

教育研究集刊  
第六十六輯第四期 2020年12月 頁79-118

# 應用連結論於全球導航衛星系統課程 的教學設計



陳哲銘

## 摘要

全球導航衛星系統是空間資訊技術的核心之一，為因應專業人才的需求，國內各大學相關科系多在大學部開設「全球導航衛星系統」課程。過去課程的重點偏重在瞭解基礎原理和訓練軟、硬體操作技能，但鑑於未來就業市場對於核心素養的需要，有必要將課程的重點從訓練技能提升到培養素養。本研究應用新興的學習理論「連結論」來進行課程的教學設計，期望透過在學習環境中強化「人機」、「人際」與「人地」的連結來達成培養素養的目標。研究結果顯示，應用連結論的教學可以增進學生在「專業知識」與「專業技能」方面的科學素養，但若要培養「科學態度」，則有賴更進階的探究式課程。而地理學科所重視的「人地」連結，可帶動更深、更廣的「人機」和「人際」連結，有助於素養學習成效的提升。

關鍵詞：全球導航衛星系統、素養、連結論

---

陳哲銘，國立臺灣師範大學地理學系副教授

電子郵件：jeremy@ntnu.edu.tw

投稿日期：2020年03月31日；修改日期：2020年08月10日；採用日期：2020年11月25日

# **Using Connectivism for the Instructional Design in a GNSS Course**

Che-Ming Chen

## **Abstract**

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) are one of the cores in geospatial technologies. In order to respond to the needs of geospatial professionals, many university departments in Taiwan have provided undergraduate GNSS courses. The introductory courses of GNSS usually focus on the understanding of basic principles and the training of hardware and software operating skills. In view of the future employment markets for key competence needs, the introductory courses need to be extended from training skills to developing competencies. In this study, we adopted a new learning theory “Connectivism” for instructional design. To achieve the goal of developing competencies, we proposed a teaching strategy by strengthening the connections among “human-device,” “human-human” and “human-environment” in the learning environment. The research results showed that the application of connectivism could improve students’ scientific competencies in “professional knowledge” and “professional skills,” but more advanced inquiry-based courses were required to develop “scientific attitude.” Moreover, the “human-environment” connection that

---

Che-Ming Chen, Associate Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University

Email: [jeremy@ntnu.edu.tw](mailto:jeremy@ntnu.edu.tw)

Manuscript received: Mar. 31, 2020; Modified: Aug. 10, 2020; Accepted: Nov. 25, 2020.

geography emphasizes could drive deeper and broader “human-device” and “human-human” connections. It improved the effectiveness of developing competencies.

**Keywords: Global Navigation Satellite Systems (GNSS), competence, connectivism**

## 壹、前言

空間資訊科技（Geospatial Information Technologies）整合地理資訊系統（Geographic Information Systems, GIS）、全球導航衛星系統（Global Navigation Satellite Systems, GNSS）和遙感探測（Remote Sensing, RS）等三種科技，目前被廣泛應用到現實生活的各種層面，例如土地管理、資源管理、精確農業、智慧城鄉、防災救災、交通管理等（趙忠明、周天穎、嚴泰來，2015）。其中，GNSS為核心技術，是提供精準定位、計時和導航不可或缺的基礎工具，也是國家高普考、地方特考「測量製圖」職系之基本應考內容，同時亦為專門職業及技術人員高等考試「測量技師」應考資格的必修科目之一。臺灣位於板塊運動劇烈地帶，加以近年天然災害頻傳，各級政府和民間測量公司亟需此類測量製圖人才，按考選部職能分析資料，地政及國有財產管理機關之「測量製圖」職缺高達1,680個，其他政府機關之測量製圖職缺數約151個（考選部，2020）。由此職系之高普考錄取率（2019年高考21.53%、普考21.37%）歷年皆高於全國平均錄取率1倍以上（2019年高考10.79%、普考9%），可見國家對此類人才需求之殷切（劉力仁，2019）。鑑於國家建設、土地規劃和災害調查在GNSS專長的人才需求，國內各大學土木、測量、地政、地理等相關科系皆普遍開設「全球導航衛星系統」課程，介紹GNSS的基本原理與訓練操作技能，課程內容通常包含原理與技術、定位模式與解算方法、儀器設備與應用軟體等，並透過戶外實機操作的方式學習如何進行野外定位測量與資料蒐集。

在目前複雜且快速變遷的社會環境，精熟一項技能並不足夠。當各種國際組織在近年提出課程改革時，皆強調素養導向（competency-based）的課程設計（European Commission, 2005; UNESCO Institute for Education, 2003），我國高等教育也以「迎向未來」、「連結在地」及「接軌國際」為願景，推動「高教深耕計畫」來培育學生具備二十一世紀關鍵能力（21st century competencies），期使人才在全球化與知識經濟的世代能學以致用（教育部，2017）。關鍵能力（key competences）或稱為核心素養，涵蓋三個範疇：第一是能活用工具，尤其在數位時代需要具備善用資訊工具的能力；第二是能跨域互動、具備良好的人際關係

及能團隊合作以解決複雜問題；第三是能自主行動，個人具有寬廣的世界觀、能進行生涯規劃和執行個人計畫、維護自己的權益和主張。大學生融會貫通這些能力來思考與行動，就能即時就業和終身學習，在這快速變遷的時代中安身立命（楊國賜，2013）。

本研究的主要目標即是應用新興學習理論「連結論」（connectivism），將「全球導航衛星系統」課程的教學設計從過去「學科本位」和「技能導向」調整為「素養導向」，將以教師為中心的講授式教學調整為注重學生為中心的專案式學習，以利於培養學生的高層次思考能力，並讓學習與生活情境相結合，使學生能付諸行動介入真實世界的社會情境，從學習過程中培養活用數位工具、團隊合作解決問題和自主學習等關鍵能力。尤其在資訊化的社會，學生慣用行動裝置與網路資源，喜好使用社群媒體分享資訊和心得，開放性資料和用戶生成內容隨手可得，課程教學若能以社會議題有效整合使用空間資訊科技和資訊通訊科技，將有助於培養出有責任感的現代公民和有效率的職場員工（Chen & Wang, 2015）。

連結論由教育學者Siemens（2004）所提出，他指出目前最被廣泛應用的三個學習理論（行為論、認知論和建構論）都是在學習環境尚未被資訊科技全面衝擊的年代發展出來的，因此提出連結論來因應數位時代的學習需要。連結論認為，當代大量知識以各種數位形式散布在網路中，因此，學習的關鍵就是要會根據自己的需要，善用網路來連結線上學習資源和建立學習社群，強調學習可以發生在個人或學校以外的外部環境，例如網路上的學習社群或是機器，具備人工智慧的機器可以延伸人的記憶和協助思考，而學習的主要活動就是建立連結，能夠連結不同領域、不同想法及不同概念是核心技能，要能過濾和篩選對自己重要的學習內容，而學習的目的是獲取即時且正確的知識，並能根據最新的資訊判斷該捨棄哪些過時或錯誤的知識（Utecht & Keller, 2019）。連結論的具體實踐和成果是連結論式「大規模開放式線上課程」（Connectivist Massive Open Online Courses, CMOOCs），這種學習方式改寫了過去學習是由教師和教育機構主控的模式，變成是學生自己決定連結什麼學習內容和與其他學習者彼此連結討論分享的合作過程（Yeager, Hurley-Dasgupta, & Bliss, 2013）。連結論強調與資訊科技和網路社群相連結的學習策略，有助於改變傳統的學習生態，因此本研究應用連

結論將課程從技能導向轉換為素養導向。具體的研究問題如下：

- 一、一般教室的學習環境如何運用連結論進行教學設計？
- 二、地理學科的課程特性如何融入連結論式的教學？
- 三、應用連結論的教學可否達成培養科學素養的目標？

連結論目前仍在發展中，未來是否能成為學習理論的新典範仍需要更多實證研究的回饋（Goldie, 2016）。目前國內仍少有應用此新興學習理論的教學個案，國外現有的文獻也顯示較多是應用在線上課程，較少是一般教室課程的應用個案。此外，地理學科特別重視田野實察教學，連結論的教學應用仍缺乏此類野外學習的個案。因此，本研究的目的除了為驗證連結論在全球導航衛星系統課程的素養學習成效，亦期望以一個地理課程的角度作為借鏡，提供類似課程應用此學習理論的參考，並且透過一般非線上和田野實察教學的實務經驗，為連結論的教學應用提供回饋。

## 貳、文獻探討

為應用連結論進行全球導航衛星系統課程的教學設計，以下回顧連結論的理論與發展，以及目前在高等教育教學應用個案和與地理學的關聯等相關文獻。

### 一、連結論的理論與發展

連結論認為，在資訊科技發達的現代社會，使用科技已是工作場合不可或缺的能力，而支持這個主張最有力的證據是逐漸縮短的「知識半衰期」（half-life of knowledge），即知識從產生到半數變成過時的生命週期，換言之，現有一半的知識在10年前尚未產生，而全世界知識的總量在過去10年增加了一倍，目前則是縮短到每18個月就倍增，於是，為了跟上知識半衰期，機構被迫要部署新的學習策略（Gonzalez, 2004）。知識半衰期的現象造成許多行業面臨過時被汰換的危機，因此，人的一生轉換工作跑道的次數會增加，過去進入職場的專業知能主要是透過學校教育階段來養成，現在因應換工作的需求，學習與工作無法再截然分開，而是變成學習與工作相輔相成的「終身學習」。這樣的社會現象促使學習方法必須革新，否則將跟不上知識爆炸性成長同時加速折舊的腳步，導致個人喪

失就業競爭力、行業過時招致被淘汰，國家因產業無法轉型和創新而缺乏國際競爭力（Siemens, 2004）。而高等教育同樣面臨這種危機，大學端必須與業界的專業領域、其他大學和培訓機構，以及他們自己的社區建立牢固的夥伴關係，以利獲取最新的資訊和知識，共同構建開放性教材與線上學習平台，保持與時俱進的動能（Bridgstock, 2016）。

