

國立中央大學

營建管理研究所

碩士論文

單一建築物拆除工程混合物產生量推估之研究

研究生：林政緯

指導教授：黃榮堯 博士

中華民國九十四年七月



國立中央大學圖書館 碩博士論文電子檔授權書

(93 年 5 月最新修正版)

本授權書所授權之論文全文電子檔，為本人於國立中央大學，撰寫之碩/博士學位論文。(以下請擇一勾選)

(☒) 同意 (立即開放)

() 同意 (一年後開放)，原因是：_____

() 同意 (二年後開放)，原因是：_____

() 不同意，原因是：_____

以非專屬、無償授權國立中央大學圖書館與國家圖書館，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、微縮、光碟及其它各種方法將上列論文收錄、重製、公開陳列、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用，並得將數位化之上列論文與論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

研究生簽名：_____ 林 政 緯 _____

論文名稱：_____ 單一建築物拆除工程混合物產生量推估之研究 _____

指導教授姓名：_____ 黃 榮 堯 博士 _____

系所：_____ 營建管理研究 _____ 所 ☐ 博士 ☒ 碩士班

學號：_____ 92325010 _____

日期：民國 _____ 94 _____ 年 _____ 7 _____ 月 _____ 20 _____ 日

備註：

1. 本授權書請填寫並親筆簽名後，裝訂於各紙本論文封面後之次頁（全文電子檔內之授權書簽名，可用電腦打字代替）。
2. 請加印一份單張之授權書，填寫並親筆簽名後，於辦理離校時交圖書館（以統一代轉寄給國家圖書館）。
3. 讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理

單一建築物拆除工程混合物產生量推估之研究

中文摘要

台灣地區每年產生大量之建築混合物，據內政部建研所之調查顯示，台灣地區經合法申請新建與拆除之建築混合物數量據估計每年約有 1,100 多萬公噸。順應世界各國永續發展的潮流趨勢下，目前政府正努力朝著混合物減量與再利用之方向努力。倘若能追溯建築混合物之產生源頭，掌握建築混合物產生量，方能有效管制混合物與減少違規棄置之情事發生。

建築混合物產生量之推估不似開挖土方可做簡易計算，較難有精確之估算標準。目前相關推估研究只考慮將建築面積與用途納入影響因子當中，並未將其他影響因子（如構造種類等）考慮至建築混合物產生量之計算，如此將造成推估數據與實際產生量有所落差。

本研究透過專家訪談及問卷調查方式，彙整現行建築物拆除工程混合物產生量之主要影響因子。並蒐集各縣市政府拆除執照資料與工地現場實際調查紀錄之拆除混合物產生量加以分析篩選，利用近年來解決預測問題有較佳成效之類神經網路，建立單一建築物拆除工程混合物產生量推估之模式。

經上述建立拆除混合物推估系統，測試資料於容許誤差 15% 之內時準確率達 91.67%，與現行各界常使用之推估係數相比較，本研究所建立之模式較為接近實際產生量，顯示本研究已改善現行推估係數之準確率。本研究之結果可供政府機關更有效掌握拆除工程時所產生之混合物數量，健全現行拆除混合物總量申報管控作業，避免違規棄置情形發生。

關鍵詞：建築混合物、數量推估、類神經網路

Model Development for Estimating the Quantity of A Single Building's Demolition Waste

ABSTRACT

Under the global development of sustainable construction, the government in Taiwan devotes more and more efforts for the proper treatment and recycling of construction and demolition wastes. In order for controlling those wastes to go into recycling plants or legal dumping sites, more and more local district counties demand construction sites to submit a waste treatment plan before starting the work. In the plan they have to estimate the expected quantity of CD&W wastes, and to state clearly where will they go, how will they treated. Thus the estimated quantity serves as a base for waste monitoring and controlling in the remaining process.

The objective of this research is to study the major factors influencing the waste quantity generated in a building's demolition construction, and to develop a model each for the estimation of waste quantity. Literature reviews and expert interviews are conducted to identify the major factors influencing waste quantity. Identified factors include size of the building floors, purpose of the building, the structural type, height of the building, and so on. Totally 47 cases for building demolition are collected for their quantities of waste generated. The Neural Network (NN) method is employed for the development of the estimating model. The developed NN model is about 100% accurate under permit error rate 15% in testing, and 91.67% accurate under permit error rate 15% in testing. A comparison of the developed estimation model and the current most used estimation formula is conducted on 14 test cases. The result shows that the developed models are significantly more accurate than the current ones in estimating the waste quantity of a single building's demolition.

Keyword : Demolition Waste, Quantity, Neural Network

誌 謝

回首過去六年，從一個只會讀書又讀不好，凡事都不太懂的小毛頭，經歷了大學及研究所的洗禮，讓我著實成長不少。在研究所 26 個多月的日子裡，總在無數個與地板和桌面肌膚之親中，匆匆飛逝，隨著論文之完成，意味著學生生涯將畫上句號，在中央營管與中原大學的一切，將成為我生命中最美好的回憶。

本論文得以完成，首先感謝恩師 黃榮堯 博士悉心指導與教誨，研究所兩年中在老師的訓練之下，使學生之做事、邏輯觀念、寫作（雖提升不多）等，更為茁壯與成長，使學生受益匪淺。此外，所上 李建中 教授、姚乃嘉 教授、謝定亞 教授、陳介豪 教授平日於專業知識與待人處世之傳授與教誨。並對於論文之斧正，學生在此致上由衷之謝忱。而在論文口試期間承蒙口試委員 林志棟 教授、王慶煌 教授、王維志 教授、郭斯傑 教授於百忙之中撥冗審視論文與殷切指正，促使論文更加詳盡完整，在此致上誠摯的謝意。其中 林主傑 博士及其指導學生 柳志民 同學指導與幫忙學生有關方法論上之疑問，雖然學生愚昧，但仍感激對於學生之幫助與指導。

在此特別感謝台北縣政府施工科土資組 黃新達 組長現服務營建署建築管理課、台北縣政府 陳殊凡 先生與大鋼牙 賴啟東 先生，提供學生關於本論文相關之資料與協助，在學生不厭其煩刁擾下，對學生論文之幫助，學生難以忘懷，在此特別感謝。

研究所生涯中感謝 黃金田 學長、孫國勛 學長、吳英亮 學長、吳銜桑 學長、蘇世章 學長、古鴻坤 學長、曾文麟 學長之指導與教誨，感謝 許維庭 學長指導政緯之寫作技術及研究態度。感謝 屏甫 學長、文政 學長適時提供場地讓學弟紓解壓力，大蛇 學長之照相功力真是深不可默。至於同窗好友偉宏由衷佩服你的公務員作息及最著名之“呀馬騎(台語)”；婉婷對任何事都表現非常驚訝，有時真讓我嚇一跳；智遠你的冷氣，我好懷念喔，部隊裡見；大中你到處都有家的精神，我好想學習，加油喔；振翰我會懷念你的喵叫聲的；京翰你的浪漫主義有時真會吸引到我；國雄不要再自怨自哀了，還有很多春天阿，你答應要辦的聯誼記得實現喔；凡鵬改天去淡水再找你；反應總是慢一拍之羽豐，真想不

到你練過跆拳道；神龍見首不見尾的士賓，加油喔別再混了；二代掌門人昭惠，新的工作有新的挑戰，加油！有空再回來看妳，妳應該還會在吧？至於同 team 之小黑全與明哲，很珍惜與你們相處這兩年，彼此照應扶持，祝福你們都有美好的未來。

此外，感謝德威學弟及耿禎學弟於研究案上之支援，以後還有的你們忙，加油喔！記得「不讓學弟成長是學長的責任」；俊杰學弟你也要做論文了，加把勁成長喔；其餘研一學弟妹，感謝這段日子來的共同生活與幫忙；最重要的是美麗的徐小姐，祝妳在另一人生跑道順順利利，有好消息記得通知喔。

在大學社團裡結識之學長姐及學弟妹，偉龍、阿法、文裕、小貝、阿君、小新、宥任、小圓、麻吉綱榮、詩穎、阿凱、小圻、佳雯、小妹、澎澎、雨潔、慧敏、柏舜、立庭、小笨、松年、puppy、小舒、小芬、阿緒及更下幾屆的學弟妹們，非常高興認識你們，雖在社團有苦有樂，但跟你們在一起是我最快樂的時光。

感謝智筠這 4 年多來的相處陪伴，在我悲傷、苦悶、生病、快樂時，均在我身邊相隨，若缺少妳與我分享這份論文之完成，我也不會感到多大的快樂，希冀往後我兩不論感情、事業均能事事如意。離開家裡出外求學已六年，最深刻感謝父、母親於我求學階段，在家裡經濟狀況不是很好的情形下仍然讓我順利完成學業，與你們聚少離多讓我思念、愧疚萬分，感謝你們的支持與關心，我有今日的成就與榮耀皆完全歸功於你們，沒有你們就不會有現在的我。還有我唯一的弟弟，千萬不要認為你未來的路已定，未來的路自己決定，只要有決心一定辦得到，在此與你共勉之。最後僅以本論文獻給我最深愛的家人，願你們身體健康、無煩無惱。

祝福所有認識政緯及政緯認識的人，願大家平安、幸福、順利！

政緯 謹誌
于中大營建管理研究所
中華民國九十四年七月

目錄

中文摘要	I
ABSTRACT	II
目錄	V
表目錄	VII
圖目錄	IX
一、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的與方法	1
1.3 研究範圍	2
1.4 研究內容與流程	2
1.5 預期成果	5
二、文獻回顧	6
2.1 國內外建築混合物定義	6
2.1.1 國內建築混合物種類與定義	6
2.1.2 國外建築混合物種類與定義	7
2.1.3 小結	9
2.2 國內拆除工程混合物處理現況	10
2.2.1 建築混合物之產出問題	10
2.2.2 建築混合物之清運、申報及流向管理問題	11
2.2.3 國內中間處理場（廠）所之類型	13
2.2.4 建築混合物之再利用問題	14
2.2.5 借鏡台北縣之管理制度	16
2.3 國內外拆除工程混合物數量推估方式	18
2.4 模糊德菲法之簡介	20
2.4.1 傳統德菲法	20
2.4.2 模糊德菲法簡介	20
2.5 類神經網路之簡介	24
2.5.1 類神經網路概述	25
2.5.2 類神經網路之分類	27
2.5.3 類神經網路之基本架構	28
2.5.4 類神經網路之特性	30

2.5.5 倒傳遞演算法	31
2.5.6 類神經網路於營建工程之應用	34
2.5.7 小結	36
三、影響拆除工程混合物產生因子之探討與資料蒐集	38
3.1 影響拆除工程混合物產生量因子之探討	38
3.2 模糊德菲法問卷	40
3.3 建築物拆除工程案例蒐集	42
3.4 拆除工程資料分析與篩選	44
四、建築物拆除工程混合物產生量推估模式之建構	48
4.1 資料之尺度化處理	48
4.2 建築物拆除工程混合物產生量推估模式之建立	48
4.2.1 建築物拆除工程混合物產生量推估模式之網路架構	49
4.2.2 類神經網路參數之測試	51
4.2.3 小結	54
4.3 建築物拆除工程混合物產生量推估模式之架構	54
4.4 拆除工程混合物產生量推估模式之訓練與驗證	55
4.4.1 拆除工程混合物產生量推估模式之訓練	55
4.4.2 拆除工程混合物產生量推估模式之驗證	57
4.4.3 測試推估模式穩定度	58
4.5 不同輸入因子數推估模式之比較	59
4.6 與現行建築物拆除工程混合物推估係數比較	61
4.7 建築物拆除工程混合物單位產生量	63
五、拆除工程混合物產生量推估系統開發與使用	64
5.1 推估模式系統開發	64
5.2 推估模式系統之操作使用說明	65
5.2.1 推估模式之適用範圍	65
5.2.2 案例分析	66
六、結論與建議	68
6.1 結論	68
6.2 建議	69
參考文獻	70
附件一拆除工程影響因子重要性評估問卷	74
附件二 拆除工程案例資料	78

表目錄

表 2-1 營建副產物之名詞定義	6
表 2-2 國外建築混合物之定義	9
表 2-3 事業廢棄物清理制度	12
表 2-4 建築混合物處理機構類型	14
表 2-5 近年來拆除混合物產生數量研究結果	18
表 2-6 拆除混合物產生數量之推估研究個案比較	19
表 2-7 模糊德菲法專家隸屬函數比較圖	22
表 2-8 類神經網路主要模式分類	27
表 2-9 類神經網路與迴歸分析之比較表	36
表 3-1 影響拆除工程混合物產生量之因子	40
表 3-2 訪談專家名單	41
表 3-3 建築物拆除工程混合物產生量影響因子之模糊三角函數	41
表 3-4 拆除工程蒐集資料之整理	43
表 3-5 拆除工程資料篩選後之整理	47
表 4-1 類神經網路之參數表	55
表 4-2 拆除混合物推估模式訓練之準確率	56
表 4-3 推估模式訓練誤差大於 10% 之資料	57
表 4-4 拆除混合物推估模式測試之準確率	58
表 4-5 推估模式測試誤差大於 15% 之資料	58
表 4-6 不同資料組合之推估模式比較	59
表 4-7 不同輸入因子數推估模式之比較	61
表 4-8 較經驗公式準確之資料	62
表 4-9 與經驗公式準確率差異不大之資料	62
表 4-10 建築物單位面積拆除混合物產生量	63

表 5-1 建築物拆除工程混合物數量推估模式之適用範圍	65
表 5-2 建築拆除工程混合物數量推估系統輸入值之定義	66
表 5-3 建築物基本資料	66

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	4
圖 2-1 日本建設副產物內容	8
圖 2-2 本研究建築物拆除工程混合物之定義	10
圖 2-3 我國事業廢棄物申報作業流程現況	12
圖 2-4 兩階段申報查核及勾稽管制流程	13
圖 2-5 我國混合物再利用市場之通路	15
圖 2-6 現行營建混合物管理流程	16
圖 2-7 決策群體共識三角模糊數圖	23
圖 2-8 神經細胞結構圖	25
圖 2-9 人工神經元模型	26
圖 3-1 拆除工程蒐集案例之單位樓地板面積產生量	44
圖 3-2 拆除工程住宅 RC 造型資料散佈圖	45
圖 3-3 拆除工程住宅磚造型資料散佈圖	45
圖 3-4 拆除工程住宅加強磚造型資料散佈圖	45
圖 3-5 拆除工程教室 RC 造型資料散佈圖	46
圖 3-6 拆除工程資料篩選後之散佈圖	46
圖 4-1 類神經網路不同學習率之正確率	52
圖 4-2 類神經網路不同慣性因子之正確率	52
圖 4-3 類神經網路不同隱藏層處理單元之正確率	53
圖 4-4 類神經網路不同訓練次數之正確率	53
圖 4-5 建築物拆除工程混合物數量推估系統網路架構圖	55
圖 4-6 建築物拆除工程混合物數量推估系統訓練結果	56
圖 4-7 建築物拆除工程混合物數量推估系統訓練收斂圖	56
圖 4-8 建築物拆除工程混合物數量推估系統測試結果	57

圖 4-9 五輸入因子之測試結果	60
圖 4-10 六輸入因子之測試結果	60
圖 4-11 七輸入因子之測試結果	60
圖 4-12 實際產生量、本研究模式與現行推估之比較圖	61
圖 5-1 單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式介面	64
圖 5-2 拆除混合物數量推估系統操作範例圖	67

一、緒論

1.1 研究背景與動機

台灣地區每年產生大量之建築混合物，據民國八十七年內政部建築研究所對拆除與新建混合物產生現況作調查顯示，台灣地區經合法申請新建施工與拆除之建築混合物數量據估計每年約有 1,100 多萬公噸【1】、【2】。按重量比例計算，我國的建築混合物產生量有 43% 來自建築拆除工程，而 57% 來自建築施工工程。每年如此龐大之建築混合物產生，在順應世界各國永續發展的潮流趨勢下，目前政府正努力朝著混合物減量（Reduce）、重覆使用（Reuse）、回收再利用（Recycle）與無法再利用者進行適當之處理（Recovery），期望建築混合物之再利用率能逐年達到預定目標。倘若追溯建築混合物之產生源頭，唯有確實掌握建築混合物產生量，方能有效落實建築混物流向與處理再利用機制，減少違規棄置之情事發生。

建築物拆除工程混合物產生量之推估不似建築開挖土方可以體積做簡易計算，較難有精確之估算標準，例如建築物之構造形式、樓地板面積大小、使用分區、建築用途、裝修材料、拆除要項等諸多條件均影響拆除混合物之產生量計算。以往相關推估建築混合物數量之研究僅考慮建築面積與用途別等影響因子，並未將其他影響因子（如構造種類等）考慮至建築物拆除工程混合物產生量之計算，且多為較粗略之統計推估。另根據現地施工單位表示，利用現有之推估係數推估所得與實際產生之建築物拆除工程混合物數量常有相當程度落差，造成每年產生之真正數量不易掌握，不利於混合物之流向管理。

1.2 研究目的與方法

本研究之目的整理如下：

- 分析與探討影響單一建築物拆除工程混合物產生數量之因子。
- 建立單一建築物拆除工程時所產生之混合物產生量推估模式。

於拆除工程混合物產生量推估部分，本研究將利用人工智慧中之類神經網路技術進行分析，有關類神經網路方法，將於稍後說明介紹。

1.3 研究範圍

建築物進行拆除工程時會產生各類之建築混合物，本研究單一建築物拆除時所產生之建築混合物定義為建築物整體拆除後所產生之產物總量，但並不包括可移動式家具。茲將本研究範圍整理如下：

- 建築物拆除工程施工時之建築混合物產生量
- 單一建築物產生之混合物產生量

1.4 研究內容與流程

本研究主要針對單一建築物進行拆除工程方面著手，先應用問卷調查出主要影響單一建築物拆除工程混合物產生量之因素，並透過蒐集現場工地實際之拆除混合物產生量與各縣市政府提供之拆除執照資料，再利用營建系統分析方法，嘗試推估單一建築物拆除工程時所產生之混合物總量，以改善目前推估數量方式不夠準確之現況，以便健全現行建築混合物總量申報管控作業程序。本研究之研究流程及內容如圖 1-1 所示，分述如下：

1. 研究動機與目的之確認
2. 文獻蒐集與整理

利用各大圖書館、國家科學委員會資料中心及網際網路等資源，蒐集整理國內外現有之相關文獻、資料統計及技術報告等，瞭解國內外建

築物拆除工程混合物推估之方式與實施計畫，並整理歸納現有建築物拆除工程混合物之相關公式，以利後續分析建議事項。

3. 混合物產生量推估現況調查與問題分析

一方面透過研究報告回顧，另一方面實地走訪民間各相關處理業者（清運業者、中間處理業者、拆除廠商、施工單位、使用單位等），藉由參觀訪談的方式，了解目前建築物拆除工程混合物實際產生量之估算方式，並蒐集調查有關數據作為後續研究分析使用。

4. 混合物產生量影響因子之專家訪談與問卷調查

經由專家詢問訪談之方式，了解所有會影響拆除混合物產生量之因子，再輔以模糊德菲法篩選重要影響因子，以利後續進行類神經網路架構之建立與設定。

5. 案例蒐集

走訪國內各縣市政府，蒐集各縣市政府拆除執照資料，加上現場工地實際紀錄拆除工程所產生混合物數量。將此些蒐集而來之案例加以整理分析，以利後續建立推估預測模式之用。

6. 拆除混合物產生量推估模式之建立

選擇本研究主要之應用軟體與建立類神經網路之輸入層、中間層與輸出層整體網路。將資料輸入至類神經網路前，對其進行尺度化之工作，以提升類神經網路之效能與收斂速度。經由蒐集之資料進行訓練學習，以訓練範例教導網路，經由重複之學習，將估計之誤差降低，並透過測試範例對訓練完之模式進行驗證之工作，倘若其正確率無法達到較高之水準，則進行其網路修改與調整。經由上述步驟後建立建築物拆除工程混合物產生量推估之模式。

