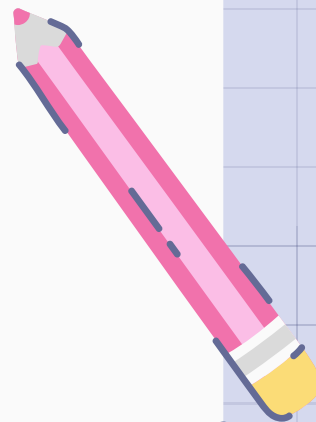




結合空間資訊技術於電力網韌性 及 西部海域風場選址風險分析



甯方璽博士
國立政治大學地政學系教授
兼任
創新國際學院副院長暨學士班主任

01

研究背景與動機



研究背景



- 能源政策方面，台灣高度依賴進口能源，依據經濟部能源局，**1991**年以來進口能源依存度從未低於**97%**。為強化能源安全，政策推動再生能源發展，設定**2025**年再生能源占比**20%**的目標。
- 台灣電網主要採集中式「南電北送」架構，長期存在電力負載不均問題。**2022**年**3**月**3**日，興達發電廠停機事故導致全台約**549**萬戶大規模停電（周桂田等，**2022**），暴露出台灣電網結構的韌性不足，難以承受強烈災害衝擊。
- 離岸風力發電作為新興產業，面臨台灣特殊的自然災害風險（如強風、地震、雷擊等），急需系統性風險評估，以降低運作階段可能遭遇的損害。



研究動機



- 配合聯合國永續發展目標 SDGs 第 7 項 “Affordable and Clean Energy”，通過空間資訊技術對電網脆弱度進行評估，不僅有助於了解電力系統的脆弱度，並實現相關SDGs目標提供重要的技術支持。
- 臺灣集中式的電網系統，只要電網中一處變電站或是輸電站，亦或高壓電塔受到外界衝擊而無法供輸電，因此，為配合當前能源政策與舊有電網系統的重新規劃，應著手於建立電網脆弱度評估。
- 與國外其他國家相比，台灣的極端氣候具有其地域的獨特性，國外對於自然災害的研究成果不適合直接套用於本國上。
- ★台灣尚無相關研究將自然災害對於離岸風機的衝擊納入選址的考量。



研究目的



- 一、建立電網脆弱度評估地圖。
- 二、分析影響電網脆弱度的主要自然因子與訂定因子的權重計算。
- 三、分析各區電網分析與區域性電網脆弱度比較。
- 四、利用模糊層級分析法(FAHP)建立台灣西部海域離岸風力發電選址自然災害風險評估模型。
- 五、以風險評估的角度建立離岸風機選址的模型，並為後續維護成本模型提供一個可供分析的基礎。



02-1

文獻回顧



脆弱度定義



政府間氣候變化專門委員會 (IPCC)第三次評估報告指出脆弱度(vulnerability)一詞為系統易受或無法應對氣候變化不利影響（包括氣候變化和極端事件）的程度(Rosas-Casals, 2010; Thornes, 2002)

第四次評估報告

「一個系統容易受到氣候變化和極端事件的不利影響且缺乏應對的能力。脆弱度是指系統所面臨的氣候變化其暴露度(exposure)、敏感度(sensitivity)和適應能力(adaptive capacity)的函數。」



Weighted PageRank



- WPR原是PageRank算法的延伸，PageRank由Google開發原本為計算網頁被看到的可能性，其取決於網頁之間的連結性，當網頁被越多網頁連結，PageRank相對較高。
- Shahpari et al. (2019)使用WPR計算伊朗的電網脆弱度，該演算法可以將電網中的節點重要性納入考慮。
- 採用WPR進行電網分析時，變電站的重要性取決於輸入線路以及輸出線路。



脆弱度重要性分析方法



- 隨機森林的優點在於處理各種類型的資料，並且可以計算特徵值的重要程度。
- 隨機森林的特徵重要性評估，主要以Mean Decrease in Impurity (MDI)計算(Li et al., 2019)。
- Sui et al. (2022)透過模擬沿海地區災害韌性，比較支持向量機、線性回歸、隨機森林三種分類方法，發現隨機森林有較高的精度且在評估過程中有更好的穩定性。



02-2

文獻回顧





多標準決策分析 (MCDA)

- MCDA能夠明確評估決策中的多個衝突標準。

MCDA methods
Analytic Hierarchy Process, AHP
Analytic Network Process, ANP
Interpretative Structural Modelling Method ,ISM
Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL
VlšeKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje, VIKOR
Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution, TOPSIS
Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations, PROMETHEE
Multi-Attribute Utility Theory, MAUT
Grey relation
Fuzzy Integral



多標準決策分析 - 應用

Author	Method	Application
Ulutaş, 2005	ANP	Turkey's energy policy
Lee et al., 2009	AHP + Benefits, Opportunities, Costs and Risks, BOCR	Choosing the suitable wind farm plan
Tegou et al., 2010	AHP	Wind farm site selection
Kaya and Kahraman, 2010	Fuzzy VIKOR-AHP	Best renewable energy policy and site selection
Kolios, 2010	TOPSIS	Classification and evaluation of different offshore wind turbine support structures
San Cristóbal, 2011	VIKOR + AHP	Multi-criteria decision-making for renewable energy in Spain
Kang et al., 2011	ISM + BOCR + FANP	Site selection of wind farm
Kumar and Maiti, 2012	FANP	Workplace Risk assessment
Maity, 2012	FANP	Choose the most suitable material for wind turbine blades



多標準決策分析 - 應用

Author	Method	Application
Lee et al., 2012	ISM + FANP	Choose the most suitable wind turbine in the wind farm
Yeh and Huang., 2013	Goal, Question, Metric, GQM + Fuzzy DEMATEL + ANP	Ranking six key factors when determining the location of the wind farm
Lee et al., 2014	DEMATEL + FANP	Choose the most suitable wind turbine in the wind farm
Sánchez Lozano et al., 2014	ELECTRE-TRI	Site selection of wind farms in southeastern Spain
Sánchez Lozano et al., 2014	FANP	Multi-criteria decision-making for wind farm site selection
Mahmood, 2015	FANP	Risk assessment models of offshore wind farms

以上是MCDA於風能產業相關應用，而其中層級分析法(AHP)又是MCDA的主流方法



多標準決策分析 - 層級分析法 (AHP)

- AHP將人們主觀的評斷過程以**數學模式量化**，理論及結構具備其完備性與嚴謹性 (姬東朝等人，2007)。
- AHP可以幫助決策者將問題組織成**層次結構**，進而釐清決策過程，易於達成目標(Saaty, 1988, 褚志鵬，2009)。
- 決策者通常傾向於採用AHP的**成對比較**，這使決策者可以從比較矩陣中得出標準的權重和替代方案的得分，而不是直接量化權重 (Triantaphyllou et al., 1997, Bevilacqua and Braglia, 2000)。



多標準決策分析 – 模糊層級分析法 (FAHP)

- 在許多實際情況下，人類的偏好模型是無法輕易確定的，決策者可能沒有辦法準確判斷出各個標準的權重。
- AHP在應用於歧義問題時無效。由於現實世界的模稜兩可，於是將模糊理論與AHP相結合，用以解決這個問題。

模糊數學



層級分析法



模糊層級分析法

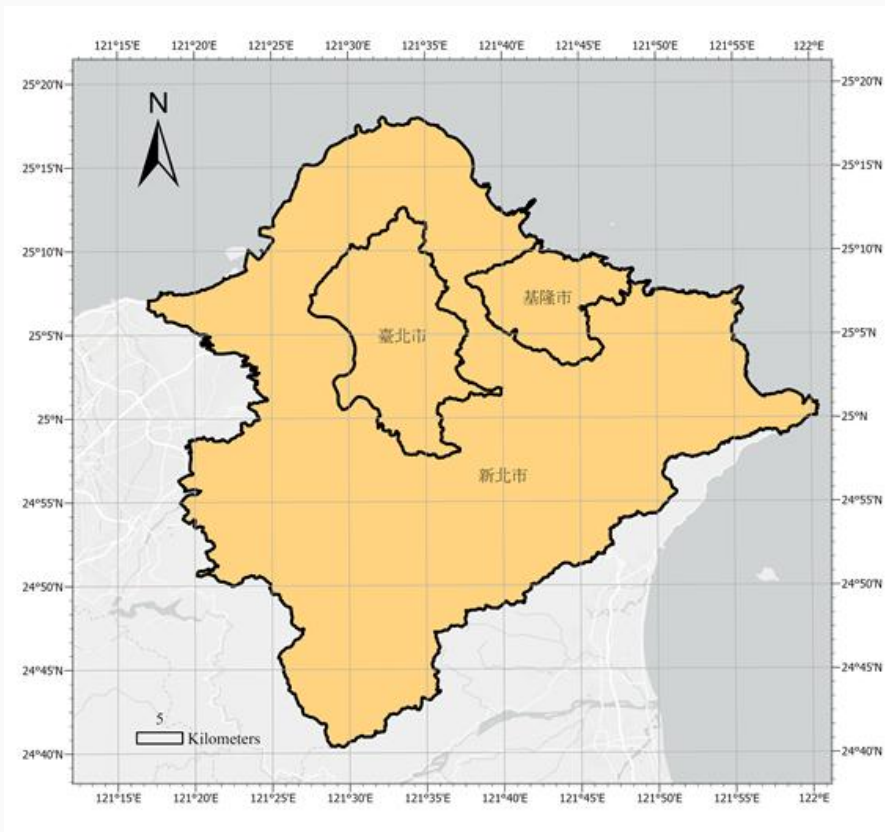
03-1

研究方法



研究範圍

新北市
臺北市
基隆市



研究資料

電網資料(坐標)

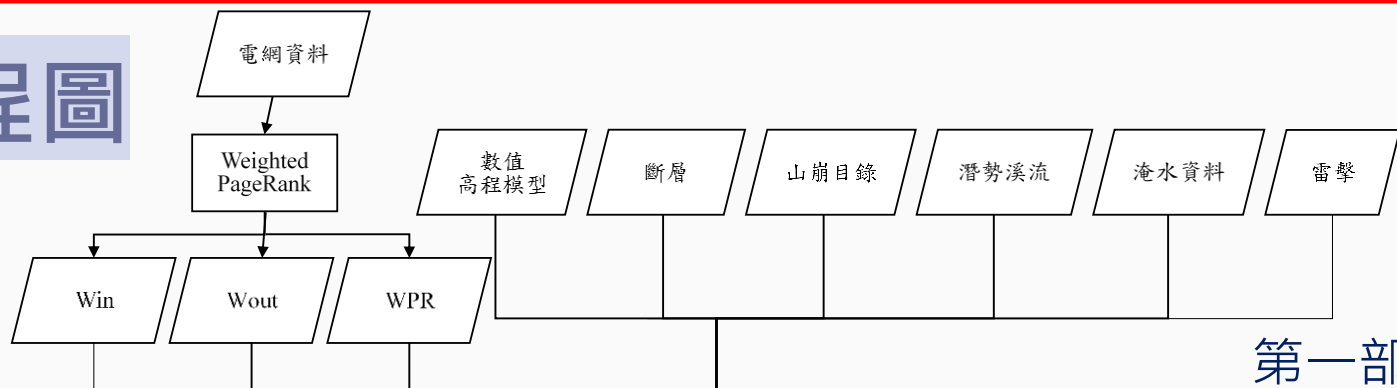
- 超高壓變電塔
- 一次變電塔
- 配電變電塔
- 二次變電塔
- 電塔



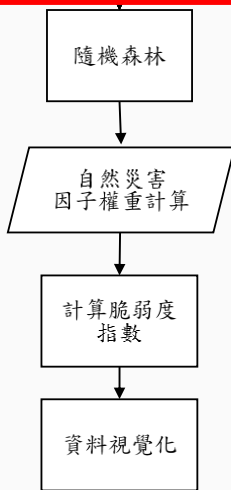
自然因子資料 (向量、網格資料)

- 山崩
- 地質敏感帶
- 土石流潛勢溪流區
- 斷層帶
- 淹水潛勢區
- 雷擊

流程圖



第一部分



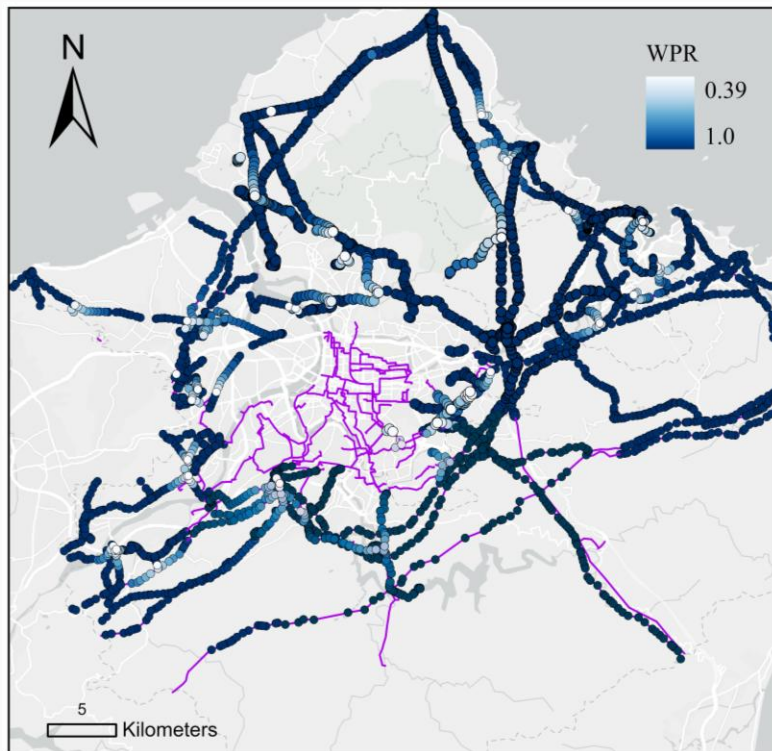
第二部分

04-1

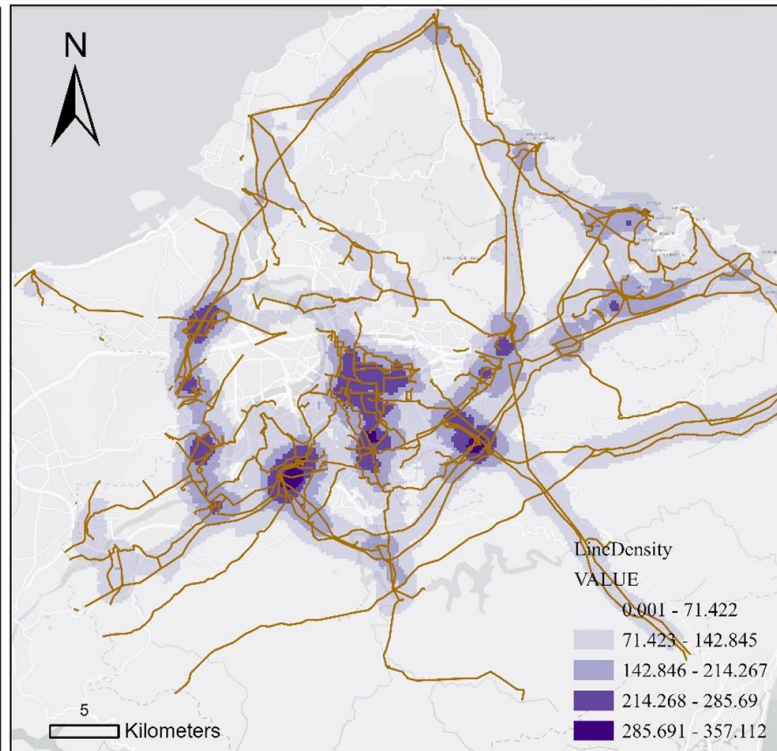
成果與分析



WPR 分析



線密度分析



脆弱度因子權重表

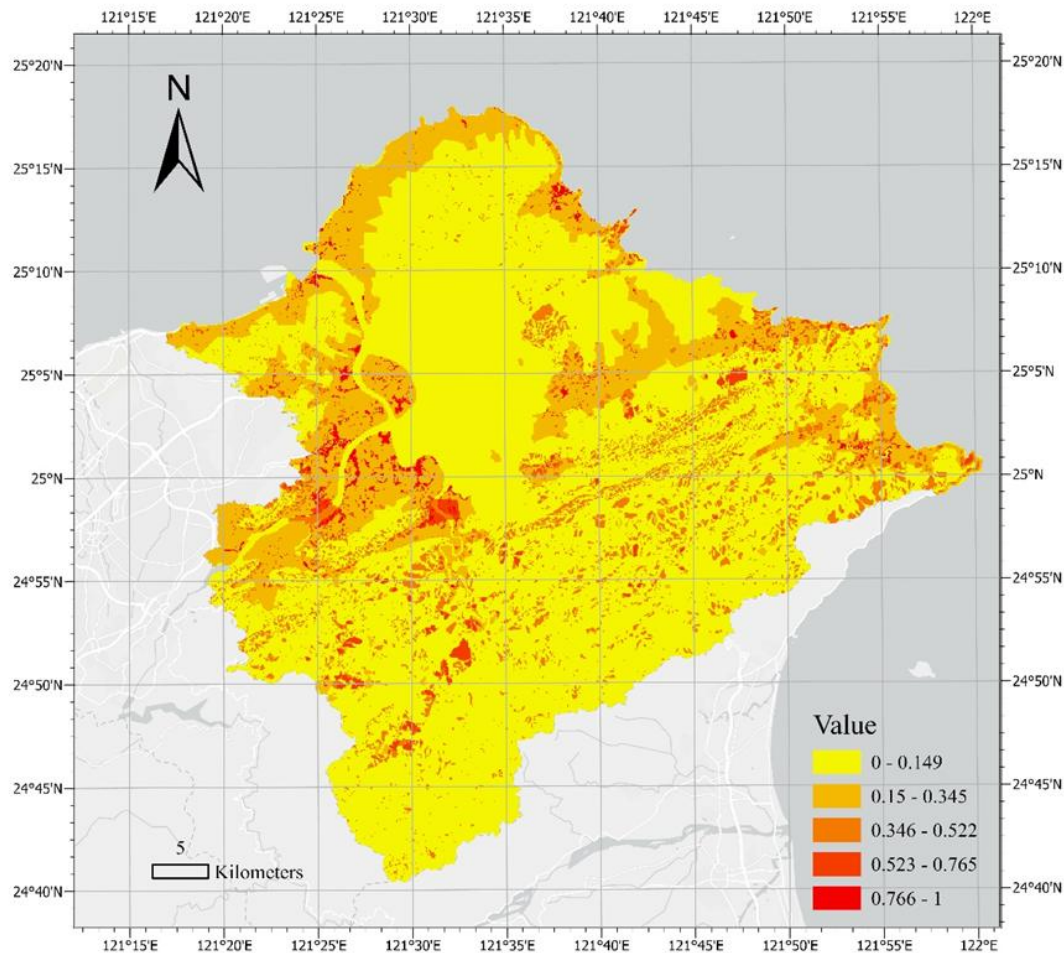
脆弱度因子	權重
山崩	0.402
地質敏感帶	0.396
地震	0.123
土石流潛勢溪流	0.031
淹水潛勢區	0.015
Win(輸入端的權重)	0.01
WPR	0.01
Wout(輸出端的權重)	0.009
雷擊	0.004
總和	1