連結論認為，行為論、認知論和建構論等三個學習理論都是以學習過程中人類大腦內部的認知反應為基礎而發展出的腦內理論（brain-based theories），因此，相對忽略學習如何發生在個人大腦活動之外，例如，數位時代學習的歷程被科技所儲存和處理，人類思考也大幅由科技代勞，學習無所不在地發生在網路社群組織內（Siemens, 2004）。像是某人首次到日本大阪旅遊，用FB打卡貼相片，然後朋友看見他目前所在的位置，於是在FB上推薦他中午到附近某家餐廳用餐，並且分享一些自己的大阪私房景點和旅遊心得。這位旅遊者在社群網站上讓自己的行蹤曝光，即時得到社群內朋友提供的當地知識，這樣的學習歷程是發生在網路社群的組織內，而且是在沒有當地先備知識的情形下，透過資訊通訊科技來連結組織和即時獲取知識，此過程便是連結論具體的學習表現。

連結論的學習真實反映了數位時代的新學習樣態，知識的來源不必被侷限在教師或特定的數位學習平台，學生可以隨時藉由科技連結到更廣泛的網站、網路社群或資料庫。學習社群的建立也不再限於在同一個學習平台內建立封閉社群，而是根據自己的興趣與需要而自發、開放地建立個人化的社群，而這些連結和社群可以根據自身的需要隨時進行改變和調整（Guder, 2010）。Wang、Chen與Anderson（2014）進一步將連結的實踐方式歸納為由淺至深三種類型：第一類為簡單連結，即個人為了找尋問題的答案或解決實際問題去連結必要的資訊，例如學生用Google搜尋習題的解答。第二類為社會連結，是具有相同興趣和目標的人連結或建立社群來分享知識，例如一群教師建立網路共備社群來提升教學專業與分享教學資源。第三類是複雜連結，這種最高層次連結的目的是為了解決複雜的問題或激發創新，學習者除了連結網路取得資訊和人力資源，並主動發展和提供自己的資源，以互惠他人和彼此深度互動，營造出會不斷分化和成長的開放性學習組織，創造出新話題、新知識、新解決方案及吸引新成員，若學習能達到這種層次的連結，學習的廣度和深度則可以超越一般學校課程所預設的學習目標。連

結論的八項學習原則如下（Siemens, 2004）：

- （一）學習和知識存在於多元意見中。
- （二）學習是連結特定結點或資訊來源的過程。
- （三）學習可以存在於非人類的機器中。
- （四）求知能力比先備能力更重要。
- （五）要持續學習必須強化和維持連結。
- （六）能夠連結不同領域、不同想法和不同概念是一種核心技能。
- （七）所有連結論式的學習活動在於獲得即時而正確的知識。
- （八）決定學什麼，本身就是一項重要的學習，要能考量現實情況改變下選擇學習什麼和判斷資訊的重要程度，問題的答案可能因資訊的改變而昨是今非，進而影響當下的決定。

連結論認為，知識不是固定的實體，而是分布在連結的網路之中，對人類大腦而言，知識是建立在腦神經的連結上，對社會而言，知識則是建立在人們及其作品（artifacts）的彼此連結上，因此，學習能力包含能否建構和進入這些網路，知識就是實體之間的連結，學習要創建和刪除實體之間的連結或是調整這些連結的強度，學習社群為維持有效性，會學習、調適及避免停滯（Downes, 2012）。連結論主張，透過網路建立連結和學習社群與社會建構論很相似，兩者都認同學習是個社會化的互動過程，但兩者仍有本質的差異，例如，連結論不僅重視社會互動，學習所連結的結點（nodes）更廣泛地包含在數位時代的各種資訊來源、載具和裝置。社會建構論的學習專注在知識的建構，連結論的學習則強調連結的建立與網絡的形成。而網路的角色在社會建構論中只是個「媒體」，但在連結論中卻扮演著學習的關鍵工具，是個人思考和認知的擴展（王志軍、陳麗，2014）。Schunk（1991）提出了五個定義問題作為區分學習理論的架構，連結論與其他三個學習理論可透過這個架構來區隔（如表1）（Siemens, 2012）。

連結論這個新學習理論在提出之後也受到許多批評，被質疑的觀點包括：並未達到學習理論的層次，只是教學法的層次（Verhagen, 2006）；與過去的學習理論雷同（Kop & Hill, 2008）；缺乏足夠的實證研究證據來驗證其有效性（Akella, 2012）；過度強調人腦外部的學習、網路結點的概念，過度簡化學生之間的交互作用，缺乏對概念發展的論述（Clarà & Barberà, 2014）；不算是教學

表1  
連結論與主要學習理論的差異

定義問題	行為論	認知論	建構論	連結論
學習如何發生	黑箱	結構化程序	社會化 個人建構意義	分散於經過社會和科技強化的網路中、辨別與判讀型態
影響因素	獎懲、刺激	既有架構與先前經驗	投入、參與、社會、文化	網路多元性、連結強度、發生的脈絡
記憶的角色	重複經驗的成果	編碼、儲存與搜尋	融入當前脈絡的先備知識	網路中當下狀態的呈現與調適型態
轉化如何發生	刺激與反應	複製理解者的知識結構	社會化	連結結點和擴張網絡
最佳解釋的學習類型	任務導向學習	推理、目標澄清和問題解決	社會、非結構化	複雜、核心快速變遷、多源知識

理論上的革新，而是先前各學派的演化（Cabrero & Román, 2018）。但由近年研討會中成為焦點和愈來愈多的實證研究發現，連結論或許尚未普遍被認可為當代的學習理論新典範，但其原理與原則已獲得許多學者和教師採用。

總言之，連結論會逐漸獲得重視是因為符合數位時代學習的需要，連結論將教學的重心從教師轉移到學生身上，符合時下翻轉學習的精神，並強調網路時代資訊與知識的正確性、可近性和時效性。在網路合作學習的環境中，學生不再是單純的被動消費者，而是可以自主決定學習內容的主動消費者，他們因共同的學習興趣而結合，同時也是生產性的消費者（prosumer），其產出的學習成果可以透過社群網路成為彼此相互學習的資源。連結論企圖改善學習生態，讓教師的教學能關注學生個別的需要，並透過網路來拓展個人的學習，值得教師思考如何應用來加深、加廣及加速學生的學習。

## 二、連結論在高等教育的應用個案

倡導連結論的兩位學者G. Siemens與S. Downes為印證此學習理論，2008年在加拿大曼尼托巴大學（University of Manitoba）開設第一門連結論式的線上課程（Places to Go: Connectivism and Connective Knowledge），正式選修這門課程的

學生僅25人，但未正式選課而採自由參加的學生則來自世界各國，高達約2,200人，由於人數之多，使這門課被認為是大規模開放性線上課程（Massive Open Online Course, MOOC）的起源之一（Downes, 2008）。但這門課的獨特之處並不只是修課人數多，而是驗證了連結論的學習觀點，即利用開放性的架構讓學生可以透過網路連結形成自己的學習網絡，達到自主、多元、開放、連結及互動等學習目標。該課程使用Wiki為平台，連結各種學習資源，外聘講者透過Skype視訊會議演講和UStream廣播演講影片，學生用Moodle討論區進行線上討論，用Google groups、Facebook和Second Life自組學習團體，學習管理系統則透過Email、RSS和gRSShopper每天發布貼文給學生。在這個大規模的學習社群中，學校機構不再是唯一的學習資源供應者，社群網路、數位媒體及共享軟體的融合營造出新的學習環境與師生互動模式（Thota, 2015）。

已有不少的大學線上課程採用連結論設計課程，Barnett、McPherson與Sandieson（2013）將教育碩士學程的線上課程Teaching in a Virtual World從傳統以教師為主的方式改變為以學生為主，每位修課學生都必須在課程中選擇自己有興趣的主題開設教學模組，由學生擔任模組的講師來進行相互學習，學習不再是由教師傳遞知識給學生，而是透過團體合作和共同參與來產出知識和彼此學習。Rodriguez（2014）認為，連結論式的理想是學習者共同創作、分享和消費數位媒體，但實際上這種活躍學生的比例在MOOCs課程中不到10%，大部分的學生只是潛伏的消費者（lurkers），於是，在為期三週的線上課程MobiMOOC2012，採用樹狀式的學習主題分派架構，在第一週只提供基礎的單一主題，第二週和第三週則擴增為進階的四個和八個主題，讓學生可以循序漸進地選擇自己有興趣的主題。研究結果發現，這種課程安排的優點是提供多樣性的學習主題讓學生思考與討論，但對於提升參與率和讓學生自主選擇一、兩個有興趣的主題，並未達成目標，學生傾向全部主題都試圖參與，導致在各主題的學習時間不足和缺乏足夠討論。Hogg與Lomicky（2012）利用連結論的四項特性——多元、自主、互動與開放——來檢視大學中的線上課程特質，透過問卷調查465位修課學生，在進行因素分析後萃取出自主與開放兩個因素，多元與互動則缺乏解釋力，反映出該校線上課程教師並未將多元作為設計課程的要項，至於缺乏互動，則顯示學生期待和線上教師有更好的互動關係，即使連結論強調同儕的互動，但在線上課程中，

