

「葉脈特徵數位資料化」應用於植物自動辨識與解說系統初探

文／圖 ■ 杜加維 ■ 國立苗栗高級農工職業學校森林科教師（通訊作者）

胡大中 ■ 國立苗栗高級農工職業學校森林科技士

李正鴻 ■ 國立苗栗高級農工職業學校森林科二年級學生

余聖翔 ■ 國立苗栗高級農工職業學校森林科二年級學生

彭芷綺 ■ 國立苗栗高級農工職業學校森林科二年級學生

一、前言

民國 103 年 4 月，國立苗栗高級農工職業學校森林科師生自組研發團隊，以「『植』紋辨識大探奇—『葉脈特徵數位資料化』於植物自動辨識之建立與應用」為題，參加中華民國第 54 屆中小學科學展覽會，榮獲北 2 區優等獎佳績，亦是該屆該區林業林學相關作品所獲最高成績。本研究透過一種新的嘗試，整合日新月異的數位條碼與圖形（包含指紋）辨識的基本概念，導入植物識別技術，盡可能站在其他相關領域之行動科技與辨識機器的立場來思考與設計，將有「樹木的名片」之稱的「葉片」，其中的葉脈特徵—主脈與側脈的分布模式加以二元數位資料化，增進「辨識」部分趨向科技設備自動化作業，強化人們對植物資訊認識與掌握的便利性與效能，如同一套電子化、可半自動識別的植物圖鑑與百科，親身接觸自然環境下進行體驗學習，相信這樣的方法與研發，可對推廣生態教育及生物資源調查與應用，有所助益。此篇報告期將此初步成果分享予林業先進同好，竭誠敬請賜教。

二、研究動機

「未來某一天，活在生態文明的居民，用手機對著身邊的植物掃描後發出『嗶』一聲，螢幕上顯示出該種植物名稱、特徵、生態、典故、用途、價值的相關資料……」上述一直是我們這個長期接觸並學習生物資源的小小研究團隊的一個夢想。

現今生活科技進展神速，我們隨時隨地要知道餐廳、商店、旅遊、新聞、消費購物…等各種人造事物的資訊唾手可得，在網路資訊發達（最新調查數據指出，任何時間都有逾 20 億人在網路上），行動科技普及的生活環境中，對於生物資源 - 以植物為例，是否能有更多更廣的認識與資訊的應用？植物資訊整合、網路利用、開發應用的第一步又該從何處入手？有沒有可以如同條碼與指紋那樣有利於機器判別的植物特徵？為求解決提問與好奇心驅策，促成我們這次「葉脈特徵數位資料化於植物自動辨識系統之建立與應用」的探究研發。

人為感官識別、專業、小眾、單一



機器自動判釋、普及、大眾、跨科際

▲「植紋辨識」系統在植物識別上的研發方向

三、研究目的

指紋辨識、虹膜認證、物品條碼等自動辨識系統的科技與應用由來已久，研發團隊此次試圖將其核心概念與原理導入植物識別中。「植物自動識別」與傳統植物識別其實應是相輔相成甚至相得益彰的，本研究期能利用葉片的量化特徵，將「葉脈紋理模式」二元數位資料化，建立一套普羅大眾可使用的「植紋辨識」初步資料庫，為提供「植物識別」結合網路雲端與行動科技的可行性進行先驅研發。

四、研究設備及器材

此次研究所應用的主要設備與器材如下：

- 一、個人電腦（PC）、筆記電腦或平板電腦（附 Excel 軟體）。
- 二、智慧型手機（附 Excel Mobile 軟體）。
- 三、具數位照相功能之科技設備（如手機、數位相機）。
- 四、自製簡易 20 等分葉片測計尺 10 組，10 等分葉片測計尺 15 組。

五、研究過程或方法

此次研發經過三個部分：植物標本蒐集與特徵選取、葉脈紋理模式（pattern）的數位資料化與植物辨識系統的評測與增進，透過這三部分，讓「植紋辨識」向植物識別朝向自動辨識、網路共享與推廣邁出一大步。

