

運用區塊建物框細緻化技術精進三維建物模型

林信助^{1*}、林士哲¹、湯美華²、陳世儀²、游豐銘³、林昌鑑⁴

論文收件日期：110.05.24

論文修改日期：110.06.07

論文接受日期：110.06.24

摘要

為發展三維國家底圖，內政部國土測繪中心已於 108 年度產製全國 LOD1 之三維建物模型成果，但其中九成範圍之建物模型成果較粗略且不具分戶特性，不利視覺呈現及後續應用。為拓展後續應用並發展永續更新機制，本研究針對臺灣通用電子地圖之區塊建物框，發展「以地籍資料分戶技術為主、高差分割技術為輔」的高效率建物框細緻化方法，並透過人工檢視編修方式，進一步提升成果之品質及成功率。本研究選擇臺中市 4 個不同建物分布類型的行政區域作為測試區。實測發現，建物密集之城區及城郊混合區，初始分戶成功率可達 70~85%；而建物分布稀疏之郊區，初始分戶成功率僅有約 40%。輔以人工檢視編修後，可將郊區之分戶成功率大幅提升至 75%。後續將擴大試辦範圍並確立作業流程，以低成本高效率方式逐步更新全國 LOD1 三維建物模型成果。

關鍵詞：三維建物模型、地籍資料分戶、區塊建物框細緻化

¹ 技士，內政部國土測繪中心 測繪資訊課。

² 專員，內政部國土測繪中心 測繪資訊課。

³ 技正，內政部國土測繪中心 測繪資訊課。

⁴ 課長，內政部國土測繪中心 測繪資訊課。

* 通訊作者，TEL : (04)22522966 分機 310，E-mail: 23215@mail.nlsc.gov.tw。

Research on Dividing Aggregate 3D Building Model into Individual Ones

Hsin-Chu Lin^{1*}, Shih-Che Lin¹, Mei-Hua Tang², Shih-I Chen²,
Feng-Ming You³, Cheng-Jian Lin⁴

Abstract

In order to upgrade Taiwan National Base Map from 2D to 3D, nationwide LOD1 3D building model is completed by the National Land Surveying and Mapping Center in 2019. However, nearly 90% 3D building models are aggregate block models of adjacent buildings, which means the models may not meet the expectation in terms of visual impact and application. For the enhancing of the application potential and the development of the sustainable update mechanism, the high efficiency dividing method against the aggregate building block of Taiwan e-Map is developed through this project. Based on cadastral data classification technology and supplemented by height difference segmentation technology, the aggregate building blocks are divided through automated method first, and are processed through manual editing for further improvement.

This project choice 4 Townships as test area and empirically evaluates the success rate and data quality. In suburban and urban mixed areas, success rate of blocks refinement with cadastral maps is about 70%~80%. In suburban area, success rate is about 40% initial and upgrade 75% by introducing manual editing. The project using empirical research has confirmed the flow of data processing to be workable and a cost-reduction way.

Keywords: 3D building Model, Block of adjacent buildings, Refinement, Taiwan National Base Map.

¹ Associate Technical Specialist, Survey Information Section, National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior.

² Executive Officer, Survey Information Section, National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior.

³ Specialist, Survey Information Section, National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior.

⁴ Section Head, Survey Information Section, National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior.

* Corresponding Author, Tel: +886-4-22522966 ext. 310, E-mail: 23215@mail.nlsc.gov.tw

一、前言

在全球在智慧城市發展的浪潮下，對於地理空間的應用層面已逐漸成為施政決策的依據，資料的需求也逐漸由二維轉向三維，建物模型等三維圖資建置技術、圖資展示、資料標準亦日趨成熟。聯合國之國際非政府組織-國際測量師聯合會(FIG)，自 2002 年啟動三維地籍法規、登記、資料庫及視覺呈現之研究；而美國、新加坡、德國等先進國家更已如火如荼的展開三維城市建物圖資的建置工作。臺灣亦以國際標準 OGC CityGML (City Geography Markup Language) 為基礎，依據國家發展委員會推動 3D GIS 政策，推動全國三維建物模型建置工作。

內政部國土測繪中心為達成 108 年完成二維國家底圖升級之目標，優先以三維建物為三維圖資建置之標的，利用既有二維圖資、數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 及數值地表模型 (Digital Surface Model, DSM)，快速產製全國三維建物模型。在資料建置的整體作業經費、時效、精細程度、成果展示的視覺效果及應用分析等因素的考量下，採取「先全面建置，後精進細緻」的執行策略，搭配「成果整合」及「模型產製」之資源整合模式推動，先全面建置符合 OGC 城市地理標記語言 (City Geography Markup Language, CityGML) 規範之 LOD1 積木模型 (Block Model)，再透過精進細緻化作業，逐步提升三維建物模型的可用性。

二、研究動機及目的

全國三維建物模型主要是利用 DEM、DSM 及既有二維建物框資料，透過程式自動化處理方式，萃取建物高度並產製 LOD1 三維建物模型。內政部國土測繪中心 108 年產製全國 LOD1 三維建物模型時，考量成果時效性，優先採用 104 年以後更新之二維建物框資料，包含臺灣通用電子地圖區塊建物框、臺灣通用電子地圖增值分戶建物框及一千分之一地形圖建物框等 3 類，其中臺灣通用電子地圖增值分戶建物框為以航照立體測圖方式，參考一千分之一地形圖之圖形繪製原則，對臺灣通用電子地圖增值處理成果。其中，使用臺灣通用電子地圖區塊建物框之三維建物模型成果約占全國 9 成之面積範圍 (如圖 1)。

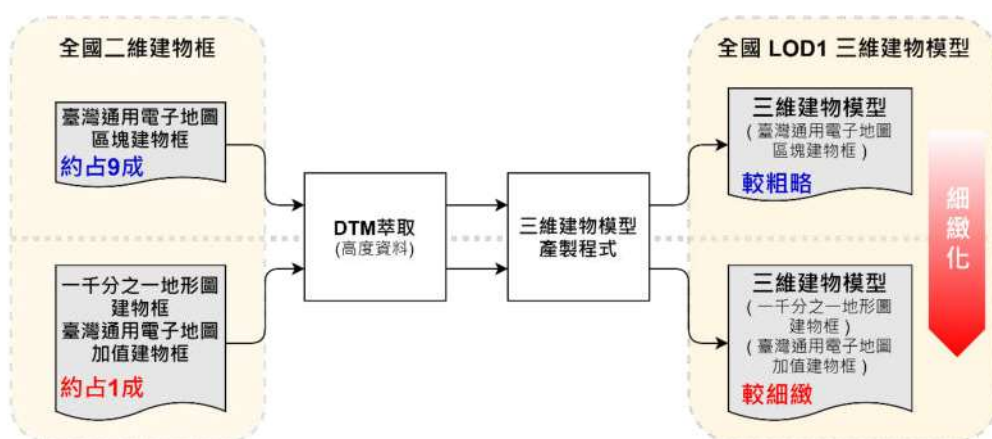


圖 1 現行三維建物模型建置流程

目前全國三維建物模型成果中，約有 440 萬餘個三維近似化建物模型(LOD 1) 屬於自動化快速建置成果，其可能因採用的二維建物框不同而有明顯差異。臺灣通用電子地圖區塊建物框（以下簡稱區塊建物框）係以立體測圖方式繪製，針對長或寬超過 5 公尺之「單棟建物」即予繪製其外圍輪廓；另針對「建物密集區」，則採用中小比例尺地形圖常用的建物聚落縮編方式，將一群相鄰的建物外圍輪廓，約化描繪成一個建物區塊，並不繪製建物間之分戶線（如圖 2(a)(b)）。反觀，臺灣通用電子地圖增值分戶建物框及一千分之一地形圖建物框，則會將建物依材質（混凝土造、磚造、金屬結構、木造……）、樓層數、分戶線之差異細分為不同多邊形，詳細呈現出各棟建物之輪廓（如圖 2(c)）。

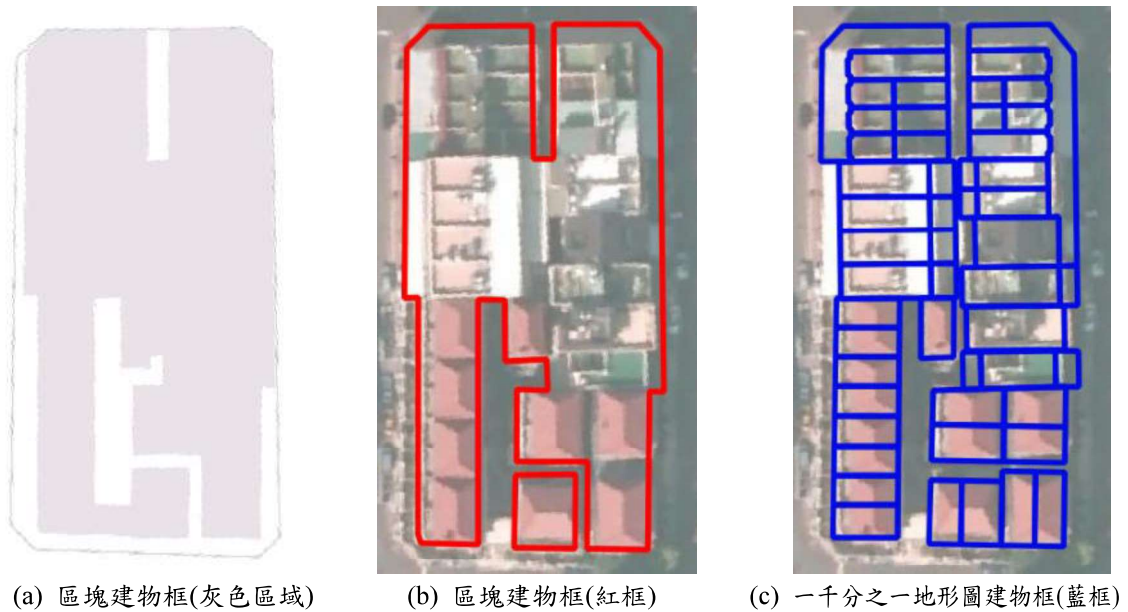


圖 2 不同二維建物框之差異

現階段全國三維建物模型受限於二維建物框來源、成果時效性及自動化作業等因素，大部分範圍僅能利用臺灣通用電子地圖區塊建物框產製較粗略之區塊式三維建物模型（如圖 3(a)），只有少部分範圍能採用 104 年以後更新之一千分之一地形圖建物框或臺灣通用電子地圖增值分戶建物框產製較細緻的三維建物模型（如圖 3(b)）。

此外，後續三維建物模型更新維護，仍將利用「臺灣通用電子地圖」、「一千分之一地形圖」及 DSM 最新成果，藉由新舊建物框比對分析，獲取須更新標的建物框，產製三維近似化建物模型。但因全臺一千分之一地形圖由各地方政府自行辦理更新，更新頻率不固定且範圍僅占全國面積 13.2%，而臺灣通用電子地圖擁有全國範圍之二維區塊建物成果，並以 2 年 1 輪的頻率定期更新。有鑑於此，後續三維建物模型更新維護及精進工作，仍需仰賴臺灣通用電子地圖區塊建物框為主要二維建物框資料，若想進一步強化全國三維建物模型成果可用性，尋求快速細緻化數量龐大的區塊式三維建物模型之方法將是關鍵因素。

