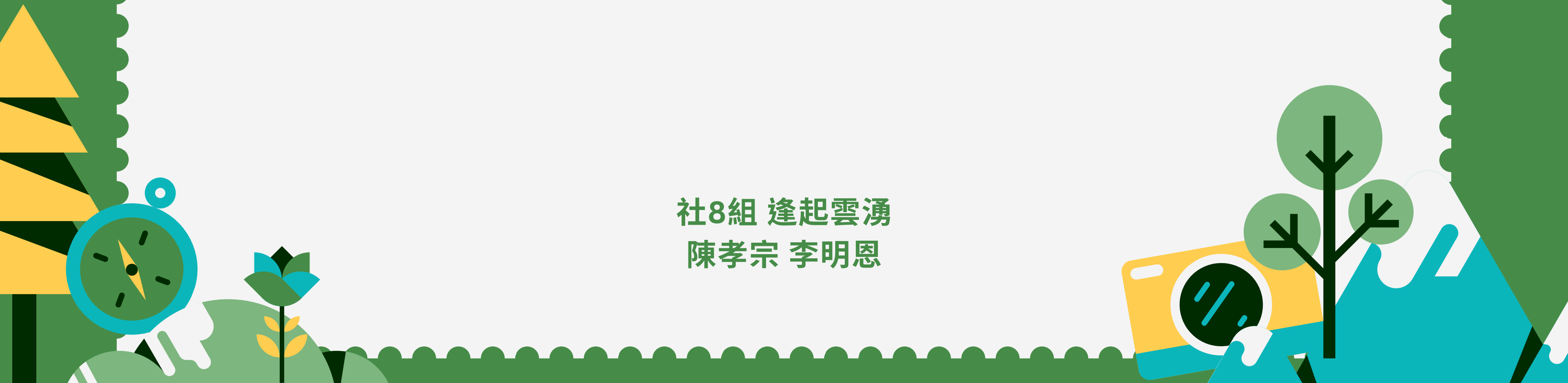


# 以空間迴歸模型探討 對松鼠分布影響的重要因子

社8組 逢起雲湧  
陳孝宗 李明恩



# 赤腹松鼠 *Callosciurus erythraeus*

- 分類：松鼠科 → 麗松鼠屬
- 分布：全台灣海拔2000公尺以下
- 壽命：4年
- 體型：約20公分, 500克



ARK : <ark:/35232/d1izr4qw>



## 探究目標

松鼠數量的變化趨勢為何？

01

松鼠的分布變化為何？

02

松鼠分布有空間關聯性嗎？

03

探討松鼠聚集情形  
與都市結構的關係

04

對松鼠影響的  
重要因子有哪些？

05

模型結果能說明什麼？  
為誰帶來幫助？

06





# 流程圖

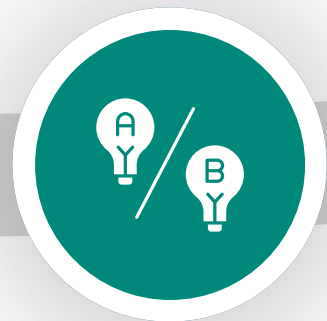
## 資料篩選 & 觀察資料

基礎圖表



## 空間群聚性分析 & 都會區用地規劃分布

Moran's I & LISA 檢定  
觀察都市結構分布圖與松鼠分布關係



## 比較疫情前後 松鼠的分布變化

分布圖



## 建立空間模型

結合自然與人為變數建立  
SAR & SLM 模型



