

# 中國文化大學教師教學創新暨教材研發獎勵成果報告書

壹、計畫名稱：以真實及擬真資料建構森林經營學習輔助教材

貳、實施課程、授課教師姓名

實施課程：森林資源經營學(二)(必修)

開課系級：森保系 3 年級

授課教師姓名：許立達

職稱：專任副教授

參、前言

森保系的學生進入本系就讀後，大一、大二陸續開始接觸一些林業有關的專業基礎知識，例如森林測量與測計、木本植物分類、育林學、林產學等。然而，學生往往對於學了那些科目到底和將來從事林務工作有什麼關聯性並不清楚，更不瞭解森林經營專業的各種學理。

森保系三年級上、下學期開設的「森林資源經營學(一)」及「森林資源經營學(二)」即扮演著銜接森林測量與測計、木本植物分類、統計學、育林學、林產學等基礎課程的橋樑角色，引領學生踏入林業實務專業領域，真正瞭解林業到底是在做什麼。因此，「森林經營學概要」及「森林經營學」分別是公職林業技術人員普考、高考的考科，也是將來進入林務局或從事林業及自然保育相關工作必備的專業知識。

三年級上學期的「森林資源經營學(一)」學習內容主要包括對於國際與國內森林資源與林業概況的認識，以及對於森林經營基本知識的瞭解，例如森林的功能與效益、森林經營的特殊性、森林經營的指導原則、森林區劃、林地分級與分區、森林作業法等。此外，該課程亦對於重要的森林經營議題進行介紹，例如森林生態系經營、集水區經營、保安林經營、保護區經營、社區林業里山概念、森林減碳、森林 FSC 認(驗)證、航遙測與 GIS 在森林資源調查之應用等。

「森林資源經營學(二)」的課程內容則和「森林資源經營學(一)」大不相同，教學內容乃是銜接森林資源經營學(一)的議題討論後，正式進入森林經營學理的探討與學習，授課內容包括森林生長、森林調查、立木度與地位測定、最適輪伐期或迴歸期決定、收穫預定、伐採調節、森林評價等等，涉及許多數學、統計、經濟等計量分析。這些計量分析幾乎都與森林林木的時間生長過程、空間分布等息息相關，然而，「十年樹木」對於森林經營而言，只能算得上是「短

輪伐期」，一般造林樹種由造林到收穫之間的輪伐期 30~60 年是常態，有些樹種如扁柏、紅檜等，更可能高達百年以上，甚至從「恆續收穫」及「永續經營」的角度來分析，更是著眼於「直到永遠」！對於學生而言，該課程數學、統計、經濟等計量分析的難度已經夠他們頭疼，更難的是，學生很難憑空想像林木和森林在幾十年甚至上百年間如何生長發展，因此每年學生在期末對於教學的回饋留言中，總是會出現好幾個「好難！」字樣。

基於過去學生之反應回饋，本研究擬由教材開發設計著手進行改進，讓學生在學習過程中能以真實或是擬真資料進行實作練習，讓他們不用憑空想像林木會如何生長，或是森林在不同環境條件、經營作業型態、經營作業實施時間等，如何會有不同的生長發育過程，期能藉此來加深學生對於森林經營學理的理解，並且提升其學習興趣以及進行計量分析操作的實務能力。

## 肆、計畫特色及具體內容

### 一、計畫特色

森林經營涉及許多與時間、空間相關的學理，而且必須藉助數學、統計、經濟等模式來解釋或分析。舉例而言，想要知道一株樹木由小到大直徑每年長多大、樹高長多高，可以利用「樹幹解析」的數學方式來重構其隨時間生長的歷程。又如，一片森林該種多少苗木？為什麼一起種下的樹，經過數年以後，有些長的高大粗壯，有些卻是細瘦矮小？也是可以藉由生長競爭的學理以及空間「立木度」的數學分析來解釋。再如，森林自造林後，應該要在生長過了多久之後再進行伐採(輪伐期)，才能收穫最多的木材(材積收穫最大輪伐期)？或是在永續經營的情況下，獲得最大的經濟效益(財政輪伐期或地租最大輪伐期)等。