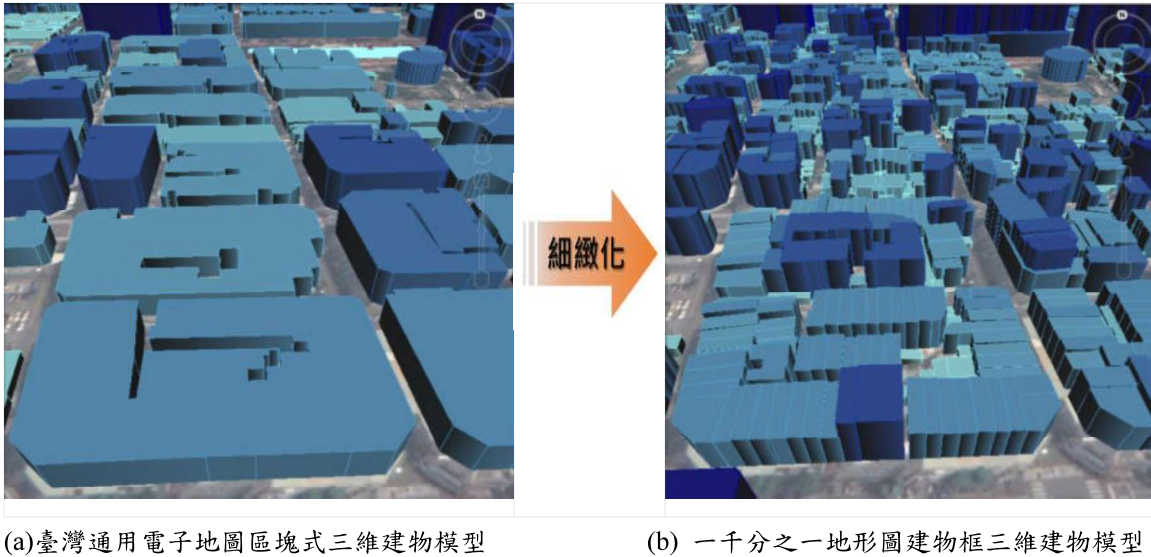


圖 3 三維建物模型細緻化之策略目標

本研究主要應用地籍圖資料、建號資料、門牌資料、臺灣通用電子地圖及 DSM 等現有圖資，透過自動化機制將臺灣通用電子地圖區塊建物框進行地籍資料分戶及高差分割之細緻化作業，並輔以人工檢視編修提高區塊建物細緻化成果品質，再針對地籍資料分戶及高差分割之融合建物框產製三維建物模型 (LOD 1)，提升全國三維建物模型成果品質，以拓展三維 GIS 後續應用。

三、研究內容及作業流程

在構思如何運用現有圖資，快速達成臺灣通用電子地圖區塊建物框自動化分戶作業的過程中，本研究首先想到「地籍圖」。地籍圖詳細記錄著各宗土地之權屬範圍，其以界址點構成的「經界線」描繪出宗地的邊界，其中已隱含許多用以區分權屬範圍的分戶線資訊（如圖 4，圖中桃紅色線段即為地籍經界線）。

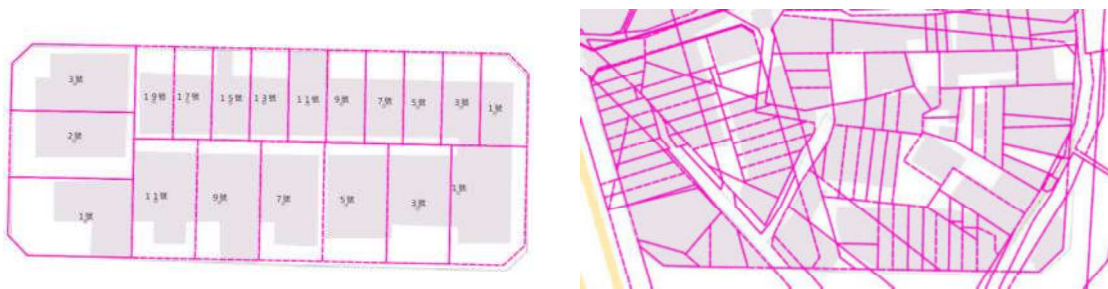


圖 4 地籍圖隱含分戶線資訊

以土地重劃或區段徵收方式進行地籍整理後之區域，由於已將舊有雜亂的地籍經界線抹銷後重新規劃使用，因此各宗土地的形狀方正、街廓清晰，地籍圖中的分戶線資訊自然容易判識（如圖 4 左圖）；然而，臺灣大多數的區域因發展較早，導致現況中夾雜著許多不規則形狀的宗地與建物、及不明確的街廓，在歷經多年變遷後，這些區域的地籍圖往往夾雜著許多雜亂的地籍經界線（如圖 4 右圖），如何在這些

雜亂經界線中，抽絲剝繭分析出所需的分戶線，便是本研究的首要課題。

(一) 區塊建物框依地籍資料分戶

「區塊建物框依地籍資料分戶作業」為本研究重要的核心工作，以下針對區塊建物依地籍資料分戶之概念原理、作業原則與自動化作業流程進行簡單說明。

1. 地籍圖對位作業

不同時期測製的地籍圖，因製圖比例尺、坐標系統各異，因此如何將全國約 1 萬 5 千餘段之地籍圖整合至相同坐標系統，是應用全國地籍圖資料的第一道關卡。

內政部國土測繪中心先前為產製全國地籍圖圖磚資料，業於民國 102 年開發地籍圖對位程式，研究透過合理有效的坐標轉換方式，將全國地籍圖統一轉換至 TWD97 坐標系統。主要係將地籍圖資料以「地段（或圖幅）」為基本單元，利用對位程式提供之平移、旋轉、多對點等操作方式，並套疊正射影像、臺灣通用電子地圖等參考圖資，或利用一些共同控制點或現況測得之可靠點，選擇適當的轉換模式後，計算兩個坐標系統間之坐標轉換參數，並將各地段之坐標轉換參數統一記錄於資料庫（內政部國土測繪中心，2013）。

雖曾協請全國各地政事務所利用地籍圖對位程式，針對其轄內地籍圖全部重新進行對位檢視，並於 109 年度初步完成全國地籍圖對位作業，但為確保後續分戶作業成果品質，於區塊建物分戶作業前仍應先「逐地段人工檢視」地籍圖對位成果，如發現有對位不佳情形時（如圖 5(b)），可利用地籍圖對位程式之平移、旋轉、多對點等方式重新調整地籍圖位置，並將修正後之坐標轉換參數更新至資料庫，可藉此同步提升地籍圖對位成果及分戶成果之品質。

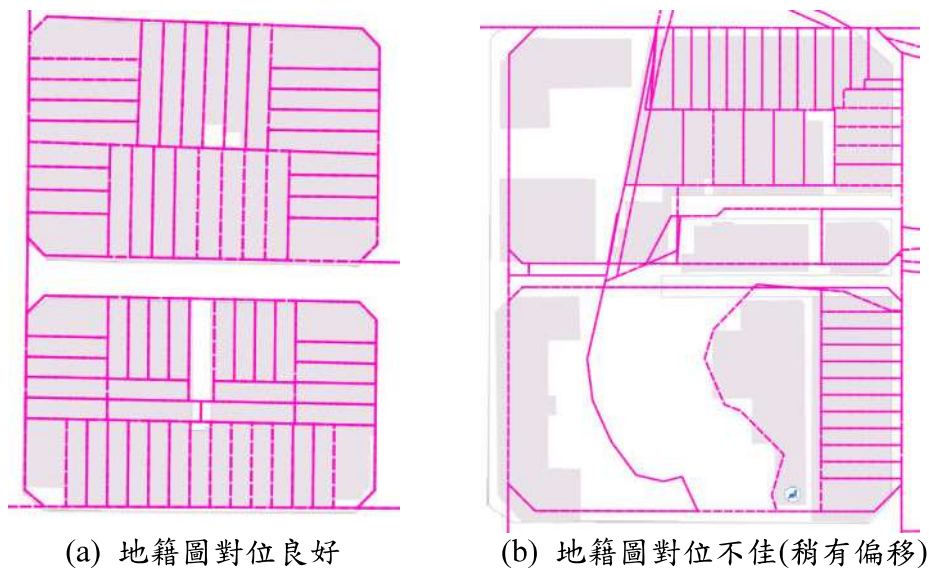


圖 5 地籍圖對位情形（灰色為建物範圍、桃紅色為地籍線）

2.地籍圖宗地合併及其他冗餘線段排除原則

考量同 1 棟建物可能涵蓋多筆土地，圖 6(a)中每個藍色多邊形表示 1 棟建物範圍（圖中共有 3 棟），每棟建物皆涵蓋 2 筆以上土地。分戶作業過程可將這些同 1 棟建物範圍內的相鄰宗地進行合併，以刪除此類冗餘地籍線。由地籍資料（包含土地及建物標示部、基地坐落／地上建物等欄位），篩選出每筆宗地的建號列表（如圖 6(b)），並逐筆分析相鄰宗地，如遇建號相同（具同 1 個或同 1 組建號）或建號組成相似（建號列表超過 30%相同）之宗地，則進行宗地合併動作，合併範例詳見表 1。

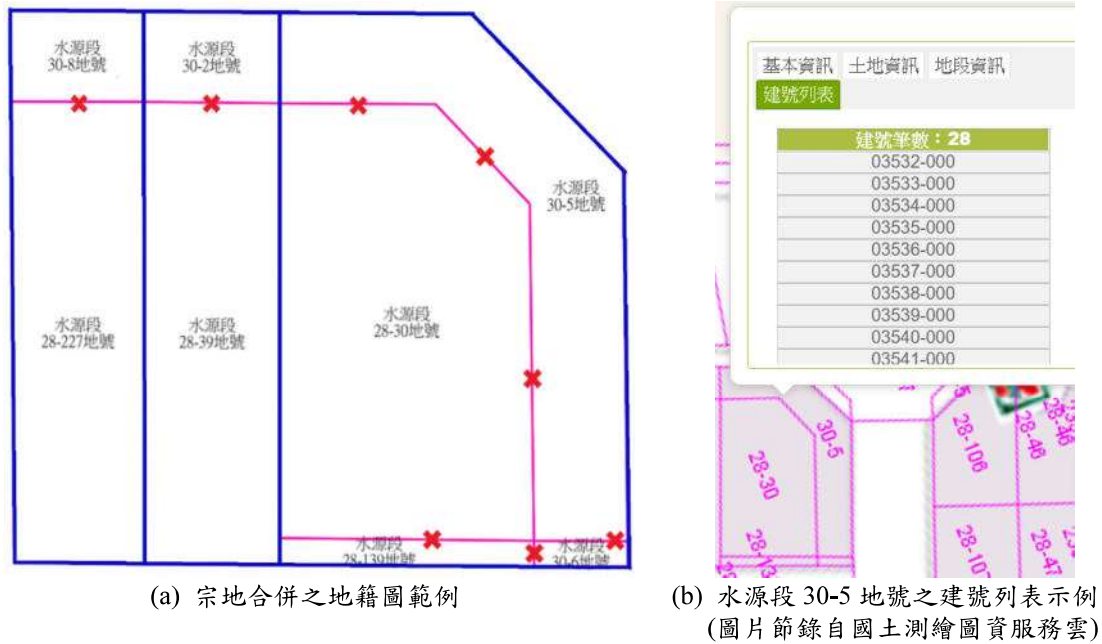


圖 6 同棟建物之相鄰建築基地應合併

原本土地（即地籍圖宗地）與建物建號之關聯性存在一對一、一對多、多對一、多對多等各種複雜態樣；經地籍圖宗地合併處理後，可排除「多對一」及多數「多對多」之情形，可利用國土測繪圖資服務雲提供之地籍 API 服務，藉由鍵值串聯（地號、建號或門牌號）或空間套疊分析之方式，有效提升本案地籍資料分戶之建物資料成果與其他領域資料串連應用之可行性。