學生普遍仍認為與教師互動的重要性大於與同儕互動。

連結論較適用於大規模線上課程和數位學習的環境，因為具有充足的修課人數和會主動求知與分享的積極參與者，才易自主形成跨領域的學習社群。但在一般面對面教學的課堂環境中，也可以運用連結論的原則來強化合作學習、網路學習和個人化學習。例如，Garcia、Elbeltagi、Brown與Dungay（2015）在大學插畫課程中採用Google的Blogger平台建構出一個三層式的網路學習環境，第一層為學生同儕間的互動，第二層是師生互動，第三層則為校外專家或網友的互動，學生的角色變成要上Blogger評論同儕的插畫作品，有助於達成自主學習的目標。Brooks（2015）在圖書館中使用iPad作為學生資訊素養的學習平台，利用iPad的各種App，幫助學生學習關鍵字搜尋、分享個人資訊、評估資訊來源和品質及根據個人、學術或工作等不同需求整合資訊，研究發現iPad結合App有助於學生在短時間內連結外部資訊，並從中瞭解資訊複雜的本質。Thota（2015）在碩士班教育與科技課程MEd112應用連結論的四個設計要素：集合（aggregation）、關聯（relation）、創造（creation）及分享（sharing），使用Moodle來集合多元的數位學習素材，學生透過Moodle的學習日誌來反思自己的學習和進行自我與同儕評量，學生被要求使用數位媒體如Blogger、WebQuest或Second Life來展示自己設計的教案，在課程中，學生使用Facebook、Google docs來分享學習資源，並用社會性書籤Delicious和Diigo來分享個人蒐集的網路學習資源。

整體而言，連結論強調充分利用網路和數位資源來幫助個人建立學習網絡，因此，符合大規模開放式線上課程的本質，而在一般師生面對面上課的環境中，則有助於教師去中心化，將學生營造成一個相互連結的學習共同體，並且連結教室外的學習資源，讓學習成果能彼此分享，也對外界分享，有助於將學生從知識的消費者轉變為生產者。但並非所有運用連結論的教學個案都能達到預期的效果，連結論是否有助於有效學習，仍需要許多客觀條件的配合，例如充分的資訊設備、積極主動的學習參與者、能篩選過濾資訊的素養，以及教師與學生願意調整師生關係與角色。此外，對於地理學科強調在野外現地學習的課程，國內外仍缺乏實證的個案，這類課程如何應用連結論進行教學設計和學習成效如何，是本研究欲討論的重點。

### 三、連結論與地理教學

連結與交互作用向來是地理學的核心概念，地理學的三大傳統都牽涉到連結與交互作用的影響，例如，空間傳統關注空間的交互作用，生態傳統強調人與環境間的交互作用，區域傳統重視區域間的交互作用（施添福，1990）。為了將連結的概念融入地理教學的脈絡中，本研究定義在地理學科的教學可包含「人機」、「人際」及「人地」三種連結。「人機」的連結是讓學生運用資通訊科技如電腦、行動載具、空間資訊技術、網際網路等工具來輔助學習；「人際」的連結培養學生能接納多元的觀點、能與人和諧共處和相互學習、會建立與運用人脈、具有團隊合作的精神。連結論鼓勵在資訊時代以數位媒體的形式相互連結，因此並未強調「人地」或「人與環境」的連結，但對於地理教學而言，實地考察是最重要的教學方法之一，將學生從教室帶到野外去實地進行觀察和計測，有助於印證課堂中所學的理論和技能，學生也可以從中獲得從事科學調查研究的真正樂趣，「人地」的連結反映地理實察的重要性，也有助於使學生的學習能落實到地方的脈絡，並且能關注真實世界中從全球性到地方性的地理議題，這種建構論式的情境學習有助於同時達成認知、情意和技能等教學目標（陳哲銘，2003）。因此，本研究在進行教學設計時，仍著重「人地」的連結，並認為在野外運用地理資訊科技或資通訊科技可提升學習效能，即「人機」的連結將有助於「人地」的連結，例如，使用適地性服務（Location-Based Services, LBS），像是擴增實境（Augmented Reality, AR）技術，即有助於使用者在現地連結即時的資訊，形成「人一機一境」的連結來輔助學習（宋曜廷、張國恩、于文正，2006）。而透過野外實察所產製的學習成果，也可以數位形式反饋為網路學習資源，成為一個網路結點。因此，建構論的情境式「人地」連結雖然不是連結論所強調的學習重點，卻是地理教學不可或缺的一環，並可在此環境中延伸出連結論式的學習。本研究提出的基本假設是：在地理學科的教學環境中，「人機」、「人際」及「人地」三種連結可以相輔相成，而強化這三種連結將有助於培養核心素養。

本研究的教學實驗課程「全球導航衛星系統」為地理學科的空間資訊科技類課程，著重在野外以團隊合作的方式完成儀器操作任務，教學過程會涵蓋連結論原本強調的「人機」和「人際」連結，而外業測量的部分也可以應用到地理學科特別重視的「人地」連結，以及運用科技來實踐在地的人文關懷。由於此課程能

反映地理學科重視野外實察和整合科技與人文的特性，並且能完整涵蓋上述地理教學的三種連結，因此，適合作為探討地理教學應用連結論的個案。

## 參、教學設計

本研究應用連結論的原則來進行大學部「全球導航衛星系統」課程的教學設計，期望能將過去教師為主、技能導向的教學，轉變為學生為主、素養導向的學習，使學習生態具備自主、多元、開放、連結及互動等要素。以下為課程的教學設計，包含教學設計模式、課程目標、學習活動、數位工具及學習評量方式的具體設計。

### 一、教學設計模式

由於主要研究目的是進行課程的教學設計，且教學環境是一般教室而非線上課程，教學設計的方法將採用ADDIE Model作為基本模式，並搭配學習設計架構（Learning Design Framework, LDF）進行混合式設計。在數位教材設計的領域，ADDIE（Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation）是目前最被廣泛採用的教學設計模式，此模式的優點是將教學設計視為系統發展的流程，將流程拆解為分析、設計、發展、建置及評量等五個階段，單一教師或小型教師團隊只要根據模式中明確的步驟和項目來進行設計，可節省教學設計的時間，不難得到預期的成果，因此ADDIE已被軍隊、企業及學校等機構作為開發教育訓練教材的基本設計流程達40年以上（Clark, 2015）（如圖1）。ADDIE模式雖獲教師喜愛，但在強調以學習者為中心的學習環境下，ADDIE也被批評受限於由上而下的線性流程，難以呼應如合作學習、模擬學習或遊戲式學習等複雜非線性的學習情境，故較適合在教室內以教師為中心的教學設計，不利於網路社群或學生為中心的學習設計（Gibbons, 2014; Nair, 2014）。本研究認為，「全球導航衛星系統」課程有特定的學習目標，學習活動仍需要教師協助規劃和輔助，學習活動固然應翻轉為以學習者為中心，但教師仍要維持引導學習的角色，才能確保學習品質，並非放任學生進行網路自學或同儕共學，即可達成學習目標，所以在教學設計階段需要ADDIE模式作為基礎來引導設計。至於ADDIE較適用於



圖1 ADDIE Model

資料來源：改繪自“Eight View of Instructional Design and What They Should Mean to Instructional Designers,” by A. S. Gibbons, 2014, In B. Hokanson and A. Gibbons (Eds.), *Design in Educational Technology* (pp. 15-36), New York, NY: Springer.

教師的教學環境而不適用於學生學習環境的限制，本研究將結合使用「學習設計架構LDF」來促進學生學習經驗的多元化，此架構的優點是將能優化學習經驗的教學資源分成內容來源（content sources）、網路合作資源（Web collaboration resources）及人力資源（human resources），並強調將線上開放式課程、社群媒體、學習同儕與專家皆視為學習資源，符合本研究所採用主張以學習者為主體建立人機與人際連結的學習環境（Morrison, 2014）（如圖2）。ADDIE+LDF的混合式教學設計模式可以幫助教學設計者在ADDIE的各個階段，同步關注到如何藉由網路資源和內、外部人力資源來連結豐富學習內容和增進學習互動，雖在一般課堂裡，卻可不受限於場地，營造出有利於學生自主學習的環境，克服ADDIE偏重教師教學和單向線性流程的限制（如圖3）。例如，本研究在規劃期末專案時，讓學生可以自行選擇工作任務與小組成員，來增進學習興趣與合作默契；在專案執行的過程，邀請校外專家協助指導和提供線上學習資源，讓學生和

同儕、教師、專家、社區及網路社群建立更多元和緊密的連結；在評量的階段，邀請社區居民給予學生回饋，並將學生共同創作的學習成果透過網路平台開放分享給社會大眾。

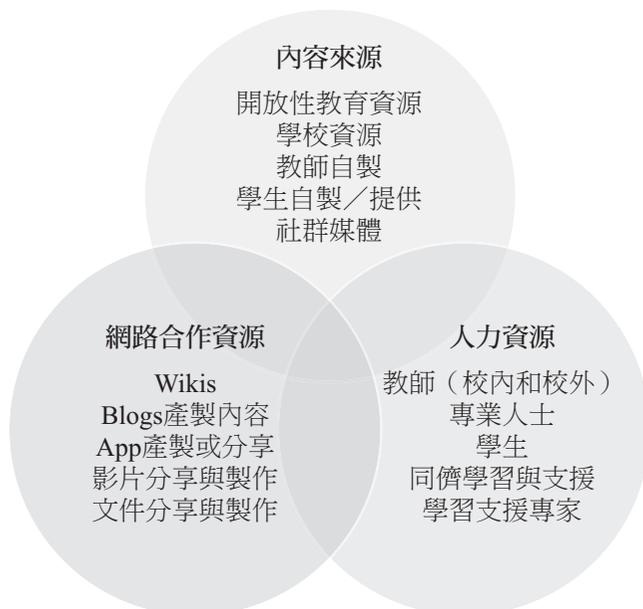


圖2 學習設計架構 (*Learning Design Framework, LDF*)

資料來源：改繪自“How to Create Optimal Learning Experiences with a Learning Design Framework, Online Learning Insights,” by D. Morrison, 2014, Retrieved from <https://onlinelearninginsights.wordpress.com/2014/01/28/how-to-create-optimal-learning-experiences-with-a-learning-design-framework>

## 二、課程目標、學習內容、核心素養與連結論的學習原則

本課程採用「學習成果導向教育」(Outcome-Based Education, OBE)的方式，以最終專案式學習(Project-Based Learning, PBL)的產出來引導學習。本課程的期末專案有二：第一個專案應用無人機自動化航拍技術進行「阿美族溪洲部落3D建模」，透過全班(甲班)團隊合作，將即將被拆遷的新店溪畔阿美族傳統民居和特色建物予以數位保存。第二個專案是「編輯繁體中文維基百科全球導

