

出國報告(出國類別：國外碩士班)

美國華盛頓大學碩士進修報告

服務機關：國防部軍備局生產製造中心第四〇一廠

姓名職稱：黃千育上尉

派赴國家：美國

出國期間：109年9月11日至110年9月3日

報告日期：110年9月23日

摘要

本次進修係奉國防部 109 年 7 月 28 日國人培育字第 1090157907 號令核定赴 美國華盛頓大學 (University of Washington) 進修地理空間技術研究所(碩士學位，奉核進修期程自 109 年 9 月 14 日至 111 年 8 月 13 日止。職於核定期程內完成修業取得碩士學位，因新冠疫情肆虐未前往美國就讀，在臺灣線上修課，並於 110 年 9 月 3 日提前通過學校畢業審核，依規定於 9 月 6 日返回軍備局生產製造中心第四〇一廠辦理報到手續。本心得報告係針對個人在臺灣之線上進修過程及畢業專題研究等心得做一整理，內容格式分為目的、過程、心得與建議等項。畢業專題報告為運用深度學習進行地圖縮編作業，探討使用 U-net 類神經網路架構預測建物縮編之可行性，期深度學習程式學習人工縮編地圖之決策流程，以利後續自動化縮編地圖之研究。

目次

壹、目的.....	4
貳、進修過程.....	4
一、學校介紹.....	4
二、系所介紹.....	6
三、學位要求.....	6
四、畢業專題報告簡介.....	8
參、心得.....	10
肆、建議事項.....	12
伍、參考資料.....	13
陸、附件.....	17

壹、目的

本報告遵「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」之相關規定撰寫，內容旨在提供進修經驗及專題研究心得，提供相關人員參考運用。本案係奉國防部 109 年 7 月 28 日國人培育字第 1090157907 號令辦理，由職赴美國華盛頓州就讀華盛頓大學之地理空間技術研究所，核定進修期程自 109 年 9 月 14 日至 110 年 8 月 13 日止，研究項目為運用深度學習進行地圖縮編作業之可行性之探討，於求學期間完成畢業學分修習、專題報告撰寫及作品集製作，並於 110 年 9 月 3 日完成學業取得華盛頓大學地理技術研究所學位。

貳、進修過程

一、學校介紹

華盛頓大學(University of Washington，以下簡稱 UW) 是一所位於美國華盛頓州的公立研究型大學，是美國西岸設立最早的大學之一，有「公立常春藤」之美名，其包含 3 個校區，主校區設立於 1861 年位於西雅圖(Seattle)，巴薩爾校區及塔科馬校區分別位於巴薩爾市(Bothell)及塔科馬市(Tacoma)，迄今已設立 27 所學院並提供 300 個以上的碩博士學程。該校採學季制，共有秋季(10-12 月)、冬季(1-3 月)、春季(3-5 月)及暑季(6-8 月)，每季含期末考共 11 週，各學季間約有一至兩周假期，其中暑季課程採非強制修課主要提供在校學生自我充實用。



圖 1 華盛頓大學校門入口



圖 2 華盛頓大學校景

職所進修之地理空間技術研究所隸屬城市研究學院，其主要課程授課於塔科馬校區。UW 塔科馬校區位於塔科馬市的聯合車站區，係由原輕軌車站建築改建而成，校園內有大眾運輸輕軌及火車站台，可提供學生往返三個校區，交通十分便利。



圖 3 華盛頓大學塔科馬校區校門入口



圖 4 華盛頓大學塔科馬校區校景

二、系所介紹

本次進修之地理空間技術研究所(Masters of Science in Geospatial Technologies，以下簡稱 MSGT)隸屬於 UW 城市研究學院(School of Urban Study)，與校內之地理系(Geography)與都市計畫系(Urban Design and Planning)及校外金縣(King County)與皮爾斯縣(Pierce County)政府均保持長期密切合作關係。MSGT 採小班制教學，每年最高錄取 20 名學生，其宗旨在於提供 GIS 方面的進階培訓，培養學生具備使用及開發 GIS 軟硬體設備、管理地理空間數據及批判性思考的能力。

三、學位要求

依 UW 之修業規定，碩士學位取得方式分別為完成論文或專題報告，MSGT 學位無論文選項，所有研究生必須完成必修課程、畢業專題報告及 GitHub 網頁作品集製作等相關條件，分述如下：

(一) 必修課程：

MSGT 無選修課程之要求，學生修畢所有必修課程(含 30 核心課程及 10 畢業專題指導)始可畢業，學分成績評定使用 GPA 4.0 制，區分為十二個等第(A：3.9-4.0、A-：3.5-3.8、B+：3.2-3.4、B：2.9-3.1、B-：2.5-2.8、C+：2.2-2.4、C：1.9-2.1、C-：1.5-1.8、D+：1.2-1.4、D：0.9-1.1、D-：0.7-0.8 及 E：