表 1 相鄰建築基地合併情形及原則

項次	段名	地號	建號列表	合併理由
1	水源段	30-8	3046。	建號相同
	水源段	28-227	3046。	
2	水源段	30-2	3047。	建號相同
	水源段	28-39	3047。	
3	水源段	30-5	3532~3558、3842 等28筆。	建號組成相似
	水源段	28-30	3532~3558、3842 等28筆。	
	水源段	30-6	3532、3534、3535、3536、3539、3541、3542、3545、3547、3550、3553、3556 等12筆。	
	水源段	28-139	3532、3534、3535、3536、3539、3541、3542、3545、3547、3550、3553、3556 等12筆。	

另為順利由地籍圖經界線中篩選出有用之分戶線，本研究由地籍圖各式態樣中，歸納出幾種冗餘地籍線之排除原則：如未達最小面寬（預設值為 2 公尺）、線段折點數過多（預設值為 6 個以上之折點）、地籍線與建物框交集面積小於建物基本面積（預設值為 16 平方公尺）、地籍線與建物框交集範圍為三角形、地籍線與建物框距離小於 1 公尺.....。

3.地籍線與區塊建物邊緣之容錯處理

作業過程中，將針對區塊建物邊緣合理範圍內的誤差進行容錯處理（預設之容錯誤差值為 2.2 公尺）。圖 7 表示分戶作業之前的狀態，其中紅色框為已登記建物之土地多邊形，藍色框部分為建物多邊形，明顯可見於建物邊界之左側及上方位置，建物與土地多邊形間存在些許誤差。作業過程中，透過程式針對分戶線進行必要的刪除及延伸處理，例如：將區塊建物範圍外之分戶線刪除、將區塊建物範圍內且於容錯誤差範圍內「平行」區塊建物邊界線之分戶線刪除、將區塊建物範圍內且於容錯誤差範圍內「垂直」區塊建物邊界線之分戶線延伸至建物邊界線。

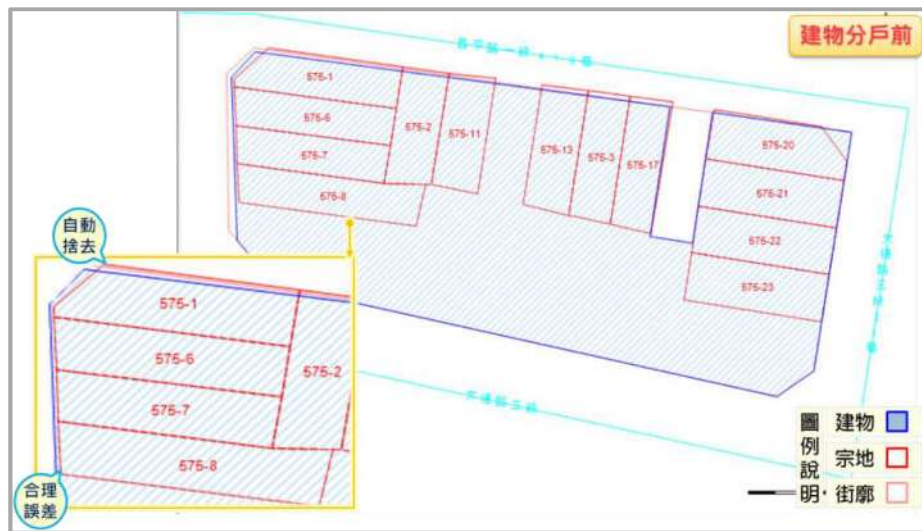


圖 7 地籍線與建物邊緣存在些許誤差

4.區塊建物框依地籍資料自動分戶作業流程

本研究利用土地及建物標示部資訊、門牌位置、地籍圖等資料進行區塊建物框地籍分戶，分戶作業分成五大步驟（如圖 11），分別為：(1)資料預處理（包含街廓、地籍及門牌資料處理）、(2)篩選宗地、(3)篩選建物框、(4)建物分戶、(5)輸出分戶成果。考量後續作業需逐步擴展至全國範圍，因此得指定以行政區或縣市為產製範圍，產製局部區塊建物框分戶成果。詳細自動化作業流程如圖 8。

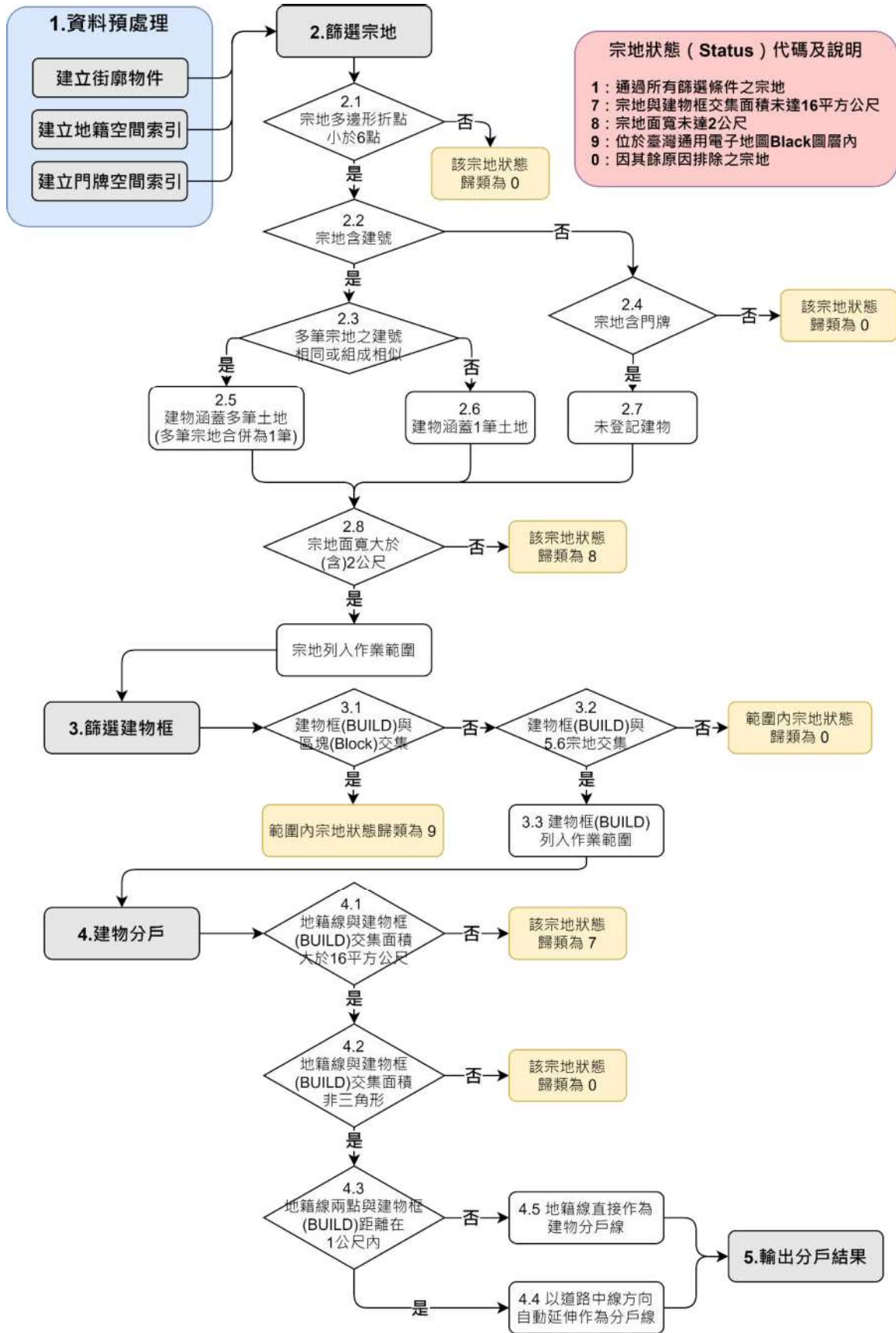


圖 8 區塊建物依地籍資料自動分戶作業流程

承上述流程，運用建物關係分析結果（土地與建物交集資訊），再依據本研究歸納的幾種建物分戶原則，將篩選宗地與篩選建物框成果結合，即可取得符合條件的地籍線作為建物分戶線，完成建物分戶作業。簡單作業流程示例如圖 9。

