

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

臺北都會區都市發展模式之研究(II)

計畫編號：NSC 91-2621-Z-002-018

執行期間：民國 91 年 8 月至民國 92 年 7 月

計畫主持人：林峰田 教授

研究員：林士弘、林佩憺

處理方式：☒可立即對外提供參考

☐一年後可對外提供參考

☐兩年後可對外提供參考

(必要時，本會得展延發表時限。)

執行單位：國立臺灣大學建築與城鄉研究所

中華民國九十二年十月三十一日

目錄

目錄.....	A
圖目錄.....	C
表目錄.....	E
第一章 緒論.....	1
1-1 研究背景	1
1-2 研究動機	1
1-3 研究目的	2
1-4 研究方法	3
1-5 研究時程規劃與執行進度	4
第二章 文獻回顧.....	5
2-1 宮格自動機理論	5
2-2 國內相關文獻	5
2-3 國外相關文獻	6
第三章 模型架構.....	12
3-1 模型理論	12
3-2 模型設計	14
3-2.1 分析範圍	14
3-2.2 轉移函數	14
3-2.3 鄰近的定義	15
3-2.4 參數設定	15
第四章 基礎資料.....	17
4-1 基礎資料說明	17
4.1.1 UrbanSim 之基礎資料	18
4.1.2 本研究之基礎資料.....	22
4-2 資料分析說明	22
4-2.1 資料分析工具	22
4-2.2 網格式資料	23
4-2.3 資料網格化處理	26
4-2.4 向量式近鄰分析	27
4-2.5 網格式近鄰分析	28
4-3 人口資料分析	29
4-3.1 人口分派	29
4-3.2 人口成長上限	33
4-3.3 人口成長預測	34
4-4 影響因子	34
4-4.1 土地使用現況	34
4-4.2 道路系統	35
4-5 防災相關資料	38
4-5.1 淹水潛勢	38
4-5.2 土石流	39
4-5.3 斷層線與地震資料	40
4-6 分區轉移函數	41

第五章 模擬結果.....	45
5-1 模擬一	45
5-2 模擬二	47
5-3 模擬三	53
5-4 模擬四	59
第六章 結論與建議.....	61
參考文獻.....	62
附錄.....	I

圖目錄

圖 1-1 系統雛型建構法	3
圖 1-2 執行進度甘特圖	4
圖 3-1 系統架構圖	13
圖 3-2 鄰近的定義	15
圖 3-3 參數設定	16
圖 4-1 本研究資料庫內容	18
圖 4-2 網格式資料與資料表 (McCoy, J., Johnston, K. 2001)	23
圖 4-3 網格化後萬華地區都市計劃圖 (住商)	24
圖 4-4 萬華區局部放大圖	24
圖 4-5 網格化過程圖	26
圖 4-6 資料操作物件 (ESRI 2001)	27
圖 4-7 幾何操作物件 (ESRI 2001)	27
圖 4-8 台北市歷年人口趨勢圖	30
圖 4-9 台北縣歷年人口趨勢圖	30
圖 4-10 基隆市歷年人口趨勢圖	31
圖 4-11 土地使用現況資料	35
圖 4-12 縣道路網圖	36
圖 4-13 高速公路路網圖	37
圖 4-14 縣道距離分析	37
圖 4-15 交流道區位距離分析	38
圖 4-16 淹水潛勢資料 (150mm)	38
圖 4-17 土石流潛勢溪流及其影響範圍	39
圖 4-18 圖 4-17 局部放大圖	40
圖 4-19 台北縣市附近活斷層圖	41
圖 5-1 台北縣人口趨勢	46
圖 5-2 台北市人口趨勢圖	46
圖 5-3 基隆市人口趨勢圖	47
圖 5-4 台北縣人口趨勢	49
圖 5-5 台北市人口趨勢圖	49
圖 5-6 基隆市人口趨勢圖	50
圖 5-7 模擬一，未考量淹水規則	51
圖 5-8 模擬二，考量淹水潛勢地區	51
圖 5-9 圖 5-7 與圖 5-8 圖例 (單位：人)	52
圖 5-10 模擬二疊合淹水地區	52
圖 5-11 各鄉鎮淹水網格數目	53
圖 5-12 受土石流影響之分析區網格	54
圖 5-13 台北縣人口趨勢	55
圖 5-14 台北市人口趨勢圖	55
圖 5-15 基隆市人口趨勢圖	56
圖 5-16 各分區受土石流影響網格數	56
圖 5-17 模擬二與模擬一比較一	57
圖 5-18 模擬二與模擬一比較二	57

圖 5-19 模擬三視覺輸出	58
圖 5-20 模擬三疊合土石流影響區網格	58
圖 5-21 圖 5-19 與圖 5-20 圖例（單位：人數）	59
圖 5-22 分析區網格與斷層線疊合圖	59
圖 5-23 模擬四輸出結果	60
圖 5-24 模擬四疊合活斷層與淹水潛勢網格	60

表目錄

表 4-1 資料檔內容	19
表 4-2 連結資料顯示資料	20
表 4-3 UrbanSim 預測結果	21
表 4-4 台灣地區資料與 UrbanSim 資料庫對應（總計畫整理）	21
表 4-5 土地使用分類表	35
表 4-6 台北市轉移函數	42
表 4-7 台北縣轉移函數	42
表 4-8 基隆市轉移函數	44
表 5-1 推估年人口總數	45
附表 1 各分區代碼圖	I
附表 2 模擬二各分區統計（單位：人口數）	I
附表 3 模擬二與模擬三比較（有土石流影響網格部份；單位：人口數） ..	III
附表 4 模擬四輸出結果（單位：人口數）	III

第一章 緒論

本研究係—自 90 年 8 月起之延續性計畫。第一年計畫中（90 年 08 月～91 年 07 月）以宮格自動機理論（Cellular Automata，CA）結合 GIS 軟體開發城鄉發展演化模擬系統。模型中利用地理資訊系統（Geographic Information System；GIS）軟體之空間分析功能進行資料網格化，及各資料圖層疊圖之分析。並分別以各網格為中心，考量其鄰近土地使用類別、交通可及性、人口密度等影響因子之影響程度，據此建立土地使用演化規則，與推論未來年土地使用組成型態。

考量台灣地區近年天然災害頻仍造成許多生命財產之損失，防災議題普遍受到規畫界之重視，在第二年計畫（91 年 08 月～92 年 07 月）中。除延續前期之成果以宮格自動機理論模擬台北市人口之成長與移動情形外，並於模型中結合防災之觀點，推論在受到淹水、土石流及斷層之各種影響下，未來年人口之數量與區位變化，以做為政策評估之工具。並透過基本資料研究與實例操作修正模式，使模型更加完善。

1-1 研究背景

本子計畫係屬「國土規劃與土地利用模擬之研究—以台北都會區為例」整合型計畫之第一子計畫。第一年計畫期間，本子計畫配合總計畫及各子計畫進行台灣地區資料之輸入與準備、UrbanSim 功能之操作及分析、都市發展土地利用模式回顧、及依據 CA 理論開發城鄉發展演化模擬之雛型系統。

第二年本團隊之工作重點為台灣地區資料之輸入 UrbanSim 與模型參數之校估。本子計畫除配合總計畫執行 UrbanSim 之台灣地區資料輸入與準備外，也應用該資料結合 CA 理論、傳統數理模型與防災之規畫理論，開發一城鄉發展演化模擬系統，並與 UrbanSim 模型比較兩者模型之利弊得失，期能為台灣地區資訊科技結合傳統都市理論之模擬方法新闢蹊徑。

1-2 研究動機

近年來台灣許多山坡地地區受到不正當的開發與墾殖，使得坡地表土鬆軟坡面滑動，每遇颱風或豪雨則形成土石流造成人民生命

財產之損失。上述位於災害頻繁之區域，可於災害發生前以規畫的方法降低該區域各項活動發展強度，以減少受災後所發生之損失；一些不適用於開發之區域則以強制力限制其開發，然欲達此目的，務須以規畫之方法與工具，評估各區域之開發潛力與災害之風險，並在兩者之間取得其平衡點。

面對此規畫之需求，整合型之數理模擬程式足以勝任，然本研究團隊所引進的 UrbanSim 模型目前尚無防災模式之考量；而本子計畫則利用台灣地區之基礎資料，以宮格自動機理論結合地理資訊系統（Geographic Information System；GIS）軟體開發城鄉發展演化模擬系統，進行防災議題之相關研究。

總計畫方面本年度欲完成台灣地區模擬資料之收集與整理，並以此資料經格式化後輸入 UrbanSim 模型內，以觀察其模擬結果。由於 UrbanSim 係一以美國之社會、經濟等條件所架構出之模型模擬程式，國內與美國所使用之基礎分析資料有不等程度之差異性，故資料輸入前需以合理之方式使本土資料吻合 UrbanSim 所需之輸入資料格式。而國內所缺少資料的部份，則另以合理之公式由相關資料進行推估。

本子計畫所使用之模式與模擬之目的雖與 UrbanSim 不盡相同，然兩者所用以分析之基礎資料，實無差異。而本研究所推估之資料也可與 UrbanSim 之模擬結果相互應用與發明。

1-3 研究目的

UrbanSim 對國外之社會環境已經是一個經過驗證且可實際應用之模型，然對國內仍屬一新的模型程式。國內引進此模擬程式，由於國內外社會環境之差異性必然對模式之引進造成許多困難，本年度總計畫完成國內資料之輸入與驗證之後，勢必需要對模型進行本土化之修改，使之吻合國內之社會經濟環境。

相對於總計畫引進 UrbanSim 模擬程式之方式，本子計畫則由基礎分析資料之面向切入，透過本土資料分析與研究，逐步以計算機程式配合數理模式與 GIS 軟體勾勒出本土化之模擬程式，將來除可獨立運作外，也可做為 UrbanSim 程式本土化修改時之參考用。亦即本子計畫除協助 UrbanSim 模式之引進外，也以該基礎資料進

行相關之研究。

1-4 研究方法

本研究採用「系統雛型建構法 (system prototyping)」進行系統之設計開發工作 (圖 1-1)。茲條列陳述如下：

- 依城鄉及 CA 理論，在 UrbanSim 架構下，參考相關文獻先行開發一雛型系統。
- 建構基本資料庫，以供 UrbanSim 及本「RUDSSCA」測試及運作使用。
- 透過實例操作，發現雛型系統待改進或增補之功能。
- 結合傳統數理模型，增強模型功能。
- 進行與 UrbanSim 之整合測試，修正 RUDSSCA 資料交換格式介面。
- 未來可進一步引進其他系統模擬理論，(如 agent based model、fuzzy set theory) 並以開放式系統架構，(Open System) 開發網際網路版本，以供各界免費使用。

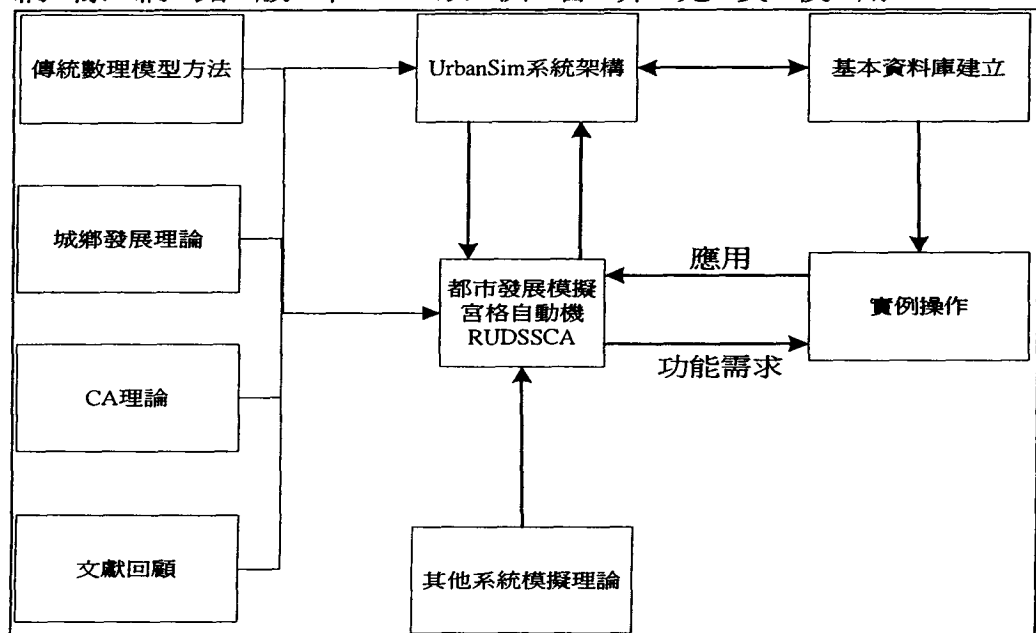


圖1-1 系統雛型建構法

1-5 研究時程規劃與執行進度

本子計畫今年之研究目的為「考量防災之觀點下推論未來年人口之數量與區位」。與其他子計畫之整合方面，本子計畫除配合 UrbanSim 輸入資料整理外、也持續收集台灣本土化資料以豐富基本資料庫之內容，更透過基本資料庫的分析以及實際案例之操作以釐清空間結構的演化與影響因子間的關係。

本年度時程規劃與實際執行進度如圖 1-2。總計畫本年度以輸入資料本土化與模式之驗證為主，本子計畫則以發展本土化模型為目標；第三年計畫則可進行兩模式之相互驗證與校估。

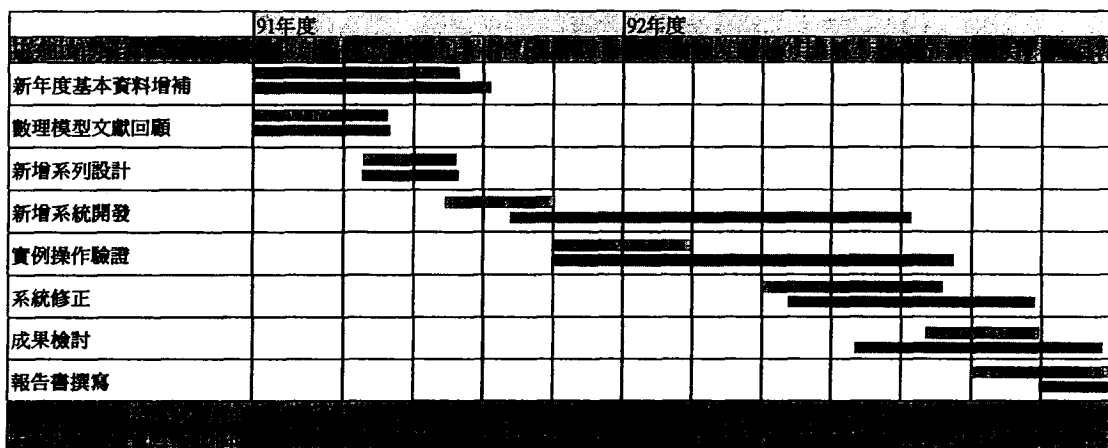


圖1-2 執行進度甘特圖

第二章 文獻回顧

本研究回顧了近年國內外之相關規劃模型，並以本章就其研究做概略性介紹。本章共分三小節，2-1 小節介紹宮格自動機理論，第 2-2 小節以國內之相關研究為主，而 2-3 小節則為國外之相關研究。

2-1 宮格自動機理論

宮格自動機(Cellular Automata，簡稱 CA)是複雜系理論之一支。CA 的空間是網格結構(grid-based)。每一網格單元的狀態，由「狀態轉換規則」所決定。其數學形式為：

$$S_{ij}^{t+1} = F(S_{ij}^t, \Omega_{ij}^t) \quad 21.$$

其中，

S_{ij}^t 為網格(i,j)在 t 時的狀態。

Ω_{ij}^t 為網格(i,j)附近網格的狀態集合。所謂「附近」可以有不同的定義，例如與網格(i,j)相距 k 單位距離內之所有網格。

F 是狀態換轉函數。t 的(i,j)及附近網格狀態決定了下一(t+1)期的(i,j)網格狀態。

早期最簡單的狀態轉換函數採用單一確定規則(simple deterministic rules)。近來，機率規則(White and Engelen, 1997)、自我修正(White, Engelen and Uljee, 1997)、最大效用(Clarke, Gaydos and Hoppen, 1997)、羅斯特函式(Wu, 1998)等觀念已逐步融入，以增加其真實性。近來，都市模型更進一步放寬了 CA 的一些假設，以符合都市系統的特性，例如：(1)空間單元不必然是網格式，而可以是不規則形狀，(2)狀態不必單一屬性，(3)附近地區之範圍不必固定，(4)轉換規則不必唯一，通體適用，(5)時程不必等距，(6)系統可以是開放的，與人口、經濟、環境、生態模式互動(White and Engelen, 1997)。

2-2 國內相關文獻

國內之相關研究包括：

國內都市規劃界對於大型都市規劃模型的探討已沈寂多時，近年來則開始有復甦的跡象。詹士樑(2001)概略的回顧了國外幾個大型都市規劃模型的發展歷程和理論，並較深入的比較了 UrbanSim

和 What-if 兩種模型。他指出當今的都市規劃模型具有以下特性：動態不均衡、模擬導向、結合地理資訊系統技術。爾後的發展重點則應注意土地使用規劃環境架構、採取問題導向、與民眾共同做計畫、模型理論的強化、介面親和力的提高等幾個方向。本文對於本研究的意義在於指出了其他可能的模型系統架構，以及發展系統應顧及的面向。

賴進貴（2000）利用 GRASS 開發 CA 模組，並已利用 Game of Life 來探討 CA 整合 GIS 模擬之研究及網格大小和演化規則之間的關係。

陳宥任（1999），則利用 CA 討論交通和都市發展的問題，其目的並非模擬真實發展情形，而是以尋求都市空間自我組織現象為主，其研究中發現，“都市空間發展形態愈趨於複雜而土地使用系統與道路系統之間存有愈高的相關程度”。

蔡宜鴻（1998）結合 GIS 及 CA 預測土地使用發展，其演化規則係利用多目標規劃理論中之「分析階層程序法」分析轉移因子間的優先順序。因子的權重利用問卷的方式取得，並以嘉義縣中埔鄉為進行實證模擬之研究對象。

賴世剛（1997），視都市為一複雜空間系統以 CA 進行土地使用變遷的模擬，藉以觀察個體間的互動結果所呈現的整體土地使用形態。模擬實驗中開發決策類型則由問卷方式取得。

汪禮國（1997）以複雜理論探討都市空間演化問題，研究中發現在都市為一複雜體的假設下，有著與 Conway 生命遊戲相類似的規則出現，並提出結論：“複雜形態是建立在半格子狀結構之演化基礎上，初步印證了 Alexander 的假設；在現實都市中，看似機率性的演化形態其實是建立在具有決定性的規則之上；所有空間單元在均質狀態下，必然會有空間單元往另一種狀態演化”。

2-3 國外相關文獻

國外之研究方面：

Roger White 和 Guy Engelen (White 1997)結合 CA 和 GIS 做為區域動態(Regional Dynamic)的模擬，這個模型最重要的地方就是它整合了區域經濟學 (regional economics)、人口統計學 (demographics)、和自然環境的改變等變數，然後以 St Lucia 做為模型驗證的地方，依據這個模型它可以看出氣候改變對人口和經濟之間互動的影響關係。Engelen 還結合了 CA、專家系統 (Expert System) 和知識庫系統 (Knowledge Based System) 成為一決策支援系統 (Decision Support System)，用來做為 Wadden Sea 地區的政策決定和規劃之用 (Engelen 1997)。

香港大學城市規劃及環境管理研究中心葉嘉安等人，利用“灰度”的增加值來表示出空間連續變化的過程、灰度的增減表示了鄰近區域對中間宮格的土地使用所造成影響程度的變化。且利用不同的限制條件 (constrain) 來模擬不同的條件下城市發展的情形。並且整合了 CA 和 GIS 利用不同的參數設定，模擬出珠江三角洲七種都市發展型態 (urban forms) 和能源使用、自然環境變化的關係 (Yeh 2000)。

WU (2000, 1998) 利用個體經濟模型來定義轉移函數，整合於 CA 模型架構之內，並以此架構模擬不同的土地發展政策。土地開發者的邊際效益會隨者開發密度的提高而遞減。土地開發者所造成的外部成本可利用賦稅的方式轉移給土地開發者。傳統理論、CA 和 GIS 的結合，可在此模型架構內，檢視傳統理論下都市發展的情形，以做為決策和相關研究之用。

Clarke (1997) 等人利用 CA 整合 GIS 的模型，預測舊金山海灣地區(San Francisco Bay areas)天氣對都市成長的影響，且以 300 公尺的宮格大小進行分析，使用 diffusion、spread、breed、slope、resistance 等五個變數進行模型的控制，利用了一百多年的土地變化資料去校估模型，使模擬結果接近真實都市的演化情形。

WU, F. (2002)利用 CA 模型與統計方法分析歷史資料之土地利用變化情形，以推測出模型中土地演化之初始機率值。模型中描述土地利用的轉變是由區域性的規則整合全域性的因子所產生。並以廣州市的城市觀察其由農業土地使用到城市土地使用的變化情形，資料年度從 1973 年到 1993 年，原始資料包括八種土地使用(可

耕作地、果園、森林、墾殖區、都市、工業、運輸、水體和空地)，將其一般化爲三種土地使用（已開發，未開發與水體），由 ARC/INFO 的空間分析功能分析已開發地區的分布情形與該區域特性的關係包括，對城市邊緣的旅行距離、未開發道路距新墾殖的最近距離（off-road distant to the nearest settlement）、高程測量、坡度測量與假設的預開發土地（如農地、果園與森林區）。

上述由歷史資料分析而建立之聯合機率再透過蒙地卡羅（Monte Carlo）的方法使之產生模擬。最後透過 cross-tabulation 與結構性分析（structural measurement）驗證其模擬精確性。其目的是爲了在 t 時間和 $t+1$ 時間所觀察到的土地轉換之間擷取出其轉換規則的參數與係數，此過程類似推論某區域土地使用之轉換函數（由獨立變數所組成， $x_1, x_2, \dots, x_n$ ）之機率。

依羅吉特模型所得的土地使用經驗轉換函數（全域機率）描述如下：

$$p_g(s_{i,j} = urban) = \frac{\exp(z)}{1 + \exp(z)} \quad (2.2)$$

鄰近所造成的轉移函數如下：

$$\Omega'_{i,j} = \frac{\sum_{3 \times 3} con(s_{i,j} = urban)}{3 \times 3 - 1} \quad (2.3)$$

其中： $\Omega'_{i,j}$ 爲鄰近轉移函數，指在區域範圍（ 3×3 ）內的發展密度， $con(s_{i,j} = urban)$ 函數判斷該土地使用是否爲都市使用，如 $s_{i,j}$ 爲都市使用則回傳真值

