

112-014-7D31  
MOTC-IOT-111-H1CA001c

# 多期多尺度影像結合深度學習 於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)- 影像蒐集及辨識演算法架構探討



交通部運輸研究所

中華民國 112 年 3 月

112-014-7D31  
MOTC-IOT-111-H1CA001c

# 多期多尺度影像結合深度學習 於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)- 影像蒐集及辨識演算法架構探討

著者：黃宇謙、鄭登鍵

交通部運輸研究所

中華民國 112 年 3 月

GPN : 1011200132

定價 200 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探. (1/2) : 影像蒐集及辨識演算法架構探討 / 黃宇謙, 鄭登鍵著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 112.03

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-468-2(平裝)

1.CST: 公路管理 2.CST: 道路安全 3.CST: 人工智慧

557.36

112000756

多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

著 者：黃宇謙、鄭登鍵

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網 址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw) (中文版 > 數位典藏 > 本所出版品)

電 話：(04)2658-7200

出版年月：中華民國 112 年 3 月

印刷者：OOOOOOOOO

版(刷)次冊數：初版一刷 48 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組 • 電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011200132 ISBN：978-986-531-468-2 (平裝)

著作財產權人：中華民國 (代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

## 交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-468-2(平裝)	政府出版品統一編號 1011200132	運輸研究所出版品編號 112-014-7D31	計畫編號 MOTC-IOT-111-H1CA001c
本所主辦單位：港灣技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：黃宇謙 研究人員：鄭登鍵 聯絡電話：(04)2658-7119 傳真號碼：(04)2656-4418			研究期間 自 111 年 01 月 至 111 年 12 月
關鍵詞：公路邊坡、人工智慧、影像辨識、遙測技術、日常巡查、防災應用			
摘要： 交通部 111 年度施政計畫重點項目之一為「強化智慧應用，提升運輸效率」，提出應加強結合 5G、AI 等新興科技應用，實現智慧交通數位轉型；2020 年版運輸政策白皮書提出「應用 AI、UAV 及遙測技術於鐵公路巡檢或監測」為重點之行動方案。 本計畫為 2 年期計畫之第 1 年期，主要研究成果計有：(1)蒐集深度學習應用影像辨識技術相關文獻，並探討影像辨識應用於邊坡地貌變異判識之方法與可行性；(2)蒐集邊坡場址之衛星、航測、UAV...等影像，做為後續深度學習之訓練及驗證資料庫使用；(3)比較各類深度學習框架及神經網路模式對於邊坡地貌判識之適用性，藉以找出合適之演算法。			
成果效益： 本計畫探討應用 AI 技術結合多時期、多尺度(衛星、航測、UAV...等)之邊坡監測影像進行邊坡地貌變異判識之可行性，並希冀藉由新興科技及技術之探討，於未來能達成地貌判識、裸露塌地範圍自動圈選及土方量體判定等效用，以利公路邊坡管理單位之日常巡查作業及災後復原工作更加便捷快速。			
提供政府單位應用情形： 研究成果提供公路總局、高速公路局於公路邊坡管理及災防之應用，以及本所人工智慧技術研發相關研究後續探討與應用。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
112 年 3 月	170	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS**  
**INSTITUTE OF TRANSPORTATION**  
**MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: A Preliminary Study on the Deep Learning Applied to Geomorphological Identification of Slope by Multi-Phase and Multi-Scale Images (1/2) - Probe on Collection of Image and Identification Algorithm			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-468-2 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011200132	IOT SERIAL NUMBER 112-014-7D31	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-111-H1CA001c
DIVISION: CENTER OF HARBOR & MARINE TECHNOLOGY DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yu-Cian Huang PROJECT STAFF: Teng-Chien Cheng PHONE: (04)2658-7119 FAX: (04)2656-4418			PROJECT PERIOD FROM Jan. 2022 TO Dec. 2022
KEY WORDS: highway slopes, artificial intelligence, image recognition, remote sensing technology, routine inspection, disaster-preventing application			
<p>Abstract:</p> <p>One of the annual policies focuses of Ministry of Transportation and Communication’s administrative plan for 2022 is to “strengthen intelligent applications and increase transportation efficiencies”, which specifies intensified application of new-emerging technologies like 5G and AI to realize transformation of digitized and intelligent traffic. The 2020 Transportation Policy White Paper states the “application of AI, UAV and remote sensing technology in railway/highway inspection or monitoring” as a key action program.</p> <p>The present research being the first year of a project that spans two years, the main research results: (1) the collection of documents on deep learning applied to image recognition technology and the probe in the methods and feasibility of image recognition from geomorphological identification on slopes; (2) the collection of satellite, aerophotogrammetrical, UAV images of the inspected slope sites under study for subsequent use by deep learning training and database verification; and (3) a comparison of applicability to geomorphological identification of slope between deep learning frameworks and neural network models, whereby to develop suitable algorithms.</p> <p>Benefits:</p> <p>The present research probe the feasibility of the application of AI technology in combination with multi-phase and multi-scale images of slope monitoring to perform geomorphological identification, hoping that by the exploration of new-emerging technologies and techniques, utilities such as land feature identification, automatic selection of ranges of bare collapsed land and earth volume and range identification can be achieved in the future to facilitate routine inspection by highway slope administrations and to make recovery works from disasters easier and faster.</p> <p>Applications provided to governments:</p> <p>The results hereof can be provided for Directorate General of Highways and National Freeway Bureau to apply in managing highway slopes and disaster prevention, as well as for the Institute in further probe and application in research and development of AI techniques.</p>			
DATE OF PUBLICATION 2023 Mar		NUMBER OF PAGES 170	PRICE 200
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之 初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

## 目 錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
目錄 .....	III
圖目錄 .....	VII
表目錄 .....	XI
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1-1</b>
1.1 研究動機 .....	1-1
1.2 研究目的 .....	1-1
1.3 研究內容及工作項目 .....	1-1
1.4 研究流程 .....	1-3
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 航拍技術介紹 .....	2-1
2.1.1 無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle , UAV) .....	2-1
2.1.2 即時動態定位技術(Real Time Kinematic , RTK) .....	2-2
2.1.3 視覺攝影測量技術(Visual Photogrammetry) .....	2-4
2.1.4 遙測技術(Remote sensing).....	2-5
2.1.5 合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar , SAR) .....	2-7
2.1.6 光學雷達(Light Detection And Ranging , LiDAR) .....	2-9
2.1.7 被動式光學遙測衛星 .....	2-10
2.2 航拍技術於坡地之應用 .....	2-14

<b>第三章 人工智慧應用於影像辨識技術探討.....</b>	<b>3-1</b>
3.1 人工智慧(Artificial Intelligence , AI) .....	3-1
3.2 機器學習(Machine Learning , ML) .....	3-1
3.2.1 資料分析 .....	3-6
3.2.2 學習演算法 .....	3-7
3.3 深度學習(Deep Learning , DL).....	3-8
3.4 神經網路(Neural Network) .....	3-10
3.5 深度神經網路(Deep Neural Network , DNN).....	3-13
3.6 卷積神經網路(Convolutional Neural Network , CNN).....	3-14
3.7 卷積神經網路模型介紹.....	3-18
3.7.1 LeNet-5(1998).....	3-18
3.7.2 AlexNet(2012) .....	3-19
3.7.3 VGG(2014) .....	3-20
3.7.4 GoogLeNet/Inception(2014).....	3-21
3.7.5 ResNet(2015) .....	3-21
3.7.6 DenseNet(2018) .....	3-23
3.7.7 EfficientNet(2019) .....	3-23
3.8 深度學習框架(Deep Learning Framework).....	3-24
3.8.1 PyTorch.....	3-25
3.8.2 Tensorflow .....	3-25
<b>第四章 影像蒐集及探討比較.....</b>	<b>4-1</b>
4.1 空拍影像取得管道.....	4-1
4.1.1 水土保持局巨量空間資訊系統.....	4-1
4.1.2 Google Earth Engine 開源雲端平臺.....	4-6
4.1.3 國家太空中心衛星影像產品申購系統 .....	4-7
4.1.4 國立中央大學太空及遙測研究中心 .....	4-8

4.1.5 內政部國土測繪中心國土測繪圖資 e 商城.....	4-10
4.1.6 林務局農林航空測量所圖資供應服務平臺 .....	4-11
4.1.7 公路總局 UAV 空拍影像資料.....	4-12
4.2 空拍影像探討比較.....	4-12
4.3 影像初步蒐集情形.....	4-13
<b>第五章 結論與建議.....</b>	<b>5-1</b>
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-3
5.3 成果效益與應用.....	5-3
5.4 提供政府單位應用情形.....	5-3
<b>參考文獻.....</b>	<b>參-1</b>
<b>附錄一 專家學者及實務單位訪談紀錄.....</b>	<b>附 1-1</b>
<b>附錄二 專家學者座談會會議紀錄.....</b>	<b>附 2-1</b>
<b>附錄三 第 1 次工作會議紀要.....</b>	<b>附 3-1</b>
<b>附錄四 第 2 次工作會議紀要.....</b>	<b>附 4-1</b>
<b>附錄五 第 3 次工作會議紀要.....</b>	<b>附 5-1</b>
<b>附錄六 期末報告審查委員意見處理情形表.....</b>	<b>附 6-1</b>
<b>附錄七 期末報告簡報資料.....</b>	<b>附 7-1</b>



## 圖 目 錄

圖 1.1 研究流程.....	1-3
圖 2.1 無人機形式(左：複合式；右：多旋翼式).....	2-1
圖 2.2 UAV 智能遙控器 .....	2-2
圖 2.3 RTK 技術示意圖.....	2-2
圖 2.4 VBS-RTK 技術示意圖.....	2-3
圖 2.5 UAV+RTK 技術示意圖.....	2-4
圖 2.6 航高、相機感光元件與地面解析度之幾何關係.....	2-5
圖 2.7 機載遙測及星載遙測.....	2-6
圖 2.8 被動式成像(上)與主動式成像(下)示意圖 .....	2-6
圖 2.9 SAR 技術原理示意圖 .....	2-8
圖 2.10 InSAR 技術原理示意圖.....	2-8
圖 2.11 空載光達作業原理示意圖.....	2-10
圖 2.12 不同波段組合所呈現之影像.....	2-11
圖 2.13 1984 至 2011 年曾文水庫集水區土地覆蓋率之累積百分比 .....	2-15
圖 2.14 UAV 飛航規劃 .....	2-18
圖 2.15 多期三維影像套疊比對以分析邊坡變位.....	2-18
圖 2.16 不同時期之新竹縣尖石鄉秀巒村坡地監測.....	2-19
圖 2.17 不同時期之桃園市光華坡地 UAV 與 DSM 變異分析 .....	2-20
圖 3.1 監督式學習流程示意圖 .....	3-2
圖 3.2 非監督式學習流程示意圖 .....	3-3
圖 3.3 輔導式學習流程示意圖 .....	3-4
圖 3.4 歸納式學習流程示意圖 .....	3-4
圖 3.5 增強式學習流程示意圖.....	3-5

圖 3.6 ETL 流程.....	3-6
圖 3.7 應用深度學習進行圖片生成.....	3-9
圖 3.8 應用深度學習進行圖片風格轉換.....	3-9
圖 3.9 神經元動作電位圖解.....	3-10
圖 3.10 類神經網路之神經元運作圖解.....	3-11
圖 3.11 Sigmoid 函數.....	3-11
圖 3.12 Tanh 函數.....	3-12
圖 3.13 ReLU 函數.....	3-13
圖 3.14 深度神經網路示意圖.....	3-14
圖 3.15 RGB 三原色.....	3-15
圖 3.16 彩色影像拆分 RGB 三個通道.....	3-15
圖 3.17 卷積運算過程示意圖.....	3-16
圖 3.18 池化運算過程示意圖.....	3-17
圖 3.19 池化結果經全連接層示意圖.....	3-18
圖 3.20 LeNet-5 模型架構.....	3-19
圖 3.21 AlexNet 模型架構.....	3-20
圖 3.22 VGG19 模型架構.....	3-20
圖 3.23 GoogLeNet 模型中的 inception 的模組.....	3-21
圖 3.24 深層(56 層)與淺層(20 層)網路模型訓練及測試錯誤率比較	3-22
圖 3.25 殘差神經網路結構示意圖.....	3-22
圖 3.26 DenseNet 模型架構.....	3-23
圖 3.27 EfficientNet 模型比例縮放調整進程.....	3-24
圖 4.1 BigGIS 架構簡介.....	4-2
圖 4.2 BigGIS 之基本圖層.....	4-2
圖 4.3 BigGIS 之模式分析.....	4-3

圖 4.4 BigGIS 之圖資搜尋.....	4-4
圖 4.5 BigGIS 之自動圈繪崩塌地範圍及其面積計算功能 .....	4-4
圖 4.6 GEE 平臺之工作視窗 .....	4-6
圖 4.7 國家太空中心衛星影像產品申購系統首頁.....	4-7
圖 4.8 國立中央大學太空及遙測研究中心衛星影像查詢系統 .....	4-8
圖 4.9 內政部國土測繪中心國土測繪圖資 e 商城首頁 .....	4-10
圖 5.1 明(112)年規劃研究辦理流程圖 .....	5-3



## 表 目 錄

表 2-1 Landsat-8 波段及分辨率 .....	2-11
表 2-2 SPOT-1~3 波段及分辨率 .....	2-13
表 2-3 SPOT-6~7 波段及分辨率 .....	2-13
表 2-4 福衛二號波段及分辨率 .....	2-14
表 2-5 公路總局邊坡定性分級管理制度 .....	2-15
表 2-6 RHRS 評估因子項目說明 .....	2-16
表 3-1 Microsoft Azure 機器學習演算法建議表 .....	3-7
表 3-2 機器學習與深度學習間之差異比較 .....	3-8
表 4-1 國家太空中心福衛影像產品方案 .....	4-7
表 4-2 國立中央大學太空及遙測研究中心提供之衛星影像增值服務	4-9
表 4-3 國立中央大學太空及遙測研究中心資源衛星接收站前瞻服務	4-9
表 4-4 農航所影像圖資規格及價目 .....	4-11
表 4-5 各尺度影像比較.....	4-12
表 4-6 蒐集影像.....	4-14



# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

交通部運輸研究所(以下簡稱本所)過去辦理邊坡近景攝影測量計畫，利用手持或 UAV 酬載相機等方式來獲取道路邊坡監測區域影像，再經由影像拼貼進行三維化成果，進行監測點分析、比對、查詢及展示功能，並輔助以目視為主之巡檢作業的不足，提升巡檢及管理效能。

公路總局第三區養護工程處，針對台 20 線桃源勤和至復興路段及台 29 線那瑪夏至五里埔路段，進行水文地質長期穩定性評估，評估報告利用衛星影像進行地貌判識，惟使用人工圈選。

而交通部 111 年度施政計畫重點項目之一為「強化智慧應用，提升運輸效率」，提出應加強結合 5G、AI 等新興科技應用，實現智慧交通數位轉型；2020 年版運輸政策白皮書提出「應用 AI、UAV 及遙測技術於鐵公路巡檢或監測」為重點之行動方案。

綜上，思考利用人工智慧深度學習影像辨識技術結合多時期、多尺度(衛星、航測、UAV…等)之邊坡監測影像進行邊坡地貌變異判識之可行性。

## 1.2 研究目的

本計畫探討應用 AI 技術結合多時期、多尺度之邊坡空拍影像進行邊坡地貌判識之可行性，並希冀藉由新興科技及技術之探討，於未來後續研究上，能達成地貌判識、裸露塌地範圍自動圈選及土方量體判定等效用，以利公路邊坡管理單位之日常巡查作業及災後復原工作更加便捷快速。

## 1.3 研究內容及工作項目

本計畫分 2 年期執行，各年期研究內容及工作項目說明如下：

## 1. 第 1 年期

### (1) 文獻回顧

蒐集相關深度學習應用影像辨識技術之文獻並探討影像辨識應用於邊坡地貌變異判識之方法與可行性。

### (2) 專家學者及實務單位探訪

訪談公路邊坡管理單位、專家學者並視需要實地探勘，除了解應用單位需求，亦可規劃欲進行影像蒐集之場址。

### (3) 多期多尺度影像蒐集及探討比較

蒐集欲探討之邊坡場址衛星、航測、UAV…等影像，以為後續深度學習之訓練及驗證資料庫使用，並針對不同尺度影像進行可辨識性、取得難易、所需成本等探討比較。

### (4) 深度學習框架及神經網路模式探討

比較各深度學習框架及神經網路模式對於邊坡地貌判識之適用性，藉以找出合適之演算法。

## 2. 第 2 年期

### (1) 多期多尺度影像蒐集、清洗及標籤

因深度學習需大量影像進行訓練及後續驗證，故持續蒐集影像，並進行影像清洗及標籤工作。

### (2) 深度學習框架及模型建立、訓練及測試

建立適合邊坡地貌判識之神經網路模型，以進行訓練及測試。

### (3) 訓練及測試結果反饋及再修正

依訓練及測試成果進行反饋及探討是否有再精進模型之可能方式。

## 1.4 研究流程

本計畫研究流程如圖 1.1 所示：

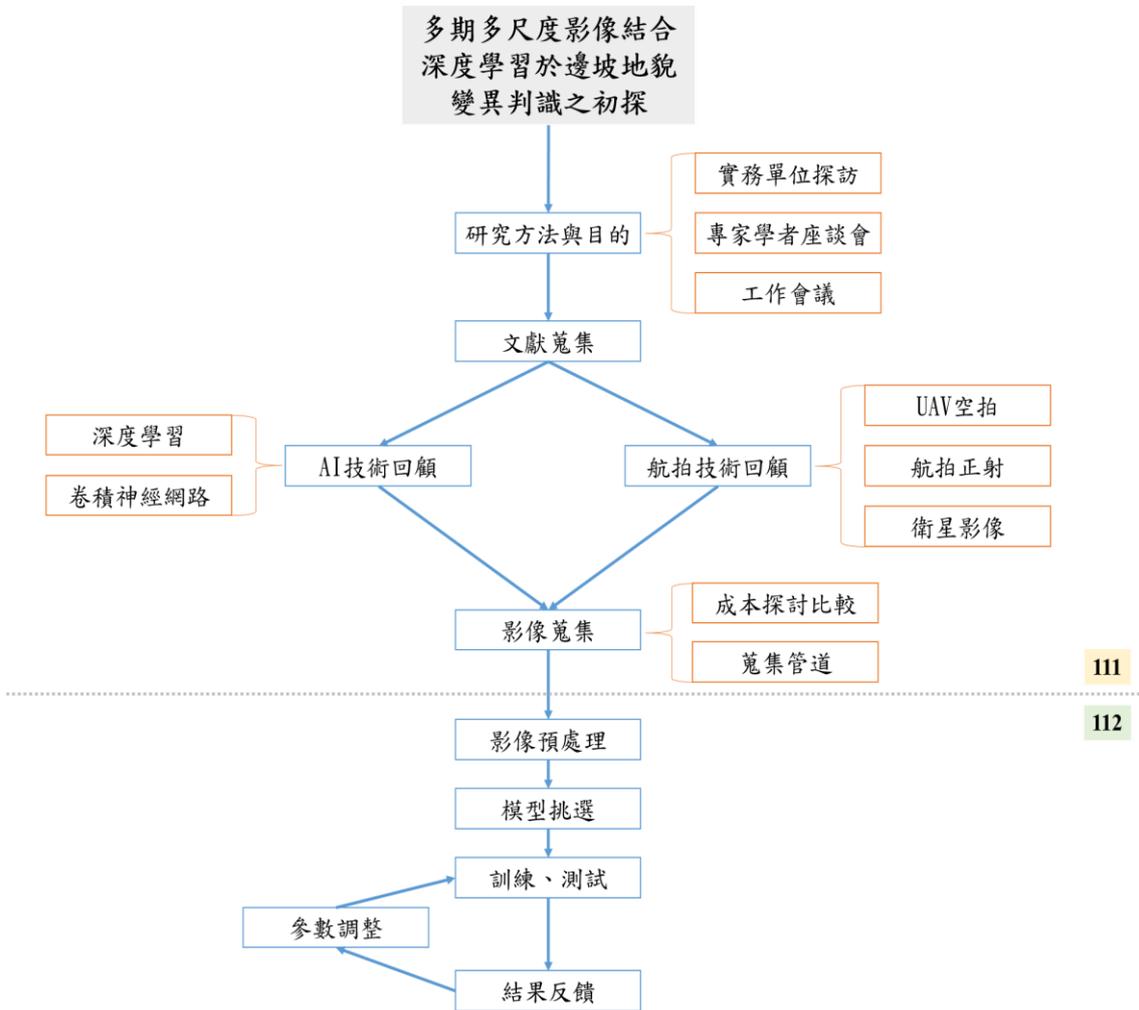


圖 1.1 研究流程



## 第二章 文獻回顧

### 2.1 航拍技術介紹

航拍，又稱空拍、空中攝影等，依維基百科定義：「是指從空中拍攝地球地貌，並獲得俯視圖。」。航拍影像取得管道十分多元，從風箏、降落傘、熱氣球，一直到現在以無人飛行載具、飛機及衛星等，因應不同任務性質，可選用不同載具搭載攝影設備取得空照圖，以下就相關航拍技術進行簡要介紹。

#### 2.1.1 無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)

無人飛行載具，簡稱 UAV，具有移動便捷性，可達人力難以抵達的地區進行作業，且可擇定機型(如圖 2.1)、客製酬載等，以達到所需之精度及作業需求。目前已被廣泛運用於記錄、探查、搜救、載運等各面向。



圖 2.1 無人機形式(左：複合式；右：多旋翼式)

UAV 相較於傳統載具，具有運用彈性大、可及性高、遠距操作等優勢，雖飛手仍須具備相關操作證照，以及需要於飛行前需配合當地飛行法規進行工作前置準備及範圍申請，但相比其他航測技術，其取得及操作成本和門檻相對較低，故目前大量被政府單位及個人業餘玩家進行空拍活動之使用。

隨著科技演進，UAV 亦從早期由飛手目視，並利用遙控器於地面進行手動操駕，演進到現今，能於遙控器連接手機、平板螢幕或直接內嵌螢幕於遙控器中(如圖 2.2)，更甚者，穿戴 VR 設備，利用控制器與

飛行器之圖傳系統，將 UAV 俯瞰之畫面即時回傳供飛手瀏覽。此外，目前商用 UAV 尚有航線規劃、智能飛行、避障功能，並具備 IMU(慣性測量單元)來自動穩定機身，或是搭載熱顯像、紅外線、RTK 模組等等達到更廣泛任務目的。

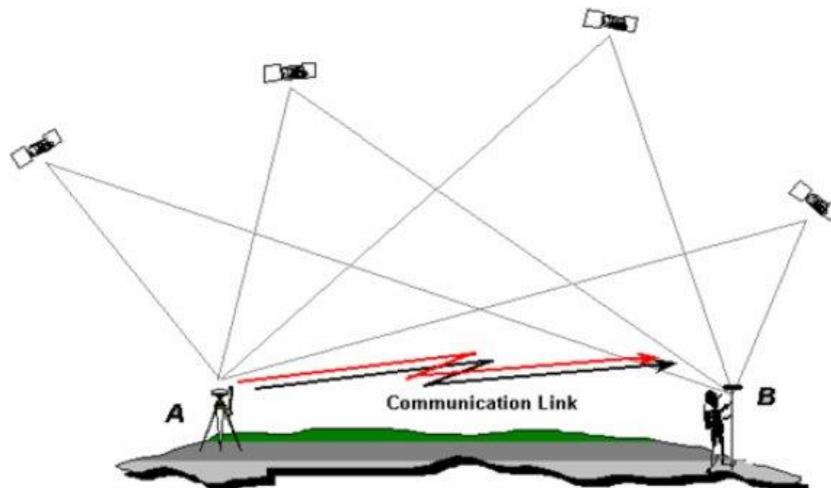


資料來源：DJI Smart Controller(網路圖片)

圖 2.2 UAV 智能遙控器

### 2.1.2 即時動態定位技術(Real Time Kinematic, RTK)

即時動態定位技術(Real Time Kinematic, RTK)，是一種利用全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)，由具接收器功能之基站(Base)或稱固定站、參考站，持續接收衛星資訊(此過程亦稱載波相位測量(Carrier phase measurement))，並利用通訊儀器，將載波相位差分資料提供給移動站(Rover)，以獲得較高精度定位座標(示意圖如圖 2.3)。



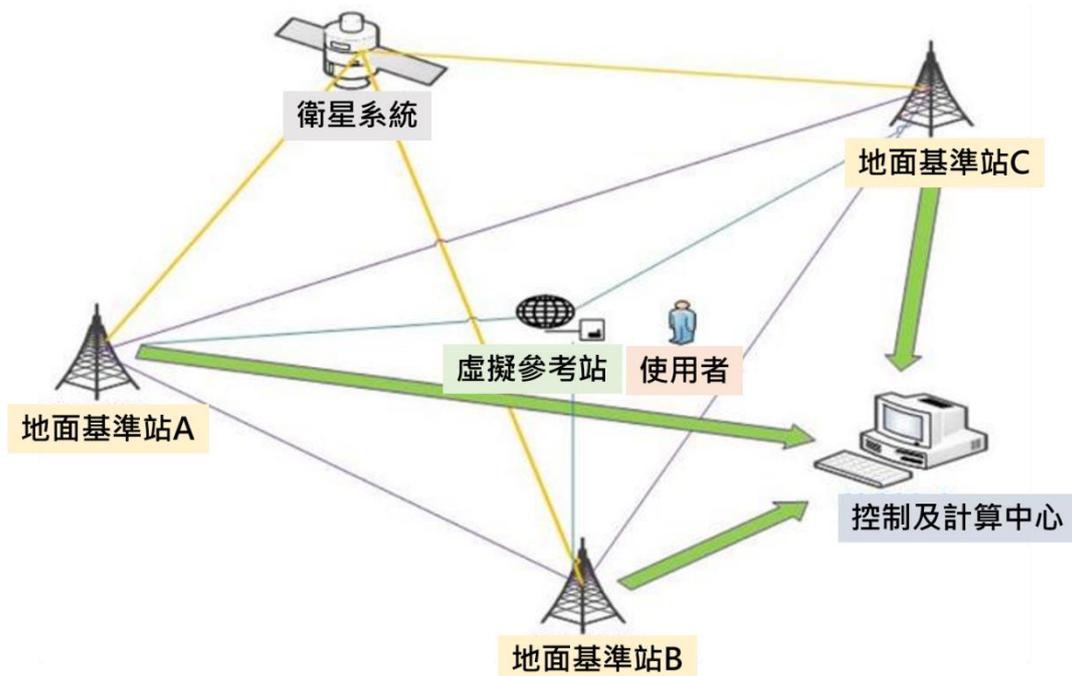
資料來源：Guidelines for Real Time Kinematic-RTK Surveying

圖 2.3 RTK 技術示意圖

但傳統 RTK 技術因受傳輸範圍(約 10km 內)限制及需即時且穩定之訊號(4G/5G)，以及人力不足問題(至少要 2 人以上操作)等，故後續發展出應用虛擬基站(Virtual Base Station, VBS)之 RTK 技術，簡稱 VBS-RTK。

依國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統入口網說明：「VBS-RTK 即時動態定位技術是 e-GNSS 即時動態定位系統之核心定位技術。其係採用多個衛星定位基準站所組成的 GNSS 網絡來評估基準站涵蓋地區之定位誤差，再配合最鄰近的實體基準站觀測資料，產製一個虛擬的基準站做為 RTK 主站，所以移動站並不是接收某個實體基準站之實際觀測資料，而是經過誤差修正後的虛擬觀測數據，也就是 RTK 主站是經過人為產製的虛擬化基準站，其意義如同在移動站附近架設實體的基準站一樣。」(示意圖如圖 2.4)。

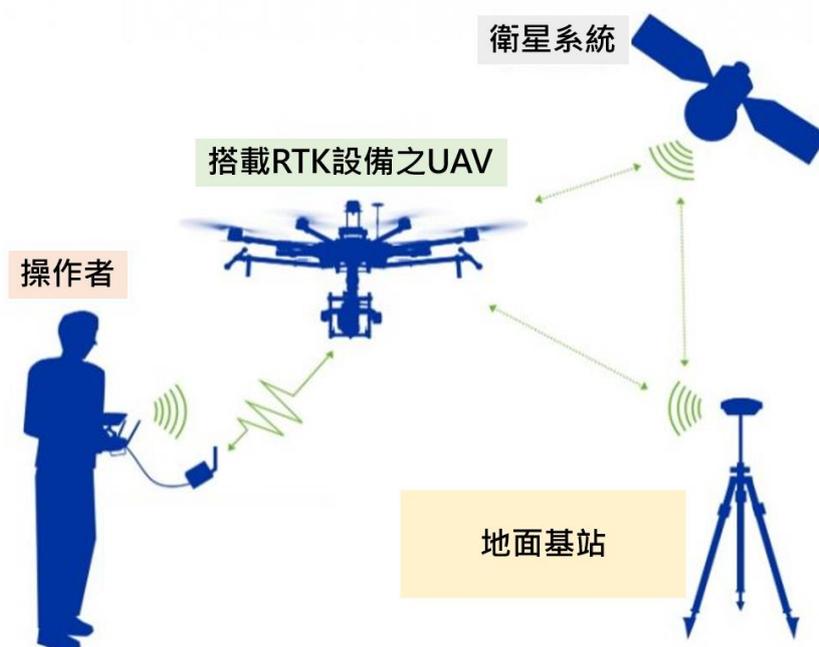
故使用者僅需在所測量點位上擺上移動站，透過標準傳輸格式傳送至控制及計算中心，並據以計算虛擬基準站之模擬觀測量後，即可實現超短基線 RTK 解算。



資料來源：<https://kknews.cc/tech/3v43kmo.html>(虛擬衛星定位參考站系統的工作理和發展)

圖 2.4 VBS-RTK 技術示意圖

為提升航拍製圖的定位精度，航拍軌跡可透過 VBS-RTK 或 動態後處理技術(Post Processed Kinematic, PPK)進行計算。前者可透過 NTRIP 以網路進行傳遞，並提供即時軌跡計算(如圖 2.5);後者將 GNSS 資訊及 IMU 資訊進行紀錄，搭配基站進行動態後解算，提供更高精度軌跡。解算後的軌跡資料，再利用拍攝時間事件，內插計算拍攝當下的方位(方位及姿態)，提供每張拍攝影像的外方位參數初始值使用，可大幅提升影像定位精度(可達公分級)，做為更細緻之空拍應用。



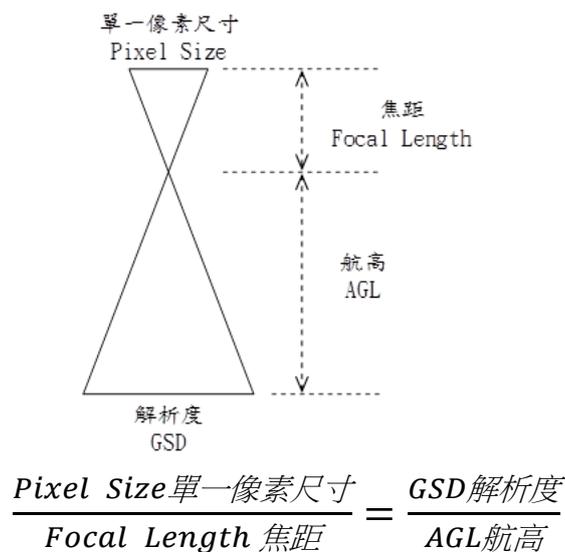
資料來源：<https://www.droneassemble.com/is-rtk-the-future-of-drone-mapping/>

圖 2.5 UAV+RTK 技術示意圖

### 2.1.3 視覺攝影測量技術(Visual Photogrammetry)

近年來視覺攝影測量(Visual Photogrammetry)興起，相關技術例如：稠密點雲(Dense point cloud)技術主要是以嵌塊為基礎(Patch-Based)之多視立體視覺(Multi-View Stereo, PMVS)演算法獲取三維表面資訊。表面重建技術則是將點雲經波松表面重建(Poisson Surface Reconstruction)及紋理貼圖方式完成三維模型表面重建，並廣泛應用於空拍影像製圖、三維量測地質及考古等領域。

而前揭技術可使用代表性商業軟體例如：Bentley® ContextCapture Center，或是以量測為目的之軟體包含：AgiSoft® MetaShape Professional、Pix4D®等完成，其量測精度與拍攝地面解析度(Ground sample distance, GSD)(如圖 2.6)有關，在拍攝品質與適當控制為前提下，量測精度約莫可達 0.5 pixel。



資料來源：「近景攝影測量雲端服務系統開發與應用之研究-以公路邊坡為例」<sup>[1]</sup>

圖 2.6 航高、相機感光元件與地面解析度之幾何關係

航拍可配合內建或外部軟體達到航線軌跡、快門時間、相片重疊率等設定，藉由連續影像之拍攝，再經相關軟體，即可達到影像製圖及三維模型重建。

#### 2.1.4 遙測技術(Remote Sensing)

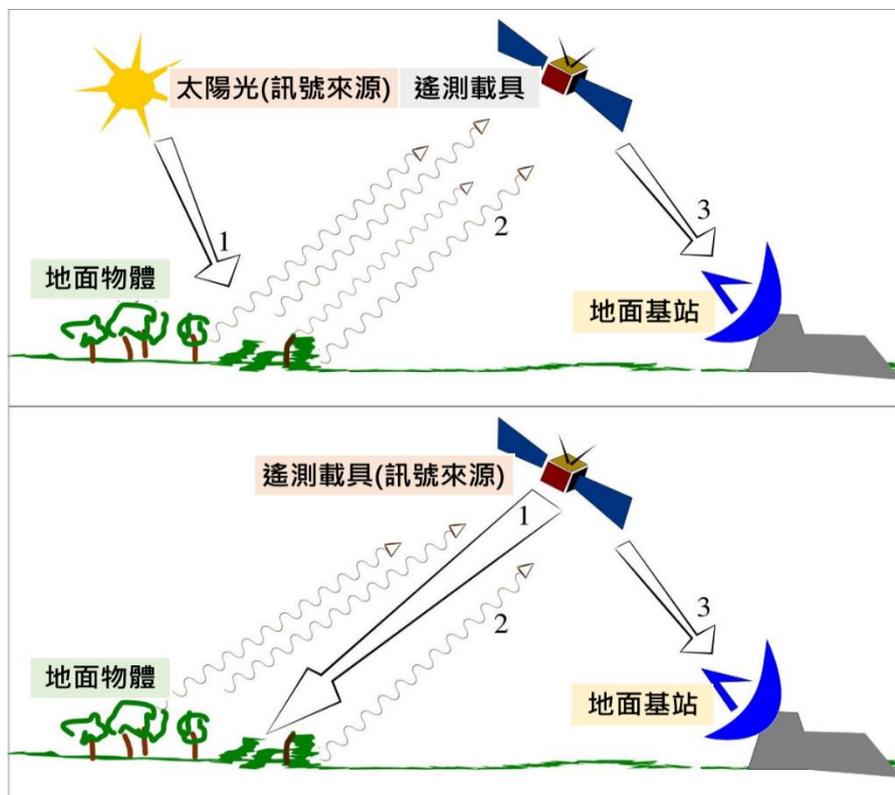
朱子豪(2009)：「廣義的遙測技術是不經接觸而取得物體、地區或現象之資訊的技術。」，遙測相比 UAV 之最大優勢在於觀測範圍大且續航時間長，故廣泛用於大尺度之觀測，例如：氣象、航海、農業、資源及環境等，而遙測技術主要可從以下面向做為分類：載具、成像方式、感測器。

