

AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究

資料蒐集分析報告

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 110 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究

資料蒐集分析報告

計畫主持人：王榮進

協同主持人：余文德

研究員：廖琬洲、李雨澤、林谷陶、張怡文

研究助理：張憲寬、林子怡

研究經費：新台幣 83 萬 3 仟元整

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 110 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次.....	i
表次.....	iii
圖次.....	vii
摘要.....	x
第一章 緒論.....	1
第一節 動機與緣起.....	1
第二節 研究背景.....	1
第三節 研究目標與預期成果.....	3
第四節 研究方法.....	3
第五節 研究流程.....	5
第六節 研究定義與範圍限制.....	8
第二章 資料蒐集與文獻分析.....	11
第一節 國內外 AIoT 影像感測相關技術發展現況.....	11
第二節 AIoT 技術於國內外智慧建築與施工安全應用之回顧.....	25
第三節 AIoT 應用於智慧建築與隱私權與資安相關文獻回顧.....	40
第四節 AIoT 應用效益分析方法回顧.....	51
第三章 AIoT 影像感測器建築安全應用情境及效益分析架構之研擬.....	60
第一節 AIoT 影像感測器在建築安全應用情境及模擬案例規劃.....	60
第二節 AIoT 在建築安全應用之隱私權與資安問題分析.....	65
第三節 AIoT 在建築安全應用效益之分析模式.....	67
第四章 模擬案例(一)：AIoT 影像感測器於建築工地安全監控之應用.....	74
第一節 模擬案例(一)簡介.....	74
第二節 模擬案例(一)CAMITA 成本效益分析.....	76
第三節 模擬案例(一)簡易檢核表成本效益分析模式.....	95
第四節 模擬案例(一)專家意見彙整.....	104
第五節 小結.....	107

第五章 模擬案例(二)：AIoT 影像感測器於社區安全管理之應用.....	110
第一節 模擬案例(二)簡介.....	110
第二節 模擬案例(二) CAMITA 成本效益分析.....	116
第三節 模擬案例(二) 簡易檢核表成本效益分析模式.....	138
第四節 模擬案例(二) 專家意見彙整.....	153
第五節 小結.....	158
第六章 結論與建議.....	160
第一節 結論.....	160
第二節 建議.....	165
參考文獻.....	170
附錄一 問卷.....	181
附錄二 計畫書審查會議意見回覆表.....	265
附錄三 期中審查會議意見回覆表.....	269
附錄四 第一次專家座談會會議紀錄.....	277
附錄五 第二次專家座談會會議紀錄.....	285
附錄六 期末審查會議意見回覆表.....	291

表次

表 2.1 人員管理與訓練需求與 AIoT 技術媒合.....	29
表 2.2 機械設備安全管理與 AIoT 技術媒合	30
表 2.3 環境與其他需求與 AIoT 技術媒合	30
表 2.4 人工智慧應用於施工與建築的應用範疇.....	39
表 4.1 案例(一)DEMATEL 訪談專家名單	76
表 4.2 案例(一)ANP 訪談專家擴展名單	77
表 4.3 案例(一)評分問卷專家領域統計	77
表 4.4 AIoT 影像識別技術於工地不安全情境監控細項準則說明	79
表 4.5 案例(一)構面影響性統計結果	81
表 4.6 案例(一)項目影響性統計結果	81
表 4.7 案例(一)項目影響性總關係矩陣	82
表 4.8 案例(一)20% 閾值影響性矩陣	82
表 4.9 案例(一)項目權重計算結果	84
表 4.10 案例(一)準則重要性統計結果	85
表 4.11 案例(一)準則權重分析結果	86
表 4.12 案例(一)「方案一：「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」」模擬情境	87
表 4.13 案例(一)「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」模擬情境.....	88
表 4.14 效益評分量化評量尺規	89
表 4.15 案例(一)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」之效益問卷統計結果	90
表 4.16 案例(一)「方案二：CCTV+人工監看方案」之效益問卷統計結果.....	90
表 4.17 案例(一)不同方案效益差異(方案一減方案二)比較結果.....	91

表 4.18 案例(一)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」效益分析結果.....	92
表 4.19 案例(一)「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」效益分析結果.....	93
表 4.20 案例(一)人員安全改善效益檢核表評分範例.....	95
表 4.21 案例(一)環境安全改善效益檢核表評分範例.....	96
表 4.22 案例(一)人力管理效益評分範例.....	96
表 4.23 決策速度提升效益評分範例.....	97
表 4.24 決策精確度提升效益評分範例.....	97
表 4.25 技術發展潛力評分範例.....	98
表 4.27 新建(安裝)成本影響檢核表評分範例.....	100
表 4.28 營運成本影響檢核表評分範例.....	101
表 4.29 風險構面影響檢核表評分範例.....	102
表 4.30 以檢核表進行模擬案例(一)「方案一」之 CAMITA 效益評估指標試算結果.....	103
表 4.31 以檢核表進行模擬案例(二)「方案一」之 BOCR 效益評估指標試算結果.....	103
表 4.32 案例(一)專家針對 AIoT 影像感測器應用之議題優先順序統計表.....	104
表 5.1 AIoT 影像識別技術於社區安全情境監控細項準則說明.....	118
表 5.2 案例(二)DEMATEL 訪談專家名單.....	121
表 5.3 案例二構面影響性統計結果.....	122
表 5.4 案例二項目影響性統計結果.....	123
表 5.5 案例(二)構面影響性總關係矩陣.....	123
表 5.6 案例(二)構面影響性總關係矩陣.....	124
表 5.7 案例(二)項目影響性總關係矩陣.....	125
表 5.8 案例(二)項目影響性總關係矩陣(20%閾值).....	126
表 5.9 案例(二)ANP 訪談專家名單.....	127

表 5.10	案例(二)項目重要性統計結果	128
表 5.11	案例(二)準則重要性統計結果	128
表 5.12	案例(二)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」模擬情境.....	130
表 5.13	案例(二)「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」模擬情境.....	132
表 5.14	案例(二) 評分訪談專家名單	134
表 5.15	案例(二)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」評分統計結果.....	135
表 5.16	案例(二)「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」方案評分統計結果	136
表 5.17	案例(二) 「方案一」與「方案二」效益分析結果.....	137
表 5.18	案例(二) 「效率提升效益(B)」之「安全指標」檢核表評分範例.....	139
表 5.19	案例(二) 「效率提升效益(B)」之「健康指標」檢核表評分範例.....	142
表 5.20	案例(二) 「效率提升效益(B)」之「健康指標」檢核表評分範例.....	143
表 5.21	案例(二) 「效率提升效益(B)」之「管理指標」檢核表評分範例.....	144
表 5.22	案例(二) 「技術發展潛力(O)」之「實用性指標」檢核表評分範例	145
表 5.23	案例(二) 「技術發展潛力(O)」之「可靠度指標」檢核表評分範例	145
表 5.24	案例(二) 「技術發展潛力(O)」之「接受度指標」檢核表評分範例	146
表 5.25	案例(二) 「建置營運成本(C)」之「新建成本」評分範例	147
表 5.26	案例(二) 「建置營運成本(C)」之「營運成本」評分範例	148
表 5.27	案例(二) 「社會隱性風險(R)」之「個人隱私風險」檢核表評分範例.....	149
表 5.28	案例(二) 「社會隱性風險(R)」之「資訊安全風險」檢核表評分範例.....	150
表 5.29	以檢核表進行模擬案例(二)「方案一」之 CAMITA 效益評估指標試算結果.....	152
表 5.30	以檢核表進行模擬案例(二)「方案一」之 BOCR 效益評估指標試算結果	153
表 5.31	案例(二)專家針對 AIoT 影像感測器應用之議題優先順序統計表	154

圖次

圖 1.1 研究流程圖	7
圖 1.2 AIoT 影像感測器於建築安全應用範圍說明	9
圖 2.1 Yolo 物件偵測的結果範例	13
圖 2.2 DeepLab 測試的結果範例	13
圖 2.3 NVIDIA Jetson Nano 開發套件	14
圖 2.4 Cognex 深度學習攝影機功能展示	14
圖 2.5 AI 智慧相機比較(一)	15
圖 2.6 AI 智慧相機比較(二)	16
圖 2.7 使用紅點標記頭部的人群圖像(左)及其相應的估計人群密度圖(右)	17
圖 2.8 人群行為分析流程圖	17
圖 2.9 異常偵測結果	18
圖 2.10 景深感測器提取出人類的骨架資料集	19
圖 2.11 嬰兒事故預測(一)	20
圖 2.12 嬰兒事故預測(二)	20
圖 2.13 CNN 車牌偵測流程架構	21
圖 2.14 車牌辨識流程圖	22
圖 2.15 車輛識別系統流程圖	22
圖 2.16 SEI-UVM 的網絡架構	23
圖 2.17 工地安全管理導入 AIoT 之需求議題	27
圖 2.18 施工人員安全裝備自動檢查情境	31
圖 2.19 建築工程施工中之電梯間影像語意分割辨識情境	32
圖 2.20 有無穿戴安全帽之偵測結果	32

圖 2.21 AIoT 的隧道施工即時監控系統架構.....	34
圖 2.22 智能火警系統架構.....	35
圖 2.23 近紅外線影像與彩色影像與分類火焰後的結果.....	36
圖 2.24 基於 OCM 的位移擷取軟體畫面.....	37
圖 2.25 結構安全監控之環境架設.....	37
圖 2.26 PrivacyCam 的實際展示效果	43
圖 2.27 Axis Communications 因應個人隱私法規所提出的解決方案	46
圖 3.1 AIoT 影像感測器在建築生命週期建築安全監控之應用情境.....	62
圖 3.2 建築智慧科技應用成本效益分析模式(CAMITA)	69
圖 3.3 CAMITA 模式應用於「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」之評分架構	70
圖 4.1 模擬案例系統應用環境架構 (資料來源：林楨中等，2021)	75
圖 4.2 有移動式 AIoT 感測設備 (資料來源：盧力銘，2021).....	75
圖 4.3 CAMITA 模式應用於「AIoT 影像識別技術應用於施工安全」之評分架構	79
圖 5.1 AIoT 辨識與系統保全連動之處理流程	112
圖 5.2 人員入口安全管制設備	112
圖 5.3 人臉辨識進出管制管理畫面	113
圖 5.4 車輛入口安全管制流程圖	114
圖 5.5 人群聚集之異常行為偵測.....	114
圖 5.6 火災偵測應用情景.....	115
圖 5.7 結構偏移偵測應用情景.....	115
圖 5.8 老人居家照護.....	116
圖 5.9 嬰兒居家照護.....	116
圖 5.10 CAMITA 模式應用於「AIoT 影像識別技術於社區安全應用情景」之評分架構 .	120
圖 5.11 案例(二)DEMATEL 構面因果圖	124

圖 5.12 案例(二)DEMATEL 構面影響圖 125

摘要

關鍵詞：人工智慧物聯網、智慧建築、智慧安全監測、效益分析。

一、研究緣起

因應近年來人工智慧深度學習技術在電腦視覺、影像辨識上之快速發展，其技術核心之深度學習運算平台，也從雲端或伺服器平台延伸到人工智慧物聯網(AIoT)感測器上。使得原本必須透過雲端平台進行決策判斷之作業，已經可以由 AIoT 感測器端的邊緣運算來提供即時的影像辨識結果，不但加速決策之即時性，亦有助於改善資訊之安全性。本研究旨在探討智慧建築物導入 AIoT 影像感測器之效益，並探討如何應用 AIoT 提升智慧建築之效能，以了解 AIoT 在未來智慧生活空間之應用潛力。

二、研究方法與過程

本計畫之主題為「AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究」，其主旨包括：(1)透過文獻與技術現況回顧，調查國內外應用人工智慧物聯網(AIoT)影像感測技術於建築安全應用之案例、效益分析及相關資料；(2)提出 AIoT 影像感測器建築安全應用情境，說明人臉、車牌、寵物等影像辨識服務導入流程、因應隱私權保護課題之注意事項及推估可提升之建築物營運效益；(3)最後，本研究提出「建築智慧科技應用成本效益分析模式(CAMITA)」作為 AIoT 影像感測器建築安全應用之分析方法，再透過案例訪談及案例模擬試算方式，推估比較 AIoT 及傳統非 AIoT 影像感測器方案在建築物安全應用之量化及質化效益差異。

三、重要發現

經本研究調查與分析，獲致以下之重要結果與發現：

- (一) 完成國內外應用人工智慧物聯網(AIoT)影像感測於建築安全應用之案例及效益分析等相關文獻資料之蒐集與調查—本研究透過次級資料分析，完成 AIoT 影像感測相關軟硬體技術發展現況之回顧、AIoT 影像感測技術於建築安全監測之應用之回顧、以及 AIoT 影像感測技術於建築安全監測之應用效益評價方法之回顧。【詳本報告「第二章資料蒐集與文獻分析」】
- (二) 完成並提出 AIoT 影像感測器於建築各生命週期階段安全應用之可能應用情境及效

益分析—本研究透過次級資料分析、專家訪談與效益分析模型設計，歸納 AIoT 影像感測器於建築生命週期各階段之18種可能應用情境類型，包括建築施工中之工地安全監控、施工中之結構安全監測、完工後之建築物安全監測、以及建築物使用營運階段之社區安全管理等；並提出「建築智慧科技應用成本效益分析模式(Cost/benefit Analysis Model for Intelligent building Technology Adoption, CAMITA)」之建構。透過決策實驗室分析法(DEMATEL)建立效益分析之層級架構，再經由網路層級分析法(ANP)完成 CAMITA 量化效益分析模式。本 CAMITA 分析模式雖以 AIoT 影像感測器於建築安全應用為標的，然其分析架構可延伸應用於其他智慧建築科技之效益分析。【詳本報告「第三章 AIoT 影像感測器建築安全應用情境及效益分析架構之研擬」】

- (三) 完成兩個 AIoT 影像感測器在建築物安全應用效益之案例模擬試算與專家訪談—依據 CAMITA 分析模式，選擇兩個 AIoT 影像感測器在建築物安全之應用場域，作為本研究之模擬案例：(1) AIoT 影像感測器應用於建築施工中工地安全之監控，共包含四種應用情境、(2) AIoT 影像感測器應用於智慧社區之安全管理，共包含五種應用情境，以進行效益模擬試算以及專家訪談，並完成應用效益與潛在問題分析。經過三階段之專家訪談與模擬案例效益評估及模擬試算發現：模擬案例(一)「建築施工中工地安全監控」應用案例，淨現值指標(NPVI)可達到20.21%，而益本比(BCR)則可達到5.10；另外，在模擬案例(二)「建築使用營運階段之智慧社區安全管理」之應用案例，其淨現值指標(NPVI)可達到效益12.63%，而益本比(BCR)則可達到2.10；可見 AIoT 影像感測器在建築物安全應用確實具有明顯效益。然而透過專家訪談進行質性效益與可能潛在問題之分析亦發現，AIoT 影像感測器於建築物安全應用也存在著資訊安全與個人隱私之潛在社會風險。不同利害關係人對於 AIoT 影像感測器於建築物安全應用之期待效益、成本接受度、未來發展潛力，以及社會風險之感受度亦皆有不同。本研究最後針對建築安全之利害關係人對於 AIoT 影像感測器於建築物安全應用之優先關切課題、期望效益以及可能面臨的限制與困難等，歸納出未來智慧建築與智慧生活空間應用 AIoT 影像感測器技術之具體建議，以提供建築工程業主、建築師、相關專業技師、施工廠商、社區管理委員會及保全等不同單位使用者在採用此一技術時之參考。【詳本報告「第四章 模擬案例(一)：AIoT 影像感測器於建築工地安全監控之應用」及「第五章 模擬案例(二)：AIoT 影像感測器於社區安全管理之應用」】

四、主要建議事項

(1) AIoT 影像感測創新技術於社會住宅智慧建築應用之研究：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：國家住宅及都市更新中心、各縣市社會住宅開發與規劃單位

政府規劃在未來八年內完成 20 萬戶只租不售之社會住宅，以解決青年及經濟弱勢族群在都會地區之居住問題。截至 2020 年底，正在興建及完工之社會住宅共計四萬六千餘戶，預計未來由政府主辦興建之社會住宅將達到 12 萬戶，如此龐大之住宅新建計畫提供智慧建築創新技術最佳之實證應用場域。經由本研究結論發現，應用 AIoT 影像感測器於社會住宅之社區安全管理可達到極高之經濟效益。尤其未來社會住宅之規模有可能朝向小型化（戶數在 35~80 間），若採用傳統 24 小時人工保全系統進行管理，勢必提高住戶之保安全管理費用負擔，如此將與社會住宅開發之初衷（減輕青年及經濟弱勢族群之經濟負擔）相違背。若能透過 AIoT 影像感測器之導入，則可以大幅降低保安全管理人力需求；尤其是夜間之巡檢，甚至可以達到無人化之智慧社區管理目標，大幅減低住戶保安全管理費用之負擔，實為立即可行之政策。

(2) AIoT 影像感測創新技術於建築施工安全與災害監測應用之研究：立即可行之建議

主辦機關：國家住宅及都市更新中心、各縣市社會住宅工程主辦單位

協辦機關：內政部建築研究所

延續前一項建議，本研究之結論發現，應用 AIoT 影像感測器於社會住宅施工過程之工地安全管理，對於減低工地意外發生，改善人員安全，具有明顯效益。除此之外，在國外之建築安全應用中，亦有將 AIoT 影像感測器應用於施工中之鄰房下陷或傾斜之監測、工地水/火災之監控，以及完工後建築物之結構位移監測、住宅邊坡安全監測、建築物表面結構損壞檢測、外牆損壞檢測等應用案例。建議可以以我國堅實之資訊產業基礎結合目前正在大力興辦的社會住宅工程為策略夥伴，進行上述 AIoT 影像感測器應用之測試與實證，以建立本土研究範例與數據。如此，不但可以鼓勵國內 AIoT 影像感測器相關產業投入研發以提升我國智慧建築科技水平外，對於建立相關產業鏈、行產品驗證與技術提升，以及長期之智慧建築設備生產輸出等，皆有所助益。蓋因社會住宅完工後，將失去絕佳之技術實踐場域，因此，本建議事項亦具有立即之時效性。

(3) 建築物應用 AIoT 智慧物聯網技術效益評估之實證研究：短期可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各大學院校及學術研究機構

本研究之一重要成果在於參考國外學術文獻方法，提出「建築智慧科技應用成本效益分析模式(CAMITA)」。此一模式之分析架構並不侷限於 AIoT 影像感測器，而可適用於所有智慧建築科技應用之成本效益分析。其所得之淨現值指標(NPVI)與益本比(BCR)指標，皆屬經濟決策分析之效益指標，不但提供業主或使用者經濟決策之支持數據，更可與國際相關研究之數據互相比較。然而目前國內對於創新智慧建築科技之應用，尚未累積足夠之參考數據，以支持公私部門建築工程業主對於採用創新技術與否之決策判斷；因此，建議未來建研所可以參考 CAMITA 架構，進行更多智慧建築與智慧社區之實證案例成本效益分析研究，以累積更多本土案例數據資料，供公私部門相關單位決策參考。此外，本研究僅進行模擬案例之分析，有關 AIoT 影像感測器實際應用時與建築自動化系統(BAS)之連動、促發與回應系統間之連動整合，以及此一整合系統所可能產生之加成效益，建議可以於後續實證研究中進行詳細規劃與驗證。

(4) AIoT 影像感測器於智慧建築智慧創新應用與相關資訊安全規範之研究：短期可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各大學院校及學術研究機構

我國「智慧建築標章」之「智慧建築評估手冊」八大評估項目中前七項目之評估項目相對完整，唯有「8.智慧創新」項目，目前尚未有明確而詳細之規範。經由本研究發現，AIoT 影像感測器於建築安全之應用不但涵蓋「智慧建築評估手冊」中第 5 項「安全防災」之所有項目，且其設備建置，亦牽涉到「1.綜合佈線」與「2. 資訊通信」；而健康照護應用其境，亦涵蓋「7. 健康舒適」。有鑑於 AIoT 等智慧資訊設備在智慧建築與建築安全領域應用之快速發展，提供未來智慧生活空間更多創新之想像，對於人居生活亦產生革命性之改變。然而，所有創新技術之發展皆需要有足夠之養分與支持環境，尤其是關乎公共安全與人民權益之建築科技，更需要政府有力的支持與

相關資訊安全及隱私法令規範監督。因此，如何將 AIoT 影像感測器這類突飛猛進之智慧科技，應用於未來居住生活空間之智慧創新應用，並制定相應之資訊安全與個人隱私規範，值得政府學術研究單位投入研究。一來可以充實「智慧建築評估手冊」第八項「智慧創新」之實際內涵，另一方面則可進一步更新與完善其他評估項目之評估內容。

(5) AIoT 影像感測器於智慧建築智慧創新應用人才培養及產學研合作推廣：短期可行之建議

主辦機關：台灣建築中心

協辦機關：各大學院校及學術研究機構、AIoT 設備產業

本研究經由兩個模擬案例—模擬案例(一)：AIoT 影像感測器於建築工地安全監控之應用，模擬案例(二)：AIoT 影像感測器於社區安全管理之應用—均證明 AIoT 影像感測器於建築生命週期不同階段較目前傳統方案具效益。但經由三階段專家訪談暨問卷調查及兩場專家座談會，發現對於系統介面友善性、成本透明度等均尚有發展空間。然而，有鑑於後續推廣 AIoT 等智慧資訊設備在智慧建築與建築安全領域之應用，須培養營建安全與資訊工程雙專長人才。因此，由政府、研究機構、學術研究單位、營建產業及物業管理單位投入研究與實踐，一來可提升更佳的建築智慧化效益，更可藉此培養出產業實務人才。

Abstract

Keywords: AIoT, Smart building, Intelligent safety monitoring, Benefit evaluation.

A. Research Background

In response to the successful commercial implementations of artificial intelligence deep learning technologies in computer vision and image recognition in the last decade, the core deep learning computation device has shifted from the traditional cloud or server platform to Artificial Intelligence Internet of Things (AIoT) sensors. Instead of cloud computing platform, real-time image recognition can be performed directly through edge computing on the AIoT sensor. Such a paradigm shift has not only improved the efficiency of image recognition and decision-making, but also enhanced the information security of image transfer. The current research aims to explore the applicable scenarios and the associated pros & cons of implementing AIoT image sensing in smart buildings to realize the potential benefits of AIoT in future smart living environments.

B. Research Method and Procedure

The topic of this study is entitled “Application and benefit evaluation of AIoT image sensing for building safety monitoring”. To achieve the planned objectives, the following research tasks are conducted as follows: (1) the previous works published in the literature on the application and benefit evaluation of AIoT image sensing are reviewed to address the potential application scenarios of AIoT image sensing to safety monitoring of building, e.g., face recognition, car license plate recognition and missing pet finding; (2) development of the method for benefit evaluation of the associated application scenarios, discussion on data privacy and security issues related to AIoT image sensing, and the use cases simulation and benefit evaluation of AIoT image sensing application; and (3) a “Cost/benefit Analysis Model for Intelligent building Technology Adoption, CAMITA)” for benefit analysis of AIoT image sensing application in building is proposed for comparison of both quantitative and qualitative benefits between AIoT and non-AIoT alternatives for building safety monitoring of the simulated use cases.

C. Important Results and Findings

The research team attained the following results and important findings for the project:

- (1) Review of the relevant research works, including: use cases and associated benefits of AIoT image sensing in building safety both in Taiwan and other countries, the most advanced AIoT image sensing related software and hardware technologies, the application of AIoT image sensing technology in building safety monitoring, and the benefit evaluation method for AIoT image sensing application in building safety monitoring. [Please refer to Ch. 2 of this report for details.]
- (2) Summarization of the 18 applicable scenarios and development of a benefit analysis method for AIoT image sensing application in building safety monitoring, including the site safety monitoring of construction process, the safety monitoring of building structure during construction, the building structural safety monitoring after construction, and the community safety management during usage and operation stage. A preliminary "Cost/benefit Analysis Model for Intelligent building Technology Adoption, CAMITA)" for benefit analysis of AIoT image sensing application is also proposed. The proposed CAMITA model comprises of two analysis stages: firstly, the Decision Making and Trial Evaluation Laboratory (DEMATEL) is used to construct the framework required for cost/benefit analysis; then the Analytic Network Process (ANP) is adopted to determine the evaluation weights of the assessment items of the cost/benefit analysis framework constructed previously. Although the proposed CAMITA model was developed to evaluate the benefit of AIoT image sensing application in building safety monitoring, its application can be extended to evaluate the benefit of other smart building technologies. [Please refer to Ch. 3 of this report for details.]
- (3) Completing of the trial calculation of the benefits of two AIoT image sensing use cases, including: (1) Case (I)—AIoT image sensing for construction site safety monitoring—including 4 different application scenarios; (2) Case (II)—AIoT images sensing adoption in the security control of smart community—including 5 different application scenarios. After a 3-stage domain experts interview and questionnaire survey, it is found that, when compared to traditional building safety monitoring alternatives, the AIoT image sensing alternative is more beneficial with Net Present Value Index (NPVI) of 20.21%, and Benefit/Cost Ratio of 5.10 in Case (I), and with NPVI of 12.63% and BCR of 2.10 in Case (II). The interviews with the domain experts also pointed out that there exist potential threats and risks while adopting AIoT image sensing in building safety monitoring. Different interviewees (stakeholders of buildings) have different perspectives on the benefits and risks of such an innovative technology from the angles of their priority issues, expected benefit, application limitations, and implementation obstacles. Finally, application recommendations of AIoT image sensor

technology in smart buildings and smart living spaces are summarized to provide a reference for future users of such a technology, e.g., construction project owners, architects, related professional consultants, construction firms, community management committees, security, and other users. [Please refer to Ch.4 & Ch.5 of this report for details.]

D. Suggestions

Suggestion I: “Research on the Application of AIoT Image Sensing Innovative Technology in Social Residential Intelligent Buildings”—could be adopted immediately.

- Principal Executor: The Architecture and Building Research Institute (ABRI)
- Associated Executor: National Housing and Urban Regeneration Center (NHURC), the social housing development and planning agencies of cities and counties.

The government has planned to build 200,000 units of social housings to solve the accommodation problem of young people and economically disadvantaged groups in metropolitan areas. Such a huge residential project offers the best empirical field for the application of smart building innovation technologies, including AIoT sensors. The application of AIoT image sensors in the safety management of small social housing communities of households between 35 and 80 can achieve extremely high economic benefits by reducing the cost of the traditional 24-hour manual security system. In particular, AIoT image sensors for night safety inspections can reach the goal of unmanned smart community management, which greatly reduces the burden of household maintenance and management costs.

Suggestion II: “Application of AIoT Image Sensing Innovative Technology in Construction Safety and Disaster Monitoring”—could be adopted immediately.

- Principal Executor: National Housing and Urban Regeneration Center, the social housing development and planning agencies of cities and counties.
- Associated Executor: The Architecture and Building Research Institute (ABRI).

It is found in this study that the application of AIoT image sensors in the construction site safety management of social housing construction has significant benefits in reducing accidents on the site and improving personnel safety. Moreover, the AIoT image sensor application cases in construction safety of other countries also suggested that other potential fields such as monitoring the sinking or tilt of neighbor houses during construction, monitoring water/fire at the construction site, and monitoring structural displacement after the completion of the building, monitoring slope

safety, detecting building surface structure damages, and detecting exterior wall deterioration. Such applications can be strongly supported by the highly competitive Information and Communications Technology (ICT) industries of Taiwan. By incorporating the smart building industry with the ICT industry, it will help for the establishment of related industrial chains, product verification and technology improvement, and long-term production and export of smart building equipment and products. As the field of excellent technical practice will be lost after the completion of the social security housing, this proposal should be considered immediately.

Suggestion III: “An Empirical Study on the Benefit Evaluation of Building Application AIoT Smart Internet of Things Technology”—could be adopted in the short term.

- Principal Executor: The Architecture and Building Research Institute (ABRI).
- Associated Executor: Universities and Research Institutes.

One of the important outcomes of this project is the proposal of CAMITA benefit analysis model for smart building technologies. Such a model can be applied to evaluate other smart building technologies. The cost/benefit indexes derived with CAMITA can be compared with the other literature, the domestic application data for innovative smart building technologies has not yet been accumulation to support the construction project owners in the public and private sectors in deciding whether to adopt innovative technologies. Our research suggested applying CAMITA model for evaluating more public smart building projects to accumulate more domestic reference data for the decision-makers in public and private sectors. Moreover, this research only analyzes simulated cases. The linkage between AIoT image sensors and the Building Automation System (BAS) and the potential benefits of the integration between AIoT sensors and the triggering and response systems are not researched yet. It is recommended to carry out detailed planning and verification in follow-up empirical research.

Suggestion IV: “Research on the Innovative Applications of AIoT image Sensing Technology for Smart Buildings”—could be adopted in the short term.

- Principal Executor: The Architecture and Building Research Institute (ABRI).
- Associated Executor: Universities and Research Institutes.

The first 7 evaluation items of the 8 major evaluation items in ABRI’s “Smart Building Evaluation Manual” are relatively complete, only the “8. Smart Innovation” project has no clear and detailed specifications. It is found from the study that the application of AIoT sensors covers

wider than that defined in the “Item 5: Disaster Prevention” of the ABRI’s “Smart Building Evaluation Manual”. It is also relevant to “Item 7: Health and Comfort”. In view of the rapid development of the application AIoT in the field of smart buildings and building safety, it offers unlimited imaginations for future smart living spaces and also brings revolutionary changes to human life. However, the development of all innovative technologies requires sufficient nutrients and supporting environments, especially construction technologies involving public safety and people’s rights. It requires strong government support and relevant information security and privacy laws and regulations. Therefore, how to apply intelligent technologies such as AIoT image sensors to future residential living spaces, and to formulate corresponding information security and personal privacy regulations, is a topic worthy of research by government academic research organizations. We suggest the relevant organizations can enrich the contents of the “Item 8: Smart Innovation” of the “Smart Building Evaluation Manual”, and they can further update and improve the evaluation content and the items of the “Smart Building Evaluation Manual”.

Suggestion V: “Academia-Industry Collaboration on Training and Development of AIoT-IS Application Talent”—could be adopted in the short term.

- Principal Executor: Taiwan Architecture and Building Center (TABC).
- Associated Executor: Universities, Research Institutes, and AIoT-IS Manufacturers.

Both of the two simulated case studies have confirmed that AIoT image sensors are more effective than traditional solutions at different stages of the building life cycle. The research was also found through three-stage expert interviews and questionnaire surveys and two expert forums that there are still improvements and developments to be made in terms of system interface friendliness and cost transparency. In order to promote the application of intelligent information devices such as AIoT in the field of smart buildings and building safety, it is necessary to cultivate talents with dual expertise in building safety and information engineering. Therefore, research investment and practice application by government agencies, research institutions, universities and colleges, construction industries, and property management contractors can cooperate to improve the benefits of smart building and cultivate practical talents in the industry.

第一章 緒論

本章將說明計畫之動機與緣起、研究背景、研究目的與預期成果、研究方法與架構、研究流程及研究定義與範圍限制。

第一節 動機與緣起

因應人工智慧(Artificial Intelligence, AI)深度學習技術在電腦視覺、影像辨識上具有高度商業應用可行性，其技術核心之深度學習運算平台，也從雲端或伺服器平台延伸到物聯網(Internet of Things, IoT)感測器上，成為人工智慧物聯網(AIoT)感測器，已可透過 AIoT 感測器端的邊緣運算來提供即時的影像辨識結果。這一波 AI 技術的突破性發展對於傳統智慧建築之內涵帶來巨大的影響與衝擊，而其對於建築之業主、設計者、施工者及使用與營運管理者各方所造成之影響與改變卻尚未有較深入之探討與研究。因此，本研究旨在分析 AIoT 影像感測器導入建築安全應用之可能情境，並探討如何應用 AIoT 影像感測技術提升智慧建築之效益，以了解 AIoT 技術在未來智慧生活空間之應用潛力，以及它可能帶來的正面與影響；並透過學術研究方法之探討，提出建築物各利害關係人在面對與採用本先進技術時，應該具備之了解與思維，以善用本先進科技對於建築智慧化之優點，而降低其負面衝擊。

第二節 研究背景

依據國家發展委員會針對我國人口成長趨勢之評估(國發會, 2021)，2020 年我國國民之死亡率達到千分之 7.9，超越當年之出生率(千分之 7.0)，正式邁入人口遞減國家之行列；並預估 2025 年我國 65 歲以上之人口佔總人口比例將達到 20.1%，成為「超高齡社會國家」。此外，15~64 歲之勞動人口則從 2019 年的 16,985,000 人，減至 2030 年的 15,148,000 人，減少超過 1,837,000 人，將造成嚴重之勞動力短缺(吳慧娜, 2020)。與先進國家相比，我國老齡化之速率及勞動缺工之問題極為嚴峻，僅略優於鄰近之韓國，而遜於歐美日等已開發國家，對於未來整體國家競爭力及社會安全構成極大威脅。

為了因應高齡化社會以及勞動力短缺後之建築產業問題，內政部建築研究所(以下簡稱「建研所」)於 108 年起開始啟動「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫」(建研所, 2018)。該計畫係依內政部(106 至 109 年度)中程施政計畫，為達成從民眾的角度，營造安全、安心、永續、民主的生活環境，推動以居住空間為智慧生活之載體，促進建築、資通信產業整

合發展，創造安全、健康、節能與舒適環境為目標，推動之中長程科技發展計畫。該計畫預期發揮之加值或槓桿效果包括：

- (1) 強化社會安全網，確保社會安定方面—應用智慧科技建構感知環境，主動察覺異常使用行為，降低犯罪風險，以利社會安定；
- (2) 加強防救災體系，保障民眾安全方面—應用智慧感知技術主動蒐集、分析整合建築物災害資訊，通知建築物運轉維護服務人員處理緊急事件、引導使用者避難，並配合調整相關設備之使用運轉，強化建築物自主防災能力，提供救災即時資訊，保障民眾安全，減少災害損失；
- (3) 打造宜居環境，維護民眾居住權利方面—建構智慧感知環境，主動監測室內環境品質影響因子，即時分析能源使用合理性，配合調整相關設備之使用運轉，提供民眾宜居環境。

上述科技發展推廣計畫擬透過物聯網(Internet of Things, IoT)之架構，將佈設於智慧化居住空間中之感測資料匯聚於資料平台，除提供相關計畫共同使用資料庫之要求外，亦有助於內政部調查土地使用及居住行為。

本計畫為「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣」中程計畫之第三年期子計畫之一。其緣起可追溯自建研所於民國 93 年完成之「智慧建築標章認證制度」，並依行政院政策產業科技策略會議決議，基於我國資通訊科技(ICT)產業優勢推動智慧化居住空間科技政策。本期中程計畫乃依據行政院「數位國家·創新經濟發展方案(106-114)」、「台灣 AI 行動計畫(107-110)」、「政府開放資料深化應用」等政策方向，為促進智慧化居住空間與人工智慧、物聯網及大數據分析之整合，在建築物內導入智慧化相關系統及設備，以達到安全健康、便利舒適、節能永續之目的。

本中程計畫之總目標為發展我國具利基之智慧化居住空間產業，同時整合人工智慧科技，促進智慧化建築資料開放，發掘智慧建築安全安心、健康照護、便利舒適及節能永續之創新技術及解決方案，以擴大智慧生活服務，提升居住品質。並以促進創新服務與整合發展、培育人才支持產業發展、研修法規與機制、展示推廣與交流及推動辦公室運作等五大工作主軸。

回顧建研所最近五年透過「智慧化環境科技發展推廣計畫(104-107)」及「智慧化居住生活空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫(108-111)」之研究工作，除持續推動智慧化居住產業創新整合應用計畫、智慧化居住空間展示推廣計畫外，亦分別於 105~109 等五年間分別執行與本

計畫相關之多項研究計畫，相關計畫構成本研究之背景基礎，而其研究成果亦將作為本研究之參考文獻。

第三節 研究目標與預期成果

本計畫之主題為「AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究」，其主旨在透過文獻與技術現況回顧，調查國內外應用人工智慧物聯網(AIoT)影像感測技術於建築安全應用之案例、效益分析及其他安全隱私課題等相關資料；並提出 AIoT 影像感測器於建築安全之應用情境，包含人臉、車牌、寵物等影像辨識服務導入流程、因應隱私權保護課題之注意事項，以及評估 AIoT 影像感測技術對提升建築物營運效率之效益。最後，透過案例訪談及案例模擬試算方式，比較 AIoT 影像感測器應用方案相對於傳統非 AIoT 影像感測器方案在建築物安全應用之量化及質化效益差異。

本計畫預期達成之研究目標及其預期成果有以下三項：

- (一) 完成國內外應用人工智慧物聯網(AIoT)影像感測器於建築安全應用案例及效益分析等相關文獻資料之蒐集與調查，其預期成果在蒐集國內外 AIoT 影像感測器於建築安全之應用案例與相關效益分析方法等資料。【詳本報告「第二章 資料蒐集與文獻分析」】
- (二) 完成並提出 AIoT 影像感測器於建築安全之應用情境及效益分析，其預期成果在提出 AIoT 影像感測器於建築安全之可能應用情境，並完成模擬案例與相關應用情境之研擬。【詳本報告「第三章 AIoT 影像感測器建築安全應用情境及效益分析架構之研擬」】
- (三) 完成 AIoT 影像感測器在建築物安全應用效益之案例模擬試算，其預期成果在完成模擬案例之質性效益及潛在風險評估與量化效益模擬之試算。【詳本報告「第四章 模擬案例(一)：AIoT 影像感測器於建築工地安全監控之應用」及「第五章 模擬案例(二)：AIoT 影像感測器於社區安全管理之應用」】

第四節 研究方法

為達成本研究預設之三個目標，本計畫採用以下之研究方法包括：

- (1) 次級資料收集法—以文獻回顧之方式，蒐集 AIoT 技術最新發展現況資訊，並調查國內外應用 AIoT 影像感測器於建築安全應用之案例資料，做為 AIoT 影像感測於建築安全應用之效益分析之基礎；
- (2) 資料分析方法—經由資料分析方法，分析所收集之 AIoT 影像感測器建築安全應用案

例資料，提出 AIoT 影像感測器建築安全應用之情境，包括：建築施工中之工地安全監控、建築施工中之結構安全監測、完工後建築物安全監測以及營運階段之社區安全管理等情境，並歸納國內外文獻中有關因應隱私權保護課題之注意事項，以及推估可提升之建築物營運效益等；

- (3) 案例模擬與專家訪談方法—透過案例模擬試算，評估 AIoT 影像感測器方案與非 AIoT 影像感測器方案在建築物安全應用之量化及質化效益差異；並配合參與案例研究之業主單位人員、建築師及其配合機電專業技師、建築物之使用者或社區管理委員會代表、以及建築物安全管理之保全公司代表人員等建築物利害關係人進行專家訪談，以了解 AIoT 應用之預期效益、目前之技術問題與實際產生之效益等。

本研究所採用包括次級資料收集、資料分析及案例模擬方法等三種方法係依據研究目的而規劃，其採用理由說明如下：

- (1) AIoT 技術在過去數年間發展迅速，不但學術研究連篇累牘，技術一日千里。透過次級資料收集(文獻回顧)，可以了解國內外現有之相關文獻、案例及研究成果，可迅速掌握技術發展現況，以做為本研究之基礎。
- (2) 在掌握 AIoT 技術現況後，再應用資料分析方法，對所收集之資料進行深入分析，以探觸本研究之核心目標—完成並提出 AIoT 影像感測器於建築安全之應用情境及效益分析。
- (3) 最後，由於研究人力、物力及時間之限制，為了解 AIoT 影像感測器於建築安全之應用效益，本研究擬以案例模擬方法，完成 AIoT 影像感測器在建築物安全應用效益之案例模擬試算，以推估其應用量化效益。且為真實探索建築物安全之實務課題，最有效之方式乃透過與第一線人員(包括：業主、建築師、專業技師、營建工地現場人員、使用者或社區管理、保全人員等)進行模擬案例訪談，再配合訪談建築安全學者、資訊安全專家、AIoT 設備廠商等各方人員，同時蒐集質性意見與量化效益資料，以充分蒐集及瞭解 AIoT 影像感測器在實務應用時可能面臨之技術可行性問題。

總計，本計畫執行過程中共舉辦兩次專家座談會，三階段合計 53 人次之專家訪談與問卷調查，再經期中報告與期末報告審查，完成所有契約規定之工作事項。

第五節 研究流程

依據本研究之目標及所採用之研究方法，本研究之研究流程如圖 1.1 所示，說明如下：

- (1) 啟動—透過現況分析了解目前相關科技於建築物安全應用的現況，以確認本研究之動機及其重要性；其次，再逐步梳理現況真正研究問題，以做為本研究目的之依據。
- (2) 國內外 AIoT 影像感測器相關文獻回顧—利用次級資料分析法蒐集國內外與本研究相關之文獻，特別著重於與影像辨識有關之人工智慧技術(AI)、物聯網(IoT)及人工智慧物聯網(AIoT)技術於建築物安全應用之現況與案例資料，包括：學術研究文獻、產業技術發展相關報告、建築安全應用之案例報告、隱私權及資訊安全相關課題文獻，以及智慧科技應用效益評估分析方法之文獻等。
- (3) 資料分析—將收集之 AIoT 影像感測器建築安全應用相關資料，進行資料分析，提出 AIoT 影像感測器可用於建築安全應用之情境。
- (4) 應用情境規劃—依據資料分析之結果，歸納 AIoT 影像感測器應用於建築物生命週期各階段之可應用情境種類，並篩選 AIoT 影像感測器可應用於建築物安全管控之情境類型，以作為可應用於案例模擬之情境內容。
- (5) 模擬案例研擬—依據情境規劃之結果，並訪談國內實際應用 AIoT 影像感測器實際建築安全應用之案例，以擬定兩個適合之案例及應用情境組合，以做為模擬之目標對象。
- (6) 效益分析模型研擬—參考國內外有關智慧建築科技效益分析相關文獻及報告，初步研擬適用於本研究之成本效益分析模型架構，包括應考慮之預期效益、相關成本、技術潛力及可能導致之社會風險層面等課題。
- (7) CAMITA 效益分析模型建構—依據步驟(6)所研擬之初步成本效益分析架構，並參酌 AIoT 影像感測器技術特性以及建築安全利害關係人之需求，建立「建築智慧科技應用成本效益分析模式(Cost/benefit Analysis Model for Intelligent building Technology Adoption, CAMITA)」，以作為本研究模擬案例之分析方法。
- (8) 期中報告審查—步驟(4)之「應用情境規劃」、步驟(5)之「模擬案例研擬」及步驟(7)之「CAMITA 效益分析模型」提交業主，並經過專家審查會議審查，審查後將修正意見回饋修正相關步驟之應用情境規劃、模擬案例擬定及效益分析模型等。
- (9) 問卷研擬及試問—完成期中審查及相關情境、案例及分析模型修正後，開始進入模擬案例分析；首先進行兩個 AIoT 影像感測器應用模擬案例之相關人問卷研擬及試問，此一步驟先依據步驟(7)之 CAMITA 效益分析模型中，相關之構面、項目及評估準則

- 等，進行專家問卷之題目研擬；初步問卷完成後，各模擬案例先分別由該領域之三位專家進行試問，以測試問卷之可行性，以釐清問題說明並修改問卷內容。
- (10) DEMATEL 專家訪談—完成問卷修正後，開始進行正式之專家訪談，兩個模擬案例分別邀請業主、設計/監造單位、施工廠商、使用單位及建築安全等領域各六位專家進行訪談；本階段問卷主要在透過 DEMATEL 分析方法，確定應納入 CAMITA 效益分析模型中之重要分析項目與應考慮之評估準則。
- (11) 第一次專家座談會—完成 DEMATEL 訪談及結果分析後，透過專家審查會議，進行結果確認，並決定最低重要性權重值篩選門檻值；此一步驟並確認最終 CAMITA 效益分析模型之項目，若有項目增減則回到 DEMATEL 訪談進行專家權重分析調查。
- (12) ANP 專家訪談—經過確認後之 CAMITA 效益分析模型項目，分別針對兩個模擬案例，各邀請12位(包括：業主、設計/監造單位、施工廠商、使用單位及建築安全等領域)專家進行第二階段專家訪談，包括效率之提升效益、技術發展之潛力、設備建置與維護之成本、對於社會及個人可能帶來之風險等面相進行比較；ANP 問卷結果並經過一致性比率(Consistency Ratio, CR)檢測，若有 $CR > 0.1$ 者，則需再次進行專家訪談直到滿足一致性檢測之要求為止。此外，本步驟進行過程中亦透過專家訪談，以蒐集 AIoT 影像感測器於建築物安全應用之質性效益與潛在風險課題等意見。
- (13) 案例效益試評—由研究團隊進行模擬案例情境方案相關成本、效益量化數據估算說明，同時展示兩種模擬案例效益評估方法之試算分析，以說明 CAMITA 模型之評估流程。
- (14) 第二次專家座談—完成 ANP 訪談及結果分析後，透過專家審查會議，進行結果確認，並決定專家評估結果離群值之剔除門檻標準；
- (15) 模擬案例專機訪談及效益評估—經過確認後之 CAMITA 模型，再透過兩個案例分別六位專家之效益評估後，完成最終之淨現值指標(NPVI)及益本比指標(BCR)計算，以得到最終之量化效益分析成果數據；於此同時，再次蒐集受訪專家對於傳統方案 vs. AIoT 影像感測器於建築安全之應用方案之質性意見蒐集。
- (16) 結論與建議—歸納文獻回顧、專家訪談及模擬案例分析之量化與質性分析結果，總結本研究結果，並進行報告撰寫、結論及建議。
- (17) 期末審查—將本研究之成果提交業主，並經過專家審查會議審查，審查後依據審查委員意見修正期末報告。
- (16) 結案—經業主審查修正報告後完成結案。

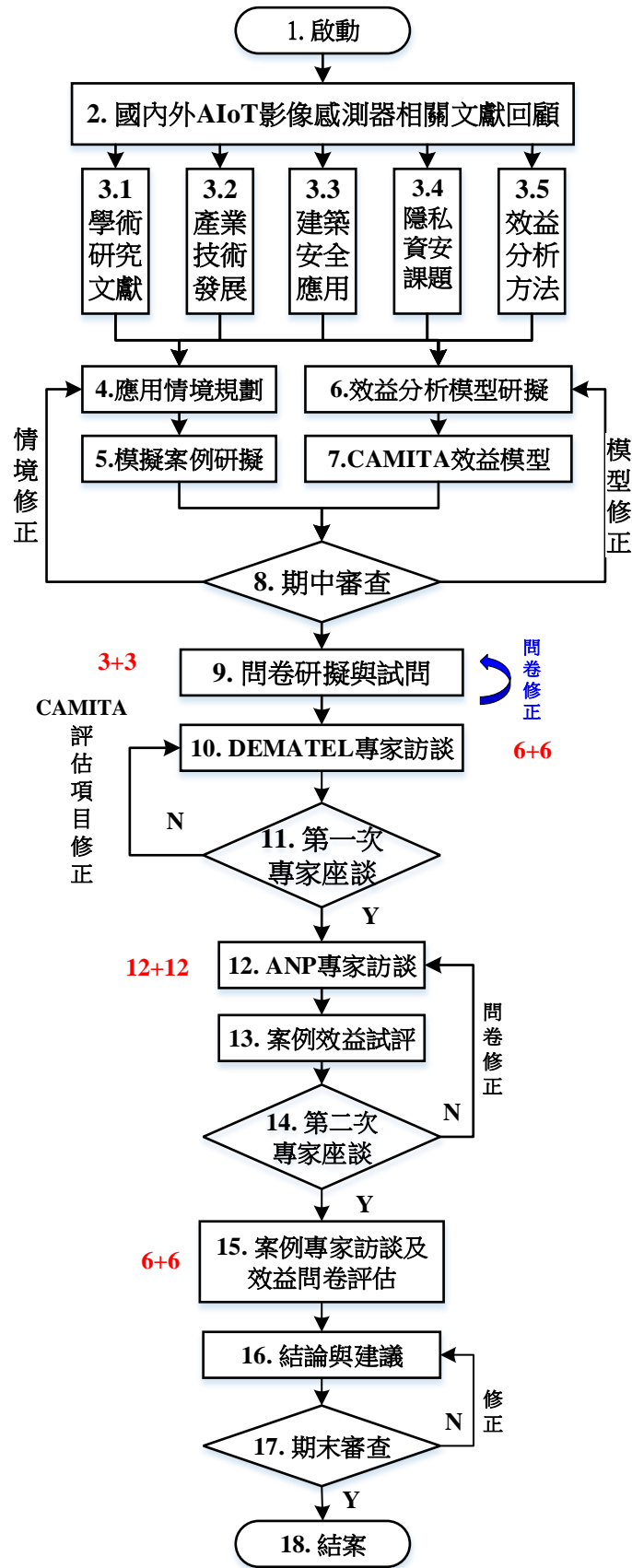


圖 1.1 研究流程圖

(資料來源：本研究繪製)

第六節 研究定義與範圍限制

本研究主題為「AIoT 影像感測器於建築安全應用研究」，依據投標須知之需求說明，本計畫之研究內容範圍包括以下三項：

1. 蒐集分析 AIoT 影像感測器在建築物安全應用之效益資料—蒐集調查國內外應用 AIoT 影像感測於建築安全應用之案例、效益分析及相關資料。【內容詳本報告「第二章 資料蒐集與文獻分析」】
2. 提出 AIoT 影像感測器建築安全應用注意事項及效益—提出 AIoT 影像感測器建築安全應用情境，說明人臉、車牌、寵物等影像辨識服務導入流程、因應隱私權保護課題之注意事項及推估可提升之建築物營運效益。【內容詳本報告「第三章 AIoT 影像感測器建築安全應用情境及效益分析架構之研擬」】
3. 提出 AIoT 影像感測器在建築物安全應用之效益案例模擬—以案例模擬試算方式，推估比較 AIoT 及非 AIoT 影像感測器在建築物安全應用之量化及質化效益差異。【內容詳本報告「第四章 模擬案例(一)：AIoT 影像感測器於建築工地安全監控之應用」及「第五章 模擬案例(二)：AIoT 影像感測器於社區安全管理之應用」】

為確保研究目的之達成，必須界定本研究之範圍與假設限制。其中，有關「建築安全」之定義極為廣泛，包含建築物生命週期相關之安全課題，亦即：施工階段之工區安全、臨時結構體安全、周遭鄰房安全；完工後之完成建築物結構安全、建築物防火安全、建築物耐震安全與防水安全；使用營運階段之社區安全、火災預防、居民因應地震/火災/水災等災害之安全逃生、居民之健康監控與疾病就醫等安全課題。然而，受限於本計畫之時程與經費限制，本研究將「AIoT 影像感測器於建築安全應用」定義為：(1) 建築施工中之工地安全監控；(2) 建築施工中之結構安全監測；(3) 完工後之建築物安全監測；以及(4) 建築使用營運階段之社區安全管理等四個類別；說明如圖 1.2。

根據圖 1.2 之「建築安全」範圍定義，則智慧建築標章八大指標，第 5 項「安全防災」之八項基本規定：5.1 防火系統、5.2 防水系統、5.3 防盜系統、5.4 監視系統、5.5 門禁系統、5.6 停車管理、5.7 有害氣體防制及 5.8 緊急求救系統等，皆屬於「建築使用營運階段之社區安全管理」類別。然而，在建置 AIoT 影像感測器於建築安全應用之系統時，亦會牽涉到智慧建築標章之其他評估項目，例如：1. 綜合佈線—AIoT 影像感測器之訊號傳輸必須透過綜合佈線之載體進行傳輸；2. 資訊通信—當透過無線網路傳輸或需要上傳至社區管制中心時，AIoT 影像感測器之訊號必須透過資訊通信網路系統；7. 健康舒適—AIoT 影像感測器應用於居家照護之情境，

與本項之加分項目相關聯。為建構更為完整之效益評估架構，本研究對於 AIoT 影像感測器於建築安全應用效益之分析模式，將不侷限於智慧建築標章第 5 項「安全防災」之定義範疇，而是以圖 1.2 之應用情境類別進行分類。

而為確保在有限時間內完成所有研究工作，故選擇國內已經有實際應用案例之「施工中之工地安全監控」及「營運階段之社區安全管理」等兩個應用類別，研擬 AIoT 影像感測器於建築安全應用之模擬案例；其餘之應用情境類別，則不在本研究計畫模擬試算與專家訪談之範圍。此為本研究結果之主要限制。

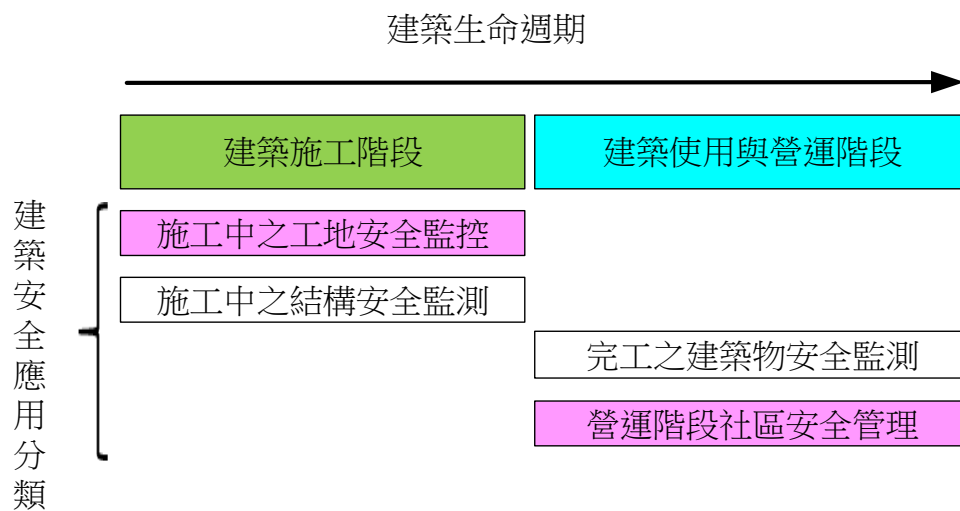


圖 1.2 AIoT 影像感測器於建築安全應用範圍說明

(資料來源：本研究繪製)

第二章 資料蒐集與文獻分析

本章依據研究之主要目的進行文獻回顧與分析，包括「國內外 AIoT 影像感測相關技術發展現況」、「國內外智慧建築與安全應用相關發展」、「AIoT 應用於智慧建築相關之隱私權與資安文獻回顧」及「AIoT 應用效益分析方法回顧」，除了解國內外研究現況之外，亦作為本研究後續效益分析的依據。

第一節 國內外 AIoT 影像感測相關技術發展現況

2.1.1 AIoT 技術發展現況

一、IoT 與 AIoT 技術發展之演進

Internet of Things (IoT) 基本的概念是可以將各式各樣的「事物 (Things)」，透過獨特的方法來與其他「事物」互動與協作以達成共同的目標 (Atzori et al., 2010)。各 IoT 元件之間可以透過無線通訊網路來互相溝通、傳遞資料、做出簡單的決策，例如 RFID 標籤、氣體感測器、煙霧感測器、溫度感測器等。以下為常見的 IoT 應用範例：

- 氣體火焰感測—Santiputri and Tio (2018) 等人利用 MQ2 氣體感測器和火焰感測器搭配擁有 WiFi 的電路裝置，當感測器判斷數值異常便會傳送訊息通知使用者。
- 智慧農業—Khoa et al. (2019) 提出了一個利用多組感測器取得農地的水量、土壤濕度、溫度等資料，在後台進行分析以智慧化地進行水資源的用量之管理與優化。
- 智慧路燈—Todorović and Samardžija (2017) 提出能夠節省電力能源的智慧路燈，該路燈可以偵測是否有車經過，並且路燈之間擁有無線通訊的功能，當第一個路燈偵測到汽車經過便會通知臨近的路燈開啟。

上述範例中的 IoT 應用只能夠執行已編寫好的程式指令，其所能執行的決策「智能」有限，並且大多只能夠將相關感測到的資料傳遞至雲端伺服器進行處理與分析，其 IoT 本身所能發揮的效益較為有限。為了讓資訊系統融入更多智慧以提升 IoT 之智能與效益，近年來許多學者開始研究各種機器學習 (Machine Learning, ML) 或人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 演算法，例如：監督式/非監督式學習 (Supervised/unsupervised

learning)之類神經網路(Artificial Neural Network, ANN)及深度學習 (Deep Learning, DL)之卷積神經網路 (Convolutional Neural Network, CNN) 等，來提升 IoT 元件之智能水平。將 IoT 設備加入了 AI 之智慧學習與辨識功能，便產生 AIoT (Artificial Intelligence of Things)；而把影像感測器(例如攝影機)結合 AIoT 技術，以便於在感測器端進行 AI 之辨識與回應，即成為 AIoT 影像感測器技術 (AIoT Image Sensors)。

二、AIoT 影像感測器之機器學習技術與框架

透過機器學習演算法，只需提供多組已知的輸入與輸出作為訓練資料集，再藉由多次的迭代訓練後即可產出可使用的模型；而 IoT 應用系統只需執行預先訓練好的模型，便可執行具人工智慧的決策，依據感測訊號相對應的輸入資料即可自動算出輸出之決策結果。目前坊間常見的 AIoT 影像感測器之機器學習技術與框架如下：

- You Only Look Once (Yolo)—Redmon et al. (2016) 等人所提出關於物件偵測的深度學習演算法，從先前所發表的 Yolo v1 (Redmon et al., 2016) 到 Yolo v4 (Bochkovskiy et al., 2020)。該演算法已經發展的越來越成熟穩定並且可應用於產業中，其方法乃輸入一張影像資料，經由多層的網路層架構特徵提取與計算，最後便可預測出物件的座標、寬、高與信心值 (Confidence)。圖2.1為 Yolo 預測的結果，藉由 SxS 方塊的裁切，再預測出數個定界框 (Bounding boxes)的大小和分數以及其分類的概率，最終產出偵測結果包括其物件大小位置與分類。
- DeepLab—Chen et al. (2017)提出一種影像語義分割 (Image Semantic Segmentation)演算法，其底層方法使用的是深度卷積神經網路 (Deep Convolutional Neural Networks, DCNN)。圖2.2(a)為一組原始影像，圖2.2(b)為對應原始影像進行語義分割後所切出來的結果，每個顏色都是一個分類，可以精準的切出物件的邊緣。然而 DeepLab 所消耗的計算量更大，相較於 Yolo 的方法，其執行速率比較慢。
- TensorFlow—TensorFlow 是個開放原始碼的機器學習框架，除了支援多種深度學習的演算法與各種數學函式庫 (如前面所提到的 Yolo、DeepLab)，該框架也可以發佈及應用於多種的作業系統，包括：Windows、Linux、Android 等 (TensorFlow, 2021)。

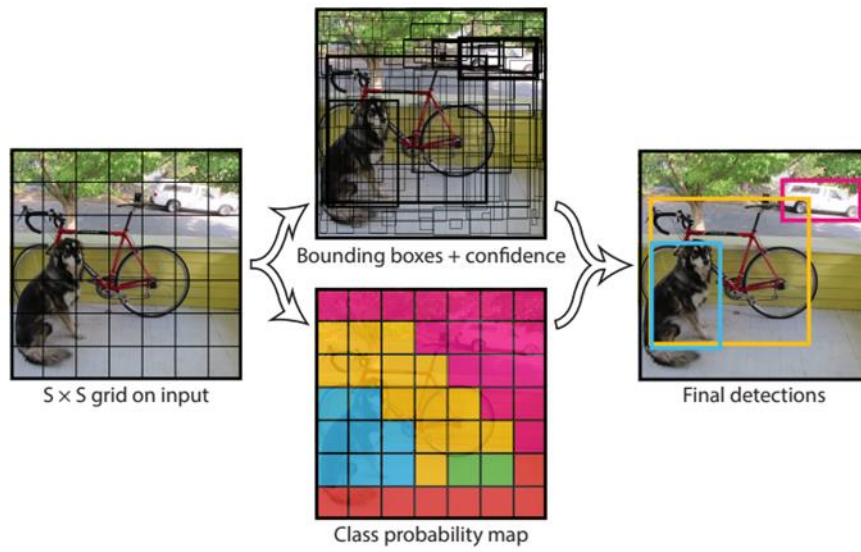


圖 2.1 Yolo 物件偵測的結果範例
(資料來源：Redmon et al., 2016.)

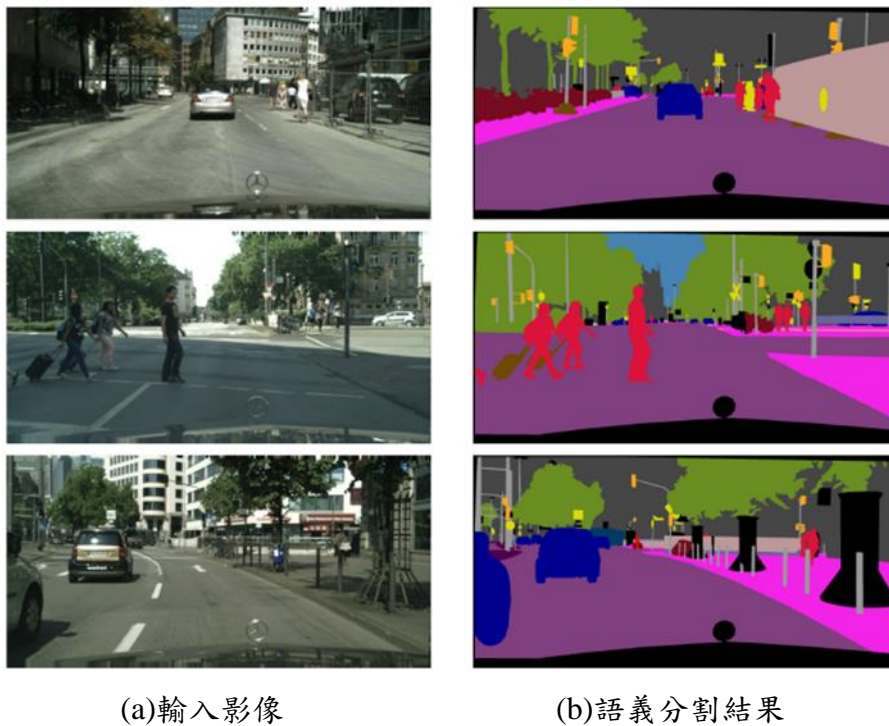


圖 2.2 DeepLab 測試的結果範例
(資料來源：Redmon et al., 2016.)

