

國立交通大學

環境工程研究所

博士論文

時空不確定性因素之選址決策分析

Temporal and Spatial Uncertainty Analyses for Landfill Siting



研究生：陳維燁

指導老師：高正忠教授

中華民國九十九年九月

時空不確定性因素之選址決策分析

Temporal and Spatial Uncertainty Analyses for Landfill Siting Decision

研究生：陳維燁

Student：Wei-Yea Chen

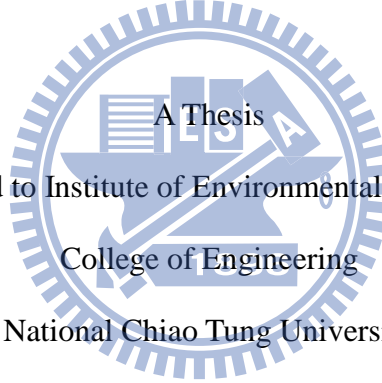
指導教授：高正忠

Advisor：Jehng-Jung Kao

國立交通大學

環境工程研究所

博士論文



Submitted to Institute of Environmental Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Doctor of Philosophy

in

Environmental Engineering

Sep. 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年九月

摘要

掩埋場場址選擇須考量很多法規準則及處理大量空間資料，以避免設置於不適當的地方，且應選擇對環境衝擊較低的地點，以降低風險。然而；如何依法規及準則篩選場址及如何由眾多場址中挑選出環境衝擊較低的場址是相當具有挑戰性的工作，尤其是環境衝擊具有時間與空間之不確定性，令掩埋場選址工作更為複雜，本研究因而發展一些決策分析方法與工具來改善選址。

判斷場址環境衝擊大小時，若數據具有時序隨機性且變動太大，則不宜單以平均值作為評估場址環境衝擊的依據。本研究因而結合馬可夫鏈法計算出事件的穩定發生機率及以模糊理論降低不確定性的影響，且結合地理資訊系統的空間分析功能，建立模糊馬可夫鏈選址方法。利用此方法示範如何由案例區初選場址中篩選出環境衝擊較低的場址。選址除了受時序不確定所影響，空間上亦具有不確定性，例如掩埋場所排放污染物在空間分佈上會受流體的流速與流向所影響，使污染物在不同方向上產生不同的濃度分佈，加上人口分佈不均，在各方向上造成不同的曝露風險衝擊。本研究因而採用空氣品質模式結合風向風速資料，建立各初選場址在各方向的污染濃度圖層，進而與人口密度圖層疊圖分析出各方向的風險圖層。依據各場址在各方向的風險值選擇場址，並結合地理資訊系統的空間分析功能，建立方向性風險選址方法。此方法可改善只考慮優勢流向的污染濃度大小的缺點，改善選址決策品質。

依據案例研究結果顯示模糊馬可夫鏈方法可辨識出較不容易轉換至高潛在風險的區域；而方向性風險分析則除了可辨識出高濃度高風險區域，亦可判斷出較低濃度但具有較高潛在風險的區域。所發展的方法在面對時間及空間的隨機性因素上可以較明確的表達各場址對周圍環境的衝擊大小，提供較適當的選址資訊改善選址決策品質。

Keyword: 掩埋場選址，模糊馬可夫鏈，方向性風險，空間不確定性，時間不確定性，永續環境系統分析

Abstract

During landfill site selection, a significant amount of spatial data with respect to various regulations, criteria, and rules must be processed, in order to avoid a site being built at an inappropriate location. An appropriate site should not have significant impacts on or risks to the surrounding environment. However, determining how to locate a site with low environmental impacts and risks is still a challenging task, especially when the temporal and spatial uncertainties of the environmental impacts and risks are considered. This study was thus initiated to develop methods and tools to deal with the uncertainties in making landfill siting decisions.

In evaluating a factor causing any environmental impact from a candidate landfill site, if the data for the factor exhibits significant temporal fluctuation or uncertainty, evaluating the factor based on its average value may be inappropriate and misleading. This study thus developed a method applying the Markov chain to evaluate the probability of occurrence and a fuzzy approach to reduce the effect of the uncertainty. The method was further integrated with the spatial analysis function provided by a geographical information system (GIS) for siting a landfill. This fuzzy-Markov-chain method was demonstrated by using it to select sites with low potential risks.

In addition to the temporal uncertainty, spatial uncertainties also exist for some siting factors. For instance, the distribution of air pollutants emitted from a landfill is greatly influenced by wind directions and speeds, causing different impacts depending on the direction and location. Exposure risks are also different for areas with different population densities. Therefore, this study applied an air quality model to simulate the pollutant concentration distribution and created a pollutant concentration layer for each direction of the candidate site. Then, a directional risk layer for each candidate site was produced from the pollutant concentration layer and the population density layer, using the spatial analysis function provided by a GIS. This directional risk method is expected to improve the quality of a siting decision and to avoid the problems that may arise from implementing a siting analysis primarily based on the prevailing wind direction.

The results obtained from a case study reveal that the fuzzy-Markov-chain method can identify sites with low potential risk. Furthermore, the directional risk method can identify both the areas with high concentration and high potential risk and the areas with low concentration but high potential risk. The proposed methods can deal with temporal and spatial uncertainties effectively and provide proper information for assessing the environmental impacts and risks posed by a candidate site. Consequently, the proposed methods are expected to improve the quality of a landfill siting decision.

Keyword: landfill siting, Fuzzy Markov Chain, directional risk, temporal uncertainty, spatial uncertainty, sustainable environmental systems analysis.

誌謝

寫「誌謝」大概都是書寫論文者絞盡腦汁所想出來的成果，對我這種人生走到了「理性」階段的人而言，實在不太能夠寫出一些太具有「感性」的誌謝詞，所以就用較不具「感性」的方式表達一下我的謝意。

首先承感謝高正忠教授悉心又具有耐心的指導，高老師的嚴謹治學，使我在博士學習歷程上獲益良多。口試委員廖述良教授、林明德教授、望熙榮教授、陳慶和教授與白曠綾教授撥冗費心審查，並提供精闢之建議，使本論文更臻完善，在此致上十二萬分的謝意。

更要感謝東海的同仁於我在就讀博士期間給予的幫忙及輔助，使得以能夠順利完成此論文。同時教育部所提供購買教學及研究設備的費用，提供我足夠的應用軟體教育學生外，亦經由這些應用軟體得以完成此論文，在此致上謝意。

最後感謝我的家人，有你們的幫忙及支持才得以完成它。此書呈獻給我最愛的親人及關心我的人！



陳維燁 謹誌於東海
民國九十九年九月

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
致謝	iii
目錄	iv
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章 前言	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的	3
1.3 論文內容	4
第二章 文獻回顧	5
2.1 掩埋場選址與地理資訊系統	5
2.2 馬可夫鏈	7
2.3 模糊理論	8
2.4 污染物擴散	9
2.5 掩埋場風險及評估方法	10
2.6 純量評估準則的方向性	14
第三章 研究方法	16
3.1 研究流程	16
3.2 確立初選場址準則與區域	17
3.3 時序隨機性選址因子分析方法	18
3.3.1 模糊馬可夫鏈時序分析模式	18
3.3.2 DRASTIC 地下水污染潛勢評估系統	18
3.3.3 馬可夫鏈運算	20
3.3.4 馬可夫鏈級數驗證	21

3.3.5	距離反比權重法	21
3.3.6	模糊化轉換機率	22
3.3.7	建立風險潛能圖層	24
3.4	空間方向性風險	24
3.4.1	確定初選場址中心座標	24
3.4.2	風向及風速估計	25
3.5.3	污染衝擊估算	26
3.5.3.1	ISC3 模式參數	27
3.5.4	方向性風險	28
第四章	案例研討	29
4.1	案例區簡介	29
4.2	資料收集整理	31
4.3	時序資料處理	33
4.4	空間資料處理	62
4.5	初選區域篩選原則	66
4.6	時序不確定性選址準則	68
4.6.1	傳統時序資料選址	68
4.6.2	模糊馬可夫鏈方法	73
4.7	空間不確定性選址準則	81
4.7.1	ISC3 空氣擴散模式	81
4.7.2	初選場址之模擬風場	85
4.7.3	初選場址之污染物擴散	89
4.7.4	方向性風險應用	93
第五章	結論與建議	103
5.1	結論	103
5.2	建議	105

參考文獻	107
附錄 A 模糊馬可夫鏈程式碼	118
附錄 B 方向性風險程式碼	140



表目錄

表 3.1	地下水水位分類.....	20
表 4.1	三鄉鎮目前使用中的掩埋場.....	29
表 4.2	研究區域面積、人口密度及人口增加率.....	30
表 4.3	GW1 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果.....	36
表 4.4	GW2 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果.....	37
表 4.5	GW3 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果.....	38
表 4.6	GW4 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果.....	39
表 4.7	GW5 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果.....	40
表 4.8	GW6 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果.....	41
表 4.9	GW7 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果.....	42
表 4.10	各測站 1972~2008 年地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果.....	43
表 4.11	不同時段地下水水位至地面距離(單位:m)的平均值.....	46
表 4.12	1972~2008 年各測站不同馬可夫鏈階數的 BIC 值.....	49
表 4.13	不同時段地下水位距地表距離之 DRASTIC 評比值.....	71
表 4.14	1972-1991 年各測站不同馬可夫鏈階數的 BIC 值.....	75
表 4.15	研究區域鄰近地區 1997 年及 2007 年每 100m ² 人口密度分佈.....	93

圖目錄

圖 3.1	研究流程圖.....	16
圖 3.2	專家系統結合地理資訊系統之選址流程圖	17
圖 3.3	模糊馬可夫鏈空間分析模式輔助掩埋場選址流程圖	19
圖 3.4	歸屬函數與轉換機率關係圖.....	23
圖 3.5	方向性風險評估方法流程圖.....	26
圖 3.6	初選場址污染擴散模擬計算區塊示意圖	27
圖 4.1	案例地區地理位置圖.....	30
圖 4.2	研究區域中的地下水位觀測站分佈及各測站 1972~2008 間 地下水位至地表距離(單位:m)的變化圖.....	32
圖 4.3	研究區域臨近的氣象測站位置.....	33
圖 4.4	測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離的全距分 佈圖.....	44
圖 4.5	模糊馬可夫鏈模擬計算之操作介面	46
圖 4.6	各測站 DRASTIC 的地下水水位至地表距離分類值(括弧內為 D 之評比值).....	48
圖 4.7	M1 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年.....	51
圖 4.8	M2 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年.....	52
圖 4.9	M3 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年.....	53
圖 4.10	M4 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年.....	54
圖 4.11	M5 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年.....	55

圖 4.12	M1 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年	56
圖 4.13	M2 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年.....	57
圖 4.14	M3 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年	58
圖 4.15	M4 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年.....	59
圖 4.16	M5 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年 (c)2007 年.....	60
圖 4.17	各測站 1997 年、2002 年及 2007 年之風花圖	61
圖 4.18	1988 年 6 月 1 日之地下水距地表距離等高線之模擬圖	64
圖 4.19	2008 年 10 月 1 日之地下水距地表距離等高線之模擬圖	64
圖 4.20	研究區域及周圍 3km 範圍的人口分佈圖(2007 年)	65
圖 4.21	掩埋場初選後的區域.....	67
圖 4.22	不同年代時段地下水水位距離地表 5m 以上之低風險潛能區 域	70
圖 4.23	不同時段地下水水位距離地表距離 3m 以上的區域，紅色圈標示 主要差異處.....	71
圖 4.24	不同年代時段 DRASTIC 方法中 D 的評比值為 7 的區域	72
圖 4.25	採用 1972-2008 年資料，不同初始狀態之第一次轉換的純量 基數等級化結果.....	76
圖 4.26	採用 1972-2008 年資料，不同初始狀態之第 240 次轉換的純 量基數等級化結果.....	77
圖 4.27	採用 1972-1991 年資料，不同初始狀態之第一次轉換的純量 基數等級化結果.....	78

圖 4.28	採用 1972-1991 年資料, 不同初始狀態之第 240 次轉換的純量基數等級化結果.....	79
圖 4.29	平均純量基數等級化結果.....	80
圖 4.30	初選適合場址地理位置圖.....	81
圖 4.31	模擬風場程式操作界面 1.....	82
圖 4.32	模擬風場程式操作界面 2.....	83
圖 4.33	受體點座標位置計算及 ISC3 輸入檔建立的操作界面	84
圖 4.34	執行 ISC3 程式的操作界面	84
圖 4.35	ISC3 模擬結果整合的操作界面	85
圖 4.36	部份初選場址及 1997 年與 2007 年之風玫瑰圖	87
圖 4.37	研究區域南端之初選場址及 1997 年與 2007 年的風玫瑰圖	88
圖 4.38	研究區域初選場址及 1997 年與 2007 年之污染擴散圖	91
圖 4.39	研究區域南端之初選場址及 1997 年與 2007 年的污染擴散圖	92
圖 4.40	研究區域鄰近區域人口密度分佈及場址編號圖	97
圖 4.41	研究區域初選場址及 1997 年與 2007 年之方向性風險圖	98
圖 4.42	研究區域南端之初選場址及 1997 年與 2007 年之方向性風險圖.....	99
圖 4.43	研究區域 1997 年與 2007 年 9、20 及 40 號場址之玫瑰圖、污染擴散圖及方向性風險圖.....	100
圖 4.44	研究區域 1997 年與 2007 年 88、156 及 168 號場址之玫瑰圖、污染擴散圖及方向性風險圖	101
圖 4.45	研究區域 1997 年與 2007 年 188、190 及 193 號場址之玫瑰圖、污染擴散圖及方向性風險圖	102

第一章 前言

1.1 研究緣起

雖然已有不少廢棄物處理方式，掩埋場仍是廢棄物最終處置場所 (Gupta *et al.*, 2003; Al-Jarrah *et al.*, 2006)。掩埋場的選址因為土地成本增加及周遭民眾的鄰避效應(Not In My Back Yard, NIMBY) (Lober *et al.*, 1994; Ham 1993; 劉, 97 年)，使得土地取得更加困難。Allanach (1992)及王(93 年)亦指出掩埋場址的選址因為民眾的環境認知提升使得法令規章日益嚴謹，造成掩埋場選址工作更加困難。為了改善選址分析的困難度，本研究因而建立輔助掩埋場選址的決策分析方法。

掩埋場選址過程一般可分為兩大步驟：首先初步篩選出一些符合條件的候選場址；其次進一步分析各初選場址的適宜性，包括評估環境影響的程度、判斷場址經濟/工程可行性及興建成本等問題(Charnpratheep *et al.*, 1997)，二個步驟都需要分析不少因子。初選場址需要滿足法規及相關準則，這些法規準則涵蓋環境層面、社會層面、技術/經濟層面中之多項因素(Kontos *et al.*, 2005)，要處理及分析這些大量的資訊需要經費與專業人才及人力，然而費用與專業人才往往有限甚至不足，早期的研究探討發展具有專家分析能力的選址系統來改善此問題。專家系統(Expert System)屬人工智慧技術，是一種結合人與機器系統的專業問題解決專家(Hushon, 1987)，且已應用於不少環境問題中(e.g., Damousis and Dokopoulos, 2001; Booty *et al.*, 2001; Cheng *et al.*, 2003; Wey, 2005; Ma *et al.*, 2008; Nasiri and Huang, 2008)。專家系統所確立的選址準則結合而具備空間及地理屬性分析功能的地理資訊系統(Geographical Information System, GIS)，來處理空間或平面關係的資料，以圖形化的方式顯示出適合興建場址的區域。

完成初步選址工作後，決策者將需要由數量眾多的初選場址中選出最適當的場址。面對此決策問題時，需要更詳細評估該場址對環境的污染潛能大小，如果直接採用環境資料的平均值進行判斷時，往往因資料的本身隨時而變的特性，並無法正確且有效的提供決策者該場址對環境所造成污

染潛能的資訊。例如地下水的污染潛能為例，傳統上對地下水的污染潛能常用 DRASTIC 模式(USEPA., 1985)來評估，評估時則採用測值的平均值為評估基準(Rahman, 2008)，以平均值為評估的方法極易受到極值的影響而失去代表性，同時也不易依據具有時序隨機性的測值資料評估環境的衝擊。本研究因而發展出可依動態準則分析環境衝擊的方法。

環境資料除了具有隨機性之外，還具有空間及時間分佈的不確定性。林(91年)曾指出不確定性是由於資訊缺乏所致，以環境資料而言，在調查工作上受限於人力及成本的限制，無法密集的設立監測站詳盡調查所需要的數據。監測頻率也是因相同的因素受限，而採用逐時、逐月或不定時的型態記錄，監測頻率愈長，則資料所顯示的資訊會具有較高的不確定性，Li *et al.* (2007)曾建議如果資料足夠詳細則可利用機率分析的方法來估計不確定性參數的分布，但當資料不足時則需利用模糊分析的方式來處理不確定性的問題。而在選址工作上常用到水文及氣象等環境資料，都由於上述原因，而具有不確定性的問題，因此本研究在利用監測頻率較長的环境資料於選址決策分析工作上時，以模糊分析方法來降低資料所產生的不確定性。

另外，在評估場址對環境的污染衝擊時，污染物會受流體傳輸方向的影響，傳統上評估者僅判斷主要的污染擴散方向的衝擊，而未考慮其他方向的污染擴散影響。場址的污染擴散受流向影響，並非只是特定在單一方向的衝擊，且流速大小亦會影響的濃度高低及傳輸距離的遠近(Sincero, 1996)，因此選擇場址時必須考慮該場址對所有方向的污染擴散情形。而僅考慮各方向之污染濃度作為評選場址的準則亦不太正確，因為低濃度的方向不一定具有較低的人口密度分佈，而在高擴散濃度的方向，也許正是人口密度較低的區域，其所造成的衝擊程度並不相同，為避免適切的分析衝擊程度，本研究因而發展方法分析各方向曝露風險，以作為場址篩選的主要條件之一，提昇選址決策的品質。

本研究主要以中部地區某縣市為案例研討對象，首先利用早期所建立

的專家系統將所收集到的選址相關準則建構出專家判斷規則，再以地理資訊系統建立符合這些規則的圖層，篩選出初選場址。再依苗栗地區的地下水位資料探討各初選場址對地下水的污染潛能及各種不確定性，並利用馬可夫鏈及模糊化的方式改善時間隨機性與不確定性的問題。再以所發展場址空氣污染方向性的風險來改善空間不確定的選址品質。研究方法及案例研討將在之後章節中詳細說明之。

1.2 研究目的

本研究主要目的是解決掩埋場選址過程中決策者常遇到一些主要問題，並發展出輔助掩埋場選址決策的方法。主要研究目的有：

1. 有效縮短初選場址的篩選時程：掩埋場的選址過程，往往因為需要分析及處理相當大量的資料，使得選址過程相當耗時。故本研究利用早期研究成果所選擇出的初選區域中，再進一步發展出篩選具有較低風險潛能場址的選址方法，有效的縮短選址的時間。
2. 發展方法分析具時序隨機性因子之風險潛能，以期改善選址決策品質：由於有些重要的選址因子具有時序隨機性，不宜用平均值評估，故本研究發展一個方法分析具時序隨機性選址因子的風險潛能，主要針對地下水水位示範所發展的方法，以往常以地下水位平均值來判斷場址對環境的風險潛能，但因平均值易受極端值的影響，故本研究採用非平均值方式來分析風險潛能。
3. 發展方法分析具空間性隨機性因子的判斷方法，以期改善選址決策品質：某些選址過程中需要考慮的因子，在空間上會受到流場的隨機分佈影響，使污染物在空間上產生隨機性的風險潛能。此部份主要針對空氣污染示範，以往常用盛行風方向的擴散污染濃度來判斷場址的風險潛能，但受到風速、風向的隨機性影響，高潛能風險的方向並非出現在盛行風的方向，故本研究發展一個方向性分析方法來評估不同方向的風險潛能。

1.3. 論文內容

本論文於之後章節中，第二章主要回顧掩埋場選址、馬可夫鏈、污染擴散、風險分析及純量評估準則的方向性等相關文獻；第三章說明研究流程與方法。最後第四章說明案例研討，第五章則為結論及建議後續研究方向。



第二章 文獻回顧

本章中主要回顧及討論與本研究相關的文獻，除了探討過去研究人員已有的相關研究成果，並探討本研究的必要性、可行性及重要性。內容包括掩埋場選址與地理資訊系統、馬可夫鏈、模糊理論應用、擴散模式、掩埋場風險及評比方法及純量準則評估的方向性，以下各節一一討論各主題之相關文獻。

2.1 掩埋場選址 與地理資訊系統

廢棄物管理中包括減廢、收集及清運、堆肥、焚化、掩埋及特殊廢棄物(UNEP, 2010)，掩埋場選址工作，需考慮數個相關因子，以提昇分析的正確性，同時降低對環境的衝擊。在缺乏地理資訊科技時，Reba(1988)指出，從初步選址到獲得操作許可花 2 至 3 年的時間，是相當正常的情形。選址工作的觀點，早期從技術論點的觀點，認為只要藉由工程設計來彌補場址所在地其他先天不足的條件，掩埋場可以設置在任何一個地方，場址選擇因子則以掩埋場的工程設計、對環境的衝擊程度及社會文化的接受度等(Zeiss and Lefsrud, 1996)。Reba(1988)也提出除工程因素外亦需考慮土地的使用與取得、地下水的保護、對飲用水的保護、對地面水的保護及瀕臨絕種與滅亡的生物等因子。而因子的選擇逐漸關注考慮到最低的民眾健康風險及對自然環境產生最低衝擊的觀點(McBean *et al.*, 1995)。美國環保署掩埋場法規(U.S. EPA, 1992)為了避免掩埋場的飛鳥影響飛航安全，限制機場鄰近地區設置掩埋場，同時亦考慮包括洪水平原、溼地、斷層地區、地震帶及不穩定地區亦不準設置。近年來則因為科技的進步，模擬計算功能的提昇，如地下水水質、易入滲區域、空氣品質指標或敏感區域這類需要數值計算的指標也納入選址考量因子(Sumathi, 2006)。

面對眾多的選址因子，層級分類方法則提供便利的因子分類及分析的方法，Zyma (1990) 以層級分類選址因子的方法主要將所有選址準則分為環境因子，社經 (socio - economic) 因子，與場址特性 (site - specific) 因

子三大類。環境因子中考量重要的經濟性區域、洪水平原、噪音、空氣品質、地下水，主要的保護區域、土壤，表面水及地質等準則；社經因子則考慮交通情況、視覺、土地使用、區域規劃、文化資源、農業區及土地取得等準則，至於場址特性因子則包括場區大小，與已存在的能源設施的距離、廢棄物運送成本、與廢棄物處理場的距離、至高速公路的通達性、供水的便利性、廢水處理的便利性、人口密度、飛航管制區對煙囪高度的限制及土地權屬等準則。

評估場址方式因科技的發展由早期圖估法(overlay)、明細表法(checklist)及矩陣法(matrix)等(林，77年)，演變至近年來因地理資訊系統的開發，應用此工具已成為選址工作上不可缺乏的工具。地理資訊系統可提供大量的空間資料處理的能力，便於分析師篩選出適合的場址(Siddiqui, 1996; Leao *et al.* 2004)。在地理資訊系統應用於選址工作上的優點大致的有：(Sumathi *et al.* 2008)

- 經由設定的篩選準則，選擇出適合的標的區域
- 區域劃分及緩衝帶的設定
- 可建立「假使…如果」(what if)的資料分析、調查因地區發展潛在差異的情境及重要選址因子的改變等等。
- 處理並連結大量的複雜的地理資料
- 圖示化的結果顯示

這類運用地理資訊的功能，結合最佳化模式可選擇出較低成本的場址(林，88年; Kao *et al.*, 1997; Sener *et al.*, 2006)。而選址面臨眾多因子的評比問題，曾(90年)，Vatalis and Manoliadis (2002)、Kontos *et al.* (2005)及 Al-Jarrah and Abu-Qdais(2006) 利用地理資訊系統的功能，建構各篩選因子的地圖，再利用多準則評估方法來進行選址分析，最後以地理資訊系統顯示出選址結果，這類方法的差異則在於設定評選因子的方法，主要的考量在於因子受時空影響的因素，如 Zamorano *et al.* (2007)將選址因子分別計算機率值，進而以多評準的的方式進行選址。而選址過程中的因子所具

有的不確定性因素，在選址分析上亦會應用模糊化地理資訊系統(Charnpratheep *et al.*, 1997)或模糊化因子並結合地理資訊系統的應用(曾，90年; Chang *et al.*, 2008)。

2.2 馬可夫鏈

在評選場址的工作，是希望能夠用較簡易快速的方法來判別出評選區域的潛在風險高低區域。以地下水的污染潛能為例，直接分析地下水水位的高低可說是相當簡易的方式，但面臨地下水水位時序變動的影響，本研究採用分析地下水水位變動至高水位時接觸到掩埋場滲出水的機率來判別各區塊的潛在風險。馬可夫鏈(Markov Chain)的模式是一種動態模式，基本上，馬可夫鏈是由兩種元素所組成：一是可能的狀態，一是不同狀態間的轉換機率，兩種元素以矩陣相乘模擬計算出在可能狀態的條件下各種狀態間會發生的機率(Minkoff, 1993; Muller *et al.*, 1994; Lein, 1989)。在動態系統中可利用序率模式(stochastic model)來加以模擬，馬可夫鏈經常運用在分析隨時間變動的議題，探討健康市場佔有率(張，93年)及景觀變遷(林，90年)的轉變現象，馬可夫鏈較常運用在分析土地利用變遷的問題上(丁，86年)。在環境變動的現象中，Ünlü (1994) 及 Hamed *et al.* (1995)曾利用隨機模式來模擬污染物在土壤及地下水中的擴散情形，地表下因為地質不均因素的影響，因此污染擴散情形變成隨機性，因此在推測污染擴散的模式上，因為污染物的擴散有隨机的特性，Cai *et al.* (1996)以馬可夫鏈的方法解決傳統擴散模式在推估地下水污染擴散時的隨機性問題。Weigand *et al.* (2001)利用馬可夫鏈的方法分析 PAH(polycyclic aromatic hydrocarbons)污染物地下水水體的隨機擴散現象，實際測量該污染的擴散濃度與馬可夫鏈模擬結果兩者比較，提議用簡單的馬可夫鏈模擬來取代成本較高的 deterministic 3D 模擬。除地下水水質的推估，Zhang (2007)有效的利用馬可夫鏈推估 phenanthrene 在黃河地區的蘭州流域的濃度變化過程，Ma *et al.*(2008) 亦利用加權馬可夫鏈的方法，模擬計算湖水水質的轉變，馬可夫鏈的運用近年來更發展至推估微生物生長代謝的領域(Julius *et al.*, 2008)。地下水水位時

序性隨機變動的狀態，在評比潛在風險時往往造成分析師的困擾，本研究嘗試運用馬可夫鏈的適宜處理隨機性資料的特性，建立地下水不同狀態間的轉換機率，進而推測地下水轉換至高水位產生高污染潛能的機率，來分析適合的興建場址的區域。

2.3 模糊理論

模糊理論(Zadeh, 1965)提供了一個表達相似、不確定性及偏好這類情境的合理解釋架構，有效的表達出不清楚的範圍，如果以 0 與 1 來表示絕對錯誤與絕對正確，則介於 0~1 中間的含糊不清的狀態，模糊邏輯是可以有效的以數字方式來加以形容、說明(Iliadis, 2005; Makropoulos and Butler, 2005; Marsili-Libelli, 2004; Ross, 2004)。模糊理論非常適合用來分析或計算一些不確定的狀態，解決面臨不確定性問題時的決策及評估的問題(Fila *et al.*, 2006; Koutroumanidis *et al.*, 2006; Ma *et al.*, 2006; Fleming *et al.*, 2007)。在模糊理論的應用上，Huang(1996)利用於天然界災害的推測，Zadeh(1994)更比較模糊及布林方法於地理資訊系統的圖形化模擬農地與都市土地轉變的過程，而證明利用模糊邏輯方法所推論結果較為可信。Warmerdam(1994)也利用線性模糊歸屬函數(fuzzy membership function)來選擇危害性廢棄物場址。歸屬函數主要是為了解決在「0」與「1」、「確定」與「不確定」或是「真」與「偽」間的狀態，在模糊邏輯中可以用「相信的程度」來形容，在模糊集合中以 \tilde{A} 來代表一個物件的歸屬程度(Zadeh, 1965)。

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x))\} \quad (2.1)$$

式中 x 表指定的物件， $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 為歸屬函數。歸屬函數的值介於 0~1 間。因此可以說 x 屬於 \tilde{A} 的程度為 $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ，反之 $1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$ 則代表 x 不屬於 \tilde{A} 的程度。在歸屬函數中可利用 α -cut(α -level set)來將所有物件的歸屬函數等於或大於 α 值的集合篩選出來(Klir, 1988)。

$$A_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (2.2)$$

最後將所有物件經過 α -cut 計算過後的結果，可經純量基數 (scalar cardinality)； A ，獲得具有代表所有物件屬性的單一數值 (Klir, 1988)。

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x) \quad (2.3)$$

所以可以利用模糊歸屬函數的方法來決定轉換至高水位的機率何者具有較高的污染潛能，並運用純量函數來等級化各區域的潛在風險。

2.4 污染物擴散

在空氣污染物傳遞的過程中，風扮演著相當重要的角色，風的方向會決定污染物傳遞至下風處造成下風處的污染 (Shirvaikar *et al.*, 1969; Singer and Nable, 1970; Saral *et al.* 2009)，風速更是決定污染物傳遞距離遠近的重要因子，Murano, *et al.* (1998) 就曾提出因強烈西北季風 (風速 13.5m/s) 的影響使污染物由亞洲大陸傳遞至太平洋地區，而在計量污染源對民眾所造成的健康損失時，Thanh and Lefevre (2000) 亦提出風向風速是計量健康損失的一個相當重要的因子。污染物傳遞及擴散受風向與風速的影響，風速則扮演擴大污染範圍的角色，風速大時雖然具有較佳的擴散能力 (Honaganahalli and Seiber, 2000)，但是在風速大的情況只是將污染物擴散至距離污染源較遠的地方而已，也就是受污染者除污染源附近民眾，同時距離污染源較遠的民眾亦會受到污染物的影響。而一般的選址工作往往只要求在廢棄物處理及處置場鄰近地區的居民越少則是越佳的場址，忽略了因為風速決定的污染物由污染源傳遞的距離 (Abdul-Wahab, 2006)，風速大時掩埋場所造成影響的範圍將會更廣。在風向的部分，因為方向的不同，污染物被傳遞的方向就會不同，住在掩埋場上風處的居民就較下風處的居民承受較低的污染暴露量。同時 Reiss and Griffin (2006) 指出風向、風速亦會因空間位置的不同而有變化，Coutinho *et al.* (1998) 就曾提出如果使用單一測站的氣象資料來模擬污染物擴散的狀態會因為空間的因素，使主流風向改變而造成模擬時存在有不確定性的錯誤。

而風向與風速不一致的特性，使得不一定在固定的風向上存在有高風

速的情況，同樣的污染物擴散較差時也可能發生於任何一個方向。若以盛行風向來決定污染的方向，則必須先要繪製風向玫瑰圖，玫瑰圖的繪製是將各個風向的風速分成四至六個等級，同時記錄各個風向不同風速等級發生的次數，次數較多的方向即為盛行風向，但是在非盛行風向上卻往往是風速較低，污染物較不容易擴散，如果僅考慮盛行風向上的污染衝擊則其他非盛行風方向的高污染衝擊將被忽略，如果恰好在盛行風下風處的人口數稀少，在計算曝露風險時變有可能選擇到錯誤場址。對相同排放量的污染源而言，不同的風向風速會將污染物擴散到不同的距離與不同的方向，不同的場址因為地理位置的不同產生不同的風向與風速，如果不考慮各方向性的風險則無法正確的說明污染衝擊的狀態。因此本研究將風向與風速納入考量並分析方向性風險以改善掩埋場場址選擇的決策品質。

然而，單以風向風速的分佈，不能直接表達出污染物擴散後的濃度分佈 (Eggleton, 1969)，進而不易清楚的描述出露曝地區的風險狀態。故有必要採用空氣品質模式模擬推估場址周圍的污染物濃度。本研究採用 ISC3 (USEPA, 1995) 擴散模式進行模擬工作，ISC3 是空氣品質模式中常用的模式 (Sivacoumar *et al.*, 2001; Schuhmacher *et al.*, 2004; Abdul-Wahab, 2006)，常用來計算污染物擴散至地表時的污染物濃度，可模擬點源、面源及體源的污染擴散結果。Lorber *et al.* (2000) 運用 ISC3 模式及 10 年的觀測值比較，證明 ISC3 可以有效的預測工廠經由大氣擴散至地面時的 dioxins 濃度。Rama Krishna *et al.* (2005) 使用 ISC3 預測面排放源對鄰近地區的影響，預測結果與實際監測值相當接近。ISC3 簡易且有效的優點，因此本研究以此模式作為模擬計算掩埋場空氣污染擴散的工具。

ISC3 模式需要前述的風速風向資料，然而由於場址一般並未設置氣象站，必須依據鄰近的氣象測站的資料來推估所需要的氣象資料。本研究因而以 Draxler (1979) 內差法推估，該方法所得的推估結果可滿足 ISC3 模式的需求。在得到污染物分佈的結果之後，再依據不同方向及不同人口密度分佈計算風險值的高低，以作為選址決策的依據。

2.5 掩埋場風險及評估方法

掩埋場造成風險來源為滲出水及空氣污染擴散，滲出水的污染物較常被討論的污染類別除一般性的有機污染物外，具有毒性的物質有重金屬及近年來所探討的新興污染物(emerging contaminants)。掩埋場重金屬的來源的因素為掩埋飛灰(Hung *et al.*, 2009)、不分類掩埋(Chai *et al.*, 2007)及已封閉之掩埋場(Chen and Liu, 2005)。掩埋場所排放的空氣污染物除了甲烷及二氧化碳以外其餘還包含多種微量具揮發性的氣體，這些氣體對環境及人類的健康都有影響(Lytwynyshyn *et al.*, 1982; Karimi, 1983; Wood and Porter, 1986)。Shen *et al.* (1990) 也提出掩埋場排放的 VOCs 有致癌的風險，此外 Vrijheid (2002) 也提出靠近有害廢棄物掩埋場的民眾有較高染色體先天異常(chromosomal and congenital anomalies)的風險。近年來的新興污染物亦會由掩埋場的滲出水中發現(Slack *et al.* 2007)。而掩埋場空氣污染除揮發性有機污染物帶來的風險外，掩埋場偶發的火災所產生的大量有機污染物排放，亦造成掩埋場鄰近地區的潛在風險(Wichmann, *et al.*, 2006)，同時這類意外發生的火災，會產生高毒性的 Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) 影響的範圍可達 5km (Vassiliadou *et al.*, 2009)。

掩埋場對鄰近地區所產生的風險評估大致分健康評估及潛在性風險評估兩種方法。對於健康風險評估，則有依據掩埋場排放的污染物質，為致癌性及非致癌性的風險分別探討，致癌性風險的公式為(Durmusoglu *et al.*, 2010)：

$$\text{Cancer risk} = I * \text{CPF} \quad (2.4)$$

其中 I 表每日吸入量($\text{mg kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$)，CPF(carcinogen potency factor)為低曝露量下的劑量-反應曲線斜率值，單位為吸入量的倒數，為($\text{mg kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$)⁻¹。

非致癌性的風險則由危害比率(HR, hazard ratio)而得，非致癌性風險的

公式為(Durmusoglu *et al.*, 2010)：

$$\text{Non-carcinogenic hazard index (HR)} = I / \text{RfD} \quad (2.5)$$

其中 RfD(reference dose)為參考劑量，單位為 mg/kg-day，即不會引發人體負面健康效應的劑量。

而吸入量則需考慮曝露頻率，持續曝露時間、受體體重及平均時間等，計算式為(Durmusoglu *et al.*, 2010)：

$$I = \frac{C \times CF \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (2.6)$$

其中：

C：污染物濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CF：轉換因子($\text{mg}/\mu\text{g}$)

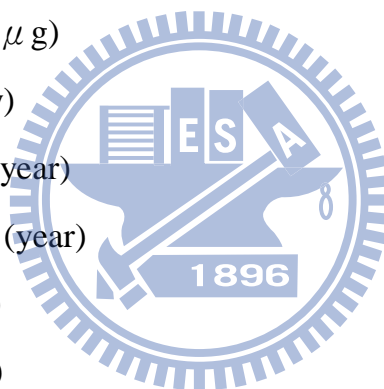
IR：呼吸量(m^3/day)

EF：曝露頻率(day/year)

ED：持續曝露時間(year)

BW：受體體重(kg)

AT：平均時間(day)



美國環保署建議標準值為體重以 70kg 計算及呼吸量則以 20m³/day 估算。Durmusoglu *et al.*, (2010) 即利用此方法針對掩埋場工作的人員計算 benzene, toluene, ethylbenzene 及 xylenes 的曝露風險，指出 benzen 的致癌風險較 US EPA 的標準低，而 toluene、ethylbenzene 及 xylenes 的非致癌風險分別為 0.015、0.014 及 0.195 皆低於 1，亦證明鄰近地區受這些物質產生致癌及非致癌風險相當低。Mari *et al.* (2009)則將上述計算的各項元素，加入蒙地卡羅模擬方法降低不確定性來評估飛灰掩埋場對鄰近地區民眾的健康風險。

潛在性風險評估的觀念運用在掩埋場評估的另一種方法為將影響的因子以等級評估的方式來評比潛在的風險。Rapti-Caputo *et al.* (2006)發展

一掩埋場風險評估方法，考慮的評比風險的項目有(1)潛在的廢棄物輸入率(2)使用滲出水收集系統(3)廢棄物的種類；一般都市廢棄物、惰性廢棄物、具危險性廢棄物及不具危險性之棄物(4)垃圾物理性質及其含水率(5)廢棄物的狀態(生物可分解、好氧性及兼氣性)，以評量穩定性的型態(6)掩埋場的監測系統(7)廢棄物的最終處置準則(8)最終覆土種類及植被型式。針對每個評比風險項目建立權重，同時依據各評比風險項目的程度給予不同的降低程度，由權重乘上降低程度建立起危險指數作為評量掩埋場風險的方法。Méndez *et al.* (2008) 利用類似的觀念考慮地面水、地下水、大氣、土壤及人類健康的層面建立環境掩埋場相互作用指標、環境風險指標、環境價值及污染機率等指標來評斷現有掩埋場對環境的衝擊及同此方法來規劃新的掩埋場。

2.6 純量評估準則的方向性

有許多物理量存在有方向的特性，如聲音在環境中的傳遞現象，而評估潛在風險或對環境衝擊時往往容易忽略方向性因素的影響。對純量準則而言，方向性往往被形容成為有益或有害，如 Tetteh *et al.* (2004) 則是以正衝擊表達健康衝擊減緩，而負衝擊方向則是在表達健康衝擊愈趨嚴重。探討衝擊的方向性主要因污染物的傳送時必須要經過流體作為傳輸介質，流體的流動即具有方向性，此即為污染衝擊方向。以河川的污染衝擊而言，河川低流量是在管理水量和水質的水資源的因子為重要的水力特性，河川的流量受流域的特性影響，Saghafian (2009)利用 Visual Basic 與 GIS，由 DEM(Digital elevation model)的資料獲得各網格點的流域的水流方向及其他相關參數，建立了河川水利的多變量迴歸模式。Kontos *et al.* (2005)提及地下水的流速變化大，少則每天數公分大則可達到 10m/day，因此如果要以此來作為判斷地下水的潛在風險是相當困難的，在多評準選址過程中的地下水因子，採用在地下水流動的各方位角來標示地下水緩衝區域，方法是依據場址與水源的上游及下游的距離劃分等級，在各場址各方向上標示不同的等級來表示緩衝區域。Kress *et al.* (2004)分析棄置污泥場的排放口

附近底泥的 Hg、Cd、Cu、Zn 及 Pb 發覺濃度只有在偏北方呈現較高的情況。這說明地下水或地面水的污染擴散對環境的衝擊是具有方向性的。

在空氣污染方面，風向是主導污染擴散方向的主要因子，因此在評比空氣污染對環境的衝擊時，風向扮演著相當重要的角色。Kontos *et al.* (2005) 在評選場址時氣象因子則是以各場址風向在各方向上發生的頻率來作為評比衝擊等級。空氣污染物的傳輸也與水體污染物的傳輸現象雷同都具有方向性。Tasdemir *et al.* (2004) 指出空氣中的 PCBs 物質的濃度是受到風向、氣溫及降雨的影響，而風向的影響是主要的因素。Schauberger *et al.* (2006) 在進行臭味溢散研究時，指出主流風場上的居民相對較高風速區域的居民易感受到臭味，而風場過於頻亂；如地形的影響，則感知的能力有較大的變化。Ainslie and Jackson (2009) 在探討評選適合的燃燒場址時，指出在適合的風向條件下，在某些場址是可以獲得較低的污染衝擊，此點說明了風向亦是影響污染衝擊的一大主因。



第三章 研究流程與方法

本研究所發展的輔助掩埋場選址決策分析工具主要包括地理資訊初選專家系統、模糊馬可夫鏈輔助選址方法及方向性風險輔助選址方法三大部分，以下首先說明整個研究流程，然後說明掩埋場準則及地理資訊系統，前者是所有研究的基礎，而後者是本研究使用的主要工具之一，之後再一一詳述專家系統及二個方法的內容。下一章將進行案例研討，示範及探討所發展工具之實用性。

3.1 研究流程

本研究流程圖如圖 3.1 所示，主要分為資料收集、確立初選場址準則與區域、模糊馬可夫鏈選址方法及方向性風險選址方法等。以下一一摘要說明之：

- 一、資料收集：除了收集國內內容相關文獻，亦收集案例區之氣象、水文資料以利於進行後續選址工作，這些數據亦用以執行方向性風險及模糊馬可夫鏈選址模擬方法。
- 二、確立初選場址準則與區域：依據之前與學弟共同研究所建立的地理資訊初選專家系統方法所得結果，確定初選場址準則及區域。
- 三、模糊馬可夫鏈時序選址方法：此方法主要用於初選場址之篩選。以某選址因子的平均值作為判斷衝擊程度的標準並不太適用於具有時序隨機性的因子，且易受少數極端值的影響，本方法因而以動態機率的觀點來分析這類的選址因子，計算潛在環境風險的轉換機率，以轉換至高潛在風險機率高區域作為高敏感區，本方法分為模糊馬可夫鏈選址方法中包括馬可夫鏈運算、馬可夫鏈級數的驗證、模糊化轉換機率及建立風險潛能圖層等四個子步驟，各步驟內容請將於 3.4 節中詳細說明之。

- 四、空間方向性風險選址方法：主要是用於分析具有空間性不確定性的選址因子，及用以進一步篩選初選場址。亦改善傳統評選場址時僅以流場主流方向評估環境衝擊的缺失。本方法分為確定各初選場址中心座標、模擬計算各方向流體之流速、模擬計算各方向擴散污染物濃度、建立污染擴散圖層及建立方向性風險圖層等五個子步驟，各步驟內容將於 3.5 節詳細說明之。
- 五、案例研討：案例研討區域為中部某縣市之鄉鎮，分別以 I、II 及 III 代表，主要應用及示範本研究所發展方法在該區域進行選址，以模糊馬可夫鏈方法探討研究區域中地下水水位轉換機率，選擇出低敏感區域的場址。方向性風險方法則以模擬場址的空氣污染擴散對場址四周各方向所造成的風險作為選址的依據。亦依據所得結果討論為何所發展方法可改善掩埋場選址決策品質。

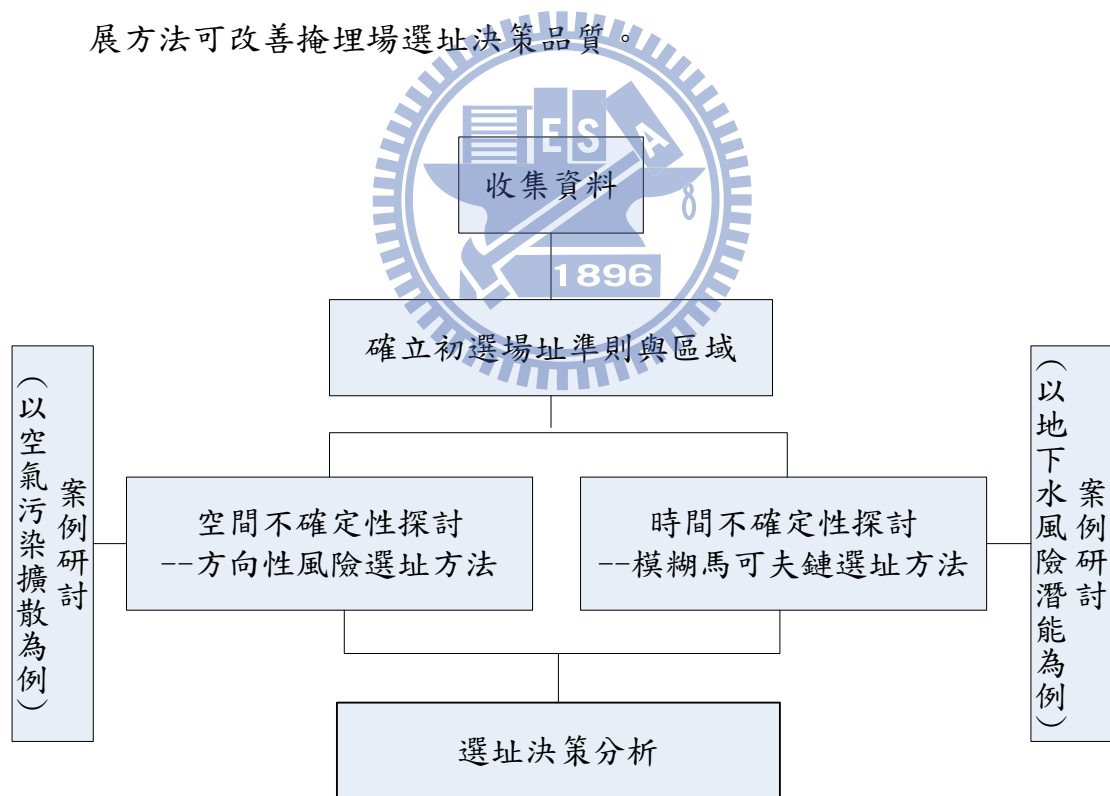


圖3.1 研究流程圖

3.2 確立初選場址準則與區域

由早期所發展之地理資訊初選專家系統 (Kao *et al.*, 1996; Kao *et al.*, 1997; 郭, 83 年), 專家系統的篩選程序如圖 3.2 所示。輸入選址的環境、社文及工程/經濟的限制條件, 篩選出符合條件的初選區域。

