

【考古科學】

## 地理資訊系統在考古遺址管理與預測模式的應用及問題

Applications and Problems of GIS in Archaeological Site Management and Predictive Modeling

熊仲卿

Shiung, Chung-Ching

### 摘要

自1960年代以來，由於電腦科技的進步，地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)已廣泛地應用在動物、森林、地質、海洋、土壤、商業、交通、都市計畫等眾多學科的空間研究之上。作為擷取、管理、分析和展示空間資訊的工具，GIS快速和即時處理數值化空間資料的特性，以及考古遺址具有的空間性，使得GIS很快地被應用在遺址保存管理工作上。然而，文化資產管理單位在建構遺址地理資訊系統之前，應該先思考使用GIS的目的、方法與可行性，如此才能更科學地管理遺址，並充分發揮GIS的效能。本文除簡介GIS的意義、功能與在遺址保管工作的應用之外，又以台南地區遺址預測模式的例子來說明應用GIS可能遭遇的問題與解決方式。

關鍵詞：文化資產管理，地理資訊系統，遺址預測模式

### Abstract

Geographic Information Systems (GIS) have been widely applied to the fields of biology, forestry, geology, oceanography, pedology, business, transportation studies and urban design. As tools for capturing, managing, analyzing and displaying spatial information GIS characteristically can process digital spatial data rapidly and simultaneously. GIS was soon applied to archaeological site management. However, before constructing GIS of archaeological sites cultural resource managers should consider the goals, methods and feasibility of applying GIS to the tasks of site management in order for the that application to be scientific and effective. This paper demonstrates the meaning, functions and applications of GIS using the example of site predictive modelling in the region around Tainan. Practical problems and their solutions are addressed.

Keywords: Cultural Resource Management, GIS, Site Predictive Modeling

## 1.前言

空間是人類認知與經驗的對象。黃應貴曾在(空間、力與社會)一文指出,空間既具體且抽象,它可以是先驗的認知架構,也可以與社會關係、象徵、政治經濟與文化經驗相關連[1]。空間除抽象、獨立地存在之外,每個人、事、物都能以點、線、面代表,並在空間裡佔有某個位置。當我們環顧周遭事物的同時,也體驗了空間的存在;是故空間為人類所有活動的依據,與吾人緊密相連。由於空間與經驗是如此密不可分,自古以來,人類即喜好在各種媒介上描繪空間與對象,例如Lascaux洞穴壁畫裡的奔牛走獸,北宋清明上河圖的繽紛市井,以及明朝萬國輿圖的政治疆界等。而空間描繪裡最特殊的又屬地圖的製作與使用:一種把經驗對象(如:城市、物產、寶藏、海岸線等)標示在抽象架構(經緯度、座標系統)中,並且閱覽、分析及理解的行為。假使製圖是一種客觀地將經驗對象"客體化"(objectification)的行為,那也就不難理解地圖製作在現代化過程中扮演的重要角色了。

從空間與地圖學發展的歷史來看,近代歐洲地理大發現與製圖技術的進步,劇烈地改變了全球歷史。精確的地圖描述提供了空間資訊,指引人們安全到達目的地進行殖民、貿易等活動,並且破除了古人對無涯大海的魅影傳說,改變如今看來愚不可及的世界觀。某個程度來說,地圖是現代化、全球化以及殖民主義的推手,也是許多政府、組織保密的資訊。然而,隨著社經、政治、文化思想的發展,當代人類製作與使用地圖,早已超越大航海時代殖民者開發與掠奪的需求。當代地圖可以用來承載特定空間裡的生物種屬數量、空氣污染指數、海洋溫度、氣候變遷、文化資產等資訊,提供使用者觀察、評估、管理、規畫與決策,最終幫助人類擁有更理想、舒適的生活環境。自1960年代起,地圖學家結合了電腦科技,掀起了另一波空間與地圖的革命。Roger Tomlinson為加拿大地政局(Canada Land Inventory, CLI)創建的「加拿大地理資訊系統」(Canada Geographic Information System, CGIS),協助加國地政局製作、儲存、管理和整合包括土壤、森林等國土資源空間資訊,開啟了地理資訊系統(GIS)的新紀元。此後電腦科技、遙感探測技術的進步,更強化了GIS的功能,使GIS成為近來炙手可熱的科學研究方法,甚至經濟產業之一。

隨著GIS的發展,各學科關心空間議題的學者紛紛嘗試利用GIS分析各種空間現象,考古學者自然也不例外。在考古學領域中,遺址是承載遺物的空間,史前遺址或遺物的空間意義一直是考古學家探索的主題[2-4]。但是,若要能完整地研究史前遺址、遺物,妥善保存、

管理遺址是首要工作。由於考古遺址具有空間性,GIS隨即快速地被應用在管理遺址空間資訊上。

從遺址保管實務來看,遺址調查、監管維護及遺址再利用最需要有效率地管理空間資訊。首先,遺址調查是遺址保管的基礎,準確地掌握遺址的位置、數量和範圍等空間資訊可以預防遺址破壞,是積極管理的行為。遺址被發現及登錄之後,人為與自然營力有可能破壞遺址,因此保管單位有必要整合、分析遺址周邊環境資訊,建立預警系統,在土地開發計畫或自然災害形成前制訂監管計畫,減少人為或自然營力的破壞。最後,遺址除了保存外,還可與周邊文化、教育和觀光資源結合利用,成立遺址公園、博物館或進行現地發掘展示、體驗,如此不但提供民眾休閒育樂活動,也可以提升保存考古文化資產的意識,而遺址再利用的規畫,涉及空間整合效益的評估、分析和決策[5, 6],也與空間資訊的管理息息相關。

雖然上述空間資訊的建立、分析與管理概念相當具有積極性,但假使沒有適當的工具,在執行上會遭遇困難。以遺址調查來說,遺址數量多且常深埋地底,現代調查技術難以覆蓋每一塊地表下,因此預測尚未調查地塊出現遺址的機率,是預防遺址遭受意外破壞的必要措施。然而,遺址預測模式的建構需要分析眾多空間變數,實非傳統人力方式可以達成。同樣地,遺址周邊的環境、破壞因子、文化、教育和觀光等空間資訊,也異常的龐雜,假使沒有快速運算工具,實難以處理。幸好GIS擁有快速、即時地擷取、管理、分析和展示空間資訊的功能,是處理空間資訊的利器,因此學者已經體認到GIS與遺址保存、管理工作的結合,是不可避免的趨勢[7, 8]。

固然GIS可以協助文化資產單位妥善地保存與管理遺址,它仍有其限制與應用上易產生的謬誤,在熱切地引進GIS作為遺址管理科學方法的同時,使用者切勿僅將GIS視為工具,而忽略其應用在遺址管理上的限制。本文首先簡介GIS、資料結構與四大功能,其次探討採用GIS進行遺址調查、監管維護與遺址再利用的可行方式,接著提醒讀者GIS的理論性限制,最後以建立台南地區的遺址預測模式為例,說明GIS的應用與可能遭遇的問題。

## 2.地理資訊系統(GIS)是什麼

隨著不同時期與GIS在不同學科的發展過程,學者曾賦予GIS不同的定義。早期Tomlinson簡單地將GIS視為解決各種特殊空間問題的電腦工具[9],Burrough則認為

GIS是「有力的工具，為了特殊的目的，可用來收集、儲存、提取、轉換和展示世界上的空間資料」[10]，而Star和Estes定義GIS為「設計作為處理空間或地理相關的資訊系統，GIS既是儲存空間資料的特殊資料庫系統，也是處理(分析)這些資料的工具」[11]。綜合以上幾個定義，商業軟體公司ESRI提供了更完整的描述：「GIS結合硬體、軟體和資料，可以擷取、管理、分析、和展現與空間地理相關的資訊。GIS幫助我們觀看、瞭解、提問、詮釋和呈現資料，揭露空間的關連性、模式與趨勢，也幫助我們快速、便捷地回答、解決問題。此外，GIS提供分享資料的網絡功能，並且可以與其他資訊系統架構互相結合」(援引修改自ESRI網頁<http://www.gis.com/whatisgis/index.html>)。為了澄清誤解，Wheatley和Gillings[12]更進一步將GIS譬喻為「工具箱」(而非工具)，提醒讀者不要將GIS視為單一電腦軟體，而是多種軟、硬體科技的結合。可以從以上幾個定義看出，當代人類發展與應用GIS的過程中，逐漸開

擴了GIS的視野，也更清楚地提出GIS的功能和方向。

## 2.1.GIS的資料結構

在更進一步說明GIS之前，有必要瞭解何謂GIS的資料結構(Data Structure)。一般而言，在GIS所呈現出來的圖形資料有兩種結構，一種是網格式(Raster)資料結構，另一種是向量式(Vector)資料結構[10, 13, 14]。網格式資料是由格子(cell、pixel或grid)來劃分空間圖形，格子與相鄰格子可以結合成線條和平面，每個格子都存有一個固定的資訊(如地表高度、氣壓梯度等)以及固定的間距(或解析度)，由於每個格子都代表固定的間距，因此網格式圖形資料有固定的解析度，低解析度的資料經過放大之後會影響圖形的辨識與細緻度。向量式資料則是一個點在笛卡爾座標系統(Cartesian Coordinate System)中的位置。由點所構成的線條和平面，無論是放大或縮小圖形資料，都沒有解析度和辨識度的問題。向量資料除本身的座標資訊之外，還可以與多種屬性資訊(如遺址類型、面積大小等)連結，這一點與網格式資料只能存取一個固定資訊是不一樣的。運用網格式及向量式資料結

