

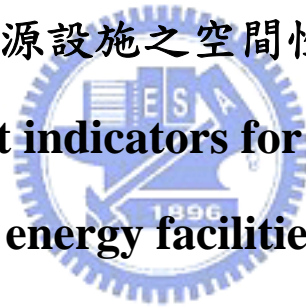
國立交通大學

環境工程研究所

碩士論文

環境與能源設施之空間性評估指標

**Spatial assessment indicators for environmental and
energy facilities**



研究生：翁育農

指導老師：高正忠教授

中華民國九十六年七月

環境與能源設施之空間性評估指標

**Spatial assessment indicators for environmental and
energy facilities**

研究生：翁育農

Student : Yu-Nong Wong

指導教授：高正忠

Advisor : Jehng-Jung Kao

國立交通大學

環境工程研究所

碩士論文

A Thesis

Submitted to Institute of Environmental Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Environmental Engineering

July, 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年七月

摘要

環能設施與民眾的日常生活息息相關，有必要建立指標評估其對週遭民眾的影響或效應。然而目前環能設施相關指標大多以數量或平均值表示，此方式雖可用以評估概況，但無法反應環能設施分佈對居民影響的空間差異性，亦不易了解各區域實際改善的進展。故本研究發展空間性評估指標，以探討環能設施對居民之空間性影響。

本研究以台中市的環能設施為案例，發展三種類型的空間性指標：健康風險、易達性及鄰避潛勢指標。空間性健康風險指標主要用以評量焚化爐及火力發電廠等大型環能設施所排放的氮氧化物、硫氧化物與戴奧辛等污染物對台中市居民所造成的健康風險。首先使用空氣品質模式 ISCST3，以大型環能設施為中心，模擬大型環能設施所排放的污染物對台中市所造成的空氣污染濃度增量分佈，計算台中市民眾因大型環能設施所排放污染物所造成的致癌與非致癌健康風險，並依據指標結果，分析不同區域所承受的健康風險。空間易達性指標主要針對資源回收站、開放空間與機車定檢站等三種環能設施分析民眾的易達性。易達距離是依據人類步行或機車行駛速度為基準，並以易達指標評估設施分布狀況的改善空間。空間鄰避潛勢指標是用以評估變電所及高壓輸電線二種環能設施的鄰避潛勢，鄰避潛勢影響範圍是依據相關文獻與法規標準訂定，且配合家戶分佈推估受影響的人口數。此指標可用以了解設施對民眾的鄰避潛在影響，亦可用以評估設施位置的合適度。本研究除了以台中市為案例示範如何計算這些指標，並分別分析各指標值的分佈，以期有效評估環能設施的空間差異性。

關鍵字：空間性指標、健康風險指標、易達性指標、鄰避潛勢指標

Abstract

Environmental and energy facilities (EEFs) are closely related to our daily life. Developing appropriate indexes to assess their spatial effects on adjacent residents are thus important. However, most environmental or energy indexes are computed based on a total or average value that can not evaluate the spatial effect caused by the distribution of EEFs. This study was thus initiated to develop spatial assessment indexes for EEFs.

Three types of spatial indexes for assessing health risk, accessibility, and NIMBY potential were developed and applied to the EEFs in Taichung City. The spatial health risk index was proposed for analyzing the health risk imposed by the pollutants emitted from two incinerators and a power plant. The distribution of pollutant ambient concentrations was estimated by using the ISCST3 simulation model. The spatial health risks of different regions were illustrated and discussed. Several spatial accessibility indexes, including distance, the number of accessible facilities, and served population, were developed for analyzing the accessibilities of three EEFs, including recycle stations, open spaces, and motorcycle emission inspection stations. The accessible distance to facilities is defined based on typical human walking speed or driving speed. The spatial NIMBY potential index was proposed to estimate the population within a pre-defined NIMBY distance to a power distribution substation or a high-voltage transmission line. This index can assess the potential NIMBY effect of a facility. A case study for Taichung City was implemented to demonstrate the determination of the proposed spatial assessment indexes. The distributions of the index values were analyzed and discussed for assessing the spatial effects caused by different EEFs on adjacent residents.

Keywords: Spatial assessment index; Health risk index ; Accessibility index ; NIMBY potential index; Sustainable environmental systems analysis.

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
目錄.....	iii
表目錄.....	v
圖目錄.....	vii
第一章 前言.....	1
1.1 研究緣起.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究架構.....	4
1.4 論文內容.....	6
第二章 文獻回顧.....	8
2.1 環能設施空間健康風險評估及空間性指標.....	8
2.2 環境設施空間易達性及空間性評估指標.....	10
2.3 環能設施空間鄰避潛勢及空間性評估指標.....	13
第三章 環能設施空間健康風險指標.....	20
3.1 周界濃度模擬分析.....	20
3.2 空間健康風險評估方法.....	20
3.3 空間健康風險指標.....	22
3.4 案例分析.....	23
第四章 環境設施空間易達性指標.....	41
4.1 環境設施易達範圍之訂定.....	41
4.2 資源回收點易達性指標之建立.....	42
4.3 開放空間易達性指標之建立.....	49
4.4 機車定檢站易達性指標之建立.....	52

第五章 環能設施空間鄰避指標.....	82
5.1 環能設施影響區域之訂定	82
5.2 環能設施鄰避潛勢指標	83
5.2 案例分析	84
第六章 結論與建議.....	94
6.1 結論.....	95
6.2 建議.....	96
參考文獻.....	97



表目錄

表 1	台灣現有焚化爐.....	15
表 2	開放空間之易達距離相關研究整理表.....	16
表 3	相關文獻之易達性指標方法及定義.....	16
表 4	影響距離之定義.....	17
表 5	國外安全低頻電纜設置規範.....	18
表 6	現存濃度.....	26
表 7	單位風險值.....	26
表 8	參考劑量.....	26
表 9	大型環能設施污染物排放狀況.....	27
表 10	台中市各區的累積致癌負荷值與累積危害負荷值.....	28
表 11	各種因子下之平均步行速率.....	55
表 12	平均步行速率不同時間下之易達距離.....	55
表 13	台中市資源回收點資料.....	55
表 14	台中市各區一般資源回收站數量.....	55
表 15	台中市各區民眾至一般資源回收站-距離分佈與易達率.....	56
表 16	台中市各區民眾至一般資源回收站-易達點數分佈與不易達 率.....	56
表 17	台中市各區廢容器資源回收點數量.....	57
表 18	台中市各區民眾至廢容器資源回收點-距離分佈與易達率.....	57
表 18	台中市各區民眾至廢容器資源回收點-易達點數與不易達率...	57
表 20	台中市各區民眾至廢乾電池資源回收點數量.....	58
表 21	台中市各區民眾至廢乾電池資源回收點-距離分佈與易達率...	58
表 22	台中市各區民眾至廢乾電池資源回收點-易達點數分佈與不 易達率.....	58

表 23	台中市各區民眾至開放空間-距離分佈與易達率	59
表 24	台中市各區開放空間-易達面積分佈與不易達率	59
表 25	台中市各區機車定檢站數量	59
表 26	台中市各區民眾至機車定檢站-距離分佈與易達率	60
表 27	台中市各區民眾至機車定檢站-易達點數與不易達率	60
表 28	變電所鄰避潛勢影響區內的民眾數量	86
表 29	各個變電所鄰避潛勢影響區域內的民眾數量	86
表 30	高壓輸電線鄰避潛勢影響區域內的民眾數量	87
表 31	變電所與高壓輸電線之鄰避潛勢影響率	87



圖目錄

圖 1	研究流程圖.....	8
圖 2	致癌風險或危害風險超過可接受上限之人數指標示意圖	29
圖 3	台中市行政區域圖.....	30
圖 4	人口分佈網格圖.....	31
圖 5	台中市各網格戶數.....	32
圖 6	台中市區及周遭大型固定污染源位置示意圖	33
圖 7	台中市各網格硫氧化物的增量濃度	34
圖 8	台中市各網格氮氧化物的增量濃度	35
圖 9	台中市各網格戴奧辛的增量濃度	36
圖 10	台中市網格致癌風險值.....	37
圖 11	台中市各網格危害風險值.....	38
圖 12	台中市各網格致癌負荷值.....	39
圖 13	台中市各網格危害負荷值.....	40
圖 14	易達點數指標計算方法.....	61
圖 15	單一資源回收點服務戶數指標計算方法	61
圖 16	服務戶數指標計算方法-易達區域重疊時.....	62
圖 17	一般資源回收點分布與 A/B/C 級易達區域圖	63
圖 18	台中市區一般資源回收站 A 級易達率.....	64
圖 19	台中市各區一般資源回收站不易達率	64
圖 20	一般資源回收站 A 級(175m 內)易達距離內之服務戶數.....	65
圖 21	一般資源回收站 B 級(350m 內)易達距離內之服務戶數.....	65
圖 22	一般資源回收站 C 級(500m 內)易達距離內之服務戶數.....	66
圖 23	廢容器資源回收點分布與 A/B/C 級易達區域圖	67
圖 24	台中市各區廢容器資源回收點 A 級易達率.....	68

圖 25	台中市各區廢容器資源回收點不易達率	68
圖 26	廢容器資源回收點 A 級(175m 內)易達距離內之服務戶數.....	69
圖 27	廢容器資源回收點 B 級(350m 內)易達距離內之服務戶數.....	69
圖 28	廢容器資源回收點 C 級(500m 內)易達距離內之服務戶數.....	70
圖 29	廢乾電池資源回收點分佈與 A/B/C 易達區域圖	71
圖 30	台中市各區廢乾電池資源回收點 A 級易達率.....	72
圖 31	台中市各區廢乾電池資源回收點不易達率	72
圖 32	廢乾電池資源回收點 A 級(175m 內)易達距離內之服務戶數..	72
圖 33	廢乾電池資源回收點 B 級(350m 內)易達距離內之服務戶數..	73
圖 34	廢乾電池資源回收點 C 級(500m 內)易達距離內之服務戶數..	73
圖 35	易達面積方法--示意圖	74
圖 36	開放空間-單一開放空間服務戶數計算方式	74
圖 37	開放空間-重疊開放空間服務戶數計算方式	75
圖 38	台中市開放空間分布與 A/B/C 級易達區域圖	76
圖 39	台中市各區開放空間 A 級易達率.....	77
圖 40	台中市各區開放空間不易達率	77
圖 41	開放空間 A 級(175m 內)易達距離內之服務戶數.....	77
圖 42	開放空間 B 級(350m 內)易達距離內之服務戶數	78
圖 43	開放空間 C 級(500m 內)易達距離內之服務戶數	78
圖 44	台中市機車定檢站分佈圖.....	79
圖 45	台中市機車定檢站易達區域.....	80
圖 46	台中市各區機車定檢站 A 級易達率.....	81
圖 47	台中市各區機車定檢站不易達率	81
圖 48	機車定檢站易達距離(800m)內之服務戶數.....	81
圖 49(a)	變電所各級影響範圍示意圖.....	88
圖 49(b)	高壓輸電線各級影響範圍示意圖	88

圖 50	台中市變電所分布圖.....	89
圖 51	台中市高壓輸電線分布圖.....	90
圖 52	台中市變電所鄰避潛勢影響區域圖.....	91
圖 53	台中市高壓輸電線鄰避潛勢影響區域圖.....	92
圖 54	台中市單一變電所影響當量人口數分布圖.....	93



第一章 前言

1.1 研究緣起

在現代化的過程裡，為了因應一些環境問題或民生需求，建設了一些會對環境或民眾產生影響的環境與能源設施(以下簡稱環能設施)包含會對環境有正面影響的設施，如：資源回收點、開放空間與機車定檢站...等，亦包含一些解決環境問題或民生需求，但會對環境造成負面影響的設施，如焚化爐、發電廠與變電所...等。這些環能設施與周遭民眾的生活息息相關，因而有必要建立指標評估其對週遭民眾的影響或效應。然而目前一些環境相關指標(e.g., Sustainable Seattle, 1998; JCCI, 2004; 臺北市政府, 2004)多以數量或是平均值來表示，雖可以評估環能設施在地方上分佈之比例，但是無法確切地表現出環能設施的分佈對民眾影響之空間差異性與公平性，亦無法瞭解各區域實際改善的情形。例如 Jacksonville 城市之 Quality of Life Progress Report (JCCI, 2004)中，雖提出了平均每千人有多少公園綠地指標，但此指標只提供一個平均值，無法反應綠地的分佈狀況及民眾的易達性等問題。其他當在評估環能設施所造成的健康風險及潛在鄰避效應亦有類以的問題，為了改善這些問題，本研究因而針對一些環能設施發展了空間性健康風險、空間鄰避指標、空間易達性等三種評估指標，以反應環能設施對周遭民眾的影響及效應。

空間性健康風險指標乃是用於評估環能設施所排放的空氣污染物所造成的民眾健康風險，由於一些環能設施會排放一些會威脅到人體健康的污染物，例如焚化爐及火力發電廠，雖然焚化爐協助處理固體廢棄物，屬環保設施，但其排放的二次污染物(如：氮氧化物、硫氧化物與戴奧辛...等)可能會影響人體健康(Mansur, 1996; Yves Jammes, 1998; Tsai, 1998; USEPA, 1994)，而火力發電廠雖然是為了民生用電需求而建設，但其排放之污染物，亦會造成人體健康上的危害。然而一般在評估空氣污染物排放問題時，經常只著重於其在大氣中的濃度分佈，而忽略了人口的分佈，導致不瞭解空氣污染物對不同區域民眾所造成的健康風險。不過，在評估污染物所造成的空間性健康風險前，仍然需要先評估污染物的可能分佈情況，一

一般是採用空氣品質模式來模擬，本研究因而採用 ISCST3 (USEPA, 1995) 模式進行此項工作。評估健康風險有很多方法，包括使用人體曝露量調查(賴, 2001)及建立模式(如 THERdbASE(USEPA, 2007)；HRA (California Air Resources Board, 2007)及 Smart RISK(PIONEER Environmental Consultant, 2007))等來計算健康風險，然而這些方法的調查分析成本均頗高且費時，也不太適合用於建立指標，故本研究採用致癌風險與危害風險，再結合人口分佈資料發展空間性健康風險指標，以期由所建立的指標看出不同區域民眾所承受的潛在健康風險。

空間易達性指標主要是用於評估民眾與環能設施間的易達性。由於環能設施一般是逐漸設置及增加，故對於不同地區的民眾有不同的易達性，易達性不同會影響相關工作的成效或造成空間性不公平，例如資源回收點分佈的易達性會影響民眾回收的便利性(Gonzalez-Torre et al , 2005)，進而影響回收的意願及成效，故有必要評估其空間易達性，以作為規劃佈點的重要依據，本研究因而針對以下三種民眾希望能夠便於到達的環能設施建立空間易達性指標，包含：(1)資源回收點：資源回收是將廢棄物減量且資源化之重要環保工作，故民眾能夠到達資源回收點的機會越大，將有助於資源回收效率的提升；(2) 開放空間：開放空間的建置可以改善都市的熱島效應、降低溫度氣體及降低噪音(林等,2001；蔡等.,2002)，且可以提供民眾一個休閒遊憩的地方，故開放空間之分佈是否便於民眾前往利用，是很重要的議題；(3) 機車定檢站：近年來，台灣機車的數量增加許多，且以往普遍缺乏保養，使機車成為都會地區空氣污染的主要來源，機車定檢站提供民眾前往檢查機車是否排放過多污染物，民眾是否便於在居家附近找到定檢站，是提高機車定檢率的重要因素。目前雖已有許多設施易達性之相關研究，如 Karen et al.(2004)分析住家至運動場(playground)之易達性、Ridder et.al (2004)亦訂定一易達距離，分析開放空間可服務的範圍、Talen et al. (2005)亦曾以住戶與鄰近開放空間的距離，分析開放空間與住戶的易達性，然而，這些研究對於易達距離之設定並未有明確之方法，為瞭解決這個問題，本研究將整合相關文獻的方法，並依照這些環能設施的特性，考慮人類步行(郭等, 2001)或汽機車最低行駛速度來訂定易達距離，並

分別計算不同距離的易達性指標，並藉著這些指標來評估這些環能設施的分佈狀況是否合理，及作為規劃新增環能設施選址時的重要依據。

空間鄰避潛勢指標是針對會引起民眾反感的環能設施建立鄰避潛勢評估指標，本研究主要以變電所為主要分析對象。鄰避(NIMBY, not-in-my-back-yard)一般定義為環境或環能設施引起周邊民眾反對與抗爭之現象(Tan et al., 2005)，唯大部份相關研究在於討論民眾對於鄰避性設施之反抗行為與政府回應狀況，並未針對鄰避性設施訂定評估指標，本研究因而建立一個空間性指標評估變電所的鄰避潛勢，若設施對民眾的潛在影響愈大或影響的人口愈多，則其鄰避潛勢也就愈高，且發生鄰避的機率會較高及效應可能較強，故本研究因而依據國內外法規與相關文獻，定義其鄰避性環能設施之影響範圍，並配合人口分佈資料，推估受到潛在影響的人口數量及強度，藉由此指標可以瞭解鄰避性設施對於民眾潛在的影響，並可以評估鄰避性設施位置的合適度，亦可作為設施選址或設施移除優先順序的重要依據。

本研究所探討的三種空間評估指標可以改善傳統指標無法表現出環能設施的分佈對於民眾影響之空間差異性與公平性的缺點，並可以明確地表現出環能設施對週遭民眾的影響狀況，亦可供評估現有之環能設施分佈狀況的適合性，也可應用在未來新建置環能設施時，作為選址決策的依據。本研究將以台中市為案例區，並收集台中市的環能設施之空間分佈狀況，再配合台中市的人口分佈資料，建立台中市的空間評估指標，並藉此分析不同環能設施對於台中市民眾所造成的影響及效應。

1.2 研究目的

本研究的主要目的在於針對環能設施建立健康風險、易達性與鄰避潛勢等三種空間評估指標，藉由空間評估指標之建立，來彌補傳統指標的不足之處及更適切地評估環能設施對於地方民眾的影響狀況或效應，藉此作為評估環能設施之空間分佈狀況與新設施選址之依據，本研究主要目的即是發展該三種空間評估指標，以下一一說明其目的：

1. 建立空間健康風險指標：建立一個可用以評估環能設施所排放污染物對民眾所造成的健康風險的空間性指標，以改善以往分析方法未能考量人口分佈的缺點，所建立的指標以簡單容易計算且能適切的看出空間性暴露風險為原則。此指標本研究主要以評估焚化爐及火力發電廠二種環能設施為主，唯此指標預期亦可用以評估其他的設施所排放的污染物，如固定空氣污染源或近期在國內受到重要的砷排放污染。
2. 建立空間易達性指標：建立一個可用以評估民眾與環能設施間的空間易達性指標，並配合人口分佈資料、人類步行速度和機車最低行駛速度定義不同程度的易達性，以解決傳統易達性指標對易達距離並未有明確方法設定的缺點，並藉由此指標分析環保設施之分佈是否合適與影響民眾的狀況，以及作為新增設環保設施數量及選址的重要依據。此類指標本研究主要用以評估資源回收站開放空間、機車定檢站等三種環保設施的易達性。此指標除了應用在本研究所選定的三種環保設施以外，亦可應用在二手店與跳蚤市場、環境資訊中心、自行車服務…等等設施，雖然不是直接與環保有關，但是越多民眾前往使用亦可降低環境污染的負荷。
3. 建立空間鄰避潛勢指標：建立一個可以評估具鄰避性設施分佈狀況對於民眾可能潛在影響的空間性指標，並發展鄰避潛勢及其計算方法，現有文獻尚未見有針對鄰避設施建立評估指標，所擬發展的指標預期可改善此缺憾。並藉由該指標分析鄰避設施對民眾造成的鄰避潛勢。此類指標本研究主要用以評估變電所的鄰避潛勢。此指標除了應用在變電所以外，亦可應用在基地台、垃圾掩埋場與加油站…等等鄰避性設施。

1.3 研究架構

本研究研究流程圖如圖 1 所示，主要分為資料收集與整理、空間健康風險指標建立、空間易達性指標建立、空間鄰避潛勢指標建立與案例分析等五大步驟，以下一一摘要說明如下，各步驟的內容及成果，將在後續章節中詳述之。

1. 資料收集與整理:主要收集空間性、風險分析、易達性指標與鄰避性之相關文獻。並收集台中市的門牌分佈資料，並將門牌分佈資料整理成本研究所需之形式。並收集台中市之人口數量，機車數量，資源回收點分佈狀況、機車定檢站分佈狀況、開放空間分佈狀況與變電所的分佈狀況等資料。
2. 空間健康風險指標之建立：本研究將此指標之建立分為兩個階段:周界濃度模擬分析及健康風險評估。周界濃度模擬分析採用 ISCST 模擬環能設施的污染增量狀況、相對增量濃度分佈圖之繪製；而健康風險評估則以既有濃度(含其他污染源的影響)加上增量濃度，並分別考量致癌風險與危害風險，並以人口分佈狀況，計算致癌負荷與危害負荷。主要以焚化爐、火力發電廠二種環能設施為範例建立此類指標。
3. 空間易達性指標之建立：此指標之建立亦包含了兩個階段：易達範圍之訂定與易達性指標之建立。易達範圍之訂定主要採用人類步行之平均速度與機車在市區行駛的限速為依據，推估不同時間時之易達距離；而易達性指標之建立則收集相關文獻中的易達性指標，並依據環保設施之特性，建立適合評估環保設施易達性的空間指標。本研究主要針對資源回收點、開放空間與機車定檢站等三種環保設施建立空間易達性指標。
4. 空間鄰避潛勢指標之建立：此指標之建立亦分為兩個階段：影響範圍之訂定與鄰避潛勢指標之建立。影響範圍之訂定乃參考國內外法規及報告，訂定出不同程度的影響距離；而鄰避潛勢指標之建立則針對本研究選定的環能設施:變電所與高壓輸電線，建立適合其特性之空間鄰避潛勢指標。
5. 案例分析及示範應用：應用上述所建立的指標，針對案例區台中市之現有環能設施示範建立三類空間評估指標，及分析環能設施對於民眾之影響及其間可能的效應，進而分析台中市不同區域現有之環能設施的分佈情形，以及比較其間的差異性。

1.4 論文內容

之後數章，第二章主要介紹及回顧環能設施空間健康風險評估及空間性指標、環能設施空間易達性及空間性評估指標與環能設施空間鄰避潛勢及空間性評估指標；第三章主要介紹空間健康風險指標，包含周界濃度模擬分析、空間健康風險評估與空間健康風險指標之建立與結果討論；第四章主要介紹空間易達性指標，包含環能設施易達範圍之訂定與環能設施易達性指標之建立；第五章則介紹空間鄰避指標，包含環能設施影響範圍之訂定與環能設施鄰避潛勢指標之建立與案例分析；最後第六章總結本論文及建議。



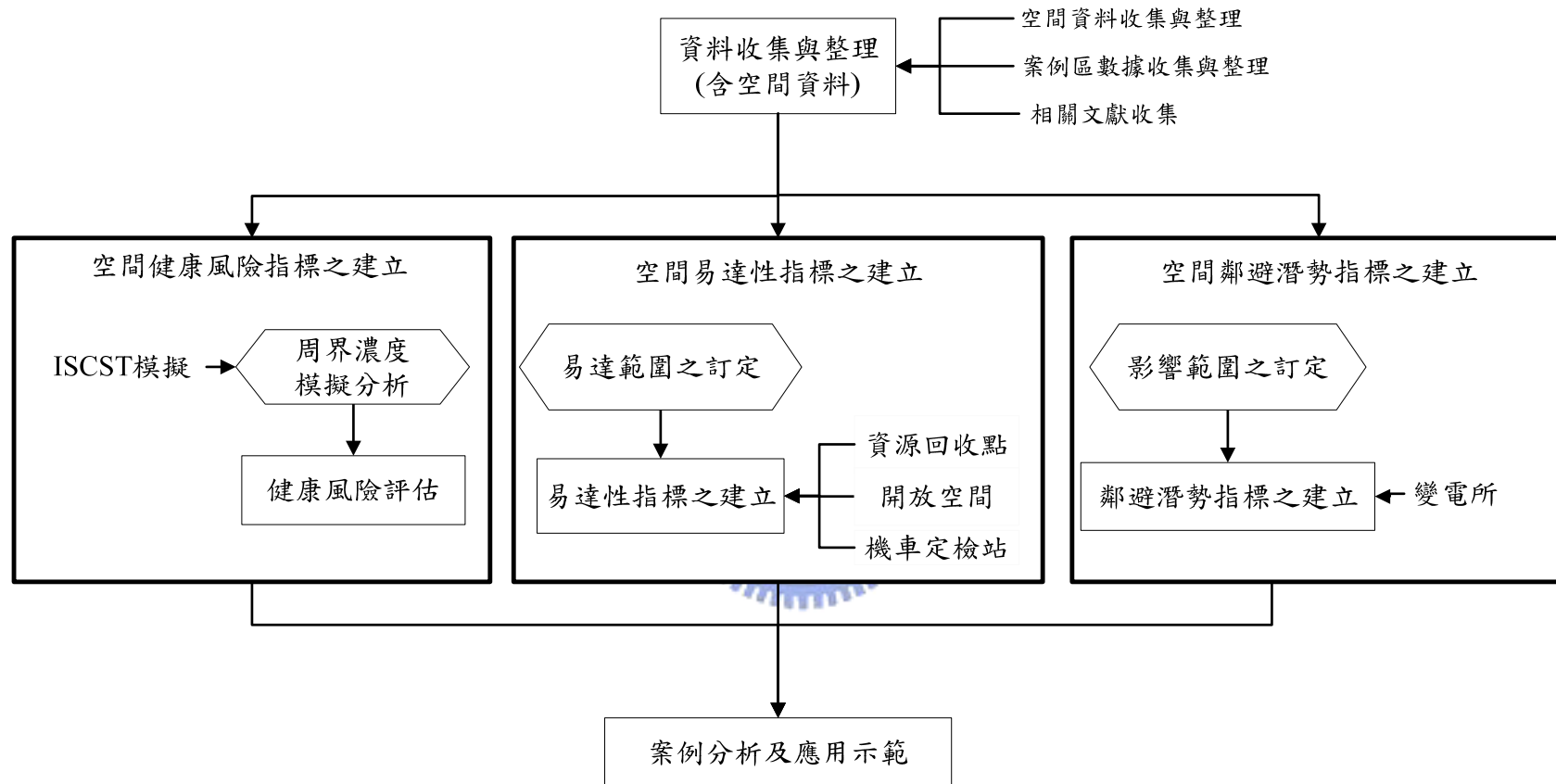


圖 1 研究流程圖

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與重要性。相關重要文獻主要可分為環境與環能設施空間健康風險評估及空間性指標、環能設施空間易達性及空間性評估指標、環能設施空間鄰避潛勢及空間性評估指標，以下各節一一討論各主題之相關文獻。

2.1.環能設施空間健康風險評估及空間性指標

自民國八十年起(環保署，2007)，台灣第一座大型垃圾焚化廠；臺北市內湖垃圾焚化廠興建完成並開始運轉以後，台灣地區的垃圾處理方式逐漸由衛生掩埋的方式，漸漸轉向以焚化為主要的方式來進行。依行政院環保署所公佈的資料(2007)，如表 1 所列，目前台灣有二十一座公有焚化廠，每日可以處理的垃圾量約為 21900 噸；另有六座民營焚化廠，每日約可處理垃圾量為 3650 噸。而台中火力發電廠自民國 78 年完成後，提供中部地區的電力來源。唯焚化爐及火力發電廠均會排放影響健康的污染物，劉(2002)年即指出焚化爐與火力發電廠皆會排放空氣污染物，如戴奧辛、硫氧化物與氮氧化物...等；這些污染物皆可能會影響周遭居民的健康，Mansur et al.(1996)曾指出若暴露於氮氧化物環境下，會對人體造成體內周邊血液中自然殺手細胞(NK cell, natural killer cells)活性和百分比會改變的影響，而 Yves Jammes et al.(1998)亦提出患病的成人於室外環境中長時間暴露在空氣污染物下，會影響呼吸系統的易感性，並對居住在城市的患病者其肺功能有顯著改變，而針對世紀之毒戴奧辛，IRAC(1997)更將其歸類為人類確定致癌物。故這二種環能設施所排放的污染物對民眾健康的影響，頗值得民眾及政府重視，亦有必要建立評估的指標，本研究因而針對這些污染物來評估其對民眾的健康風險。

2.2.1. 周界濃度模擬分析

由於評估環能設施所造成的健康風險，必須先了解所排放污染物的分佈情形，此工作一般借重空品模式來模擬，雖然有不少模式可使用，如Noll and Mistsutomi(1983)以RAM模式來模擬濃度分佈，Mcelroy et al.(1984)利用AIRSHED模式，林(1998)使用CRSTER模式，Arbeloa et al.(1993)則使用ISCST模式，張等(1996)以猶拉網格之TAQM為工具，模擬東北季風各案，陳(2003)亦比較TAQM與Models-3/CMAQ在臭氧控制上之應用。但由於本研究的主要目標是建立指標，若採用太複雜的模式，則會讓所建立的指標不容易計算或建立成本太高，ISCST3 模式是一個較簡易的模式，且在國內已有很多使用經驗，例如梁(2001)以ISCST3模擬桃竹苗空品區污染物的影響風險，劉(2002)亦利用ISCST3模擬鹿草焚化爐排放污染物的狀況，並評估健康風險，張及簡等(2004)亦曾使用ISCST3模擬台中縣烏日焚化爐周界環境中戴奧辛的狀況。雖然美國已用ARMOD模式取代ISCST3，但由於國內尚沒有太多使用ARMOD模式的經驗及資料，故本研究最後仍採用ISCST3 (USEPA, 1995) 來模擬周遭污染物濃度。