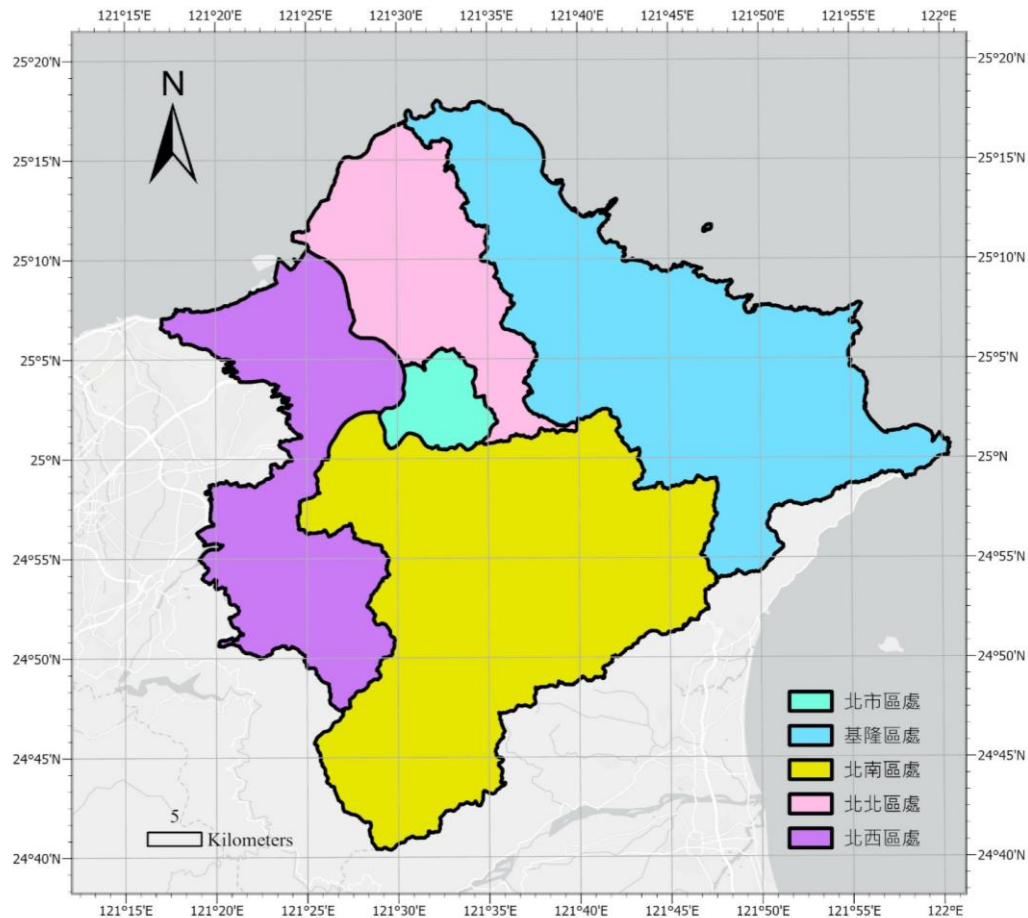
電網脆弱度地圖

$$\text{Vulnerability index (VI)} = w_1 \times X_{n1} + w_2 \times X_{n2} + w_3 \times X_{n3} + \dots + w_i \times X_{ni}$$

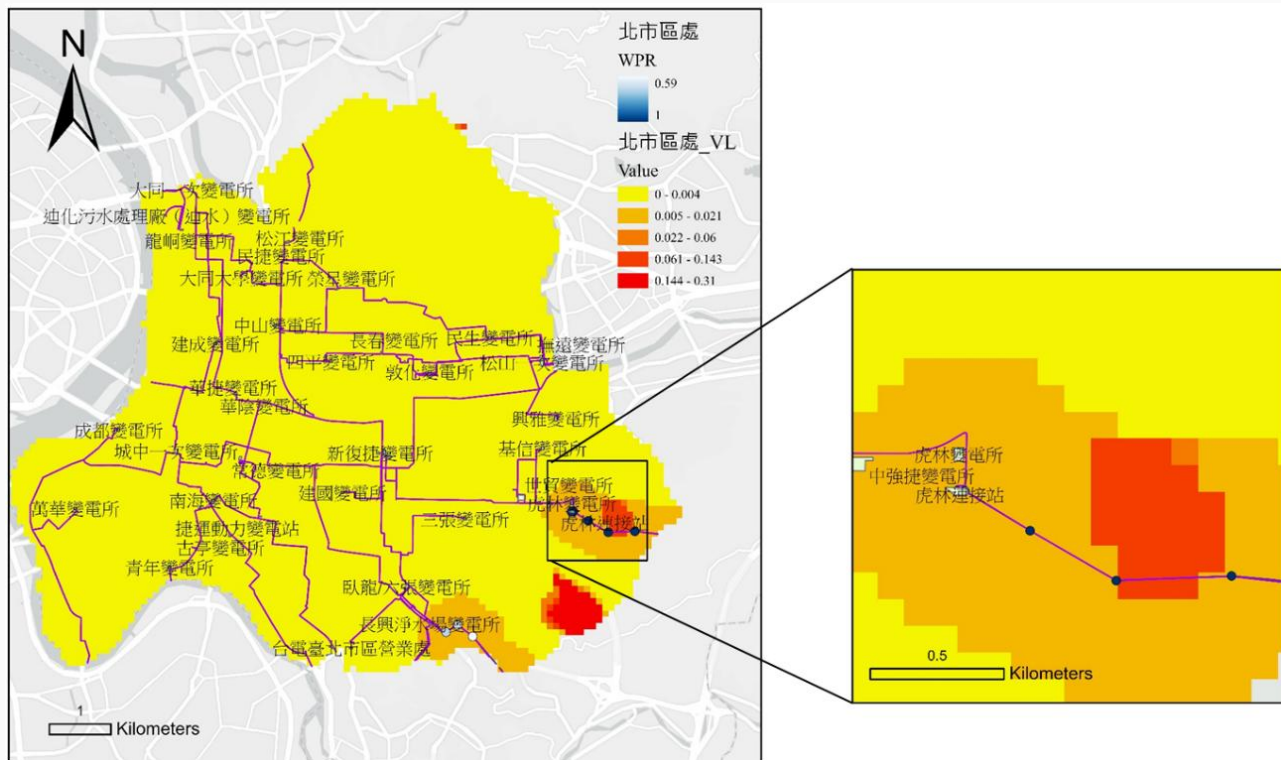
吳秉昇等人 (2021)