0.0)，評分低於 2.7 不予計入學分，且總平均必須高於 3.0，職畢業總成績為 3.93。

(二) 畢業專題報告：

根據 MSGT 規定，畢業專題報告分為三階段：畢業專題提案、口試報告及書面報告撰寫。

1、畢業專題提案：

學生必須先與指導教授討論專題題目，並繳交專題摘要及參考文章分析，俟指導教授核可後，依規定成立專題審查委員會，學生必須定期與人向委員會提報研究進度。畢業專題提案必須包含摘要、簡介、文獻探討、研究計畫以及時間表。俟委員會同意其研究方法以及研究內容後，學生方可進行相關研究作業。

2、口試報告：

學生須依畢業專題提案進行研究並於每週繳交研究進度表供指導教授審查，以確保專題能如期完成。口試報告於學季結束前兩周召開，學生須製作簡報，說明專題研究目的、方法、分析與結論，與會人員為應屆畢業 MSGT 學生及系上教授。學生須回答與會人員所提出之問題，並依列席教授之建議修正書面報告內容。

3、書面報告撰寫：

提案經專題審查委員會同意後，學生始可撰寫書面報告，且依口試報告建議事項修正其內容，並於學季結束前一週繳交初稿。依規定書面報告格式採國際期刊收錄之 APA 格式撰寫，字數至少在 6000 字以上，內容必須包含摘要、簡介、文獻探討、研究方法、分析、結論及參考資料等，初稿經指導教授審核通過後，學生始可提交網路畢業申請，申請俟獲得指導教授、系主任及研究生學院簽署認證，始可畢業。

(三) GitHub 網頁作品集製作：

根據 MSGT 修業規定，學生須將課堂作業成果、期末專題報告或畢業專題研究成果等製作成 GitHub 網頁作品集供公眾瀏覽，主要用於展示個人專業能力並幫助未來職業發展，學生須於每學季課程結束前完成更新由指導教授進行審查。