遙測之載具，可分成由飛機搭載感測設備的機載(Airborne)，以及由大氣層外的衛星搭載感測設備的星載(Satellite-borne)遙測(如圖 2.7)。載具依照成像方式不同可再分成主動式成像及被動式成像，主動式成像為主動發射電磁波，並接收反射回波進行成像，以微波、光達(雷射)為代表；被動式成像則係被動接收地物反射後成像，以相機、可見光為代表(如圖 2.8)。



資料來源：(左)美國空軍第 54 氣象中隊所屬的 WC-130H 型觀測機(右)我國福爾摩沙衛星 1 號(網路圖片)

圖 2.7 機載遙測及星載遙測



資料來源：維基百科

圖 2.8 被動式成像(上)與主動式成像(下)示意圖

依照波頻光譜，波長由長到短區分成：微波(1m~1mm)、紅外線(1mm~780nm)、可見光(780nm~380nm)、紫外線(380nm~10nm)，波長越長，能量越低。而主動式遙測常見搭載之感測器分別有(1)合成孔徑雷達(2)光學雷達，以下分節進行淺介。

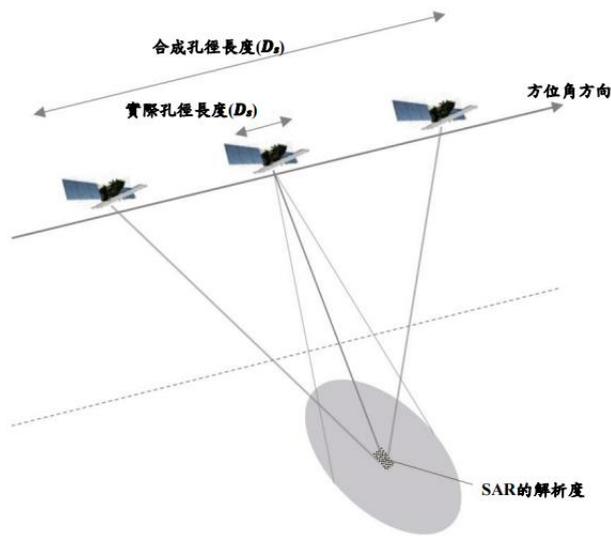
### 2.1.5 合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar, SAR)

合成孔徑雷達，簡稱 SAR，屬於一種微波成像雷達，使用波長 1m~1mm 微波做為探測電磁波，依國立中央大學太空及遙測研究中心網頁介紹：「SAR 為不受日夜天候影響的主動式遙測系統，也是一種可以產生高解析度影像的機載雷達或星載雷達，需以複雜的雷達數據合成及後處理過程，以獲得極高的空間解析度雷達影像，已被廣泛應用於環境與災害觀測上。」。

內政部國土測繪中心委託國立中央大學執行之「發展合成孔徑雷達干涉技術於測繪領域應用先期規劃」<sup>[2]</sup>案(2000)指出，當波長小於 2cm 時，雲層對雷達波會有明顯干擾；當波長大於 4cm 時，則雷達波幾乎不受雲、雨的阻礙，故 SAR 可提供地面清晰的資料，使其於遙測技術領域扮演重要角色。

依美國太空總署 NASA 出版之 SAR 手冊(NASA SAR Handbook)<sup>[3]</sup>，雷達數據的空間分辨率與傳感器波長與傳感器天線長度之比直接相關，要獲得更高解析度，勢必要有更長的天線。惟長尺寸的天線對於飛機或衛星搭載是不切實際的，故工程師及科學家利用飛機或衛星穩定且高速飛行過程，持續以電磁波進行信號發送，以天線(實際孔徑長度  $D_r$ )接收地面反射回波，一來一往採集連續資料，疊加後予以解算，進而獲得高解析度之數據，其等效為更長的天線(合成孔徑長度  $D_s$ )。SAR 工作原理之示意如圖 2.9。

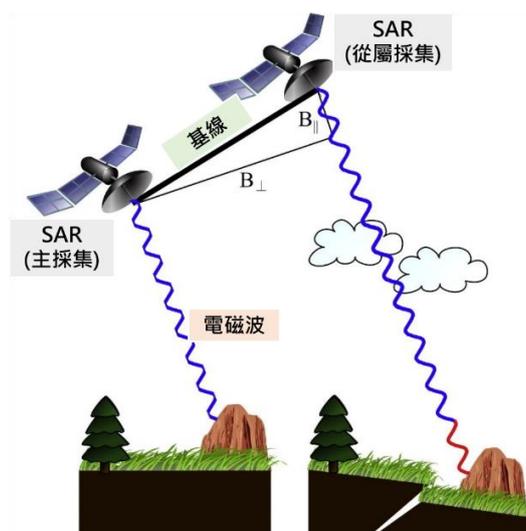
常見的 SAR 衛星有德國的 TerraSAR-X，其在距地表約 515 公里處運行，週期為 11 天，並依照不同成像模式，可達分辨率 1 公尺的解析度；加拿大的 RadarSat-2，其在距地表約 798 公里處運行，週期為 24 天，並以水平及垂直的偏振(Polarizations)方向組合的不同，使分辨率可至 1 公尺，監測條帶寬度為 18~500 公里。



資料來源：110 年度日本土砂災害防治序號 9：遙測—依合成孔徑雷達(SAR)圖像判讀土砂災害指引<sup>[4]</sup>

圖 2.9 SAR 技術原理示意圖

若利用兩個或多個 SAR，在同個範圍和相似的制高點但不同的時間點進行拍攝，藉此蒐集資訊並生成地表變位或數值高程地圖，則稱為干涉合成孔徑雷達(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)技術(如圖 2.10)。InSAR 常見的應用是針對地表、邊坡甚至火山於地震、颱風和洪水氾濫災害後之變形監測，亦可用於對大型結構物及基礎設施如：水壩、河堤、公路等之沉陷及穩定度監測，其可達到公分級之變形測量。



資料來源：Time series analysis of InSAR data: Methods and trends<sup>[5]</sup>

圖 2.10 InSAR 技術原理示意圖

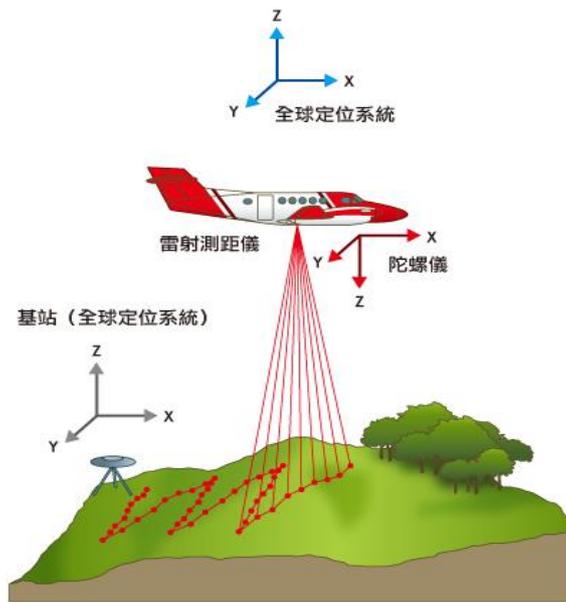
## 2.1.6 光學雷達(Light Detection And Ranging, LiDAR)

光學雷達，簡稱光達(LiDAR)，屬於主動式光學遙測技術之一，主要以雷射光束來進行探測，而依照使用目的不同亦可選擇如：紅外線、可見光、紫外線等不同波長來進行量測工作，若依照航空載具平台做為區分包含：星載雷達(Spaceborne Lidar)、機載雷達(Airborne Laser Scanner, ALS)、無人機雷射雷達(Drone Laser Scanner, DLS)等，為目前使用最普遍且商業化應用十分廣泛之技術。

光達的工作原理，依照經濟部中央地質調查所網站介紹：「藉由雷射發射器所發出的脈衝雷射光，由載具射出至地面上，打到植生或建物後引起散射和反射，一部分光波會經由反向散射返回到載具上的接收器中，將光信號轉變為電信號記錄下來，同時由搭配的計時器，記錄同一個脈衝光信號由發射到被接收的時間  $T$ ，這樣就能夠得到載具到目標物的距離  $R$ ， $R=C*T/2$ ，其中  $C$  表示光速。」。

而空載光達具有大面積探索、高精度、高密度及快速產製之優勢，其中掃描寬度(掃描角)、掃描頻率等，直接影響測距精度。一般而言，飛機高度距地面約 1500~1000 公尺高度，如此涵蓋寬度約 800~600 公尺，並以核心設備雷射測距儀約以每秒 20~40 萬次頻率發射訊號，達到高密度之打點，再搭配差分全球定位系統(differential GPS)及慣性導航系統(INS)來精準記錄載具及地面物之座標位置及空間資料，使其能繪製出高精度的數值模型(示意圖如圖 2.11)。現今空載光達技術透過 GPS 和基站的差分校正，可將高程精度縮小至公分級。

星載光達以美國和法國聯合建造的 CALIPSO 衛星為代表，其運行高度距地面約 685 公里，約 16 天經過同一區域，觀測目的為觀測雲和氣懸膠體等大氣狀態。



資料來源：科學人雜誌(電腦繪圖：姚裕評)

圖 2.11 空載光達作業原理示意圖

### 2.1.7 被動式光學遙測衛星

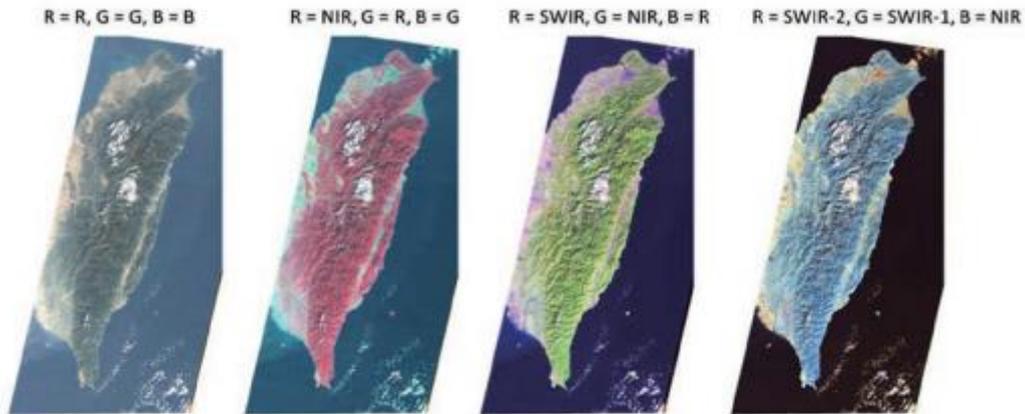
前面提到依成像方式不同可再分成主動式成像及被動式成像，而若以星載遙測，多是以所搭載的光學系統被動接收物體反射回波，藉以收集各種資訊，因此，受限於天氣及環境因素，無法達到穿透雲層、煙霧以及全天候觀測之作業。以下簡要介紹常見之國內外光學遙測衛星。

#### 1. Landsat 衛星

Landsat 衛星為美國國家航空暨太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)及美國地質調查局(United States Geological Survey, USGS)之聯合計畫所發射，自 1972 年發射第 1 顆以來，目前已發射 8 顆，目前 Landsat1~5 及 7 號衛星已除役(第 6 號發射失敗)，現為 Landsat-8、Landsat-9 對地球進行持續觀測，兩顆衛星運行週期約為每 16 天一次，並分別存在約 8 天的偏移。

Landsat-8 及 Landsat-9 衛星皆搭載陸地成像儀(Operational Land Imager, OLI)及熱紅外線感測器 (Thermal Infrared Sensor, TIRS)，其成像資料可包含原始地表影像、可見光、近紅外光(NIR)、短波紅

外光(SWIR)、熱紅外光(TIR)等。可利用不同表面物體對於不同波段光的反射特性，呈現出不同地貌(如圖 2.12)，以便針對各式觀測目的進行應用。



資料來源：以傳奇衛星探索大地的歷史傷痕—山坡地長期裸露地監測<sup>[6]</sup>

圖 2.12 不同波段組合所呈現之影像

Landsat-8 衛星依波長不同共分成 11 個波段，分辨率約為 15~100 公尺不等(如表 2-1)，其運行高度距地面約 705 公里，成像寬度約為 185 x 185 公里；Landsat-9 衛星之波段、分辨率及運行高度與 Landsat-8 衛星相近，亦可說為其複製版，但 Landsat-9 衛星輻射解析度相比 Landsat-8 衛星較高，故可更細緻偵測地表變化。

表 2-1 Landsat-8 波段及分辨率

成像儀器	波段	波長(μm)	分辨率(m)
陸地成像儀 OLI	1-沿海懸浮微粒	0.43~0.45	30
	2-藍光	0.45~0.51	30
	3-綠光	0.53~0.59	30
	4-紅光	0.64~0.67	30
	5-近紅外光(NIR)	0.85~0.88	30
	6-短波紅外光 1 (SWIR1)	1.57~1.65	30
	7-短波紅外線 2 (SWIR2)	2.11~2.29	30
	8-全色態(panchromatic)	0.50~0.68	15
	9-卷雲(cirrus)	1.36~1.38	30
熱紅外線感測器 TIRS	10-熱紅外光 1(TIRS1)	10.6~11.19	100
	11-熱紅外光 2(TIRS2)	11.5~12.51	100

資料來源：USGS 官網(本計畫整理)

## 2. Sentinel 衛星

Sentinel 衛星為歐盟委員會(European Commission)與歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)共同合作執行之哥白尼計畫(Copernicus Programme)所開發。自 2014 年第一次發射用於全天候雷達圖像觀測之 Sentinel-1 後，陸續尚有用於高分辨率光學圖像之 Sentinel-2、適用於海洋和陸地環境數據監測之 Sentinel-3 以及用於空氣品質數據監測之 Sentinel-5 衛星等。

Sentinel-1 為合成孔徑雷達(SAR)衛星，由 2 顆衛星(1A 和 1B)協同合作，其分辨率約 10 公尺，好處為可提供不受夜晚、天氣影響之連續影像；Sentinel-2 為光學衛星，由 2 顆衛星(2A 和 2B)協同合作，並與前述 Landsat-8 和 9 衛星相似，可提供 13 個波段的多光譜影像拍攝，光譜範圍涵蓋可見光、近紅外光(NIR)與短波紅外光(SWIR)。

## 3. SPOT 衛星

SPOT 系列衛星為法國國家太空研究中心(CNES)自 1986 所發射，共發射了 5 顆衛星(SPOT-1~SPOT-5)，之後由 Astrium 公司接手發射 SPOT-6，並在 2014 年 6 月 30 日發射了 SPOT-7，而因 SPOT-7 後續移轉給 Azercosmos 公司，故更名為 Azersky。

SPOT 系列衛星陸續在空中服務超過 30 年，蒐集超過 7 百萬幅全球衛星影像資料。SPOT-1~SPOT-3 主要由兩個搭載的 HRV 光學感測器來獲取地面目標影像，其多光譜模式分辨率可達 20 公尺，全色波段則具有 10 公尺分辨率(如表 2-2)；SPOT-4 則多添加了 HRVIR 感測器和一台植被儀，目的為監測地球植被覆改情形及環境變化，所搭載的 HRVIR 感測器亦使 SPOT-4 可觀測短波紅外線(SWIR)；SPOT-5 則是設備升級，除了具備前 4 代衛星所能觀察的波段以外，其分辨率提升以至於能在全色態波段產生分辨率為 2.5 公尺的圖像。

表 2-2 SPOT-1~3 波段及分辨率

成像儀器	波段	波長(μm)	分辨率(m)
光學感測器 HRV	1-綠光	0.50~0.59	20
	2-紅光	0.61~0.68	20
	3-近紅外光(NIR)	0.79~0.89	20
	4-全色態(panchromatic)	0.51~0.73	10

資料來源：GISGeography (本計畫整理)

SPOT-6 和 SPOT-7(Azersky)亦不停於精進傳感及光學設備，使其多光譜和全色態模式分辨率再次升級(如表 2-3)。目前 SPOT-6 和 SPOT-7(Azersky)衛星每天可提供 60 x 60 公里幅寬的衛星影像

表 2-3 SPOT-6~7 波段及分辨率

成像儀器	波段	波長(μm)	分辨率(m)
新型 Astrosat 光學模 組儀 NAOMI	1-藍光	0.45~0.52	6
	2-綠光	0.53~0.59	6
	3-紅光	0.61~0.68	6
	4-近紅外光(NIR)	0.78~0.89	6
	5-全色態(panchromatic)	0.45~0.71	1.5

資料來源：GISGeography (本計畫整理)

#### 4. 福爾摩沙二號衛星

福爾摩沙衛星二號(FORMOSAT-2，縮寫為 FS-2，簡稱福衛二號)則是我國自主擁有的第一枚遙測衛星，自 2014 年發射升空，高度約為 891 公里，繞行地球週期約 103 分鐘，每日兩次通過臺灣上空，其頻率與適時性優於其他國際商業遙測衛星。

福衛二號任務目的為對臺灣及全球陸地及海域進行近實時之遙測作業，其酬載儀器為遙測照相儀(Remote Sensing Instrument, RSI)，可拍攝全色態、多光譜(紅光、綠光、藍光、近紅外光)影像波段，對地面分辨率：黑白影像 2 公尺，彩色影像 8 公尺(如表 2-4)，影像拍攝圖幅最小可達 24 x 24 公里。

另外福衛二號已於 2016 年 8 月 19 日退役，目前無法再取得相關影像資料，後續要使用只能購買歷史資料。

表 2-4 福衛二號波段及分辨率

成像儀器	波段	波長(μm)	分辨率(m)
遙測照相儀 RSI	1-藍光	0.45~0.52	8
	2-綠光	0.52~0.60	8
	3-紅光	0.63~0.69	8
	4-近紅外光(NIR)	0.76~0.90	8
	5-全色態(panchromatic)	0.52~0.82	2

資料來源：RiChi 瑞竣科技(本計畫整理)

## 5. 福爾摩沙五號衛星

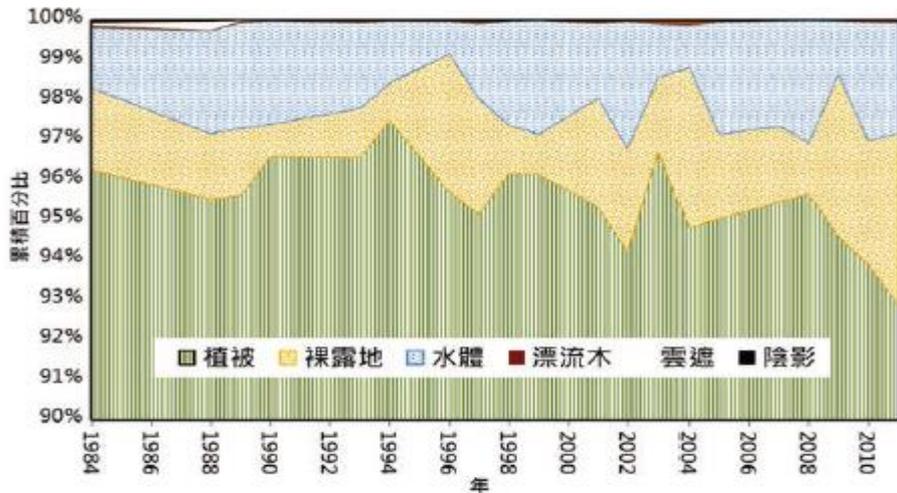
福爾摩沙衛星五號(FORMOSAT-5，縮寫為 FS-5，簡稱福衛五號)是我國第一顆自製高解析度的光學遙測衛星，自 2017 年發射升空，繞行軌道高度約為 720 公里，繞行地球週期約 99 分鐘，每兩天通過臺灣上空一次。

福衛五號的主要光學遙測酬載包含光學取像儀(Telescope)、CMOS 影像感測器及相關電子元件，可提供 2 公尺分辨率的全色態和 4 公尺分辨率的多波譜彩色影像，影像拍攝圖幅為 24 x 24 公里。

## 2.2 航拍技術於坡地之應用

近年來，各項航拍技術已廣泛被應用於邊坡防災與工程規劃領域，除了負責執行調查與偵查任務，也被運用在觀察施工現況、施工具體成效評估、監測河道淤積量和植生復育等。像是在坡地災害發生後，UAV 即能夠克服災後交通中斷、雲蔽問題和山區複雜多變的地形等限制，快速獲取情報及提升作業人員的安全與效率，在水土保持及邊坡防災業務扮演重要角色。以下介紹航拍與相關技術應用於坡地實例。

國家災害防救中心(2018)蒐整 1972 年至 2011 年間 Landsat 系列衛星影像，藉由地表覆蓋對於不同波段光之反射，來分析曾文水庫集水區之山坡裸露地、植被等，並發現裸露地範圍至 1~2%加增至 3~4%，特別於 2009 年莫拉克風災後有明顯增長(如圖 2.13)。



資料來源：以傳奇衛星探索大地的歷史傷痕—山坡地長期裸露地監測<sup>[6]</sup>

圖 2.13 1984 至 2011 年曾文水庫集水區土地覆蓋率之累積百分比

交通部公路總局(2018)推動「邊坡定性定量分級暨進階檢測圖資建置計畫」，在原本 A、B、C、D 四個等級的邊坡分類(如表 2-5)下，利用「落石災害評分系統(Rock-fall Hazard Rating System, RHRS)」的 10 項評估因子(A1、A2、A3、B1、C1、C2、C3、C4、C5、D1)之總分，針對分級 A、B 之不穩定徵兆邊坡再進行 1~5 級距之細部分類，並明訂應用航拍技術輔助邊坡巡查(如表 2-6)。

表 2-5 公路總局邊坡定性分級管理制度

邊坡分類	2 年內 災害紀錄	5 年內 災害紀錄	護坡設施	邊坡 不穩定徵兆
A	有		復(興)建中	明顯
B	有		無法設置	疑似
C		有		無
D		未有		無

表 2-6 RHRS 評估因子項目說明

評估因子		評估項目	評分準則			
			3 分	9 分	27 分	81 分
道路現況	地形特徵 A1 [取平均]	坡高(m)	5-14	15-24	25-34	35 ↑
		坡度(度)	40-49	50-59	60-69	70 ↑
		坡型 [取最大值]			凹直形 凸嘴形	凸直形 凹窪形
	地質狀況 A2 [取最大值]	岩性	結晶質	粗顆粒	泥岩石	斷層帶
		不連續面	塊狀	節理發達	破碎、變形	崩積、開裂
		順向坡	傾角 ≤ 坡度		未見砍腳，無差異侵蝕	未見砍腳，差異侵蝕
	傾角 > 坡度			無差異侵蝕	差異侵蝕、層間無剪裂開裂	差異侵蝕、層間有剪裂開裂
	邊坡植被及水流狀況 A3 [取最大值]	植被面積(%)	80 ↑	79-30	29-10	10 ↓
		排水設施	截排水完整	截排水不完整或損壞	出現溝蝕、明顯沖刷	溝蝕已堆積落石
	行車風險評估	近 3 年平均落石坍方歷史 C1 [取最大值]	災害紀錄(次/年)	1 ↓	2-3	4-6
落石頻率			每季 1 次以下	高於每季 1 次	高於每月 1 次	高於每週 1 次
近 3 年落石尺寸及坍方規模大小 C2 [取最大值]		坍方落石量(m <sup>3</sup> )	200 ↓	200-499	500-999	1000 ↑
		落石尺寸(m)	0.2 ↓	0.2-0.6	0.6-2.0	2.0 ↑
交通流量狀況 C3		日平均交通量(PCU)	5000 ↓	5000-9999	10000-19999	20000 ↑
道路寬度及腹地有無 C4 [取平均]		道路寬度(m)	9 ↑	9 ↑	9 ↓	9 ↓
		腹地有無	有	無	有	無
區域聯外交通影響 C5		風景遊憩區主要道路	否	是	否	是
		替代道路	有	有	無	無
加權乘子						
氣象加權 B1		*1.0	*1.1	*1.2	*1.3	

	前一年度連續降雨月份單日最高降雨量(mm)	130 ↓	130-199	200-349	350 ↑
現有防護設施加權 D1	防護設施成效	*0.7	*0.8	*0.9	*1.0
		有二項防護設施且施作完成5年以上，成效驗證良好(含預力地錨者於1年內已檢測過且有監控系統)	有一項防護設施效果佳或施作完成2年以上，成效驗證良好(含預力地錨者於2年內已檢測過且有監控系統)	有防護設施但成效不佳或防護設施已施作完成尚未滿2年成效驗證(含預力地錨者於2年內已檢測過但無監控系統)	無防護設施或防護措施無法消除致災成因(含預力地錨者於2年內均未辦理檢測過)
<b>總分 = [(A1+A2+A3)xB1+(C1+C2+C3+C4+C5)]xD1</b>					
總分級距	0~109	110~219	220~329	330~439	440 以上
危險度等級	1	2	3	4	5
危險度說明	低風險	中低風險	中風險	中高風險	高風險
工具	以目力或輔以簡單器具	以目力或輔以簡單器具	以目力或輔以簡單器具	以目力或輔以簡單器具	以目力或輔以簡單器具
			UAV (工務段自辦)	UAV (工務段自辦) UAV、LiDAR或其他遙測科技設備判識技術(委外辦理)	UAV (工務段自辦) UAV、LiDAR或其他遙測科技設備判識技術(委外辦理)
頻率	以目力或輔以簡單器具： <u>1次/年</u>				
	UAV(工務段自辦)： <u>1次/季</u>				
	UAV、LiDAR或其他遙測科技設備判識技術(委外辦理)： <u>每次汛期前至少1次</u> *若評為危險度5之邊坡需要於10月前加辦1次				

本所與公路總局合作(2019)，先於前期佈設控制點，再利用 UAV 飛航規劃及定時拍照功能，拍攝連續且重疊之邊坡影像(如圖 2.14)，並將邊坡三維影像重建並進行點雲差異分析，再利用多期稠密點雲影像的套疊，顯示出兩期邊坡的變異區域，並以不同色階進行展示，藉以判讀變位情況(如圖 2.15)。

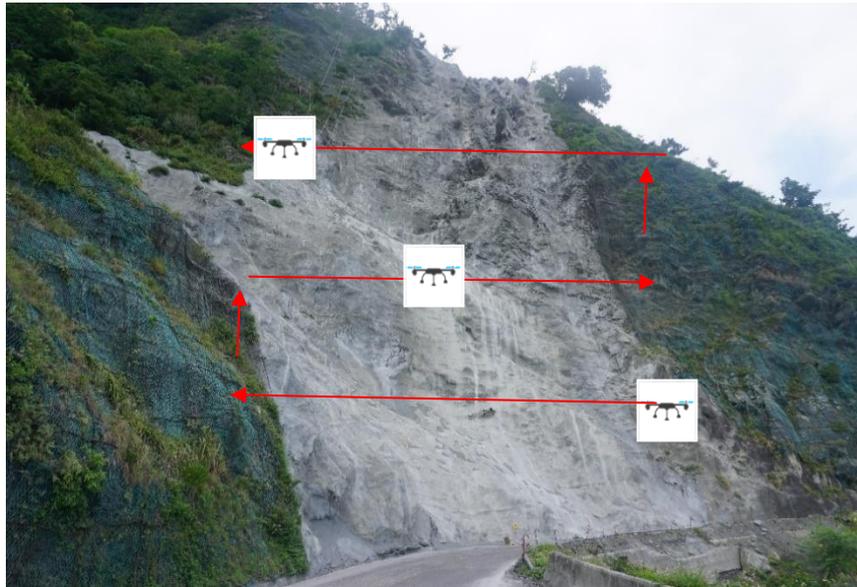


圖 2.14 UAV 飛航規劃

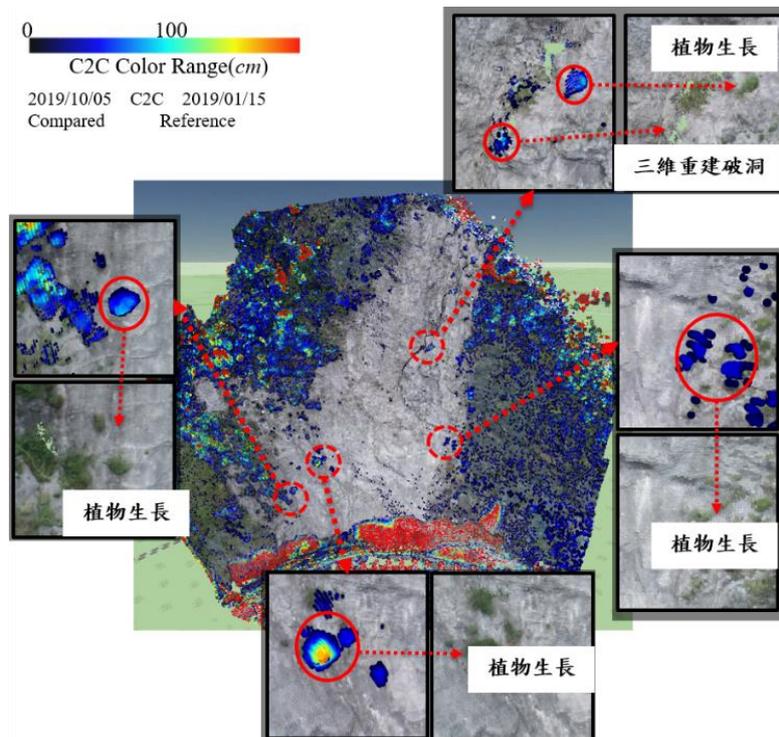


圖 2.15 多期三維影像套疊比對以分析邊坡變位

水土保持局(2020)利用 UAV 搭配高解析光學相機，產製高精正射影像、3D 模型、數值地表模型(DSM)和數值地形模型(DEM)等，取代成本較為昂貴的傳統航拍，能快速獲取小區域且多時期之邊坡地形地貌、集水範圍、植生狀況以及災後破壞情形、搶修與施工成效的評估、河道淤積等，更加精確且安全地維護山坡地帶(如圖 2.16)。

此外，除光學相機外，也依情況搭載多光譜儀、高光譜儀、熱感應相機、光達與雷達等不同的感測器，進行坡地監測及測繪等工作。



資料來源：水土保持局 BigGIS 巨量空間資訊系統

圖 2.16 不同時期之新竹縣尖石鄉秀巒村坡地監測

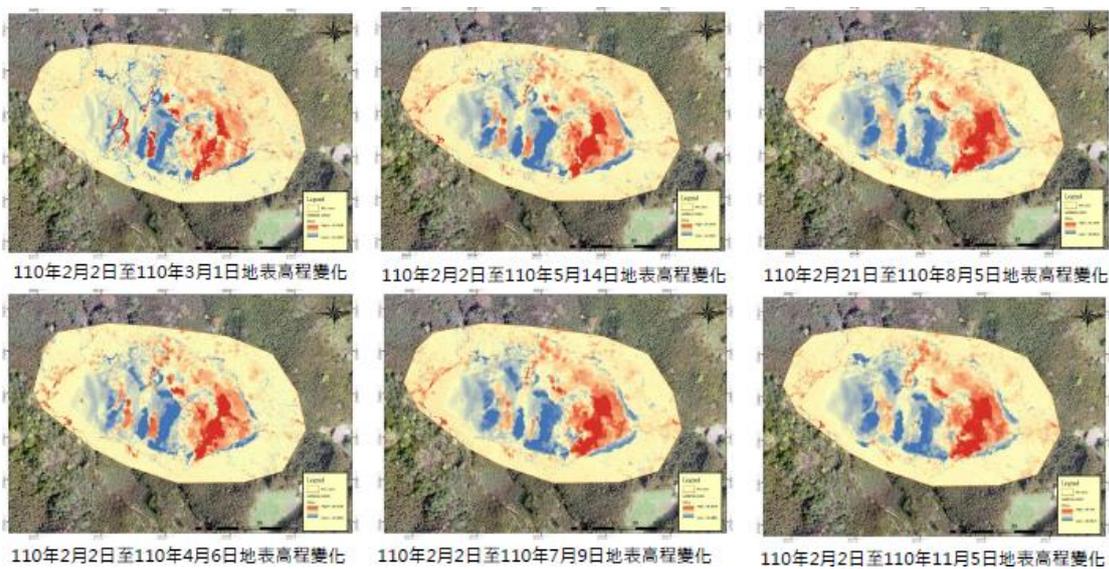
經濟部中央地調所(2020)應用空載光達獲取高精度數值地形資料，並將其應用於大規模崩塌判識以及山坡地崩塌事件後之土砂體積估算。

桃園市政府養工處(2020)<sup>[7]</sup>針對轄區邊坡災害熱區，提出多尺度空拍影像方案進行災害研判，大尺度部分利用 SPOT 系列衛星影像搭配 AI 進行崩塌判識，首先針對原始衛星影像進行預處理，計算出歸一化植被指數(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)，用以評估目標地區綠色植被的生長狀況，NDVI 之值介於-1 到 1 之間，數值愈大表示綠色植物生長愈茂密，其公式如下：

$$NDVI = \frac{\text{近紅外光}(NIR) - \text{紅光}(RED)}{\text{近紅外光}(NIR) + \text{紅光}(RED)}$$