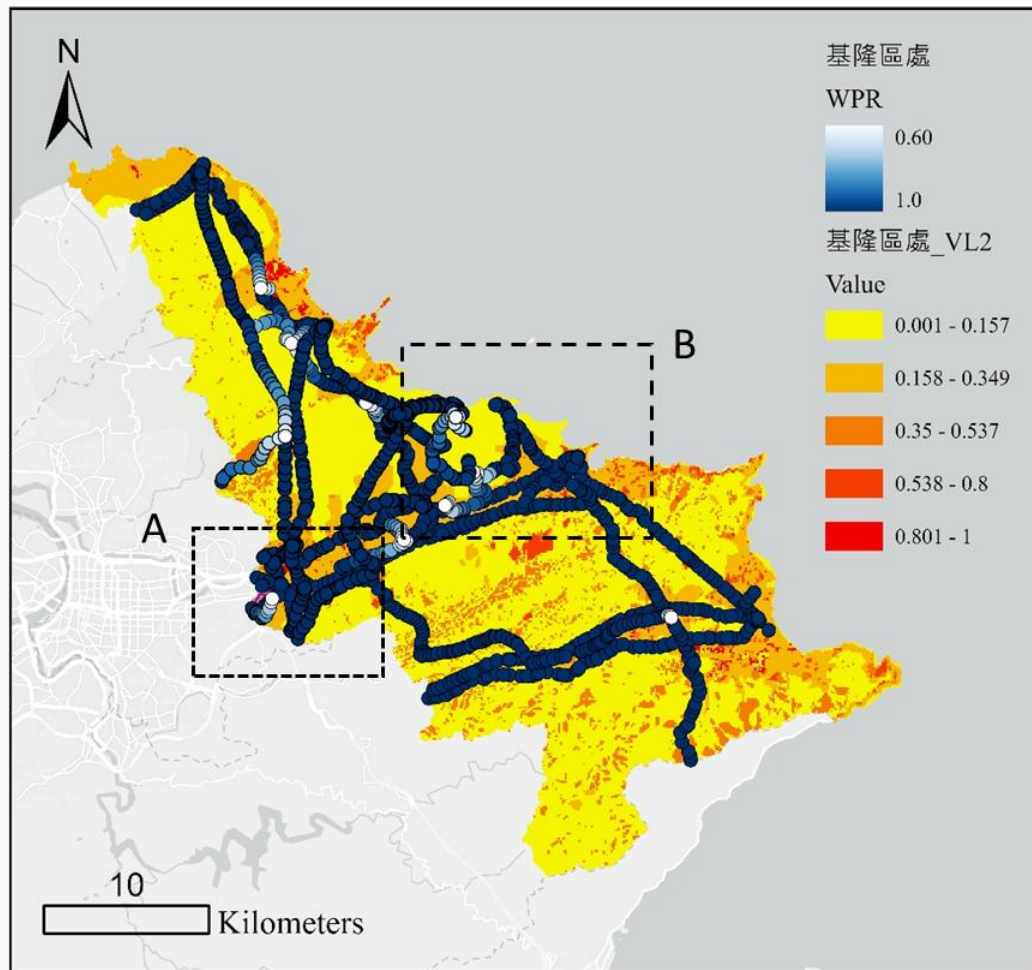
台灣電力公司 服務範圍分區圖



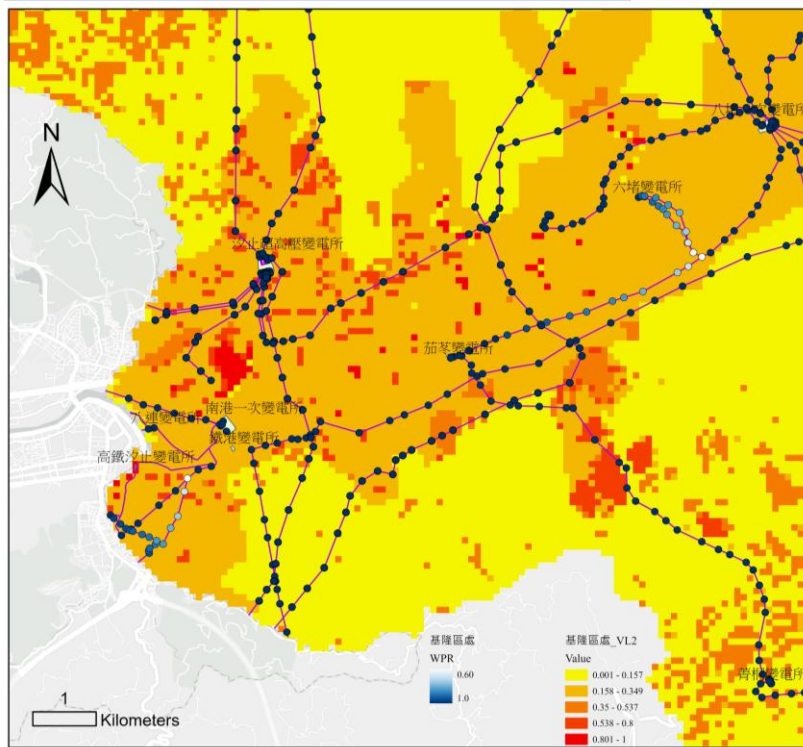
北市區處



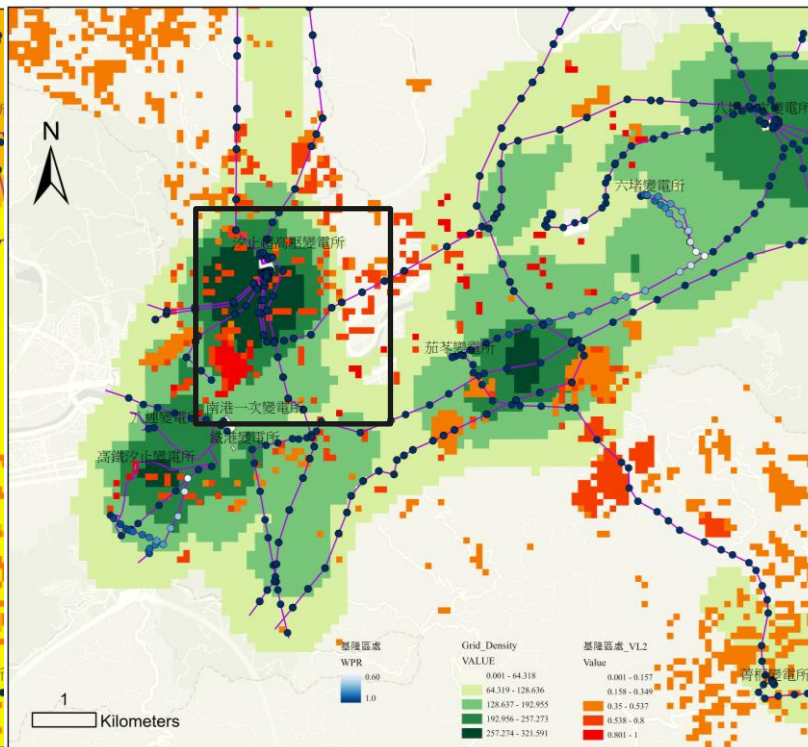
基隆區處



基隆區處A區域

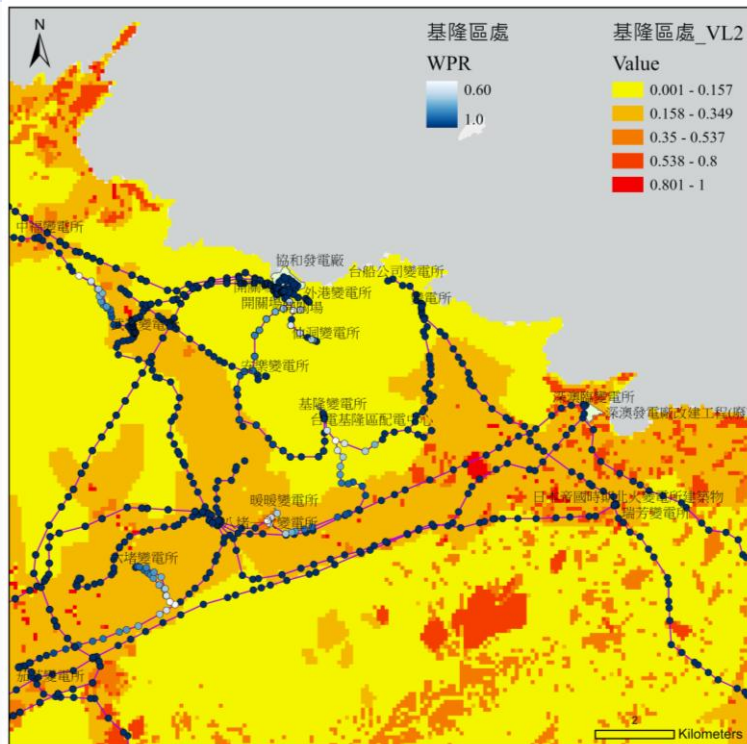


A區域脆弱度地圖

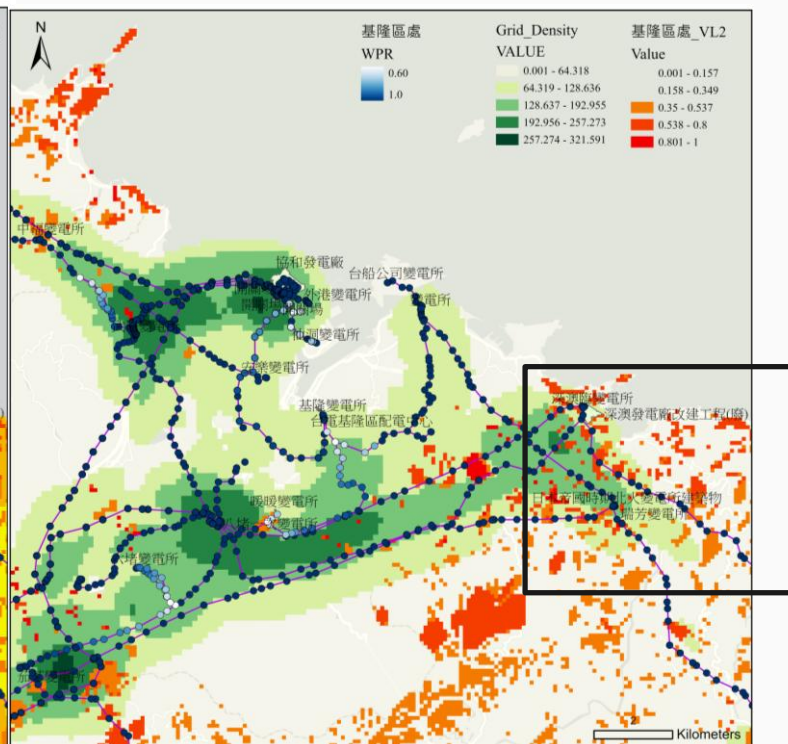


A區域電網密度與高脆弱度地區

基隆區處B區域

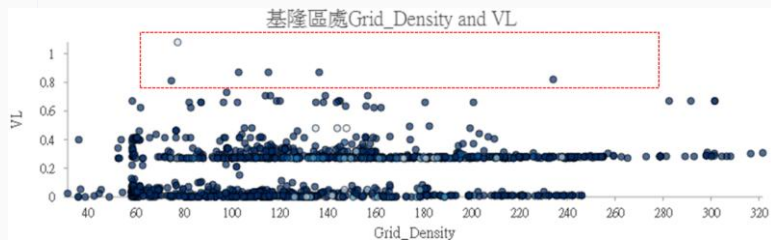


B區域脆弱度地圖

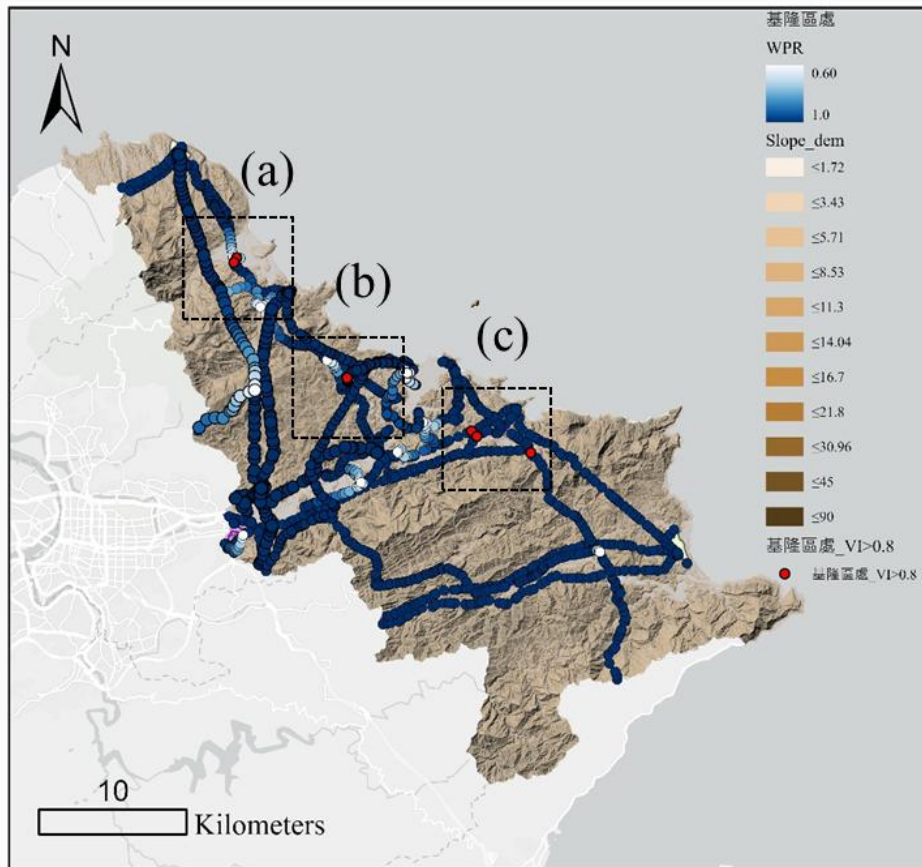


B區域電網密度與高脆弱度地區

基隆區處電塔 脆弱度大於0.8

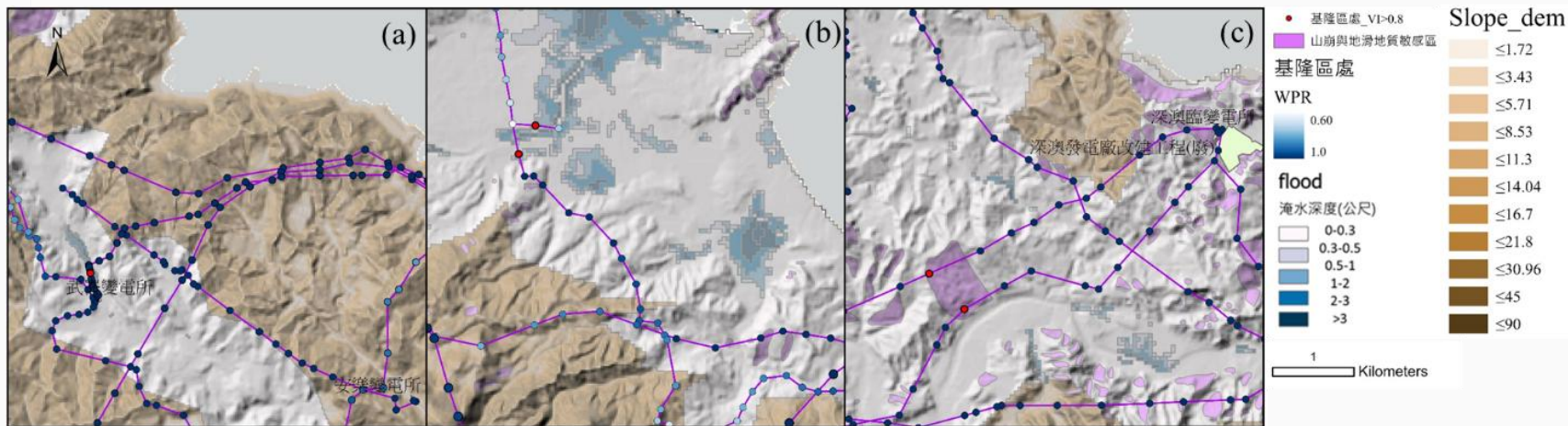


電塔脆弱度與線密度散佈圖



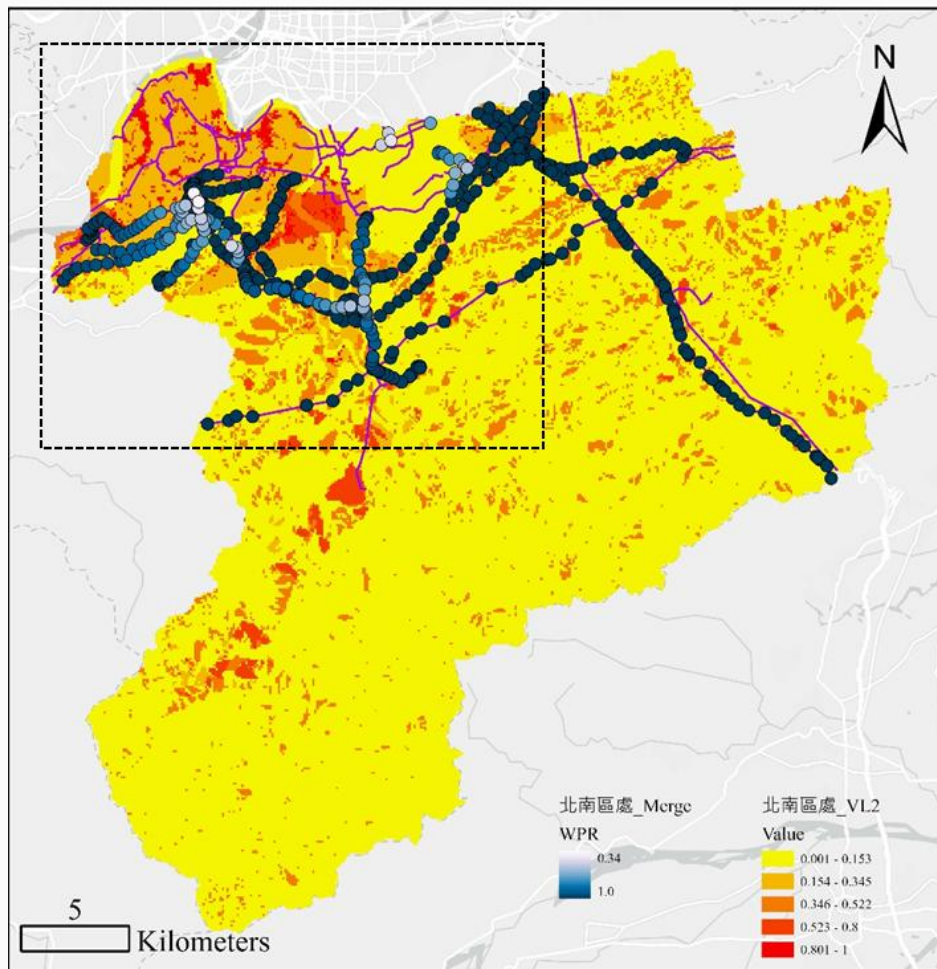
基隆區處電塔與坡度分析圖

基隆區處電塔脆弱度大於0.8

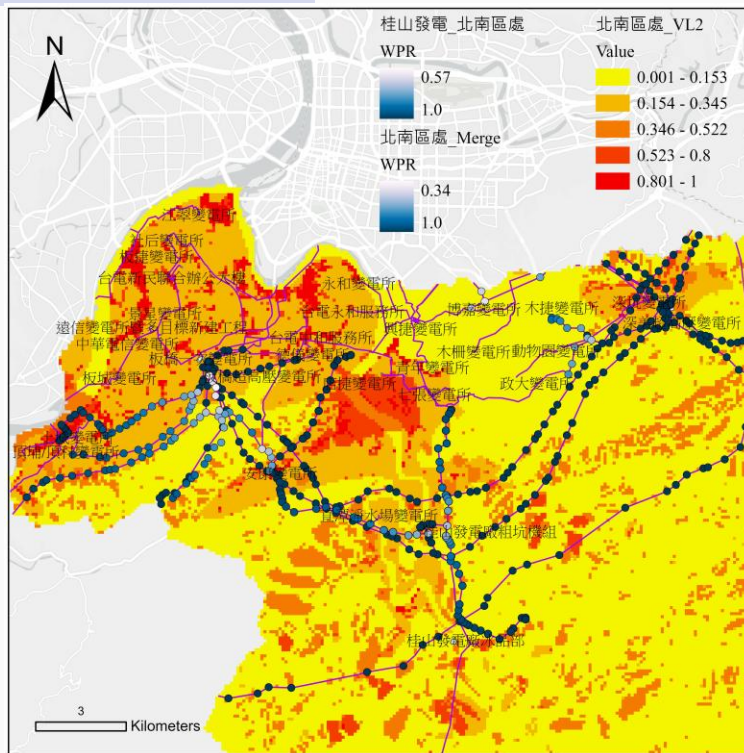


基隆區處電塔與自然災害疊圖分析

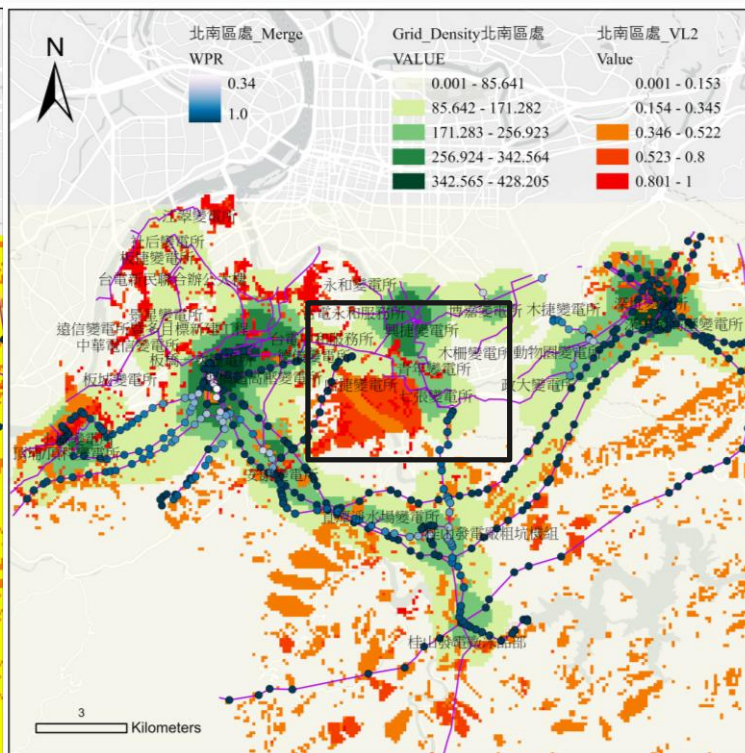
北南區處



北南區處

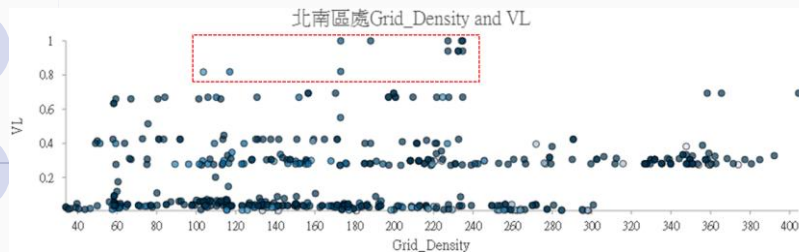


B區域脆弱度地圖

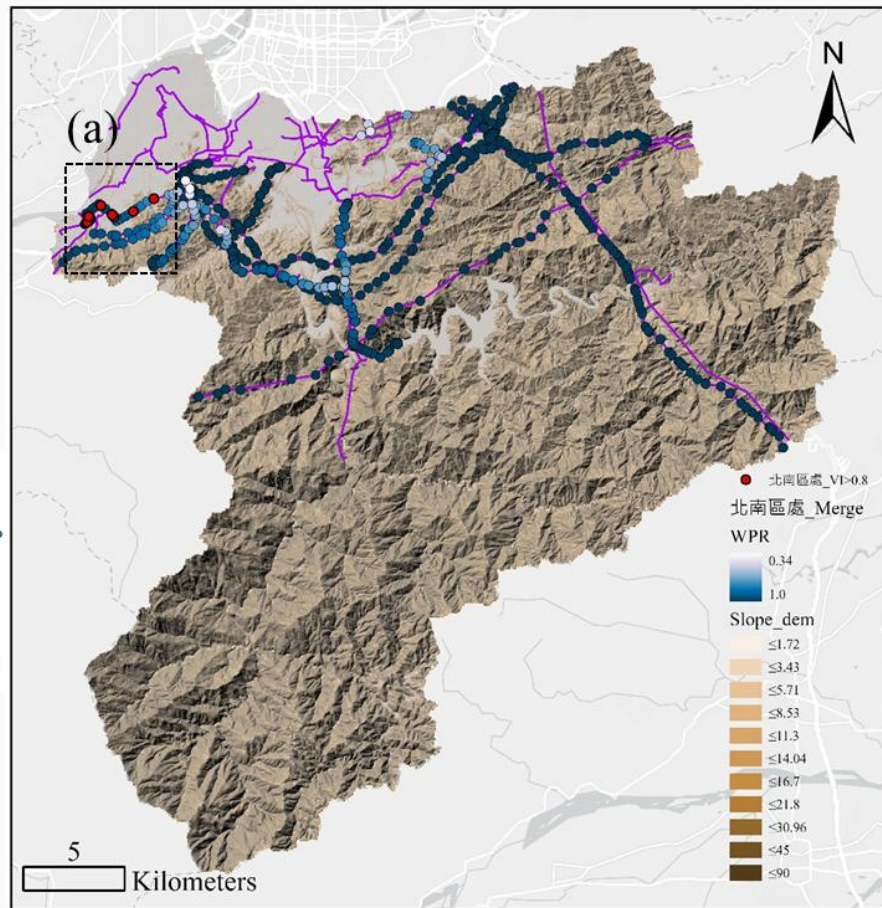


B區域電網密度與高脆弱度地區

北南區處電塔 脆弱度大於0.8

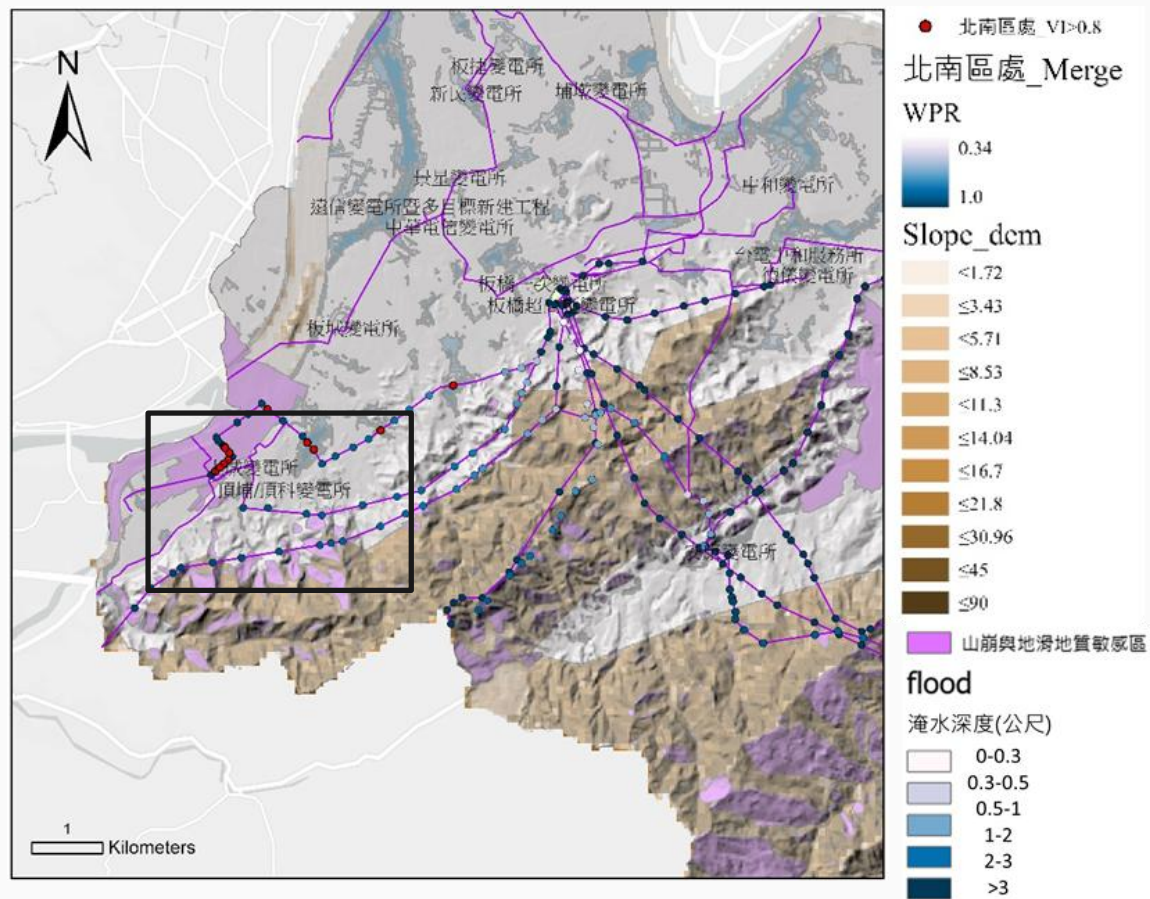


電塔脆弱度與線密度散佈圖



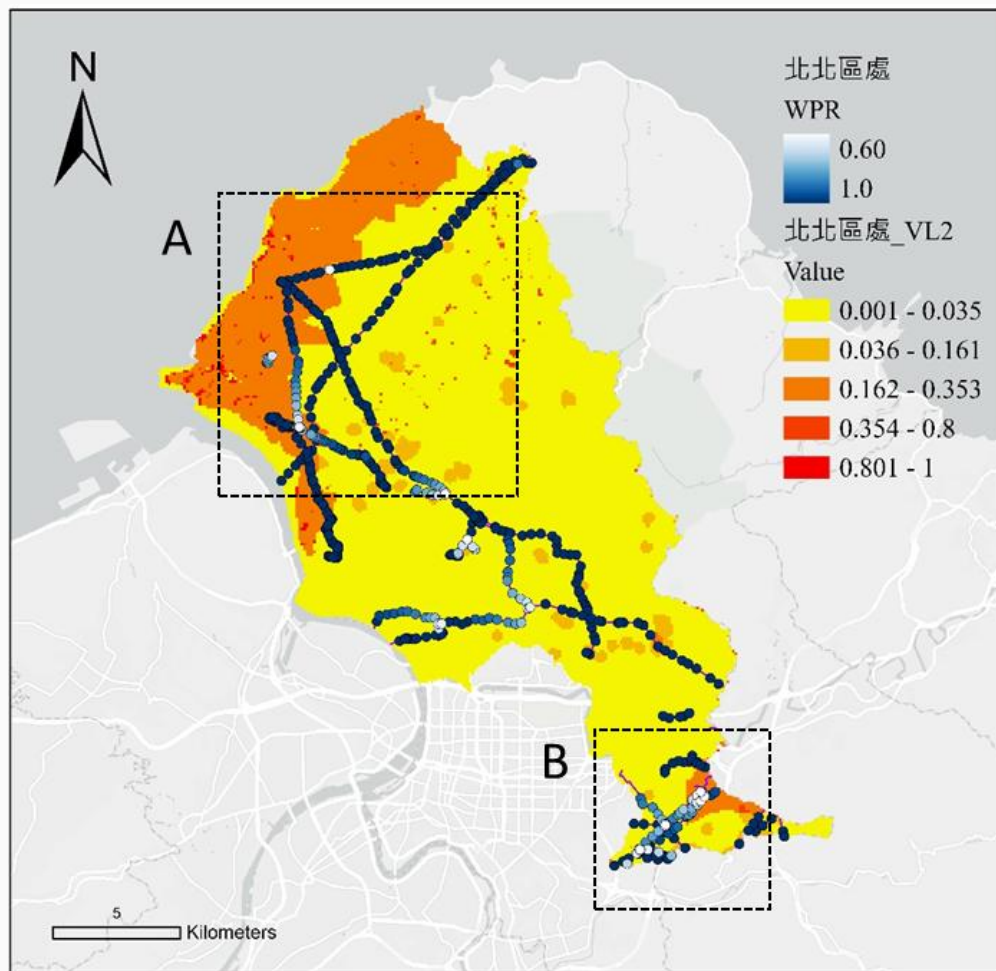
北南區處電塔與坡度分析圖

北南區處

