

極端氣候早期預警的願付價值估計—以心血管疾病為例*

邱皖聆**、張靜貞***、許家勝****、林詠萱*****

摘要

氣候變遷造成極端溫度現象發生愈趨頻繁，造成民眾生命損失或心血管相關疾病威脅增加。在各國對氣候變遷減緩的效果有限下，對氣候變遷所造成之各種變化的調適措施就相當重要。已有許多國家開始引進高溫早期預警系統，提醒一般民眾極端高溫（熱浪）發生的資訊，並提供民眾正確的調適建議，協助民眾進行有效的調適行為。本研究利用條件估計法之雙界二元選擇法，設計民眾願付價值之調查問卷，進行早期預警系統潛在經濟效益之評估以及主要影響因素之分析。評估結果顯示願付價格主要受到健康風險認知度、年齡、工作是否與醫護相關等因素之影響，願付價值的估計結果為每人每年願意付出 365~368 元來獲得健康資訊，約占個人年所得的 0.11%。若將願付金額乘上調

* 作者感謝編輯委員與兩位匿名評審的指正與建議。本文在國家衛生研究院合作計畫 (NHRI-107A1-EMCO-1718182) 與中研院永續科學研究計畫 (AS-107-SS-A02) 補助下完成，在此一併致謝。

** 臺灣大學農業經濟學系碩士。

*** 中央研究院經濟研究所研究員暨臺灣大學農業經濟學系合聘教授，本文通訊作者，電話：(02)27822791#201，Email: emily@econ.sinica.edu.tw。

**** 台灣綜合研究院研究一所副研究員。

***** 中興大學應用經濟學系碩士。

DOI: 10.3966/054696002020060107001

查母體人口，估算國人每年願意支付約 68 億元來獲得極端高溫（熱浪）發生的健康預警資訊，這些結果可做為未來建立預警系統以及制訂氣候變遷調適相關策略之參考。

關鍵詞：氣候變遷、心血管疾病、早期預警、願付價值、雙界二元選擇法、條件評估法

JEL 分類代號：Q54、I12

極端氣候早期預警的願付價值估計—以心血管疾病為例

邱皖聆、張靜貞、許家勝、林詠萱

壹、前言

氣候變遷可經由溫度、降雨變化、極端事件等途徑衝擊人類的健康，因此，政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 在 2014 年所發表之第五次評估報告中指出，隨著全球平均溫度上升，除了造成大部分陸地區域出現極高溫的頻率增加外，冬季偶發性極低溫現象亦持續出現，極端氣候的持續時間亦有增長 (IPCC, 2014)。該報告進一步證實氣候變遷對人類健康之可能衝擊，並強調極端氣候發生頻率及強度日益增加，均可能使疾病死亡率及就醫的風險上升，以及影響心理健康和人類福祉 (蘇慧貞等, 2017)。

世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 在 2014 年發布的報告中也指出，氣候變遷不僅直接衝擊人類健康，亦造成生態環境巨變，對當前疾病防治的網絡已造成重大之挑戰 (WHO, 2014)。WHO 在此報告中根據近二十年來的研究文獻，將氣候變遷的健康脆弱族群分為五類，一為地理區之脆弱，如海岸、低窪地區等；其次為人口特性之脆弱，如女性、小孩、老人；第三為社會經濟地位脆弱，例如貧窮或邊緣人口；四為職業性質上之脆弱，如戶外工作者、農林漁牧業者等；第五為生理機能上之脆弱，如心血管、呼吸道、慢性腎臟等疾病患者。

台灣在 2018 年起從高齡化社會轉變為高齡社會¹ (國家發展委員會, 2018), 心血管疾病已成為影響國人健康的主要疾病之一, 台灣衛福部 2017 年統計調查發現, 我國前十大死因中, 心血管疾病佔了其中三項, 包含心臟疾病 (第二名)、腦血管疾病 (第四名)、及高血壓性疾病 (第八名) (衛生福利部, 2017)。國內陸續有研究發現, 極端氣溫為造成國人心血管疾病患者就醫及死亡的重要因素, 如 Pan et al. (1995)、王玉純與宋鴻樟 (2006)、Wu et al. (2011) 等均證實極端高溫或低溫之發生、或是突如其來的溫差導致國人死亡率、急診住院率的增加, 且對具有心血管或呼吸道疾病之高齡族群所造成的影響更為劇烈。林于凱等 (2015) 分析 2000~2008 年間臺灣民眾暴露於熱季 (5~10 月) 高溫累加 8 日以及冷季 (1~4 月及 11~12 月) 低溫累加 26 日之全死因以及心血管死因之死亡相對風險, 結果指出臺灣民眾暴露於低溫時的全死因及心血管疾病死亡風險大於高溫暴露之影響, 其中心血管疾病死亡受到低溫影響更甚於全死因受到低溫之影響。廖于瑄等 (2015) 則將目標改為極端腦血管疾病與缺血性心臟病新發病例, 並以廣義線性模式分析極端氣溫之影響, 發現居住於不同區域的居民有顯著不同的發病風險, 其中相對極端高溫在夏天及冬天皆會增加新發病風險, 而相對極端低溫則在冬天顯著增加新發病風險。

因應氣候變遷衝擊的具體策略, 大致可以分為「減緩」(mitigation) 及「調適」(adaptation) 兩部分, 「減緩」主要目的是減少溫室氣體的排放量, 緩和氣候變遷的變化趨勢; 「調適」則是執行調適措施以減緩未來氣候可能產生的衝擊與改變。但由於大氣中已累積太多過去所排放之二氧化碳, 短期內, 減緩的效果有限, 因此更需要「調適」來面對氣候變遷的影響 (童慶斌等, 2015)。對於極端氣溫之調適行為包含裝置空調、調整室內外時間分配、穿著防熱、防寒衣物等 (Deschênes and Greenstone, 2011; Barreca et al., 2016), 這些調適行為是否有效, 皆與政府發布的資訊信賴程度、對健康風險認知度、正

¹ 根據聯合國世界衛生組織 (WHO) 的定義, 六十五歲以上老年人口占總人口的比例達到 7% 時稱為「高齡化社會」, 達到 14% 是「高齡社會」, 若達 20% 則稱為「超高齡社會」。依照此一定義, 我國已於 1993 年成為高齡化社會, 2018 年轉變為高齡社會, 推估將於 2026 年邁入超高齡社會。(國家發展委員會, 2018)。

確調適方法等有關 (Deschênes, 2014)。許多國家亦開始建立高溫早期預警系統 (heatwave early warning systems, HEWS)，雖然各國的 HEWS 之間存在差異，但主要功能皆是及時且準確的提醒一般民眾極端高溫 (熱浪) 發生的資訊，並提供民眾正確的調適建議，協助民眾進行有效的調適行為 (Lowe et al., 2011)，藉由提供極端氣候發生的資訊以及正確的調適建議，幫助民眾降低健康風險及損失。研究亦顯示預警系統能有效降低極端天氣事件所引發之發病率和死亡率 (Ebi and Schmier, 2005)，因此，氣候變遷的調適政策中，應從被動式之監測轉為主動積極地預測和預防，降低因氣候變遷造成之健康風險，進而降低社會長期的健康支出。

進入高齡社會後，更須關注高齡人口的健康及長期照護相關議題，其中心血管疾病因氣候變遷造成住院率及死亡率上升，進而影響國人的工作、生活、就業狀況，甚至整體社會經濟的發展。降低健康風險的關鍵為有效的調適行為，如透過早期預警系統可促進有效調適行為，降低國人之住院、死亡率，進而降低健康社會支出，對於公共政策，潛在價值評估有相當的重要性。但目前國內外文獻關於早期預警系統之研究多為探究實施方式與效果，較少評估其潛在經濟價值的研究。

