

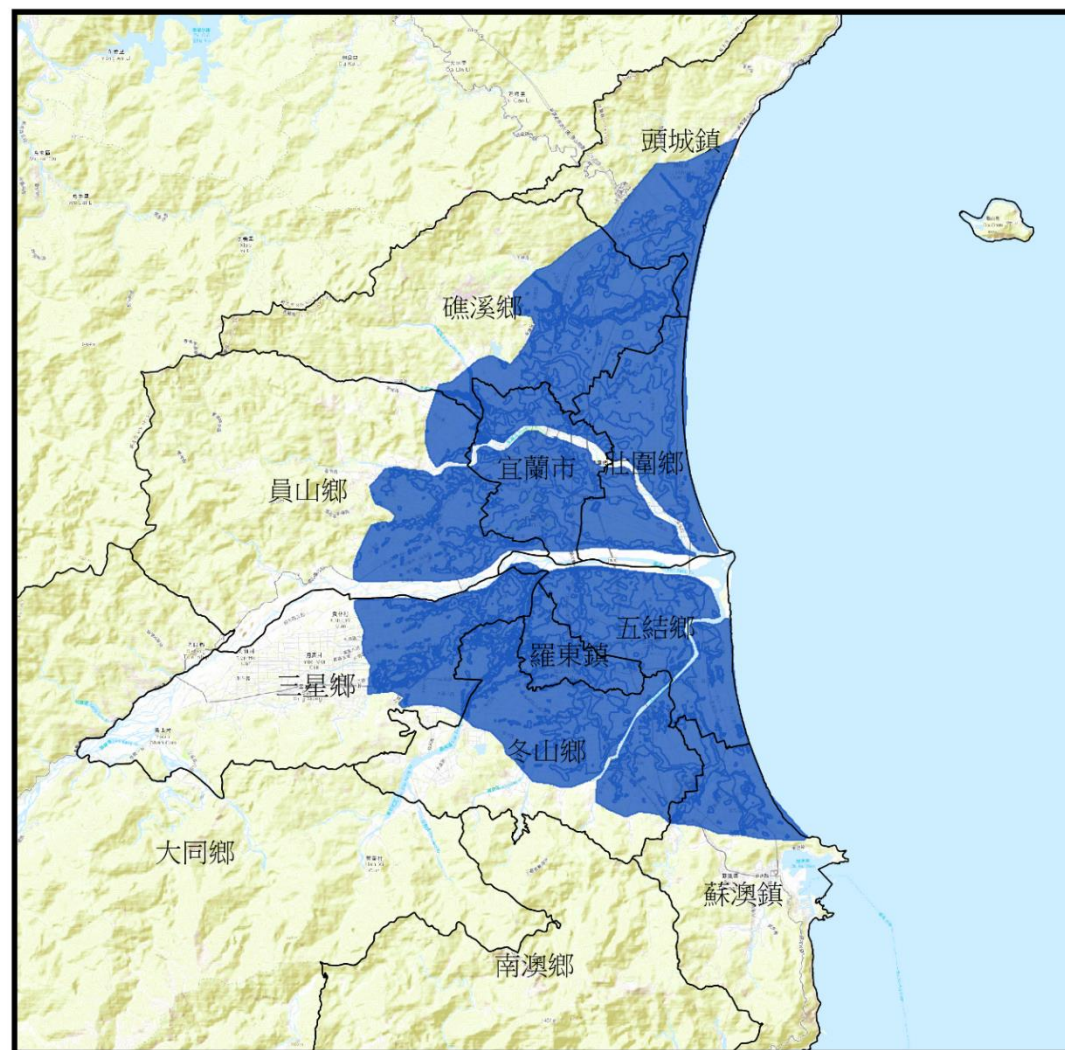
蘭陽平原淹水災害風險評估

指導教授：鐘珮瑄教授

報告人：林昶諭

研究動機

- 蘭陽平原因地理和氣候因素，時常有颱風侵襲和豪雨發生，而致平原地帶淹水成災，因此本研究欲透過統計和GIS軟體分析，評估蘭陽平原各鄉鎮市面臨淹水時的災害風險情況。



■ 淹水潛勢範圍

0 2.5 5 7.5 10 km

研究目的

- 利用統計方法分析各鄉鎮市面對淹水災害的脆弱度
- 使用QGIS軟體，分析不同重現期的淹水潛勢圖，得出淹水災害的危害度
- 使用風險矩陣進行淹水災害風險等級評估

災害風險

文獻	風險定義
聯合國救災協調辦事處 (Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator, UNDRO) (1980)	$\text{Risk} = \text{Vulnerability} \times \text{Hazard} \times \text{Exposure}$ 風險=脆弱度×危害度×暴露度
聯合國國際減災策略組織 (United Nations International Strategy for Disaster Reduction, UNISDR) (2004)	$\text{Risk} = \text{Vulnerability} \times \text{Hazard}$ 風險=脆弱度×危害度
盧鏡臣 等人 (2009)	$\text{Risk} = \text{Vulnerability} \times \text{Hazard}$ 風險=脆弱度×危害度
張倉榮 等人 (2010)	$\text{Risk} = \text{Vulnerability} \times \text{Hazard}$ 風險=脆弱度×危害度
林依潔 (2012)	$\text{Risk} = \text{Vulnerability} \times \text{Hazard}$ 風險=脆弱度×危害度
郭士筠 等人 (2013)	$\text{Risk} = \text{Vulnerability} \times \text{Hazard}$ 風險=脆弱度×危害度
林宗憲 (2015)	$\text{Risk} = \text{Vulnerability} \times \text{Hazard}$ 風險=脆弱度×危害度

脆弱度

文獻	脆弱度定義
Gallopín (2006)	脆弱度是一種人類社會或者系統災害發生前的潛在因素，並且影響災害發生時的損傷程度。
Adger (2006)	脆弱度是一個系統、社群或個體面對一個威脅與受此衝擊的程度。
吳杰穎 等 (2008)	從廣義觀點來看，脆弱度指的是一地區中的自然環境及社會經濟面向，對於災害的暴露多寡，或是對於災害衝擊的抵抗能力。
林依潔 (2012)	當災害發生時，所造成之人民生命的損失潛能。

危害度

文獻	危害度定義
林依潔 (2012)	淹水危害的主要因素在於降雨量的多寡，因此採用淹水深度當作淹水危害度之評估指標。
林宗憲 (2015)	洪災危害度代表淹水所帶來之災害，以洪災形成之淹水作為依據。
謝竺君 (2015)	災害具有潛在性，因此有機率的涵義，而災害事件發生的機率常以危害度為代表。

風險矩陣

<div> <div>Hazard probability</div> <div>Damage potential</div> </div>		Low-----→High				
		Very low	Low	Moderate	High	Very high
<div> <div>Low</div> <div>↓</div> <div>High</div> </div>	Very low	VLR	VLR	LR	LR	LR
	Low	VLR	LR	LR	MR	MR
	Moderate	LR	LR	MR	HR	HR
	High	LR	MR	HR	VHR	VHR
	Very high	LR	MR	HR	VHR	VHR
※VLR, very low risk; LR, low risk; MR, moderate risk; HR, high risk; VHR, very high risk						

