

# 市鎮火災風險因子分析－以員林鎮為例

作者：吳舒凱<sup>\*</sup>

## 目 次

壹、前 言	二、研究因子統計分析
貳、理論與文獻回顧	肆、影響因子分析
一、火災風險研究的範疇	一、多元迴歸模型建立、調整與分析
二、市鎮火災風險因子相關研究	二、各類火災影響因子分析
三、火災風險評估方式	伍、結論與建議
參、研究設計	一、結 論
一、研究概念架構與假設	二、建 議

## 摘 要

在各類災害中，火災是都市地區常見的災害類型。員林鎮為彰化縣人口次多的轄區，具有台灣中型城鎮的特性；再則，員林為了升格為縣轄市，目前正實行相關都市更新措施。分析員林鎮的火災風險因子，除可有效地因應員林都市發展，降低火災風險，亦有助於了解台灣中型城鎮的火災特性。

本研究掌握員林的人口分布特性、建築分布與土地使用、消防戰力、社會經濟等四大火災危險度因子及 2010 至 2013 等四年期間火災案例資料，利用地理資訊系統 (GIS) 之空間統計分析，得到網格樣本的各變項數值，最終以多元迴歸分析來檢驗其影響因子。

本研究發現，65 歲以上人口數量與建築物、雜草（廢棄物）火災的發生率呈現正相關。不同的土地使用類別與火災發生亦有關聯：特別是不符土地使用分區愈高，建築物火災的發生率愈高。此外消防水源數密度與其他火災的發生率、距最近消防隊距離與建築火災的發生率皆呈現正相關；另家庭收入與建築、雜草（廢棄物）火災的發

<sup>\*</sup> 王翔正，中央警察大學犯罪防治研究所碩士，屏東縣政府警察局里港分局巡官。

生率亦存有正相關。

關鍵詞：火災風險、地理資訊系統、多元迴歸分析

## Abstract

Yuanlin, the second largest town in Changhua County, is a typical mid-size town in Taiwan. In order to become a county-administered city, Yuanlin is implementing several urban development projects. Fire is a common hazard agent in Taiwan. By analyzing fire risk factors of Yuanlin, policy-makers can reduce the future fire risk of Yuanlin, but also benefits fire risk reduction of typical towns in Taiwan.

This study uses 200-meter cell as the unit of analysis. After collecting fire, demographic, land use, firefighting characteristics, and socioeconomic data, this study uses GIS and statistics tools to integrate data and to build fire risk models. The results show that higher the percentage of elder population, higher the residential fire risk. In addition, area of “other” land use is also related to grass and rubbish fire.

**Key words: Fire Risk, Geographic Information Systems, Multiple regression equation.**

## 壹、前言

在 2010 年底五都行政區劃調整及 2014 年底桃園縣正式升格直轄市後，彰化縣人口以約 130 萬人，躍升全國人口最多的縣。在 2014 年，員林鎮人口數約 12 萬 5 千多人，為彰化縣人口次多的行政區域，亦為國內 41 個鎮級轄區中人口最多的鎮（員林已於 2015 年 8 月改制為市，惟為呈現本文分析時之时序，以下均以員林鎮稱之）。

圖 1 員林鎮各區分佈圖



資料來源：本研究整理

員林鎮東邊山區與南投縣及彰化縣芬園鄉為鄰，西鄰埔心鄉，南與社頭鄉及永靖鄉相鄰，北鄰大村鄉，土地面積約為39.279km<sup>2</sup>，佔全縣總面積3.73%，如圖1。在地方上非正式的鄰里區分下，習慣將員林鎮區分為東、西、北、南4區(蕭坤松、黃碧蘭,2010)。

為了改制為縣轄市，員林鎮於2009年與縣政府合作推動土地重劃184公頃，包括148條道路及30米寬外環道開闢、鐵路高架化及高鐵彰化站聯外道路開闢、員林至田中新闢道路等相關都市建設，以及近69公頃的公園、綠地、學校等新公共設施，期提昇員林鎮生活品質，並新增35萬坪的住宅用土地，預估可多容納3萬人口入住，邁向升格為縣轄市之15萬人口基本門檻(地方制度法,104年02月04日公布修正)。

然而，無論是既有城鎮的良善治理，乃至於新的都市區域的開發，我們均須尋思如何降低災害風險。就員林鎮的特性來看，火災是日常生活中常見的災害。如表1員林鎮2010至2013年等4年期間火災發生次數，其中光建築物火災發生比例24%，火災損失金額達2151萬元，對於都市財政為一大損失，不可小覷。

員林鎮希藉著土地重劃來擴大都市範圍，然既有及新興的發展及都市特性，可能形塑不同的火災風險，蓋因土地使用及活動型態對市鎮火災危險有所影響(陳育瑛,2004)。決策者若能掌握其火災風險特性，將有助於在新都市地區開發時導入各種策略來降低火災風險。對於既成的開發區域，吾人亦可透過較好的都市管理或消防資源的投入，來降低既存開發區的火災風險。

另一方面，員林鎮具有台灣中南部的工商城鎮及中心聚落的特性。若能對員林鎮的火災風險影響因子有更好的解析，也有助於台灣其他類似城鎮進行火災風險掌握及研議因應策略之參考。

為了較好地掌握影響員林鎮火災發生的因素，本研究將透過地理資訊系統(GIS)之網格化的空間分析，利用其中核密度評估法(Kernel Density Estimate)，進行火災發生分布潛勢探討，及其都市發展、人口屬性等資料。本研究藉由SPSS統計分析中多元迴歸分析建立火災發生模型，藉以釐清影響員林鎮各類火災發生的影響因子，進而提供員林鎮及台灣類似鄉鎮在研提火災減災策略之參考。

表1 員林鎮2010至2013年火災發生數分析統計表

年度	發生數 (件)	建築物 火災 (比例)	車輛 火災 (比例)	雜草 (廢棄物) 火災(比例)	其他 火災 (比例)	死亡 人數 (人)	受傷 人數 (人)	火災損 失(新台幣千元)
2010	205	30.24%	3.90%	48.78%	17.07%	0	4	7517
2011	239	21.34%	4.60%	59.00%	15.06%	2	1	2483
2012	190	27.89%	3.16%	50.00%	18.95%	0	0	1870
2013	253	18.18%	6.32%	57.31%	18.18%	0	3	9638

資料來源：彰化縣消防局

## 貳、理論與文獻回顧

### 一、火災風險研究的範疇

火災係指「火」違反了正常的用途，於燃燒時造成獨立延燒之狀態。內政部消防署定義為「違反人的意思或縱火而有滅火必要的燃燒現象」(陳弘毅、吳曉生, 2008)。另日本東京消防廳定義為「違反人的意圖而發生或擴大，或者由於縱火而成為有必要滅火的燃燒現象，或者需要滅火設施或有必要利用同程度效果的滅火作用才能撲滅的燃燒現象即為火災」(鄧子正, 1999)。綜上所述，所謂「火災」，須具備以下三種條件方可成立：違反人的意志或有縱火而發生、達到滅火必要之燃燒現象以及需利用滅火設備或同程度效果之物來從事滅火情形。