本研究主要目的為建置早期預警系統之潛在效益評估架構，基於理性個人追求效用極大化之基礎，以心血管疾病為例，設計問卷並透過訪員面訪的調查方式，蒐集民眾對於氣候變遷的風險認知程度以及對政府提供降低健康風險資訊之願付價值，透過統計與計量方法解析影響民眾對預警願付價值的因素，作為相關單位建立早期預警系統之依據。

此外，民眾在面對氣候變遷要採取與健康相關的決策行為時，深受健康風險認知之影響 (Kenkel, 1991)。氣候變遷下，民眾面臨不同於以往之氣候變異所導致之健康風險將會增加，雖目前也有部分的氣候資訊揭露，促使民眾本身會有健康調適行為，但如果若因氣候、健康風險認知不足導致資訊傳達無效率，將無法有效降低氣候變遷所導致之健康風險，因此如何引導民眾做出正確之健康調適策略，將是降低民眾面臨氣候變異所導致健康風險之關鍵。為了解預警資訊的提供是否會影響民眾對於健康風險的認知以及其願付價格，本研究在設計問卷時，除了個人的社會經濟等特性因素外，也將其健康風險

認知的主觀因素納入考量，並嘗試釐清風險認知對於民眾願付價值之影響，找出可有效促進民眾健康調適方法之路徑，幫助決策者了解那些預警資訊可以有效獲得民眾較多的支持與認同，並能引導民眾做出正確之健康調適策略，有效地達到降低健康風險之政策目標。

貳、文獻回顧

環境資源的價值不如一般財貨與勞務可用市場價格來計算，因缺乏一正式交易市場，故雖具有經濟價值，卻很難客觀清楚界定。對此，專家學者便提出所謂「非市場估價法」(non-market valuation method)，主要用於公共財的效益評估 (Freeman, 1993)。在評估氣候及健康風險相關之非市場財貨效益領域中，許多對於健康效益之研究皆是運用非市場估價法，將人們對該財貨的偏好以貨幣形式表示，目前研究以兩種方法為主，一為接受意願 (willingness-to-accept, WTA)，所衡量的是在受到權益受損時所能接受的補償；另一方法為支付意願 (willingness-to-pay, WTP)，所衡量的是對於避免損害利益發生所願意支付的價值 (Hanemann, 1991)。本研究目的為探究民眾為趨避氣候變遷所導致之心血管疾病健康風險的願付價值，屬於避免損害利益發生所願意支付的價值，因此以 WTP 衡量較合適。多數健康風險研究皆利用假設市場評估法 (contingent valuation method, CVM) 評估願付價值 (Liao et al., 2010; Johannesson et al., 1991, 1993; 傅祖壇與葉寶文, 2005)。假設市場評估法為非市場交易財貨評估法 (non-market valuation method) 的一種，主要是透過建構一個假設性市場，並選擇適當之支付工具、詢價方式以及調查方法，進行問卷調查，詢問受訪者之願付金額，然後採用適當之估計方法估計出民眾對於健康風險之願付價值 (Davis, 1963)。除了應用於評估健康價值外，CVM 更廣泛運用於環境與自然資源遊憩價值或效益 (Asafu-Adjaye and Tapsuwan, 2008)、文化財產 (Hansen, 1997)、公共財建設或維護價值評估 (Johnson et al., 2001)。Johannesson et al. (1991) 採用開放式與封閉

式問答並行之詢價調查，評估瑞典人民對於降低罹患高血壓疾病的願付價值，指出健康風險價值適合使用假設市場評估法。該研究之願付價值結果為每年 2,500~5,000 瑞典克朗，並發現開放式問答不如封閉式問答結果理想且發生無反應誤差、起始點偏誤。Johannesson et al. (1993) 進一步修正詢價方式，透過增加願意/不願意等級、隨機提供 15 組不同詢價金額組合，以解決無反應誤差及起始點偏誤，結果得到更精確之願付價值，約為每年 9600 瑞典法郎。

傅祖壇與葉寶文 (2005) 利用台灣地區心臟血管疾病風險因子研究之調查 (cardiovascular disease risk factors two-township study, CVDFACTS)，透過 CVM 推估高血壓疾病預防的願付價值。該研究同時運用單界與雙界二元選擇法兩種模型進行願付價值的估算，發現前者 (單界) 結果 (平均每戶每年 5~5.2 萬新台幣) 較後者結果 (平均每戶每年 5.8~7.2 萬新台幣) 低，該研究中解釋變數除了社經變數外，亦加入了醫療認知變數 (對於高血壓疾病認知)、健康狀況變數 (戶主是否為高血壓疾病患者等)、疾病的治療與控制情況變數。傅祖壇與林億明 (2014) 研究健康風險認知與減重需求之關係及其願付價值，建立一兩階段估計模型，第一階段先利用結構方程式探討減重需求的影響因素，並將健康風險認知納入模型中，第二階段則運用 CVM 估計減重之願付價值，並將肥胖健康風險認知變數視為影響變數，結果肥胖的風險認知對減重之願付價值有顯著正相關，社會經濟變數方面，性別、年齡、所得與工作狀態亦有顯著影響。除此之外，家族裏有人曾罹患與肥胖相關之疾病經驗，亦會增加對減重的願付價值。

Liao et al. (2010) 使用單界二元選擇法分析氣候變遷對心血管疾病之致死率，發現氣候變遷會導致心血管疾病死亡率上升 1.2%~4.1%，該研究也估計民眾對於降低心血管疾病死亡率之願付價值，結果顯示民眾願意每人每年支付 51~97 美金來降低健康風險，影響願付價值之因素包含是否罹患心血管疾病、是否有健檢習慣、對於心血管疾病的預防、對於心血管疾病的風險認知、年齡、所得、是否有保險等。雙界二元選擇法之詢價方式為 Hanemann (1985) 與 Carson et al. (1986) 提出之概念，Hanemann et al. (1991) 以最大概似法進行雙界二元選擇模型之估計，並指出雙界二元選擇法較單界二元選擇法具統計效

率。

經前述之文獻比較後，基於 CVM 多以實際調查資料作為評估依據，本研究自行設計民眾願付價值之問卷，設計方式是先建立極端氣候下心血管疾病早期預警系統之假設性市場，以封閉式問答方式來進行消費意願與詢價，在評價函數中納入健康風險認知度、個人特性、經驗及社會經濟等變數，並用面訪與分層取樣方法來進行調查，在獲得實證資料後，採用在統計上較具效率的雙界二元選擇法進行願付價值之估計與分析。

參、研究方法

一、願付價格推估方法

本研究願付價值的反應函數是以民眾的支出函數來設定，假設在維持原效用水準下，民眾 i 對於健康品質改善所願意支出的價格為 WTP_i ，可以數學式 (1) 表示：

$$WTP_i = e(p, h', u^0, x_i) - e(p, h^0, u^0, x_i) + \varepsilon_i \quad (1)$$

式中， WTP_i 為第 i 個受訪者心中真實的願付價格； $e(\cdot)$ 為支出水準函數； p 為需支付的價格； h' 為取得健康預警資訊後 (改善後) 的健康品質； h^0 表示尚未取得預警資訊 (改善前) 的健康品質； u^0 為改善前的效用水準； x_i 為影響 WTP 的解釋變數，包括個人的風險認知度、健康、經驗、社會經濟特性等變數； ε_i 為殘差項。