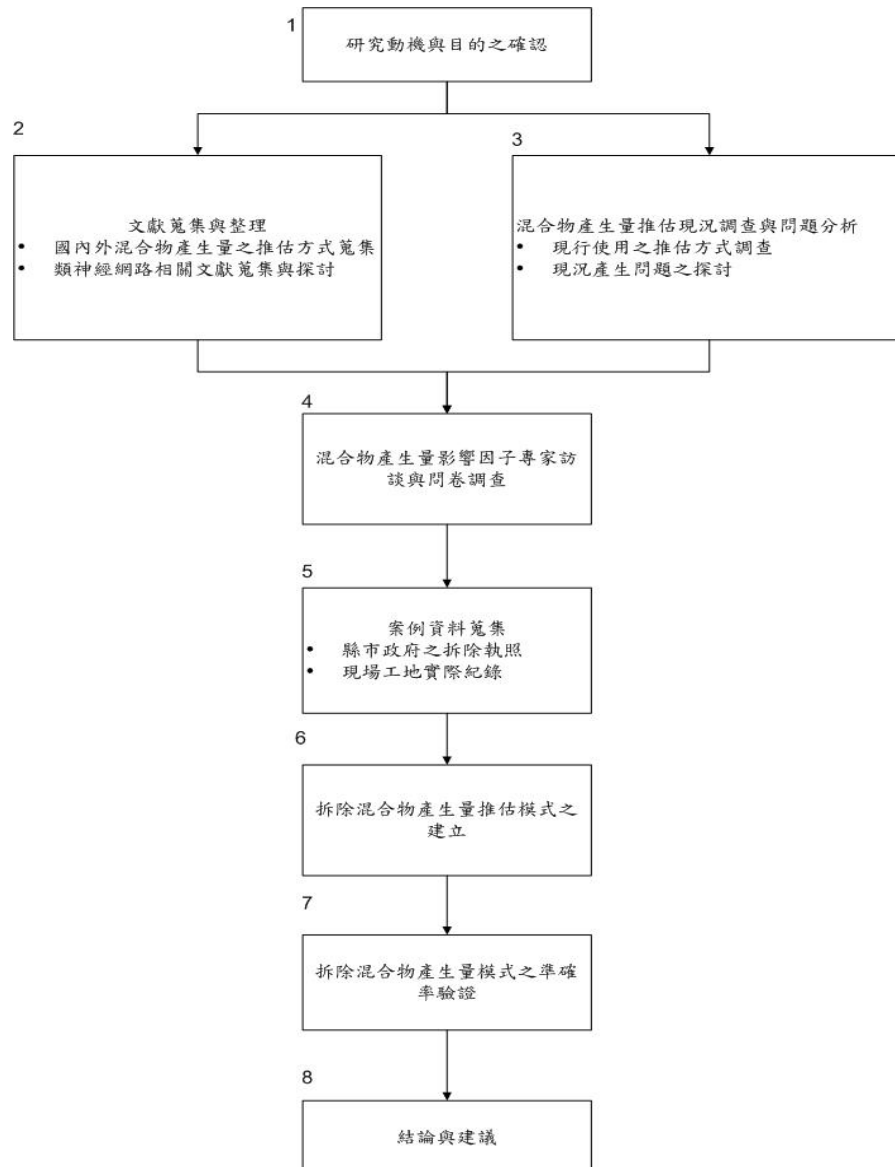


圖 1-1 研究流程圖

7. 拆除混合物產生量模式之準確率驗證

建構之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式，與現行為各界較常使用之經驗係數（ $0.79 \text{ M}^3/\text{M}^2$ ）做比較，驗證本研究建構之推估預測模式是否已修正現行經驗係數之準確性？

8. 結論與建議

藉由研究過程之廠商訪談方式，了解現行所使用之推估係數與實際產

生量不同之癥結點，提出改良之推估模式，提供政府機關對於建築物拆除工程時產生混合物作正確的估算，並就所產生之混合物總量做管控，避免違規隨意棄置情形發生，同時可結合與強化現行「營建剩餘土石方資訊系統」兩階段作業申報系統，以達建築混合物總量之良好管控。

1.5 預期成果

本研究主要針對建築物拆除工程建立其拆除混合物產生量推估模式，預期完成之工作項目如下：

- 建築物拆除工程混合物產生量推估現況調查與問題分析。
- 分析與探討影響拆除混合物產生數量之因子。
- 建立單一建築物拆除工程時之混合物產生量推估模式。

本研究之結果可供政府機關於建築物拆除工程時所產生之混合物數量作有效之掌握，並可結合與強化現行「營建剩餘土石方資訊系統」作業申報系統，健全現行建築混合物總量申報管控作業，避免違規棄置情形發生，再配合我國所實施之各項再生利用之措施，可促使國內建築混合物減量與再利用之目標得以有效落實，朝永續發展之路邁進。

二、文獻回顧

2.1 國內外建築混合物定義

2.1.1 國內建築混合物種類與定義

國內營建混合物相關名詞之定義不盡相同，常見的一些名詞如建築廢棄物、營建剩餘土石方、營建混合物、營建廢棄物等，其相關定義範圍及內容彙整如下表 2-1 所示。

表 2-1 營建副產物之名詞定義

類別	定義	來源
建築廢棄物	營建、拆除建築物或其他工程所產生之砂、石、土、磚瓦、水泥塊、混凝土塊等性質安定之固體廢棄物。	環保署廢字第一九九八四號解釋函
營建剩餘土石方	建築工程、公共工程及建築物拆除工程施工所產生之剩餘泥、土、砂、石、磚、瓦及混凝土塊，經暫屯、堆置可供回收、分類、加工、轉運、處理、再利用者，屬有用之土壤砂石資源。	內政部營建署「營建剩餘土石方處理方案」
營建廢棄物	施工所附帶產生之金屬屑、玻璃碎片、塑膠類、木屑、竹片、紙屑、瀝青等。	營建剩餘土石方處理方案
	建築工程、公共工程或拆除工程施工所附帶產生之金屬屑、玻璃碎片、塑膠類、木屑、竹片、紙屑、瀝青等。	各地方自治條例及管理辦法
營建混合物	工程施工建造、建築拆除、裝修工程及整地剷除所產生之事業廢棄物。又依各地方之自治條及相關管理法皆將營建混合物定義為：係指營建剩餘土石方(餘土)及營建廢棄物在尚未分離處理前之物狀稱之。	依「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」編號八營建混合廢棄物

資料來源：【3】、本研究整理

2.1.2 國外建築混合物種類與定義

各國於建築混合物之定義皆有所差異，故於敘述各國建築混合物之處理現況時，須先加以釐清。各國建築混合物定義說明如下：

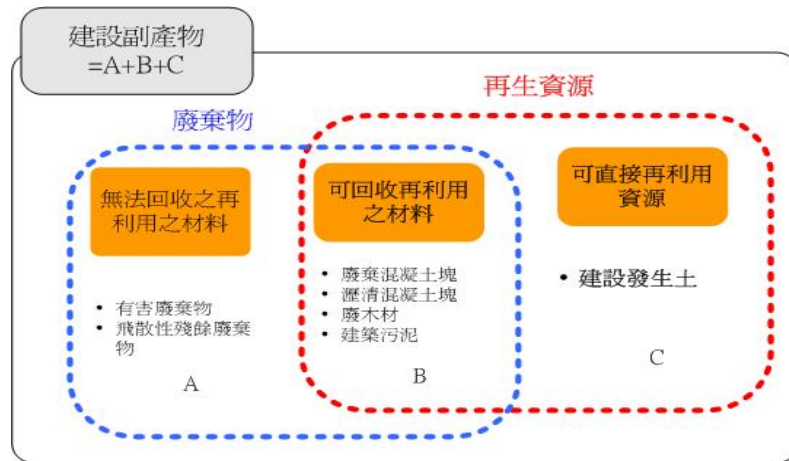
1. 香港

香港將有關營建工程所產生之物質統稱為『拆建物料』（C&D Waste），並區分為惰性和非惰性兩類，其中惰性物料係指不會分解與無臭味之碎石、混凝土、瀝青、拆樓後的瓦礫和挖掘之石頭及泥土，又稱為『公眾填料』；而非惰性拆建物料則包括竹子、塑膠、木材和其他有機物，亦稱為『拆建廢物』【36】、【37】、【38】。

2. 日本

日本將有關營建工程所產生之物質統稱為『建設副產物』如圖 2-1 所示，包括『建設發生土』與『建設廢棄物』兩大類，前者為施工建造階段產生之開挖土方，後者指廢棄混凝土塊、瀝青混凝土塊、建設污泥、建設混合廢棄物、木材等可回收再利用之材料，及有害廢棄物、飛散性殘餘廢棄物等無法回收再利用之廢棄物【1】。而以資源回收之觀點亦可將建設副產物分成以下三種：

1. 按照原樣可當成原材料者：屬於可直接再利用之範圍內，意指該廢棄物可不經再處理之「製造過程」及可再度使用。
2. 有可能當作原材料者：屬再生利用範圍。經一定之處理過程，經物理或化學之改變，方可使用。
3. 不可當作原材料利用者：即有害與具危險之物質。



資料來源：【3】

圖 2-1 日本建設副產物內容

3. 美國

美國主要是依 RCRA、CERCLA 等聯邦法，以嚴格的州法與條例來進行管理。對於營建廢棄物的定義，各州不同，如紐約州環境保護部於 1988 年對 C&DW（建造以及拆除廢棄物）的定義為：「所有新建、修建、改建、拆除、農地清理、公用事業維護、季節性或天災的清理工作所產生之未受污染的固體廢棄物皆屬之。」加州之洛杉磯市對於營建廢棄物或營建棄土並無特別定義，磚瓦及混凝土碎塊等視同一般垃圾來處理。根據所蒐集到的文獻及資訊，美國對於營建廢棄物之定義較為模糊，並不包含營建廢棄物明確之種類項目【1】。

4. 加拿大

加拿大將廢棄物區分「施工建造廢棄物」（Construction Waste）與「拆除廢棄物」（Demolition Waste），施工建造廢棄物係指所有施工建造階段所產生之廢棄物，包含廢木料、開挖土方、金屬、水泥塊、混凝土塊、磚瓦、玻璃、廢電纜、隔熱材料、紙類、塑膠、纖維等。而拆除廢棄物為所有拆除工程所產生之廢棄物，包含廢木料、開挖土方、金屬、水泥塊、混凝土塊、磚瓦、玻璃、廢電纜、隔熱材料、紙類、塑膠、纖維、家電、廢棄設備、傢俱、瀝青、石膏等【27】。

參酌國外所收集之文獻對於建築廢棄物之定義後，茲將其整理如表 2-2 所示：

表 2-2 國外建築混合物之定義

國家	定義			備 註
香港	「拆建物料」(C&D Waste)：分為惰性和非惰性兩類，其中惰性物料係指不會分解與無臭味之碎石、混凝土、瀝青、拆樓後的瓦礫和挖掘之石頭及泥土，又稱為「公眾填料」；而非惰性拆建物料則包括竹子、塑膠、木材和其他有機物，亦稱為「拆建廢物」			香港 環 保 署
加拿大	施工建造廢棄物 (Construction Wastes)：所有施工建造階段所產生之廢棄物。包含廢木料、開挖土方、金屬、水泥塊、混凝土塊、磚瓦、玻璃、廢電纜、隔熱材料、紙類、塑膠、纖維等。			合 稱 C&DW Forintek Canada Corp.
	拆除廢棄物 (Demolition Wastes)：所有拆除工程所產生之廢棄物。包含廢木料、開挖土方、金屬、水泥塊、混凝土塊、磚瓦、玻璃、廢電纜、隔熱材料、紙類、塑膠、纖維、家電、廢棄設備、傢俱、瀝青、石膏等。			
日本	建 設 副 產 物	建築發生土	可回收再利用：混凝土塊、瀝青混凝土塊、建設污泥、紙類、金屬、廢木料	戶 谷 有 一、建設副 產物現況 與課題
		建設廢棄物	不可再利用：有害廢棄物、飛散性廢棄物	
美國	施工建造以及拆除廢棄物 (C&DW)：所有新建、修建、改造、拆除、農地清理、公用事業維護、季節性或天災性的清理工作所產生之未受污染的固體廢棄物皆屬之。			美國 紐 約 州 環 境 保 護 部
	施工建造以及拆除殘餘物 (C&D debris) 所有構造物的新建、拆除、修建過程產生之廢棄物。構造物包含了住宅及非住宅建物、道路、橋樑等。廢棄物的組成包括混凝土、瀝青、木材、金屬、石膏、壁板及樓板；有些州的定義尚包含土地清理物如樹木殘株、岩石、土壤等。			美國 環 保 署

資料來源：【1】、本研究整理

2.1.3 小結

本研究所稱建築物拆除工程時所產生之混合物為建築拆除工程所產生不包含土方之營建副產物，如圖 2-2 所示，包括混凝土塊、磚瓦、廢木料、金屬與玻璃等物質。因本研究所調查之數量主要以工地所載運出現場之卡車數為主，拆除地下室時不免會夾雜到少量土石方，仍屬本研究拆除工程混合物之範圍。而開挖工程土方因可簡單由開始體積計算，因此不納入本研究推估數量之範圍。

		種類	建築現場排出之廢棄物內容來源
營建副產物	營建剩餘土石方	土方	新建工程、拆除工程：岩屑、礫石、砂土及沙、石泥合物沉泥、黏土、污泥、淤泥
		磚瓦	新建工程：運送過程損毀之磚瓦片 拆除工程：拆除磚牆、屋瓦、水塔等之碎塊
		混凝土塊	新建工程：施工殘餘之廢料、打石修整之碎塊 拆除工程：拆除混凝土結構體之碎塊
	營建廢棄物	廢木料	新建工程：模板、棧木、木作或裝潢工程廢材 拆除工程、整修工程：拆除木構材、木隔間、木門窗、天花板等產生之廢木屑
		金屬	新建工程：鐵作工程殘餘廢料、鷹架鐵管、金屬防護板廢料、廢油漆罐等 拆除工程、整修工程：拆除之鋁門窗框架、鋼骨、鋼筋、銅板、銅、製樓梯防滑條、鐵捲門等
		玻璃	新建工程、整修工程：玻璃修邊之廢料 拆除工程、整修工程：拆除玻璃窗之碎玻璃
		有害物	新建工程：噴射石綿粉牆剝落碎片、鉻化砷酸銅(CCA)防腐木材屑 拆除工程、整修工程：拆除石綿瓦板碎片、日光燈管
		其他	紙類如紙箱、壁紙屑、水泥袋等；纖維類如絨毯、窗簾、破布、繩等；廢塑膠如水管、電線皮、保特瓶、當盒；垃圾...

資料來源：【4】、本研究整理

圖 2-2 本研究建築物拆除工程混合物之定義

2.2 國內拆除工程混合物處理現況

國內建築混合物之處理，可分為『產生』、『清運』、『中間處理』與『回收再利用』四個階段，其中產生階段係指建築混合物於工地現場產生之時期；清運階段則為產生階段運送至中間處理階段之運送過程；中間處理階段為建築混合物收容或加以分類處理之過程；而回收再利用階段則為建築混合物經分類處理後再應用於其它工程項目的階段。【3】、【13】

2.2.1 建築混合物之產出問題

營建工程實務上一般如屬開挖行為一般會產出較單純之土石方，在做回收再利用時又以此項目為主要對象，雖營建剩餘土石方是為經暫屯、堆置可供回收、分類、加工、轉運、處理、再生利用，屬有用之土壤砂石資源，於法並不適用「廢棄物清理法」之體系，但「營建剩餘土石方處理方案」中涵括新建及建築拆除後之物質如廢棄混凝土塊、磚、瓦等，這類物質常於工程實務中會因工地分類不易

常挾雜含有營建事業廢棄物體系中之物質，範圍界定並非明確，且沒有一認定標準，常造成執行單位困擾，造成機關權責不清。

以台北市政府為例，其為解決此一問題，於『台北市營建剩餘資源及處理場設置管理自治條例』草案中述及；營建混合物係指挖方餘土、拆方餘土與營建廢棄物任二種混合在尚未分離處前之狀態，營建廢棄物之重量比例應小於百分之十五。前開所述之營建廢棄物係指；建築工程、公共工程及建築拆除工程施工產生之金屬屑、玻璃碎片、塑膠類、木屑、竹片、紙屑等；混合物內營建廢棄物重量超過百分之十五視為廢棄物。雖建立判定比例之原則，但實務上應如何執行並無交待。

2.2.2 建築混合物之清運、申報及流向管理問題

依據現行《廢棄物清理法》第 28 條及第 39 條之規定，事業廢棄物之清除、處理應以（1）自行清除、處理；（2）共同清除、處理；（3）委託清除、處理；（4）其他經中央主管機關許可之方式（5）再利用等五種方式為之，彙整如表 2-3 所示。且依據《廢棄物清理法》第 9 條規定，廢棄物、剩餘土石方清除機具應隨車持有載明廢棄物產生源及處理地點之證明文件，以供查詢。

經由現況了解，承包商對於營建混合物部分多委託清運公司全權處理，通常不會過問運送去處，如依照廢清法之規定清除業者應將營建混合物送往合法之收容處理場(廠)所，由於合法之收容處理場所之收費價格高昂，清除業者因成本的考量而選擇送往收費較低廉之砂石棧場，因砂石棧場尚未合法化，管理單位無法管控其營建混合物之流向。

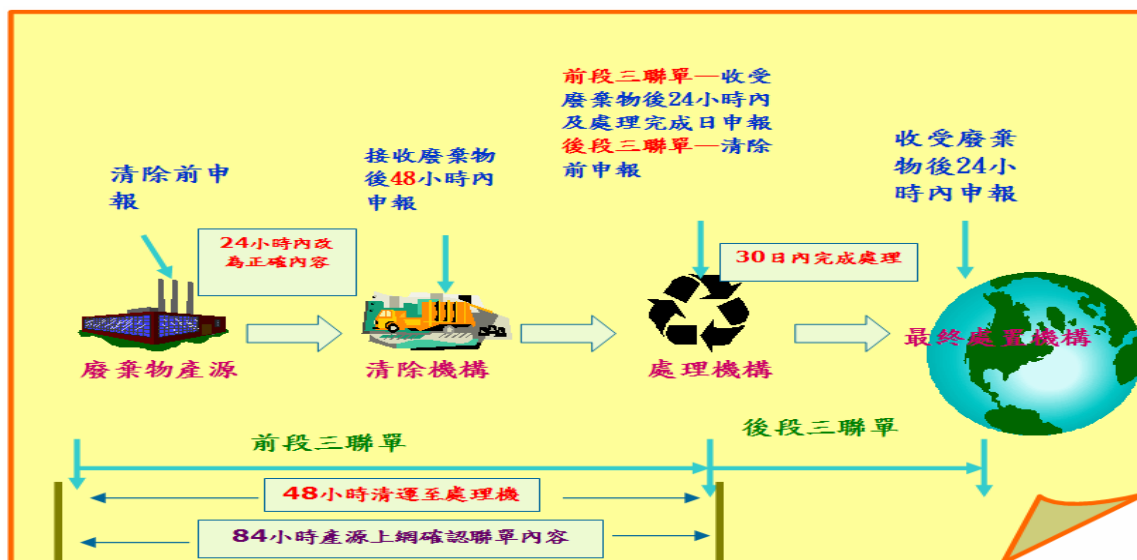
目前營建混合物之清除處理單位或經中央目的事業主管機關核可之再利用許可之事業，需向環保署事業廢棄物管制中心申報，其申報制度彙整如圖 2-3。因各地方自治條例及相關管理辦法各有不同之處，主要差異在於有無將營建混合物納入管理，而有將營建混合物納入管理之縣市皆遭遇一相同問題，即是申報問

題，由上開所述；營建混合物清除處理或再利用機構，如公民營廢棄物清除、處理及清理機構、事業廢棄物共同清除、處理機構需向環保署廢管中心申報，而地方對於管理營建混合物之自治法或管理辦法係屬工務體系，規定需向營建剩餘土石方資訊中心申報，其制度彙整如圖 2-4，兩者申報制度有所不同分屬不同層級法規，處理業者需遵循兩套不同申報制度及系統，而造成處理業者之困擾。

表 2-3 事業廢棄物清理制度

清理方式	法規
自行清理	依據《事業自行清除處理事業廢棄物許可管理辦法》(92.4.30)之規定辦理。
共同清理	依據《營建廢棄物共同清除處理機構管理辦法》(90.12.31)之規定辦理。
委託清理	委託經環保單位許可核備之公民營廢棄物清除、處理機構清除、處理其所產生之事業廢棄物。公民營廢棄物清除處理機構應依《公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法》(90.11.23)之規定辦理。
其他經中央主管機關許可之方式	目前尚無訂定
再利用	依據廢棄物清理法第39條：『事業廢棄物之再利用，應依中央目的事業主管機關規定辦理，不受第28條、第41條之限制。』

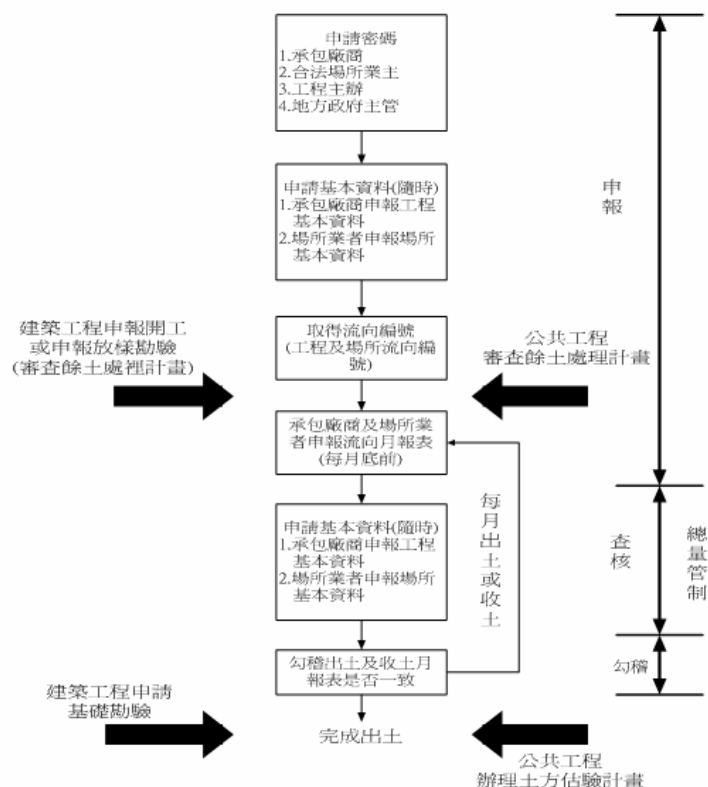
資料來源：【3】、本研究整理



資料來源：【3】、【13】、本研究整理

圖 2-3 我國事業廢棄物申報作業流程現況

兩階段申報查核及勾稽管制流程



資料來源：【3】、本研究整理

圖 2-4 兩階段申報查核及勾稽管制流程

國內因各地政府目前並未全面要求建築工程及拆除工程所產生之混合物將其納入管理，唯基隆市、台北縣市、台中縣市及高雄縣有要求工程單位所產出之營建混合物應至營建剩餘土石方資訊中心申報外，其餘縣市並未有申報制度，故營建資訊系統中屬營建混合物之資料庫統計值僅有統計上開五個縣市之值，故未能有效估計全國營建混合物之產生量。

