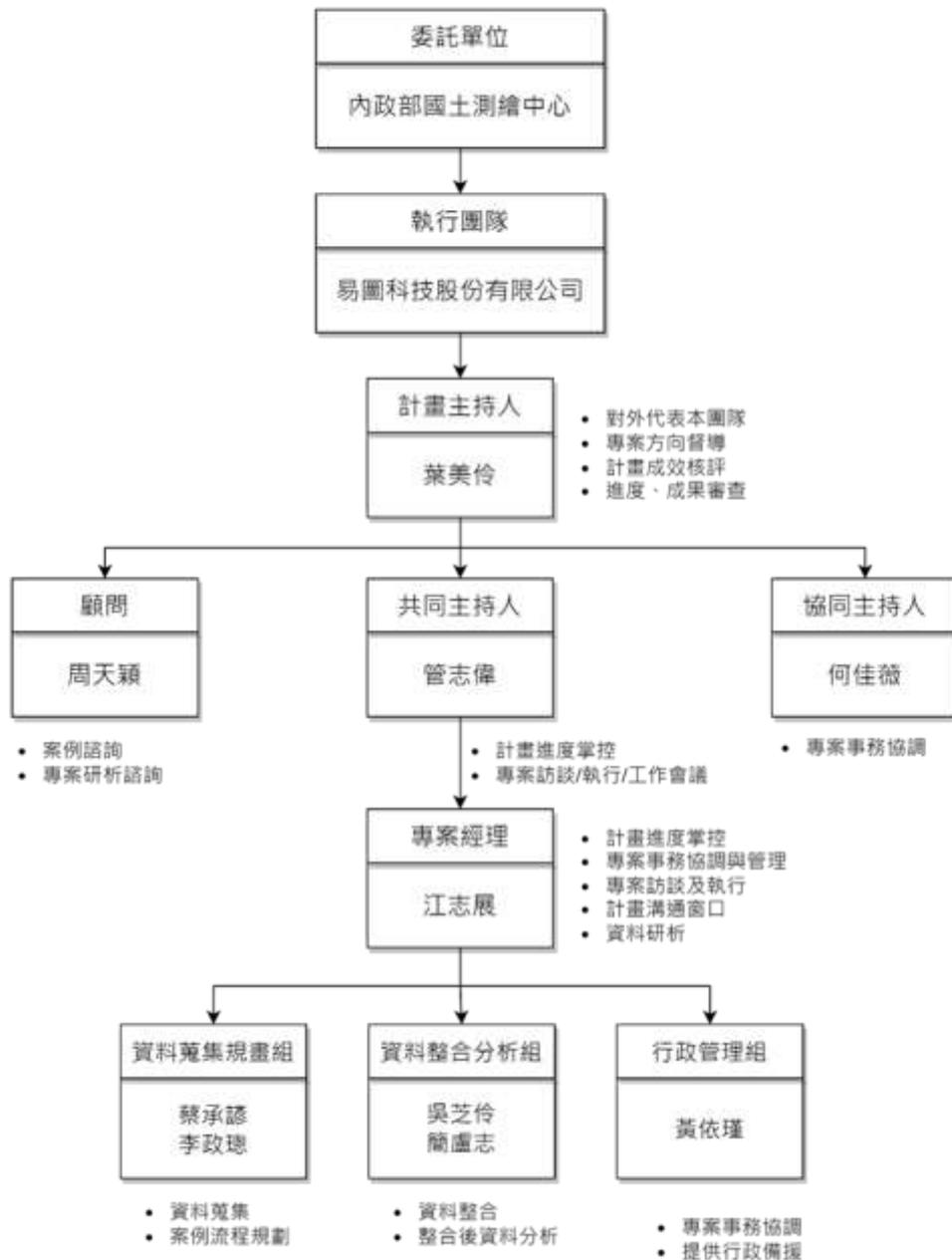


圖 3-2 人力配置圖

第三節 團隊成員背景及專業能力

為使本團隊之完整陣容，涵蓋本案規劃、執行、管控所需嚴謹組成，各依權責負責專案外部介面、內部溝通與內部管理事宜。

本團隊專案人力配置及工作分配如表 3-1 所示。

表 3-1 團隊成員學歷與工作分配表

組別	姓名	最高學歷科系	擬任工作內容	相關經歷與專長
計畫主持人	葉美伶	逢甲大學土木及水利學位學程博士	計畫進度及品質掌控、專案監督指導、技術及意見整合	地理資訊系統、遙感探測、土地管理、專案管理
共同主持人	管志偉	國立中興大學資訊科學與工程學系碩士班碩士	計畫進度及品質掌控、專案監督指導、技術及意見整合	程式設計、系統分析規劃
協同主持人	何佳薇	逢甲大學土地管理學系碩士班	專案事務協調與管理	地理資訊系統、空間統計分析、環境規劃、智慧城市、專案管理、系統整合規劃
顧問	周天穎	美國密西根州立大學資源發展系博士	專案諮詢、專案工作指導	資源保育、地理資訊系統、遙感探測、土地管理、防災資訊
專案經理	江志展	逢甲大學都市計畫與空間資訊學系學士	專案工作方向督導、專案進度與成果審查	地理資訊系統、土地管理、專案管理、空間統計分析、教育訓練企劃
資料蒐集 規劃組	李政聰	逢甲大學都市計畫與空間資訊學系碩士	資料蒐集、圖資申請及處理、案例整體流程規劃	GIS、影片剪輯、測量
	蔡承諺	逢甲大學水利工程與資源保育學系學士		山坡地管理、水庫集水區管理與規劃、水資源管理
資料整合 分析組	吳芝伶	國立屏東科技大學森林學系碩士	圖資關聯整合、稅籍清冊成果分析	無人載具空拍、圖資處理、遙感探測、影像分析、影像處理

組別	姓名	最高學歷科系	擬任工作內容	相關經歷與專長
	簡盧志	逢甲大學都市計畫與空間資訊學系碩士	圖資關聯整合、稅籍清冊成果分析	土地開發、空間資訊、空間統計分析
行政事務組	黃依瑾	長榮大學視覺藝術學系學士	行政作業、會計核銷、相關協調事項	廣告媒體經營與規劃、文宣品企劃、新聞稿撰寫、行銷策略研擬、研討會活動舉辦、網路行銷活動規劃、文案編撰

第四節 工作進度及交付項目

(一) 計畫期程

本計畫作業期程為自決標日起，共 250 日曆天(約 8 個月)內完成，其相關工作項目期程如下表據以執行及管控，確保各工作項目如期如期完成，計畫時程表如表 3-2 所示，本案全數工作項目以如期完成。