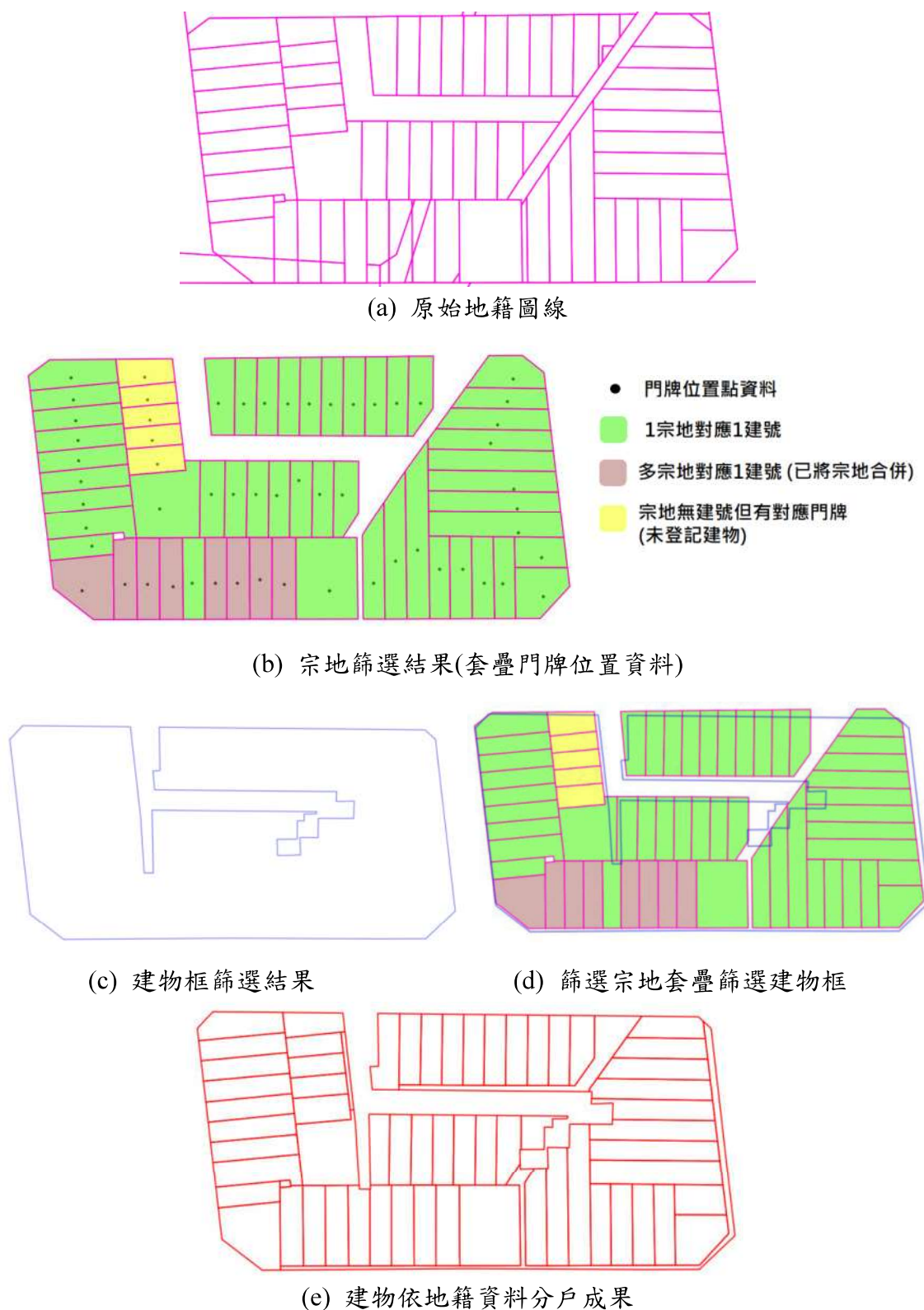


圖 9 區塊建物依地籍資料分戶作業示例

(二) 地籍分戶建物框人工檢視編修作業

區塊建物框以上開流程及原則自動生成分戶線，但可能由於：(1) 地籍圖對位偏差、(2) 輔助圖資之測繪精度及原則不一、(3) 地籍資料本身存在問題等因素，導致分戶線成果出現部分瑕疵。可利用 QGIS 軟體搭配套疊正射影像及門牌位置等輔助資料，針對地籍資料分戶建物框成果逐一進行檢視與編修。透過前開人工介入檢視並修正分戶線成果，可提升分戶成果之品質。

本研究歸納整理出需人工編修之分戶線態樣，分別為：分戶線需延伸、需刪除、需新增（或調整）等類（如圖 10~12）。其中以建物密集區以「需延伸」及「需刪除」的狀況最普遍，而郊區範圍之建物，則多為「需新增（或調整）」之情形。

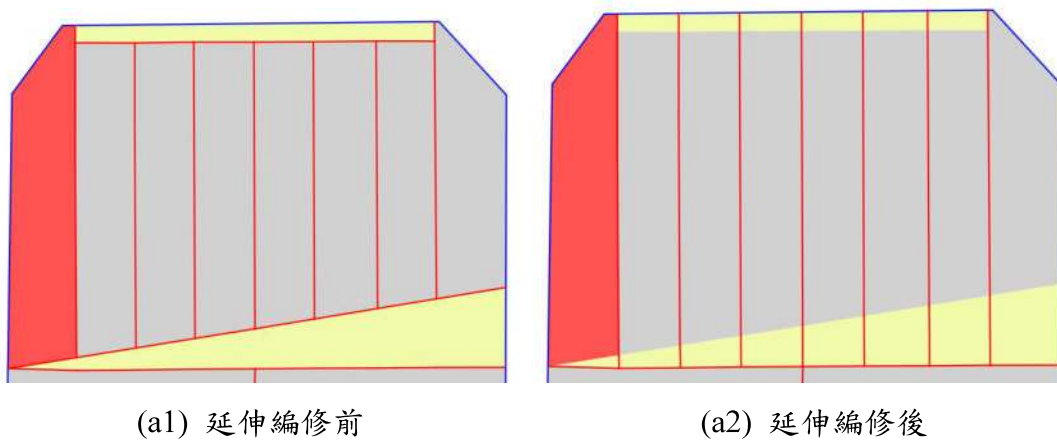


圖 10 分戶線需人工編修之「延伸」示例

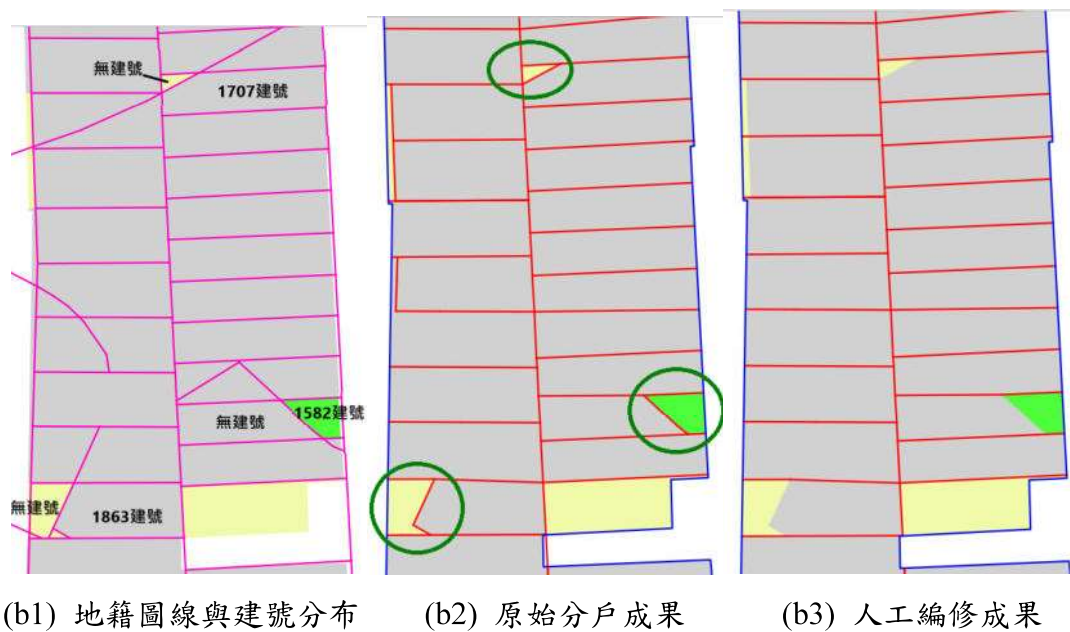


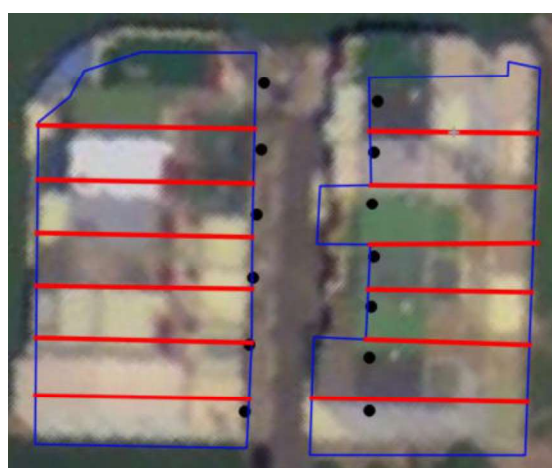
圖 11 分戶線需人工編修之「刪除」示例



(a) 建物紋理可明顯區隔分戶線



(b) 傳統雙拼式透天建物



(c) 連棟式透天建物



(d) 傳統平房聚落

圖 12 分戶線需人工編修之「新增 (或調整)」示例 (左：編修前、右：編修後)

(三) 區塊建物依高差分割

然而現實世界中，一棟建物並非只有一種高度，如一般建物普遍存在的屋頂突出物 (即頂樓梯間，如圖 13(a))。本研究期望進一步透過分析 DSM 資料內的高度差異 (如圖 13(b))，將區塊建物框細分，以提升區塊建物模型的「幾何」細緻程度。本項技術經本研究初步證實可行，惟其成果之準確度及可靠性仍有精進空間，有賴後續研究予以改善及優化。

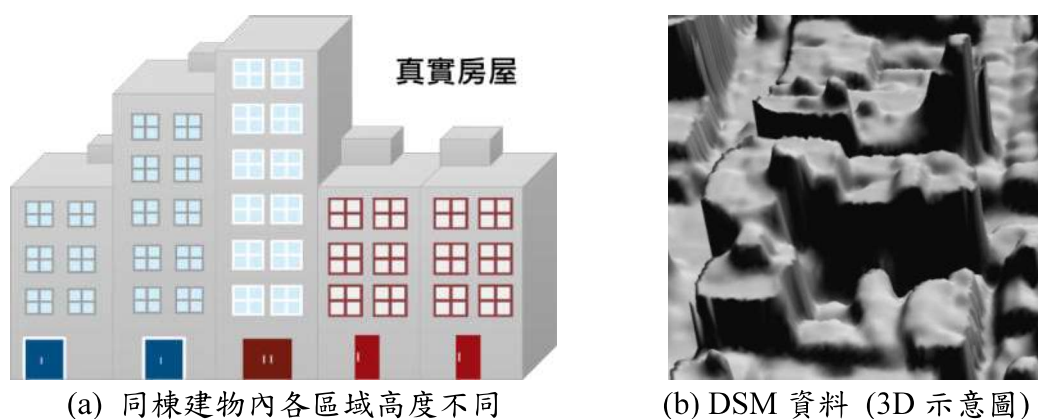


圖 13 區塊建物框依 DSM 高差分割概念

本項區塊建物依高差分割作業可分為以下 2 步驟：

1. 高度資料萃取作業

依據區塊建物框範圍為基準，萃取相應範圍內之 DSM 資料，作為後續高差分割程式運算使用。為提升區塊建物高差分割之成功率及準確度，本研究使用 1 公尺網格間距之 DSM 資料進行測試。此外，為避免因作業方法、資料精度不同所致之套疊偏差影響高差分割成果品質，因此在建物框與 DSM 資料套疊時加入自動微調程序。

2. 建物框高差分割作業

依據建物框高差分割處理程序，利用前項萃取之 DSM 資料進行分析運算，將區塊建物依 DSM 高度差異切割，並產製臺灣通用電子地圖高差分割建物框成果。

由於目前使用的 DSM 資料中仍存在破洞、邊緣鋸齒、高度不平滑（如圖 14）等問題，因此不易直接從 DSM 資料進行輪廓線追蹤（Contour tracing）工作，經分析 DSM 資料特性後，選擇採用「分治策略（Divide-and-Conquer）」進行區塊建物高差分割作業，先將依 DSM 邊緣輪廓逐一細分，最後再將高度相似的區域合併（內政部國土測繪中心，2020）。

