

臺北市 三維數位城市 之建置與應用

台灣地理資訊學會

孫樹國 博士

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

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**，將其表面紋理影像數貼該模型以成為**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。

3

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)

4

簡報大綱

- 快速建構三維數位城市模型方法
 - 動機
 - 方法
 - 成果
- 「智慧城市3D臺北」主題應用

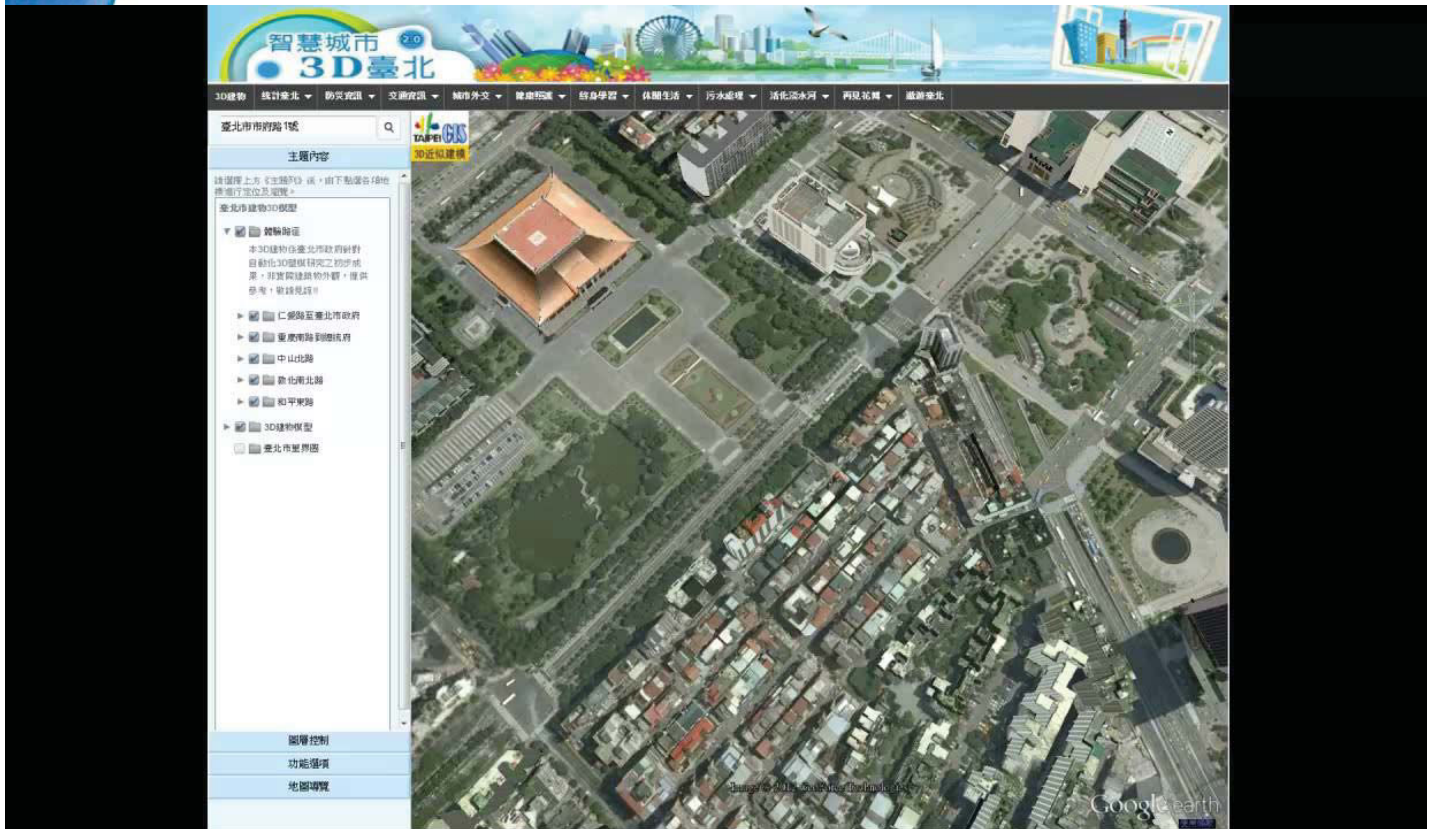
5

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，短時間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

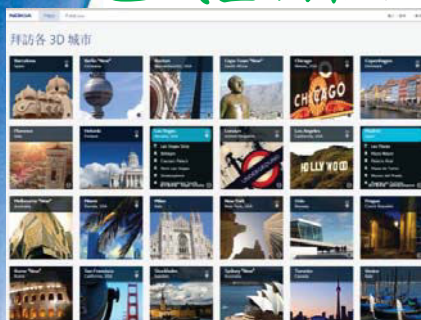
- | | |
|-----------|--------------------------------------|
| ● 虛擬城市導覽 | ● 運輸規劃及管理 |
| ● 都市規劃 | ● 災害防救模擬與應變 |
| ● 3D導航 | ● 建築與遺址或特定場景重建 |
| ● 軍事及國防安全 | ● 娛樂及遊戲產業 |
| ● 環境與景觀模擬 | ● 適地性服務(Location Based Service, LBS) |
| ● 工程規劃與評估 | |

但先要把三維數位城市建起來!!



目前世界主要三維城市建構狀況

● 區域全面性細緻化建物群



Nokia/Apple

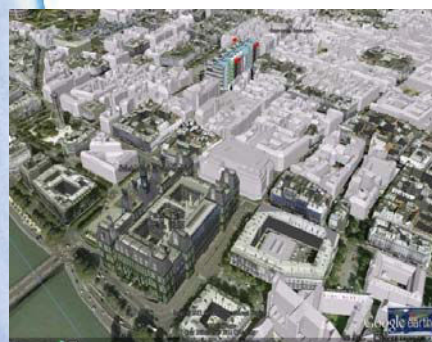


Google



3D北京,上海...

● 混合式或重點式(重點建物細緻化，一般建物簡單化)



三維城市建模技術

● 人工建模 - 單棟



● 地面測量車 - 小範圍

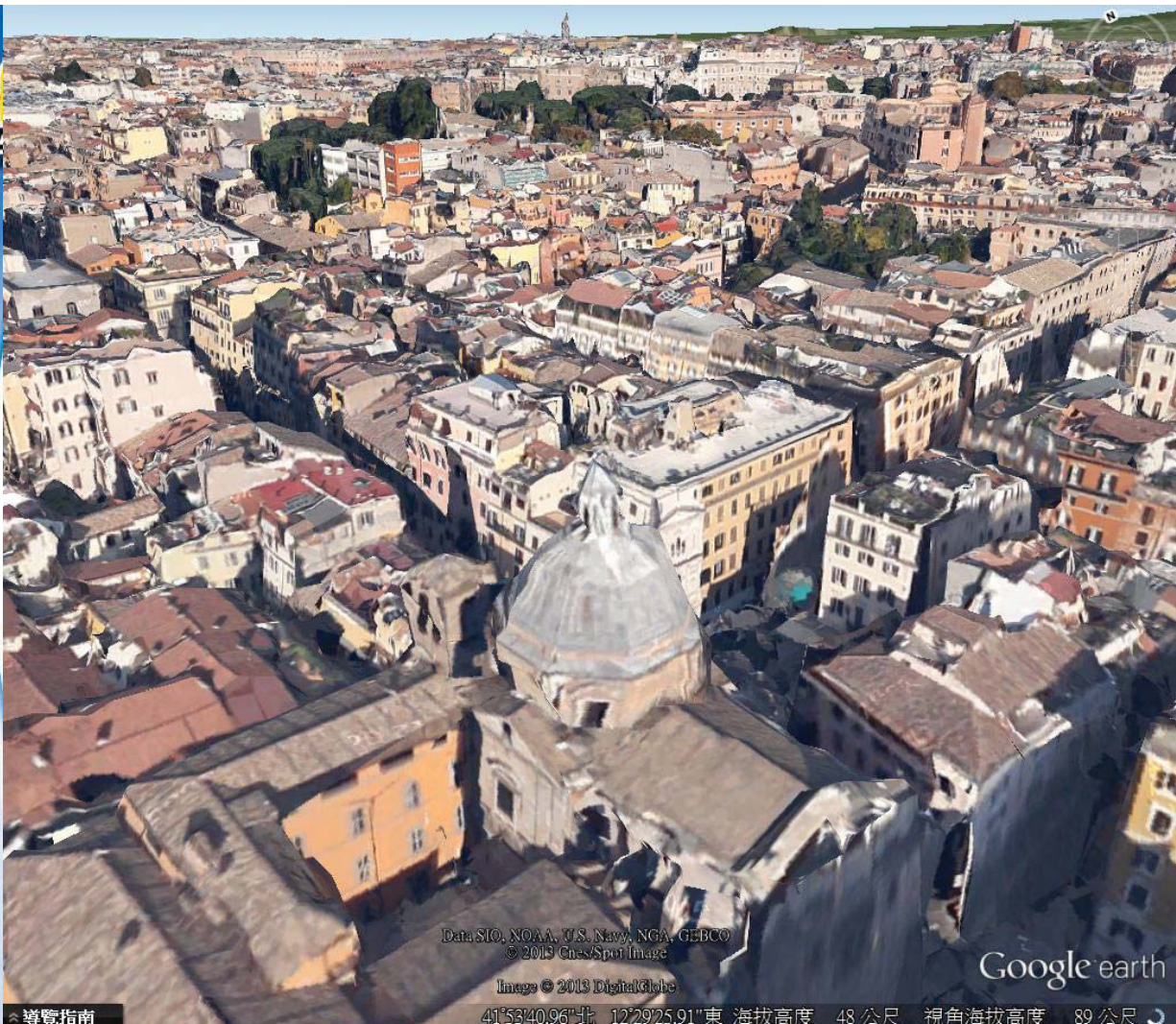


● Multi-view 空載傾斜攝影 - 大範圍





- 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！



臺北市3D建模策略

- 台灣尚無自動化快速建立精緻三維建物模型之技術，且需花大成本。
- 臺北市建物密集，**傾斜攝影**是不適用？
- 地面 **■現有技術需大筆預算或高耗時，且技術尚未完全成熟** 國城
- 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！

15

策略：混合式建物模型

重點建物細緻化、一般建物近似化



16



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)

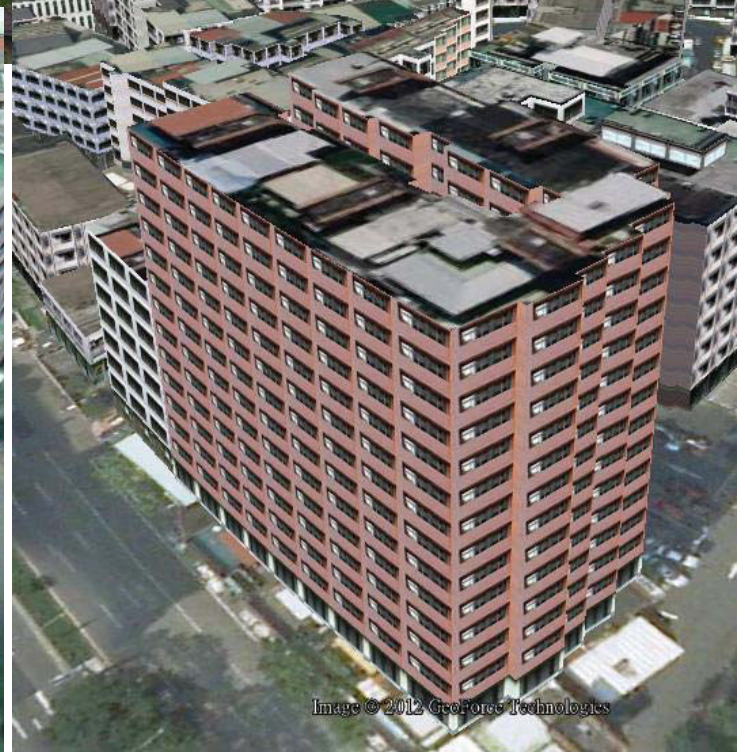


Image © 2012 GeoForce Technologies



業界
(屋頂偏移)