(Anbalagan and Singh, 1996)

研究結果—脆弱度、危害度

脆弱度分析

- 以社會脆弱度為代表（林依潔，2012）。
- 選用8項脆弱度因子。

脆弱度因子之權重及向度表

類型	因子項目	權重	向度
人口特徵	65歲以上人口	0.0745	+
	14歲以下人口	0.0618	+
	獨居老人人口	0.1791	+
	身心障礙人口	0.1577	+
救難設備	橡皮艇、救生艇數	0.0553	—
	消防員及義消人數	0.1208	—
特殊機構	收容所數	0.1630	—
	老人長照、身障福利機構數	0.1878	+

蘭陽平原鄉鎮市脆弱度因子數據表格

	65歲以上 人口（人）	14歲以下 人口（人）	獨居老人 人口（人）	身心障礙 人口（人）	橡皮艇、救 生艇數（個）	消防員及義 消人數（人）	收容所數 （個）	老人長照、身障 福利機構數（個）
資料年份	2016/12	2016/12	N/A	2016	2016	2016	2017	2016
宜蘭市	13542	13387	N/A	5875	3	190	40	23
羅東鎮	10353	11912	N/A	4153	1	129	24	9
蘇澳鎮	7194	4178	N/A	3188	8	207	37	3
頭城鎮	4874	3202	N/A	2293	4	146	23	1
礁溪鄉	5934	3724	N/A	2741	5	65	16	2
壯圍鄉	3842	2186	N/A	2045	1	63	16	0
員山鄉	5113	3194	N/A	2565	1	66	17	1
冬山鄉	7981	6132	N/A	3511	5	131	23	5
五結鄉	6082	3648	N/A	2814	2	63	17	5
三星鄉	4031	1816	N/A	1705	2	72	14	5

資料來源：宜蘭縣民政處、宜蘭縣消防局、宜蘭縣防災資訊網、中華民國統計資料網

脆弱度計算方式—Step. 1

- 各鄉鎮市的因子原始數據，經由比對取得排序得分1-10，數字越高反應脆弱度越高。

	65歲以上 人口	14歲以下 人口	身心障礙 人口	橡皮艇、 救生艇數	消防員及 義消人數	收容 所數	老人長照、身 障福利機構數
宜蘭市	10	10	10	5	2	1	10
羅東鎮	9	9	9	8	5	3	9
蘇澳鎮	7	7	7	1	1	2	5
頭城鎮	3	4	3	4	3	4	2
礁溪鄉	5	6	5	2	8	8	4
壯圍鄉	1	2	2	8	9	8	1
員山鄉	4	3	4	8	7	6	2
冬山鄉	8	8	8	2	4	4	6
五結鄉	6	5	6	6	9	6	6
三星鄉	2	1	1	6	6	10	6

脆弱度計算方式—Step. 2

- 取得排序得分後乘以各因子權重，得到權重分數（各因子得分×權重）。

	65歲以上 人口	14歲以下 人口	身心障礙 人口	橡皮艇、 救生艇數	消防員及 義消人數	收容所 數	老人長照、身 障福利機構數
宜蘭市	0.7450	0.6180	1.5770	0.2765	0.2416	0.163	1.8780
羅東鎮	0.6705	0.5562	1.4193	0.4424	0.6040	0.489	1.6902
蘇澳鎮	0.5215	0.4326	1.1039	0.0553	0.1208	0.326	0.9390
頭城鎮	0.2235	0.2472	0.4731	0.2212	0.3624	0.652	0.3756
礁溪鄉	0.3725	0.3708	0.7885	0.1106	0.9664	1.304	0.7512
壯圍鄉	0.0745	0.1236	0.3154	0.4424	1.0872	1.304	0.1878
員山鄉	0.2980	0.1854	0.6308	0.4424	0.8456	0.978	0.3756
冬山鄉	0.5960	0.4944	1.2616	0.1106	0.4832	0.652	1.1268
五結鄉	0.4470	0.3090	0.9462	0.3318	1.0872	0.978	1.1268
三星鄉	0.1490	0.0618	0.1577	0.3318	0.7248	1.630	1.1268

脆弱度計算方式—Step. 3

- 3-1將各鄉鎮市權重分數相加獲得權重總分後，再利用權重總分進行統計公式計算（公式一），獲得統計值。
- 3-2將獲得之統計值比對脆弱度等級對照表取得對應脆弱度等級。

	權重 總分
宜蘭市	5.4991
羅東鎮	5.8716
蘇澳鎮	3.4991
頭城鎮	2.5550
礁溪鄉	4.6640
壯圍鄉	3.5349
員山鄉	3.7558
冬山鄉	4.7246
五結鄉	5.2260
三星鄉	4.1819

※ 統計公式一：

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

	統計 值
宜蘭市	0.89
羅東鎮	1.00
蘇澳鎮	0.28
頭城鎮	0.00
礁溪鄉	0.63
壯圍鄉	0.29
員山鄉	0.36
冬山鄉	0.65
五結鄉	0.81
三星鄉	0.49

