

臺灣事故傷害對潛在生命年數、工作年 數及社會經濟損失影響探討

林正祥* 劉士嘉** 劉于琪***

-
- * 東海大學統計學系暨財務金融學系教授，通訊作者
E-mail: linstat@thu.edu.tw
- ** 衛生福利部國民健康署監測研究組研發替代役
E-mail: liushihchia@hpa.gov.tw
- *** 東海大學統計學系碩士
E-mail: st.fennel@gmail.com

收稿日期：2013.02.25；接受刊登：2013.12.10

airiti
摘要

本研究利用衛生福利部所提供的「死因資料」，以事故傷害為例，就其影響潛在生命年數及社會經濟損失長期趨勢進行分析探討。除利用Lee-Carter模式探討1985-2009年事故傷害死亡率變化及預測未來趨勢外，並利用該模式求得之各年死亡率高低趨勢以非線性模式配適，並預測未來數年各年齡層事故傷害死亡率。另，針對事故傷害影響推算各年預期生命年數損失，以人力資本法算出其在各年所造成的工作年數社會經濟損失，最後利用時間序列ARIMA模式探討並預測事故傷害經濟損失變動趨勢。研究結果發現自1985-2009年，25年來事故傷害死亡率呈現上升再下降趨勢且在1989年達最高，每10萬人口就有70.04人死於事故傷害，若排除1999年因921大地震及2009年的莫拉克風災年份，在1989年後呈下降趨勢，另Lee-Carter模式所求得之各年死亡率高低趨勢以時間序列及非線性模式預測2010及2011年之事故傷害死亡率均得到良好的配適。就社會經濟損失方面，以2000年臺灣地區年中人口數為基準，在事故傷害方面所造成的每千人口潛在生命年數損失於1989年、1999年及2009年分別為31.13、21.44及10.06年；每千人口潛在工作年數損失為29.56、17.55及7.34年。另外，事故傷害死亡的社會經濟損失經2009年「消費者物價指數」（Consumer Price Index, 簡稱CPI）調整後，以1993年為最高490.37億元，而1999年經濟損失為410.15億元，在1999年後呈下降趨勢且在2009年經濟損失為165.79億元，25年來事故傷害造成的經濟損失減少37.52%。另外，以時間序列模式進行預測，事故傷害其未來3年的每千人口生命年數損失分別為8.86年、8.05年及7.23年；每千人口工作年數損失則為6.32年、5.52年及4.72年；經濟損失分別為147.55億元、127.89億元與108.23億元。

關鍵詞：事故傷害、Lee-Carter模式、ARIMA模式、潛在生命年數損失、工作年數損失

airiti

壹、前言

臺灣地區近25年來，自1989年以後事故傷害死亡率有明顯的下降趨勢，在十大死因中由原來的第三位降為第四位，2002年降為第五名，且在2009年更降為第六位，但是事故傷害仍是影響臺灣地區民眾生命的嚴重問題之一，特別是在較為年輕的族群仍位居前三名。依衛生福利部公佈的2010年死因統計分析報告書，2010年十大死因中事故傷害為第六位其死亡數為6,669人，而在男性十大死因中為第五位其占5.5%，在女性十大死因中則為第八位其占3.3%；若按年齡層分則事故傷害在15-24歲青少年人十大死因中為第一名占51.7%，25-44歲壯年人十大死因中為第二名其占15.2%，45-64歲中年人十大死因中為第五名其占5.8%，65歲以上老年人十大死因中則為第十名其占2.4%。歷年事故傷害死亡率大抵是呈現下降趨勢，除因1999年的921大地震，以及2009年的莫拉克88風災外，事故傷害每10萬人口粗死率由1990年68.8人下降至2010年的28.8人，20年來的降幅達58.1%。臺灣地區1986-2007年事故傷害死亡率趨勢分析指出，男性在非蓄意性及蓄意性傷害死亡都高於女性，而運輸事故則是臺灣地區民眾非蓄意性事故主要死因，每10萬人口的死亡率為29.08%，其次是溺水每10萬人口為4.84%，兩者都呈現下降趨勢，但意外墜墜在1996年後進而取代了溺水成為第二死因（賴建丞等 2009）。事故傷害的發生通常無預警且突然，衝擊病患身體及心理，對個人、家庭及社會都會造成重大損失。青、壯年正值生產力旺盛之族群，若因事故傷害提前結束生命將對社會產能貢獻造成巨大的損失。

用「死亡率」或其標準化後結果做為指標，雖可明確的告訴人們在單位時間內哪種疾病引起社會損失的人數最多，但是卻不足以反應社會的健康需求及死亡對社會所造成的影響，尤其是對死亡平均年齡層較低死因的影響，更有嚴重的低估。基於不同年齡的平均餘命

不同，若降低年輕年齡組的死亡率，由於其平均餘命較長，對於總體平均餘命的貢獻較大，反之年長者的死亡率下降，則效果較小。因此Gardner and Sanborn (1990) 提出「潛在生命年數損失」(years of potential life lost, YPLL) 的概念，做為測量健康狀況的指標。「潛在生命年數損失」，做為測量健康狀況的指標，係將不同年齡層死亡時，社會將承受的實質損失，以人年為單位估計出來，使健康資源的規劃與運用，更能符合社會經濟之實際需求，有些學者亦認為粗死亡率或年齡別死亡率對於每個年齡層的死亡皆一視同仁的計算並不十分恰當，因為老人是各種死因的最大危險群，所以大部分死因的死亡率皆以老人偏高，如此忽略了死亡者之年齡分佈，使得大部分社會資源皆花費在老人疾病的治療與預防，相對地使年輕人的死亡疾病容易被忽視。另一方面，不同年齡組的死因差異及死亡率下降對勞動力的影響不同，進而影響到社會經濟。探討這些問題不但有學術的意義，對政策也有重要啟發。雖然「潛在生命年數損失」概念的提出已有20年的歷史，然這些年來國外探討的相關文獻亦所在多有，如皮膚癌 (Ekwueme et al. 2011)、人類乳突病毒 (Human Papillomavirus, HPV) 引起的相關癌症 (Ekwueme et al. 2008) 及男性尿道癌 (Li et al. 2010) 在美國所造成的潛在生命年數損失及經濟損失。邱淑媿等 (1993) 曾指出1974-1990年臺灣地區老年人口由於生理的老化伴隨不同程度疾病，因而較一般年齡層更易發生意外災害且災害發生時之死亡率更較一般人高，所以必須考慮年齡分佈及死亡人數，因此潛在生命損失對於愈年輕的死亡者，由於他可能活得更久，而就有愈重的加權。例如以潛在生命損失來計算一般生命統計中十大死亡原因時，原本以死亡率計算的十大死因順位可能會有相當的改變，其中原本排名較前的老人常見死因，可能被較年輕人常見的死因所取代。而年齡較輕者，通常較具有生產力，也因此這個指標就有它在經濟上某個程度的價值。美國疾病管制中心在1982年開始將潛在生命損失列於疾病報告的報表內，以讓大家瞭解某些威脅年輕人的死因會減少整個社