大安區仁愛路四段
約略的地址



本研究
(精準屋頂貼圖)

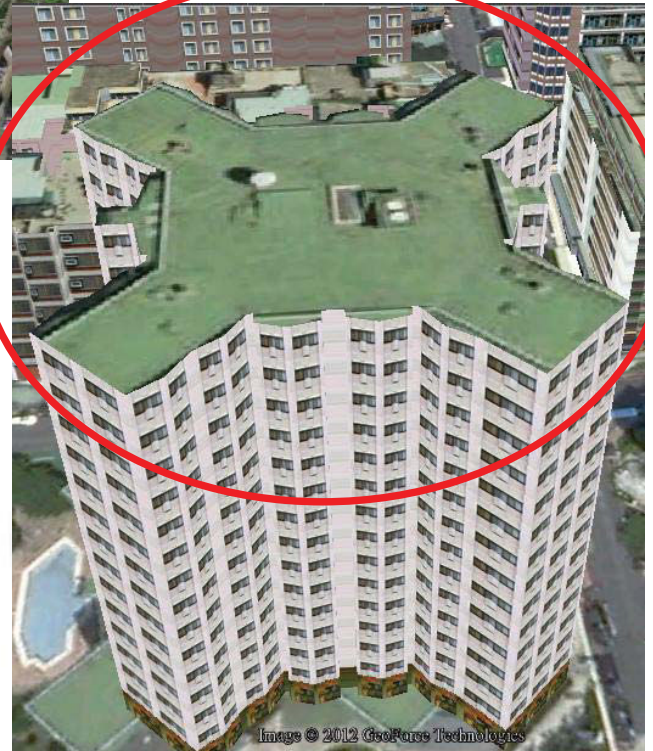
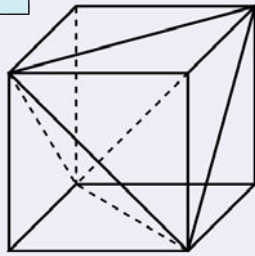
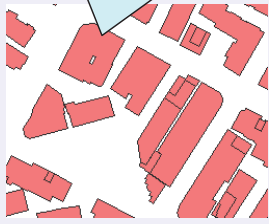


Image © 2012 GeoForce Technologies

研究方法

高度:12F(38.13m)



屋頂：

● 正射影像

(+屋頂偵測模組)

- Google既有建物偵測
- 巨量資料之呈現管理

擷取建物輪廓及高度

組成
Triangular
Meshed
Model

Texture
Mapping

3D
Textured
Building

來：

自動化建置臺北市99%未建模之3D建物模型!!!

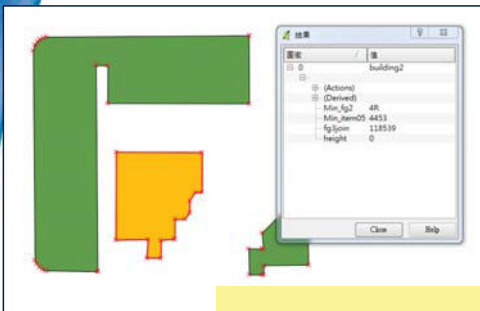
- 利
- 全自動化!
- 模型品質達一定精細程度

+
地理坐標之街景圖

像貼圖



建物輪廓 → 3D灰階建物模型



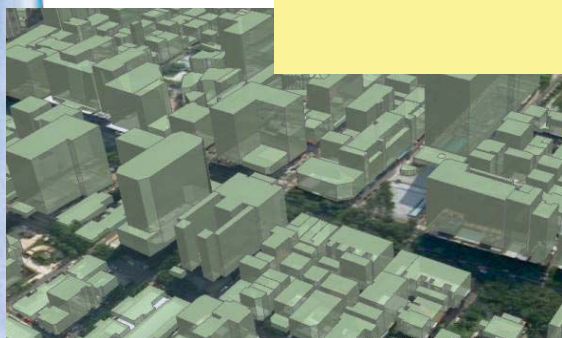
擷取建物輪廓
及高度資訊

```
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,
```

都發局建物輪

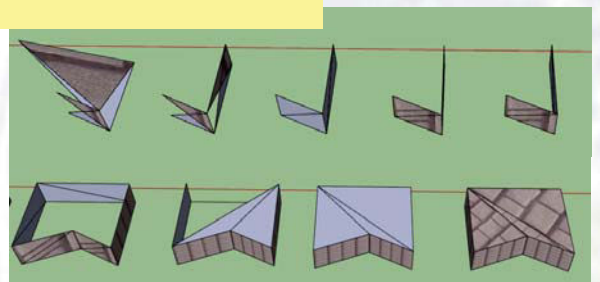
精度與建物輪廓製圖精度一致

邊形三角化



灰階建物模型

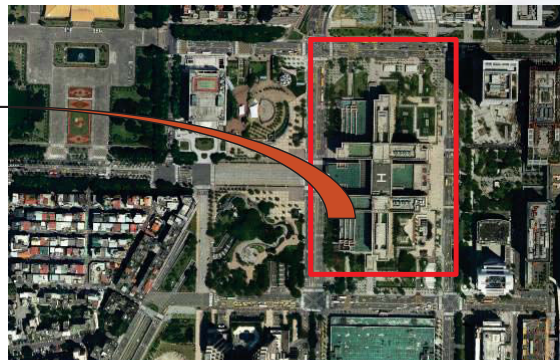
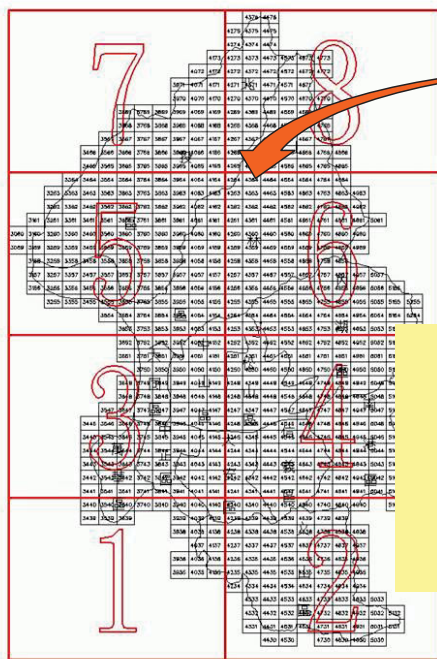
組成模
型格式



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

21

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



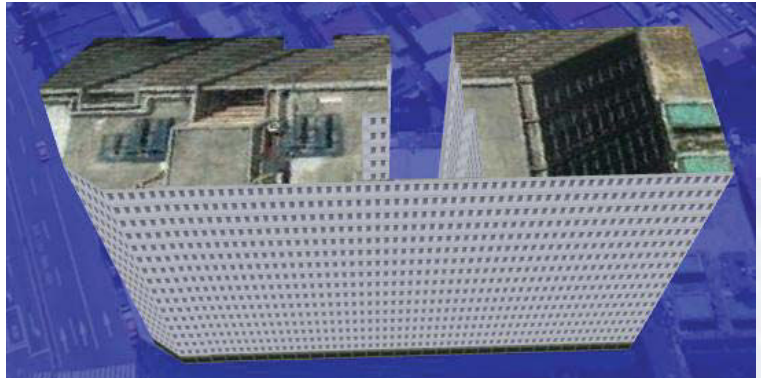
直接由建
物輪廓坐
標擷取對
應影像之
建模成果



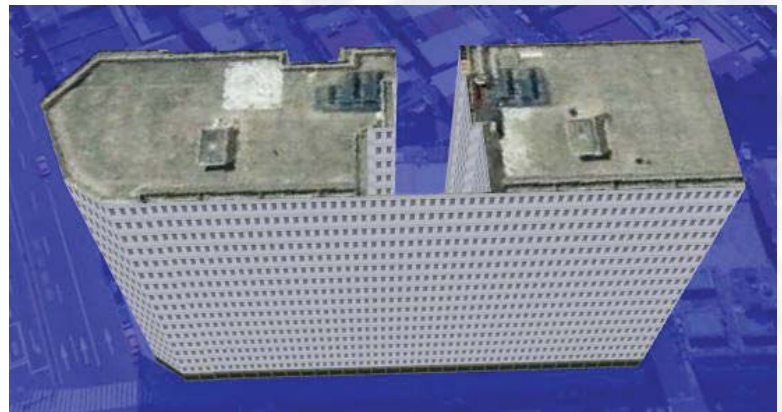
利用屋頂
偵測擷取
正確對應
影像之建
模成果



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

臺北市正射影像 建物傾斜狀況





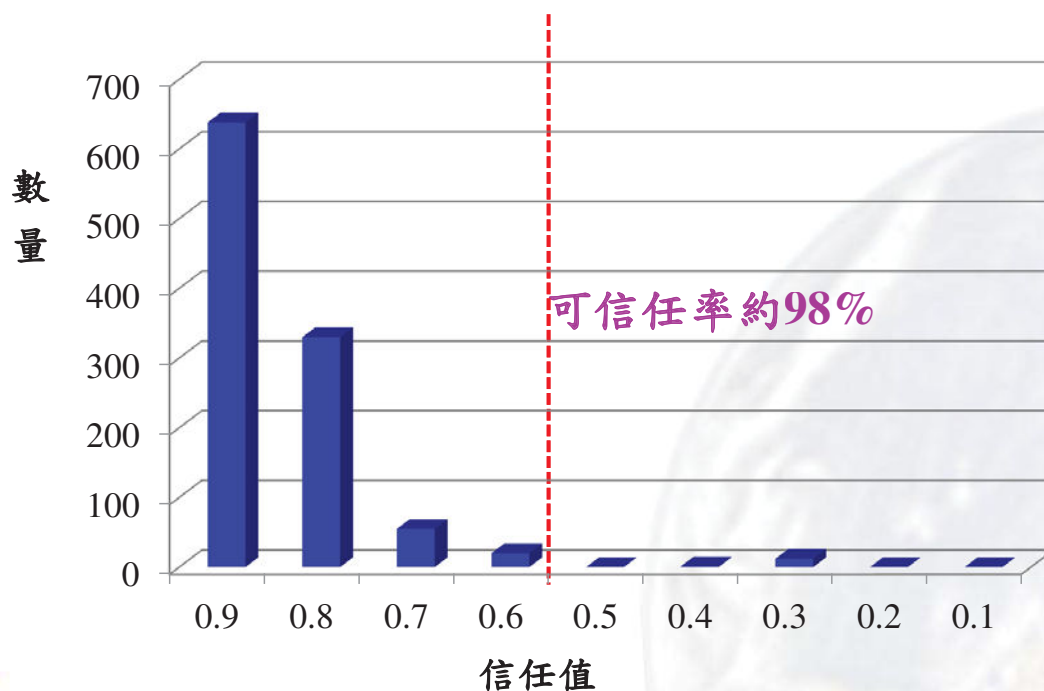
屋頂偵測之可信任度衡量

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

...

