

遙測與地理資訊系統的整合 與應用

國立中央大學 太空遙測研究中心 土木工程學系
授課教師 姜壽浩

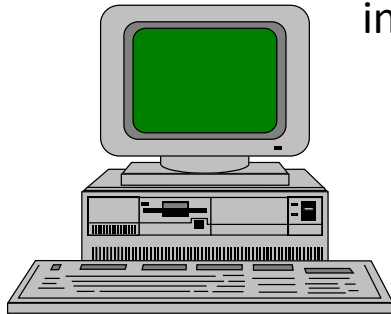
Instructors: Shou Hao Chiang

E-mail: gilbert@csrsr.ncu.edu.tw

Tel: +886-3-4227151 ext 57667

什麼是GIS What is a GIS?

Information System

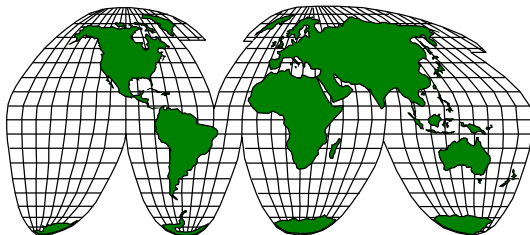


In the digital environment we use software to create complex information systems.



Geographic Position

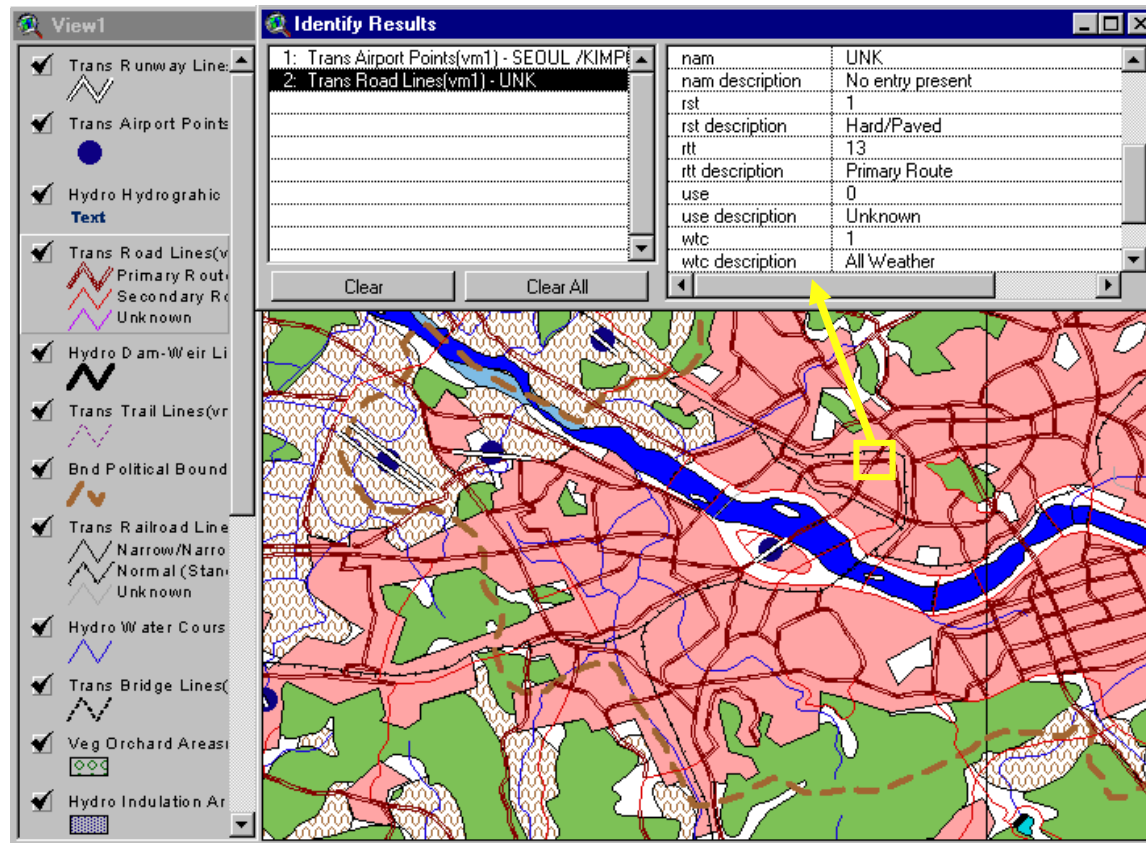
Data with geographic information



A means of storing, retrieving, sorting, and comparing *spatial data* to support some analytic process.

What is a spatial data (空間資料)?

Spatial data links graphical features (**entities**) to tabular data (**attributes**)



GIS定義 (GIS Definition)

- A GIS is a system (hardware + database engine) that is designed to efficiently, assemble, store, update, analyze, manipulate, and display **geographically referenced information** (data identified by their locations).
- A GIS also includes the **people** operating the system and the **data** that go into the system.

資料儲存方式 Data Storage

▶ 資訊儲存方式：

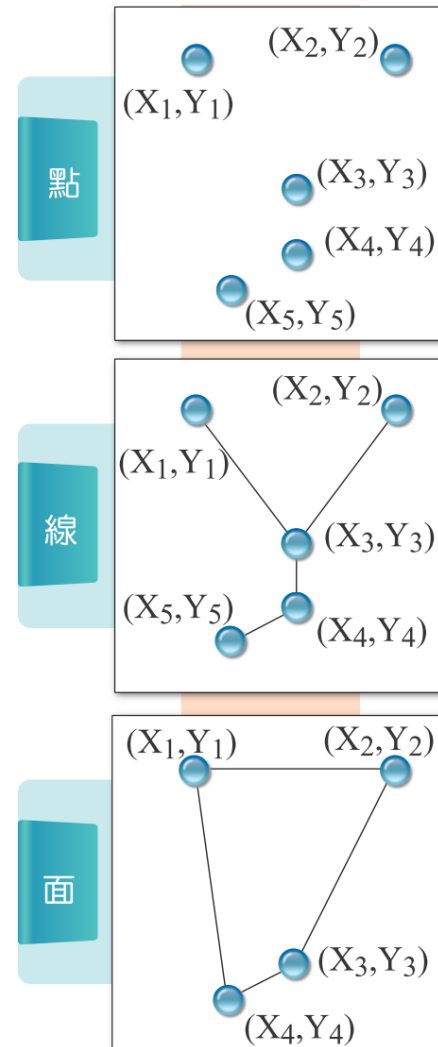
- 傳統地圖中，各種地理現象是以點、線、面的符號展現在地圖上。
- GIS的數值資料庫中，地表各種現象是依據其類別，分別儲存在各個**圖層**中。

▶ GIS圖層儲存結構 (spatial data儲存方式)

- 向量式結構 (Vector Data)
- 網格式結構 (Raster Data)

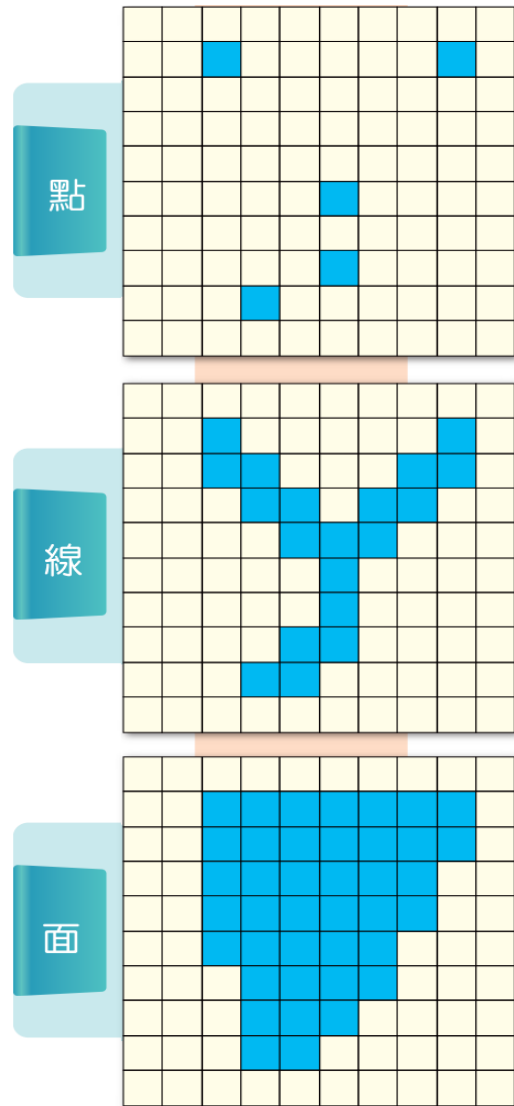
向量式資料(Vector Data)

- ▶ 直接記錄點(point or node)、線(line or arc)、面(area or polygon)位置並結合屬性表格的儲存方式。
- ▶ 有**明確的位置和坐標**，同時也具備類別或數量資料(屬性資料 attribute table or attribute data)。
- ▶ 點、線、面資料必須分別儲存，因此向量圖層可區分成點、線、面等不同圖層。



網格資料(Raster Data)

- ▶ 在地表上劃設一組網格(grid or cell)，每一個網格皆被視為**均質**的單元，分別由一個數值來記錄其屬性。
- ▶ 坐標位置可藉由網格順序推算，不需一一記錄網格坐標。
- ▶ 地理現象的每一屬性必須單獨儲存成一個圖層。
- ▶ 網格大小決定圖層**空間解析度**(spatial resolution)的高低。



網格VS向量

	向量模式	網格模式
資料收集	慢	快 
資料結構	複雜	簡單 
幾何準確度	高 	低
路網分析能力	好 	差
面的分析能力	普通	良好 
資料簡化	複雜	容易 

	優點	缺點	應用
向量式結構	記錄 <u>精確</u>	運算處理資料量大、費時	1. 適合記錄有 <u>明確位置邊界</u> 的資料 2. 容易與相關資料庫系統結合 3. 容易管理和查詢，資料展示較接近傳統地圖 4. 是 <u>GIS 的主流</u>
網格式結構	精確度較差	資料結構簡單容易 <u>儲存</u>	1. 利於儲存 <u>全面性</u> 的分布現象，如等高線、等壓線等 2. 適合分析模擬 3. <u>空間分析</u> 功能強 4. 適合疊圖分析