會相當多的生產力（Gardner and Sanborn 1990）。陳麗華（2001）就臺灣地區1990-2000年不同的死因別進行潛在生命年數損失估算與探討，指出以死亡率做為指標衡量為僅就死亡個案給予等量的重要性，未能考慮年齡大小對平均餘命影響之因素，對年輕過早死亡有嚴重低估情形，無法完全反映死亡對社會所造成的影響，於是利用潛在生命年數損失方法做為測量健康狀況新指標，透過生命年數損失加權測量可反映出過早死因，主要是對年輕死亡者給予較高的權重比起僅用死亡率為指標更能表達出過早死亡之意涵。潛在生命年數損失可明確把在不同年齡死亡時，社會所承受的潛在損失以人年為單位估算出來。陳立慧等（1993）曾就機動車交通事故之死亡率、潛在生命年數損失及貨幣價值探討其所造成的社會經濟損失，其研究指出機動車交通事故的死亡率遠比十大死因前二名的惡性腫瘤及腦血管疾病低，若採用潛在工作年數損失計算則遠超過二者，與利用死亡率計算相較，更能反映過早死因對社會的衝擊，更發現自1984年後，歷年機動車交通事故所造成的經濟損失均在百億元以上。潘伶燕、邱淑媿（2011）則以平均餘命、死亡率及潛在生命年數損失做為指標，探討臺灣地區1991-2007年男女性的健康差距，指出潛在生命年數損失是用來衡量過早死亡的重要指標，死亡當時的年齡可反應死亡所造成的生產力損失與社會的衝擊程度。

在計算潛在生命年數損失時，國際上對壽命損失上限無一致公認標準。我國衛生福利部統計處自1996年起定期報告生命年數損失後，陸續採用65歲、75歲做為計算壽命損失之上限，近年來則參考經濟合作發展組織會員國（Organization for Economic Co-operation and Development, 簡稱OECD）改用70歲為上限。關於生命年數損失（years life lost, YLL）有不同的計算方法，例如：潛在生命年數損失（years of potential life lost, YPLL）、年代預期生命年數損失（period expected years of life lost, PEYLL）、標準預期生命年數損失（standard expected years of life lost, SEYLL）。政府所提供之YPLL係以70歲為

壽命上限，計算70歲以下人口潛在生命年數損失，此外，其他有關生命年數損失計算方法，如SEYLL需設定壽命上限，且男性與女性之壽命上限有所不同。因此，考慮到壽命上限之問題及各年齡組均有生命損失的考量下，本文採用PEYLL做為計算潛在生命年數損失之計算方法，與政府採用YPLL的結果相較之下，利用PEYLL計算生命年數損失可避免不同國家間年齡上限之變動（以何年齡做基準），方便客觀比較，且壽命的延長可藉由平均餘命來呈現。而本研究在計算潛在生命年數損失時，是採用PEYLL為計算公式，先依據2000年臺灣地區年中人口數標準化，再以每一年齡層標準化死亡數和該年齡層平均餘命相乘加總計算而得，因調整人口結構之變化，可方便用於跨年度間比較。

本研究擬就近25年來事故傷害所引起的潛在生命年數暨工作年數損失變化趨勢進行深入探討，另採用人力資本法（Human Capital Method）對其所造成的經濟損失進行估算，其係以薪資來呈現一個人的生命價值，即是個人終身所能賺取的金錢，除計算方便外且較能有客觀之比較標準。研究結果當有助於政府相關部門擬定相關防制政策。

貳、資料與研究方法

一、研究資料與架構

有關本研究資料中各年齡組總人數、總死亡人數來自行政院衛生福利部提供的歷年死因資料（行政院衛生福利部統計處 n.d.）統計出之各年齡組意外事故死亡人數，事故傷害係指非蓄意性傷害，主要死因項目包含運輸事故、意外中毒、意外墜落、火及火焰所致及意外之淹死及溺水，其餘較少發生的事故傷害歸入其他項中；自殺與他殺屬蓄意性傷害死亡，並不包含在事故傷害中。在死因編碼使用上雖從2008年起改採用ICD-10版，與先前ICD-9版有些許不同，但事故傷害

的主要死因項目大致相同，本研究有關事故傷害所使用之ICD-9版簡略死因碼為E47-E53，詳細碼為800-949。另，有關ICD-9版及ICD-10版對於事故傷害分類架構的差異，亦可參考呂宗學、江東亮（2006）所提供之比較；潛在生命年數損失、潛在工作年數損失及社會經濟損失之相關資料來源為內政部1985-2009年臺灣地區簡易生命表（內政部統計處 n.d.）、行政院主計處與經建會合編（2009）「臺灣人口運用調查報告國人平均薪資」、「勞動參與率與就業率及中華民國統計資訊網之總體統計資料庫」（行政院主計處 n.d.）。

本研究擬就事故傷害死亡率變化趨勢及因事故傷害所造成的社會經濟損失兩大課題進行深入探討。就事故傷害死亡率言，除利用Lee-Carter模式探討1985-2009年事故傷害死亡率變化及預測未來趨勢外，並利用該模式求得之各年死亡率高低趨勢以非線性模式配適並預測未來數年各年齡層事故傷害死亡率；在社會經濟損失方面，依據2000年臺灣地區年中人口數已直接校正法就各年之年齡組進行標準化，推算各年分事故傷害影響潛在生命年數損失、每千人口生命年數損失、潛在工作年數損失及每千人口工作年數損失。以生命年數損失為例，係以2000年各年齡組之年中人口數除以該年之年中人口數做為權數，再乘上各年度之年齡別事故傷害死亡人數，將各年度不同年齡組事故傷害死亡人數標準化，再利用此標準化死亡數與該年齡組平均餘命相乘加總計算而得，其目的在於調整人口結構之變化，可方便用於跨年度間比較。另根據標準化之結果，利用人力資本法輔以CPI指數調整，推算事故傷害所造成的社會經濟損失，並利用時間序列ARIMA模式進行潛在生命損失、工作損失及經濟損失之預測。

二、資料分析方法

（一）Lee-Carter模式

Lee and Carter（1992）曾發展出一套融合時間序列和人口學模式的方法，並根據死亡率的變動情況來預測其未來不同年齡組的死亡趨勢。其公式如下為：

$$\ln[\mu_x(t)] = a_x + b_x \cdot k(t) + \varepsilon_x(t) \dots\dots\dots (1)$$

其中 $\mu_x(t)$ 為第 t 年時 x 年齡組之人口之中央死亡率， a_x 為年齡別死亡率對數變化基數， b_x 為年齡別死亡率對數變化趨勢， $k(t)$ 為第 t 年死亡率水平指數， $\varepsilon_x(t)$ 為 x 年齡組在第 t 年之隨機誤差， x 則依照生命表分為19個年齡組。另， $k(t)$ 可表示為：

$$k(t) = k(t-1) + Z + \varepsilon(t) \dots\dots\dots (2)$$

其中 Z 表示為一平均遞減常數， $\varepsilon(t)$ 為平均數0與變異數 σ_ε^2 之隨機誤差項。

在Lee-Carter的研究中是用 $\min \sum (\ln[\mu_x(t)] - a_x - b_x \cdot k(t))^2$ 來進行模式配適。對於參數之估計可由singular value decomposition (SVD) 方法求得，若死亡率資料含有遺漏值 (missing value) 時，亦可利用SVD近似法來求得參數估計值。在 $\sum_x b_x = 1$ 及 $\sum_t k(t) = 0$ 之限制下，本文採用SVD近似法估計參數如下：