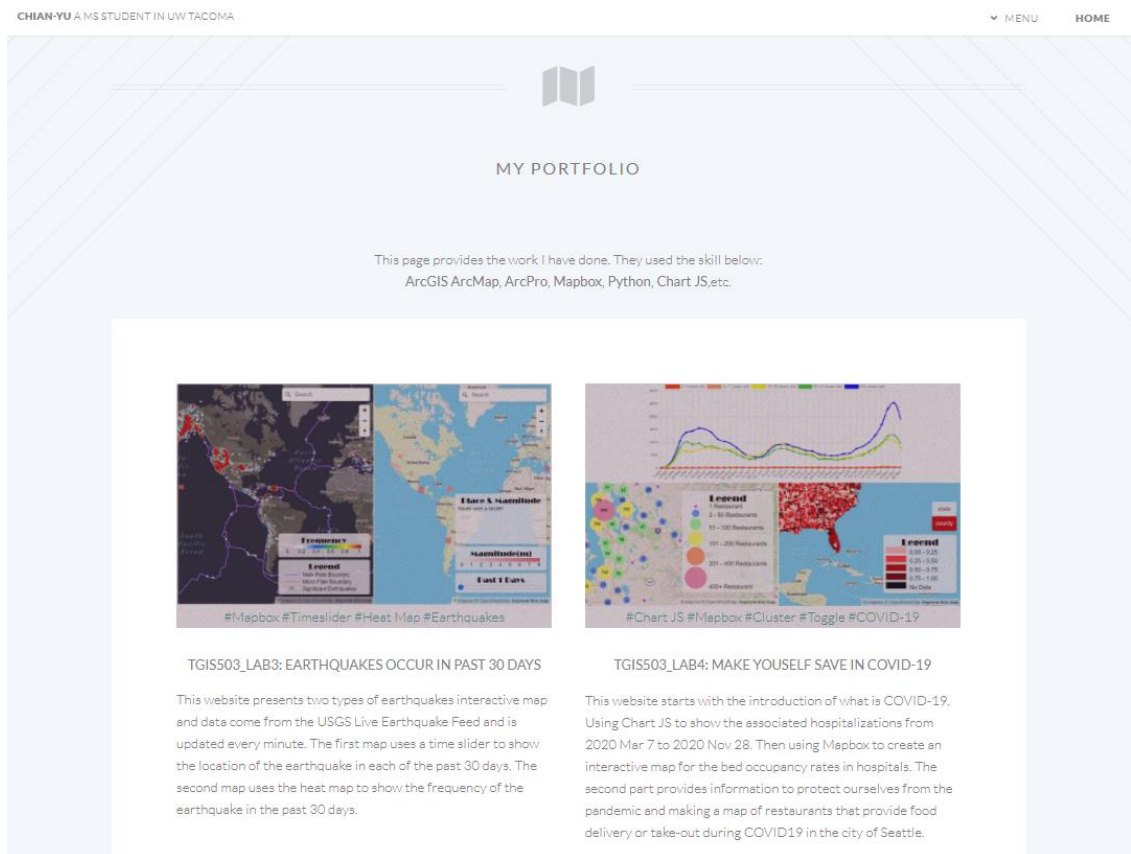


圖 5 個人 GitHub 網頁作品集

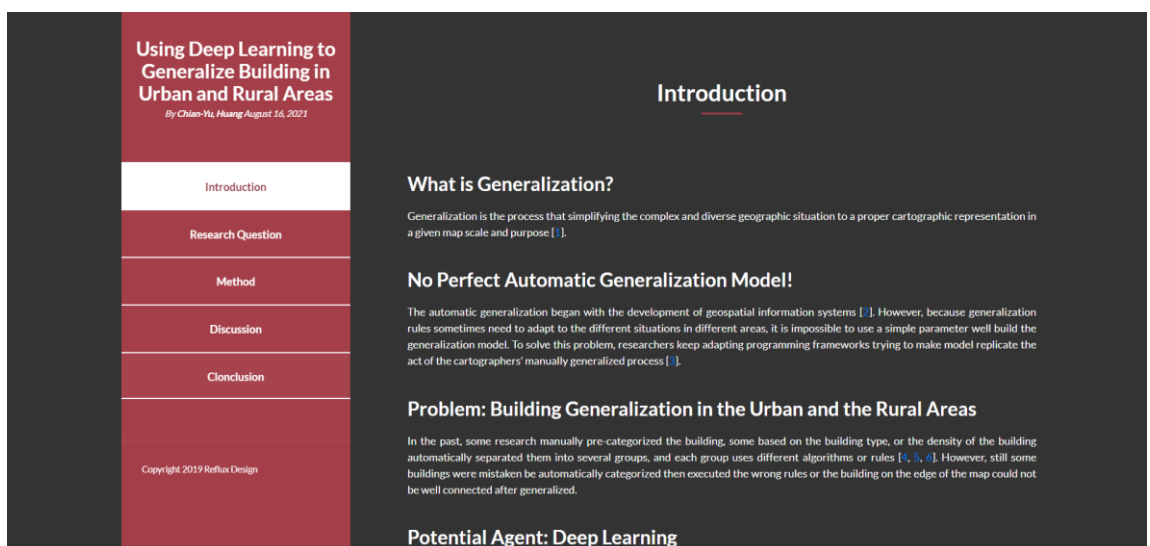


圖 6 畢業專題成果展示頁面

四、畢業專題報告簡介

職於本次碩士進修課程完成「以深度學習縮編城鄉建物」專題報告，其相關內容摘述如后：

地圖縮編係指產製地圖過程中對地圖內容進行取舍及簡化的作業，此作業繁複而耗時，故提升地圖縮編的效率一直是製圖學中欲達成的目標。根據 Cebrykow 在 2017 年所發表的文章中得知，自動化地圖縮編的研究始於 19 世紀中地理資訊系統的發明，但因傳統自動化處理流程通常需要有一個明確的規則或參數，但由於地圖縮編必須考慮相鄰地物的空間或屬性關係，故其無法以單一規則制訂，必須考量現況進行些微調整，所以至今仍然沒有一個完善的自動化地圖縮編模組。

自 20 世紀末，隨著大數據的快速發展，人工智慧已成功在各領域取得卓越成效，其中深度學習演算法採用類人工神經元的架構模擬人類大腦處理問題的流程，程式可以讀取大量資料，進而歸納資料特徵，並加以學習，因此許多學者認為它在自動化地圖縮編的議題上具有高度的潛能。

本研究係參考 Feng 等人於 2019 年在國際攝影測量及遙感探測學會上發表的文章之研究方法，採 U-net 架構進行二萬五千分之一縮編五萬分之一及五萬分之一縮編十萬分之一之研究。所採用的資料為國土測繪中心委本單位所製作提供一班民眾下載之經建版地形圖建物資料，其範圍為兩幅五萬分之一圖框大小，地點位於臺中市。