## 模型結果說明 & 運用方式

# 資料篩選

STEP 1

- 座標誤差小於1公里

STEP 2

- 位於台灣本島

STEP 3

- 有標準化經緯度

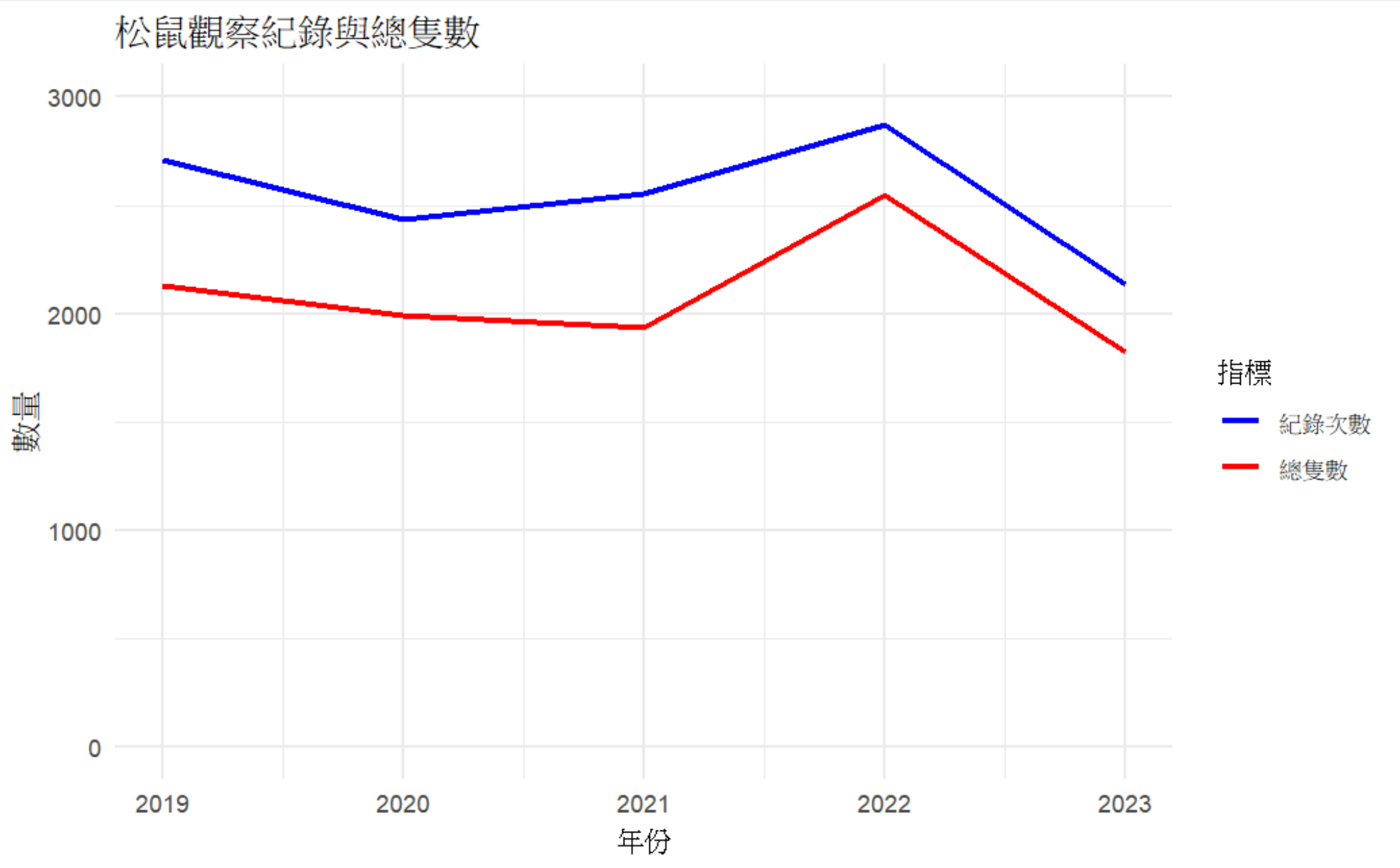
STEP 4

- 標準化日期介於 2019 ~ 2023 年

DATA

- 12707 筆赤腹松鼠的資料

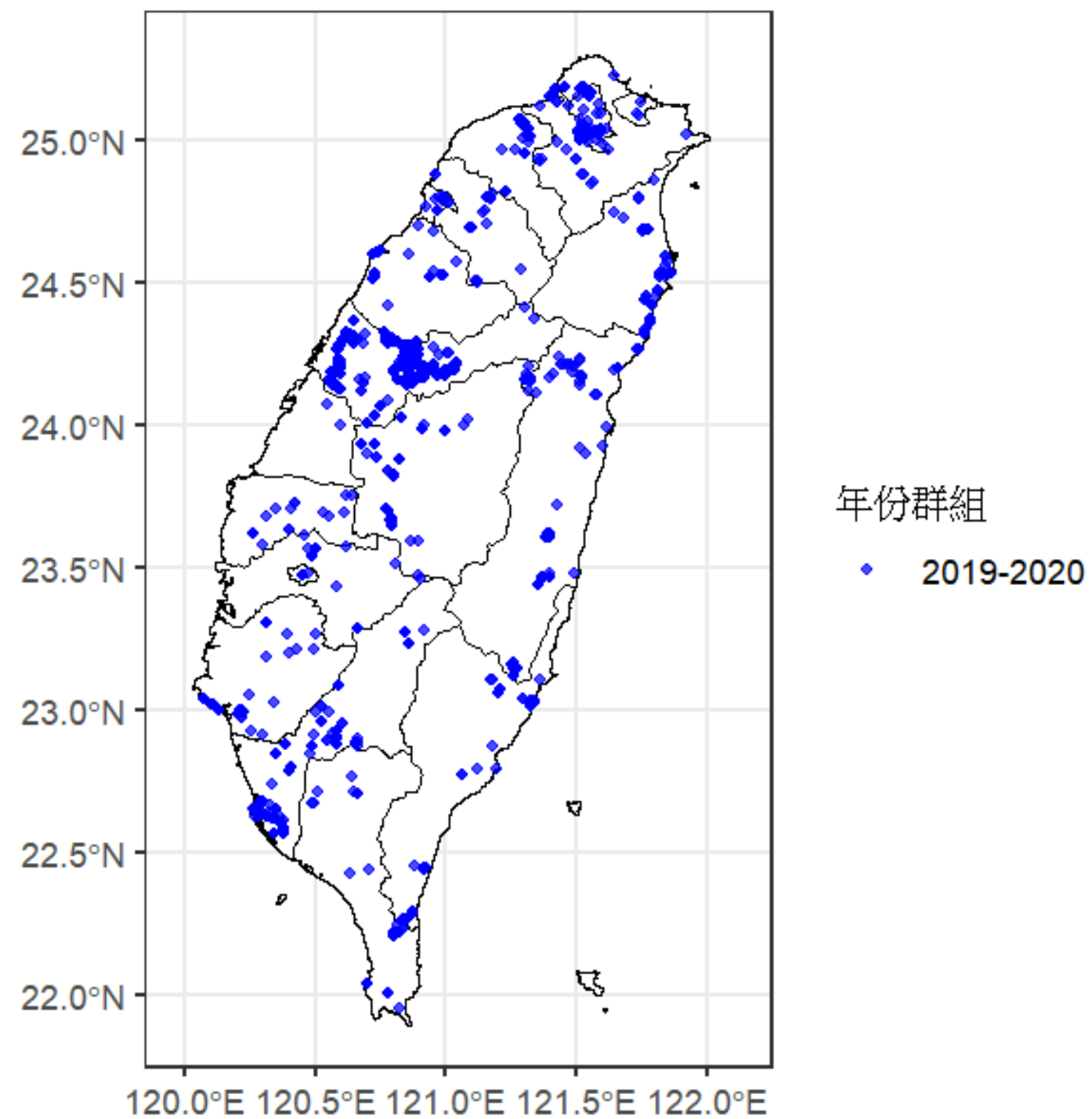
# 松鼠採樣與數量-年資料



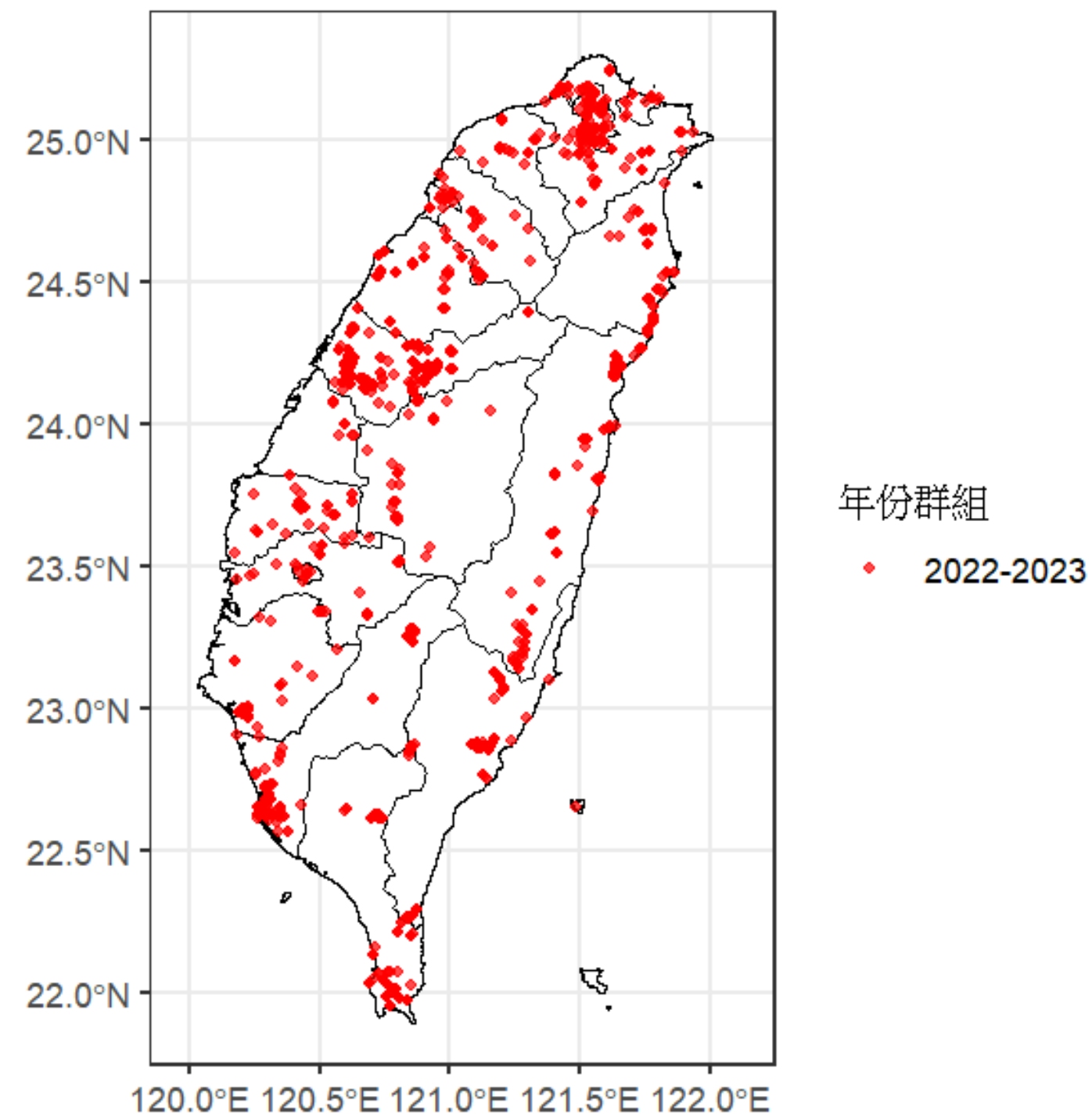
年份	每次觀察到幾隻松鼠
2019	0.7842
2020	0.8165
2021	0.7586
2022	0.8868
2023	0.8536

# 採樣分布

赤腹松鼠採集次數分布 (2019-2020)

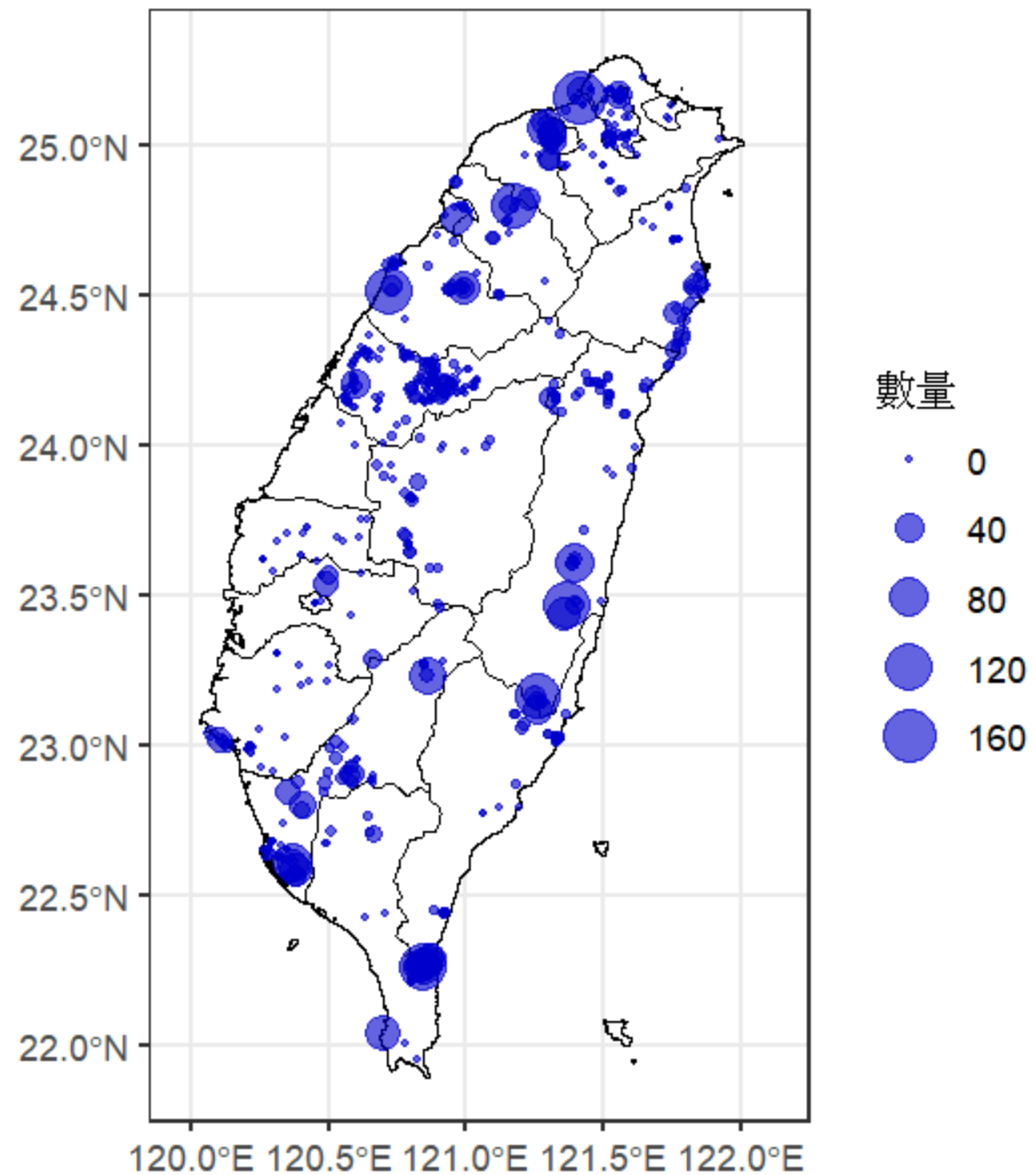


赤腹松鼠採集次數分布 (2022-2023)

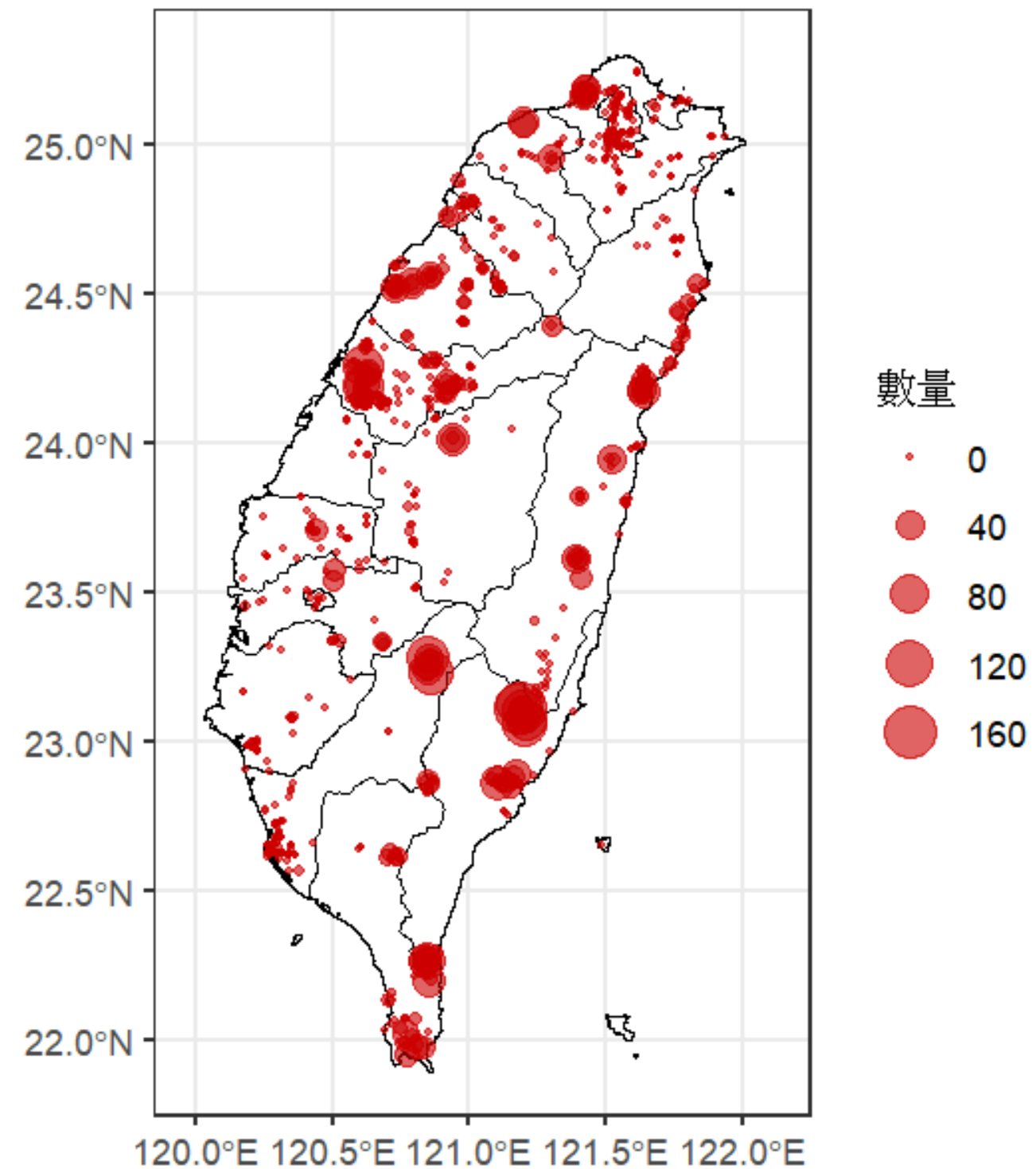


# 松鼠分布

赤腹松鼠數量分布 (2019–2020)



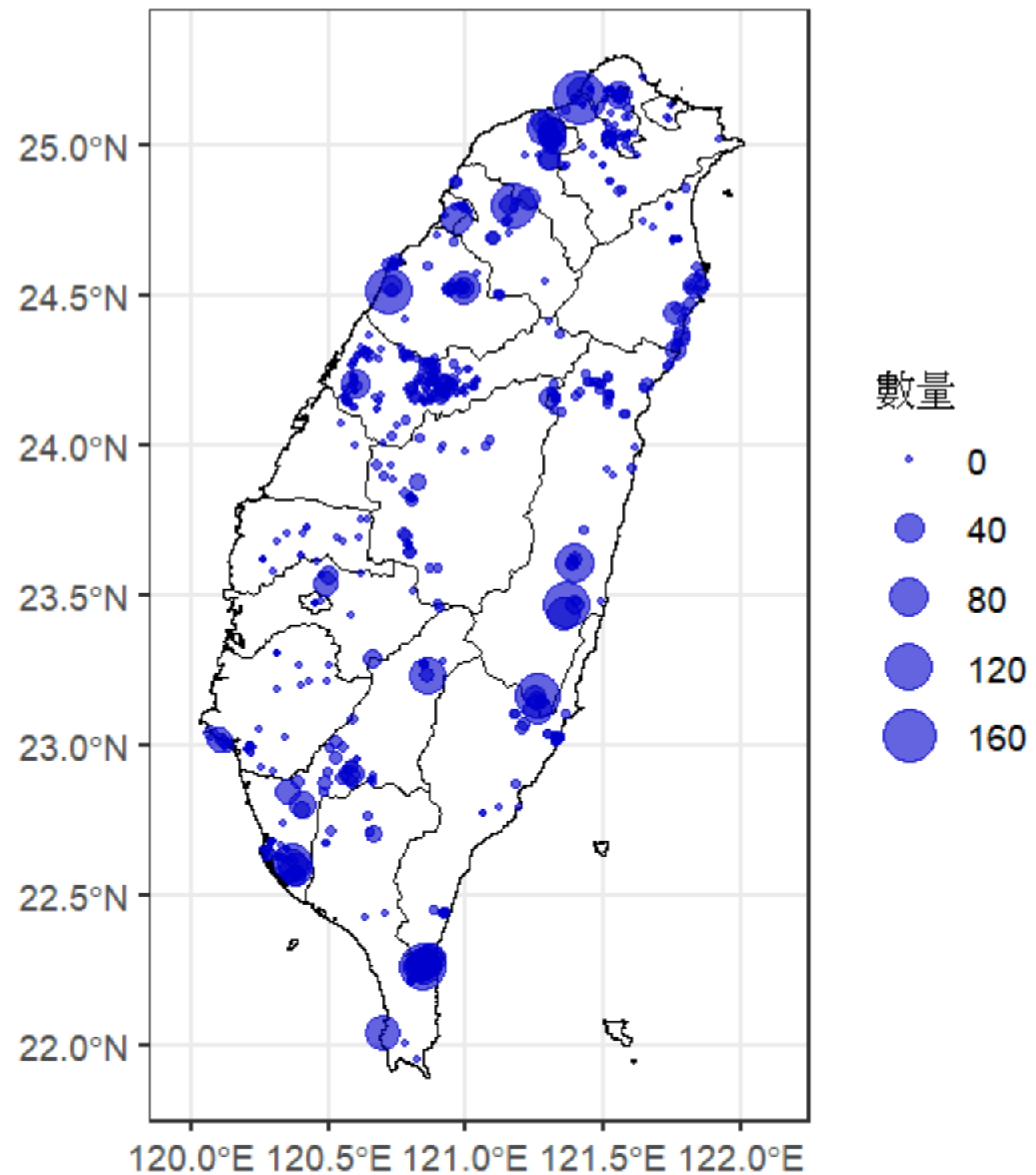
赤腹松鼠數量分布 (2022–2023)



