

應用高解像力遙測影像於台北市 建物屋頂加蓋物之監測

Application of High-resolution Remote Sensing Imagery to Monitoring Illegal Rooftop Structures An Experimental Case in Taipei City

張家豪*

朱子豪**

劉英毓***

Chia-Hao Chang

Tzu-How Chu

Yin-Yu Liu

摘 要

隨著社會經濟的發展，都市人口數不斷增加，造成在寸土寸金的都市地區中，土地或建物的違規使用事件層出不窮。而在都市地區最常發生的土地或建物違規使用，莫過於建物屋頂加蓋物。如此情況，往往造成違建查報單位於人力負擔上更為加重。本研究欲透過遙測資料可快速且大面積獲取地表空間資訊之特性，進行高精度與高自動化的建物屋頂加蓋物偵測，以期有效減少並遏阻屋頂加蓋物的發生。本研究以高解析度遙測影像、HIS 影像與數值地形圖中之建物邊界資訊結合，進行建物屋頂形狀及材質分析，若建物屋頂結構上屬於雙斜頂（人字型屋頂）且材質為鐵皮者，即判釋為具有屋頂加蓋物；反之，則判釋為非屋頂加蓋物。若建物僅符合其一條件，則輔以影像相對高度測量與人工判釋，抽取其高度資訊並比對建物使用許可高度，藉此判斷是否有屋頂加蓋物的發生。以本研究所提出之方法進行屋頂加蓋物判釋，於台北市陽明山部分地區進行測試，影像判釋的整體判釋精度可達 95.77%。藉由本研究所提出之屋頂加蓋物偵測法所產生之監測成果，日後則可與建管單位之相關查報資料比對，找出違建確切發生地點、建立違建發生之時

* 國立臺灣大學地理環境資源學系碩士班研究生
Graduate Student, Department of Geography ,National Taiwan University.

** 國立臺灣大學地理環境資源學系教授
Professor, Department of Geography ,National Taiwan University.

** 國立臺灣大學地理環境資源學系講師
Lecturer, Department of Geography ,National Taiwan University.

間資料庫，並可持續追蹤違建拆除成效，必能有效的節省相關單位在屋頂加蓋物查報上花費的人力及時間成本。

關鍵字：遙測影像、HIS 影像、屋頂加蓋物

Abstract

Rooftop structures, the most common annexes to residential buildings in cities of Taiwan, are the lowest-cost way for dwelling units on the top floor to gain additional indoor space. However, almost all of rooftop structures are illegal for lack of construction licenses, the most common among all illegal uses of land and buildings in urban areas. As illegal rooftop structures are so many, complete spot check by local governments will incur huge amount of labor and time. To solve the problem, this study applies high-resolution remote sensing image, HIS (hue, intensity, saturation) image and features of periphery of buildings reflected on digital topographic maps in combination to accurate and highly automated detection of illegal rooftop structures. There are two criteria, one for shape and the other for construction material, for interpreting a rooftop structure as illegal: the top of the structure consists of a horizontal beam and two tilting planes on the two sides of the beam (shape); the top is made of steel or alloy plates (construction material). For rooftop structures only with either of the two conditions, auxiliary measurement and manually interpretation are used to make sure whether they are illegal. The detecting model was tested in an area of Yangming Mountain in the north of Taipei City, resulting in overall interpreting accuracy of 95.77%. It is therefore concluded that the model is largely cost-effective in monitoring illegal rooftop structures and thus can be used to set up databases of illegal rooftop structures, including location and time, through integration with personal inspection of such structures by local governments.

Keywords: remote sensing image, HIS (Hue, Intensity, Saturation) image, illegal rooftop structure.

前 言

所有土地違規使用類型中，距離日常生活最接近的，且發生次數最為頻繁的，莫過於建物違規使用。臺北市居於全國政治、經濟樞紐地位，人口密集，發展迅速。由於條件優越，許多重要機構與跨國企業，均進駐於此；但這個首善之都卻也由於戰後快速發展，人口大量湧入，居住空間不足等因素，使得土地違規使用的情況較國內其他地區嚴重；其中違章建築氾濫問題，不但破壞市容觀瞻、妨害公共安全及衛生，甚至因違建物結構問題，危及自身及周遭居民生命財產安全。

臺北市在違建查報狀況上，從民國 73 年到民國 88 年間，平均違建拆除率約 55.96%，換言之，平均每年約有 44.04%的違建仍存而未拆且累積下來（鄭文英等，1999），造成嚴重的都市危機。造成此一狀況的主因，莫

過於現行查報方式大量倚重人力，但公部門的查報人力卻又不足，無法負擔如此龐大的業務量，致使違建問題仍無法杜絕。

傳統的違建查報方式可分為兩部分，一是業務單位以人力掃街主動清查，檢視各建物是否具有違建的發生；二是藉由民眾報案檢舉，再由查核人員前往勘查的被動清查。無論上述的任一方式，皆需投入大量的人力與時間成本。因此，高效率且高正確性的違建查報方式，具有其發展之必要性。