1. a_x 為 $\ln[\mu_x(t)]$ 在所有年度之平均數。
2. $k(t)$ 近似全部年齡組 $[\ln(\mu_x(t)) - a_x]$ 之總和。
3. b_x 則為以反應變數 $[\ln(\mu_x(t)) - a_x]$ 及自變數 $k(t)$ 所建立迴歸模式之迴歸係數。

換句話說， a_x 即為各年齡組對數死亡率之平均值， b_x 為各年齡組死亡率變化趨勢， $k(t)$ 則為各年死亡率高低趨勢。另一方面，Wilmoth (1993) 則對Lee-Carter模式提出修正，若採用Weighted Least Square (WLS) 加權可降低死亡率之變異，其模式為：

$$\min \sum W_x(t) \cdot (\ln[\mu_x(t)] - a_x - b_x \cdot k(t))^2 \dots\dots\dots (3)$$

利用偏導數的概念求出正規方程式，最後可得3個參數的估計公式如下：

$$\hat{a}_x^{\text{加權}} = \frac{\sum_t W_x(t) \cdot (\ln[\mu_x(t)] - b_x \cdot k(t))}{\sum_t W_x(t)}, \quad \hat{b}_x^{\text{加權}} = \frac{\sum_t W_x(t) \cdot k(t) (\ln[\mu_x(t)] - a_x)}{\sum_t W_x(t) \cdot k^2(t)}$$

$$\hat{k}(t)_{\text{加權}} = \frac{\sum_x W_x(t) \cdot b_x (\ln[\mu_x(t)] - a_x)}{\sum_x W_x(t) \cdot b_x^2} \dots\dots\dots (4)$$

其中 $W_x(t)$ 為各年齡組在第 t 年時之年中人口數。

Lee-Carter方法是國外最廣為使用來探討死亡率之模式，黃意萍、余清祥（2002）曾利用此一模式對臺灣地區生育率進行推估，其模式的參數明顯易懂，但此模式之效果在各國大不相同，極易受到資料的影響，使得模式配適的效果可能會有較大誤差，近幾年不少學者提出修正方法，以降低資料對此模式的影響（曾奕翔、余清祥2006）。本研究擬採用WLS此加權方法，在權數 $W_x(t)$ 方面則是使用了1985-2009年的年中人口數進行參數推估。

另，參數 $k(t)$ 可視為來自一個隨機過程，可藉由時間序列 $ARIMA(p, d, q)$ 模式加以建立，並進一步去預測未來的 $k(t)$ 。然Lee-Carter模式之結果通常以線性趨勢變化，為避免利用高階差分之時間序列預測模式造成預測不穩定之結果，本研究利用非線性模式進行有關 $k(t)$ 之預測提供另一選取方式，模式如下：

$$E(k|t) = L_0 + L \times a^{b(t-1985)}, \quad L_0 > 0, L < 0, 0 < a < 1, 0 < b < 1 \dots\dots (5)$$

此模式係非對稱反曲點之S型曲線模型，其中 k 為事故傷害死亡率水平指數， L_0 、 L 、 a 及 b 為參數。上式中，當 $t=1985$ （起始年）時， $k=L_0+L \cdot a$ 此模式之上限值；當 $t \rightarrow \infty$ ， $k \rightarrow L_0+L$ 為模式下限。將預測的 $k(t)$ 及Lee-Carter模式中 \hat{a}_x 、 \hat{b}_x 參數估計值代入 $\hat{\mu}_x(t) = \exp[a_x + \hat{b}_x k(t)]$ ，即可得到未來幾年的各年齡別事故傷害死亡率。

(二) 潛在生命年數損失、潛在工作年數損失、社會經濟損失

因事故傷害造成之潛在生命年數損失係假設人們在無意外事故傷害發生之狀況下，應可存活至平均餘命之年齡，即假定人存活的每一年對社會都是有貢獻的，所以不同年齡的事故傷害發生，對社會之損失意義應不相同，Gardner and Sanborn (1990) 對此則有詳盡的說明。

生命年數損失可將不同年齡層死亡時，社會所承受的實質損失以人年為單位估計出來，使健康資源的規劃與運用更能符合社會經濟需求。本文生命年數損失係採用以平均餘命為基礎之年代預期生命年數 (PEYLL) 進行推算；在工作年數損失方面，係假設生產年齡層或工作年齡層的死亡才會造成社會損失。因此利用各年齡層的死亡人數乘以該年齡層與設定之工作年齡上限 (N) 差距的年數做為工作年數損失之計算；對於未達工作年齡下限 (W) 就死亡者，則以 $N - W = 50$ 計算。另依據勞基法相關規定，本研究中設定65歲及15歲分別為工作年齡上、下限。

依照臺灣地區簡易生命表之19個5齡組，令 d_i 為第 i 年齡組之標準化事故傷害死亡數， μ_i 為第 i 年齡組之組中點， e_i 則為第 i 年齡組之平均餘命。有關生命年數損失及工作年數損失之計算如下所示：

1. 生命年數損失

(1) 年代預期生命年數損失 (PEYLL)

$$PEYLL = \sum d_i \cdot e_i \dots\dots\dots (6)$$

(2) 標準化每千人口生命年數損失 (standardized years of potential life lost per 1000, SYPLL)

$$SYPLL = (PEYLL / M) \times 1000 \dots\dots\dots (7)$$

其中 M 為年中人口數。

2. 工作年數損失

(1) 潛在工作年數損失 (work years of potential life lost, WYPLL)

$$WYPLL = \sum_{i=1}^4 d_i \cdot (N - W) + \sum_{i=5}^{14} d_i \cdot (N - \mu_i) \dots\dots\dots (8)$$

其中下標*i*表生命表之5齡組組別，第1組至第4組 ($i = 1 \sim 4$) 為工作年齡下限15歲以下之組別，第5-14組則分別表示15-65歲相對應之10個5齡組。

(2) 標準化每千人工作年數損失 (standardized work years of potential life lost per 1000, SWYPLL)

$$SWYPLL = (WYPLL / M) \times 1000 \dots\dots\dots (9)$$

另由於事故傷害死亡對社會經濟造成重大損失，為了使經濟損失的量有更明顯的數字依據，本研究使用人力資本法對經濟損失進行估算，此種方法是假設生命價值即是個人終身所能賺取的金錢。

本文在各年工作年齡組因事故傷害造成的社會經濟損失，係採用人力資本法估算。15歲以下事故傷害死亡者可存活至15歲人數為：

$$\sum_{j=1}^4 d_j \left(\prod_{i=j}^4 p_i \right) \dots\dots\dots (10)$$

其中*d_j*為第*j*年齡組之標準化事故傷害死亡數，*p_i*為第*i*年齡組去除事故傷害死亡人數之調整存活機率，其定義為：

$$p_j = 1 - \pi_j \left(\frac{d_j - d_j}{d_j} \right) \dots\dots\dots (11)$$

其中 π_j 為簡易生命表中第*j*年齡組死亡機率，*d_j*為第*j*年齡組所有死因之標準化死亡數。將此併入15歲年齡組中，並利用以下公式計算各年

齡組事故傷害死亡引起的社會經濟損失，加總再乘上2.5後即為工作年齡組社會經濟損失：

$$\left[\sum_{k=5}^{14} L_k \times E_k \times S_k \times \left(\sum_{i=5}^k d_i \times \left(\prod_{j=i}^k p_j \right) \right) \right] \times 2.5 \dots\dots\dots (12)$$