三、國外 AIoT 影像感測器發展現況

近年來，由於市場需求提升以及硬體成本不斷的降低，已經有許多硬體廠商相繼推出效能高、體積小、耗電量低的 AIoT 邊緣運算裝置，例如 NVIDIA Jetson 模組系列及 AWS DeepLens。NVIDIA 所推出的 Jetson 模組系列包含了 Jetson Nano、Jetson TX2、Jetson Xavier NX 以及 Jetson AGX Xavier，其中 Jetson Nano 的 AI 計算能力可以達到 472 GFLOPS，最大耗電量僅需 10W，如圖 2.3 所示。其裝置也提供一般主機應該有的 IO 介面，如 USB、網路、CSI、HDMI 等介面 (Nvidia, 2021)。



圖 2.3 NVIDIA Jetson Nano 開發套件
(資料來源：Nvidia, 2021)

此外，AOI 的軟硬體廠商 Cognex (2021) 開發了一套擁有人工智慧的深度學習視覺攝影機，該攝影機的體積僅僅只有 53.4 mm × 60.5 mm × 121.0 mm 的大小以及 380g 的重量，也完全不需要電腦便可以在最快 51fps 的速度下完成 OCR、物件偵測、物件辨識、物件定位或瑕疵偵測的功能，圖 2.4 為其功能展示。

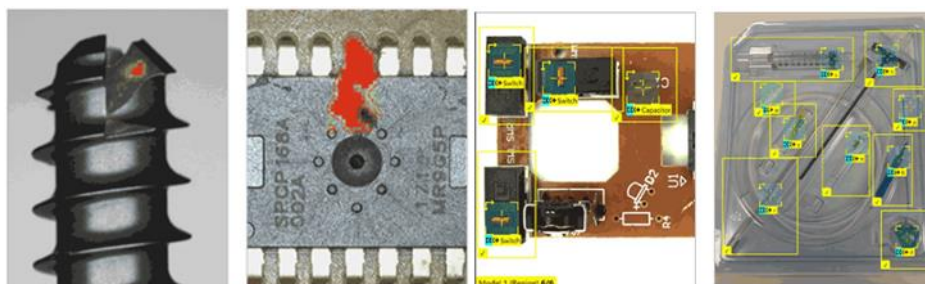


圖 2.4 Cognex 深度學習攝影機功能展示
(資料來源：Cognex, 2021)

四、國內 AIoT 影像感測器發展現況

國內的廠商凌華科技(ADLINK, 2021)開發出一套應用於工業領域的 NEON AI 智慧相機，該設備體積為 66.81 mm × 77.5 mm × 123.3 mm，內置 NVIDIA 的計算平台 Jetson TX2 或 Xavier NX；該智慧相機除可以進行 AOI 辨識，也可以預防工業機器人所造成的危害，其功能的運作模式與傳統比較如圖 2.5 及 2.6 所示。由此可得知 AIoT 影像感測裝置可以達到架設方便、維護成本低，也可以避免影像傳輸至中央處理設備的延遲所導致延遲事件觸發。

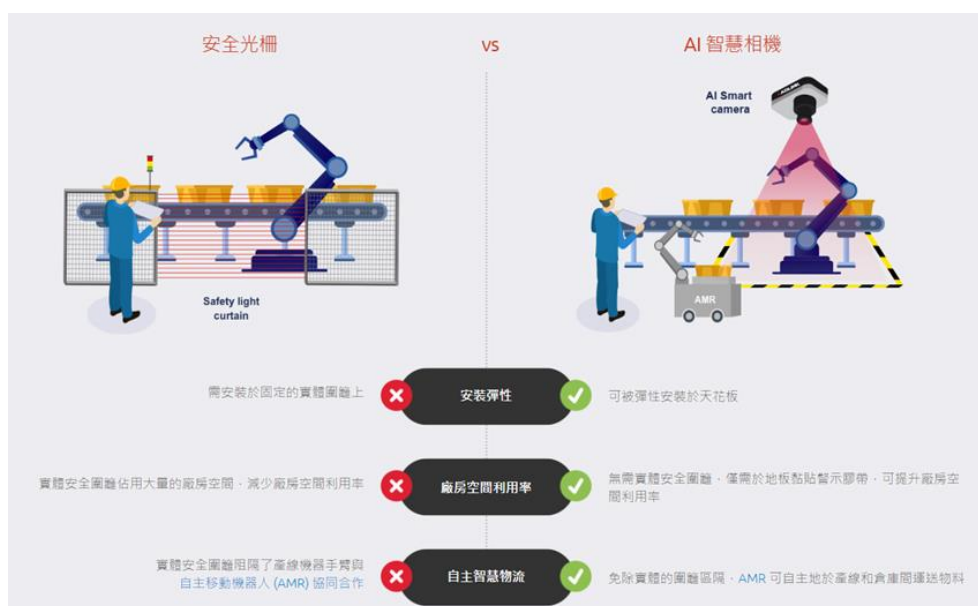


圖 2.5 AI 智慧相機比較(一)

(資料來源：ADLINK et al., 2021)



圖 2.6 AI 智慧相機比較(二)

(資料來源：ADLINK et al., 2021)

2.1.2 國外 AIoT 影像感測技術之應用案例

在 AIoT 軟硬體技術發展皆日臻成熟後，在實務應用上也得到成功的發展。本小節蒐集國外 AIoT 感測器之最新應用領域，有關 AIoT 影像感測器於建築安全之應用案例文獻則將於 2.2 節中回顧。

一、即時人流推估與異常行為偵測之應用

為強化社會安全網、確保社會安定，國外已有 AIoT 影像感測技術於即時人流推估與異常行為偵測之應用。其方法是利用智慧科技建構感知環境，主動察覺異常使用行為，降低犯罪風險，以利社會安定。過去在沒有 AIoT 影像感測技術之前，一般異常行為偵測仍需安裝監控攝影機由保全人員來即時之社會安全監控，以便能夠辨識行為異常的狀態。而由人眼進行即時監控之方法，大都會存在人員怠惰、精神疲勞等問題，可能會導致監控上的疏漏。透過 AI 技術，可自動偵測人群聚集與異常行為的異常狀態，並提醒保全人員可能之異狀，降低監控疏漏的問題。相關應用案例文獻如下：

1. Boominathan et al. (2016) 提出了一種利用 CNN (Convolutional Neural Network) 來估算人群的數量與密度，如圖2.7所示，該方法可以有效的產生出密度圖，並且估算該影像中的人數。

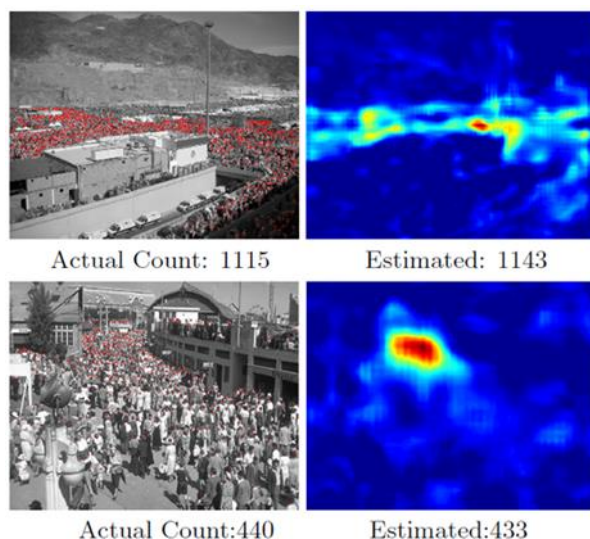


圖 2.7 使用紅點標記頭部的人群圖像(左)及其相應的估計人群密度圖(右)

(資料來源：Boominathan et al., 2016)

2. Sánchez et al. (2020) 整理了一個異常人群行為的偵測與分類流程，如圖2.8所示，作者將方法分了4個階段，分別為偵測階段、追蹤階段、特徵截取階段、人群行為偵測與異常偵測階段。藉由完整的流程可以有效的自動偵測出有異常的狀態事件。

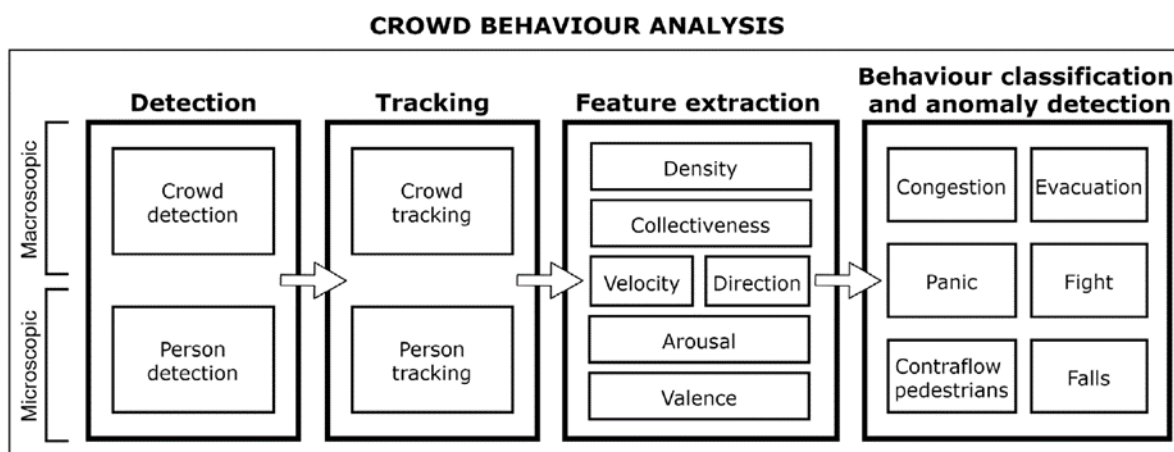


圖 2.8 人群行為分析流程圖

(資料來源：Sánchez et al., 2020)

3. 異常行為偵測的監控技術可以即時監控公共的建築空間，例如：捷運站、廣場、商場等空間，圖2.9為偵測了廣場群聚與跨越柵欄等行為之範例 (Zhou et al., 2016)。另外，Zhou et al. (2019) 開發了基於 RNN (Recurrent Neural Network)

與 SLSTM (Sparse Long Short-term Memory) 的 AnomalyNet 異常行為分析網路，所提出的方法可以達到 83.5% 的 AUC (Area Under Curve)、95.6% 的準確率與 91.6% 的召回率；在 45 起異常事件中僅 2 起的誤報。值得說明的是，此處之誤報在實際運作上並不會影響社區之安全性或實用性，由於公共建築皆設有保全或管理人員，誤報只是會將事件通知保全或管理人員，而保全或管理人員也可以開啟影像做雙重的確認，以減少誤判。



圖 2.9 異常偵測結果

(資料來源：Zhou et al., 2016)

4. Ullah et al. (2020) 發表了基於 CNN 與 BD-LSTM (Bi-directional Long Short-term Memory) 的即時異常偵測，在 0.2 秒處理一組 15 連續影像的速度下，測試兩組測試資料該方法的 AUC 最高可達到 89.05%。

除了異常的人群行為，人臉的偵測與分類也是 AIoT 技術可以應用於社會安全的技術，例如 Wang et al. (2017) 等人提出一個使用深度學習進行人臉辨識的方法，可以自動偵測與追蹤影像中的臉部，自動將其分類並且給予標記。在特定重要社區之安全管理上可以極大的協助，像是可以分析人員進出的次數，若有陌生人也給予特殊標記。除此之外，該方法亦可應用於門禁系統上。

二、居家照護與健康管理之應用

另一方面，在現今的社會雙薪家庭為常態，一般年輕人都需要上班，使得建築物內的居家照護變得更加重要。居家照護對象主要包括銀髮族與新生兒之生活照護，旨在預防或處理在建築內不必要的傷亡。一般高齡者較易跌倒且相較於年輕人較難恢復，嚴重者甚至危及生命，可現了跌倒偵測的技術的重要性。

一般常見的影像感測技術為利用監視器的 RGB (Red, Green, Blue) 影像進行分析，Kong et al. (2018) 與 Shojaei-Hashemi et al. (2018) 提出的方法可透過 Kinect RGB-D (彩色感測器+景深感測器) 取得人類的骨架特徵後，分析該特徵是否屬於跌倒的狀態。景深感測器取得的資訊則相較於 RGB 資訊更容易辨別出物體前景與背景，其所呈現的資訊難以辨別身份，因此可維護相當程度之隱私，如圖 2.10 所示。兩組作者分別使用 SVM 與 RNN+LSTM 的技術來將其特徵分類，確定為跌倒的狀態即可馬上發出警報通知家人或建築管理人員即時前往現場協助處理。

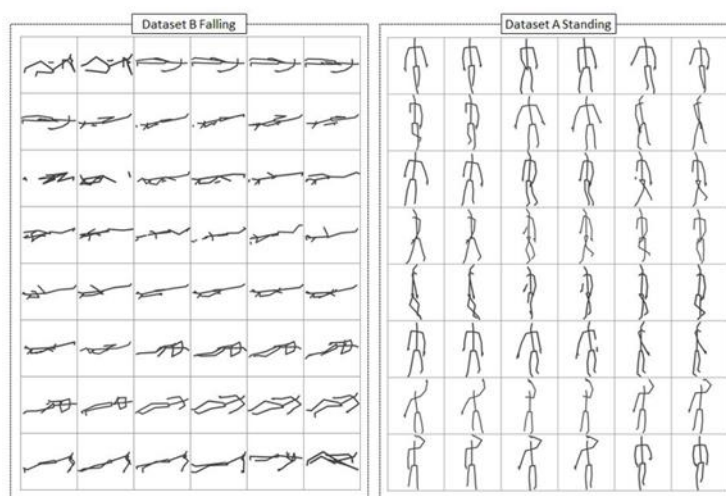


圖 2.10 景深感測器提取出人類的骨架資料集
(資料來源：Kong et al., 2018)

除了跌倒偵測外，無法自理的嬰兒也必須即時照護。有不少的學者針對嬰兒照護提出了不一樣的技術來進行偵測。例如，Lai et al. (2018) 開發出一套基於 IoT 與 CNN 的智能嬰兒照護系統，可以即時的分析與預測潛在風險並且提早通報照護人員。Wang et al. (2019) 也利用連續影像藉由 TP-LSTM (Temporal-pyramid Long Short-term Memory) 來預測事故發生的可能性，在可能發生時間前提出預警，如圖 2.11 所示。Huang et al. (2020) 則研究分析嬰兒的睡姿，藉由人工智慧的方式監控與辨識是否為優良的睡姿。

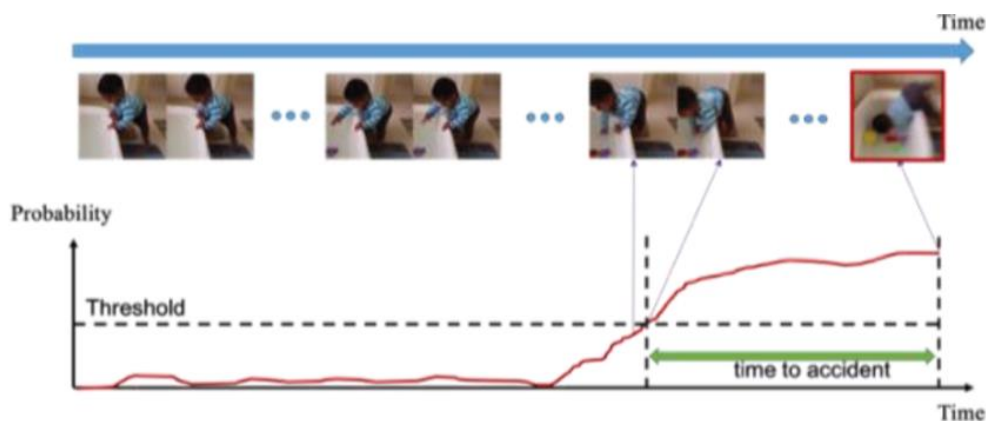


圖 2.11 嬰兒事故預測(一)

(資料來源：Wang et al., 2019)

上述方法所使用的影像幾乎皆利用彩色影像畫素進行分析，McCay et al (2020)提出了一種透過彩色影像提取了嬰兒的骨架，如圖 2.12 所示。該研究使用 CNN 分類出骨架的姿勢，若照護者為委外人員遠端照護，則骨架的狀態便可提供較佳的嬰兒隱私保護畫面，只有在預測或偵測為危險狀態時才將彩色即時畫面傳送給照護人員。

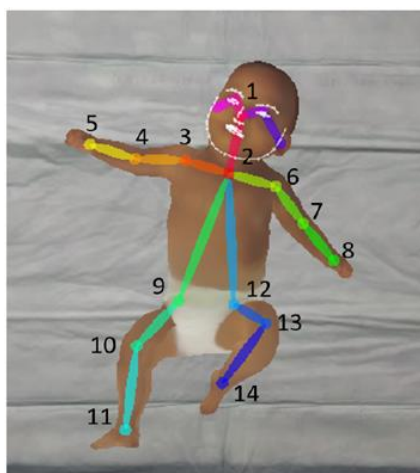


圖 2.12 嬰兒事故預測(二)

(資料來源：McCay et al., 2020)

三、智慧停車場之應用

除了異常行為偵測與居家健康照護外，智慧停車場亦為智慧建築不可或缺的功能之一。此一功能亦可應用 AIoT 影像感測技術來完成，除了可以提升車輛進出的管理速度，也提供了更加安全的車輛管理。相關文獻整理如下：

1. Kurpiel et al. (2019) 提出用於車牌偵測的捲積神經網絡，偵測流程如圖2.13所示，在5個不同天氣情況下的影片中有87%平均精準度、83%平均召回率、85%平均F值(F-measure) 與平均0.23秒的計算時間。

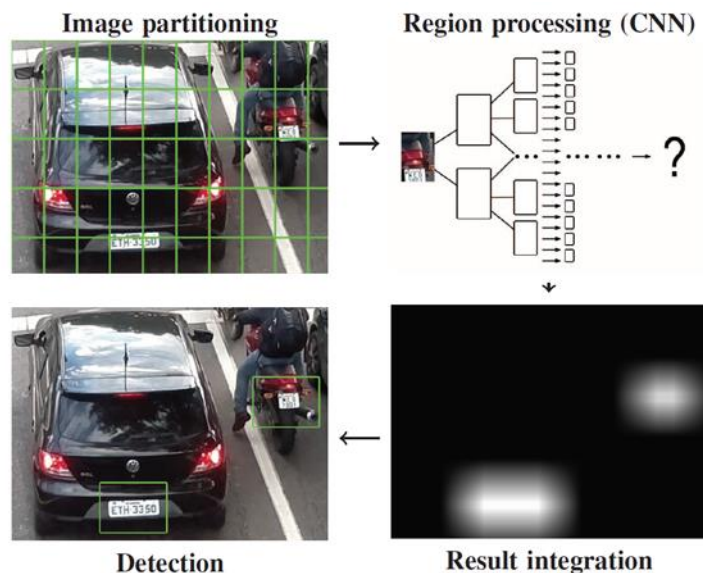


圖 2.13 CNN 車牌偵測流程架構

(資料來源：Kurpiel et al., 2019)

2. Silva et al. (2020) 提出使用深度卷積神經網絡的即時車牌檢測與識別，創建兩個基於YOLO的CNN網路，一個FRV/LPD-NET用於檢測汽車正面/後視圖的車牌位置，另一個LPS/CR-NET分割車牌中的字母與數字和辨識車牌號碼，如圖2.14所示。該研究對於歐洲車牌數據集OpenALPR具有89.15%的辨識率，而針對巴西車牌數據集SSIG、UFPR-ALPR則有92.41%與65.62%的辨識率。當IoU閾值設為0.5時，在OpenALPR與SSIG分別有90.44%和96.09%的平均精度。使用NVIDIA TITAN X以76FPS執行時，需要13毫秒的系統執行時間，而使用GeForce GT 750 M以9FPS執行時，需要114.5毫秒的系統執行時間。

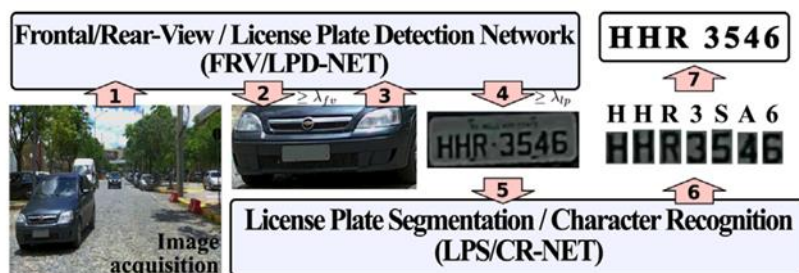


圖 2.14 車牌辨識流程圖

(資料來源：Silva et al., 2020)

3. Dalarmelina et al. (2017) 提出基於光學字元辨識和無線傳感器網路的智慧交通系統及時自動車牌識別系統，使用 Tesseract 進行車牌辨識，其流程如圖2.15所示；在白天時需要0.21秒的平均處理時間，而夜間則需要0.44秒的平均處理時間，並且可達到83%的精準度。

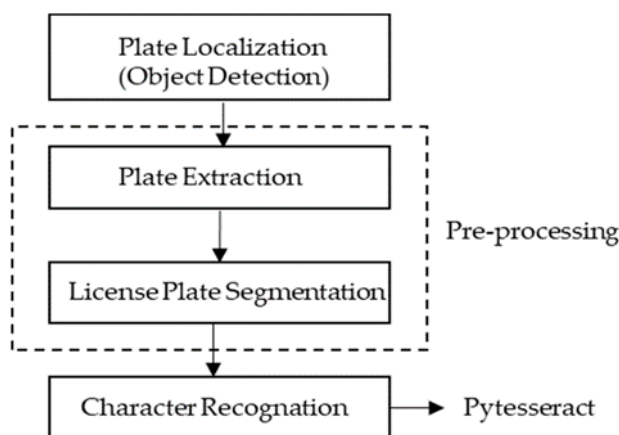


圖 2.15 車輛識別系統流程圖

(資料來源：Dalarmelina et al., 2017)

4. Luque-Vega et al. (2020) 提出的基於視覺輔助智能車輛存在傳感器的物聯網智能停車系統。圖2.16為作者所提出的架構圖。當有陌生新車進入車位並且被超音波傳感器感應到時，RaspberryPi v2拍攝車輛牌照並使用 Tesseract 辨識其車牌號碼，再將車牌號碼發送至雲端；監控中心接收到訊息後進行相關狀態的修改，利用 LED 與蜂鳴器提醒駕駛員。該系統在大學停車場之性能測試顯示，在不同環境光照、拍攝大小與角度，都能正確辨識，而整個系統功能的平均執行時間為6秒。

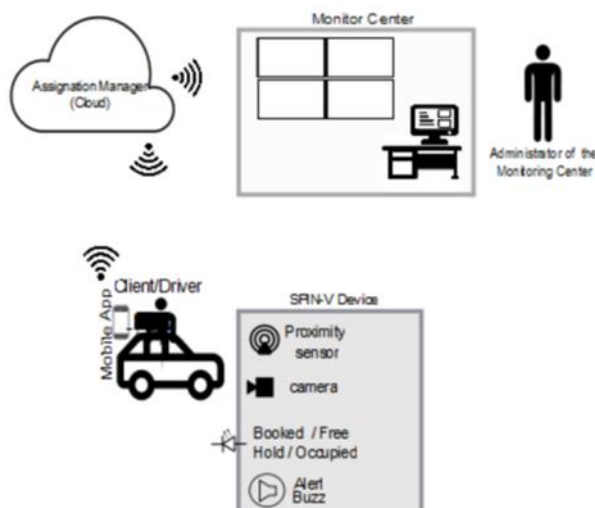


圖 2.16 SEI-UVM 的網絡架構

(資料來源：Luque-Vega et al., 2020)

2.1.3 國內 AIoT 影像感測技術之應用案例

除了國外的應用案例外，在國內也已經有 AIoT 相關之應用案例。台北市政府是台灣最早推動智慧城市的都市，其 AIoT 應用案例可參考其公開資料(台北市政府, 2020)。依據“109 年智慧城市 1+7 落地方案執行成效”(台北市政府, 2020)之公開資料，其與建築安全相關的 AIoT 應用案例節錄如下：

- 計畫名稱：109-01-SBU01 社會住宅智慧工地-物聯網安全管理應用實證計畫，負責局處：都市發展局，狀態：驗證階段，合作廠商：智慧時尚股份有限公司；推動需求與預期成效：利用移動互聯、物聯網、雲計算、大數據等新一代信息技術，打造定位系統、區域即時定位、人數統計，輔助人員考勤、自動報警等功能。可用於工地空曠區域人員即時管理，並即時上傳戰情中心。
- 計畫名稱：109-01-SBU03 社會住宅門禁優化解決方案實證 計畫負責局處：都市發展局；狀態：評估階段；合作廠商：友訊科技股份有限公司；推動需求與預期成效：透過門禁系統資料中的使用記錄，即時獲知獨居者、長者或弱勢者進出及活動情況、提供即時適切的協助與救援、掌握社宅物管人員服務及巡檢情況，提升物管服務品質。
- 計畫名稱：109-01-SED01 校門口即時體溫感測系統；負責局處：教育局；狀態：結案(未達預期，未有後續)；合作廠商：幻雲資訊股份有限公司；推動需求與預

期成效：以體溫量測設備取代人力進行學生體溫量測，體溫可動態顯示於螢幕，作為控管依據。當學生入校感應學生證點名時，此體溫量測系統可連結「臺北市學生體溫管理系統」確認是否已登錄當日體溫，若未登錄需發出警示或即刻量測及記錄，務必使所有入校學生體溫資訊皆完整登錄至體溫管理系統。

- 計畫名稱：109-01-SED02 校園智慧安防解決方案；負責局處：教育局；狀態：結案(方案成本高，未有後續)、驗證階段；合作廠商：光禾感知科技股份有限公司、華電聯網股份有限公司；推動需求與預期成效：善用科技與網路建立校園智慧安防機制和輔助人工巡查，當發生入侵、破壞、暴力等事件時，可及時示警並快速於事發現場進行處理。若提供影像相關解決方案須優先整合學校監視系統。暫不建議提案任何人臉辨識相關方案。
- 計畫名稱：109-02-STR01 北市交工處既有 CCTV 結合 AI 影像辨識實證計畫；負責局處：交通局；狀態：規劃階段；合作廠商：元氣智能股份有限公司、亞太電信股份有限公司；推動需求與預期成效：利用中心既有至少1組有線傳輸 CCTV，由廠商使用 CCTV 中心端影像結合 AI 影像辨識模組進行事件偵測或交通資訊自動統計，並提供24小時數據蒐集及自動監測與回報機制。
- 計畫名稱：109-02-SHC02 智慧化偵測即時示警照護服務；負責局處：社會局；狀態：規劃階段；合作廠商：亞太電信股份有限公司、台灣固網股份有限公司；推動需求與預期成效：為提供身心障礙服務者安全、健康、舒適的居住環境及優化的照顧，故規劃建置智慧照護設備，透過智慧化偵測設備即時警示提醒和後台數據分析，提供即時完善的照護服務。

第二節 AIoT 技術於國內外智慧建築與施工安全應用之回顧

本節歸納國內外與 AIoT 應用於建築安全有關之文獻，包括智慧建築評估方法、工地安全管理、建築施工中人員安全監控、建築施工中結構安全監測、完工後建築物安全監測、營運階段社區安全管理等。

2.2.1 國內外智慧建築評估方法回顧

根據智慧建築字典(Intelligent building dictionary, 2007)之定義，所謂智慧建築(Intelligent Building)，係整合各種技術與方法，期能提昇使用者的安全、舒適與生產力，同時亦提昇業主營運效率的一種建築。該建築藉先進的技術，再加上優良的設計興建與營運方法，提供優質的室內環境，以提昇使用者的舒適與生產力，並減少能源消費與營運成本(溫琇玲與游璧菁，2019)。

我國智慧建築評估內容依其性質分為八項指標(台灣建築中心，2016)，分成基本規定與鼓勵項目兩種，其中基本規定為智慧建築之門檻，各項目均不計分，符合所有基本規定評估項目之要求者為合格級。基本規定，除智慧創新外，計有七大項共計 29 項評估項目，包括：

1. 綜合佈線—1.1 佈線規劃與設計、1.2 佈線應用與服務、1.3 佈線性能與整合、1.4 佈線管理與維運。
2. 資訊通信—2.1 廣域網路之接取、2.2 數位式(含 IP)電話交換、2.3 區域網路、2.4 公共廣播、2.5 公共天線。
3. 系統整合—3.1 系統整合基本要求、3.2 系統整合程度、3.3 整合安全機制。
4. 設施管理—4.1 資產管理、4.2 效能管理、4.3 組織管理、4.4 維運管理。
5. 安全防災—5.1 防火系統、5.2 防水系統、5.3 防盜系統、5.4 監視系統、5.5 門禁系統、5.6 停車管理、5.7 有害氣體防制、5.8 緊急求救系統。
6. 節能管理—6.1 能源監視、6.2 能源管理系統、6.3 設備效率、6.4 需量控制。
7. 健康舒適—7.1 室內高度。

其中，關於「安全防災」之八項基本規定：防火系統、防水系統、防盜系統、監視系統、門禁系統、停車管理、有害氣體防制以及緊急求救系統等，為建築安全相關之評估項

目。依據第 1.6 節「研究定義與範圍限制」，上述八系規定皆屬於「建築使用營運階段之社區安全管理」類別。

國外重要智慧建築評估方式(溫琇玲與游壁菁，2019)則包括：

- 一、美國智慧建築學會(American Intelligent Building Institute, AIBI)－評估建築、設備、服務、營運管理等四個基本要素，及其間相互優化關係設計，創造符合成本效益、高效率的空間環境。
- 二、加拿大自動化建築協會(Continental Automated Buildings Association, CABA)－評估內容包括系統概況、綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、及安全防災。
- 三、歐洲智慧建築集團(The European Intelligent Building Group, EIBG)－係採用整體性能評價方式，對建築物性能及系統整合指標做評價，包含創造效益最大化、生命週期成本最低、有效資源管理，並具備快速反應、高效率、彈性應變的條件，實現使用管理目標。
- 四、英國建築研究院(Building Research Establishment, BRE)位於哈特福郡(Hertfordshire)沃特福德(Watford)，主要評估內容包括環境性指標、反應性指標、功能性指標、經濟性指標及適用性指標。
- 五、韓國智慧建築協會－韓國智慧建築評估系統(Intelligent Building Certification)評估指標分為建築設計及環境、機械系統、自動系統、資訊及通信系統、系統整合及設施管理等六項。
- 六、中國科學技術部－以綠建築評估手冊進行評估，包括節地與室外環境、節材與材料利用、節能與能源利用、節水與水資源利用、室內環境品質、施工管理及營運管理等七項。
- 七、亞洲智慧建築協會(Acian Institute of Intelligent Buildings)－指標分為綠色指數、空間指數、舒適度指數、工作效率指數、文化指數、科技意象指數、安全安心指數、建造流程及結構指數及成本效益指數等九項指標。

八、日本國土交通部－評估指標包括室內環境品質、服務品質、基地內外部環境、能源、資源與材料及基地外環境；而日本的「美好住宅中心(Better Living Center)」(Better Living, 2020)亦有針對住宅性能進行評價與認證之服務，其認證範圍包含：建築確認檢查、結構計算符合性判斷、住宅性能評價、建築能源消耗性判定及其他等。

由各國智慧建築評估方法回顧可知，AIoT 影像感測器具有應用於環境感知、安全管理、建築防災、健康舒適等面向之潛力。

2.2.2 AIoT 技術應用於工地安全管理之應用

黃德琪與闕妙如 (2020) 透過針對 108 年勞動檢查年報之職災現況進行分析，並對事業單位進行問卷調查與深入訪談，歸納出事業單位在「人員管理與訓練、機械設備管理、環境與其他」等三個方面，共 12 項工地安全管理工作有導入 AIoT 技術的需求，如圖 2.17 所示，包括：

- 一、人員管理與訓練－(1) 勞工(承攬商)現場管理；(2) 落實使用個人防護設備；(3) 人員異常狀態掌握；(4) 安全衛生教育訓練；(5) 勞工健康監測；
- 二、機械設備面向－(6) 使用管理；(7) 安全監控與狀態預測；
- 三、環境與其他面向－(8) 智慧工安巡檢；(9) 作業現場 5S 管理；(10) 環境危害因子的評估；(11) 特殊高風險作業管理；(12) 緊急應變。



圖 2.17 工地安全管理導入 AIoT 之需求議題

(資料來源：黃德琪與闕妙如，2020)

對可應用於工地安全管理工作的 AIoT 技術，黃德琪與關妙如 (2020)整理出五項主要內容共八個項目，包括：

- 一、定位技術結合移動軌跡演算與預測—常用的定位技術包括：藍牙、紅外線、RFID、Wi-Fi、ZigBee、UWB 等。
- 二、影像辨識—包括：(1) 可見光影像辨識：對於影像中特定的物體/生物的特徵進行建模，並透過大量樣本進行訓練，從而達到對影像畫面中的特定物體/生物，進行檢測及相關應用；(2) 紅外線熱影像辨識：運用光電技術，偵測物體熱幅射之特定紅外線波段訊號，將該訊號轉換成可供人類視覺辨視之影像圖形，並進一步計算出溫度值，讓操作者可藉由目視(非接觸)的方式，量測物體的溫度，可避免人與量測物接觸而可能導致之傷害；(3) 噪音可視化辨識與頻譜分析：使用噪音計在環境中、設備旁逐一量測，以評估每個區域的噪音值找出噪音源，但需花較多的人力、時間來量測噪音情形，且不易精準的找出真正的噪音源。
- 三、虛擬實境(Virtual Reality, VR)與擴增實境(Augmented Reality, AR)—包括(1) 職安衛教育訓練：以 AI 技術在教育訓練上的應用，藉由發展虛擬實境(VR)、擴增實境(AR)與混合實境(Mixed Reality, MR)的教育訓練方式，藉此輔助使用者進行「實習」來提升學習效率；(2) 車輛周圍安全監控：在許多事業單位，都會使用到許多的車輛機械，這些車輛或機械可能因為駕駛的視線死角，未留意到週遭的勞工，而發生職災；(3) 擴增實境(AR)功能可於車輛周圍進行安全監控，透過車輛上的顆鏡頭以不同鏡位搭配雷達和高速智能運算做出的虛擬整合，找出開車過程中各種死角看不見的危險，可提升操作人員在駕駛過程中對於週遭人員安全上的注意，降低因駕駛未注意或視覺死角而發生撞傷的危險。
- 四、感測技術—勞工在作業現場可能會暴露在有害物質環境中，採用儀器(如光離子化有機氣體偵測器、四用氣體偵測器等)可以即時監測，但即時的異常推播、通知功能尚不普遍，若現場有化學品濃度、氣溫異常的情形，勞工或監督人員無法即時得知，並有相對應的作為。因此，未來若能再強化此方面之功能，將更可有效協助事業單位掌握勞工對於危害因子的暴露概況。

五、異常預測—藉由 AI 對於機械設備異常預測，可避免因機械設備突然的損壞而導致生產停擺外，也能提升機械設備的安全性，避免因損壞而導致人員在作業過程、維修過程中所造成的傷害。

整合前述工地安全管理需求與可用之 AIoT 技術進行媒合(黃德琪與闕妙如，2020)，可得到相關應用情境，包括：

一、人員管理與訓練—人臉辨識、電子圍籬、人員位置定位、辨識個人防護具穿戴、人員跌倒狀態定位、智慧健康管理，透過穿戴裝置偵測勞工生理值與評估、各類議題教育訓練，如表 2.1 所示。

表 2.1 人員管理與訓練需求與 AIoT 技術媒合

需求類型		AIoT 技術	應用情境
工地人員 (承攬商) 現場管理	進入資格、特殊區域管制	影像辨識	人臉辨識
			電子圍籬
	人員位置	影像辨識	定位技術
			人員位置定位
落實使用個人防護具	影像辨識	辨識個人防護具穿戴	
人員異常狀態掌握	定位技術	人員跌倒狀態定位	
人員健康偵測	感測技術	智慧健康管理，透過穿戴裝置偵測勞工生理值與評估	
安全衛生教育訓練	VR、AR	各類議題教育訓練	

(資料來源：黃德琪與闕妙如，2020)

二、機械設備安全管理—控制機台操作權限、人員作業行為監控、機械設備效能監控(噪音、振動、電流、溫度)、監控效能與損壞預測(噪音、振動、電流、溫度)、應用紅外線熱影像+影像辨識，監控與辨識異常溫度、機械設備周圍闖入警示、車輛機械周圍安全監控，如表 2.2 所示。

表 2.2 機械設備安全管理與 AIoT 技術媒合

需求類型	AIoT 技術	應用情境
使用管理	定位技術	控制機台操作權限
	影像辨識	人員作業行為監控
安全監控與狀態預測	感測技術	機械設備效能監控 (噪音、振動、電流、溫度)
	AI 預測技術	監控效能與損壞預測 (噪音、振動、電流、溫度)
	影像辨識	應用紅外線熱影像+影像辨識，監控與辨識異常溫度
	定位技術	機械設備周圍闖入警示
	AR	車輛機械周圍安全監控

(資料來源：黃德琪與關妙如，2020)

三、環境與其他—引導巡檢、危害告知、人員異常狀態定位、辨識現場 5S 狀態、PID，四用氣體偵測器偵測有害氣體、噪音可視化技術找出噪音源並可進行頻譜分析、應用民生公用物聯網之溫度資料，預測人員所在地溫度、人員異常狀態定位、辨識個人防護具穿戴、有害作業教育訓練、人員清點與定位、異常狀態定位、人員清點、教育訓練，如表 2.3 所示。

表 2.3 環境與其他需求與 AIoT 技術媒合

需求類型	AIoT 技術	應用情境
智慧工安巡檢	定位技術	引導巡檢、危害告知、人員異常狀態定位
作業現場 5S 管理	影像辨識	辨識現場 5S 狀態
環境危害因子評估	感測技術	PID、四用氣體偵測器偵測有害氣體 (化學性因子偵測與推播)
	影像辨識	噪音可視化技術找出噪音源並可進行頻譜分析 (物理性因子偵測與推播)
	AI 預測技術	應用民生公用物聯網之溫度資料，預測人員所在地溫度 (物理性因子偵測與推播)
高風險有害作業	定位技術	人員異常狀態定位
	影像辨識	辨識個人防護具穿戴
	VR	有害作業教育訓練
緊急應變	定位技術	人員清點與定位、異常狀態定位
	影像辨識	人員清點
	VR、AR	教育訓練

(資料來源：黃德琪與關妙如，2020)

2.2.3 AIoT 技術於建築施工中人員安全監控之應用

國內外已具有成熟之智慧化視覺辨識技術，並應用於營建工地人員與機具追蹤控管之應用研究，相關重要文獻如下：

一、施工人員個人安全裝備即時辨識—余文德等人 (2020) 以人工智慧視覺辨識技術為基礎，發展營建工地施工人員定位與安全裝備辨識之功能，自動發掘工地勞工之潛在安全危害，並降低工地人員管理之工作負擔。該研究之辨識情境，如圖 2.18 所示，主要適用於營造現場之人員安全裝備即時辨識，並以實際公共工程專案工地進行系統驗證，系統最終訓練結果為召回率 95% 以上，精確率 93% 以上，實測之正確率為 90% 以上，純淨度為 80% 以上，可輔助工地管理人員進行人員安全管理之實用性，可有效提升營建工地安全效益及降低意外發生之風險。



圖 2.18 施工人員安全裝備自動檢查情境

(資料來源：余文德等，2020)

二、施工中電梯直井墜落風險監控—廖琬洲等人 (2021) 提出以語意分割深度學習技術為基礎之人工智慧電腦視覺辨識方法，開發建築工地電梯直井安全監控輔助系統；自動警示因不當行為導致潛在安全危害，並降低工地安全管理人員之工作負擔，其應用情境如圖 2.19 所示。該研究建構之系統可應用於建築工地現場之各電梯直井

安全區域監控，透過實驗室訓練測試結果發現，所提出方法不但訓練之召回率及精確率皆高於 95%，甚至在工地實測之正確率與純淨度亦高於 95%，可見其在產業實務之應用潛力。成果應可作為營建施工安全管理之輔助方法，以達到即時且準確管控建築工地電梯直井施工安全並降低墜落事故發生之風險。



圖 2.19 建築工程施工中之電梯間影像語意分割辨識情境

(資料來源：廖琬洲等，2021)

三、Fang et al. (2018b) 提出實作深度學習 Faster R-CNN 演算法用於偵測工人是否有繫帶安全帽進入施工區域。圖 2.20 為其系統運作的效果，當有人物繫帶安全帽便被標記，其準確率(Precision)和召回率(Recall)在不同光源亮度和拍攝角度的情況下可達到 95.7%與 94.9%。

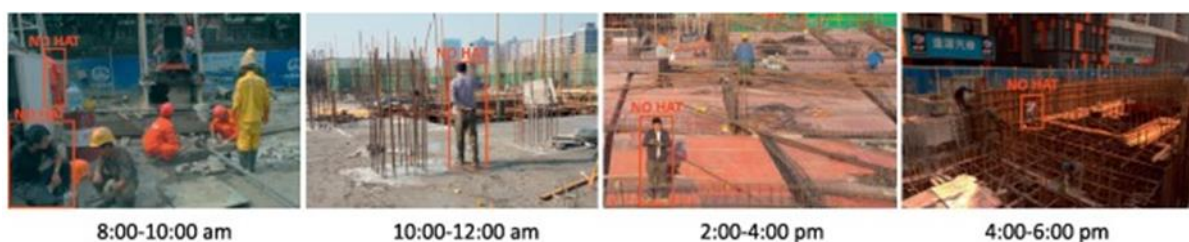


圖 2.20 有無穿戴安全帽之偵測結果

(資料來源：Fang et al., 2018b)

四、人工智慧及影像辨識技術在營建工程管理之應用－(1) 自動視覺追蹤系統 (Brilakisa et al, 2011; Krizhevsky et al., 2012) ；(2) 安全帽電腦視覺辨識 (Rubaiyat

et al., 2016)；(3) 工地之動態風險預警 (Yang et al., 2016)；(4) 勞工之不安全行為辨識(Ding et al., 2018)；(5) 工地高處墜落預防 (Fang et al., 2018b)；(6) 施工安全應用之自動安全帽檢測研究(Mnemyneh et al., 2017)；(7) 電腦視覺技術於室內施工安全應用之自動安全帽檢測評估研究(Mnemyneh et al., 2018)；(8) 基於圖像處理和機器學習的安全帽配戴檢測(Li et al., 2017)；及(9) 安全頭盔配戴自動檢測研究(Li et al., 2018)。

2.2.4 AIoT 技術於建築施工中結構安全監測之應用

基於 AIoT 的隧道施工即時監控系統—Zhang et al. (2021) 提出了一種基於人工智慧物聯網 (AIoT) 的隧道施工即時監控系統，其系統架構如圖 2.21。該研究潛盾機之運行參數和隧道誘導沉降通過 AIoT 系統即時傳輸和存儲。並基於收集到的資料建立基於機器學習算法的操作參數，以及和隧道沉降之預測模型。該系統可用於預測潛盾機下一步的操作參數和可能地表沉陷值。該系統應用於實際的隧道工程中，可在 15 分鐘內完成數據收集、訓練和更新模型到控制潛盾機性能的決策，遠少於挖掘和安裝分段的時間，故具有實務應用價值。依據預測的潛操作參數，隧道所導致之沉降的最大平均預測誤差可以分別控制在 2.5~5.0mm 以內，不但提升了開挖精度、避免事故發生，更增強了施工過程的資訊化和自動化。

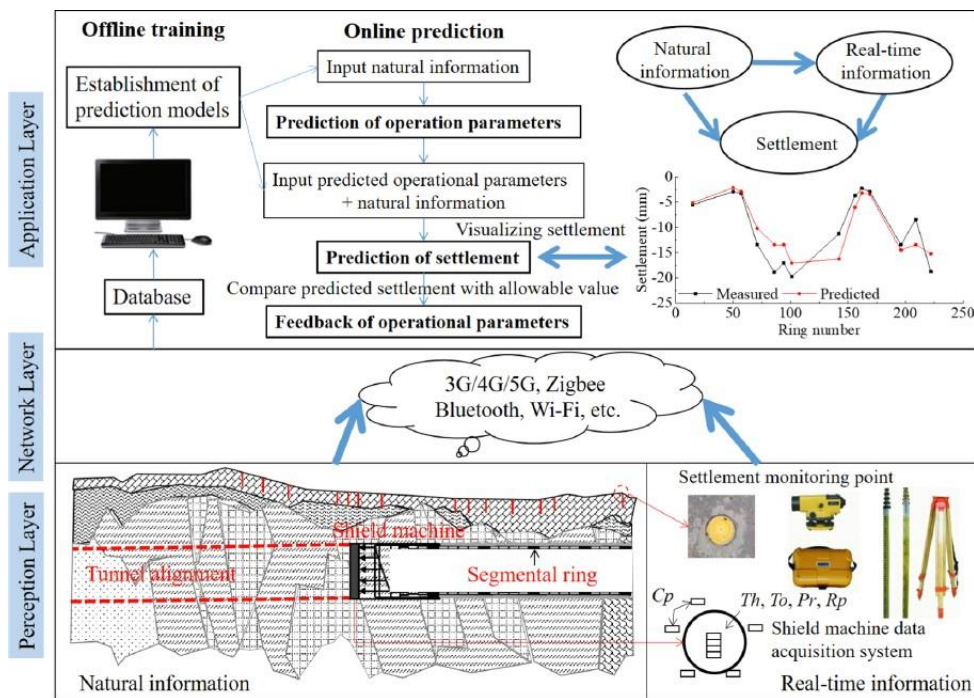


圖 2.21 AIoT 的隧道施工即時監控系統架構

(資料來源：Zhang et al., 2021)

2.2.5 AIoT 技術於建築完工後建築物安全監測之應用

建築完工後之安全監測亦為 AIoT 技術之重要應用課題，文獻中主要課題包括火災、地震等之建築安全檢測。

一、火災之偵測

火災不但會影響人身安全，亦可能損傷建築物結構，AIoT 技術應用於火焰偵測之相關研究彙整如下：

1. Ma et al., (2020) 提出了一種可以應用於廚房的智能火警系統。下圖為作者所提出的架構圖，作者主要利用了雙頻譜相機 (Bi-spectrum Camera) 取得彩色與熱感影像至傳送至台的嵌入式工業用電腦 (IPC: Industry Personal Computer)，進行人員偵測與溫度分析，透過 YOLOv3-tiny 的深度學習方法及 TuringNN 類神經網路偵測影像上是否有人，若沒人則會透過熱感影像取得溫度，若溫度在不同的區間時進行不同級別的事件觸發，例如：180-220°C 時啟動警報器，220-250°C 時或250-300°C 時發送事件簡訊或撥打電話通知負責人，超過300°C 時則會自動啟動關閉火爐的機制防止火繼續燒造成不必要的災難。一般最容易發

生火災的地方為常使用火的廚房，作者所提出的方法除了可以保護個人隱私也可以有效地預防火災的發生，只有在達到條件的情況下才會將影像畫面傳送至伺服器。

2. Muhammad et al. (2018) 提供了藉由卷積神經網路 (Convolutional neural networks, CNN) 來進行火災偵測。作者所提出的架構，如圖2.22所示，除了可以偵測火災，也可以定位火災的位置以及其附近的物件，當發生有火災時便可以將其事件說明傳送至緊急處理單位如消防隊。該方法可以於 Raspberry Pi B 裝置上執行每秒3張的影像，如此一來也可以達成 AIoT 的架構。

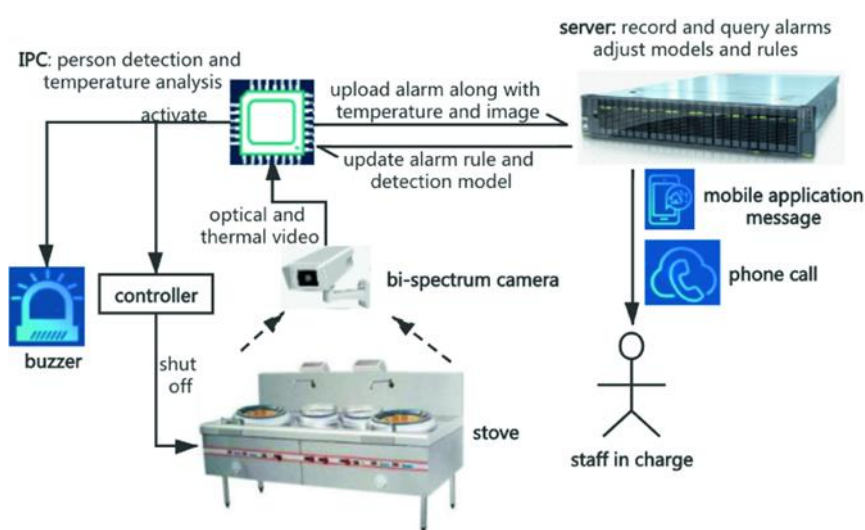
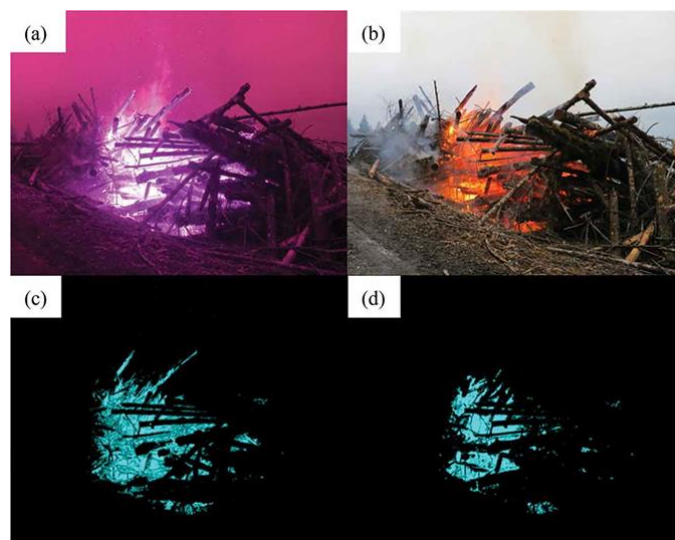


圖 2.22 智能火警系統架構

(資料來源：Muhammad et al., 2018)

3. Burnett et al. (2018) 等人使用擁有近紅外 (Near Infrared, NIR) 感測能力的彩色相機將火進行分類。該設備價格低於500 美元，極為經濟。圖2.23為近紅外線與彩色感測所得到的影像結果，作者利用監督式的最大概似分類 (Supervised Maximum Likelihood Classifier) 將影像中的火焰進行分類。藉由結果可得知，近紅外影像相較於彩色影像可以更有效的提取出火焰的特徵。



(a) 近紅外線影像 (b) 彩色影像

(c) 近紅外線影像藉由演算法提出火焰的結果 (d) 彩色影像提取火焰的結果。

圖 2.23 近紅外線影像與彩色影像與分類火焰後的結果

(資料來源：[Burnett et al., 2018](#))

二、地震災損之監控

除了透過影像感測來預防火災發生外，另一個更重要且會危害人命與財產的便是地震造成建築結構損壞之安全課題。台灣是一個好發地震國家，地震發生後對建築結構安全之即時檢測更顯重要，而相關即時監控技術彙整如下：

1. Feng et al. (2017) 開發除了一同藉由攝影機監控結構位移狀態，軟體介面如圖 2.24 所示。該設備可以達到每秒監控 50 張影像的能力。其方法可以有效的監控橋樑、高層建築、渦輪機葉片等以供結構安全的分析使用。
2. Hsu et al. (2020) 提出了一套可以監控結構安全的智能攝影系統。其系統主要應用在地震後的建築安全評估上，其裝置的設計是獨立式裝置，只需要貼上參考的目標點以及架設一台擁有計算能力的智能相機便可分析出結構的位移量，架設環境，如圖 2.25 所示。

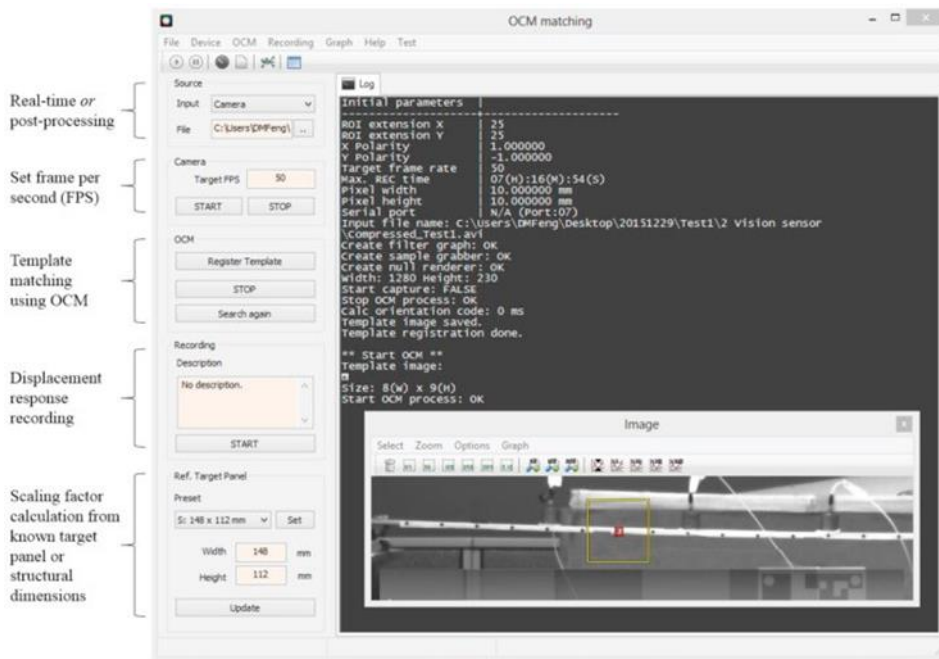


圖 2.24 基於 OCM 的位移擷取軟體畫面
(資料來源：Feng et al., 2017)

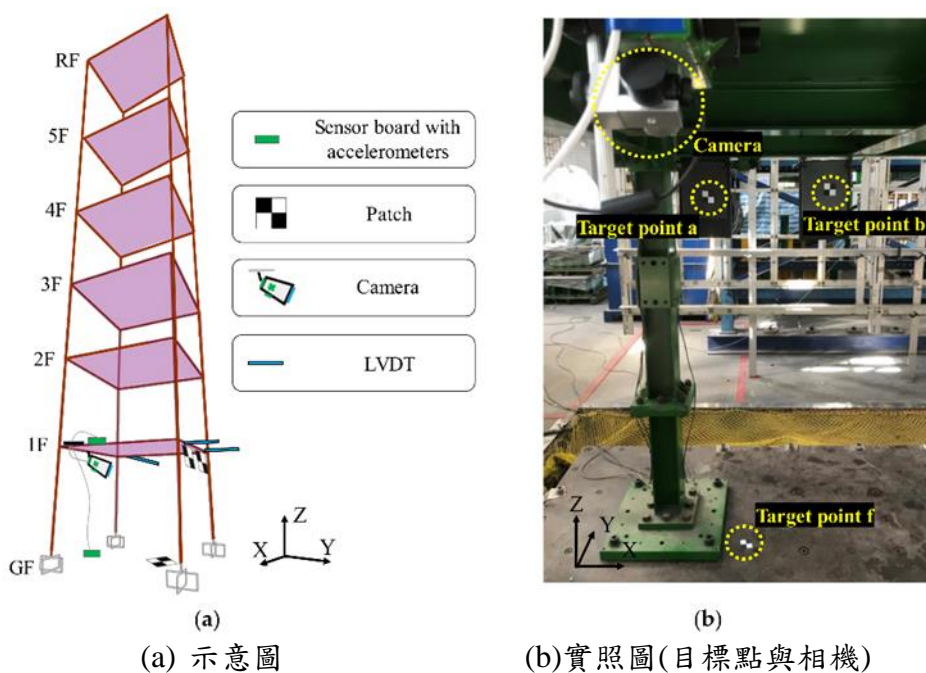


圖 2.25 結構安全監控之環境架設
(資料來源：Hsu et al., 2020)

參考以上所整理的文獻分析可知，過去已有許多學者提出各種 AIoT 於建築安全之應用情境，學者們也不斷的提升其速度以及準確率，讓技術能夠應用於實際應用場域。該影像技術在搭配最新與體積小的邊緣運算硬體加上影像感測器，便能成為多種針對特定應用場景並擁有 AI 辨識、偵測、預測的 AIoT 硬體設備。

2.2.6 AIoT 技術於建築營運階段社區安全管理之應用

內政部建築研究所於端社區與建築運維管理已研究多年，其近年有關雲端社區與建築運維管理相關研究重要研究內容摘錄如下：

- 一、張怡文 (2016)描繪雲端運算於大樓管理應用情境，優先以智慧公宅社區作為物聯網導入試點的概念，未來再普及到民間新建及既有住宅社區。從大街廓千戶公宅社區場域中，應用服務規劃內容，區分為住宅建築物內專有及共用空間、社區外部空間三類型，需個別客製化設計。該研究與本計畫相關之重要發現，包括：提升權利關係人的公寓大廈管理資訊近用性、應用雲端運算進行我國公寓大廈管理雲大數據分析之適當性，以及透過雲端運算進行雲數據加值應用產業之發展等。
- 二、羅時麒、陳嘉懿 (2018) 收集國內外智慧社區案例包括：1. 雲端架構—日本藤澤社區之 ClouT 平台；2. 雲端架構—義大利帕多瓦 (Padova) 之 Urban-IoT 平台；3. 新加坡裕華社區的物聯網應用；4. 國內低功耗廣域網路實驗平台之特色與應用案例：
 - (1) LoRa—採用免執照的 ISM 頻段，具有開放性、可佈建專屬私有網，傳輸距離達 15 公里；跨國傳輸會產生漫遊費用，可透過現有傳統 LTE 網路，將資訊送至雲端；封閉型應用區域而言，LoRa 具有成本優勢。富鴻網已在雙北市建置了 500 個 LoRa 網路基地台，基本上已經覆蓋北台灣的人口稠密區。
 - (2) Sigfox—採用免執照的 ISM 頻段，每一節點皆須向 Sigfox 公司繳交年費，台灣特許營運商為 UnaBiz，每個裝置一天最多只能傳送140 則訊息，每則訊息最大容量12bytes，因此相對省電。通訊範圍可達 50 公里。因上游技術 IP 免費授權策略，吸引許多廠商加入 SIGFOX 生態系。
 - (3) NB-IoT—採用授權頻段技術，利用現有3GPP 基地台直接升級，省去自建 gateway 時間，減少資料傳輸失敗的因子。頻寬小 (180~200 KHz) 支援三種

運行模式，易部署。室內覆蓋率較 GPRS、LTE 技術好。但每一節點都要裝 SIM 卡收費，智慧家庭的每一台電視、冰箱、洗衣機等都要付費，商業模式待考驗。

該研究雖非影像感測技術，然其以物聯網結合智慧化服務之精神，實與 AIoT 影像感測技術所欲達成之目標一致。此外，報告中亦提出「智慧建築社區設施設備維護管理服務創新應用情境」，可提供本計畫之參考。

三、王榮進、沈揚庭(2020) 提出七項人工智慧導入建築維運管理可行項目，包括：(1) 能源監測、測量和驗證 (Energy monitoring and measurement and verification)、(2) 安全保障 (Safety and security)、(3) 設備最佳化 (Facility Optimization)、(4) 預測性維護 (Predictive Maintenance)、(5) 生活管理 (Life management)、(6) 空間規劃 (Space Planning)、(7) 需求管理 (Demand Management)。人工智慧應用於施工與建築的應用範疇，引用國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心 (2018) 之人工智慧在營建業之應用分析，如表 2.4 所示。該研究所完成之國內外應用人工智慧科技減少建築物維運管理成本之相關資料及案例蒐集，以及其所完成影像辨識用於空間情境感知案例模擬分析，皆可做為本計畫之參考。

表 2.4 人工智慧應用於施工與建築的應用範疇

種類	內容
規劃與設計	BIM 模型利用AI 自動完成管線配置與分析與機械學習對工程做風險管理
安全	AI 搭配聲音、圖像辨識系統自動標記施工現場
自動化設備	建築物智能化管理讓用戶感到舒適
監控與維護	AI 搭配機器人和無人機以提升施工效率

(資料來源：國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，2018)

第三節 AIoT 應用於智慧建築與隱私權與資安相關文獻回顧

2.3.1. AIoT 隱私與資安相關技術

過去多年來 IoT (Internet of Things) 物聯網發展快速，依據維基百科的定義，IoT 是一種計算裝置、機械、數位機器相互關聯的系統，具備通用唯一辨識碼 (UID)，並具有通過網路傳輸數據的能力，無需人與人、或是人與裝置的互動，所以 IoT 裝置可以透過有線或無線連結來進行通訊、處理、運算與監測各種不同的即時情境。因應各種不同的應用需求導致 IoT 裝置非常多樣化，一般具備較少的記憶體、運算能力或電源，能夠實現的功能較為受限。新一代的 AIoT 智慧物聯網，則是物聯網(IoT)與人工智慧(AI)的結合。依據維基百科的定義，AIoT 可以實現更高效率的物聯網運作，改善人機交流、增強數據管理和分析。透過 AI 將物聯網數據轉化為有用的資訊，以改善決策流程，實現「物聯網資料即服務」(IoT Data as a Service, IoTDataS)，提升一般傳統 IoT 的即時運算決策能力。AIoT 智慧型物聯網的出現，對於物聯網與人工智慧兩者均產生很大的變革，並增加相互價值。因為 AI 人工智慧透過機器學習 (Machine Learning, ML) 功能，使得物聯網變得更有價值。而 IoT 物聯網通過連接、訊號和數據交換，使得 AI 人工智慧可以獲得更豐富的資料來源。AIoT 智慧物聯網可在資料分析中提供有力的支援決策，特別是將 AIoT 智慧物聯網導入即時影像以及聲音等資料來源，將可提供智慧影像辨識感測等各種創新服務。

由於一般傳統的資訊安全技術並不適用於 AIoT 裝置，導致 AIoT 的導入必然存在資訊安全以及隱私權的問題與挑戰，由於物聯網已經深入各種應用需求，本節針對在建築物施工前、施工中或者完工後營運所牽涉到隱私權以及資訊安全的相關文獻進行回顧。

未來的智慧建築將配備各式各樣 AIoT 感測器，除了目前常見的保全監視器、溫度空調、光源量度控制、火災感測器之外，透過影像聲音來進行智慧辨識，就可以如同真實服務人員或保全人員，提供即時的服務。因此如果沒有做好資安機制，可能衍生的損失將會比還沒有建置 AIoT 系統的建築物更為嚴重。AIoT 在建築安全應用上可能的資訊安全議題牽涉到幾個面向，包含：

- 授權 (Authorization)

- 驗證 (Verification)
- 隱私 (Privacy)
- 存取控制 (Access Control)
- 系統設置 (System Configuration)
- 資訊儲存與管理 (Information Storage and Management)

而 AIoT 面臨的資安攻擊可能包含下列類型(Mohanta et al., 2020)：

1. 服務阻斷攻擊 (DoS: Deny of Service) 或者分散式服務阻斷攻擊 (Distributed DoS)—透過發送大量封包或者服務要求，或者以分散式來發送大量封包，藉此阻斷網路資料流，達成服務中斷的攻擊；
2. 可疑節點(Malicious node)攻擊—在 AIoT 環境中加入假的節點，提供錯誤資訊，進而導致物聯網系統的錯誤；
3. 電力分析攻擊 (Power Analysis Attack)—這類攻擊主要是獲得 IoT 節點的運算電力，使得加解密演算法都無法有足夠電力進行運算，導致節點癱瘓；
4. 內部攻擊 (Internal Attack) 或存取控制攻擊 (Access Control Attack)—從 IoT 物聯網系統內部的攻擊，或者透過非法方式取得 IoT 節點的存取控制，擁有存取權之後，就可以修改節點的功能或者運作規則，達到攻擊的目標；
5. 中間人攻擊 (Man-in-the-Middle)—攻擊者在資訊的傳送路徑中，將接收資訊進行封包內容的轉傳或偽造，達成攻擊的目標。

目前 AIoT 資安相關文獻大都針對上述面向來進行資安架構的規劃與設計，包含資安協定的設計、輕量化加解密演算法、輕量化身分認證、區塊鏈技術等。這些解決方案屬於資訊安全技術的部份，由於過於技術導向，因此不在本報告中討論。預期未來在 AIoT 設備中將會內建這些資安技術，來確保這些 AIoT 智慧物聯網系統的正常運作。

另一方面，針對解決 AIoT 因網路攻擊所產生的資安問題，也有相關文獻提出各種的解決方法，這些方法可以歸納為三類：

1. 運用機器學習技術—主要運用模糊理論(Fuzzy)、類神經網路(Neural Network, NN)、支援向量機 (Support Vector Machine, SVM) 等機器學習的技巧來自動辨識是否受到攻擊，進而做出因應機制；

2. 運用 AI 深度學習技術—由於深度學習可以協助在大量非結構異質化的資料中進行分析辨識，使得系統可以符合真實環境需求，並且可以將這些深度運算提升到邊緣運算 (Edge Computing)，在 AIoT 節點上就可以進行網路攻擊的分析；
3. 運用區塊鏈技術 (Blockchain)—由於區塊鏈本身就是非集中式的分散式網路，因此非常適合 AIoT 智慧物聯網在資訊安全上的運作，因此近年來有許多文獻提出將區塊鏈導入 AIoT 的運作中，來確保其資訊安全。

由於 AIoT 的資料是該公司或者智慧建築很重要的資產，需要資料隱私保護技術來確保其安全性。因此，相關研究中有文獻提出位置隱私的保護方法(Yin et al., 2017)，透過增加雜訊的方式，需要特定機制才能存取到正確的位置資料，來保護資料的隱私性。也有文獻提到透過設計的雲端(Thing-Fog-Cloud)架構來提供具備資訊安全的即時資料的查詢。也有文獻提出使用一個 PDPDCM 模型 (Privacy-Preserving Double-Projection Deep Computation Model)透過加密方法來保護隱私資料(Zhang et al., 2017)。

針對 AIoT 智慧物聯網所傳輸的資料類型，包含文字、數值、聲音、影像等，若是運用在建築安全的範疇中，其中影像是特別需要進行隱私保護的資料。所以，國外文獻也有提出相關技術來進行影像的隱私保護，例如，有文獻提出 PrivacyCam 的設備(Chattopadhyay andBoult, 2007)，直接透過硬體 (Blackfin DSP) 以及作業系統 (uCLinux) 就直接針對影像中的人臉或需要隱私保護的區域進行馬賽克遮蔽。所以，該硬體取得影像之後，會先偵測有無需要隱私保護的影像區域，例如人臉、膚色區域或者移動區域。當發現有這些區域之後，就會透過 AES 加密演算法 (Advanced Encryption Standard)，針對該區域使用公開金鑰 (public key) 進行加密後，覆蓋掉原本的隱私區域。PrivacyCam 的實際結果如圖 2.26 所示，左圖是原始影像，右圖是針對人臉區域加密後的結果，由於可以透過私密金鑰 (private key) 就可以還原該隱私保護區域，此設計可以兼顧隱私保護與監視保全的需求。



圖 2.26 PrivacyCam 的實際展示效果

(資料來源：Chattopadhyay and Boulton, 2007)

依據另一份文獻的研究分析 (Padilla-López et al., 2015)，將影像隱私保護稱為 Visual Privacy，其技術可以分為下面幾類：

- 影像編修 (Redaction) — 將影像中需要保護的區域透過各種編修方式進行修改，上面圖像即是一種影像編修的作法，可以透過影像過濾器 (Image Filter)，加密演算法 (Encryption) 或者物件移除 (Object Removal) 等方式來達成影像隱私保護的目標。
- 干涉 (Intervention) — 為了避免有心人士擷取影像，最根本的方式就是透過硬體方式來干涉 CCD 攝影機的拍攝，使得在特定隱私保護的人或物出現在鏡頭前，都無法拍攝到正常影像，例如使用強光使 CCD 過曝。
- 安全處理 (Secure Processing) — 當需要存取影像的時候，需要透過安全處理的方式，透過加密演算法才能夠解開影像內容。
- 資料隱藏 (Data Hiding) — 前面影像編修的保護機制中，如果將隱私的保護區域進行移除或者修改之後，這些區域的原始資料可以透過資料隱藏技術來嵌回原本的影像中，方便後續可以透過資料隱藏技術來取回檢視，確保資料完整無虞。