（一）「它傻瓜，你聰明」的電腦判釋與人為識 - 植物標本蒐集與特徵選取

植物識別或專指樹木識別這一門學問與技術已經有相當一段歷史，而日新月異的科技發展，到底能對這一項科學、嗜好與事業有何助益？是一個重要且有趣的課題。傳統植物識別非常仰賴人類的感官功能，但是不是機器電腦就在植物識別上完全派不上用場呢？答案當然不是的，我們此次的研發就是從植物的圖形特徵下手，以植物「葉片量化特徵」為試驗的分類依據，預設想這些特徵將來皆可讓電腦軟體分析、判釋，並考慮將來的使用者為親近自然的一般大眾、初學者或某種類型的學習者，儘量採取明顯、常見的特徵為主，幾經考量與取捨，聯想參照條碼掃描、虹膜與指紋辨識的機器能力，最後選定葉脈中肋與側脈的區段分布模式（pattern），將其轉化為電腦擅長的量化數值（數位）項目，讓機器電腦不但在記憶與檢索上提供幫助，更能進一步在植物識別的分辨、判釋上有所貢獻！

(二) 葉脈紋理模式 (pattern) 的數位資料化

1. 基模樣本的採集與整理：從校園、郊野、山林中採集總計 48 科 92 屬 102 種植物葉片標本作為「基模樣本」，每種重複 10 組。

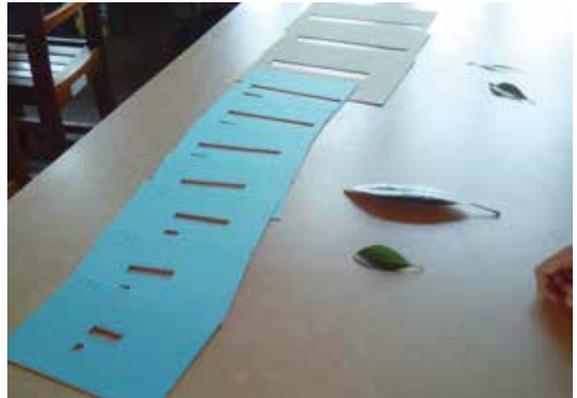


▲野外植紋標本之採集



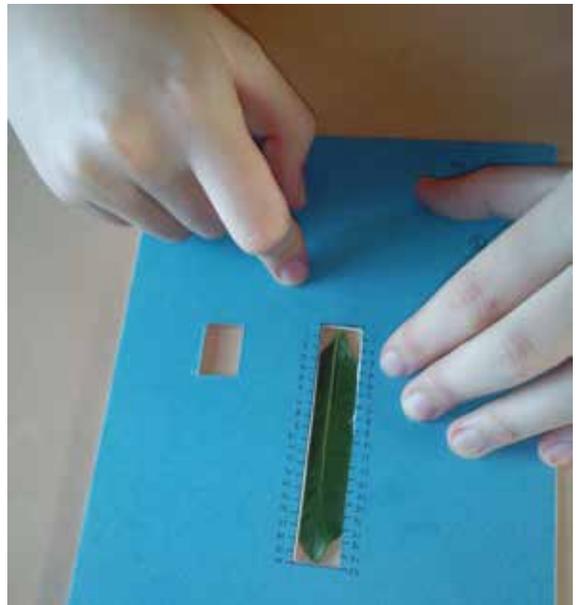
▲從各地採回的葉片樣本，為保葉形葉脈完整予以護貝

2. 二元區段等分測計尺規的製作：為求所測特徵是其紋理模式而非葉片大小變異所造成的差別，以硬紙板為材料，葉長方向從 4cm~26cm 分為 10 級長短的尺規，每個尺規分為 20 區段等分；葉寬方向從 1cm~17.5cm 分為 15 級長短的尺規，每個尺規分為 10 區段等分。