其次，假設願付價值 WTP_i 與其影響因素 (x_i) 之函數關係為對數線性 (log-linear)，迴歸式可表示為：

$$\ln(WTP_i) = X_i \beta_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

式 (2) 中的 X_i 為影響因素變數組成的向量； β_i 為估計係數的向量。

由於開放式 (open-ended) 之 WTP 詢價方式可能受到少數受訪者極端回答的影響，許多研究都採用封閉式 (close-ended) 詢價方式 (Haab and McConnell, 2002)，並從理論或實證角度證實了封閉式詢價方式中之雙界二元選擇法 (double-bounded dichotomous choice method) 比單界二元選擇法 (single-bounded dichotomous choice method) 更有效率，亦即能得到較小的 WTP 之變異數。雙界二元選擇法最早是 Hanemann et al. (1991) 所提出的，之後文獻上有許多種衍生型雙界二元選擇法被提出，例如 Cameron and Quiggin (1994) 雙變量 (bivariate) 模型，這些模型更為一般化。此外，本文採用 Hanemann et al. (1991) 之單變量 (univariate) 的函數設定，又可稱為區間模型 (interval model)，因為此方法在效率的增幅最大，且偏好具一致性。

雙界二元選擇法 (Carson et al., 1986) 之詢價方式首先要詢問：民眾是否願意支付 P_i ，換取某種改善。如果民眾在面對第一次詢價的價格時，回答為「願意」，則第二次詢價之價格將會提高，在本研究為起始價格的兩倍。若回答「不願意」，則第二次詢價之價格將降低，在本研究為起始價格的一半，因此，此種詢價方式會產生四種回答情況，分別為 (願意，願意)、(願意，不願意)、(不願意，願意)、(不願意，不願意)，其機率分別為 π_i^{YY} 、 π_i^{YN} 、 π_i^{NY} 、 π_i^{NN} 。假設 WTP_i 的累積機率分配函數為 $\Lambda(WTP_i; \theta)$ ， θ 為計算累積機率函數之係數，且 $\theta = (\beta, \sigma^2)$ 。 π_i^{YY} 、 π_i^{YN} 、 π_i^{NY} 、 π_i^{NN} 可以數學式 (3) 表達如下：

$$\begin{aligned} \pi_i^{YY} &= \Pr(P_i^u \leq WTP_i) = 1 - \Lambda(P_i^u; \theta) \\ \pi_i^{YN} &= \Pr(P_i \leq WTP_i \leq P_i^u) = \Lambda(P_i^u; \theta) - \Lambda(P_i; \theta) \\ \pi_i^{NY} &= \Pr(P_i^d \leq WTP_i \leq P_i) = \Lambda(P_i; \theta) - \Lambda(P_i^d; \theta) \\ \pi_i^{NN} &= \Pr(WTP_i \leq P_i^d) = \Lambda(P_i^d; \theta) \end{aligned} \quad (3)$$

P_i 為問卷中的詢價價格，如果民眾在面對第一次詢價的價格 P_i 時，若回答為「願意」，則第二次詢價之價格 (P_i^u) 將提高，在本研究為起始價格之兩倍；若回答「不願意」則第二次詢價之價格 (P_i^d) 將降低，在本研究為起始價格 P_i 之一半。

式 (3) 之對數概似函數可表達如式 (4)：

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \left\{ D_i^{YY} \ln[1 - \Lambda(P_i^u; \theta)] + D_i^{YN} \ln[\Lambda(P_i^u; \theta) - \Lambda(P_i; \theta)] + D_i^{NY} \ln[\Lambda(P_i; \theta) - \Lambda(P_i^d; \theta)] + D_i^{NN} \ln[\Lambda(P_i^d; \theta)] \right\} \quad (4)$$

其中， $\Lambda(\cdot)$ 為 WTP_i 的累積機率函數， D_i^{YY} 、 D_i^{YN} 、 D_i^{NY} 、 D_i^{NN} 分別為答案情況 (願意，願意)、(願意，不願意)、(不願意，願意)、(不願意，不願意) 四類受訪者的虛擬指示數，若受訪者 i 兩次都回答願意，則 $D_i^{YY} = 1$ ，否則 $D_i^{YY} = 0$ ， D_i^{YN} 、 D_i^{NY} 、 D_i^{NN} 可依此類推。由於詢價問題答案為「願意」及「不願意」，因此本研究假設 $\ln(WTP_i) \sim \text{Logistic}(\mu, \alpha)$ ， $\mu = E(\ln(WTP_i)) = x_i \beta$ ， $\sigma^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{3}$ ；且累積機率函數 $\Lambda(\ln(WTP_i); \theta)$

$= \frac{1}{1 + e^{-(\ln(WTP_i) - \mu) / \alpha}}$ ，可利用最大概似估計法估計 μ 與 α 之最大概似估計值，並計算 WTP 。

二、問卷設計說明

本研究所設計的 CVM 問卷共包含六部分，分別為「氣候變遷與心血管疾病認知」、「情境認知²」、「氣象資訊關注習慣」、「預警系統與健康調適」、「預警系統願付價

² 所謂「情境認知」是指評量一定的時間和空間內對所處環境各成分的感知，進而可預知這些成分隨後的變化狀況，目的在於提升適當的警覺性 (arousal)，降低民眾在危險環境下的風險暴露程度。原應用於評量軍事與企業上的認知負荷 (cognitive load)，此方

值」、及「基本社經背景資料」，藉此了解民眾對於氣候變遷及心血管疾病的認知程度，平時關注氣象資訊的習慣，民眾之調適行為、獲得預警資訊管道、以及受訪者的個人特性、社經地位等相關資訊。

首先在「氣候變遷與心血管疾病認知」部分，本研究共設計 10 個問題，目的為了解民眾對於氣候變遷及心血管疾病的認知程度，例如：「就您知道的現況，心血管疾病是不是台灣重大死因之一？、您認為 [氣候變遷] 對心血管疾病發生或惡化的影響程度為何？」。

其次，為推估較準確之風險認知度，本研究參考美國太空總署所展的「情境認知」之方法，利用工作負荷量評量指標 (NASA task load index) 之概念 (Hart and Staveland, 1988)，以溫度 (高溫、低溫、溫差)、反應時間 (6 小時、一天、一週)、資訊傳達方式 (文字描述、實際溫度數據) 三種影響認知的面向，搭配組合成 18 種情境，讓受訪者對不同情境 (例如：「氣象預警 6 小時後將有「低溫」發生，覺得即將面對寒冷對身體健康是否有威脅影響？」) 所感受的受影響程度與警覺性，進行各 1~5 分的給分，再以三面向之平均分數作為受訪者健康風險認知度的評量指標。

第三在「氣象資訊關注習慣」部分共設計 7 個問題，藉以了解受訪者平時關注氣象資訊的習慣，例如：「請問您平常最常獲得氣象資訊的方式？、請問您平常關注氣象的習慣為？、請問您平常關注的氣溫資訊為？」。第四在「預警系統與健康調適」部分共設計 13 個問題，目的為了解民眾之調適行為、獲得預警資訊管道等，有助於未來預警系統之推行及建立，例如：「如接收到極端低溫 (寒流) 之預警，是否會做 [低溫防護措施] 以確保健康？」

最後在「預警系統願付價值」部分，本研究於問卷中參考目前台灣地震警報模式設計一假設性的早期健康預警系統 (見圖 1)，詢問民眾支付意願的問題如下：

法為美國太空總署、陸海空相關行業所發展出的一套可自我評估風險能力的綜合性指標，用來評量太空飛行員、飛機機師、船長等操作器械之安全性。

請問您是否願意支付額外的金錢來幫助建立心血管疾病預警系統，以降低氣候變遷導致心血管疾病造成之健康風險？



圖 1 本研究調查所假設的早期健康預警系統示意圖

接著本研究採用雙界二元封閉選擇之詢價模式，在上述問題中列出 100、300、500、1,000 四種起始價格³，將問卷按四種起始價格分為 A、B、C、D 四組，依隨機方式選擇一來詢問受訪者的支付意願，並根據第一次回答是/否，增加/降低價格詢問民眾支付意願。因此，按照受訪者的回答狀況會產生 (願意，願意)、(願意，不願意)、(不願意，願意)、(不願意，不願意)四種結果。