從技術面來看，不管從硬體技術、演算法或軟體技術等，各種隱私保護的機制都已經具備導入實際需求的可能性與技術成熟度。

另外，建築研究所也有針對建築數位監控管理與兼顧隱私權進行相關研究（王順治，2008），針對當時日益普遍的數位監控系統在建築物的使用上面進行探討，該研究主要提出數位影像監控隱私權的幾點建議：

1. 將設計監控設備系統納入室內裝修許可審查項目；
2. 將「反針孔攝影偵測」納入「建築物公共安全檢查」的工作範疇；
3. 就監控設備系統與侵犯隱私權之法院判例進行彙整，以利公私部門作為監控設備系統設置之參據。

數位監控的設備與系統經過了十多年來的發展演進，不論是個人用的隨身密錄器，車用的行車監視器，居家使用的有線無線監視系統等，產品十分多元。一般人可能會為了防盜、寵物或者居家年長者，也會在室內外安裝攝影機，顯然目前影像資訊相對於隱私權保護來得重要，當然前提是數位監視系統或產品是安全並值得信任的，所以，AIoT 對於建築安全的隱私權保護與資安議題方面也需要重新思考。

2.3.2 國外有關資訊隱私權規範之發展

在資訊化時代，越來越多的資訊設備被安裝以取得更多的資料來進行大數據分析，包括攝影機的影像資料。各種資訊設備所取得的資訊，都有可能遭到有心人士不當使用，而侵犯到民眾的個人隱私。因此，個人隱私保護的重要性逐漸受到重視。世界各國不斷針對資訊安全制定隱私權相關的法規之修訂與規範之建立。以下回顧主要先進國家所制定的規範，包括美國、歐洲、日本等。

美國於 2002 通過了“聯邦資訊安全管理法” (Federal Information Security Management Act of 2002, FISMA 2002)，於 2014 年 12 月 18 日由美國時任總統歐巴馬簽署了聯邦資訊安全現代化法案 (Federal Information Security Modernization Act of 2014, FISMA 2014) 成為了聯邦法律，以強化國家內的網路安全(CISA, 2014)。國家標準技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)也提出了網路安全的框架 (Cybersecurity Framework, CSF)來更好的管理與降低資安風險，該框架制定了五大類別的評估標準(NIST, 2021)，分別為：

- (1) 識別(Identify)—發展有組織的理解以管理網路安全風險，其中包括系統、資產、數據和性能。

- (2) 保護(Protect) —制定和實施適當的保障措施以確保關鍵基礎設施之服務。
- (3) 偵測(Detect) —制定和實施適當的活動，以識別網絡安全事件的發生。
- (4) 回應(Respond) —對檢測到的網絡安全事件採取適當之回應行動。
- (5) 恢復(Recover) —維護計畫的彈性並恢復因網絡安全事件而受損的任何能力或服務。

另外重視人權的歐盟(European Union, EU)也於 2018 年 5 月 25 日實行了“一般個人資料保護規則”(General Data Protection Regulation, GDPR)，該法規取代原本 1995 年制定的“資料保護指令”(Data Protection Directive, DPR)。根據歐盟的規則，其主要為了達成以下 3 點目標(GDPR.EU, 2021; 中華民國交通部, 2019)：

- (1) 為規範關於保護個人資料處理與資料自由流通。
- (2) 保護個人基本權與自由，尤其是保護個人資料之權利。
- (3) 個人資料於歐盟境內之自由流通，不得以保護個人資料處理有關理由限制或禁止之。

由於歐盟的 GDRP 規範的非常完整，歐盟的 GDPR 發佈後，除了必要遵守的歐盟成員國，有許多歐盟體系外的國家或組織也陸續效仿並且提升更加完善的規範。歐盟成員國內的企業與人民都必須要遵守 GDPR 所提出的規則，否則會依據規則受到應有的處罰。在 GDPR 相應發佈後，世界上前十大的攝影監控設備製造商安迅士網絡通訊(Axis Commnications)解析了該法規對於攝影監控的意義，該設備商提出多項影像監控客戶應該注意的項目，以下節錄了部分重點內容(AXIS Communications, 2021)：

- (1) 機構有義務說明為何在特定地點放置影像攝影機、錄製哪些內容以及為什麼要錄製；就影像監控而言，使用影像監控的地點及附近應張貼適當標示，提供這些相關資訊。
- (2) 需要完全告知受監控者收集他們的哪些資料以及將如何使用這些資料。
- (3) 法規列出關於加密以及應如何保護資料的一些明確基本規定。

- (4) 儲存影像的公司對於儲存個人資料有明確的責任，且必須採行有力的措施以防止未經授權的存取。
- (5) 讓個體選擇實行他們存取個人資料或要求刪除的權利。
- (6) 公司應使用強力措施預防未經授權存取他們儲存的個人資料。

以上所節錄的注意事項也可以供 AIoT 應用作為參考。為了可以遵守各種個人隱私的相關法規，Axis 提出了相對應解決方案的功能，其中包括了隱私保護、即時基於邊緣的動態遮蔽、基於運動的遮蔽、適用於特定深度學習處理單元(Deep-Learning Processing Unit, DLPU)攝影機的 AI 遮蔽。如圖 2.27 所示，左邊展示除了產線外的人可以動態地被遮蔽，右邊展示的是將病房中的病人進行馬賽克處理，以便可以達到監控功能，也可以保護員工或病人的個人隱私。

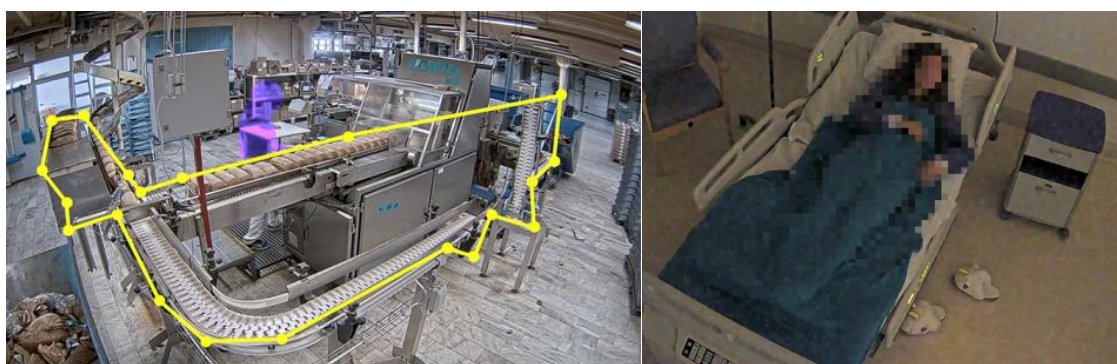


圖 2.27 Axis Communications 因應個人隱私法規所提出的解決方案
(資料來源：AXIS Communications, 2021)

日本於 2005 年 4 月開始實行“個人資訊保護法”，日本於立法時參考了經濟合作發展組織 (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) 所推廣的“隱私權保護及個人資訊跨國流通處理原則”(Guidelines on the Protection of Privacy and Transporter Flows of Personal Data)(OECD, 2021)。根據金融聯合徵信中心研究部法務小組駱叔君(2008)的《日本個人資訊保護法導讀》所整理的內容，日本個人資訊保護法條對應 OECD 所推廣的 8 個原則，整理的內容如下：

- (1) 蒐集限制原則 (Collection Limitation Principle) — 如第十七條：「個人資訊處理業者不得以虛偽或其他不當之手段取得個人資訊。」

- (2) 資料品質原則 (Data Quality Principle) — 如第十九條：「個人資訊處理業者於達成利用目的之必要範圍內，應盡力維持正確且最新之個人資訊內容。」
- (3) 目的明確化原則 (Purpose Specification Principle) — 如第十五條規定：「個人資訊業者於處理個人資訊時，應儘可能特定其利用目的。個人資訊處理業者變更利用目的時，不得超過與變更前之利用目的有相當關聯性且受承認之合理範圍。」
- (4) 利用限制原則 (Use Limitation Principle) — 如第十六條規定：「個人資訊處理業者未事先取得本人之同意，不得作超過前條規定為達特定利用目的所需範圍之個人資訊之處理」以及第二十三條規定業者除有法定特殊情形外，如未經本人事前同意，不得將個人資訊提供予第三人。
- (5) 安全保障原則 (Security Safeguard Principle) — 如第二十條規定：「個人資訊處理業者為防止其處理之個人資訊洩漏、滅失或毀損，以及安全控管其他個人資訊，應採取必要且妥當之措施。」第二十二條亦明訂：「業者於委外處理個人資訊之全部或一部時，亦負相同之監督及安全控管責任。」
- (6) 公開原則 (Openness Principle) — 如第十八條規定：「個人資訊處理業者於取得個人資訊後，除已事先公布其利用目的之情形外，應儘速向本人通知或公布其利用目的。」
- (7) 個人參加原則 (Individual Participation Principle) — 如第二十五條賦予資料當事人之資料開示或知情權利、第二十六條規定資料當事人對錯誤資料之更正、補充或刪除權，以及第二十七條規定資料當事人對於業者違法蒐集取得之個人資料或違反個資法之利用行為，均得要求業者停止利用全部或一部個人資訊，並通知當事人處理要旨。
- (8) 責任原則 (Accountability Principle) — 第三十二條規定，有關業者是否確實遵循個資法要求，各主管機關於必要限度內，得命個人資訊處理業者就其資訊處理進行報告，主管機關並得為必要之建議，如業者從事違反個資法之蒐集利用行為者，主管機關得命其立即停止，並採取改正之必要措施。違反主管機關命令之業者，得處六個月以下有期徒刑或日幣三十萬以下之罰金。

日本之“個人資訊保護法”於 2020 年 6 月通過了修正法案（**個人情報保護委員會, 2020**），其修正的內容包括了個人的權利、企業主應該保護個資的義務、加重處罰罰款的程度等多項變更。企業主有責任要保護好使用者的個人資料，若業主主動將資料提供給第三方或存在洩漏個資的風險，也都必須告知使用者以維護使用者個人的權利。

除此之外，為了能夠確保網路資訊傳輸或使用的安全性，日本也於 2014 年 11 月通過並且於 2015 年 1 月開始實行“網路安全基本法”（サイバーセキュリティ基本法）。該法規制定了網路安全的基本原則、網路安全戰略、國家之責任等基本事項，以便可以快速的推進網路安全相關措施。該基本法提供了基本的架構與原則，具體策略由內閣網路安全中心（National Center of Incident Readiness and Strategy for Cybersecurity, NISC）來制定，古涵詩（2017）針對 NISC 於 2015 年 9 月所提出的重點如下所述：

- (1) 確保資訊自由流通，保護隱私及智慧財產權。
- (2) 制定法律—網路空間需要完整適切的法令規章，一如實體空間一般，並來制定
- (3) 開放—開放帶來參與、分享與創新，任何使用網路的個人都不應該被阻擋。
- (4) 自治—自主管理為網路空間管理的核心，並落實於網路空間的各種社會系統。
- (5) 協同合作—與關鍵資訊基礎設施（Critical Information Infrastructures, CII）之利害關係人共同協作並履行各自責任，政府則扮演好協調與分享資訊的角色。

2.3.3 國內有關資訊隱私權規範之發展

國內在科技技術的發展下，有關資訊隱私或資安問題也逐漸浮出檯面。例如，台北市長柯文哲曾經於 2015 年提議利用路口監視器舉發違規停車或其他交通違規事件，以便可以加強取締並且降低基層員警的工作量，卻引發侵害民眾個人隱私的爭議。林煜騰律師（2016）於關鍵評論中提及大法官認為隱私權受到憲法保護，憲法的隱私權至少包括以下 3 個目的：(1) 維護人性尊嚴、個人主體性、人格發展完整；(2) 保障個人生活私密領域免於他人侵擾；(3) 保障每個人對個人資料的自主控制。藉由設備監控他人則會涉及個人隱私議題，因為此一行為已經達成記錄他人行動或行車記錄之事實，因而可能有違憲之虞。除此之外，台北市為了達成智慧城市之目標，副市長林欽榮於 2018 年 5 月宣佈在信義計畫區、南港軟體園區、內湖科學園區等 5 個地區設置 12,600 盞智

慧路燈。該智慧路燈的功能包括了基本照明功能、5G 基地台、未來也可能加入車牌辨識、人臉辨識等智慧功能(自由時報, 2018)。該計畫所提出的智慧功能, 更引來了議員們質疑可能會有資安以及個資法, 侵害個人隱私與人權的問題。

中華民國憲法中有兩條內容與隱私是有相關, 分別為:「第 12 條 人民有秘密通訊之自由」及「第 22 條 凡人民之其他自由及權利, 不妨害社會秩序公共利益者, 均受憲法之保障。」另外, 國內也於 2012 年 10 月公佈並施行了「個人資料保護法」, 來保障了人民的隱私問題。個人資料保護法所定義的個人資料, 為指自然人之姓名、出生年月日、國民身分證統一編號、護照號碼、特徵、指紋、婚姻、家庭、教育、職業、病歷、醫療、基因、性生活、健康檢查、犯罪前科、聯絡方式、財務情況、社會活動及其他得以直接或間接方式識別該個人之資料(全國法規資料庫, 2015)。本研究節錄了兩筆法務部對於監視系統有關的情境與解釋:

根據《法制字第 10302509360 號》所提及: 監視系統錄得影像資料 (中華民國法務部, 2014), 如能辨識該車輛所有權人或使用人, 就該資料利用應符合個人資料保護法第 16 條規定, 地方自治團體如訂定自治規則有關「利用」該等資料之規定, 如係指蒐集目的以外之利用, 則該規定不符前開法律第 16 條第 1 款所稱「法律明文規定」, 提出了相關的解釋:「監視系統錄得之影像資料, 倘因含有車號、經過時間、經過地點等, 且技術上得透過其他資料比對而辨識該車輛所有權人或使用人, 即屬個資法所定『得以間接方式識別』之個人資料, 則就該錄影資料之利用應符合個資法第 16 條之規定」(本部 103 年 2 月 24 日法律字第 10300511510 號函釋參照)。而依個資法第 16 條第 1 款規定, 公務機關對個人資料之利用, 應於執行法定職務必要範圍內為之, 並與蒐集之特定目的相符, 如欲做蒐集目的以外之利用者, 固得以法律明文規定, 而此所稱法律明文規定, 依個資法施行細則第 9 條規定, 係指依法律或法律具體明確授權之法規命令。依本條第 2 項規定:「公務機關因執行職務之需要, 得向管理機關申請調閱錄影監視系統影音資料, 『必要時並得複製、利用』, 其中就複製部分, 係屬公務機關蒐集個人資料後之處理, 如符合特定目的, 且係於執行法定職務之必要範圍內, 固無疑問; 然就利用部分, 如係指符合蒐集目的之利用, 此為個資法第 16 條所明定, 本即無另以法律規定之必要; 惟如係指蒐集目的以外之利用, 因本辦法係地方自治團體依職權所訂定之自治規則, 不符合個資法第 16 條第 1 款所稱之『法律明文規定』。」。

根據《法律字第 10203502790 號》之問題三：「大樓或宿舍公布監視錄影器錄下之侵入者影像」的回應（[中華民國法務部, 2013](#)），提供了個人資料保護法是否適用提出了解釋：「公務機關或非公務機關蒐集大樓或宿舍監視錄影器中涉及個人資料之畫面，非屬前述為個人或家庭活動目的情形時，應有特定目的(例如：場所進出安全管理)，並符合本法第 15 條、第 19 條所定要件(例如：執行法定職務必要範圍內、法律明文規定、與公共利益有關)。另其如將上開個人資料予以公布，則應於蒐集之特定目的範圍內為之。否則應符合本法第 16 條但書、第 20 條但書所列各款情形之一(例如：法律明文規定、增進公共利益、當事人書面同意、為防止他人權益之重大危害，或為免除當事人之生命、身體、自由或財產上之危險)，始得為特定目的外之利用。」換言之藉由監視系統來進行監控只要是有特定目的，並且公共利益有關的情況下是可以不受個人資料保護法限制，另外也可以取得當事人的同意以避免後續不必要的爭議。

除了政府立法保護人民的隱私，台灣資通產業標準協會 ([2021](#))也已針對影像監控提出了「影像監控系統資安標準 (TAICS TS)」。從該協會所提出的標準，系統主要的組成元件包括了：網路攝影機、數位影像錄影機、網路影像錄影機、網路儲存裝置組、本地端或遠端電腦設備、行動裝置及雲端伺服器，及連接監控設備之網路環境，藉由以上的系統都必須盡可能達成以下的安全面向以降低資安的所帶來的風險：

- (1) 實體安全—產品輕易被拆解與否，或產品資料存儲與測試用連接埠的處置，應視為實體安全要求的標的。
- (2) 系統安全—產品之作業系統、網路服務、更新服務及韌體程式設計等，須具備足夠之安全防護。
- (3) 通訊安全—敏感性資料之通訊安全，和通訊服務存在未知之資安漏洞與否。
- (4) 身分鑑別與授權機制安全—溝通介面，包括遠端指令管理介面、網頁管理介面、操控程式等，須確保鑑別與授權相關機制。
- (5) 隱私保護—影像監控裝置之隱私，包括使用者之影像資料，於存取與傳輸的保護及權限管控等，確保隱私資料不應外洩。

該標準也提供了各安全要求的分項內容，業者可以依照標準來分析其系統的安全等級，系統都應必須滿足標準內的最低要求。

第四節 AIoT 應用效益分析方法回顧

本研究計畫主題之一，在於探討 AIoT 影像感測器在建築物安全應用之效益，因此本節回顧創新科技於建築領域應用效益分析之相關文獻，包括建研所歷年相關研究成果，以及國內外之相關研究。

2.4.1 建研所智慧建築效益評估方法相關研究

內政部建築研究所對於智慧建築科技於建築領域之效益分析研究已進行多年，於 107 年起即針對智慧建築成本效益評估方法(Intelligent Build Benefit Evaluation Method, IBEM)進行之調查與初步應用(張怡文, 2018)。該研究以一般工程經濟學(Engineering Economics)之成本效益分析法(Cost-Benefit Analysis, CBA)(Blank et al., 2012)及其判斷指標為「效益成本比率(B/C Ratio, BCR)」，以探討其應用於智慧建築成本效益分析之可行性。除了成本效益分析法之外，一般工程經濟學常用之經濟決策分析法(Economic Decision Analysis Method, EDAM)包括淨現值法(Net Present Value, NPV)、平均年值法(Annual Worth Analysis, AWA)、內生報酬率法(Internal Rate of Return, IRR)，以及還本年期法(Payback Year, PBY)或折現還本年期法(Discounted Payback Year, DPBY)。應用上述各種方法的必要條件，包括：

- (1) 估算專案各年期現金流量(cash flow)之收入值(Revenues)
- (2) 估算專案各年期現金流量之支出值(Expenses)
- (3) 估計金錢之時間價值(即折現率，或“Discounted Rate, DR”)，一般以平均加權資金成本 (Weighted Average Cost of Capital, WACC) 估算。除了還本年期不考慮折現因素外，其餘方法皆須以 DR 進行折現計算。

張怡文(2018)之研究亦探討財務可行性分析(Financial Feasibility Analysis)之相關方法，包括「營運費用比率(Operating Expense Ratio, OER)」、「資本還原率(Capitalization Ratio, CR)」、「償債比率(Debt Coverage Ratio, DCR)」、「自償率(Self-Liquidating Ratio, SLR)」等方法；以及分析經營能力之「獲利能力指數(Profitability Index, PI)」。

應用經濟決策法進行方案(alternative)經濟可行性分析之判斷準則，一般以 $NPV > 0$ 、 $BCR > 1.0$ 、 $IRR >$ 最低吸引報酬率(Minimum Attractive Rate of Return, MARR)、 PBY 或 $DPBY < (\text{經濟壽年}/2)$ 、平均年值(Equivalent Annual Worth, EAW) $>$ 年度營運成本(Annual Operating Cost, AOC)。至於財務可行性分析之準則，一般以 $DCR \geq 125\%$ 、利息保障倍數(Times Interest Earned, TIE) $\geq 200\%$ 、 $SLR \geq 1.0$ 等做為方案可行與否之判斷準則。

然不論應用上述任一方法，前述工程經濟分析所需之現金流量數值(包括收入與支出)以及金錢時間價值(估算折現率)等資訊皆不易精確取得，使得上述分析方法在分析智慧建築技術應用效益應用上遭遇困難；或因其估算值具有相當之不確定性，而使得所分析而得之指標值可信度令人質疑。

溫琇玲、游璧菁(2019)及張效通等(2020)受建研所委託，進行連續兩年之智慧建築效益評估研究。第一年完成智慧建築在安全、健康、便利、節能及管理面向的效益因子定義，並提出各效益面向評估之質、量化基準；第二年繼續針對各效益面向之詳細評估項目與其評估方法進行發展與定義，最後以所提出之辦公類「智慧建築效益量化評估 (IBEM)」模式，針對國內兩個辦公類智慧建築案例，模擬個案之使用維護效益。溫琇玲(溫琇玲與游璧菁, 2019)及張效通等人(2020)所提出之效益分析模式，基本上不同於張怡文(2018)以經濟決策分析為基礎之模式。

IBEM 考量經濟決策分析模式所需量化數據蒐集之困難，因此改以智慧建築評估指標為基礎，結合量化與質化兩種評估方法，分別針對(環境)安全、(環境)健康、(管理、營運)效率、(系統、創新)優化等四大面向，共 14 個評估項目之量化與質化評估方法進行方法之建議，而建構成為一個完整而複雜之智慧建築效益評估系統。IBEM 評估系統雖包含量化及質化效益之分析項目，然而經由模擬試算案例展示，大部分效益指標仍以質化(即評判是否具有該項功能)達成度百分比為主。

IBEM 評估模式所得到的效益(%)較能呈現智慧建築在各面向功能之涵蓋面(Coverage)，對於智慧建築各面向之評估較為完整，此為其優點；而該模式較無法呈現絕對量化效益(例如成本節約與效率提升之百分率，或益本比 BCR 等)，且其分析指標不同於一般經濟決策分析為基礎之指標，故較難與國際學術文獻相互比較，此為其缺點。

2.4.2 智慧資產評價方法回顧

除了建研所所執行之研究之外，產業對於創新技術智慧資產(Intellectual Property, IP)之智慧資產評價方法(Intellectual Asset Valuation Method, IAVM)早已行之有年，且廣泛為商業創投及科技產業所採用(Park and Park, 2004)。因為 AIoT 在建築安全領域之應用，亦屬於建築技術之創新智慧資產，因此，參酌 IP 無形資產評價方法，亦可作為 AIoT 技術評價之借鑑。

張倩瑜和王明德(2005)歸納文獻中有關「智慧資產(intellectual assets)」之八種量度方法，可作為智慧資產之衡量工具。依其提出之順序可分為三代，「第一代量度方法」包含領航者系統(Navigator)、無形資產顯示器(Intangible Asset Monitor)及平衡計分卡法(BSC)三種；「第二代量度方法」是為了將不同指標轉換為單一指標，主要有 IC 指標(Intellectual Capital Index)及智慧資本盤點(Intellectual Capital Audit)兩種；第三代為「財務量度方法」，有本益比法(market-to-book ratio method)、托賓 q 值法(Tobin's q method)及經濟附加價值法(Economic Value Added (EVA) method)三種。

除了上述八種方法外，Lin et al. (2017) 也針對智慧資本及對營建產業經營績效之影響，透過時間序列分析驗證方法，建構一套營建產業之智慧資本評價模型，並發展其經營績效衡量指標，以探討營建企業智慧資本與經營績效之關聯性。然而上述智慧資產量化分析方法，都是以全組織或國家層級之宏觀面來衡量智慧資產的效益，難以應用於單一技術或單一建築專案之評估，因此，不適用於本研究之主旨。目前科技產業對於單一技術之智慧資產評價方法大致分為三類：(1) 成本法 (Cost-Based Valuation, CBV)；(2) 市場法(Market-Based Valuation, MBV)；(3) 收益法 (Income-Based Valuation, IBV)。此三種方法之原理簡要回顧如下(駱孝文, 2005)：

一、成本法(CBV)－主要是估算重製(置)相同技術所需要花費之成本來評估一項 IP 技術之價值，亦即創造具有相同功能的 IP 資產或生產相同產品所需花費的成本，包括研發成本、融資成本及營銷費用等。換言之，即評估吾人若欲重新發展出完全相同技術或設備所需要投入的總成本而言。CBV 之執行步驟包括：(1) 盡可能完整地列出所有成本研發、資本投資、營銷、薪酬、知識產權等必須成本；(2) 考慮資產之物理或經濟功能折舊 (置換率)；(3) 考慮機會成本 (折現率)；(4) 將前述折現後

之成本加總即可得 IP 之價值。此一方法對於智慧資產之價值評估的最大弱點，在於其忽略了創新技術智慧資產對於組織所可能帶來的經濟(市場)與策略價值，故其對 IP 之評價結果常偏低。

二、市場法(MBV)——主要是參考 IP 技術在市場上之歷史交易資料來評定其價值，因為其反映了 IP 的市場價值，與商業交易目的最為相符，故常被視為智慧資產評價之最佳參考價值。以建築產業為例，實價登錄資料即可視為該建築資產之市場法評價價值之最佳實例。MBV 之執行步驟包括：(1) 從市場上蒐集相關 IP 資產之交易資訊——需考量資產之可比性、類型、用途、交易日期等；(2) 選擇比較指標——例如 IP 佔總營收之百分比或產品之單價；(3) 修正比較因子；(4) 確定 IP 技術的價值區間（因為 MBV 法常無法給定單一精確之預估值，而是提供一個價值區間）。MBV 應用最大困難在於創新技術之新穎性，常導致其在市場上缺乏可參考之交易資訊，或在定義修正比較因子時也偏向主觀判斷而可能導致評價結果之誤差；而此一特性正是目前 AIoT 技術於建築領域應用的現況困境，因此，MBV 應用於 AIoT 建築安全案例之效益評價，有其實務上之困難。

三、收益法(IBV)——主要是根據採用目標技術後，所可能增加的收入或減少的成本來評估該項技術之價值。其評估方法是將導入該項 IP 技術之後，所產生的收入增加或成本節省數值，加以資本化(capitalized)或折現計算，再計算出所謂的超額經濟價值(Excess economic value)，包括：單價提高(Premium Price)、成本節省(Cost Saving)、超額利潤(Excess profit)以及超額經濟利潤(Excess earning)等。與經濟決策分析方法類似，IBV 方法亦需分析經濟現金流，且需考慮折現率、資本化率等。IBV 的缺點與所有經濟決策分析方法類似，必須蒐集詳細之收益與成本資料，且亦需估算折現率等。然而，IBV 的最大優點在於它可以與其他經濟決策分析方法相結合或互相比較，因此，IBV 是目前 IP 智慧資產評價最常採用之參考方法。

2.4.3 知識評價方法回顧

與 IP 技術評價最相關的另一種無形資產評價法是知識管理評價法，或稱知識評價法(Knowledge Valuation Method, KVM)。所謂 KVM 是指在組織建置完成知識管理系統(Knowledge Management System, KMS)後，針對該 KMS 對於提升組織生產效能之實質

價值進行評價；或者對於參與 KMS 之知識管理活動的個人，針對其對組織知識之貢獻度進行評價。

Yu et.al (2010)及 Wu et al. 等(2012)針對國內最大工程顧問公司(CECI)進行 KVM 方法之研究，以內建於 KMS 系統內部之數據收集 (bookkeeping) 功能，進行時間、人時、成本等數據蒐集。結果發現，在該公司之 KMS 導入「主動式問題解決系統(Proactive Problem Solver, PPS)」後，其業主交付之工程問題解決時間，從平均 5.2 天，節省到 6.67 小時。而 KMS 對於 CECI 之整體效益評估結果發現，時間效益提升 42.22%、人時效益為-251.21%、成本效益為-64.28%(Yu et al., 2013)。另外，在針對「提案書撰寫輔助系統 (Prposal Preparation Assistant, PPA)」之效益評估個案研究，發現 PPA 可以節省 48.7%之資料蒐集時間，以及 25.3%之作業人時(Yang et al., 2014)。而另一項針對「工程設計輔助系統 (Engineering Design Assistant, EDA)」之效益評估研究發現，在道路工程個案研究中，EDA 亦可達到顯著之時間節省效益，且設計成果亦達到 90.14%之正確性(Yu et al., 2021)。

除了針對 KMS 系統功能採用系統內建簿記式(bookkeeping)記錄功能，進行詳細之時間、人時、成本紀錄外，Yu et al. (2009) 亦參考 House and Bell (2001) 的「知識附加價值理論(Knowledge Value Added Theory)」，針對知識社群中參與者對於知識管理活動之參與，以及其貢獻對於組織整體之價值提出了一種「知識加值模式(Knowledge Value Aidding, KVAM)」之評估方法，目的在量化評估發生於知識社群知識管理活動中所產生之價值，並用來作為衡量社群與個人知識管理績效的參考標準。

KVAM 理論為一種相對比較的方法，也就是 $P(X) = Y$ 。P 代表一種知識(X)輸入至價值(Y)輸出的加值過程(Value adding process)，過程中 $X \rightarrow P \rightarrow Y$ 可視為在知識鏈中知識管理活動一種價值的產生。知識附加價值理論說明價值是由 P 所產生，P 與 X 至 Y 的改變狀態成一比例關係，如此可知，藉由知識的創造或由 X 至 Y 的知識含量差異來測量知識管理活動的價值。知識附加價值理論基本假定有以下三點：(1) 若 $X=Y$ ，則無任何附加價值；(2) 「價值量」與「改變量」成正比例；(3) 「改變量」可以用產生改變所需之「知識量」來衡量。只要將價值增加的活動能以知識改變量來表示，知識附加價值理論將可提供對於知識管理系統進行量化績效衡量的有用模式。此一概念是

KVAM 之基礎，亦即透過知識之改變量來衡量知識管理活動之加值效果。KVAM 將知識社群之知識管理活動，分為兩個主要之類型：(1)知識分享活動—開始於參與者針對一個特屬主題而願意分享他們的知識、經驗以及觀點；(2)問題求解活動—提問者遭遇無法解決之問題並要求其他人提出解決方案。而所謂的 KVAM 包含三個部分：(1)輸入；(2)「原創知識過程(Raw Knowledge Creating Process, RKCP)」與「知識加值過程(Knowledge Value Adding Process, KVAP)」；(3)輸出。「輸入」可視為知識附加價值理論中的「X」；而「輸出」為「Y」；過程「P」則是由 RKCP 與 KVAP 兩部分所組成。RKCP 是由知識管理活動發動者(initiator)完成；KVAP 則是由知識社群參與者所完成，有時發動者亦參與 KVAP 之知識加值活動。

經由長期追蹤知識社群(Community of Practice, CoP)中各參與者之活動，即可以衡量出知識之改變量，進而可以衡量知識管理活動之加值效果。與前述 KVM 方法不同的是，KVAM 得到的不是知識管理活動對於組織的絕對貢獻度(時間或成本之節省)，而是組織知識資產之相對改變量(知識加值之量度值)。此一方法在絕對數據難以取得情況下，具有其相對優勢；然而在 Yu et al. (2021)之研究中，仍然必須仰賴 KMS 內建之簿記式(bookkeeping)記錄功能，來蒐集 KVAM 所需之大量評估數據。

2.4.4 其他創新技術效益評估研究回顧

Wisdom et al. (2013) 提出了一個包含包括外部系統、組織、創新方案及個人等四個層級、共 27 預測因子的創新技術採用預測理論框架，用以分析醫療健康領域創新技術之接受度。Chor et al. (2015) 依據該框架進行擴充，最終發展成為一個具有 118 個衡量指標的系統。

Wilson et al. (2017) 針對英國全國共 1,025 位居民進行的問卷調查發現，居民認為智慧建築科技帶來的主要效益在於能源管理，而其最大風險，則是因為科技加強控制，而喪失個人在家之隱私、獨立與自主權。其調查指出，「管理能源 (managing energy use)」及「節約能源 (save energy)」是影響居民選擇或預期智慧建築科技達成的主要目的；而在他們調查中也發現，「增加資產價值 (increase property value)」及「偵測設備失誤 (detecting property fault)」則分別是居民們預期及選用智慧建築技術最不重要的因素。

Arfi et al. (2021) 提出了一個延伸的統一科技接受與使用理論 (extended Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT) 框架，來分析醫療產業採用與接受 IoT 技術之重要驅動因子；並指出績效期望 (performance expectancy)、付出期望 (effort expectancy)、社交影響 (social influence)、便利條件 (facilitating conditions) 和感知風險 (perceived risk) 等，為四個使用者採用行為決策最重要之影響因子。該研究亦指出，已認知之風險及年齡因素等，並不會影響到使用者對 IoT 設備之採用行為。

Dai et al. (2020) 調查了 2010~2019 十年之間，因為 AIoT 技術的應用對於中國總要素生產力 (Total Factor Productivity) 之影響；原以為 AIoT 技術應用有助於提升總要素生產力，但 Dai et al. (2020) 的實證結果卻驚訝地發現，在中國 IoT 設備連接數與其研發經費雙雙成長之下，其總要素生產力卻反而下降，推測其原因主要是低下的技術效率以及不合理的資源配置所致。

Yang et al. (2020) 最近發表了一篇有關「物聯網智慧建築管理系統最佳化組合」之研究。該研究以「混合作業基礎成本分析 (Mixed Activity-based Costing, MABC)」方法，結合「應用決策實驗室分析法 (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)」與「網路層級分析法 (Analytic Network Process, ANP)」，用以評估不同 IoT-based 智慧建築管理技術應用之替選方案的優先可行性。該研究雖然未直接提供 AIoT 技術效益評估之方法，然而卻提供一個能夠解決大多創新技術應用效益評估，所面臨的社會經濟效益 (Socio-Economic Benefit, SEB) 評估問題。Yang et al. (2020) 所提出的評估架構，包含四大構面：(1) 智慧技術發展 (Smart Technology Development, STD)；(2) 市場發展潛力 (Market Development Potential, MDP)；(3) 社會經濟效益 (SEB)；以及 (4) 法規環境支持 (Regulatory Environment Support, RES) 等。其評估面向跳脫一般智慧建築受限於原始評估標章指標之框架，而以更宏觀的社會、科技與經濟多元角度，來探討智慧建築技術效益評估課題，可以提供 AIoT 技術效益評估之參考。

Chen et al. (2016) 提出一個結合傳統經決策分析 (EDAM) 與次量化之 AHP 方法之效益評估模式，應用於建築智慧系統之成本效益分析；該方法特別強調傳統 EDAM 所無法涵蓋之無形價值與效益，並能將其轉換成為有形之貨幣價值，最後提供淨現值指標 (NPVI) 作為決策者之分析參考。依據該研究對於中國北京市之辦公大樓 (Retail office)、

大型購物中心(Large commercial center)以及自用辦公大樓(Self-use office building)等三種類型建築之個案研究發現，智慧建築技術對於節能之淨現值(NPV)效益最佳，落在-4%~+6%之間。

Berawi et al. (2017)以印尼的智慧建築進行個案研究，以問卷調查方法，蒐集智慧建築之成本效益數據資料及專家之意見發現，約 20%受訪者認為智慧建築最重要的效益在於能源節約，而其次是安全監控(17.42%)與環境友善及可維護性(各約 16.8%)。他們的個案分析結果發現，相對於傳統建築而言，智慧建築整體之成本效益率(BCR)約為 0.88~1.99 之間；驗證了智慧建築是一項具有成本效益之投資。

另一有關創新技術價值評估之研究，乃是關於環境科技應用領域。Gao et al. (2016)針對四種中國空氣汙染管制政策方案進行成本效益分析(CBA)比較，包括：(1) 無干涉方案(Business as usual, BAU)；(2) 節能驅動方案(Energy-saving, ES)；(3) 管末汙染處理方案(End-of-pipe treatment, EOP)；以及整合方案(Integrated policies, INP)。該研究採取傳統經濟決策分析法(EDAM)之成本效益分析(CBA)，因此，必須建構各方案成本模型(cost model)與效益模型(benefit model)。而在建構此二種模型時，常需要進行假設分析，並將各項有形(tangible)與無形(intangible)之成本與效益量化並轉換成為貨幣單位，才能進行成本效益分析。該研究最後獲致之結論是：管末汙染處理方案(EOP)之成本效益高於其它三個方案，故應該優先採用。類似此一研究的，尚有 The Hastings Center (2018)所發表一系列，有關於政治、經濟、社會與環境政策分析之報告；該報告皆以成本效益分析(CBA)為主要分析方法，探討環境法規、生物科技及其他新興科技對於社會經濟之衝擊影響問題。

2.4.5 效益分析方法回顧小結

歸納以上四小節之 AIoT 等智慧型新興科技效益評估研究與方法回顧之結果，傳統經濟決策分析法(EDAM)之成本效益分析(CBA)方法，仍為國際學術界對於智慧型新興科技效益評估之主流。然而在進行傳統 CBA 分析時，必須將各項與 AIoT 應用相關之有形(tangible)與無形(intangible)之成本與效益量化並轉換成為貨幣單位；此一要求對於許多新興技術之應用方案分析，造成困難。因此，透過質性分析來進行次量化轉換(溫琇玲、游璧菁，2017；張效通等，2020；Lin et al, 2017) 間接成本價值評估之方法(Yu

et al, 2009; Housel and Bell, 2001; Yang et al, 2020)，便成為可能的替代方案。在第三章中，本研究將提出一個結合上述分析方法之 AIoT 效益分析模型。

第三章 AIoT 影像感測器建築安全應用情境及效益分析架構之研擬

經過次級資料分析歸納結果，本研究研擬 AIoT 影像感測器建築安全應用情境及效益分析架構，內容包括：(1) AIoT 影像感測器在建築安全應用情境及模擬案例規劃；(2) AIoT 在建築安全應用之隱私權與資安問題分析；以及 (3) AIoT 在建築安全應用之效益分析模式。上述分析內容，分別說明於以下各節。

第一節 AIoT 影像感測器在建築安全應用情境及模擬案例規劃

3.1.1 AIoT 影像感測器在建築安全應用之應用情境歸納

經過國內外相關文獻回顧後，本研究歸納 AIoT 影像感測器在建築安全應用之情境共 18 項，區分建築物生命週期之四個階段進行說明：

一、建築施工中之工地安全監控

依據黃德琪與闕妙如 (2020) 之研究，AIoT 影像感測器具有定位技術結合移動軌跡演算與預測、影像辨識、環境感測、異常預測等功能，可提供建築施工階段施工人員之安全監測、施工機具操作安全監控以及危害環境之偵測與預警等功能。後經專家訪談建議，擬定其應用情境共六項，包括：(1) 高處施工之建築開口或結構物邊緣之人員墜落風險監控(Fang et al., 2018b; 廖琬洲等人, 2021)；(2) 個人防護設備(PPE)之辨識(Fang et al., 2018a; 余文德等人, 2020)；(3) 施工人員不安全行為辨識(Ding et al., 2018)；(4) 移動式起重機操作時周圍碰撞風險之警示與監控；(5) 工地出入口人、車門禁管制 (Wang et al., 2017; Dalarmelina et al., 2017; Kurpiel et al., 2019; Luque-Vega et al., 2020; Silva et al., 2020)；以及(6) 工區環境安全監控。其中，前五項為文獻回顧與次級資料分析中所建議，而最後一項則為專家訪談時受訪專家建議而新增。

二、建築施工中之結構安全監測

建築施工過程因為建築物強度尚未完全發展，且因施工過程之需要會有土方開挖、臨時支撐等需求，而產生結構體破壞、崩塌等安全性之問題。基於 AIoT 影像感測器具有光學測量之功能，只要能克服精度問題，即可應用於傳統施工過程之安全監測。經由

文獻回顧發現，其可能之應用情境共三項，包括：(1) 地下開挖之安全支撐監控(Lin et al., 2021)；(2) 鄰房下陷或傾斜之監測；或(3)地下管線(隧道)等開挖之結構變形監控(Zhang et al., 2021)等。

三、完工後之建築物安全監測

建築完工之後，可能會因為地震、火災、風災、水災等各類外力影響，導致結構體強度、耐久性等問題。除了可以針對火災(Muhammad et al., 2018)、地震(Hsu et al., 2020)等災害進行建築物安全監測(Feng et al., 2017)外；若能結合光學測量、非破壞檢測等探測技術，則可應用於完工後之建築物安全監控情境。經由文獻回顧發現，其可能之應用情境共三項，包括：(1) 結構損壞檢測(Burnett et al., 2018; Feng et al., 2017; Hsu et al., 2020)；(2) 外牆損壞檢測；(3) 設施耐久性檢測等。

四、營運階段社區安全管理

建築完工使用與營運階段，一般佔建築物生命週期 95%以上之時間，因此其安全監控應用情境較多，經由文獻回顧以及專家訪談後之建議，其可能之應用情境共六項，包括：(1) 智慧建築內之居家照護與健康管理(Kong et al., 2018; Shojaei-Hashemi et al., 2018; Lai et al., 2018; Wang et al., 2019; McCay et al., 2020)；(2) 建築物出入口之人員門禁管制(Wang et al., 2017)；(3) 建築物車道出入口之車牌辨識(Wang et al., 2017; Dalarmelina et al., 2017; Kurpiel et al., 2019; Luque-Vega et al., 2020; Silva et al., 2020)；(4) 公共空間異常行為之安全偵測(Zhou et al., 2016; Zhou et al., 2019; Ullah et al., 2020)；(5) 失智老人與寵物之協尋等；以及(6)建築物火災、洪水及結構物位移之偵測與警示(Muhammad et al., 2018; Santiputri and Tio, 2018; Ma et al., 2020)等。除了上述應用情境外，專家訪談時亦有受訪者希望可以加入一些功能來提升社區安全效益，例如：水管或污水溢出監控、住戶亂丟垃圾偵測、車頭朝內或朝外偵測等功能。其中，水管或污水溢出監控較不適合採用 AIoT 影像感測器辨識，可應用其他 IoT 感測裝置；而住戶亂丟垃圾偵測、車頭朝內或朝外偵測等功能，則可歸類在「(4) 公共空間異常行為之安全偵測」項目內。

歸納 AIoT 影像感測器於建築安全生命週期可能之應用情境，共有十八項，如圖 3.1 所示。其中，1.1、1.2、1.3 及 1.5 等四項情境將於模擬案例(一)中進行效益模擬分析與試算；4.1、4.2、4.3、4.4 及 4.6 等五項情境將於模擬案例(二)中進行效益模擬分析與試算。

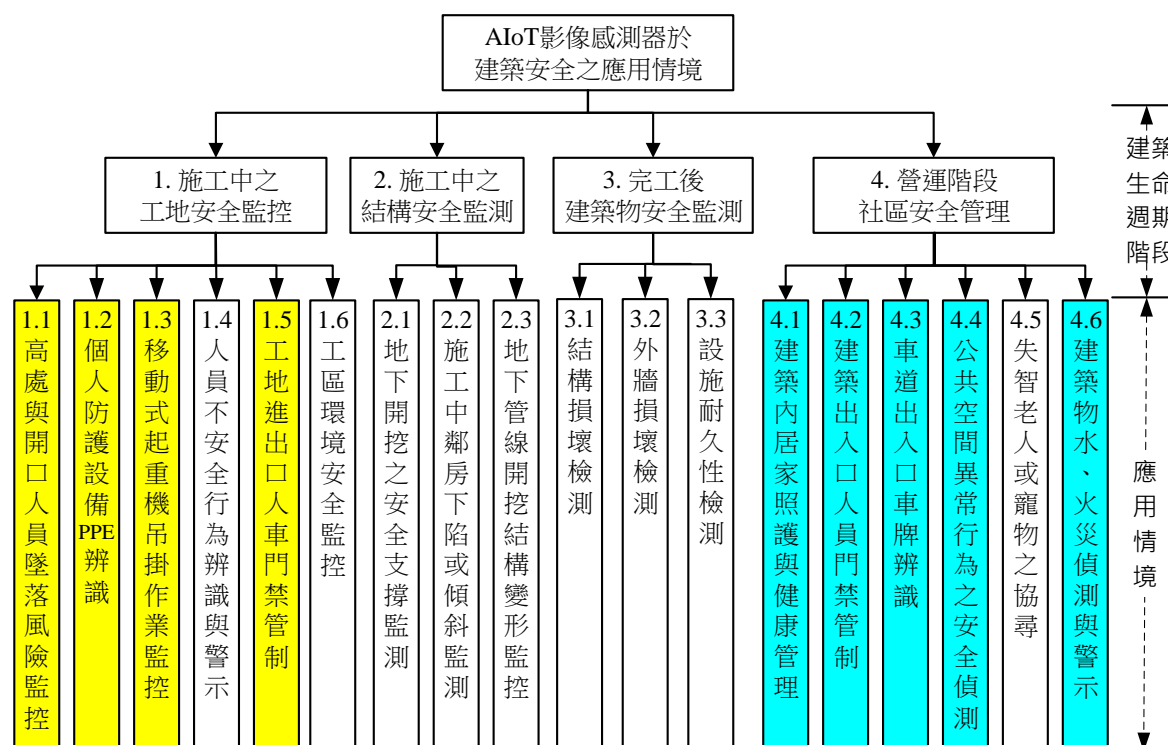


圖 3.1 AIoT 影像感測器在建築生命週期建築安全監控之應用情境

3.1.2 模擬案例規劃

透過調查與訪談國內實際應用 AIoT 影像感測器之廠商，本研究規劃兩個 AIoT 影像感測器於建築安全應用之模擬案例，包括：(1) 建築施工中工地安全監控—AIoT 影像識別技術於工地不安全情境監控以及工區環境安全監控等；(2) 營運階段社區安全管理—AIoT 影像識別技術於社區安全管制應用情境，異常行為辨識、水火災監測、進出口人員與車輛之門禁與進出管制、專有空間之健康照護等。

一、模擬案例(一)：建築施工中工地安全監控—AIoT 影像識別技術於工地不安全情境監控

營建工過程之意外所導致的重大職災佔全世界各國之全產業半數左右，為風險最高之產業。因此，施工中工地安全之監控常被作為防制營建施工意外之重要方法。本模擬案例以建築工地施工開口墜落風險之辨識與警示為假想情境，應用 AIoT 影像識別技術進行工地臨時施工開口(例如電梯直井開口、建築結構邊緣開口、施工架開口等)之安全監控，包含人員辨識、開口防護設施安全性之辨識、人員靠近開口之危險警示，工地未防護開口之通報以及工區人員車輛進出門禁管制等功能。目前這些安全監控工作，傳統多數是由工地安全管理人員每日例行巡檢，再結合現有 CCTV 閉路攝影機之持續監視錄影進行監控。但因工地安全管理人員有限(依據法規，一個 70~100 人員之施工工地，目前實務上最多設置兩名專職安全管理人員)，加上工地之變動性，導致安全巡檢之功能無法確保消彌所有風險；加上 CCTV 監視人員要監看之畫面太多(常有一個人要監看超過十個以上畫面)，而畫面又太小，常會發生漏看而無法即時發掘阻止風險之發生。因此，若能在工地現場高風險之區域，設置 AIoT 影像感測器進行即時辨識與監控，則可以即時進行風險辨識與監測。

本模擬案例將選擇國內中部某真實公共工程建築施工工地為模擬場域，以現有 AIoT 影像感測器架設於工地現場，並進行取像與辨識測試；至於後段之警示通報及危害情境紀錄等功能則以模擬方式，透過與工地人員訪談方式進行相關評估資訊之蒐集，不進行所需系統功能之實際開發。

完成案例模擬後，本研究將訪談工地相關人員進行「AIoT 影像識別技術於工地安全監控」案例之質性與量化效益評估，軟硬體成本估算，以及工地人員對於影像資料隱私權與安全性風險疑慮之訪談，以作為 CAMITA 效益評估模式試算之用。而 CAMITA 效益評估之比較對象，則以現有工地安全管理人員巡檢結合現有 CCTV 監視錄影器控方法，進行安全提升效益、技術發展潛力、新建維護成本及社會隱性風險等面向之成本效益評估。模擬案例(一)之詳細應用情境設定，將於第四章中再做說明。

二、模擬案例(二)：營運階段社區安全管理—社區安全管制應用情境

社區安全一直是很重要的需求，如何有效地透過 AIoT 智慧物聯網進行安全管制，來確保社區內的人/車/寵物/設備的安全，為本應用情境預計探討之議題。因此，本應用情境主要從人/車/寵物/設備以及專有空間/公共空間這兩大分類來進行探討。

- (1) 人/車/寵物：從安全管制的考量下，人/車/寵物的進出的紀錄與門禁車道的管控都需要透過 AIoT 來自動記錄。
- (2) 設備：社區攸關安全管制的設備，包含：公共用電、電梯、停車設備、抽水馬達等設備的使用狀況，需要 AIoT 來進行智慧安全管理。
- (3) 專有空間/公共空間：社區的公共空間的安全管制需求，跟專有空間的安全管制需求會有很大的不同，公共空間主要著重全體人/車/寵物的安全管理，專有空間則是屬於個別需求，如：居家長照、寵物照顧等。

另一方面，因為 2020 年初全世界爆發新型冠狀病毒(簡稱 COVID-19)疫情；台灣亦於 2021 年五月因為部分境外移入案例而發生群聚感染，造成全國性之疫情擴散，導致防疫議題成為社區安全管理之重要課題。為阻斷病毒的肆虐，以有效控制疫情之傳播管道，在當特定人員發生確診的當下，疫調工作是一個關鍵的步驟；而疫調首重快速確認確診者在特定日期/時間/地點的接觸個案人員。由此觀之，透過 AIoT 智慧物聯網的協助，也可以有效提供社區疫情的管制。

基於上述探討，可能應用情境如下：

- (1) 在社區的各個地點的出入口架設 AIoT 智慧物聯網的裝置，隨時分析與紀錄通過該出入口的人/車/寵物資訊，並且進行各種智慧功能/異常偵測或提早預警，如：數量分析，車牌辨識，車輛違規，口罩確認，漏水或汗水溢流等等。
- (2) 該 AIoT 裝置透過內建/雲端儲存空間，可以記錄超過至少三個月到半年的圖像資料。
- (3) 當狀況發生時，需要進行資料搜尋，例如：特定人員發生確診、寵物走失等，可以透過資安認證的合法管道，針對個別 AIoT 裝置或雲端資料，透過以圖搜圖(Search by image)的方式來查詢進出時間或當時的歷史數據。

本案例擬以一棟約 70 戶之集合住宅大樓社區為模擬對象，針對的該住宅社區之環境設定，估算所需軟硬體設備成本及人員管理操作成本。最後導入成本效益分析模式，進行質性與量化之成本效益評估。模擬案例(二)之詳細應用情境設定，將於第五章中再做說明。

第二節 AIoT 在建築安全應用之隱私權與資安問題分析

透過第二章針對 AIoT 導入建築安全的隱私權以及資訊安全問題的探討，得知 AIoT 遭到資安攻擊或因資料不當使用可能導致隱私權受到侵犯。本研究分析 AIoT 在建築安全應用之隱私權與資安問題，分別從 AIoT 資料應用之隱私權規範以及 AIoT 數位資料之資安技術問題等兩方面進行探討。

3.2.1 AIoT 資料應用之隱私權規範

目前國內外對於透過資訊設備所取得之數位資料隱私權之保障已逐漸形成國際規範，尤其是經濟合作發展組織的「隱私權保護及個人資訊跨國流通處理原則 (Guidelines on the Protection of Privacy and Transporter Flows of Personal Data)」(OECD, 2021)之八項規範，對於未來 AIoT 影像感測器所取得之數位資料有關資料蒐集之限制、資料品質之確保、資料使用目的之明確化、資料利用之限制、資料安全之保障、資料利用目的之公開化、個人對於資料處理之參與權，以及取得資料單位所應負擔之責任等，皆有明確之規範。若能遵守上述國際性之規範原則，應該可以確保透過 AIoT 技術所取得之個人資料不受侵犯。

此外，依據法務部《法制字第 10302509360 號》有關「監視系統錄得影像資料利用」之釋例，以及《法律字第 10203502790 號》有關「大樓或宿舍公布監視錄影器錄下之侵入者影像」之回應，未來 AIoT 所取得之數位影像資料應符合「公務機關或非公務機關蒐集大樓或宿舍監視錄影器中涉及個人資料之畫面，非屬個人或家庭活動目的情形時，應有特定目的(例如：場所進出安全管理)...並符合法律明文規定、增進公共利益、當事人書面同意、為防止他人權益之重大危害，或為免除當事人之生命、身體、自由或財產上之危險，始得為特定目的外之利用。」之規定。亦即，必須以增進公共利益為目的，並公開使用目的，且經過當事人同意、並定期接受當事人(或社區管理委員會)之監督等方符合個資法之法律規範。

歸納上述國內外對於數位影像資料隱私權之規範可知，國內之法律規範並未超過 OECD 之八項原則。因此，建議對於未來 AIoT 所取得數位影像資料之利用與處置，可依循該原則行之，則應可達到保障個人隱私安全之目的。

3.2.2 AIoT 數位資料之資安技術問題

根據實務經驗得知，當具備即時影像功能的 AIoT 設備遭到入侵時，大都是使用預設密碼或密碼外洩等問題所導致。因此，有關 AIoT 數位資料之資安技術問題，可以針對以下四個面向進行分析：

一、應用面

AIoT 智慧物聯網的應用面逐年快速地擴展中，而在建築安全的應用領域上必然也預期會越來越普及，可以預見未來使用建築安全的各種設備或裝置幾乎都必備 AIoT 智慧物聯網的能力，進而達成提升施工安全、建築安全、居住安全等應用需求面的目標。而在應用面也會牽涉到使用者或消費者對於資安的認知，如果使用者沒有提升對於資安的認知以及防護能力，就很容易因為單一使用者遭到入侵後，影響整個團體或整棟建築的安全或隱私。

二、技術面

過去多年來的技術發展，不管隱私權保護或者資訊安全技術等都已經達到一定的技術水平。亦即目前並非技術面的問題，而是如何讓這些技術可以在實務上運用，而實務應用將牽涉到 AIoT 的使用者需求、成本效益、維護複雜度等因素的影響，必須在取得各項因素的平衡點之下才有實務應用的利基。

三、法規面

針對 AIoT 智慧物聯網設備的資安防護能力，有賴法規面的規範，否則容易流於形式，導致資安所造成的損害越來越嚴重。不過法規規範也是一體兩面的，為了要能夠分析潛在的安全問題，國外已經發生政府要求設備商需要提供後門給公部門或警察單位來進行資料提取。在隱私保護與犯罪預防需要間必須取得一個平衡點，才能在兼顧隱私保護的前提下，來達成預防犯罪的目標，而這也有賴政府法規面的規範。

四、產業面

由於產業逐漸重視資安規範，因此各種資安的國際標準陸續被提出來，包含 ISO(國際標準化組織)、IEC(國際電工委員會)、CTIA(美國無線通訊互聯網協會)、ISO/IEC 15408、

IEC 62443 等，未來 AIoT 智慧物聯網的製造商從零件供應商到產品製造過程，都需要符合特定的產業標準，才有利於與國際接軌。

總結以上有關 AIoT 影像感測器所取得資訊之資訊安全問題，目前已有相關處理技術，且國際規範也已經逐漸成形。國際上的資訊安全與隱私標準大部分都有兼顧人道權益與安全的平衡，台灣在未來無論在軟硬體開發或導入設備應用之標準或規範都可以借鑒國際上所制定的規範來進行規劃。未來在產業生產及應用上的關鍵課題，主要在於成本效益(亦即，導入資安處理技術所需之成本是否能被使用者所接受)，以及對於國際及國內資訊安全規範之貫徹與遵守(亦即，屬於執行面之問題)，應透過管理手段來解決。

第三節 AIoT 在建築安全應用效益之分析模式

3.3.1 建築智慧科技應用成本效益分析模式 (CAMITA)之建立

依據第二章文獻回顧之結果，本研究提出 AIoT 影像感測器於建築安全應用效益之分析模式如圖 3.2 所示。為方便參照，本分析模式稱為「建築智慧科技應用成本效益分析模式(Cost/benefit Analysis Model for Intelligent building Technology Adoption, 簡稱為 CAMITA)」。本 CAMITA 方法結合先前學者所提出之質化效益分析與經濟決策分析模型，針對 AIoT 影像感測器在建築物安全應用之成本效益進行評估。CAMITA 成本效益分析架構共分成四個層級，包含五個階段，如圖 3.2 所示，除最終之得分與效益外，其評估架構說明如下：

- (一) 目標層級(Objective)—在分析建築智慧科技應用(本研究將聚焦於 AIoT 技術應用於建築安全)之效益。
- (二) 構面層級(Category)—包括：(1)效率提升之效益(Benefit, B)；(2)技術發展潛力之機會(Opportunity, O)；(3)設備建置與維護之成本(Cost, C)；以及(4)對於社會及個人可能帶來之風險(Risk, R)等 BOCR 四大構面，分析建築智慧科技應用之各面向成本與效益。
- (三) 項目層級(Item)—從 BOCR 四大構面，向下結構各評估面向所應包含之評估項目，包含：(1) 效率提升效益(B)—包含1.1安全、1.2健康、1.3節能、1.4管理等項目之效益(溫琇玲、游璧菁, 2019；張效通等人, 2020)；(2) 技術發展潛力

(O)—包括2.1實用性、2.2可靠度、2.3接受度、2.4競爭力等項目之潛力(Yang et al., 2020)；(3) 建置營運成本(C)—包括3.1新建、3.2更新、3.3營運、3.4維護等項目之成本(張怡文, 2018；溫琇玲、游璧菁, 2019；張效通等人, 2020)；(4) 社會隱性風險(R)—包括4.1隱私、4.2資安等項目之風險(Wilson, 2017; Wisdom et al., 2013; Chor et al., 2015)。

(四) 準則層級(Criterion)—由各評估項目之內涵，透過文獻回顧、專家訪談、問卷調查等歸納出評定該項目之評分準則，以決定各項目之 BOCR 量化數值。此一層級之評估方法，將依據不同應用技術之不同應用情境進行調整，以符合個案之條件。

(五) 評分(Score)—依據第四層級之評分準則，針對不同應用技術之不同應用情境，進行個案之評分。其中，效率提升效益(B)、技術發展潛力(O)及建置營運成本(O)等三面向之評分，主要是依據不同應用技術之不同應用情境所需建置之設備與相關技術進行評估；而社會隱性風險(R) 之評分，則需透過個案利害關係人之訪談或問卷調查意見回饋進行評估。

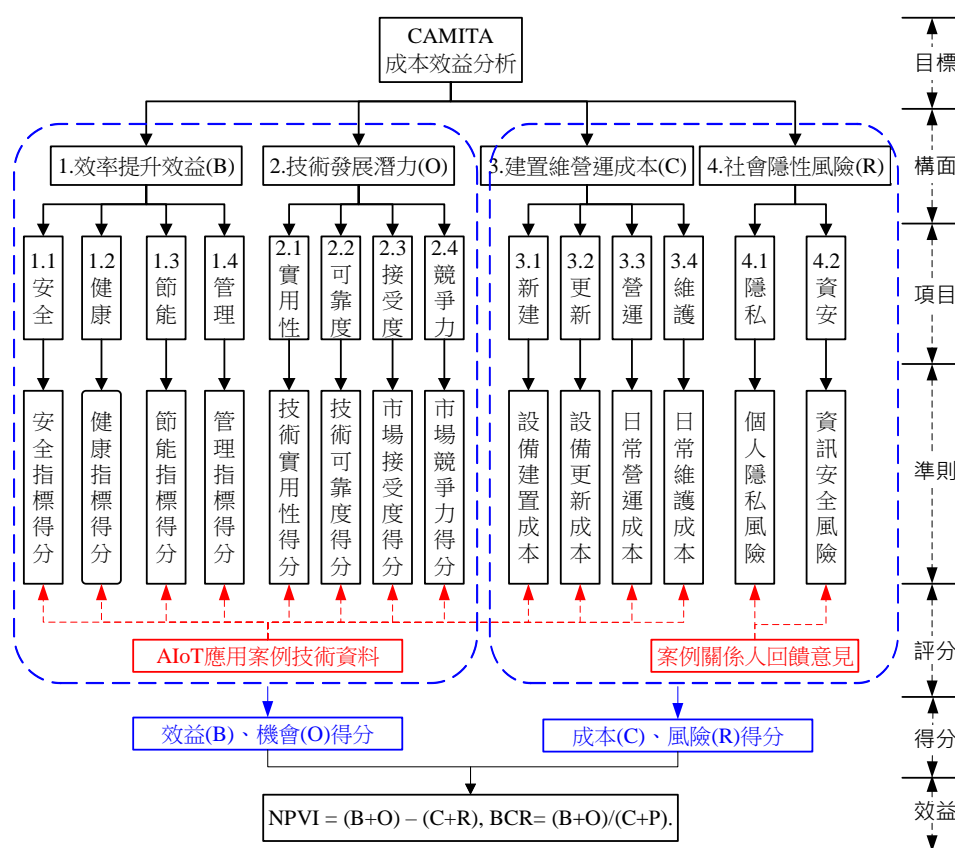


圖 3.2 建築智慧科技應用成本效益分析模式(CAMITA)

(資料來源：本研究繪製)

3.3.2 「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」之 CAMITA 效益評估架構

圖 3.2 之 CAMITA 分析模式乃參考國內外創新技術(含智慧建築技術)評價分析之模式而發展，以一般性建築智慧科技應用成本效益分析為對象，故為一通用模式(generic model)；然而當套用到「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」個案時，則該分析架構應依據分析對象而進行調整，以適用於不同技術、不同應用情境時之特殊特性。以「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」為例，其調整後之 CAMITA 模式評估架構，如圖 3.3 所示。圖 3.3 之「4.準則層級(Criterion)」可依據 AIoT 影像識別技術之特性，繼續往下拆解，包括：

一、有關「效率提升效益」面向之細部評估準則

- 1.1 安全指標得分—可以依據 AIoT 影像識別技術應用於施工階段之人員安全監控、完工後之建築物安全監測或使用營運階段之社區安全管控等面向進行細部準則評分。
- 1.2 健康指標得分—可以參考張效通等人 (2020) 之研究，針對 AIoT 影像識別技術應用於環境、人身及設備之感測以提升健康生活之評分項目進行細部準則評分。
- 1.3 節能指標得分—可以參考張效通等人 (2020) 之研究，針對 AIoT 影像識別技術應用於節約空調、照明及升降設備之節能評分項目進行細部準則評分。
- 1.4 管理指標得分—可以參考張效通等人(2020) 之研究，針對 AIoT 影像識別技術應用於節約人力、提升管理速度及提升決策精確度等評分項目進行細部準則評分。

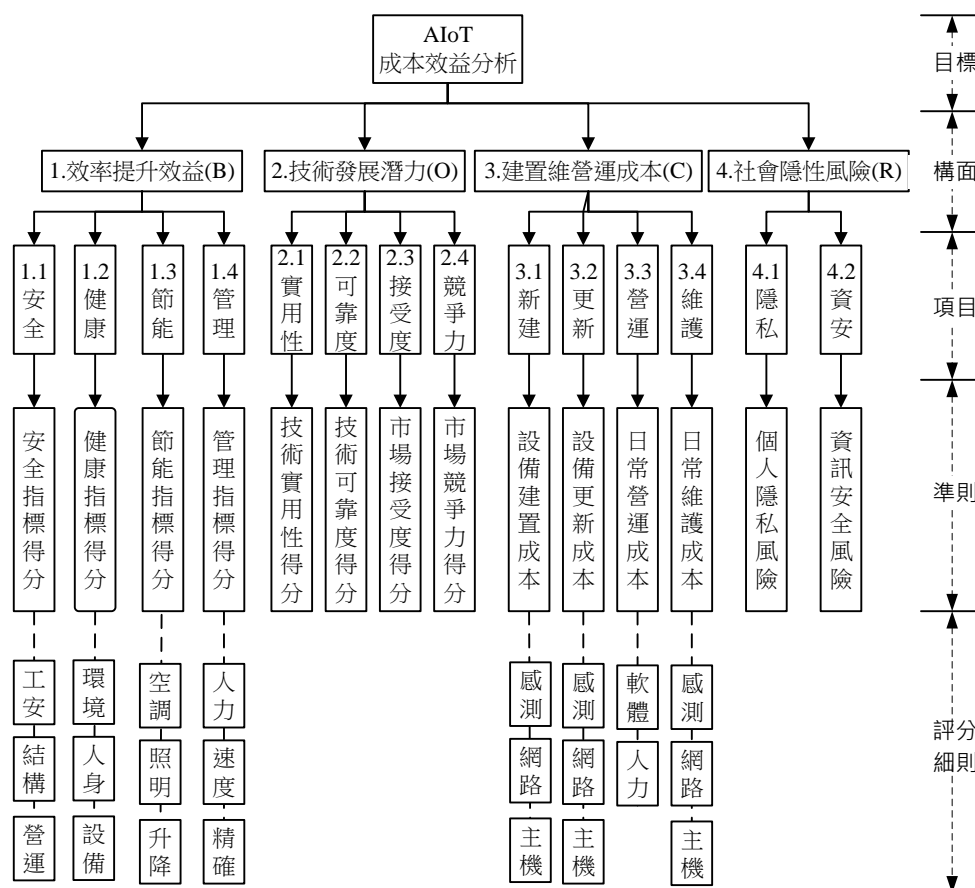


圖 3.3 CAMITA 模式應用於「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」之評分架構

(資料來源：本研究繪製)