※脆弱度等級對照表

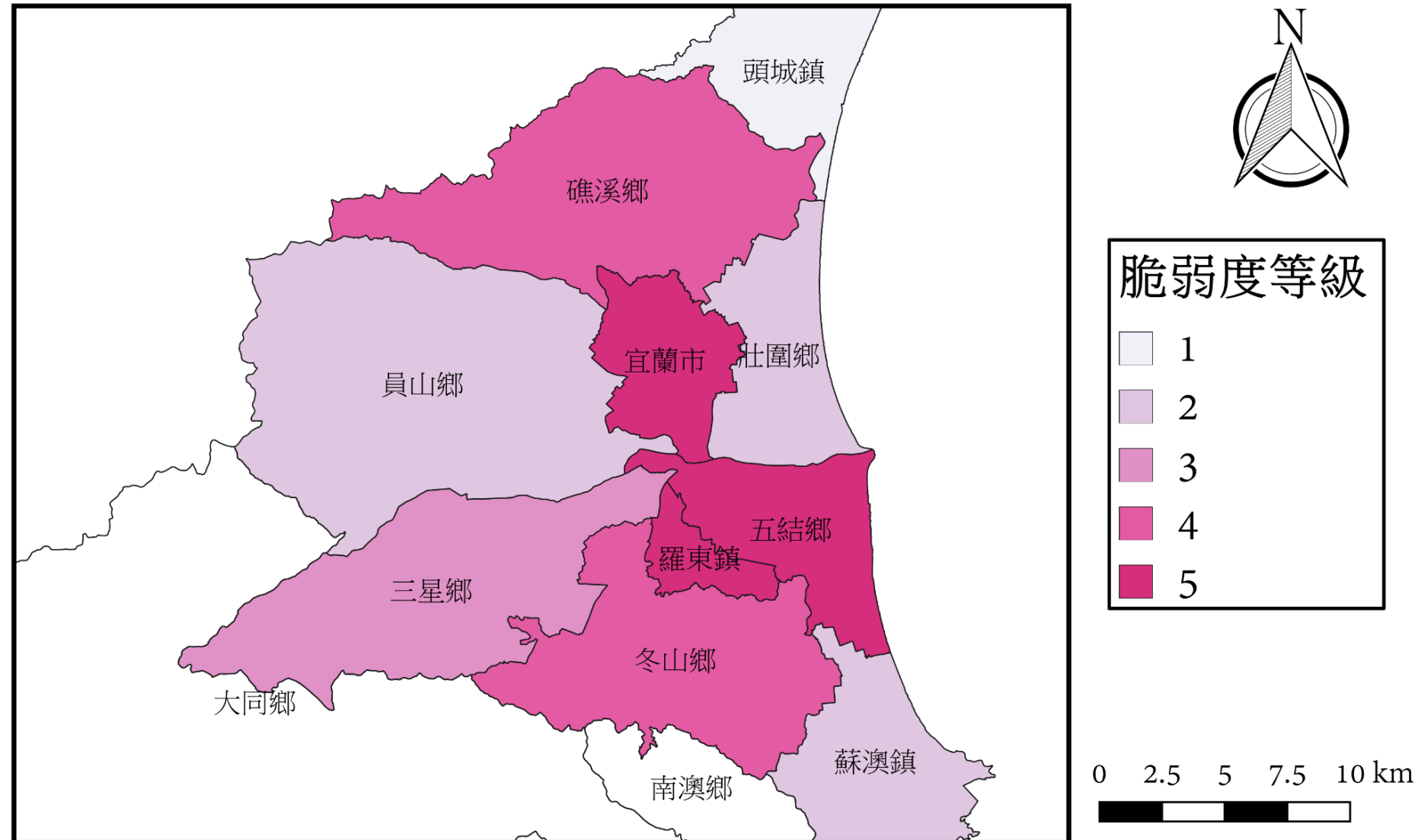
統計值	脆弱 等級
0.0-0.2	1
0.2-0.4	2
0.4-0.6	3
0.6-0.8	4
0.8-1.0	5

	脆弱度等級
宜蘭市	5
羅東鎮	5
蘇澳鎮	2
頭城鎮	1
礁溪鄉	4
壯圍鄉	2
員山鄉	2
冬山鄉	4
五結鄉	5
三星鄉	3

脆弱度等級及地圖

蘭陽平原鄉鎮市脆弱度地圖

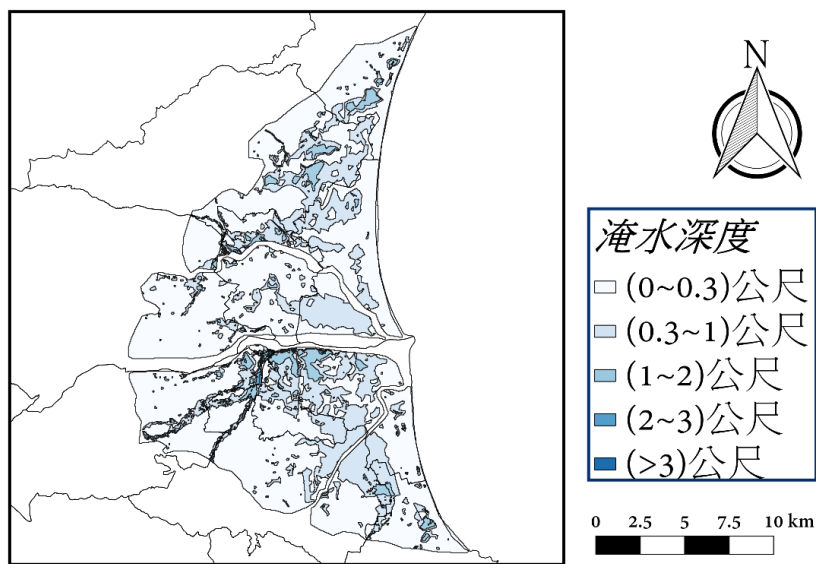
鄉鎮市	脆弱度等級
宜蘭市	5
羅東鎮	5
蘇澳鎮	2
頭城鎮	1
礁溪鄉	4
壯圍鄉	2
員山鄉	2
冬山鄉	4
五結鄉	5
三星鄉	3