三、調查與抽樣方法

調查之母體為設籍在台灣地區 (不含離島)、具有中華民國國籍、年齡在 16~79 歲之民眾。調查對象係由分層取樣之方式取得，依照行政院主計處 107 年 5 月台閩人口統計

³ 這四種起始價格係來自本研究調查試訪時所蒐集到的 200 份前測樣本，經開放式詢價發現，受訪者願付價格為 0-24,000 元，在刪除前後 10% 之出價次數以及離群值後，由大至小排列，分別取第 20、40、60 及 80 百分位數附近之金額作為四種起始價格。

資料，將母體依照縣市、性別、年齡分層計算配額，年齡分層以 5 歲為一級距。

調查訪問期為 107 年 7 月至 107 年 9 月，共三個月。初期的試訪與前測採用網路及隨機訪談方式進行，而正式的調查都是以訪員親自面訪的方式完成。調查期間共發出 7,930 份問卷，其中有 4,769 份拒答，2,077 份不符合抽樣配額，14 份廢卷，共成功回收 1,070 份有效問卷，在 95% 信賴水準下抽樣誤差在 3% 以內。

有效樣本之社經變數敘述統計如表 1 所示⁴。其中男、女皆各佔約 50%，年齡亦分布平均，除 65 歲以上及 20 歲以下人口，皆為 8~10%。婚姻狀況中，已婚人口佔 6 成以上。教育程度以高中/職、大學佔較多比例，各佔 30% 以上。個人年所得以 30 萬以上到 50 萬佔最多數，約有 30%，無收入次之，約佔 20%。上述的數據與內政部統計資料之分配相近。

本研究彙整四種出價組合的次數分配比例於表 2，可發現隨起始價格的提高，民眾兩次回答皆願意的比例降低，兩次皆回答不願意的比例增加，此顯示調查結果與理論預期相符。

⁴ 因問卷的問項繁多，受限於篇幅，謹將主要問項的次數統計結果列於附錄中供讀者參考。

表1 社會經濟變數之次數分配統計

變數	樣本數	百分比	變數	樣本數	百分比
性別			教育程度		
男	530	49.5%	不識字	5	0.5%
女	540	50.5%	國小以下或識字	63	5.9%
			國(初)中	88	8.2%
年齡			高中/職	376	35.1%
16~19歲	60	5.6%	專科	138	12.9%
20~24歲	88	8.2%	大學	356	33.3%
25~29歲	88	8.2%	研究所及以上	44	4.1%
30~34歲	92	8.6%			
35~39歲	111	10.4%	個人年所得		
40~44歲	102	9.5%	10萬(含)元以下	97	9.1%
45~49歲	100	9.3%	10+~30萬(含)元	194	18.1%
50~54歲	100	9.3%	30+~50萬(含)元	314	29.3%
55~59歲	99	9.3%	50+~70萬(含)元	171	16.0%
60~64歲	88	8.2%	70+~80萬(含)元	42	3.9%
65~69歲	70	6.5%	80+~90萬(含)元	16	1.5%
70~79歲	72	6.7%	90+~100萬(含)元	10	0.9%
			100+~120萬(含)元	6	0.6%
婚姻狀況			120+~150萬(含)元	3	0.3%
已婚	683	63.8%	150萬元以上	2	0.2%
未婚	342	32.0%	無收入	215	20.1%
失婚或喪偶	45	4.2%			

表 2 受訪樣本四種願付價格組合之次數分配

	出價金額 (元/人) 第一次 (第二次)	分配 次數	(願意、 願意)	(不願意、 願意)	(願意、 不願意)	(不願意、 不願意)
問卷 A	100(50/200)	269	109 (41%)	1 (0%)	44 (16%)	115 (43%)
問卷 B	300(150/600)	269	39 (14%)	32 (12%)	68 (25%)	130 (49%)
問卷 C	500(250/1,000)	266	12 (5%)	47 (18%)	47 (18%)	160 (60%)
問卷 D	1,000(500/2,000)	266	7 (3%)	32 (12%)	26 (10%)	201 (75%)

肆、實證估計

本研究先評量所有受訪者之風險認知度後，利用雙界二元選擇法之 Log-Logistic 模型估計民眾對於健康風險資訊之願付價值，作為建立早期健康預警系統潛在經濟價值的依據。本研究願付價值的實證模型如式 (5) 所示：

$$\ln(WTP_i) = \gamma_{10} + \gamma_{11} \widehat{AKN}_i + \gamma_{12} SEX_i + \gamma_{13} AGE_i + \gamma_{14} INC_i + \gamma_{15} EQU_i + \gamma_{16} MED_i + \epsilon_i \quad (5)$$

下標 i 表示第 i 位受訪者， γ_{10} 為常數項， γ_{1k} 為待估計的係數值， $k = 1, 2, \dots, 6$ ，六個解釋變數分別為健康風險認知度 (\widehat{AKN})、性別 (SEX)、年齡 (AGE)、個人年所得 (INC)、家中是否有空調設備 (EQU)、及是否從事醫療相關工作 (MED)； ϵ_i 為殘差項。各變數之定義如表 3 所示。

表 3 願付價值實證模型解釋變數之名稱與定義

變數名稱	變數定義
$\ln(WTP)$	出價金額取對數
\widehat{AKN}	個人健康風險認知度
<i>SEX</i>	性別，虛擬變數，0：女性 1：男性
<i>AGE</i>	年齡，0：16~19 歲 1：20~24 歲 2：25~29 歲 3：30~34 歲 4：35~39 歲 5：40~44 歲 6：45~49 歲 7：50~54 歲 8：55~59 歲 9：60~64 歲 10：65~69 歲 11：70~79 歲
<i>INC</i>	所得，受訪者的個人年所得取自然對數
<i>EQU</i>	家中是否有空調裝置，0：沒有 1：有冷氣或暖氣設備 2：冷氣或暖氣設備都有
<i>MED</i>	受訪者是否從事醫療相關行業或醫療健康相關研究工作，0：否 1：是
<i>CHA</i>	對於氣候影響心血管疾病認知。
<i>TCA</i>	對於未來溫度變化之認知。
<i>TCS</i>	對於溫度變化敏感程度。

首先說明健康風險認知度 (\widehat{AKN}) 變數的處理方式，本研究從問卷調查結果發現，受訪者之健康風險認知度會隨著溫度、反應時間、及資訊傳達方式而有所不同，因此，本研究比較民眾在不同情境下之風險感知程度分數後，先計算三面向影響因子之權重，再以加權平均方式計算出健康風險認知度的總評分 (*AKN*)。

其次，本究也參考傅祖壇等 (2001) 傅祖壇與林億明 (2014) 的做法，採用 Viscusi (1985, 1991) 的貝式學習架構 (Bayesian learning framework)⁵ 來分析健康風險認知，利用主成份分析法，將問卷中有關先驗信念、相關公共資訊、環境因素等問項萃取為心血管疾病認知 (*CHA*)、未來溫度變化認知 (*TCA*)、溫度變化敏感程度 (*TCS*) 等三因素，並加

⁵ 貝式學習架構指個人對於健康風險的事後認知 (posterior beliefs) 會受到先驗信念 (prior beliefs)、過去相關經驗 (prior experience)、公共訊息 (information) 與環境因素之影響。