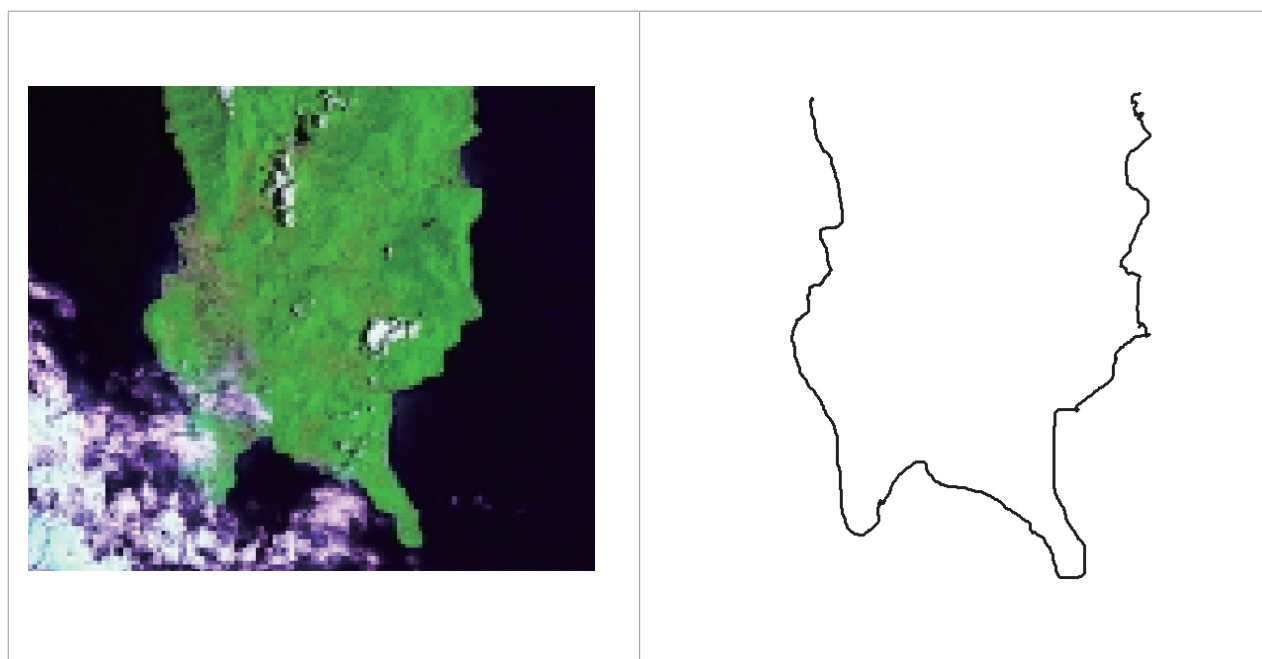


圖1. 網格式資料結構(左)與向量式資料結構(右)。左邊網格式資料模擬連續地表，但有低解析度造成低辨識度的問題。右邊向量式資料的線代表台灣恆春半島的海岸線，若此線單一連續，則無法區分不同海岸線(如砂岸、岩岸)的屬性，必須將海岸線分段處理。

Figure 1. Raster data structure (left) and vector data structure (right). The left-hand raster data monitors continuous terrain, but has the problem of low resolution and low image quality. The line in the right-hand vector data represents the coastline of Hengchun Peninsula in Taiwan. If the line is single and continuous, then the properties of the coastline, i.e. sandy or rocky shore, cannot be differentiated. The line has to be segmented in order to specify the different properties.



構，GIS可以描述空間裡的各项資訊。

Raster和Vector資料結構在資料運算方式、資料量和資料呈現上皆有差異，因此也直接或間接地影響資料的選擇。雖然早期曾有網格式或向量式資料結構孰優孰劣的辯論，如今大多傾向兩者各有利弊，端看使用者的需要而定。一般而言，Raster較容易模擬連續地表資訊(如地表高度)，但是定位較粗，資料量較大，低解析度的圖形在資料呈現上會有辨識不易的問題；Vector的定位較精細，比較適合表示均質的物件，資料量一般也較小，視覺上較舒適。目前大部分的GIS軟體都可以做Raster-Vector的資料轉換，不過每個軟體可以做到的精確程度不一。因此，使用者在建立資料之前必需確認所擷取的資訊適合何種資料結構，以及該資料結構是否能適當地呈現研究主題。

## 2.2.GIS的功能

從GIS的定義可以窺知其具有擷取、管理、分析和展示空間資料等四大功能，分述如下：

### 2.2.1.擷取資料

GIS擷取空間資料的方式十分多元，可以將既有的地圖數位化，或藉由田野調查、遙感探測等方式取得資料。以往考古學家曾使用過各種紙本地圖，並且將發現的遺址標示在地圖上，目前的GIS科技都可將地圖數位化，以便利各種空間資料的分析與運算。在全球定位系統(Global Positioning System, GPS)出現後，若徒步田野調查時發現了新的遺址，現今作法大多會利用GPS取得遺址的絕對座標，並將遺址標示在地圖或GIS系統中。在進行定位時，使用者應當注意選擇適當且一致的投影法和座標系統，避免造成誤差。另外，GPS的衛星計算角度誤差，有可能影響資料的準確度以及採用GPS的適當性，例如：假設吾人利用GPS紀錄遺址座標，即便GPS有數十公分的誤差，這樣的誤差在進行遺址間的比較研究是可以容忍的；但若是要紀錄一個兩米平方探坑內所有遺物的位置，進行遺址內的遺物分析，則數十公分的誤差有可能過大，難以容忍。此時通常以傳統平板測量或全站儀(Total Station)來擷取資料較佳。因此，瞭解測量誤差以及思考何種校正方式可以減少誤差，都是使用者需要考慮的事項。遙感探測則與田野調查不同，是利用航空器和各種攝影儀器，將大範圍地表拍攝下來的資料擷取方式。遙測的好處在於避免人員直接調查不易到達或有危險性的地表，並且大範圍的攝影可以減少徒步地表的時間成本。此外，高空攝影與人類在地表上所觀察到的視野不同，因此有時也能探測到地表調查無法察覺的現象。然而，遙感探測也有判讀不易、技術門檻高

等缺點。

Schultze和Leidner曾經指出：「在資訊系統學裡，大部分針對知識管理的研究都假設知識有正面的意象。然而知識就像一把兩刃的劍：當它太少可能導致昂貴的錯誤，當太多時卻引起多餘的負擔」[15]。如何避免資料太少或過多，甚至蒐集錯誤的資料，是研究人員需要思考的難題。Moore和Keene建議，解決此一問題，除了明確地提出研究主題之外，還應該嚴密地檢核相關資料、方法和理論之間的合理聯繫[16]。以遺址監管為例，若是我們想知道眾多的考古遺址中，哪些遺址最有可能受到破壞，最亟需進行保存工作，則我們必須從理論上思考哪些因素造成遺址的破壞，方法上如何蒐集破壞因素的資料，還有資料上何種資料結構、屬性與解析度等最為合適。

### 2.2.2.管理資料

一旦研究累積的資料越多，良好的資料管理就益形重要；資料管理會影響儲存、提取、轉換和查詢資料的效率。管理GIS資料的概念與一般電子資料管理類似，然而GIS有座標系統、投影法、和基礎屬性(如點、線、面)等後設資料，若是圖形資料與後設資料分屬不同檔案時，在進行資料的儲存、提取與轉換時需要特別注意相關資料是否也有一併處理。否則，資料一經搬動，容易造成圖形資料無法正確讀取。

### 2.2.3.分析資料

資料分析的功能是GIS帶給考古學者最具革新性的研究方法[17]。資料之所以需要分析，是研究者內心存有疑惑或猜想，希望藉由操作資料來觀察空間的模式與趨勢，並得到驗證。一般GIS資料分析的方法除了簡單的疊圖、條件選擇外，還有複雜的運算分析。以上述的遺

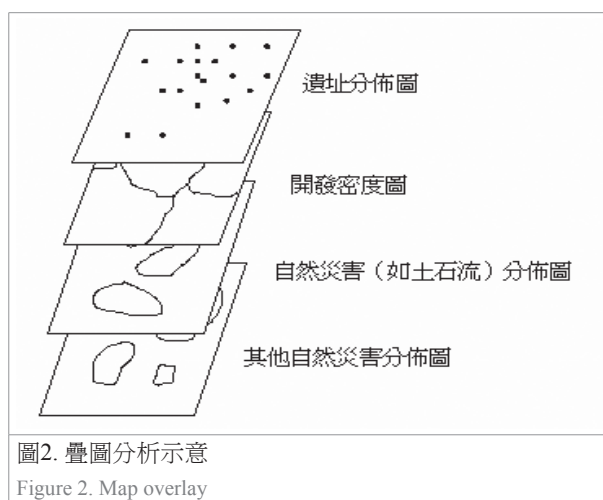


圖2. 疊圖分析示意

Figure 2. Map overlay

址破壞因素分析為例，若是研究人員認定人為開發以及自然災害是造成遺址破壞的重要因素，則可以將建立好的數個主題圖層：包括遺址分佈圖、開發密度圖及各種自然災害圖等層疊起來(圖2)，觀察哪些遺址位於最易受破壞的地區。在製作自然災害圖時一例如土石流警戒區，研究者可以根據降雨量、坡度和土壤等圖層，針對需求條件，選擇交集地區來標示土石流警戒區。研究人員也可以根據模擬地表三維的數值化高程模型(Digital Elevation Model, DEM)運算出地表坡度。在以往沒有GIS的年代裡，要分析、製作不同的主題圖，將圖層疊起來觀察空間趨勢，甚至轉換、重製地圖資料，是非常困難的事。如今快速的電腦運算及GIS圖層點選便利了空間分析工作。