聯合機率表示如下：

$$p'_c = p_g con(s'_{i,j} = suitable) \Omega'_{i,j} \quad (2.4)$$

聯合機率是全域機率，轉換限制（cell constrain）和鄰近轉移潛力的乘積。 $con(s'_{i,j} = suitable)$ 回傳真假值（binary value），用以排除如水體、山地和開發限制地區。

在 Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and

Environmental Planning (Waddell, P., 2001) 一文中介紹了 UrbanSim 的發展歷程、系統架構、以及資料庫項目。UrbanSim 是一種個體的(disaggregate)、網格空間單元(grid-based)、動態(dynamic)的模型。此與 CUF-2 model (Landis and Zhang, 1998)同；不同者，UrbanSim 考慮了不動產市場部門。UrbanSim 已應用於 Honolulu, Eugene-Springfield metropolitan area, Salt Lake City 和其他多處都會區，被許多研究評為極具潛力、較為理想之模型。本文係近年 UrbanSim 研究團隊所發表之較理論性文章之一。對瞭解該團隊發展 UrbanSim 之基本理念甚有助益。由於 UrbanSim 目前仍持續在研究改進之中，我國欲引進該系統，必須避免他們已犯下的錯誤，掌握到其發展方向，與之並駕齊驅，始能達到 UrbanSim 採開程式碼政策，由世界各學術研究單位共同討論研發之目的。

隨附於 UrbanSim 開程式碼之系統說明文件 (*UrbanSim Reference Guide*, University of Washington, 2000)。第二章詳細的說明了人口、就業、及運輸部門的模組關係以及區位選擇所使用的模式理論依據，對於本研究擬整合國內資料及變數於 UrbanSim 時有相當大的助益。

簡言之，UrbanSim 使用隨機效用理論及 logit 函數，模擬需求函數。對於需求面(住戶及事業體對區位之偏好)、供給面(閒置空地存量、新建量、再發展量、移轉量)之短期不均衡，則以價格調整之。經濟轉換模式將產業分成 10-15 部門(各地略有不同)，計算各年、各產業部門的成長或衰退率，將衰退部門的就業機會自資料檔中扣減，或將成長部門的就業機會量送給「區位選擇模型」，以分派到各地區。

就業機會之部門，會以空間機率分佈模式，於各地區扣減就業機會。就業機會減少的地區，其相應的原使用土地也會被釋出，變成空地，等待其他發展的機會。就業移動模型預測各類就業機會從現駐區位遷走或繼續留駐的機率。此一機率反應了職員的變動、裁員、廠房的關閉歇業或遷移的實際情形。目前本模型尚無充足的長期就業機會資料。在未來，如有充分的資料，移轉機率可用 binary nested logit model 來估計。亦即，未來就業區位的移轉可以考慮鄰近地區的比較效用(現在僅考慮當地效用，各地區之間是相互獨立，互不影響的)。以移轉模型為高階的 marginal level，區位選擇

為低階的 conditional level。

住宅部門之模式與就業機會部門之模式理論及架構類同，但所考慮的因子有所不同。

區位模式將經濟模型所新產生之新就業機會，或移轉模式所計算之移入就業機會，均分派於某一 150M*150M 的網格區位上。區位模型為 multinominal logit model，不同的產業部門使用不同的模式。在就業區位及住宅區位模型裡，短期內，土地及住宅供給量是固定的，而且只能接受外在的市場價格，其交易並不會響市場價格。

就業區位選擇模型所採用的變數參考了各家的都市經濟學文獻。高所得者的(住宅)競租能力會與零售業、服務業者相抗衡。「地域經濟(localization economics)」及「產業關聯性」所產生的聚集經濟力量也被考慮進去。UrbanSim 的區位因素可以分為四類：(a)基地因素：地價、房價、發展類型(住、商、工...)、密度，(b)區域因素：距市中心距離、距機場、車站之距離，(c)都市因素：與高速公路、主要幹道之距離，(d)聚集因素：中心之形成。

地價因素和就業區位及住宅區位因素是互動的，地價的變動會影響就業機會及住宅選擇，進而影響土地使用的型態。UrbanSim 對地價因素有三個基本假設：(a)住戶、廠商、開發商均是(前期末)價格的接受者。(b)在各期末，建物總供需量差額及區位偏好決定下一期的土地價格。建物價值僅反應建物的重置成本，但可因所在區位之地形、坡度、環境限制、發展政策而有所變異。(c)常態分配的閒置率。按照一般市場的換手情形。這也是價格調整的基本門檻。

地價模式使用 hedonic regression。變數為：土地使用混合、發展強(密)度、接近高速公路程度、土地使用分區管制、鄰區效果、交易價格、建物型態、區位條件。

區位選擇模型需要計算各區至各機會(人口、就業)不同交通方式之可及性總合為輸入變數。如果空間旅行阻力採時間或成本函數，則可及性指標可轉換成「熵函數」(entropy formulation)之形式。各區之間的旅行時間約二、三年才更新一次。(UrbanSim 以每一年為計算週期。雖然二、三年之中交通時間成本不變，但因空間區位、

人口、就業均改變，故可及性亦每年改變。

UrbanSim 軟體以 Java 撰寫界面，並利用 ArcView 做都市發展型態地圖的輸出、輸入界面，模型的結果則以文字檔方式輸出。使用者可透過此一界面進行政策設定、情境設定、評估。UrbanSim 採物件式導向程式設計，具有非常好的擴充彈性。本研究第一期所開發之宮格自動機模組經測試之後可望整合入該系統。

第三章 模型架構

延續上年度之成果本研究模型基本架構不變，依然以宮格自動機理論為基礎，所不同的是利用每年人口成長函數與鄰近影響因子建構出轉移函數，以推論未來年人口之區位與數量，此外模型中亦加入防災之考量，以淹水潛勢資料、土石流資料與地震斷層帶資料為外部因子用以限制人口之成長，使模型中可以考量不同之情境規則，透過情境之設定模擬未來年之人口區位與數量以進行政策之評估與建議。

3-1 模型理論

本研究系統架構如圖 3-1，台灣地區基本資料庫的部份提供基礎資料之輸入與分析，都市發展宮格自動機則為本子計畫所開發之模擬系統。UrbanSim 模型模組為總計畫所負責，總計畫將台灣地區基本資料庫之資料透過網格化之分析與處理，使之吻合 UrbanSim 所需要之輸入資料。而本子計畫則透過基本資料之分析，配合宮格自動機程式進行模擬與分析，兩模式均使用網格化之資料進行輸入與分析。

本研究之都市發展宮格自動機為一抽象化之模擬系統架構，在此模擬架構之下，透過不同之模擬需求可以將其實做成不同之模擬程式。因應模擬目的之不同，可分別對台灣地區基本資料庫套用相對應之子模型與演算法，用以推論未來年之可能空間組成，亦或在套用不同規則之下，考量不同情境所造成之空間變化情形，做為政策推動之評估工具。

第一年之研究中以 CA 理論整合傳統數理模型，在考量各年度影響因子下，由 CA 理論推論未來年土地使用之組成狀態。本研究除延續第一年計畫之各影響因子外，並於轉移函數中另外加入人口之因子，在考量各網格鄰近土地使用與人口密度之影響條件下進行未來年人口數與人口分佈之推論，並在防災之觀點下，以淹水潛勢、土石流與斷層分佈做為人口發展之限制條件，以不同之情境下推估未來年之人口分佈。

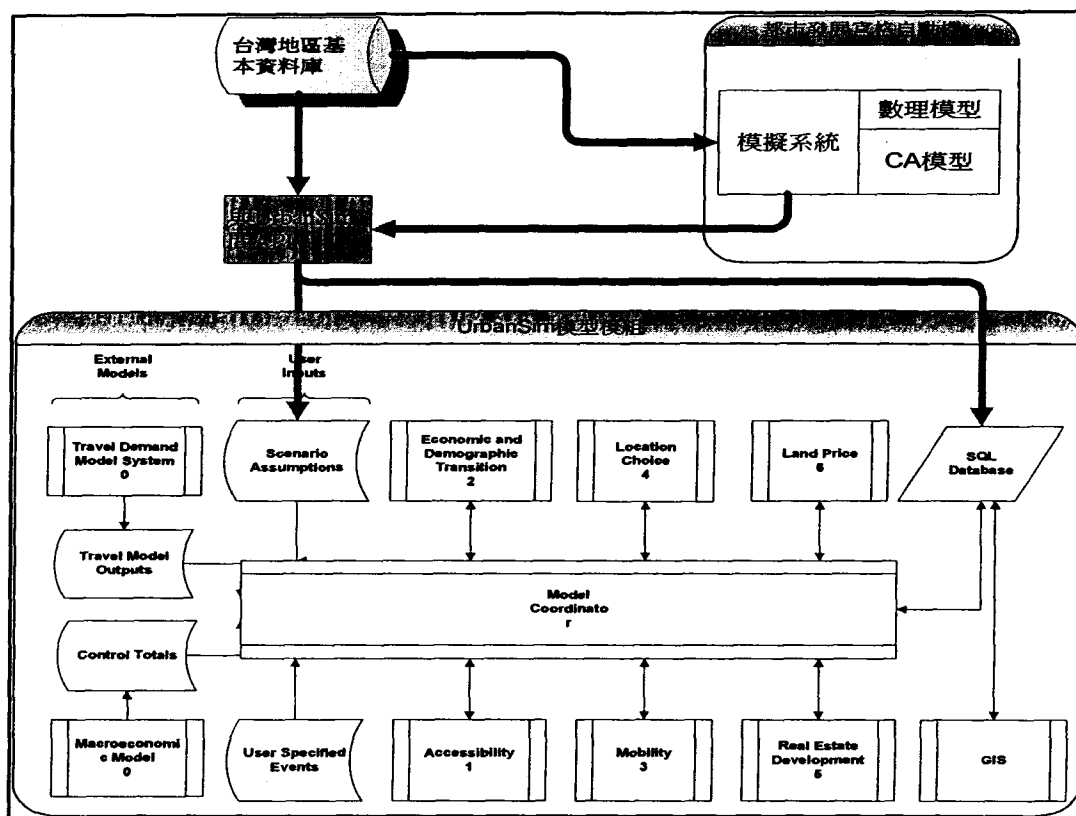


圖3-1 系統架構圖

CA (圖 3-1) 子系統為「都市發展宮格自動機」之內部子系統，此子系統依據宮格自動機理論，分別以不同鄰近距離之影響因子套用不同之權重設定，使土地使用之轉移產生規則。其轉移函數、鄰近定義與分述如下：

- 轉移函數

轉移函數 T 為鄰近(N_i)、土地使用狀態(L_i)及影響因子(A_i)的函數。依不同鄰近定義和不同土地使用型態給定不同權重值。 M 為依鄰近和權重所計算出來的所有宮格轉移權重值(公式 3.1)。藉由比較權重值的大小，以找出 $t+1$ 時間最有可能的土地使用。

$$T = \{N_i, L_i, A_i\} \dots \dots \dots \text{(公式 3.1)}$$

- 鄰近定義

鄰近的定義可以設定為，莫耳型的八鄰近及其擴充型；圓型的鄰近或其擴充型。因轉移函數除考量中間網格之影響外亦同時考量鄰近網格所造成之效應，故必先定義模型中鄰近的影響函

數，然針對不同的影響因子而言適合不同鄰近定義，某些影響因子對中間網格的影響較遠，甚至某些影響因子可以不考量鄰近之影響。

3-2 模型設計

依上述之模型架構進行本研究之模型設計，模擬的目的為推論未來年人口數量及其空間區位，故於轉移函數中對每一個網格以 t 年鄰近人口密度與該網格鄰近高速公路距離、鄰近縣道距離、鄰近工業用地、農業用地、住宅用地及商業用地之面積推論 $t+n$ 年之人口密度值，為簡化模型之操作，目前演化時間週期 n 以 10 年為單位，基年設定為民國 80 年人口，其他影響因子則假設不變。

3-2.1 分析範圍

本子計畫與總計畫之分析範圍略有不同，總計畫部分以台北市為研究範圍，本子計畫研究範圍除了台北市的部份外另外包括台北縣與基隆市兩縣市，由於許多電子資料與研究均以縣市界為範圍，故為資料收集方便與簡化模型之複雜度，本子計畫之研究範圍以行政區為界設定為台北縣市及基隆市。

3-2.2 轉移函數

轉移函數為 t 年鄰近人口密度與鄰近影響因子之函數，透過 t 年鄰近人口密度與影響因子之結合，以推論 $t+n$ 年之鄰近人口密度，其公式如下（公式 3.2）。

$$P_{t+n} = m_1 \bar{P}_t + m_2 \overline{Hw} + m_3 \overline{Rd} + m_4 \overline{Agr} + m_5 \overline{Ind} + m_6 \overline{Hou} + m_7 \overline{Bis} + \varepsilon \quad (\text{公式 3.2})$$

其中：

$\bar{P}_t$ ：為第 t 年鄰近人口密度之平均

P_{t+n} ：為第 $t+n$ 年中間網格人口密度值， n 為模擬之時間間隔

$\overline{Hw}$ ：網格與高速公路交流道距離

$\overline{Rd}$ ：網格與縣道距離

$\overline{Agr}$ 、 $\overline{Ind}$ 、 $\overline{Hor}$ 、 $\overline{Bis}$ ：依序分別為農業區、工業區、住宅區與商業區之使用面積

3-2.3 鄰近的定義

本研究中鄰近的定義採用 Moore 型的 8 鄰近。以依距離中間網格一單位格數之距離為其鄰近範圍。舉例說明，如以第 162 列第 387 行之網格為中心網格 (R162_C387) 則其鄰近之定義如圖 3-2 所示，且包含中心網格 R162_C387，故每一個網格均有與上述相同之鄰近定義，以規範其與鄰近網格之關係。

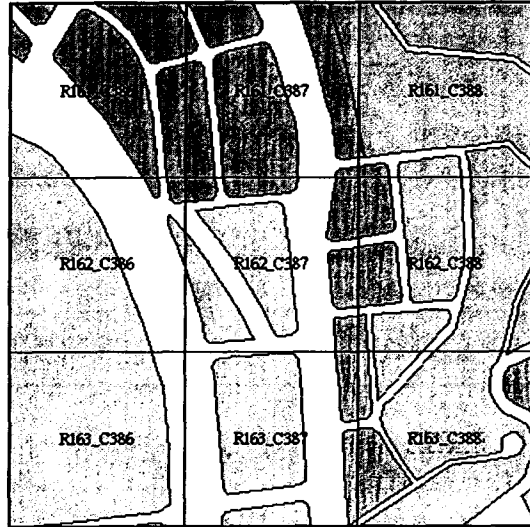


圖3-2 鄰近的定義

3-2.4 參數設定

為配合總計畫，基底網格大小設定為 120 公尺x120 公尺大小，分析範圍以台北市行政區界為限 ($X_{max}=316459.9999$, $X_{min}=295340.0004$, $Y_{max}=2789460$, $Y_{min}=2761620$; TM2)，總共切割為 19458 個網格。圖 3-3 所示，由左而右由上而下分別對各網格進行唯一且不可重覆之編號(GridID)以標定各網格，最左上角之編號最小，依次往右下角遞增其編號。列 (ROW) 編號由上往下遞增 (COLUMN) 編號則由左往右遞增，R226_C206 表示第 226 列與第 206 行之網格，為加速計算之速度某些沒有資料的網格將不被記錄與加入運算。各圖層的資料透過與基底網格之疊圖後可切割為更小的多邊形物件且在該圖層內帶入網格編號，待計算完成便可合併相同網格編號之多邊形物件，以計算每個網格的分配值。如以小組分工之方式進行資料之分析與處理，在處理前須協定好相同之基底網格，一但網格切割完成便不可再徑自變動；且每一分析圖層分析前均要以相同的基底網格疊圖以帶入網格編號，才能達到其一致性。



第四章 基礎資料

基礎資料為用於進行分析與模型建構之基本資料，模型建構與數理模式選擇必與之有密切相關性，反觀 UrbanSim 係一依美國之社經環境與資料所建構之模型，其所使用之資料與模式均已，經多年之收集與驗證。本子計畫配合總計畫進行台灣地區分析資料之收集，並借由此資料之分析進行本子計畫模型之建立。由於 UrbanSim 模擬程式採用網格化之輸入資料（input data），而本子計畫所採用之宮格自動機模擬程式亦採網格化之資料輸入，因此兩模式之基礎資料分析與輸入之過程多有其相似性，故本子計畫之資料預處理經驗可與其他子計畫共同分享，其過程與方法並於此章節中詳細敘述。

4-1 基礎資料說明

考量現今大量電子資料與地理資訊系統之建立，本研究亦漸次且持續收集台灣之資料，匯整成資料庫，做為本研究與日後相關研究之用。本研究欲收集之基礎資料包括人口、土地利用、地價、經濟、交通和能源等等（圖 4-1）。人口資料包括家戶單位資訊如人口數，每單位之戶數、土地利用資料含各土地使用之現況資料，地價資料、經濟資料有各種經濟活動之空間分布資料、環境資料包括環境敏感地的資料（斷層、坡度、淹水潛勢）、交通資料如各交通分析區之旅次產生，旅次吸引等交通調查資料，能源之消耗等資料。

此基本資料庫之建立除可提供 UrbanSim 做為輸入資料之外，並可以此資料考量台灣地區之特殊性打造本土化之模型。由於基本資料之完整性牽涉到模型的建立，待本資料庫日愈完備之後，可藉由資料之分析，了解本土資料之特性，擷取必要之影響因子，建立模擬模型，並以持續收集之歷史資料校估該模型之參數與影響因子。

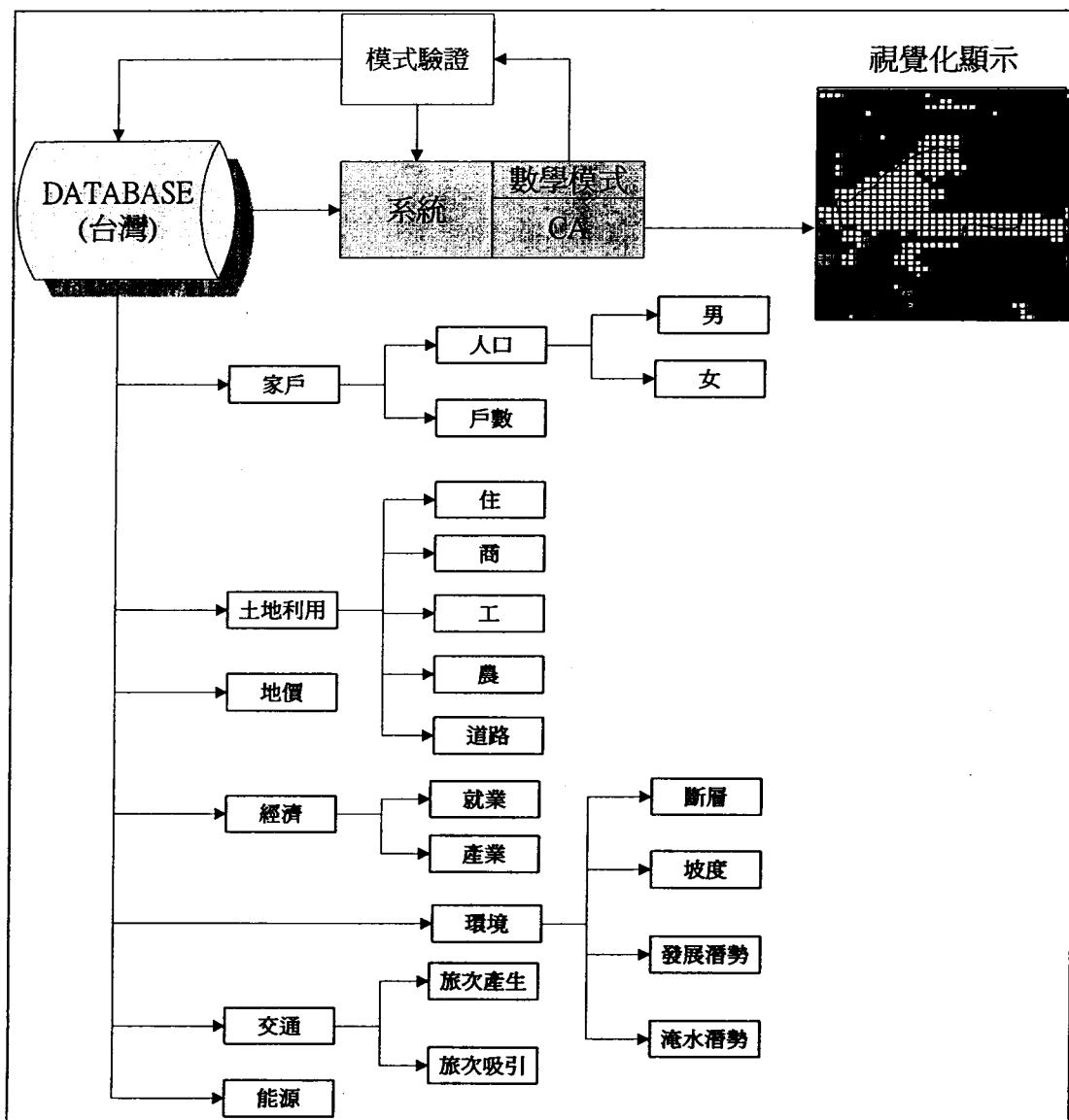


圖4-1 本研究資料庫內容

4.1.1 UrbanSim 之基礎資料

● UrbanSim 資料格式

從 0.9 版到 2.0 版本資料準備和輸入的過程略有變動，在 0.9 版時基年資料的部份分成了係數檔 (.coeff) 和資料檔 (.tab) 兩個部份，其中係數檔說明資料格式的部份，資料檔則為資料本身，完成 0.9 版的全部操作大致分成以下步驟：

- (1) 預處理 (Preprocessing)：為了第二步驟所準備的原始資料，包括有 parcels, business establishments 等等……。
- (2) 資料預處理 (DataPrep)：利用資料預處理工具 (DataPrep tool) 轉換原始資料為 UrbanSim 的資料庫結構，包括原始資料的

校正和錯誤偵測，以合成基年的輸入資料。

- (3) 模式推估 (Model Estimation): 利用準備好的資料庫和外部統計軟體 (例如 Limdep™) 以推估 UrbanSim 模擬係數 (model coefficients)。
- (4) 模式應用 (Model application): 利用 UrbanSim 模擬不同的政策情境 (policy scenarios) 和系統反應。
- (5) 分析 (Analysis): 分析 UrbanSim 的模擬結果。

由 0.9 版到 2.0 的版本之間經過了多次的逆向工程 (Reverse Engineering) 和測試，目前已訂出詳細的基年資料格式和資料說明，故上述第一步驟和第二步驟，在 2.0 版本可直接利用 GIS 軟體的分析功能取代之。資料格式的部份目前 UrbanSim 2.0 版本支援多種的資料格式，包括有 MySQL、UrbanSim Directory/Tab database format、UrbanSim TAB + HTML database format 和 UrbanSim XML database format，其中 TAB 的資料格式和 0.9 版比較略有變動，在 0.9 版時分成係數檔和資料檔的部份現在合併成一個檔。如表表 4-1 所示：

表4-1 資料檔內容

Cities.tab	CITY_ID	CITY_NAME
	INTEGER	VARCHAR
	1	Seattle
	2	Tacoma
	3	Olympia
	4	Bellevue

本研究的 API 以存取 UrbanSim Directory/Tab database format 的資料格式為主。為使兩模型之資料相互通用，在基年資料的準備和處理的部份，必須定義相同大小之分析網格，其他分析資料必須以此網格做為基底網格進行分析。其處理步驟說明如下：

- (1) 首先利用 GIS 軟體的功能(本研究利用 VBA 呼叫 ArcObjects 的內部函數)產生基底網格，並由左上到右下給定網格編號。做為其後空間資料分析之用。

(2) 空間資料的部份，則利用 GIS 軟體空間分析的功能，與基底網格進行疊圖分析。

(3) 以人口資料為例，由第二步驟就可以計算出各網格內應有多少人口分布，其餘資料依此處理。

● UrbanSim 輸出資料：

待台灣地區資料輸入 UrbanSim 內，且經歷史資料的驗證，可達一定之可信度後，本模型可以結合其輸出之預測資料進行分析。UrbanSim 的輸出資料包括下列幾種。

(1) GridCellsChanges：各年度各網格的所有資訊，包括各網格的土地開發型態、商業區成長率、住宅與非住宅區等資訊。

(2) HouseholdsChanges：各年度家戶單位的資訊。

(3) HouseholdsConstants：家戶單位資訊的詳細描述，包括有人數，就業人口、戶長年齡、收入、小孩個數、汽車擁有率等等.....