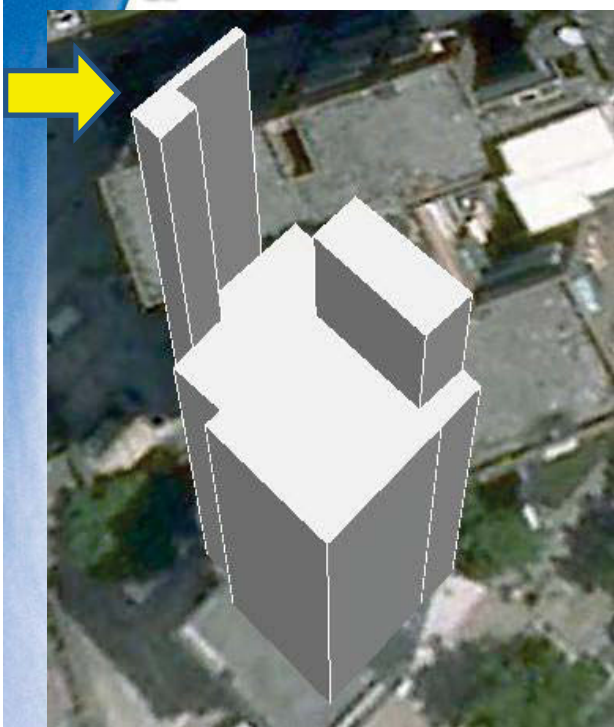
Polygon ID	偵測信任值
112	0.506597
91	0.501885
233	0.501271
234	0.501271
1477	0.475866
82	0.475100
63	0.432072
161	0.420597
67	0.418316
243	0.416551
128	0.383207
171	0.364133
189	0.364133
246	0.343074
162	0.149915

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- 高程



不合理之高程值1

全面性自動化檢核

64041	出入口高程=屋頂高程
85734	出入口高程=屋頂高程
100772	出入口高程=屋頂高程
132251	出入口高程=屋頂高程
154458	出入口高程=屋頂高程
154459	出入口高程=屋頂高程
154460	出入口高程=屋頂高程
154461	出入口高程=屋頂高程
154462	出入口高程=屋頂高程
160797	出入口高程=屋頂高程

3618	出入口高程>屋頂高程
20105	出入口高程>屋頂高程
22631	出入口高程>屋頂高程
29602	出入口高程>屋頂高程
44988	出入口高程>屋頂高程
79821	出入口高程>屋頂高程
82235	出入口高程>屋頂高程
112039	出入口高程>屋頂高程
112040	出入口高程>屋頂高程
165618	出入口高程>屋頂高程

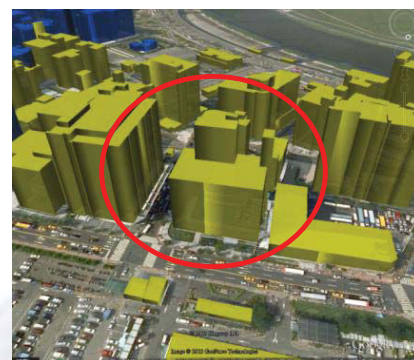
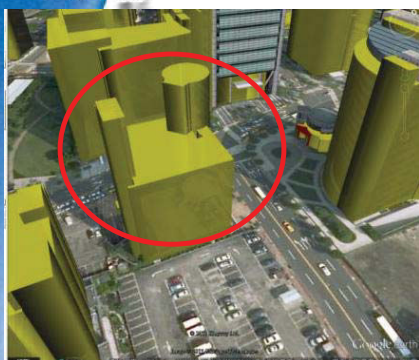
357234	出入口高程錯誤
361245	出入口高程錯誤
361448	出入口高程錯誤
362410	出入口高程錯誤
362489	出入口高程錯誤
362844	出入口高程錯誤
362846	出入口高程錯誤
362856	出入口高程錯誤
362880	出入口高程錯誤
363506	出入口高程錯誤

37003	屋頂高程錯誤
37004	屋頂高程錯誤
44988	屋頂高程錯誤
85734	屋頂高程錯誤
100772	屋頂高程錯誤
154458	屋頂高程錯誤
154459	屋頂高程錯誤
154460	屋頂高程錯誤
154461	屋頂高程錯誤
154462	屋頂高程錯誤

258268	高程與樓層數差異大	4R	46.92	11.73
259086	高程與樓層數差異大	41R	392.04	9.56195122
259057	高程與樓層數差異大	41R	368.93	8.998292683
259016	高程與樓層數差異大	5R	41.8	8.36
76041	高程與樓層數差異大	6R	47.82	7.97
173110	高程與樓層數差異大	5R	39.81	7.962
47610	高程與樓層數差異大	5R	39.59	7.918
258778	高程與樓層數差異大	7R	55.4	7.914285714
354139	高程與樓層數差異大	5R	39.56	7.912
258469	高程與樓層數差異大	4R	31.55	7.8875
339201	高程與樓層數差異大	4R	31.51	7.8775

資料筆數：約42萬筆，檢核出計4682筆錯誤

高程回饋修正



檢核修正



牆面紋理貼圖

輕量化牆面影像材質!!

Google 模型

本方法產生之模型



File Size: 2 MB

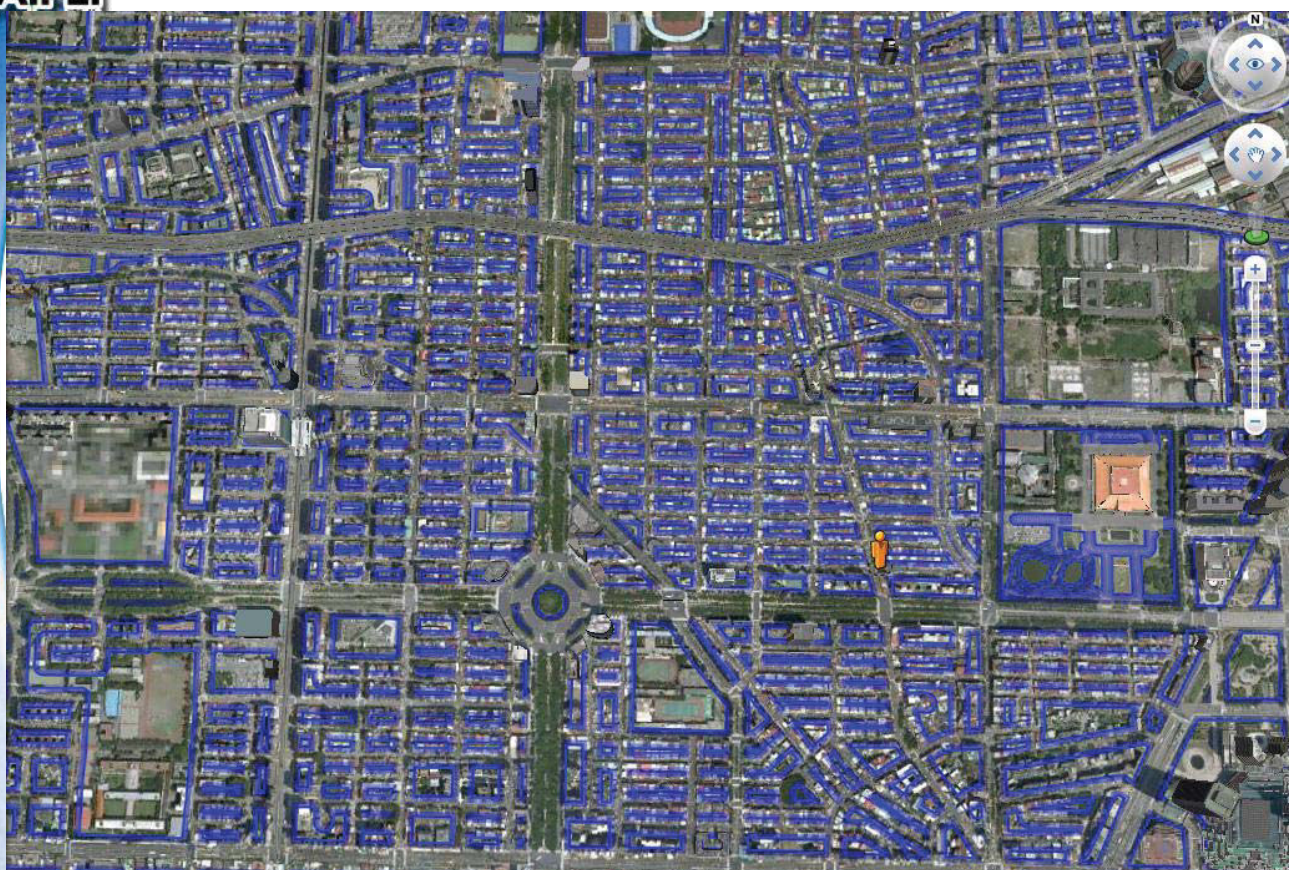


File Size: 10 KB

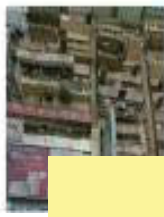
約 200:1

31

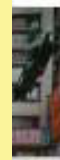
臺北市具有街景之街道



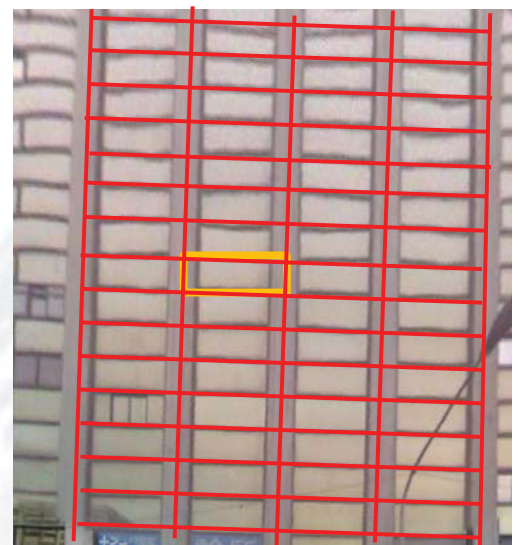
自動擷取街景影像結果



- 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)
 - 路樹等遮蔽問題

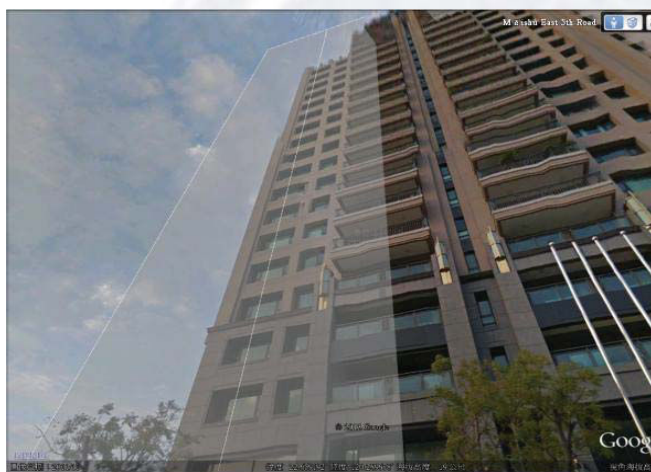
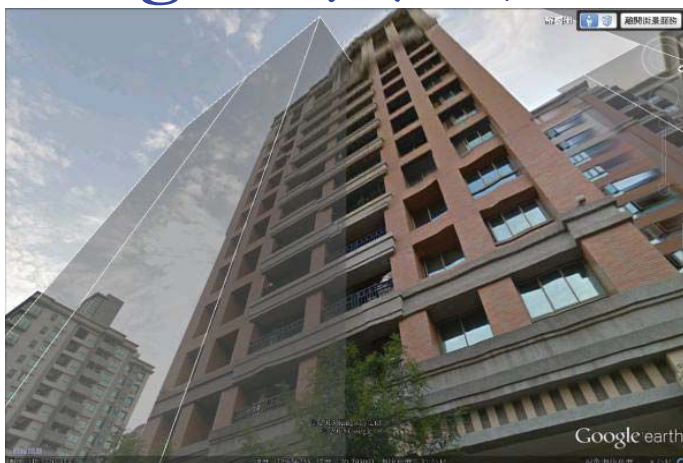