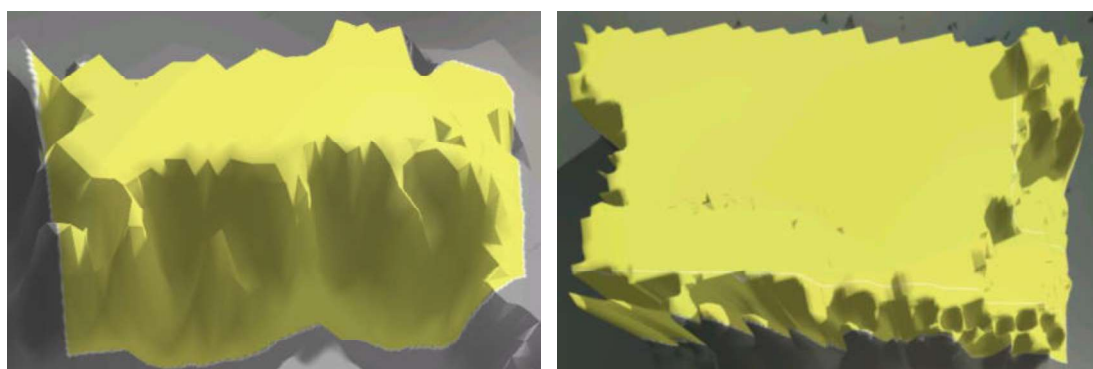


圖 14 DSM 資料之斷面線不平滑、邊緣鋸齒情形

(四) 分戶及分割成果融合

本研究透過「區塊建物依地籍資料分戶」技術可自動化排除冗餘之地籍線段(如圖 15(a)中桃紅色不規則之地籍線),獲得大部分區分不同棟建物範圍之「分戶線」(如圖 15(b));另一方面,利用「區塊建物依高度差異分割」技術自動化產出部分區分同棟建物不同高度建物範圍之「高差分割線」(如圖 15(c)(d))。後續再以「地籍資料分戶成果為主、DSM 高差分割成果為輔」的原則融合 2 種成果。

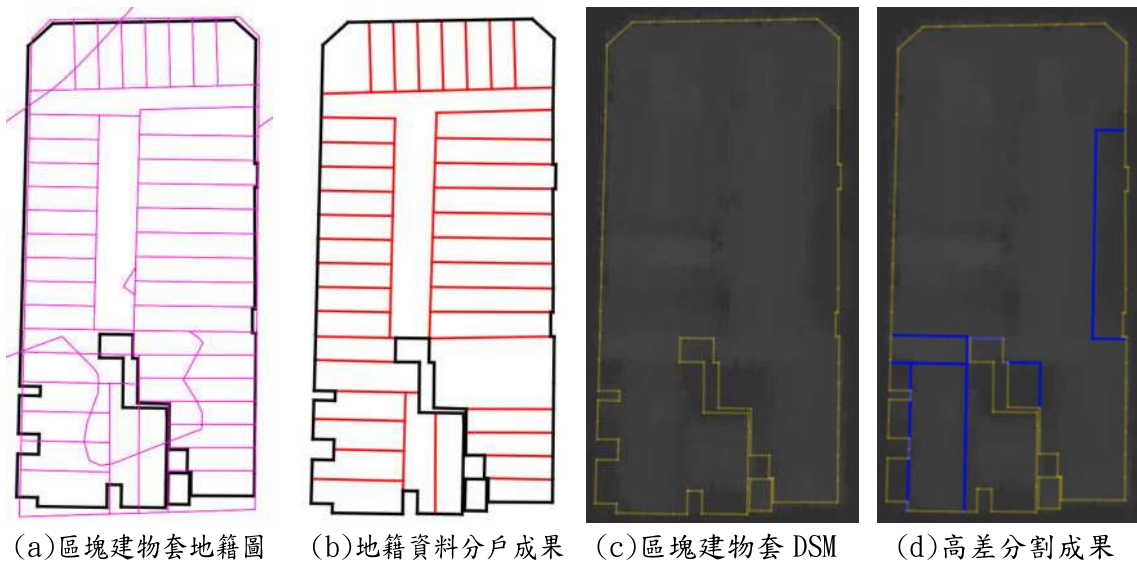


圖 15 地籍資料分戶成果、高差分割成果示意

利用 QGIS 等工具套疊 2 種成果圖資(地籍資料分戶成果、高差分割成果),先將 DSM 高差分割成果依序排除下列 3 種狀況:(1)臺灣通用電子地圖(emap)建物框線、(2)與地籍資料分戶線「距離相近」之高差分割線、(3)與地籍資料分戶線「夾角不合理」之高差分割線;最後,則以地籍資料分戶成果為基礎,再利用篩選後剩餘的高差分割線進行再分割,即可快速融合 2 種區塊建物細分成果(如圖 16)。

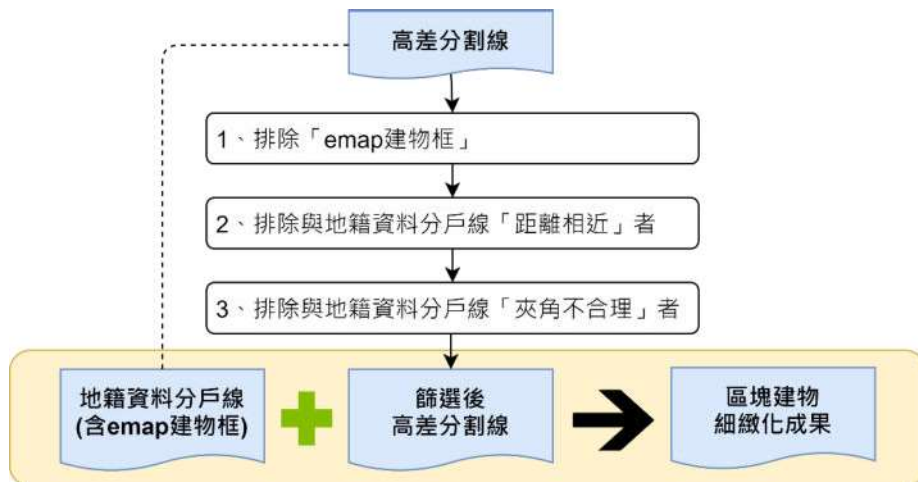


圖 16 建物框融合編修作業流程

(五) 產製區塊建物分戶及分割融合成果之細緻化建物模型

延續內政部國土測繪中心 108、109 年度三維近似化建物模型產製及更新作業中採用之流程及方法（內政部國土測繪中心, 2019、2020），將二維建物框搭配 DTM 資料計算取得建物樓高後，直接產製三維灰階建物模型。

1. DTM 資料萃取樓高資訊

利用 DEM 及 DSM 資料進行樓高資訊萃取，針對建物框範圍內之 DSM 與 DEM 差值進行運算，並取一「代表值」作為該建物框之樓高資訊。首先，將建物框內所有網格點（排除邊緣區域）之高度值進行統計分析，先依建物框內最高之高度值為基準，以 3.3 公尺為級距進行分層（例如：建物框內最高之高度值為 33 公尺，則按 3.3 公尺為級距，分為 10 層），並統計各層高度範圍內的點數，找出數量最多之層（即眾數層，如圖 17），最後計算眾數層內之高度平均值作為代表樓高。

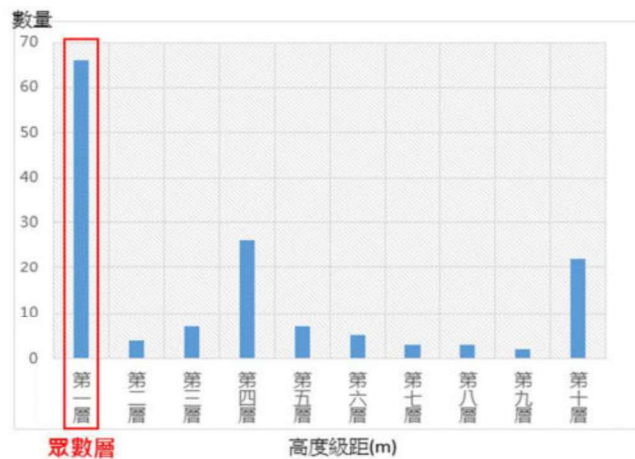


圖 17、樓高眾數層統計示意圖

2. 三維灰階建物模型產製

利用二維建物框搭配前述計算之建物樓層高度，可直接產製三維灰階建物模型（檔案為 KMZ/KML 格式），並依建物樓高賦予不同顏色，強化視覺效果（如圖 18）。

群組	樓層級距	HTML 顏色代碼	色表
1	1	E2F5FA	淺藍色
2	2	BCD3FD	淡藍色
3	3-4	A2C0FE	淡藍色
4	5-6	81A6FE	淡藍色
5	7-8	6290FF	淡藍色
6	9-11	547EEC	淡藍色
7	12-15	5074CC	淡藍色
8	16-20	4C68B2	淡藍色
9	21-40	486099	淡藍色
10	>40	455682	淡藍色



(a) 各樓層級距之色碼表

(b) 三維灰階建物模型展示範例

圖 18 依建物樓高賦予顏色以增加視覺化效果

(六) 小結

本研究主要應用地籍圖資料、土地及建物標示部資料、門牌資料、臺灣通用電子地圖及 DSM 等現有圖資，透過自動化機制將臺灣通用電子地圖區塊建物框進行地籍資料分戶及 DSM 高差分割之建物框細緻化作業，並輔以人工檢視編修提高區塊建物細緻化成果品質，最後利用分戶及分割融合後之建物框產製三維建物模型 (LOD 1)，提升全國三維建物模型成果品質。本研究提出之完整作業流程如圖 19。