其中 L_k 、 E_k 及 S_k 分別為第 k 年齡組之勞動參與率、就業率及平均年薪；2.5係指5齡組事故傷害死亡者平均工作年數，並以2009年消費者物價指數調整推算之社會經濟損失。

(三) 時間序列模式

分析探討時間序列方法的自我迴歸整合移動平均模式 (Auto Regressive Integrated Moving Average, ARIMA) 是由Box and Jenkins (1976) 所提出的時間序列隨機預測模式，可用來說明平穩型、無定向與季節性數列之意義，即處理非定態的時間序列。本研究以時間序列ARIMA模式進行潛在生命損失、工作損失及經濟損失之預測，其模式如下：

$$ARIMA(p, d, q): \Delta^d x_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i \Delta^d x_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q b_i \varepsilon_{t-i} \dots\dots\dots (13)$$

其中 a_0 為常數之截距項， p 為自我迴歸之階數， d 為差分之階數， q 為移動平均之階數， ε_t 為白噪音， $\Delta^d x_t$ 為 x_t 取差分 d 次。本文利用Ljung and Box (1978) 所提出的Ljung-Box Q 統計量來針對殘差分配特性做診斷，模式配適度檢定其虛無假設為 H_0 ：殘差是符合白噪音過程。其統計量為：

$$Q = n(n+2) \sum_{i=1}^l \frac{\hat{\varepsilon}_i \hat{\varepsilon}_{t-i}}{n-i} \dots\dots\dots (14)$$

其中 n 為樣本數， $\hat{\varepsilon}_i$ 為誤差項之估計， i 為遞延期數。當Ljung-Box Q 統計量大於0.05之顯著臨界值則模式的統計檢定可通過。在模式的預測

效果評估上，本文採用mean absolute percentage error (MAPE) 做為判斷上的依據，如下所示：

$$MAPE = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

其中 m 為預測期數，為 y_t 實際值， \hat{y}_t 為預測值。Lewis (1982) 曾依MAPE之大小將模式預測能力分等級，若 $MAPE < 10\%$ ，則模式具高精確度； $10\% < MAPE < 20\%$ ，模式預測能力良好； $20\% < MAPE < 50\%$ ，模式預測能力合理； $50\% < MAPE$ ，表示不正確之預測。當預測誤差愈小時，MAPE值會愈接近零。

參、結果與討論

一、事故傷害死亡率

以臺灣2000年年中人口為基準，計算出近25年的事故傷害標準化死亡率如圖1所示。

事故傷害歷年來最大的死亡數發生在1989年，每10萬人口70.04且在1999年之前每10萬人口死亡率均大於50.00%，而1985-2009年事故傷害下降45.77%，在死亡率相關模式配適預測上，由於1999年921大地震及2009年莫拉克88風災造成事故傷害死亡數異常的增加，本文擬將此2年的資料排除再進行Lee-Carter模式及時間序列預測分析。根據Lee-Carter模式，臺灣地區近25年來事故傷害Lee-Carter模式之參數估計不論以近似法或者加權修正法所得到的結果差異不大。

圖2係經過Lee-Carter模式推算而得到的近25年來年齡別事故傷害死亡率對數變化基數 a_x ，事故傷害在0-14歲是下降的而15歲以上則緩升。

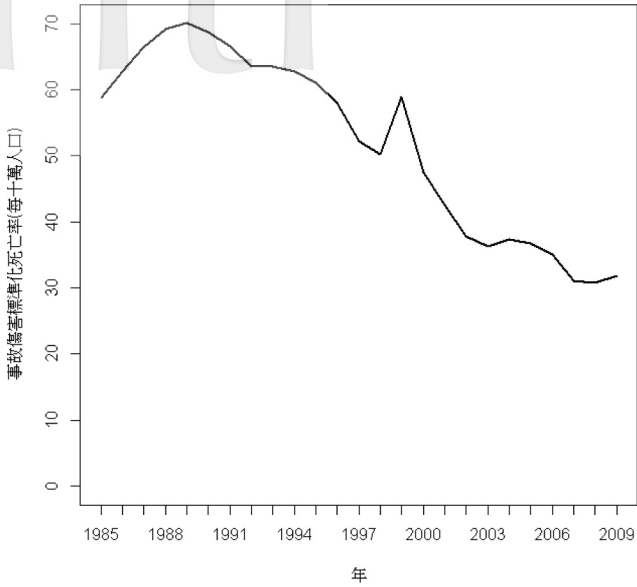


圖1 事故傷害標準化死亡率趨勢圖

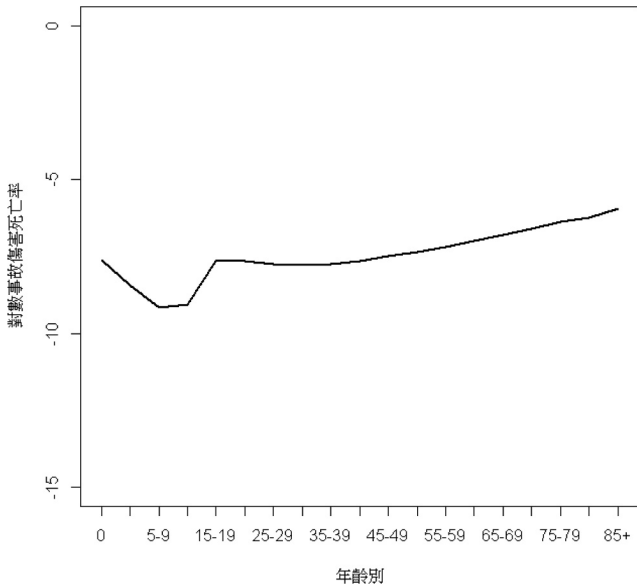


圖2 年齡別事故傷害死亡率對數變化基數

圖3為年齡別事故傷害死亡率對數變化趨勢，事故傷害的變化是呈上升、下降起伏，事故傷害在0-14歲的變化速度快，15歲以後變化速度有所振盪起伏但呈平穩下降趨勢，可知年輕人在死亡率的變化速度是相對於老年人來得起伏大。

圖4為死亡率水平指數 $k(t)$ ，而 $k(t)$ 值的大小顯示該年死亡水平的高低， $k(t)$ 值愈小死亡水平就愈低。在Lee-Carter模式中，事故傷害死亡率在近25年來 $k(t)$ 值由正轉負且一直在下降顯見其死亡率逐年有相對明顯的改善。

本文使用1985-2003年資料以Lee-Carter模型推估 $k(t)$ 值，隨後以時間序列模式ARIMA推估，並進行2004-2011年之預測。另，由於1999年921大地震及2009年莫拉克88風災造成事故傷害死亡數異常的增加，本文擬將此2年的資料排除再進行Lee-Carter模式及時間序列預測分析。利用時間序列模式預測未來之 $k(t)$ 值，所得平穩序列預測模式為ARIMA(1, 2, 0)，並根據預測之結果代入 $\hat{\mu}_x(t) = \exp[a_x + \hat{b}_x k(t)]$ ，可得

