

出國報告(出國類型:進修)

美國戴頓大學電機工程碩士 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: 林萱上尉

派赴國家/地區: 美國

出國日期: 109年8月10日至111年8月9日

報告日期: 111年9月20日

摘要

本次進修係奉國防部民國 109 年 7 月 28 日國人管理字第 1090157907 號令核定赴美國戴頓大學(University of Dayton)進修電機工程碩士學位，奉核進修期程自 109 年 8 月 10 日至 111 年 8 月 11 日止。完成學業畢業後於 8 月 11 日抵達臺灣，因應嚴重特殊傳染病(COVID-19)，返臺後則依衛生福利部相關防疫規定，實施居家檢疫 3 日及自主健康管理 4 天，並於 111 年 8 月 19 日返回原單位軍備局生產製造中心第 401 廠報到。

本案內容主要為美國大學進修之研究及修業心得，綱目計有目的、過程(學校介紹、修課及評分制度、論文報告)、心得及建議及參考資料，於修業期間加入戴頓大學智能訊號系統實驗室(Intelligent Signal System Laboratory)進行可見光與紅外線影像融合之研究，其論文題目為「基於 U-Net 的方法開發低解析度紅外線及高解析度可見光影像融合演算法」，透過深度學習模型，有效整合不同解析度之影像，影像融合目的為結合不同感測器之影像，進而產生具備更多資訊的融合影像，其中紅外線及可見光影像的結合多為應用於目標偵測的領域，兩者結合之影像能降低環境因素對資訊獲得的影響，過去的影像融合研究，多著重於相等解析度之影像融合，惟現行的相機發展，可見光影像其解析度數倍高於紅外線影像之解析度，而傳統作法多採用降低可見光影像解析度去配合紅外線影像之作法，但如能保有可見光高解析度之特質，則能提升融合影像品質，有利於開發相關觀瞄設備。

目次

壹、目的	.....	4
貳、過程	.....	4
參、心得與建議	.....	17
肆、畢業證書	.....	18
伍、參考資料	.....	19
陸、附件	.....	20

壹、目的

本案係奉國防部 109 年 7 月 28 日國人管理字第 1090157907 號令核定，赴美國戴頓大學(University of Dayton)進修電機工程碩士學位，進修期程自 109 年 8 月 10 日至 111 年 8 月 9 日止，職於核定期程內完成修業進度，取得碩士學位證明，並於 111 年 8 月 11 日抵臺。

貳、過程

一、戴頓大學介紹

戴頓大學(University of Dayton)創建於西元 1850 年，為一所位於俄亥俄州戴頓的私立天主教大學，提供超過 80 種學術課程，包括科學、藝術、商業管理、教育、健康衛生、工程及法律領域，於 U.S.News 上的排名，在最具價值學校為全美第 37 名，工程領域為第 48 名，並且校園鄰近美國空機基地，與美國軍方有許多合作案，更加厚植工程研究能量。

學校提供豐富學習資源，學生能獲取許多線上軟體，包括文書處理、視訊軟體、程式軟體，進行相關研究期間，實驗室也會提供專屬的電腦，並配合深度學習研究搭配具備 GPU 之電腦，提升研究之可行性，前期因應疫情影響，也提供遠端電腦控制軟體，使研究地點更加彈性，另學校設有專為國際學生服務之部門，能有效處理留學生簽證或健康保險相關疑問，並頻繁地舉辦不同的節慶活動或鄰近景點的郊遊，讓國際學生能充分地體驗美國當地的文化。

因應新冠肺炎疫情，校方採取彈性政策，提供混合式授課方式，採面授與線上同步進行，但大多教授選擇線上上課，提供課後問題研討時間，能針對學生有問題的地方進行說明解釋。

二、修課及評分制度

電機工程碩士學位需取得 30 個學分，分別為 9 學分核心課程，9 學分專程專業課程，6 學分基礎工程科學課程及 6 學分論文或 6 學分課程，學生可自由選擇採取寫

論文或修課程畢業，一年有三個學期，分別為秋季、春季及夏季，學校會提前公告整年度規劃開授的課程，學生能依照感興趣領域，規劃未來的修課安排。

評分機制為 GPA4.0 制，分別為 10 種分數，從 A, A-, B+, B, B-, C+, C, C-, D, F，A 等同於 4 點，A-等同於 3.6667 點，B+等同於 3.3333 點，B 等同於 3 點，B-等同於 2.6667 點，C+等同於 2.3333 點，C 等同於 2 點，C-等同於 1.6667 點，D 等同於 1 點，F 代表未通過，碩士畢業要求平均 GPA 要達 3 點以上，課程分數組成，授課講師會在開課第一週說明相關標準，依照課程及教授安排，基礎課程大部分會有一至兩次的期中考以及期末考乙次，也會有許多次作業或報告成績，職選擇的論文模式，畢業時累積 GPA 為 3.84。

三、 論文研究

職於第一年的第二個學期，加入智能訊號系統實驗室(Intelligent Signal System Laboratory)，指導教授為 Keigo Hirakawa 博士，實驗室主要研究領域為影像處理及電腦視覺，與空軍研究實驗室、福特及索尼電子等單位都有相關的合作，實驗室也具備多種不同的相機，包括超高解析度可光波段相機、事件相機、灰階相機及多光譜相機供研究使用。

職研究主題為低解析度紅外線及高解析度可見光影像融合演算法開發，研究動機來自美軍影像融合裝備，此裝備整合夜視與紅外線影像，本研究為整合可見光及紅外線影像，其研究內容可分為影像融合及整合影像及影像放大(Super-Resolution Technique)。

隨著科技的發展趨勢，可見光感測器的解析度已數倍地高於紅外線感測器的解析度，而高解析度的紅外線感測器價格昂貴且易面臨進口的限制，另經本研究的文獻回顧，了解現行可見光及熱影像融合的發展，目前已經存在許多影像融合的方法，惟現行方法多降低可見光影像解析度，以配合紅外線影像的解析度，乃至於融合之影像解析度取決於紅外線影像之解析度，低解析度將無法呈現更細節的資訊，影響能獲取的資訊。