對於上述所舉的這些例子，教材課本上雖然會有學理的解說，也會有各種公式的推導或提供，但是，沒有實際例子做為實際演練，學生只能憑空想像、死背強記，對於其原理難以獲得真正深入的理解，也難以培養其真正應用在實務問題的分析能力。

近年來以學習者為中心、利用真實的問題來引發學習者學習動機的「問題導向學習」已經常被應用於教學。源自於 John Dewey「從做中學」的教育觀點的「專案導向學習」則是期望藉由完成專案任務，讓學習者不僅學到解決問題的知識與技能，更學會如何應用知識。因此，本研究擬蒐集來自於林務局森林資源調查資料、相關林業研究文獻等，以及應用美國林務署開發的森林生長模擬軟體 Forest Vegetation Simulator (FVS)，建構出一套適合用於教學與學生學習的專案導向式教材，期望能讓學生藉由實際使用真實調查資料及基於生長模式產生的擬真視覺化生長模擬資料進行演練，更深入地學習森林經營學理以及實務問題計量分析能力。

## 二、具體內容

### (一) 「森林資源經營學(二)」教案規劃

本教材建構計畫依據「森林資源經營學(二)」課程內容，規劃主要教材單元與教授內容如表 1 所示。

表 1. 專案導向式教材設計規劃

單元主題	教材內容
1. 單木生長	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 樹幹解析：如何根據不同高度樹木圓盤年輪回溯樹木直徑生長、樹高生長、材積生長以及形數變化</li> </ul>
2. 林分生長	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 生長量之表示：總生長量、連年生長量、定期生長量、定期平均生長量、總平均生長量</li> <li>● 生長率：單利公式、複利公式、Pressler 公式</li> <li>● 林分生長趨勢：幼壯期、成熟期、衰老期</li> <li>● 連年生長(CAI)與總平均生長(MAI)之關係：MAI 最高時之林齡為材積收穫最大輪伐期</li> </ul>
3. 林分結構	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各種不同林分結構：林齡結構、直徑結構與冠層結構</li> <li>● 不同林分直徑之結構比較：同齡人工林之林分結構、異齡天然齡之林分結構</li> <li>● 林分結構之動態變化：人工林同齡林與天然異齡林齡之林分結構動態變化</li> <li>● 森林作業對林分結構的影響：非商業性疏伐的影響、中後期撫育與商業性疏伐的影響、不同疏伐方式的影響</li> <li>● 林分結構之數學模式表示： <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Weibull 機率密度函數之應用</li> <li>■ a、b、c 三參數對於森林經營的意義</li> </ul> </li> <li>● 林分結構與林分立木蓄積、生長、枯亡的關係</li> </ul>
4. 林分生長模式與收穫表	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 林分生長決定要素：林齡、地位、林分密度、其他環境或人為因素</li> <li>● 林齡、樹齡對單木、林分生長的影響、地位對生長的影響、密度對生長的影響</li> <li>● 密度及地位對林分生長及材積收穫的影響： <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 相同地位、不同密度</li> <li>■ 相同密度、不同地位</li> </ul> </li> <li>● 其他影響林木生長之因素：環境影響、人為影響</li> <li>● 林分生長模式：單木模式、結構模式與林分模式</li> <li>● 異齡林生長之預測：林分表法、二向法</li> </ul>

表 1. 專案導向式教材設計規劃(續)

