

台北市三維數位城市 之建置與應用

臺北市地理資訊推動顧問案計畫主持人
孫樹國 博士

E-mail: sksun@cs.nctu.edu.tw

Mobile: 0920053114

臺北市府GIS推動顧問案

整合規劃

- 綱要計畫
- 標準制度
- 2D圖台運作架構
- 建置3D圖台可行性

推動

- GIS資源整合共用
- 綱要計畫管制
- 評量指標
- 局處訪談

訓練推廣

- 教育訓練
- 研討會

審議與諮詢

- 專案與會議諮詢
- GIS系統諮詢
- 計畫審議

方案研擬

- 共用性道路圖資
- 67/97坐標系統轉換因應

交流

- 跨縣市政府
- 中央部會

系統開發

- 智慧城市3D台北
- 統計地理資訊
- 活化碳水河

前瞻研究

- 自動化3D數位城市建模

系統維護

- 地理資訊網
- 應用系統

三維數位城市之定義

- 將我們所生活城市中之真實地表物體以三維幾何模型予以**重建**，將其表面紋理影像敷貼該模型以成為**仿真城市模型**。
- 以電腦**模擬**真實世界的建築、山川、河流、森林、草地、道路、橋樑等**各類地景**，甚至於**各種不同時期的地貌**。
- 為其**建立**各項物件的**屬性資訊**，**虛擬重現城市之各項機能**。
- 並可透過**網際網路**供使用者瀏覽、查詢、分析及其他**應用**。

臺北三維數位城市之目標

- 全面建立3D數位臺北城市模型。
- 地理圖像化臺北市智慧城市發展之重點資料， 虛擬重現各項市政機能，使更生動及易理解。
- 網際網路供大眾應用。

臺北三維數位城市之發展策略

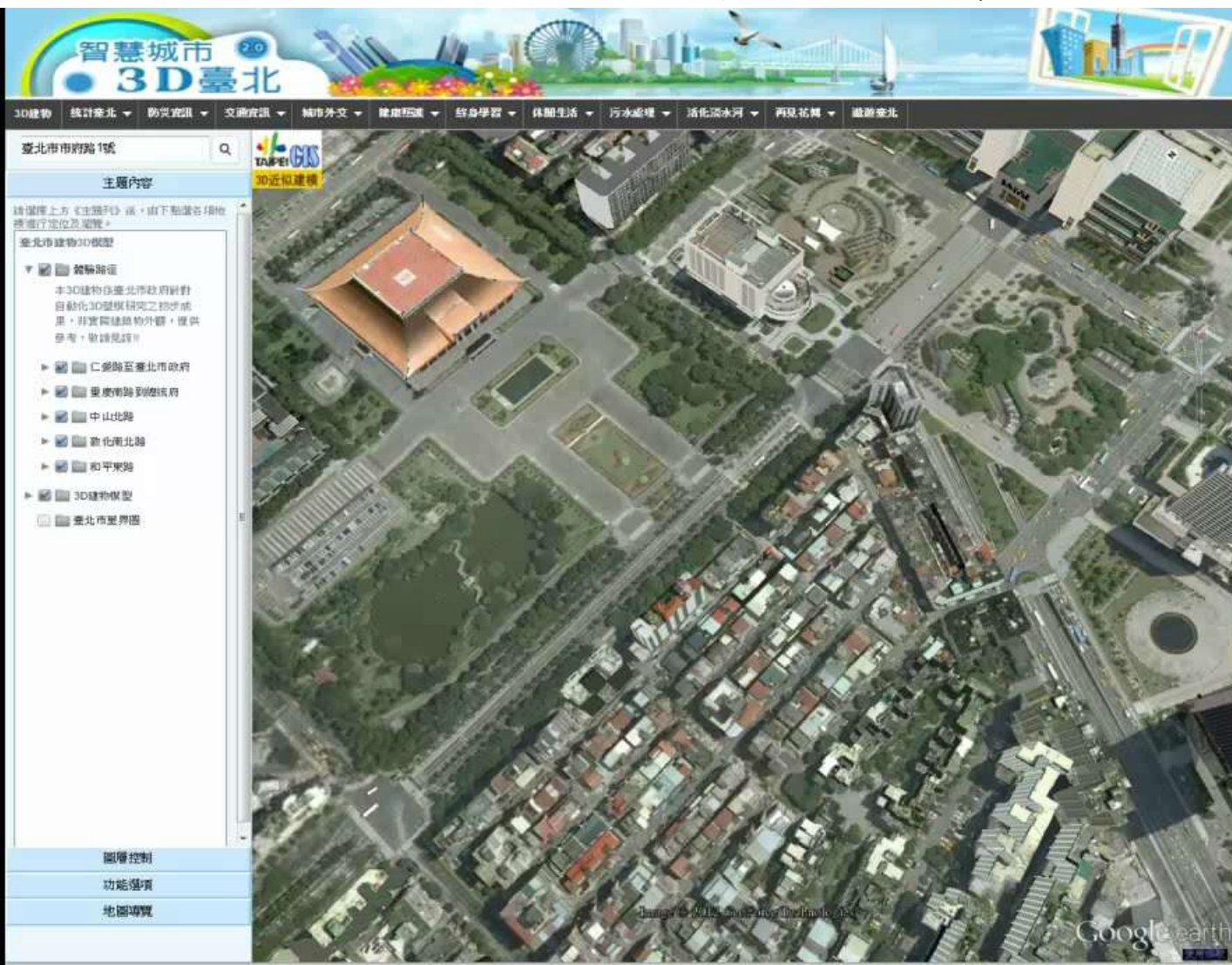
- 資訊圖像化
- 資訊重點化
- 資訊智慧化
- 共同作業圖像(COP)

快速建構三維數位城市 近似化建物模型方法



目的

- 建立整個城市之三維建物模型
- 成果能在Web 3D GIS 平台上順暢顯示



特色

●快速

- 全自動化，可分工，一周內完成全臺北市建模

●省成本

- 運用既有資源，僅系統研發成本+Google API 授權

●近似化模型

- 屋頂精準貼圖 (修正建物傾斜問題，成功率：98%)
- 牆面近似化貼圖 (顏色與紋理與實景類似)

●適用於擁有以下資料之大部分城市

- 建物輪廓圖、正射影像及具地理坐標之街景影像

研究動機

- 3D數位城市為全世界各先進城市努力的目標。
- 目前臺灣各縣市建物3D建模比率偏低!
- 細緻建模成本高!
- 尋求一快速且省成本之替代方案!



紐約



臺北

三維數位城市之應用

- 虛擬城市導覽
- 都市規劃
- 3D導航
- 軍事及國防安全
- 環境與景觀模擬
- 工程規劃與評估
- 運輸規劃及管理
- 災害防救模擬與應變
- 建築與遺址或特定場景重建
- 娛樂及遊戲產業
- 適地性服務(Location Based Service, LBS)

但先要把三維數位城市建起來!!

目前全世界 三維城市建構等級

概分為三種層級：

- 區域全面性細緻化建物群
- 混合式
 - 重點建物細緻化
 - 一般建物簡單化(灰階模型)
- 重點式建立細緻三維模型

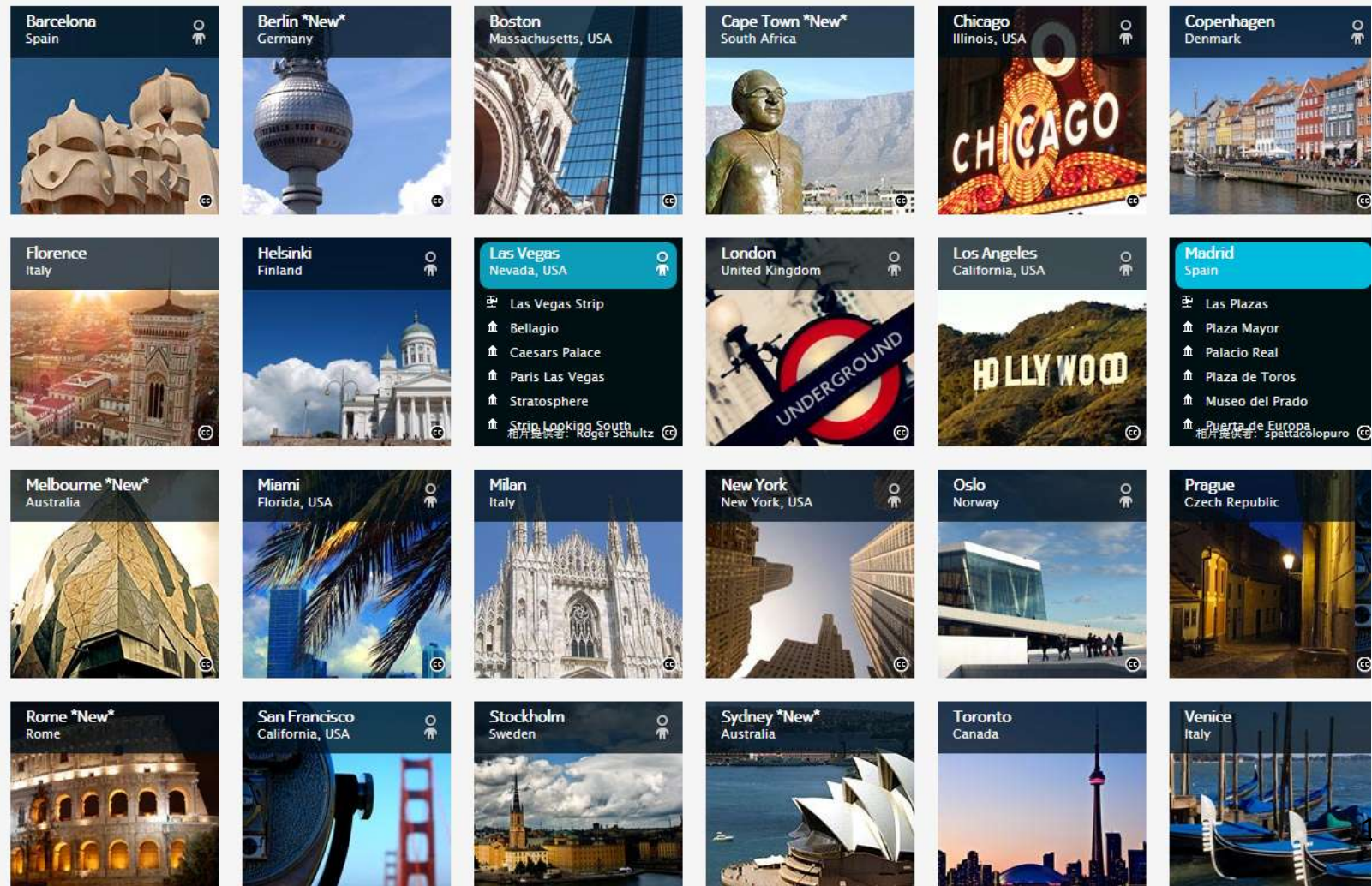
區域全面性細緻化建物群



- 自動化或半自動化，需花大成本。

Ovi Map 25個城市

拜訪各 3D 城市



Google 3D Images

(146個城市)

USA

- Albuquerque, NM
- Anaheim, CA
- Austin, TX
- Birmingham, AL
- Boston, MA
- Boulder, CO
- Charlotte, NC
- Denver, CO
- Lawrence, KS
- Little Rock, AK
- Los Angeles, CA
- Long Beach, CA
- Philadelphia, PA
- Phoenix, AZ
- Portland, OR
- Reno, NV
- San Antonio, TX
- San Diego, CA
- San Francisco Bay Area, CA
- Santa Cruz, CA
- Seattle, WA
- Springfield, IL
- St. Louis, MO
- Tampa, FL
- Tucson, AZ
- Wichita, KS

France

- Avignon
- Grenoble

Germany

- Mannheim
- Munich
- Zurich
- Ulm

Italy

- Rome

Australia

- Canberra

Switzerland

- Geneva
- Basel
- Bern
- Lausanne

Austria

- Linz

中國大陸

- 3D 上海、北京 廣州 深圳 上海 武
漢 泉州 東莞 珠海 澳門 太原 貴
陽 昆明 蕪湖 東營 常州 義烏 江
門 庫爾勒 黃山 株洲 晉城 蚌埠

3D上海



3D澳門



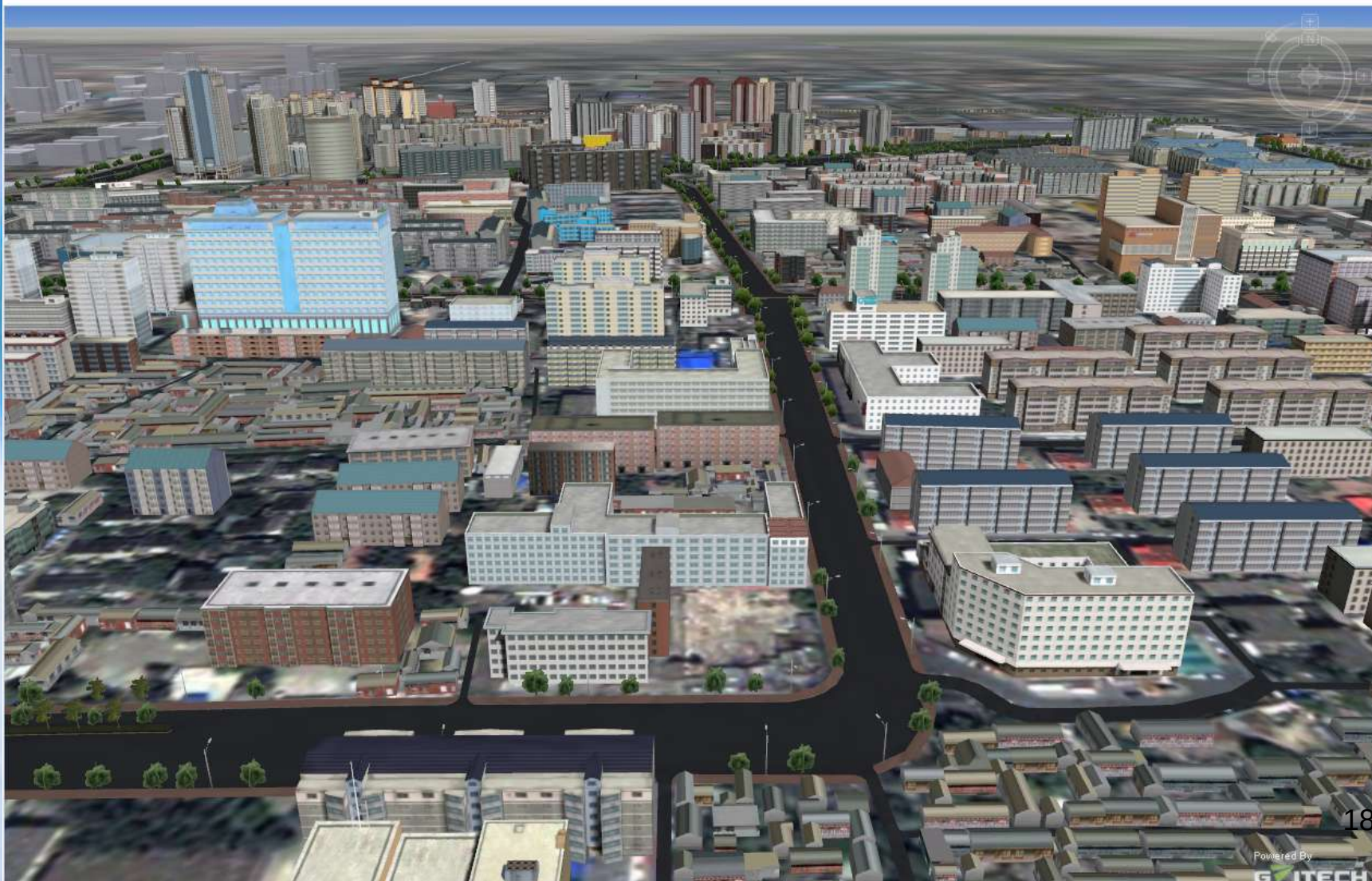
北京數碼城市

diciti 數城
beta

[首页](#) | [我的空间](#) | [城市信息](#) | [奥运场馆](#) | [奥运交通](#) | [旅游景点](#) | [我要留言](#)

