

台灣社會現象的分析，伊慶春、朱瑞玲主編  
中央研究院三民主義研究所叢刊33，頁409-436  
78年6月，台灣，台北

## 環境影響綜合指標之建立\*

黃榮村\*\* 陳寬政\*\*\* 王聯慧\*\*\*\*

根據 Land (1983) 的回顧與檢討，社會指標「運動」(Duncan, 1969) 之所以發生於 1960 年代的美國，係因美國太空總署 (NASA) 委託國家藝術科學院 (American Academy of Arts and Sciences) 從事調查太空科技發展的社會經濟後果而引起，並非一個純粹社會科學的學術運動，在韌始之初就具備了科際性與實務性的特殊性格。顯然社會指標之發展與後來興起的「環境影響評估」有一定的淵源，而建立或尋求綜合性指標的工作，於社會指標運動與環境影響評估 (EIA) 而言，都是一項尚待解決而且急需解決的問題。相對於綜合性指標之建立而言，設計一些特定的社會或環境指標 (以下稱之為分項指標) 不是特別困難的工作，只要有明確的定義及可行的測量方法，則分項指標之建立與資料收集並不產生理論與實際的問題。事實上從事社會指標研究的人員目前所面臨的主要問題，一般而言乃是資料過多而不

---

\* 本文係行政院環保署委託計畫「環境影響綜合評估體系及方法之研究」之一部份。文中 Delphi 法之電腦模擬，係由櫻井正二郎執行，特此誌謝。

\*\* 國立臺灣大學教授

\*\*\* 中央研究院三民主義研究所研究員

\*\*\*\* 國立台灣大學研究助理

是資料不足的問題，這與當年 NASA 所委託的研究人員苦於資料不足的情況，已是不可同日而語，所以社會指標研究的當前要務乃是設立一個自足的社會指標體系：令體系內的分項指標成為經常性資料收集的項目，而且透過項目間的交互相關，展現社會體系內的變化傳遞歷程；最重要的是藉由分項指標間的相關模型尋求綜合性的指標，以一個單一的數值變化來充分代表體系內的分項指標的一般變化方向。

環境影響評估也面臨綜合各種分項指標，而提出一個簡要數值以供公眾或決策者參考的問題。根據 Canter (1977) 的檢討，現行有效的環境評估方法起碼有五十種以上，但這些不同的方法（或評估體系）並無一種為各方所贊同而通行採用者，須視各地的特殊社會經濟與政治條件，而個別建立一套自足且適用的評估體系。我國自推行 EIA 制度以來，亦曾推動有關綜合專家與社區居民意見之綜合評估方法的研究，雖截至目前為止，尚未發展出適合地區特性之一致性的綜合評估方法，但已作了若干嘗試，本文即在探討這些有關的問題。

## 壹、評估方法之評估

目前國內應用的環境影響綜合評估方法有委員法 (Ad Hoc)、明細法 (Checklist)、疊圖法 (Overlay)、矩陣法 (Matrix) 與網路法 (Network) 等 (Canter, 1977; Jain, Urban, & Stacey, 1981)，均各有分項及綜合評估的程序，以下分別簡介並加以檢討。委員法純粹依賴「專家委員」的判斷，無論是分項或綜合評估，所有數據或非數據性的決定均交由委員會來裁決。顯然這是上列各種方法中最為簡便易行而且彈性大的方法，所以美國環境保護立法後的初期，幾乎每一個環境影響評估案都使用委員法 (Canter, 1977)；無論何種類型的工程計劃，負責環境影響評估作業的單位，只需邀集一羣對環境影響素有瞭解或有興趣的「專家」，根據法令規章或適當指示組成委員

會，賦與查閱計劃資料並且從事實地考察的職權，即可聽憑委員會根據個別委員的知識與興趣，作成分項及綜合決定，而交付權責單位執行。但是這種方法也有顯而易見的缺點，其中最為人所詬病的乃是委員會裁決的不一致性，而委員會裁決之不一致性又因其主觀性而發生。換句話說，不同組成的委員會（或甚至於同一委員會），不容易就相同的對象與程序達成相同的結論，則委員法基本上是不能「互為主觀」的方法，乃是（片面）主觀的方法。正因為委員法有失之主觀的缺點，進行環境影響評估作業時，需特別強調注重委員的代表性與公信力，否則易於受到既得利益或反對勢力的質疑而產生糾紛。

在講究委員代表性與公信力的條件下，表面上簡單易行的委員法就變得窒礙難行了。專家委員之挑選，在程序上極不同於英美司法制度的陪審員挑選。在挑選專家委員時，一般重視委員的專業知識及受公眾信賴的程度，而挑選陪審員時原則上重視其不知情及不知名的程度。也就是說，專家委員的備選名單乃是相對有限，贊成與反對工程計劃的雙方，都容易設法操縱或影響該份名單。解決問題的方法當然是審慎聘任專家委員，但專家委員資格評審並無所謂的「客觀」方法。在不容易發生糾紛的工程計劃（通常也是較不重要的計劃）時，委員法的缺點較不受人注意；而一旦發生糾紛，則委員法的缺點可能成為爭論的重點之一。最近五輕與六輕評估過程中，反對工程計劃的勢力均對評估作業的公信力提出質疑，雖然不完全與委員法的缺點有關，卻說明委員法不容易被民衆接受的事實。

明細法係就事先確定的一份環境項目明細表逐項評估，採加權計總的方式取得綜合評估。當分項評估採取對等單位計分而能互相比較時，例如將項目評估值限定在正負三、五或七之間，類似於在態度測量上經常使用的 Likert Type 量表，則使用簡單加總的方法也能取得有意義的綜合評估。但是除非評估值之計分係採主觀評定，否則將分項評估值換算為「標準」單位乃是相當困難的步驟，而致有量度方

法 (scaling) 上的問題。例如 Battelle 實驗室所提出的水資源評估系統 (Dee et al., 1972)，針對每一個環境項目均根據理論與經驗構造一個環境品質換算表，將單項評估值轉換為介於零與一之間的正值小數，此項數值越接近於 1，表示該單項「環境品質」越好，越接近於 0，則「品質」越差。經過這種「標準化」的處理以後，每個單項評估都能使用相同的單位 (quality unit) 來互相比較，簡單加總所產生的綜合評估值限於零與項目數量之間 (例如七十五個單項最多產生七十五分)，也不是全然沒有意義的數值。但是簡單加總的方法雖然容易瞭解，卻牽涉到每個單項環境品質是否同等重要的問題，例如水中含氧量評定為 0.6，是否等於水棲動物種類評定為 0.6，仍然是難以客觀決定的。