路網分析佳

衛星影像處理

問題：向量式資料與網格式資料

1. 你認為地形資料與行政區域邊界應該以何種結構儲存？理由為何？

地形：網格式(為連續性變化資料，不易畫出確切邊界)。

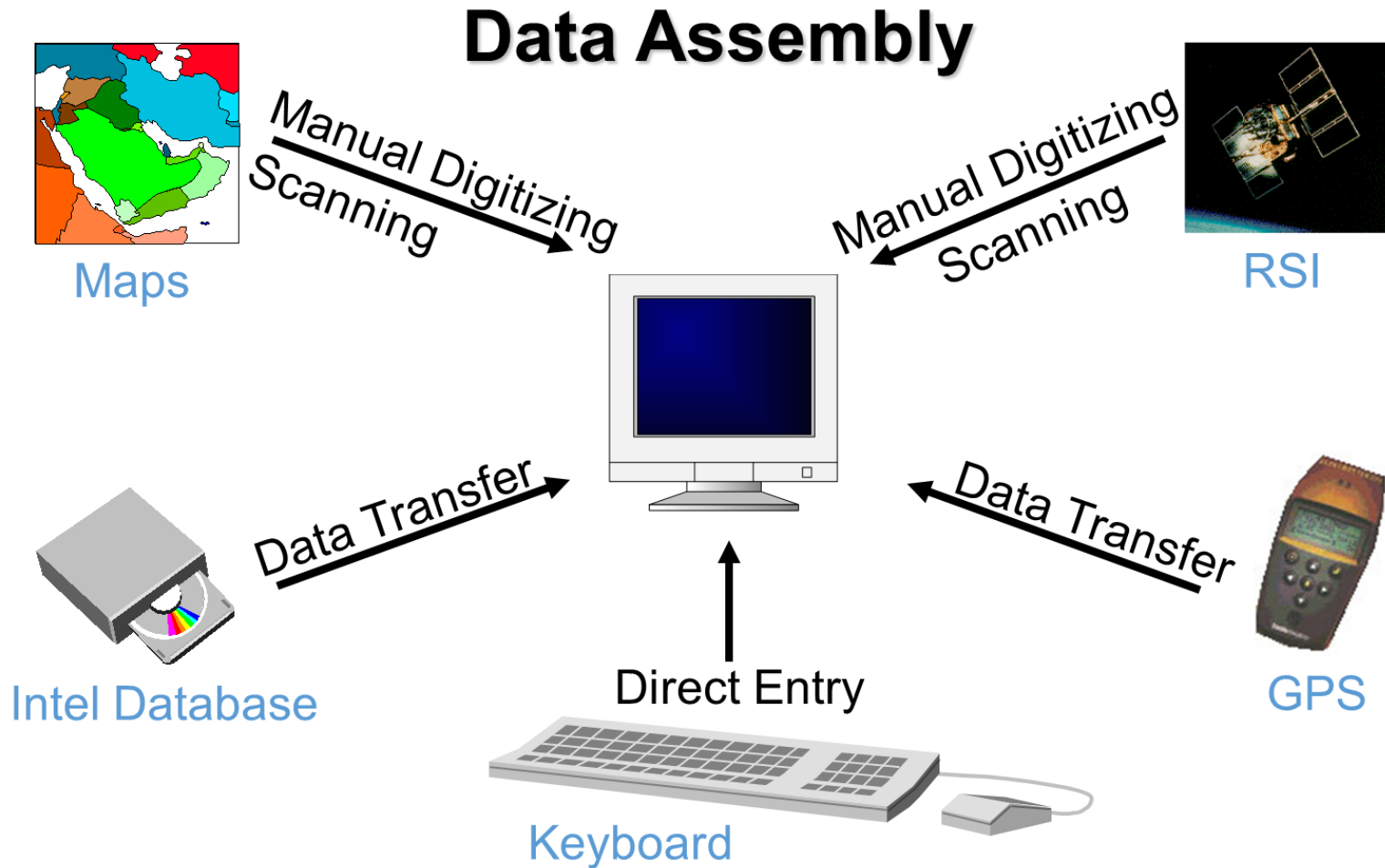
行政界：向量式(有明確邊界，且為線性資料，用向量式準確度較高)。

2. 將一紙張地圖掃描所得的地圖檔案，應該是什麼格式？掃描時所設定的解析度對檔案大小和資料詳細程度有何影響？

網格式。解析度愈大，資料愈詳盡，但是資料量(檔案)愈大。

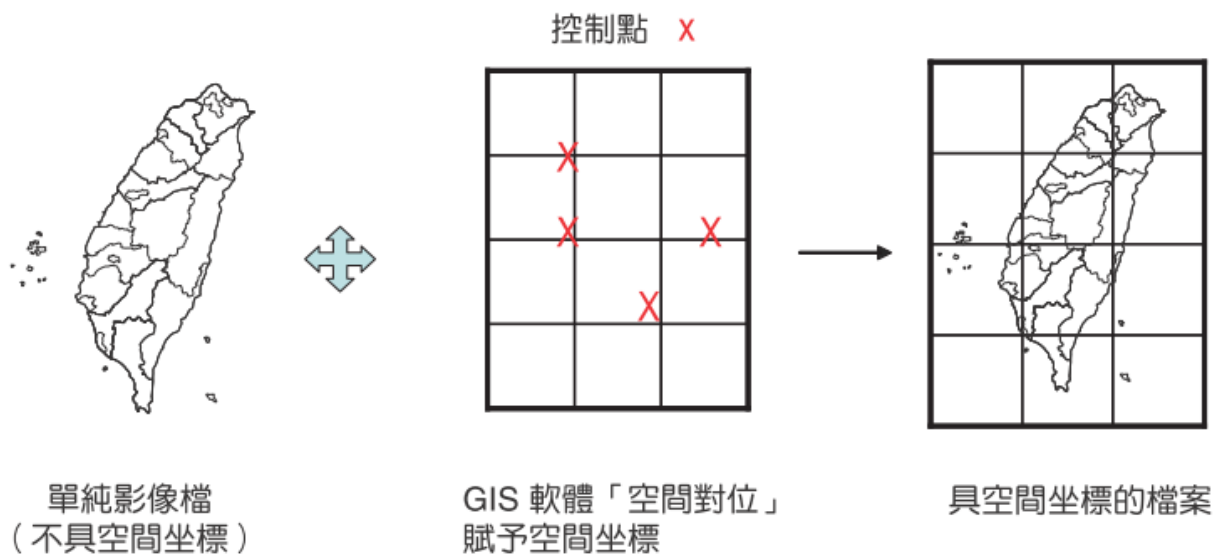
GIS的功能?

GIS Functions- 資料整合(Data Assembly)



功能: 資料的蒐集與管理(Data integration and management)

- GIS的資料來源及格式多元，包括數值地圖、遙測衛星影像、掃描的圖檔、野外調查的坐標檔案等。
- 提供地圖投影、轉換和整合的功能，彙整不同形式、比例尺、時間的地圖，讓不同來源的地圖得以整合到同一個資料庫。

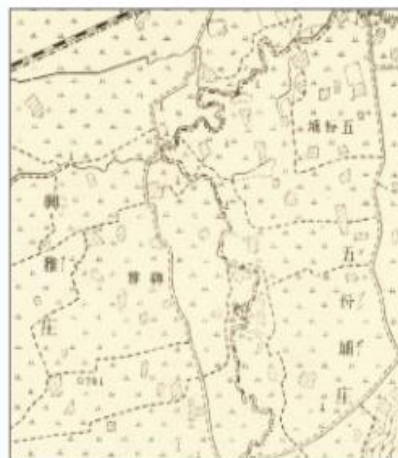


-  五分埔地區
-  市界
-  1904年聚落
-  1925年聚落
-  1959年聚落
-  2003年聚落
-  河流



0 5 10公里

各年代五分埔地區



臺北 (臺灣堡圖, 1904年)



臺北東部 (日治年代臺灣地形圖, 1925年)



臺北東部 (1/2, 5000 聯勤地形圖, 1959年)

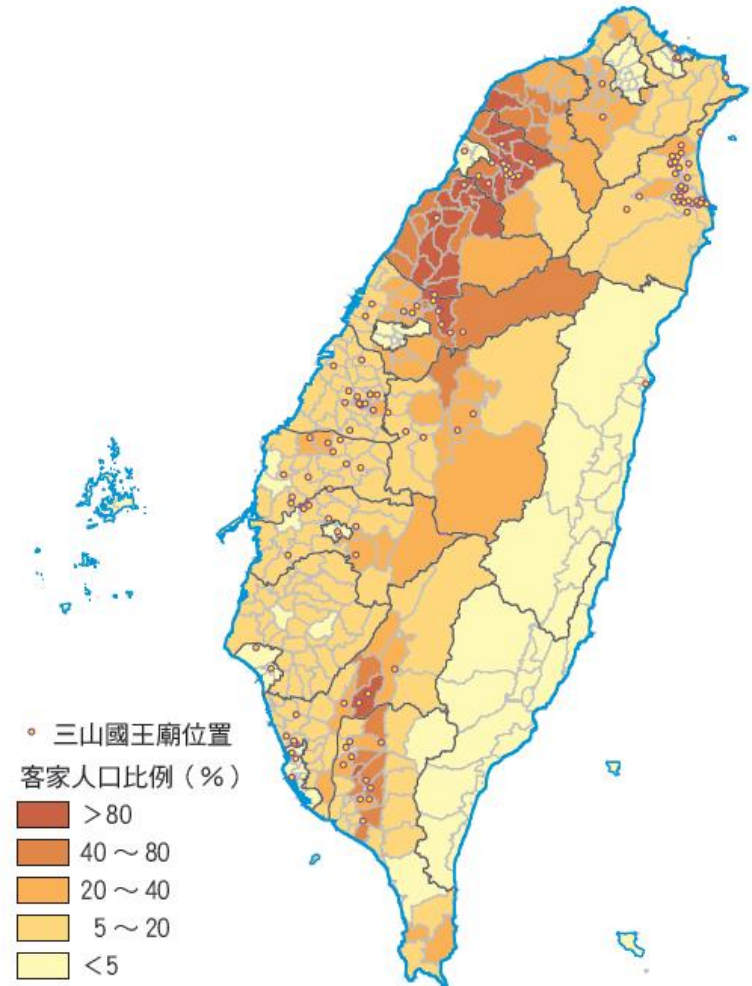


臺北市 (1/2, 5000 經建版地形圖, 2003年)

功能: 資料的蒐集與管理(Data integration and management)

- 透過GIS的整合功能，行政區域的統計資料表單可轉變成圖層。
- 野外調查後，也可將所記錄的空間坐標及屬性資料輸入GIS，產生新的圖層，如三山國王廟分布。

臺灣三山國王廟分布圖（資料來源：
內政部全國寺廟名錄、臺灣地區地名查詢系統、2008年客委會客家人口調查統計。）



功能: 查詢(Query)

- 提供**空間關係(Spatial relationship)**和**屬性資料(attribute)**的查詢，讓使用者得以迅速從大型資料庫找出所要的資料。
- 屬性查詢：利用地理資料庫的屬性欄位進行查詢，如查詢臺灣地區人口超25,000人的鄉鎮有哪些。
- 空間查詢：利用**坐標位置和空間關係**進行查詢，如查詢斷層線周遭5公里內的高中分布。

地理資訊

空間資料：臺中市高中分布點、車籠埔斷層線、臺中行政區

屬性資料：臺中市高中的班級數

↓

查詢條件

空間查詢：位於車籠埔斷層 5 公里距離內的高中，且

屬性查詢：班級數超過五十的學校

Are within a distance of 5km and 班級數 > 50

↓

查詢結果

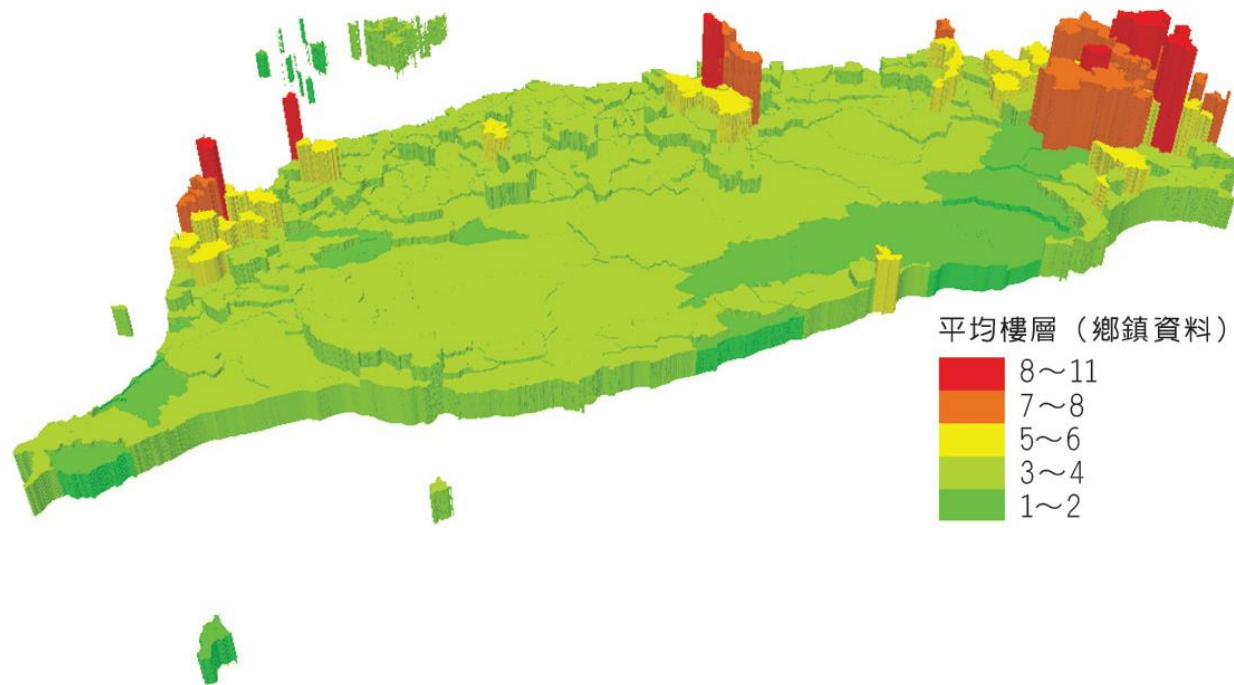
校名	校名	班級數	距離(公里)	TID	學校 學校編號	
台中府城區三德路二小公學	私立順德高中	117	21.20	414	00420274933	高中
台中府城區工路一九一號	國立台中高工	117	1.91	410	00420511154	高中
台中府城區博愛路大同號	私立博德高中	106	1.67	410	00420277626	高中
台中府城區中興路五心堂	國立東海高	96	1.08	414	00420200077	高中
台中府城區五權路社區發展處二號	私立復興高中	89	1.04	410	00427896960	高中
台中府城區中興路二二三號	國立東海高	81	1.05	410	00420200040	高中
台中府城區潭子路二二二號	國立東海高	75	1.01	414	00420205681	高中
台中府城區高工路110號	國立東海高	69	0.92	414	00420201521	高中
台中府城區高工路五一號	私立海山高工	68	0.90	414	00420170984	高中
台中府城區五權路二四二號	國立東海高	60	0.84	410	00420124800	高中
台中府城區育德路一號六心堂	國立東海高	54	0.97	410	00420200038	高中
台中府城區復興路二段四三號	私立東華高中	43	1.03	410	00420611411	高中
台中府城區公立高工二號新館	國立東海高	30	1.74	410	00420200018	高中
台中府城區五權路甲路一六一號	私立東海高中	34	1.49	410	00420201117	高中
台中府城區一德路德成二號	私立東海高中	21	2.92	414	00420201170	高中
台中府城區博愛路一六六號	國立東海高中	21	2.82	410	00420204800	高中
台中府城區五權路一九四號	國立東海高中	21	2.90	410	00427734477	高中
台中府城區五權路三六一號	私立東海高	11	2.98	410	00420200028	高中

● 高中
● 符合查詢條件的高中
— 車籠埔斷層五公里範圍

0 2 4 公里

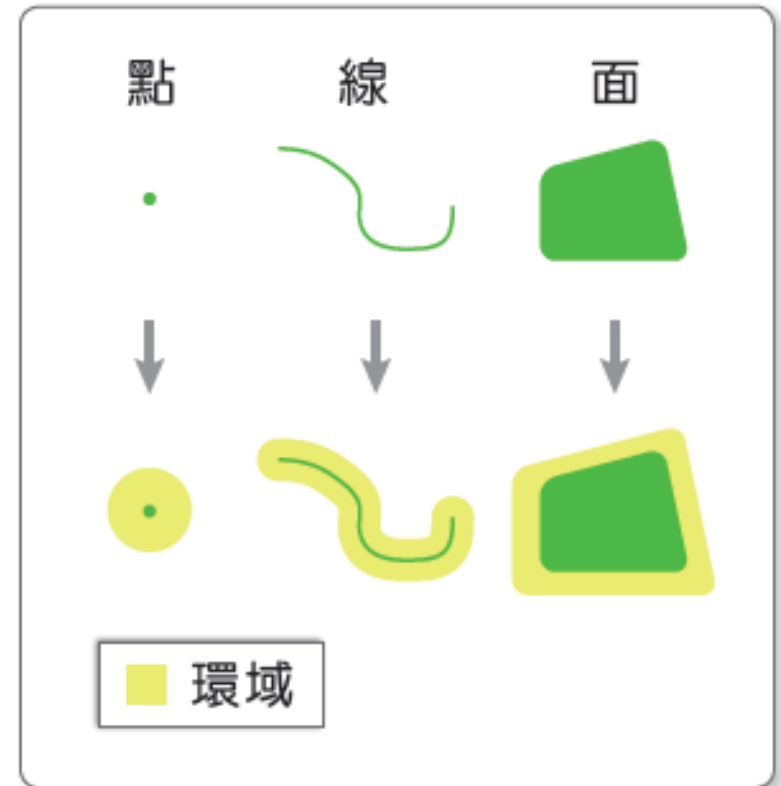
功能：展示(Display)

