

## An Analysis for Transportation-Health Related Data and Indicators

黃國平<sup>1</sup>、王怡方<sup>2</sup>

Kevin P. Hwang<sup>1</sup> Yi-Fang Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立成功大學交通管理科學系 副教授

<sup>2</sup>國立成功大學交通管理科學系 碩士生

### 摘要

本論文檢討運輸行為影響健康指標之關係。影響的層面可分為車禍死亡、空氣污染與噪音污染三個層面。就 WHO 健康城市指標而言，僅可以溯及車禍死亡與空氣污染，仍未涵蓋噪音污染。文章中檢討台灣地區台北市、高雄市、台南市歷年車禍死亡、受傷人數，空氣污染程度以及噪音妨礙程度。就這三者而言，車禍屬於直接的、個人的、家庭的影響，空氣污染與噪音污染則屬於區域的、全民的、慢性的影響。因為量測的緣故，空氣污染以及噪音污染難以真正呈現其對健康的影響。

This thesis discusses the relation between transportation behavior and its influence on health indicators. The influence could be divided into three parts, including accident fatality, air pollution and noise pollution. The WHO Healthy City indicators just involve accident fatality and air pollution but not noise pollution. The article discusses the accident fatality, injury, degree of air pollution and degree of noise disturbance over the years at Taipei City, Tainan City and Kaoshiung City in Taiwan. Accident fatality is the direct, personal, family effect, but air pollution and noise pollution are regional, entire, chronic effect. Because the way of measurement, air pollution and noise pollution are difficult to show their effect on health and worth further study.

**關鍵字：**運輸行為(transportation behavior)、健康指標(health indicators)、車禍死亡(incident fatality)、空氣污染(air pollution)、噪音污染(noise pollution)

## 壹、前言

健康是社會大眾普遍關心的議題，現代人往往為許多病痛所困擾，像是因肥胖引起的三高—高血壓、高血脂、糖尿病，氣喘、心臟病與其他慢性疾病，而根據衛生署公佈之 92 年死因統計結果指出，疾病如高血壓、心臟病等更被列入國人十大死亡原因。這些疾病之所以會發生，原因除了個人保健習慣之外，另一重點在於平常所處之生活環境日益惡化。由於地球上空氣污染、噪音、水資源等問題愈來愈嚴重，在在影響人類的健康，而在世界企業永續發展 (WCSO) 的可能性模擬中亦指出<sup>16</sup>，水資源、酸雨、能源短缺及人類健康，將是全球生態危機最明顯的徵兆。許多民眾以及環保團體開始重視永續發展的議題，但是各國政府因為經濟發展與環境保護的兩難，對這個議題拿捏不定；其實推動永續發展不僅重視成果，其過程更影響社會結構、經濟體制的調整與發展。永續發展的重點議題之一為永續運輸，目標在於給予社會大眾一個安全、公平的運輸空間，並且減少因運輸產生之有害污染物，維護人類健康體能。

## 貳、資料與研究方法

有關運輸與健康相關之數值說明如下：

### 一、車禍死亡

依據我國衛生署所作之歷年台灣地區主要死亡原因之資料顯示，長期以來「事故傷害」居所有死亡原因之第三位，近年略微下降。進一步研究傷害死亡之組成要素，「運輸事故」長期居事故傷害死亡原因之首，歷年來均佔死亡人數 50% 以上<sup>17</sup>。若單獨呈現「運輸事故」死亡人數，其在全國十大死亡原因排名當中，可以名列第六位或是第七位，顯示國內交通安全問題有迫切改善之必要。在民國 92 年當中，台灣地區排名第五大死亡原因為事故傷亡，死亡人數超過 8,191 人，其中因運輸事故死亡的有 4,484 人，佔事故傷亡的 54.7%，較排名第八的「腎炎、腎徵候群及腎變性病」死亡人數 4,306 人還高。因此運輸事故明顯影響國人健康指標的表現。