於影像建物抽取方面，由於各地物對於不同光段的光譜反射率皆不同，因此可利用多光譜影像增加光譜灰度值及光段資訊的資訊，以提高屋頂面及邊緣線之抽取成果（Henricsson，1996；蔡玉慧，1997）。部分研究是以直線偵測、陰影分析（Nevatia, *et al.*, 1997）、矩形色塊測試（蔡玉慧，1998）來輔助建物偵測。邱式鴻以

Förstner 所提出的多型態特徵物抽取法進行航空相片中之特徵抽取，再透過半自動的程序由人工逐步修正電腦所解算出立體航空相片對中之建物型態 (邱式鴻，2001)。Haala 和 Brenner 利用 1m 空間解析度的 LiDAR 資料、多波段遙測影像與都市計畫資料，進行都市地區地表特徵的抽取，成功的抽取建物與樹木等明顯的地表特徵物 (Haala and Brenner, 1999)；Murakami 等則以 LiDAR 資訊，針對建物變遷進行研究 (Murakami, *et al.*, 1999)。

由於 HIS 影像是將 RGB 影像轉換為影像色度 (Hue)、影像強度 (Intensity) 及影像飽和度 (Saturation)，而建物屋頂加蓋物往往具有色度與飽和度較為均一，但影像強度變化較明顯的特性。因此本研究藉此 HIS 影像特性，進行屋頂加蓋物偵測。本研究利用遙測影像之全色態影像或 HIS 色彩模型中的影像強度，在建物屋頂為相同材質的條件之下，進行建物屋頂結構判釋；利用多波段影像或 RGB 影像，進行屋頂材質判釋。以此兩者判釋成果，判斷是否具有屋頂加蓋物的發生。

本研究以建物影像強度進行建物結構判釋，因此須將 RGB 影像轉換為 HIS 影像，再針對影像強度進行判釋。於本研究中採以 Conrac Corporation 所提出的轉換式進行 RGB 與 HIS 色彩模型間之轉換 (Conrac Corporation, 1980) 其內容如下：

$$\begin{aligned} R &= \frac{M - r}{M - m} \\ G &= \frac{M - g}{M - m} \\ B &= \frac{M - b}{M - m} \end{aligned} \quad \text{公式 1.}$$

其中 r 、 g 、 b 代表一個像元中紅、綠、藍三個反射值除以 255 後的值， M 是 r 、 g 、 b 三個值中的最大值， m 是 r 、 g 、 b 三個值中的最小值。

1. 影像強度值 (Intensity) 的算法如公式 2 所示

$$I = \frac{M + m}{2} \quad \text{公式 2.}$$

2. 影像飽和度 (Saturation) 的算法如公式 3 所示

$$\begin{aligned} \text{若 } I \leq 0.5 & \quad S = \frac{M - m}{2} \\ \text{若 } I > 0.5 & \quad S = \frac{M - m}{2 - M - m} \end{aligned} \quad \text{公式 3.}$$

3. 影像色度值 (Hue) 的算法如公式 4 所示

$$\begin{aligned} \text{若 } M = m & \quad H = 0 \\ \text{若 } M = R & \quad H = 60(2 + b - g) \\ \text{若 } M = G & \quad H = 60(4 + r - b) \\ \text{若 } M = B & \quad H = 60(6 + g - r) \end{aligned} \quad \text{公式 4}$$

本研究藉由遙測影像能快速且大範圍取得地表空間資訊之特性，透過歸納後的屋頂加蓋物判釋知識，與數值地形圖結合，進行地物高度、屋頂形狀及材質判釋，抽取屋頂加蓋物的可能發生位置；進而再與建物基本資料進行比對，找出可能建物違規使用的位置，以節省相關單位在違建查報上花費的人力及時間成本，並可建立違建物的時間資料，藉以判定日後違建物發生的時間，以便查報人員對新違建進行拆除動作。

研究方法與程序

本研究的目標對象為建物屋頂及天井加蓋之違建，此乃屬於土地違規使用中的建物違規使用之一，也台北市中是最普遍的建物違規型態。以台北市為例，屋頂加蓋物於高解析度遙測影像中幾乎隨處可見，且特徵上以雙斜頂式加蓋物出現比率最高，幾乎任意建物密集處皆有約 70% 以上的建物具有雙斜頂式加蓋物的出現 (如圖 1)。

建物屋頂加蓋物於型態上，具有以下數點特性：

1. 雙斜頂結構

由於多數的屋頂加蓋物屬於雙斜頂式建築，因此在研究中便以雙斜頂建築做為判釋對象。雙斜頂式加蓋物因結構上為雙斜頂，若非屋脊恰巧與陽光入射角平行，

必然會發生向光與背光的屋頂面反射值具有明顯的差異，且其色彩飽和度與色調較為一致。利用此一特徵，便可於各類具有可見光段之遙測影像中明顯區分出雙斜頂式加蓋物。

依據影像判釋經驗，雙斜頂與單一平頂之建物屋頂型態，於影像強度分佈特徵分別為如圖 2 所示，雙斜頂建物的影像分佈特徵為具有兩個明顯聚集、大小相近的峰，而單一平頂建物則傾向僅聚集成單一的峰。本研究