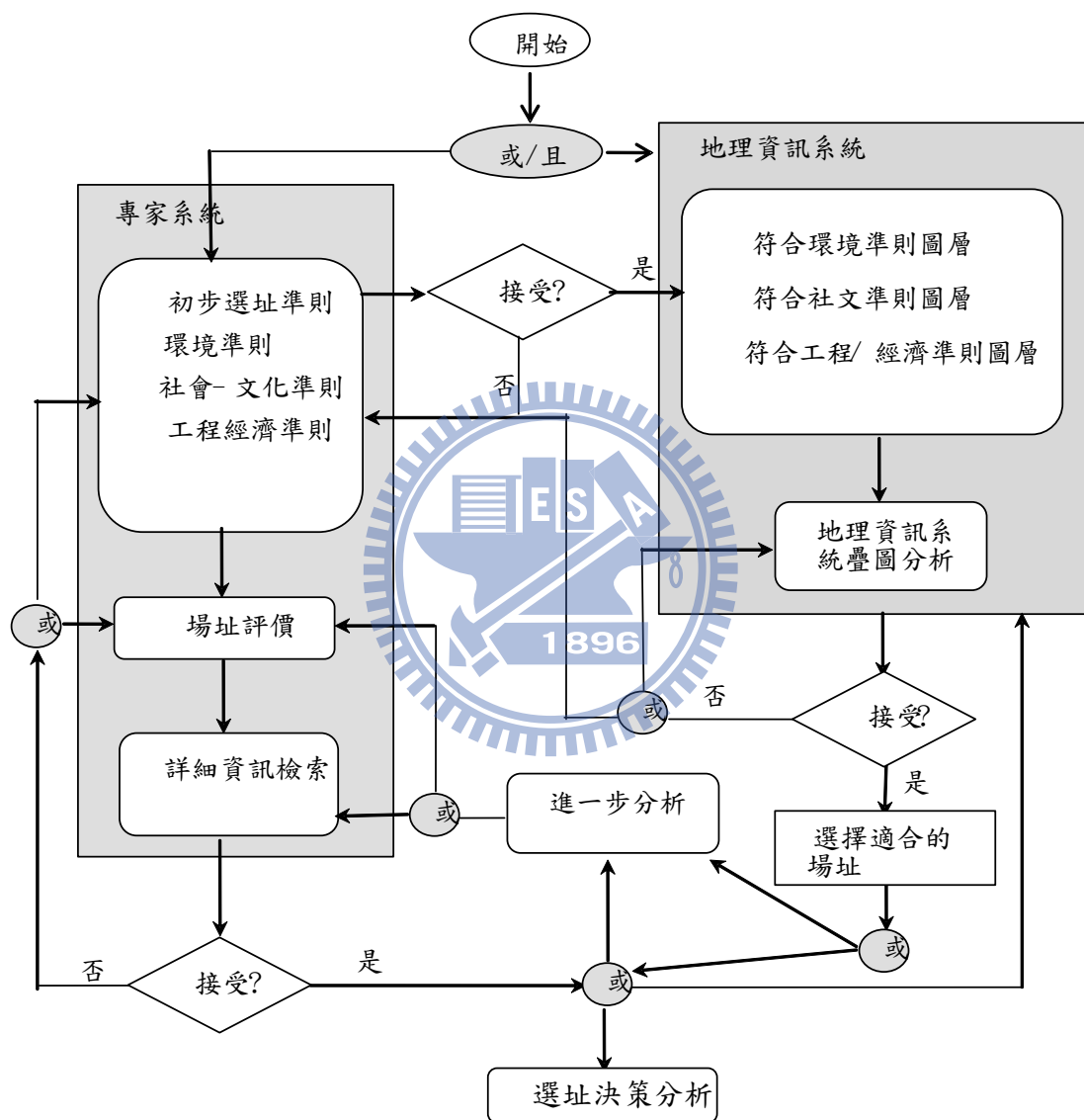


圖 3.2 專家系統結合地理資訊系統之選址流程圖

3.3 時序隨機性選址因子分析方法

本研究的重點在於改善目前選址因子在時間上因為隨機性的現象產生決策判斷的困擾。選址所需要的水文或空氣資料，在運用時往往會以平均值的方式作為整體數據的代表，這種方法無法有效代表極端值的環境衝擊現象。以地下水水位而言，廢棄物掩埋場的滲出水造成地下水的污染潛能風險判斷方法。在滲出水造成地下水的污染潛能判斷上，傳統上是以地下水水位的高低來決定，較高的地下水水位會有較高的機率受到滲出水的污染，但是地下水水位並不會靜置在同一高度，而是隨時間而變，本研究即利用馬可夫鏈的方法來評估地下水位的動態變化。此部份主要分為馬可夫鏈運算、馬可夫鏈級數的驗證、模糊化轉換機率及建立風險潛能圖層等四個子步驟。

3.3.1 模糊馬可夫鏈時序分析模式

馬可夫鏈主要功能是計算事件轉變至某一狀態的機率，利用此方法計算隨機性選址準則中轉換至高風險狀態的機率，進而依據此機率作為輔助隨機性選址因子的判斷準則。本研究以地下水為例，圖 3.3 為研究流程。

3.3.2 DRASTIC 地下水污染潛勢評估系統

DRASTIC(1985)系統為美國環保署(U.S. EPA.)所建立的地下水污染潛能評估方法。DRASTIC(1985) 評估系統考慮七項水文地質參數，分別為地下水距地表深度(Depth to groundwater table)、淨補注量(net Recharge)、含水層介質(Aquifer media)、土壤介質(Soil media)、地形(Topography)、透氣層介質影響 (Impact of vados zone media)、水力傳導係數(hydraulic Conductivity)等，取各項參數具代表性之英文字母結合即為 DRASTIC。在本研究中參考 DRASTIC 系統中的地下水距地表深度(D)的分類標準將地下水資料分為 7 個狀態；見表 3.1 所列，作為馬可夫鏈的 7 個轉換狀態。

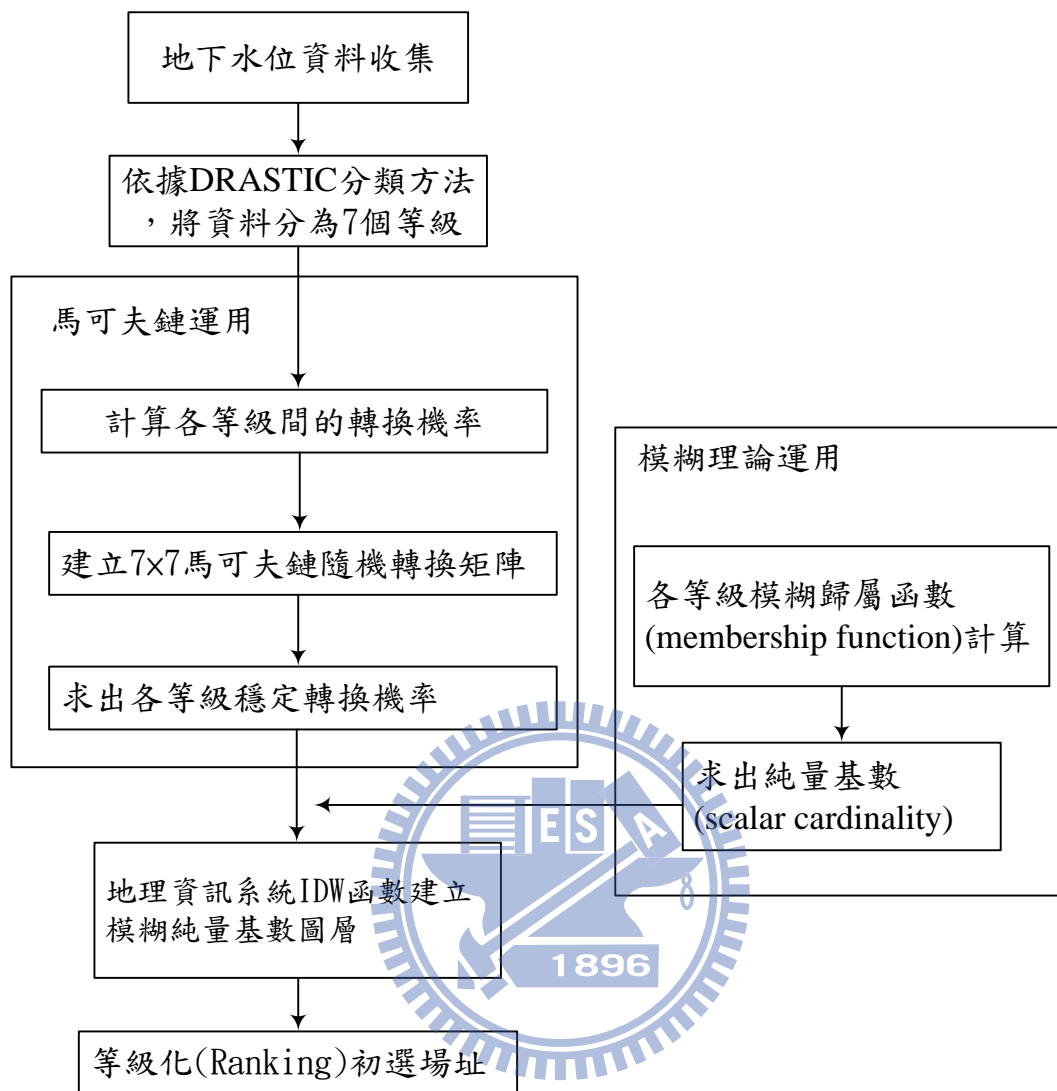


圖3.3 模糊馬可夫鏈空間分析模式輔助掩埋場選址流程圖

表 3.1 地下水水位分類

地下水位距地表的深度 (meters)	評比(Rating) D(DRASTIC)	狀態
0-1.5	10	1
1.5-4.5	9	2
4.5-9	7	3
9-15	5	4
15-22.5	3	5
22.5-30	2	6
30+	1	7

3.3.3 馬可夫鏈運算

馬可夫鏈的序率矩陣(stochastic matrix)為狀態轉換機率矩陣(Jain,1992 , Ma et al., 2008) , 可以下列矩陣表示 :

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

其中 p_{ij} 表各狀態間的轉換機率 , 且

$$p_{ij} \geq 0 \text{ for all } i, j$$

及

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1 \text{ for } i = 1, 2, 3, \dots, n$$

將具時序隨機性的資料分類為 n 個狀態 , 分別求出各狀態間的轉換機率 , 依據這些機率建立 $n \times n$ 階的馬可夫鏈狀態轉換機率矩陣。計算馬可夫鏈的各轉換過程需要先假設初始狀態機率矩陣 , 該矩陣為列矩陣表示為 :

$$P(0) = [p_1(0) \quad p_2(0) \quad \cdots \quad p_n(0)] \quad (3.2)$$

式中 $p_i(0)$ 表示假設第 i 狀態的初始機率，且

$$\sum_{i=1}^n p_i(0) = 1 \quad (3.3)$$

馬可夫鏈的第一次轉換計算式為：

$$P(1) = P(0)P \quad (3.4)$$

如果為 n 次轉換的計算公式則為：

$$P(n) = P(0)P^n \quad (3.5)$$

3.3.4 馬可夫鏈級數驗證

但是對於所研究的各狀態間的轉換，是否符合一階或是更高階的馬可夫鏈的轉換，須以下式計算 BIC 值(Guttorp, 1995)判斷馬可夫鏈的轉換階數：

$$BIC = 2 \sum m_{ij} \log P_{ij} - k \log n \quad (3.6)$$

其中 m_{ij} 為由狀態 i 轉換至狀態 j 的資料筆數； p_{ij} 為由狀態 i 轉換至狀態 j 的轉換機率； $k=(d-1)*d*L$ ； d 為狀態個數； L 為馬可夫鏈階數； n 為所有的資料筆數。

將不同階數的數值代入 L ，所求得最大 BIC 值的階數即為最適合用來分析的馬可夫鏈階數。確認最適合的馬可夫鏈階數後，以馬可夫鏈分析各個測站的隨機性資料轉換至不同狀態的機率，再經由 ArcView (ERSI, 1996b)所提供的距離反比(Inverse Distance Weighted, IDW)函數推算出研究區域分佈的轉換機率值。

3.3.5 距離反比權重法

IDW 是利用它鄰近的已知點之數值來進行加權平均值的運算，權重大小則是依照距離遠近來計算，愈遠離已知值的網格其數值愈不受已知值的影響。公式如下(Roberts, 2004)：

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) \quad (3.7)$$

$$\lambda_i = [d(s_i, s_0)]^p / \sum_{i=1}^n [d(s_i, s_0)]^p$$

其中

$Z(s_0)$ 為在 s_0 位置欲估計的濃度。

$Z(s_i)$ 為在 s_i 位置已知的濃度。

λ_i 為權重值。

$d(s_0, s_i)$ 是 s_0 到 s_i 的距離(m)。

p 為冪次。

n 為已知濃度之資料點數。

在 ArcView(ERSI, 1996b) 中有三個參數控制項，由使用者輸入，分述功能如下：

選擇臨近點的計算方式：可選擇最靠近格點方式(Nearest Neighbors)或固定半徑方式(Fixed Radius)兩種計算，以最靠近格點方式計算時需選擇由多少鄰近資料(No. of neighbors)來推估。採用愈多的鄰近資料，則推估的結果會較無異常(anomaly)。固定半徑方式計算則需輸入計算半徑大小。

冪次(power)：冪次較高則臨近點對估算點的數值影響較大，反之則臨近點對估算值的推論結果影響較小。因此設定較小的冪次易造成各網格的數值差異較大。ArcView(ERSI, 1996b)的預設值為 2。

障礙物(barrier)：點源估算則設為無障礙物(no barrier)。

3.3.6 模糊化轉換機率

由於選址無法直接依據這些轉換機率值篩選場址，因為不同狀態即使其轉換機率相同時並不代表具有相同的污染潛能，一般高水位間的轉換或是由低水位轉換至高水位具有較高的污染潛能，因此要將各種不同狀態的轉換機率合併成單一函數且該函數可以有效的說明污染潛能的現象，同時

隨機性資料有可能因為監測次數不足或時距太長而具有不確定性。本研究因而以模糊理論的歸屬函數(membership function)解決，模糊集合 A 的歸屬函數 μ_A 為 (Klir and Folger, 1988; Enea and Salemi, 2001)：

$$\mu_A : X_i \rightarrow [0, 1] \quad (3.8)$$

歸屬函數表示在集合中元素在某一範圍的歸屬程度，歸屬函數值愈大表示具有較大的歸屬程度，Siqueira Campos Beclin and de Mello (2006) 提出大多數的決策因子都具有模糊性，並不適合以固定的數值來表示該變數的狀態。Wenger and Rong (1987)亦指出在決策過程中因子經過模糊化的計算後將可減少不確定性。

首先建立轉換機率的歸屬函數，訂定歸屬函數如下列方程式，設定歸屬函數與地下水水位的類別有關，不同類別屬性會有不同的歸屬函數。圖 3.4 為歸屬函數值與轉換機率關係圖。

$$\mu_A(p_i) = \begin{cases} 1 & p_i \leq 0.1 * i \\ [(0.1 * i + 0.1) - p_i] / 0.1 & \text{where } 0.1 * i < p_i \leq (0.1 * i + 0.1) \\ 0 & p_i > (0.1 * i + 0.1) \end{cases} \quad (3.9)$$

其次利用 ArcView(ERSI, 1996b)的 Map calculation 函數將各狀態轉換機率圖轉換成各狀態的歸屬函數圖，最後利用純量基數(scalar cardinality) (Klir and Folger, 1988)方法來判斷最適場址，純量基數的定義如下：

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(p_i) \quad (3.10)$$

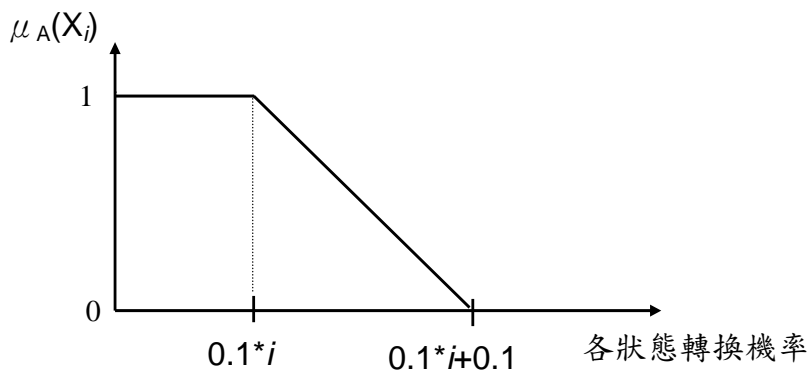


圖 3.4 歸屬函數與轉換機率關係圖

3.3.7 建立風險潛能圖層

利用 ArcView 的 Map calculation 將所有狀態的歸屬函數圖總和計算各初選場址的純量基數圖，最後決策者可由初選場址的純量基數值來篩選場址。

3.4 空間方向性風險

本研究的重點在於改善目前選址過程中對廢棄物掩埋場所排放污染物的風險判斷方法。以主流方向作為判斷掩埋場風險大小對一些案例並不適用，當場址的流場變化頗大時，會使場址所排放污染物對周邊不同方向的环境造成不同風險。

場址風險亦須考慮擴散濃度及曝露人口數低。以空氣污染物而言，受到風速的影響，盛行風向上不一定為污染最嚴重的區域。而污染物擴散最嚴重的區域受人口分佈的影響，也不一定具有最大的風險。因此本研究以空氣污染為例，首先模擬計算各場址風場，再經由 ISCST3(USEPA., 1995) 模式求出各方向的污染物濃度。最後直接計算掩埋場排放的空氣污染物對周圍民眾於所造成的曝露風險來選擇適合的場址。此部分之研究流程如圖 3.5 所示，主要分為確定各初選場址中心座標、模擬計算各方向流體之流速、模擬計算各方向擴散污染物濃度、建立污染擴散圖層及建立方向性風險圖層等 4 大步驟，以下各節一一說明各步驟。

3.4.1 確定初選場址中心座標

掩埋場所釋放出的空氣污染物會受到風向及風速的影響改變污染物擴散的方向及濃度，推估場址的風向、風速必須先確立場址的中心座標，因 ArcView(1996a)並無提供網格式圖層中心座標的輸出函數，因此場址中心座標的推估程序如下：

1. 由早期所發展之地理資訊初選專家系統 (Kao *et al.*, 1996; Kao *et al.*, 1997; 郭, 83 年)，篩選出符合條件的初選區域向量圖層。

2. 將該向量圖層轉換成 500m*500m 的網格式圖層，每一個網格當成一初選場址。
3. 將該網格式圖層轉換成 ASC II 資料格式。
4. 經由 Excel 讀取圖層的 ASC II 資料格式，經由自行開發之 Excel 巨集(macro)程式來讀取各初選場址之中心座標。

3.4.2 風向及風速估計

由於大部分初選場址並無氣象測站，因此場址的風速風向採用鄰近的監測站數據推估而得。推估方式一般可分為 Diagnostic 及 Prognostic 二種型的模式(Kim *et al.*, 2000; Baggott *et al.*, 2006; 伍, 92 年)，Prognostic 模式一般較為複雜，本研究因而採用 Diagnostic 模式中常用的 DRAXLER 法 (Draxler, 1979) 推估場址的風速風向，該方法以場址與測站相對方向及距離推估風向風速向量。

本研究收集地區內逐時氣象測站資料，風向資料分為正北(N)、北北東(NNE)、東北(NE)、東北東(ENE)、正東(E)、東南東(ESE)、東南(SE)、南南東(SSE)、正南(S)，南南西(SSW)、西南(SW)、西南西(WSW)、正西(W)、西北西(WNW)、西北(NW)及北北西(NNW)等十六個方向，風速資料則以 0.5m/s 以下為靜風。依據這些資料利用下列公式 (Draxler, 1979) 推估各初選場址的風向風速：

$$(u_s, v_s)_{ij} = \frac{\sum_k \frac{\alpha_s}{r_{sk}^2} \cdot (u_k, v_k)}{\sum_k \frac{\alpha_s}{r_{sk}^2}} \quad (3.11)$$

其中 u_s, v_s : 位置 s (座標在 (i, j)) 的東與北方向的風向量

u_k, v_k : 測站 k 的東與北方向的風向量

r_{sk} : 測站 k 到位置 s (座標在 (i, j)) 的距離(m)

α_s : 權重因子， $\alpha_s = 1 - 0.5 |\sin \phi_s|$

ϕ_s : 測站與初選場址中心位置 s 連線的直線和測站風向的夾角

3.5.3 污染衝擊估算

污染物的傳遞方向受風向所影響，由於氣象資料中將風向分成 16 個方位，本研究因而如圖 3.5 所示，以場址中心為中心，分別向 16 個方向呈放射狀每 500m 的距離劃分區塊，區塊以各方向為中心線左右各以 11.25° 角度擴張的方式建立模擬計算的污染衝擊區塊，以正北方向為例，正北角度為 360 度，以場址中心為中心點，區塊的左邊的界線為 348.75 度的延伸線，右邊界線則為 11.25 度的延伸線。區塊中心座標為模擬點，見圖 3.6 的污染物擴散示意圖。以 ISC3 模式模擬計算各方向污染物的擴散濃度。

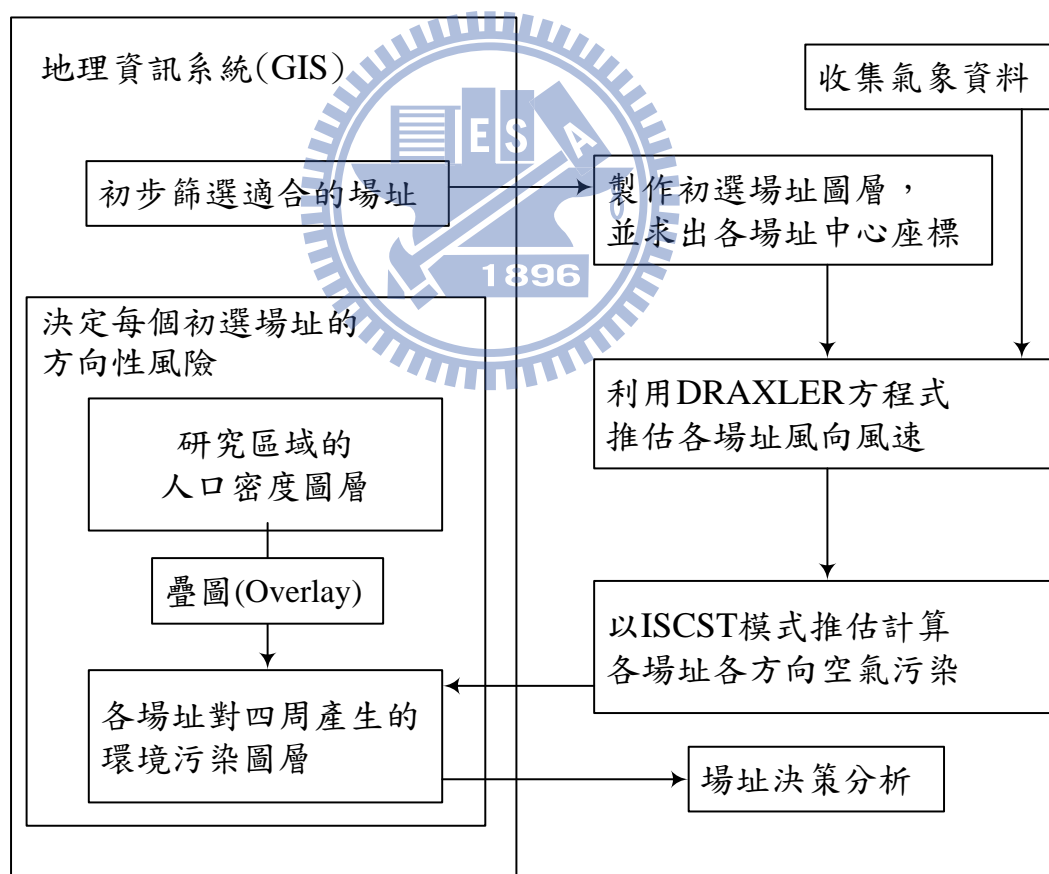


圖3.5 方向性風險評估方法流程圖

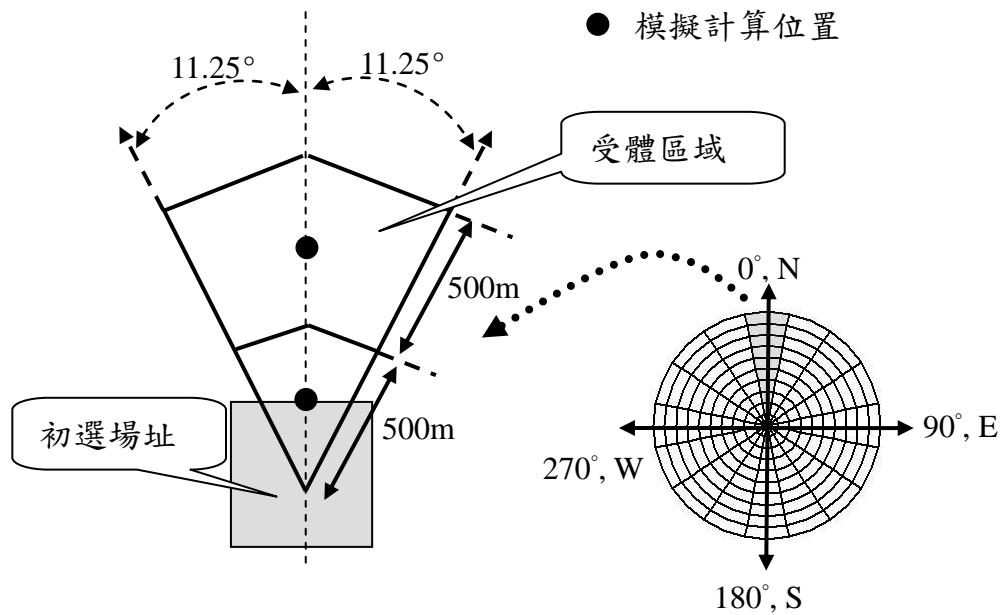


圖3.6 初選場址污染擴散模擬計算區塊示意圖

3.5.3.1 ISC3 模式參數

ISC3 模式的參數設定會影響執行的結果，以下分別說明本研究中各參數的設定：

1. 控制參數(Control, CO)設定包括：
 - (1) 污染濃度值擴散係數之類型(MODELOPT)：有都市型及鄉村型，本研究選擇鄉村型。
 - (2) 計算時距：一般可分為 1、2、3、4、6、8、12 or 24 小時的模擬計算時距，本研究選擇 24 小時的模擬計算時距。
2. 在ISC3模式之目標物質則以惰性污染物質為主，如懸浮微粒、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳及其他，本研究設定為 CH_4 。
3. 污染源參數(Source, SO)設定包括污染源之座標位置與排放參數：座標點之設定選擇卡氏座標(Cartesian Coordinate)作為設定，排放源則為面源，排放單位為 $\text{g}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ 。

4. 受體點(Receptor, RE)：如圖 3.6 所示，於每方向每一區塊的中心點則為模擬計算的受體點。
5. 輸出項(Output, OU)則包括輸出類型以及格式，本研究則是輸出逐時之平均濃度加以探討。

3.5.4 方向性風險

風險值計算利用 Beer and Ricci (1999)提出直接以區域內曝露人口數乘以污染物濃度求得的人口曝露劑量作為判斷風險值大小的依據。

$$R = P \times C \quad (3.10)$$

其中 R：曝露風險 $[g \cdot \text{人數} / (\text{s} \cdot \text{m}^2) \cdot (100 \cdot 100 \text{m}^2)]$

P：曝露人口數(人數/ $100 \cdot 100 \text{m}^2$)

C：污染物濃度($\text{g} / (\text{s} \cdot \text{m}^2)$)

此部分仰賴 GIS 的空間分析計算。將前述所推估的場址各方向污染物分佈圖轉成格點大小為 $100\text{m} \cdot 100\text{m}$ 的網格地圖。其次將場址鄰近地區的人口數資料亦轉成網格大小為 $100\text{m} \cdot 100\text{m}$ 的人口密度的數位地圖(人口數/ $10,000\text{m}^2$)。最後將污染物擴散濃度圖乘以人口密度圖即可獲得各方向的風險。

第四章 案例探討

本章以一些案例探討第三章所提出的研究方法與流程之可行性與適用性，本章將說明案例之建立及相關資料之收集，並針對案例區進行掩埋場選址分析，探討應用本研究所提出方法分析一些具時間及空間隨機性選址因子的實用性，及如何用以改善選址決策的品質。

4.1 案例區簡介

本研究選擇中部三鄉鎮為研究案例地區，案例區的地理位置如圖 4.1。地下水資料的來源取自水資源局，氣象資料取自氣象局，這類的時序測量資料都具有不確定性。此三鄉鎮雖各有一掩埋地點，鄉鎮 I 於海邊以緊急應變場的方式儲存垃圾，鄉鎮 II 及 III 的掩埋場如表 4.1 所列已達到預定封閉的期限，故評估區域性掩埋場的可行性，選擇可能作為區域性掩埋場的場址。表 4.2 所列為三鄉鎮的人口密度及面積大小，由於人口增加率正遞減中，因而本研究中未進行動態人口變動分析，而採用 1997 年的人口數為基準。在空間分佈上，鄉鎮 II 因接近市區，人口密度較高，同時人口的遞減率也較低。在人口分佈上每村里的人數，最高 5411 人，最低 563 人。人口分佈不均會影響選址空間性衝擊分析及風險評估的結果。

表 4.1 三鄉鎮目前使用中的掩埋場

掩埋場名稱	用地類別	總容量(立方公尺)	總面積(平方公尺)	掩埋(平方公尺)	啟用日期	(預定)封閉日期
編號 I 鄉鎮之緊急應變場	海岸	64,800,000	5,000	0	91 年 2 月 3 日	
編號 II 鄉鎮之垃圾掩埋場	谷地	57,600	39,796	7000	84 年 3 月 29 日	93 年 12 月 31 日
編號 III 鄉鎮之垃圾掩埋場	谷地	126,146	55,396	0		96 年 12 月 31 日

摘自環保署環境品質資料倉儲(98 年)

表 4.2 研究區域面積、人口密度及人口增加率

鄉鎮編號	面積 平方公里	人口密度 人/平方公里	人口增加率
I	107.8	360	-11.41
II	41.1	193	-8.26
III	75.8	529	-7.67

摘自某中部縣市(97年)

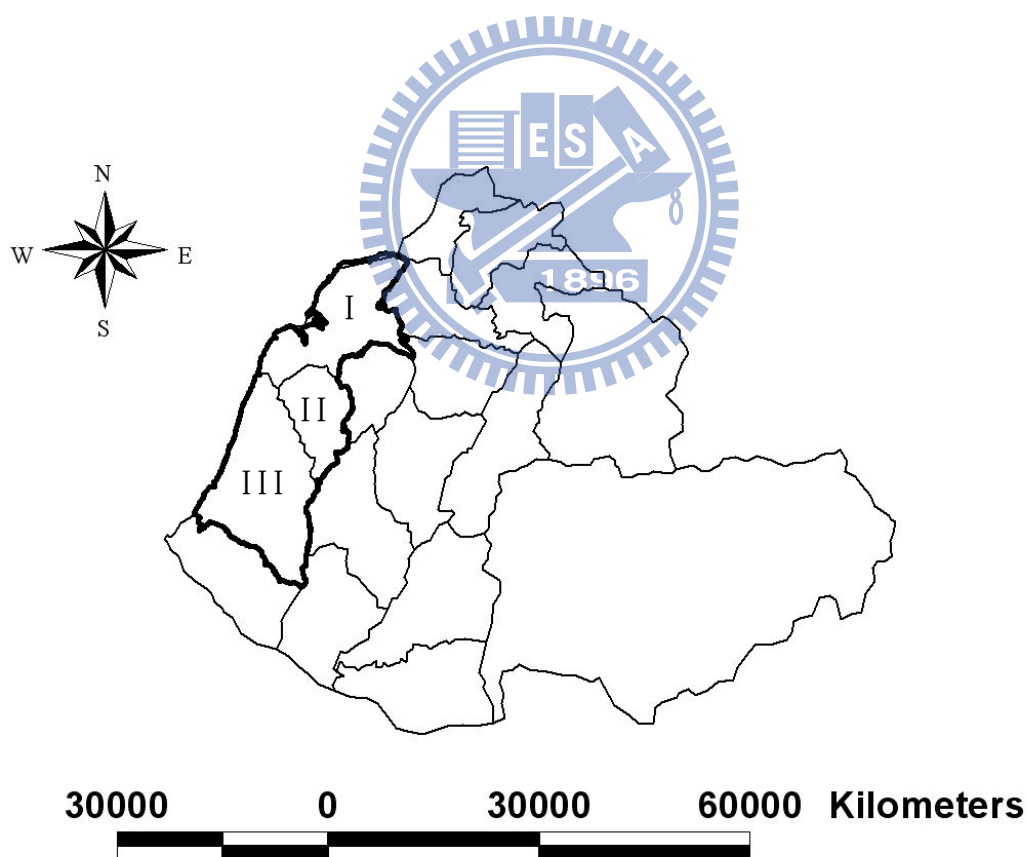


圖4.1 案例地區地理位置圖

4.2 資料收集整理

資料分為下列幾個部份來收集及整理：

1. 地下水資料：由於地下水位推估需要鄰近的地下水位測站的資料，本研究收集案例區內 7 個測站的地下水位資料，分別以測站 GW1、GW2、GW3、GW4、GW5、GW6 及 GW7 來表示，測站分佈位置及各測站 1972 至 2008 年間的地下水位至地表距離的關係如圖 4.2 所示。
2. 氣象資料：由於風場推估需要鄰近氣象測站或空氣品質監測站的氣象資料，測站位置如圖 4.3 所示，本研究收集中央氣象局提供的 M1 測站、M2 測站、M3 測站、M4 測站及 M5 測站的 1997、2002 及 2007 年逐時地面氣象資料。配合板橋探空氣象測站 1997、2002 及 2007 年探空資料，以產生模式所需要之氣象輸入檔。
3. 空氣品質模式：本研究選用的空氣品質模式為 ISC3 模式 (USEPA, 2009)，模式的執行檔、示範檔案與使用手冊均可由美國環保署網站下載取得，本研究採用該模式並在個人電腦上執行模式模擬。

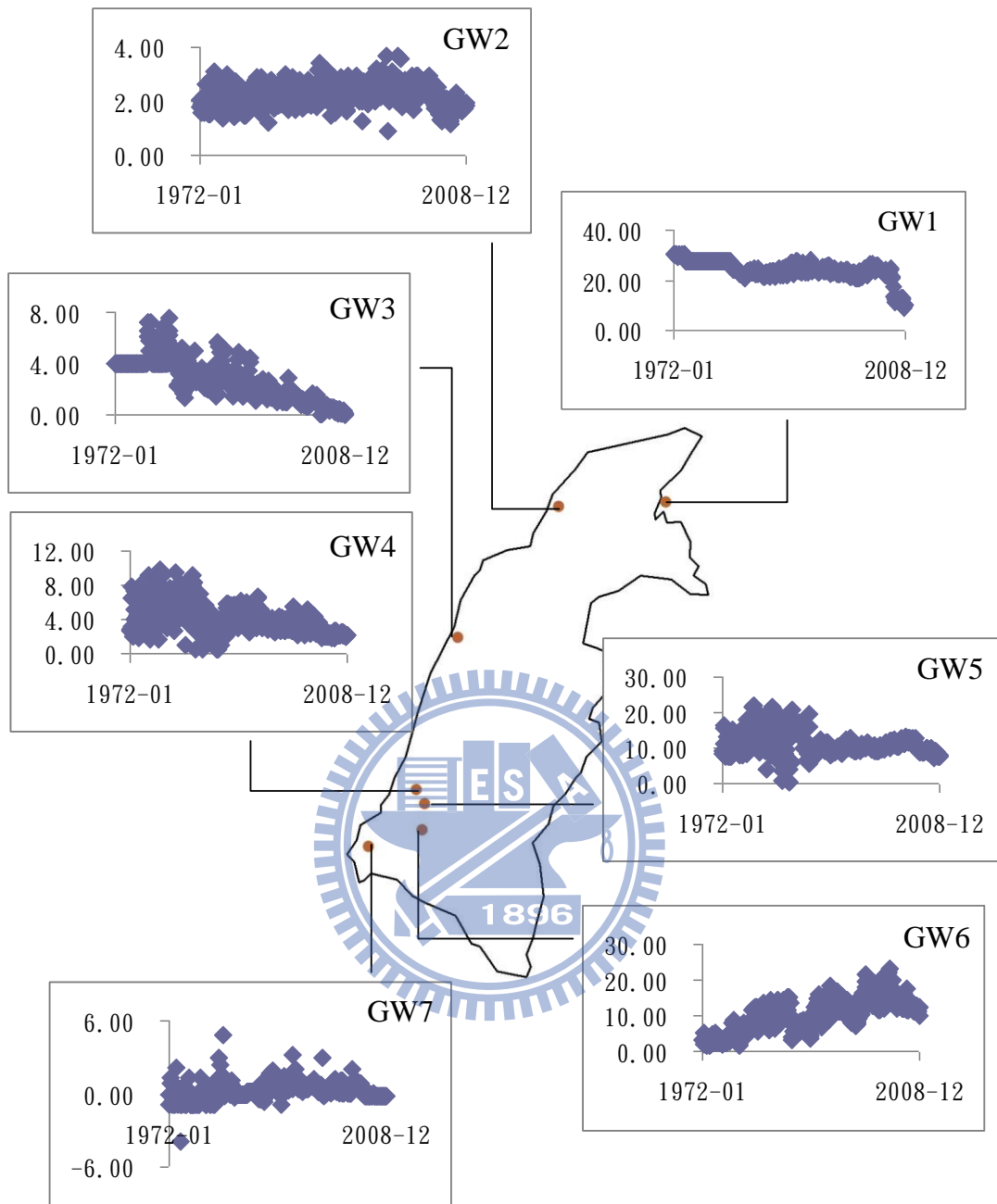


圖4.2 研究區域中的地下水位觀測站分佈及各測站
1972~2008間地下水位至地表距離的變化圖

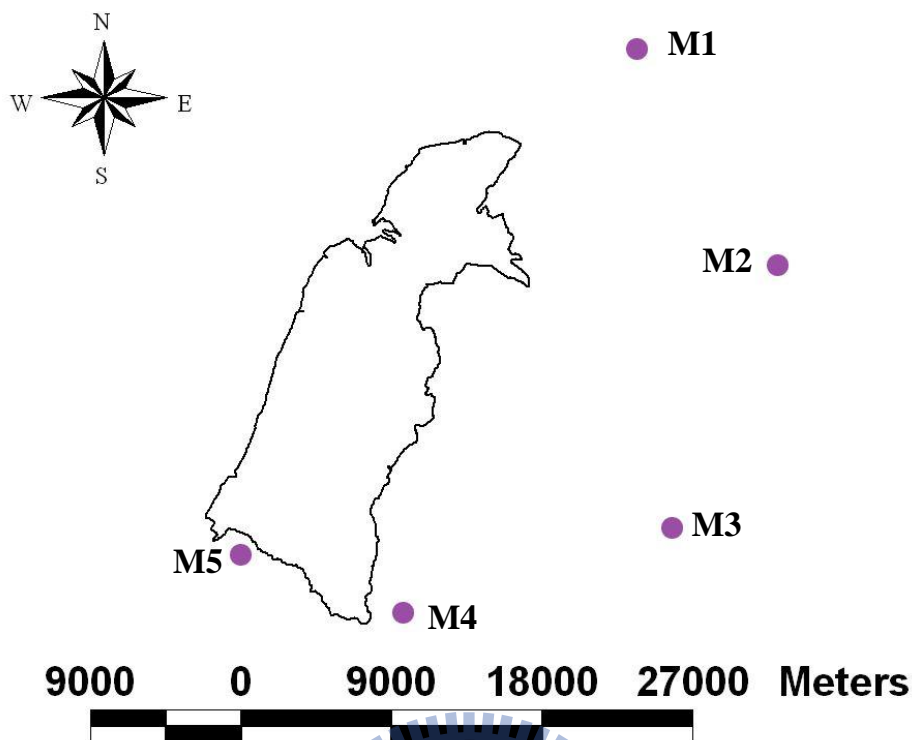


圖 4.3 研究區域臨近的氣象測站位置

4.3 時序資料的處理

1、地下水水位資料

由水資局取得的地下水資料，主要用以分析地下水水位至地表距離的時序不確定性，原始資料取得後利用 Excel 所提供的計算功能加以處理，此部分的研究步驟如下列：

- (1)各測站監測數據敘述統計分析：主要收集各測站地下水水位至地表距離的資料利用 Excel 的「敘述統計」功能，依月份變化的平均數、標準誤、中間值、眾數、標準差、變異數、峰度、偏態、範圍、最小值、最大值、總和、個數、第 2 個最大值、第 2 個最小值及變異係數(CV)分析，以了解各測站地下水水位至地表距離的分佈狀態。依月份資料所得結果如表 4.3 至表 4.9 所列，就平均值而言，每月的平均值並非一致，顯示資料隨機性變化的特性，而由相對平均數

分散程度的指標變異係數值(Coefficient of Variation, CV)中，GW1、GW2 測站的地下水位距離地表的分散程度約為平均數的 20%，GW4 及 GW5 則約為 30%~40%之間，GW3 及 GW6 則各月的 CV 值大約為 50%，GW7 測站更有超過 100%的現象。

各測站的峰度(kurtosis)與偏態(skew)數值皆不為零，顯示資料本身為非常態分佈。峰度值顯示與常態分配相較時，一個資料組相對尖峰集中或平坦分佈的程度。正峰度值顯示相對上分佈較為尖峰集中，數值愈大表愈向尖峰集中，而負峰度值顯示相對上分佈較為平坦，負值愈大表愈平坦。而所有測站顯示每月的變化並無規律的為正峰度或負峰度，GW1 測站的地下水位每月的變化較集中，而 GW6 和 GW3 測站的每月水位變化則較平坦。不同月份的比較中五福測站的 12 月出現較高的峰度值，峰度值高即表示該月份的水位變化較集中，但是因為偏態值並非為 0，因此水位的變化雖然較為集中，但仍無法直接用平均值來評比風險的潛能。

偏態指出一個分配以其平均值為中心的不對稱程度。正的偏態指出分配有一個不對稱的尾端向正值方向延伸。負的偏態指出分配有一個不對稱的尾端向負值方向延伸。在表 4.3 至表 4.9 中可看出各測站各月份的資料分佈中心並非為平均值，就算以所有的資料來分析，如表 4.10 所列，亦得到類似的結果。因此由上述之 CV 值、峰度及偏度可知，以平均值來評價地下水的風險潛能並不適當。

- (2)各測站各月份水位的極值差：分析各測站地下水位各月份的最大值與最小值差，以了解各測站的極值差，極值差愈大愈不利於以平均值作為判斷風險潛能。結果如圖 4.4，可看出除測站 GW1 的各月份的全距變化較小外，其餘測站的極大值及極小值間產生非常明顯的差異。分析表 4.3 至表 4.9 中的最大值與第二最大值間的差距，測站 GW7 的四月及八月可高達 2 公尺左右，測站 GW6 的二月、七月及九月，測站 GW5 三月、六月及十一月，測站 GW4 二月、六月及七

月，測站 GW3 三月、五月及八月，測站 GW1 十一月及十二月也有類似的情況。

而分析最小值與第二最小值間的差距，測站 GW7 的十二月可高達 2 公尺左右，測站 GW6 的三月及九月，測站 GW5 三月、四月、五月、六月、九月、十月及十一月；其中五月及六月更高達七公尺以上，測站 GW1 之一月、二月、八月、九月、十月、十一月及十二月也有類似的情況。因此由上述分析得知地下水位並無季節性或月份循環變化的現象，同時數據的最大值與第二大值間的差異更說明地下水位在各月的隨機性變化，此種情況下分析師並無法直接以單獨月份或季節性的方式來加以判讀地下水位所產生的風險潛能。



表 4.3 GW1 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
平均數	22.718	22.791	23.333	22.916	23.006	23.227	23.780	23.629	23.695	24.022	23.406	22.555
標準誤	0.585	0.640	0.662	0.652	0.660	0.629	0.651	0.701	0.745	0.750	0.717	0.661
中間值	22.620	22.785	23.795	23.155	23.055	23.360	24.015	24.015	24.250	24.570	23.780	23.100
眾數	21.960	22.670	23.660	#N/A	22.160	#N/A	22.540	22.580	24.250	24.810	#N/A	#N/A
標準差	3.153	3.504	3.624	3.569	3.616	3.444	3.568	3.838	4.078	4.106	3.860	3.559
變異數	9.941	12.275	13.130	12.734	13.078	11.860	12.732	14.730	16.630	16.856	14.900	12.666
峰度	6.321	5.518	4.520	4.859	4.347	4.033	5.610	6.204	6.776	6.136	6.274	7.460
偏態	-0.747	-1.297	-1.397	-1.323	-1.284	-1.270	-1.811	-2.018	-2.193	-2.111	-2.147	-2.206
範圍	18.670	19.230	17.960	18.800	18.060	16.760	17.310	19.490	21.100	20.250	19.830	20.020
最小值	11.730	11.150	12.380	11.540	12.340	13.130	12.620	10.730	9.210	10.030	10.320	10.020
最大值	30.400	30.380	30.340	30.340	30.400	29.890	29.930	30.220	30.310	30.280	30.150	30.040
總和	658.820	683.730	700.000	687.480	690.190	696.800	713.400	708.870	710.850	720.650	678.780	654.090
個數	29.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	29.000	29.000
第 2 個最大值	30.010	29.990	30.200	29.770	29.680	29.510	29.900	29.380	29.690	29.760	27.230	25.330
第 2 個最小值	17.630	13.640	12.730	13.140	12.380	13.210	12.620	12.090	12.060	11.870	12.110	12.260
變異係數(CV)	14%	15%	16%	16%	16%	15%	15%	16%	17%	17%	16%	16%