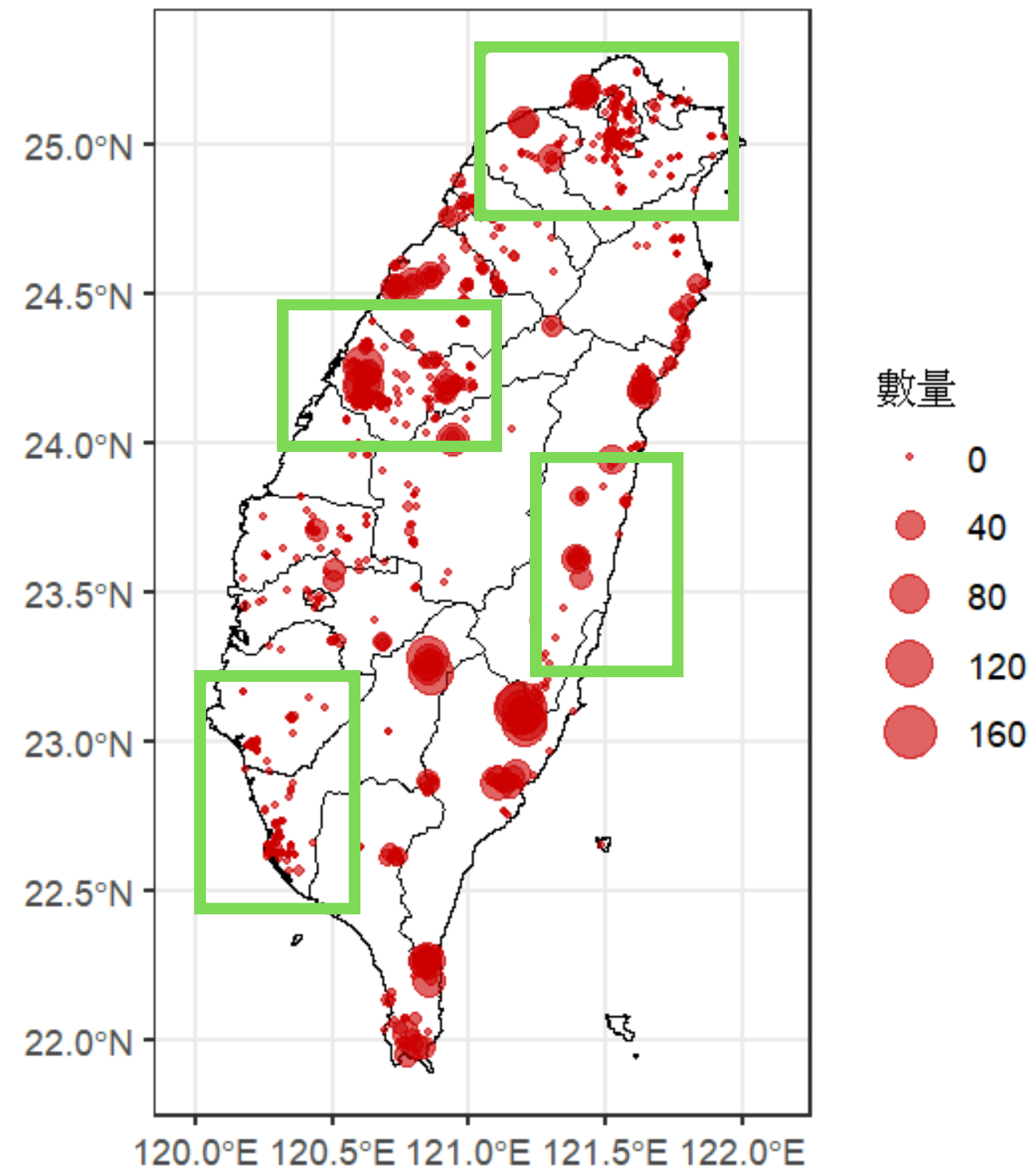


# 松鼠分布

赤腹松鼠數量分布 (2019–2020)



赤腹松鼠數量分布 (2022–2023)



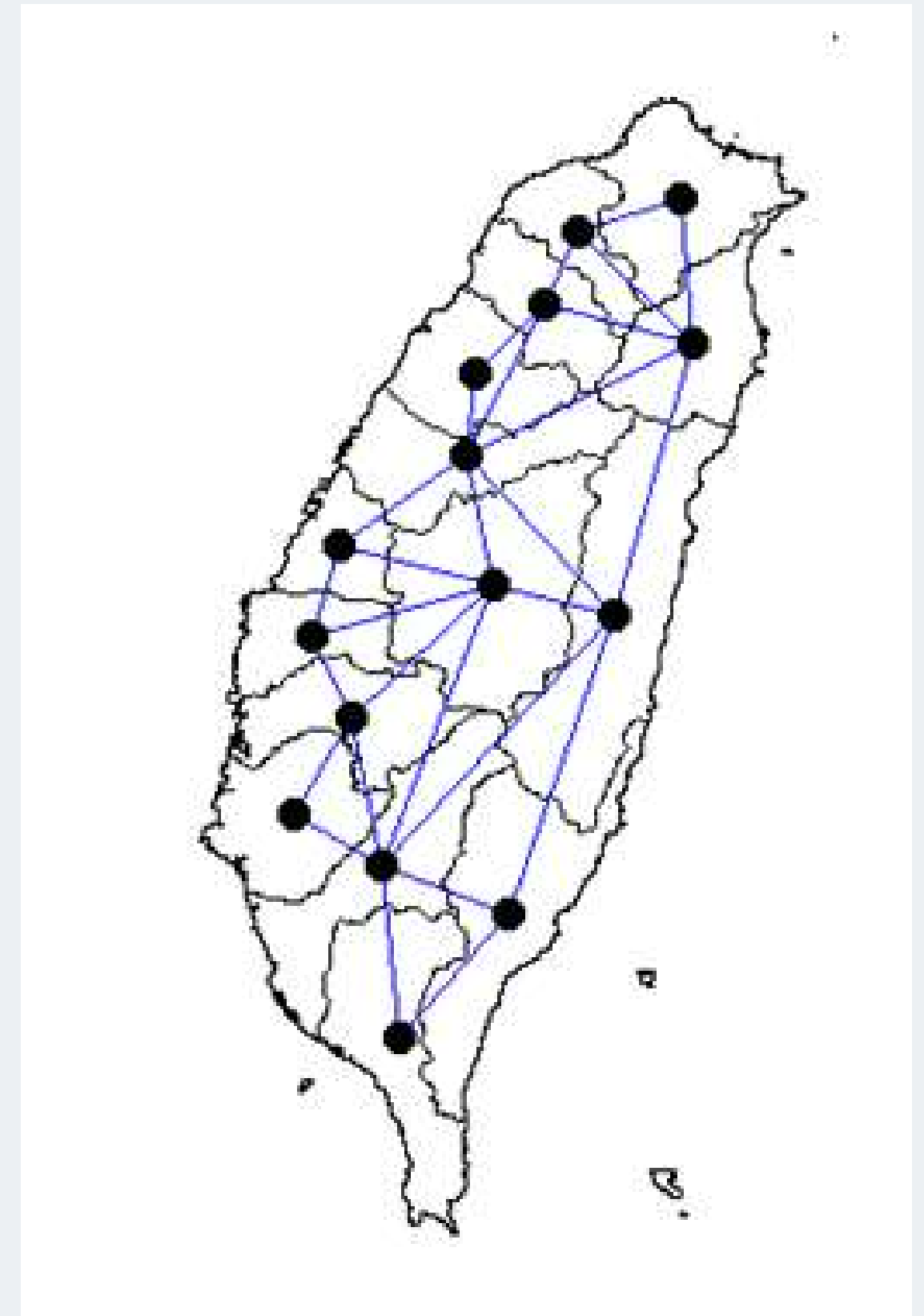
# Moran's I Test 全域指標

- 1. 虛無假設：松鼠數量隨機分佈在空間中
- 2. 對立假設：松鼠數量會受到周遭地區影響

$p\text{-value} < 0.05 \rightarrow$  對立假設

結果：

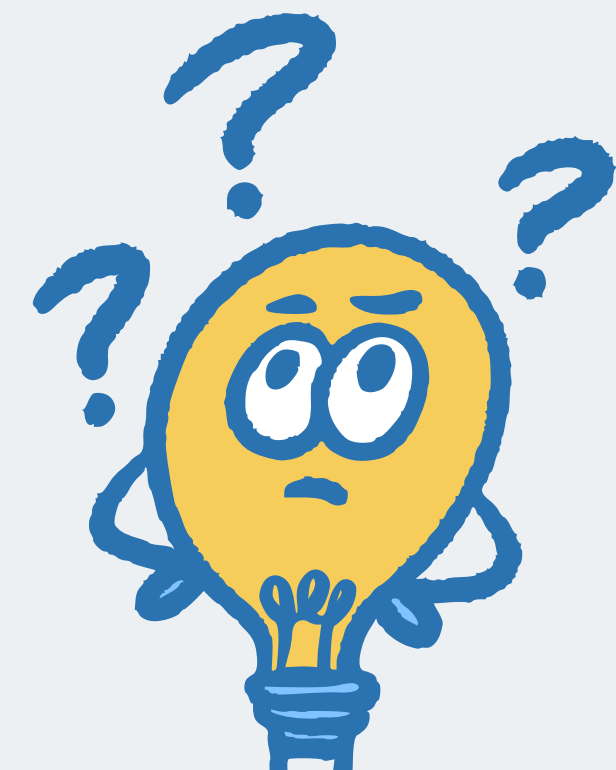
$p\text{-value} = 0.036 < 0.05 \rightarrow$  對立假設