2.2.3 國內中間處理場（廠）所之類型

目前國內建築混合物處理機構，主要可以區分為以下形式：（1）多元化土資場；（2）營建廢棄物分類處理場；（3）砂石棧場。多元化土資場主要為收受營建剩餘土石方，且因場內具有處理分類機具，故可兼收營建混合物，詳述彙整如表 2-4 所示。

表 2-4 建築混合物處理機構類型

類型	營運功能	營運方式	備註
多元化土資場	營建剩餘土石方收容、暫屯、堆置、破碎、分類、回收、加工處理及轉運	對外營運收費	申設者可依場區特性決定營運項目
砂石棧場	建築廢棄物或混合物資源暫屯、『初步』分類、回收、處理	對外營運收費	➤ 目前多未合法 ➤ 可依各地方管理辦法及自治條例申請合法 ➤ 可依公民營廢棄物清除處理機構申請合法 ➤ 可依營建廢棄物共同清處理機構管理辦法申請合法
分類處理場	開挖土方、建築廢棄物或混合物破碎、分類、混合、加工或回收等處理	對外營運收費	➤ 公民營廢棄物清除處理機構 ➤ 營建廢棄物共同清處理機構管理辦法

資料來源：本研究整理

2.2.4 建築混合物之再利用問題

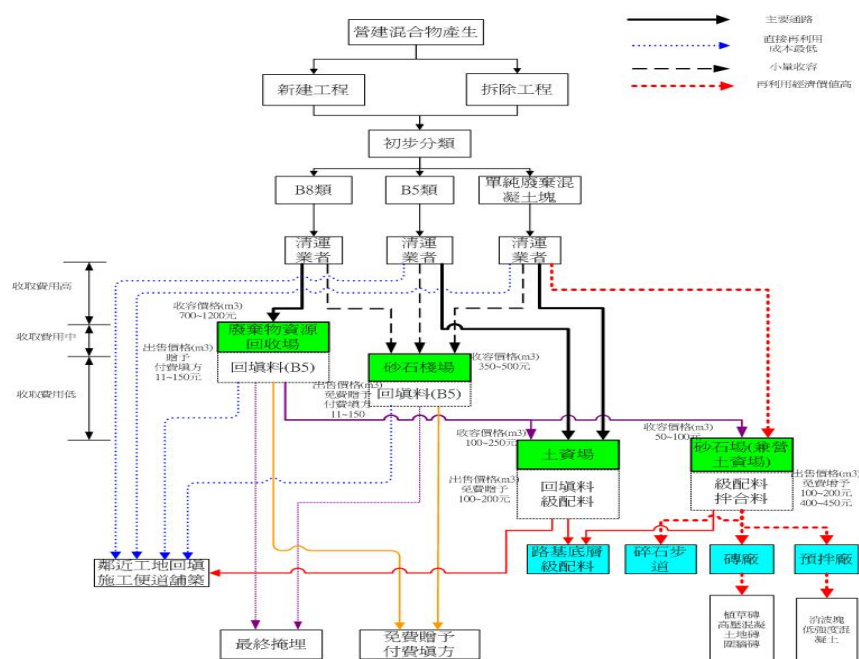
建築混合物經初步分類後之產物依法規相關規定而需進入不同之中間處理場，同時也會因不同處理單位而收取不同之處理費用，是故成本為清除業者最大的考量點。如 B5 類（磚塊或混凝土塊）及之單純廢棄混凝土，清除業者即會事前聯絡附近工地是否有需要回填，或是需要道路臨時的鋪設，或直接進行其它種類之再利用方式，如此清除業者便可省去進土資場之費用。

如無鄰近工程可直接再利用者，依營建剩餘土石方處理方案之土石流向管制規定，B5 類及單純廢棄混凝土即會運至土資場或兼營土資場之砂石場加以處理後再利用。當在都市地區巷道狹窄時而屬小工程者所產出之營建混合廢棄物或 B5 類即會進入砂石棧場（棧仔場），屬小量收容及轉運之功能，目前有關砂石棧場之相關規定，僅有台北縣市有其管理辦法。而第三類之營建混合物即會進入營建廢棄物分類處理場(公民營處理廠)。

圖 2-5 為國內北部地區營建混合物之流向及處理後再生粒料通路之現況，營建混合物經處理後，仍多侷限於鄰近工地回填、施工便道鋪築及路基底層級配料等經濟效益較低之用途，而廢棄物分類處理場及砂石棧場所產出之再生骨材，因

帶有「廢棄物」之不良印象且品質較差而乏人問津，故處理業者為避免再生料無人使用而囤積場區影響處理場之運作，均面臨免費提供使用甚且須付費予使用者的困境，不但處理業者成本增加，對再利用之通路產生阻礙，甚至有以最終掩埋之方式處理，已失去再利用之意義。將所遭遇課題彙整如下：【6】

- 1.回收處理業者對於營建混合物產出量無法正確掌握，由於無法獲得穩定且足夠的數量保證，在成本效益考量之下，業者多無意願投入大量資本參與。
- 2.營建混合物成份複雜且分類不易，資源化困難
建築施工或拆除混合物之回收處理方式係將各種不同之廢建材依種類特性先行分類再回收，但因內含成份複雜，且材質不均勻，不易進行分類處理，其再生產品的品質不穩定，導致使用者難以接受，造成資源化工作難以推動。
- 3.營建混合物再利用之市場性不足，目前尚無再生材料的使用標準與規範，再加上市場對於再生材料認識不夠，在信心不足情況下，工程單位不敢貿然使用，以致市場通路不明，業者投資風險大。



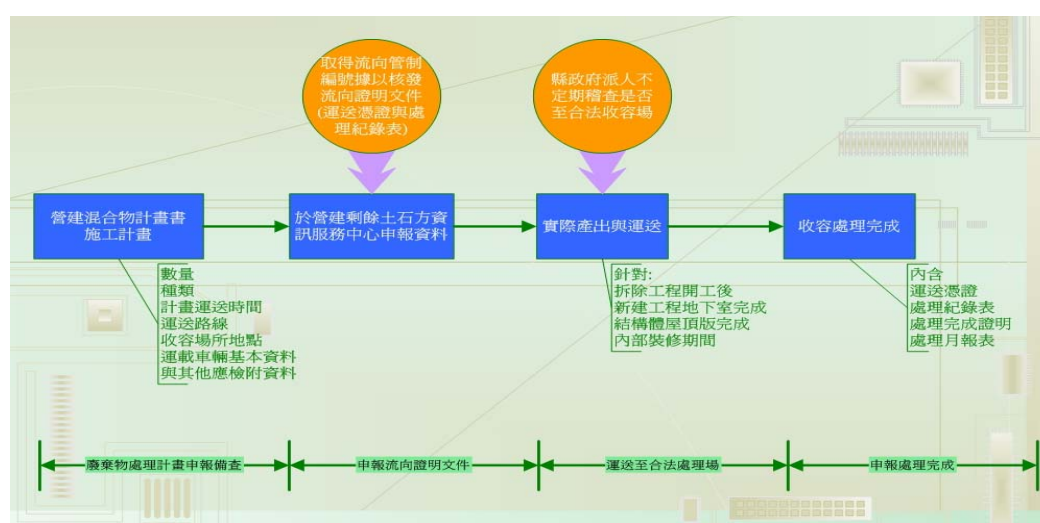
資料來源：【6】、本研究整理

圖 2-5 我國混合物再利用市場之通路

2.2.5 借鏡台北縣之管理制度

現行政府將建築工程施工或舊有建築拆除所產生之營建混合物納入管理，以避免違規棄置之情形產生。以現行管理營建混合物最為完善之縣市台北縣為例，其依建築法第五十四條、建築管理規則第二十七條規定及台北縣建築管理規則第十九條規定，於九十一年四月一日起實行營建混合物申報作業，於工程實際產出營建混合物前，由起造人會同承造人與監造人提報營建廢棄物處理計畫書併施工計畫書送請縣政府備查，並於拆除完成後或申請核發使用執照前送請縣政府備查【5】。

目前台北縣政府營建混合物管理流程，可分為（1）營建廢棄物處理計畫書備查（2）申請運送憑證及處理紀錄表（3）營建混合物產出運送至合法處理場（4）申報處理完成報告書，茲將整體流程繪如圖 2-6 所示：



資料來源：本研究整理、【5】

圖 2-6 現行營建混合物管理流程

（1）營建廢棄物處理計畫書備查

營建混合物申報作業規定適用於已領有建築執照（含拆除執照）但尚未申報施工計畫書者，於工程實際產出營建混合物前，由起造人會同承造人與監造人提

報營建廢棄物處理計畫書併施工計畫書送請縣政府備查。營建廢棄物處理計畫書格式包含建築執照號碼、工地地點、起造人、承造人、監造人、清運業者、營建混合物數量（含計算式）、種類、計畫運送時間、運送路線、合法收容處理場所名稱、地點、運載車輛基本資料與其他應檢附資料。

（2）申請運送憑證及處理紀錄表

營建廢棄物處理計畫書備查後，承造人並至「營建剩餘土石方資訊服務中心」兩階段申報系統申報工程基本資料，取得流向管制編號，再據以核發營建混合物流向證明文件（運送憑證及處理紀錄表），用以管制營建混合物流向。承造人應督促清運業者將工程營建混合物運送往計畫核准之合法收容處理場所。

（3）營建混合物產出運送至合法處理場

建築工程於申報開工後，於施工或拆除過程中即可能開始產出營建混合物，為杜絕違規棄置之情形發生，縣政府不定期派員進行營建混合物流向管制追蹤作業，並針對拆除工程開工後、新建工程地下完成、結構體屋頂板完成與內部裝修期間四個營建混合物產量較大之時間點做流向管制抽查。

（4）申報處理完成報告書

營建混合物處理完成後，承造人應於下列階段檢附已完成簽證之流向證明文件（運送憑證及處理紀錄表）、合法收容處理場所出具之完成處理證明文件及兩階段申報處理月報表等資料，報請縣政府主管機關備查：

1. 僅領有建築執照或拆除執照並建築執照者，於申請核發使用執照前。
2. 僅領有拆除執照者，於拆除完成後。

配合「營建剩餘土石方資訊服務中心」實施兩階段申報作業，規定建築工配合「營建剩餘土石方資訊服務中心」實施兩階段申報作業，規定建築工程及拆除

工程於申請流向證明文件前，應上網申報工程基本資料，縣政府於核發流向證明文件時核對。實際運送營建混合物期間，承造人每月底前申報登陸該工程當月份混合物處理月報表，縣政府於營建混合物申報清運完成報告時列為審查項目【5】、【7】。

2.3 國內外拆除工程混合物數量推估方式

國內外目前對於拆除混合物產生數量之統計資料十分有限，尤其缺乏正確案例資料數據，大多是以平均總樓地板面積之方式推估建築物拆除工程混合物之產生數量。表 2-5 彙整近幾年來建築物拆除工程混合物數量之評估研究資料，各研究對於拆除混合物之定義與資料取得方式皆有所差異，且評估對象與範圍並非完全一致，且僅以蒐集資料統計而得推估計算方式，因此造成彼此估算結果不盡相同。茲將表 2-5 之推估方式敘述於下。

表 2-5 近年來拆除混合物產生數量研究結果

研究個案	說明
Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in The United States (U.S. EPA, 1998)	美國環保署透過研究調查資料顯示住宅類新建之單位樓地板面積廢棄物產生量為 0.021 公噸/平方公尺，非住宅類新建之單位樓地板面積廢棄物產生量為 0.019 公噸/平方公尺。非住宅類拆除之單位樓地板面積廢棄物產生量為 0.757 公噸/平方公尺。
建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究(黃榮堯, 1998)	依據構造物之材料使用量(m^3/m^2)加總之後為構造物之整體廢棄物產生係數，高雄市單位樓地板面積拆除廢棄物產生量約為 $1.28\text{t}/\text{m}^2$ ($0.81\text{ m}^3/\text{m}^2$)。
建築廢棄物來源、產生總量推估、分佈狀況、清理再利用體系規劃(工研院, 2000)	依據「建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」之研究成果，換算為全國之拆除混合物產生量約為 $0.79\text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

資料來源：【1】、【9】、【28】、本研究整理

透過國內外之研究調查蒐集與分析，所蒐集有關拆除混合物產生量之調查與研究共有三個研究個案，顯示出於國內外對於拆除混合物產生量之調查與研究有限，再者根據研究調查個案中顯示，對於營造工程之建築工地所蒐集之工程筆

數，即資料之蒐集而言仍屬困難，故對於營造工程之拆除工程混合物數量之調查顯示其重要與急迫性，乃因於對於工程中所產生之混合物數量能進行完整與真實之紀錄為相當重要之一環，對於拆除混合物之管控亦屬重要。

對於三個研究個案本研究對於其分析方法、資料蒐集與計算結果進行剖析，分析出研究個案之缺點，如表 2-6 所示。本研究分析出三個研究個案均有其共通之缺點，主要為影響拆除混合物產生量之影響因子並未考慮完善，主要以總樓地板面積作為影響拆除混合物產生之因子，但是卻忽略其他影響因子如構造種類、建築用途等，故計算之結果較無法準確推估出實際產生量之情況；再者於三個研究中，對於資料之分析與篩選，並未將極端值刪除，亦即對於資料之篩選並無透過一系統性之分析與比較，此將對於推估混合物產生量造成影響。

本研究將針對上述幾項缺點進行改進，亦將透過工地實際紀錄蒐集拆除混合物產生量之數據資料，並針對所蒐集而來之資料進行更為嚴謹之篩選與選用，以使拆除混合物推估模式能達到完善之功能。

表 2-6 拆除混合物產生數量之推估研究個案比較

研究個案	缺點
Characterization of Building Related Construction and Demolition Debris in The United States (U.S. EPA, 1998)	1. 影響因子除樓地板面積外並未考慮其他影響因子。 2. 非住宅類之工程數量過少。 3. 取樣年份與範圍過於分散，故所得資料有待商確。
建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究(黃榮堯, 1998)	其假設鋼鐵造之木材類廢棄物單位面積發生量與 RC 相同，有待商確鋼構案例較少。
建築廢棄物來源、產生總量推估、分佈狀況、清理再利用體系規劃（工研院，2000）	其主要架構，是依據黃榮堯教授等人於 87 年所研究成果加以換算而得全國推估係數，故當年擁有之缺失並無改善。

資料來源：【1】、【9】、【28】、本研究整理

2.4 模糊德菲法之簡介

2.4.1 傳統德菲法

傳統的德菲法(Delphi method)是專家預測法，也是群體決策法的一種，最先是藍得公司(RAND Corporation)的得爾凱(Dalkey)所發展出來的【10】，主要目的乃在於獲取專家們較一致之意見，尋求專家們對特定預測對象之一致性意見。其進行方式必須要有一位協調者居中籌畫、擬定問卷並將專家們意見加以彙整，直至獲取專家們較一致之意見。若專家們意見未趨一致，則必須反覆進行【11】。

傳統的德菲法具有以下幾種缺點【12】：

1. 蒐集專家意見耗時日久；
2. 成本高；
3. 所謂「專家意見一致」僅為專家意見落於某範圍中，而此範圍隱含了模糊性，但在處理過程中卻未將模糊性納入考慮；
4. 問卷回收率低；
5. 求取專家意見過程中，亦扭曲專家意見；亦即會系統性的削弱對手的意見與抑制不同的想法；
6. 工作小組無法保持中立的角色，往往將自己的期望加在受事者的意見上；
7. 受訪者缺乏面對面的溝通，喪失了解決問題的努力。

2.4.2 模糊德菲法簡介

1993 年 Ishikawa【29】等人，利用累積次數及模糊積分的觀念，整合專家的意見成模糊數，其過程稱為模糊德菲法。模糊德菲法較傳統德菲法具備以下優點：

1. 降低調查次數；
2. 專家個別意見可完整表達；
3. 預測項之語意結構可清楚表達；
4. 可將訪查過程中無可避免的模糊性納入考量。

Klir 與 Folger【35】曾提出一個平均數一般化模式之模糊德菲法，採用幾何平均數計算以克服傳統德菲法之缺失，其平均數一般化模式如公式 2-1 所示：

$$h_{\alpha}(a_1, a_2, \dots, a_n) = \left(\frac{a_1^{\alpha} + a_2^{\alpha} + \dots + a_n^{\alpha}}{n} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad \dots\dots\dots \text{公式 2-1}$$

其中 α 為不同平均數型態之參數。

極大值與極小值分別是最小與最大的平均數函數型態，即為一般化平均數函數之上下限。而在這一般化平均數函數之上下限之間尚存在許多不知型態的平均數函數。本研究依據相關研究成果【11】、【30】彙整專家隸屬函數圖如下表 2-7 所示。本研究親訪之專家人數少，因此擬以三角模糊函數來涵蓋專家群體之意見。

表 2-7 模糊德菲法專家隸屬函數比較圖

專家共識說明	專家隸屬函數圖	適用情況
1. 專家共識分成前 25% 及 75% 加以排序並描繪 2. 以幾何平均數代表大部分專家之共識 3. U 值為專家共識之極大值, L 值為專家共識之極小值, X_0 為幾何平均數, 代表部分專家之共識。	專家共識梯形模糊函數圖	1. 詢問的專家達到一定數量或回答問題的情形較極端時。 2. 將專家共識分成前 25% 及後 75% 來描述。 3. 其中中間部分為大部分專家的幾何共識值 X_0。
1. 以一般化平均數中之極大值、極小值為專家共識之兩端點。 2. 以幾何平均數代表大部分專家之共識。 3. U 值為專家共識之極大值, L 值為專家之極小值, X_0 為幾何平均數代表大部分專家之共識。	專家共識三角模糊函數圖	1. 當詢問的專家數量少時, 為了涵蓋所有專家的意見, 將參加共識的極小值及極大值, 予以幾何平均。 2. 此法以幾何平均數更能客觀的表達專家的意見。
1. 排序專家共識 2. 分成前 25%、50%、75% 及 100% 之專家共識加以描繪。	專家共識 Piece-wise 模糊函數圖	1. 當詢問的專家達一定數量, 且專家回答情形為常態分布時。 2. 為方便統計分析, 將專家共識分成 25%、50%、75% 及 100% 等四個區間來描述。

資料來源：【11】、【30】

模糊德菲法操作之步驟如下所述：【10】

步驟一：依專家學者問卷所回饋之評估標的即基準評價值加以整理，並利用下列公式建立模糊三角函數。

$$\tilde{N}_A = (L_A, M_A, U_A) \dots\dots\dots \text{公式 2-2}$$

$$L_A = \text{Min}(x_{Ai}), i = 1, \dots, N \dots\dots\dots \text{公式 2-3}$$

$$M_A = (x_{A1}x_{A2} \dots x_{An})^{1/N} \dots\dots\dots \text{公式 2-4}$$

$$U_A = \text{Max}(x_{Ai}), i = 1, \dots, N \dots\dots\dots \text{公式 2-5}$$

其中

x_{Ai} : 第 i 個專家學者對 A 基準之評價值。

L_A : 專家學者對 A 評估基準評價之下限

M_A : 專家學者對 A 評估基準評價之幾何平均數

U_A : 專家學者對 A 評估基準評價之上限

A : 建築物拆除工程混合物產生量之影響因子

i : 專家學者

$\tilde{N}_A$: 重要性之模糊數。

經由上述之處理可得各評估基準之三角函數型態，如圖 2-7 所示。

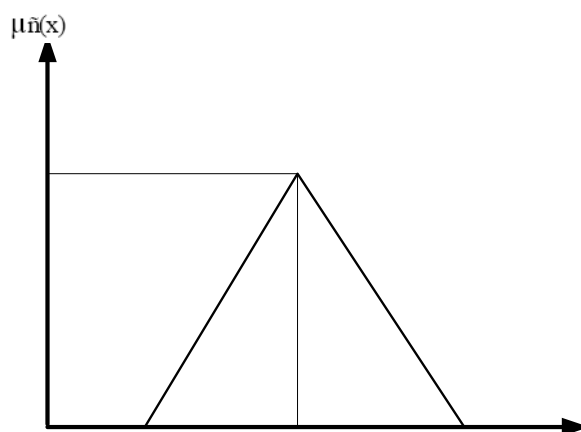


圖 2-7 決策群體共識三角模糊數圖

步驟二：利用步驟一之方式所得之三角模糊函數來篩選評估標的及基準。因

為在此函數中，極大值與極小值皆較極端，幾何平均數可代表專家中大部分之意見。因此本研究以每個評估標的及基準三角模糊函數中之幾何平均數（ MA ）為隸屬度，用以代表專家對此評估標的及基準評價值之共識。最後則依研究目的決定門檻值（ S ），篩選出適當的評估基準。其篩選方式如下：