(4) JobsChanges：標定工作區域的資訊。

(5) JobsConstants：工作區域的詳細資訊，包括工作所在的區位，是否為家庭型的工作（home based）等等.....。

由於分析之結果分別輸出至不同表格，故需利用 SQL（Structural Query Language）的 Join 指令（表 4-2）把各資料表連結起來顯示以得到模擬之所有輸出資訊（如各網格的家戶單位，人口數，收入、汽車擁有數等資訊，表 4-3）。

表4-2 連結資料顯示資料

```
SELECT HouseholdsChanges.YEAR AS [year], HouseholdsConstants.*,  
HouseholdsChanges.GRID_ID  
FROM HouseholdsConstants, HouseholdsChanges  
WHERE  
(((HouseholdsChanges.HOUSEHOLD_ID)=[HouseholdsConstants].[HOUSEHOLD_ID]) AND  
((([HouseholdsChanges].[YEAR])=1991)));
```

表4-3 UrbanSim 預測結果

1991	52	1	3	34	54999	0	1	3	1
1991	19	3	1	4	19	0	2	2	2
1991	73	3	3	15	4999	1	1	3	2
1991	20	5	4	86	63000	6	1	4	2
1991	72	3	4	91	69998	5	1	4	2
1991	30	2	4	15	4999	0	2	2	2
1991	21	1	2	15	4999	5	2	3	2
1991	87	3	4	15	4999	0	2	2	2
1991	3	3	5	2	3	1	2	3	2
1991	20	5	4	86	63000	6	1	4	2
1991	32	2	2	15	4999	1	2	3	2
1991	7	3	6	1	7	0	2	2	2
1991	66	3	4	91	69998	5	1	4	2
1991	6	2	1	4	6	1	1	1	2
1991	81	1	2	15	4999	5	2	3	2
1991	61	2	1	15	4999	2	1	2	3
1991	18	2	2	2	18	1	1	1	3
1991	61	2	1	15	4999	2	1	2	3
1991	18	2	2	2	18	1	1	1	3
1991	23	1	2	15	4999	5	2	3	3
1991	54	1	2	15	4999	1	1	2	3

由上述說明可以了解到資料操作之流程，資料輸出入與顯示問題解決之後，則是進行資料本土化的工作，以台灣地區資料經格式化後才能進行參數的校估與模型的修正，今年度總計畫正全力進行資料的輸入，其部份資料的對應如表 4-4，而資料缺失的部份則改以合理之公式推估。

表4-4 台灣地區資料與 UrbanSim 資料庫對應（總計畫整理）

Employment	80 年工商及服務業普查、 85 年工商及服務業普查、 90 年工商及服務業普查	行政院主計處	
HouseHolds	79 年戶口及住宅普查 89 年戶口及住宅普查	行政院主計處	各戶政事務所網站可 獲得每年各區各村里 戶口數及人口數
GridCells	台北市行政區及網格圖	全球變遷研究中心	
	83 年台灣省國土利用現 況調查	全球變遷研究中心	
	銳梯公司台北市路網圖	銳梯公司	
	台灣 DTM 地形圖		
	台北市地籍及地價 XML 檔		未取得

4.1.2 本研究之基礎資料

本研究以台北盆地，淡水河流域地區為研究範圍，包括台北市、台北縣和基隆市三個行政區，資料來源含各鄉鎮區各年度人口資料（60 年到 90 年度）、八十三年國土利用調查資料、縣市土地使用計畫分區圖、區域計畫土地使用計畫分區圖、道路系統圖及縣市統計要覽等資料。與防災相關之資料如各種降雨強度下的淹水潛勢資料、土石流潛勢溪流、土石流區域與斷層之資料。各資料經網格化後分割成 120m×120m 之網格大小，且各網格透過相同之網格編號進行對應，如此可以定義出各網格所含各種屬性，以便進行各種分析。

4-2 資料分析說明

由於資料的來源包含各種資料提供單位，因此原始資料含不同之資料格式其中或含地理空間資訊的地理資料或僅為單純的統計資料，因此由原始資料到輸入資料（input data）的處理過程中，將進行不同資料格式間之轉換、空間位置之對應、資料之重新分配等，將其以 GIS 軟體進行處理。本節說明資料整理所使用之工具與分析之方法。

4-2.1 資料分析工具

本研究所使用之分析工具包括，ArcGis8.1、ArcView3.3、Microsoft Access 與 Excel，各程式雖是不同之套件，然透過 COM（Component Object Model）的方式可相互調用各套件內部函數進行分析。以本研究為例，疊圖分析的部份透過 ArcGis 軟體完成，ArcGIS 可以將空間資料與屬性資料儲存在 Access 資料庫內，而空間分析的部份是透過 ArcView 3.3 空間分析模組（spatial analysis）完成，ArcView3.3 是以 DBase V 的資料庫格式做為資料儲存的格式，透過 Access 資料庫以外部連結的方式操作空間分析完成的資料。資料分析處理則利用 Access 內的 VBA（Visual Basic for Application）完成，迴歸分析則調用 EXCEL 內部多元線性迴歸的函數進行處理。

4-2.2 網格式資料

模擬程式的資料來源包括向量式資料與網格式（grid data）資料兩種，但在分析前均須進行網格化的處理，使分析資料可以符合模型所需之資料格式設定。網格式資料以各網格上的值做為其資料內容，在 ArcGIS 內網格式資料分成連續性資料（continuous）與不連續性資料（discrete），只有連續性資料具有關連資料表（associated table），各網格式資料與資料表的關連性是為多對一，亦即在資料表內多個相同值的網格是對應到同一資料集（recordset），以圖 4-2 為例，值為 2 的部份均以相同顏色代表，共有 8 個網格而型態為橡樹。本研究之分析需求，必須滿足每一個網格資料應有各自的資料集。即 8 個橡樹所在的網格每一個均要有各自的資料集來表示該網格之所有屬性值。

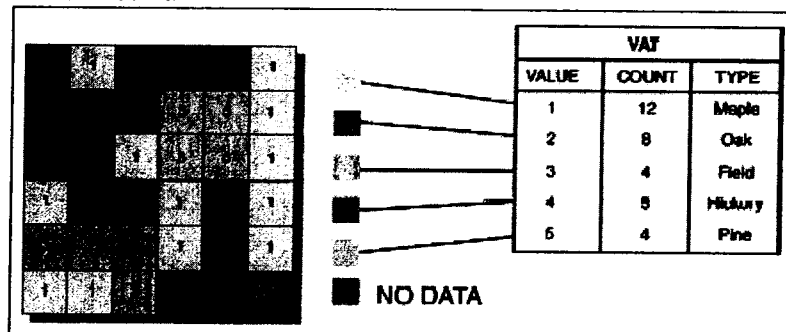


圖 4-2 網格式資料與資料表（McCoy,J. , Johnston, K. 2001）

ArcGIS 軟體的空間分析模組（spatial analysis），必須以網格式資料進行處理，而網格式資料因上述之問題無法滿足分析之需求，因此在利用疊圖分析進行資料網格化之後，以空間分析模組中網格轉換（convert to grid）之功能把向量式資料轉換成網格式資料以進行分析，在轉換之前設定好分析範圍，網格大小等參數，愈小的網格設定以可以愈精確的描述原始的向量式資料，以減少資料的損失，然其運算所消耗的資源也呈級數增加。圖 4-3 中左邊為原始之向量式資料，右邊為所轉換成的網格式資料（raster based），紅色部份為商業區，黃色部份為住宅區。局部放大圖 4-3 且疊合向量式資料後（圖 4-4），可以看出某些地區經轉換後，因其轉換網格的大小設定會造成向量式圖層不等程度的資料損失，某些同時混雜商業用地與住宅用地的網格，轉換程式依該網格內所占面積比例較大

的部份把網格轉換為該類土地使用，而某些多邊型物件占所在網格比例較小時，該網格將無法轉換，在圖 4-4 右側小圖中顏色未占滿整個網格的部份即無法轉換的部份。



圖4-3 網格化後萬華地區都市計劃圖（住商）



圖4-4 萬華區局部放大圖

為解決上述之問題，本研究採用兩種方法克服上述問題，第一種方式為直接以向量資料進行網格式分析（4-2.4 小節）；另一方法建立網格式資料與向量式資料之轉換介面，使向量式網格資料可以透過介面直接利用內部的空間分析模組(spatial analysis) 進行運算（4-2.5 小節）。

4-2.3 資料網格化處理

本研究資料網格化過程如圖 4-5，首先分析區行政區界圖，經網格化後可得一基底網格圖，每個網格物件均給定唯一之網格編號(Grid ID)，此基底網格做為其他資料分析之基底。基底網格和行政區區碼等將分析之圖層利用 ArvView 進行連集處理(union)，如此可把各資料屬性值代入基底網格，如此步驟逐一將都市計劃圖之住商使用部份、土地使用現況、距線道距離圖和距高速公路交流道圖併入基底網格之內，以進行分析。將各屬性圖層帶入基底網格之後可以重新切割各屬性圖層成為較小的多邊型物件，且資料表內可併入網格編號(grid id)。透過相同網格編號之對應則可對各網格進行各種統計分析。

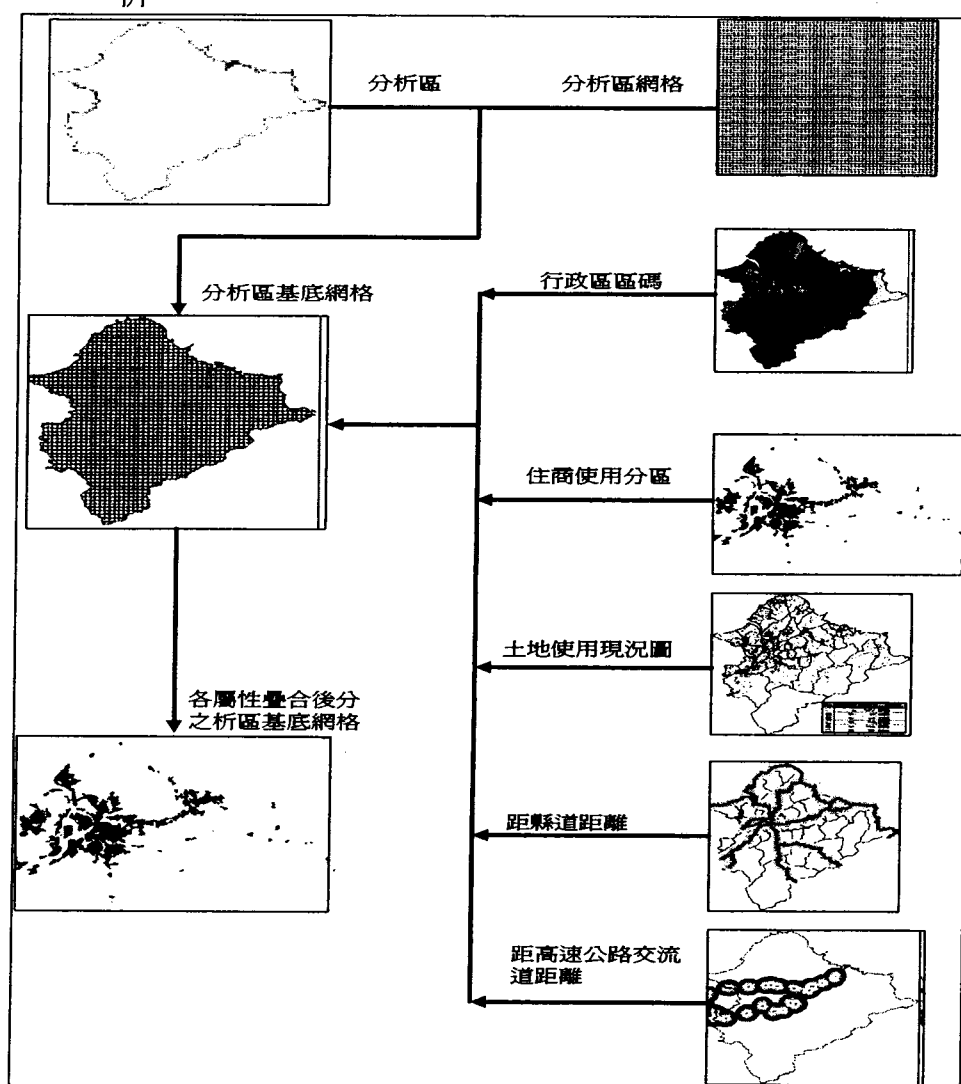


圖4-5 網格化過程圖

4-2.4 向量式近鄰分析

經疊圖處理後之向量式資料，以基底網格圖層做為分析之基底，各網格均有各自獨立的網格編號，計算時以 ArcObject 存取各網格，分別對各單一網格做環域分析，落入環域內的網格則設定為該網格之鄰近範圍，如此逐一對各網格進行分析處理。所操作的物件主要為 QueryFilter (圖 4-6) 物件與 Geometry (圖 4-7) 物件，QueryFilter 物件主要用來進行資料之篩選，而 Geometry 物件負責環域分析等幾何操作。分析時先利用 QueryFilter 選取所有要處理的物件，對於所選中的每個網格物件各自產生近鄰分析區 (Buffer)，再利用 SpatialFilter 選取近鄰分析區所涵蓋的鄰近網格，有了選中的網格則可對鄰近網格進行分析與處理。

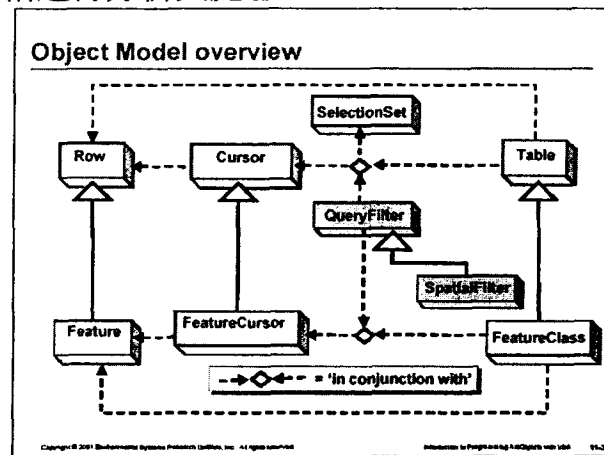


圖4-6 資料操作物件 (ESRI 2001)

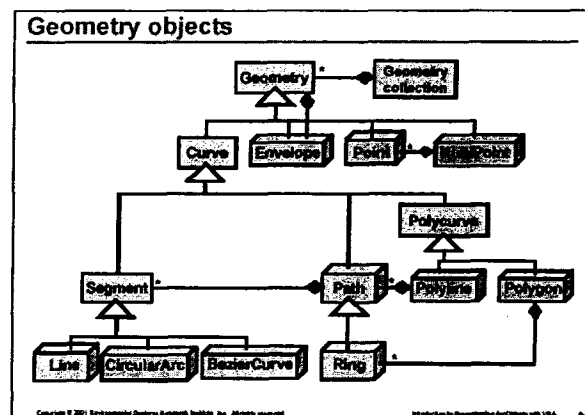


圖4-7 幾何操作物件 (ESRI 2001)

程式處理過程的虛擬碼 (sudo code) 如下：

```
Public Sub Main()
    Dim pQFilter As IQueryFilter
    Set pQFilter = New QueryFilter
    pQFilter.WhereClause = "ID >0"
    Dim pFeature As IFeature
    Set pFeature = pFCurs.NextFeature 'move pointer to first record
    Do While (Not pFeature Is Nothing)
        CountNeighborhood(pFeature As IFeature,pFCls As IFeatureClass, _
            nbrDist As Integer)
        Set pFeature = pFCurs.NextFeature
    Loop
End Sub

Private Sub CountNeighborhood(pFeature As IFeature,pFCls As IFeatureClass,
    _nbrDist As Integer)
    Dim pSFilter As ISpatialFilter
    Set pSFilter = New SpatialFilter
    Dim pFCursor As IFeatureCursor
    Dim pBuffPoly As IPolygon
    Dim pTopoOp As ITopologicalOperator
    Set pTopoOp = pFeature.Shape
    Set pBuffPoly = pTopoOp.Buffer(nbrDist)
    Set pSFilter.Geometry = pBuffPoly.Envelope
    pSFilter.SpatialRel = esriSpatialRelEnvelopeIntersects
    Set pFCursor = pFCls.Search(pSFilter, True)
    Dim pSubFeature As IFeature
    Set pSubFeature = pFCursor.NextFeature

    Do Until pSubFeature Is Nothing
        '計算鄰近網格值
        Set pSubFeature = pFCursor.NextFeature
    Loop
End Sub
```

主函式 main (main function) 為程式之進入點，對所有的網格進行詢訪，過程中會去呼叫副函式(countNeighborhood) 進行鄰近之計算，一直做到主函式詢訪完所有網格。以向量式直接處理網格化後的資料其好處是簡單、直觀且可以調用 ArcObject 內所有向量處理函式，然其缺點為計算速度太慢，對大量資料之計算不符合其時間效益。

4-2.5 網格式近鄰分析

由於空間分析的模組只能用於分析網格式資料（4-2.2 節），因此在做空間分析時利用自行定義的應用程式介面（API）溝通向量式網格資料與空間分析模組。使向量式資料可以直接利用空間分析模組。應用程式介面首先將欲分析之欄位資料連

結 (joint) 到基底網格，使欲轉換之空間物件為均質之網格，如此可避免過小的幾何物件無法轉成網格資料。然後利用空間分析模組的網格轉換功能 (Convert to Grid) 把向量圖層轉成網格式資料以進行各種空間分析處理，待處理完成再利用基底網格的中心的坐標，查詢網格式資料的值，以回存該網格所對應的資料集。

4-3 人口資料分析

人口的影響係土地演化之一重要因子，為了解歷年人口變化之趨勢，必須以可取得之歷年人口資料進行分析，目前本研究可取得之歷年完整資料，以各行政區為其最小單位，年度範圍從民國六十年到九十年，人口資料經網格化後以疊圖 (overlay) 的方法疊合其他資料進行分析。

4-3.1 人口分派

分析區鄉鎮中，以年度為橫軸，人口數為縱軸，可以繪出各鄉鎮年度人口趨勢圖 (台北市，圖 4-8；台北縣，圖 4-9；基隆市，圖 4-10)。由圖中台北市與台北縣人口成長趨勢大致可以 80 年為一分野，80 年以後人口成長則有持平或是減緩的趨勢。故本研究以各鄉鎮為單位，分別以 80 年為基年，90 年為目標年，推算 80 年至 90 年之間人口成長趨勢，並以鄰近影響因子與人口密度所組成之轉移函數，對所有網格推算未來年人口數目。