經上述的分析，本研究期結合影像融合及影像放大兩個目標，希透過可見光影像的高解析度的特質，協助提升融合影像的品質，影像融合目標為結合可見光及紅外線影像，可見光影像提供目標細節資訊，但易受嚴峻環境影響，如黑暗、灰塵、煙霧等情況，而紅外線影像透過接收目標自身發射的紅外線輻射，因此不受上述環境因素影響，本研究將以深度學習 U-Net 的結構為基礎開發影像融合模型，影像融合成果的表現取決於兩個關鍵因素，第一是否能有效從可見光及紅外線影像精準地萃取出重要資訊，第二有效整合兩個萃取資訊。在訓練深度學習模型時，通常監督式學習，會提供輸入及輸出的解答，藉由找出輸入及輸出的對應關係，進而使模型能成功預測結果，但影像融合並沒有標準答案，但透過影像融合的目標(萃取出原影像的重要資的目的)，此目標又可以解讀為，如果能發現一個物體在可見光影像內，如此該物體應能被發現在融合影像內，相同地，如果能在紅外線影像內找一個物體，那麼物體亦應出現在融合影像，因此本案想透過分類的概念進行物體特徵萃取，透過使用成熟且已訓練完畢的 VGG16 網路萃取特徵，並融合兩個影像的特徵圖，作為訓練的輸出解答，圖 1 為訓練流程，藉由 VGG16 的網路，能精確地萃取可見光及紅外線影像內的特徵，並透過 softmax 的公式融合兩特徵圖，透過相關的程序，能產生模型訓練的輸出解答。

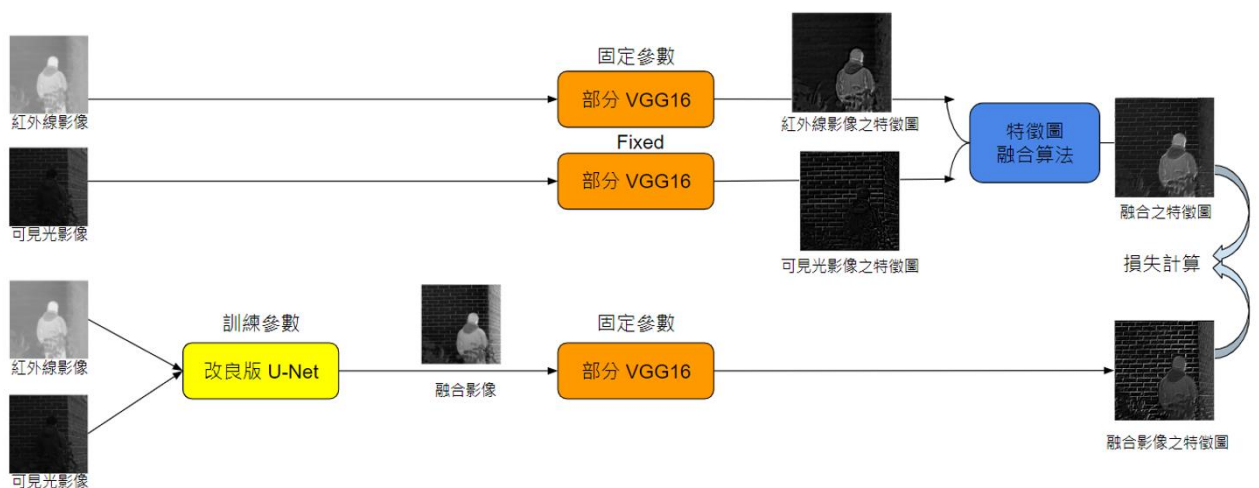


圖 1: 影像融合模型訓練流程

影像融合演算法模型為根據 U-Net 架構開發，U-Net 模型於西元 2015 年被提出，

應用於生醫影像分割，透過編譯器及解碼器組成，其中在 U-Net 結構中最重要的元素為聯級機制(Concatenation)，此機制會將編譯器的特徵圖提供給解碼器，因此深度學習的網路能更有效的預測結果，並且不需要大量的訓練資料就能獲得優良的訓練結果，圖 2 為影像融合模型架構，此模型先融合同解析度之兩種影像，有兩個輸入，分別為紅外線影像及可見光影像，一個輸出為融合影像，而輸出之影像，在訓練的流程中，會將成為 VGG16 的輸入，因此可訓練模型產生能具備兩者影像重要特徵的融合影像。