為了確定單項環境品質的相對重要性，上述 Battelle 實驗室的水資源評估系統，採用配對比較 (paired comparison) 的辦法，將總分一千點分配給各個環境單項，各單項環境品質評定值乘以重要性配分 (即為加權)，將加權後的單項環境品質評分予以累計即為綜合評估值，其量數介於零與總分之間，翡翠水庫的環境影響綜合評估就是採用這個方法 (陳章鵬，1986)。Battelle 實驗室及翡翠水庫環境影響評估所使用的配對比較，乃是研究者主觀的作法，並未考慮使用抽樣理論而產生互為主觀的相對重要性分配，則不同評估者 (或甚至於相同評估者) 對同一組環境單項可能有不同的重要性評價，導致不同 (或不一致) 的綜合評估。如果在決定環境單項的相對重要性時使用抽樣設計，選出一羣具有代表性的專家或平民就各單項做配對比較，則所產生的重要性分配雖然仍是「變異不定」的樣本結果，卻可據以推論一個理論上「固定不變」的分配，即為程序上互為主觀的分配。但是引進抽樣調查，改變了上述明細法的表面客觀及精確性質，明白加入不確定的成份，將使明細法近似於其他依賴意見調查的評估方法。

其實明細法的「主觀性」並不限於相對重要性之決定，在將單項

環境評估換算為品質時，上述程序也可能引進評估者的許多主觀判斷，只是其影響較為複雜較不明顯而已。表面上疊圖法使評估者得以規避綜合評估時確定項目重要性的問題，其程序是將工程計劃的各項環境「影響」在地圖上分別標示出來，針對讀者的視覺做訴求，希望讀者能藉評估者把許多張圖疊在一塊的動作，而產生一個「整合」的印象或影像。實際上評估者並不能規避判斷的責任：首先在色調與圖形的選擇上，評估者可能影響讀者的「綜合」結論；其次疊圖的程序並不保證讀者能產生一致而整合的結論，則此一程序只不過是將行使判斷的責任移轉給讀者而已。由於疊圖法不企圖提供一致的結論，所以 Canter (1977) 認為此一程序只適合於替代方案的性質比較，並不適合使用來檢討環境影響的量數，也不適宜討論不同環境項目間的相互關係。我們認為在有其他評估方法，如明細法或 Delphi 法為主要評估方法的條件下，疊圖法仍可當作評估者與讀者間相互溝通的程序；事實上評估簡報就是綜合或摘要的報告，而一般評估簡報都少不了的圖示程序乃是與疊圖法相一致的。換句話說，我們認為疊圖法不適宜使用為環境影響評估的主要方法，卻可使用來輔佐其他方法。

比明細法更為複雜精細的評估程序是矩陣法，除考慮可能受到影響的環境項目外，矩陣法也考慮可能引起這些影響的工程（計劃）活動，最先使用此一方法於環境影響評估者為 Leopold et al. (1971)。矩陣法將工程活動與環境項目交錯列表，凡工程活動項目可能影響的環境項目均加評估，列出影響量數及相對重要性權數；表內全部影響量數在分別乘以其權數以後，累計為綜合評估值。當然上述明細法所使用的配對比較也可以使用來評定表內影響量數的相對重要性，也可逐項構造環境品質換算表，將原始環境評估值換算為標準單位，則矩陣法在基本性質上與明細法並無不同，除增加考慮工程活動的細節以外，所有明細法的優缺點均適用於矩陣法。固然考慮工程活動細節有助於釐清評估程序，使結果顯得更為精確週密，事實上考慮愈多則評

估過程所引入的主觀因素愈複雜，可能使綜合評估之不一致性愈難予以有效控制。

網路法可以視為矩陣法的進一步延伸，由一組相互關連的環境影響矩陣，結為錯綜複雜的網路系統。網路法最先是用來當為海埔地開發的影響評估架構，企圖指出各種資源使用的相互關係 (Sorenson, 1971)。例如開設航道、採礦砂、清除水草淤泥、改進水質、或整治海灘等，均涉及挖掘浚碟的工程活動；挖掘的目的是搬移海床堆積物，但也在另一地點產生新的堆積物，而無論是清除或產生堆積物，均會進一步造成海洋生態的改變。按照目的、活動、結果 (可區分初級及次級結果) 的秩序，建構環境影響的「網路」，將受到影響的環境項目及影響量數一一列舉出來形成綜合評估，乃為網路法之應用。正如矩陣法為明細法之延伸般，網路法除增加考慮不同工程目的與活動對環境的不同影響外，在基本性質上仍然只是明細法之推廣而已，則明細法所涉及的主觀判斷也是網路法所不能避免的問題。無論評估者如何仔細釐清工程目標及活動對環境項目之影響量數，這些影響量數如何以不同的「重量」來組成綜合評估值，以及如何轉換為可以加減 (比較) 的標準量數等，仍需引進某些非程序性的主觀判斷才能解決問題。我們認為環境影響評估是一種判斷思考的運作。事實上科學方法的邏輯分析早就指出人類的判斷思考並無所謂的「客觀準則」，即使我們對自然現象或甚至於社會現象具有完整的知識 (如 Laplace's Demon)，機械性的演繹及歸納法則，仍然不能取代評估者下判斷的責任與權利 (Hempel, 1965)。

## 貳、Delphi 法之運用

以上我們對於現行各種環境影響評估方法之檢討指出，委員法失之於完全依賴專家委員的主觀判斷，不僅在形成綜合評估時對不同環境項目的比重，係聽任專家委員自相矛盾與協調，而且單項評估也放

(續表二)