**具體是哪個地區受到影響？？**

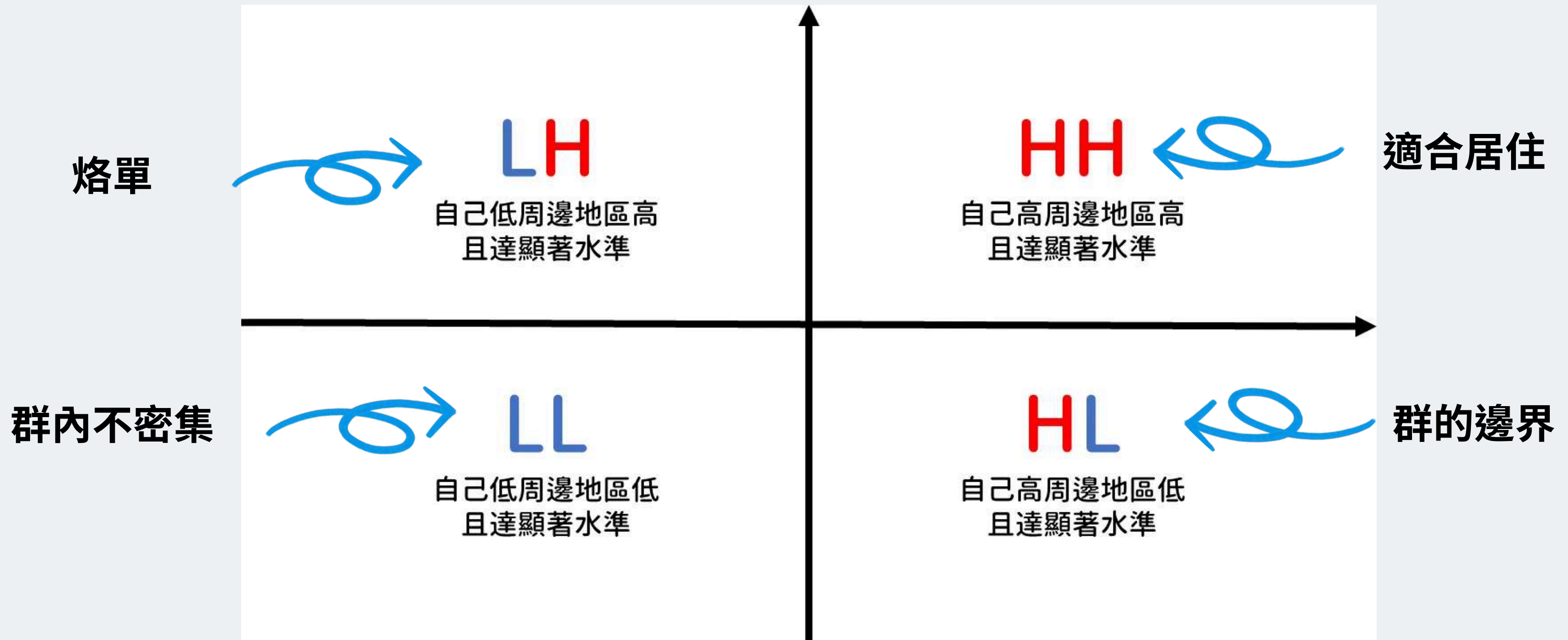
**彼此的影響是正向？ 負向？**





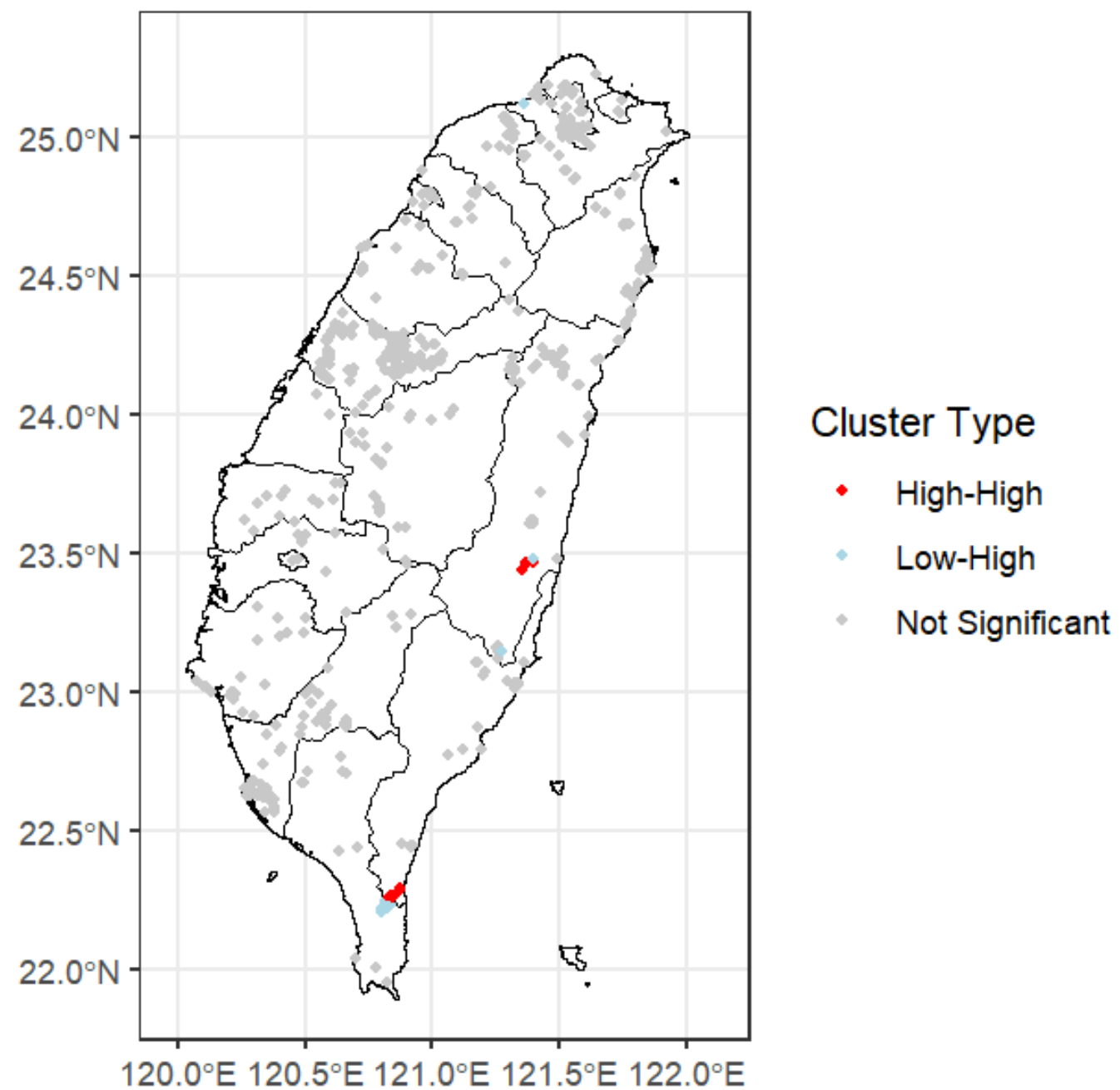
# 空間關聯局部指標 (LISA)