GIS資料分析的特點是將空間資料數值化，不管是座標數值或資料的屬性：如面積、距離、坡度、高度等等，這些都是GIS可分析、處理的對象。量性研究使空間描繪更加精確，脫離印象式的資料敘述，並且使研究的結果更加嚴謹可信。同時，GIS量化的特性也規定了擷取、管理和展示空間資料的方式及概念，例如遺址地點的描述將會以經緯座標為主，改變以往相對位置的描述方式；而遺址的面積、海拔、坡度等也同樣會要求精確，減少分析的誤差；在展示空間資料上，比例尺、指北針、甚至經緯軸就會成為必備的圖例說明。因為量化的需求，各種資料擷取的方法、技術等背景資料就顯得相當重要。因此，沈淑敏、張瑞津曾提醒研究者在處理眾多圖像資料前，應瞭解空間資料製作的年代、技術和方法的差異，否則空間分析的結果將因誤差過大而沒有意義[18]。量性分析傾向是GIS超越傳統研究方法的優點，然而卻也是一種限制，這點將於後文討論。

除數值資料之外，GIS資料庫也可以儲存類別尺度(nominal level)的資料：如考古文化、器物類型。不過，目前這些資料除展示之外，GIS能夠分析的方式有限。

#### 2.2.4. 展示資料

GIS在考古學應用上大多以地圖為最主要的展示資料。一般而言，圖像展示比文字敘述更直觀，可以讓觀者一望即知地圖作者所要論證的思想與概念；而比起傳統的紙筆製圖，GIS在空間研究展示上又具有高度的互動性和即時性。尤其，研究者進行資料管理和分析所執行的任何一項指令，都會立即在電腦螢幕上出現相應的變化。這在空間研究是一項重要的里程碑，因為研究者更能在眾多紛亂的空間資料中，整理出有意義的空間結構或趨勢，並觀察出以往不易察覺的現象[19, 20]。此外，大部分GIS軟體都有製圖工具，可以讓地圖更美觀，幫

助觀眾理解複雜的空間現象。

### 3. 考古遺址的保存、管理與GIS的應用

在探討GIS如何運用在考古遺址的保存、管理工作之前，吾人必須先瞭解遺址保管工作內容為何。Lipe 和 Lindsay認為考古文化資產保管工作是“管理文化資產永續價值的哲學和方法”[21]。然而文資保管哲學是一門尚在建立的學問，大部分的文資討論都聚焦在文資工作的實踐上。Fowler曾經依據遺址保管工作流程訂出「文資綜覽」、「評估報告」和「管理計畫」三大項[22]，Nickens則建立了一套遺址管理系統，將遺址保管工作分為「確認」、「評估」、「保存」和「利用」四項[23](見表一)。目前台灣以文建會出版〈2006年文化資產執行手冊〉一書所設計的遺址處理流程最為詳盡[24]，裡面分為「發現」、「列冊追蹤」、「指定審查」、「遺址維護」、「管理作業」和「文建會核定事項」等六個作業階段(見表二)。觀察上述三套工作流程的設計和提案可發現，大部分文資保管工作的空間問題都可以用GIS解決，尤其以遺址調查、監管維護及遺址再利用等三個工作內容最為相關，分別討論如下：

#### 3.1. 遺址調查與預測模式(Predictive Modeling)

遺址調查是遺址管理最核心，也是最困難的工作。一方面，遺址調查的完整性會直接影響其他階段(如評估、監管、保存與研究等)的工作品質。擁有越完整的遺址空間資訊，如遺址位置、數量、範圍等，主管機關依此制訂的管理計畫與決策就越具有說服力。然而，要完整地調查遺址空間資訊是非常困難的，多數遺址深埋地下，非是徒步調查所能知之，需要進行鑽探，或是利用其他地表下偵測技術(如透地雷達)才能獲得。此外，田野調查時，交通阻隔、植物密佈與氣候、地形惡劣等狀況會導致某些地區的遺址能見度低。總之，完整的田野調查相當耗時費力，一般調查很難涵蓋每塊地表及地表下。

雖然遺址調查有上述困難，自從Gordon Willey系統性地調查秘魯的Viru谷地史前聚落以來[25]，美國考古學家對於推論史前人類活動、聚落地點的議題益趨熱絡。尤其在文資管理單位成立之後，除了登錄已知的遺址之外，建立遺址的預測模式(Predictive Modeling)，補足遺址調查無法「完整」覆蓋每一地塊的缺陷，更成為文資單位的首要工作。許多學者認為，GIS引進考古資產保管領域，其最重要目的之一即是協助保管者準確預測遺址地點，積極有效地管理遺址，預防遺址在非預期情況下發現並遭受破壞[26-28]。

表1. Fowler與Nickens遺址管理工作比較			
Table 1. Comparison of site management tasks outlined by Fowler and Nickens.			
Fowler		Nickens	
工作流程	工作內容	工作流程	工作內容
文資綜覽	1. 建立環境與民族學背景資料 2. 詳述已知的區域性文化史 3. 蒐集過去的研究史 4. 評估未來研究潛力 5. 羅列相關研究議題 6. 徵求管理建議 7. 建構完整文獻索引	確認	1. 遺址範圍 2. 保存目的 3. 相關利益團體 4. 法律規定 5. 可信的資料與證據 6. 可利用的資源
評估報告	1. 檢視列冊遺址和調查新的遺址 2. 評估工程和土地利用對遺址的影響 3. 評估遺址的重要性	評估	1. 考古遺址的重要性 2. 文化、經濟環境 3. 相關團體態度 4. 土地利用
管理計畫	1. 文資保護計畫 2. 文資保存計畫 3. 文資詮釋計畫 4. 文資再利用計畫	保存	1. 硬體、軟體工程 2. 遺址週邊環境改善 3. 實驗室資料復原 4. 文物登錄、收藏、保存
		利用	1. 遺址使用率 2. 資料研究程度

表2. 台灣直轄市、縣市政府辦理遺址業務作業	
Table 2. Administration of site management in the city and county governments of Taiwan.	
作業階段	作業內容
發現	1. 普查 2. 環境評估 3. 提報 4. 工程提報 5. 研究評估 6. 必要維護
列冊追蹤	1. 列冊追蹤 2. 施工監看 3. 監管
指定審議	1. 指定審查 2. 指定公告 3. 文建會備查 4. 專業諮詢
遺址維護	1. 遺址管理維護計畫 2. 文建會備查 3. 監管保護
管理作業	1. 遺址研究 2. 保護標誌 3. 定期巡查 4. 土地使用 5. 獎勵罰則 6. 遺址保存計畫 7. 土地使用分區變更
文建會核定事項	1. 文建會審議 2. 類別變更 3. 國定遺址 4. 廢止指定列冊追蹤



Kohler和Parker曾為遺址預測模式下定義：「地點預測模式基於遺址樣本，或是根據一般人類行為的基本概念來預測某地區遺址或遺物的座落位置」[26]。在自然和社會科學領域中，預測模式常用於非隨機現象(例如天體運行、消費行為等)的探索。在考古遺址預測學中，考古學者則假設史前人類有意識地依照生計需求及自然環境偏好等因素選擇活動地點。理論上只要瞭解史前人類的擇地邏輯，研究人員輸入相關空間變數，例如地形、可採集資源、水源距離、土壤肥度或雨量等，就能預測某地點有無遺址，或者出現遺址的可能性，並進而試掘驗證。

實際建構遺址預測模式的方法有二：演繹(Deductive)與歸納(Inductive)法。演繹法是從人類學或考古學一般性理論(如文化生態論、最適採集理論等)開始推測人類行為及活動邏輯，繼而依據理論選擇相關經濟資源變數(如食物、原料等空間分佈)，最後輸入變數並觀察遺址分佈結果是否有如預期。歸納法則依研究者的直覺，觀察一群調查過的遺址樣本，檢視其分佈是否與其他空間變數(如坡度、高度、方位)成高度相關，因此歸納法預測模式有時也稱作相關性模型(Correlative Model)[12, 29]。此二法之差異在於演繹法是由理論引導，將資料變數具體化，因此研究結果較具解釋力。歸納法則偏重經驗性觀察，選取的相關性空間變數較抽象與絕對，解釋力較低[30]。但也有學者認為選擇和觀察資料不全是免除理論的(theory free)，因此歸納法不可能不基於理論或概念[12]。總之演繹法是從假設理論開始，並依據理論推測遺址空間模式，接著蒐集資料、分析資料並檢驗假設理論的真偽。歸納法則偏重觀察資料的空間模式或相關性，至於歸納總結到底是何所指、有何意義，常非歸納者關心的重點。雖然從表象上看，兩者之間的差異僅是推理與資料觀察的先後順序不同，也因此有學者認為兩者的區別不甚必要，甚至將演繹等同於推理，歸納等同於觀察，倡言演繹或歸納只是整體研究過程中的半個迴圈而已[7, 12]。實際上，兩者在問題設定、推論方法和解釋能力上有很大的不同。