由於不同網格間距設定下對ISCST3 模式最高濃度及整體模擬結果會有相當程度影響。邱(1997)在其針對中壢地區固定污染源分析不同網格解析度下不同之有效煙囪高度與全年最高模擬值之研究發現，網格間距小於有效煙囪高度15 倍距離時，ISCST模式能有效模擬出較穩定之最高濃度值。謝(1999)進行ISC 模式模擬網格間距之敏感度分析時發現，網格間距小於4 倍的煙囪高度時，可模擬出95% 的最高濃度；網格間距放大到小於8 倍的煙囪高度時，可模擬出85%的最高濃度；而網格間距放大到小於13 倍的煙囪高度時，則可模擬出80% 的最高濃度。本研究最低的煙囪高度為100公尺，若放大為8或15倍，則會導致網格太大，參考國內ISC空氣品質模式使用手冊(1989)的使用經驗，加上台灣人口較密集，有必要採用

較密集的格網，本研究因而採用500公尺間距，亦即500公尺*500公尺一網格的格網來模擬。

2.2.2. 健康風險評估

Josep and Diane(1998)曾指出，健康風險評估(Health Risk Assessment)乃是評估具危害性的污染物質對人體健康的可能影響，當這些污染物質排放至環境中，將經由吸入、食入或皮膚吸收等暴露途徑對人體健康造成負面影響。健康風險評估常用來解釋物質所造成負面健康效應的影響程度及某排放源對大眾健康效應衝擊的大小，評估結果除可供各環保機關作為管制各種具有危害潛勢污染物質之參考依據，亦有助於政府及民眾了解所承受的健康風險。

評估健康風險的方法不少，如賴(2001)曾以人體暴露量調查的方式來評估焚化爐因農作物的產銷關係所造成的風險傳輸情形。亦有使用模式來評估健康風險，如 USEPA(2007)所推出之 THERdbASE v1.2；美國加州環保署空氣品質資源局(2007)所開發之 HRA v2.0e(Health Risk Assessment, HRA)，可用於計算潛在致癌風險，其亦可用於評估非致癌健康風險的急性或慢性指標； PIONEER Environmental Consultant (2007)所發展之 Smart RISK，皆是可應用來評估健康風險的模式，然而這些方法的調查分析成本均頗高且費時，也不太適合用於建立指標。而風險評估如 USEPA(1992)所指出，一般包括致癌風險和非致癌風險，致癌風險定義為終生平均日暴露量乘上致癌斜率或污染物質濃度乘上致癌單位風險值，非致癌風險值一般則以危害指標來計算。故本研究以 ISCST 模擬出污染物質濃度，並以致癌風險與非致癌風險的方式來計算，以成本較低但仍可反應空間性健康風險的方式來建立空間健康風險指標。

2.2.環境設施空間易達性及空間性評估指標

Nicholls(2001)曾提出公共設施的易達性(accessibility)與公平分布是良好都市機能的指標;Cregor(1996)亦提出易達性可做為量測在某一情況下對某一設施(如開放空間)所能得到的效益或接觸相對機會。易達性的不同亦會影響相關工作(如資源回收)的成效或造成空間性的不公平,如 Gonzalez-Torre et al (2005)則提出資源回收點分佈的易達性會影響民眾回收的便利性。因此,本研究建立空間易達性指標來評估資源回收點、開放空間與機車定檢站的易達性。

2.3.1. 環境設施易達範圍之訂定

要評估環能設施的易達性,首先需要定義易達距離或範圍, Hester (1975)曾指出平常時孩童較不利用離太遠的戶外空間;而 Bangs and Manler(1970)指出,一般情況下距離家戶 400 英尺遠以上的戶外空間,使用率則不高;而 Gold(1972)亦針對鄰里公園提出了最適服務半徑為 400 呎; Ridder et.al. (2004)則提出了在開放空間的邊界加上一個 400M 作為開放空間能服務的範圍。表 2 所列為國內研究針對開放空間的易達距離提出了一些方式。但這些方式皆為較主觀的方法,為了採用更客觀的距離,故本研究依據人類步行與機車(針對機車定檢站的需求)行駛速度,來訂定不同的易達距離,郭(2002)曾針對不同性別、年齡、周遭土地使用、人行道服務水準等項目,推估出人類在都市內之步行速率,以此方式訂定易達距離較為客觀且有所依據。

2.3.2. 環境設施空間易達性

環能設施在本研究定義為資源回收點、開放空間與機車定站,在資源回收點的部份,如 Misner (1990)所提出,資源回收若能設置適當分佈的資源回收站網,可有效提升回收效益及降低回收成本,Anthony (2001)亦提到回收站的位置應位於大部分民眾較易到達之公共區域, Sparks (1998)則

提到回收站典型的設置地點可為公有地上、購物中心、食品雜貨店(grocery stores)和教堂等。Hanlon *et al.* (2000)亦提到回收站設在食品雜貨店、購物中心、大眾設施等處，以方便居民使用資源回收站，提升回收效率。故若資源回收站設置於民眾不易到達的地方，則會降低回收效率，因而有必要分析其空間分佈狀況。而國內的資源回收站亦力求設置民眾較易到達的地方，如環保署所公佈的資料，亦經常利用超商、加油站...等設置資源回收點，以增加回收的效率，目前有相當高的比例。

Gonzalez-Torre and Adenso-Diaz (2005) 提到服務距離越短越可提高民眾使用回收站之意願，且可提高民眾使用回收站之頻率。Gershman *et al.*(1995)曾以一些站點特性評估美國和加拿大的回收站計劃，有關設置地點的主要考量因子有二:行走距離和便利性，而便利性屬於預設回收站址的考量，是以設置地點民眾是否常前往。

開放空間在本研究中主要是指可供居民活動的鄰里公園，鄰里公園設置的目的在於服務居民，提供其遊憩、運動之場所與設備，而林(2001)亦提及每增加10%的綠覆率，可降低氣溫約0.1°C，且可降低環境音量1dB(A)。鄰里公園既是以服務鄰里居民為基本前提，就必須顧及鄰里居民使用時的易達性，若能提高居民的易達性，可減少車輛性，減少移動污染源所造成的空氣污染及噪音，如Goodmann(1968)提出公共空間易達性的提升可做為生活品質的提升。由於台灣機車的數量增加許多，且以往普遍缺乏保養，使機車成為都會地區空氣污染的主要來源，機車定檢站提供民眾前往檢查機車是否排放過多污染物，民眾是否便於在居家附近找到定檢站，是提高機車定檢率的重要因素。由於以上因素，故本研究計算此三項環能設施之空間易達性。

2.3.3. 空間性易達性指標

由於空間易達性會影響環能設施的利用率，有必要評估之，本研究因而建立空間易達性指標。目前已有不少文獻提及設施易達性指標，如Ridder et.al (2004)曾訂定易達距離為400m，分析開放空間可服務的範圍;Karen et al.(2004) 以最小距離(min-distance)與覆蓋法(coverage method)來評估加拿大Edmonton的開放空間之易達性與公平性; Talen et al. (2005)亦曾以住戶與鄰近開放空間的距離，分析開放空間與住戶的易達性。整理相關文獻後得知，應用在開放空間的易達性指標可以分為五類，表3所列為上述各研究所建立的空間易達性指標，由於上述指標皆以主觀之服務距離來評估或較不具空間性，本研究因而建立空間性評估指標，以客觀之易達距離與人口分佈資料，來評估環能設施之空間分佈。

2.3.環能設施空間鄰避潛勢及空間性評估指標

有關於鄰避(NIMBY, not-in-my-back-yard)性的研究，國內外皆有相當多的文獻，O'Looney(1995)指出鄰避現象一般定義為地方民眾以自利的訴求，強烈反對任何有污染威脅的設施，座落於鄰近地區，湯(1999)曾以六輕建廠及拜耳投資案來說明鄰避性環境衝突管體的制度與策略，譚等(2005)指出雖然鄰避設施對周遭民眾的影響通常與距離成反比，且會隨設施不同而有不同的影響範圍，例如噪音與輻射污染的鄰避影響範圍並不同，不同鄰避設施的影響範圍並不同。唯大部份相關研究主要在於討論民眾對於鄰避性設施之反抗行為與政府回應狀況，並未針對鄰避性設施訂定評估指標，無法了解鄰避設施的鄰避潛勢，本研究因而建立指標供評估鄰避設施對民眾的潛在影響。

具鄰避潛勢的環能設施中，如焚化爐、垃圾掩埋場、加油站、變電所與高壓輸電線...等等。其中變電所與高壓輸電線則是近來常引起民眾強烈注意之鄰避性設施。WHO(1996)於「國際電磁廠計畫(International EMF

project)」中指出變電所屬於極低頻電磁場(Extremely low frequency(ELF) fields(>0 to 300 Hz))，而 IARC(2001)根據多年來的流行病學研究與動物實驗結果指出：「對於 15 歲以下兒童白血病(childhood leukemia)而言，4mG 以上的極低頻暴露是一個可能的致癌物質(possible carcinogen to human)」(出自環保署,2004)，雖然這尚不是 WHO 的最後結論，但變電所與高壓輸電線產生之極低頻電磁波有可能會影響其週遭之民眾。由於目前國內這些設施不少分佈亦頗廣，加上電纜線地下化正進行中，故本研究研擬空間鄰避潛勢指標以供評估變電所與高壓輸電線等設施的鄰避潛勢。

評估鄰避設施對民眾之潛在影響，算先需要訂定變電所的鄰避潛勢影響距離，國內外的法規與研究已有一些建議值，如李等(1995)認為高壓輸電線所產生之電磁場對於居家電頻磁場的影響，應該僅侷限於距離 100 公尺內的住家；Forssen et al. (2002)亦將影響距離分為「very close(<50 公尺)」、「intermediate distance(50-100 公尺)」與「far away(100-300 公尺)」等三種範圍，並分別求取兒童與成人受到高壓輸電線的影響狀況；Myers et al. (1990)則定義高壓輸電線兩側 100 公尺為電頻磁場高曝露區域；李等 (1994)亦界定於高壓輸電線兩側 100/300 公尺內為電頻磁場曝露區域，除此之外，還有相當多的研究指出變電所與高壓輸電線的影響距離，如表 4 所示；表 5 所列為國外對於低頻電纜設置安全的法規規範，美國加州明文規定「學校應遠離 50-133kV 高壓電 100 呎；220-230kV 高壓電 150 呎；500-550kV 高壓電 350 呎。由於 Forssen et al.所提出之影響距離，亦涵蓋其他文獻所提及之影響距離，故本研究採用之。

表 1 台灣現有焚化爐

設置地點	容量	完工日期
台北內湖	900 噸/日	80.01 完工
台北北投	1800 噸/日	88.05 完工
台北木柵	1500 噸/日	83.03 完工
高雄中區	900 噸/日	88.09 完工
高雄南區	1800 噸/日	89.01 完工
台北縣八里	1350 噸/日	90.09 完工
台北縣樹林	1350 噸/日	84.08 完工
台北縣新店	900 噸/日	83.09 完工
新竹市	900 噸/日	89.08 完工
台中縣后里	900 噸/日	89.04 完工
台中市南屯區	900 噸/日	84.05 完工
彰化縣溪州	900 噸/日	89.09 完工
嘉義縣鹿草	900 噸/日	90.12 完工
嘉義市	300 噸/日	87.11 完工
台南市	900 噸/日	88.02 完工
高雄縣岡山	1350 噸/日	90.02 完工
高雄縣仁武	1350 噸/日	89.02 完工
屏東縣崁頂	900 噸/日	89.12 完工
台南縣永康	900 噸/日	施工中
宜蘭縣利澤	600 噸/日	94.08 完工
基隆市	600 噸/日	94.07 完工
桃園縣南區	1350 噸/日	90.10 完工
苗栗縣竹南	500 噸/日	施工中
台中縣烏日	600 噸/日	93.9 完工
台東縣	300 噸/日	施工中
雲林縣林內	600 噸/日	施工中
新竹縣竹北廠	300 噸/日	施工中

資料來源：環保署 (2007)

表 2 開放空間之易達距離相關研究整理表

作者	公園分類	服務半徑	設置標準	規模
賴哲三 (1976)	幼兒遊樂場	200 公尺	1200 人設置一處	未定義
	兒童遊樂場	400 公尺	5000 人設置一處	未定義
	鄰里公園	800 公尺	10000 人設置一處	未定義
蔡佰祿 (1983)	鄰里公園	800 公尺	未定義	約 2 公頃
鄭明仁 (1987)	幼兒遊樂場	150 公尺為標準，不 超過 200 公尺	300 戶設置一處	250 平方公 尺以上
	兒童遊樂場	300 公尺為標準，不 超過 400 公尺	1000 戶設置一處	0.2 公頃以上
	鄰里公園	600 公尺為標準，不 超過 800 公尺	10000 人設置一處	1 公頃以上
郭瑞坤 (1995)	鄰里公園(包 含兒童遊樂場 及綠地)	800 公尺	未定義	1 公頃以上
許澤群 (1996)	鄰里公園(包 含兒童遊樂場 及綠地)	500 公尺	未定義	1 公頃以下
黃筱薇 (2001)	兒童遊樂場	300 公尺	未定義	未定義
	鄰里公園	600 公尺	未定義	未定義
黃昭雄 (2003)	鄰里公園(不 包含兒童遊樂 場)	800 公尺	未定義	未定義

資料來源：王 (2004)

表 3 相關文獻之易達性指標方法及定義

方法	定義
容納式(Container)	計算一量測單元(如一普查區)所能獲得設施或服務數量
覆蓋式(Coverage)	計算一設施在其指定服務半徑範圍下所能服務之數量
最小距離法 (Minimum distance)	計算一需求點與最近設施之距離
平均旅行距離 (Travel cost)	計算一需求點與全部設施之平均距離
重力模式(Gravity)	計算一需求點所獲得全部設施之服務量總計，單一設施計算方式為設施面積除以距離阻抗

資料來源：楊 (2006)

表 4 影響距離之定義

資料來源	影響距離之定義
McDowall et al., 1986	高壓輸電線與住家距離以 30 公尺作為高低電頻磁場暴露之分界點，而變電所與住家距離則以 50 公尺作為高低電頻磁場暴露之分界點。
林等, 1989	依據住家與 22KV 配電線、變電所與發電廠之距離，以 50 公尺作為高低電頻磁場暴露之分界點。
Myers et al.,1990	高壓輸電線兩側 100 公尺為電頻磁場高曝露區域
李等, 1994	高壓輸電線兩側 100/300 公尺內為電頻磁場曝露區域
李等, 1995	高壓輸電線所產生之電磁場對於居家電頻磁場的影響，應該僅侷限於距離 100 公尺內的住家
Forssen et al. ,2002	影響距離分為「very close(<50 公尺)」、「intermediate distance(50-100 公尺)」與「far away(100-300 公尺)」等三種範圍，並分別求取兒童與成人受到高壓輸電線的影響狀況。

表 5(a) 國外安全低頻電纜設置規範

國家/地區	規範	各國相關立法及規範
美國加州	加州訂定學校應遠離高壓電塔、電纜規範：學校應遠離50-133kV高壓電100呎；220-230kV高壓電150呎；500-550kV高壓電350呎。	Title 5, California Code of Regulations(section 14010(c))
瑞士	瑞士依據”預防原則”立法防範電磁波，於1999年具體立法規範防護非游離輻射，於”敏感使用區域”，包括民眾住宅區、公私立學校、校園、操場、兒童遊戲等地區，所有電纜線電磁波強度不可以超過1 μ T (10mG)。	瑞士聯邦議會法案：Ordinance relating to Protection from Non-ionising Radiation(ONIR)以及法案說明報告
義大利	義大利防範高壓電磁波做法：規範13.2萬伏特、22萬伏特及38萬伏特高壓輸電線設置，必須分別距離住宅區10公尺、18公尺及28公尺以上。 ※住宅區學校等電纜線不超過5000伏特(5KV)	義大利法案：Law 22 February 2001 Framework law on the protection against exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields)
德國	立法規範鄰近住宅、醫院、學校之電磁場限制	26th Ordinance enforcing the Federal Immission Control Action, Ordinances about Electromagnetic Fields came into force, 1996聯邦法律
愛爾蘭	電纜線設置離住房舍離50公尺	
盧森堡	內政部建議建築區域與電纜線距離： 100-200KV：不少於30公尺 65KV：不少於20公尺	

表 5(b) 國外安全低頻電纜設置規範


斯洛伐克共和國	電纜線設置應防護距離： 1kV至 35kV：10公尺 35kV至 110kV：15公尺 110kV至 220kV：20公尺 220kV至 400kV：25公尺 超過400kV：35公尺	Act No. 70/1998 Coll. Of National Council of Slovak republic on power engineering
丹麥	預防原則建議高壓電纜線與 住宅不低於50公尺	
芬蘭	預防原則建議高壓電纜線不 接近住宅	Council recommendation (EC/519/1999)
西班牙	立法禁止房屋建築住家六公 尺內裝置電纜線電導體等設 備	制定法律
瑞典	避免學校幼稚園接近高壓電 纜線	
賽普路斯	建議電纜線設置離建築最低 距離： 66kV：13公尺 132kV：15.5公尺 220kV：20公尺	

資料來源：台灣環境保護聯盟學術委員會 (2006)

第三章 環能設施空間健康風險指標

環能設施對於現代人有其存在之必要，但由於其對於人體健康有潛在的影響，故需要評估其分佈對不同區域人口健康所造成之空間性風險。一般在評估空氣污染物排放問題時，經常只著重於其在大氣中的濃度分佈，而忽略了人口的分佈，導致不瞭解空氣污染物對不同區域所造成的健康風險程度。故本研究採用 ISCST3(USEPA, 1995)模擬污染物的分佈情況，並配合人口分佈資料，建立空間健康風險指標。以下首先說明焚化爐與火力發電廠的周界濃度分析方式；其次說明空間健康風險評估方法，包含致癌風險與非致癌風險；接著介紹空間健康風險指標，包含致癌風險或危害風險超過可接受上限的人數與致癌負荷與危害負荷兩項指標；最後就案例區的現狀，以空間健康風險指標分析案例區的健康風險狀況，並討論所得結果。

3.1 周界濃度模擬分析



由於焚化爐及火力發電廠之所造成之污染分佈，往往決定於氣象環境之狀態，故需要藉由模式模擬，以了解各地區之污染濃度。ISCST(Industrial Source Complex Short-Term Model)模式(USEPA, 1995) 為美國環保署推薦使用於工業區污染評估的模式之一，且由於在使用上十分簡便，一直為國內外評估廢氣污染狀況時，常使用的空氣品質模式之一。故本研究採用 ISCST3 模擬焚化爐與火力發電廠排放之空氣污染物在週遭環境之濃度增量。首先，本研究收集模式所需要的資料，包含案例區的氣象資料、污染源的污染物排放量與煙囪資料及一些相關參數。並在案例區的範圍內，將受體網格間距定為 500m x 500m，並模擬每個受體網格的污染物濃度增量。

3.2 空間健康風險評估方法

污染物對於人體之健康影響主要包括致癌風險與危害風險，而不同污染物可能造成不同之風險。由於致癌與非致癌污染物環能設施皆有排放，

故本研究首先分別計算各污染物於各污染濃度下之致癌風險與危害風險，方法如下。

(1) 致癌風險

致癌污染物是會對人體產生致癌風險的污染物，如戴奧辛、鎘、鉛...等等污染物，故本研究採取 Gratt 之方法(Gratt, 1996)對於致癌污染物推估個人終身致癌風險。風險推估方法如下：

$$CRI = C_i * UR$$

其中CRI為第i個受體網格之致癌風險； C_i 為第i個受體網格空氣中污染物濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，即為ISCST3所模擬之濃度增量加上既有濃度，既有濃度在此定義為焚化爐上風處的戴奧辛濃度或是未建設焚化爐前，案例區各測站的平均值，所採用數值如表6所列；UR為單位致癌風險，即暴露於每一單位致癌物質會導致癌症的可能性，美國EPA曾訂定之，可由IRIS系統

(Integrated Risk Information System) (USEPA, 2007)查知有害物之終生致癌風險，表7列出戴奧辛及鎘的單位風險劑量。罹患癌症風險值單位為每百萬人之中可能有一人 (10^{-6})。

(2) 危害風險

非致癌污染物雖然不具致癌的危險性，但是會對人體的健康產生危害性，如硫氧化物或氮氧化物...等等污染物，本研究採用 USEPA 所建議的危害指標(Hazard Index)(USEPA, 2007)來評估非致癌污染物所造成的健康風險，危害指標定義如下：

$$HI_i = C_i / RfC$$

其中， HI_i 為第i個受體網格之危害指標值； C_i 為第i個受體網格空氣中污染物濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，即為ISCST3所模擬之濃度增量加上既有濃度；RfC為參考濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，為不致造成人體明顯危害的吸入濃度值，本研究參考HRA模式(California Air Resources Board, 2007)所使用的數據，表8所列為本研究所用的數據。由於同一網格會有多種污染物，依Josep and Diane (1998)之建議當同時曝露在多種污染物時，可依以下公式將不同污染物的危害指

標相加：

$$HI = \sum Ci/RfCi$$

其中 C_i 同一網格第 i 種污染物的濃度值($\mu\text{g}/\text{m}^3$)； RfC_i 為第 i 種污染物的參考濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。當 $HI > 1$ ，表示會對人體產生健康危害；若 $HI < 1$ 可表示此污染物可能還不會對人體產生健康危害。

3.3 空間健康風險指標

由於只考量健康風險，無法明確了解空間上的影響情況，例如，高健康風險發生處，可能沒有很多居民，而一些地區雖然健康風險較低，但發生於人口集中區，反而會造成較高的區域性空間風險。因此，本研究除以上一節所列的公式評估污染物濃度下所造成的健康風險，更進一步以各受體網格點之健康風險值乘上該網格區內的人口數，以風險負荷值表示污染對於區內居民之衝擊程度。

空間健康風險之分佈會隨污染物濃度及人口分佈而不同，故本研究把各種污染物的風險值以 GIS 圖層方式來表示，每個受體網格的的風險值大小以灰階值深淺來繪圖，依此繪出相對致癌與危害風險地圖；並依照致癌負荷值與危害負荷值繪製相對風險負荷地圖。經由這兩張圖，決策者及民眾可以了解，那些地區之健康風險最高，應優先注意。根據這些結果，本研究針對垃圾焚化爐及火力發電廠所排放出之污染物建立了兩項空間健康風險指標：(1) 致癌風險或危害風險超過可接受上限之人數；(2) 致癌負荷與危害負荷，以下分別針對兩項指標進行說明。

(1) 致癌風險或危害風險超過可接受上限之人數

由於致癌風險及危害風險超過可接受上限，代表居民生活在高健康風險之區域，而風險超過可接上限之人數，則可作為政府進策風險管理之警訊。因致癌風險之可接受上限為每百萬人之中有一人罹患癌症的機率，而危害風險之可接受上限為 $HI=1$ 。此指標計算方法如圖 2 所示，區域 B 與 C

較深顏色表示，代表其風險值較高且超過所設定的上限值，這種區域內的戶數會納入指標計算，例如區域 B 與 C 的戶數總合 12 戶會納入指標中。而區域 A 與 D 區域的顏色較淺，代表其風險值較低且未超過上限值，指標值計算時亦不會納入。

(2) 致癌負荷與危害負荷

致癌負荷的計算方式如下所示：

$$LC_i = CR_i * P_i$$

其中 LC_i 為第 i 個網格的致癌負荷值，單位人； CR_i 為第 i 個網格的致癌風險； P_i 為第 i 個網格的人口數。並累加案例區各區所屬網格的致癌負荷，分析各區的狀況。

危害負荷的計算方式如下所示：

$$D_i = HI_i * P_i$$

其中 D_i 為第 i 個網格的危害負荷； HI_i 為第 i 個網格的危害風險值； P_i 為第 i 個網格的人口數。不同於致癌負荷以人為單位，危害負荷值表示區域所有人口所承受的危害總負荷。

3.4 案例分析

以下針對台中市區內及週遭的大型環能設施對台中市民眾的影響建立空間性健康風險指標，並用以評估台中市民眾所受到之健康風險。

3.4.1 案例區介紹

台中市位於台灣省中部的台中盆地，行政區域劃分方面，包含中、東、西、南、北、西屯、南屯及北屯等 8 個行政區域，如圖 3 所示。依據台中市政府統計資料顯示（台中市政府, 2007），至民國 93 年 11 月為止全市總

人口數約為 1,037,201 人，其中以北屯區人口數最多，人口密度則以中區為最高。本研究採用台中市的住址地理資訊資料(台中市政府數位地圖館, 2007)，其分佈如圖 4 所示，總共有 489,604 個的住址點，而實際戶數為 354,930 戶 (台中市政府, 2007)，平均每戶的人數約為 2.95 人，由於住址中包含不少工商業住址及空戶，故會比實際戶數多，本研究假設多出來的點是平均分佈，基於此假設，可以一個區域中的住址點數乘上 $0.725(=354,930/489,604)$ 為實際戶數推估值。在建立指標時，首先計算每一個 500m x 500m 網格內的住址點數，然後依上述比例換算為戶數，並依照戶數的多寡，以不同的深淺度來表示，所得結果如圖 5 所示，可看出人口主要集中於台中市的中間部分，而網格內戶數最多的地方位於西屯區。

本研究探討台中市區及周遭的大型污染源，包含台中火力發電廠、台中市南屯區焚化爐與台中縣烏日焚化爐，其分布位置如圖 6 所示。其中台中火力發電廠雖離台中市較遠，但由於煙囪較高，故污染物的影響範圍較遠，台中市亦會受其影響。表 9 所示為各污染源的污染物排放狀況，包含排氣溫度、煙囪直徑、煙囪高度、煙囪出口速度、排放濃度與排放源的 UTM 座標，本研究以氮氧化物、硫氧化物與戴奧辛這三種污染物為示範污染物，此方法亦可應用在其他排放污染物，如鉍、鉛與鎘…等等。

圖 7 至圖 9 所示為各種污染物的由 ISCST3 所模擬出的增量濃度圖，增量濃度較多的地方大多在南屯區焚化爐周遭，由此可知，民眾主要承受南屯區焚化爐所排放污染物的影響較大。以下說明如何應用本研究建立的空間健康風險指標來分析台中市的健康風險狀況。

3.4.2 致癌風險或危害風險超過可接受上限之人數

圖 10 所示為戴奧辛所造成的致癌風險，受體網格的致癌風險值大多落於 $1E-10$ 至 $5E-10$ 之間，唯有西屯區與南屯區有少數的受體網格致癌風險值較大，而北屯區有較多受體網格的致癌風險較低。圖 11 所示為硫氧

化物、氮氧化物與戴奧辛所造成的累積危害風險值，以西屯區與南屯區較高，而東區較小。

3.4.3 致癌負荷與危害負荷

圖 12 所示為致癌負荷值，主要致癌負荷值較高的地方集中在於市區人口較多的地方，如中區、南區、西區與北區；如圖 13 所示，危害負荷值雖亦集中於人口較密集的地方。但與致癌風險值與危害風險值的分布狀況不太相同，故可由此說明，風險值較高的地方，若人口較少，則其相對致癌負荷或危害負荷會較低；反之，若一中等風險值位在人口較多的地方，則其影響程度則較大。表 10 所示為台中市各區的累積致癌負荷值與累積危害負荷值，以整體的狀況來看，則以西屯區的累積致癌負荷值為最高。

3.4.4 結論

由以上結果可知，考量健康風險時，除了考慮污染物所造成的致癌或危害風險值，亦須考量人口的分布狀況，才能反應出環能設施所排放的污染物對不同區域民眾的影響程度。



表 6 現存濃度

危害污染物	現存濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	資料來源
硫氧化物(SULFUR DIOXIDE)	18.62	環保署, 2007
氮氧化物(NITROGEN DIOXIDE)	54.17	環保署, 2007
戴奧辛(Dioxin)	1.388E-6	陳, 2006

表 7 單位風險值

致癌污染物	參考劑量($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹
戴奧辛(Dioxin)	3.8E-02
鎘(Cadmium and compounds)	4.2E-03

資料來源：California Air Resources Board, HRA Program (2007)

表 8 參考劑量

危害污染物	參考劑量($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
硫氧化物(SULFUR DIOXIDE)	6.6E+02
氮氧化物(NITROGEN DIOXIDE)	4.7E+02
戴奧辛(Dioxin)	4.0E-02

資料來源：California Air Resources Board, HRA Program (2007)

表 9 大型環能設施污染物排放狀況

污染源		烏日焚化爐		台中南屯區焚化爐			台中火力發電廠				
煙囪編號		1	2	1	2	3	1	2	3	4	5
排氣溫度(K)		408	408	439	439	439	445	413	411	420	396
煙囪直徑(m)		1.9	1.9	1.76	1.76	1.76	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
煙囪高度(m)		100	100	120	120	120	250	250	250	250	250
煙囪出口速度 (m/s)		21.89	21.89	18.34	18.34	18.34	25.9	25.3	24.8	24.6	22.8
排 放 濃 度	SO ₂ (g/s)	1.62	1.88	6.7	5.8	6.12	1.04	1.02	1.06	1.03	1.07
	NO ₂ (g/s)	8	7.84	10.1	8.3	9.21	3.2	3.5	2.9	3.6	3.8
	Dioxins(g/s)	1.40E-09	4.00E-09	2.39E-09	2.39E-09	2.39E-09	2.04E-09	2.04E-09	2.04E-09	2.04E-09	2.04E-09
UTM 座標		210928	210928	208323	208323	208323	197566	197566	197566	197566	197566
		2666720	2666720	2672240	2672240	2672240	2679060	2679060	2679060	2679060	2679060