### 二、空氣污染

在環境污染方面，使用機動車輛產生的空氣污染被視為移動污染源，道路上空氣污染物的比例佔所有空氣污染物的比例如下所示：一氧化碳 (77%)、硫化物 (4%)、氮氧化物 (48%)、懸浮微粒 (11%)、碳氫化合物 (23%)。這些空氣污染物容易造成年長者的慢性心肺疾病與支氣管炎，機油排放出的懸浮微粒會造成氣喘，排放出來的苯則是致癌物的一種。其中氣態污染物主

<sup>16</sup> 資料來源：永續發展相關網站 <http://cm.yuntech.edu.tw/9123537/epa/P1.html#b>

<sup>17</sup> 資料來源：衛生署統計資訊網，92 年台灣地區死因統計結果摘要--台灣地區歷年事故傷害死亡率

要來自燃燒石化燃料所產生的氣體；粒狀污染物主要來自燃料燃燒的黑煙、工業製程排放的粉塵、營建工程及道路交通的揚塵等，主要內容物與對健康的影響包括了：

1. 一氧化碳：與血紅素的結合力約為氧的二百多倍，進入人體後立即與血紅素結合，阻礙氧氣的輸送，使人體產生頭痛噁心昏睡的缺氧症狀，嚴重時會導致死亡。
2. 一氧化氮：容易與血紅素結合，影響氧氣運輸的正常功能；吸入濃度過高時，會造成體內缺氧，使人的中樞神經受損。
3. 二氧化氮：具刺激性，會刺激眼、鼻及肺部，進而引起支氣管炎、肺炎等症狀。甚至會降低呼吸器官的抵抗力，使其容易受到感染。
4. 二氧化硫：長期吸入會影響黏膜或細胞的正常功能。它常與懸浮微粒共同作用，會使氣管炎、氣喘、肺氣腫的病情惡化。
5. 懸浮微粒：容易通過呼吸道侵入人體，沈積於肺泡內，而危害人體健康。此外，懸浮微粒具有吸附能力，會吸附許多有害物質，使得這些有害物質對人體的危害增強。

了解各污染物對身體的影響後，必須更進一步瞭解每日的空氣品質如何測定，台灣的空氣污染指標(Pollutant Standard Index, 簡稱 PSI)是依據美國環保署及環境品質評議會的定義：

將懸浮微粒(24小時平均)、二氧化硫(24小時平均)、二氧化氮(1小時平均)、一氧化碳(8小時平均)及臭氧(1小時平均)等空氣污染物的濃度，分別換算為0至500之間的指標值，再選取其中最大值作為該測站當日之空氣污染指標值。指標值在100以下者，表示對健康沒有不良影響；PSI值介於100至200之間，表示當日空氣品質對人體有不良之影響；指標值大於200時，表示空氣品質已出現「紅燈」訊號，民眾宜避免外出，尤其是老年人及患有心臟或肺部疾病者。空氣污染指標與健康相對應之關係可見表二。

表 2：空氣污染指標與健康的關係

PSI		健康狀態
401-550	有害 (緊急劣化)	所有人應留在室內，將門窗關閉，體力消耗降至最低，並避免使用交通工具。
301-400	有害 (中級劣化)	老年人及病人應留在室內，避免體力消耗活動，一般人應避免室外活動。
201-300	極不良 (初級劣化)	老年人及患有心臟或肺部疾病者，應留在室內並減少體力消耗活動。
101-200	不良	患有心臟病或呼吸道疾病者，應減少體力消耗及室外活動。
51-100	普通	對健康無不良影響。

表 1：運輸產生之污染物佔所有

污染物比例		
CO	一氧化碳	77%
SO <sub>x</sub>	硫化物	4%
NO <sub>x</sub>	氮氧化物	48%
PM <sub>10</sub>	懸浮微粒	11%
NMHC	碳氫化合物	23%