固然演繹法有諸多好處，此種預測方式在遺址管理上較少被應用。這並非演繹法有概念上的謬誤，而是在實踐上有難以獲得精準史前生計資料，以及難以模擬資源空間變數的困難[31]。譬如：吾人推測史前人類偏好在易採集高價值食物和原料的地點活動，則重建古代採集空間模式(例如可用動、植物和原料的分佈狀態)是一項基本的工作。然而前述的空間資料需要深入的研究才可能精確，即便辛苦獲得了資料，吾人如何權重資料(例如標示某動、植物和原料的採集價值為1、2、3)

和分析空間資料(如依採集價值演算遺址出現機率)，這也是一項難題。此外，吾人應如何定義何為“容易”採集的地點呢？是依據距離、地形起伏、又或是社會關係邊界呢？這牽涉到史前與當代人類是否具有一樣的認知標準，以及吾人如何藉由出土資料推測史前人類的選擇邏輯。是故Kvamme批評演繹法時論道：「的確，先驗式的演繹預測法，其最大弱點即為變數的相對權重不過是基於臆測」[31]。Kohler認為，演繹法的難處還是在於如何建立理論與現象之間的“合理臆測”，避免資料取得錯誤、不易或不足[32]。雖然演繹法有實踐上的困難，理論上史前人類的擇地邏輯一旦清晰，依據該邏輯建構的預測模式是最準確的。

除了演繹法外，歸納法是另一常用的遺址預測方法。歸納法偏重於經驗、觀察及描述某現象出現的機率而與演繹法強烈的分析性不同。例如吾人斷言“天下烏鴉一般黑”，該敘述句提出烏鴉與黑羽毛高度相關，但不解釋相關的原因，甚至無法解釋白烏鴉出現的意義。儘管如此，每當烏鴉出現，吾人推測其羽毛為黑的機率頗高。因此，歸納法是實用主義者偏愛的研究方式，適合在考古研究尚不清晰的區域，只想利用顯而易見的變數，如高度、坡度等，描述遺址可能出現的地點，歸結出例如：大部分遺址位於海平面30公尺左右低矮小丘之類的敘述性文字。對於只想初步摸索遺址空間分佈的人而言，歸納法也許是一個合理的選項。然而重要的是，歸納的結果只具描述性，並沒有分析性及解釋力，長期停留在歸納法的研究方式會阻礙探索相關性背後的意義。

不論採用演繹或歸納法，遺址調查的抽樣設計是重要，卻容易忽略的關鍵點[4]。由於吾人不可能將每一吋地表翻開來調查遺址母群體數，因此遺址普查(Census)在考古學上是一個美好卻難以實踐的理想。比較可行的方式是設計隨機抽樣或系統性抽樣法來進行遺址調查。合理的抽樣可以避免其他非相關因素(如交通、土地調查許可、植被)影響發現遺址的機率，減少樣本偏差，這對於探討遺址空間分佈是相當重要的。尤其在觀察與解釋遺址空間模式時，更應該小心抽樣方式是否適當。否則，分析出來的遺址空間模式容易偏頗，並造成低預測力。

### 3.2. 遺址監管維護與預警系統

遺址調查漸趨完整後，遺址保管另一個重點工作即是制訂遺址監管維護計畫。由於考古遺址是一項不可再生的文化資產，完整的遺址對於研究史前文化有益，因此預防遺址遭受破壞並建立預警系統，是文資保管者的重責

大任。Wildesen認為，所謂破壞是指可被測量的遺址特徵或性質的改變[33]，例如面積、坡度、地層、土壤酸鹼度等等。一般而言，破壞遺址的因素有人為和自然兩種，前者包括土地利用、工程開發和盜掘，後者則包含山崩、土石流、河岸、海岸侵蝕、地震、天然火災、甚至動植物干擾等等。此外，破壞的方式可分直接及間接，所謂「直接破壞」指的是某行為或事件，在同一時間影響遺址的方式(如盜墓)；而「間接破壞」是行為或事件在不同時間或不同地點對遺址作用：譬如遺址鄰近地點施工，破壞水土保持，引發土石滑動，最後侵擾遺址。

通常文資保管單位比較重視直接、人為破壞行為，也會訂定法令約束之，至於自然力或是間接的破壞，則如同Wildensen所述，似乎被認定是可接受和理所當然的事[33]。Wildensen認為文資保管單位需要改變此種觀念、態度，應將遺址破壞視為是可預防的，在破壞事實發生之前，建立預警系統，以防止、減輕或延緩遺址的破壞。特別是地震、颱風、土石流、山崩、地層下陷常劇烈地改變台灣的山川地貌[34]，並直接影響遺址的完整性，因此建立遺址預警系統益形重要。以舊香蘭遺址為例，該遺址位於台東縣太麻里鄉的海岸沙丘，於1998年首次被發現，接著2003年的杜鵑颱風侵蝕海岸，將岸邊的遺址掀露。李坤修曾提到：「舊香蘭遺址海岸新露頭的發現，除了可能將遺址範圍往海岸線推展之外，同時也提供了了解這遺址文化內涵的契機，但弔詭的是這契機同時也是危機，因為遺址所在的海岸正位於沉降海岸地形區內，海水面逐漸上升中，遺址正面臨隨時會被海岸侵蝕的狀態」[35]。相信許多不可再生的遺址文化資產，正面臨與舊香蘭遺址一樣的危機。

要能建立預警系統，並防止遺址遭受自然營力破壞，則吾人必須蒐集、分析遺址周遭的環境資訊。以張政亮等研究颱風對大甲溪流域之崩塌災害調查為例，他們利用遙測和GIS分析2004年敏督利颱風造成大甲溪流域的崩塌面積，並且比對2001年桃芝颱風的資料，結果發現崩塌的範圍面積除了與降雨規模有關外，也和地形(坡度、坡向、高度)和地質岩性、構造有關[36]，這類環境分析可以偵測易受環境影響的敏感地區(sensitive area)。若將遺址圖與之進行套圖比較，遺址保管單位可以找出敏感區內遺址可能受土石流襲擾的機率，並制訂遺址監管計畫，著手遺址加固或周遭環境改善工作，及早預防遺址被破壞。

此外，預警系統也應該對可預期的人為破壞示警。尤其台灣地狹人稠，工程建設、土地利用常與遺址保存

衝突，例如興建台東車站以及八里污水處理廠對卑南遺址和十三行遺址的破壞，即是土地利用與遺址保存衝突的案例。若是遺址預警系統能與政府經建、開發單位的資訊系統整合，則該系統就能在工程建設或土地利用計畫訂定之初，提出詳細的遺址資料，供施工單位或土地使用者避開遺址範圍，或是研議最小破壞的土地施工、利用計畫。

### 3.3.遺址再利用

遺址除了消極地保存之外，還可以積極地與文化、教育、生態和觀光資源結合，辦理各項展示、教育活動，甚至成立遺址公園或博物館，使民眾瞭解史前人類的生活，一方面提供休閒娛樂，另一方面增廣見聞。然而，台灣考古遺址眾多，政府資源有限，如何選擇適合的地點或遺址進行各項遺址再利用計畫，這需要評估、分析空間資訊後，才能計畫和決策[5]。以展示、教育活動為例，管理者需要考慮交通的便利性，可涵蓋的服務區域，遺址多樣性，以及與其他文化、教育、觀光地點的距離，這些都有可能影響民眾探訪遺址、親近考古知識的意願、以及遺址使用頻率的高低。GIS可以有效率地計算各項因子，如交通時間、成本、鄰近可服務觀眾數、遺址多樣性等，預期各項決策的優劣。近來利用GIS進行空間決策的研究頗盛[37, 38]，值得吾人思考應用在遺址再利用計畫的可行性。

### 4.GIS的限制與檢討

雖然GIS具有解決空間問題的潛力，歷來也有學者提出不少批判，指出GIS有技術上的盲點，限制了GIS的思維與操作邏輯。Alexander提出：早期的GIS比較像是有地圖顯示功能的資料庫；強大的資料儲存、管理功能，以及較弱的分析功能，使GIS具有歸納法的色彩，常令研究者盲目地將空間資料大筆放進系統中，試圖進行比對，建立各種現象的通則。此種研究方式難以深入探索資料間的因果關係，也難以檢定論理的有效性，是一種相對低效率的研究方式[39]。因此多數批評者認為GIS僅是建立空間資料庫及製作地圖的工具，並無法在理論和方法學上有重大的突破，最終引發了學者間對於GIS是否能發展為“科學”(Science)的爭論[40, 41]。