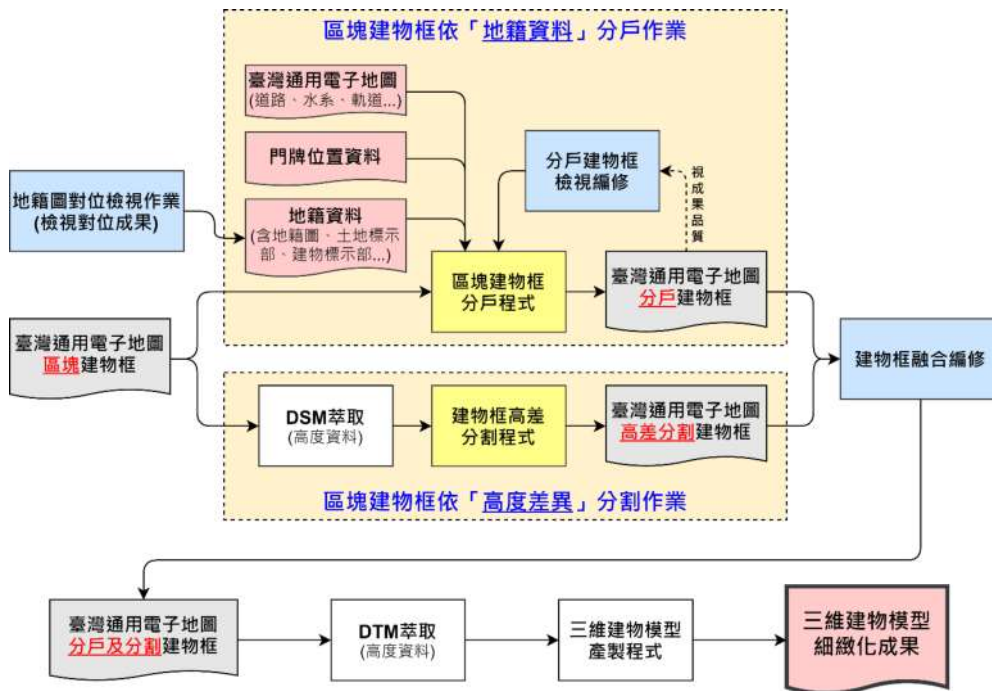


圖 19 區塊建物三維建物模型細緻化之作業流程

四、成果及分析

(一) 測試區域

本研究選擇臺中市北區、西屯區、大安區、烏日區等 4 個行政區域作為測試區域，其位置分布圖如圖 20。



圖 20 測試區域分布圖

本研究係依不同建物分布態樣（如圖 21）選定測試區域，其中：北區屬於建物高度密集的「城區」，大安區則屬於建物分布較稀疏分散的「郊區」；另有 1 類為「城郊混合區」，兼具城區及郊區特性，其中西屯區為城區比例較高，烏日區為郊區比例較高。各測試區域之概況資料彙整如表 2。

表 2 測試區域概況表

測試區名稱	行政區代碼	面積 ^{*註1}	登記土地總數 ^{*註2}	區域類型	後續測試結果比較之目標建物框圖資
臺中市 北區	B05	約 759公頃	43,461筆	城區	臺中市一千分之一地形圖建物圖層(108年更新局部成果)
臺中市 西屯區	B06	約3,995公頃	65,294筆	城郊混合區(偏城區)	臺中市一千分之一地形圖建物圖層(108年更新局部成果)
臺中市 大安區	B22	約3,553公頃	24,178筆	郊區	臺灣通用電子地圖區塊建物框加值分戶成果(105年測製)
臺中市 烏日區	B23	約4,162公頃	52,423筆	城郊混合區(偏郊區)	臺灣通用電子地圖區塊建物框加值分戶成果(104年測製)

註1：以 QGIS 軟體計算「鄉鎮市區界線(TWD97經緯度)」檔案中行政區之圖形面積。（鄉鎮市區界線資料來源：政府資料開放平臺）。

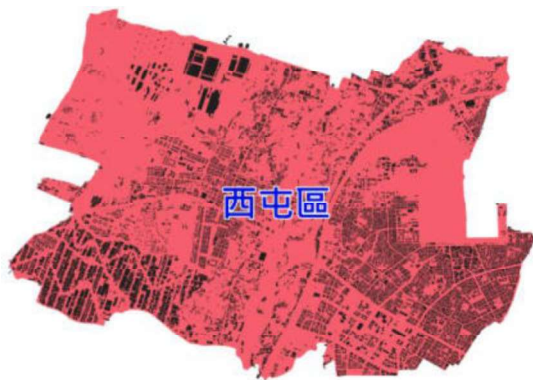
註2：108年底統計數量（資料來源：臺中市政府地政局108年地政統計年報）。



(a) 城區（建物密集）



(b) 郊區（建物稀疏分散）



(c) 城郊混合區（部分區域建物密集、部分區域建物稀疏）



圖 21 測試區域建物密度分布情形（圖中黑色區域為建物範圍）

(二) 成果分析

1. 成果評估方式

本研究設計之成果品質評估方式，係透過 QGIS 將地籍資料分戶建物框成果與目標建物框套疊分析後（如圖 22），計算出「地籍資料分戶成功率」之品質量化評估指標。亦即分析計算每個地籍資料分戶建物框多邊形內所對應（包含）的「目標建物框數量」（即一千分之一地形圖建物框或臺灣通用電子地圖加值分戶建物框之數量），再歸納出數個對應類型，並計算分戶成功態樣之成果數量，供後續評估分戶成功率使用。

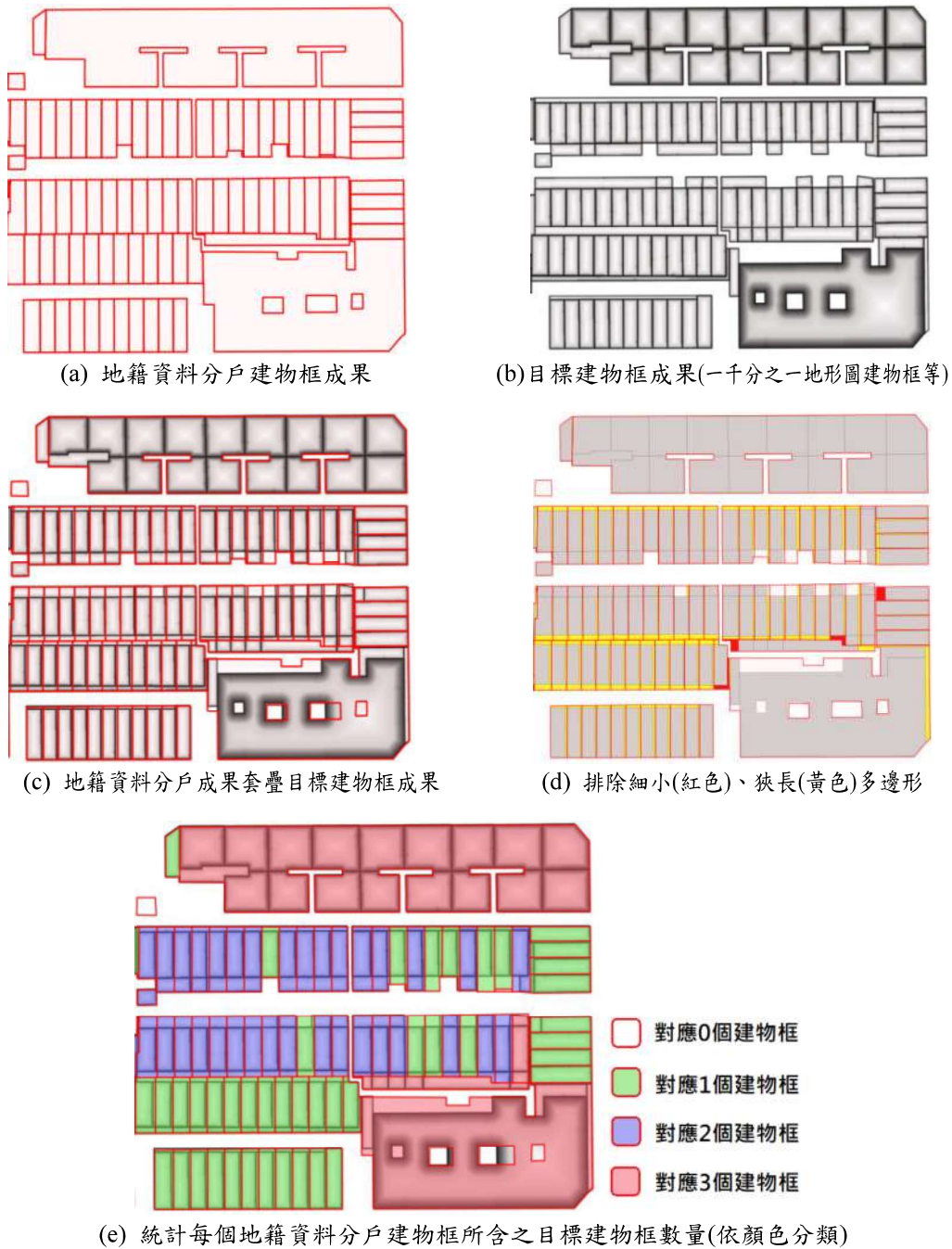


圖 22 地籍資料分戶建物框成果與目標建物框之套疊分析

可按圖 23 的分類流程，進一步將各種對應情形進行細分，共可歸納出 9 種態樣種類（計有 A1、A2、A3、B1、B2、C1、C2、D1、D2 等 9 類），其中 A1、A2、B1、C1、D1 等 5 類成果將視為地籍資料分戶建物框之「成功態樣」。

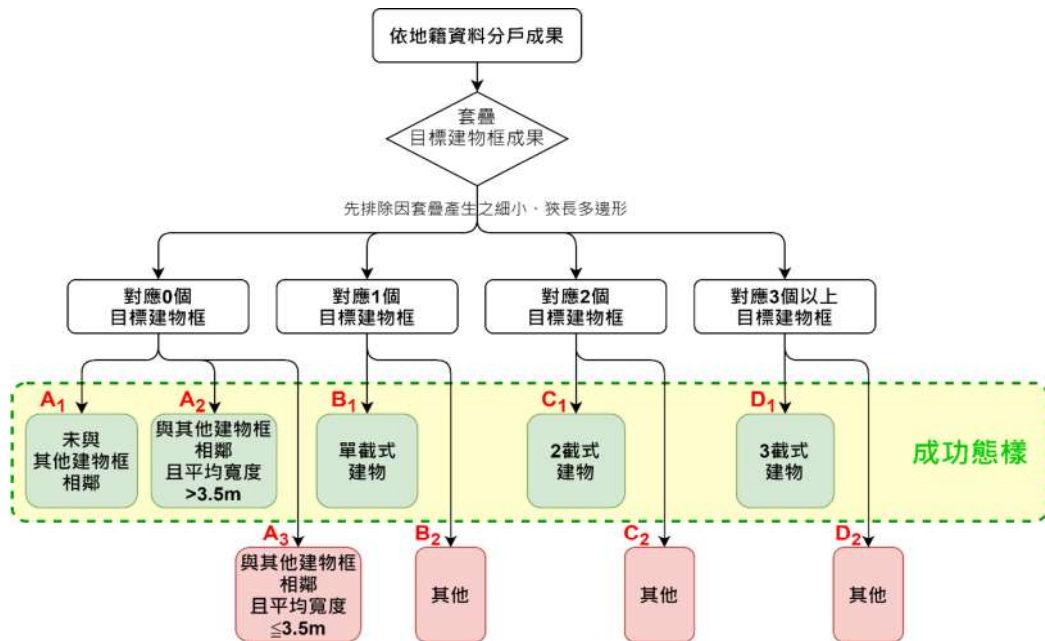


圖 23 地籍資料分戶建物框成果分析流程圖

本研究所提出的地籍資料分戶建物框成果品質評估指標為「分戶成功率」，其計算方式如下：先統計地籍資料分戶建物框成果中 9 種態樣的數量，接著計算「分戶成功態樣」成果之總數量與目標建物框總數量之比例，該比例即為分戶成功率。因此，若分戶成功態樣之數量越多，則代表分戶成功率越高。

