

地理空間資訊製圖與建模研究

Mapping and Modeling of Geo-spatial Information using 3D GIS

王明志*

曾正雄**

陳冠廷***

Ming-Chih Wang Cheng-Hsiung Tseng Guan-Ting Chen

摘要

本研究內容主要涵蓋三部份：(1)探討地理空間資訊製圖與建模方法及技術；(2)利用三維地理資訊系統（3D GIS）整合地理空間資訊及各式數值圖資；(3)蒐集地形與測繪建物三維模型資料，並運用建模技術構置立體環境資訊。

本研究主要成效為：(1) 模式化地理空間資訊建模技術；(2)結合數值航空照片及地形模型資料，建構仿真場景；(3)利用電腦圖像可視化技術，提高三維模型資料測繪速度及增進視覺仿真度。

ABSTRACT

This research includes three parts of sub-topics. They are: 1) Describing methodology of geo-spatial information modeling; 2) Integrating geo-spatial information and digital maps using 3D GIS; 3) Using ground-based LiDAR to survey and map 3D buildings in order for the dynamic environmental modeling.

Three main objectives have been fulfilled. They are: 1) Modeling geo-spatial information and implementation; 2) Combining air photos and DTM to construct 3D virtual environment; 3) Utilizing technology of computer graphic visualization to promote surveying rapidity of 3D models and enhance visual simulation of geo-spatial reality.

*台北市立教育大學歷史與地理學系助理教授

Assistant Professor, Department of History and Geography, Taipei Municipal University of Education.

**國防大學理工學院環境資訊及工程學系副教授

Associate professor, Department of Environmental Information and Engineering, Institute of Technology, National Defense University.

***國防大學理工學院環境資訊及工程學系研究生

Graduate Student, Department of Environmental Information and Engineering, Institute of Technology, National Defense University.

關鍵詞

Key Words

三維地理資訊系統
地面光達系統
可視化技術

3D GIS
Ground-based LiDAR
Visualization

一、前言

本研究期能整合各式向量與網格圖資，運用測繪技術建構三維模型，建置空間分析、資料查詢及成果展示平台。研究目的如下：

- (一) 探討地理空間資訊製圖與建模方法；
- (二) 透過三維模型建置過程，有效整合空間圖資及屬性資料；
- (三) 運用 3D GIS 技術建構及地形建物的仿真場景，以提供近真實的呈現與視覺化的效果。

二、研究方法與流程

(一) 研究方法

本研究重點主要為地理空間資訊製圖與仿真場景建構，其中場景仿真包含地形及建物模型製作兩項：

1. 地形模型建構：其方式係利用 Skyline 軟體結合數值航照影像與高程模型資料，建立研究區域地形模型。
2. 建物模型塑造：
 - (1) 透過模塑功能將建物屋頂面的二維幾何結構，產生垂直牆面，再轉換成三維結構體，建置無紋理貼面之 3D 建物模型；
 - (2) 運用紋理映射技術，補償幾何結構體的不足，增加物體表面細節、材質與色彩等；
 - (3) 對於結構特殊之建物，則使用地面光達系統快速獲取並產生三維空間資料，藉此充實模型可視化程度。

(二) 研究流程

研究流程與步驟說明如下：

1. 圖資蒐集：將實驗區各類型圖資進行篩選、導入系統及運用圖資。
2. 資料整合：將選定圖資匯入系統，進行物件格式轉換與套疊，使其坐標系統轉換至同一基準。
3. 模型建置：輸入實驗區建物高程資料，建置其三維模型，並實地拍攝其外觀照片，製作其紋理影像。

三、研究理論基礎：地理空間資訊製圖技術

(一) 航空攝影測量

利用航空攝影測量獲取三維空間資訊方式較為經濟且快速，首先必須擬定完整之航照計畫，依據計畫佈設地面控制點、實施空中攝影、進行立體測繪工作、正射投影糾正及數值地形資料之處理等工作（陳雍政，2003），最終產製研究所需正射影像或提供其他加值應用，其作業流程如圖 1 所示。另由於近年來衛星技術快速發展，衛照影像亦成為攝影測量重要來源之一。

(二) 地面光達掃描

光達(LiDAR, Light Detection And Ranging)係利用雷射光對目標物進行高密度的掃描，以快速獲取三維空間資料，並提供物件間豐富的三維幾何關係，根據載體的不同，大致可區分地面光達與空載光達系統兩種模式。

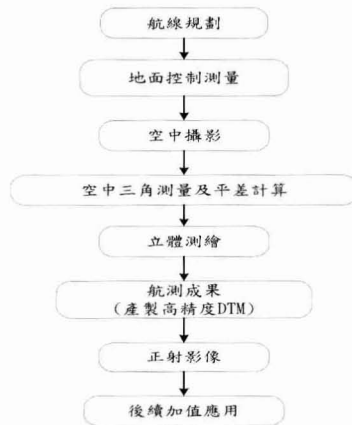


圖 1 航空攝影測量流程圖

地面光達系統測距基本原理，係利用雷射掃描儀發射雷射光訊號與接收反射回來訊號兩者之間的時間差，再乘上光速即可計算出掃描儀與待測物體間的距離，其測距公式如(1)所示；並利用測站至掃描點之間的斜距及水平、垂直方向角等觀測量，進而推求掃描點之三維空間相對坐標（蕭國鑫等，2005），其原理示意如圖 2，其計算相對坐標公式如(2)所示，因此可在短時間內快速、全面大量掃描被測物，不需要反射稜鏡即可直接獲得掃描點之三維坐標，其掃描速度