| 職業類別         | 平均數    | 標準差    | 職業類別         | 平均數    | 標準差    |
|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| 79. 營造商      | 58.847 | 13.961 | 117. 美容師     | 47.549 | 15.892 |
| 80. 修女       | 57.928 | 17.288 | 118. 一般船員    | 47.507 | 15.030 |
| 81. 派出所主管    | 57.883 | 16.226 | 119. 計程車司機   | 47.479 | 14.678 |
| 82. 西藥店老闆    | 57.644 | 13.450 | 120. 鐘錶修理工   | 47.204 | 16.884 |
| 83. 秘書小姐     | 57.469 | 14.843 | 121. 獎券商     | 47.149 | 15.641 |
| 84. 村里幹事     | 57.213 | 13.771 | 122. 工廠領班    | 47.131 | 16.102 |
| 85. 餐廳老闆     | 57.099 | 14.434 | 123. 汽車機車修理工 | 46.848 | 16.268 |
| 86. 軍訓教官     | 56.293 | 17.647 | 124. 士兵      | 46.545 | 17.861 |
| 87. 民間藝人     | 56.128 | 17.834 | 125. 推土機操作員  | 46.475 | 15.892 |
| 88. 圖書館館員    | 55.971 | 14.795 | 126. 印刷工人    | 46.408 | 16.369 |
| 89. 郵差       | 55.747 | 16.174 | 127. 農場工人    | 45.879 | 15.864 |
| 90. 公司職員     | 55.160 | 14.081 | 128. 建築工     | 45.603 | 16.731 |
| 91. 歌星, 明星   | 54.791 | 19.280 | 129. 水電工     | 45.554 | 15.548 |
| 92. 廚師       | 54.700 | 15.493 | 130. 推銷員     | 45.315 | 15.939 |
| 93. 花農       | 54.676 | 16.100 | 131. 公車車掌小姐  | 44.699 | 15.953 |
| 94. 警員       | 53.928 | 17.577 | 132. 倉庫管理員   | 44.527 | 15.750 |
| 95. 自耕農      | 53.706 | 18.803 | 133. 大廈管理員   | 43.844 | 16.525 |
| 96. 批發商      | 53.250 | 14.767 | 134. 泥水匠     | 43.814 | 16.952 |
| 97. 火車司機     | 52.719 | 15.087 | 135. 廟公      | 43.781 | 17.802 |
| 98. 雜貨店老闆    | 51.905 | 15.062 | 136. 礦工      | 43.728 | 17.232 |
| 99. 電腦打卡員    | 51.704 | 15.792 | 137. 木工      | 43.692 | 17.643 |
| 100. 裁縫師     | 51.683 | 14.737 | 138. 餐廳侍者    | 43.565 | 16.179 |
| 101. 士官      | 51.671 | 16.643 | 139. 皮鞋匠     | 42.755 | 16.131 |
| 102. 國光號車掌小姐 | 51.338 | 15.347 | 140. 工友      | 41.667 | 16.641 |
| 103. 導遊      | 51.321 | 15.844 | 141. 工廠作業員   | 41.393 | 17.073 |
| 104. 洗衣店老闆   | 51.281 | 14.700 | 142. 學徒      | 41.124 | 16.379 |
| 105. 寺廟住持    | 50.893 | 18.330 | 143. 道士(司公)  | 40.724 | 18.019 |
| 106. 飲食店老闆   | 50.724 | 14.836 | 144. 幫派老大    | 40.475 | 25.216 |
| 107. 打字員     | 50.279 | 14.776 | 145. 女傭      | 40.112 | 16.612 |
| 108. 公車司機    | 50.143 | 14.815 | 146. 清潔工     | 40.057 | 18.150 |
| 109. 尼姑      | 49.337 | 17.991 | 147. 捆工      | 39.525 | 17.487 |
| 110. 輪船船員    | 49.049 | 15.155 | 148. 油漆工     | 39.498 | 17.490 |
| 111. 和尚      | 48.963 | 18.323 | 149. 零工      | 39.366 | 17.935 |
| 112. 加油站服務人員 | 48.431 | 15.749 | 150. 攤販      | 38.187 | 17.483 |
| 113. 理髮師     | 48.149 | 15.167 | 151. 碼頭搬運工   | 38.045 | 17.591 |
| 114. 接線生     | 47.765 | 15.521 | 152. 舊貨收購人   | 37.991 | 17.600 |
| 115. 漁船船員    | 47.701 | 15.599 | 153. 乩童      | 32.892 | 16.929 |
| 116. 店員      | 47.679 | 15.823 | 154. 酒女, 舞女  | 30.418 | 16.452 |

水庫計劃使用 Delphi 法，「函邀」有關專家學者及地方人士，就事先提出的清單逐項主觀評定影響量數及項目重要性，加權累計為綜合評估。

簡而言之，上列六件重大開發計劃的環境影響評估除天然氣案以外，都是使用一份事先確定的環境項目清單為評估的依據，只是評估程序有主客觀之別而已。事實上即使鯉魚潭水庫計劃之綜合評估係以 Delphi 法為主，其分項評估作業仍然盡可能使用客觀的程序（雖然作業時間短促），其他幾件計劃之影響評估則均有相當仔細的分項客觀評估。這裡就產生一些方法論的問題了。綜合評估乃是分項評估的總結，分項評估值與綜合評估值之間應有下列的對應關係：

$$z = \sum W_i V_i$$

$V_i$  表示分項評估值， $W_i$  表示分項權重， $i$  為分項編號， $z$  為綜合評估值。換句話說，在既有分項權重的條件下，主觀分項評估產生主觀的綜合評估，而客觀分項評估則應產生客觀的綜合評估。但是這五件重大開發計劃影響評估中，除立霧溪發電計劃使用 Battelle 環境品質換算表，將客觀評估值轉換為標準單位以外，分項的客觀評估似乎僅使用為背景資料，或於說明會中發表以「影響」主觀評估的結果，或提供給讀者（或決策者）參考而已，其綜合評估與分項客觀評估間並不形成上述的對應關係。

這個問題顯示將客觀評估值轉換為標準單位，程序上仍有相當困難窒礙之處。雖然運用 Battelle 評估系統可以解決單位轉換問題，環境影響評估文獻 (Canter, 1977: 212; Jain, Urban, & Stacey, 1981: 79 - 91; 於幼華, 1983) 卻又指出 Battelle 評估系統的環境品質換算表不容易構造，需要對評估對象有相當完整的理論與經驗知識才行得通，乃是一種適應性很低的評估程序。一般而言，立霧溪發電



計劃及翡翠水庫計劃所使用的 Battelle 評估系統，僅適用於水資源相關活動之評估，雖然也有修改應用於捷運工程計劃 (Smith, 1974) 及工業區與畜殖場開發計劃 (於幼華, 1983) 者。但是即使應用於水資源有關的工程計劃，我們已經指出環境品質換算表或轉換程式之設立，仍然涉及某些複雜而不明顯的主觀判斷，所以王俊秀 (1983: 113) 認為「使用評估函數，把環境品質由 0 到 1 來計算，這個評估指標稍嫌不明確」。舉例而言，水中溶氧量一般分佈於每公升 0 至 10 公克之間，固可一一對應於環境品質 0 至 1 的數值，其對應形式 (也就是函數設定) 究為線形或 S 形，仍需評估者自行或沿用他人判斷。當環境項目為數眾多，而且每個項目的品質換算表均包括類似主觀判斷時，不但函數設定極為困難，綜合評估的客觀性與一致性也會受到影響。

除了評估值「標準化」的問題以外，相對權重之設定更使環境影響評估，不能不依賴相當程度的主觀判斷，我們已經說明這是從事評估所不能避免的責任；換句話說，環境影響評估實乃是混合使用主客觀數值的計量程序。從這個角度來檢討現行的評估作業，不難瞭解主觀評估所以成為重要 (或甚至於主要) 步驟，其方法論之建立也愈來愈受重視的理由。但是主觀判斷之不可避免並不表示這些主觀判斷必須是評估者的主觀，它們也可以是決策者或是直接受工程計劃影響的人口的主觀，則與其放任「客觀精確」的假象影響評估的結果，不如正面檢討這些主觀判斷的代表性與一致性。換句話說，既然客觀評估必須轉換為某種主觀判斷才形成綜合評估，才產生社會或政治「意義」，則設法保證這些主觀數值的代表性或一致性，乃是評估作業的核心問題，而不是邊際性的問題。另一方面，我們又認為環境影響評估基本上是一個政治程序，讓公眾參與評估作業不但有助於解決主觀判斷的代表性與一致性問題，而且於民主政治體制中本就是必要的作業方式。在主觀判斷不可避免及公眾參與的雙重考慮下，Delphi 法