2. 地籍資料分戶建物框初始成果

本研究依不同建物分布態樣選定 4 個區域進行區塊建物框「自動化」地籍資料分戶作業，分別為：臺中市北區（屬於建物高度密集的「城區」）、臺中市大安區（屬於建物分布較稀疏分散的「郊區」）、臺中市西屯區（屬於城區比例較高的「城郊混合區」）、臺中市烏日區（屬於郊區比例較高的「城郊混合區」）。

綜觀而言，4 個測試區的地籍資料分戶建物框初始成果「分戶成功率」分布之差異較大（如表 3、表 4），其中城區之分戶成功率接近 9 成，郊區之分戶成功率僅 4 成，城郊混合區之分戶成功率約 7 成多，介於城區及郊區之間。

由此可見地籍資料分戶作業模式於郊區範圍之成效相對較低，其原因歸納為三：
(1) 郊區共有土地（地籍未細分）數量較多，地籍資料分戶無法介入。
(2) 郊區未登記建物（無建號）數量較多（如三合院、舊式平房、鐵皮工廠、倉庫……），以致地籍線搭配門牌判斷未登記建物的機制較易誤判（會出現多餘分戶線）。
(3) 建築基地常多筆土地混同使用，而建物使用範圍卻未與地籍線一致。

表 3 地籍資料分戶建物框初始成果對應目標建物框分類態樣統計表

	地籍資料分戶建物框總數	對應 0 個建物框			對應 1 個建物框		對應 2 個建物框		對應 3 個以上建物框	
		A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	D1	D2
		未與其他建物框相鄰	與其他建物框相鄰且平均寬度>3.5m	與其他建物框相鄰且平均寬度≤3.5m	單截式建物	其他	2截式建物	其他	3截式建物	其他
北區 (城區)	24720	209 0.8%	135 0.5%	1738 7.0%	12151 49.2%	1138 4.6%	5105 20.7%	1666 6.7%	883 3.6%	1695 6.9%
西屯區 (城郊混合)	40749	2183 5.4%	457 1.1%	2558 6.3%	16160 39.7%	2142 5.3%	7919 19.4%	3615 8.9%	1669 4.1%	4046 9.9%
烏日區 (城郊混合)	23969	1279 5.3%	354 1.5%	1207 5.0%	12865 53.7%	1396 5.8%	2609 10.9%	2202 9.2%	268 1.1%	1789 7.5%
大安區 (郊區)	7965	725 9.1%	17 0.2%	221 2.8%	2263 28.4%	2007 25.2%	507 6.4%	1125 14.1%	83 1.0%	1017 12.8%

表 4 地籍資料分戶建物框初始成果「分戶成功率」分析比較表

	目標建物框 Polygon總數 (P1)	其中面積小於 25平方公尺之Polygon數量 (P2)	修正後目標建物框總數 (P1-P2)+(A1+A2)	分戶成功建物框加權計算數量 (A1+A2+B1+C1*2+D1*3)	分戶成功率 (A1+A2+B1+C1*2+D1*3)/(P1-P2)+(A1+A2)
北區 (城區)	33416	4756	29004	25354	87.42%
西屯區 (城郊混合)	61461	11788	52313	39645	75.78%
烏日區 (城郊混合)	29506	2616	28523	20520	71.94%
大安區 (郊區)	10960	1354	10348	4268	41.24%

本研究透過人工介入檢視編修地籍資料分戶建物框成果，期望能有效提升「郊區範圍」的分戶成功率。

3. 輔以人工檢視編修成果

本研究另挑選臺中市北區（城區）及大安區（郊區）進行地籍資料分戶建物框成果人工檢視編修的測試作業，藉由人工介入進行全面檢視及編修作業，可將「自動化」地籍資料分戶建物框初始成果中瑕疵、未進行的分戶線進行修正或新增，以提升地籍資料分戶成果之品質。

表 5 地籍資料分戶建物框成果「編修前後」對應目標建物框分類態樣統計表

地籍資料分戶成果分析		地籍資料分戶建物框總數	對應 0 個建物框			對應 1 個建物框		對應 2 個建物框		對應 3 個以上建物框	
			A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	D1	D2
			未與其他建物框相鄰	與其他建物框相鄰且平均寬度>3.5m	與其他建物框相鄰且平均寬度≤3.5m	單截式建物	其他	2截式建物	其他	3截式建物	其他
北區 (城區)	初始成果	24720	209 0.8%	135 0.5%	1738 7.0%	12151 49.2%	1138 4.6%	5105 20.7%	1666 6.7%	883 3.6%	1695 6.9%
	編修成果	24235	206 0.9%	217 0.9%	1181 4.9%	12330 50.9%	992 4.1%	5187 21.4%	1619 6.7%	885 3.7%	1618 6.7%
大安區 (郊區)	初始成果	7965	725 9.6%	17 0.2%	221 2.9%	2263 29.9%	2007 26.5%	507 6.7%	1125 14.8%	83 1.1%	1017 13.4%
	編修成果	9154	760 9.6%	73 0.9%	81 1.0%	5262 66.2%	450 5.7%	676 8.5%	1152 14.5%	116 1.5%	584 7.3%

表 6 地籍資料分戶建物框成果「編修前後」分戶成功率分析比較表

地籍資料分戶成果 分戶成功率		目標建物框 Polygon總數 (P1)	其中面積小於 25平方公尺 之Polygon數量 (P2)	修正後目標建物框總數 (P1-P2)+(A1+A2)	分戶成功建物框 加權計算數量 (A1+A2+B1+C1*2+D1*3)	分戶成功率 (A1+A2+B1+C1*2+D1*3) /(P1-P2)+(A1+A2)
北區 (城區)	初始成果	33416	4756	29004	25354	87.42%
	編修成果	33416	4756	29083	25782	88.65%
大安區 (郊區)	初始成果	10960	1354	10348	4268	41.24%
	編修成果	10960	1354	10439	7795	74.67%

由表 5 及表 6 所示，地籍資料分戶建物框成果「編修前後」分戶成功率的差異比較，證實經過人工介入編修後，確實可將郊區（臺中市大安區）之分戶成功率大幅提升約 30%（由 41.24% 提升至 74.67%），而城區範圍因初始成果之成功率已較高，因此成功率提升效果較有限。

4. 分戶及分割融合成果

延續前面地籍資料分戶建物框成果人工編修作業，同樣選定臺中市北區（城區）及臺中市大安區（郊區）作為區塊建物框分戶及分割融合編修作業的測試區域。由表 7 及表 8 所示，無論城區、郊區，地籍資料分戶建物框成果加入高差分割作業成果後，皆能提升分戶成功率約 4~9%。

表 7 「分戶及分割融合成果」對應目標建物框分類態樣統計表

分戶及分割融合 成果分析		地籍資料 分戶建物框 總數	對應 0 個建物框			對應 1 個建物框		對應 2 個建物框		對應 3 個以上建物框	
			A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	D1	D2
			未與 其他建物框 相鄰	與其他建物框 相鄰且 平均寬度>3.5m	與其他建物框 相鄰且 平均寬度≤3.5m	單載式建物	其他	2載式建物	其他	3載式建物	其他
北區 (城區)	初始成果	24720	209	135	1738	12151	1138	5105	1666	883	1695
			0.8%	0.5%	7.0%	49.2%	4.6%	20.7%	6.7%	3.6%	6.9%
	編修成果	24235	206	217	1181	12330	992	5187	1619	885	1618
			0.9%	0.9%	4.9%	50.9%	4.1%	21.4%	6.7%	3.7%	6.7%
	融合成果	30571	198	713	2641	16123	2885	4220	1640	586	1565
			0.6%	2.3%	8.6%	52.7%	9.4%	13.8%	5.4%	1.9%	5.1%
大安區 (郊區)	初始成果	7965	725	17	221	2263	2007	507	1125	83	1017
			9.6%	0.2%	2.9%	29.9%	26.5%	6.7%	14.8%	1.1%	13.4%
	編修成果	9154	760	73	81	5262	450	676	1152	116	584
			9.6%	0.9%	1.0%	66.2%	5.7%	8.5%	14.5%	1.5%	7.3%
	融合成果	11629	756	138	499	6307	1491	640	1189	88	521
			3.1%	0.6%	2.0%	25.5%	6.0%	2.6%	4.8%	0.4%	2.1%