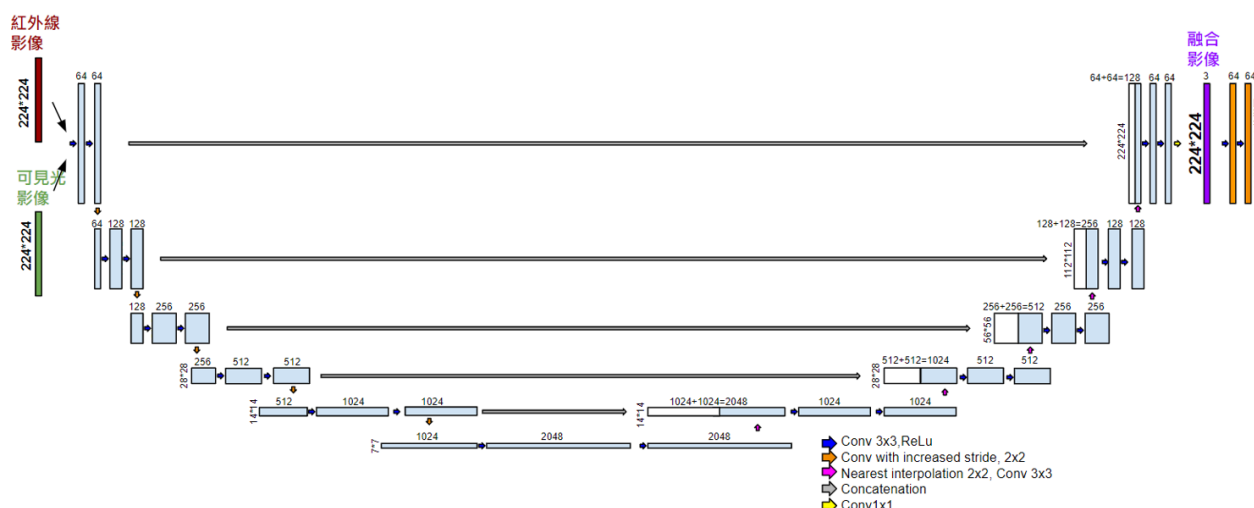


圖 2: 影像融合模型架構

本演算法可精確地萃取出來自可見光及紅外線影像內的重要特徵，圖 3 至圖 6 影像融合成果，使用開源資料庫 TNO，進行測試並與 5 種現行先進的影像融合演算法進行對照，可以觀察到本演算法，能有效萃取出紅外線及可見光有意義的特徵，並適當地被整合，且有高對比之特質，符合人眼視覺的傾向，另外此資料多呈現人與背景相似的情況，因此更能檢視影像融合之成果，本演算法能整合可見光影像中豐富環境細節資訊和紅外線影像中之目標資訊，透過處理影像融合，能獲得更全面性資訊，本案成果除以定性方式呈現，也採用定量方式評量，表 1 為相關定量評估成果，透過定量評估，可顯示本算法能有效萃取出原影像之資訊，並有高對比之特性，並成功地轉移原影像的資訊至融合影像中。

表 1: 定量影像融合成果評估

衡量指標	MSVD	MST_SR	TIF	VSMWLS	LatLRR	本方法
熵	6.73	6.75	6.73	6.83	6.69	6.98
標準差	32.05	31.57	30.97	35.45	44.33	45.56
結構相似性指標	0.4295	0.4860	0.4791	0.5098	0.4212	0.5006
相互訊息量	1.26	1.08	1.08	1.30	1.13	2.03