理想中的作法

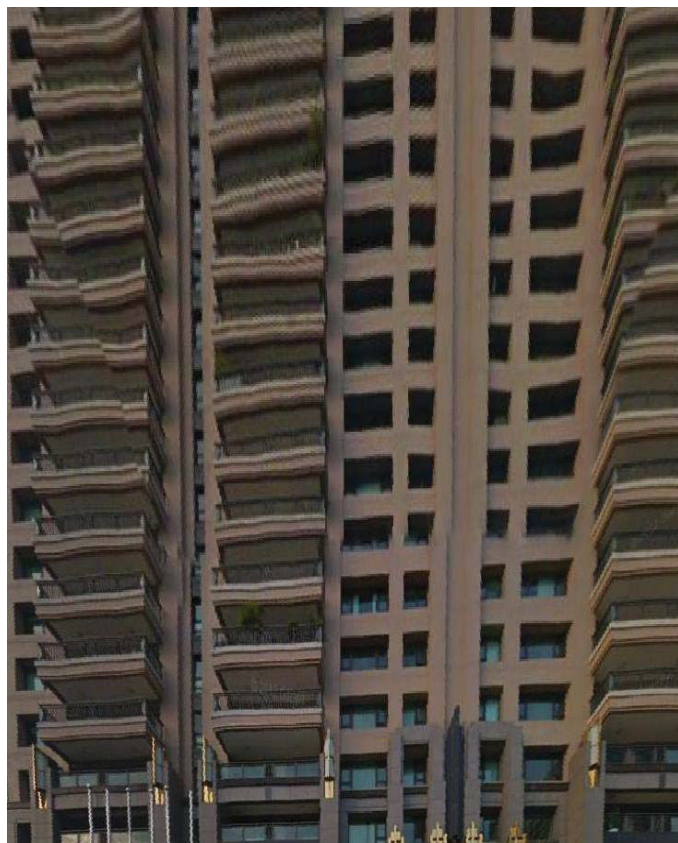


萃取重複性Pattern

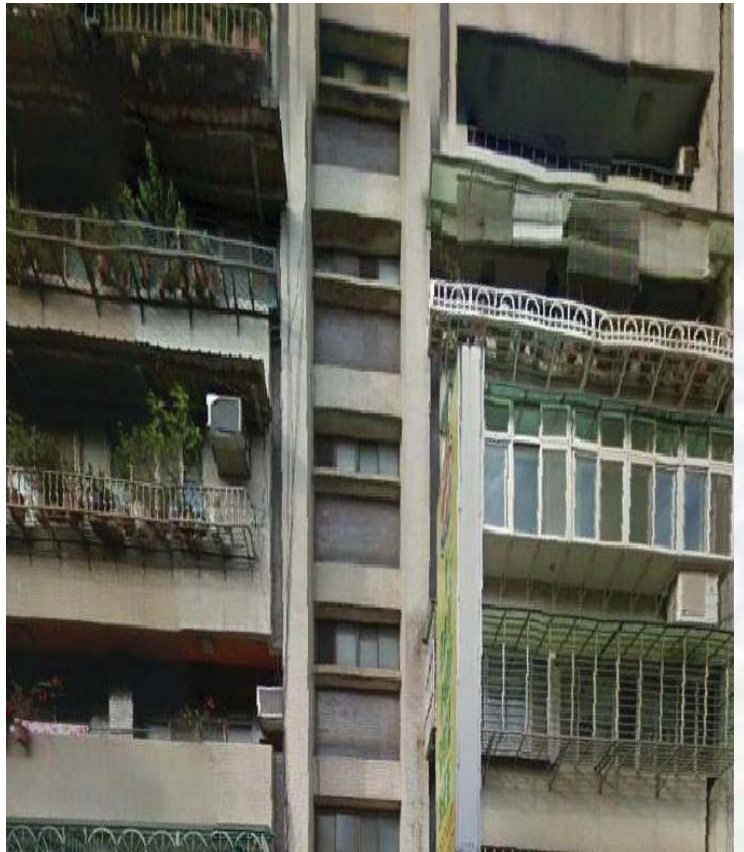
Google 街景精度不高



品質差



無明顯之重複性Pattern



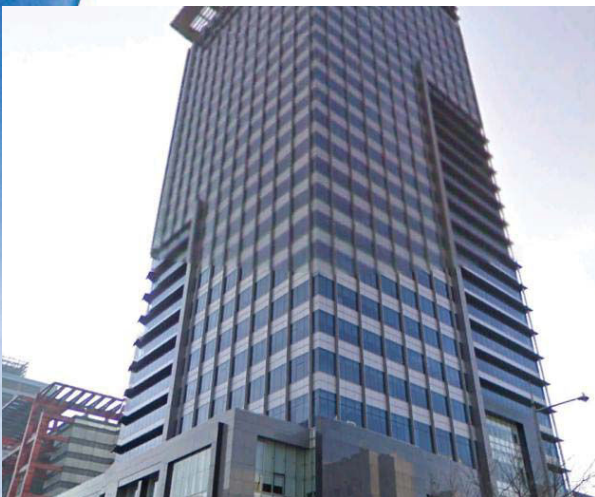
路樹遮蔽



其他干擾



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

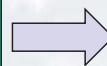


影像描述元



影像比對

紋理材質庫



最相似者

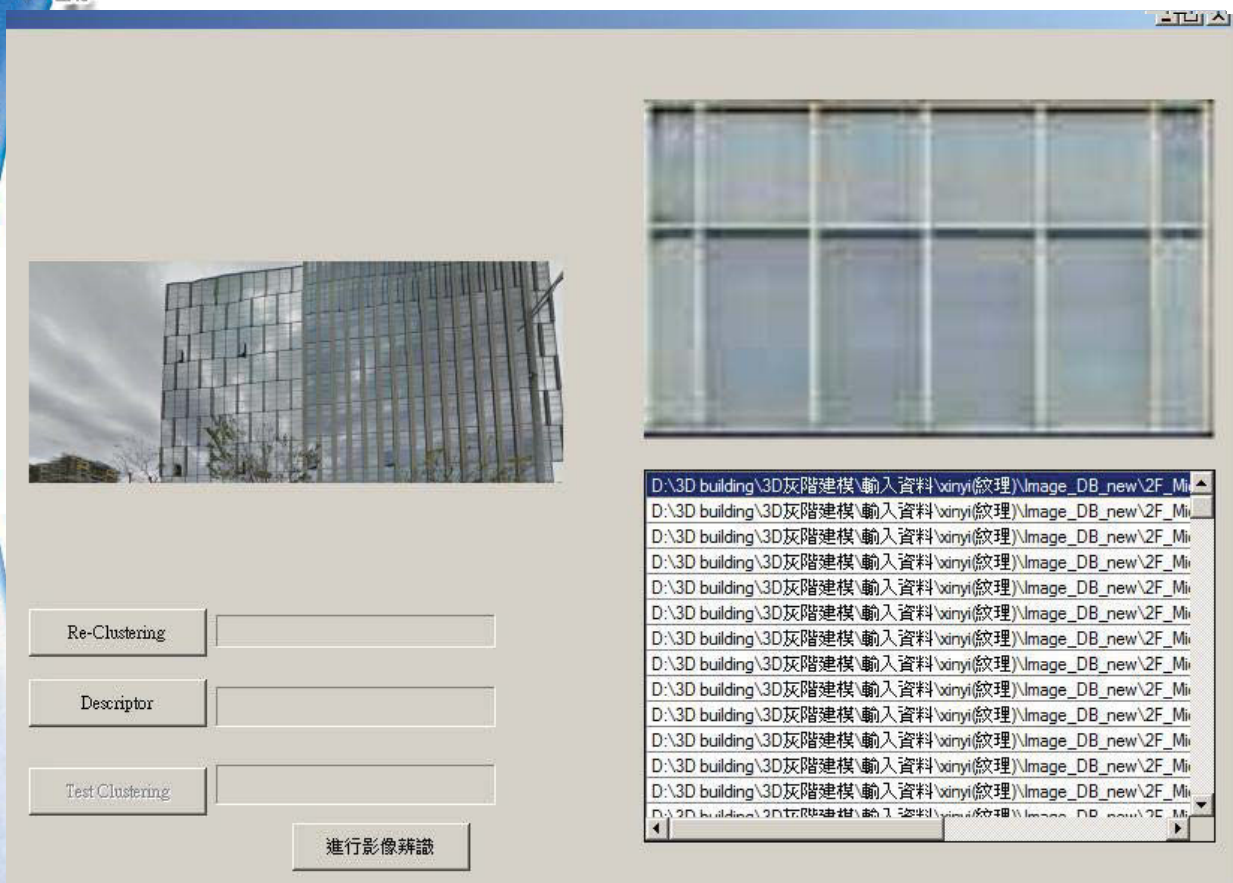
建物材質庫



目前約有50,000個材質

41

材質影像辨識結果





43



自動建模成果



建模成果比較



建模成果比較



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

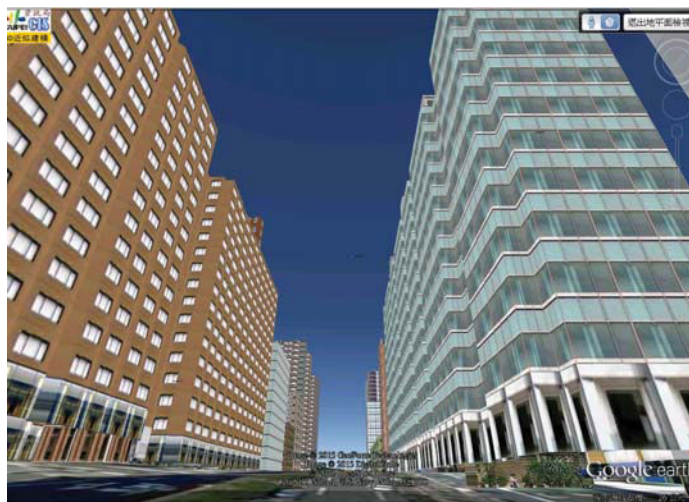
實際街景影像

自動化建模成果





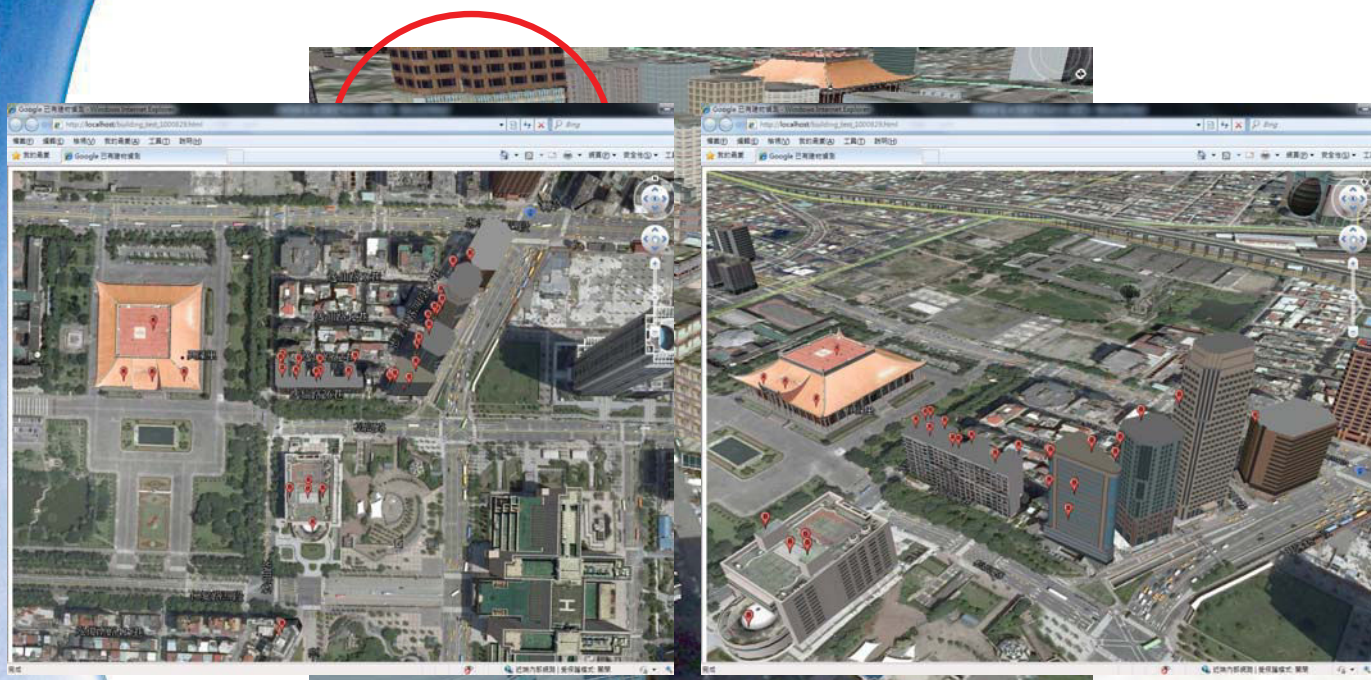
實際街景影像



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

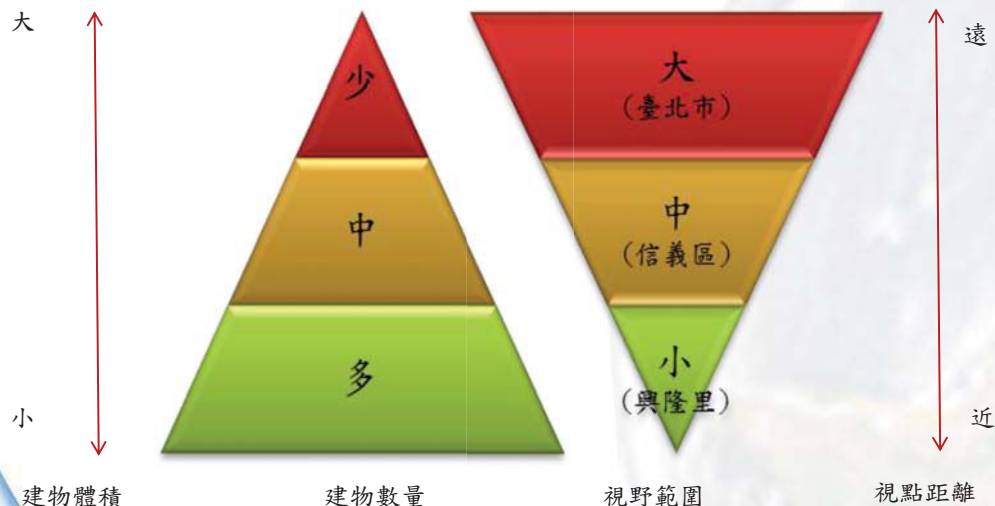
● 全臺北市42萬建物方塊，建模總資料量2GB。

● 策略：

■ 將全臺北市「分幅」，「分層」處理，約2萬個檔案

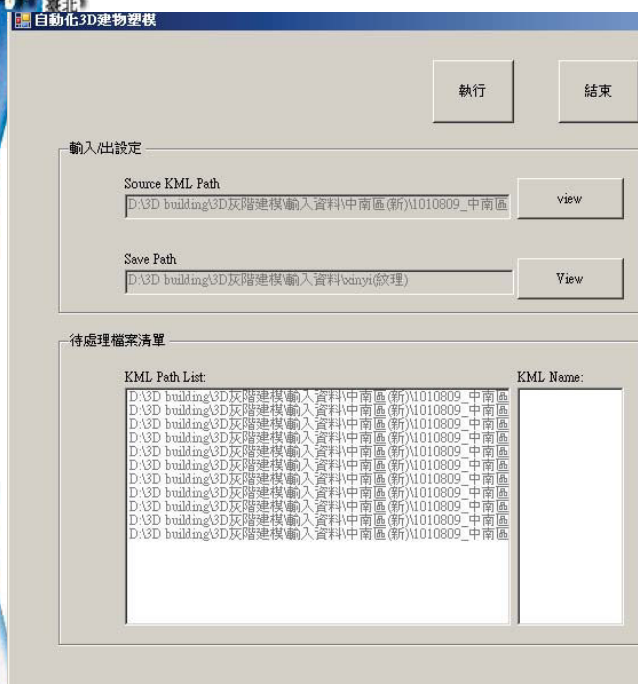
■ 以LOD概念控制抓取及顯示的檔案。

■ 圖面顯示範圍內約同時抓10~20個檔，約3~8MB。



51

全自動化之程式模組

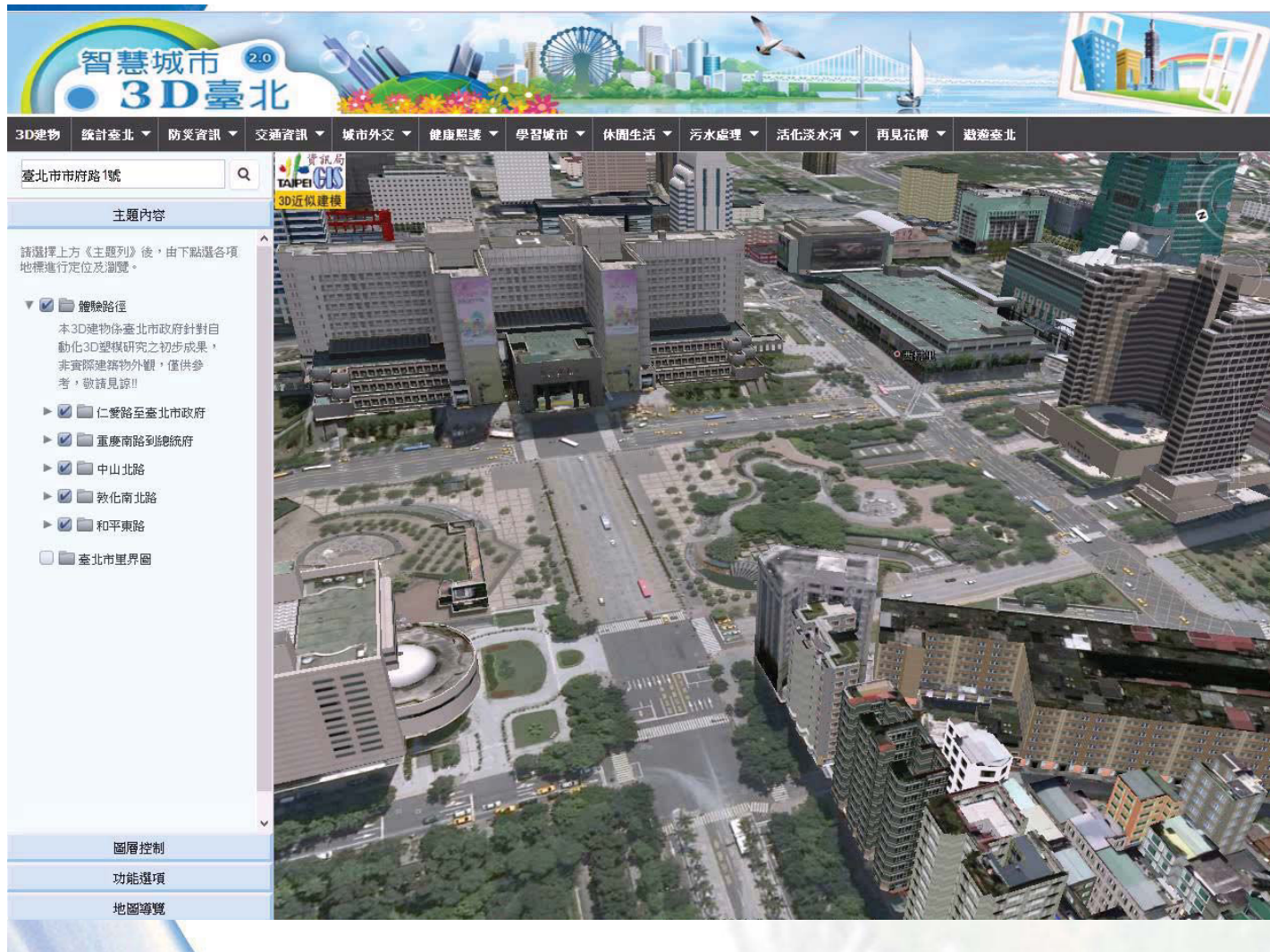


名稱	修改日期	類型	大小
3058	2012/10/10 下午 08...	檔案資料夾	
3640	2012/10/10 下午 08...	檔案資料夾	
3646	2012/10/10 下午 08...	檔案資料夾	
3652	2012/10/10 下午 09...	檔案資料夾	
3658	2012/10/10 下午 10...	檔案資料夾	
4234	2012/10/10 下午 11...	檔案資料夾	
4240	2012/10/11 上午 07...	檔案資料夾	
4246	2012/10/11 下午 07...	檔案資料夾	
4252	2012/10/11 下午 10...	檔案資料夾	
4258	2012/10/11 下午 10...	檔案資料夾	
4834	2012/10/11 下午 10...	檔案資料夾	
4840	2012/10/11 下午 10...	檔案資料夾	
4846	2012/10/11 下午 10...	檔案資料夾	
4852	2012/10/11 下午 10...	檔案資料夾	
4858	2012/10/11 下午 11...	檔案資料夾	
5446	2012/10/11 下午 11...	檔案資料夾	
Taipei_region_NetWorkLink.kml	2012/3/30 上午 11:49	KML 檔案	4 KB
名稱	修改日期	類型	大小
4246.kml	2012/10/11 下午 05...	KML 檔案	22 KB
47,46_Level153.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	244 KB
47,46_Level154.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	401 KB
47,46_Level155.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	247 KB
47,46_Level146.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	173 KB
47,46_Level147.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	139 KB
47,46_Level148.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	76 KB
47,46_Level149.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	145 KB
47,46_Level150.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	96 KB
47,46_Level151.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	152 KB
47,46_Level152.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	81 KB
47,46_Level138.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	26 KB
47,46_Level139.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	304 KB
47,46_Level140.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	72 KB
47,46_Level141.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	314 KB
47,46_Level142.kmz	2012/10/11 下午 05...	KMZ 檔案	32 KB

● 以C# 程式語言自行開發。

● 全自動化! 可分工!