可高達數萬點/秒。

$$\rho = \frac{1}{2}c \times \Delta t$$

(1)

ρ : 距離 ; c : 光速 ; Δt : 經過的時間, 即來回時間差

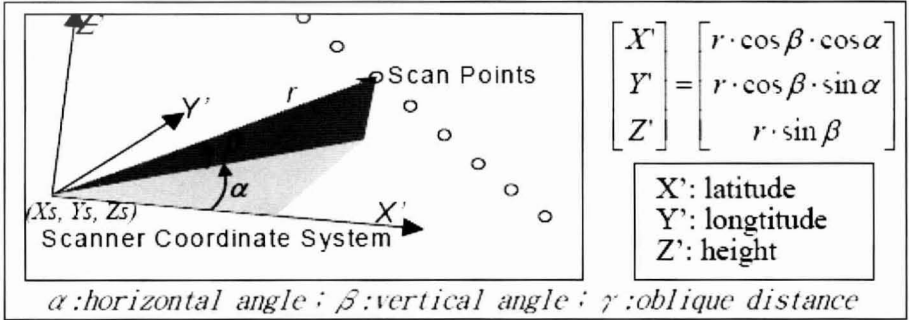


圖 2 雷射掃描計算之相對坐標示意圖

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha \\ \gamma \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha \\ \gamma \cdot \sin \beta \end{bmatrix}$$

(2)

X' : 緯度 ; Y' : 經度 ; Z' : 高程 ; α : 水平角 ; β : 垂直角 ; γ : 斜距

(三) 地理資訊系統

地理資訊系統(GIS)的資料格式主要有向量式(vector)及網格式 (raster)兩大類, 向量式資料係以點、線、面或容積等方式來表示地理資料的空間位置與範圍, 並透過物件相應之屬性資料描述地理現象。例如營區位置分布圖、街道圖及行政區域圖等。網格式資料係將地理資料切割成有限個規則網格, 切割方式主要有三種: 四角、三角及六角網格(如圖 3), 其中以四角網格使用度最高, 因其資料結構係以遞迴式的方法進行切割, 且仍保持其原有形狀與方向, 每個網格均具有其坐標值與屬性資料, 例如衛星影像、數值高程模型等(李錫堤等, 2003)。兩者間之優缺點比較詳如表 1 (施保旭, 2000)。GIS 對於地理資料提供多種空間分析功能, 亦可結合資料庫的管理, 進行資料處理分析與查詢等作業, 期能提供使用者輔助規劃、支援決策管理等目的。

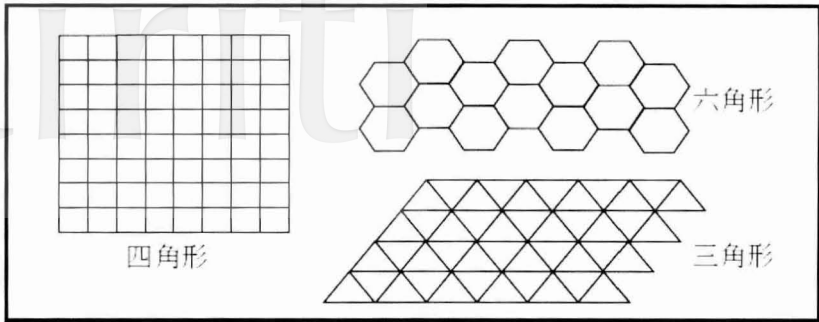


圖 3 網格模型示意圖

表 1 向量式與網格式資料優缺點比較

	向量式資料	網格式資料
優點	可有效表示位相資料	可有效表示空間變動性
	適合資料庫料庫管理	適合統計分析應用
	高空間解析度	影像式資料結構簡單
	適合製作地圖	適合模型製作
缺點	初始儲存空間小	計算量少
	無法有效表達空間變動性	無法有效表示位相資料
	資料結構複雜	空間解析度低
	計算量大，分析工作耗時	初始儲存空間大

(四) 地理空間資訊可視化技術

本研究運用 Skyline 軟體將航照影像與數值高程模型作融合，以建立研究區域三維地形模型，並實地拍攝建築物外牆照片，利用紋理映射方法將照片剪裁黏貼於模型上，以增進視覺逼真度；最後運用細緻度層級模型技術，根據視點不同簡化模型的複雜度，藉此提高物件測繪速度。茲將所運用技術作介紹如下：

1. 數值地形模型

數值地形模型(DTM, Digital Terrain Model)，乃運用數值化方式(X、Y、Z 坐標)，以呈現

地表三維空間的起伏變化情形；DTM 在此泛指數值高程模型(DEM)及數值地表模型(DSM)，圖 4 所示即為 DSM 與 DEM 之涵意，其運用領域非常廣泛，對於國土規劃、防救災、城市景觀、工程規劃、地形視覺模擬、地質分析等方面，具有極高之應用價值。