#N/A : 表無此數據。

表 4.4 GW2 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
平均數	2.332	2.183	2.071	2.020	2.025	2.195	2.419	2.309	2.318	2.505	2.484	2.413
標準誤	0.053	0.064	0.053	0.066	0.058	0.067	0.091	0.086	0.068	0.065	0.079	0.058
中間值	2.410	2.190	2.030	1.960	1.930	2.170	2.490	2.430	2.320	2.630	2.550	2.450
眾數	2.080	1.810	1.860	1.600	1.720	2.090	2.690	1.870	2.820	2.720	2.350	2.520
標準差	0.324	0.388	0.324	0.399	0.353	0.409	0.553	0.521	0.415	0.394	0.479	0.351
變異數	0.105	0.150	0.105	0.159	0.125	0.168	0.306	0.271	0.172	0.155	0.229	0.123
峰度	-0.933	1.826	0.595	0.942	-0.574	-0.544	-0.366	-0.633	-1.021	2.547	1.519	-0.886
偏態	-0.283	-0.717	0.229	1.131	-0.636	0.091	-0.045	-0.168	-0.249	-1.520	-0.139	-0.211
範圍	1.170	2.050	1.570	1.680	1.260	1.830	2.470	2.170	1.390	1.790	2.410	1.290
最小值	1.750	0.920	1.390	1.470	1.500	1.320	1.200	1.250	1.580	1.180	1.250	1.790
最大值	2.920	2.970	2.960	3.150	2.760	3.150	3.670	3.420	2.970	2.970	3.660	3.080
總和	86.280	80.770	76.610	74.730	74.940	81.220	89.500	85.450	85.760	92.670	91.920	89.270
個數	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000
第 2 個最大值	2.790	2.770	2.540	2.920	2.740	2.780	3.220	3.130	2.900	2.940	3.570	3.000
第 2 個最小值	1.760	1.650	1.460	1.530	1.550	1.590	1.470	1.270	1.580	1.620	1.420	1.840
變異係數(CV)	14%	18%	16%	20%	17%	19%	23%	23%	18%	16%	19%	15%

表 4.5 GW3 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
平均數	2.389	2.456	2.562	2.452	2.389	2.584	2.589	2.610	2.833	3.087	2.465	2.337
標準誤	0.215	0.206	0.261	0.240	0.226	0.263	0.239	0.266	0.270	0.313	0.219	0.218
中間值	2.130	2.275	2.370	2.290	2.260	2.350	2.690	2.495	2.880	2.870	2.450	2.080
眾數	3.990	3.990	3.990	3.990	3.990	3.990	3.990	3.990	3.990	3.990	3.990	3.990
標準差	1.309	1.237	1.542	1.461	1.358	1.578	1.454	1.594	1.620	1.901	1.332	1.325
變異數	1.714	1.529	2.377	2.133	1.845	2.491	2.114	2.539	2.623	3.613	1.774	1.755
峰度	-1.377	-1.381	0.970	0.254	-0.115	-0.132	-0.911	1.087	-0.746	-0.588	-1.315	-1.291
偏態	0.008	0.067	0.820	0.639	0.460	0.640	0.081	0.793	0.122	0.390	-0.102	0.063
範圍	4.000	3.850	6.880	6.370	5.900	6.470	5.580	7.310	6.030	7.100	4.460	4.160
最小值	0.000	0.410	0.380	0.180	0.160	0.160	0.190	0.260	0.190	0.150	0.060	0.050
最大值	4.000	4.260	7.260	6.550	6.060	6.630	5.770	7.570	6.220	7.250	4.520	4.210
總和	88.390	88.400	89.670	90.710	86.000	93.030	95.790	93.970	101.980	114.210	91.200	86.470
個數	37.000	36.000	35.000	37.000	36.000	36.000	37.000	36.000	36.000	37.000	37.000	37.000
第 2 個最大值	3.990	4.000	5.160	5.270	4.000	5.770	5.040	5.370	6.010	6.900	4.160	4.110
第 2 個最小值	0.360	0.520	0.390	0.260	0.360	0.310	0.260	0.280	0.260	0.340	0.240	0.320
變異係數(CV)	55%	50%	60%	60%	57%	61%	56%	61%	57%	62%	54%	57%

表 4.6 GW4 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
平均數	3.311	3.628	4.565	3.944	3.429	3.242	3.697	3.967	4.544	5.134	4.077	3.427
標準誤	0.130	0.194	0.339	0.277	0.197	0.241	0.278	0.302	0.327	0.352	0.225	0.160
中間值	3.420	3.400	4.200	3.880	3.220	3.040	2.970	3.500	4.730	5.440	4.400	3.510
眾數	3.520	2.570	5.110	3.230	#N/A	#N/A	#N/A	6.300	5.130	2.210	4.010	2.980
標準差	0.788	1.177	2.062	1.687	1.198	1.465	1.692	1.834	1.989	2.140	1.370	0.975
變異數	0.621	1.386	4.252	2.848	1.435	2.146	2.864	3.364	3.957	4.580	1.876	0.951
峰度	3.476	1.806	0.602	1.709	-0.227	1.439	-0.071	-0.438	-0.696	-1.096	0.152	0.064
偏態	-1.206	1.120	0.677	1.070	0.215	0.930	0.613	0.791	0.414	0.062	-0.457	0.238
範圍	4.170	5.770	9.270	7.910	4.730	7.260	7.300	6.710	7.320	7.660	6.540	4.240
最小值	0.450	1.710	0.570	1.070	1.020	0.570	1.030	1.680	1.890	1.810	0.470	1.540
最大值	4.620	7.480	9.840	8.980	5.750	7.830	8.330	8.390	9.210	9.470	7.010	5.780
總和	122.490	134.250	168.920	145.930	126.880	119.960	136.790	146.790	168.130	189.940	150.840	126.810
個數	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000
第 2 個最大值	4.510	5.570	9.170	7.820	5.720	5.880	6.530	8.050	7.930	8.320	6.010	5.420
第 2 個最小值	2.210	2.230	1.700	1.370	1.030	0.950	1.060	2.070	1.950	2.070	1.860	1.640
變異係數(CV)	24%	32%	45%	43%	35%	45%	46%	46%	44%	42%	34%	28%

#N/A : 表無此數據。

表 4.7 GW5 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
平均數	10.752	10.535	11.410	10.922	10.702	10.456	11.408	10.844	11.906	12.561	11.806	11.166
標準誤	0.364	0.375	0.602	0.619	0.508	0.515	0.555	0.471	0.466	0.553	0.503	0.485
中間值	10.215	10.245	10.990	10.220	9.820	9.680	10.480	10.690	11.050	11.660	11.050	10.260
眾數	9.940	8.870	#N/A	10.510	#N/A	9.260	#N/A	15.080	11.900	11.660	11.120	9.640
標準差	2.186	2.249	3.664	3.765	3.092	3.131	3.374	2.867	2.832	3.364	3.060	2.947
變異數	4.779	5.060	13.427	14.172	9.562	9.803	11.383	8.222	8.018	11.318	9.366	8.687
峰度	1.171	0.807	2.703	2.874	3.445	4.917	1.801	0.142	-0.403	-0.329	1.228	0.709
偏態	1.176	0.986	0.031	0.620	-0.187	0.481	1.255	0.033	0.355	0.569	1.022	1.162
範圍	9.040	9.840	21.120	21.130	18.380	20.500	15.990	13.070	12.240	13.600	15.160	11.820
最小值	7.610	6.870	0.620	0.800	0.260	0.540	5.480	4.080	5.840	5.840	5.740	6.450
最大值	16.650	16.710	21.740	21.930	18.640	21.040	21.470	17.150	18.080	19.440	20.900	18.270
總和	387.080	379.250	422.180	404.110	395.980	386.870	422.100	401.240	440.520	464.750	436.830	413.140
個數	36.000	36.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000	37.000
第 2 個最大值	16.240	15.700	17.970	20.140	16.570	15.250	19.050	16.340	16.720	19.320	17.380	17.700
第 2 個最小值	8.130	7.740	3.740	3.900	8.350	7.650	6.220	5.840	7.630	7.780	8.020	7.380
變異係數(CV)	20%	21%	32%	34%	29%	30%	30%	26%	24%	27%	26%	26%

#N/A : 表無此數據。

表 4.8 GW6 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
平均數	9.297	9.792	10.219	9.978	9.655	9.867	10.904	10.751	11.056	11.982	11.266	9.801
標準誤	0.606	0.699	0.779	0.731	0.795	0.776	0.880	0.778	0.829	0.836	0.756	0.606
中間值	10.655	11.180	10.750	10.330	10.150	9.170	11.850	11.390	11.360	12.290	12.290	11.185
眾數	6.860	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	5.730	#N/A	#N/A	#N/A	8.270	#N/A	12.400
標準差	3.532	4.135	4.737	4.447	4.835	4.590	5.354	4.665	5.040	5.082	4.596	3.634
變異數	12.473	17.096	22.442	19.772	23.375	21.071	28.669	21.765	25.403	25.831	21.125	13.207
峰度	-0.764	-0.201	-0.686	-0.900	-0.540	-0.521	-0.701	-1.095	-0.802	-0.404	-0.675	-0.628
偏態	-0.676	-0.129	0.159	0.119	0.127	0.220	0.058	-0.208	-0.021	0.048	-0.403	-0.628
範圍	11.530	17.620	17.510	15.640	18.710	18.140	20.140	15.330	20.240	20.550	17.100	13.000
最小值	2.330	1.760	1.960	3.380	1.760	1.800	2.070	2.490	1.710	2.710	2.410	2.460
最大值	13.860	19.380	19.470	19.020	20.470	19.940	22.210	17.820	21.950	23.260	19.510	15.460
總和	316.090	342.710	378.120	369.170	357.240	345.350	403.460	387.040	409.060	443.330	416.850	352.850
個數	34.000	35.000	37.000	37.000	37.000	35.000	37.000	36.000	37.000	37.000	37.000	36.000
第 2 個最大值	13.810	16.630	19.390	18.390	18.780	18.020	19.780	17.600	18.490	21.680	19.140	14.800
第 2 個最小值	2.430	2.270	3.040	3.570	1.980	2.230	2.160	2.890	3.030	3.070	2.930	2.470
變異係數(CV)	38%	42%	46%	45%	50%	47%	49%	43%	46%	42%	41%	37%

#N/A : 表無此數據。

表 4.9 GW7 測站 1972~2008 年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
平均數	-0.033	0.329	0.516	0.369	0.208	0.151	0.445	0.157	0.204	0.278	0.145	-0.029
標準誤	0.089	0.153	0.143	0.169	0.092	0.096	0.148	0.115	0.100	0.105	0.105	0.145
中間值	0.060	0.230	0.495	0.345	0.250	0.145	0.380	0.150	0.150	0.230	0.185	0.135
眾數	-0.890	-0.890	-0.150	0.150	0.150	-0.150	-0.150	-0.890	0.150	-0.150	-0.150	-0.150
標準差	0.528	0.879	0.835	0.988	0.537	0.542	0.863	0.680	0.593	0.622	0.613	0.843
變異數	0.278	0.772	0.697	0.976	0.288	0.294	0.745	0.462	0.352	0.387	0.375	0.710
峰度	-0.694	2.190	1.193	12.627	-0.599	-0.419	0.974	2.371	-0.606	-0.666	-0.502	13.063
偏態	-0.398	1.098	0.731	2.829	-0.364	-0.036	0.784	0.745	-0.014	-0.057	-0.159	-3.040
範圍	1.860	4.050	3.900	5.710	1.940	2.120	3.860	3.320	2.120	2.320	2.390	4.820
最小值	-0.890	-0.890	-0.900	-0.850	-0.860	-0.830	-0.890	-0.890	-0.890	-0.890	-0.890	-3.890
最大值	0.970	3.160	3.000	4.860	1.080	1.290	2.970	2.430	1.230	1.430	1.500	0.930
總和	-1.160	10.870	17.540	12.560	7.070	4.820	15.140	5.500	7.150	9.720	4.930	-0.970
個數	35.000	33.000	34.000	34.000	34.000	32.000	34.000	35.000	35.000	35.000	34.000	34.000
第 2 個最大值	0.770	1.990	2.140	1.380	0.950	1.000	2.040	0.950	1.220	1.420	0.970	0.800
第 2 個最小值	-0.890	-0.890	-0.840	-0.770	-0.780	-0.810	-0.830	-0.890	-0.890	-0.790	-0.890	-0.890
變異係數(CV)	-1592%	267%	162%	267%	258%	360%	194%	433%	290%	224%	423%	-2954%

表 4.10 各測站 1972~2008 年地下水水位至地表距離(單位:m)的敘述統計結果

	GW1	GW2	GW3	GW4	GW5	GW6	GW7
平均數	24.143	2.273	2.579	3.914	11.195	10.258	0.199
標準誤	0.177	0.021	0.070	0.079	0.147	0.221	0.034
中間值	24.065	2.265	2.385	3.590	10.510	11.055	0.150
眾數	27.770	2.170	3.990	2.070	8.800	11.590	-0.150
標準差	3.723	0.442	1.482	1.666	3.104	4.665	0.717
變異數	13.863	0.195	2.196	2.774	9.637	21.758	0.513
峰度	4.065	-0.234	-0.172	0.760	1.868	-0.622	6.887
偏態	-1.566	0.041	0.429	0.863	0.595	0.039	0.733
範圍	21.190	2.750	7.570	9.390	21.670	21.550	8.750
最小值	9.210	0.920	0.000	0.450	0.260	1.710	-3.890
最大值	30.400	3.670	7.570	9.840	21.930	23.260	4.860
總和	10719.650	1009.120	1144.935	1737.730	4970.420	4554.705	88.430
個數	444.000	444.000	444.000	444.000	444.000	444.000	444.000
第 2 個最大值	30.400	3.660	7.260	9.470	21.740	22.210	3.160
第 2 個最小值	10.020	1.180	0.050	0.470	0.540	1.760	-0.900
變異係數(CV)	15%	19%	57%	43%	28%	45%	360%

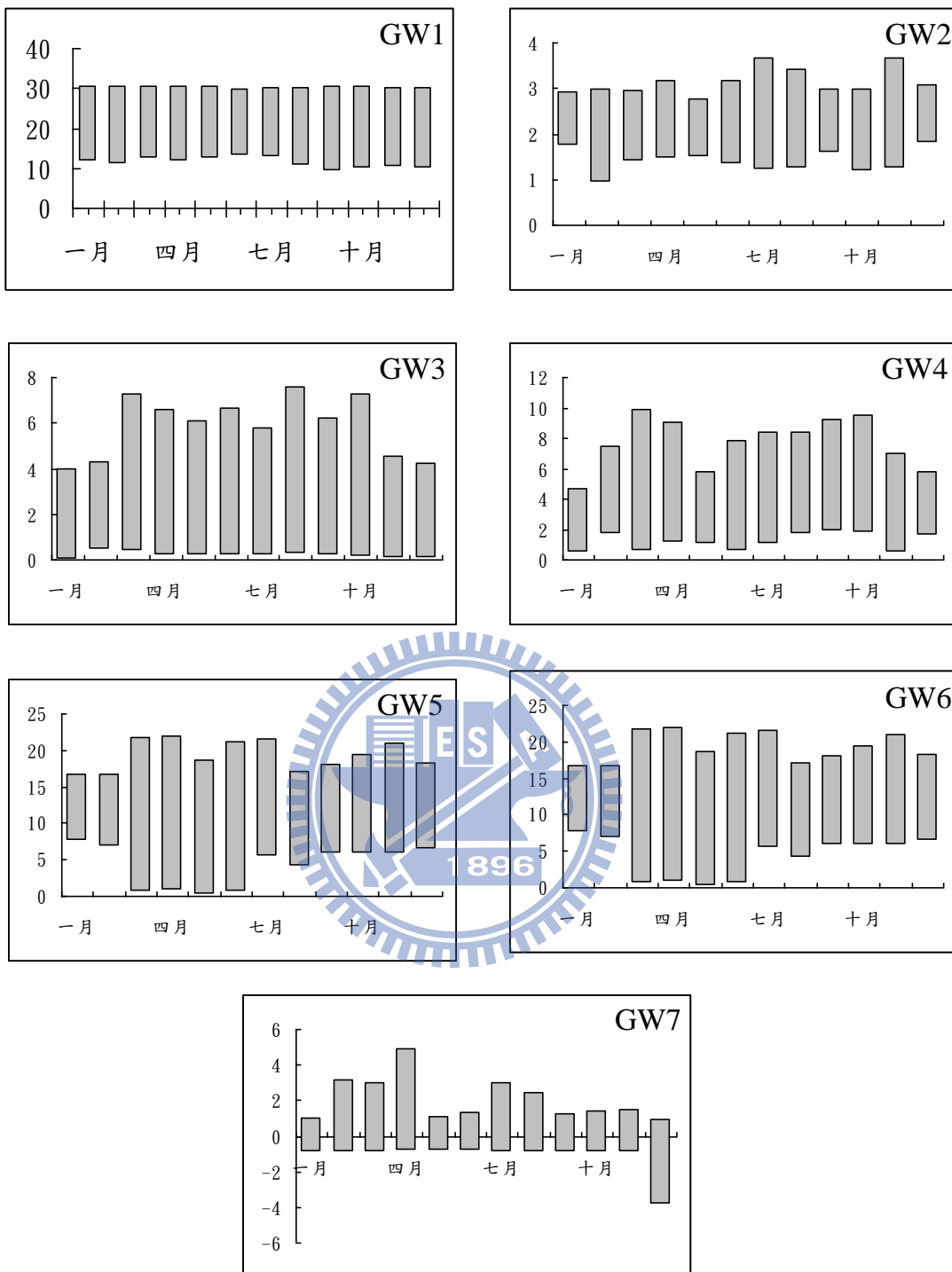


圖4.4 測站1972~2008年各月份地下水水位至地表距離(單位:m)的全距分佈圖

(3)各測站地下水位類別資料：依據 DRASTIC 的分類標準表 3.1，各測站地下水水位資料分類成 7 個類別。轉換過程中，需要轉換各月份的水位為類別資料，以便後敘馬可夫鏈計算所需，因此利用 Excel 所提供的「巨集」功能，以 VBA (Visual Basic for Applications)程式完成此項工作。所建立之 Excel 巨集操作介面如圖 4.5 所示，Excel 提供相當多基本函數供使用者進行一般之數據分析運算，使用者可依特殊需求，利用 VBA 自行開發其他功能；程式請參見附錄 A，本研究開發之功能包括：

- (a) 資料整理：各測站各年度之地下水水位資料整合，以方便後續運算。
- (b) 地下水至地表距離計算：本研究探討風險潛能，取得的地下水資料轉換成地下水至地表距離的資料，距離愈近表風險愈高。
- (c) 分析平均值差異：此功能提供分析以不同時段的資料其平均值的差異，分析結果如表 4.11 所列，顯示不同年代的區間會有不同的平均值，顯示時序資料的不確定性，使選址分析師無法正確的依據平均值選擇出適當的場址。

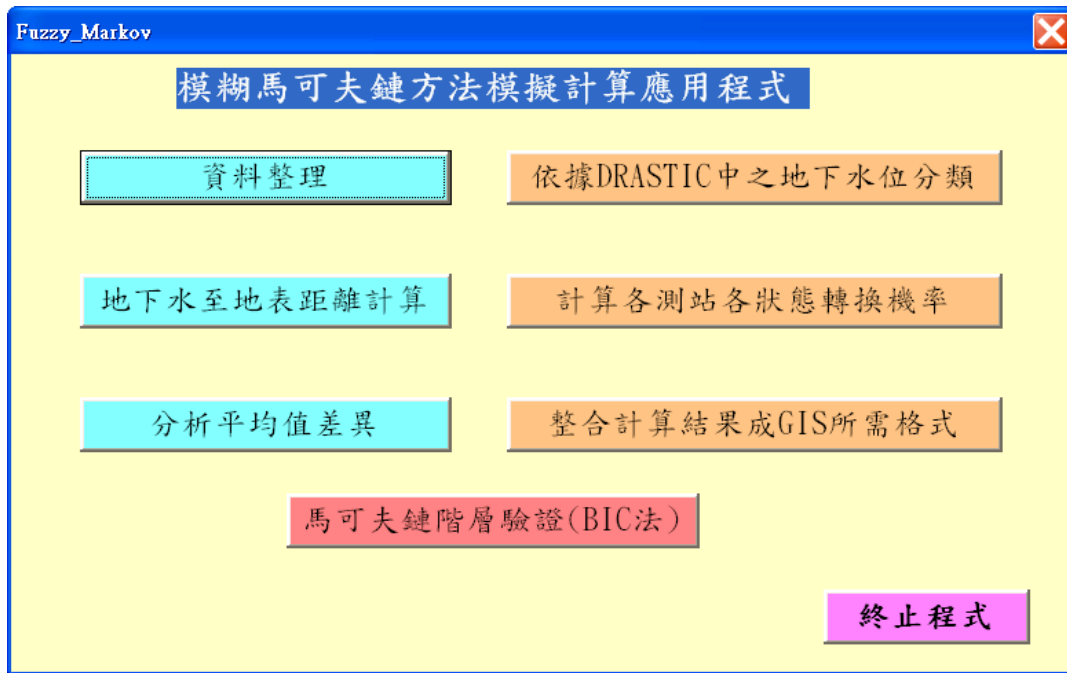


圖4.5 模糊馬可夫鏈模擬計算之操作介面



表 4.11 不同時段地下水水位至地面距離(單位:m)的平均值

年代	GW1	GW2	GW3	GW4	GW5	GW6	GW7
1972-1972	7.64	3.90	3.99	4.10	4.28	3.60	2.62
1972-1977	7.94	4.57	4.24	4.68	5.07	4.39	3.16
1972-1982	8.53	5.58	4.16	4.79	6.25	5.97	4.55
1972-1987	7.59	5.04	2.73	2.90	5.60	5.43	4.07
1972-1992	7.62	4.83	3.00	3.74	5.32	5.40	4.19
1972-1997	8.00	5.26	2.09	2.98	5.80	5.99	4.67
1972-2002	7.96	5.51	1.29	2.28	6.11	6.43	4.91
2000-2008	7.09	4.95	0.65	1.54	5.54	5.82	4.41

- (d) 依據 DRASTIC 方法中之地下水分類：各測站各月地下水水位至地表之距離依據表 3.1 所列 DRASTIC 方法中之 D(Depth to groundwater table)的標準轉換成評比(Rating)值。
- (e) 計算各狀態轉換機率：提供各測站轉換至各狀態的轉換機率計算。
- (f) 整合計算結果成 GIS 所需格式：計算完成的各測站轉換機率整合成輸入至 ArcView(1996)所需的表格資料，包括各測站之座標位置及轉換機率。
- (g) 馬可夫鏈階層驗證(BIC 法):此功能計算各測站各月之序列資料，分別計算 1 階、2 階、3 階及 4 階的轉換機率，取 1972~2008 資料分析，最後計算各階段的轉換機率的 BIC 值；見表 4.12，其中以 1 階的 BIC 值最大，因此該時序資料適合以 1 階馬可夫鏈進行轉換分析。

DRASTIC 方法中的地下水至地表距離的評比(Rating)值標準轉換後各測站的分佈頻率如圖 4.6 所示，可明顯看出各測站間的分佈在不同評比值的頻率並不相同，較大的評比值如 GW7 測站多數為 10，這類高風險潛能亦發生在測站 GW2、GW3 及 GW4 上。而較小的風險潛能值如測站 GW1，評比值則較多分佈於 3。而測站本身的評比值也並非集中於最小值附近；如測站 GW6 亦發生由低風險潛能的 3 至高風險潛能的 9 的情形，且更有高達 10 的高風險潛能，因此要經由這類分佈散亂的評比值並不適合用以篩選適合興建場址。

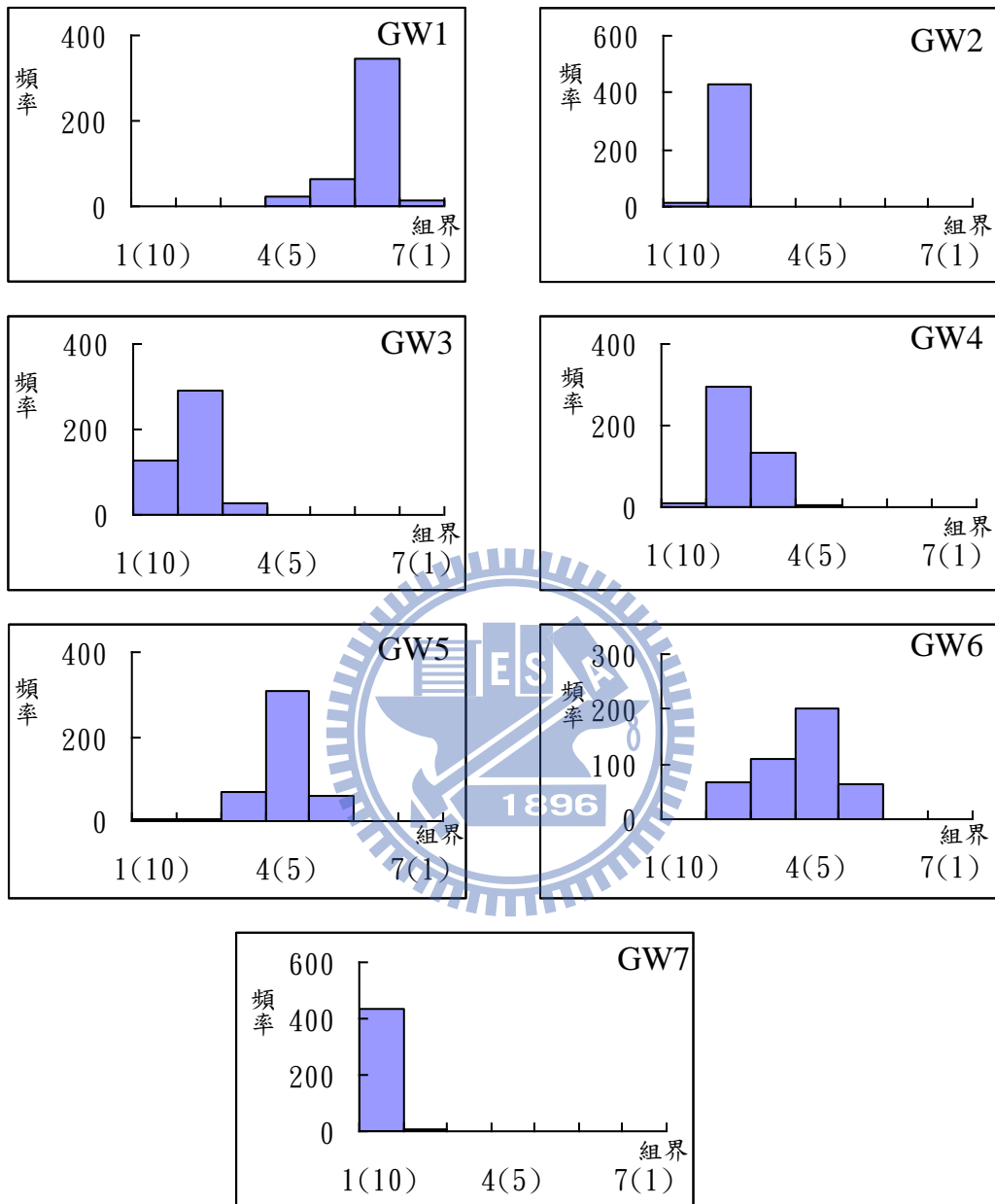


圖4.6 各測站DRASTIC的地下水水位至地表距離分類值(括弧內為D之評比值)。

表 4.12 1972~2008 年各測站不同馬可夫鏈階數的 BIC 值

馬可夫鏈階數	GW1	GW2	GW3	GW4	GW5	GW6	GW7
1	-2598.74	-1132.75	-2156.05	-3585.23	-3582.77	-5661.87	-2165.26
2	-9494.03	-4200.63	-8512.31	-13282.5	-12249.3	-9463.55	-3158.16
3	-23279.7	-9311.47	-22550.3	-35749.2	-35744	-20941.9	-6225.51
4	-48308.8	-16465.3	-46294.2	-77098.8	-83231.5	-41095.3	-11333.5

2、氣象資料

(1)風速時序資料：風速影響污染擴散濃度的大小，圖 4.7~圖 4.11 所示為各空氣測站在 1997、2002 及 2007 年的風速時序圖，不同年代的風速出現不同的風速分佈，因此不適合以平均風速的值來判斷下風處的環境衝擊。雖然風速的呈現大致會在一個範圍中變動；如圖 4.7 所示的測站甲有較大範圍變化，大約在 0~8m/sec；而圖 4.9 測站 M3 及圖 4.10 測站丁變化範圍較小，大約在 0~5m/sec，但這對分析師而言，找出適當的風速值作為分析場址環境衝擊的依據仍是相當困擾。而圖 4.8 中更出現長時間低風速的狀態，如果以平均風速來推估，將會因為風速增加而低估下風處的環境衝擊。因此利用風速來推估下風處的衝擊時，由於風速變化具隨機性，因而不適合以平均速度來判斷，而應採取各小時的風速值分析。

(2) 風向時序資料：由圖 4.12~圖 4.16 為風向變化的時序圖，風向主要是導引污染物擴散的方向。圖中的 Y 軸為風向，風向以 1 代表北北東方，2 代表東北方，風向依序以順時鐘方向增加編號，16 則代表北方，靜風則以 0 來代表。本研究主要探討風向對各方向污染衝擊的影響，因此以風吹往的方向(blowing to)來表示風向。圖 4.12 至

圖 4.16 中明顯的看出各測站一年間的風向變化並無規則性，同時由各測站 1997、2002 及 2007 三年的風向亦呈現隨機的現象。圖 4.13 編號 M2 測站，2002 年 7 月至 12 月，明顯的沒有北北東(方向 1)至南南東(方向 6)，且相同的情況亦出現在 2007 年 1 月至 5 月間。

由圖 4.17 所示的風花圖可看出不同時間的風向、風速分佈亦不同。在 M1 測站中主要風向為南南西方，同時該方向上的風速 2002 年及 2007 年都較 1997 年的風速為大。而 M2 測站的主流方向在 1997 年時為南南西方，而 2007 年在北方出現了低污染擴散的主流方向。M3 測站也有風向、風速隨時序改變的現象，同時在 2007 年時風速降低，將不利於污染的擴散。相同的情況也發生在 M5 測站。

由於風向的隨機性，故不適合以單一方向來評估掩埋場對環境的衝擊。而風速變化更影響污染擴散的結果，隨機變化的現象讓分析師不宜以平均值的方式來評估掩埋場空氣污染對環境的衝擊。