- 資料來源：
1. 台灣電力公司網站(2007)
 2. 烏日、溪洲及林內三座焚化爐污染物排放影響區域監測資料分析與空氣品質模擬計畫(2005)
 3. 電弧爐煉鋼廠乙座與四座垃圾焚化廠附近居民血液中戴奧辛濃度資料建立計畫(2002)
 4. 台中縣環保局--固定污染源鑿續自動監測資訊網(2007)

表 10 台中市各區的累積致癌負荷值與累積危害負荷值

	致癌負荷值	危害負荷值
台中市	2.1E-04	699698
中區	2.5E-06	12447
東區	5.97E-06	34948
南區	2.1E-05	83041
西區	2.31E-05	81728
北區	2.69E-05	93507
西屯區	5.98E-05	159879
南屯區	4.16E-05	106159
北屯區	2.92E-05	111879



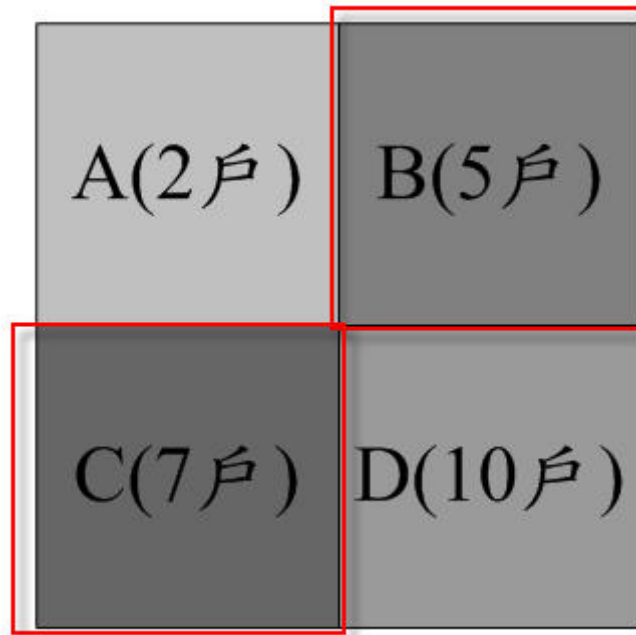


圖 2 致癌風險或危害風險超過可接受上限之人數指標示意圖



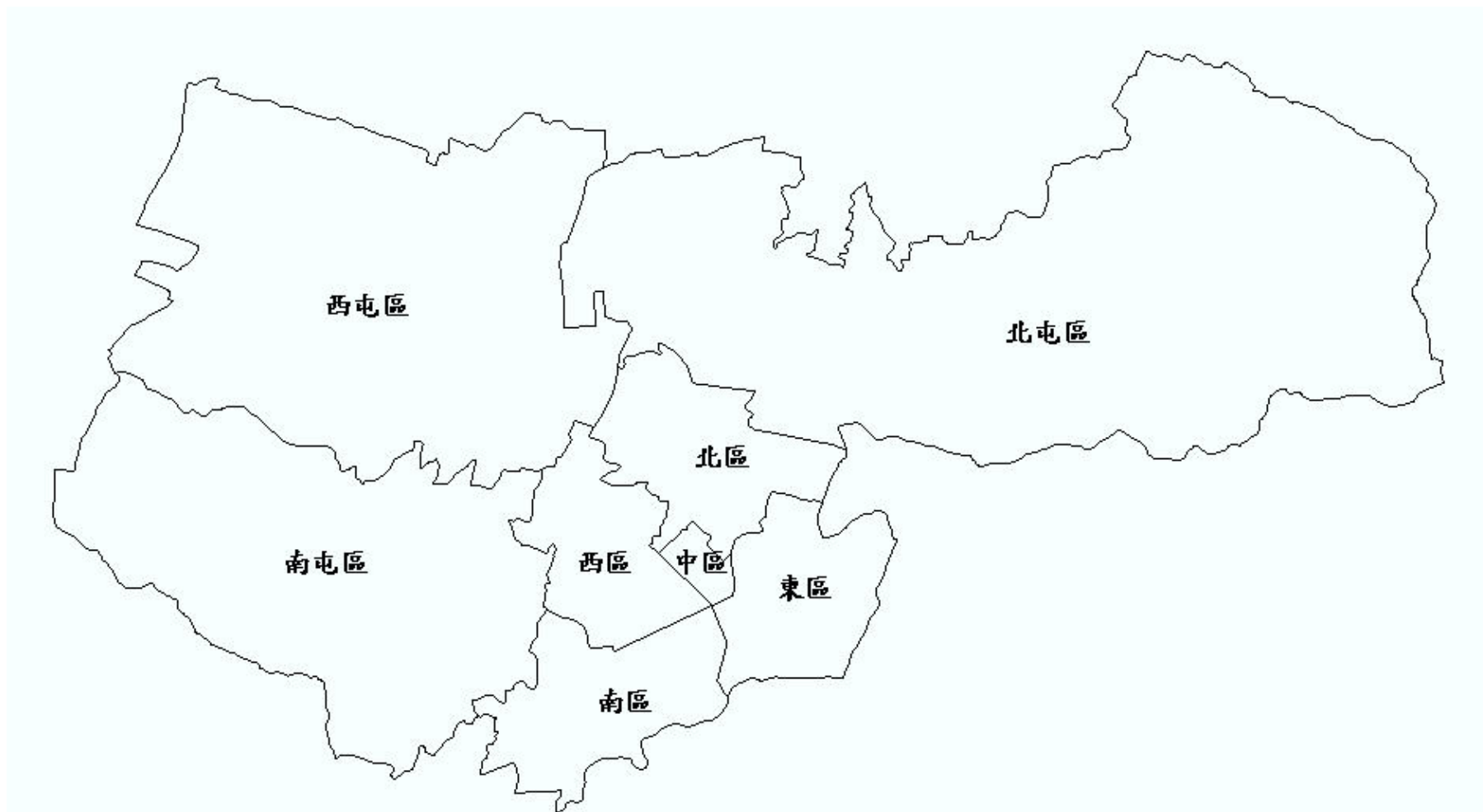


圖 3 台中市行政區域圖
資料來源：台中市政府(2007)



圖 4 人口分佈網格圖

資料來源：台中市政府數位地圖館 (2007)