不但可視為明細法之運作，而且是能針對主觀判斷作有效處理的評估程序，產生綜合與分項評估可以互相對應的結果。

相對於配對比較法，使用 Delphi 法來安排項目先後秩序的缺點，是少了一個理論分配為檢討其一致性的基礎。但配對比較的程序需取所有項目兩兩比較，比較的次數為  $n(n-1)/2$  次，當項目數量很大時（例如七十五項），配對比較的工作變成是繁複枯燥而難以忍受的工作，只適合由評估者自行處理，不適宜取代表性的民意樣本來擔任配對比較的工作。另一方面 Delphi 法只讓從事比較的人一次將全部項目排出秩序，多人編排的結果平均後，提供給每個從事比較的人參考後再重複編排一次，如此週而復始若干次 ( $r$ )，每個項目的平均權重趨向穩定就產生收斂的結果，則每個參與比較的人都做了  $rn$  次比較。就一般評估作業而言， $r$  值均遠小於  $n$  值，也就是說  $rn$  次數遠小於  $n(n-1)/2$ ，則 Delphi 法又比配對比較法更適宜選取具有代表性的民意（居民代表或地方人士）樣本，來從事比較的工作，借助外部效度 (external validity) 之擴張來彌補內部效度 (internal validity) 之不足。使用 Delphi 法取得環境項目權重以後，再取得分項評估的標準化量數就能形成綜合評估。

同樣的方法也適用於分項評估值之標準化。對於不適用 Battelle 評估系統的工程計劃，與其讓評估者主觀決定轉換其分項評估為標準單位的方法，不如將客觀評估的結果在說明會中提出給居民的代表性樣本當參考，讓居民代表在評估者的協助下逐項用 Likert Type 尺度轉換為「標準」單位，也可以如前述決定項目權重般，參考樣本平均數重複若干次評定，得到收斂的結果。即使對於適用 Battelle 評估系統的工程計劃，由於 Battelle 評估系統不包括社會經濟影響之評估，而且過去數件評估案已經顯示，並不是每一個環境項目都能有足夠資料可據以設定換算表（於幼華，1983），我們認為 Delphi 法仍然是適應力較強的方法。再進一步而言，即使是有充分資料與知識的項目，

轉換函數之設定仍有可能涉及許多複雜微妙的主觀判斷，完全依賴評估者自行下判斷，不如在客觀評估的說明資料中將函數的已知特性充分交代，讓直接受到工程計劃影響的人口達成穩定一致的判斷。配合下節所建議的自動化評估系統，我們認為 Delphi 法是現行各種評估方法中最能吸收民意，而且簡單方便，不容易因主觀意見介入而產生爭執的方法。

### 叁、Delphi 法特性的探討

國內目前對環境品質及施工計劃 EIA 所作的評估程序，也有漸採主觀指標以供參考的趨勢，其評估方式則以利用比較判斷法 (comparative judgment) 為主。國內常用的比較判斷方法有兩種，一為 Thurstone 的第五型比較判斷 (習稱「配對比較法」)，另一為 Delphi 法。由於配對比較法所得出之量表值 (scale value) 具有類似等距量表 (quasi-interval scale) 的性質，故  $W_i$  可由各環境項目之量表值換算出來。Delphi 法之  $W_i$  算法則較為繁雜，但可利用電腦作即時的運算，留待後敘。

配對比較法 (method of paired comparison) 乃係 L.L. Thurstone 於 1927 年發展出來的量度化方法，旨在提出一套如何在單向度心理連續體 (psychological continuum) 上排定刺激順序的程序。配對比較法具有經理論推演出來的抽樣分配 (sampling distribution) 特質，且求算出來的量表值具有類似等距量表 (quasi-interval scale) 的優點。人對環境項目的知覺可能是一種多向度表現 (multi-dimensional representation)，亦即人對某一環境項目的評價，雖然祇有一整體的評價數值 (經由評定量表或勾選其中一項的方式)，但該數值之反應乃係透過多種向度的物理或心理變項，一齊交互作用所產生的。因此經由配對比較法程序所得出各環境項目的量表值，理應在多向度空間上予以標示，才能真正反應該環境項目的量表值，究係

受測者受到那些影響，才形成對該項目的知覺結果。配對比較法則係一種單向度的表現 (uni-dimensional representation)，並不符合上述的特性，但在政策評估及對社區民衆的說明上，仍有其簡潔易懂且具有在直覺上容易應用的好處，故該方法對目前我國正在進行的環境影響評估業務上，尚不失為一種有參考價值的輔助性作法。

圖一 團體 Delphi 法之比較判斷方式及其說明

| 配對項目             | (I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> ) | (I <sub>2</sub> , I <sub>3</sub> ) | ..... | (I <sub>n-1</sub> , I <sub>n</sub> ) | (I <sub>n</sub> , I <sub>1</sub> ) |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------------|
| I <sub>1</sub>   | a <sub>1</sub>                     |                                    |       |                                      | b <sub>n</sub>                     |
| I <sub>2</sub>   | b <sub>1</sub>                     | a <sub>2</sub>                     |       |                                      |                                    |
| I <sub>3</sub>   |                                    | b <sub>2</sub>                     | :     |                                      |                                    |
| :                |                                    |                                    | :     |                                      |                                    |
| :                |                                    |                                    |       | :                                    |                                    |
| I <sub>n-1</sub> |                                    |                                    |       | b <sub>n-2</sub>                     | a <sub>n-1</sub>                   |
| I <sub>n</sub>   |                                    |                                    |       |                                      | b <sub>n-1</sub> a <sub>n</sub>    |

說明：

- (1) 團體 Delphi 法目的在團體參與並給予回饋的條件下，以反覆運算 (iteration) 方式求算各環境項目 (1 ~ n) 之權重值 (W<sub>i</sub>，設  $\sum W_i = W = 1000$ ，事後在求算綜合環境指標評估值時，亦可將  $\sum W_i$  常模化為 100)。
- (2) 先要求團體中的每一受測者以 (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>)、(I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>)……(I<sub>n</sub>, I<sub>1</sub>) 的方式，分別評量 I<sub>j</sub> 與 I<sub>j+1</sub> 的相對權重 a<sub>j</sub> 與 b<sub>j</sub>(設 a<sub>j</sub> + b<sub>j</sub> = 100)，之後由團體中每一個人的 a<sub>j</sub> 與 b<sub>j</sub> 值算出算術平均值，再代入求算 r<sub>j</sub> 與 W<sub>j</sub>。
- (3) 輸入第一次評定之團體平均值 a<sub>i</sub> 與 b<sub>i</sub>，計算第一次之  $r_i = b_n / a_n$ ， $r_i = r_{i-1} * b_{i-1} / a_{i-1}$ ；令  $R = \sum r_i$ ，則第一次之  $W_i = W * r_i / R$ ；其中  $W = \sum W_i$ 。
- (4) 設定一收斂判斷係數  $C = r_n - 1$  (理論上應為 0，但因受測者之判斷或許有不一致性或無法滿足傳遞性的現象，故實際上可以不等於 0)，