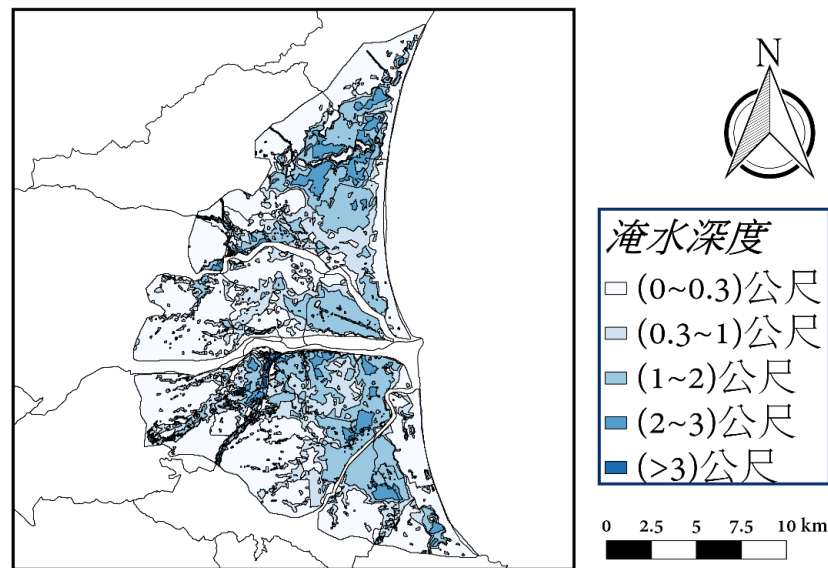
危害度分析

- 以淹水深度為分析依據（林依潔，2012）。

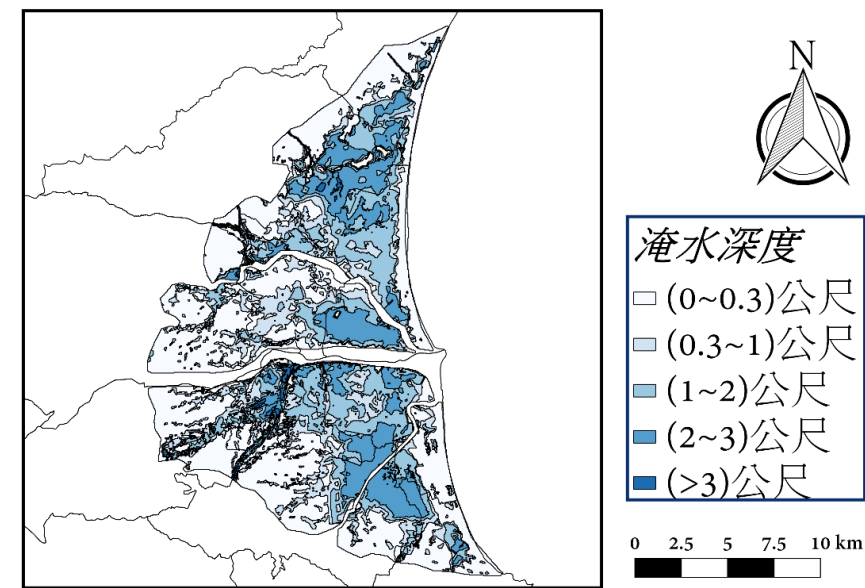
蘭陽平原地區1年重現期之淹水潛勢圖



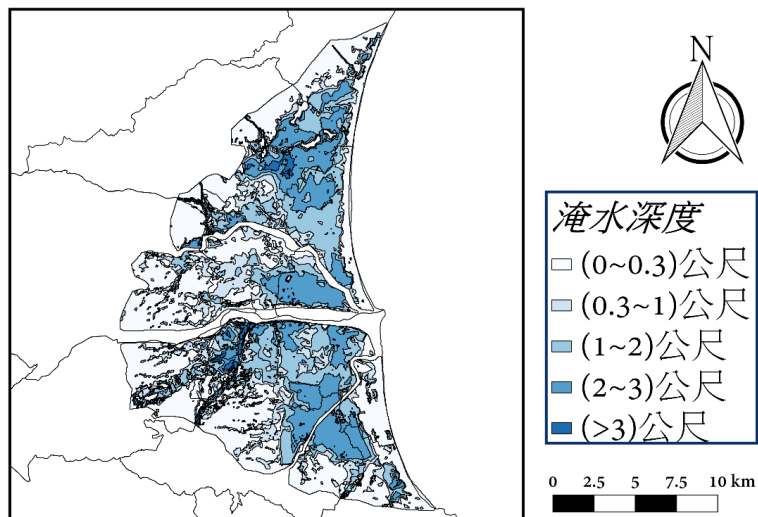
蘭陽平原地區10年重現期之淹水潛勢圖



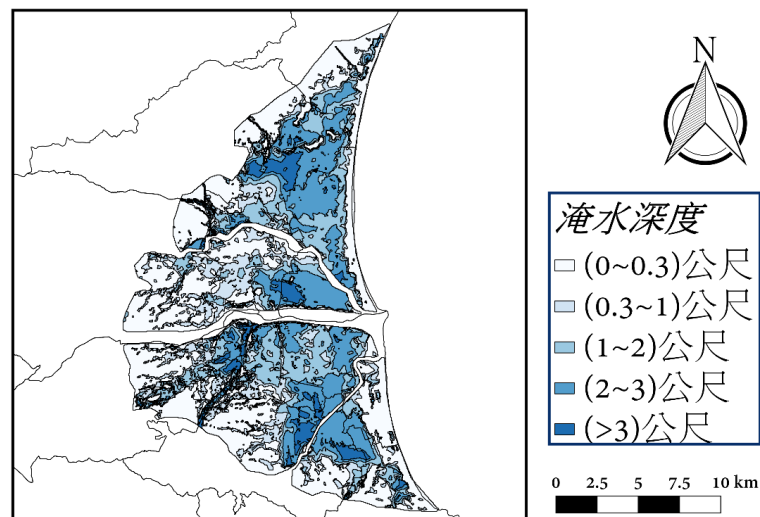
蘭陽平原地區50年重現期之淹水潛勢圖



蘭陽平原地區100年重現期之淹水潛勢圖



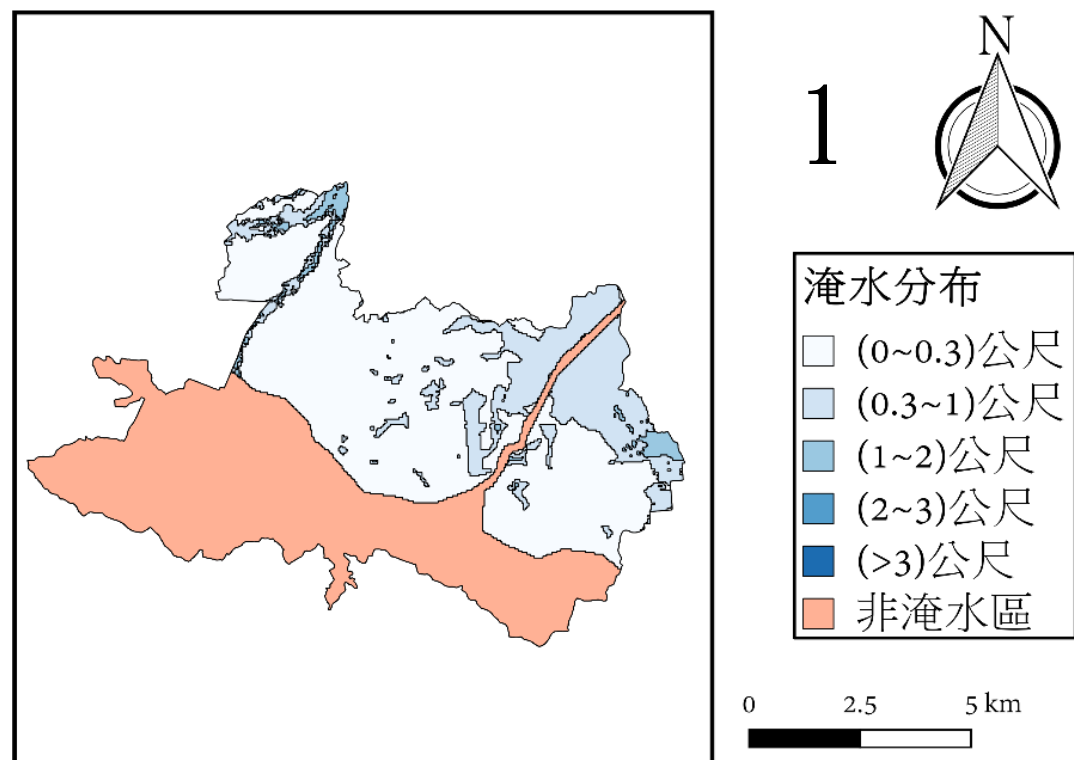
蘭陽平原地區500年重現期之淹水潛勢圖



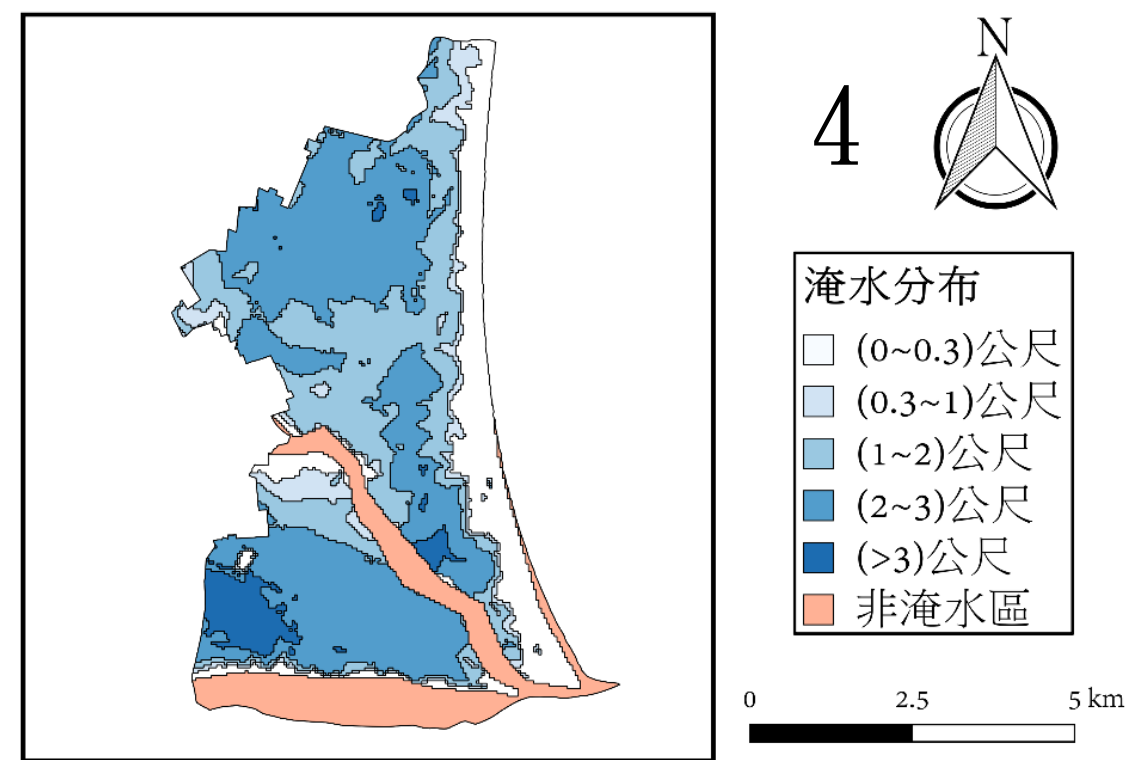
危害度評估方法