1. $MA \geq S$ ，接受 A 影響因素為評估基準。

2. $MA < S$ ，刪除 A 影響因素。

其中， MA 為專家學者群體對 A 影響因素之共識值

然而篩選評估基準時，如何決定門檻值則是一個值得深入探討的課題。若門檻值（ S ）太低，所篩選出的基準較多；而門檻值（ S ）太高，所篩選出的基準相對較少。因此能否篩選出具代表性、適當的評估標的及基準，端賴門檻值（ S ）之決定。

考量以上因素，故本研究採用文獻【35】中所提之平均數一般化模式，作為本研究模糊德菲法之理論基礎。利用模糊德菲法進行第一階段影響單一建築物拆除工程混合物產生量因子之篩選，以作為後續利用類神經網路建構預測推估模式輸入層之基礎。

2.5 類神經網路之簡介

本研究主要建立單一建築物拆除工程混合物產生量之推估模式，主要經由歷史資料與現地實際紀錄資料之蒐集，透過資料轉換與計算後求得產生量。建立此模式之方法眾多，如迴歸分析估算法、案例式推理法、專家系統等；但近十年來，電腦科技發展迅速，電腦對於數值運算的速度提昇，其所得之結果具有相當程度之精確度與可靠性。但是在思維上，電腦能力與人腦相差甚遠，例如樣本識別、專門職業的決策工作等，其主要原因在於人腦具有學習與思考的能力。為解決此一問題，於人工智慧（Artificial Intelligence）的領域中，模擬人腦智慧特點和結

構的類神經網路乃應運而生。類神經網路是一個具有高度非線性的超大型連續時間動力系統，其主要特徵為連續時間非線性動力學、網路的整體作用、大型平行分散式處理及高度的堅韌性和學習聯想力【13】，茲將類神經網路簡介如下。

2.5.1 類神經網路概述

類神經網路系統基本結構為模仿生物神經網路資訊處理系統，眾多文獻均對類神經網路做過不同的定義，其皆大同小異，在此引用葉怡成(1993)之定義：「類神經網路是一種計算系統，包括軟體與硬體，它使用大量簡單的相連神經元來模仿生物神經網路的能力。神經元是生物神經元的簡單模擬，它從外界或者其他類神經元取得資訊，並加以非常簡單的運算，並輸出其結果到外界環境或者其他神經元」。由於其知識儲存於網路架構中，即各神經處理單元連結之權重值(weight)，因此要決定了所有處理單元相互連結的加權值，即完成了整個類神經網路演算系統的結構【14】。

類神經網路模式是一種模仿生物神經網路的知識學習過程，而自然界中高等生物之生物神經網路，是由大量簡單的神經細胞或神經元(neurons)組成，各神經元經由連結構成一個複雜網路，使其能夠從外在環境中學習適應。神經元是人腦組織的基本單元，人類大約有 10^{11} 個神經元組成巨大的腦系統，圖 2-8 表示一個神經細胞的結構【15】。



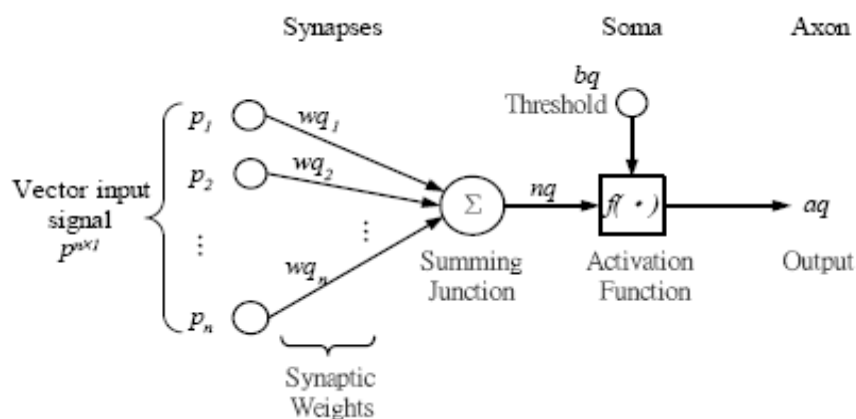
資料來源：【16】

圖 2-8 神經細胞結構圖

1. 神經核(Soma)：神經細胞成核狀的處理機構。
2. 神經軸(Axon)：神經細胞向外伸出的最長一條分支，呈軸索狀的輸送機構，屬於細胞輸出端。
3. 神經樹(Dendrites)：神經細胞向外伸出的其他許多分支，它屬於細胞的輸入節點，接受激發的訊號(或稱神經衝動)。
4. 神經節(Synapse)：神經軸輸出和神經樹輸入相互連結的點狀介面。

類神經網路是由許多的人工神經細胞(Artificial Neurons)所組成，人工神經細胞又稱為類神經元、人工神經元、處理單元(Processing Element, PE)，見圖 2-9。其結構包括：

1. 一組類似突觸的連結：每一個連結擁有一個權重 (Synaptic Weight)，以表現連結的強度。
2. 集成結點 (Summing Junction)：將輸入值與權重的乘積進行加成的動作，此部份的運算是屬於線性的。
3. 轉移函數 (Transfer Function)：功用在於限制輸出訊號的強度，並對訊號進行某種轉換後再將訊號送給另一個人工神經元。



資料來源：【16】

圖 2-9 人工神經元模型

2.5.2 類神經網路之分類

目前類神經網路可依學習策略分類與網路架構分類兩種：

(一) 依學習策略分類

可將它們分成四個種類，監督式(Supervised Learning Network)、非監督式學習網路(Unsupervised Learning Network)、聯想式學習網路(Associate Learning Network)、最適化應用網路(Optimization Application Network)，並由下表 2-8 中列舉幾種學習策略分類的主要模式。

1. 監督式學習(Supervised Learning Network):從問題領域中取得訓練範例(有輸入變數值，也有輸出變數值)，並從中學習輸入變數與輸出變數的內在對應規則，以應用於新的範例（只要有輸入變數值，而需推論輸出變數值的應用）。

表 2-8 類神經網路主要模式分類

網路類型	模式
監督式學習網路	感知機網路 (Perceptron Network)
	倒傳遞網路 (Back propagation Network)
	機率神經網路 (Probabilistic Neural Network)
	學習向量化網路 (Learning Vector Quantization)
	反傳遞網路 (Counter propagation Network)
非監督式學習網路	自組織映射網路 (Self Organization Feature Mapping)
	自適應共振理論 (Adaptive Response Theory Network)
聯想式學習網路	霍普菲爾網路 (Hopfield Neural Network)
	雙向聯想記憶網路 (Bi-directional Associative Memory)
最適化應用網路	霍普菲爾-坦克網路 (Hopfield-Tank Neural Network)
	退火神經網路 (Annealed Neural Network)

資料來源：本研究整理、【16】

2. 非監督式學習(Unsupervised Learning Network):從問題領域中取得訓練範例(只有輸入值)，並從中學習範例內在集群規則，以應用於新的範例

(有輸入變數值，需推論它與那些訓練範例屬於同一集群的應用)。

3. 聯想式學習(Associate Learning Network)：從問題領域中取得訓練範例(狀態變數值)，並從中學習範例的內在記憶規則，以應用於新的範例(只有不完整的狀態變數值，而需推論其完整的狀態變數值的應用)。
4. 最適化應用網路(Optimization Application Network)

(二) 依網路架構分類

1. 前向式架構(Forward)：神經元分層排列，形成輸入層、隱藏層與輸出層；每一層只接受前一層的輸出當作輸入者，稱前向式架構。
2. 回饋式架構(Feedback)：從輸出層回饋到輸入層，或層內各處理單元間有連接者，或者神經元不分層排列，只有一層，各神經元均可相互連接者稱回饋式架構【16】。

2.5.3 類神經網路之基本架構

(一) 網路基本架構

類神經網路組成的基本單位為處理單元，經由處理單元組成「層」(Layer)，再經由層組成「網路」(Network)。

(二) 輸入與輸出值

類神經網路之輸入與輸出必須要能夠反應問題的特性，通常都會以應變數與自變數間所存在關係來解釋，表示兩者之間所存在的關係，因此在構建網路模式時的第一要件便是確立出目標(輸出值)，並且尋找解釋變數(輸入值)，釐清各變數對於輸出值相關的程度，要有效的解釋輸出值則在輸入變數時就必須變數作謹慎的選擇，並且視各問題性質而定。

(三) 轉換函數

轉換函數的作用是要模仿神經元在受到刺激之後所產生的反應大小適當的轉換輸入與輸出的關係；一般常用的轉換函數可分為兩種型態，一為離散型轉換函數如線性函數(Linear Function)、階梯函數，一為連續型轉換函數如雙曲線正切函數(Hyperbolic Tangent Function)、雙曲線函數(Sigmoid Function)等。其中最常使用之轉換函數為 S 型雙曲線函數(Sigmoid Function)，如下所示：

$$\text{Sigmoid} = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

(四) 學習過程

類神經網路與人腦所具有學習功能，透過不斷的學習調整連結權重，來達到預期的輸出結果。經由網路反覆進行訓練過程達到訓練出來的數值與實際上所期望的數值能相當接近或是在某一可忍受的範圍之內，亦即由能量函數(Energy Function)推導使兩者之間的誤差能最小化。要達到能量最小化乃是透過不斷的訓練從誤差去學習降低輸出值與實際值間之差距，下式便是用來衡量學習誤差的公式 (Error Function)。

$$E = \frac{1}{2} \sum (d - o)^2$$

d：期望輸出值(Desired Output)

o：網路輸出值(Real Output)【15】

(五) 學習法則

類神經網路透過學習過程來判定網路是否要繼續學習或者已經達到可容忍的誤差範圍而停止學習，若未達到標準而繼續學習則以調整權重值，一般

來說，最常被用來使用之學習法則有兩種：

1. On-line：每學習一個範例，網路權重就更新一次，每次均用修正過後之權重，直至結束為止。
2. Batch：每載入一個訓練範例時即計算權重的變化量，但並無立即更新權重，當訓練結束後再修正權重，下次訓練時則用修正後之權重【16】。

2.5.4 類神經網路之特性

類神經網路具有以下幾點特性：

1. 高速計算能力：由於生物神經網路的神經元皆有獨立處理資料的能力，因此資料在網路中是在同一時段中，以平行的方式被處理。原因在於人腦的計算架構為巨量平行架構，大約有 10^{11} 那麼多的連結，若再加上每根以平行方式連結進行運作，同時可以處理較多資料，加快處理速度。
2. 學習能力：生物神經網路的連結是柔性的，即神經元間的連結是透過神經節，而神經節本身是可調整的，因此生物神經網路具有強大的學習能力，但對使傳統電腦具有學習能力則困難重重。
3. 容錯能力：生物神經網路如果有少數神經元或連結受損，並不損及其正常功能，其原因在於生物神經網路資訊儲存是分散式記憶 (Distributed Memory)，也就是資訊散佈在許多連結（神經節）上。因此即使小部份連結受損，並不會造成嚴重的後果，而僅是造成功能略為降低。也因為分散記憶的關係，對於不完整或有雜訊的輸入也能正確的處理，亦即具有模糊推論(Fuzzy Reasoning)的能力。
4. 數學模式簡單化：以類神經網路設計動態決策行為模式時，並不需要

系統之數學模式，只要有足夠之系統輸入輸出對資料即可訓練。該點相較傳統需要仰賴精確數學模式之方法完全不同，故對有極其複雜動態決策行為模式而言，類神經控制有著極其便利的優點。

5. 高容量記憶能力：類神經網路是高度連結的網路，可將高維度的映射以較少的神經元來完成，因此具有驚人的記憶容量【17】。

2.5.5 倒傳遞演算法

在目前類神經網路預測模式的實用中，最普遍使用及最具代表性的學習演算法，為監督式學習中的「倒傳遞網路演算法(Back Propagation)」，或簡稱為 BP 演算法。該演算是一種具有學習能力的多層前饋型網路(Feed-Forward Net)，而所謂前饋型網路，即該網絡神經元乃分層排列，包含輸入層、隱藏層、及輸出層，且每層只接受前一輸出作為輸入，層內之處理單元則互為獨立且不相連結，最常採雙彎曲函數（Sigmoid Function）作為神經元的非線性函數，可處理輸入與輸出之間的非線性映射關係。另該演算法主要將「最陡坡降法(The Gradient Steepest Descent Method)」的原理概念加入隱藏層的處理單元中，並作為模型輸出與目標輸出間之誤差函數（Error Function）最小化的迭代運算法【18】。

倒傳遞演算法為差距法則(Generalized Delta Rule)，以網路輸出值與範例輸出值之差值作為修正網路中各神經元間連結權重的依據。若在輸出層無法得到期望的輸出，則誤差訊號將沿原連接通路返回，透過修改各層神經元的權重，期能使誤差函數值達到容忍誤差容忍範圍之內而停止或達到設定的訓練次數而停止，一般給定一誤差函數(或稱能量函數)表示學習之品質，其誤差函數如 2.5.3 小節所表示之。

類神經網路學習過程通常以一次一個訓練範例的方式來進行，直到學習完所有的訓練範例，稱為一個學習循環(Learning Cycle)，一個網路訓練成功通常需要上百個或上千個訓練範例，將訓練範例反覆學習不斷修正直到收斂為止。

倒傳遞網路中有幾個重要參數，包括隱藏層處理單元數目、隱藏層層數、學習速率與慣性因子，分別說明如下：

1. 隱藏層處理單元數目：

通常隱藏層處理單元之數目越多收斂越慢，但可達到更小的誤差值，特別是「訓練範例」誤差。但超過一定數目後，再增加則對降低「測試範例」誤差幾乎沒幫助，徒然增加執行時間。這可解釋成隱藏層處理單元之數目太少，不足以反映輸入變數間的交互作用，因而有較大的誤差，而數目越多，雖然可達到更小的誤差值，但因網路較複雜，因而收斂較慢。為平衡品質與成本，以取適當的數目為宜。一般而言，隱藏層處理單元數目的選取原則如下：

- A. 公式1：隱藏層單元數目=(輸入層單元數+輸出層單元數)/2
公式2：隱藏層單元數目=(輸入層單元數+輸出層單元數)
公式3：隱藏層單元數目=(輸入層單元數+輸出層單元數)×2
- B. 問題雜訊高，隱藏層單元數目宜少。
- C. 問題複雜性高，隱藏層單元數目宜多。
- D. 測試範例誤差遠高於訓練範例誤差，隱藏層單元數目宜減少；反之，宜增加。

2. 隱藏層層數

通常隱藏層之數目為一層到二層時有最好的收斂性質，太多層或者太少層其收斂結果均較差。這可解釋成沒有隱藏層不能反應此問題輸入單元間的交互作用，因而有較大的誤差；而有一、二層隱藏層已足以反應此問題的輸入單元間的交互作用，更多的隱藏層反而使網路過度複雜，造成更多局部最小值，使得在修正網路加權值時更易掉入一個誤差函數的局部最小

值，而無法收斂。依據經驗，一般問題可取一層隱藏層，較複雜的問題則取二層隱藏層。但有一點必須注意；在用倒傳遞網路求解問題時，一定要先用無隱藏層架構試作，如果其精確性比有隱藏層者為佳，則此問題必不適合用倒傳遞網路解，其理由為無隱藏層架構的倒傳遞網路其效果接近統計學上一些有「線性」假設的方法，例如線性迴歸、區別分析，因此無理由用一個複雜的網路解答去取代一個有明確公式的統計學解答。

3. 學習速率

通常學習速率太大或太小對網路的收斂性質均不利。這可解釋成較大的學習速率，有較大的網路加權值修正量，可較快逼近函數最小值，但過大的學習速率將導致網路加權值修正過量，造成數值振盪而難以達到收斂的目的，因此學習速率的大小對學習有很大的影響。由經驗顯示，學習速率在相當大的範圍均有很好的收斂性，在此範圍內，學習的結果對學習速率並不敏感。依據經驗取 0.5，或 0.1 到 1.0 間的值作為學習速率的值，大都可得到良好的收斂性。但仍有些問題的適當學習速率可能低到 0.01 以下或高到 10 以上。上述這些參數都有一些經驗值，然而，假使參數的設定一旦變動，學習的效果與精度可能會有很大的差異；因此，本研究將先以經驗值進行實證，然後調整各參數值以比較結果之差異，再決定適合本研究之參數值。

4. 慣性因子

通常慣性因子太大或太小均對網路之收斂不利，通常在學習過程中，慣性因子可採取較大之初始值，在於網路之訓練過程中逐漸減小之方式設定，一般採用在每一學習循環完畢即將慣性因子乘以一小於 1.0 之係數（例如 0.95）之方式，逐漸縮小慣性因子，但不小於預設之慣性因子之下限。依據經驗：初始值=0.5，折減係數=0.95，下限值=0.1【13】。

2.5.6 類神經網路於營建工程之應用

以上針對人工智慧中之類神經網路技術之簡介後，可發現類神經網路具有高速計算及學習能力，可由系統輸入之樣本中擷取其內在規則並建立其間之非線性關係，易於掌握系統之預測、分類等模式，國內外許多研究常用類神經網路於預測工程成本、砂石產生量、營造工程物價指數亦或是於交通流量之預測等，此類之預測或推估研究均有其共通之特性，主要為影響因子或參數均為多數時，而類神經網路技術符合此項要求，適合用於非線性亦或是無法利用數學方程式可求得解之問題上，利用類神經網路內之運算神經元經過高速計算，並透過其學習能力與容錯能力，快速計算出所預測之問題。類神經網路如此之廣泛應用，其領域包含工程應用（如材料之選用、電子電路診斷、排程問題與 VLSI 設計等）、商業與金融之應用（如信用卡盜用判斷、股價、匯率及利率預測與財務分析等）及科學技術之應用（如天氣氣象預測、醫學儀器之映像判斷與指紋辨識系統等）。有關類神經網路應用在營建工程方面之研究包括如下：

1. 余文德、楊智斌、賴建中、鄭正光應用「類神經模糊系統」技術所發展出來之自動化工程估價系統，由案例分析發現應用此系統於橋樑工程成本估測上可達誤差 10% 以下之精確度，且可提供估算人員法則式之估價知識，並進行成本影響敏感度分析【19】。
2. 「工業生態學中物質流系統之研究—以台灣地區砂石為例」之研究中【17】指出類神經網路於砂石生產量推估模式方面，其結果與經濟部礦務局所公佈之砂石生產量數據之差距不到 10%。
3. 「公路土石方工程成本估價之研究」【20】利用類神經網路對於公路土石方工程成本進行估價，此研究的重點在於評估運用類神經模糊系統在對於公路土石方工程專案的成本概估的可行性。由類神經模糊系統發現，在公路土石方工程成本估價之誤差能低於 1%，遠比傳統概估方

法好很多。此外當與比率估價法結合應用時，所建議的類神經模糊系統成本概估法能提供即時的成本估價，其誤差能低於 2.5%；且此系統也考慮到營建材料與勞務工資在市場上單價的偏差，故對營建專案的成本概估而言，類神經模糊系統與比率估價法結合應用的成本概估方法是非常有用的。

4. 國內學者郭斯傑、陳信夫於「以類神經網路估算建築工程成本之研究」中利用類神經網路預測建築工程成本，其簡要的介紹類神經網路基本架構，觀念與發展過程，並找出於何種應用狀況下運用最佳類神經網路架構。此研究將九個實際案例分成四種不同狀況，實際測試各種方法的估算表現。結果顯示類神經網路不論在平均誤差平方和、誤差標準差或是誤差比率範圍，其表現均優於迴歸分析、蒙地卡羅估測法、傳統推估法與專家估測法等估算模式。於此研究證實了類神經網路在工程成本估算方面的準確性及適用性，可提供更加準確的成本預測，減少估計的風險【21】。
5. 「台灣地區營造工程物價指數預測之研究---以類神經網路與 ARIMA 模式」【22】為建立一台灣地區營造工程物價指數之預測模式，依據指數之特性，分別以類神經網路與 ARIMA 模式建構指數之預測模式，並將預測結果進行比較，探討其適用性，以作為工程主辦單位編列公共建設預算及營造廠商計算工程投標價格之參考。研究結果顯示，類神經網路模式之預測誤差，無論在均方誤差、均方根誤差、平均絕對誤差及平均絕對百分比誤差均較 ARIMA 模式低；而於 ARIMA 輔助類神經網路之信賴區間建構方面，亦顯示結合模式成功地為類神經網路模式建構預測之信賴區間，使得在應用上更為方便與實用。
6. 陳維東、石進芳、盧順逸、陳盈宏【23】應用 Neuron solutions 類神經網路商用軟體預測國內營造工程物價指數。研究結果顯示，此系統預