sksun 设置 退出 标注 | English 北京

如：鸟巢、天安门等 试一试



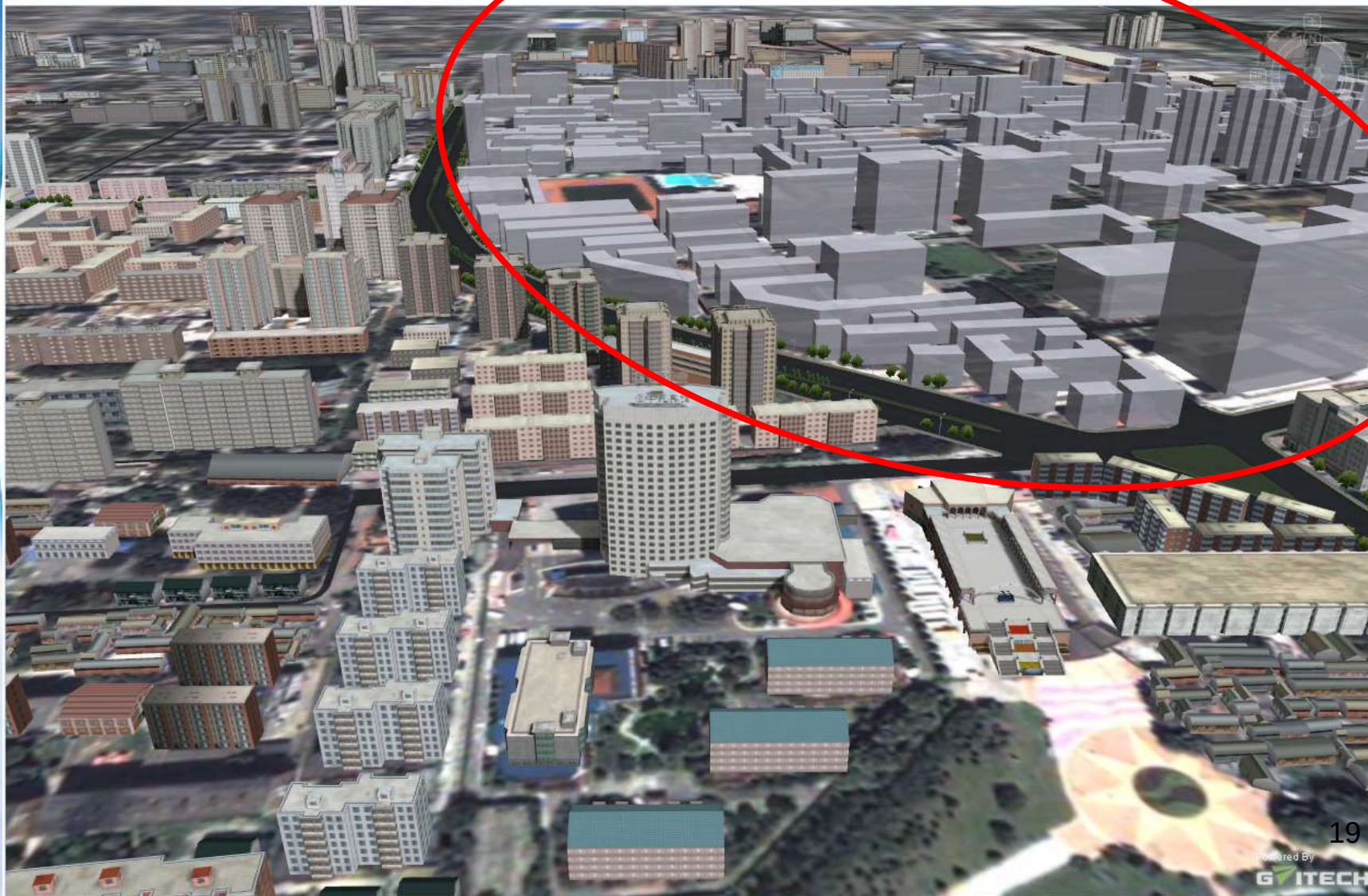
北京數碼城市

diciti 数位城市

首页 | 我的空间 | 城市信息 | 奥运场馆 | 奥运交通 | 旅游景点 | 我要留言

sksun 设置 退出 标注 | English 北京

如：天安门等……试一试



混合式(Hybrid)

- 重點建物細緻化、一般建物簡單化

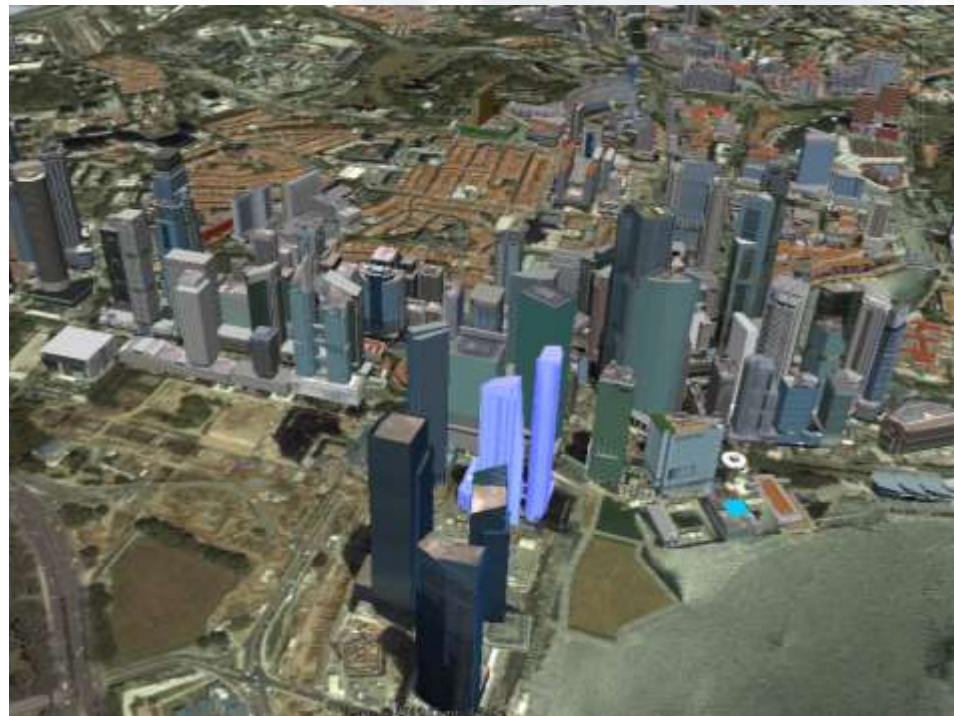


重點式建立細緻三維模型

- 世界上大部分城市均屬此類
 - 台灣各縣市
 - 亞洲大部分城市



臺北市 韓國首爾

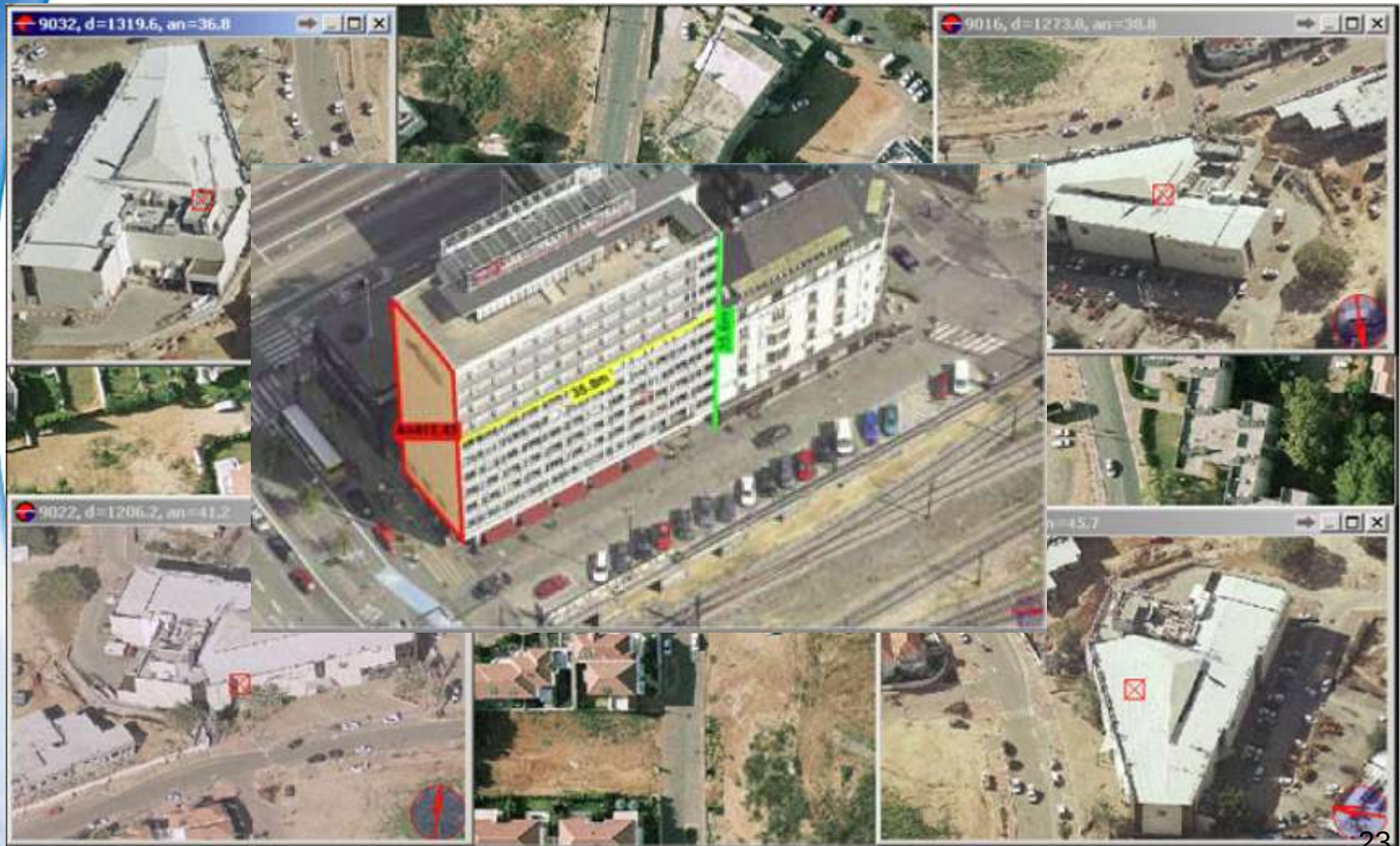


新加坡 新北市

城市建模技術

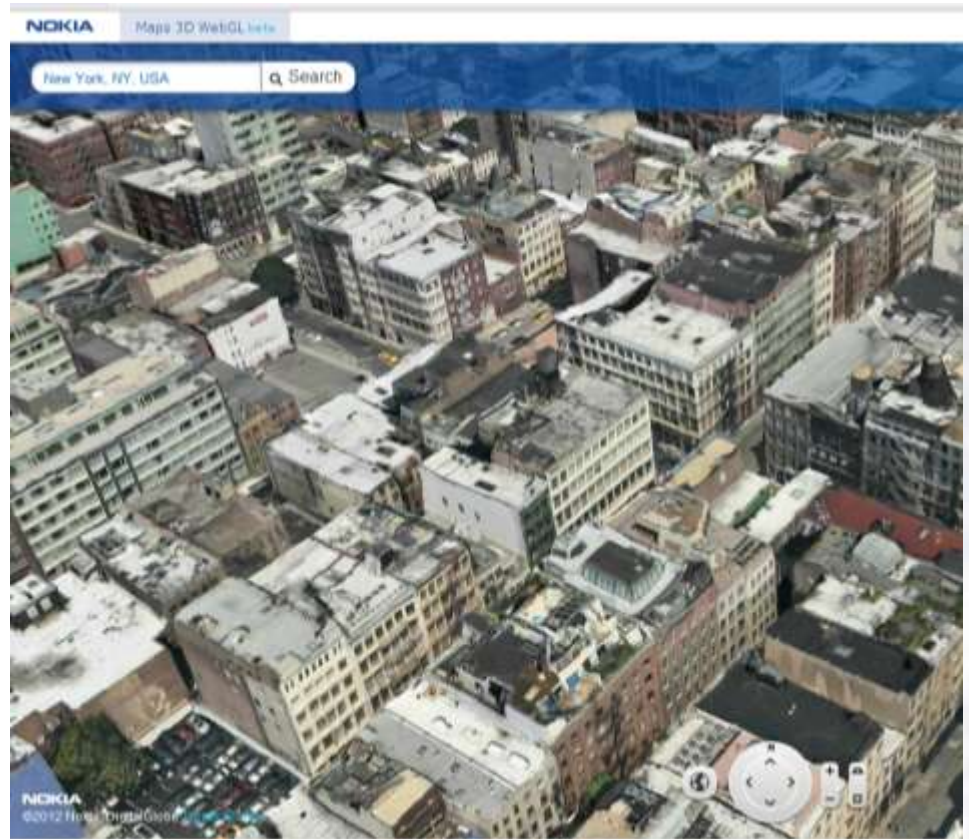
- Multi-view 空載傾斜攝影 - 大範圍
- 地面測量車 - 小範圍
- 人工建模 - 單棟

Multi-view 空載傾斜攝影



C3's Rapid 3D Mapping

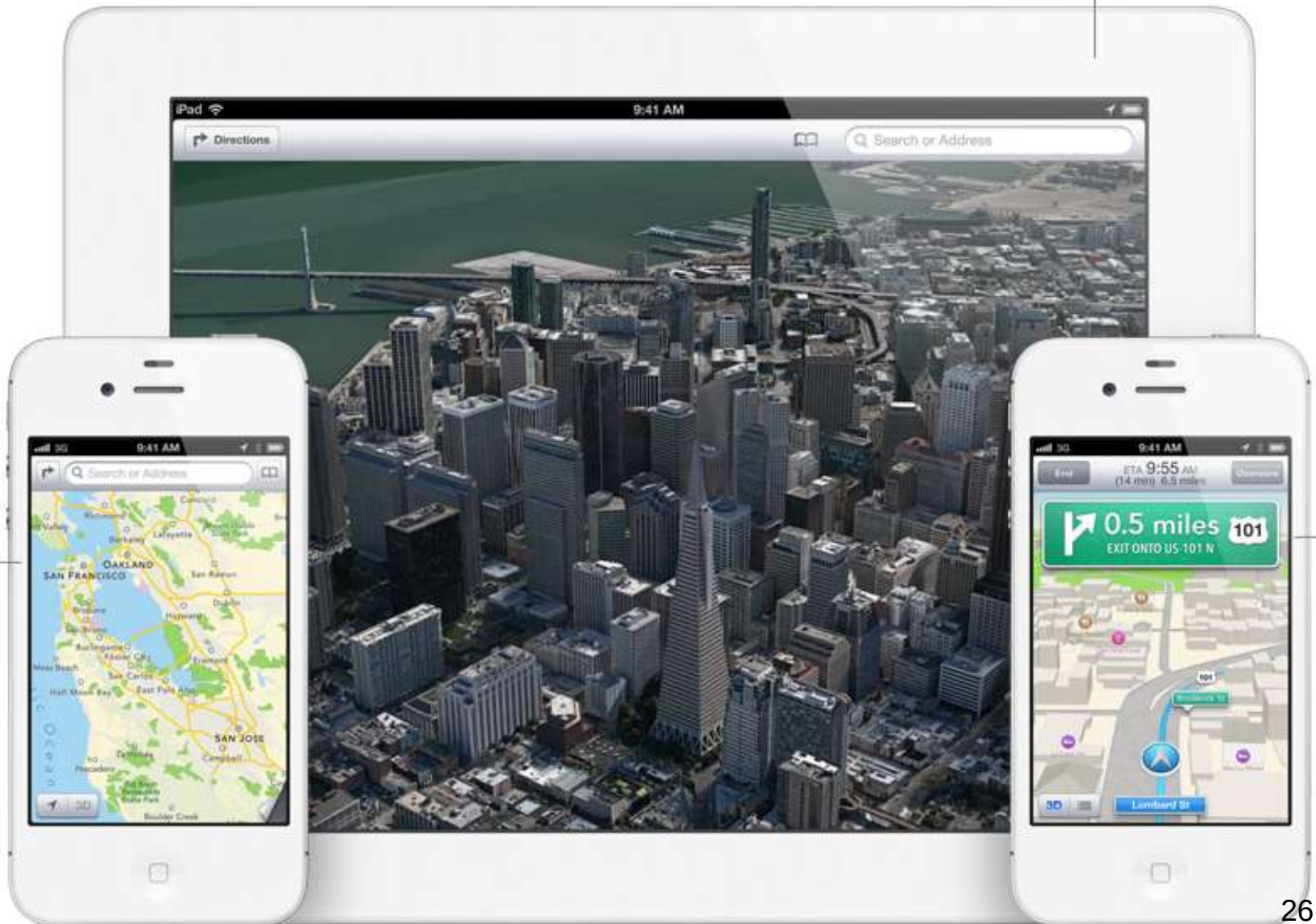
- 已被Apple 收購
- 98% 自動化
 - 空載多相機
(數量為商業機密)
 - 計算機視覺方法
 - 10 cm 解析度
- 初期建置成本極高
- 已建置歐陸以及
北美的計25個主要城市
- 尚無亞洲城市以此方法建置。
- 臺北市建物太密集，可能無法發揮預期效果。