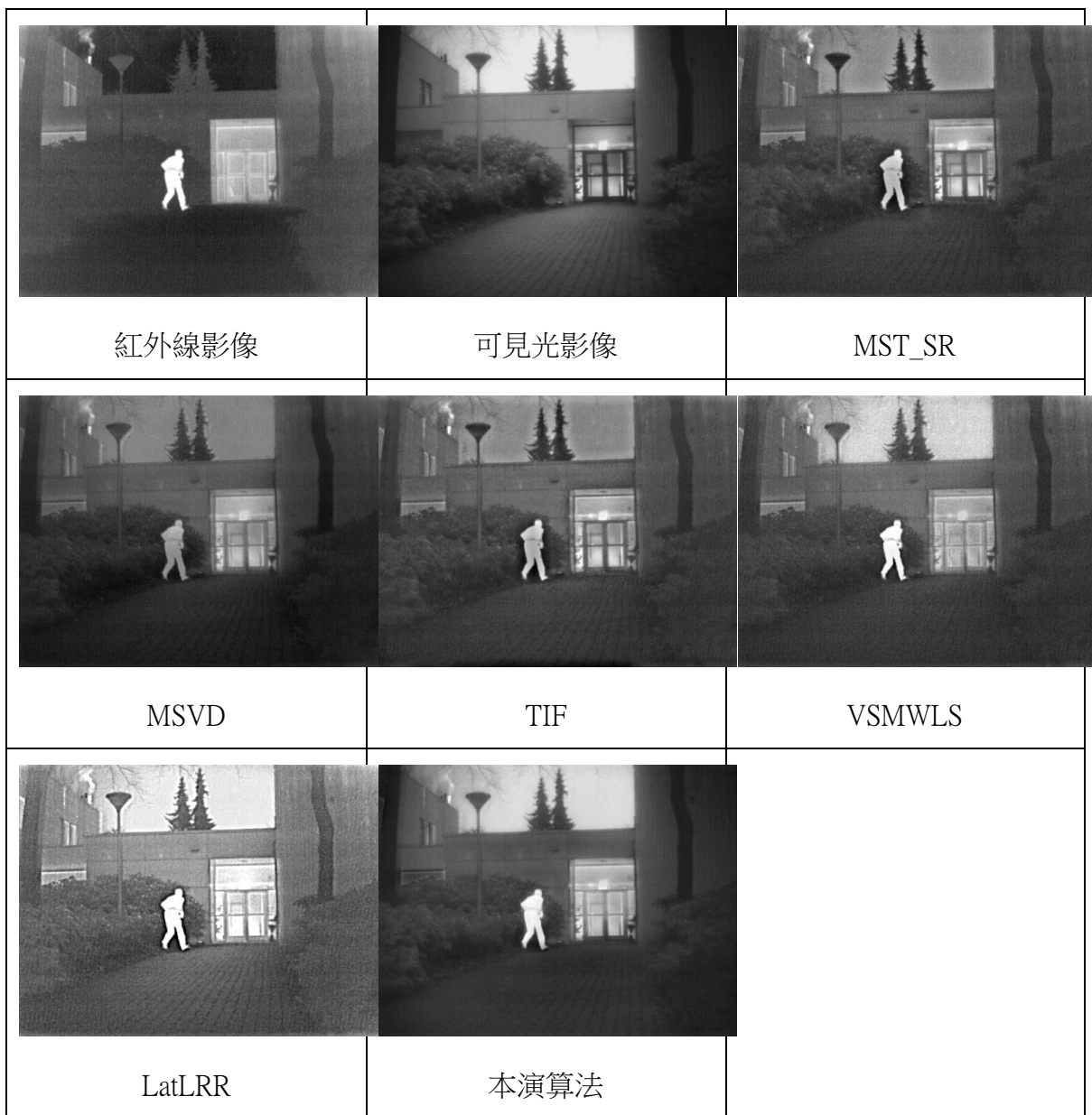


圖 3: 影像 1 之影像融合成果









		
紅外線影像	可見光影像	MST_SR
		
MSVD	TIF	VSMWLS
		
LatLRR	本演算法	

圖 4: 影像 2 之影像融合成果

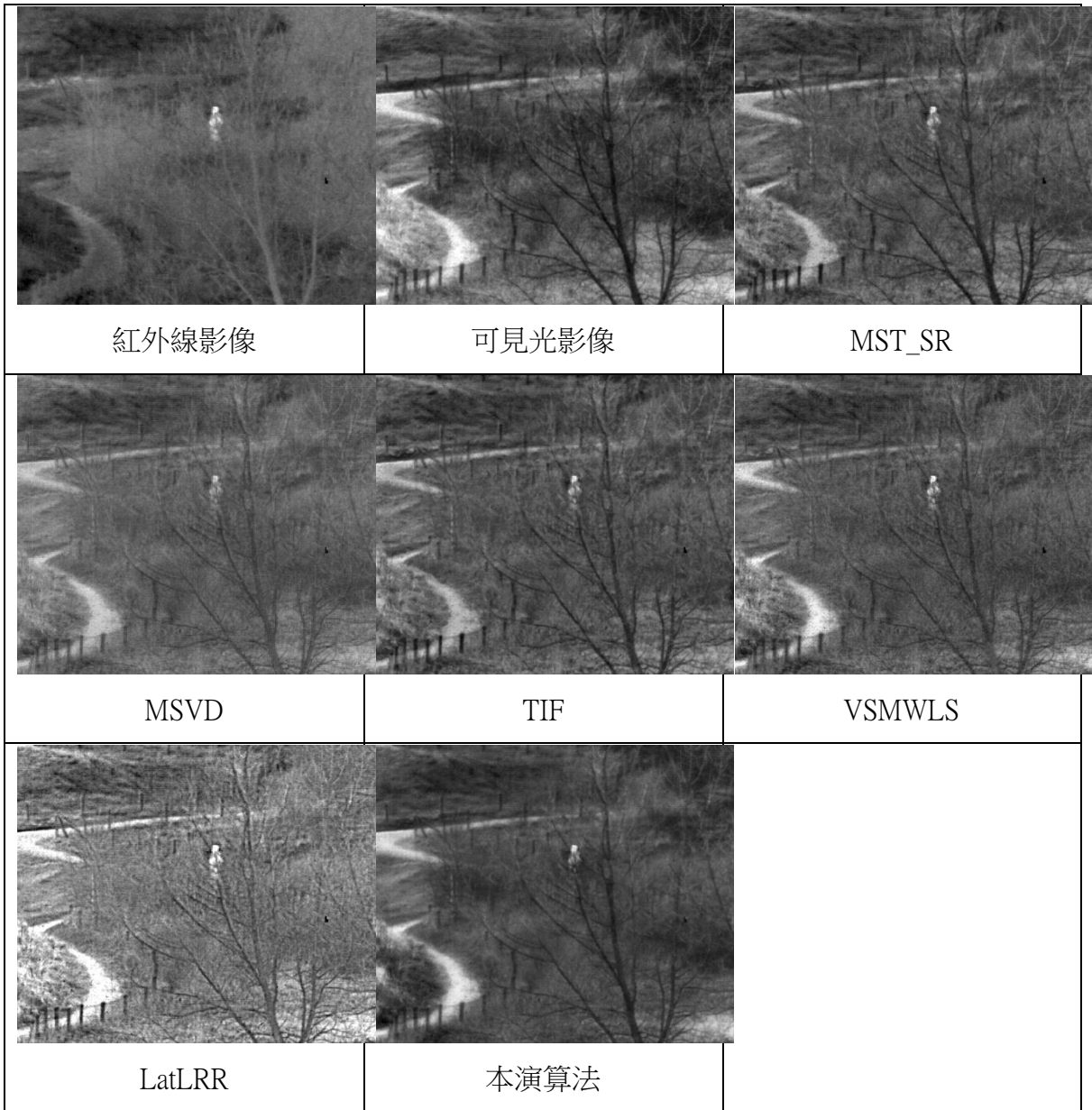


圖 5: 影像 3 之影像融合成果

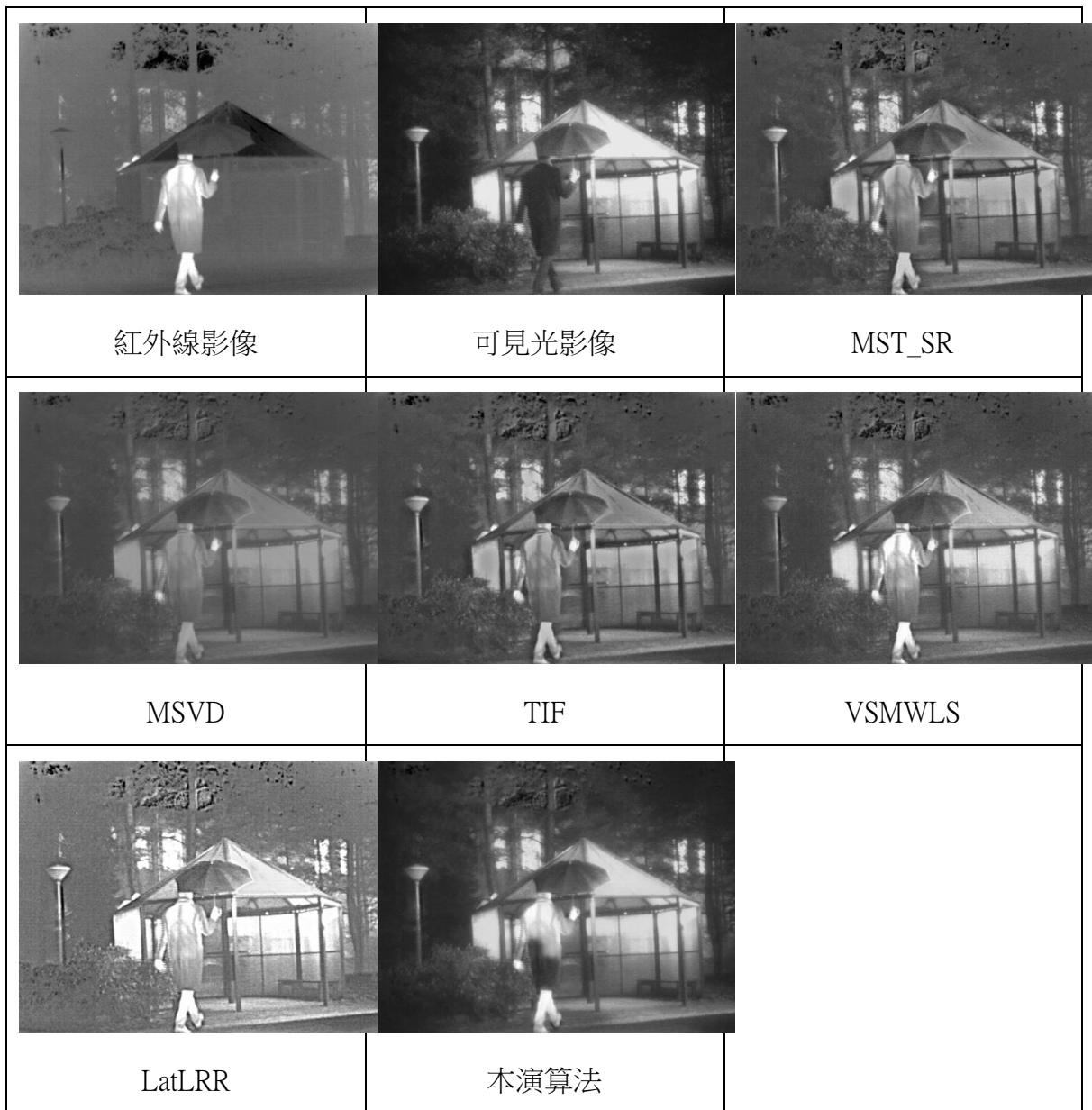


圖 6: 影像 4 之影像融合成果

完成同解析度之影像融合演算法開發，本案使用相似架構，開發不同解析度之影像融合演算法，圖 7 為整合影像融合及影像放大之網路，輸入為高解析度之可見光影像及低解析度之紅外線影像，輸出為高解析度融合影像，利用 U-Net 編譯器每次下採樣會降低尺寸之結構，能整合不同解析度之影像，並利用遷移學習之技巧，可以將已完成訓練來自等倍影像融合的參數，轉移至不同解析度影像融合之網路，此做法能使訓練更加快速且穩定，圖 8 至圖 11 為低解析度紅外線與高解析度可見光影像融合之成果，因當前未有不同解析度影像融合之方法，因此本案採用現行影像放