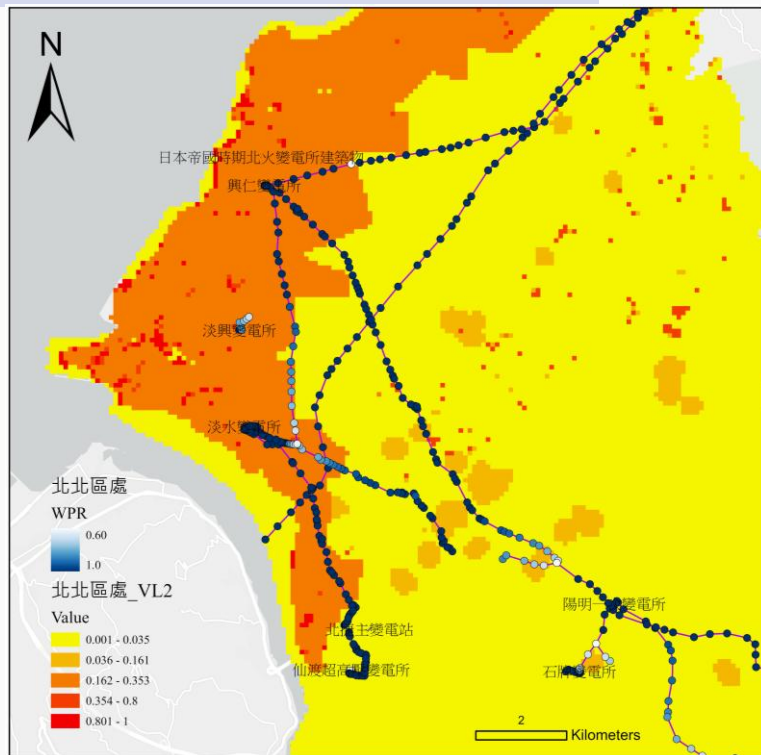


北南區處電塔與自然災害疊圖分析

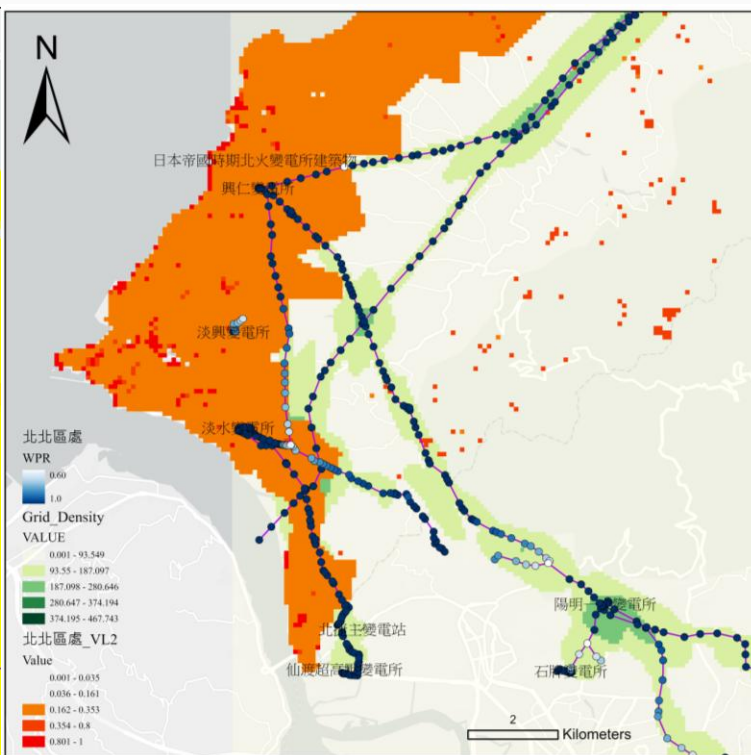
北北區處



北北區處A區域

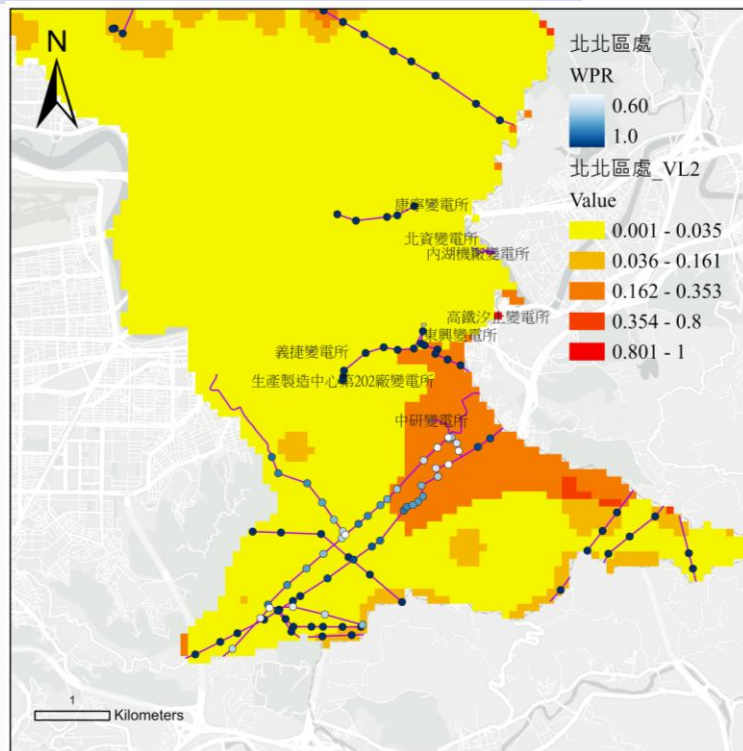


A區域脆弱度地圖

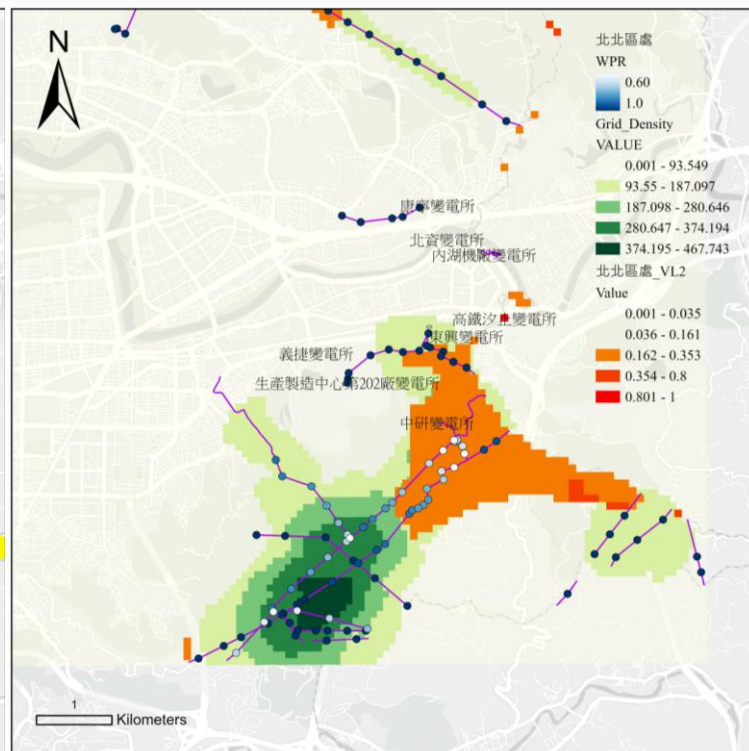


A區域電網密度與高脆弱度地區

北北區處B區域

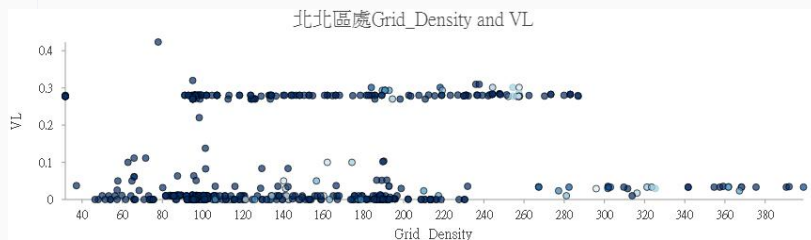


B區域脆弱度地圖

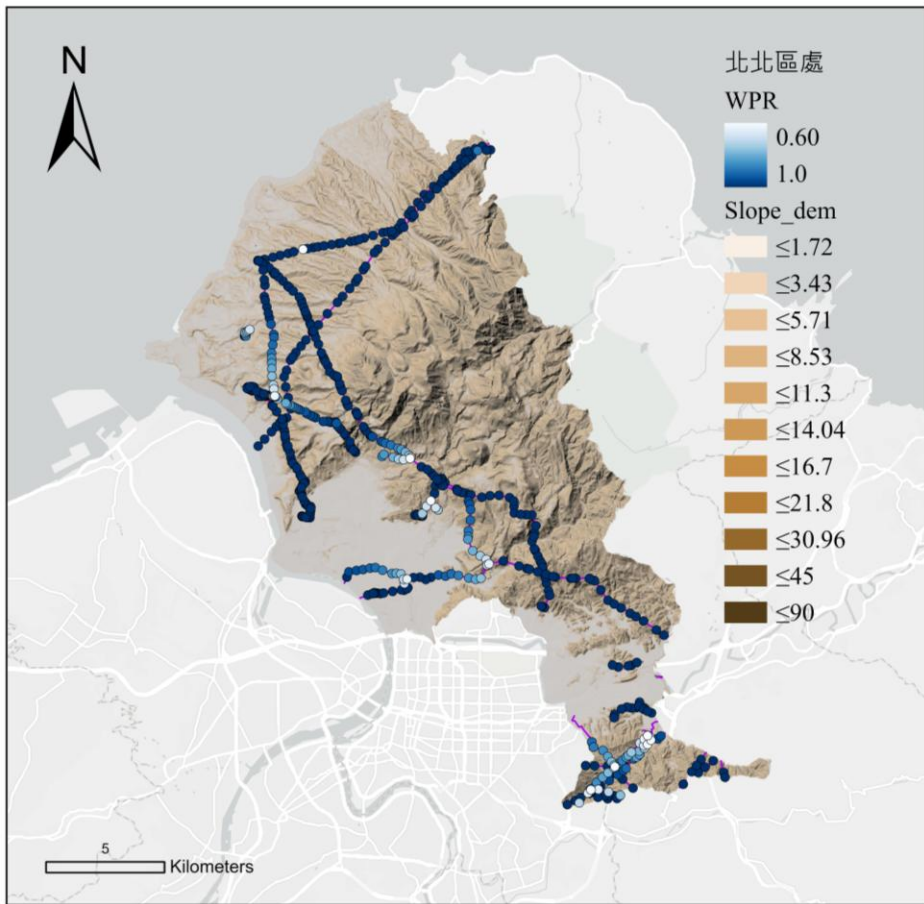


B區域電網密度與高脆弱度地區

北北區處 脆弱度大於0.8

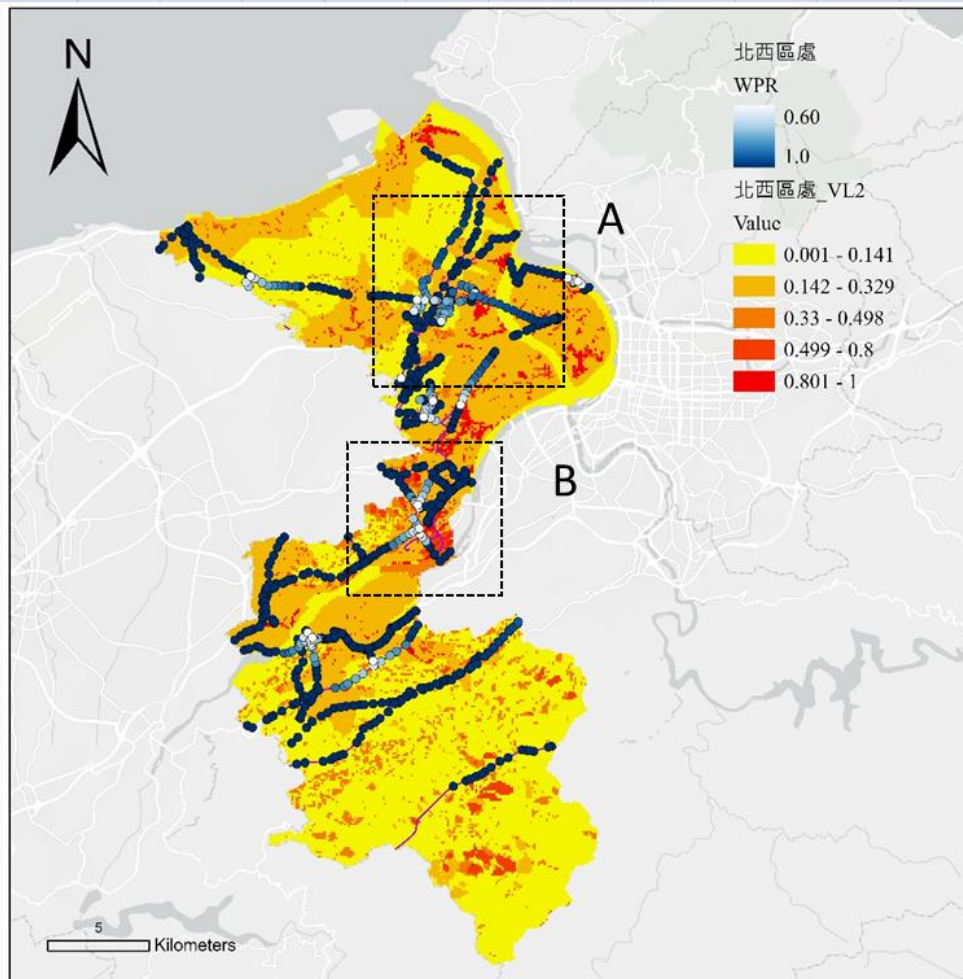


電塔脆弱度與線密度散佈圖

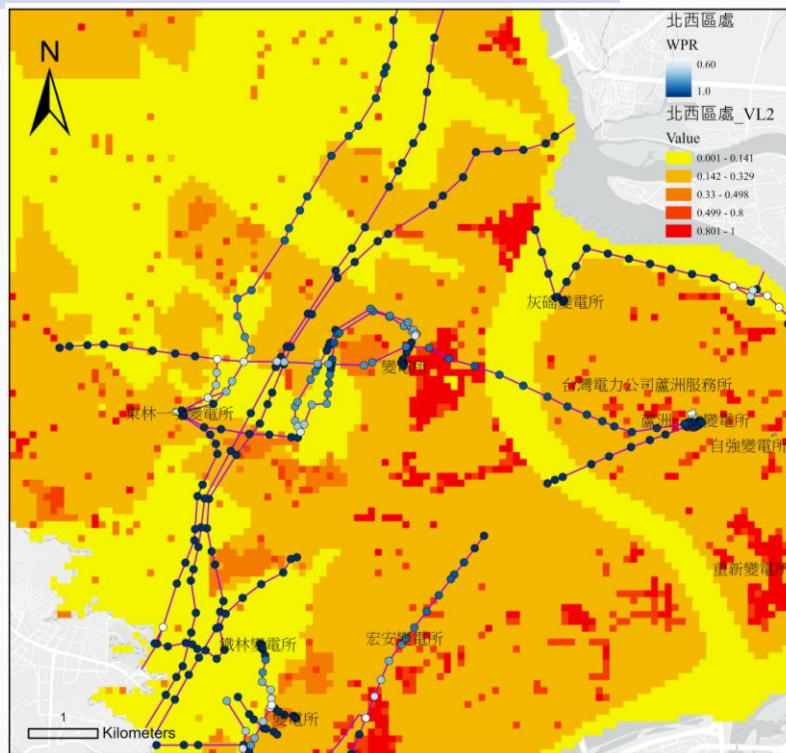


北北區處電塔與坡度分析圖

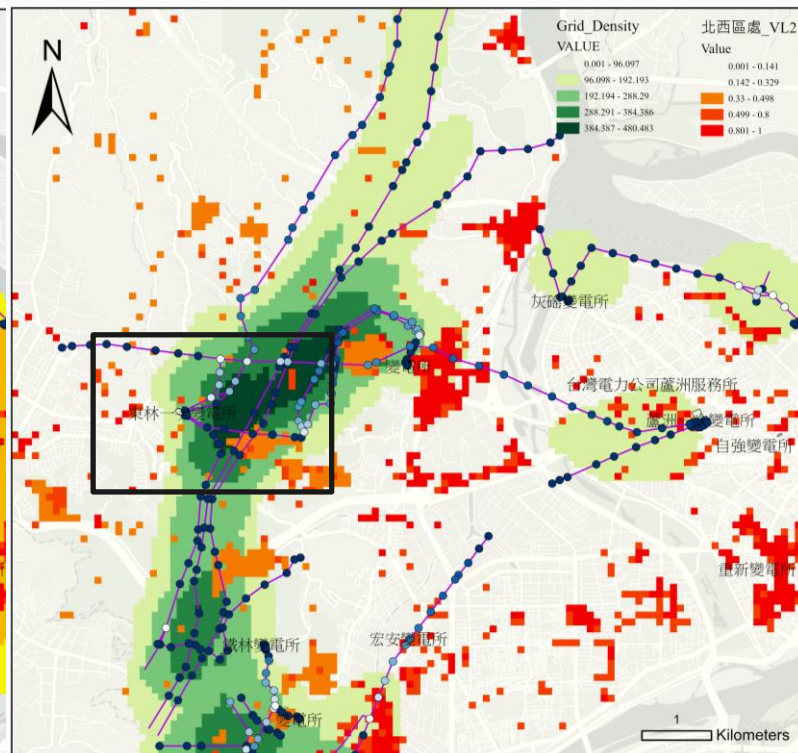
北西區處



北西區處A區域

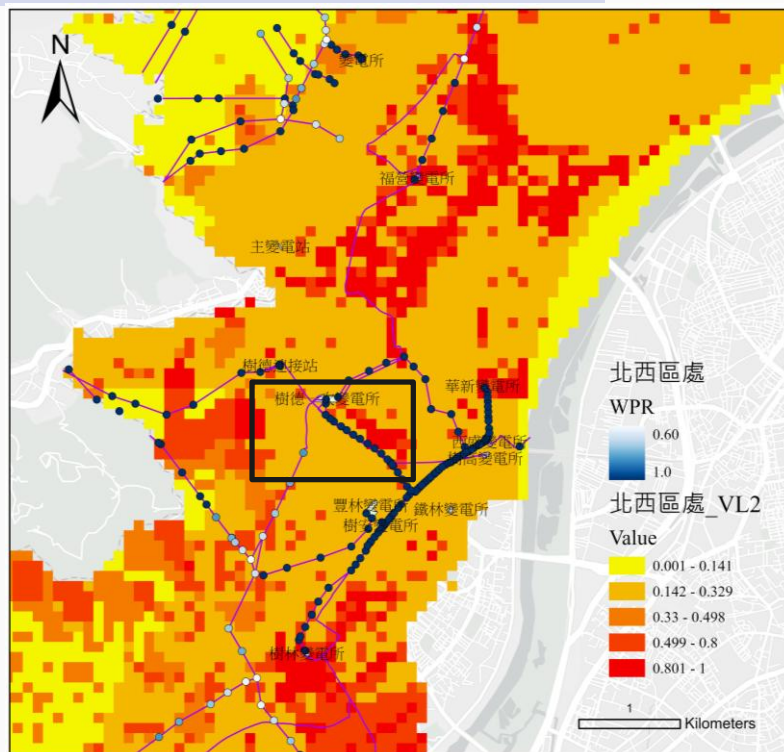


A區域脆弱度地圖

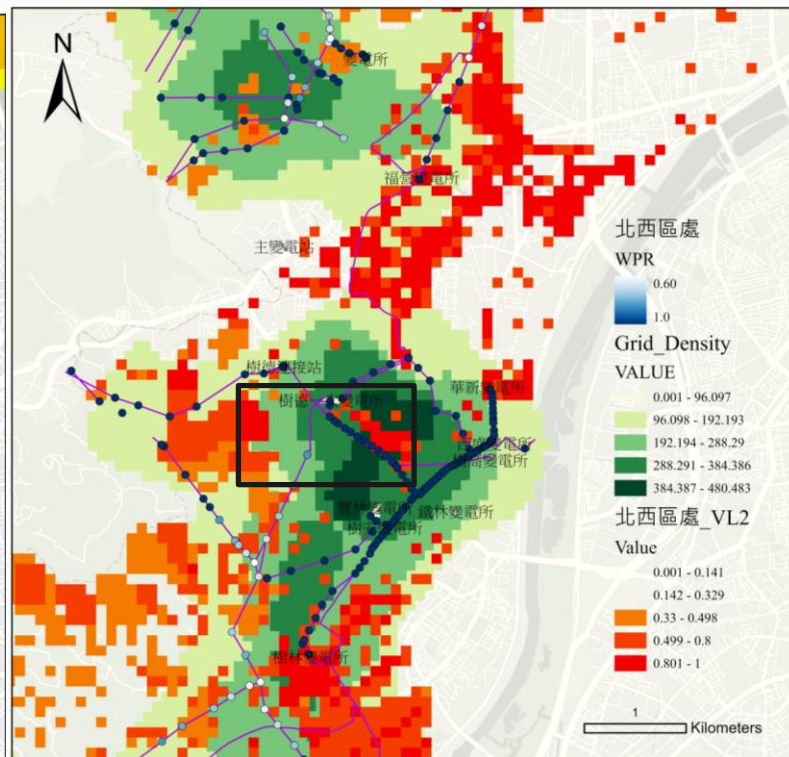


A區域電網密度與高脆弱度地區

北西區處B區域

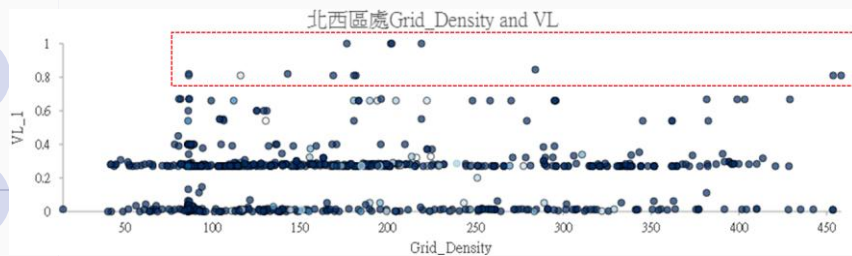


B區域脆弱度地圖

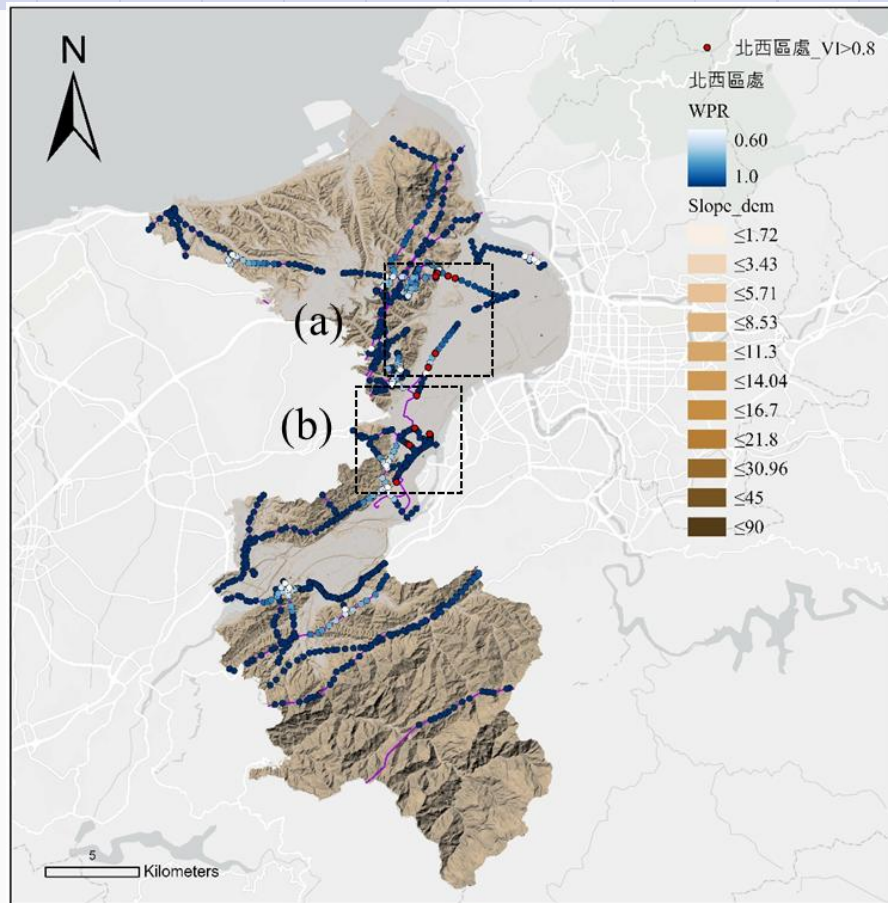


B區域電網密度與高脆弱度地區

北西區處 脆弱度大於0.8

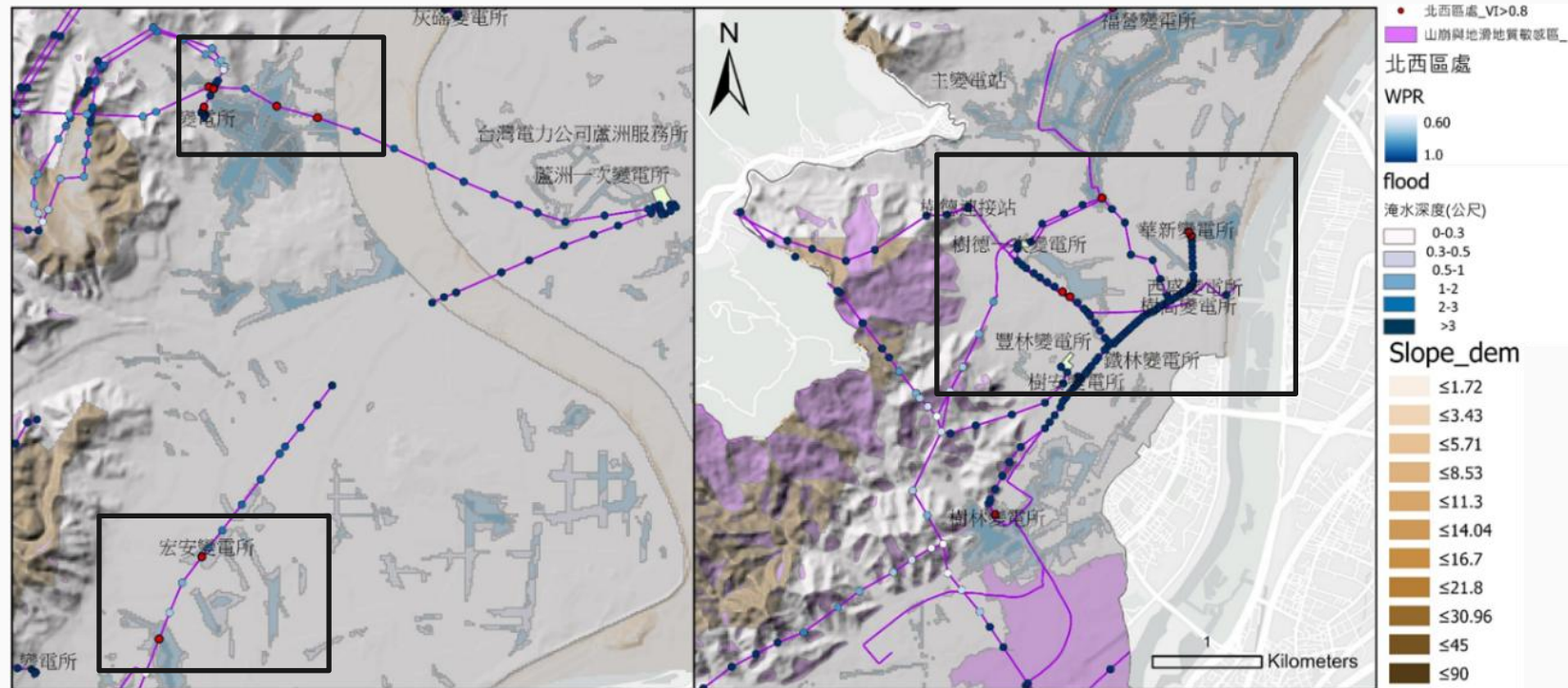


電塔脆弱度與線密度散佈圖



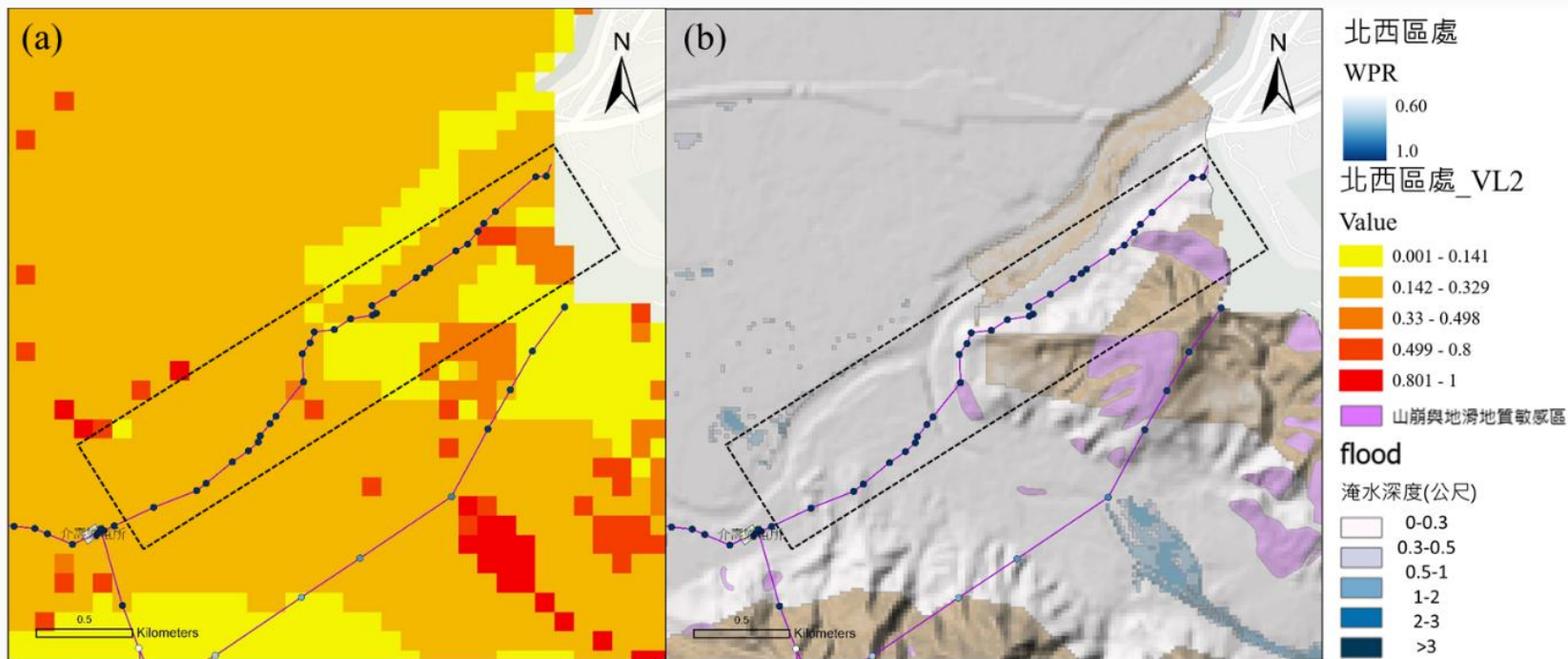
北西區處電塔與坡度分析圖

北西區處電塔脆弱度大於0.8