測平均經度可達 93%水準，與灰色理論及時間數列模式相當，可見類神經網路應用於預測營建物價指數可行性頗佳。

7. 謝獻仁利用類神經網路所具有之平行處理能力，來處理各項參數對落石坡危險度之影響，進行對其危險度之分析，研究以中橫谷關-德基水庫之 237 個落石坡為調查對象，其中隨機選取 150 個落石坡為訓練資料，87 個落石坡為預測目標，利用類神經網路程式加以分析預測，分析結果證明類神經網路具有評估落石坡之能力，成功率可達 86%【24】。
8. 楊秉蒼利用二元形本位學習類神經網路解決 N 皇后指派問題，研究結果顯示，該法在解答品質方面較退火神經網路及遺傳演算法佳，雖然該法略遜於運輸特殊解法，但具備較強之通用性，且在多目標山坡地開發決策問題方面亦優於隨機搜尋法【25】。
9. 亦有學者利用迴歸方式與類神經網路兩種方式所尋求之各種營建工程問題，結果均為類神經網路優於利用迴歸分析所做出之結果；如利用類神經網路與迴規分析估測工程直接成本，則利用類神經網路之誤差值遠較利用迴歸分析求得之工程直接成本來的小，如表 2-9 所示【31】、【26】。

表 2-9 類神經網路與迴歸分析之比較表

案例	結果	
估測碳鋼水管之成本 (Graza、Rouhana1995)	類神經網路 MSE=3.72	迴歸分析 MSE=11.205
工程直接成本之估測 (郭炳煌，2001)	類神經網路 RMS=3.631e06	迴歸分析 RMS=4.979e06

資料來源：【31】、【26】

2.5.7 小結

本研究目的為求得單一建築物拆除工程混合物產生量，往往產生拆除混合物

之因子不單只有建築樓地板面積亦或是構造方式便能決定。綜合以上針對人工智慧中之類神經網路技術之初步探討，檢視本研究之架構，發現本研究屬於多參數型之問題，且所擁有之資料有輸入值與輸出值，故選用類神經網路之監督式學習中最普遍使用及最具代表性，且適合用來解決與處理需要以類比為基礎求解之問題的多層前饋型倒傳遞網路演算法（Feed-Forward Back Propagation）。

本研究之研究方法將參考類神經網路的施行步驟，先逐步釐清本研究進行拆除混合物的目的、理由、對象、所需資料種類及深度等，隨即進行各項資料調查、收集及輸出計算。從拆除混合物申報、處理完成之處理流程與實際影響拆除混合物產生之工地現場進行深入之研究，並客觀分析出影響拆除混合物產生量之因素，透過影響因子輸入至類神經網路中，試推估拆除工程施工中所產生之混合物總量，以改善目前推估數量不夠準確之現況，健全現行拆除混合物總量申報管控制作業程序。

三、影響拆除工程混合物產生因子之探討與資料蒐集

3.1 影響拆除工程混合物產生量因子之探討

建築物進行拆除工程時所產生混合物數量之影響因子眾多，如構造種類、建築物用途、建築物高度、樓地板面積、所在區域等諸多因子均會影響拆除混合物產生之數量。本研究係藉由過往工地參訪與專家訪談等方式，整理影響建築物拆除工程混合物產生量之因子，依序分敘如下：

1. 構造種類型式

構造種類主要影響建築物拆除工程混合物產生量之原因為各構造型式之建築物主要結構體皆有所不同，建築物設計時所考量之梁柱大小、垮距、混凝土用量及隔間等，皆會因構造形式之特性而有不同之設計。例如鋼鐵或鋼骨構造型式之建築物，與 RC 造建築物不論重量或體積皆不相同，故構造種類型式易影響建築物拆除工程混合物之產生量。

2. 建築物總樓地板面積

建築物總樓地板面積之大小，會影響到此建築物之設計型式。建築師會依樓地板面積大小，對於樑、柱之承載能力與垮距等會有不同之考量，則會造成拆除混合物產生量之差異。

3. 建築用途

不同建築用途會影響拆除工程混合物產生量之差異，如一般而言學校教室與工廠型建築物，它們相較於住宅型之建築物，其隔間較大裝潢材料較少，拆除工程產生之混合物與住宅型建築物即產生差異，故不同之建築物用途對於建築物拆除工程混合物產生量亦有差異。

4. 建築物總高度

相同樓地板面積之情形下，不同之建築物總高度，由樑、柱之承載設計與高出部分之體積，即可得知拆除混合物產生量不相同，故不同之建築物高度會影響建築物拆除工程混合物產生量。

5. 所在區域別

建築物所處區域不同，如郊區與都會區而言，擁有同樣樓地板面積但購買之房價有所差異。一般而言，都會區所購買房子較貴，一般人會較注重實用性；郊區房子較便宜，購屋者較注重休閒性。因地段特性不同，往後對建築物之裝潢亦有所不同，此即會影響拆除混合物產生量。所在區域別此項因子，本研究以各縣市政府地政課公告之當地地段地價為輸入基準。

經由與多位在拆除工程領域 10 年以上經驗之專家現場訪談後得知上述影響建築物拆除工程混合物產生量之因素，但於訪談過程中，專家們認為有無地下室亦會影響拆除工程進行時所產生之混合物數量，故本研究將樓地板面積與建築物高度區分為地上與地下兩部分，以突顯出地下室此因子之存在。本研究所建置之建築物拆除工程混合物推估模式未能全面性推廣應用，並期望能符合未來新式建築物拆除時所需，另考慮建築物挑高及各樓層樓地掩面積會有所差異之問題，故將建築物高度（包含地上及地下）及樓地板面積（包含地上及地下）此兩項影響因子採用除以樓層數之平均方式來表示，即為建築物平均樓層高度（包含地上及地下）與平均樓層樓板面積（包含地上及地下）。茲將此些影響因子整理如下表 3-1 所示，本研究將利用上述整理之影響建築物拆除工程混合物產生量之因子，做為模糊德菲法問卷之調查因子。

表 3-1 影響拆除工程混合物產生量之因子

項目		影響原因
構造種類		如鋼構造、RC造、磚造、加強磚造、木造等，各型式之構造物所使用之材料均為不同，易影響混合物之產生量。
建築用途		如工廠、住宅...等，教室或工廠建築設計較為簡單，住宅內部設計就較為複雜，其所產生之混合物亦不同。
平均樓層樓地板面積	地上	平均樓地板面積不同，其所設計之垮距、樑、柱等結構皆有所不同，其混合物數量亦不相同
	地下	平均樓地板面積不同，其所設計之垮距、樑、柱等結構皆有所不同，其混合物數量亦不相同
平均樓層高度	地上	平均樓層愈高，所支撐之樑、柱設計及外牆高度會隨之改變，造成混合物數量之增加
	地下	平均樓層愈高，所支撐之樑、柱設計及外牆高度會隨之改變，造成混合物數量之增加
所在區域別		各地段之住戶，多少會因其購買之地段緣故，對其建築物有不同之裝潢，所產生之混合物數量將有差異。

資料來源：本研究整理

3.2 模糊德菲法問卷

本研究為建立建築物拆除工程混合物產生量推估模式，乃經由專家訪談後獲得如 3.1 節中所顯示之影響因子，藉此使本研究決定之影響因子不至於過於主觀性。以其內容利用模糊德菲問卷，篩選出重要性達一定程度以上之影響因子，納入本研究所採用之類神經網路之輸入層。

本研究採用文獻【Klir and Folger, 1988】中所提出之模糊德菲法，評估各因子之重要性。流程說明如下：

步驟一：蒐集專家意見

依訪談獲得之影響建築物拆除工程混合物產生量之因子，進行問卷設計與調查，問卷填寫者被要求評估各評估因子的重要性程度（10 代表最重要，0 代表最不重要）。問卷寄發對象均為拆除工程領域服務至少十年以上經驗之專家，藉由專家們之意見交流，相信可了解國內拆除工程現況。問卷調查方式為現場面談等方式進行，發放問卷共 10 份，回收份數 10 份，相關寄發對象之資訊請詳表 3-2。

表 3-2 訪談專家名單

受訪單位	受訪人員職稱	工程經歷（年）
大鋼牙工程	總經理	20
聲寶營造有限公司	總經理	20
聲寶營造有限公司	主任	20
承羿營造有限公司	主任	15
卓承工程公司	負責人	20
卓承工程公司	工程師	10
任慶工程行	負責人	15
協侑營造有限公司	主任	20
新亞營造有限公司	副主任	20
永竟處理廠	經理	20

資料來源：本研究整理

步驟二：建立模糊三角函數

將本研究蒐集到的專家評估值依公式 2-2 至 2-5，建立每項評估項目之三角模糊函數。經計算後所有評估因子之模糊三角函數整理如下表 3-3 所示。

表 3-3 建築物拆除工程混合物產生量影響因子之模糊三角函數

影響因子	最小值	幾何平均數	最大值
構造種類	7	8.23	10
建築用途	6	8.07	10
地上平均樓層樓地板面積	4	6.84	8
地下平均樓層樓地板面積	5	6.98	8
地上平均樓層高度	5	7.64	10
地下平均樓層深度	5	7.27	10
所在區域別	2	4.89	6

步驟三：篩選評估因子

選擇評估因子模糊三角隸屬函數中之幾何平均數（ M_A ），乃是代表決策群體對此評估因子評價值之共識，而決策門檻值（ S ）則可依研究目的設定，據以篩選出適當的評估因子。當評估因子之 $M_A > S$ 時，則接受該評估因子，否之便篩除該因子。以往模糊德菲法之研究門檻值多以「8」作為因子篩選之門檻，而

本研究若以「8」作為門檻篩選值，則通過篩選之因子僅 2 個項目，失去篩選之意義，故本研究綜合多位學者之研究【Bass and Kwakernaak, 1977】、【Chen, 1985】、【Tong and Bonissone, 1984】，乃以 7.0 作為建築物拆除工程混合物產生量影響因子篩選門檻值。經由模糊德菲法篩選出因子後，最後篩選出構造種類、建築用途、地上平均樓層高度及地下平均樓層深度等四個因子，將篩選出之因子運用於後續建構推估模式之類神經網路中之輸入層。

3.3 建築物拆除工程案例蒐集

本研究有關拆除工程之蒐集資料來源，包括現場工地產生之拆除混合物數量、各縣市政府之拆除執照與營建棄填土資訊系統之資料。其中各縣市政府提供之拆除執照資料一年有多達數百筆，但經分析發現大多數縣市政府拆除執照上之混合物數量多為由相關研究公式直接換算而得，且未有實際完工之數量，僅有拆除工程開工前提報至縣市政府廢棄物處理計畫書中之推估數量，因缺乏實際正確產生量之資料，所以可信度並不高。目前，國內僅有台北縣政府、桃園縣政府、台中市政府及高雄市政府有進行開工前預估混合物產生量與實際產生量之兩階段勾稽作業，但經由接洽上述四縣市政府相關單位後，桃園縣政府及高雄市政府因業務上之不便，故無法索取資料，所以本研究採用台北縣政府與台中市政府之拆除執照資料。進一步查看台中市政府與台北縣政府之資料後發現，大多數資料實際產生量與預估數量相當，且預估數量是由相關研究公式計算而得，本研究視此些資料有失真實性，故僅採用實際數量與預估數量有差異之資料。至於營建棄填土資訊系統之資料，因所提供之基本資料為全國混合物（B8）類之統計數量，並非單一工程個案之混合物數量統計，且並無提供任一影響因子，故此方面之資料亦無法採用。

本研究另實際走訪進行拆除工程之工地，經由與現場人員溝通並徵求業者同意後，於現場觀測建築物拆除情況與實際紀錄混合物總產生量。目前全國各縣市

政府對於混合物計量單位均有所不同，一般而言分為體積或重量計量。而若以重量為紀錄單位，則實際紀錄時所有車次均須過磅，現場人員為避免須修改廢棄物處理計畫書等繁雜作業，故僅會將開工前所提報之推估數量過磅，若有超過此數量時，因過磅須額外花費故均無法配合。環保署混合物申報系統是採重量計量，但因目前申報率過低，故不採用，最後本研究計量單位均統一為體積單位。本研究對於蒐集之實際拆除案例從開工至拆除清運完成均於現場實際紀錄，若工期過長，則會與現場人員溝通，於工程完工後將實際載運車輛數告知，所訪談之案例廠商因已事前溝通並告知研究目的，故廠商均配合告知實際產生數量。本研究最後採用台北縣政府、台中市政府所提供之拆除執照資料與實際現場工地紀錄之資料進行分析。

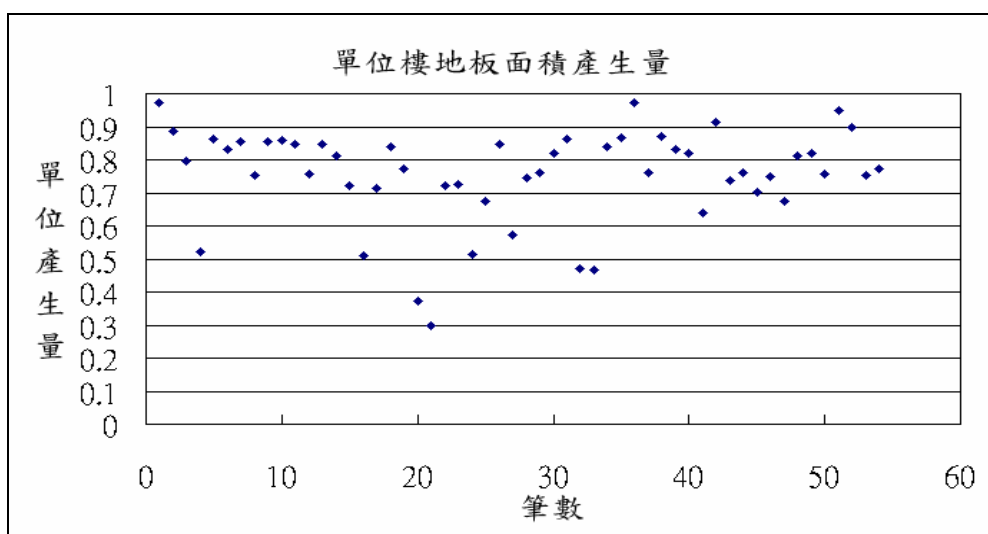
總共蒐集拆除工程案例共有 54 筆，分別為住宅類 36 筆、工廠 8 筆、教室 7 筆與住宅加工廠型複合用途 3 筆，茲將用途別、構造別及區域範圍等整理如表 3-4 所示。

表 3-4 拆除工程蒐集資料之整理

種類	細項	筆數
用途	住宅	36
	工廠	8
	教室	7
	住宅加工廠	3
構造種類	加強磚造	20
	RC造	19
	磚造	8
	鋼鐵造	3
	加強磚加鋼鐵造	2
	RC加鋼架造	1
	RC加鋼鐵造	1
區域範圍	台北縣	38
	台中市	9
	實際紀錄	8

3.4 拆除工程資料分析與篩選

本研究透過台北縣政府、台中市政府與現場工地實際紀錄蒐集拆除工程所產生之建築物拆除工程混合物產生量，並對所蒐集之資料進行篩選，以避免某部分資料偏離蒐集樣本過大，而造成推估數量時之偏差。本研究所蒐集之案例，其單位樓地板面積產生之廢棄物產生量主要分佈範圍在 $0.298 \sim 0.974 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 之間，如圖 3-1 所示。



資料來源：本研究整理

圖 3-1 拆除工程蒐集案例之單位樓地板面積產生量

本研究分析發現，資料筆數中複合種類之筆數過少，均少於 3 筆如表 3-4 所示，為避免影響建築物拆除工程混合物產生量推估模式之準確度，故先將之排除不用；住宅加工廠型複合用途此項資料，雖有 3 筆資料，但有兩筆資料與複合種類相重複，實剩一筆資料，故也先將之排除。

複合種類與複合用途等資料篩除後剩 49 筆資料，再將資料依構造種類加用途別型式分類，將之繪製成散佈圖，如圖 3-2、3-3、3-4、3-5 所示。經本研究分析後發現，住宅 RC 造型有兩筆資料，相距同組其他資料平均值約 40% 以上，如圖 3-2 所示，為避免造成建構推估拆除混合物數量模式時之誤差，本研究將這兩筆資料排除不用。

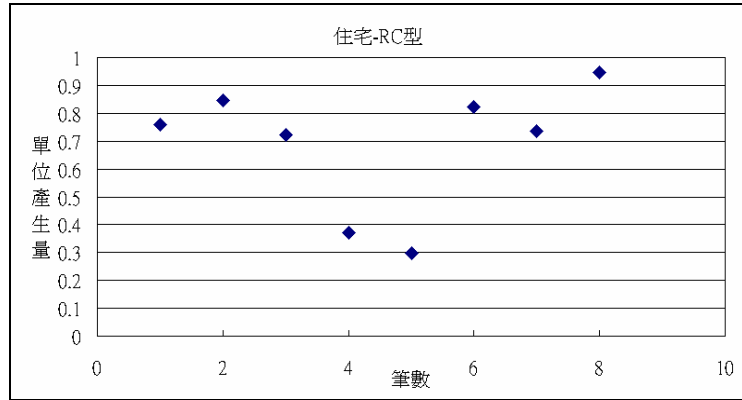


圖 3-2 拆除工程住宅 RC 造型資料散佈圖

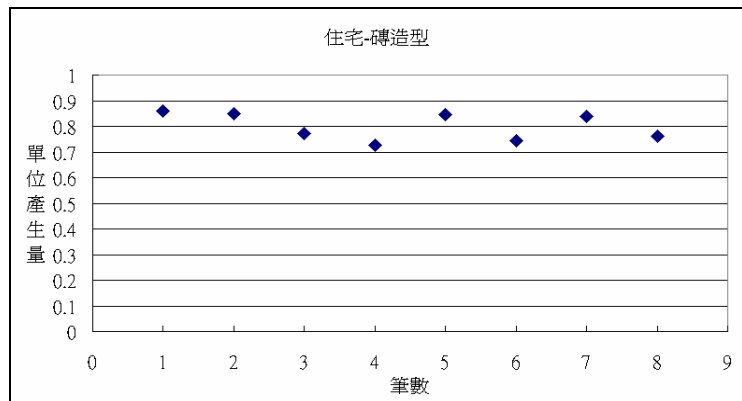


圖 3-3 拆除工程住宅磚造型資料散佈圖

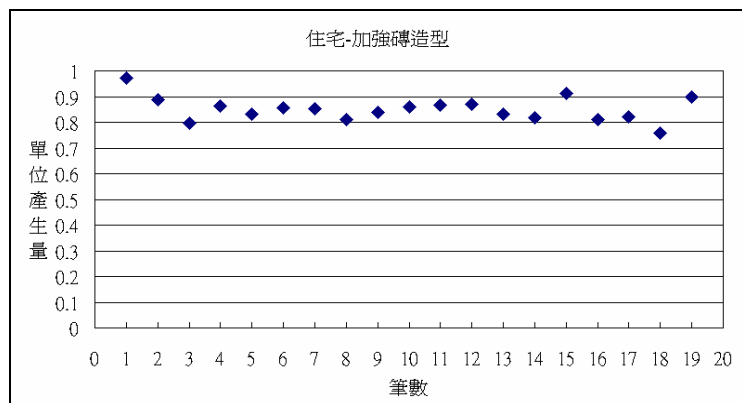


圖 3-4 拆除工程住宅加強磚造型資料散佈圖

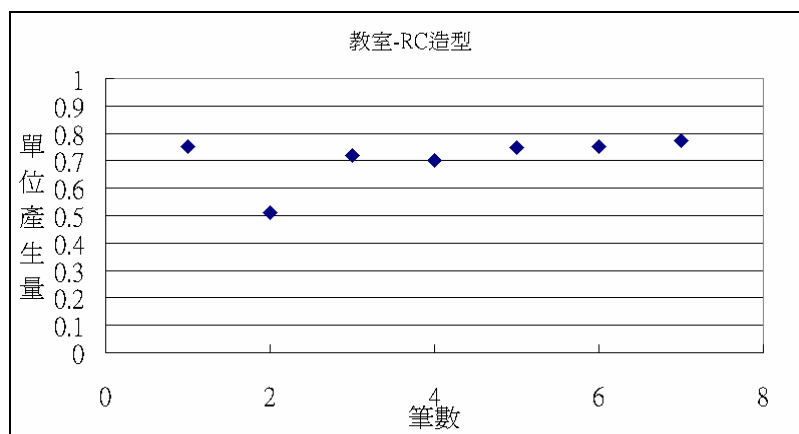
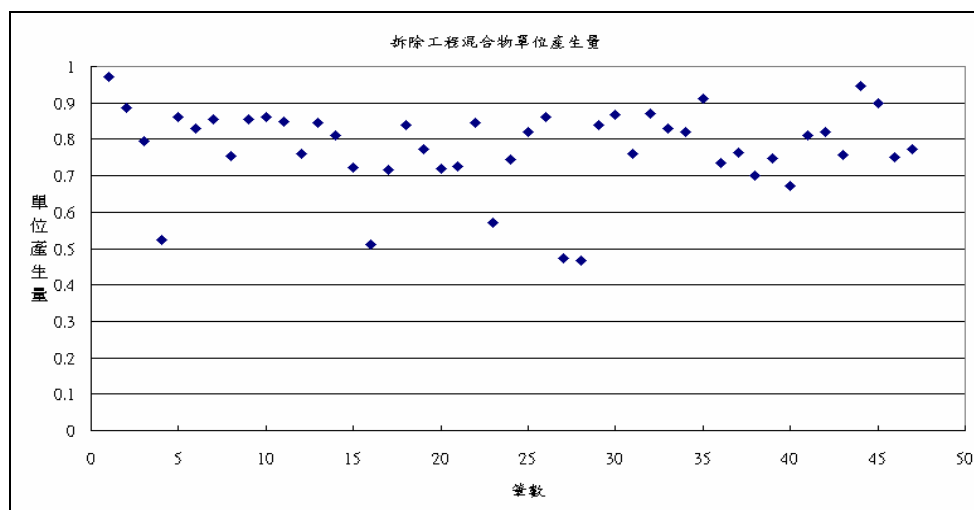