便以此為依據，進行建物屋頂結構之判釋。

本研究是以各建物屋頂面影像強度值進行統計與分析，首先排除影像強度值次數統計圖之次數總數小於最大次數總數 10% 的次數值，其次以剩下數值分佈之 10% 作為一維 moving window 的間距，找出此間距中之最大次數值，再往右移動逐步搜尋最大次數值。若某值在 ± 1 間距內為最大次數值的話，則可將其定為一個峰。



圖 1 台北市雙斜頂式加蓋物 (如圖中框選者) 現況 左圖為航空照片 右圖為衛星影像



圖 2 建物影像強度分佈特徵 左：雙斜頂建物 右：單一平頂建物

2. 金屬材質

由遙測影像中觀察，具有屋頂加蓋特徵的建物，其屋頂材質多屬於光譜反射值較高的金屬材質，且多為紅色或接近白色的型態，如圖 1 中所框選之範圍。因此若建物屋頂為具有高反射值且色彩上接近紅色或白色，則可判釋為具有屋頂加蓋物。

3. 建物高度

屋頂加蓋物本身具有一定的高度，若以高精確度航空測量所得結果或高解析度數值地表模型資料，與建物使用許可中所登記的建物高度比對後，必能發現屋頂加蓋物的存在。但在進行資料比對之前，需要有正確的門牌位置資訊，才能正確的比對出各門牌所屬的建物屋頂；此外尚需要建物邊界資訊，才能清楚的分辨出各門牌所屬的建物。因此若欲進行自動化建物屋頂加蓋物偵