▲自製二元區段等分測計尺

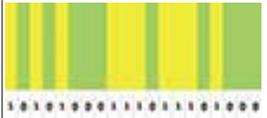
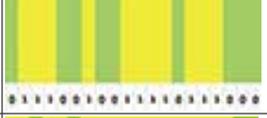
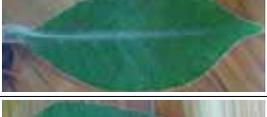
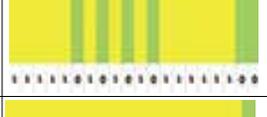
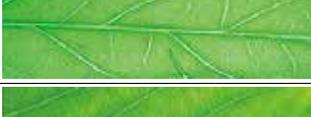
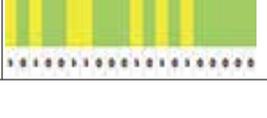
3. 葉長方向葉脈條碼數位資料的建立：將自製 20 區段等分尺規沿中肋方向（從葉基到葉尖）測計葉片，在區段中有側脈者定義計為「1」，沒有側脈者定義計為「0」，102 種樹種依序紀錄於試算表軟體 Excel 資料列儲存格中。



▲測計葉脈數位資料

取樣 10 位高職學生與一般民眾（非專業人士）擔任測試員，任意選取或採集 30 份不同樹種（102 種範圍內）的葉片作為「測試樣本」。此次試驗採用兩種方法作為資料比對運算。試驗案例如下：

表 1、 樹種葉片測試樣本數位資料條碼對應表（範例）

九重葛			
白新木薑子			
白樹仔			
梭羅木			
紅楠			
山枇杷			
山黃梔			
印度塔樹			
香葉樹			
細葉饅頭果			
菲律賓樟			

(一) 「樹種標準數位碼運算法」結果：

表 2、30 種測試樣本與標準值比對結果

樹種	標準值葉長 該樹種排名	標準值葉寬 該樹種排名	辨識結果	註記
九重葛	1	免測	成功	○
大紅袍	42	42	失敗	×
小葉桑	60	60	失敗	×
山枇杷	5	12	接近	△
山黃梔	14	16	接近	△
太魯閣櫟	16	16	接近	△
水黃皮	80	80	失敗	×
犬黃楊	5	1	成功	○
波羅蜜	15	1	成功	○
相思樹	1	免測	成功	○
桂葉黃梅	26	26	失敗	×
香葉樹	57	57	失敗	×
紅楠	1	免測	成功	○
菩提樹	6	2	接近	△
細葉饅頭果	20	20	接近	△
臺灣雅楠	25	25	失敗	×
臺灣三角楓	1	免測	成功	○
瑪瑙珠	6	6	接近	△
楊梅	34	34	失敗	×
黑板樹	1	免測	成功	○
梭羅木	1	免測	成功	○
蘭嶼肉荳蔻	19	4	接近	△
樟樹	24	24	失敗	×
白樹仔	9	1	成功	○
石楠	11	11	接近	△
印度塔樹	1	免測	成功	○
朱槿	1	免測	成功	○
白新木薑子	3	3	接近	△
白肉榕	31	31	失敗	×
菲律賓樟	1	免測	成功	○