- (1)數值高程模型：不含地表植被及人工建物之三維地形模型，如藍線所示。
- (2)數值地表模型：含人造建物、植被等地表之三維地形模型，如紅線所示。

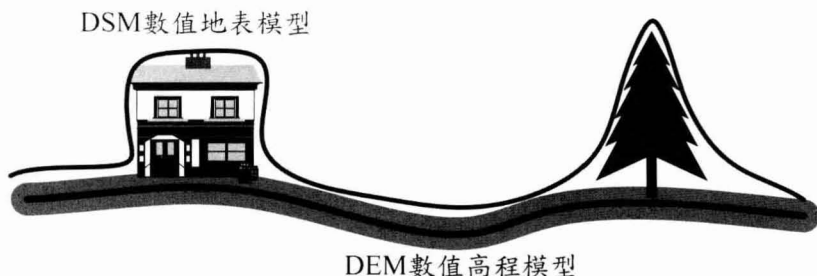


圖 4 數值地形模型示意圖

利用航空攝影測量產製的 DTM，解析度受限於航高及成本效益影響，且無法在天候不良的狀況下作業，惟其發展技術及流程規範最為成熟。而光達技術仍以航空載具作為平台，飛行高度最高約 3000 公尺，但一般作業大都離地面 500~1500 公尺左右，飛行高度較低於航空攝影測量方式，其競爭優勢在於高程精度高、受到天候的限制較少及穿透性佳等特性，使其成為世界各國測繪技術主流，表 2 為常見四種 DTM 來源之比較（顏宏宇，2005）。

表 2 常見四種 DTM 來源之比較

	衛星遙測 DTM	農航所 40m DTM	航測 5m DTM	光達系統 DTM
高程 精度	精度約 1.5~5m。	精度約 2~5m	平地約 0.7m 山區誤差約 2m	航高 1,200m 約 5cm 2,000m 約 25cm
解析度	可達 1m	40m	一般為 5m	可達 1m × 1m
優點	1.可長期監測，時序 涵蓋性佳 2.探測範圍最廣 3.雷達衛星較不受 天候影響	唯一涵蓋全台的 DTM 資料	1.產製技術成熟 2.影像解析度佳	1.穿透性高 2.較不受天候影 響，可全時作業

缺點	1.不適合小區域研究用 2.資料獲取不易 3.較不普遍	1.20年前製作，解析度與精度已不敷使用 2.不適合小區域研究使用	1.製作DTM的過程較繁雜 2.無法在夜間或是天候不良情況下作業 3.需要較多地面控制點	1.目前沒有一套DTM產製規範 2.儀器雷射功率影響航高 3.作業時的涵蓋範圍也受到限制
資料處理	快	慢	慢	最快
更新速度	快	慢(週期性)	慢(週期性)	快
成本	較低	較高	較高	較高

一般來說，DTM因資料結構不同，可分為下列三種格式（柯昱岑，2005），如圖5所示：

- (1)規則網格：沿著固定的平面距離及正交方向來量取每一個網格交點上的高程，網格大小即代表資料解析度，因其結構簡單、資料量小，用於電腦數值分析計算迅速、方便及省時，故常用於地表平坦之區域。
- (2)不規則三角網：依地形的複雜程度擷取具有代表性之特徵點，形成連續不間斷之不規則三角形，其大小根據地形複雜程度而有所不同，地形崎嶇度愈高者，特徵點取樣愈密，因此不規則三角網可有效地描述地形，但組成結構複雜、資料量大，用於電腦數值分析計算較為費時及繁瑣。
- (3)數值等高線：數值等高線係以地面垂直方向的固定高差作為取樣之依據，將地形資料高度相同的點連接起來，類似傳統地圖中的等高線，其儲存格式並非連續曲線，而是由一連串的X、Y、Z坐標所構成。

由於規則網格模式在應用在地形分析上展示成效、電腦處理速度較為優異，故本研究收集之數值地形模型資料為規則網格資料，期能呈現較好之處理與分析結果。

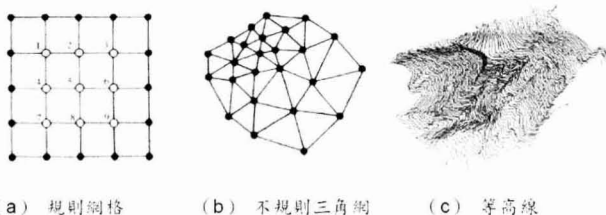


圖5 數值地形模型之資料結構

2. 細緻度層級模型

細緻度層級模型(LOD, Level of Detail)概念簡言之，即是利用最少電腦資源，達到最佳視覺呈現效果。此技術最早由 Clark 於 1976 年提出，他認為每個物件若能建立不同層級解析度的資料庫，依照不同場景展示需求選擇適合的模型，有助於提升電腦圖形顯示速度 (Clark, 1976)。