藉由兩期衛星 NDVI 影像可找出相應變異區。而在中尺度範圍部分，接續前述大尺度空間呈現之崩塌現況，利用 UAV，飛航軌跡規劃及視覺攝影測量技術進行影像拼接製作，而後再交由 AI 進行訓練後進行辨識工作。

水土保持局(2021) [8] 應用質點影像測速法 (Particle Image Velocimetry, PIV)，評估桃園市光華大規模崩塌潛勢區地表位移。以 UAV 進行多時期正射影像拍攝，搭配高精度衛星定位儀獲取地面控制點三維座標，藉以比對不同時期正射影像的地表位移計算(如圖 2.17)。



資料來源：大規模崩塌地的監測與未來—以光華崩塌地為例<sup>[9]</sup>

圖 2.17 不同時期之桃園市光華坡地 UAV 與 DSM 變異分析

## 第三章 人工智慧應用於影像辨識技術探討

本章就人工智慧、機器學習及深度學習進行介紹，並探討神經網路應用於影像辨識技術及常見卷積神經網路(CNN)模型。

### 3.1 人工智慧(artificial intelligence, AI)

人工智慧(簡稱 AI)一詞在 1956 年達特茅斯(Dartmouth)會議即被提出，人稱人工智慧之父約翰·麥卡錫(John McCarthy)將其定義為：「The science and engineering of making intelligent machines, especially intelligent computer programs.」。簡而言之，AI 即是利用人為編寫電腦程式，去模擬出人類智慧行為的過程。

目前 AI 應用已相當普遍及廣泛，在日常生活中也時常被使用，例如：藉由網頁瀏覽紀錄，投放感興趣的廣告(例如：Meta Facebook)；預測觀眾喜好推薦影片(例如：YouTube、Netflix)；語音辨識(例如：Apple Siri、Amazon Alexa)；自駕車辨識系統(例如：Tesla)等等，早與我們密不可分。而實現 AI 應用的核心包含：資訊科學、資料科學以及相關領域的專門知識(工程、金融、心理等等)，由多門學科交互相輔而成。

### 3.2 機器學習(Machine Learning, ML)

機器學習屬於實現人工智慧的一個途徑，做為解決 AI 應用問題的手段之一。機器學習流程可分為以下 7 個步驟(Yu-feng G, 2017)：

1. 資料蒐集(Gathering data)：蒐集有用且高品質之資料。
2. 資料準備(Data preparation)：建立資料庫為訓練模型準備。
3. 模型挑選(Choosing a model)：因應目標挑選合適網路模型。
4. 訓練(Training)：進行訓練。
5. 分析評估(Evaluation)：測試模型訓練是否符合預期。
6. 參數調整(Parameter Tuning)：微調參數以進一步改善結果。
7. 預測推論(Prediction)：產出並驗證經學習後之預測結果。

依前揭流程，可知機器學習所要解決的問題，必須利用相關數據或資料，經由合適模型學習後，給予相應之答案。這和人類學習的過程十分相似，回想當我們碰到一問題亟需解決，會採取的手段可能就是找老師或專家去請教、學習，請他們直接告訴我們答案，或是透過自我探索、蒐集資料去歸納出答案，還是揉合前面兩種做法等等……。

機器學習也可依照學習手段的不同，主要區分成監督式學習(Supervised Learning)、非監督式學習(Unsupervised Learning)、半監督式學習(Semi-supervised Learning)及增強式學習(Reinforcement Learning)，以下逐一進行介紹。

### 1. 監督式學習

就如同前面提及，監督式學習就是由人類做為機器(電腦)的老師，把標準答案直接告訴電腦，提供它在訓練及測試時能判斷輸出的值是否正確？或有多少誤差？而告訴電腦正確答案的方法即是經由資料標註來實現。

例如要進行不同水果(蘋果和柳橙)間的辨識，就要蒐集蘋果和柳橙的影像並標註哪張影像屬於蘋果，哪張影像屬於柳橙，而在訓練時，電腦就會依照標註的正確答案去偵測特徵，學習完成之後，即可針對蘋果和柳橙影像進行分類預測。監督式學習流程示意如圖 3.1。

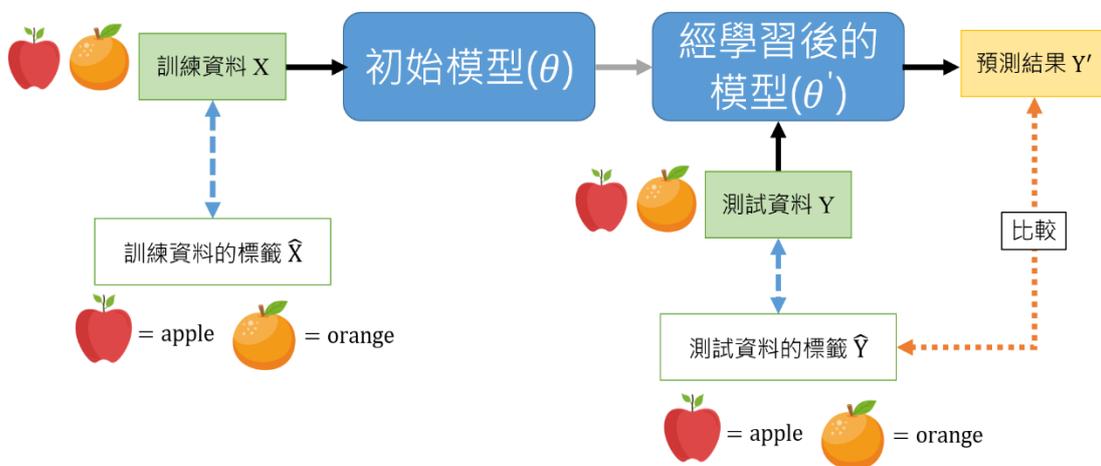


圖 3.1 監督式學習流程示意圖

資料標註的過程大多需人工來進行，以機器學習動輒上千上萬筆資料，無疑是一大耗時耗力的工程，但電腦在學習過程因為有正確答案能比較並進一步修正模型參數、減少誤差，故監督式學習有較能準確預測的優勢。

## 2. 非監督式學習

非監督式學習照字面意思，即不需要人類在旁監督，不利用標註後的資料告訴電腦何為正確答案，而是讓電腦自行利用輸入資料去學習後完成任務。

Geoffrey Hinton, Terrence J. Sejnowski(1999)<sup>[10]</sup>在其撰擬的書中表示非監督式學習可能應用的目標包含：

- (1) 歸類輸入資料中的集群(Clusters)。
- (2) 提取輸入資料特徵(Features)。
- (3) 發現輸入資料中的非偶然巧合。

由此可知，對於非監督式學習而言，在資料中自行發掘規律後將資料分類歸納，為最常見的運用，以蘋果與柳橙分類的例子，非監督式學習不需要人工先行做資料標註，透過相關模型及其分類之演算法，例如：k-means 演算法，即可將兩者不同的水果集群歸類，示意如圖 3.2。

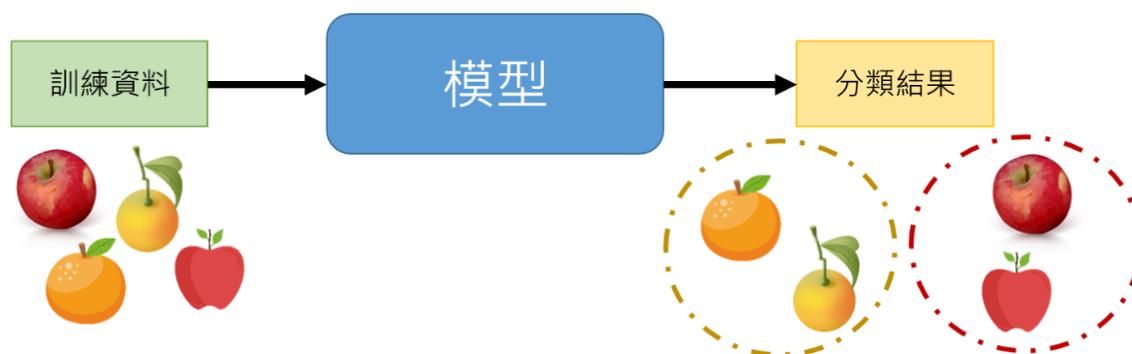


圖 3.2 非監督式學習流程示意圖

另外一非監督式學習經典的運用是生成(Generation)，透過兩個或多個模型間相互對抗，來生成我們想要的影像或圖片等，例如：生成對抗網路(Generative Adversarial Network, GAN)。

### 3. 半監督式學習

在某些應用場景，我們手上資料僅有少部分有被標註(有正確答案)，但大多數資料沒有，或是礙於人力、時間的不足，無法將所有資料進行標註的情況，此時可透過模型擷取被標籤的資料特徵，經過學習後，將其他多數資料進行識別、分類、預測等等，此方式稱作半監督式學習。

半監督式學習主要可分為兩種：輔導式學習或直推式學習(Transductive Learning)以及歸納式學習(Inductive Learning)，主要是依照測試資料使用上的差異做為區分。輔導式學習使用無標註資料為模型的測試資料(如圖 3.3)；歸納式學習則是將學習完的模型，直接應用於新的任務上測試(如圖 3.4)。

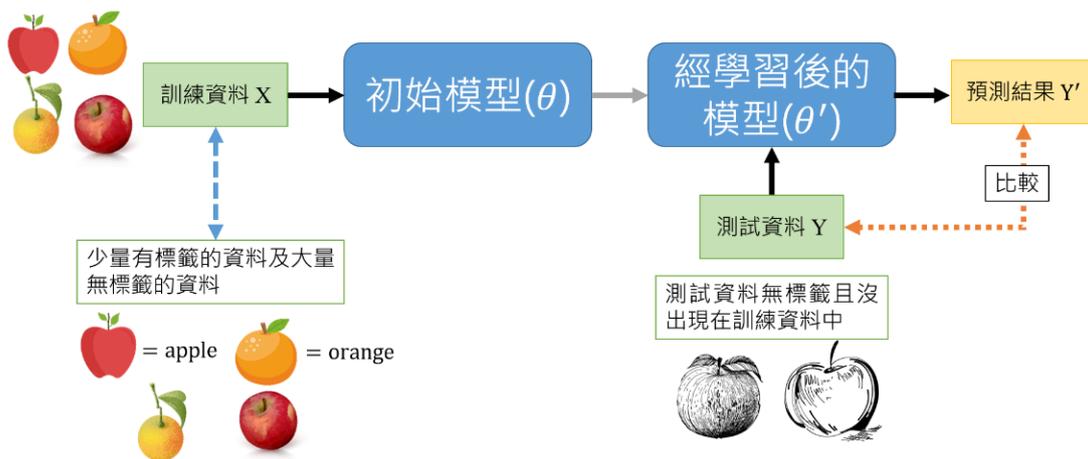


圖 3.3 輔導式學習流程示意圖

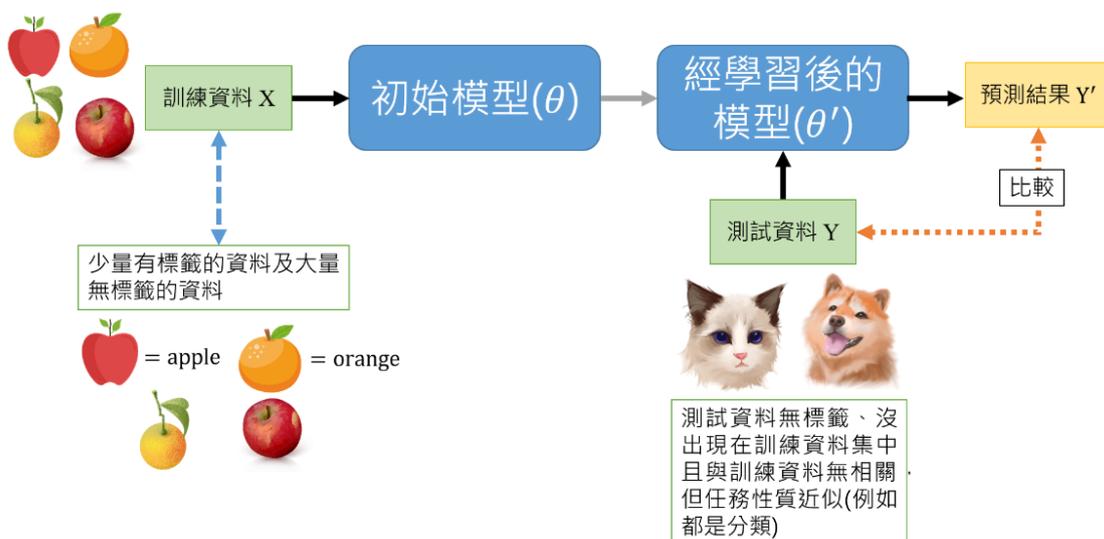


圖 3.4 歸納式學習流程示意圖

半監督式學習處理的狀況其實是較符合現實情形，加上其揉合監督式與非監督式的做法，可以不用耗費大量人力時間進行資料標註且又可以獲取相對高的精確度，但需要特別注意的是，半監督式學習的使用往往伴隨著假設，而假設的合理與否，決定了結果的好壞程度(李宏毅，2016)。

#### 4. 增強式學習

增強式學習是藉由機器(Actor)與環境(Environment)的互動，不斷修正，進而找出最大化預期效益的一種機器學習方法，類似所謂的試誤法(Trial and Error)，其中被廣為人知的一個應用即是擊敗許多圍棋高手的 Alpha Go。圖 3.5 以圍棋遊戲為例，簡要解釋增強式學習之流程。

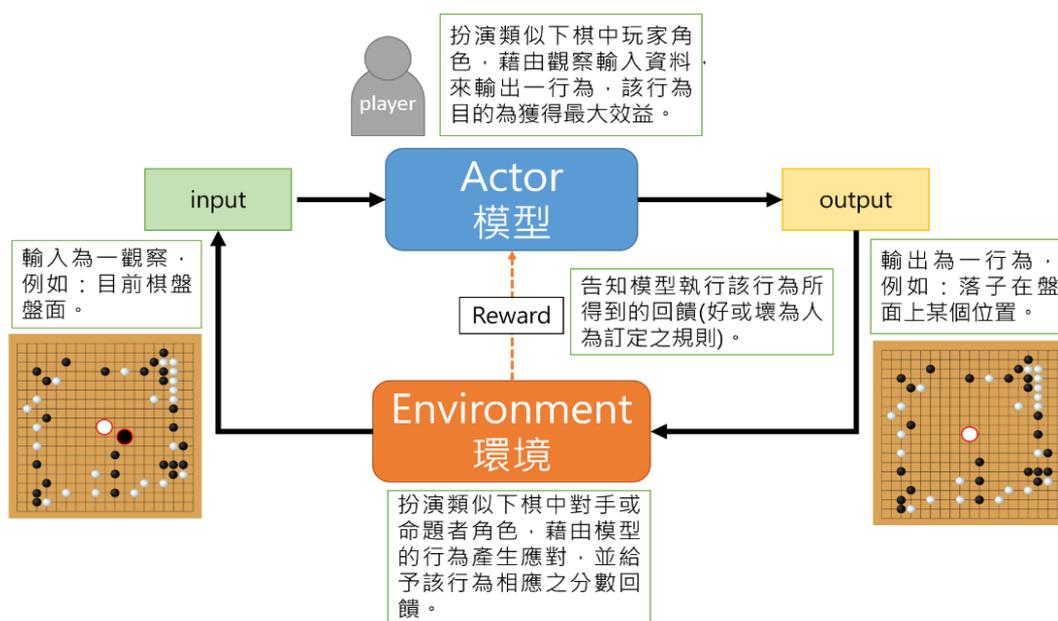


圖 3.5 增強式學習流程示意圖

增強式學習較適用於一個輸入進來，卻有多種輸出可能，隨機性很大的任務，例如：對弈、遊戲、自動駕駛……等等。環境會一直提供新的輸入(Observation)，模型則依照輸入資料產生輸出(Action)，輸出後會獲得回饋(Reward)，用來評估該輸出結果好或壞並藉以強化模型學習行為，不斷重複整個流程，直到達到設定條件後中止。增強式學習不同於監督式學習需進行人為資料標註告知正確答案，其能達成目標，主要就是靠不斷在環境中摸索、互動最後完成學習。

經由前揭機器學習的簡介，可知其關注的重點有二：資料分析及學習演算法。以下針對此兩部分進行更深入介紹。

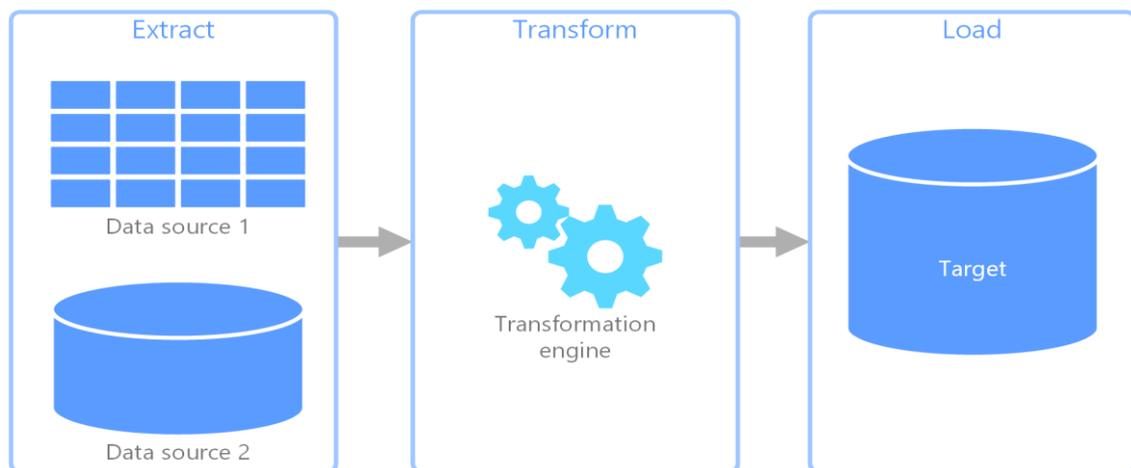
### 3.2.1 資料分析

資料分析大致可區分：資料取得及儲存、資料前處理(Data Preprocessing)兩個不同階段。

資料取得及儲存係依機器學習任務不同，蒐整相關的資料，例如：需進行辨識的影像、需回歸預測的數據...等等，取得的資料則需有足夠空間(硬碟、伺服器、雲端)加以保存。

資料前處理就是因應實務上資料的來源或蒐集過程可能會有不規則、缺失、雜訊、錯誤等，導致後續訓練異常或是結果不如預期，需針對資料先進行相應處理及調整，以合適模型輸入或進而提高機器學習成果的過程，亦有人將其定義為：經由將資料經過抽取、轉置、載入(Extract-Transform-Load, ETL)至目的端的過程(如圖 3.6)。

資料前處理需花費大量人力和時間，但卻是不可跳過的過程。在邏輯論證中，如果前提有缺陷存在，則結果必然不合理，故若將無意義資料數據直接輸入程式進行運算，理所當然只會產生無意義的輸出，即是所謂的 Garbage In, Garbage Out，可以說訓練資料品質好壞直接決定機器學習成敗。



資料來源：Microsoft Azure Architecture Center

圖 3.6 ETL 流程

資料前處理主要任務大致可分以下步驟(Jiawei Han et al., 2012<sup>[11]</sup>)：

1. 資料清洗(Data Cleaning)：補遺闕漏、移除離異值(Outliers)。
2. 資料整合(Data Integration)：將不同資料間化異為同、進行合併。
3. 資料減量(Data Reduction)：減少資料大小以便更簡單處理。
4. 資料轉換(Data Transformation)：正規化(Normalize)。
5. 資料離散(Data Discretization)：將資料連續屬性轉為分類屬性。
6. 文字清理(Text Cleaning)：刪除可能導致錯位的嵌入字元。

### 3.2.2 學習演算法

根據執行分類、影像辨識、異常偵測、迴歸、語意分析等任務不同以及運行設備、資料集大小、記憶體容量、訓練時間、參數量、精確度……等等，來挑選合適的學習演算法，方能得到較為理想的結果。下表 3-1 整理 Microsoft Azure 針對常見任務適合之演算法建議。

**表 3-1 Microsoft Azure 機器學習演算法建議表**

任務性質	合適之演算法	特色
問題答復	Multiclass Logistic Regression	線性模型、訓練快速
	Multiclass Neural Regression	精確、訓練時間長
	Multiclass Decision Forest	精確、訓練快速
	One-vs-All Multiclass	依靠二元分類器(Two-class Classifier)進行分類
	Multiclass Boosted Decision Tree	無參數、訓練快速且方便延展
影像辨識	ResNet	常見於當今深度學習之神經網路
	DenseNet	
推薦生成	Use the Train Wide & Deep Recommender module	一種混合式推薦器，具備協同過濾和以內容為基礎(Content-based)的方法
	SVD Recommender	使用協同過濾方法、藉由降低維度來以更低的成本獲得較好的性能
異常偵測	One class SVM	資料具 100 種特徵值以下適用
	PCA-Based Anomaly Detection	訓練快速
相似探索	K-means	非監督式學習的一種
數值預測	Fast Forest Quantile Regression	分佈預測

	Poisson Regression	事件計數預測
	Linear Regression	線性模型、訓練快速
	Bayesian Linear Regression	線性模型、少量資料用
	Decision Forest Regression	精確、訓練快速
	Neural Network Regression	精確、訓練時間長

資料來源：Microsoft Azure(本計畫整理)

### 3.3 深度學習(Deep Learning, DL)

機器學習屬於實現人工智慧的一個方法，利用資料及不同演算法進行各種人工智慧的任務應用，而在機器學習中，專門利用深度神經網路(Deep Neural Network)做為學習演算法，即稱做深度學習。

深度學習屬機器學習下的一子集，因隨著所處理的資料量越來越大以及歸功於圖形處理器(Graphics Processing Unit, GPU)技術發展趨向成熟，致使深度學習躍為當今主流。下表 3-2 整理機器學習與深度學習間之差異。

表 3-2 機器學習與深度學習間之差異比較

	機器學習	深度學習
資料量	可使用少量資料進行預測	需要使用大量定型資料進行預測
硬體效能	可於較低階機器上進行運算，不需要強大計算能力	因執行大量的矩陣乘法運算，故需依賴高階機器
特徵擷取	由使用者正確地識別並建立特徵	由模型透過資料學習，自行建立特徵
執行時間	花相對較少的時間	花相對較多時間
輸出	通常為數值	多種格式，例如：文字、影像、聲音等等

資料來源：Microsoft Azure(本計畫整理)

深度學習的神經網路結構能使輸出入資料具備有多種格式可能，以下提出幾項深度學習常見應用任務：

#### 1. 文章重點擷取及重組(文字 to 文字)

將新聞、重要文件等大量文字資料交付模型進行深度學習，輸出重點摘要，以快速取得有組織且精簡後的資訊。

#### 2. 語音翻譯或語者辨別(聲音 to 文字)

將演講者的說話內容直接翻譯成另外指定之語言，供聽者快速理解；以說話者聲音進行身分識別，可用於防盜等用途。

### 3. 圖片生成或風格轉換(文字 to 影像，影像 to 影像)

Google 開發的「Disco Diffusion」是一能將文字描述自動轉成影像之工具(如圖 3.7)；Leon A. Gatys 等三人(2015)<sup>[12]</sup>利用深度學習將輸入之圖片轉換成不同藝術家作畫風格(如圖 3.8)。



資料來源：Disco Diffusion

生成關鍵字：overlooking the mountains and rivers, lakes, clouds and sunshine, fairy tale, light effect, dream, Greg Rutkowski, unreal engine, James Gurney, artstation.

圖 3.7 應用深度學習進行圖片生成



資料來源：A Neural Algorithm of Artistic Style

圖 3.8 應用深度學習進行圖片風格轉換

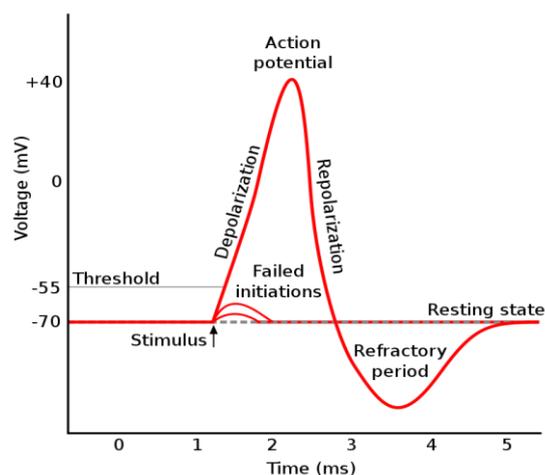
### 3.4 神經網路(Neural Network)

神經網路為深度學習演算法之核心，模仿生物神經系統之網狀結構及傳遞方式，由大量人工節點(或稱神經元)進行聯結及計算，又稱為人工神經網路(Artificial Neural Network, ANN)或類神經網路。

Warren S. McCulloch 和 Walter Pitts(1943)基於數學和閾值邏輯演算法創造了一種神經網路模型；Frank Rosenblatt(1958)於前述神經網路模型中引進了加權觀念；Paul Werbos(1974)發明反向傳播演算法，並在其論文中說明該演算法如何被應用於神經網路，而此演算法有效解決原本互斥或迴路無法被神經網路處理的問題，使多層神經網路訓練更為普遍；Yann LeCun 等 7 人(1989)利用神經網路協助美國郵政機構進行手寫數字辨識。

然而，可以更簡化資料分類與回歸之機器學習演算法—支援向量機(Support Vector Machine, SVM)、線性分類器等興起，致使神經網路關注度下降，直至 2010 年左右深度學習概念及 GPU 應用更加成熟後，大量神經網路模型又開始如雨後春筍般出現。

生物神經元基於所謂的「全有全無定律」，在遭遇刺激後，若該刺激低於閾值(threshold)或稱門檻值，則不會激發動作電位；若達到閾值，則激發一完整動作電位，而每一個動作電位都是一樣大小(楊可欣，2013)(如圖 3.9)。



資料來源：Wikimedia Commons

圖 3.9 神經元動作電位圖解

和生物神經元相同概念，類神經網路中的每一層神經元是一個激發函數(Activation Function)，當輸入值經過激發函數計算後，依達成條件與否，決定輸出的結果(如圖 3.10)，而此結果又再變成下一層神經元的輸入值，層層傳遞下去直至最後的輸出層。

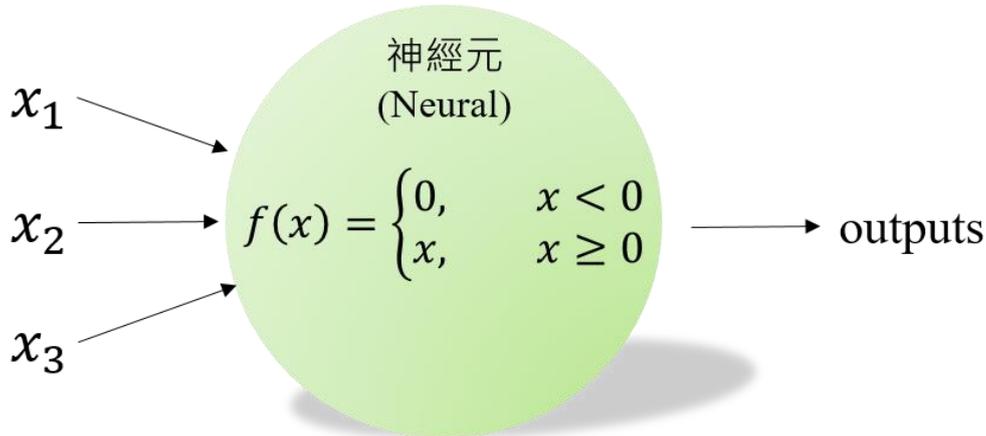


圖 3.10 類神經網路之神經元運作圖解

若使用之激發函數屬非線性(Nonlinear)，則可讓輸入及輸出脫離線性關係，有助於學習並處理更複雜的問題，故激發函數的使用對於深度學習為一關鍵。以下針對目前深度學習較常使用之激發函數進行介紹。

### 1. Sigmoid

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Sigmoid 是深度學習常見亦是使用範圍廣泛之非線性激發函數，為一 0~1 區間之平滑 S 曲線(如圖 3.11)。

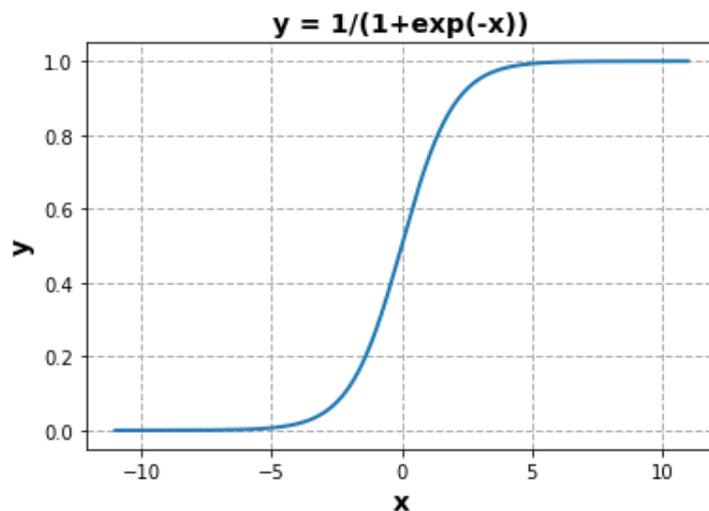


圖 3.11 Sigmoid 函數

## 2. Tanh

$$\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

Tanh(Hyperbolic Tangent)函數和 Sigmoid 函數相似，差別在於當 X 值為負數且越值小時，其 Y 值往-1 接近(如圖 3.12)。

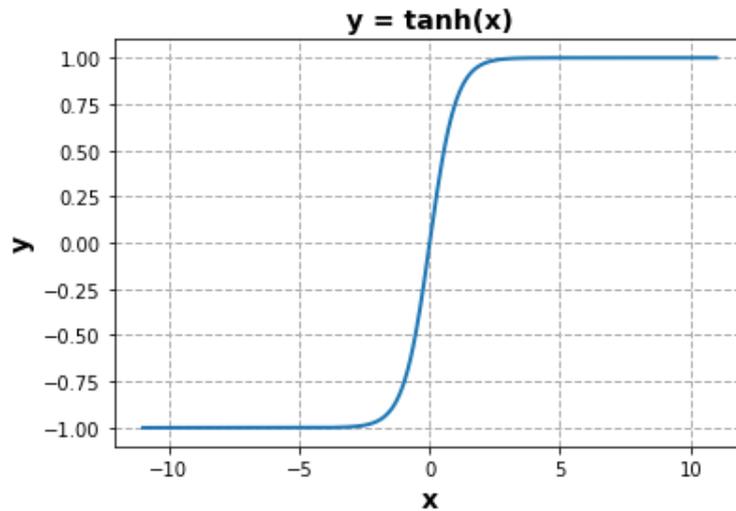


圖 3.12 Tanh 函數

## 3. ReLU

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ x & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$$

ReLU 是修正線性單元(Rectified Linear Unit)的縮寫，又稱整流(Rectifier)。ReLU 函數在輸入值  $x$  小於 0 後皆以 0 表示(如圖 3.13)，這樣好處使神經網路結構能較為稀疏(Sparse)(Xavier Glorot et al., 2011<sup>[13]</sup>)，且加上不同於 Sigmoid 和 Tanh 函數，ReLU 非屬指數函數，計算量相對較低且較容易收斂，成為近年深度學習最常用之激發函數之一。

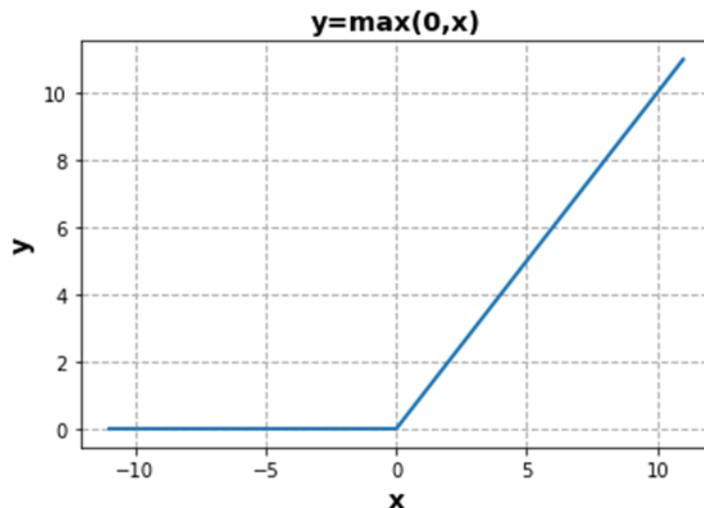
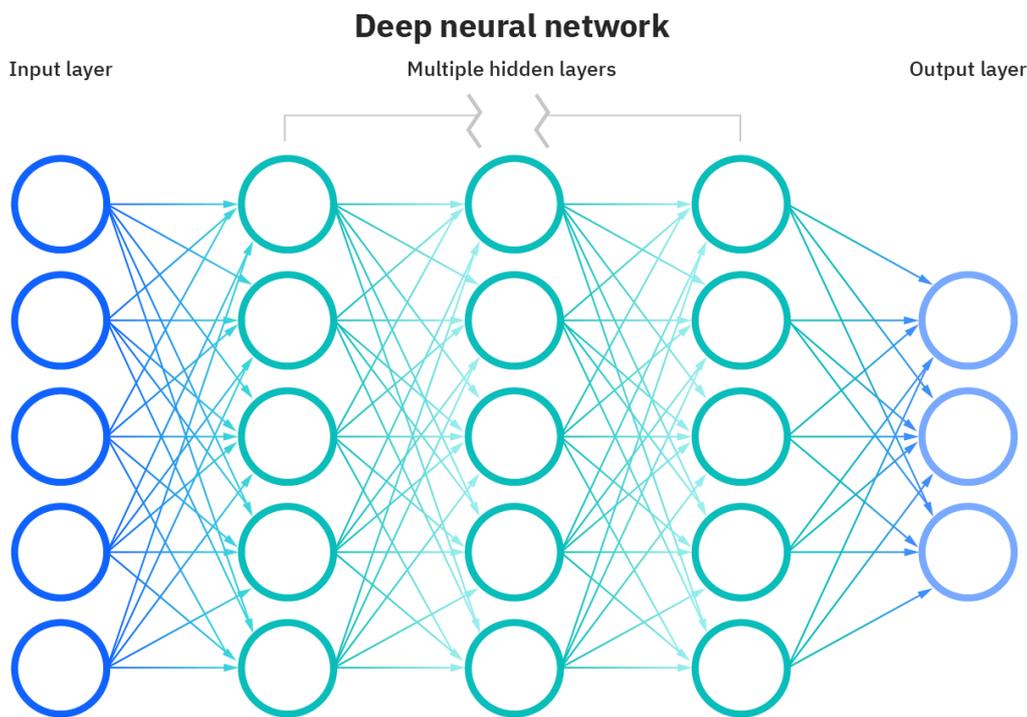