近年來，國內、外之火災風險研究之範圍相當廣泛，從單一事件的危險度到城市尺度的火災風險分析均有之。在事件的危險度分析方面，研究者針對火災大小規模來評估危險程度。其危險程度可用於統計理論中隨機變項 (Random Variable) 或隨機函數 (Function of Random Variable) 來評估火災猛烈度的結果 (Outcome Measure of Severity) (Hall Jr & Sekizawa, 1991)，其數學期望值 (Expectation) 可稱之火災危險度 (Fire Risk)。Ingberg(1928) 在評估建築物火災猛烈度時提到，「火災猛烈度為火災發生時的時間溫度曲線，用來評估火災對建築物的危害嚴重程度」。而 Bukowski, Clarke, Hall 和 Stiefel(1990) 則在其火災風

險評估方法中，將火災危險度定義為「使火災造成之潛在危害或不良影響存在之機率值」。美國材料與試驗協會 (American Society for Testing and Materials; ASTM) 在火災標準政策上，將火災危險度定義為「發生一場火災的機率，以及一旦發生時，其可能對生命、財產造成的傷害與損失」(Hansen - Tansen & Baunan, 1983)。以 Rassmussen, N.C (1990) 利用工程方法將危險 (Risk) 以數學概念呈現如 Eq.(1) 所示

$$\text{危險 (Risk)} = \text{機率 (Probability)} \times \text{程度 (Magnitude)} \quad (1)$$

鑒於都市發展趨於繁榮，民眾的生活更加便利，驅使更多民眾嚮往都市居住；當中都市火災之發生，常造成人命危險及財產損失，嚴重狀況下更威脅到都市的發展進步。也因此，許多研究亦從城市尺度來評估火災風險的特性。本研究旨在就員林鎮的火災風險因子進行分析，這些都市尺度火災風險相關研究與本研究更為相關，其細節於後文討論。

### 二、市鎮火災風險因子相關研究

本研究綜整相關文獻所探導之都市火災影響因子，並將其區分為：人口特性、建築特性及土地使用、消防戰力、社會經濟等四大面向，分述其特性如下。

#### (一) 人口特性面向

許多都市火災研究認為火災危險度與人或建築物 (及居住人口) 有關。其中人口結構分佈、人員行為模式、人文

特質、與損失相關聯因素，皆影響著區域之火災危險度起伏(吳榮平, 2007)。從人口結構來看，United States Fire Administration [U.S.F.A] (1998) 全國消防事故報告系統中基於 27 個城市之報告數據，火災死傷最多之建築物火災有較高比例與人口結構因素有關，包含人口變化、5 歲以下兒童、65 歲以上年長者。如家有幼童的單親家庭，其容易對於孩童疏於照護看管，常將孩童單獨留置家中。由於孩童天生的好奇心使然，對於火柴、打火機等點火物都有好奇心，易遭致火災發生。年長者因本身生理及心理機能較易有障礙，其本身所暴露的火災危險度較一般人高(郭文田、邱榮振, 2008)。

## (二) 建築特性與土地使用面向

在建築特性與土地使用對火災風險的影響方面，19 世紀初保險業界於保險等級目錄(Insurance Rating Schedules) 中，以不同建築物之火災危險度進行概略式評估架構。1980 年代以降的研究，則透過風險評估，探討建築物火災之相關分析模式及方法論(吳榮平, 2007)。國內對於這方面研究，也已有不同層面及面向探討：從建築物本體之火災資料，探討建物內部空間與火災危險度之相關性，並建立居住環境火災危險評估架構；亦有藉由建築物所處地區環境，以不同土地使用分區、空間結構與火災特性之關聯性，探討環境對火災影響性。

U.S.F.A(1999) 於都市火災數據報告指出，因都市相較於鄉村地區擁有較高人

口及建築物密集度，其火災發生數亦有較高趨勢。其中，建築物火災是所有火災類型中傷亡、損失之最。建築物火災除了建築物本體空間結構外，亦與建築物密集度有高度相關性。建物密集度高，其人員相關活動強度亦高；在較高強度的火源、電器等使用下，相對火災發生率亦較高。如澳洲昆士蘭(Queensland) 地區人口密集度高者，其火災發生率有較高趨勢；而建築物密集度高者，其火災發生率亦有提升現象(Rohde, Corcoran, & Chhetri, 2010)。

從都市規劃的角度來看，為創造都市更頻繁的經濟活動及專門功能的發展，都市規劃者亦倡議都市土地使用型態朝混合使用發展，來促進工商、住宅、農業、公共事業及文化等多元化活動(馬詮, 1995)。不過，從台灣都市土地混和使用之特性來看，雖使都市活動更具便利性，但都市土地利用產生了多元化與密集化的現象，不相容的土地使用增加，影響了都市環境品質與居住安全(黃崑鐘, 1993)。蓋因不同使用類型的火災風險及消防安全設備需求有所差異，都市土地使用的高度混和，可能使個別使用(如住宅)易受鄰接土地之使用型態影響(商業、工業使用)，進而影響火災危險特性。

## (三) 消防戰力面向

在消防戰力方面，傳統上稱人、車、水三力為消防力，其內涵包含消防人員、平時訓練、車輛器材、搶救裝備、水源維護等。人員、車輛的部署與火災風險有關。消防戰力之好壞與消防搶救上之搶救



效果，對人命傷亡及財產損失皆產生直接及間接之影響 (林元祥, 2004)。研究發現火勢成長屬於時間函數，故消防隊抵達火災現場所需時間，與火勢成長及火災造成損失有密切關係 (G.Ramachandran, 1988)。換言之，消防隊與火災現場之距離遠近，對火災所引起財物損失有顯著關聯，故火災現場與最近消防隊之距離較遠者，將使財務損失影響較距離近者為大 (林元祥, 1998)。

在火場上，為了增加人命安全及降低財產損失，須具備消防及救災人員派遣及優良能力外，還需性能良好車輛以及裝備器材使用，再加上充足的水源設置及維護，才能使消防力在搶救上有效發揮，並有效降低火災危險度。

在水力方面，消防搶救用射水主要產生兩大滅火效果。藉射水可降低火焰和熱氣散佈到燃料；另藉射水減少外加的熱流以及穿越火焰抵達燃燒表面，加以冷卻表面並使熱釋放率降低，使熱吸收量大於熱釋放量，達到預期滅火效果 (劉采鑫, 2002)。另消防搶救用水之水量多寡、時間長短皆與火災燒損面積產生正向關係，故水源維護、供給將直接影響火災搶救成效，間接影響財物損失。因而消防用水的充足供給，乃順利滅火的最重要條件之一 (黃建華, 2002)。而水源設置與供給，亦與消防栓設置有關。