測，則至少需要門牌號碼位置、建物邊界資訊及高解析

度遙測影像等三項資料，而高解析度數值地表模型或航

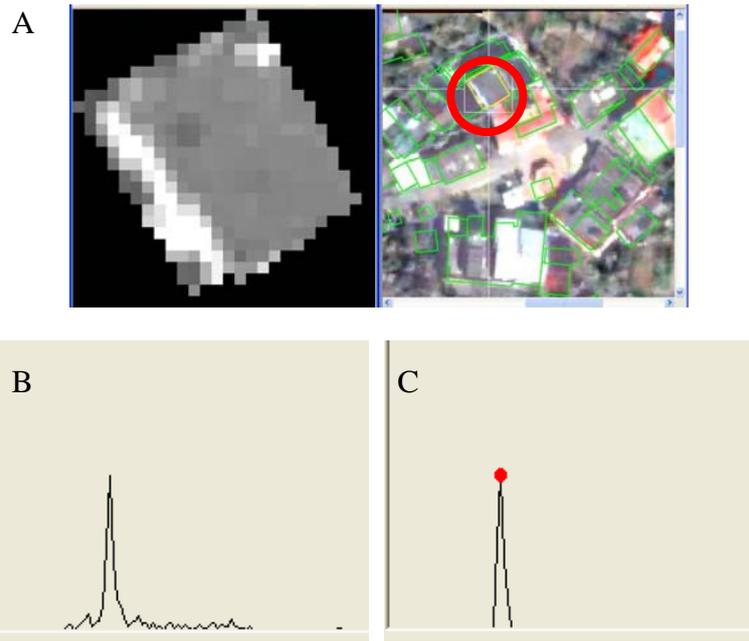


圖 3 單一平頂建物案例 A.建物影像 B.強度分佈圖 C.結構判釋成果

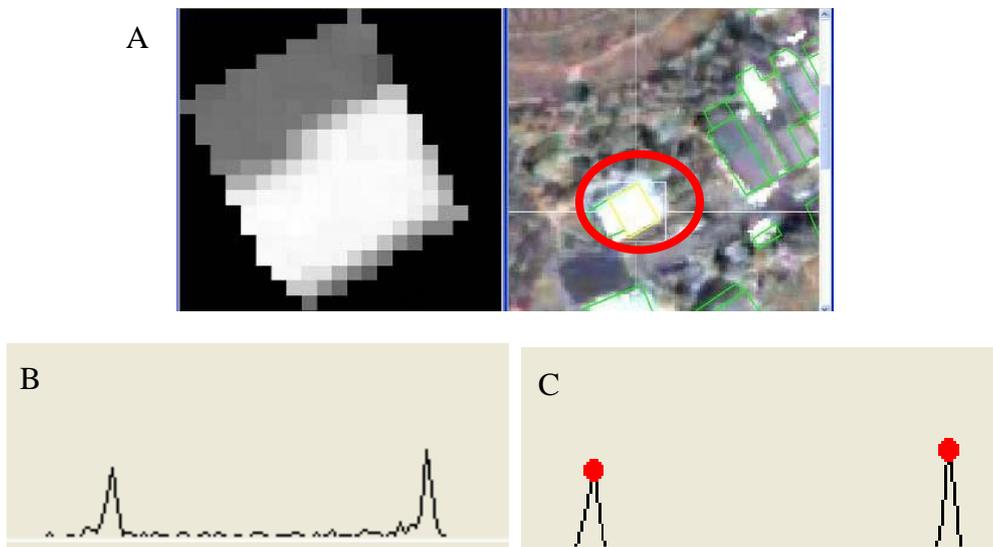


圖 4 雙斜頂建物案例 A.建物影像 B.強度分佈圖 C.結構判釋成果

空測量成果則可作為最後增加正確性的依據。建物高度測量方式如下：(羅秋月，2002)

$$L=H/\tan EL \quad \text{公式 5.}$$

L：建物影像長度，H：建物高度，EL：衛星拍攝仰角

本研究中以在未取得高解析度數值地表模型與航測結果的前提下，以成本較低的方式，進行建物屋頂加蓋物的偵測。單純以影像光譜特徵與 HIS 特徵來判釋建物屋頂加蓋物，則將導致一定程度的漏判與誤判，加入建物相對高度測量後，則可提升影像判釋之精確度。因此

本研究採以階層的方式，先由成本較低的遙測影像中各建物光譜資訊抽取開始，與各建物 HIS 影像或全色態影像進行邏輯判釋，藉此抽取出部份屋頂加蓋物。待取得該地區數值地表模型或建物相對高度測量成果後，便能將其加入邏輯判釋條件中，使判釋正確性更加提升。

由於建物高度測量時，量測的目標為建物基底至建物屋頂之建物立面影像長度，方能推算建物實際高度。但因影像中地形、地物與陰影遮蔽效應的影響下，致使建物立面判定不易，往往造成建物實際高度無法推算。