LOD 係以目標物與視點的距離作為判斷基準，距離視點近則讀取高解析度的模型資料；反之則讀取低解析度的模型資料，雖然低解析度資料量已簡化許多，成像效果可能不佳，但視覺上不致影響甚鉅，不僅可以降低資料使用率，亦可節省電腦運算時間，進而達到加速目的[i]。其簡化基本原理是根據物體與視點間的距離 d 、螢幕容許誤差 ρ 計算出實際物體的最大允許誤差 δ_{\max} ，然後在模型資料庫中選擇 $\delta_i \leq \delta_{\max}$ 且與 δ_{\max} 最相近的簡化模型，物體在螢幕上的投影面積由物體的實際面積、距離視點的位置以及物體與螢幕的夾角共同決定 (李成名等, 2008)，如圖 6 所示；當視點位置變化時，重新計算 δ_{\max} 並選擇相對應的簡化模型進行繪製，計算公式如(3)所示。

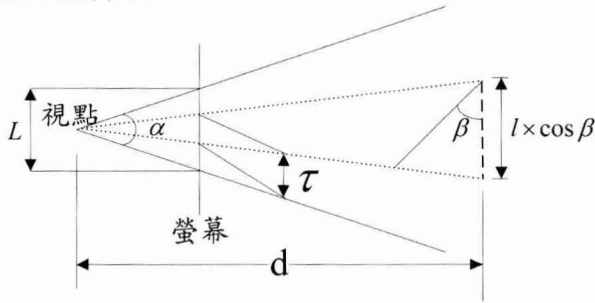


圖 6 投影面積與實際面積關係圖(修改自：李成名等, 2008)

$$\delta_{\max} = \frac{2 \times \lg \frac{\alpha}{2} \times d \times \rho}{\cos \beta \times L \times \lambda} \quad (3)$$

α ：視點張角

d ：視點與該線段中心的距離

ρ ：螢幕容許誤差

β ：線段與投影面之夾角

L ：投影平面之邊長

λ ：物體單位長度在投影面的像素數

開放式地理空間資訊組織(OGC, Open Geospatial Consortium)於 2008 年 8 月 19 日採用 CityGML1.0 為該組織之標準。CityGML 是一種用來表現三維城市物件的通用模型。它定義了

城市中的大部分地理物件的分類及其之間的關係，並且充分考慮區域模型的幾何、拓撲、語義、外觀屬性等關係，其中包括了主題分類之間的層次、聚合、物件之間的關係、空間屬性資料等。所有的模型可以分為五種不同細緻度層級模型，LOD0~LOD4，如圖 7 所示，隨著細節層次的提升可以獲得關於幾何及主題的更多細節 (Groger, et al., 2008)。

由於 3D GIS 具有整合各類資料的能力，囿於電腦效能及網路頻寬的影響，無法同時將資料快速展現，惟有透過 LOD 技術，將資料即透過細緻層次的管理，改進電腦圖形中複雜場景重繪的速度，當 LOD 值越大時，則呈現較為豐富的景觀，然而資料量的多寡，影響三維可視化速度的因子，因此建立不同層次的模型資料庫，在不同比例尺及觀察距離條件下，適當的呈現可視化影像，江渾欽(2008)規劃之建物五種 LOD 表現方式如下：

- (1) LOD0：黏貼正射影像圖或地圖的 2.5D 數位地形模型之查詢瀏覽。
- (2) LOD1：無屋頂結構及紋理之積木式三維建物圖。
- (3) LOD2：具有側面紋理及屋頂結構處理之三維建物圖。
- (4) LOD3：具高解析、細膩之單棟三維樓層平面結構建物。
- (5) LOD4：以樓層為單位的建物室內細節(如房間、門牌、消防設備等)。


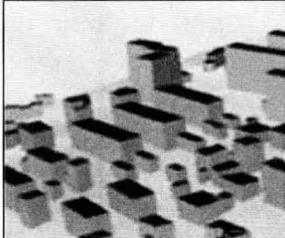

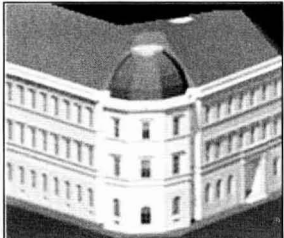
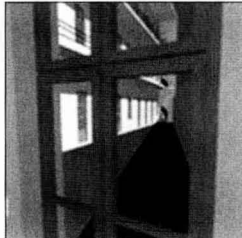
LOD0—區域模型	LOD1—城市模型	LOD2—城市模型
		
LOD3—城市模型	LOD4—室內模型	
		

圖 7 細緻度層級模型顯示類型

3. 紋理映射

相關的紋理影像可大致分為三個部份（林后駿，2005）：

- (1) 屋頂區域紋理影像：經由航空攝影的方式，可快速取得其紋理影像。
- (2) 地表區域紋理影像：經由航空攝影的方式，可快速取得其紋理影像。
- (3) 建物側面紋理影像：利用近景攝影的方式產生牆面紋理影像，除可提供建物外牆的紋理、材質等資訊，且不影響模型本身的幾何複雜度。

三維地形視覺化中，紋理影像扮演非常重要的角色，即便地形網格資料稀疏的地方，若能配合高解析度的影像，視覺上仍不受影響。影像如同 DEM 處理方式，若在初始化階段直接讀取原始資料，系統不僅無法負荷，也造成資源的浪費，因此必須先將影像處理成不同解析度的數層資料，往上一層則原始影像上數個像素(pixel)的灰階值約化簡為一個像素，其構成的幾何形狀就像金字塔一般，因此稱為影像金字塔，如圖 8 所示，圖中最底層為原始影像，對原始影像不斷重新取樣，可獲得一序列維度漸進降低之影像，如圖中 $2^{n-1} \times 2^{n-1}$ 的影像往上堆疊至 $2^{n-4} \times 2^{n-4}$ 的影像（邱煥智，2008）。