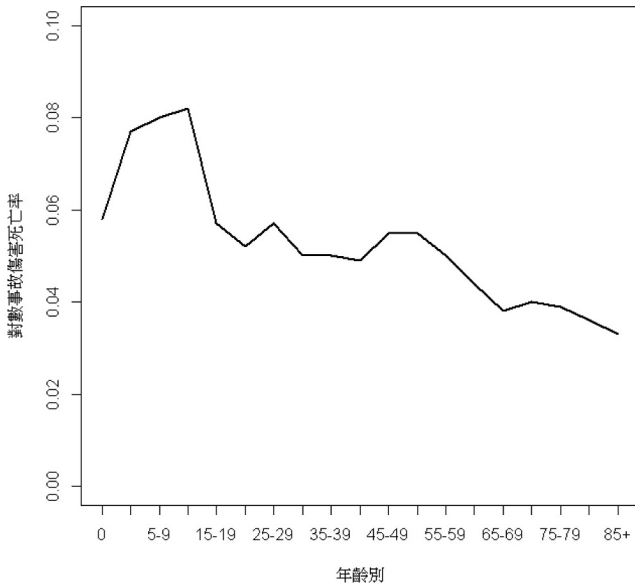


圖3 年齡別事故傷害死亡率對數變化趨勢

2004-2011年各年齡別事故傷害死亡率，其預測效果MAPE結果如表1所示，各年度之預測能力皆低於20%，顯現良好的預測結果。

另一方面，考慮到時間序列二階差分在預測未來較長遠之趨勢可能會產生較大誤差，雖然觀察圖4可以發現自1989年開始，事故傷害死亡率水平指數似以線性逐年下降，然事故傷害死亡率不可能降為零，另一方面，雖然觀察圖4可以發現自1989年開始，事故傷害死亡率水平指數似以線性逐年下降，然事故傷害死亡率不可能降為零，因此儘管簡單線性迴歸或許在短期內有不錯的結果，本文並未採用該方法進行預測。吾等認為事故傷害死亡率未來改善之情形有可能像是非對稱反曲點之S型曲線呈現下降且平穩之趨勢，另考慮具平穩趨勢下限之非線性模式之配適結果如下。

表1 2004-2011年年齡別事故傷害死亡率預測之MAPE

年度	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2004-2011
MAPE	8.93%	10.85%	13.41%	9.13%	9.66%	12.62%	16.72%	11.62%

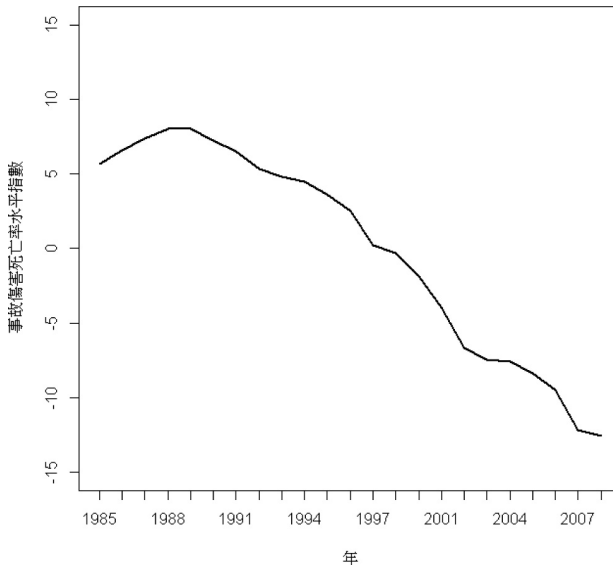
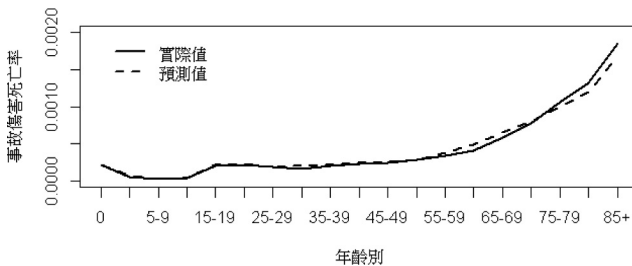


圖4 事故傷害死亡率水平指數

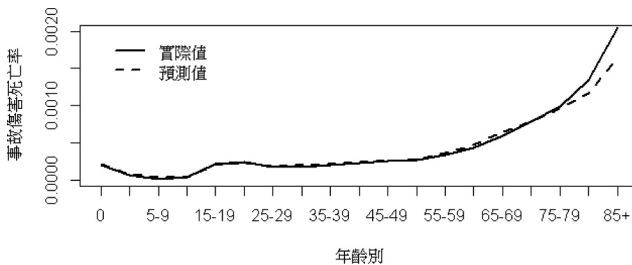
$$\hat{k}(t) = 7.226 - 26.9 \times \left(0.000398^{0.87060(t-1958)} \right) \dots\dots\dots (16)$$

就各年齡層而言，利用上述時間序列模型及非線性模式預測2010年及2011年事故傷害死亡率水平指數，將預測之結果代入 $\hat{\mu}_x(t) = \exp[a_x + \hat{b}_x k(t)]$ ，即可得到2010年及2011年各年齡別事故傷害死亡率。另根據非線性模式配適結果， $k(t)$ 值大約在2030年時趨於平穩。圖5係2010年及2011年非線性模式事故傷害死亡率預測值及其實際死亡率的比較，除年齡層在1-9歲與25-34歲的死亡率呈下降趨勢外，其他年齡層則是隨著年齡增加呈平穩上升現象且65歲以上的死亡率為最高。另，2010年及2011年非線性模式年齡別事故傷害死亡率預測之MAPE分別為9.71%及13.03%。

賴建丞等（2009）對臺灣1986-2007年事故傷害死亡率趨勢進行分析，指出臺灣22年來非蓄意性傷害死亡率呈下降趨勢。亦發現事故



(a)



(b)

圖5 年齡別事故傷害死亡率及預測圖：(a)2010年；(b)2011年

傷害死亡者有近六成的原因是因為運輸事故，而運輸事故死者中又有九成以上是因機動車交通事故致死，顯示出機動車交通事故所造成的傷害是很值得注意的。此外，賴建丞等（2009）之研究亦顯示除運輸事故逐年下降的起伏較為明顯外，其餘非蓄意性傷害死亡率雖呈現下降趨勢，惟其起伏有限，亦顯現運輸事故為非蓄意性事故傷害之主要原因。另根據衛生福利部統計室所提供之歷年事故傷害死亡統計顯示，歷年各年齡組事故傷害死亡率大致呈現與圖2相同之趨勢，均為0-14歲下降而於15歲後緩升，此等趨勢或與運輸事故為主要事故原因有關，而運輸事故主要反映在15歲以上族群。在預防上，陳經緯（2002）指出機動車事故的頭部外傷死亡人數，於強制戴安全帽政策實施後，有明顯之降低，說明政策實行後，有達到降低機動車事故因頭部外傷死亡之目地。就預防觀點而言，政府在此一方面有明顯的進步，惟仍有改善的空間。

二、潛在生命年數、工作年數及社會經濟損失

25年來事故傷害特定年齡組潛在生命年數損失如表2，各年齡組0-4歲、5-9歲、10-19歲、20-64歲及65歲以上損失生命年數最多年分，分別在1985年、1987年、1989年、1989年及1999年，而自1985-2009年各年齡組的年數損失分別下降74.46%、63.64%、56.35%、54.69%及29.29%，在2009年各年齡組的潛在生命年數損失為13,932年、7,959年、31,125年、154,139年及25,062年。另外，全年齡的潛在生命年數損失在1989年時損失最多為624,359年，25年來下降了55.63%。