某降雨重現期	至某一淹水深度（公尺）的累積面積佔淹水區一半以上				
淹水深度	0-0.3 m	0.3-1m	1-2m	2-3m	>3m
危害程度	輕度危害	低度危害	中度危害	高度危害	重度危害
危害度等級	1	2	3	4	5

冬山鄉1年重現期淹水潛勢圖



壯圍鄉500年重現期淹水潛勢圖

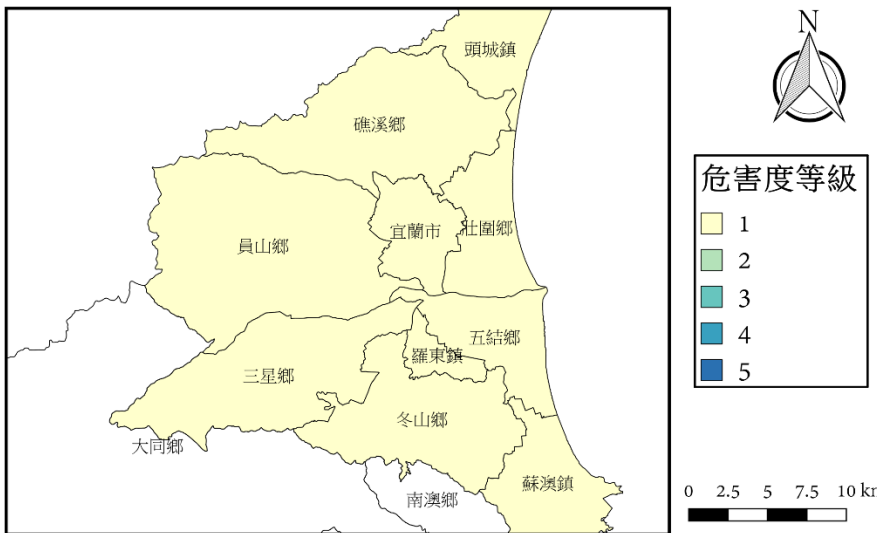


不同重現期各鄉鎮市之危害度等級

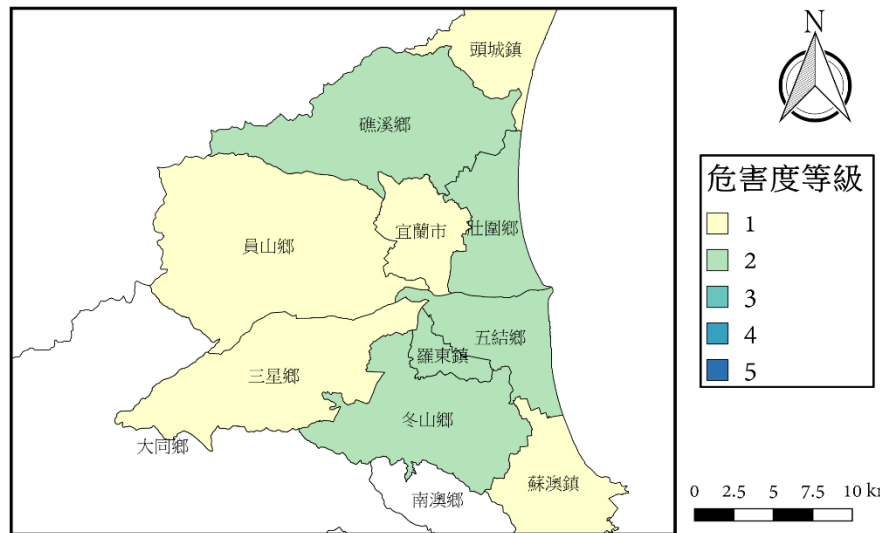
	1年	10年	50年	100年	500年
宜蘭市	1	1	2	2	2
羅東鎮	1	2	2	2	3
蘇澳鎮	1	1	1	1	2
頭城鎮	1	1	1	1	1
礁溪鄉	1	2	3	3	4
壯圍鄉	1	2	3	3	4
員山鄉	1	1	1	1	1
冬山鄉	1	2	2	2	2
五結鄉	1	2	2	3	3
三星鄉	1	1	1	1	1