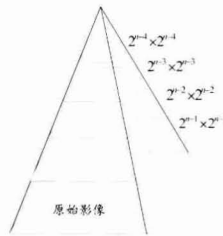


圖 8 影像金字塔

紋理可區分為二維紋理、三維紋理和幾何紋理。其中在 GIS 可視化過程，地形影像及單一建物表面的紋理影像皆屬於二維紋理範疇，係以數值或影像的方式儲存與管理，其映射原理如圖 9 所示，景物投影至投影面的尺寸為 δ （史文中，2007）。

$$\delta = \frac{f}{d} h \quad (4)$$

f ：投影面離視點的距離

d ：視點離景物的距離

h ：景物的實際尺寸

若投影面即為電腦螢幕，且大小比例為 1:1，則 δ 為景物投影至螢幕所佔用的像素數目(等

於 δ 除以單位像素的寬度)。景物的幾何外形在螢幕上成像後，需將其紋理映射到螢幕上相對應位置。由於紋理解析度與螢幕解析度的不同，致使螢幕紋理單位像素無法對應實際物體尺寸，當多邊形區域邊界與紋理的圖案邊界無法產生對應關係時，則需要將對紋理圖案多邊形區域邊界進行剪裁。剪裁演算法如下：

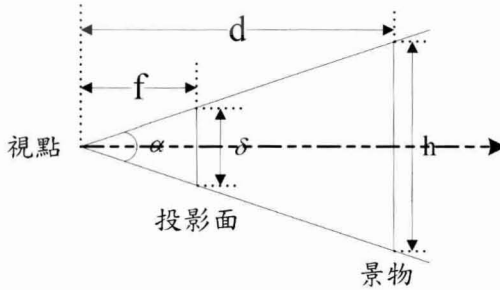


圖 9 景物、投影面與視點三者間關係

- (1) 將多邊形的一個頂點平移至坐標原點。
- (2) 將多邊形的任一邊長旋轉至與 x 軸重合。
- (3) 將多邊形繞 x 軸旋轉，使其變換到 $z = 0$ 的平面上。
- (4) 計算變換後多邊形的矩形包圍框及其坐標 $(x_{\max}, x_{\min}, y_{\max}, y_{\min})$ 。
- (5) 確定以矩形包圍框到紋理空間的映射函數：

$$s = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad t = \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \quad (0 \leq s, t \leq 1) \quad (5)$$

- (6) 將紋理空間變換為單位空間： $s' = 0 \sim 1, t' = 0 \sim 1$ (s' 平行於 x 軸， t' 平行於 y 軸)。
- (7) 根據映射函數，令 (s, t) 與 (s', t') 形成一一對應關係，對多邊形上的點逐一進行紋理採樣，完成多邊形紋理圖案的剪裁。

四、研究實作範例：地理空間資訊模型建置

(一) 圖資預處理

本研究對於建置營區三維模型所需之圖資，包含航照影像、數值地形模型、數值地形圖等。航照影像為群立科技股份有限公司拍攝 1/5000 航照照片影像，計有 27 幅，空間解析度為 25cm：

數值地形模型採用群立科技股份有限公司測製平面解析度為 5 公尺之規則網格資料。由於航空攝影測量方法拍攝影像常因航高或成本效益等因素影響，使其具有涵蓋範圍的限制，因此需透過圖幅鑲嵌處理技術，將研究區大範圍的地面資料整合於同一張影像上呈現，本研究使用 Skyline TerraBuilder 模組將上述區域航照影像計有 27 幅完成鑲嵌處理，成果如圖 10 所示

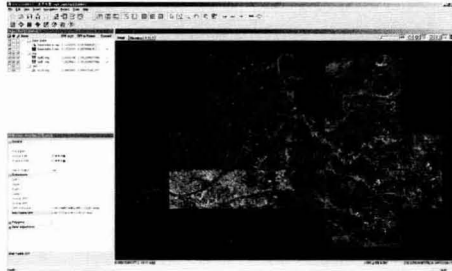


圖 10 完成鑲嵌後圖幅

(二) 統一坐標系統

為因應不同時期產製地圖時所參考坐標系統的差異性，因此本研究將統一坐標系統方法分成坐標格式與基準轉換兩個部分，任何圖資在整合應用前需先完成坐標格式一致性，再根據不同參考之大地基準進行轉換，圖 11 為 TWD67 TM2 度坐標系統轉換至 WGS84 經緯度坐標系統實例說明流程圖：

1. 坐標格式轉換(Coordinate Conversion)：在同一個基準下，針對經緯度球面坐標與方格平面坐標(例如:台灣常用的 TM2 二度分帶坐標)之間進行格式轉換，例如：TWD67 TM2 度 \leftrightarrow TWD67 經緯度。
2. 基準轉換(Datum Transformation)：經過上述步驟已統一坐標格式，使用系統提供轉換模式將不同大地基準進行坐標轉換，例如：TWD67 經緯度 \leftrightarrow WGS84 經緯度或 TWD67 經緯度 \leftrightarrow TWD97 經緯度。