二、有關「技術發展潛力」面向之細部評估準則

- 2.1 實用性指標得分—可以參考文獻(Da Xu et al., 2014; Lee and Lee, 2015; Yang et al, 2020) 之研究，針對 AIoT 影像識別技術相對於現有方法應用於建築安全監控，有關技術之實用性進行細部準則評分。
- 2.2 可靠度指標得分—可以參考文獻 (Liu et al., 2018; Chen et al., 2014; Liu et al., 2017; Shrouf and Miragliotta, 2015) 之研究，針對 AIoT 影像識別技術相對於現有方法應用於建築安全監控，有關技術之可靠度進行細部準則評分。
- 2.3 接受度指標得分—可以參考 Wang and Song (2017) 所提出「使用者接受度與認知價值模式(User acceptance and perceived usefulness, UAU)」之方法，針對 AIoT 影像識別技術相對於現有方法應用於建築安全監控，有關市場之接受度進行細部準則評分。

- 2.4 競爭力指標得分—可以參考文獻 (Mineraud et al., 2016; Hernández-Ramos et al., 2015) 之方法, 針對 AIoT 影像識別技術相對於現有方法應用於建築安全監控, 有關市場之競爭力評分項目進行細部準則評分。

三、有關「建置與維護營運成本」面向之細部評估準則

- 3.1 新建成本指標得分—可以依據 AIoT 影像識別技術應用於建築安全監控之感測、網路及系統主機等設備之新建成本, 相對於現有方法之設備成本差異, 進行新建成本細部準則評分。
- 3.2 更新成本指標得分—可以依據 AIoT 影像識別技術應用於建築安全監控之感測、網路及系統主機等設備之經濟壽年設備更新成本, 相對於現有方法之設備更新成本差異, 進行更新成本細部準則評分。
- 3.3 營運成本指標得分—可以依據 AIoT 影像識別技術應用於建築安全監控之所需要之軟體與人力經常性營運成本, 相對於現有方法之軟體與人力經常性營運成本差異, 進行營運成本細部準則評分。
- 3.4 維護成本指標得分—可以依據 AIoT 影像識別技術應用於建築安全監控之感測、網路及系統主機等設備之設備維護成本, 相對於現有方法之設備維護成本差異, 進行維護成本細部準則評分。

四、有關「社會隱性風險」面向之細部評估準則

- 4.1 個人隱私風險指標得分—可以參考文獻(Wilson et al., 2017; Wisdom et al., 2013; Chor et al., 2015) 之方法, 透過問卷調查及焦點團體訪談方法, 評估 AIoT 影像識別技術應用於建築安全監控之個案的利害關係人, 對於該技術侵犯個人隱私風險的感受度, 進行風險項目細部準則之評分。
- 4.2 資訊安全風險指標得分—可以參考文獻 (Wilson et al., 2017; Wisdom et al., 2013; Chor et al., 2015) 之方法, 透過問卷調查及焦點團體訪談方法, 評估 AIoT 影像識別技術應用於建築安全監控之個案的利害關係人, 對於該技術可能具有之資訊安全風險的感受度, 進行風險項目細部準則之評分。

3.3.3 「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」之 CAMITA 效益評估流程

為確保 CAMITA 評估模式之有效性，首先必須確認圖3-2中各分析項目與評估準則間之相互影響性。依據文獻(Ou Yang et al., 2008；周國村與袁建中，2014)之建議，當各分析項目與評估準則間之相互影響性極低(亦即準則項目間之關係相互獨立)時，應採用 AHP 層級架構分析法(Saaty, 1980)進行相關項目之相對重要性權重分析；反之，倘若評估架構各子項具有彼此相關性，則應採用網路層級分析法(ANP)(Saaty, 1996)進行項目之權重分析。而為了分析準則間之相關性，則可以應用「決策實驗室法(Decision Making and Trial Evaluation Laboratory, DEMATEL)」(Fontela and Gabus, 1974; Fontela and Gabus, 1976; Warfield, 1976)來進行項目因子間之相互影響性分析。

前述 CAMITA 方法之分析流程包含五個主要步驟：

- (1) 依據問題複雜度，或個案之特性，先以「應用決策實驗室分析法(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)」方法分解效益、機會(潛力)、成本、風險大項之細項分類，並評估各構面、項目及準則之相互影響力，以決定最終納入 CAMITA 成本效益分析之詳細架構。
- (2) 依據步驟(1)DEMATEL 之評估結果以及所得到之 CAMITA 評估架構，應用兩兩比較法(pairwise comparison)進行項目重要性相對權重分析；若不同構面、項目之子項間具有獨立性，則採用「層級架構分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)」進行各項目間之相對權重分析；否則，則採用「網路層級分析法(Analytic Network Process, ANP)」進行各項目間之相對權重分析。
- (3) 依據 AIoT 應用案例之個案資料，以量化或質性(次量化)方法，評估「效益提升(B)」、「發展潛力(O)」、「應用成本(C)」及「隱私與資安風險(R)」等構面下各項目之準則數據與得分，此處之評分方式可參考知識加值方法(House andl Bell, 2001; Yu et al., 2009)，比較導入創新技術前後之價值或成本差異。
- (4) 依據步驟(3)所得到之權重，加總計算效益項/機會(潛力)得分(B、O)，以及成本、風險項得分(C、R)；為了輔助使用者進行評估，本研究除提出標準評估尺規(Evaluation scale)作為不同對照方案之相對效益評估參考之外，也提出檢核表(Checklist)簡易評估方法，供決策者參考應用。
- (5) 帶入經濟決策分析指標計算，因為 CAMITA 之成本效益為方案相對價值(技術加值)

比較，故其淨現值指標為方案相對之價值(技術加值)，而非絕對之貨幣價值。因此，本研究仿照經濟決策分析之 NPV 定義一新決策指標：淨現值指標(NPVI) = (B+O)-(C+R)；另外，定義益本比為 BCR：(B+O)/(C+R)，並完成案例之成本效益指標數值分析。

與文獻中之智慧建築科技應用效益分析方法比較，本研究所提出之 CAMITA 成本效益評估方法具有以下幾項特點：

- (1) 涵蓋創新科技應用評估面向廣—本 CAMITA 評估架構參酌各項國內外文獻有關創新科技應用之評估面向，包括效益與市場潛力面向，亦包含成本與風險面向。
- (2) 兼顧量化與質性顯性與隱性指標面向—創新之智慧建築科技應用，通常因為尚未累積大量之成本效益數據，導致成本效益分析之困難；本 CAMITA 模式之評估項目包含了可量化之效益、成本等面向，以及不可量化之市場潛力與競爭力等質性面向，且除了上述顯性成本效益項目外，亦包含社會、資安與隱私等隱性評估項目；上述方法透過產業界實際應用 AIoT 影像感測器之專家進行專業評估，則可以衡量出現有分析模型中所無法掌握之技術發展潛力與社會]風險成本等隱性非量化之成本效益。
- (3) 採用多評準決策分析方法—本 CAMITA 方法之項目重要性評估，可依據問題特性採用 DEMATEL、AHP 或 ANP 方法進行各層級項目之重要性權重分析，可以整合量化與質性顯性與隱性指標之評估結果。
- (4) 最終分析結果較易與國際文獻報告相參照—本 CAMITA 方法最終評估結果為淨現值指標(NPVI)或益本比(BCR)，其數據除具有一般經濟決策分析方法之可參考性外，且可與國外相關研究成果進行比較。
- (5) CAMITA 所得到之 NPVI 與 BCR 與經濟決策分析之 NPV 及 BCR 的差異—值得注意的是，NPVI 所得到的是以評估尺規(Scale)為參考之效益衡量值，而非經濟決策分析之絕對貨幣現值；而 BCR 則是透過專家評估後之效益/成本比例估算值，則可與經濟決策分析之 BCR 互相比較。

第四章 模擬案例(一)：AIoT 影像感測器於建築工地安全監控之應用

根據第三章所規劃之成本效益分析模式與兩個模擬案例規劃，本章說明模擬案例(一)「AIoT 影像感測器於建築工地安全監控」之應用分析結果。

第一節 模擬案例(一)簡介

為說明 CAMITA 模式於「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」效益評估之模擬應用，本小節以「AIoT 影像識別技術於工地不安全情境監控」之施工安全監測應用為例，說明 CAMITA 模式之可行性。本應用案例以位於台中市西屯區某公共工程做為模擬案例之假想工地，本工地基地面積約 2.6 公頃，總樓地板面積為 58,016 m²。由於工區廣闊，若僅採用傳統人工巡查方式進行工地安全管制，不但耗費人力且容易產生安全死角，故該工程採用 AIoT 影像感測技術於工地安全管制。本模擬案例系統應用環境架構如圖 4.1 所示。本模擬案例考量之 AIoT 影像感測技術包括：

(1) 工地大門出入口之人員與車輛管制—人員進出透過臉部辨識技術，確認其身分與資格；車輛進出，則透過車牌辨識系統，進行門禁管制；人員、車輛之進出紀錄，皆紀錄於工務所之區域主機，若發覺有異常紀錄，則透過網路回報至公司總部管理中心。

(2) 個人防護設備(Personal Protection Equipment, PPE)自動辨識—工地共架設 8 具 PTZ 全方位攝影機，可涵蓋整個工區之工作面；另，PTZ 連接 AIoT 邊緣計算器，可於感測器設備端進行全方位掃描與即時辨識，若有個人 PPE 穿戴不合格者，立刻通知工地管理人員進行糾正，以防止安全事故發生。

(3) 建築施工面高處作業之邊緣與結構體內部開口之墜落風險自動監控—PTZ 攝影機對施工面之不安全情境進行 24 小時巡檢，約每 30 秒可對負責之工作面進行一次掃描動作；當辨識出不安全情境(e.g., 不安全之設施、未防護之開口等)時，立刻通知工地管理人員進行糾正，以防止安全事故發生。

(4) 移動式起重機吊裝作業區人員與物品管制—針對作業中之區域，包括移動式起重機運作範圍或工程車出入範圍之安全監測，本工地架設有移動式 AIoT 感測設備，如

圖 4.2 所示；當 AIoT 感測設備辨識出有人員進入監控範圍，立即透過揚聲器發出警鈴警告，並將此一訊息通知工地安全管理人員，以糾正不安全之狀態，避免意外發生。

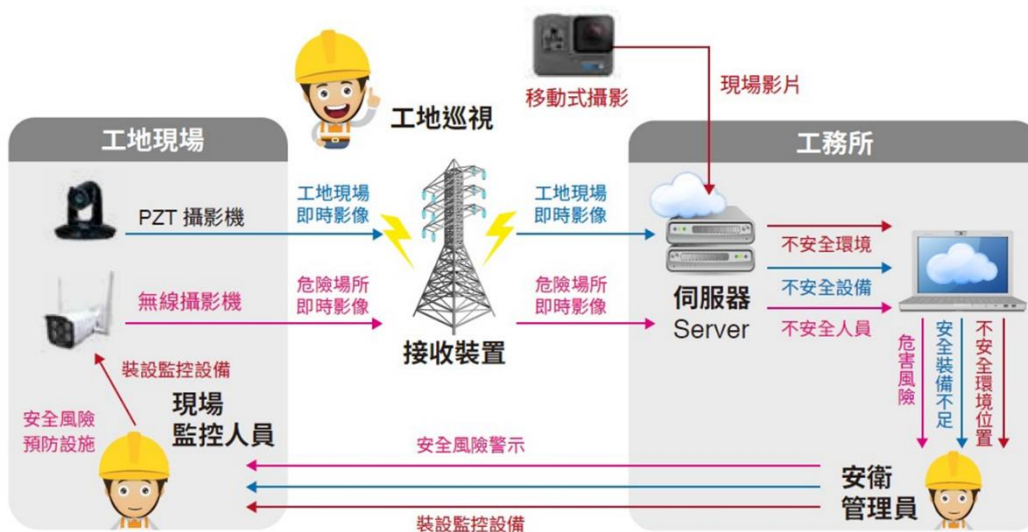


圖 4.1 模擬案例系統應用環境架構 (資料來源：林楨中等，2021)



圖 4.2 有移動式 AIoT 感測設備 (資料來源：盧力銘，2021)

第二節 模擬案例(一) CAMITA 成本效益分析

本節依據第三章 CAMITA 分析之五步驟，進行模擬案例(一)「AIoT 影像感測器於建築工地安全監控」成本效益分析。

4.2.1 訪談對象

根據 CAMITA 的分析步驟，本案例訪談及問卷共分為三個階段，包括第一階段的 DEMATEL 專家訪談暨問卷調查、第二階段的 ANP 專家訪談暨問卷調查及第三階段之評分問卷調查。為確保內容涵蓋不同專業領域之意見，本次邀請的專家其專業領域分別有業主代表、學術及研究單位專家及營建施工專家。第一階段的 DEMATEL 共訪談七位專家，相關領域如表 4.1 所示；第二階段的 ANP 除訪談第一階段七位專家外，並擴大邀請五位專家，共十二位專家；新增專家相關領域如表 4.2 所示。第三階段之評分問卷調查除第二階段十二位專家外，另邀請參與第二次專家座談會之業主代表填寫。實際回收問卷共十份，相關領域包括學術界、設計監造、施工及業主，人數統計如表 4.3 所示。

表 4.1 案例(一)DEMATEL 訪談專家名單

ID	服務單位	職務	姓名	年資	備註
001	大專院校	教師	蕭○○	20 年以上	工地職安研究專家
002	研究單位	研究員	林○○	20 年以上	工地職安研究專家
003	設計單位	技師	黃○○	20 年以上	建築師事務所現場監造
004	施工單位	工地主管	楊○○	20 年以上	案例實證工地主任
005	施工單位	職安專員	施○○	5~10 年	案例實證廠商職安主管
006	施工單位	工程師	李○○	11~15 年	案例實證技術勞工
007	政府單位	主管	陳○○	20 年以上	案例實證業主

(資料來源：本研究整理)

表 4.2 案例(一)ANP 訪談專家擴展名單

ID	服務單位	職務	姓名	年資	備註
008	政府單位	職安人員	林○○	1~5 年	案例實證業主職安中心
009	監造單位	專案經理	黃○○	20 年以上	營建專案管理專家
010	施工單位	工程師	張○○	20 年以上	案例實證工務主管
011	施工單位	職安主管	詹○○	1~5 年	案例實證工地職安主管
012	大專院校	教師	鄭○○	20 年以上	工地職安研究專家

(資料來源：本研究整理)

表 4.3 案例(一)評分問卷專家領域統計

Type	領域	人數	備註
A	學術	3	大專院校教師、公部門研究單位
B	設計監造	2	建築師事務所、PCM、顧問公司
C	施工	3	營建公司從業人員
D	業主	2	政府單位人員

(資料來源：本研究整理)

4.2.2 以 ANP 分解 BOCR 評估架構

模擬案例效益評估架構之擬定，依據圖 3.2—CAMITA 模式應用於「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」之評分架構，調整「AIoT 影像識別技術於工地不安全情境監控」之細項準則，共包含 4 個構面、9 個項目及 14 項評分準則，詳細內容如表 4.4 所示，評估架構如圖 4.3 所示；項目調整說明如下：

一、效率提升效益構面

「1.1 安全」項目，包含人員安全提升效益與環境安全提升效益二項；

「1.2 健康」及「1.3 節能」項目於工地安全監控並不適用，故予以剔除；

「1.4 管理」包含人力節省、速度提升及精確度提高等三項；

二、技術發展潛力構面

「2.1 實用性」、「2.2 可靠度」及「2.3 接受度」項目，其效益評估由實際案例參與者之訪談取得；

「2.4 市場競爭力」項目，目前因 AIoT 影像感測器未如 CCTV 普及，尚無法取得相關資訊，故予以移除。

三、建置維護成本

「3.1 新建」項目，包括感測設備、網路設備及主機等三項成本；

「3.2 更新」及「3.4 維護」項目，因一般工程之施工階段時程短於二年，在 AIoT 設備之正常使用年限內，無更新需求，故予以刪除。

「3.3 營運」項目，包括軟體及人力成本；

四、社會隱性風險構面

「4.1 隱私」及「4.2 資安」項目，可以設身處地方式加以模擬，以了解工地人員對於相關風險之感受度；

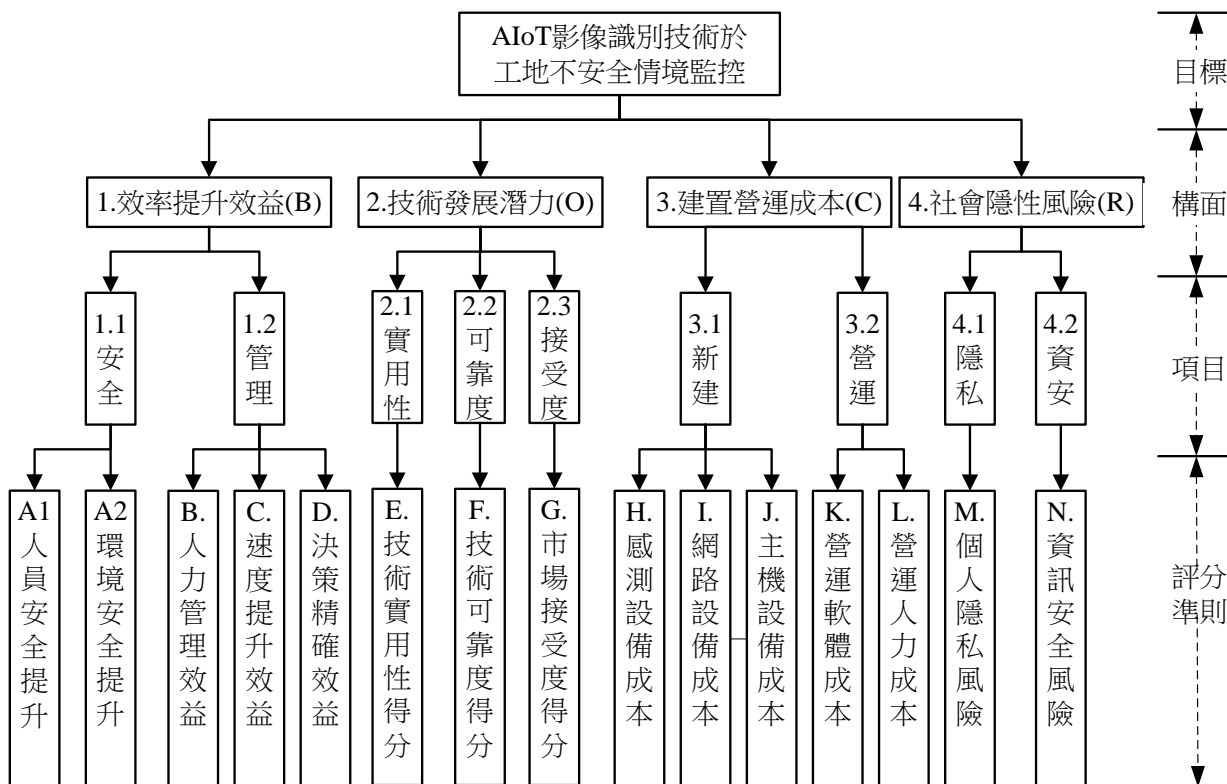


圖 4.3 CAMITA 模式應用於「AIoT 影像識別技術應用於施工安全」之評分架構
(資料來源：本研究繪製)

表 4.4 AIoT 影像識別技術於工地不安全情境監控細項準則說明

構面	項目	準則	說明
1. 效率提升效益 (B)	1.1 安全效益	A1. 人員安全提升	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於現場施工人員安全改善之效益評定。
		A2. 環境安全提升	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於施工現場及周圍環境安全改善之效益評定。
	1.2 管理效益	B. 人力管理效益	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於降低現場人力需求之效益評定。
		C. 速度提升效益	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於加快現場勞安管理決策速度之效益評定。
	D. 決策精確效益	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於提高現場決策精確度之效益評定。	
2. 技術發展	2.1 實用性	E. 技術實用性潛力	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV) 對於工地現場應用實用性之評定。
	2.2 可靠度	F. 技術可靠度潛力	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV) 在工地現場應用可靠度之評定。

潛力 (O)	2.3 接受度	G. 市場接受度潛力	營建產業對於影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>現場應用接受度</u> 之評定。
3. 建置 營運 成本 (C)	3.1 新建 成本	H. 感測設備成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加感測設備成本</u> 之影響程度評定。
		I. 網路設備成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加網路設備成本</u> 之影響程度評定。
		J. 主機設備成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加主機設備成本</u> 之影響程度評定。
	3.2 營運 成本	K. 營運軟體成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加營運軟體成本</u> 之影響程度評定。
		L. 營運人力成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加營運人力成本</u> 之影響程度評定。
4. 社會 隱性 風險 (R)	4.1 個人隱 私風險	M. 個人隱私風險	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加個人隱私風險</u> 之風險感受程度評定。
	4.2 資訊安 全風險	N. 資訊安全風險	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加資訊安全風險</u> 之風險感受程度評定。

(資料來源：本研究整理)

4.2.3 評分項目權重計算

仔細審查圖 4.3 之評估架構，可發現項目層級可能具有彼此影響之相關性(e.g., 成本與隱私風險可能影響市場接受度、決策精確度有可能影響技術之實用性等)，因此，本範例採用 DEMATEL 結合 ANP，取代 AHP 計算各項目層級之權重，再分配給各評分準則，其目的在決定不同構面間之下層項目或準則的彼此相依性。權重計算方法說明如下：

一、決策實驗室分析法(DEMATEL)

第一個階段 DEMATEL 之方法為分析出各構面或項目之間的互相影響性程度，首先為設計影響性尺規，本研究採 5 階尺規，包括：(0)為無影響，(1)為低影響，(2)為中度影響，(3)為高度影響，(4)為極高影響。

尺規決定後，第二步為建立基本矩陣，即將所有專家的相互影響性分數取平均值填入矩陣中。此次共訪談 7 位專家(相關領域詳表 4.1)，構面影響性平均統計結果如表 4.5 所示，項目影響性平均統計結果如表 4.6 所示。

表 4.5 案例(一)構面影響性統計結果

構面層級	1.效率提升 效益 (B)	2.技術發展 潛力 (O)	3.建置營運 成本 (C)	4.社會隱性 風險 (R)
1.效率提升效益 (B)	0.00	2.57	2.86	2.14
2.技術發展潛力 (O)	2.86	0.00	3.29	2.14
3.建置營運成本 (C)	3.00	2.71	0.00	2.00
4.社會隱性風險 (R)	1.57	1.86	1.71	0.00

(資料來源：本研究整理)

表 4.6 案例(一)項目影響性統計結果

項目層級	1.1 安全 指標	1.2 管理 指標	2.1 實用性 指標	2.2 可靠度 指標	2.3 接受度 指標	3.1 新建 成本	3.2 營運 成本	4.1 個人隱 私風險	4.2 資訊安 全風險
1.1 安全指標	0.00	3.14	3.00	2.86	2.57	2.43	2.29	1.57	2.14
1.2 管理指標效益	2.43	0.00	2.71	2.43	2.57	2.29	2.14	1.43	1.57
2.1 實用性指標	2.86	2.57	0.00	2.57	2.71	2.57	2.43	1.57	1.86
2.2 可靠度指標	3.29	3.00	3.00	0.00	2.71	2.86	2.43	1.86	1.86
2.3 接受度指標	2.43	2.57	2.86	2.86	0.00	2.86	2.71	2.00	2.14
3.1 新建成本	2.57	2.71	2.71	3.00	2.57	0.00	2.29	2.00	2.14
3.2 營運成本	2.86	2.71	2.57	2.71	2.43	2.57	0.00	1.86	2.14
4.1 個人隱私風險	1.43	1.57	1.57	1.57	2.14	1.86	1.86	0.00	2.14
4.2 資訊安全風險	1.86	2.00	2.00	1.86	2.00	2.29	2.00	2.00	0.00

(資料來源：本研究整理)

完成基本矩陣後，第三步為計算總關係矩陣，再由總關係矩陣行列加總計算主動影響值(D)與被動影響值(R)，項目影響性總關係矩陣如表 4.7 所示

表 4.7 案例(一)項目影響性總關係矩陣

總關係矩陣 T	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	D	R
1.1 安全效益	0.997	1.150	1.152	1.121	1.095	1.091	1.014	0.796	0.898	9.31	9.25
1.2 管理效益	0.996	0.912	1.033	0.999	0.992	0.982	0.912	0.714	0.791	8.331	9.457
2.1 實用性	1.082	1.093	0.991	1.075	1.066	1.062	0.987	0.771	0.859	8.984	9.526
2.2 可靠度	1.179	1.192	1.200	1.048	1.147	1.153	1.062	0.841	0.925	9.746	9.285
2.3 接受度	1.118	1.146	1.164	1.138	1.003	1.125	1.046	0.827	0.913	9.478	9.160
3.1 新建成本	1.102	1.130	1.138	1.122	1.092	0.984	1.011	0.811	0.896	9.287	9.171
3.2 營運成本	1.108	1.125	1.127	1.106	1.081	1.088	0.908	0.802	0.892	9.236	8.504
4.1 個人隱私	0.779	0.801	0.806	0.788	0.800	0.791	0.739	0.524	0.673	6.701	6.760
4.2 資訊安全	0.885	0.909	0.915	0.889	0.883	0.895	0.826	0.675	0.652	7.529	7.497
R	9.246	9.457	9.526	9.285	9.160	9.171	8.504	6.760	7.497		

(資料來源：本研究整理)

總關係矩陣完成後，為了減少低影響性的干擾，第四步為決定過濾閾值(Threshold)，本研究以靈敏度分析方法，分別計算閾值為 10%、20%及 30%之影響性矩陣，經第一次專家座談會決議，採用 20%作為閾值，其結果如表 4.8 所示。由表 4.8 可發現第四構面「社會隱性風險 (R)」的主動與被動影響性最低，其中又以個人隱私項目為最。

表 4.8 案例(一)20% 閾值影響性矩陣

Threshold = 20 %	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2
1.1 安全效益	0.997	1.150	1.152	1.121	1.095	1.091	1.014	-	0.898
1.2 管理效益	0.996	0.912	1.033	0.999	0.992	0.982	0.912	-	-
2.1 實用性	1.082	1.093	0.991	1.075	1.066	1.062	0.987	-	0.859
2.2 可靠度	1.179	1.192	1.200	1.048	1.147	1.153	1.062	0.841	0.925
2.3 接受度	1.118	1.146	1.164	1.138	1.003	1.125	1.046	0.827	0.913
3.1 新建成本	1.102	1.130	1.138	1.122	1.092	0.984	1.011	0.811	0.896
3.2 營運成本	1.108	1.125	1.127	1.106	1.081	1.088	0.908	-	0.892
4.1 個人隱私	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.2 資訊安全	0.885	0.909	0.915	0.889	0.883	0.895	0.826	-	-

(資料來源：本研究整理)

二、網路層級分析法(ANP)

AHP 為美國決策方法研究學者 Saaty 於 1970 年代所發展出來，四十餘年來已經廣泛應用於世界各國各類產業之決策分析。因 AHP 假設個項目間各自獨立，常不符現實狀態，因此發展出 ANP，而 AHP 為 ANP 之特例。完成 DEMATEL 相互影響性計算後，第二階段為透過 ANP 方法，以決定各項目及準則之重要性權重值。

應用 ANP 首先要建立評估尺規，用以表示相對重要性關係，本研究採用 Saaty 所建議之尺規：以(1)表同等重要；(3)表稍微傾向某一項目重要；(5) 表傾向某一項目頗重要；(7) 表傾向某一項目極重要；(9)表某一項目絕對重要。

擬定尺規後，第二步為建立超級矩陣，即將所有專家的兩兩比較之問卷資料進行初步權重分析，並計算其一致性(CR)。依據 Saaty 之建議，不一致比率(CR)值應小於 0.1，超過 0.1 應進行第二次評估直至低於 0.1 為止，此次共訪談包括 DEMATEL 訪談 7 位專家在內之 12 位專家(相關領域詳表 4.1 及 4.2)。

訪談初期(前四位專家訪談)，採現場直接計算不一致性方法，若大於 0.1 則請專家現場調整，直至符合標準為止。然而現場觀察專家在經過兩次以上調整後，有因訪談時間過長而需中斷之情形，為解決前述受訪者時間不足並保有其原始之喜好度判斷之問題，本研究採用 Yu (1995)與 Lin et al. (2008) 所提出了一種自我演化之 AHP 方法 (Adaptive AHP Approach, A³)來排除後續八位專家問卷不一致性問題。方法為不再進行現場計算，而是將計算結果不一致性過高之比對資料，重新對個別專家設計第二次問卷調查，若第二次仍不滿足標準，則採用原始資料進行 A³ 調整計算權重。完成所有專家之兩兩比對資料權重計算後即可建立完成個別專家之未權重化之超級矩陣。

未權重化之超級矩陣計算完成後，第三步為進行項目權重計算，先將超級矩陣權重化，再與 DEMATEL 之影響性矩陣進行各別元素相乘。所獲得之超級矩陣再以極限化方式進行權重計算，當極限化完成後，可獲得個別項目之權重。將所有專家之項目權重以平均方式計算作為個別項目之權重。各構面之權重則經由加總其下各項目之權重獲得，權重計算成果如表 4.9 所示。

表 4.9 案例(一)項目權重計算結果

構面	權重	項目	平均	標準差
1.效率提升效益 (B)	29.43%	1.1 安全指標	16.88%	5.88%
		1.2 管理指標	12.54%	6.24%
2.技術發展潛力 (O)	29.62%	2.1 實用性指標	10.80%	5.38%
		2.2 可靠度指標	11.62%	3.98%
		2.3 接受度指標	7.20%	3.28%
3.建置營運成本 (C)	27.97%	3.1 新建成本	14.94%	3.87%
		3.2 營運成本	13.03%	3.71%
4.社會隱性風險 (R)	12.99%	4.1 個人隱私風險	2.84%	2.46%
		4.2 資訊安全風險	10.15%	3.91%

(資料來源：本研究整理)

第四步驟為進行準則權重計算，首先驗證評分準則之重要性，以本研究採 5 階尺規，包括：0 不重要，1 低度重要，2 中度重要，高度重要，4 極高重要。12 位專家問卷統計結果如表 4.10 所示。表 4.10 中，各準則均大於 2(中度重要)，因此均予以保留。

確認準則項目後，最後為準則權重計算，依據各專家之準則兩兩比較進行權重分配比例計算，並以平均法計算銓重分配值，再將項目權重依比例分配至各評分準則，結果如表 4.11 所示。

表 4.10 案例(一)準則重要性統計結果

構面	項目	準則	平均	標準差
1.效率提升效益 (B)	1.1 安全指標	A1. 人員安全提升	3.42	0.51
		A2. 環境安全提升	3.33	0.49
	1.2 管理指標	B. 人力管理效益	2.67	0.65
		C. 速度提升效益	2.50	0.67
		D. 決策精確效益	3.00	0.60
2.技術發展潛力 (O)	2.1 實用性指標	E. 技術實用性潛力	3.17	0.83
	2.2 可靠度指標	F. 技術可靠度潛力	3.25	0.62
	2.3 接受度指標	G. 市場接受度潛力	3.00	0.74
3.建置營運成本 (C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	3.00	0.74
		I. 網路設備成本	2.50	1.09
		J. 主機設備成本	2.67	0.98
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	2.67	0.49
		L. 營運人力成本	2.50	0.67
4.社會隱性風險 (R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	2.58	1.24
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	2.83	0.83

(資料來源：本研究整理)

表 4.11 案例(一)準則權重分析結果

構面	項目	準則	權重
1.效率提升效益 (B)	1.1 安全指標	A1. 人員安全改善效益	12.19%
		A2. 環境安全改善效益	4.69%
	1.2 管理指標	B. 人力管理效益	2.72%
		C. 速度提升效益	3.38%
		D. 決策精確效益	6.45%
2.技術發展潛力 (O)	2.1 實用性指標	E. 技術實用性潛力	10.80%
	2.2 可靠度指標	F. 技術可靠度潛力	11.62%
	2.3 接受度指標	G. 市場接受度潛力	7.20%
3.建置營運成本 (C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	8.12%
		I. 網路設備成本	2.90%
		J. 主機設備成本	3.91%
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	6.70%
		L. 營運人力成本	6.33%
4.社會隱性風險 (R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	2.84%
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	10.15%

(資料來源：本研究整理)

4.2.4 模擬案例(一) 專家評分

完成評分準則權重後，為分析「AIoT 影像感測器」於建築施工中工地安全監控之應用效益，本研究提出兩個模擬情境方案進行以較：「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」，各準則情境說明如表 4.12 所示；對比方案為「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」，各準則情境說明如表 4.13 所示。

表 4.12 案例(一)「方案一：「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」」模擬情境

構面	項目	準則	說明
1. 效率提升效益(B)	1.1 安全	A1. 人員安全提升	電腦視覺自動 24 小時巡檢，無安全空窗與死角。
		A2. 環境安全提升	電腦視覺自動 24 小時巡檢，無安全空窗與死角。
	1.2 管理	B. 人力管理效益	一工地可配置 8~12 之攝影機，可取代人工巡檢之人力需求。
		C. 速度提升效益	即時辨識，每 30 秒掃描一次；判斷效率遠高於人工巡檢。
	D. 決策精確效益	已能達到 95% 以上，達到人眼辨識之正確率，但精確率不受疲勞影響。	
2. 技術發展潛力(O)	2.1 實用性	E. 技術實用性潛力	1.入口人臉與車輛辨識已達商業化； 2.工地不安全情境及工人不安全行為辨識已完成現場實驗性應用測試； 3.吊裝作業監控已完成現場實驗性應用測試。
	2.2 可靠度	F. 技術可靠度潛力	電腦辨識率極為穩定，部分商用系統已達 95% 以上精確率與召回率。
	2.3 接受度	G. 市場接受度潛力	人臉、車輛辨識部分已廣泛應用；不安全情境辨識與吊裝作業監控已有部分工地開始採用。
3. 建置營運成本(C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	採用全方位攝影機(PTZ)，約 15000 元/台；每個工地約 12~18 萬元。
		I. 網路設備成本	每個工地需要無線網路年租金約 2000 元。
		J. 主機設備成本	每個工地需要一台 GPU 伺服器(50000 元/台)
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	初期軟體開發費(約 25 萬)
L. 營運人力成本		基本上無需經常性人力費，但需有系統操作與數據更新訓練之人力費用。	
4. 社會隱性風險(R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	基本上僅進行人員進入工地後之工作流程監控，且人臉可經由模糊等處理方式降低曝光程度
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	所蒐集影像資料僅於該工地辨識使用或留存備查；資料後傳公司本部，可經由加密等相關方式進行保護。

(資料來源：本研究整理)

表 4.13 案例(一)「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」模擬情境

構面	項目	準則	說明
1. 效率提升效益 (B)	1.1 安全效益	A1. 人員安全提升	由人工監看發掘不安全情境，一般一個人同時監看 8~12 個螢幕；人員必須即時判斷人員安全風險。
		A2. 環境安全提升	由人工監看發掘不安全情境，一般一個人同時監看 8~12 個螢幕；人員必須即時判斷環境安全風險。
	1.2 管理效益	B. 人力管理效益	工地依法規配置職安管理人員，每個工地 2~3 名；另個別作業，並須設置作業主管，於施工過程全程監控。
		C. 速度提升效益	定時巡檢，無法達到非即時監看之功能。
		D. 決策精確效益	一般人員監看單一螢幕之辨識錯誤率約 5%；同時監看 8~12 台螢幕之錯誤率將大幅提升。
2. 技術發展潛力 (O)	2.1 實用性	E. 技術實用性潛力	為目前之產業標準，廣為大多數工地所採用。
	2.2 可靠度	F. 技術可靠度潛力	效率受人為情緒與生理影響；一般人員監看單一螢幕之辨識錯誤率約 5%；同時監看 8~12 台螢幕之錯誤率將大幅提升。
	2.3 接受度	G. 市場接受度潛力	為目前之產業標準，但受少子化影響，未來合格人力短缺問題將越來越嚴重。
3. 建置營運成本 (C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	採用 CCTV，約 2500 元/台；每個工地約 2~3 萬。另需 CCTV 管理主機一台約 1.5 萬元。
		I. 網路設備成本	需布設實體訊號線，無需網路，每個工地之安裝設備及人力費約 2~3 萬元。
		J. 主機設備成本	每個工地需要一台一般桌上型電腦+硬碟 (約 30000 元/台)
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	由廠商提供操作軟體，無需軟體開發費。
		L. 營運人力成本	巡檢監看人力成本約 32500 元/月，每個工地約需 2~3 名。
4. 社會隱性風險 (R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	基本上安全人員僅定時進行工地巡檢，多數時間無人員監看。
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	經由互聯網傳送至總公司，資料後傳公司本部，可經由加密等相關方式進行保護。

(資料來源：本研究整理)

情境研擬完成後，首先要擬定評分尺規，本研究參考美國專案管理學會 PMI 之專案管理知識體系(PMBOK)對於風險次量化評估尺規之訂定方式(Project Management Institute, 2008)，將效益評分量化評量尺規定義如表 4.14，包括：絕對差異(0.8 分)、極具差異(0.4 分)、明顯差異(0.2 分)、略有差異(0.1 分)及可以忽略(0 分)。

表 4.14 效益評分量化評量尺規

構面	0	0.1	0.2	0.4	0.8
效益(B)	可忽略	略具效益	明顯效益	極具效益	絕對效益
潛力(O)	可忽略	略具潛力	明顯潛力	極具潛力	絕對潛力
成本(C)	可忽略	略為增加	明顯增加	極為增加	絕對增加
風險(R)	可忽略	略為增加	明顯增加	極為增加	絕對增加

(資料來源：本研究整理)

本次效益評估共回收十份問卷，「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」之評分統計結果如表 4.15 所示；「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」統計結果如表 4.16 所示；兩個方案間之差異值如表 4.17 所示。由表 4.15 中之標準差資料中可知，專家對於「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」之人力管理效益與技術可靠度之看法有比較大之分歧；由表 4.16 中之標準差資料中可知，專家對於「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」之人力管理效益與技術可靠度同樣具有較大之意見差異，可見非方案差異而屬於專家領域與見解之不同。再由表 4.17 中之平均資料中可知，在效益與潛力構面中，「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」均較「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」為優；在成本與風險構面中，除網路設備成本及營運人力成本外，「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」亦較「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」為高。

表 4.15 案例(一)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」之效益問卷統計結果

構面	項目	準則	平均	標準差
1.效率提升 效益 (B)	1.1 安全指標	A1. 人員安全改善效益	0.56	0.207
		A2. 環境安全改善效益	0.44	0.207
	1.2 管理指標	B. 人力管理效益	0.45	0.264
		C. 速度提升效益	0.35	0.196
		D. 決策精確效益	0.36	0.184
2.技術發展 潛力 (O)	2.1 實用性指標	E. 技術實用性潛力	0.46	0.190
	2.2 可靠度指標	F. 技術可靠度潛力	0.46	0.250
	2.3 接受度指標	G. 市場接受度潛力	0.38	0.063
3.建置營運 成本 (C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	0.16	0.097
		I. 網路設備成本	0.07	0.125
		J. 主機設備成本	0.12	0.042
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	0.25	0.212
		L. 營運人力成本	0.11	0.057
4.社會隱性 風險 (R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	0.10	0.082
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	0.18	0.155

(資料來源：本研究整理)

表 4.16 案例(一)「方案二：CCTV+人工監看方案」之效益問卷統計結果

構面	項目	準則	平均	標準差
1.效率提升 效益 (B)	1.1 安全指標	A1. 人員安全改善效益	0.26	0.207
		A2. 環境安全改善效益	0.24	0.117
	1.2 管理指標	B. 人力管理效益	0.25	0.212
		C. 速度提升效益	0.24	0.232
		D. 決策精確效益	0.20	0.141
2.技術發展 潛力 (O)	2.1 實用性指標	E. 技術實用性潛力	0.24	0.151
	2.2 可靠度指標	F. 技術可靠度潛力	0.27	0.231
	2.3 接受度指標	G. 市場接受度潛力	0.28	0.230
3.建置營運 成本 (C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	0.10	0.047
		I. 網路設備成本	0.08	0.063
		J. 主機設備成本	0.07	0.067
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	0.08	0.123
		L. 營運人力成本	0.23	0.125
4.社會隱性 風險 (R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	0.09	0.074
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	0.09	0.057

(資料來源：本研究整理)

表 4.17 案例(一)不同方案效益差異(方案一減方案二)比較結果

構面	項目	準則	平均	標準差
1.效率提升 效益 (B)	1.1 安全指標	A1. 人員安全改善效益	0.30	0.189
		A2. 環境安全改善效益	0.20	0.245
	1.2 管理指標	B. 人力管理效益	0.20	0.371
		C. 速度提升效益	0.11	0.300
		D. 決策精確效益	0.16	0.241
2.技術發展 潛力 (O)	2.1 實用性指標	E. 技術實用性潛力	0.22	0.193
	2.2 可靠度指標	F. 技術可靠度潛力	0.19	0.300
	2.3 接受度指標	G. 市場接受度潛力	0.10	0.221
3.建置營運 成本 (C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	0.06	0.070
		I. 網路設備成本	-0.01	0.120
		J. 主機設備成本	0.05	0.053
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	0.17	0.245
		L. 營運人力成本	-0.12	0.140
4.社會隱性 風險 (R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	0.01	0.099
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	0.09	0.152

(資料來源：本研究整理)

4.2.5 模擬案例(一) 成本效益分析

完成三階段訪談及問卷調查後，CAMITA 分析第四步驟為得分計算。將「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」問卷統計結果(表 4-15)乘上準則權重分析結果(表 4-11)，可得到「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」之評估得分，如表 4.18 所示。相同的方法，將「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」問卷統計結果(表 4-16)乘上準則權重分析結果，可得到「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」之評估得分，如表 4.19 所示。最後加總計算效益項與機會得分(B+O)，以及成本與風險項得分(C+R)；「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」(B+O)為 26.67%，(C+R)為 6.45%。「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」(B+O)為 14.82%，(C+R)為 4.48%。

效益分析採用指標計算，將不同方案之得分結果帶入經濟決策分析指標計算，包括「淨現值指標(NPVI) = (B+O)-(C+R)」及「益本比(BCR = (B+O)/(C+R))」。本案例之「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」NPVI 為 20.21%，BCR 為 5.1。「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」NPVI 為 10.34%，BCR 為 4.43。

由前述效益分析結果來看，不論由淨現值指標(NPVI)或成本效益指標(BCR)之分析結果，皆為「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」優於 CCTV 方案，顯示在建築施工中「工地不安全情境監控」應用情境下，若以「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」—AIoT 影像識別技術於工地安全監控，取代傳統之 CCTV 方案—(CCTV+人工安全監看與巡檢方案，屬於可行之創新技術方案，故值得建築專案業主與施工廠商採用。

表 4.18 案例(一)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」效益分析結果

構面	權重	項目	權重	準則	平均
1.效率提升 效益 (B)	13.62%	1.1 安全效益	8.89%	A1. 人員安全改善	6.83%
				A2. 環境安全改善	2.06%
		1.2 管理效益	4.73%	B. 人力管理效益	1.22%
				C. 速度提升效益	1.18%
				D. 決策精確效益	2.32%
2.技術發展 潛力 (O)	13.05%	2.1 實用性指標	4.97%	E. 技術實用性潛力	4.97%
		2.2 可靠度指標	5.34%	F. 技術可靠度潛力	5.34%
		2.3 接受度指標	2.74%	G. 市場接受度潛力	2.74%
3.建置營運 成本 (C)	4.34%	3.1 新建成本	1.97%	H. 感測設備成本	1.30%
				I. 網路設備成本	0.20%
				J. 主機設備成本	0.47%
		3.2 營運成本	2.37%	K. 營運軟體成本	1.67%
				L. 營運人力成本	0.70%
4.社會隱性 風險 (R)	2.11%	4.1 個人隱私	0.28%	M. 個人隱私風險	0.28%
		4.2 資訊安全	1.83%	N. 資訊安全風險	1.83%

(資料來源：本研究整理)

表 4.19 案例(一)「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」效益分析結果

構面	權重	項目	權重	準則	平均
1.效率提升 效益 (B)	7.08%	1.1 安全效益	4.30%	A1. 人員安全改善	3.17%
				A2. 環境安全改善	1.13%
		1.2 管理效益	2.78%	B. 人力管理效益	0.68%
				C. 速度提升效益	0.81%
				D. 決策精確效益	1.29%
2.技術發展 潛力 (O)	7.74%	2.1 實用性指標	2.59%	E. 技術實用性潛力	2.59%
		2.2 可靠度指標	3.14%	F. 技術可靠度潛力	3.14%
		2.3 接受度指標	2.02%	G. 市場接受度潛力	2.02%
3.建置營運 成本 (C)	3.31%	3.1 新建成本	1.32%	H. 感測設備成本	0.81%
				I. 網路設備成本	0.23%
				J. 主機設備成本	0.27%
		3.2 營運成本	1.99%	K. 營運軟體成本	0.54%
				L. 營運人力成本	1.46%
4.社會隱性 風險 (R)	1.17%	4.1 個人隱私	0.26%	M. 個人隱私風險	0.26%
		4.2 資訊安全	0.91%	N. 資訊安全風險	0.91%

(資料來源：本研究整理)

表 4.20 案例(一)「方案一」與「方案二」效益分析結果

計算項目	方案一	方案二	方案一 vs. 方案二
B	13.62%	7.08%	6.54%
O	13.05%	7.74%	5.30%
C	4.34%	3.31%	1.03%
R	2.11%	1.17%	0.94%
B+O	26.67%	14.82%	11.85%
C+R	6.45%	4.48%	1.97%
淨現值指標(NPVI)	20.21%	10.34%	9.87%
益本比(BCR)	5.10	4.23	1.21
結論	NPVI > 0 方案具可行性，BCR > 1.0 方案具成本效益		

AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究

(資料來源：本研究整理)

第三節 模擬案例(一)簡易檢核表成本效益分析模式

第 4.2 節之成本效益分析方法，需要依據不同情境由專家參考評分尺規進行分析，不但專家主觀意見可能影響評分結果，且不利於大量案例之評比。本節參考過去內政部建築研究所有關智慧建築效益評估相關研究所建議之方法(溫琇玲與游璧菁, 2019；張效通等人, 2020)，對不同評分準則擬定簡易可操作之評估檢核表，以快速計算各分項得分，並進行評估方案之成本效益。

4.3.1 效率提升效益(B) 檢核表評估方法

效益構面共有兩個項目共九項評分準則，評估檢核表及範例說明如下：

一、安全效益：

A1. 人員安全改善效益準則—首先擬定施工智慧化評估標準檢核表，例如，將檢核項目分為偵知、顯示及連動三大主項，在細分為目標，最後以實際採用之項目數量與總目標數量之比值作為本準則之得分。以表 4.20 為例，擬定之 10 個目標中共 6 項實際應用，因此，可得到本準則得分為 0.75 (極具效益)。

表 4.20 案例(一)人員安全改善效益檢核表評分範例

偵知	顯示	連動
<input checked="" type="checkbox"/> 個人安全裝備辨識	<input checked="" type="checkbox"/> 工務所警示訊息	<input checked="" type="checkbox"/> 現場警示音
<input checked="" type="checkbox"/> 危險區域管控	<input type="checkbox"/> 簡訊/APP 訊息通知	<input type="checkbox"/> 現場廣播設備
<input checked="" type="checkbox"/> 開口防墜安全設施狀態管控		
<input checked="" type="checkbox"/> 人員出入通行辨識		
總評分項目 8, 總得分項目 = 6 單項準則得分 = $6 / 8 = 0.75$		

(資料來源：本研究整理)

A2. 環境安全改善效益準則—與人員安全改善效益準則相同，首先擬定施工智慧化評估標準檢核表(包括偵知、顯示及連動)，並細分為目標，最後以實際採用之項目數

量與總目標數量之比值作為本準則之得分。以表 4.21 為例，7 個目標中共 4 項實際應用，因此，可得到本準則得分為 0.57 (極具效益)。

表 4.21 案例(一)環境安全改善效益檢核表評分範例

偵知	顯示	連動
<input checked="" type="checkbox"/> 工區電子安全圍籬	<input checked="" type="checkbox"/> 工務所警示訊息	<input checked="" type="checkbox"/> 現場警示音
<input checked="" type="checkbox"/> 實體圍籬安全狀態	<input type="checkbox"/> 簡訊/APP 訊息通知	<input type="checkbox"/> 現場廣播設備
<input type="checkbox"/> 周圍非施工人員聚集管制		
總評分項目 = 7 總得分項目 = 4 單項準則得分 = 4 / 7 = 0.57		

(資料來源：本研究整理)

二、管理效益：

B. 人力管理效益準則—管理效益與安全效益不同，人力管理效益較難以簡單項目摺選進行智慧化評估，但可對相關應用人員進行詢問。例如，詢問專案經理、工地主管及協力廠商領班等人，應由公正第三方隨機派員抽問，並依據其回應經尺規轉換為評分，以平均方式作為本準則之得分。以表 4.22 為例，訪談三位工地人員，總分為 2.4，得分總計為 0.7。因此，可得到本準則得分為 0.21 (明顯具效益)。

表 4.22 案例(一)人力管理效益評分範例

尺規	0	0.1	0.2	0.4	0.8
對象	可忽略	略有幫助	明顯有幫助	極有幫助	絕對有幫助
專案經理		V			
職安衛主管				V	
協力廠商領班	V				
總評分人數 = 3, 總分 = 2.4 總得分 = 0.1 + 0.4 + 0 = 0.5 單項準則得分 = 0.5 / 2.4 = 0.21 備註：本項應由第三方派員隨機抽樣訪談。					

(資料來源：本研究整理)

C. 決策速度提升效益準則—與人力管理效益準則相同，對相關應用人員進行詢問。例如，詢問專案經理、工地職安主管及工地主管等人，應由公正第三方隨機派員抽問，並依據其回應經尺規轉換為評分，以平均方式作為本準則之得分。以表 4.23 為例，訪談三位工地人員，總分為 2.4，得分總計為 1.0。因此，可得到本準則得分為 0.42 (極具效益)。

D. 決策精確度提升效益準則—與人力管理效益準則相同，對相關應用人員進行詢問。例如，詢問專案經理、工地安全主管及工地主管等人，應由公正第三方隨機派員抽問，並依據其回應經尺規轉換為評分，以平均方式作為本準則之得分。以表 4.24 為例，訪談三位工地人員，總分為 2.4，得分總計為 1.0。因此，可得到本準則得分為 0.42 (極具效益)。

表 4.23 決策速度提升效益評分範例

尺規	0	0.1	0.2	0.4	0.8
對象	可忽略	略有幫助	明顯有幫助	極有幫助	絕對有幫助
專案經理			V		
職安衛主管				V	
工地主任				V	
總評分人數 = 3, 總分 = 2.4 總得分 = 0.2 + 0.2 + 0.4 = 1.0 單項準則得分 = 0.5 / 2.4 = 0.42 備註：本項應由第三方派員隨機抽樣訪談。					

(資料來源：本研究整理)

表 4.24 決策精確度提升效益評分範例

尺規	0	0.1	0.2	0.4	0.8
對象	可忽略	略有幫助	明顯有幫助	極有幫助	絕對有幫助
專案經理			V		

職安衛主管				V	
工地主任				V	
總評分人數 = 3, 總分 = 2.4 總得分 = 0.2 + 0.2 + 0.4 = 1.0 單項準則得分 = 0.5 / 2.4 = 0.42 備註：本項應由第三方派員隨機抽樣訪談。					

(資料來源：本研究整理)

4.3.2 技術發展潛力(O)檢核表評估方法

技術發展潛力構面共有三個項目無細項評分準則，三個項目均難以量化方式給定評分，因此採用與效益構面中之管理指標評估方式相同。由公正第三方隨機派員詢問業主或其代理人(PCM、監造)派駐至工地之主管，例如，詢問專案經理，並依據其回應經尺規轉換為評分，作為各項目之得分。以表 4.25 為例，專案經理明顯接受 AIoT 影像感測器自動識別方案；對可靠度極為滿意；但對實際採用此方案取代傳統方案則僅略為接受。因此實用度準則為 0.2 分；可靠度準則為 0.4 分；接受度準則為 0.1 分。

表 4.25 技術發展潛力評分範例

尺規	0	0.1	0.2	0.4	0.8
項目	可忽略	略為認同	明顯認同	極為認同	絕對認同
E.實用度			V		
F.可靠度				V	
G.接受度		V			
備註：本項應由第三方派員訪談業主(或其代表)派駐工地之主管。					

(資料來源：本研究整理)

4.3.3 建置營運成本(C)檢核表評估方法

成本變化最佳比較方法莫過於與預算進行比對，本構面之兩個項目均以此方式進行評估。

一、新建(安裝)成本影響評估：

新建(安裝)成本共有三項評分準則，包括感測設備成本、網路佈線成本及辨識主機成本；首先就合約預算中相關安全項目所編列之預算進行統計，在依據廠商報價(或實際發包價格)進行比較。若增加比小於 1 則可忽略，評分為 0；1 至 2 倍為略為增加，評分為 0.1；2 至 4 倍為明顯增加，評分為 0.2；4 至 8 倍為極為增加，評分為 0.4；大於 8 倍為絕對增加，評分為 0.8。以表 4.27 為例，原安全預算為「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」，感測設備為 10 萬，網路佈線為 2 萬，監控主機為 3 萬。廠商對採用 AIoT 感測器自動識別方案報價為感測設備 25 萬，網路佈線為 10 萬，辨識主機為 5 萬。經由價格比較可得感測設備為 10 萬，網路佈線為 2 萬，監控主機為 3 萬。廠商對採用 AIoT 感測器自動識別方案報價為感測設備 2.5 倍，評分為 0.2(明顯增加)；網路佈線為 5.0 倍，評分為 0.4(極為增加)；辨識主機為 1.67 倍，評分為 0.1(略為增加)。

表 4.27 新建(安裝)成本影響檢核表評分範例

尺規	0	0.1	0.2	0.4	0.8
項目	可忽略	略為增加	明顯增加	極為增加	絕對增加
倍率	1 倍以內	1-2 倍	2-4 倍	4-8 倍	8 倍以上
H.感測設備			V		
I.網路佈線				V	
J.辨識主機		V			
感測設備：預算(CCTV)為 10 萬，AIoT 方案報價為 25 萬， $25/10=2.5 \Rightarrow 0.2$ 分 網路佈線：預算(CCTV)為 2 萬，AIoT 方案報價為 10 萬， $10/2=5.0 \Rightarrow 0.4$ 分 辨識主機：預算(CCTV)為 3 萬，AIoT 方案報價為 5 萬， $5/3=1.67 \Rightarrow 0.1$ 分					

(資料來源：本研究整理)

二、營運成本影響評估：

K. 軟體開發維護成本準則—由於傳統「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」無而外軟體費用，本項與預算中安全項目所編列之預算總合進行比較若增加小於 10% 則可忽略，評分為 0；10% 至 20% 為略為增加，評分為 0.1；20% 至 40% 為明顯增加，評分為 0.2；40%至 80% 為極為增加，評分為 0.4；大於 80% 為絕對增加，評分為 0.8。

L. 應用人力成本準則—由於 AIoT 感測器自動識別方案有可能節省人力費用，本項與預算中安全項目所編列之預算總合進行比較若增加或漸少 10% 內則可忽略，評分為 0；10% 至 20% 為略為增加，評分為 0.1；20% 至 40% 為明顯增加，評分為 0.2；40%至 80% 為極為增加，評分為 0.4；大於 80% 為絕對增加，評分為 0.8。-10% 至-20% 為略為漸少，評分為-0.1；-20% 至-40% 為明顯漸少，評分為-0.2；-40%至-80% 為極為漸少，評分為-0.4；大於-80% 為絕對漸少，評分為-0.8。

以表 4.28 為例，原安全預算為「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」，總預算 250 萬，其中 150 萬為人員費用；AIoT 感測器自動識別方案軟體開發報價為 40 萬，倍率為 16%，軟體開發維護準則評分為 0.1 分(略為增加)。預估 AIoT 感測器自動識別方案人力費用為 130 萬，較原方案低 13%，應用人力成本準則評分為-0.1 分。

表 4.28 營運成本影響檢核表評分範例

尺規	0	0.1	0.2	0.4	0.8
項目	可忽略	略為增加	明顯增加	極為增加	絕對增加
倍率	0-10%	10%-20%	20%-40%	40%-80%	80%以上
K.軟體開發維護			V		
L.應用人力成本增加					
尺規	0	-0.1	-0.2	-0.4	-0.8
項目	可忽略	略為減少	明顯減少	極為減少	絕對減少
L.應用人力成本減少		V			
軟體開發維護：安全總預算(CCTV)為 250 萬，AIoT 方案軟體開發方案報價為 40 萬， $40/250=16\% \Rightarrow 0.1$ 分 應用人力成本：安全預算人員部分(CCTV)為 150 萬，AIoT 方案預估人力費用為 130 萬， $(130-150)/150 = -13\% \Rightarrow -0.1$ 分					

(資料來源：本研究整理)

4.3.4 社會隱性風險(R)檢核表評估方法

風險構面共有二個項目無細項評分準則，兩個項目均難以量化方式給定目標，因此採用與成本構面相同評估方式，但由預算比改為工作時間比。

M.個人隱私風險準則—本項準則為採用 AIoT 感測器自動識別方案時，個人資訊被他人觀測之時間比例，以工作時間 8 小時為基準。若被觀測時間比少於 10% 則可忽略，評分為 0；10% 至 20% 為略有風險，評分為 0.1；20% 至 40% 明顯有風險，評分為 0.2；40% 至 80% 為極有風險，評分為 0.4；大於 80% 為絕對風險，評分為 0.8。

M.資訊安全風險準則—本項準則為採用 AIoT 感測器自動識別方案時，系統聯網時間比例，以工作時間 8 小時為基準。若連網時間比少於 10% 則可忽略，評分為 0；10% 至 20% 為略有風險，評分為 0.1；20% 至 40% 明顯有風險，評分為 0.2；40% 至 80% 為極有風險，評分為 0.4；大於 80% 為絕對風險，評分為 0.8。

以表 4.29 為例，AIoT 感測器自動識別方案預計個人影像被觀測時間為 0.5 小時，倍率為 6%，個人隱私風險為 0 分(可忽略)。預估聯網時間為 2 小時倍率為 25%，資訊安全風險為 0.2 分(明顯風險)。

表 4.29 風險構面影響檢核表評分範例

尺規	0	0.1	0.2	0.4	0.8
項目	可忽略	略有風險	明顯風險	極有風險	絕對風險
倍率	0-10%	10%-20%	20%-40%	40%-80%	80%以上
M.個人隱私風險	V				
N.資訊安全風險			V		
個人隱私風險：被觀測時間 0.5 小時， $0.5/8 = 6\% \Rightarrow 0$ 分 資訊安全風險：聯網時間 2.0 小時 $2/8 = 25\% \Rightarrow 0.2$ 分					

(資料來源：本研究整理)

4.3.5 效益評分結果

將所有準則之評分(如表 4.30 所示)乘上準則權重分析結果(表 4-11)，可得到 AIoT 感測器自動識別方案之評估得分，如表 4.31 所示。最後加總計算效益項與機會得分(B+O)為 24.42%，以及成本與風險項得分(C+R)為 5.25%。

效益分析採用指標計算，將方案之得分結果帶入經濟決策分析指標計算，包括「淨現值指標(NPVI) = (B+O)-(C+R)」及「益本比(BCR) = (B+O)/(C+R)」。本案例之「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」NPVI 為 19.27%，BCR 為 4.65。相對於第 4.2.4 CAMITA 成本效益分析之結果(NPVI=20.21%，BCR 為 5.1)，兩者雖有差異，但評估結果類似。

由前述效益分析結果來看，不論由淨現值指標(NPVI)或成本效益指標(BCR)之分析結果，皆為 AIoT 感測器自動識別方案優於「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」。分析結果為若採用本方案則該工地符合建築施工建築智慧。

表 4.30 以檢核表進行模擬案例(一)「方案一」之 CAMITA 效益評估指標試算結果

構面	項目	準則	評分
1.效率提升 效益 (B)	1.1 安全指標	A1. 人員安全改善效益	0.75
		A2. 環境安全改善效益	0.57
	1.2 管理指標	B. 人力管理效益	0.24
		C. 速度提升效益	0.42
		D. 決策精確效益	0.42
2.技術發展 潛力 (O)	2.1 實用性指標	E. 技術實用性潛力	0.20
	2.2 可靠度指標	F. 技術可靠度潛力	0.40
	2.3 接受度指標	G. 市場接受度潛力	0.10
3.建置營運 成本 (C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	0.20
		I. 網路設備成本	0.40
		J. 主機設備成本	0.10
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	0.1
		L. 營運人力成本	-0.1
4.社會隱性 風險 (R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	0.00
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	0.20

(資料來源：本研究整理)

表 4.31 以檢核表進行模擬案例(二)「方案一」之 BOCR 效益評估指標試算結果

構面	項目	準則	得分	BOCR
1.效率提升 效益 (B)	1.1 安全指標	A1. 人員安全改善效益	9.49%	16.72%
		A2. 環境安全改善效益	2.41%	
	1.2 管理指標	B. 人力管理效益	0.60%	
		C. 速度提升效益	1.68%	
		D. 決策精確效益	2.54%	
2.技術發展 潛力 (O)	2.1 實用性指標	E. 技術實用性潛力	2.18%	7.70%
	2.2 可靠度指標	F. 技術可靠度潛力	4.87%	
	2.3 接受度指標	G. 市場接受度潛力	0.66%	
3.建置營運 成本 (C)	3.1 新建成本	H. 感測設備成本	1.58%	3.22%
		I. 網路設備成本	1.16%	
		J. 主機設備成本	0.41%	
	3.2 營運成本	K. 營運軟體成本	0.68%	
		L. 營運人力成本	-0.62%	
4.社會隱性 風險 (R)	4.1 個人隱私風險	M. 個人隱私風險	0.00%	2.03%
	4.2 資訊安全風險	N. 資訊安全風險	2.03%	

(資料來源：本研究整理)

第四節 模擬案例案例(一)專家意見彙整

案例(一)於第一階段 DEMATEL 訪談七位專家，第二階段 ANP 新訪談五位專家，除前述十二位專家外，二次專家座談會共計七位不同專家給予相關意見，本節重點彙整相關意見。

4.4.1 針對 AIoT 影像感測器應用於工地安全監控之議題優先順序

本研究對十二位參與案例(一)ANP 訪談之專家，詢問其對於四大構面所關心之議題順序，以 1 至 4 紀錄，如表 4.32 所示。由表 4.32 可知，專家最關心之議題為效益，占所有專家的 83%；最不重視的議題為風險，占所有專家的 67%；可見對議題的關注度一致性頗高。排序第二的是成本，其次是機會(發展潛力)，兩者相差不大。

表 4.32 案例(一)專家針對 AIoT 影像感測器應用之議題優先順序統計表

構面	Rank	Avg.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
效益	1	1.17	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
機會	3	2.92	4	3	3	2	1	3	4	2	4	3	4	2
成本	2	2.58	3	2	1	3	3	2	3	3	3	2	3	3
風險	4	3.33	2	4	4	4	4	4	2	4	2	4	2	4

4.4.2 期望 AIoT 影像感測器能達成之效益

本研究對十二位參與案例(一)ANP 訪談之專家，詢問其對於 AIoT 影像感測器最希望能達成什麼效益，重點彙整如下：

- 一、現場有違反工地要求或規定時，能即刻將訊息傳遞給相關人員。
- 二、希望能從工地安全進一步擴大到整個企業與社區安全領域之監控，包括對企業營運的安全監控、公共安全的監控，甚至與整個保全的安全監控整合。
- 三、對於工地機具設備運作時對現場人員的高風險區域之監控，甚至品質、工期等的管理都能運用。
- 四、希望能將終端處理設備與監測設備整合，當下立即發出判別警報。

- 五、希望能提昇工作安全性，例如開口防墜及吊裝能更安全。
- 六、希望建置成本能更經濟實惠，在建置或移動設備上，能夠減少錯誤或移動成本。
- 七、希望能減少人力成本、降低人為判斷失誤。
- 八、希望能透過系統確認改正後行為是否解除危險狀況，以降低人力管理之窘境。
- 九、希望相關缺失紀錄能以條件篩選後產製出報表或有統計之功能。
- 十、能對於人身安全疑慮能發揮預警之功能，有效達到降低或避免之效益。
- 十一、能確實達到監控安全，預防意外事故之發生。
- 十二、能對人員、車輛進出管制。