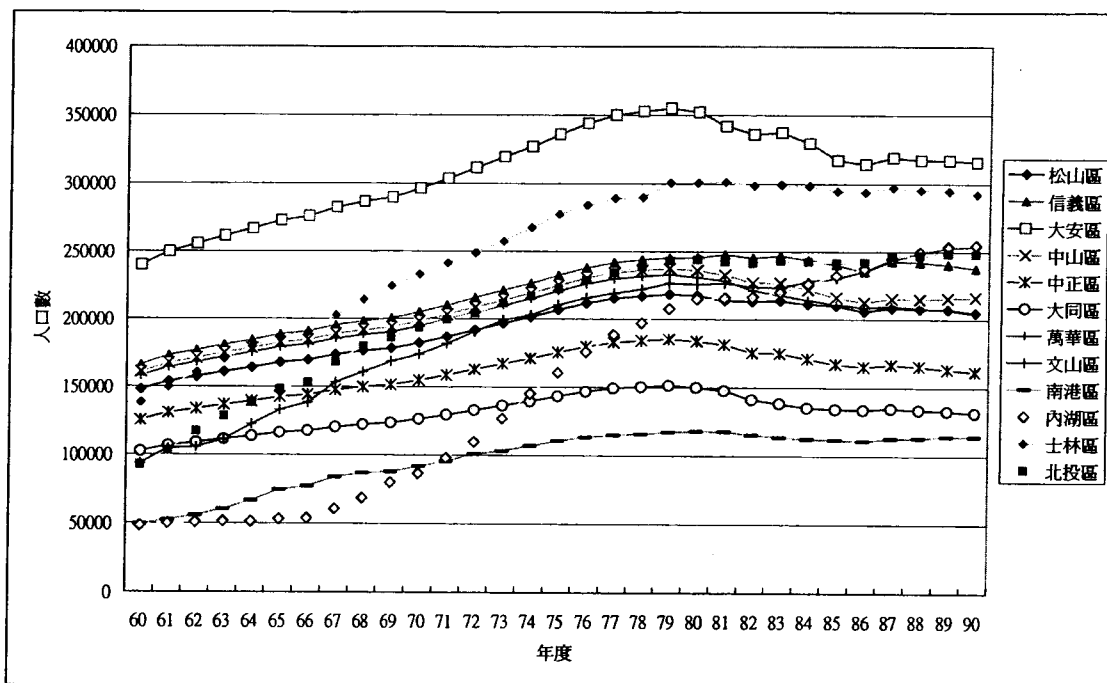


圖4-8 台北市歷年人口趨勢圖

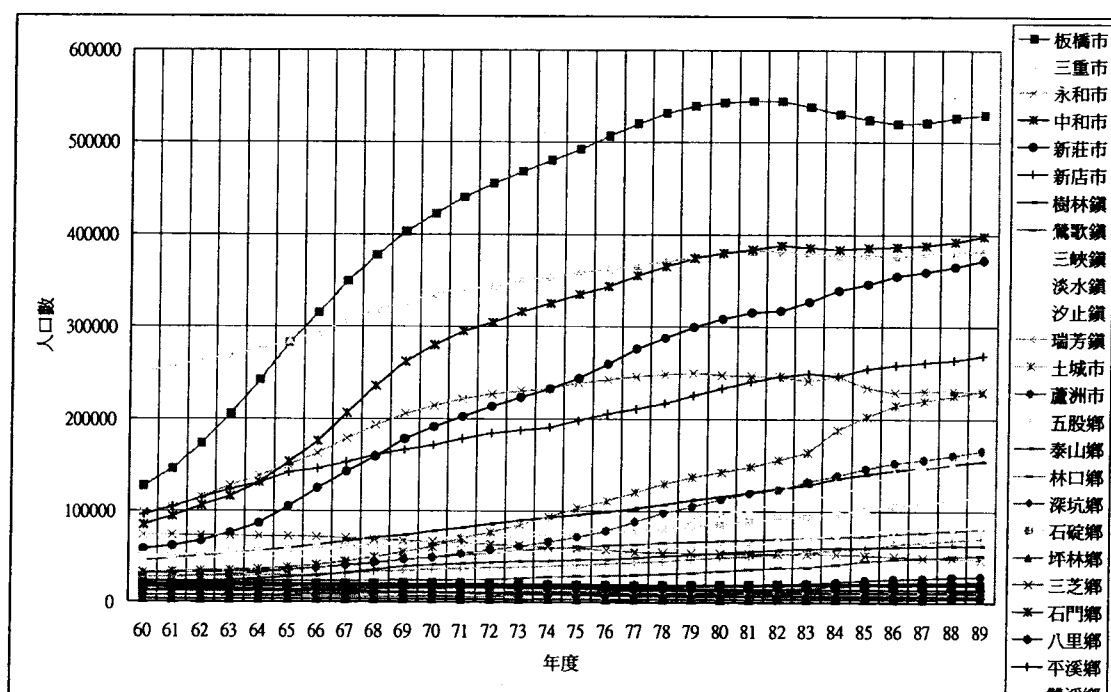


圖4-9 台北縣歷年人口趨勢圖

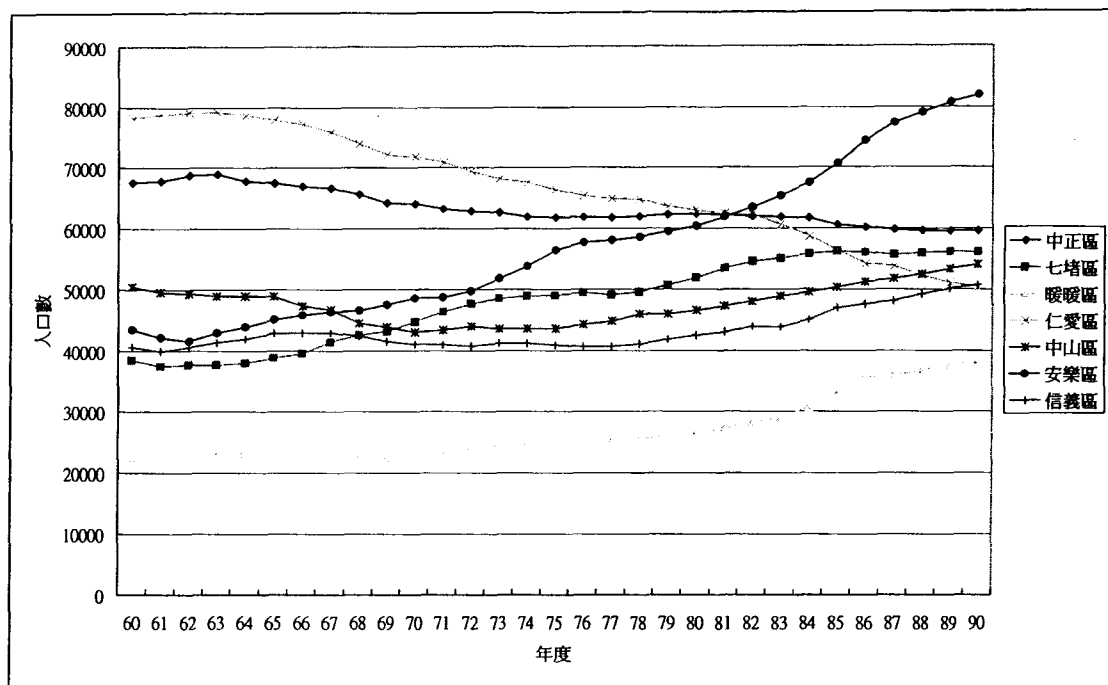


圖4-10 基隆市歷年人口趨勢圖

由於各縣市統計要覽之人口統計資料均係以鄉鎮區為空間單元，吾人必須適當的將人口數分派至各網格。

為使都市土地能有合理的發展，都市計畫將都市土地劃成了住宅區、商業區、工業區、行政區、保護區、農業區，以及道路、學校、公園、綠地等公用設施用地等。然而，我國的土地使用乃是混合式的發展。根據我國的都市土地使用管制規則，住宅區內仍容許做部份的商業使用；反之，商業區內也不禁止居住使用。根據內政部地政司在民國 82 年所進行的全國土地利用調查資料顯示，台北市住宅計畫分區內的 66.48% 土地面積供住宅使用，而商業計畫分區內的 38.45% 的土地面積供住宅使用。由於台北市為我國都市化程度最高之地區，而近十多年，台北市的人口已停止成長，甚至略呈負成長之象，故吾人以上述住宅用地分佔住宅分區及商業分區之土地面積比，做為都市完全發展時之用地混合比率。

本研究假設都市人口絕大多數均集中於住、商分區內之住宅用地，並將「樓地板人口淨密度」定義為：某地區人口數與該地區實際供住宅使用之樓地板面積之比值。其計算公式如式 4.1：

$$D_k = P_k / \sum_{i=1}^n (A_{i,k} \times R_i \times C_i) \quad (4.1)$$

其中：

D_k ：行政區 k 之樓地板人口淨密度值

P_k ：行政區 k 人口數

$A_{i,k}$ ：行政區 k 內，住宅區 (i=1) 或商業區 (i=2) 之土地面積

C_i ：住宅區 (i=1) 或商業區 (i=2) 之容積率

R_1 ：住宅用地面積佔住宅區面積比 (66.48%)

R_2 ：住宅用地面積佔商業區面積比 (38.45%)

是故，只要能計算出行政區 k 內各網格 j 之都市計畫住宅區及商業區面積 ($B_{i,j,k}$ ；住宅區 i=1，商業區 i=2)，分別乘上其住宅用地比率 (R_i)、容積率 (C_i) 及樓地板人口淨密度 (D_k)，即可得出分派至該網格之人口數 ($G_{j,k}$)，如式 (4.2)。

$$G_{j,k} = D_k \times \sum_{i=1}^n (B_{i,j,k} \times R_i \times C_i) \quad (4.2)$$

將行政區 k 所有網格之人口數加總，即得行政區之總分派人口數 (P'_k)，如式 (4.3)。理論上， P'_k 應等於 (P_k)，故各網格人口數應須再依比率修正為 $G^*_{j,k}$ ，使總人口數相符，如式 (4.4)。

$$P'_k = \sum_{j=1}^n G_{j,k} \quad (4.3)$$

$$G^*_{j,k} = G_{j,k} \times (P_k / P'_k) \quad (4.4)$$

4-3.2 人口成長上限

根據人口統計資料，約在民國 80 年前後台北縣市及基隆市的人口成長趨勢有很大的不同(詳圖 4-8、4-9、4-10)。約在民國 80 年以前，此三縣市的人口快速成長，主要是來自台灣其他縣市地區的人口遷入；到了約民國 80 年以後，此三縣市雖然仍有許多鄉、鎮、市、區人口繼續成長，但也有不少鄉鎮市區開始出人口現停滯成長的現象，甚至於負成長。是故，爲了能合理的預測本地區未來人口的成長，本研究採用民國 80 至 90 年之間的人口統計資料做爲預測的基礎。

都市人口不可能漫無止境的成長，它會受到全國或區域總人口成長趨勢，以及都市計畫可供居住使用之土地面積的制約。

本研究以民國 120 年爲人口預測之目標年，其人口成長總量必然會受到台灣地區整體發展的制約。民國 80 年到 90 年間台北市、台北縣和基隆市三縣市總人口占全國總人口之比例約爲 30%，假設此三縣市未來年占全國總人口之比例不變之下，依經建會(2002)「中華民國臺灣地區民國 91 年至 140 年人口推計」，民國 120 年全國總人口數爲 24,964,000 人，則此三縣山之 120 年人口總數約爲 7,426,000 人。本研究即以此人口數做爲民國 120 年此三縣市人口成長總數之上限。

都市計畫可供居住使用之土地面積也限制了該地區人口成長之上限。根據調查，台灣地區平均每人居住樓地板面積約爲 25 平方公尺。本研究以此爲準估算各鄉鎮市區的人口數最大承載量(Q_k)。如式 4.5，行政區 k 的人口數最大承載量(Q_k)爲該區之住商分區面積($A_{i,k}$)、容積率(C_i)、住商分區內居住用地比率(R_i)之乘積和，再除以平均每人居住樓地板面積。

$$Q_k = \sum_{i=1}^n \frac{(A_{i,k} \times R_i \times C_i)}{25} \quad (4.5)$$

民國 90 年時，台北縣市及基隆市三縣市之總人口數爲 6,634,734 人，依上述推估方法，該三縣市於民國 120 年時，將達 7,400,000 人，爲人口數最大承載量 10,078,000 人之 73.43%；換言之，全區仍有 26.57%的人口成長空間。

4-3.3 人口成長預測

本研究之人口預測包括了「鄉鎮市區」及「網格」二個層級。在鄉鎮市區層級，因其人口成長趨勢相當穩定，以直線迴歸預測未來之人口成長量(例如：台北縣各鄉鎮市未來人口預測結果，詳如圖五)。不過，各鄉鎮市區之人口預測數不得超過上述之人口數最大承載量(Q_k)。在網格層級則引進宮格自動機的概念，考慮周遭人口、距離道路等因素對該網格人口成長之影響，預測該網格之未來人口數。同樣的，各行政區所有網格人口預測數之總和，亦不得超過該行政區各相應年度之人口預測值。

由於模型中假設未來年之人口數成長趨勢不變(依 80 年到 90 年之成長趨勢)，台北縣以板橋市人口占全縣人口比例最大，60 年到 90 年之間人口成長率也最高，然板橋市人口 80 年到 90 年間成長率為負斜率，因此未來年之人口推估也呈負成長，但板橋市 100 年到 120 年之人口數占台北縣總人口數之比例仍然最高。80 年到 90 年之間之成長比例則以新莊市最高，因為轉移函數中假設未來年人口成長依 80 年至 90 年成長比例，故 100 年至 120 年之間也以新莊市人口成長速度最快。

網格層級之人口迴歸預測，如式 4.6。以 80 年至 90 年之資料，迴歸出 80 年鄰近人口密度平均值($\overline{P}_{80}$)、鄰近網格距高速公路平均值($\overline{Hw}$)、鄰近網格距縣道平均值($\overline{Rd}$)、鄰近網格農業用地面積平均值($\overline{Agr}$)、鄰近網格工業用地面積平均值($\overline{Ind}$)、鄰近網格住宅區用地面積平均值($\overline{Hou}$)與鄰近網格商業用地面積平均值($\overline{Bis}$)等變項之係數值。再利用此迴歸之係數值，以 80 年為基年，推算未來年之人口密度值。

$$P_{80+n} = m_1 \overline{P}_{80} + m_2 \overline{Hw} + m_3 \overline{Rd} + m_4 \overline{Agr} + m_5 \overline{Ind} + m_6 \overline{Hou} + m_7 \overline{Bis} + \varepsilon \quad (4.6)$$

4-4 影響因子

4-4.1 土地使用現況

本研究所使用之土地使用現況資料係八十三年國土利用調查資料，由調查資料了解到現況土地使用之情形。本研究針對商業區、工業區、住宅區、農業區等土地使用進行處理。利

用 GIS 軟體將要處理之資料進行篩選與土地使用類別歸併之動作。表 4-5 中，類別二為原國土利用調查資料中所定義之類別，類別一為經歸併後之類別。如類別一之稻作、旱作、廢耕地、林業、養殖、畜禽舍、牧場與農業附帶設施等經歸併則成為農業用地。

表4-5 土地使用分類表

類別一	類別二	代 碼	類別一	類別二	代 碼	類別一	類別二	代 碼
農業用地	稻作	0011	工業用地	製造	4010	建築用地		
	旱作	0012		工業相關設施	4020		(商業)	零售批發 3011
	廢耕地	0013		倉儲	4030			服務業 3012
	林業	0020				(住宅)	一層住宅	3021
	養殖	0030					低層住宅	3022
	畜禽舍	0041					中層住宅	3023
	牧場	0042					高層住宅	3024
	農 業 附帶設施	0050						

經類別歸併之處理後 GIS 軟體可針對不同之屬性值進行網格化之空間分析，例如本研究以各土類土地使用面積為分析之影響因子，則分析時以面積為網格化之操作對象，使各網格可分配到各土地使用之面積，同理如以土地使用類別進行操作，則可轉換出各網格之土地使用別（圖 4-11）。

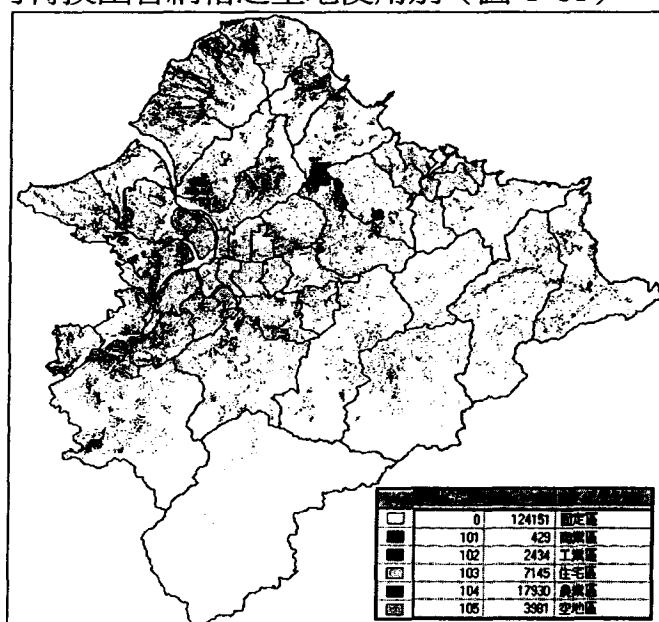


圖4-11 土地使用現況資料

4-4.2 道路系統

道路系統圖之資料來源包括縣道路網圖（圖 4-12）與高速公路路網圖（圖 4-13）。為量化道路系統之影響，本研究利用 GIS 軟體之空間分析功能（find distant）求算所有網格對道路之距離（圖 4-14）；高速公路的部份由於公路本身具阻隔之作用，只有交流道區位才會對鄰近之網格造成影響，因此以交流道之區位做處理，所得之結果為各網格對交流道之距離（圖 4-15）。

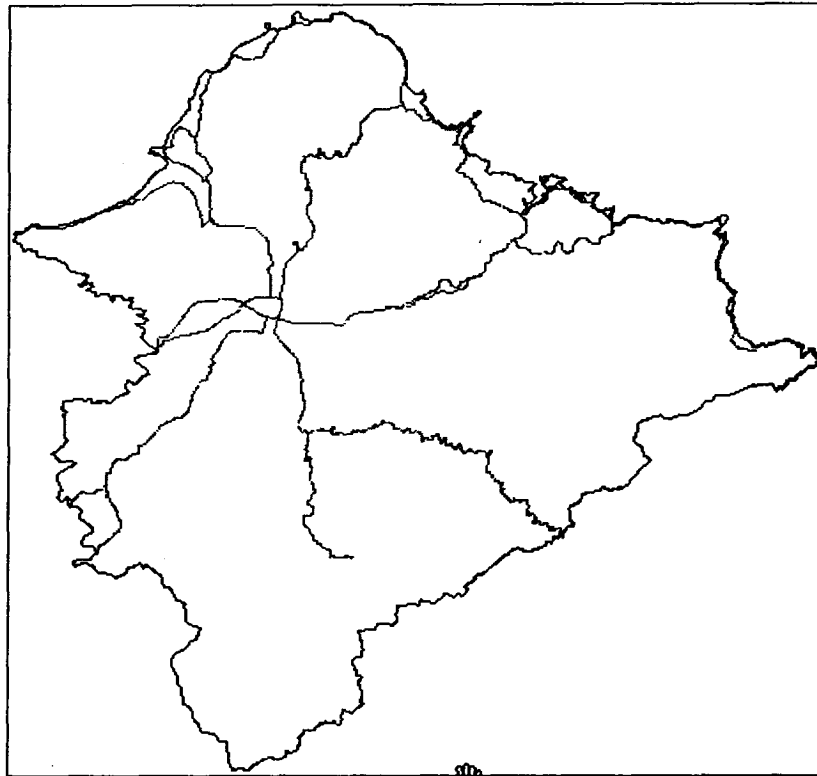


圖4-12 縣道路網圖

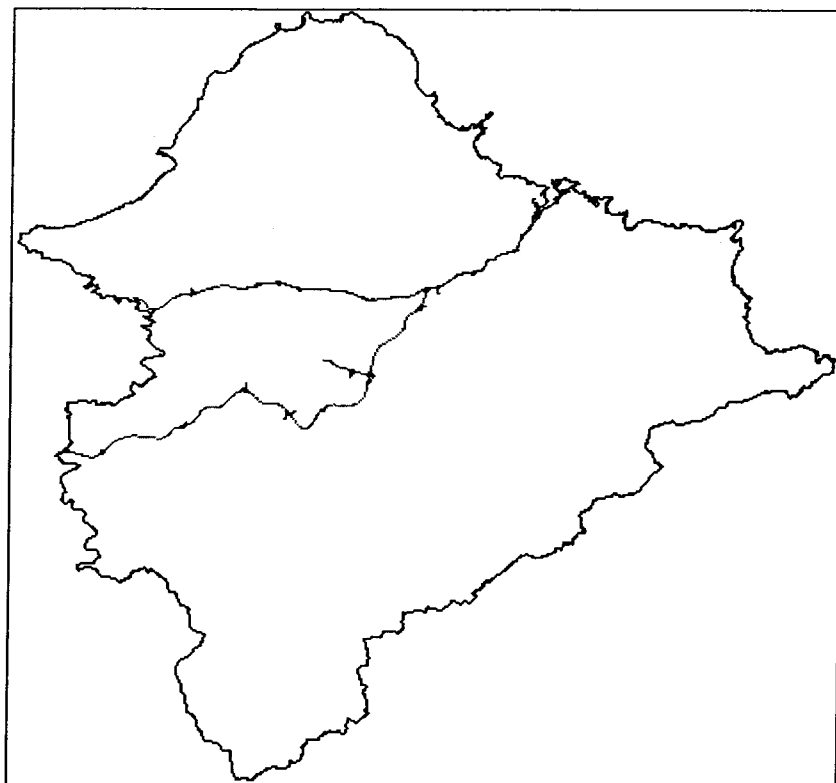


圖4-13 高速公路路網圖

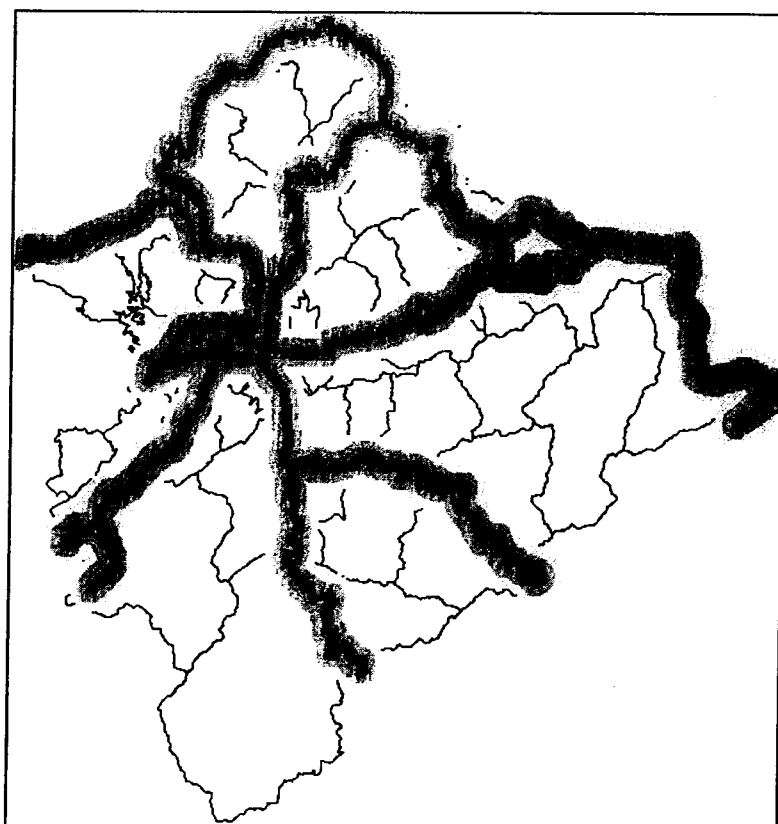


圖4-14 縣道距離分析

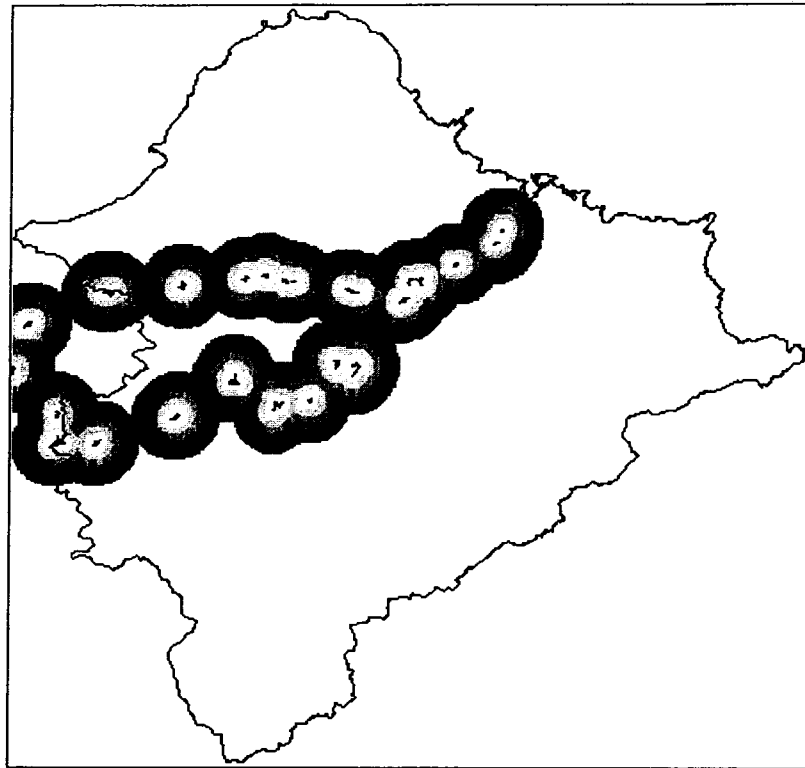


圖4-15 交流道區位距離分析

4-5 防災相關資料

4-5.1 淹水潛勢

利用淹水潛勢資料為輸入資料，以 GIS 之空間分析功能重新設定分析範圍與網格之解析度，經空間分析功能轉換後使得各網格可和其他分析資料透過網格編號進行對應。轉換後不同深度之淹水淹勢以不同之數值代表（圖 4-16），如深度為 0.5m~1m 以 1 代表，3m 以上以 4 代表。