圖 11 坐標轉換流程圖

(三) 三維模型建置

1. 模型建置平台

(1)軟體平台選定：本研究係以三維建模技術應用於地理空間位置展示及案例模擬等方面，基於下述原因，故採用 Skyline TerraSuite 系列為三維空間資訊成果展示平台。

- A. 地形部分需提供遙測影像與數值地形模型融合功能；
- B. 營區三維模型建構部份，可提取建築物空間坐標及其屬性資料，並具有模型建置及紋理貼圖等功能；
- C. 案例模擬、分析部份需提供屬性查詢、路徑規劃及環域分析等功能；
- D. 提供多元開發環境，使用者可經由 VB、Java 或 HTML 等程式語言，開發設計專屬之客製化介面。

(2)軟體平台介紹：Skyline 系列為三維地理資訊系統平台，可提供使用者在三維虛擬實境中存取、瀏覽、查詢及空間分析等功能，主要包含下列三個模組（九鼎科技，2008）：

- A. TerraBuilder 模組：融合遙測影像及高程資料建立三維地形模型，並以最佳化之串流方式，即時將地形資料呈現在網際網路或單機版電腦環境下。
- B. TerraExplorer 模組：提供各種地形資料進行套疊、分析、編輯，其多元的編輯工具可進行修改或建立新圖層，並於網路及單機環境下進行發佈，亦提供使用者在應用程式模組上開發客製化介面。
- C. TerraGate 模組：為一個有效率且可擴充之串流與管理三維資料的網路伺服器。當使用者透過網路連接 TerraGate，其可保有影像與高程資料之原有格式，不須經過預處理，即可將正在瀏覽之影像與高程資料即時融合，並以串流方式直接將地形資料傳送至客戶端。

2. 三維地形模型

爲了增加三維地形景觀之真實感，使用 TerraBuilder 模組將鑲嵌後正射影像與其相對應之數值地形模型資料(如圖 12)，完成融合以建立研究區域三維地形資料(*.MPT 檔)，並將地形檔儲存於資料庫及建立其影像金字塔，便於系統快速存取，地形模型製作流程如圖 13；再利用 TerraExplorer 模組，整合大比例尺數值地形向量圖資與營區屬性資料，進行圖層套疊與資料編輯等作業，完成融合的三維地形模型即具有高低起伏之真實地形。

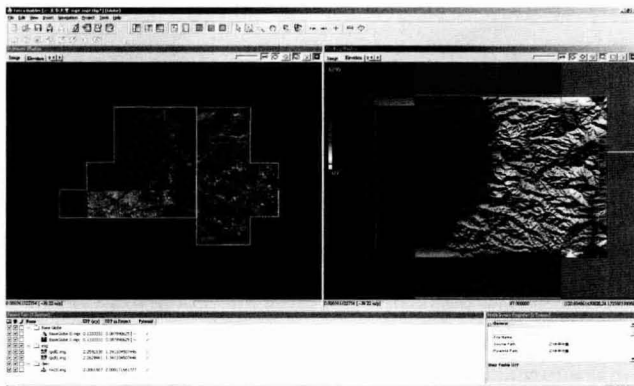


圖 12 正射影像與 DTM 資料

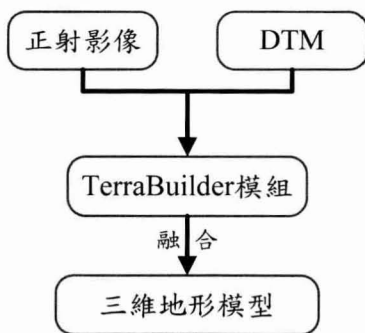


圖 13 地形模型製作流程圖

3. 坐標系統轉換

由於營產數值圖資為 TWD67 TM2 度坐標系統，三維地形模型坐標系統為 WGS84 坐標系統，因此建物向量圖層若要整合套疊於三維地形模型上，需先統一兩者坐標系統，轉換至共同的參考基準，始可提供後續加值應用。

(1) 首先進行坐標格式轉換，以 TWD67 坐標系統為基準，針對經緯度球面坐標與方格平面坐標之間進行轉換，利用中央研究院網站提供 ShpTrans 程式，此程式可針對建物向量檔 (ShapeFile 格式) 進行批次大量處理操作，點選 (67 TM2) 轉 (67 經緯度) 模式，即可完成格式轉換，如圖 14 為坐標格式轉換程式。



圖 14 坐標格式轉換程式

(2) 第二大部分則是基準轉換，圖資整合的過程，須注意兩者參考坐標基準是否一致，Skyline 軟體提供坐標基準轉換模式功能，對於匯入增加向量圖層，可透過此模式功能完成坐標基準轉換(圖 15)，轉換後可看出匯入之向量圖層精準套疊在三維地形模型，成果如圖 16 所示。