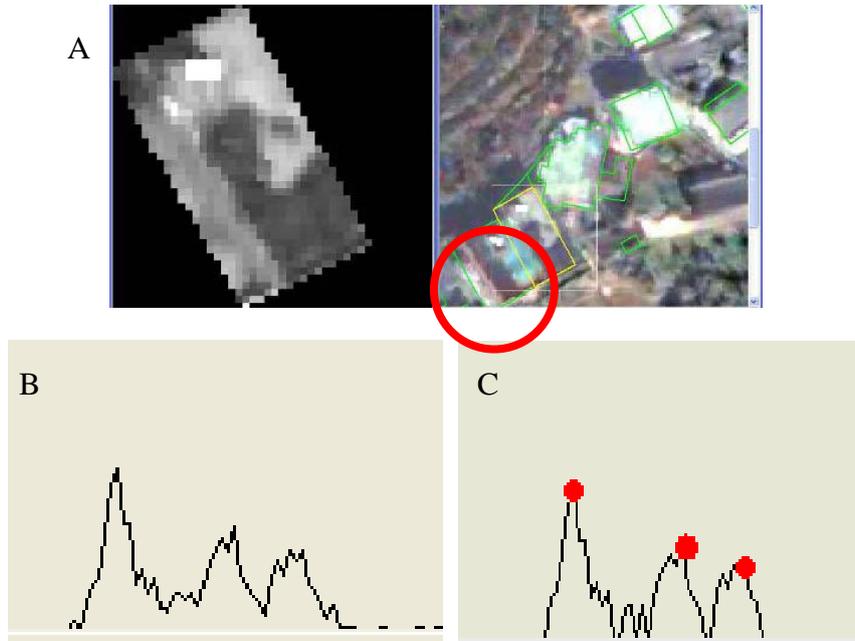


圖 5 其他類別建物案例 A. 建物影像 B. 強度分佈圖 C. 結構判釋成果

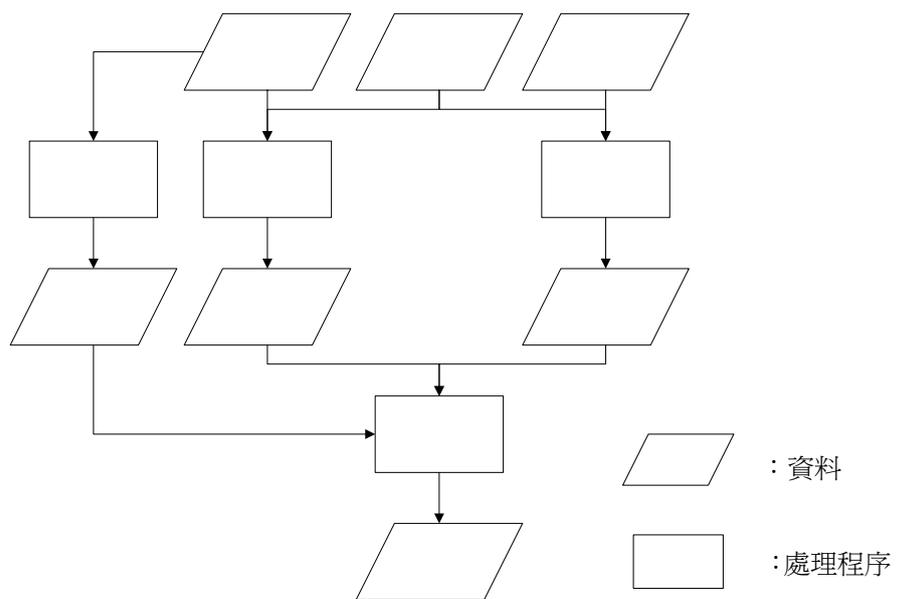


圖 6 判釋流程圖

前述所得之違建物可能發生地，可再與建管單位的違建查報資料進行比對，藉此檢核資料正確性。若某一建物在研究所得中為可能違建物，但在違建查報資料中並無此一建物的資料，則可先於室內利用近期航空照片或高解析度遙測衛星影像進行人工判釋，確定是否有違建物的發生，再進行外業查報及測量，以此更新建管單位的查報資料，同時亦減少違建查報所花費的人力及時間成本。為達到加蓋物偵測的目的，本研究採取下列步驟：

1. 結構判釋：

藉由建物屋頂面強度影像或全色態影像之次數分佈圖特徵，判斷建物屋頂結構型態。若具備有單一峰 ($p=1$)，則判釋為平頂建物 ($St=1$)；若為雙峰 ($p=2$)，則判釋為雙斜頂 ($St=2$)；若多於雙峰，則判釋為其他類型 ($St=3$)。判斷式如下：

If $p = 1$ then $St = 1$

Else If $p = 2$ then $St = 2$

Else If $p > 2$ then $St = 3$

End If

p ：建物強度影像峰數 St ：建物結構類型

2. 材質判釋：

藉由各屋頂面的光譜反射值特徵，判斷其構成材質。若為反射值較低或與混凝土特徵較接近的建物屋頂 ($s=2$)，則歸類為不具鐵皮材質 ($M=2$)；若為高反射強度的建物屋頂 ($s=1$)，則歸類為具有鐵皮材質 ($M=1$)；若具有防水漆特徵的建物屋頂 ($s=3$)，則歸類為其他類型 ($M=3$)。

If $s = 1$ then $M = 1$

Else If $s = 2$ then $M = 2$

Else if $s = 3$ then $M = 3$

End If

s ：影像反射值類型 M ：建物材質類型

3. 綜合判釋

綜合結構與材質判釋成果，區分為不具加蓋物 ($R=1$)、確定加蓋物 ($R=2$) 與需加蓋判釋 ($R=3$) 三類。

If $St = 1$ and $M = 2$ then $R=1$

Else If $St=2$ and $M=1$ then $R=2$

Else If Not $R=1$ or $R=2$ then $R=3$

End If

St ：建物結構類型 M ：建物材質類型 R ：綜合判釋類型

4. 加蓋判釋

由於部分建物屋頂於材質上或結構上無法判釋是否具有加蓋物，因此需交由人工相對高度測量與判釋，才能確定是否具有加蓋物的發生。

研究成果與討論

本研究的測試區為台北市陽明山山區部分區域，TWD67 左上角座標 (306965, 2780600)，右下角座標 (307200, 2780410)，測試資料 QuickBird 衛星影像與台北市 1/1000 數值地形圖 (4561) 一幅。

由遙測影像觀察本研究區中的建物，僅部分具有屋頂加蓋物的特徵，正符合本研究的需求，因此選定本區作為測試區。經人工檢核排除因高差位移而無法對位、數化錯誤、具有明顯改建或於影像中不存在的建物後，尚餘 54 棟建物邊界在形狀及位置上，與遙測影像較為吻合。初步與建管單位資料比對，54 個建物邊界中 14 個屬於臨時建築，40 個屬於永久建築，本研究採以 40 棟永久建物進行分析測試與邏輯檢核測試。

1. 結構判釋

經由屋頂結構判釋後發現，40 棟建物中之 10 棟建物具有本研究所假設的雙斜頂型態 ($St=2$)，19 棟建物則為單一平頂型態 ($St=1$)，11 棟建物則因影像強度分佈圖較無法判斷，因而歸類於其他類別 ($St=3$)。結構判釋的誤差類型分為以下兩類：第一類由於建物邊界資訊並未完全依照建物門牌進行分割，因此造成部分建物邊界範圍內，實屬於數棟不同之建物，因而造成部分誤判。如圖 8B，該建物邊界原應分屬四個不同門牌，且右側兩戶屋頂具有明顯的加蓋物特徵，由於建物邊界數化錯誤，造成結構判釋上的誤判。第二類則因建物屋頂面構造過