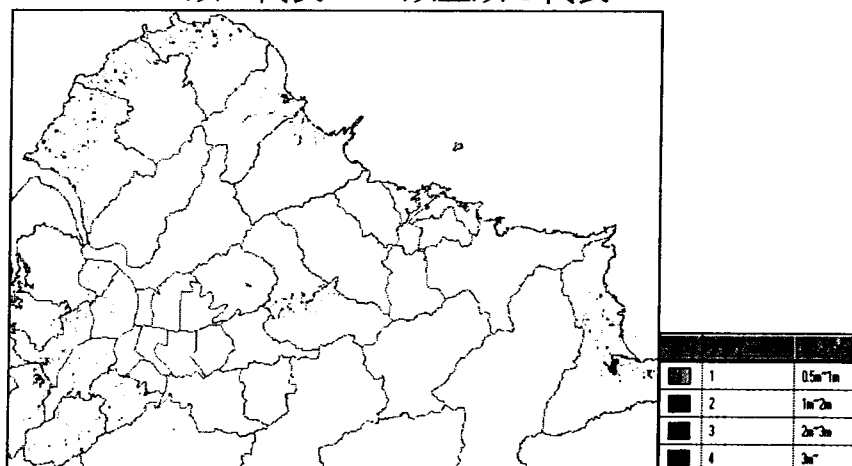


圖4-16 淹水潛勢資料（150mm）

4-5.2 土石流

山坡地的不當開發易造成坡地表土的鬆動一遇颱風、暴雨則造成土壤沖蝕形成土石流災害，不但對建物造成不同程度損失，還對生命財產造成威脅。國內目前土石流調查，已於民國八十五年由行政院農委會完成第一次 485 條土石流潛勢溪流調查，並於九二一震災後重建區調查時新增 722 條土石流潛勢溪流。而受到桃芝及納莉颱風之影響，最近之重調查已新增至總數共計 1420 條土石流潛勢溪流（圖 4-17；圖 4-18）。

本模式中以土石流之影響為外部之限制條件，凡是分析區網格內與土石流潛勢溪流或影響範圍交接者，則限制該網格人口發展使該網格不可開發，並將該網格人口移往他處。

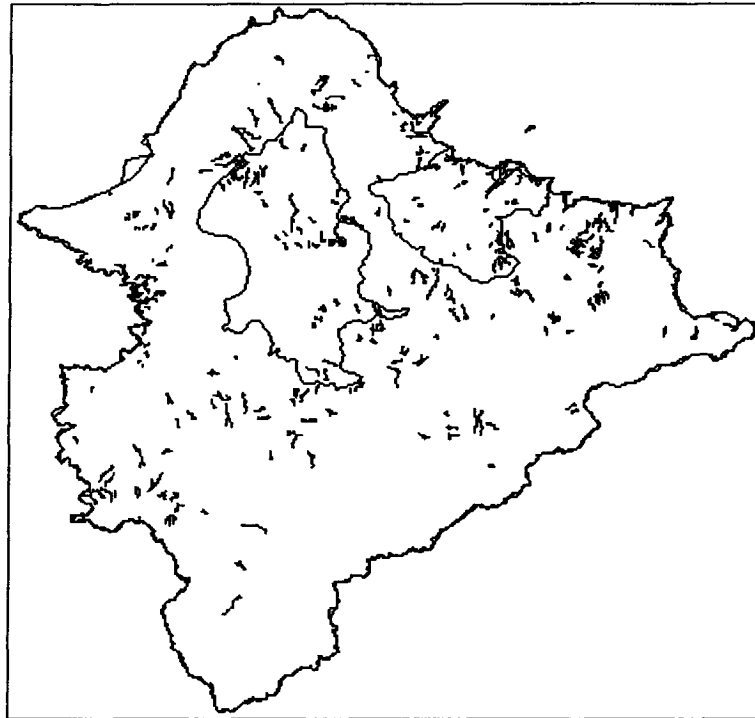


圖4-17 土石流潛勢溪流及其影響範圍

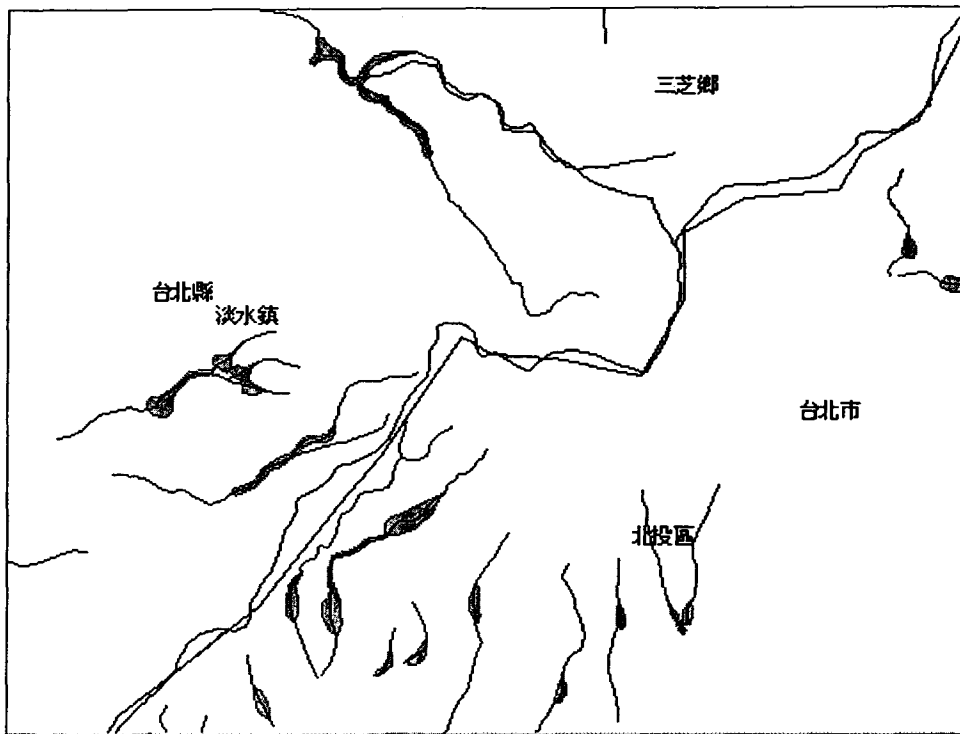


圖4-18 圖 4-17 局部放大圖

4-5.3 斷層線與地震資料

鑑於 921 地震所造成之傷害，應於活動斷層帶附近劃設限建區，限制房屋等建築之開發，以降低地震時所帶來的傷害。本模式中由活動斷層資料（圖 4-19）配合 GIS 軟體之空間分析功能，以斷層線兩側 15 公尺範圍設定為限制開發地區。由分析區網格疊合限制開發地區，如網格落於限制開發區內則使其人口數為零，並將該網格人口移往他處。

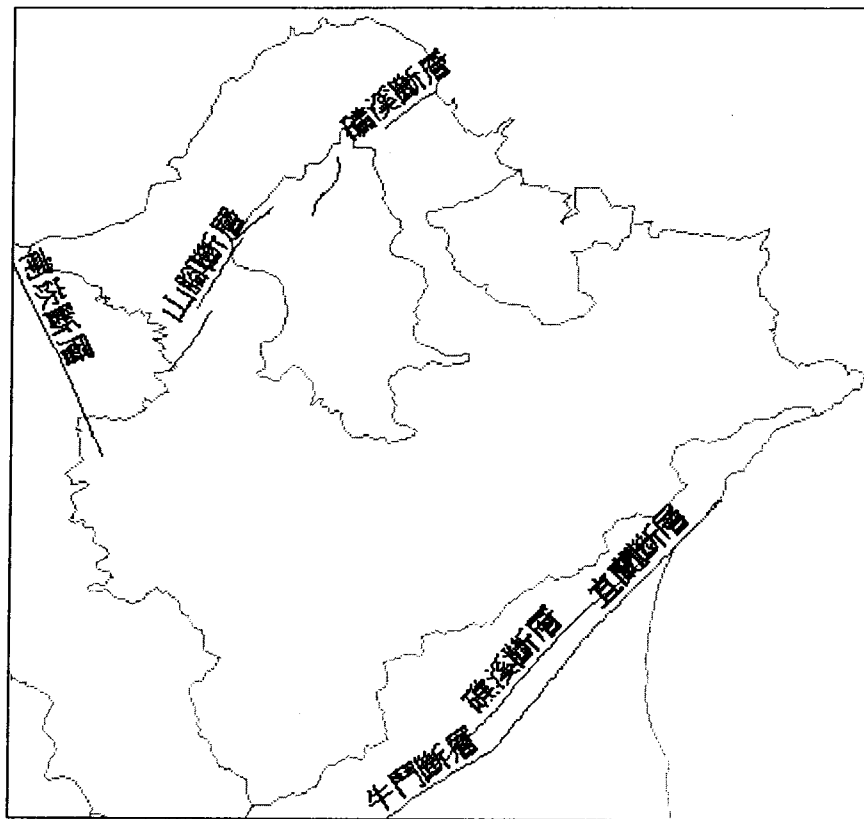


圖4-19 台北縣市附近活斷層圖

4-6 分區轉移函數

轉移函數最小可以一網格為單位，也可以鄉鎮分區或是整個分析區為單位，應視不同應用條件決定其最小單位，目前本研究以鄉鎮分區為分析範圍，利用 Excel 的多元線性迴歸函數求得其係數，轉移函數之各分區係數與 r^2 值如表 4-6、表 4-7 與表 4-8。某些外圍的鄉鎮因資料太小無法利用迴歸式計算出其係數者則假設其未來年人口數不改變。

表4-6 台北市轉移函數

NAME	區碼	m7	m6	m5	m4	m3	m2	m1	b	r2
松山區	6301	3.87E-06	5.46E-06	1.48E-07	6.04E-08	-1.2E-07	-3.1E-07	0.959612	-0.01485	0.710851
信義區	6302	4.73E-07	3.05E-07	2.41E-07	-4.8E-07	-2.5E-08	2.91E-07	1.058891	-0.00934	0.900774
大安區	6303	-9.3E-07	8.92E-08	-2.4E-07	-9.7E-07	-6.7E-07	-5.2E-07	0.936441	0.004013	0.523567
中山區	6304	3.03E-06	5.26E-07	5.99E-08	-7.9E-08	5.76E-07	6.1E-07	1.042127	-0.01637	0.519753
中正區	6305	3.07E-06	-1.1E-06	5.03E-07	3.45E-07	2.6E-07	-4.5E-07	0.829376	0.00945	0.793227
大同區	6306	7.65E-07	1.95E-06	3.21E-07	-2E-06	-1.7E-06	-1E-06	0.735489	0.018984	0.515659
萬華區	6307	1.29E-05	9.17E-06	2.4E-07	-7E-08	-1.2E-06	-2.5E-06	0.928402	-0.02816	0.795357
文山區	6308	5.45E-07	-4.5E-08	-2.2E-07	-1.4E-07	-9.7E-08	-1.5E-07	1.199122	-0.00209	0.788008
南港區	6309	2.17E-07	-1.4E-06	-6.7E-08	-4.7E-08	4.69E-07	7.53E-07	1.040664	-0.00733	0.818767
內湖區	6310	-5.5E-07	-9.9E-08	2.95E-07	6.33E-07	-5.5E-08	9.92E-08	1.245025	-0.0028	0.714343
士林區	6311	3.11E-07	-1.3E-07	3.29E-08	1.39E-07	6.11E-09	8.76E-08	0.991562	-0.00119	0.860204
北投區	6312	9.85E-07	-6.7E-07	-1.8E-07	6.44E-07	7.96E-07	-5.4E-07	1.070178	0.0035	0.783806

表4-7 台北縣轉移函數

鄉鎮	區碼	m7	m6	m5	m4	m3	m2	m1	b	r2
板橋市	101	-3E-07	-2E-06	-1E-07	-4.9E-08	-3.8E-07	2.22E-07	0.723702	0.031004	0.483305
三重市	102	6.47E-07	-3.7E-08	6.55E-08	1.66E-07	-3.6E-07	1.65E-08	0.563697	0.030744	0.121264
永和市	103	-6.6E-07	-1.9E-06	1.41E-07	1.84E-08	1.62E-07	2.37E-07	0.515549	0.038322	0.075312
中和市	104	-2.5E-07	-5.3E-07	-2.8E-08	-3E-08	-1.1E-07	2.53E-08	0.449431	0.042776	0.163852
新莊市	105	3.2E-07	-3.7E-08	2.17E-07	-1.5E-07	-9E-07	2.41E-07	1.14637	0.003128	0.13762

新店市	106	-4.5E-07	4.68E-08	5.55E-08	1.35E-07	-1.4E-07	-2.1E-08	0.31517	0.042126	0.012697
樹林鎮	107	-1.4E-07	-6.3E-08	9.75E-08	1.08E-07	8.43E-08	4.26E-07	0.581081	0.020739	0.050957
鶯歌鎮	108	-3.6E-07	1.21E-07	-4.2E-08	-1.6E-08	1.02E-07	-1.7E-07	-0.31678	0.037181	0.010047
三峽鎮	109	-7.8E-07	-5.6E-07	-1.3E-07	-3.6E-07	3.81E-07	1.74E-08	-1.07585	0.085957	0.031968
淡水鎮	110	2.55E-08	6.99E-08	3.56E-08	-1.8E-08	4.13E-08	6.54E-08	1.212094	-0.00035	0.255862
汐止鎮	111	2E-08	1.58E-07	3.35E-08	1.55E-07	3.33E-07	-2E-08	0.625387	0.033053	0.011242
瑞芳鎮	112	3.87E-07	-3.2E-09	1.98E-07	1.04E-07	-3.7E-07	2.07E-07	-0.07598	0.030093	0.032267
土城市	113	2.21E-08	1.29E-07	1.98E-07	-4.3E-07	4.43E-07	-6.4E-08	0.236673	0.057227	0.060423
蘆洲市	114	-3.2E-06	4.91E-06	-1.7E-06	-1.6E-07	9.18E-07	3.96E-07	0.096073	0.072431	0.097897
五股鄉	115	8.87E-07	1.31E-07	1.78E-07	5.16E-07	-1.7E-06	4.68E-08	1.221397	0.001684	0.328915
泰山鄉	116	3.29E-06	1.6E-06	2.5E-07	-2.6E-07	2.05E-06	-1.4E-07	1.258162	-0.01004	0.614268
林口鄉	117	5.34E-07	5.87E-07	-2.6E-09	-9E-08	-1.6E-07	-4.1E-08	0.888308	-0.00175	0.219279
深坑鄉	118	3.82E-06	-7.1E-07	2.13E-07	3.08E-07	1.5E-06	3.39E-07	0.394509	0.015379	0.096708
石碇鄉	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0
坪林鄉	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
三芝鄉	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石門鄉	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0
八里鄉	123	1.02E-06	7.62E-08	-3E-07	-6.6E-07	-5.5E-07	-5.5E-07	1.460111	0.006773	0.107551
平溪鄉	124	-1.5E-06	-2E-06	3.03E-07	1.16E-06	4.24E-07	2.23E-07	3.031749	-0.02001	0.210246
雙溪鄉	125	-4.4E-06	-4.1E-06	7.09E-08	-1.5E-06	5.49E-07	-1.5E-06	0.58395	0.102522	0.092259
貢寮鄉	126	1.15E-06	-8.7E-09	-5.5E-07	-3.1E-07	-1.1E-07	1.3E-07	1.245921	-0.00346	0.13243
金山鄉	127	-2.3E-05	-6.6E-06	-8.7E-07	-1.3E-05	7.38E-06	-5E-07	3.1573	0.019298	0.294959
萬里鄉	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0
烏來鄉	129	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表4-8 基隆市轉移函數

NAME	區碼	m7	m6	m5	m4	m3	m2	m1	b	r ²
中正區	1701	1.24E-06	1.48E-07	6.08E-08	4.2E-07	-9.7E-08	1.28E-07	0.874909	-0.00011	0.191335
七堵區	1702	1.46E-06	1.28E-06	1.25E-07	2.1E-07	5.53E-08	-1.2E-07	0.767522	0.012702	0.185678
暖暖區	1703	1.04E-06	-4.1E-07	-7.2E-08	2.01E-07	-3.7E-07	1.53E-07	-0.42462	0.03306	0.021124
仁愛區	1704	-6.3E-07	8.84E-07	9.91E-08	1.07E-06	-4.5E-07	5.09E-07	0.725106	0.000865	0.592196
中山區	1705	-1E-06	3.46E-07	1.04E-07	3.5E-07	-1.2E-05	2.77E-07	1.558161	-0.01218	0.064856
安樂區	1706	5.11E-07	-1.8E-07	9.86E-09	9.35E-08	-7.4E-07	-1.6E-08	0.322479	0.02848	0.016866
信義區	1707	3.59E-07	3.33E-07	-3.7E-08	-8.1E-08	-2.3E-08	-5.4E-09	0.107332	0.016815	0.029051

第五章 模擬結果

以各行政區為單位（各使用分區之代碼如附表 1）由錯誤! 找不到參照來源。節所推算之轉移函數，進行各分區未來年人口區位與數量之推估。並分別模擬不同情境下之未來年人口分佈與數量。模擬一中未設定人口之限制條件，假設人口成長依 80 年，90 年之迴歸曲線；模擬二中假設人口數成長不變（依情境一）然其區位則受到淹水潛勢之影響，淹水潛勢地區（600mm 降雨強度）之人口強度維持不變；即淹水地區之人口數維持 90 年人口，而成長之人口數則遷移到未淹水之地區。模擬三與模擬四則延續模擬二，分別以土石流與地震斷層線限制人口之發展。

5-1 模擬一

模擬一設定為在不考量限制條件之下由轉移函數（4.6 小節）推論未來年之人口數量。因此在假設其他條件不改變的情況之下，未來年之人口成長趨勢依 80 年到 90 年這 10 年之間成長趨勢。由此假設之下由 90 年推估至 120 年之人口數。比較由經建會所得之 120 年人口數與計算年人口數（表 5-1），可以知道計算年 120 年人口數與經建會 120 年估算值人口數差占經建會 120 年人口之 0.32%。由容積所計算之人口上限為 10078108 人，120 年人口尚有 26.5% 之成長空間才能達到容積上限。

表5-1 推估年人口總數

年度	90	100	110	120	經建會 120 年	容積上限
總人口數	6634734	6839248	7136177	7403025	7426425	10078108

資料網格化處理（4-2.3 節）時已將各網格預先併入區碼，因此可利用此區碼進行各分區統計量之計算。以年度為橫軸，人口數為縱軸可得各年人口趨勢圖（台北縣，圖 5-1；台北市，圖 5-2；基隆市，圖 5-3）。由於模型中假設未來年之人口數成長趨勢不變（依 80 年到 90 年之成長趨勢），台北縣以板橋市人口占全縣人口比例最大，60 年到 90 年之間人口成長率也最高，然板橋市人口 80 年到 90 年間成長率為負斜率，因此未來年之人口推估也呈負成長，但板橋市 100 年到 120 年之人口數占台北縣總人口數之比例仍然最高。80 年 90 年之間之成長比例則以新莊市最高，因為轉移函數中