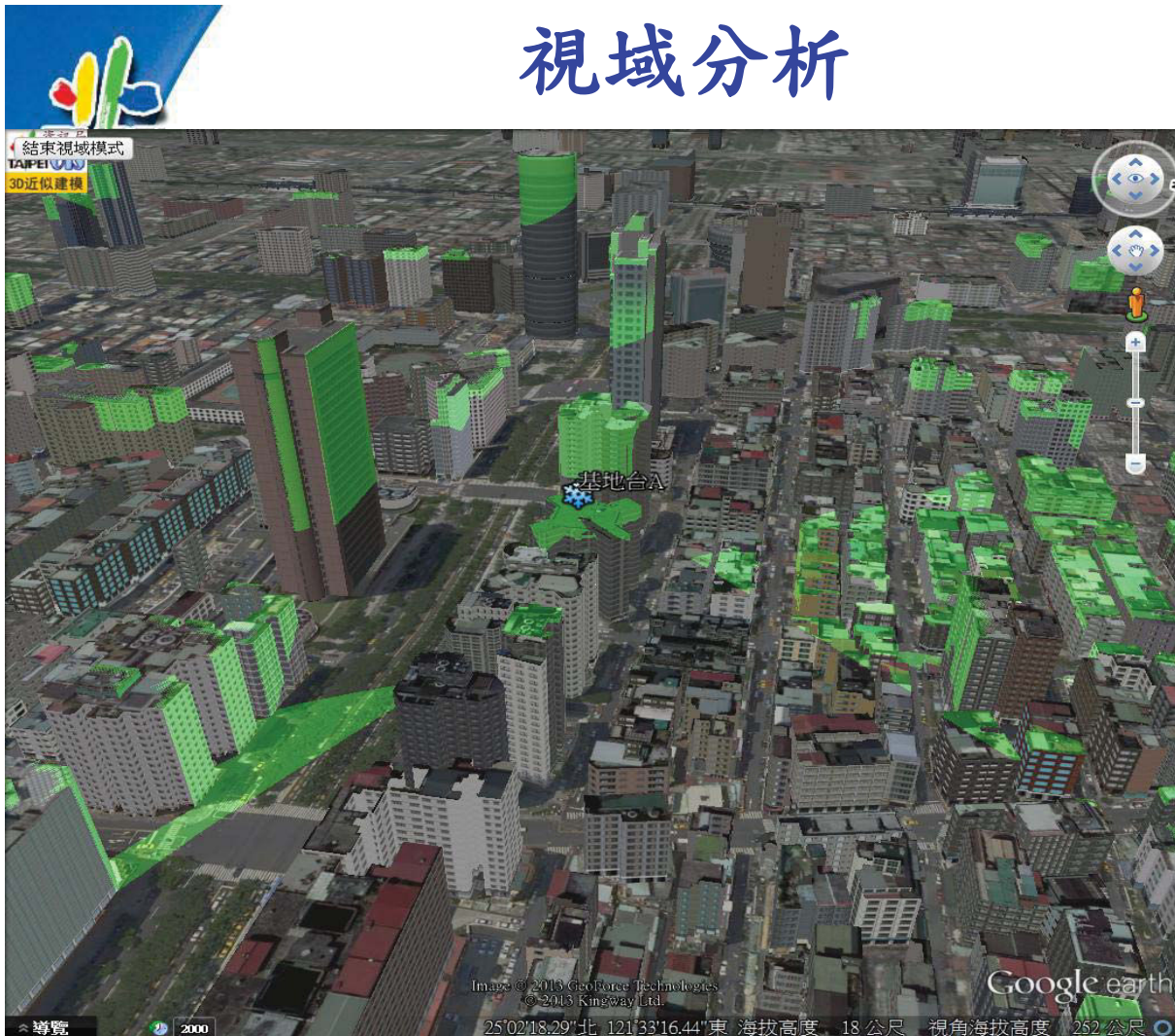
52



結合地標及門牌



視域分析



基地台設在仁愛路四段331號之視域分析⁵⁵

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



行道樹





其他引用本建模成果之應用系統



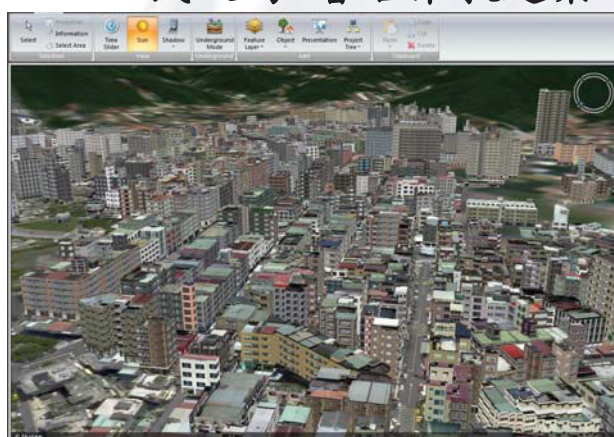
都發局-歷史圖資查詢展示



民政局-著名宗教建築



地政局-多目標地籍圖



國防部

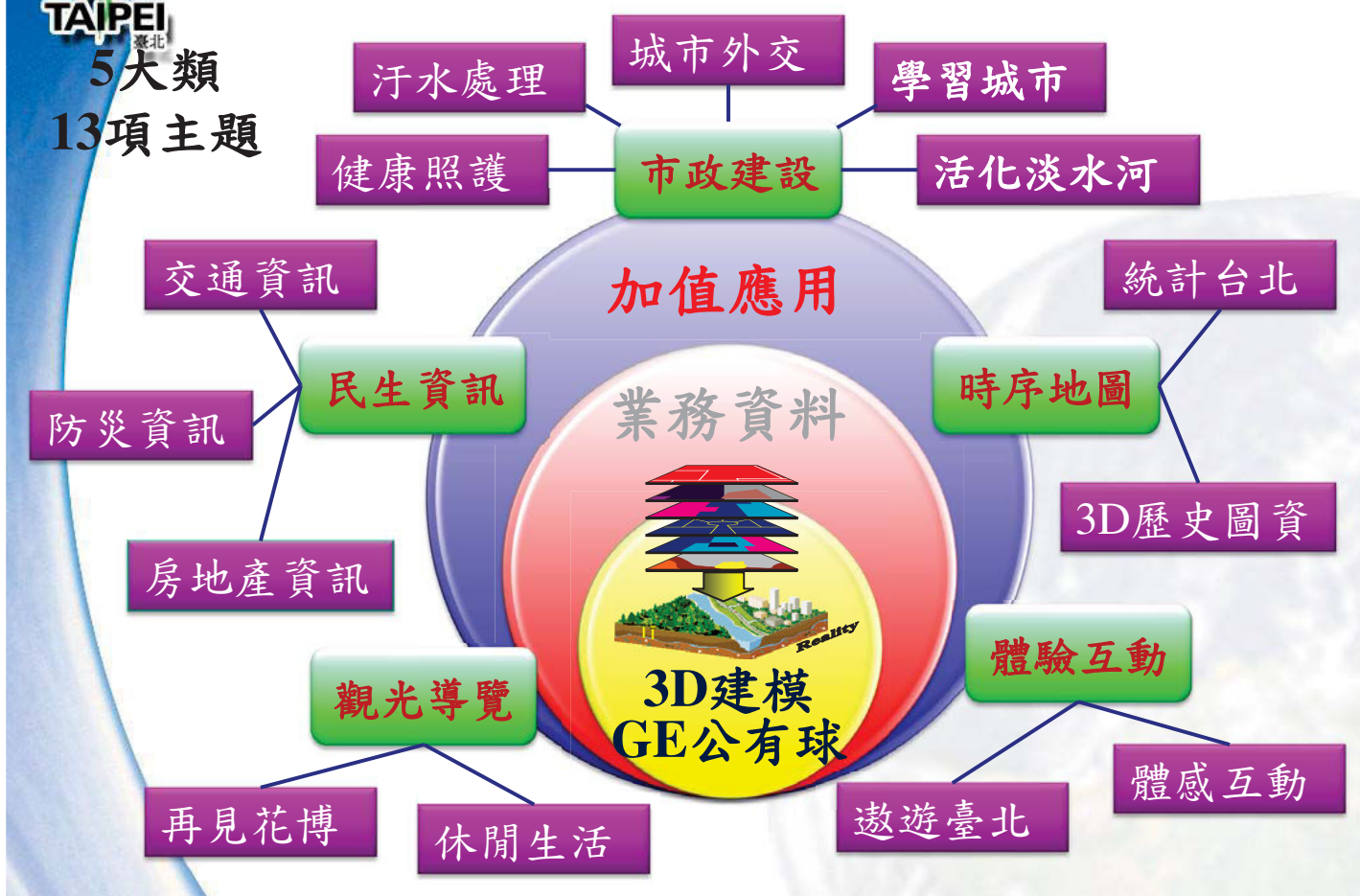


三維數位城市應用



5大類
13項主題

「智慧城市3D臺北」應用主題



主題資料整合來源

局處資料

System	System Name	System ID	System Description	System Status
1	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
2	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
3	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
4	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
5	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
6	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
7	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
8	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
9	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
10	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
11	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
12	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
13	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
14	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
15	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
16	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
17	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
18	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
19	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
20	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
21	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
22	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
23	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
24	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
25	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
26	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
27	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
28	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
29	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active
30	City of Taipei	1000000	City of Taipei	Active

其他格式

圖形資料

• Shp
• DGN
• ...

.kml格式 (提供網址)

點位資料

• Excel
• Csv
• Txt
• Ws
• ...