單元主題	教材內容
5. 森林收穫與收穫表	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 林木蓄積、生長與收穫之意義與比較</li> <li>● 影響收穫的三種生長：肥大生長、形質生長與騰貴生長</li> <li>● 收穫表之意義與用途：經營成果之判定、地位之查定、經營及育林之指針、將來生長量及收穫量之預測、經營計畫及經濟計算之參考</li> <li>● 收穫表之種類：法正收穫表、變動密度收穫表、一般收穫表、地方收穫表</li> <li>● 收穫表之編製：資料之蒐集與整理、地位級之查定、法正收穫量之推算</li> <li>● 地位指數圖之製作</li> </ul>
6. 林齡、地位與立木度測定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 樹木樹齡之查定：樹木之現實齡與經濟齡</li> <li>● 同齡林與異齡林之林齡查定</li> <li>● 決定地位之方法：直接測定與林木生長最有關聯之環境因子、間接測定最能反應地位之林木性狀或植物</li> <li>● 立木度的原理、應用與測定法</li> </ul>
7. 林木生產期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 伐期齡與輪伐期之意義</li> <li>● 輪伐期之種類 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 與價格無關：自然輪伐期、工藝輪伐期、材積收穫最多之輪伐期</li> <li>■ 與價格有關：金錢總收穫最大之輪伐期、林木純收益最多之輪伐期、林地純收益最大之輪伐期</li> </ul> </li> <li>● 迴歸期(又名循環期)之意義與決定</li> </ul>
8. 森林評價與投資、經營決策	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 前價、後價：費用價、期望價與買賣價之關係</li> <li>● 林地、林木之費用價、期望價與買賣價</li> <li>● 天然林立木價金之計算、林木山價之計算</li> <li>● 森林投資決策：淨現值(NPV)、益本比(BCR)與內部報酬率(IRR)、回收期等</li> <li>● 森林公益功能之非市場價值評估：機會成本法、條件評估法、舒適價格法、旅行成本評估法等</li> <li>● 數學規劃：線性規劃、多目標規劃、整數規劃、指派等</li> </ul>
9. 恆續收穫與伐採調節	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 法正林概念與恆續收穫</li> <li>● 法正生長、法正收穫、法正蓄積與輪伐期之間的關係</li> <li>● 達成法正狀態之收穫預定與伐採調節：面積平分法、區劃輪伐法、法正蓄積法、利用率法、較差法等</li> </ul>

## (二) 資料來源與教案應用情形

前述各項教案內容如果缺乏真實或擬真資料來源，許多概念都難以讓學生憑藉想像而學習，而「森林資源經營學(二)」課程建構專案導向式教材的資料來源則如表 2 所擬。

其中林務局「永久樣區」林木調查資料是本系之前與國內其他大學合作參與之全國性森林調查資料分析所使用的資料。永久樣區林木調查資料為各種森林調查資料中內容最為完整、最具實用之資料。該資料內容涵蓋全台各地、各類型森林的樣區調查資料，森林型態包括人工林與天然林，且人工林也有造林年度的資料記錄。因此，這些資料除了能用來探討地位及立木度等重要議題外，也可用來分析林分結構並建構造林樹種的生長模式。

Forest Vegetation Simulator (FVS)林木生長模擬資料則是取自美國林務署(USDA Forest Service)開發用來預測林分動態的軟體。它所根據的生長模式在分類上屬於「單株生長收穫模式」，也就是根據林分內各單株間的距離，模擬不同樹種、林型、育林作業下林分的動態變化，是在美國各州都廣被使用的一套森林生長收穫模擬器。除了輸出表格數據外，它也可以進行視覺化展示，讓使用者可以視覺化觀看林分生長的變化。

其他森林相關文獻資料則是指蒐集自國內各文獻報告的各種和森林相關的調查資料、實驗數據或是數學模式、圖表、手冊等。例如，樹幹解析資料、森林碳吸存地上部(幹、枝、葉)、地下部(根)生物量比例資料、各樹種木材基礎密度、樹木形數、既有各樹種之樹高曲線、材積表、收穫表地位指數、生長模式等等。上述這些資料，都是在教學過程中能融入於實務專案設計的教材題材。