#### (四) 社會經濟面向

在非實質面向的社會經濟特性，亦可能影響城市的火災風險。如從英國伯明

翰 (Birmingham) 和 紐卡斯爾 (Newcastle) 的火災分析來看，社會經濟現象 (涵蓋社會階層、就業狀況、種族、家庭收入、教育程度等) 與火災危險度有相關性 (Chandler, Chapman, & Hollington, 1984)。而由美國愛荷華州 (Iowa) 中超過一千戶家庭調查的研究指出，火災風險與個人教育程度、收入，甚至影響職業及社會階層發展有所相關 (Allareddy, Peek-Asa, Yang, & Zwerling, 2007)。此外，家庭居住環境品質 (窳陋、老舊、過度擁擠、欠缺是當管理社區住宅)，自有住宅與租屋者其對住屋維護習慣，住屋消防安全設備設置觀念，皆影響火災危險度的變化 (Wallace & Wallace, 1984)。從個人狀態來看，民眾受教育程度通常影響未來職涯的發展。職場發展常與收入具相關性，在職場上與收入達一定水準也間接影響著本身社會階層地位的提升，也影響民眾對自身安全及消防意識提升的意願 (黃建華, 2002)。從住宅權屬面向來看，U.S.F.A(1997) 研究指出，民眾持自有住宅的比例低者，則火災發生率有較高的趨勢。因有住宅在對自家的居家安全管理較租屋者更為用心，對於增設必要之消防安全設備考量也增高。

雖然社會經濟特性相當多元，不過所得是經常被檢視的因子。因所得是教育、社經地位、甚至是房屋權屬的代表指標。如 Gunther 就以所得為指標，針對貧窮與火災發生率的關係進行相關研究。其發現平均年收入與火災發生率呈現負相關，當收入增加時，火災發生率有降低的跡象 (U.S.F.A, 1997)。

### 三、火災風險評估方式

為了更好的評估火災風險影響因子，吾人應對火災風險有更好的測量。從方法論上來看，相關研究大致透過下述方法來評估火災風險，包含：點計劃法、邏輯樹分析法、層級分析法、機率型模式、模擬模式、統計型模式 (林元祥, 2000)。

點計劃法為選定某一要素以利達到評估目的，並分別給予一定的分數或點數，再將各要素進行結合比較，終推導出整體危險度之評估方法。

邏輯樹分析法 (Logic Tree Analysis) 是將問題中所有子問題分層陳列，並從高層逐步往下開始擴展。為了避免火災危害達到某種程度，一般簡單常用方法為事件樹分析法、失效樹分析法、決策樹分析法等。

層級分析法 AHP (Analytic Hierarchy Process) 為 1971 年 Thomas L. Saaty 所發展出來，主要應用在不確定情況下及具有多個評估準則的決策問題上，亦即將複雜的問題系統化，由不同的層面給予層次分解，並透過量化的方法，得到脈絡後加以綜合評估，以提供決策者選擇適當的方案 (褚志鵬, 2009)。

機率型 (Probabilistic) 模式為運用隨機現象的模型，描述所有的可能結果，以及任意一組結果的機率要如何分配。幾乎只要有涉及機率運算的模式，都可稱為機率型模式。

模擬模式之目的是在模仿事件的過程，以期整合系統或模式的參數資料。在

進行模式模擬時，模式的參數依照事先界定好的法則運作，這種模式的重大優點是經濟且不會有任何危險存在。因此在存有不确定性的工程設計上，除會運用機率計算，也會運用模擬技術加以輔助成效 (李達志, 2002)。

統計型 (Statistical) 模式為運用各種數據資料，將各種適當的統計方法加以運用來解釋或預測火災發生之危險、造成人命傷亡、財務損失等 (翁士勛, 2006)。常用的統計模式包含簡單迴歸分析 (Simple Regression)、多元迴歸分析 (Multiple Regression)、對數迴歸分析 (Logistic Regression Analysis) 等。

## 參、研究設計

透過上文文獻發現，都市尺度之火災風險影響因素大致可區分為人口特性、建築特性與土地使用、消防戰力、社會經濟等影響因子。依據這些既有研究成果，本研究研擬分析架構，並從可得資料中描繪員林鎮的火災風險及可能影響因子之特性。

### 一、研究概念架構與假設

#### (一) 研究概念架構

本研究彙整出相關之概念，依照人口特性分布因素、建築分布與土地使用因素、消防戰力因素、社會經濟因素等之互動關係，擬定本研究之基本架構如圖 2。

本研究目的在於員林鎮各網格火災危險度進行比較分析。研究模型擬納入之



圖 2 研究概念架構圖

資料來源：本研究自行整理

自變數如下：人口特性分布因素（人口密集度、5 歲以下兒童、65 歲以上老人）、建築分布與土地使用因素（建築物密集度、土地使用類別、不符土地使用分區）、消防戰力因素（消防栓水源數密度、距最近消防隊距離）、社會經濟因素（家庭平均收入）等 4 種因素中 9 類變項。本研究利用此 9 類變項建構一預測模型，了解這 9 類變項之間的關係，藉由自變數去預測依變數（火災發生率），並建立火災危險度的解釋模式，以達到本研究之目的。

## （二）研究假設

依據相關文獻分析之結果，本研究

擬定研究假設如下：

假設一：人口特性分布因素對火災發生率有顯著差異

員林鎮內各網格之住宅人口、65 歲以上老人、5 歲以下兒童，對各網格之火災發生率有所影響。惟後因資料共線性考量，後在模型中需剔除住宅人口、5 歲以下兒童兩項資料，而修正為各網格之 65 歲以上老人對各網格之火災發生率有所影響；其 65 歲以上老人數量愈高者，火災發生率愈高。

假設二：建築分布與土地使用因素對火災發生率有顯著差異

現況土地使用類別歸納為農業、森



林、交通、水利、建築、公共、遊憩、礦鹽及其他土地等九種型態，各網格涵蓋範圍內不同土地使用類別面積。不符土地使用分區資料乃係藉員林鎮都市計畫圖中住宅區、商業區、工業區等與非都市計畫圖中鄉村區、工業區之區位，併同使用現況中建築土地使用類別中住宅區、商業區、工業區之空間區位，交集出不符土地使用分區之區位。建築物面積及與都市發展相關之土地使用面積愈大者，活動愈多，各類火災發生率愈高；另不符土地使用分區之面積愈大者，建築物火災發生率愈高。

假設三：消防戰力因素對火災發生率有顯著差異

員林鎮各網格消防水源數密度、各網格距最近消防隊距離對各類火災發生率有何影響。消防水源數密度愈大，距最近消防隊距離愈短，各類火災發生率愈低。

假設四：社會經濟因素對火災發生率有顯著差異

本研究彙整公務部門（包含財政部統計處、員林鎮戶政事務所等）所公布社會經濟統計資料，匯集整理家庭收入所得

等相關數據，探討其員林鎮家庭收入對各類火災發生率之影響。本研究假設：家庭收入愈低，各類火災發生率愈高。

## 二、研究因子統計分析

在依變數方面，依據 2010 至 2013 年等 4 年的火災案件資料分析，建築物火災約占 23.9%、車輛火災約占 4.6%、雜草垃圾火災約占 54.2%、其他火災約占 17.2%。透過 GIS 內空間分析工具之核密度評估法 (KDE)，轉換成 200Cell，將員林鎮土地面積 39.279km<sup>2</sup>，分成邊長為 200 公尺的網格，共 979 個網格。各網格內發生的火災件數，依火災類型羅列於表 2。從空間的分布來看，各類火災案件 KDE 網格分析，如圖 3 所示。