若  $|C| < n\epsilon$  (設  $\epsilon = 0.05$  或更小,  $n$  為環境項目之個數), 則表示已可收斂, 亦即團體中每個人的意見大致一致, 可以不必再繼續評定, 此時所獲之  $W_i$  值即表示各環污項目之相對權重, 若  $|C| \geq n\epsilon$ , 則須再作下一次之反覆運算。

- (5) 若第一次  $|C| > n\epsilon$ , 則再進行第二次之團體評定, 進行之前先將第一次所獲之  $W$  值回饋給團體成員, 以供第二次評定之參考, 第二次之評定方式與決定是否收斂, 皆與第一次同, 如此反覆, 至收斂為止。

配對比較法的一個特色是須作  $C(n, 2)$  次的比較判斷, 讓受測者能作全面性的兩兩比較, 但當所須比較的環境項目 ( $n$ ) 增多時, 往往須做至少 100 次以上的配對比較。Delphi 法所使用的比較判斷方式, 則僅須  $n$  次配對 (亦即  $I_1$  與  $I_2$  比,  $I_2$  與  $I_3$  比……,  $I_{n-1}$  與  $I_n$  比……,  $I_n$  與  $I_1$  比。如此比法, 共須  $n$  次。參見圖一)。因此, Delphi 法所須比較的次數僅為 Thurstone 配對比較法的  $2/(n-1)$  倍 ( $n/C(n, 2)$ ,  $n > 3$ ), 在  $n$  大時更見其省時的特性。Delphi 法的另一特色 (也是其最重要的精神), 乃是將一次所獲的團體結果算出來後, 再提供給受測的個人當為參考, 並要求受測個人進行第二次的評估, 如此反覆進行, 使每個環境項目的比較權重 ( $W_i$ ) 趨於穩定, 不再有不一致的變化為止。實際上的操作當然不可能有多次反覆施測 (iteration) 的機會, 所以須有一合理的收斂性指標 ( $C$ ), 來決定何時應停止該項反覆過程。為了能讓社區居民 (指工程計劃施行地區或某環境品質敏感區之居民) 親身參與, 並在一、二個小時內表達對各環境項目的不同重視程度, Delphi 法也可稍加修正以資應用, 圖一即描述該一團體施測程序, 並說明如何給予團體回饋及決定何時收斂的過程。

由於 Delphi 法在此所使用的比較方式, 不像 Thurstone 的配對比較法, 亦即並無適當的抽樣分配 (sampling distribution), 故雖然它可減少比較次數及達到省時 (也因此可以徵選社區民衆來現場參與

評估)的功能,但仍須就其程序予以模擬,以探討該方法是否具有良好的收斂特性。所謂良好的收斂特性,在此處指的是(1)團體中的每個受測者對所有的環境項目皆有其權重的排列順序,當有較多的受測者在開始的評定順序上有一致性時,則收斂速度較快;當每個受測者的評定順序歧異性相當大時,則收斂速度較慢。(2)在反覆運算(iteration)的過程中,若受測者祇以上一次的團體回饋值,當為其進行下一次權重分配的唯一根據時,則其收斂速度較快;但若受測者在分配權重時,不祇參考上一次的團體回饋值,同時也受到本身變異性的影響時(如記憶不良,注意力不集中,或前後判斷不一致等個人因素),則其收斂速度較慢。

#### 肆、Delphi 法之收斂模擬

以模擬程式探討團體 Delphi 法之模擬結果,其目的在設定若干模擬條件,以探討 Delphi 法在無適當之抽樣分配下,是否仍具備有常識上應該有的良好收斂特性,以進一步了解其優點,並當為政策推行上之參考。

與模擬有關的參數、指標、權重輸入的資料結構、控制程序、與計算及輸出入方式,不擬在此從事模擬技術細節上之討論,請參見黃榮村與陳寬政(1986)。該模擬嘗試探討下列問題:(1)隨著反覆運算(iteration)次數的增多,各個實驗條件是否會收斂?(2)當介入不同大小之個人變異性(亦即  $d$  值,此處之  $|d|$  值為小於等於 6 或 3 之隨機數,其介入方式見圖二),是否較大之個人變異性的介入,會使收斂速度慢?當  $|d| = 0$  時(亦即祇考慮團體回饋的方式)是否其收斂速度最快?(3)在團體 Delphi 法中,是否有愈大的比例參考上一次團體所獲得之平均權重,則其收斂速度愈快?在模擬程式中,以  $CE$  表示參考上一次各項目之團體平均權重的百分比,並設其  $default = .80$ 。故  $1 - CE$  即表示參考上一次個人對項目所作之  $\{a, b\}$

值的百分比。設定 CE 之 default = .80 的理由，乃是因若設 CE = 1，會得到第二次輸入之  $a_i$  值等於第一次  $a_i$  值的結果，則便無法探討反覆運算次數所帶來的收斂效果。(4)當第一次 Delphi 法的個體項目權重輸入值相似性很高時，是否會加速收斂？在工程計劃的 Delphi 法實測中，由於工程計劃的熟悉度與社區居民在教育程度及職業等變項上的同質性，有可能會對該工程計劃所牽涉到的問題，具較高之共識，因此在項目權重的第一次輸入值上會有較高的一致性，該高一致性可能有助於團體 Delphi 法的收斂。在本模擬中設定有六種不同的資料一致性，分別是「完全隨機」、「假隨機」、「低一致性」、「中一致性」、「高一一致性」、與「完全一致性」。