達顯著水準 =  $p\text{-value} < 0.05$

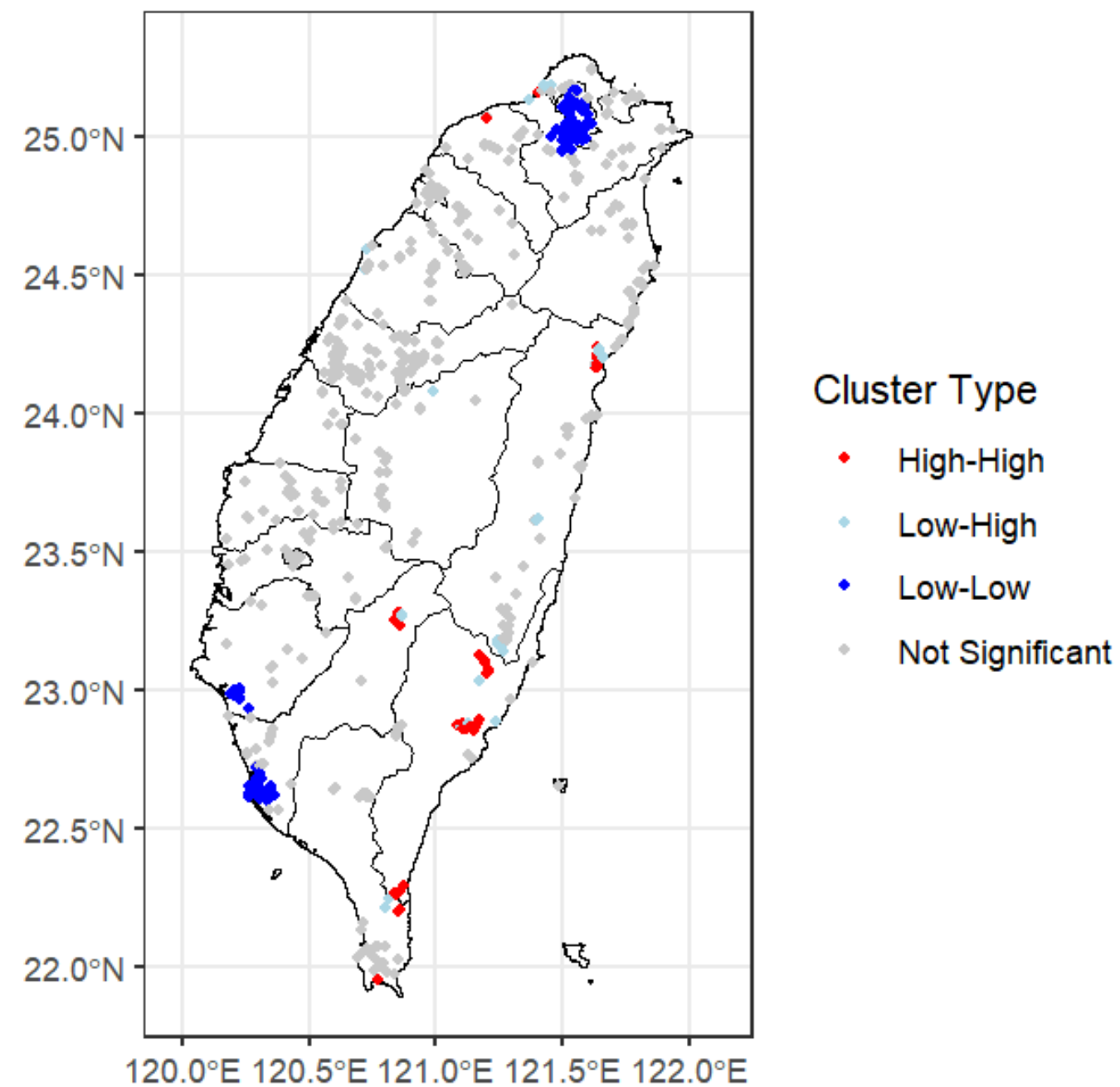


# LISA 檢定分析

2019-20年松鼠 LISA 熱點分析

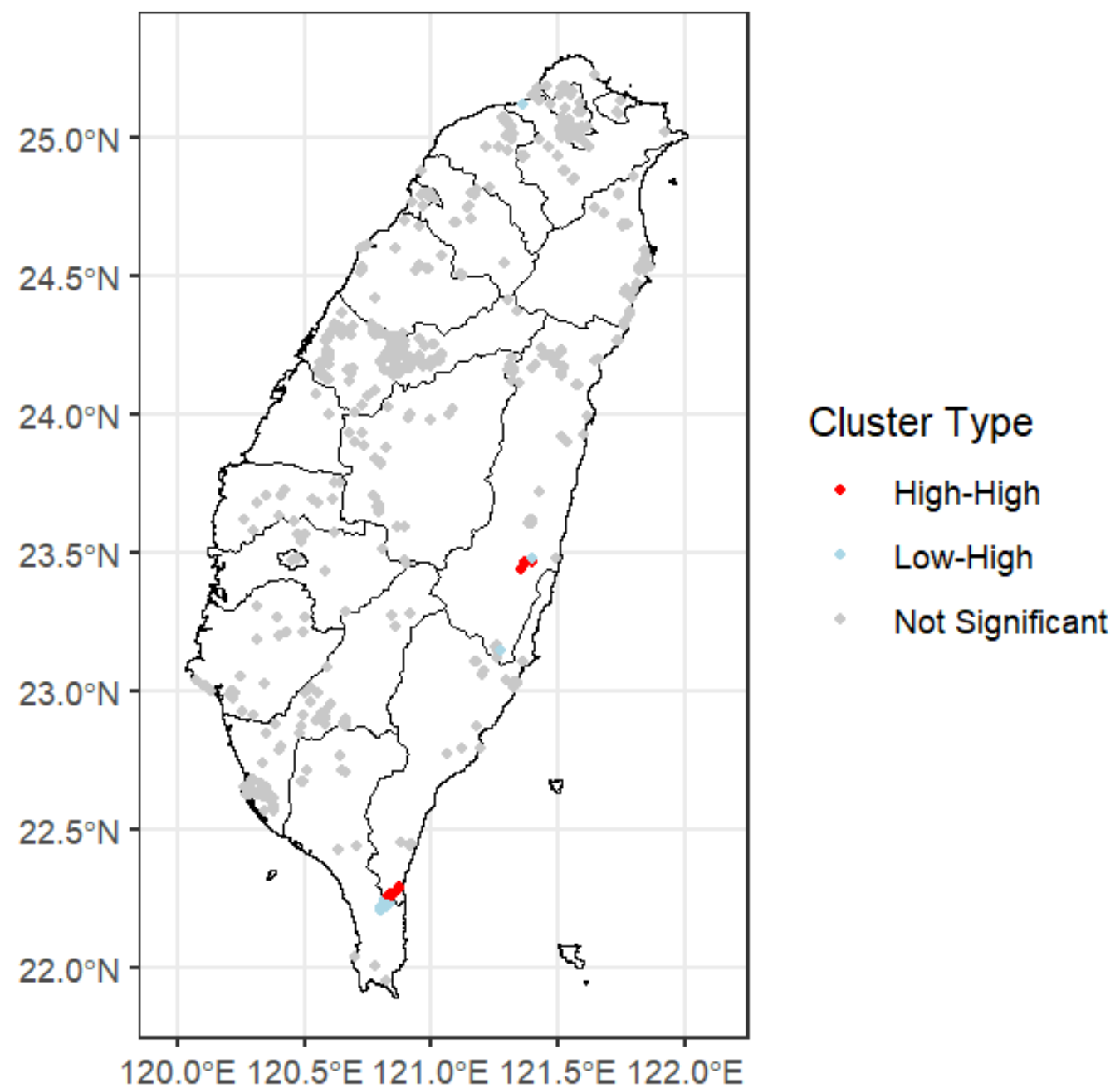


2022-23年松鼠 LISA 熱點分析

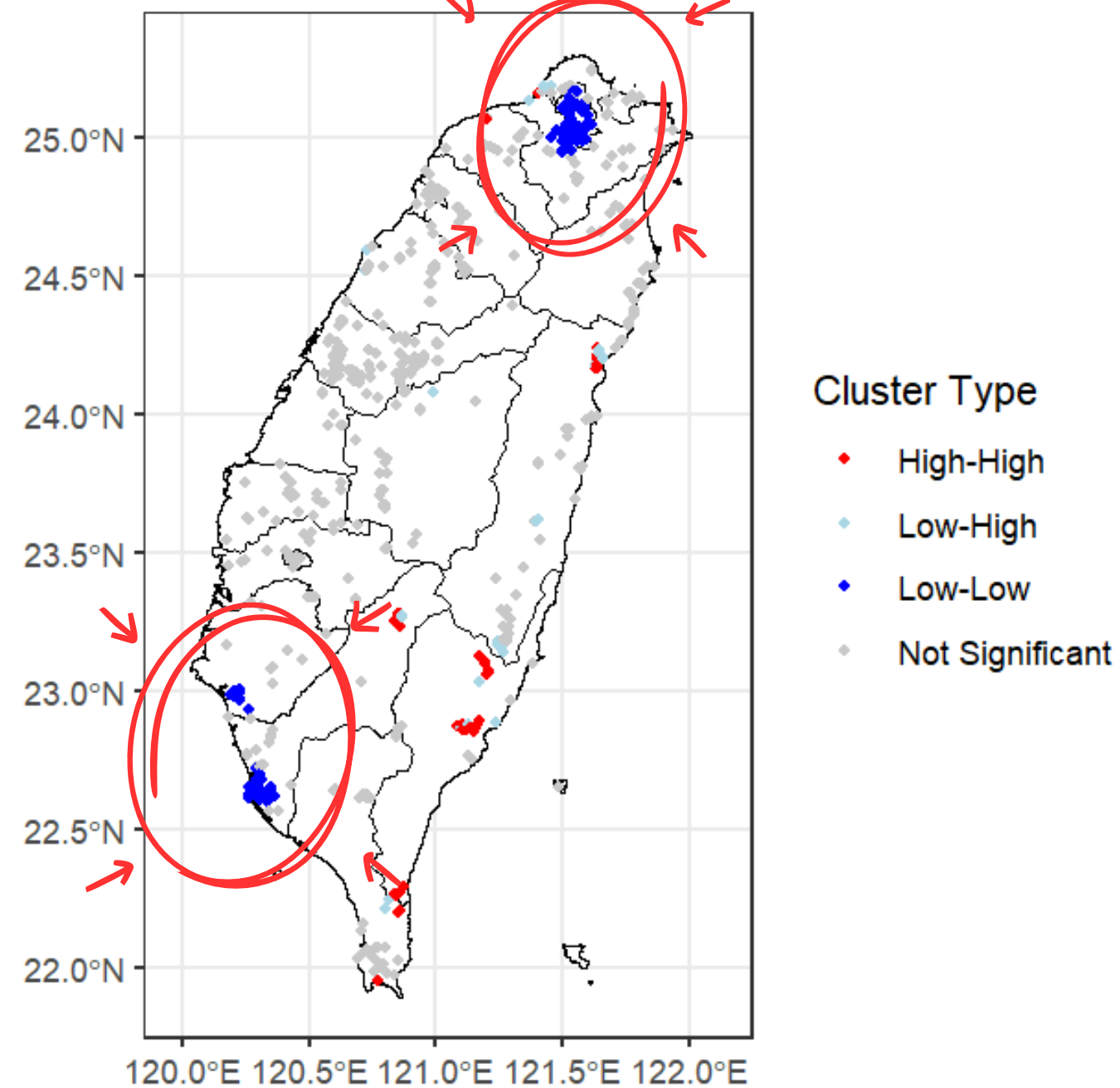


# LISA 檢定分析

2019-20年松鼠 LISA 熱點分析

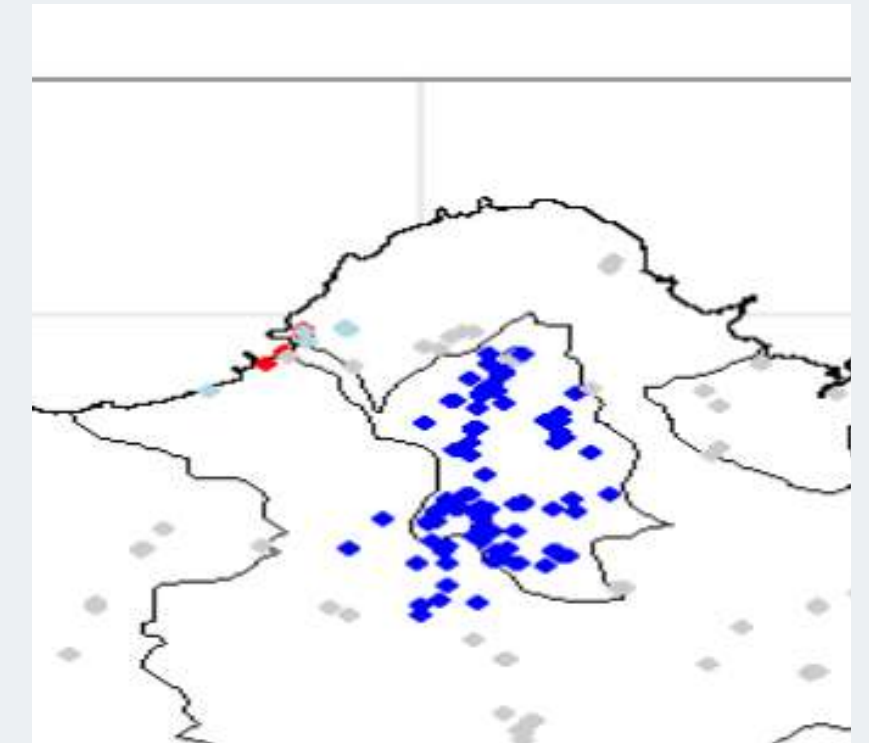
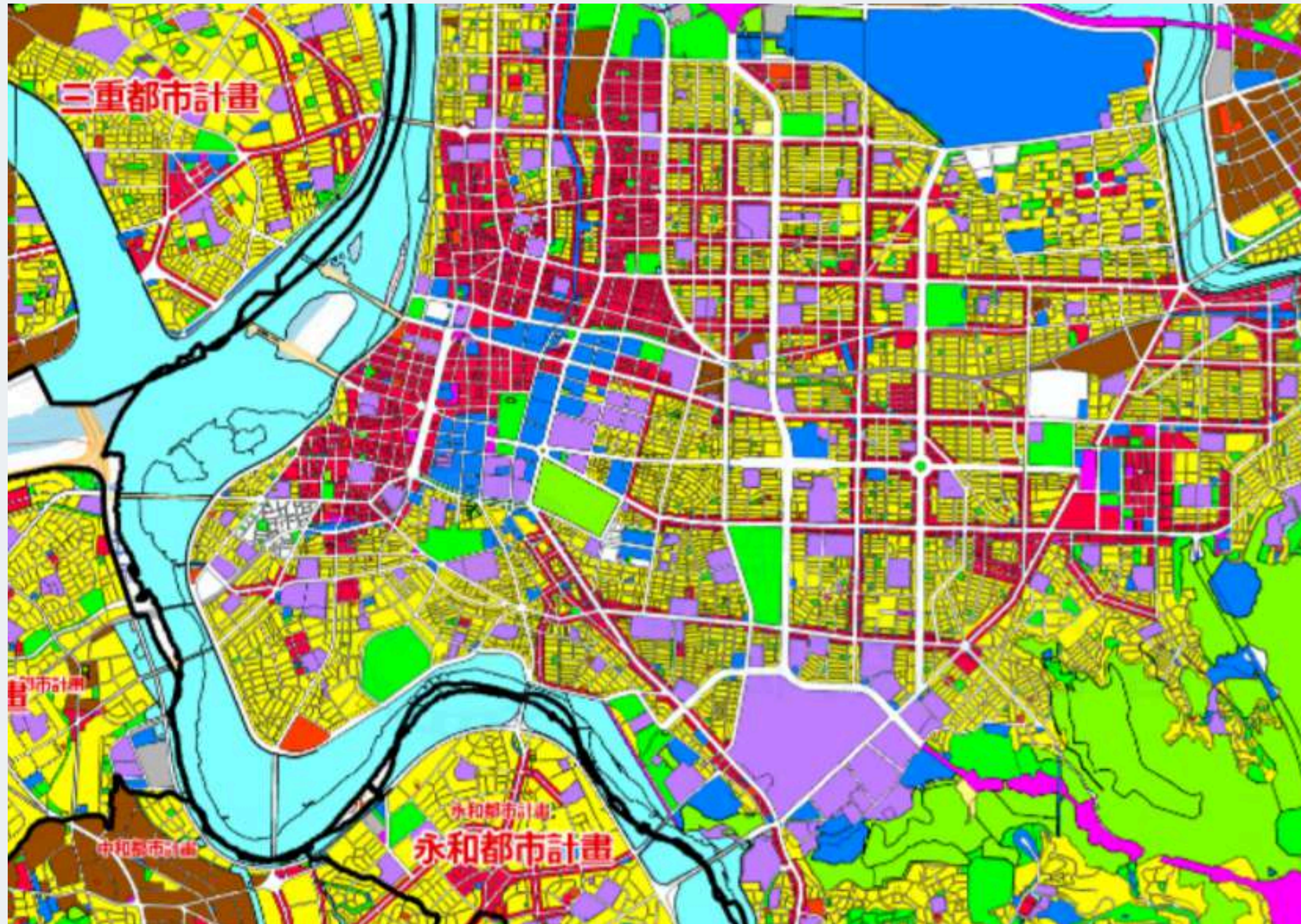


2022-23年松鼠 LISA 熱點分析





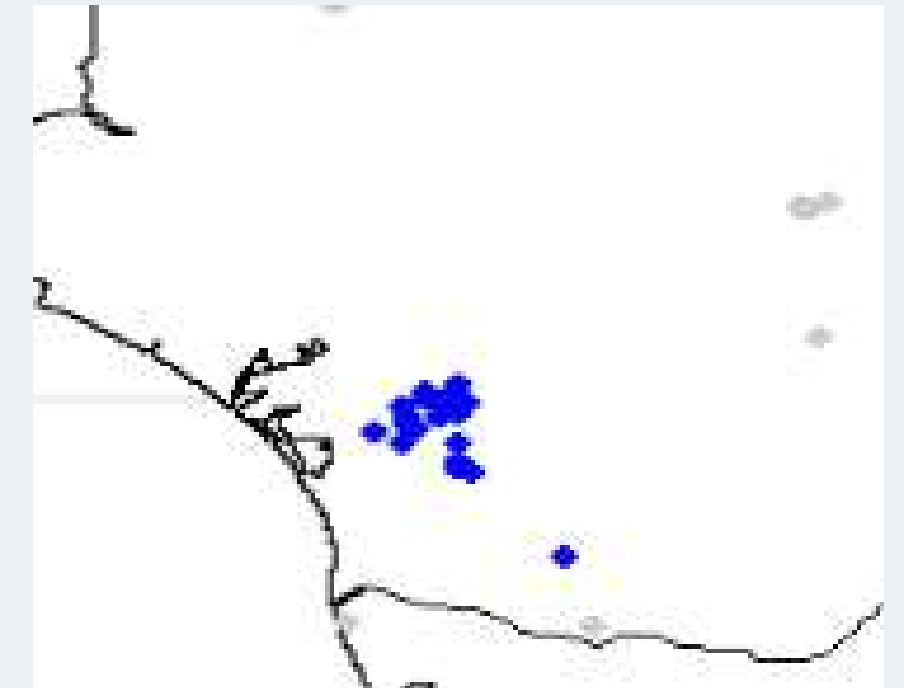
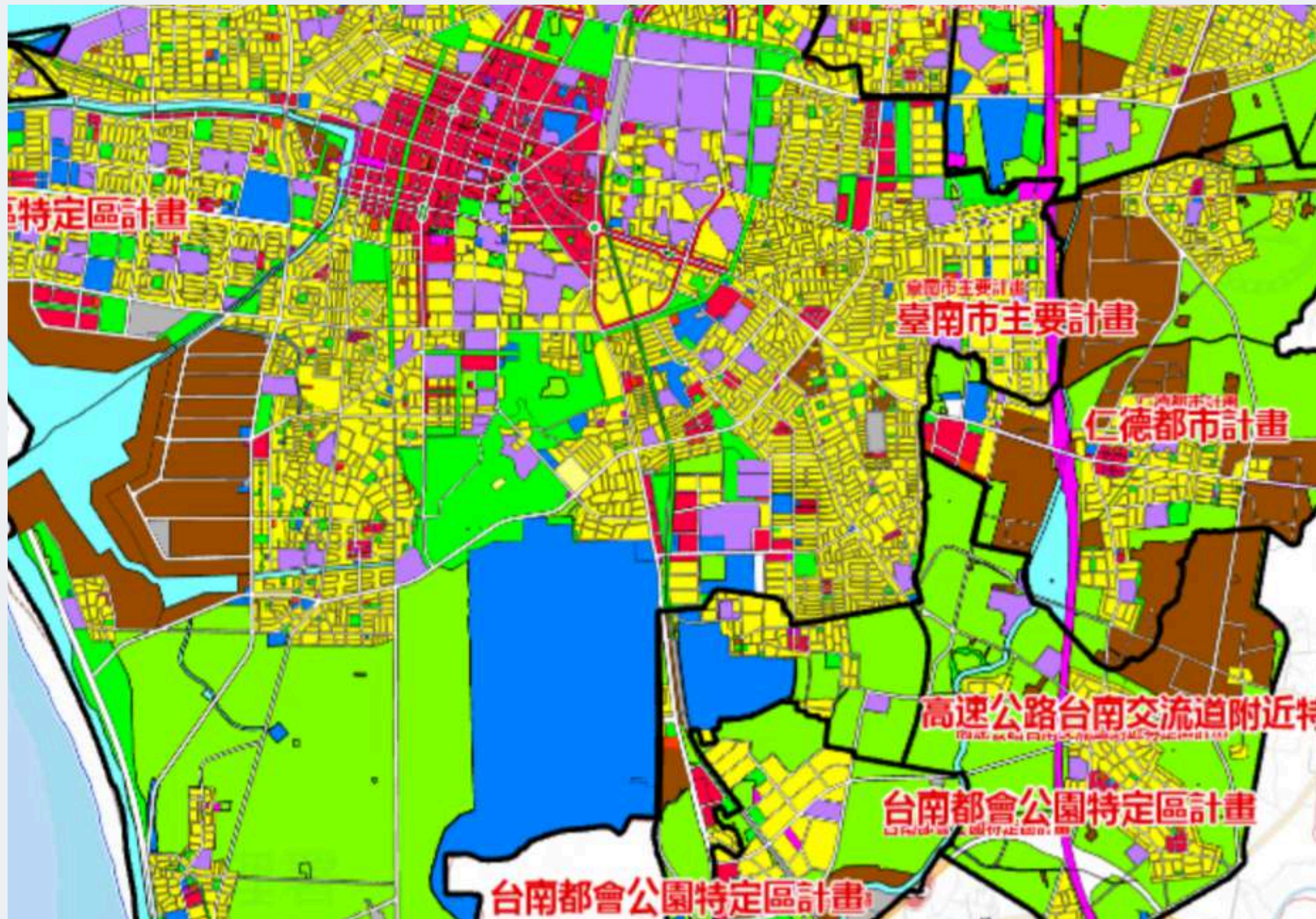
# 都市用地分布 - 台北