本研究之火災影響因子（自變項）包含人口特性、建築特性與土地使用、消防戰力、社會經濟四面向，經由網格化分析，轉換成 200m×200m 網格，共計 979 個網格，其敘述統計如表 3 所示，員林鎮土地使用分布網格對照則如圖 4。

表 2 火災案件分析統計

	最小值	最大值	平均數	標準差
建築物火災	0	41	5.092	8.090
車輛火災	0	8	0.952	1.618
雜草（廢棄物）火災	0	82	11.006	11.795
其他火災	0	33	3.716	6.435
全部火災	0	145	20.765	25.093

資料來源：本研究自行整理

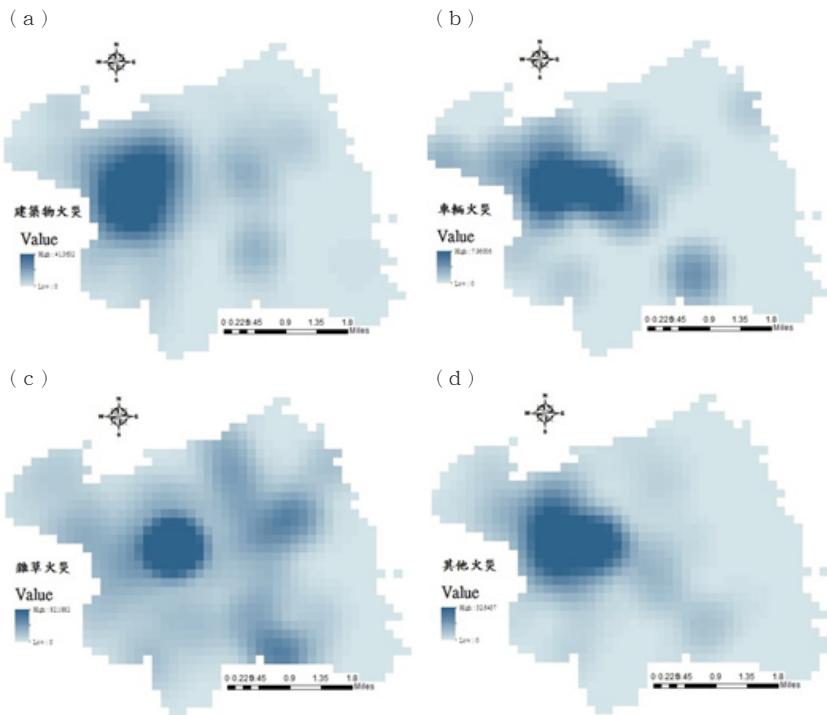


圖 3 各類火災案件 KDE 網格分布：

(a) 建築物火災 (b) 車輛火災 (c) 雜草 (廢棄物) 火災 (d) 其他火災

資料來源：本研究自行整理

表 3 影響因子統計分析

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
住宅人口	979	0	2056	299.67	402.90
5歲以下兒童	979	0	110	15.49	20.69
65歲以上老人	979	0	224	30.84	41.29
建築面積 (m2)	979	0	37361	10177.13	10884.23
農業土地使用面積 (m2)	979	0	40000	16039.20	12988.99
森林土地使用面積 (m2)	979	0	40000	10033.02	14291.43
交通土地使用面積 (m2)	979	0	16259	2933.18	2848.60
水利土地使用面積 (m2)	979	0	7893	613.50	1117.50
建築土地使用面積 (m2)	979	0	37839	8906.25	9259.83
公共土地使用面積 (m2)	979	0	34859	940.73	3577.04
遊憩土地使用面積 (m2)	979	0	22745	263.59	1692.68
礦鹽土地使用面積 (m2)	979	0	9740	19.75	354.28
其他土地使用面積 (m2)	979	0	40000	2017.20	3763.07
不符土地使用分區比例 (%)	979	0	0.02633	0.00102	0.00320
消防水源數密度	979	0	74	11.338	16.467
距最近消防隊距離 (m)	979	40	4490	1843.617	919.648
家庭平均收入 (千元)	979	0	819.7	67.26	100.558

資料來源：本研究自行整理

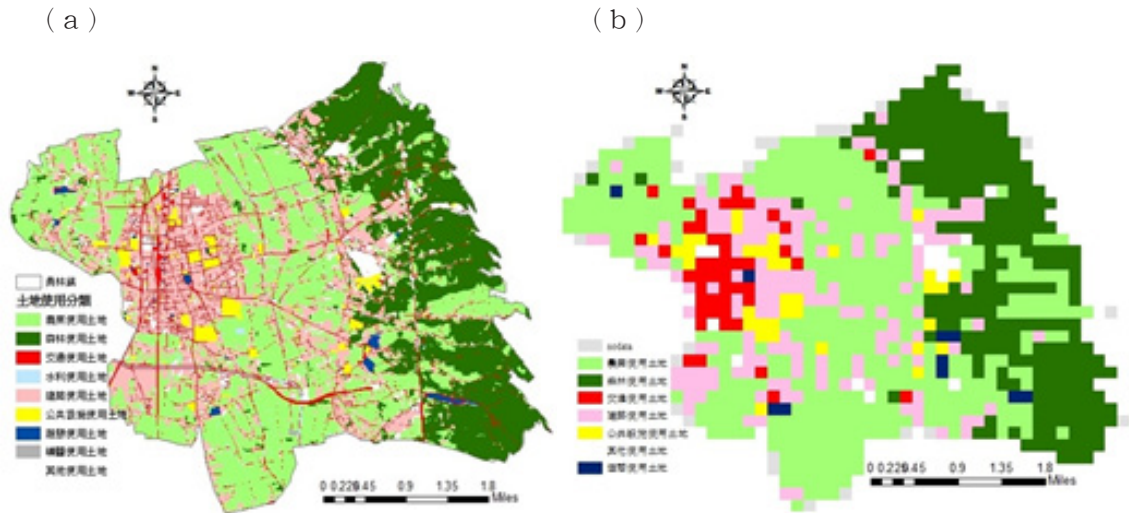


圖 4 土地使用分布網格對照 :(a) 面積分布 (b) 網格分析

資料來源：本研究自行整理

在進行多元迴歸分析前，本研究亦就各類火災案件 KDE 網格分布及各可能影響因子進行變項間相關性分析如表 4。透過 pearson 積差相關係數之初步分析可知，各類火災有不同之影響因子。以建築物火災為例，若就單一變項來看，建築物火災之發生與住宅人口、5 歲以下兒童、65 歲以上老人、建築面積 (m<sup>2</sup>)、農業、森林、交通、水利、建築、公共土地使用面積 (m<sup>2</sup>) 及符合、不符合土地使用分區比例 (%)、消防水源數密度、距最近消防隊距離 (m)、家庭平均收入 (千元) 等因素有關。然而，是這些因素均有關？亦或在綜合考量各因素後其影響性不顯著？則需透過後文之多元迴歸分析予以檢證。