表 2.專案導向式教材資料來源與應用於教案情形

資料來源	用於教案用途
1. 林務局「永久樣區」林木調查資料	同齡人工林與異齡天然齡之林分結構比較、林分結構之動態變化、地位指數圖建構、生長模式建構等
2. Forest Vegetation Simulator (FVS)林木生長模擬資料	生長量(總生長量、連年生長量、定期生長量、定期平均生長量、總平均生長量)之表示、生長率計算、林分生長趨勢之呈現、立木度及競爭指數計算、材積收穫最大輪伐期計算、伐採調節等
3. 其他森林相關文獻資料	單木生長樹幹解析、森林作業對林分結構的影響、密度及地位對林分生長及材積收穫的影響、收穫表編製、地位指數查定、生長模式建置、林分結構之動態變化、現實齡與經濟齡、森林評價與投資經營決策等

伍、實施成效及影響（量化及質化，且說明是否達到申請時所期之學習目標與預期成效）

(一) 教案建置成果

本教材建構計畫依據表 1、表 2 規劃，設計共計 14 單元之教材，其中部分較具代表性之教材如圖 1~圖 6。

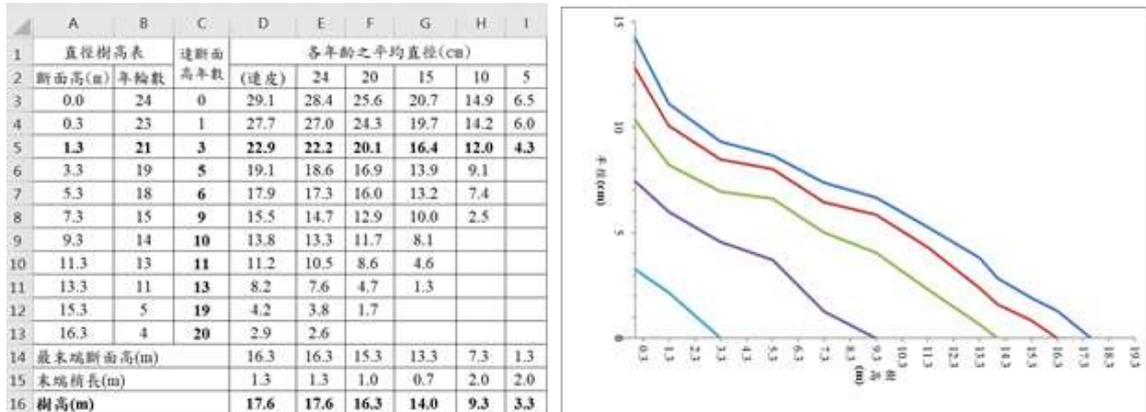


圖 1. 單木生長樹幹解析(基於真實資料)

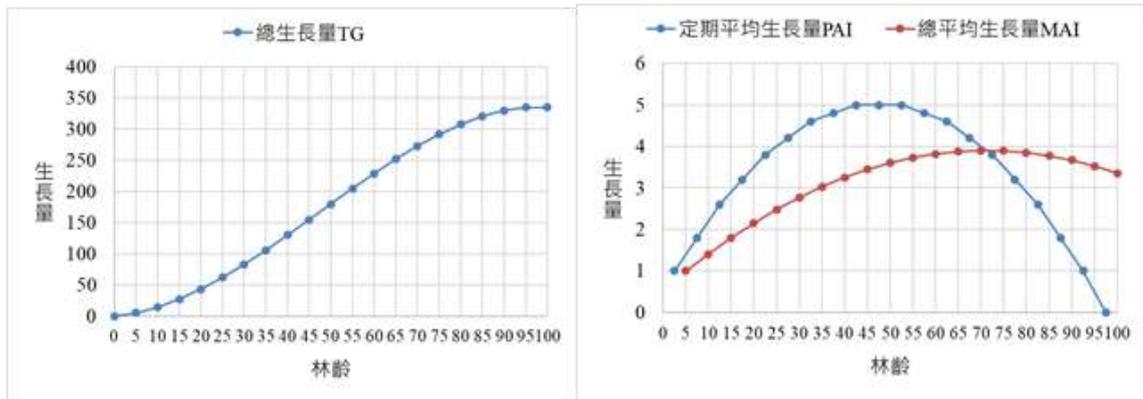


圖 2. 林分生長與材積收穫輪伐期(基於擬真資料)