假設未來年人口成長依 80 年至 90 年成長比例，故 100 年至 120 年之間也以新莊市人口成長速度最快。

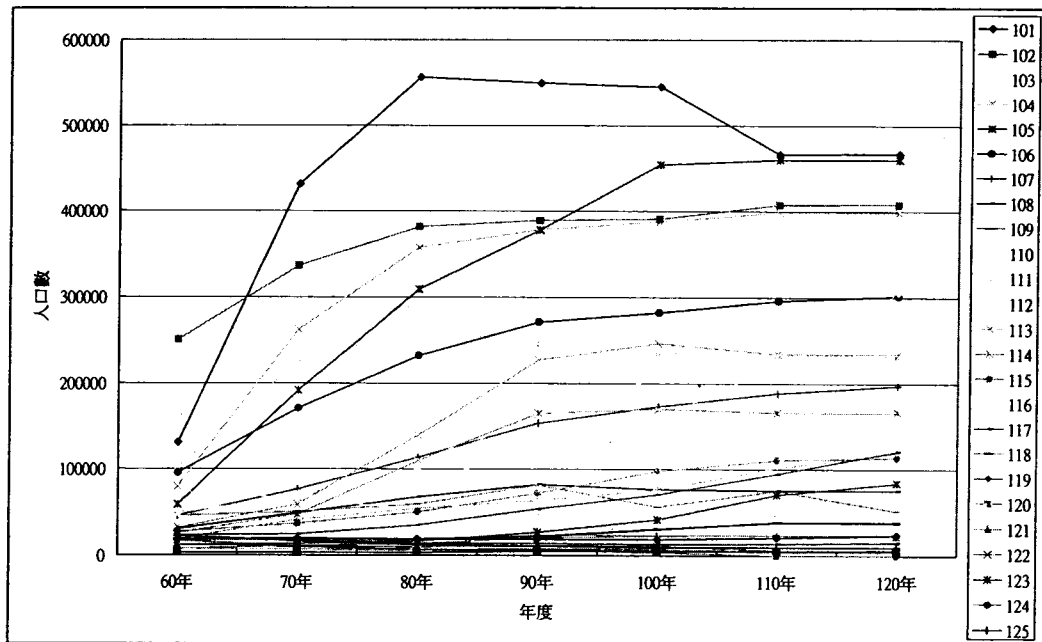


圖5-1 台北縣人口趨勢

台北市部份，以文山區與士林區人口成長速度最快，大安區、萬華區則有下降之趨勢，中山區、中正區、大同區、南港區等區成長比例持平。

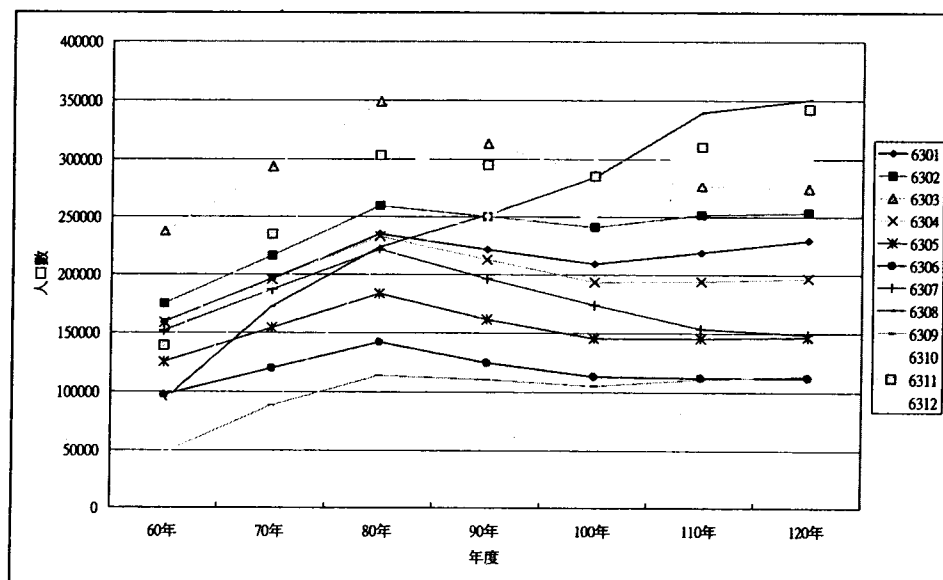


圖5-2 台北市人口趨勢圖

基隆市以中山區之成長比例最高，其他區人口成長比呈現上升的部份包括中正區、七堵區與安樂區。比較中山區與安樂區兩區80年至90年人口成長比例，以安樂區成長比例較高，但圖5-3中卻發現中山區成長速度大過安樂區，推測可能是受到鄰近因子的影響，因本模式中 $t+n$ 年的人口數，是由 t 年網格與鄰近網格之影響因子共同決定。暖暖區、仁愛區與信義區三個區則成長率持平。

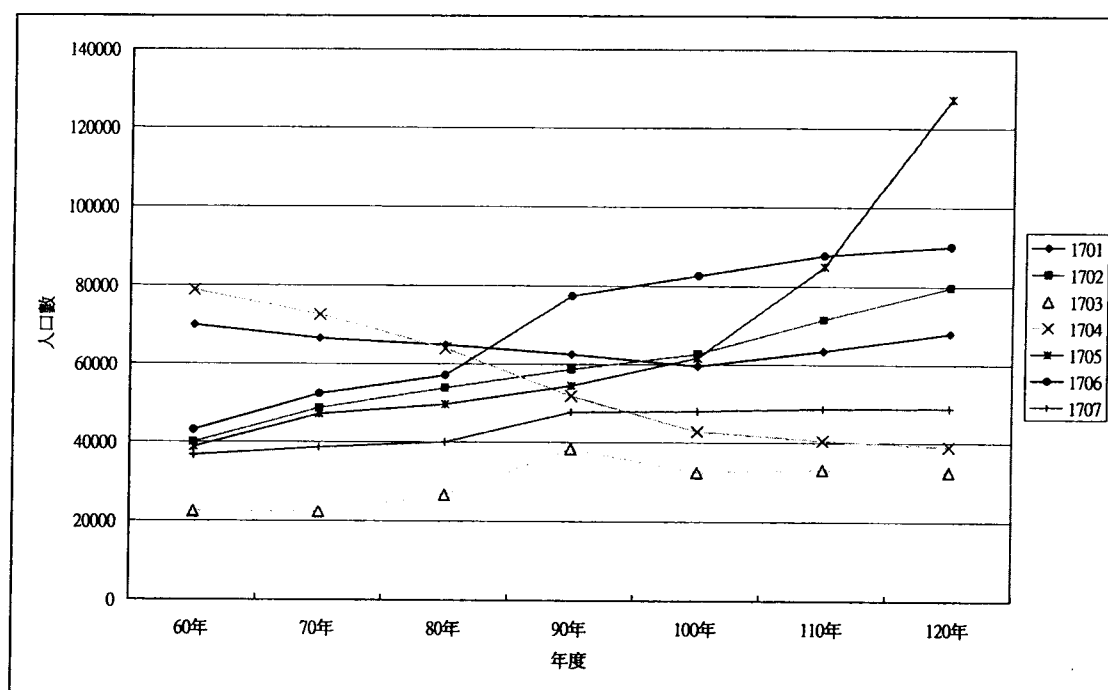


圖5-3 基隆市人口趨勢圖

5-2 模擬二

模擬二中除了依轉移函數推估人口成長外(模擬一)，另外套用以下分配規則，把欲成長之人口數移往未受淹水影響之網格。在假設未來年人口數推估正確下，可以不同政策套用於模式之中，使其針對各種不同的情況決定未來年之空間組成與人口分佈以提供不同政策與方案的決策輔助與視覺化顯示。本模擬即是以政策規定，受到淹水影響之區域其人口不可成長。其虛擬程式碼如下：

對所有的網格

如果該網格位於淹水區則

如果該網格計算年人口數小於 90 年人口者，則指定為計算年人口數

如該網格計算年人口超過容積上限則指定為容積上限值

否則，如該網格計算年人口數大於 90 年者，則改正為 90 年人口數

否則指定為計算年人口數

如該網格 90 年人口超過容積上限，

則指定為容積上限值

否則指定為 90 年人口數

否則

如果該網格位於未淹水區則

如計算年人口超過容積上限，則指定為容積上限值

否則指定為計算年人口數

遞迴下一個網格，直到詢訪完所有網格

重新分派人口到未淹水網格

受到上述規則之影響，各分區人口產生不同之移動，然三分區各年度總數和與規則一之總和相同（表 5-1）。規則中指定淹水區之網格其人口成長強度受到固定，因此超過的人口數移往未受淹水之網格，故各分區之人口數皆受到不等程度之改變。目前模式中僅以簡單模式重新分配人口（依各網格人口占總人口數比例），未來此處可以修正成更精確的模式。套用規則後各年人口趨勢圖（台北縣，圖 5-4；台北市，圖 5-5；基隆市，圖 5-6），各年度各分區之值如附表 2。

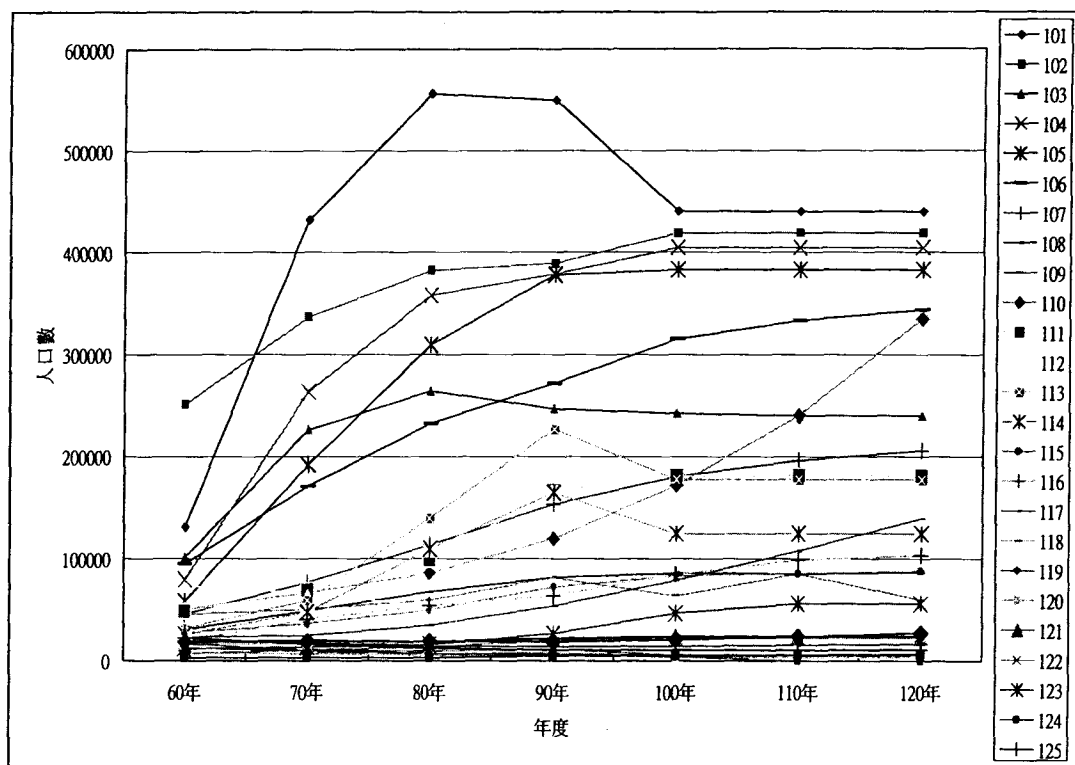


圖5-4 台北縣人口趨勢

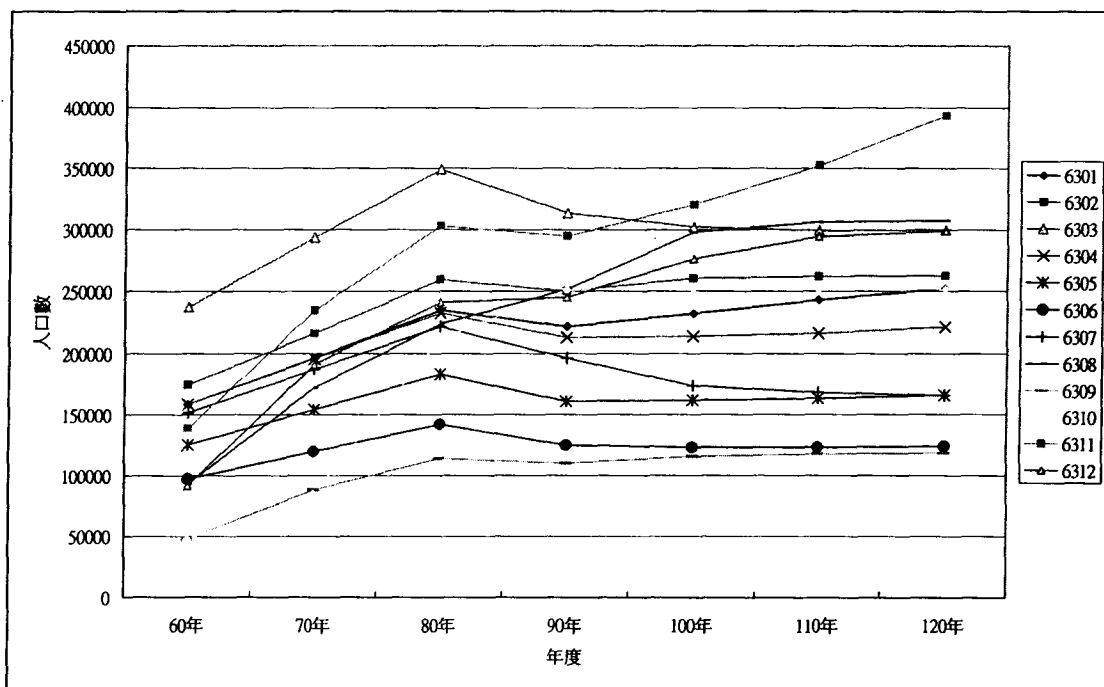


圖5-5 台北市人口趨勢圖

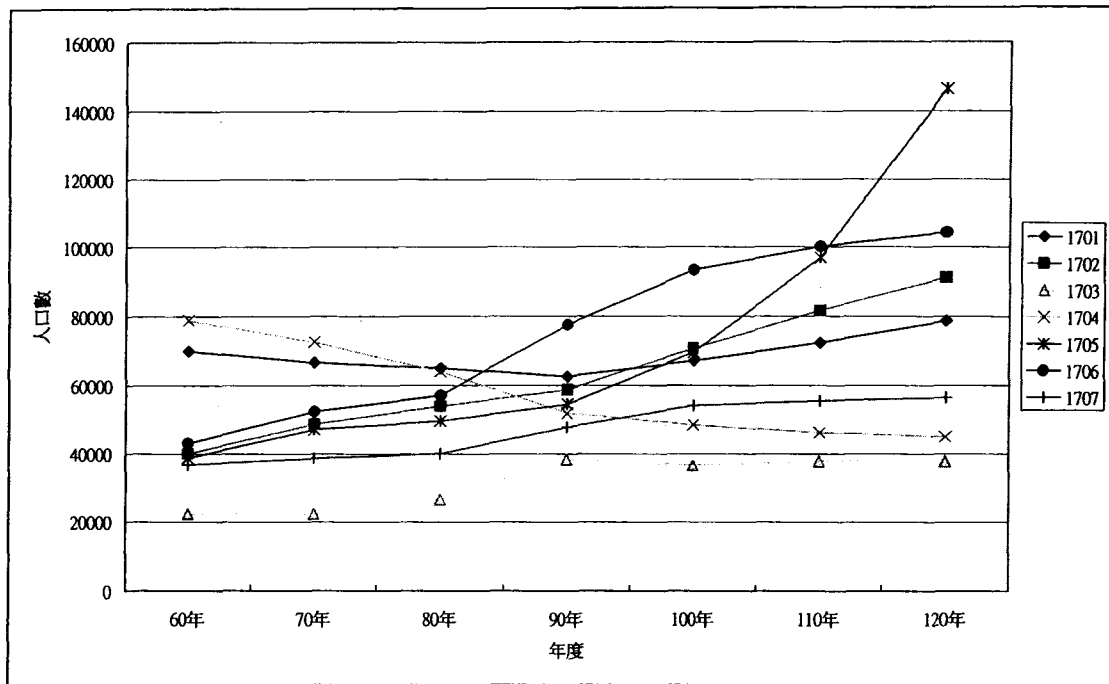


圖5-6 基隆市人口趨勢圖

比較模擬二與模擬一，台北縣以板橋市下降幅度最快，局部放大圖 5-7 與圖 5-8 (圖例：圖 5-9) 且疊合淹水潛勢網格後 (圖 5-10) 可以發現新莊市人口因受到規則之影響其人口成長數目固定，因此可以比較出兩圖新莊市所在的區域，顏色加深速度幾乎不變。此下降幅度與各鄉鎮淹水網格數所占數目有關 (圖 5-11)，因模式中固定淹水潛勢高的網格人口數之成長，故 100 年至 120 年人口發展均已受到限制，人口的移動則以各網格所占的人口比重新分配，因此如該網格人口比較高則可分配到較多的人口，然分配之前亦同時考量該網格容積上限，務使該網格之人口成長不超過其上限值。