- 地形與建物連為一體，偏視覺化應用，建物管理之應用？
- 遮蔽區效果不佳！
- 資料量大，需要功能強大的progressive mesh 機制！

Apple

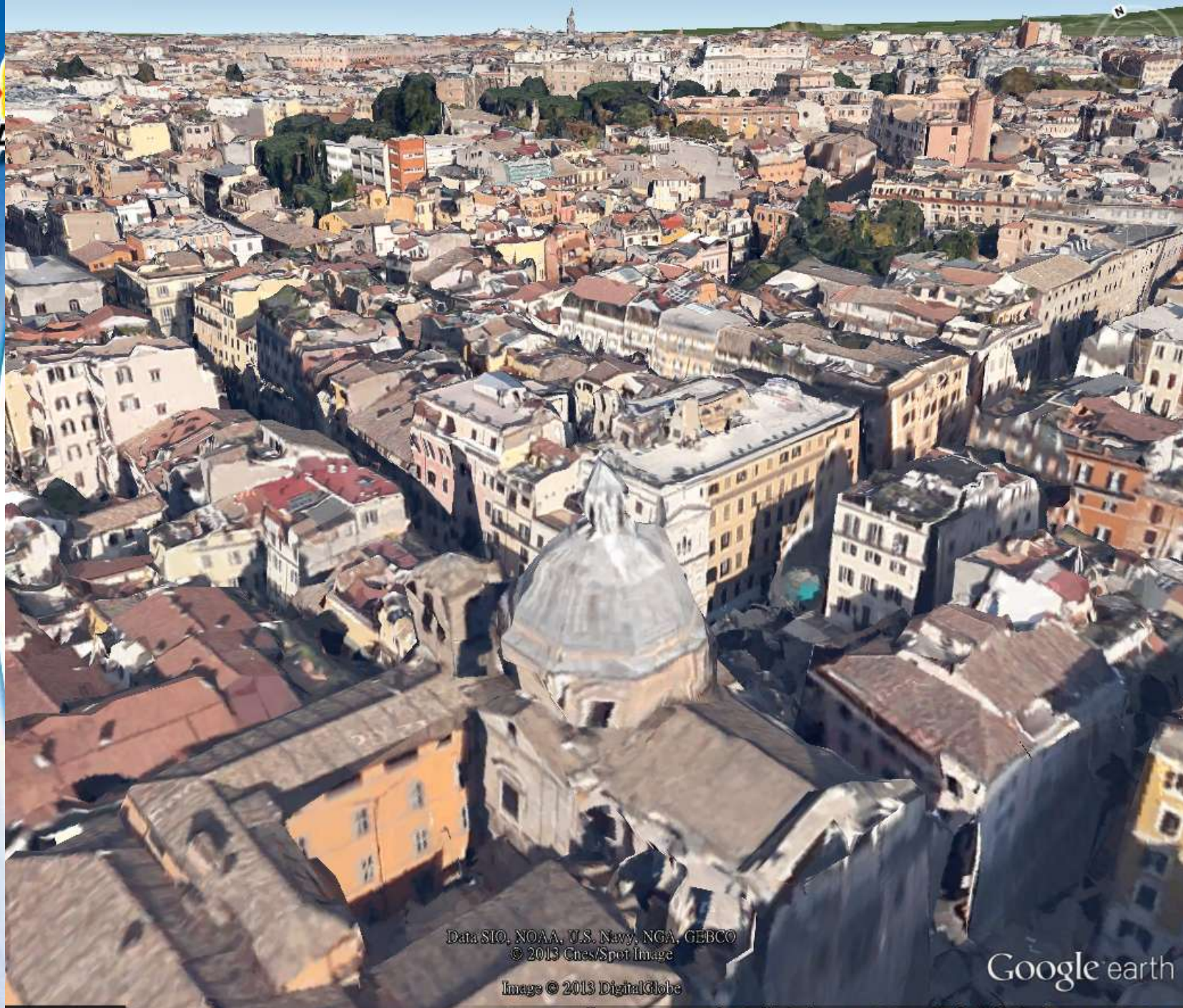


Google's approach

Very similar process to C3 Technologies

- 45-degrees from four different angles
- using algorithms to create the shape and color of buildings
- fully automated



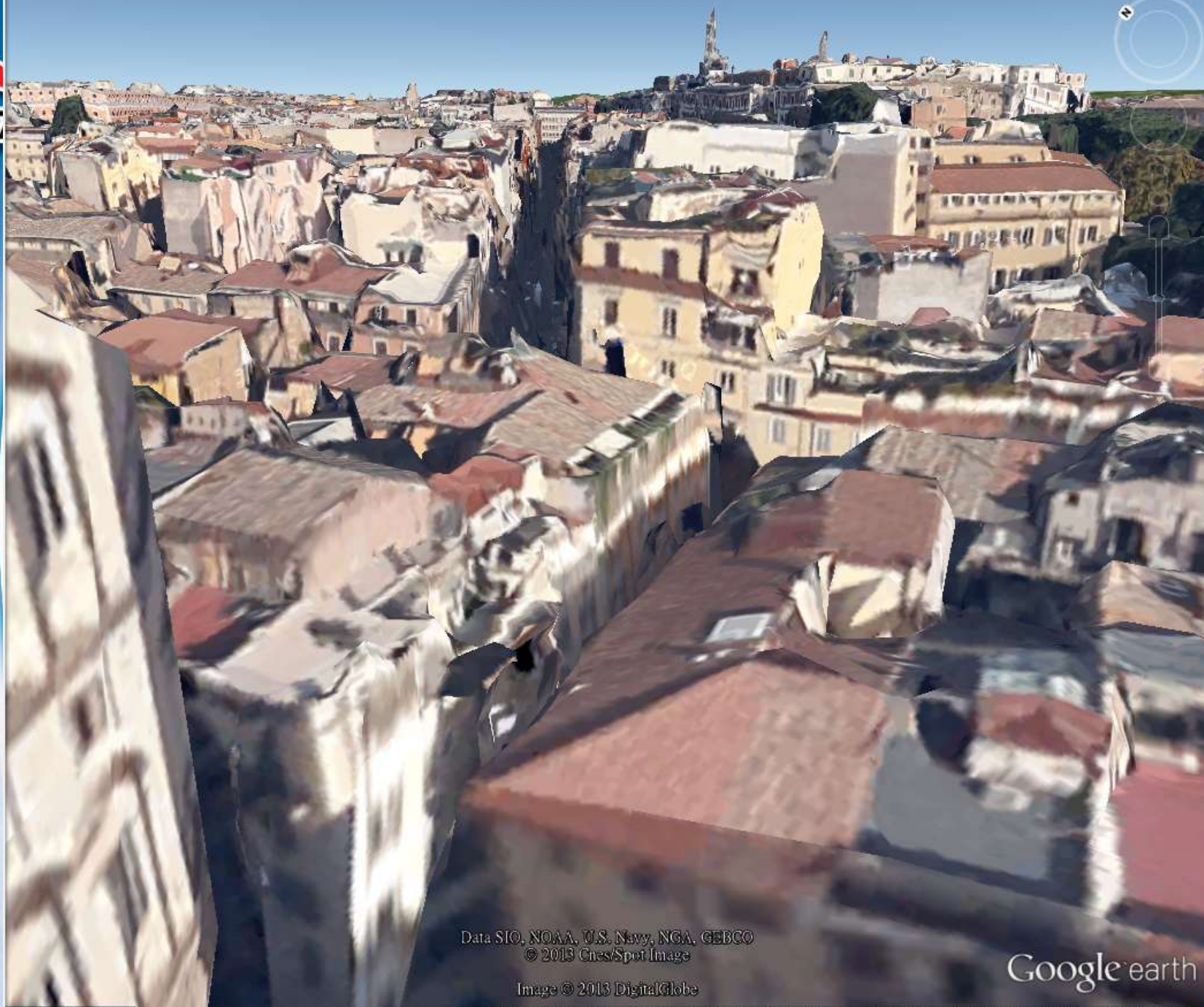


Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2013 Cnes/Spot Image

Image © 2013 DigitalGlobe

Google earth

28



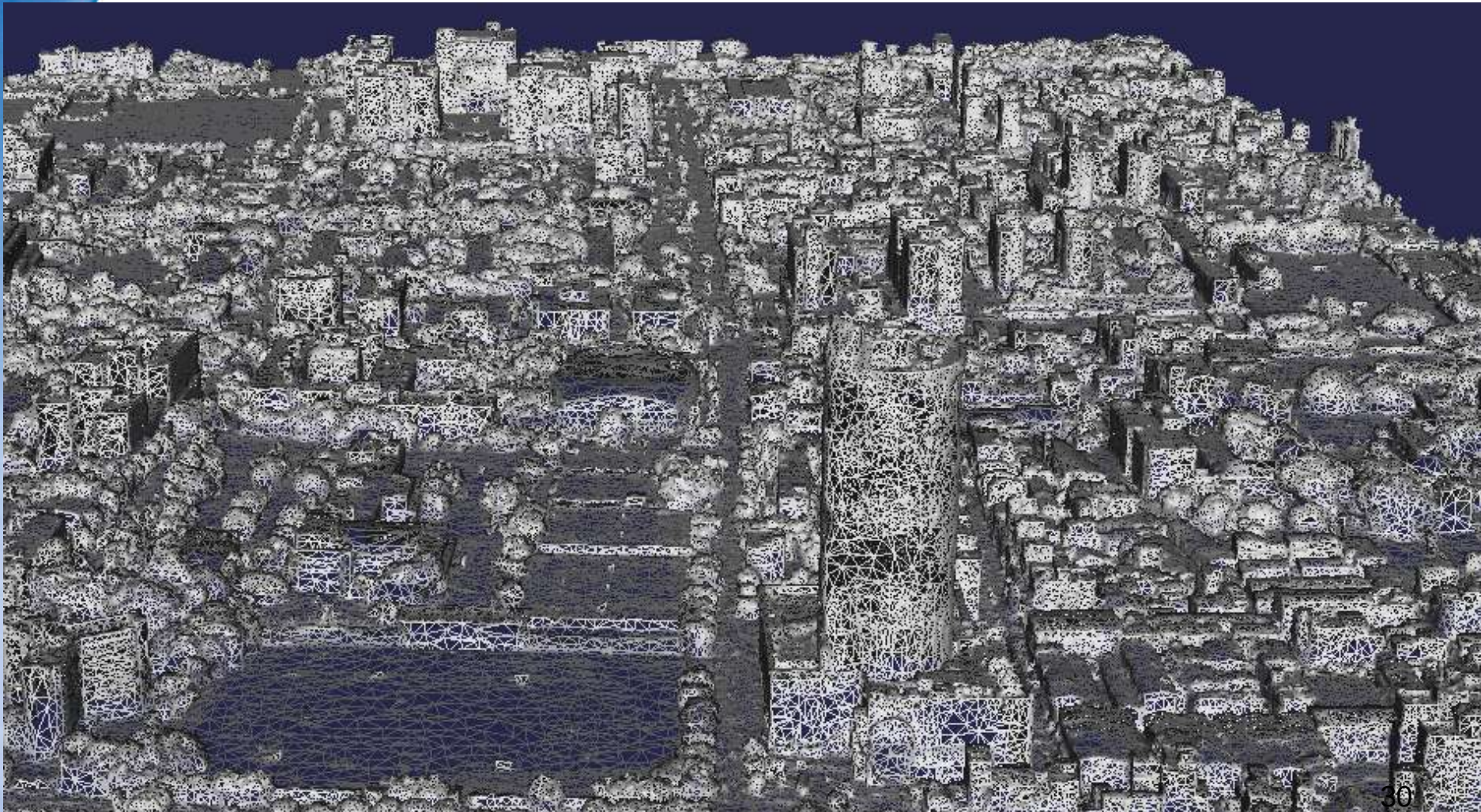
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2013 Ches/Spot Image

Image © 2013 DigitalGlobe

Google earth

29

TIN Mesh



Shading model

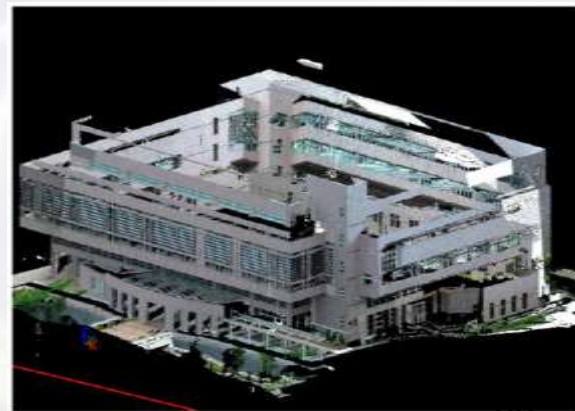


Textured model



地面LiDAR搭配街景相機

- 地面LiDAR可取得距離、街道輪廓、建物邊線等資料
- 街景相機拍攝之相片可供建物牆面敷貼
- 涉及不同量測系統之間的坐標系轉換整合
- 自動化程度不高，適用小範圍建模
- 大量點雲資料，系統負荷？



人工建模方法

SketchUp建模



自 Google 匯入航照圖

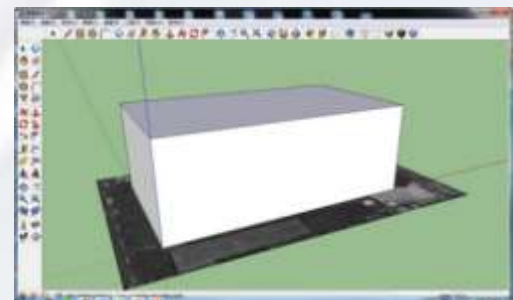
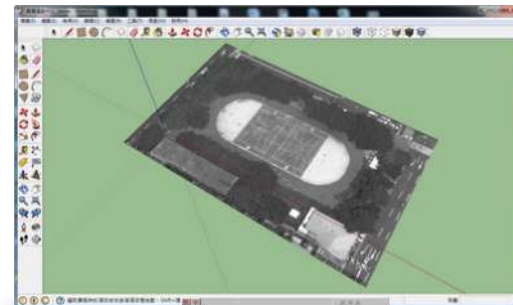
SketchUp 建模

SketchUp
貼附材質

放置模型在G.E.
正確位置上

存成*.kmz
存成*.skp

上傳至3D Warehouse



臺北市政府重要建物塑模成果



行政中心

臺北市3D建模現況

- 建模達人上傳至Google（自發性或企業委託）
- 市府預算建置
 - － 資訊局【臺北市政府主要機關建物】（Google已收納）
 - － 都發局【各主要國宅】（Google已收納）
 - － 都發局【地形圖重測案示範區】
 - － 產發局【內湖科技園區】
 - － 民政局【宗教寺廟】（執行中）
 - － 殯葬處【靈骨塔】（執行中）
 - － 水利處【活化淡水河系】（執行中）
- 已花費大筆預算
- 涵蓋率約1%（但已是全台各縣市最高）

如何建立其餘99%模型？

- 台灣尚無自動化工具快速建立精細二維建物模型之技術
- 臺北市
 - 需大筆預算或高耗時
 - 技術尚未完全成熟
- 地面測繪用大範圍城市建模。
- 人工建模，需200人年，4億預算！

先求有再求精：

先不作大筆投資，以最經濟的方式來作，探討其應用，等擬真建模技術更成熟。

思考方向：每棟都要很精細嗎？

→ 重點式投資，其餘的近似即可！

策略：混合式建物模型

重點建物細緻化、一般建物近似化





業界
(隨機貼圖)



台灣士林區承德路四段
此為約略的地址



《相片》

本研究
(近似化貼圖)



Image © 2012 GeoForce Technologies

業界
(屋頂偏移)

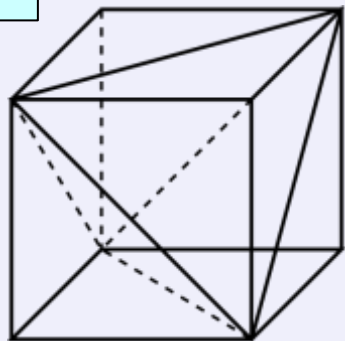


本研究
(精準屋頂貼圖)



研究方法

高度:12F(38.13m)



擷取建物輪
廓線及高度

組成
Triangular
Meshed
Model

屋頂：

- 都發局正射影像
(+屋頂偵測模組)

Texture
Mapping

3D
Textured
Building

- Google既有
建物偵測
- 巨量資料之
呈現管理

來

自動化建置臺北市99%未建模之3D建物模型!!!

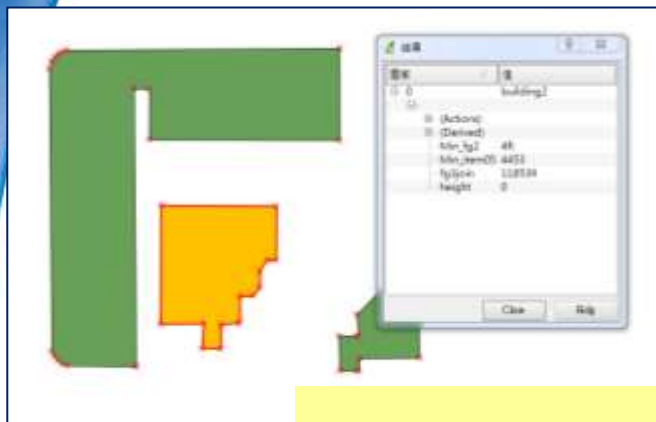
- 利
- 全自動化!
- 模型品質達一定精細程度

+
地理坐標之街景圖

像貼圖



建物輪廓 → 3D 灰階建物模型



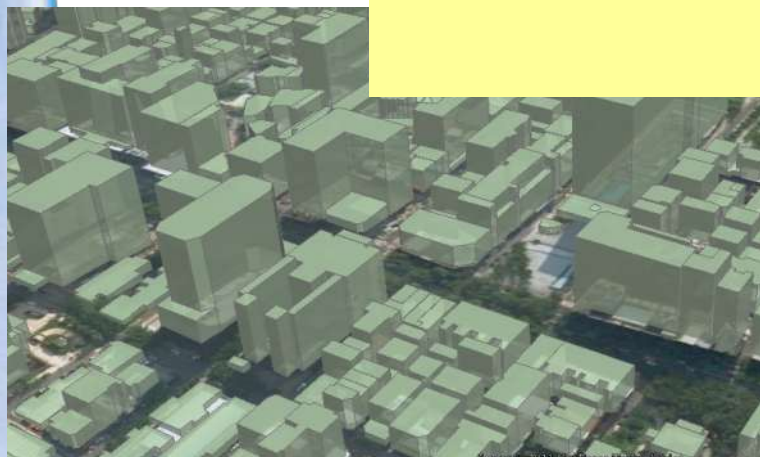
擷取建物輪廓
及高度資訊

檔案(F)	編輯(E)	格式(O)	檢視(V)	說明(H)
<pre> 1,306407.989,2775588.439,306408.125,2775577.772, 306400.339,2775577.673,306400.296,2775576.043,30 6400,2775576.042,306397.777,2775576.07,306397.68 6,2775580.632,306400,2775580.611,306400.228,2775 580.609,306400,2775583.358,306402.951,2775586.37 4,306404.77,2775586.397,306404.744,2775588.397,3 06407.989,2775588.439, </pre>				