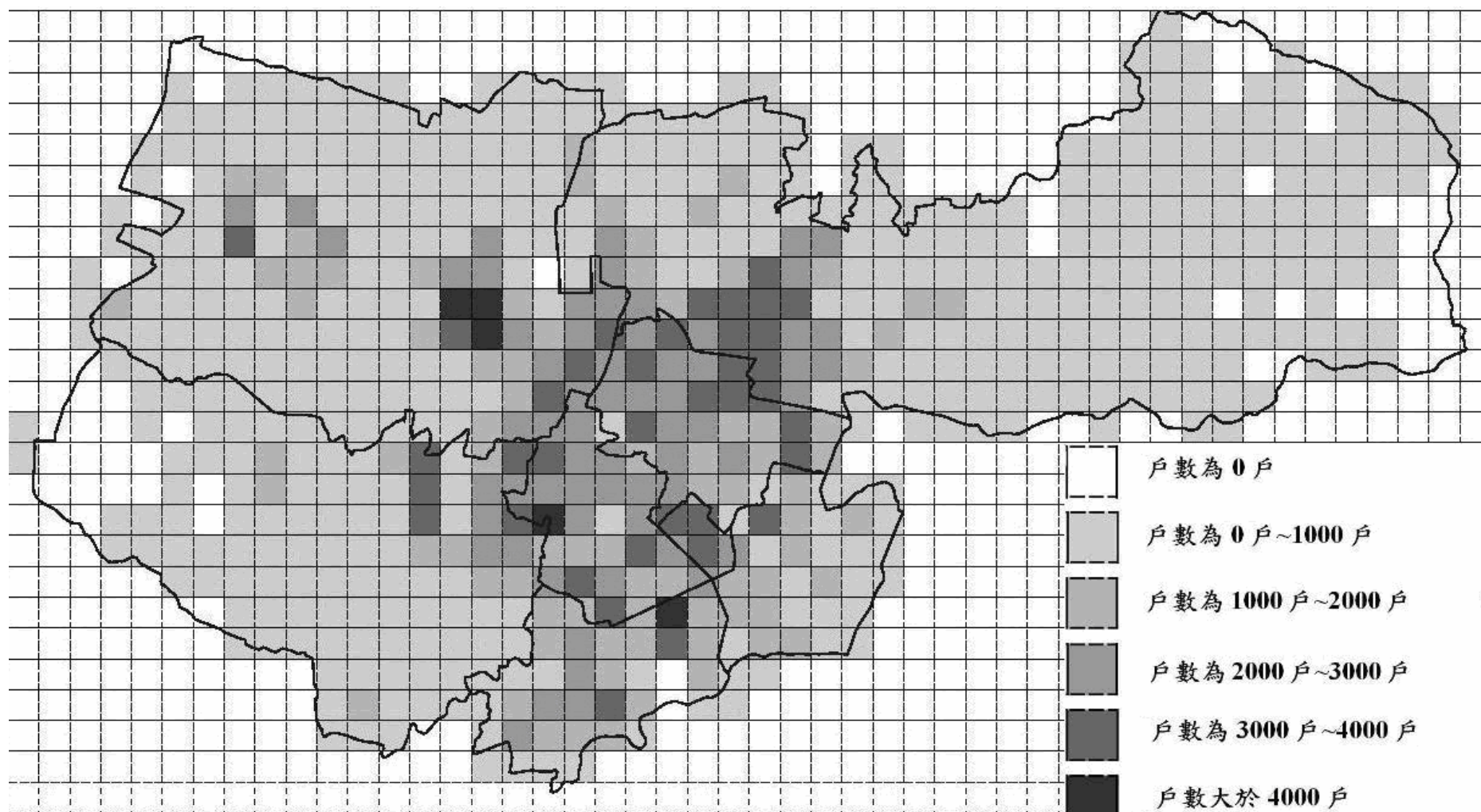


圖 5 台中市各網格戶數

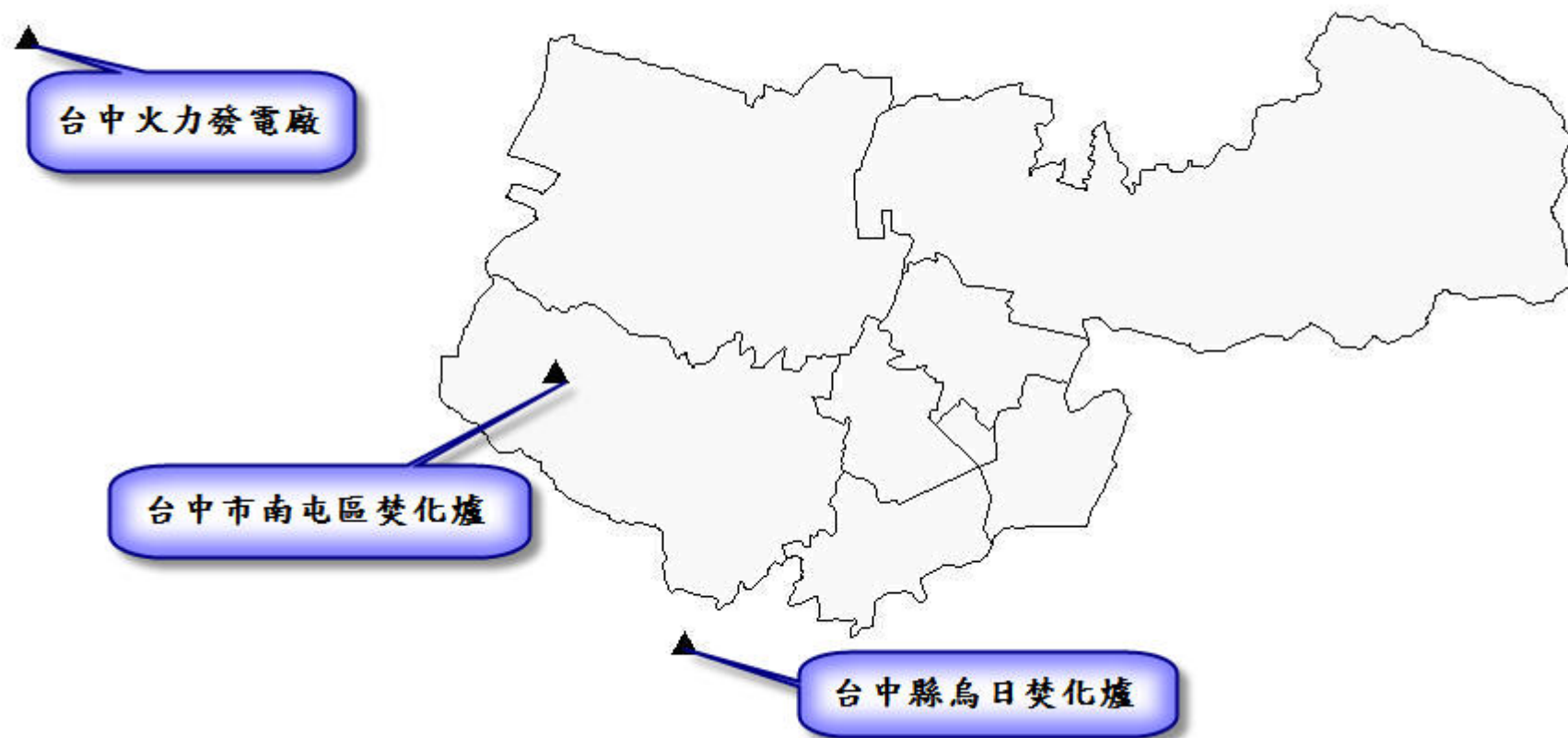


圖 6 台中市區及周遭大型固定污染源位置示意圖

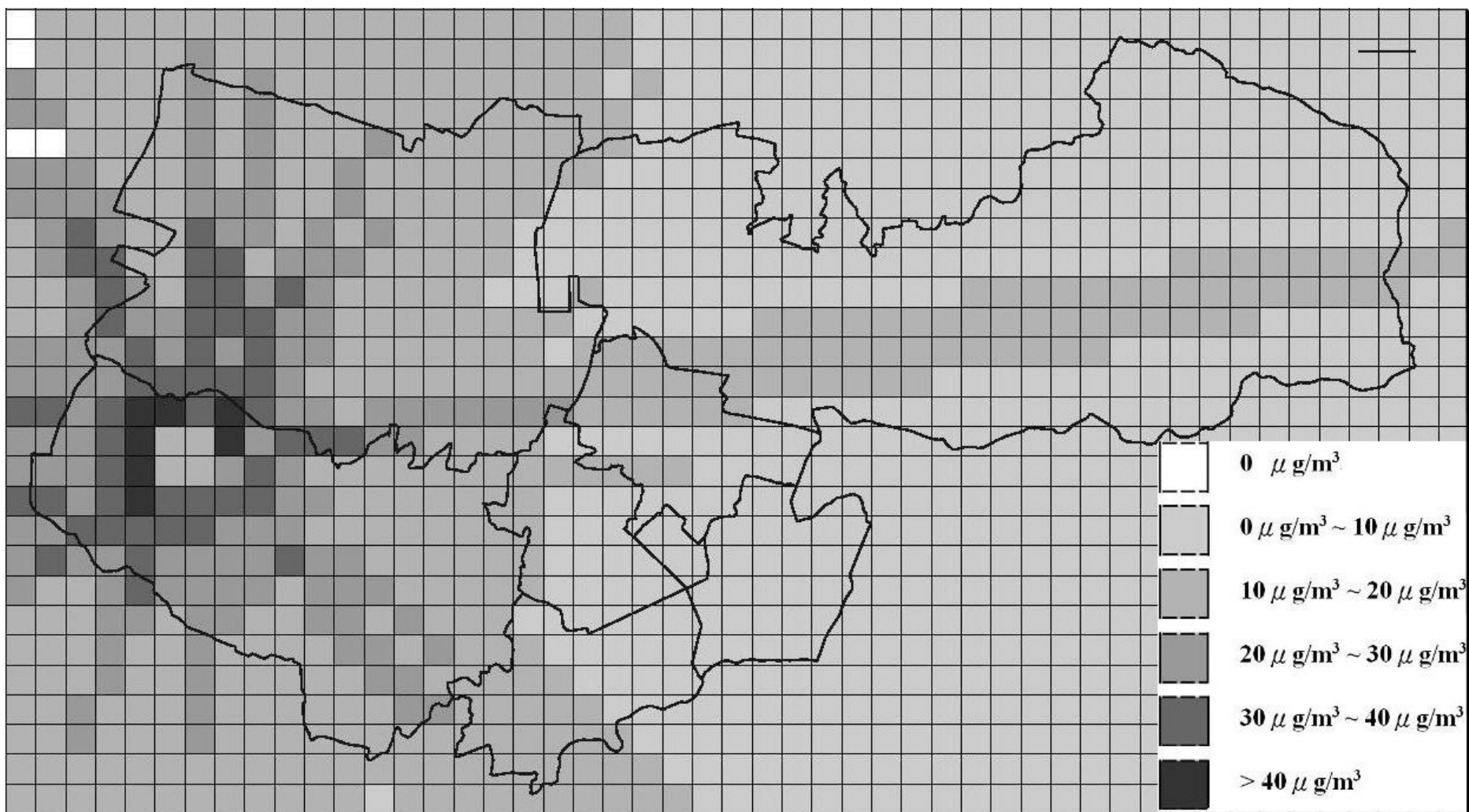


圖 7 台中市各網格硫氧化物的增量濃度

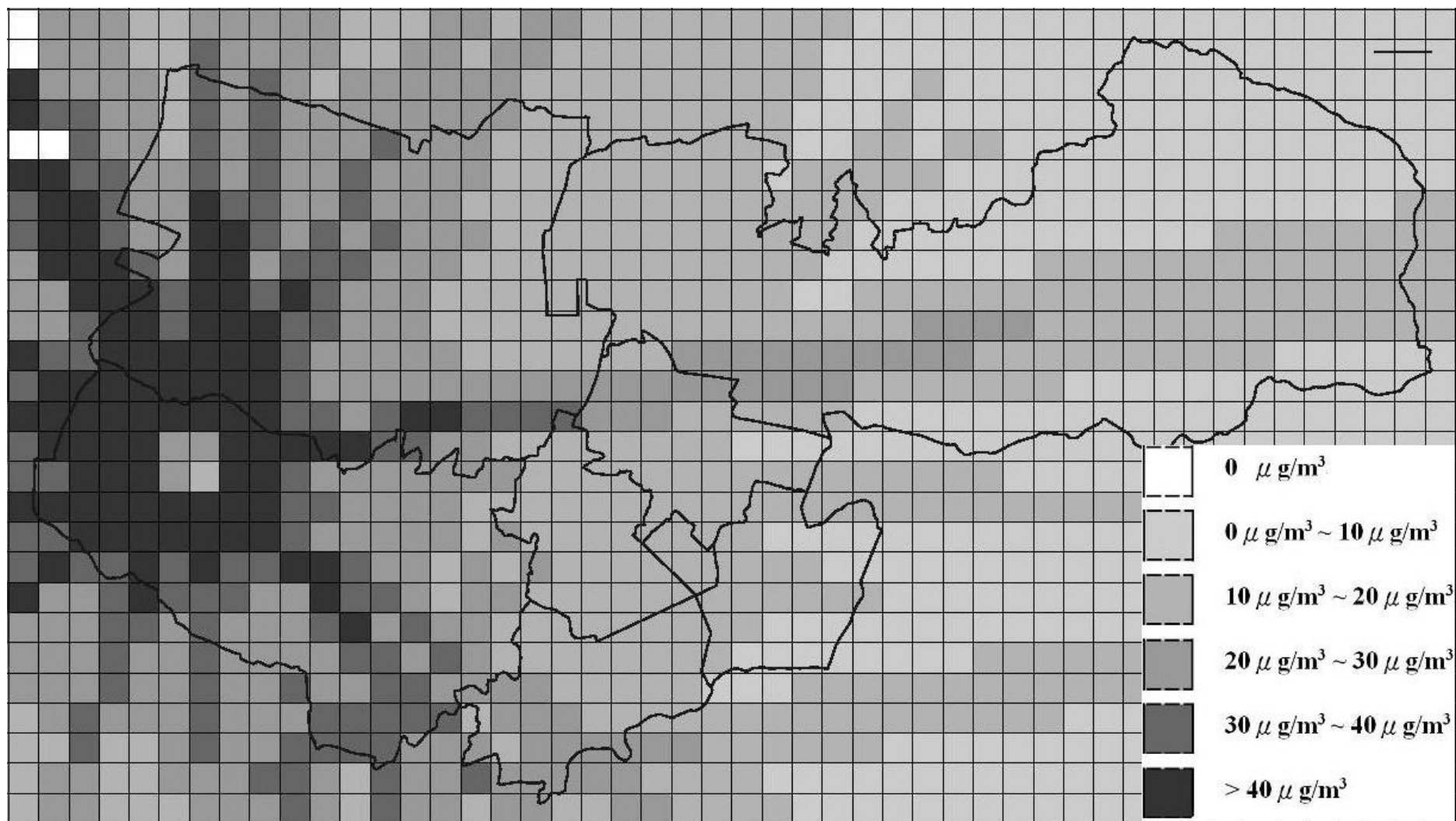


圖 8 台中市各網格氮氧化物的增量濃度

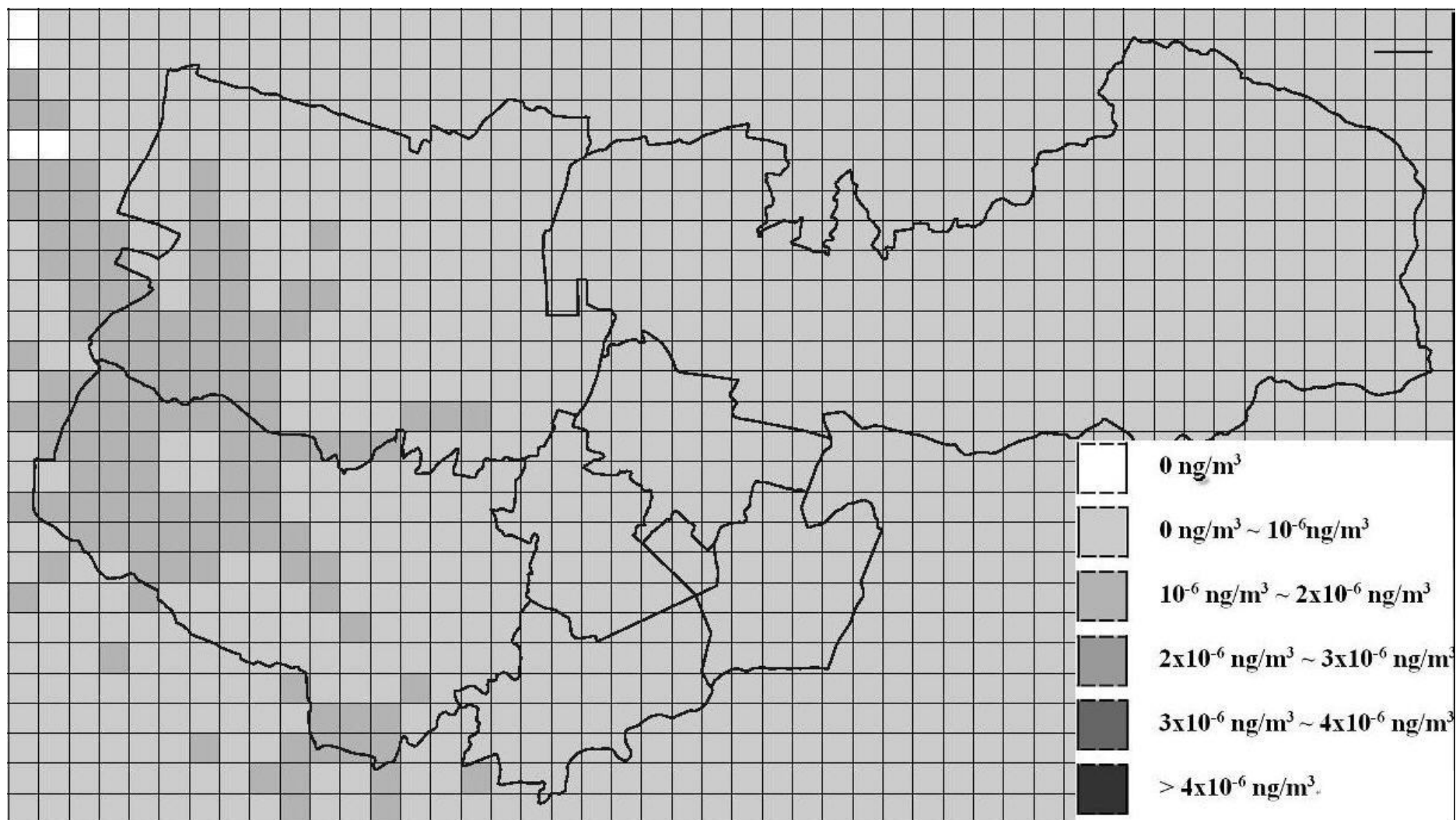


圖 9 台中市各網格戴奧辛的增量濃度

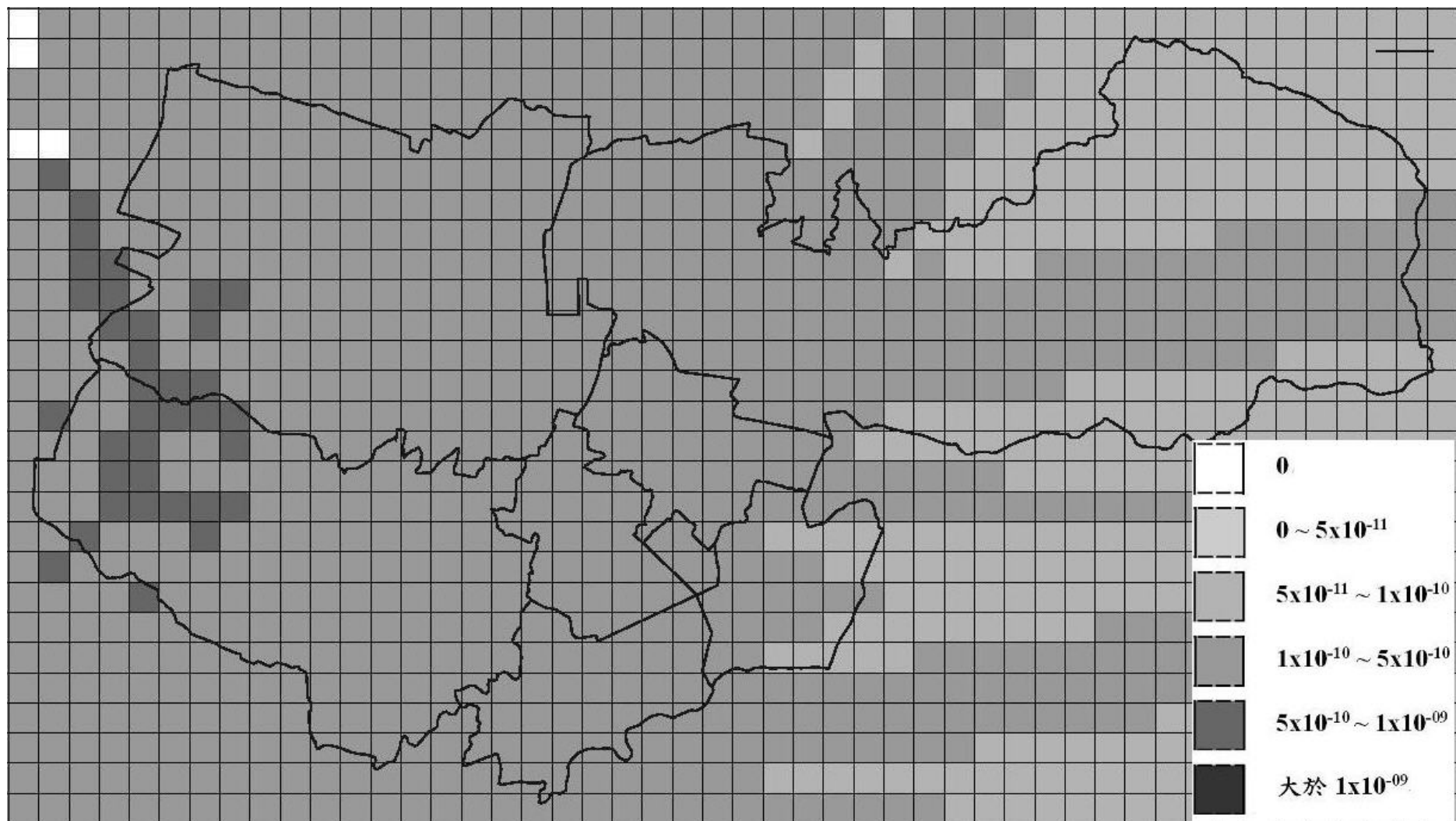


圖 10 台中市網格致癌風險值

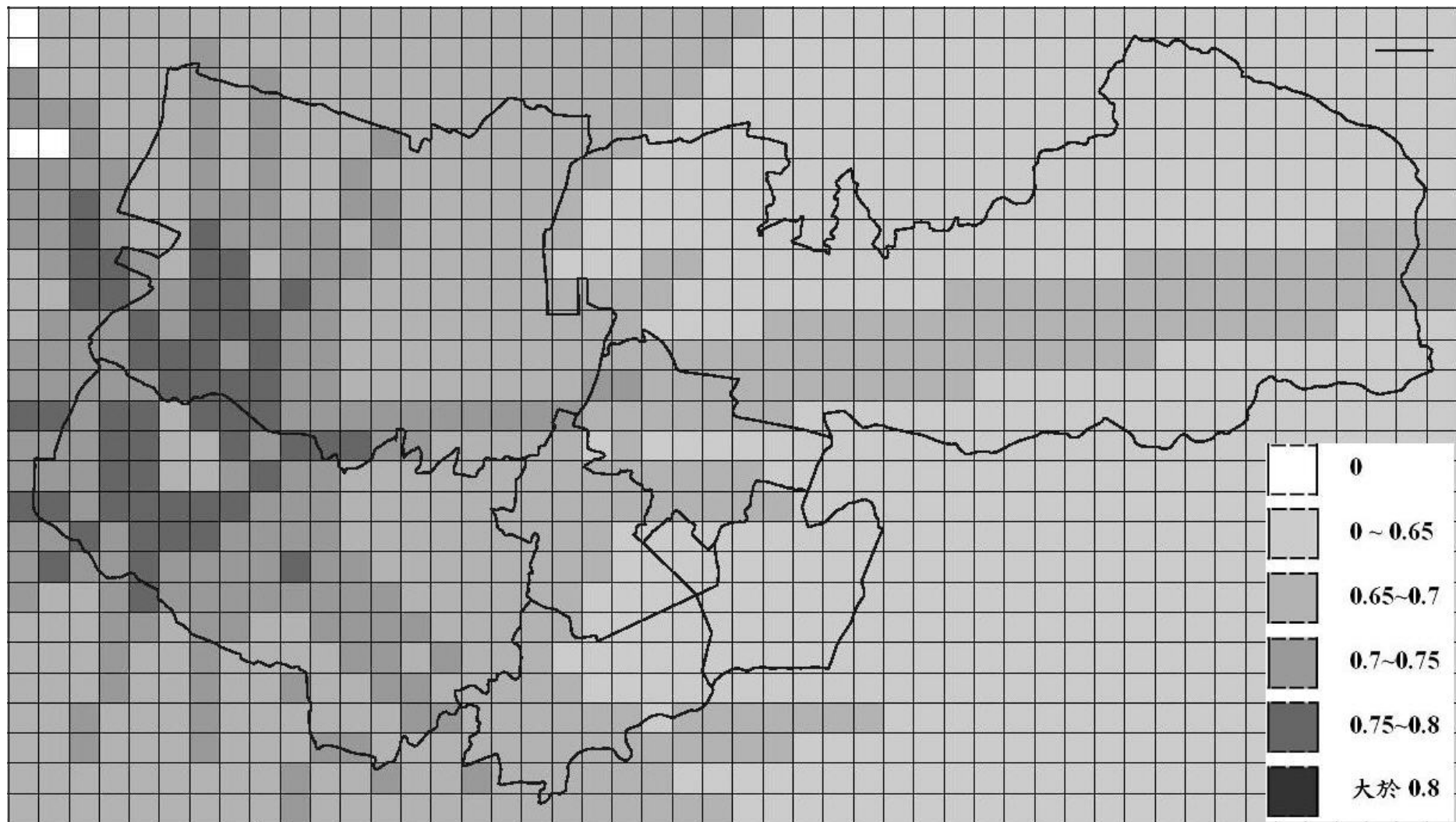


圖 11 台中市各網格危害風險值

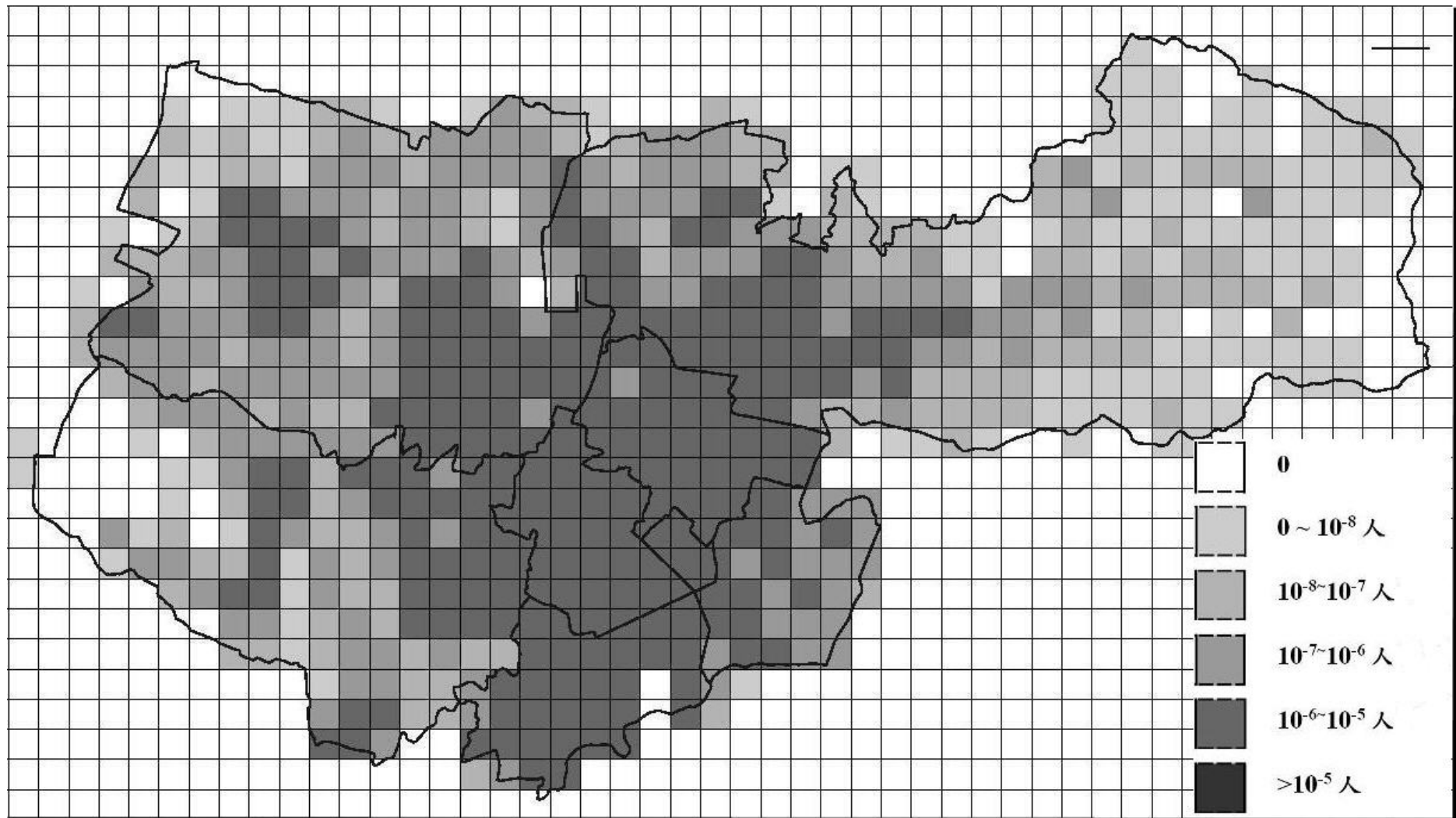


圖 12 台中市各網格致癌負荷值

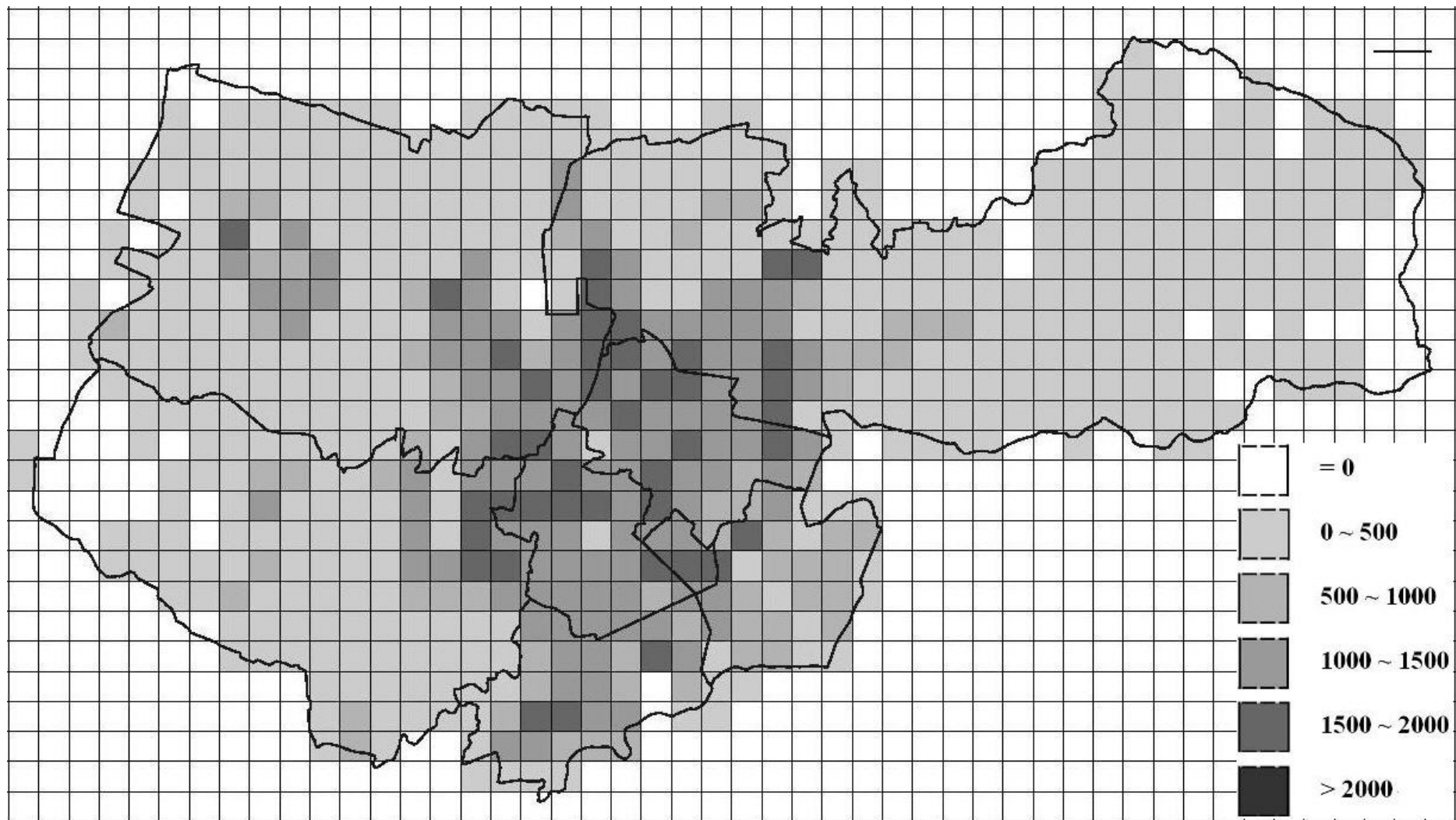


圖 13 台中市各網格危害負荷值

第四章 環境設施空間易達性指標

易達性對於一些環境設施而言是重要指標，甚至會影響相關政策的成敗，易達性一般定義為居住地至環境設施間的難易程度，可作為量測在一般情況下所能得到之影響或接觸的相對機會，Nicholls (2001)亦曾針對開放空間指出易達性及公平分佈是評量都市機能是否良好的重要指標。本研究針對三種環境設施建立空間易達性指標，包含資源回收點、開放空間與機車定檢站，以人口分佈資料為依據，並配合人行速度與機車最低行駛速度訂定之易達距離，建立環境設施易達性指標。以下各節首先說明環境設施易達範圍訂定的方法，其次說明各種環境設施之空間易達性指標的計算方式，接著說明案例分析，除了示範如何計算所建議的指標，並依據案例區所求得之結果，討論環境設施分佈是否適當。

4.1 環境設施易達範圍之訂定

環境設施之設置目的在於使週遭的民眾可參與環境保護工作，而為增加民眾參與之意願，就必須要顧及民眾使用的易達性。以往有關於環境設施的研究中(Gonzalez-Torre et al, 2005)曾提及，當兩地間距離近時，民眾移動較為容易，使用機率較大，而距離遠時，相對地造成民眾使用上的不便，容易讓民眾降低使用率。過去，已有數篇研究於環境設施空間分析中考量不同之易達距離：如 Gold (1972)即針對鄰里公園提出了最適服務半徑為400呎；亦有學者對垃圾收集點提出以不同易達距離推估服務率(Kao and Lin, 2002)。唯過去研究對於易達距離之設定，往往是一個主觀設定，不易讓人了解易達距離的設定理由。本研究因而採用較具說服力的方式來定義易達距離，主要是以人類的步行速度與機車在市內的最低行駛速度，推估民眾在不同時間可到達環境設施的距離，並依不同距離評估易達性。

郭 (2001)曾針對不同性別、年齡、周遭土地使用、人行道服務水準等項目，推估出人類在都市內之步行速率，其所推估的結果如下表 11 所示，平均速率約為 1.13 m/s，本研究即採用此平均速率為標準，分別推求來回

五分鐘、來回十分鐘與來回十五分鐘的易達距離，結果如表 12 所示，將分別以 175、350、500 公尺分析資源回收點與開放空間的易達性。

針對機車定檢站的易達性，本研究根據法規的最低行駛速度 20 公里/小時為依據，訂定易達距離。由於機車行駛會耗油，故即使來回行駛十分鐘，由於國內機車量大，仍會耗去不少能源，不符合節能的理念，故於機車定檢站部分主要以來回五分鐘的行駛距離 800 公尺為機車定檢站之易達距離，並藉此評估機車定檢站的分佈是否合理。

4.2 資源回收點易達性指標之建立

資源回收是將廢棄物減量且資源化之重要環保工作，而設置適當的資源回收點，可提升回收效益及降低回收成本(e.g., Misner, 1990; Apotheker, 1997; Sparks, 1998; Hanlon et al., 2000; Anthony and Stetten, 2001)。但若是資源回收點的位置分佈不恰當，太密時可能增加環保機關之財政負擔，而太疏時會降低民眾回收意願。本研究所建立資源回收點的空間易達性指標，主要包含以下三項：(1) 易達距離；(2) 易達點數；(3) 服務戶數。各項指標並以不同易達距離進行分析，並以自行撰寫的 PHP 程式(PHP, 2007)為主，ArcGIS(ESRI, 2006)為輔計算及分析各項指標。以下分別說明三項指標如何計算，並以台中市為案例區示範如何計算各項指標，且分析及討論所得結果。

4.2.1 易達距離

過去在考量資源回收點的研究中，住戶到資源回收點之距離為一重要因素，Gonzalez-Torre et al.(2005)即提到服務距離越短可提高民眾使用資源回收點之意願。故本研究以住戶與最近資源回收點之距離為指標，計算在不同易達距離內的戶數。故本研究把住戶與最近資源回收點之距離統計為 A/B/C/D 四種不同狀況，A 代表距離在 175m 以內；B 代表距離在 350m 以內；C 代表距離在 500m 以內；D 則代表此家戶與最近資源回收點的距離

超過本研究所訂定的易達距離。A 級區域代表家戶的位置可以較為輕易到達資源回收點的區域，故 A 級易達率的計算方式如下：

$$\text{A 級易達率} = \text{A 範圍戶數} / \text{總戶數}$$

而 B/C/D 三種狀況的易達率亦可用類似方法計算，此指標可應用來判斷落在不同狀況的戶數分佈狀況，藉此分析資源回收點的分佈是否恰當。其中 D 級是指到資源回收點均在前三級的易達距離外，亦與下一節所述的不易達率相同，請參見下一節之說明。

4.2.2 易達點數

此指標乃是指家戶在易達距離內的資源回收點數量，乃是計算每戶在易達距離內易達資源回收點的數量。如圖 14 所示，星號代表家戶的位置；三角形代表資源回收點的位置，在易達範圍內，此家戶可擁有三個資源回收點，即為其易達點數。由此指標可知道不同易達點數的戶數，而當易達點數為 0 的戶數（同上一節的 D 級易達戶數），即是在易達距離內沒有資源回收點的戶數，此數值可以顯示設施不足程度，是一個重要的評估指標，故另外定義不易達率，計算方法如下：

$$\text{不易達率} = \text{易達點數為 0 的戶數} / \text{總戶數}$$

可藉此指標所得到的數據，討論不同區域的資源回收點是否較缺乏或過於密集的現象。

4.2.3 服務戶數

設置資源回收點之效益在於便於民眾前往使用，故在易達範圍內可到達資源回收點的人口數，可作為判斷資源回收點的位置是否恰當的指標。本研究針對每個資源回收點所能服務的戶數，如圖 15 所示，三角形為資源回收點，星號為家戶，故在資源回收點的易達範圍內所涵蓋的家戶，即為可服務戶數，如案例所示，此資源回收點可服務的戶數為 6 戶。若有兩

個資源回收點的易達範圍重疊的狀況，則以家戶到達那個資源回收點較近為來判斷此戶屬於哪個資源回收點。如圖 16 所示，若 A 距離小於 B 距離，則重疊範圍的這戶即為屬於 A 資源回收點的服務戶數。

4.2.4 案例分析

台中市有 565 個資源回收點(不分類別下)，依據台中市環保局的分類方式可分成三種:一般資源回收點、廢容器資源回收點與廢乾電池資源回收點，各種資源回收點的數量如表 13 所列，以下一一說明及討論以上述易達性指標所得到的結果。

(1) 一般資源回收點

由表 13 所示，台中市有 56 個一般資源回收點，由於都市中寸土寸金，以及一般資源回收點會有環境衛生的顧慮，故不易在都市黃金地段設置一般回收點，雖然國內大多是以隨垃圾車收集進行資源回收的方式來彌補資源回收點不足的情形，但清運成本較高，對於無法配合垃圾車時間的民眾進行資源回收也較不方便。

圖 17 所示為一般資源回收點的分佈位置與易達區域，由該圖可看出，一般資源回收點的數量並不多，有相當多的區域未在易達區域內；且分佈不均勻，有相當多重複覆蓋的地方。表 14 為台中市各區一般資源回收點的易達狀況，其中，人口數量最為密集的中區並無一般資源回收點，一般資源回收點數量則以地幅最廣的北屯區為最多，有 20 個一般資源回收點。以下分別由不同的空間易達性指標來分析台中市各區的一般資源回收點的分佈狀況。

● 易達距離

表 15 與圖 18 所示為台中市各區一般資源回收點距離分佈與易達率，由該圖表可得知，台中市的總體易達率為 4.67%，各分區的易達率，則以南區的易達率 9.72% 較高，以中區的易達率為 0% 為最低。

- 易達點數

表 16 與圖 19 為台中市各區的一般資源回收點的易達點數分佈與不易達率，台中市的總體不易達率為 68.7%，約有 7 成的民眾無法在最大易達範圍內到達一般資源回收點；北屯區的不易達率為 59.6%；而中區則因沒有一般資源回收點，故民眾皆須到別區才有一般資源回收點，故不易達率為 100%。

- 服務戶數

圖 20 至圖 22 為一般資源回收點在不同易達距離服務戶數的分佈狀況。由圖 20 可看出，有 37 個一般資源回收點在 175m 距離內的服務戶數不超過 500 戶，佔所有一般資源回收點的 66%，服務戶數最小為 2 戶，最大為 1787 戶；而由圖 21 所示，有 36 個一般資源回收點在 350m 易達距離內的服務戶數不超過 2000 戶，佔所有一般資源回收點的 64%，服務的戶數最小為 3 戶，最大為 7202 戶；最後，由圖 22 所示，有 38 個一般資源回收點在 500m 易達距離內的服務戶數不超過 4000 戶，佔所有一般資源回收點的 68%，服務的戶數最小為 5 戶，最大為 8459 戶。

- 小結

由上述三個指標可看出，台中市一般資源回收點的分佈的位置較為集中。除了中區因沒有一般資源回收點以外，則以西區的 A 級易達率為最低，且西區的不易達率亦為最高。亦有一些回收點在最大易達距離可以服務的戶數只有 5 戶，一般民眾使用此回收點的機會較低。並可參考指標值進行選址，讓新增的一般資源回收點可落在服務戶數較多的地方，減少服務戶數太少的狀況發生，唯國內的一般資源回收點可能會有髒亂的問題，因而若要適合在人口密集的地方，有必要先考量回收點的管理問題。

(2) 廢容器資源回收點

由表 12 所示，台中市有 40 個廢容器資源回收點，主要是回收較特殊的廢容器，如潤滑油廢容器之回收點。目前台中市的廢容器回收點大多為加油站，方便民眾在加油時可以把廢容器拿去回收，但並非所有的加油站都有回收廢容器的機制，若能在每個加油站建立廢容器回收的制度，民眾可以更便利的將廢容器回收，亦能提高回收率。

圖 23 所示為廢容器資源回收點的空間分佈狀況與易達區域，如圖所示，廢容器資源回收點的分佈較為平均，重複涵蓋的區域較少，但是由於數量較少，所以依然有大部分的區域沒有廢容器資源回收點。表 17 所列為台中市各區廢容器資源回收點的數量，其中，人口數量最為密集的中區與西區的分別只有 1 個和 2 個廢容器資源回收點，數量則以西屯區為最多，有 11 個廢容器資源回收點。以下分別由不同的空間易達性指標來分析台中市各區的廢容器資源回收點的分佈狀況。

● 易達距離

表 18 與圖 24 所示為台中市各區廢容器資源回收點距離分佈與易達率。台中市的總體易達率為 4.53%，各區的易達率以中區的 10.8% 為最高，而以南屯區的 2.79% 為最低，中區雖只有 1 個廢容器資源回收點，但由於人口分佈較密集，且位置較佳，故易達率反而較好。南屯區雖有 7 個廢容器資源回收點，但是有些人口較密集的位置沒有回收點，故易達率較低。而西區的人口雖多，但只有 2 個廢容器資源回收點，故易達率也較低。

● 易達點數

表 19 與圖 25 為台中市各區的廢容器資源回收點的易達點數分佈與不易達率，由表可知，台中市的總體不易達率為 66.3%，約有 7 成的民眾無法在最大易達範圍內到達廢容器資源回收點；各區的不易達率則以中區的 31.6% 最佳，西區的 84.6% 最差。

- 服務戶數

圖 26 至圖 28 為廢容器資源回收點在不同易達距離服務戶數的分佈狀況。由圖 26 可看出，有 19 個廢容器資源回收點在 175m 易達距離內的服務戶數不超過 500 戶，佔所有廢容器資源回收點的 47.5%，服務的戶數最小為 3 戶，最大為 1528 戶；而由圖 27 所示，有 18 個廢容器資源回收點在 350m 易達距離內的服務戶數不超過 2000 戶，佔所有廢容器回收點的 45%，服務的戶數最小為 15 戶，最大為 6107 戶；最後，由圖 28 所示，有 17 個廢容器資源回收點在 500m 易達距離內的服務戶數不超過 4000 戶，佔所有廢容器資源回收點的 42.5%，服務的戶數最小為 50 戶，最大為 9674 戶。

- 小結

由上述三個指標可以得知，台中市廢容器資源回收點的數量並不多，但分佈較好，重疊的部分較少。各區的狀況則以南屯區的 A 級易達率為最低，而西區的不易達率為最高。若可在各個加油站建立回收機制，可提升廢容器的回收率。由服務戶數指標可以得知，廢容器回收點亦有在最大易達距離時，只能服務 50 戶的狀況，故在新設回收點時，需考慮回收點的服務戶數，以提升廢容器回收點的使用率。

(3) 廢乾電池資源回收點

如表 12 所示，廢乾電池資源回收點有 469 個，大部份為超商或是攝影器材行…等等商家，廢乾電池的回收是這些商家附加的工作，故雖然廢乾電池資源回收點甚多，但由於其回收方式簡單，且幾乎不需要人力與空間，故依然可以多設置，以提升民眾的便利性。

圖 29 所示為廢乾電池資源回收點的空間分佈狀況與各級易達區域，如該圖所示，由於數量高達 469 個，故人口密集區中未被覆蓋的地方很少，

且易達區域重疊的狀況相當多。表 20 所列為各區廢乾電池資源回收點的數量，以東區的 23 個為最少，北區則有 95 個為最多。

- 易達距離

表 21 與圖 30 所示為台中市與各區廢乾電池資源回收點距離分佈與易達率。由於回收點的數量很多，故易達率較高。臺中市整體的易達率為 60.5%，各區的易達率以中區的 87.6% 最高，東區 34.8% 最低。東區的易達區域重疊性較高，故服務區域較小，因而易達率較低。

- 易達點數

表 22 與圖 31 所示為台中市各區的廢乾電池資源回收點的易達點數分佈與不易達率，台中市總體的不易達率為 3.65%，各區的不易達率則以中區最低，北屯區最高。由各區的易達點數分佈狀況可得知，中區的不易達率不但將近於 0，且幾乎所有的家戶都有超過 3 個以上的回收點；南區亦有相同的狀況，由於廢乾電池資源回收點設於超商，而近年來超商的分佈愈來愈密集，因而導致此情形。

- 服務戶數

圖 32 至圖 34 所示為廢乾電池資源回收點在不同易達距離服務戶數的分佈狀況。圖 32 所示為 A 級易達距離內之服務戶數，有 195 個廢乾電池資源回收點在 175m 易達距離內的服務戶數不超過 500 戶，佔所有廢乾電池資源回收點的 41.7%，服務的戶數最小為 2 戶，最大為 3043 戶；圖 33 所示為 B 級易達距離內之服務戶數，有 434 個廢乾電池資源回收點在 350m 易達距離內的服務戶數不超過 2000 戶，佔所有廢乾電池資源回收點的 92%，服務的戶數最小為 2 戶，最大為 3819 戶；最後，圖 34 所示為 C 級易達距離內之服務戶數，有 469 個廢乾電池資源回收點在 500m 易達距離內的服務戶數不超過 4000 戶，佔所有廢乾電池資源回收點的 100%，服務的戶數最小為 2 戶，最大為 3976 戶。

● 小結

由上述三個指標可以得知，各區的狀況以東區的 A 級易達率為最低，不易達率則以北屯區為最高。台中市的廢乾電池資源回收點的數量雖多，但是由於廢乾電池資源回收點是屬於商家的附加工作，多多設置並不會提高政府成本，且設置容易，不需要太多空間與人力，雖然目前大部分家戶在易達距離內都可找到超過 1 個以上的廢乾電池資源回收點，但若能在持續在商家設置廢乾電池回收點，將可提升民眾的便利性，亦能提升廢乾電池的回收率。

4.3 開放空間易達性指標之建立

開放空間的建置除了可提供民眾一個休閒遊憩的地方，亦可改善都市的熱島效應、降低溫度氣體、降低噪音(林等,2001；蔡等.,2002)以及改善空氣品質的功用(林等, 2002)。目前已有一些文獻評估民眾到達開放空間之易達性(E Talen et.al, 1996；Karen E. et.al, 2004；K. De Ridder et.al , 2004)，然而這些文獻通常是以平均距離或最短距離等方式評估，並不考量服務範圍內的人口數量及空間分佈情形，且對於易達距離之設定並未提供明確之定義依據。為解決這些問題，本研究因而如一節所述，以人類的步行速度訂定易達距離，並考量人口分佈資料分析開放空間的空間分佈對民眾的易達性影響。本研究訂定了以下三項開放空間易達性指標：(1) 易達距離；(2) 易達面積；(3) 服務戶數，而各項指標並以不同易達距離進行分析，並以自行撰寫的 PHP 程式為主，ArcGIS 為輔計算及展示各項指標。以下分別針對三項指標進行說明。

4.3.1 易達距離

如同資源回收點的易達距離指標，開放空間的易達距離指標亦計算在家戶到開放空間邊界的距離，並依照 A/B/C/D 級的方式來將其分類，並計算各區的易達率，來評估台中市與各區的開放空間分佈是否恰當。

4.3.2 易達面積

開放空間的設置目的在於提供場地給民眾活動與休閒，故每個民眾可擁有之開放空間面積，是一個重要的指標。本研究計算每戶在最大易達距離內可擁有的開放空間面積，如圖 35 所示，以每戶為中心，並以最大易達距離，繪製一個圓形的易達範圍，假設民眾若可到達一個開放空間，即會利用該開放空間，故將圓形易達範圍內可接觸到開放空間的面積都認定為此家戶可獲得的開放空間面積。依此原則統計在最大易達距離家戶可擁有之易達面積，且計算易達面積為 0 的戶數，亦即不易達率。

4.3.3 服務戶數

開放空間可提供民眾前往休閒遊憩，故在易達範圍內可服務之民眾，可表現出開放空間的分佈是否恰當。Ridder et.al (2004)曾提出由開放空間的邊界往外 400M 範圍為易達區，並據以分析此開放空間能服務的範圍，但該研究並未考量到範圍內的戶數。本研究在開放空間繪製不同級別易達距離的範圍，並計算在不同易達距離下，開放空間的易達區域。圖 36 為單一個開放空間服務戶數計算方式的示意圖，若易達區域重疊，則以家戶離那個開放空間的邊界距離最近來判斷，如圖 37 所示，如該圖中距離 A 小於距離 B，則圖中的家戶屬於開放空間 A 的服務區。

4.3.4 案例分析

(1) 案例區介紹

本研究將開放空間定義為臺中市的公園，並依據台中市政府所提供之珍貴老樹、公園及行道樹查詢管理系統(2007)，得知台中市現有 179 個公

園，但有許多公園尚在興建或是面積太小，因而未列入考慮中。本研究最後納入 144 個公園，其分佈如圖 38 所示，台中市人口較密集的地方皆大都能在開放空間的易達區域內，只有少部分的地方沒有被覆蓋，如東區即有較大的部份未被覆蓋。下分別由不同的空間易達性指標來分析台中市與各區的開放空間的分佈狀況。