圖 3.13 ReLU 函數

除前述提到常用之激發函數，另外尚有 Leaky ReLU 函數、正弦函數、Maxout 函式、Softmax 函式……等等。如何依照任務性質、計算量或是考量類神經網路反向傳遞(Back Propagation)時微分運算、誤差縮小及梯度下降相關問題，來選擇相對合適之激發函式，亦是深度學習重要課題之一。

### 3.5 深度神經網路(Deep Neural Network, DNN)

神經網路的組成通常包含：一個輸入層、一個或多個隱藏層、一個輸出層，而所謂「深度」神經網路意指由許多層神經網路組成(如圖 3.14)，並藉由各層神經元往下堆疊、逐層學習，至終達到我們想要的結果。根據 IBM Cloud Education(2020)定義，由三層以上組成的神經網路，包含輸入和輸出，可以被視為深度學習演算法。現行深度學習使用之神經網路模型，深度動輒可達數十層或數百層



資料來源：IBM Cloud Education

**圖 3.14 深度神經網路示意圖**

臺灣工研院資訊與通訊研究所所長闕志克表示：「深度神經網路，也就是機器學習中的一種深度學習方法，透過模仿生物神經系統的數學模型，進行不同階層與架構的多次運算和訓練，找出最佳化、最有效的深度學習模型。」。深度神經網路的優勢在於能在層層網路中自動學習，找出最佳化結果，而目前亦已被運用解決各式問題且因應不同任務性質衍生出各式種類之神經網路。

### 3.6 卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)

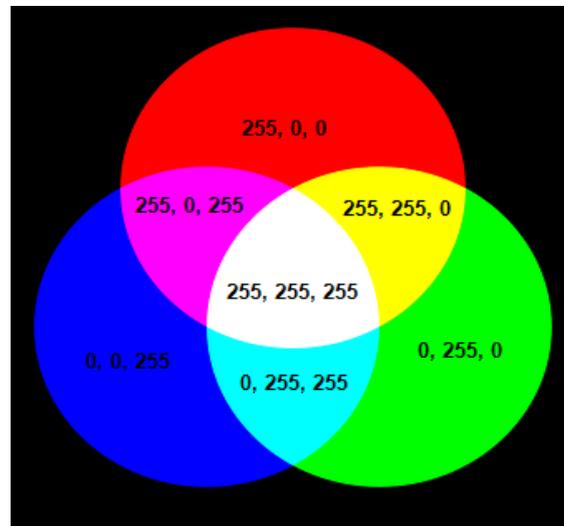
卷積神經網路簡稱 CNN，因其在處理影像辨識任務上的高準確性，故目前常應用於影像辨識相關演算法，此外，像是：語言處理、影像分析、分類等等應用，亦可見 CNN 活躍的身影。

CNN 結構對比一般神經網路，除了有輸入層及輸出層以外，中間隱藏層主要由卷積層(Convolution Layer)、池化層(Pooling Layer)及全連接層(Fully Connected Layer)所組成。以下逐一介紹 CNN 各層的功用。

## 1. 卷積層

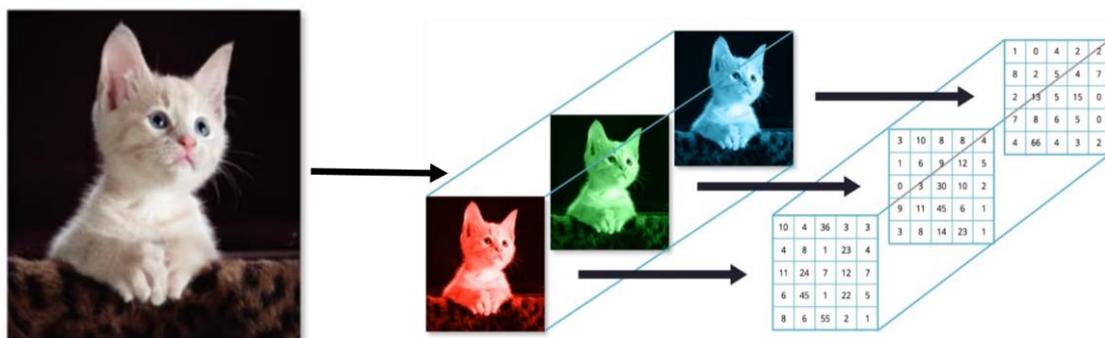
卷積層主要的功能是以卷積運算方式，在保留原輸入影像結構下，對其進行特徵擷取。就好比我們在辨識某物體時亦是從其鮮明特徵開始去認識，以人為例，可能會從髮色、臉型、五官比例等下手，卷積層的工作即可與此相類比。

若輸入影像為彩色，則其每一畫素(Pixel)可對應到 RGB 三原色的值(0~255)，例如：RGB 為 0,0,0 代表黑色、255,255,255 代表白色等等(如圖 3.15)，故一張影像可將其拆分成 RGB 三個通道(Channel)(如圖 3.16)。



資料來源：Dimensional insight

圖 3.15 RGB 三原色



資料來源：Sandeep Balachandran

圖 3.16 彩色影像拆分 RGB 三個通道

卷積核(Kernel)為一小型方形矩陣，且邊長通常為奇數(常見為 3 x 3)，以利尋找中心點，Seb(2021)將卷積核定義為二維矩陣，多個卷積核堆疊而成的三維結構，則稱為濾波器(Filter)，儘管兩者在諸多文章中亦常常互換使用。

卷積運算係利用卷積核對影像逐一掃過後，得到所謂的特徵地圖 (Feature Map)，而特徵地圖輸出後的大小及效果會受卷積核矩陣的大小 (Kernel Size)、權重值(Weight)、單次滑動步伐(Stride)、補值(Padding)等所影響。以下用英文手寫字影像辨識為例子，簡要說明卷積運算過程。

假設欲辨識英文手寫字之影像的大小為 8 x 8，其每一個畫素上都有該影像的特徵，並設定卷積核大小為 3 x 3，單次移動步伐為 1 步，經過卷積運算從左上方滑動至右下方後，逐一掃過，即可得 6 x 6 的特徵地圖(如圖 3.17)。

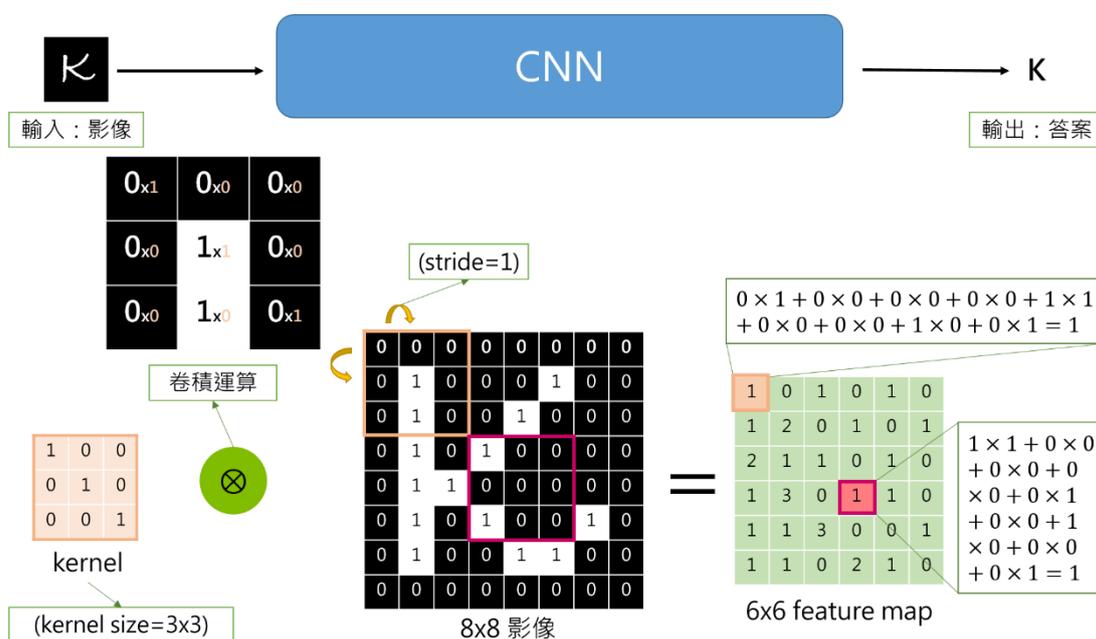


圖 3.17 卷積運算過程示意圖

實務上，會利用多個卷積核對影像進行卷積運算，多面向的擷取影像特徵，並利用 ReLU 等激發函數來強化特徵地圖之擷取，最後再將全部的特徵地圖疊合一塊後輸出至下一層。

## 2. 池化層

池化層主要的功能是壓縮影像以減少資料量，同時能保有該影像重要資訊，使 CNN 能專注判斷影像特徵而不受特徵位置所干擾，此過程亦稱次取樣(Subsampling)。常見方法有最大池化(Max Pooling)或平均池化(Average Pooling)。

假設卷積層輸出之特徵地圖大小為  $6 \times 6$ ，以最大池化方式取  $2 \times 2$  範圍進行池化運算，可有效將影像再縮小成  $3 \times 3$ (如圖 3.18)，有效減少運算量並一定程度保留了選取範圍的特徵，此外池化後會降低參數量，較不易造成過擬合(Overfitting)。

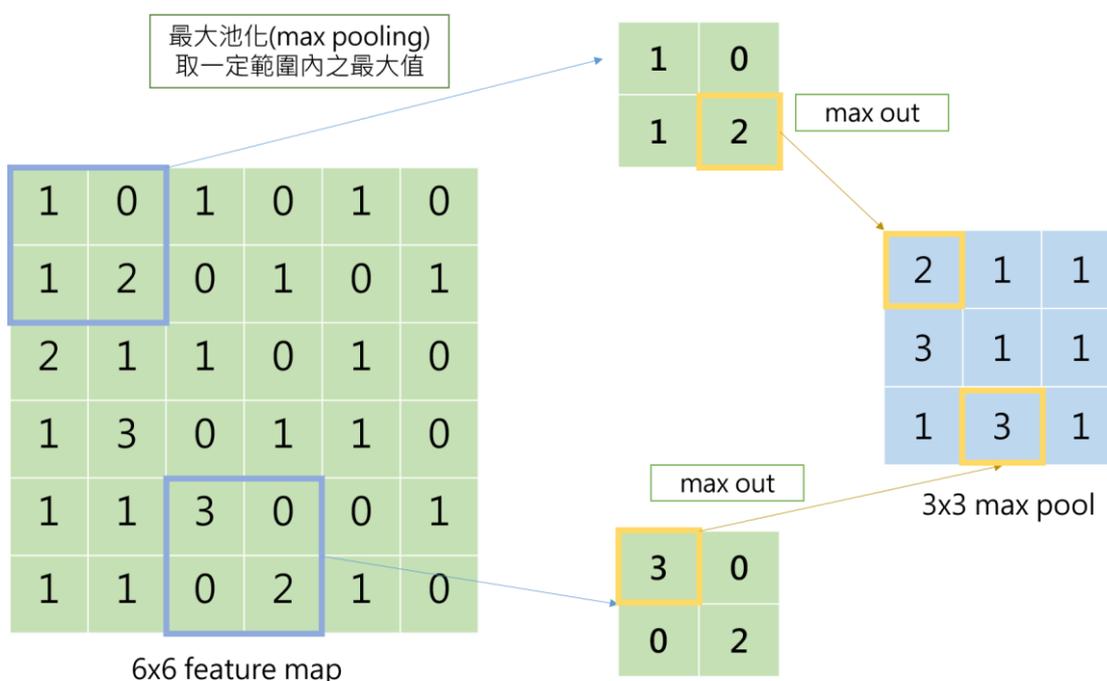


圖 3.18 池化運算過程示意圖

池化運算完成後，會再進行整平(Flatten)，把二維影像轉成一維陣列後，成為全連接層的輸入。

## 3. 全連接層

全連接層即是一般神經網路，主要的功能是輸入影像，藉由隱藏層中大量神經元進行聯結及計算，最後輸出分類、預測結果(如圖 3.19)。

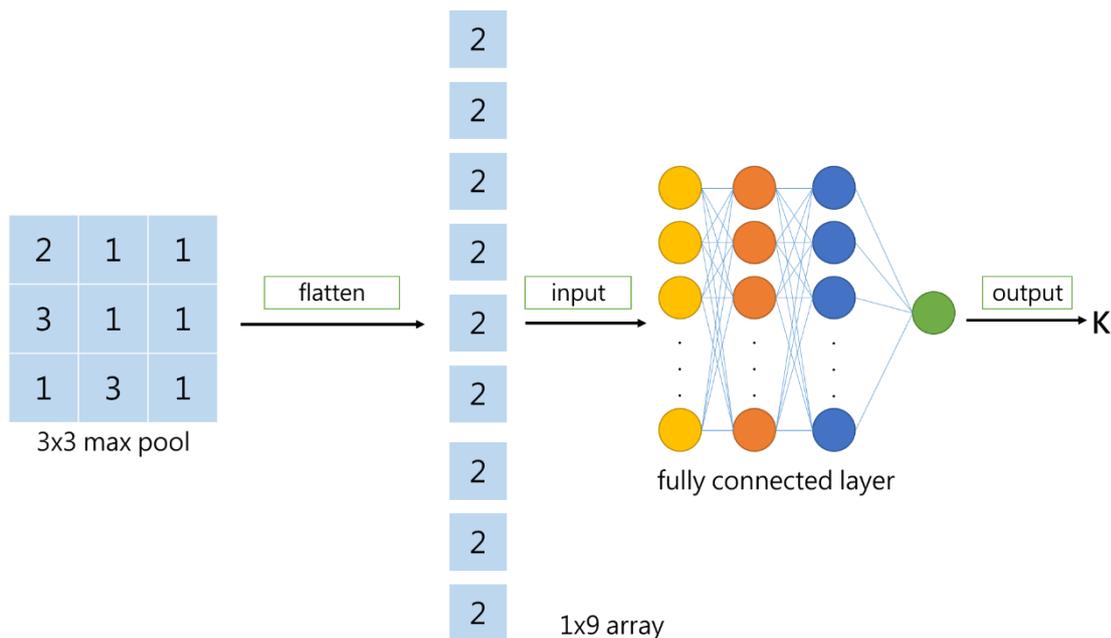


圖 3.19 池化結果經全連接層示意圖

另外，於實務上在 CNN 層與層之間，還會進行 Dropout 技術，來隨機切斷某些比例(通常為 25%或 50%)的神經元連接，使神經網路模型平均化，以減少過擬合的問題(Nitish Srivastava et al., 2014)。

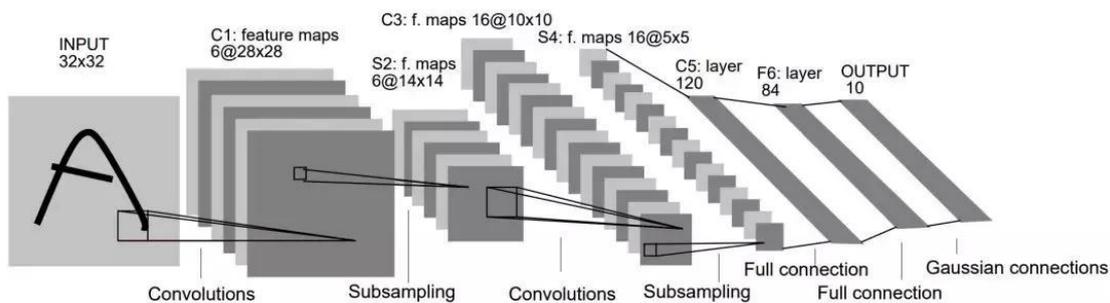
### 3.7 卷積神經網路模型介紹

本節介紹以使用 CNN 為主體設計之各式較具代表性或有重大突破的模型結構，分述如後。

#### 3.7.1 LeNet-5(1998)

Yann LeCun 等 4 人在 1998 年於 IEEE 發表「Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition」文章內提到 LeNet-5 模型，並使用該模型搭配 MNIST 資料庫來進行手寫數字的辨識，其主要架構是使用兩個卷積層、兩個池化層及兩個全連接層來進行，各層聯結方式如圖 3.20。

因受限於當時硬體效能及訓練的資料量不夠多，LeNet-5 模型並非是一個很有深度的架構，但它所提及的觀念影響後續許多神經網路模型，其地位可說是推動此領域的拓荒者。



資料來源：Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition<sup>[14]</sup>

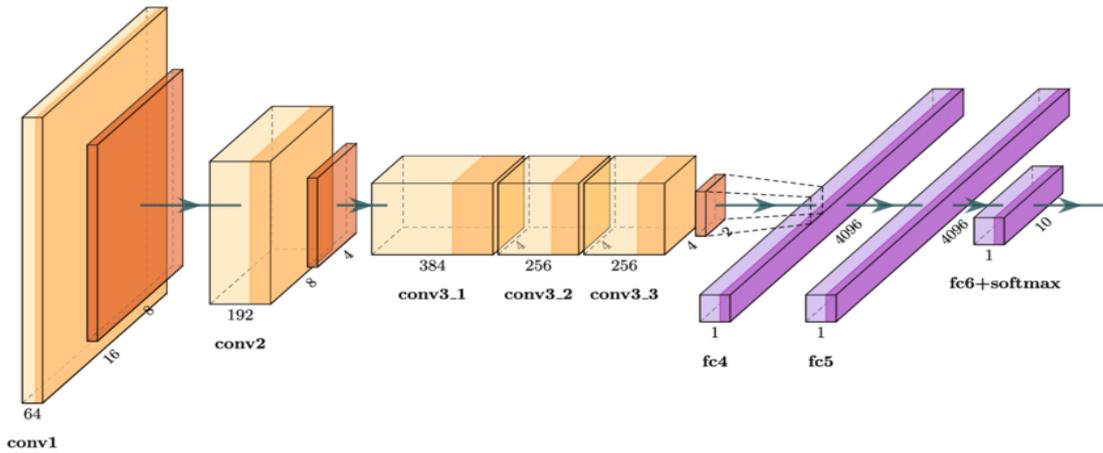
圖 3.20 LeNet-5 模型架構

### 3.7.2 AlexNet(2012)

在介紹 AlexNet 模型之前，需先提及 ImageNet 專案。2006 年華裔資料科學家李飛飛提出 ImageNet 專案，希望藉由蒐集並擴充影像資料庫方式，讓各式 AI 演算法能使用該影像資料庫資源，來達到精進之效，2010 年時，該資料庫內影像已達 1,100 萬張，並於此同時，舉辦第一次「ImageNet 大規模視覺辨識挑戰賽 (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge, ILSVRC)」，參加團隊使用 ImageNet 資料庫中 1000 個經整理後的影像類別及 120 萬張影像，進行模型錯誤率(error rate)挑戰，許多強大且經典的影像分類模型從此而誕生。AlexNet 模型即是於 2012 年達到 15.3%錯誤率，並贏得當年度挑戰賽之冠軍模型。

AlexNet 模型 15.3%錯誤率在現今看來似乎並不特別，但在當年卻比第 2 名的模型錯誤率低 10.8%，使 CNN 架構相關模型又再次造成話題。AlexNet 模型由 Alex Krizhevsky 等 3 人所發表，使用更多參數、更深層的神經網路架構，依其撰擬之論文顯示使用 5 個卷積層(部分卷積層後方接上池化層)、3 個全連接層(如圖 3.21)。

此外，AlexNet 模型在當時較為創新的是使用了 ReLU 做為激發函式，並搭配 2 個 GPU 進行併行運算，提升速度，還有利用 Data Augmentation 技術及 Dropout 技術避免過擬合.....等等。AlexNet 模型將過往 LeNet 模型改良強化，橫跨 10 來年後，為 CNN 應用於影像辨識及分類上確立統治地位，並拓展深度學習至其他不同領域，在歷史上有其重要意義存在。



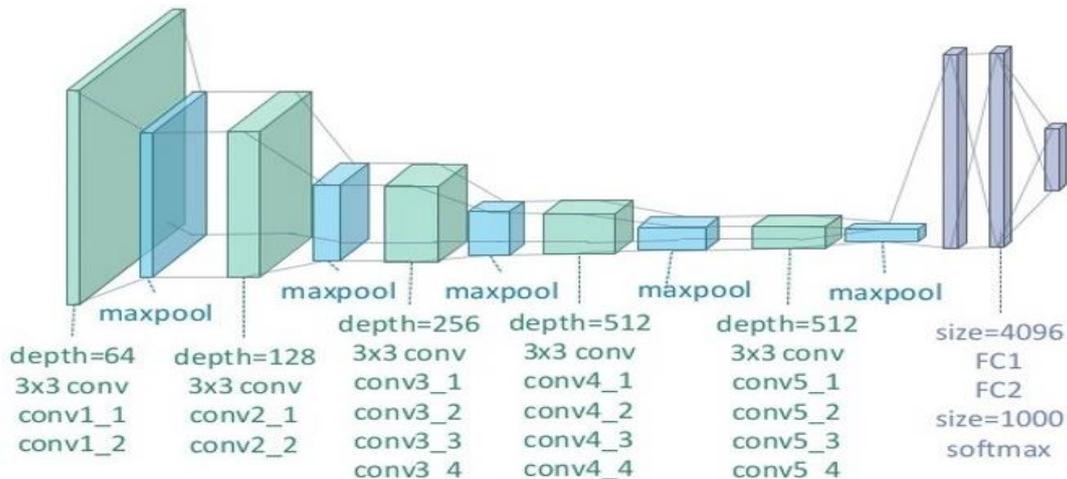
資料來源：Enhanced robustness of convolutional networks with a push-pull inhibition layer - Scientific Figure on ResearchGate<sup>[15]</sup>

圖 3.21 AlexNet 模型架構

### 3.7.3 VGG(2014)

VGG(Visual Geometry Group)模型是由牛津大學計算機視覺組的 Karen Simonyan 和 Andrew Zisserman 於 2014 年所提出<sup>[16]</sup>，在其發表的文章中表示他們比較了不同深度的神經網路(11、13、16、19 層)來進行影像分類工作的準確性，並證明神經網路深度有利於分類的準確性。

VGG 模型承襲 AlexNet 模型的思路，但使用了較小(3 x 3)的卷積核和更深層的神經網路，也證明此做法可得到更好的結果，降低錯誤率，VGG 的 19 層模型架構(如圖 3.22)也在 2014 的 ILSVRC 拿到第二名的成績，但相對的參數量也同步增加，對於運算效能及時間都是挑戰。



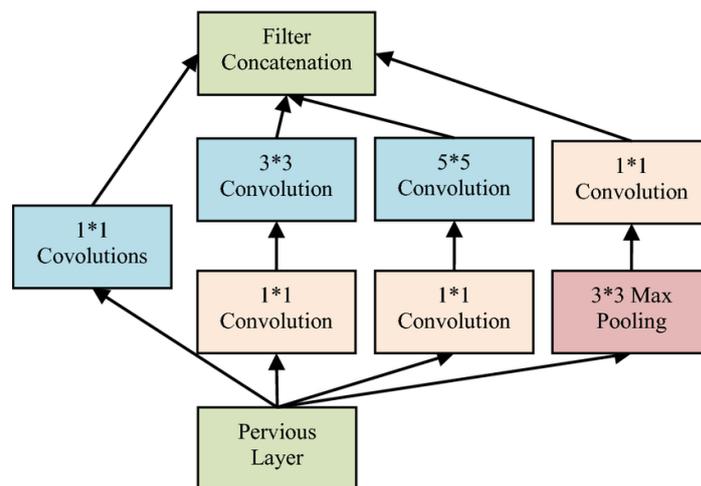
資料來源：Applied Deep Learning 11/03 Convolutional Neural Networks<sup>[17]</sup>

圖 3.22 VGG19 模型架構

### 3.7.4 GoogLeNet/Inception(2014)

GoogLeNet 模型(或稱 Inception 模型)於 2014 年被 Google 公司的 Christian Szegedy 等 9 人所提出<sup>[18]</sup>，也在同年的 ILSVRC 打敗 VGG 模型取得冠軍，並在後續 2015 年、2016 年皆提出改良版(Inception\_V2、Inception\_V3)，亦同樣皆獲得該挑戰賽冠軍，到目前已衍生到 Inception\_V4 版本。

GoogLeNet 模型並非完全像 VGG 模型是以加深的觀念來設計，而是設計出 inception 的模組，一種具有局部拓撲(topological)的網絡結構(如圖 3.23)，內部利用了 5 x 5、3 x 3、1 x 1 三種不同的濾波器來進行卷積運算，除了可更好取得影像特徵細節外，亦能降低影像維度而有效減少參數量。此外，GoogLeNet 模型尚有其他特殊設計，例如：利用了平均池化層來取代全連接層。



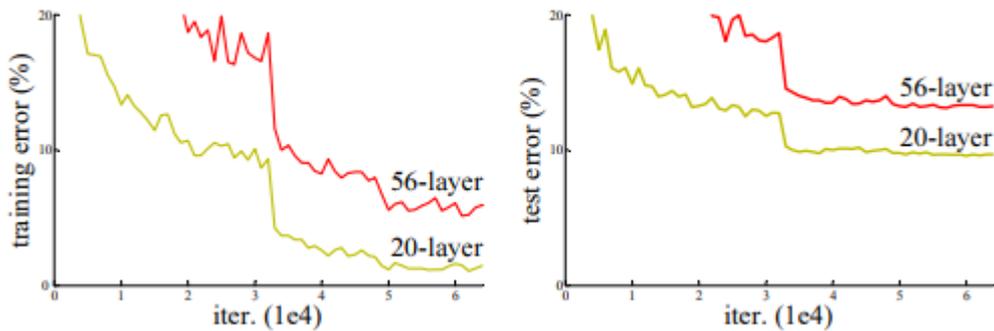
資料來源：Detection of counterfeit banknotes by security components based on image processing and GoogLeNet deep learning network<sup>[19]</sup>

圖 3.23 GoogLeNet 模型中的 inception 的模組

### 3.7.5 ResNet(2015)

由深度學習神經網路模型發展過程，在處理如影像分類等複雜任務，模型內各層連接層數越趨增加(深度加深)，因其對影像分類訓練結果準確率提升確實有幫助，然而 Kaiming He 等 4 人(2015)利用 CIFAR-10 資料集(內含 10 種類彩色圖片，一個種類有 10000 張，共包含 60000 張圖片)，利用 20 層及 56 層的神經網路進行訓練及測試，發現 56 層

網路不管訓練還是測試結果的錯誤率皆高於 20 層網路(如圖 3.24)。

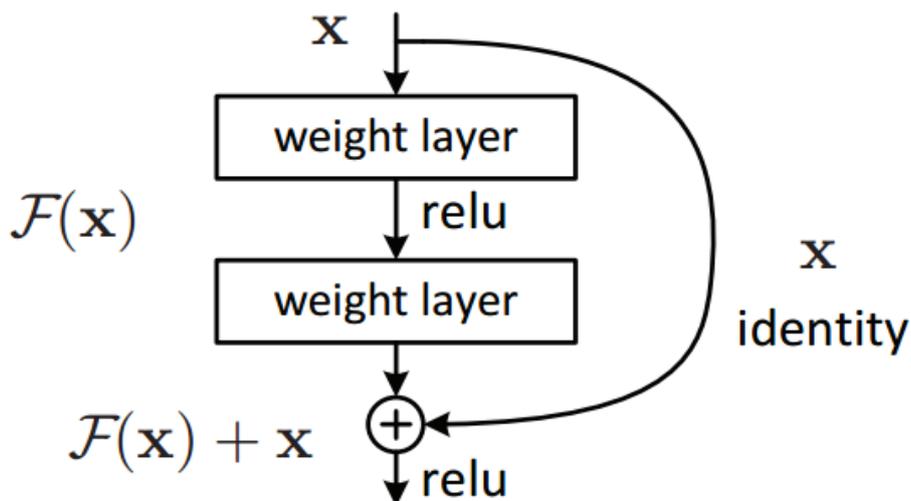


資料來源：Deep Residual Learning for Image Recognition<sup>[20]</sup>

圖 3.24 深層(56 層)與淺層(20 層)網路模型訓練及測試錯誤率比較

會出現圖 3.24 的結果，原文歸咎於模型可能遭遇了梯度消失或梯度爆炸(Gradients Vanishing or Exploding)的問題所導致，而此問題隨著模型層數增加而會被放大，為了解決因為模型過深導致成效退化，殘差(Residual)神經網路結構進而被提出(如圖 3.25)。

不同於先前各模型原本輸入即為上一層的輸出，ResNet 模型所使用的殘差神經網路還考量了跨層的輸入值，創造一條新的直連通路，在解決神經網路加深所衍生的困境上有極大貢獻，自此以後，深度神經網路模型訓練層數，從數十層演變到了上百層，甚至上千層。

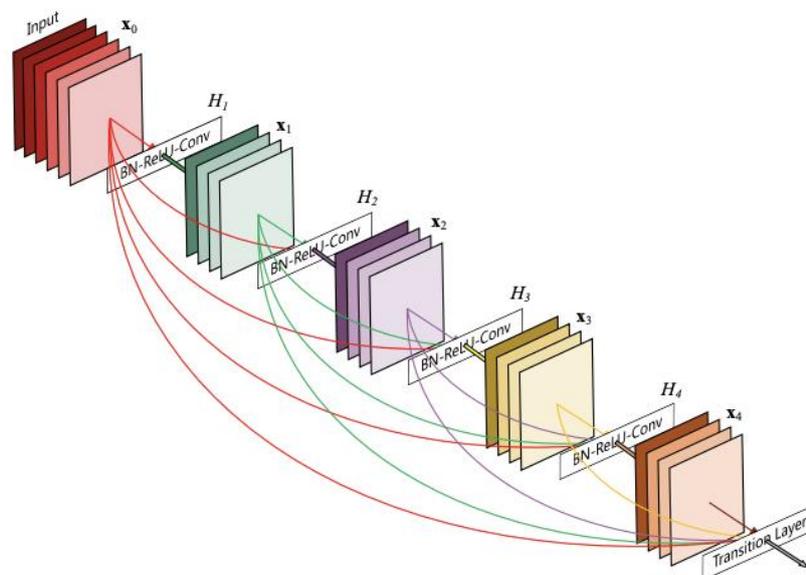


資料來源：Deep Residual Learning for Image Recognition<sup>[20]</sup>

圖 3.25 殘差神經網路結構示意圖

### 3.7.6 DenseNet(2018)

DenseNet(Dense Convolutional Network)模型是由 Gao Huang 等 4 人以殘差神經網路架構為基礎再加以改良而成，其特點是將前一層所輸出的特徵地圖，都做為後面層的輸入；自身層所輸出的特徵地圖，都做為其子層的輸入(如圖 3.26)，文章宣稱如此可減輕梯度消失問題、強化特徵傳播及重複使用(Feature Reuse)以大幅減少參數量。



資料來源：Densely Connected Convolutional Networks<sup>[21]</sup>

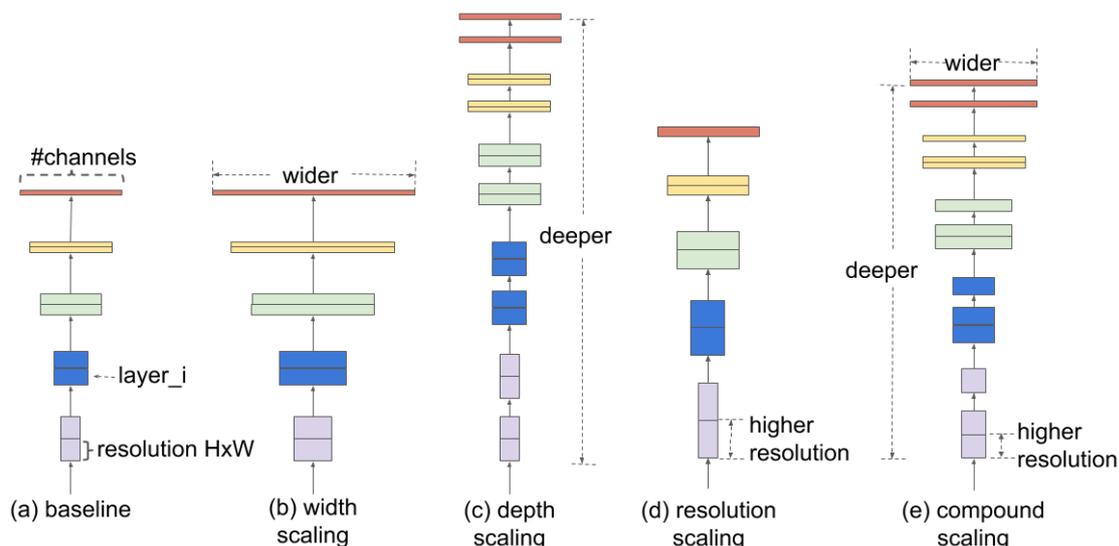
圖 3.26 DenseNet 模型架構

### 3.7.7 EfficientNet(2019)

通常影像處理任務相對較為複雜，在實務上會依照任務目的及對問題的理解，選擇較為相符的模型，並經由反覆訓練及微調參數後得到理想結果。雖可就調整多項關鍵因子(例如：模型深度、寬度...)，來獲取更優化的結果，但如此將導致模型變化程度提高且複雜化，必須耗費大量時間及心力才能完成，所以就模型設計的習慣，會將就調整幾項因子，但如此勢必無法得到效率最好的模型。