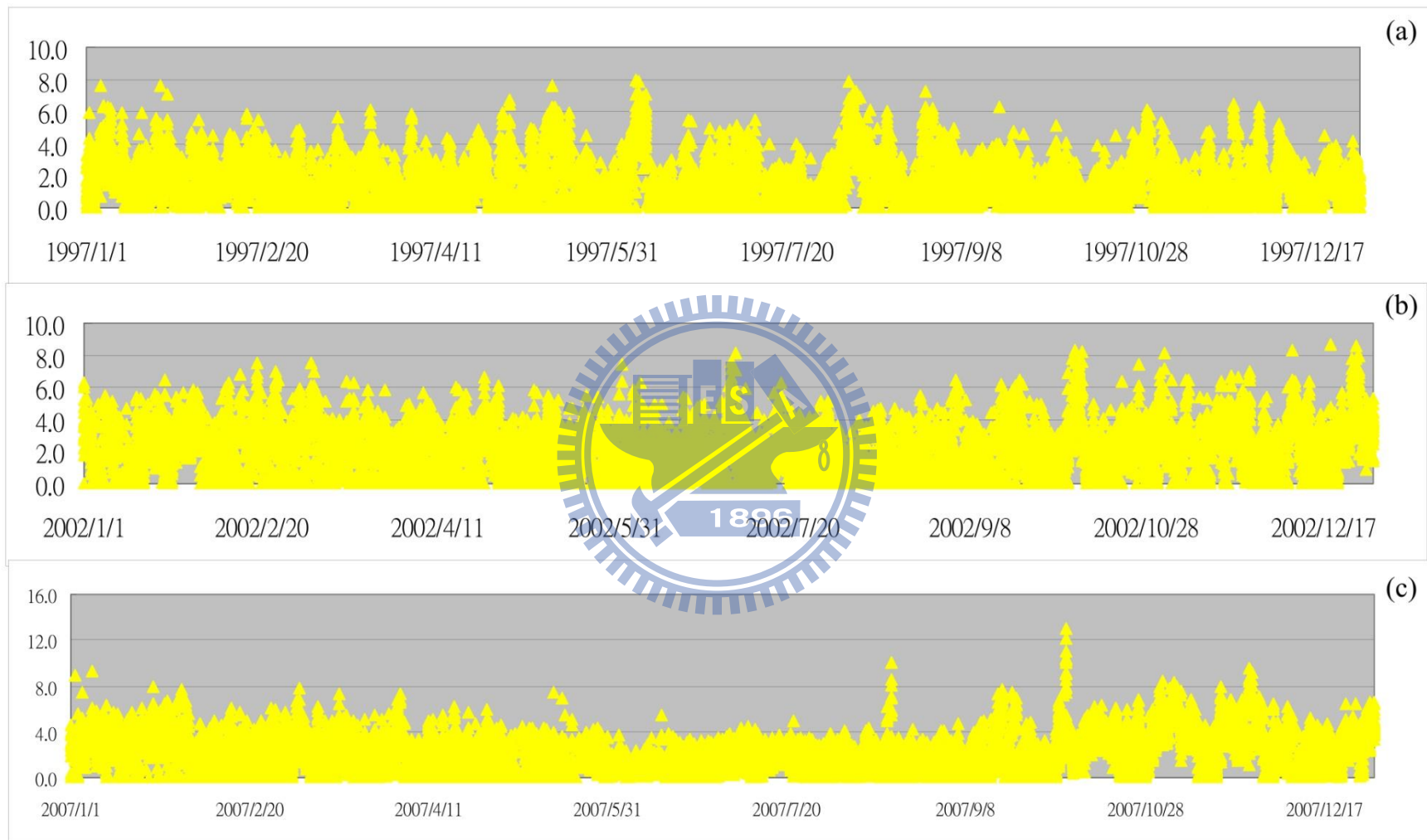


圖 4.7 M1 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年

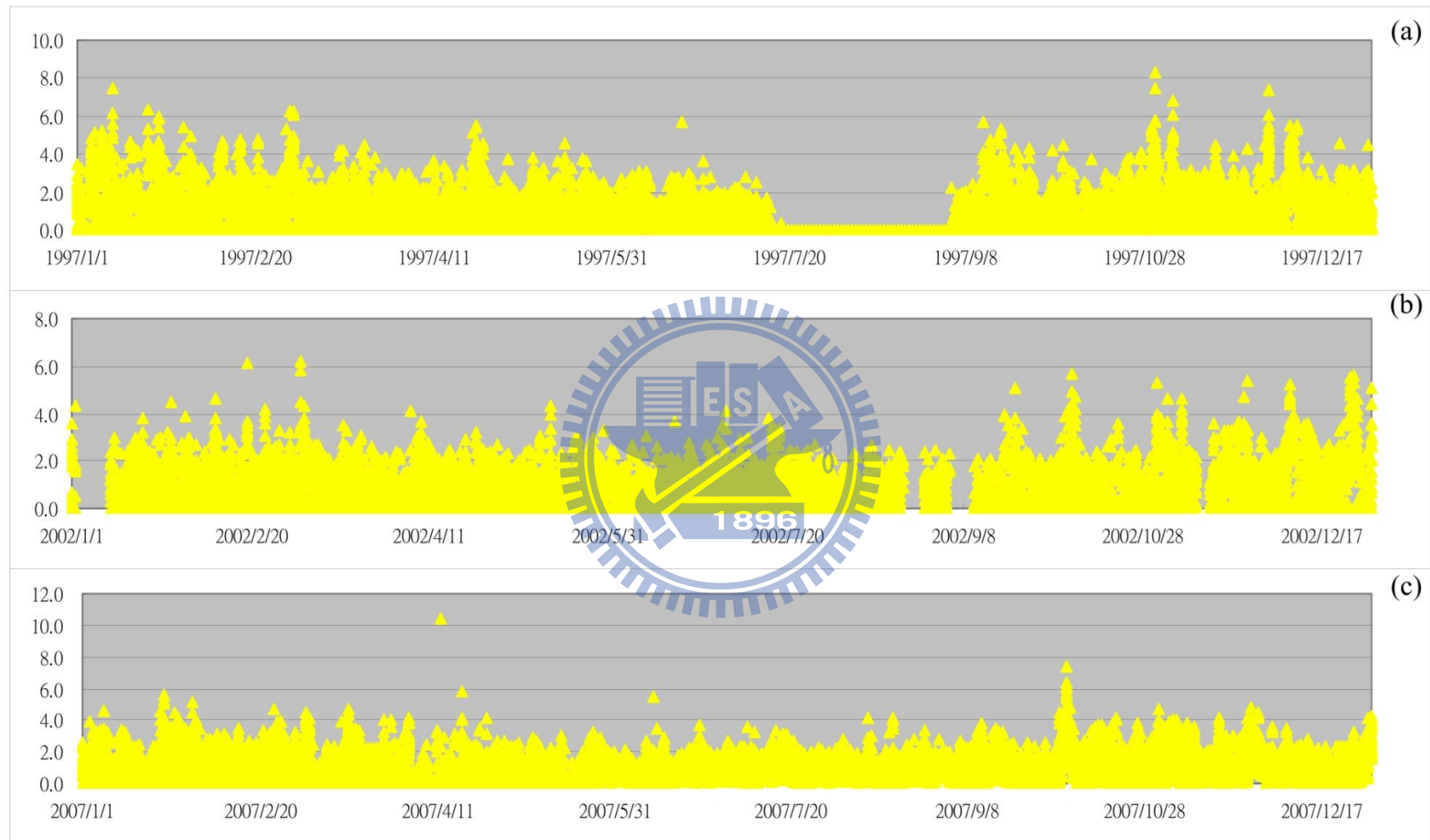


圖 4.8 M2 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年

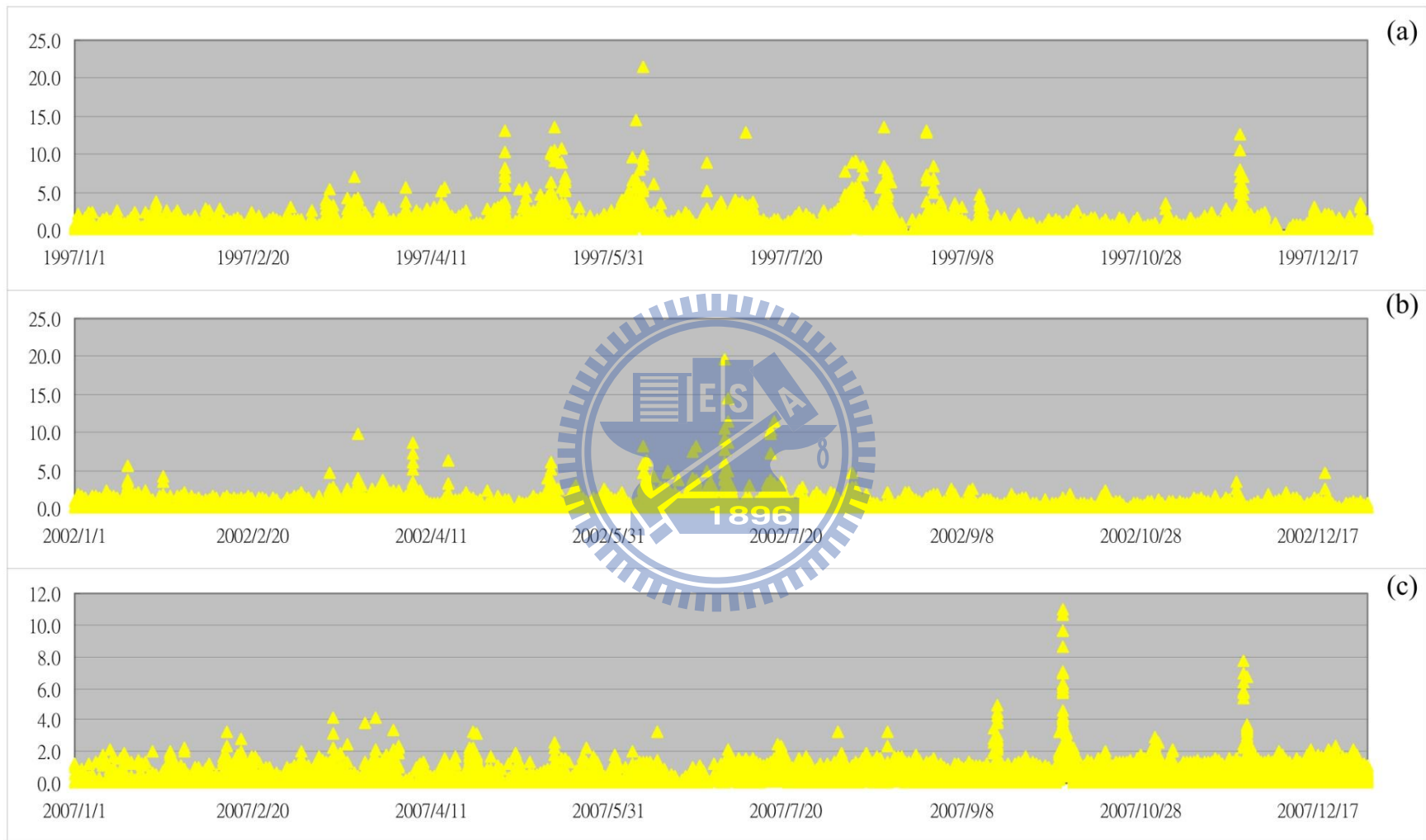


圖 4.9 M3 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年



圖 4.10 M4 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年

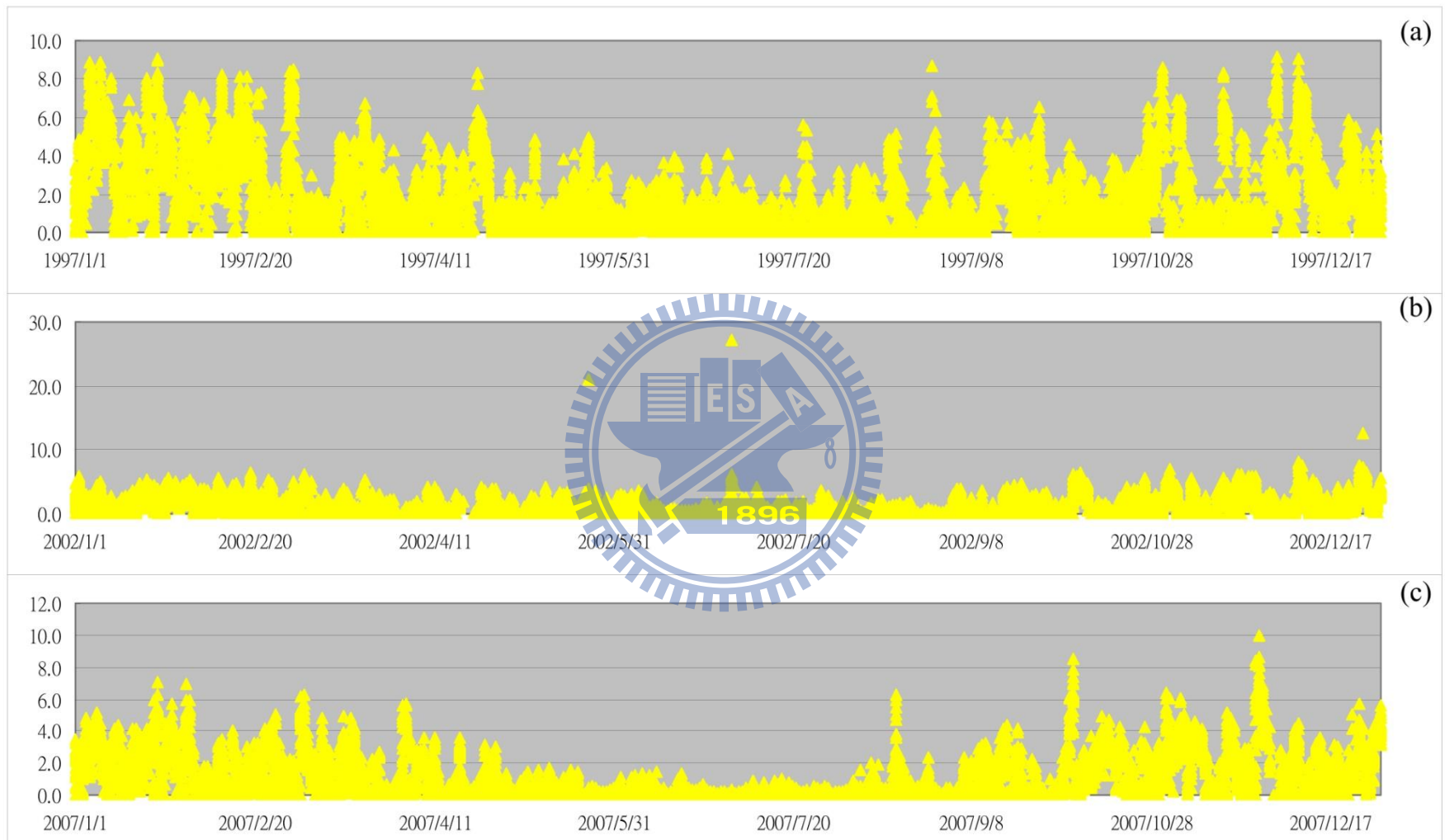


圖 4.11 M5 氣象觀測站之風速時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年

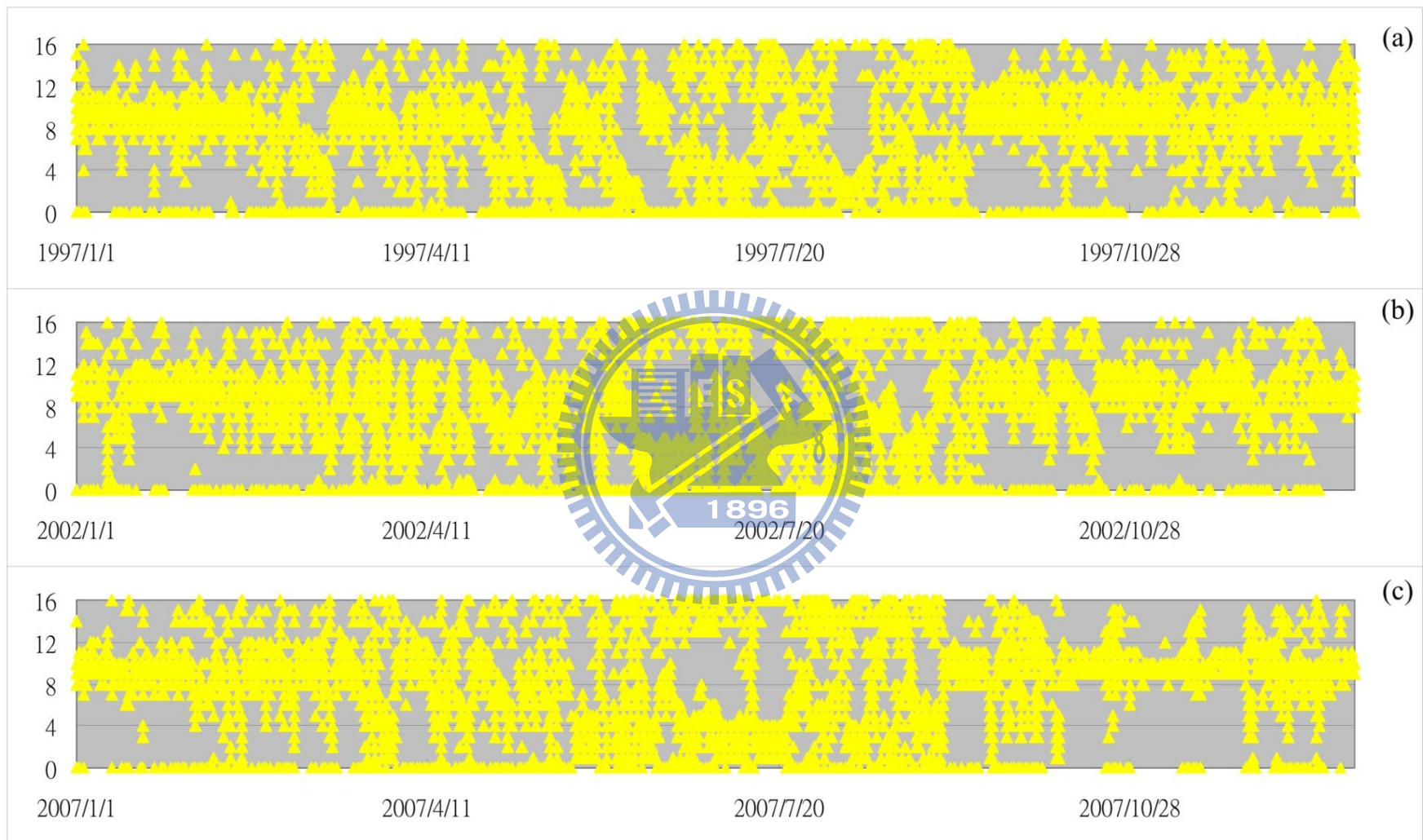


圖 4.12 M1 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年



圖 4.13 M2 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年

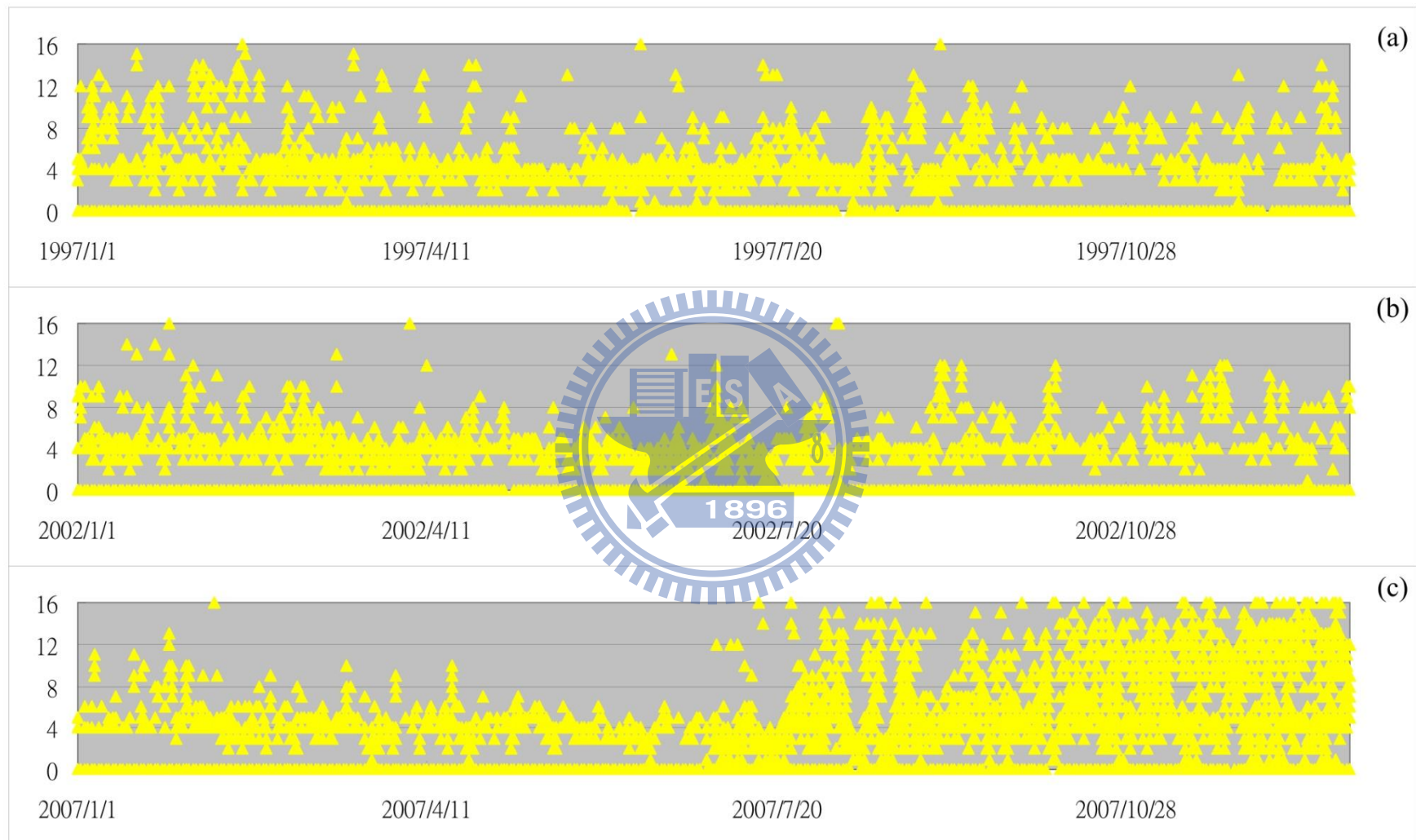


圖 4.14 M3 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年

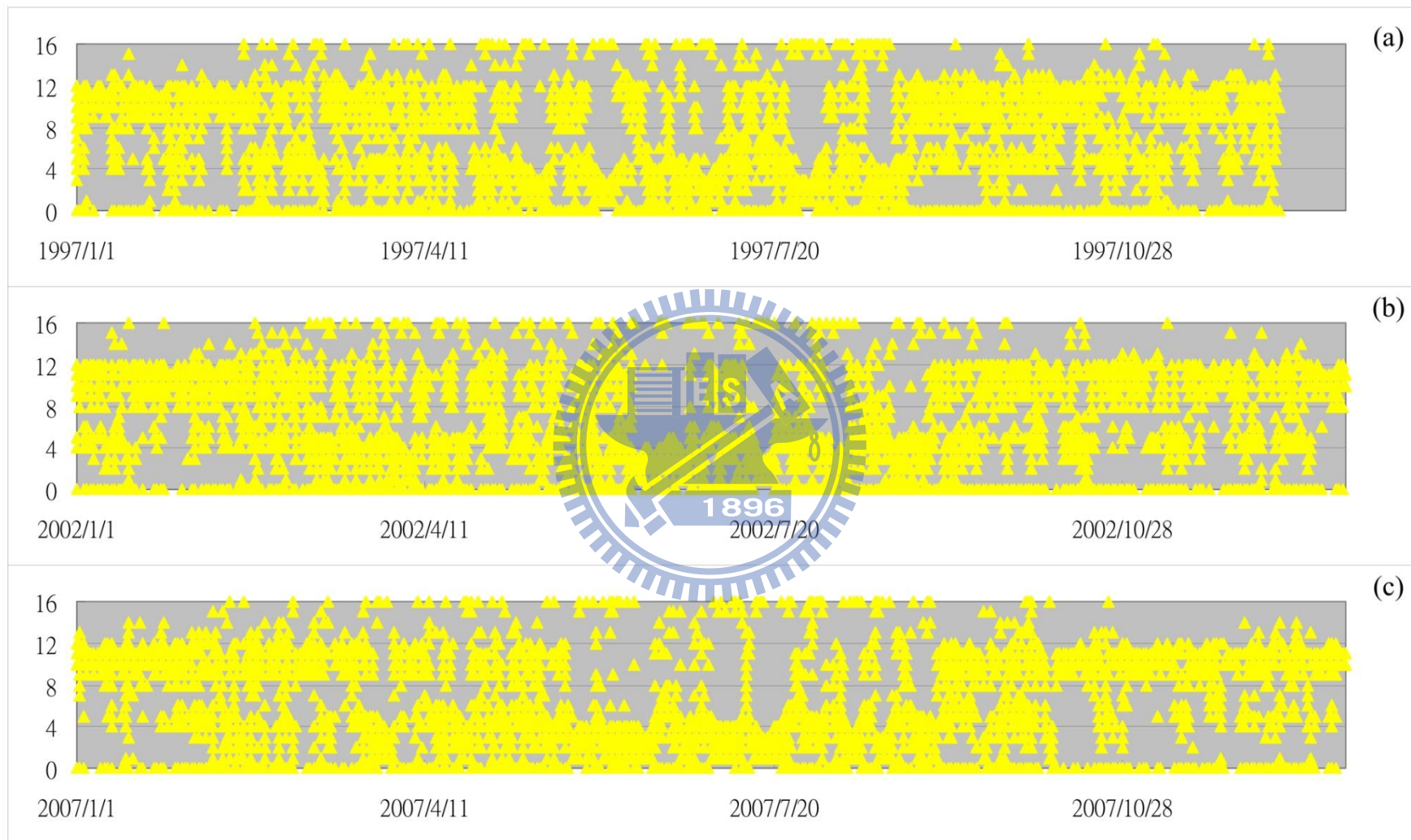


圖 4.15 M4 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年



圖 4.16 M5 氣象觀測站之風向時序變化圖(a)1997 年(b)2002 年(c)2007 年

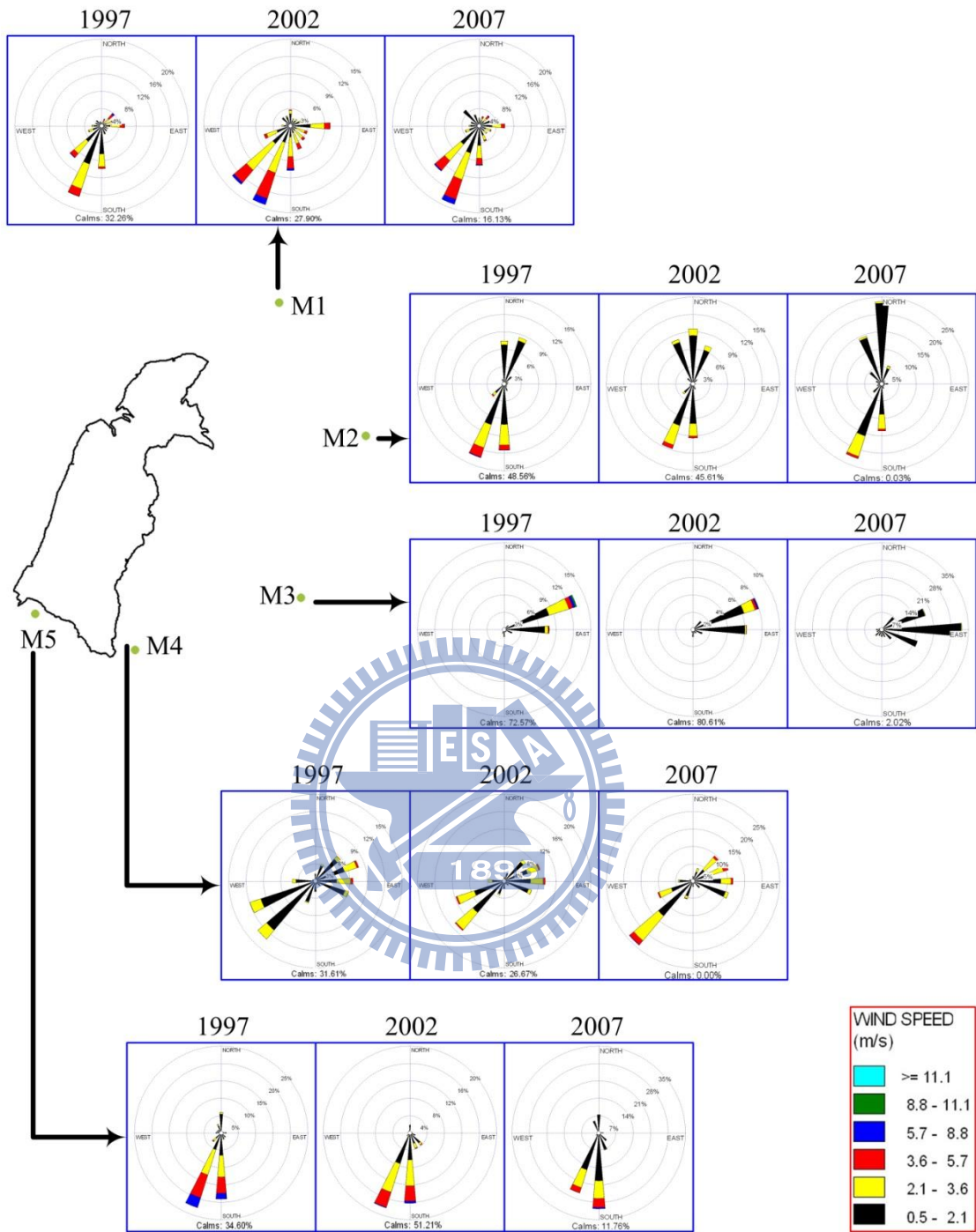


圖 4.17 各測站 1997 年、2002 年及 2007 年之風花圖

4.4 空間資料處理

1、地下水水位資料

以下分析地下水水位在空間與時間上的不確定性。

- (1) 不同位置地下水水位平均值不同：由圖 4.2 看出不同地理位置，地下水距離地表的深度不同。
- (2) 不同時段之地下水流向、流速不同：圖 4.18 及圖 4.19 分別為研究區域中之 1988 年 6 月 1 日及 2008 年 10 月 1 日地下水距地表距離的模擬等高線圖，模擬程式為 ArcView(1996b)所提供之距離反比 (Inverse Distance Weighted, IDW) 函數，繪製各狀態的地下水風險潛能等值線。IDW 係假設每一個輸入點位有一定影響範圍，且會隨著距離增加遞減其影響，本研究以 7 個測站進行潛能分區，冪次則設定為 2。

地下水流向由高水位(距地表距離小者)移向低水位(距地表距離遠者)，流速則由等水位線間的垂直距離判斷，距離愈近表流速愈快。圖 4.18 中可看出地下水的流向由 GW2 測站流向 GW1 測站、GW3 測站，而 GW2 測站流向 GW1 測站流速較快。而圖 4.19 中則 GW2 測站流向 GW1 測站的方向但在 GW3 測站確出現較近地表的水位，而流向 GW2 測站。同時 GW2 測站流向 GW1 測站的流速則較圖 4.18 為小。

在圖 4.18 中 GW4 測站及 GW3 測站的水位相同，但圖 4.19 卻出現地下水的水位差，導致兩者的流向與流速的差異。同樣的情況也出現在 GW5 及 GW6 測站間。

2. 氣象資料

氣象資料中的風向、風速在空間上呈現不確定性的現象，圖 4.17 中可看出在相同時間不同地理位置的風向、風速分佈不同。以 1997 年為例，

M1、M2 及 M5 測站的主流風向為南南西方，M3 測站的主流風向則為東北，M4 測站的主流風向則為西南。風速部份在 M5 及 M3 有出現較高的風速，而 M5 的風速等級在 5.7-8.8m/s 出現的次數較多，M1、M2 及 M3 測站的風速分佈於 0.5-5.7m/s 間，風速分佈最低則為 M4 測站。因此受空間分佈的影響，風向、風速也呈現不確定性的分佈，如分析師要採用單一主流方向來評估掩埋場對環境的衝擊，將面臨要選擇何測站的主流方向的問題，更不用說如何選擇具有代表性的風速了。

3.人口分佈

圖 4.20 為研究區域及周圍 3km 範圍的人口分佈圖，人口分佈不均加上圖 4.17 風向及風速分佈的不同，說明在評估掩埋場對鄰近地區潛在風險時，無法僅以主流風向為判斷方向，同時採平均風速來評估污染擴散濃度的方式並不十分恰當。



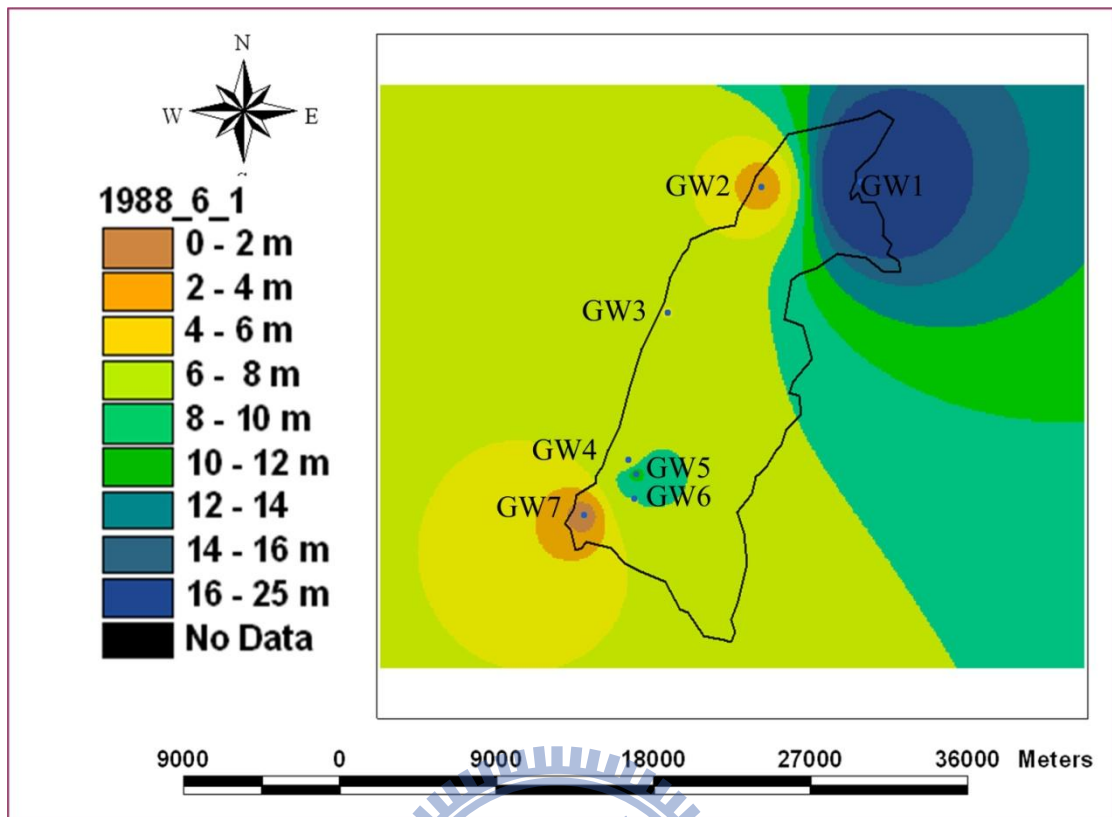


圖 4.18 1988 年 6 月 1 日之地下水距地表距離等高線之模擬圖

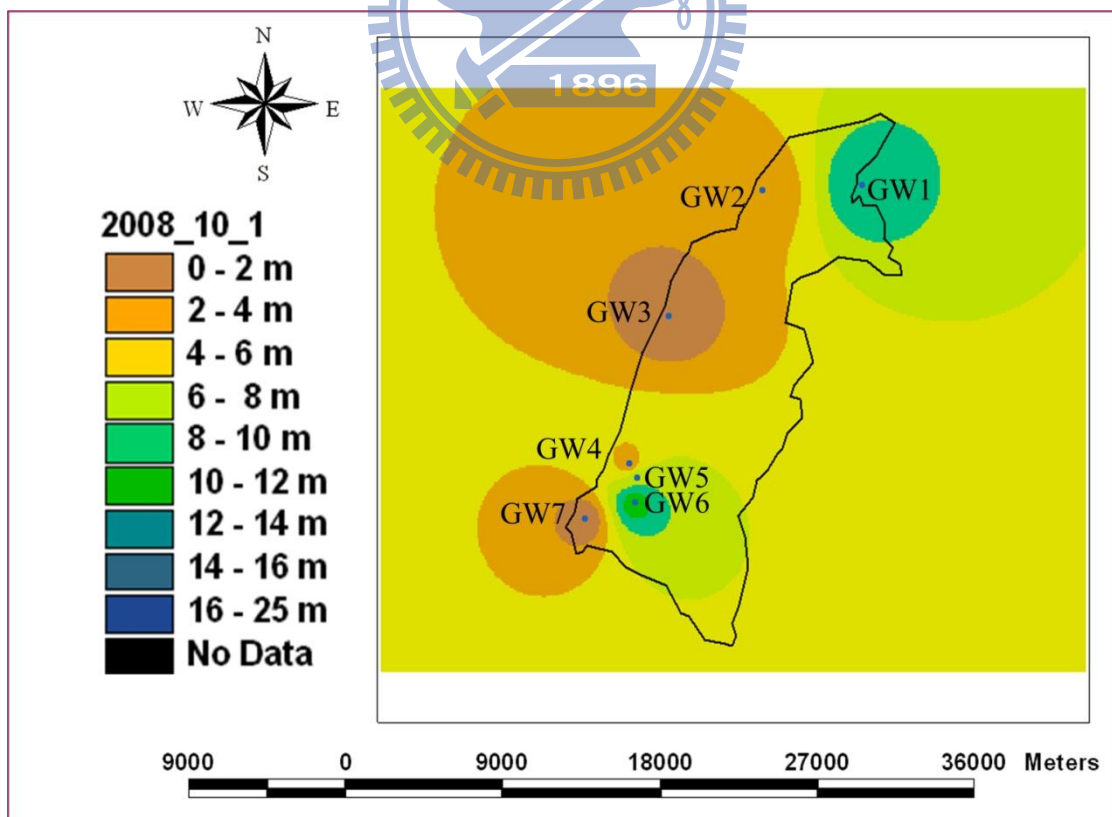


圖 4.19 2008 年 10 月 1 日之地下水距地表距離等高線之模擬圖

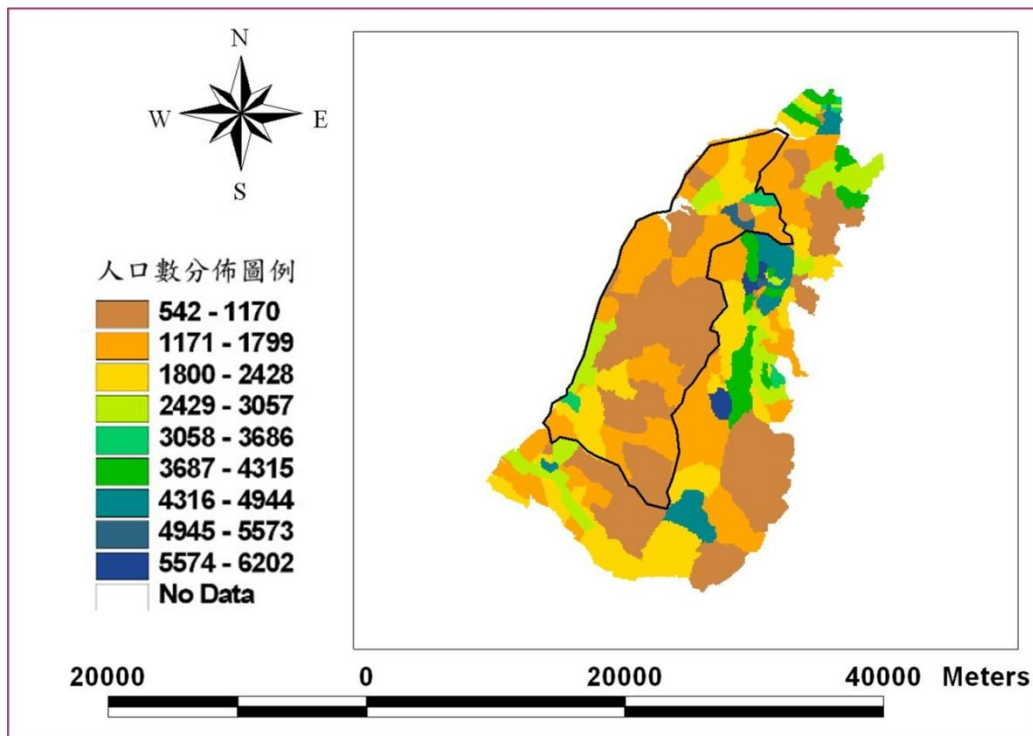


圖 4.20 研究區域及周圍 3km 範圍的人口分佈圖(2007 年)



4.5 初選區域篩選原則

本研究中主要以 ArcView (1996a) 地理資訊系統作為空間分析及選址結果顯示的輔助工具。初選區域的篩選經過先前發展之地理資訊專家系統初選來達成，地理資訊專家系統初選主要為兩個程序，分述如后：

- (1) 建立地理資訊系統基本資料庫：對選址區域進行資料收集，包括類別有：水文、地文、氣候、生態、人口分佈、土地利用、社會文化、地理及交通等 10 類圖層。
- (2) 進行疊圖分析：由上述基本資料庫的圖層中的向量圖層轉換成網格式圖層，確立篩選不適合興建場址的區域準則後，利用地理資訊系統的空間分析功能，進行疊圖分析，篩選出適合興建掩埋場的候選區域。

應用本研究群所發展之地理資訊初選專家系統 (Kao, *et al.*1996; Kao, *et al.* 1997, 郭, 83 年) 進行篩選，該系統篩選程序如圖 3.2 所示。輸入選址的環境、社文及工程/經濟的限制條件，篩選出符合條件的初選區域。

篩選不適合興建場址的區域的準則如下：

1. 環境因子：
 - (1) 地下水保護區。
 - (2) 水源、水質、水量保護區。
 - (3) 距離河川 180m 以內的距離。
 - (4) 自然生態保育區。
 - (5) 距離斷層或不穩定帶 60 m 內的距離。
 - (6) 百年一次的洪水區域。
2. 社文因子：
 - (1) 距離都市計畫區域 150m 內的範圍內。
 - (2) 距離文化保留區或歷史古蹟 350m 內的範圍內。

- (3) 國家公園。
- 3. 工程/經濟因子：
 - (1) 遠離道路 1100m 以外的區域。
 - (2) 坡度大於 25% 的區域。

研究區域中經上述因子篩選後，未被刪除的候選區域如圖 4.21。

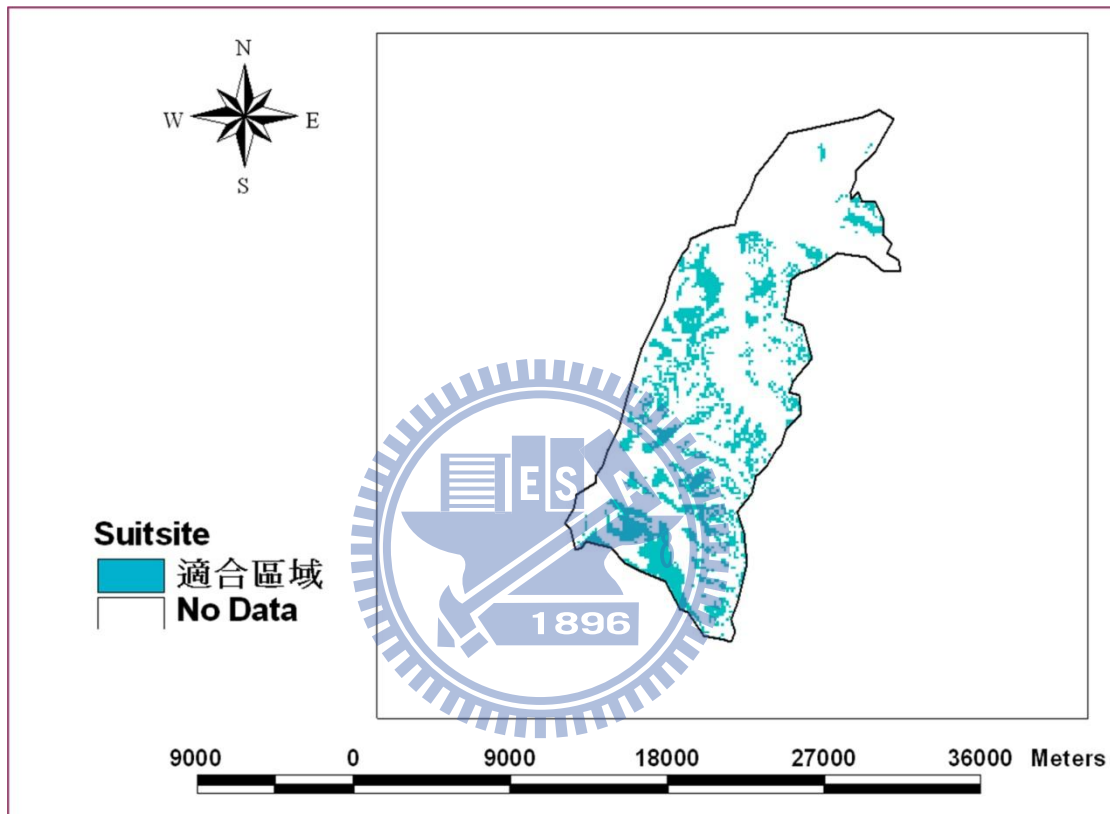


圖 4.21 掩埋場初選後的區域

4.6 時序不確定性選址準則

此階段主要採用本研究所發展之模糊馬可夫鏈方法分析具時序不確定性的選址準則，在此階段中的空間資料處理主要是將各地下水測站轉換至不同水位的機率，藉由地理資訊系統 ArcView(1996b)空間分析模組所提供的 Map calculation，建構出各狀態的動態風險潛能圖層後，利用 ArcView 空間分析模組所提供的地圖計算器(Map Calculator)，依據圖 3.4 所示的歸屬函數將各地下水測站各狀態的轉換機率，計算出風險潛能的純量函數值的圖層；即風險潛能圖層。利用此圖層與適合興建場址圖層進行疊圖分析，以篩選出風險較低的場址。詳細討論見后。

4.6.1 傳統時序資料選址

傳統應用時序資料作為選址準則時，較常採用的方法有二種，一則以平均值，另一則採取分類成類別方式來加以評比出適合的區域。本研究以地下水水位為例，分別論述如下：

1. 平均值法：

採用平均值作為評選時，是以各測站的平均值建立空間的等值線(isoline)作為評選依據。表 4.11 所列為不同時段地下水水位至地面平均值，若以地下水水位至地面大於 5m 的區域為地下水風險潛能較低的區域，圖 4.22 中採用 1972-1982 年的平均值為依據，則低風險區域較其他年代時段為多，而採用 1972 年的平均值來分析，則僅東北方的存在有低風險區域。如果採用較新的資料，2000-2008 年地下水水位距離地表符合 5m 上的區域，與 1972 年比較多出了西南方向的適合區域，由圖 4.22 可看出採取不同時段的平均值作為評選標準會有很大的差異，而圖 4.22 中 1972-1987 及 1972-1992 兩時段的低風險區域相當類似，但在圖 4.23 中若採取 3m 以上的距離水位時，則發現兩時段仍有差異。因此分析師將不易依據平均值的方式來評選出較低風險的區域。

2.類別方式：

DRASTIC 模式(US EPA, 1985)為適用於判斷地下水風險潛能的類別方式，此模式以地下水水位至地表的距離 D(Depth to groundwater table)轉換成評比(Rating)值。依據分類方式來建立類別時首先面臨的問題為在臨近各分類間距中的上界與下界數值分類所產生的誤差。以表 4.11 及表 3.1 為例，在 GW7 測站中如果採用 1972-1982 年的資料(距地表水位為 4.55m)，分類為 7 的評比值，但如果採用 2000-2008 年的資料(距地表水位為 4.41m)，則分類為 9。二者的距地表水位平均水位差為 0.14m，但評比值卻差 1 個等級。

表 4.13 的不同時段地下水距地表距離的平均值，依據表 3.1 的 DRASTIC 模式 D 的評比值轉換後的結果，在這些時段中風險潛能較低的評比值為 7，風險潛能較高的為 10。轉換的過程依然是依據平均值，因此仍然出現因時序資料不確定所造成不同時段評比值不相同的結果。圖 4.24 為不同時段選擇評比值為 7 的適合區域，仍然在不同時段有不同的適合區域，與圖 4.22 相比較，在圖 4.22 中以距地表水位 5m 為篩選標準，這標準由表 3.1 得知是落於 D 的評比值為 7 的範圍。圖 4.24 以評比值 7 似乎較平均值方式篩選標準較為寬鬆，原因乃類別方式以區間水位方式來表達潛在風險，因此在某一區間(如 4.5m~9m 間)水位屬同一類別，但以平均值為依據時，4.5m~5m 的水位區域則會被歸類為風險潛能較設定的 5m 為大的區域。因此類別方式對分析師在選擇場址的應用上而言，仍有其困擾。

而採用類別方式來評選適合區域時，無法以每一筆資料的類別方式來加以評選適合區域，以圖 4.6 中可發覺 D 值在某些測站中是可以到達 4 的低風險潛能，但因出現的次數太少，因此在以平均值計算後所獲得的評比值僅可得到 7。為避免忽略了這些狀況，本研究以馬可夫鏈的轉換的方式，計算水位轉換至高風險的機率，進而判斷出較適合興建場址的區域，後續章節將詳細說明該方法及其應用。

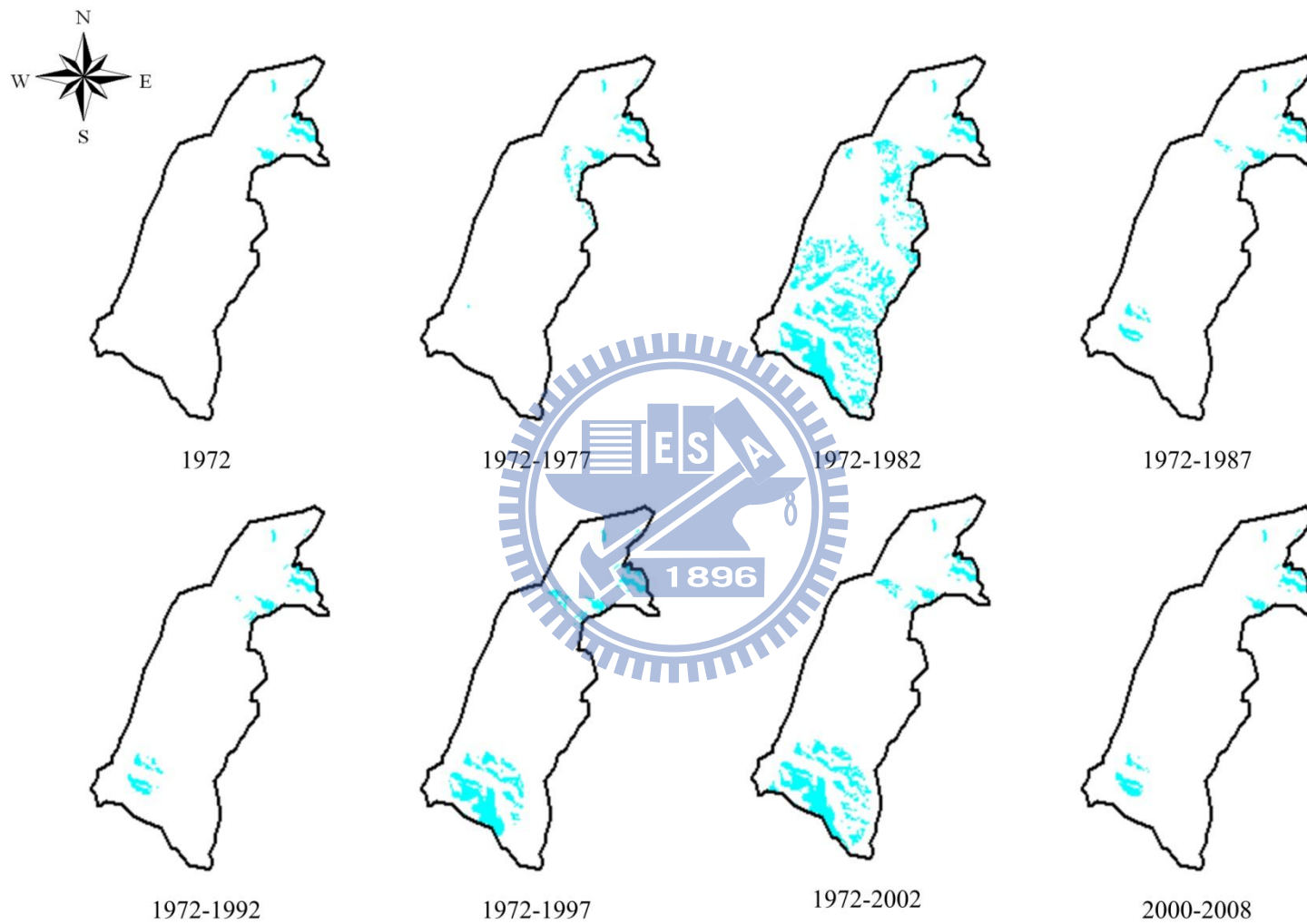


圖 4.22 不同年代時段地下水水位距離地表 5m 以上之低風險潛能區域

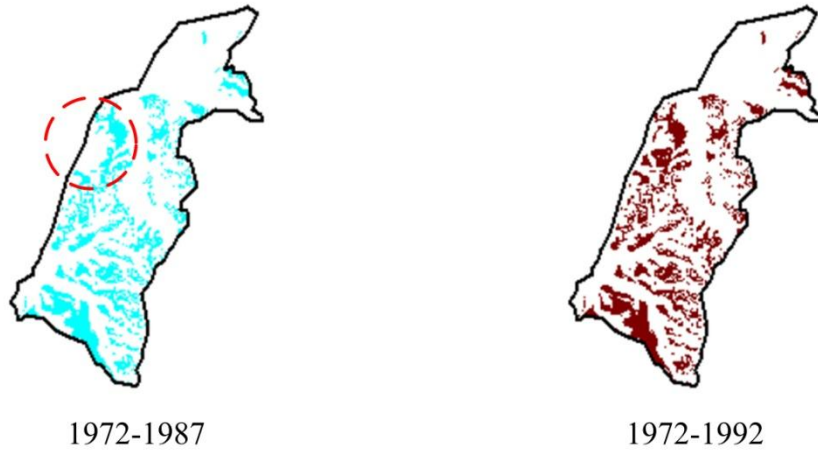


圖 4.23 不同時段地下水位距地表距離 3m 以上的區域，紅色圈標示主要差異處

表 4.13 不同時段地下水位距地表距離之 DRASTIC 評比值

年代 \ 測站	GW1	GW2	GW3	GW4	GW5	GW6	GW7
1972-1972	7	9	9	9	9	9	9
1972-1977	7	7	9	7	7	9	9
1972-1982	7	7	9	7	7	7	7
1972-1987	7	7	9	9	7	7	9
1972-1992	7	7	9	9	7	7	9
1972-1997	7	7	9	9	7	7	7
1972-2002	7	7	10	9	7	7	7
2000-2008	7	7	10	9	7	7	9

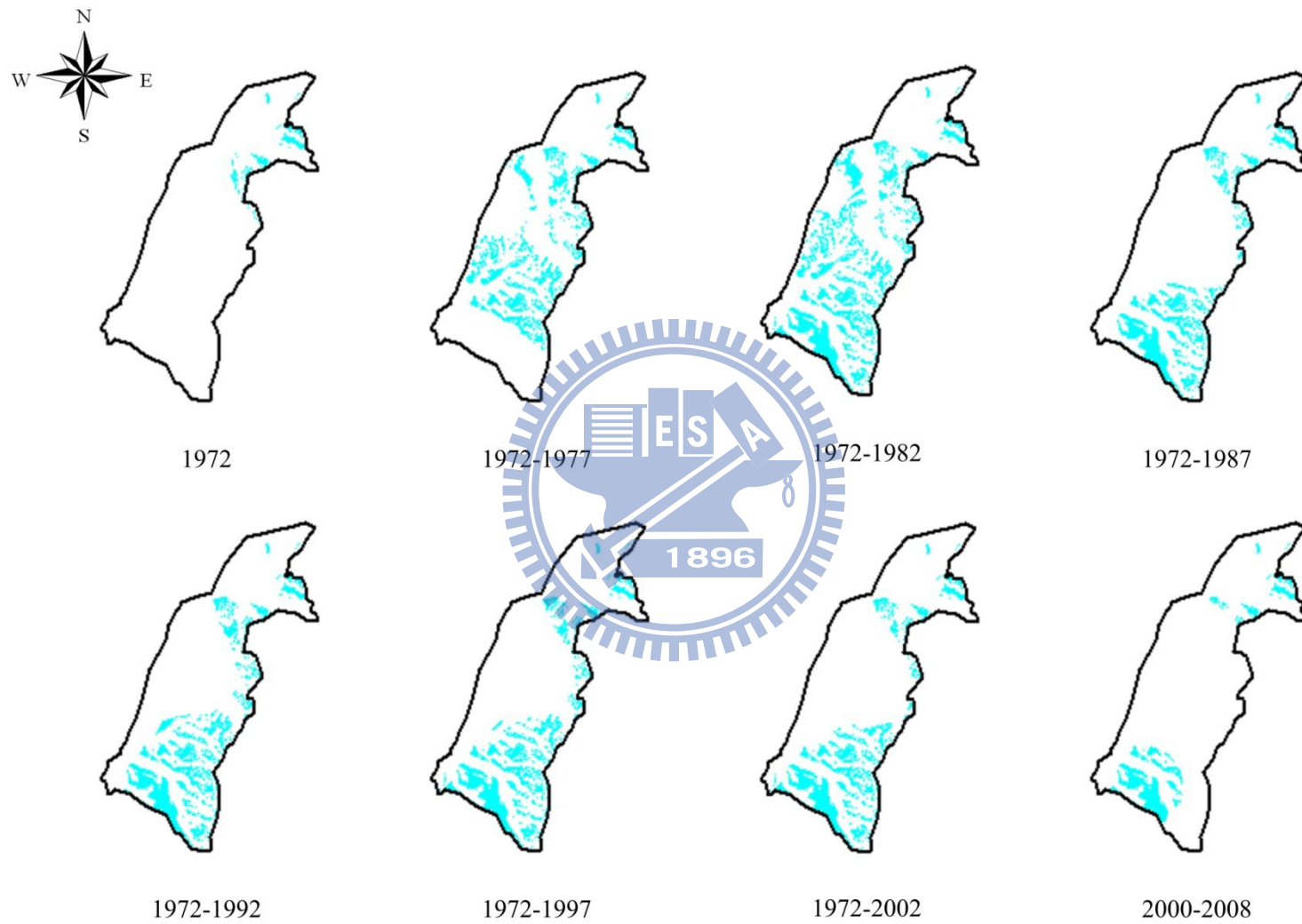


圖 4.24 不同年代時段 DRASTIC 方法中 D 的評比值為 7 的區域

4.6.2 模糊馬可夫鏈方法

本研究以馬可夫鏈的方式，計算地下水距地表距離的轉換機率來評比適合區域的風險潛能，同時考量在評比時面臨不同類別應具有不同之潛在風險的因素下，以圖 3.4 的模糊歸屬函數將不同狀態的轉換機率轉換成純量基數(scalar cardinality) (Klir and Folger, 1988)進行等級化(Ranking)。

圖 4.25 採用 1972-2008 年資料，將公式 3.2 中，分別將各狀態之初始機率設為 1，所獲得之初始純量基數等級化結果。圖 4.25(a)表當地表水位距地表距離之狀態為 1 時(給予狀態 1 機率為 1，其餘狀態機率為 0)之初始純量基數，即假設當水位為狀態 1 之高水位狀態下，在 GW2、GW3 及 GW4 測站附近的區域其純量基數較高(6.00 以下)，表示這些區域假設在狀態 1 水位下轉變成風險潛能較高的區域。圖 4.25(b)、(c)、(d)、(f)及(g)則是分別假設距地表水位由狀態 2、3、4、5、6 及 7 時模擬得到的初始結果，由圖 4.25(b)中顯示假設在狀態 2 的水位條件下，GW4、GW5 及 GW6 東邊鄰近的區域將轉變成高風險潛能的區域(純量基數為 5.2 以下)。而由圖 4.25(c)來看在狀態 3 的情況下，因假設推論的水位較狀態 2 為低，因此潛在風險較狀態 2 有降低的情況。較需注意的是在狀態 5 及狀態 6 的初始結果上，雖然是低水位的狀態 6 開始模擬，但在 GW1、GW5 及 GW6 測站附近仍會有較高風險潛能的區域。