(2) 易達距離

表 23 與圖 39 所示為台中市與各區開放空間與家戶之間距離分佈與易達率。臺中市整體的易達率為 35%，各區的易達率以西屯區的 49.9% 最高，而東區只有 24.5% 為最低。其中東區的易達率低，是由於開放空間較為集中，在區界處有一些民眾無法在易達距離內到達開放空間，故易達率較低。

(3) 易達面積

表 24 與圖 40 所示為台中市各區的開放空間的易達面積分佈與不易達率，台中市總體的不易達率為 14%，各區的不易達率則以東區的 29.6% 為最高，以南區的 10.1% 為最低。

(4) 服務戶數

圖 41 至圖 43 所示為開放空間在不同易達距離服務戶數的分佈狀況。由圖 41 所示，有 114 個開放空間在 175m 易達距離內的服務戶數不超過 2000 戶，佔所有開放空間的 79%，服務的戶數最小為 139 戶，最大為 15551 戶；而由圖 42 所示，有 99 個開放空間在 350m 的易達距離內，服務的戶數不超過 4000 戶，佔所有開放空間的 68.8%，服務的戶數最小為 223 戶，最大為 16216 戶；最後，由圖 43 所示，有 120 個開放空間在 500m 的易達距離內，服務的戶數不超過 6000 戶，佔所有開放空間的 83%，服務的戶數最小為 546 戶，最大為 23614 戶。

(5) 小結

由三個指標可以得知，各區的 A 級易達率以東區為最低，不易達率則以中區為最高。由服務戶數可以得知，每個開放空間服務的戶數還算平均，重複性不高。

在評估開放空間時，除了上述的指標以外，開放空間的品質及大小亦會影響民眾的使用意願，而較大型且完整的開放空間具備較明顯生態效益，這些因素都會影響開放空間的效益，雖然本研究並未將這些因子納入考量，但在實際評估開放空間時，有必要作更系統化的評估，以免為單一指標值所誤導。

4.4 機車定檢站易達性指標之建立

機車定檢站的設置目的在於讓民眾可以前往檢查機車的污染物排放狀況，並可以藉此保養機車，減低機車污染物的排放量，減輕都會地區的空氣污染。若定檢站的易達性高，應可有效提昇定檢率，本研究因而建立以下三項機車定檢站的易達性指標：(1) 易達站數；(2) 易達距離；(3) 服務戶數，並以自行撰寫的 PHP 為主，ArcGIS 為輔計算及展示各項指標。以下將分別針對三項指標進行說明。

4.4.1 易達距離

方法同資源回收點的易達距離指標，但採用機車行駛的距離，而不是人行距離，且只以來回 5 分鐘為計算依據，易達距離定為 800 公尺，計算台中市與各區在有多少家戶在機車定檢站的易達距離內，並計算易達率。

4.4.2 易達站數

方法同資源回收點的易達點數指標，以機車的易達距離 800 公尺計算台中市與各區，每家戶的在易達區域內可到達的機車定檢站站數，並計算不易達率及分析機車定檢站分佈狀況是否恰當。

4.4.3 服務戶數

方法同資源回收點的服務戶數指標，計算每個機車定檢站可以服務的戶數，分析服務戶數的分佈，可應用在新設機車定檢站時，選址上使用。

4.4.4 案例分析

由台中市的空間資訊化便民查詢系統可得知，目前台中市擁有 114 個機車定檢站(台中市環保局, 2007)，其分佈如圖 44 所示，圖中星號即為機車定檢站。依台中市環保局網站所公佈數據，目前台中市擁有的機車數量為 524,471 輛，平均每戶有 1.48 輛機車，目前機車定檢站的方式皆以機車行或加油站為據點，並配置採樣裝置，可以檢測機車的排氣狀況，故機車定檢站的設置，並不需要有政府成本的考量。以下說明指標計算結果。

圖 45 所示分別為機車定檢站的易達區域覆蓋狀況，由圖可看出，機車定檢站的分佈頗集中，許多機車定檢站的位置非常靠近，且因易達距離較大，易達區域很容易重疊，主要的人口密集區域大部分均能在易達區域內。表 25 所列為機車定檢站在台中市各區的數量，其中，中區並沒有機車定檢站，以西屯區的 25 個位為最高，但由於機車的易達距離大，故中區民眾仍可在易達區域內找到機車定檢站。

(1) 易達距離

表 26 與圖 46 所示為台中市與各區機車定檢站距離分佈與易達率。除了中區因為沒有機車定檢站以外，台中市各區的機車定檢站易達率皆很高，其中以南屯區的 79.5% 為最低。

(2) 易達站數

表 27 與圖 47 所示為台中市各區的機車定檢站的易達點數分佈與不易達率。除中區、南區及南屯區以外，其他各區的不易達率均頗低，南區與南屯區有較高的不易達率，這是因其較接近臺中市邊界，機車定檢站較

少，雖然如此，但南區可以在易達距離內到達 2 個以上機車定檢站的家戶佔南區總家戶仍有 53%，而南屯區亦有 58%。

(3) 服務戶數

圖 48 所示為機車定檢站在易達距離服務戶數的分佈狀況，有 104 個機車定檢站在 800m 的易達距離內的服務戶數不超過 8000 戶，佔所有機車定檢站的 91%，服務的戶數最小為 103 戶，最大為 11602 戶。

(4) 小結

故由上述指標所得結果，除了中區沒有機車定檢站以外，各區的易達率則以南屯區為最低，不易達率則以南區為最高。可考量在中區及南區增設機車定檢站，以提升民眾的便利性。



表 11 各種因子下之平均步行速率

因子		平均速率(m/s)
年齡	青壯 (-)	1.26
	老弱 (+)	1.00
隨伴	有 (-)	1.06
	無 (+)	1.20
土地使用	強 (-)	1.08
	弱 (+)	1.19
尖峰特性	強 (-)	1.17
	弱 (+)	1.09
總平均速率		1.13

資料來源：郭等(2001)

表 12 平均步行速率不同時間下之易達距離

來回時間(min)	5	10	15
易達距離(m)	175	350	500

表 13 台中市資源回收點資料

名稱	數量	備註
一般資源回收站	56	含廢紙餐具回收業者
廢容器資源回收點	40	
廢乾電池資源回收	469	含便利超商

資料來源：台中市環保局(2007)

表 14 台中市各區一般資源回收站數量

中區	東區	南區	西區	北區	南屯區	北屯區	西屯區
0	4	7	2	4	9	20	10

表 15 台中市各區民眾至一般資源回收站-距離分佈與易達率

	台中市	中區	東區	南區	北區	西區	南屯區	西屯區	北屯區
< 175m	22,863	0	1,819	5,051	3,918	1,666	1,637	4,157	4,262
>= 175m AND < 350m	67,204	0	4,719	13,842	7,325	3,628	8,063	9,798	16,698
>= 350m AND < 500m	71,090	0	5,246	7,102	6,933	3,257	8,057	10,251	18,219
>500m (超出易達距離)	328,447	14,142	18,117	25,965	54,089	52,162	42,613	79,119	57,749
總戶數	489,604	14,142	29,901	51,960	72,265	60,713	60,370	103,325	96,928
易達率(%)	4.669692	0	6.083409	9.720939	5.421712	2.744058	2.711612	4.023228	4.397078

表 16 台中市各區民眾至一般資源回收站-易達點數分佈與不易達率

地區\易達點數	0	1	2	3	其他	總戶數	不易達率(%)
台中市	336,394	105,579	41,960	5,134	537	489,604	68.7073635
中區	14,142	0	0	0	0	14,142	100
東區	20,707	6,246	2,948	0	0	29,901	69.25186449
南區	32,237	10,501	6,202	3,020	0	51,960	62.04195535
北區	54,786	12,733	4,746	0	0	72,265	75.81263406
西區	52,943	7,770	0	0	0	60,713	87.20208193
南屯區	43,120	14,373	2,877	0	0	60,370	71.42620507
西屯區	79,698	17,701	5,926	0	0	103,325	77.1333172
北屯區	57,765	30,833	6,684	1,646	0	96,928	59.59578244

表 17 台中市各區廢容器資源回收點數量

中區	東區	南區	西區	北區	南屯區	北屯區	西屯區
1	4	5	2	4	7	6	11

表 18 台中市各區民眾至廢容器資源回收點-距離分佈與易達率

	台中市	中區	東區	南區	北區	西區	南屯區	西屯區	北屯區
< 175m	22,176	1,528	1,174	3,408	3,178	1,945	1,687	3,791	4,798
>=175m AND < 350m	70,738	4,809	3,903	8,672	6,863	6,846	5,928	14,324	11,026
>=350m AND < 500m	79,491	4,595	4,939	13,389	8,788	6,961	8,400	13,622	13,239
>500m (超出易達距離)	317,199	3,210	19,885	26,491	17,869	44,961	44,355	71,588	67,865
總戶數	489,604	14,142	29,901	51,960	36,698	60,713	60,370	103,325	96,928
易達率(%)	4.529375	10.8047	3.92629	6.558891	8.659872	3.203597	2.794434	3.669006	4.950066

表 19 台中市各區民眾至廢容器資源回收點-易達點數分佈與不易達率

地區\易達點數	0	1	2	3	其他	總戶數	不易達率(%)
台中市	324568	129960	34749	327	0	489,604	66.29194206
中區	4,468	9674	0	0	0	14,142	31.59383397
東區	24,144	5,248	509	0	0	29,901	80.74646333
南區	31,627	17,393	2,940	0	0	51,960	60.86797537
北區	55,473	16,272	520	0	0	72,265	76.76330174
西區	51,375	9,338	0	0	0	60,713	84.619439
南屯區	45,925	13,439	1,006	0	0	60,370	76.07255259
西屯區	76,617	9,781	16,927	0	0	103,325	74.15146383
北屯區	74,064	14,266	8,272	326	0	96,928	76.41135688

表 20 台中市各區民眾至廢乾電池資源回收點數量

中區	東區	南區	西區	北區	南屯區	北屯區	西屯區
25	23	46	58	95	52	80	91

表 21 台中市各區民眾至廢乾電池資源回收點-距離分佈與易達率

	台中市	中區	東區	南區	北區	西區	南屯區	西屯區	北屯區
< 175m	29,6240	12,393	10,409	29,773	51,493	37,135	32,583	63,943	49,837
>= 175m AND < 350m	14,8115	1,406	13,394	18,553	18,456	18,809	18,108	27,865	32,451
>= 350m AND < 500m	2,7380	342	5,026	2,823	1,835	4,356	4,960	4,167	7,789
>500m (超出易達距離)	1,7869	1	1,072	811	481	413	4,719	7,350	6,851
總戶數	48,9604	14,142	29,901	51,960	72,265	60,713	60,370	103,325	96,928
易達率(%)	60.50604	87.63258	34.81154	57.29985	71.25579	61.16482	53.97217	61.88531	51.41652

表 22 台中市各區民眾至廢乾電池資源回收點-易達點數分佈與不易達率

地區\易達點數	0	1	2	3	其他	總戶數	不易達率(%)
台中市	17,869	35,627	27,934	36,223	371,951	489,604	3.649684235
中區	1	0	24	39	14078	14,142	0.007071136
東區	3,314	8,230	5,031	3272	10054	29,901	11.08324136
南區	27	2,495	6,739	9,409	33290	51,960	0.051963048
北區	481	1,742	878	2445	66719	72,265	0.665605757
西區	1,291	2,511	5526	5423	45962	60,713	2.126397971
南屯區	4,720	7,158	5,057	5389	38046	60,370	7.818452874
西屯區	7,350	6,896	3,269	6448	79362	103,325	7.113476893
北屯區	11,215	10,490	8,780	9,661	56782	96,928	11.57044404

表 23 台中市各區民眾至開放空間-距離分佈與易達率

	台中市	中區	東區	南區	北區	西區	南屯區	西屯區	北屯區
> 175m	171699	5041	7329	19017	21627	20833	16836	51578	27220
=< 175m AND < 350m	178876	3357	8507	18116	28323	24361	21957	33059	36661
=< 350m AND < 500m	70394	3728	5204	9566	13787	8034	10845	6993	14314
>500m (超出易達距離)	68635	2016	8861	5261	8528	7485	10732	11695	18733
總戶數	489604	14142	29901	51960	72265	60713	60370	103325	96928
易達率(%)	35.06895	35.64559	24.51089	36.59931	29.92735	34.3139	27.88802	49.91822	28.0827

表 24 台中市各區開放空間-易達面積分佈與不易達率

	台中市	中區	東區	南區	北區	西區	南屯區	西屯區	北屯區
可及面積 0 公頃	78024	5225	7571	1891	6822	8683	11648	11686	24498
>0 公頃 AND < 0.5 公頃	78638	0	2348	3244	16194	8464	14080	15174	19134
>0.5 公頃 AND < 1 公頃	62460	181	3290	12010	9864	7674	185	15302	13954
>1 公頃 AND < 2 公頃	69925	4	2819	10362	7683	9537	13571	21308	4641
>2 公頃	200557	8732	13873	24453	31702	26355	20886	39855	34701
總戶數	489604	14142	29901	51960	72265	60713	60370	103325	96928
不易達率(%)	15.9361	36.9467	25.3202	3.63934	9.44025	14.3017	19.2944	11.3099	25.2744

表 25 台中市各區機車定檢站數量

中區	東區	南區	西區	北區	南屯區	北屯區	西屯區
0	11	11	18	13	15	21	25

表 26 台中市各區民眾至機車定檢站-距離分佈與易達率

	台中市	中區	東區	南區	北區	西區	南屯區	西屯區	北屯區
<800m	462,047	0	25,903	45,457	69,238	59,660	48,023	97,627	86,430
>800m (超出易達距離)	27,557	14,142	3,998	6,503	3,027	1,053	12,347	5,698	10,498
總戶數	489,604	14,142	29,901	51,960	72,265	60,713	60,370	103,325	96,928
易達率(%)	94.37157	0	86.62921	87.4846	95.81125	98.26561	79.54779	94.48536	89.16928

表 27 台中市各區機車定檢站-易達點數分佈與不易達率

地區\易達點數	0	1	2	3	其他	總戶數	不易達率(%)
台中市	27,557	58877	92324	82027	228819	489,604	5.628426238
中區	14,142	0	0	0	0	14,142	100
東區	3,998	4765	8367	7322	5449	29,901	13.37079027
南區	11,231	13421	8058	12657	6593	51,960	21.61470362
北區	3,166	16146	15297	12599	25057	72,265	4.38109735
西區	1,078	3807	7774	11854	36200	60,713	1.775567012
南屯區	12,354	13073	11712	7853	15378	60,370	20.46380653
西屯區	5,699	21155	25858	18184	32429	103,325	5.515606097
北屯區	10,498	18496	20097	18052	29785	96,928	10.83071971