4.4.3 AIoT 影像感測器應用可能之限制或困難

本研究對十二位參與案例(一)ANP 訪談之專家，詢問其對於 AIoT 影像感測器應用上可能發生之限制或困難，重點彙整如下：

- 一、是否有能力隨時掌握工地全面之狀態？
- 二、透過無線網路傳輸資訊時可能受限於頻寬，而有延遲或資料遺失的問題。
- 三、有工人隱私保護疑慮及施工現場設備容易缺失。
- 四、高空作業監測、造型鋼構建物無法做到 100% 零死角監測。
- 五、價格上仍然太昂貴，不太容易普及。
- 六、在施工環境建置上，因工地環境動態變化，導致建置前及維護管理不易處理。
- 七、目前現有之系統介面還不夠友善。
- 八、施工人員反應：不想被監控。
- 九、初期投入成本及使用階段維護成本未能完全透明化，令廠商舉足不前。
- 十、建置後系統開放程度及設備維護，仍需人為管理，一般工地無專業人員辦理。
- 十一、建置成本、範圍受限及逆光或光線不足造成影像來源解析度問題。
- 十二、辨識學習時間及判斷準確率仍待加強。

十三、感測器設備、儀器之使用或辨識能力仍待提昇，建置成本亦尚無法滿足大量使用之條件，應用上尚待突破。

十四、必須能在產生危害前產生警報，方能阻止危害發生，目前系統之連動性仍需改進。

十五、現場施工人員自我安全意識很重要，設備再好，也無法達到預期效果。

4.4.4 座談會意見彙整

本研究共舉辦二次專家座談會，討論並審查階段性研究成果，會中專家給予之意見，重點彙整如下：

一、對業主而言，設備新建(安裝)的成本其實不是太重要，只要東西符合效益就都願意去做，新建成本不是最重要之考量。

二、政府單位要考慮採購法之規範，對於新技術通常比較卻步的，例如有沒有限制競爭；其一，是價錢要能夠透明，行情是可估算、公認的；其二，是這項技術希望能夠至少有三家來做，以滿足審計單位之要求。

三、工地最好出入口都要有非常好的保護，工地環境的保全能夠列為其中一個重要之應用指標，對工地安全其實會有非常大的提升。

四、建築工程施工過程，最重要是在地下室開挖階段，系統若只能監測地面起吊點範圍，功用應該可以再擴大。

五、施工架搭好後去監測是不是已經遭到破壞，是建築案比較需要的功能。

六、系統若能融合保全與感測器，將它們整合在一起，使用上會比較方便。

七、營建施工因為工人越來越少，在工程執行上就會受到很大的影響，尤其是「施工中的人員安全效益」，非常適合政府部門推動。

八、在工地管理上，除非是 24 小時都在施工，效益評量時應以 8 小時基準為佳。

九、對於統計分析資料離群值是否排除，可嘗試計算是否有很大差異再做決定。

第五節 小結

本模擬案例為「AIoT 影像感測器於建築工地安全監控」之應用情境，考量之 AIoT 影像感測技術包括：(1) 工地大門出入口之人員與車輛管制；(2) 個人防護設備(Personal Protection Equipment, PPE)自動辨識；(3) 建築施工面高處作業之邊緣與結構體內部開口之墜落風險自動監控；(4) 移動式起重機吊裝作業區人員與物品管制。並依據 CAMITA 評分架構，建立「AIoT 影像識別技術於工地不安全情境監控」之細項準則，共包含 4 個構面、9 個項目及 15 項評分準則。再依照 CAMITA 之分析步驟，邀請不同領域專家分別進行了 DEMATEL、ANP、評分等 3 階段的專家訪談暨問卷調查。

從 7 位專家的 DEMATEL 分析結果可觀察到 4 大構面中「技術發展潛力 (O)」、「效益提升效率(B)」及「營運建置成本 (C)」之主動影響性較高，「社會隱性風險 (R)」之被動影響性較高。經靈敏度分析後，由專家座談會決議採用 20% 作為閾值作為影響性矩陣。

由 12 位專家的 ANP 統計分析結果，權重最高的項目為「效率提升效益」中的「1.1 安全指標」佔 16.88%；第二及第三為「建置營運成本」中的「3.1 新建成本」佔 14.94% 及 3.2「營運成本」佔 13.03%。準則部分則有 4 項 >10%，包括：A1. 人員安全改善效益佔 12.19%；F. 技術可靠度潛力 11.62%；E. 技術實用性潛力 10.80% 及 N. 資訊安全風險 10.15%。

第三階段效益評分以兩個方案(AIoT 與 CCTV)進行比較，共回收十份有效問卷，經統計分析後，「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」的 NPVI 與 BCR 分別為 20.21% 與 5.10，「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」的 NPVI 與 BCR 分別為 10.34% 與 4.43。不論由淨現值指標(NPVI)或成本效益指標(BCR)之分析結果，皆為「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」優於「方案二：傳統 CCTV 方案+人工監看方案」，顯示在建築施工中「工地不安全情境監控」應用情境下，若以「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」—AIoT 影像識別技術於工地不安全情境監控，取代傳統之 CCTV+人工監看方案—(CCTV+人工職安巡檢方案，屬於可行之創新技術方案，故值得營造業者採用。除了 CAMITA 的效益評分模式，在本案例也設計了簡易型應用效益分析的模式，以簡易之表單、第三方訪談、預算比及應用時間等方法進行評分方式展示。

除量化之效益分析外，彙整訪談及座談會過程中專家們之意見，包括四大構面關心議題之順序；希望 AIoT 影像感測器能達成之效益；AIoT 影像感測器應用之限制或困難及其他意見。

不論從問卷分析過程、訪談內容及座談會議建中，均可觀察到不同領域之專家想法都會有不一樣的見解，甚至南轅北轍之情況發生。然而對導影像識別技術於工地不安全情境監控均有高度共識，未來應順應資訊科技軟體科技之進步，逐步導入營建產業中，同時可藉由本次效益評估之方法，擬定建築施工中智慧化程度指標，讓智慧建築評估方式更涵蓋建築物之全生命週期。

第五章 模擬案例(二)：AIoT 影像感測器於社區安全管理之應用

根據第三章所規劃之分析架構與兩個模擬案例規劃，本章說明模擬案例(二)「AIoT 影像識別技術於社區安全管理」應用情境之效益分析結果。

第一節 模擬案例(二)簡介

為說明 CAMITA 模式於「AIoT 影像識別技術應用於建築安全」效益評估之模擬應用，本小節以「AIoT 影像識別技術於社區安全管理」之建築營運中安全監控應用為例，說明 CAMITA 模式之可行性。本模擬案例以一個大約 70~80 戶之小型集合住宅大樓社區為模擬之假想案例，住戶人數大約在 140~280 人間，並考量 AIoT 影像感測技術於以下五種情境之應用：

(1) 人員入口安全管制—在社區進出口可設置人臉自動辨識並且連動門禁管制系統，並且在社區內建置住戶資料庫。當 AIoT 影像感測器辨識出非資料庫之陌生人員進出大樓時，門禁將不與開啟，且通知保全人員注意，若是為訪客也可以馬上在系統中建立訪客頭像與進出資料，予以保全人員了解社區內訪客情況並且確保社區的安全，必要時進行人員驅離；本項應用情境，可對應智慧建築標章之「5.5 門禁系統」。

(2) 車輛入口安全管制—可於社區車道進出口設置車牌自動辨識並且與閘道管制裝置連動，當 AIoT 影像感測器辨識出為社區內所登記的住戶車牌就予以進入，反之當非社區登記車牌欲進入社區停車場時，閘道將不進行開啟，且通知保全人員注意，必要時進行車輛驅離；本項應用情境，可對應智慧建築標章之「5.5 門禁系統」與「5.6 停車管理」。

(3) 異常行為偵測—對於社區之公共空間或安全死角，可裝設 AIoT 影像感測器進行區域自動監，保全人員可藉由中央控制系統連接社區內所有的 AIoT 影像感測器觀看影像或接收影像感測器所發出的異常行為通知。當 AIoT 影像感測器辨識出異常行為時，將通知保全人員進行注意並且自動將事件發生前後影像資料儲存於中央控制系統或雲端伺服器中，保全人員可以直接觀看中央控制系統了解狀況，必要時到現場巡邏

確認，並進行處置；本項應用情境，可對應智慧建築標章之「5.3 防盜系統」及「5.4 監視系統」。

(4) 建築水、火災、結構偏移偵測—對於容易發生水災之地點(e.g., 地下室、地下停車場等)，可裝設 AIoT 影像感測器進行區域自動監控並且連動中央管制中心或警報系統，當發生淹水狀況時 AIoT 影像感測器可以即時偵測並於感測器上直接發出警報並且通報相關人員，相關人員也可以透過影像觀看情況，可以立即做出緊急措施。對於容易發生火災之地點(e.g., 廚房、儲藏室等)，AIoT 影像感測器可以自動辨識火焰並進行警報，通知保全人員進行火警報案，AIoT 影像感測器也可以設定火災的嚴重程度，當程度為非常嚴重時可直接連動消防相關系統，自動開啟灑水滅火裝置或通報消防單位（提供影像存取權限後，消防單位也可以直接透過影像了解現場狀況）；本項應用情境可對應智慧建築標章之「5.1 防火系統」；類似之情境亦可應用於地震偵測與自動警示通報。

(5) 老人嬰兒居家照護—對於專有空間(一般為住戶居家室內空間)，可裝設 AIoT 影像感測器進行老人及幼兒之行為監視，當 AIoT 影像感測器偵測到老人或小孩有異常之行為態樣(e.g., 跌倒、攀爬高處等)，則會自動通知指定家人或健康照護人員之行動裝置應用程式或簡訊通知，相關人員也可以透過 AIoT 影像感測器所傳送出來的影像資料進行處置，若事態嚴重便可於遠端馬上通知社區保全或其他處理單位(如消防單位、救護單位)來處理；本項應用情境，可對應智慧建築標章之「7.2 健康管理系統」。

圖 5.1 為參考的系統運作架構，建築物內(如社區)只需要安裝並開啟智慧攝影機感測器(Camera Sensor)，也可稱之為 AIoT 影像感測器，設備中融入多種可辨識的 AI 辨識模型(如人、車、寵物、火焰、煙霧等)，藉由智慧影像辨識的結果可以設定事件觸發的條件(如人員長時間停滯、車子長時間停滯、人員跨越警戒區、火災發生、長時間群聚等事件)，便可以將事件訊號藉由網際網路的方式自動通報給社區所屬的保全面制中心、保全人員或現場管理人員，可以馬上通知相關人員到現場處理，避免危險與災難發生。

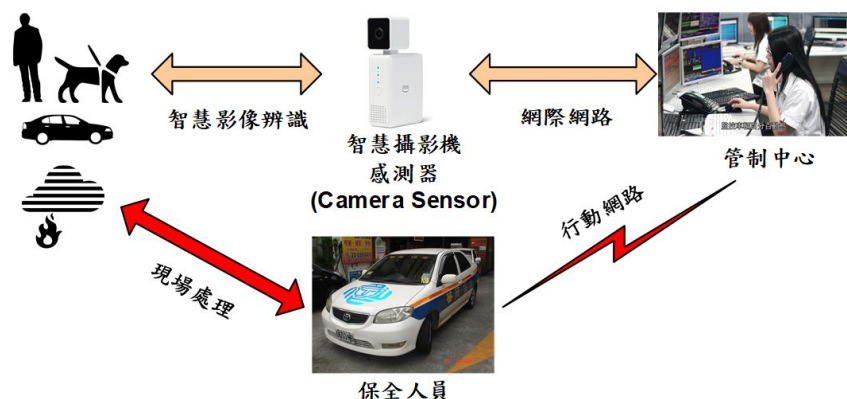


圖 5.1 AIoT 辨識與系統保全連動之處理流程

(資料來源：廖琬洲等, 2020)

上述所提及之應用情景皆已有相對應的產品與技術，以下說明其產品與技術的應用情景。

- (1) 人員入口安全管制：除了基本的人臉辨識，在 COVID-19 疫情施虐的時期，越來越多設備廠商推出的產品甚至可以偵測人員是否有佩戴好口罩，並且也可以搭配溫度感測器即可馬上確認人員的溫度，在口罩的遮蔽的情況下，透過 AI 的技術進行臉辨識也會有較高的準確率。如圖 5.2 所示為融合了人臉辨識、口罩偵測、溫度量測，並且搭配門禁系統的設備，在社區人員建檔後即可自動辨識並管制人員的進出。

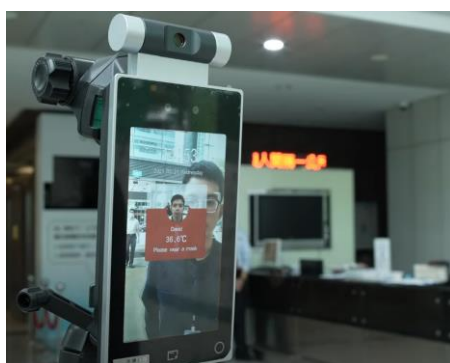


圖 5.2 人員入口安全管制設備

(資料來源：沛博科技, 2021)

除此之外，社區內常常會有人員的進出，為了可以方便管理進出，可以藉由人臉辨識的方式記錄其人員的進出時間，圖 5.3 為人臉辨識進出管制管理的系統畫面，

其系統自動偵測人臉後記錄進入與離開時間，無論是住戶或陌生人都可以快速地辨識。若人員在時間內沒有離開社區，也可以自動發報通知管理人員處理。藉由人臉搜尋的功能，在 COVID-19 需要實名制與社交安全距離的情況下當有人員確診，也可以自動搜尋出該人員進出時間內有重疊的相關人員，加速確認有與確診者接觸的人員，以避免疫情擴散。

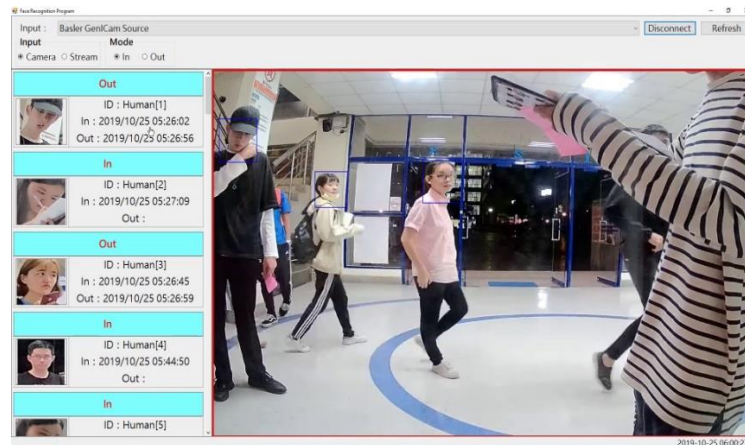


圖 5.3 人臉辨識進出管制管理畫面
(資料來源：廖琬洲等, 2020)

- (2) 車輛入口安全管理：圖 5.4 為車道管理系統的情景案例流程圖，當車子進入車道後，AIoT 影像感測器便會辨識其車牌並且判斷是否允許開啟社區的鐵捲門。車道管理系統的資料庫(可內嵌於 AIoT 影像感測器或雲端)可以由社區管理人員或保全是人員進行資料維護管理，當有新的住戶搬進社區，便可以經由管理人員進行車輛的註冊。另外，當有社區內的住戶有訪客要拜訪需要開車進入社區，社區住戶可以事先向管理人員註冊臨時出入許可，管理人員只需要設定有效日期時間，訪客便可以在該時段直接進入社區內。當訪客沒有在特定的時間內離開社區，便會自動警示管理人員、住戶及訪客。

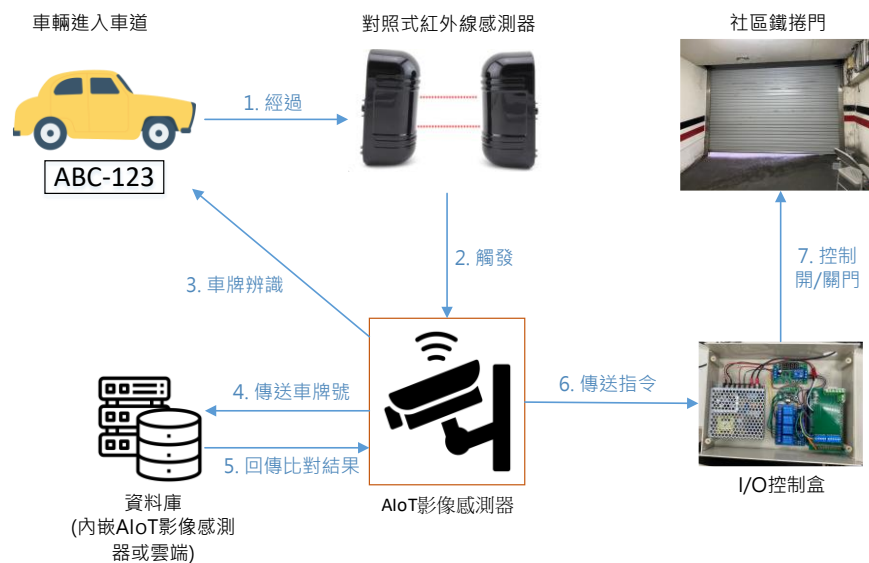


圖 5.4 車輛入口安全管制流程圖

(資料來源：廖琬洲等, 2020)

- (3) 異常行為偵測：在本研究中異常的定義為人員逗留、群聚。如圖 5.5 所示，當 AIoT 影像感測器偵測到一些人員於拍攝範圍或某個區域長時間逗留群聚便即時通報管理人員行為異常。



圖 5.5 人群聚集之異常行為偵測

(資料來源：廖琬洲等, 2020)

- (4) 建築水、火災、結構偏移偵測：建築物免不了因為水、火災或地震造成各種危害。目前有辦法透過影像的方式來偵測水、火災的狀態，若建築物內的 AIoT 影像感測器偵測到疑似火災即可警示人員，請求立即處理。如圖 5.6 所示為一種智能火警裝置，該裝置也融入了溫度感測器來交互分析避免誤判。

除了火災偵測的功能，台灣是一個會頻繁發生地震的國家，因此建築結構的實時監控也相當重要。圖 5.7 為結構安全監控的架設環境，Hsu 等人藉由影像感測器取得重要結構的定位點，藉由定位點的位移量來實時監控架構是否發生偏移，藉由長時間的分析可以預測出結構的狀態。

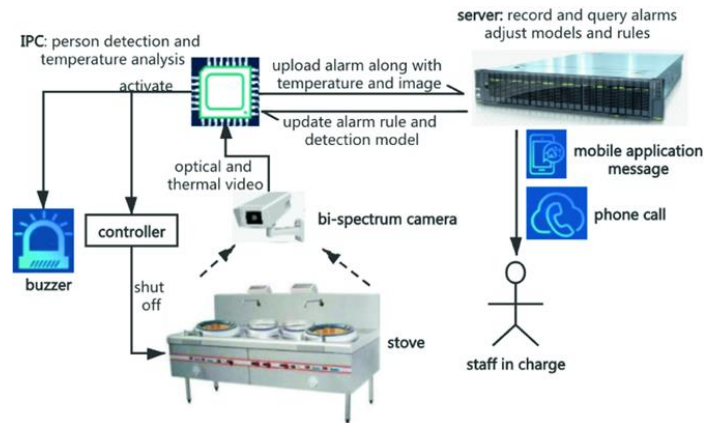


圖 5.6 火災偵測應用情景

(資料來源：Muhammad et al., 2018)

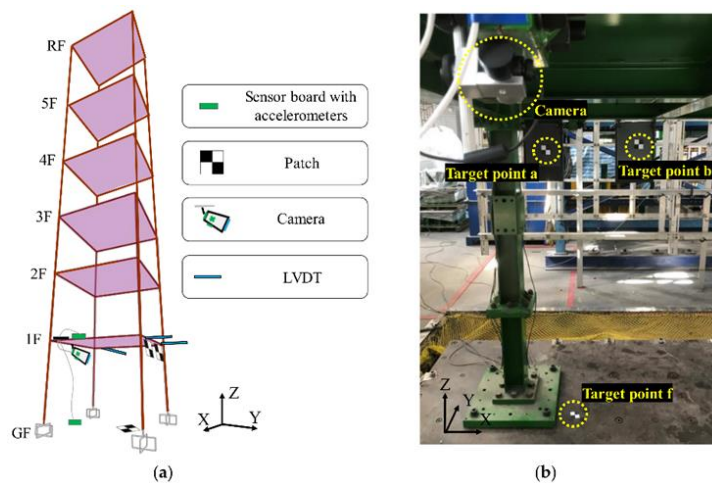


圖 5.7 結構偏移偵測應用情景

(資料來源：Hsu et al., 2020)

- (5) 老人嬰兒居家照護：除了公共區域的監控，為了可以實時照顧活動機能較弱的老人或嬰兒，越來越多輔助性的影像分析裝置被應用，讓照護者無需無時無刻陪伴在老人嬰兒身旁。圖 5.8 位老人居家即時監控影像畫面，藉由骨架辨識的技術取代實際人的圖像以保護個人隱私，依照異常的行為狀態（跌倒），自動通報至家

人或管制中心。嬰兒照護的部分則可進行口鼻覆蓋/翻身偵測、危險區域偵測以及睡眠分析等相關自動化分析，當嬰兒有危險時可馬上通知家長即時進行處理，偵測的畫面如圖 5.9 所示。

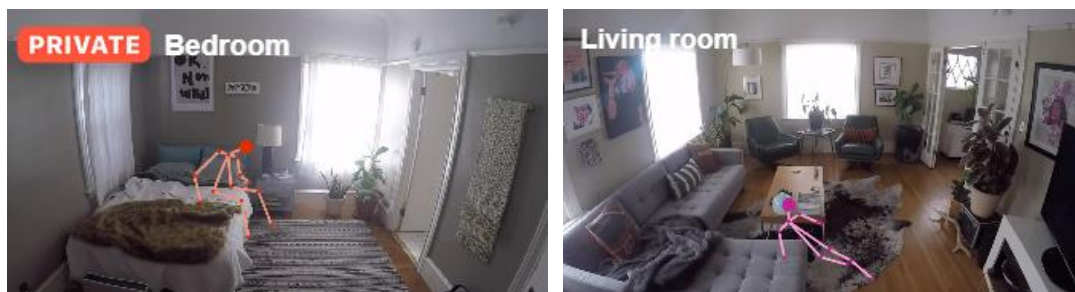


圖 5.8 老人居家照護
(資料來源：Cherry Home, 2021)



圖 5.9 嬰兒居家照護
(資料來源：Cubo AI, 2021)

第二節 模擬案例(二) CAMITA 成本效益分析

本節依據第三章 CAMITA 分析模式之五步驟，進行模擬案例(二)「AIoT 影像識別技術於社區安全管理」應用情境之成本效益分析。

5.2.1 以 ANP 分解 BOCR 評估架構

本案例參考了第三章「圖 3.2 建築智慧科技應用成本效益分析模式(CAMITA)」之 BOCR 評估架構進行項目與準則的修正，修改「AIoT 影像識別技術於社區安全之情境監控」之細項準則，如表 5.1 所示。擬定「AIoT 影像識別技術應用於社區安全」之評估架構如圖 5.10，增加數項評分準則後以 A~Y 對評分項目重新編號，最終形成的評分架構為 4 個構面，11 個項目與 25 項評分準則。在社區之建築安全的效益評估主要針對建築

使用中的情景進行評估，其中的效益除了基本建築使用者在建築內的安全保護之外，也會針對建築節能與私有領域之居家照護進行評估，提供全方位相關的項目供專家評估。專家的評估結果皆會依照上面定義的項目進行效益評估。項目說明如下：

一、效率提升效益構面

「1.1 安全指標」項目，包含「人員入口安全管制」、「車輛入口安全管制」、「建築水、火災、結構偏移偵測」、「異常行為偵測」等四項準則；

「1.2 健康指標」對應「老人嬰兒居家照護」一項準則；

「1.3 節能指標」對應「自動分析與調整設備」一項準則；

「1.4 管理指標」包含「人力管理效益」、「速度提升效益」、「決策精確效益」等三項準則。

二、技術發展潛力構面

包含了「2.1 實用性指標」、「2.2 可靠度指標」、「2.3 接受度指標」三項評估項目；

三、建置維護成本

「3.1 新建成本」包含「感測設備安裝成本」、「網路設備成本」、「主機設備建置成本」等三項評估準則；

「3.3 營運成本」包含「營運軟體成本」、「營運人力成本」、「設備耐用度與維護成本」三項評估準則。

四、社會隱性風險構面

「4.1 個人隱私風險」包含「影像人像保護隱藏」、「畫面即時儲存」、「資訊去識別化」、「資訊保留期規範」等四項準則；

「4.2 資訊安全風險」則是包含「資訊完整性」、「資訊加密性」、「存取功能權限管控」等三項準則。

表 5.1 AIoT 影像識別技術於社區安全情境監控細項準則說明

構面	項目	準則	說明
1. 效率提升效益 (B)	1.1 安全指標	A. 人員入口安全管制	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>人員入口安全管制</u> 之效益評定。
		B. 車輛入口安全管制	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>車輛入口安全管制</u> 之效益評定。
		C. 建築水、火災、結構偏移偵測	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>建築水、火災、結構偏移偵測</u> 之效益評定。
		D. 異常行為偵測	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>異常行為偵測</u> 之效益評定。
	1.2 健康指標	E. 老人嬰兒居家照護	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>老人嬰兒居家照護</u> 之效益評定。
	1.3 節能指標	F. 自動分析與調整設備	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>自動分析與調整設備</u> 之效益評定。
	1.4 管理指標	G. 人力管理效益	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>降低現場人力需求</u> 之效益評定。
		H. 速度提升效益	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>加快現場管理決策速度</u> 之效益評定。
		I. 決策精確效益	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>提高現場決策精確度</u> 之效益評定。
2. 技術發展潛力 (O)	2.1 實用性指標	J. 技術實用性潛力	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>社區現場應用實用性</u> 之評定。
	2.2 可靠度指標	K. 技術可靠度潛力	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)在 <u>社區現場應用可靠度</u> 之評定。
	2.3 接受度指標	L. 市場接受度潛力	資訊產業對於影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV) <u>應用接受度</u> 之評定。

表 5.1 AIoT 影像識別技術於社區安全情境監控細項準則說明(續)

3. 建置營運成本 (C)	3.1 新建成本	M. 感測設備安裝成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加感測設備安裝成本</u> 之影響程度評定。
		N. 網路設備成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加網路設備成本</u> 之影響程度評定。
		O. 主機設備建置成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加主機設備建置成本</u> 之影響程度評定。
	3.2 營運成本	P. 營運軟體成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加營運軟體成本</u> 之影響程度評定。
		Q. 營運人力成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加營運人力成本</u> 之影響程度評定。
		R. 設備耐用度與維護成本	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加設備耐用度與維護成本</u> 之影響程度評定。
4. 社會隱性風險 (R)	4.1 個人隱私風險	S. 影像人像保護隱藏	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加影像人像保護隱藏</u> 之風險感受程度評定。
		T. 畫面即時儲存	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加畫面即時儲存</u> 之風險感受程度評定。
		U. 資訊去識別化	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加資訊去識別化</u> 之風險感受程度評定。
		V. 資訊保留期規範	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加資訊保留期規範</u> 之風險感受程度評定。
	4.2 資訊安全風險	W. 資訊完整性	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加資訊完整性</u> 之風險感受程度評定。
		X. 資訊加密性	影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加資訊加密性</u> 之風險感受程度評定。
Y. 存取功能權限管控		影像識別技術(AIoT 或傳統 CCTV)對於 <u>增加存取功能權限管控</u> 之風險感受程度評定。	

(資料來源：本研究整理)

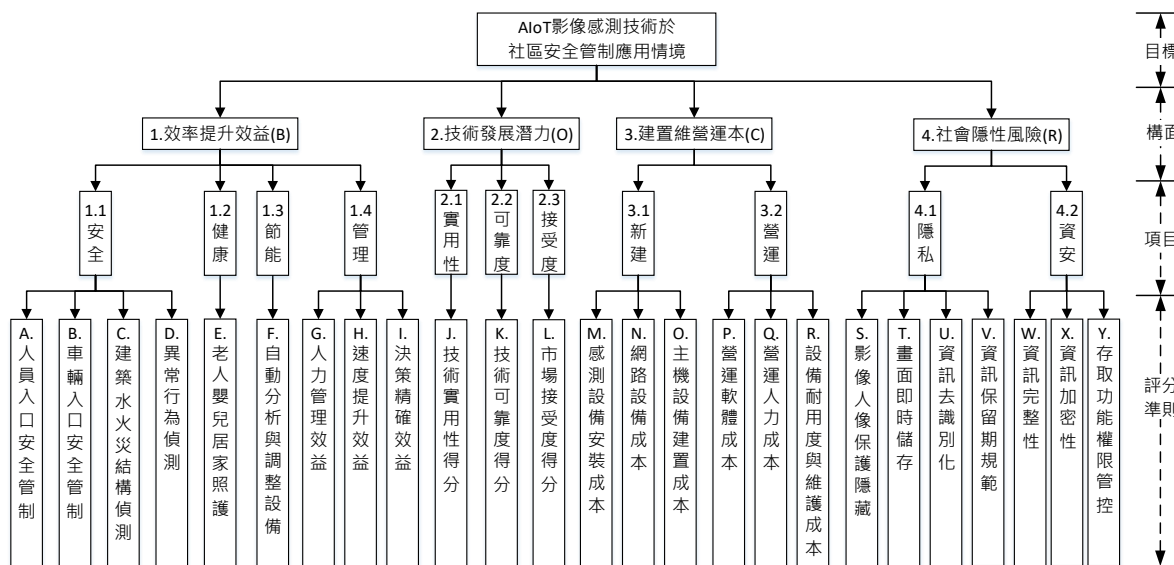


圖 5.10 CAMITA 模式應用於「AIoT 影像識別技術於社區安全應用情景」之評分架構

(資料來源：本研究繪製)

5.2.2 評分項目與權重計算

根據 CAMITA 模式的分析步驟，此案例總共進行 3 個階段的專家訪談暨問卷，分別為 DEMATEL、ANP 與最後評分階段。其中，邀請來自不同專業領域的專家來提供 AIoT 影像感測器應用於社區安全管理應用的專業意見。本次邀請的專業領域分別有業主代表、智慧建築設計專家、AIoT 設備與技術專家、保全專家、資訊安全專家學者、社區委員等專家。依據圖 5.10 之 BOCR 評估架構，項目層級是具有彼此影響之可能，因此，本範例採用 DEMATEL 結合 ANP，取代傳統 AHP 計算各項目層級之權重，最後再分配權重給各評分準則。

一、決策實驗室分析法(DEMATEL)

(1)問卷設計：完整問卷請詳附錄一；

(2)訪談對象：本次訪談對象包含智慧建築設計專家、AIoT 設備與技術專家、系統保全專家、資訊安全專家、社區住戶委員、業主代表等相關領域的專家，詳細資料如表 5.2 所示。

表 5.2 案例(二)DEMATEL 訪談專家名單

ID	服務單位	職務	姓名	年資	備註
001	工程顧問	建築師	陳○○	11~15 年	智慧建築設計專家
002	科技公司	經理	陳○○	5~10 年	AIoT 設備與技術專家
003	保全公司	襄理	洪○○	11~15 年	系統保全專家
004	住宅社區	社區委員	賴○○	5 年以下	社區住戶代表
005	大專院校	教授	李○○	11~15 年	資安專家學者
006	政府單位	科長	劉○○	11~15 年	業主代表

(資料來源：本研究整理)

(3)分析結果

首先第一個階段為 DEMATEL 的方法分析出每一個構面或項目之間的互相影響性程度，在訪談問卷中利用了 5 種尺規：0 為無影響，1 為低影響，2 為中度影響，3 為

高度影響，4 位極高影響。此次訪談了 6 位專家，將所有專家的相互影響性分數取平均值，表 5-3 為構面影響性的平均統計結果，表 5.4 為項目影響性的平均統計結果。

藉由以上平均統計的結果計算出總關係矩陣，如表 5.5 所示為構面影響性的總關係矩陣 T，從而計算累計主動影響數值 D 與被動影響數值 R。從矩陣中可以繪製出關係圖，如圖 5.11 所示。從圖 5.11 中可發現第二個構面指標「技術發展潛力 (O)」的主動影響性最高，第四個構面指標「社會隱性風險 (R)」的被動影響性最高。為了降低雜訊的干擾，本案例中選用樣本數中以 20% 為閾值 (閾值=1.465) 來過濾低影響因子的數值，如表 5.6 所示；依照最終結果繪製構面層級的相互影響圖，如圖 5.12 所示，除了「效益提升效率」依然會被「社會隱性風險」影響，其餘的社會隱性風險被動影響性都未通過閾值而剔除。

除了構面的相互影響性分析，本案例也針對下一層的項目分析出其總關係矩陣，如表 5.7 所示。從總關係矩陣中主動影響數值 D 最高的項目為「節能指標」與「新建成本」，被動影響數值最高的項目為「實用性指標」、「新建成本」。為了降低低影響性的雜訊干擾，在項目分析中也使用了閾值過濾，在本案例從 0%、10%、20%、30% 閾值各別分析，最終於第一次專家座談會一中討論出 20% 的閾值 (閾值：0.495) 較符合實際分析的訪談結果，其過濾後的總關係矩陣如表 5-8 所示，其中較明顯的是「節能指標」的被動數值都被過濾掉，這表示所有的項目並不會被「節能指標」所影響。

表 5.3 案例二構面影響性統計結果

構面層級	1.效率提升效益 (B)	2.技術發展潛力 (O)	3.建置營運成本 (C)	4.社會隱性風險 (R)
1.效率提升效益 (B)	0.00	3.50	2.67	2.17
2.技術發展潛力 (O)	3.33	0.00	2.50	2.33
3.建置營運成本 (C)	2.67	1.83	0.00	2.33
4.社會隱性風險 (R)	2.17	1.50	2.00	0.00

(資料來源：本研究整理)

表 5.4 案例二項目影響性統計結果

項目層級	1.1 安全 指標	1.2 健康 指標	1.3 節能 指標	1.2 管理 指標	2.1 實用 性指 標	2.2 可靠 度指 標	2.3 接受 度指 標	3.1 新建 成本	3.2 營運 成本	4.1 個人 隱私 風險	4.2 資訊 安全 風險
1.1 安全指標	0.00	1.67	1.33	3.00	3.50	2.83	3.00	2.33	3.17	3.17	3.00
1.2 健康指標	1.83	0.00	0.67	2.67	2.83	2.33	2.17	2.00	2.50	3.17	2.33
1.3 節能指標	1.83	1.17	0.00	2.83	2.50	2.67	2.17	1.67	2.50	1.50	2.17
1.4 管理指標	3.50	2.83	2.00	0.00	3.00	2.67	2.50	1.50	2.17	2.50	2.33
2.1 實用性指標	3.00	2.50	2.00	2.50	0.00	3.17	2.50	2.00	2.33	1.83	1.83
2.2 可靠度指標	3.67	2.83	2.17	3.00	2.67	0.00	3.00	2.83	3.00	2.17	2.83
2.3 接受度指標	2.83	2.00	1.67	2.67	2.50	3.00	0.00	2.00	2.00	2.17	2.83
3.1 新建成本	2.67	2.50	2.33	2.17	3.00	3.00	2.33	0.00	2.83	2.00	2.00
3.2 營運成本	2.67	2.50	2.33	2.67	1.83	1.67	2.00	2.83	0.00	1.67	2.00
4.1 個人隱私風險	2.67	2.50	1.17	1.67	1.83	2.00	3.17	2.00	1.83	0.00	3.50
4.2 資訊安全風險	2.17	1.83	1.67	1.83	2.50	2.83	2.67	2.67	2.17	3.50	0.00

(資料來源：本研究整理)

表 5.5 案例(二)構面影響性總關係矩陣

總關係矩陣 T	1.效 率提 升效 益 (B)	2.技 術發 展潛 力 (O)	3.建 置營 運成 本 (C)	4.社 會隱 性風 險 (R)	D	R	D+R	D-R
1.效率提升效益 (B)	1.917	1.995	1.980	1.869	7.76	7.53	15.29	0.23
2.技術發展潛力 (O)	2.165	1.666	1.936	1.849	7.62	6.66	14.27	0.96
3.建置營運成本 (C)	1.854	1.611	1.465	1.621	6.55	6.84	13.39	-0.28
4.社會隱性風險 (R)	1.593	1.385	1.455	1.208	5.64	6.55	12.19	-0.91
R	7.53	6.66	6.84	6.55				

(資料來源：本研究整理)

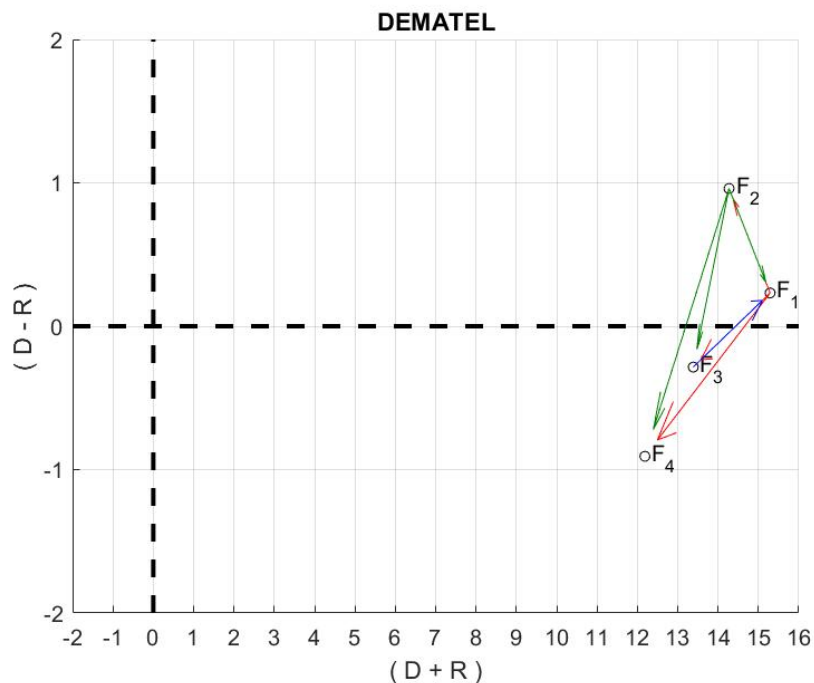


圖 5.11 案例(二)DEMATEL 構面因果圖

(資料來源：本研究整理)

表 5.6 案例(二)構面影響性總關係矩陣

Percentile = 20% Threshold = 1.465	1.效率提升效益 (B)	2.技術發展潛力 (O)	3.建置營運成本 (C)	4.社會隱性風險 (R)
1.效率提升效益 (B)	1.917	1.995	1.980	1.869
2.技術發展潛力 (O)	2.165	1.666	1.936	1.849
3.建置營運成本 (C)	1.854	1.611	-	1.621
4.社會隱性風險 (R)	1.593	-	-	-

(資料來源：本研究整理)

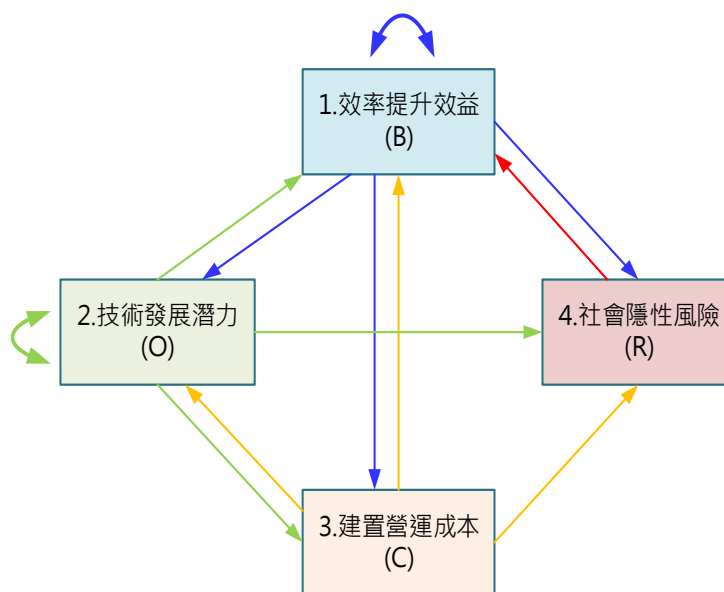


圖 5.12 案例(二)DEMATEL 構面影響圖
(資料來源：本研究整理)

表 5.7 案例(二)項目影響性總關係矩陣

總關係矩陣 T	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	D
1.1 安全指標	0.588	0.552	0.433	0.639	0.677	0.658	0.654	0.559	0.634	0.622	0.639	6.654
1.2 健康指標	0.557	0.419	0.351	0.543	0.569	0.554	0.542	0.473	0.530	0.542	0.534	5.615
1.3 節能指標	0.528	0.433	0.309	0.523	0.532	0.537	0.513	0.439	0.505	0.463	0.501	5.282
1.4 管理指標	0.658	0.551	0.425	0.507	0.626	0.615	0.601	0.501	0.569	0.569	0.583	6.205
2.1 實用性指標	0.619	0.521	0.410	0.566	0.505	0.606	0.577	0.496	0.552	0.525	0.544	5.919
2.2 可靠度指標	0.726	0.605	0.474	0.662	0.678	0.590	0.675	0.593	0.652	0.614	0.655	6.923
2.3 接受度指標	0.615	0.506	0.401	0.570	0.587	0.602	0.497	0.496	0.541	0.537	0.575	5.926
3.1 新建成本	0.629	0.538	0.435	0.575	0.621	0.621	0.591	0.446	0.585	0.547	0.567	6.156
3.2 營運成本	0.573	0.491	0.398	0.538	0.534	0.527	0.528	0.491	0.443	0.489	0.516	5.527
4.1 個人隱私風險	0.578	0.495	0.364	0.511	0.537	0.543	0.570	0.472	0.508	0.440	0.568	5.584
4.2 資訊安全風險	0.594	0.501	0.400	0.544	0.585	0.596	0.583	0.517	0.546	0.575	0.484	5.925
R	6.664	5.612	4.399	6.179	6.451	6.448	6.329	5.483	6.064	5.922	6.164	

(資料來源：本研究整理)

表 5.8 案例(二)項目影響性總關係矩陣(20%閾值)

Percentile = 20% Threshold = 0.495	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2
1.1 安全指標	0.588	0.552	-	0.639	0.677	0.658	0.654	0.559	0.634	0.622	0.639
1.2 健康指標	0.557	-	-	0.543	0.569	0.554	0.542	-	0.530	0.542	0.534
1.3 節能指標	0.528	-	-	0.523	0.532	0.537	0.513	-	0.505	-	0.501
1.4 管理指標	0.658	0.551	-	0.507	0.626	0.615	0.601	0.501	0.569	0.569	0.583
2.1 實用性指標	0.619	0.521	-	0.566	0.505	0.606	0.577	0.496	0.552	0.525	0.544
2.2 可靠度指標	0.726	0.605	-	0.662	0.678	0.590	0.675	0.593	0.652	0.614	0.655
2.3 接受度指標	0.615	0.506	-	0.570	0.587	0.602	0.497	0.496	0.541	0.537	0.575
3.1 新建成本	0.629	0.538	-	0.575	0.621	0.621	0.591	-	0.585	0.547	0.567
3.2 營運成本	0.573	-	-	0.538	0.534	0.527	0.528	-	-	-	0.516
4.1 個人隱私風險	0.578	0.495	-	0.511	0.537	0.543	0.570	-	0.508	-	0.568
4.2 資訊安全風險	0.594	0.501	-	0.544	0.585	0.596	0.583	0.517	0.546	0.575	-

(資料來源：本研究整理)

二、網路層級分析法(ANP)

(1)問卷設計：完整問卷請詳附錄一。

(2)訪談對象：本次訪談對象除了包含 DEMATEL 的 6 位專家，再擴充訪問了 6 位不同服務單位的專家，包含 1 位資訊安全專家、2 位 AIoT 設備與技術專家、1 位前保全員、1 位社區住戶主委、1 位智慧建築設計專家，詳細資料如表 5.9 所示。

表 5.9 案例(二)ANP 訪談專家名單

ID	服務單位	職務	姓名	年資	備註
001	工程顧問	建築師	陳○○	11~15 年	智慧建築設計專家
002	科技公司	經理	陳○○	5~10 年	AIoT 設備與技術專家
003	保全公司	襄理	洪○○	11~15 年	系統保全專家
004	住宅社區	社區委員	賴○○	5 年以下	社區住戶代表
005	大專院校	教授	李○○	11~15 年	資安專家學者
006	政府單位	科長	劉○○	11~15 年	業主代表
007	大專院校	特聘教授	陳○○	20 年以上	資安專家學者
008	資訊公司	副總經理	楊○○	11-15 年	AIoT 設備與技術專家
009	科技公司	總經理	陳○○	20 年以上	AIoT 設備與技術專家
010	住宅社區	主委	李○○	5-10 年	社區住戶代表
011	保全公司	前保全員	王○○	5-10 年	保全人員
012	電機事務所	電機技師	廖○○	20 年以上	智慧建築設計專家

(資料來源：本研究整理)

(3)分析結果：

計算出 DEMATEL 的相互影響性後，接下來分析項目或準則之間重要性的比較。在評估重要性關係的階段，本案例邀請 12 位相關領域之專家進行訪談，表 5.10 為項目的重要性分析結果。從表 5.10 中可觀察到在 12 位專家中，「效率提升效益」中的「安全指標」的平均結果得到最高權重；第二是「技術發展潛力」中的「可靠度指標」；第三則是「社會隱性風險」中的「資訊安全風險」；排名最後的權重為「效率提升效益」中的「節能指標」。由於前面 DEMATEL 時候計算相互影響性的結果，已經將節能指標之權重設為 0，其對於社區安全顯然是專家會認為對於建築安全較不重要的項目，倒數第二的權重則是為健康指標的部分。

表 5.11 為下一個階層的準則重要性的分析結果。該準則的重要性計算出平均權重後，最後乘上項目的權重，取得該準則在所有準則項目中的權重佔比。其中可以發現「技術發展潛力」中的「技術可靠度潛力」、「技術實用性潛力」、「市場接受度潛力」分列重要性之前三名，接下來則是其他的準則。

表 5.10 案例(二)項目重要性統計結果

構面	項目	平均權重	標準差
1.效率提升效益 (B)	1.1 安全指標	14.13%	0.03
	1.2 健康指標	4.13%	0.01
	1.3 節能指標	0.00%	0.00
	1.4 管理指標	7.81%	0.03
2.技術發展潛力 (O)	2.1 實用性指標	11.54%	0.04
	2.2 可靠度指標	13.68%	0.05
	2.3 接受度指標	7.04%	0.02
3.建置營運成本 (C)	3.1 新建成本	8.61%	0.03
	3.2 營運成本	11.23%	0.04
4.社會隱性風險 (R)	4.1 個人隱私風險	9.30%	0.03
	4.2 資訊安全風險	12.54%	0.03

(資料來源：本研究整理)

表 5.11 案例(二)準則重要性統計結果

項目		準則			
項目	權重	準則	權重比	準則權重	標準差
1.1 安全指標	14.13%	A. 人員入口安全管制	36.82%	5.20%	0.12
		B. 車輛入口安全管制	31.18%	4.41%	0.11
		C. 建築水、火災、結構偏移偵測	15.52%	2.19%	0.15
		D. 異常行為偵測	16.48%	2.33%	0.11
1.2 健康指標	4.13%	E. 老人嬰兒居家照護	100.00%	4.13%	0.00
1.3 節能指標	0.00%	F. 自動分析與調整設備	100.00%	0.00%	0.00
1.4 管理指標	7.81%	G. 人力管理效益	47.98%	3.75%	0.18
		H. 速度提升效益	15.41%	1.20%	0.07
		I. 決策精確效益	36.61%	2.86%	0.20
2.1 實用性指標	11.54%	J. 技術實用性潛力	100.00%	11.54%	0.00
2.2 可靠度指標	13.68%	K. 技術可靠度潛力	100.00%	13.68%	0.00
2.3 接受度指標	7.04%	L. 市場接受度潛力	100.00%	7.04%	0.00
3.1 新建成本	8.61%	M. 感測設備安裝成本	47.22%	4.07%	0.15
		N. 網路設備成本	20.97%	1.81%	0.11
		O. 主機設備建置成本	31.81%	2.74%	0.12
3.2 營運成本	11.23%	P. 營運軟體成本	23.36%	2.62%	0.14
		Q. 營運人力成本	41.47%	4.65%	0.22
		R. 設備耐用度與維護成本	35.17%	3.95%	0.19
4.1 個人隱私風險	9.30%	S. 影像人像保護隱藏	36.93%	3.43%	0.17

		T. 畫面即時儲存	22.51%	2.09%	0.15
		U. 資訊去識別化	27.38%	2.55%	0.14
		V. 資訊保留期規範	13.18%	1.23%	0.09
4.2 資訊安全風險	12.54%	W. 資訊完整性	37.15%	4.66%	0.22
		X. 資訊加密性	28.07%	3.52%	0.15
		Y. 存取功能權限管控	34.77%	4.36%	0.20

(資料來源：本研究整理)

5.2.3 模擬案例(二) 專家評分

(1)情境模擬：表 5.12 和 表 5.13 分別為「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」與「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」的方案對比評估，針對 CAMITA 效益評估架構所列之準則進行說明。

(2)問卷設計：完整問卷請詳附錄一。

(3)問卷發放對象：在評分階段的訪談，本案例從 ANP 訪談名單 12 位中挑選 6 位專家來進行訪談，如表 5.14 所示。

表 5.12 案例(二)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」模擬情境

構面	項目	準則	說明
1. 效率提升效益 (B)	1.1 安全指標	A. 人員入口安全管制	24 小時自動辨識，藉由人臉辨識、口罩偵測、溫度感測等功能整合搭配門禁進行管制
		B. 車輛入口安全管制	24 小時自動辨識，車輛進入偵測區域後自動辨識與比對資料庫，控制停車場入口開關
		C. 建築水、火災、結構偏移偵測	24 小時自動辨識火災與地震，辨識火焰或畫面晃動觸發事件後發送通知給管理者
		D. 異常行為偵測	24 小時自動辨識公共空間上的異常行為（如人員跌倒、滯留過久、群聚），辨識後自動通知管理人員查看
	1.2 健康指標	E. 老人嬰兒居家照護	裝在私人空間，24 小時自動辨識老人或嬰兒是否有異常狀態（如跌倒、翻身等動作）馬上通報照護者或管理員即時處理
	1.3 節能指標	F. 自動分析與調整設備	藉由 AIoT 的 AI 運算能力可即時分析人流狀況並依照分析結果直接透過 AIoT 上的 I/O 動態調整燈光、空調等設備的強度，以便降低設備耗能及損耗。
	1.4 管理指標	G. 人力管理效益	無需多餘人力巡檢，僅需在中控室查看是否有異常事件
		H. 速度提升效益	在終端設備可即時辨識
		I. 決策精確效益	偵測到異常即可馬上警示管理人員注意，透過歷史或即時畫面重複確認是否誤判
2. 技術發展潛力 (O)	2.1 實用性指標	J. 技術實用性潛力	已具實用性，並且已發佈越來越多產品與平台支援安全相關功能。AIoT 亦可獨立控制周邊 I/O，舉例說明若判斷極高可能為火焰可直接控制滅火裝置。
	2.2 可靠度指標	K. 技術可靠度潛力	電腦影像辨識率極為穩定，若有誤判可由人員重複確認。
	2.3 接受度指標	L. 市場接受度潛力	少數社區開始採用部分功能，智慧感測器是未來趨勢。

表 5.12 案例(二)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」模擬情境(續)

3. 建置營運成本 (C)	3.1 新建成本	M. 感測設備安裝成本	採用 AIoT，基本辨識效能約 3,000 元/台(如 Nvidia Jetson)，連線可使用無線、有線或 PoE 網路方式，除了 PoE 其餘仍需有電力線。
		N. 網路設備成本	網路月租金約 2399 元，網路佈線與設備成本。
		O. 主機設備建置成本	需要本地端(中央伺服器)或雲端服務平台接收 AIoT 事件觸發儲存與管理，硬體設備約 30,000 元/台
	3.2 營運成本	P. 營運軟體成本	初期單一應用單套 AIoT 軟體開發費約 30 萬
		Q. 營運人力成本	有非經常性系統操作與更新維護之人力費用。可於遠端推播並更新 AIoT 軟體，如手機 APP
		R. 設備耐用度與維護成本	工業等級 AIoT 設備耐用度可達 5 至 10 年，若設備有狀況，可直接替換設備後修改連線設定即可使用。 參考資料： https://developer.nvidia.com/embedded/faq
4. 社會隱性風險 (R)	4.1 個人隱私風險	S. 影像人像保護隱藏	在終端可將影像上的人臉或身體加上馬賽克加密，只有特定人員(如保全人員或警察)授權可解密查看
		T. 畫面即時儲存	加密後的串流影像透過網路儲存於伺服器或雲端平台
		U. 資訊去識別化	辨識結果不會標註個人資訊
		V. 資訊保留期規範	依照法律或規範安全的儲存資料，超過保留期後刪除
	4.2 資訊安全風險	W. 資訊完整性	除了影像資料，也會儲存事件觸發的辨識結果
		X. 資訊加密性	基本資訊安全，所有影像和資訊都會進行加密傳輸並且儲存，若網路設備或線材遭受攻擊，AIoT 依然可獨立運作(如控制 IO)
		Y. 存取功能權限管控	可設定權限控制，需設定權限如下：AIoT 設備管理權限、AIoT 即時或歷史影像觀看權限、AIoT 無碼即時或歷史影像觀看權限、事件觸發觀看與管理

(資料來源：本研究整理)

表 5.13 案例(二)「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」模擬情境

構面	項目	準則	說明
1. 效率提升效益 (B)	1.1 安全指標	A. 人員入口安全管制	IVS 有 24 小時自動辨，有人臉辨識門禁管理與零售客群分析
		B. 車輛入口安全管制	無此辨識功能，但有 24 小時監錄影像
		C. 建築水、火災、結構偏移偵測	無此辨識功能，但有 24 小時監錄影像
		D. 異常行為偵測	無此辨識功能，但有 24 小時監錄影像
	1.2 健康指標	E. 老人嬰兒居家照護	無此辨識功能，但有 24 小時監錄影像
	1.3 節能指標	F. 自動分析與調整設備	無法進行動態調整
	1.4 管理指標	G. 人力管理效益	無需多餘人力巡檢，僅需在中控室查看是否有異常事件
		H. 速度提升效益	需要將影像傳送至雲端中心辨識，辨識即時性會受網路延遲影響
		I. 決策精確效益	可達成簡易的門禁管理，無其餘安全警示功能
2. 技術發展潛力 (O)	2.1 實用性指標	J. 技術實用性潛力	已經商業化，IVS 可向電信業者租賃服務，連接 IPCAM 即可使用
	2.2 可靠度指標	K. 技術可靠度潛力	電腦辨識率穩定，但可能會因為網路斷線而可能漏掉可辨識之關鍵影像
	2.3 接受度指標	L. 市場接受度潛力	除了影像監錄與查詢功能，IVS 也擁有來店人數統計、來客分析等功能，商家可查看分析數據。

表 5.13 案例(二)「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」模擬情境(續)

3. 建置 營運 成本 (C)	3.1 新建 成本	M. 感測設備安裝成本	採用 IPCAM，一般約 1,500 元/台，工業等級設備至少 10,000 元(如 Axis)，連線可使用無線、有線或 PoE 網路方式，除了 PoE 其餘仍需有電力線。
		N. 網路設備成本	網路月租金約 2399 元，網路佈線與設備成本。
		O. 主機設備建置成本	影像伺服器租用+e 看店 HD 方案 (約 66,120 元/年) 或是 16 路 DVR 主機一台約 1 萬元
	3.2 營運 成本	P. 營運軟體成本	除了預設的來客分析，其餘的功能依然需要額外開發並整合，成本單套約 30 萬。
		Q. 營運人力成本	有非經常性系統操作與更新維護之人力費用
		R. 設備耐用度與維護成本	耐用度至少 5 年，若有問題可直接替換並修改連線設定即可使用。
4. 社會 隱性 風險 (R)	4.1 個人 隱私 風險	S. 影像人像保護隱藏	影像透過網路傳輸至雲端，個人隱私可能被監視
		T. 畫面即時儲存	串流影像透過網路儲存於雲端平台
		U. 資訊去識別化	辨識結果不會標註個人資訊
		V. 資訊保留期規範	依照實際情況保存設定之天數歷史影像
	4.2 資訊 安全 風險	W. 資訊完整性	儲存完整的影像資料，遠端儲存機房無法惡意刪除
		X. 資訊加密性	基本資訊安全
Y. 存取功能權限管控		可設定權限控制，可查看即時與歷史影像的權限	

(資料來源：本研究整理)

表 5.14 案例(二) 評分訪談專家名單

ID	服務單位	職務	姓名	年資	備註
001	工程顧問	建築師	陳○○	11~15 年	智慧建築設計專家
002	保全公司	襄理	洪○○	11~15 年	系統保全專家
003	大專院校	特聘教授	陳○○	20 年以上	資安專家學者
004	資訊公司	副總經理	楊○○	11-15 年	AIoT 設備與技術專家
005	科技公司	總經理	陳○○	20 年以上	AIoT 設備與技術專家
006	電機事務所	電機技師	廖○○	20 年以上	智慧建築設計專家

(資料來源：本研究整理)

(4)成果分析：在評分專家分別針對「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」或「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」導入至社區安全應用情景之效益、潛力、成本、風險中的準則進行評分，表 5.15 和表 5.16 分別為兩個方案的評分平均結果。

表 5.15 案例(二)「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」評分統計結果

構面	項目	準則	平均 評分	標準差	得分
1. 效率提升 效益 (B)	1.1 安全指標	A. 人員入口安全管制	0.53	0.21	0.03
		B. 車輛入口安全管制	0.47	0.16	0.02
		C. 建築水、火災、結構 偏移偵測	0.38	0.24	0.02
		D. 異常行為偵測	0.37	0.23	0.02
	1.2 健康指標	E. 老人嬰兒居家照護	0.33	0.10	0.02
	1.3 節能指標	F. 自動分析與調整設備	0.27	0.41	0.01
	1.4 管理指標	G. 人力管理效益	0.33	0.10	0.02
		H. 速度提升效益	0.45	0.29	0.02
		I. 決策精確效益	0.33	0.10	0.02
2. 技術發展 潛力 (O)	2.1 實用性指標	J. 技術實用性潛力	0.47	0.27	0.02
	2.2 可靠度指標	K. 技術可靠度潛力	0.47	0.27	0.02
	2.3 接受度指標	L. 市場接受度潛力	0.25	0.12	0.01
3. 建置營運 成本 (C)	3.1 新建成本	M. 感測設備安裝成本	0.35	0.25	0.02
		N. 網路設備成本	0.27	0.27	0.01
		O. 主機設備建置成本	0.38	0.33	0.02
	3.2 營運成本	P. 營運軟體成本	0.27	0.10	0.01
		Q. 營運人力成本	0.20	0.15	0.01
		R. 設備耐用度與維護成本	0.23	0.14	0.01
4. 社會隱性 風險 (R)	4.1 個人隱私風險	S. 影像人像保護隱藏	0.08	0.08	0.00
		T. 畫面即時儲存	0.08	0.08	0.00
		U. 資訊去識別化	0.07	0.05	0.00
		V. 資訊保留期規範	0.08	0.08	0.00
	4.2 資訊安全風險	W. 資訊完整性	0.10	0.06	0.01
		X. 資訊加密性	0.05	0.05	0.00
		Y. 存取功能權限管控	0.05	0.05	0.00

(資料來源：本研究整理)

表 5.16 案例(二)「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」方案評分統計結果

構面	項目	準則	平均 評分	標準差	得分
1. 效率提升 效益 (B)	1.1 安全指標	A. 人員入口安全管制	0.32	0.26	0.02
		B. 車輛入口安全管制	0.23	0.08	0.01
		C. 建築水、火災、結構 偏移偵測	0.08	0.10	0.00
		D. 異常行為偵測	0.15	0.08	0.01
	1.2 健康指標	E. 老人嬰兒居家照護	0.13	0.05	0.01
	1.3 節能指標	F. 自動分析與調整設備	0.03	0.08	0.00
	1.4 管理指標	G. 人力管理效益	0.18	0.04	0.01
		H. 速度提升效益	0.15	0.05	0.01
		I. 決策精確效益	0.15	0.05	0.01
2. 技術發展 潛力 (O)	2.1 實用性指標	J. 技術實用性潛力	0.18	0.04	0.01
	2.2 可靠度指標	K. 技術可靠度潛力	0.35	0.25	0.02
	2.3 接受度指標	L. 市場接受度潛力	0.45	0.29	0.02
3. 建置營運 成本 (C)	3.1 新建成本	M. 感測設備安裝成本	0.17	0.12	0.01
		N. 網路設備成本	0.13	0.05	0.01
		O. 主機設備建置成本	0.12	0.04	0.01
	3.2 營運成本	P. 營運軟體成本	0.15	0.05	0.01
		Q. 營運人力成本	0.13	0.05	0.01
		R. 設備耐用度與維護成本	0.17	0.12	0.01
4. 社會隱性 風險 (R)	4.1 個人隱私風險	S. 影像人像保護隱藏	0.27	0.27	0.01
		T. 畫面即時儲存	0.17	0.14	0.01
		U. 資訊去識別化	0.25	0.27	0.01
		V. 資訊保留期規範	0.10	0.00	0.01
	4.2 資訊安全風險	W. 資訊完整性	0.20	0.30	0.01
		X. 資訊加密性	0.23	0.29	0.01
		Y. 存取功能權限管控	0.13	0.14	0.01

(資料來源：本研究整理)

5.2.4 模擬案例(二) 成本效益分析

分析步驟四為權重計算、依據步驟三所得到之權重，加總計算效益項、潛力得分(B、O)，以及成本、風險項得分(C、R)；分析步驟五為指標計算、帶入經濟決策分析指標計算「淨現值指標(NPVI) = (B+O)-(C+R)」，「益本比(BCR) = (B+O)/(C+R)」，並完成案例之成本效益指標數值分析，結果如表 5.17 所示。

從效益分析結果來看，不論由淨現值指標(NPVI)或成本效益指標(BCR)之分析結果，「方案一：AIoT 影像感測器自動辨識方案」與「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」的淨現值指標(NPVI)都大於0，表示兩個方案皆具有可行性；兩個方案的益本比(BCR)都大於1.0，亦表示方案皆具有成本效益。在比較「方案一：AIoT 影像感測器自動辨識方案」與「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」後，可得 NPVI 數值為 11.59%，BCR 數值為 1.92，皆超過門檻值，表示以「方案一：AIoT 影像感測器自動辨識方案」取代「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」是具有較高之成本效益。

表 5.17 案例(二)「方案一」與「方案二」效益分析結果

計算項目 \ 方案	方案一	方案二	方案一 vs. 方案二
B	17.99%	7.44%	10.55%
O	6.14%	5.10%	1.04%
C	8.82%	4.50%	4.32%
R	2.68%	7.01%	-4.33%
B+O	24.13%	12.54%	11.59%
C+R	11.50%	11.50%	0.00%
淨現值指標(NPVI)	12.63%	1.04%	11.59%
益本比(BCR)	2.0977	1.0902	1.92
結論	NPVI > 0 方案具可行性，BCR > 1.0 方案具成本效益		

(資料來源：本研究整理)

第三節 模擬案例(二) 簡易檢核表成本效益分析模式

由於第 5.2 之成本效益分析方法，需要依據不同情境由專家參考評分尺規進行分析，不過專家主觀意見可能影響評分結果，且不利於大量案例之評比。因此，本節參考過去內政部建築研究所有關智慧建築效益評估相關研究所建議之方法(溫琇玲與游壁菁, 2019；張效通等人, 2020)，對不同評分準則擬定簡易可操作之評估檢核表，以快速計算各分項得分，並進行評估方案之成本效益。其檢核表之建立，首先以圖 5.10 的評分架構為基礎，設計準則選項，以供使用者進行簡易評估。準則的評分標準，則以所列舉之所有項目數為分母，受評方案符合該列舉項目之數目為分子，計算其得分比率，評分的數值區間會落在 0 至 1 之間。各準則之評分方式，將於小節中各別說明。本節中模擬以「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」應用於社區安全管理進行試填，在表單中使用藍色字體來說明該準則的試填得分。

5.3.1 效率提升效益(B) 檢核表評估方法

效益構面共有 9 個項目共 25 個項評分準則，評估檢核表及範例說明如下：

一、安全效益：

表 5.18 為安全效益指標，[A.人員入口安全管]、[B.車輛入口安全管制]、[C.建築水、火災、結構偏移偵測]與[D.異常行為偵測]等安全指標中的四個準則都是以上所提到的勾選式評估方式，在檢核表中會將要檢核的項目分成偵知、顯示、連動與其他，以準則「A.人員入口安全管制」為例，使用此表單需要針對裡面所條列的項目進行勾選，當感測器設備有擁有項目的屬性即可勾選，最後計算出有勾選之項目佔總項目的比例。表單中藍色字體為計算的說明，當使用者已勾選 10 項，總共評分項目會有 12 項，因此準則的得分為 $10 / 12 = 0.83$ 分。