危害度地圖

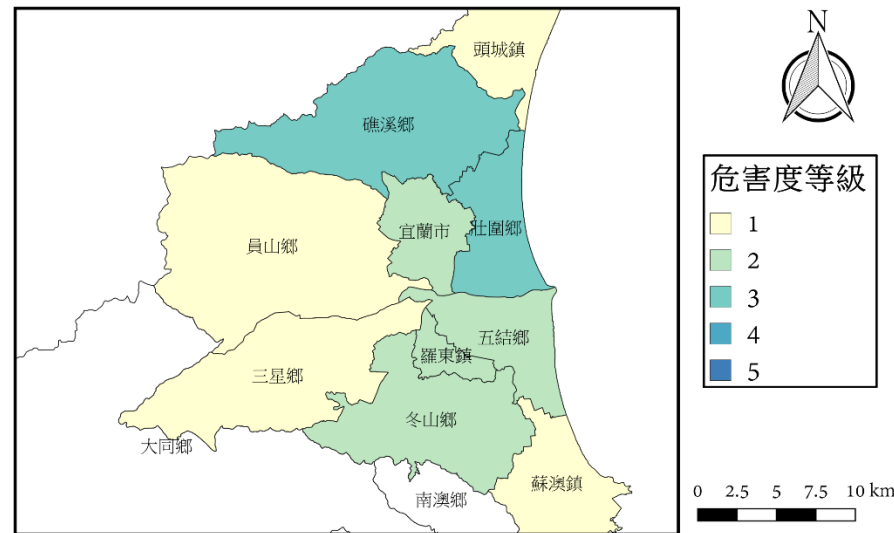
蘭陽平原鄉鎮市1年重現期雨量危害度地圖



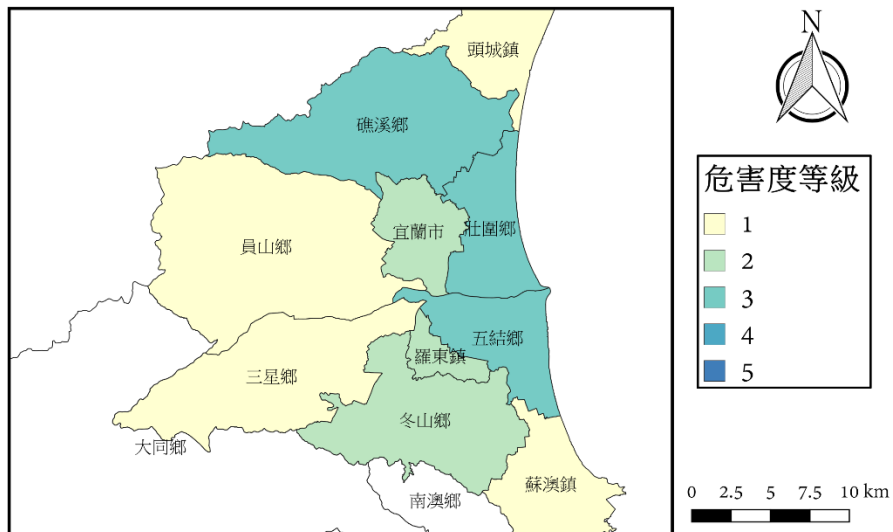
蘭陽平原鄉鎮市10年重現期雨量危害度地圖



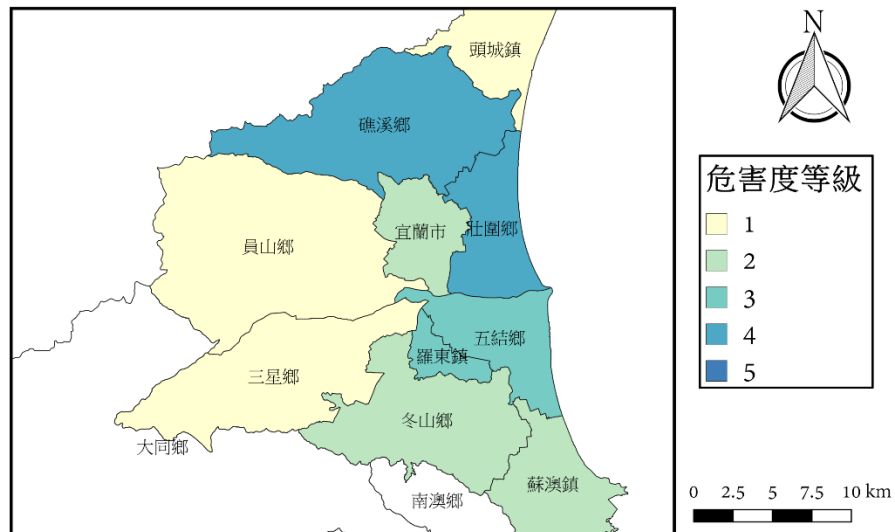
蘭陽平原鄉鎮市50年重現期雨量危害度地圖



蘭陽平原鄉鎮市100年重現期雨量危害度地圖



蘭陽平原鄉鎮市500年重現期雨量危害度地圖



研究結果—災害風險等級

風險等級分析：風險矩陣（林依潔，2012）

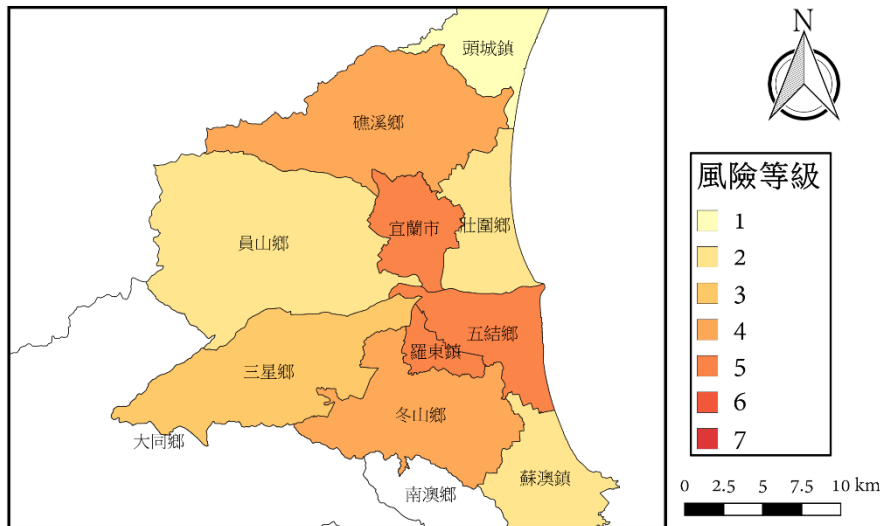
某重現期之淹 水風險等級		脆弱度等級 (低 ————— → 高)				
		1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
危害度等級 (低 ↓ 高)	1	1	2	3	4	5
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
	5	5	6	7	8	9