- 可用來繪製普通地圖及許多形式的主題地圖(Thematic map)
- 提供多元的展示功能，包括：3D 立體圖、互動式地圖、模擬飛行動畫等



功能: 空間分析(spatial analysis) — 環域分析(buffer analysis)

- ▶ 以點、線、面的空間單元為中心，劃出一定距離內的區域，以顯示一個現象的影響範圍(buffer zone)，如道路沿線10公尺範圍內，容易受噪音和空氣染影響的範圍。



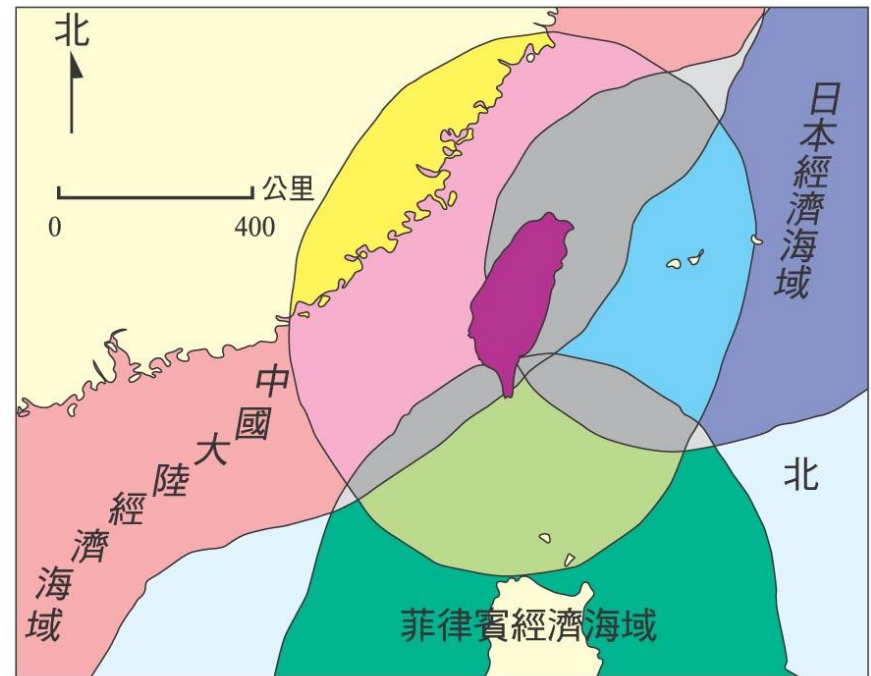
環域分析(buffer analysis)

應用方向：

1. 在多個相交的環域中，分析最佳分界
2. 汙染物的擴散研究
3. 保護區或管制區的劃定

受到公路的噪音和空氣汙染影響的地區在哪裡？

核能電廠疏散圈內有多少人口？



經濟海域

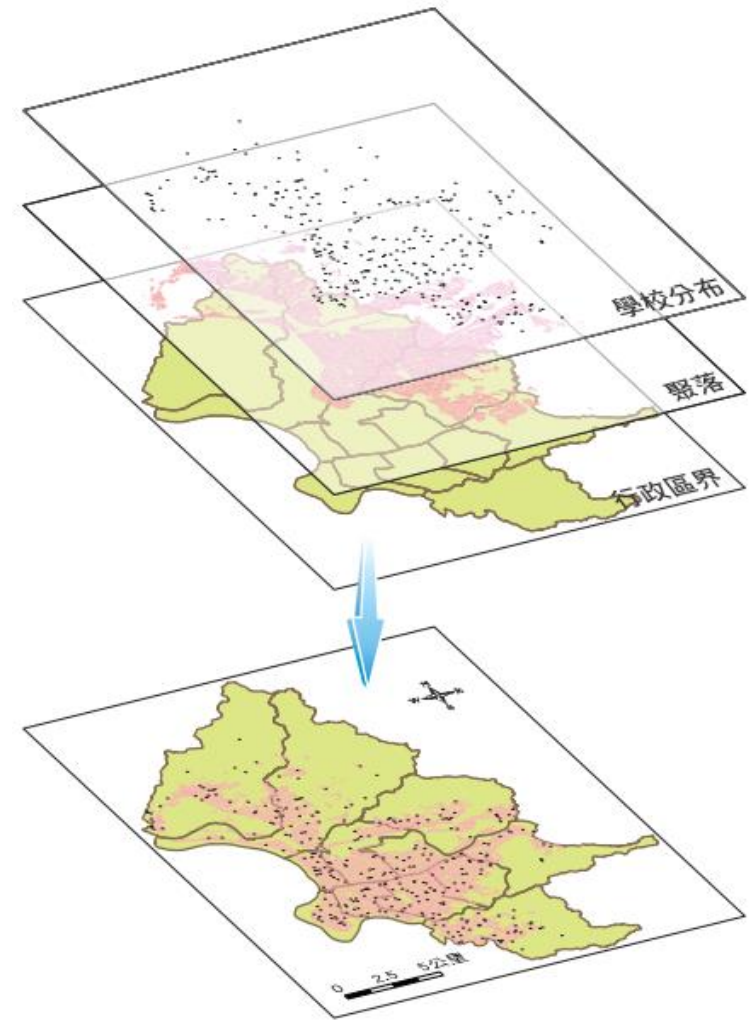
- 日本經濟海域
- 中國大陸經濟海域
- 菲律賓經濟海域

重疊經濟海域

- 臺灣與日本重疊範圍
- 臺灣與中國重疊範圍
- 臺灣與菲律賓重疊範圍
- 多國重疊範圍

空間分析(spatial analysis) — 疊圖分析 (Overlay analysis)

- 將比例尺與坐標系統相同的圖層**套疊(overlay)**，產生一個整合的新圖層
- 此功能常用來進行區位選擇或探討不同因子間的關係。此外，藉由某一地理現象不同時間地圖資料的疊圖分析，亦能了解其在特定時期內的變遷狀況



空間分析(spatial analysis) — 路網分析 (network analysis)

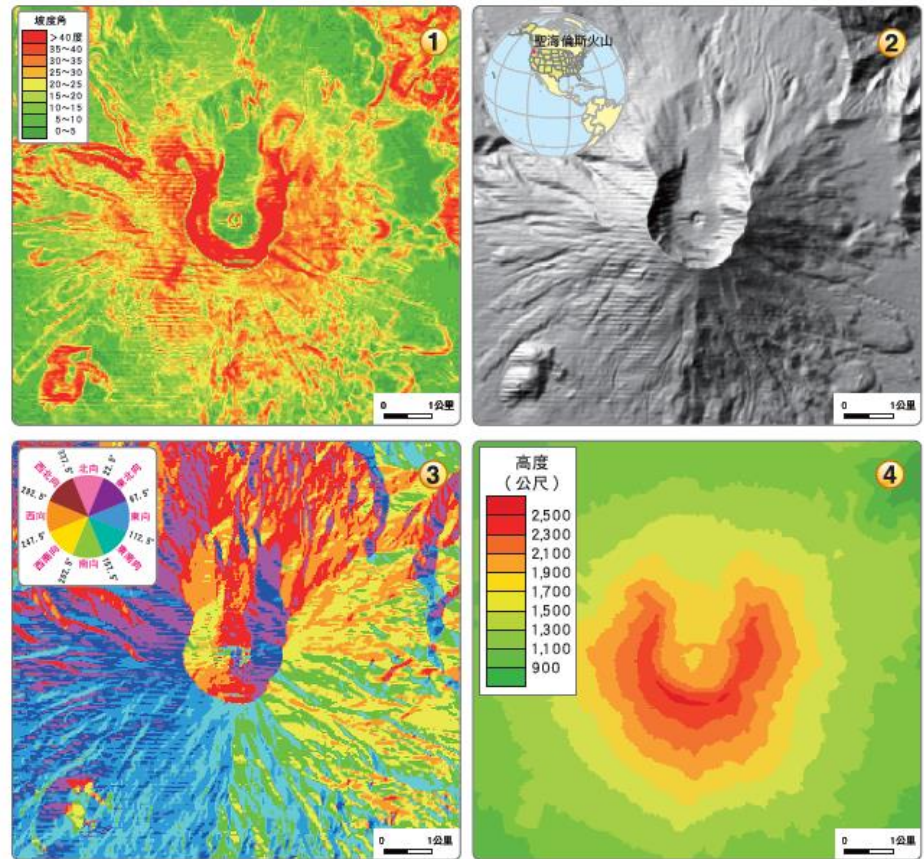
- 利用道路網路，依據設定條件不同（如車流量等），GIS可以自動找到兩地點之間的最佳、最短或最快路徑，亦可做服務範圍之分區規劃
- 應用在校車的**行駛路線規劃**，消防隊**選址**及任務區劃分等。



路網分析示意圖。依據設定條件不同，GIS 可以自動找到最佳、最短或最快路徑。

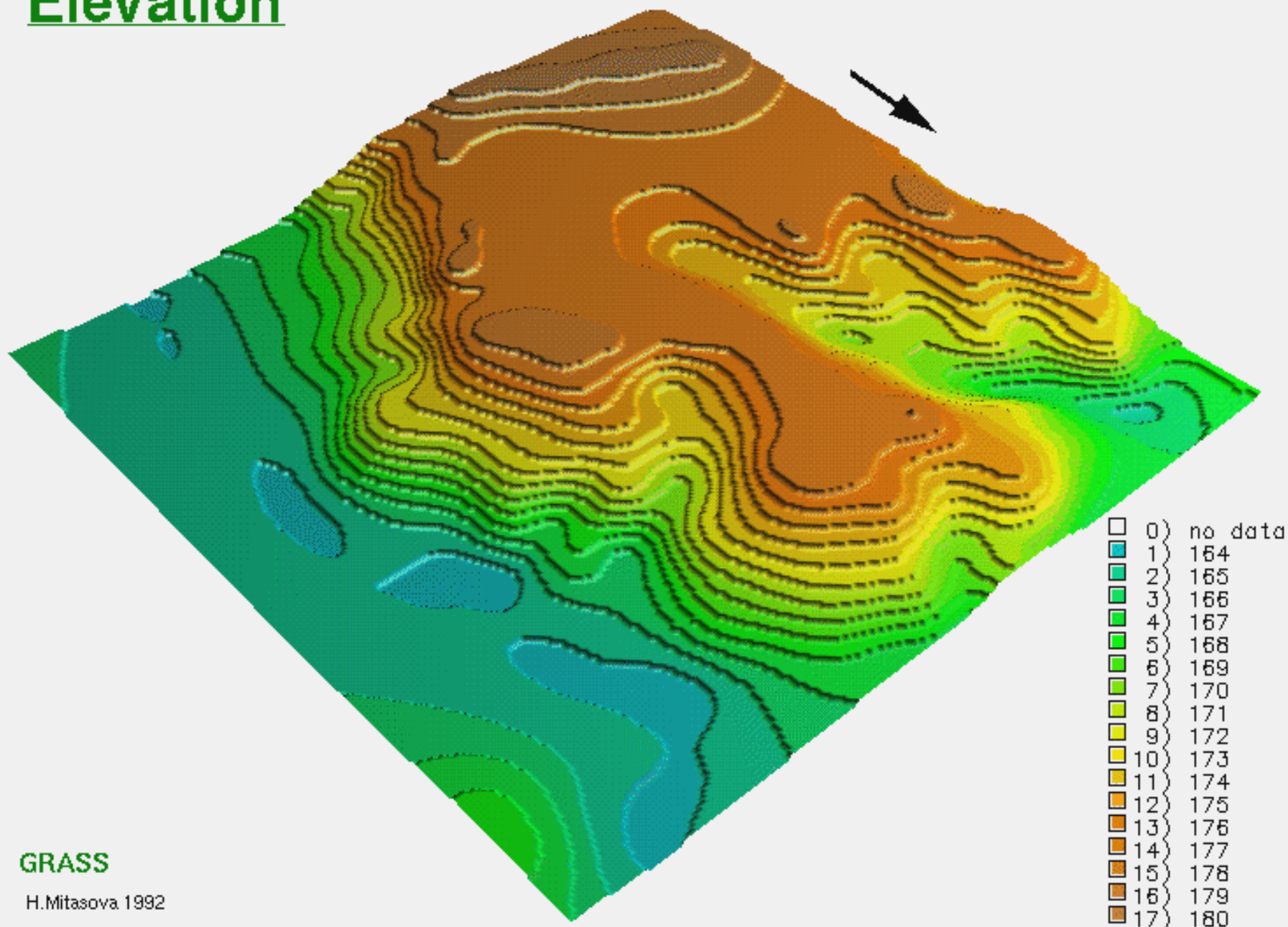
空間分析(spatial analysis) — 地形分析 (terrain analysis)

- 針對以**網格式**儲存的地形資料，可以計算坡度(slope)、坡向(Aspect)，或進行**視域分析(Viewshade analysis)**、集水區邊界劃分、土壤沖蝕量估算。
- 是GIS軟體處理**網格式**資料的主要功能，針對地形資料有非常良好的模擬和展示的功能。