大及影像融合之算法，分別選擇 2 種先進之作法，互相配對可以獲得 4 種不同的算法，以這 4 種算法與本案算法進行對照，本演算法能有效將紅外線影像放大，提供細節資訊，並具備高對比度之特質，相較其他算法更能準確預測，另除進行定性評量外，亦執行定量分析，表 2 為不同解析度影像融合之成果，此表顯示本演算法產出之融合影像具備較多資訊，也能有效的將來自紅外線及可見光影像的資訊轉移至融合影像中。

相較於其他的方法，需要將影像放大及影像融合執行 2 次處理，本演算法能透過一個網路，同時完成影像放大及影像融合，除了可提升效率外，也能降低運算過程中的雜訊，強化融合影像品質，另本演算法最大貢獻為使用成熟之 VGG16 分類器網路萃取特徵之作法，能準確有效地提取重要關鍵資訊。

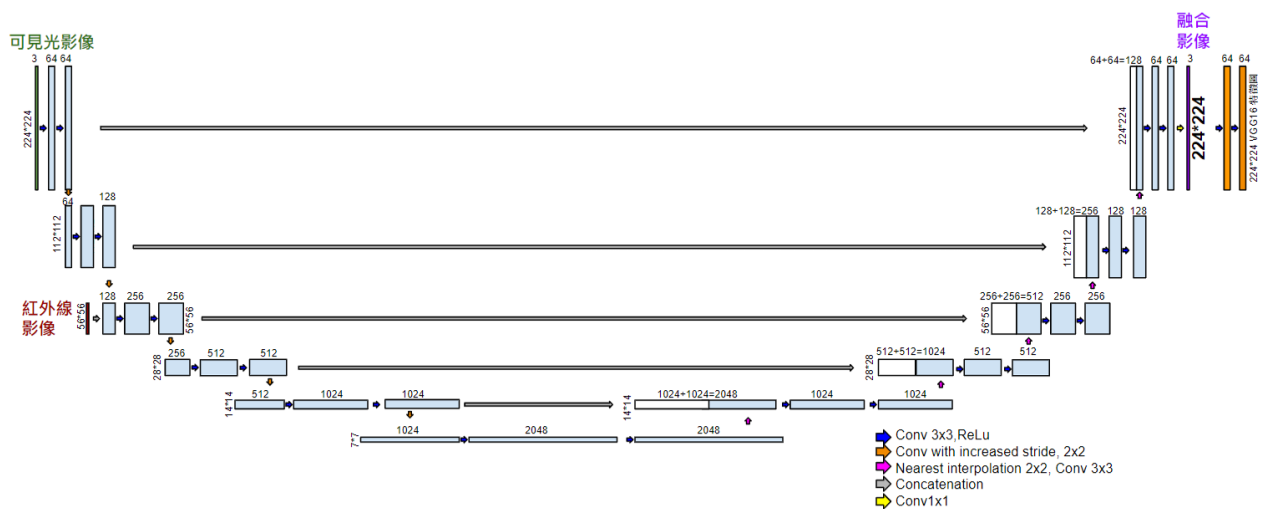


圖 7: 低解析度紅外線及高解析度可見光影像融合之模型

表 2: 定量不同解析度影像融合成果評估

衡量指標	VSMWLS_ selfEXSR	VSMWLS_ SRCNN	MST_SR_ selfEXSR	MST_SR_ SRCNN	本方法
熵	6.83	66.83	6.74	6.47	6.92
標準差	36.47	36.46	31.47	31.44	45.61
結構相似性指標	0.4557	0.4604	0.4539	0.4564	0.4377
相互訊息量	1.16	1.17	1.09	1.10	1.98