淹水風險等級結果

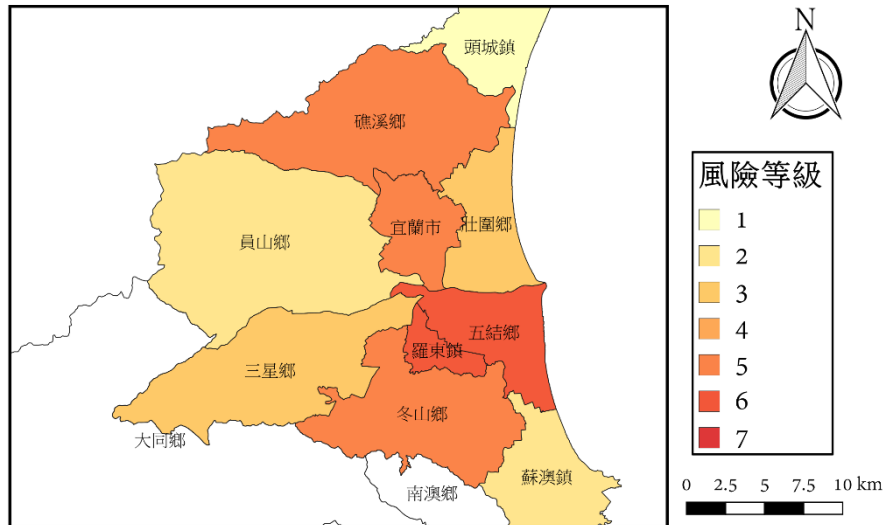
1年重現期雨量		10年重現期雨量		50年重現期雨量		100年重現期雨量		500年重現期雨量	
風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區	風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區	風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區	風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區	風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區
5(<i>5</i> × <i>1</i>)	宜蘭市	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	羅東鎮	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	宜蘭市	7(<i>5</i> × <i>3</i>)	五結鄉	7(<i>5</i> × <i>3</i>)	羅東鎮
5(<i>5</i> × <i>1</i>)	羅東鎮	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	五結鄉	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	羅東鎮	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	宜蘭市	7(<i>4</i> × <i>4</i>)	礁溪鄉
5(<i>5</i> × <i>1</i>)	五結鄉	5(<i>5</i> × <i>1</i>)	宜蘭市	6(<i>4</i> × <i>3</i>)	礁溪鄉	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	羅東鎮	7(<i>5</i> × <i>3</i>)	五結鄉
4(<i>4</i> × <i>1</i>)	礁溪鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	礁溪鄉	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	五結鄉	6(<i>4</i> × <i>3</i>)	礁溪鄉	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	宜蘭市
4(<i>4</i> × <i>1</i>)	冬山鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	冬山鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	冬山鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	冬山鄉	5(<i>2</i> × <i>4</i>)	壯圍鄉
3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉	3(<i>2</i> × <i>2</i>)	壯圍鄉	4(<i>2</i> × <i>3</i>)	壯圍鄉	4(<i>2</i> × <i>3</i>)	壯圍鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	冬山鄉
2(<i>2</i> × <i>1</i>)	蘇澳鎮	3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉	3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉	3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉	3(<i>2</i> × <i>2</i>)	蘇澳鎮
2(<i>2</i> × <i>1</i>)	壯圍鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	蘇澳鎮	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	蘇澳鎮	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	蘇澳鎮	3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉
2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉
1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮	1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮	1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮	1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮	1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮