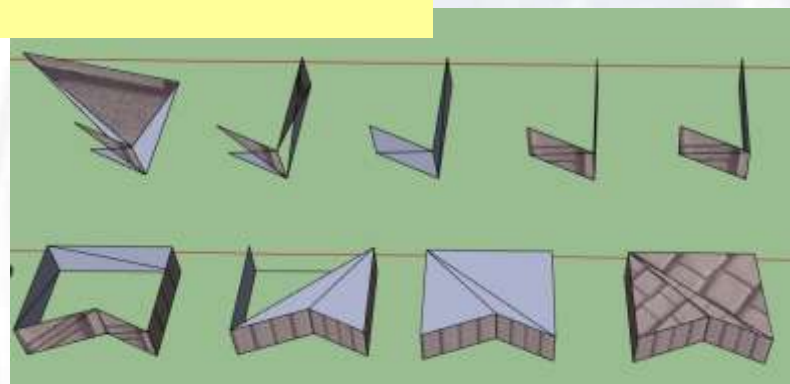
都發局建物輪

精度與建物輪廓製圖精度一致

邊形三角化



組成模
型格式

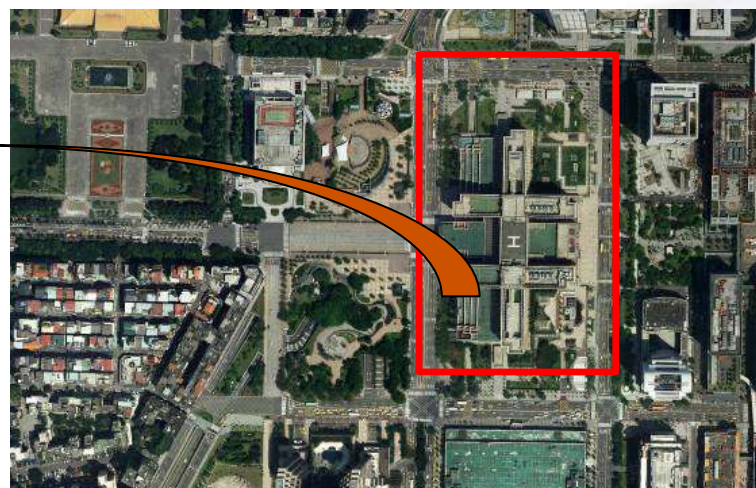
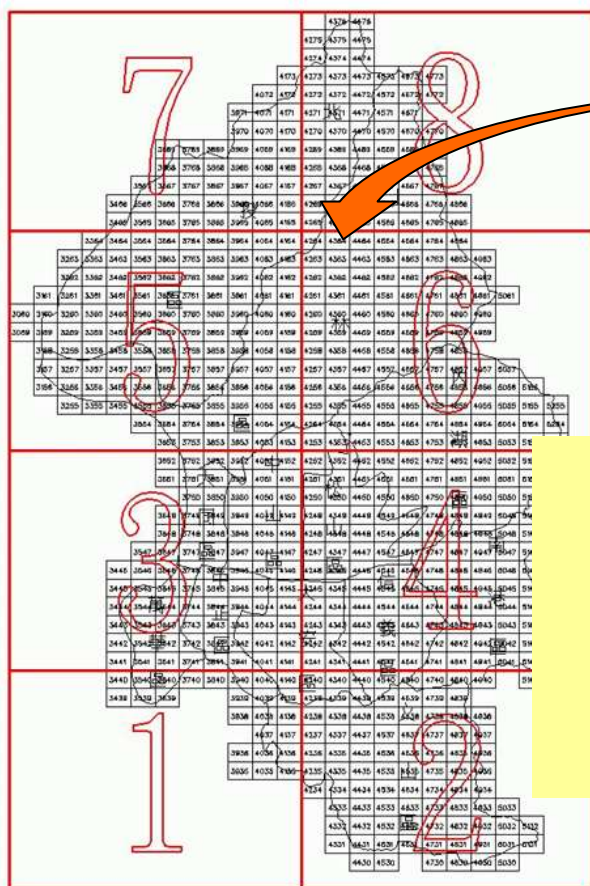


灰階建物模型

屋頂紋理貼圖

由都發局正射影像取得

台北市一千分之一數值地形圖圖幅接合表 (兩萬五千分之一縮圖)



地理坐標換算影像坐標
從那個圖幅中的那個範圍切

step 3

• 計算建物位置

屋頂之精確細緻化處理

偵測屋頂輪廓位置



—— 建物輪廓於正射影像
對應之影像位置

—— 建物屋頂自動化偵測
結果

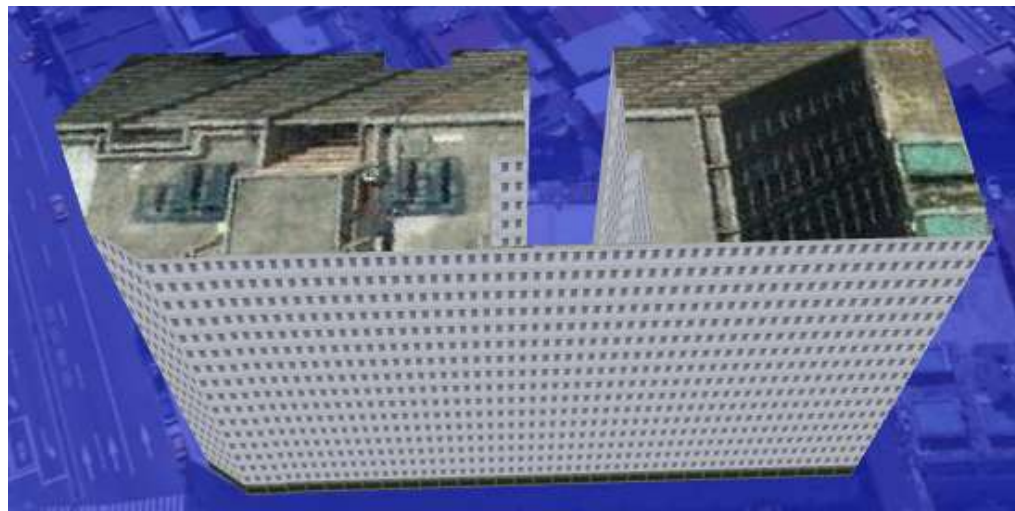


直接由建
物輪廓坐
標擷取對
應影像之
建模成果

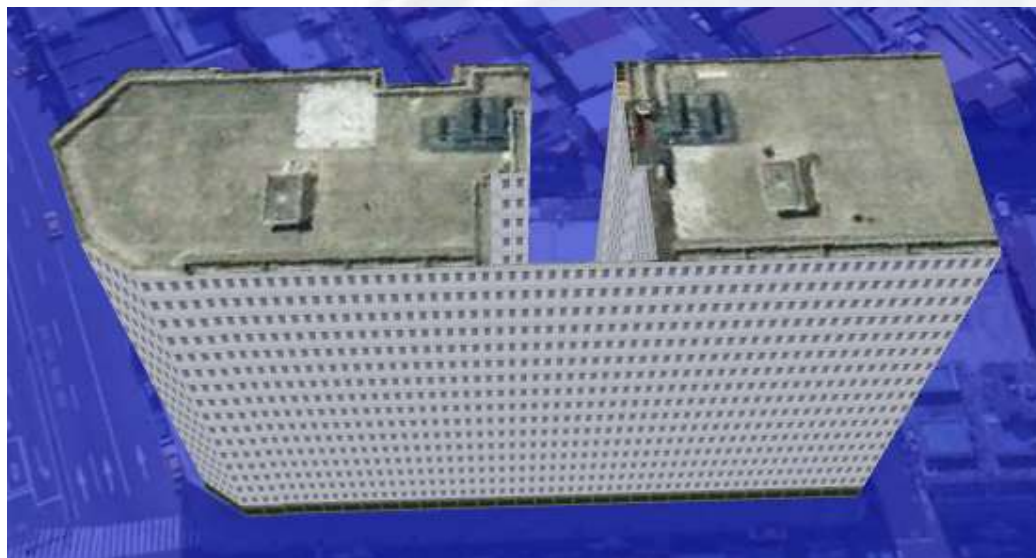


利用屋頂
偵測擷取
正確對應
影像之建
模成果

成果比較



直接由建物輪廓坐標擷取對應影像之建模成果



利用屋頂偵測擷取正確對應影像之建模成果

天地圖影像 建物傾斜狀況



[国家测绘地理信息局](#) | [关于天地图](#) | [更新日志](#) | [意见反馈](#) | [帮助](#)

[在线地图](#)
[手机地图](#)
[地图API](#)
[省市直通](#)
[专题应用](#)
[服务资源](#)

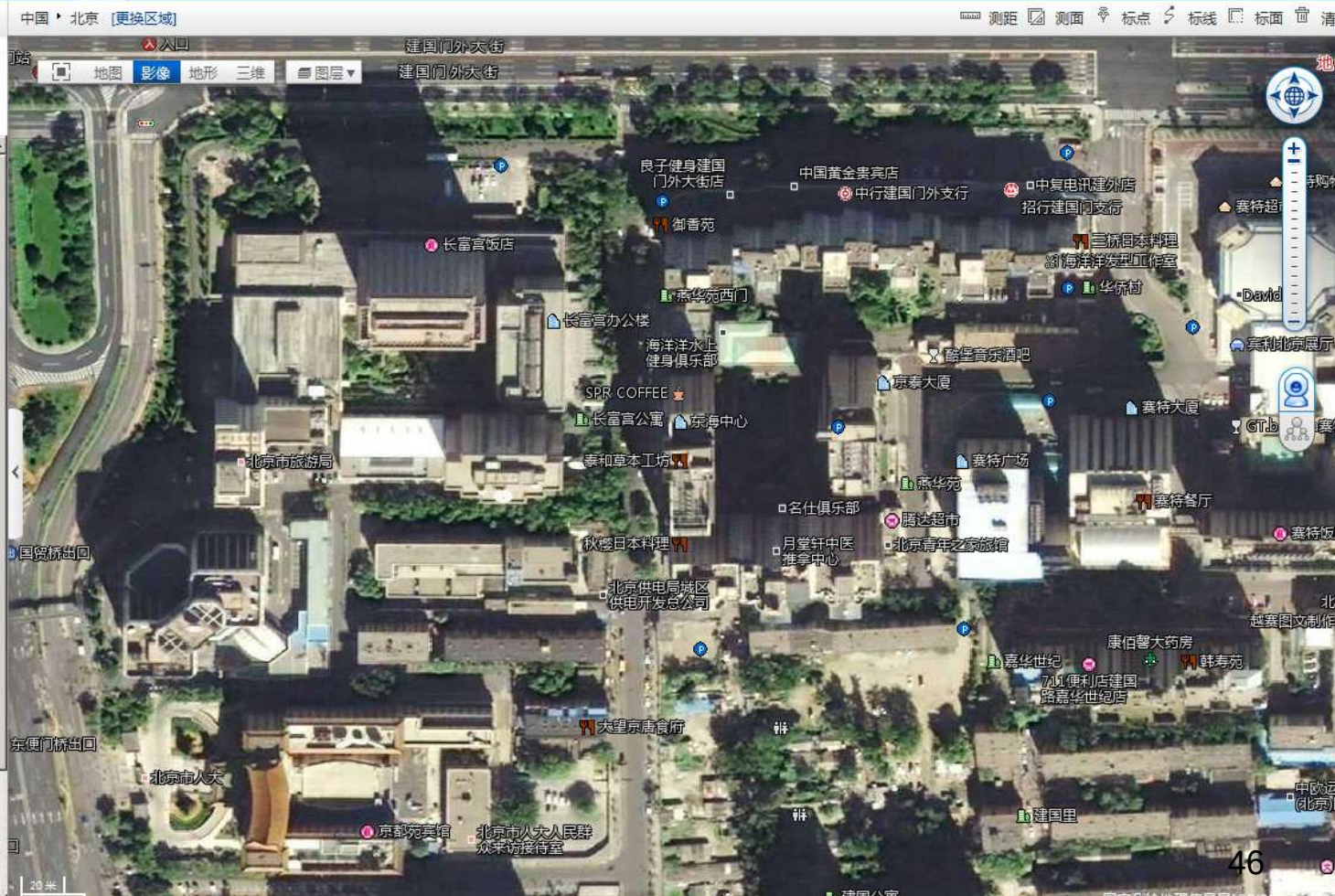
[中国](#) > [北京](#) [[更换区域](#)]

[测距](#)
[测面](#)
[标点](#)
[标线](#)
[标面](#)
[清除](#)

[北京 国家测绘地理信息局](#)
[搜索](#)

在北京市共找到8条结果

- [国家测绘地理信息局](#)
[纠错](#)
 - 010-63882515
 - 莲花池西路28号
- [国家测绘局卫星测绘应用中心](#)
[纠错](#)
 - 莲花池西路28号
- [国家测绘局管理信息中心](#)
[纠错](#)
 - 010-63882515
 - 莲花池西路28号
- [国家测绘局机关服务中心](#)
[纠错](#)
 - 010-63882515
 - 莲花池西路28号
- [国家测绘局地图技术审查中心](#)
[纠错](#)
 - 010-63881505
 - 莲花池西路28号
- [国家测绘局家委会](#)
[纠错](#)
 - 010-66748243
 - 北三环中路69号
- [国家测绘局测绘发展研究中心](#)
[纠错](#)
 - 010-63882515
 - 莲花池西路28号

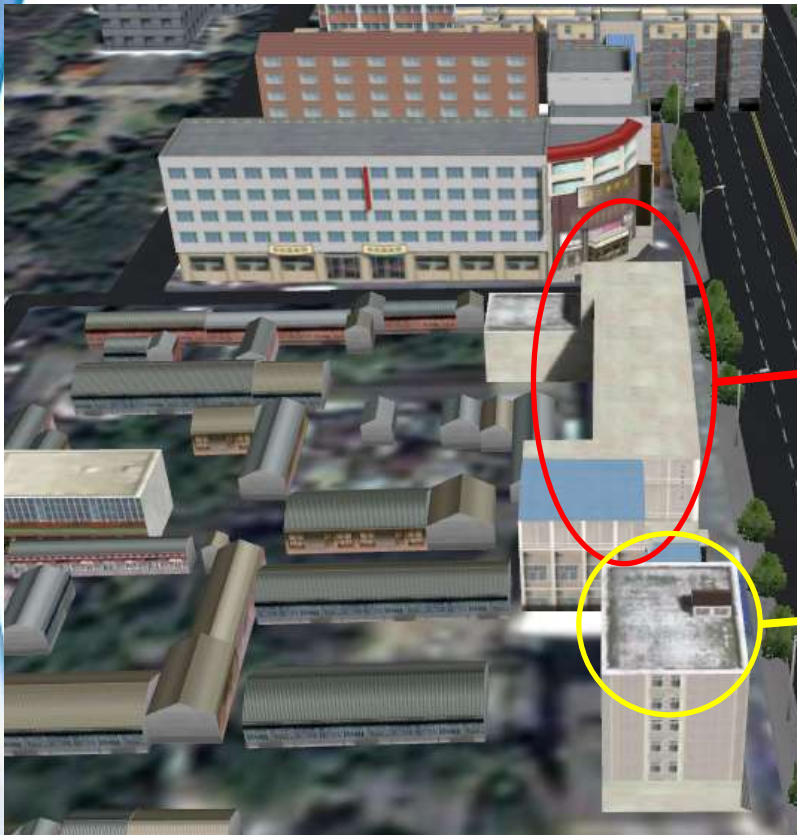


[地图](#)
[影像](#)
[地形](#)
[三维](#)
[图层](#)

[20米](#)
[100英尺](#)

[经纬度: 116.43, 39.88](#)

北京數碼城市屋頂貼圖方式



北京數碼城市

臺北市正射影像 建物傾斜狀況





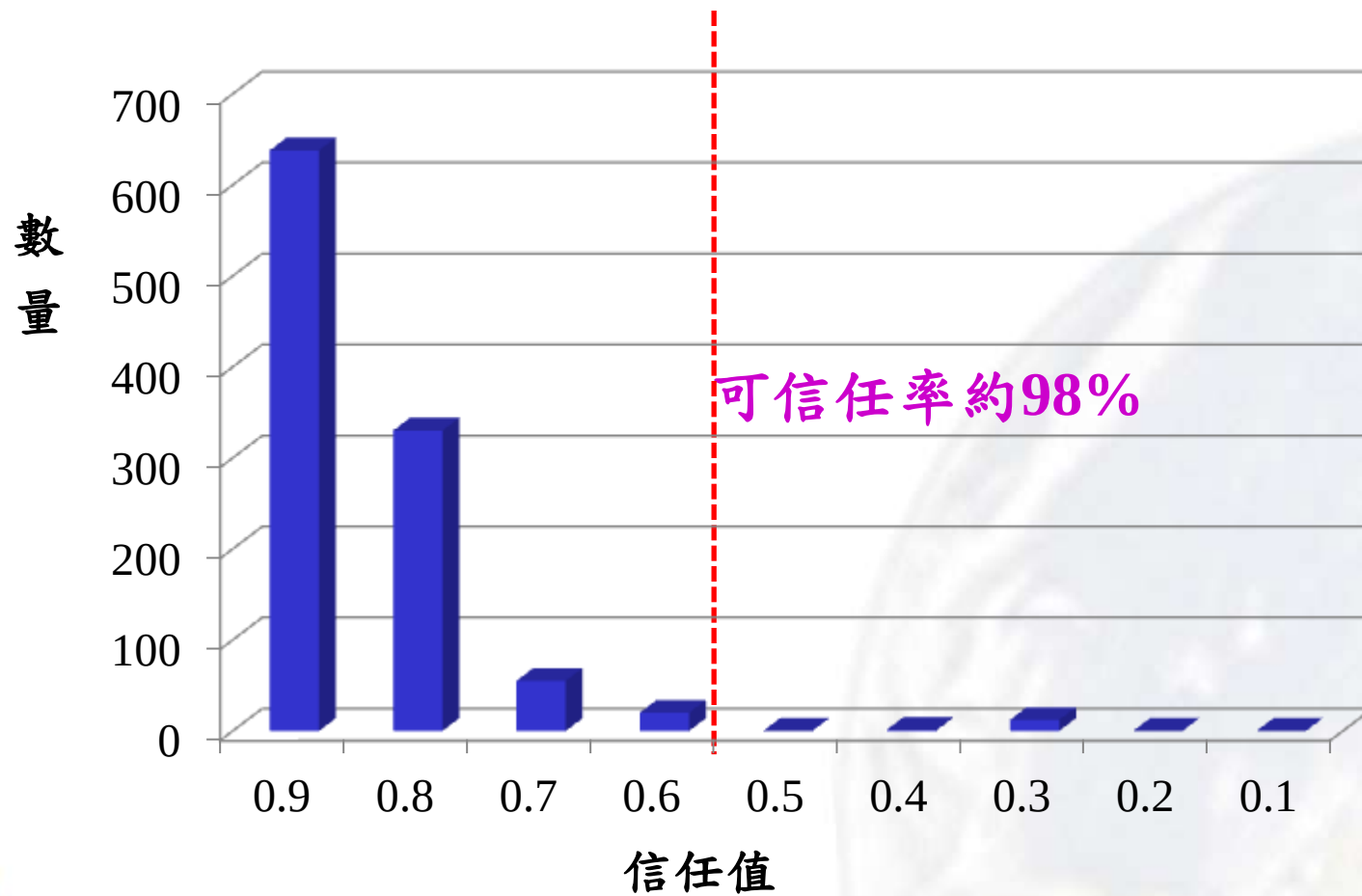
屋頂偵測之可信任度衡量

Polygon ID	偵測信任值
5486	0.970010
3178	0.960431
6789	0.951423
6772	0.950682
2453	0.948011
3105	0.942541
3095	0.934273
3062	0.933490
5466	0.932257
3192	0.930281
5429	0.929642
5436	0.924103
5439	0.922727
8814	0.922346
7446	0.922140

...