▲ 圖 5-12 美國聖海倫斯火山 ①坡度、②黑白暈渲、③坡向、④分層設色圖

Elevation

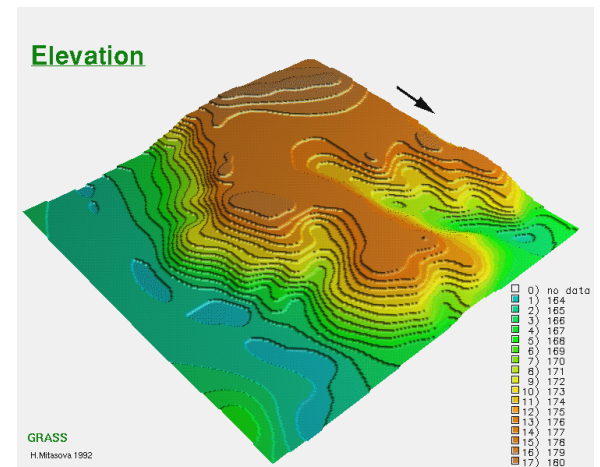
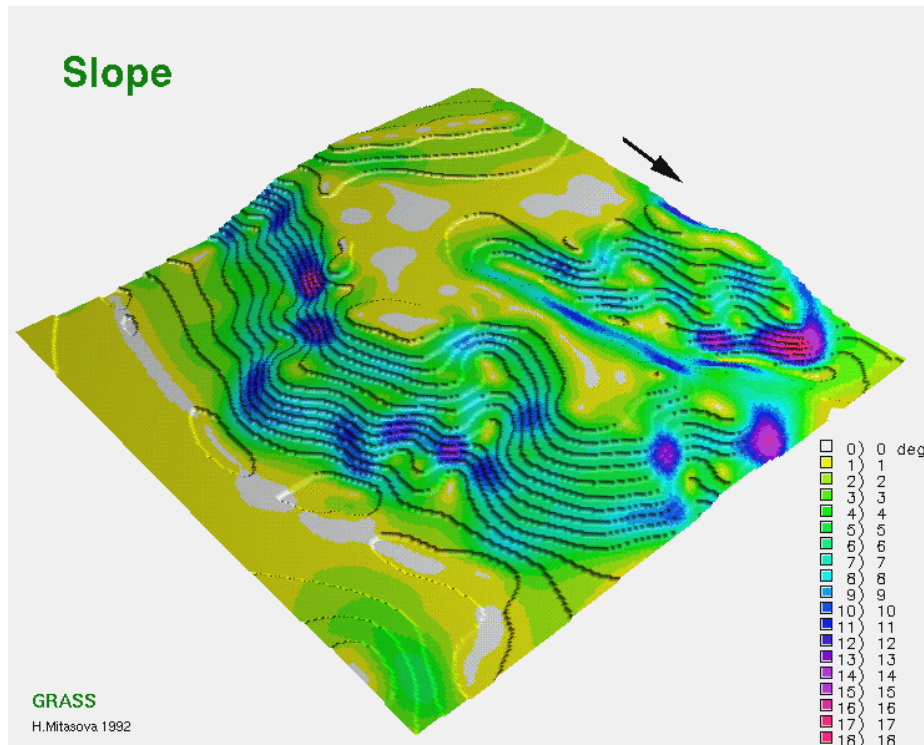


0	}	no data
1	}	164
2	}	165
3	}	166
4	}	167
5	}	168
6	}	169
7	}	170
8	}	171
9	}	172
10	}	173
11	}	174
12	}	175
13	}	176
14	}	177
15	}	178
16	}	179
17	}	180

GRASS

H.Mitasova 1992

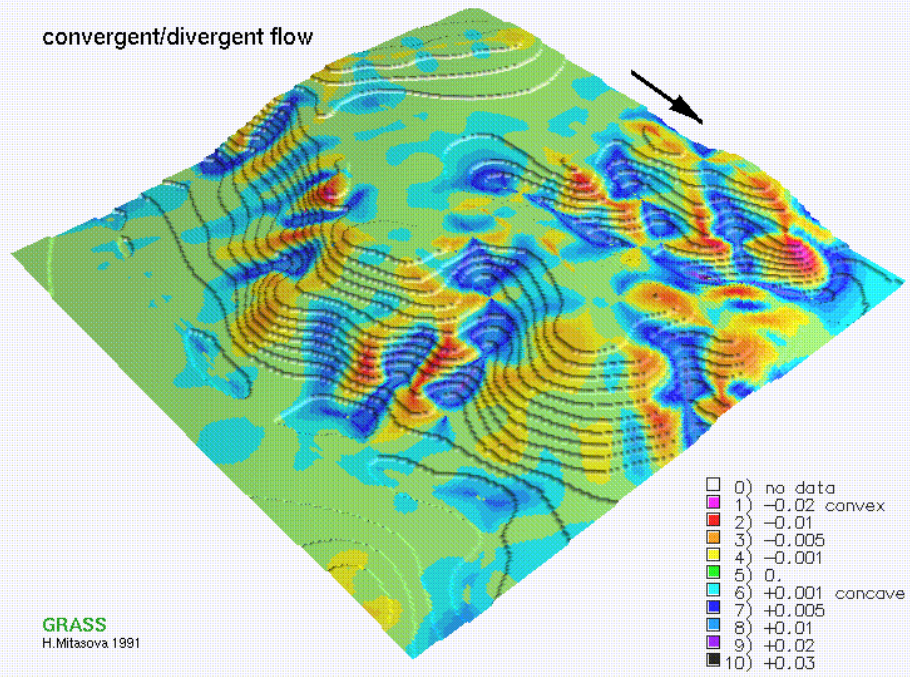
1st order derivatives



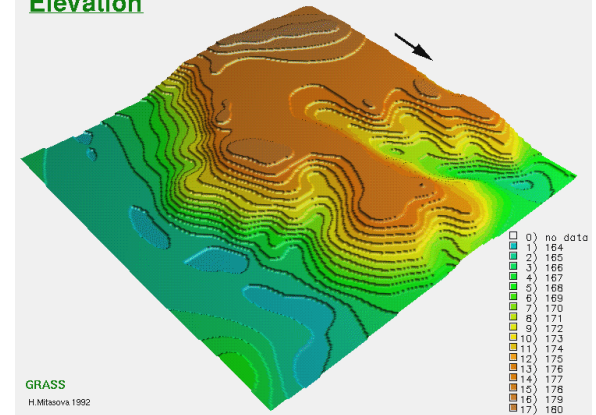
2nd order derivatives

Tangential curvature

convergent/divergent flow

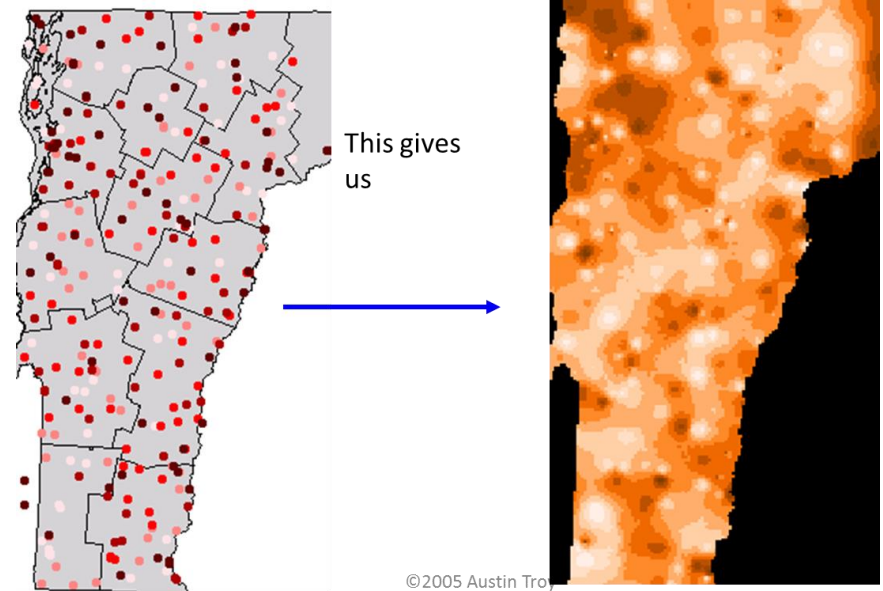


Elevation



空間分析(spatial analysis)-空間推估Spatial Interpolation

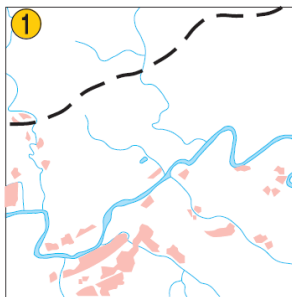
- Spatial interpolation is the process of using points with known values to estimate values at other points.
- Spatial interpolation is therefore a means of **creating surface data from sample points.**



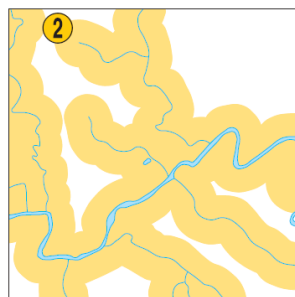
Ground water pollution samples

GIS應用範例

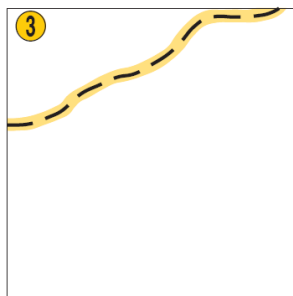
GIS 應用範例——垃圾掩埋場選址



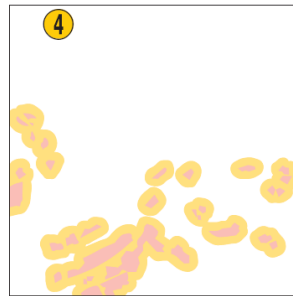
1 汐止一帶的河川、斷層線、聚落分布，分屬於三個圖層。



2 以環域產生河川旁 400 公尺範圍。



3 以環域產生斷層兩旁 100 公尺範圍。



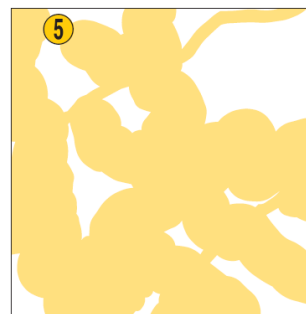
4 以環域產生聚落周遭 150 公尺範圍。



依據相關法令，垃圾掩埋場不得設於：

1. 水質水量保護區 400 公尺內。
2. 斷層 100 公尺內。
3. 住宅區 150 公尺內。

根據上述三項條件，我們使用 GIS 的區域功能，利用河川、斷層線、聚落分布，分別畫出上述的三項範圍。再利用疊圖功能以 OR 的方式套疊，得到這一帶所有不得設置垃圾掩埋場的地區



5 以 OR 疊圖結果產生的黃色部分，是上述三種條件的聯集，為不可設置之範圍，其餘的白色部分則為可設置掩埋場的區域。

地理資訊GIS與遙測RS的整合

RS對GIS之意義

- 底圖(背景)
- 更新來源
- 原始地面資料(與屬性)來源

GIS對RS之意義

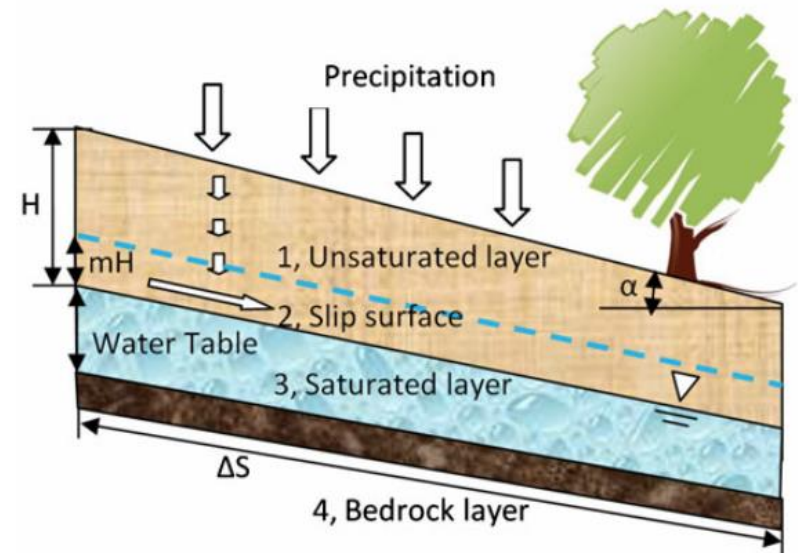
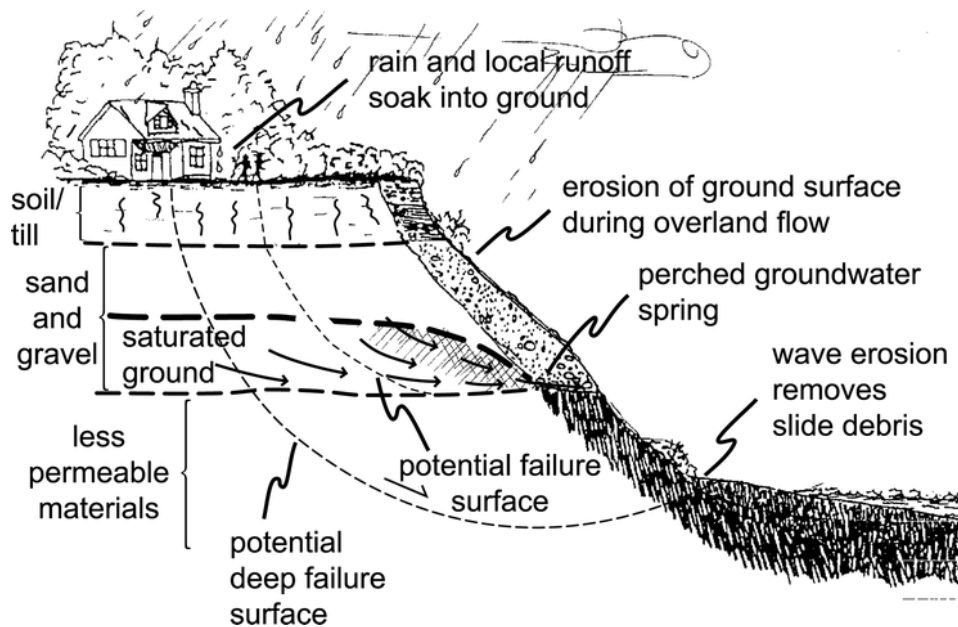
- 資料管理
- 判釋輔助
- 資訊加值