入年齡、性別等個人因素做為解釋變數，進行健康風險認知總評分之迴歸分析，得到 AKN 的估計值 (\widehat{AKN}) 並經內生性檢測後⁶來取代原先的 AKN ，作為願付價值實證函數的解釋變數。

此外，本研究為探究風險認知度的三個因子是否會“直接”影響願付價值，也嘗試將 CHA 、 TCA 、 TCS 取代其估計值 \widehat{AKN} 進行估計，因此函數式改變為式 (6)：

$$\begin{aligned} \ln(WTP_i) = & \gamma_{20} + \gamma_{21}SEX_i + \gamma_{22}AGE_i + \gamma_{23}INC_i + \gamma_{24}EQU_i + \gamma_{25}MED_i + \gamma_{26}CHA_i \\ & + \gamma_{27}TCA_i + \gamma_{28}TCS_i + \epsilon_2 \end{aligned} \quad (6)$$

其中 γ_{20} 為常數項， γ_{2k} 為係數值， $k = 1, 2, \dots, 8$ ； ϵ_2 為殘差項。

實證結果如表 4 所示，首先從第 (5) 式的估計結果可發現，影響願付價值的顯著因素包含健康風險認知度、年齡、工作是否與醫護相關。其中健康風險認知度 (\widehat{AKN}) 的估計係數為正，表示當健康風險認知度每增加一單位，獲得早期預警資訊之願付價格會增加 43.96% (式 5)，這也呼應了傅祖壇與葉寶文 (2005) 將認知度加入健康議題願付價值研究之重要性。其次年齡變數的估計係數為負，表示年齡每增加 1 個區間，對於獲得預警資訊之願付價格會降低 4.4%，這和傅祖壇與林億明 (2014) 所發現的年齡會顯著影響健康議題的願付價值的結果是一致的。第三是「工作是否與醫護相關」變數的估計係數為正，表示相較於非從事醫療工作者，醫療相關工作者之願付價格高出 102.28%。

⁶ 為檢測 \widehat{AKN} 與預警系統支付意願是否有內生性關係，本研究利用 Durbin-Wu-Hausman (DWH) test (Davidson and MacKinnon, 1993)，將健康風險認知度 AKN 的原始值及第一階段 AKN 迴歸分析所產生之殘差項 (RES) 一起納入願付價值模型中。檢測結果顯示 RES 的係數並不顯著異於 0，表示預警系統支付意願與 \widehat{AKN} 並無內生性關係。

從表 4 中第 (6) 式的估計結果可發現，關於先驗信念及公共相關資訊等因素對於健康決策的影響，三因素中僅有氣候影響心血管疾病認知程度 (*CHA*) 對於支付意願會有顯著的直接影響，且其估計係數為正，表示氣候影響心血管疾病認知程度每增加一單位，對於獲得預警資訊之願付價格將增加 18.52%，這也與傅祖壇與林億明 (2014) 健康認知與願付價值為正相關的發現頗為類似；但對未來溫度變化之認知 (*TCA*) 與敏感程度 (*TCS*) 兩因素，則對於支付意願並無顯著的直接影響，此結果顯示出國人對外在溫度或環境的認知恐無法影響其健康決策，仍需要加強此方面的教育宣導。

依據表 4 之結果及樣本資料，可以計算出願付價值之估計值為每人每年 364.53~367.70 元，約占個人年所得的 0.11%。若乘以調查母體 16~79 歲設籍台灣本島之人口，可以估算得到國人每年願意支付約 68 億元來建立心血管疾病早期預警系統，此價格代表民眾在面對氣候變遷造成之健康風險時，為減少損失所願意付出之價格，也可作為未來建立早期預警系統之潛在市場經濟價值。換言之，若一旦建立預警系統來幫助國人降低健康風險，將有可能為整體社會創造出約 68 億元之潛在經濟效益。

相較於 Liao et al. (2010) 所估計的願付價格為每人每年新台幣 1,685~3,212 元，本研究之結果明顯較低，可能的原因之一為 Liao et al. (2010) 所定義之非市場財來自於降低氣候變遷所致心血管疾病的死亡率，而本研究則是採預警訊息的方式降低氣候變遷所致之心血管疾病健康風險，在市場的假設與定義範圍上，前者較廣，因此所得之願付價值也較本研究高。其次，本研究所採用之調查問卷涉及溫度相關感受性之問題，調查結果可能會因季節不同而有所差異，然因調查時間僅有三個月，故調查結果無法排除此可能之衡量誤差，此亦為本研究的資料限制。

表4 願付價值實證模型之係數估計結果

	(式5)	(式6)
$\ln(WTP)$	-1.0708*** (-0.0499)	-1.0639*** (-0.0496)
截距	3.9437*** (-0.4933)	5.5817*** (-0.3588)
\widehat{AKN}	0.4396*** (-0.0983)	
<i>SEX</i>	0.0757 (-0.129)	0.0647 (-0.1287)
<i>AGE</i>	-0.0440** (-0.0198)	-0.0371* (-0.0197)
<i>INC</i>	0.0614 (-0.0385)	0.0444 (-0.0390)
<i>EQU</i>	-0.1895 (-0.1242)	-0.1829 (-0.1246)
<i>MED</i>	1.0228** (-0.4174)	1.0177** (-0.4176)
<i>CHA</i>		0.1852*** (-0.0680)
<i>TCA</i>		0.0986 (-0.0654)
<i>TCS</i>		-0.0553 (-0.0614)

註：1. 括號內的數值為各估計係數的標準差。

2. ***、**及*分別表示在1%、5%及10%顯著水準下為統計顯著。

伍、結論

由於氣候變遷引發的極端氣溫發生頻率增加，造成民眾的健康風險增加，尤以心血管疾病族群受到影響最為嚴重。根據 WHO 發表的「2030 及 2050 年氣候變遷對特定疾病的定量風險評估」(WHO, 2014)，不論 2030 年或 2050 年，熱危害是亞洲健康風險評估中死亡率最嚴重的天災。隨著臺灣轉變為高齡社會，心血管疾病成為影響國人健康主要疾病之一，且國內已有許多相關研究指出，影響國人心血管疾病治病及死亡之重要因素為極端氣溫。根據 Ebi and Schmier (2005) 的研究指出，利用預警系統可有效幫助民眾調適，降低極端氣溫造成之發病率及死亡率，因此，氣候變遷的調適行動應從被動式之監測轉為主動積極地預測和預防，以降低因氣候變遷造成之健康風險，進而減輕長期之健康支出。

為協助民眾降低氣候變遷所致之健康風險，本研究以極端溫度導致之心血管疾病風險為例，利用雙界二元封閉選擇法設計問卷，以面訪方式調查民眾之支付意願。除估計民眾對於健康資訊的願付價值，作為評估建立早期健康預警系統之經濟價值依據外，也發現願付價格主要受到民眾健康風險認知度、年齡、工作是否與醫護相關等因素之影響，並藉由風險認知之評估結果，找出促進民眾重視預警資訊進而採取健康調適方法之路徑。

首先，就健康風險認知而言，本研究採用 NASA 情境分析方法，從溫度、反應時間、資訊傳達方式提供一個多面向的綜合感知評量分數。評量結果顯示，民眾對於低溫預警之需求比高溫或溫差來的高，而預警訊息的更新以及採用文字表達方式都會有助於提升民眾的風險認知度。此結果除可供衛福單位建立溫度預警系統之參考外，也可提高民眾的風險認知度，進而達到風險溝通之效果，並有效降低氣候變遷導致之健康風險。