資料來源：環保署空保處

<http://www.epa.gov.tw/F/index.htm>

0-50	良好	
------	----	--

然而了解交通現象者，可以知道此等採取平均值的方式，只是方便與國際接軌，對於都市環境內明顯的交通尖峰現象，以及集中在幹道的交通擁塞，不僅無法反應，同時也無法真正呈現上下班、上下學者暴露在空氣污染集中環境中對健康的影響。尤其大量車流在號誌路口停等紅燈，每輛車平均等待時間超過 45 秒，引擎空轉所排放的大量不完全燃燒廢棄物，幾個路口下來，駕駛人所暴露的空氣污染物，絕不是表二中的平均值可以表現的。

### 三、噪音污染

聲音是耳朵感受空氣壓力變化而產生的聽覺，國際上以分貝(dB)作為聲音音量的大小，大多數人的聽力範圍在 0-120 分貝之間。而噪音是指生活環境中足以直接或間接妨礙國民健康與生活安寧之聲音，一般而言超過 65 分貝的環境音量就會干擾談話，持續處在 85 分貝以上的環境中，會使聽力造成傷害，有關各類活動的噪音值，可參照圖一。

交通運輸與噪音兩者之間的關聯主要在於：道路上機動車輛引擎運轉的噪音，與機場周圍產生的航空噪音。民國八十年以後製造的車型，其正常運轉噪音量在 70-90 分貝之間，飛機起降產生的噪音介於 110-130 分貝；飛機引擎聲為 140 分貝。

處在高噪音的環境下，對生理及心理都有莫大的影響。生理反映在於噪音會使人體腸胃蠕動增快、呼吸型態改變、血壓增高、心跳加快、需氧量增加、血清膽固醇增加、血小板凝集等現象；而在心理上，噪音會干擾人們的睡眠品質，容易使人心浮躁不定，產生妨礙交談、工作效率低落、厭惡、生氣等心理作用，久而久之導致產生生理功能失調的現象，例如頭痛、頭暈、精神無法集中等均為噪音直接或間接的影響。雖然民國八十年以後我國進口或是生產製造的車型，其正常運轉噪音量已降低到 70-90 分貝之間，但是產生噪音特別嚴重的場合在於當車輛起步或是剎車停等的動作過程中，因此都市中的號誌路口是噪音嚴重程度最高的地點。對於這些地點，目前行政院環保署與地方環保局仍缺乏有效的監測，對於移動噪音源也缺乏有效的管理。

### 四、研究方法—系統動態學

系統動態學為麻省理工學院工業管理系 Jay W. Forrester 教授於 1956 年首先發展應用，設法由整體的角度檢視問題，當時主要針對改善企業管理進行分析應用。系統動態學主要的內涵在於瞭解系統中因子之間互動關係，經由回饋過程的分析並藉電腦軟體模擬，以顯現系統因子的結構模型以及因子改變對於政策、決策的影響。

在系統動態法中，「時間」是分析問題的重要因素，第一步要先認清問題，知道何人關心此議題，以及為什麼關心；第二步要瞭解問題定義，並且描述系統架構；第三步，對欲研究議題進行數值化分析；第四步，利用系統動態軟體進行模型模擬並測試；第五步，敏感度分析，測試不同政策帶來的效益。

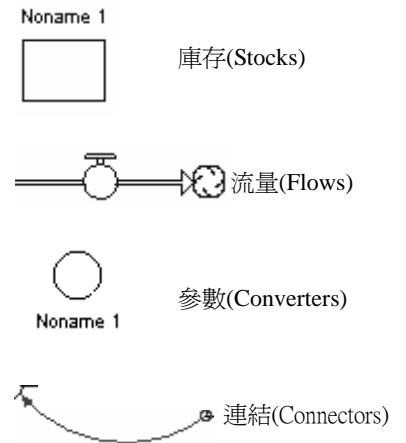


圖 1：各類活動噪音值

資料來源：行政院環保署教育文宣

本研究利用系統動態軟體 STELLA 建構模型。一為心智模型，表示模型建立的大綱構想；一為操作模型，表示可操作模型中的細部因子與其之間的互動關係。模型的建立包含幾個基本項目：