由表3得知事故傷害潛在生命年數損失在1989年時損失最多為624,359年，25年來下降了55.63%；潛在工作年數損失同樣在1989年損失最多為393,756年，且其下降率為62.44%，其自1985年上升到1989年開始下降，除1993年、1999年、2004年與2009年有些微上升外，其他年份均呈現下降趨勢。另外，每千人口生命年數及工作年數損失在1989年損失最多分別為31.13年與29.56年，且25年來分別下降

表2 事故傷害特定年齡組標準化潛在生命年數損失（單位：年）

年度	0-4歲	5-9歲	10-19歲	20-64歲	65+歲	全年
1985	54,543	21,891	71,306	340,159	35,444	523,344
1986	52,743	23,307	80,766	361,912	37,476	556,203
1987	52,999	24,341	106,129	369,310	38,924	591,702
1988	49,859	21,110	107,464	390,067	40,919	609,420
1989	53,137	21,740	112,418	396,054	41,009	624,359
1990	48,865	20,982	97,364	393,881	41,010	602,102
1991	49,299	19,769	90,413	380,842	40,973	581,296
1992	46,210	17,261	89,621	357,763	38,209	549,064
1993	38,355	17,625	101,402	356,977	36,482	550,841
1994	37,616	16,115	96,229	348,054	38,041	536,054
1995	35,069	13,170	89,556	344,963	36,810	519,569
1996	32,453	12,738	85,693	323,834	35,322	490,041
1997	29,279	10,677	73,157	292,790	33,845	439,748
1998	28,865	12,290	72,877	278,332	31,702	424,067
1999	36,085	19,553	76,371	295,821	44,054	471,884
2000	23,376	9,516	60,829	254,206	33,841	381,768
2001	22,688	9,498	52,313	222,220	31,757	338,476
2002	21,621	6,040	43,002	196,854	29,396	296,913
2003	20,781	8,532	41,540	187,242	27,924	286,019
2004	18,225	6,603	44,287	193,443	28,269	290,828
2005	15,907	5,940	45,964	191,242	26,819	285,873
2006	15,843	5,825	40,138	184,847	25,874	272,527
2007	13,541	5,305	31,720	162,625	23,345	236,536
2008	14,092	4,476	29,819	149,411	24,791	222,589
2009	13,932	7,959	31,125	154,139	25,062	232,217

了63.10%與72.06%。此外，事故傷害每千人口生命年數損失及其工作年數的每千人口損失，二者下降趨勢相同，惟在1999年因921地震災害而引起二者之年數損失增加。

另外，我們以時間序列模式預測出未來3年每千人口潛在生命年數及工作年數損失，利用已推算出之25年來每千人口潛在生命年數及

表3 1985-2009年事故傷害潛在生命年數損失
及工作年數損失（單位：年）

年度	生命年數損失	工作年數損失	生命年數損失 (每千人口)	工作年數損失 (每千人口)
1985	523,344	328,531	27.27	26.28
1986	556,203	347,390	28.65	27.31
1987	591,702	374,385	30.16	28.97
1988	609,420	384,435	30.77	29.28
1989	624,359	393,756	31.13	29.56
1990	602,102	374,114	29.69	27.69
1991	581,296	356,168	28.35	25.96
1992	549,064	337,139	26.52	24.20
1993	550,841	342,290	26.36	24.23
1994	536,054	327,929	25.42	22.88
1995	519,569	316,784	24.43	21.77
1996	490,041	295,267	22.85	20.02
1997	439,748	260,400	20.33	17.40
1998	424,067	250,493	19.42	16.49
1999	471,884	270,281	21.44	17.55
2000	381,768	218,698	17.21	14.04
2001	338,476	190,788	15.15	12.14
2002	296,913	165,387	13.22	10.45
2003	286,019	159,513	12.68	9.99
2004	290,828	161,250	12.84	10.02
2005	285,873	159,809	12.58	9.85
2006	272,527	150,776	11.94	9.21
2007	236,536	128,241	10.32	7.77
2008	222,589	118,678	9.68	7.12
2009	232,217	123,388	10.06	7.34

工作年數損失進行時間序列預測，事故傷害所採用的時間序列模式為 $ARIMA(0, 2, 1)$ ，結果如表4所示。因事故傷害死亡其未來3年每千人口潛在生命年數及工作年數損失相較於1985年時事故傷害所造成的生命

表4 2010-2012年事故傷害標準化每千人口潛在生命年數損失
及工作年數損失預測值（單位：年）

年度	標準化每千人口 潛在生命年數損失	標準化每千人口 潛在在工作年數損失
2010	8.86	6.32
2011	8.05	5.52
2012	7.23	4.72

年數損失27.27年及工作年數損失26.28年已明顯減少許多。根據2010年及2011年衛生福利部公佈的死因資料，吾等推算出2010年及2011年事故傷害標準化每千人口潛在生命年數損失及工作年數損失實際值分別為8.41年及8.20年與前述預測值幾無差異，其預測效果MAPE為3.64%；至於2010年及2011年實際每千人口潛在在工作年數損失分別為6.36年及6.14年，其預測效果MAPE為5.30%，亦得到相當精確的預測結果。2012年預測效果如何則有待未來相關部門進一步的資料公佈與驗證。

經濟損失方面，本文以2000年人口結構為基準並將各年工作年齡層因事故傷害造成的社會成本損失根據人力資本法換算成客觀標準來衡量，再依2009年消費者物價指數做調整，表5為經2009年消費者物價指數（CPI）調整之1985-2009年事故傷害經濟損失。發現調整過後的事務傷害經濟損失呈現上升再下降的趨勢。另，1985-2009年事故傷害經濟損失在1993年時損失最多為490.37億元，除了1999年因921大地震使經濟損失增加及2004年有些微增加外，在1993年後呈下降趨勢，到了2009年時事故傷害經濟損失已降為165.79億元，25年來事故傷害經濟損失下降率為37.52%。

以時間序列預測事故傷害其未來3年經2009年CPI調整後社會經濟損失（配適資料為1985-2009年，但排除1999年及2009年二年），所採用的時間序列模式為ARIMA(0, 2, 1)，結果如表6所示。另根據2010年衛生福利部公佈的死因資料，吾等利用人力資本法推算出2010年的事故傷害經濟損失為148.06億元，將預測值與2010年實際資料比較，

表5 調整後之事故傷害社會經濟損失（單位：億元）

年度	調整後經濟損失	年度	調整後經濟損失
1985	265.35	1998	376.60
1986	298.84	1999	410.15
1987	341.80	2000	332.33
1988	380.65	2001	275.67
1989	426.02	2002	238.71
1990	434.09	2003	230.07
1991	446.16	2004	232.23
1992	452.96	2005	230.29
1993	490.37	2006	217.66
1994	483.62	2007	183.99
1995	469.71	2008	167.21
1996	437.52	2009	165.79
1997	387.23		

表6 2010-2012年事故傷害經濟損失預測值（億元）

年度	事故傷害經濟損失（億元）
2010	147.55
2011	127.89
2012	108.23

二者幾無差異。至於2011年及2012年經濟損失效果如何有待未來實際資料公佈後比較驗證之，但對未來事故傷害造成的經濟損失趨勢應不難看出，相較於1985年時所造成的經濟損失（265.35億元）已減少許多。近2、30年來政府在防制事故傷害的成效上是有目共睹的。另，我們發現2008年及2009年於表3工作年數損失及表5調整後經濟損失分別為118,678年、123,388年及167.21億、165.79億元，似有矛盾之處，此乃係2008年8月發生金融海嘯，導致2009年各年齡組平均薪資下降，因此儘管2009年工作生命損失高於2008年，惟其經濟損失反而低於2008年。