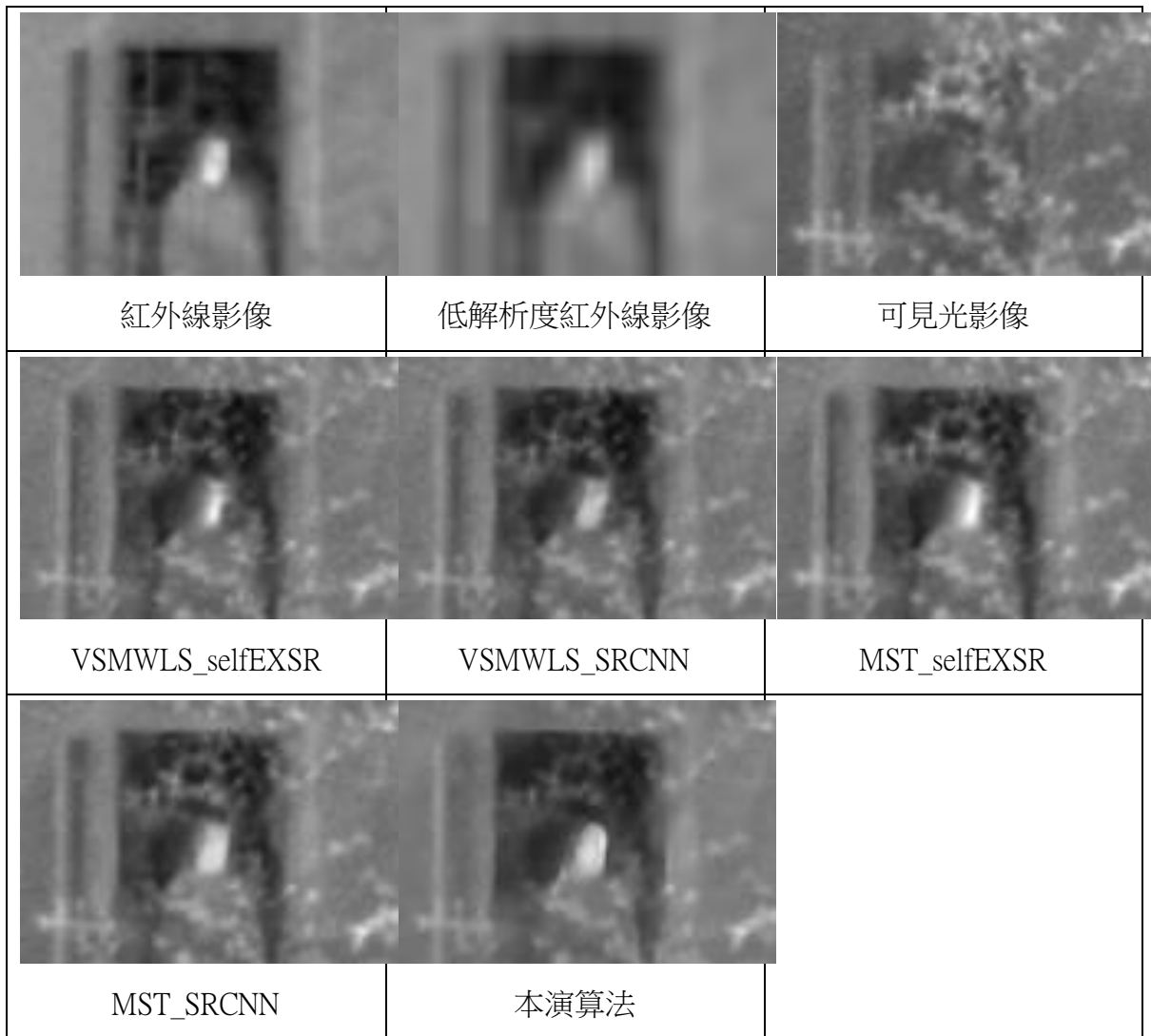


圖 8: 影像 1 之不同解析度之影像融合成果









		
紅外線影像	低解析度紅外線影像	可見光影像
		
VSMWLS_selfEXSR	VSMWLS_SRCNN	MST_selfEXSR
		
MST_SRCNN	本演算法	

圖 9: 影像 2 之不同解析度之影像融合成果




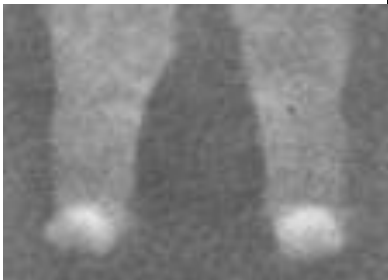
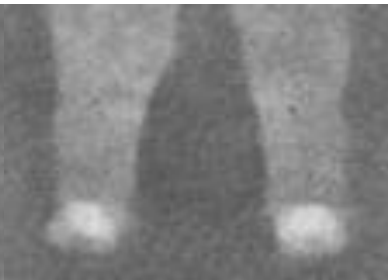