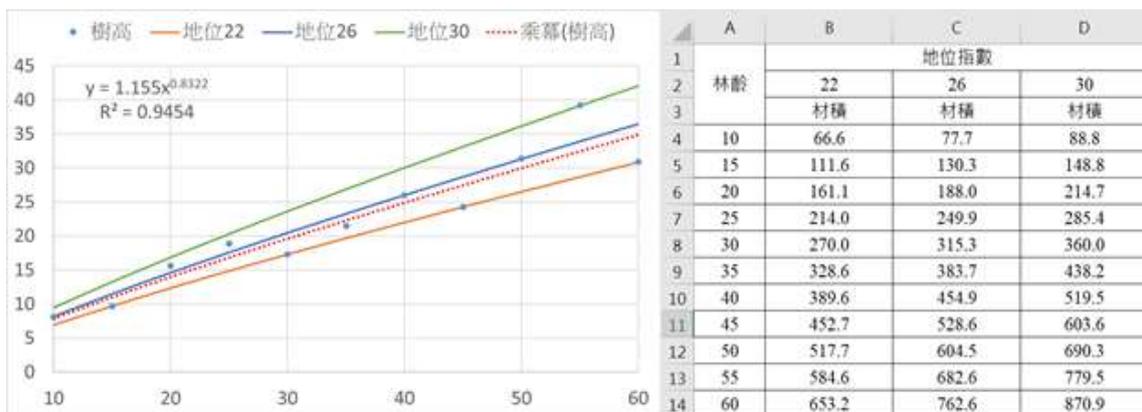


圖 3. 地位指數圖與收穫表(基於擬真資料)



圖 4. 疏伐對林分結構的影響(基於文獻之真實資料模擬)