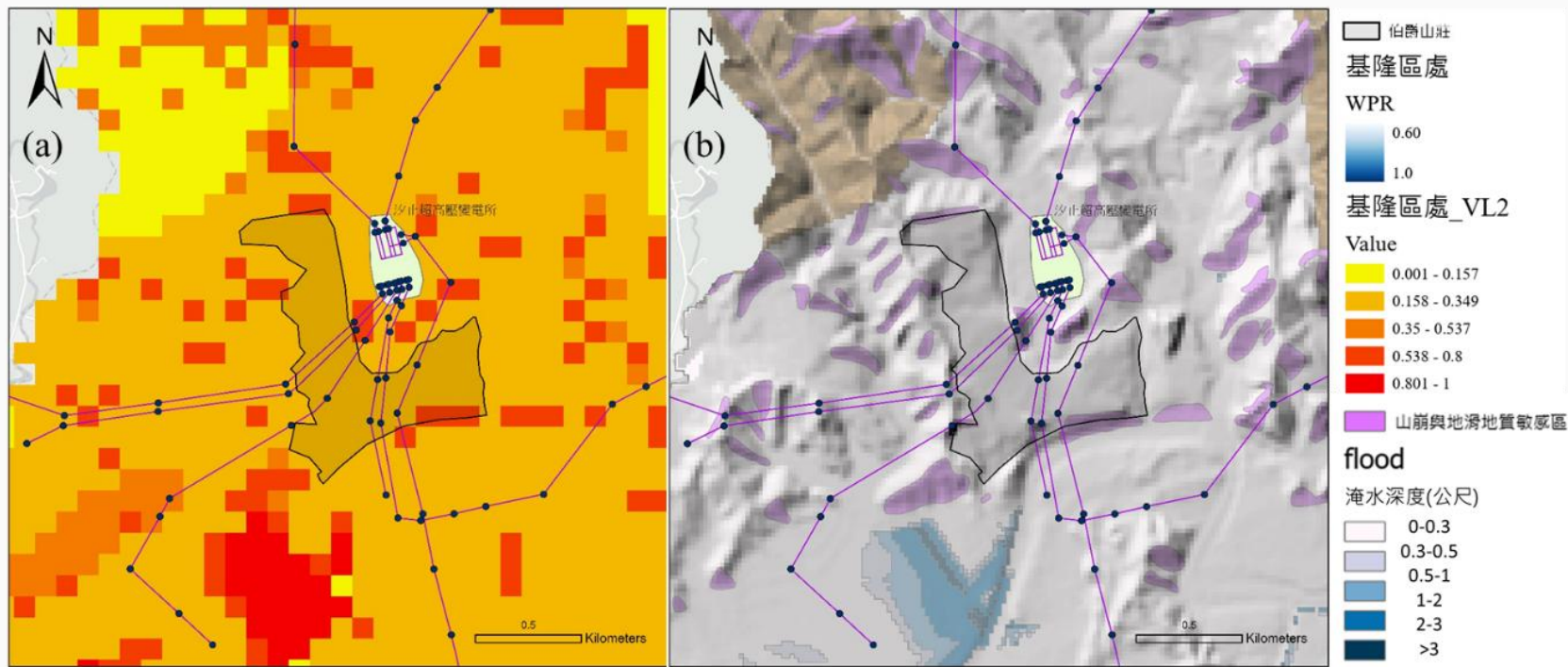


北西區處電塔與自然災害疊圖分析

實例案件分析-新北市三峽區介壽路三段

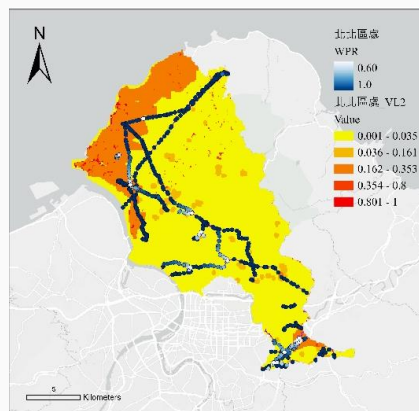


實例案件分析-新北市汐止區伯爵山莊

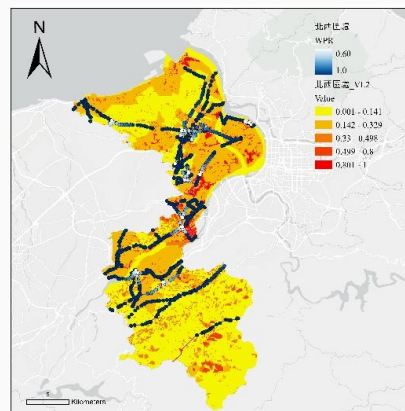


各區脆弱度地圖

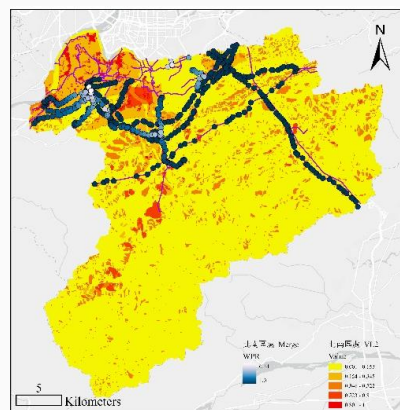
北北區處



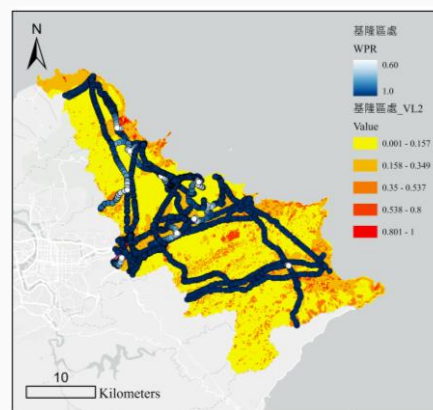
北西區處



北南區處



基隆區處



各區電塔脆弱度指數統計

脆弱度指數 區域	最大值	最小值	平均數	中位數
北北區處	0.423	0	0.086	0.01
北西區處	1	0	0.219	0.27
北南區處	1	0.005	0.199	0.06
基隆區處	1	0	0.179	0.27



05-1

結論與建議



結論

一、本研究利用空間資訊技術，結合多種自然災害因子，使用隨機森林評估其重要性，並建立電網脆弱度評估地圖。



結論

二、分析影響電網脆弱度的主要因子與訂定因子的權重計算：

(一) 透過隨機森林演算法，影響電網脆弱度程度較大的2個自然因子為山崩與地質敏感帶，分別為0.402與0.396。山崩與地質敏感帶可以迅速摧毀電力設施導致電力中斷，因此山區的脆弱度較高。

(二) 地震的權重為0.123，雖然並無山崩與地質敏感帶影響程度大，但考慮到臺灣位於環太平洋地震帶，近來常有地震災情，且地震通常為隨機難以預估之自然災害，電力設施興建之計畫也應將耐震能力納入考量。

(三) 高WPR指數的節點在電網中具有較高的負載和連接度，提高這些節點的抗災能力，能夠提高整個電網在面對突發事件時的應對能力。通過WPR計算能夠辨識出電網中的關鍵節點，進而進行針對性的加強和維護，進而提升整個電網的穩定性和可靠性

結論

三、各區電網分析與區域性電網脆弱度比較：

(一) 透過分區個案分析，可以發現北西區處電網脆弱度相較於其他地區較高，有14處電塔位於脆弱度高於0.8，多數高脆弱度電塔位於淹水潛勢區，由於地形平坦且鄰近洲子尾溝，此區域的電塔有較高機率受到淹水災害而導致電力設備的損壞。