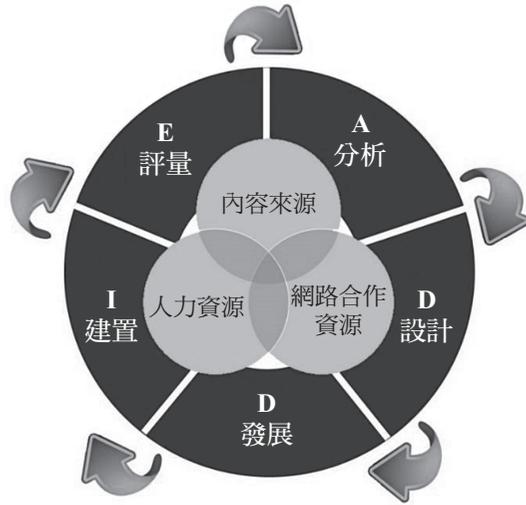


圖3 ADDIE結合LDF的混合式教學設計模式

資料來源：研究者自繪。

航衛星系統相關詞目」，全班（乙班）投入編輯維基百科目前仍缺乏的全球導航衛星系統專有名詞條目，建立這個專業領域所有專有名詞的解說頁面。這兩個專案都是讓學生面對真實情境中的任務，自行選擇該任務中自己有興趣的角色，將本課程所學到的空間資訊理論與技術進行實務應用，蒐集、處理和分析資料，最後產出作品。此專案研究的過程可培養學生自主學習、問題解決和團隊合作的能力，並能有效整合過去所學習多種空間資訊技術（地圖學、地理資訊系統、遙感探測和測量學），訓練出實務操作技能和專案管理的能力，學習成果為數位產品，能夠回饋原住民社區和分享給網路社群。具體的課程目標、學習內容、核心素養與Siemens所提出連結論八項學習原則的關聯如表2。

### 三、學習活動、互動方式與數位工具的規劃

為達到上述的學習目標，同時營造出自主、多元、開放、連結及互動的學習環境，具體的主要學習活動、互動方式和數位工具規劃如表3。

表2

課程目標、學習內容、核心素養與連結論學習原則的關聯

課程目標	學習內容	核心素養	連結論學習原則
一、瞭解全球導航衛星系統的定位原理和主要誤差來源	1. 全球導航衛星系統簡介 2. 大地基準與坐標系統 3. GPS信號結構與定位原理 4. GNSS主要誤差來源	瞭解系統基本原理與限制 瀏覽網路資源自主學習	2、3、4、5、7
二、進行野外定位測量與資料蒐集	5. 休閒級GNSS戶外教學 6. 定位模式 7. e-GNSS衛星定位測量基準網與VBS-RTK 8. 高精度GNSS戶外實作	精熟測量儀器與軟體的操作技能	2、7
三、瞭解國家與業界測繪業務與最新動態	9. 參訪國土測繪中心	瞭解政府與業界測繪業務之主流 建立校外專家合作關係	1、2、5、7
四、整合全球導航衛星系統與地理資訊系統資料	10. GNSS與Google Earth和GIS的整合	精熟資料處理與分析的基本技能 整合多元的空間資訊技術	5、6、7
五、團隊合作完成專案	11. UAV飛航安全與基本操作 12. UAV任務規劃與影像後處理 13. (甲班)溪洲部落3D建模專案 14. (乙班)維基百科GNSS條目編輯專案 15. 期末報告	執行專案研究的能力 發展問題解決的能力 實踐科學探究的精神 溝通互動與團隊合作 發表與分享研究成果	1、2、3、4、5、6、7、8

註：連結論的學習原則：1. 學習和知識存在於多元意見中；2. 學習是連結特定結點或資訊來源的過程；3. 學習可以存在於非人類的機器中；4. 求知能力比先備能力更重要；5. 要持續學習必須強化和維持連結；6. 連結不同領域、想法和概念是核心技能；7. 學習在於獲得即時而正確的知識；8. 決定學什麼本身就是一項重要的學習。

表3

## 學習活動、互動方式和數位工具的規劃

課程目標	主要學習活動	互動方式	數位工具／媒體
一、瞭解全球導航衛星系統的定位原理和主要誤差來源	1. 教師講授基本原理 2. 學生透過教學平台的數位資源延伸學習 3. 進行野外觀測任務規劃	師生互動 個人自學	Moodle、PowerPoint、Trimble Planning Online
二、進行野外定位測量與資料蒐集	1. 閱讀軟、硬體操作手冊與教學影片 2. 操作測量儀器進行現地測量	個人自學 分組操作	Moodle、YouTube、MAGNET Field
三、瞭解國家與測量業界測繪業務與最新動態	1. 實地參訪內政部國土測中心 2. 專家簡報	機構參訪 專家指導	YouTube、PowerPoint、Facebook、Google Photos
四、整合全球導航衛星系統與地理資訊系統資料	1. 閱讀軟體操作手冊與教學影片 2. 操作軟體進行資料整合	師生互動 個人自學	Moodle、YouTube、Google Docs、MAGNET Field、DNRGPS、ArcMap
五、團隊合作完成專案	1. 選擇研究主題 2. 界定任務角色 3. 蒐集次級資料 4. 野外實察與測量獲取初級資料 5. 處理與分析資料 6. 產出成果	專家指導 現地考察 分組報告 網路分享	Moodle、LINE、MAGNET Field、PowerPoint、DJI Go 4、DJI GS Pro、Pix4Dmapper、Sketchfab

## 四、學習評量方式

由於本課程的教學目標與核心素養包含「認知理解」、「技能操作」、「人際互動」及「行動參與」等不同面向，因此，本課程採取多元評量的方式，總結性評量為真實評量（authentic assessment），主要評量專案作品的成果品質，並將個人的學習態度、執行能力、專業技能及溝通表達能力一併納入評量。形成性評量則主要採用口頭問答、課後作業和儀器操作檢定。另透過態度量表讓學生在課程前後自評其科學素養。

## 肆、方法與步驟

### 一、研究方法

#### (一) 課程設計

本研究採用Wiggins、McTighe、Kiernan與Frost（1998）所提出的反向設計（backward design）來進行課程設計，其理念是課程設計應以終為始，從釐清學生最終該理解到什麼出發，先設計評量方式來驗證學生是否具備相關的學習表現，最後再來規劃教學法和學習資源，具體的設計可以分成「界定預期成果」、「決定可接受的證據」及「規劃學習經驗與教學」三個階段。

在「界定預期成果」的階段，全球導航衛星系統課程的最終學習目標是學生能活用衛星定位技術來解決真實世界的問題；「決定可接受的證據」則是透過課堂的口頭問答、課後作業、儀器操作的技能檢定、團隊合作完成專案任務的真實評量和自評科學素養等多元評量來驗證其學習表現是否達標；而「規劃學習經驗與教學」階段則是以達成最終學習目標的需要出發，以專案式學習法為主，在前置階段搭配講授法、問答法、演示法、實習法及參觀法等多種教學法，來培養學生具備完成期末專案的先備知識與技能。學習資源的規劃則是應用連結論的觀點，讓學生能廣泛連結到校內外的內容來源、網路合作資源及人力資源。

#### (二) 教學實驗研究方法

本研究屬於教學實踐的行動研究，以改進教學和利用教學實務經驗回饋連結論為研究主要目的，授課教師即研究者，授課班級學生即研究參與者。教學實驗採用準實驗研究法，進行「應用連結論的教學設計是否有助於培養科學素養」之研究，以量化分析為主、質性分析為輔來進行評估。研究假設如下：

假設一（H1）：強化連結的教學對於培養科學素養具有顯著影響。

假設二（H2）：額外強化人地連結的教學對於培養科學素養具有更顯著的影響。

由於未經抽樣設計隨機選取受試者，因此，研究結果可供類似課程的教學設

計作為參考，但不宜過度推論至母體，且本研究亦非真實實驗研究，無法嚴格控制干擾因素，故學習成效無法完全歸因於連結論。

## 二、研究參與者

教學實驗課程為地理系所開設的大學部三年級選修課，因教學硬體設備數量的限制和需要進行測量儀器分組操作，每班限修人數為30人，共開設甲、乙兩班，修課學生大部分為地理系學生，由於未限制修課年級，實際修課學生散布在各年級。甲班選修人數30人，皆為地理系學生，包含大一11人、大二4人、大三13人及大四2人，男女比例各半。乙班修課人數24人，其中，地理系占23人、外系（國文系跨系選修空間資訊學程）僅1人，包含大二14人、大三8人、大四1人、（國文系）博三1人，男女比例（11/13）亦相近。兩班總修課人數共54人。

## 三、研究設計

為驗證應用連結論教學的學習成效，本研究進行教學實驗，實驗結果的資料分析採用三角交叉檢證（triangulation）法，透過不同資料、人員及方法來共同驗證學習成效，以提升研究結果分析的信度和效度，並能較完整地描述學習環境的全貌。學科知識與技能方面的學習成效透過形成性與總結性評量，以課後作業、儀器操作檢定和真實評量等工具進行成就測驗，以檢核學生是否達成各項學習目標。對於科學素養的自評，則以問卷調查的方式，使用「科學素養量表」，就專業知識、專業技能和科學態度三個構面自評，並利用問卷中附加課程滿意度的問項，以開放式的問題蒐集學生對課程的回饋意見，作為質性分析的資料和後續教學改進的依據（如表4）。

表4  
評估學習成效的方法與工具

研究問題	觀察項目	評估方法	評量工具
應用連結論的教學設計是否有助於培養科學素養	學科知識與技能	形成性評量 總結性評量	作業、儀器操作檢定 真實評量
	科學素養自評	問卷調查	科學素養量表附加課程滿意度問項