表 5.18 案例(二)「效率提升效益(B)」之「安全指標」檢核表評分範例

<p>項目：1.1 安全指標</p> <p>準則：A. 人員入口安全管制</p> <p>偵知：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 人臉辨識 ✓ 溫度感測與口罩偵測 <p>顯示：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 顯示人員是否為合法進入 ✓ 顯示並語音提示人員溫度與口罩佩戴狀況是否正常 ✓ 可隨時監看感測器影像的畫面 <p>連動：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 連動門禁控制（聲音提醒體溫過高或帶口罩） ✓ 連動保全系統，當有陌生人進入或嘗試進入則通報並顯示當下畫面 ✓ 備用可使用其他 ID（如門禁卡）進入管制區域 <p>其他：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 權限管控設定 <input type="checkbox"/> 擁有 Web 或 API 可讀取/設定 AIoT 當前的畫面、偵測狀態、推播訊息發送目標 ✓ 擁有網路設定 <input type="checkbox"/> 本機需保留近期系統日誌、事件影像關鍵片段 <p>總評分項目 12，總得分項目=10</p> <p>單項準則得分 = 10 / 12 = 0.83</p>
--

準則：B. 車輛入口安全管制

偵知：

- ✓ 車牌辨識
- 火災偵測
- 車輛位移偵測（停車場內）

顯示：

- ✓ 顯示辨識結果，如車牌號
- 顯示車格是否被佔用並顯示車牌
- 搜尋車輛位置並且提供路徑

連動：

- ✓ 車牌辨識成功則自動控制門閘讓車輛通過
- 車輛異常動作警示車主或保全（非車主移動車輛），可即時控制閘門不做開啟

其他：

- ✓ 權限管控設定
- ✓ 擁有 Web 或 API 可讀取/設定 AIoT 當前的畫面、偵測狀態、推播訊息發送目標
- ✓ 擁有網路設定
- ✓ 本機需保留近期系統日誌、事件影像關鍵片段

總評分項目 12，總得分項目=7

單項準則得分 = $7 / 12 = 0.58$

準則：C. 建築水、火災、結構偏移偵測

偵知：

- ✓ 火焰偵測
- ✓ 煙霧偵測
- 水位偵測
- 監測與記錄重要結構位移量。
- 預測結構位移量，可警示結構異常。
- 地震後可在固定時間內實時監控是否會有異常

顯示：

- ✓ 顯示火災範圍與其判定之嚴重性（覆蓋範圍）
- ✓ 感測器自身警報顯示紅色燈號並提醒勿接近前方區域
- 顯示結構位移量曲線圖
- 顯示結構位移預測結果

連動：

- ✓ 連動偵煙感測器，依照火焰的覆蓋範圍搭配感測器的偵測狀態做 OR 或 AND 判斷。
- ✓ 當偵測火災發生，連動保全中控，顯示火災偵測之位置。
- ✓ 當判定火災嚴重性為最高，可連動灑水系統與消防系統自動通報立即處理。

<p><input type="checkbox"/> 當結構預測嚴重異常，自動警示通報管理人員立即處理。</p> <p>其他：</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 權限管控設定✓ 擁有 Web 或 API 可讀取/設定 AIoT 當前的畫面、偵測狀態、推播訊息發送目標✓ 擁有網路設定✓ 本機需保留近期系統日誌、事件影像關鍵片段 <p>總評分項目 18，總得分項目= 11 單項準則得分 = 11 / 18 = 0.61</p>
<p><u>準則：D. 異常行為偵測</u></p> <p>偵知：</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 偵測人群群聚狀態✓ 偵測人長時間逗留過久✓ 偵測特定時段之異常行為✓ 位移偵測（如有個區域的物體離開或進入畫面）✓ 可以選擇偵測的物體為人/寵物/其他物體（選擇後可避免誤判） <p>顯示：</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 當有異常行為顯示該影像畫面✓ 顯示異常狀態類型 <p>連動：</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 連動大樓或保全系統，當有異常行為則通知保全人員查看影像畫面進行下一步處理 <p>其他：</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 權限管控設定✓ 擁有 Web 或 API 可讀取/設定 AIoT 當前的畫面、偵測狀態、推播訊息發送目標✓ 擁有網路設定✓ 本機需保留近期系統日誌、事件影像關鍵片段 <p>總評分項目 12，總得分項目= 12 單項準則得分 = 12 / 12 = 1.0</p>

(資料來源：本研究整理)

二、健康效益：

表 5.19 為健康效益之指標的準則[E.老人嬰兒居家照護]檢核評估表，在檢核表中會將要檢核的項目與安全指標一樣分成偵知、顯示、連動與其他，需要針對裡面所條列的項目進行勾選，當感測器設備有擁有項目的屬性即可勾選，最後計算出有勾選之項

目佔總項目的比例。如表單中藍色字體為計算的說明，當使用者已勾選 8 項，總共評分項目會有 12 項，因此準則的得分為 $8 / 12 = 0.67$ 分。

表 5.19 案例(二)「效率提升效益(B)」之「健康指標」檢核表評分範例

<p>項目：1.2 健康指標</p> <p>準則：E. 老人嬰兒居家照護</p> <p>偵知：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 偵測口鼻遮掩的狀態 ✓ 偵測離開設定區域（如安全區域） ✓ 偵測異音（如嬰兒哭鬧或跌倒巨響） <input type="checkbox"/> 記錄被照護者位置與狀態 <p>顯示：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 顯示當前被照護者之狀態 <input type="checkbox"/> 顯示被照護者之位置 <p>連動：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 連動其他 AIoT 影像感測器，偵測位置 ✓ 連動住戶手機號碼或 APP，當偵測到上述狀況則通報請用戶注意 <p>其他：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 權限管控設定 <input type="checkbox"/> 擁有 Web 或 API 可讀取/設定 AIoT 當前的畫面、偵測狀態、推播訊息發送目標 ✓ 擁有網路設定 ✓ 本機需保留近期系統日誌、事件影像關鍵片段 <p>總評分項目 12，總得分項目= 8</p> <p>單項準則得分 = $8 / 12 = 0.67$</p>

(資料來源：本研究整理)

三、節能效益：

表 5.20 為節能效益之指標的準則「F.自動分析與調整設備」檢核評估表，由於本章第二節 CAMITA 效益評估最後分析之權重為 0，因此此評估表無需填寫，僅供參考。

表 5.20 案例(二)「效率提升效益(B)」之「健康指標」檢核表評分範例

<p>項目：1.3 節能指標 (由於 CAMITA 效益評估分析之權重為 0，此評估表可無需填寫)</p> <p>準則：F. 自動分析與調整設備</p> <p>偵知：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 人員密度偵測 <input type="checkbox"/> 預測每天人員密度並且即時修正 <p>顯示：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 顯示影像範圍內密度狀態。 <input type="checkbox"/> 顯示當前設備調整狀態 (如燈光亮度、空調溫度) <p>連動：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 連動溫度感測器，如當室溫較熱依然可以控制將室內溫度降低 <input type="checkbox"/> 連動機電中控系統，搭配偵測結果自動控制設備狀態 <input type="checkbox"/> 自動調整光源亮度 <input type="checkbox"/> 自動調整空調溫度 <p>其他：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 權限管控設定 <input type="checkbox"/> 擁有 Web 或 API 可讀取/設定 AIoT 當前的畫面、偵測狀態、推播訊息發送目標 <input type="checkbox"/> 擁有網路設定 <input type="checkbox"/> 本機需保留近期系統日誌、事件影像關鍵片段 <p>總評分項目 12，總得分項目=0 單項準則得分 = 0 / 12 = 0.00</p>
--

(資料來源：本研究整理)

四、管理效益：

表 5.21 為「效率提升效益(B)」之「管理指標」的評估檢核表，在此評估項目中有設計了不一樣的評分方式，「1.4 管理指標」中的「G.人力管理效益」準則是根據管理或保全人員與建築物內的戶數分析，依照公式計算出人力管理的效益，現場人員人數越少得到的分數越高。例如公共有 200 戶的社區中，聘請了 3 位保全人員，藉由表 5.20 中定義之公式的計算 $1.0 - (3/200) \times 20 = 0.7$ ，得分 0.7。

準則「H.速度提升效益」與「L.決策精確效益」則是勾選單一選項的方式進行評分，例如準則「H.速度提升效益」依照感測器的處理效能來進行勾選，若感測器處理速度為 60FPS 以上，在本評分表內將會給分 0.8。準則「I.決策精確效益」則是依照感測器所辨

識偵測的準確率來進行勾選，若所有感測器的平均準確率為大於等於 95% 以上並且低於 99%，在本評分表內將會給分 0.4。

表 5.21 案例(二)「效率提升效益(B)」之「管理指標」檢核表評分範例

<p>項目：1.4 管理指標</p> <p>準則：G. 人力管理效益</p> <p>1.0 – (現場管理或保全人員 / 建築物戶數) x 20</p> <p>例如：總共 200 戶，每月聘請保全人數 3 位 單項準則得分 = 1.0 – (3/200) X 20 = 0.7</p>
<p>準則：H. 速度提升效益</p> <p>感測器平均處理效能</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ≥60FPS 給分 0.8 ○ ≥30FPS 給分 0.6 ○ ≥10FPS 給分 0.5 ○ ≥5 FPS 給分 0.4 ○ ≥1 FPS 給分 0.1 <p>選擇 ≥ 60FPS 單項準則得分 = 0.8</p>
<p>準則：I. 決策精確效益</p> <p>平均準確率</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ < 85% 給分 0.0 ○ ≥85% 並 < 90% 給分 0.1 ○ ≥90% 並 < 95% 給分 0.2 ✓ ≥95% 並 < 99% 給分 0.4 ○ ≥99% 給分 0.8 <p>選擇 ≥95% 並 < 99% 單項準則得分 = 0.4</p>

(資料來源：本研究整理)

5.3.2 技術發展潛力(O) 檢核表評估方法

在技術發展潛力共有三個項目無細項之評分準則，準則評分方法主要分兩種：單選與多選。表 5.22、表 5.23 與表 5.24 分別為技術發展潛力中的「J.技術實用性潛力」、

「K.技術可靠度潛力」與「L. 市場接受度潛力」三個準則。「J.技術實用性潛力」以多顆感測器之平均每小時之誤報次數為實用性的評估標準；「K.技術可靠度潛力」是以感測器硬體規格的等級、耐用年限、防水防塵等標準作為判定依據；「L. 市場接受度潛力」則是以有相似的 AIoT 功能的國內外廠商數量為評估依據。「J.技術實用性潛力」與「L. 市場接受度潛力」為單選，根據項目上定義的分數給分；「K.技術可靠度潛力」為多選，根據勾選項目佔總項目數的比例給分，以表 5.23 的範例中勾選了 4 個項目即可得分 0.8。

表 5.22 案例(二)「技術發展潛力(O)」之「實用性指標」檢核表評分範例

<p>項目：2.1 實用性指標</p> <p>準則：J. 技術實用性潛力</p> <p>感測器平均每小時誤報次數</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <1 次 給分 0.8 ✓ <2 次 給分 0.6 ○ <3 次 給分 0.4 ○ <4 次 給分 0.2 ○ <5 次 給分 0.1 <p>選擇 <2 次 單項準則得分 = 0.6</p>
--

(資料來源：本研究整理)

表 5.23 案例(二)「技術發展潛力(O)」之「可靠度指標」檢核表評分範例

<p>項目：2.2 可靠度指標</p> <p>準則：K. 技術可靠度潛力</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 具備商用或工業等級規格 ✓ 耐用年限超過 5 年 ✓ 具備外部防水 IPX6 以上 ✓ 具備外部防塵 IP6X 以上 □ 具備可靠度測試或生產品質相關認證 (如 SGS、ISO) <p>總評分項目 5，總得分項目=4 單項準則得分 = 4 / 5 = 0.8</p>
--

(資料來源：本研究整理)

表 5.24 案例(二)「技術發展潛力(O)」之「接受度指標」檢核表評分範例

<p>項目：2.3 接受度指標</p> <p>準則：L. 市場接受度潛力</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 至少 10 家國內外設備廠商有相似功能設備，得 0.8 分 ○ 至少 8 家國內外設備廠商有相似功能設備，得 0.4 分 ○ 至少 5 家國內外設備廠商有相似功能設備，得 0.2 分 ○ 至少 1 家國內外設備廠商有相似功能設備，得 0.1 分 ○ 無國內外設備廠商有相似功能設備，得 0 分 <p>選擇 至少 10 家國內外設備廠商有相似功能設備 單項準則得分 = 0.8</p>

(資料來源：本研究整理)

5.3.4 建置營運成本(C) 評估方法

成本的評分方式相較於效益、潛力構面的評分方式不一樣，較難以項目勾選方式進行評分，而需參考評分尺規(表 4.14 效益評分量化評量尺規)進行判斷。「3.1 新建成本」與「3.2 營運成本」成本的評估方法相同，其分數區間主要為-0.8 至+0.8，根據採用 vs.未使用 AIoT(方案一)或 CCTV(方案二)之情境，進行成本增減比例評分。例如：給分 0.8 則表示 AIoT 方案之成本高出 CCTV 方案所需要付出的成本多了 80%；給分-0.2 表示 AIoT 方案相較 CCTV 方案所需付出的成本低了 20%。評分範例，依據各子項目之評分準則說明如下：

一、新建(安裝)成本影響評估：

表 5.25 為「建置營運成本(C)」之「新建成本」的評估準則，準則主要分「感測設備安裝成本」、「網路設備成本」與「主機設備建置成本」。「感測設備安裝成本」包括安裝之感測器的硬體、電力網路、人工等成本；「網路設備成本」包括網路線路、光纖、路由器、網路租用費等成本；「主機設備建置成本」包括辨識用主機、硬碟、備援硬碟、資料庫系統、雲端服務租用等成本。

表 5.25 案例(二)「建置營運成本(C)」之「新建成本」評分範例

<p>項目：3.1 新建成本</p> <p>準則：M. 感測設備安裝成本</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 與非 AIoT 或 CCTV 方案增加或減少分數 -0.8 ~ +0.8。 ● 例如，0.8 則表示 AIoT 方案之成本高出 CCTV 方案所需要付出的成本多了 80% ● 例如，-0.2 表示 AIoT 方案相較 CCTV 方案所需付出的成本低了 20% <p>感測設備安裝成本：0.2</p>
<p>準則：N. 網路設備成本</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 與非 AIoT 或 CCTV 方案增加或減少分數 -0.8 ~ +0.8。 ● 例如，0.8 則表示 AIoT 方案之成本高出 CCTV 方案所需要付出的成本多了 80% ● 例如，-0.2 表示 AIoT 方案相較 CCTV 方案所需付出的成本低了 20% <p>網路設備成本：0.0</p>
<p>準則：O. 主機設備建置成本</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 與非 AIoT 或 CCTV 方案增加或減少分數 -0.8 ~ +0.8。 ● 例如，0.8 則表示 AIoT 方案之成本高出 CCTV 方案所需要付出的成本多了 80% ● 例如，-0.2 表示 AIoT 方案相較 CCTV 方案所需付出的成本低了 20% <p>主機設備建置成本：0.0</p>

(資料來源：本研究整理)

二、營運成本影響評估：

表5.26為「建置營運成本(C)」之「營運成本」的評估準則，準則主要分「營運軟體成本」、「營運人力成本」與「設備耐用度與維護成本」。「營運軟體成本」包括軟體更新維護、AI 模型訓練、AI 模型更新等成本；「營運人力成本」包括管理員或保全聘用、定期檢查等成本；「設備耐用度與維護成本」包括設備損壞之維護或更換成本。

表 5.26 案例(二)「建置營運成本(C)」之「營運成本」評分範例

<p>項目：3.2 營運成本</p> <p>準則：P. 營運軟體成本</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 與非 AIoT 或 CCTV 方案增加或減少分數 -0.8 ~ +0.8。 ● 例如，0.8 則表示 AIoT 方案之成本高出 CCTV 方案所需要付出的成本多了 80% ● 例如，-0.2 表示 AIoT 方案相較 CCTV 方案所需付出的成本低了 20% <p>營運軟體成本：0.2</p>
<p>準則：Q. 營運人力成本</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 與非 AIoT 或 CCTV 方案增加或減少分數 -0.8 ~ +0.8。 ● 例如，0.8 則表示 AIoT 方案之成本高出 CCTV 方案所需要付出的成本多了 80% ● 例如，-0.2 表示 AIoT 方案相較 CCTV 方案所需付出的成本低了 20% <p>營運人力成本：-0.2</p>
<p>準則：R. 設備耐用度與維護成本</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 與非 AIoT 或 CCTV 方案增加或減少分數 -0.8 ~ +0.8。 ● 例如，0.8 則表示 AIoT 方案之成本高出 CCTV 方案所需要付出的成本多了 80% ● 例如，-0.2 表示 AIoT 方案相較 CCTV 方案所需付出的成本低了 20% <p>設備耐用度與維護成本：0.1</p>

(資料來源：本研究整理)

5.3.4 社會隱性風險(R) 檢核表評估方法

在技術發展潛力中準則評分，主要以檢核表中勾選之項目數量進行評分。不同於先前所提到的勾選評估方式，於風險評估方式為有勾選的項目為降低風險的功能，因此計算的結果為未勾選之項目於總項目中的佔比。在本案例社會隱性風險的評估方法中加入了常見的功能來降低風險，其中參考了 Rajpoot 等人所提出的影像監視的需求與挑戰(Rajppot et. al., 2014) 中所提到的隱私、資安等議題。除此之外，所設計的項目也參考了台灣資通產業標準協會所設計的「影像監控系統資安標準」之第一部至第四部(TAICS,2021)。

一、個人隱私風險影響評估：

表 5.27 為「社會隱性風險(R)」之「個人隱私風險」的檢核表的評分準則。此項目依照準則都設計了不一樣的檢核項目，計得分項目的方式為統計無勾選之項目數，表示無該功能會提高風險的可能性。準則「S.影像人像保護隱藏」、「T.畫面即時儲存」、「U.資訊去識別化」與「V.資訊保留期規範」都會根據每台 AIoT 影像感測器、本地主機或雲端服務等設備檢核後的得分後再取平均作為最後的單項準則得分。

表 5.27 案例(二)「社會隱性風險(R)」之「個人隱私風險」檢核表評分範例

<p>項目：4.1 個人隱私風險</p> <p>準則：S. 影像人像保護隱藏 (每台 AIoT 影像感測器/主機/雲端各別評估後取平均)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 具備人像馬賽克功能 <input type="checkbox"/> 具備骨架取代人體功能 <input type="checkbox"/> 可設定馬賽克程度 ✓ 可設定隱私遮罩 ✓ 最高管理員權限可解碼(以便可以作為證據) <p>總評分項目 5，總得分項目=2 單項準則得分 = 2 / 5 = 0.40</p>
<p>準則：T. 畫面即時儲存 (每台 AIoT 影像感測器/主機/雲端各別評估後取平均)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 可選擇事件觸發儲存影像 ✓ 可選擇即時儲存影像 ✓ 擁有磁碟陣列/熱備援硬碟等備援機制 ✓ 即時查看歷史影像 <p>總評分項目 4，總得分項目=0 單項準則得分 = 0 / 4 = 0.00</p>
<p>準則：U. 資訊去識別化 (每台 AIoT 影像感測器/主機/雲端各別評估後取平均)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 可選擇不顯示住戶資訊於即時畫面中 ✓ 事件網路通訊中皆以 ID 並且加密進行傳輸 (敏感性資料傳輸安全) ✓ 最高管理員權限可藉由 ID 關聯住戶資訊 ✓ 敏感性資料加密傳輸與儲存

總評分項目 4，總得分項目=0

單項準則得分 = 0 / 4 = 0.00

準則：V. 資訊保留期規範

(每台 AIoT 影像感測器/主機/雲端各別評估後取平均)

- ✓ 具備影像儲存設備
- 具備雲端備援設備
- ✓ 依照政府規範保留天數 (大於 31 天)
- ✓ 可設定循環儲存影像資料
- ✓ 可設定循環儲存文字記錄資料

總評分項目 5，總得分項目=1

單項準則得分 = 1 / 5 = 0.20

(資料來源：本研究整理)

二、資訊安全風險影響評估：

表 5.28 為「社會隱性風險(R)」之「資訊安全風險」的檢核表的評分準則。其中準則包括「W.資訊完整性」、「X.資訊加密性」與「Y.存取功能權限管控」。評分的方式與「個人隱私風險」準則相同，統計無勾選的項目數計算其數量佔項目總數的比例作為分數，無勾選之項目越高表示分數越高，也表示風險越高。反之是，所有項目都有勾選，則表示分數越低，表示該準則的資訊安全風險為 0，如準則「Y. 存取功能權限管控」所試填的結果所示。

表 5.28 案例(二)「社會隱性風險(R)」之「資訊安全風險」檢核表評分範例

項目：4.2 資訊安全風險

準則：W. 資訊完整性

(每台 AIoT 影像感測器/主機/雲端各別評估後取平均)

- ✓ 儲存事件發生時間、地點等資訊
- ✓ 保留事件發生時關鍵影像片段 (事件發生前後大於 1 分鐘)
- ✓ 儲存系統錯誤日誌 (如網路或設備異常)
- ✓ 儲存系統操作日誌 (包含使用者變更設定記錄)
- 感測器擁有不斷電裝置

總評分項目 5，總得分項目=1

單項準則得分 = 1 / 5 = 0.20

準則：X. 資訊加密性

(每台 AIoT 影像感測器/主機/雲端各別評估後取平均)

- ✓ 資訊加密傳輸並儲存
- 影像加密傳輸並儲存
- ✓ 需透過解密或特殊應用程式登入後方可觀看
- ✓ 具備防火牆設備與軟體
- ✓ 通行碼採用加密機制儲存

總評分項目 5，總得分項目=1

單項準則得分 = 1 / 5 = 0.20

準則：Y. 存取功能權限管控

- ✓ 具備權限設定
- ✓ 可設定觀看即時畫面權限
- ✓ 可設定觀看系統日誌權限
- ✓ 可設定權限設定權限
- ✓ 通行碼需強制使用英文大小寫、數字組合以增加複雜度
- ✓ 通行碼輸入頻率及次數限制

總評分項目 6，總得分項目=0

單項準則得分 = 0 / 6 = 0.00

(資料來源：本研究整理)

根據上述針對效益、潛力、成本、風險四大構面各準則項目填寫的得分結果記錄於表 5.29 中，套用第二節所分析的準則權重結果相乘後得到該準則的得分。最後藉由得分計算淨現值指標(NPVI)和效益成本比率(BCR)，如表 5.30 所示。從 NPVI 與 BCR 的數值是算結果發現，其 NPVI 與 BCR 皆超過門檻值，顯示該「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」具有成本效益。本案例之「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」以檢核表進行簡易成本效益評估後，其 NPVI 為 19.27%，BCR 為 4.65；相對於第 5.2.4 透過 CAMITA 成本效益分析之結果(方案一之 NPVI=12.63%，BCR 為 2.0977)，兩者雖有差異，但評估結果類似，皆具有相當高的成本效益，為經濟可行之方案。

表 5.29 以檢核表進行模擬案例(二)「方案一」之 CAMITA 效益評估指標試算結果

構面	項目	準則	權重	評分	得分
1.效率提升 效益 (B)	1.1 安全指標	A. 人員入口安全管制	5.19%	0.83	4.31%
		B. 車輛入口安全管制	4.49%	0.58	3.01%
		C. 建築水、火災、結構偏移偵測	2.14%	0.61	3.37%
		D. 異常行為偵測	2.30%	1.00	5.19%
	1.2 健康指標	E. 老人嬰兒居家照護	4.13%	0.67	3.48%
	1.3 節能指標	F. 自動分析與調整設備	0.00%	0.00	0.00%
	1.4 管理指標	G. 人力管理效益	4.02%	0.70	3.63%
		H. 速度提升效益	1.26%	0.80	4.15%
		I. 決策精確效益	2.54%	0.40	2.08%
2.技術發展 潛力 (O)	2.1 實用性指標	J. 技術實用性潛力	11.54%	0.60	3.11%
	2.2 可靠度指標	K. 技術可靠度潛力	13.68%	0.80	4.15%
	2.3 接受度指標	L. 市場接受度潛力	7.04%	0.80	4.15%
3.建置營運 成本 (C)	3.1 新建成本	M. 感測設備安裝成本	4.39%	0.20	1.04%
		N. 網路設備成本	1.63%	0.00	0.00%
		O. 主機設備建置成本	2.59%	0.00	0.00%
	3.2 營運成本	P. 營運軟體成本	2.51%	0.20	1.04%
		Q. 營運人力成本	4.70%	-0.20	-1.04%
		R. 設備耐用度與維護成本	4.02%	0.10	0.52%
4.社會隱性 風險 (R)	4.1 個人隱私風險	S. 影像人像保護隱藏	3.62%	0.40	2.08%
		T. 畫面即時儲存	1.93%	0.00	0.00%
		U. 資訊去識別化	2.61%	0.00	0.00%
		V. 資訊保留期規範	1.13%	0.20	1.04%
	4.2 資訊安全風險	W. 資訊完整性	4.29%	0.20	1.04%
		X. 資訊加密性	3.67%	0.20	1.04%
		Y. 存取功能權限管控	4.58%	0.00	0.00%

(資料來源：本研究整理)

表 5.30 以檢核表進行模擬案例(二)「方案一」之 BOCR 效益評估指標試算結果

計算項目	方案 「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」
B	29.21%
O	11.42%
C	1.56%
R	5.19%
B+O	40.63%
C+R	6.75%
淨現值指標(NPVI)	33.89%
益本比(BCR)	6.0231
結論	NPVI > 0 方案具可行性，BCR > 1.0 方案具成本效益

(資料來源：本研究整理)

第四節 模擬案例(二) 專家意見彙整

本節彙整了三個階段訪談專家所提供的專業意見，分成 3 個小節，以三個主題分別說明各專家的質性意見，包括：AIoT 影像感測器導入社區安全應用情景的需求優先性、預期效益以及可能之限制與困難。

5.4.1 針對 AIoT 影像感測器應用於社區安全管理之議題優先順序

本研究對十二位參與案例(二)ANP 訪談之專家，詢問其對於四大構面所關心之議題順序，以 1 至 4 紀錄，如表 5.31 所示。由表 5.31 可知，專家最關心之議題為效益；排序第二的是成本，其次是風險。較不重視的議題為技術發展潛力，以上所分析的排序皆是以平均數值來看，從表中也可觀察到平均分數並不會有太明顯的差距，這表示不同角度的角色會有不一樣之需求優先性，因此只能夠作為參考，真正的綜合分析結果還是應以前面所分析之效益評估之結果為準。

表 5.31 案例(二)專家針對 AIoT 影像感測器應用之議題優先順序統計表

構面	Rank	Avg.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
效益	1	2.08	2	3	3	2	2	1	3	1	3	3	1	1
潛力	4	2.92	3	2	2	2	4	2	4	3	4	4	2	3
成本	2	2.25	1	4	1	1	3	3	2	2	1	1	4	4
風險	3	2.50	4	1	4	2	1	4	1	4	2	2	3	2

除了以上的統計結果，以下彙整了專家們所提出的重點內容：

- 一、以某政府單位的業主為例，其優先議題為安全效益，也希望 AIoT 影像感測器在社區管理應用上可以減少營運階段之人力成本，因為未來社會住宅規模可能有大有小，對於戶數較少之社宅社區而言，要聘請 24 小時之保全人員，將造成住戶龐大之管理費負擔。
- 二、相對而言，政府業主單位比較不在意新建成本，因為感測器的成本相對於其他建築建造成本是非常低。此一觀點在訪談建築師時，則出現南轅北轍之看法。受訪之建築師認為民間業主(例如：開發商)的第一考量是設備之新建(安裝)成本，其次才是安全指標。
- 三、不同的業主屬性也會有不一樣的思考角度。由於政府單位的業主主要負責的是社會住宅的規劃，若 AIoT 可以提升效益，便可以降低營運時的管理人力，因此新建成本並不是放在第一優先考量
- 四、建築師所搭配之民間業主通常追求利潤，因此需要降低新建成本作為第一考量。
- 五、在受訪專家中(包括住戶代表)，多數專家會都認為導入成本(包含新建成本與營運成本)是會直接影響社區住戶的導入 AIoT 影像感測器之意願，成本的接受度也是會受到 AIoT 所能夠提升的效益所影響。
- 六、另外，從隱私的角度來看，除了住戶代表將其為第二優先考量的項目，其餘多數受訪專家將其擺在最後順位。某社區主委曾經提到：住戶都會非常的在意自己的隱

私是否被曝露至第三人，沒有人會希望有人可以隨時追蹤並且取得自己的行蹤，因此隱私是一個很重要的考量因數。

- 七、若 AIoT 技術可以將人像隱藏或打馬賽克、系統將資料去識別化等處立後，則住戶導入的意願將會提高。而 AIoT 設備專家認為，由於 AIoT 的 AI 技術和硬體效能不斷地提升，要達到這項功能並不是件難事，因此可以提供使用者選項功能，可依照需求開啟隱私保護功能。
- 八、資訊安全專家認為資訊安全是未來導入的關鍵重點，資訊安全會直接影響到設備的可靠度，若設備頻繁被駭客侵入，容易造成設備的不穩定性，這也直接影響設備的效益與用戶的隱私，也必須花許多營運成本來進行維護。因此，如果資安問題未解決，則其他隱私、成本、管理效益等面向都會受到影響。
- 九、從實務上參與智慧建築規劃與設計之機電技師(智慧建築設計專家)的角度來看，隱私和資訊安全在目前工程實務上並不是太大之問題。他認為目前台灣或國際上有許多資安相關的標準，網路設備時也會依照標準來建置，由於需要按照完善的標準規範，他並不會擔心資安上的問題。

5.4.2 期望 AIoT 影像感測器能達成之效益

本研究對十二位參與案例(二)ANP 訪談之專家，詢問其對於 AIoT 影像感測器最希望能達成什麼效益，重點彙整如下：

- 一、大部分的專家認為本案例研究所提出 AIoT 影像感測器導入之社區安全的應用功能幾乎都是具有效益的，而社區安全管理之基本標準配備會是人員門禁管制與車道入口管制；其餘的功能皆為輔助性功能而非基本之需求。
- 二、對於老人嬰兒照護的應用功能不是每一戶都會有老人或嬰兒需要照護，因此並不會將其作為社區安全的標準配備。
- 三、受訪建築師認為，像是老人嬰兒照護的功能可以應用於特殊應用場景，像是長照中心與實驗室，可以監控重度病患或研究人員的動作與路徑來確保人員的安全；因為保障受照護人的安全是最重要的，因此應用在專屬空間環境，應該不會有隱私顧慮的問題。

- 四、目前大部分 AIoT 影像感測器還是可以有效的提升管理效益，設備功能的應用對於 AIoT 技術與設備專家的角度來看，他們對設備會有信心可以非常穩定地運作，但是實際使用上還是會發生零星誤報的情況。
- 五、受訪專家們還是期望 AIoT 的準確率可以變得更高，避免長期誤判導致使用者的信心度降低，最後造成民眾拒用。因此，有實際的成功應用案例可以提升導入 AIoT 方案的優勢，如此一來市場接受度可以提高。
- 六、另外，AIoT 設備廠商提出目前已經有完成多個建案可以達成自動建立人臉、自動按電梯，住戶離開社區後自動取消那位人臉的設定、圍籬偵測，閒晃偵測等功能都有實作，夜間區域出現人員也都會警示，基本上 AIoT 影像感測器的實用性是非常高的。

5.4.3 AIoT 影像感測器的限制與困難

本研究對十二位參與案例(二)ANP 訪談之專家，詢問其對於 AIoT 影像感測器應用上可能發生之限制或困難，重點彙整如下：

- 一、目前 AIoT 影像感測器導入社區應用的主要困難點是在成本考量，其中必須包含新建(安裝)成本和營運成本的計算。
- 二、AIoT 設備專家則認為，設備成本已經不斷地在降低，就像電腦設備在以前的年代是高不可攀的科技設備，現在已經成為大家都買得起的設備。主要是技術不斷地在進步，設備的製成也越來越穩定並且快速，未來成本問題將不會是 AIoT 影像感測器導入社區安全管理之最主要限制。
- 三、在推廣 AIoT 影像感測器也可以根據社區類型進行導入，一般社區不會花大錢安裝新的科技設備，高級住宅區或重要機構才會有提升更高安全效益之需求。
- 四、某受訪社區主委認為，不同社區會有不同的想法，要如何分類整理成具體可行方案會比較困難。首先，必須了解社區屬性的定義與釐清，住戶接受的程度，再來去推廣會較佳。

- 五、系統保全公司襄理提出其服務的公司採月租模式來導入 AIoT 影像感測器，可以將設備的成本攤提到營運時的管理費上，每次所需要付出的金額會是很低並且無感，如此，可以提升市場接受度並且降低導入新技術之困難度。
- 六、未來社區安全管理一定會有 AIoT 技術之導入需求，但關鍵是準確度必須夠高，否則系統商就不會冒險安裝新技術設備。
- 七、另外，該受訪襄理也認為技術傳承也是目前遭遇的挑戰之一；若技術(AIoT 操作)沒有傳承，在設備設定或應用的現場就會耗掉許多的時間，便會增加更多的人事成本，降低 AIoT 感測器之價值。此亦呼應建築師和資訊安全專家所提出的想法，他們認為感測器使用者端的設定與管理相較於一般攝影機會變得更加的複雜。因此，要如何讓安裝者或使用者方便設定也會是一個需要考慮的課題。
- 八、除此之外，AIoT 影像感測器目前沒有一個標準規範來限制廠商之產品開發，導致市面上也有許多種類型的 AIoT 影像感測器。新的設備加到舊有的監控系統可能也會有不支援或不相容的問題，這些考量也會增加在系統整合或維護上的困難。
- 九、對於使用者端而言，住戶會考量到攝影機是否會拍攝到自己或是將自己的隱私資料傳送到不安全的設備上。因此在導入的時候便可能需要考量到不是每一位住戶都會接受。
- 十、為了可以避免隱私問題導致用戶不接受使用新技術，並且可以快速的導入 AIoT 影像感測器，受訪之 AIoT 設備技術專家的副總經理提出一解決方案：有很多住戶還是會在意使用人臉辨識技術於門口來作為門禁管制，這會侵犯到他們的個人隱私；因此該公司便提供社區兩種方案（人臉辨識，RFID 磁釦卡片）可以並用來通過門禁系統，要用人臉的方式可以註冊人臉，反之可以使用 RFID 磁釦或卡片。一般磁釦或卡片容易遺失，反之人臉辨識會是一個很方便的解決方案，因此人們也會慢慢接收使用該技術。
- 十一、 另一方面，某位受訪住戶代表認為，雖然 AIoT 影像感測器可以使用人體骨架的技術來避免隱私問題，但是環境影像還是會透露個人資訊，因此必須解決個人隱私遭到侵犯的問題，否則市場接受度會是個挑戰。

十二、一般使用影像監控之方式有種被監視的感覺，受監視者感受上不是很好，所以人們還是會比較能接受一般感測裝置(Sensor)之技術來進行門禁感應，如此可以避免影像隱私暴露的問題。因此 AIoT 是否會被接受，並不是人員影像遮蔽就可以解決的問題。

第五節小結

本章以 AIoT 影像感測器應用在一個大約 70 戶的集合住宅之社區安全管理，作為模擬案例，並將 AIoT 影像感測技術應用於以下五種情境：「人員入口安全管制」、「車輛入口安全管制」、「異常行為偵測」、「建築水、火災、結構偏移偵測」以及「老人嬰兒居家照護」等。針對上述模擬案例，以 CAMITA 成本效益分析模式進行分析。該 CAMITA 模式包含 4 大構面、11 個項目、25 個評分準則之評分架構。根據 CAMITA 的分析步驟，本模擬案例分別進行了 DEMATEL、ANP 及方案評分等三個階段的專家問卷及訪談。邀請社區安全管理之相關領域專家提供專業意見，所邀請之專家包括：業主代表、智慧建築設計建築師、AIoT 設備廠商與技術專家、保全系統廠商、資安專家學者、社區主委/委員等多種領域的專家。

從 6 位專家的 DEMATEL 分析結果發現，在 4 大構面中，「技術發展潛力 (O)」和「效益提升效率(B)」的主動影響性最高，而「社會隱性風險 (R)」和「營運建置成本 (C)」的被動影響性最高。可見未來 AIoT 影像感測器之發展重點，在於技術之穩定性與可靠度等，以及其對於安全監控之精確性與管理效率之提升；在技術可靠與效率提升的前提下，成本與風險課題相對都可以逐步獲得解決。

透過共 12 位專家填寫 ANP 問卷中進行統計分析，最後分析出專家們所認為權重最高的項目為「效率提升效益」中的「安全指標」，第二是「技術發展潛力」中的「可靠度指標」，第三則是「社會隱性風險」中的「資訊安全風險」。由於在 DEMATEL 的分析中過濾了「節能指標」的被動影響因子，因此「節能指標」在 ANP 的分析結果依然為 0，表示該項目在社區安全管理應用情境中，應該可以被忽略不考慮。從項目的重要性分析中「技術可靠度潛力」、「技術實用性潛力」、「市場接受度潛力」佔比所有項目中是最高的前三項。

本案例中在最後的階段，邀請 6 位專家參與評估 AIoT 影像感測器導入社區安全管理應用情景之成本效益評分。經由統計分析的結果發現，「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」之 NPVI 與 BCR 分別為 12.63% 與 2.0977；而「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」的 NPVI 與 BCR 分別為 1.04% 與 1.0902。若將方案一與方案二相比較，在 AIoT 取代 CCTV+DVR/IVS 時，其 NPVI 與 BCR 分別也有 11.59% 與 1.92。因此，在專家們的綜合評估下， $NPVI > 0$ 並且 $BCR > 1.0$ ，無論單獨考量「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」或以「方案一：AIoT 影像感測器自動識別方案」取代「方案二：CCTV+DVR/IVS 方案」，在社區安全管理應用上，都具有明顯的成本效益。

除了 CAMITA 成本效益分析模式外，為方便使用者評估應用，本模擬案例也設計了一個簡易檢核表應用效益評估方法。透過簡易表單項目之勾選，使用者可以快速進行評分，並得到簡易之成本效益指標分析結果。經過案例驗證，發現以簡易檢核表分析之結果雖然與 CAMITA 成本效益分析模式不同，但其結果類似。

在完成量化的效益分析之外，本研究也在訪問過程中詢問專家們對於以下三個題目的質性意見，包括：AIoT 影像感測器導入社區安全應用情景的需求優先性、預期效益以及可能之限制與困難。從專家訪談回覆中可觀察到，各不同領域之專家的觀察角度與想法都不相同，所考量到的限制與困難也會不一樣。大部分專家與住戶代表會認為成本是最大的導入考量點，但是對於住戶代表個人隱私是另外一個需要顧慮的議題，就算有 AIoT 的去識別化技術也無法降低住戶們對於隱私的顧慮。總結而言，成本和隱私會可能是阻礙 AIoT 導入社區安全管理的重點。

第六章 結論與建議

本章說明本計畫經過文獻回顧、焦點團體訪談、專家座談、問卷調查、資料分析與案例試算後，針對 AIoT 影像感測器於建築之安全應用所獲致之結論與建議，說明如下二節之內容。

第一節 結論

將本研究成果所獲得之結論，依據計畫需求說明之要求，分成三個方面進行歸納如下：

一、蒐集分析 AIoT 影像感測器在建築物安全應用之效益資料

1. 目前 AIoT 影像感測器於建築安全已漸臻成熟

經國內外技術文獻分析，目前國內外已有多項 AIoT 影像感測器之成熟商業產品，硬體方面包括：NVIDIA Jetson 模組系列、AWS DeepLens 及 Cognex (2021) 深度學習視覺攝影機等。其中，NVIDIA 所推出的 Jetson 模組系列包含了 Jetson Nano、Jetson TX2、Jetson Xavier NX、Jetson AGX Xavier，其中 Jetson Nano 的 AI 計算力可以達到 472 GFLOPS，最大耗電量僅需 10W，其裝置也提供一般主機應該有的 IO 介面，如 USB、網路、CSI、HDMI 等介面 (Nvidia, 2021)。此外，國內的廠商凌華科技(ADLINK, 2021) 也開發了應用於工業領域的 NEON AI 智慧相機，可以進行 AOI 辨識，亦可預防工業機器人所會造成的危害。另外，在軟體開發平台方面，目前坊間常見的 AIoT 影像感測器之機器學習技術與框架包括：Yolo v1(Redmon et al., 2016) 到 Yolo v4 (Bochkovski et al., 2020)、DeepLab (Chen et al., 2017)及 Google 所提供的 TensorFlow 等，皆為成熟且可商業化之平台。可見 AIoT 影像感測器之技術已臻成熟，具有產業化以及商業化之應用價值與發展潛力，未來可搭配相關規範於建築施工與營運階段來導入 AIoT 影像感測器，加速 AIoT 影像感測器的應用效益。

2. 國內外有關 AIoT 影像感測器於建築安全之應用範圍廣泛

分析國內外 AIoT 影像感測器於建築安全之應用案例文獻發現，其應用範圍相當廣泛；除包含智慧建築標章第 5 項「安全防災」之防火(Santiputri and Tio, 2018)、防水、防

盜、監視(Zhou et al., 2016; Boominathan et al., 2016; Sánchez et al., 2020;台北市政府, 2020)、門禁(Wang et al., 2017;台北市政府, 2020)、停車管理(Dalarmelina et al., 2017; Kurpiel et al., 2019; Silva et al., 2020; Luque-Vega et al., 2020;台北市政府, 2020)、有害氣體防制(Santiputri and Tio, 2018)及緊急求救等外,亦與第7項「健康舒適」之健康管理(Shojaei-Hashemi et al., 2018; Lai et al., 2018; Kong et al., 2018; Huang et al., 2020; McCay et al., 2020;台北市政府, 2020) 相關。

此外,透過建築生命週期歸納發現,除了建築使用營運階段之安全管理(與前述智慧建築標章規範內容較為相關)之外,對於施工階段的工地安全管控(Ding et al., 2018; Fang et al., 2018b;廖琬洲等人, 2021;余文德等人, 2020)、施工階段之鄰房安全(Lin et al., 2021)與施工中建築結構體安全監測(Zhang et al., 2021)以及竣工後建築物之結構體安全(Burnett et al., 2018; Feng et al., 2017; Hsu et al., 2020)等皆有相關之應用案例文獻發表。

由上述國內外應用案例文獻分析可知,AIoT 影像感測器於建築安全之應用已滲透日常生活之各個層面,也遍及建築生命週期之各階段。其在智慧生活空間之創新應用,更是日新月異不斷推陳出新。對於未來智慧建築樣貌之影響,更加值得期待。

3. 國內外有關智慧建築科技效益分析之發現

透過文獻回顧發現,傳統經濟決策分析法(EDAM)之成本效益分析(CBA)方法,仍為國際學術界對於智慧型新興科技效益評估之主流。然而在進行傳統 CBA 分析時,必須將各項與 AIoT 應用相關之有形(tangible)與無形(intangible)之成本與效益量化並轉換成為貨幣單位;此一要求對於許多新興技術之應用方案分析,造成困難。因此,透過質性分析來進行次量化轉換(溫琇玲、游璧菁, 2017;張效通等, 2020; Lin et al, 2017) 間接成本價值評估之方法(Yu et al, 2009; Housel and Bell, 2001; Yang et al, 2020),便成為可能的替代方案。

為了解決上述問題,本研究提出一「建築智慧科技應用成本效益分析模式(Cost/benefit Analysis Model for Intelligent building Technology Adoption, 簡稱為 CAMITA)」,作為本計畫 AIoT 影像感測器於建築安全模擬案例應用效益之分析模式。

二、提出 AIoT 影像感測器建築安全應用注意事項及效益

1. 本研究依據建築生命週期歸納 18 項 AIoT 影像感測器於建築安全之應用情境

本研究歸納出 18 項 AIoT 影像感測器在建築安全應用之情境，分為：(1)建築施工中工地安全監控(共 6 項)—高處施工之建築開口或結構物邊緣之人員墜落風險監控、個人防護設備(PPE)之辨識、施工人員不安全行為辨識、移動式起重機操作時周圍碰撞風險之警示與監控、工地出入口人/車門禁管制以及工區環境安全監控；(2)建築施工中結構安全監測(共 3 項)—地下開挖之安全支撐監控、鄰房下陷或傾斜之監測、地下管線(隧道)等開挖之結構變形監控；(3)完工後建築物安全監測(共 3 項)—結構損壞檢測、外牆損壞檢測、設施耐久性檢測；及(4)營運階段社區安全管理(共 6 項)—智慧建築內之居家照護與健康管理、建築物出入口之人員門禁管制、建築物車道出入口之車牌辨識、公共空間異常行為之安全偵測、失智老人與寵物之協尋，以及建築物火災、洪水及結構物位移之偵測與警示。此 18 項應用情境，可以做為未來業主或工程與設計單位，在 AIoT 影像感測器應用於建築安全領域時之參考情境。

2. AIoT 影像感測器之隱私權與資安相關議題重要性越來越高

歸納模擬案例專家座談與焦點團體訪談之專家與利害關係人意見發現，AIoT 影像感測器之隱私權與資安相關議題之重要性，對於利害關係人(包括業主及社區住戶等)越來越重要。除了個資法實施之後民眾個資隱私權之意識越來越提高之外，另外，AIoT 影像感測器之高解析度與高辨識能力，也確實引發侵犯個人隱私之疑慮。

相對於一般民眾之疑慮，包括資訊安全專家、保全系統廠商以及 AIoT 技術專家的看法則有極大差異。對於 AIoT 技術熟悉之專家與設備廠商普遍認為，目前 AIoT 影像感測器對於資訊安全之保護遠優於傳統 CCTV 監視器。且目前產業界已經開發出能依據使用者之需求而進行影像處理或遮蔽之技術，只要付出相對之成本，即可獲得安全且有隱私保護之服務。因此，雖然隱私權與資安相關議題之重要性越來越高，但卻不是無法克服與解決的議題。

此外，國際上對於隱私權與個資安全之保護，已逐漸形成普遍被接受之標準；經過國內外有關隱私權之文獻分析發現，經濟合作發展組織(OECD)「隱私權保護及個人資訊跨國流通處理原則」(OECD, 2021)之八項規範，對於未來 AIoT 影像感測器所取得之

數位資料有關資料蒐集之限制、資料品質之確保、資料使用目的之明確化、資料利用之限制、資料安全之保障、資料利用目的之公開化、個人對於資料處理之參與權，以及取得資料單位所應負擔之責任等，皆有明確之規範，且與國內相關法令相吻合。因此，建議國內各相關單位，未來對於 AIoT 所取得數位影像資料之利用與處置，可依循該原則行之，以保障個人資訊安全與隱私，並符合國際主流標準規範。

三、提出 AIoT 影像感測器在建築物安全應用之效益案例模擬

1. 本研究已提出 AIoT 影像感測器於建築安全應用成本效益之分析模式

為分析 AIoT 影像感測器應用於建築安全之成本效益，本研究根據國內外文獻回顧後，提出 CAMITA 成本效益分析模式。該模式參考國內外有關智慧建築及創新技術成本效益分析方法而研擬，包含：效率提升之效益(Benefit, B)、技術發展潛力之機會(Opportunity, O)、設備建置與維護之成本(Cost, C)、以及對於社會及個人可能帶來之風險(Risk, R)等 BOCR 四大構面，涵蓋了一般創新科技導入應用之主要面向。本 CAMITA 方法最終評估結果為淨現值指標(NPVI)或益本比(BCR)，其數據除具有一般經濟決策分析方法之可參考性外，且可與國外相關研究成果進行比較。另外，本模式之 NPVI 所得到的是以評估尺規(Scale)為參考之效益衡量值，而非經濟決策分析之絕對貨幣現值；而 BCR 則是透過專家評估後之效益/成本比例估算值，則可與一般經濟決策分析之 BCR 互相比較。

本 CAMITA 模式之分析流程包括五個步驟：(1)以 DEMATEL 方法進行各構面、項目及準則之相互影響力之評估；(2) 應用 ANP 兩兩比較法進行項目重要性相對權重分析；(3) 依據 AIoT 應用案例之個案資料，以量化或質性(次量化)方法，評估「效益提升(B)」、「發展潛力(O)」、「應用成本(C)」及「隱私與資安風險(R)」等構面下各項目之準則數據與得分；(4) 依據步驟(3)所得到之權重，加總計算效益項/機會(潛力)得分(B、O)，以及成本、風險項得分(C、R)；以及(5) 帶入經濟決策分析指標計算，包括淨現值指標(NPVI)及益本比指標(BCR)。為了輔助使用者進行評估，本研究對於步驟(3)除提出標準評估尺規(Evaluation scale)作為不同對照方案之相對效益評估參考之外，也提出檢核表(Checklist)簡易評估方法，供決策者參考應用。

透過模擬案例導入分析，已驗證本 CAMITA 模式具有涵蓋評估面向較廣、兼顧量化與質性顯性與隱性指標、採用多評準決策分析方法及經濟決策分析模式、其最終分析結果較易與國際文獻報告相參照等特性，可做為 AIoT 影像感測器於建築安全應用效益評估之方法。

2. 本研究已完成兩個 AIoT 影像感測器於建築安全應用之模擬案例研究與分析

此外，本研究完成以下兩個 AIoT 影像感測器於建築安全之模擬應用案例：

模擬案例(一)：「AIoT 影像感測器於建築工地安全監控之應用」——以台中市西屯區某公共工程做為模擬案例之假想工地，本工地基地面積約 2.6 公頃，總樓地板面積為 58,016 m²之公共建築工程為模擬案例對象；模擬應用情境包括：工地大門出入口之人員與車輛管制、個人防護設備(PPE)自動辨識、建築施工面高處作業之邊緣與結構體內部開口之墜落風險自動監控，以及移動式起重機吊裝作業區人員與物品管制。依據模擬案例(一)之個案分析結果發現，以「AIoT 影像感測器自動識別」應用於建築工地安全之監控，可獲致淨現值指標(NPVI)為 20.21%，益本比(BCR)則為 5.10；皆高於「傳統 CCTV 方案+人工監看方案」之效益。針對建築工地安全監控之利害關係人訪談發現，受訪者對於 AIoT 影像感測器應用於工地安全監控最關切之議題為其所能獲致之人員安全與環境安全監測效益，尤其是 AIoT 影像感測器能否對於工區全境進行無死角之安全監控表示關切。相對而言，受訪者對於個人隱私風險與設備成本之關切程度較低。

模擬案例(二)：「AIoT 影像感測器於社區安全管理之應用」——以 AIoT 影像感測器應用在一個大約 70 戶的集合住宅之社區安全管理，作為模擬案例；模擬應用情境包括：人員入口安全管制、車輛入口安全管制、異常行為偵測、建築水、火災、結構偏移偵測以及老人嬰兒居家照護等應用情境。個別模擬案例分析過程，包括：實際案例場景訪談、AIoT 影像感測器可能應用情境研擬、模擬案例效益分析問卷(包括 DEMATEL 及 ANP)設計/試問/專家訪談與問卷調查、問卷結果資料分析與專家訪談意見彙整等步驟。依據模擬案例(二)之個案分析結果發現，以「AIoT 影像感測器自動識別」應用於建築工地安全之監控，可獲致淨現值指標(NPVI)為 12.63%，益本比(BCR)則為 2.10；皆高於「傳統 CCTV 方案+人工監看方案」之效益；針對傳統方案 vs. AIoT 影像感測器應用於社區安全管理之方案對比分析發現，AIoT 影像感測器方案相較於傳統

CCTV 結合社區保全方案之 NPVI 為 11.59%，BCR 為 1.92；此一結果與 Chen et al. (2016) 及 Berawi et al. (2017) 等針對智慧建築之效益研究結果類似，可以佐證本研究所提出的 CAMITA 成本效益分析模式之可參考性。

此外，在案例(二)針對社區安全管理之利害關係人訪談發現，受訪者對於 AIoT 影像感測器應用於社區安全管理最關切之議題為其所能獲致之安全效率指標，尤其是 AIoT 影像感測器能否對於社區進行無死角之安全監控表示關切。與模擬案例(一)不同的是，各不同領域之專家對於需求優先性、預期效益以及可能之限制與困難的觀察角度與想法各不相同，所考量到的限制與困難也會不一樣；大部分專家與住戶代表認為成本是最大的導入考量點，但是對於住戶代表個人隱私是另外一個需要顧慮的議題，即便 AIoT 具有去識別化技術仍無法降低住戶們對於隱私的顧慮。總結而言，成本和隱私會可能是阻礙 AIoT 導入社區安全管理的重點。此外，社會住宅業主單位特別指出，未來大型社宅計畫陸續完工之後，社宅計畫可能朝向小型社區開發，如此，傳統以人工保全系統進行社區安全管理之每戶分攤成本將大幅提高；因此，AIoT 影像感測器於小型社區之自動安全管理應用，機會極具潛力。此一觀點亦獲得保全公司主管以其實務經驗覆議，並認為 AIoT 影像感測器於未來社區安全管理之應用不可避免之趨勢，可以搭配法規的制定與執行，方可加速 AIoT 影像感測器在社區安全管理的應用效益。

第二節 建議

依據本研究之發現與結論，並考量 AIoT 影像感測器在國內外建築安全領域之應用現況，本研究提出以下五點可行之建議，分別說明如下：

(1) AIoT 影像感測創新技術於社會住宅智慧建築應用之研究：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：國家住宅及都市更新中心、各縣市社會住宅開發與規劃單位

政府規劃在未來八年內完成 20 萬戶只租不售之社會住宅，以解決青年及經濟弱勢族群在都會地區之居住問題。截至 2020 年底，正在興建及完工之社會住宅共計四萬六千餘戶，預計未來由政府主辦興建之社會住宅將達到 12 萬戶，如此龐大之住宅新建計

畫提供智慧建築創新技術最佳之實證應用場域。經由本研究結論發現，應用 AIoT 影像感測器於社會住宅之社區安全管理可達到極高之經濟效益。尤其未來社會住宅之規模有可能朝向小型化（戶數在 35~80 間），若採用傳統 24 小時人工保全系統進行管理，勢必提高住戶之保安全管理費用負擔，如此將與社會住宅開發之初衷（減輕青年及經濟弱勢族群之經濟負擔）相違背。若能透過 AIoT 影像感測器之導入，則可以大幅降保安全管理人力需求；尤其是夜間之巡檢，甚至可以達到無人化之智慧社區管理目標，大幅減低住戶保安全管理費用之負擔，實為立即可行之政策。

(2) AIoT 影像感測創新技術於社會住宅施工安全與建築物災害監測應用之研究：立即可行之建議

主辦機關：國家住宅及都市更新中心、各縣市社會住宅工程主辦單位

協辦機關：內政部建築研究所

延續前一項建議，本研究之結論發現，應用 AIoT 影像感測器於社會住宅施工過程之工地安全管理，對於減低工地意外發生，改善人員安全，具有明顯效益。除此之外，在國外之建築安全應用中，亦有將 AIoT 影像感測器應用於施工中之鄰房下陷或傾斜之監測、工地水/火災之監控，以及完工後建築物之結構位移監測、住宅邊坡安全監測、建築物表面結構損壞檢測、外牆損壞檢測等應用案例。建議可以以我國堅實之資訊產業基礎結合目前正在大力興辦的社會住宅工程為策略夥伴，進行上述 AIoT 影像感測器應用之測試與實證，以建立本土研究範例與數據。如此，不但可以鼓勵國內 AIoT 影像感測器相關產業投入研發以提升我國智慧建築科技水平外，對於建立相關產業鏈、行產品驗證與技術提升，以及長期之智慧建築設備生產輸出等，皆有所助益。蓋因社會住宅完工後，將失去絕佳之技術實踐場域，因此，本建議事項亦具有立即之時效性。

(3) 建築物應用 AIoT 智慧物聯網技術效益評估之實證研究：短期可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各大學院校及學術研究機構

本研究之一重要成果在於參考國外學術文獻方法，提出「建築智慧科技應用成本效益分析模式(CAMITA)」。此一模式之分析架構並不侷限於 AIoT 影像感測器，而可適用於所有智慧建築科技應用之成本效益分析。其所得之淨現值指標(NPVI)與益本比(BCR)指標，皆屬經濟決策分析之效益指標，不但提供業主或使用者經濟決策之支持數據，更可與國際相關研究之數據互相比較。然而目前國內對於創新智慧建築科技之應用，尚未累積足夠之參考數據，以支持公私部門建築工程業主對於採用創新技術與否之決策判斷；因此，建議未來建研所可以參考 CAMITA 架構，進行更多智慧建築與智慧社區之實證案例成本效益分析研究，以累積更多本土案例數據資料，供公私部門相關單位決策參考。此外，本研究僅進行模擬案例之分析，有關 AIoT 影像感測器實際應用時與建築自動化系統(BAS)之連動、促發與回應系統間之連動整合，以及此一整合系統所可能產生之加成效益，建議可以於後續實證研究中進行詳細規劃與驗證。

(4) AIoT 影像感測器於智慧建築智慧創新應用之研究：短期可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各大學院校及學術研究機構

我國「智慧建築評估手冊」八大評估項目中前七項目之評估項目相對完整，唯有「8. 智慧創新」項目，目前尚未有明確而詳細之規範。經由本研究發現，AIoT 影像感測器於建築安全之應用不但涵蓋「智慧建築評估手冊」中第 5 項「安全防災」之所有項目，且其設備建置，亦牽涉到「1. 綜合佈線」與「2. 資訊通信」；而健康照護應用其境，亦涵蓋「健康舒適」。有鑑於 AIoT 等智慧資訊設備在智慧建築與建築安全領域應用之快速發展，提供未來智慧生活空間更多創新之想像，對於人居生活亦產生革命性之改變。然而，所有創新技術之發展皆需要有足夠之養分與支持環境，尤其是關乎公共安全與人民權益之建築科技，更需要政府有力的支持與相關資訊安全及隱私法令規範監督。因此，如何將 AIoT 影像感測器這類突飛猛進之智慧科技，應用於未來居住生活空間之智慧創新應用，並制定相應之資訊安全與個人隱私規範，值得政府學術研究單位投入研究。一來可以充實「智慧建築標章」第八項「智慧創新」之實際內涵，另一方面則可進一步更新與完善其他評估項目之評估內容。

(5) AIoT 影像感測器於智慧建築智慧創新應用人才培養及產學研合作推廣：短期可
行之建議

主辦機關：台灣建築中心

協辦機關：各大學院校及學術研究機構、AIoT 設備產業

本研究經由兩個模擬案例－模擬案例(一)：AIoT 影像感測器於建築工地安全監控之應用，模擬案例(二)：AIoT 影像感測器於社區安全管理之應用－均證明 AIoT 影像感測器於建築生命週期不同階段較目前傳統方案具效益。但經由三階段專家訪談暨問卷調查及兩場專家座談會，發現對於系統介面友善性、成本透明度等均尚有發展空間。然而，有鑑於後續推廣 AIoT 等智慧資訊設備在智慧建築與建築安全領域之應用，須培養營建安全與資訊工程雙專長人才。因此，由政府、研究機構、學術研究單位、營建產業及物業管理單位投入研究與實踐，一來可將建築智慧化效益更佳提升，更可藉此培養出產業實務人才。

參考文獻

- Ahmed, S. A., Dogra, D. P., Kar, S., and Roy, P. P., "Trajectory-Based Surveillance Analysis: A Survey," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 29, no. 7, pp. 1985-1997, 2019, doi: 10.1109/TCSVT.2018.2857489.
- Arfi, W.B., Nasr, I.B., Khvatova, T., Zaied, Y.B., "Understanding acceptance of eHealthcare by IoT natives and IoT immigrants: An integrated model of UTAUT, perceived risk, and financial cost," *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 163, 120437, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120437>, 2021.
- Atzori, L., Iera, A., and Morabitoc, G., "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, 54(15): 2787-2805, 2010.
- AXIS Communications, AXIS Live Privacy Shield, <https://www.axis.com/products/axis-live-privacy-shield>, 查詢日期：2021/6
- AXIS Communications, 歐洲一般資料保護法規(GDPR)對於影像監控的意義, https://www.axis.com/files/whitepaper/gd_gdpr_72053_tw_1807_lo.pdf, 查詢日期：2021/6
- Better Living. "BL Labeling System 2020", Website: <https://www.cbl.or.jp/english/1.html>, Accessed 2021/09.
- Berawi, M.A., Miraj, P., Sayuti, M.S., Berawi, A.R.B "Improving Building Performance Using Smart Building Concept: Benefit Cost Ratio Comparison", *AIP Conference Proceedings* 1903, 030001, <https://doi.org/10.1063/1.5011508>, 2017.
- Bialkowski, A., Denman, S., Sridharan, S., Fookes, C., and Lucey, P., "A Database for Person Re-Identification in Multi-Camera Surveillance Networks," in 2012 International Conference on Digital Image Computing Techniques and Applications (DICTA), 3-5 Dec. 2012, pp. 1-8, doi: 10.1109/DICTA.2012.6411689.
- Blank, L. and Tarquin, A., *Engineering Economy*, 7th Edition, McGraw Hill, NY, USA, 2012.
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., Liao, and H.-Y. M. "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection" *Computer Vision and Pattern Recognition*, arXiv:2004.10934, 2020.
- Boominathan, L., Kruthiventi, S. S. S., and Babu, R. V., "CrowdNet: A Deep Convolutional Network for Dense Crowd Counting," presented at the Proceedings of the 24th ACM international conference on Multimedia, Amsterdam, The Netherlands, 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2964284.2967300>.
- Brilakisa, I., Park, M. W., and Jog, G., "Automated vision tracking of project related entities," *Advanced Engineering Informatics*, 25(4): 713-724, 2011.
- Burnett, J. D. and Wing, M. G., "A low-cost near-infrared digital camera for fire detection and monitoring," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 39, no. 3, pp. 741-753, 2018/02/01 2018, doi: 10.1080/01431161.2017.1385109.
- Chattopadhyay, A. and Boulton, T. E., "PrivacyCam: a Privacy Preserving Camera Using uCLinux on the Blackfin DSP," 2007 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2007, pp. 1-8, doi: 10.1109/CVPR.2007.383413.