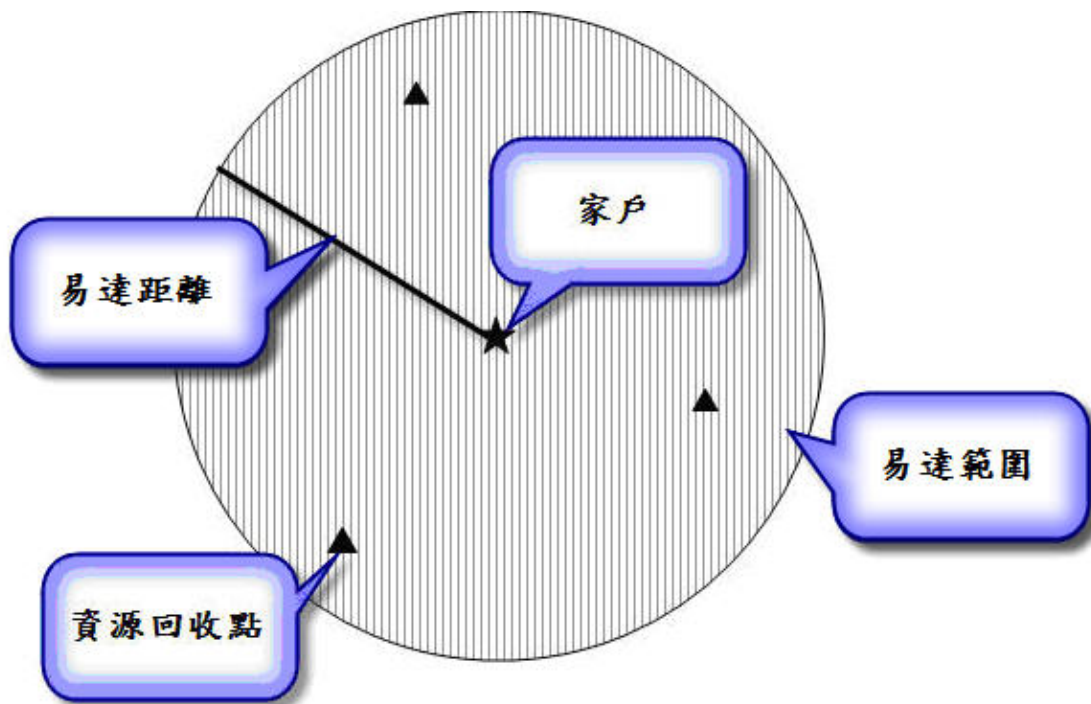


圖 14 易達點數指標計算方法

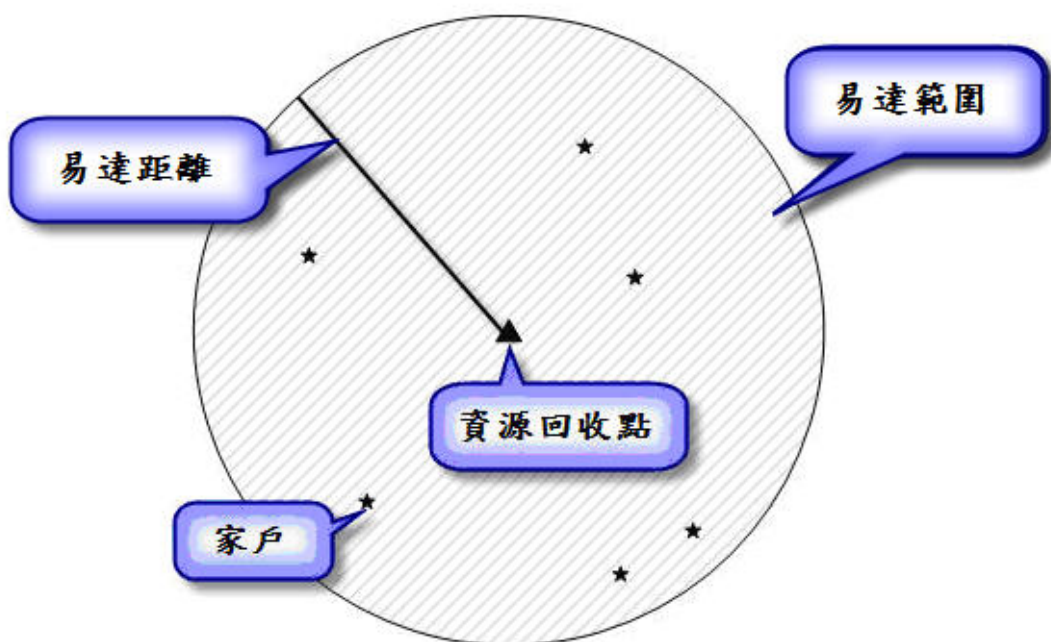


圖 15 單一資源回收點服務戶數指標計算方法

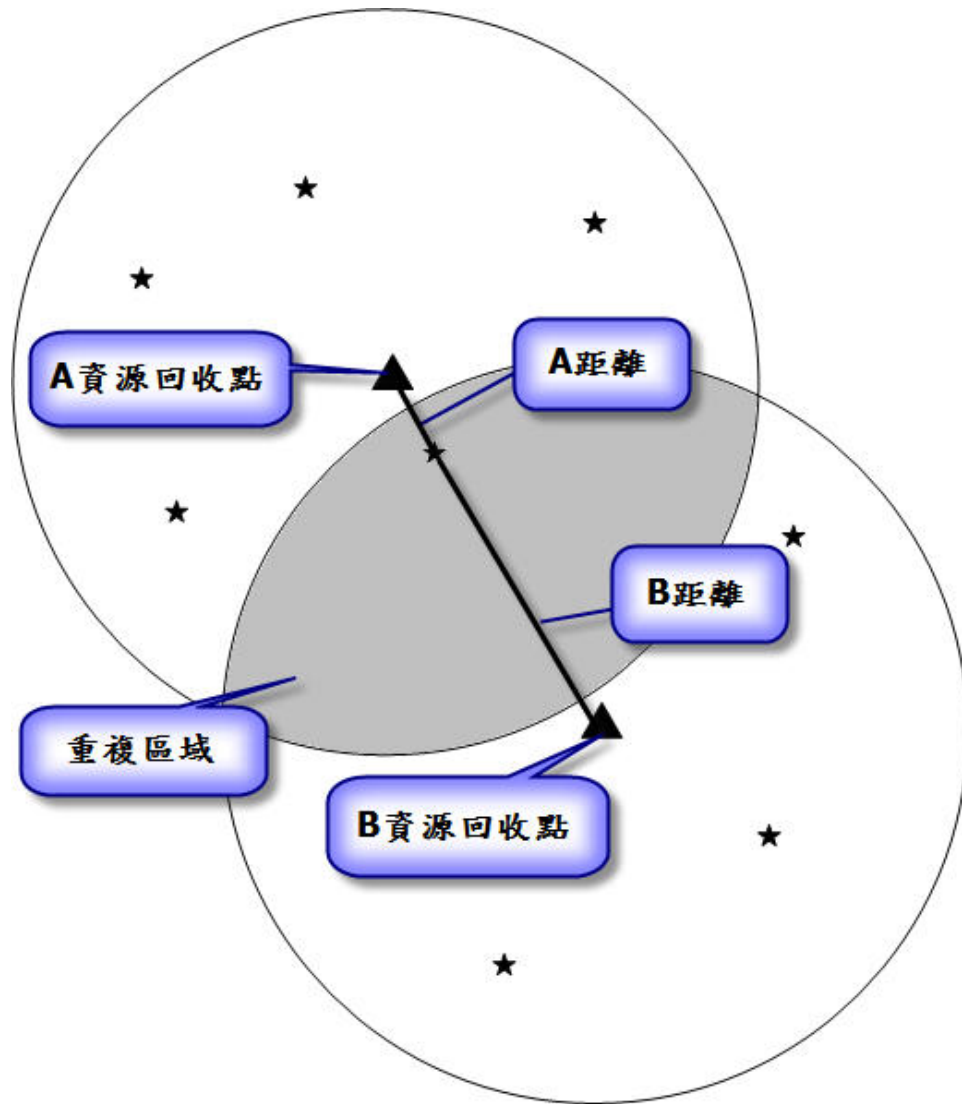


圖 16 服務戶數指標計算方法-易達區域重疊時



圖 17 一般資源回收點分布與 A/B/C 級易達區域圖

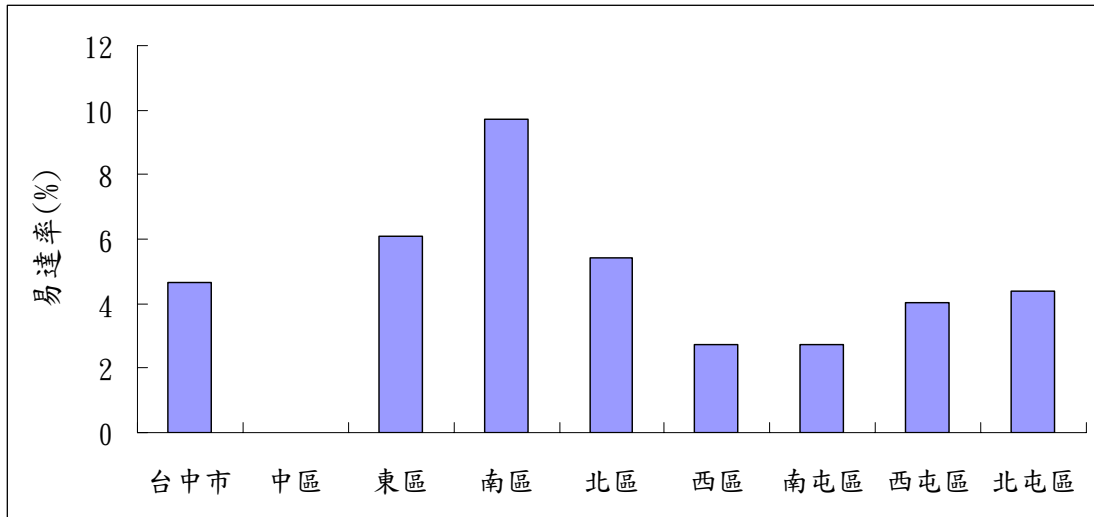


圖 18 台中市區一般資源回收站 A 級易達率

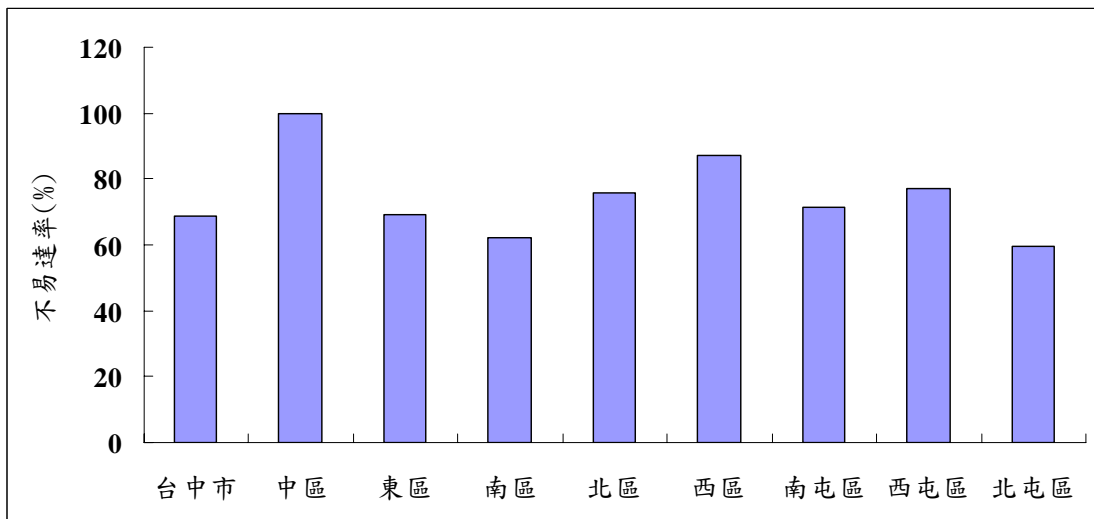


圖 19 台中市各區一般資源回收站不易達率

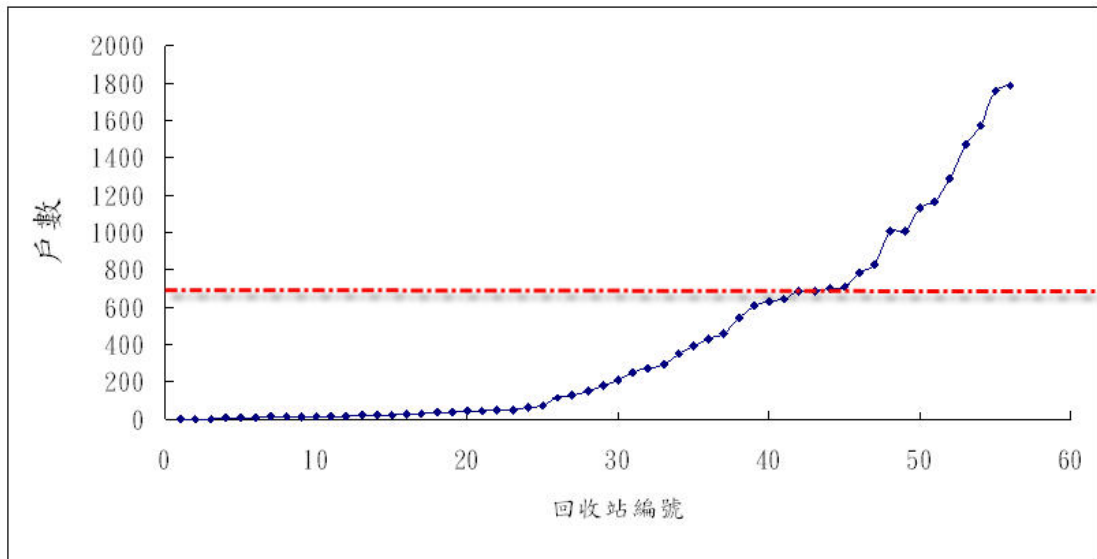


圖 20 一般資源回收站 A 級(175m 內)易達距離內之服務戶數

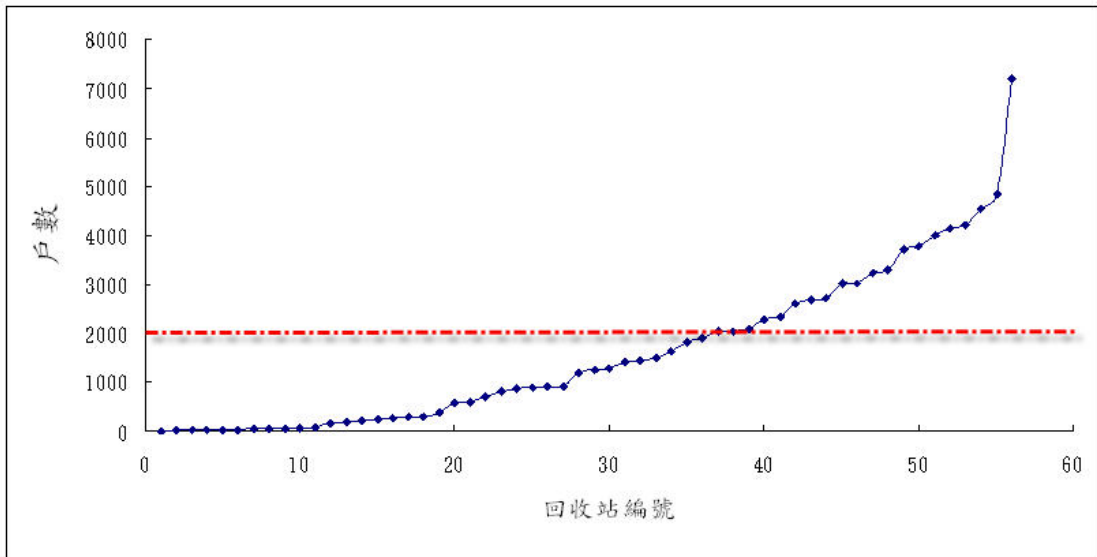


圖 21 一般資源回收站 B 級(350m 內)易達距離內之服務戶數

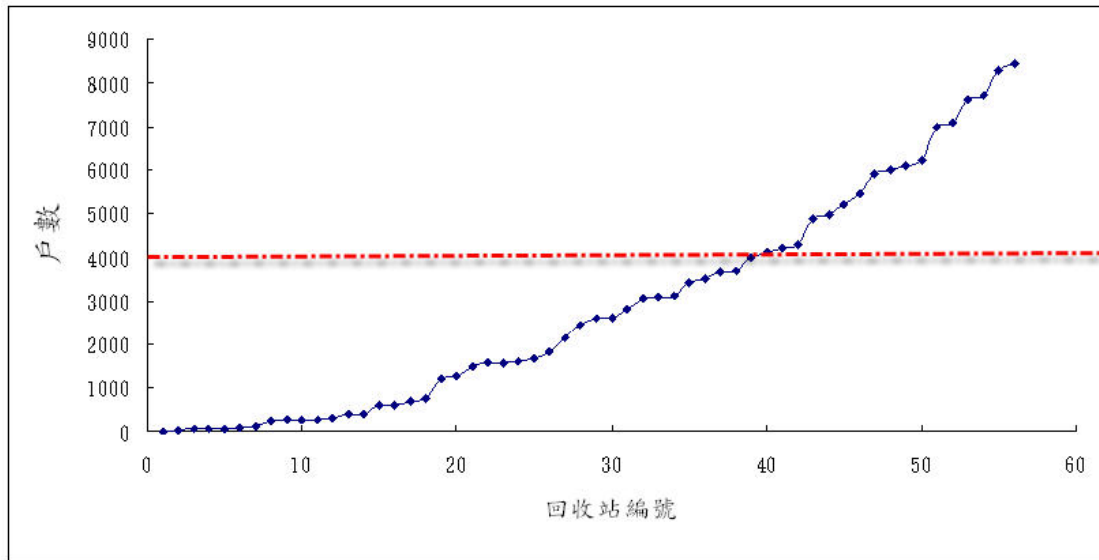


圖 22 一般資源回收站 C 級(500m 內)易達距離內之服務戶數





圖 23 廢容器資源回收點分布與 A/B/C 級易達區域圖



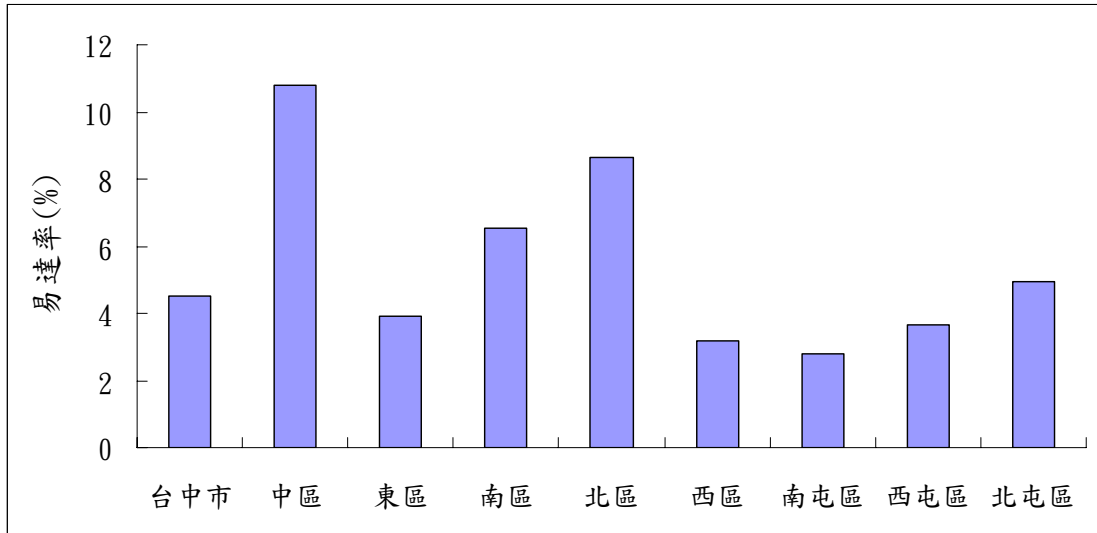


圖 24 台中市各區廢容器資源回收點 A 級易達率

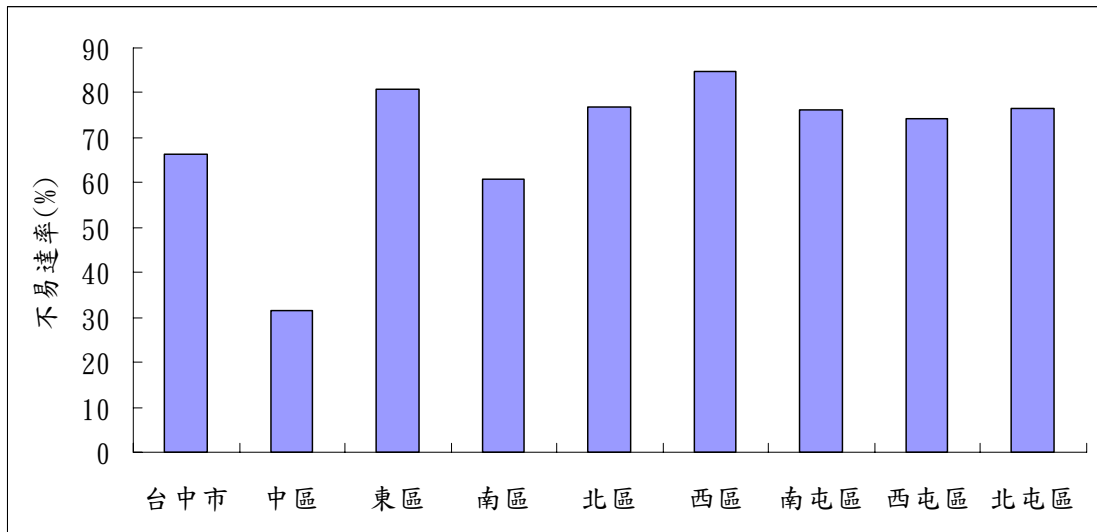


圖 25 台中市各區廢容器資源回收點不易達率

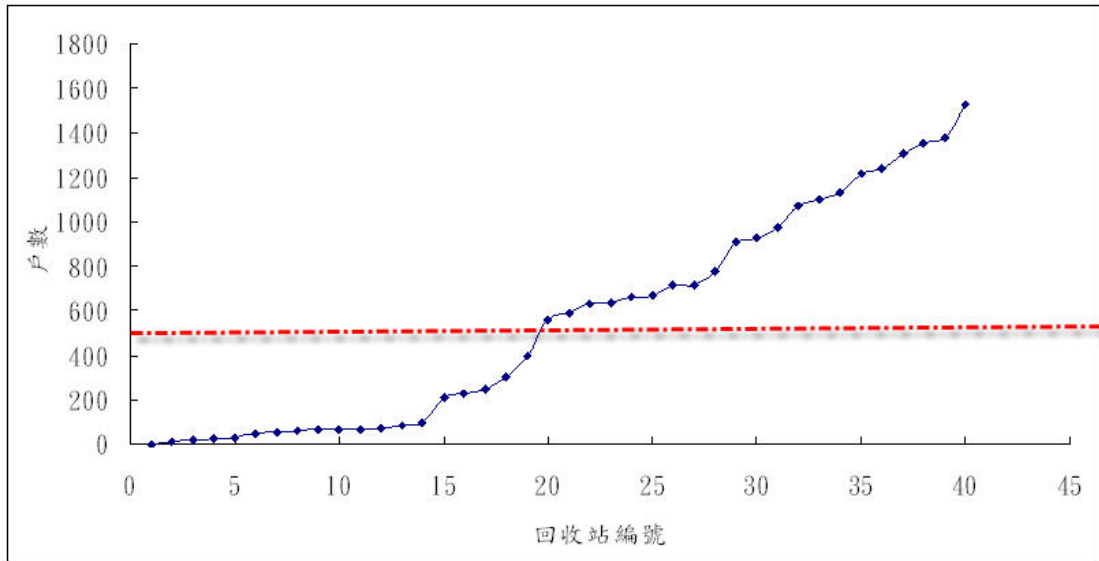


圖 26 廢容器資源回收點 A 級(175m 內)易達距離內之服務戶數

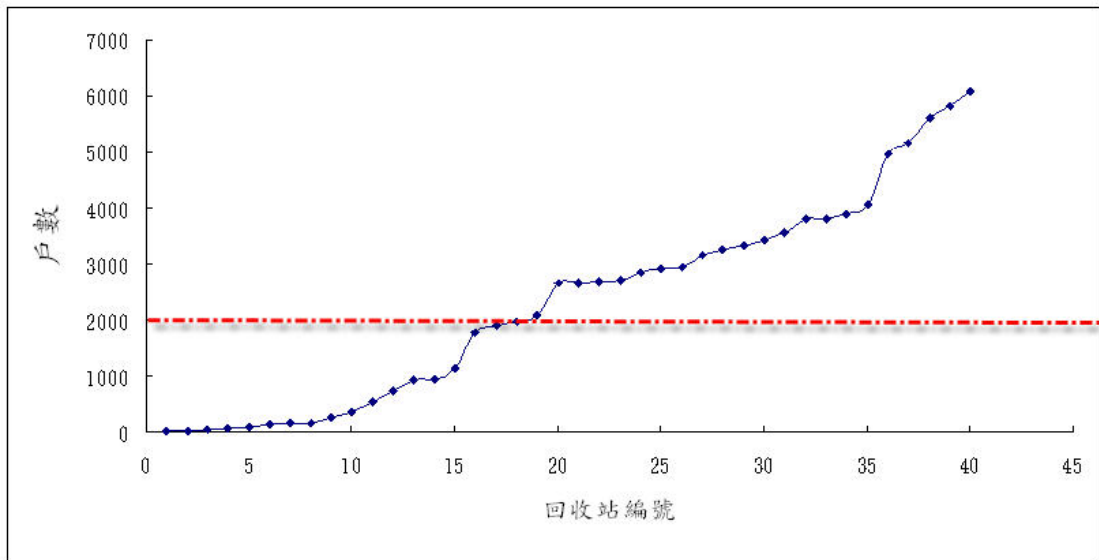


圖 27 廢容器資源回收點 B 級(350m 內)易達距離內之服務戶數

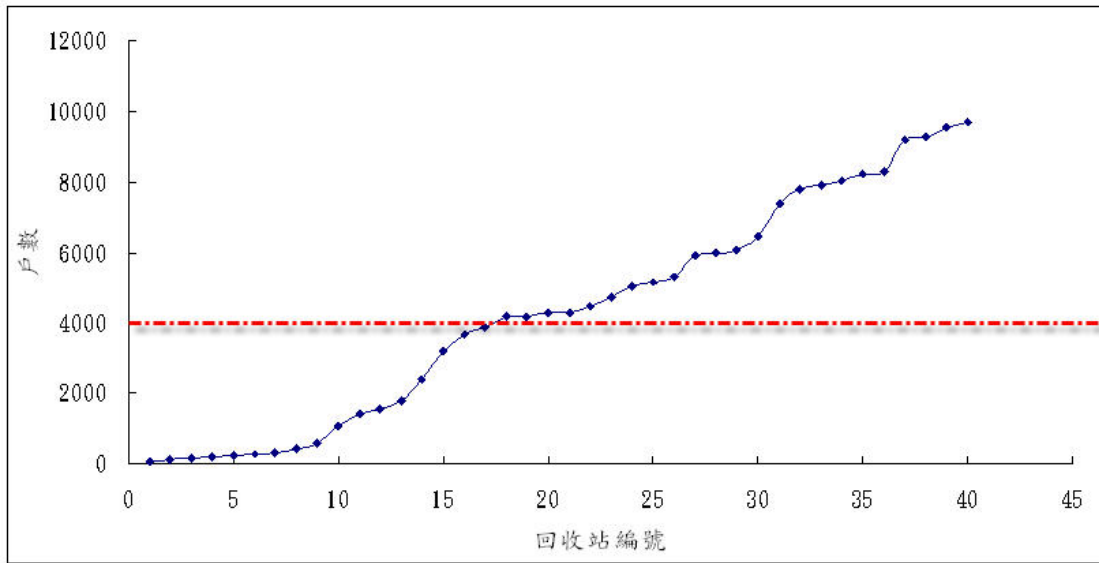


圖 28 廢容器資源回收點 C 級(500m 內)易達距離內之服務戶數





圖 29 廢乾電池資源回收點分佈與 A/B/C 易達區域圖

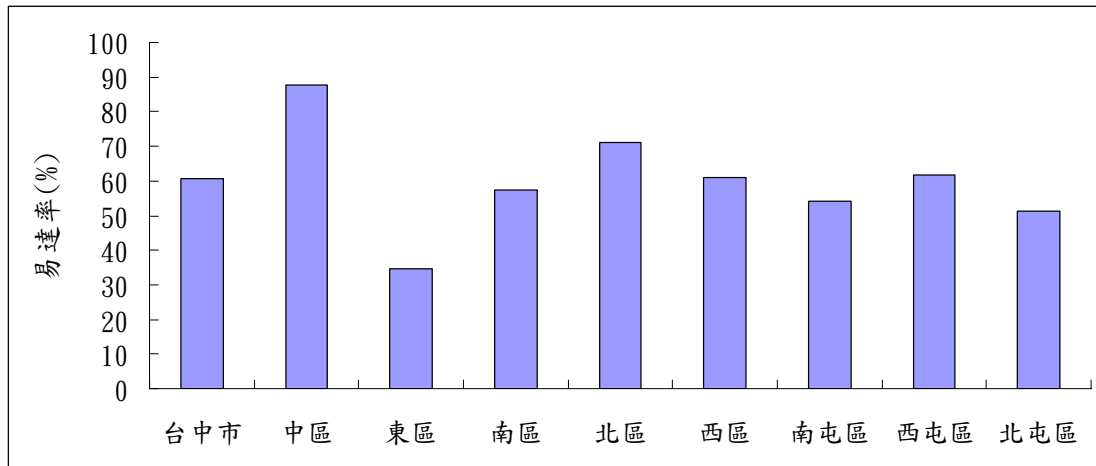


圖 30 台中市各區廢乾電池資源回收點 A 級易達率

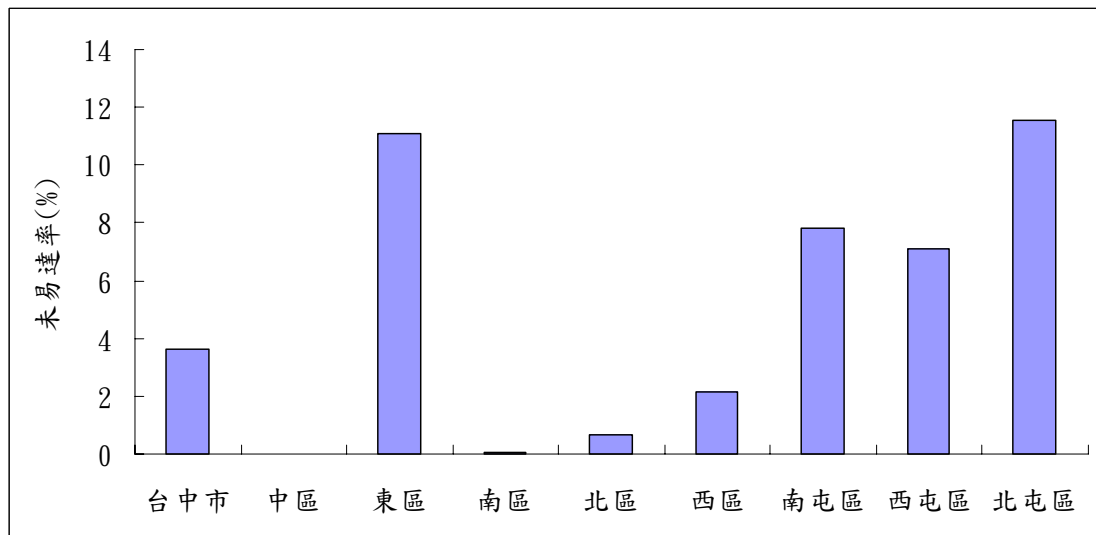


圖 31 台中市各區廢乾電池資源回收點不易達率

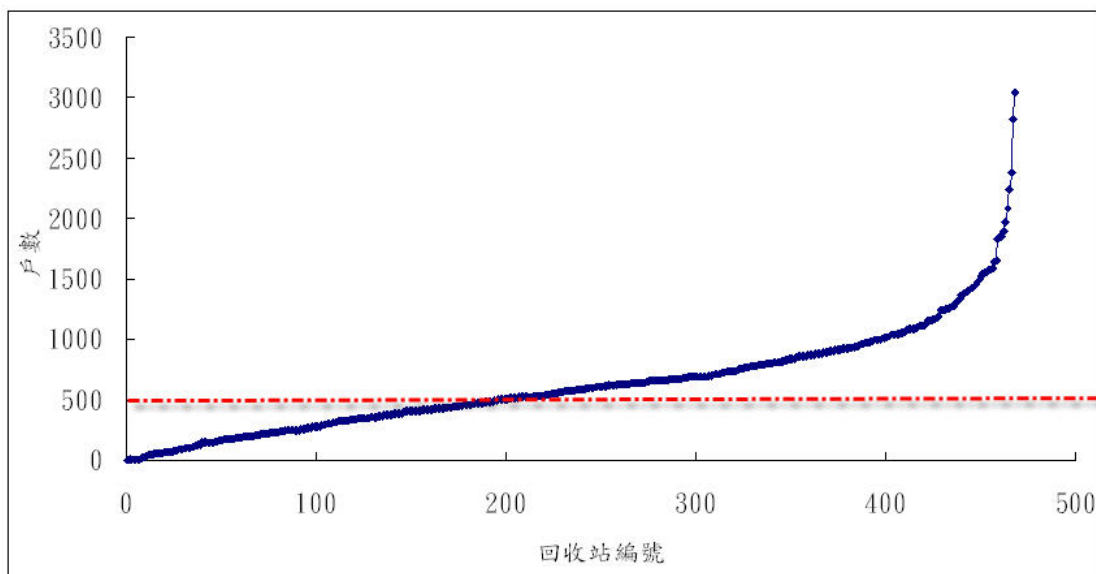


圖 32 廢乾電池資源回收點 A 級(175m 內)易達距離內之服務戶數

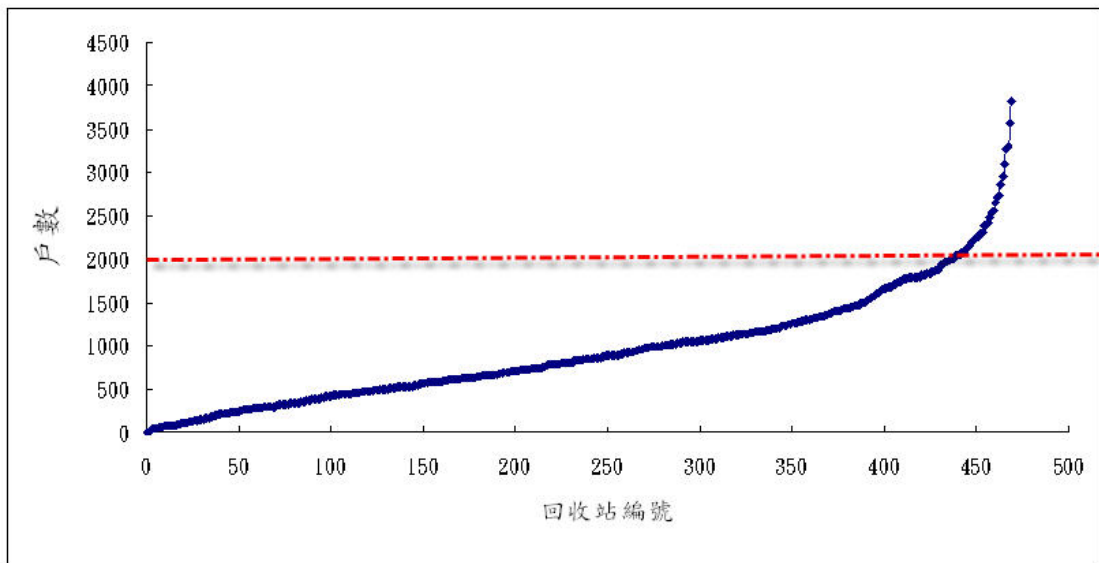


圖 33 廢乾電池資源回收點 B 級(350m 內)易達距離內之服務戶數

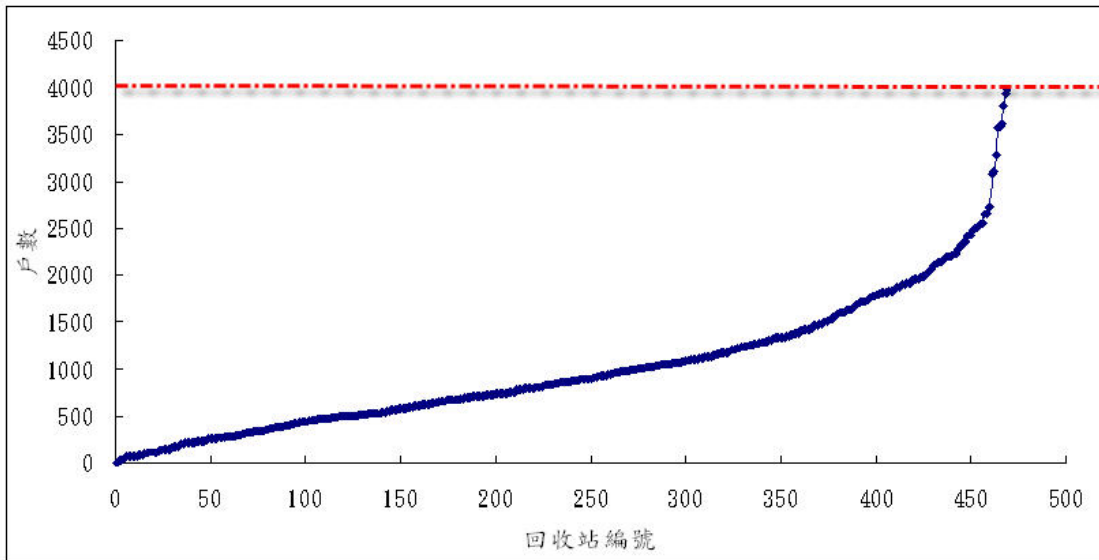


圖 34 廢乾電池資源回收點 C 級(500m 內)易達距離內之服務戶數

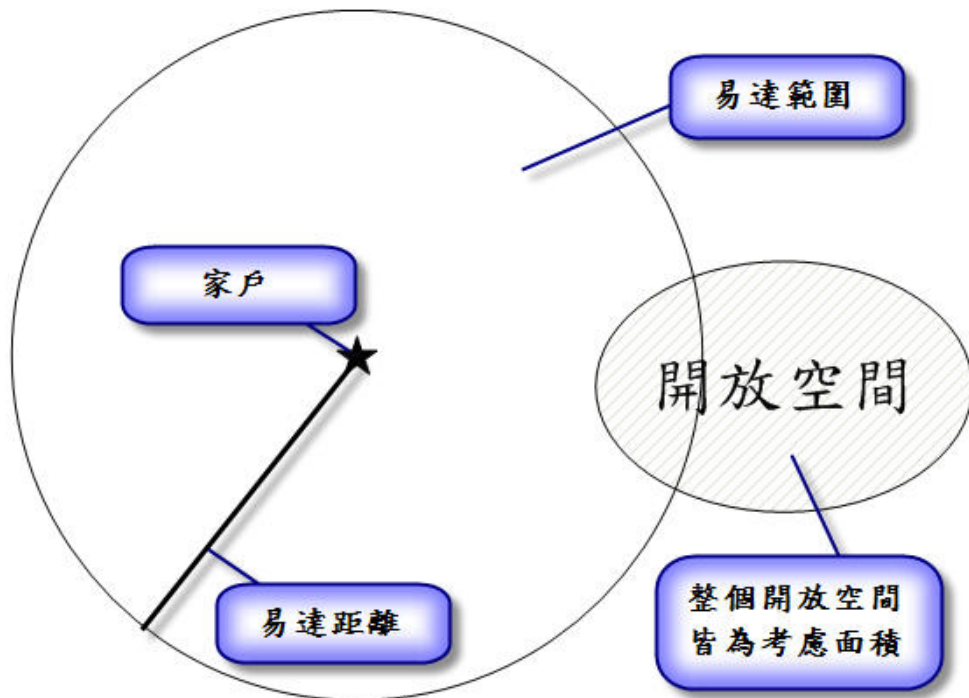


圖 35 易達面積方法--示意圖

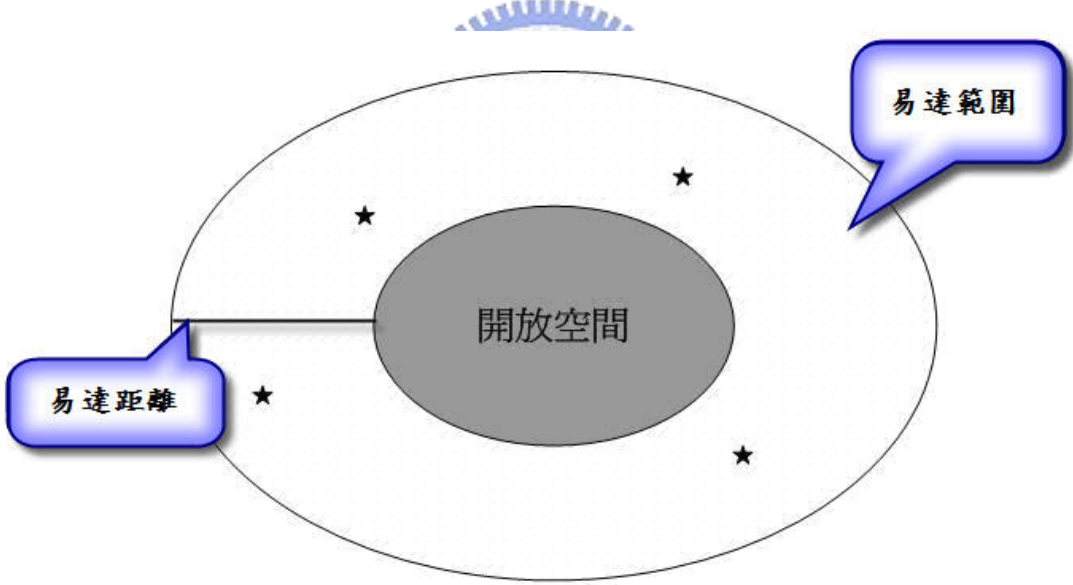


圖 36 開放空間-單一開放空間服務戶數計算方式

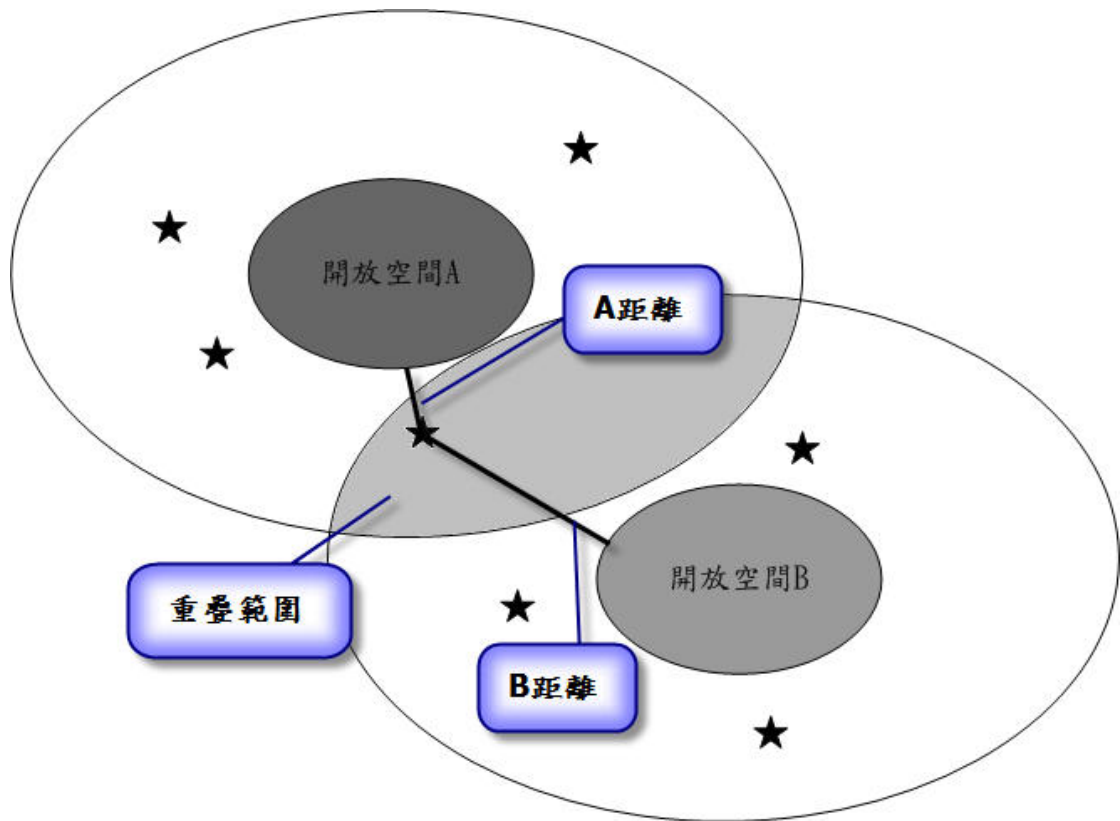


圖 37 開放空間-重疊開放空間服務戶數計算方式



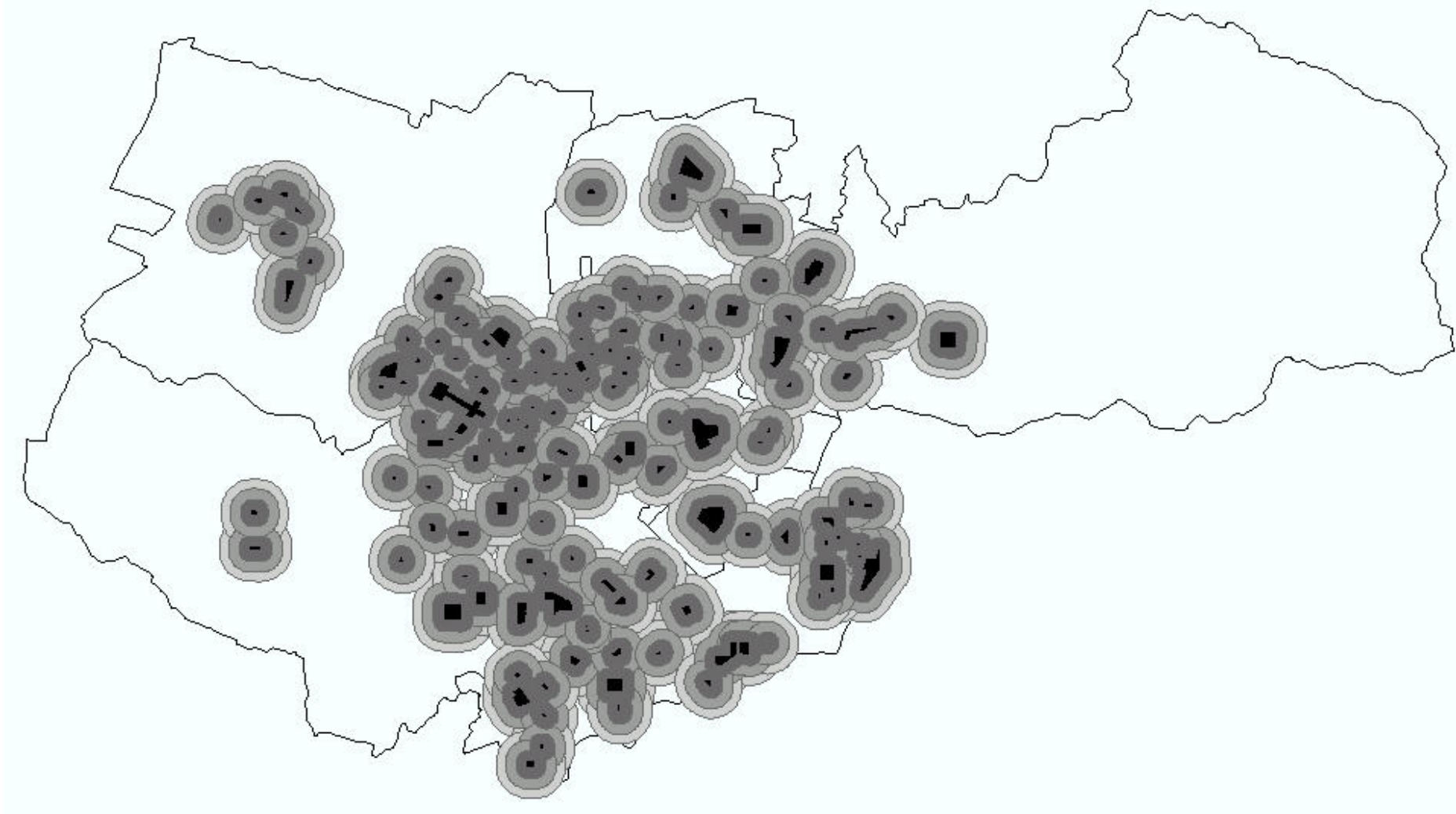


圖 38 台中市開放空間分布與 A/B/C 級易達區域圖

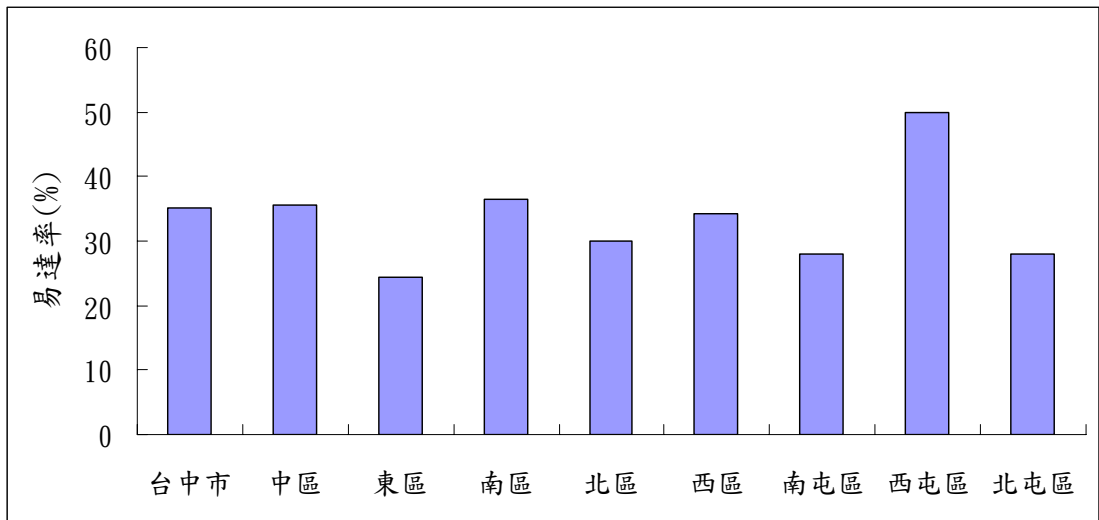


圖 39 台中市各區開放空間 A 級易達率

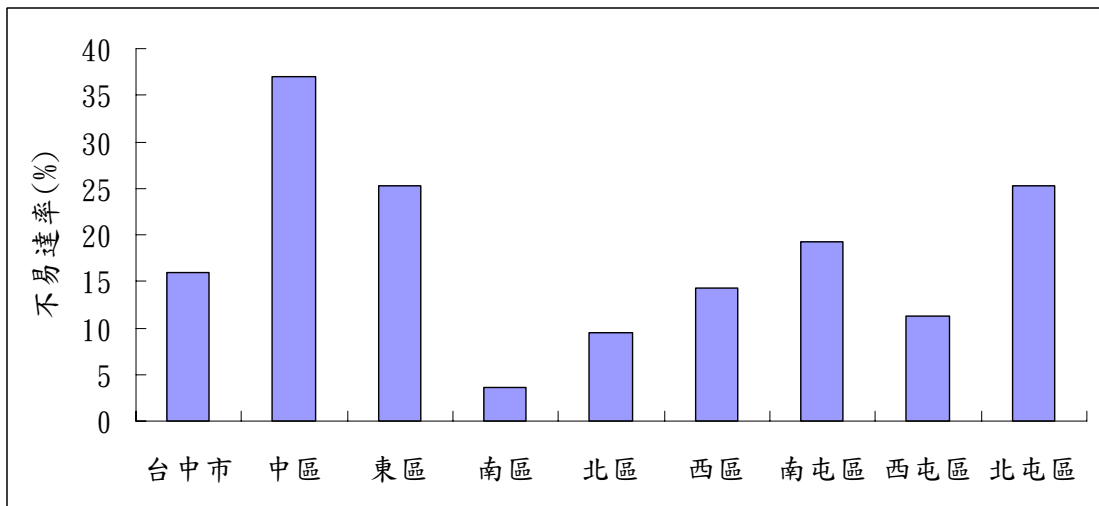


圖 40 台中市各區開放空間不易達率

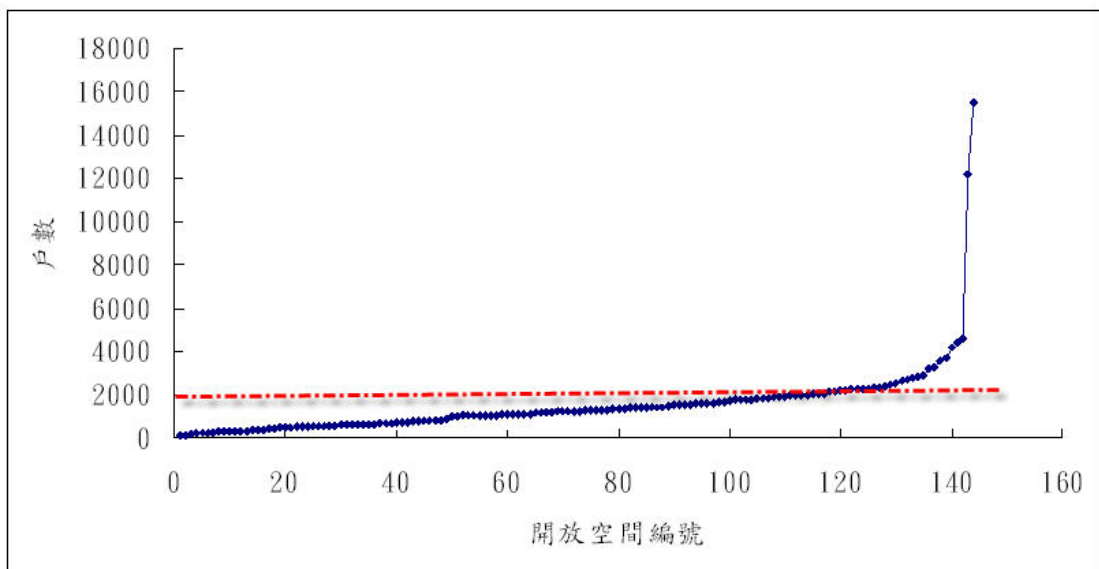


圖 41 開放空間 A 級(175m 內)易達距離內之服務戶數

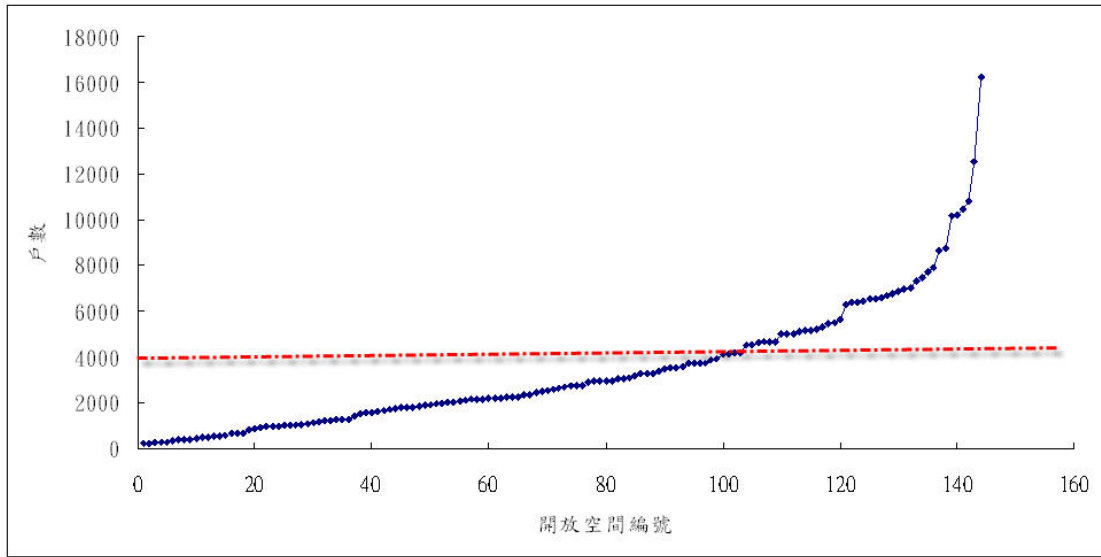


圖 42 開放空間 B 級(350m 內)易達距離內之服務戶數

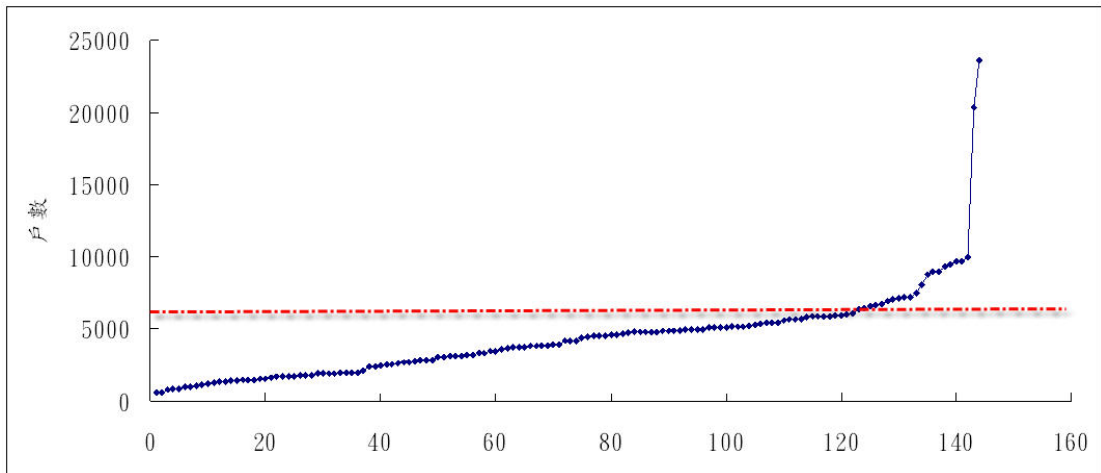


圖 43 開放空間 C 級(500m 內)易達距離內之服務戶數

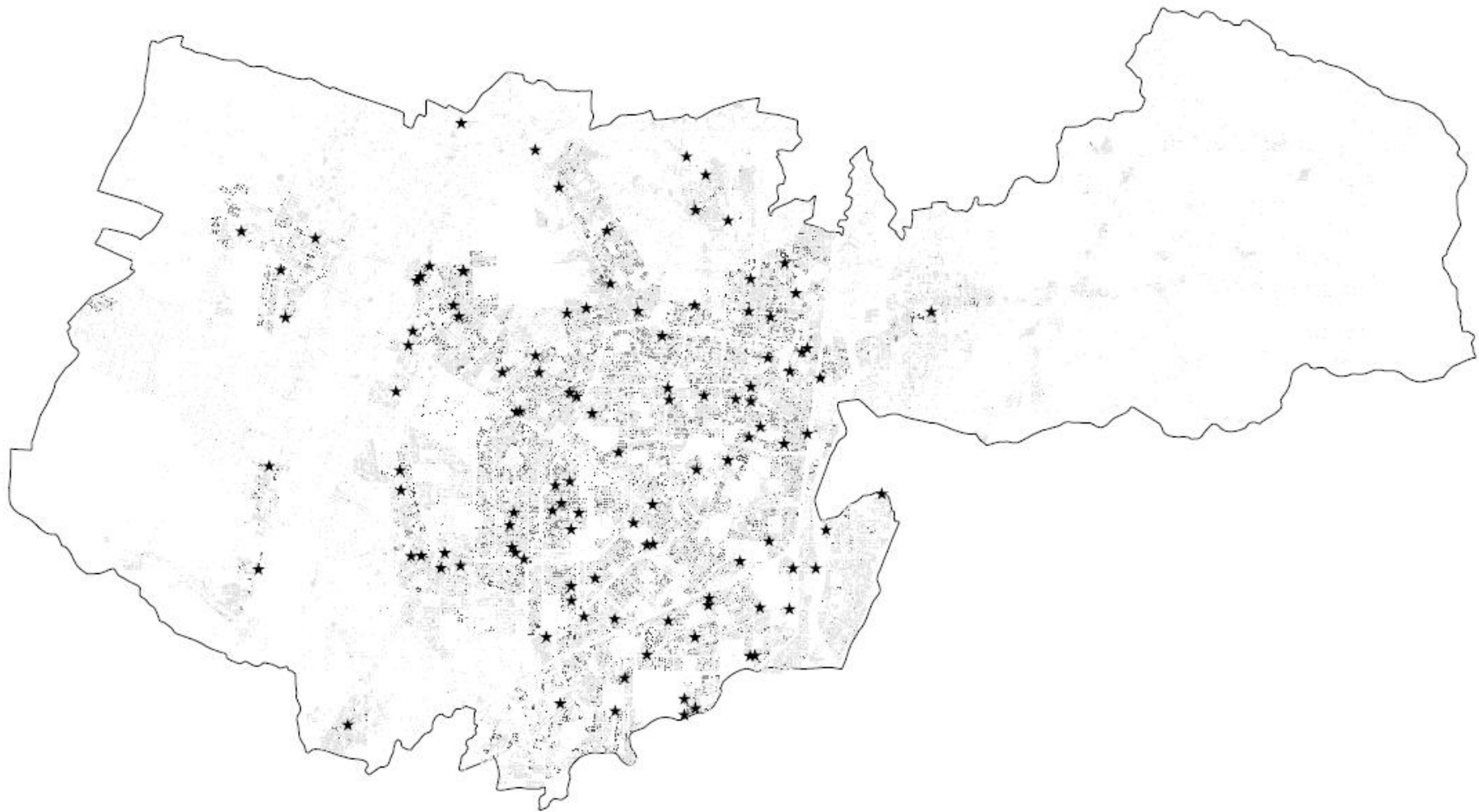


圖 44 台中市機車定檢站分佈圖
資料來源：台中市環保局(2007)



圖 45 台中市機車定檢站易達區域

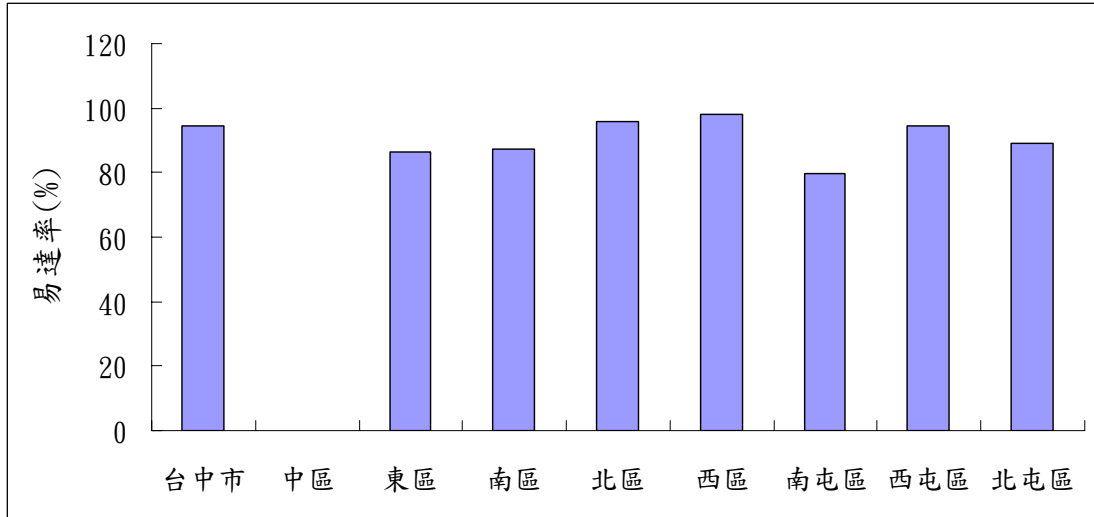


圖 46 台中市各區機車定檢站 A 級易達率

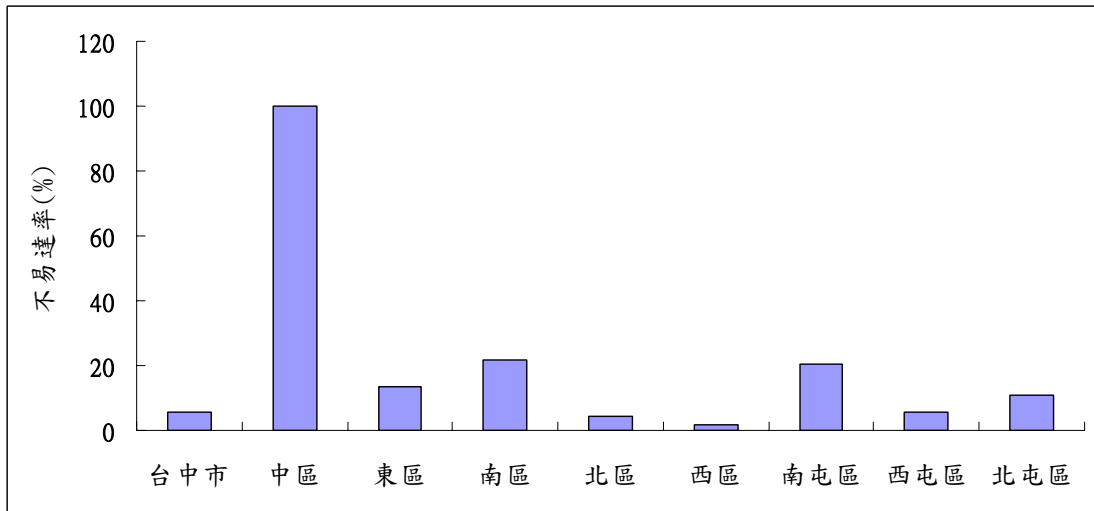


圖 47 台中市各區機車定檢站不易達率