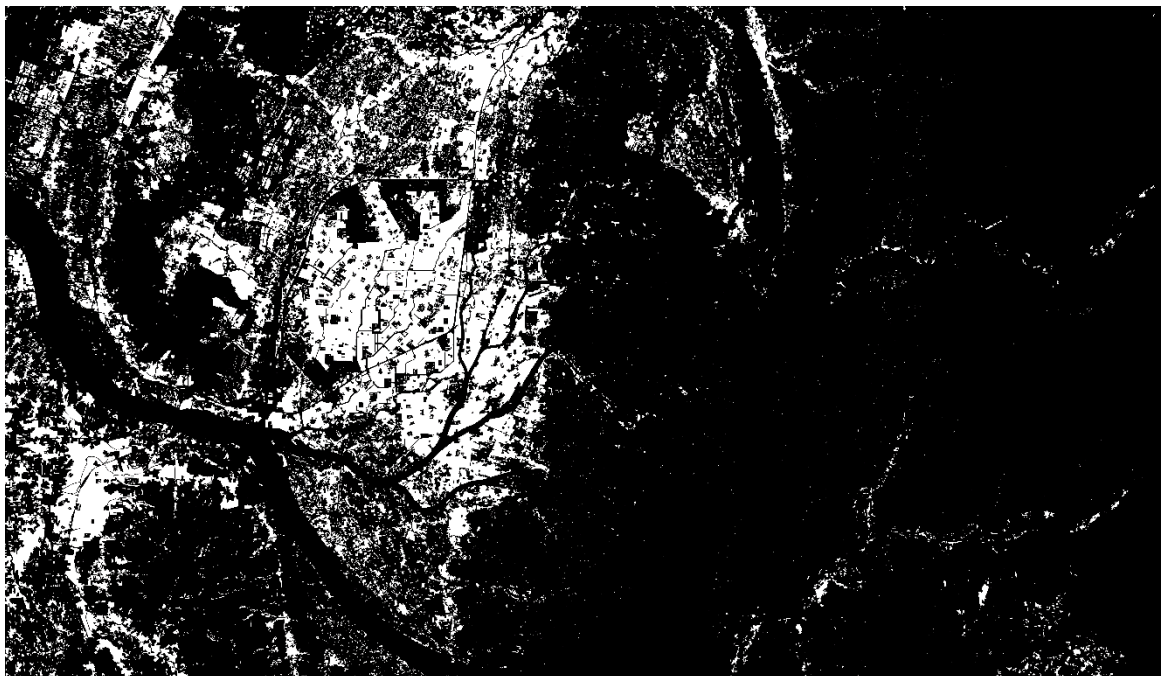


圖 7 經建版臺中市建物資料

如圖 8 所示，將縮編前及縮編後之樣本資料分別放入輸入端及輸出端，U-net 架構讀取樣本資料後，進行歸納分析，程式將自動取 10%資料做為驗證評估，根據其損失及精度結果，損失最少且經度最高為最佳解。

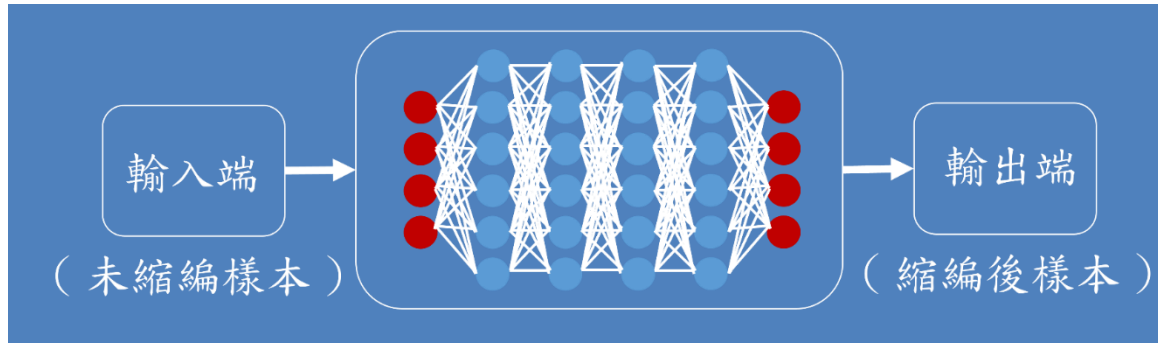


圖 8 深度模型架構示意圖

本研究成果如表 1，其中二萬五千分之一縮編五萬分之一精度達 98%，損失僅 4%；五萬分之一縮編十萬分之一精度為 96%，損失高達 10%，故二萬五千分之一縮編五萬分之一訓練成果優於五萬分之一縮編十萬分之一。故可得知。另如圖 9 至 12 所示，兩個比例尺在損失曲線上均指數型收斂，顯示其訓練可成功擬和，惟五萬分之一縮編十萬分之一之精度曲線有較多噪音，推測可能是訓練樣本數不足所致，後續可擴大樣本數量進行訓練。