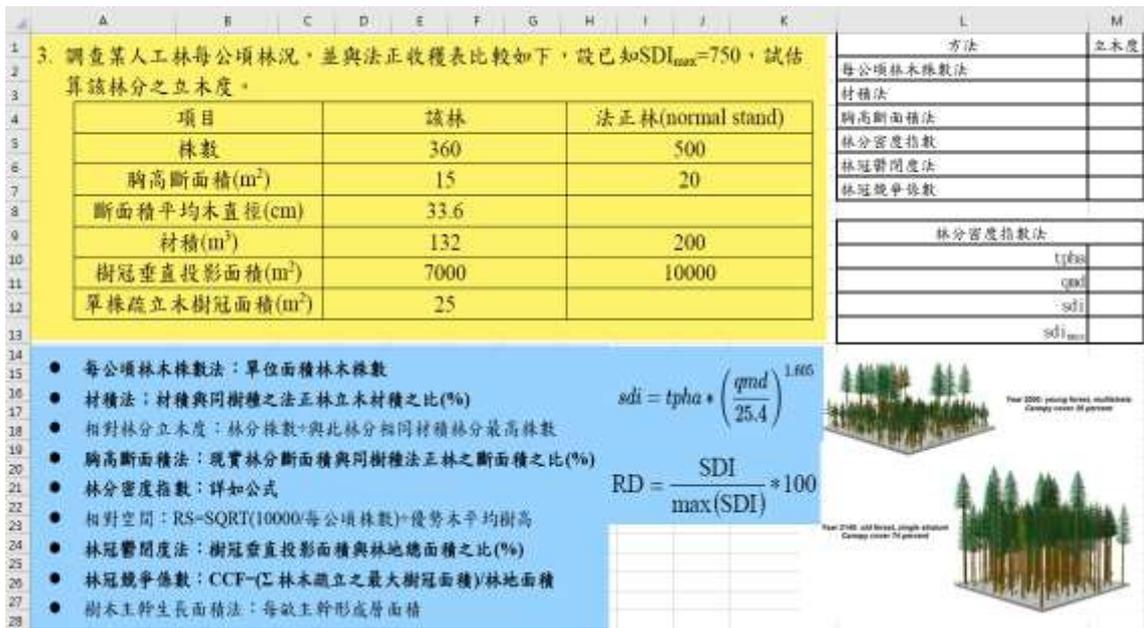


圖 5. 林分立木度求算(基於 FVS 林木生長模擬資料)

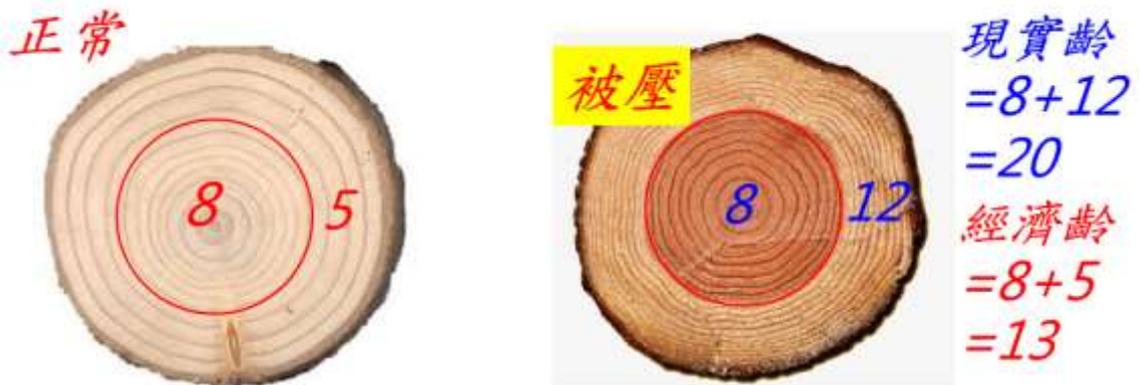


圖 6. 正常樹木與被壓木之現實齡與經濟齡(基於真實資料)

(二) 學生回饋問卷結果

學生回饋問卷題目包括：(1)以真實或擬真數據的例題或作業是否讓我對於抽象的森林林況描述具有更接近現實的感受？(2)以真實或擬真數據做成例題或作業進行教學，是否有助於對森林經營原理學習內容的了解？(3)以 EXCEL 進行真實或擬真數據例題或作業的實作練習，對你而言，學習難度如何？並詢問學生過往是否對於 EXCEL 曾有學習經驗。共 49 位學生回饋問卷結果顯示：多數學生認為採用真實或仿真數據做成例題或作業讓其對於抽象的森林林況描述具有更接近現實的感受，也有助於對森林經營原理學習內容的了解。不過，由於部分學生並不太熟悉 EXCEL 操作，完成作業具有難度。