於複雜，因此無法判釋其結構類型，如圖 8C。

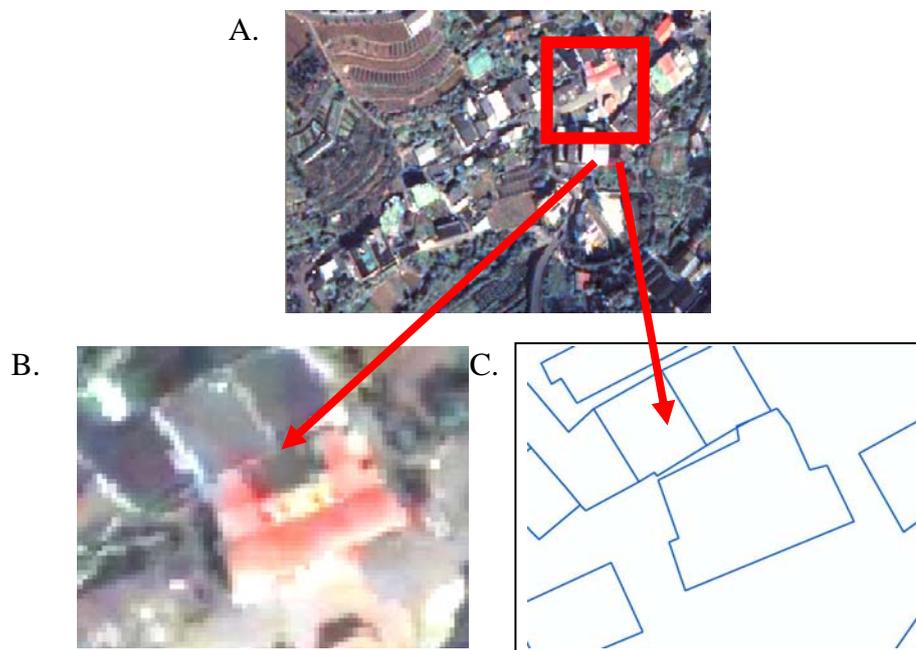


圖 7 測試區域資料 A. 全區 QuickBird 衛星影像 B. 局部區域 QuickBird 衛星影像 C. 局部區域數值建物邊界

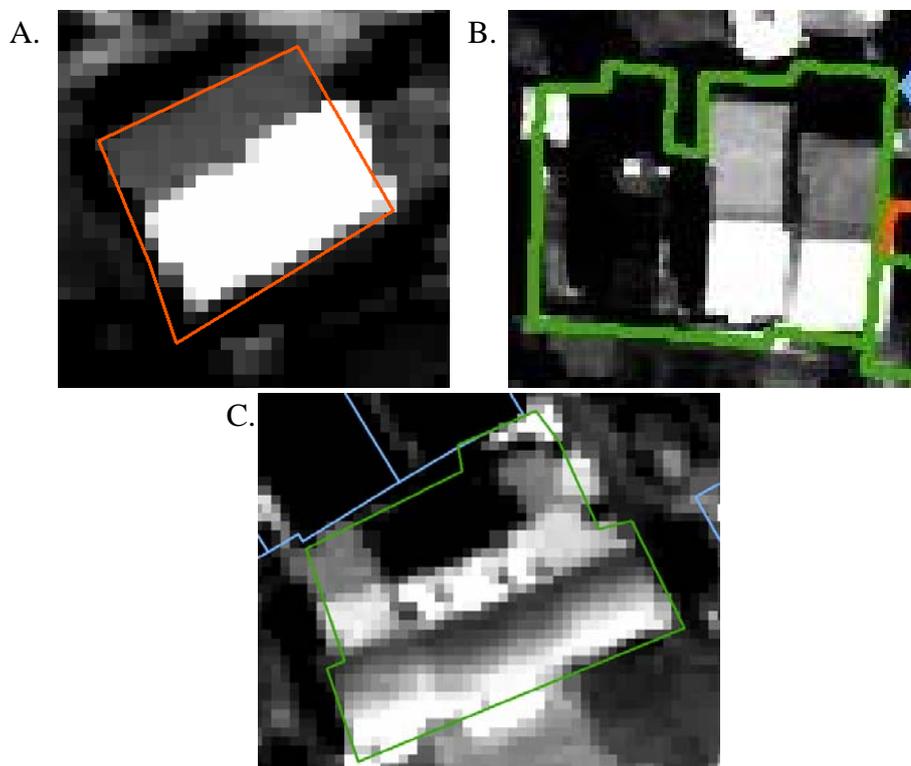


圖 8 結構判釋案例 A. 為正確判釋 B. 為建物邊界未依門牌分割所造成的誤判
C. 為因屋頂面過於複雜所造成的誤判

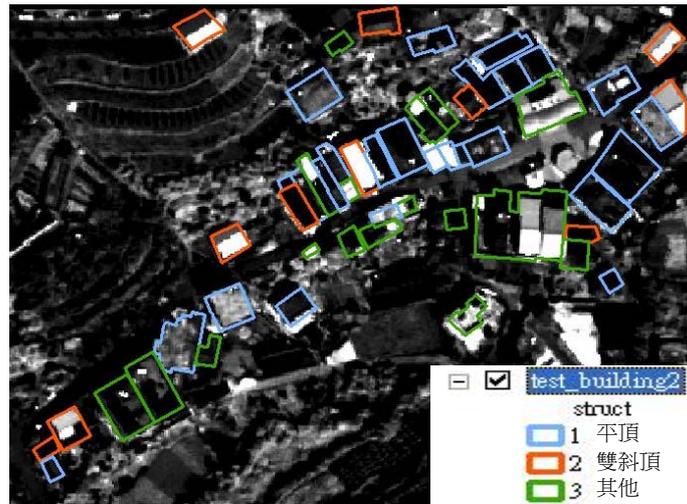


圖 9 測試區域結構判釋成果 (1.平頂 2.雙斜頂 3.其他)

1. 材質判釋

本研究以人工框選訓練樣區的方式，配合最大相似法的影像分類器進行監督式分類，將研究區的多光譜影像分成鐵皮屋 1、鐵皮屋 2、混凝土、植物、防水漆等五類，再分別計算各測試建物範圍中出現最多的類別，則

將其指定為該建物屋頂材質之類別。其中植物與混凝土四類屬於不具鐵皮加蓋類別，鐵皮屋 1 與鐵皮屋 2 屬於具有鐵皮加蓋類別，防水漆屬於其他類別。材質判釋成果如下圖所示。



圖 10 測試區域結構判釋成果(1.鐵皮 2.非鐵皮 3.其他)

由材質分類成果與彩色融合比對後發現 6 棟建物屋頂類似於鐵皮屋頂，4 棟建物屋頂類似塗有防水漆，需

由建管單位現地加以認定是否具有加蓋，30 棟建物屋頂類的光譜反射值與農地及道路特徵較接近，因而判斷為

非材質上的加蓋物。

2. 綜合判釋

經由前述的資料分析，本研究將其套入判釋成果表中，藉以判斷測試建物屋頂分類。結果如表 4。

表 4 研究區判釋成果表

		屋頂結構判釋		
		單一平頂	雙斜頂	其他