表 1 損失及精度成果

比例尺	損失	精度
1:25K 縮編 1:50K	4%	98%
1:50K 縮編 1:100K	10%	96%

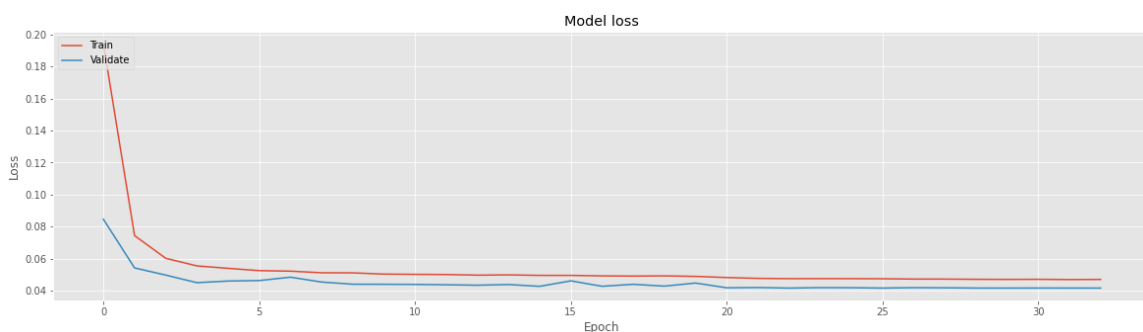


圖 9 二萬五千分之一縮編五萬分之一損失曲線圖

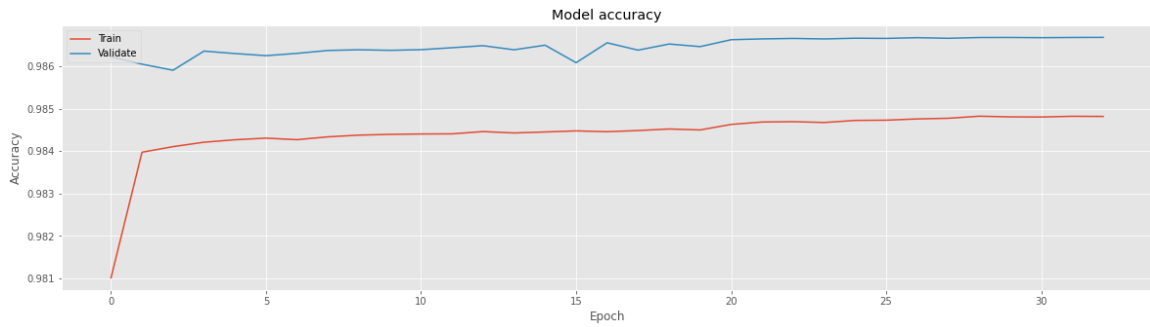


圖 10 二萬五千分之一縮編五萬分之一精度曲線圖

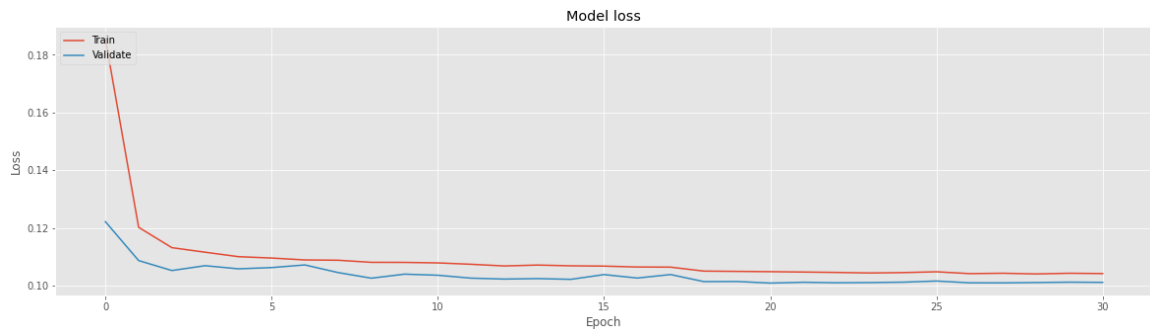


圖 11 五萬分之一縮編十萬分之一損失曲線圖

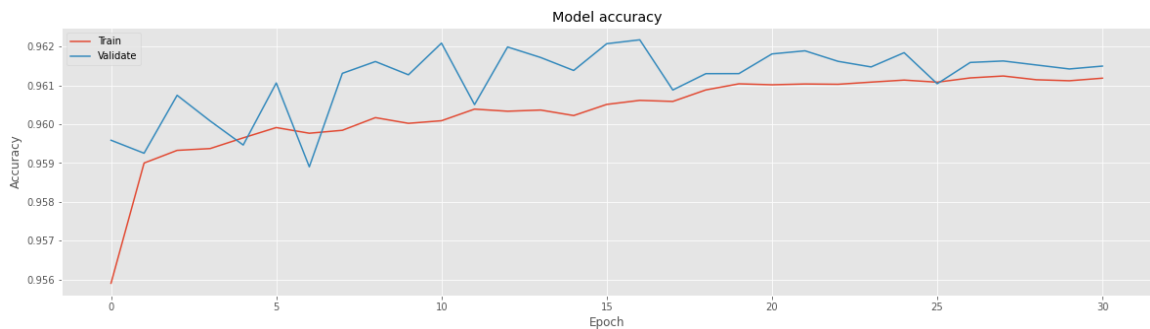


圖 12 五萬分之一縮編十萬分之一精度曲線圖

本研究證實深度學習程式可成功歸納人工建物之縮編規則，但其學習成果與地區及輸入樣本高度相關，如欲運用於全臺，仍需擴大樣本資料，且現有科技仍使用影像資料進行訓練，為進行二次編修，後續尚需進行相關轉製作業。

參、心得

首先，非常感謝軍備局生產製造中心第四 0 一廠能夠提供職這個機會，攻讀美國碩士學位，雖因新冠疫情肆虐，學校堅持除必要課程外，其餘一律採線上授課，且非面授課程學生不得入境美國，導致職始終未前往美國，而是於臺灣線上授課。雖未能親身體驗美式校園生活及近距離與來自世界各地

一流的同儕交流，但也透過這次機會見識到美國大學龐大而完善的線上資源，即使是遠在臺灣，藉由網際網路登入學校內部網路，也可以遠端使用高規格的軟硬體設備。此外，相較於面授課程，線上學習有更多的誘惑也更容易分心，故在這一年中，職深刻體會到自律與分配時間的重要性，擁有高自律性且可以妥善分配時間的人可有效避免工作延宕，並有助於提升研究及工作效率。