- 黃色：住宅區
- 紅色：商業區
- 咖啡：工業區
- 綠色：公園 & 綠地
- 紫色：校園地
- 粉紅：市政區
- 藍色：機場 & 機關用地



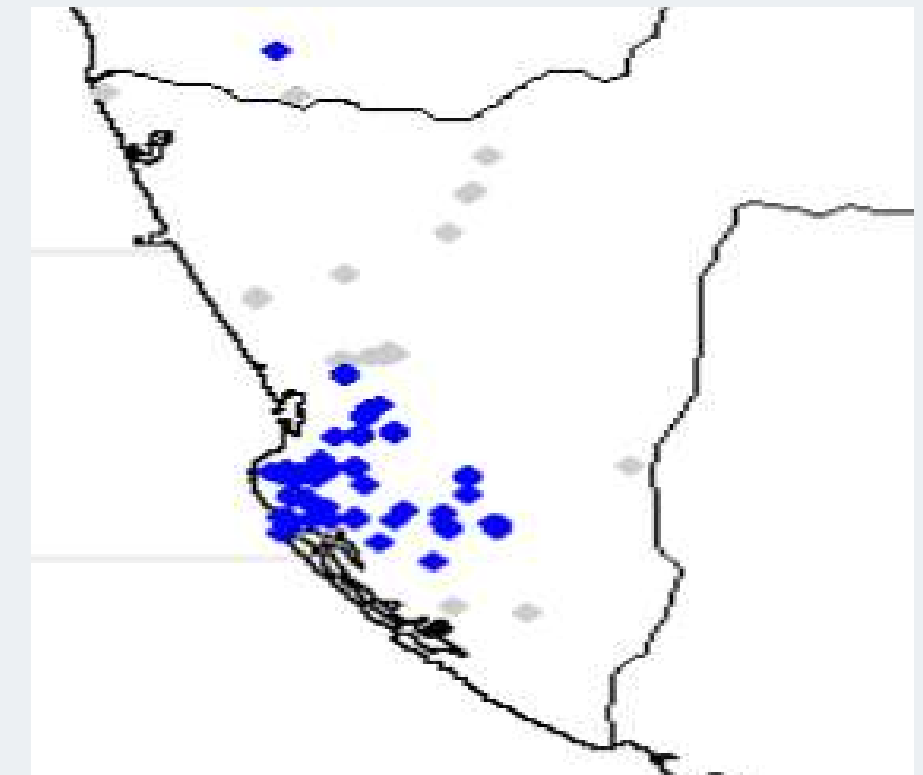
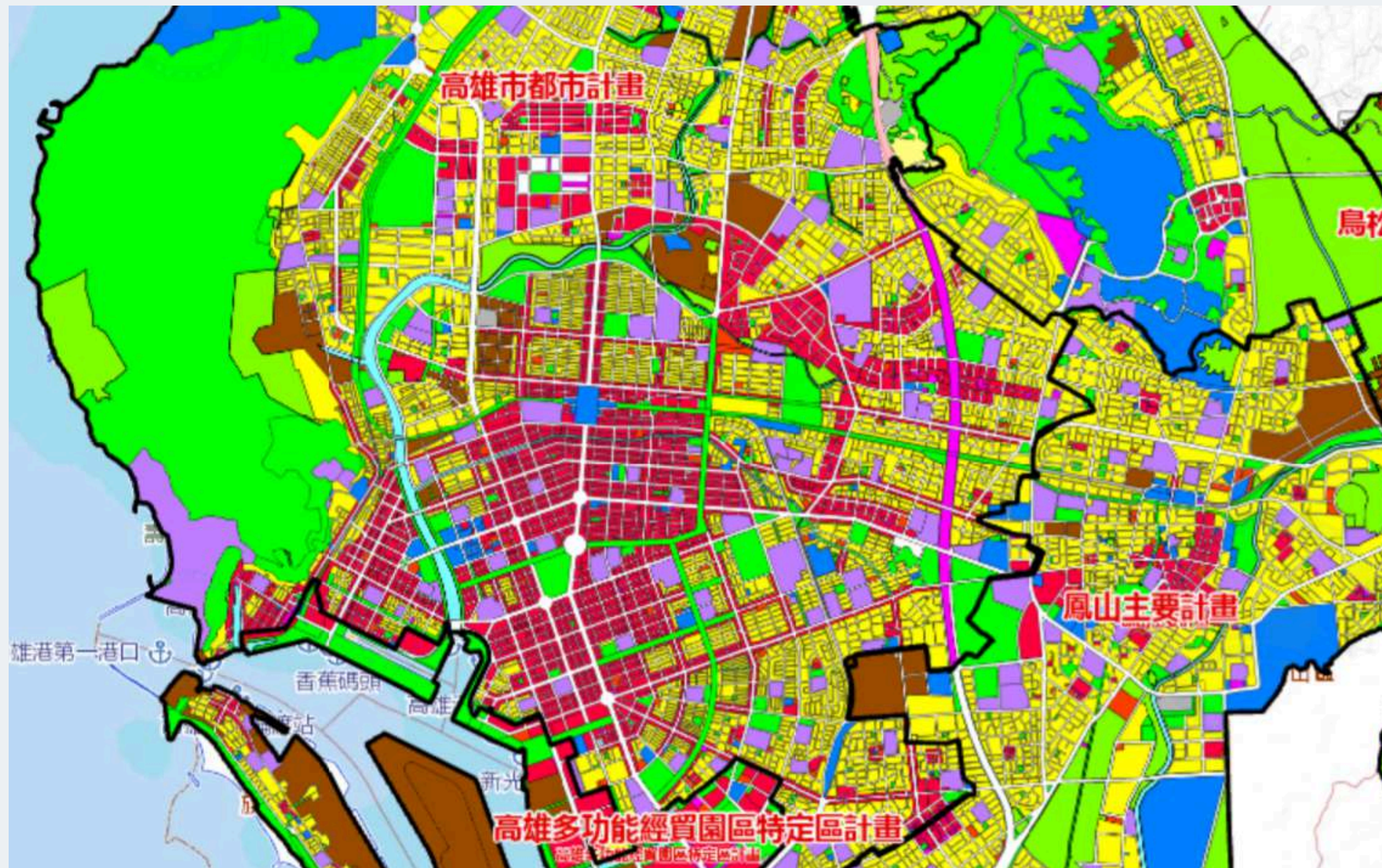
# 都市用地分布 - 台南