稍後邏輯實證主義修正了GIS的發展方向，引進更多分析功能，試圖提升GIS的科學地位。不過，諷刺的是，GIS強大的空間運算功能居然成為最大的限制。尤其在考古學領域中，GIS研究者不得不將“空間”等同於生態環境變數，而假定文化變遷與生態環境的變化有關。這種思維導致他們往「環境決定論」(Environmental Determinism)傾斜[31]，忽視了史前人類尚依照社會關



係、象徵、與文化經驗來建構空間模式。即便稍後有學者提出利用人類感官認知來探討遺址的空間分佈與意義，企圖修正環境決定論傾向，然為了能夠運算，大部分研究仍僅限於視野分析(Viewshed Analysis)：一種計算某人立足於某地視野所及範圍的分析[27]。此類研究可探討如儀式性或防衛性遺址，檢定某些高聳能見或隱蔽不見的區域是否具有象徵性或社會性。然而，視覺以外的感官認知、文化經驗甚至抽象的世界觀，目前還難以利用GIS進行實證分析。不過，近年來專家學者仍試圖修正GIS的理論與方法，使GIS能夠檢視、分析生態環境以外的空間變數。

除了GIS的技術、特性限制之外，Worrall和Bond[42]曾討論到：GIS複雜的操作概念使初學者需要花更長的時間學習，使得許多機構在採用GIS後，頻頻發生誤用的情事。此外，錯誤地理解GIS也常令使用者視GIS為簡單製圖工具，而放棄GIS整合(integrating)與模擬(modeling)的能力。Worrall和Bond的批評指出了GIS應發展方向，同時也點出一件更重要的事實，「人」或「社會」與GIS科技的互動才是影響或限制GIS發展的因素。許多新的嘗試：例如更多感官與空間的探索、在空間分析中加入歷時性變化、以及加強整合與模擬的功能等，都是新的需求與探索，都是人類意圖突破GIS科技限制的舉措。

## 5. GIS的應用：台南地區遺址預測模式探討

台南位於台灣西南，地形東高西低，氣候宜人，在史前時代即是人類頻繁活動的地域，除了有左鎮人，(約20000 B.P.)化石資料之外，尚有新石器時代(約4500~2000 B.P.)、鐵器時代、近代漢人遺址以及歷史時期古蹟，境內文化資產相當豐富。然而，近來隨著都市發展，大型工程不斷，許多文化資產若不妥善保存，就即將消失；而迫在眉睫的文資保管工作中又以遺址調查最難著手，但又最為關鍵。如前所述，遺址數量眾多，深埋地底，難以普查，並且空間資訊量大，難以利用傳統方式分析和管理。因此，文資單位應考慮利用GIS，建構境內考古遺址的地理資訊系統及預測模式。本研究將初步觀察台南地區的遺址空間模式，其目的除了介紹GIS的應用方式之外，還將檢討資料的限制、可能的問題和解決的辦法。

### 5.1. 研究方法與變數選擇

由於台南地區缺乏清晰的古環境空間資料以及史前人地關係的研究，演繹式的預測模式暫時難以建構，所以本研究將歸納過去文獻中已登錄遺址的空間模式，簡單觀察遺址分佈與空間變數的相關性。雖然複雜的統計方法

如多變量分析等也可用來歸納預測模式，但由於選用變數不多，並且本文著重說明GIS的應用，因此本研究僅止於找出變數集合區域，並計算遺址在集合區域出現的百分比。此外，本研究暫不考慮遺址的功能或文化期相的分類主要是因為這些遺址除了南科地區遺址外，大多是徒步地表調查，地表調查的結果是否能代表遺址的全貌，還需要等待探坑挖掘驗證後才更有效力。

過去有些學者指出，或許採集游獵社會選擇活動地點的動機並沒有那麼複雜，幾個高度相關的空間因素就足以預測遺址的地點了[26, 43]。依照研究者的經驗，一般認為地形高度、坡度、坡向及水源距離等變數與遺址分佈最為相關[44-46]。這可能源自於假定這些空間變數對採集游獵生活具有強大的控制力：如坡度低的開闊區域有助於交通往來，坡度高的狹隘區域有助於防禦，距水源近方便汲水，坡向則具有向陽、避風的功能。Ebert認為：「單純依據環境變數建立的預測模式的確似乎可以很好地預測採集游獵者的聚落模式。然而當焦點集中在更「複雜」的社會或政治形式，例如西北海岸的複雜採集游獵民族，遺址預測似乎行不通」[7]。雖然不排除其他變數，例如植被的歷時性變化[47]，食物、原料的來源、文化社會因素等，也會影響人類活動，但在不清楚史前台南地區可食用動植物、製作原料與人類互動的空間關係與空間分佈的情況下，本研究暫不考慮各項史前環境資源與文化社會變數。

除了高度、坡度、坡向及水源距離等變數外，影響台南海岸地區史前聚落分佈的另一空間變數是由海水升降、地殼變動及河流沖積導致的海岸線進退。根據林朝榮的相對台地面貝塚研究[48]及孫習之的航照分析[49]，兩人認為全新世以來台南地區有兩次大規模海水進退。第一次發生在約6500~5000 B.P.的台南海進期，此次海進是全球暖化，海水面上升所致，當時海岸線大致位於現今等高線約40 m左右的山麓線西緣，之後一千年間海岸快速向西退至現今等高線5m左右。第二次海進(大湖期)發生在約4000~3500 B.P.，也是全球暖化所致，此次海水上升至等高線約7m處，海岸佈滿沙洲、瀉湖，之後海岸線再度向西退去，沙洲、瀉湖淤塞成平原。然而，根據吳東錦[50]、陳于高[51]等的有孔蟲分析結果顯示，台南地區在全新世只發生一次海水進退，五千年前即告結束。目前台南海岸線的變遷研究，如同張瑞津等[52]所述：「研究資料仍甚缺乏，尤其大湖期海退(3000 yr B.P.)以來至荷據時期間，仍待補充」。

台南地區史前文化架構中，新石器時代之後的考古資料比舊石器時代清晰。目前已知的新石器文化有距今

約4800~4200年前的大坌坑文化，4200~3300年前的牛稠子文化，以及3300~1800年前的大湖文化；石器時代之後的史前文化則有包括距今1800至300年前的蔦松與西拉雅文化[53]。若林朝榮、孫習之對台南海岸線變遷的推論正確，則台南海進期結束至大湖海退期的變遷對海岸地區諸大坌坑、牛稠子和大湖文化的遺址分佈影響頗巨。因此，本研究將模擬等高線40 m、7 m及5 m的海岸線，增添空間變數。同理，大湖海退期至荷據時期的海岸變遷也會影響該區蔦松與西拉雅文化遺址的有無，不過此時期的海岸資料缺乏，難以評估影響程度。

## 5.2. 擷取資料

本研究擷取的資料來源，以遺址調查報告和衛星資料為主。遺址調查資料參考〈台閩地區考古遺址：普查研究計畫第二年年報〉[54]和〈先民履跡：南科考古發現專輯〉[53]等兩文獻，而衛星資料採用Shuttle Radar Topography Mission(SRTM)的1arcsecond finished filled DEM 和 Landsat Program的ETM衛星圖。以下詳述各資料擷取的方式：

(1)建立遺址地點的座標值：在遺址調查文獻中有標明其經緯座標，因此，將座標值輸入Access資料庫後，再利用電腦軟體ArcGIS(8.0版本)可將遺址地點標示在DEM和衛星圖上，建立遺址的向量式資料。由於文獻中僅有遺址的座標點，再加上本研究為觀察區域內的遺址空間分佈，因此遺址面積差異並非研究重點，可以假設每個遺址面積均等(實際上不等)，並用圓點標示之。

(2)地形高度資料：可直接使用SRTM的DEM資料。SRTM是美國NASA及National Geospatial-Intelligence Agency(NGA)合作的計畫。該計畫利用雷達系統掃瞄地球的三維地表高程數值，製作raster格式的DEM。目前公開資料的解析度可以到達1arc(約30 m)，本研究擷取的是經過編輯處理的“finished filled”資料，雖然在高山地區仍有部分資料空洞(voids)，但不影響本研究分析。DEM資料可免費在SRTM的網站上下載。

(3)製作坡度資料：坡度是某距離內高度的改變，可以數學式 $slp = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$ 表示，而以百分比或度為單位。坡度的計算可用ArcGIS的spatial analyst處理DEM資料後得到。

(4)製作坡向資料：坡向指涉某斜坡面向的方位，常以度為單位代表，這項資料也可用ArcGIS的spatial analyst處理DEM後得到。

(5)製作水文資料：首先建立一個shapefile。接著利用Envi4.3開啟ETM衛星圖後，各點選河流、裸露地面、及綠色植物等數個像素的region of interest，執行分類(classification)指令後，再利用ArcGIS的編輯(edit)指令將衛星圖的河流數位化。

(6)製作海岸線變遷資料：在Envi4.3開啟DEM後，利用basic tool設定擷取40~100 m、7~100 m及5~100 m的等高線區域，並在ArcGIS執行編輯，將上述區域向量化。

## 5.3. 資料觀察、分析與預測模式建構

資料製作完畢之後，接著觀察遺址與空間變數的相關性。研究方法上，首先觀察〈台閩地區考古遺址：普查研究計畫第二年年報〉中登錄遺址的空間模式，初步建立簡單預測模式後，再用〈先民履跡：南科考古發現專輯〉登錄的遺址測試之：