## 肆、影響因子分析

### 一、多元迴歸模型建立、調整與分析

進行多元迴歸分析時，各自變項可能各自相關而造成共線性議題。因此，本研究先就模型中各自變項進行共線性分析。若將所有自變項放入分析模型中，部分自變項之 VIF 超過 100，如表 5，遠高於可容忍的 VIF 不大於 10 之門檻。

為了避免共線性議題，本研究在兼顧各面向的代表性下調整模型。經分析檢視後，在人口特性分布方面，將住宅人口、5 歲以下兒童排除，保留 65 歲以上老人。經調整後，其 VIF 均小於等於 10，可做為後續各類火災之多元迴歸分析。

經調整後，本研究以建築物、車輛、雜草 (廢棄物)、其他火災為依變數，人口特性分布、建築分布及土地使用、消防戰力、社會經濟因素之各變項為自變數，進行多元迴歸分析結果如表 6 所示。

表 4 火災案件與各變項相關性分析

因素	變項	建築物火災	車輛火災	雜草 (廢棄物) 火災	其他火災
人口特性分布	住宅人口	**0.70	**0.62	**0.54	**0.70
	5歲以下兒童	**0.67	**0.59	**0.52	**0.67
	65歲以上老人	**0.69	**0.58	**0.49	**0.66
建築分布與土地 地使用	建築面積 (m2)	**0.68	**0.57	**0.48	**0.64
	農業土地使用 面積 (m2)	** -0.33	** -0.20	** -0.14	** -0.27
	森林土地使用 面積 (m2)	** -0.37	** -0.37	** -0.37	** -0.37
	交通土地使用 面積 (m2)	**0.60	**0.52	**0.32	**0.56
	水利土地使用 面積 (m2)	** -0.10	** -0.12	0.01	** -0.12
	建築土地使用 面積 (m2)	**0.62	**0.52	**0.47	**0.57
	公共土地使用 面積 (m2)	**0.30	**0.23	**0.23	**0.29
	遊憩土地使用 面積 (m2)	0.05	0.05	0.00	0.05
	礦鹽土地使用 面積 (m2)	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
	其他土地使用 面積 (m2)	0.02	-0.03	**0.13	-0.01
	符合土地使用 分區比例 (%)	**0.64	**0.51	**0.40	**0.58
	不符土地使用 分區比例 (%)	**0.64	**0.61	**0.32	**0.62
消防戰力	消防水源數 密度	**0.95	**0.81	**0.47	**0.91
	距最近消防隊 距離 (m)	** -0.51	** -0.55	** -0.46	** -0.55
社會經濟	家庭平均收入 (千元)	**0.64	**0.58	**0.46	**0.65

\*\* . 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾), 相關顯著。  
\* . 在顯著水準為 0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

資料來源: 本研究自行整理

表 5 各類別火災共線性統計量

因素	變項	調整前		調整後	
		允差	VIF	允差	VIF
人口特性 分布	住宅人口 (*)	0.00	275.84		
	5歲以下兒童 (*)	0.01	166.19		
	65歲以上老人	0.03	29.76	0.19	5.21
建築分布與 土地使用	建築面積 (m <sup>2</sup> )	0.10	10.11	0.10	9.98
	農業土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.21	4.79	0.21	4.74
	森林土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.22	4.61	0.22	4.55
	交通土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.40	2.51	0.40	2.50
	水利土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.80	1.25	0.81	1.24
	建築土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.12	8.68	0.12	8.64
	公共土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.53	1.90	0.53	1.88
	遊憩土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.89	1.12	0.91	1.10
	礦鹽土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.98	1.02	0.98	1.02
	其他土地使用面積 (m <sup>2</sup> )	0.81	1.23	0.81	1.23
	不符土地使用分區比例 (%)	0.52	1.93	0.52	1.91
	消防戰力	消防水源數密度	0.24	4.22	0.27
距最近消防隊距離 (m)		0.42	2.39	0.43	2.34
社會經濟	家庭平均收入 (千元)	0.22	4.64	0.23	4.28

(\*) 代表調整後刪除的變項

資料來源：本研究自行整理

表 6 各類火災係數分析

	建築物火災		車輛火災		雜草垃圾火災		其他火災	
	B 估計值	顯著	B 估計值	顯著	B 估計值	顯著	B 估計值	顯著
常數	-0.705	0.015	0.835	0	18.059	0	0.875	0.075
65歲以上老人	0.017	0	-0.003	0.039	0.034	0.032	-0.004	0.349
農業土地使用 (m <sup>2</sup> )			$-1.37 \times 10^{-6}$	0.712	$1.06 \times 10^{-4}$	0.006	$6.91 \times 10^{-6}$	0.511



森林土地 使用 (m <sup>2</sup> )			5.21×10 <sup>-6</sup>	0.13	8.46×10 <sup>-5</sup>	0.017	3.76×10 <sup>-5</sup>	0
交通土地 使用 (m <sup>2</sup> )	-1.3×10 <sup>-4</sup>	0.002	-2.4×10 <sup>-5</sup>	0.129	7.38×10 <sup>-4</sup>	0	1.57×10 <sup>-4</sup>	0.001
水利土地 使用 (m <sup>2</sup> )	-3.9×10 <sup>-5</sup>	0.601	-6.7×10 <sup>-5</sup>	0.018	4.99×10 <sup>-4</sup>	0.09	-8.32×10 <sup>-5</sup>	0.302
建築土地 使用 (m <sup>2</sup> )	3.3×10 <sup>-5</sup>	0.013						
公共土地 使用 (m <sup>2</sup> )	8.3×10 <sup>-5</sup>	0.001	-4.89×10 <sup>-6</sup>	0.588	1.42×10 <sup>-4</sup>	0.126	4.7×10 <sup>-5</sup>	0.065
遊憩土地 使用 (m <sup>2</sup> )			9.3×10 <sup>-6</sup>	0.601	-1.9×10 <sup>-4</sup>	0.3	5.31×10 <sup>-5</sup>	0.292
礦鹽土地 使用 (m <sup>2</sup> )			-4.12×10 <sup>-5</sup>	0.622	-8.7×10 <sup>-4</sup>	0.312	1.64×10 <sup>-5</sup>	0.945
其他土地 使用 (m <sup>2</sup> )	3.7×10 <sup>-5</sup>	0.085	-4.77×10 <sup>-6</sup>	0.573	3.9×10 <sup>-4</sup>	0	8.41×10 <sup>-6</sup>	0.725
不符土地 使用 分區比 例 (%)	195.511	0						
消防水 源數 密度	0.444	0	0.071	0	-0.11	0.001	0.339	0