經過馬可夫鏈的計算，圖 4.26 為模擬計算 240 次的結果。因本研究為將各月分的資料分別轉換為表 3.1 的資料轉換成不同的狀態，因此經過 240 次的計算相當於推論 240 個月；即推論 20 年後的結果，圖 4.26 中顯示，由狀態 5、狀態 6 及狀態 7 開始的模擬，顯示出風險潛能與初始情況比較並無太大的改變。而圖 4.26(a)、圖 4.26(b)、圖 4.26(c)及圖 4.26(d)可看出在測站 GW1、GW2、GW3 及 GW4 鄰近地區的風險潛能有升高的趨勢，而圖 4.26(d)中在測站 GW4、GW5 及 GW6 的東邊區域風險潛能也有升高的趨勢，由圖 4.2 可看出近年來測站 GW4 及 GW5 的水位有漸漸升高的情

形，同時在 GW5 及 GW6 測站有在早期；分別為 1972 年及 1982 年左右有高水位的狀態，因此對這些區域而言是有高風險潛能發生的機會。而這種情況在前述使用平均數或是類比的方式是無法有效的將風險潛能表達出來，同時在採用平均值作為評比標準時，必定以一個時段區間的資料來計算，容易受到極值及時段區間的影響而產生不一的結果。而採用類比方式時，也是以一個時段的平均值轉換成類比資料來評比，因此也有相同的問題。本研究採用的馬可夫鏈則是將每一筆資料轉成類比資料後，建立狀態機率矩陣，因此可以較完整的描述出地下水位的變化情況，呈現較佳的風險潛能等級化的結果。

同樣的情況，在處理時序資料時亦會因採用不同時段資料會呈現出不同的分析結果，圖 4.27 及圖 4.28 採用 1972 年至 1991 年 20 年的資料，分別計算出初始及推論 20 年後場址風險潛能。由表 4.14 的 BIC 值可知 1972 年至 1991 年的資料仍適合以 1 階馬可夫鏈分析，與圖 4.23 及圖 4.24 比較仍有差異，原因仍在於時序資料變化的影響，由圖 4.2 中在測站 GW1 及 GW3 的水位是呈現上昇，而 GW3 更有明顯的上昇的變化。因此在測站 GW3 附近高水位的初始狀態在圖 4.25(a)與圖 4.27(a)比較即可看出在鄰近 GW1 及 GW3 附近的高風險潛能的區域增加，圖 4.27(d) 及圖 4.25(d)在以初始狀態為 4 時，可發覺在 GW4、GW5 及 GW6 的東邊區域在 1972 年至 1991 年的資料推估較 1971 年至 2008 年的資料推估的結果，主要原因由圖 4.2 中看出 GW6 水位近年來有明顯的上昇趨勢所造成的結果。

利用不同的年代資料，模擬計算 20 年後的結果，比較圖 4.26(a)及圖 4.28(a)相同的因素為 GW1 與 GW3 的水位近年來的上昇趨勢顯示出純量基數由 5.81-6.00 提高至 5.00-5.20，表風險潛能有增加的趨勢，也說明本方法可較有效說明時序資料變化時對評比結果的影響。圖 4.26(b)、圖 4.26(c)與圖 4.28(b)、圖 4.28(c)比較時，也是因為鄰近地區水位上昇的原因所造成。雖然在初始狀態的圖 4.25(b)及圖 4.25(c)與圖 4.27(b)與圖 4.27(c)中顯現出純量基數並無太大變化，但是在經由模糊馬可夫鏈經由 20 年模擬計算後

都明顯發現在狀態 2 與狀態 3 的純量基數在 GW3 測站附近降低，即預期該地區的風險潛能有增加的趨勢，說明本方法比起平均數評比或類比方式較不容易受到時間序列不確定性的影響。

最後將圖 4.25、圖 4.26、圖 4.27 及圖 4.28 各狀態的純量基數分別求出平均值，結果如圖 4.29 所示。圖 4.27(c)及圖 4.29(d)因引用的資料期間僅 GW3 的水位上昇，因此在 GW3 的臨近地區呈現的純量基數較高(6.41-6.60)，而圖 4.29(b)的引用資料中上述提及受 GW3 及 GW1 水位上昇的影響，因此該區域的純量基數下降至 6.01-6.20，潛在風險提高。而 GW6 的水位下降的因素也使得鄰近的潛在風險降低。圖 4.29 中的圖形中純量基數的等級化結果，可以提供決策者了解該地區因為受到地下水水位變化的影響，造成各場址潛在風險的變化，進而選擇出較低潛在風險的場址。

表 4.14 1972-1991 年各測站不同馬可夫鏈階數的 BIC 值

馬可夫鏈階數	GW1	GW2	GW3	GW4	GW5	GW6	GW7
1	-1777.86	-745.79	-1560.44	-3131.66	-4532.14	-2555.6	-1441.02
2	-7053.29	-2351.76	-5689.4	-11841.8	-16897.1	-9895.49	-2803.74
3	-17369.1	-4875.96	-13947.1	-32017.9	-43019.6	-25721	-5557.3
4	-34095.7	-8313.72	-27692.3	-67289.4	-87456.8	-53434	-10138.7

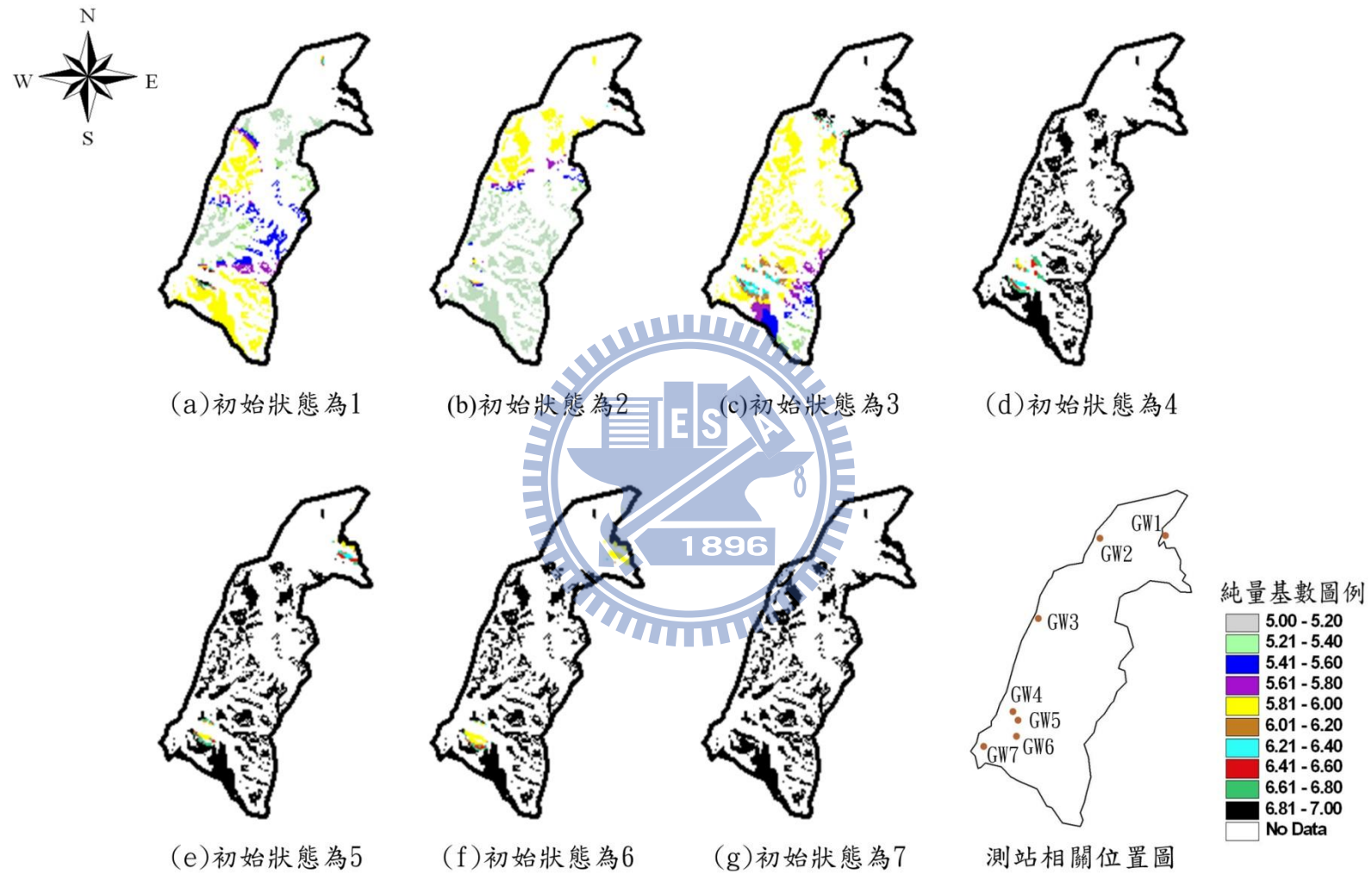


圖 4.25 採用 1972-2008 年資料，不同初始狀態之第一次轉換的純量基數等級化結果

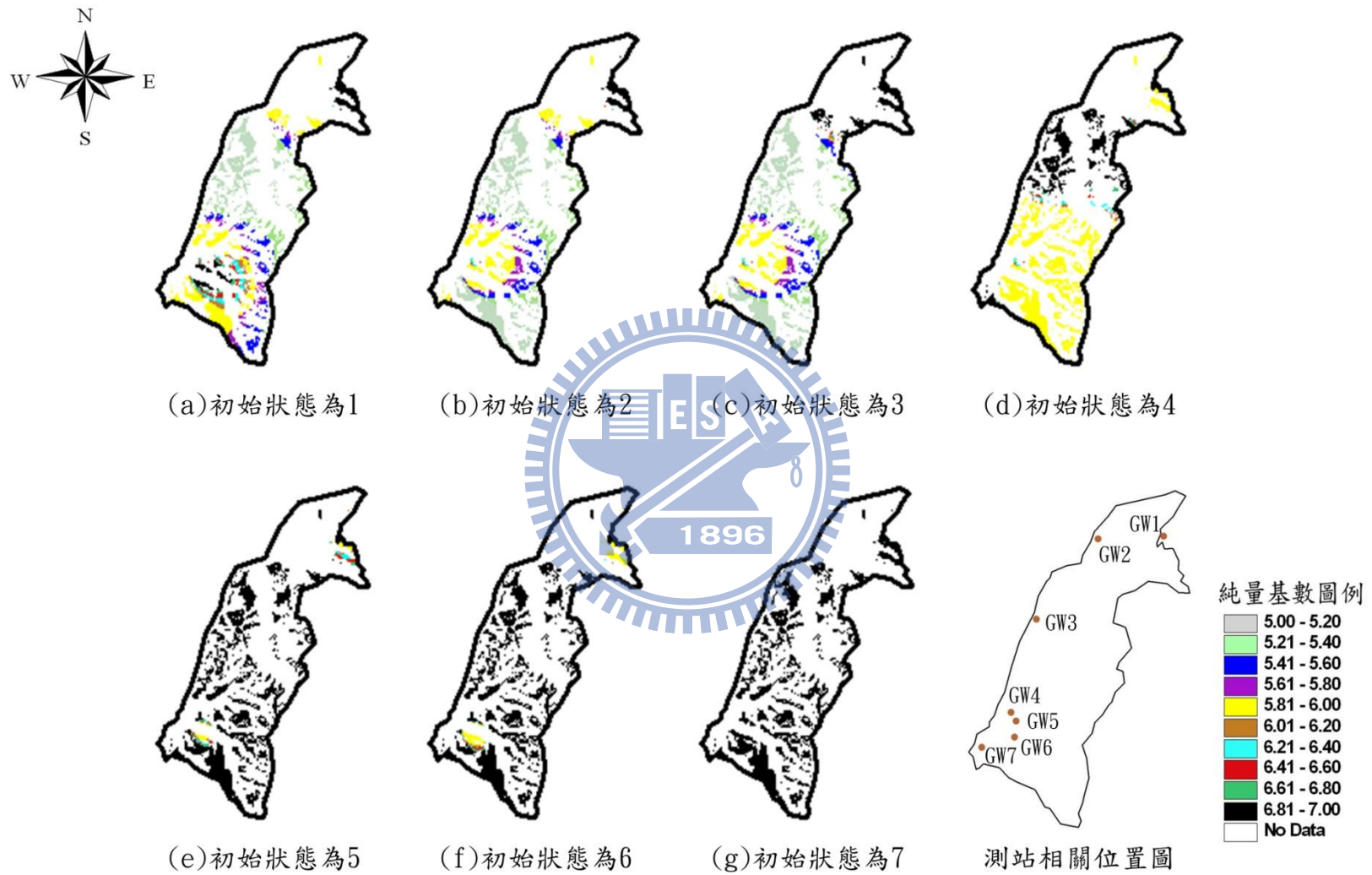


圖 4.26 採用 1972-2008 年資料，不同初始狀態之第 240 次轉換的純量基數等級化結果

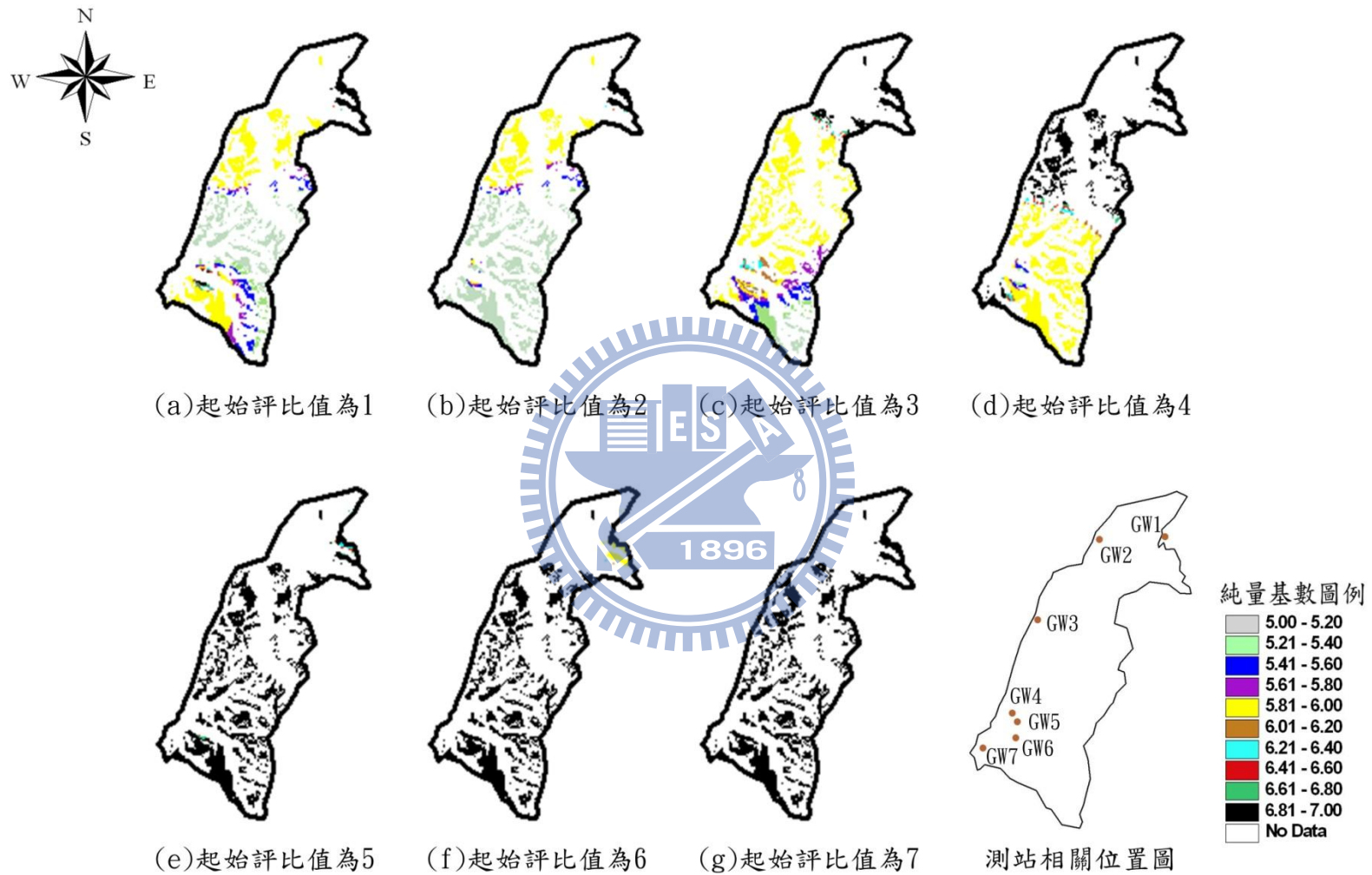


圖 4.27 採用 1972-1991 年資料，不同初始狀態之第一次轉換的純量基數等級化結果

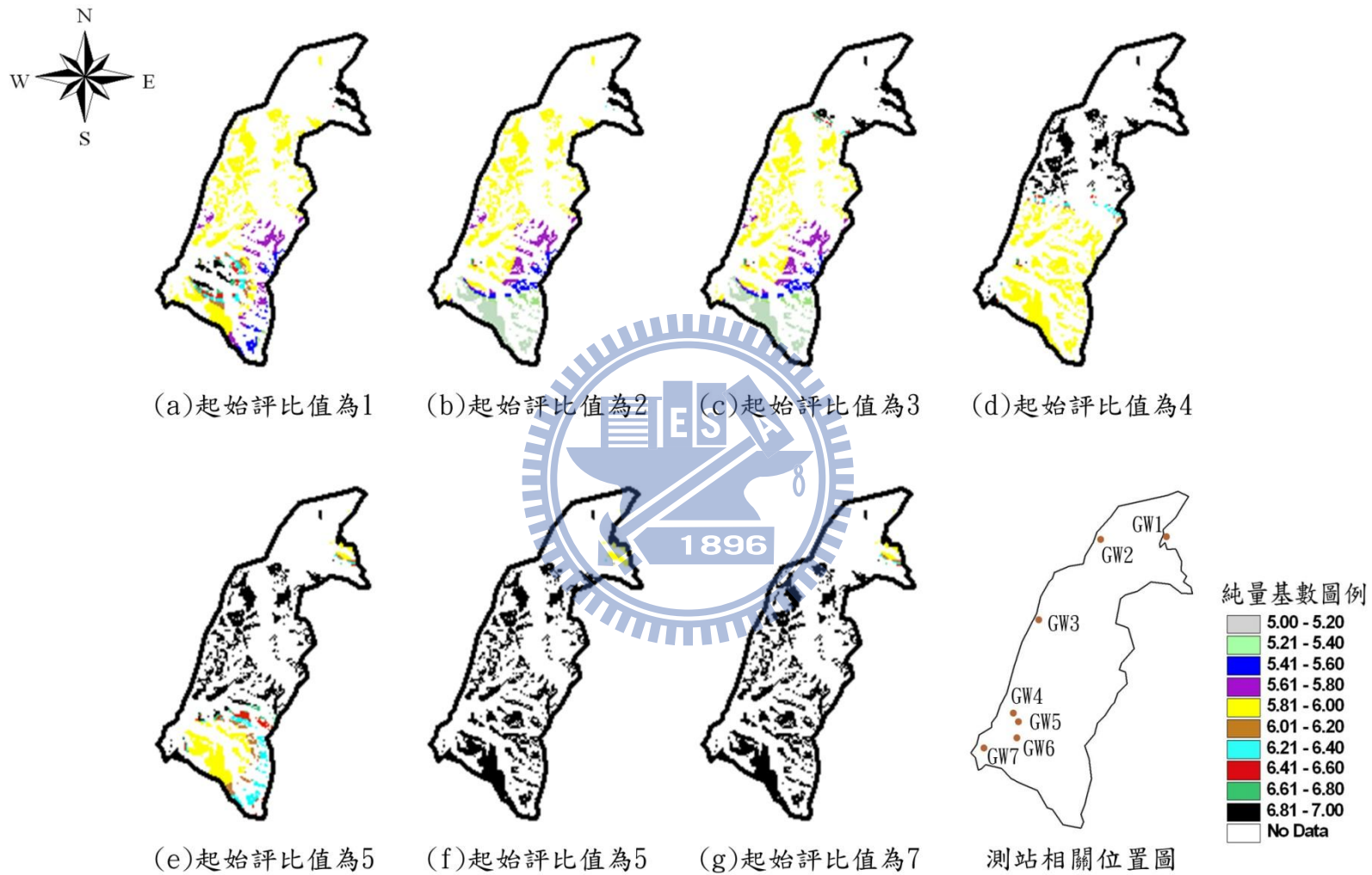


圖 4.28 採用 1972-1991 年資料，不同初始狀態之第 240 次轉換的純量基數等級化結果

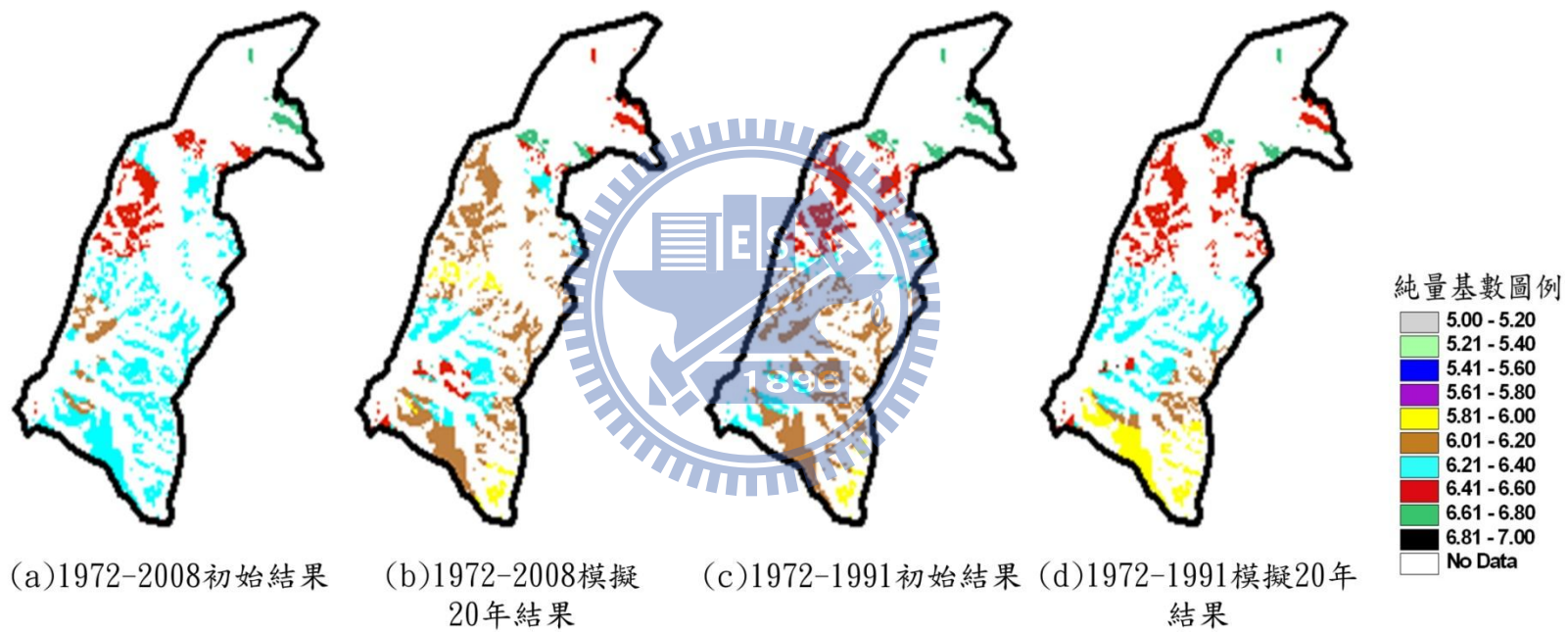


圖 4.29 平均純量基數等級化結果

4.7 空間不確定性選址準則

本研究針對空間不確定性的選址準則，發展方向性風險分析方法，在此階段中的空間資料處理主要結合 ISC3(USEPA, 2009)空氣擴散模式，推估各場址對鄰近地區的污染擴散，最後評估各方向性風險潛能，提供決策者評選場址的參考。本研究依據圖 4.17 之初選後的區域，以 500m*500m 網格建立初選的場址，圖 4.30 為初選場址的結果，共有場址 194 個，各場址因地理位置不同，因此推估各場址空氣污染對四周環境的衝擊，需推估各測站之風向、風速及建立不同的 ISC3 輸入檔中的受體點的座標位置。

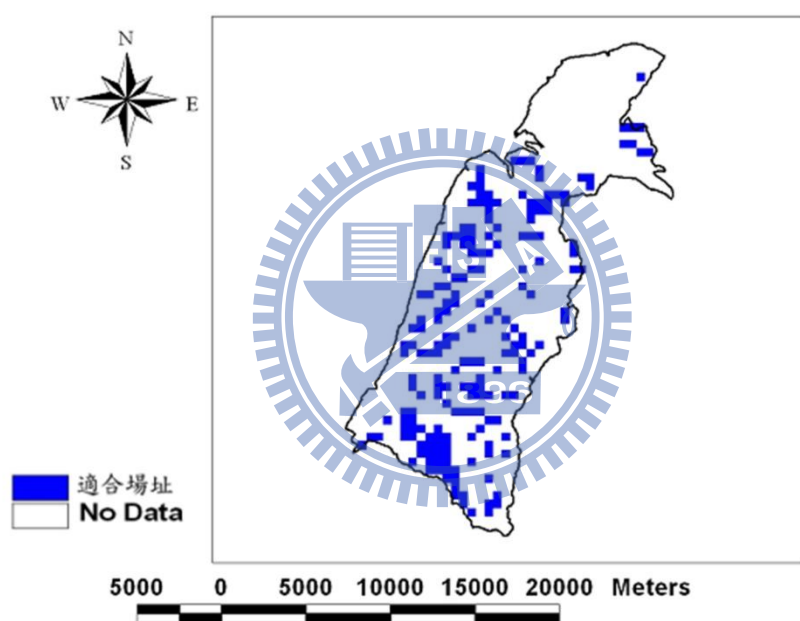


圖 4.30 初選適合場址地理位置圖

4.7.1 ISC3 空氣擴散模式

ISC3 空氣擴散模式在本研究中主要提供污染物擴散濃度的推估，在執行 ISC3 計算時需要氣象資料檔及 ISC3(USEPA, 2009)輸入檔，分述如下：

氣象資料檔：氣象資料包含研究區域測站的地面資料與板橋站探空資料進行運算與格式轉換。探空氣象資料在研究中所應用之資料有測站代碼、紀錄時間、逐時氣溫、逐時風速及逐時風向，經由計算與轉換後可獲得大

氣混合高度。大氣混合高度將提供 ISC3 模式的氣象資料所需。地面氣象資料則依據各初選場址的中心點座標位置、圖 4.3 各測站的風向、風速資料及座標位置，利用 DRAXLER 法推估各場址風場。此推估程序以自行開發程式的方式來完成推估的工作。操作界面如圖 4.31，輸入氣象資料筆數、觀測站數量及欲推估的風場數目。執行後由圖 4.32 之界面選擇輸入氣象資料的檔案名稱及欲推估風場的污染源座標位置檔案並勾選風場推估的方法，執行完成後將可獲得各評估場址的風向、風速。

Form1

模擬風場程式 (Ver. 1.0)

測站氣象資料總共幾筆? 8760

風向、風速測站共幾個? 5

欲推估幾筆風場資料? 194

確定 結束

程式撰寫人：陳維燁

圖 4.31 模擬風場程式操作界面 1

Form2

輸入紀錄所有氣象資料檔檔案名稱

檔案儲存位置及名稱 (包括附加檔名.txt)

c:\tempdata\stations.txt

選擇風場分析方法：

DRAXLER法(US EPA Mesopuff II 模式中使用的的方法)：

輸入欲推估風場的座標位置的檔案名稱

c:\tempdata\sitecenter.txt

確定 結束

圖 4.32 模擬風場程式操作界面 2

ISC3 輸入檔建立：針對 ISC3 模式輸入檔的五個部份，模式模擬控制 (Control Pathway)、污染源資料 (Source Pathway)、受體點資料 (Receptor Pathway)、氣象資料 (Meteorological Pathway) 及輸出控制 (Output Pathway) 進行定義。模擬控制參數部份。本研究採用鄉村型參數。污染源設定為 500m*500m 大小的面源來做模擬。各場址不同風場推估各場址各方向的污染擴散濃度。受體點資料及各初選場址的 ISC3 輸入檔由自行開發的程式來完成，界面如圖 4.33，輸入污染源座標檔案、污染源數量、勾選欲分析的方向、各受體點的距離及預計推估污染擴散的距離等資料。程式執行完成後，由圖 4.34 之界面執行 ISC3 空氣污染擴散模式，計算 194 個評估場址的模擬污染擴散結果，同時將 194 個 ISC3 模擬計算結果的檔案名稱及儲存路徑建立於 outputfile.txt 檔案中，以便後續輸出資料整理程式執行時所需。

Form1

污染源座標檔案： c:\tempdata\sitecenter.txt

總共有多少污染源？ 194 個

欲推估擴散方向（以正北方為360度）：

選擇特殊角度：

22.5度 45度 67.5度 90度

112.5度 135度 157.5度 180度

202.5度 225度 247.5度 270度

292.5度 315度 337.5度 360度

以上皆是

每個推測點間距為多少公里？ 0.5 公里(km)

推測距離為多少公里？ 5 公里(km)

確定 結束

圖 4.33 受體點座標位置計算及 ISC3 輸入檔建立的操作界面

Form2

執行 ISC3 程式

結束

圖 4.34 執行 ISC3 程式的操作界面

輸出資料整理：由於模擬的場址共有 194 個，為加速評比各場址在各方向的污染衝擊，因此以 Visual Basic 自行撰寫 ISC3 輸出檔的處理程式，圖 4.35 為其操作界面，將上述所建立的 outputfile.txt；該檔案儲存各評比場址的污染擴散濃度輸出檔案名稱及儲存路徑。同時輸入欲整合的評比場址數量。經程式處理完成後的結果為模擬區塊座標位置、該區塊的辨識號碼及該區塊的污染擴散濃度，此檔案再經由 ArcView(1996)的 Avenue 程式

讀取並執行後建立出各場址各方向的污染擴散圖層。完成的圖層為向量式 (Vector) 圖層，需經由 ArcView(1996) 的功能轉換成網格式 (Raster) 圖層，進行空間分析，此部份亦以 ArcView(1996) 的 Avenue script 程式完成之。

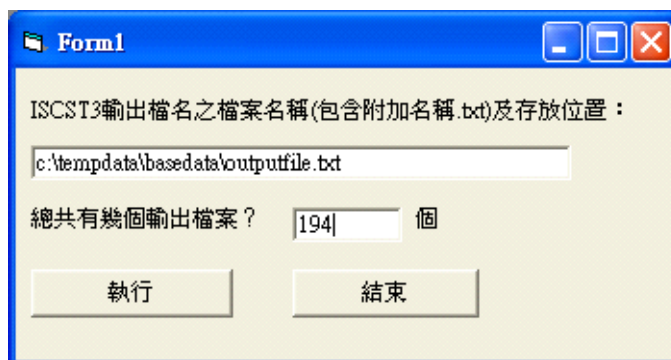


圖 4.35 ISC3 模擬結果整合的操作界面

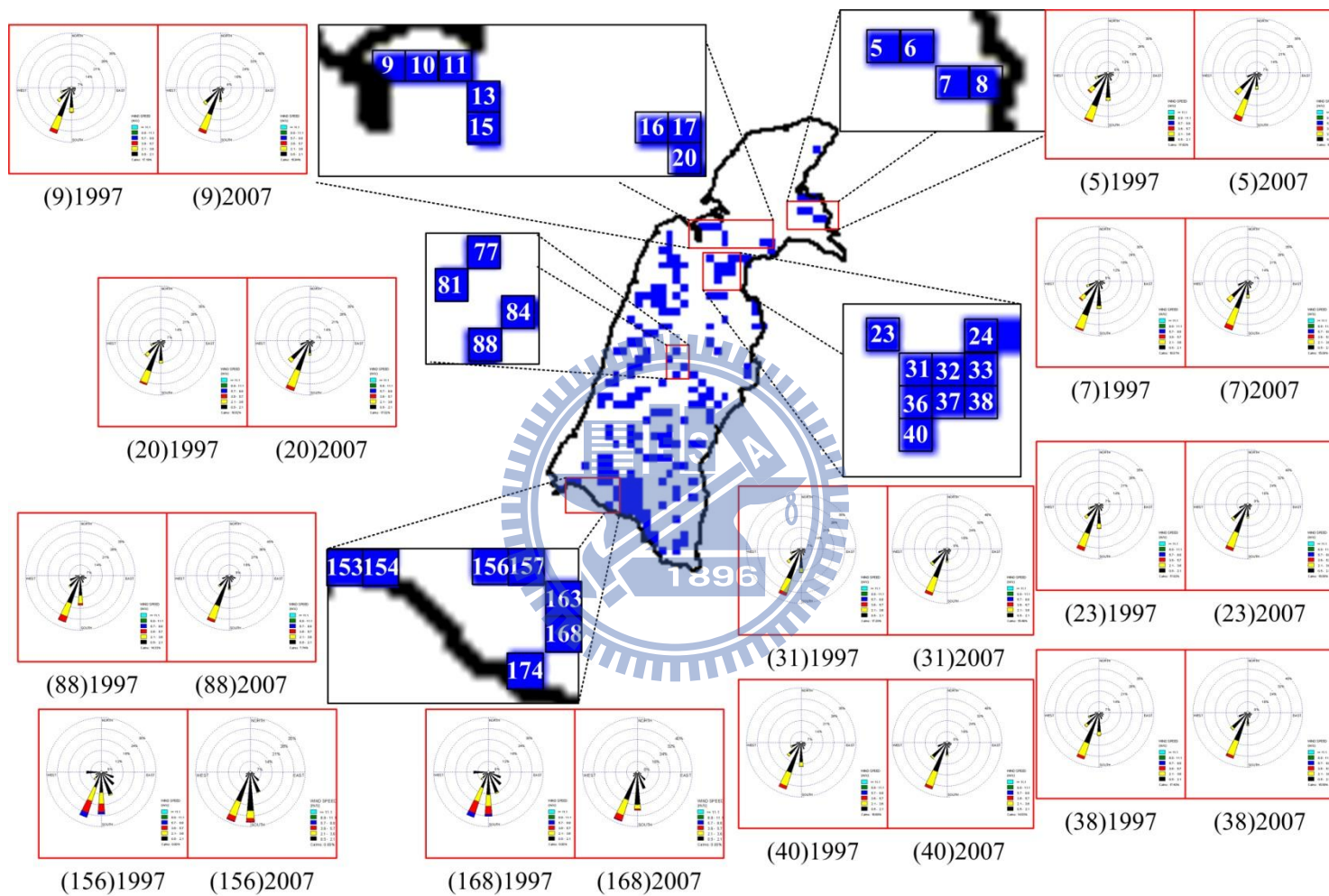
4.7.2 初選場址之模擬風場

評估場址對鄰近地區的空气污染的衝擊首先必須先了解該場址的風向、風速分佈，本研究所探討的是方向性風險潛能，為了利於分析及討論，本研究以風吹往的方向 (blowing to) 來表示，而非傳統以風吹來的方向表示，並以 [衝擊風向] 為名，圖 4.36 為以 DRAXLER(1979) 方法所模擬出的各初選場址風向、風速結果，因初選場址數量多，僅在圖 4.36 中列出部份初選場址編號並選擇出數個初選場址模擬的風玫瑰圖為討論範例，DRAXLER(1979) 模擬場址時受距離遠近影響 (公式 3.10)，因此在圖 4.36 中所列出的場址的風場，距離相近的初選場址風場亦較類似。由圖 4.36 顯示出研究區域的主要衝擊風向都為吹往南南西方向，因為空間不確定性的因素，各初選場址的次要衝擊風向則並不相同，5 號、7 號及 9 號場址風場推估結果，在西南方及南方的兩個方向上有相近的次要衝擊方向。而 2007 年 5 號及 7 號場址的次要衝擊方向則為西南方向，出現在南方的衝擊風向次數較 1997 年為少。在 23 號及 38 號場址的次要衝擊風向上則呈現 1997 年為南方，而 2007 年則南方的衝擊風向減少，反之將污染物吹往西南方向的次數反而增加。20 號、31 號及 40 號的場址，因位在相近的垂直方向上，與圖 4.3 所示的觀測站位置距離差異不大，因此主要衝擊風向及

次要衝擊風向呈現相似的結果，156 號及 168 號場址因接近圖 4.3 的 M5 測站，因此次要衝擊風向所發生的次數與主要衝擊風向接近。

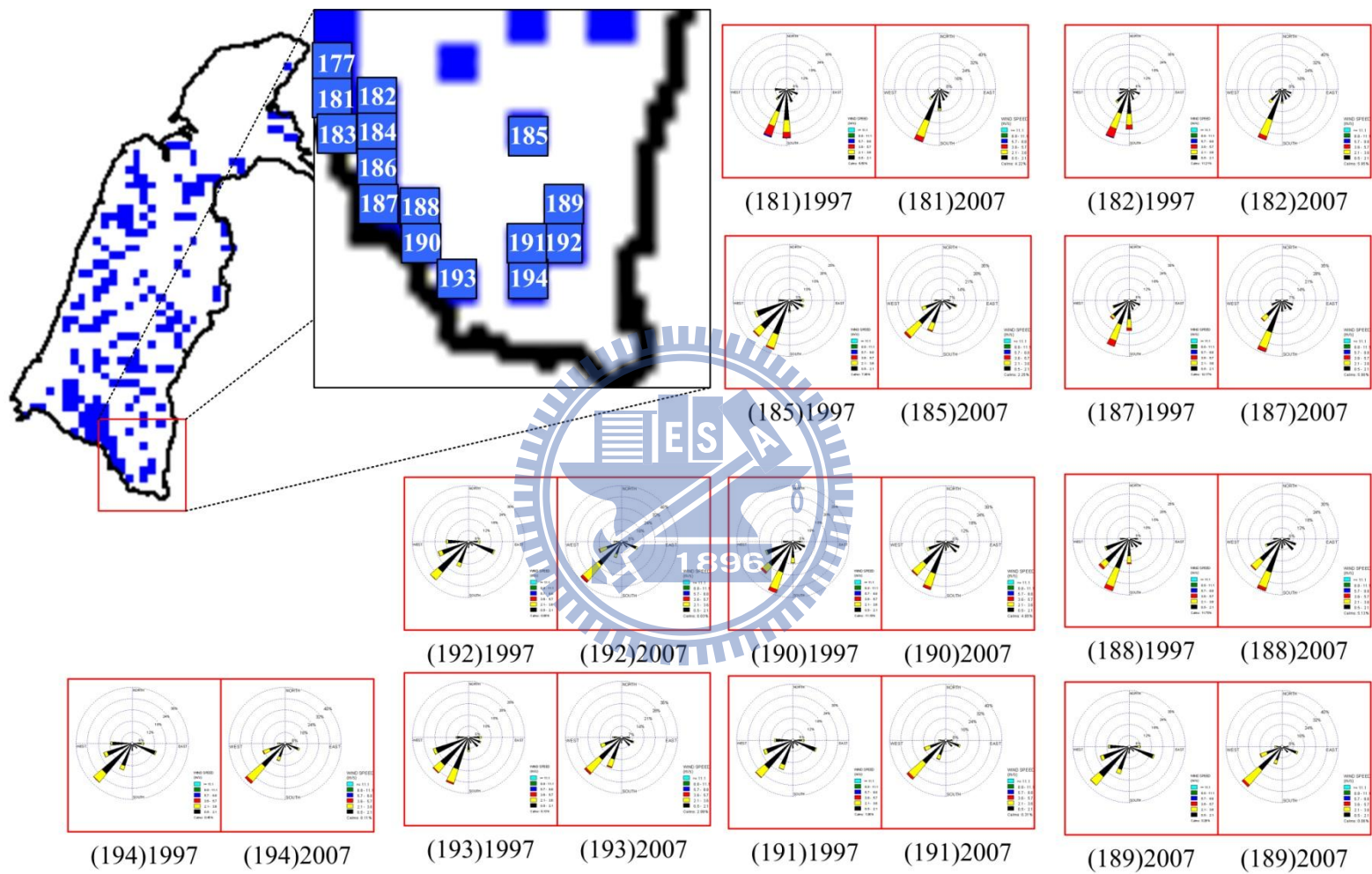
圖 4.37 所示為研究區域中的南端區域初選場址的編號及風玫瑰圖，由於該鄰近區域的 M4 及 M5 觀測站位置較接近初選場址，不同於圖 4.36 中研究區域的中、北部區塊，距圖 4.3 中 M1、M2 及 M3 測站較遠，加上由圖 4.17 中 M4 及 M5 測站的風玫瑰圖中，可看出 M4 將污染物傳送的主要方向向為西南，而 M5 的風場則較易將污染物傳送到南南西或西方，二測站對傳輸污染物的方向有相當大的差異。因此模擬演算結果在差距 500m 的距離風場也會有明顯的變化，如圖 4.37 中編號 181 號及 182 號場址在 1997 年的主要衝擊方向與次要衝擊方向的不同，2007 年的次要衝擊方向 181 號場址為南方，而 182 號場址的確出現在西南方。187 號場址在 1997 年的次要衝擊風向在南方而 188 號場址在西南方，2007 年的風場 188 號場址衝擊風向吹往西南方的次數較 187 號場址的次數為多。距離相距較遠則差異性將更明顯，由 188 號及 189 號場址的風場即較 187 號與 188 號場址的風場差異性大。

由圖 4.36 及圖 4.37 中所列出的風玫瑰圖中，如果以衝擊風向的相對次數來評比初選場址的風險潛能，則由大部份初選場址的主要衝擊風向在初選場址的西南方、南南方或南方，因此這些方向將出現高風險潛能區域，而其餘方向則因衝擊風向傳輸導引的污染物發生次數較少，因此這些方向則為較低風險潛能區域。就研究區域的 194 個場址而言，如果依此方式，則將無法由初選場址中更有效的再篩選出潛能風險較低的場址，更何況污染物傳輸除受風向影響傳遞方向外，亦受風速來決定污染擴散的濃度，這也說明空間不確定性所造成的風向變化因素，易造成衝擊場址評比的困難。



(括弧內為初選場址編號)

圖 4.36 部份初選場址及 1997 年與 2007 年之風玫瑰圖



(括弧內為初選場址編號)

圖 4.37 研究區域南端之初選場址及 1997 年與 2007 年的風玫瑰圖

4.7.3 初選場址之污染物擴散

風速大小決定污染的擴散程度，衝擊方向則受衝擊風向的影響，圖 4.38 中所示為 ISC3 模式模擬計算各方向污染擴散的結果，依圖 4.36 風玫瑰圖可看出初選場址的主要衝擊方向為南南方，圖 4.38 以對數顯示污染擴散濃度大小，近距離污染衝擊之對數值為在 4~6 間的橘色範圍，由該圖可看出較顯著受影響區域並非只出現在主要衝擊風向上，1997 年的結果中 5、7、9、20、23、31、38、40 及 88 號場址都是出現在南方，由風玫瑰圖可看出南方是排序第三的衝擊方向，除 9、20 及 88 號場址在次要衝擊方向外，皆不為主要衝擊方向。而依 2007 年資料這些場址除 88 號測站外，近距離污染衝擊主要出現在西南方，則與風玫瑰圖較一致。就第二污染擴散衝擊的方向，圖 4.38 濃度分佈圖與圖 4.36 風玫瑰圖所示的第二衝擊風向並不一致性。同時就衝擊距離來分析，較高污染擴散區域(橘色)的距離無法由圖 4.36 的風玫瑰圖中風向發生次數的大小來判斷，以 88 號場址 1997 年及 2007 年資料為例，圖 4.36 的風向發生的主要衝擊風向次數相近，但主要污染擴散方向以 1997 年的氣象條件，高污染濃度在南方擴散的距離較遠，而 2007 年的衝擊距離卻僅在場址鄰近的南南西、南及南南東方出現較高濃度的污染擴散。

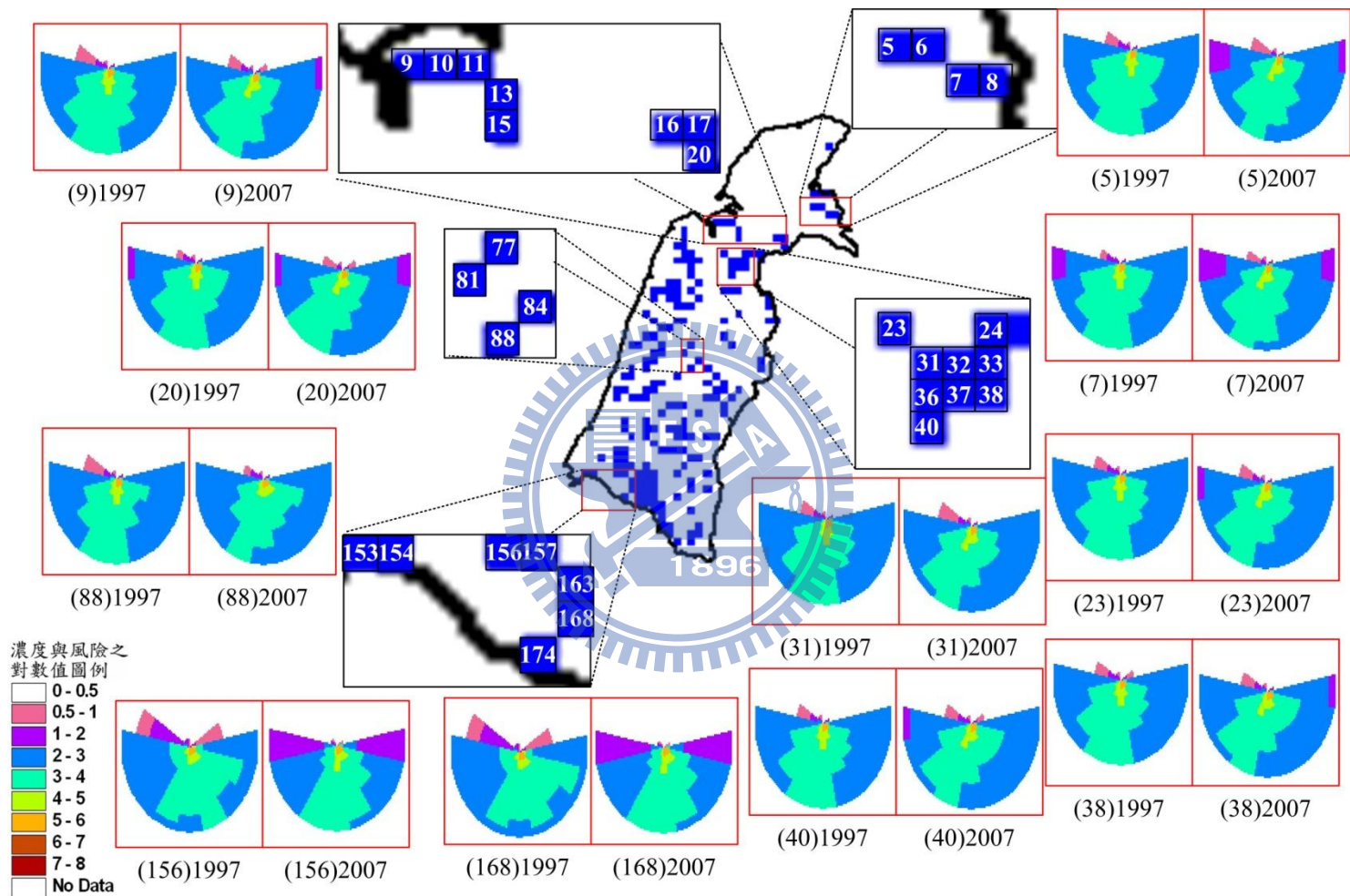
在探討初選場址距離較遠的污染擴散衝擊上，首先針對對數值 3~4 的綠色範圍比較圖 4.36 及圖 4.38 發現主要衝擊風向的污染擴散濃度會出現較高數值，但在次要衝擊風向，亦會出現較高的污染擴散濃度，雖然主要衝擊風向發生的次數遠高於次要風向，二者對污染擴散的衝擊程度卻差不多。其次，圖 4.36 及圖 4.38 中 168 號場址的污染擴散濃度較高的區域並非出現在主要衝擊風向南南西方或次要風向南方，而是出現在南南東方向。就污染擴散濃度值為對數 2~3 的區域來看，各場址的衝擊風向發生次數低於次要衝擊方向，甚至為發生次數相當少的區域，如 5 號場址的東南方、31 及 40 號場址的東方，雖然在這些方向的衝擊風向發生次數很低，污染