總計九重葛、犬黃楊、波羅蜜、相思樹、紅楠、臺灣三角楓、黑板樹、梭羅木、白樹仔、印度塔樹、朱槿、菲律賓樟 12 組樹種完全辨識成功。

(二)「全體參照數位碼運算法」結果：

表 3、30 種測試樣本與全數值比對結果

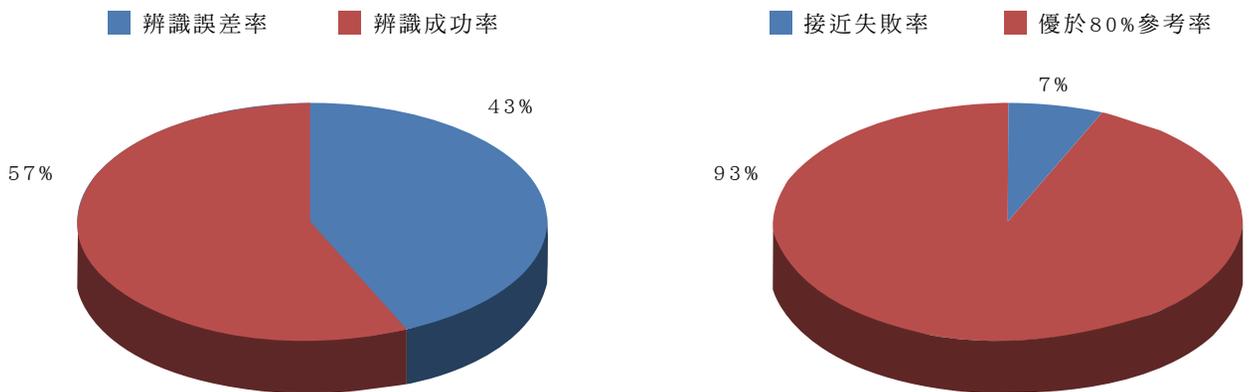
樹種	全數值葉長 該樹種排名	全數值葉寬 該樹種排名	辨識結果	註記
九重葛	6	6	接近	△
大紅袍	1	免測	成功	○
小葉桑	16	16	接近	△
山枇杷	7	12	接近	△
山黃梔	1	免測	成功	○
太魯閣櫟	7	15	接近	△
水黃皮	排名極後	排名極後	失敗	×
犬黃楊	52	52	失敗	×
波羅蜜	41	13	接近	△
相思樹	1	免測	成功	○
桂葉黃梅	2	3	接近	△
香葉樹	排名極後	排名極後	失敗	×
紅楠	1	免測	成功	○
菩提樹	3	1	成功	○
細葉鰻頭果	排名極後	排名極後	失敗	×
臺灣雅楠	20	28	接近	△
臺灣三角楓	1	免測	成功	○
瑪瑙珠	30	30	失敗	×
楊梅	1	免測	成功	○
黑板樹	1	免測	成功	○
梭羅木	1	免測	成功	○
蘭嶼肉荳蔻	10	2	接近	△
樟樹	18	55	接近	△
白樹仔	排名極後	排名極後	失敗	×
石楠	1	免測	成功	○
印度塔樹	1	免測	成功	○
朱槿	5	6	接近	△
白新木薑子	28	26	失敗	×
白肉榕	7	6	接近	△
菲律賓樟	1	免測	成功	○

總計大紅袍、山黃梔、相思樹、紅楠、菩提樹、臺灣三角楓、楊梅、黑板樹、梭羅木、石楠、印度塔樹、菲律賓樟 12 組樹種完全辨識成功。

表 4、植紋辨識系統的辨識率表現

比對採用運算法	比對成功數	正確性 (辨識度)	比對接近數 (進入差異值最 小102種中前 20筆之樹種)	可參考率
「樹種標準數位 碼運算法」	12	40%	21	70%
「全體參照數位 碼運算法」	12	40%	21	70%
總計	17	57%	28	93%

註：30 組樹種中，此套「植紋辨識系統」僅對香葉樹、水黃皮 2 種樹種完全失效。



▲ 「植紋自動辨識」樣本完全成功率與辨識結果進入前80%的參考率

七、討論

「動植物的形體與模式是數學心靈的最佳遊獵場。」(1996, 史都華) 目前科學家對生物的紋理模式 (pattern) 與形態數學方興未艾, 而生物辨識技術在許多方面例如人體指紋辨識、虹膜認證的進展又是日進千里, 但應用在植物辨識方面仍將面臨如何區分出「種類」還是「個體」(目前指紋辨識技術的重點所在) 的挑戰, 另對於所要辨識對象與基模樣本的選取年齡、時間、地點、空間、

個體部位與樹種科別, 對此套植物自動辨識系統的影響, 亦都有進一步探究的空間。

從此次研發結果亦可看出, 擴充資料庫 (增加種類與樣本數)、增加數位條碼等分區段數, 甚至引進二維條碼技術都將有效增進植物自動辨識的效能。例如這次比對資料的結果, 若兩種不同樹種的葉脈數皆超過 20 條以上, 也就是大於我們所設計的測計尺規區段數目, 很可能兩者在數位資料上的數碼全為「1」, 造成兩者之間的差異無法區辨,