(1)進行DEM與登錄遺址的套圖分析。從圖3可以明顯看出，大部分遺址都位於綠色(低海拔)地區。進一步作空間密度分析發現，紅圈範圍有高密度的遺址分佈，近山麓地帶也有三個遺址密集帶(藍圈)。接著將50 m、100 m等高線及水文圖疊上(圖4)發現，總數48個遺址中，有40個(83.3%)在50 m等高線以下，6個(12.5%)在50~100 m，2個(4.2%)在100 m以上，大部分遺址皆在50 m以下，高海拔區域遺址較少。再對比圖3、圖4後發現，高密度遺址的紅圈範圍在台南台地，另三藍圈則在曾文溪上游流域。

(2)遺址與坡度、坡向的比較：分別將遺址與坡度(圖5)、坡向圖(圖6)套疊後發現，大部分遺址都在坡度3度以下，少數在3~9度。至於坡向圖上很難看出遺址偏好某個坡向，可能是因為低海拔區地形起伏不大。理論上人類偏好在濱線內居住活動，因此海岸沙丘遺址應該會有坡向偏好，不過比起山岳地區的地質、地形，海岸沙丘容易因各種人為、自然營力而改變原始地貌，因此要找出大區域內沙丘遺址的坡向性是很困難的。小區域的研究或是更高解析度的地形資料也許可以顯示出遺址的坡向性。

(3)遺址與水源距離：首先分別製作距離河流1 km及2 km的緩衝區(buffer zone)，把遺址圖套疊上後，利用ArcGIS的Selection指令分別選取在1 km及2 km緩衝區內的遺址。結果顯示48個遺址中，31個遺址(64.58%)在距水源1 km的範圍內(圖7)，42個遺址(87.5%)在2 km的範圍內(圖8)，大多數遺址距離河流不到2 km。

(4)遺址與海岸線變遷：分別將40~100 m、5~100 m、7~100 m等高線區間及遺址圖堆疊。從圖9、圖10可發現大部分海岸地區遺址都在5~100 m的區間內，但有三個遺址例外：包括西寮、番子壩和沙子田。重新檢視文獻，發現西寮、番子壩皆為蔦松文化遺址，並且距離模擬的5 m海岸線都不到1 km。沙子田雖列為牛稠子文

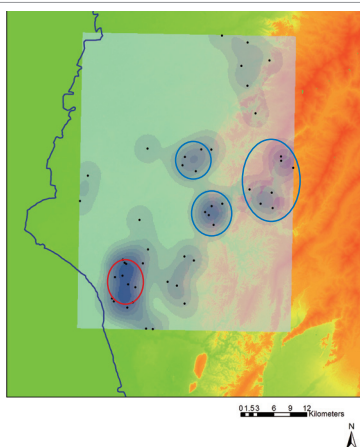


圖3. 遺址分佈密度圖

Figure 3. Map of site density.

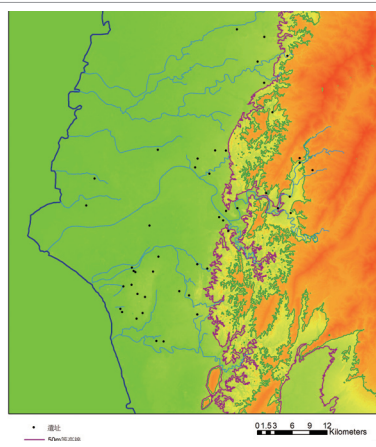


圖4. 等高線與遺址分佈圖

Figure 4. Contour and site distribution map.

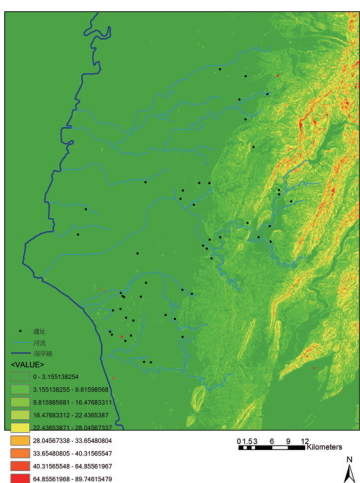


圖5. 遺址與坡度圖

Figure 5. Slope and site distribution map.

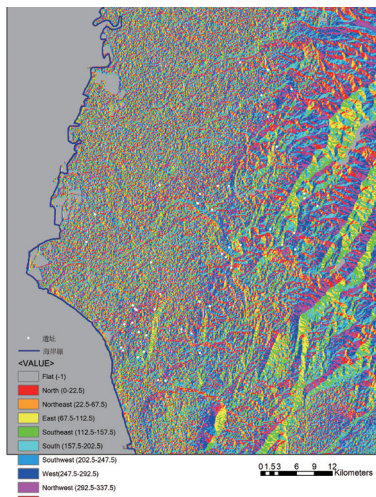


圖6. 遺址與坡向圖

Figure 6. Aspect and site distribution map.

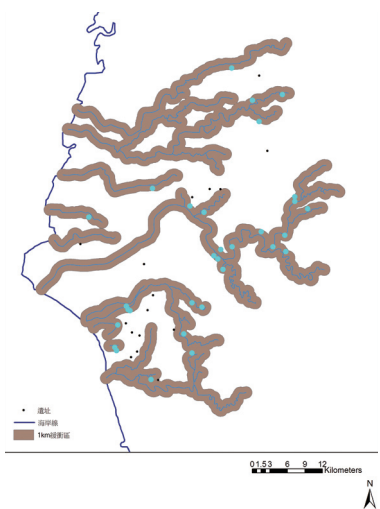


圖7. 距河流1 km遺址分佈圖

Figure 7. Archaeological sites in the 1 km buffer zones around the rivers.

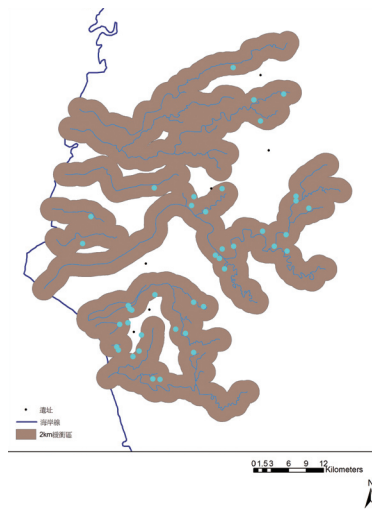


圖8. 距河流2 km遺址分佈圖

Figure 8. Archaeological sites in the 2 km buffer zones around the rivers.



化，但地理區卻標示為玉井鄉竹崎丘陵，疑似文獻的經緯度標示錯誤。

#### 5.4. 綜合觀察與驗證

本研究綜合比較高度、坡度、坡向、水源距離及海岸變遷與遺址分佈的相關性後，發現除坡向不易觀察外，其餘變數與遺址分佈呈高度相關：大部分遺址位於海拔5~50 m、坡度小於9度及距水源2 km內的地方。將各變數再綜合後顯示48個遺址中有38個在空間變數集合的遺址敏感區內，約佔79.16% (圖11)。

接著將〈先民履跡：南科考古發現專輯〉登錄的遺址疊上(圖12)測試，發現29個遺址中，只有5個遺址完全落在敏感區內，14個在5~100 m區間、距水源2 km外，9個在5 m以下、並距水源2 km外，驗證結果乍看與預期相差甚大。不過，放大南科區域後發現，在遺址敏感區內出現的5個遺址皆屬大湖文化烏山頭期(2,800~2,000 B.P.)，在5 m海岸線與遺址敏感區間的14個遺址以大坌坑文化菓葉期、牛稠子文化、大湖文化與大湖一烏山頭期為主，5 m海岸線之外的遺址則有1個大湖文化、4個大湖一烏山頭期、3個西拉雅文化與1個近代漢人遺址。根據臧振華等的研究顯示，距今4,200~4,700年前此區海水開始逐漸退去，此後一千年間海水有數次進退波動，一直到2,700年前(大湖一烏山頭期)此區才全部轉為陸相堆積[55]。各文化期遺址的空間分佈也的確顯示相應的結果：早期遺址都位於東北方5m等高線以上，晚期遺址都在西南方，海拔低於5 m，海岸線似乎從東北往西南退去。另一個需要解釋的現象是，本區大部分遺址距離現代曾文溪與鹽水溪頗遠，這是否意味此二河流曾經改道，抑或是此區史前人類有不同的適應方式。此二臆測還需要更多研究資料證實，本文不做深入探討。

整體來說，遺址預測的驗證並不十分成功。可能的問題除了古海岸線及河道資料不夠精確外，此二文獻登錄的遺址都並非經抽樣調查所得，遺址樣本可能受到遺址能見度偏差影響：南科園區因為開發需要，調查發掘工作、頻率比其他地區要密集，台南台地由於開發歷史較早，因此遺址密度也較高，而丘陵地區可能因為交通、植被因素，遺址發現較少。由於不清楚過去調查的抽樣方式，因此無法評估遺址空間分佈是否排除抽樣誤差，未來要排除偏誤，在遺址調查時必須加入抽樣設計。