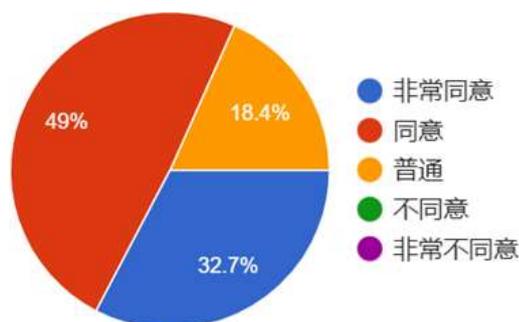


圖 7. 真實或擬真教材是否對於抽象的森林林況描述具有更接近現實的感受？

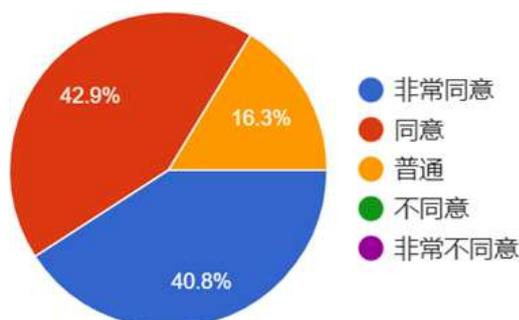


圖 8. 真實或擬真教材是否有助於對森林經營原理學習內容的了解？

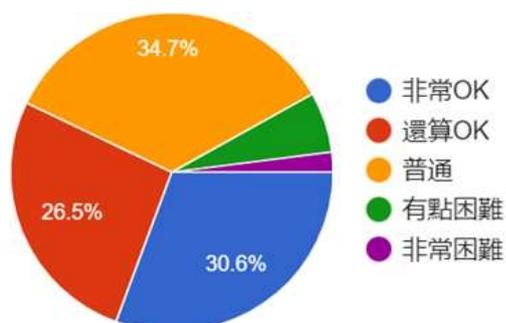


圖 9. 以 EXCEL 進行真實或擬真數據例題或作業實作練習的學習難度

配合學校進行學生對於運算思維融入課程的滿意度問卷調查結果如圖 10，根據 46 位填答學生意見，結果顯示學生對於講師的授課態度、講師教學方法有助於課程內容吸收、講師的口

才表達有助於理解課程內容、講師具有足夠的專業知識、課程流程的安排等，滿意度均高。不過，學生對於認識不同的資訊工具、學習會運用資訊工具或撰寫程式來解決問題，以及對自身的邏輯思考、問題解析能力的提升則滿意度較低。