圖 3-5 拆除工程教室 RC 造型資料散佈圖

經篩選後之資料散佈圖，如圖 3-6 所示。篩選後資料筆數共 47 筆，所得資料範圍為 $0.468 \sim 0.972 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ，平均數為 $0.777 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ，分別為住宅類 34 筆、工廠 6 筆與教室 7 筆；構造種類分為加強磚造 20 筆、RC 造 16 筆、磚造 8 筆與鋼鐵造 3 筆；地上層平均樓層樓地板面積在 $40.77 \sim 37,197.54 \text{ m}^2$ ，地下層平均樓層樓地板面積在 $0 \sim 1,339 \text{ m}^2$ ；地上建築物平均高度在 $2.94 \sim 9.68 \text{ m}$ ，地下建築物平均身在 $0 \sim 3.2 \text{ m}$ ；茲將篩選後新資料整理如表 3-5 所示。



資料來源：本研究整理

圖 3-6 拆除工程資料篩選後之散佈圖

表 3-5 拆除工程資料篩選後之整理

種類	細項	筆數
用途	住宅	34
	工廠	6
	教室	7
構造種類	加強磚造	20
	RC 造	16
	磚造	8
	鋼鐵造	3
地上平均樓層樓 地板面積	40.77~37,197.54 m ²	—
地下平均樓層樓 地板面積	0~1,339 m	—
地上平均建築物 高度	2.94~9.68 m	—
地下平均建築物 深度	0~3.2 m	—
區域範圍	台北縣	38
	台中市	9
	實際紀錄	8

四、建築物拆除工程混合物產生量推估模式之建構

4.1 資料之尺度化處理

類神經網路之輸入變數為數值資料之組合，本身並不具任何意義，藉由類神經網路訓練過程，找出描述輸入與輸出變數之間對應關係之加權值。資料表現與處理是否適當，對於類神經網路模式發展具有相當重要的影響。所謂資料之尺度化處理是指將原始資料以尺度化方式處理之，主要目的為當用於類神經網路預測系統訓練之資料其變數值域差別過大，將使值域小之變數對於類神經網路之重要性無法突顯，而值域大之變數控制整個類神經網路學習過程，故可能降低類神經網路學習效果。此外，尺度化處理也可使輸入變數間之對應關係更加明確，提高類神經網路預測能力【余昌翰，2004】。一般將資料尺度化之方式有數種，如線性尺度法、對數尺度法等，本研究將採用此二種尺度化之方式，並依研究需求進行改良，分別說明如下：

- 對數尺度法（取 $\log$ ）：數據差異較大時使用，如平均樓層樓地板面積其數值之範圍較為廣大，故採用此方式尺度化。但因資料數值過大，無法順利將資料縮減至 0~1 之區間內，故本研究另採用改良式之對數尺度法，將資料取對數後再除以 5 之方式將資料縮減至 0~1 之間，同時也可將資料預測範圍擴大。
- 線性尺度法：資料數據差異不大或分類編碼時使用，如構造形式、建築用途、平均建築物高度等，將可使資料縮減至 0~1 之間。

4.2 建築物拆除工程混合物產生量推估模式之建立

本研究建構與訓練類神經網路所採用的軟體為 The MathWorks, Inc. 所研製之 MATLAB 中之類神經網路工具箱（Neural Network Toolbox）。將設定好之訓

練範例與測試範例，儲存於 EXCEL 試算表中，再透過 MATLAB 的匯入資料功能將訓練範例與測試範例數據直接匯入 MATLAB 中即可。將問卷調查篩選後之影響建築物拆除工程混合物產生量之因子做為輸入變數，以建築物拆除工程混合物單位樓地板面積產生量作為輸出變數，藉由類神經網路進行演算，預測建築工程中於拆除時所產生之單位建築物拆除工程混合物產生量，以作為將來施工單位與管理單位管理與預算編列之依據。

根據觀察本研究問題之特性，選擇監督式學習網路建構建築物拆除工程混合物單位產生量預測模式之網路模式，所使用之類神經網路架構為倒傳遞類神經網路（Back Propagation Neural Network，BPNN），此網路是目前類神經網路學習模式中最具代表性與應用最為普遍之模式，其適合用來解決與處理需要以類比為基礎求解之問題，並且於非線性問題等求解上以其精確度高、回想速度快等優於其他類型網路，故本研究將透過倒傳遞類神經網路之建置，進行建築物拆除工程混合物產生量推估模式之建立。

4.2.1 建築物拆除工程混合物產生量推估模式之網路架構

倒傳遞類神經網路（Back Propagation Neural Network，BPNN）之基本架構主要分為輸入層、隱藏層與輸出層三層架構。茲分別說明如下：

輸入層：本研究主要以影響建築物拆除工程混合物產生量因子作為主要之輸入變數，共有構造種類、建築物用途、地上平均建築物高度及地下平均建築物深度等四因子。

隱藏層：表示輸入變數間之交互影響，其主要作用為連接反應前一層與後一層之互動關係。

輸出層：本研究主要以每單位樓地板面積產生量作為輸出變數。

類神經網路基本運算原理為利用最陡坡降法（Gradient Steepest Descent

Method) 之觀念，將誤差函數予以最小化，藉由誤差函數對網路調整加權值之敏感程度，控制每次最陡坡降法之調整幅度，求得最小之誤差函數。有關倒傳遞類神經網路相關介紹請參照 2.5.5 節中。

其網路架構如下所述：

1. 影響因子之決定

輸入層之變數主要為經由模糊德菲法問卷篩選過後之影響建築物拆除工程混合物產生量因子，分別為地上平均樓層高度、地下平均樓層深度、構造種類與建築用途等四項。

2. 資料前處理

一般而言，運用類神經網路不論是何種型式之網路型態，於訓練前均須將輸入變數進行數值尺度化之處理步驟，方能提高網路表現之績效或求解出正確之解答。尺度化方式有數種，將所有輸入變數轉換成 0 與 1 之間或 -1 與 1 之間之方式為多，或是將數值壓縮於數值間最大值與最小值，即為數值轉換，關於資料尺度化方式請參閱 4.1 節介紹。本研究中，輸出值為拆除混合物單位樓地板面積產生量，其數值為 0 至 1 之間，故為配合輸出值將本研究所有資料尺度化為 0 至 1 之間。本研究先將非數值化之影響因子進行編碼，如構造形式與建築用途等，再利用線性尺度化方式將其數值轉換至 0 至 1 之間，此外基於使用線性尺度化較對數尺度化方式數值影響較大，且線性尺度化適用於數值因次差異不大時使用，故地上平均樓層高度與地下平均樓層深度也採用線性尺度化方式進行數值轉換。地上平均樓層樓地板面積、地下平均樓層樓地板面積與所在區域地段地價等因子，因數值因次差異較大故利用 $\log(\text{數值})/5$ 尺度化至 0 與 1 之間。

3. 轉換函數

因資料尺度化於 0 與 1 之間，故採用非線性轉換函數之對數雙曲線函數

(Logistic Function)，此函數當自變數趨近於正負無窮大時，函數值趨於常數，其值域於[0,1]之間。函數公式如下所示：

$$Sigmoid = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

4. 隱藏層之選擇

隱藏層主要表示輸入變數間之交互影響作用，其主要作用為連接反應前一層與後一層之互動關係，隱藏層之層數多少為佳，依據 2.5.5 節中，較常使用為一至二層，但二層隱藏層多為解較複雜之問題，故本研究選擇一層隱藏層。

本研究將於下一節對於類神經網路中需輸入之重要參數，如隱藏層神經元數、學習次數、學習速率與慣性因子等參數進行敏感度分析與討論。

5. 輸出層

此預估模式依據上述之影響因子為輸入變數，經由預估模式網路訓練後，產生一數值，主要針對單一建築物所產生之拆除混合物單位產生量為主要輸出值。

4.2.2 類神經網路參數之測試

影響倒傳遞類神經網路運作較為重要之參數為（1）隱藏層神經元（2）學習速率（3）訓練次數（4）慣性因子等四個參數，此四個參數均會影響到網路之收斂性質與準確率，故本研究針對固定其他參數，改變一個參數之方式，是分別測試出較佳之學習速率、隱藏層神經元數、慣性因子，最後觀察訓練次數探討訓練次數之收斂情況，以下將逐步討論上述之各項測試：

1. 學習速率

學習速率可以決定網路加權值修正量之多寡，較大之學習速率，其網路之加權值也較大，但若學習速率過大，將導致網路加權值修正量過多，造成數值震盪

而無法收斂。反之，則易造成網路收斂速度緩慢。本研究為求得較佳的學習速率參數值，將學習速率分為 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9 及 1.0 等十種。測試結果如圖 4-1 所示，可發現學習速率於 0.6 時所得之準確率達 80% 為最高，故本研究學習速率選用 0.6。

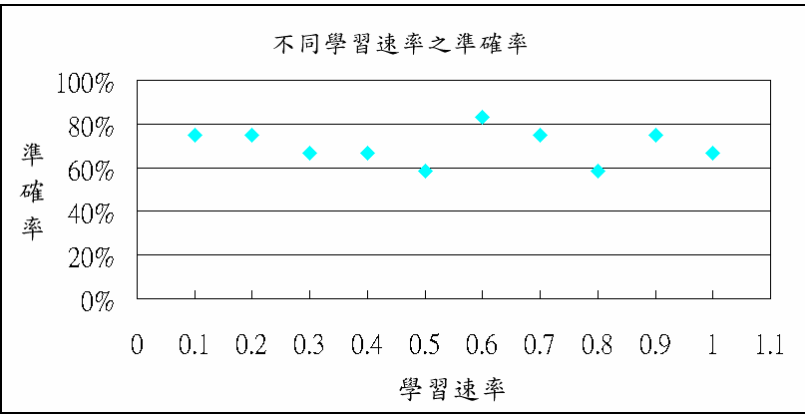


圖 4-1 類神經網路不同學習率之正確率

2. 慣性因子

通常可將類神經網路學習公式加上一個慣性項，即加上某比例的上次加權值改變量，以改善收斂過程中振盪的現象，加速收斂。本研究以慣性因子 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8 及 0.9 等九種進行測試，結果如圖 4-2 所示，慣性因子在 0.3 時有最高之準確率。

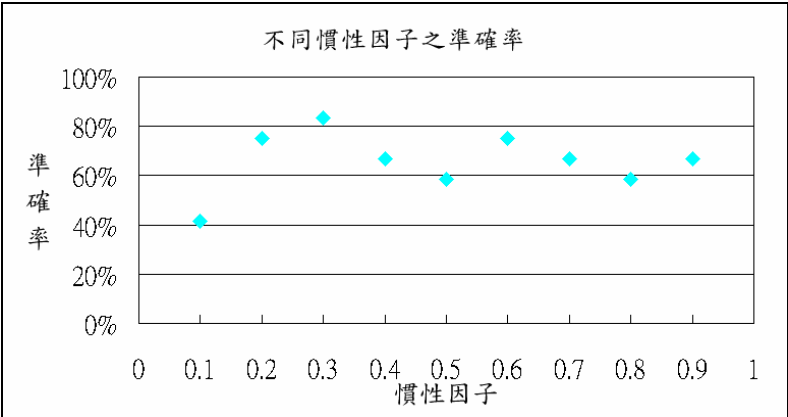


圖 4-2 類神經網路不同慣性因子之正確率

3. 隱藏層神經元

本研究透過經驗公式所得之隱藏層神經元數目為基準加以增減，擬定了不同的神經元數目加上述測試過後之學習速率與慣性因子進行網路學習。本研究所測試之隱藏層神經元個數從 1~30 個分別進行測試，其測試結果如圖 4-3 所示，結果顯示，於測試隱藏層神經元數為 8 時，所得到之準確率為最高，達準確率 80%，故本研究於隱藏層神經元數目以 8 個為準。

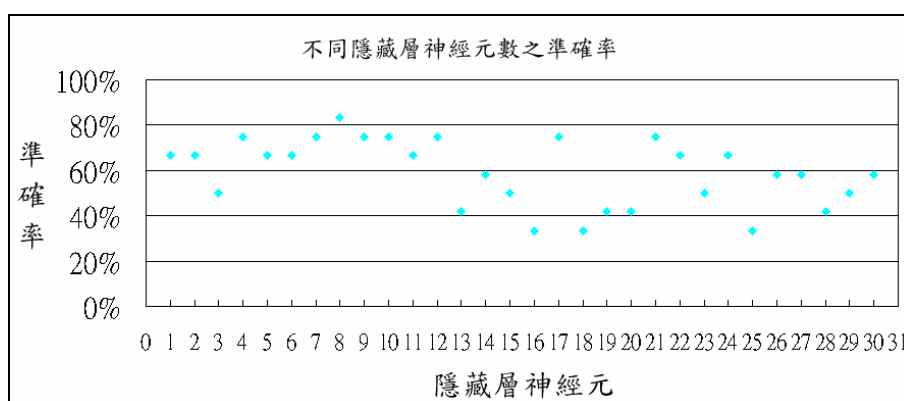


圖 4-3 類神經網路不同隱藏層處理單元之正確率

4. 訓練次數

將上述測試結果當作類神經網路之輸入參數，再測試與探討訓練次數，由圖 4-4 可觀察出，訓練次數於 15,000 次可得較佳之準確率，故本研究採用 15,000 次訓練次數。

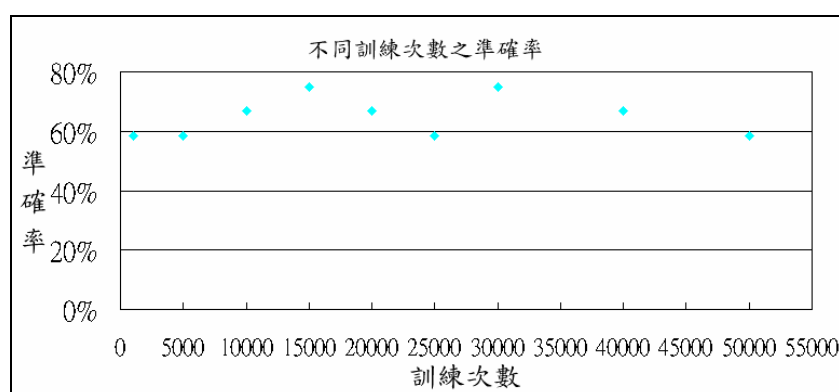


圖 4-4 類神經網路不同訓練次數之正確率

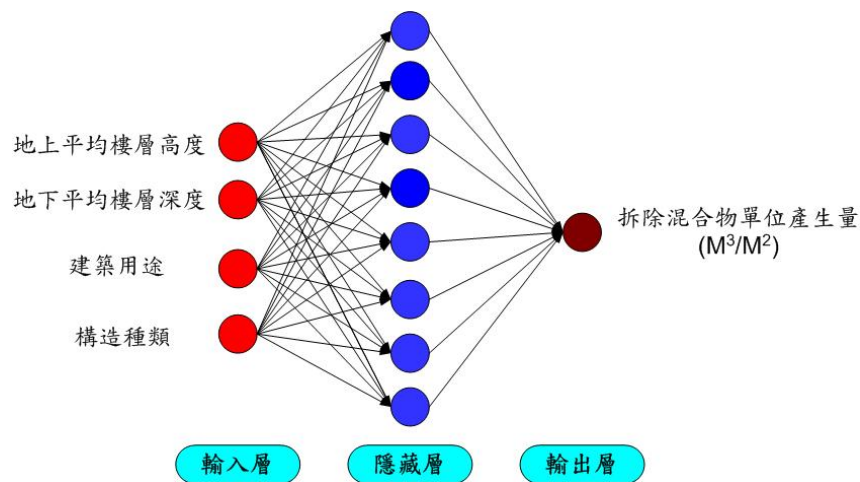
4.2.3 小結

本研究針對類神經網路數個較為重要之參數如（1）隱藏層神經元數（2）學習速率（3）訓練次數（4）慣性因子等四個參數進行測試，試透過測試之方式尋求較佳之參數組合，以使類神經網路於推估建築物拆除工程混合物產生量時有著良好之效能。經測試類神經網路幾個參數後，可從中發現，測試隱藏層神經元數時，若神經元數太多，所得之準確率不高；假若神經元數太少，準確率卻不一定提升。故隱藏層神經元之個數對於類神經網路訓練出來之模型準確率而言，具有相當重要之意義。經由本研究測試結果決定較佳之組合如下所示：

- 拆除工程
 - 隱藏層處理神經元：8 個
 - 學習速率：0.6
 - 慣性因子：0.3
 - 訓練次數：15,000 次

4.3 建築物拆除工程混合物產生量推估模式之架構

本研究所採用之類神經網路為倒傳遞類神經網路，架構為 4 個輸入值，中間層為 1 層之隱藏層，輸出值為 1 個輸出值，網路架構如圖 4-5 所示，各項參數值如表 4-1 所示。



資料來源：本研究整理

圖 4-5 建築物拆除工程混合物數量推估系統網路架構圖

表 4-1 類神經網路之參數表

網路參數項目	參數值（形態）
NN Type	Feed Forward Backpropagation
Transfer Function	Logsigmoid
Training Function	TrainGDM
Learning Function	LearnGDM
Performance Function	MSE
Goal	0
Learning Rate	0.6
Hidden Layer	1
Hidden Node	8
Epochs	15,000
Sample Search	80% 訓練（35 筆）、20%測試（12 筆）

資料來源：本研究整理

4.4 拆除工程混合物產生量推估模式之訓練與驗證

4.4.1 拆除工程混合物產生量推估模式之訓練

經由第三章因子與資料篩選及 4.2 節、4.3 節之類神經網路架構選定後，利用隨機選取 47 筆拆除工程資料之 80% 作為類神經網路訓練筆數，共有 35 筆資料進行訓練，透過 EXCEL 建構整體拆除工程之資料庫，再透過匯入 MATLAB

之功能進行類神經網路之操作，而類神經網路各項參數之設定，如表 4-1 所示，進行類神經網路之訓練。

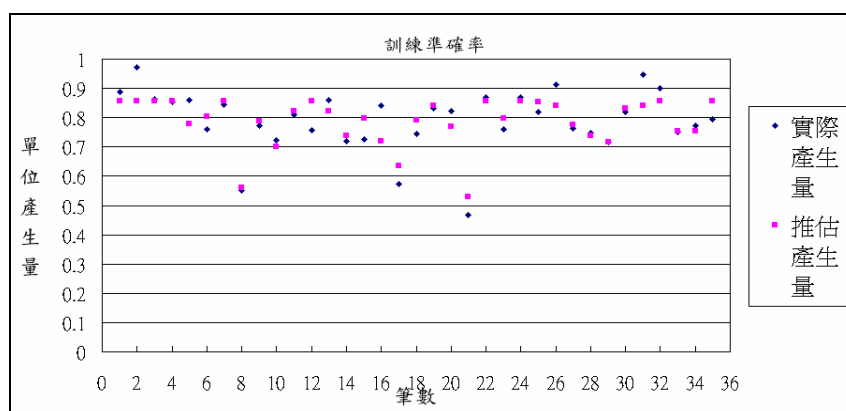


圖 4-6 建築物拆除工程混合物數量推估系統訓練結果

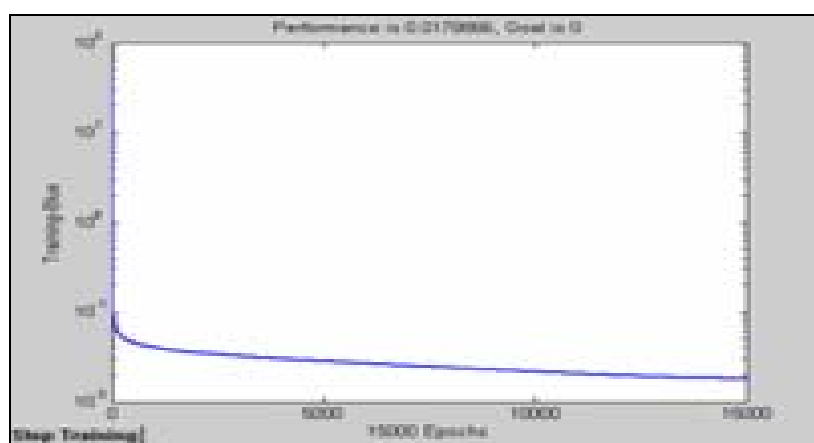


圖 4-7 建築物拆除工程混合物數量推估系統訓練收斂圖

表 4-2 拆除混合物推估模式訓練之準確率

容許誤差 (%)	筆數	準確率 (%)
5%	23	65.71%
10%	31	88.86%
15%	35	100%

類神經網路之訓練結果及收斂如圖 4-6 及圖 4-7 所示，計算每一筆資料推估數值與實際數值之誤差，發現容許誤差在 5% 之內有 23 筆，準確率為 65.71%；