資料來源：本研究自行整理

## 二、各類火災影響因子分析

### (一) 建築物火災

從建築物火災多元迴歸分析模型來看，各依變項中 65 歲以上老人、(交通、建築物、公共) 土地使用面積、不符土地使用分區比例、消防水源數密度、距最近消防隊距離、家庭平均收入等 8 變項對建

築物火災風險有顯著影響。

有較多 65 歲以上老人居住之地區，其建築物火災發生率較高。交通土地使用面積可能為統計上之假關係 (Spurious Relationship)，猜測因交通土地使用分區緊鄰建築使用分區，於傳統市中心裡，交通土地使用面積愈小，相對建築物土地使用面積愈大。建築物、公共土地使用面積愈多，建築物火災發生率愈高，由於建築

物及公共土地面積越大，人為活動密度越高，其衍生之用火、用電等行為，會使得建築物火災的發生機率提高。不符土地使用分區比例愈高，建築物火災發生率愈高，因不相容土地使用混和增加，嚴重影響了環境品質與居住安全，可能存在不相容的使用，造成建築物火災發生的可能性增加。

消防水源數密度較大區域，可能為假性關係。因消防栓設置及維護均具成本，其優先設置於人口活動、建築物較密集區域，故反而造成消防水源數較多，火災數較多之統計結果。而距消防隊較遠處，消防安全相關宣導的密度可能較低。

另因家庭收入低，直接影響自住的安全費用支出。此外，家戶收入可能與教育程度有所相關，或間接反映防火知識觀念等特性。本研究結果呈現出家庭收入愈低，建築物火災發生率可能較高的特性。

在本研究的四項假設中，建築物火災之分析結果支持假設一、二、三、四：人口特性分布因素、建築分布與土地使用因素、消防戰力因素、社會經濟因素對火災發生有顯著影響。

## (二) 車輛火災

從車輛火災多元迴歸分析模型來看，各依變項中 65 歲以上老人、水利土地使用面積、消防水源數密度、距最近消防隊距離、家庭平均收入等 5 個變項對車輛火災的發生有顯著影響。

65 歲以上老人多寡可能為假性關係：因有車階級大部分介於未滿 65 歲及 18 歲

以上之青壯人口，故 65 歲以上老人愈少，相對使擁有車輛族群增加，使車輛火災發生率可能性升高。水利土地使用面積大小可能亦為假性關係，主要的水利土地為東西向快速道路（台 76 號）下方之八堡圳，圳路堤岸水利用地供道路使用，堤防旁水利用地愈小，道路面積愈大相對車輛愈多，相對車輛火災發生率可能增加。消防水源密度較高區域，亦可能為假性關係，因消防栓設置於道路旁，其活動越頻繁的道路，車輛越多，發生火災機率高。距消防隊距離可能為假性關係，因車輛火災發生位於人口活動較密集區域，而員林鎮內設置三個分隊，位處中區及東、西兩區，為員林鎮人口及建設較密集區域，故距最近消防隊距離，影響車輛火災發生率可能性較高。另因收入高之家庭，其擁有汽、機車比例可能較高，影響車輛火災發生率可能性較高。

在本研究的四項假設中，車輛火災之分析結果支持假設一、二、三、四之人口特性分布因素、建築分布與土地使用因素、消防戰力因素、社會經濟因素對火災發生率有顯著差異。

## (三) 雜草（廢棄物）火災

從雜草（廢棄物）火災多元迴歸分析模型來看，各依變項中 65 歲以上老人、（農業、森林、交通、其他）土地使用面積、消防水源數密度、距最近消防隊距離、家庭平均收入等 8 個變項對雜草火災的發生有顯著影響。雜草（廢棄物）火災包含墓地、燃燒金紙造成火災。相較於青壯年，

國內年長者於逢年過節、掃墓祭祖等傳統習俗節日，習於燃燒金紙。故 65 歲以上老人愈多區域，其雜草（廢棄物）火災發生率愈高。

農業、森林土地使用面積愈大，雜草（廢棄物）火災發生率愈高。民眾為開墾、整地或驅除病蟲害需求於田野、森林引火燃燒。另因路邊有垃圾子母車、公用垃圾桶，會有民眾丟棄垃圾，易常有菸蒂等遺留火種於垃圾桶內，而引發火災。加上以研究者的實務經驗來看，員林鎮其他土地主要多為雜草叢生地，無人看守，民眾傾向至此處丟棄垃圾及焚燒雜草垃圾行為，故農業、森林、交通、其他土地使用面積愈大，雜草（廢棄物）火災發生率愈高。

而雜草（廢棄物）火災除多發生田野、林地、墓地等多屬山區、人口活動密集度較少區域，亦為消防水源設置較少區，且離消防隊較遠處，故消防水源數較少處及故離消防隊較遠處，影響雜草（廢棄物）火災風險較大。

相關研究指出平均收入較低家庭，因住宅成本考量，會選擇遠離市中心居住，周圍建築密集度較少，空地比例高，亦較易有有雜草叢生、民眾丟棄廢棄物行為產生，造成雜草（廢棄物）火災發生率愈高。

在本研究的四項假設中，雜草垃圾火災之分析結果支持假設一、二、三、四之人口特性分布因素、建築分布與土地使用因素、消防戰力因素、社會經濟因素對火災發生率有顯著差異。

#### (四) 其他火災

從其他火災的多元迴歸分析模型來看，各依變項中（森林、交通、公共）土地使用面積、消防水源數密度、距最近消防隊距離、家庭平均收入等 6 個變項對其他類型的火災發生有顯著影響。因員林鎮有八卦山風景區等登山步道及公園，設置成人運動器材、小孩遊玩設施，平時無人看管，對於遺留火種造成火災的可能性較高，故森林、公共土地使用面積愈大，其他火災發生率愈高。而消防水源數密度可能為假性關係，因消防栓設置於道路旁，以便供消防車採水用，以研究者的經驗來看，員林鎮其他火災之案件，與電線桿等設施火災有相關性，故道路面積越大（路段越長），其消防栓設置愈多，相對電線桿設置愈多，發生火災機率高。而距消防隊距離與電線桿等設施之火災可能亦為假性關係，蓋因於員林鎮內東、西及中區三個消防分隊位於建築設施較密集之區域，其亦為電線桿等設施密集度較高處，相對產生其他火災發生率可能性較高。相關研究指出，收入愈高家庭，對於住家便利性需求可能較高，多數選擇市中心居住，其建築物愈多，用電需求相對提高，其電線桿上變電箱設置愈多，因此，在本研究的統計分析上，呈現出家庭收入愈高，其他火災發生率愈高的特性。

在本研究的四項假設中，其他火災之分析結果不支持假設一（人口特性），支持假設二、三、四：建築分布與土地使用因素、消防戰力因素、社會經濟因素對

其他類型的火災發生有顯著影響。

## 伍、結論與建議

### (一) 結 論

本研究從文獻回顧彙整影響市鎮火災風險之因素及分析方法，結合多元資料

來源，抽取出可能影響員林鎮都市火災發生率之因子。這些因子可分為四大類，包含人口特性分布、建築分布與土地使用、消防戰力、社會經濟等。本研究並由多元迴歸模型的建立，來檢驗各火災類別的影響因子，其結果關係如表 7 所示。