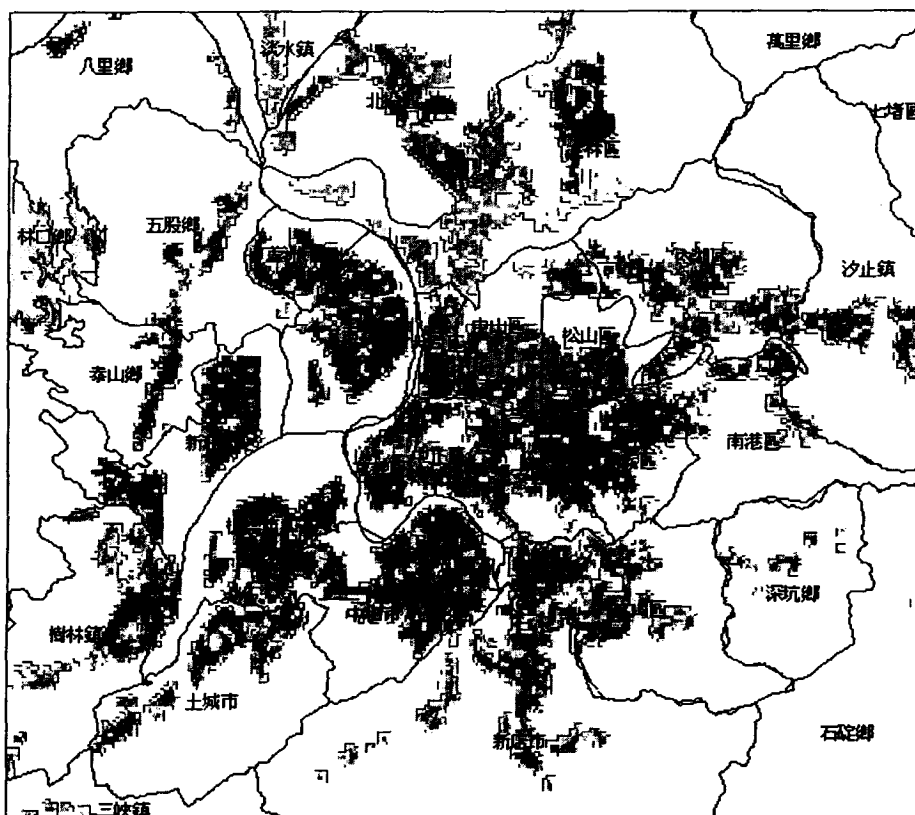


圖5-7 模擬一，未考量淹水規則

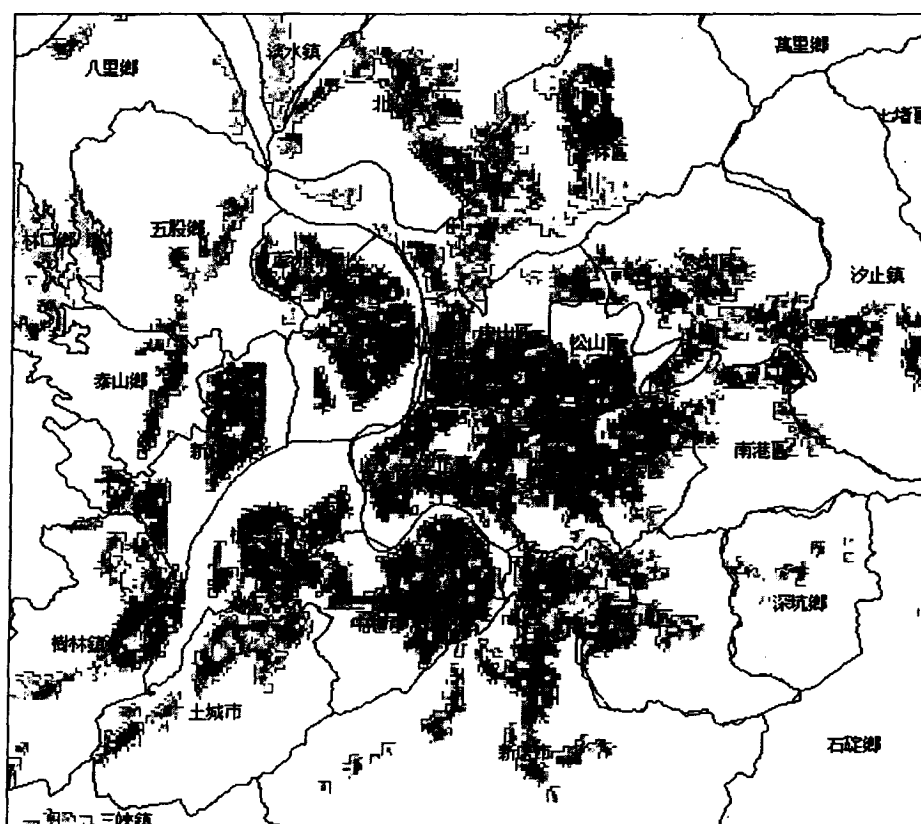


圖5-8 模擬二，考量淹水潛勢地區

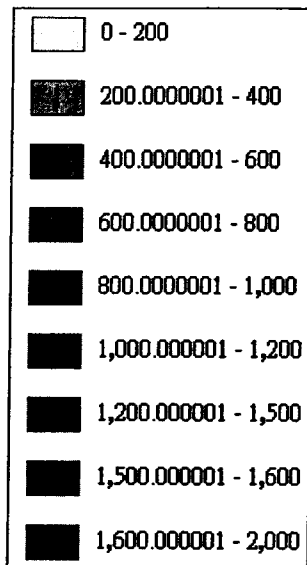


圖5-9 圖 5-7 與圖 5-8 圖例（單位：人）

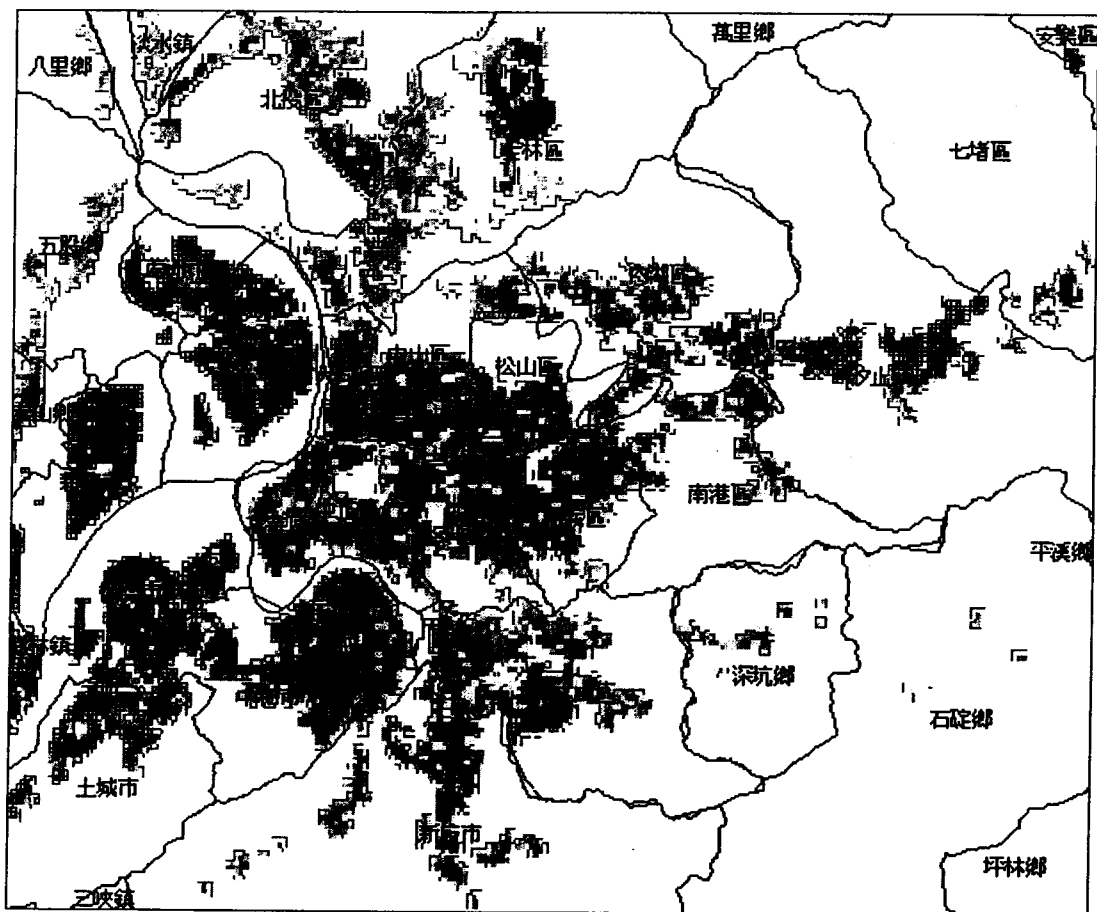


圖5-10 模擬二疊合淹水地區

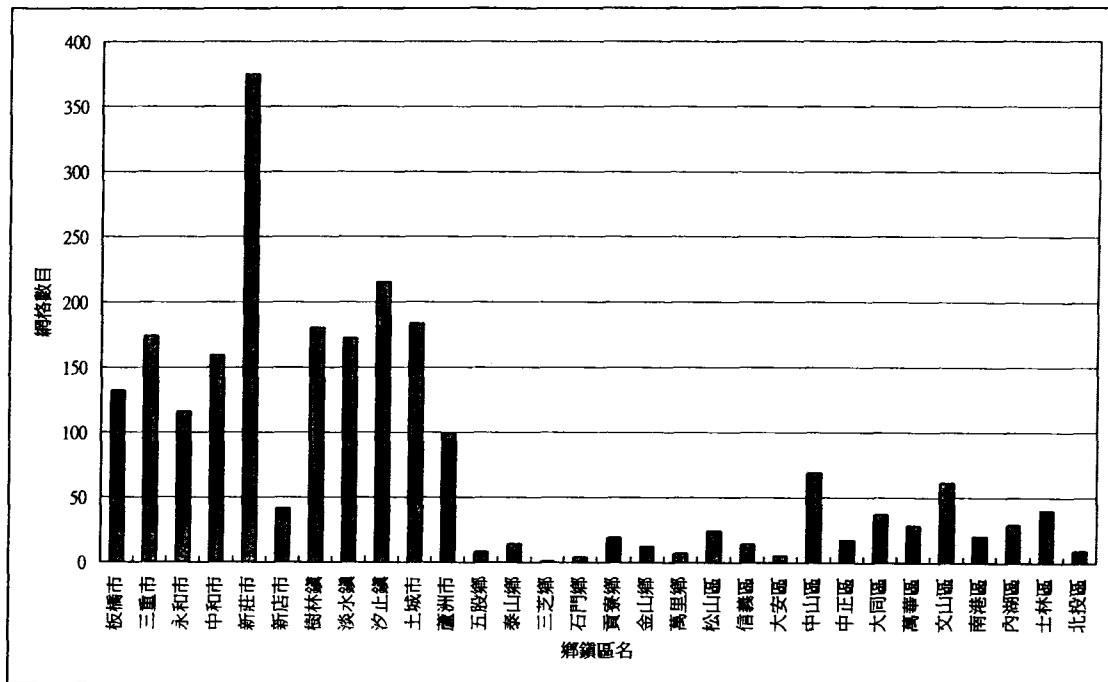


圖5-11 各鄉鎮淹水網格數目

5-3 模擬三

模擬三中除延伸模擬二之模式外，另外加入土石流潛勢溪流與土石流影響範圍（圖 5-12），圖中只要是與潛勢溪流與影響範圍重疊之網格（藍色外框之網格）則設定該網格之人口數目為零，總共受土石流影響的網格共 474 個網格，此即是以政策方案強制使危險分區之人口移往它處，並在此方案下決定未來人口之分佈情境，人口重新分派之規則同模擬二，以各網格人口所占比例進行分派，且不過容積上限。其演算規則如下：

對所有的網格

如果該網格位於淹水區則

如果該網格計算年人口數小於 90 年人口者，則指定為計算年人口數

如該網格計算年人口超過容積上限則指定為容積上限值

否則，如該網格計算年人口數大於 90 年者，則改正為 90 年人口數

否則指定為計算年人口數

如該網格 90 年人口超過容積上限，

則指定為容積上限值

否則指定為 90 年人口數

否則

如果該網格位於未淹水區則

如計算年人口超過容積上限，則指定為容積上限值

否則指定為計算年人口數

遞迴下一個網格，直到詢訪完所有網格

指定土石流區域之人口數為零

重新分派人口到未淹水網格

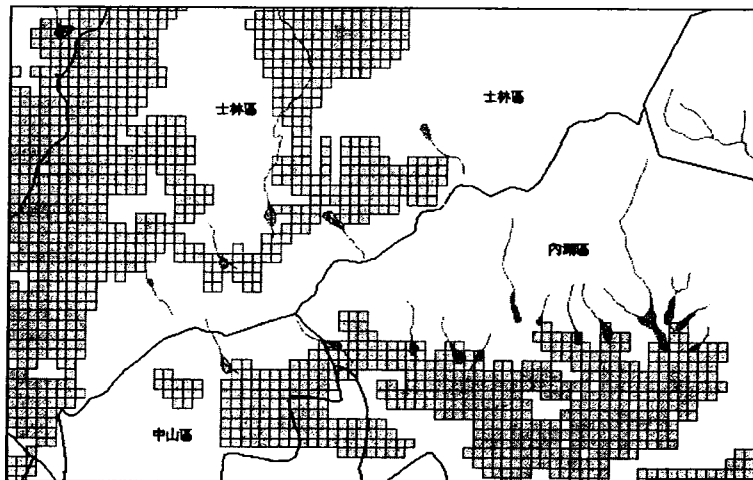


圖5-12 受土石流影響之分析區網格

經套用上述規則後，統計模擬三各鄉鎮年度人口數可得各年度人口趨勢圖(台北縣，圖 5-13；台北市，圖 5-14；基隆市，圖 5-15)。各年度各分區之值如附表 3。由於受影響網格數不多故比較模擬二與模擬三趨勢圖，並無太大改變。受土石流影響的網格中以靠近山區之鄉鎮較多(圖 5-16)如新店、瑞芳、平溪、士林、內湖與北投。

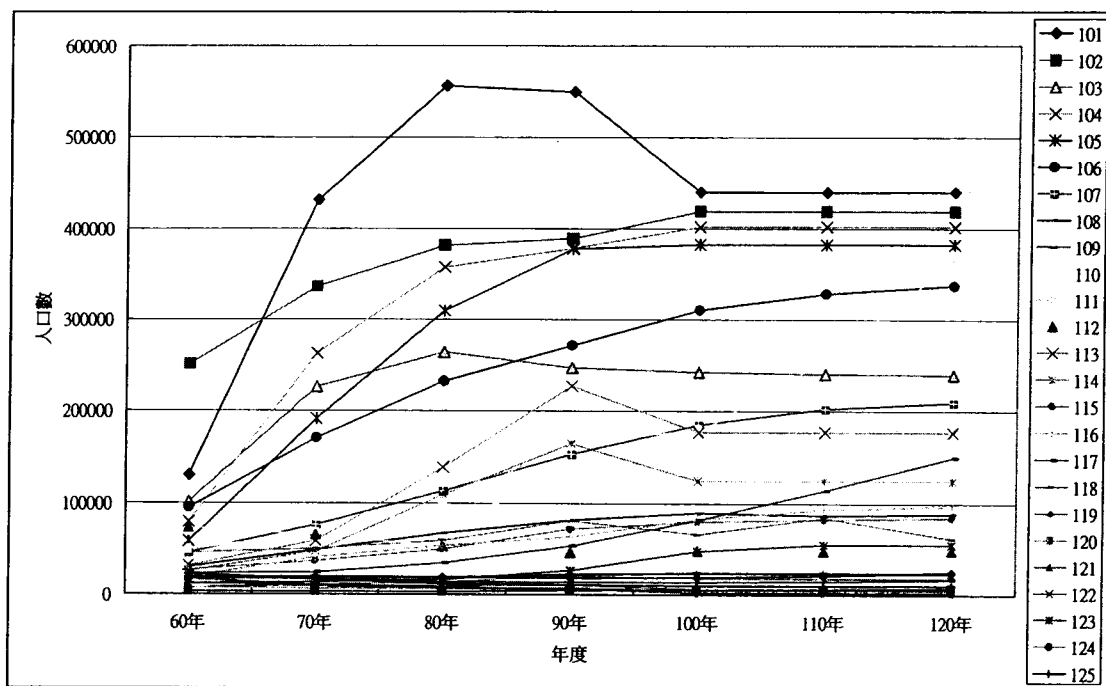


圖5-13 台北縣人口趨勢

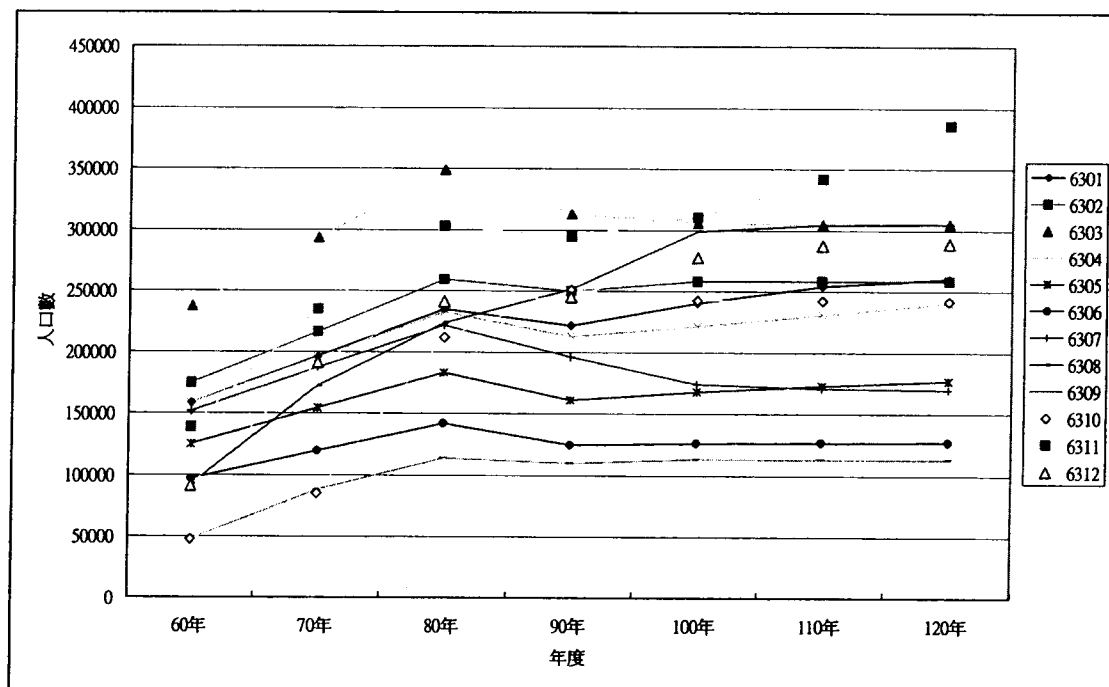


圖5-14 台北市人口趨勢圖

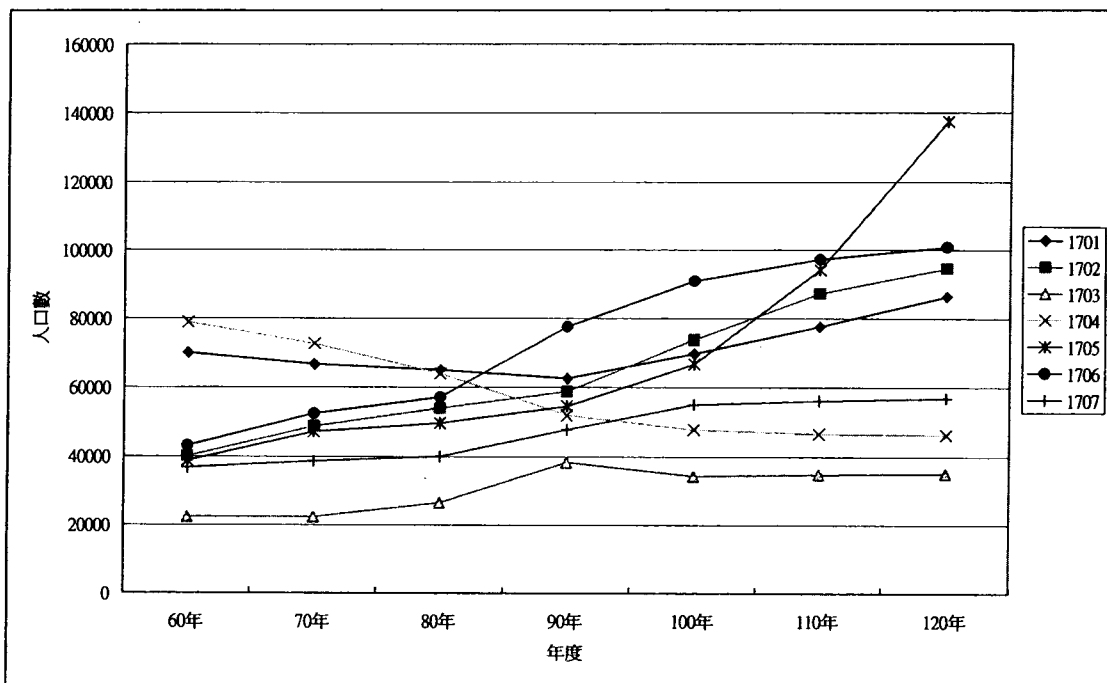


圖5-15 基隆市人口趨勢圖

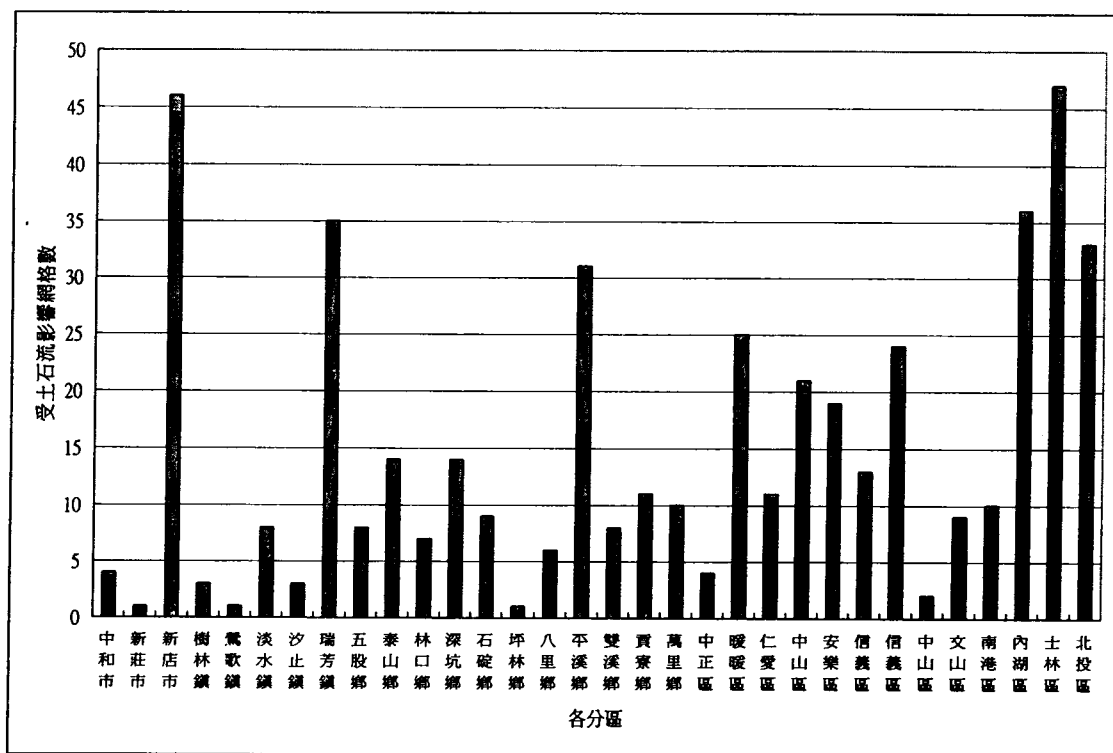


圖5-16 各分區受土石流影響網格數

將模擬二與模擬三各年度之分析結果以分區為單位繪製統計圖（圖 5-17，圖 5-18），可比較出模擬二與模擬三之明顯差異，而視覺化的輸出結果（圖 5-19，圖 5-20；圖例：圖 5-21）更可以看出

兩組模擬之不同，因受到土石流影響網格都變成白色，即人口數為零。

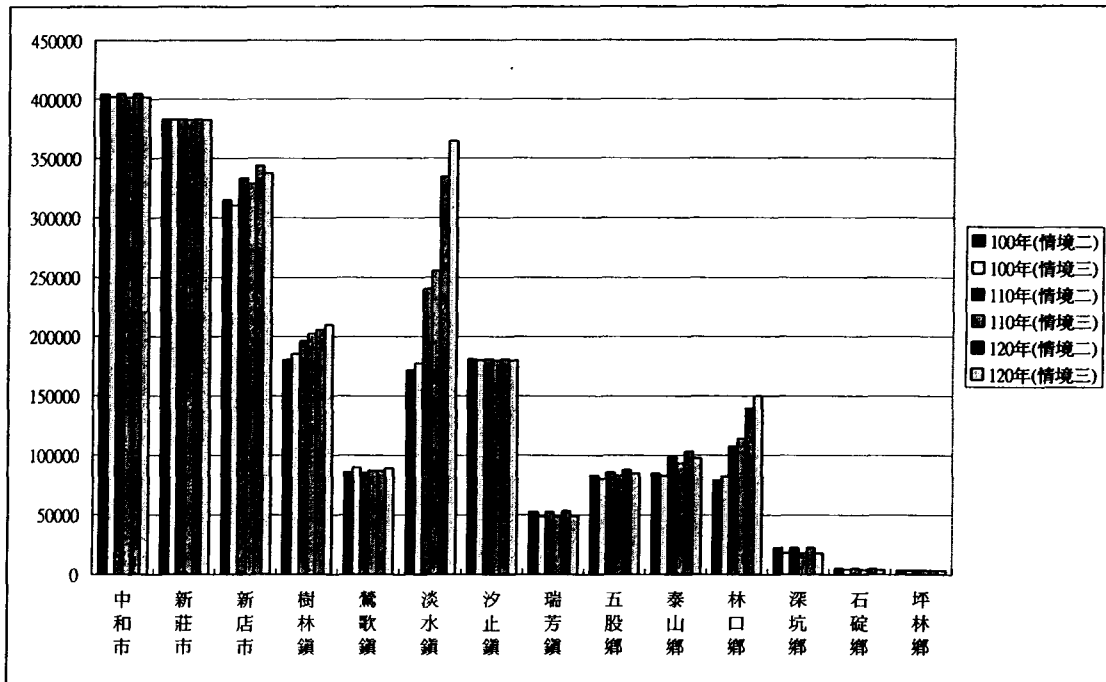


圖5-17 模擬二與模擬一比較一

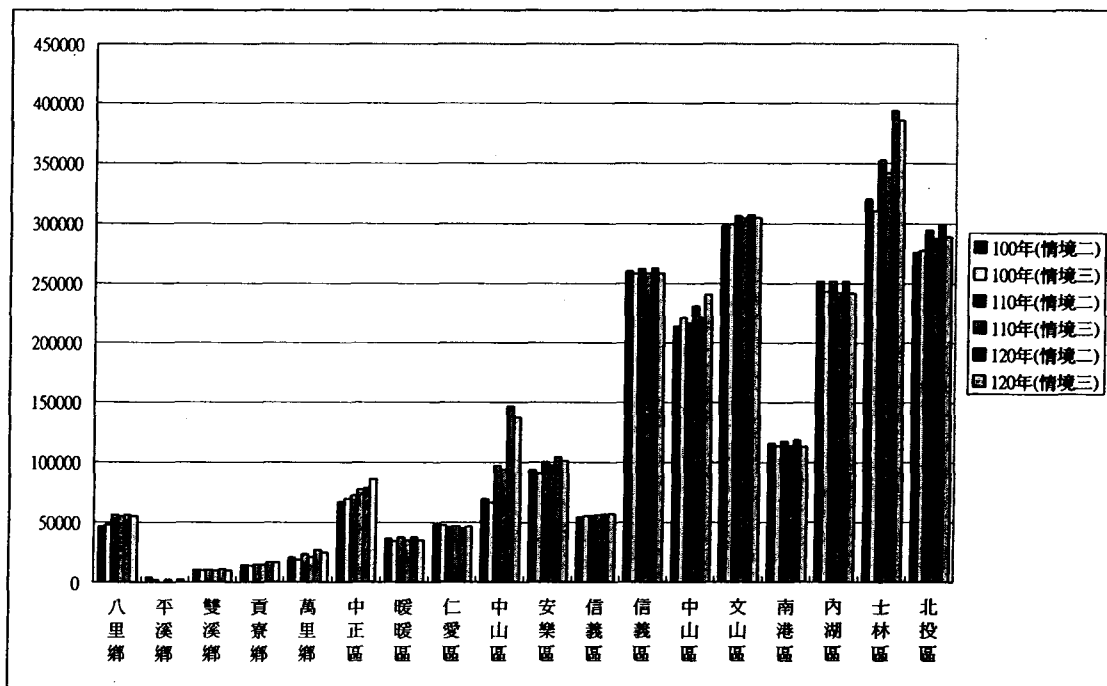


圖5-18 模擬二與模擬一比較二

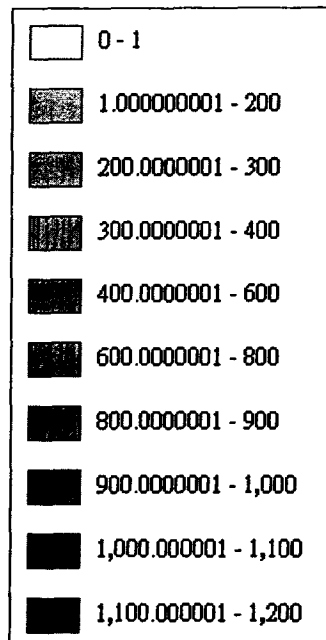


圖5-21 圖 5-19 與圖 5-20 圖例（單位：人數）

5-4 模擬四

模擬四中則加入台灣地區活動斷層資料，利用模擬三之模式，除考量淹水潛勢與土石流外，再加入活動斷層之資料。由斷層線兩側各 15 公尺範圍（直徑共 30 公尺）做為限制開發地區（圖 5-22），限制其人口發展。做法如同土石流之操作，如該網格落於斷層線兩側 15 公尺內則該網格人口設定為零。