物擴散的距離亦可影響到模擬範圍的 5km 處。

在研究區域的南端，依圖 4.37 所示，可看出各初選場址的風向變化較大，各場址近距離污染擴散主要衝擊方向與圖 4.39 的高污染擴散方向並不一致，181 號場址在 2007 年主要風向為西南，但高污染擴散的指向卻出現在南方，188 號場址在東南風向並不多，鄰近地區卻出現高污染擴散的現象。遠距離污染擴散部分，圖 4.39 中較高污染衝擊方向大致與圖 4.37 的主要衝擊方向及次要衝擊方向相同，不過，在 197 號場址高污染擴散是發生在東南方。

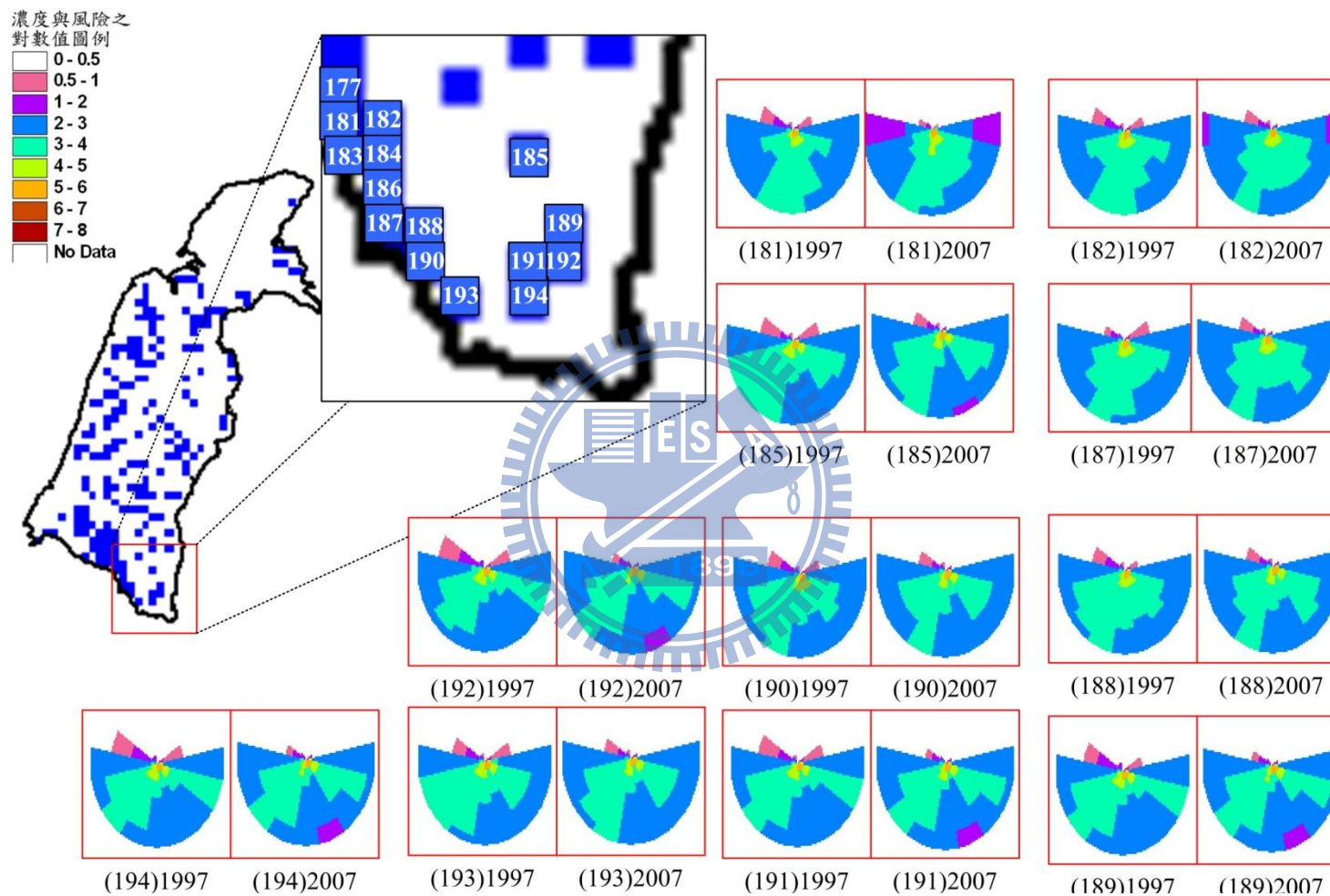
由上述說明可知在評比初選場址時，除衝擊風向外，風速亦是影響污染物擴散濃度的重要因素，風速大的風向，污染物傳輸距離較遠，擴散程度高，產生較低的擴散濃度，反之風速小則污染擴散距離短，污染濃度將會偏高。風玫瑰圖所呈現出衝擊方向的次數，往往次數多的污染物擴散濃度就會偏高，但是在次數不多的衝擊方向上，有時也會出現偏高的擴散濃度，這除了因為風速小的影響外，風速大與風速小二者的時序也是一個重要的因素，風速大可能將污染物傳送至較遠的區域，但接著面臨到風速低的情況，將使得污染擴散濃度無法降低，而造成污染擴散濃度偏高的情況。

但依各方向污染擴散濃度評比初選場址時所面臨的問題為該如何評定各方向的污染擴散濃度相近的場址。污染物傳輸流場的空間不確定性問題，可經由模擬流場的方式，推估出各方向可能造成的污染衝擊，但仍不易提供決策者足夠的潛在風險資訊，因此本研究提出方向性風險方法，以解決這類的問題。方向性風險將在下一小節詳細說明之。



(括弧內為初選場址編號)

圖 4.38 研究區域初選場址及 1997 年與 2007 年之污染擴散圖



(括弧內為初選場址編號)

圖 4.39 研究區域南端之初選場址及 1997 年與 2007 年的污染擴散圖

4.7.4 方向性風險應用

之前曾討論以傳統空間資料應用於選址工作上，評選者依據地區的風玫瑰圖或是探討各方向污染物擴散的結果並無法有效的提供決策者評比出較適合的場址。就選址的觀點必須要選擇最低風險的場址，要探討各初選場址的潛在風險，最直接且簡易的方式即評比曝露風險。曝露風險所考慮的因子為人口密度及污染擴散濃度。圖 4.40 為 1997 年及 2007 年研究區域及鄰近 5 公里處的人口密度分佈圖。表 4.15 為 100m² 的人口密度分佈，該地區的總人口數在減少中，但由圖 4.40 可看出人口遷移的現象，此亦造成空間不確定性問題，面對此現象更說明以圖 4.38 及圖 4.39 的污染擴散結果來評比場址，較易受空間不確定性因素影響產生錯誤的決策。

表 4.15 研究區域鄰近地區 1997 年及 2007 年每 100m² 人口密度分佈，

人口密度 組界	1997 年	2007 年
1	10	10
30	128	127
60	7	16
90	10	3
120	6	2
200	3	7
400	2	3
500	1	0
700	0	0
800	1	0

圖 4.41 中高風險潛能的方向與圖 4.38 的高污染擴散方向不同，首先討論紅色的高風險潛能出現的區域，圖 4.38 中高污染擴散濃度發生在鄰近場址 2km 範圍內，而圖 4.41 中的紅色高風險潛能則受空間不確定性的影響在 5 號、7 號及 20 號場址在 1997 年的模擬計算中，於 5km 處仍有紅色的高風險區。而紅色高風險區並非完全發生在高污染擴散濃度區，圖 4.41

中 7 號及 9 號場址在 2007 年的資料模擬的結果在南方 2.5km 左右有紅色高風險潛能區域，但在圖 4.38 中較高污染擴散濃度卻是指向南南西，相同年分的分析中，23 號場址在圖 4.38 中的污染擴散濃度同樣發生在南南西方，但是圖 4.41 中該場址在模擬計算的 5km 內卻無紅色高風險潛能區域。在圖 4.41 中發生藍色的風險潛能區域，並非指向圖 4.38 中的高污染擴散方向，由圖 4.41 中之 5 號場址 1997 年及 2007 年在南南東方皆出現藍色的風險潛能區，但這區域在圖 4.38 中卻發現這方向卻是屬於較低的污染擴散濃度方向，同樣的情況亦發生在 7 號場址。

而一般污染物因為風速的擴散效應，距離場址愈遠則污染擴散濃度會愈來愈低，這種低污染擴散濃度區域，在圖 4.38 中的 1997 年分析結果，168 號場址的西方、40 號及 31 號場址的西西南方，在圖 4.41 中都出現高達對數 5~6 等級的藍色風險潛能區域。23 號及 31 號場址的衝擊風向由圖 4.36 可看出大多為南南西方向，圖 4.36 主要污染物衝擊方向則為南方及南南西方，由圖 4.40 中可看出此方向正面臨人口密度較高的區域，而 40 號場址的衝擊風向及主要污染擴散方向也與 23 號及 31 號場址相同，但 40 號場址卻位於此人口密度較高區域，如果僅經由圖 4.38 的結果是無法分辨出此三個場址的級序，但由圖 4.41 中明顯的發現 40 號場址的鄰近地區有較高的風險潛能，而 23 號與 31 號場址 1997 年的風險潛能，因 23 號場址較 31 號場址偏向北方及西方各 500m，23 號場址的高污染擴散濃度衝擊在鄰近人口密度低的地區，當擴散距離較遠時所產生的低污染擴散濃度卻面臨到較高人口密度的區域，因此雖然 23 號場址較 31 號場址遠離高人口密度的區域，但在藍色風險潛能區域此二場址並無太大的差異，而 23 號場址因偏西，因此在西西南方所產生的藍色風險潛能較 31 號場址為大。

上述現象的原因主要是受場址受空間因素影響，本研究探討的空間因素為場址地理位置不同，產生不同的衝擊風向與風速大小。衝擊風向並非一定是高風險潛能的方向，除上述說明外，圖 4.41 的 168 號場址在 1997 年的資料分析得知高風險潛能方向為南南西方及南方，但圖 4.38 中 168 號

場址的高污染擴散方向卻為南南東方，這因素並非因為 168 號場址的南方靠近人口密度高的區域，以 168 號場址北方 1km 的 156 號場址而言，其南方是完全不發生藍色高風險區域。圖 4.42 中以 1997 年的分析來看，188 號及 190 號場址的西南方是較靠近高人口密度區，該方向也產生了藍色的高風險潛能，但二場址同樣的在東南方的低人口密度區亦有藍色的高風險潛能區域，而 189 號場址與西方 188 號場址二者距離 2km，在 189 號場址的西南方距離 2.5km 左右為高密度區域，其中皆為低密度的區域，但在西方及西南方，仍然出現藍色的高風險潛能區域，同時在東東南方人口密度低的區域亦有藍色的高風險潛能區，因此可說明，人口密度的分佈並不完全是決定方向性風險潛能大小的唯一因素，方向性風險潛能主要依衝擊風向與風速二者來決定，如圖 4.41 及圖 4.42 中相同場址在 1997 年及 2007 年的方向性風險潛能。

圖 4.43、圖 4.44 及圖 4.45 為將圖 4.36~圖 4.39、圖 4.41 及圖 4.42 中部份場址的風玫瑰圖、污染擴散圖與方向性風險圖，圖 4.43 中 9、20 及 40 號場址在 1997 年南方雖皆非主要衝擊風向的方向，但污染擴散濃度與主要的污染擴散濃度方向差異不大，而圖 4.44 中 156 號場址 1997 年的資料顯示最主要污染擴散濃度出現的方向在南南東方，並非在主要衝擊風向之南南西方或是南方，此情況也出現在圖 4.45 的 193 號場址以 2007 年資料分析時的結果，即最大污染擴散濃度(南南西方)並非主要衝擊風向(西南方)。而由圖 4.43~圖 4.45 中，發現玫瑰圖中發生次數較少的方向，其高污染擴散濃度(綠色範圍)，亦有 3~4km 的範圍。發生次數愈少的風場雖高污染擴散濃度的範圍小，但亦有 1~2km；如圖 4.43 之 40 號場址。由圖 4.44 之 156 號場址及圖 4.45 之 190 號場址二者之 2007 年資料中，可看出其主要衝擊風向與次要衝擊風向發生次數相近，但污染擴散濃度有明顯差異，190 號場址主要污染擴散方向與盛行風向是一致，但 156 號場址在次要衝擊風向的污染擴散濃度與主要衝擊風向的污染擴散濃度相近。這說明如果

僅以玫瑰圖中之主流方向或是次要方向來判斷風險潛能有時並不太恰當。

高潛在風險方向與玫瑰圖的主要衝擊風向或主要污染擴散方向間的差異更大，如圖 4.43 所示之 156 號場址 1997 年的高風險潛能並非在高污染擴散濃度的方向(南南東方)。同一年的資料分析，在圖 4.45 之 188 號場址的高風險潛能亦非在高污染擴散方向(南南西方)。同時在低污染擴散方向亦會出現高風險潛能的區域；如圖 4.44 之 168 號場址 1997 年在西方及西西南方出現高風險潛能的區域，同樣的在圖 4.43 之 40 號場址 1997 年在西西南方 5km 處出現高風險潛能的區域。在高污染擴散方向的影響並非沿擴散方向連續的呈現高風險潛能，圖 4.45 之 193 號場址 1997 在西南方的高污染擴散濃度的方向上約 3~4km 距離出現較低的風險潛能。圖 4.44 的 88 號場址也有相同的情況。而由圖 4.43~圖 4.45 中 1997 年與 2007 年的資料分析後所呈現的結果可知，風向與風速的分佈狀態會影響方向性的潛能風險，在圖 4.45 中 188、190 及 193 號場址高風險潛能的方向 1997 與 2007 年有很大的差異，2007 年在風向分佈次數較少的方向，亦會出現高風險潛能，如 193 號場址的東東南方、188 號場址的東南方，圖 4.43 及圖 4.44 亦有類似情況發生。

由上述說明可了解利用風玫瑰圖或是污染擴散濃度圖都不足以提供決策者評比初選場址的資訊，而考量人口密度高低亦會有類似情形。

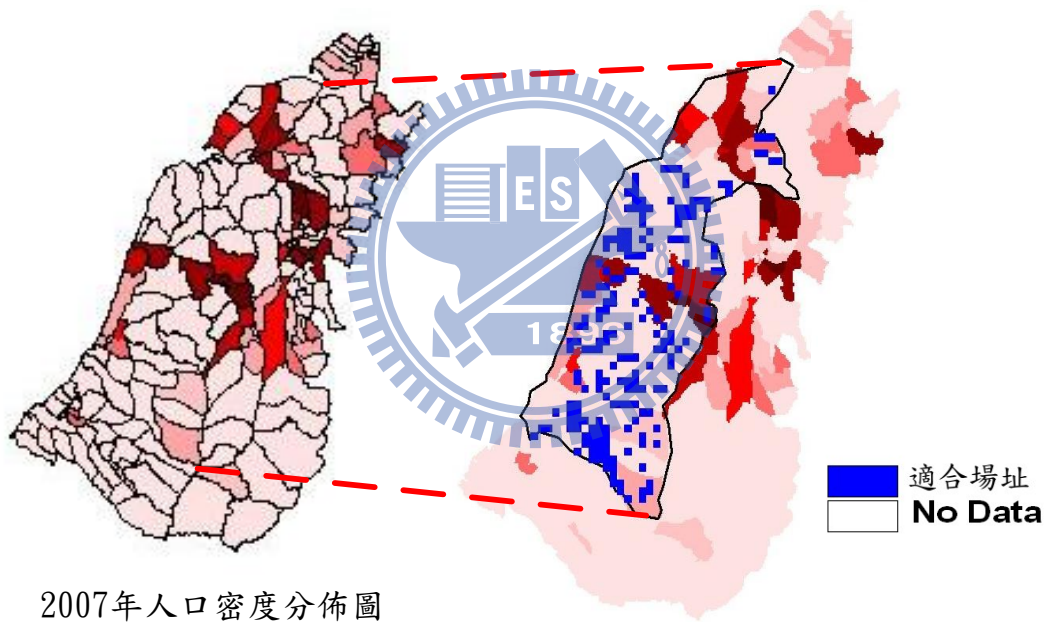
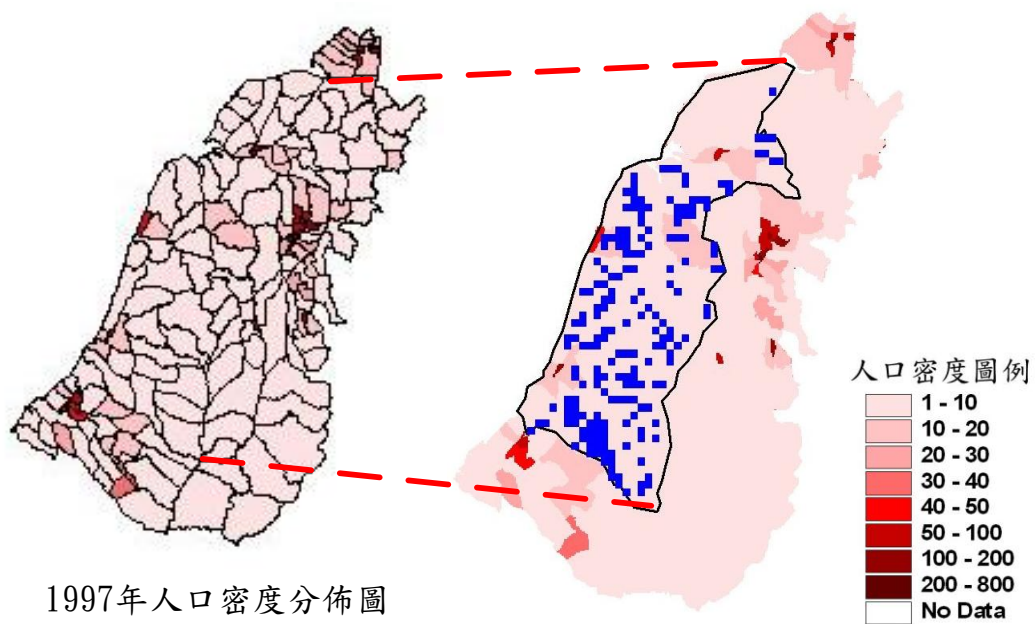
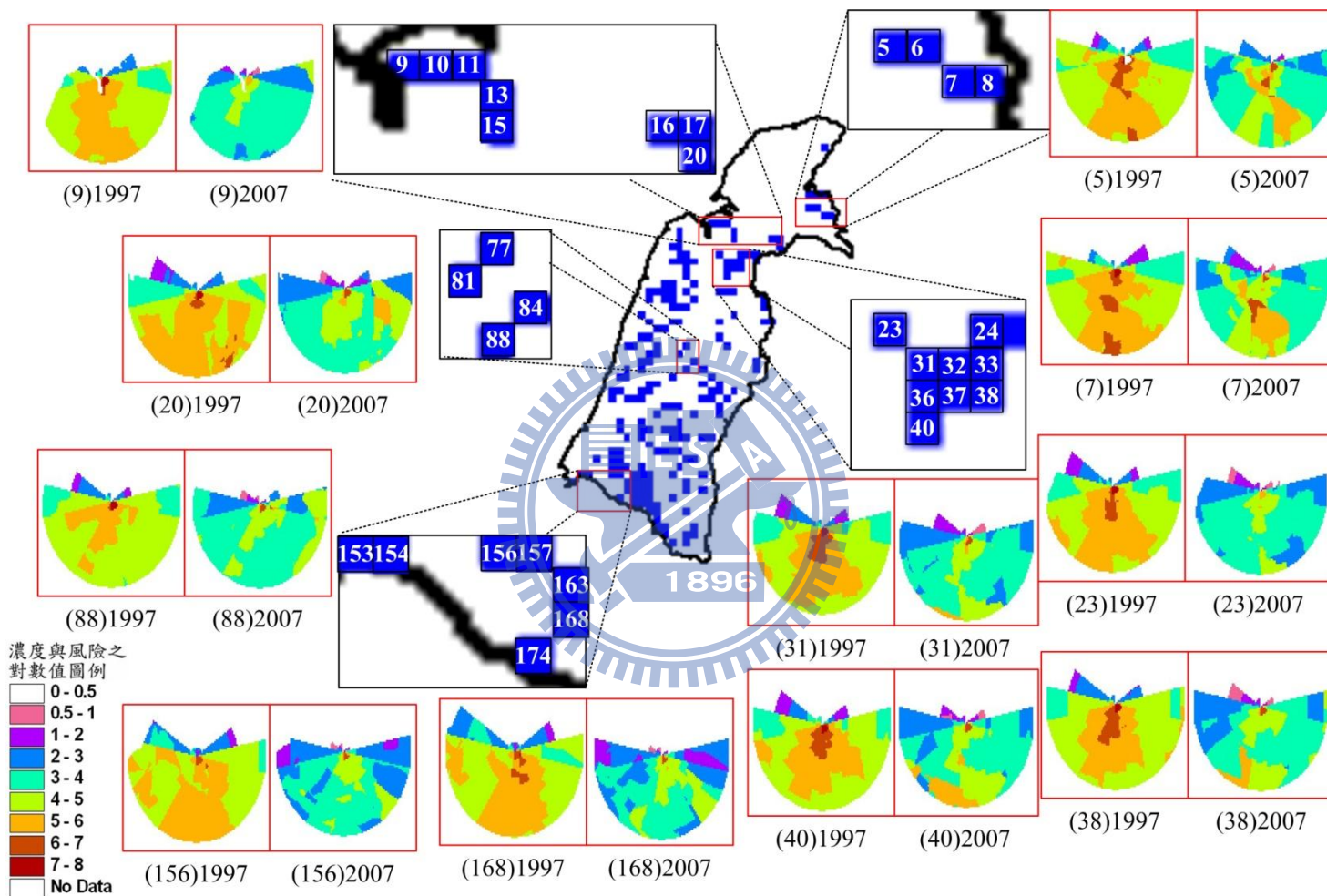
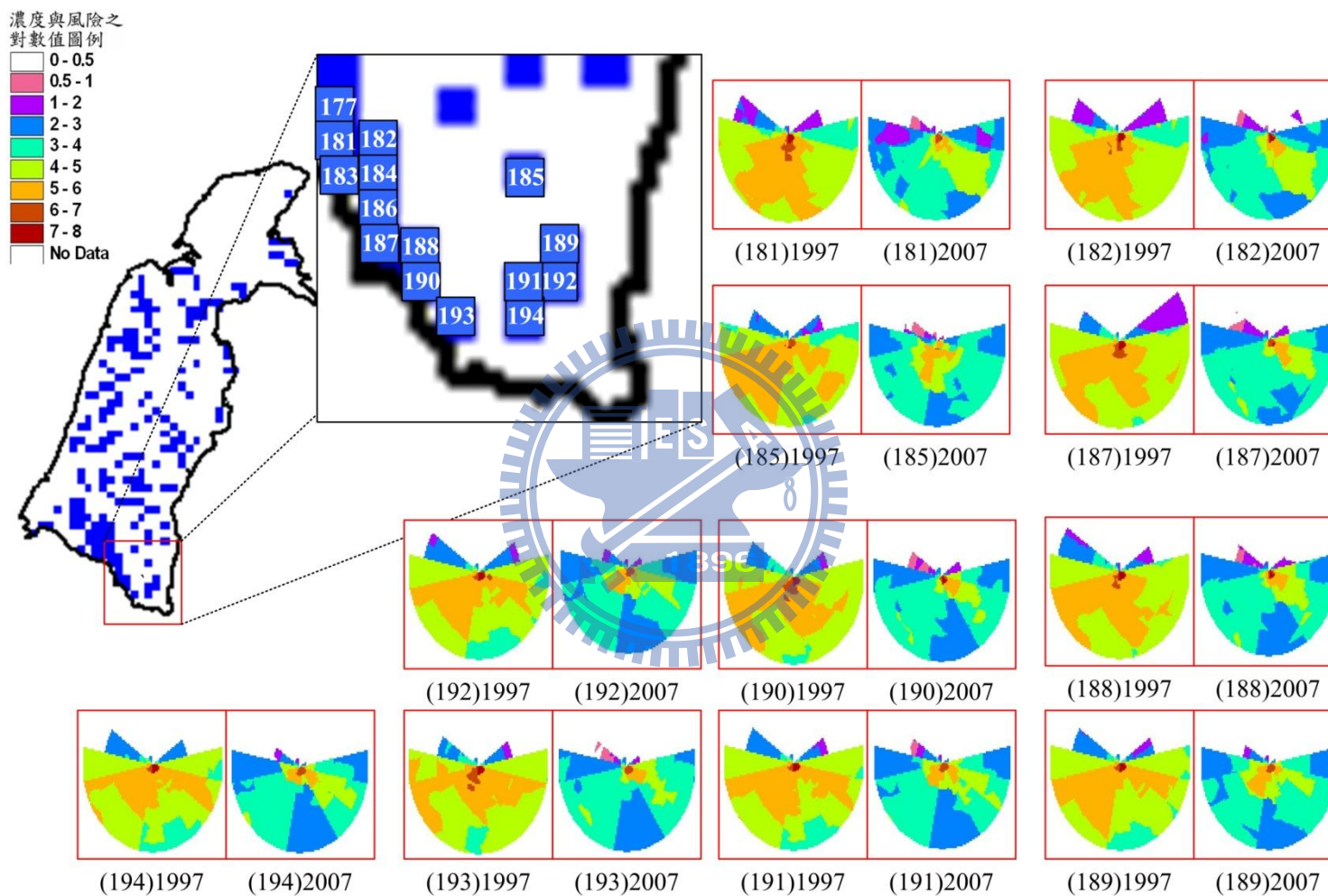


圖 4.40 研究區域鄰近區域人口密度分佈及場址位置圖



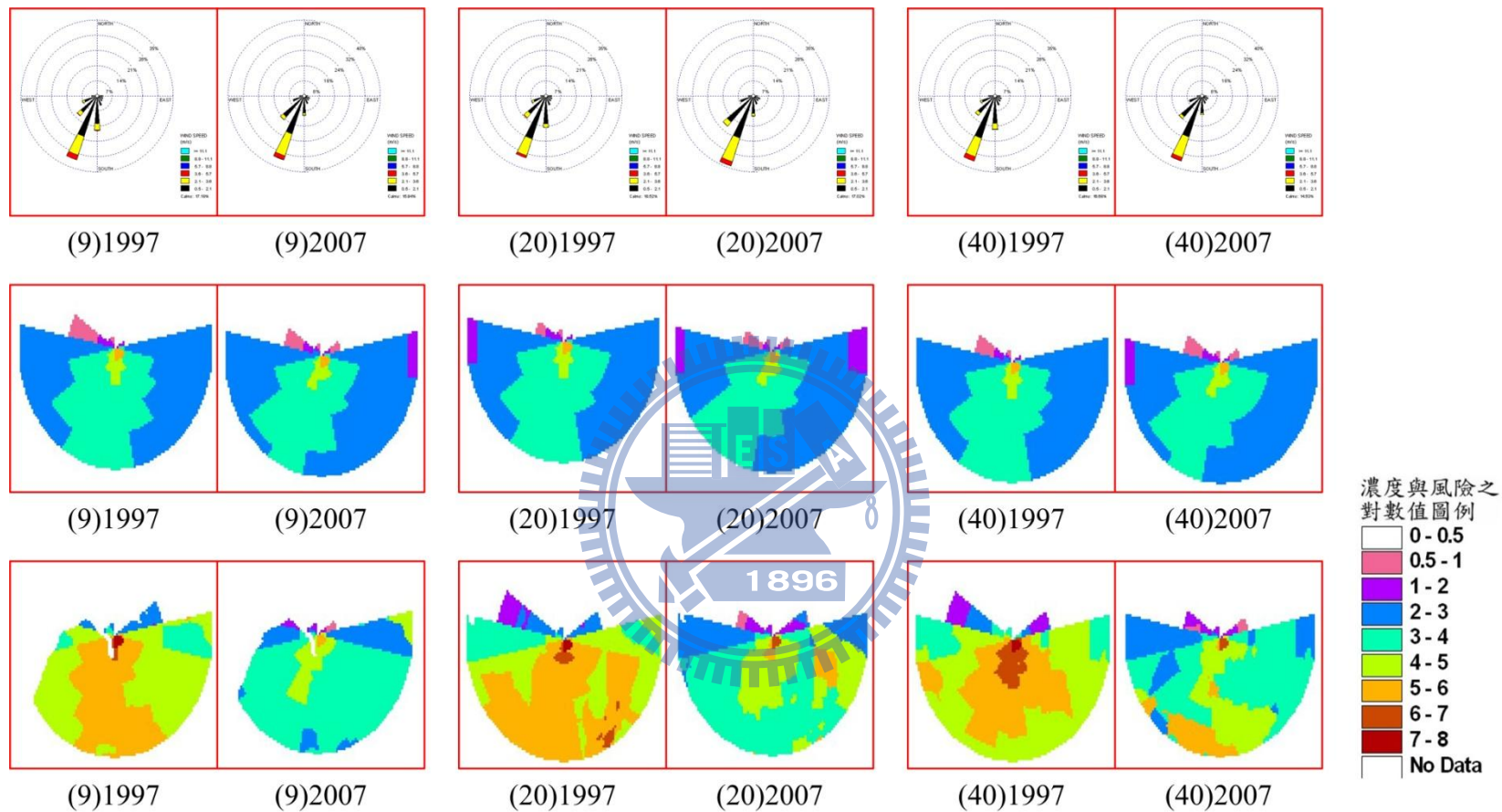
(括弧內為初選場址編號)

圖 4.41 研究區域初選場址及 1997 年與 2007 年之方向性風險圖



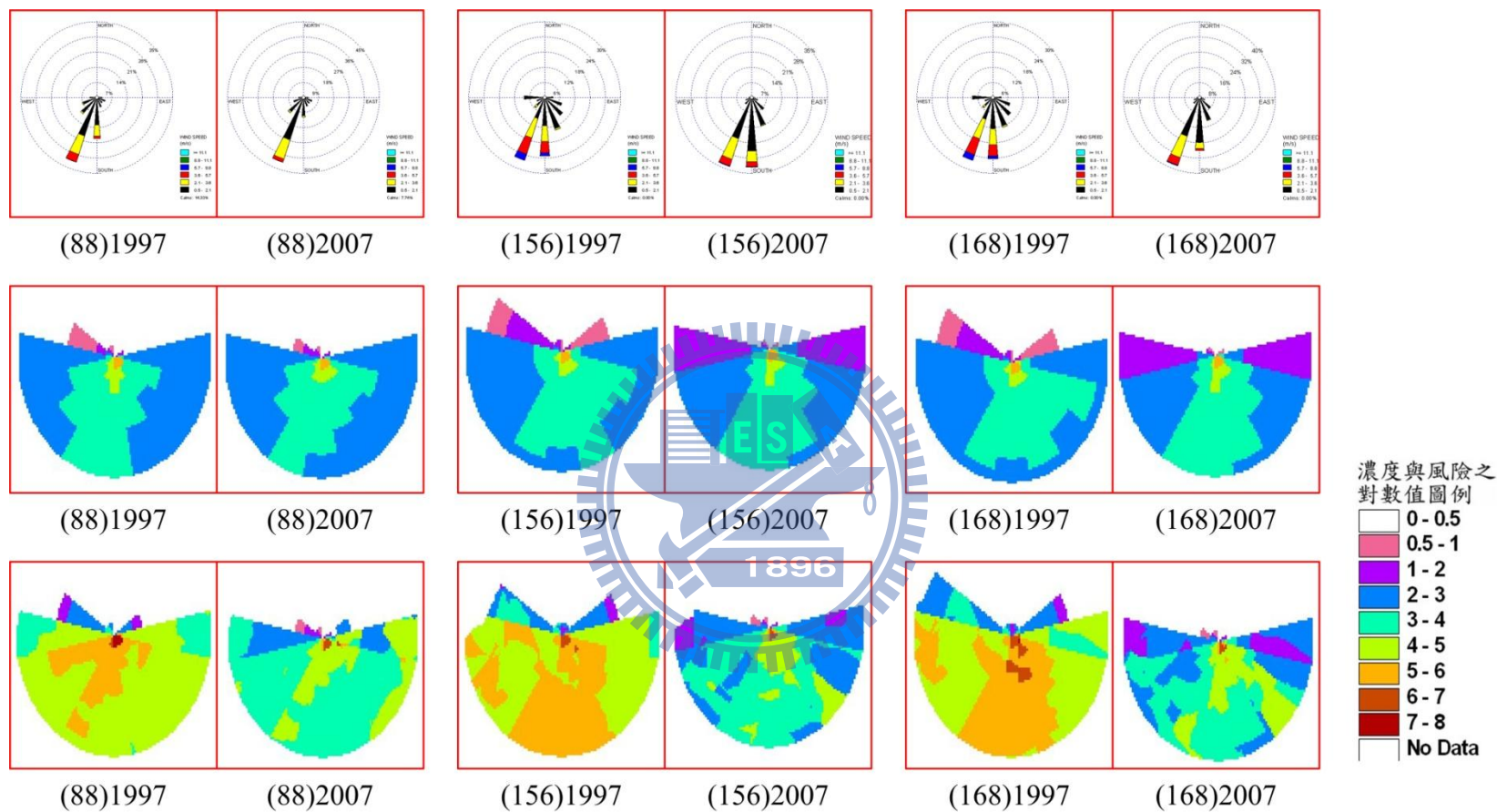
(括弧內為初選場址編號)

圖 4.42 研究區域南端之初選場址及 1997 年與 2007 年之方向性風險圖



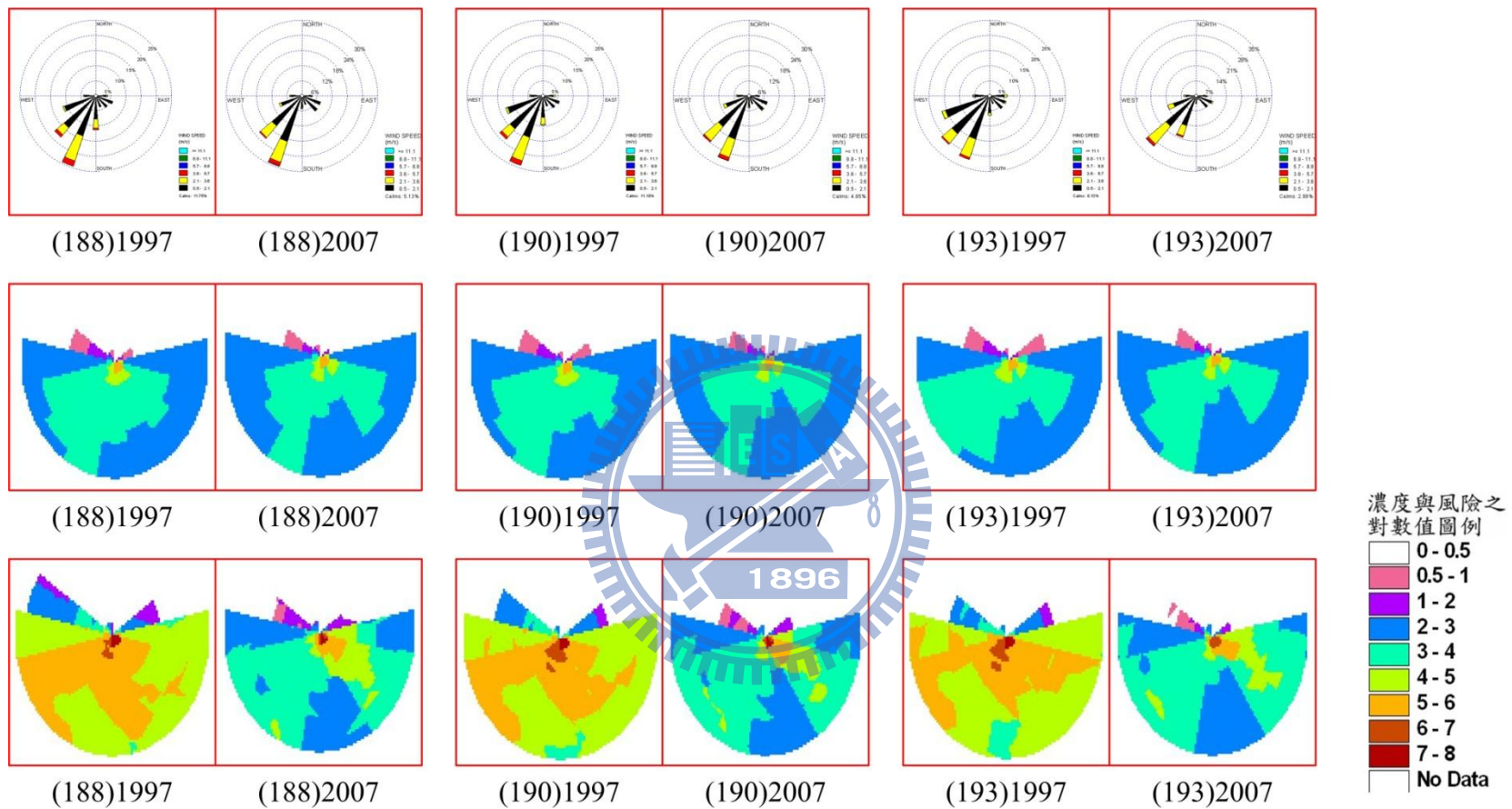
(括弧內為初選場址編號)

圖 4.43 研究區域 1997 年與 2007 年 9、20 及 40 號場址之玫瑰圖、污染擴散圖及方向性風險圖



(括弧內為初選場址編號)

圖 4.44 研究區域 1997 年與 2007 年 88、156 及 168 號場址之玫瑰圖、污染擴散圖及方向性風險圖



(括弧內為初選場址編號)

圖 4.45 研究區域 1997 年與 2007 年 188、190 及 193 號場址之玫瑰圖、污染擴散圖及方向性風險圖

第五章 結論與建議

評選掩埋場場址的資料除面臨時序不確定性以外，亦因位地理位置不同而具有空間不確定性，過去常用的方法並不易分析時空的不確定性，本研究因而建立方法改善分析選址時所遭遇的時空不確定問題，本研究以地下水資料探討時間不確定性的評比方法及其改善方式。並以空氣污染擴散為例，探討空間不確定性的評比方法及其改善方式。本章首先說明本研究所完成的成果與貢獻，之後再就後續可再研究的方向提出建議。

5.1 結論

本研究主要有三大項主要成果，以下一一說明各項成果的主要內容與貢獻。

1. 多準則地理資訊專家系統

(1) 掩埋場的場址選擇需要評比多個準則方能尋找出較佳的場址，專家系統結合地理資訊系統的方法可提供分析師快速篩選出適合的區域。但部份準則面臨時間及空間不確定性的因素，如需要進一步的評比出更適合的場址，則需考慮評析時間及空間不確定性的方法。

(2) 多準則專家系統結合地理資訊系統可便利決策者以圖示方式，辨別出場址的地理位置及與周圍環境的關係，提供決策者更多資訊。

2. 時序不確定性選址分析方法

(1) 掩埋場評選過程中，地下水水位是一個重要的選址因子，然而由於地下水水位具有時序性不確定性，若以平均值為依據，無法顯示出時間不確定性因素的影響，採用資料期限的長短不同即會得到不同的平均值，使決策者不易正確的評比出各掩埋場的潛在風險。在地下水水位的評比準則上，等級評比值(Rating)是以平均值區間範圍決定，雖然採用等級評比方式可改善部分以單以一個平均值評比的問題，但此方法較易發生的爭議為當地下水水位接近各等級間的分

界值時，採用分界之上較大或之下較小評比值會顯著影響評選結果。平均值及等級評比值法皆是將隨時間變動的地下水位資料以一個平均值或是分成數個等級方式表示，不易表達地下水的變動情況，本研究因而以馬可夫鏈方法評析地下水水位資料區間的轉換機率，以改善單以平均或區間值評比的問題。並進一步依轉換機率建立模糊歸屬函數求出地下水水位的轉換純量值，以建立較具代表性的動態不確定性資料的評比方法。

- (2) 模糊馬可夫鏈運用在評析場址適宜性時，可利用初始結果與模擬計算數年後的結果互相比較，可提供決策者了解那些區域未來較有可能轉換成高潛在風險的區域，避開這些區域將可選擇出更適合的場址。唯在利用地下水資料或其他時序資料進行模糊馬可夫鏈時，所需應用多久年限的資料才可經由分析獲得有助益的資訊，此處建議以當地環境變化來決定，如果該地區的環境變遷已相當明顯，則取短期近年的資料，反之則取用長期資料為佳。
- (3) 利用 Excel 試算表中之 VBA 功能，建立馬可夫鏈演算系統。系統內提供資料整理及驗證馬可夫鏈適合度的功能，解決選址過程中分析及處理大量資料的問題。

3. 空間不確定性選址分析方法

- (1) 在分析場址空氣污染擴散濃度分佈時，風玫瑰圖雖可以顯示掩埋場的主要衝擊風向、風速的發生次數，可提供決策者各方向的衝擊發生次數的多寡，但無法由各方向發生次數的多或少，提供足夠的選址資訊，來判別初選場址鄰近地區各方向的衝擊大小，以供決策者判斷場址的適宜性。掩埋場空氣污染物擴散濃度與衝擊風向並不一定會一致，雖然受衝擊風向決定擴散方向，但空氣污染擴散濃度則受風速大小來決定，小風速反而易造成較高的污染擴散濃度，因此產生在主要衝擊風向並不一定是擴散濃度較高的方向，次要衝擊風

向或第三衝擊風向也有可能成為污染擴散濃度較高的方向的結果。本研究因而以場址各方向污染擴散濃度與鄰近地區人口密度的乘積建立一套方向性風險分析方法，由方向性風險可提供決策者較足夠的資訊判斷場址對鄰近地區的潛在風險，此外，高空氣污染擴散濃度的方向可能由於人口稀少，並非一定具有較高的潛在風險，本研究因而考量人口密度、衝擊風向及風速來決定方向性風險。所建立的方法可分析出具方向性風險較高的區域及改善選址決策的品質。

- (2) 建立一些工具輔助進行相關分析，包括以 Visual Basic 6 建構風場模擬程式及以 ArcView 指令碼(script)處理大量初選場址的模擬風場計算、點資料建立成多邊形(polygon)數位地圖、向量地圖轉換成網格式地圖及計算方向性風險的功能。

當選址分析需要採用具有時序或是空間不確定性的資料作為判斷準則時，建議分析師以模糊馬可夫鏈的方式分析具有時序不確定性的資料，以提供動態變化及降低不確定性的資訊給決策者。而具有空間不確定性的資料則可考量以方向性風險方法提供對場址周邊的衝擊的資訊供決策者參考。

5.2 建議

依據研究經驗與心得，建議以下五個研究重點方向，供進行後續研究時參考。

1. 可進一步分析風速與風向的組合關係對衝擊方向的影響，改善風玫瑰圖僅表達出衝擊次數卻無法說明衝擊大小的缺點。
2. 探討方向性風險模糊化的可行性。利用歸屬函數將人口密度及污染物擴散濃度加以純量化，再計算出各方向之潛在風險，有可能可更有效的解決不確定性問題。

3. 探討應用本研究所建立方法評比非法棄置場址整治的優先順序。由於國內的整治資源並不充裕，依此方法評比出整治順序，可使資源更有效利用。
4. 由於所採用的分析方法較專業，可能不易於與民眾或非專業人士溝通，後續可考量發展簡單易懂的指標或示意圖來表達方向性風險。以利於決策者及民眾更容易了解可能受到的方向性衝擊大小。
5. 可考量應用類似方法評估工廠或工業區污染排放對鄰近地區所造成之衝擊，並結合健康保險局民眾醫療記錄，或許可研發出鑑識污染來源的方法。
6. 本研究之方向性風險中有關風向的推估採用 Diagnostic 模式中較常用的 DRAXLER(Draxler, 1979)推估場址的風速風向，該方法以場址與測站相對方向及距離推估風向風速向量。唯對於地形變化較大的區域而言，此方法可能不太適合，建議可採用 Prognostic 型式(Kim *et al.*, 2000; Baggott *et al.*, 2006; 伍, 92 年)方法來推估。



參考文獻

丁志堅，八十六年，運用馬可夫鍊模式度量土地利用變遷之研究，國立台灣大學地理學研究所碩士論文。

伍哲廷，九十二年，風場推估對ISC3空氣品質模式模擬影響分析，交大環工所碩士論文。

林于尊，九十年，農地重劃景觀生態變遷之研究，臺大農業工程研究所碩士論文。

林宏嶽，八十八年，廢棄物掩埋場選址及清運分區空間模式，交大環工所博士論文。

林素貞，七十七年，"德爾菲技巧與階層分析方法之應用"，環境影響評估講習教材及參考資料第二冊，中華民國工程環境學會編。

林瑞晉，九十一年，應用貝氏方法配置空氣採樣點以降低不確定性，國立台灣大學環境工程研究所碩士論文。

郭壽吉，八十三年，輔助掩埋場選址電腦化系統，國立交通大學環境工程研究所碩士論文。

曾玉津，九十年，掩埋場模糊多準則決策選址法之研究，台大環境工程研究所碩士論文。

張景舜，九十三年，健康保險市佔率之研究--馬可夫鍊方法之應用，政大風險管理與保險研究所碩士論文。

環境保護署環境品質資料倉儲，九十八年，網址

<http://edb.epa.gov.tw/envdb2/>。

Abdul-Wahab, S. A.(2006). "The role of meteorology on predicting SO₂ concentrations around a refinery: A case study from Oman." *Ecological Modelling*, 197, pp. 13-20.