其次，預警系統願付價值之評估結果顯示，個人對氣候與健康風險的認知、年齡、以及工作是否與醫護相關均為顯著影響民眾對預警資訊付費意願的重要因素。估計受訪者平均每人每年願意支付預警訊息的金額約為 365~368 元，相當於全國民眾每年願意支付約 68 億元來做為健康預警調適資訊的經費。此研究結果較 Liao et al. (2010) 之估計結

果 (每人每年為 51~97 美元) 為低，主要原因在於本研究僅以健康預警做為調適工具，成本相對於可減少疾病死亡率的調適工具來的低。此外，台灣民眾對於早期預警之觀念認識不夠深入，也是導致願付價值較低之可能原因。

如進一步探究與付費意願高度相關的影響變數 (如風險感知、工作性質等)，此結果意謂在建立預警系統時，仍需考慮配套因素，例如：在建立預警系統前，應了解民眾對於不同面向之風險警覺程度，並依此估算民眾的個人健康風險認知度，於建立預警系統時，方能提供有效資訊。又如「是否從事與醫護相關工作」結果呈現正相關，表示對於氣候變遷等相關資訊較了解及有相關醫護經驗之民眾對於預警系統有較高的願付金額，此類民眾亦較為重視預警系統。有鑑於此，建議未來政府在建立預警系統時，除了須加強培養民眾對於氣候變遷健康風險之認知外，也可藉由與民眾的醫護相關經驗或醫護人員之良性互動，引導民眾對預警資訊的重視與信任，進而強化其即時因應與調適的能力。

(收件日期為民國 108 年 11 月 25 日，接受日期為民國 109 年 4 月 29 日)

附錄 問卷主要問項之調查結果與次數分配

關於氣候變遷認知的次數分配如附表 1，有超過 70% 的受訪者認為未來低溫情形會變更冷，其中選擇「非常同意」的受訪者佔了 30%；認為未來高溫會更熱的受訪者則高達 90% 以上，其中有接近 60% 的受訪者表達「非常同意」；接近 90% 的受訪者認為未來溫差會更大，選擇「非常同意」的受訪者佔了 42%。

附表 1 氣候變遷認知相關問項之次數分配

問 項	選 項	樣本數	百分比
我認為未來低溫變更冷	非常不同意	8	0.75%
	不同意	149	13.93%
	普通	109	10.19%
	同意	466	43.55%
	非常同意	326	30.47%
	不知道	12	1.12%
我認為未來高溫變更熱	非常不同意	2	0.19%
	不同意	8	0.75%
	普通	17	1.59%
	同意	416	38.88%
	非常同意	620	57.94%
	不知道	7	0.65%
我認為未來溫差會更大	非常不同意	3	0.28%
	不同意	28	2.62%
	普通	57	5.33%
	同意	506	47.29%
	非常同意	450	42.06%
	不知道	26	2.43%

附表 2 顯示民眾對於心血管疾病之認知與相關經驗次數分配，大約有超過 80% 之受訪者知道心血管疾病為台灣重大死因之一；而關於心血管疾病相關經驗，約 50% 之民眾表示親友家人或自身有罹患過心血管疾病，其中，約有 20% 受訪者的親友家人因心血管疾病死亡或是長期重病者。

附表 2 心血管疾病認知及相關經驗之次數分配

問 項	選 項	樣本數	百分比
心血管疾病是不是台灣重大死因之一？	是	887	82.90%
	否	55	5.14%
	不知道	128	11.96%
自己或親友家人是否有過心血管疾病？	有	513	47.94%
	沒有	557	52.06%
親友家人是否有因心血管疾病過世或成為長期重病者？	有	232	21.68%
	沒有	838	78.32%

關於氣候變遷與心血管疾病相關認知的次數分配如附表 3，對於氣候變遷影響心血管疾病發生或惡化的認知程度，有將近 90% 之受訪者認為有影響，其中有約 20% 之受訪者選擇了「會影響很多」；極端低溫對心血管疾病影響的認知程度，有超過 90% 之受訪者認為有影響，其中認為「會影響很多」約佔 50%；極端高溫對心血管疾病影響的認知則有約 80% 之受訪者認為會影響，認為「會影響很多」之受訪者約佔 23%；對於早晚溫差影響心血管疾病之認知，有約 90% 之受訪者認為早晚溫差對於心血管疾病之惡化或發生有影響，更有超過 30% 以上之受訪者認為「會影響很多」；多次進出冷氣房對心血管疾病影響之認知，74% 之受訪者認為有影響，其中認為「會影響很多」之受訪者佔 17%。

附表 3 氣候變遷與心血管疾病相關認知之次數分配

問 項	選 項	樣 本 數	百分比
氣候變遷對心血管疾病發生或惡化的影響程度為何？	完全不會影響	5	0.47%
	不太會影響	39	3.64%
	不知道	73	6.82%
	會影響	723	67.57%
	會影響很多	230	21.50%
極端低溫 (寒流) 造成心血管疾病發生或惡化的影響程度為何？	完全不會影響	4	0.37%
	不太會影響	12	1.12%
	不知道	20	1.87%
	會影響	488	45.61%
	會影響很多	546	51.03%
極端高溫 (熱浪) 造成心血管疾病發生或惡化的影響程度為何？	完全不會影響	6	0.56%
	不太會影響	82	7.66%
	不知道	136	12.71%
	會影響	599	55.98%
	會影響很多	247	23.08%
早晚溫差變化造成心血管疾病發生或惡化的影響程度為何？	完全不會影響	4	0.37%
	不太會影響	33	3.08%
	不知道	68	6.36%
	會影響	590	55.14%
	會影響很多	375	35.05%
多次進出冷氣房造成心血管疾病發生或惡化的影響程度為何？	完全不會影響	11	1.03%
	不太會影響	105	9.81%
	不知道	152	14.21%
	會影響	614	57.38%
	會影響很多	188	17.57%

「氣象資訊關注習慣」相關次數分配如附表 4，有 81% 之受訪者表示平時有關注氣象之習慣；受訪者最常利用「電視播報」方式獲得氣象資訊，約佔 67%，其次則為「網路新聞或報導」，約佔 27%，雖然比例較少，但仍有受訪者是利用收音機或是商店即時氣象或是交通工具及時氣象來獲得氣象資訊。

附表 4 氣象關注習慣相關問項之次數分配

問 項	選 項	樣本數	百分比
平時是否有關注氣象的習慣？	有	868	81.10%
	沒有	202	18.90%
平常最常獲得氣象資訊的方式 (複選)	網路新聞/報導	291	27.20%
	氣象局網頁	140	13.08%
	電視播報	719	67.20%
	報紙新聞/報導	126	11.78%
	親友/鄰居/同事告知訊息	172	16.07%
	手機 App	239	22.34%
	手機社群網新聞	190	17.76%
	收音機廣播	24	2.24%
	商店即時氣象	15	1.40%
	交通工具即時氣象 (站牌等即時字幕)	21	1.96%
其他	1	0.09%	

在「預警系統與健康調適」部分中，調適行為之次數分配如附表 5，有 97% 之受訪者表示，在接收到極端低溫預警後，會進行低溫防護措施，會選擇進行的低溫調適行為調查，有 99% 之受訪者選擇多穿著保暖衣物、61% 受訪者選擇減少待在室外活動的時間、47% 受訪者會準備暖暖包等、42% 受訪者會開啓暖氣、40% 受訪者選擇飲食調適(吃火鍋、薑母鴨等)；在接收到高溫預警訊息後，有 91% 之受訪者會進行高溫調適措施；