容許誤差在 10%之內有 31 筆，準確率為 88.86%；容許誤差在 15%之內有 35 筆，準確率可達為 100%，整理如表 4-2 所示。進一步查看容許誤差大於 10%之資料，如表 4-3 所示，發現此些資料與經驗公式 ($0.79 \text{ M}^3/\text{M}^2$) 相比，雖本研究所建置之推估模式之推估結果誤差大於 10%，但卻較經驗公式更接近實際數量。將所訓練出來之類神經網路推估預測模型進行測試之工作，以驗證本研究利用類神經網路所建構之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式是否準確。

表 4-3 推估模式訓練誤差大於 10%之資料

構造種類	建築用途	實際單位產生量	經驗係數	推估單位產生量
住宅	加強磚	0.9716	0.79	0.85723
工廠	RC	0.5718	0.79	0.655
工廠	鋼鐵	0.4678	0.79	0.536
住宅	RC	0.9472	0.79	0.856

4.4.2 拆除工程混合物產生量推估模式之驗證

本研究選定 47 筆拆除工程資料，利用扣除訓練樣本數之剩餘資料對 4.4.1 節中所建構之類神經網路推估預測模型進行測試，共有 12 筆資料進行測試。測試結果如圖 4-8。容許誤差在 5%之內有 5 筆，準確率達 41.7%；容許誤差在 10%之內有 9 筆，準確率達 75%；容許誤差在 15%之內有 10 筆，準確率可達 83.33%；容許誤差在 20%之內有 12 筆，準確率達 100%；整理如表 4-4 所示。

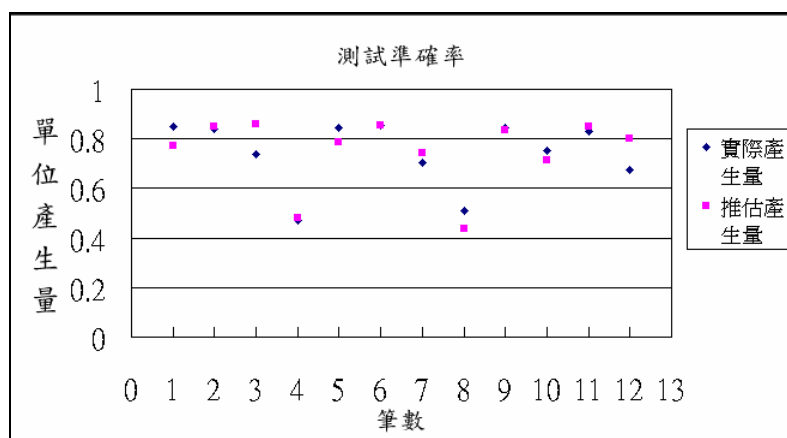


圖 4-8 建築物拆除工程混合物數量推估系統測試結果

表 4-4 拆除混合物推估模式測試之準確率

容許誤差 (%)	筆數	準確率 (%)
5%	5	41.7%
10%	9	75%
15%	10	83.33%
20%	12	100%

測試資料在容許誤差 15% 時，準確度已可達 83.33%，進一步查看誤差大於 15% 之資料，如表 4-5 所示，發現此些資料與經驗公式 ($0.79 \text{ M}^3/\text{M}^2$) 相比，雖誤差大於 15%，但卻較經驗公式接近實際產生數量。誤差較大之資料多為目前資料庫裡擁有較少筆數之資料，往後若能持續增加筆數，誤差率將縮小。雖本研究建構之推估模式，仍有誤差較大之情況發生，但依測試結果發現，本研究所建構之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式相較於現今常使用之經驗公式，本模式已改善經驗公式之準確度，且較為接近實際產生量。

表 4-5 推估模式測試誤差大於 15% 之資料

構造種類	建築用途	實際單位產生量	經驗係數	推估單位產生量
工廠	鋼鐵	0.51	0.79	0.428
工廠	RC	0.673	0.79	0.8

4.4.3 測試推估模式穩定度

本研究將蒐集而來之 47 筆資料，隨機排列出 3 種訓練組與測試組之資料不完全重複之組合，重複進行推估模式之建立，驗證此推估模式若經資料之排列組合改變後，是否會影響推估模式之準確率？目的在於測試此推估模式是否已經趨於穩定。

經重新建構單一建築物拆除工程混合物推估模式後，結果如下表 4-6 所示，可以發現本研究所建構之推估模式，經資料組合改變後，測試容許誤差準確率依然不變，可證實本研究之推估模式已趨於穩定。

表 4-6 不同資料組合之推估模式比較

容許誤差 資料組合 準確率	5%	10%	15%	20%	25%
組合一	41.67%	75%	83.33%	91.67%	100%
組合二	41.67%	75%	83.33%	91.67%	100%
組合三	41.67%	75%	83.33%	91.67%	100%
組合四	41.67%	75%	83.33%	91.67%	100%

4.5 不同輸入因子數推估模式之比較

由 4.4 節建立四個輸入因子之建築物拆除工程混合物數量推估模式，在容許誤差 15% 時，準確率已可達 83.33%。本節將利用專家訪談與問卷調查而得之影響因子，依模糊德菲法決定之重要性程度高低，即是地下平均樓層樓地板面積、地上平均樓層樓地板面積與所在區域別，依序加入輸入層中，比較增加輸入因子後對於推估模式之影響。

當原輸入因子加上地下平均樓層樓地板面積之因子後，其測試結果如圖 4-9 所示，可以發現其各容許誤差之準確率與原四個輸入因子時差異不大。而當再行加入地上平均樓層樓地板面積之因子後，其測試結果如圖 4-10 所示，可以發現在容許誤差 15% 之內，準確率已提升至 91.67%，明顯發現加入兩個因子後修正了建築物拆除工程混合物推估模式之準確率。最後加入所在區域別此因子，其測試結果如圖 4-11 所示，從中發現各容許誤差之準確率與六輸入因子差異不大，不同輸入因子之準確率整理如表 4-7 所示。

經由上述之分析後可發現，當輸入因子為四個時，在容許誤差 15% 之內準確率達 83.33%，已為本研究可接納之準確率。進一步增加輸入因子數，測試模式之準確率，發現五個輸入因子時各容許誤差準確率與四個輸入因子差異不大，但輸入因子增加為六個時，已把原容許誤差 15% 之內準確率修正為 91.67%，可見六個輸入因子比前述輸入因子準確。而七個輸入因子各容許誤差之準確率，與六個輸入因子差異不大。本研究最後為尋求較佳之拆除工程混合物推估模式及方

便使用者使用，故本研究選取六個輸入因子之拆除工程混合物推估模式，當作本研究所建構之推估預測模式。

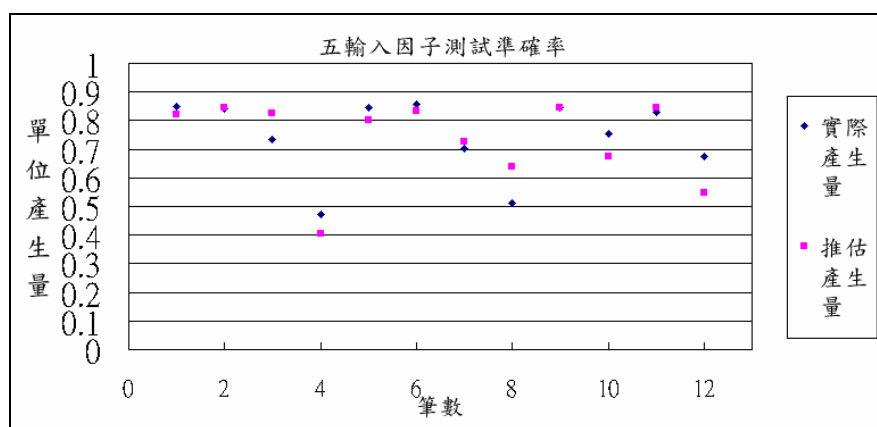


圖 4-9 五輸入因子之測試結果

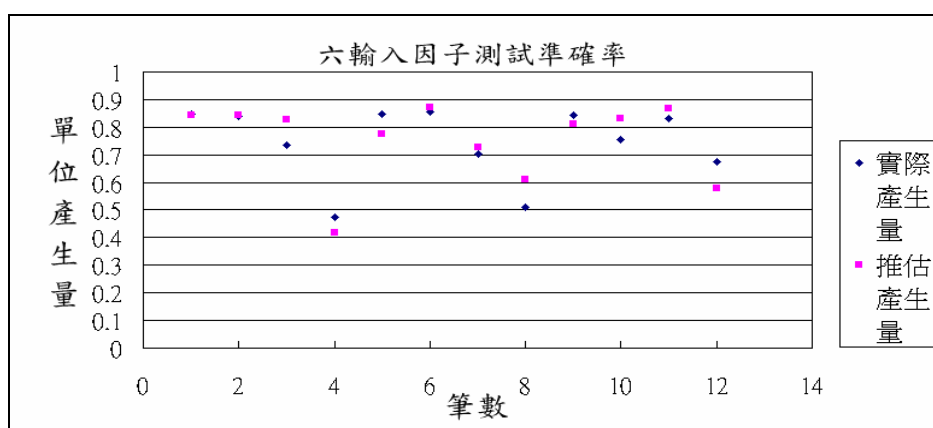


圖 4-10 六輸入因子之測試結果

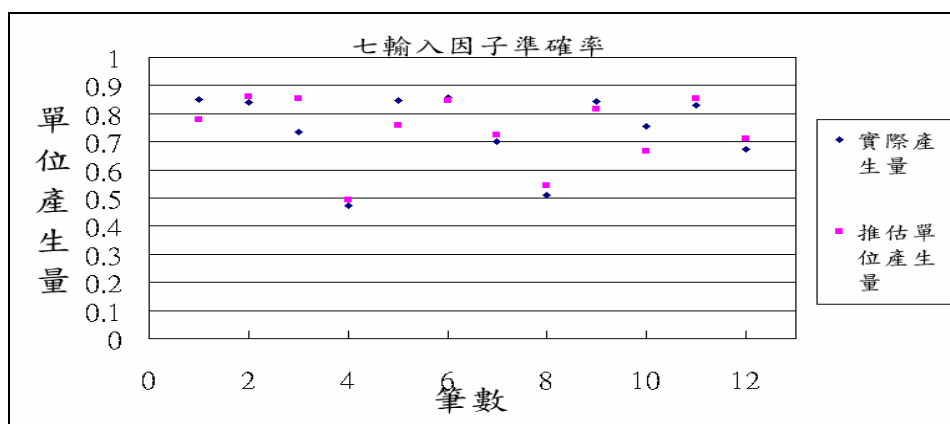


圖 4-11 七輸入因子之測試結果

表 4-7 不同輸入因子數推估模式之比較

輸入因子 容許誤差 準確率	5%	10%	15%	20%	25%
	5%	10%	15%	20%	25%
四輸入因子	41.67%	75%	83.33%	91.67%	100%
五輸入因子	41.67%	75%	83.33%	91.67%	100%
六輸入因子	50%	75%	91.67%	100%	100%
七輸入因子	50%	75%	91.67%	100%	100%

4.6 與現行建築物拆除工程混合物推估係數比較

本研究嘗試以單位樓地板面積之混合物產生量作為比較標準，將本研究於上節中所選取出之六個輸入因子之推估模式與現行國內各界常使用之推估係數（ $0.79 \text{ M}^3/\text{M}^2$ ）進行比較，比較結果如圖 4-12 所示。比較之筆數為類神經網路推估系統中使用於測試之 12 筆資料，其中有 9 筆資料較經驗係數準確，有 3 筆較經驗係數不準確，但進一步檢視較不準確之資料筆數，發現兩者差異並不大，由此可以看出本研究所建構之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式較經驗公式準確。

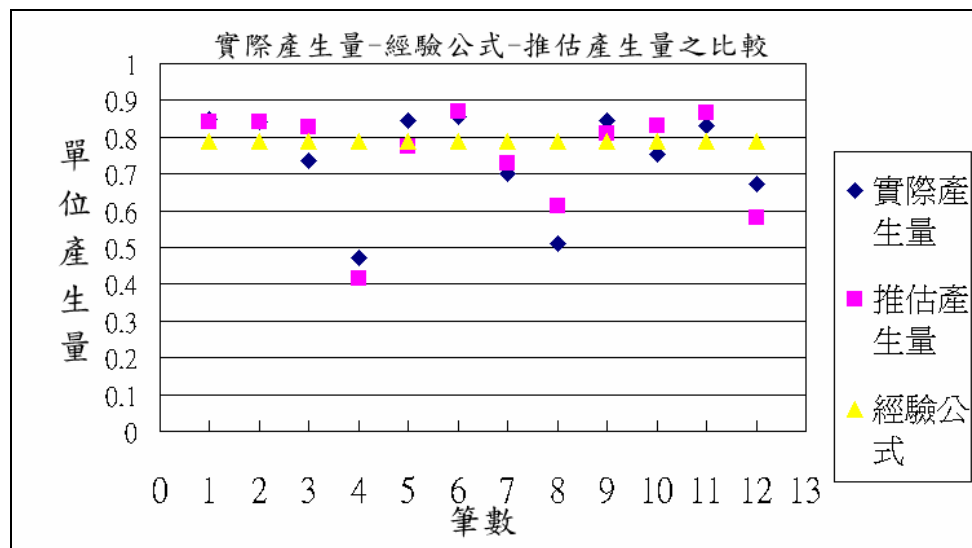


圖 4-12 實際產生量、本研究模式與現行推估之比較圖

本研究將與經驗公式比較之資料詳細列表，如表 4-8、4-9 所示，分析後發

現一般業界認為經驗公式 ($0.79 \text{ M}^3/\text{M}^2$) 較適宜推估住宅類之建築物，經本研究所建構之推估模式推估結果平均誤差率約 4.08%，而經驗係數推估結果平均誤差率 7%，由結果顯示本研究推估模式以能有效降低與住宅類型建築物之誤差率，使推估值更能接近實際產生量。

而現今經驗公式推估較為不準確之工廠及教室類別等資料，本研究推估模式推估結果平均誤差率為 11.3%，相較於經驗公式推估平均誤差率 30%，本研究明顯改善了經驗公式之準確度。故本研究所建構之建築物拆除工程混合物產生量推估模式已改善現行推估係數之準確度，利用本研究推估模式推估建築物拆除工程混合物產生量，較能符合實際產生量之情形，且可降低現行推估係數所產生之誤差，拉近與實際產生量之數值。

表 4-8 較經驗公式準確之資料

資料	構造種類	用途	單位樓地板面積實際產生量 (m^3/m^2)	經驗公式推估 (0.79)	本研究推估產生	誤差率比較 (經驗公式-推估產生量)
一	加強磚	住宅	0.84	5.9%	0.18% (0.841)	+5.72%
二	磚	住宅	0.8487	6.9%	0.8% (0.842)	+6.1%
三	加強磚	住宅	0.856	7.7%	1.7% (0.87)	+6%
四	RC	住宅	0.845	6.5%	3.78% (0.813)	+2.72%
五	RC	教室	0.7	12.86%	4.3% (0.73)	+8.56%
六	加強磚	住宅	0.83	4.8%	4.45% (0.867)	+0.35%
七	RC	工廠	0.673	17.38%	13.82% (0.58)	+3.56%
八	鋼鐵	工廠	0.4722	67.3%	11.88% (0.416)	+55.42%
九	RC	教室	0.51	54.9%	19.8% (0.611)	+35.1%

表 4-9 與經驗公式準確率差異不大之資料

資料	構造種類	用途	單位樓地板面積實際產生量 (m^3/m^2)	經驗公式推估 (0.79)	本研究推估產生	誤差率比較 (經驗公式-推估產生量)
一	RC	住宅	0.7358	7.4%	9.3% (0.804)	-1.9%
二	磚	住宅	0.846	6.6%	8.4% (0.775)	-1.8%
三	RC	教室	0.754	4.8%	6.7% (0.804)	-1.9%

4.7 建築物拆除工程混合物單位產生量

根據上述各章節之步驟所建構之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式，本研究進一步針對構造用途別與構造型式建立其平均單位樓地板面積混合物產生量 (M^3/M^2)，如下表 4-10 所示。本研究利用所建構之推估系統，依照如表 4-10 之參數組合，改變其他影響因子之輸入值，求得平均係數。因受限於所蒐集之資料範圍有限，目前僅能先針對用途別加構造別組合建立平均單位產生量，但經由模糊德非問卷調查之結果顯示，該兩因子亦為影響拆除工程混合物產生量最大之主要因子。

表 4-10 建築物單位面積拆除混合物產生量

拆除工程		
構造別	用途別	單位產生量 (M^3/M^2)
加強磚造	住宅	0.848
	工廠	0.73
RC 造	住宅	0.8
	工廠	0.66
	教室	0.762
磚造	住宅	0.717
鋼鐵造	工廠	0.65

五、拆除工程混合物產生量推估系統開發與使用

5.1 推估模式系統開發

本研究所建構之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式，主要目的在於透過影響建築物拆除工程混合物產生量之因子輸入至本推估模式後，能推估出拆除混合物之產生量。本研究經由類神經網路之訓練與驗證後，將其訓練後之權重值與偏權值輸出至 EXCEL 試算表中，透過 EXCEL 計算功能將建築物拆除工程混合物產生量推估模式建立於 EXCEL 中。運算模式為透過中間層之權重相乘與加總，再扣除偏權值與雜訊後，經由轉換函數之方式，輸出至各中間層，再透過輸出於輸出層之權重相乘並經轉換函數轉換後，便可計算出單位樓地板面積混合物產生數量。本研究乃利用 EXCEL 功能表中之隱藏功能，將整體類神經網路運算之過程，如輸入值之尺度化、中間層運算過程、尺度化之過程、加總至輸出層與輸出層尺度化之過程等利用隱藏之功能將其簡化如圖 5-1 所示，讓使用者在使用本研究所建置之單一建築物拆除工程混合物推估模式時，可以更為方便操作。

Microsoft Excel - 建築物拆除工程混合物產生量推估模式新檔				輸入需要解答的問題	
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(Q) 視窗(W) 說明(H)				12 日 月 年 星期 日 月 年 星期	
C21					
A		B		C	
D					
建築物拆除工程混合物產生量推估模式					
項入輸入值		採用參考之單位樓地板面積產生量係數m3/m2		建築工程廢棄物產生總量m3	
總樓地板面積		233.65		0.870732316	
地上平均樓層樓地板面積		77.88			
地下平均樓層樓地板面積		0			
建築物用途		1			
構造種類		1			
地上平均樓層高度		3.33			
地下平均樓層深度		0			
構造種類請填入(1,2,3,4)		加強磚造=1,RC造=2,磚造=3,鋼鐵造=4			
建築物用途請填入(1,2,3)		住宅=1,工廠=2,教室=3			

圖 5-1 單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式介面

5.2 推估模式系統之操作使用說明

5.2.1 推估模式之適用範圍

本研究所建構之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式，主要透過如圖 5-1 中左半部區塊使用者輸入影響因子如總樓地板面積、地上平均樓層樓地板面積、地下平均樓層樓地板面積、構造種類、建築用途、地上平均樓層高度與地下平均樓層深度等因子，除可量化之因子如總樓地板面積、地上平均樓層樓地板面積、地下平均樓層樓地板面積、地上平均樓層高度與地下平均樓層深度外，不可量化之因子如構造種類及建築物用途等，其輸入方式均顯示於推估系統下方之區塊。構造種類為加強磚造時輸入 1、RC 造輸入 2、磚造輸入 3 及鋼鐵造輸入 4；建築用途為住宅時輸入 1、工廠型式輸入 2 及學校教室型式輸入 3。利用 Excel 計算功能將結果輸出至中間區塊，可求得單一建築物拆除工程混合物單位產生量。

本研究所建構之數量推估模式所適用之範圍及各項參數輸入時之判別定義如下表 5-1、5-2 所示：

表 5-1 建築物拆除工程混合物數量推估模式之適用範圍

	構造種類	建築物用途	地上平均樓層高度	地下平均樓層深度	地上平均樓層樓地板面積	地下平均樓層樓地板面積
拆除工程	RC、加強磚造、磚造、鋼鐵造、鋼骨造	住宅、工廠、教室	2.9~9.68公尺	0~3.2公尺	40.77~37,197M ²	0~1,339M ²