Polygon ID	偵測信任值
112	0.506597
91	0.501885
233	0.501271
234	0.501271
1477	0.475866
82	0.475100
63	0.432072
161	0.420597
67	0.418316
243	0.416551
128	0.383207
171	0.364133
189	0.364133
246	0.343074
162	0.149915

屋頂偵測成功率



可延伸於地形圖測製成果之自動化品質檢核！

測製精度檢核應用-平面

- 可靠度60%以上
- 中低可靠度
- 最低可靠度



測製精度檢核應用-平面

- 可靠度60%以上
- 中低可靠度
- 最低可靠度

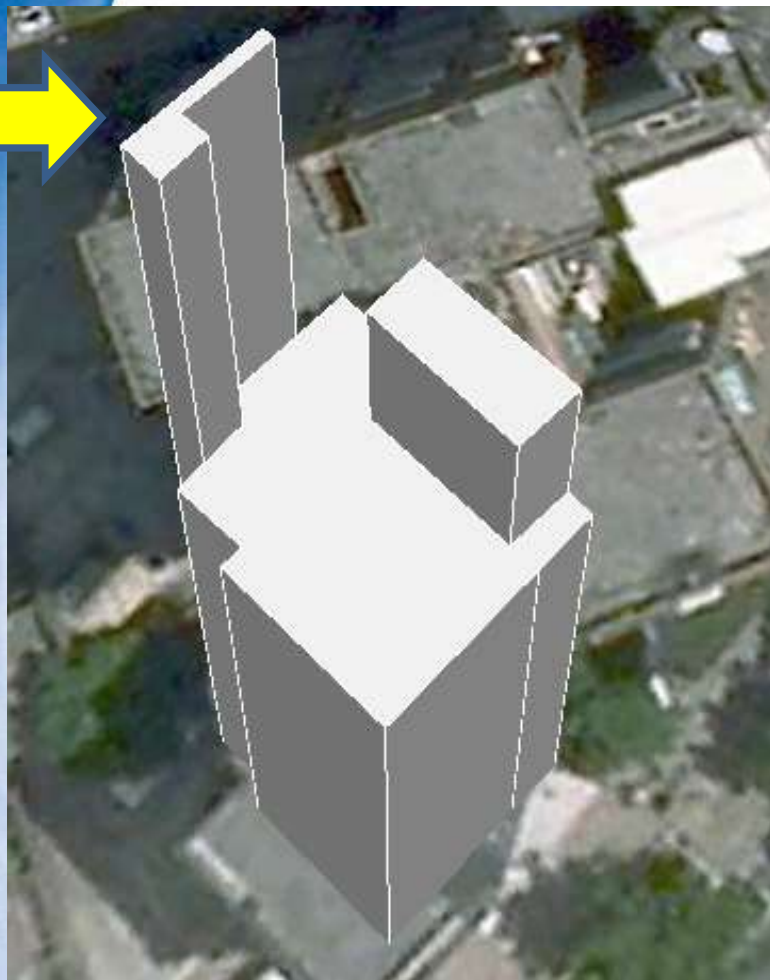


測製精度檢核應用-平面

- 可靠度60%以上
- 中低可靠度
- 最低可靠度



測製精度檢核應用- 高程

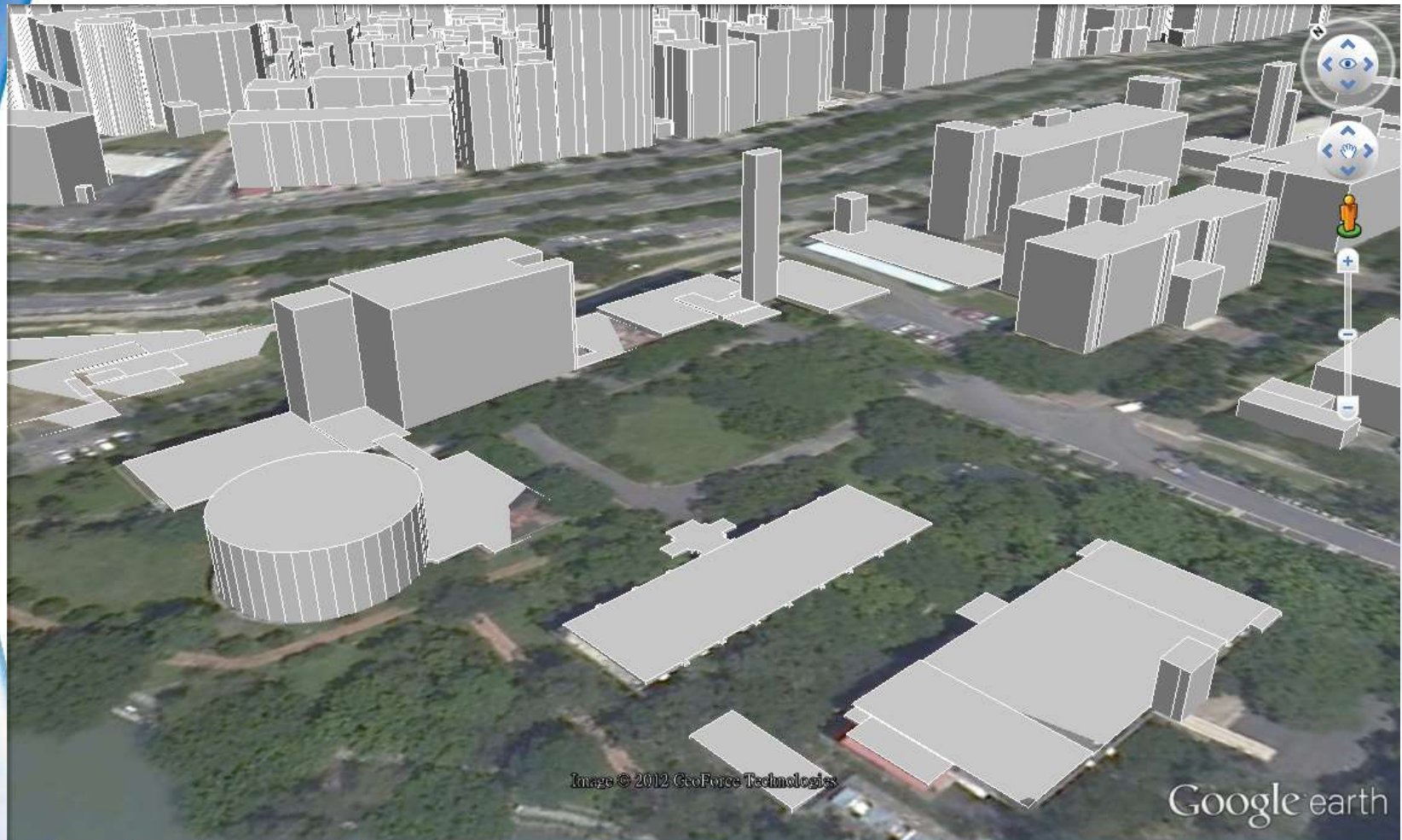


不合理之高程值1

測製精度檢核應用- 高程

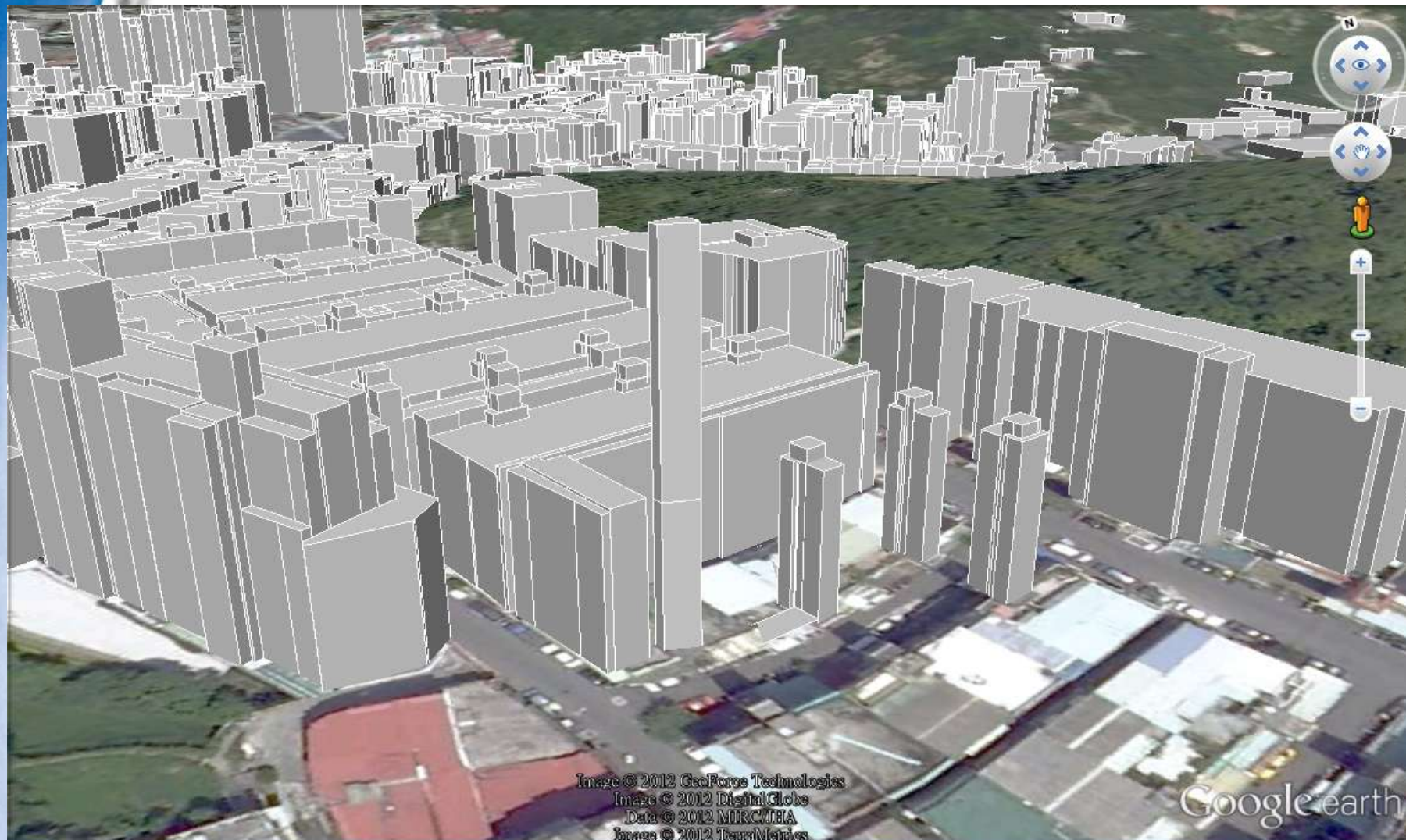


測製精度檢核應用- 高程



不合理之高程值3

測製精度檢核應用 - 高程



平面坐標相同但高程不同之兩物件

原因

4644



4744



跨圖幅高程值不一致之建物

屬性表格 - 93 : 0 / 211509 圖幅已備取

	NO	◆CH	◆a◆vX	◆u◆vX	◆E□X	◆y◆◆◆◆	◆X◆◆◆◆
209563	209585	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	20.86	12.92
209564	209586	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	15.92	12.46
209565	209587	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	20.78	13.16
209566	209588	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	17.8	12.33
209567	209589	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	15.36	10.31
209568	209590	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	25.39	10.26
209569	209591	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	23.75	10.15
209570	209592	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	22.31	10.05
209571	209593	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	27.22	10.79
209572	209594	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	26.64	10.84
209573	209595	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	27.68	13.06
209574	209596	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	12.6	9.86
209575	209597	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	13.86	9.94
209576	209598	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	13.63	9.83
209577	209599	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	NULL	NULL
209578	209600	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	14.2	9.99
209579	209601	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	15.1	9.99
209580	209602	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	13.98	10.03
209581	209603	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	32.59	10.2
209582	209604	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	23.08	10.51
209583	209605	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	29.64	10.09
209584	209606	93110_永久性開墾	93110	NULL	NULL	23.21	10.34

DGN轉Shapefile後資訊遺失



圖幅交界處之建物高程變空值

牆面紋理貼圖

輕量化牆面影像材質!!