特殊圖像化顯示需求

無

有

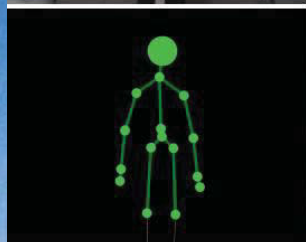


上稿平台

圖像化格式轉換



體感操控

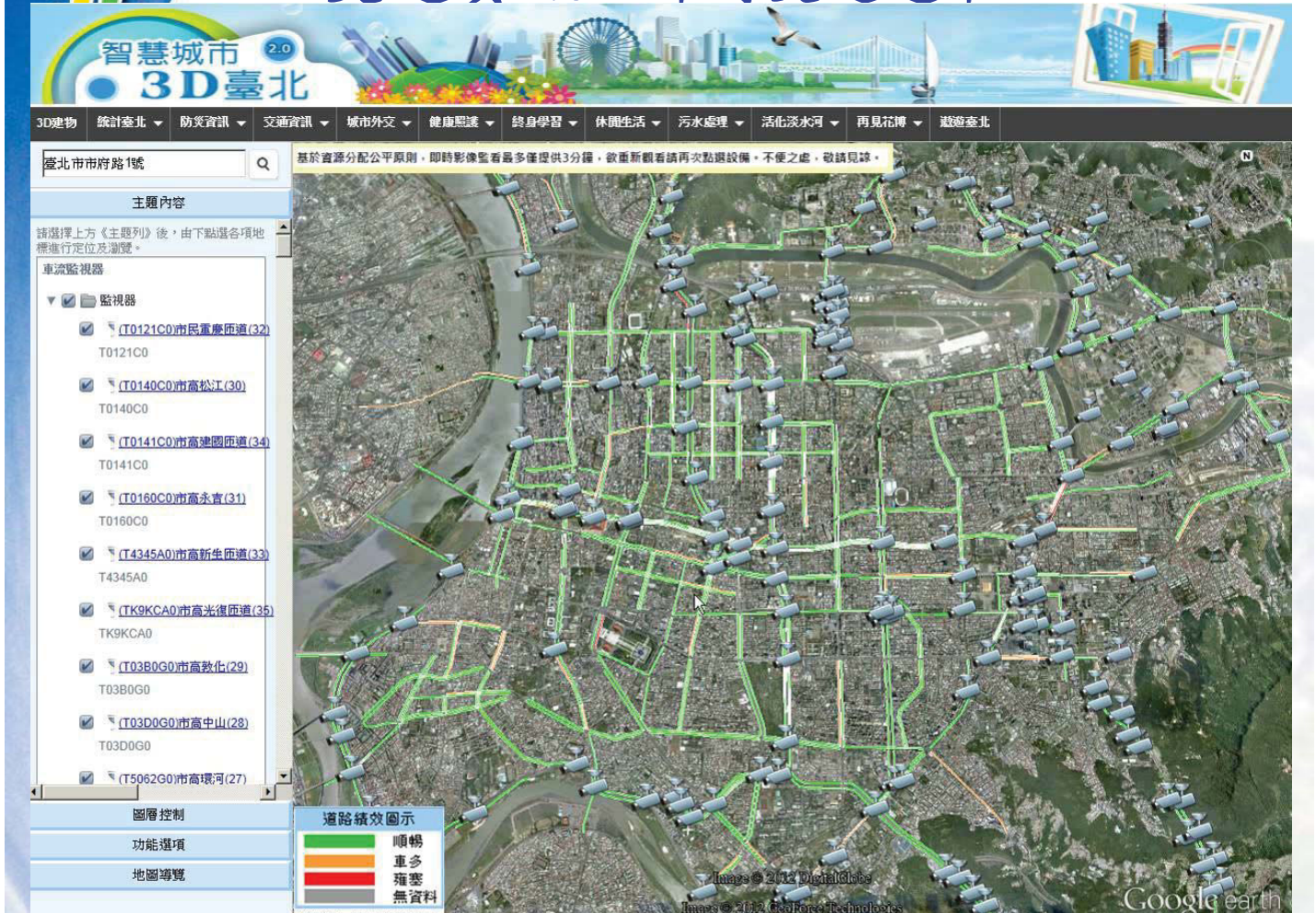


系統開發:臺北市GIS顧問 孫樹國博士

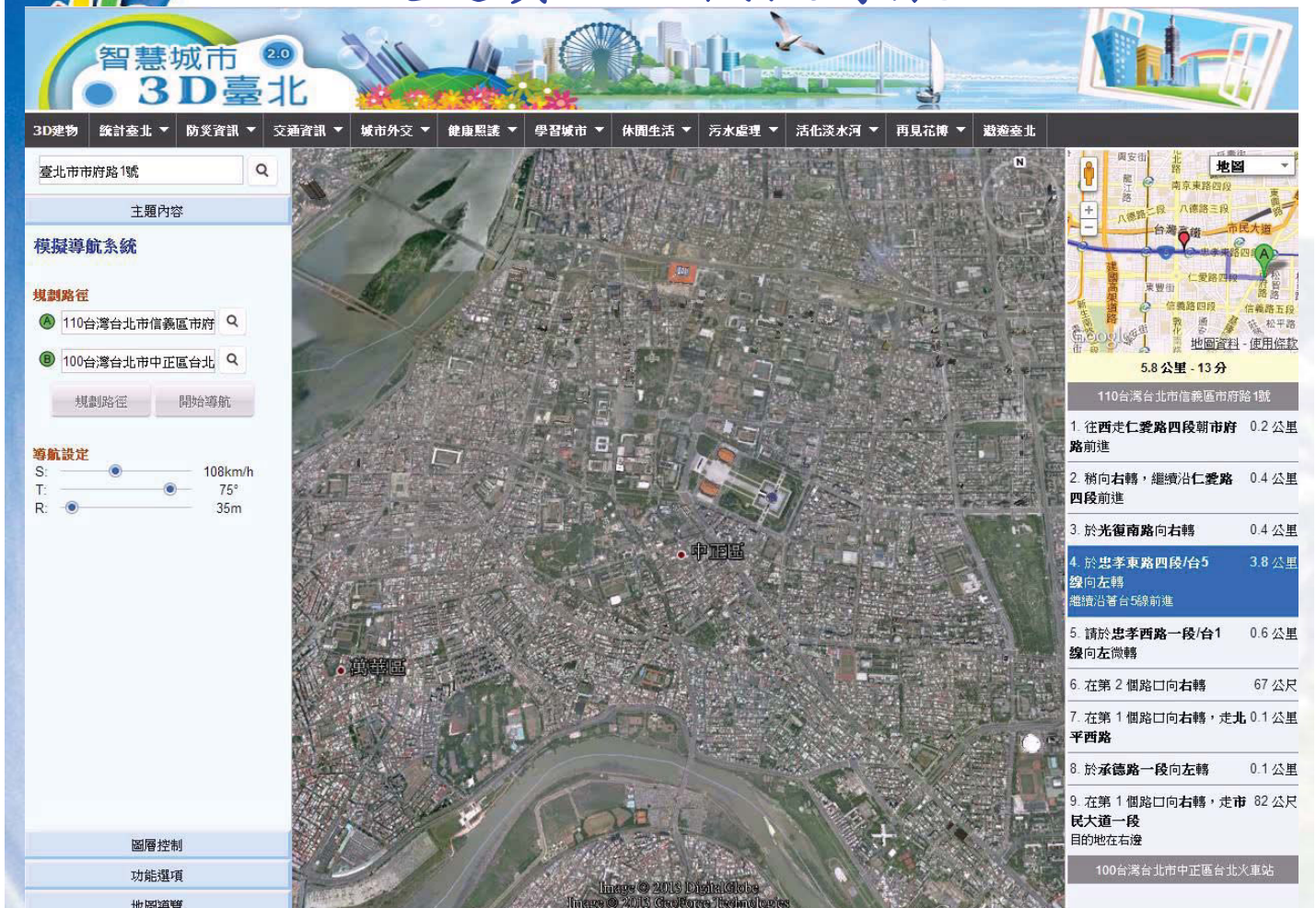
輔助決策支援



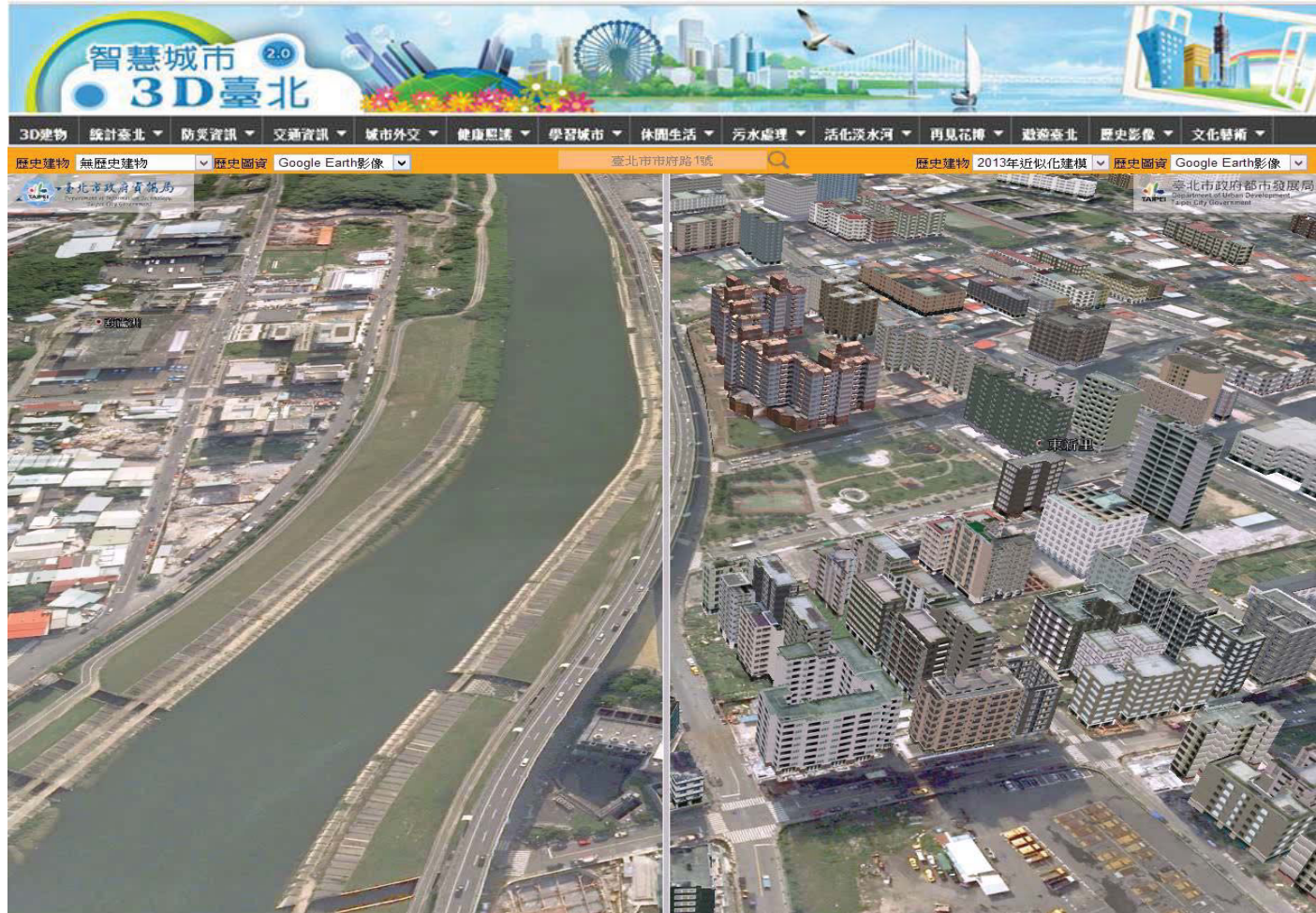
交通資訊－即時交通速率



交通資訊－模擬導航



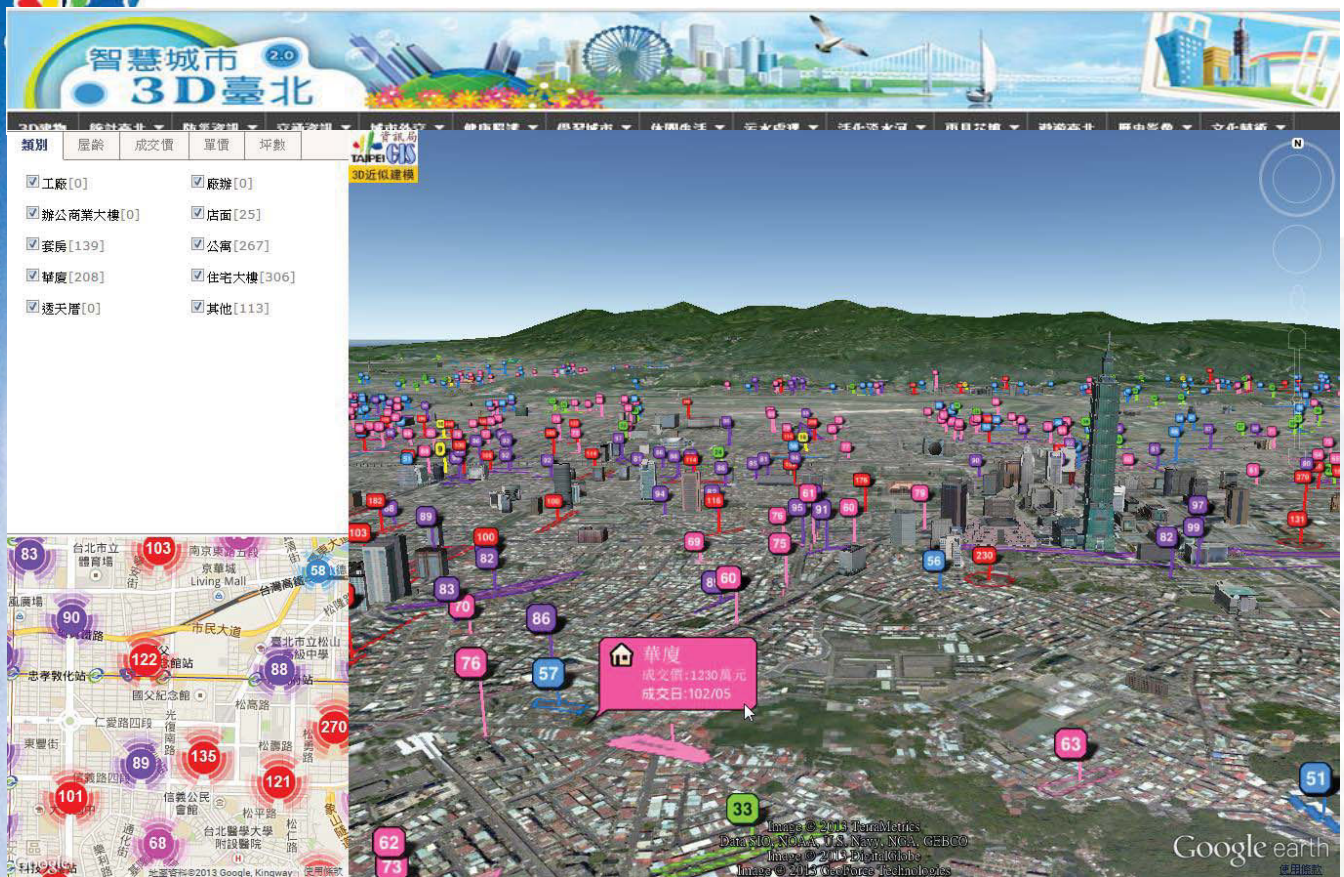
3D歷史圖資



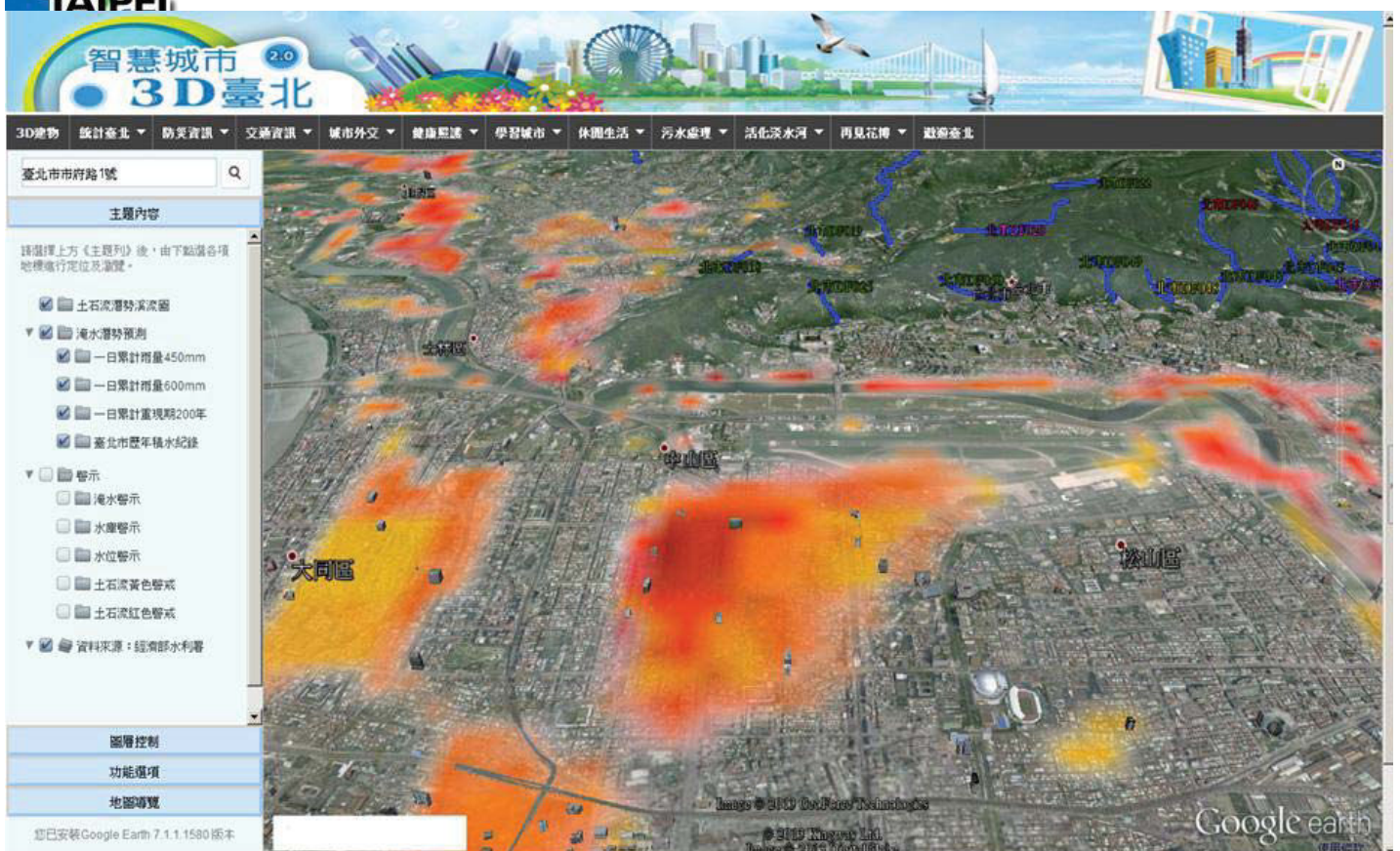
縮時演進 - 城市發展