1. 庫存(Stocks)：一個累積的量，為經由時間的演變，流入與流出差值的累積數量。
2. 流量(Flows)：一個可隨時間流入或流出的數量。
3. 參數(Converters)：固定或隨環境變異的常數，是為模式的外生變數。
4. 連結(Connectors)：參數與變數之間的關係連結。



## 參、運輸關聯健康指標

### 一、交通事故傷亡人數

根據民國九十三年警政統計資料顯示，台閩地區 92 年道路交通事故肇事件數約十二萬件，造成 2,718 人死亡(衛生署發布的數值約為此數值的 1.5 倍，差別在於警政統計資料是以 24 小時內死亡才認定為車禍死亡)，156,303 人受傷。其中 96% 肇事原因是汽(機、慢)車駕駛人因素，3% 原因在於行人或乘客過失，其餘為機械故障、交通設施缺陷等因素。比較台北市、台南市以及高雄市三大都市的交通事故肇事件數，台南市因人口較少，92 年交通事故發生數及傷亡人數也較少，但若將三大都市的肇事件數與人口總數相除，得到的比例皆在 0.5%-0.6% 之間。但台南市交通事故的死亡比例<sup>3</sup>約 0.8%，相對於另兩大都市(台北市 0.5%，高雄市 0.7%)而言較高。觀察表中肇事件數之比例，可發現台北市與高雄市肇事比例逐年增加，而台南市肇事比例則呈現下降的趨勢。然而在車禍死亡的比例上，台南市及高雄市皆比台北市要高。

表 3：三大都市 90-92 年交通事故統計比較

縣市	肇事件數	死亡人數	受傷人數	人口數
台北市	90 年 (0.5%)	12,604 (0.004%)	98 (0.6%)	2,633,802
	91 年 (0.6%)	14,853 (0.003%)	81 (0.7%)	2,641,856
	92 年 (0.6%)	15,381 (0.003%)	87 (0.8%)	2,627,138
台南市	90 年 5,041 (0.7%)	79 (0.01%)	6,539 (0.9%)	740,846

<sup>3</sup> 死亡比例=死亡人數/肇事件數

	91 年	4,798 (0.6%)	54 (0.007%)	6,314 (0.8%)	745,081
	92 年	4,663 (0.6%)	63 (0.008%)	6,201 (0.8%)	749,628
高雄市	90 年	5,930 (0.4%)	121 (0.008%)	7,223 (0.5%)	1,494,457
	91 年	8,941 (0.6%)	105 (0.007%)	11,088 (0.7%)	1,509,510
	92 年	11,202 (0.7%)	88 (0.006%)	14,276 (0.9%)	1,509,350

(%) : 除以人口之比例

資料來源：本研究整理

## 二、空氣污染

比較三大都市因公路運輸而產生之污染排放量(圖二)，發現除了氮氧化物(NO<sub>x</sub>)台南市比台北市高之外，台北市機動車輛污染物幾乎每一種都佔最高的比例，其中機動車輛製造的一氧化碳比例更是佔全部的 97.67%。這三大都市中，高雄市公路運輸產生的污染物比例最低，而且與另外兩個都市有明顯的落差，主要原因在於高雄市是個以工業為重的城市，大部分的污染物是由高雄都會區工廠類別的固定污染源所產生。經由比較此一數值，清楚顯現人口集中的都市，其車輛所排放的污染物，較人口少的都市嚴重。而且儘管台北市大眾運輸使用比率高達 41.1%，大量的汽機車仍然造成嚴重的空氣污染。