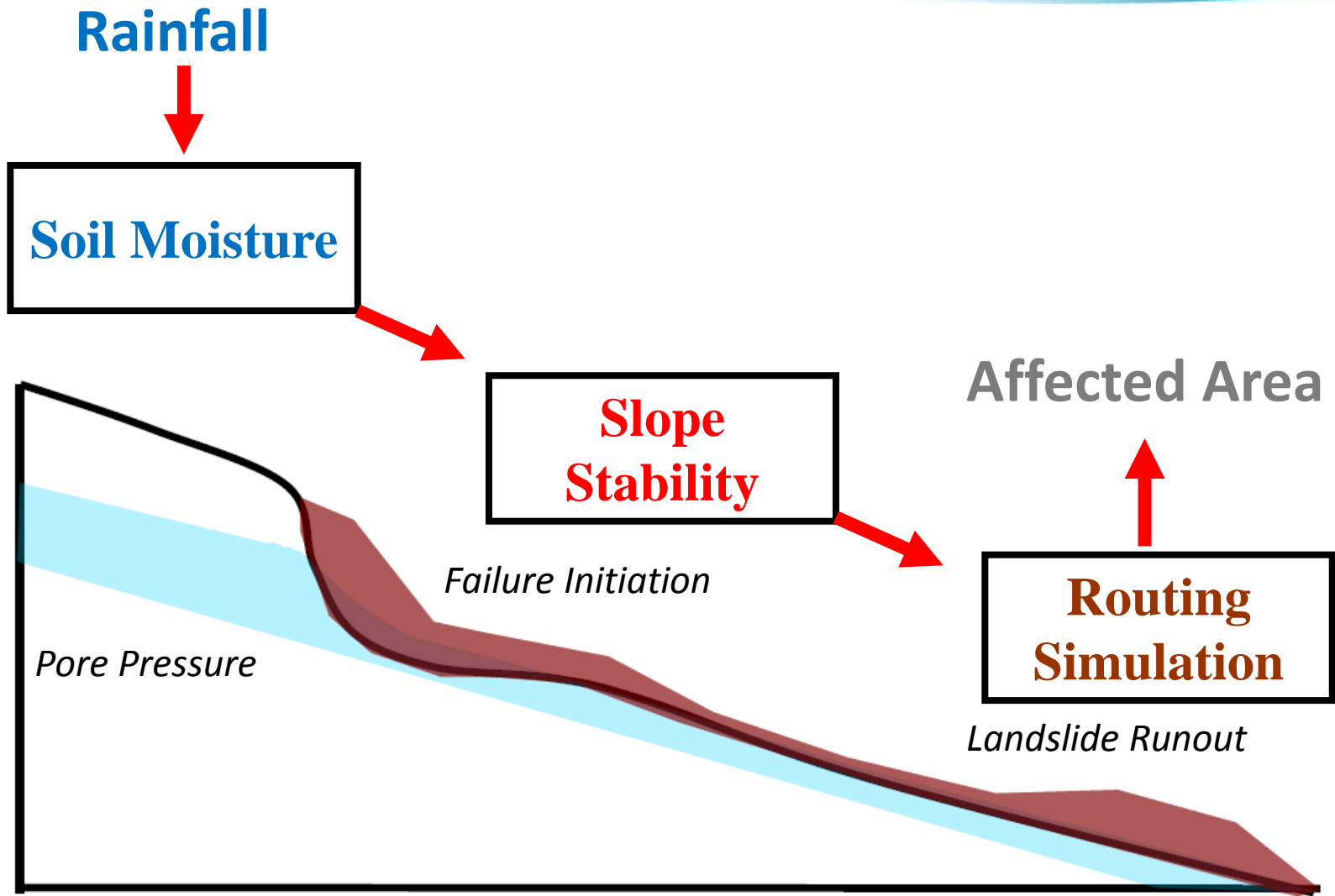
遙測與地理資訊系統的整合與應用

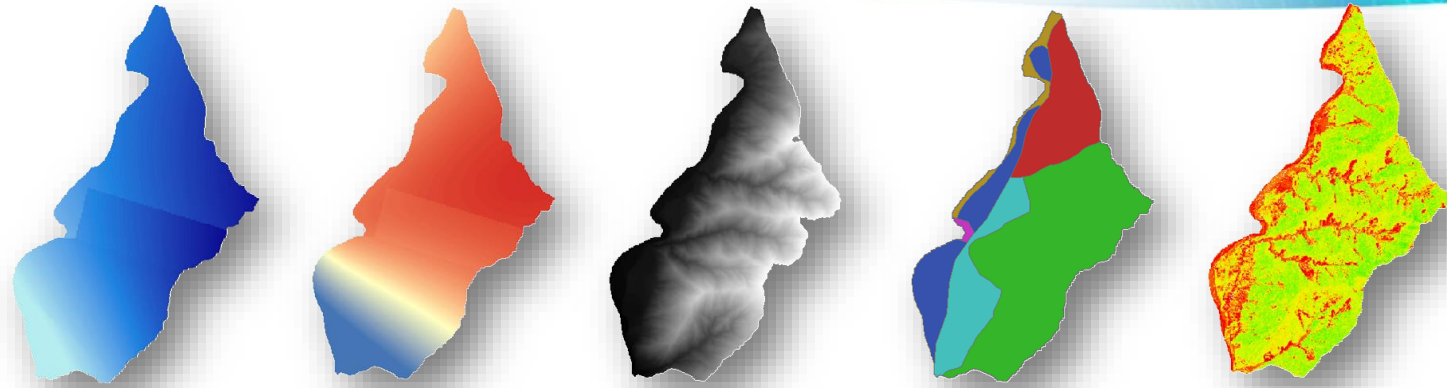
- 自然災害：崩塌與土石流模式 **Natural Hazards: Landslide and debris flow**
- 社會經濟議題：都市擴張預測 **Social-Economic Issues: Urban growth simulation**
- 生態模式：紅樹林變遷預測 **Ecological Modeling: Mangrove forest changes**

崩塌與土石流模式 Modeling Landslide and debris flow

- Slope saturation by water is a primary cause of landslides. This effect can occur by Intense rainfall, Snowmelt, Water-level changes and Rivers.







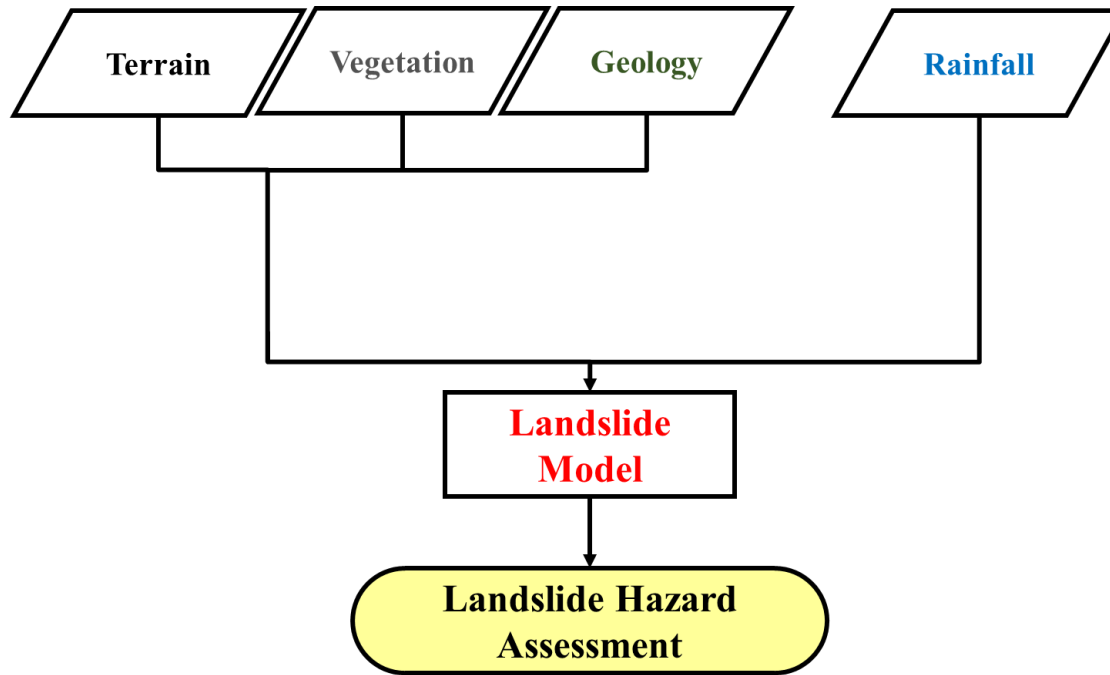
Rainfall Intensity

Rainfall Duration

Digital Elevation Model

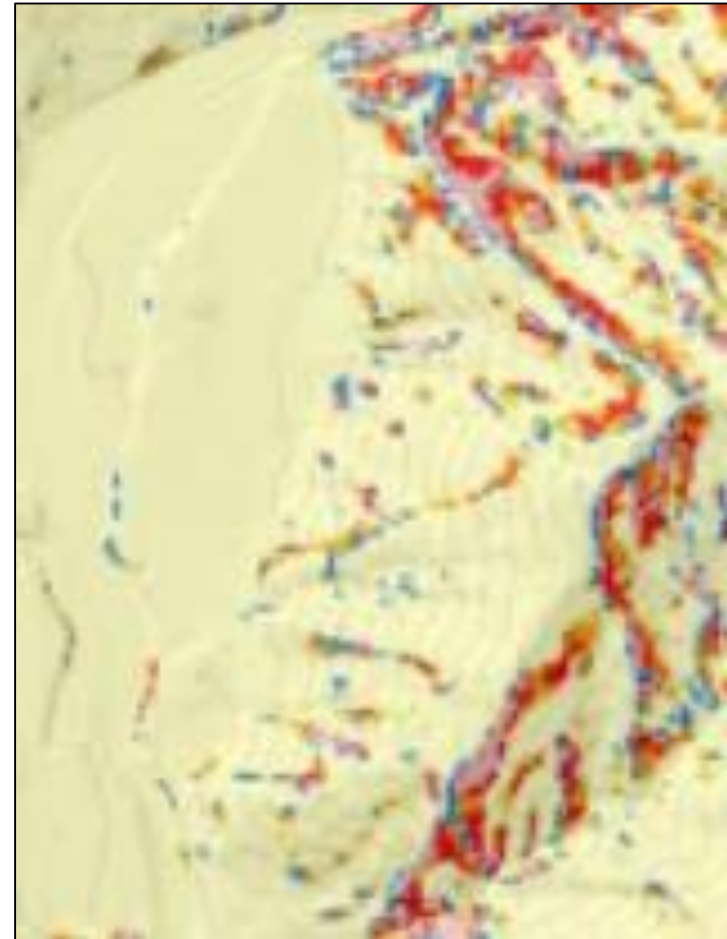
Geological Map

NDVI

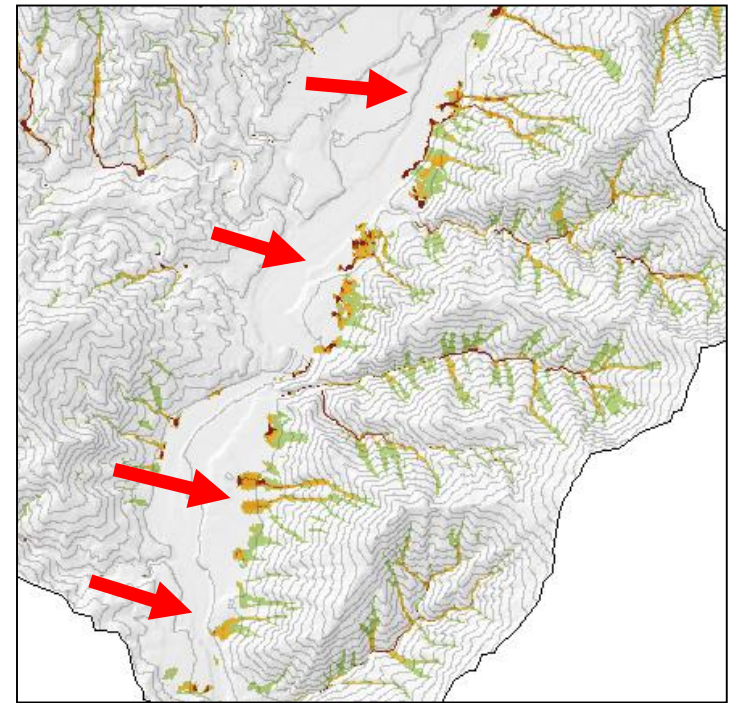
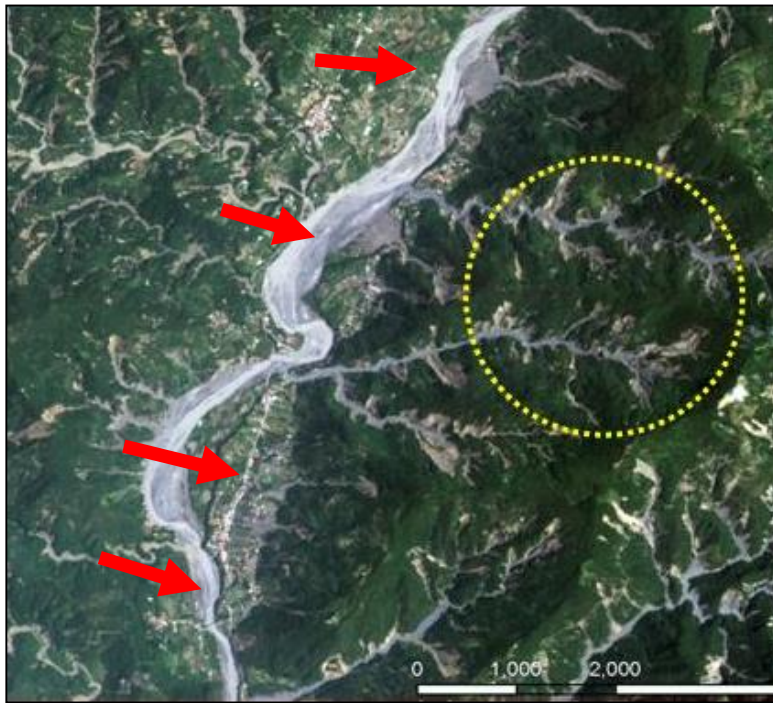




Landslide runout simulation: every unstable cell initiates runouts



Validation of the affected area



Formosat-2, after Typhoon Morakot (2009)