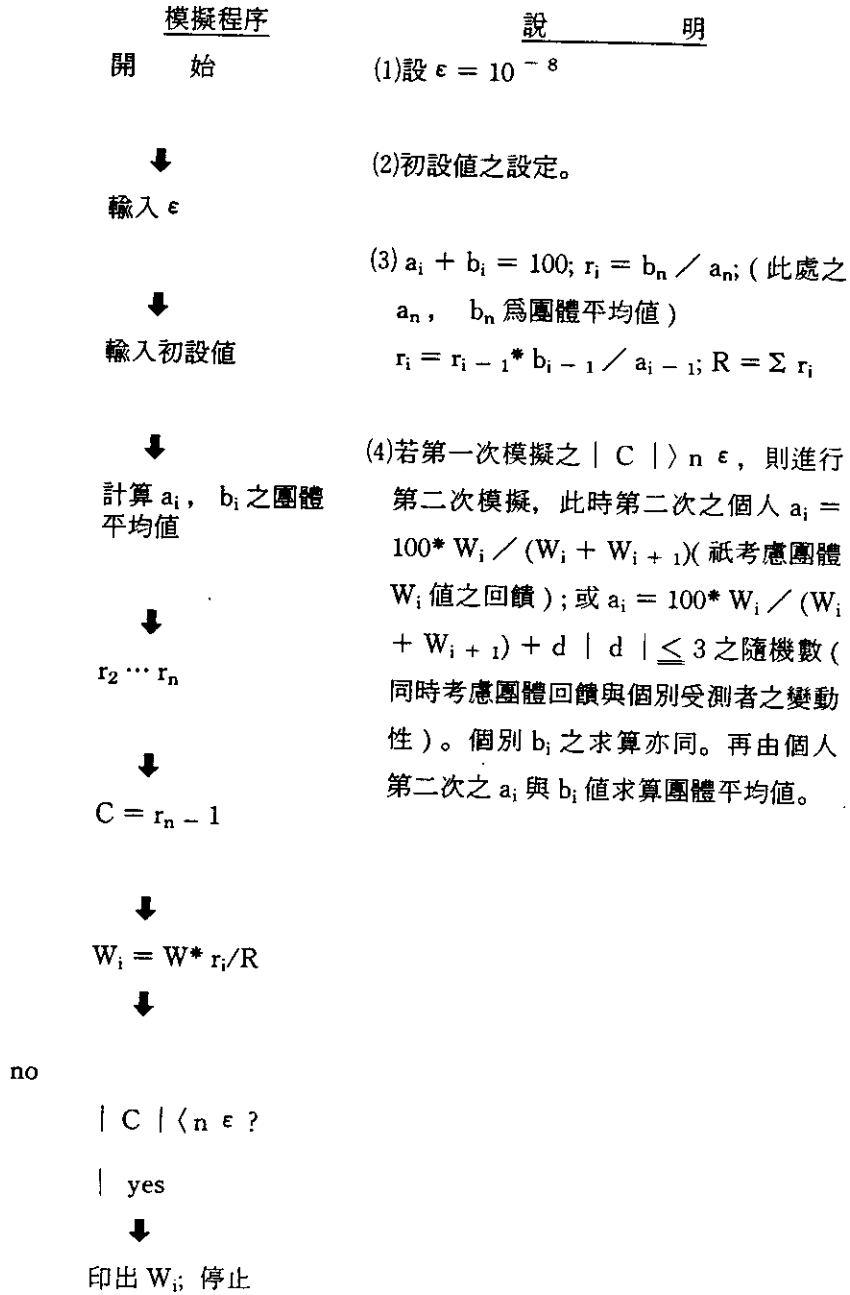
在模擬中， $\{a, b\}$  表示任意兩個項目之相對權重值，當計算係以個人為基礎時，則每個人對所有項目所計算得到的收斂係數 C 值皆等於零，該結果乃係在特定模擬條件下所製造出來的「個人理性」(individual rationality)。但在實測中，則個人的 C 值不一定都能得到等於零的結果，亦即在實測中會發生不能滿足「個人傳遞性」(individual transitivity) 的現象，這是與模擬程序有相當大不同的地方。但不管是否滿足個人傳遞性，在團體的決策與判斷過程中，都可能發生不能滿足團體傳遞性的現象。Delphi 法目的之一，即在利用團體回饋的方式，在反覆運算的過程中判斷是否達到可被接受的收斂判準，而以 C 值表示之。當 C 值趨小時，即表示團體對各項目之判斷所發生的非傳遞性 (intransitivity)，逐漸變小，若  $|C| \leq n \epsilon$ ，則表示團體決策之非傳遞性已達研究者可接受之水準，此時所得之各項目的團體權重值，即為可接受之團體排序，並可將其數值應用於綜合評估之計算中。由該模擬結果並配合其他改變  $|d|$  值與 CE 值的模擬，大致可回答上述所欲探討的問題：(1)隨反覆運算次數的增多 (1 ~ 4 次)，各實驗條件會逐漸收斂。(2)在不介入個人變異性 ( $|d| = 0$ ) 時，亦即祇考慮團體回饋時，其收斂速度及規律性比介

入個別變異性時為佳。 $|d| \leq 6$  比  $|d| \leq 3$  時更不易收斂。(3) 若個體考慮其上一次項目權重 (以  $a$ ,  $b$  表示) 之成份愈大 (亦即  $CE$  變小, 表示愈不受團體決策回饋影響) 則收斂速度愈慢。若  $CE$  增大, 則收斂速度變快。(4)「資料一致性」的效果, 無法在模擬中完全反映出來, 亦即資料一致性增高, 並不一定保證有較低之  $C$  值。該結果究竟係團體 Delphi 法本身所具有的不完美量表特性, 或係輸入之資料結構所造成的, 在本模擬中無法清楚看出, 值得進一步探討。但由一般的模擬程序看來, 該結果指出了團體 Delphi 法在量表特性上, 可能有其不完美性。因此團體 Delphi 法的推廣, 並無法以其在「資料一致性」上可能具有的良好收斂特性, 當為其主要的推廣理由。因此在團體 Delphi 法實測作業下, 對於參與人員的選取, 並不一定要由同一次團體或來源中獲得才可保證評估結果較好, 反而是對於參與人員進行針對該項工程或意見調查充份及足夠的教育 (well educated), 亦即提供充份的資訊, 才可獲得較好的結果。

由上述結果可知, Delphi 法雖沒有適宜的抽樣分配, 以致無法進行統計分析上經常使用的「顯著性檢驗」(significance test), 但由本研究的各項模擬結果, 可看出在若干項目的收斂特性檢測上, 尚具有符合常識與可接受的良好收斂特性。因此建議可在某些已被社會上所充分了解之工程計劃上, 試行小規模的實驗, 並進一步探討與加強 Delphi 法的理論基礎及硬體配合技術。



圖二 團體 Delphi 法之電腦模擬流程圖



## 伍、Delphi 法自動化系統之設計

早在五〇年代，美國已有人提出 Delphi 法意見調查的模式，而以六〇年代，美國空軍委託 RAND 公司所做的研究最為完整。這種意見調查法，簡單說來，就是請一羣專家，針對某項未來事件，利用意見調查問卷及控制意見回饋的方式，取得可靠而一致的預測意見。在過去三十年裡，Delphi 法在美國已經相當廣泛地應用到各種方案規劃作業上。尤其是近年科技知識急遽發展，在無法取得有關的過去資料的情況下，卻需要先期評估新科技新計畫所可能發生的未來衝擊，不得不尋求能有效預測未來的策略及方法。Delphi 法因而能脫穎而出。

Delphi 法可用來評估處理各種論題，諸如未來預算之配置、都會或鄉村計劃、校園及課程的安排與發展、教育方針之取向、醫療計劃，甚至可預測複雜的消費者行為等等。但是，無論所欲評估預測的對象為何，Delphi 法通常需具備以下四階段：首先，針對被評估的對象事先需詳加探討研究、收集完備的資料。第二，從收集所得的資料中，規劃、詳列可能的未來事件或情境(scenario)，以環境綜合評估為例，則為定義出清楚的環境品質清單。第三，請參與者針對這份清單，提供個人認為可能發生的影響、不同情況下影響的程度等意見。第四，將計算出來的普查結果供給參與人士參考，然後進行下一回合的意見調查。因此，可以說，Delphi 法的特點是它的目的（綜合專家對於未發生事件的評估意見）及方法（以集體意見提供個人參考並進行重複普查運作的程序）。

值得注意的是，Delphi 法所不同於其他傳統團體討論者，在於 Delphi 法可避免參加討論者面對面會談所可能產生的團體從眾性(group conformity)的壓力。根據過去研究(Wright & Ayton, 1987)顯示，通常與團體統計值差距越大的人，改變其意見的可能性