風險地圖

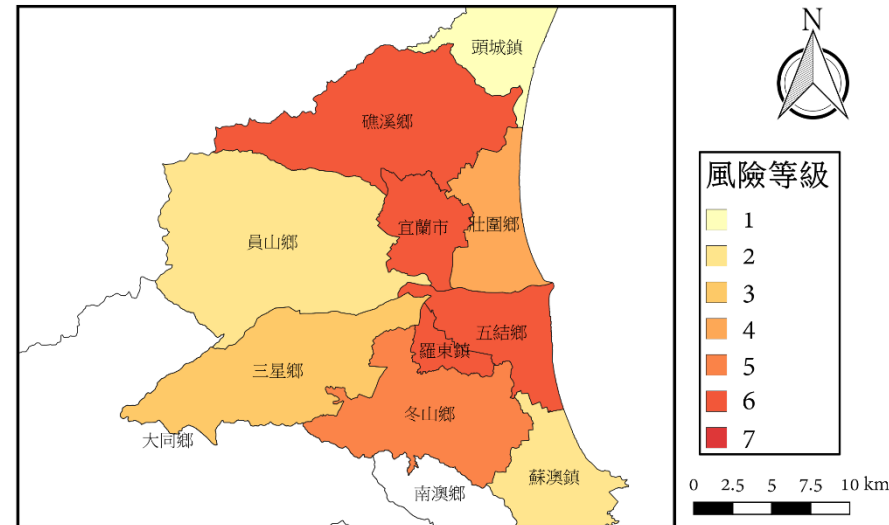
蘭陽平原鄉鎮市1年重現期淹水風險地圖



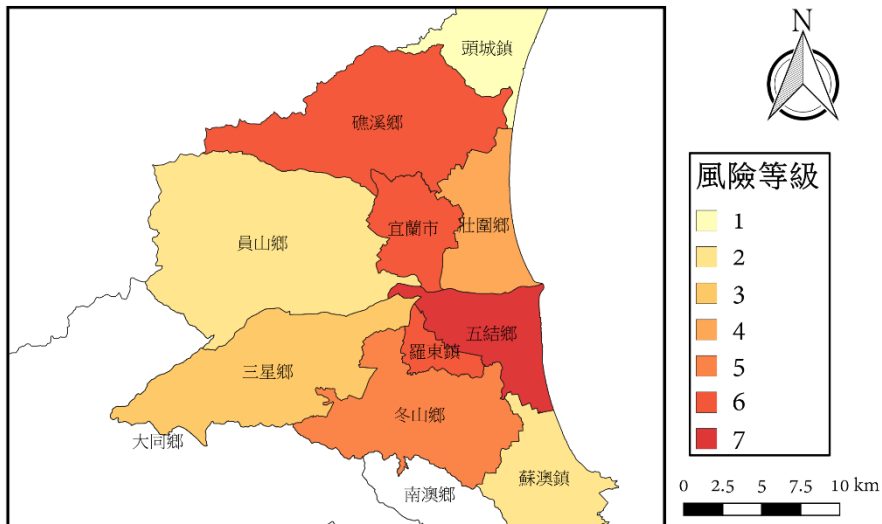
蘭陽平原鄉鎮市10年重現期淹水風險地圖



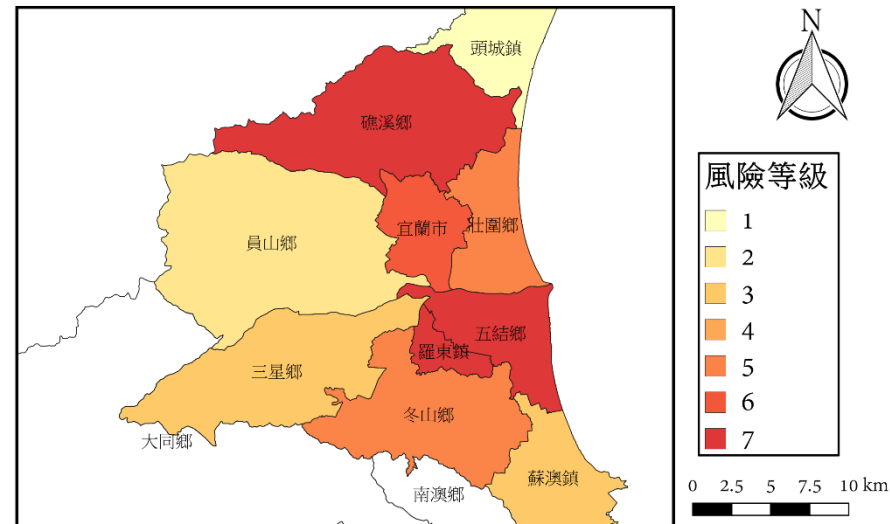
蘭陽平原鄉鎮市50年重現期淹水風險地圖



蘭陽平原鄉鎮市100年重現期淹水風險地圖



蘭陽平原鄉鎮市500年重現期淹水風險地圖



結論與討論-1

1. 脆弱度較高之區域，如宜蘭市、羅東鎮皆為宜蘭縣內重要行政區。主要受到人口特徵影響，宜蘭市、羅東鎮的脆弱人口皆多於其他外圍鄉鎮。而脆弱度較低之區域，多位於在平原外圍地帶，如頭城鎮、員山鄉、蘇澳鎮。像是脆弱度最低的頭城鎮，脆弱人口不僅較少，在救難設施的比例也多於其他地區。
2. 整體而言，各鄉鎮市的危害度，隨著重現期增加而增大。而危害度高之區域多位於平原區靠海側，如礁溪鄉、壯圍鄉、五結鄉等。主因為這些地區低窪地勢較多，發生豪大雨時，易發生淹水災害。危害度低之區域，員山鄉、三星鄉、頭城鎮，多位於地勢較高的平原周圍地帶。

結論與討論-2

3. 從風險結果得知，**淹水風險較高**之區域，為**羅東鎮、礁溪鄉、五結鄉**，因為這些地區脆弱度高，地勢低，危害度高。**淹水風險較低**之區域，為**頭城鎮、員山鄉、三星鄉**。因為這些地區脆弱人口少且地勢高，不易淹水因此災害的程度也較低。
4. 在**同樣的風險等級中，脆弱度和危害度可能會不相同**。如脆弱度低可能因危害度高而形成高風險等級；同樣地，危害度低可能因脆弱度高而形成高風險等級。

淹水風險等級結果

1年重現期雨量		10年重現期雨量		50年重現期雨量		100年重現期雨量		500年重現期雨量	
風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區	風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區	風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區	風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區	風險等級 (<i>脆弱度</i> × <i>危害度</i>)	行政區
5(<i>5</i> × <i>1</i>)	宜蘭市	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	羅東鎮	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	宜蘭市	7(<i>5</i> × <i>3</i>)	五結鄉	7(<i>5</i> × <i>3</i>)	羅東鎮
5(<i>5</i> × <i>1</i>)	羅東鎮	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	五結鄉	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	羅東鎮	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	宜蘭市	7(<i>5</i> × <i>3</i>)	五結鄉
5(<i>5</i> × <i>1</i>)	五結鄉	5(<i>5</i> × <i>1</i>)	宜蘭市	6(<i>4</i> × <i>3</i>)	礁溪鄉	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	羅東鎮	7(<i>4</i> × <i>4</i>)	礁溪鄉
4(<i>4</i> × <i>1</i>)	礁溪鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	礁溪鄉	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	五結鄉	6(<i>4</i> × <i>3</i>)	礁溪鄉	6(<i>5</i> × <i>2</i>)	宜蘭市
4(<i>4</i> × <i>1</i>)	冬山鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	冬山鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	冬山鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	冬山鄉	5(<i>2</i> × <i>4</i>)	壯圍鄉
3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉	3(<i>2</i> × <i>2</i>)	壯圍鄉	4(<i>2</i> × <i>3</i>)	壯圍鄉	4(<i>2</i> × <i>3</i>)	壯圍鄉	5(<i>4</i> × <i>2</i>)	冬山鄉
2(<i>2</i> × <i>1</i>)	蘇澳鎮	3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉	3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉	3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉	3(<i>2</i> × <i>2</i>)	蘇澳鎮
2(<i>2</i> × <i>1</i>)	壯圍鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	蘇澳鎮	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	蘇澳鎮	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	蘇澳鎮	3(<i>3</i> × <i>1</i>)	三星鄉
2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉	2(<i>2</i> × <i>1</i>)	員山鄉
1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮	1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮	1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮	1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮	1(<i>1</i> × <i>1</i>)	頭城鎮

參考文獻

1. 蕭煥章，〈水災脆弱性評估模式之建立—以汐止市為例〉，中國文化大學地學研究所博士論文，2008。
2. 陳建智，〈台灣脆弱性指標建構與評估之研究〉，國立臺北大學公共事務學院自然資源與環境管理研究所碩士論文，2008。
3. 黃昱翔，〈颱風災害脆弱度評估指標之建立：以南投縣水里鄉為例〉，銘傳大學建築與都市防災研究所碩士論文，2009。
4. 張倉容、許銘熙、林國峰、賴進松、潘宗毅，〈脆弱度及風險地圖分析方法之研究〉，經濟部水利署，2010。
5. 林依潔，〈台北市洪災風險分析〉，國立台灣大學生物環境系統工程學系研究所碩士論文，2012。
6. 林宗憲，〈高雄市洪水危險度與分險分析〉，國立台灣大學生物環境系統工程學系研究所碩士論文，2015。
7. 謝竺君，〈颱風災害之整合水患風險評估—以北港溪流域範圍為例〉，國立成功大學都市計畫研究所碩士論文，2015。
8. 許庭綺，〈山區聚落之颱風災害風險評估分析—以高雄市為例〉，國立成功大學都市計畫研究所碩士論文，2016。
9. 謝政穎，〈颱風災害脆弱度與調適能力之研究—以台中市為例〉，逢甲大學都市計畫與空間資訊學系碩士班碩士論文，2017。
10. 盧鏡臣、陳永明、張志新、郭彥廉，〈臺灣在氣候及環境變遷下之淹水風險評估—鄉鎮層級的評估〉，國家災害防救科技中心，2009。
11. 郭士筠、陳永明、劉佩鈴、黃嫻蓁，〈氣候與環境變遷之災害衝擊風險評估與管理概念架構初探〉，2013臺灣災害管理研討會，台北市：社團法人臺灣災害管理學會，2013。
12. Anbalagan, R., and Singh, B., *Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains-a case study from Kumaun Himalaya, India*. Engineering Geology, 1996.
13. United Nations Disaster Relief Organization(UNDRO), *Natural Disaster and Vulnerability Analysis*, Geneva, Switzerland: United Nations Disaster Relief Organization, 1980.
14. United Nations International Strategy for Disaster Reduction(UNISDR), *Living with Risk: a Global Review of Disaster Reduction Initiatives: United Nations Office for Disaster Risk Reduction*, Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2004.
15. Adger, W. N., *Vulnerability*. Global Environmental Change, 2006.
16. Gallopin, G. C., *Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity*. Global Environmental Change, 2006.

感謝聆聽