#### 5.5. 討論

Wheatley和Gillings認為：「在考古學領域中，考古遺址預測模式是GIS最正反兩極的應用」[56]。比起遺址

監管或是遺址再利用，遺址預測立足於一個不穩定的板塊，隨著研究者究竟能否全然理解古人擇地邏輯而左右擺動。從GIS的技術特性來看，吾人不難理解何以研究者會急切地擷取易量化的空間資料來建構遺址預測模式，而暫時放下遺址的社會性、文化性與象徵性；但這也正使得部分學者質疑遺址預測是否過於簡化擇地邏輯，犯了化約主義(Reductionism)的毛病。

另一需要討論的問題是：目前尚未有百分之一百能準確預測遺址的模式，這是否表示遺址預測不可行呢？本文嘗試從兩個層面來討論此問題。首先，遺址預測的目的是為了滿足妥善、積極管理考古文化資產的需求。遺址預測模式的建立可以協助遺址調查、登錄，並且有益於管理、決策工作的進行。尤其，明確的資訊有助於整合、規畫，並預防遺址遭受破壞。因此，從文化資產管理的角度來看，遺址預測模式有其必要性。主管單位有必要將GIS從資料庫和網路展示的平台，提升至研究、模擬與預測的工具。總體來說，預測模式應用在遺址調查(遺址預測)、遺址監管保護(環境敏感區預測)與遺址再利用(成本效益預測)等工作上，理應能夠發揮GIS的功能，端看使用者如何合理地選擇、擷取、管理與分析空間資訊。

然而，從學術的角度來看，遺址預測模式在理論上、方法上和資料上都有不完備的地方。從史前人地關係的確立、空間變數的選擇、抽樣設計、資料準確度及資料分析方法等，都隱藏一些問題。以人地關係研究為例，吾人何以認定地形或環境會比文化社會因素更強烈地影響遺址分佈呢？此等認定是否也犯了本質主義(Essentialism)的謬誤，而忽略了空間選擇的的歷時性(diachronical)變化呢？其次，GIS有量化分析的優勢，善於分析地形環境因素，但吾人如何進一步發展GIS科技，使GIS能夠充分處理空間選擇的文化性、社會性、象徵性和歷時性呢？此外，大部分研究採用的空間變數都是當代而非古代的資料，此為權宜之計，並非完全合理的方法，為了改善此一問題，考古學者如何結合其他學科，合理重建古生態環境呢？上述問題固然影響遺址預測準確度的因素，然皆為研究不足、理論偏誤和分析方法限制等問題，是未來可能突破的。

#### 6. 結論

從GIS應用的例子來看，GIS處理空間資料有方便、快速和數值化等優點，可以協助文化資產單位推動遺址保管工作。然而，GIS的應用也存在理論、方法和資料處理上的問題，是文資單位與各領域學者需要通力合作解決、突破的。此外，技術教育訓練可令使用者熟悉GIS

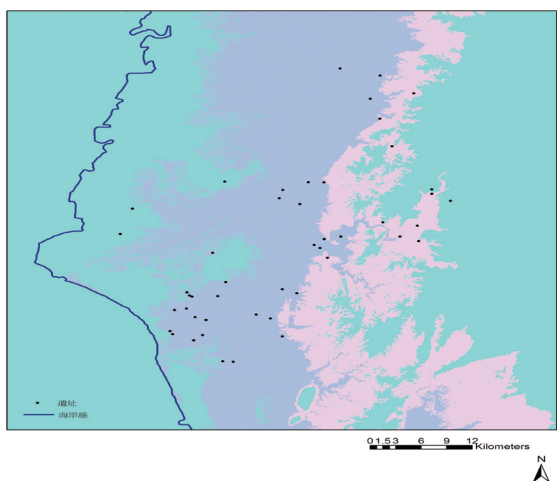


圖9. 5~100 m區間遺址分佈圖  
Figure 9. Archaeological sites between 5~100 m elevation.

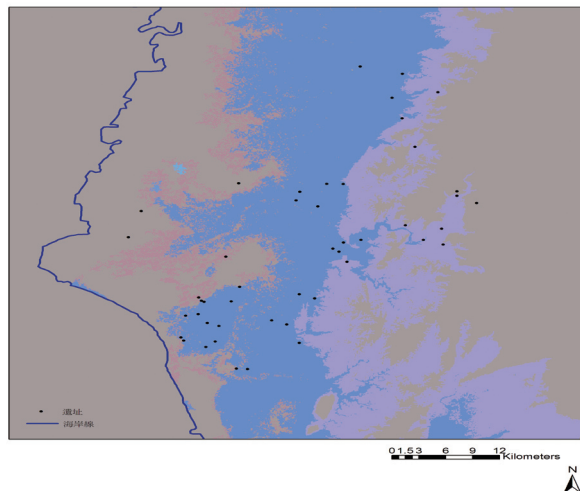


圖10. 7~100 m區間遺址分佈圖  
Figure 10. Archaeological sites between 7~100 m elevation.

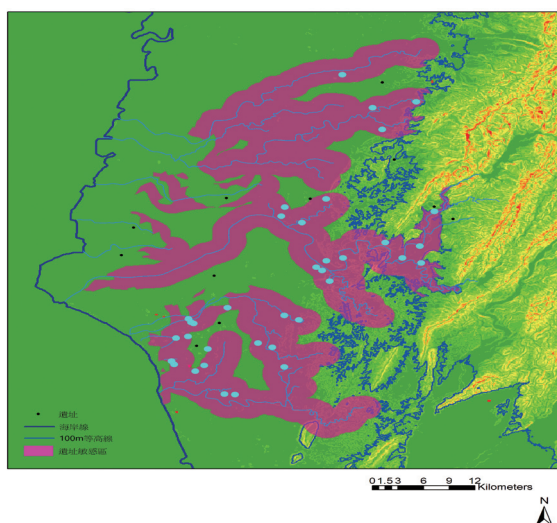


圖11. 遺址敏感區域圖  
Figure 11. Map of site sensitive area.

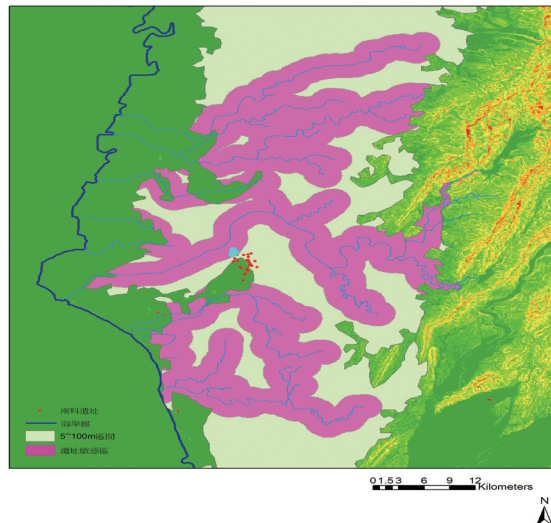


圖12. 遺址敏感區與南科遺址分佈圖  
Figure 12. Site sensitive area and archaeological sites in the Southern Taiwan Science Park.

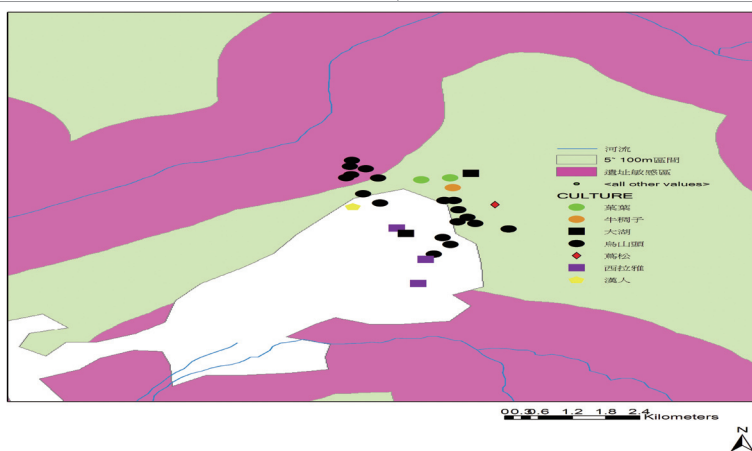


圖13. 南科遺址放大圖  
Figure 13. Detail of sites in the Southern Taiwan Science Park.