Google 模型



File Size: 2 MB

本方法產生之模型



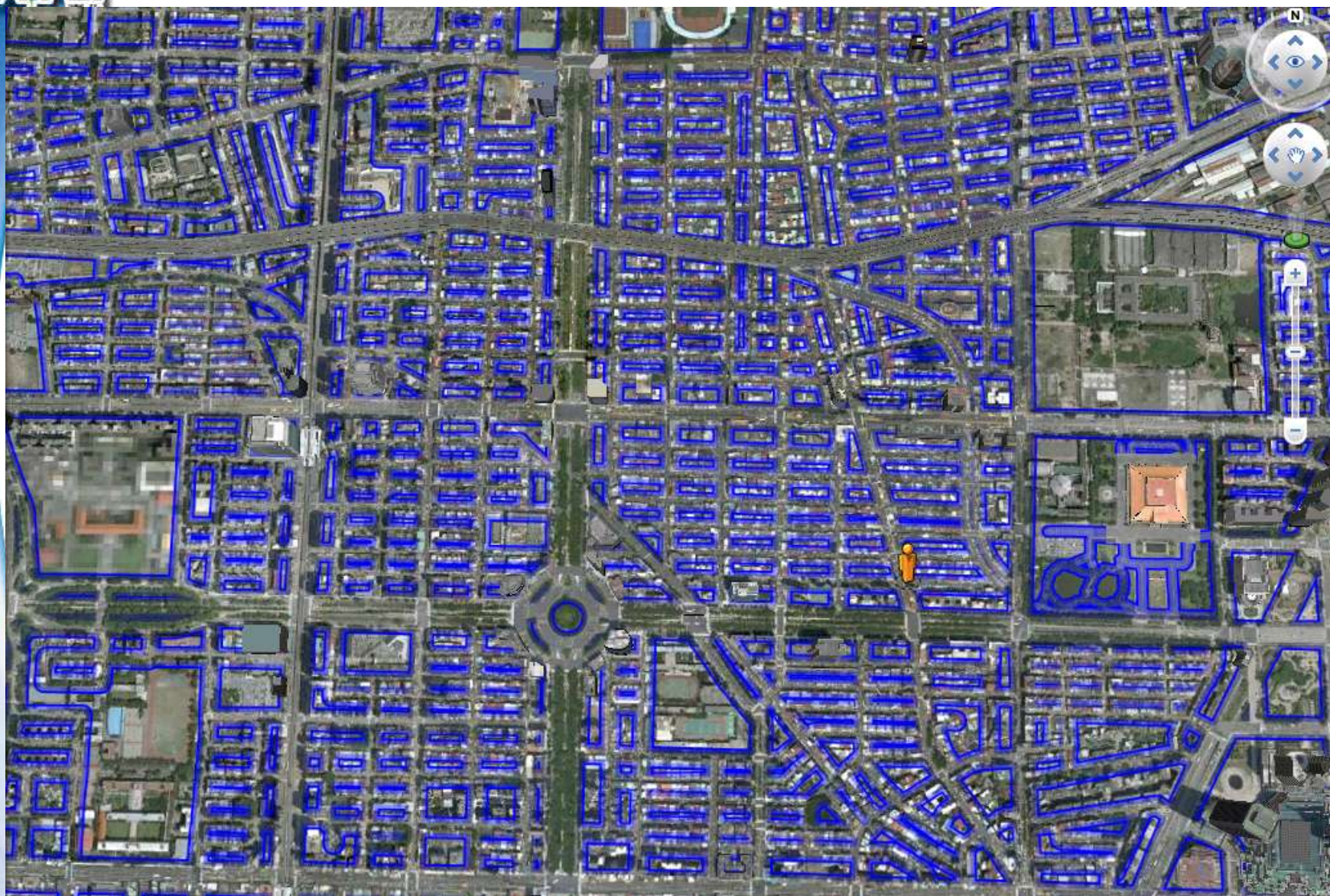
File Size: 10 KB

約 200:1



60

臺北市具有街景之街道

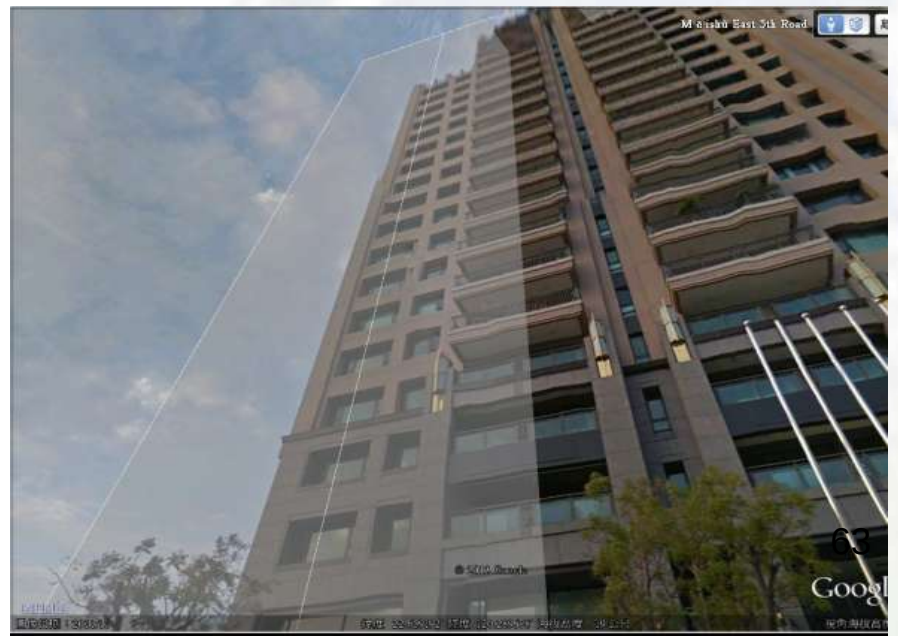
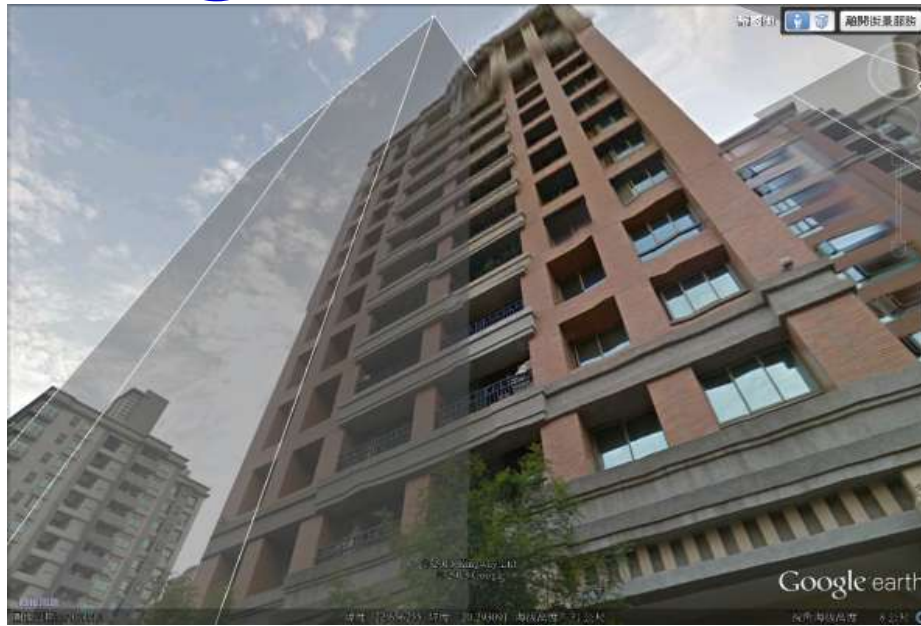


自動擷取街景影像結果

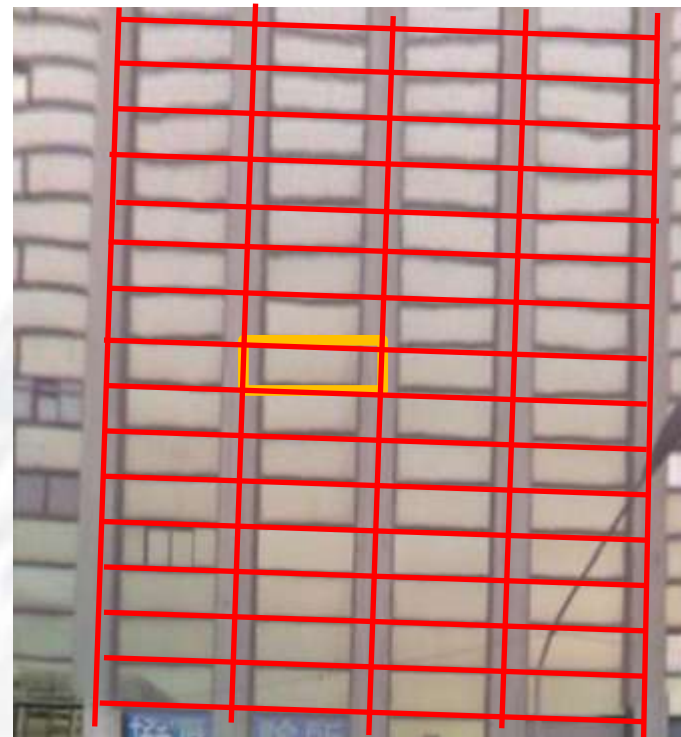
Google 街景的問題

- 精度不高
- 無法獲取完整牆面
- 品質不佳(尤其是建物高層部分)

Google 街景精度不高



理想中的作法



萃取重複性Pattern

品質差



無明顯之重複性Pattern



路樹遮蔽



其他干擾



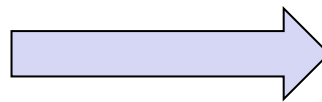
目前的作法

智慧型材質庫影像檢索

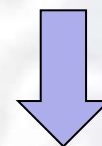


由街景圖擷取
對應之建物影像

影像特徵萃取

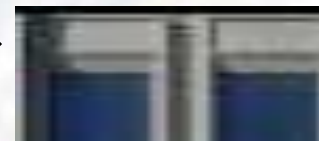


影像描述元



影像比對

紋理材質庫



最相似者

建物材質庫



目前約有50,000個材質

材質影像辨識結果



材質影像辨識結果

(材質混雜或材質庫中無相似影像)



材質影像辨識結果

(天空、路樹之干擾排除)



D:\3D building\3D灰階建模\Facade texture\synthetic texture\component_

D:\3D building\3D灰階建模\Facade texture\synthetic texture\component_

D:\3D building\3D灰階建模\Facade texture\synthetic texture\component_

D:\3D building\3D灰階建模\Facade texture\synthetic texture\component_

D:\3D building\3D灰階建模\Facade texture\synthetic texture\component_



實際街景影像



自動建模成果

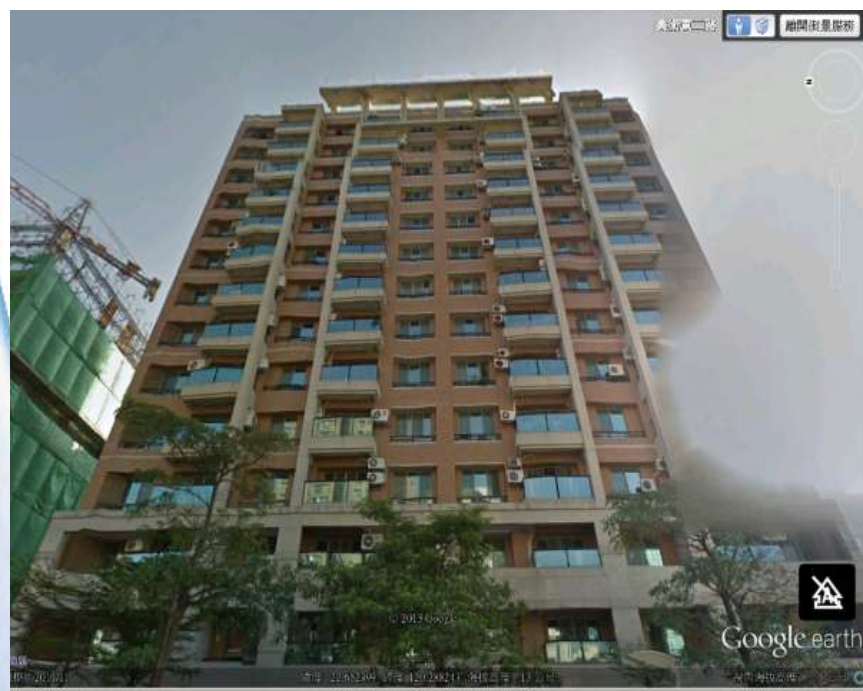




實際街景影像

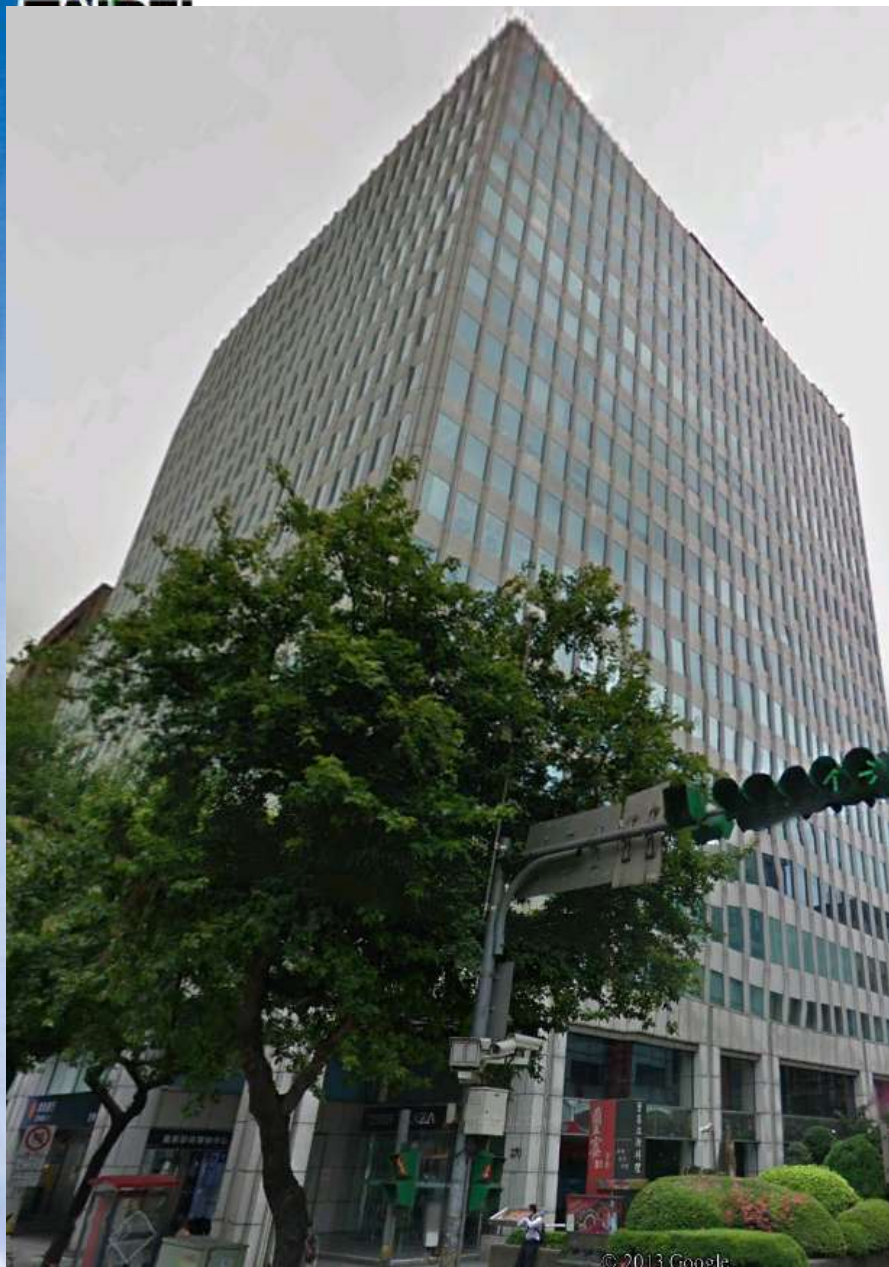


自動建模成果





成果比較



成果比較

實際街景影像



自動化建模成果
(每棟建模時間 < 5秒)





成果比較

實際街景影像



自動化建模成果





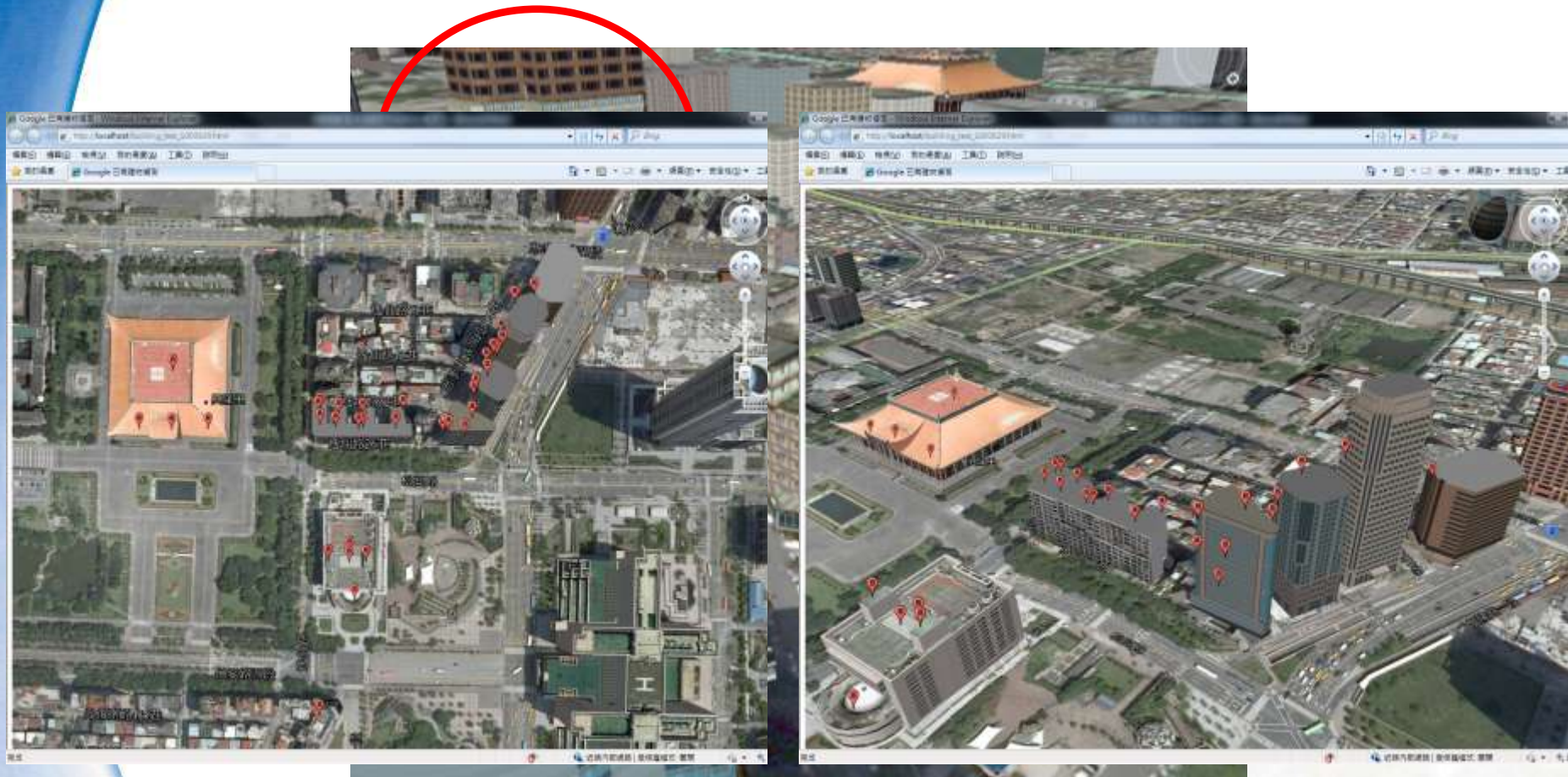
實際街景影像



自動建模成果



偵測Google 既有建物



排除Google Earth上已有建物之建模，避免模型重複影響視覺效果!!