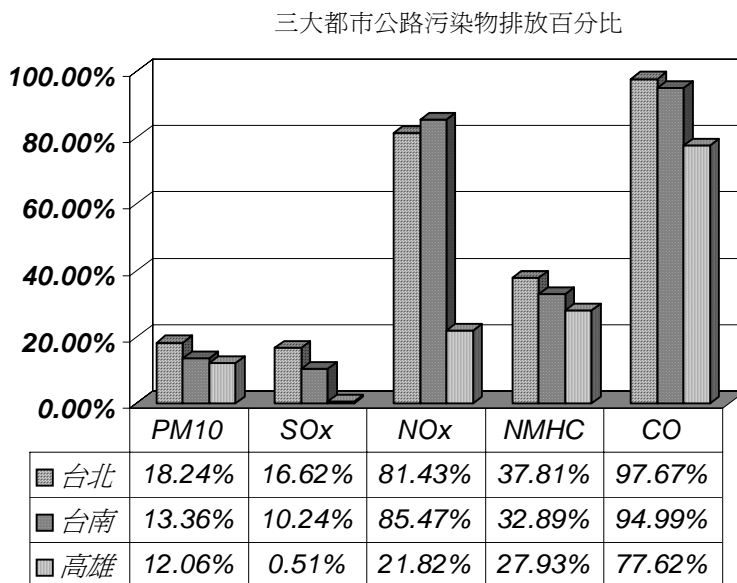


圖 2：三大都市 92 年公路污染物排放百分比

資料來源：行政院環保署空保處，本研究整理

表 4：93 年 8 月空氣品質狀況表

	測定日數比例		
北部空氣品質區			
雲嘉南空氣品質區			
高屏空氣品質區			
	良好(56.97%)	普通(40.06%)	不良(2.97%)

資料來源：行政院環保署統計通報，本研究整理

此三大都市的空氣污染程度若以區域劃分，台北市屬於北部空氣品質區、台南為雲嘉南空氣品質區、高雄為高屏空氣品質區。據行政院環保署環保最近幾期統計通報資料顯示，民國 93 年 8 月空氣品質狀況，北部地區空氣污染指標 PSI>100(也就是空氣品質不良)日數佔測定日數比例為 5.03%；雲嘉南地區空氣不良日數比例佔 1.43%；高屏地區則為 2.97%，詳細比例可見右表四。呈現北部地區空氣品質不良率最高，其次為高屏地區，不良率最低的為雲嘉南地區。

根據環保署的統計資料顯示，台北市於民國 92 年因交通工具產生之空氣污染陳情案件共 106 件，台南市 3 件，高雄市 25 件，明顯顯示台北市受運輸空污影響之民眾較多。

### 三、噪音妨礙

台灣地區民國 92 年度噪音陳情案件數共 31,659 件，以音源別分析，以娛樂及營業場所佔 42% (12,948 件)最多，其次依序排列为工廠場佔 19%(6,032 件)，營建工程 18%(5,690 件)，擴音設施佔 10%(3,182 件)，交通噪音 0.4%(144 件)，軍事機關佔 0.1%(30 件)，其他佔 11%(3,633 件)。

就三大都市探討，民國 92 年噪音陳情案件數，台北市 8,901 件、台南市 1,083 件，高雄市 2,765 件，其中因交通噪音問題而申訴的件數佔相當少數，台北市 7 件、台南市 7 件，高雄市 3 件，探討其背後原因，其實在於，車輛處於運動環境以及整體車流環境當中，噪音有其加乘效果，難以舉發並且難以獨立區隔是那一輛車所製造的噪音妨礙。

### 四、以上三者何者影響較大

以上是有關交通負面影響的資料蒐集與整理，比較三種不同交通運輸負面效益對健康的影響，可以發現三大都市皆以車禍直接受傷或死亡的人數最

多，而空氣污染以及噪音妨礙對於生命的直接影響不似車禍事故來的直接，難以直接加以歸因，所以相對於空氣污染與噪音而言，交通事故對健康的影響最大。此外交通意外對健康的破壞屬於直接傷害，而空氣污染物及噪音是以間接的途徑影響生理或心理上的健康，對健康產生的負面效果並不像車禍一般顯而易見，但是卻影響整個生活的群體，不似運輸事故只影響個人以及當事人家庭。