操作概念，避免誤用與錯誤處理空間資料。綜合看來，不論是GIS的應用、研究與整合，都是文資單位與其他相關政府單位值得投入的方向。

## 參考文獻

- [1] 黃應貴，1995，導論：空間、力與社會，空間、力與社會，黃應貴編，中央研究院民族學研究所，台北市，頁1-37。
- [2] 陳瑪玲，2008，由GIS觀看史前人群與地景關係—GIS在考古學研究中的運用，2008數位典藏地理資訊學術研討會，國立台灣大學地理環境資源學系，頁87-101。
- [3] Clarke, D.L., 1977, *Spatial Archaeology*, Academic Press, London.
- [4] Hodder, I. and C. Orton, 1976, *Spatial Analysis in Archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [5] 熊仲卿，2008，價值、重要性及考古遺址文化資產的評價模式，文化資產保存學刊，第四期，頁81-90。
- [6] Aplin, G., 2005，文化遺產：鑑定、保存與管理（Heritage: identification, conservation, and management），五觀藝術管理有限公司，台北市。
- [7] Ebert, D., 2004, Applications of archaeological GIS, *Canadian Journal of Archaeology*, Vol. 28, pp. 319-341.
- [8] Wescott, K., 2000, Introduction, in *Practical Applications of GIS for Archaeologists*, edited by K. Wescott and R. Brandon, Taylor and Francis, London, pp. 1-4.
- [9] Coppock, J.T. and D.W. Rhind, 1991, The history of GIS, in *Geographic Information System: Principles and Applications*, edited by D.J. Maguire, M.F. Goodchild, and D.W. Rhind, John Wiley and Sons, New York, pp. 21-43.
- [10] Burrough, P.A., 1986, *Principles of GIS for Land Resources Assessment*, Clarendon Press, Oxford.
- [11] Star, J. and J. Estes, 1990, *Geographic Information Systems*, Prentice-Hall, New Jersey.
- [12] Wheatley, D. and M. Gillings, 2002, *Spatial Technology and Archaeology: the Archaeological Applications of GIS*, Taylor and Francis, London.
- [13] Worboys, M.F., 1995, *GIS: A Computing Perspective*, Taylor & Francis, London.
- [14] Fisher, P.F., 1999, GIS and archaeology, in *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology*, edited by M. Gillings, D. Mattingly, and J.V. Dalen, Oxbow Books, Oxford, pp. 5-11.
- [15] Schultze, U. and D. Leidner, 2002, Studying knowledge management in information systems research: discourses and theoretical assumptions. *MIS Quarterly*, Vol. 26, No. 3, pp. 213-243.
- [16] Moore, J. and A. Keene, 1983, *Archaeology and the law of the hammer*, in *Archaeological Hammers and Theories*, edited by J. Moore and A. Keene, Academic Press, New York, pp. 3-13.
- [17] Aldenderfer, M., 1992, The state of GIS and anthropological research, *Anthropological Newsletter*, Vol. 3, pp. 14.
- [18] 沈淑敏，張瑞津，2003，圖像資料在台灣地區地形變遷研究上的應用與限制，*國立台灣師範大學地理研究報告*，第38期，頁67-87。
- [19] Reilly, P., 1992, Three-dimensional modelling and primary archaeological data, in *Archaeology and the Information Age: A Global Perspective*, edited by P. Reilly and S. Rahtz, Routledge, London, pp. 147-173.
- [20] Lock, G. and T. Harris, 1992, Visualizing spatial data: the importance of Geographic Information Systems, in *Archaeology and the Information Age*, edited by P. Reilly and S. Rahtz, Routledge, London, pp. 81-96.
- [21] Lipe, W. and J. Lindsay, 1974, Proceedings of the 1974 cultural resource management conference, Museum of North Arizona, Technical Series 14.
- [22] Fowler, D., 1982, Cultural resources management, *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 5, pp. 1-50.
- [23] Nickens, P.R., 1999/2001, Technologies for in-place protection and long-term conservation of archaeological sites, *Archives and Museum Informatics*, Vol. 13, pp. 383-405.
- [24] 2006文化資產執行手冊，2006，行政院文化建設委員會，頁 3.16-3.17.
- [25] Willey, G., 1953, Prehistoric Settlement Patterns in the Viru Valley, Peru, *Smithsonian Institution Bureau of American Ethnology Bulletin*, Vol. 155.
- [26] Kohler, T. and S. Parker, 1986, Predictive models for archaeological resource location, *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 9, pp. 397-452.
- [27] Lock, G., 2003, Digital landscapes, in *Using Computers in Archaeology: Towards Virtual Pasts*, Routledge, London, pp. 164-182.
- [28] Carmichael, D., 1990, GIS predictive modeling of prehistoric site distributions in central Montana, in *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, edited by K. Allen, S. Green, and E. Zubrow, Taylor and Francis, London, pp. 216-225.
- [29] Church, T., R. Brandon, and G. Burgett, 2000, GIS applications in archaeology: method in search of theory, in *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Kit*, edited by K. Wescott and R. Brandon, Taylor and Francis, London, pp. 135-155.
- [30] Sebastian, L. and J.W. Judge, 1988, Predicting the past: correlation, explanation, and the use of archaeological methods, in *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling*, edited by W.J. Judge and L. Sebastian, U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, Denver, pp. 1-18.
- [31] Kvamme, K., 1992, Recent directions and developments in Geographical Information Systems, *Journal of Archaeological Research*, Vol. 7, No. 2, pp. 153-201.
- [32] Kohler, T.A., 1988, Predictive Locational Modeling: History and Current Practice, in *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling*, edited by J.W. J. and L. Sebastian, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., pp. 19-59.



- [33]Wildesen, L., 1982, The study of impacts on archaeological sites, *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 5, pp. 51-96.
- [34]林雪美, 2004, 台灣地區近三十年自然災害的時空特性, 國立台灣師範大學地理研究報告, 第41期, 頁99-128。
- [35]李坤修, 2005, 台東縣舊香蘭遺址搶救發掘計畫期末報告, 台東縣政府文化局委託, 國立台灣史前文化博物館執行。
- [36]張政亮, 張瑞津, 紀宗吉, 2005, 遙測與地理資訊系統應用於大甲溪流域之崩塌災害的調查與分析, 地理研究, 第43期, 頁101-121。
- [37]Malczewski, J., 2006, GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 20, No. 7, pp. 703-726.
- [38]Jankowski, P. and T. Nyerges, 2001, GIS-supported collaborative decision making: results of an experiment, *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 91, No. 1, pp. 48-70.
- [39]Alexander, D.E., 2008, A brief survey of GIS in mass-movement studies, with reflections on theory and methods, *Geomorphology*, Vol. 94, pp. 261-267.
- [40]Wright, D.J., M.F. Goodchild, and J.D. Proctor, 1997, GIS: tool or science? Demystifying the persistent ambiguity of GIS as "tool" versus "science", *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 87, No. 2, pp. 346-362.
- [41]Pickles, J., 1997, Tool or science? GIS, technoscience, and the theoretical turn, *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 87, No. 2, pp. 363-372.
- [42]Worrall, L. and D. Bond, 1997, Geographic Information Systems, spatial analysis, and public policy: the British experience, *International Statistical Review*, Vol. 65, No. 3, pp. 365-379.
- [43]Dean, J.S., 1983, Environmental aspects of modeling, in *Theory and Modeling: Refining Survey Strategies for Locating Prehistoric Heritage Resources*, edited by L.S. Cordell and D.F. Green, Southwestern Region: Forest Service, USDI, pp. 11-27.
- [44]Parker, S., 1985, Predictive modelling of site settlement systems using multivariate logistics, in *For Concordance in Archaeological Analysis*, edited by C. Carr, Westport Publishers, St. Louis, pp. 173-207.
- [45]Kvamme, K., 1985, Determining empirical relationships between the natural environment and prehistoric site locations: a hunter-gatherer example, in *For Concordance in Archaeological Analysis*, edited by C. Carr, Westport Publishers, St. Louis, pp. 208-238.
- [46]Warren, R., 1990, Predictive modelling of archaeological site location: a case study in the Midwest, in *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, edited by K. Allen, S.W. Green, and E. Zubrow, Taylor & Francis, London, pp. 201-217.
- [47]Bona, L.D., 2000, Protecting cultural resources through forest management planning in Ontario using archaeological predictive modeling, in *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Toolkit*, edited by K. Wescott and R. Brandon, Taylor & Francis, London, pp. 73-99.
- [48]林朝榮, 1961, 台灣西南部之貝塚與其他史學意義, 考古人類學刊, 第15期, 頁49-94。
- [49]Sun, S.C. (孫習之), 1971, Photogeologic study of the Hsinying-Chiayi coastal plain area, Taiwan, *Petroleum Geology of Taiwan*, Vol. 8, pp. 65-75.
- [50]吳東錦, 1990, 台南台地台南層之破十四定年研究及其在新構造運動上之意義, 國立台灣大學地質研究所, 碩士論文, 台北市, 頁59。
- [51]陳于高, 1993, 晚更新世以來南台灣地區海面變化與新構造運動研究, 國立台灣大學地質研究所, 博士論文, 台北市, 頁159。
- [52]張瑞津, 石再添, 陳翰霖, 1998, 台灣西南部嘉南平原的海岸變遷研究, 國立台灣師範大學地理研究報告, 第28期, 頁83-105。
- [53]臧振華, 李匡悌, 朱正宜, 2006, 先民履跡: 南科考古發現專輯, 台南縣政府, 台南縣新營市。
- [54]臧振華等, 1994, 台閩地區考古遺址: 普查研究計畫第二年度報告, 內政部委託, 中央研究院歷史語言研究所執行, 台北市。
- [55]臧振華, 李匡悌, 朱正宜, 2004, 台南科學工業園區道爺遺址未劃入保存區部分搶救考古計畫期末報告, 委託單位: 南部科學工業園區管理局, 執行單位: 中央研究院歷史語言研究所。
- [56]Wheatley, D. and M. Gillings, 2002, *Spatial Technology and Archaeology: the Archaeological Applications of GIS*, Taylor and Francis, London, pp. 179.

## 作者

熊仲卿 Shiung, Chung-Ching

博士候選人

美國華盛頓大學人類學系

The Degree Candidate of Philosophy

Department of Anthropology, University of Washington, U.S.A.

✉ccs2@u.washington.edu