(二) 北北區處屬於低脆弱度地區，且此區脆弱度高地區多位於淡水、三芝區沿海，雖然電網路線較為單一WPR指數較高，節點重要性較高，但因為位在低脆弱度地區，此區受到自然災害影響較小。

(三) 在高線密度區域，這些區域通常是電力需求高或負載集中的地方。當某條線路故障時，其他線路可以分擔負載，減少故障對整體電網的影響。但若同時遭遇自然災害破壞，多條線路同時受到影響，會對該區域的電力供應造成嚴重影響，因此，位於高脆弱度地區的高線密度區域需要更加嚴格的監控和維護。

建議

一、受限於電力資訊為關鍵基礎設施屬於國家機密，因此資料取得不易，若未來有機會取得來源更可靠的資料，即可使用並進行更進一步的分析。

二、自然因素資料取用目前依照文獻回顧，以山崩、地質敏感帶、斷層帶、淹水潛勢區、雷擊資料進行隨機森林自然因子計算，建議未來可將其他因子納入考慮。

建議

三、本研究所建立的脆弱度模型不僅能夠用於電網現狀的脆弱度評估，未來若配合台灣建立再生能源電網政策，電網脆弱度分析可用於模擬再生能源電網的建立，且未來配合政府實行分散式電網規劃和災害風險管理，可提供電力公司選址與維護管理電力系統等用途。

★ 四、本研究以臺北市、新北市、基隆市為研究區域，建立一套電網脆弱度計算之作業流程，未來相關單位可以使用此方法建立全臺灣電網脆弱度模型，提供電力設備建設作為參考依據。

03-2

研究方法





專家問卷 - 權重



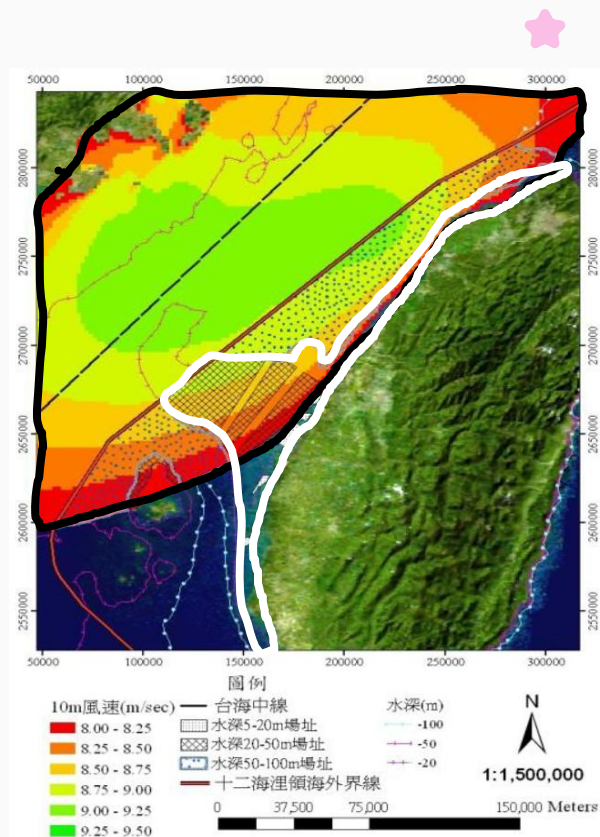
Arcgis pro - 資料處理

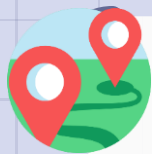


建立離岸風機自然災害風險
評估模型

選址 - 風速、大陸棚

- 自然條件的風速直接影響到風能可開發量，而大陸棚深度受技術條件影響而有深度之限制 (Chen et al., 2014)。
- 大陸棚深度限制的部分，以目前所推行之固定式離岸風機，其適用範圍以50公尺為臨界值 (Thompson, 2015)。