本研究使用人力資本法對經濟損失進行估算，此種方法是假設生命價值即是個人終身所能賺取的金錢。其優點是相關資料易獲得，計算方便且有較客觀的標準，在不同研究之間較具可比較性。但缺點是（一）對老人及小孩的生命價值假定為零，或十分低，在道德及實質考量上有所缺憾。（二）如果薪資不能反應真正的能力或勞力市場不完美的情形下，可能高估或低估生命價值。（三）對疾病或死亡帶來的痛苦與苦難未予以估計。雖有以上缺點但在資料有限情況，其不失為一個客觀合理之衡量指標（楊銘欽 1992）。

在陳立慧等（1993）的研究中，社會經濟損失係以年齡別與性別受雇員工平均每月實質薪資所得，用1984年消費者物價指數調整後，乘以年齡別、性別勞動參與率及就業率，再乘以各死因之年齡別死亡人數，換算成年損失後，並以每年6.6%之加薪水準及8%之折現率，予以加薪及折現。然貼現因子要以何時間點做為基準？因此，本研究在事故傷害造成社會經濟損失之計算上，與陳立慧等（1993）的研究相較，係利用年齡別之平均年薪乘以勞動參與率、就業率及因事故傷害死亡之人數，並以2.5做為5齡組事故傷害死亡者平均工作年數乘之，再輔以2009年CPI調整後推算。採用此法之好處，除可避免貼現因子要以何時間點做為基準外，亦避免各年度之存放款利率不一的情形，使得在各年度間之比較更為客觀。另，在經濟損失的估算上，未來除利用CPI調整外，當可納入各年度貼現因子相關指標（如加薪水準及折現率等）進行考量，藉以估算因事故傷害所造成更為精確的損失。

本研究以工作年齡組為基礎，將事故傷害死亡率下降情況轉換為經濟損失減損程度，探討其近25年來下降的變化趨勢。潛在生命損失的指標主要是以生產力角度來測量各死因造成社會所損失的人年數。不過各種潛在生命損失的計算仍有其各自的意義。過去所使用的死亡率指標，其價值尺度是以死亡數目的多少為重心，但它卻忽略了不同年齡層的死亡對家庭或社會有不同的影響；潛在生命損失指標的價值尺度則置於死亡者對社會未來可能貢獻的人年。表面上潛在生命損失

指標似乎非常功利主義的注重人的生產年齡，但它主要的目的在於讓社會重視年輕人的死因，而事故傷害正是這些較年輕的年齡層者最重要死因。

不同的健康指標，在公共政策上各有其意涵。死因別死亡率呈現個別死因造成的影響，而潛在生命年數損失則進一步衡量過早死亡所致的損失。定期的標準化計算並呈現歷年指標數據，也可反映出總體相關政策推行成效（潘伶燕、邱淑媿 2011）。本文之主要目的在於探討臺灣地區因事故傷害所引起的生命年數、工作年數及經濟損失，旨在探討各年度的差異及整體的趨勢，因而並未考慮將男女別及意外事故種類分開計算。本研究僅對事故傷害死亡做探討，因事故傷害尚包含其他細項，故有不足之處。生命統計使用時，其資料訊息會受教育水平、社經地位等變數影響無法深入探討（賴建丞等 2009）。雖使用潛在生命年數損失在勞動力的估算上確實能反映出過早死因對社會的衝擊，但此方法限於死亡而引起的生命年數損失，未考慮受傷或罹病生命損失，在社會經濟損失的估算時可能會有低估情況。本文只對死亡數進行分析，對於因事故傷害而受傷者，未進行其直接與間接成本的評估衡量探討，像是醫療、財務損失、復職成本、精神損失等亦為社會資源的損失。建議事故傷害未來可加入失能調整存活人年（disability adjusted life years, DALY）、品質調整存活人年（quality adjusted life years, QALY）及失能調整平均餘命（disability adjusted life expectancy, DALE）等指標做為其健康績效之評估，DALY相當於死亡造成的生命年數損失加上傷病所致的失能年數損失，而QALY常用於醫療的照護效性評估上。

肆、結論

本研究以1985-2009年的事故傷害為例，利用Lee-Carter模式探討及預測事故傷害死亡率變化趨勢，並以2000年年中人口結構為標準做

調整，推算事故傷害潛在生命年數損失、潛在工作年數損失並利用人力資本法推算其所造成的社會經濟損失。綜合上述，本研究結果可歸納為以下幾項結論：

一、1985-2009年事故傷害死亡率有明顯減少。

二、本文使用1985年至2003年資料以Lee-Carter模型推估 $k(t)$ 值，隨後以 $ARIMA(1, 2, 0)$ 推算 $k(t)$ 值預測2004-2011年事故傷害死亡率其結果為良好。另一方面，考慮到二階差分模式可能在預測未來趨勢較為不穩定，採用具平穩趨勢下限之非對稱反曲點S型曲線模式預測2010年及2011年事故傷害死亡率其結果為良好。

三、1985-2009年事故傷害標準化每千人口潛在生命年數損失呈下降趨勢，25年間下降了63.10%。

四、1985-2009年事故傷害標準化每千人口潛在工作年數損失呈下降趨勢，25年間下降了72.06%。

五、採用 $ARIMA(0, 2, 1)$ 模式預測2010年及2011年事故傷害標準化每千人口生命年數損失及標準化每千人口工作年數損失，得到精確之結果。

六、以2009年消費者物價指數做調整，1985-2009年事故傷害經濟損失下降了37.52%。

七、採用 $ARIMA(0, 2, 1)$ 模式預測2010年的事故傷害經濟損失為147.55億元與估算出的2010年實際值148.06億元，二者幾無差異。至於2011年實際值因政府公佈資料尚未齊全因而無法提供。

本文透過臺灣地區歷年來事故傷害死亡數所造成的經濟損失估算，可供政府相關單位推算社會成本所帶來的經濟影響，擬訂事故傷害安全防制措施、福利預算分配等依據，自1985年至今事故傷害死亡率降低，其造成的經濟損失亦逐年下降中，顯示政府在事故傷害防制上有長足的進步，惟其仍有改善的空間。劉于琪（2012）指出事故傷害死因中仍是以運輸事故死亡為主，雖比起過往2、30年來已下降許多，先前政府單位公佈實施的交通安全措施、宣導與取締如1996年強