		
紅外線影像	低解析度紅外線影像	可見光影像
		
VSMWLS_selfEXSR	VSMWLS_SRCNN	MST_selfEXSR
		
MST_SRCNN	本演算法	

圖 10: 影像 3 之不同解析度之影像融合成果

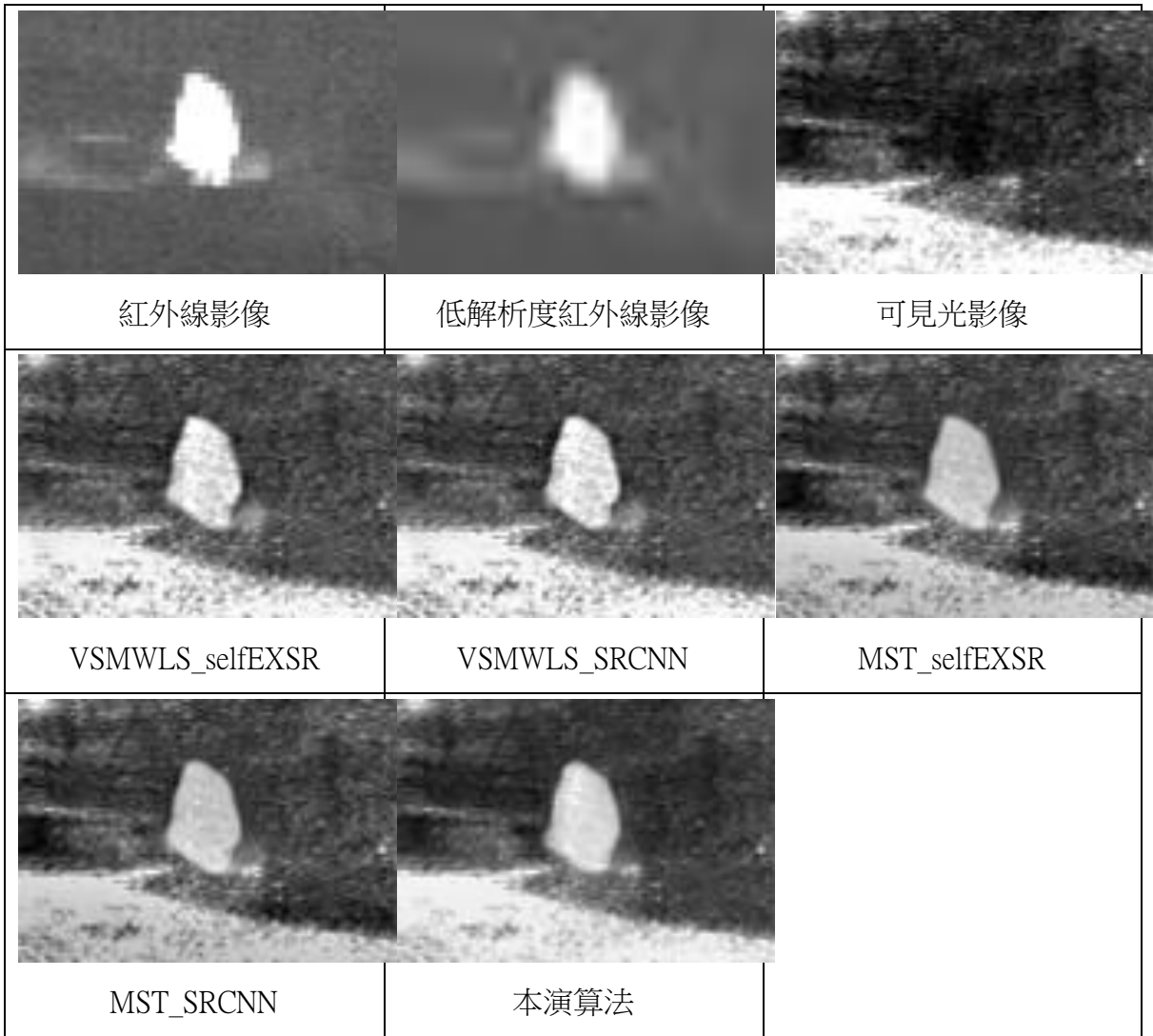


圖 11: 影像 4 之不同解析度之影像融合成果

參、心得與建議

感謝軍備局生產製造中心第 401 廠給予職本次出國進修之機會，能深入專注地學習影像處理相關的知識，修課時就職的觀察，課程可分為基礎課程及應用課程兩部分，基礎課程部分評分會以考試及作業為主，此部分與傳統學習較相似，作業約每一至二週會有一份，頻繁的作業對於學習相當有幫助，可以檢視學習的成果，另應用類課程，以專案及報告為主要評分項目，透過實際的專案執行，能夠更了解所學習的知識將如何應用，也能因此激發學習的動機，上課的風格，老師傾向與學生互動，會安排很多問題，請每個人表達想法，除能訓練膽量外，亦能幫助思考，發掘不了解的部分，部分難度較高的課程，教授會舉辦課後的 Homework Session 把參與的學生分成小組，透過小組討論分享想法，以解決每道題目，教授也會在小組討論時提供想法。

在進修學習過程，學習的風格偏向自主學習，上課透過發問解決當下的困惑，若當下無法理解，再課後複習後，仍有問題都能與教授透過郵件直接聯繫，教授會給予回覆及需要的協助，例如安排助教一對一討論或與老師約視訊的方式討論或學理概念的講解，執行相關專案或作業時，如遇不懂也可以與老師討論，教授會分享執行的方向，建議提前開始寫作業，保留足夠時間向老師詢問，另外如果無法於預期時間內完成作業，也能夠向老師表達需要多一點時間，許多老師都會同意延期，目的是希望學生能從每項作業中深入地學習，碩士的課程與以往的大學課程非常不同，修課時間很少，大部分時間是自行摸索或上網找資料做作業，每個學期大約 9 學分，而第二年開始主力將放在論文研究，建議與指導教授先討論未來修課規劃及畢業期程的安排。

外文適應部分，一到美國後，會有很多時候需要向他人尋求幫助，例如選課不能選、上課要發問、問考試內容方向、處理保險等生活問題，剛開始會先查好要說的話再開口，漸漸地越來越勇敢，當聽不懂時，不會裝懂，會問對方是什麼意思，很多時候透過再一次的詢問溝通，就能了解對方的問題，並且在下一次時，也能夠