有鑑於此，Mingxing Tan 及 Quoc V. Le(2019)發表「EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks」一文，探討如何藉由有系統地調整 CNN 模型的深度、寬度及輸入影像解析度

(Resolution)，來獲取模型更好的性能(如圖 3.27)。文中提出了一複合式模型比例縮放(Compound Model Scaling)公式，使用簡單但高效的複合係數，以固定比例方式來調整前述的三個面向，並利用該公式設計出一系列的 CNN 模型—EfficientNet 模型。



資料來源：EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks<sup>[22]</sup>

圖 3.27 EfficientNet 模型比例縮放調整進程

### 3.8 深度學習框架(Deep Learning Framework)

前面小節介紹常見或具代表性之 CNN 模型，其都是由 C++、Python、Matlab 等程式語言所撰擬之程式碼構築而成，然並非所有需應用深度學習解決問題之使用者，都具備數學或資工專長和專業的程式撰寫能力，故為了便捷普羅大眾能利用深度學習進行開發，許多公司企業如：Google、Meta、Microsoft 等都建構自身的深度學習框架，將程式碼邏輯及運算皆優化完成並開源提供，一般使用者僅需利用應用程式介面(Application Programming Interface, API)即可完成模型之架構設計並開始進行訓練。

API 簡言之即是扮演程式之間的橋梁，以餐廳點菜的例子說明，顧客僅需利用餐廳提供的菜單向服務生點菜，服務生就會幫忙把顧客需求告知餐廳主廚，主廚出菜後再由服務生將餐點送達顧客桌上，API 即是扮演服務生的角色。實務應用上，一般使用者較難從頭編寫每一行程式碼，此時即會利用匯入前揭深度學習框架，以鍵入特定指令方式部屬

深度學習模型。以下介紹現在較為主流且合適供本研究使用之深度學習框架。

### **3.8.1 PyTorch**

PyTorch 於 2017 年由 Facebook(現更名為 Meta)開發後釋出，為免費且開源的軟體，其優勢在於使用的語法簡潔易懂並且採用張量(Tensor)一類似數組多維度矩陣之運算，可支持 GPU 加速而達到快速訓練目的，另外 PyTorch 還應用動態計算圖(Dynamic Computation Graph)，使其具備靈活、高效建立模型的優勢，應而在學術界普遍被使用，現在亦有許多業界以此框架來開發，例如特斯拉的自動駕駛。

### **3.8.2 Tensorflow**

Tensorflow 初始版本於 2015 年由 Google 提出，為免費且開源的軟體，因其可用於多種不同程式語言及系統平台，致使許多業界相關任務專案都是以此框架進行開發，加上廣大的社群和開源資料庫為後盾，Tensorflow 可謂當今最主流的機器學習和深度學習框架，然而其較為艱澀的語法對於新手則相對不友善，故 2019 年整合另一框架 Keras 後改版成 Tensorflow2.0，使其更容易上手。



## 第四章 影像蒐集及探討比較

### 4.1 空拍影像取得管道

本計畫工作重點之一為進行欲探討之邊坡場址衛星、航測、UAV...等影像蒐集，以為後續深度學習之訓練及驗證資料庫使用，本節介紹可能取得空拍影像管道。

#### 4.1.1 水土保持局巨量空間資訊系統

巨量空間資訊系統(Big Geospatial Information System, 簡稱 BigGIS), 由行政院農業委員會水土保持局(下稱水保局)於 2017 年規劃建置，內容納入該局於過往執行山坡地防減災工作及計畫成果，廣蒐衛星影像、航空照片、無人機 UAV 空拍影像及數值地形模型等等圖資，並提供線上相關分析工具供使用者加值應用，以下就該系統功能操作及內建圖資進行簡要介紹。

##### 1. 基本架構

依水保局 BigGIS 網站介紹，該系統架構主要有：基礎圖層、模式分析、資訊彙整及圖資搜尋等四大面向，加上相關輔助功能例如：定位工具、繪圖工具、視窗切換、2D/3D 地形切換等，並提供使用者將需用圖層加入、管理之功能(如圖 4.1)。

##### 2. 重點功能

BigGIS 內含許多圖資，並提供相關模式分析及加值應用，現就本計畫主要會應用到之功能進行重點介紹。

###### (1) 基礎圖層

本模組提供各式圖資，例如：行政及土地區界地籍圖、交通路網圖、地形圖、地質圖及災害潛勢圖等等，以供使用者套疊後進行分析使用。

此外，亦將系統內提供之衛星影像、航空照片及 UAV 空拍照等，加以分類整理(如圖 4.2)。



資料來源：<https://gis.swcb.gov.tw/introduce>

圖 4.1 BigGIS 架構簡介

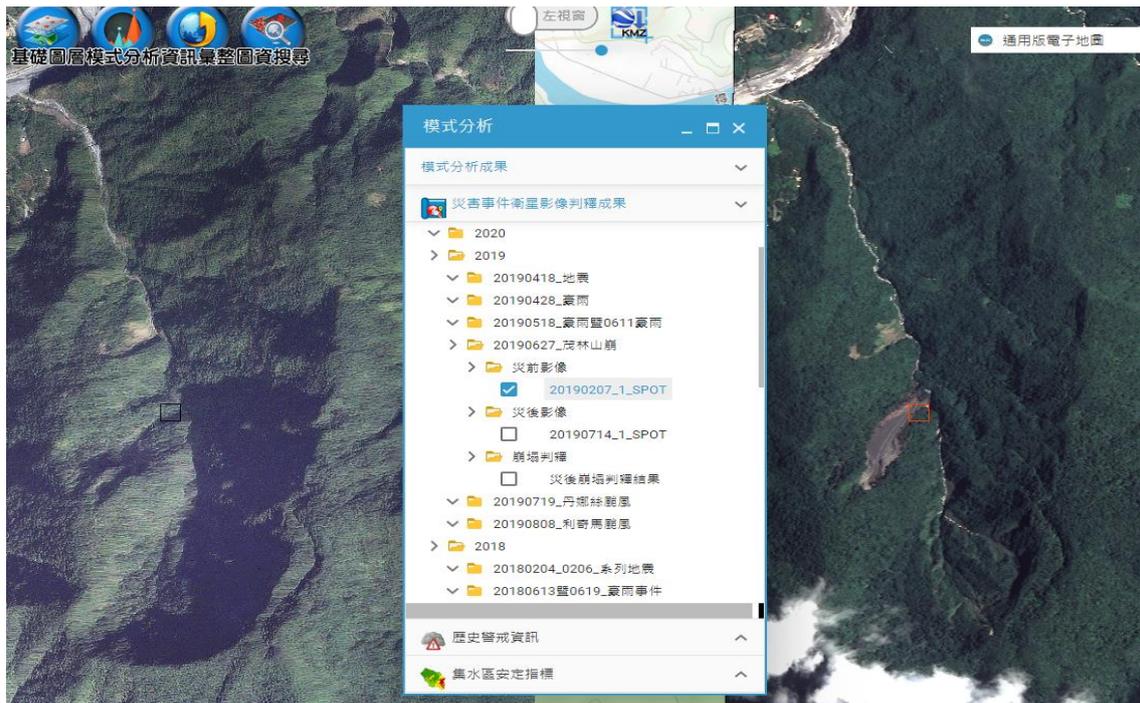


資料來源：<https://gis.swcb.gov.tw/map/>

圖 4.2 BigGIS 之基本圖層

## (2) 模式分析

本模組主要整理 2013 年至今之重大災害事件前後期衛星影像，提供使用者進行比較及判識。如圖 4.3 即以 2019 年高雄茂林山崩事件進行前後期衛星影像判識功能展示，可清楚發現後期影像(右邊紅框處)相較於前期影像(左邊黑框處)的大範圍崩塌。



資料來源：<https://gis.swcb.gov.tw/map/>

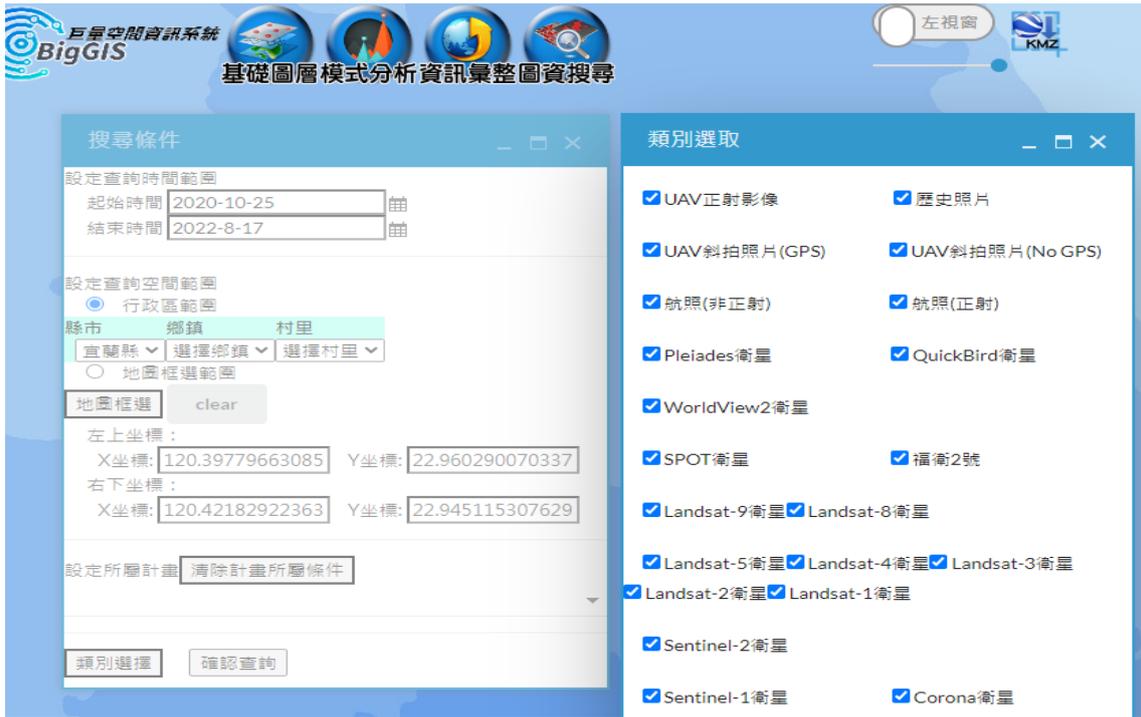
圖 4.3 BigGIS 之模式分析

## (3) 圖資搜尋

本模組提供搜尋 BigGIS 內圖資之功能，可藉由設定時間範圍、行政區範圍或座標等方式，查找所需要之不同類別影像(如圖 4.4)。

## (4) 輔助工具

BigGIS 提供利用多期 Sentinel-2 衛星影像，透過手動框選後，自動圈繪崩塌地範圍及其面積計算功能(如圖 4.5)，並可下載 KMZ 檔案格式匯入 Google Earth 進行其他應用。



資料來源：<https://gis.swcb.gov.tw/map/>

圖 4.4 BigGIS 之圖資搜尋



資料來源：<https://gis.swcb.gov.tw/map/>

圖 4.5 BigGIS 之自動圈繪崩塌地範圍及其面積計算功能

### 3. 系統圖資

BigGIS 主要提供 1966 年至 2022 年來逾 50 年的衛星影像、航空照片及 UAV 空拍影像等圖資，依水保局 110 年度成果發表簡報說明，現系統包含逾 1.5 萬幅多元衛星影像、逾 6.5 萬張航空照片、逾 2 萬幅 UAV 空拍影像，以下針對前述圖資進行簡要說明。

#### (1) 衛星影像

BigGIS 內蒐整衛星影像主要來自：

- (a) Landsat-8 及 Landsat-9(美國，地面解析度 15 公尺)
- (b) Sentinel-1 雷達衛星(歐洲，地面解析度 10 公尺)
- (c) Sentinel-2 光學衛星(歐洲，地面解析度 10 公尺)
- (d) Corona 光學衛星(美國，地面解析度 3 公尺)
- (e) 福衛二號、福衛五號(臺灣，地面解析度 2 公尺)
- (f) SPOT(法國，地面解析度 1.5~10 公尺)
- (g) Pleiades(法國，地面解析度 0.5 公尺)

#### (2) 航空照片

BigGIS 內蒐整航空照片主要來自行政院農業委員會林務局農林航空測量所以及各縣市政府提供。其照片之地面解析度可達到 0.25~0.5 公尺。

#### (3) UAV 空拍成果

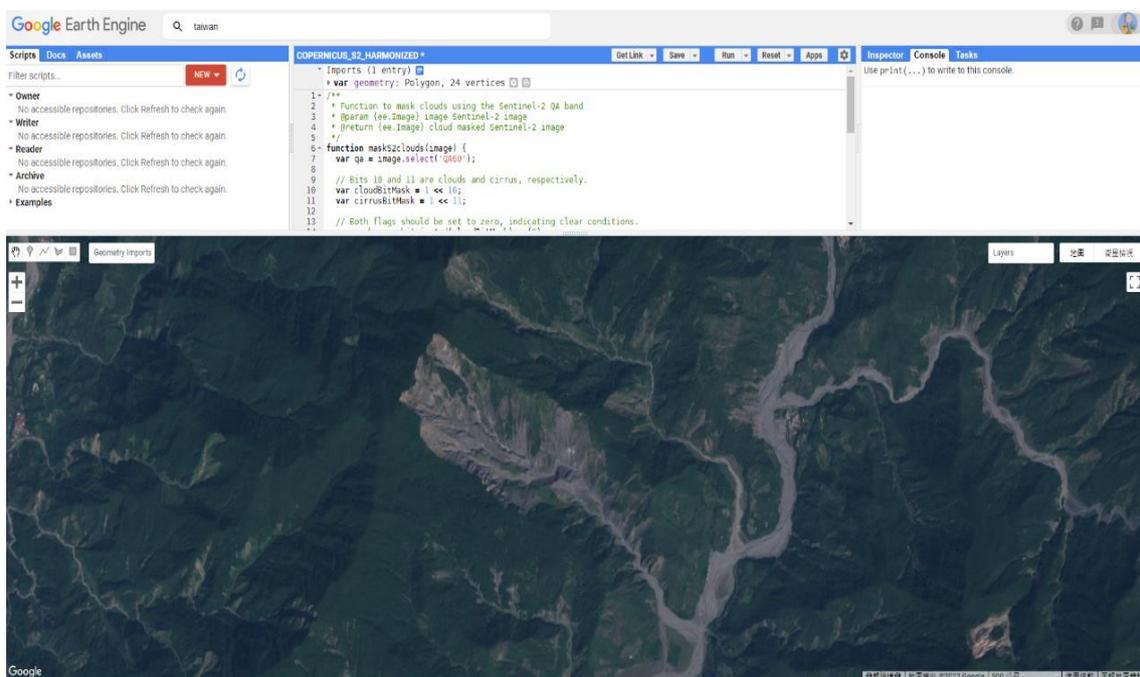
BigGIS 提供相關 UAV 正射影像，其地面解析度可達 0.5 公尺以下。

## 4.1.2 Google Earth Engine 開源雲端平臺

Google Earth Engine(簡稱 GEE)開源雲端平臺為 Google 所提供之服務，依其網頁說明：「GEE 平台為學術、非營利機構、企業和政府使用者，提供地理空間資料集的科學分析資料，並視覺化呈現。」。

GEE 平台蒐集近 40 年來相關之大尺度且大量的衛星、遙測影像，除了為一全球觀測資料庫外，還利用 Google 本身強大雲端運算能力，讓使用者可直接在 GEE 平臺進行影像數據雲端處理、分析及運算。好處在於不需將原始資料下載至個人電腦或伺服器進行後續處理，可於平臺提供的編碼欄位進行個人程式碼編寫，相關成果會顯示於下方地圖展示區。GEE 平臺工作視窗展示如圖 4.6。

目前 GEE 平臺的相關應用包含：全球森林覆蓋率變化監測、地表水資源範圍監測、農作物產量估算、全球氣候及天氣分析、大氣監測、地貌分類、城市圖資……等等。此外 GEE 平臺內含許多豐富影像圖資，若依照本研究以地貌判識為主要目的，適用的圖資來源主要為：Landsat 衛星、Sentinel 衛星。



資料來源：<https://code.earthengine.google.com/>

圖 4.6 GEE 平臺之工作視窗

### 4.1.3 國家太空中心衛星影像產品申購系統

國家太空中心的福衛影像處理系統(如圖 4.7)提供福衛二號自 2004 ~2016 年間，以及福衛五號從 2018 年至今之影像產品與增值服務，除提供限期免費的限量福衛二號及五號影像作為研究使用，其亦可依照處理等級、拍攝時間，提供客製化方案供選購(如表 4-1)。



資料來源：<https://fsimage.narlabs.org.tw/home>

圖 4.7 國家太空中心衛星影像產品申購系統首頁

表 4-1 國家太空中心福衛影像產品方案

類別	等級	說明	歷史影像 (新臺幣)	標準拍攝 (新臺幣)
多光譜影像 (Multi-Spectral)	Level 1A	指衛星於接收到最原始資料，僅經輻射校正後之產品	3,456 元/幅	4,493 元/幅
	Level 2	影像除經過輻射校正處理外，並加入衛星飛行軌道參數計算，投影到指定之地理座標上，並將產品旋轉為正北	3,456 元/幅	4,493 元/幅
全色態影像 (Panchromatic)	Level 4	影像經幾何校正處理後，加入地面控制點(GCP)與高程資料(DTM)，將影像投影到指定之地理座標，可進行不同資料套疊使用。	5,760 元/幅	7,488 元/幅
	融合	透過融合技術，保留全色態影像詳細空間資訊與多光譜影像豐富色彩資訊。	8,640 元/幅	11,232 元/幅

註：每 1 幅訂購面積為 24km\*24km=576km<sup>2</sup>

資料來源：國家太空中心(本報告整理)。

#### 4.1.4 國立中央大學太空及遙測研究中心

國立中央大學太空及遙測研究中心之影像查詢平台(如圖 4.8)，提供衛星影像之查詢及訂購，目前以 SPOT-6/7、Pléiades 以及 TerraSAR-X 等遙測衛星影像為主，收費部分依影像所屬衛星、等級(Level 1A、Level 2、Level 3、Level 4 及彩色融合)、使用者(私人、政府單位及教育學術單位)和拍攝面積之不同組合有所差異，故如以 SPOT6/7、等級 Level 1A、拍攝面積為 144 平方公里之衛星影像，費用約新臺幣 3,280 元/幅；高精度之 Pléiades 衛星影像價格則是單位面積價格新臺幣 315 元，最小拍攝面積為 25 平方公里，故 Pléiades 衛星影像價格最低價格為面積 25 平方公里乘上單位面積價格 315 元，計需新臺幣 7,875 元整。相關衛星影像增值服務如表 4-2。



資料來源：<https://earth.csr.sr.ncu.edu.tw/CSRSR/QUERY5/QueryScreen.htm>

圖 4.8 國立中央大學太空及遙測研究中心衛星影像查詢系統

**表 4-2 國立中央大學太空及遙測研究中心提供之衛星影像加值服務**

項目	影像時間	說明	取得
SPOT-6/7 直接接收 衛星影像	SPOT 6 (2013/06/07 ~ now) SPOT 7 (2014/12/06 ~ now)	接收週期:每日,接收後 2 小時內可取得影像	線上 訂購
Pléiades 直接接收 衛星影像	2014/02/21 ~ now	接收週期:每日,接收後 2 小時內可取得影像	線上 訂購
TerraSAR-X 虛擬接收	2008/10/16 ~ now	可提供涵蓋全球影像,接收後 7 小時內可取得影像	線上 訂購

資料來源：國立中央大學太空及遙測研究中心

另外，國立中央大學太空及遙測研究中心持續提供多元衛星資料予產官學各界，自今(2022)年開始擴大推廣開放服務及資料申請對象，以徵求計畫方式免費提供 SPOT、Pléiades、TerraSAR-X 資料予具科技部計畫主持人資格者或五專、高國中小學現職老師。開放服務整理如表 4-3。

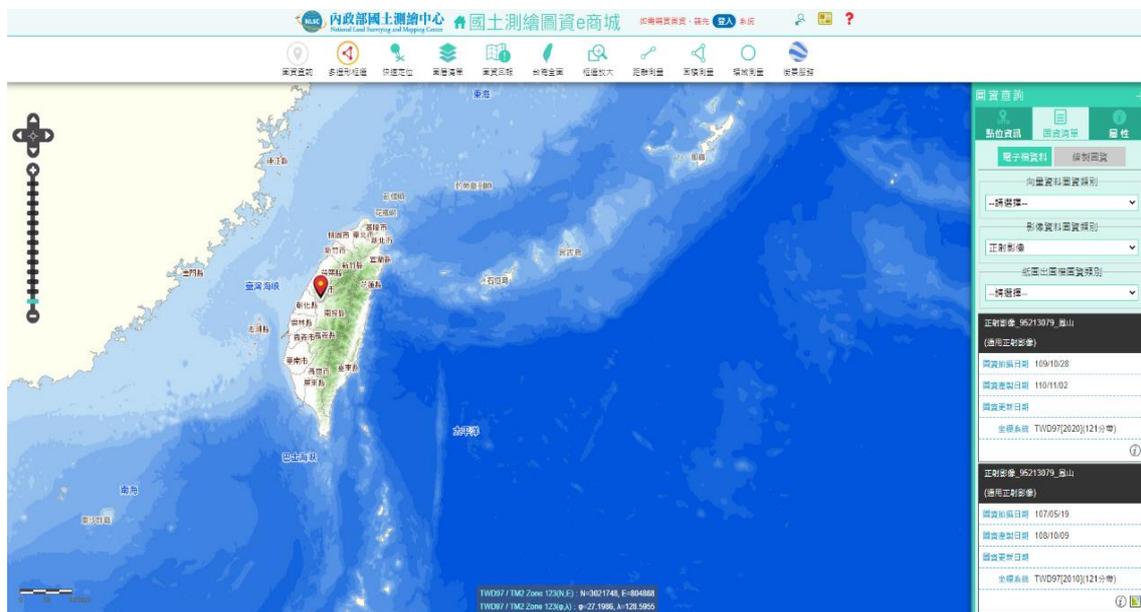
**表 4-3 國立中央大學太空及遙測研究中心資源衛星接收站前瞻服務**

項目	說明	對象	取得
開放資料	SPOT 衛星台灣地區正射影像 TOAR、NDVI、SR 資料	科技部計畫	線上 申請
介接服務	自 1996 年起至 2021 年台灣全島及澎湖 SPOT 無雲鑲嵌影像之網路圖磚介接	提供國內之團體或個人於非營利目的下免費使用	線上 使用
訂閱服務	依使用者設定條件提供	科技部計畫	專人 服務
徵求計畫	SPOT、Pléiades、TerraSAR-X 臺灣地區影像	具科技部計畫主持人資格者或五專、高國中小學現職老師	線上 申請
衛星遙測測試基準場址與資料集	多時期光學及雷達影像以及經人工檢查及修正之地真資料(規劃於 2023 年 5 月開始提供)	學術研究使用	線上 下載
重大災害資訊	即時提供重大災害影像	不限	線上 下載

資料來源：國立中央大學太空及遙測研究中心

#### 4.1.5 內政部國土測繪中心國土測繪圖資 e 商城

內政部國土測繪中心所建置之國土測繪圖資 e 商城(如圖 4.9)，供應其辦理測繪圖資成果，供應資料類別計有：(1)控制測量成果資料、(2)數值地籍測量原始成果資料、(3)GIS 地籍圖資料、(4)土地段籍資料、(5)典藏地籍圖掃描成果資料、(6)臺灣通用電子地圖成果資料、(7)國土利用現況調查成果資料、(8)基本地形圖及輿圖成果資料、(9)行政區域成果資料、(10)正射影像資料、(11)三維圖資成果資料及(12)國土測繪整合資料等 12 項。



資料來源：<https://whgis.nlsc.gov.tw/GisMap/NLSCGisMap.aspx>

圖 4.9 內政部國土測繪中心國土測繪圖資 e 商城首頁

本計畫研究目的，主要利用正射影像進行地貌判識工作，依該商城介紹其正射影像係以無人機系統(Unmanned Aircraft System, UAS)航拍並依航空攝影測量原理及臺灣通用電子地圖測製規範，辦理正射糾正及影像鑲嵌所產製而成，其地面解析度為 25cm，收費標準為 1,200 元/幅，惟其有限定拍攝之範圍，不一定於該範圍內有邊坡崩塌事件，亦無法如衛星影像有固定運行週期可取得多期影像。

#### 4.1.6 林務局農林航空測量所圖資供應服務平臺

行政院農業委員會林務局農林航空測量所(簡稱農航所),提供(1)航空照片(2)像片基本圖(3)正射影像(4)衛星影像等影像產品。

航空照片依農航所網站介紹,係由精密之機載照相機,以俯視角度拍攝地物,屬中心投影並無固定比例尺,民國 90 年前多為黑白航空照片,民國 90 年後則陸續改為彩色航空照片。航空照片影像檔是將類比航照底片影像掃描建置成高解析度影像,以及直接利用 ADS、DMC 數位相機拍攝之影像數值資料檔。

正射影像則藉由空中 GPS 儀器搭載 IMU 系統資料,經解算後獲取相機拍攝瞬間的位置及姿態與數值航照影像,再搭配 DTM(數值地形模型)將中心投影之航空像片,逐點糾正而產製。其比例尺為 1/5000,檔案格式為 tif 影像,地面解析度為 25cm、37.5cm 或 50cm。

衛星影像則為我國福爾摩沙衛星二號以及五號之全色態影像或多光譜影像。前述空拍影像規格、售價等整理如表 4-4。

表 4-4 農航所影像圖資規格及價目

種類	影像	規格	售價(元/幅)	
航空照片	黑白照片掃描影像檔	tif 格式	900	
	彩色照片掃描影像檔	tif 格式	1,200	
	DMC 數位影像檔	tif 格式、13824*7680pix	600	
	ADS 數位影像檔	tif 格式、比例尺 1/5000	1,200	
正射影像	正射影像檔	tif 格式、比例尺 1/5000、地面解析度 25cm、37.5cm、50cm	1,200	
衛星影像 (福衛二號、五號)	全色態影像或多光譜影像擇一	圖幅範圍 24km*24km	Level 1A	3,629
			Level 4	6,048
	全色態影像與多光譜影像		Level 1A	4,718
			Level 4	7,862
全色態與多光譜融合影像		9,072		

資料來源：<https://www.afasi.gov.tw/price>

#### 4.1.7 公路總局 UAV 空拍影像資料

經辦理與實務單位之訪談(訪談資料整理如附錄 1)，了解公路總局現行邊坡管理和巡檢之方法以及其邊坡資訊系統，現各養護工程處都已廣泛運用 UAV 分析邊坡狀況、預判災源、檢視災修成果等，並針對列於三級以上之 A、B 級邊坡皆須由工務段或委外廠商固定(1 次/季或更短)以空拍拍攝，而災害發生後如：颱風、地震亦會進行空拍作業，以蒐集多期影像，建立大數據資料庫並進行後續分析及加值應用。故 UAV 影像後續可規劃諮詢相關養護工程處工務段取得，以利蒐集更多 UAV 邊坡空拍影像供 AI 影像辨識之用。

#### 4.2 空拍影像探討比較

本計畫規劃利用多尺度影像進行後續深度學習影像辨識工作，本節比較各尺度影像之成像方式、解析度、範圍及取得管道和成本等，以篩選出較為合適蒐集之影像，整理如下表 4-5。

表 4-5 各尺度影像比較

	光學衛星影像	航照正射影像	UAV 空拍影像
地面解析度 GSD	公尺級 (約 2-10 公尺)	公分級 (約 1-0.5 公尺)	公分級 (約 0.5 公尺以下)
拍攝範圍	大	中	小
取得管道	國立中央大學太空及遙測研究中心、國家太空中心、水土保持局、農航所、Google Earth	國立中央大學太空及遙測研究中心、水土保持局、農航所	國土測繪中心、水土保持局、公路邊坡管理單位、自行發包請外部廠商協助航拍
單幅取得成本	高	中	低
優勢	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 衛星有固定運行週期，方便快捷取得影像</li> <li>● 光學衛星搭載多波段光學感測及熱紅外光顯像設備，方便後續影像處理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高解析度影像</li> <li>● 拍攝範圍明確</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高解析度影像</li> <li>● 可依任務性質替換不同酬載，例如：熱顯像、RTK 設備等</li> <li>● 拍攝範圍明確</li> <li>● 可多時期拍攝</li> <li>● 取得成本低廉</li> </ul>

劣勢	✕ 拍攝範圍對於本研究欲辨識標的(邊坡)的範圍過大 ✕ 容易受雲層及天候干擾成像	✕ 正射影像通常為配合任務目的所取得，影像蒐集選擇較少	較無明顯劣勢
影像範例 (以新竹尖石鄉秀巒村崩塌地為例，來源：水保局 BigGIS)			

經探討比較後，UAV 空拍影像應最符合本研究案之需求，且可配合公路邊坡管理單位現行對高風險邊坡之監測管理辦法，鎖定相關工務段重點 UAV 監控邊坡並蒐集其影像。

而其他尺度之影像若有符合相關影像蒐集原則，亦可同步蒐集，使資料量更為加增，有利後續深度學習訓練之成果。

### 4.3 影像初步蒐集情形

本計畫影像蒐集步驟係先篩選出有發生過大規模崩塌災害事件之邊坡，再進行合適之多時期空拍影像蒐集，並預計於明(112)年模型訓練前儘量蒐集各式類型影像，以利深度學習結果能臻於完善。影像初步蒐集計 58 張，其影像類型、場址、來源及拍攝時間情形整理如表 4-6。

表 4-6 蒐集影像

編號	場址	類型	來源	時間	影像(僅展示部分)
1~20	新竹尖石鄉秀巒村	UAV	水土保持局 BigGIS	2016/05/02 2016/12/27 2017/05/05 2017/05/13 2017/06/05 2017/10/05 2018/05/16 2018/10/01 2019/07/13 2019/10/19 2020/01/15 2020/07/04 2020/07/05 2020/10/17 2021/05/27 2021/06/24 2021/09/10 2021/09/13 2021/10/14 2022/07/01	
21~22	高雄茂林區茂林里	UAV	水土保持局 BigGIS	2019/04/27 2019/06/28	
23~35	桃園復興區華陵里	UAV	水土保持局 BigGIS	2018/05/15 2018/07/04 2018/07/16 2018/08/20 2019/07/01 2020/04/14 2020/06/02 2021/02/18 2021/02/24 2021/03/19 2021/04/02 2021/10/15	

編號	場址	類型	來源	時間	影像(僅展示部分)
36~39	臺中草湖 溪糖廓橋	UAV	水土保持局 BigGIS	2018/10/24 2019/09/30 2019/10/15	
40~41	臺中新社 中 88 線	UAV	水土保持局 BigGIS	2019/08/28 2019/10/23	
42	基隆中正 區槓子寮	UAV	水土保持局 BigGIS	2022/02/24	
43	基隆七堵	UAV	水土保持局 BigGIS	2016/11/02	

編號	場址	類型	來源	時間	影像(僅展示部分)
44~53	台8線 109.5K	正射	農航所 圖資供應平 台 公路總局	2009/09/08 2010/06/19 2013/03/16 2013/03/17 2014/07/12 2015/05/15	
54~58	南投縣埔 里鎮水頭 里	衛星	Google Earth Engine	2020/11 2021/02 2021/07 2021/12 2022/04	

## 第五章 結論與建議

交通部 111 年度施政計畫揭示應建構安全交通環境，落實風險管理，並將省道改善計畫(108-113 年)列為年度重點計畫，而該計畫目標之一為提高公路邊坡監測預警技術，輔以相關管理措施(地滑監測及預警)、智慧化計畫之應用，全面提升省道公路抗災能力；公路總局 107 年推動邊坡分級管理新制並明定納入空拍技術，以每季至少 1 次之多時期拍攝，輔助監測中高風險等級邊坡。

本所為協助交通部及相關部屬機關，提出以多期、多尺度空拍影像結合 AI 應用於公路邊坡地貌影像判識之自辦研究計畫，期望藉由本兩年期計畫了解新興科技及技術結合現行公路邊坡管理單位之防災流程適用性及未來可行之邊坡管理加值應用。

### 5.1 結論

應用深度學習於影像辨識工作之步驟大致可分為(1)影像取得(2)影像處理(3)模型挑選(4)模型訓練(5)結果評估(6)參數調整，經由今(111)年度之研究，分項說明後續相關工作之預定辦理方式(亦如圖 5.1 所示)：

#### 1. 影像取得

在評估影像取得成本、豐富性、便利性及研究目的性等因素後，影像取得管道將以公路邊坡管理單位(UAV 空拍)、水保局 BigGIS(衛星影像、航照正射、UAV 空拍)、中央大學太空及遙測研究中心(衛星影像)為首選。Google Earth Engine 開源雲端平臺(衛星影像)、國家太空中心衛星影像產品申購系統(衛星影像)、內政部國土測繪中心測繪圖資 e 商城(航照正射)、農航所圖資供應服務平臺(衛星影像、航照正射、UAV 空拍)等為替代方案。

此外，在影像使用類別，經本研究探討比較後，UAV 空拍影像之成本、解析度等相對符合需求且可配合邊坡管理單位針對高風險邊坡之監測管理辦法，取得重點監控邊坡並蒐集其影像，將用以做

為後續 AI 模型訓練、測試資料集主要使用。預計於明(112)年模型訓練前以蒐集 500~1000 張影像為目標，若必要時將利用資料擴增 (Data Augmentation)技術增加數量。

## 2. 影像處理

影像處理過程為除錯、減量、格式轉換、正規化等，目的係合適後續模型輸入或提高機器學習成果，為不可忽略的過程。Google Earth Engine 開源雲端平臺利用 Google 本身強大雲端運算能力，可讓使用者直接在該平台上鍵入程式碼或利用其提供內建之模式來進行影像處理，在者可考慮利用 python 相關模組或其他開源程式碼進行。