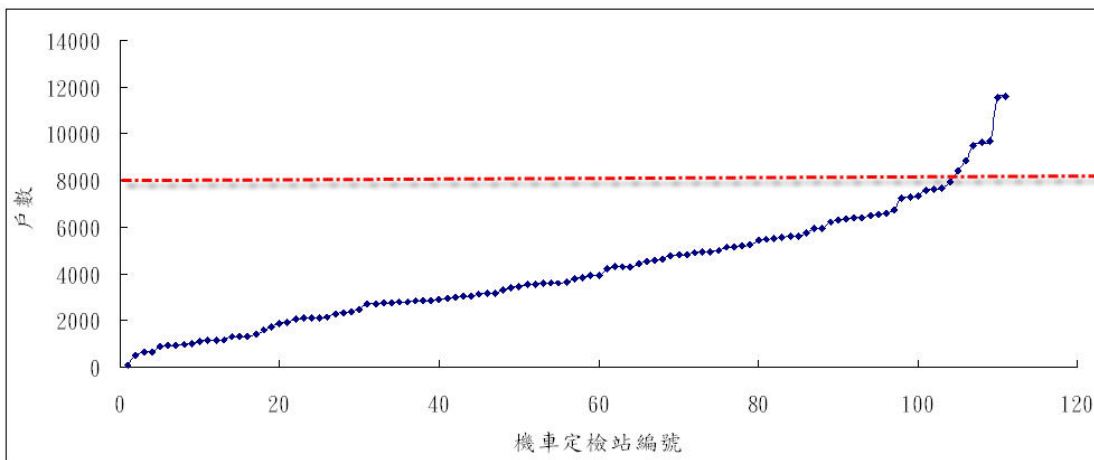


圖 48 機車定檢站易達距離(800m)內之服務戶數

第五章 環能設施空間鄰避潛勢指標

鄰避現象(NIMBY, not-in-my-back-yard)是指地方民眾以自利的訴求，反對有健康、污染或其他威脅的設施座落於居家鄰近地區(O'Looney, 1995)。唯現有的鄰避相關文獻大多偏重於討論民眾對於鄰避性設施之反抗行為與政府回應狀況(湯, 1999；譚等, 2005)，並未針對鄰避潛勢訂定評估指標，且並未依照鄰避性環能設施之特性訂定潛在影響區域，故本研究針對環境相關的鄰避設施，並依照法規與鄰避設施相關文獻與報告，訂定潛在影響區域，並配合人口分佈資料，推估受到影響的人口數量及強度，並依此建立空間鄰避潛勢指標，以瞭解鄰避性設施對於民眾潛在的影響，且據以評估鄰避性設施位置的合適度及可作為設施選址或設施移除優先順序的重要依據。雖然環能設施亦有鄰避效應，如掩埋場、焚化爐等，但均為單一場址，指標計算較單純，本研究主要選擇分佈較廣的環能設施變電所及高壓輸電線為示範案例，但所建立的鄰避潛勢指標計算方法亦可適用於其他環能設施及其他有鄰避性問題的設施(如手機基地台)。以下數節，首先介紹環能設施影響區域之訂定方法；接著介紹鄰避潛勢指標的計算方式；最後針對案例區的環能設施對民眾的鄰避潛勢進行討論與分析。

5.1 環能設施影響區域之訂定

本研究主要以環能設施中的變電所及高壓輸電線為研究對象，這二種設施是屬常會引起周遭民眾強烈注意之鄰避性設施。目前已有多篇文獻指出，變電所與高壓輸電線產生之極低頻電磁場，可能會對人體健康造成影響(WHO, 1996；IARC, 2001)。但由於為了維持供電品質，避免用戶有電壓下降的問題，變電所會儘可能建置在用電多的地方，或用電量需求較大的地方(環保署, 2007)，例如工業區或人口集中處；而高壓輸電線為傳遞電能，亦分散在變電所附近。故本研究針對變電所與高壓電纜來訂定空間鄰避潛勢指標。

為建立變電所與高壓輸電線的空間鄰避潛勢指標，本研究依據國內外法規與相關文獻，定義鄰避設施之潛在影響區域。由表 4 可知，以往的研究對於變電所與高壓輸電線的影響距離，有相當多的建議，由表 5 亦可知道，不少國家已訂定變電所與高壓輸電線應該遠離住戶或學校的距離。基於完整考量會受到影響的民眾，故文獻中最短與最大的影響距離，皆納入考量。如圖 49 所示，本研究將變電所的影響區域分為 A/B/C 三級，A 級為影響距離為 50 公尺的部份，此部份為受到電磁波影響最多的地方，亦是加州法規所規定學校須遠提高壓電塔與電纜的最近距離；B 級為影響距離 100 公尺的地方，此影響距離是一般認為高壓輸電線所產生之電磁場對於民眾的影響距離；C 級為影響距離為 300 公尺的部分，一般研究認為變電所之電磁波會在 300 公尺以外降低到背景值。故本研究將針對這三個影響距離，並依據文獻資料訂定不同的影響程度，評估變電所對於週遭的民眾的影響。



5.2 環能設施鄰避潛勢指標

為了評估變電所與高壓輸電線對於民眾所造成的影響，本研究利用變電所與高壓輸電線的分佈狀況，配合人口分布資料，並以自行撰寫的 PHP 程式為主，ArcGIS 為輔計算變電所與高壓輸電線的鄰避潛勢指標，包含：

- (1) 潛在影響當量數；
- (2) 潛在影響率，以下將針對這兩個指標進行說明。

(1) 潛在影響當量數

為了解變電所與高壓輸電線對民眾的影響程度，建立影響人口數指標。計算公式如下：

潛在影響人口數 = 各級影響區域內人口數

潛在影響當量數 = A 級潛在影響人口數 * 75% + B 級潛在影響人口數 * 58% + C 級潛在影響人口數 * 38%

A 級影響區域：離環能設施 50 公尺以內的區域。

B 級影響區域：離環能設施 50 公尺至 100 公尺內的區域。

C 級影響區域：離環能設施 100 公尺至 300 公尺內的區域。

由圖 49(a)所示，本研究針對每一個變電所分別界定半徑 50 公尺、100 公尺與 300 公尺的圓型影響區域，並參考 Forssen et al. (2002)所提出之數據：50 公尺內平均每個民眾受變電所電磁波的影響佔一天所受到電磁波總量的 75%；50 公尺至 100 公尺的區域則佔 58%；100 公尺至 300 公尺的區域則佔 38%。例如，A 變電所在 50 公尺的影響距離內影響到 100 位民眾，在本研究則認定實際上受到影響的潛在影響當量數為 75 人。此方法亦應用於計算高壓輸電線的鄰避潛勢指標，唯其如圖 49(b)所示，各級影響區域為矩形區域。

(2) 潛在影響率

為考慮變電所與高壓輸電線的分佈是否合理，故計算各分區所有的變電所與高壓輸電線的影響率，計算方式為受變電所與高壓輸電線影響的潛在影響當量數與地方總人口數的比值，計算方式如下：

$$\text{潛在影響率} = \text{潛在影響當量數} / \text{總人口} * 100\%$$

若變電所與高壓輸電線的分佈靠近民眾數量較多的地方，則潛在影響率就會提高，亦說明了變電所與高壓輸電線的分佈並不恰當。

5.3 案例分析

以下依據台中市變電所與高壓輸電線的分佈狀況與台中市的人口分佈資料，除了示範如何建立本研究所建議的空間鄰避潛勢指標，並藉此分析台中市的變電所與高壓輸電線對於民眾造成潛在風險的狀況。