## 四、工具

學習成效的評量工具包括課後作業、儀器操作檢定、真實評量和科學素養態度量表，其中，態度量表參考「研發人員科學素養量表」（牛涵錚、楊勝欽，2012），該量表涵蓋「知識與分享」、「科學技術與能力」及「科學態度」三個構面共50個問項，可以對應到本課程教學目標中的各項核心素養，並已透過業界資深專家進行內容效度分析和以311個有效樣本驗證信度。本研究參考該問卷並針對研究的特定需求加以修改為43個問項，經兩位專家的審查意見進行修改，重新檢定效度，並以甲班學生進行預試再次檢定信度。其餘評量則自行訂定評分尺規。對於教學滿意度的評估，則在態度量表後附加「課程滿意度」相關問項。

## 五、實施程序

本課程為大學部選修課，開學第一週先做課程簡介，待第二週確定實際修課人數後請修課學生簽署「研究參與者知情同意書」，告知本研究背景與目的、研究方法、研究材料運用規劃與機密性及研究推出與中止等相關資訊，待修課學生同意參與研究後，先以甲班學生進行科學素養量表的預試，確認信度達到門檻，且問卷內容不須進一步修改，將預試結果視同正式前測，再實施乙班科學素養量表的正式前測，將問卷回收整理後以Office Excel進行資料建檔。後測則在課程最後一週期末專案報告結束後實施，資料建檔後再與前測資料彙整。修課學生兩班共54人，由於研究需要比對前後測成對資料，故若實施前測或後測時，學生因缺課未受試，造成缺乏完整的成對樣本，則該份問卷即視為無效問卷，扣除無效問卷8份，有效問卷共46份，甲班為26份，乙班為20份，以有效問卷進行後續統計分析。

## 六、資料統計分析

有關科學素養量表預試的信度，以SPSS for Windows 23進行分析，整體信度Cronbach's  $\alpha$ 值為 .96，專業知識構面的整體信度為 .88、專業技能構面的整體信度為 .93、科學態度構面的整體信度為 .87，整體與各構面信度皆良好 ( $> .7$ )。

科學素養量表的前後測使用Excel增益集分析工具箱中的資料分析功能，進

行成對樣本平均數差異 $t$ 檢定，分析學生在課程前後自評的科學素養是否有顯著改變，並比較甲、乙兩班在科學素養三個構面上的改變有何差異。另以SPSS for Windows 23進行單因子共變數分析（Analysis of Covariance, ANCOVA），以兩班的科學素養前測作為共變項，去除學生原本程度差異的干擾，再比較甲、乙兩班在科學素養的整體和各構面後測表現有無顯著差異。

## 伍、研究結果與討論

### 一、教學過程中連結的強化

本課程應用連結論進行教學設計，假設學習活動若強化「人機」、「人際」及「人地」的連結，營造出多元、自主、互動及開放的學習環境，則可以提升專業知識、專業技能及科學態度等素養，故在課程進行的過程中，以強化連結作為教學策略。

在「人機」連結方面，全球導航衛星系統本為空間資訊科技，因此，有密集的測量儀器和無人機操作訓練，可讓學生以個人和分組方式進行現地測量，並要求上一組操作過後負責為下一組講解，教師與助理僅從旁輔助提示重點，這種學與教並進的做法有助於學生更加精熟儀器操作，以及加強溝通與表達能力。另外，教師也透過Moodle平台分享大量與全球導航衛星系統相關的網路學習資源，其中無人機後處理軟體的操作影片是瑞士原廠提供的英文Webinar解說，學生在執行期末專案時，必須透過影片自學，方能解決3D建模過程中遭遇的諸多問題。

在「人際」連結上，除了一般課堂上的師生互動和小組間的同儕互動，在專案執行階段加入社群網路的連結，建立教師、助理與學生小組的LINE群組，方便各小組在執行任務時可以相互溝通、協調及支援，教師和助理也能隨時掌握專案進度和適時給予支援，並在產出成果後分享給所有團隊成員，再由團隊成員向外分享給網路社群。「人際」連結也包括尋求外部的人力資源，例如，在學期中參訪內政部國土測繪中心，經由專家的簡報和Q&A，讓同學掌握國家的測繪業務最新發展和無人機在災害調查的實務應用。學期末的專案執行，「阿美族溪洲

部落3D建模」專案邀請長期參與溪洲部落重建規劃的建築師，為師生解說此都市原住民部落的形成、重建始末和家屋建築特色，讓學生在進行3D建模前能先瞭解部落的文化脈絡，避免遺漏具有文史特色和保存價值的建物。另一個「編輯繁體中文維基百科全球導航衛星系統相關詞目」專案，則邀請台灣維基媒體協會秘書長和學生分享如何參與維基百科的編輯工作，該協會特別為本課程建立一個教育專案，透過學生的參與，增加維基百科上全球導航衛星系統條目的涵蓋範圍。

甲班執行「阿美族溪洲部落3D建模」專案，而乙班執行「編輯繁體中文維基百科全球導航衛星系統相關詞目」專案，兩者最大差別在於甲班特別強化「人地」連結，全班學生被分派為10個工作小組，自選任務與小組成員，必須多次實地到部落中，分工合作完成任務（如表5）。乙班則是著重「人機」連結，學習活動偏重在網路上蒐集大量二手資料，改寫為維基條目後回饋給網路社群。課後透過甲、乙兩班的比較可以驗證地理教學所重視的「人地」連結，是否能觸發更多的「人機」與「人際」連結，更有效地增進素養的學習。

表5

阿美族溪洲部落3D建模專案任務編組

組別	任務	說明
A1	控制測量（檢核點）	配合無人機航拍組研究區內測量八個點
A2	後處理（1）	Pix4Dmapper生產3D map（整合垂直、傾斜和地面攝影，並編修點雲）
A3	地面攝影測量（1）	單眼相機拍攝沿街道拍攝建物側面
A4	地面攝影測量（2）	單眼相機拍攝沿街道拍攝建物側面（與A3組協調拍攝範圍）
A5	控制測量（地面控制點）	配合無人機航拍組研究區內測量八個點
A6	建物3D建模	無人機航拍部落重要建物
A7	無人機航拍（垂直）	無人機航拍
A8	後處理（2）	A6組建物3D建模航拍之後處理，包含編修點雲和動畫製作
A9	無人機航拍（傾斜1）	無人機航拍
A10	無人機航拍（傾斜2）	無人機航拍（航線需與A9組協調，兩者垂直正交，形成網格狀）

## 二、期末專案的成果

### （一）阿美族溪洲部落3D建模專案

溪洲部落3D建模專案成果包括完整的部落地景、精神堡壘及聚會所等三個模型，這些模型經由上傳到線上3D模型分享平台Sketchfab，可與溪洲部落族人和全世界分享阿美族的傳統家屋與社區，一般桌機或手機等行動裝置皆可進行放大、縮小和平移等互動式的觀賞和免費下載3D模型（如圖4、圖5、圖6）。



圖4 阿美族溪洲部落3D地景模型

資料來源：引自“Xizhou Community,” by palauchen, n.d.-a, Retrieved March 16, 2020, from <https://skfb.ly/6LIBK>

### （二）繁體中文維基百科全球導航衛星系統相關詞目編輯專案

繁體中文維基百科全球導航衛星系統相關詞目的編輯專案，先由台灣維基媒體協會為本課程建立一個教育專案作為沙盒，修課同學在沙盒中每人自選一條專有名詞編輯未出版的條目草稿，待教師進行內容審核和協會秘書長進行格式審核後才正式出版，本專案共成功創建全球導航衛星系統相關的專有名詞23個條目（如圖7、圖8）。

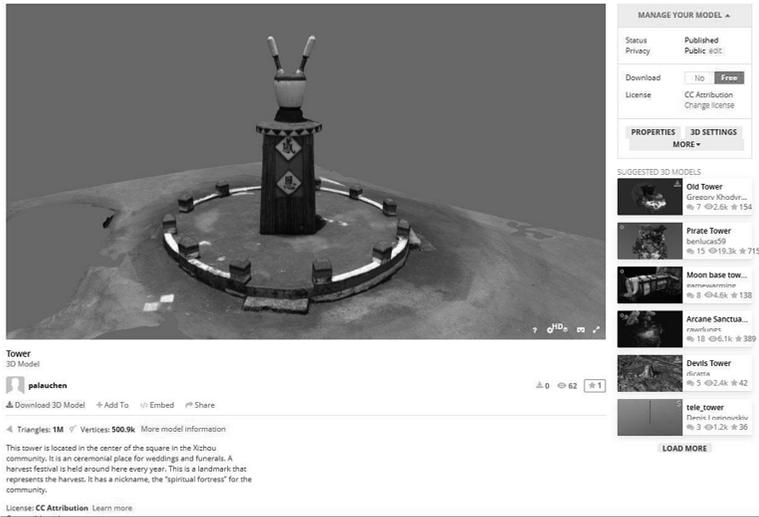


圖5 溪洲部落精神堡壘3D模型

資料來源：引自“Tower,” by palauchen, n.d.-b, Retrieved March 16, 2020, from <https://skfb.ly/6LIDU>

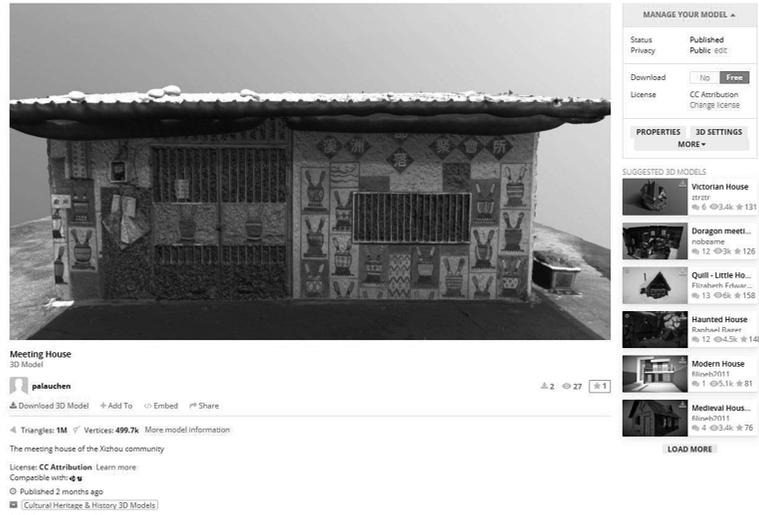


圖6 溪洲部落聚會所3D模型

資料來源：引自“Meeting House,” by palauchen, n.d.-c, Retrieved March 16, 2020, from <https://skfb.ly/6LIF8>