亦越大，而另一類型的人其意見與團體統計值相去不遠，則相當堅持己見，不易在第二、三回合的反覆施測中更改意見，雖然他的預測可靠度比團體預測的正確度低，卻仍自信滿滿。大約有三分之二的人會在第二回合運作中酌量改變他們個人的意見。團體中位數 (group median) 即可經由重複運作後，趨向較正確的評估值。

Delphi 法電腦問卷自動化系統，即基於前述對各種評估方法之比較與評估，所發展及建立起來的一套在實驗室中可用的小型評估系統。在這套自動化系統中使用的主要硬體設備，為多部個人電腦、連接傳輸訊息的介面卡以及配合設置的區域性網路系統。利用這種配置，本研究自行發展植入的電腦程式可自動進行及控制問卷編製作業、問卷呈現作業及施測程序；並運用 Delphi 法算則求算綜合評估值之結果及收斂係數，並可由此收斂係數決定進行反覆運作的次數。本系統之其他特色為使用中文系統，且與國外同類功能系統相比較下，裝配價格甚為低廉。

由於我們預期這種設置應當為大量製作正式評估設備之先期模型，因此已先發展規劃出可用的主試人員及與試人員指導手冊。需要使用 Delphi 法評估本國進行之公共工程建設案例，可參考黃榮村與陳寬政 (1988)，當可完成 Delphi 法評估程序，獲取資料以提供環境影響綜合評估之參考。底下略述該系統之組成。

### 一、系統硬體環境

本系統所採用之硬體規劃方案為微電腦區域網路系統。主要考慮是這套系統目前市場取得容易、且由於個人電腦晶片生產技術提高、價位降低，設置系統所需經費因而降低，有利於本系統之推廣與應用。

微電腦區域網路系統主要是使用一台或多台個人電腦為檔案服務站 (files server) 配合多部個人電腦為終端機或工作站 (work station)，由電纜線與網路界面卡之連接而形成。目的在應用當前可行之網路

作業系統達成問卷調查自動化需求。

## 二、系統軟體環境

本系統的硬體環境是微電腦區域網路，其軟體環境除需有磁碟作業系統 (DOS) 及呈現問卷的中文作業系統外，尚有通訊作業系統。在目前已開發出的衆多作業系統中，本系統選用 NOVELL 公司的區域網路作業系統 Advanced Netware。

網路作業系統包括檔案服務站及工作站兩大部分。較先進的網路作業系統通常需一台專屬的 (dedicated) 個人電腦 (可以是 IBM - XT 或 AT 及其相容機種) 內含硬式磁碟機構成，在這部服務站上存放有作業系統的 Key Card (即為網路作業系統的硬體) 而工作站則可為不含硬磁碟的個人電腦。但無論是服務站或工作站，主機內都需包括一片網路界面卡，然後通過電纜線的連接而形成一套區域性網路系統。工作站與服務站連接後必須要執行一套啟動程式 (即 Netware shell) 以啟動網路系統，然後方能進行上機程式 (即 LOGIN)，俟正確輸入合法名字及密碼無誤後，即進入網路連線系統。

處理各部個人電腦的磁碟作業系統 (DOS)，必須使用 3.0 以上的版本，網路啟動程式 (Netware shell) 則為 DOS 與 Netware 兩大作業系統的橋樑，能區分使用者所鍵入的指令是分屬於何者。故使用者在網路連線內仍可使用 DOS 指令進行區域磁碟內的工作。在本系統，中文作業系統的功能僅為在銀幕上以中文呈現問卷內容，因此，一般中文系統，大抵均可適用。但各家中文系統之呼叫及植入有所不同，使用者需自行處理。

## 三、系統程式概述

Delphi 法電腦問卷調查系統包含下列程式：

DPH . BAT；為本系統主持人使用的主控程式。

MKQ.COM; 為主持人製做問卷的問卷製作程式。

INQ.COM; 為主持人執行 Delphi 法作業的施測程式。

DPHS.COM; 為執行參與者問卷調查的程式。

#### DPH.BAT 簡介

這是一個 DOS 批次檔。主持人呼叫本檔時，需鍵入其檔名 DPH，即可自動執行。在這裡採用批次檔的形式，主要考慮為便於由 DOS 作業系統控制工作流程。對於執行過程中不正常工作的處理，DOS 可自動取回控制權，使用者放棄以前的工作，重新呼叫本檔名，即可從頭啟動。此外，根據本批次檔的程式內容，系統規劃出的子作業模組按序臚列。當日後有需要增添新的工作內容時，植入其對應的程式模組即可，不需另行修改原有程式，亦具有節省人力時間的資源，及便於維護的多項優點。

在 DPH.BAT 中，將 Delphi 法問卷調查系統的工作，區分規劃成四項子作業功能，而歸納於主功能表之中。使用者叫出 DPH 檔，銀幕上即呈現當時時間，及該項主功能表。使用者僅需簡單地按一個數字鍵選擇，便可進入所要執行的子作業功能表。執行該項子作業完畢且正常結束後，主功能表又會呈現，供使用者選擇下一項工作。

根據研判規劃所得的四項子作業依序為：製作問卷、施測作業、Delphi 法結果報告、及結束的作業。前兩項子作業的對應程式各是：MKQ.COM, INQ.COM。

#### MKQ.COM 簡介

除上述 DOS 的批次檔外，本系統其他程式的原始檔都是以 Pascal 程式語言寫成，經由編輯器 Turbo Pascal 編譯成可直接呼叫執行的 COM 檔。

MKQ.COM 是針對製作問卷的作業所寫的程式。此程式亦提

供一項功能表供使用者選擇。可選擇的工作項目有：製作規則、編輯問卷、執行 DPHS 程式及返回主功能表。使用者在此功能表選擇所欲執行的工作項目，即進入該項作業。

製作規則作業，主要是將編輯問卷的規則條列陳述於銀幕上，以備使用人參考之用，該問卷規則所定義的控制碼及編輯順序即為參與者及執行施測程式的依據，使用者於編輯問卷時務需切實按規則編製，以免發生不正常運作之情形。執是之故，在功能表上，特增加一條執行 DPHS 程式之工作，以供使用者編完問卷後，可模擬參與者作答情形執行施測程式，以檢驗問卷之可行性。

編輯問卷作業僅將使用者導離本系統，其目的是簡化程式篇幅及人力。由於現行的文書處理系統數量頗豐，使用者依照個人經驗選擇適當的文書工具，即可編製出問卷，不必重行學習本系統特製之文書處理工具。惟所使用之檔名需按規定處理。

### INQ.COM 簡介

INQ.COM 為本系統主要處理程式，提供兩項功能：施測前注意事項及執行施測程式。施測前注意事項，是要提醒主試者確認問卷調查執行前準備工作是否完善。因為 Delphi 法的結果可行性受參與者影響至鉅。若參與者遴選不當、參與者未曾全盤明瞭該項評估對象無法做出可靠的判斷，則施測結果之準確性堪虞。