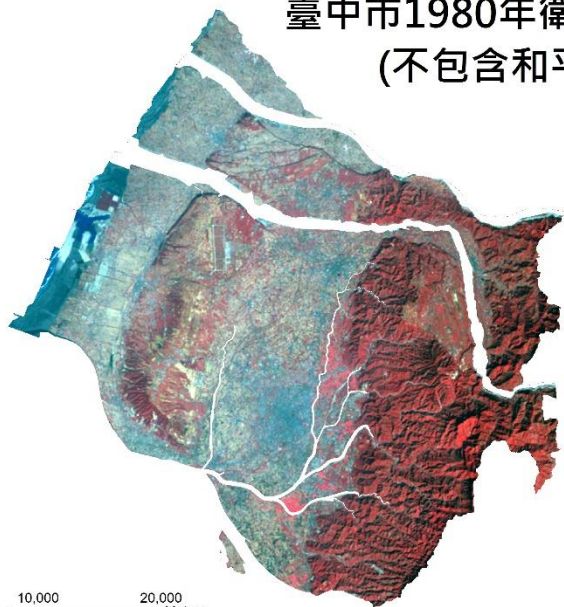
Simulated affected area (*iLIR*)

都市成長預測

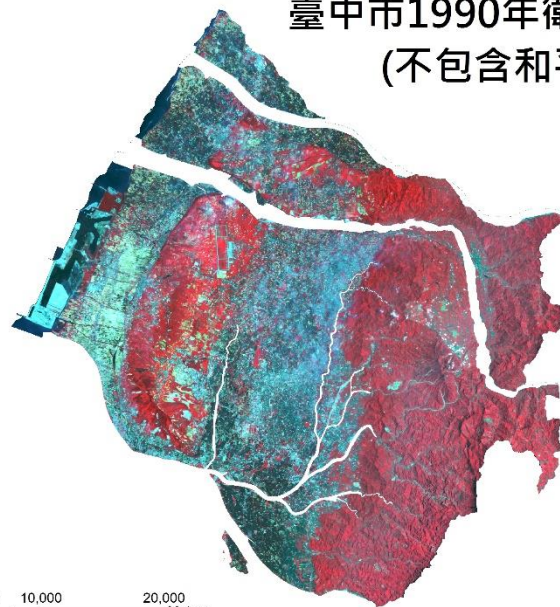
Urban Growth Prediction

- 土地管理 Land Management
- 都市計劃 Urban Planning
- 防災措施 Hazard Mitigation

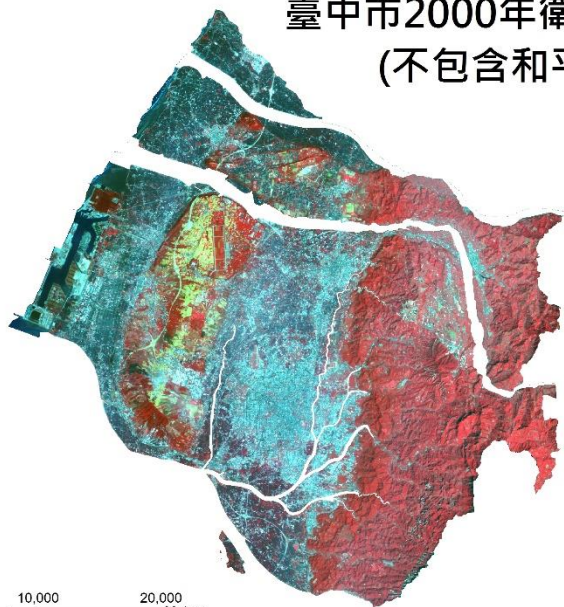
臺中市1980年衛星影像圖
(不包含和平區)



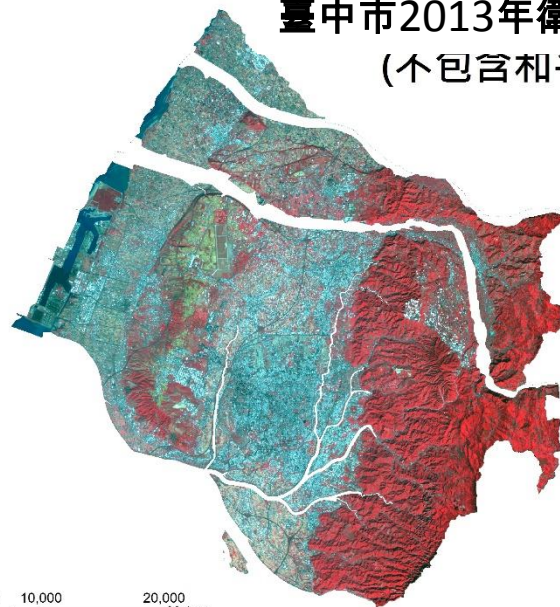
臺中市1990年衛星影像圖
(不包含和平區)



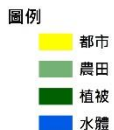
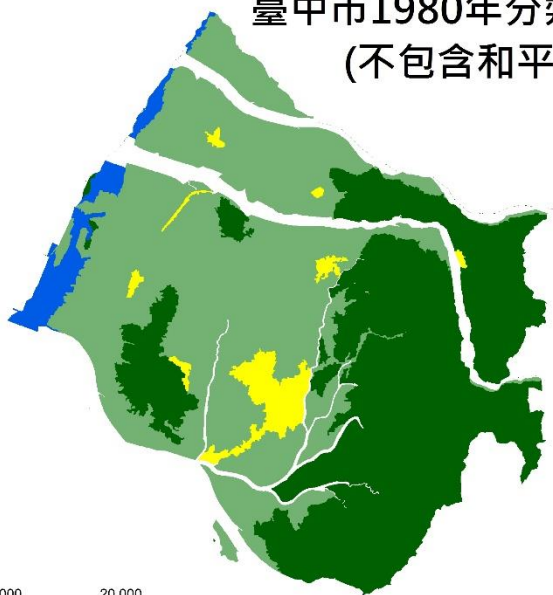
臺中市2000年衛星影像圖
(不包含和平區)



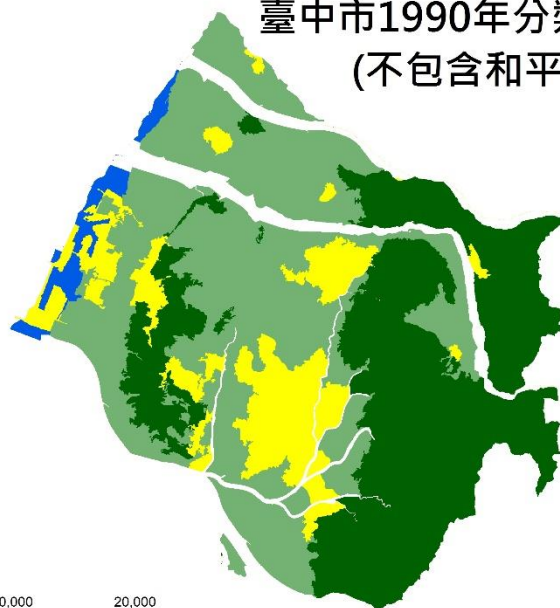
臺中市2013年衛星影像圖
(不包含和平區)



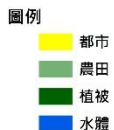
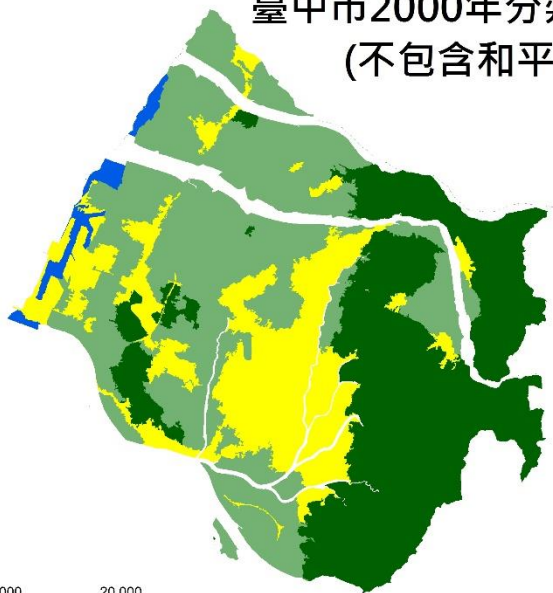
臺中市1980年分類成果圖
(不包含和平區)



臺中市1990年分類成果圖
(不包含和平區)



臺中市2000年分類成果圖
(不包含和平區)



臺中市2013年分類成果圖
(不包含和平區)



衛星監測台中都市成長面積

- From 1980 to 2013, the urban area has been increased to **6.4 times**.

year	Area km ² / %	Increased area (compare with previous period /compare with 1980)	Increased area % (compare with previous period /compare with 1980)
1980	39.1 km ² (3.5%)	--	--
1990	153.7 km ² (13.6%)	114.6 km ² / 114.6 km ²	293.2% / 293.2%
2000	238.5 km ² (21.1%)	84.9 km ² / 199.5 km ²	55.2% / 510.3%
2013	290.5 km ² (25.7%)	52.0 km ² / 251.4 km ²	21.8% / 643.3%

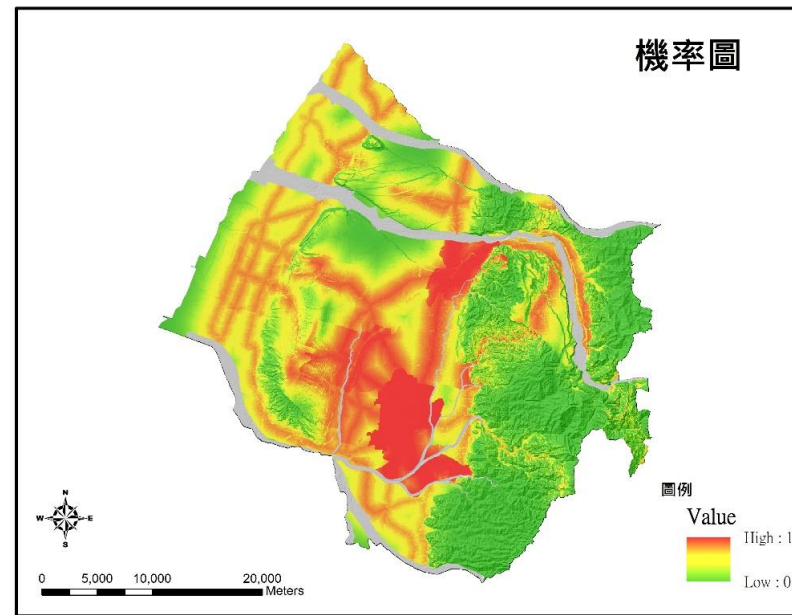
利用空間資訊來解釋都市成長

- 因子與變量 (Factors and variables) :
 - 自然環境因子 Physical environment factor : Elevation (Digital, Terrain Model, DTM) and Topographic slope
 - 社會經濟因子 Social-economic factor : population density
 - 區位可及性因子 Accessibility factor : shortest distance and nearest direction of road networks

利用空間資訊來解釋都市成長

利用統計模式與空間資料來評估都市成長的區位及潛勢

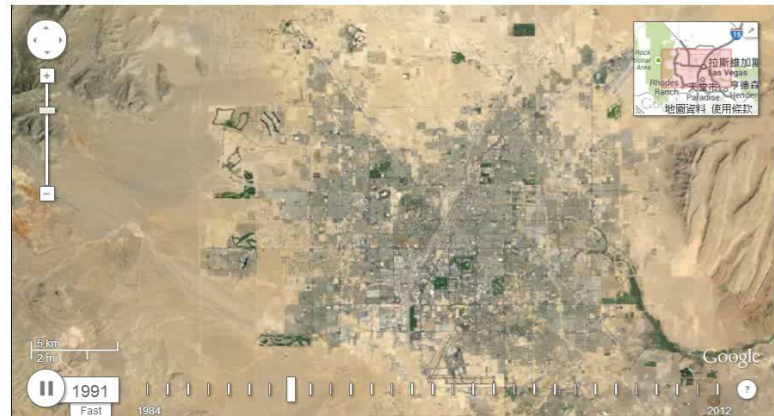
Probability of urban growth = f(factor1, factor2, factor3,...)