表 7 預測變項與火災發生率關係

因 素	預測變項	建築物火災	車輛火災	雜草（廢棄物）火災	其他火災
人口特性分布	住宅人口	N/A	N/A	N/A	N/A
	5 歲以下兒童	N/A	N/A	N/A	N/A
	65 歲以上老人	+	-	+	△
建築分布與土地 使用	建築面積	N/A	N/A	N/A	N/A
	農業土地使用面積	△	△	+	△
	森林土地使用面積	△	△	+	+
	交通土地使用面積	-	△	+	+
	水利土地使用面積	△	-	△	△
	建築土地使用面積	+	△	△	△
	公共土地使用面積	+	△	△	+
	遊憩土地使用面積	N/A	N/A	N/A	N/A
	礦鹽土地使用面積	N/A	N/A	N/A	N/A
	其他使用土地面積	△	△	+	△
	不符土地使用分區比例	+	△	△	△
消防戰力	消防水源數密度	+	+	-	-
	距最近消防隊距離	+	-	+	-
社會經濟	家庭平均收入	-	+	-	+

+: 正相關, -: 負相關, △: 無相關,  
N/A: Not Applicable

資料來源: 本研究自行整理

本研究對各項研究假設之檢驗結果如下:

假設一, 部分成立: 人口特性分布因素對建築物、車輛、雜草(廢棄物)火災有所影響, 但在其他火災部分則無顯著影響。

假設二, 成立, 但部分變項方向與

不同類型火災預測有異: 建築分布與土地使用因素對建築物、車輛、雜草(廢棄物)、其他火災有所影響。

假設三, 成立, 不同類型火災與部分變項預測方向有異: 消防戰力因素對建築物、車輛、雜草(廢棄物)、其他火災的發生率有所影響。

假設四，成立，不同類型火災與變項預測方向有異：社會經濟因素對建築物、車輛、雜草（廢棄物）、其他火災的發生率有所影響。

本研究嘗試就分析結果，進行因果推論及因應政策建議之扼要說明如後：

#### 1. 人口特性分布因素對火災風險分析

員林鎮公所或可鼓勵民眾金紙集中放置運送焚化爐燃燒，另建請環保局加強取締燃燒廢棄物行為。另應針對鎮內老人居多社區加以盤點，可做為未來成為加強宣導、訪視、消防設備檢查的重點區域。當老年人口比例較少，青壯人口比例將較高，其擁車比例較高，監理單位建請加強車輛定期保養宣導及作為，如可增列隨車滅火器為驗車之檢驗項目。

#### 2. 建築特性與土地使用因素對火災風險分析

##### (1) 土地使用分區

##### a. 農業、森林土地使用分區

農民為開墾、整地或驅除病蟲害需求，須向消防、環保、林業管理等單位取得申請「山林田野引火燃燒許可」後始得實施。有關單位應加強取締非法，並劃定區域範圍，限制燃燒。

##### b. 交通土地使用分區

建議員林鎮警察單位可配合建管主管機關協助加強取締路霸等行為，或透過檢舉獎金、加強宣導等方式，以維護用路人、住戶安全。相關單位亦可提倡垃圾不落地的措施及加強宣導，於校園深根學童環保觀念，環保單位編列預算

提高檢舉獎金。而電線桿老舊部分，建議台灣電力公司員林所除定期派人檢修及評估其可用期限，另可逐年提撥預算進行電線、電纜地下化工程。

##### c. 水利土地使用分區

員林鎮內灌溉用圳溝，整治後產生土地或圳路堤岸等水利用地，部分供道路使用。員林鎮警察單位可於堤岸旁劃設紅線，禁止停車並加強取締違規停車。

##### d. 建築土地使用分區

本類土地越多之區域，其建築、人員相關活動多，而用火、用電使用率亦增加。未來消防單位除加強防火宣導，亦可前進校園，落實消防教育基礎。建築主管機關可多加宣導住戶用電設施評估檢查，針對老舊線路進行檢視、汰換。

##### e. 公共土地使用分區

鄰近公園的社區，可推動該社區自衛消防編組的建構，以達第一時間初期滅火功效。另除定期派人維護公園外，亦可增設滅火及監視、照明設備，並提升整個社區居家及公園場所消防安全。

##### f. 其他土地使用分區

其他使用土地包含軍事用地、溼地、草生地、裸露地、灌木荒地、災害地、營建剩餘土石方、空置地等，多為無人看守之空地，易有民眾丟置垃圾及燃燒廢棄物。建議員林鎮可結合環保局加強查報民眾隨意丟棄垃圾，並可提供民眾檢舉燃燒廢棄物獎金。

##### (2) 不符土地使用分區



員林鎮內土地混和使用普遍，產生多樣的活動類型，進而影響各類火災之發生。建議建設管理單位可加強宣導法定土地分區合法使用觀念，對於嚴重違規使用，主管機關應給予「勒令停業」及「斷水斷電」處罰。另就員林鎮內公共安全維護暨消防安全工作，建管與消防單位可朝三個方向努力：一為各相關主管機關應就職權，依法令而相互支援配合，公權力嚴格執行，並掃除違規不法。二為消防單位防火宣導落實，加強就業員工組合訓練及消防安全檢查嚴格執行。三為建議建築主管機關透過修法解決「違規使用」的問題，並訓練專責人員、嚴格執行檢查工作。

### (3) 建立社區之防火街廓

為使都市具備防火機能及相對應消防空間，建議以都市計畫道路為主之地區幹線道路、鐵道、河川、公園等都市基礎設施，作為火災延燒阻斷帶、避難道路及避難場所。並以里鄰社區為單位，建立社區自衛消防編組，強化該區居民防火意識，以營造「自己社區自己保護」之防火社區為目標。

## 3. 消防戰力因素對火災風險分析

### (1) 消防水源數變項

員林鎮內消防水源優先設於市中心主要道路旁，建議台灣電力公司員林服務所可編列預算，將市中心內電線桿逐年地下化，能有效降低變電箱起火危險外。建議員林鎮警察分局可針對消防水源附近劃設紅線區域，加強取締違停車輛，使消防分隊能更有效取水救災。於

田野、林地等消防水源缺乏區域，消防單位，可尋找替代水源，如灌溉溝圳等，並列冊建檔。

### (2) 距最近消防隊距離

員林鎮消防隊較集中於城鎮聚落區域，而鄰近八卦山周邊之區域則具消防分隊較遠。對於離消防分隊較遠地區之里長及里民可透過以里為單位的自衛消防編組建立，強化該里火災之初期因應。另對於里鄰有開墾、整地、驅除病蟲害而引火燃燒而釀成火災者，亦可提供第一時間之初期滅火之功效。