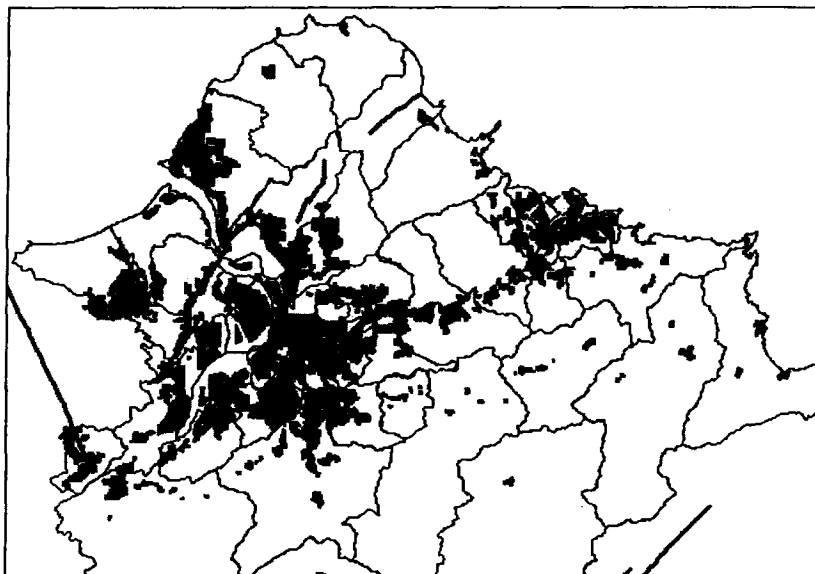


圖5-22 分析區網格與斷層線疊合圖

疊合斷層與分析區基底網格後，可以發現受影響的網格共有 177 個網格，模擬四為模擬三之延伸，其趨勢圖同模擬二與模擬三並無太大改變，其分析結果如附表 4。視覺化其輸出之結果（圖 5-23，圖 5-24）可以看出凡是斷層通過之網格其人口數為零，如北投區上半部的地方有活動斷層通過的區域，而模擬四係模擬三之延伸，故士林區左側受土石流影響的網格人口數也是為零。

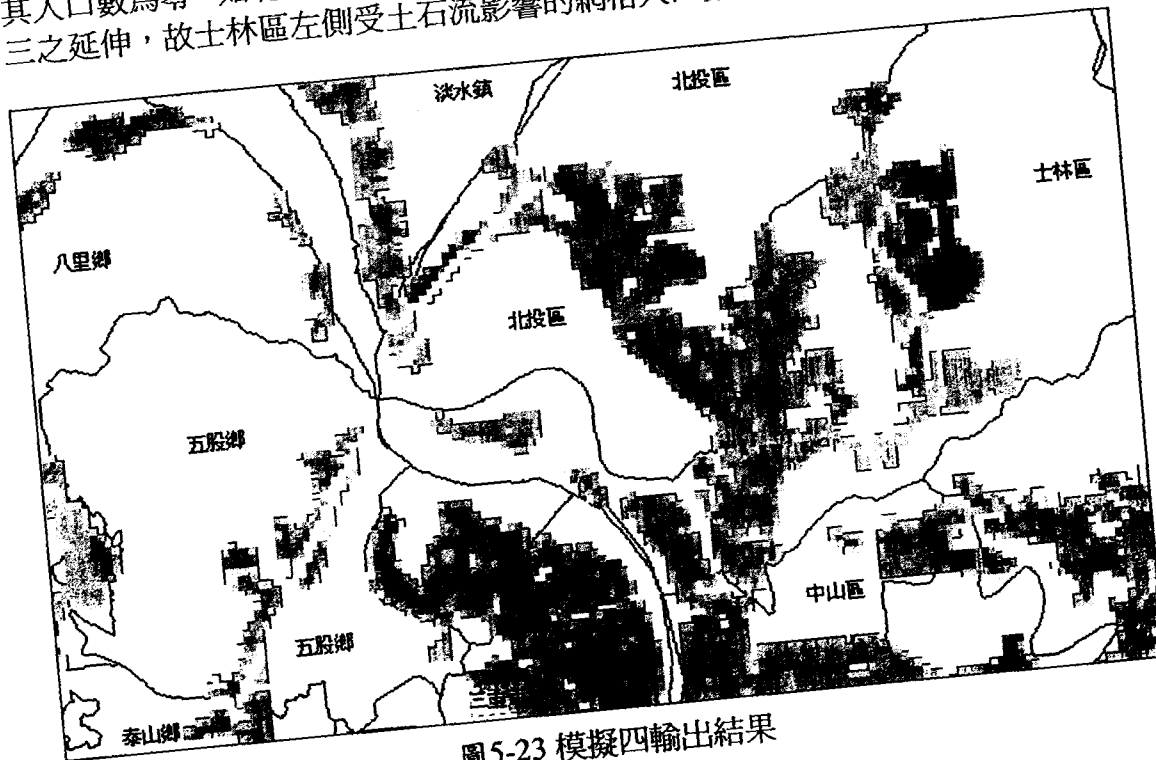


圖 5-23 模擬四輸出結果

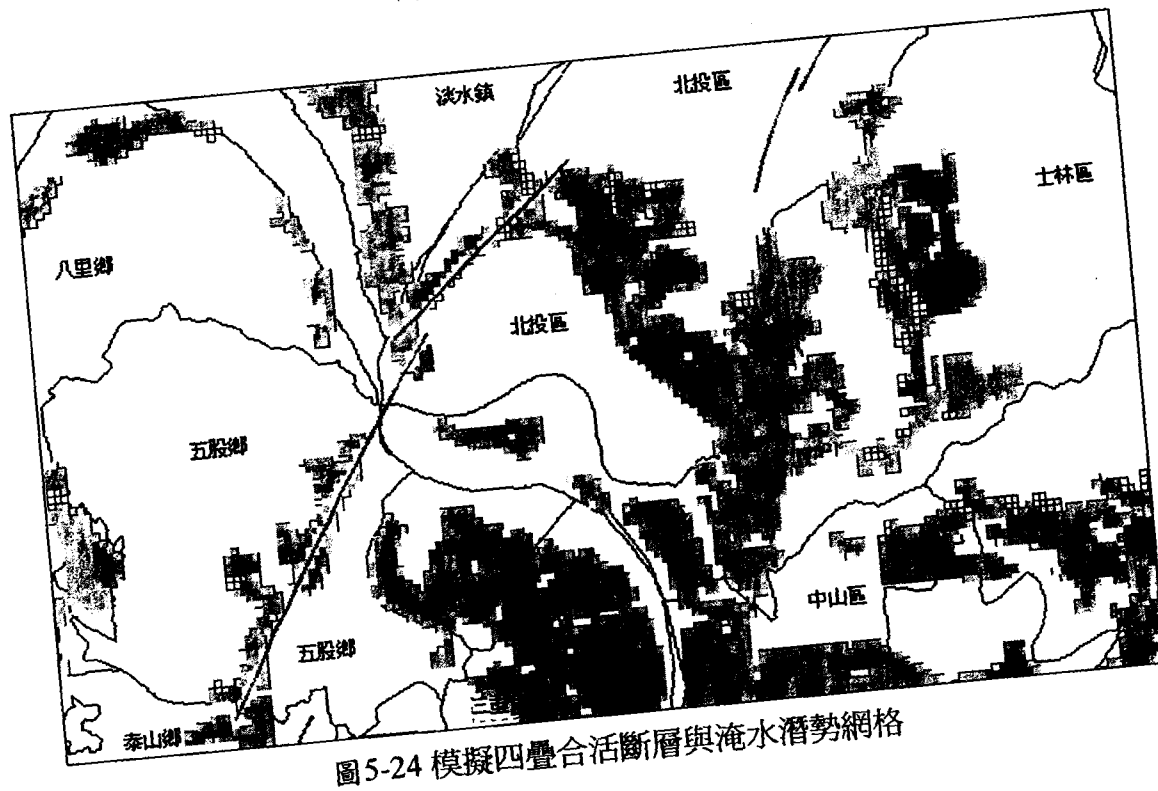


圖 5-24 模擬四疊合活斷層與淹水潛勢網格

第六章 結論與建議

本研究以 80 年 90 年人口數目為模擬基年，在假設未來年人口成長不變的情況下推估人口數量，並考量不同情境下改變其人口分布。模型中以 10 年為一模擬週期，如須更精確描述系統可減少模擬時間週期，不同的模擬模式與資料來源也應考量不同的週期，如考量土地型態的轉變可能以五年為一週期，而人口數量之改變則可以一年為週期，視資料來源與研究目的而定，愈短的週期模型愈接近真實系統，然相對要消耗更多運算資源。

本模型中以 90 年為目標年求得 80 年至 90 年間各影響因子之係數，並由此所得的轉移函數進行各網格的演化。然因資料取得問題除人口資料為年度資料外，其他各影響因子均為單一年度資料，若能取得每年影響因子的資料，則可以年為單位更新每年度影響因子，以增加模型真實度。人口重新分配的部份本模型在考量容積上限的限制下以各網格比例進行分配，此法亦可以配合其他實際理論改寫之。

在本研究架構下，對 GIS 空間資料與統計資料之整合與應用，提供一操作性之示範，本次模型提供了一個做為不同政策下對未來年人口分布之影響與視覺化之顯示。不同之模擬目的可針對各模組進行修改以增加其實用性。與其他子計劃整合方面由於 UrbanSim 與本研究所採用的基礎分析資料多所相似而分析的方法也採用網格式分析，待第三年計劃時兩模式可相互比較其優缺點，或是可利用本研究之心得與經驗做為 UrbanSim 模型本土化之參考依據。

參考文獻

- 詹士樑、黃書禮(2001)生物控制論應用在都市與區域規劃之可行性探討，中華民國區域科學學會/住宅學會 2001 年聯合年會及論文研討會論文集，R-C-I。
- 詹士樑(2001) 整合式都市規劃模型發展與架構之研究，都市計劃學會 2001 年年會學術研討會論文集，I-A2，頁 1-14。
- 賴進貴(2000)，"宮格自動機與地理資訊系統結合之初探研究"，中國地理學學會會刊，NO. 28，109-126
- 汪禮國(1997)，"宮格自動體模型(Cellular Automata)與都市空間演化"，碩士論文，國立中興大學(台北)都市計劃研究所
- 賴世剛，高宏軒(1997)，"都市複雜空間系演化自我組織臨界性之探索-有限理性典範的應用"，碩士論文，國立台北大學都市計劃研究所
- 陳宥任(1999)，"都市土地使用與運輸網路動態關係--以宮格自動體(Cellular Automat)為基礎之探索"，碩士論文，國立台北大學都市計劃研究所
- 蔡宜鴻(1998)，"以 GIS 及 CA 為基礎的土地使用發展預測模擬方法"，碩士論文，國立成功大學都市計劃學系
- Clarke, K. C., Hoppen, S. (1997), "A Self-modifying Cellular Automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area," *Environment and Planning B*, vol. 24, 247-261
- ESRI(2001), "Introduction to Programming ArcObjects with VBA," <http://www.esri.com>
- Engelen, G., White, R., (1997), "Integrating constrained cellular automata models, GIS and decision support tools for urban planning and policy-making," White and Inge Uljee, *Decision Support Systems in Urban Planning*, Harry Timmermans. Published, ISBN 0 419 2105 4
- McCoy, J., Johnston, K. (2001) "Using ArcGIS Spatial Analyst," ESRI, June 2001.
- White, R., Engelen, G.(1997), "Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modeling," *Environment and Planning B*, vol. 24, 235-246
- White R., G. Engelen and I. Uljee (1997), The use of constrained cellular automata for high-resolution modeling of urban land use dynamics, *Environment and Planning B*, 24, 323-343.
- Wu F., (1998) An experiment on the generic polycentricity of urban growth in a cellular automata city, *Environment and Planning B*, 25, 731-752.
- WU, F. L., WEBSTER, C. J. (2000), "Simulating artificial cities in a GIS environment: urban growth under alternative regulation regimes," *Geographical Information Science*, vol. 14, no. 7, 625-648
- WU, F. L., WEBSTER, C. J. (1998), "Simulation of natural land use zoning under free-market and incremental development control regimes," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 22, no. 3, 241-256
- Yeh, G. O., Li, X. (2000), "A constrained CA model for the simulation and planning of sustainable urban forms by using GIS," *Environment and Planning B*, vol. 24,

733-753

Waddell, P. (2001) , UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and Environmental Planning, Journal of the American Planning Association, 67 (1): 102-125.

附錄

附表1 各分區代碼圖

縣市	鄉鎮	區碼	縣市	鄉鎮	區碼
台北縣	板橋市	101	台北縣	雙溪鄉	125
台北縣	三重市	102	台北縣	貢寮鄉	126
台北縣	永和市	103	台北縣	金山鄉	127
台北縣	中和市	104	台北縣	萬里鄉	128
台北縣	新莊市	105	台北縣	烏來鄉	129
台北縣	新店市	106	基隆市	中正區	1701
台北縣	樹林鎮	107	基隆市	七堵區	1702
台北縣	鶯歌鎮	108	基隆市	暖暖區	1703
台北縣	三峽鎮	109	基隆市	仁愛區	1704
台北縣	淡水鎮	110	基隆市	中山區	1705
台北縣	汐止鎮	111	基隆市	安樂區	1706
台北縣	瑞芳鎮	112	基隆市	信義區	1707
台北縣	土城市	113	台北市	松山區	6301
台北縣	蘆洲市	114	台北市	信義區	6302
台北縣	五股鄉	115	台北市	大安區	6303
台北縣	泰山鄉	116	台北市	中山區	6304
台北縣	林口鄉	117	台北市	中正區	6305
台北縣	深坑鄉	118	台北市	大同區	6306
台北縣	石碇鄉	119	台北市	萬華區	6307
台北縣	坪林鄉	120	台北市	文山區	6308
台北縣	三芝鄉	121	台北市	南港區	6309
台北縣	石門鄉	122	台北市	內湖區	6310
台北縣	八里鄉	123	台北市	士林區	6311
台北縣	平溪鄉	124	台北市	北投區	6312

附表2 模擬二各分區統計（單位：人口數）

鄉鎮	區碼	60年	70年	80年	90年	100年	110年	120年	130年	140年
板橋市	101	130699	431465	556185	549620	439857	439751	439797	608060	440284
三重市	102	250786	336073	381574	388846	418342	418813	418781	430202	429878
永和市	103	101527	225910	263954	246787	242428	240079	239992	273055	247585
中和市	104	79504	262786	357381	378337	404361	404382	404382	418566	413788
新莊市	105	58169	191501	308930	377449	382661	382719	382719	417595	390568
新店市	106	95070	170691	232420	271472	314843	332973	343545	300361	373313
樹林鎮	107	45631	76293	113340	153186	180563	196325	205774	169478	245448
鶯歌鎮	108	30426	48860	67214	81642	85924	85276	86681	90327	155475
三峽鎮	109	45445	50515	59391	81093	63453	85038	59313	89719	91203
淡水鎮	110	50282	66538	85931	119542	171682	240303	334297	132173	1170530

汐止鎮	111	48333	68802	98547	166498	181060	181061	181061	184263	194205
瑞芳鎮	112	73512	65761	53174	46521	52584	52591	53342	51456	81716
土城市	113	31447	59134	139367	227114	177222	177222	177222	251266	177222
蘆洲市	114	25666	47223	109402	164567	124468	124468	124469	182091	124469
五股鄉	115	27167	36408	49827	72004	83166	85571	87671	79653	89425
泰山鄉	116	18697	40696	53857	63332	84505	98560	103195	70059	111299
林口鄉	117	23316	24475	34568	53567	78940	107544	139191	59236	737188
深坑鄉	118	7276	10611	13410	20261	22458	22460	22460	22416	22460
石碇鄉	119	12734	8943	7072	7611	5279	5279	5279	8423	5279
坪林鄉	120	7741	6728	5764	6072	3695	3694	3694	6718	3695
三芝鄉	121	16440	16613	17228	23014	23311	23311	23311	25470	23313
石門鄉	122	12133	10481	9451	11160	5961	5617	5897	12347	5961
八里鄉	123	11762	13414	15930	26734	46639	55948	56067	29578	56167
平溪鄉	124	16496	10485	6967	6255	4160	102	1	6927	18908
雙溪鄉	125	22492	16233	12139	10483	10494	10611	10850	11595	20248
貢寮鄉	126	19728	17180	14167	13779	14347	15232	16608	15242	35058
金山鄉	127	18159	19576	18758	21620	24066	24066	24067	23914	24633
萬里鄉	128	18114	18974	18745	18463	20731	23506	26992	20441	34778
烏來鄉	129	3132	3149	3244	4533	5094	5785	6666	5010	8045
中正區	1701	69932	66532	64857	62468	67125	72385	78640	69803	221362
七堵區	1702	39952	48601	53849	58728	70665	81597	91082	65633	94882
暖暖區	1703	22371	22304	26567	38277	36476	37699	37590	42763	115502
仁愛區	1704	78833	72593	63948	51861	48335	46110	44946	57942	107314
中山區	1705	38729	47103	49606	54477	69526	96931	146505	60862	157653
安樂區	1706	42995	52283	57032	77434	93308	100151	104241	86547	161377
信義區	1707	36722	38607	39998	47699	54127	55436	56378	53292	187773
松山區	6301	158493	196049	235013	221660	231965	242871	252035	252129	271491
信義區	6302	174516	216260	259374	250194	260242	261922	262559	284591	266977
大安區	6303	237254	293342	348872	313169	301979	299344	299624	356255	314876
中山區	6304	158337	195465	232739	212889	213668	216299	221446	242119	292247
中正區	6305	124922	154228	183113	161138	162022	163476	166018	183301	192771
大同區	6306	96928	119710	142083	124591	123069	123082	123839	141710	135015
萬華區	6307	151465	186990	221885	196153	173579	168358	165700	223080	174299
文山區	6308	92545	172148	223746	251670	297673	306208	307153	286253	314781
南港區	6309	47477	88270	113730	110110	115483	117795	118271	125246	122673
內湖區	6310	47376	85138	211730	250971	251727	251651	251714	285420	252569
士林區	6311	138948	234615	302970	294563	320069	352130	393334	335044	656869
北投區	6312	91371	191138	241302	245120	275916	294445	298626	278794	305536

附表3 模擬二與模擬三比較（有土石流影響網格部份；單位：人口數）

鄉鎮	100年(模擬二)	100年(模擬三)	110年(模擬二)	110年(模擬三)	120年(模擬二)	120年(模擬三)
中和市	404361	401792	404382	401701	404382	401701
新莊市	382661	382338	382719	382366	382719	382366
新店市	314843	310079	332973	328147	343545	337338
樹林鎮	180563	185233	196325	202663	205774	209744
鶯歌鎮	85924	89626	85276	86959	86681	88805
淡水鎮	171682	177398	240303	255333	334297	364134
汐止鎮	181060	179762	181061	179710	181061	179704
瑞芳鎮	52584	48444	52591	48155	53342	48675
五股鄉	83166	80104	85571	82510	87671	84525
泰山鄉	84505	82905	98560	93001	103195	97461
林口鄉	78940	81895	107544	113878	139191	149776
深坑鄉	22458	17976	22460	17968	22460	17970
石碇鄉	5279	4184	5279	3968	5279	3866
坪林鄉	3695	3505	3694	3500	3694	3501
八里鄉	46639	47829	55948	54899	56067	54910
平溪鄉	4160	2143	102	2086	1	2100
雙溪鄉	10494	9871	10611	9916	10850	10125
貢寮鄉	14347	13838	15232	14869	16608	16578
萬里鄉	20731	18713	23506	21228	26992	24851
中正區	67125	69608	72385	77460	78640	86247
暖暖區	36476	34327	37699	34783	37590	34972
仁愛區	48335	47748	46110	46578	44946	46268
中山區	69526	66628	96931	94007	146505	137359
安樂區	93308	90759	100151	97223	104241	100832
信義區	54127	54940	55436	56122	56378	56812
信義區	260242	258061	261922	258311	262559	258287
中山區	213668	221137	216299	230684	221446	240474
文山區	297673	299068	306208	304334	307153	304784
南港區	115483	113527	117795	113368	118271	113140
內湖區	251727	242775	251651	242025	251714	241800
士林區	320069	310398	352130	341755	393334	385388
北投區	275916	277534	294445	287596	298626	288905

附表4 模擬四輸出結果（單位：人口數）

鄉鎮	區碼	100年	110年	120年
板橋市	101	439876	439751	439797
三重市	102	418777	418819	418781
永和市	103	242429	240080	239993
中和市	104	401793	401713	401714

新莊市	105	375000	374135	373839
新店市	106	316243	332292	339386
樹林鎮	107	186391	202888	208106
鶯歌鎮	108	87990	84069	86124
三峽鎮	109	67591	83501	63423
淡水鎮	110	181000	261914	374515
汐止鎮	111	179762	179714	179705
瑞芳鎮	112	49444	48414	48810
土城市	113	177222	177222	177222
蘆洲市	114	124468	124468	124468
五股鄉	115	61302	62119	63575
泰山鄉	116	76863	83594	87477
林口鄉	117	83683	116720	153443
深坑鄉	118	17976	17970	17970
石碇鄉	119	4184	3971	3868
坪林鄉	120	3505	3501	3502
三芝鄉	121	23311	23311	23311
石門鄉	122	5961	5617	5900
八里鄉	123	48847	54926	54930
平溪鄉	124	2180	2100	2109
雙溪鄉	125	10059	10126	10300
貢寮鄉	126	14108	15311	17231
金山鄉	127	24066	24066	24066
萬里鄉	128	19086	21808	25628
烏來鄉	129	5420	6437	7685
中正區	1701	71109	79534	88763
七堵區	1702	75291	88925	94762
暖暖區	1703	35053	34690	35175
仁愛區	1704	48767	47760	47456
中山區	1705	68020	97161	138344
安樂區	1706	92635	98595	101774
信義區	1707	56104	56685	57106
松山區	6301	243997	257181	261294
信義區	6302	258774	258644	258474
大安區	6303	307371	305797	305771
中山區	6304	224888	235680	245107
中正區	6305	170606	175573	179214
大同區	6306	127419	127591	127418
萬華區	6307	173993	170963	169842
文山區	6308	300479	304552	304880
南港區	6309	114167	113634	113296

內湖區	6310	242853	242072	241840
士林區	6311	316885	351213	397841
北投區	6312	262253	264737	262840