分組作業條目列表			
條目	編寫者(維基帳號)	相關條目	處理進度(註)
衛星曆書			GPS Almanac
衛星星曆			Ephemeris
虛擬距離			
衛星幾何精度因子			
電離層延遲			
快速靜態測量			
星基增強系統			SBAS
偽隨機碼			
多路徑誤差			
週波未定值			
對流層延遲			
載波相位測量			
單點定位模式(絕對定位模式)			
精密單點定位			
硬體延遲			
半動態定位			
靜態定位			
即時差分定位			
大地起伏			Undulation of the geoid
導航信息			
週波脫落			
相位轉繞誤差			
橢球高			Ellipsoidal height

註：

- 處理中.....= 處理中；表示內容已具一定水準，雖然可能仍有調整空間，但可以移至正式條目，交社群持續改善。
- ✓完成 = 已移動完成。

圖7 本課程編輯繁體中文維基百科全球導航衛星系統相關條目列表



圖8 正式出版條目示例「週波未定值」

### 三、連結論教學對提升科學素養的成效

在學科專業知識與專業技能的部分，透過課後作業、操作技能檢定及真實評量等工具來評估，結果顯示甲班26位學生中有六位學生得到成績等級A+，代表達成所有學習目標且超越期望，其餘20位學生得到成績等級A，表示達成所有學習目標。乙班20位學生也有19位得到成績等級A，僅有一位同學得到成績等級C，即達成最低目標，但有些缺失。整體而言，所有學生皆達成預期的教學目標。從期末學習成果雖然可觀察到學生已達成專業知識和技能等課程目標，但學習歷程中對於科學素養的態度是否發生轉變，則另透過態度量表來評估。

在課程前後學生自評科學素養的部分，態度量表採李克特五等級量尺（1=非常不同意；5=非常同意），以成對樣本 $t$ 檢定驗證應用連結論的教學是否有助於提升科學素養。整體而言，不論甲班或乙班在課程結束後，科學素養都有顯著的提升（ $p < .05$ ）（如表6），但甲班（ $p < .01$ ）的提升幅度較乙班（ $p = .03$ ）大。將科學素養分成專業知識、專業技能及科學態度三個構面來分析，結果顯示兩班在專業知識和專業技能上都有顯著的提升（ $p < .05$ ），但甲班的提升幅度仍然較乙班大。另外在科學態度方面，僅甲班有顯著的提升（ $p = .04$ ），乙班則呈現些微的下滑，但未達顯著程度（ $p = .16$ ）。

表6

科學素養前後測成對樣本 $t$ 檢定結果

變項	甲班 (n = 26)				乙班 (n = 20)			
	前測平均	後測平均	$t$ 值	單尾 $p$ 值	前測平均	後測平均	$t$ 值	單尾 $p$ 值
科學素養	3.86	4.09	3.51	< .01**	3.74	3.84	2.03	.03*
專業知識	3.87	4.07	2.72	.01**	3.71	3.83	1.80	.04*
專業技能	3.80	4.08	3.67	< .01**	3.70	3.87	2.84	.01**
科學態度	3.98	4.14	1.81	.04*	3.84	3.78	-1.01	.16

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ .

科學素養後測的獨立樣本單因子共變數分析結果如表7，班級組間變異的 $F$ 值為5.42（ $p = .025 < .05$ ），表示甲班和乙班在排除前測的影響後，科學素養的

後測達到顯著差異。由此結果可知，甲班在教學實驗後科學素養的學習成效顯著優於乙班。

表7

甲、乙兩班科學素養後測獨立樣本單因子共變數分析摘要

變異來源	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	顯著性
共變量（前測）	3.33	1	3.33	50.83	.000*
組間（班級）	.36	1	.36	5.42	.025*
組內（誤差）	2.82	43	.07		
全體	736.02	46			

\* $p < .05$ .

以下進一步以獨立樣本單因子共變數分析，檢定甲、乙兩班在教學實驗後，科學素養的專業知識、專業技能及科學態度等三個構面是否有顯著差異。專業知識的分析結果顯示，班級組間變異的*F*值為1.92 ( $p = .174 > .05$ )，兩班在教學實驗後對於專業知識的態度沒有顯著差異（如表8）。專業技能的分析結果則顯示，班級組間變異的*F*值為3.03 ( $p = .089 > .05$ )，兩班在教學實驗後對於專業技能的態度沒有顯著差異，但已接近有顯著性（如表9）。最後，科學態度的分析結果顯示，班級組間變異的*F*值為8.72 ( $p = .005 < .05$ )，在教學實驗後甲班的科學態度學習成效顯著高於乙班（如表10）。

表8

甲、乙兩班專業知識後測獨立樣本單因子共變數分析摘要

變異來源	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	顯著性
共變量（前測）	4.30	1	4.30	43.55	.000
組間（班級）	.19	1	.19	1.92	.174
組內（誤差）	4.24	43	.10		
全體	731.43	46			

表9

甲、乙兩班專業技能後測獨立樣本單因子共變數分析摘要

變異來源	平方和	自由度	均方	F	顯著性
共變量（前測）	3.92	1	3.92	44.11	.000
組間（班級）	.27	1	.27	3.03	.089
組內（誤差）	3.83	43	.09		
全體	740.65	46			

表10

甲、乙兩班科學態度後測獨立樣本單因子共變數分析摘要

變異來源	平方和	自由度	均方	F	顯著性
共變量（前測）	2.58	1	2.58	23.14	.000
組間（班級）	.97	1	.97	8.72	.005**
組內（誤差）	4.79	43	.11		
全體	738.50	46			

\*\* $p < .01$ .

整體而言，應用連結論的教學皆有助於甲、乙兩班提升專業知識和技能方面的科學素養，尤其甲班經由溪洲部落「人地」連結的專案任務，帶動了「人機」與「人際」更深廣的連結，對於素養有全面性的提升效果。例如，要熟悉無人機的空拍影像後處理，必須大量閱讀線上教學影片；而分工合作的任務使得各組之間和師生之間必須更加強溝通聯繫，才能解決問題，這些深度的學習使得甲班在資訊工具應用、田野實察技能、問題解決和溝通協調等素養方面有顯著的提升。強化「人地」連結也使得學生的科學態度變得更積極，甲班在這方面的學習成效不但有顯著提升，而且顯著優於乙班。但相對於專業知識和專業技能，甲班科學態度的提升效果顯著程度較低，而缺乏「人地」連結的乙班則在科學態度的提升效果不但未達顯著，且略有下滑。這些牽涉到態度與價值方面的科學素養與課程內容較缺乏直接的關聯，可能需要更長時間或是自主性更高的專案研究經驗，讓認知與技能逐漸內化到態度與價值的改變，本課程由於較偏重知識與技能，且僅花費一個學期的時間，對於科學態度的素養提升效果較為有限。

## 四、學生對課程的滿意度與回饋意見

透過質性分析課程滿意度開放式問項的回饋意見，可與上述量化分析交叉檢證連結論式教學如何促進科學素養的學習成效。

### （一）強化「人機」連結對科學素養的學習助益

#### 1. 藉由使用儀器認識科學原理和精熟操作技能

全球導航衛星系統前幾週的課程較偏重衛星定位原理的介紹，這些太空科技的原理和運算坐標的數學模式，需要大量的抽象思考，不容易連結生活經驗來理解，有學生表示在實際操作後有了完整的認識與理解。

最大收穫是瞭解不同的定位系統，並實際操作，建構完整的背景知識。也認識了無人機的基本內容，未來有機會在相關方面應用。（甲班A同學）

藉由具體操作測量儀器，認識和理解背後抽象的衛星定位科技，因此，「人機」連結有助達成培養專業知識與技能的課程目標。

#### 2. 儀器上手的經驗有助於降低對科技的恐懼感

由於修課學生大都是文學院的學生，不少對科技懷有恐懼、甚至排斥的心態，這也是許多學生最初選擇大學文科的原因。有位學生表示上手操作的經驗改變了他對科技的觀感。

我本身不是個很會使用電子產品的人，更別說是資訊科技。這次最大收穫大概就是使用儀器吧！不管是GPS、RTK，還是（無人機空拍影像）後處理，能做出看得到的東西，真的好感動！（甲班B同學）

「人機」連結讓這類學生藉由動手操作的成功經驗，克服對新科技的陌生與焦慮，並且跨越了人文與科技間的障礙。

#### 3. 引發對學習的好奇心、興趣和成就感

本課程的最後幾週將全球導航衛星系統延伸應用到無人機自動化航拍，進行

地面控制測量，而無人機的實際操控經驗讓許多學生感到興奮與印象深刻。有位學生早就對無人機有興趣，只是過去缺乏動手操控的機會。

我曾經去走媽祖的時候，看到非常多無人機在空中盤旋，那時就很想瞭解無人機的操作和實際拍攝過程。很高興在這堂課中有實際現場近距離的無人機拍攝，我覺得這個經驗很特別，也很有趣。（乙班A同學）