## 五、與 WHO 相關指標

世界衛生組織 WHO 與 47 個歐洲城市討論出 32 個可具體量化的健康城市指標，作為城市自身健康資料的基礎，其中與交通意外、運輸污染相關的指標包括：

1. 死因統計(代號 A2)：在死因統計中，呼吸疾病及肺、支氣管炎與空氣污染有關；交通事故與車禍意外相關。其計算方式為某一疾病每年死亡之人口數÷年中人口數×100,000。
2. 空氣品質(代號 C1)：評估測量方式包括，1.二氧化硫、粉塵：每年超過標準值的天數；2.二氧化氮、一氧化碳和臭氧：每年超過標準值的小時數。

搜尋所有健康城市指標後，並沒有發現有指標與噪音污染直接相關。另外，與交通相關，但是屬於正面效益的指標有：

1. 行人街道(代號 C10)：在此定義為所有車輛皆禁止通行之街道，測量方式是人行道總長度÷城市總面積。
2. 腳踏車專用道(代號 C11)：為僅供腳踏車使用之道路長度÷城市總面積。
3. 大眾運輸(代號 C12)：每千位居民分配到的大眾運輸座位數。
4. 大眾運輸服務範圍(代號 C13)：大眾運輸服務之距離佔全市道路總長度之比例。

## 肆、模型建立

本研究建立有關健康指標與運輸傷亡之系統動態模型，其模型建構又可分為心智模型與操作模型，分別建立並說明如下。

### 一、心智模型(Mental Model)

根據前述整理，發現影響交通傷亡(Death by Traffic)的構面包括有：車禍意外(Car Accident)、空氣污染(Air Pollution Influence)、以及噪音污染(Noise Influence)。相關示意如下圖 3。

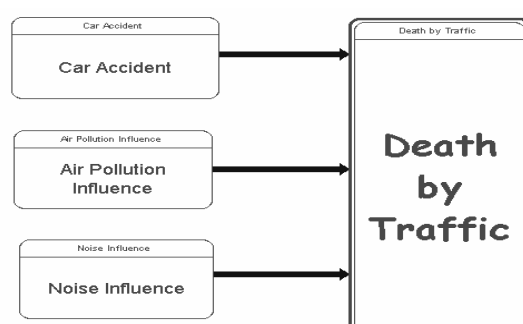




圖 3：影響交通傷亡構面示意圖

## 二、操作模型(Operational Model)

系統動態的操作模型以運輸相關死亡人數(transportation related death)為存量，其中車禍死亡(accident fatality)與污染死亡(pollution fatality)為流入的流量。影響車禍死亡的變數有「肇事率」(accident rate)、「酒醉駕車」(drunk driving)、車輛行駛里程(vehicle miles)以及「人口」(population)；而影響污染死亡的因素有「空氣污染」(atmospheric pollution)與人口，而「空氣污染」又受車輛行駛里程(vehicle miles)、步行及騎乘腳踏車(cycling and walking)的影響，「步行及騎乘腳踏車」又受行人街道(pedestrian street)、人行道(pedestrian area)、街道通暢程度(smooth street)、腳踏車數(bicycles)、以及車輛數(vehicles)的影響，最後「車輛數」受車輛持有率(vehicle ownership)，即政府之車輛持有政策(vehicle policy)以及大眾運輸政策(public transport)的影響，並嚴重影響「車輛行駛里程」。如此構成運輸與 WHO 健康指標間的數值關係。