屋頂材質判釋	不具有鐵皮材質	13(32.5%)	4(10%)	9(22.5%)
	具有鐵皮材質	3(7.5%)	5(12.5%)	2(5%)
	其他	4(10%)	0(0%)	0(0%)

3. 高程輔助判釋

本研究中共有 9 棟具部份加蓋物特徵之建物及 13 棟無法自動判斷的建物，需進行建物相對高度測量與人工判釋，方能判定是否具有加蓋物的發生。但由於受到地物或陰影遮蔽效應影響，其中僅 2 棟建物可判斷影像中建物立面的位置，因此於本研究中僅進行此建物之相對高程測量。由於此二棟建物於建管單位之登記資料中分別為 2 層與 1 層樓之 RC 建築，理應樓高不超過 7 公尺及 4 公尺，但經由影像相對高度測量卻發現該建物高為 9.1 公尺與 6.3 公尺，明顯高於許可高度，因此可判定該建物具有明顯的屋頂加蓋物。

本區建物因已存在一定時間以上，且無大規模的改建，因此建管處並未有建物使用許可的存根。本研究的分析成果，經由全面實地訪查各測試建物的門牌地址，與建物使用許可資料進行比對，並歸納出以下數點成果討論：

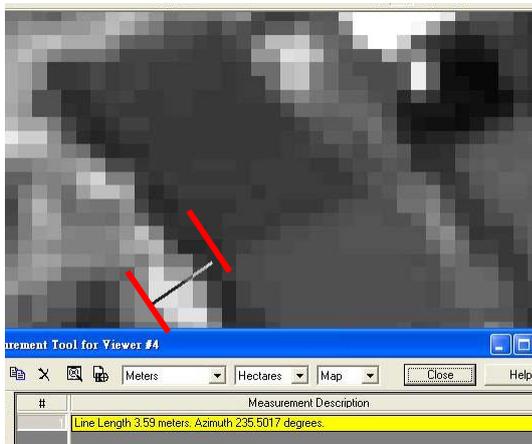


圖 11 建物高度測量案例（兩平行線段間為建物立面）

1. 建物門牌部份

於台北市工務局地理資訊 e 點通網站中查詢，其中除 5 棟建物不具門牌號碼與 1 棟建物具有 5 個門牌號碼外，其他 34 棟建物皆有門牌資訊。5 棟不具門牌號碼之建物由於不論是否判釋為具有加蓋物，其皆不具門牌資訊，因而推測為空地加蓋。具有 5 個門牌號碼的建物，因該建物為 5 個門牌號碼相接鄰的建物，於數值地形圖內並未將 5 個門牌號碼分離，所以須交由建管單位現地勘察，方能確定該建物是否具有加蓋物。