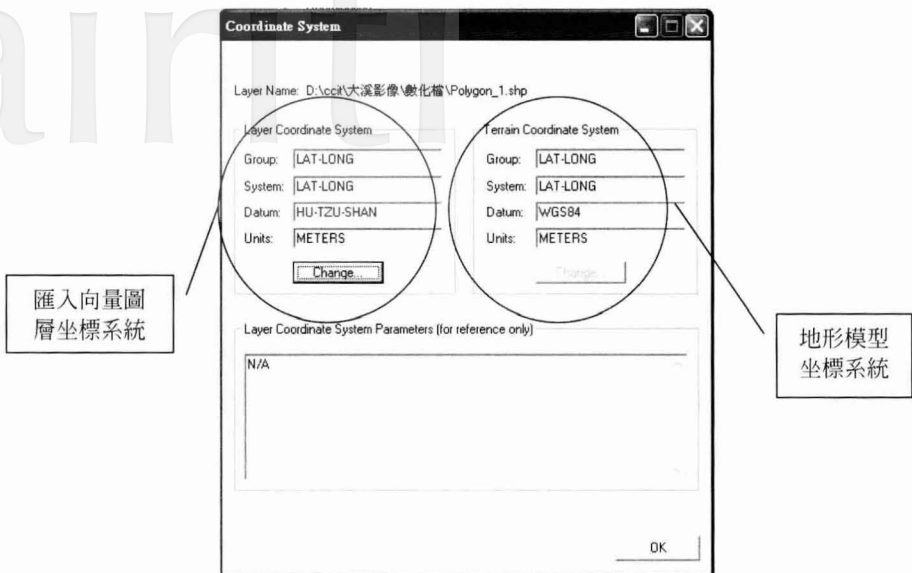


圖 15 坐標基準轉換示意圖

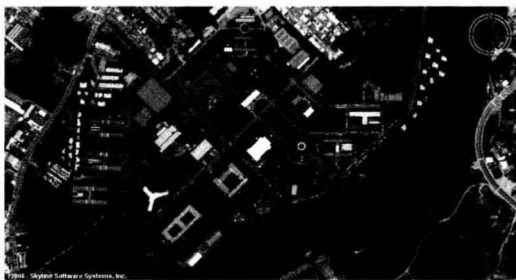


圖 16 套疊成果圖

4. 模型仿真與展示

三維模型製作與展示以國防大學理工學院(中正嶺院區)內建物為例，房屋部分因其屋頂結構均屬平頂屋，配合航照影像重新數化房屋邊界，建立參考屬性資料值，再利用 Skyline 軟體進行三維建物模型，此法不僅可快速重建三維房屋模型，亦能精確鏈結後端屬性資料庫。

本研究將模型仿真方法分成下列步驟：

- (1) 建物模塑：將建置完成之建物高程屬性資料，載入 Skyline 軟體，透過軟體模塑功能將二維屋頂面幾何結構，進而產生垂直牆面轉換成三維結構體，建置無紋理貼面之 3D 建物模型，如圖 17 所示。
- (2) 紋理映射：紋理貼圖是一種補償幾何結構的不足，增加物體表面細節、材質與色彩的方式，通常採用下列兩種方法來製作紋理貼圖（饒見有，2007）。
 - A. 第一種係以軟體內建牆面圖案或電腦繪製虛擬圖形，呈現門、窗、梁柱等，其製作過程容易且快速，但效果不夠逼真。
 - B. 第二種乃至現場拍攝建物實景影像，經過相片幾何改正以產生牆面紋理貼圖，將圖像黏貼於幾何表面以增強圖形的真實感，此法常受建物週遭環境及物體遮蔽之影響，使得製作過程較為耗時費工，但效果最為真實，可視化程度最高。本研究採用此方法，真實三維建物模型如圖 18 所示。

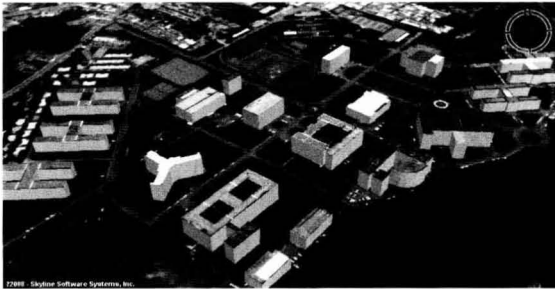


圖 17 無紋理貼面之三維建物模型

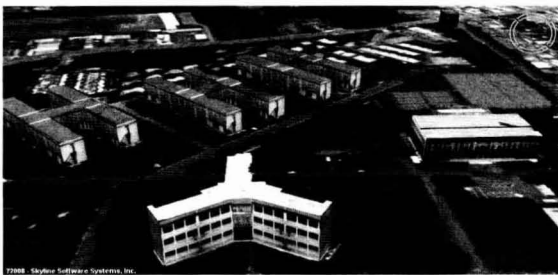


圖 18 仿真三維建物模型

(3) 增顯掃描：

本研究使用之地面三維雷射掃描儀為加拿大 Optech 公司產製之 ILRIS-3D 系統(圖 19)，係屬長距離型(3m~1500m)之地面三維雷射掃描儀，儀器本身內含掃描稜鏡的快速雷射測距儀，它具有無需反射稜鏡即可精確獲得掃描點之三維坐標，並以每秒 2000 點高速獲取大量點位資訊[iii]。ILRIS-3D 系統主要規格如表 3 (台儀公司，2007)。