制戴安全帽政策、2002年加強取締酒後駕車、2004年推動兒童安全座椅及前座乘客繫安全帶，以及近來廣為宣導後座繫安全帶政策有其一定成效在，但仍有進步的空間，建議政府加強道路環境的改善、限制酒後駕車、青少年飆車行為、無照駕駛的取締及相關宣導等，以保障用路人的生命安全。另一方面，建議政府加強青少年交通安全及機車交通安全保護、加強緊急救護體系並建構健全交通執法組織體制；在監測調查研究上，落實交通事故調查統計分析，並利用我國事故傷害相關監測資料建構事故傷害監測系統，降低事故傷害對國人之影響，藉以提升我國事故傷害監測品質與預防之決策能量，並訂定具體政策目標逐年降低傷亡人數。經濟損失下降雖與歷年經濟損失下降趨勢一致，除可反映事故傷害死亡率降低外，亦可能受到各年齡組平均薪資結構下降影響，特別是傷害趨於平穩的狀態下，因此每千人口工作年數的損失亦是另一種衡量事故傷害死亡率的重要指標。

airiti

參考文獻

- 內政部統計處 (n.d.) 臺灣地區簡易生命表。 <http://sowf.moi.gov.tw/stat/Life/quary-1age.htm#taiwan-a-title.gif> (取用日期：2012年12月10日)。
- 行政院主計處 (n.d.) 衛生統計、勞工統計、物價統計。總體統計資料庫。 <http://ebas1.ebas.gov.tw/pxweb/Dialog/statfile9L.asp> (取用日期：2012年12月10日)。
- 行政院主計處、經建會合編 (2009) 中華民國臺灣地區人力運用調查報告。臺北。
- 行政院衛生福利部統計處 (n.d.) 死因統計。 http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.aspx?f_list_no=312&fod_list_no=1610 (取用日期：2012年12月10日)。
- 呂宗學、江東亮 (2006) 事故傷害外因註碼：國際疾病分類第九版與第十版之比較。臺灣公共衛生雜誌，25(3): 242-251。
- 邱淑媿、曹昭懿、王榮德 (1993) 1974-1990年間臺灣地區老年人口意外災害死亡率及潛在生命損失之分析。中華民國公共衛生學會雜誌，12(4): 405-420。
- 陳立慧、林茂榮、王榮德 (1993) 機動車交通事故之死亡率、潛在生命年數損失及其貨幣價值。中華民國公共衛生學會雜誌，12(4): 368-379。
- 陳經緯 (2002) 強制騎乘機車配戴安全帽政策之成本效益分析。中國醫藥學院環境醫學研究所碩士論文。
- 陳麗華 (2001) 國民潛在生命年數損失之變動。行政院衛生署統計報告。
- 曾奕翔、余清祥 (2006) Lee-Carter估計模式與死亡率推估研究。2006年臺灣人口學會學術研討會論文，臺北：中華民國人口學會，5月26-27日。

- 黃意萍、余清祥（2002）臺灣地區生育率推估方法的研究。人口學刊，25: 145-171。
- 楊銘欽（1992）我國吸菸經濟成本之研究期末報告。衛生福利部國民健康署1992年期末報告。
- 劉于琪（2012）臺灣事故傷害死亡對潛在生命年數及社會經濟損失影響探討。東海大學統計學研究所碩士論文。
- 潘伶燕、邱淑媿（2011）臺灣地區1991-2007年男女性之健康差距：以平均餘命、死亡率及潛在生命年數損失為指標。臺灣公共衛生雜誌，30(2): 135-149。
- 賴建丞、白璐、蔡行瀚、簡戊鑑、張瑋庭、林佳欣、洪宇箴（2009）臺灣1986-2007年事故傷害死亡趨勢分析。北市醫學雜誌，6(3): 174-184。
- Box, G. E. P. and G. M. Jenkins. 1976. *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (revised ed.). San Francisco, CA: Hoden-Day.
- Ekwueme, D. U., H. W. Chesson, K. B. Zhang, and A. Balamurugan. 2008. "Years of Potential Life Lost and Productivity Costs because of Cancer Mortality and for Specific Cancer Sites Where Human Papillomavirus May Be a Risk Factor for Carcinogenesis-United States, 2003." *Cancer* 113(10): 2936-2945.
- Ekwueme, D. U., G. P. Guy, C. Li, S. H. Rim, P. Parelkar, and S. C. Chen. 2011. "The Health Burden and Economic Costs of Cutaneous Melanoma Mortality by Race/Ethnicity-United States, 2000 to 2006." *Journal of the American Academy of Dermatology* 65(5): S133-S143.
- Gardner, J. W. and J. S. Sanborn. 1990. "Years of Potential Life Lost (YPLL)-What Does It Measure?" *Epidemiology* 1(4): 322-329.
- Lee, R. D. and L. R. Carter. 1992. "Modeling and Forecasting U.S. Mortality." *Journal of the American Statistical Association* 87(419): 659-671.

- Lewis, E. B. 1982. "Control of Body Segment Differentiation in *Drosophila* by the Bithorax Gene Complex." Pp. 269-288 in *Embryonic Development, Part A: Genetics Aspects*, edited by M. M. Burger and R. Weber. New York: Alan R. Liss.
- Li, C., D. U. Ekwueme, S. H. Rim, and F. K. Tangka. 2010. "Years of Potential Life Lost and Productivity Losses from Male Urogenital Cancer Deaths-United States, 2004." *Urology* 76(3): 528-535.
- Ljung, G. M. and G. E. P. Box. 1978. "On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models." *Biometrika* 65(2): 297-303.
- Wilmoth, J. R. 1993. "Computational Methods for Fitting and Extrapolating the Lee-Carter Model of Mortality Change." *National Institute on Aging* 1: 1-19.

The Effect of Accidents on Potential Life Lost, Working Life Lost and Social Economic Loss in Taiwan

Cheng-Hsiang Lin* Shih-Chia Liu** Yu-Chyi Liu***

Abstract

Accidents are always the most important problem related to the safety of people. In this study, we attempt to explore the trend of the effects of accidents in terms of years of potential life lost and economic loss in the past 25 years. The Lee-Carter Model is used for exploring the trend of death rate. The time-varying mortality index from the Lee-Carter model is fitted by a time series model and nonlinear model to predict future accident mortality rate. The years of potential life lost is calculated based on information about life expectancy, and the Human Capital Method is used to figure out the economic loss caused by accidents. Finally, a time series ARIMA model is applied to predict the economic loss caused by accidents. The results show that accident mortality rate has trended upward, then downward in the past 25 years; it peaked at 70.04 deaths per 100,000 population in 1989, then declined after 1989 (1999 and 2009 are excluded due to the extraordinary events of the 921 earthquake and Morak typhoon). In addition, a time series model and nonlinear model are used for fitting a time-varying mortality

* Professor, Department of Statistics and Department of Finance, Tunghai University.
E-mail: linstat@thu.edu.tw

** Research and Development Substitute Services, Surveillance and Research Division, Health Promotion Administration, Ministry of Health and Welfare.
E-mail: liushihchia@hpa.gov.tw

*** M.A., Department of Statistics, Tunghai University.
E-mail: st.fennel@gmail.com

index $k(t)$, providing good results for predicting accident mortality rates from 2010 to 2011. Using the population of Taiwan in 2000 as a standard, the years of potential life lost per 1,000 population caused by accidents were 31.13, 21.44, and 10.06 in 1989, 1999, and 2009 respectively; the years of working life lost per 1,000 population were 29.56, 17.55, and 7.34 in those same years. The economic loss caused by accidents after adjusting for 2009 CPI peaked at 490.37 billion NT dollars in 1993, then began falling after 1999's 410.15 billion NT dollars, reaching 165.79 billion NT dollars in 2009. From 1985 to 2009, the economic losses caused by accidents declined 37.52%. In addition, the predictions of time series models show that, due to accidents, the years of potential life lost per 1,000 population were 8.86, 8.05, and 7.23; the working life years lost per 1,000 were 6.32, 5.52, and 4.72; and the economic losses were 147.55, 127.89, and 108.23 billion NT dollars from 2010 to 2012 respectively.

Keywords: accident, Lee-Carter model, ARIMA model, years of potential life lost, working life lost