巨量資料之呈現管理

● 全臺北市22萬建物方塊，建模**總資料量2GB**。

● **策略：**

■ 將全臺北市「**分幅**」，「**分層**」處理，約2萬個檔案

■ 以LOD概念控制抓取及顯示的檔案。

■ **圖面顯示範圍內約同時抓10~20個檔，約3~8MB。**

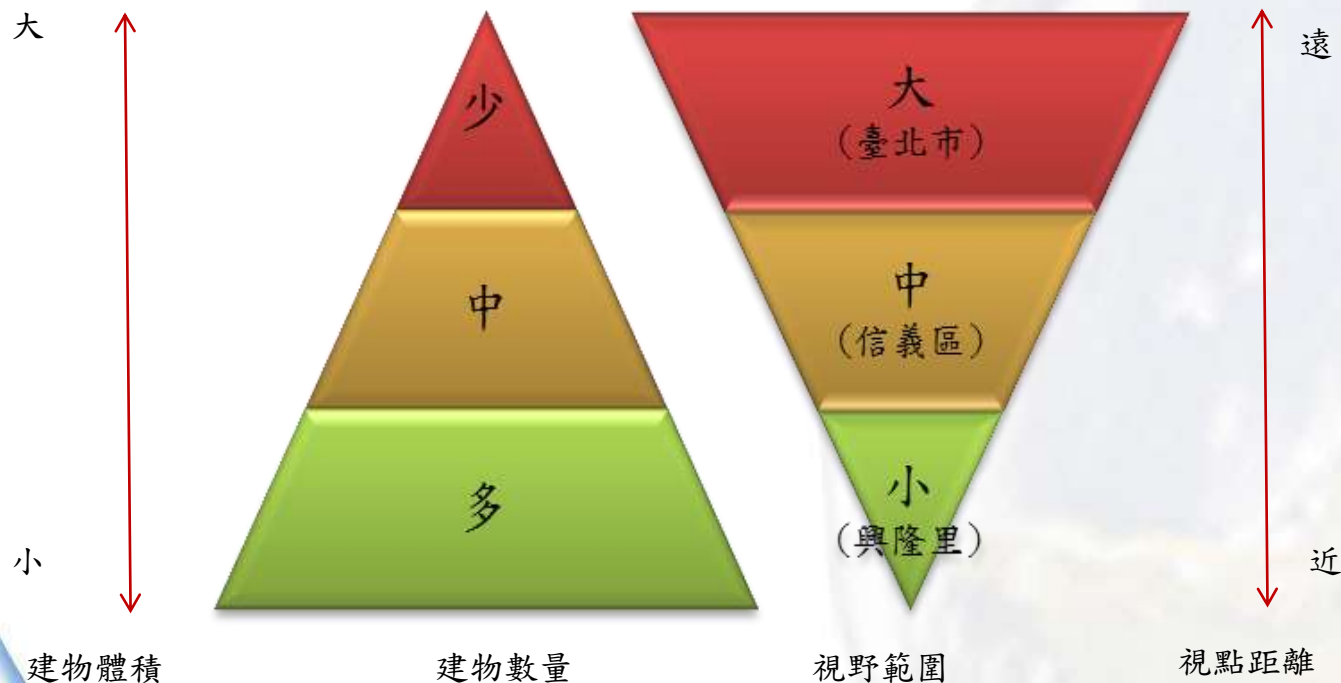
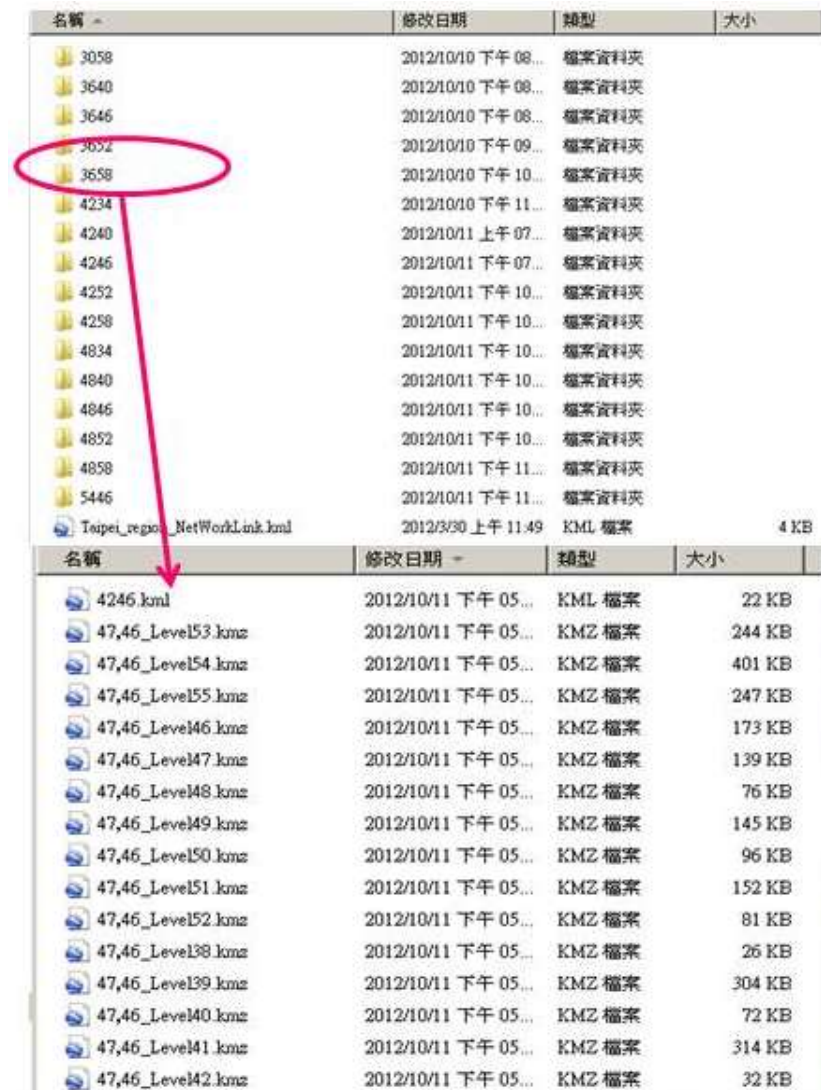




Image © 2012 GeoForce Technologies

925 公尺

82
Google earth



- 以C# 程式語言自行開發。
- 全自動化! 可分工!



統計臺北 ▾ 活化淡水河 ▾ 花卉博覽會 ▾ 休閒生活 ▾ 交通資訊 ▾ 污水處理 ▾ 終身學習 ▾ 3D建物 ▾ 遨遊臺北

臺北市市府路1號

主題內容

請選擇上方《主題列》後，由下點選各項地標進行定位及瀏覽。

臺北市建物3D模型

- ▶ ☒ 體驗路徑
 - ▶ ☒ 仁愛路至臺北市府
 - ▶ ☒ 重慶南路到總統府
 - ▶ ☒ 中山北路
 - ▶ ☒ 敦化南北路
 - ▶ ☒ 和平東路
- ▶ ☒ 3D建物模型
- ☐ 臺北市界圖

圖層控制

功能選項

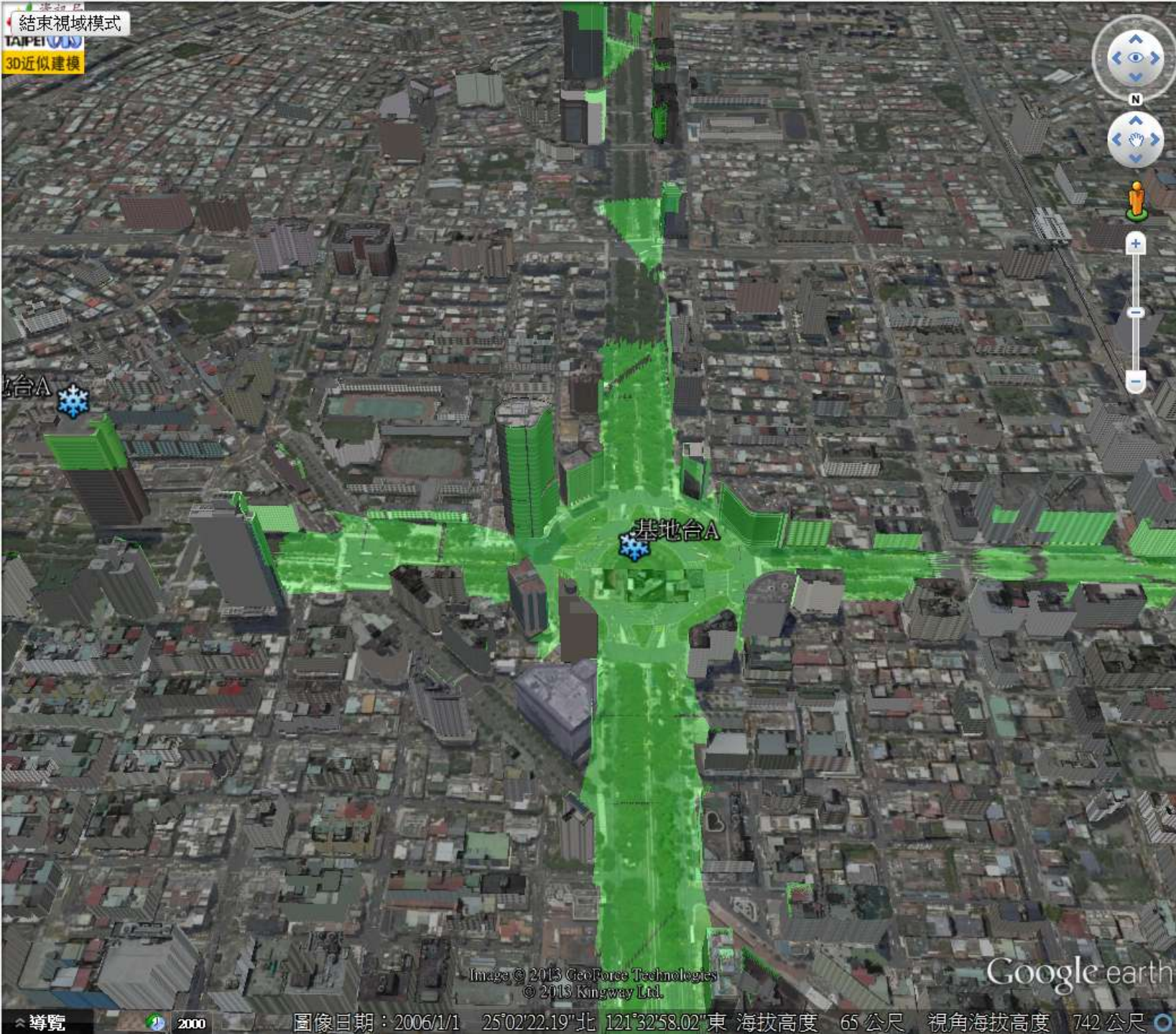
地圖導覽



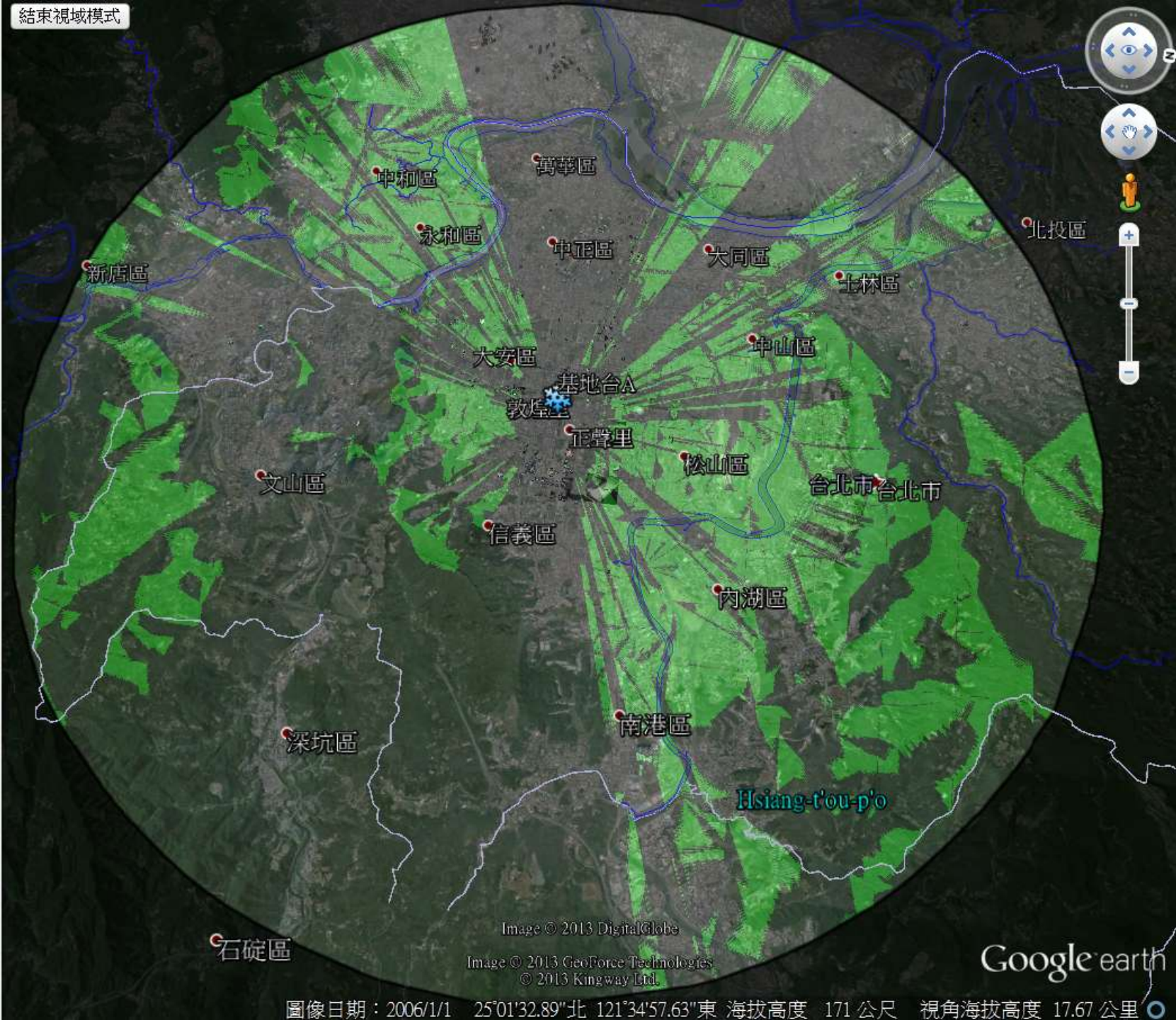
應用：視域分析



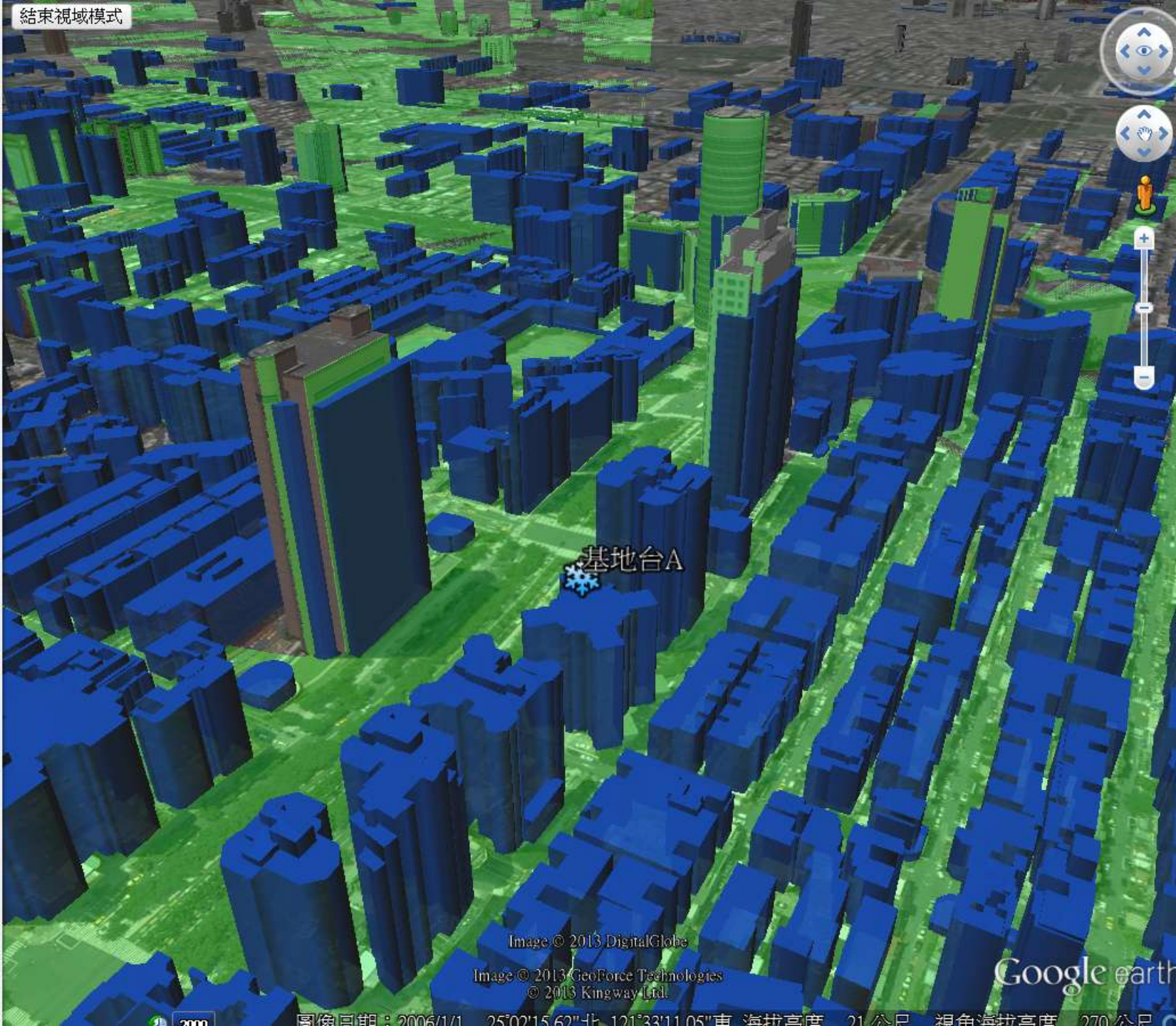
基地台設在仁愛路四段331號之視域分析
(近似建模有納入計算)