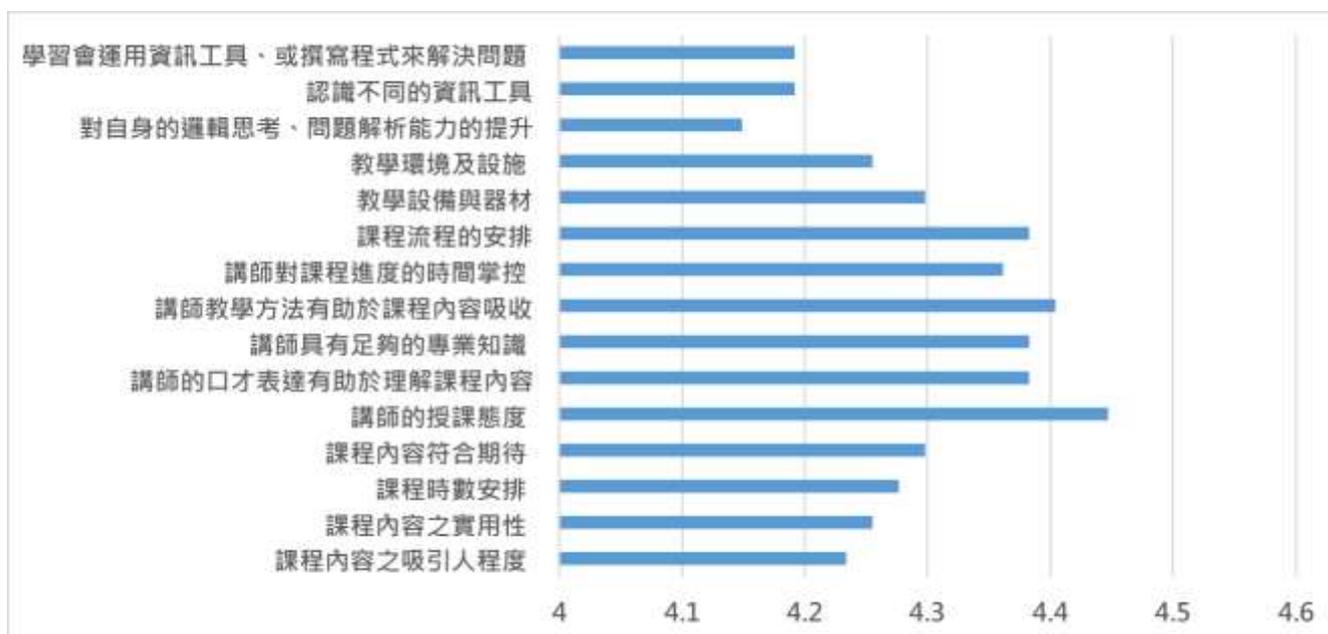


圖 10. 學生對於運算思維融入課程的滿意度

## 陸、結論

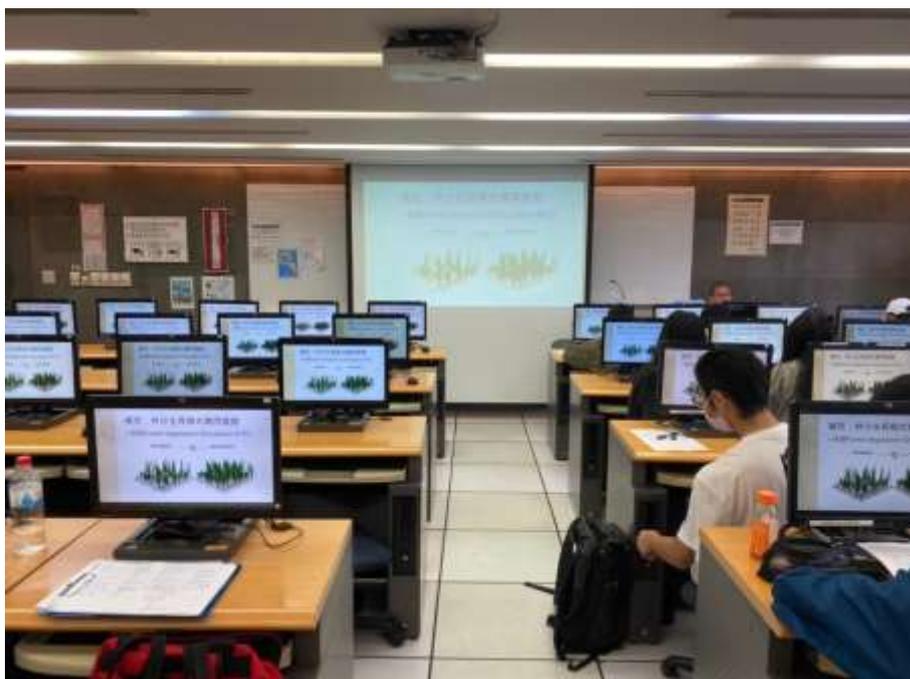
本次教材建構計畫依共計以真實資料、擬真資料及其他資料設計了「森林資源經營學(二)」共 14 單元之教材，分析結果顯示以真實或是擬真資料結合 EXCEL 試算表進行較學，對學生堪稱有幫助。不過，如果同學之間對 EXCEL 操作的先備能力有差異，講解時必須顧及少數學生的進度，或提供複習影片。

運算思維融入課程的滿意度問卷調查結果顯示學生雖然認為這樣的教學方法有助於課程內容吸收，表達方式也有助於理解課程內容，但是對於學習會運用資訊工具或撰寫程式來解決問題，以及對自身的邏輯思考、問題解析能力的提升的滿意度則仍偏低。究其原因，推測是學生尚未真正從事林業工作，對於這些問題情境雖然尚能理解，但是畢竟與當前生活經驗關聯度低，故而較為無法感同身受，也低估了職場運用資訊工具或撰寫程式來解決問題的重要性。

柒、執行計畫活動照片



照片 1. 上課教學與學生操作電腦 EXCEL 練習題



照片 2. 教師講解美國林務署 Forest Vegetation Simulator (FVS) 林木生長模擬軟體