選址 - 劃定排除區域

- 依自然環境及法律上之限制，有許多區域需予以排除。需要排除之場域概分三大面向如下所示(林俋寬等人，2014)。

1. 既有管線及設施影響

- A. 海底通信、電力及油氣等海底管線
- B. 人工魚礁區及保護礁區
- C. 漁業權範圍
- D. 工廠緩衝區

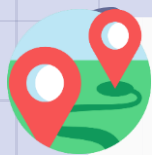
2. 環境敏感及自然保護區位

- A. 野生動物保護區
- B. 自然保護區
- C. 海岸保護區
- D. 國家公園
- E. 重要野鳥棲息地

3. 交通及軍事敏感區位

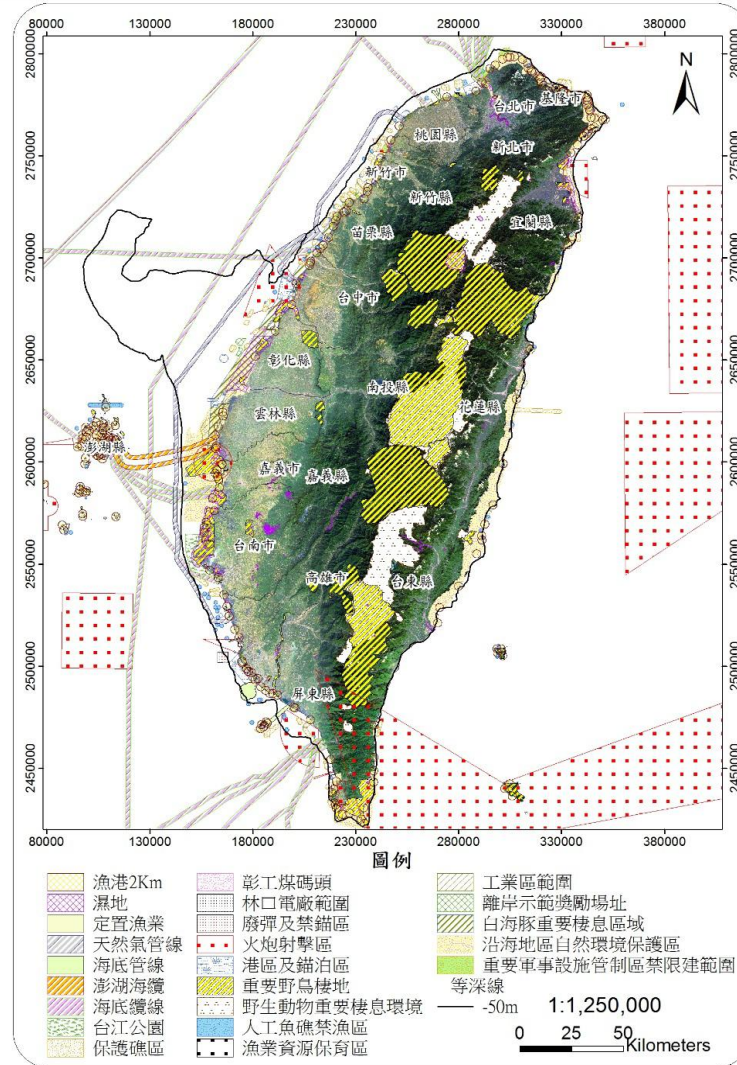
- A. 飛航、通航港口及漁港
- B. 通航航道
- C. 雷達、軍事管制及禁建限區域

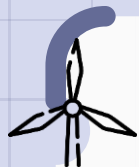




選址 - 劃定排除區域

- 共計23處排除範圍，相關法令管制如右表(經濟部能源局，2015)，潛力場址劃設排除範圍如圖(呂學德等人，2015)。





離岸風力發電機 - Siemens Gamesa SWT-6.0-154

- 目前台灣有進行商業運轉的風機有以下兩種機型：SWT-4.0-130及SWT-6.0-154，而SWT-6.0-154為目前最新款之風機，並且該風機無齒輪箱之部件(齒輪箱為高故障率之零件機組)，故選用此風機為本研究模型。

Type	SWT-4.0-130	SWT-6.0-154
Power		
Rated power(kW)	4000.0	6000.0
Cut-in wind speed(m/s)	5.0	4.0
Rated wind speed(m/s)	12.0	13.0
Cut-out wind speed(m/s)	25.0	25.0
Survival wind speed(m/s)	-	70.0
Rotor		
Diameter(m)	130.0	154.0
Swept area(m ²)	13,273.0	18,600.0
Number of blades	3	3
Gearbox	Helical planetary gearbox	no
Generator	Squirrel cage induction generator	Permanent magnet synchronous generator
Tower		
Hub height(m)	89.5	Depending on place

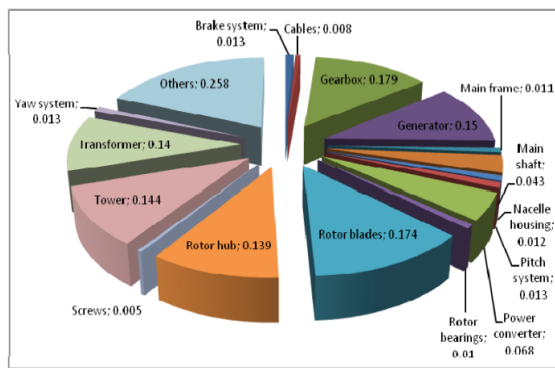


專家問卷 (Likert scale)

自然災害對於風機零件機組的影響程度

準則：

- a. 發電機
- b. 轉子葉片
- c. 轉子機頭
- d. 塔
- e. 變壓器



ID	Sub-assemblies	Failure rate (1/year)
1	Brake system	0.013
2	Cables	0.008
3	Gearbox	0.179
4	Generator	0.150
5	Main frame	0.011
6	Main shaft	0.043
7	Nacelle housing	0.012
8	Pitch system	0.013
9	Power converter	0.068
10	Rotor bearings	0.010
11	Rotor blades	0.174
12	Rotor hub	0.139
13	Screws	0.005
14	Tower	0.144
15	Transformer	0.140
16	Yaw system	0.013
	Others	0.258
	$\lambda_{\text{offshore}}$	1.38

離岸風機各部件受自然災害影響的權重



專家問卷 (FAHP)

各**零件機組**受到**風速**、**波浪**、**雷擊**、**地震**之影響程度

準則：

- a. 發電機
- b. 轉子葉片
- c. 轉子機頭
- d. 塔
- e. 變壓器

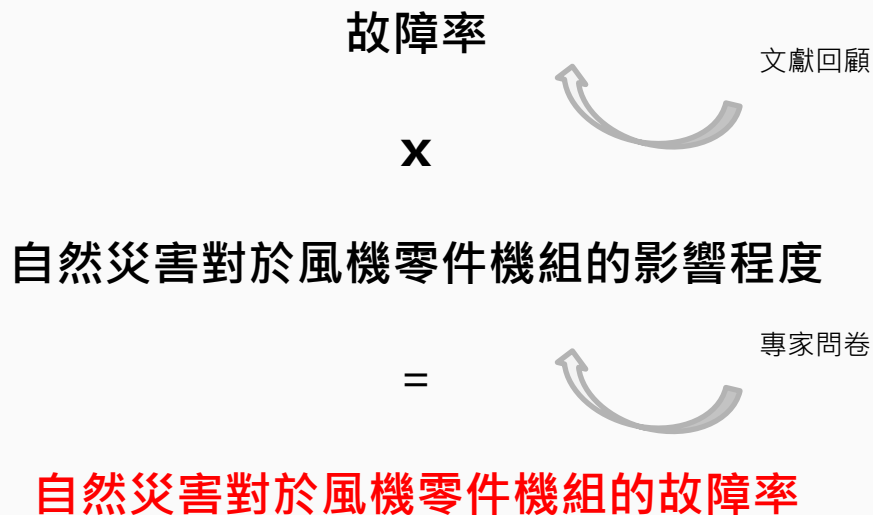
次準則

- a. 風
- b. 浪
- c. 雷擊
- d. 地震

單一零件機組受到風速、波浪、雷擊、地震之影響之權重



研究方法 - 離岸風力發電機受自然災害影響程度





研究方法 - 離岸風力發電機受自然災害影響程度

自然災害對於風機零件機組的故障率

x

各零件機組受到風速、波浪、雷擊、地震之影響程度

=

專家問卷 (FAHP)



離岸風力發電機受風速、波浪、雷擊、地震影響程度



研究方法 – 初步選址

台灣底圖加上：

- a. 風速資料
- b. 排除區域
- c. 50 米等深線
- d. 12 海浬領海界

可栽植離岸風機之場域



研究方法 – 自然災害資料庫

可栽植離岸風機之場域再加上：

- a. 高風速頻率資料
- b. 大浪頻率資料
- c. 地震機率式危害分析(PSHA)資料
- d. 雷擊區域

建立自然災資料庫



Methodology

離岸風力發電機受風速、波浪、雷擊、地震影響程度



自然災資料庫



離岸風機自然災害風險評估模型

04-2

成果與分析





專家問卷 (Likert scale)

專家：

Supervisor of Ship and ocean industries R&D center
(財團法人船舶暨海洋產業研發中心主任)

Chair of the Department of Shipbuilding and Ocean Engineering,
National Kaohsiung University of Science and Technology
(國立高雄科技大學造船及海洋工程系主任)

Director of renewable energy division of CR Classification Society
(財團法人中國驗船中心再生能源處處長)

Technical engineering director of EnBW Asia Pacific
(安能亞太工程技術總監)

Professor of Master's Program in Offshore Wind Energy Engineering,
National Kaohsiung University of Science and Technology
(國立高雄科技大學海事風電工程碩士學位學程助理教授)

Questionnaire number	Average of scales when items are deleted	Scale variance when items are deleted	Item's correlation coefficient	Cronbach's Alpha value when the item are deleted
1	16.0000	15.500	0.674	0.731
2	16.2000	15.700	0.736	0.713
3	15.6000	17.300	0.927	0.701
4	16.4000	21.300	0.228	0.851
5	15.8000	14.200	0.564	0.789
Cronbach's Alpha	0.800(Pass)			

Cronbach's Alpha > 0.7 : 通過



成果 – 專家問卷 (FAHP)

	Wind	Wave	Thunder	Earthquake
Generator	32.51%	17.93%	32.15%	17.41%
Rotor blades	49.88%	28.43%	20.33%	1.36%
Rotor hub	54.19%	11.73%	19.23%	14.85%
Transformer	29.8%	17.7%	41.69%	10.82%
Tower	27.27%	21.45%	7.27%	44.01%



成果 - 離岸風力發電機受自然災害影響程度

故障率

X

自然災害對於風機零件機組的影響程度

=

自然災害對於風機零件機組的故障率

	Failure rate of natural disasters effected the components
Generator	0.1020
Rotor blades	0.1740
Rotor hub	0.1334
Transformer	0.0728
Tower	0.1210



成果 - 離岸風力發電機受自然災害影響程度

自然災害對於風機零件機組的
故障率

X

各零件機組受到風速、波浪、
雷擊、地震之影響程度

=

離岸風力發電機受風速、波浪、
雷擊、地震影響程度

	Wind	Thunder	Wave	Earthquake
Offshore wind turbine	40.94%	22.04%	20.26%	16.76%

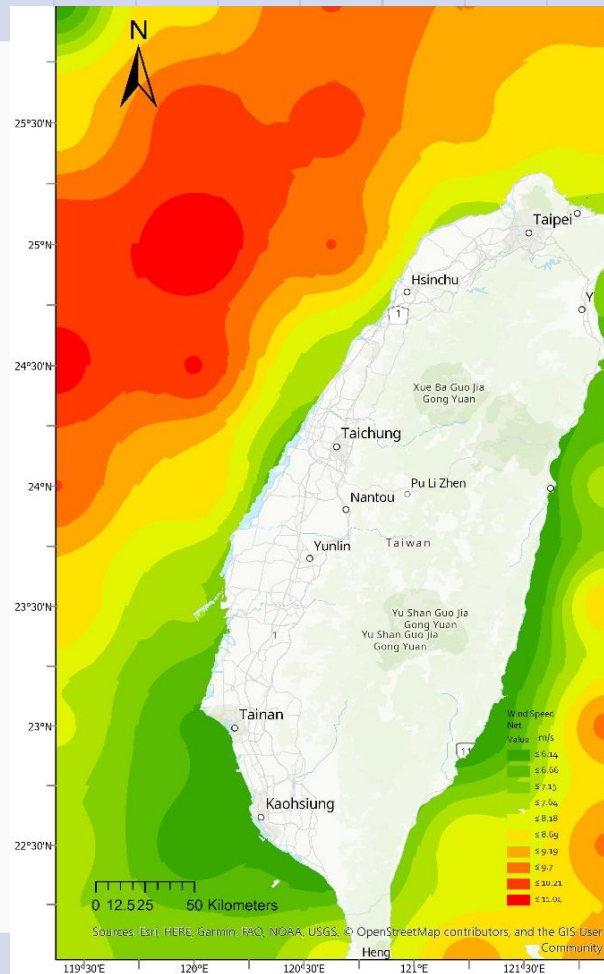


台灣地區風速

時間尺度：年平均

海平面 90 米上之風速

研究資料：美國航空暨太空總署現代研究應用回顧分析資料第二版

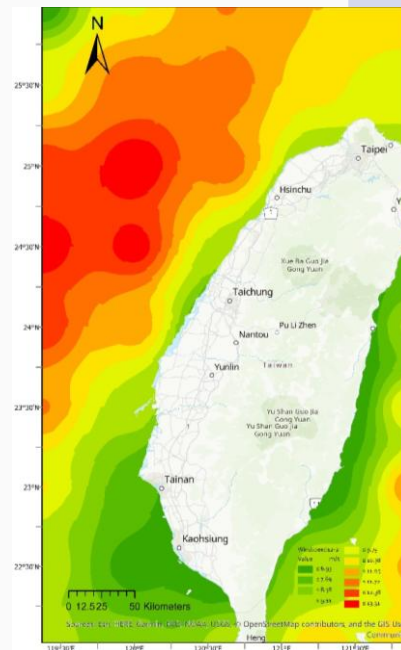
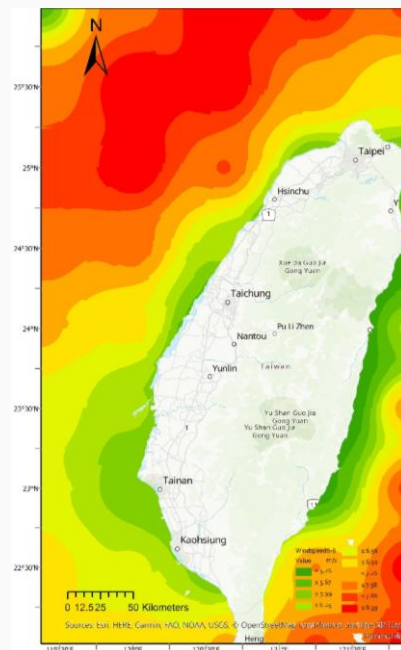
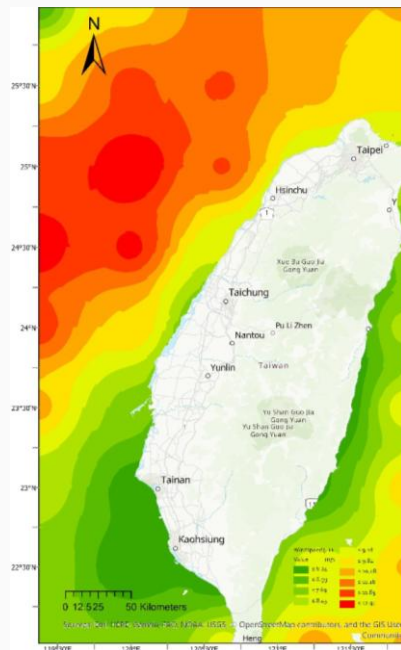
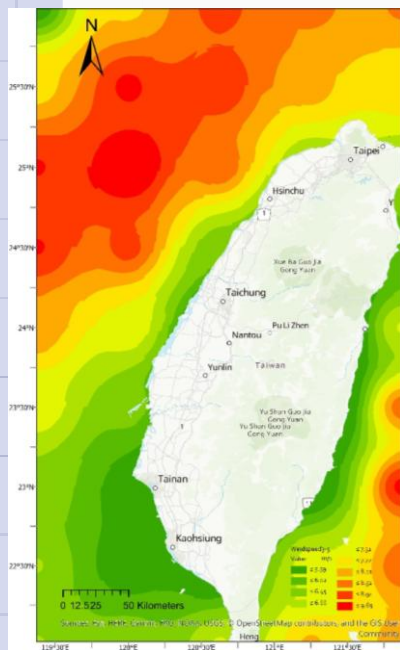


春季 (3~5)

夏季 (6~8)

秋季 (9~11)

冬季 (12~2)