## 3. 模型挑選

本計畫後續將使用 AI 常用於影像辨識之 CNN，來進行邊坡裸露地貌圈繪。然以 CNN 為架構發展之神經網路模型眾多，雖理論上深度越深(層數越多)的模型可得到較好的訓練成果，惟參數量亦會跟著提升，致使模型更為複雜、難以收斂，故需要結合任務目的及領域專業知識，嘗試不同類型的模型，方可能得到「相對」好的訓練成果。

現階段考量硬體設備、時間和人力成本等，先預計以淺層 CNN 模型做為訓練首選，待後續加強蒐集相關 CNN 模型應用於坡地之案例，並配合蒐集之資料量，再擇定模型。

而相關模型可從 PyTorch、TensorFlow 等深度學習框架來介接 API 匯入、建立，再依模型訓練結果評估後進行參數調整，以達較好的訓練及測試結果。

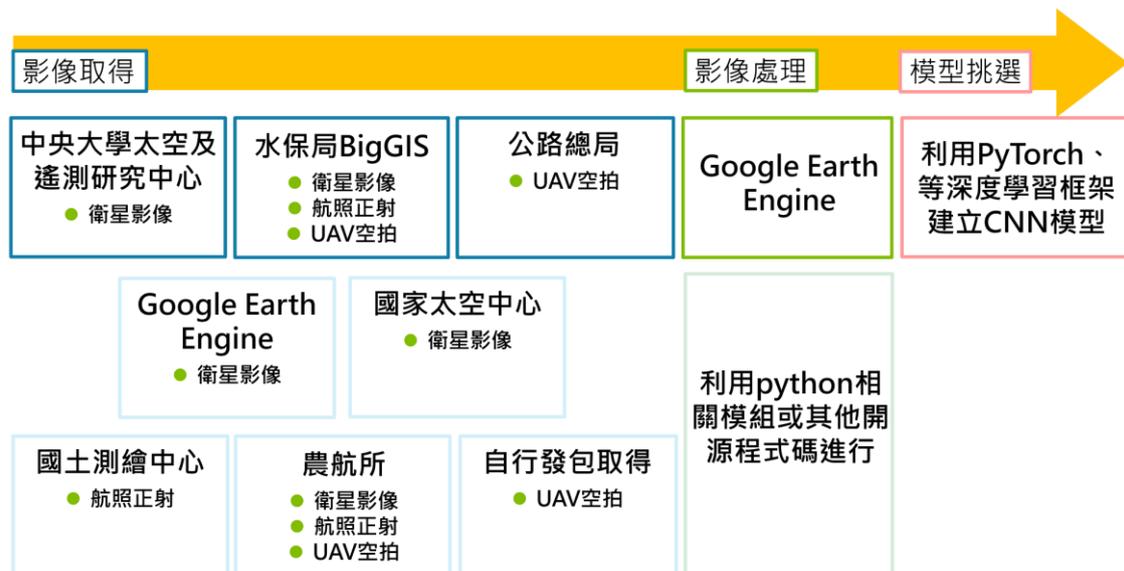


圖 5.1 明(112)年規劃研究辦理流程圖

## 5.2 建議

1. 公路總局現有建置邊坡資訊系統，並持續將各工務段相關邊坡資訊及空拍資料等鍵入儲存，建議未來相關資訊可進行大數據分析資料庫、GIS 輔助決策等後續智慧化加值應用。
2. 本研究為針對航拍照片結合 AI 影像辨識以進行裸露地圈選之初步應用，後續可以此為基礎，以合作辦理方式，發展面積、坡度計算再搭配現地地質資料前後期比對，概估後續崩積之土方量等加值應用，相信對於工務段災後搶通搶險合約預算編列、後續驗收階段等有其助益。

## 5.3 成果效益與應用

1. 本計畫可提供公路總局、高速公路局於公路邊坡管理及災防之應用參採。
2. 本計畫可做為本所人工智慧技術研發後續相關研究探討與應用。

## 5.4 提供政府單位應用情形

本計畫屬初步探討性質，尚無提供予政府單位應用情形。



## 參考文獻

1. 邱永芳、胡啟文、李良輝、張庭榮，「公路邊坡崩塌近景攝影測量自動判讀系統開發應用研究」，交通部運輸研究所，2018。
2. 內政部國土測繪中心、國立中央大學，「發展合成孔徑雷達干涉技術於測繪領域應用先期規劃」，2000。
3. Africa Ixmucane Flores-Anderson, Kelsey E. Herndon, Rajesh Bahadur Thapa, Emil Cherrington，「The Synthetic Aperture Radar(SAR) Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation」，2019。
4. 行政院農業委員會水土保持局，「110 年度日本土砂災害防治序號 9：遙測—依合成孔徑雷達(SAR)圖像判讀土砂災害指引」，2021。
5. Batuhan Osmanoglu, Filiz Sunar, Shimon Wdowinski, Enrique Cabral-Canod，「Time series analysis of InSAR data: Methods and trends」，2016。
6. 蘇元風，「以傳奇衛星探索大地的歷史傷痕—山坡地長期裸露地監測」，土木水利第四十五卷第三期，P.30-33，2018。
7. 王淳謹、陳聖義、呂紹霖、張達德、許晉瑞、陳映融、賴世屏、吳奇穎，「桃園市公路邊坡 AI 智慧防災與管理研究」，第 18 屆大地工程學術研究討論會，2020。
8. 張志新、何瑞益、李士強、朱崇銳、劉哲欽，「應用質點影像分析技術評估桃園光華大規模崩塌潛勢區地表位移」，國家災害防救中心 110 年度成果發表會，2021。
9. 趙彥勛，「大規模崩塌地的監測與未來-以光華崩塌地為例」簡報，2022。
10. Geoffrey Hinton, Terrence J. Sejnowski，「Unsupervised Learning: Foundations of Neural Computation」，1999。
11. Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei，「Data Mining. Concepts and

- Techniques 3rd Edition」, 2012。
12. Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, Matthias Bethge, 「A Neural Algorithm of Artistic Style」, 2015。
  13. Xavier Glorot, Antoine Bordes, Yoshua Bengio, 「Deep Sparse Rectifier Neural Networks」, 2011。
  14. Yann LeCun, Leon Bottou, Yoshua Bengio, Patrick Haffner, 「Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition」, 1998。
  15. Nicola Strisciuglio, Manuel Lopez-Antequera, Nicolai Petkov, 「Enhanced robustness of convolutional networks with a push-pull inhibition layer」, 2020。
  16. Karen Simonyan, Andrew Zisserman, 「Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition」, 2015。
  17. Yun-Nung Chen, Mark Chang, 「Applied Deep Learning 11/03 Convolutional Neural Networks」, 2016。
  18. Christian Szegedy, Wei Liu, Yangqing Jia, Pierre Sermanet, Scott Reed, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Vincent Vanhoucke, Andrew Rabinovich, 「Going Deeper with Convolutions」, 2014。
  19. Kamran Teymounezhad, Hossein Azgomi, Ali Asghari, 「Detection of counterfeit banknotes by security components based on image processing and GoogLeNet deep learning network」, 2022。
  20. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun, 「Deep Residual Learning for Image Recognition」, 2015。
  21. Gao Huang, Zhuang Liu, Laurens van der Maaten, Kilian Q. Weinberger, 「Densely Connected Convolutional Networks」, 2016。
  22. Mingxing Tan, Quoc V. Le, 「EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks」, 2019。

## 附錄一

### 專家學者及實務單位訪談紀錄



## 1.1 國家災害防救中心坡地與洪旱組 張組長志新

時間：111 年 4 月 12 日(星期二)上午 10 時~11 時

地點：港灣技術研究中心 5F 會議室(視訊)

紀錄：黃宇謙 助理研究員

---

### 壹、計畫緣由說明：(略)

### 貳、重點紀要

#### 一、貴組建置之空拍影像資料庫內部空拍影像是否適用於本計畫？以及後續使用資料庫可能？

本中心自 2020 年建置空拍影像資料庫，集結無人機空拍影像(正射、側錄側拍、3D 模型等)和勘災照片，2021 年新增連江縣北竿芹壁、雲林縣石牛溪畔土庫鄉道等約 16 處的空拍影像，惟目前本資料庫尚在初期建置階段，影像僅供中心內部使用，且若要提供本計畫 AI 訓練使用，資料量似乎略顯不足，建議尋覓其他單位之影像查詢及購買平台，例如：水土保持局的 BigGIS。

#### 二、針對本研究利用 AI 影像辨識技術結合多時期多尺度(UAV、航拍正射、SAR、衛星等))之空拍影像，達成邊坡裸露塌地範圍自動圈選之目的，是否有相關實務上之應用性？

目前利用 AI 技術搭配如衛星之空拍影像於邊坡治理、防災等應用案例層出不窮，建議可多參考前人研究成果，並搭配實務單位實際碰上的課題，思考除裸露地圈繪外，後續加值應用，方能發揮更大之實務應用性。

#### 三、針對本研究未來方向是否有相關建議之處？

坡地監測不僅僅只是依靠空拍影像進行地貌判識即可達到防災及治理效益，還須搭配地面監測儀器、地形特徵資料、

氣象監測、相關預測模式建立等等，這些都是目前坡地亟欲突破的課題。

本研究做為一自行辦理計畫，相信對貴中心 AI 技術之引進使用有相當幫助，若未來在坡地應用上能以此為基礎，與對坡地有經驗的顧問公司或學校單位共同合作，相信對貴中心於坡地方面的研究能如虎添翼。

## 1.2 公路總局第二區養護工程處 呂科長正安

時間：111 年 9 月 19 日(星期一)下午 2 時~4 時

地點：公路總局第二區養護工程處

紀錄：黃宇謙 助理研究員

---

### 壹、計畫緣由說明：(略)

### 貳、重點紀要

#### 一、可否說明貴局現行邊坡管理和巡檢之方法及 SOP 為何？

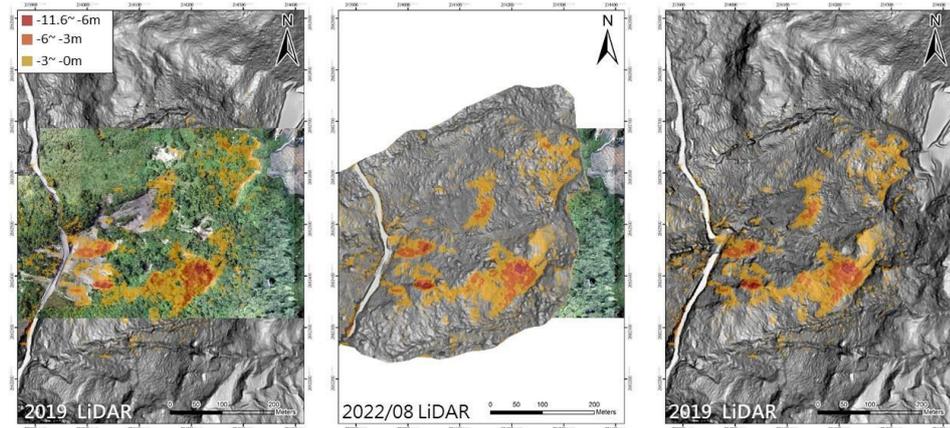
本局目前採邊坡分級管理，依專業人員綜合邊坡基本資料、巡查及檢監測、穩定分析成果等，把邊坡依「需處理程度」分成 A、B、C、D 四個等級，並依照不同邊坡等級採對應管理作為。A 級和 B 級為 2 年內有災害紀錄，A 級表示邊坡有明顯不穩定徵兆，B 級則為疑似不穩定徵兆；C 級為 5 年內有災害紀錄，但後續無明顯不穩定徵兆；D 級則是 5 年內未有災害紀錄且無明顯不穩定。

而目前本局又將上列 A、B 級邊坡經由 RHRS(落石災害評分系統)，對其進行細部定量評估後再細分 5 個等級，並訂定不同檢測項目、輔助機具(攝影機、UAV、LiDAR)、頻率等，依其危害度等級的篩選出中高風險等級「優先關注邊坡」(四、五級)。

現在列於三級以上之 A、B 級邊坡皆須由工務段或委外廠商固定(1 次/季或更短)以空拍拍攝，而災害發生後如：颱風、地震亦會進行空拍作業，故若需利用空拍影像進行 AI 學習，工務段應可協助提供相關資料。

#### 二、貴局有無建置相關邊坡巡檢管理系統？若有，內容除一般檢測記錄以外，還有什麼功能？

本局目前有建置「公路總局邊坡資訊系統」，各工務段相關邊坡資訊及空拍資料等皆會鍵入該系統，並有 3D 建模、數值地形模型展示、多期套疊比對等功能且持續精進擴充。另外本局有跟陽交大土木工程系翁孟嘉教授合作，進行邊坡崩塌面積、體積分析(如下圖)之研究，未來可能會將其納入系統之功能模組。



崩塌面積: 35,180 m<sup>2</sup>  
崩塌體積: 54,356 m<sup>3</sup>

### 三、針對貴局現行邊坡管理和巡檢現況，是否有適合引進 AI、UAV 等新興科技之部分？或未來有其相關發揮空間？

目前本局各養護工程處都已廣泛運用 UAV 分析邊坡狀況、預判災源、災修成果檢視等，或搭配 LiDAR 整合高精度地形資料。而就本人服務之第二區養護工程處，則是應用 UAV 空拍資料進行高風險落石邊坡施工安全防護或針對地震、颱風等災害事件發生後，進行影像多期比對有無落下潛勢，相關成果亦有投稿至運研所主辦之第二屆領航盃應用組。

若未來能將相關邊坡資訊持續蒐集，建立大數據資料庫，並交由研究單位從中進行各項學理分析後，針對各式不同特性之邊坡，提供第一線養護單位後續管理及安全防護作為之建議策略，相信更能有效精準打擊。

### 四、針對本研究利用 AI 影像辨識技術結合多時期多尺度(UAV、航拍正射、SAR、衛星等))之空拍影像，達成邊坡裸露塌地範圍

### **自動圈選之目的，對於貴局是否有相關實務上之應用性？**

若可針對裸露地圈選計算面積、坡度再搭配現地地質資料前後期比對，概估後續崩積之土方量加值應用，對於災後搶通搶險合約預算編列、後續驗收階段等有相當大的助益。

目前土方量之估算方式有幾種，一是請專業測量人員來進行收方，二是看崩落土方的泥濘痕跡來預估，不然就是依廠商派遣車輛車次來預估是否合理，故這一塊利用 AI 來切入可協助本局各段減少因土方而起的爭議，有其實際應用性。

另外，若可針對影像判識出不同類型的邊坡，再搭配地調所環境地質圖和地面及地底觀測儀器，利用 AI 預測在多少雨量值下，可能崩落的範圍及量體，找出趨勢及關聯性，對行動門檻值或預警值的律定亦有其效益。

### **五、針對水土保持局的巨量空間資訊系統 BigGIS，貴局是否有介接相關資料或進行加值應用？**

目前無使用該系統或介接相關資料，現僅對於部分共治邊坡，會邀集水保局、林務局等相關單位共同開會研商。

### **六、針對貴局所轄管邊坡中是否有易致災邊坡路段或案例資料可提供？以做為未來蒐集影像或訓練量化判定之參考依據。**

針對大地滑，其位於 93.8K 及 69K 松茂處，其餘部分可提供本處工務段相關監測報告供參，若需要特定邊坡影像資料可再聯絡該段承辦同仁提供。



## 附錄二

### 專家學者座談會會議紀錄



## 交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：111 年 4 月 26 日(星期二) 上午 10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊會議)

肆、主持人：蔡立宏主任 紀錄：鄭登鍵

伍、出單位及人員：如後附簽到表

陸、審查意見：

### 一、朱金元委員

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 各年度甘梯圖之工作項目宜更精準。
2. 斷面試驗或現場橋址記錄河床變化、鼎型塊變位或流失情形，宜作三維之量化紀錄。
3. 斷面水槽試驗，建議每次試驗都能全程錄影，尤其在鼎型塊或地工織布即將變位或流失之過程，可於成果說明時清楚呈現。

(二) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 在 110 年合作計畫結束即研究擴大應用範圍，是很棒的計畫。
2. 建議對於執行現況探討可就前期研究沒處理的部分深入即可。
3. 加強前期研究成果推廣應用之執行情形，並研究如何精進，畢竟科技發展很快。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1. 相關 UAV 及山區道路崩塌研究，中心已有相當豐碩之前

期研究成果，宜先探討其執行應用情形。

2. 本研究對象建議以山區道路或東部地區易崩塌路段為主，較能突顯成果。
3. 除後續應用於巡查作業外，建議未來能朝預警機制建立等賡續進行。

#### (四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究

1. 本中心進行二十餘年持續性之腐蝕調查建置研究，支持繼續進行。
2. 原始資料紀錄越詳細越好。例如：樣本放置/收取/試驗時間，以作為後續分析使用。
3. 建議未來應用 AI 分析技術，作為後續不同地區金屬材料選用，構造物壽命評估及維護評估使用。

#### (五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 集中精力於相關新興科技應用案例，蒐集分析可行性應用評估，對於維護管理制度，檢查項目劣化標準等都有多年的探討，除非有必要才再花時間探討。
2. 檢測結果之自動辨識及判讀，後續維護之優先順序自動排序對於節省相關人力及提昇檢測精度可能更為重要。
3. 各項新興科技包括水下機器人都要在本計畫建置？從計畫經費概估表看不出來，如都用現成的東西，建議縮短期程。

#### (六) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 在原有之地理資訊系統(GIS)已有各種評估方法或液化潛勢評估方法，該系統已技術轉移給港務公司，如果有新的鑽探資料，應由港務公司人員自行建置資料，進行評估。
2. 如有更新的建築技術規則，也許可以增加此評估方法或調整相關參數進行比較。
3. 建議期程縮短，評估方法建立後，示範 1 個地點即可，其餘技轉給港務公司，自行建置評估。

## 二、王錦榮委員

### (一) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

P.19，本案在召開專家學者座談會，建議先找臺鐵員工巡查員座談，確認問題的癥結，及人工智慧辨識的重點，避免產生運用上之盲點。

### (二) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究

1. 建議仿照前期(108-110 年)，以每 3 年為一個研究年期進行長期調查及研究，除可建立更完整的材料腐蝕環境，並可分析各類金屬材料腐蝕變化，並藉此建立環境變遷對應材料腐蝕之變化。
2. 臺灣各港口之水質、環境均有明顯差異，建立各港均應有試驗站，以利比對，分析水質、環境差異對腐蝕之影響性，建立影響因子。
3. 建議增加教育訓練之場次，以利港務公司更多同仁了解研究成果及後續因應作為。
4. 建議長期可以制定一套臺灣金屬結構物(設施)全生命週期之防蝕、保養、維護管理手冊或規範。

### (三) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 本計畫對於未來港務公司執行各類港灣構造物之巡查檢測作業非常有助益，建議可否擴大研究規模，以縮短本研究計畫年期，例如:碼頭+防舷材，防波堤+海堤分兩年完成。
2. 港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準，感謝運研所先前協助建立，建議 111 年可以重新檢視更新，並導入科技巡檢，以利更準確掌握構造物之現況。
3. 未來檢測巡查導入新興科技應用是必然的趨勢，建議加速推動，港公司全力支援與配合，包括由港公司編列經費來擴大辦理。

### (四) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 臺中港近期正加速南填區之圍堤造地，建議一併納入評估，以做為後續工程設計之檢討參考。
2. 臺北港及高雄港，此兩港近期已有完成新填土地，建議此二港口之液化風險評估，可併在 112 年來辦理。

### 三、朱我帆委員

#### (一) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 本案 2 週前與本局機務單位會議，申請調用復興號車箱一輛，做為今年研究案系統模組化安裝測試，車箱之外觀、尺寸已經研究單位現場勘查確認，調用之車箱預計 5 月上旬可運至大甲站。
2. 因車箱前、後構造不同，為考量日後維修車兩側牽引之採作便利，請研究單位應以輕巧、拆裝方便、穩固為主。若裝設於車底，則以易於調整設備角度及更換設備為重點。
3. 待設備安裝於車箱後，可先日間於大甲站側線測試，如成效良好則可改為夜間於正線測試，相關期程請研究單位再與本段確認。
4. 本案初期以時速 60 公里為測試目標，請研究單位評估最高測試車速，本局再予研究是否可連掛於日間列車運轉測試。
5. 前案因裂縫缺失態樣製作不易，辨識效果受限，本年度請研究單位可再提升此功能之成效。

#### (二) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究

金屬材料腐蝕環境調查，因本局車站、橋梁均有相關結構，希能將其納入貴所之研究。

### 四、饒書安委員

#### (一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 第 1 年工作及後續年度規劃，請考量本分局大甲段實際於國道 3 號大甲溪橋之橋墩基保護工程，原預計定於 111 年

汛期前施工，惟考量目前現地主河道水量較大之施工便道目前較難施工，且整體施工工期約兩個月(P22~P23 及 P25-26 各約 1 個月)，將調整於今年汛期後(111.11~111.12)辦理施工，以上期程提供貴中心參考調整研究期程。

2. 有關計畫 111 年預計辦理之二維或三維之數值模擬水槽分析模型，建議未來可多蒐集相關文獻模擬成果。
3. 另外有關 UAV 結合攝影量測技術，後續相關成果希望可洽取供本段養護管理參考，作為兩機關合作成果。
4. 未來若有到現地因涉及國道主線安全，進場請先洽本局承辦人，除考量安全外並可提供本段橋梁承辦人共同參予研討並提升本同仁專業能力。
5. 最後還是肯定港研中心規劃 4 年度研究案，對於國道 3 號大甲溪橋墩保護工程的持續深入模擬與現地相互驗證，對於產官學合作建立良好機制。
6. 有關橋基保護工程分析模擬之成果，建議可辦理教育訓練提供本分局橋梁維護人員及顧問公司學習參考，或由本分局共同協助辦理及經費負擔。

(二) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 主要工作項目中，巡檢成效如何？前期成果中，人工智慧辨識成功率有多高？當前遇到的問題是辨識種類增加，還是準確率提高？
2. 各種入侵物的樣態中，如果沒有足夠訓練影像樣本，如何進行？

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

本研究若有需要，高速公路局大甲段可全力配合，不過裸露坍塌地國道目前較少，建議增納其他模式如局部滑移及改善比對等。

(四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究

有關金屬材料腐蝕環境調查建議可將國道 3 號竹南路段或和

美路段增列國道位置隔音牆設點納入長期觀測。

## 五、張志新委員

### (一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 有關保護成效觀測研究項目第一年到第四年的工作項目都是持續進行記錄周遭變化，鼎型塊流失情形。建議應多論述如何應用科研技術進行量化，量化頻率為何?量化範圍?並且在四年中有何進步的發展。
2. 第4年工作項目，本工法技術指引，該項工作沒有出現在第1~3年對應工作項目，若保護成效有限如何辦理技術指引與技術移轉?應經過如何的認證或是專利申請始可進行技術移轉?
3. 是不是僅限鼎型塊的應用?
4. UAV 對於水下紀錄如何克服?

### (二) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1. 本研究應釐清適用影像，若以計畫書相關需求建議以衛星影像為主較為合適。
2. 承上，衛星影像用於邊坡裸露判識已有前人研究之豐碩成果，建議應藉以此為基礎，再思考本案如何更強化及精準打擊。
3. 目前判識仍須結合現地地貌特徵，才能為崩塌地研判之可能，建議未來可思考如何解決及突破此問題。

### (三) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 前期成果為何?
2. 研究項目內容中 P.37 港灣構造物巡檢項目與劣化判定標準之彙整。從兩行的內容文字彙整既有巡檢項目、構件劣化標準。似乎是距離計畫執行還有很長的路要走?
3. 建議盡速釐清前述項目與標準，選擇適合的新興應用科技

作為技術提升的研發。

4. 除目前提出的方法外 InSAR 合成孔徑雷達影像適合於小位移變形的偵測可以嘗試看看。

#### (四) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 港區的液化風險不會有太大改變，會改變的是這些年新增設施，抗液化的風險或是易損性有不同，應朝向新增設備或設施抗液化風險評估及其對策研擬。
2. 經濟部中央地質調查所持續更新全臺液化潛勢，建議同樣是政府資源，可以採用中央地質調查所的系統新增鑽探資料，即可完成液化評估。

### 六、 許書王委員

#### (一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1. 橋基保護工法監測，應確保在需要監測時，相關設備均能使用。
2. 橋基周邊環境會隨降雨條件改變，此對於室內模擬或實驗是否應注意。

#### (二) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

P.37 新興科技應用於巡查檢測作業部分，由於港灣構造物其環境或有不同，對於研究時，建議針對不同環境最有利的科技產品應用，而不限於用單一科技應用於所有港灣構造物。

### 七、 鄭志宏委員

#### (一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

土工織布之耐久性為何?建議納入評估。

#### (二) 應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1. 建議可針對臺鐵的巡察需求，先檢討使用的設備，如小構件的巡查，以無人車巡查可能較符合需求，大範圍大面積巡查，可優先檢討無人機運用，它物入侵等緊急應變處理，

可考慮以 CCTV 搭配電子圍籬。

2. AI 辨識技術仍需要持續學習改善正確率，建議可納為持續研究討論改善正確率的做法。

(三) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與關聯性研究：

1. 建議團隊可考慮港口條件的特性，將生物影響及海象外力的影響列為變因來探討。
2. 港口金屬防蝕之工法，現階段常用鍍鋅工法、塗漆、鋁陽極塊等，其使用有一定的壽齡，因此如何提升使用壽齡，建議可納入本案研究。

(四) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1. 港灣構造物巡查檢測作業，以由運研所協助建置了線上使用系統，因此未來智慧化運用於巡查作業後，其巡查結果仍應納入該系統中管理，建議團隊研議如何讓系統互相結合，減少人為作業的程序。
2. 新興科技研究案例中，建議可將側掃聲納納入研究。本公司在研究水下 ROV 過程中，側掃聲納可在高濁度的環境下，取代高精攝影機的功能，傳回鋼板樁式碼頭及棧橋式碼頭的影像以供辨別。
3. 港口碼頭常附著生物蚌殼等，影響判別(版厚檢測需要先去除海生物才能執行)，建議可一併考慮如何解決。

(五) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1. 臺中港、高雄港、臺北港等，近期都有填海造地行為，造地材料常用均質、粉質砂岩等，且填築完成初期尚未完成壓密行為，容易發生液化及沉陷，建議此高風險區域可優先討論。
2. 查以前團隊報告，也一併調查及研究港口的沉陷情形，109 年的報告，又以布袋港沉陷最高，建議可併本案持續研究。

柒、 結論：

感謝各位委員提供本所相當寶貴之專業建議，請案關業務同仁將委員意見納入參採，以符合實際應用面，並提升研究成果之

廣度及實用性。

捌、散會：下午 12 時 10 分

### 會議簽到表

壹、會議名稱：本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：111 年 4 月 26 日(星期二)上午 10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

肆、主持人：蔡立宏主任 蔡立宏

伍、出席單位及人員：

出席單位	簽名
朱金元委員	
王錦榮委員	王錦榮(視訊)
朱我帆委員	朱我帆(視訊)
饒書安委員	饒書安(視訊)
張志新委員	張志新(視訊)
許書王委員	許書王(視訊)
鄭志宏委員	鄭志宏(視訊)

<p>本所港灣技術研究中心 柯正龍副主任</p>	<p>柯正龍</p>
<p>本所港灣技術研究中心 第一科</p>	<p>賴瑞應 張道光 謝幼屏 曾文傑 胡怡文 潘建明 黃子謙 鄭望鍵 莊凱迪</p>
<p>本所港灣技術研究中心 第二科</p>	<p>李俊穎</p>
<p>本所港灣技術研究中心 第三科</p>	<p>林雅雯</p>



## 附錄三

### 第 1 次工作會議紀要



# 111 年 6 月工作會議紀要

會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 1 次工作會議

時間：111 年 6 月 27 日(星期一)上午 9 時 30 分至 12 時 20 分

地點：視訊會議

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所港灣技術研究中心第一科

紀錄：莊凱迪

## 壹、討論議題/計畫名稱

### 一、工作進度說明

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

- 1.前期成果應用說明。
- 2.二維數值水理分析模式比較及文獻蒐集。
- 3.完成試驗區 UAV 觀測採購案。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

- 1.進行臺鐵局 5 項主要軌道檢查作業的檢查頻率、檢查內容探討。
- 2.綜整軌道巡查作業各檢查項目之檢查方法與維修處理方法，探討臺鐵局在軌道檢查上不同於高鐵、捷運之特性。
- 3.進行軌道巡查紀錄表分析，探討徒步(機車)查道、主管乘車巡查時主要檢查到的軌道問題，以及各項問題的發生頻率。

(三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-

### 影像蒐集及辨識演算法架構探討

- 1.航測技術比較及相關空拍影像取得管道和成本蒐整。
- 2.深度學習影像辨識技術探討。
- 3.卷積神經網路(CNN)架構探討。

### (四) 111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

- 1.大氣腐蝕因子調查與金屬材料現地暴露試驗，於 3 月 31 日已進行全島 111 年第 1 季大氣腐蝕劣化因子調查取樣，4 月 8 日已完成第 1 季金屬酸洗化學分析試驗，預計 6 月底完成第 2 季大氣腐蝕劣化因子調查取樣。
- 2.5 月 15 日完成 2021 年臺灣大氣腐蝕劣化因子調查年報。並提供中華民國防蝕工程學會產、官、學、研各界參用交流。
- 3.111 年 5 月 27 日完成投稿第 23 屆海洋與水下技術研討會，題目為「臺灣商港 2 年期水下金屬材料腐蝕調查研究」。

### (五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

- 1.整理與彙整港灣構造物維護管理機制。
- 2.港灣構造物巡查檢測項目與劣化判定標準之彙整。
- 3.持續蒐集國內外相關新興科技應用巡檢案例。

### (六) 港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

- 1.蒐集彙整液化評估法相關文獻。
- 2.5 月函文臺灣港務公司，蒐集臺中港近 10 年新建工程所增加之地質鑽探資料；6 月蒐集地調所臺中港地質鑽探資料。
- 3.初步完成臺中港地質鑽探資料盤點。

## 二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

### (一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

- 1.本案執行 2 維數值水理分析、斷面渠槽沖刷試驗及 UAV 現場拍攝評估地工織布成效，工作項目相當充實，後續請補充前述三者之相關性。
- 2.第三科有購置 MIKE-21 程式，可提供分析使用。
- 3.GoPro 之縮時攝影規劃因角度及流體混濁度可能影響拍攝成果，請思考因應對策。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

- 1.本案建議先針對人工智慧影像辨識可執行之項目先做篩選，再擇與安全性相關性較高之項目做深入探討。
- 2.在各項問題發生頻率分析之後，可將哪些項目對軌道安全影響較高、哪些較低整理出來，做為後續研究之方向。

(三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

水土保持局建置之 BigGIS 巨量空間資訊系統蒐整邊坡衛星、航拍及 UAV 等空拍影像，建議了解該系統操作流程及圖資影像介接使用方式，以供後續研究之參用。

(四)111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

- 1.請補充公務單位高速公路局應用臺灣腐蝕環境分類資訊系統之應用實例。
- 2.本所工業區試驗點及主要大氣腐蝕因子之關聯性討論。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

- 1.維護管理機制、巡查檢測項目與劣化判定標準之討論。
- 2.新興科技應用於巡查檢測作業，在港務公司目前應用的情形。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

- 1.地質鑽探資料盤點、篩選討論。

2.土壤液化評估相關方法討論。

3.後續報告內容的加強與補充討論。

## 貳、重點紀要/主要結論

### (一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

試驗區 UAV 觀測採購案已完成採購，後續至現場進行拍攝時，請同仁注意相關安全防護工作。

### (二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

本案目的以 AI 輔助臺鐵局巡查，可考量 AI 特性、臺鐵局的巡查設備、巡查方式、巡查需求等因素，評估後，先將不適合 AI 執行項目排除，再就 AI 可輔助項目做深入探討。

### (三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

請依研究標的決定採用之影像，並瞭解相關影像取得的難易，若無法符合研究需求，亦可考量自行或委外拍攝，以取得研究所需的圖資。

### (四)111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

請彙整臺灣工業區金屬材料與腐蝕劣化因子及氣象因素等環境因子資料，並於第 2 次工作會議進行說明。

### (五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1.後續請補充探討目前港務公司在新興科技應用於巡查檢測作業之項目。

2.在探討新興科技應用案例過程，請同步分析港務公司目前在巡檢之需求與執行上困難，以利後續精進巡查檢測作業。

### (六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

針對今年新增的臺中港區的地質鑽探資料，請於第 2 次工作報告呈現新、舊資料的分佈區域，以利瞭解其分佈，並探討是否能滿足臺中港區液化評估的需求，若有區域鑽探資料不足之處，可再洽詢臺中港務分公司索取。

### 會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 1 次工作會議

貳、時間：111 年 6 月 27 日(星期一) 上午 9 時 30 分

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

肆、主持人：蔡立宏主任 賴瑞琪 代

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
港灣技術研究中心第一科	副研究員 研究員 研究員 助理研究員 =	曾文輝 吳玟時 謝幼輝 張道光 胡哲文 莊凱迪 黃宇濤 王瑞源
港灣技術研究中心第二科		請假
港灣技術研究中心第三科	科長	林雅雯

許序琦  
 顏麗香  
 黃淑鈺  
 孫國夏

## 附錄四

### 第 2 次工作會議紀要



# 111 年 8 月工作會議紀要

會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 2 次工作會議

時間：111 年 8 月 29 日(星期一)上午 9 時 0 分至 12 時 10 分

地點：視訊會議

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

紀錄：鄭登鍵

## 壹、討論議題/計畫名稱

### 一、工作進度說明

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

- 1.近期保護成效觀測說明。
- 2.二維數值水理分析模式參數選用、模型建置及暑期工讀生協助與學習事項說明。
- 3.階段性成果應用說明。
- 4.後續研究項目說明。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

- 1.學習進行影像辨識的程式語言 Python，理解 AI 影像辨識程式實際執行與作業情形。
- 2.學習 AI 影像辨識的理論基礎、Yolo 模式架設、應用限制，做為評估各巡查項目應用 AI 影像辨識可能性的依據。