不動產實價登錄

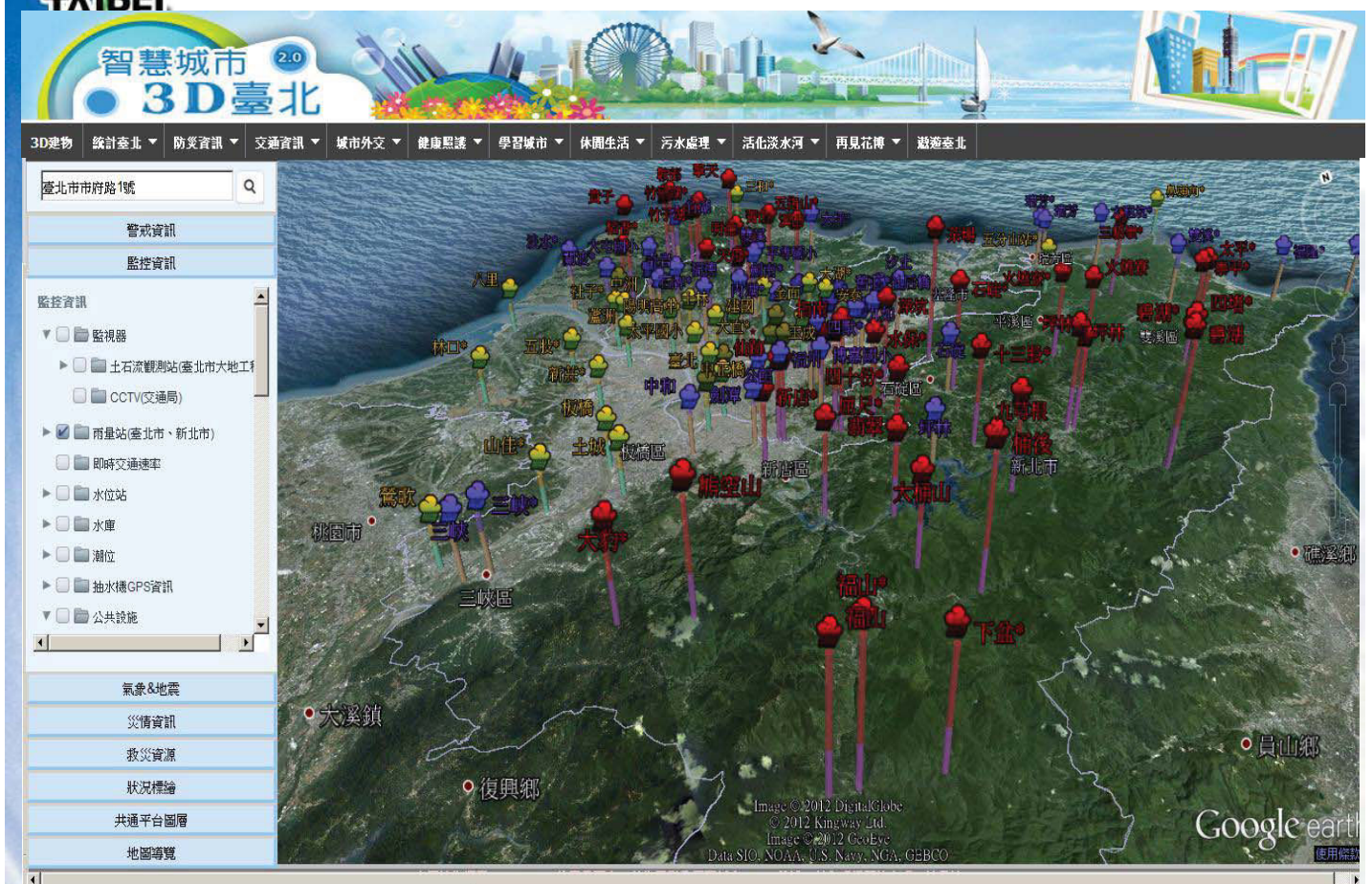


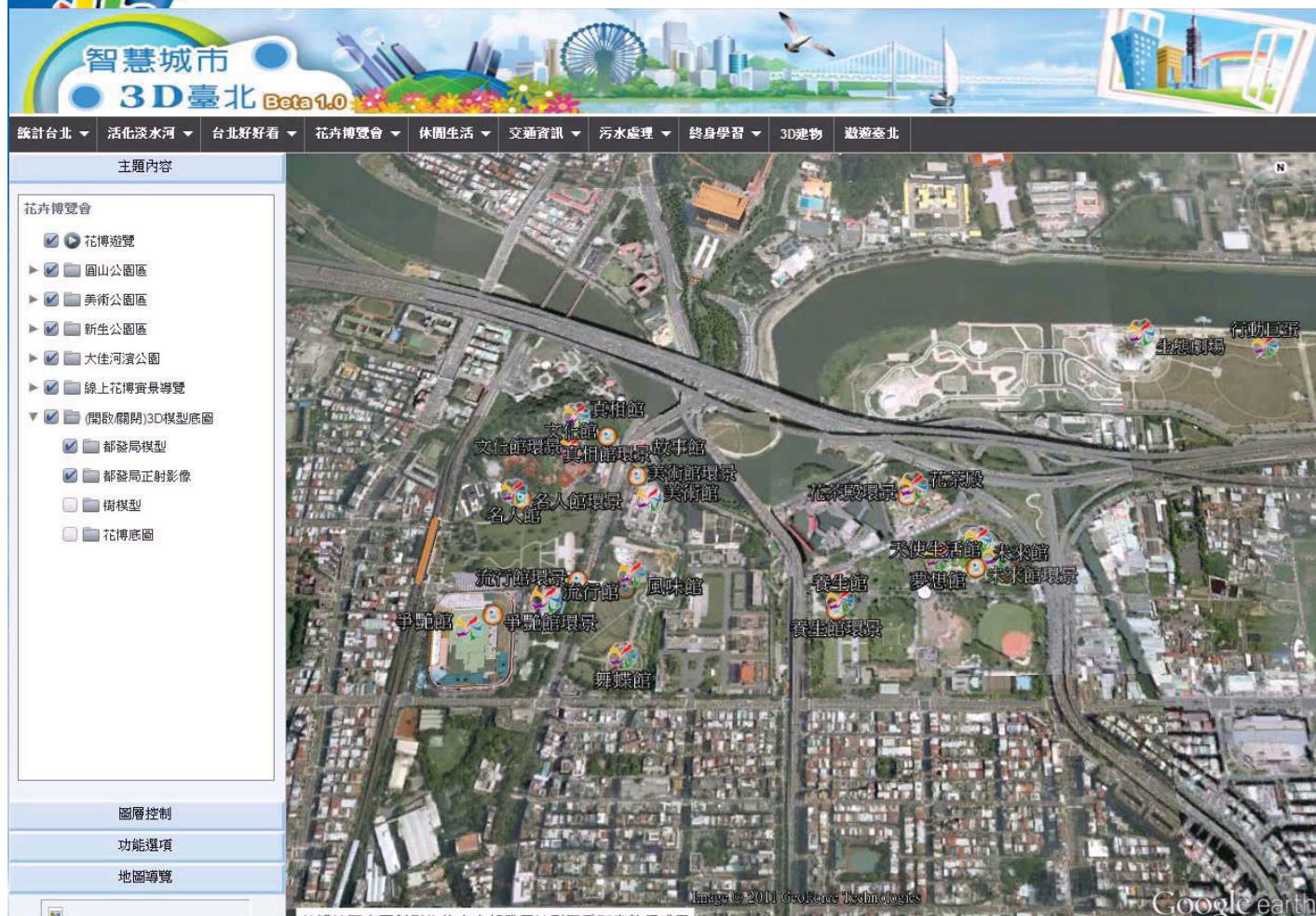
防災資訊－土石流及淹水潛勢





防救災-即時雨量





城市外交



結語

● 快速3D數位城市建模

- 快速、經濟、品質與效能兼顧，可在Google公有球上順暢瀏覽大規模城市模型。
- 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。
- 混合式建模策略_各方法互補。

● 「智慧城市3D臺北」應用

- 13項主題，涵蓋臺北市政府重要局處應用。
- 資訊圖像化、重點化及智慧化發展策略，地理圖像化臺北市重要市政資訊，使更生動及易理解。

簡報結束 敬請指教