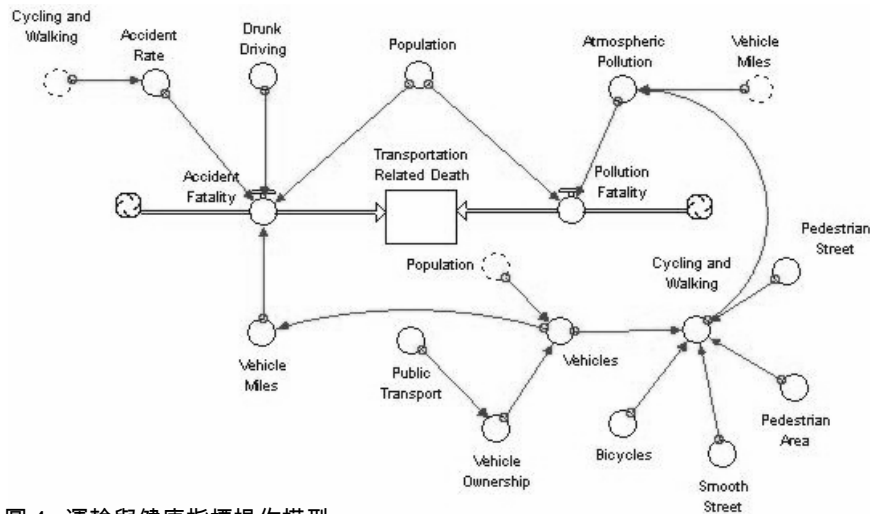


圖 4：運輸與健康指標操作模型

## 伍、結論、建議

本論文從運輸與健康指標之模型關係，得知

1. 現階段資料蒐集以及呈現的方式，車禍遠較空氣污染與噪音污染影響健康指標。而空氣污染又較噪音污染影響健康指標。WHO 甚至於沒有將噪音污染納入考量。
2. 影響車禍以及空氣污染的關鍵因素為「車輛行駛里程」，此一因素受「車輛政策」以及「大眾運輸政策」的影響。因此要改善健康受

運輸影響的程度，有賴從改變此二政策著手。

3. 台北市有高達 41.1%的大眾運輸旅次，而台北市的車禍比例與車禍死亡、受傷比例在所比較的三個都市中都最低，較高的大眾運輸比例可以降低車禍影響健康指標，與世界趨勢相一致。然而台北市車輛所造成的空氣污染程度在比較的三個都市中幾平均最高，顯示從健康城市的空氣污染指標而言，仍應加強控制車輛數與車輛使用。
4. 有關空氣污染與噪音污染對健康的影響關係，因為屬於長期的影響，之間的關係仍然不夠明確。有待進一步從衛生資料中篩選建立彼此的關係。
5. 空氣污染與噪音污染的集中現象與程度，可能較其平均值更影響健康，然而未能呈現在目前的指標當中，值得進一步分類探討建立關係。

## 參考文獻

1. 警政統計年報—台閩地區交通事故  
<http://www.npa.gov.tw/count/main2.htm>
2. 行政院環保署統計資料庫  
<http://210.69.101.88/WEBSTATIS/webindex2.htm>
3. 行政院環保署噪音管制資訊網  
[http://ivy2.epa.gov.tw/out\\_web/f/noise/default.htm](http://ivy2.epa.gov.tw/out_web/f/noise/default.htm)
4. 行政院環保署空保處 [http://ivy2.epa.gov.tw/out\\_web/F/index.htm](http://ivy2.epa.gov.tw/out_web/F/index.htm)
5. 中華民國 92 年台灣地區死因統計結果摘要  
<http://www.doh.gov.tw/statistic/data/死因摘要/92年/92.htm>
6. 國民健康局—健康行為調查結果摘要  
<http://www.bhp.doh.gov.tw/statistics/file/200311121037432ZR5YS/結果摘要.htm>
7. 永續發展相關網站 <http://cm.yuntech.edu.tw/9123537/epa/P1.html#b>
8. 陶在樸，系統動態學—直擊「第五項修練」奧秘，五南圖書出版公司，民國 88 年
9. 黃暖晴，WHO 健康城市指標簡易版，健康城市學刊第一期，民國 93 年 1 月