學季制有別於學期制，課程較為快速，扣除期中及期末考週，授課週數僅有 9 週，因此每堂課均有大量的課前資料需要預習，課堂內容為課前資料之延伸，且作業多為課堂內容之延伸，故課業十分繁重，為有效提升學習成效，同學通常會於課後組織讀書會相互幫助，因此自學能力及團隊合作能力尤為重要。授課教授主要採引導式教學，課堂中教授會花費大量時間針對課前資料的相關議題進行小組討論，討論議題通常不設限標準答案，主要是鍛鍊學生的思辨及表達能力。在議題討論的過程中，職著實感受到東西方文化的巨大差異，教授會鼓勵學生對授課資料提出反對意見，期待學生在表達自己意見的過程中能夠激盪出創新思維。職認為這種思辨的能力對單位十分重要，因為無論是在議題研討抑或是產品研改的過程中，第一項工作一定是資料蒐研，思辨能力能夠使我們對資料有更深刻的理解，藉由反覆提出問題及尋找答案的過程中，我們才能真正的了解資料的內容，進而避免錯誤認知導致無效的評估，使執行上遭遇窒礙。

肆、建議事項

一、外語部分：

綜合在單位及求學經驗，職建議單位可以培養人員閱讀長篇英文文章的能力，因為不論是在議題研討或是撰寫專題報告前，皆須進行大量資料研析的工作，若人員長篇閱讀能力佳，則可快速的在抓住重點且不遺漏重要細節，將可大量減少資料研析的作業時間，進而有效提升單位在資料研析的能量。

二、硬體部分：

職的畢業專題係使用深度學習進行地圖縮編作業之研究，與本單位之發展願景一致，不論是機器學習或是深度學習，均仰賴 GPU 運算效能，故建議單位可評估需求，考量採購高效能之 GPU 處理器，避免後續應用產生窒礙因素。

三、程式語言部分：

雖然目前 GIS 軟體已具備大量分析及製圖工具，但在進行客製化與自動化的改善時，仍須仰賴大量編程作業，而美國各 GIS 相關學程中也涵蓋大量程式語言課程，故建議單位可以培養人員編程能力，有效提升製圖能量。目前單位製圖部門主要使用 ArcGIS 軟體，Python 係為開發 ArcGIS 所使用之主要程式語言，Esri 有出版針對 ArcPy 程式的書，建議單位可以購置相關書籍，供人員閱讀自學。