受訪者選擇進行之高溫調適行為，有 89% 受訪者選擇多喝水調節體溫、74% 受訪者選擇開啓冷氣、66% 受訪者選擇減少在室外活動的時間、52% 受訪者選擇至蔭涼處避暑、45% 受訪者選擇穿著透氣衣物、33% 受訪者選擇減少劇烈勞力活動、29% 受訪者選擇做飲食調適 (吃冰等)。

附表 5 調適行為之次數分配

問 項	選 項	樣本數	百分比
如接收到極端低溫 (寒流) 之預警, 是否會做「低溫防護措施」以確保健康?	會	1036	96.82%
	不會	34	3.18%
會選擇的「低溫調適行為」? (複選)	多穿著保暖衣物	1031	99.52%
	開啓室內空調 (暖氣) /電暖器	442	42.66%
	減少待在室外活動的時間	636	61.39%
	準備暖暖包/電毯等	493	47.59%
	飲食調適	422	40.73%
	其他	2	0.20%
如接收到極端高溫 (熱浪) 之預警, 是否會做「高溫防護措施」以確保健康?	會	980	91.59%
	不會	90	8.41%
會選擇的「高溫調適行為」? (複選)	多喝水調節體溫	878	89.59%
	開啓室內空調 (冷氣) 或電扇	728	74.29%
	減少在室外活動的時間	649	66.22%
	至蔭涼處避暑	512	52.24%
	減少劇烈勞力活動	322	32.86%
	穿著透氣的衣物	442	45.10%
	飲食調適	283	28.88%
	其他	3	0.30%

預警資訊相關問項之次數分配如附表 6，高達 98% 之受訪者認為預警系統之警界訊息應由「氣象局」發布，其次為各縣市政府，有 41% 受訪者認為應由其發布警戒訊息；預警訊息應包含之資訊調查結果如圖 3 所示，有 81% 受訪者選擇高低溫強度警戒值、61% 受訪者選擇高低溫發生的可能持續時間、51% 受訪者認為須包含距離高低溫發生的可能時間、47% 選擇對心血管健康造成之可能威脅、35% 受訪者選擇需特別注意的族群、34% 受訪者選擇建議的調適方式；受訪者認為政府除預警訊息外可提供之協助方式調查結果如圖 4 所示，66% 受訪者希望政府可補助購入空調設備、57% 受訪者表示政府應提供避暑（寒）的公共空間、44% 受訪者認為政府應協助改善舊屋隔熱、42% 受訪者認為需要透過媒體宣傳有效調適方法、25% 受訪者希望政府可舉辦公共衛生及健康調適教育活動。

附表 6 預警訊息之次數分配

問 項	選 項	樣 本 數	百分比
您認為預警系統之警戒訊息 應由誰負責發佈？	氣象局	1,044	97.57%
	衛福部國健署	313	29.25%
	勞動部	63	5.89%
	行政院	154	14.39%
	農委會	35	3.27%
	各縣市政府	444	41.50%
	學術機構 (例如中研院等)	97	9.07%
	醫學中心 (臺大醫院、榮總等)	101	9.44%
	警察局	1	0.09%
	電台	1	0.09%
您認為預警應包含哪些資 訊？	高低溫強度警戒值	874	81.68%
	距離高低溫發生的可能時間	552	51.59%
	高低溫發生的可能持續時間	653	61.03%
	對心血管健康造成之可能威脅	506	47.29%
	建議的調適方式	364	34.02%
	需特別注意的族群	377	35.23%
	其他	1	0.09%
	除了預警資訊外，政府單位還 能以何種方式協助進行健康 調適？	提供避暑 (寒) 的公共地點	608
舉辦公共衛生及健康調適教育活動		269	25.14%
補助購入空調 (冷、暖氣) 設備		708	66.17%
協助改善舊屋隔熱		470	43.93%
透過媒體宣傳有效調適方法		453	42.34%
其他		3	0.30%

參考文獻

一、中文部份

- 王玉純與宋鴻樟，2006，「綜論氣象變化對心血管、呼吸道及腸胃道之健康衝擊」，台灣公共衛生雜誌，25：256-265。(Wang, Y. C. and F. C. Sung, 2006, "The Impact of Weather Conditions on Cardiovascular, Respiratory, and Gastroenteric Health", *Taiwan Journal of Public Health*, 25: 256-265.)
- 林子凱、俞菘維、林沛練與王玉純，2015，「台灣不同地區之氣溫與全死因及心血管疾病死亡風險之相關分析」，台灣公共衛生雜誌，34：103-114。(Lin, Y. K., S. W. Yu, P. L. Lin, and Y. C. Wang, 2015, "Ambient Temperature and All-cause and Cardiovascular Diseases Mortality Risk by Areas in Taiwan", *Taiwan Journal of Public Health*, 34: 103-114.)
- 傅祖壇與林億明，2014，「健康風險認知，減重需求與其願付價值」，經濟研究，50：69-99。(Fu, T. T. and Y. M. Lin, 2014, "Health Risk Perception, Demand, and Willingness to Pay for Weight Reduction", *Taipei Economic Inquiry*, 50: 69-99.)
- 傅祖壇與葉寶文，2005，「應用 CVM 在健康效益之評估-高血壓疾病預防之願付價值」，經濟論文叢刊，33：1-32。(Fu, T. T. and P. W. Yeh, 2005, "An Application of CVM on the Valuation of the Health Benefit- The WTP of Hypertension Prevention", *Taiwan Economic Review*, 33: 1-32.)
- 傅祖壇、劉錦添、簡錦漢與賴文龍，2001，「健康風險認知與香菸消費行為-台灣的實証研究」，經濟論文，29：91-118。(Fu, T. T., J. T. Liu, K. H. Kan, and W. L. L., 2001, "Health Risk Perception and Cigarette Smoking Behavior: The Case of Taiwan", *Academia Economic Papers*, 29: 91-118.)

- 童慶斌、曹榮軒與林嘉佑，2015，「氣候變遷的因應、減緩與調適」，科學研習，54：19-25。(Tung, C. P., T. S. Hsu, and C. Y. Lin, 2015, “Responding, Mitigating and Adapting to Climate Change”, *Science Study Monthly*, 54: 19-25.)
- 廖于瑄、王根樹、王致皓、李亞衡、呂國臣與蕭朱杏，2015，「評估地區相對極端氣溫的天氣型態對台灣七大空品區居民健康之影響-以腦血管疾病及缺血性心臟病為例」，台灣公共衛生雜誌，34：616-632。(Liu, Y. H., G. S. Wang, C. H. Wang, Y. H. Lee, K. C. Lee, and C. H. Hsiao, 2015, “Impact of Area-Specific Temperature Extremes on Health Outcomes in Seven Regions in Taiwan-Using Cerebrovascular and Ischemic Heart Diseases as Examples”, *Taiwan Journal of Public Health*, 34: 616-632.)
- 衛生福利部，2017，「106 年度死因統計」，取自 <https://dep.mohw.gov.tw/DOS/lp-3960-113.html>，檢索日期：2019/01/02。(Ministry of Health and Welfare, 2017, “Cause of Death Statistics in 2017”, Retrieved January 02, 2019, from <https://dep.mohw.gov.tw/DOS/lp-3960-113.html>.)
- 國家發展委員會，2018，「高齡化時程」，取自https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=695E69E28C6AC7F3，檢索日期：2019/07/02。(National Development Council, 2018, “The Schedule of Aging”, Retrieved July 02, 2019, from https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=695E69E28C6AC7F3.)
- 蘇慧貞、陳國東、陳美霞、王玉純與王根樹，2017，「人類健康」，童慶斌 (主編)，台灣氣候變遷科學報告 2017 第二冊-衝擊與調適面向，373-440，臺北：國家災害防救科技中心，取自 https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/publish_01.aspx，檢索日期：2020/03/12。(Su, H. J., K. T. Chen, M. S. Chen, Y. C. Wang, and G. S. Wang, 2017, “Human Health”, in Tung, C. P., eds, *Scientific Report on Climate Change in Taiwan 2017, Volume 2 - Impacts and Adjustments*, 373-440, Taipei: National Science & Technology Center for Disaster Reduction, Retrieved March 12, 2020, from https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/publish_01.aspx.)