表 3-2 計畫時程表(甘特圖)

		112 年度									
項次	項目	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	
一	資料蒐集與流程規劃	◆————◆									
1	資料蒐集	◆————◆									
2	2 式案例流程規劃	◆————◆									
3	需求訪談		◆————◆								
4	繳交規劃報告			◎							
二	資料關聯整合及成果分析			◆————◆							
1	2 式應用案例資料關聯整合			◆————◆							

		112 年度								
項次	項目	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
2	2 式應用案例成果分析						◆	◆		
4	成果自我檢核							◆	◆	
5	研究成果產出							◆	◆	
6	繳交工作總報告書									◎
三	例行性工作會議	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	進度百分比	20	35	50	60	70	80	90	100	100

◎規劃報告-----112 年 6 月 5 日

◎工作總報告-----112 年 11 月 12 日

(二) 交付項目

作業期限為決標次日起 250 個日曆天完成，本案分 2 階段辦理，每階段應交付項目、期限如下表 3-3 所示。規劃報告內需包含使用目的、預期成效、作業範圍、使用圖資及來源、作業流程及方法、預計產出成果、成果自我檢核方式及標準等內容。工作總報告須包含中、英文摘要（含關鍵字）、計畫概述、背景分析、作業規劃及範圍、作業時程及執行方法、成果及效益分析、結論與建議及其他相關資料（含遵守性別平等法之規定辦理情形及作業人力之性別統計與說明資料）。

表 3-3 交付項目及繳交期限

階段	交付項目	書面或電子檔	數量	繳交期限
第 1 階段	規劃報告 (含需求訪談紀錄)	書面	8	於決標次日起至 90 個日曆天(112 年 6 月 5 日)內繳交
		電子檔	1	
第 2 階段	工作總報告	書面	8	於決標次日起至 250 個日曆天(112 年 11 月 12 日)內繳交
		電子檔	1	