連結論主張學習活動在於獲得即時而正確的知識，「人機」連結讓學生接觸當下的新興科技，滿足他們想要學習新知識的好奇心，因而提升了學習動機與成就感。

## （二）強化「人際」連結對科學素養的學習助益

### 1. 跨領域拓展學習視野

到新店溪畔溪洲部落進行無人機3D建模專案前，學生需要對當地部落歷史、建築特色和居民生活等背景有所瞭解，因此，本課程邀請曾任臺灣大學建築與城鄉研究所兼任教師、目前擔任該部落新文化園區的建築師來帶領學生實地考察，有學生表示對這樣的課程安排印象最深刻。

令我印象最深刻的是聽城鄉所教授介紹溪洲部落的歷史、文化、建築用途、家戶關係和參與式設計。（甲班C同學）

透過連結其他領域的專家，學生從一門空間資訊科技的課程跨領域學習到歷史文化和建築設計，實踐連結論所主張連結不同領域、不同想法及不同概念的核心技能。

### 2. 同儕互賴引發反省思考

在執行專案的同儕合作過程中，每一組學生皆有不同的特定任務，彼此依賴對方必須正確完成任務，才能接續完成所有任務，在任一環節中失誤，就會耽誤到下一組的進度。負責地面控制測量的一組同學，因為缺乏經驗選擇不恰當的控制點，導致負責後處理的另一組同學無法接續作業，對自己的疏忽感到懊惱。

之後若有機會再接下（測量）控制點或檢核點的工作，要再找更輕易判讀的點位才是！才不會造成後處理組的困擾。（甲班D同學）

學生有了錯誤或失敗的經驗，因此會回溯和修正自己的學習，在認知上反省思考、在態度上勇於負責，透過執行專案獲得團隊合作的真實體驗。

### 3. 享受與他人分享成果的喜悅

所有學生都有使用維基百科的經驗，但幾乎沒有人擔任過編輯的角色，這次全班分工合作編輯全球導航衛星系統相關條目，讓學生體驗到「群眾外包」（crowdsourcing）這種網路合作模式所帶來的影響力。有同學對此感到新奇有趣。

在網路上搜到自己編輯的（維基百科）詞條真的很有趣，也體會到編輯和審核的人真的很偉大。（乙班B同學）

在參與編輯維基百科的集體協作過程，學生的角色轉變為生產性的編輯者，不再只是課堂中知識的消費者，利他的付出不但獲得自身的喜悅與成就感，也體會到網路志工們生產和傳遞知識的可貴。

## （三）強化「人地」連結對科學素養的學習助益

### 1. 瞭解社會議題與地方文史脈絡

雖然學生習慣透過網路來快速蒐集大量資料，但對於複雜的人文社會議題，專注、同理和反思的能力更為重要。透過田野實察，可將課堂中獲得的知識和從網路蒐集到的零碎資訊加以整合，有位學生即經由實地探究的過程獲得更深入的理解。

不光只是在課堂中學習，也因為來到這個部落，從實地踏查到上機操作，對這個部落更有認識。（甲班E同學）

實地走訪部落讓學生的學習可以「接地氣」，學習不再侷限於課堂、校園及虛擬的網路世界，而是去瞭解地方的歷史文化脈絡，進而關心真實世界中的社會

議題。

## 2. 提升對研究的興趣與熱情

溪洲部落位在臺北都會區邊緣，是新店溪左岸河濱自行車道從新店碧潭風景區到中和陽光運動公園的必經之地，許多附近民眾包括本課程的學生都有騎自行車經過部落的經驗，但卻少有機會可以深入部落探訪。有同學經由這次的探訪經驗加深了對自己家鄉的觀察與認識。

這次課程帶大家去溪洲部落參觀，對我來說是很棒的體驗，讓我更認識家鄉（新店）的情況。有幸能為部落建物進行建模也學到許多東西。  
（甲班F同學）

學生接觸這個好像熟悉、實際卻是陌生的環境，因而引發學習的興趣，發掘過去視而未見的事物，用新的眼光看待自己的家鄉，進而體會到自己學習的專業可以為家鄉做出貢獻。

## 3. 將課堂學到的知識與技能應用到真實世界

素養是面對目前和未來的生活情境所必須具備的知識、技能、態度及行動，在現實情境中要能靈活運用，方能解決問題和達成目標，有位學生認為這是未來仍需要的關鍵能力。

能將知識和生活情境做高度的連結，不只是單一學術上的知識，而是能夠實際運用，這是在離開校園之後還會記住的能力。（甲班G同學）

人地連結是提供真實情境的重要途徑，在真實的情境中將過去學到的知識與技能應用出來，有助於達成學習遷移的效果，從校園的操作演練延伸到部落的專案實作，不但產生學習的水平遷移，也看到從理解到應用的垂直遷移效果，並培養出帶著走的能力（transferable skill）。

## 4. 實踐在地關懷反饋社會

當學習連結到地方，學生在居民的需求上看見自己的責任，透過執行專案，協助阿美族生活文化園區保存了舊建物的3D模型，也為當地原住民下一代記錄

了耆老們當年開疆闢土的艱辛。建築師和部落耆老表達了對老師和同學們的感謝。

溪洲部落族人40年前這個胼手胝足把自己的家園建立起來，一磚一瓦都是靠自己的力量蓋起來。現在很多有趣的空間在未來拆遷的時候就會消失。還好有老師的團隊用數位3D的方式幫我們把它完整地記錄起來，未來我們可以分享給更多的人看過去的歷史空間是如何形成的。（阿美族生活文化園區建築師）

我們以前那個年代已經過去了，（舊部落）只有在我的腦海中，沒辦法給下一代（孫子）看。謝謝老師和學生，讓我們的下一代有機會看到。  
（溪洲部落頭目）

學生在人地連結的過程中，貢獻了自己所學的專業知識和技能，作品上傳到公開的網路平台，形成連結論中知識的「結點」，也落實了大學社會責任。

綜合量化與質性的分析，量化結果顯示連結論式教學對於培養科學素養確具成效，而且加入「人地」連結更能顯著提升學習效果。質性分析則解釋了連結論式教學能促進素養學習的原因，在教學設計上強化「人機」、「人際」及「人地」三種連結，可以讓學生的學習經驗更寬廣和多元，而三種連結所建構出來的學習網路，讓學生能快速取得各種學習資源。至於「人地」連結能顯著提升素養學習成效的原因，則是透過實地的社會參與，加強了各種連結的廣度與深度。

## 陸、結論與建議

### 一、結論

#### （一）ADDIE結合LDF的教學設計模式適合一般教室拓展學習連結

大學一般專業課程都有具體的學習目標，而且每週師生見面上課，因此連結論所強調學生高度自主地選擇學習內容和自由地建立或刪除學習連結等原則，不

完全符合課堂的實際需求。但在一般教室仍可透過ADDIE結合LDF的混合式教學設計模式，來營造自主、多元、開放、連結及互動的學習環境，讓教師在教學的各個階段都適時地思考如何運用資訊科技來拓展與強化學習連結，以更有效達成教學目標。

## （二）地理教學可藉「人機」、「人際」及「人地」連結來實踐連結論

連結論倡導在數位時代要善用網路來連結線上學習資源和建立學習社群，在地理教學則可以透過「人機」連結來建立「人際」連結。而「人地」連結在連結論最初被實驗的大規模線上課程中，是必須被去除的限制，但對於地理學科而言，「在地」與「全球」或是「微觀」與「巨觀」都是不可偏廢的一體兩面，若全球思考缺乏在地行動，僅會淪為理論和空談。故本研究認為，地理學科的田野實察教學可促成「人地」連結，即使是偏重技能的空間資訊科技類課程也適合將學習連結到真實的社會情境與地方文化，帶動科技與人文的對話，並可證實透過「人地」連結的機會帶動更深廣的「人機」和「人際」連結，有助於培養學生的核心素養和實踐在地關懷。

## （三）連結論式教學對於提升專業知識、專業技能及科學態度的成效不一

藉由課後作業、操作技能檢定和真實評量等多元評量結果顯示，連結論式教學有助於培養學生的專業知識與技能。科學素養態度量表的分析結果則顯示，經過連結論式教學後，學生整體的科學素養有顯著提升。但僅強化「人機」和「人際」連結對提升「科學態度」的效果不顯著，而特別加強「人地」連結則能顯著提升科學態度，只是效果略遜於對專業知識與技能的提升。綜合這些結果，反映應用連結論有助於短期內快速提升學生的專業知識與技能，但對於態度的轉變則仍需有更長期的培養以及更深入的連結。除須考慮時間的因素外，本課程的性質屬於基礎課程，雖然期末採取專案式的學習，但前三分之二的課程仍需從基本的概念和方法著手，去預備執行專案的能力，對於培養科學態度而言，需要從科學探究的過程中去加強，這有賴更進階的探究式課程來搭配，以達到潛移默化的效果。

## 二、建議

### （一）對教學實務的建議

1. 連結論強調個人化的學習與大量運用資訊科技與外部連結，當學生從被動變為主動後，學習環境也變得更多元和複雜，教師也需要將自己從知識的供應者轉變成類似專案經理（project manager）的角色，能夠規劃明確的教學目標、激勵學生的學習動機、整合可用學習資源、合理地分派任務、維繫團隊內部與外部的良好人際溝通、控管學習進度和確保學習品質。

2. 對於外業測量教學的主題與地點，建議可選擇具有豐富文化特色的地點作為測區，並在教學過程中透過連結其他領域的專家和當地居民，引導學生理解地方的歷史文化脈絡，讓學生不單是操作儀器和測量「空間」（space），而是讓科技成為關懷「地方」（place）的媒介，建立起科技與人文的跨域連結。

### （二）對後續研究的建議

1. 本研究主要採用專案式學習（PBL）來營造「人機」、「人際」及「人地」連結的學習環境，但此教學法實際上是根基於建構論。建議未來可研發與連結論學習理論配套的新教學法，提供教學流程和學習活動設計更明確的指引。

2. 本課程透過強化「人機」、「人際」及「人地」連結來實踐連結論，拓展了學生學習時連結的「廣度」，建議未來教學的設計朝向強化連結的「深度」發展，研究如何能透過教學設計達到Wang等人（2014）所建議高層次的「社會連結」和「複雜連結」。