基地台設在仁愛圓環中央之視域分析



半徑十公里範圍內之視域分析



對灰階模型沒有作用！



結合地標及門牌

智慧城市 2.0
3D臺北

3D建物 統計臺北 防災資訊 交通資訊 城市外交 健康照護 學習城市 休閒生活 污水處理 活化淡水河 再見花博 遨遊臺北

臺北市市府路1號



主題內容

圖層控制

Google圖層

- ☐ 路網
- ☒ 行政界
- ☒ 3D模型
- ☒ 3D地形

3D臺北圖層

- ☒ 臺北市3D建物模型
- ☐ 臺北市區界圖
- ☐ 臺北市里界圖
- ▶ ☐ 防災資訊
- ▶ ☐ 交通資訊
- ▶ ☐ 城市外交
- ▶ ☐ 健康照護
- ▶ ☐ 學習城市
- ▶ ☐ 休閒生活

功能選項

地圖導覽

您已安裝Google Earth 7.1.1.1580 版本

資訊局
TAIPEI GIS
3D近似建模



建物樓層數: 13樓

建物高度: 41.93公尺

地標:

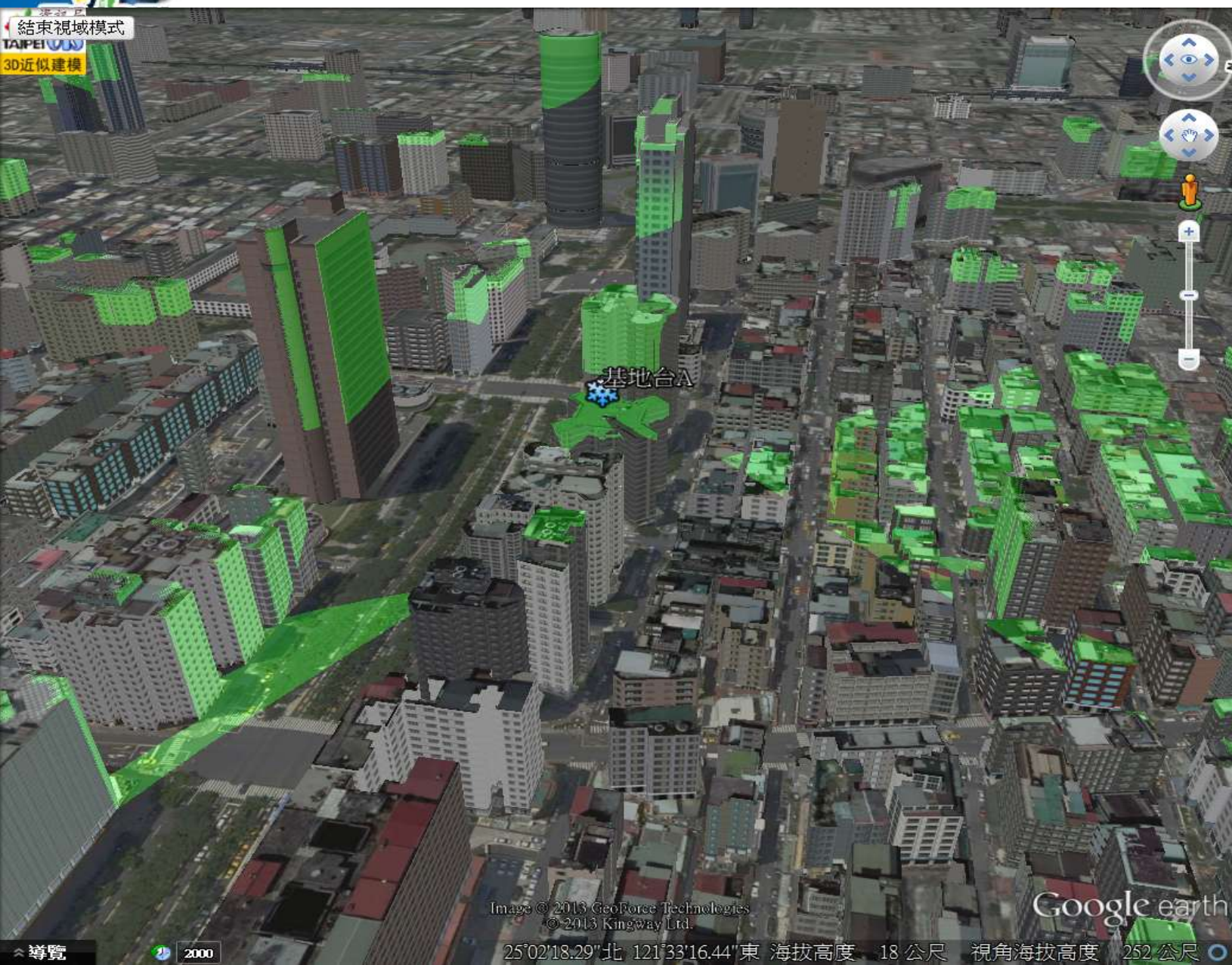
臺灣銀行松山分行	忠孝東路四段560號
三連大樓	忠孝東路四段560號
義誠股份有限公司	忠孝東路四段560號10樓
京華商務中心	忠孝東路四段560號10樓
博珩股份有限公司	忠孝東路四段560號10樓
晶偉電子股份有限公司	忠孝東路四段560號10樓
萬通票券金融(股)	忠孝東路四段560號11樓
南聯國際貿易股份有限公司	忠孝東路四段560號12樓
翰隆實業有限公司	忠孝東路四段560號13樓
市峯企業股份有限公司	忠孝東路四段560號13樓
日聯船務股份有限公司	忠孝東路四段560號13樓
中國信託商業銀行世貿分行	忠孝東路四段560號2樓
箭眾企業股份有限公司	忠孝東路四段560號3樓
大成工程股份有限公司	忠孝東路四段560號3樓
美商怡佳(股)公司台灣分公司教育訓練中心	忠孝東路四段560號4樓
華南產物保險股份有限公司	忠孝東路四段560號5樓
正大聯合會計師事務所	忠孝東路四段560號6樓
裕邦投資股份有限公司	忠孝東路四段560號6樓之1
南光纖維工業股份有限公司	忠孝東路四段560號6樓之1
裕興興業股份有限公司	忠孝東路四段560號7樓
整體資訊(股)公司	忠孝東路四段560號7樓之1
普鴻資訊股份有限公司	忠孝東路四段560號7樓之1
統健實業股份有限公司	忠孝東路四段560號7樓之1
環泥建設開發(股)公司	忠孝東路四段560號8樓
美商必帝(股)公司台灣分公司	忠孝東路四段560號8樓
財團法人吳尊賢文教公益基金會	忠孝東路四段560號9樓
新和興海洋企業股份有限公司	忠孝東路四段560號9樓
坤慶國際開發股份有限公司	忠孝東路四段560號9樓之1

門牌:

信義區興隆里015鄰忠孝東路四段560號

90

視域分析



基地台設在仁愛路四段331號之視域分析⁹¹

都市計畫審議 - 容積率對視覺景觀之影響



都市計畫審議 - 容積率對視覺景觀之影響

資訊局
TAIPEI GIS
3D近似建模



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image © 2013 DigitalGlobe
© 2013 Kingway Ltd.
Image © 2013 GeoForce Technologies

Google Earth

行道樹





其他引用本建模成果之應用系統



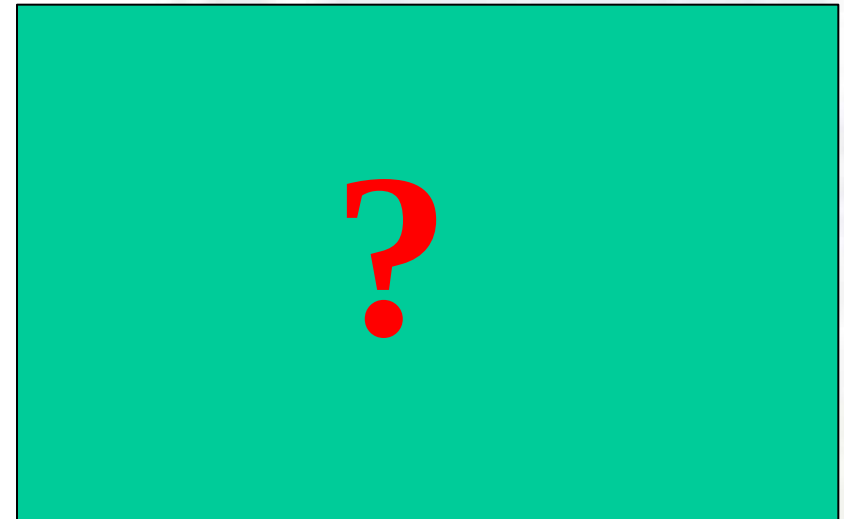
都發局-歷史圖資查詢展示



民政局-著名宗教建築

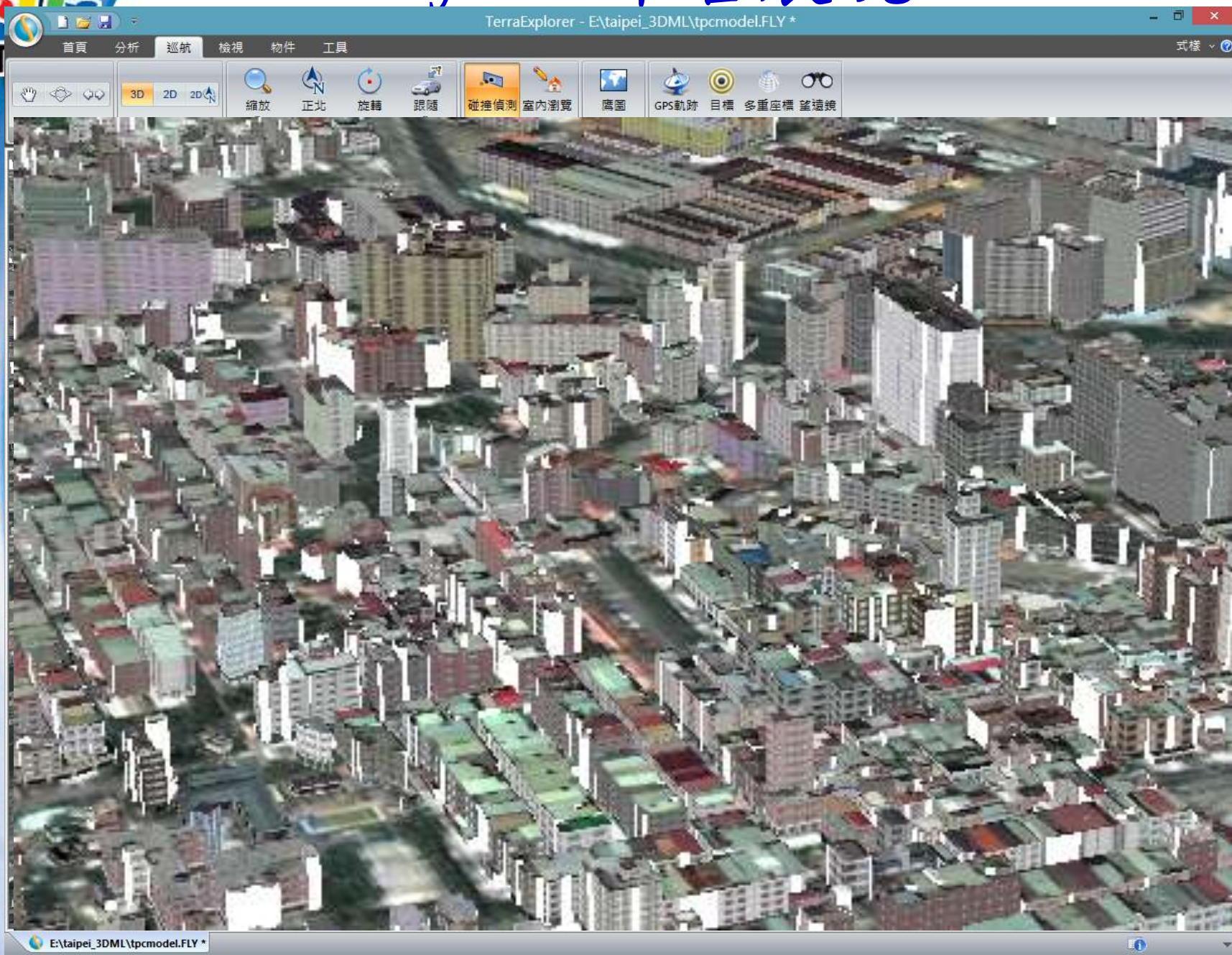


地政局-多目標地籍圖

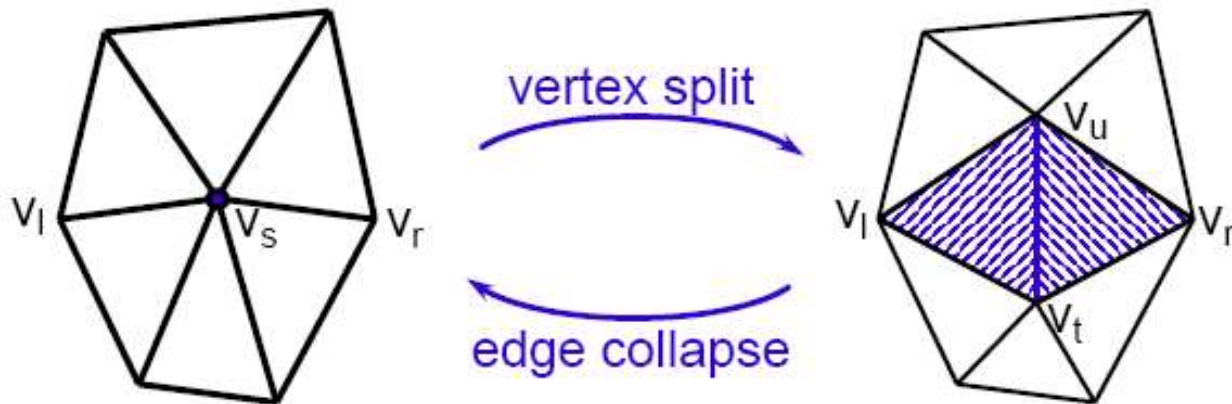
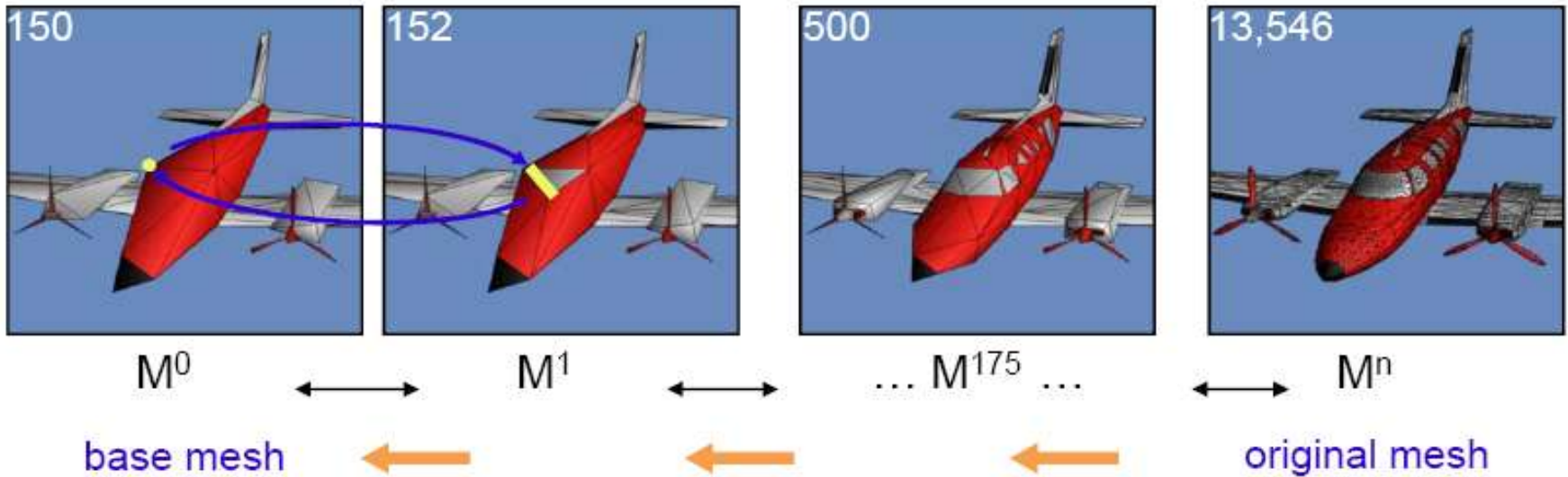


401廠

Skyline 平台展現



Progressive Meshes





Skyline 平台展現_修正版



小 結

- 以影像辨識技術為基礎之三維數位城市建物塑模方法。
- 快速、經濟、品質與效能兼顧，可在Google公有球上順暢瀏覽全臺北市40餘萬棟模型。
- 適用於大部分已經擁有正射影像、建物輪廓及具地理坐標之街景影像之城市。
- 精準屋頂貼圖(98%正確偵測率)，近似化牆面貼圖(相似度 α 材質庫數量)。
- 後續努力方向(2.0版):屬性資料加值應用。