伍、參考資料

- 一、華盛頓大學網站 <http://www.washington.edu/>
- 二、Albawi, S., Mohammed T. A. & Al-Zawi, S. (2017) Understanding of a convolutional neural network. 2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET), Antalya, Turkey, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186>
- 三、Brownlee, J. (2016). Dropout regularization in deep learning models with keras. Machine Learning Mastery, 20.
- 四、Brownlee, J. (2019). How to use learning curves to diagnose machine learning model performance. Machine Learning Mastery.
- 五、Cebrykow, P. (2017) Cartographic generalization yesterday and today. Polish Cartographical Review, 49, 5-15. <https://doi.org/10.1515/pcr-2017-0001>
- 六、Damen, J., Kreveld, M.V., & Spaan, B. (2008). High Quality Building Generalization by Extending the Morphological Operators.
- 七、Daoud, J. J. A., & Doytsher, Y. (2008, July). An automated cartographic generalization process: A pseudo-physical model. In Proceedings of the XXI Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS 2008), Beijing, China, 3-11.
- 八、Esri Inc. (2020) ArcGIS Desktop: ArcMap (Version 10.8.1) [Computer software]. Esri Inc. <https://support.esri.com/en/Products/Desktop/arcgis-desktop/arcmap/10-8-1>
- 九、Fawakherji, M., Youssef, A., Bloisi, D., Pretto, A. & Nardi, D. (2019). Crop and Weeds Classification for Precision Agriculture Using Context-Independent Pixel-Wise Segmentation. 2019 Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC), 146-152, <https://doi.org/10.1109/IRC.2019.00029>.
- 十、Feng, Y., Thiemann, F. & Sester, M. (2019). Learning Cartographic Building Generalization with Deep Convolutional Neural Networks. ISPRS Int. J. Geo-Inf, 8, 258. <https://doi.org/10.3390/ijgi8060258>

- 十一、Feng, Y., Yang, C. & Sester, M. (2020). MULTI-SCALE BUILDING MAPS FROM AERIAL IMAGERY. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B3-2020, 41-47. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-41-2020>
- 十二、Harrie, L. (2003). Weight-Setting and Quality Assessment in Simultaneous Graphic Generalization. *The Cartographic Journal*, 40, 221-233. <https://doi.org/10.1179/000870403225012925>
- 十三、Hou, Y., Liu, Z., Zhang, T. & Li, Y. (2021). C-UNet: Complement UNet for Remote Sensing Road Extraction. *Sensors* 2021, 21, 2153. <https://doi.org/10.3390/s21062153>
- 十四、Hung, J., Goodman, A., Ravel, D., Lopes, S. C. P., Rangel, G. W., Nery, O. A., Malleret, B., Nosten, F., Lacerda, M. V. G., Ferreira, M. U., Rénia, L., Duraisingh, M. T., Costa, F. T. M., Marti, M. & Carpenter, A. E. (2020). Keras R-CNN: library for cell detection in biological images using deep neural networks. *BMC Bioinformatics* 21, 300. <https://doi.org/10.1186/s12859-020-03635-x>
- 十五、Kim, H., Hong, S., Son, H., Roska, T. & Werblin, F. (2003). High speed road boundary detection on the images for autonomous vehicle with the multi-layer CNN. *Proceedings of the 2003 International Symposium on Circuits and Systems, 2003. ISCAS '03*, 5, V-V. <https://doi.org/10.1109/ISCAS.2003.1206426>.
- 十六、Kronenfeld, B.J., Battenfield, B.P. & Stanislawski, L.V. (2019). Map Generalization for the Future: Editorial Comments on the Special Issue. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 9, 468. <https://doi.org/10.3390/ijgi9080468>
- 十七、Lamba, Harshall. (2019). UNET-TGS code [Source code]. <https://github.com/hlamba28/UNET-TGS>
- 十八、Lee, J., Jang, H., Yang, J. & Yu, K. (2017) Machine Learning Classification of Buildings for Map Generalization. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 6, 309. <https://doi.org/10.3390/ijgi6100309>
- 十九、LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- 二十、Li, Z., Yan, H., Ai, T. & Chen, J. (2004). Automated building generalization based on urban morphology and Gestalt theory. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 18, 513 – 534. <https://doi.org/10.1080/13658810410001702021>