- 黃色：住宅區
- 紅色：商業區
- 咖啡：工業區
- 綠色：公園 & 綠地
- 紫色：校園地
- 粉紅：市政區
- 藍色：機場 & 機關用地



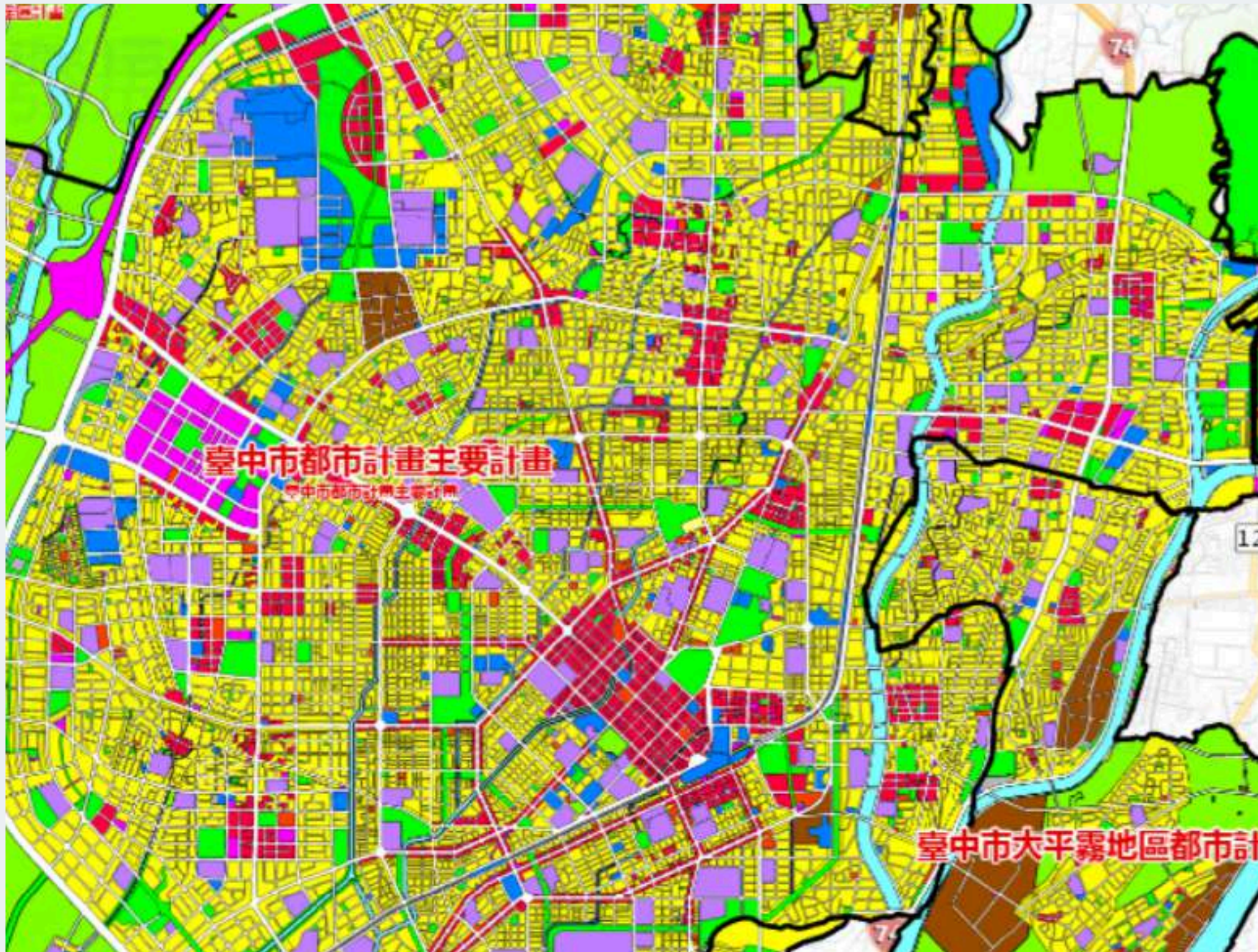
# 都市用地分布 - 高雄



- 黃色：住宅區
- 紅色：商業區
- 咖啡：工業區
- 綠色：公園 & 綠地
- 紫色：校園地
- 粉紅：市政區
- 藍色：機場 & 機關用地



# 都市用地分布 - 台中



- 黃色：住宅區
- 紅色：商業區
- 咖啡：工業區
- 綠色：公園 & 綠地
- 紫色：校園地
- 粉紅：市政區
- 藍色：機場 & 機關用地



# **空間迴歸模型**

**(Spatial Autoregressive model, SAR)**

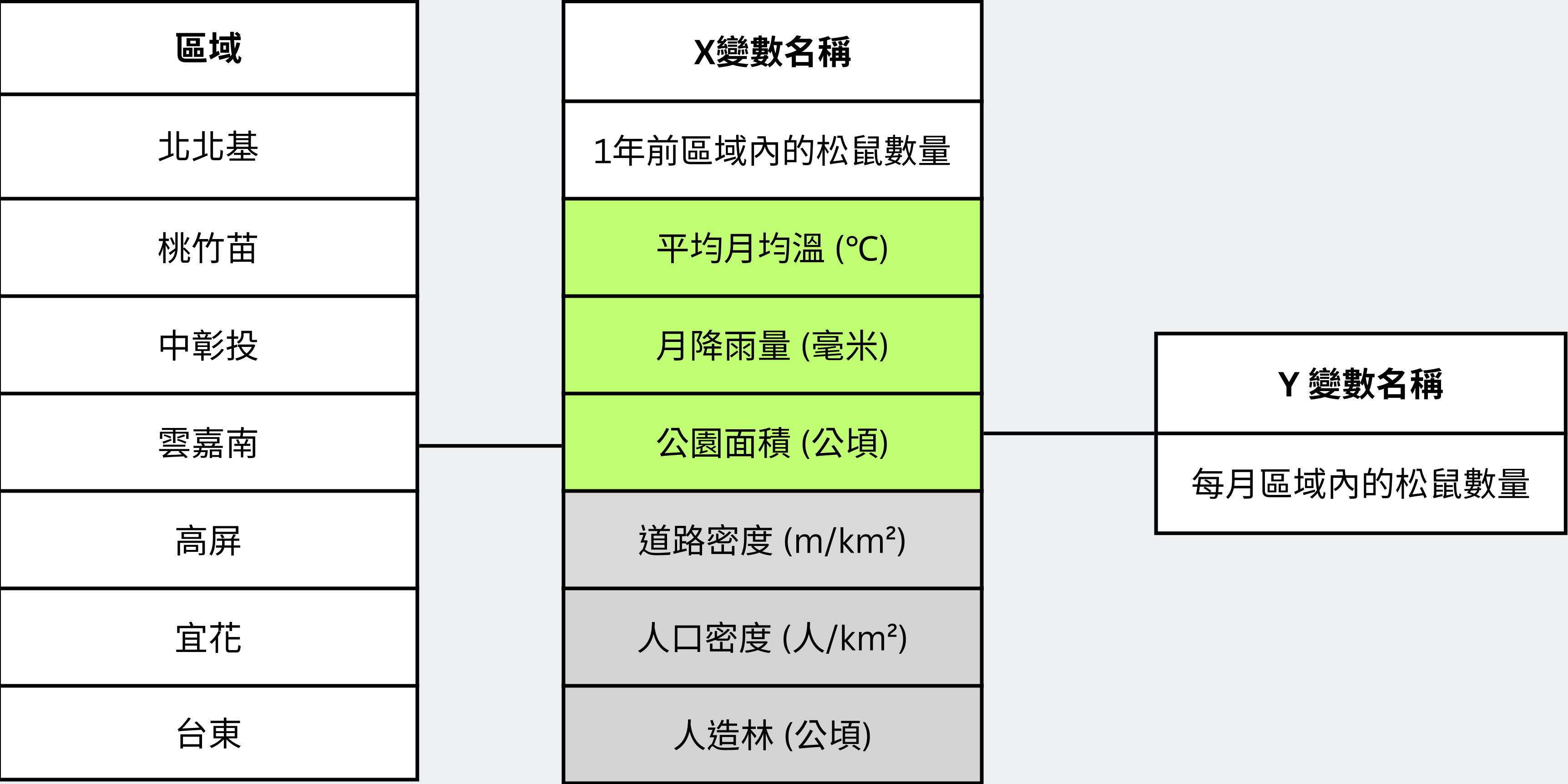
**(Spatial Lag Model, SLM)**

# 空間迴歸模型





# 空間迴歸模型



# 空間迴歸模型

區域	X變數名稱	Y 變數名稱
北北基	1年前區域內的松鼠數量	
桃竹苗	平均月均溫 (°C)	
中彰投	月降雨量 (毫米)	
雲嘉南	公園面積 (公頃)	
高屏	道路密度 (m/km <sup>2</sup> )	
宜花	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	
台東	人造林 (公頃)	



# 空間迴歸模型

X 變數名稱 (單位)	主效應	間接效應	總效應
1年前區域內的松鼠數量	- 0.153	0.003	- 0.150
道路密度(m/km <sup>2</sup> )	- 0.114	0.002	- 0.112
人口密度(人/km <sup>2</sup> )	- 0.095	0.002	- 0.093
人造林 (公頃)	- 0.120	0.003	- 0.117