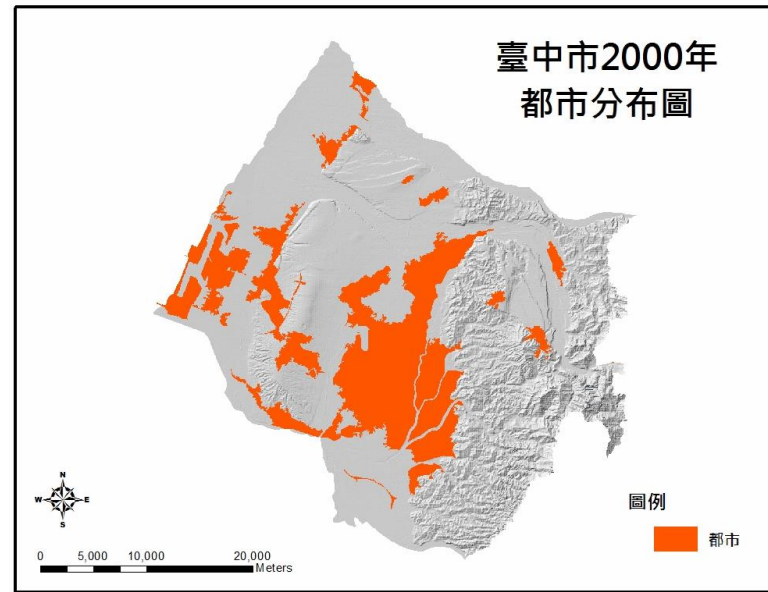
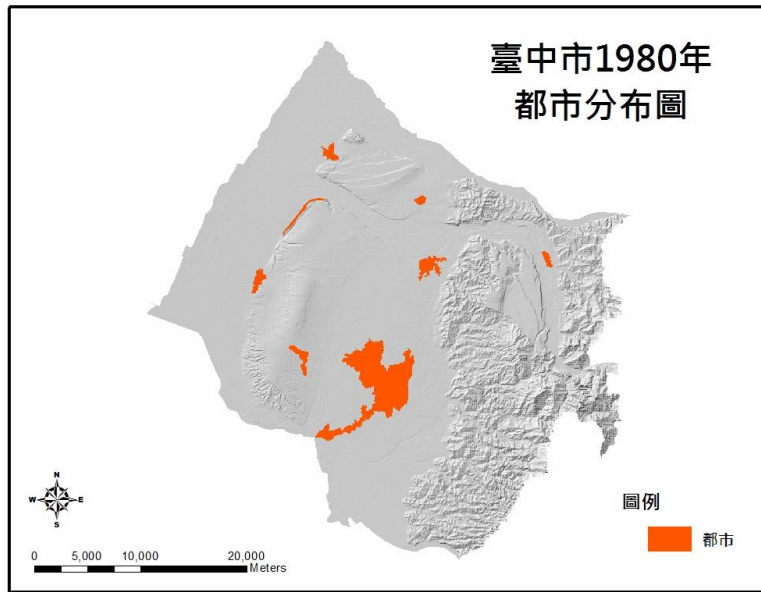
都市成長模擬 Urban growth simulation

- 自動細胞元演算法 Cellular Automata (CA) algorithm :
 - Urban growth is treated as the organism expansion of cell

Earth Engine > Landsat Annual Timelapse 1984-2012

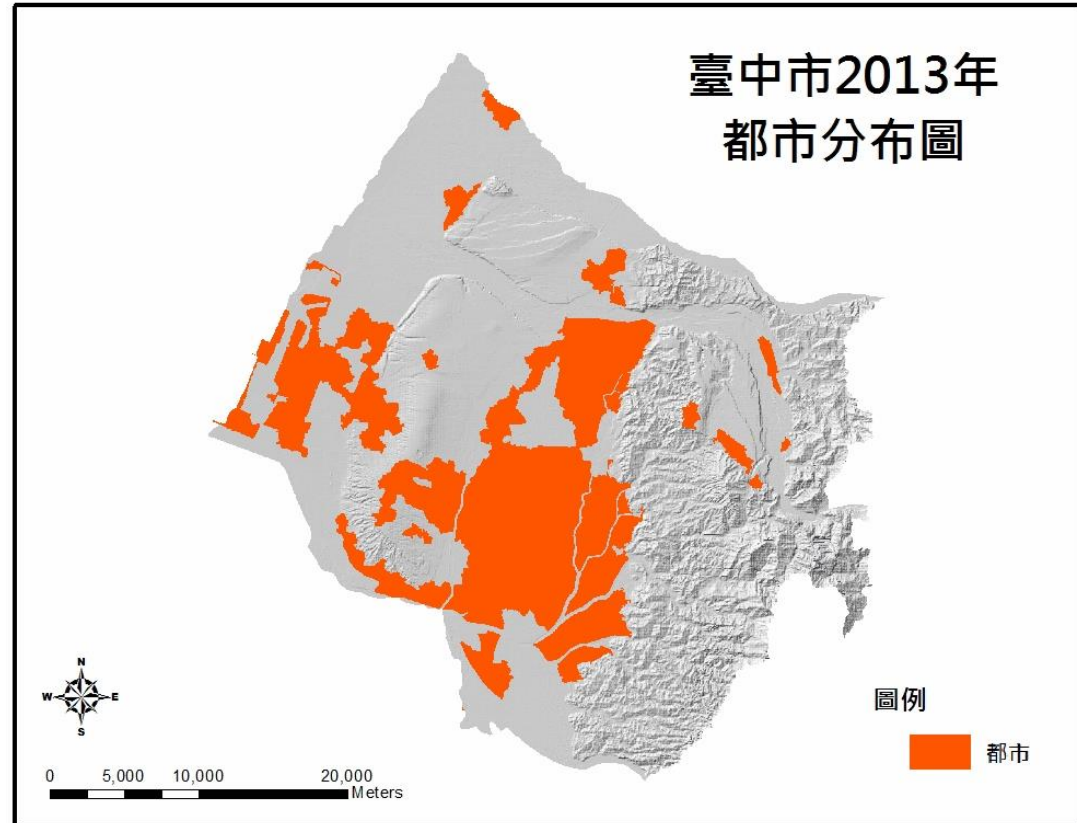


都市成長模擬 Urban growth simulation



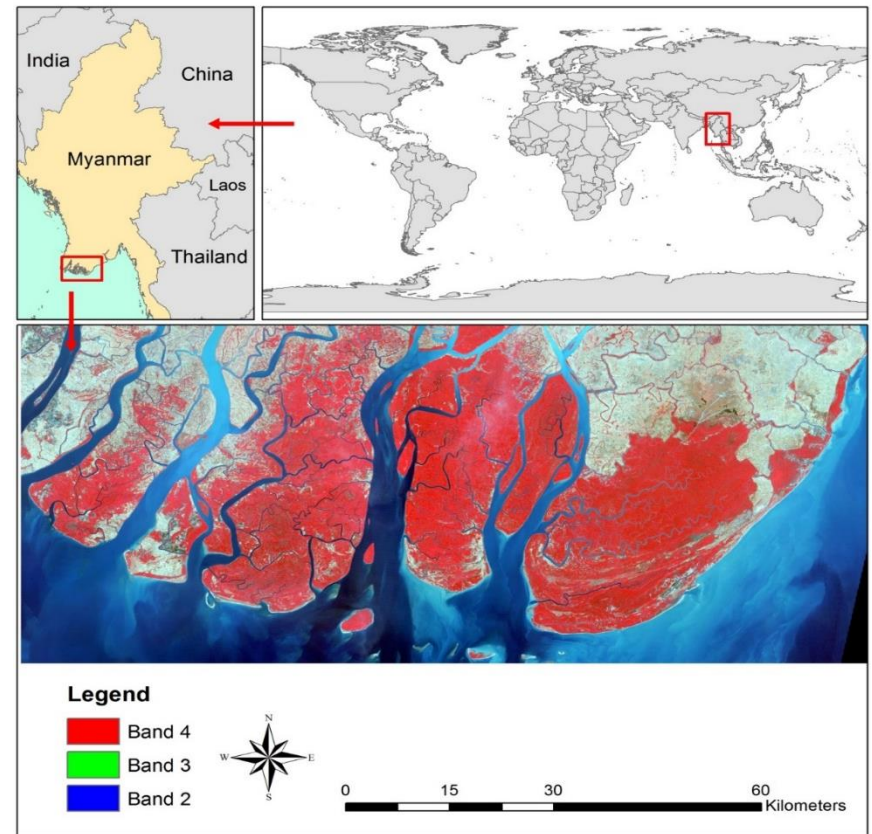
都市成長預測 Urban growth Prediction

Urban growth prediction: urban area increases to 355 km² (31.5%) in 2025.

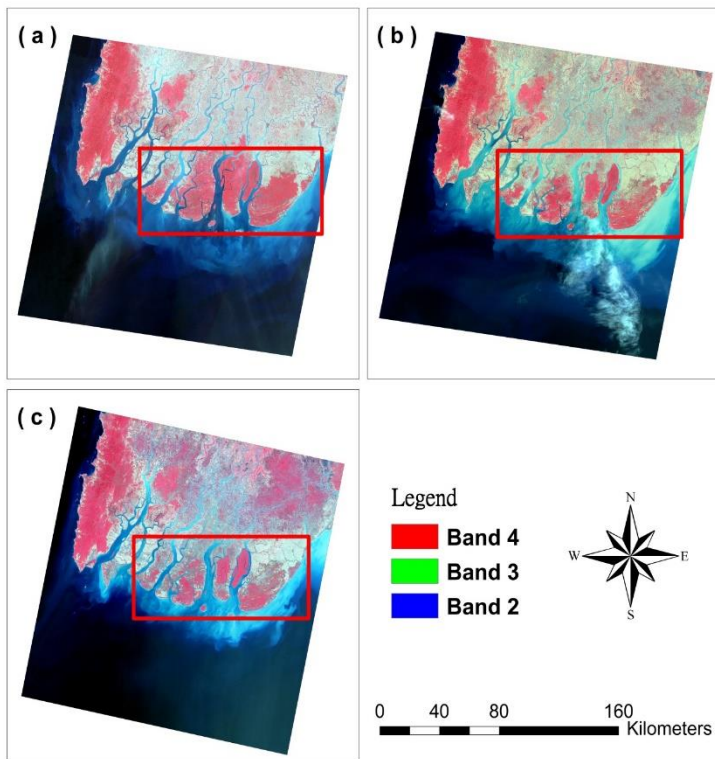


紅樹林變遷預測 Mangrove forest prediction

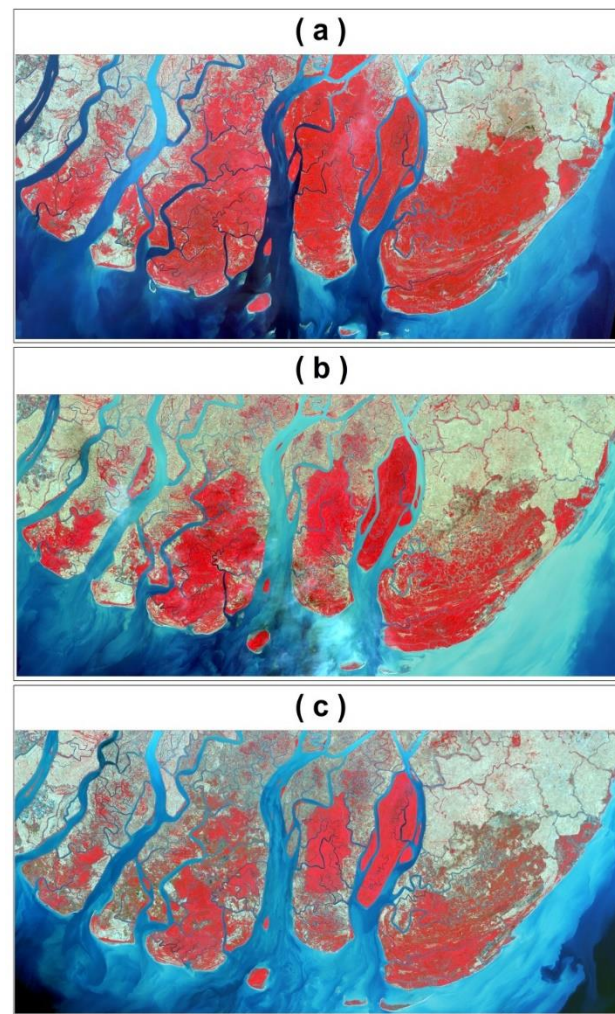
Irrawaddy delta in
South Myanmar



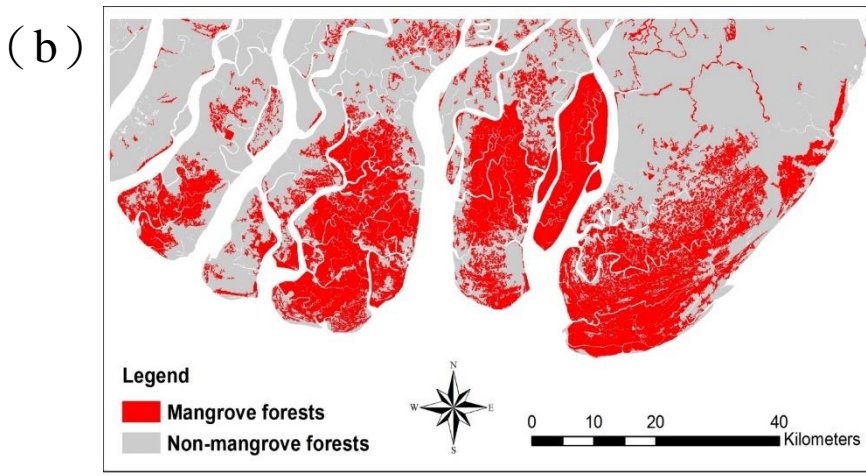
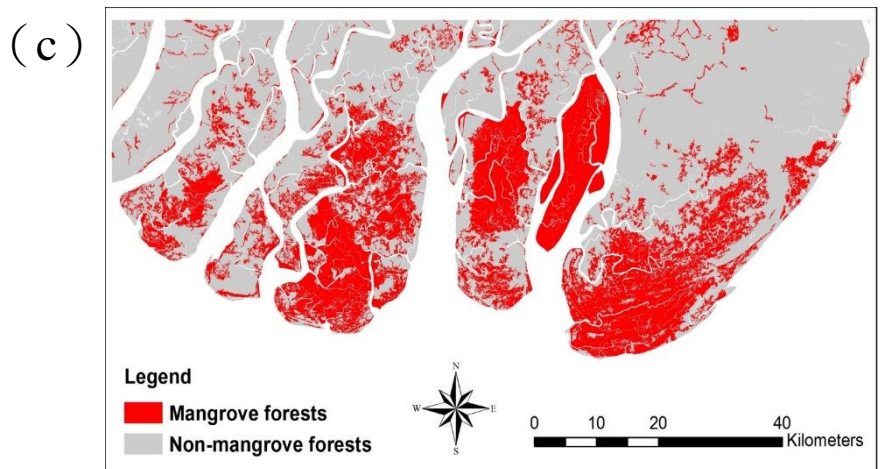
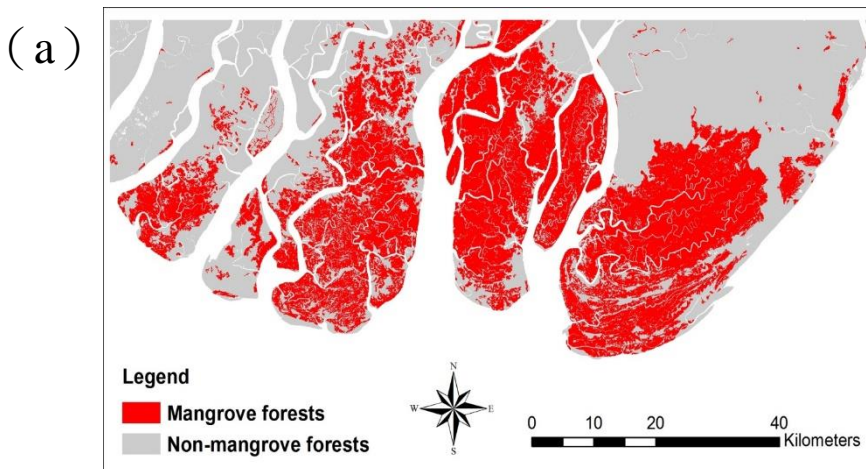
衛星監測 Landsat imagery