本次實作選定院區精神堡壘(圖 20a)為例，由於掃描區域面積過大，無法將建築物所有區域一次掃描涵蓋，而必須分次以不同角度完成掃描，此次實作共計架設五站，由於每個測站獲取點雲資料皆不同，因此必須透過內業方式加以接合處理重疊區域部分，才可獲取整個測區之三維模型，掃描成果如圖 20b 所示。

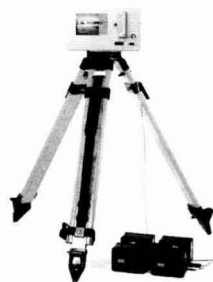


圖 19 三維雷射掃描儀

表 3 三維雷射掃描儀規格表

項目	規格
測距範圍	3~ 350m(目標物 4%反射量)
	3~ 800m (目標物 20%反射量)
	up to 1500m (目標物 80%反射量)
尺寸	312 × 312× 205 mm
操作溫度	0°C to +40°C
電源	24V DC or AC Converter
掃描範圍	-20 ° ~90 ° (V) x 360 ° (H)
	-90 ° ~20 ° (V) x 360 ° (H)
數位相機	Color 6 mega Pixels
重量	13 kg
掃描頻率	2000 點/秒
測距精度	3mm
模型精度	3mm
雷射安全度	Laser Class 1R



圖 20a 精神堡壘照片

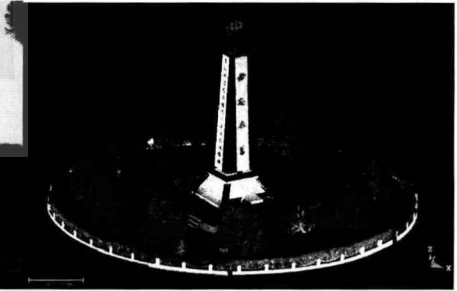


圖 20b 精神堡壘點雲圖

五、結論與建議

在不斷研究及資訊科技進步下，空間資訊逐步由二維圖形顯示進步為三維視覺仿真呈現。本研究整合現有向量及網格圖資，運用多視景概念，建置各類建物模型，作為三維空間環境場景。根據研究成果，可得到下列幾項結論：

- (一)本研究以三維空間資訊系統平台，透過坐標系統轉換，完成整合：1) 航照影像 27 幅、2) DTM 資料、3) 國軍營產，及 4) 台中縣數值地形圖等圖資。
- (二)未來若能結合多元圖資(例如都市計劃圖、使用分區圖等)，必能運用系統提升地理空間資訊管理的工作效率。
- (三)本研究建構地物模型時所採用地面三維雷射掃描儀，由於此機種所限，每秒掃描點雲數僅 2000 點，致使外業測量時間較為耗時；未來如能使用每秒點雲數高達數十萬點之掃描儀器，相信必能加速建模速度。
- (四)建議後續學者可在本系統所提供 3D GIS 平台上，結合數位攝影設備，透過網際網路傳輸即時傳達監測畫面，將使三維場景更加真實，以作為重要道路之交通管制或整體安全監測等需求，並創造系統多元加值應用。

參考文獻

- 1.陳雍政(2003)：航空攝影測量於河川管理之實務應用，碩士論文，國立中興大學土木工程學系，台中，第3頁。
- 2.蕭國鑫、劉進金、曾義星等(2005)：三維雷射掃描應用於河道地形變化偵測，第二十四屆

測量學術及應用研討會論文集，臺北，第 167-176 頁。

3. 李錫堤、鄭錦桐、廖啓雯、林書毅 (2003)：地理資訊系統導論，上課講義，桃園。下載網 <http://gisclass.geo.ncu.edu.tw/91gisintro/class.pdf>
4. 施保旭 (2000)：地理資訊系統，儒林圖書有限公司，台北。
5. 顏宏宇 (2005)：LiDAR 直接量測數值地形資料精度分析與應用，碩士論文，國立成功大學地球科學研究所，臺南。
6. 柯昱岑 (2005)：用 LiDAR 高精度 DTM 判釋順、逆向坡與斜交坡—以陳有蘭溪為例，碩士論文，國立成功大學地球科學研究所，臺南，第 22-23 頁。
7. 李成名、王繼周、馬照亭 (2008)：數字城市三維地理空間框架，科學出版社，北京。
8. 江渾欽 (2008)：多目標地籍圖立體圖資建置及查詢系統的規劃設計，國土資訊系統通訊季刊，第 68 期，第 2-15 頁。
9. 林后駿 (2005)：三維房屋模擬實景紋理影像製作與敷貼之研究，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所，桃園，第 1-6 頁。
10. 邱煥智 (2008)：區塊式 LOD 網格細化於大型地形視覺模擬之應用，碩士論文，國立中央大學土木工程學系，桃園，第 44-46 頁。
11. 史文中、吳立新、李清泉等 (2007)：三維空間信息系統模型與算法，電子工業出版社，北京，第 197-204 頁。
12. Clark, J. H. (1976), Hierarchical Geometric Models for Visible Surface Algorithms, *Communications of the ACM*, Vol. 19, No. 10, pp.547-554.
13. Groger, G., Kolbe, H. T., Czerwinski, A., and Nagel, C. (2008), OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Open Geospatial Consortium Inc, U.S.A., pp.1-10.

收件日期：98.08.11

修正日期：98.08.30

接受日期：98.09.25