- 二十一、Marmanis, D., Schindler, K., Wegner, J. D., Galliani, S., Datcu, M. & Stilla, U. (2018) Classification with an edge: Improving semantic image segmentation with boundary detection. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 135, 158 – 172. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.11.009>
- 二十二、Peng, W. (1997). Automated generalization in GIS. Wageningen University and Research.
- 二十三、Perez, L., & Wang, J. (2017). The effectiveness of data augmentation in image classification using deep learning. arXiv preprint arXiv:1712.04621.
- 二十四、Prechelt, L. (1998). Automatic early stopping using cross validation: quantifying the criteria. *Neural Networks*, 11(4), 761-767. [https://doi.org/10.1016/S0893-6080\(98\)00010-0](https://doi.org/10.1016/S0893-6080(98)00010-0).
- 二十五、Ronneberger, O., Fischer, P. & Brox, T. (2015) U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), Springer, LNCS, 9351, 234-241.* https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- 二十六、Roth, R. E., Brewer, C. A. & Stryker, M. S. (2011) A Typology of Operators for Maintaining Legible Map Designs at Multiple Scales. *Cartographic Perspectives*, 0(68), 29-64. <https://doi.org/10.14714/CP68.7>
- 二十七、Sester, M., Feng, Y. & Thiemann, F. (2018) Building generalization using deep learning. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, XLII-4, 565 – 572. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-565-2018>
- 二十八、Simo-Serra, E.; Iizuka, S.; Sasaki, K. & Ishikawa, H. (2016) Learning to Simplify: Fully Convolutional Networks for Rough Sketch Cleanup. *ACM Trans. Graph*, 35, 121. <https://doi.org/10.1145/2897824.2925972>
- 二十九、Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I. & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, 15(1), 1929 – 1958. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2627435.2670313>
- 三十、Steiniger, S., Taillandier, P. & Weibel, R. (2010) Utilising urban context recognition and machine learning to improve the generalisation of buildings. *International Journal*

- of Geographical Information Science, 24(2), 253-282.
<https://doi.org/10.1080/13658810902798099>
- 三十一、Stoter, J., Burghardt, D., Duchêne, C., Bakker, N., Blok, C., Pla, M., Regnauld, N., Touya, G. & Schmid, S. (2009) Methodology for evaluating automated map generalization in commercial software. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33, 311-324. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2009.06.002>
- 三十二、Stoter, J., Post, M., Altena, V., Nijhuis, R. & Bruns, B. (2014) Fully automated generalization of a 1:50k map from 1:10k data. *Cartography and Geographic Information Science*, 41(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.824637>
- 三十三、Touya, G., Zhang, X., & Lokhat, I. (2019) Is deep learning the new agent for map generalization? *International Journal of Cartography*, 5, 142-157. <https://doi.org/10.1080/23729333.2019.1613071>
- 三十四、Weng, Y., Zhou, T., Li, Y. & Qiu, X. (2019). NAS-Unet: Neural Architecture Search for Medical Image Segmentation. *IEEE*, 7, 44247-44257. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2908991>.
- 三十五、Yan, X., Ai, T., Yang, M. & Yin, H. (2019) A graph convolutional neural network for classification of building patterns using spatial vector data. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens*, 150, 259 – 273. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.02.010>

陸、附件

國防部軍備局生產製造中心第四 0 一廠出國報告建議事項處理表			
報告名稱	赴美國華盛頓大學碩士進修報告		
出國單位	軍備局生製中心 第四 0 一廠	出國人員級職/姓名	上尉 黃千育
地點	美國	出/返國日期	109.09.11/110.09.03
建議事項	<p>一、外語部分：</p> <p>綜合在單位及求學經驗，職建議單位可以培養人員閱讀長篇英文文章的能力，因為不論是在議題研討或是撰寫專題報告前，皆須進行大量資料研析的工作，若人員長篇閱讀能力佳，則可快速的在抓住重點且不遺漏重要細節，將可大量減少資料研析的作業時間，進而有效提升單位在資料研析的能量。</p> <p>二、硬體部分：</p> <p>職的畢業專題係使用深度學習進行地圖縮編作業之研究，與本單位之發展願景一致，不論是機器學習或是深度學習，均仰賴 GPU 運算效能，故建議單位可評估需求，考量採購高效能之 GPU 處理器，避免後續應用產生窒礙因素。</p> <p>三、程式語言部分：</p> <p>雖然目前 GIS 軟體已具備大量分析及製圖工具，但在進行客製化與自動化的改善時，仍須仰賴大量編程作業，而美國各 GIS 相關學程中也涵蓋大量程式語言課程，故建議單位可以培養人員編程能力，有效提升製圖能量。目前單位製圖部門主要使用 ArcGIS 軟體，Python 係為開發 ArcGIS 所使用之主要程式語言，Esri 有出版針對 ArcPy 程式的書，建議單位可以購置相關書籍，供人員閱讀自學。</p>		
處理意見	<p>一、本廠定期舉行廠內自辦英文考試，未來將評估試題，加入長篇文章題型，以供人員培養理解能力；另本廠期刊室藏書含測量、製圖及光電等領域學書及國際期刊，鼓勵人員藉此管道提升英文資料蒐整與研究能力。</p> <p>二、本廠未來投入深度學習或機器學習之研究時，將採納意見購置具備高效能 GPU 處理器之電腦，以符合相關研發需求。</p> <p>三、於 107 年迄今，本廠相關需求部門已選派 11 員修習程式語言課程，課程計有 Java、SQL、Python、C++、C#及 PHP 等，本廠將依「為用而訓」賡續檢討適員參訓，並評估蒐購相關用書，以強化程式開發能量。</p>		