# 空間迴歸模型 (SAR & SLM)

- 主效應：區域內的 X 變數 +1
- 間接效應：鄰近區域內的 X 變數 +1
- 總效應：全部區域的 X 變數都 +1

X 變數名稱 (單位)	主效應	間接效應	總效應
1年前區域內的松鼠數量	- 0.153	0.003	- 0.150





# 模型的目的

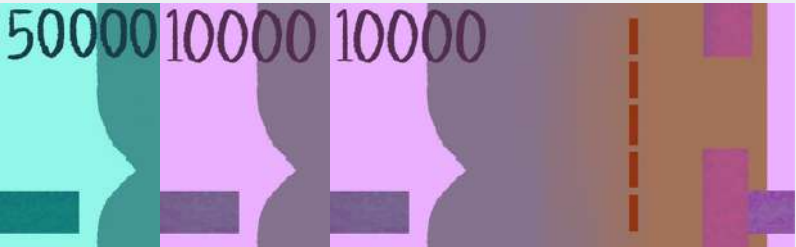


# 控制成本

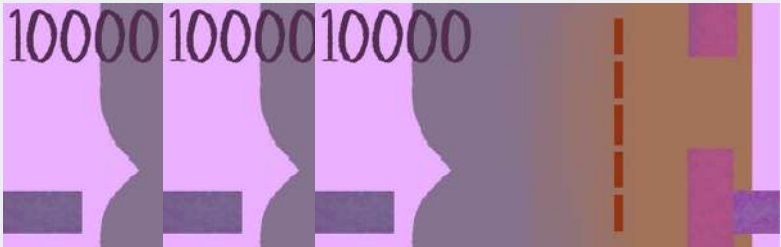


增加150隻松鼠

道路密度

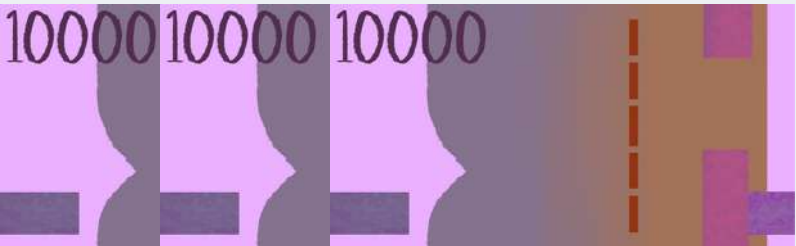


人口密度

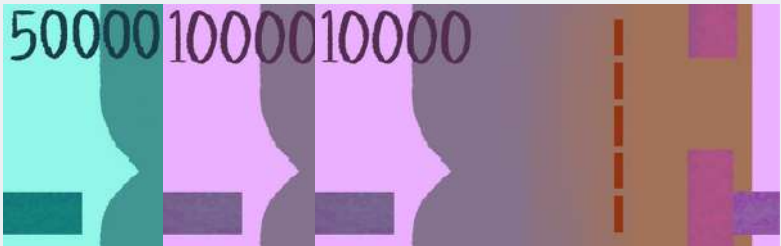


+180

道路密度



人口密度



+130

# 結論

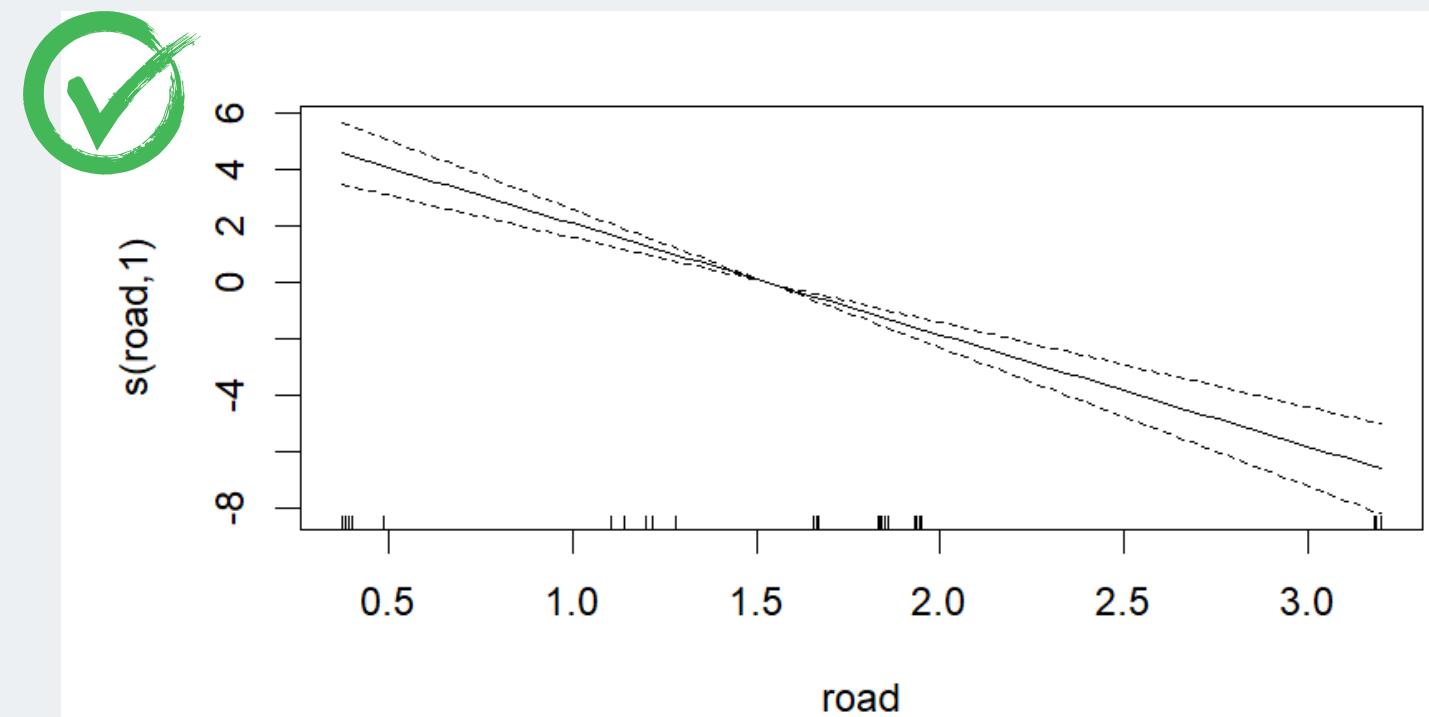
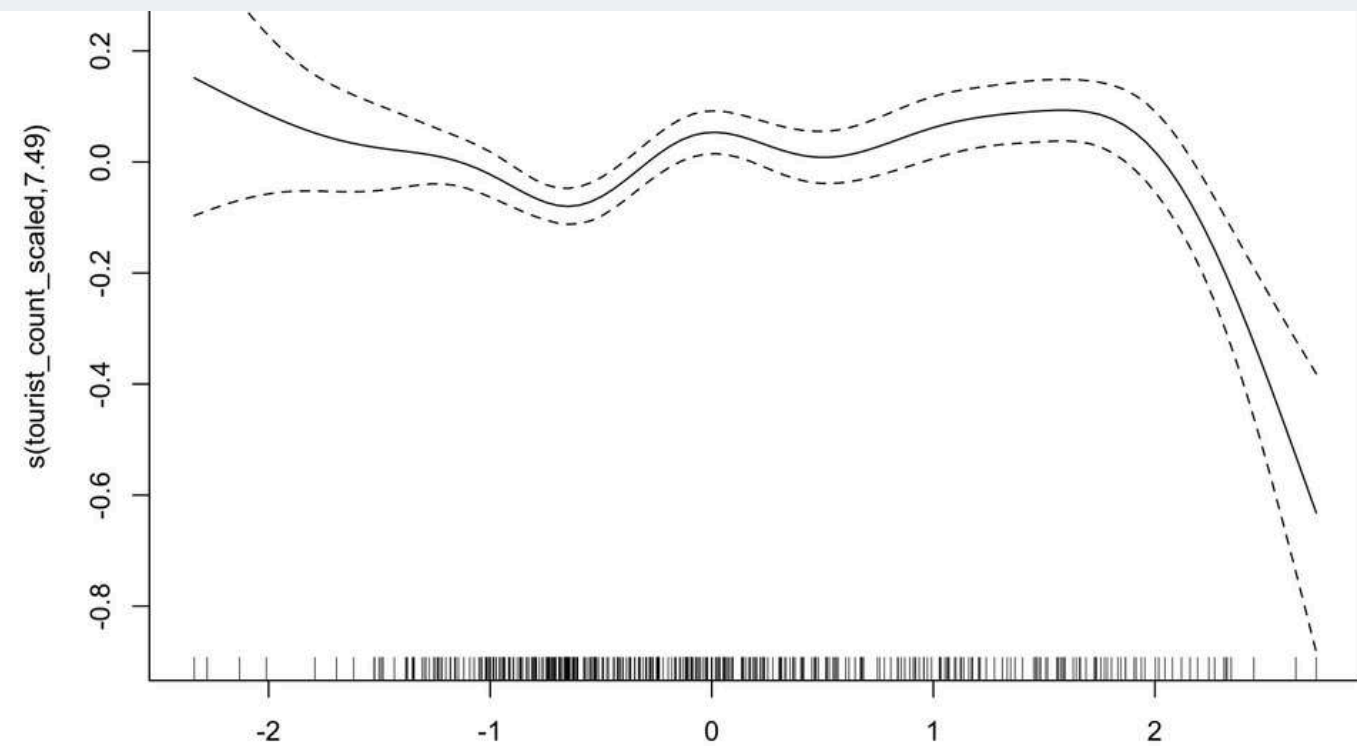
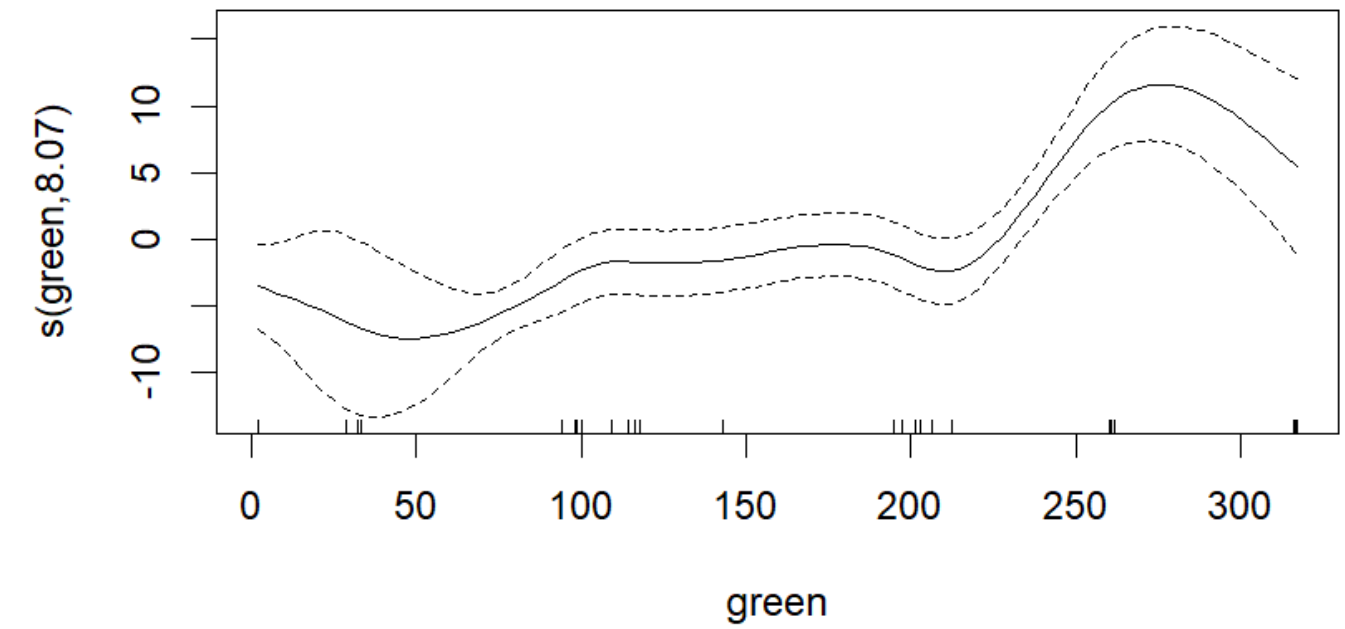
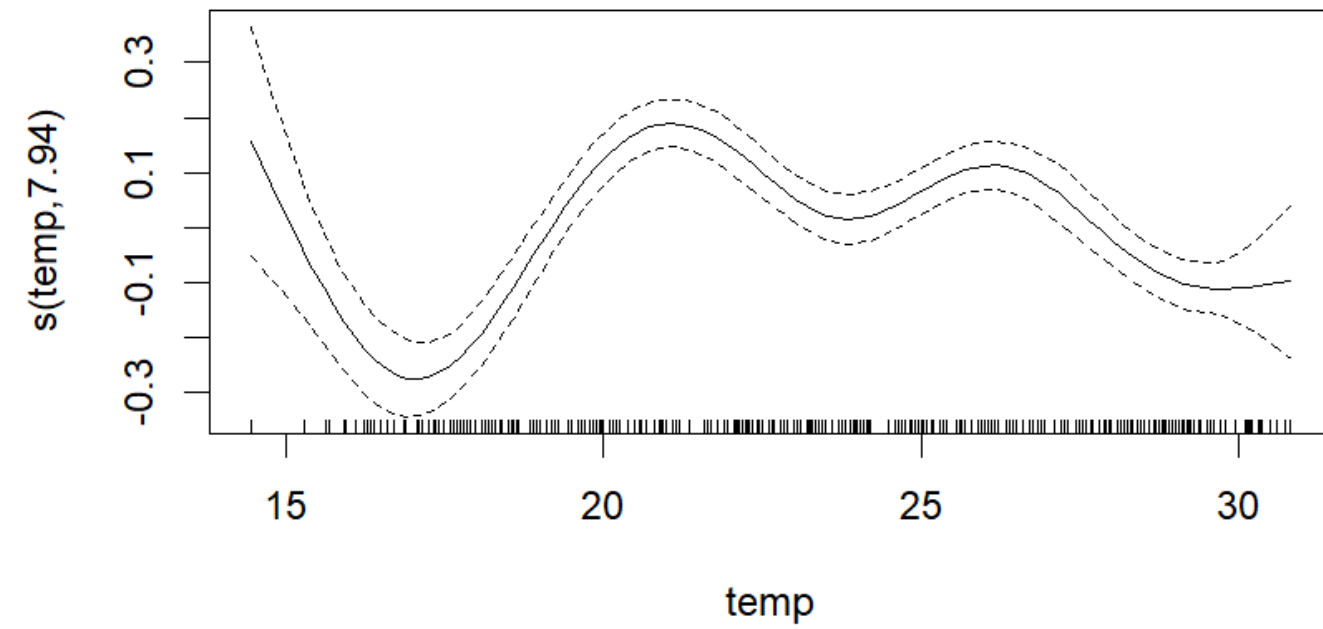
- 根據 LISA 檢定結果，可推斷在後疫情時代，台北市、台南及高雄部分都會區存在不適合松鼠聚集生存的環境
- 從都市用地分布圖來看，松鼠不適合群聚的條件可能有：
  - 單一商業區過大、綠地距離過遠
- 顯著因子都是與人類活動有關的變數
- 能藉由 SAR 模型控制成本的受益者：
  - 需控制松鼠危害的果農及人造林管理單位
  - 維護都市生態穩定性的單位

# 未來發展

- SAR 模型也可以運用在具有空間相關性的物種上
- 針對綠地面積不顯著以及都市用地的分布，或許綠園道能夠解決松鼠不適合聚集生存的問題
- 後疫情時代，大都市因應生活方式改變，Low-Low的現象與具體人類哪些行為相關，可進一步探討
- 目前模型中的變數與結果之間都是線性關係，可嘗試用非線性或函數關係嘗試，或許會有不同的結果



# 變數與結果關係



# 補值方法與模型設定

補值方法：

降雨量：無降雨紀錄補值為 0

平均氣溫：取其他 4 年同月份同地區的平均值

程式執行：R-Studio

區域鄰近係數：

北北基 & 宜花 = 0.7

北北基 & 桃竹苗 = 1

桃竹苗 & 中彰投 = 0.9

桃竹苗 & 宜花 = 0.2

中彰投 & 宜花 = 1

中彰投 & 雲嘉南 = 0.7

中彰投 & 高屏 = 0.2

雲嘉南 & 高屏 = 1

高屏 & 台東 = 0.8

宜花 & 台東 = 0.9

# 參考資料與文獻

Chen, C.S. (2025, 07). Introduction to Spatial Statistics. Statistics school, ISSAS, Taipei, Taiwan.

Anselin, L. (1995) 。 Local indicators of spatial association—LISA 。 Geographical Analysis, 27(2) , 93–115 。 <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>

Li, H., Calder, C. A., & Cressie, N. (2007) 。 Beyond Moran's I: Testing for spatial dependence based on the spatial autoregressive model 。 Geographical Analysis, 39(4) , 357–375 。 <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2007.00708.x>

Millo, G., Piras, G. (2012) splm: Spatial Panel Data Models in R. Journal of Statistical Software, 47(1), 1–38. URL <http://www.jstatsoft.org/v47/i01/>.

Chuang, T. (2022) 。 如何分析空間中的彼此圖徵的關係？空間版相關係數 — 空間自相關 Moran's I 。 Medium 。 <https://medium.com/@thomaschuang/如何分析空間中的彼此圖徵的關係-空間版相關係數-空間自相關-morans-i-54026a403ed>

國立自然科學博物館 (2024) 。 赤腹松鼠 (Callosciurus erythraeus) 。 國立自然科學博物館 。 檢自 2025 年 7 月 30 日 , <https://www.nmns.edu.tw/ch/research/specimen/featured/Collection-000321/>

亞東動物醫院 。 松鼠介紹與飼養 。 獸醫639動物醫院 。 檢自 2025 年 7 月 30 日 , <https://vet639.url.tw/Squirrel/squirrel.html>

台灣生物多樣性資訊聯盟 (TBIA) 。 檢自 2025 年 7 月 15 日 。 松鼠物種出現紀錄資料集 。 TBIA 。 <https://tbiadata.tw/zh-hant/manager>

台灣環境資訊協會 (2015) 。 赤腹松鼠 。 檢自 2025 年 8 月 10 日 , [https://teia.tw/archives/natural\\_valley\\_star/am2015-07-02](https://teia.tw/archives/natural_valley_star/am2015-07-02)

GADM maps and data 。 GADM 。 檢自 2025 年 8 月 4 日 , [https://gadm.org/download\\_country.html](https://gadm.org/download_country.html)

2021年中華民國全國疫情第三級警戒 。 維基百科 。 檢自 2025 年 8 月 5 日 , <https://reurl.cc/QaXEI2>

2019冠狀病毒病臺灣疫情時間線 (2022年) 。 維基百科 。 檢自 2025 年 8 月 5 日 , <https://reurl.cc/Nxy8zp>

內政部國土測繪中心 , 國土測繪圖資服務雲 。 檢自 2025 年 8 月 2 日 。 [https://maps.nlsc.gov.tw/T09/mapshow.action??In\\_type=web&showOm=true#](https://maps.nlsc.gov.tw/T09/mapshow.action??In_type=web&showOm=true#)

中華民國統計資訊網 。 縣市重要統計指標查詢系統 。 檢自 2025 年 8 月 6 日 。 [https://winstacity.dgbas.gov.tw/DgbasWeb/ZWeb/StateFile\\_ZWeb.aspx](https://winstacity.dgbas.gov.tw/DgbasWeb/ZWeb/StateFile_ZWeb.aspx)

交通部 。 交通統計查詢網 。 檢自 2025 年 8 月 6 日 。 <https://statis.motc.gov.tw>



# 資料庫來源

## 松鼠資料庫：

- 台灣生物多樣性網絡 TBN
- 生態調查資料庫系統
- 臺灣生物多樣性資訊機構 TaiBIF
- GBIF
- 臺灣國家公園生物多樣性資料庫
- 國立臺灣博物館典藏
- 濕地環境資料庫
- 河川環境資料庫
- ARK：ark:/35232/d1izr4qw

## 其餘資料庫：

- 交通統計查詢網
  - 降雨量、平均氣溫
- 中華民國統計資訊網
  - 綠地面積、人口密度、道路密度、人造林
- 內政部國土測繪中心
  - 都市用地分布
- GADM
  - 台灣縣市級別地圖

**Thanks!**