## 4. 社會經濟因素對火災風險分析

平均收入較低家庭，除對於自家安全相關費用支出較為拮据外，其教育程度有可能較低，並反映在防火知識、觀念上。建議員林鎮消防單位可深入校園，加強宣導防火觀念，落實防火基礎教育，並結合民間慈善團體，對於清寒家庭，發送滅火設備、住宅用火災警報器等消防設備。

平均收入較高家庭，擁車代步增，車輛需求大，除宣導車輛定期保養，建議監理單位可將隨車滅火器材列入驗車項目；另平均收入高家庭，多以便利性高之市中心居住，其因用電需求較密集，相對電線桿林立，台灣電力公司員林服務所可定期檢視變電箱內機件是否老化。

## (二) 建議

長時間跨距的火災案例資料，能提供更穩健的統計結果。然而，本研究限於

資料來源涵蓋 4 年期的火災資料。未來隨著火災空間化資料的累積，研究者可將火災風險分析之時間跨距從 4 年期間拉至更長，以增加火災資料數，使迴歸模型更加穩定，能更有效鑑別各因子對火災危險度之影響。

本研究限於既有火災災損資料填具之信、效度議題，未能將災損資料納入本研究中。後續研究或可於進行火災風險探究分析時併入火災發生後損失及起火原因等，分析其火災發生規模，並探究其何種原因造成。這將可提供更充分訊息，提供公部門擬定施政措施及其他利害關係人採取火災防護作為之參考。

本研究採簡便的空間距離來分析最近消防隊之距離變項。然而，未來類似研

究除了參考員林鎮內三個消防分隊外，建議亦可加入鄰近鄉鎮消防分隊，並使用路網分析 (Network analysis)，得到最佳交通路徑，判斷出最快抵達消防分隊的時間，而更能反映消防力之內涵。

在外部效度的檢驗方面，未來仍有待更多的個案研究來加以支持。本研究雖認為員林鎮具有台灣中型城鎮之代表性，然而本研究成果在不同中型城鎮火災危險度是否一樣適用，則有待未來研究予以確認。再則，本研究成果對於規模、都市活動特性迥異於員林鎮的其他直轄市、省轄市等都市地區是否適用，亦有待驗證。建議未來研究可結合多個都市的歷年火災資料及各變項，進行比較探究分析。

## 參考文獻

### 一、中文部分

1. 地方制度法 (民國 104 年 02 月 04 日)。
2. 吳榮平 (2007)。都市火災空間分布及發生因素之研究 (博士論文)。國立臺北大學，新北市。
3. 李達志 (2002)。震後火災起火危險度評估之研究 (碩士論文)。中央警察大學，桃園縣。
4. 林元祥 (1998)。Development of Fire Loss Assessment Models-Case Study for Taipei Apartment Building。中央警察大學學報，33，397-416.
5. 林元祥 (2000)。建築物火災危險度評估與實證調查研究。中央警察大學出版社。
6. 林元祥 (2004)。建築物火災財物損失影響因素與解釋模式。JOURNAL OF HOUSING、13 (1) .
7. 翁士勛 (2006)。建築物火災危險度預測模式之建構—以台南市為例 (碩士論文)，國立成功大學，台南市。
8. 馬詮 (譯) (1995)。成功的市中心設計。台北市：創新出版社有限公司。( B, Cyril, & Paumier,1994)
9. 郭文田、邱榮振 (2008)。高雄市火災發生潛勢分析。Journal of Architecture (62)，47-72。
10. 陳弘毅、吳曉生 (2008)。火災學。台北市：鼎茂圖書出版股份有限公司。
11. 陳育瑛 (2004)。台中市火災發生潛勢分析之研究 (碩士論文)，逢甲大學，台中市。
12. 黃建華 (2002)。建築物火災財務損失影響因素及解釋模式之研究 (碩士論文)，中央警察大學，桃園縣。
13. 黃崑鐘 (1993)。火災特性與土地使用、空間結構之關連性探討——以台北市 78 年至 80 年之建築物火災案例為對象 (碩士論文)，國立台灣大學，台北市。
14. 褚志鵬 (2009)。層級分析法 (AHP) 理論與實作。取自 [http://faculty.ndhu.edu.tw/~chpchu/POMR\\_Taipei\\_2009/AHP2009.pdf](http://faculty.ndhu.edu.tw/~chpchu/POMR_Taipei_2009/AHP2009.pdf).
15. 劉采鑫 (2002)。建築物火災消防搶救滅火效果之研究 - 以住宅用途為例 (碩士論文)，中央警察大學，桃園縣。
16. 鄧子正 (1999)。火災科學的基本概念。桃園：中央警察大學。
17. 蕭坤松、黃碧蘭 (2010)。員林鎮志 - 地理篇。彰化：吳宗憲。

## 二、英文部分

- 1.Allareddy, V., Peek-Asa, C., Yang, J., & Zwerling, C. (2007). Risk factors for rural residential fires. *Journal of Rural Health*, 23(3), 264~269.
- 2.Bukowski, Richard W, Clarke, FB, Hall, John R, & Stiefel, SW. (1990). Fire risk assessment method: description of methodology: Center for Fire Research.
- 3.Chandler, SE, Chapman, A, & Hollington, SJ. (1984). Fire incidence, housing and social conditions The urban situation in Britain. *Fire Prevention*(172), 15-20.
- 4.G.Ramachandran. (1988). Probabilistic Approach to Fire Risk Evaluation. *Fire Technology*, 204~226.
- 5.Hall Jr, John R, & Sekizawa, Ai. (1991). Fire risk analysis: general conceptual framework for describing models. *Fire technology*, 27(1), 33-53.
- 6.Hansen - Tansen, Ernst, & Baunan, Tore. (1983). Fire Risk Assessment by Stimulation— Firesim. *Fire Safety Journal*, 5(3), 205-212.
- 7.Ingberg, SH. (1928). Tests of the severity of building fires. *NFPA Quarterly*, 22(1), 43-61.
- 8.Rassmussen, N.C. (1990). The Application of Probabilistic Risk Assessment Techniques to Energy Technologies. *Readings in Risk:Resources for the Future*.
- 9.Rohde, David, Corcoran, Jonathan, & Chhetri, Prem. (2010). Spatial forecasting of residential urban fires: A Bayesian approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(1), 58-69.
- 10.U.S.F.A. (1997). Socioeconomic factors and the incidence of fire. Federal Emergency Management Agency,United States Fire Administration,National Fire Data Center.
- 11.U.S.F.A. (1998). An NFIRS analysis :Investigating City Characteristics and residential fire rate. Federal Emergency Management Agency,United States Fire Administration,National Fire Data Center.
- 12.U.S.F.A. (1999). Profile of the urban fire problem in the united states. Federal Emergency Management Agency,United States Fire Administration,National Fire Data Center.
- 12.Wallace, D., & Wallace, R. (1984). Structural fire as an urban parasite: density dependence of structural fire in New York City, and its implications. *Environment and Planning A*, 16, 249~260.