研究區域

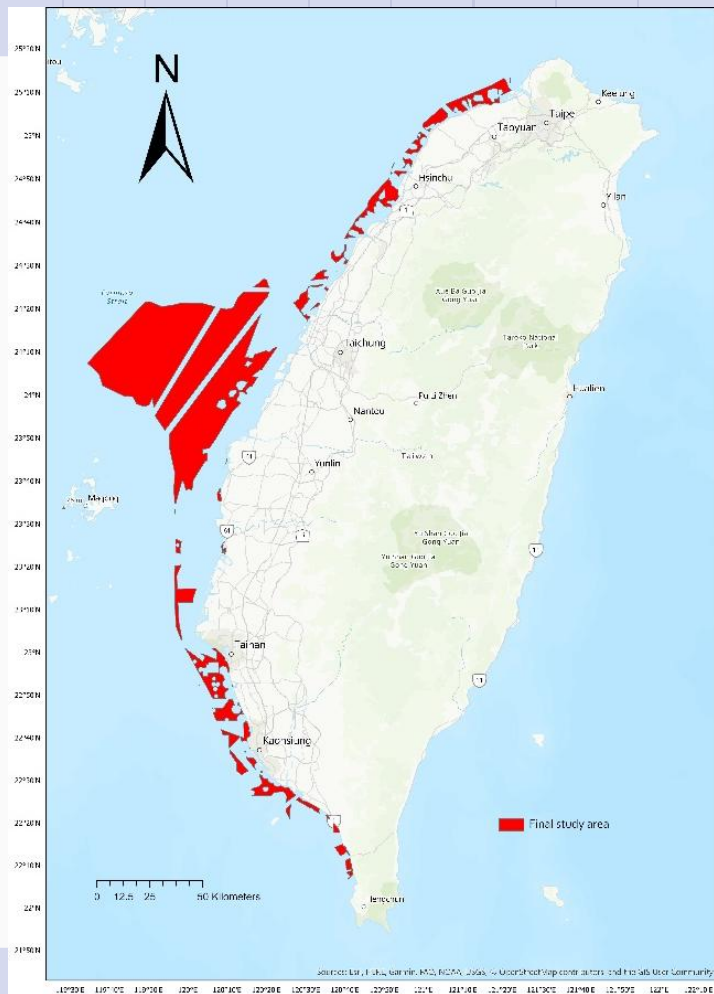
台灣西部海域

12 海浬領海

50 米等深線

法律限制之排除區域

研究資料：法規 (經濟部能源局, 2015)





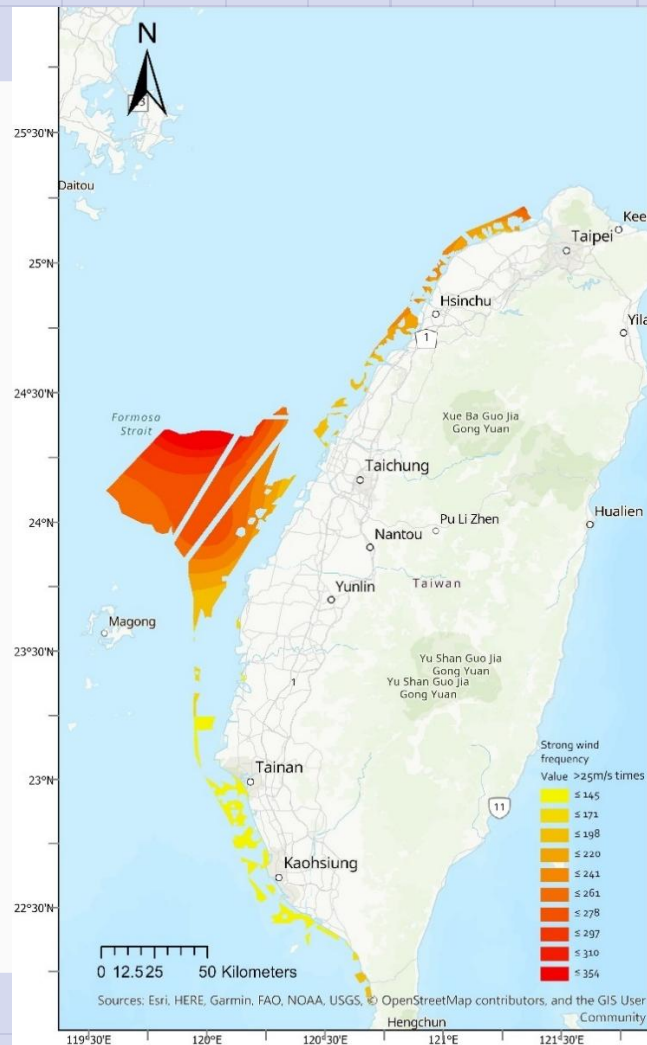
停機風速資料 (> 25公尺/秒)

1980年至2018年台灣外海風速超過 25公尺/秒之
頻率。

黃色：安全

紅色：危險

研究資料：美國航空暨太空總署現代研究應用回
顧分析資料第二版





浪高超過 2.5 米資料

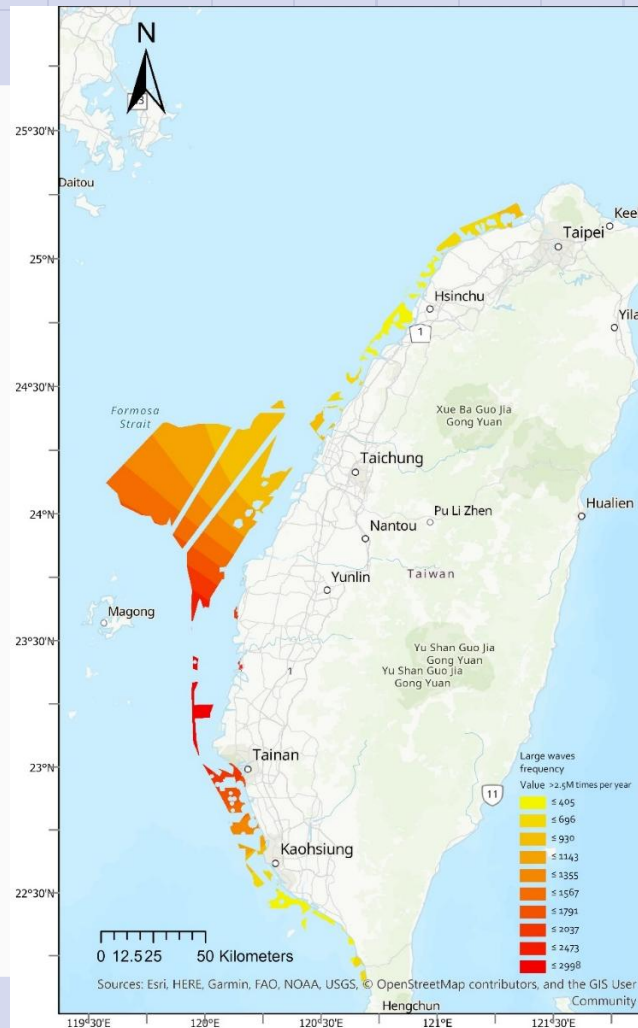
浪高超過 2.5 米頻率

2.5 米浪高為中央氣象局大浪標準

黃色：安全

紅色：危險

研究資料：中央氣象局 - 臺灣海域各地浪高週期波向觀測月統計資料





地震 PSHA 資料

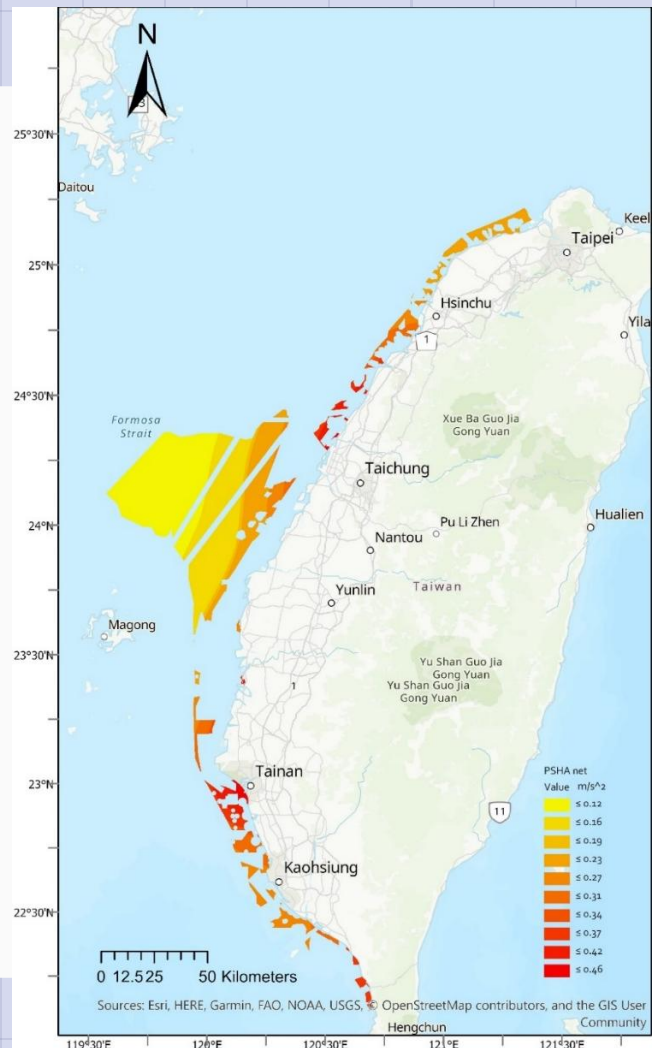
PSHA：一種地震災害指標，其值越大，
則代表該區域越危險。

單位：加速度

黃色：安全

紅色：危險

研究資料：台灣的地震危害度分析(鄭錦桐等人，
2011)



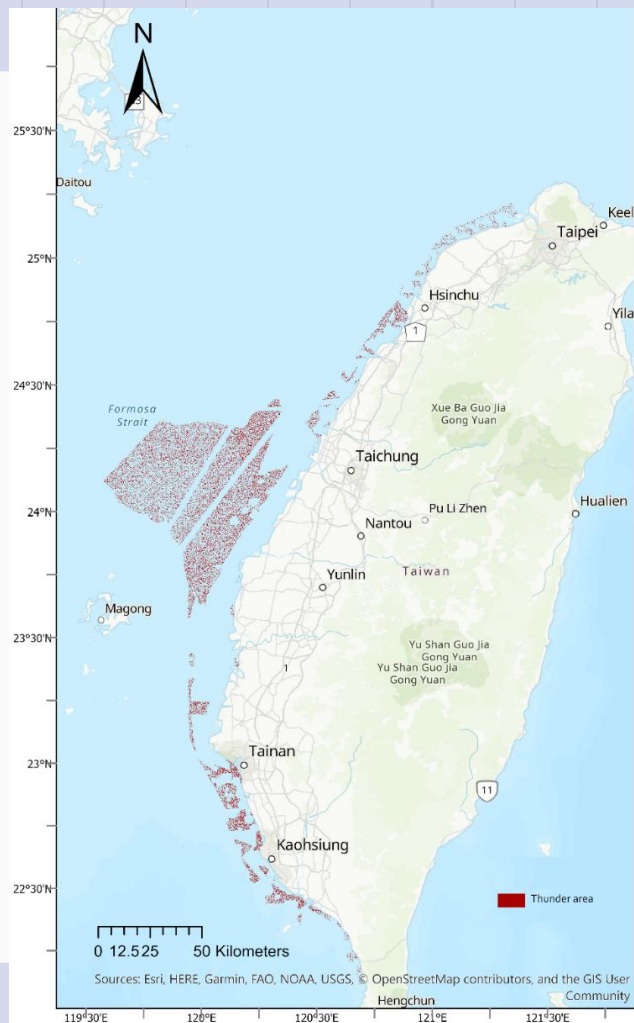


雷擊區域

依照風機運作旋轉半徑，本研究將雷擊區域buffer 30 米後進行分析。

單位：次數

研究資料：台灣電力公司 - 落雷監測歷史資料

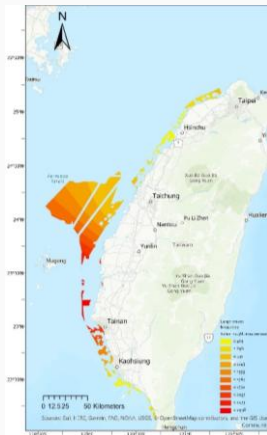


離岸風機自然災害風險評估模型

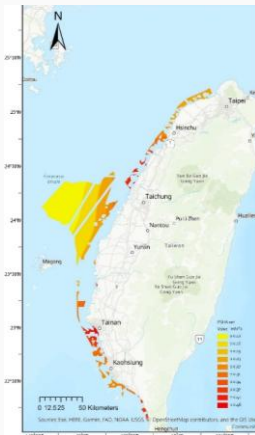
風



浪



地震



雷擊



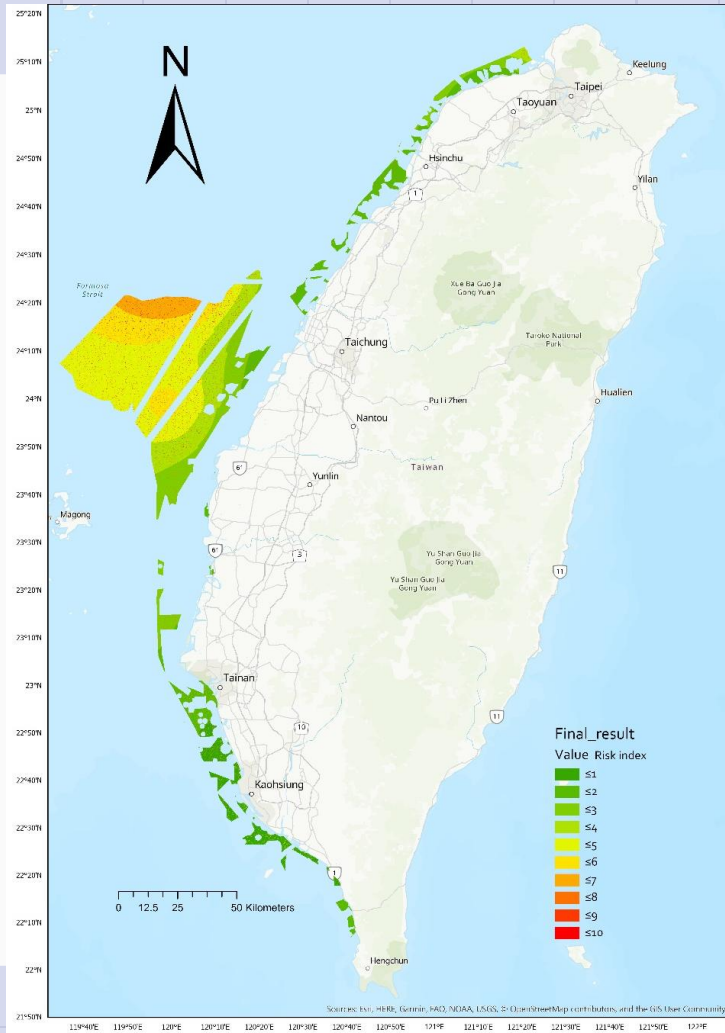
	Wind	Wave	Thunder	Earthquake
Offshore wind turbine	40.94%	20.26%	22.04%	16.76%

離岸風機自然災害

指標 1~10

綠色：安全

紅色：危險



05-2

結論





結論

1

- 篩選**五項**故障率最高的部件
- 評定**四項**災害氣候評估標準
- 各個**風機零件機組**受到**風、浪、雷擊、地震**的影響程度
- Arcgis pro建立**自然災害數據庫**
- 建立**台灣西部海域離岸風力發電自然災害風險評估模型**



結論

2

- 發電機、轉子葉片、轉子機頭受到**風力**影響的程度最高，佔32.51%、49.88%、54.19%。
- 塔受到**地震**的影響程度最高，佔44.01%。
- 變壓器受到**雷擊**的影響程度最高，佔41.69%。
- 而以**風機整體**來說，**風力**被評定為最具威脅之自然災害(40.94%)，其次為**雷擊**(22.04%)、**海浪**(20.26%)、**地震**(16.76%)。



結論

3

- 台灣海域周圍**風速**以**西北部**風速最高、**西南部**風速相對較低；以季節來區分，台灣**秋、冬季**的風速明顯高於**春、夏季**。
- **高風速頻率**資料之成果與台灣海域周圍**風速**成**正相關**。
- **大浪**出現**頻率**以**澎湖**外海最高，並朝南北遞減。
- **強地動**區域則是以越**靠近台灣**本島越高，並朝外海遞減。
- **雷擊**並無呈現特別分布，擊中區域密集分布於本研究區域



結論

4

- 以**自然災害風險評估**的角度下，對於離岸風場的選址，提供另一種不同的思維模式。
- 在追求風場高產能的同時，同時考量到自然災害對風機故障所增加潛在**維護成本**。
- 以**標準化的指標**(1~10)，顯示風機栽植在該地區的自然災害風險程度，期能給予相關單位作為離岸風場選址提供不同的參考依據。

感謝聆聽

Thank you for your attention