(三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1.影像取得管道說明。

2.深度學習網路模型探討。

(四)111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

1.8 月 8 日至 9 月 30 日進行全島及離島 111 年第 3 季大氣腐蝕劣化因子調查取樣及水下金屬第 5 年取樣作業。

2.彙整臺灣工業區金屬材料與腐蝕劣化因子及氣象因素等環境因子進行關聯性統計分析。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1.既有的港灣構造物的巡查檢測的項目與各構件劣化的判定檢測標準之探討。

2.新興科技應用港灣構造物巡查檢測之案例(UAV, ROV)之探討。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1.建置臺中港地質鑽探資料,包括:港研中心地工資料庫 168 筆、港務公司鑽探報告 155 筆、地調所地質資料庫 21 筆,共計 344 筆,並盤點、篩選可用資料共 311 筆地質鑽探資料。

2.完成不同地震情境下液化潛勢比較。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1.數值模式參數係延續先前計畫之試驗參數,相關文獻引用已有一段時間,可再持續蒐集比對更新。

2.數值模式各項參數可將參數敏感性分析之探討納入規劃考量。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1.今年研究重點在評估可擴大應用之軌道巡查項目,宜優先處理。

2.本研究重點在提出後續研究方向，影像辨識部分交由合作研究團隊去執行。

(三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-  
影像蒐集及辨識演算法架構探討

辦理執行計畫過程仍應以交通部利害關係人如：公路邊坡相關轄管單位，為後續執行應用及預期效益為主要評估對象。

(四)111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

1.工業區金屬腐蝕材料與環境因子關聯性統計分析討論(以彰濱工業區為例)。

2.後續報告內容的加強與補充討論。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1.維護管理設施之巡查檢測之構件劣化度判斷問題之討論。

2.新興科技應用於港灣構造物巡檢之案例補充。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1.土壤液化評估相關方法討論。

2.後續報告內容的加強與補充討論。

## 貳、重點紀要/主要結論

### 一、鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

數值模式為避免有 GIGO(Garbage in,garbage out)的情形，若有需要可適時安排尋求相關專家學者進行訪談與指導。

### 二、應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

請依期程完成各主要工作項目(如擴大應用之軌道巡查項目)，影像辨識理論與程式可再慢慢精進。

### 三、多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影

#### 像蒐集及辨識演算法架構探討

建議訪談公路邊坡管理單位或相關工程顧問公司等專家學者，以利了解相關應用需求和適合蒐集影像之場址。

#### 四、111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

建議透過統計結果及相關顯著性分析，建立腐蝕預測關係式，也可探討是否可套用於其他試驗站之可行性，另外，數據品質也需加強。

#### 五、港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

請探討新興科技應用於港灣設施巡檢作業之設施構件劣化度判定標準之適用性，並增加補充與比較新興科技之應用案例。

#### 六、港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

請補充舊的地震液化風險評估模式與新的評估模式 NCEER 法與 HBF 法之比較，以利瞭解其評估模式精進之處。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 2 次工作會議

貳、時間：111 年 8 月 29 日(星期一) 上午 9 時

參、地點：視訊會議

肆、主持人：賴瑞應科長(視訊)

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所港灣技術研究中心本部	副主任	柯正龍
本所港灣技術研究中心第一科	研究員 研究員  副研究員 副研究員 即課研究員	謝少輝 張道光 曹三偉 鄭登鍵 羅建明(視訊) 黃子騫
本所港灣技術研究中心第二科		請假
本所港灣技術研究中心第三科		林雅雯

顏研香



## 附錄五

### 第 3 次工作會議紀要



# 111 年 10 月工作會議紀要

採購/自辦案件編號：

會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 3 次工作會議

時間：111 年 10 月 25 日(星期二)上午 9 時 0 分至 12 時 10 分

地點：視訊會議

主持人：賴瑞應科長

出席者：如後附簽到表

紀錄：鄭登鍵

## 壹、討論議題/計畫名稱

### 一、工作進度說明

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1.近期保護成效觀測。

2.二維數值水理分析模式參數選用及數值模式臨界流速( $V_c$ )之探討。

3.階段性成果應用。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

1.分析徒步查道各巡查項目之危安問題肇因、潛在危安態樣及危安案例。

2.評估徒步查道各巡查項目採人工智慧辨識技術輔助巡查作業之可行性。

(三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

1.影像蒐集原則及資料庫建立。

2.專家學者訪談內容說明。

(四)111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

1.完成第 3 季大氣腐蝕氯鹽、二氧化硫化學分析及金屬酸洗試驗。

2.完成臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港等水下金屬試片銹層清除作業與金門料羅及水頭港水下金屬試驗片取樣作業。

3.工業地區金屬材料與腐蝕劣化因子關聯性統計分析說明。

(五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

1.新興科技應用港灣構造物巡查檢測之案例(UAV、ROV、AI、透地雷達)說明。

2.港灣構造物巡查檢測作業精進案例說明。

(六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

1.臺中港不同地震情境下液化潛勢分析。

2.臺中港不同地震情境下地震沉陷潛勢分布。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置

1.數值水理模式之斷面流量為均勻流或是穩定流，兩者流況不同，分析結果亦會不同。

2.請補充說明數值模式分析工具之詳細介紹，並於期末報告中呈現。

3.可嘗試分析探討於鋪設不織布下，對於臨界流速( $V_c$ )之影響。

(二)應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討

- 1.危安態樣分析可進一步就各項目產生的問題依嚴重性、發生頻率做風險分析。
  - 2.道床檢查、軌枕檢查，後續可考慮採用車載光達來輔助巡查。
- (三)多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討
- 後續可先找出易致災或高風險邊坡所在路段，再以該路段去蒐集其邊坡多期多尺度影像，以提升資料庫建立效率。
- (四)111年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究
- 工業區金屬材料與大氣腐蝕劣化因子之統計分析關聯性討論。
- (五)港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討
- 1.新興科技應用水下港灣設施的檢測問題。
  - 2.後續工作項目與報告內容。
- (六)港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進
- 1.臺中港不同地震情境下地震沉陷潛勢。
  - 2.後續報告內容的加強與補充。

## 貳、重點紀要/主要結論

- 一、鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(1/4)-數值水理分析模型建置
    - (一)應將甘特圖放入簡報中，以瞭解計畫執行進度，據以管控。
    - (二)建議製作研究過程相關成果影片，做為後續成果推廣、教育訓練、研討會...等活動展示使用。
  - 二、應用人工智慧辨識技術輔助臺鐵執行軌道巡查作業項目之探討
- AI除進行影像辨識外，亦可進行聲音、振動辨識，建議後續年度可將影像辨識與聲音、振動辨識結合，以達到更佳辨識結果。

三、多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(1/2)-影像蒐集及辨識演算法架構探討

建議未來參照訪談專家學者之內容，結合多期邊坡地貌比對並納入氣象、地質因子及地面監測儀器資料等，進行邊坡崩落類型及預測可能土方量之加值應用。

四、111 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與工業區關聯性研究

請彙整分析工業區金屬材料與腐蝕劣化因子及氣象因素等環境因子資料，並於期末報告進行說明。

五、港灣構造物巡查檢測作業精進(1/4)-新興科技應用於巡查檢測作業之探討

請加強新興科技應用於港灣設施巡檢的運用與維護管理巡檢作業精進的說明，並請掌握時效撰寫研究成果報告。

六、港區地震液化風險評估模式精進(1/5)-臺中港模式精進

請依據門檻加速度及高潛勢區面積，推估臺中港區之分區震陷量，俾提供更新臺中港地震簡訊災況初評內容。

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第一科 111 年自行研究計畫」第 3 次工作會議

貳、時間：111 年 10 月 25 日(星期二) 上午 9 時

參、地點：視訊會議

肆、主持人：賴瑞應科長 賴瑞應

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所港灣技術研究中心本部	主任	蔡立宏
	副主任	柯正靜
本所港灣技術研究中心第一科	研究員	甘敏文
	研究員	謝妙峰
	研究員	曾文傑
	研究員	張道光
	副研究員	張建明
	副研究員	黃宇全
	助理研究員	黃宇謙 <u>王瑞博</u> 顏師香
本所港灣技術研究中心第二科	科長	李玲娟
本所港灣技術研究中心第三科		請假



## 附錄六

### 期末報告審查委員意見處理情形表



## 期末報告審查委員意見處理情形表

項次	委員意見	處理情形
<b>饒書安委員</b>		
1	報告第 2-14~2-15 頁，水保局及運研所之航拍技術應用坡地案例請加註運用年份，後續各單位相關應用亦建議依運用年份排列，以利瞭解進程。另外建議加入航拍技術應用或監測地點等文字敘述。	已加入相關敘述於報告第 2-14~2-20 頁並依年份排列。
2	報告第 3-2 頁，提到之 GEE 平台建議標註英文全名及補充內容，同頁之 CNN 模型亦同，以及欲使用之深度學習框架 PyTorch、TensorFlow、Keras 建議加註文字補充說明用途。	相關專有名詞已標註全名，另深度學習框架內容已補充於報告第 3.8 小節。
3	報告引用大量文獻及資料，建議調整編排或於該專有名詞第一次出現時即予以概括說明，閱讀時應較為通順有條理。	考量本研究為兩年期計畫，故將原第三章研究方法與步驟之內容，移至人工智慧應用於影像辨識技術探討及影像蒐集及探討比較章節後再行敘明，以達整體報告閱讀一致性。
<b>呂正安委員</b>		
1	多時期、多尺度之邊坡影像變異，有助養護單位掌握坡地的健康狀況，預先掌握徵兆並採取相應措施，有益邊坡穩定及用路安全，十分肯定本研究目的。	感謝委員肯定。
2	本研究之影像蒐集，以交通部而言，近年各局處皆有發生些許邊坡災害案例，而邊坡管理制度的推行亦行之有年，故建議可優先以交通部邊坡管理單位既有圖資、第一線完整災害調查報告做為蒐集及學習，若尚有未足，水保局亦有相關坡地災害調查報告可參考。	經專家學者實務訪談後已初步了解交通部邊坡管理單位之空拍圖資蒐集流程，再考量研究目的、適用性及成本後，將依委員建議方式進行影像蒐集，以供後續模型訓練之用。

3	<p>報告第 4.8 節小結部分提到將以淺層 CNN 模型來進行辨識，建議補充相關國內外文獻佐證此想法可達到本研究之目的，以避免虛功。</p>	<p>相關 CNN 模型應用於坡地之案例將會持續蒐集並納入第二年期報告之文獻回顧中，以強化論證。</p>
4	<p>報告結論與建議提到可以本研究為基礎發展增值應用，以下提出相關建議供所裡參考發想：</p> <p>(1) 可朝目前坡度分級制度切入，結合人工智慧掌握邊坡崩塌危害度。</p> <p>(2) 就已發生災害邊坡，可搭配該邊坡物理量(面積、坡度、變化量等)，與氣象資料做更進一步的比對，更甚者以即時監測資料回傳進行人工智慧判識，即時概估危害度及崩塌機率評估。</p> <p>(3) 交通部舉辦之無人空拍機應用比賽，有許多優秀參賽者及增值應用案例，可參考並從中汲取經驗及策略。</p>	<p>本研究執行過程會持續了解新興科技及技術結合現行公路邊坡管理單位之防災流程的適用性，以及未來可行之邊坡管理增值應用。</p>
<b>張庭榮委員</b>		
1	<p>本研究為兩年期，本年度主要工作為文獻回顧、專家學者及實務單位探訪、多期多尺度影像蒐集及探討比較及深度學習框架及神經網路模式探討，報告中已詳述上述內容，惟文獻回顧部分尚未對本研究相關應用議題進行回顧，建議明年度可加入更多應用案例回顧。</p>	<p>相關 CNN 模型應用於坡地之案例將會持續蒐集並納入第二年期報告之文獻回顧中，以強化論證。</p>
2	<p>本研究欲使用多尺度空拍影像進行邊坡地貌變異判識，以深度學習影像辨識而言，可能會有以下課題需克服：</p> <p>(1) 進行訓練前通常會先正規化影像到相同解析度，如果多尺度</p>	<p>經成本、取得來源、適用性及目的性等綜合評估後，影像類型將以多時期 UAV 空拍影像為主，並優先以交通部邊坡管理單位既有圖資做為蒐集及學習。</p>

	<p>資料要同時進行訓練，首要考量不同影像間自身解析度差異。</p> <p>(2) 同尺度但因所搭載感測器不同，其所拍攝的影像，在本質之顏色跟特徵的清晰程度都不盡相同。</p> <p>(3) 原始影像常因日照方向、陰影等不同，會先校正及美化後才放於圖資平台展示及販售，故即使同一地點同一儀器所拍攝之多時期影像亦會產生些許差異。</p>	
3	<p>綜上，本研究議題為探討多期多尺度影像以深度學習的方法邊坡地貌變異方法，惟依實務經驗判斷此議題範圍太廣、太深，以自辦計畫而言，建議縮小範圍並再界定清楚研究方向後進行下一年度探討，較為可行。</p>	<p>後續規劃聚焦現行公路總局對高風險邊坡之監測管理辦法，並針對公路總局山區路段做案例重點監控邊坡之 UAV 空拍影像進行蒐集，以做為後續 AI 訓練之資料集。</p>
<b>賴瑞應委員</b>		
1	<p>報告文獻回顧、人工智慧應用、不同尺度影像特色及蒐集取得管道之說明完整，值得肯定。</p>	<p>感謝委員肯定。</p>
2	<p>報告第 5.3 節影像初步蒐集情形，請補充說明今年已完成多少張的影像蒐集。</p>	<p>已於報告 4-13 頁補充說明。</p>
3	<p>建議後續年度能參採委員經驗，針對公路總局山區路段做案例研究，以利研究聚焦。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<b>李俊穎委員</b>		
1	<p>報告內已進行訪談、文獻回顧、技術及影像來源評估等，蒐集資料完整具參考性。</p>	<p>感謝委員肯定。</p>
2	<p>建議在本文內擷取附錄一訪談紀錄</p>	<p>已於報告 2-15、4-12、5-1 及 5-3 頁</p>

	之適當內容，做為相關評估依據。	擷取部份訪談內容進行論述。
3	報告第三章似乎為本計畫兩年期之整體作業流程，建議考量排序到第五章後評估研究方式及影像後再行說明，或在第五章後呈現。	考量本研究為兩年期計畫，故將原第三章研究方法與步驟之內容，移至人工智慧應用於影像辨識技術探討及影像蒐集及探討比較章節後再行敘明，以達整體報告閱讀一致性。
<b>林雅雯委員</b>		
1	報告第 3-1 頁之圖 3.1，應更新為今年度規劃流程圖，若要表示兩年期流程，建議調整章節編排順序。	考量本研究為兩年期計畫，故將原第三章研究方法與步驟之內容，移至人工智慧應用於影像辨識技術探討及影像蒐集及探討比較章節後再行敘明，以達整體報告閱讀一致性。
2	建議可再針對邊坡利用深度學習判釋之研究做文獻蒐集並研析，並說明為何選擇 VGG16 及 VGG19。	相關 CNN 模型應用於坡地之案例將會持續蒐集並納入第二年期報告之文獻回顧中，以強化論證。

## 附錄七

### 期末報告簡報資料



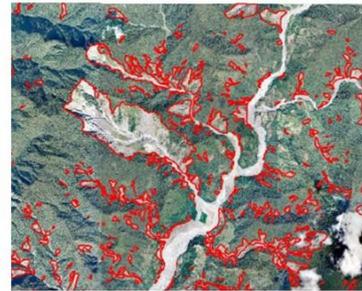


## | 簡報大綱

- 1 研究緣起與目的
- 2 研究對象與方法
- 3 研究內容說明
- 4 結論與建議

## 研究緣起與目的

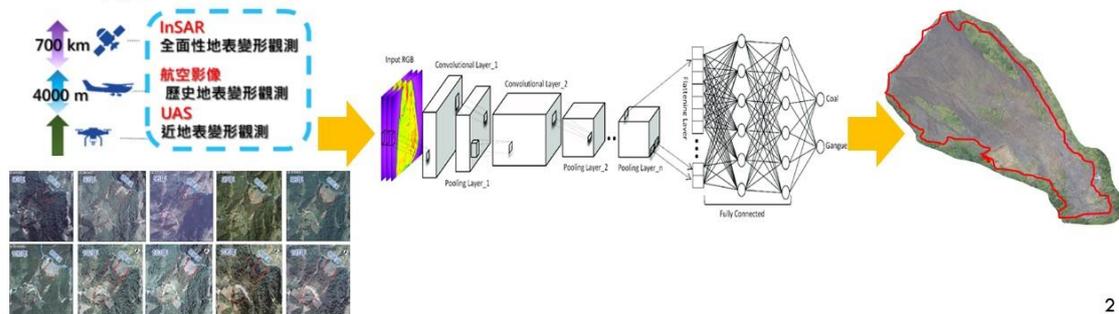
- ◆ 研究緣起
- ◆ 交通部111年度施政計畫：應**加強**結合5G、**AI**等**新興科技應用**，實現智慧交通數位轉型。
- ◆ 2020年版運輸政策白皮書：應用**AI**、**UAV**及**遙測技術**於**鐵公路巡檢或監測**。
- ◆ 公路總局第三區養護工程處，針對台20線桃源勤和至復興路段及台29線那瑪夏至五里埔路段，進行水文地質長期穩定性評估，評估報告利用衛星影像進行地貌判識，惟**使用人工圈選**，故思考**深度學習**介入**自動判識**之**可行性**。



1

## 研究緣起與目的

- ◆ 研究目的：本研究探討應用**AI**技術結合**多時期**、**多尺度**之**邊坡空拍影像**進行**邊坡地貌判識**之**可行性**，並希冀藉由新興科技及技術之探討，於**未來後續研究**上，能**達成地貌判識**、**裸露塌地範圍自動圈選**及**土方量體判定**等**加值應用**，以利公路邊坡管理單位之日常巡查作業及災後復原工作更加便捷快速。

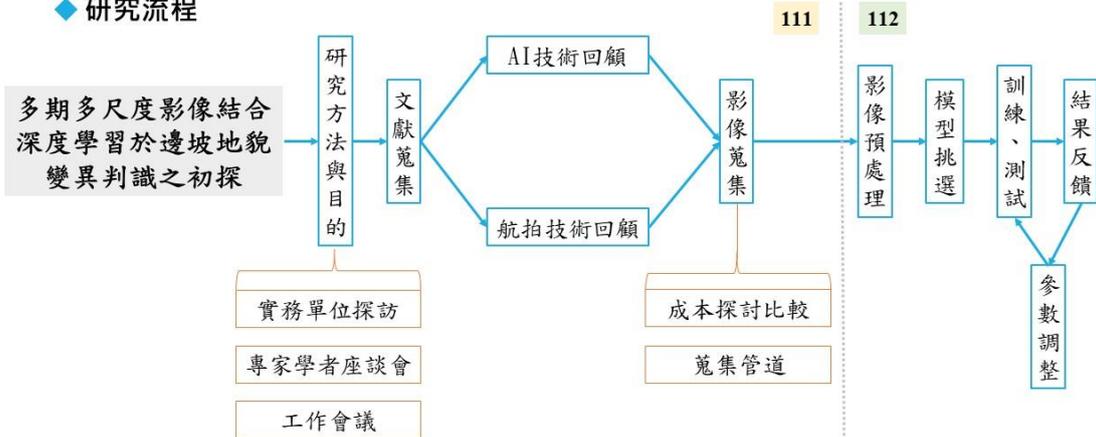


2

## 研究對象與方法

◆ 研究對象：交通部公路總局、高速公路局轄管之公路邊坡。

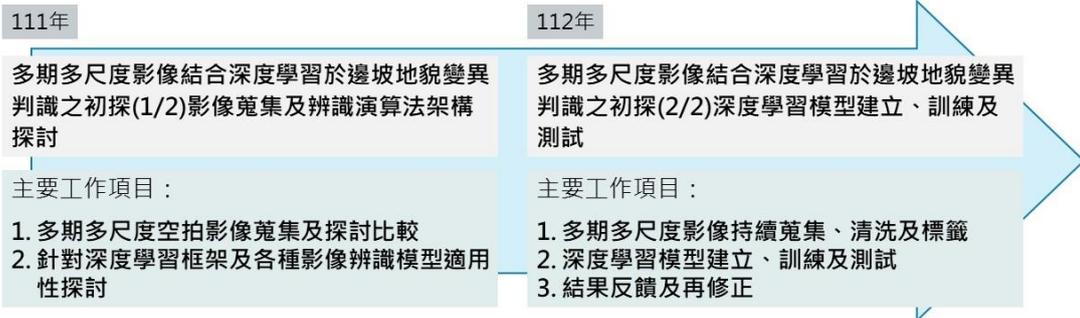
◆ 研究流程



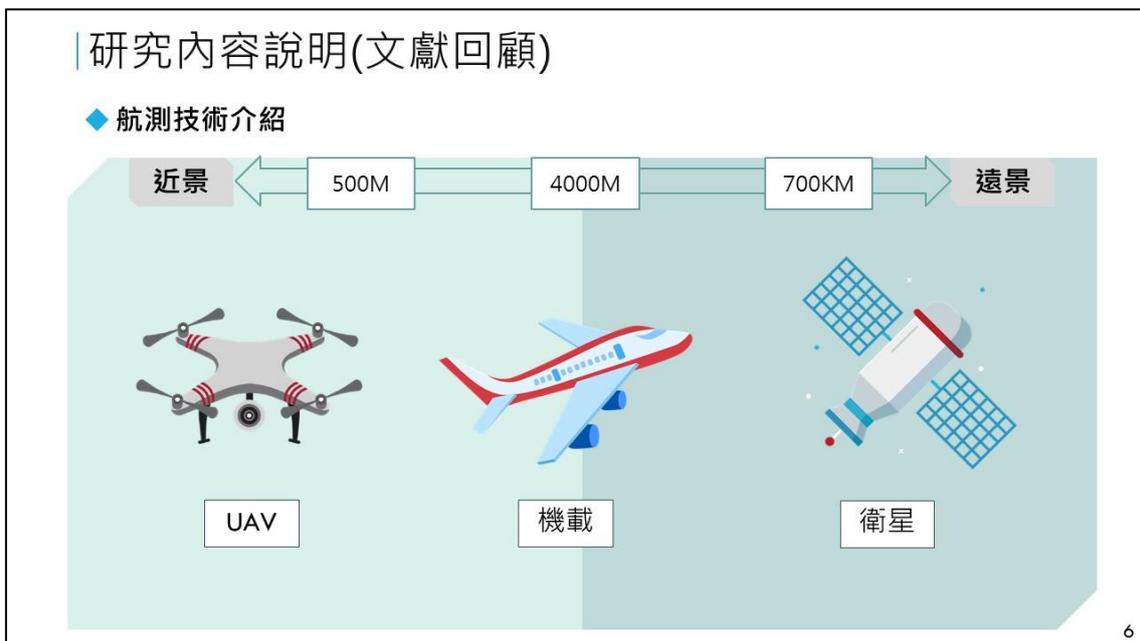
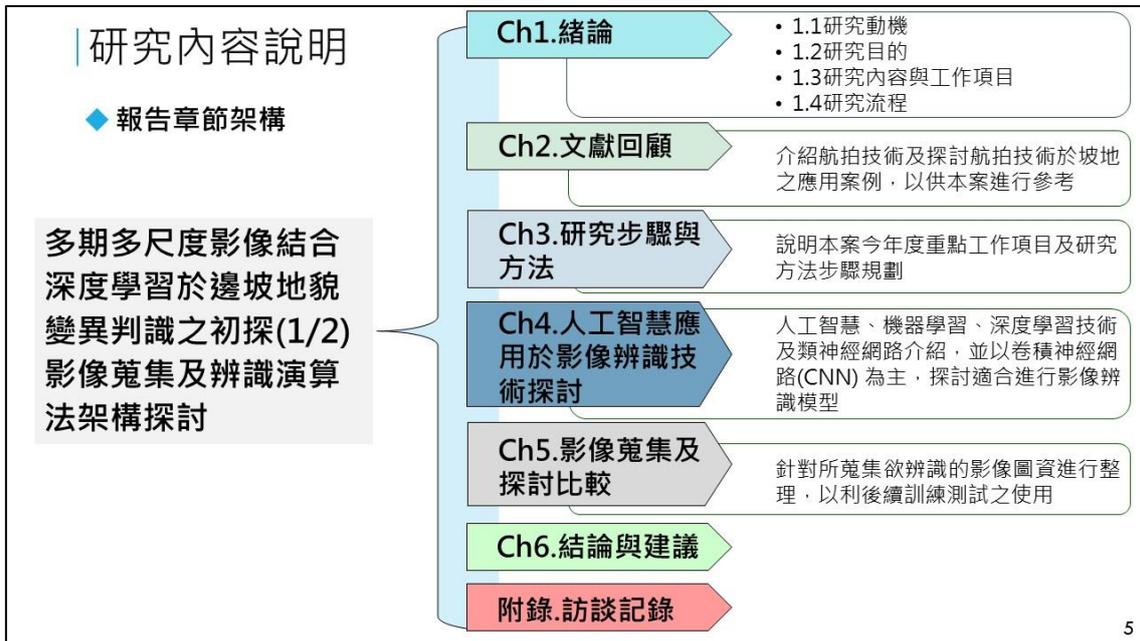
3

## 研究對象與方法

◆ 研究方法與工作項目



4



## | 研究內容說明(文獻回顧)

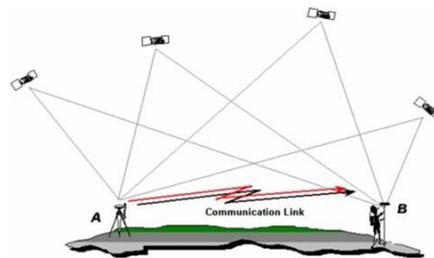
- ◆ 無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle · UAV)
- ◆ UAV具有移動便捷性，可達人力難以抵達或較難進入的空間進行作業，且可擇定機型、客製酬載等，以達到所需之精度及作業需求，目前已廣泛運用於記錄、探查、搜救、載運等各面向。



7

## | 研究內容說明(文獻回顧)

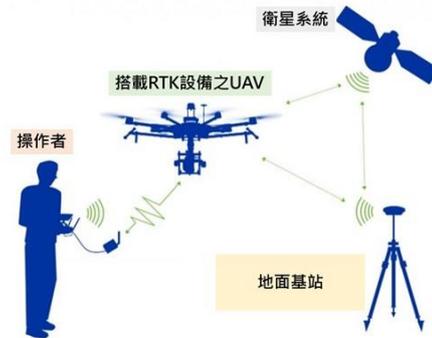
- ◆ 實時動態技術(Real Time Kinematic · RTK)
- ◆ 一種利用全球導航衛星系統(GNSS)，由具接收器功能之**基站**(或稱固定站、參考站，base)持續接收衛星資訊(經度、緯度和高度)，並利用通訊儀器，將資訊不斷傳送至**移動站(rover)**，相關資訊透過**差分(differential)**解算後，即可在移動站移動時，即時獲得精確的定位坐標，**達到高定位水準**。



8

## 研究內容說明(文獻回顧)

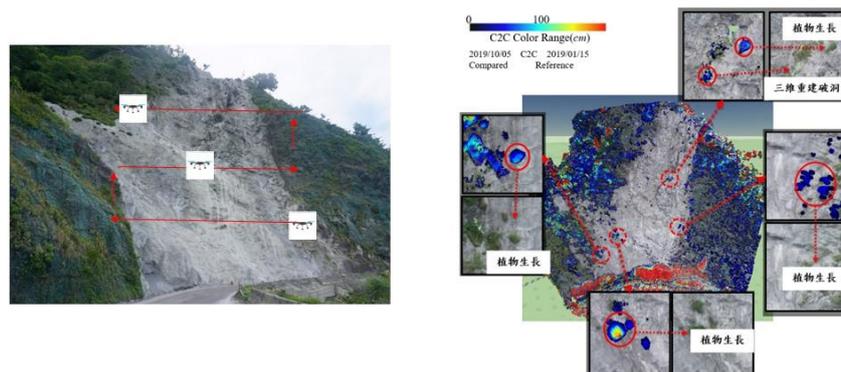
- ◆ 傳統RTK技術因受**傳輸範圍**(約10km內)限制及需**即時且穩定之訊號**(4G/5G)，以及**人力不足問題**(至少要2人以上操作)等，故發展出應用**虛擬基站**(Virtual Base Station，VBS)之RTK技術，簡稱**VBS-RTK**。
- ◆ **UAV搭配RTK相關技術**，則可利用地面基準站及搭載於載具上之移動站，不停接收來自衛星的無線電波，地面基準站再透過相關通訊設備傳送觀測資料至載具上，移動站可藉由差分計算，**獲得即時且精準定位座標**(可達公分級)，做為更細緻之空拍應用。



9

## 研究內容說明(文獻回顧)

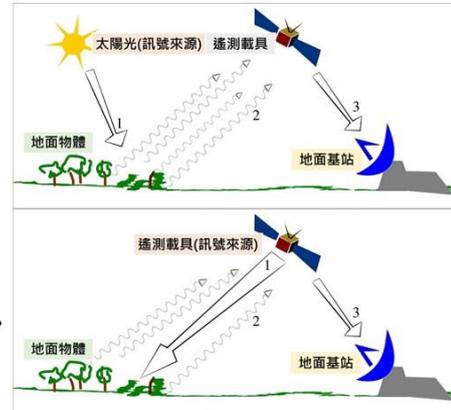
- ◆ 視覺攝影測量技術(Visual Photogrammetry)
- ◆ 可利用UAV及相關軟體設定航線軌跡、快門時間、相片重疊率等，並搭配攝影測量技術例如：稠密點雲(Dense point cloud)，完成三維模型表面重建。



10

## 研究內容說明(文獻回顧)

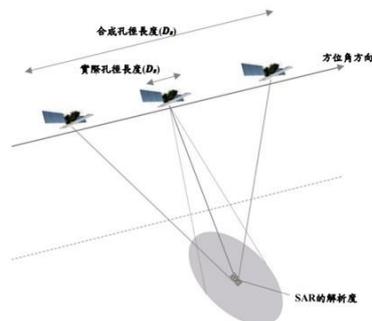
- ◆ 遙測技術(Remote Sensing)
- ◆ 廣義定義：不經接觸而取得物體、地區或現象之資訊的技術。
- ◆ 依載具區分：機載、星載。
- ◆ 依搭載感測器區分：合成孔徑雷達(SAR)、光學雷達(LiDAR)
- ◆ 依成像方式區分：主動式成像、被動式成像。



11

## 研究內容說明(文獻回顧)

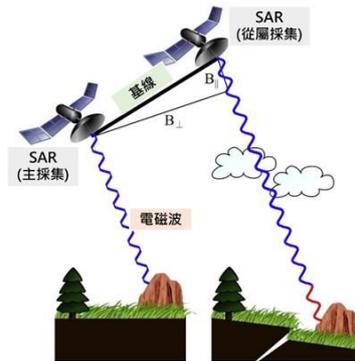
- ◆ 合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar · SAR)
- ◆ 一種微波成像雷達，使用波長 $1\text{m} \sim 1\text{mm}$ 微波做為探測電磁波，並以機載或星載方式產生高解析度影像，且不受日夜天候影響的主動式遙測系統。
- ◆ 常見的SAR衛星：TerraSAR-X(德國，解析度： $1\text{m}$ )、RadarSat-2(加拿大，解析度： $1\text{m}$ )。



12

## 研究內容說明(文獻回顧)

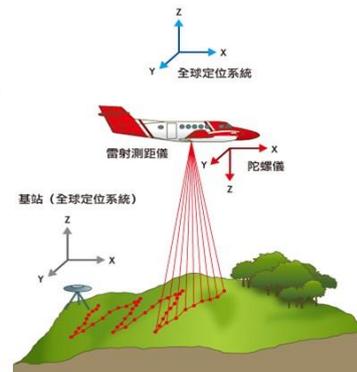
- ◆ 干涉合成孔徑雷達(Interferometric Synthetic Aperture Radar · InSAR)
- ◆ 利用兩個或多個SAR，在同個範圍和相似的制高點但不同的時間點進行拍攝，藉此蒐集資訊並生成地表變位或數值高程地圖



13

## 研究內容說明(文獻回顧)

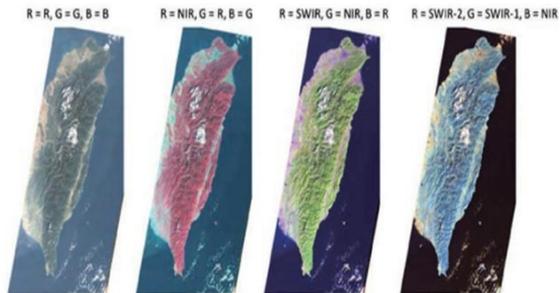
- ◆ 光學雷達(Light Detection And Ranging · LiDAR)
- ◆ 藉由雷射發射器所發出的脈衝雷射光，由載具射出至地面上，打到植生或建物後引起散射和反射，一部分光波會經由反向散射返回到載具上的接收器中，將光信號轉變為電信號記錄下來，同時由搭配的計時器，記錄同一個脈衝光信號由發射到被接收的時間 $T$ 。這樣就能夠得到載具到目標物的距離 $R$ ， $R=C*T/2$ ，其中 $C$ 表示光速。
- ◆ 空載光達具有大面積探索、高精度、高密度及快速產製之優勢，現今空載光達技術透過GPS和基站的差分校正，可將誤差值縮小至2cm左右，影像解析度可達到公尺-公分級。



14

## 研究內容說明(文獻回顧)

- ◆ 光學遙測衛星
- ◆ 固定航道及高度運行，並以所搭載的**光學系統被動接收物體反射回波**，藉以收集各種資訊，因此，受限於天氣及環境因素，**無法達到穿透雲層、煙霧以及全天候觀測之作業**。
- ◆ 可利用所搭載之**成像儀及熱紅外線感測器等**，取得包含原始地表、可見光近紅外光(NIR)、短波紅外光(SWIR)、熱紅外光(TIR)等不同波段光之影像，藉此對**不同表面物體有不同波段光的反射特性**，進行各式觀測應用。