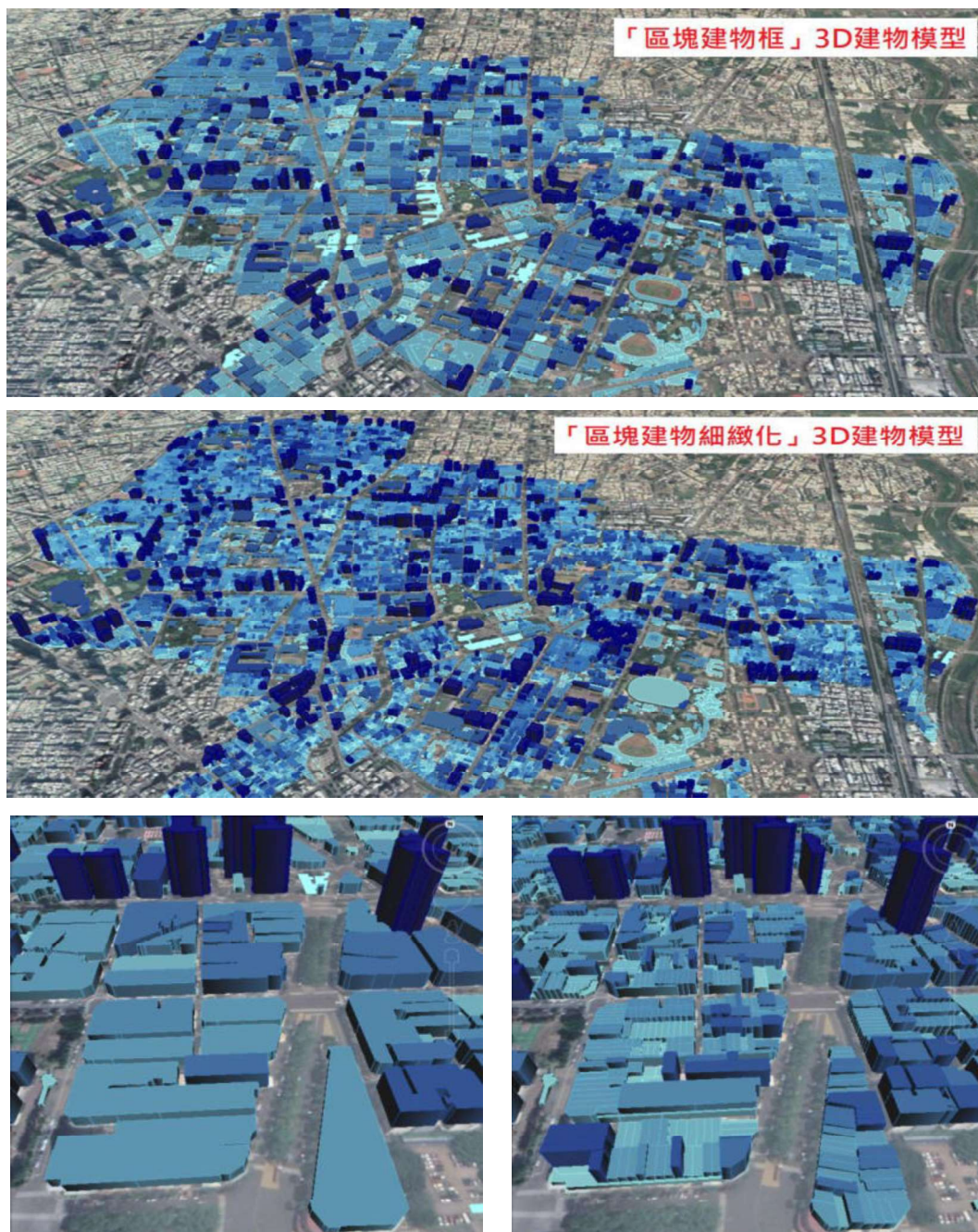
表 8 「分戶及分割融合成果」分戶成功率分析比較表

分戶及分割融合成果 分戶成功率		目標建物框 Polygon總數 (P1)	其中面積小於 25平方公尺 之Polygon數量 (P2)	修正後目標建物框總數 (P1-P2)+(A1+A2)	分戶成功建物框 加權計算數量 (A1+A2+B1+C1*2+D1*3)	分戶成功率 (A1+A2+B1+C1*2+D1*3) /(P1-P2)+(A1+A2)
北區 (城區)	初始成果	33416	4756	29004	25354	87.42%
	編修成果	33416	4756	29083	25782	88.65%
	融合成果	33416	4756	29571	27232	92.09%
大安區 (郊區)	初始成果	10960	1354	10348	4268	41.24%
	編修成果	10960	1354	10439	7795	74.67%
	融合成果	10960	1354	10500	8745	83.29%

(三) 三維建物模型細緻化成果

利用前述區塊建物地籍分戶作業成果（搭配人工編修檢視），再透過 DTM 資料萃取樓高資訊後，即可產製得到區塊建物細緻化之三維灰階建物模型。

圖 24 分別將區塊建物框（即現況成果）、區塊建物細緻化成果（即精進後之地籍分戶含人工編修成果）所產製之三維灰階建物模型並列，透過視覺上的直觀比較，不難發現透過本研究所提方法精進後，區塊建物框三維建物模型的細緻度已明顯優化。



(a) 「區塊建物框」三維灰階建物模型

(b) 「區塊建物細緻化」三維灰階建物模型

圖 24 區塊建物細緻化三維灰階建物模型成果比較（臺中市北區）

(四) 成本分析

臺灣通用電子地圖區塊建物框、臺灣通用電子地圖加值分戶建物框及一千分之一地形圖建物框，雖然都是以航照影像立體製圖方式產製，但在建物範圍的繪製方式有所差異。就分戶成果較佳之建物框圖資而言，臺灣通用電子地圖加值分戶建物框係運用航照影像立體製圖方法進行區塊建物框測製分戶，所需成本約 1,670 元/每公頃土地；而一千分之一地形圖建物框測製成本約 6,500 元/每公頃土地，其中建物框分戶製作成本約 2,500 元/每公頃土地（內政部國土測繪中心，106 年度提升服務品質執行績效報告—測繪臺灣 用心深耕 打造國家電子地圖，2017）。

本研究以臺中市北區及大安區進行完整流程之實際測試，其中地籍圖對位檢視作業之人力成本分別約需 2、4 人/天；地籍資料分戶建物框成果人工檢視編修作業之人力成本分別約需 10、14 人/天；作業過程中所有資料處理工作之人力成本約各需 2 人/天。若以每人每天新臺幣 3,000 元之薪資基準換算人力成本，可計算出的地籍資料分戶作業平均作業單價約為 36 元/每公頃土地（如表 9）。與傳統的一千分之一地形圖測製作業及臺灣通用電子地圖加值分戶作業相比，雖然分戶成果完整度不及上開 2 圖資，但作業成本約為上開 2 圖資成本的 1 成不到。

表 9 區塊建物框依地籍資料分戶作業之人力成本分析表

作業項目	臺中市 北區	臺中市 大安區	備註
	所需人力（人/天）		
1、地籍圖對位檢視	2	4	本項可由國土測繪中心派員檢視
2、地籍資料分戶建物框成果人工檢視編修	10	14	
3、資料處理(綜合)	2	2	
合計	14	20	
人力成本（元）	42,000	60,000	以 1 人/天：3,000 元估算
土地總面積	759 公頃	3553 公頃	
作業平均單價（元/每公頃土地）	55	17	平均為 36（元/每公頃土地）
建物總面積	349 公頃	162 公頃	
作業平均單價（元/每公頃建物）	120	370	平均為 245（元/每公頃建物）

另由於本研究人工檢視編修著重之標的為「建物」，若以單位面積土地估算成本，將因建物分布密度不均而導致成本估算較不合理。故另以單位面積建物之方式重新分析成本，作為後續建置成本估算之參考，依本研究測試區測試數據計算出之地籍資料分戶作業平均作業單價約為 245 元/每公頃建物（如表 9）。透過本研究運用地籍圖、門牌、正射影像及 DTM 等圖資以自動化輔以人工編修方式所獲得之區塊建物框分戶及分割成果，精度雖無法與傳統測繪方式進行建物框細緻化之作業成果相比擬，其成果之後續應用範圍或許亦有限，但已可普遍達到全國三維建物模型（LOD 1）產製之精度需求，可以低成本、有效率方式將全國區塊式三維建物模型的精進及優化。

五、結論

- (一) **自動化地籍資料分戶建物框成果成功率：城區高、郊區較低。**本研究發現，利用地籍圖等輔助資料進行自動化分戶作業之成果，經與 2 種目標建物框（一千分之一地形圖建物成果及臺灣通用電子地圖加值分戶之建物成果）比較，在城區及城郊混合區範圍，因建築基地較小且密集，建物邊界常與地籍線一致，其分戶成功率可達 70% 至 87%；反觀郊區範圍，因建築基地較大、家族共有土地未依建物實際使用範圍分割等因素，以致建物邊界常與地籍線不一致，因此郊區之分戶成功率較差，僅約 40%。
- (二) **人工介入編修作業，可有效提升郊區範圍地籍資料分戶成功率。**經實際驗證，結合正射影像、門牌位置等輔助資料，透過人工檢視編修方式，可有效提升郊區範圍之地籍資料分戶作業成果之品質及成功率，以臺中市大安區為例，經人工檢視編修作業後，地籍資料分戶成功率可由 41.24% 大幅提升至 74.67%。
- (三) **結合 DSM 資料高度差異分割技術，可進一步提升地籍資料分戶建物框成果之分戶成功率。**經實際驗證，將地籍資料分戶建物框成果（經人工編修）加入高差分割作業成果後，可將分戶成功率再向上提升約 4% 至 9%，整體分戶成功率可達 80% 以上。
- (四) **本研究提出之建物細緻化方式具成本低、效率高的特性。**經實際驗證，本研究所提出的臺灣通用電子地圖區塊建物框細緻化作業流程，雖然分戶成果完整度不及航測方式進行之大範圍建物框細緻化作業，但此自動化輔以人工編修作業方法之作業成本僅需航測方式的 1 成不到，兼具低成本及作業效率高的優點。
- (五) **藉由地籍圖對位成果檢視作業，可同步提升「地籍圖對位成果」及「地籍資料分戶成果」之品質。**本研究發現，藉由地籍資料分戶作業前的地籍圖對位成果檢視作業，除了可有效提升地籍資料分戶成果之品質及正確性、大幅減少後續人工檢視編修之作業時間外，同時能提升地籍圖對位成果之品質，強化地籍圖資於 GIS 領域之可用性。
- (六) **經實際驗證，本研究提出之建物細緻化方式可行，可將全國區塊式三維建物模型全面優化升級。**經實際驗證，本研究提出的臺灣通用電子地圖區塊建物框細緻化作業流程，可透過運用地籍圖資（含建號資料）、臺灣通用電子地圖及門牌等資料，以自動化地籍資料分戶作業方法，可精進臺灣通用電子地圖區塊建物框的細緻程度，並結合人工檢視編修地籍資料分戶建物框成果，提升細緻化成果之品質及成功率，可明顯提升區塊式三維建物模型成果之細緻度及後續可用性。未來可藉由擴大試辦範圍，以確立實際作業流程，並逐步更新以現有臺灣通用電子地圖區塊建物框產製的區塊式三維建物模型成果。

參考文獻

- 內政部國土測繪中心，2013。102 年度國土測繪圖資網路地圖服務系統擴充案工作總報告。
- 內政部國土測繪中心，2016。內政部國土測繪中心自行研究報告—臺灣通用電子地圖更新技術精進之研究。
- 內政部國土測繪中心，2017。106 年度提升服務品質執行績效報告—測繪臺灣 用心深耕 打造國家電子地圖。
- 內政部國土測繪中心，2019。108 年度三維近似化建物模型建置工作採購案工作總報告。
- 內政部國土測繪中心，2019。108 年度測繪資料智慧雲端增值服務擴充案工作總報告。
- 內政部國土測繪中心，2019。全國無接縫 GIS 地籍圖（第 15 屆金圖獎參獎文件）。
- 內政部國土測繪中心，2020。109 年度三維近似化建物模型更新案工作總報告。
- 臺中市政府地政局，2020。臺中市政府地政局 108 年地政統計年報。
- 許志彰、游豐銘、林昌鑑，2019。全國 GIS 地籍圖產製及應用，《第 38 屆測量及空間資訊研討會》。
- 劉正倫、林昌鑑、湯美華，2019 年 12 月。三維國家底圖與雲端服務平臺發展現況與展望，《政府機關資訊通報》，第 362 期，第 1~8 頁。
- 劉正倫、蔡季欣、林昌鑑、湯美華，2019 年 06 月。三維國家底圖建置，《國土及公共治理季刊》，第 84~89 頁。
- Berlin 3D, <https://www.businesslocationcenter.de/berlin3d-downloadportal/#/export> .
- NYC 3-D Building Model, <https://www1.nyc.gov/site/doitt/initiatives/3d-building.page> .
- Virtual Singapore, <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore> .
- Filip Biljecki、Hugo Ledoux、Jantien Stoter, 2016, An improved LOD specification for 3D building models, *Computers, Environment and Urban Systems*, Volume 59, Pages 25-37.
- K. H. Soon, V. H. S. Khoo, 2017, Citygml modelling for Singapore 3d national mapping. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W7, 2017 12th 3D Geoinfo Conference, Pages 37-42.
- Open Geospatial Consortium, 2012, *OGC City Geography Markup Language (CityGML) En-coding Standard*.