二、英文部份

- Asafu-Adjaye, J. and S. Tapsuwan, 2008, "A Contingent Valuation Study of Scuba Diving Benefits: Case Study in Mu Ko Similan Marine National Park, Thailand", *Tourism Management*, 29: 1122-1130.
- Barreca, A., K. Clay, O. Deschenes, M. Greenstone, and J. S. Shapiro, 2016, "Adapting to Climate Change: The Remarkable Decline in the US Temperature-Mortality Relationship over the Twentieth Century", *Journal of Political Economy*, 124: 105-159.
- Cameron, T. A. and J. Quiggin, 1994, "Estimation Using Contingent Valuation Data from a Dichotomous Choice with Follow-Up Questionnaire", *Journal of Environmental Economics and Management*, 27: 218-234.
- Carson, R., W. M. Hanamann, and R. Mitchell, 1986, "Determining the Demand for Public Goods by Simulating Referendums at Different Tax Prices", *Manuscript*, Department of Economics, University of California, San Diego.
- Davidson, R. and J. G. MacKinnon, 1993, *Estimation and Inference in Econometrics*, New York: Oxford University Press.
- Davis, R. K., 1963, "Recreation Planning as an Economic Problem", *Natural Resources Journal*, 3: 239-249.
- Deschênes, O., 2014, "Temperature, Human Health and Adaptation: A Review of the Empirical Literature", *Energy Economics*, 46: 606-619.
- Deschênes, O. and M. Greenstone, 2011, "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US", *American Economic Journal: Applied Economics*, 3: 152-185.
- Ebi, K. L. and J. K. Schmier, 2005, "A Stitch in Time: Improving Public Health Early Warning Systems for Extreme Weather Events", *Epidemiologic Reviews*, 27: 115-121.
- Freeman, A. M., 1993, *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*, New York: Resources for the Future Press.
- Haab, T. C. and K. E. McConnell, 2002, *Valuing Environmental and Natural Resources: The*

- Econometrics of Non-Market Valuation*, Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Hanemann, W. M., 1985, "Some Issues in Continuous and Discrete Response Contingent Valuation Studies", *Northeastern Journal of Agricultural Economics*, 14: 5-13.
- Hanemann, W. M., 1991, "Willingness to Pay and Willingness to Accept: How Much Can They Differ?", *The American Economic Review*, 81: 635-647.
- Hanemann, M., J. Loomis, and B. Kanninen, 1991, "Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation", *American Journal of Agricultural Economics*, 73: 1255-1263.
- Hansen, T. F., 1997, "Stabilizing Selection and the Comparative Analysis of Adaptation", *Evolution*, 51: 1341-1351.
- Hart, S. G. and L. E. Staveland, 1988, "Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research", in Hancock, P. A. and N. Meshkati, ed., *Human Mental Workload*, 139-183, Amsterdam, Netherland: North Holland Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014, *Climate Change 2014 Synthesis Report*, Geneva: IPCC Secretariat.
- Johannesson, M., B. Jönsson, and L. Borgquist, 1991, "Willingness to Pay for Antihypertensive Therapy - Results of a Swedish Pilot Study", *Journal of Health Economics*, 10: 461-473.
- Johannesson, M., P. O. Johansson, B. Kriström, and U. G. Gerdtham, 1993, "Willingness to Pay for Antihypertensive Therapy- Further Results", *Journal of Health Economics*, 12: 95-108.
- Johnson, B. K., P. A. Groothuis, and J. C. Whitehead, 2001. "The Value of Public Goods Generated by a Major League Sports Team: The CVM Approach", *Journal of Sports Economics*, 2: 6-21.
- Kenkel, D. S., 1991, "Health Behavior, Health Knowledge, and Schooling", *Journal of Political Economy*, 99: 287-305.
- Liao, S. Y., W. C. Tseng, P. T. Chen, C. C. Chen, and W. M. Wu, 2010, "Estimating the Economic Impact of Climate Change on Cardiovascular Diseases—Evidence from Taiwan", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7:

- 4250-4266.
- Lowe, D., K. L. Ebi, and B. Forsberg, 2011, "Heatwave Early Warning Systems and Adaptation Advice to Reduce Human Health Consequences of Heatwaves", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8: 4623-4648.
- Pan, W. H., L. A. Li, and M. J. Tsai, 1995, "Temperature Extremes and Mortality from Coronary Heart Disease and Cerebral Infarction in Elderly Chinese", *The Lancet*, 345: 353-355.
- Viscusi, W. K., 1985, "Are Individual Bayesian Decision Maker?", *American Economic Review*, 75: 381-385.
- Viscusi, W. K., 1991, "Age Variations in Risk Perceptions and Smoking Decisions", *The Review of Economics and Statistics*, 73: 577-588.
- Wu, P. C., C. Y. Lin, S. C. Lung, H. R. Guo, C. H. Chou, and H. J. Su, 2011, "Cardiovascular Mortality during Heat and Cold Events: Determinants of Regional Vulnerability in Taiwan", *Occupational and Environmental Medicine*, 68: 525-530.
- World Health Organization, 2014, *Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s*, Geneva: WHO, Retrieved February 25, 2020, from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/134014>.

Estimating the Value of Extreme Temperature Early Warning: A Case Study of Cardiovascular Disease*

Wan-Ling Chiu**, Ching-Cheng Chang***, Chia-Sheng Hsu****, and
Yung-Hsuan Lin*****

Abstract

Climate change has caused extreme temperature phenomena to occur more frequently, leading to rising temperature-related mortality or cardiovascular-related illness worldwide. Due to the limited effect of mitigations, adaptation strategies to the changes induced as a result of climate change have become increasingly important. Many governments introduced early warning systems of extreme temperature to alert the general public to respond to health risks

* The authors would like to thank two anonymous reviewers and editors for their helpful comments and suggestions. The authors also acknowledge the funding support of National Health Research Institutes under Grant No. NHRI-107A1-EMCO-1718182 and Academia Sinica under Grant No. AS-107-SS-A02.

** Master, Department of Agricultural Economics, National Taiwan University.

*** Research Fellow, Institute of Economics, Academia Sinica; Professor, Department of Agricultural Economics, National Taiwan University. Corresponding Author, Tel: +886-2-27822791#201 , Email: emily@econ.sinica.edu.tw.

**** Associate Research Fellow, Taiwan Research Institute, Research Division I.

***** Master, Department of Applied Economics, National Chung-Hsing University.

DOI: 10.3966/054696002020060107001

effectively on short timescales. Using double-bounded dichotomous choice contingent valuation method, this study designed a willingness-to-pay questionnaire to assess the potential economic benefits of the early warning systems and to identify major determinant factors. The results showed that health risk perception, age, and working experience in medical care services were the major influencing factors. The model estimated that the average willingness to pay was 365~368 NTD per capita per year, which amounted to 0.11% of personal annual income. Multiplied the sample mean by the population of Taiwan, the total benefits were estimated to be 6.8 billion NTD per year. The results can be used as a reference for establishing early warning systems and formulating relevant strategies for climate change adaptations.

Keywords: Climate Change, Cardiovascular Disease, Early Warning, Willingness to Pay, Double-Bounded Model, Contingent Valuation

JEL Classification: Q54, I12