15

## 研究內容說明(文獻回顧)

- ◆ 國內外常見光學遙測衛星介紹
- ◆ Landsat衛星
  - ✓ 美國國家航空暨太空總署(NASA)及美國地質調查局(USGS)之聯合計畫所發射。
  - ✓ 自1972年發射第1顆以來，目前已發射8顆(1~5及7已除役、6發射失敗)，**現為Landsat-8、Landsat-9對地球進行持續觀測**。
  - ✓ Landsat-8、Landsat-9兩顆衛星**運行週期約為每16天一次**，並分別存在約8天的偏移，其他如：波段、分辨率及運行高度兩顆衛星都相近，但Landsat-9衛星輻射解析度相比Landsat-8衛星較高，故可更細緻偵測地表變化。
- ◆ Sentinel衛星
  - ✓ 為**歐盟委員會(European Commission)**與歐洲太空總署(ESA)共同合作執行開發。
  - ✓ 自2014年第一次發射用於全天候雷達圖像觀測之Sentinel-1(SAR衛星)後，陸續尚有用於高分辨率光學圖像之**Sentinel-2**、適用於海洋和陸地環境數據監測之Sentinel-3以及用於空氣品質數據監測之Sentinel-5衛星等。

16

## 研究內容說明(文獻回顧)

### ◆ SPOT衛星

- ✓ 為法國國家太空研究中心(CNES)自1986所發射。
- ✓ SPOT-6和SPOT-7衛星每天可提供60 x 60公里幅寬，分辨率10米以下的衛星影像。

### ◆ 福爾摩沙衛星

- ✓ 福爾摩沙衛星二號(福衛二號)是我國自主擁有的第一枚遙測衛星，自2014年發射升空，高度約為891公里，繞行地球週期約103分鐘，每日兩次通過臺灣上空。
- ✓ 其酬載儀器為遙測照相儀，可拍攝全色態、多光譜影像波段，對地面分辨率：黑白影像2公尺，彩色影像8公尺，影像拍攝圖幅最小可達24 x 24公里。
- ✓ 福爾摩沙衛星五號(福衛五號)是我國第一顆自製高解析度的光學遙測衛星，自2017年發射升空，繞行軌道高度約為720公里，繞行地球週期約99分鐘，每兩天通過臺灣上空一次。
- ✓ 主要光學遙測酬載包含光學取像儀(Telescope)、CMOS影像感測器及相關電子元件，可提供2公尺分辨率的全色態和4公尺分辨率的多波譜彩色影像，影像拍攝圖幅為24 x 24公里。

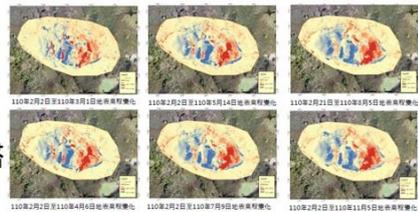
17

## 研究內容說明(文獻回顧)

### ◆ 文獻回顧 — 航拍技術於坡地之應用

- ◆ 交通部運輸研究所與公路總局先於前期佈設控制點，再利用UAV飛航規劃及定時拍照功能，拍攝連續且重疊之邊坡影像，並將邊坡三維影像重建並進行點雲差異分析，再利用多期稠密點雲影像的套疊，顯示出兩期邊坡的變異區域，並以不同色階進行展示，藉以判讀變位情況。

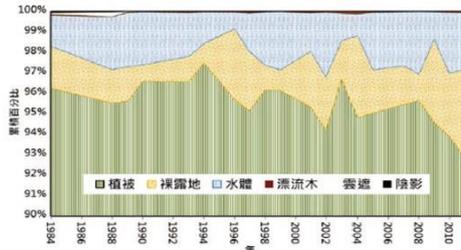
- ◆ 水土保持局以UAV進行多時期正射影像拍攝，搭配高精度衛星定位儀獲取地面控制點三維座標，再利用質點影像測速法(Particle Image Velocimetry, PIV)，藉以比對桃園市光華大規模崩塌潛勢區，不同時期正射影像的地表位移。



18

## 研究內容說明(文獻回顧)

- ◆ 國家災害防救中心蒐整1972年至2011年間**Landsat**系列衛星影像，藉由地表覆蓋對於不同波段光之反射，來**分析**曾文水庫集水區之**山坡裸露地**、**植被**等。



- ◆ 經濟部中央地調所應用**空載光達**獲取高精度數值地形資料，並將其**應用於大規模崩塌判識**以及山坡地崩塌事件後之**土砂體積估算**。
- ◆ 桃園市政府養工處針對轄區邊坡災害熱區，提出多尺度空拍影像方案進行災害研判，大尺度部分利用**SPOT**系列衛星影像**搭配AI**進行崩塌判識。

19

## 研究內容說明(文獻回顧)

- ◆ 交通部公路總局2018年推動「**邊坡定性定量分級暨進階檢測圖資建置計畫**」，在原本**A、B、C、D**四個等級的邊坡分類下，利用「**落石災害評分系統(RHRS)**」的**10項**評估因子，針對分級**A、B**之不穩定徵兆邊坡再進行**1~5**級距之細部分類，並明訂應用**航拍技術**輔助邊坡巡查。

邊坡分類	2年內 災害紀錄	5年內 災害紀錄	護坡設施	邊坡 不穩定徵兆
A	有		復(興)建中	明顯
B	有		無法設置	疑似
C		有		無
D		未有		無



危險程度	空拍監測作為
3 (中)	UAV
4 (中高)	UAV、LiDAR 或其他遙測科技設備判識技術
5 (高)	UAV、LiDAR 或其他遙測科技設備判識技術

20

## 研究內容說明(人工智慧應用於影像辨識技術探討)

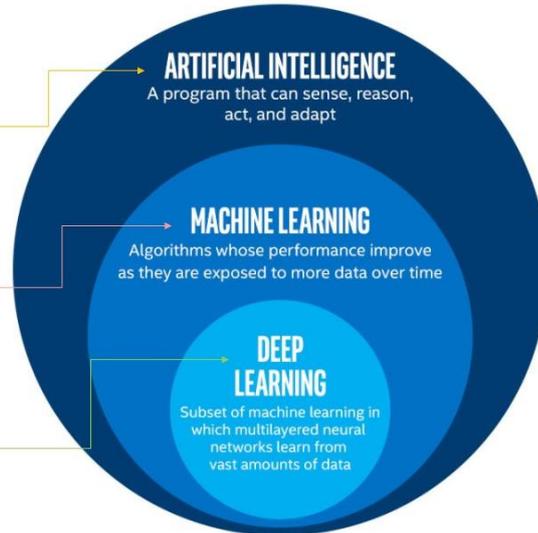
### ◆ 人工智慧、機器學習、深度學習

人工智慧即是利用**人為編寫電腦程式**，去**模擬出人類智慧行為的過程**。

人工智慧之父約翰·麥卡錫

機器學習屬於**實現人工智慧**的一個途徑或解決問題的一種**手段**，利用相關數據或資料，經由合適演算法學習後，給予相應之答案。

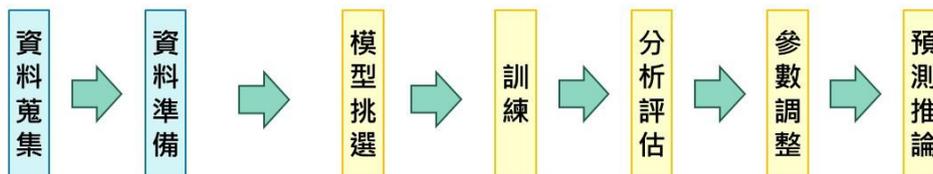
在機器學習中，**專門利用深度神經網路(deep neural network)做為學習演算法**，即稱做深度學習。



21

## 研究內容說明(人工智慧應用於影像辨識技術探討)

### ◆ 機器學習流程



包含資料儲存、清洗、整合、減量、格式轉換、標記...是機器學習最耗時、耗工的階段，但卻是不可忽略且決定結果成敗的關鍵

**garbage in, garbage out**

根據影像辨識、異常偵測、迴歸、語意分析等任務目的不同，以及運行設備、資料集大小、記憶體容量、訓練時間、參數量、精確度.....等等，來挑選合適的學習模型(演算法)，方能得到較為理想的結果。

22

## 研究內容說明(人工智慧應用於影像辨識技術探討)

### ◆ 機器學習 vs 深度學習

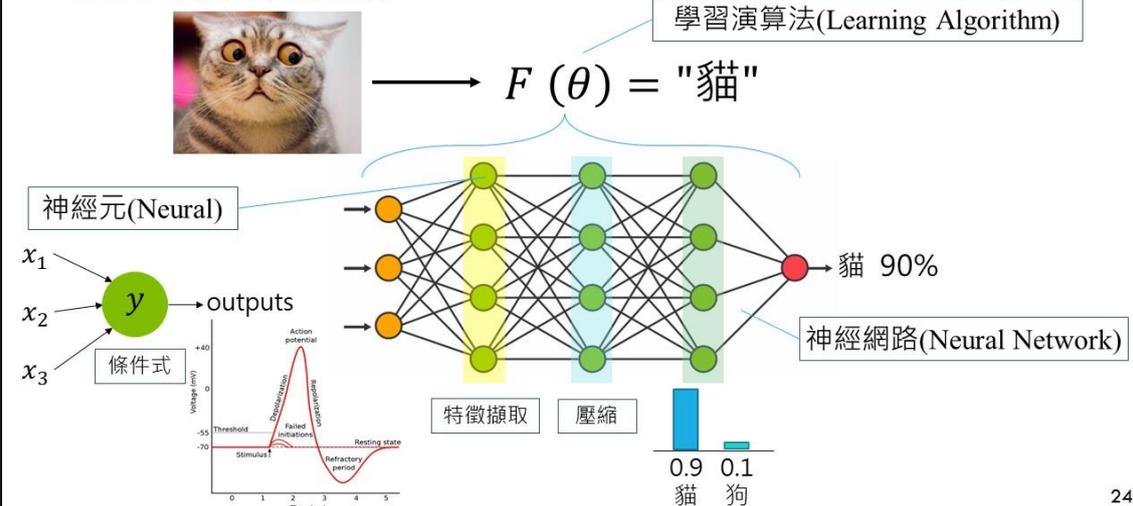
	機器學習	深度學習
資料量	可使用少量資料進行預測	需要使用大量定型資料進行預測
硬體效能	可於較低階機器上進行運算，不需要強大計算能力	因執行大量的矩陣乘法運算，故需依賴高階機器
特徵擷取	由使用者正確地識別並建立特徵	由模型透過資料學習，自行建立特徵
執行時間	花相對較少的時間	花相對較多時間
輸出	通常為數值	多種格式，例如：文字、影像聲音等等



23

## 研究內容說明(人工智慧應用於影像辨識技術探討)

### ◆ 深度學習之類神經網路

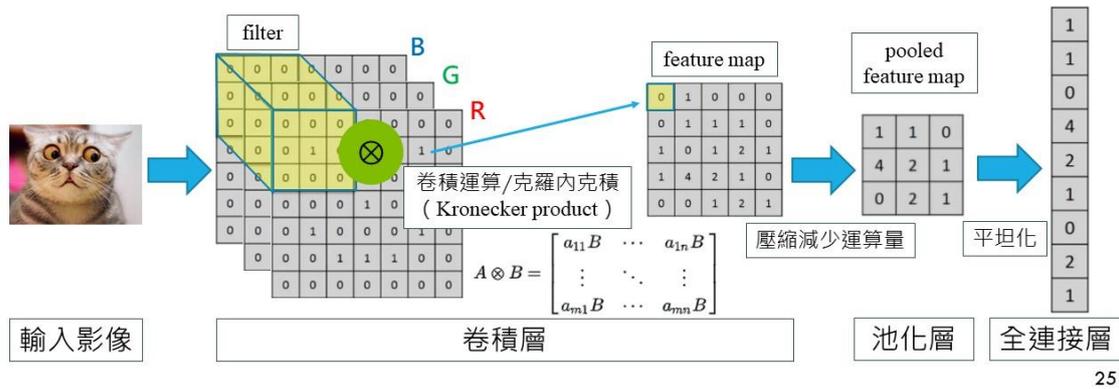


24

## 研究內容說明(人工智慧應用於影像辨識技術探討)

### ◆ CNN卷積神經網路(Convolutional Neural Network · CNN)

- ✓ 於影像辨識廣泛應用
- ✓ 由卷積層Convolution Layer + 池化層Pooling Layer + 全連接層Fully Connected Layer組成



25

## 研究內容說明(人工智慧應用於影像辨識技術探討)

### ◆ CNN架構之模型介紹1

模型名稱	發表人	提出年代	模型特色
AlexNet	Alex Krizhevsky 等3人	2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 模型使用5個卷積層(部分卷積層後方接上池化層)、3個全連接層</li> <li>◆ 使用ReLU做為激發函式，並搭配2個GPU進行併行運算，提升速度，還有利用 data augmentation技術及dropout技術避免過擬合</li> </ul>
VGG	牛津大學	2014	使用了較小(3x3)的卷積核和更深層的神經網路(11、13、16、19層)，也證明此做法可得到更好的結果
GoogLeNet	Google	2014	具有局部拓撲(topological)的網絡結構，除了可更好取得影像特徵細節外，亦能降低影像維度而有效減少參數量
ResNet	Kaiming He 等4人	2016	使用殘差神經網路並還考量了跨層的輸入值，創造一條新的直連通路，在解決神經網路加深所衍生的困境上有極大貢獻，自此以後，深度神經網路模型訓練層數，從數十層演變到了上百層

26

## 研究內容說明(人工智慧應用於影像辨識技術探討)

### ◆ CNN架構之模型介紹2

模型名稱	發表人	提出年代	模型特色
DenseNet	Gao Huang 等4人	2018	改良ResNet模型，減輕梯度消失問題、強化特徵傳播及重複使用(feature reuse)以大幅減少參數量
EfficientNet	Mingxing Tan等2人	2019	提出了一複合式模型比例縮放(compound model scaling)公式，使用簡單但高效的複合係數，以固定比例方式有系統地調整CNN模型的深度、寬度及輸入影像解析度(resolution)，來獲取模型更好的性能

- ◆ 理論上，深度越深(層數越多)的模型可得到較好的訓練成果，惟參數量亦會跟著提升，致使模型更為複雜、難以收斂，故需要結合任務目的及領域專業知識，嘗試不同類型的模型，方可能得到「相對」好的訓練成果。
- ◆ 依照本研究蒐集之資料數量，加上考量用來進行類神經網路模型訓練學習之硬體設備資源有限，以及資料標註時間和人力成本等，將以淺層CNN模型例如：VGG16、VGG19來進行影像的辨識，以減少參數量和運算時間

27

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

### ◆ 空拍影像取得管道1

### BigGIS巨量空間資訊系統



- WebGIS無須安裝任何軟體，透過瀏覽器直接線上操作
- 逾1.5萬幅多元衛星影像、逾6.5萬張航空照片、逾2萬幅UAV空拍成果
- 開發線上分析工具，降低遙測應用門檻
- 影像加值應用，成果快速共享，輔助決策系統
- 提供API圖磚影像共享，鏈結多方資源

資料來源：111年4月27日水土保持局航遙測及監測資料共享與交流推廣說明會-BigGIS遙測影像資源整合與加值應用 28

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

### ◆ BigGIS內提供之圖資：

#### 1. 衛星影像

- Landsat-8及Landsat-9(美國，解析度15公尺，週期8天)
- Sentinel-1雷達衛星(歐洲，解析度10公尺，週期12天)
- Sentinel-2光學衛星(歐洲，解析度10公尺，週期5天)
- 福衛二號、福衛五號(臺灣，解析度2公尺，週期1年)
- SPOT(法國，解析度1.5~10公尺，週期1年)
- Pléiades(法國，解析度0.5公尺，無特定週期及區域)



2. 航空照片(主要來自農林航空測量所以及各縣市提供，地面解析度約0.25~0.5公尺)

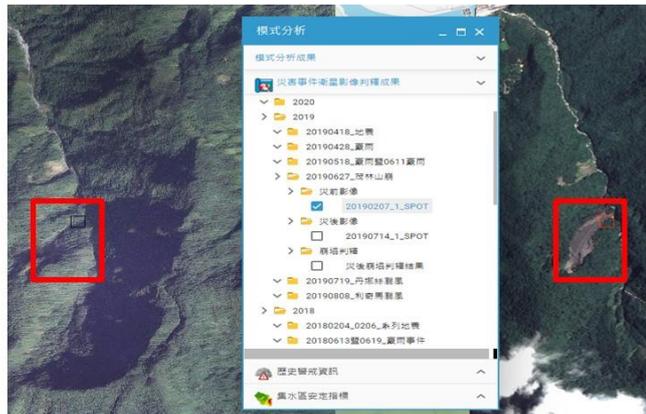
3. UAV空拍成果(主要來自水保局以及相關單位提供，地面解析度約0.5公尺以下)

29

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

### ◆ BigGIS功能：模式分析

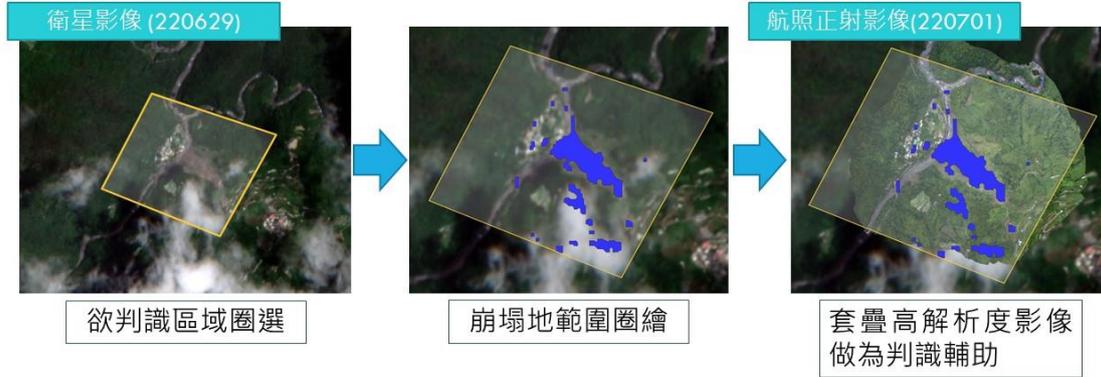
- ◆ 本功能主要整理期系統內2013年至今之重大災害事件前後期衛星影像，提供使用者進行比較及判識。



30

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

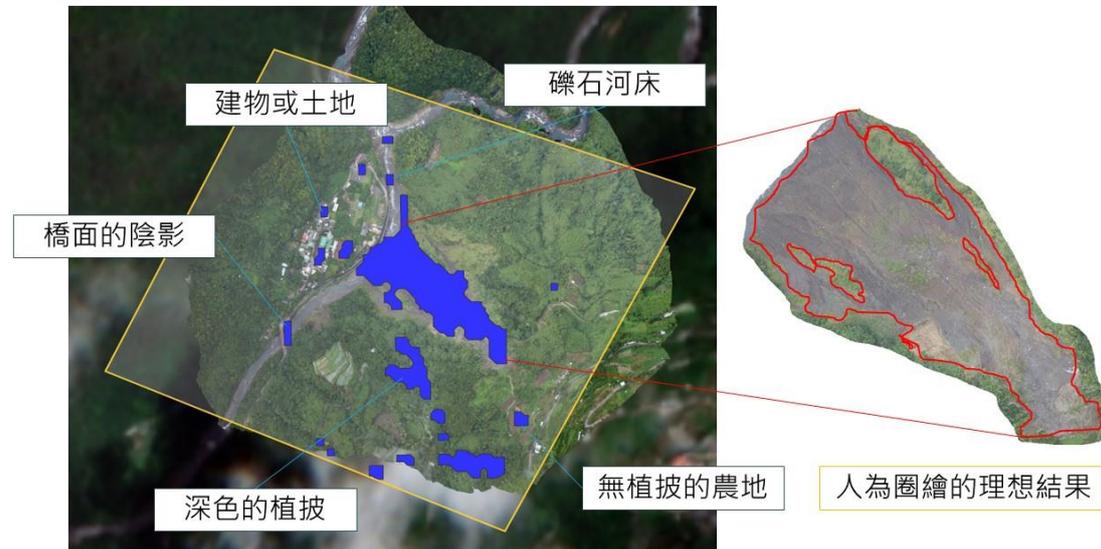
- ◆ BigGIS輔助工具：利用Sentinel-2衛星影像進行崩塌地範圍圈繪及面積計算  
以新竹尖石鄉秀巒村崩塌地為例(影像來源：水保局BigGIS)



BigGIS提供之裸露地圈繪功能所產製之影像，可考慮做為後續深度學習訓練的標註(label)資料，但仍需有高解析度影像輔助人為再判識，以利精度提升。

31

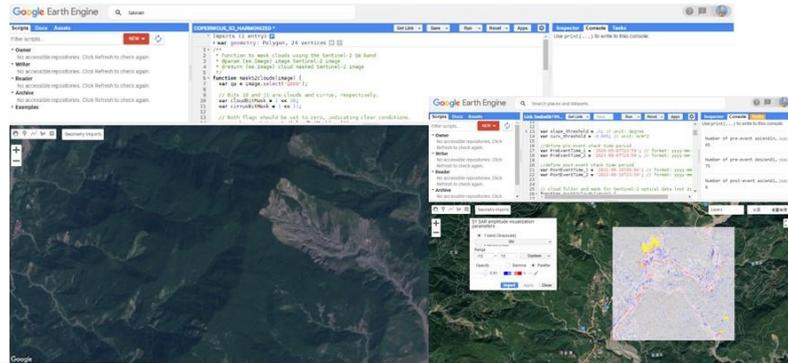
## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)



32

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

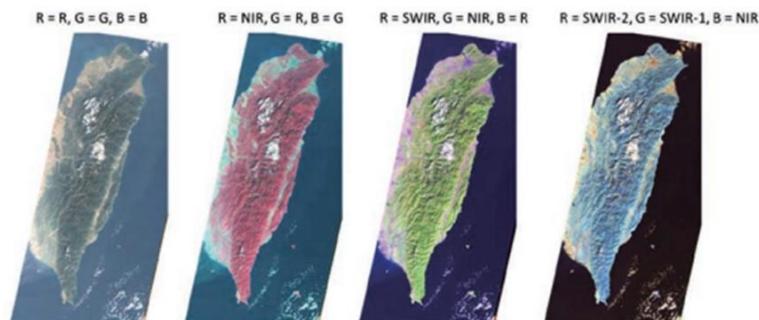
- ◆ 空拍影像取得管道2
- ◆ **Google Earth Engine**開源雲端平臺(簡稱**GEE**)，蒐集近40年來相關之大尺度且大量的衛星、遙測影像，除了為一全球觀測資料庫外，還利用Google本身強大雲端運算能力，讓使用者可直接在**GEE**平臺進行影像數據雲端處理、分析及運算。



33

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

- ◆ 若依照本研究以地貌判識為主要目的，GEE適用的圖資來源主要為：**Landsat**衛星、**Sentinel**衛星。而此兩顆衛星解析度約為10m，並且搭載陸地成像儀、熱紅外線感測器等設備，故其成像資料可包含原始地表影像、可見光、近紅外光(NIR)、短波紅外光(SWIR)、熱紅外光(TIR)等，並可利用不同表面物體對於不同波段光的反射特性，呈現出不同地貌。



34

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

- ◆ 空拍影像取得管道3。
- ◆ 國立中央大學太空及遙測研究中心之影像查詢平台，提供SPOT、Pléiades 衛星影像之查詢及訂購，收費部分依影像所屬衛星、等級(Level 1A、Level 2、Level 3、Level 4及彩色融合)、使用者(私人、政府單位及教育學術單位)和拍攝面積之不同組合有所差異，每幅約3,000元~7,000不等。

項目	影像時間	說明	取得
SPOT-6/7	SPOT 6 (2013/06/07~now) SPOT 7 (2014/12/06~now)	接收週期：每日，接收後2小時內可取得影像	線上訂購
Pléiades	2014/02/21~now	接收週期：每日，接收後2小時內可取得影像	線上訂購
TerraSAR-X	2008/10/16~now	可提供涵蓋全球影像，接收後7小時內可取得影像	線上訂購

35

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

- ◆ 國立中央大學太空及遙測研究中心持續提供多元衛星資料予產官學各界，自今(2022)年開始，以徵求計畫方式免費提供 SPOT、Pléiades、TerraSAR-X 衛星資料予具科技部計畫主持人資格者或五專、高國中小學現職老師。

項目	說明	對象	取得
開放資料	SPOT衛星台灣地區正射影像TOAR、NDVI、SR資料	科技部計畫	線上申請
介接服務	自1996年起至2021年台灣全島及澎湖SPOT無雲鑲嵌影像之網路圖磚介接	提供國內之團體或個人於非營利目的下免費使用	線上使用
訂閱服務	依使用者設定條件提供	科技部計畫	專人服務
徵求計畫	SPOT、Pléiades、TerraSAR-X臺灣地區影像	具科技部計畫主持人資格者或五專、高國中小學現職老師	線上申請
衛星遙測測試基準場址與資料集	多時期光學及雷達影像以及經人工檢查及修正之地真資料 (規劃於2023年5月開始提供)	學術研究使用	線上下載

36

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

- ◆ 空拍影像取得管道4。
- ◆ 內政部國土測繪中心所建置之國土測繪圖資e商城，其正射影像係以無人機系統(Unmanned Aircraft System, UAS)航拍並依航空攝影測量原理及臺灣通用電子地圖測製規範，辦理正射糾正及影像鑲嵌所產製而成，其地面解析度為25cm，收費標準為1,200元/幅。
- ◆ 惟依本研究目的，其正射影像有限定拍攝之範圍，不一定於該範圍內有邊坡崩塌事件，亦無法如衛星影像有固定運行週期可取得多期影像。



37

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

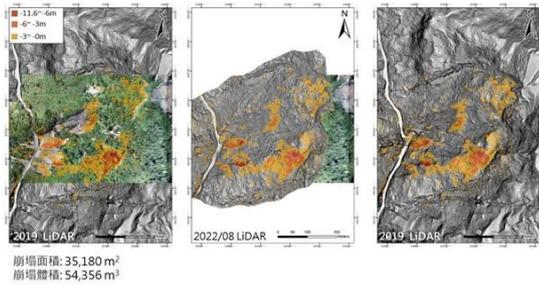
- ◆ 空拍影像取得管道5。
- ◆ 行政院農業委員會林務局農林航空測量所(簡稱農航所)，提供(1)航空照片(2)像片基本圖(3)正射影像(4)衛星影像等影像產品。

項目	影像	規格	售價(元/幅)
航空照片	黑白照片掃描影像檔	tif格式	900
	彩色照片掃描影像檔	tif格式	1,200
	DMC數位影像檔	tif格式、13824*7680pix	600
	ADS數位影像檔	tif格式、比例尺1/5000	1,200
正射影像	正射影像檔	tif格式、比例尺1/5000、地面解析度25cm、37.5cm、50cm	1,200
衛星影像 (福衛二號、五號)	全色態影像或多光譜影像擇一	圖幅範圍24km*24km	Level 1A 3,629
	全色態影像與多光譜影像		Level 4 6,048
	全色態與多光譜融合影像		Level 1A 4,718
			Level 4 7,862
			9,072

38

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

- ◆ 空拍影像取得管道6。
- ◆ 公路總局現各養護工程處都已廣泛運用UAV分析邊坡狀況、預判災源、檢視災修成果等，並針對列於三級以上之A、B級邊坡皆須由工務段或委外廠商固定(1次/季或更短)以空拍拍攝，而災害發生後如：颱風、地震亦會進行空拍作業。
- ◆ 故UAV影像後續可規劃諮詢相關養護工程處工務段取得，以利蒐集更多UAV邊坡空拍影像供AI影像辨識之用。



39

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

- ◆ 空拍影像適用性探討比較1

	光學衛星影像	航照正射影像	UAV空拍影像
地面解析度	公尺級 (約2-10m)	公分級 (約1-0.5m)	公分級 (約0.5m以下)
範圍	中大 (數百-千km <sup>2</sup> )	中 (1-100km <sup>2</sup> )	小 (1km <sup>2</sup> )
取得管道	國立中央大學太空及遙測研究中心、國家太空中心、水土保持局、農航所、Google Eearth	國立中央大學太空及遙測研究中心、水土保持局、農航所	國土測繪中心、水土保持局、公路邊坡管理單位、自行發包請外部廠商協助航拍
取得成本	高 (數千接近萬元)	中 (數千元)	低

40

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

### ◆ 空拍影像適用性探討比較2

	光學衛星影像	航照正射影像	UAV空拍影像
優勢	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 衛星有固定運行週期方便快速取得影像</li> <li>◆ 光學衛星搭載多波段光學感測及熱紅外光顯像設備，方便後續影像處理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 高解析度影像</li> <li>◆ 拍攝範圍明確</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 高解析度影像</li> <li>◆ 可依任務性質替換不同酬載，例如：熱顯像、RTK設備等</li> <li>◆ 拍攝範圍明確</li> <li>◆ 可多時期拍攝</li> <li>◆ 取得成本低廉</li> </ul>
劣勢	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ 拍攝範圍對於本研究欲辨識標的(邊坡)的範圍過大</li> <li>✗ 容易受雲層及天候干擾成像</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ 正射影像通常為配合任務目的所取得，影像蒐集選擇較少</li> </ul>	較無明顯劣勢

41

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

### ◆ 空拍影像適用性探討比較3

UAV空拍  
(解析度0.5m以下)

- ✓ 不受雲層干擾
- ✓ 取得成本低廉
- ✓ 範圍明確
- ✓ 解析度高

航照正射  
(解析度0.5m)

- ✓ 不受雲層干擾
- ✓ 範圍明確
- ✓ 解析度高

衛星影像  
(解析度約2-10m)

- ✓ 取得成本低廉
- ✓ 固定週期影像

42

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)

- ◆ 影像影像蒐集及資料庫建立原則。
- ◆ 蒐集原則：以UAV空拍影像為主，並蒐集有明顯且大範圍崩塌裸露地、儘量擁有多時期拍攝、內容較單純(無太多過於複雜之建築地物)之影像。
- ◆ 蒐集方式：先篩選出有發生過大規模崩塌災害事件之邊坡，再進行合適之多時期空拍影像蒐集。
- ◆ 目標張數：目前蒐集並整理約58張影像且持續蒐集中，並預計於明(112)年模型訓練前以蒐集500~1000張為目標，若必要時將利用資料擴增(data augmentation)技術增加數量。

43

## 研究內容說明(影像蒐集及探討比較)



20190628\_高雄茂林崩塌



20220701\_新竹尖石崩塌



202204\_南投埔里崩塌



20180820\_桃園復興崩塌



台8線76K+950 ~ 77K+050

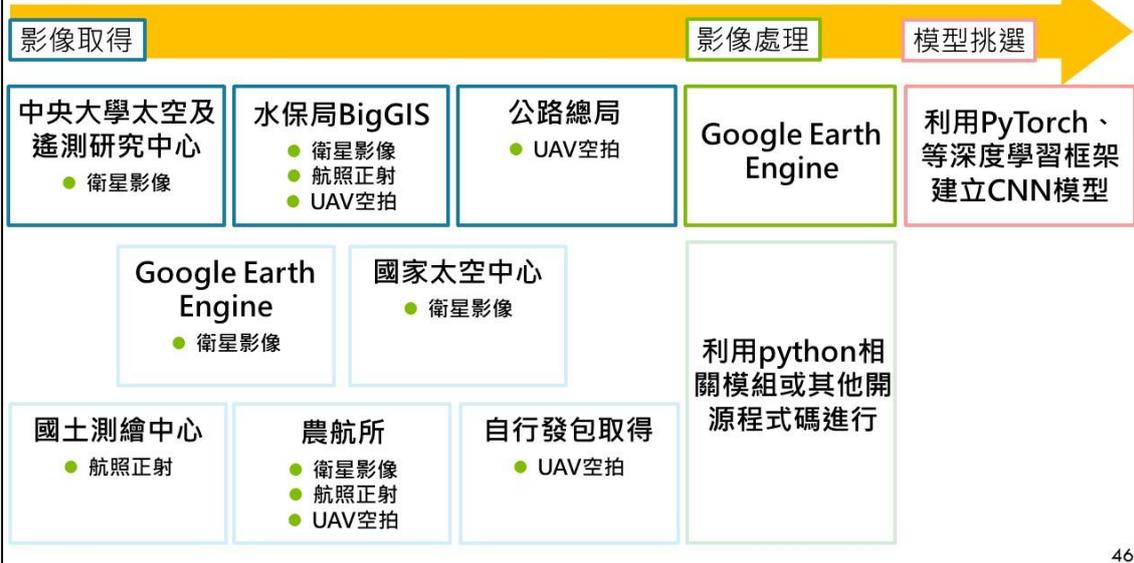
44

## 結論與建議

- ◆ 結論
- ◆ 本研究後續將使用AI常用於影像辨識之**CNN模型**，來進行邊坡裸露地圖繪訓練。
- ◆ 考量資料量、硬體設備、時間和人力成本等，將以**淺層CNN**做為模型首選。
- ◆ 影像蒐集取得首先以**洽詢相關單位提供為主**，再者以**介接各平台免費使用**，最後才考慮購買或以本所自行發包方式取得影像。
- ◆ **UAV空拍影像**之成本、解析度等相對符合需求，且可配合邊坡管理單位針對高風險邊坡之監測管理辦法，取得重點監控邊坡並蒐集其影像，將用以**做為後續AI模型訓練、測試資料集主要使用**。
- ◆ **影像處理**為AI是否有好的訓練表現之關鍵一環，後續年度將以**GEE平臺**，或考慮利用**python、matlab**相關**開源工具模組**來完成影像處理工作。

45

## 結論與建議



46

## 結論與建議

- ◆ 建議
- ◆ 公路總局現有建置邊坡資訊系統，並持續將各工務段相關邊坡資訊及空拍資料等鍵入儲存，建議未來相關資訊可進行大數據分析資料庫、GIS輔助決策等後續智慧化加值應用。
- ◆ 本研究為針對航拍照片結合AI影像辨識以進行裸露地圈選之初步應用，後續可以此為基礎，以合作辦理方式，發展面積、坡度計算再搭配現地地質資料前後期比對，概估後續崩積之土方量等加值應用，相信對於工務段災後搶通搶險合約預算編列、後續驗收階段等有其助益。

47

簡報結束 感謝聆聽