(a) 1989 (b) 2001 (c) 2014

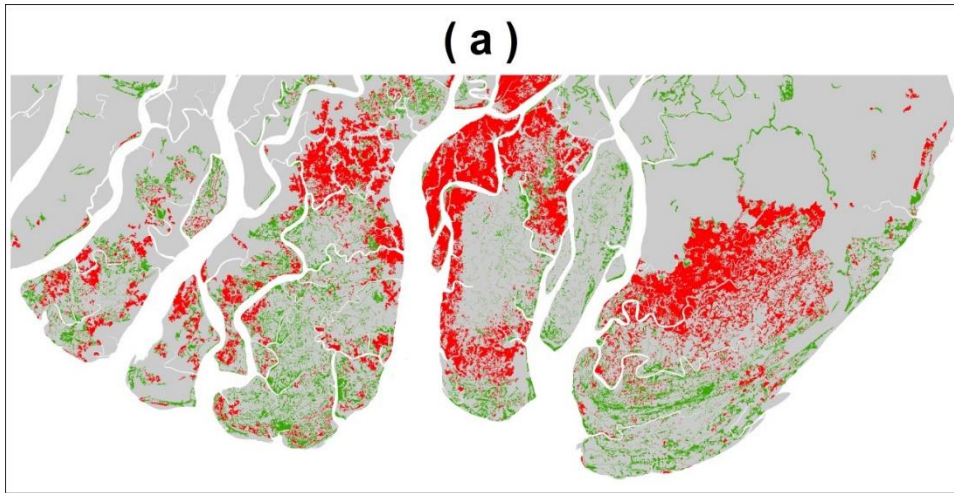


紅樹林分布變化 Mangrove distribution (Image classification)

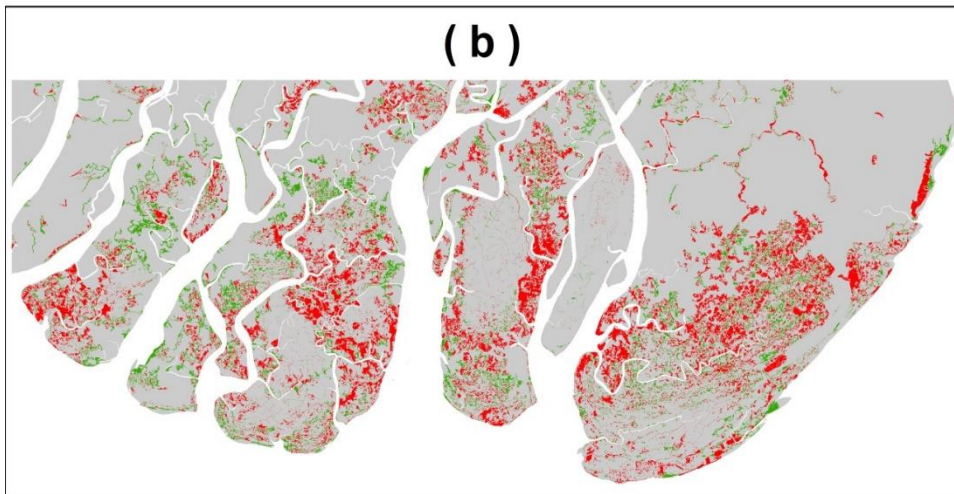


(a) 1989 (b) 2001 (c) 2014

	Mangrove forest area	%
1989	1707.47 km ²	42.95 %
2001	1462.7 km ²	36.79 %
2014	1254.09 km ²	31.54 %



(a) change between 1989 and 2011



(b) change between 2001 and 2014

		1989-2001	2001-2014
Decrease	Area	572.54 km ²	403.82 km ²
	%	14.4 %	10.16 %
Increase	Area	327.78 km ²	195.2 km ²
	%	8.24 %	4.91 %

Legend

- Decrease area
- Increase area



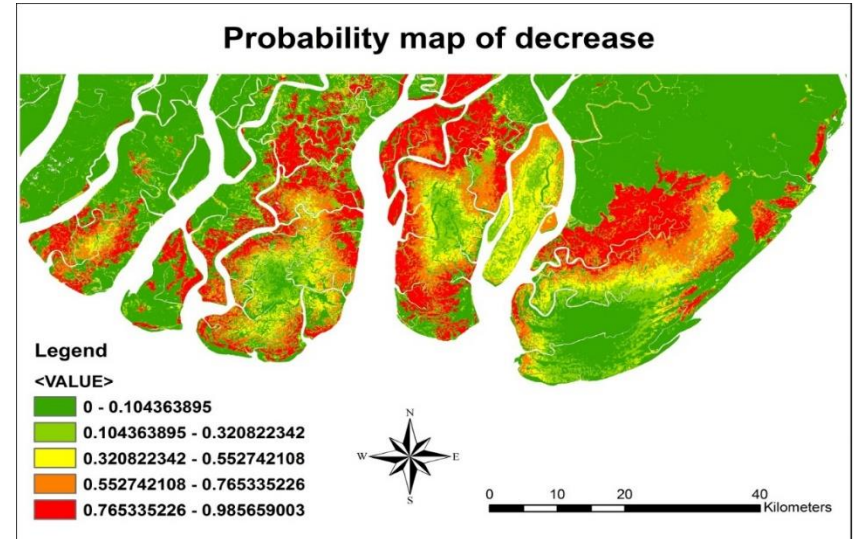
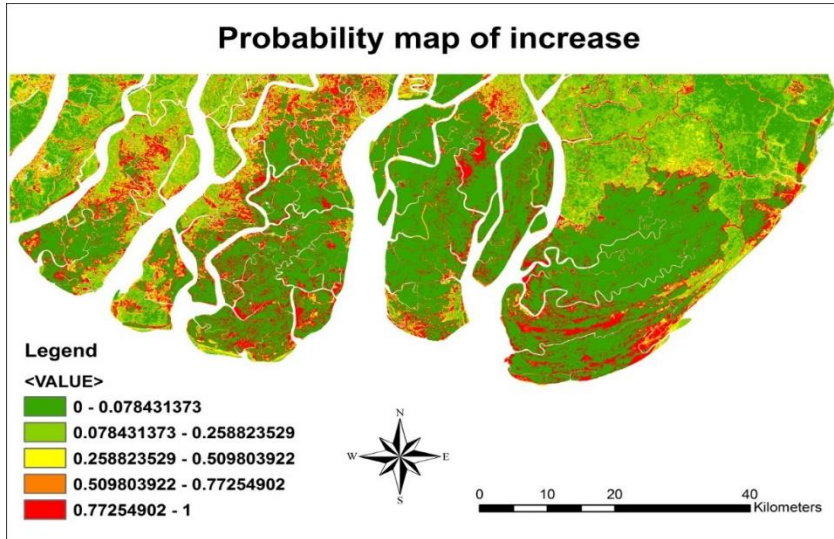
利用空間資訊來解釋都市成長

利用統計模式與空間資料來評估紅樹林的區位及潛勢

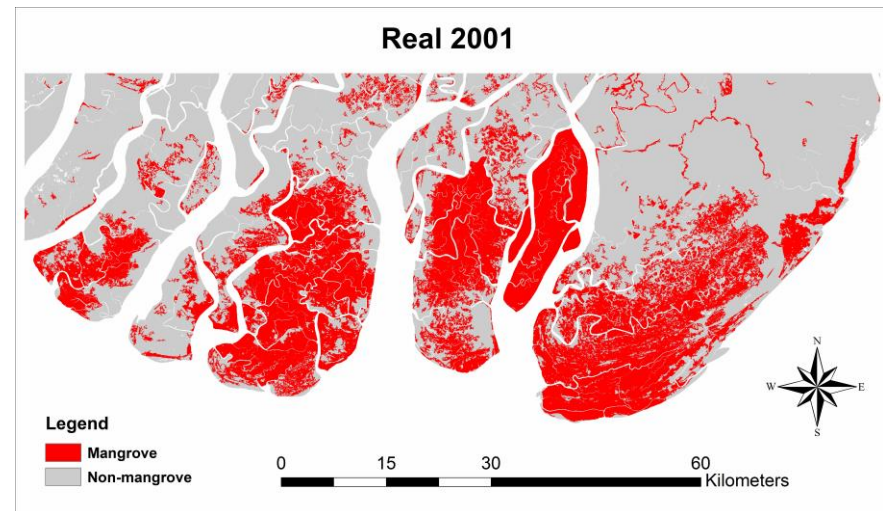
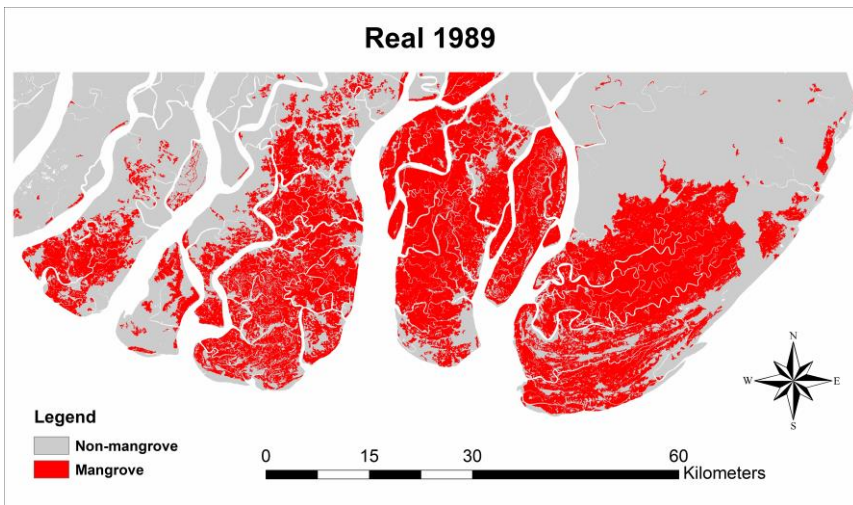
Probability of mangrove change = f(factor1, factor2, factor3,...)

- **Physical environment** : Elevation (Digital, Terrain Model, DTM)
Slope, Aspect
- **Locality** : Original land cover type
- **Neighborhood** : Distance and Direction to interested objectives (land cover types)
- **Remote sensing** : Satellite image information

洪樹臨變化潛勢 Probability of Mangrove change



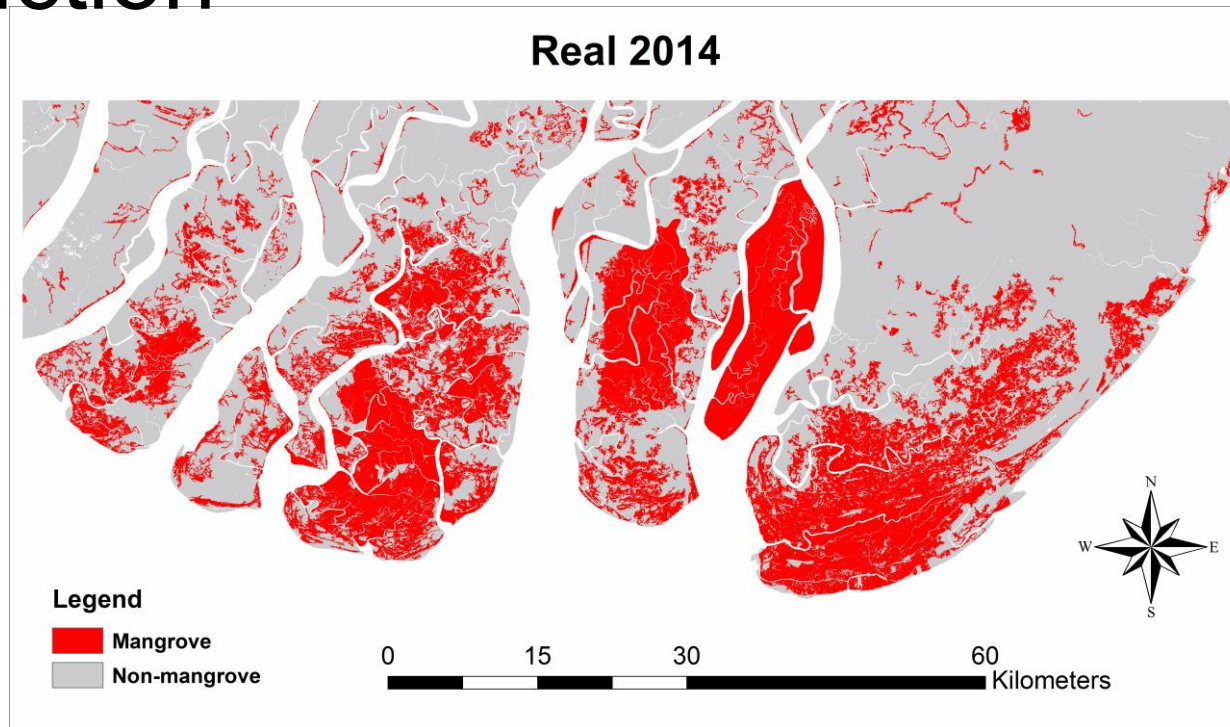
紅樹林變化模擬 Mangrove change simulation



Year	Observed area	Simulated area
1989	1707.47 km ²	
2001	1462.7 km ²	1499.39 km ²
2014	1254.09 km ²	1274.27 km ²

自動細胞元演算法 Cellular automata (CA) simulation

紅樹林變化預測 Mangrove change prediction



Year	Observed area	Simulated area
1989	1707.47 km ²	
2001	1462.7 km ²	1499.39 km ²
2014	1254.09 km ²	1274.27 km ²
2027		1066.9 km ²

總結

- 遙測技術+地理資訊系統
- 監測 vs 預測
- 過去、現在、未來