表 5-2 建築拆除工程混合物數量推估系統輸入值之定義

拆除工程					
建築物用途	構造種類	地上平均樓層高度	地下平均樓層深度	地上平均樓層樓地板面積	地下平均樓層樓地板面積
住宅輸入1 工廠輸入2 教室輸入3	加強磚造輸入1 RC輸入2 磚造輸入3 鋼鐵造輸入4	以地上建築物總高度除以地上樓層數	以地下室總深度除以地下室層數	地上總樓地板面積除以樓層數	地下室總樓地板面積除以樓層數

5.2.2 案例分析

本節將以一個案例介紹如何操作使用本研究所建置之單一建築物拆除工程混合物產生量推估系統。

案例資料：建築物地點位於台北縣三重市市區，為一棟約 30 年之建築物，緊鄰隔壁住戶，且建築物於狹小巷道內，大型拆除機具較難進入，其基本資料如下表 5-3 所示：

表 5-3 建築物基本資料

影響因子	細項
總樓地板面積	233.65
有無地下室	無
建築物高度	9.99
樓層數	3
構造種類	加強磚
建築物用途	住宅

在使用此推估系統前，須先計算出平均地上及地下樓層樓地板面積與平均地上及地下建築物樓層高度。此案例因無地下室故先將總樓地板面積與建築物高度除以 3，即為 3.33 M 平均樓層高度及 77.88 M² 平均樓層樓地板面積，輸入時建築物為住宅型建築物故用途別輸入 1，而建築物為加強磚造故構造別輸入 1，因無地下室所以地下平均樓層樓地板面積與地下平均樓層深度皆為 0。依照數量推

估模式之輸入項目各自填入資料，經由 Excel 之自動計算功能後，其結果將輸出至中間之區塊，求得單一建築物拆除工程混合物產生量之建議數值 $0.871\text{M}^3/\text{M}^2$ ，而最右邊之區塊會自動計算出拆除混合物之產生總量 203.45 M^3 ，其操作結果如圖 5-2 所示。

	A	B	C	D
1	建築物拆除工程混合物產生量推估模式			
2	填入輸入值		採用參考之單位樓地板面積產生量係數 m^3/m^2	建築工程廢棄物產生總量 m^3
3	總樓地板面積	233.65	0.870732316	203.4466056
4	地上平均樓層樓地板面積	77.88		
5	地下平均樓層樓地板面積	0		
6	建築物用途	1		
7	構造種類	1		
8	地上平均樓層高度	3.33		
9	地下平均樓層深度	0		
10	構造種類請填入(1,2,3,4)		加強磚造=1,RC造=2,磚造=3,鋼鐵造=4	
11	建築物用途請填入(1,2,3)		住宅=1,工廠=2,教室=3	
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

圖 5-2 拆除混合物數量推估系統操作範例圖

六、結論與建議

6.1 結論

為促使政府相關單位能確實掌握建築物拆除工程混合物之產生量，本研究以專家訪談、問卷調查及類神經網路方式去建構單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式，經分析研究可歸納下述幾項結論：

1. 現行影響單一建築物拆除工程混合物產生量之主要因子為樓地板面積、構造種類、建築用途、建築物高度與所在區域別等因子，本研究為考量到地下室之問題，將樓地板面積與建築物高度分為地上與地下兩部分；另考慮樓層挑高及各樓層樓地板面積不相同之問題，將樓地板面積與建築物高度分別取與樓層數之平均方式來表示；而所在區域別則以當地地段地價為基準。經模糊德菲法篩選因子後選擇構造種類、建築用途、地上平均樓層高度與地下平均樓層深度等四項因子。
2. 經由試誤過程求得較佳網路架構與輸入參數組合，結果顯示類神經網路以一個隱藏層、隱藏層神經元數 8 個、訓練次數 15,000 次以上、慣性因子 0.3 與學習速率 0.6 左右，可得較佳單一建築物拆除工程混合物產生量。
3. 透過類神經網路之學習，本研究所建構之四輸入因子之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式，於容許誤差 15% 時準確率達 83.33%；再經由增加輸入因子後發現，六輸入因子之推估模式已可達容許誤差 15% 時準確率 91.67%，故本研究最後採用六個輸入因子之單一建築物拆除工程混合物產生量推估模式。
4. 經由本研究所建構之推估模式與現行國內各界常使用之推估係數與實際產生量相比較結果，本研究所建立之推估模式較接近實際產生量，已改善經驗

係數之不準確性。

5. 本研究重新定義構造別加用途別之單位產生量係數，可提供除了使用本推估系統推估拆除混合物數量外，另一項可較準確推估之工具。
6. 透過類神經網路建構單一建築物拆除工程混合物產生量之推估模式，對於推估模式多參數型之複雜計算，類神經網路已簡化其複雜數學計算，且經由試驗發現本研究所建構之模式有相當程度之可信度。

6.2 建議

本研究有下述幾點建議：

1. 近幾年拆除之建築物多為老舊式建築，大部份均為加強磚造與 RC 造，其他構造種類之建築物資料較少，建議持續擴充案例資料庫，諸如各構造種類、各種不同之建築用途、與裝潢材料等之蒐集，並且可針對北、中、南、東區位進行資料蒐集，透過全面性之資料蒐集，以強化資料庫之資料完整性。
2. 本研究所建構之推估模式主要針對單一建築物，建議可研究建構群體建築物之推估模式，如此可掌握全國每年產生量，對拆除混合物之流向掌控更有幫助。
3. 本研究所建立之模式，倘若能透過系統開發介面化方式，則更能讓使用者易於操作及使用。
4. 建議各縣市政府可在拆除執照上增列本研究所調查之影響參數，不但可讓拆除工程混合物數量推估更為精準，也可讓業者在提報減量措施時有評估依據。

參考文獻

中文部分：

1. 黃榮堯，「建築拆除污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，內政部建築研究所，1998.06。
2. 章裕民，「建築施工過程污染及廢棄物產生現況與調查架構研究」，內政部建築研究所，1998.06。
3. 何坤憲，「營建工程剩餘土石方及混合物之處理與再利用法制化之研究」，國立中央大學碩士論文，2004
4. 李崇德，「建築廢棄物回收系統制度之研究」，國立中央大學碩士學位論文，2002.01。
5. 台北縣政府，「營建剩餘土石方資源回收處理再利用與土資場設置管理講習會暨營建剩餘土石方資源回收處理再利用宣導會論文專輯」，2003.11。
6. 黃榮堯，「廢棄混凝土再生利用成本效益分析之研究」，內政部建築研究所，2003.12。
7. 胡文山，「台北縣營建工程剩餘土石方處理問題之探討」，中華大學建築與都市計畫學系碩士學位論文，1999.06。
8. 行政院環保署，「事業機構廢棄物儲存清除處理設施列管計畫（一）」，1990.06。
9. 工研院，「建築廢棄物來源、產生總量推估、分佈狀況、清理再利用體系規劃」，2000。
10. 廖慧萍，公有閒置空間再利用評估模式之研究，朝陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文，2002。
11. 陳昭榕，外牆更新替選方案評估模式之實證研究-以台北市高層辦公大樓為例，國立成功大學建築研究所，2001。

12. 徐村和，「模糊德菲層級分析法」，模糊系統學刊，第 4 卷第 1 期，59-72 頁，1998。
13. 余昌翰，「建築工程產生廢棄物數量推估之研究」，國立中央大學碩士論文，2004.06。
14. 葉怡成，「應用類神經網路」，儒林圖書，1993
15. 黃志偉，「高速公路肇事處理時間預測之研究-應用類神經網路分析」，國立中央大學碩士論文，2002.06。
16. 羅華強，「類神經網路-MATLAB 之應用」，清蔚科技，2001.01。
17. 蕭登元，「工業生態學中物質流系統之研究—以台灣地區砂石為例」，國立台灣大學博士論文，2003.01。
18. 高仲仁，「運用類神經網路進行隧道岩體分類」，國立中央大學碩士論文，2001.06。
19. 余文德、楊智斌、賴建中、鄭正光，「類神經模糊系統於工程成本概估及分析應用-以鋼筋混凝土公路橋樑為例」，中國土木水利學會，2002
20. 鄭景鴻，「類神經模糊系統於公路土石方工程成本估價之應用」，中華大學碩士學位論文，2002.06。
21. 陳信夫，「以類神經網路估算建築工程成本之研究」，國立台灣大學碩士論文，1995.06。
22. 蔡裕春，「台灣地區營造工程物價指數預測之研究---以類神經網路與 ARIMA 模式」，輔仁大學碩士論文，2000.06。
23. 陳維東、石進芳、盧順逸、陳盈宏，「應用類神經網路預測營造工程物價指數之研究」，科技學刊，第十卷，第五期，PP.371~381，2001.09。
24. 謝獻仁，「應用類神經網路於落石坡危險度之評估」，國立交通大學碩士論文，1998.06。
25. 楊秉蒼，「營建管理科學」，詹氏書局，2003.02。
26. 郭炳煌，「以統計方法與類神經網路模式預估工程直接成本之研究」，國立高

雄第一科技大學碩士學位論文，2001.06。

英文部分：

27. B. A. G. Bossink and J. J. H. Brouwers , “Construction Waste: Quantification and Source Evaluation” , Journal of Construction Engineering and Management , ASCE, Vol. 122, No.1, 1995.3。
28. U.S.EPA , ” Characterization of Building-related Construction and Demolition Debris in the United States.” Report No. EPA530-R-98-010 , 1998
29. Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., and Mieno, H., ”The Max-Min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration”, Fuzzy Sets and Systems, 1993
30. Efstathiou, J. and Tong, R.M., “Ranking Fuzzy Sets Using Linguistic Preference Relations”, Proceeding of the 10th International Symposium on Multiple-Valued Logic, Northwestern University, Evanston, IL., pp. 137-142, 1980.
31. Graza, G.M and Rouhana, K.G., ”Neural Networks Versus Parameter-Based Applications in Cost Estimating” , Cost Engineering , Vol.37, pp.14~18 , 1995.
32. Bass, S. M. and Kwakernaak, H, “Rating and Ranking of Multiple-Aspect Alternatives Using Fuzzy Sets”, Automatica, Vol. 13, pp. 47-58, 1977.
33. Chen, S.H., “Ranking Fuzzy Numbers with Maximizing Set and Minimizing Set”, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 17, pp. 113-129, 1985.
34. Tong, R.M. and Bonissone, P.P, “Linguistic Solutions to Fuzzy Decision Problems”, In: IMS/Studies in the Management Science, Vol. 20, pp. 323-334, 1984.
35. Klir, G.J. and Folger, T.A., “Fuzzy Sets. Uncertainty. and Information”, Prentice-Hall, International Editions (1988)
36. C.S. Poon , Ann T.W. Yu and L.H. Ng, “On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong”, Resources, Conservation and Recycling 32 ,

pp.157–172, 2001

網頁部分：

37. 香港環境保護署網站：<http://www.info.gov.hk/epd>

38. 香港減少廢物委員會網站：<http://www.info.gov.hk/wrc>

附件一拆除工程影響因子重要性評估問卷

敬啟者：

「建築物拆除工程混合物產生量推估之研究」為內政部建築研究所委託國立中央大學營建管理研究所進行之研究計畫，其研究目的在於建立建築物拆除工程所產生之建築混合物總量推估預測模式。

素聞 貴公司工程品質優良，希冀經由您的專業知識及實務經驗，提供 貴公司有關建築混合物產生量之相關資訊，以供本研究進行探討分析時，能更符合實際現況。

本問卷主要是調查所有可能影響建築物進行拆除工程時所產生之混合物單位產生量 (M^3/M^2) 之影響因子，並針對此些影響因子做重要性程度分析研究。

感謝您在百忙之中抽空填答本問卷，您所提供之寶貴意見將對本研究的周延及完整性有重大的幫助。貴公司所提供之資料純屬學術研究將不對外公開，僅作為本研究統計分析之用。感謝您撥冗填寫本問卷。謝謝！ 肅此

順頌

時祺

國立中央大學營建管理研究所

計畫主持人：黃榮堯 教授

研究人員：林政緯

聯絡方式： 林政緯 (03)4227151 轉 34037 0920824083 傳真：(03)4257092

E-Mail： 92325010@cc.ncu.edu.tw

一、基本資料

1. 公司名稱：_____
2. 地 址：_____
3. 電 話：_____ 傳 真：_____
4. 受訪人員職稱：_____
5. 受訪人員之經驗年資：_____
6. 公司營運年數：☐1~3 年 ☐3~5 年 ☐5~10 年 ☐10 年以上
7. 公司年營業額：_____
8. 員工總數：_____

二、調查之混合物定義

本研究所調查建築物拆除工程所產生之混合物，主要內容物為扣除可移動式家具後之混合物數量，主要包含有混凝土、磚、瓦、木材、鋼筋、其他金屬及非金屬等，皆為本研究調查範圍內。

三、問卷理念之範例說明

本研究主要分析方向為針對各項影響因子，對於拆除工程所產生之建築混合物 單位樓地板面積產生量 (M^3/M^2) 之影響，以下針對總樓地板面積對於單位樓地板面積產生量做一範例說明：

$$A \text{ 總樓地板面積} = 100 M^2 \quad \text{廢棄物產生量} = 80 M^3$$

$$B \text{ 總樓地板面積} = 1000 M^2 \quad \text{廢棄物產生量} = 750 M^3$$

$$\text{故 A 單位樓地板面積產生量為 } 80/100 = 0.8 M^3/M^2$$

$$B \text{ 單位樓地板面積產生量為 } 750/1000 = 0.75 M^3/M^2$$

此範例說明總樓地板面積越大不一定單位樓地板面積產生量就越大。

希冀專家們填寫此問卷時，能以各項影響因子對於單位樓地板面積產生量的重要性程度去填寫，而非以對總產生量的影響填寫，謝謝。

四、影響因子之釋義

以下為本研究調查之各項影響因子釋義：

1. 地上平均樓地板面積

建築物平均樓層樓地板面積之大小，會影響到此建築物之設計型式。建築師會依樓地板面積大小，對於樑、柱之承載能力與垮距等會有不同之考量，則會造成拆除混合物產生量之差異。

1. 地下室平均總樓地板面積

建築物平均樓層樓地板面積之大小，會影響到此建築物之設計型式。建築師會依樓地板面積大小，對於樑、柱之承載能力與垮距等會有不同之考量，則會造成拆除混合物產生量之差異。

2. 構造種類

構造種類主要影響建築物拆除工程混合物產生量之原因為各構造型式之建築物主要結構體皆有所不同，建築物設計時所考量之梁柱大小、垮距、混凝土用量及隔間等，皆會因構造形式之特性而有不同之設計。鋼鐵或鋼骨構造型式之建築物，與 RC 造建築物不論重量或體積皆不相同，故構造種類型式易影響建築物拆除工程混合物之產生量。

3. 建築物用途

不同建築用途會影響拆除工程混合物產生量之差異，如一般而言學校教室與工廠型建築物，它們相較於住宅型之建築物，其隔間較大裝潢材料較少，拆除工程產生之混合物與住宅型建築物即產生差異，故不同之建築物用途對於建築物拆除工程混合物產生量亦有差異。

4. 地上建築物平均樓層高度

相同樓地板面積之情形下，不同之建築物平均樓層高度，由樑、柱之承載設計與高出部分之體積，即可得知拆除混合物產生量不相同，故不同之地上建築物平均樓層高度即會影響建築物拆除工程混合物產生量。

5. 地下室建築物平均樓層深度

相同樓地板面積之情形下，不同之建築物平均樓層深度，由樑、柱之承載設計與高出部分之體積，即可得知拆除混合物產生量不相同，故不同之地下建築物平均樓層高度即會影響建築物拆除工程混合物產生量。

6. 所在區域別

建築物所處區域不同，如郊區與都會區而言，擁有同樣樓地板面積但購買之房價有所差異。一般而言，都會區所購買房子較貴，一般人會較注重實用性；郊區房子較便宜，可能會較注重休閒性。因地段特性不同，往後對建築物之裝潢亦有所不同，此即會影響拆除混合物產生量。

五、德菲法之填寫說明

本問卷之目的在於評定評估表中影響因子之重要次序等級。評定方式採 1~10 等級，分數越高表示越重要，請依您個人之專業知識評估影響因子的重要性，並填入整數值，每一評估因子包括兩部分：

1. 重要性程度：請評估此因子對建築混合物產生總量之重要性程度，並請填入對此因子重要性程度之單一評估值。
2. 可接受範圍：請評估此因子對建築混合物產生總量重要性程度之可接受範圍，並請填入可接受範圍之上限與下限。

範例說明：

評估**建造種類**此一要素對於建築混合物產生總量之重要性程度，在相同樓地板面積、用途等其他條件皆相同的情形下，如同為 100 坪建築物，且同為住宅，則若它是 RC 造、磚造或鋼構造時，影響產生量程度尚大，可以達到 8 等級；而其他條件相同，不同構造別它的影響程度最小也有 5 最大可達到 9 等級。

將上述想法填入表中，如下表所示。其餘影響因子依此類推。

評估因子	重要性程度	可接受之範圍	
	最有可能之單一值 (1~10)	可接受之最小值 (1~10)	可接受之最大值 (1~10)
構造種類	(8)	(5)	(9)

● 各項影響因子之重要性程度評估

評估因子	重要性程度		可接受之範圍	
	最有可能之單一值		可接受之最小值	可接受之最大值
	(1~10)		(1~10)	
地上平均樓地板面積	(	)	(	)
地下平均樓地板面積	(	)	(	)
構造種類	(	)	(	)
建築物用途別	(	)	(	)
地上平均樓層高度	(	)	(	)
地下室平均樓層深度	(	)	(	)
所在區域別	(	)	(	)

➤ 其他建議與意見

本問卷到此結束，再次感謝您的鼎力協助

附件二 拆除工程案例資料

編號	總樓地板面積	地上平均樓地板面積	地下平均樓地板面積	用途別	構造形式	地上平均樓層高度	地下平均樓層深度
1	149.24	74.62	0	住宅	加強磚	3.2	0
2	936.13	468.065	0	住宅	加強磚	3	0
3	144.63	72.315	0	住宅	加強磚	3	0
4	6892.87	3446.435	0	工廠	RC	4.7	0
5	208.86	69.62	0	住宅	加強磚	3	0
6	125.32	62.66	0	住宅	加強磚	3	0
7	233.65	77.88	0	住宅	加強磚	3.33	0
8	2309.01	374.83	60.01	教室	RC	3.442	3.2
9	199.14	99.57	0	住宅	加強磚	3	0
10	37197.54	37197.54	0	住宅	磚	3	0
11	7658.4	7658.4	0	住宅	磚	3	0
12	94.9	94.9	0	住宅	RC	3	0
13	297.99	148.995	0	住宅	RC	3.1	0
14	864.26	432.13	0	住宅	加強磚	3.1	0
15	8037.95	1844.1275	661.44	住宅	RC	3.3	3.2
16	6862.51	2189.5	294	教室	RC	3	3
17	3773.96	608.74	1339	工廠	RC	2.935	2.5
18	315.48	157.74	0	住宅	加強磚	3	0
19	103.5	103.5	0	住宅	磚	4	0
20	1803.78	440.82	0	教室	RC	3.6	0
21	89.42	89.42	0	住宅	磚	3.6	0
22	165.49	82.745	0	住宅	磚	3.3	0
23	104.94	104.94	0	工廠	鋼鐵	4	0
24	215.27	71.76	0	住宅	磚	3.3	0
25	669.85	334.925	0	住宅	RC	3	0
26	85.91	85.91	0	住宅	加強磚	3	0
27	254.13	127.065	0	工廠	鋼鐵	3	0
28	213.78	213.78	0	工廠	鋼鐵	3.5	0
29	607.45	151.8625	0	住宅	磚	3.4	0
30	109.47	54.735	0	住宅	加強磚	3	0
31	89.38	44.69	0	住宅	磚	3.5	0

32	143.56	71.78	0	住宅	加強磚	3.1	0
33	529.45	264.725	0	住宅	加強磚	3.6	0
34	2565.17	855.06	0	住宅	加強磚	3.35	0
35	158.94	79.47	0	住宅	加強磚	3	0
36	163.08	40.77	0	住宅	RC	3.315	0
37	11409	2852.25	0	工廠	加強磚	3.3	0
38	1425.44	712.72	0	教室	RC	3.6	0
39	2275.25	758.42	0	教室	RC	3.6	0
40	2228.77	1114.385	0	工廠	RC	9.68	0
41	240.54	120.27	0	住宅	加強磚	3	0
42	377.89	94.4725	0	住宅	加強磚	3.7	0
43	396	132	0	住宅	加強磚	3	0
44	163.64	40.91	0	住宅	RC	4.05	0
45	144.63	72.315	0	住宅	加強磚	3	0
46	5322.82	1330.7	0	教室	RC	3.225	0
47	1680.52	420.13	0	教室	RC	3.225	0