3. 本研究為客觀驗證與比較素養學習成效，因而採用量化方法進行資料分析，但受限於研究參與者為未經隨機抽樣的修課學生，統計檢定結果缺乏外部效度。建議未來研究選取對特定母群體有代表性的樣本，以瞭解本研究結果是否可推論至其他學校和學生身上，以及是否可概推到別的學科和課程。

DOI: 10.3966/102887082020126604003

## 參考文獻

- 王志軍、陳麗（2014）。聯通主義學習理論及其最新進展。《開放教育研究》，20（5），11-28。
- [Wang, Z., & Chen, L. (2014). The learning theory of connectivism and its latest development. *Open Education Research*, 20(5), 11-28.]
- 牛涵錚、楊勝欽（2012）。研發人員科學素養量表之建構——以台灣電子資訊業為例。《商略學報》，4（1），59-74。
- [Niu, H.-J., & Yang, S.-C. (2012). Research on developing an instrument of R&D personnel's scientific literacy: A study on electronic information industry in Taiwan. *International Journal of Commerce and Strategy*, 4(1), 59-74.]
- 劉力仁（2019，9月18日）。高普考放榜了！錄取率9.88%錄取人數5811人。《自由時報》。取自<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2919111>
- [Liu, L.-R. (2019, September 18). The qualifiers of senior and junior civil service examinations are on the list! The admission rate was 9.88%, and the number of qualifiers was 5811. *Liberty Times Net*. Retrieved from <https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2919111>]
- 宋曜廷、張國恩、于文正（2006）。行動載具在博物館學習的應用：促進人一機一境互動的設計。《博物館學季刊》，20（1），17-34。
- [Sung, Y.-T., Chang, K.-E., & Yu, W.-J. (2006). Usage of mobile devices in museums: Promotion of human-computer-situation interactive design. *Museology Quarterly*, 20(1), 17-34.]
- 考選部（2020）。國家考試介紹：測量製圖類科職能分析。取自[http://www.moex.gov.tw/main/content/wHandMenuFile.ashx?menu\\_id=1681&strType=2](http://www.moex.gov.tw/main/content/wHandMenuFile.ashx?menu_id=1681&strType=2)
- [Ministry of Examination. (2020). *The introduction of national examination for the recruitment of civil service staff: Job analysis of surveying and cartography*. Retrieved from [http://www.moex.gov.tw/main/content/wHandMenuFile.ashx?menu\\_id=1681&strType=2](http://www.moex.gov.tw/main/content/wHandMenuFile.ashx?menu_id=1681&strType=2)]
- 施添福（1990）。地理學中的空間觀點。《地理研究報告》，16，115-137。
- [Shih, T.-F. (1990). The spatial perspective in geography. *Geographical Research*, 16, 115-137.]
- 陳哲銘（2003）。「虛擬」野外實察——讓野外實察更「真實」？。《中等教育》，54（5），110-123。
- [Chen, C.-M. (2003). Virtual field trips: Make field trips more effective? *Secondary Education*, 54(5), 110-123.]

- 教育部 (2017)。高等教育深耕計畫。取自[https://www.edu.tw/News\\_Plan\\_Content.aspx?n=D33B55D537402BAA&sms=954974C68391B710&s=333F49BA4480CC5B](https://www.edu.tw/News_Plan_Content.aspx?n=D33B55D537402BAA&sms=954974C68391B710&s=333F49BA4480CC5B)
- [Ministry of Education. (2017). *Higher education sprout project*. Retrieved from [https://www.edu.tw/News\\_Plan\\_Content.aspx?n=D33B55D537402BAA&sms=954974C68391B710&s=333F49BA4480CC5B](https://www.edu.tw/News_Plan_Content.aspx?n=D33B55D537402BAA&sms=954974C68391B710&s=333F49BA4480CC5B)]
- 楊國賜 (2013)。培養新世紀大學生的關鍵能力。《台灣教育》，680，10-16。
- [Yang, K.-S. (2013). The development of university student's key competencies in the new century. *Taiwan Education Review*, 680, 10-16.]
- 趙忠明、周天穎、嚴泰來 (2015)。空間資訊技術原理及其應用。臺北市：儒林。
- [Zhao, Z.-M., Chou, T.-Y., & Yan, T.-L. (2015). *The principle and application of spatial information technologies*. Taipei, Taiwan: Scholars Books.]
- Akella, D. (2012). Creating a community of learners online: Connect, engage & learn. *International Journal of Technology in Teaching & Learning*, 8(1), 63-77.
- Barnett, J., McPherson, V., & Sandieson, R. M. (2013). Connected teaching and learning: The uses and implications of connectivism in an online class. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(5), 685-698.
- Bridgstock, R. (2016). Educating for digital futures: What the learning strategies of digital media professionals can teach higher education. *Innovations in Education and Teaching International*, 53(3), 306-315.
- Brooks, A. W. (2015). Using connectivism to guide information literacy instruction with tablets. *Journal of Information Literacy*, 9(2), 27-36.
- Cabrero, R. S., & Román, O. C. (2018). Psychopedagogical predecessors of connectivism as a new paradigm of learning. *International Journal of Educational Excellence*, 4(2), 29-45.
- Chen, C. M., & Wang, Y. H. (2015). Geospatial education in high schools: Curriculums, methodologies, and practices. In O. Muñiz Solari, A. Demirci, & van der Schee, J. A. (Eds.), *Geospatial technologies and geography education in a changing world* (pp. 67-76). Tokyo, Japan: Springer.
- Clarà, M., & Barberà, E. (2014). Three problems with the connectivist conception of learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(3), 197-206.
- Clark, D. R. (2015). *History of the ADDIE model*. Retrieved from [http://www.nwlink.com/~donclark/history\\_isd/addie.html](http://www.nwlink.com/~donclark/history_isd/addie.html)
- Downes, S. (2008). Places to go: Connectivism & connective knowledge. *Innovate: Journal of*

*Online Education*, 5(1), 1-6.

- Downes, S. (2012). *Connectivism and connective knowledge: Essays on meaning and learning networks*. Retrieved from <http://www.downes.ca/me/mybooks.htm>
- European Commission. (2005). *Lifelong learning and key competence for all: Vital contribution to prosperity and social cohesion*. Retrieved from [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-05-1405\\_en.htm?locale=en](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-05-1405_en.htm?locale=en)
- Garcia, E., Elbeltagi, I., Brown, M., & Dungay, K. (2015). The implications of a connectivist learning blog model and the changing role of teaching and learning. *British Journal of Educational Technology*, 46, 877-894.
- Gibbons, A. S. (2014). Eight views of instructional design and what they should mean to instructional designers. In B. Hokanson & A. Gibbons (Eds.), *Design in educational technology* (pp. 15-36). New York, NY: Springer.
- Goldie, J. G. S. (2016). Connectivism: A knowledge learning theory for the digital age? *Medical Teacher*, 38(10), 1064-1069.
- Gonzalez, C. (2004). *The role of blended learning in the world of technology*. Retrieved from <http://www.unt.edu/benchmarks/archives/2004/september04/eis.htm>
- Guder, C. (2010). Patrons and pedagogy: A look at the theory of connectivism. *Public Services Quarterly*, 6, 36-42.
- Hogg, N., & Lomicky, C. S. (2012). Connectivism in postsecondary online courses: An exploratory factor analysis. *Quarterly Review of Distance Education*, 13(2), 95-114.
- Kop, R., & Hill, A. (2008). Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past?. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 9(3), 1-13.
- Morrison, D. (2014). *How to create optimal learning experiences with a learning design framework, online learning insights*. Retrieved from <https://onlinelearninginsights.wordpress.com/2014/01/28/how-to-create-optimal-learning-experiences-with-a-learning-design-framework>
- Nair, U. (2014). Instructional design models in the 21st century: A review. *EdTech Review*. Retrieved from <http://edtechreview.in/trends-insights/insights/1058-instructional-design-models-in-the-21st-century-a-review>
- palauchen (n.d.-a). *Xizhou community*. Retrieved March 16, 2020, from <https://skfb.ly/6LIBK>
- palauchen (n.d.-b). *Tower*. Retrieved March 16, 2020, from <https://skfb.ly/6LIDU>
- palauchen (n.d.-c). *Metting house*. Retrieved March 16, 2020, from <https://skfb.ly/6LIF8>

- Rodriguez, C. O. (2014). Mobimoooc 2012: A new tree structure for the delivery of connectivist MOOCs. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 15(1), 41-49.
- Schunk, D. H. (1991). *Learning theories: An educational perspective*. New York, NY: Macmillan.
- Siemens, G. (2004). *Connectivism: A learning theory for the digital age*. Retrieved from <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>
- Siemens, G. (2012). *Orientation: Sensemaking and wayfinding in complex distributed online information environments* (Unpublished doctoral dissertation). University of Aberdeen, Aberdeen, Scotland.
- Thota, N. (2015). Connectivism and the use of technology/media in collaborative teaching and learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 142, 81-96.
- UNESCO Institute for Education. (2003). *Nurturing the treasure: Vision and strategy, 2002-2007*. Retrieved from <http://www.unesco.org/education/uie>
- Utecht, J., & Keller, D. (2019). Becoming relevant again: Applying connectivism learning theory to today's classrooms. *Critical Questions in Education*, 10(2), 107-119.
- Verhagen, P. (2006). *Connectivism: A new learning theory?* Retrieved from <https://zh.scribd.com/doc/88324962/Connectivism-a-New-Learning-Theory>
- Wang, Z., Chen, L., & Anderson, T. (2014). A framework for interaction and cognitive engagement in connectivist learning contexts. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 15(2), 121-141.
- Wiggins, G. P., McTighe, J., Kiernan, L. J., & Frost, F. (1998). *Understanding by design*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Yeager, C., Hurley-Dasgupta, B., & Bliss, C. A. (2013). cMOOCs and global learning: An authentic alternative. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 17(2), 133-147.