- Chen, L.-C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy K., and Yuille A. L. "DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs." *Computer Vision and Pattern Recognition*, arXiv:1606.00915, 2017.
- Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H., "A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with china perspective." *IEEE Internet of Things Journal*, 1(4), 349–359, 2014.
- Chen, Z., Wang, F., and Feng, Q. "Cost-benefit evaluation for building intelligent systems with special consideration on intangible benefits and energy consumption" *Energy and Buildings* 128 , 484–490, 2016.
- Cherry Home, Senior Assisted Care Facilities, <https://get.cherryhome.ai/care/>, 查詢日期: 2021/6
- Chor, K.H.B., Wisdom, J.P., Olin, S.C.S., Hoagwood, K.E., and Horwitz, S.M., "Measures for Predictors of Innovation Adoption" *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42(5):545-73. <http://doi: 10.1007/s10488-014-0551-7>, 2015.
- Cognex, "IN-SIGHT D900 視覺系統", Website: <https://www.cognex.com/zh-tw/products/deep-learning/in-sight-d900>, 查詢日期: 2021/6。
- Cubo AI, 智慧寶寶攝影機, <https://tw.getcubo.com/>, 查詢日期: 2021/6
- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA), Federal Information Security Modernization Act, 2014, <https://www.cisa.gov/federal-information-security-modernization-act>, 查詢日期: 2021/6
- Da Xu, L., He, W., and Li, S., "Internet of things in industries: A survey." *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243, 2014.
- Dai, J., Huang, Y., and Liu, T., "The Effect of AIoT on the Total Factor Productivity: The Case of China in The Past Decade," *Proceedings of Business and Economic Studies*, Vol 3 No 6, pp. 17-20, 2020. <http:// 10.26689/pbes.v3i6.1713>.
- Ding, L., Fang, W., Luo, H., Love, P. E. D., and Ouyang, X., "A deep hybrid learning model to detect unsafe behavior: Integrating convolution neural networks and long short-term memory," *Automation in Construction*, 86: 118-124, 2018.
- Fang, Q., Li, H., Luo, X., Ding, L., and An, W., "Detecting non-hardhat-use by a deep learning method from far-field surveillance videos," *Automation in Construction*, 85: 1-9, 2018a.
- Fang, W. L., Ding, L. Y., Luo, H. B., and Love, P. E. D., "Falls from heights: A computer vision-based approach for safety harness detection," *Automation in Construction*, 91: 53-61, 2018b.
- Feng, D. and Feng, M. Q., "Experimental validation of cost-effective vision-based structural health monitoring," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 88, pp. 199-211, 2017/05/01/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2016.11.021>.
- Fontela, E. and Gabus, A. (Eds.) *The DEMATEL Observe*, Battelle Institute, Geneva Research Center, 1976.
- Fontela, E. and Gabus, A. "DEMATEL innovative methods," Technical report no. 2, Structural

- analysis of the world problematique. Battelle Geneva Research Institute, 1974.
- Gao, J. L., Yuan, Z. W., Liu, X. W., Xia, X.M., Huang, X. J., and Dong, Z.F., "Improving air pollution control policy in China—A perspective based on cost–benefit analysis," *Science of The Total Environment*, Volume 543, Part A, Pages 307-314, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.037>, 2016.
- GDPR.EU, General Data Protection Regulation (GDPR) Art. 1 GDPR Subject-matter and objectives, <https://csrc.nist.gov/Projects/cybersecurity-framework/nist-cybersecurity-framework-a-quick-start-guide>, 查詢日期: 2021/6
- Hernández-Ramos, J. L., Moreno, M. V., Bernabé, J. B., Carrillo, D. G., and Skarmeta, A. F., "SAFIR: Secure access framework for IoT-enabled services on smart buildings." *Journal of Computer and System Sciences*, 81(8), 1452–1463, 2015.
- Housel, T. J. and Bell, A. *Measuring and Managing Knowledge*, McGraw Hill, Boston, USA, 2001.
- Hsu, T.-Y. and Kuo, X.-J., "A Stand-Alone Smart Camera System for Online Post-Earthquake Building Safety Assessment," *Sensors*, vol. 20, no. 12, p. 3374, 2020. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/12/3374>.
- Huang, Q. and Hao, K., "The Development of Artificial Intelligence (AI) Algorithms to Avoid Potential Baby Sleep Hazards in Smart Buildings," in *Construction Research Congress 2020*, 2020, pp. 278-287.
- Hussain, T., Muhammad, K., Khan, S., Ullah, A., Lee, M. Y., and Baik, S. W., "Intelligent Baby Behavior Monitoring using Embedded Vision in IoT for Smart Healthcare Centers," *Journal of Artificial Intelligence and Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 110-124, 2019, doi: 10.33969/ais.2019.11007.
- Intelligent building dictionary, Website: <http://65.49.12.165/index.php>, Hands-On-Guide, 2007.
- Khoa, T. A., Man, M. M., Nguyen, T.-Y., Nguyen, V., and Nam, N. H., "Smart Agriculture Using IoT Multi-Sensors: A Novel Watering Management System. *J. Sens. Actuator Netw.*" 8(45), <https://doi.org/10.3390/jsan8030045>, 2019.
- Kong, X., Meng, Z., Meng, L., and Tomiyama, H., "A Privacy Protected Fall Detection IoT System for Elderly Persons Using Depth Camera," in *2018 International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS)*, 30 Aug.-2 Sept. 2018 2018, pp. 31-35, doi: 10.1109/ICAMechS.2018.8506987.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G. E., "Imagenet classification with deep convolutional neural networks," *Adv. Neural Inf. Proces. Syst.* 1097-1105, 2012.
- Lai, C. and Jiang, L., "An Intelligent Baby Care System Based on IoT and Deep Learning Techniques," *International Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 81-85, 2018, doi: 10.5281/zenodo.1315625.
- Lee, I., & Lee, K., "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises." *Business Horizons*, 58(4), 431–440, 2015.
- Li, J., Liu, H. M., Wang, T. Z., Jiang, M., Wang, S., Li, K., and Zhao, X. K., "Safety Helmet Wearing Detection Based on Image Processing and Machine Learning," *Proceedings of*

- the Ninth International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI 2017), Feb. 4-6, Doha, Qatar, 5pp, 2017.
- Li, K., Zhao, X. G., Bian, J., and Tan, M., “Automatic Safety Helmet Wearing Detection.” Reprint arXiv:1802.00264, Website: <https://arxiv.org/pdf/1802.00264.pdf>, 6pp., accessed 2018/10, 2018.
- Lin, C. C., Wang, W. C., and Yu, W.D., “Improving Multiple Criteria Decision-Making in Construction via an Adaptive AHP Approach (A3),” *Automation in Construction*, 17(2), 180-187, <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.03.004>, 2008.
- Lin, D. J., Yu, W. D., Wu, C. M., and Cheng, T. M. “Correlation between Intellectual Capital and Business Performance of Construction Industry—an Empirical Study in Taiwan,” *International Journal of Construction Management*, 18(1), 1-15, <http://doi.org/10.1080/15623599.2017.1315528>, 2017.
- Lin, S.S., Shen, S.L., Zhou, A., and Xu, Y.S. “Risk assessment and management of excavation system based on fuzzy set theory and machine learning methods.” *Automation in Construction*, 122, 103490, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103490>, 2021.
- Liu, A., Zhang, Q., Li, Z., Choi, Y. J., Li, J., & Komuro, N., “A green and reliable communication modeling for industrial internet of things.” *Computers & Electrical Engineering*, 58, 364–381, 2017.
- Liu, Y., Wang, H., & Tzeng, G. H., “From Measure to Guidance: Galactic Model and Sustainable Development Planning toward the Best Smart City.” *Journal of Urban Planning and Development*, 144(4), 04018035. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000478](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000478), 2018.
- Luque Sánchez, Hupont, F., I., Tabik, S., and Herrera, F., "Revisiting crowd behaviour analysis through deep learning: Taxonomy, anomaly detection, crowd emotions, datasets, opportunities and prospects," *Information Fusion*, vol. 64, pp. 318-335, 2020/12/01/ 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.07.008>.
- Ma, Y., Feng, X., Jiao, J., Peng, Z.H., Qian, S., Xue, H., and Li. H., "Smart Fire Alarm System with Person Detection and Thermal Camera," *Cham, 2020: Springer International Publishing, in Computational Science – ICCS 2020*, pp. 353-366.
- McCay, K. D., Ho, E. S. L., Shum, H. P. H., Fehring, G., Marcroft, C., and Embleton, N. D., "Abnormal Infant Movements Classification with Deep Learning on Pose-Based Features," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 51582-51592, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2980269.
- Mineraud, J., Mazhelis, O., Su, X., & Tarkoma, S., “A gap analysis of Internet-of-Things platforms.” *Computer Communications*, 89, 5–16, 2016.
- Mneymneh, B. E., Abbas M., and Khoury, H., “Evaluation of computer vision techniques for automated hardhat detection in indoor construction safety applications,” *Frontiers in Engineering Management* , 5(2): 227-239, 2018.
- Mneymneh, B. E., Abbas, M., and Khoury, H., “Automated Hardhat Detection for Construction Safety Applications,” *Procedia Engineering*, 196: 895-902, 2017.
- Mohanta, B. K., Jena, D., Satapathy, U., and Patnaik, S., "Survey on IoT Security: Challenges

- and Solution Using Machine Learning, Artificial Intelligence and Blockchain Technology," *Internet of Things*, Vol. 11, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100227>.
- Muhammad, K., Ahmad, J., Lv, Z., Bellavista, P., Yang, P., and Baik, S. W., "Efficient Deep CNN-Based Fire Detection and Localization in Video Surveillance Applications," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 49, no. 7, pp. 1419-1434, 2018, doi: 10.1109/TSMC.2018.2830099.
- Nasiopoulos, A. P., Little, J. J., and Pourazad, M. T., "Video-based Human Fall Detection in Smart Homes Using Deep Learning," in *2018 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 27-30 May 2018 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISCAS.2018.8351648.
- National Institute of Standards and Technology (NIST), *Cybersecurity Framework CSF*, 2021/05/28, <https://csrc.nist.gov/Projects/cybersecurity-framework/nist-cybersecurity-framework-a-quick-start-guide>, 查詢日期: 2021/6
- Nvidia, "Embedded Systems Developer Kits & Modules from NVIDIA Jetson," NVIDIA Jetson, Website: <https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/>, accessed 2021/03.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *OECD Guidelines on the Protection of Privacy and Transborder Flows of Personal Data*, <https://www.oecd.org/digital/ieconomy/oecdguidelinesonthe protectionofprivacyandtransborderflowsofpersonaldata.htm>, 查詢日期: 2021/6。
- Ou Yang, Y.P., Shieh, H.M., Leu, J.D., and Tzeng, G.H., "A Novel Hybrid MCDM Model Combined with DEMATEL and ANP with Applications." *International Journal of Operations Research* Vol. 5, No. 3, 160-168, 2008.
- Padilla-López, J. R., Chaaoui, A. A., and Flórez-Revuelta, F., "Visual Privacy Protection Methods: A Survey," *Expert Systems with Applications*, Vol. 42, Issue 9, 2015, pp. 4177-4195.
- Park, Y., and Park, G., "A new method for technology valuation in monetary value: procedure and application," *Technovation*, Vol. 24, No. 5, pp. 387-394, 2004.
- Philip, E., Ahmed, B., Feiyu, Q., Li, Z., Carolyn, D., and Richard J., *In-House Deep Environmental Sentience for Smart Homecare Solutions toward Ageing Society*. 2020.
- PMI, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 4th Edition, Project Management Institute, PA, USA, p. 281, 2008.
- Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 4th Edition, Project Management Institute, PA, USA, p. 281, 2008.
- Rajpoot, Q.M. and Jensen, C.D., "Security and Privacy in Video Surveillance: Requirements and Challenges," *29th IFIP International Information Security and Privacy Conference*, pp. 169-183, Marrakech, Morocco, June 2-4, 2014.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., and Farhadi, A. "You only look once: Unified, real-time object detection," *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 779-788, 2016.
- Rubaiyat, A. H. M., Toma, T. T., Kalantari-Khandani, M., Rahman, S. A., Chen, L. W., Ye, Y.

- F., and Pan, C. S., 2016. "Automatic Detection of Helmet Uses for Construction Safety," Proceedings of the 2016 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence Workshops, Oct. 13-16 2016, 9 pp.
- Saaty, T. L., *Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, 1st, New York: McGraw-Hill, 1980.
- Saaty, T. L., *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, 1st, Pittsburgh, PA: RWS Publications, 1996.
- Santiputri, M., and Tio, M., "IoT-based Gas Leak Detection Device," International Conference on Applied Engineering (ICAE), 4 pages, Oct 2018.
- Shrouf, F., and Miragliotta, G., "Energy management based on Internet of Things: practices and framework for adoption in production management." *Journal of Cleaner Production*, 100, 235–246, 2015.
- Sreenu, G. and Saleem Durai, M. A., "Intelligent video surveillance: a review through deep learning techniques for crowd analysis," *Journal of Big Data*, vol. 6, no. 1, p. 48, 2019/06/06 2019, doi: 10.1186/s40537-019-0212-5.
- TensorFlow, "TensorFlow", Website: <https://www.tensorflow.org/>, accessed 2021/03.
- The Hastings Center, "Governance of Emerging Technologies: Aligning Policy Analysis with the Public's Values." Special Report, Volume 48, Issue S1, Accessed from web: <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/1552146x/2018/48/S1>, 2018. (Accessed 2021/05)
- Todorović, B. M., and Samardžija, D., "Road lighting energy-saving system based on wireless sensor network," *Energy Efficiency*, 10, 239–247, <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9447-6>, 2017.
- Ullah, W., Ullah, A., Haq, I. U., Muhammad, K., Sajjad, M., and Baik, S. W., "CNN features with bi-directional LSTM for real-time anomaly detection in surveillance networks," *Multimedia Tools and Applications*, 2020/08/20 2020, doi: 10.1007/s11042-020-09406-3.
- Wang Y., Bao, T., Ding, C., and Zhu, M. "Face recognition in real-world surveillance videos with deep learning method." 2nd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC), Chengdu, 239-243, doi: 10.1109/ICIVC.2017.7984553, 2017.
- Wang, G., & Song, J., "The relation of perceived benefits and organizational supports to user satisfaction with building information model (BIM)." *Computers in Human Behavior*, 68, 493–500, 2017.
- Wang, P., Lien, S., and Lee, M., "A Learning-Based Prediction Model for Baby Accidents," in 2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 22-25 Sept. 2019 2019, pp. 629-633, doi: 10.1109/ICIP.2019.8803820.
- Warfield, J.N. (Eds.) *Societal Systems, Planning, Policy and Complexity*, John Wiley and Sons, New York, 1976.
- Wilson, C., Hargreaves, T., and Hauxwell-Baldwin, R., "Benefits and risks of smart home technologies." *Energy Policy*, 103, 72–83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.047>, 2017.
- Wisdom, J. P., Chor, K. H. B., Hoagwood, K. E., & Horwitz, S. M., "Innovation adoption: A

- review of theories and constructs.” *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, <http://doi:10.1007/s10488-013-0486-4>. 2013.
- Wu, J. W., Tseng, Judy C. R., Yu, W.D., Yang, J. B., Lee, S. M., and Tsai, W. N., “An Integrated Proactive Knowledge Management Model for Enhancing Engineering Services.” *Automation in Construction*, 24(1), 81-88, <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.006>, 2012.
- Yang, C.H., Lee, K.C., Li, S.E., “A mixed activity-based costing and resource constraint optimal decision model for IoT-oriented intelligent building management system portfolios.” *Sustainable Cities and Society*, Volume 60, 102142, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102142>, 2020.
- Yang, J. B., Yu, W. D., Tseng, J. C. R., Chang, C. S., Chang, P. L., and Wu, J. W. “Benefit Analysis of Knowledge Management System for Engineering Consulting Firms.” *Journal of Management in Engineering*, ASCE, 30(4), 05014005-1~8, [https://DOI:10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000221](https://DOI:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000221), 2014.
- Yang, J., Shi, Z. K., and Wu, Z. Y., “Vision-based action recognition of construction workers using dense trajectories,” *Advanced Engineering Informatics*, 30: 327-336, 2016.
- Yin, C., Xi, J., Sun, R., and Wang J., “Location Privacy Protection based on Differential Privacy Strategy for Big Data in Industrial Internet-of-Things”, 1551-3203 (c) 2017 IEEE.
- Yu, W. D., “An adaptive analytic hierarchy process for determining the fuzzy membership values in multi- criterion decision problems,” *Proceedings of the 1st CSCE Construction Specialty Conference*, June 1995, Ottawa, Canada, pp. 873-882 (1995).
- Yu, W. D., Chang, P. L., Yao, H. H., and Liu, S. J. “KVAM: Model for Measuring Knowledge Management Performance of Engineering Community of Practice,” *Construction Management and Economics*, 27(8), 733-747, <http://doi.org/10.1080/01446190903074978>, 2009.
- Yu, W. D., Lin, T. C., Liu, S. J. and Chang, P. L. “Is the Knowledge Management System Truly Cost Effective? Case Study of KM-Enabled Engineering Problem Solving.” *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 139(2), 216-224, [https://DOI:10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000604](https://DOI:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000604), 2013.
- Yu, W. D., Yang, J. B., Tseng, J. C. R., Liu, S. J., and Wu, J. W. “Proactive Problem Solver for Construction,” *Automation in Construction*, 19(6), 808-816, <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.05.003>, 2010.
- Yu, W.D., Chang, H. K., and Lai, C. H., “A knowledge management-based engineering design system for highway design projects.” *International Journal of Applied Science and Engineering*, [https://doi.org/10.6703/IJASE.202106_18\(2\).005](https://doi.org/10.6703/IJASE.202106_18(2).005), 18(2), 2018172, 2021.
- Zhang, P., Chen, R.P., Dai, T., Wang, Z.T., and Wu, K. “An AIoT-based system for real-time monitoring of tunnel construction.” *Automation in Construction*, Volume 109, 103766, <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103766>, 2021.
- Zhang, Q., Yang, L. T., Chen, Z., Li, P., and Deen, M. J., “Privacy-preserving Double-projection Deep Computation Model with Crowdsourcing on Cloud for Big Data Feature Learning”, *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*. 2017.
- Zhou, J. T., Du, J., Zhu, H., Peng, X., Liu, Y., and Goh, R. S. M., "AnomalyNet: An Anomaly

- Detection Network for Video Surveillance," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 14, no. 10, pp. 2537-2550, 2019, doi: 10.1109/TIFS.2019.2900907.
- Zhou, S., Shen, W., Zeng, D., Fang, M., Wei, Y., and Zhang, Z., "Spatial-temporal convolutional neural networks for anomaly detection and localization in crowded scenes," Signal Processing: Image Communication, vol. 47, pp. 358-368, 2016/09/01/2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.image.2016.06.007>.
- 中華民國交通部，歐盟個人資料保護規則(中英對照)，2019/9/12 https://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=849&parentpath=0%2C2%2C838&mcustomize=onemessages_view.jsp&dataserno=201804110001&aplistdn=ou=data,ou=bussiness,ou=chinese,ou=ap_root,o=motc,c=tw&toolsflag=Y&imgfolder=img%2Fstandard，查詢日期：2021/6
- 中華民國法務部，法制字第 10203502790 號，2013/03/27，<https://mojlaw.moj.gov.tw/LawContentExShow.aspx?type=e&id=FE257544>，查詢日期：2021/6
- 中華民國法務部，法制字第 10302509360 號，2014/04/09，<https://mojlaw.moj.gov.tw/LawContentExShow.aspx?id=FE283839&type=E&keyword=&etype=etype3>，查詢日期：2021/6
- 王順治，「智慧建築安全監控資料應用之法制課題及對策之研究」，內政部建築研究所報告，2008。
- 王榮進、沈揚庭，「應用人工智慧科技提升建築物維運管理效益之研究」，政大建築研究所報告，10915B0008，2020。
- 古涵詩，日本網路安全之發展與啟示，2017/07/31，<https://www.koryu.or.jp/Portals/0/nittaichiteki/fellow/2017/2017guhanshi.pdf>，查詢日期：2021/6
- 台北市政府，「智慧城市 1+7 落地方案執行成效」，Website: http://tccmis.tcc.gov.tw/upload/OM_HTML/Attach/33013/15026378_1103006125_1_ATTACH1.pdf，查詢日期：2021/6。
- 台灣資通產業標準協會，標準及測試規範(影像監控系統)，<https://www.taics.org.tw/Publishing.aspx?SearchStr=%E5%BD%B1%E5%83%8F%E7%9B%A3%E6%8E%A7>，查詢日期：2021/6
- 全國法規資料庫，個人資料保護法，2015/12/30，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=I0050021>，查詢日期：2021/6
- 自由時報，智慧路燈人臉辨識 罵聲中喊停，2018/06/04，<https://news.ltn.com.tw/news/local/paper/1206015>，查詢日期：2021/6
- 余文德、廖琬洲、蕭文達、張憲寬，「人工智慧視覺化技術於工地危害辨識之應用」，勞動部勞動及職業安全衛生研究所科技研究發展計畫(計畫編號：ILOSH 108-0005)，2019。
- 余文德、廖琬洲、蕭文達、張憲寬、吳定餘、林楨中，「混合式機器學習方法於施工人

- 員個人安全裝備即時辨識之應」, 技術學刊, 第三十五卷, 第四期, 第115至165頁, 2020。
- 沛博科技, 零接觸式測溫通行方案, <http://www.perobot.com.tw/page/22>, 查詢日期: 2021/6
- 周國村、袁建中, 「應用決策實驗室分析法(DEMATEL)與網路層級分析法(ANP)在研發專案計畫評選」, 中山管理評論, 第二十二卷, 第三期, 第543第572頁, DOI: 10.6160/2014.09.04。
- 林煜騰, 憲法保障人民的隱私權有哪些? 從柯 P「監視器抓違停」提議談起, 2016/06/25, <https://www.thenewslens.com/article/40380>, 查詢日期: 2021/6。
- 個人情報保護委員會, 令和 2 年 改正個人情報保護法について, 2020/6/5, <https://www.ppc.go.jp/personalinfo/legal/kaiseihogohou/>, 查詢日期: 2021/6
- 凌華科技, 「工業機器人危害預防解決方案 | AI 智慧相機應用案例」, Website: https://www.adlinktech.com/tw/AI_Vision_Case_Smart_Camera_Robot_Hazard_Prevention, 查詢日期: 2021/6。
- 張怡文, 「智慧建築成本效益評估方法之調查與應用」, 內政部建築研究所自行研究報告, 內政部建築研究所, 2018。
- 張怡文, 「雲端運算於大樓管理應用研究」, 內政部建築研究所研究報告, 105301070000G0049, 2016。
- 張倩瑜、王明德, 「營建智慧資本評價之初步探討」, 營建管理季刊, 第六十四期, 第50-59頁, 2005。
- 張效通、溫琇玲、游壁菁, 「辦公類智慧建築效益量化評估合理性研究」, 內政部建築研究所委託研究報告, 內政部建築研究所, 2020。
- 智慧建築評估手冊, <http://ib.tabc.org.tw/modules/filelist/index.php/main/flist/2>, 台灣建築中心, 2016。
- 黃德琪、闕妙如, 「職安衛 AIoT 技術運用實務」, 工業安全衛生月刊, 第378期, 第10至32頁, 2020。
- 溫琇玲、游壁菁, 「智慧建築效益評估架構及評估基準之研究」, 內政部建築研究所委託研究報告, 計畫編號: 108301070000G0024, 2019。
- 廖琬洲、余文德、蕭文達、張憲寬、蔡智弓、林楨中, 「運用深度學習技術之影像語意分割於施工中電梯直井墜落風險監控的應用」, 技術學刊, 第三十六卷, 第一期, 第1至12頁。
- 盧力銘, 「基於 YOLO 模型之吊車作業即時警示系統實作之研究」, 朝陽科技大學, 碩士論文, 台中, 2021。
- 駱孝文, 「智慧財產權法規進階學程—技術鑑價學程講義」, 國科會94年度研發成果管理暨技術移轉人才培訓課程, 國科會主辦, 交通大學科技法律研究所承辦, 2005。
- 駱叔君, 「金融聯合徵信中心研究部法務小組」, 日本個人資訊保護法導讀, 2008/11,

https://www.jcic.org.tw/main_ch/fileRename/fileRename.aspx?fid=650&kid=1, 查詢日期: 2021/6

羅時麒、陳嘉懿，「社區導入物聯網及智慧化服務之調查研究」，內政部建築研究所研究報告，10715B0010，2018。

附錄一 問卷

1.1 模擬案例(一) DEMATEL 問卷

AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究 專家訪談暨問卷調查

第一部分 受訪者基本資料

編號：_____ (由研究團隊填寫)

姓名：_____ (不會出現在研究報告中)

請在合適的項目中打✓，單選。

1-1 請問您的性別？

男性 女性

1-2 請問您的年齡層？

30 歲以下 31~40 歲 41~50 歲 51~60 歲

61 歲以上

1-3 請問您的職業類型？

政府（業主）單位 PCM 顧問

建築師（技師）事務所 營造（工程）公司

學術單位 其他：_____

1-4 請問您的工作年資？

5 年以下 5~10 年 11~15 年 16~20 年

20 年以上

1-5 請問您的工作性質？

現場監造人員 職業安全衛生管理人員

品質管理人員 專案管理人員

現場施工人員 其他：_____

第二部分 重要性評估問卷					
請在合適的評估值中打V，單選。					
	不重要	低度重要	中度重要	高度重要	極高重要
1.效率提升效益 (B)					
1.1 安全指標					
A. 職安改善效益					
1.2 管理指標					
B. 人力管理效益					
C. 速度提升效益					
D. 決策精確效益					
	不重要	低度重要	中度重要	高度重要	極高重要
2.技術發展潛力 (O)					
2.1 實用性指標					
E. 技術實用性潛力					
2.2 可靠度指標					
F. 技術可靠度潛力					
2.3 接受度指標					
G. 市場接受度潛力					
3.建置營運成本 (C)					
3.1 新建成本					
H. 感測設備成本					
I. 網路設備成本					
J. 主機設備成本					
3.2 營運成本					
K. 營運軟體成本					
L. 營運人力成本					
4.社會隱性風險 (R)					
4.1 個人隱私風險					
M. 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					
N. 資訊安全風險					

第三部分 構面間相互影響性評估問卷					
請在合適的評估值中打V，單選。					
1. 效率提升效益 (B) 對其他構面的影響性為何：					
	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.技術發展潛力 (O)					
3.建置營運成本 (C)					
4.社會隱性風險 (R)					
2. 技術發展潛力 (O) 對其他構面的影響性為何：					
	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.效率提升效益 (B)					
3.建置營運成本 (C)					
4.社會隱性風險 (R)					
3. 建置營運成本 (C) 對其他構面的影響性為何：					
	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.效率提升效益 (B)					
2.技術發展潛力 (O)					
4.社會隱性風險 (R)					
4. 社會隱性風險 (R) 對其他構面的影響性為何：					
	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.效率提升效益 (B)					
2.技術發展潛力 (O)					
3.建置營運成本 (C)					

第四部分 項目影響性評估問卷					
請在合適的評估值中打 V，單選。					
4.1					
效率提升效益 (B) 中 1.1 安全指標					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標	/	/	/	/	/
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.2					
效率提升效益 (B) 中 1.2 管理指標效益					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.3 技術發展潛力 (O) 中 2.1 實用性指標 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.4 技術發展潛力 (O) 中 2.2 可靠度指標 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.5 技術發展潛力 (O) 中 2.3 接受度指標 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.6 建置營運成本 (C) 中 3.1 新建成本 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.7 建置營運成本 (C) 中 3.2 營運成本 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.8 社會隱性風險 (R) 中 4.1 個人隱私風險 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.9 社會隱性風險 (R) 中 4.2 資訊安全風險 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 管理指標效益					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

第五部分 其他建議

請提供各構面下為列出之準則及對「AIoT 影像感測器」應用於建築施工中「工地不安全情境監控之重要性」。

2. 效率提升效益 (B) :

準則建議	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響

2. 技術發展潛力 (O)

準則建議	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響

3. 建置營運成本 (C)

準則建議	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響

4. 社會隱性風險 (R)

準則建議	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響

其他建議事項：

問卷到此結束，非常謝謝您協助填答。

1.2 模擬案例(一) ANP 問卷

第一部分 受訪者基本資料 (已填寫 DEMATEL 問卷者免填)

編號：_____ (由研究團隊填寫)

姓名：_____ (不會出現在研究報告中)

請在合適的項目中打✓，單選。

1-1 請問您的性別？

男性 女性

1-2 請問您的年齡層？

30 歲以下 31~40 歲 41~50 歲 51~60 歲
 61 歲以上

1-3 請問您的職業類型？

政府 (業主) 單位 PCM 顧問
 建築師 (技師) 事務所 營造 (工程) 公司
 學術單位 其他：_____

1-4 請問您的工作年資？

5 年以下 5~10 年 11~15 年 16~20 年
 20 年以上

1-5 請問您的工作性質？

現場監造人員 職業安全衛生管理人員
 品質管理人員 專案管理人員
 現場施工人員 其他：：_____

第二部分 相對重要性比較問卷										
請在合適的評估值中打V，單選。										
5.1 構面重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				CR = _____
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1.效率提升效益 (B)										2.技術發展潛力 (O)
										3.建置營運成本 (C)
										4.社會隱性風險 (R)
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.技術發展潛力 (O)										3.建置營運成本 (C)
										4.社會隱性風險 (R)
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.建置營運成本 (C)										4.社會隱性風險 (R)

5.3 構面之項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 管理指標效益
2. 技術發展潛力 (O) 構面 CR = _____										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.3.1.效率提升效益 (B) 構面之準則重要性比較										
1.2 管理指標效益	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				CR = _____
	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
B. 人力管理效益										C. 速度提升效益
										D. 決策精確效益
C. 速度提升效益										D. 決策精確效益

5.3.2.建置營運成本 (C) 構面之準則重要性比較										
3.1 新建成本	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				CR = _____
	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
H. 感測設備成本										I. 網路設備成本
										J. 主機設備成本
I. 網路設備成本										J. 主機設備成本

3.2 營運成本	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				L. 營運人力成本
	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
K. 營運軟體成本										L. 營運人力成本

5.4.1 以 1.效率提升效益 (B) 之 1.1 安全指標 為主要考量									
項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子				同 等 重 要	右側因子較 左側因子			
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要
	9	7	5	3		3	5	7	9
2. 技術發展潛力 (O) 構面 CR = _____									
2.1 實用性指標									2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標									2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
3.1 新建成本									3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
4.1 個人隱私風險									4.2 資訊安全風險

5.4.2 以 1.效率提升效益 (B) 之 1.2 管理指標 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子				同 等 重 要	右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3		3	5	7	9	
2. 技術發展潛力 (O) 構面 CR = _____										
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.4.3 以 2.技術發展潛力 (O) 之 2.1 實用性指標 為主要考量 項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 管理指標效益
2. 技術發展潛力 (O) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.4.4 以 2.技術發展潛力 (O) 之 2.2 可靠度指標 為主要考量 項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子				同等 重要	右側因子較 左側因子			
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要
	9	7	5	3		3	5	7	9
1. 效率提升效益 (B) 構面									
1.1 安全指標									1.2 管理指標效益
2. 技術發展潛力 (O) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
3.1 新建成本									3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
4.1 個人隱私風險									4.2 資訊安全風險

5.4.5 以 2.技術發展潛力 (O) 之 2.3 接受度指標 為主要考量 項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 管理指標效益
2. 技術發展潛力 (O) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.4.6 以 3.建置營運成本 (C) 之 3.1 新建成本 為主要考量									
項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子				同等重要	右側因子較 左側因子			
	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要		稍重要	頗重要	極重要	絕對重要
	9	7	5	3		3	5	7	9
1. 效率提升效益 (B) 構面									
1.1 安全指標									1.2 管理指標效益
2. 技術發展潛力 (O) 構面 CR = _____									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
2.1 實用性指標									2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標									2.3 接受度指標
4. 社會隱性風險 (R) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
4.1 個人隱私風險									4.2 資訊安全風險

5.4.7 以 3.建置營運成本 (C) 之 3.2 營運成本 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 管理指標效益
2. 技術發展潛力 (O) 構面 CR = _____										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.4.8 以 4.社會隱性風險 (R) 之 4.1 個人隱私 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子				同等 重要	右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3		3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 管理指標效益
2. 技術發展潛力 (O) 構面 CR = _____										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本

5.4.9 以 4.社會隱性風險 (R) 之 4.2 資訊安全 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 管理指標效益
2. 技術發展潛力 (O) 構面 CR = _____										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本

1.3 模擬案例(一) 效益評分問卷

第一部分 受訪者基本資料 (已填寫過問卷者免填)

編號：_____ (由研究團隊填寫)

姓名：_____ (不會出現在研究報告中)

請在合適的項目中打√，單選。

1-1 請問您的性別？

男性 女性

1-2 請問您的年齡層？

30 歲以下 31~40 歲 41~50 歲 51~60 歲
 61 歲以上

1-3 請問您的職業類型？

政府 (業主) 單位 PCM 顧問
 建築師 (技師) 事務所 營造 (工程) 公司
 學術單位 其他：_____

1-4 請問您的工作年資？

5 年以下 5~10 年 11~15 年 16~20 年
 20 年以上

1-5 請問您的工作性質？

現場監造人員 職業安全衛生管理人員
 品質管理人員 專案管理人員
 現場施工人員 其他：：_____

第二部分 AIoT 電腦自動識別效益評分問卷

請在合適的評估值中打 V，單選。

2.1.1 效率提升效益 (B) 之 安全指標

準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
A1. 人員安全提升	電腦視覺自動 24 小時巡檢，無安全空窗與死角。					
A2. 環境安全提升	電腦視覺自動 24 小時巡檢，無安全空窗與死角。					

2.1.2 效率提升效益 (B) 之 管理指標

準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
B. 人力管理效益	一工地可配置 8~12 之攝影機，可取代人工巡檢之人力需求。					
C. 速度提升效益	即時辨識，每 30 秒掃描一次；判斷效率遠高於人工巡檢。					
D. 決策精確效益	已能達到 95% 以上，達到人眼辨識之正確率，但精確率不受疲勞影響。					

2.1.3 技術發展潛力 (O) 之 實用性指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
E. 技術實用性潛力	1.入口人臉與車輛辨識已達商業化；2. 工地不安全情境及工人不安全行為辨識已完成現場實驗性應用測試；3. 吊裝作業監控已完成現場實驗性應用測試。					

2.1.4 技術發展潛力 (O) 之 可靠度指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
F. 技術可靠度潛力	電腦辨識率極為穩定，部分商用系統已達 95% 以上精確率與召回率。					

2.1.5 技術發展潛力 (O) 之 接受度指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
G. 市場接受度潛力	人臉、車輛辨識部分已廣泛應用；不安全情境辨識與吊裝作業監控已有部分工地開始採用。					

2.1.6 建置營運成本 (C) 之 新建成本指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
H. 感測設備成本	採用全方位攝影機 (PTZ)，約 15000 元/台；每個工地約 12~18 萬元。					
I. 網路設備成本	每個工地需要無線網路年租金約 2000 元。					
J. 主機設備成本	每個工地需要一台 GPU 伺服器 (50000 元/台)					

2.1.7 建置營運成本 (C) 之 營運成本						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
K. 營運軟體成本	初期軟體開發費(約 25 萬)					
L. 營運人力成本	基本上無需經常性人力費，但需有系統操作與數據更新訓練之人力費用。					

2.1.8 社會隱性風險 (R) 之 個人隱私風險						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
M. 個人隱私風險	基本上僅進行人員進入工地後之工作流程監控，且人臉可經由模糊等處理方式降低曝光程度					

2.1.9 資訊安全風險 (R) 之 資訊安全風險						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
N. 資訊安全風險	所蒐集影像資料僅於該工地辨識使用或留存備查；資料後傳公司本部，可經由加密等相關方式進行保護。					

第三部分 傳統 CCTV 效益評分問卷

請在合適的評估值中打 V，單選。

3.1.1 效率提升效益 (B) 之 安全指標

準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
A1. 人員安全提升	由人工監看發掘不安全情境，一般一個人同時監看 8~12 個螢幕；人員必須即時判斷人員安全風險。					
A2. 環境安全提升	由人工監看發掘不安全情境，一般一個人同時監看 8~12 個螢幕；人員必須即時判斷環境安全風險。					

3.1.2 效率提升效益 (B) 之 管理指標

準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
B. 人力管理效益	工地依法規配置職安管理人員，每個工地 2~3 名；另個別作業，並須設置作業主管，於施工過程全程監控。					
C. 速度提升效益	定時巡檢，無法達到非即時監看之功能。					
D. 決策精確效益	一般人員監看單一螢幕之辨識錯誤率約 5%；同時監看 8~12 台螢幕之錯誤率將大幅提升。					

3.1.3 技術發展潛力 (O) 之 實用性指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
E. 技術實用性潛力	為目前之產業標準，廣為大多數工地所採用。					

3.1.4 技術發展潛力 (O) 之 可靠度指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
F. 技術可靠度潛力	效率受人為情緒與生理影響；一般人員監看單一螢幕之辨識錯誤率約 5%；同時監看 8~12 台螢幕之錯誤率將大幅提升。					

3.1.5 技術發展潛力 (O) 之 接受度指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
G. 市場接受度潛力	為目前之產業標準，但受少子化影響，未來合格人力短缺問題將越來越嚴重。					

3.1.6 建置營運成本 (C) 之 新建成本指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
H. 感測設備成本	採用 CCTV, 約 2500 元/台; 每個工地約 2~3 萬。另需 CCTV 管理主機一台約 1.5 萬元。					
I. 網路設備成本	需布設實體訊號線, 無需網路, 每個工地之安裝設備及人力費約 2~3 萬元。					
J. 主機設備成本	每個工地需要一台一般桌上型電腦+硬碟 (約 30000 元/台)					

3.1.7 建置營運成本 (C) 之 營運成本						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
K. 營運軟體成本	由廠商提供操作軟體, 無需軟體開發費。					
L. 營運人力成本	巡檢監看人力成本約 32500 元/月, 每個工地約需 2~3 名。					

3.1.8 社會隱性風險 (R) 之 個人隱私風險						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
M. 個人隱私風險	基本上安全人員僅定時進行工地巡檢，多數時間無人員監看。					

3.1.9 資訊安全風險 (R) 之 資訊安全風險						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
N. 資訊安全風險	經由互聯網傳送至總公司，資料後傳公司本部，可經由加密等相關方式進行保護。					

1.4 模擬案例(二) DEMATEL 問卷

第一部分 受訪者基本資料

編號：_____（由研究團隊填寫）

姓名：_____（不會出現在研究報告中）

請在合適的項目中打√，單選。

1-1 請問您的性別？

男性 女性

1-2 請問您的年齡層？

30 歲以下 31~40 歲 41~50 歲 51~60 歲

61 歲以上

1-3 請問您的職業類型？

建設公司 保全公司

建築師（技師）事務所 設備/技術研發科技公司

學術/研究單位 住戶

社區管理員 其他：_____

1-4 請問您的工作年資？

5 年以下 5~10 年 11~15 年 16~20 年

20 年以上

1-5 請問您的工作性質？

專家學者 建築師 社區/大樓住戶

社區管理員/管委會 保全公司人員

AIoT 設備與技術專家 業主

其他：_____

第二部分 重要性評估問卷					
請在合適的評估值中打V，單選。					
	不重要	低度重要	中度重要	高度重要	極高重要
1.效率提升效益 (B)					
1.1 安全指標					
A. 人員入口安全管制					
B. 車輛入口安全管制					
C. 建築水、火災、結構 偏移偵測					
D. 異常行為偵測					
1.2 健康指標					
E. 老人嬰兒居家照護					
1.3 節能指標					
F. 自動分析與調整設備					
1.4 管理指標					
G. 人力管理效益					
H. 速度提升效益					
I. 決策精確效益					
	不重要	低度重要	中度重要	高度重要	極高重要
2.技術發展潛力 (O)					
2.1 實用性指標					
J. 技術實用性潛力					
2.2 可靠度指標					
K. 技術可靠度潛力					
2.3 接受度指標					
L. 市場接受度潛力					
3.建置營運成本 (C)					
3.1 新建成本					
M. 感測設備安裝成本					
N. 網路設備成本					
O. 主機設備建置成本					
3.2 營運成本					

P. 營運軟體成本					
Q. 營運人力成本					
R. 設備耐用度與維護成本					
4.社會隱性風險 (R)					
4.1 個人隱私風險					
S. 影像人像保護隱藏					
T. 畫面即時儲存					
U. 資訊去識別化					
V. 資訊保留期規範					
4.2 資訊安全風險					
W. 資訊完整性					
X. 資訊加密性					
Y. 存取功能權限管控					

第三部分 構面影響性評估問卷

請在合適的評估值中打 V，單選。

3. 效率提升效益 (B) 對其他構面的影響性為何：

	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.技術發展潛力 (O)					
3.建置營運成本 (C)					
4.社會隱性風險 (R)					

2. 技術發展潛力 (O) 對其他構面的影響性為何：

	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.效率提升效益 (B)					
3.建置營運成本 (C)					
4.社會隱性風險 (R)					

3. 建置營運成本 (C) 對其他構面的影響性為何：

	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.效率提升效益 (B)					
2.技術發展潛力 (O)					
4.社會隱性風險 (R)					

4. 社會隱性風險 (R) 對其他構面的影響性為何：

	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.效率提升效益 (B)					
2.技術發展潛力 (O)					
3.建置營運成本 (C)					

第四部分 項目影響性評估問卷					
請在合適的評估值中打V，單選。					
4.1					
效率提升效益 (B) 中 1.1 安全指標					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.2					
效率提升效益 (B) 中 1.2 健康指標					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.3					
效率提升效益 (B) 中 1.3 節能指標					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.4					
效率提升效益 (B) 中 1.4 管理指標					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.5					
技術發展潛力 (O) 中 2.1 實用性指標					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.6					
技術發展潛力 (O) 中 2.2 可靠度指標					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.7					
技術發展潛力 (O) 中 2.3 接受度指標					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.8 建置營運成本 (C) 中 3.1 新建成本 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.9					
建置營運成本 (C) 中 3.2 營運成本					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.10					
社會隱性風險 (R) 中 4.1 個人隱私風險					
對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

4.11 社會隱性風險 (R) 中 4.2 資訊安全風險 對其他項目的影響性為何：					
	0	1	2	3	4
1.效率提升效益 (B)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
1.1 安全指標					
1.2 健康指標					
1.3 節能指標					
1.4 管理指標					
2.技術發展潛力 (O)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
2.1 實用性指標					
2.2 可靠度指標					
2.3 接受度指標					
3.建置營運成本 (C)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
3.1 新建成本					
3.2 營運成本					
4.社會隱性風險 (R)	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響
4.1 個人隱私風險					
4.2 資訊安全風險					

第五部分 其他建議

請提供各構面下為列出之準則及對「AIoT 影像感測器」應用於社區居住中「社區安全應用情境監控之重要性」。

4. 效率提升效益 (B) :

準則建議	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響

2. 技術發展潛力 (O)

準則建議	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響

3. 建置營運成本 (C)

準則建議	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響

4. 社會隱性風險 (R)

準則建議	無影響	低度影響	中度影響	高度影響	極高影響

其他建議事項：

問卷到此結束，非常謝謝您協助填答。

1.5 模擬案例(二) ANP 問卷

第一部分 受訪者基本資料 (已填寫 DEMATEL 問卷者免填)

編號：_____ (由研究團隊填寫)

姓名：_____ (不會出現在研究報告中)

請在合適的項目中打√，單選。

1-1 請問您的性別？

男性 女性

1-2 請問您的年齡層？

30 歲以下 31~40 歲 41~50 歲 51~60 歲

61 歲以上

1-3 請問您的職業類型？

建設公司 保全公司

建築師 (技師) 事務所 設備/技術研發科技公司

學術/研究單位 住戶

社區管理員 其他：_____

1-4 請問您的工作年資？

5 年以下 5~10 年 11~15 年 16~20 年

20 年以上

1-5 請問您的工作性質？

專家學者 建築師 社區/大樓住戶

社區管理員/管委會 保全公司人員

AIoT 設備與技術專家 業主

其他：_____

第二部分 相對重要性比較問卷										
請在合適的評估值中打V，單選。										
5.1 構面重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1.效率提升效益 (B)										2.技術發展潛力 (O)
										3.建置營運成本 (C)
										4.社會隱性風險 (R)
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.技術發展潛力 (O)										3.建置營運成本 (C)
										4.社會隱性風險 (R)
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.建置營運成本 (C)										4.社會隱性風險 (R)

5.3 構面之項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	稍重要	頗重要	極重要	絕對重要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 健康指標
1.1 安全指標										1.3 節能指標
1.1 安全指標										1.4 管理指標
1.2 健康指標										1.3 節能指標
1.2 健康指標										1.4 管理指標
1.3 節能指標										1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.4 項目之準則重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕對 重要	極 重要	頗 重要	稍 重要	同 等 重要	稍 重要	頗 重要	極 重要	絕對 重要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1.1 安全指標										
A. 人員入口安全管制										B. 車輛入口安全管制
										C. 建築水、火災、結構偏移偵測
										D. 異常行為偵測
B. 車輛入口安全管制										C. 建築水、火災、結構偏移偵測
										D. 異常行為偵測
C. 建築水、火災、結構偏移偵測										D. 異常行為偵測
1.4 管理指標										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
G. 人力管理效益										H. 速度提升效益
										I. 決策精確效益
H. 速度提升效益										I. 決策精確效益
3.1 新建成本										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
M.感測設備安裝成本										N. 網路設備成本
										O.主機設備建置成本
N. 網路設備成本										O.主機設備建置成本
3.2 營運成本										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	

P. 營運軟體成本										Q. 營運人力成本
										R. 設備耐用度與維護成本
Q. 營運人力成本										R. 設備耐用度與維護成本
4.1 個人隱私風險										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
S. 影像人像保護隱藏										T. 畫面即時儲存
										U. 資訊去識別化
										V. 資訊保留期規範
T. 畫面即時儲存										U. 資訊去識別化
										V. 資訊保留期規範
U. 資訊去識別化										V. 資訊保留期規範
4.2 資訊安全風險										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
W. 資訊完整性										X. 資訊加密性
										Y. 存取功能權限管控
X. 資訊加密性										Y. 存取功能權限管控

5.5.1 以 1.效率提升效益 (B) 之 1.1 安全指標 為主要考量									
項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子				同等 重要	右側因子較 左側因子			
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要
	9	7	5	3		3	5	7	9
1. 效率提升效益 (B) 構面									
1.2 健康指標									1.3 節能指標
1.2 健康指標									1.4 管理指標
1.3 節能指標									1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
2.1 實用性指標									2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標									2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
3.1 新建成本									3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
4.1 個人隱私風險									4.2 資訊安全風險

5.5.2 以 1.效率提升效益 (B) 之 1.2 健康指標 為主要考量									
項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子				同等 重要	右側因子較 左側因子			
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要
	9	7	5	3		3	5	7	9
1. 效率提升效益 (B) 構面									
1.1 安全指標									1.3 節能指標
1.1 安全指標									1.4 管理指標
1.3 節能指標									1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
2.1 實用性指標									2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標									2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
3.1 新建成本									3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
4.1 個人隱私風險									4.2 資訊安全風險

5.5.3 以 1.效率提升效益 (B) 之 1.3 節能指標 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 健康指標
1.1 安全指標										1.4 管理指標
1.2 健康指標										1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.5.4 以 1.效率提升效益 (B) 之 1.4 管理指標 為主要考量									
項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子				同等 重要	右側因子較 左側因子			
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要
	9	7	5	3		3	5	7	9
1. 效率提升效益 (B) 構面									
1.1 安全指標									1.2 健康指標
1.1 安全指標									1.3 節能指標
1.2 健康指標									1.3 節能指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
2.1 實用性指標									2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標									2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
3.1 新建成本									3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
4.1 個人隱私風險									4.2 資訊安全風險

5.5.5 以 2.技術發展潛力 (O) 之 2.1 實用性指標 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子				同等 重要	右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3		3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 健康指標
1.1 安全指標										1.3 節能指標
1.1 安全指標										1.4 管理指標
1.2 健康指標										1.3 節能指標
1.2 健康指標										1.4 管理指標
1.3 節能指標										1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.5.6 以 2.技術發展潛力 (O) 之 2.2 可靠度指標 為主要考量									
項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子			
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
1. 效率提升效益 (B) 構面									
1.1 安全指標									1.2 健康指標
1.1 安全指標									1.3 節能指標
1.1 安全指標									1.4 管理指標
1.2 健康指標									1.3 節能指標
1.2 健康指標									1.4 管理指標
1.3 節能指標									1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
3.1 新建成本									3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
4.1 個人隱私風險									4.2 資訊安全風險

5.5.7 以 2.技術發展潛力 (O) 之 2.3 接受度指標 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子				同等 重要	右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3		3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 健康指標
1.1 安全指標										1.3 節能指標
1.1 安全指標										1.4 管理指標
1.2 健康指標										1.3 節能指標
1.2 健康指標										1.4 管理指標
1.3 節能指標										1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.5.8 以 3.建置營運成本 (C) 之 3.1 新建成本 為主要考量									
項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子				同等 重要	右側因子較 左側因子			
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要		稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要
	9	7	5	3		3	5	7	9
1. 效率提升效益 (B) 構面									
1.1 安全指標									1.2 健康指標
1.1 安全指標									1.3 節能指標
1.1 安全指標									1.4 管理指標
1.2 健康指標									1.3 節能指標
1.2 健康指標									1.4 管理指標
1.3 節能指標									1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
2.1 實用性指標									2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標									2.3 接受度指標
4. 社會隱性風險 (R) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
4.1 個人隱私風險									4.2 資訊安全風險

5.5.9 以 3.建置營運成本 (C) 之 3.2 營運成本 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 健康指標
1.1 安全指標										1.3 節能指標
1.1 安全指標										1.4 管理指標
1.2 健康指標										1.3 節能指標
1.2 健康指標										1.4 管理指標
1.3 節能指標										1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
4. 社會隱性風險 (R) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
4.1 個人隱私風險										4.2 資訊安全風險

5.5.10 以 4.社會隱性風險 (R) 之 4.1 個人隱私 為主要考量									
項目重要性比較									
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子			
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
1. 效率提升效益 (B) 構面									
1.1 安全指標									1.2 健康指標
1.1 安全指標									1.3 節能指標
1.1 安全指標									1.4 管理指標
1.2 健康指標									1.3 節能指標
1.2 健康指標									1.4 管理指標
1.3 節能指標									1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
2.1 實用性指標									2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標									2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標									2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9
3.1 新建成本									3.2 營運成本

5.5.11 以 4.社會隱性風險 (R) 之 4.2 資訊安全 為主要考量										
項目重要性比較										
	左側因子較 右側因子					右側因子較 左側因子				
	絕 對 重 要	極 重 要	頗 重 要	稍 重 要	同 等 重 要	稍 重 要	頗 重 要	極 重 要	絕 對 重 要	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
1. 效率提升效益 (B) 構面										
1.1 安全指標										1.2 健康指標
1.1 安全指標										1.3 節能指標
1.1 安全指標										1.4 管理指標
1.2 健康指標										1.3 節能指標
1.2 健康指標										1.4 管理指標
1.3 節能指標										1.4 管理指標
2. 技術發展潛力 (O) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
2.1 實用性指標										2.2 可靠度指標
2.1 實用性指標										2.3 接受度指標
2.2 可靠度指標										2.3 接受度指標
3. 建置營運成本 (C) 構面										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
3.1 新建成本										3.2 營運成本

第六部分 其他建議
其他建議事項：

問卷到此結束，非常謝謝您協助填答。

1.6 模擬案例(二) 效益評分問卷

第一部分 受訪者基本資料 (已填寫過問卷者免填)

編號：_____ (由研究團隊填寫)

姓名：_____ (不會出現在研究報告中)

請在合適的項目中打√，單選。

1-1 請問您的性別？

男性 女性

1-2 請問您的年齡層？

30 歲以下 31~40 歲 41~50 歲 51~60 歲

61 歲以上

1-3 請問您的職業類型？

建設公司

保全公司

建築師 (技師) 事務所

設備/技術研發科技公司

學術/研究單位

住戶

社區管理員

其他：_____

1-4 請問您的工作年資？

5 年以下 5~10 年 11~15 年 16~20 年

20 年以上

1-5 請問您的工作性質？

專家學者

建築師

社區/大樓住戶

社區管理員/管委會

保全公司人員

AIoT 設備與技術專家

業主

其他：_____

第二部分 AIoT 影像感測器效益評分問卷

請在合適的評估值中打 V，單選。

2.1.1 效率提升效益 (B) 之 安全指標

準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
A. 人員入口安全管制	24 小時自動辨識，藉由人臉辨識、口罩偵測、溫度感測等功能整合搭配門禁進行管制					
B. 車輛入口安全管制	24 小時自動辨識，車輛進入偵測區域後自動辨識與比對資料庫，控制停車場入口開關					
C. 建築水、火災、結構偏移偵測	24 小時自動辨識火災與地震，辨識火焰或畫面晃動觸發事件後發送通知給管理者					
D. 異常行為偵測	24 小時自動辨識公共空間上的異常行為（如人員跌倒、滯留過久、群聚），辨識後自動通知管理人員查看					

2.1.2 效率提升效益 (B) 之 健康指標						
準則	模擬情境說明	可忽略	略具效益	明顯效益	極具效益	絕對效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
E. 老人嬰兒居家照護	裝在私人空間，24 小時自動辨識老人或嬰兒是否有異常狀態（如跌倒、翻身等動作）馬上通報照護者或管理員即時處理					

2.1.3 效率提升效益 (B) 之 節能指標						
準則	模擬情境說明	可忽略	略具效益	明顯效益	極具效益	絕對效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
F. 自動分析與調整設備	藉由 AIoT 的 AI 運算能力可即時分析人流狀況並依照分析結果直接透過 AIoT 上的 I/O 動態調整燈光、空調等設備的強度，以便降低設備耗能及損耗。					

2.1.4 效率提升效益 (B) 之 管理指標						
準則	模擬情境說明	可忽略	略具效益	明顯效益	極具效益	絕對效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
G. 人力管理效益	無需多餘人力巡檢，僅需在中控室查看是否有異常事件					
H. 速度提升效益	在終端設備可即時辨識					
I. 決策精確效益	偵測到異常即可馬上警示管理人員注意，透過歷史或即時畫面重複確認是否誤判					

2.1.5 技術發展潛力 (O) 之 實用性指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
J. 技術實用性潛力	已具實用性，並且已發佈越來越多產品與平台支援安全相關功能。AIoT 亦可獨立控制周邊 I/O，舉例說明若判斷極高可能為火焰可直接控制滅火裝置。					

2.1.6 技術發展潛力 (O) 之 可靠度指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
K. 技術可靠度潛力	電腦影像辨識率極為穩定，若有誤判可由人員重複確認。					

2.1.7 技術發展潛力 (O) 之 接受度指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
L. 市場接受度潛力	少數社區開始採用部分功能，智慧感測器是未來趨勢。					

2.1.8 建置營運成本 (C) 之 新建成本指標

準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
M. 感測設備安裝成本	採用 AIoT，基本辨識效能約 3,000 元/台(如 Nvidia Jetson)，連線可使用無線、有線或 PoE 網路方式，除了 PoE 其餘仍需有電力線。					
N. 網路設備成本	網路月租金約 2399 元，網路佈線與設備成本。					
O. 主機設備建置成本	需要本地端(中央伺服器)或雲端服務平台接收 AIoT 事件觸發儲存與管理，硬體設備約 30,000 元/台					

2.1.9 建置營運成本 (C) 之 營運成本

準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
P. 營運軟體成本	初期單一應用單套 AIoT 軟體開發費約 30 萬					
Q. 營運人力成本	有非經常性系統操作與更新維護之人力費用。可於遠端推播並更新 AIoT 軟體，如手機般					
R. 設備耐用度與維護成本	工業等級 AIoT 設備耐用度可達 5 至 10 年，若設備有狀況，可直接替換設備後修改連線設定即可使用。 參考資料： https://developer.nvidia.com/embedded/faq					

2.1.10 社會隱性風險 (R) 之 個人隱私風險						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
S. 影像人像保護隱藏	在終端可將影像上的人臉或身體加上馬賽克加密，只有特定人員(如保全人員或警察)授權可解密查看					
T. 畫面即時儲存	加密後的串流影像透過網路儲存於伺服器或雲端平台					
U. 資訊去識別化	辨識結果不會標註個人資訊					
V. 資訊保留期規範	依照法律或規範安全的儲存資料，超過保留期後刪除					

2.1.11 資訊安全風險 (R) 之 資訊安全風險						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
W. 資訊完整性	除了影像資料，也會儲存事件觸發的辨識結果					
X. 資訊加密性	基本資訊安全，所有影像和資訊都會進行加密傳輸並且儲存，若網路設備或線材遭受攻擊，AIoT 依然可獨立運作（如控制 IO）					

Y. 存取功能權限管控	可設定權限控制，需設定權限如下：AIoT 設備管理權限、AIoT 即時或歷史影像觀看權限、AIoT 無碼即時或歷史影像觀看權限、事件觸發觀看與管理					
-------------	---	--	--	--	--	--

第三部分 CCTV+DVR/中華電信 IVS 效益評分問卷

請在合適的評估值中打 V，單選。

3.1.1 效率提升效益 (B) 之 安全指標

準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
A. 人員入口安全管制	24 小時自動辨，有人臉辨識門禁管理與零售客群分析					
B. 車輛入口安全管制	無此辨識功能，但有 24 小時監錄影像					
C. 建築水、火災、結構偏移偵測	無此辨識功能，但有 24 小時監錄影像					
D. 異常行為偵測	無此辨識功能，但有 24 小時監錄影像					

3.1.2 效率提升效益 (B) 之 健康指標

準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
E. 老人嬰兒居家照護	無此辨識功能，但有 24 小時監錄影像					

3.1.3 效率提升效益 (B) 之 節能指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
F. 自動分析與調整設備	無法進行動態調整					

3.1.4 效率提升效益 (B) 之 管理指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 效益	明顯 效益	極具 效益	絕對 效益
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
G. 人力管理效益	無需多餘人力巡檢，僅需在中控室查看是否有異常事件					
H. 速度提升效益	需要將影像傳送至雲端中心辨識，辨識即時性會受網路延遲影響					
I. 決策精確效益	可達成簡易的門禁管理，無其餘安全警示功能					

3.1.5 技術發展潛力 (O) 之 實用性指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
J. 技術實用性潛力	已經商業化，IVS可向電信業者租賃服務，連接 IPCAM 即可使用					

3.1.6 技術發展潛力 (O) 之 可靠度指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
K. 技術可靠度潛力	電腦辨識率穩定，但可能會因為網路斷線而可能漏掉可辨識之關鍵影像					

3.1.7 技術發展潛力 (O) 之 接受度指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略具 潛力	明顯 潛力	極具 潛力	絕對 潛力
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
L. 市場接受度潛力	除了影像監錄與查詢功能，IVS 也擁有來店人數統計、來客分析等功能，商家可查看分析數據。					

3.1.8 建置營運成本 (C) 之 新建成本指標						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
M. 感測設備安裝成本	採用 IPCAM，一般約 1,500 元/台，工業等級設備至少 10,000 元(如 Axis)，連線可使用無線、有線或 PoE 網路方式，除了 PoE 其餘仍需有電力線。					
N. 網路設備成本	網路月租金約 2399 元，網路佈線與設備成本。					
O. 主機設備建置成本	影像伺服器租用+e 看店 HD 方案 (約 66,120 元/年) 或是 16 路 DVR 主機一台約 1 萬元					

3.1.9 建置營運成本 (C) 之 營運成本						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
P. 營運軟體成本	除了預設的來客分析，其餘的功能依然需要額外開發並整合，成本單套約 30 萬。					
Q. 營運人力成本	有非經常性系統操作與更新維護之人力費用					
R. 設備耐用度與維護成本	耐用度至少 5 年，若有問題可直接替換並修改連線設定即可使用。					

3.1.10 社會隱性風險 (R) 之 個人隱私風險						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
S. 影像人像保護隱藏	影像透過網路傳輸至雲端，個人隱私可能被監視					
T. 畫面即時儲存	串流影像透過網路儲存於雲端平台					
U. 資訊去識別化	辨識結果不會標註個人資訊					
V. 資訊保留期規範	依照實際情況保存設定之天數歷史影像					

3.1.11 資訊安全風險 (R) 之 資訊安全風險						
準則	模擬情境說明	可 忽略	略 增加	明顯 增加	極為 增加	絕對 增加
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
W. 資訊完整性	儲存完整的影像資料，遠端儲存機房無法惡意刪除					
X. 資訊加密性	基本資訊安全					
Y. 存取功能權限管控	可設定權限控制，可查看即時與歷史影像的權限					

附錄二 計畫書審查會議意見回覆表

委員	委員審查意見(依發言順序)	廠商回應
1.	<p>本研究是否應針對”建築安全之應用”，考量建築物的狀態。</p> <p>(1)建築物施工階段:對鄰房、環境之安全性影響(土壓、地下水...等)、工作人員進出(包括材料、人、車之管控)、機具設備運作安全之荷重等，以防止災害發生。</p> <p>(2)建築物竣工階段:對構造物的狀況之監控，包括使用極限與結構變化等、以及消防、火災等相關設備之應用。</p> <p>(3)建築物使用階段:活動之人員車輛，物品設備等之應用。</p> <p>本研究如何與智慧綠建築結合及如何補充不足之處。</p>	<p>本服務建議書是依據招標需求說明文件撰寫，案例模擬亦將依據需求書之要求範圍規劃。然未來計畫執行過程將清楚定義建築安全應用之範圍與類型等，包含：(1)建築施工過程之安全(勞安監控)；(2) 建築設施竣工後之安全(例如結構安全、消防安全)；以及(3)建築使用營運階段之安全(物業、保全等安全監控)。</p> <p>本研究將探討「AIoT 影像感測技術」如何應用於智慧建築之情境，然綠建築並非本研究之主題，亦未包含於招標需求說明中，故將不會涵蓋。</p>
2.	<p>目前影像仍因數據流量大，尚以一般網路傳輸並以主機平台作分析，如何以影像感測器直接做邊緣運算尚未有此研究，故請說明影像如何結合 AIoT 及其方式與原理？</p> <p>AIoT 目前以感測器結合微控制器之低功率通訊系統為主要概念，P.12 所提華岡感測技術是否運用到 AIoT?請說明之。</p> <p>請釐清建築安全的定義，與範圍是物、人或是管理層面?是否需針對範圍先加以界定，並尋找 AIoT 適用之範疇?</p> <p>安全效益之評估是從管理費用出發或是其他層面(例如降低犯罪之概念)，應針對評估方法的質化因子分析、數據等導入案例計算回歸修正。</p>	<p>目前已有這方面的實際導入成果，將以這些成果與國內外狀況進行討論與分析。</p> <p>目前華岡的實例中已經是 AIoT 的架構，由終端設備來進行影像辨識分析，異常時才發送訊號給管制中心，大幅減少伺服器的運算負擔。此部分將依據委員意見進行建築安全定義與範圍的釐清。</p> <p>除了成本效益之外，也會依據委員意見考量其他層面的整體效益。案例模擬之專家訪談部分，將會納入質化分析方法進行效益評估。</p>
3.	<p>針對計畫之了解十分完整，相關資料亦非常齊全。</p> <p>服務建議書部分內容尚堪稱周嚴，但如文獻、技術現況回顧等之選擇與範圍方向等所涵蓋的內容、數量尚不明確，應避免有所偏向。</p>	<p>感謝委員肯定。</p> <p>本研究計畫書之文獻回顧範圍是依據招標需求之說明，主要涵蓋 AIoT 視覺感測器於建築物保全監控應用。後續研究將依據委員意見，納入其他施工安全、竣工之設</p>

	<p>國內、外之案例在選擇上是否應考慮案例本身在不同社會、人文的背景之下之差異?</p> <p>未來若要推動，在成本之考量下是否採租賃方式?可否節省保全之人力需求?</p> <p>請說明案例模擬試算的可靠性。</p> <p>針對資料應用上如何保障個資的私密性?以及如何防毒、避免系統癱瘓等，請說明之。</p> <p>未來是否考慮異業結盟的運作型態。</p> <p>是否應考慮在設備末端使用者操作的人性化以利推廣。</p> <p>本研究亦可栽培人才，與大學、研究所等機構結合產學研培訓專才。</p>	<p>施管理等課題進行回顧，以補強文獻之不足。</p> <p>本研究在國外案例選擇上將會聚焦於 AIoT 技術可能發會之效果與技術發展最新情況，暫不做限制。然在國內智慧居住空間應用情境選擇與規劃上，將會考慮國內特有之社會人文背景進行規劃。</p> <p>有關推動與應用模式，未來會在應用情境模擬中說明。過去實例已有租賃方式來導入，也是朝著降低保全人力負擔來規劃與推動。</p> <p>簡報內容僅為一初步計算示範案例，實際量化分析會在本計畫執行過程進行更明確的分析，以提供足夠的可靠度。本研究將會依據學術方法之要求，儘可能針對試算結果進行驗證。</p> <p>有關個資保護問題，將在案例模擬分析階段進行專家訪談，以釐清法律限制；另外，有關資訊安全課題，亦將透過對資安專家進行訪談，以確保 AIoT 技術應用之合法性。</p> <p>有關推動與應用模式，將多方考量，未來會在應用情境模擬中說明，未來異業結盟的部分將依據實際需求分析結果來進行規劃。</p> <p>有關設備末端使用者操作上的人性化等課題，應屬於技術或產品實踐階段的考量，比較不屬於本計畫的執行範疇。</p> <p>本研究將針對後續人才培養及產學研合作之模式進行建議。</p>
<p>4.</p>	<p>本計畫說明 AIoT 智慧影像辨識技術，已成功應用在建築物與社區安全監控，包含人員與車輛進出口之自動管制辨識、失智老人與寵物自動失蹤協尋，甚至老人居家健康與安全監測等領域。將 AIoT 技術應用於建築物與社區安全監控測，可減少社區保全人力需求，達到全時與即時之安全監測反應。</p>	<p>感謝委員意見。本研究團隊確實已成功將 AIoT 智慧影像辨識技術應用於建築物與社區安全監控，包含人員與車輛進出口自動管制辨識等應用。在案例模擬中，將詳細說明該技術應用情境之細節，以及相關量化及質性效益評估之結果。</p>

	<p>AIoT 影像感測器在建築物安全應用上建議是否可用於結構監測上加以研究，如結構傾斜、損傷、功能退化、裝修影響結構改變或漏水，以利住戶即時瞭解建築物安全，並延長建築物壽命。</p> <p>一般建築物以 50 年生命週期評估，在尚有數十年使用期考量下，如何讓住戶有願意編列改善費用在軟體與設施做最佳化智慧整合，建議 AIoT 影像感測器設備在建築物安全應用，可參考相關案例就感測器於建築物之基礎設施、平台與軟體數量、安置位置、安置高程、解析度及材料設備供給親民化、普及化等加以考量，期能將建築物加以整修，延長建築物壽命及安全功能提昇。</p> <p>本計畫預期目標(三)---完成 AIoT 影像感測器在建築物安全應用效益之案例模擬試算，建議應有相關驗證作為。</p>	<p>本計畫書是依據招標需求說明文件撰寫，案例模擬亦將依據需求書之要求範圍規劃。然未來計畫執行過程將清楚定義建築安全應用之範圍與類型等，包含：(1)建築施工過程之安全(勞安監控)；(2) 建築設施竣工後之安全(例如結構安全、消防安全)；以及(3)建築使用營運階段之安全(物業、保全等安全監控)。其中(2) 建築設施竣工後之結構監測方面，本研究將蒐集國內外相關文獻資料，以探討其可行性。有關實際應用方案與相關課題之考量，將於未來模擬案例應用情境中說明，包括：感測器之設置地點、位置、採用之平台軟體、相關設備解析度要求、材料設備供應、成本要求與產業接受度等課題。</p> <p>同對趙委員問題之答覆，本計畫性質屬於計畫開發前期分析與規劃，驗證部分需要在實際場域導入方能進行，將依據本計畫成果進行後續驗證規劃。然本研究將盡可能採取學術研究方法加以驗證，以確保數據之可靠性。</p>
<p>5.</p>	<p>本計畫以 AI 人工智慧及建築場域應用為重點，請問影像感測結合 AI、物聯網 IoT 技術，在建築物安全應用上如何呈現？</p> <p>有關本案之應用情境涉及隱私之相關問題，如何平衡智慧化科技應用及隱私權爭議方面請說明之。</p>	<p>同對蘇委員及蔡委員問題之回覆，未來在計畫執行過程將清楚定義建築安全應用之範圍與類型等，並將包含建築施工階段、建物竣工後階段、以及使用營運階段之場域進行考量與規劃。惟考量時間與經費之限制，在模擬案例分析方面，仍將以招標文件需求說明之要求，以「提出 AIoT 影像感測器建築安全應用情境，說明人臉、車牌、寵物等影像辨識服務導入流程、因應隱私權保護課題之注意事項及推估可提升之建築物營運效益。」為主。</p> <p>資訊技術導入與隱私權的爭議是始終存在的議題，本計畫將諮詢資安相關專家，探討特定環境、特定對</p>