Ainslie, B. and Jackson, P. L. (2009). "The use of an atmospheric dispersion model to determine influence regions in the Prince George, B.C. airshed from the burning of open wood waste piles." *Journal of Environmental Management*, 90, pp. 2393-2401.

- Al-Jarrah, O. and Abu-Qdais, H. (2006), "Municipal solid waste landfill siting using intelligent system." *Waste Management*, 26, pp. 299-306.
- Allanach, W. C. Jr. (1992). "Regional Landfill Planning and Siting." *Public Works, December*, pp. 48-50.
- Baggott, S., Cai, X., McGregor, G., and Harrison, R. M. (2006). "Model simulation of meteorology and air quality during the summer PUMA intensive measurement campaign in the UK West Midlands conurbation." *Science of the Total Environment*, 360, pp. 26-42.
- Beer, T. and Ricci, P.F. (1999). "A Quantitative Risk Assessment Method based on Population and Exposure Distributions Using Australian Air Quality Data." *Environ. Int.*, 25, pp. 887-898.
- Booty, W.G., Lam, D.C.L., Wong, I.W.S., and Siconolfi, P. (2001). "Design and implementation of an environmental decision support system." *Environmental Modelling & Software*, 16, pp. 453-458.
- Cai, G. Q., Qiu, X., Su, T. C., and Lin, Y. K. (1996). "Markov process modeling of groundwater contamination problems." *Probabilistic Engineering Mechanics*, 11, pp. 243-250.
- Chai, X. L., Takayuki, S., Cao, X. Y., Guo, Q., and Zhao, Y. C. (2007). "Characteristics and mobility of heavy metals in an MSW landfill: Implications in risk assessment and reclamation." *Journal of Hazardous Materials*, 144, pp. 485-491.
- Charnpratheep, K., Zhou, Q., and Garner, B. (1997). "Preliminary landfill site screening using fuzzy geographic information systems." *Waste Management and Research*, 15, pp.197-215.
- Cheng, H., Yang, Z., and Chan, C. W. (2003). "An expert system for decision support of municipal water pollution control." *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16, pp. 159-166.
- Coutinho, M., Ribeiro, C., Pereira, M. and Borrego, C (1998). "Simulation of the plume emitted by a municipal waste incinerator located in the Madeiraisland." *9th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, pp. 240-244.

- Damousis, I. G. and Dokopoulos, P. (2001). "A Fuzzy Expert System for The Forecasting of Wind Speed and Power Generation in Wind Farms." *Power Industry Computer Applications*,. PICA 2001. Innovative Computing for Power - Electric Energy Meets the Market." *22nd IEEE Power Engineering Society International Conference*, pp. 63 - 69.
- Draxler, R.R. (1979). "Modeling the Results of Two Recent Mesoscale Dispersion Experiments." *Atmospheric Environment*, 13, pp. 1523-1533.
- Durmusoglu, E., Taspinar, F., and Karademir. A. (2010). "Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill environment." *Journal of Hazardous Materials*, 176, pp. 870-877.
- Eggleton, A. E. J. (1969). "The chemical composition of atmospheric aerosols on Tees-side and its relation to visibility." *Atmospheric Environment*, 3, pp.355-372.
- Enea, M. and Salemi, G. (2001). "Fuzzy approach to the environmental impact evaluation." *Ecological Modelling*, 135, pp. 131-147.
- ERSI (1996a). *Using ArcView GIS*. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- ESRI (1996b). *Using the arcview spatial analyst*. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Fila, G., Donatelli, M., and Bellocchi, G., (2006). "PTF Indicator: an IRENE_DLLbased application to evaluate estimates from pedotransfer functions by integrated indices." *Environmental Modelling & Software*, 21(1), pp. 107-110.
- Fleming, G., van der Merwe, M., and McFerren, G. (2007). "Fuzzy expert systems and GIS for cholera health risk prediction in southern Africa." *Environmental Modelling & Software*, 22(4), pp. 442-448.
- Gupta, R., Kewalramani, M. A., and Ralegaonkar, R. V. (2003). "Environmental Impact Analysis Using Fuzzy Relation for Landfill Siting." *J. Urban Planning & Development*, pp.121-139.
- Guttorp, P. (1995). *Stochastic Modeling of Scientific Data*. Chapman &Hall London, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK.

- Ham, R. K. (1993). "Overview and Implications of U.S. Sanitary Landfill Practice." *Air & Waste*, February, 43, pp. 187-190.
- Hamed, M. M., Conte, J. P., and Bedient, P. B. (1995). "Probabilistic Screening Tool for Ground-Water Contamination Assessment" *Journal of Environmental Engineering*, 121(11), pp. 767-775.
- Honaganahalli, P. S. and Seiber, J. N. (2000). "Measured and predicted airshed concentrations of methyl bromide in an agricultural valley and applications to exposure assessment." *Atmospheric Environment*, 34, pp. 3511-3523.
- Huang, C. (1996). "Fuzzy Risk Assessment of Urban natural hazards." *Fuzzy Sets and Systems*, 83(2), pp. 271-282.
- Hung, M. L., Wu, S. Y., Chen, Y. C., Shih, H. C., Yu, Y. H., and Ma, H. W. (2009). "The Health Risk Assessment of Pb and Cr leached from fly ash monolith landfill." *Journal of Hazardous Materials*, 172, pp. 316-323.
- Hushon, J. M. (1987). "Expert System for Environmental Problems." *Environmental Science and Technology*, 21(9), pp. 838-841.
- Iliadis, L.S. (2005). "A decision support system applying an integrated fuzzy model for long-term forest fire risk estimation." *Environmental Modelling & Software*, 20 (5), pp. 613-621.
- Jain, S. (1992). *Monte Carlo Simulations of Disordered systems*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Julius, A. A., Halász, Á., Sakar, M. S., Rubin, H., Kumar, V. and Pappas, G. J. (2008). "Stochastic Modeling and Control of Biological Systems: The Lactose Regulation System of Escherichia Coli." *Special Issue on Systems Biology*, pp. 51-65
- Kao, J. J., Chen, W. Y., and Lin, H. Y. (1996). "Network Expert Geographic Information System for Landfill Siting." *Journal of Computing in Civil Engineering ASCE*, 10(4), 307-317.
- Kao, J. J., Lin, H. Y., and Chen, W. Y. (1997). "Network Geographic Information System for Landfill Siting." *Waste Management & Research*, 15, pp. 239-253.

- Kao, J.J., Lin, H.J., and Chen, W.Y. (1997). "Network geographic information system for landfill siting." *Waste Manage Res.* , 15, pp. 239-253.
- Karimi, A. A. (1983). "Studies of emission and control of volatile organics in hazardous waste landfills." Ph D. Dissertation, University of Southern California, Los Angeles.
- Keramitsoglou, I., Cartalis, C., and Kiranoudis, C.T. (2006). "Automatic identification of oil spills on satellite images." *Environmental Modelling & Software*, 21(5), pp. 640-652.
- Klir, J. G., and Folger, A. T. (1988). *Fuzzy sets, Uncertainty, and Information*. Prentice-Hall International Editions.
- Kontos, T. D., Komilis, D. P., Constantinos, P., and Halvadakis, C. P. (2005). "Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology." *Waste Management*, 25, pp. 818-832.
- Kress, N., Herut, B., and Galil, B.S. (2004). "Sewage sludge impact on sediment quality and benthic assemblages off the Mediterranean coast of Israel-a long-term study." *Marine Environmental Research*, 57, pp. 213-233.
- Leao, S., Bishop, I., and Evans, D. (2004). "Spatial-temporal model for demand and allocation of waste landfills in growing urban regions." *Computers, Environmental and Urban Systems*, 28, pp. 353-385.
- Lein, K. J. (1989). "The Assessment of Land Use/Land Cover Impacts on Local Climate." *Journal of Environmental Management*, 28, pp. 157-174.
- Li, J., Huang, G. H., Zeng, G., Maqsood, I., and Huang Y. (2007). "An integrated fuzzy-stochastic modeling approach for risk assessment of groundwater contamination." *Journal of Environmental Management*, 82, pp. 173-188.
- Li, Z. and Shugui, D. (2007). "Application of Markov model to environmental fate of phenanthrene in Lanzhou Reach of Yellow River." *Chemosphere*, 67, pp. 1296-1299.
- Lober, J. D. and Green, D. P. (1994). "NIMBY or NIABY: A Logit Model of Opposition to Solid-Waste-Disposal Facility Siting." *Journal of*

Environmental Management, 40, pp. 33-50

- Lorber, M., Eschenroeder, A., and Robinson, R. (2000). "Testing the USA EPA's ISCST-Version 3 model on dioxins: a comparison of predicted and observed air and soil concentrations." *Atmospheric Environment*, 34, pp. 3995-4010.
- Lytwynyshyn, G. R., Zimmerman, R. E., Flynn, N. W., Wingender, R. and Olivieri V. (1982). *Landfill methane recovery part II: gas characterization Technical Report*. Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, ANL-CNSV-TM-118.
- Mèndez, A. P., Ridaó, Á . R., and Toro, M. Z. (2008). "Environmental diagnosis and planning actions for municipal waste landfills in Estado Lara (Venezuela)." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, pp. 752-771.
- Ma, W., Wang, X., Zhang, Y., and Yu, Q. (2008). "The Application of Expert System to the Screening of Atmospheric Environmental Impact from Comprehensive Road Traffic Planning in Shanghai." *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2008. FSKD '08. Fifth International Conference*, pp. 636-642.
- Ma, H., Liu L., and Chen T. (2008). "Assessment Model Based on Markov Chain." *Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, pp. 602-605.
- Ma, Y., Peng, Y. Z., Wang, X. L., and Wang, S. Y. (2006). "Intelligent control aeration and external carbon addition for improving nitrogen removal." *Environmental Modelling & Software*, 21(6), pp. 821-828.
- Makropoulos, C.K., and Butler, D. (2005). "A neurofuzzy spatial decision support system for pipe replacement prioritisation." *Urban Water Journal*, 2(3), pp. 141-150.
- Mari M., Nadal M., Schuhmacher M., and Domingo J. L. (2009). "Exposure to heavy metals and PCDD/Fs by the population living in the vicinity of a hazardous waste landfill in Catalonia, Spain: Health risk assessment." *Environment International*, 35, pp. 1034-1039.

- Marsili-Libelli, S. (2004). "Fuzzy prediction of the algal blooms in the Orbetello lagoon." *Environmental Modelling & Software*, 19(9), pp. 799-802.
- McBean, EA, Rovers, FA, and Farquhar, GJ. (1995). "Solid Waste Landfill Engineering and Design." Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Minkoff, A. S. (1993). "A Markov Decision Model and Decomposition heuristic for Dynamicvehicle dispatching." *Operations Research*, 41(1), pp. 77-90.
- Muller, M. R. and Middleon, J. (1994). "A Markov Model of Land-use Change in the Niagara region, Ontario, Canada." *Landscape Ecology*, 9(2), pp. 151-157.
- Murano, K., Mukai, H., Hatakeyama, S., Oishi, O., Utsunomiya, A., and Shimohara, T. (1998). "Wet deposition of ammonium and atmospheric distribution of ammonia and particulate ammonium in Japan." *Environmental Pollution*, 102, S1, pp. 321-326.
- Nasiri, F. and Huang, G. (2008). "A fuzzy decision aid model for environmental performance assessment in waste recycling." *Environmental Modelling & Software*, 23, pp. 677-689.
- Rahman, A. (2008). "A GIS based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in shallow aquifer in Aligarh, India." *Applied Geography*, 28, pp. 32-53.
- Rama Krishna, T.V.B.P.S., Reddy, M.K., Reddy, R.C., and Singh, R.N. (2005). "Impact of an industrial complex on the ambient air quality: Case study using a dispersion model." *Atmospheric Environment*, 39, pp. 5395-5407.
- Rapti-Caputo, D., Sdao, F., and Masi, S. (2006). "Pollution risk assessment based on hydrogeological data and management of solid waste landfills." *Engineering Geology*, 85, pp. 122-131.
- Raba, C. F. (1989). "Landfill planning and siting." *Current Municipal Problems*, 15(23), pp. 326-337.
- Reiss R. and Griffin, J. (2006). "A probabilistic model for acute bystander exposure and risk assessment for soil fumigants." *Atmospheric*

- Environment*, 40, pp. 3548-3560.
- Repa, E. W. (1992). *EPA promulgates - long awaited landfill rules*. National solid wastes management association, Washington, D. C., U.S.A.
- Roberts, E. A, Sheley, R. L., and Lawrence, R. L. (2004). "Using Sampling and Inverse Distance Weighted Modeling for Mapping Invasive Plants, Western North." *American Naturalist*, 64(3), pp. 312-323.
- Ross, T.J. (2004). *Fuzzy Logic with Applications*. 2nd ed. John Wiley and Sons.
- Saghafian, B. (2009). "Regional hydrologic mapping of flows in stream networks." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, pp. 317-323.
- Saral, A., Demir, S., and Yıldız, Ş. (2009). "Assessment of odorous VOCs released from a main MSW landfill site in Istanbul-Turkey via a modelling approach." *Journal of Hazardous Materials*, 168, pp. 338-345.
- Schauberger, G., Piringer, M., and Petz, E. (2006). "Odour episodes in the vicinity of livestock buildings: A qualitative comparison of odour complaint statistics with model calculations." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, pp. 185-194.
- Schuhmacher, M., Domingo, J. L., Hagberg, J., Lindström, G., (2004). "PCDD/F and non-ortho PCB concentrations in adipose tissue of individuals living in the vicinity of a hazardous waste incinerator." *Chemosphere*, 57, 357-364.
- Sener, B., Lütfi Süzen, M.L., and Doyuran, V. (2006). "Landfill site selection by using geographical information systems." *Environmental Geology* 49, pp. 376-388.
- Shen, T. T., Nelson, T. P. and Schmidt, C. E. (1990). "Assessment and control of VOC emissions from waste disposal facilities." *CRC Critical Reviews in Environmental Control*, 20, pp 43-76.
- Shirvaikar, V. V., Kapoor, K. K., and Sharma, L. W. (1969). "A finite plume model based on wind persistence [sic] for use in environmental dose evaluation." *Atmospheric Environment*, 3, pp.145-156.

- Siddiqui, M.Z. (1996). "Landfill siting using Geographic Information Systmes: a demonstration." *Journal of Environmental Engineering*, 122(6), pp. 515-523.
- Sincero, A. P., Gregoria, A. and Sincero, G. A. (1996). *Environmental Engineering: A Design Approach*. Prentice-Hall Inc.
- Singer, I. A. and Nagel, C. M. (1970). " Variability of wind direction within the United States" *Nucl. Safety*, 11, pp. 34-39.
- Siqueira Campos Boclin, A., and Mello, R. (2006). A decision-support method for environmental impact assessment using a fuzzy logic approach, *Ecol. Econ.*, 58, 170-181.
- Sivacoumar, R., Bhanarkar, A.D., Goyal, S.K., Gadkari, S.K., and Aggarwal, A.L. (2001). "Air pollution modeling for an industrial complex and model performance evaluation." *Environmental Pollution*, 111, pp. 471-477.
- Slack, R. J., Gronow, J. R., Hall, D. H., and Voulyvoulis, N. (2007). "Household hazardous waste disposal to landfill: Using LandSim to model leachate migration." *Environmental Pollution*, 146, pp. 501-509.
- Sumathi, V.R. (2006). *Perspective development plan for solid waste management in Pondicherry*. Ph.D. Thesis, Centre for Environmental Studies, Anna University, Chennai, India.
- Tasdemir, Y., Vardar, N., Odabasi, M., and Holsen, T. M. (2004). "Concentrations and gas/particle partitioning of PCBs in Chicago." *Environmental Pollution*. 131. pp. 35-44.
- Tetteh, I. K., Frempong, E., and Awuah, E. (2004). "An analysis of the environmental health impact of the Barekese Dam in Kumasi, Ghana." *Journal of Environmental Management*, 72, pp. 189-194.
- Thanh, B. D. and Lefevre, T. (2000). "Assessing health impacts of air pollution from electricity generation: the case of Thailand." *Environmental Impact Assessment Review*, 20, pp. 137-158.
- UNEP (2010). United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics,
<http://www.unep.or.jp/ietc/ESTdir/PUBMSW/index.asp>.

- USEPA. (1985). *DRASTIC: A standard system for evaluating groundwater potential using hydrogeological settings*. Ada, Oklahoma WA/EPA Series; 1985, p. 163.
- USEPA . (1987). *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*. EPA/600/2-87/035.
- USEPA. (1995a). *User's Guide for the Industrial Source Complex(ISC3)Dispersion Models; Volume I – User Instructions*. EPA-454/B-95-003a; North California: U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA. (1995b). *User's Guide for the Industrial Source Complex(ISC3)Dispersion Models; Volume II- Discription of Model Algorithms*. EPA-454/B-95-003b; North California: U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA. (2009). Support Center for Regulatory Air Models, http://www.epa.gov/scram001/dispersion_alt.htm#isc3.
- Vassiliadou, I., Papadopoulos, A., Costopoulou, D., Vasiliadou, S., Christoforou, S., and Leondiadis, L. (2009). "Dioxin contamination after an accidental fire in the municipal landfill of Tagarades, Thessaloniki, Greece." *Chemosphere*, 74, pp. 879-884.
- Ünlü, K. (1994). "Assessing Risk of Ground-Water Pollution From Land-Disposed Wastes." *Journal of Environmental Engineering*, 120(6), pp. 1578-1597.
- Vatalis, K. and Manoliadis, O. (2002). "A two-level multicriteria DSS for landfill site selection using GIS: case study n western Macedonia." *Greece. J. Geogr. Inform. Decision Anal.*, 6 (1), pp. 49-56.
- Warmerdam, J. M. and Jacobs, T. L. (1994). "Fuzzy Set Approach to Routing and Siting Hazardous Waste Operations." *Information Sciences*, 2, pp. 1-14.
- Weigand, H., Totsche, K. U., Huwe, B., and Kögel-Knabner, I. (2001). "PAH mobility in contaminated industrial soils: a Markov chain approach to the

- spatial variability of soil properties and PAH levels." *Geoderma*, 10, pp. 371-389.
- Wenger, B. R. and Rong, Y. (1987). "Two Fuzzy Set Models for Comprehensive Environmental Decision-Making." *Journal of Environmental Management*, 25, pp. 167-180.
- Wey, W-M. (2005). "An integrated expert system/operations research approach for the optimization of waste incinerator siting problems." *Knowledge-Based Systems*, 18, pp. 267-278.
- Wichmann, H., Kolb M., Jopke, P., Schmidt, C., Alawi, M., and Bahadir, M. (2006). "Assessment of The Environmental Impact of Landfill Sites With Open Combustion Located in Arid Regions by Combined Chemical and Ecotoxicological Studies." *Chemosphere*, 65, 300, pp. 1778-1783.
- Wood, J. A. and Porter, M. L. (1986). "Hazardous pollutants in class II landfills." *Journal of the Air Pollution Control Association*, 37, pp 609-615.
- Zadeh, L. A. (1994). "Fuzzy Logic Can Help GIS Cope with Reality." *GIS world*, pp. 50-53.
- Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy sets." *Information and Control*, 8 (3), pp. 338-353.
- Zamorano, M, Molero, E, Hurtado, A, Grindlay, A, and Ramos, A. (2008). "Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology." *Journal of Hazardous Materials*, 160, pp. 473-481.
- Zeiss, C. and Lefsrud, L. (1996). "Making or breaking waste facility siting successes with a siting framework." *Environment Management*, 20(1), pp. 53-64.
- Zyma, R. (1990). "Siting considerations for resource recovery facilities." *Public Works*, 121, pp. 84-86.

附錄 A 模糊馬可夫鏈方法模擬計算應用程式程式碼

1. 「資料整理」程式碼：主要用來排序及整合各測站資料

```
Sub data_rearrange()  
,  
' data_rearrange Macro  
'這是執行資料重整的程式!將原來分割不同表格的資料整合在一張工作表上  
x = 3  
For k = 3 To 39  
    For i = 2 To 13  
        Sheets("GW3").Select  
        Cells(k, i).Select  
        Application.CutCopyMode = False  
        Selection.Copy  
        Sheets("重整資料").Select  
        Cells(x, 2).Select  
        ActiveSheet.Paste  
  
        Sheets("GW4").Select  
        Cells(k, i).Select  
        Application.CutCopyMode = False  
        Selection.Copy  
        Sheets("重整資料").Select  
        Cells(x, 3).Select  
        ActiveSheet.Paste  
  
        Sheets("GW6").Select  
        Cells(k, i).Select  
        Application.CutCopyMode = False  
        Selection.Copy  
        Sheets("重整資料").Select  
        Cells(x, 4).Select  
        ActiveSheet.Paste  
  
        Sheets("GW7").Select  
        Cells(k, i).Select  
        Application.CutCopyMode = False  
        Selection.Copy  
        Sheets("重整資料").Select  
        Cells(x, 5).Select  
        ActiveSheet.Paste  
  
        Sheets("GW5").Select  
        Cells(k, i).Select  
        Application.CutCopyMode = False  
        Selection.Copy  
        Sheets("重整資料").Select  
        Cells(x, 6).Select  
        ActiveSheet.Paste  
  
        Sheets("GW2").Select  
        Cells(k, i).Select  
        Application.CutCopyMode = False  
        Selection.Copy  
        Sheets("重整資料").Select  
        Cells(x, 7).Select
```

```

ActiveSheet.Paste

Sheets("GW1").Select
Cells(k, i).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("重整資料").Select
Cells(x, 8).Select
ActiveSheet.Paste
x = x + 1
Next i
Next k
End Sub

```

2. 「依據 DRASTIC 中之地下水位分類」程式碼

```

Private Sub CommandButton3_Click()
'複製標題、井位高程及日期
Sheets("實際水位(距地表)").Select
Range("A1:H2").Select
Selection.Copy
Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
Range("A1").Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Sheets("實際水位(距地表)").Select
Range("A3:A446").Select
Selection.Copy
Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
Range("A3").Select
ActiveSheet.Paste
'依據 DRASTIC 分類
For j = 2 To 8
    For i = 3 To 446
        Sheets("實際水位(距地表)").Select
        watertable = Cells(i, j)
        Select Case watertable
Case Is <= 1.500001
            Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
            Cells(i, j) = 1
Case 1.5001 To 4.50001
            Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
            Cells(i, j) = 2
Case 4.5001 To 9.000001
            Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
            Cells(i, j) = 3
Case 9.0001 To 15.00001
            Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
            Cells(i, j) = 4
Case 15.0001 To 22.50001
            Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
            Cells(i, j) = 5
Case 22.5001 To 30.00001
            Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
            Cells(i, j) = 6
Case Else
            Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
            Cells(i, j) = 7

```

```

End Select
Next i
Next j
End Sub

```

3. 「地下水至地表距離計算」程式碼

```

Sub real_table()
'此程式是計算實際水位用的
For i = 2 To 8
    For j = 3 To 446
        Sheets("重整資料").Select
        newdata = Cells(2, i) - Cells(j, i)
        Sheets("實際水位(距地表)").Select
        Cells(j, i) = newdata
    Next j
Next i
End Sub

```

4. 「分析平均值差異」程式碼

```

Private Sub CommandButton7_Click()
    Sheets("平均值差異分析").Select
    Range("b1:h1").Select
    Selection.Copy
    Range("k1").Select
    ActiveSheet.Paste
    Cells(1, 10) = "年代"
    Cells(2, 10) = "1972-1972"
    Cells(3, 10) = "1972-1977"
    Cells(4, 10) = "1972-1982"
    Cells(5, 10) = "1972-1987"
    Cells(6, 10) = "1972-1992"
    Cells(7, 10) = "1972-1997"
    Cells(8, 10) = "1972-2002"
    Cells(9, 10) = "2000-2008"

    Dim sumvalue(8)
    Dim countno(8)
    Dim mean(8)

    For j = 2 To 8
        For i = 3 To 446
            catchyear = Cells(i, 1)
            realyear = Year(catchyear)
            Select Case realyear
            Case 1972
                'If realyear = 1972 Then
                sumvalue(1) = sumvalue(1) + Cells(i, j)
                countno(1) = countno(1) + 1
                '    End If
            Case 1972 To 1977
                sumvalue(2) = sumvalue(2) + Cells(i, j)
                countno(2) = countno(2) + 1
            Case 1972 To 1982
                sumvalue(3) = sumvalue(3) + Cells(i, j)
                countno(3) = countno(3) + 1
            Case 1972 To 1987
                sumvalue(4) = sumvalue(4) + Cells(i, j)
                countno(4) = countno(4) + 1
            Case 1972 To 1992

```

```

        sumvalue(5) = sumvalue(5) + Cells(i, j)
        countno(5) = countno(5) + 1
    Case 1972 To 1997
        sumvalue(6) = sumvalue(6) + Cells(i, j)
        countno(6) = countno(6) + 1
    Case 1972 To 2002
        sumvalue(7) = sumvalue(7) + Cells(i, j)
        countno(7) = countno(7) + 1
    Case 1972 To 2008
        sumvalue(8) = sumvalue(8) + Cells(i, j)
        countno(8) = countno(8) + 1
End Select
Next i
For k = 1 To 8
mean(k) = sumvalue(k) / countno(k)
Cells(1 + k, 9 + j) = mean(k)
Next k
Next j

End Sub

```

5. 「計算各測站各狀態轉換機率」程式碼

```

Private Sub CommandButton4_Click()
'此程式是計算馬可夫鏈的轉換次數
'建立標題
Dim trans_no(7, 7) '計算轉換次數的變數
Dim trans_prob(7, 7) '計算轉換機率的變數
Dim sum_no(7) '計算各狀態轉換次數總合的變數
Sheets("馬可夫鏈").Select
i = 1
Cells(i, 1) = "GW3 轉換次數"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 1) = k
    Cells(i + 1, k + 1) = k
Next k
Cells(i, 10) = "GW3 轉換機率"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 11) = k
    Cells(i + 1, k + 11) = k
Next k

i = 11
Cells(i, 1) = "GW4 轉換次數"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 1) = k
    Cells(i + 1, k + 1) = k
Next k

Cells(i, 10) = "GW4 轉換機率"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 11) = k
    Cells(i + 1, k + 11) = k
Next k

i = 21
Cells(i, 1) = "GW6 轉換次數"
For k = 1 To 7

```

```

        Cells(i + k + 1, 1) = k
        Cells(i + 1, k + 1) = k
Next k

Cells(i, 10) = "GW6 轉換機率"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 11) = k
    Cells(i + 1, k + 11) = k
Next k

i = 31
Cells(i, 1) = "GW7 轉換次數"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 1) = k
    Cells(i + 1, k + 1) = k
Next k

Cells(i, 10) = "GW7 轉換機率"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 11) = k
    Cells(i + 1, k + 11) = k
Next k

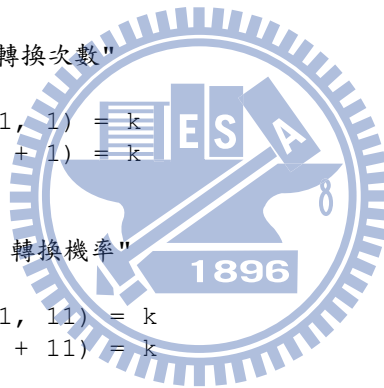
i = 41
Cells(i, 1) = "GW5 轉換次數"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 1) = k
    Cells(i + 1, k + 1) = k
Next k

Cells(i, 10) = "GW5 轉換機率"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 11) = k
    Cells(i + 1, k + 11) = k
Next k
i = 51
Cells(i, 1) = "GW2 轉換次數"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 1) = k
    Cells(i + 1, k + 1) = k
Next k

Cells(i, 10) = "GW2 轉換機率"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 11) = k
    Cells(i + 1, k + 11) = k
Next k
i = 61
Cells(i, 1) = "GW1 轉換次數"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 1) = k
    Cells(i + 1, k + 1) = k
Next k

Cells(i, 10) = "GW1 轉換機率"
For k = 1 To 7
    Cells(i + k + 1, 11) = k

```



```

Cells(i + 1, k + 11) = k
Next k

'計算轉換次數及轉換機率

n = 2 '計數用，用來將各測站的資料記入適當的 cell 中
For j = 2 To 8
    Sheets("DRASTIC 水位分類").Select
'清空前次計算結果
    For row_no = 1 To 7
        For col_no = 1 To 7
            trans_no(row_no, col_no) = 0
            trans_prob(row_no, col_no) = 0
            sum_no(row_no) = 0
        Next col_no
    Next row_no
    For i = 3 To 445
        firststate = Cells(i, j) '第一個變數
        secondstate = Cells(i + 1, j) '第二個變數

'合併二個變數，用來判斷屬於那一個狀態的轉換機率
        comb_state = Trim(Trim(Str(firststate)) +
Trim(Str(secondstate)))
        Select Case comb_state

Case "11"
            trans_no(1, 1) = trans_no(1, 1) + 1
Case "12"
            trans_no(1, 2) = trans_no(1, 2) + 1
Case "13"
            trans_no(1, 3) = trans_no(1, 3) + 1
Case "14"
            trans_no(1, 4) = trans_no(1, 4) + 1
Case "15"
            trans_no(1, 5) = trans_no(1, 5) + 1
Case "16"
            trans_no(1, 6) = trans_no(1, 6) + 1
Case "17"
            trans_no(1, 7) = trans_no(1, 7) + 1

Case "21"
            trans_no(2, 1) = trans_no(2, 1) + 1
Case "22"
            trans_no(2, 2) = trans_no(2, 2) + 1
Case "23"
            trans_no(2, 3) = trans_no(2, 4) + 1
Case "24"
            trans_no(2, 4) = trans_no(2, 4) + 1
Case "25"
            trans_no(2, 5) = trans_no(2, 5) + 1
Case "26"
            trans_no(2, 6) = trans_no(2, 6) + 1
Case "27"
            trans_no(2, 7) = trans_no(2, 7) + 1

Case "31"
            trans_no(3, 1) = trans_no(3, 1) + 1

```

Case "32"
 $\text{trans_no}(3, 2) = \text{trans_no}(3, 2) + 1$

Case "33"
 $\text{trans_no}(3, 3) = \text{trans_no}(3, 4) + 1$

Case "34"
 $\text{trans_no}(3, 4) = \text{trans_no}(3, 4) + 1$

Case "35"
 $\text{trans_no}(3, 5) = \text{trans_no}(3, 5) + 1$

Case "36"
 $\text{trans_no}(3, 6) = \text{trans_no}(3, 6) + 1$

Case "37"
 $\text{trans_no}(3, 7) = \text{trans_no}(3, 7) + 1$

Case "41"
 $\text{trans_no}(4, 1) = \text{trans_no}(4, 1) + 1$

Case "42"
 $\text{trans_no}(4, 2) = \text{trans_no}(4, 2) + 1$

Case "43"
 $\text{trans_no}(4, 3) = \text{trans_no}(4, 4) + 1$

Case "44"
 $\text{trans_no}(4, 4) = \text{trans_no}(4, 4) + 1$

Case "45"
 $\text{trans_no}(4, 5) = \text{trans_no}(4, 5) + 1$

Case "46"
 $\text{trans_no}(4, 6) = \text{trans_no}(4, 6) + 1$

Case "47"
 $\text{trans_no}(4, 7) = \text{trans_no}(4, 7) + 1$

Case "51"
 $\text{trans_no}(5, 1) = \text{trans_no}(5, 1) + 1$

Case "52"
 $\text{trans_no}(5, 2) = \text{trans_no}(5, 2) + 1$

Case "53"
 $\text{trans_no}(5, 3) = \text{trans_no}(5, 4) + 1$

Case "54"
 $\text{trans_no}(5, 4) = \text{trans_no}(5, 4) + 1$

Case "55"
 $\text{trans_no}(5, 5) = \text{trans_no}(5, 5) + 1$

Case "56"
 $\text{trans_no}(5, 6) = \text{trans_no}(5, 6) + 1$

Case "57"
 $\text{trans_no}(5, 7) = \text{trans_no}(5, 7) + 1$

Case "61"
 $\text{trans_no}(6, 1) = \text{trans_no}(6, 1) + 1$

Case "62"
 $\text{trans_no}(6, 2) = \text{trans_no}(6, 2) + 1$

Case "63"
 $\text{trans_no}(6, 3) = \text{trans_no}(6, 4) + 1$

Case "64"
 $\text{trans_no}(6, 4) = \text{trans_no}(6, 4) + 1$

Case "65"
 $\text{trans_no}(6, 5) = \text{trans_no}(6, 5) + 1$

Case "66"
 $\text{trans_no}(6, 6) = \text{trans_no}(6, 6) + 1$

Case "67"
 $\text{trans_no}(6, 7) = \text{trans_no}(6, 7) + 1$


```

Case "71"
    trans_no(7, 1) = trans_no(7, 1) + 1
Case "72"
    trans_no(7, 2) = trans_no(7, 2) + 1
Case "73"
    trans_no(7, 3) = trans_no(7, 4) + 1
Case "74"
    trans_no(7, 4) = trans_no(7, 4) + 1
Case "75"
    trans_no(7, 5) = trans_no(7, 5) + 1
Case "76"
    trans_no(7, 6) = trans_no(7, 6) + 1
Case "77"
    trans_no(7, 7) = trans_no(7, 7) + 1
End Select
'計算各狀態轉換次數
Next i
'計算轉換機率
For k = 1 To 7
    sum_no(k) = trans_no(k, 1) + trans_no(k, 2) + trans_no(k, 3) +
    trans_no(k, 4) + trans_no(k, 5) + trans_no(k, 6) + trans_no(k, 7)
Next k
For l = 1 To 7
    If sum_no(l) = 0 Then
        GoTo line1
    Else
        For m = 1 To 7
            trans_prob(l, m) = trans_no(l, m) / sum_no(l)
        Next m
    End If
line1:
Next l
'將結果記錄至「馬可夫鏈」表格中
Sheets("馬可夫鏈").Select
For row_no = 1 To 7
    For col_no = 1 To 7
        Cells(n + row_no, col_no + 1) = trans_no(row_no, col_no)
        Cells(n + row_no, 9) = sum_no(row_no)
        Cells(n + row_no, 10 + col_no + 1) = trans_prob(row_no,
        col_no)
    Next col_no
Next row_no
n = n + 10
Next j
End Sub

```

6. 「整合計算結果成 GIS 所需格式」程式碼

```

Private Sub CommandButton6_Click()
Dim well_name(8)
Dim tmx(8)
Dim tmy(8)
'建立標題
For State = 0 To 6

Cells(1 + State * 10, 1) = "由狀態" & State + 1 & "開始的第一次轉換"
    For i = 1 To 8
        Sheets("sheet1").Select
        well_name(i) = Cells(i, 3)
    
```

```

    tmx(i) = Cells(i, 9)
    tmy(i) = Cells(i, 10)
    Sheets("final_result").Select
    Cells(i + 1 + State * 10, 1) = well_name(i)
    Cells(i + 1 + State * 10, 2) = tmx(i)
    Cells(i + 1 + State * 10, 3) = tmy(i)
Next i
For j = 1 To 7
    Cells(2 + State * 10, j + 3) = j
Next j
Cells(1 + State * 10, 15) = "由狀態" & State + 1 & "開始的穩定狀態"
For i = 1 To 8
    Sheets("sheet1").Select
    well_name(i) = Cells(i, 3)
    tmx(i) = Cells(i, 9)
    tmy(i) = Cells(i, 10)
    Sheets("final_result").Select
    Cells(i + 1 + State * 10, 15) = well_name(i)
    Cells(i + 1 + State * 10, 1 + 15) = tmx(i)
    Cells(i + 1 + State * 10, 2 + 15) = tmy(i)
Next i
For j = 1 To 7
    Cells(2 + State * 10, j + 2 + 15) = j
Next j
Next State
'讀入資料
count_no = 0 '這變數是為了讀取不同狀態下的資料所設
For State = 0 To 6 '這是指 7 個狀態
    Sheets("final_result").Select
    For k = 1 To 7 '這是指 7 個測站
        Sheets("final_result").Select
        well = Cells(k + 2 + State * 10, 1)
        Select Case well
        Case "GW3"
            For m = 1 To 7
                Sheets("GW3 結果").Select
                trans_prob = Cells(2, 1 + m + count_no)
                Sheets("final_result").Select
                Cells(3 + State * 10, 3 + m) = trans_prob
                Sheets("GW3 結果").Select
                trans_prob1 = Cells(240, 1 + m + count_no)
                Sheets("final_result").Select
                Cells(3 + State * 10, 17 + m) = trans_prob1
            Next m

        Case " GW4"
            For m = 1 To 7
                Sheets("GW4 結果").Select
                trans_prob = Cells(2, 1 + m + count_no)
                Sheets("final_result").Select
                Cells(4 + State * 10, 3 + m) = trans_prob
                Sheets("GW4 結果").Select
                trans_prob1 = Cells(240, 1 + m + count_no)
                Sheets("final_result").Select
                Cells(4 + State * 10, 17 + m) = trans_prob1
            Next m
    Next k
Next State

```

```

Case " GW6"
  For m = 1 To 7
  Sheets("GW6 結果").Select
  trans_prob = Cells(2, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(5 + State * 10, 3 + m) = trans_prob
  Sheets("GW6 結果").Select
  trans_prob1 = Cells(240, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(5 + State * 10, 17 + m) = trans_prob1
  Next m

```

```

Case " GW7"
  For m = 1 To 7
  Sheets("GW7 結果").Select
  trans_prob = Cells(2, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(6 + State * 10, 3 + m) = trans_prob
  Sheets("GW7 結果").Select
  trans_prob1 = Cells(240, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(6 + State * 10, 17 + m) = trans_prob1
  Next m

```

```

Case " GW5"
  For m = 1 To 7
  Sheets("GW5 結果").Select
  trans_prob = Cells(2, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(7 + State * 10, 3 + m) = trans_prob
  Sheets("GW5 結果").Select
  trans_prob1 = Cells(240, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(7 + State * 10, 17 + m) = trans_prob1
  Next m

```

```

Case " GW2"
  For m = 1 To 7
  Sheets("GW2 結果").Select
  trans_prob = Cells(2, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(8 + State * 10, 3 + m) = trans_prob
  Sheets("GW2 結果").Select
  trans_prob1 = Cells(240, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(8 + State * 10, 17 + m) = trans_prob1
  Next m

```

```

Case " GW1"
  For m = 1 To 7
  Sheets("GW1 結果").Select
  trans_prob = Cells(2, 1 + m + count_no)
  Sheets("final_result").Select
  Cells(9 + State * 10, 3 + m) = trans_prob
  Sheets("GW1 結果").Select

```

```

        trans_prob1 = Cells(240, 1 + m + count_no)
        Sheets("final_result").Select
        Cells(9 + State * 10, 17 + m) = trans_prob1
    Next m

    End Select

Next k
count_no = count_no + 8
Next State
End Sub

```

7. 「馬可夫鏈階層驗證(BIC法)」程式碼

'這程式僅限於7個狀態的BIC驗證

```

Sub testno1()
Dim examno
Dim stateno

Dim v(8)                '分類狀態用變數(1st order)
Dim u(7, 7)            '計算轉換各狀態的個數(1st order)
Dim u1(7, 7)          '計算轉換各狀態的機率(1st order)
Dim w(7)               '計算轉換各狀態的機率(1st order)
Dim v1(7)

Dim u2(7, 7, 7)        '計算轉換各狀態的個數(2nd order)
Dim u3(7, 7)           '計算轉換各狀態的總和(2nd order)
Dim w1(7, 7, 7)        '計算轉換各狀態的機率(2nd order)
Dim n(12)              '定位用的變數

Dim u4(7, 7, 7, 7)     '計算轉換各狀態的個數(3th order)
Dim u5(7, 7, 7)        '計算轉換各狀態的總和(3th order)
Dim w2(7, 7, 7, 7)     '計算轉換各狀態的機率(3th order)

Dim u6(7, 7, 7, 7, 7)  '計算轉換各狀態的個數(4th order)
Dim u7(7, 7, 7, 7)     '計算轉換各狀態的總和(4th order)
Dim w3(7, 7, 7, 7, 7)  '計算轉換各狀態的機率(4th order)

Dim maxstate
Dim minstate

Dim judgestate(7)      '判斷狀態的變數
Dim orderno(7) As Integer 'Markov chain order
Dim parano(7)          'BIC test 參數
Dim paranol(7)         'BIC test 參數，主要為階數，此參數的階數設為視
序列而定，此部份日後再修改!

Dim BICvalue(7)        'BIC Value
Dim sumBICvalue(7)     'BIC Value 總和

examno = InputBox("請輸入資料共幾筆?", "資料筆數")
stateno = InputBox("請輸入『狀態』數目?", "分成幾個狀態")
n(0) = 1
n(1) = 1
n(2) = 1
n(3) = 1

'這一個程式是將原始數據計算分類的數目有多少

```

```

'first order Markov chain
Cells(1, "A") = "data"
Cells(1, "C") = "first-Order"
Cells(1, "D") = "NO"
orderno(1) = 1
For j = 1 To stateno
    Cells(j + 1, "C").Value = j
Next j
For i = 2 To examno + 1
    If Cells(i, "A").Value = 1 Then
        Cells(2, "D").Value = v(1) + 1
        v(1) = Cells(2, "D").Value
    Else

    If Cells(i, "A").Value = 2 Then
        Cells(3, "D").Value = v(2) + 1
        v(2) = Cells(3, "D").Value
    Else
        If Cells(i, "A").Value = 3 Then
            Cells(4, "D").Value = v(3) + 1
            v(3) = Cells(4, "D").Value
        Else
            If Cells(i, "A").Value = 4 Then
                Cells(5, "D").Value = v(4) + 1
                v(4) = Cells(5, "D").Value
            Else
                If Cells(i, "A").Value = 5 Then
                    Cells(6, "D").Value = v(5) + 1
                    v(5) = Cells(6, "D").Value
                Else
                    If Cells(i, "A").Value = 6 Then
                        Cells(7, "D").Value = v(6) + 1
                        v(6) = Cells(7, "D").Value
                    Else
                        If Cells(i, "A").Value = 7 Then
                            Cells(8, "D").Value = v(7) + 1
                            v(7) = Cells(8, "D").Value
                        End If
                    End If
                End If
            End If
        End If
    End If
End If
End If
End If
End If
End If
Next i

'結束將原始數據計算分類的數目有多少的程式
'計算 transition probability of first markov matrix
'a.寫 title 在 g1~o17 的範圍內
For k = 1 To stateno
    Cells(1, k + 7) = k
    Cells(10, k + 7) = k
Next k
For j = 1 To stateno
    Cells(j + 1, "g") = j
    Cells(j + 10, "g") = j
Next j

```

```

'1.判斷 state to other state 的數量
For i = 2 To examno
  For a = 1 To stateno
    For B = 1 To stateno
      If Cells(i, "A").Value = a And Cells(i + 1, "A").Value = B
Then
          Cells(a + 1, B + 7).Value = u(a, B) + 1
          u(a, B) = Cells(a + 1, B + 7).Value
          End If
        Next B
      Next a
    Next i
'2.計算各個 state 總和個數
For A1 = 1 To stateno
  For B1 = 1 To stateno
    w(A1) = w(A1) + u(A1, B1)
    Cells(A1 + 1, "o").Value = w(A1)
  Next B1
Next A1
'3.算出轉換機率
For A2 = 1 To stateno
  For B2 = 1 To stateno
    If w(A2) > 0 Then
      u1(A2, B2) = Round(u(A2, B2) / w(A2), 4)
      Cells(stateno + 3 + A2, 7 + B2).Value = u1(A2, B2)
      Cells(stateno + 3 + A2, 7 + B2).Select
      Selection.NumberFormatLocal = "0.000"
    End If
  Next B2
Next A2
'*****2nd order Markov chain*****
orderno(2) = 2
colstartposition2 = stateno + 10 '2nd 的啟始位置
rowstartposition2 = 1
Cells(1, colstartposition2) = "2nd-Order"
v1(0) = 0
'1.找該測站之 state 編號之最大值與最小值
orderno(2) = 2
v(8) = stateno
'2.設定該序列的最高狀態，只分析存在的狀態即可
For i = 2 To examno - 1
  If Cells(i, "A") < v(8) Then
    v(8) = Cells(i, "A").Value
  End If
  If Cells(i + 1, "A") > v(0) Then
    v(0) = Cells(i, "A").Value
  End If
Next i
maxstate = v(0)
minstate = v(8)
'end of 2. finding max. and min. 如果小於原設定狀態，則以該數列之狀態為
分析 2 階的極值狀態！
'writing about 2nd-order state title
For k = minstate To maxstate
  For l = minstate To maxstate
    Cells(rowstartposition2 + 1, colstartposition2 + 1).Value =
k