聽懂相似的內容，在美國可以遇到來自世界各地的人，很多人的母語都不是英文，大部分的當地人對於英文不是這麼流利的人都相當有耐心，因此透過每一次的交談能迅速地提升口語能力。

研究部分，指導教授為鼓勵開放的研究風格，以引導的方式協助度過研究遇到的難題，並且透過定時的實驗室會議，每位成員分享自己的研究進度，遇到類似的問題也會私下以視訊方式討論，此種研究環境，能降低研究的壓力，彼此互相鼓勵，有時遇到瓶頸時，再自身努力之後，仍無法解決，以個人經驗來說，最好的辦法是儘快跟指導教授討論，透過教授的分析跟建議，能嘗試不同的策略，以突破困境，另外為利研究成果未來可投入單位任務，建議進修期間，除持續蒐整最新科技資訊，也要積極與單位保持交流，互相分享生產單位及學研單位不同的知識，俾利研究的成果符合單位的需求，建議也能將單位的需求與指導教授討論，並將相關的需求加論文研究中，以利鑽研相關的技術。

職在論文研究領域為影像處理，主要使用的知識為訊號處理及機率分析，以電機系性質相似，屬於後端處理影像，但研究過程中，同時也需要了解影像是如何產生的，此時則會利用光電相關的知識，像是紅外線及可見光不同的成像原理，以及紅外線影像高解析度製程的困難，在充分了解現今感測器等相關硬體發展的趨勢，將能提供更有效地運用資料，也能將研究的環境更貼近實際運用的層面，本研究多為演算法開發，未涉及太多硬體層面，建議未來派訓的人員，可以將學習方向設定為系統軟硬體整合，更能符合單位的實務發展，在研究期間也深深感受到跨領域之間合作的重要，建議不要侷限在自身領域，多修習其他相關領域課程，能產生更多元的想法。

肆、畢業證書

University of Dayton

This Certifies that

Hsuan Lin

having completed the prescribed course of study, upon the recommendation of the Faculty, has been awarded the degree of

Master of Science in Electrical Engineering

and as evidence thereof has been granted this Diploma.

In Witness Whereof, we have affixed our signatures and the seal of the University. Given at Dayton, Ohio, this eighth day of August, two thousand and twenty-two.

Rick Omlor

Richard J. Omlor, Chair of the Board of Trustees



Eric F. Spina

Eric F. Spina, President

伍、參考資料

1. A. Toet et al., “Two image fusion dataset,” Figshare. data, 2014.
2. H. Xu, J. Ma, Z. Le, J. Jiang, and X. Guo, “FusionDn: A unified densely connected network for image fusion,” in proceedings of the Thirty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2020.
3. K. Nasrollahi and T. B. Moeslund, “Super-resolution: a comprehensive survey,” Machine vision and applications, vol. 25, no. 6, pp. 1423 – 1468, 2014.
4. C. Sun, C. Zhang, and N. Xiong, “Infrared and visible image fusion techniques based on deep learning: A review,” Electronics, vol. 9, no. 12, p. 2162, 2020.
5. X. Zhang, P. Ye, and G. Xiao, “Vifb: A visible and infrared image fusion benchmark,” in Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2020.
6. D. P. Bavirisetti and R. Dhuli, “Two-scale image fusion of visible and infrared images using saliency detection,” Infrared Physics & Technology, vol. 76, pp. 52 – 64, 2016.
7. J. Ma, Z. Zhou, B. Wang, and H. Zong, “Infrared and visible image fusion based on visual saliency map and weighted least square optimization,” Infrared Physics & Technology, vol. 82, pp. 8 – 17, 2017.
8. H. Li and X.-J. Wu, “Infrared and visible image fusion using latent low-rank representation,” arXiv preprint arXiv:1804.08992, 2018.
9. C. Dong, C. C. Loy, K. He, and X. Tang, “Image super-resolution using deep convolutional networks,” IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 38, no. 2, pp. 295 – 307, 2015.
10. J.-B. Huang, A. Singh, and N. Ahuja, “Single image super-resolution from transformed self-exemplars,” in Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2015, pp. 5197 – 5206.

陸、附件

國防部軍備局生產製造中心第四〇一廠出國報告建議事項處理表			
報告名稱	美國戴頓大學電機工程碩士進修報告		
出國單位	軍備局生製中心 第四〇一廠	出國人員級職/姓名	上尉 林萱
地點	美國	出/返國日期	109.08.10/111.08.09
建議事項	<p>一、研究生大部分的時間都是在做研究，因此不容易認識其他學生，建議爾後進修人員可多參加學校舉辦的活動，認識來自世界各地的人，並且體驗當地文化，剛開始可能會感覺不太自在，或對自身英文能力沒信心，但多交流後會發現，語言的本質是溝通，大部分的人都非常有耐心，不需要擔心口音或發音，並且口說能力也會在每一次的交流更加進步，很多時候職都會把跟人交談視為一個練習，建議有機會赴國外進修之人員，不要在乎溝通的結果，重要的是跨出「說出口」那一步。</p> <p>二、論文研究方面，建議選課前，先鎖定有興趣的領域及相關領域從事研究的教授，進而先行修習該教授的課程，如此能更加了解教授的風格及專業，幫助後續選擇適合的指導教授及題目，通常在第二個學期後會確定指導教授，因此把握前期修課的時間，以利後續論文研究的方向；另在論文主題研究選擇上，建議選擇硬體開發或系統整合之項目，本廠多項生產及研發任務，多為開發光、機、電整合型產品，培養系統建置之能力，將能有效整合來自各個領域的能量。</p>		
處理意見	<p>一、本廠未來薦派人員赴國外院校進修學位，除要求進修人員充實專業學能，以達吸收新知成效，鼓勵人員增進自身聽力與口說能力，有助於親身體驗異國校園生活，並提升同儕間交流互動關係。</p> <p>二、未來受訓人員應與原單位之研發部門保持頻繁的交流，了解原單位未來研發方向，俾利於完成受訓後，將所學投入單位之研發之任務。</p>		