2. 判釋成果分析

於 40 棟建物內，9 棟僅具部份加蓋物特徵之建物中，2 棟建物經相對高度測量後，其高度皆超出許可高度約 3 公尺，因而判斷為加蓋物。13 棟無法自動判釋之建物，由於無法從影像中判斷建物立面高，且屋頂結構較複雜或為鋪有防水漆之平頂建築，須由建管單位現地勘察，方能確定該建物是否具有加蓋物，或為因建物邊界數化誤差所造成之無法判釋。

3. 綜合判釋成果部份

13 棟建物不論於結構上或材質上，皆為不具加蓋物特徵之建物。

4. 建物登記材質部份

本研究判釋出 7 棟具有加蓋物特徵之建物中，除 1 棟建物不具門牌號碼，且屋頂為鐵皮加蓋之 RC 建築外，剩餘 6 棟建物確實具有屋頂加蓋物；其中一棟現況上為具有門牌號碼之 1 樓鐵皮屋，但登記上為 1 樓磚瓦建築。

表 5 研究區屋頂加蓋物判釋正確性

	判釋有加蓋物	判釋無加蓋物	其他	總數	生產者精度
現地有加蓋物	9	0	0	7	100.00%
現地無加蓋物	0	18	2	20	90.00%
其他	0	0	11	11	100.00%
總數	9	18	13	40	96.67%
使用者精度	100%	100%	84.62%	94.87%	95.77%

結 論

本研究成功的發展出高正確性的應用高解析度遙測資料進行建物屋頂加蓋物偵測的兩套方式，整體正確性可高達 95.77%。藉由本研究所提出的判釋方式，因室內作業皆透過半自動化的程式判釋，完成判釋區域中約半數的建物屋頂，所以可有效減少現地查核的人力與時間成本，提升建物屋頂加蓋物查核時的效率。

本研究所提出的以高解析度遙測資料進行建物屋頂加蓋物偵測方式，具有以下數項應用領域：

1. 多時段偵測

利用衛星影像具有固定週期的特性，可進行主動且持續性的監測，藉以有效遏阻新違建的發生。

2. 建物變遷偵測

透過多時段影像與變遷偵測技術，可自動且快速的偵測發生變遷的建物位置，再與建物管理資料進行比對，則可判定是否為違建物。

3. 違建物拆除後的持續追蹤

違建物數目依職無法有效減少的原因之一，便為違建物拆後又重建。利用衛星影像固定拍攝週期的特性，可針對於經查報拆除後的建物進行重點監測，以有效遏阻違建物拆後重建的情況。

謝 辭

本研究特別感謝銳佛科技 (RITI Technology Inc.) 提供研究區域 QuickBird 衛星影像、農林航測所提供陽明山地區 LIDAR 資料、台北市政府工務局建管處提供

建物相關資料，以及國立台灣大學空間資訊研究中心所提供的各項協助。

引用文獻

- 何維信 (1995) 航空攝影測量學，台北：國立編譯館，161-164。
- 李麗芬 (1994) IHS 色彩空間影像應用於分類之研究，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 邱式鴻 (2001) 從都市區立體航照影像中萃取屋頂面的實用策略，國立成功大學測量工程研究所博士論文。
- 陳振宗 (1998) 違章建築之面面觀，土地事務月刊，328: 6-13。
- 黃志偉 (1998) 違章建築之研究 (一)，現代地政，18 (5): 6-9。
- 鄭文英、林進財、藍宇文 (1999) 違建管理之取締效果研究--以臺北市為例，管理與系統，6 (4): 411-432。
- 蔡玉慧 (1997) 以色彩資訊協助影像特徵之萃取，國立成功大學測量工程研究所碩士論文。
- 羅秋月 (2002) IKONOS 衛星影像正射改正之研究，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
- Conrac Corporation. (1980) *Raster Graphics Handbook*, New York.
- Haala, N. and Brenner, C. (1999) Extraction of buildings and trees in urban environments, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54: 130-137.
- Henricsson, O., Bignone, F., Willuhn, W., Ade, F., Kuobler,

- O., Baltasvias, E., Mason, S. and Gruen, A. (1996) Project AMOBE: Current Status and Future Work, In IAPRS, vol.41, Part B3, 321-330.
- Murakami, H., Nakagawa, K., Hasegawa, H. and Shibata, T. (1999) Change detection of buildings using an airborne laser scanner, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54: 148–152.
- Nevatia, R., Lin, C. and Huertas, A. (1997) A System for Building Detection from Aerial Images, Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II), 77-86.
- Weidner, U. and Forstner, W. (1995) Toward automatic building extraction from high-resolution digital elevation models, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 50 (4) : 38-49.

94年08月30日 收稿

94年09月27日 修正

94年10月18日 接受