執行施測程式的工作，主要即 Delphi 法算則的應用，可求算出當次調查各項相對權重數值及收斂係數，並由主試者與參與者共同決定是否進行下一回合的反覆運算。

### DPHS.COM 簡介

本程式為參與者適用之 Delphi 法施測程式。程式將進行的工作包括：次第呈現有關本次問卷的工程標題、簡報及各項問卷內容。環

境品質清單之呈現，均以一次全部呈現於全銀幕上為準。因此，若被評估之環境品質項目過衆，超過目前電腦視頻顯示裝置之限制，當無法有效地應用 Delphi 法調查。參與者回答問卷題項，僅需簡單地按幾個數字鍵即可。本程式並提供修改的功能以便利參與者反覆思慮後可能的修正需要。當參與者確認所輸入數值無誤後，程式方儲存個人資料並記錄在網路公用磁碟內。此外，本程式亦具備呈現所有參與者平均結果之功能，以供參與者參考當次運作下參與成員的平均反應值。

問卷施測正常作業的結果，按上述系統之配置與運作後，可呈現當次 Delphi 算則的結果，如下例：

參與者人數: 17

| 環境品質項目 | 相對權重  | 現況評價  | 施工期評價 | 施工後評價 |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 第 1 項  | 0.043 | 1.882 | 1.353 | 2.706 |
| 第 2 項  | 0.045 | 1.765 | 1.294 | 2.529 |
| 第 3 項  | 0.049 | 1.882 | 1.176 | 2.412 |
| 第 4 項  | 0.057 | 2.000 | 1.176 | 2.353 |
| 第 5 項  | 0.067 | 1.882 | 1.059 | 2.353 |
| 第 6 項  | 0.074 | 1.941 | 1.118 | 2.294 |
| 第 7 項  | 0.085 | 1.941 | 1.235 | 2.647 |
| 第 8 項  | 0.050 | 2.118 | 1.294 | 2.529 |
| 第 9 項  | 0.092 | 1.765 | 1.118 | 2.471 |
| 第 10 項 | 0.074 | 1.941 | 1.176 | 2.353 |
| 第 11 項 | 0.159 | 1.824 | 1.235 | 2.118 |
| 第 12 項 | 0.206 | 1.706 | 1.353 | 2.529 |

|      |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 公害指數 |       | 1.853 | 1.228 | 2.418 |
| 收斂係數 | 4.548 |       |       |       |

結果報告上的參與者人數為實際上正確作答的人數。若與參與人數不合，則表示有某些參與成員未正確作答。在進行下一回合運作前，主持人需先解決這些成員的問題。

當收斂係數 C 值大於 1 時，程式會詢問主持人是否將進行再一次 Delphi 法運作。由主持人與所有參與者共同達成協議後決定。按鍵選「是」，則施測程序將重複一次，參與者部分亦再次呈現問卷選擇題部分，請其作答。如此反覆進行，至決定按鍵選「否」，方結束本次作業。雖然重複次數並無硬性規定，但至少重複一次以祛除按錯鍵所產生的誤差。

## 陸、結 論

本文旨在探討綜合評估方法應用在環境影響評估上的可行性，並對各項理論與技術上的問題作一初步分析，其要項大致如下：

1. 分析客觀與主觀指標之間的關係，提出對綜合性指標  $\sum W_i V_i$  評估程序之檢討，並對目前國內使用之綜合評估方法作一批評，指出 Delphi 法乃一可行之技術。

2. 討論求算  $W_i$  (主觀的相對權重或相對重要性) 的兩種比較判斷方法，並提出對團體 Delphi 法的初步模擬結果，發現其有尚稱良好的收斂特性，應可在台灣地區予以小規模的推廣。若配合以民意調查方式收集  $V_i$  值，則可合理的算出  $\sum W_i V_i$  以反映環境品質或計劃施行之環境影響的綜合性評估值。但該方法用在小型團體上，並希望於短時間 (兩個小時) 內求算結果，則尚需在硬體設備及網路系統相配合，該項工作的初步成果，已於本文中略加敘述。



## 參考資料

王俊秀

- 1983 「環境評估及其社會意義」，*環境影響評估論文集*，頁 108 — 120。台北：衛生署環境保護局。

於幼華

- 1983 「諸環境衝擊評估方法之比較及部份方法在應用上之缺失檢討」，*環境影響評估論文集*，頁 132 — 144。台北：行政院環境保護署。

陳章鵬

- 1986 「環境影響評估方法論」。 *環境影響評估論文集*，頁 33 — 54。台北：行政院環境保護署。

黃榮村、陳寬政

- 1986 *環境影響綜合評估體系及方法之研究 (I)*。台北：衛生署環保局。

黃榮村、陳寬政

- 1988 *環境影響綜合評估體系及方法之研究 (II)*。台北：行政院環境保護署。

Canter, L. W.

- 1977 *Environmental Impact Assessment*. New York: McGraw — Hill.

Dee, N. et al.

- 1972 *Environmental Evaluation System for Water Resources Planning*. Columbus, OH: Battelle Columbus Laboratories.

Hempel, C. G.

- 1965 *Aspects of Scientific Explanations*. New York : Free press.

Jain, R. K., Urban, L. V. & Stacey, G. S.

1981 *Environmental Impact Analysis : A New Dimension in Decision Making*. New York: Van Nostrand Rineholt.

Land, K. C.

1983 "Social Indicators," *American Review of Sociology*, 9: 1 – 26.

Leopold, L. B. et al.

1971 *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*. Geological Survey Circular 645, US Government Printing Office, Washington D.C..

Smith, M. A.

1974 *Field Test of An Environmental Impact Assessment Methodology*. Rept. ERC—1574, Environmental Resources Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta.

Sorenson, J. C.

1971 *A Framework for Identification and Control of Resource Degradation and Conflict in The Multiple Use of The Coastal Zone*. San Francisco: University of California Press.

Wright, G., & Ayton, P.

1987 *Judgmental Forecasting*. New York: John Wiley & Sons.

## **The Construction of an Overall Assessment Indicator for Measuring Environmental Impact**

Jong-tsun Huang, Kuanjeng Chen, Lien-huey Wang

### **Abstract**

In recognizing the shortage of sufficient data-base and composite environmental indicators in Taiwan, a linear index,  $WiVi$ , was suggested for subjectively evaluate the overall environmental impact due to the construction of major projects.  $Vi$  might be collected through quality ratings of environmental items.  $Wi$  could be obtained by assessing relative importance among target items. Thurstone's paired comparison technique and Delphi method are widely adopted for computing  $Wi$ . What merits Delphi method might have, its sampling distribution could not be established in the same way as Thurstone's model did. For justification of its adoption, convergence test has been performed to see what factors might affect the rate of convergence. Group feedback and individual variability are introduced into the simulation. The result shows that convergence rate

varies in an ordered way. Statistical properties which might have been inherent in the Delphi method are disclosed as support for its adoption. To facilitate quick data acquisition of Delphi method among diversified interest groups, a computerized network system was assembled. The system has been proven economical and reliable in achieving the convergent rankings of relative importance among environmental items.