```

```

        Cells(rowstartposition2 + 1, colstartposition2 + 2).Value =
    1
        rowstartposition2 = rowstartposition2 + 1
    Next l
Next k
rowstartposition2 = 1
'下列迴圈是要寫出在列上的標題
For j = minstate To maxstate
    Cells(rowstartposition2, colstartposition2 + 3).Value = j
    colstartposition2 = colstartposition2 + 1
Next j
colstartposition2 = stateno + 10 '2nd 的啟始位置
rowstartposition2 = 1

'再建立一次計算機率結果的標題
For k = minstate To maxstate
    For l = minstate To maxstate
        Cells(rowstartposition2 + 5 + maxstate * maxstate,
            colstartposition2 + 1).Value = k
        Cells(rowstartposition2 + 5 + maxstate * maxstate,
            colstartposition2 + 2).Value = 1
        rowstartposition2 = rowstartposition2 + 1
    Next l
Next k
rowstartposition2 = 1
'下列迴圈是要寫出在列上的標題

For j = minstate To maxstate
    Cells(rowstartposition2 + 4 + maxstate * maxstate,
        colstartposition2 + 3).Value = j
    colstartposition2 = colstartposition2 + 1
Next j
colstartposition2 = stateno + 10 '2nd 的啟始位置
rowstartposition2 = 1
'完成 title 的建立
'計算 2nd 轉換的機率
    For j = minstate To maxstate
        For k = minstate To maxstate
            For l = minstate To maxstate
For i = 2 To examno - 1

    If Cells(i, "A").Value = j And Cells(i + 1, "A").Value = k Then

        If Cells(i + 2, "A").Value = 1 Then
            Cells(rowstartposition2 + 1, colstartposition2 + 3).Value =
u2(j, k, 1) + 1 '2009_9 change to this command
            u2(j, k, 1) = Cells(rowstartposition2 + 1, colstartposition2
+ 3).Value '2009_9 change to this command

        End If
    End If
Next i

colstartposition2 = colstartposition2 + 1

If l = maxstate Then
colstartposition2 = stateno + 10

```

```

End If

Next l
rowstartposition2 = rowstartposition2 + 1

Next k

Next j

'回復原來初始位置的設定

colstartposition2 = stateno + 10 '2nd 的啟始位置
rowstartposition2 = 1

'計算 2nd order 各狀態總合
'ReDim u3(maxstate * maxstate)
indexno = 1
  For j = minstate To maxstate
    For k = minstate To maxstate
      For l = minstate To maxstate
        u3(j, k) = u2(j, k, l) + u3(j, k)
        Cells(rowstartposition2 + indexno, colstartposition2 + 3 +
maxstate - minstate + 1) = u3(j, k)

        Next l
        indexno = indexno + 1
      Next k
      ' indexno = indexno + 1
    Next j

'回復設列與欄至初始定值

colstartposition2 = stateno + 10 '2nd 的啟始位置
rowstartposition2 = 1
'計算 2nd 的機率值
For j = minstate To maxstate
  For k = minstate To maxstate
    For l = minstate To maxstate
      If u3(j, k) = 0 Then
        Cells(rowstartposition2 + 5 + maxstate * maxstate,
colstartposition2 + 3).Value = 0
      Else
        w1(j, k, l) = u2(j, k, l) / u3(j, k)
        Cells(rowstartposition2 + 5 + maxstate * maxstate,
colstartposition2 + 3).Value = w1(j, k, l)
      End If
      colstartposition2 = colstartposition2 + 1
      If l = maxstate Then
        colstartposition2 = stateno + 10
      End If
    Next l
    rowstartposition2 = rowstartposition2 + 1
  Next k
Next j

```



```

'*****End of 2nd order transfer stochastic
matrix*****
'*****start of 3rd order transfer stochastic
matrix*****
orderno(3) = 3
rowstartposition3 = 1
colstartposition3 = stateno + 10 + maxstate - minstate + 7
Cells(1, colstartposition3) = "3rd-Order"
v1(0) = 0
'writing about 3rd-order state title
For m = minstate To maxstate
  For k = minstate To maxstate
    For l = minstate To maxstate
      Cells(rowstartposition3 + 1, colstartposition3 +
1).Value = m
      Cells(rowstartposition3 + 1, colstartposition3 +
2).Value = k
      Cells(rowstartposition3 + 1, colstartposition3 +
3).Value = 1
      rowstartposition3 = rowstartposition3 + 1
    Next l
  Next k
Next m
'設定回定位的欄與列的位置

rowstartposition3 = 1
colstartposition3 = stateno + 10 + maxstate - minstate + 7
'下列迴圈是要寫出在列上的標題
For j = minstate To maxstate
  Cells(rowstartposition3, colstartposition3 + 4).Value = j
  colstartposition3 = colstartposition3 + 1
Next j
'設定回定位的欄與列的位置
rowstartposition3 = 1
colstartposition3 = stateno + 10 + maxstate - minstate + 7
'再建立一次計算機率結果的標題
For m = minstate To maxstate
  For k = minstate To maxstate
    For l = minstate To maxstate
      Cells(rowstartposition3 + 5 + maxstate * maxstate *
maxstate, colstartposition3 + 1).Value = m
      Cells(rowstartposition3 + 5 + maxstate * maxstate *
maxstate, colstartposition3 + 2).Value = k
      Cells(rowstartposition3 + 5 + maxstate * maxstate *
maxstate, colstartposition3 + 3).Value = 1
      rowstartposition3 = rowstartposition3 + 1
    Next l
  Next k
Next m
rowstartposition3 = 1
'下列迴圈是要寫出在列上的標題
For j = minstate To maxstate
  Cells(rowstartposition3 + 4 + maxstate * maxstate * maxstate,
colstartposition3 + 4).Value = j
  colstartposition3 = colstartposition3 + 1
Next j
'設定回定位的欄與列的位置

```

```

rowstartposition3 = 1
colstartposition3 = stateno + 10 + maxstate - minstate + 7
'完成 title 的建立
Range("a1").Select
'計算 3rd 轉換的次數
    For m = minstate To maxstate
        For j = minstate To maxstate
            For k = minstate To maxstate
                For l = minstate To maxstate

For i = 2 To examno - 2

    If Cells(i, "A").Value = j And Cells(i + 1, "A").Value = k And Cells(i
+ 2, "A").Value = m Then

        If Cells(i + 3, "A").Value = 1 Then
            Cells(rowstartposition3 + 1, colstartposition3 + 4).Value =
u4(m, j, k, l) + 1 '2009_9 change to this command
            u4(m, j, k, l) = Cells(rowstartposition3 + 1, colstartposition3
+ 4).Value '2009_9 change to this command
        End If
    End If
Next i

colstartposition3 = colstartposition3 + 1

If l = maxstate Then
colstartposition3 = stateno + 10 + maxstate - minstate + 7
End If
Next l
rowstartposition3 = rowstartposition3 + 1
Next k
Next j
Next m
'設定回定位的欄與列的位置
rowstartposition3 = 1
colstartposition3 = stateno + 10 + maxstate - minstate + 7
'計算 3rd order 各狀態總合
'ReDim u3(maxstate * maxstate)
indexno = 1
    For m = minstate To maxstate
        For j = minstate To maxstate
            For k = minstate To maxstate
                For l = minstate To maxstate
                    u5(m, j, k) = u4(m, j, k, l) + u5(m, j, k)
                    Cells(rowstartposition3 + indexno, colstartposition3
+ 4 + maxstate - minstate + 1) = u5(m, j, k)
                Next l
                indexno = indexno + 1
            Next k
        Next j
    Next m
'回復設列與欄至初始定值
rowstartposition3 = 1
colstartposition3 = stateno + 10 + maxstate - minstate + 7
'計算 3rd 的機率值

```



```

For m = minstate To maxstate
  For j = minstate To maxstate
    For k = minstate To maxstate
      For l = minstate To maxstate
        If u5(m, j, k) = 0 Then
          Cells(rowstartposition3 + 5 + maxstate * maxstate
            * maxstate, colstartposition3 + 4).Value = 0
        Else
          w2(m, j, k, l) = u4(m, j, k, l) / u5(m, j, k)
          Cells(rowstartposition3 + 5 + maxstate * maxstate
            * maxstate, colstartposition3 + 4).Value = w2(m, j,
            k, l)
        End If
        colstartposition3 = colstartposition3 + 1
        If l = maxstate Then
          colstartposition3 = stateno + 10 + maxstate -
minstate + 7
        End If
      Next l
      rowstartposition3 = rowstartposition3 + 1
    Next k
  Next j
Next m
'*End of 3rd order transfer stochastic matrix*****
'*start of 4rd order transfer stochastic matrix*****
orderno(4) = 4
rowstartposition4 = 1
colstartposition4 = stateno + 10 + (maxstate - minstate + 7) * 2
Cells(1, colstartposition4) = "4rd-Order"
v1(0) = 0
'writing about 4rd-order state title
For nn = minstate To maxstate
  For m = minstate To maxstate
    For k = minstate To maxstate
      For l = minstate To maxstate
        Cells(rowstartposition4 + 1, colstartposition4 +
1).Value = nn
        Cells(rowstartposition4 + 1, colstartposition4 +
2).Value = m
        Cells(rowstartposition4 + 1, colstartposition4 +
3).Value = k
        Cells(rowstartposition4 + 1, colstartposition4 +
4).Value = l
        rowstartposition4 = rowstartposition4 + 1
      Next l
    Next k
  Next m
Next nn
'設定回定位的欄與列的位置
rowstartposition4 = 1
colstartposition4 = stateno + 10 + (maxstate - minstate + 7) * 2
'下列迴圈是要寫出在列上的標題
For j = minstate To maxstate
  Cells(rowstartposition4, colstartposition4 + 5).Value = j
  colstartposition4 = colstartposition4 + 1
Next j
'設定回定位的欄與列的位置
rowstartposition4 = 1

```

```

colstartposition4 = stateno + 10 + (maxstate - minstate + 7) * 2
'再建立一次計算機率結果的標題
For nn = minstate To maxstate
  For m = minstate To maxstate
    For k = minstate To maxstate
      For l = minstate To maxstate
        Cells(rowstartposition4 + 5 + maxstate * maxstate *
          maxstate * maxstate, colstartposition4 + 1).Value = nn
        Cells(rowstartposition4 + 5 + maxstate * maxstate *
          maxstate * maxstate, colstartposition4 + 2).Value = m
        Cells(rowstartposition4 + 5 + maxstate * maxstate *
          maxstate * maxstate, colstartposition4 + 3).Value = k
        Cells(rowstartposition4 + 5 + maxstate * maxstate *
          maxstate * maxstate, colstartposition4 + 4).Value = l
        rowstartposition4 = rowstartposition4 + 1
      Next l
    Next k
  Next m
Next nn
rowstartposition4 = 1

'下列迴圈是要寫出在列上的標題
For j = minstate To maxstate
  Cells(rowstartposition4 + 4 + maxstate * maxstate * maxstate *
    maxstate, colstartposition4 + 5).Value = j
  colstartposition4 = colstartposition4 + 1
Next j
'設定回定位的欄與列的位置
rowstartposition4 = 1
colstartposition4 = stateno + 10 + (maxstate - minstate + 7) * 2
'完成 title 的建立
Range("ak1").Select
'計算 3rd 轉換的次數
For nn = minstate To maxstate
  For m = minstate To maxstate
    For j = minstate To maxstate
      For k = minstate To maxstate
        For l = minstate To maxstate

          For i = 2 To examno - 4
            If Cells(i, "A").Value = j And Cells(i + 1, "A").Value = k And
              Cells(i + 2, "A").Value = m And Cells(i + 3, "A").Value = nn Then
              If Cells(i + 4, "A").Value = l Then
                Cells(rowstartposition4 + 1, colstartposition4 +
                  5).Value = u6(nn, m, j, k, l) + 1 '2009_9 change to this command
                u6(nn, m, j, k, l) = Cells(rowstartposition4 + 1,
                  colstartposition4 + 5).Value '2009_9 change to this command
              End If
            End If
          Next i
          colstartposition4 = colstartposition4 + 1
          If l = maxstate Then
            colstartposition4 = stateno + 10 + (maxstate - minstate + 7) * 2
          End If
        Next l
      Next k
    Next j
  Next m
Next nn
rowstartposition4 = rowstartposition4 + 1

```

```

Next k
Next j
Next m
Next nn
'設定回定位的欄與列的位置
rowstartposition4 = 1
colstartposition4 = stateno + 10 + (maxstate - minstate + 7) * 2
'計算 3rd order 各狀態總合
'ReDim u3(maxstate * maxstate)
indexno = 1
  For nn = minstate To maxstate
    For m = minstate To maxstate
      For j = minstate To maxstate
        For k = minstate To maxstate
          For l = minstate To maxstate
            u7(nn, m, j, k) = u6(nn, m, j, k, l) + u7(nn, m, j, k)
            Cells(rowstartposition4 + indexno, colstartposition4 +
              5 + maxstate - minstate + 1) = u7(nn, m, j, k)
          Next l
          indexno = indexno + 1
        Next k
      Next j
    Next m
  Next nn
'回復設列與欄至初始定值
rowstartposition4 = 1
colstartposition4 = stateno + 10 + (maxstate - minstate + 7) * 2
'計算 3rd 的機率值
  For nn = minstate To maxstate
    For m = minstate To maxstate
      For j = minstate To maxstate
        For k = minstate To maxstate
          For l = minstate To maxstate
            If u7(nn, m, j, k) = 0 Then
              Cells(rowstartposition4 + 5 + maxstate * maxstate * maxstate
                * maxstate, colstartposition4 + 5).Value = 0
            Else
              w3(nn, m, j, k, l) = u6(nn, m, j, k, l) / u7(nn, m, j, k)
              Cells(rowstartposition4 + 5 + maxstate * maxstate * maxstate
                * maxstate, colstartposition4 + 5).Value = w3(nn, m, j, k, l)
            End If
            colstartposition4 = colstartposition4 + 1
            If l = maxstate Then
              colstartposition4 = stateno + 10 + (maxstate - minstate + 7) * 2
            End If
          Next l
        Next k
      Next j
    Next m
  Next nn
rowstartposition4 = rowstartposition4 + 1
Next k
Next j
Next m
Next nn
'*****BIC test*****
For i = 1 To 4
'parano(i) = (v(0) - v(8)) * ((v(0) - v(8) + 1) ^ (orderno(i)))
parano(i) = (7 - 1) * 7 * (orderno(i))
Next i

```

```

For j = 1 To 7
For k = 1 To 7
If u(j, k) > 0 Then
BICvalue(1) = 2 * u(j, k) * Log(u1(j, k)) - parano(1) * Log(examno
- 1)
sumBICvalue(1) = sumBICvalue(1) + BICvalue(1)
End If
Next k
Next j

For j = minstate To maxstate
For k = minstate To maxstate
For l = minstate To maxstate

If u2(j, k, l) > 0 Then
BICvalue(2) = 2 * u2(j, k, l) * Log(w1(j, k, l)) - parano(2) * Log(examno
- 2)
sumBICvalue(2) = sumBICvalue(2) + BICvalue(2)
End If
Next l
Next k
Next j

For m = minstate To maxstate
For j = minstate To maxstate
For k = minstate To maxstate
For l = minstate To maxstate
If u4(m, j, k, l) > 0 Then
BICvalue(3) = 2 * u4(m, j, k, l) * Log(w2(m, j, k, l)) - parano(3)
* Log(examno - 3)
sumBICvalue(3) = sumBICvalue(3) + BICvalue(3)
End If
Next l
Next k
Next j
Next m

For nn = minstate To maxstate
For m = minstate To maxstate
For j = minstate To maxstate
For k = minstate To maxstate
For l = minstate To maxstate
If u6(nn, m, j, k, l) > 0 Then
BICvalue(4) = 2 * u6(nn, m, j, k, l) * Log(w3(nn, m, j, k, l)) -
parano(4) * Log(examno - 4)
sumBICvalue(4) = sumBICvalue(4) + BICvalue(4)
End If
Next l
Next k
Next j
Next m
Next nn

'*****輸出 BIC 結果*****
Range("C10").Select
Cells(10, "C") = "order"
Cells(10, "D") = "BIC value"
Cells(10, "E") = "para_NO"
For i = 1 To 4
Cells(10 + i, "C").Value = i

```

```
Cells(10 + i, "D").Value = sumBICvalue(i)  
Cells(10 + i, "E").Value = parano(i)  
Next i  
End Sub
```



附錄二 方向性風險程式碼

1. 圖 4.31 界面 1 程式：主要提供使用者填入氣象資料筆數、氣象測站數及欲推估場址風向的數量等資訊。

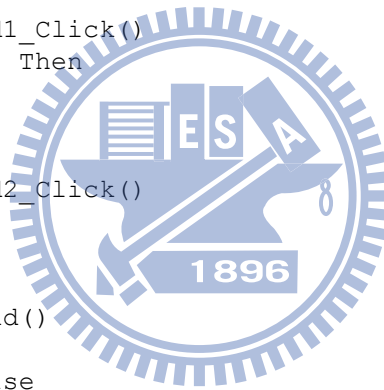
```
Sub CmdEnd_Click()  
End  
End Sub  
  
Sub CmdOK_Click()  
Module1.var  
meto_data_no = Val(Text1)  
No_Ob_Station = Val(Text5)  
gridno = Val(Text2)  
form2.Show  
End Sub
```

2. 模組一(Module1)：設定變數為屬性

```
Public No_Ob_Station  
Public meto_data_no '氣象資料筆數  
Public gridno '輸入總共要模擬幾筆數據
```

3. 圖 4.32 界面 2 程式：輸入各氣象資料的檔案名稱及各場址中心座標位置檔案

```
Private Sub Command1_Click()  
If Check1.Value = 1 Then  
Module2.draxler  
End If  
End Sub  
Private Sub Command2_Click()  
End  
End Sub  
  
Public Sub Form_Load()  
Form1.CmdOK_Click  
Form1.Visible = False  
'將設定的 TextBox, Label, Option, command 先不顯示  
Text3.Visible = False  
Text3.BackColor = &HFFFF&  
Label1.BackColor = &HFFFF80  
Label1.Visible = False  
Label1.ForeColor = &HFF0000  
Text2.Visible = False  
Text2.BackColor = &HFFFF&  
For i = 0 To 5  
Text1(i).Visible = False  
Text1(i).BackColor = &HFFFF&  
Next i  
For i = 0 To 10  
Label2(i).Visible = False  
Label2(i).BackColor = &HFFFF80  
Label2(i).ForeColor = &HFF&  
Next i  
Check1.Visible = False  
Check1.BackColor = &HFFFF80  
Command1.Visible = False  
Command1.BackColor = &HC0C0&  
Command2.Visible = False
```




```

Command2.BackColor = &HC000&
form2.Height = 375 + 13 * 360 + 240
form2.Width = (2055 + 225) + 4500
celldistance = 240
Label2(3).Caption = "輸入紀錄所有氣象資料檔檔案名稱"
    Label2(3).Height = 270
    Label2(3).Width = 6000
    Label2(3).Left = 240
    Label2(3).Top = 240 + celldistance
Label2(3).Visible = True
    Label1.Caption = "檔案儲存位置及名稱 (包括附加檔名.txt) "
    Label1.Height = 270
    Label1.Width = 4000
    Label1.Left = 240
    Label1.Top = 240 * 4
    Label1.Visible = True
    Text3.Text = "c:\tempdata\stations.txt"
    Text3.Height = 270
    Text3.Width = 3500
    Text3.Left = 240 + 1600
    Text3.Top = 240 * 6
    Text3.Visible = True
Label2(4).Caption = "選擇風場分析方法："
    Label2(4).Height = 270
    Label2(4).Width = 2055
    Label2(4).Left = 240
    Label2(4).Top = 240 * 8
Label2(4).Visible = True
'Checkbox 加入點，以後可擴充其他的風場推估模式
Check1.Caption = "DRAXLER法(US EPA Mesopuff II 模式中使用的)方法："
    Check1.Height = 270
    Check1.Width = 5500
    Check1.Left = 240
    Check1.Top = 240 * 9
Check1.Visible = True
Label2(5).Caption = "輸入欲推估風場的座標位置的檔案名稱"
    Label2(5).Height = 270
    Label2(5).Width = 3500
    Label2(5).Left = 240
    Label2(5).Top = 240 * 12
Label2(5).Visible = True
    Text2.Text = "c:\tempdata\sitecenter.txt "
    Text2.Height = 270
    Text2.Width = 3500
    Text2.Left = 240 + 1600
    Text2.Top = 240 * 13
    Text2.Visible = True
Command1.Caption = "確定"
    Command1.Height = 300
    Command1.Width = 2055
    Command1.Left = 240
    Command1.Top = 240 * 16
Command1.Visible = True
Command2.Caption = "結束"
    Command2.Height = 300
    Command2.Width = 2055
    Command2.Left = 240 * 2 + 2500

```

```

Command2.Top = 240 * 16
Command2.Visible = True
End Sub

```

4. 模組二：

```

Sub draxler()
form2.Form_Load
'Dim estcoordtext(10000, 40) '儲存東經的座標
'Dim norcoordtext(10000, 40) '儲存北緯的座標
Dim xcoord(40) '氣象測站 X 座標位置
Dim ycoord(40) '氣象測站 Y 座標位置
Dim windangle(40) '風向的角度
Dim windspeed(40) '風速
Dim windangletemp(40) '暫存的風向
Dim windspeedtemp(40) '暫存的風速
Dim temperature(40) '氣溫
Dim IDWtemp(3) '計算氣溫使用
Dim outtemperature(300) '輸出的氣溫
Dim urbanmaxhi(40) '都市地區混合層高
Dim outurbanmaxhi '輸出都市混合層高
Dim suburbanmaxhi(40) '市郊混合層高
Dim outsuburbanmaxhi '輸出市郊混合層高
'Dim stability(40) '穩定度
Dim u(40) '儲存測站的 u 向量
Dim v(40) '儲存測站的 v 向量
Dim outu(300) '儲存計算的結果 u 向量
Dim outv(300) '儲存計算的結果 v 向量
Dim gridangle(300) '測站夾角 (以經度表示)
Dim gridxcoord(300) '模擬風場位置的 X 座標
Dim gridycoord(300) '模擬風場位置的 Y 座標
Dim gridindex(300) '模擬風場位置的標號及輸出的檔案
Dim stationangle(40) '測站與模擬方格的夾角 (以經度表示)
Dim stationdistance(40) '測站與模擬方格的距離
Dim alphavalue(40) '各測站的 alpha 值
Dim whivalue(40) '各測站的 whi 值
Dim alphadistance(40) 'alpha 除以 distance 的值
Dim stability(300) '穩定度的值
Dim outstability(300) '輸出穩定度的值
Dim diffx(40) '網格點隔測站的 X 距離
Dim diffy(40) '網格點隔測站的 Y 距離
Dim outputfile '輸出檔案
Dim outangle(300) '輸出風向
Dim outvelocity(300) '輸出風速
Dim pi
Dim stationfilename(500) As String '氣象資料儲存的檔名
Dim monthno '月變數
Dim dayno '日變數
Dim hourno '小時變數
Dim timeno(300) '時間變數
Dim endangle '最終輸出角度
Dim endwel '最終風速
Dim endtemp '最終溫度
Dim endstab '最終穩定度
Dim endubhi '最終都市混合層

```

```

Dim endsubhi          '最終鄉村混合層

pi = 3.1416
Open "c:\temp\examfile.txt" For Output As #510
For j = 1 To gridno
  '開啟氣象資料儲存的檔案
  Open form2.Text3.Text For Input As #511
  'Do While Not EOF(1)
For i = 1 To No_Ob_Station
  Input #511, stationfilename(i)
  Open stationfilename(i) For Input As i
Next i
  '開啟欲推估風場座標位置的檔案
  Open form2.Text2.Text For Input As (No_Ob_Station + 1)
  '此部分讀取各模擬點的 X、Y 資料，同時計算
  For k = 1 To gridno
    Input # (No_Ob_Station + 1), gridindex(k), gridxcoord(k),
gridycoord(k)
  Next k
  '建立輸出檔案
  Open "c:\tempdata\basedata\" & j & "meteo.txt" For Output As
#(No_Ob_Station + 10 + j)
  Print #(No_Ob_Station + 10 + j), Tab(4); "757"; Tab(11); "97";
Tab(16); "692"; Tab(23); "97"
  Do While Not EOF(1) '執行迴圈直到檔尾為止。
  '此部分主要是逐筆讀取氣象資料
  '此部分讀取各測站的 X、Y、角度、風向分量的資料
  For i = 1 To No_Ob_Station
    Input #i, timeno(i), xcoord(i), ycoord(i), windangle(i),
windspeed(i), temperature(i), urbanmaxhi(i), suburbanmaxhi(i)
    '日期變數讀取並準備輸出
    monthno = Mid(timeno(i), 3, 2)
    dayno = Mid(timeno(i), 5, 2)
    hourno = Mid(timeno(i), 7, 2)
    '判斷是否有氣象資料如果沒有，則採上一次的值
    If windspeed(i) = -99 Then
      windspeed(i) = windspeedtemp(i)
      windangle(i) = windangletemp(i)
    End If
    '如果是靜風則取上一次風向，風速為 1m/sec
    If windangle(i) = 0 Then
      windspeed(i) = 1
      windangle(i) = windangletemp(i)
    End If
    '如果風速太小，但可測出風向，則風速為 1m/s
    If windangle(i) > 0 And windspeed(i) < 1 Then
      windspeed(i) = 1
    End If
    u(i) = windspeed(i) * Sin(windangle(i) * pi / 180)
    v(i) = windspeed(i) * Cos(windangle(i) * pi / 180)
    diffx(i) = (gridxcoord(j) - xcoord(i))
    diffy(i) = (gridycoord(j) - ycoord(i))
    stationdistance(i) = (diffx(i) ^ 2 + diffy(i) ^ 2)
    '判斷模擬位置與測站間的角度(考慮 gis 系統下,非一般座標系統)
    '第一象限
    If diffx(i) > 0 And diffy(i) > 0 Then
      stationangle(i) = 180 + Val(Format((Atn(diffx(i) / diffy(i)))

```

```

* 180 / pi), "##0.00"))
    End If
    '第二象限
    If diffx(i) > 0 And diffy(i) < 0 Then
        stationangle(i) = 180 + Val(Format((Atn(diffx(i) / diffy(i)))
* 180 / pi), "##0.00"))
    End If
    '第三象限
    If diffx(i) < 0 And diffy(i) < 0 Then
        stationangle(i) = Val(Format((Atn(diffx(i) / diffy(i))) * 180
/ pi), "##0.00"))
    End If
    '第四象限
    If diffx(i) < 0 And diffy(i) > 0 Then
        stationangle(i) = 360 + Val(Format((Atn(diffx(i) / diffy(i)))
* 180 / pi), "##0.00"))
    End If

    whivalue(i) = (stationangle(i) - windangle(i))
    alphavalue(i) = (1 - 0.5 * Abs(Sin(whivalue(i) * pi / 180)))
    alphadistance(0) = ((alphavalue(i) / stationdistance(i)) +
alphadistance(0))
    alphadistance(1) = ((alphavalue(i) / stationdistance(i)) * u(i)
+ alphadistance(1))
    alphadistance(2) = ((alphavalue(i) / stationdistance(i)) * v(i)
+ alphadistance(2))
    '以 IDw 方法建立溫度值
    IDWtemp(0) = stationdistance(i) + IDWtemp(0)
    IDWtemp(1) = stationdistance(i) * temperature(i) +
IDWtemp(1)
    outtemperature(i) = IDWtemp(0) / IDWtemp(1)
    '輸出混合層高
    outurbanmaxhi = urbanmaxhi(i)
    outsuburbanmaxhi = suburbanmaxhi(i)
    windspeedtemp(i) = windspeed(i)
    windangletemp(i) = windangle(i)

Next i
'If u(i) = -99 Then
' outu(j) = -99
' outv(j) = -99
' outangle(j) = -99
' outvelocity(j) = -99
' GoTo line2
'End If
'If alphadistance(0) = 0 Then
' outu(j) = 0
' outv(j) = 0
' outangle(j) = 0
' outvelocity(j) = 0
' GoTo line2
'End If

    'outu(j) = Val(Format((alphadistance(1) / alphadistance(0)),
"##0.00"))
    'outv(j) = Val(Format((alphadistance(2) / alphadistance(0)),
"##0.00"))
    outu(j) = Val((alphadistance(1) / alphadistance(0)))

```

```

outv(j) = Val((alphadistance(2) / alphadistance(0)))
'If outu(j) > 0 And outv(j) = 0 Then
'outangle(j) = 90
'End If
'If outu(j) < 0 And outv(j) = 0 Then
'outangle(j) = 270
'End If
'If outu(j) = 0 And outv(j) < 0 Then
'outangle(j) = 180
'End If
'If outu(j) = 0 And outv(j) > 0 Then
'outangle(j) = 360
'End If

'If outu(j) > 0 And outv(j) > 0 Then
'outangle(j) = Val(Format((Atn(outu(j) / outv(j)) * 180 / pi),
"##0"))
'End If
'If outu(j) > 0 And outv(j) < 0 Then
'outangle(j) = 180 + Val(Format((Atn(outu(j) / outv(j)) * 180 /
pi), "##0"))
'End If
'If outu(j) < 0 And outv(j) < 0 Then
'outangle(j) = 180 + Val(Format((Atn(outu(j) / outv(j)) * 180 /
pi), "##0"))
'End If
'If outu(j) < 0 And outv(j) > 0 Then
'outangle(j) = 360 + Val(Format((Atn(outu(j) / outv(j)) * 180 /
pi), "##0"))
'End If

If (Atn(outu(j) / outv(j)) * 180 / pi) < 180 Then
outangle(j) = 180 + Val(Format((Atn(outu(j) / outv(j)) * 180 / pi),
"##0"))
End If
If (Atn(outu(j) / outv(j)) * 180 / pi) > 180 Then
outangle(j) = -180 + Val(Format((Atn(outu(j) / outv(j)) * 180 /
pi), "##0.0000"))
End If

outvelocity(j) = Format((Sqr(outu(j) ^ 2 + outv(j) ^ 2)),
"##0.0000")
'Write # (No_Ob_Station + 1 + j), gridxcoord(j), gridycoord(j), outu(j),
outv(j), outangle(j), outvelocity(j)
outangle(j) = Format(outangle(j), "##0.0000")
outtemperature(j) = Format((IDWtemp(1) / IDWtemp(0)), "##0.0")
outurbanmaxhi = Format(outurbanmaxhi, "##0.0")
outsuburbanmaxhi = Format(outsuburbanmaxhi, "##0.0")
endangle = "123456789"
endvel = "123456789"
endtemp = "123456"
endstab = "12"
endubhi = "1234567"
endsubhi = "1234567"

RSet endvel = outvelocity(j)
RSet endangle = outangle(j)
RSet endtemp = outtemperature(j)

```

```

RSet endubhi = outurbanmaxhi
RSet endsubhi = outsuburbanmaxhi

'判斷穩定度
Select Case hourno
Case 8 To 17
    Select Case outvelocity(j)
        Case 0 To 2
            stability(j) = 1
        Case 2.1 To 4
            stability(j) = 2
        Case 4.1 To 6
            stability(j) = 3
        Case Else
            stability(j) = 4
    End Select
Case Else
    Select Case outvelocity(j)
        Case 0 To 4
            stability(j) = 5
        Case 4.1 To 6
            stability(j) = 4
        Case Else
            stability(j) = 4
    End Select
End Select
RSet endstab = stability(j)
'Print #(No_Ob_Station + 10 + j), Tab(1); "97" & monthno & dayno
& hourno; Tab(10); outangle(j); Tab(21); outvelocity(j); Tab(28);
outtemperature(j); Tab(33); stability(j); Tab(37); outurbanmaxhi;
Tab(44); outsuburbanmaxhi
Print #(No_Ob_Station + 10 + j), Tab(1); "97" & monthno & dayno &
hourno; endangle; endvel; endtemp; endstab; endubhi; endsubhi

IDWtemp(0) = 0
IDWtemp(1) = 0
alphadistance(0) = 0
alphadistance(1) = 0
alphadistance(2) = 0
line2:
Loop
Close
Next j
form2.Hide
Form3.Show
End Sub

```

5. 圖 4.33 程式：主要計算欲推估的受體點座標位置

```

Sub Command1_Click()
pi = 3.1415926
totalkm = Form1.Text3.Text
intervalkm = Form1.Text2.Text
Open Form1.Text1.Text For Input As #511
fileno_coord = Form1.Text4.Text

For i = 1 To fileno_coord

```

```

        Open "c:\tempdata\basedata\" & i & "isc.txt" For Output As
#201
        Open "c:\tempdata\direction\" & i & "GISCoord.txt" For Output
As #200
        Input #511, pollutantindex(1), pollutantxcoord(1),
pollutanttycoord(1)
        pollutantxcoord(1) = Val(Format(pollutantxcoord(1),
"##0.00"))
        pollutanttycoord(1) = Val(Format(pollutanttycoord(1),
"##0.00"))
        Write #200, "ID", "X", "Y"
        Print #201, Tab(1); "CO STARTING"
        Print #201, Tab(4); "TITLEONE DIRECTION"
        Print #201, Tab(4); "MODELOPT DFAULT URBAN CONC"
        Print #201, Tab(4); "AVERTIME MONTH"
        Print #201, Tab(4); "POLLUTID CH4"
        Print #201, Tab(1); "*** TERRIGTS ELEV"
        Print #201, Tab(1); "*** HALFLIFE 1800"
        Print #201, Tab(1); "*** DCAYCOEF 0.000385"
        Print #201, Tab(4); "RUNORNOT RUN"
        Print #201, Tab(4); "ERRORFIL ERRORS.OUT"
        Print #201, Tab(1); "CO FINISHED"
        Print #201, Tab(1); ""
        Print #201, Tab(1); "SO STARTING"
        Print #201, Tab(1); "SO LOCATION 1 AREA"; pollutantxcoord(1);
pollutanttycoord(1)
        Print #201, Tab(1); "SO SRCPARAM 1 0.001 0 500 500 90"
        Print #201, Tab(1); "SO SRCGROUP ALL"
        Print #201, Tab(1); "SO FINISHED"
        Print #201, Tab(1); ""
        Print #201, Tab(1); "RE STARTING"
        If Option2.Value = True Then
dirno = i
        For j = 0 To 15
            Check1(j).Value = 0
        Next j
        For k = 0 To 15
            angleno = k + 1
            Module2.first
        Next k
            End If
        If Option1.Value = True Then
            For k = 0 To 15
                If Check1(k).Value = 1 Then
                    angleno = k + 1
                    Module2.first
                End If
            Next k
        End If
        stationname = Str(i) + "meteo.txt"
        Print #201, Tab(1); "RE FINISHED"
        Print #201, Tab(1); ""
        Print #201, Tab(1); "ME STARTING"
        Print #201, Tab(4); "INPUTFIL"; stationname
        Print #201, Tab(4); "ANEMHGHT 10"
        Print #201, Tab(4); "SURFDATA 757 1997 MIAOLI"
        Print #201, Tab(4); "UAIRDATA 692 1997 MIAOLI"
        Print #201, Tab(4); "DAYRANGE 1-365"

```

```

Print #201, Tab(1); "ME FINISHED"
Print #201, Tab(1); ""
Print #201, Tab(1); "OU STARTING"
Print #201, Tab(1); " DAYTABLE MONTH"
Print #201, Tab(1); "OU FINISHED"
        Close #200, #201
Next i
Close
Form1.Visible = False
Form2.Show
End Sub
Private Sub Command2_Click()
End
End Sub

```

6. 圖 4.34 程式，主要趨動 ISCT3 程式計算各場址各方向污染擴散濃度

```

Sub Command1_Click()
Dim RetVal
Open "c:\tempdata\basedata\runisct.bat" For Output As #1
Open "c:\tempdata\basedata\outputfile.txt" For Output As #2
For i = 1 To fileno_coord
Print #1, "iscst3 " & i & "isc.txt " & i & "out.txt"
Print #2, "c:\tempdata\basedata\" & i & "out.txt"
Next i
RetVal      =      Shell("C:\windows\system32\cmd.exe      /k      cd
c:\tempdata\basedata\", 1)
End
End Sub
Sub Command2_Click()
End
End Sub

```

7. 圖 4.35 程式

```

Public Sub CmdOK_Click()
'開啟輸出資料儲存的檔案
Open Form1.Text1.Text For Input As #511
fileno = Form1.Text2.Text
For i = 1 To fileno
    counternostart(500) = 1
    cno(1) = 0
    cno(2) = 0
    Input #511, outputfilename(i)
    'Print outputfilename(i)
    Open outputfilename(i) For Input As #i
    Open "c:\tempdata\direction\" & i & "result.txt" For Output As
#(fileno + i)
'這部份仍需要再加入一些有關程式檔名配合的部分
Do While Not EOF(i) '執行迴圈直到檔尾為止。
    Line Input #i, outputdata(i)
    outputdata1(i) = Trim(outputdata(i))
If Left(outputdata1(i), 7) = "X-COORD" Then
    cno(1) = cno(1) + 1
    counternostart(cno(1)) = counternostart(500)
End If
If Left(outputdata1(i), 12) = " *** ISCT3" Then
If counternostart(cno(1)) > 0 Then
    cno(2) = cno(2) + 1
    counternoend(cno(2)) = counternostart(500)
End If

```



```

    End If
    Print #(fileno + i), outputdata1(i)
    counternostart(500) = counternostart(500) + 1
    Loop
    Close #i, #(fileno + i)
Print cno(1), cno(2)
Next i
Close
Form2.Show
End Sub

```

8. 圖 4.35 form2 的程式

```

Private Sub Command2_Click()
End
End Sub

Private Sub Command1_Click()
Form1.Visible = False
filenumber = 1
For i = 1 To fileno
For j = 1 To filenumber
    'Input #511, outputfilename(i)
    'Open outputfilename(i) For Input As i
    '有幾個輸出檔案要轉換成 GIS 輸入檔，一個污染源有一個檔案，如果做月平均，
    '則該檔案可以分割出 12 個結果的檔案，因此 j=1to1!
    Open "c:\tempdata\direction" & i & "result.txt" For Input As #i
    Open "c:\tempdata\direction" & i & "result13.txt" For Output As
#(fileno + i + j)
    'Open "c:\tempdata\direction\exam.txt" For Output As #511
    counternostart(500) = 1
    Do While Not EOF(1) '執行迴圈直到檔尾為止。
        Print counternostart(j), counternoend(j)
        Select Case counternostart(500)
            Case counternostart(j) + 2 To counternoend(j) - 1
                Print j, counternostart(j), counternoend(j),
counternostart(500)
                Input #i, xcoord(j), ycoord(j), risk(j), xcoord1(j),
ycoord1(j), risk1(j)
                Print xcoord(j), ycoord(j), risk(j), xcoord1(j),
ycoord1(j), risk1(j)
                Print #(fileno + i + j), xcoord(j), ycoord(j),
risk(j)
                Print #(fileno + i + j), xcoord1(j), ycoord1(j),
risk1(j)
                counternostart(500) = counternostart(500) + 1
            Case Else
                Line Input #i, outputdata(i)
                counternostart(500) = counternostart(500) + 1
        End Select
        ' Line Input #i, outputdata(i)
        ' counternostart(500) = counternostart(500) + 1
    ' Print #511, counternostart(500)
    Loop
    Close
Next j
Close

```

```

Next i
Close
End Sub
Sub Command2_Click() '這是整理月份資料用的*****
Form1.Visible = False
For i = 1 To fileno
    For j = 1 To cno(1)
        '有幾個輸出檔案要轉換成 GIS 輸入檔，一個污染源有一個檔案，如果做月平均，
        '則該檔案可以分割出 12 個結果的檔案，因此 j=1to12!
        Open "c:\tempdata\direction\" & i & "result.txt" For Input As #i
        Open "c:\tempdata\direction\" & i & "result" & j & ".txt" For Output
As #(fileno + i + j)
        counternostart(500) = 1
        Do While Not EOF(i) '執行迴圈直到檔尾為止。
        Print counternostart(j), counternoend(j)
        Select Case counternostart(500)
            Case counternostart(j) + 2 To counternoend(j) - 1
                Print j, counternostart(j), counternoend(j),
counternostart(500)
                Input #i, xcoord(j), ycoord(j), risk(j), xcoord1(j),
ycoord1(j), risk1(j)
                Print xcoord(j), ycoord(j), risk(j), xcoord1(j),
ycoord1(j), risk1(j)
                Print #(fileno + i + j), xcoord(j), ycoord(j),
risk(j)
                Print #(fileno + i + j), xcoord1(j), ycoord1(j),
risk1(j)
                counternostart(500) = counternostart(500) + 1
            Case Else
                Line Input #i, outputdata(i)
                counternostart(500) = counternostart(500) + 1
        End Select
        ' Line Input #i, outputdata(i)
        ' counternostart(500) = counternostart(500) + 1
    Loop
    Close
Next j
Close
Next i
Close
'*****如果推測資料過多，則資料需再重整一次
For i = 1 To fileno
If cno(1) = 24 Then
stepno = 2
Else
stepno = 1
End If
For j = 1 To cno(1) Step stepno
    Open "c:\tempdata\direction\" & i & "result" & j & ".txt" For
Input As #1
    Open "c:\tempdata\direction\" & i & "result" & (j + 1) & ".txt"
For Input As #2
    Select Case j
        Case 1
            monthno = 1
        Case 3
            monthno = 2

```

```

Case 5
monthno = 3
Case 7
monthno = 4
Case 9
monthno = 5
Case 11
monthno = 6
Case 13
monthno = 7
Case 15
monthno = 8
Case 17
monthno = 9
Case 19
monthno = 10
Case 21
monthno = 11
Case 23
monthno = 12
End Select
Open "c:\tempdata\direction\" & monthno & "\" & i & "result" & j &
".txt" For Output As #3
  Do While Not EOF(1) '執行迴圈直到檔尾為止。
    Input #1, xcoord(j), ycoord(j), risk(j)
    Print #3, xcoord(j), ycoord(j), risk(j)
  Loop
  Do While Not EOF(2) '執行迴圈直到檔尾為止。
    Input #2, xcoord(j), ycoord(j), risk(j)
    Print #3, xcoord(j), ycoord(j), risk(j)
  Loop
Close
Next j
Close
Next i
Close
'*****將資料排序成與 GIS 檔相同的大小*****
For i = 1 To fileno
If cno(1) = 24 Then
stepno = 2
Else
stepno = 1
End If
For j = 1 To cno(1) Step stepno
If cno(1) = 24 Then
Select Case j
Case 1
monthno = 1
Case 3
monthno = 2
Case 5
monthno = 3
Case 7
monthno = 4
Case 9
monthno = 5
Case 11
monthno = 6

```

```

Case 13
monthno = 7
Case 15
monthno = 8
Case 17
monthno = 9
Case 19
monthno = 10
Case 21
monthno = 11
Case 23
monthno = 12
End Select
End If
'有幾個輸出檔案要轉換成 GIS 輸入檔，一個污染源有一個檔案，如果做月平均，
'則該檔案可以分割出 12 個結果的檔案，因此 j=1to12！
Open "c:\tempdata\direction\" & monthno & "\" & i & "result" & j &
".txt" For Input As #i
Open "c:\tempdata\direction\" & monthno & "\" & i & "last" & monthno
& ".txt" For Output As #(fileno + i + j)
countrisk(0) = 1
countrisk(1) = 0
Do While Not EOF(i)
Select Case countrisk(0)
Case 1 To 16

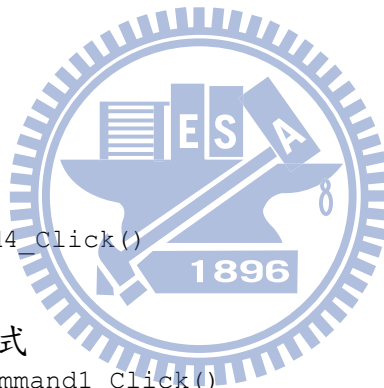
Input #i, GISxcoord(countrisk(0)), GISycoord(countrisk(0)),
GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
countrisk(0) = countrisk(0) + 16
countrisk(1) = countrisk(1) + 1
Case Else
Input #i, GISxcoord(countrisk(0)), GISycoord(countrisk(0)),
GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
Write #(fileno + j + i), countrisk(0), GISrisk(countrisk(0))
countrisk(0) = countrisk(0) + 16
countrisk(1) = countrisk(1) + 1
Select Case countrisk(1)
Case 10
countrisk(0) = 2
Case 20
countrisk(0) = 3
Case 30
countrisk(0) = 4
Case 40
countrisk(0) = 5
Case 50
countrisk(0) = 6

```

```

Case 60
countrisk(0) = 7
Case 70
countrisk(0) = 8
Case 80
countrisk(0) = 9
Case 90
countrisk(0) = 10
Case 100
countrisk(0) = 11
Case 110
countrisk(0) = 12
Case 120
countrisk(0) = 13
Case 130
countrisk(0) = 14
Case 140
countrisk(0) = 15
Case 150
countrisk(0) = 16
End Select
End Select
Loop
Close
Next j
Close
Next i
Close
Form3.Show
End Sub
Private Sub Command4_Click()
End
End Sub

```



9. 圖 4.35 form3 的程式

```

Private Sub Command1_Click()
Form2.Visible = False
If cno(1) = 24 Then
stepno = 2
Else
stepno = 1
End If
For i = 1 To 194
For j = 1 To cno(1) Step stepno
Open "c:\tempdata\direction\" & i & "GIScoord.txt" For Input As #1
If cno(1) = 24 Then
Select Case j
Case 1
monthno = 1
Case 3
monthno = 2
Case 5
monthno = 3
Case 7
monthno = 4
Case 9
monthno = 5
Case 11

```

```

monthno = 6
Case 13
monthno = 7
Case 15
monthno = 8
Case 17
monthno = 9
Case 19
monthno = 10
Case 21
monthno = 11
Case 23
monthno = 12
End Select
End If
Open "c:\tempdata\direction\" & monthno & "\" & i & "last" & monthno
& ".txt" For Input As #2
Open "c:\tempdata\risk\" & monthno & "\" & i & "risk" & monthno & ".txt"
For Output As #3
Input #1, GISID(i), GISxcoord(i), GISycoord(i)
Write #3, GISID(i), GISxcoord(i), GISycoord(i), "risk"
Do While Not EOF(2) '執行迴圈直到檔尾為止。
Input #2, GISID(i), GISrisk(i)
Input #1, GISID(i), GISxcoord(i), GISycoord(i)
Write #3, GISID(i), GISxcoord(i), GISycoord(i), GISrisk(i)
Loop
Close
Next j
Close
Next i
End Sub
Private Sub Command2_Click()
End
End Sub

```