		象以及特定需求等因素下，規劃比較合適的平衡點。
--	--	-------------------------

附錄三 期中審查會議意見回覆表

委員	No.	審查意見	意見回覆
一、 朱委員 曉萍	1	期中報告內容詳實且完整，且執行內容符合規劃進度。	謝謝委員肯定
	2	本案所採用的 CAMITA 模型係利用 AHP 方法進行兩兩比較並計算權重。宜留意 AHP 方法須進行前測及後測，並均需通過一致性檢定，前測及後測的樣本數有最低數字的規範，以前測為例，一般需要 4-5 份樣本，僅有 1 份樣本恐不符合前測規範。	第三章之 CAMITA 模型應用範例僅為一位專家之示範性案例說明，尚未進行正式專家訪談。後續研究預計進行 9 位專家訪談，並會進行一致性檢定。
二、 江委員 哲銘	1	本研究已有效歸納出十三項 AIoT 影像感測器在建築安全應用，其中含施工中結構安全、勞工安全之監控，及完工後安全監測、社區安全管理等共十三項。並且提出建築安全應用成本效益分析模式 CAMITA 模式。其中提出 BOCR 四大構面。最後可作為 AIoT 影像感測器於建築安全應用效益評估，其方法具有參考價值。	謝謝委員肯定
	2	本研究已有初步研擬 AIoT 影像感測器於生命週期之建築安全之模擬應用案例，如建築施工中勞工安全監控，及營運階段社區安全管理。後續待完成模擬案例之標的選擇與個案規劃，以及其成本效益分析。	謝謝委員意見，後續將遵循委員意見完成模擬案例之標的選擇與個案規劃，以及其成本效益分析。
	3	本研究進度如期如旨，已完成期中階段之預期研究成果。	謝謝委員肯定
三、 何委員 明錦	1	國內外文獻蒐集非常豐富，尤其在評估方法、案例的彙整評析方面非常具有參考性。	謝謝委員肯定
	2	AIoT 影像感測在建築物安全應用方面，本研究著重於勞安、公安以及後續物業管理安全防災監測，均屬重要事項值得肯定，但未來就建研所的研究重點而言，須再加深入探究，並避免與國家地震中心或其	謝謝委員意見，本計畫之有關建築安全之範疇定義乃遵照評選會議委員意見，依據建築生命週期分別列出，並經與所內長官溝通，在有限時間與經費內以施工階段之勞工安全及營

		他專業研究機關構做過度重複，以免浪費公共資源。	運階段社區安全兩個主題進行模擬，以滿足十月底前完成期末報告之要求。有關建築安全之範疇之，將於後續報告中明確定義。
	3	資訊安全規範已考量對個資隱私問題確實重要，荷蘭對於高速公路有特別再設人工投幣繳費車道，電子自動繳費系統的資料也規定 24 小時之內必須要刪除，顯現在個人隱私方面的重視。除了法規面之外在產業技術面應可作相當比例之貢獻，亦可能較為快速有效可免去冗長之法制程序。	謝謝委員意見。 有關個資隱私問題之技術面，本報告已有專節討論，請參考「2.3.1. AIoT 隱私與資安相關技術」之說明，期末報告將繼續強化相關技術之回顧與探討。
	4	彙整研析後參考 OECD 制度提出 CAMITA 成本效益評估發展方案應具後續研究之可行性。但也要提醒 CAMITA 的評估方式係以公共利益及未來政策推展與策略支持為主。但也必須要考慮成本效益評估的通俗化，尤其在功能、價格、安裝、維護、耐用年限…等，才能讓建投業者、物業管理業者以及住戶更容易了解與接受此一系統。	感謝委員意見，除了 CAMITA 成本效益評估模式外，本研究亦將針對模擬案例進行量化評估，以提供建投業者、物業管理業者以及住戶等使用者了解相關技術之利弊得失。範例中已有相關說明，請參考「表 3.10 工地不安全情境監控方案比較」與內文說明；後續模擬案例終將強調案例效益之具體效益討論與說明，以達到通俗化之要求。
四、周委員鼎金	1	研究符合預期進度及研究成果	謝謝委員肯定
	2	建築物安全之應用範圍建議界定，以智慧建築標章之安全防災指標，包括門禁、防盜、防有害氣體。因此本計畫建議補充研究範圍。	有關建築安全之範疇，乃依據招標審查委員之意見，依據建築生命週期列出；將於後續報告中明確定義。
	3	目前業界之 IVS 智慧型影像監控(包括中華電信 IVS 等)，具有智慧影像分析功能，普遍應用於安全監控。與本研究之關聯性，或者是定義的不同，建議請說明。	目前中華電信等業者所提供之 IVS 智慧型影像監控系統屬於雲端系統，與 AIoT 強調邊緣計算、即時感測與回應之系統要求不同。雲端系統目前仍然有頻寬流量等限制問題，而且可能在傳輸過程被截錄而有資安問題。

			將於後續報告中比較並說明 AIoT vs. IVS 之差異。
五、 陳委員 嘉懿	1	建議釐清本案<AIoT 影像監測>所對應之<建築物安全>，若涵蓋大量<工地安全>應用情境，是否能對應到<p.2 之智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣>中程計畫範疇？建議僅就<智慧建築>評估範疇之 AIoT 影像監測應用項目之效益，更加深入探討。	謝謝委員意見，本計畫之有關建築安全之範疇定義乃遵照評選會議委員意見，依據建築生命週期分別列出，而智慧建築之防災、防盜、環境健康等指標，皆涵蓋於本報告之建築生命週期安全定義中的完工後建築物安全監測與營運階段社區安全管理中。有關建築安全之範疇之，將於後續報告中明確定義。
	2	有關圖 3.2 CAMITA 效益評估架構圖，請釐清： A、應用於<AIoT 影像識別技術應用於建築安全>，與本研究標題之<AIoT 影像感測器在建築安全應用...>兩者之意義是否相同？ B、<效益提升(B)>4 項為智慧建築評估項目，但有關勞安、結構等議題，事實上並未包含於安全指標得分中，建議就評分細則階層所列項目再就文獻基礎加以深化。(詳張效通 2020 文獻，辦公類智慧建築安全項目) C、智慧建築基礎設施(2016 版之綜合佈線、資通訊、系統整合等評分) 是否應納入作為<建置成本(C)>評分考量。	謝謝委員意見，相關意見回覆如下： 如前一項意見之回覆，本 CAMITA 模式應可涵蓋本計畫對於建築安全之定義。 續前一項回覆，CAMITA 模式之「安全」定義可包含張效通等(2020)中有關智慧建築之定義，於不同應用情境時可依據案例之應用範疇調整，請參考「圖 3.1 建築智慧科技應用成本效益分析模式(CAMITA)」→「圖 3.2 CAMITA 模式應用於『AIoT 影像識別技術應用於建築安全』之評分架構」→「圖 3.3 CAMITA 模式應用於『AIoT 影像識別技術應用於勞工安全』之評分架構」之調整說明。 感謝委員意見，後續案例評估將納入成本考量。
	3	報告書撰寫建議： A、<第一章第二節 研究背景>不應直接 COPY 科技計畫內容，建議摘要本案與主計畫相關部分，並增加敘述與本案研究主題相關之研	謝謝委員意見，將於後續報告中修正。

		<p>究背景。</p> <p>B、 P.21-22 國內案例：請進一步補充摘要其中應用到的 AI 影像監測技術、與需要配合建置的設備？</p> <p>C、 P.23~24: 2.2.1 請補充<國內外智慧建築評估方法回顧中，哪些評估項目具有<AIoT 影像感測器之應用潛力>? 建議可再深化目前安全防災指標等評估項目要求內容，哪些是與本研究議題相關之項目？</p> <p>D、 <2.2.5 AI 火災偵測>相關應用效益，是否優於目前法令規範之火警警報設備及受信總機等設備？</p> <p>E、 <2.2.6 社區安全管理應用>摘要三件建研所研究案，但未說明摘要內容與本案之關聯。</p>	<p>謝謝委員意見，將於後續報告中修正。</p> <p>有關應用潛力包括：Yang et al. (2020)、The Hastings Center (2018)等。而有關於防災文獻，除了建研所歷年研究報告外，Muhammad et al. (2018)、Santiputri and Tio, (2018)、Ma et al. (2020)、(Hsu et al., 2020)等文獻皆有論述。</p> <p>有關 AIoT 影像感測器 vs.現有火警警報設備及受信總機等設備之效益比較，將於模擬案例二中訪談。</p> <p>謝謝委員意見，將於後續報告中補充修正。</p>
六、黎委員淑婷	1	<p>IoT 重點在硬體，過往經驗值及應用在監測；AIoT 重點在軟體，應用在監測外還需 DATA 數據資料回饋，建議研究再加強說明數據如何回饋。</p>	<p>感謝委員意見，將於後續報告中加入 AIoT 數據回饋應用之討論。</p>
	2	<p>情境模擬除了監測外，數據資料回饋應該會有數次的模擬情境，Before and After and After...，是否可納入考量。</p>	<p>由於本計畫中未編列模擬案例之設備與操作費用，將會在選取之模擬案例中盡可能蒐集相關數據以進行分析。</p>
	3	<p>AIoT 因為可肩負監測的任務，在資安及隱私確保下，有機會納入政策考量，如：八大場所的安全監控(偵煙、偵溫、毒品、危險人員進出管制...等)，辦公空間的健康指標，這些真正結合 AIoT 還可以開發 APP，AIoT 影像感測器在建築物安全及監測應用上的效益可以更廣。</p>	<p>謝謝委員意見，將納入期末報告中修正。</p>
	4	<p>AIoT 在建築及營運成本上，建議需要在本研究中提出成果，並針對國內外產品成本及效益做比較，更</p>	<p>在模擬案例中，將說明各項軟硬體之應用成本數據。</p>

		符合市場訊息的需求。	
七、 練委員 文旭	1	本案針對建築生命週期、應用案例文獻等相當翔實報告書中，右上角章節名稱不相符請修正。	感謝委員意見，格式不符部分，將在後續報告中修正。
	2	針對 CAMITA 分析模式，分析詳實，唯 AIoT 與傳統方案的比較，容易落入主觀看法，例如：AIoT 影像 vs 傳統特徵分析影像 vs 傳統 CCTV？會產生不同的評分。又如 P.75 風險評分，是比較 Device Storage or Local Lan Storage or cloud based Storage，亦會產生出不同的評分。未來宜強化及提升客觀性。	謝謝委員意見，為避免受訪者主觀偏見影響評估之判斷結果，本研究於模擬案例選擇時，皆以真實實證案例為對象，並完全皆露相關數據，以提供受訪專家參考，據以進行最客觀之評估判斷。
	3	利害關係人訪談，建議更多元。避免出現因不同關係人的認知差異造成結論的不同，例如：訪談工地主任勞安管理者，得到資安較不重要的結論。(管理者、被管理者、經營者，不同角色會有不同的看法，與目前全球越來越重視資安風險趨勢有所不同)	確實，在不同階段之應用情境下，個別評估指標(e.g.,資安風險)會有不同之評價。因此，本研究分別針對兩個不同階段之模擬案例利害關係人分別進行訪談，以得到個別情境之評估結果。後續報告中亦將比較不同應用階段利害關係對於不同評估項目之看法差異。
八、 全國建築師公會-劉國隆理事長	1	公共領域的資料蒐集與個人之私密性請研究單位探討如何能夠達到未來資料蒐集的完整性，又不會侵犯到個人的隱私權。	本報告中第 2.3 節有關「AIoT 應用於智慧建築與隱私權與資安相關文獻回顧」有完整之回顧；而「2.3.2 國外有關資訊隱私權規範之發展」針對未來數位影像資料蒐集與個人的隱私權之規範已有詳細探討。
	2	請研究團隊探討未來資料蒐集在公共領域所必須的資料規範，以及項目(各類資料蒐集的標準制定，如此才能夠供現在業界所蒐集的資訊能夠有基礎的統一規範，達到未來資料互通以及分析的目的)。	報告中已有針對本課題之說明，煩請參考本報告「2.3.2 國外有關資訊隱私權規範之發展」之文獻回顧，以及「3.2.1 AIoT 資料應用之隱私權規範」之初步建議。
九、 全國建築師公	1	本研究繼 2020 貴所所長與沈揚庭博士《應用人工智慧科技提升築物維運管理益之研究》往前再推進一	謝謝委員意見

<p>會-張 文瑞建 築師</p>		<p>步，關注點從建築物生命週期由營運管理，回溯至前一階段，作施工階段的考量。由純粹的人工智慧技術，加上 IoT 數據與技術的助益，往前邁進一步，精益求精、再接再厲，值得稱許。</p>	
	<p>2</p>	<p>本期中報告研究文獻評估及技術研討，幾乎都已齊備，成果照然若現。期待後續「建築施工中勞工安全監控--AIoT 影像識別技術工地不安全情境監控」及「營運階段社區安全理—社區安全管制應用情境」兩項專家會議將彙集專家者更多的細節建議，使本研究更為充實豐盛。</p>	<p>謝謝委員意見，模擬案例成果將在後續報告中呈現與充實。</p>
	<p>3</p>	<p>關於偵測涉及隱私的解決方法，除了訴諸相關人的同意以篩選之外，尚需明訂擷取的準則及篩選的規範，求得隱私保護與使用功能目標的平衡點。</p>	<p>誠如委員之意見，有關數位影像資料之隱私問題，確實應明訂相關規範。目前國內外之發展趨勢，已逐漸朝向形成統一之國際標準規範。本研究彙整國內外相關研究文獻，建議以 OECD 之八大原則為準則，並遵守國內相關法律釋例，以形成具體之規範，提供相關業者使用遵循。</p>
	<p>4</p>	<p>本研究參考文獻為數甚多，為了方便檢索與引用，按研究書類的慣例應予編號為宜，才符合研究的格式，和 貴所其他的研究成果保持一致。</p>	<p>謝謝委員意見，本報告之文獻參照方式將依據建研所報告格式要求修正。</p>
	<p>5</p>	<p>外語參考文獻涉略廣泛而周到，是否將著作名稱(僅就名稱部分)增加翻譯成中文？使讀者一目瞭然，不要想當然爾讀者會上 google 尋求翻譯及自行查看，以善盡研究者告知之責任，避免讓讀者產生挫折感。</p>	<p>參考本所歷年研究報告文獻格式規範，並無英文翻譯之案例。若委員有需求，建議可以使用翻譯軟體輔助。</p>
	<p>6</p>	<p>與會學者專家委員多人提到日本 Better Living 表現卓越，案例值得探討，相關論述及案例宜納入參考文獻。</p>	<p>感謝委員意見，有關 Better Living 文獻，將於後續報告中修正補充。</p>

	7	對於建築生命週期各階段的關注，除了以管理者的角度設想之外，提醒不要忽略對服務對象的真正主人「使用者」，應給予相當的同理心考量，適度發揚科技的人性光輝。	誠如委員意見，「使用者」為本次研究模擬案例之重要訪談對象，將於後續研究中深入訪談以了解使用者之需求與感受。
九、 電機技師公會 -劉委員火炎	1	AIoT 是要具有深度學習能力，這些需要大量數據來支援，透過大數據分析才能達到自我修正的能力，方能稱為 AI。因此，本案相當於 CCTV 自動辨識能力，其在深度學習方面有關大數據之分析作為為何？	感謝委員意見，有關 AIoT 與深度學習之關係，已於 2.1 節文獻回顧中說明。後續報告中亦將針對大量數位影像資訊如何修正 AIoT 系統之表現績效進行討論與說明。
十、 資策會 -張群芳組長	1	<p>分享過去曾在室內外中大型停車場與工廠進行 AIOT 實作經驗：</p> <p>A. 定位與影像辨識在實際的場域應用上，因受到環境影響、技術限制與成本考量，需透過不同技術與載具的結合，才有辦法達到最佳效益。</p> <p>B. 以定位為例，大型工廠因廠區大、含有室內外區域，如果單一使用藍芽定位，所需的設備成本高，且有金屬干擾與用電的限制；使用 UWB 雖精準，但需克服柱子等遮蔽物的干擾、耗電大與成本高的問題。室外的部分如果僅使用 GPS 則會受到周遭建物影響而不精準。最佳的狀態是根據不同類型場域狀況，分區提供符合需求的技術與設備，最後串聯結合這些技術與設備。</p> <p>C. 影像 AI 辨識的部分，如果效能要高，精準度達 95% 以上，則需大量樣本來訓練。以過去特殊角度的 AI 車牌辨識經驗，除了運用建構挑選組合效能佳的模型、使用較少的資源運算，並加快辨識速度外，更運用了數百萬張的各式影像樣本進行訓練，方能達商品化程度。</p>	非常感謝張組長之建議，相關意見納入後續報告修正之內容。
十一、 臺灣資	1	Page 26: 整合前述職安衛需求與可用之 AIoT 技術進行媒合(黃德琪	感謝委員意見，後續報告修正時將納入委員之意見加以探

通產業標準協會-盧副處長添壽		與闕妙如，2020)，可得到相關應用情境。	討。
	2	2.2.5: AIoT 技術於建築完工後建築物安全監測之應用僅提及火災之偵測及地震災損之監控，但建物完工後，有可能因鄰近建物施工如挖地下室而造成已完工之建物傾斜、或地基不穩，是否 AIOT 技術亦可監測此類情境。	感謝委員意見，有關施工鄰損之監測技術，目前文獻中僅見到 IoT 應變感測器之應用，尚未見有 AIoT 影像感測器之應用報告，但後續報告修正時將納入委員之意見加以探討。
	3	台灣夏季遭遇颱風侵襲機率頗高，如何利用 AIOT 技術預防主建物及附屬建物災損而造成人民生命的威脅亦值得探討。	感謝委員意見，有關 AIoT 於颱風災害預防之應用目前尚未見於文獻中，但後續報告修正時將納入委員之意見加以探討。
十二、財團法人台灣建築中心-江經理友直	1	報告書中 P.9 無「限」通訊、P.21 計「劃」、P.36 建築安全「支」應用、P.60「先行」冠狀病毒，均為誤植，建請修正。	謝謝委員指正，將依據委員意見修正後續報告。
	2	報告書中 P.68「三、」標題似與 P.67「二、」重複，建請修正為維護營運成本。	謝謝委員指正，將依據委員意見修正後續報告。
	3	請於附件補充期初審查意見回應。	謝謝委員指正，將依據委員意見修正後續報告。
	4	4. 影像紀錄、圖片、數值等的存取，將會是龐大的歷史資料，未來實際營運後的管理模式及維護手法，建議可納入研究中探討。	謝謝委員意見，將依據委員意見，納入後續報告中討論。

附錄四 第一次專家座談會會議紀錄

AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究

第一次專家座談會會議紀錄

計畫名稱：AIoT 影像感測器在建築物安全應用與 效益研究(第一次專家座談會)		契約編號：11015B00021
		會議日期：110/09/01
劉科長柏宏		
1	<p>首先是以我們住宅發展處以後會興建很多的社會住宅，那目前很多社會住宅逐漸開始營運，那因為開闢這麼多案子那後面的案子其實都會越來越小。以前都有 200-300 戶，那因為現在基地越來越難找，所以以後的案子會越來越小，像我們現在最小的就是 30 幾戶。所以我們想要利用 AIoT 技術，主要是希望能夠減少未來營運的成本，因為我們會跟住戶收管理費，所以如果我們的營運成本越低，能夠跟住戶收的管理費越低，我想這才是比較符合市民所期待的。當然不太可能完全取代人力，但希望能夠降低人力費用。那我們之後會使用 AIoT 的或是有意願使用 AIoT 的主要是這個方面，因為這會間接影響到我們跟民眾收取管理費的這個部分。</p>	
2	<p>那第二個是說，對業主來講我覺得營運新建的成本其實不是太重要，我希望錢是花在刀口上，就是說我就算這個東西是實驗性的東西，但是我若能夠用 10 塊的錢買到 10 塊的東西那這樣就好，不必要說我花 10 塊的錢買到 1 塊的東西。所以興建成本只要東西符合效益的我想我們都願意去做。但是對業主來講主要有一個比較在意的點，就是採購法的問題，因為對於新技術通常我們政府機關會比較卻步的，就是它到底有沒有限制競爭，或者是採購法相關的問題。所以剛才的訪談前面有提到說，第一個是價錢能夠是透明的，就是說這個東西在業界上的行情是可估算的，是大家可公認的。那第二個是這項技術希望能夠至少有三家來做，因為這是政府採購法的通病，因為我們有很多的審計單位，就是說如果你這個技術是好的但是只有一家能夠做，那我們政府部門要使用這項技術就會比較卻步。</p>	
3	<p>然後第三個是，如果這項 AIoT 技術是可行的，採購是可行的，然後可靠度也夠高，誤報的機率比較低，那我們就希望能夠全部採用來降低人力成本，甚至我不配人力也可以，因為我們未來會有一個案子叫做無人化的社會住宅，就會用到一些 AIoT 的技術等比較科技的東西來降低我們的人力。但是如果它的可靠度沒那麼高，可能還是有實驗性的東西，那我們或許也會用，但是我們就會採用雙軌並行，還是會配有一些人力，所以就要看這項技術的可靠度是不是夠高的。那對於營建工程可靠度反而不是那麼重要，因為我認為說營建工地還是要仰賴人力，那如果有些 AIoT 的技術，我們會願意採用，但是這個採用方面還是輔助能力，就不像後面的維護方面人力能夠降到最低。只要可靠度達到某種程度我們都會用，但還是用來輔助人力方面。</p>	

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究(第一次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		會議日期: 110/09/01
4	<p>那最後一個是資訊安全和隱私權的部分, 那我們是比較相信技術, 但資安方面我們需要保護, 比較在意的是民眾觀感的問題。AIoT 截取的資訊我們都相信這個是不會被竊取的, 這個就我們仰賴專業方面, 那比較擔心是民眾感受度的問題。像截取到臉或者是他身體的資訊, 都會擔心民眾的接受度高不高, 就像現在疫情的關係有實名制, 我們有問過一些民眾, 其實他不怕麻煩, 但他就是會擔心他的資訊會不會被別人濫用。所以我們比較在意感受度的問題, 資訊安全的部分我們完全相信專業技術方面可以給我們資訊上面的保護。那就以上的建議, 謝謝。</p>	
5	<p>Q. 您對於案例一要不要把工地保全納進去安全項目的評估, 您有什麼看法? 這個建議我們總工也有建議, 那這個我倒是蠻支持的, 因為工地最好就是出入口都要有非常好的保護, 所以工地的保全能夠列為其中一個指標, 我想對工地安全其實會有非常大的提升。</p>	
陳建築師立權		
1	<p>我想以建築師, 以建築設計者的角度, 來針對 AIoT 的部分來提供一些個人看法。那目前我們在設計整合的議題上面比較關注的有三個。第一個是應用上的部分, 第二個是系統建置的議題, 第三個檢視成本的考量。那第一個, 因為我們現在在影像辨識 AIoT 的考量上面在跟業主溝通上, 應用上第一個是用在安全防災的部分, 第二個是維運管理的處理。那安全防災的部分現在以一個耐震、防洪、防水, 以及社區安全管理的議題。那因為我們這個處理的案子從結合住宅社區開始到醫院、長照, 以及學校的類型, 他們使用的需求都不太一樣, 那以目前討論 AIoT 這個智慧建築的系統來講, 我所接觸到的案子是以醫院及長照類型的討論度比重最高, 因為他們有很多在醫療設施管理上面的需求, 那規模也是相對比較大, 那人員負責的不管是從醫護人員或是管理單位甚至上級管理都是相對討論度比較高的部分。</p>	
2	<p>那在涉及安全防災的議題上面, 對於車道的管制口, 現在討論到希望對於防洪的議題, 透過 AIoT 的系統, 從排水設施連動到防水閘門作為防洪設施, 能同時間的取締, 來搭配 AIoT 的應用。那應用在維運上面, 我們在設計過程, 業主在設計的時候常討論到的議題, 就是它未來營運管理到底好不好, 那它牽涉到我們在空間配置的考量。所以維運管理上面他們的一個原則, 就是希望以有限的人力然後集中控制, 能夠做一個比較有效地管理, 包括維護上面, 希望盡量簡單不要太複雜。他們比較不希望說每一個設備設施都要單獨每年做維護, 他們希望能夠從中央的系統得到資訊來做統一的管理, 所以我們目前以我這邊的業主都希望把資訊回到中控室去處理。</p>	

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與 效益研究(第一次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		會議日期: 110/09/01
3	<p>那依照各個事業單位的管理單位不一樣，像學校類型會分各不同的處來管理不同項目的設施設備，那 AIoT 進來之後，讓他們在管理上面能不能夠更便利，同時也希望能夠看到更好的整合解決方案，有個統一的單位可以做所有設施設備項目的管制與維護。那對建築師在建築整合上面採用 AIoT 系統，它對於我們弱電系統的固件所產生的影響我們比較關注，那怎麼樣運用方式可以讓我在設計的配置上面不會過度影響，那這個是我們再設計整合上面業主會提出來部分。再來就是牽涉到跟機電技師做一個設計整合比較常去斟酌和考量的地方，那就會牽扯到第三點的建置成本，所有的設施設備要建置的時候預算條件要能夠滿足業主的需求條件下，才有可能去採購 AIoT 設備，那這個建置成本大概是個蠻關鍵的議題。</p>	
4	<p>Q. 您剛提到建置成本，那有沒有考量到營運成本的部分？ 初期建置成本是他們第一考量的，那營運成本的地方常常會牽涉到他們組織的架構，就是他們未來管理單位的複雜度，我們現在遇到醫院的系統相對於學校來講他們是有比較完整的管理體制和人員的編制，所以在這個部分來講的話他們原則上後續的維運成本他們接受度比較高一點。可是若以學校來講相對來講比較有限，所以他們在這個部分會有比較大的考量是說未來營運有沒有辦法支援和支持。所以在我們遇到維運管理上面會比初期建置成本要來得高一些，要看業主組織的能力會有一點差異，當然如果在初期成本比例高了 50% 左右，那他第一步的接受度會大幅降低。</p>	
5	<p>Q. 以您過去參與過的案子來講，目前採用比例的狀況是如何？ 我們現在遇到比如小型規模它有一定的優勢是，因為規模小所以初期建置的成本比重比較低，相對於採用設備量少，初期建置成本較低，所以接受度較高，那後面要管理的 AIoT 設備量較少，所以可行性是會比較高一點。那如果是配合兩三公頃到五六公頃作為考量，因為除了建築本體之外還有一些外部區域的範圍很大，因為範圍大所以初期要投入的成本比重就會拉高，那這樣會對他們初期投入是一個比較大的門檻。我們現在遇到的狀況跟桃園市府的狀況是貼近的，但是在意願上來講的話其實大基地的範圍他們初期意願都很高，但往往是到建置成本的因素就會打退堂鼓，因為他們範圍大希望能做有效地智慧管控，但是成本會限制他們往下發展的可能性。</p>	
楊副所長儒旺		
1	<p>針對工地實用性上有一些小小的建議，包含 AIoT 的部分其實類似像互聯網，就會把其他資訊都整合在一起，那我這邊還有一些建議包含，在建築工程施工過程，最重要其實大概都是在地下室開挖階段，包含地下室水位觀測我們也會陸續自己去安裝一些感測器去叫監測，然後它也會利用 App 去回報水位的變化。那我們工地也有用到這套做鋼構吊裝電子圍籬的管制，但我們這個管制其實只用在平面上吊裝人員靠近這個範圍。那像我們這個案子屬於造型鋼構，裡面很多角度無法全面去檢測到。所以如果這套系統只能監測到地面起鈎點的範圍，我覺得功用應該可以再擴大。</p>	

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究(第一次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		會議日期: 110/09/01
2	那目前這套設備已經可以辨識安全帽和反光背心其實都已經很好了,但建築案比較常常發現的問題,比如像施工架搭好基本大概兩三天,那有沒有辦法去監測施工架是不是已經有遭到破壞,然後我們可以立即接到通知就可以派工去做復原的動作。	
3	<p>Q. 您覺得工地保全應不應該納入評估的準則?</p> <p>就像劉科長所講的,其實工地第一步的關卡就是保全,像我們這個案子也都設置人臉辨識和體溫感應,其實這個東西是以系統做軟體的連結就可以聯動。那可能就是讓它整個不要太多套系統,看這一套系統可不可以融合像保全和感測器,都可以讓它整合在一起,這樣系統使用上會比較方便。</p>	
陳特聘教授金鈴		
1	<p>那我這邊就以資案的角度來跟大家探討 AIoT 設備應用在建築物的監控方面。首先先前兩位博士報告各個專家的訪談,得到的結論是安全最重要。那我就舉幾個面向,就是說如果我們要兼顧民眾的疑慮那或許可以透過一些社區管理會、管委會的會議,或者說向社區裡的住戶宣導。就是說在公領域和私領域來切分,雖然公領域會牽涉到整個住戶的安全,但我們在個人隱私這方面要有一點取捨,比如陌生人要來拜訪到我們的公領域,那到時候我們要追蹤他會調一些紀錄出來,那透過我們 AIoT 設備可以有利於促進整個社區的安全,但隱私方面就得做一個取捨。至於私領域,比如自己住家,民眾的觀感是不好的,比如說我們家裡有老人家,大家都去上班了,那你為了社區人員安全,如果住戶同意可以透過 AIoT 設備,然後透過管委會或保安人員來取得緊急聯繫;或是同意管委會某個時段來管理人員安全,那這是屬於私領域的部分,所以我的觀點是要兼顧資安方面人員的安全可以切割成兩個領域。</p>	
2	<p>那其次就是我們提到 AIoT 這個技術,一個新的技術的出來它經過一段時間一定會越來越成熟,那如果是普遍的成本一定會降下來。然後現在倡導的智慧建築,我們社區的要求,假設在公司領域切割得很清楚的話,並且也跟住戶說明的清楚的話,雖然剛開始新建的成本可能會比傳統 cctv 和感測器要來的高一點,但就以整個社區的發展和人員維護來講應該是會比較正向的。</p>	
3	<p>那另外一個要探討問題就是說,就以管理的角度來看的話,將來系統建置好了以後,管理單位在教育訓練可能會比原來傳統 cctv 的要再多花一點時間。第二點就是說它可能建置一段時間以後,因為資訊的變化是很快的,那它這個改版的問題,維運、零件,以及應用程式,需要更新或是會不會有問題。就是說引進 AIoT 設備進來,那後續的版本問題還有人員教育的問題,這個或許可以再加去琢磨。不過總而言之還是以人員安全為前提,那在這個大前提之下如果有違背的,我覺得有些東西是可以割捨的。因為它要連網,所以像一些機盒紀錄,比如說規定三個月登錄的人員密碼就得更換,像這個後續會引發的東西就會比較費事。對於外來人員,像仲介或外賣人員,因為這些不是社區的人員,那我們的管理人員會做記錄。那這樣多次接觸以後,就會知道社區裡面哪一戶哪一家的資訊,所以這個對於資安隱私方面的管理,要對我們保全和管理人員的言</p>	

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與 效益研究(第一次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		會議日期: 110/09/01
	談舉止要多注意一下。	
4	<p>Q. 方便問一句, 如果在您的社區要裝這個 AIoT 影像感測器, 然後跟您講說它會自動去辨識並且做記錄, 您會反對還是贊成?</p> <p>我想就以我剛剛的立場, 我覺得公領域和私領域要分開, 如果對整個社區的安全是有影響的, 那你不得不去監測, 這就是我說的大前提。那如果是屬於你自己私人比如家門口, 那我覺得你就得尊重那位住戶的意願。</p>	
楊副總經理振南		
1	<p>因為我們華宇電腦是屬於華岡保全集團的公司, 是系統保全公司, 不是一般樓管保全公司, 類似中興保全系統科技的保全公司。我們也觀察到無人化社區的趨勢, 我們也投入將近 10 年的研發時間, 讓社區可以用科技取代人力, 近期我們已經有些成果, 今年也接到 10 幾個無人化社區的案子。目前定義的無人化社區是以夜間為主, 因為大部分夜間的人力, 是以安全與環境、非管理性的工作, 所以我們現在都是以夜間的無人化。在市場上也蠻磅礪的, 幾乎每個月都有業務接到這樣的訊息。我們比較麻煩的是要等到開住戶大會才能決定, 因為現在目前一例一休, 造成保全人力的成本提高很多, 而且在勞安的部分, 每一家保全公司幾乎都被審查過, 也造成了保全公司很大的困擾, 尤其夜間人力的部分對保全公司也是很大的負擔, 所以我們幾乎都有與樓管公司配合。很多在安全上的疑慮, 我們都有考慮到, 現在住戶也逐漸能接受, 由於管理費提高, 住戶自身薪資所得並沒有提高, 所以住戶接受度就不是很高。像是我們接到 1200 戶的案子, 後來就是以無人化為主, 巡邏哨為輔, 所以無人化是一個趨勢。許多建設公司也來參觀過我們的設備、服務的方式, 因為我們最近比較忙, 所以尚未在新建案上投入開發, 但新建案對我們來說也是一個很大的市場。各位先進也提過, 草題是以物聯網的感測器為主, 現在也是要導入 AIOT 的部分, 也與廖老師一同開發了雲端車牌辨識, 目前也導入很多社區在使用, 所以這些都是無人化的必備。最近也開始要導入人臉辨識, 但這部分還有些困難, 在社區上, 遇到最大的問題是建檔, 不過我們都有配套措施, 例如感應磁扣, 而人臉辨識在追蹤與管控上比較確實, 未來一定是會整合到雲端的社區管理。整個成本與安全性都會提高, 因為樓管公司的夜間人力替換率很快, 新進人員在管理上沒有很安全, 當有不認識的人進入社區時, 不知道是否是住戶, 要管也不是, 不管也不是。我們覺得未來在整合到 AIOT, 搭配雲端系統保全的服務, 這都是很大的趨勢。管理委員會大部分都是無給職, 假使發生事情, 對管委會也是負擔, 所以都會委託第三者, 讓管委會的責任比較不那麼重。在建置上, 我們也會考慮以月租制的方式, 減輕他們在新建上的負擔, 也有將感測器整合進 app 中, 以上是我們的經驗與看法。</p>	
洪襄理震武		
1	<p>首先是成本的問題, 因為我本身是系統保全維護的前線人員, 那我比較能感受到的是說, 比如說設備架設在工地時, 因為工地會因為工程進度, 隨時都會去</p>	

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究(第一次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		會議日期: 110/09/01
	<p>變更、異動設備的位置，這個設備異動位置就牽扯到了成本問題。那再來就是後期的維護人力，維護人力又牽扯到了設備的穩定性，如果設備很穩定的話，維護人力就不用太頻繁到現場去做設備的調整、設定、設備故障更換，如果設備不穩定就會蠻頻繁的往現場跑。因為比如我們本身公司的保全設備，有些裝在客戶端的時候，也不知道是甚麼原因，就是常常會誤報、設備故障，或是因為天氣因素，造成設備故障，需要更換設備，所以會牽扯到成本的問題。再來就是技術面，技術就比較困難，因為如果說 AIOT 這個設備在操作功能可以簡易，讓維護人員可以盡快上手這些技術的操作，那可能會比較多人熟悉這個系統，在人力的調配上，會比較好調配。如果說在系統的操作設定有難度的話，那設備就會選擇人來做維護。如果說初期的量很少，工程、工作都還可以做應付，如果說後期按鍵很多，那技術人力維護又走的話，可能就會吃不消，所以這是我個人有感受到的。因為我們公司目前也是有無人化社區，無人化社區這套系統有牽扯到技術面的問題，在來就是說，如果設備採租賃制，也有後期的維護，也是會跟我上面提到的技術面跟成本面的考量，大概是這樣。</p>	
2	<p>余: 好，那想請教一下，以你們公司來講，現在社區保全的市場裡面，大家對於 AIOT 這種技術，導入社區保全的接受程度是如何?還是比較喜歡傳統用人工去巡邏?剛剛楊副總有講到說，現在夜間導入的比較多，白天還是以巡邏為主。 洪: 因為這個又牽扯到可能現階段的設備選擇不多，所以客戶花這些錢，在這個設備，他感受不到說有真的達到這個效果，而寧可花這些錢請守衛，現階段是這樣。</p>	
羅組長時麒		
1	<p>我這邊是有個要求，因為我們這個效益分析，我知道個案處理是比較容易。尤其你們做的很細，但是我們其實還是需要針對整體，譬如說你們現在針對兩個案例，一個是施工，一個是社區，可是面臨的問題是我們不可能一個一個社區的去估。譬如說我們申請智慧建築的案子，我們會弄一個比較簡單、簡化的估算模式。我知道這是你們研究的過程需要去推估，但建研所這邊是屬於應用單位，除了需要你們完整且具有學術性的推導之外，我們還非常需要了解，有沒有可能有一個比較簡化的效益推估方式，所以你們會看到包括我們的綠建築，可以看到有很多的效益，但是可以推估的就是節水、節電的部分，可以去把它換算出來。我們智慧化比較難的是說，個案的評估好像都沒有問題，針對通案的部分，我們就遇到比較大的麻煩，這部分可能需要請余教授也許後續的時間可以幫我們想一想，依照你們這樣推估下來的話，有沒有可能有一個簡化的計算方式，譬如說簡化只考慮那些參數，然後可以做一個概略性的推估。這個其實不是要學術用途，這個是要讓民眾了解，民眾無法了解很學術性的推估，我們需要的是一個能大致抓到它的精隨，譬如說社區導入 AIOT 後有什麼樣的效益。這個我知道很難，就是說要把很複雜的東西，簡化到很簡單，不容易，這也是我們今年科技計畫裡面，另外也有在做的，獲去年我們有針對做辦公大樓。所以既然我們這邊有在嘗試做一些情境與效益，也許它不需要非常準確，但它要能夠看出來。因為我們智慧建築也越來越多了，也有 7、800 件的量，大家一</p>	

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與 效益研究(第一次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		會議日期: 110/09/01
	定會問我們這個問題，譬如說在施工過程有甚麼效益，我們不可能用一個一個案去說明，我們一定是要告訴別人，譬如說我們合獲了大概多少。這個是我們面臨的困難，就是大家交換一下意見，不一定做得到，但是其實我們很需要的是這方面。	
2	我想余教授那個大概是寫的方向的問題，施工不是不能寫，就是不要寫到勞安衛去就可以了，因為施工事實上，還是我們整個建築的一個過程，就是你們寫的時候不要寫成是說為了勞安這樣。應該要回到我們建築施工的過程裡面，我們導入 AIOT，在施工過程有什麼幫助。	
3	我意思是說，你們已經有案例，施工的也是不錯，只是說剛才怡文有提醒，不要寫到勞安衛去，但施工本身是我們建築的一環，是沒有問題的。在安全的問題是我們要的，只是說我們不要去寫到勞安衛的工地檢查那些，因為那個大概不是我們建築領域，我們應該針對我們建築領域，在施工上能有甚麼效益，案例本身沒有問題，對象沒有問題，只是寫法的問題。你可以參考期中審查委員的意見，把它調整到施工上，施工上效益其實很多，譬如說節能、安全上的一些效益。	
張助理研究員怡文		
1	我想跟您提醒一下，記得其中審查有幾個委員都提到那個意見說，其實我們整個智慧建築評估手冊，它是已經有一些安全、防災指標與規定，那些委員有時候也因為長期參加我們智慧建築標章訂定的過程，他們比較了解那些指標的內容大概是哪些，有 3、4 位也有提到工地安全，其實以前也討論過，但是最後就是政策決定沒有納入這個評估手冊。我是覺得假設後續真的要對我們智慧建築標章業務幫上忙。 我是建議說工地安全的部分，也許因為今天請的專家比較偏向那個領域，但我是覺得最好還是能扣合我們目前現有指標中比較重點的一些項目，去評估出它的效益。	
2	因為當時有委員提到說，工地安全其實有很多是勞安衛，是勞動安全部在做的。就我們申請科技計畫科技研發經費，其實行政院在分配經費也會說，原則上每個部會就是做好你自己的事，如果你要做到別部會的事，部會整合分工有叫你做再做，你這樣會變成說我們拿了內政部的錢，跑去做其他部會的事，這個是很不合理的。	

附錄五 第二次專家座談會議紀錄

AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究

第二次專家座談會會議紀錄

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究(第二次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		回覆日期: 110/09/30
邱副處長奕聖		
1	<p>我這邊想請教的是，有關社區營運階段的隱私權部分，因為在未來，居家影像的取得，可能會有一些難度存在。另外就是有關於老人以及幼兒這一部分，我們這邊想到是先前一則新聞，有人在飯店裡面有突發狀況，但經過5-6個小時都沒有人發現。像這種狀況出現在老人或幼兒的居家照顧，是否有類似穿戴裝置可以偵測心跳，來結合我們 AIoT 技術的項目；在居家部分有關出入的次數也是一個重點，像行動不方便的人相較一般人出入次數較少，但若是隔了許久都沒有出來且沒有人注意到的話，那可能也是一種異常的狀況。所以在老人嬰兒居家和時間出入次數未來是否也能納入進來，列為其中的判斷項目。</p> <p>營建施工有關安全的效益，我們覺得其實相對於施工，因為工人越來越少，那在工程執行上就會受到很大的影響，尤其是「施工中的人員安全的效益」來講，非常適合我們目前在推動未來注意的這一塊。以上先說明到這裡。</p>	
黃經理寶翰		
1	<p>首先想請教有關在施工階段的 AIoT 影像感測器導入建築施工安全的效益，透過效益的評估來進行比較，除了與 CCTV 進行比較，好像也對 AIoT 自己本身能發揮什麼功能來做一些判斷。所以當我們完成研究方法之後，我們在工地應用只是取捨是否導入 AIoT 而已嗎？還是工地常用的 CCTV、縮時攝影、UAV 等等建築施工安全設備做各種方案評估後進行取捨，來提升工地安全管理？這是在計畫設定目標就有一點疑惑。</p>	
2	<p>那第二個想請教，在 AIoT 影像感測器簡報第 38 頁，在做量化評量尺規的時候，協力廠商的部分設定為 0，那我無法理解的是既然我們把它設定為其中一個項目但是我們竟然評估出來說它是可以忽略的，那這樣子的評估方式我覺得是有點異常的。同個簡報的第 44 頁，這邊寫到說，個人實際被觀測的時間除以 24 個小時，假如我們用在工地管理上，除非是 24 個小時都在施工，不然我們在評量的時候到底要以什麼為基準？</p>	
陳建築師立權		
1	<p>想要請教的是，評分項目上的羅列，大概是後續如果有增列的項目，它是會依照項目的權重固定增加裡面各種指標的數量，然後一樣是做數值的換算去看每一個得分的狀況，這部分想向博士請教這個議題。</p>	
2	<p>在目前我們的權重分析上面，與上次的討論相比是比較明確的，有幾個指標上的差異性有出來，但有些差異沒有很大；那差異不大的部分，目前在這個權重以數據化分析出來的狀況，未來我們在比如執行面上或實務狀況有沒有一個差</p>	

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究(第二次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		回覆日期: 110/09/30
	異性小的東西, 以什麼為基礎去做更明確的、可以去執行項目上的比較; 有沒有更具體、可以對應上的關係。我在目前的簡報上面還沒有辦法比較直覺地處理到這個議題。	
3	而有關在項目的重要性排序, 安全性指標、可靠度指標、資訊安全指標, 大概 4%到 12%的占比, 那這個占比的比例其實差距沒有很大, 那它可能對一些調查過程中的差異會造成, 比如可能從第一名變到第四名的排序。那對於這部分的話, 對這幾個指標的見解而言會沒有較明確的看法, 因為差距很小。那會是依照這個結論來做這樣的排序? 還是它們的權重其實幾乎沒有太大差別? 另外要請教, CAMITA 方法會作為評估指教的初判嗎? 就是說效益指標這個表格跟評分得分上面, 跟後來具體應用上面有怎樣更直接上的關係嗎?	
4	最後做簡單的回饋, 其實像我們未來要對智慧建築相關標章的指標, 或者是有自己一個對 AIoT 效益的評估。那在經驗上我們對智慧建築的指標項目裡面, 我們在採取指標的項目選擇會大幅影響整個成本上的關係。那剛余老師提到的這幾個項目裡面, 會有成本效益上的關係; 也就是你選擇上對於整個案子效益上的影響, 會與整體的效益上比較有關。但因為我們是用指標對指標的方式來比較值, 那以我們在用實務執行上是會直接以 AIoT 設備成本高低來作為效益準則。但未來如果有更直覺跟實務上對接的東西, 可以幫忙有效判斷來, 選擇我要採用幾項。那它就可以有合理的成本並與成本效益對接, 目前智慧建築的確在這部分差別非常大。	
陳總經理重輝		
1	我們公司是做 iot, 而且專注在智慧建築上面, 所以我們也參與很多智慧標章的建案, 我們都不是主包商, 都是系統與設備。那這裡面我們可以分享的大概就是實際上的經驗, 上次接受林博士的訪談, 其實回答的問題會因為答者的立場而有所不同, 原因是效益的問題對建商來說, 成本效益是最重視的, 由於現在有補助, 所以符合建築法規是他們最大的動力, 但是他想花最少的錢, 得到最高等級的評分, 就有剛剛陳建築師所說的, 但因為成本關係, 所以是不可避免的。那從我們的經驗裡, 像今天看到兩個方案, 尤其是施工階段的 iot 的應用, 我們公司有人臉辨識、閘道管制, 在台北市、新北市捷運局有用, 我們提供的就是人臉辨識進入隧道口, 這是延伸人員管制的應用。我看到簡報內有一個非常好的作業或高工作業的安全做影像辨識, 用影像辨識才有可能 24 小時或隨時去看整個工地的公安, 這是符合政府的規定。其實用影像辨識與 cctv 最大的不同, 因為目前工地大部分都有裝縮時錄影、cctv, 與 aiot 有甚麼不同的區別, 對工地主任來看的話, 完全是用成本的考量, 除非政府有法規, 不然他們一定不會建置這些設備。那我從個人的角度, 也就是說 cctv 會記錄所有真實的情況, 這是非常好的, 但是 aiot 是屬於地質警告, 譬如剛剛說的高空作業利用點子圍籬的技術, 只要有人進去現場就發警報去制止或提醒現場人員, 這是 cctv 無法做到的安全措施, 當然這就要花很多錢, 除非政府有規定要裝哪些設備。跟他賣房子也無關, 現在跟我們洽談或已經安上去智慧建築的, 都是在吸引客人說我的建案裡面有多少個設備是智慧的、ai4.0, 這樣的措施。那目前我	

<p>計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究(第二次專家座談會)</p>	<p>契約編號: 11015B00021</p>
<p>們提供給這些建案的話,有人臉、車牌辨識之類的,後續還有老人走失,剛剛各位談的小貓走失這件事情,之前是沒有去考慮到。那這裡面因為 ai 影像辨識其實目前有一個最大的爭議、擔心的就是隱私的問題,因為如果只是拍到住戶的影像就算侵犯隱私的話,其實目前已經行之 10、20 年的 cctv 錄影,早就錄影所有住戶進出公共區域的影像,所以我們為了這個問題,就選擇了說要不要用人臉開門,是由住戶選定,他願意把他的人臉建置,就可以有人臉開門的方便性,如果他覺得隱私比方便重要,就不要建檔,那這是我們目前在幾個大的建案裡面提的方案,也被採用。另外打馬賽克的問題,辨識偵測的部分,如果是在攝影機本身就有偵測的能力,可以選擇打馬賽克再輸出影像到錄影機,或是影像完全不輸出到錄影機,那這樣從表象上是沒有看到此人是誰,所以我覺得這個影像跟隱私的部分是可以相當程度地去解決,只要兩邊不要太過極端,應該是取得一個平衡。那這是我們目前實務上做的,剛剛也有談到室內空間的隱私,以往我們在做智慧建築中有一些人會買智慧家庭的選配,我們在台中、台北、宜蘭都有安裝,就是說室內敢裝攝影機的比率其實很低,即使剛開始規劃的有畫上去,最後安裝時,住戶還是認為可能會被駭客看光自己的起居生活,這是他們擔心的,所以到最後都是把攝影機裝在們的外面。曾經有一次在一個建案裡面,我們是建議在公共區域安裝攝影機,例如電梯門口,也有人反對,原因是住戶帶誰回家不想讓其他人看到,這就很麻煩了,安全與隱私的取捨,當然將來 aiot 的演算法有可能可以針對不想被辨識住戶的人臉進行替換。Iot 如果在去年的話,想要導入到一般的建案幾乎不可能,因為單價太高,目前 aiot 最低已是個位數的價格,主要歸咎於像是 nvidia 的平台單價就非常低,樹梅派等級一千多塊的 cpu 也有這個能力,因為演算法台灣忽然間對 aiot 投入的人員非常龐大,像我們公司在 aiot 上,因為 pc 成本非常高,後來就衍伸到樹梅派,成本幾乎降了 10 倍,我想成本的問題會隨著市場跟時間,很快速的得到改善,會值得去弄。很多客人、建商他們的想像是說,因為保全的人員、人力的成本不斷的提高,所以慢慢會想要如何減少管理費,就會導入一些安全,因為安全還是對社區是第一選擇,所以評分的結果會造成節能減碳並不是最重要的,原因是住戶對安全的感受還是最深的。如果引進 aiot 這種方法,可以進行夜間的監控,有異狀時主動通知保全公司或相關人員,也就是說 aiot 跟 cctv 最大的不同,一個是事後才去調閱影帶,一個是事前可能有狀況發生就主動通知,這兩個是完全不一樣。現在智慧建築的規章評分標準裡面,像我們協助建築師去選定要哪些,他要得到這個分數要多花多少錢,這些是我在實際經驗上的一個分享。</p>	<p>回覆日期: 110/09/30</p>
<p>洪襄理震武</p>	
<p>1</p>	<p>本身我是保全公司的技術人員,所以我比較在意的是在硬體設備的設定、安裝、維護上的問題,再來就是成本的問題。如果以保全公司的角度來看,如果系統夠穩定的話,確實是能有效降低我們保全公司的人力成本,譬如說我們有比較偏遠的客戶,每次出勤油料花費跟人力時間,如果設備夠穩定,就可以來取代我們人力。那目前我們公司、其他保全公司,都有朝這個方向來走,我們來</p>

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究(第二次專家座談會)		契約編號: 11015B00021
		回覆日期: 110/09/30
	<p>看、來定義的，就類似像無人化的管理。接下來是設備即時性的維護跟維修，這個就牽扯到我上一次座談會有談的問題，就是說教育訓練的傳承問題，因為我們公司聘請進來人員的素質都不一定，所以要怎麼樣能夠讓這個設備設定、安裝與後期的維護上能夠減化，設定上不要那麼繁瑣，每個人都可以輕易的上手，所以在後續的維護就能夠縮短時間跟縮短不必要的成本。再來就是有另外一點就是說，他有沒有去做到防止外來破壞的自保機制，像偵測區域如果偏移了會不會有警告，或是鏡頭畫面沒有訊號會不會警告，鏡頭畫面被刻意遮蔽掉是不是也會警告，還有一點就是說，設備的穩定性跟故障率，就是設備的散熱問題與熱當問題，因為它安裝的場所有些可能比較糟或長時間曝曬在陽光底下，那是不是會造成設備有熱當，又會產生說人員會出勤前往現場重開機或更換設備，這些我們都會考量在成本上，目前我的問題跟建議大概是這樣，因為我是屬於保全公司，所以我比較在乎硬體設備的問題。</p>	
2	<p>Q. 那洪襄理您對於我們做出來的這些問卷訪談結果、優先順序、模擬案例試算結果，因為你們算是使用單位，未來可能你們可能是類似這樣設備的業主。</p> <p>對，因為設備我也有看到那個效果，真的是蠻不錯的。</p> <p>Q. 您對於這個模擬案例的結果覺得相對合理？</p> <p>對。</p>	
陳教授金鈴		
1	<p>我剛好有個機緣，有在上行政院諮輔中心辦的訓練，就是行政院會要求我們的公務員去上這樣子的課程，然後去考一些證照，那這份教材是行政院資訊安全通訊處所訂的教材，那我想跟大家分享一下，就是說我剛剛看了案例二，不知道適不適合，就是給大家只是卓參而已，那我想了解一下這些有關資安風險評估的內容，譬如說我們在建築上，團隊列了幾項的評估內容，其實都是很好的，那就是說我們去列這些評估準則、內容，當然不可能完全去涵蓋，它有沒有依照一個像中華民國建築法規甚麼細則、甚麼法，然後去列這些評估內容，那因為這個有時候我們列說其實是沒完沒了的，到底要含括它的層面有多大，那這其實每個人的意見都不一樣，我覺得這個資安的安全風險評估內容已經其實蠻多了，還有個人隱私這部分，那有沒有去參照個人隱私保護法，因為譬如一個法規、評估都要有憑有據，那這些內容是不是適度的去參照個資法、行政院有頒發相關的條文，那這樣有所本的話，就會比較完備一點，那這邊為甚麼只列3項不列5項呢，為甚麼這邊只列2項，另外一邊列1項，這個我想團隊在做的時候都一定有所依據，我就舉4.1跟4.2的內容，我跟各位在分享一下，就是說其中那個教材裡面把資料備份管理把它納進課程教材，那譬如說資料備份是在做萬一我們要儲存、調一些發生事件出來，還原事件發生的事實，所以資料的備份其實是蠻重要的，像資料備份就分成完整備份、差異備份、增量備份，異地與本地兩種模式，當然這個說的是比較完備，但是裡面有一些或許是可以參酌行政院會甚麼是這樣訂的，還有譬如說他會訂說甚麼時候做哪種類型的備份等等，就會訂一些時程，只是分享給大家看，就好比這幾天的新聞，大家可以看的到大家在追那個教育部對於學生的資料，這個資料庫是整個毀掉了，那</p>	

計畫名稱: AIoT 影像感測器在建築物安全應用與 效益研究(第二次專家座談會)	契約編號: 11015B00021
	回覆日期: 110/09/30
<p>萬一我們要找大樓、管理委員會，尤其我們現在又是用 aiot，所以我在想說有沒有需要，我們進一步在想，這些評估內容為甚麼這樣訂，是依照個資法還是甚麼特別的規定，那或許就可以把資料的備份這件事情，就可以增加在裡面，萬一這整個資料庫掛掉，資料救不回來，那怎麼辦，我是從這個角度去看這個評估的內容，或許可以給大家去酌參，那這個其實可以在細化，只是我們評估的內容部能完全都完備，那是不可能的，只是說把一些比較重要的項目列出來，看是否有需要增補的項目，我只是拋出這樣的議題跟大家分享，也謝謝主辦單位這兩次讓我學習很多跨領域的思維，謝謝大家。</p>	

附錄六 期末審查會議意見回覆表

No.	審查意見	意見回覆
一、陳建築師嘉懿		
1	研究報告撰寫內容完整、架構清晰、成果符合預期。	感謝委員肯定
2	請補充說明模擬案場人數與受試案例數之關聯。	本研究所選擇之模擬案例(一)為一公共工程營造工地，出工人數不一定，介於 20~80 人間。而受訪之人員為與該工程相關之業主、專案管理顧問、設計建築師、監造技師、工務所主任、職安管理人員及下包廠商技術人員等，共 30 人次；而案例(二)則為一約 70~80 戶之中小型集合住宅社區，住戶人數約在 140~280 人間。而受訪之人員包括了社宅開發業主、設計建築師、機電技師、社區保全人員、下包 AIoT 設備技術專家、資安專家與社區委員等，共 24 人次。兩個案例之訪談對象已涵蓋所有利害關係人。
3	研究結論偏向樂觀：問卷統計分析結果，AIoT 影像感測效益優於傳統 CCTV+人工監看；p. 162 亦說明小型社區具自動安全管理潛力。但實際環境中，當影像辨識偵測到緊急告警訊號後，周邊環境仍需許多仰賴人力進行危機處理，故建議後續透過模擬案例實證討論，檢討本研究模型在實際生活場域應用時所需配套條件。	本研究有關 AIoT 影像感測器於建築安全之應用效益分析結果與國外文獻之報告類似，應該值得參考。另外，有關當影像辨識偵測到緊急告警訊號後，周邊環境仍需許多仰賴人力進行危機處理，故建議後續透過模擬案例實證討論，檢討本研究模型在實際生活場域應用時所需配套條件等，建議可以納入後續實際工程應用時進行實證研究(建議一、二)。
4	社區安全部分，建議如 p. 74，同樣呈現設置系統及設備內容，同時評估對涉及所連動、促發之設備系統，所造成之加成效益。	感謝委員的建議，已於第五章模擬案例二中補充說明相關的設置系統及設備運作方式。 有關 AIoT 影像感測器與建築自動化系統(BAS)之連動、促發與回應系統間之連動整合，以及此一整合系統所可能產生之加成效益，建議可以於後續實證研究中進行詳細規劃與驗證(建議三)。

二、張矩壩建築師		
1	<p>施工中的安全監測是必要的，但似乎不一定與影像感測有關，如位移量、沉陷量或應力、應變的量測，都和影像感測無直接關係。若都要用影像感測技術來做監測，可能會大材小用。可否嘗試與現行監測設備結合。</p>	<p>感謝委員意見。 施工中的安全監測確實已有成熟之監測技術，不一定需要採用 AIoT 影像感測器。本研究僅計畫之招標需求，從文獻中回顧相關之應用案例，以符合契約要求。此外，AIoT 影像感測器結合既有之 IoT 監測技術，比此相輔相成，應該可以進一步改進安全監測之精度與即時性。</p>
2	<p>個人防護設備或不安全行為的辨識是否會涉及個資隱私?應如何因應。</p>	<p>在模擬案例訪談時，包含業主與工務所主任皆反映 AIoT 影像感測器應用於工地安全監測可能涉及個人隱私問題，然包含技術工在內之第一線工程人員相對較不在意，且在全體 ANP 相對重要性問卷調查後發現，其權重最低，因此，並非關鍵因素。只要訂定規範並做好資安管理，相信應該可以消彌其對於個資隱私之疑慮。</p>
3	<p>運用在工地安全上，因工地隨著施工進度進行，每個區位的施工狀況不一，會有些樓層有時是沒有施工狀態，但仍須監控是否會浪費?工地環境一般較差，粉塵、水氣掌控不佳，對設備的維護可能是較大的負擔，是否有考量。</p>	<p>目前業界應用 AIoT 影像感測器之境況仍以開放之(頂層)工作面，以及特定之施工區域(例如局限空間或樓梯間等)之監控為主；另外，有關環境之挑戰部分，目前產業界已有工業等級之 AIoT 影像感測器可以滿足工地環境之要求，但價格較高。雖然目前導入與維護成本較高，但是依據趨勢發展將會在具有成本效益下逐步導入。</p>
4	<p>施工人員安全設備自動檢查，並不會讓工人的安全提升，而是在後續的處置，所以對這項並非必要，否則現場人員過分依賴，反而不親自現場落實，會有其他反效果。</p>	<p>依據過去研究團隊之分析發現，目前國內估定安全管理的關鍵課題為專職管理人員嚴重不足，一個 80 人之工地一法規僅需配置 2 名專職安全管理人員，完全無法兼顧所有區域之安全監控需求。因此，AIoT 影像感測器僅作為輔助人員進行安全管控，應該不會取代或造成現有人員怠惰。 即時影像更方便且有效率提供工地主管了解現場人員是否在現場落實相關職責，應無反效果疑慮。</p>

三、梁教授漢溪		
1	案例一之方案一(AIoT)與方案二(CCTV)選擇之依據，來比較及差異又有何意義，可於報告中再詳加敘述，問卷分析方法可略加敘述。	案例(一)之兩個方案分別是本計畫之主題(AIoT 影像感測器)vs.目前產業界最常採用之方案(CCTV+人工監控)，已於報告中說明。
2	應用效益除了與前案例分析外，是否亦可提升實際應用之效益分析。對於應用廣度之評估可作為未來研究之考量。	確實，本研究所歸納之 AIoT 影像感測器應用情境，皆為文獻中已經實際應用之可行情境。而模擬案例之情境與技術，亦為目前真實應用之情境與技術；所訪談之人員亦多為實際參與過相關 AIoT 影像感測器應用之人員，故其所提供之意見應可作為未來其他建築工地與住宅社區之參考。
四、周教授鼎金		
1	研究成果符合原規劃內容。	感謝委員肯定
2	應用於建築安全之評分架構，將健康指標得分、節能指標得分納入，建議補充說明原因及相關論述。	本研究所提出之 CAMITA 成本效益分析模型乃參考學術文獻中關於智慧建築技術效益評估之通用型分析模型(Generic Model)，故包含健康指標得分、節能指標得分之評估項目；而本研究乃針對 AIoT 影像感測器應用於建築安全之應用效益進行評估，但是在訪談的過程中大部分專家們都認為節能指標的重要程度較低，因此在過程中摒除此項目權重；另外健康指標是建築內私領域的人身安全監控，部分專家認為此 AIoT 的應用是對建築安全的使用者（社區、長照中心或實驗室）有意義並且可以作為選配以保障更安全的居住生活。以上請參考第五章之說明。
五、盧副處長添壽(臺灣資通產業標準協會)		
1	AIoT 安全應用之數位資料之資安技術是否應訂定國內的資安標準規範。	感謝委員的建議，本研究在期末報告中有針對目前國內外資安與隱私的規範進行整理並探討。 是否該訂定國內的規範之課題，本研究建議未來可以研究並參考國外的標準來制定國內的規範，除了世界各國訂定的執行方向，其中也有一些組織制定資訊設備或通訊協定

		等相關規範可以遵循。 已納入後續研究之建議事項(建議四)。
2	p. 2 圖 4.1、4.2 尚未定義書籤。	感謝委員指正，已修正。
3	p. 5 (9)問卷研擬及試問:此一步驟先依據步驟(6)之…，此處步驟(6)應為步驟(7)吧?	感謝委員指正，已修正。
4	p. 160 結論第三點，CAMITA 分析流程包括 6 個步驟，但下文只寫到 5 個。	感謝委員指正，應為五個步驟，已修正。
5	建議有提出三點建議，但內文有提出 5 點可行建議。	感謝委員指正，已修正。
6	未來可多引進國外 AIoT 應用技術，供國內業者參考應用。	本研究已歸納十餘種國外 AIoT 影像感測器應用於建築安全之相關技術與產品，並於後續研究建議中提議未來可以持續進行相關之實證研究，已引進更多先進之 AIoT 影像感測器技術。
六、朱教授曉萍		
1	期末報告摘要中所列舉之建議事項其五項，惟所列之建議僅有標題，缺乏實質核心內容，宜予補正。	感謝委員意見，已補正。
2	有關 AIoT 取得數位影像資料之利用與處置之隱私保護建議，宜提出國內適用之資訊安全規範。	感謝委員的建議，本研究在期末報告中有針對目前國內外資安與隱私的規範進行整理並探討。 受限於研究範圍、時間與經費，對於訂定國內的規範之課題，建議列入未來後續研究之建議中(建議四)。
七、劉常務理事火炎(電機技師公會)		
1	建議在工地安全上應可加以應用 AIoT 感測來監視工人墜落之判斷，例如在工人之安全帽上加繫感測器。除了做門禁管制用與工作區域管控外，亦可知道以墜落意外之發生，可迅速派人救援。	研究團隊過去已有關於人員定位之研究成果，但因不屬於 AIoT 影像感測器技術之應用，故未包含於本報告中。 至於 AIoT 影像感測器結合人員定位之方式，可藉由感測器之預設位置與其所辨識之安全情境，研判風險與危害可能發生之地點，再依據此一地點迅速派人救援。
八、張建築師文瑞(全國建築師公會)		
1	期中報告審查意見，幾乎已回應並作適當的調整。	感謝委員指肯定
2	研究單位除了回應文本審查意見，也顧及現場口述意見，態度認真。	感謝委員肯定

3	期末報告較諸期中報告，份量顯著增加許多。	感謝委員肯定
4	模擬案例將使用者如老人及嬰兒列為關注對象，值得其他研究案作為借鏡。	感謝委員肯定
5	AIoT 監測與人工監測的 1. 落差、2. 配套及 3. 連動值得列為未來研究。	感謝委員意見，有關 IoT 監測與人工監測的 1. 落差、2. 配套及 3. 連動之研究，建議列入未來後續研究之建議中(建議三)。
6	符合表列三項預期成果。	感謝委員肯定
九、江經理友直(財團法人台灣建築中心)		
1	本案資料蒐集及論述完整扎實，期末報告並已完成相關案例模擬試算，符合預期成果且具參考價值。	感謝委員肯定
2	報告書中 P. 61 內文指出本研究歸納應用情境共 17 項，與圖 3.1 所示不同，建請修正。	感謝委員指正，已修正為 18 項。

AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02)89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：王榮進、余文德、廖琬洲、李雨澤、林谷陶、張怡文、張憲寬、林子怡

版次：第一版

ISBN：978-986-5456-61-0 (平裝)