5.3.1. 案例區介紹

台中市現有 25 個變電所(環保署, 2007)與數十條高壓輸電線, 如圖 50 與圖 51 所示為其分佈狀況。由這二個圖可知, 除了少數幾個位在工業區, 對民眾的影響較少, 變電所大多分佈於市區人口較多的地方, 高壓輸電線的分佈狀況則較為平均, 但仍有高壓輸電線位在人口較多的區域, 由此可知, 變電所與高壓輸電線對民眾所造成的鄰避潛在影響值得重視及分析, 以下示範依前述章節所建議的指標建立方法求取台中市變電所及高壓輸電線鄰避潛勢指標, 並依所得結果分析變電所與高壓輸電線對民眾造成的鄰避潛勢, 亦分析變電所與高壓輸電線的分佈的適宜性。

5.3.2. 結果與討論

圖 52 與圖 53 分別為變電所與高壓輸電線的鄰避潛勢影響區域圖, 由這兩張圖可知, 有相當數量民眾受到變電所與高壓輸電線的影響。表 28 所列为變電所在不同等級的影響區域內所影響的人口數與潛在影響當量數, 台中市變電所的總潛在影響當量數為 55,524 人。表 29 所列为不同變電所的潛在影響當量數, 圖 54 所示為台中市單一變電所潛在影響當量數分布圖, 可得知台中市有 8 個變電所的潛在影響當量數大於 3000 人, 尤其以英才變電所與豐樂變電所的潛在影響當量數分別為 4,501 人與 4,609 人最高。表 30 所列为高壓輸電線在不同鄰避潛勢等級影響區域內所影響的人口數與其總潛在影響當量數, 總潛在影響當量數為 325,770 人。表 31 所列为鄰避潛勢潛在影響率, 台中市變電所的鄰避潛勢潛在影響率為 5.31%, 高壓輸電線的鄰避潛勢潛在影響率則高達 31.13%。故以鄰避潛勢的觀點來看, 台中市民眾受變電所與高壓輸電線的鄰避潛勢影響約為 36.44%, 主要是由於變電所與高壓輸電線的分佈位置有不少在於人口集中的區域。如果要更動、新設或地下化變電所與高壓輸電線, 可以依本研究建立的鄰避潛勢指標來評估, 依潛在影響人口數、潛在影響當量數與潛在影響率來選擇位置, 降低受變電所與高壓輸電線低頻電磁波影響的人口數。

表 28 變電所鄰避潛勢影響區內的民眾數量

指標名稱	人數(人)
A級影響範圍內影響人數	4,836
B級影響範圍內影響人數	11,128
C級影響範圍內影響人數	103,624
總影響人口數	135,552
總影響當量人口數	55,524

表 29 各個變電所鄰避潛勢影響區域內的民眾數量

變電所名稱	潛在影響當量數	潛在影響人口數
中市 P/S 變電所	29	73
瑞峰 S/S 變電所	44	107
嶺東 S/S 變電所	49	124
國安 D/S 變電所	473	1,243
十甲 D/S 變電所	576	1,283
中東 S/S 變電所	906	2,235
中華 D/S 變電所	1,573	3,893
東海 S/S 變電所	1,720	4,297
中西 D/S 變電所	2,097	5,328
中南 S/S 變電所	2,165	5,174
工乙 D/S 變電所	2,212	5,411
昌平 D/S 變電所	2,247	5,755
工甲 D/S 變電所	2,341	5,663
台中 S/S 變電所	2,570	6,538
西屯 S/S 變電所	2,610	6,491
北屯 S/S 變電所	2,768	6,619
文心 D/S 變電所	2,779	6,656
南屯 D/S 變電所	3,005	7,336
自由 S/S 變電所	3,093	7,483
水湳 D/S 變電所	3,134	7,374
中區 S/S 變電所	3,254	7,804
黎明 D/S 變電所	3,357	8,151
忠明 D/S 變電所	3,412	8,037
英才 D/S 變電所	4,501	10,754
豐樂 D/S 變電所	4,609	11,722

表 30 高壓輸電線鄰避潛勢影響區域內的民眾數量

指標名稱	人數
A級影響範圍內影響人數	227,377
B級影響範圍內影響人數	18,415
C級影響範圍內影響人數	134,621
總潛在影響人口數	626,205
總潛在當量數	325,770

表 31 變電所與高壓輸電線之鄰避潛勢潛在影響率

設施	鄰避潛勢潛在影響率(%)
變電所	5.31
高壓輸電線	31.13
總計	36.44



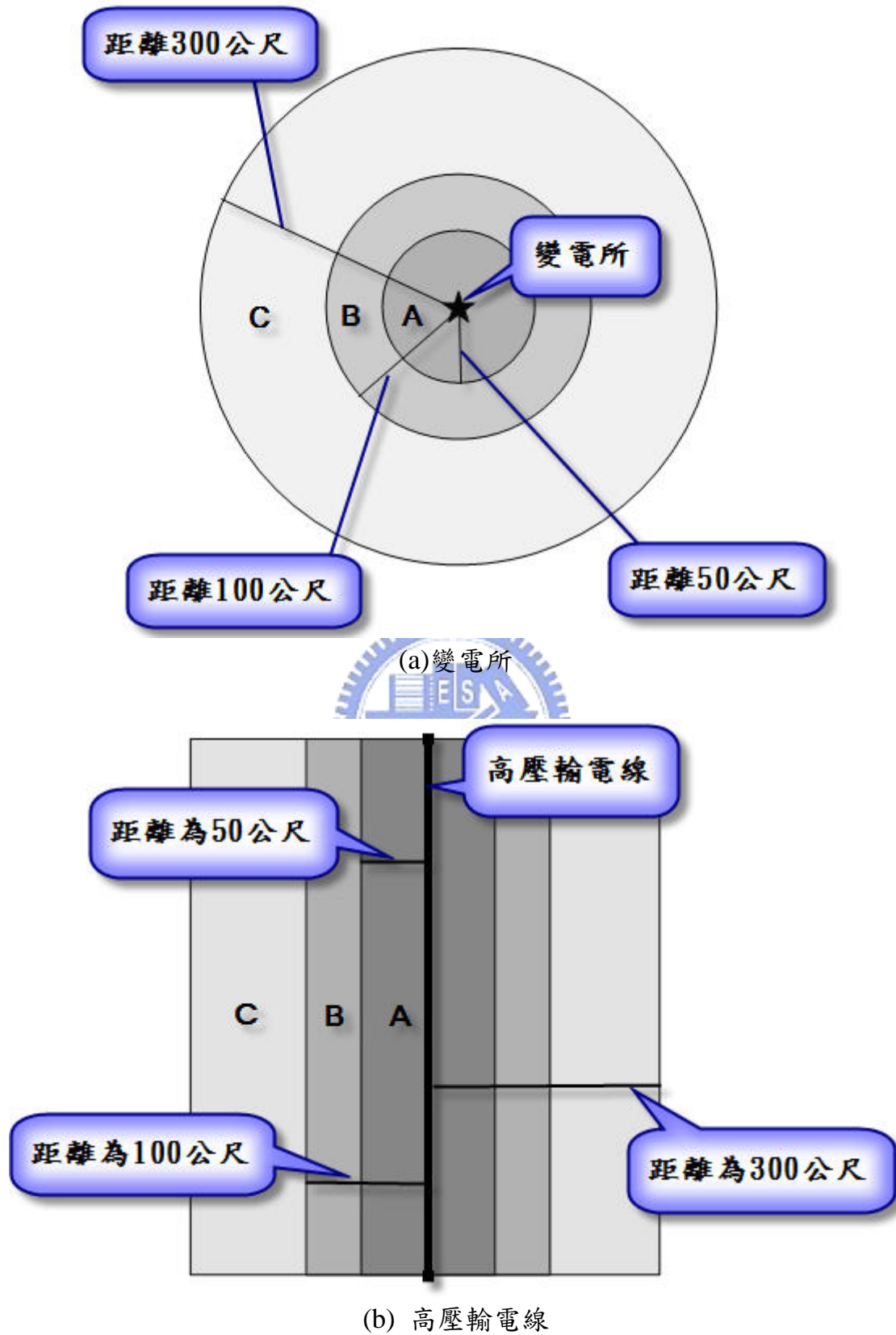


圖 49 (a) 變電所及(c)高壓輸電線各級影響範圍示意圖

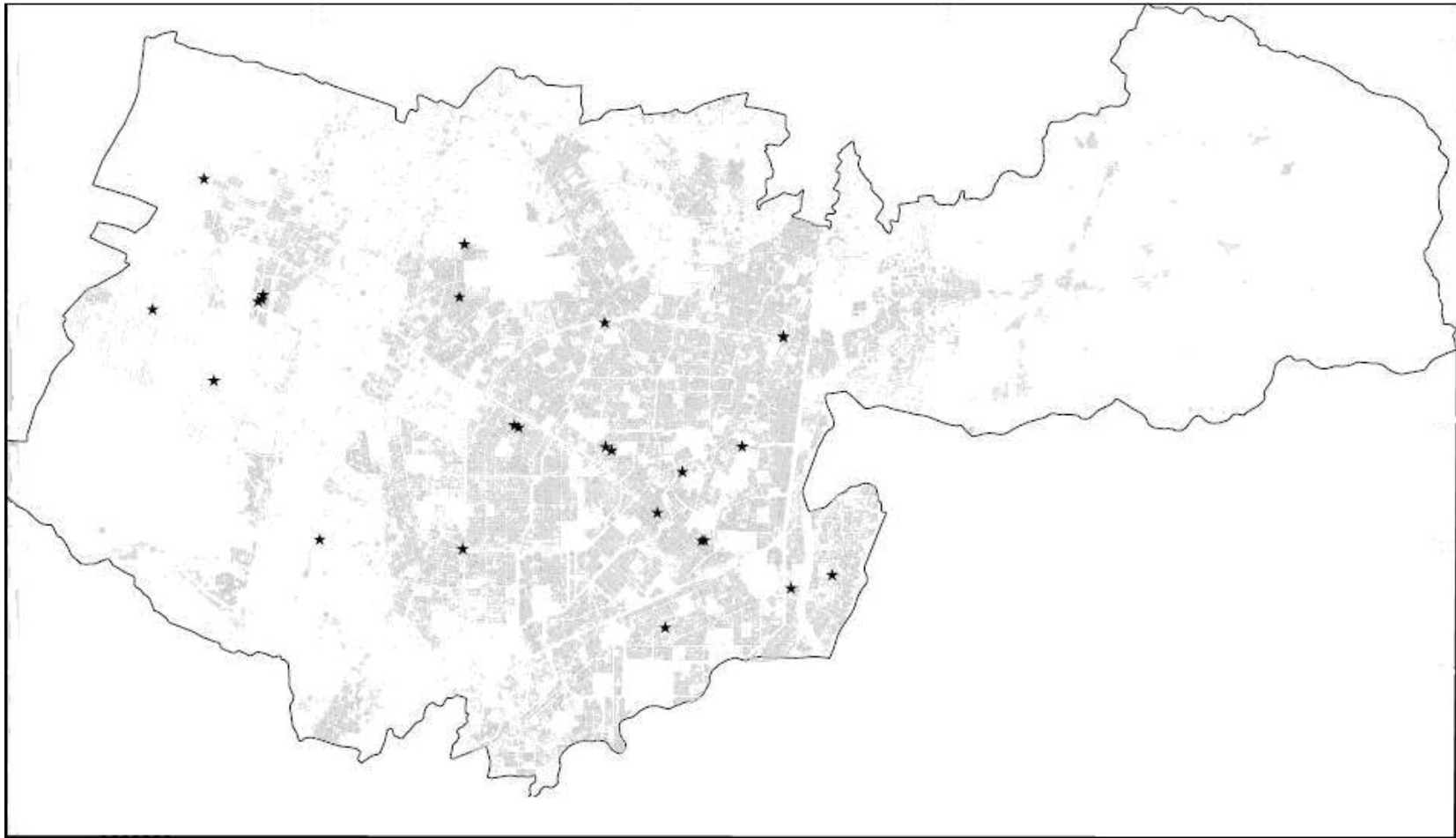


圖 50 台中市變電所分布圖

資料來源：非屬原子能游離輻射國地理資訊系統(200)



圖 51 台中市高壓輸電線分布圖



圖 52 台中市變電所鄰避潛勢影響區域圖

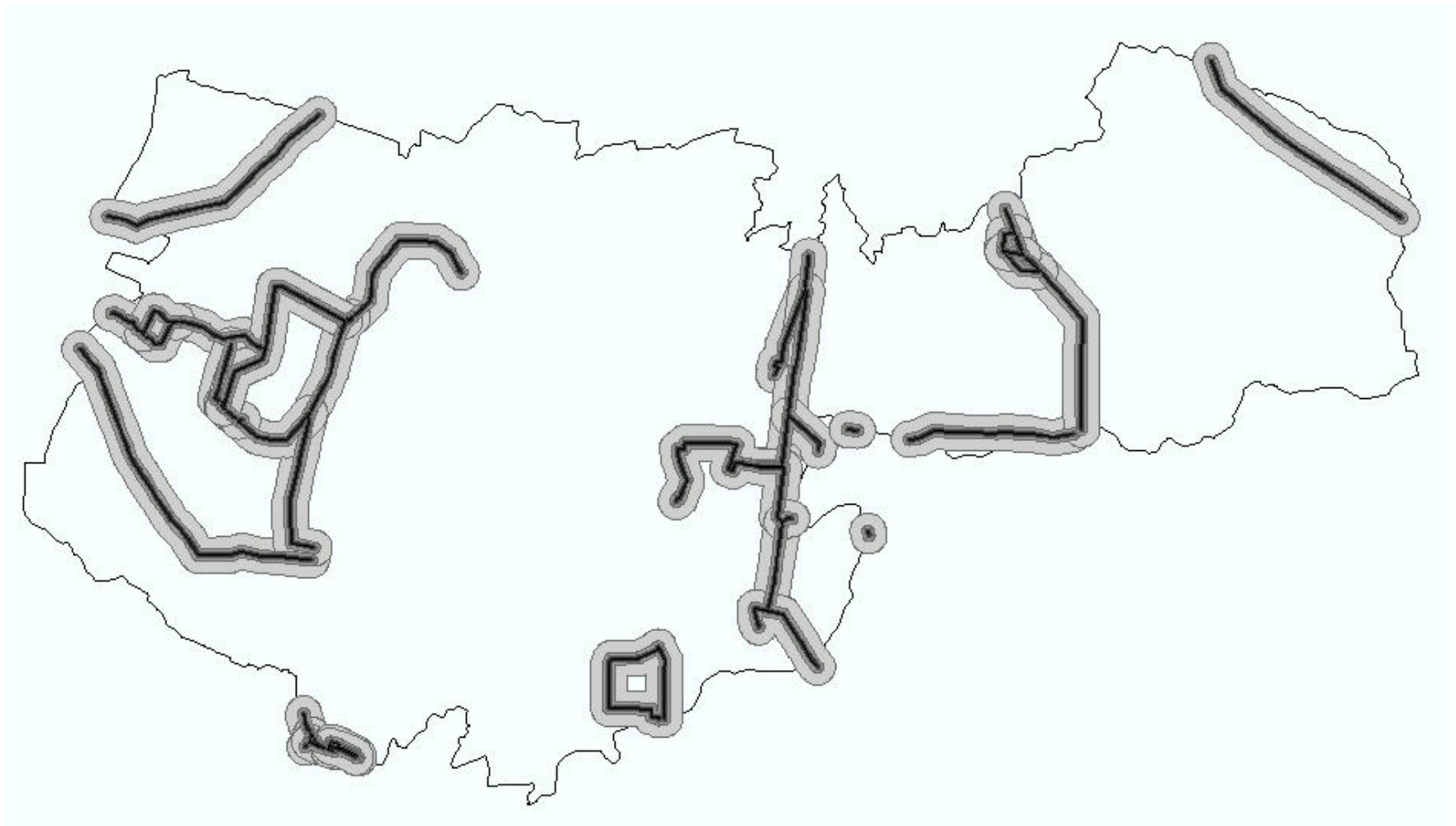


圖 53 台中市高壓輸電線鄰避潛勢影響區域圖

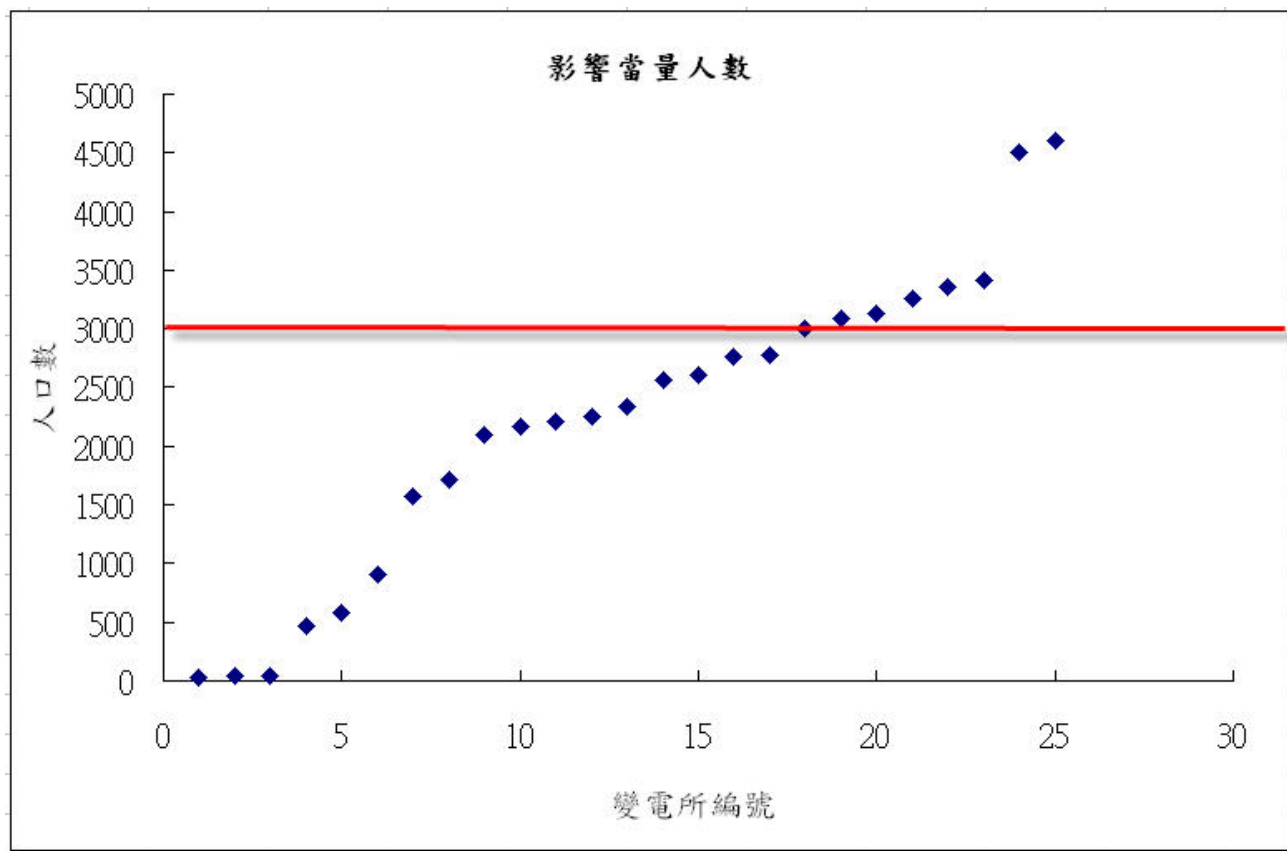


圖 54 台中市單一變電所影響當量人口數分布圖

第六章 結論與建議

環能設施與民眾生活息息相關，有必要建立指標評估其對周遭居民的影響。本研究因而建立空間健康風險指標、空間易達性指標與空間鄰避潛勢指標。本研究以台中市為案例示範建立所建議的空間性指標，且據以分析環能設施對於居民的影響。以下總結本研究的成果及說明重要結論，並建議可值得探討的方向及問題，以供後續研究參考。

6.1 結論

本研究主要成果是建立空間健康風險、空間易達性與空間鄰避潛勢等三個指標，且分別以台中市的環能設施示範所建立的指標，以下一一說明之。

1. 建立空間健康風險指標

此指標主要用以評估環能設施對於不同區域民眾所造成的健康風險，本研究以簡單且便於計算的方式來建立指標及用以評估台中市區及周遭大型環能設施所排放之污染物對於台中市各區民眾所造成的健康風險，且結合人口分布資料，以改善以往分析方式未能考慮人口分佈狀況的缺點。由此指標得知，單以致癌風險值與危害風險值來看，西屯區與南屯區的風險值較高，但是若考慮致癌與危害負荷值，則以人口較多的市區較高，評估健康風險因而有必要考量人口分布狀況，以免低估健康風險。

2. 建立空間易達性指標

此指標是用以評估民眾與環能設施之空間易達性，由於以往易達性相關研究建立易達距離時，大多未有明確方法且較為主觀，故本研究提出以步行速度與機車最低行駛速度來建立不同程度的易達距離，依一般人行速度 5、10 及 15 分鐘的易達距離分別為 175m、350m、500m，

機車的易達距離則訂為 800m，並據以建立此指標，該指標亦可用以評估環能設施空間分佈的適宜性，並評估民眾的易達性，作為新增環能設施數量與選址的重要依據。本研究並以台中市為案例，計算資源回收點、開放空間與機車定檢站與家戶間的距離，並據以評估環能設施的空間易達性。一般資源回收點依指標結果可以看出西區的 A 級易達率最低，西區的不易達率亦最高。廢容器資源回收點則以南屯區的 A 級易達率最低，西區的不易達率最高。廢乾電池資源回收點則以東區的 A 級易達率最低，北屯區的不易達率最高；開放空間則依指標結果可看出東區邊界處有必要新增公園綠地，以降低民眾之不易達率；而機車定檢站則宜在南區及南屯區增設，以減低這兩區的不易達率。

3. 建立空間鄰避潛勢指標

現有文獻中尚未見有關鄰避潛勢的指標，本研究因而建立此指標用以評估具鄰避性設施分佈狀況對於民眾潛在的空間性影響，主要是計算在鄰避潛勢影響範圍內的人口數。並應用此指標評估台中市的鄰避性設施，如變電所與高壓輸電線對於週遭民眾所造成的鄰避潛勢。此指標可提供地方政府計算鄰避性環能設施對民眾所造成的潛在影響，故以鄰避潛勢的觀點來看，台中市民眾受變電所與高壓輸電線的鄰避潛勢影響約為 36.44%。

6.2 建議

依據研究過程中所遭遇的問題與經驗，提出下列幾項建議，以供後續研究參考。

1. 人口分佈資料分析

由於台中市政府所提供的之門牌號碼住址數與真實的戶數有相當大的落差，可能是由於門牌號碼住址數包含工商業與空戶的門牌號碼，故所得到之住址數比真實戶數還要多。故建議應用此一人口分佈資料時，可

先參考工商業名冊，先行刪除工商業的門牌住址，以提高人口分佈資料的準確性。至於空戶，則目前沒有什麼好建議，或許可假設是平均分佈來處理。若是由更詳細的戶政資料來比對，唯這部分的資料，可能較難以取得。

2. 考量開放空間的選擇性

若民眾在相同的易達距離可抵達兩個大小或品質不一的開放空間，如可分別抵達 30 公頃的大型公園與 0.5 公頃的小型公園，民眾對與公園的選擇性必然會受公園大小所影響。可增加類似的因子來改善服務範圍的計算。

3. 考量道路距離

本研究的距離是採用直線距離計算，計算上較方便，但與真實的距離會有所差異，未來可考量以道路距離來計算，唯計算方式會較複雜。

4. 考量資源回收率

建議後續研究可考量資源回收率與易達性指標之間的差異性，藉此比較是否空間易達性與資源回收率之間是否有相對關係。

5. 考慮民眾對於有潛在鄰避性環能設施的生理與心理狀況

建議後續研究可以把民眾對於鄰避環能生理與心理狀況納入建立指標的考量。

6. 考量在不同時間的狀況

本研究著重於空間分佈上的考量，並未針對民眾在不同時間受到環能設施的影響狀況，故建議後續研究可以在時間性資料充足時，針對不同時間的影響狀況進行分析與討論。

7. 考量民眾對於新設環境設施的意願

有些環境設施，如一般資源回收點，由於會造成環境上的髒亂問題，且占地較廣，民眾不一定能接受在人口較多的地點建立，有必要在增設時納入考量民眾對於新設環境設施的意願。

參考文獻

台中市政府數位地圖館，民國九十六年。

<http://gishub.tccg.gov.tw/>

交通部運輸研究所，五千分之一數值地圖，民國九十三年。

江旭程等，「ISC 空氣品質模式使用手冊」，民國七十八年。

行政院環境保護署環境統計資料庫，民國九十四年。

<http://210.69.101.88/WEBSTATIS/webindex.htm>

吳紹禎，陳承昌，史天元，劉進金，「新竹市東區公園綠地探討」，第二十四屆測量學術及應用研討會，國立政治大學，台北，民國九十四年。

李中一，「執行非屬原子能游離輻射-電視、電磁爐、微波爐及電腦等產生電磁波之監測及標準量測方法之建立」，行政院環保署委託計畫報告，輔仁大學醫學院公共衛生系，民國九十一年。

李中一，「執行非屬原子能游離輻射—高壓輸電線、變電所或行動電話基地台鄰近學校產生電磁場之量測及其對學童健康評估」，行政院環保署委託計畫報告，輔仁大學醫學院公衛系，民國九十三年。

非屬原子能游離輻射國地理資訊系統，民國九十六年。

<http://ivy3.epa.gov.tw/NonIonized%5FNet/EME/link.aspx>

林輝銘，「從公共例一觀點探討非營利組織在都市發展中的角色與功能-以公園綠地為例」，逢甲大學建築及都市計劃所，民國九十三年。

林憲德，郭曉青，李魁鵬，陳子謙，陳冠廷，「台灣海岸型城市之都市熱島現象與改善對策解析—以台南、高雄及新竹為例」，民國九十年。

梁淑婷，「空氣品質與聚集污染物影響風險之玫瑰圖」，國立交通大學環境工程所，民國九十年。

葛維忠，「台灣高壓輸電線兩側居民電頻磁場暴露健康風險推估」，國立陽明大學環境衛生研究所，民國九十二年。

劉明全，「焚化廠排放空氣污染物之健康風險評估－以鹿草焚化廠為例」，

國立雲林科技大學環境與安全工程系，民國九十一年。

賴彥伶，台灣地區焚化爐排放戴奧辛之健康風險評估，國立台灣大學職業

醫學與工業衛生研究所工業衛生組，民國九十四年。

譚鴻仁，王俊隆，「鄰避與風險社會：新店安坑掩埋場設置之個案分析」，

地理研究 第 42 期，民國九十四年。

Anthony, M., Stetten, R.V., "The state of drop-off recycling.", Resource

Recycling, 20(5), pp.38-41, 2001.

Azari, M.R., Williams, F.M., Kirby, J., Kelly, P., Edward, J.W., Blain, P.G.,

"Effects of nitrogen oxides on natural killer cells in glass craftsmen and braziers", Occupational and Environmental Medicine, 53 pp. 248-251, 1996.

California Air Resources Board, HRA v2.0e, 2007.

<http://www.arb.ca.gov/toxics/hracp/hracp.htm>

Chein, H.M., Hsu, Y.D., Aggrwal, S.G., Chen, T.M., Hung, C.C., "Evaluation of arsenical emission from semiconductor and opto-electronics facilities in Hsinchu, Taiwan", 2005.

De Ridder, K., Adamec, V., Banuelos, A., Bruse, M., Burger, M., Bamsgaard, O., Dufek, J., Hirsch, J., Lefebvre, F., Perez-Lacorzana, J.M., Thierry, A., Weber, C., "An integrated methodology to assess the benefits of urban green space", Science of the total environment, 334, pp.489-497, 2004.

Forsen U.M., Alblom A., Feyching M., "Relative contribution of residential and occupational magnetic field exposure over 24 hours among people living close to and far from a power line", Bioelectromagnetics, 23, pp. 239-244, 2002.

Josep, F. L., Diane B. L. “Health and environmental risk analysis fundamentals with applications”, Prentice Hill PTR, Upper Saddle River, New Jersey, 1998.

Jammes, Y., Delpierre, S., Delvolgo, M.J., Humbert-Tena, C., Bumet, H., “Long-term exposure of adults to outdoor air pollution is associated with increased airway obstruction and higher prevalence of bronchial hyperresponsiveness”, Archives of environmental health, 53(6), pp. 372-377, 1998.

Kao, J. J., and Lin, T. I., “Shortest service location model for planning waste pickup locations.”, Journal of the air & waste management association, 52(5), pp. 585-592, 2002.

Mcelroy, J. L., Behar, J. V., Meyers, T. C., and Liu, M. K., “Methodology for Designing Air Quality Monitoring Networks: Application to Las Vegas, Nevada, For carbon Monoxide.”, Environmental monitoring and assessment, 6, pp.13-34, 1986.

Misner, M., “Prime location is key to drop-off success.”, Waste age, 21(10), pp. 94-95, 1990.

Nicholls, S. ,”Measuring the accessibility and equity of public parks: a case study using GIS. ”, Managing Leisure, 6, pp. 200-219, 2001.

Noll, K. E. and Mitsutomi, S., “Design methodology for optimum dosage air monitoring site selecton.”, Atmospheric environment, 17(12), pp. 2583-2590, 1983.

Smoyer-Tomic, K.E., Hewko, J.N., Hodgson, M.J., ”Spatial accessibility and equity of playgrounds in Edmonton, Canada” Canadian geographer, 48(3), 2004.

Talen, E., Anselin L., “Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility of public playgrounds”, Environment and planning A, 30, pp.595-613, 1998.

USEPA, “Integrated Risk Information System”, 2007.

<http://www.epa.gov/iris/>

USEPA, THERdbASE v1.2, 2007.

<http://www.epa.gov/nerlesdl/therd/therd-home.htm>