若區段等分數增加到 60 甚至 100，兩者的差異就會顯現。另外，這次結果大致上較多樹種在葉長方向葉脈數位資料條碼的表現較葉寬方向葉脈數位資料條碼表現為佳，但如此細微的測計更得仰賴機器與電腦的應用，而測試步驟的順序組合與整併（例如先計算葉長方向再測葉寬方向，或是先葉寬方向再葉長方向，又或是葉長、葉寬同時一起或獨立計算……），與透過排序結果加以權重、篩選等計算公式的調整，都有改善結果的可能。總而言之，提高該系統的「正確辨識度」是最重要的研發方向之一。

「植紋辨識」與傳統植物（生物）識別其實是相輔相成甚至相得益彰的，尤其在「教育與推廣」的層面，將植物識別加以科技軟、硬體的輔助實為一個重要的開發方向。當我們將樹木特徵輸入資料庫時，可以減少許多傳統植物識別「特徵描述」選擇上的問題，例如樹皮的粗糙與光滑，九芎屬於樹皮光滑，樟樹屬於樹皮粗糙，這種該特徵明顯、極端者較容易建立「描述」，但有一些樹種樹皮到底光滑或是粗糙，對不同的資料建立者與使用者來說，都可能有著不同的結果，因此，生物特徵描述的精準、易懂與明顯能以明暗、有無清楚二分（機器判讀所採「閾值」的精準），將是此項技術應用成效提升的關鍵因素。

此次研發的確在邁向「科技設備輔助植物識別自動化」的路徑上跨出了第一步，而操作介面牽涉不同設備的程式設計等硬體、軟體整合問題，這方面仍有很大的改善空間，如果從照相或掃描（物件特徵輸入）、圖形處理與條

碼讀取判釋、檢索分類、選出樹種到連結資料庫內容（解說資訊輸出）能在一個設備與一個動作內完成，也可說是一貫化作業，相信就是這項觀念與技術的終極版本。

八、結論

「陽春召我以煙景，大塊假我以文章。」相信大自然中的「文章」，不單只有文學、美學的價值，其實更具有「科學」上的意涵，紋理模式（pattern）即是一窺其奧秘的門徑之一！現今條碼掃描、圖形判釋技術、行動科技效能強大、方便且普及，但我們一般民眾對生活周遭的動植物的認識與了解卻顯得極為稀少與忽視，這次研發期能對跨越這般鴻溝提出一分貢獻，而作品的結果應用也達至初步成果，在 102 種 1,020 筆所建構出的資料庫試算表，以 30 種測試樣本進行測試，總計可辨識成功者為 17 種，辨識度達 57%，又在 102 種樹種 1,020 筆資料中，進入辨識樹種名單前 20 名者更達 28 種，參考性高達 93%。

富涵文化意義的生態教育與生物資源利用，自當靈活、廣泛、積極地應用各種新事物，達成「科技生活融入自然生態，自然生態啟發科技生活」的目的。除了從「垂直思考」的角度不斷提升生態理論與研究的深度，從「水平思考」的方向，應用已成熟、普及的技術與產品，創造它們在生態學習與實務的「新價值」，亦是不容忽視的工作。另外，本研發團隊對在設計界中，鼓吹「為弱勢設計，為大眾研發」的重要理念深表認同，而

此次的作品從動機目的到呈現應用（例如用圖文影音多元方式呈現辨識結果的解說）都落實、呼應了此一方向。

植物分類與識別是生態學習中非常基礎與重要的一門技術與學問，在這資料猛增爆炸，網路無遠弗屆的時代，期能透過「植紋辨識大探奇 - 葉脈特徵數位資料化於植物自動辨識之建立與應用」的探究與研發，對整合生物知識、資源應用、自動辨識、數位資料與行動科技的優質生活到生態文明推進一小步。🌱

