

1999~2003 年紫外線指數之監測與預測成效分析

柳中明、李彥枝

台灣大學大氣科學系、台灣大學全球變遷研究中心

摘要

我國紫外線指數 (UVI) 之監測始自 1997 年於台北、台中、恆春與阿里山，當時是為發展紫外線指數之統計預報模式，以驗證與修正預報，而由環保署與中央氣象局合作進行。爾後則陸續增加到現今的 30 台 UVI 監測，與 5 台 UVA (紫外線 A) 監測。經整理後，本文取 1999 年以後，當多數儀器到位且資料收集品質穩定後的資料，進行分析。

大致上，危險級 ($UVI \geq 10$) 與過量級以上 ($UVI \geq 7$) 的出現機率明顯呈現冬低夏高的現象，且具區域差異與逐年變化特徵。夏季各月危險級出現機率超過 60% 的測站，出現在外島、恆春島、東區、高屏區、山區等地，可達 80% 以上。2003 年 7 月澎湖站在 26 個監測日中，出現 25 個日子裏指數大於 10 的情形，最為驚人。北區、中區、南雲嘉區等，似為危險級出現機率較低者 (低於 40%)。冬、春季各月，山區之危險級出現機率並非全然為 0，且較其他地區為高，但最高僅達約 50%。類似特徵出現於 $UVI \geq 7$ 的出現機率中，其於夏季時介於 70~100% 間，冬季時則在 0~10% 間。所以，台灣夏季紫外線指數多在過量級以上。至於 $UVI \leq 4$ 的出現機率，則為冬高夏低；在北區、南雲嘉、桃竹苗等區，冬季時介於 90~100% 間，夏季時則在 0~10% 間。值得注意的是：山區 $UVI \leq 4$ 的出現機率在冬季時多小於 45%，顯示山區紫外線輻射較平地為高的情況。

在紫外線指數的預測方面，自 1997 年以來，已進展到第四代預報系統。若將全島的預報成效作一平均整合，大致上，預測成效明顯呈現季節性變動，如高輻射的夏季則預測誤差較大，低輻射的冬季則預報誤差較小。平均而言，均方根差小於 2.9 以下，最小達約 0.8；誤差絕對值等於 0 之機率介於 16~37% 間；誤差絕對值小於等於 1 之機率介於 41~80% 間；誤差絕對值小於等於 2 之機率介於 61~93% 間。上下變動幅度逐年漸次縮小，顯示整個預報系統的穩定性愈來愈佳。為了解主觀預報相較於客觀預報的成效，乃分析主觀修正後的預報相較於客觀預報的均方根差差距與差距百分比。平均而言，全島的主觀預報的均方根差較客觀預報為改善 0.05，百分比為改善 2%。實際上，均方根差差距值多介於 ± 0.4 間，相當百分比為 $\pm 20\%$ 間，顯示主觀修正僅略較客觀預報成效為佳，整個預報系統仍有賴客觀預報系統之正常運作。

關鍵詞：紫外線指數、監測、預測、統計分析。

一、紫外線指數監測分析

我國自 1997 年開始進行紫外線指數監測，至 1999 年已有 20 多個測站分由行政院環保署與交通部中央氣象局建置，包括：北區為環保署基隆站、陽明山站、板橋站及氣象局台北站、龍洞站，桃竹區為環保署桃園站與新竹站、氣象局新竹站，中區為環保署三義站與彰化站、氣象局台中站，南雲嘉區為環保署竹山站、斗六站與氣象局嘉義站，山區為環保署阿里山站、氣象局日月潭站與玉山站，高屏區為環保署後甲站、小港站、屏東站與氣象局台南站、高雄站，恆春半島為環保署墾丁站與氣象局恆春站，東區為環保署宜蘭站、氣象局宜蘭站、花蓮站、成功站與台東站，外島為氣象局澎湖站、金門站、馬祖站。這些監測資料除提供我國每日紫外線指數的實測資訊外，也協助每日紫外線指數的預測驗證與發展。

大致上，透過相鄰站資料的比較，吾人可以掌握資料的可信度，並刪除掉不正確的資料，以進行氣候統計分析與資料整理建檔。而夏高冬低，與山區指數偏高且變化大等特徵，都能正確監測。其中，以 2003 年 7 月為有記錄以平均指數最高的月份，恰與當月氣溫偏高同步。採統計驗證分析，取 5% 顯著檢定，當月在 30 個測站中有 14 個測站的平均 UVI 為「大於長期」，有 11 個測站的危險級 UVI 出現機率為「大於長期」，有 14 個測站的過量級與危險級 UVI 出現機率為「大於長期」。

圖 1a 繪出 2000 年 7 月、2001 年 7 月、2002 年 7 月、2003 年 7 月等月平均 UVI 等值線圖，顯示台灣東部、南部與山區 UVI 偏高。同時，圖 1b 繪出各月的平均穿透率 (transmissivity)，顯示東部的穿透率偏高，應與空氣清潔，懸浮微粒少，有較直接的關係。更細膩的有關垂直臭氧、雲等影響，需待更多相關資料的收集，才能詳細探討。

二、紫外線指數預測分析

我國的紫外線預報系統可被表示如圖 2，主要是由四個程序來架構出此半自動化運作系統。此四個程序分別為：資料輸入、次日午時晴朗無雲狀態下之最大紫外線指數的理論估算、雲影響之客觀與主觀修正及最後的結果輸出。系統所需之資料輸入包含了總臭氧值、臭氧剖面資料、天氣預測資料與每日午時紫外線指數觀測值。利用每日的天氣預測資料，本系統可進行客觀的雲影響修正，但因為客觀修正有其一定的極限，所以需要預報作業人員進行最終的主觀修正動作。自 1997 年以來，已發展出三代系統，大致相當穩定與可靠。

在進行預測成效分析時，主要將各測站的預測成效，整合為北區、桃竹區、中區、南雲嘉區、山區、高屏區、恆春半島、東區與外島等九個區域，其所包括的測站為：北區為環保署基隆站、氣象局台北站與環保署板橋站，桃竹區為環保署桃園站與新竹站，中區為環保署三義站、氣象局台中站與環保署彰化站，南雲嘉區為環保署竹山站、環保署斗六站與氣象局嘉義站，山區為氣象局日月潭站、環保署阿里山站與氣象局玉山站，高屏區為環保署後甲站、氣象局高雄站、環保署小港站與環保署屏東站，恆春半島為環保署墾丁站，東區為環保署宜蘭站、氣象局花蓮站、成功站與台東站，外島僅氣象局澎湖站。

預測成效分析項目包括：均方根差、絕對誤差小於等於 2 的出現機率、絕對誤差小於等於 1 的出現機率、絕對誤差等於 0 的出現機率等 (圖 3)。大致上，預報誤差呈現明顯之冬低夏高現象，顯然是與紫外線指數的季節性變化有關。也即冬季指數低，且天氣變化易於掌握，誤差乃大幅下降；而在夏季時指數高，天氣變化大，誤差則出現大幅上升。以均方根差而言，1 月份平均約為 1.38，7 月份平均則為 2.45。當然在其他月份，也會因為天氣變化太大，而出現預報偏差現象，但冬低夏高的季節性變化特徵是很穩定的。此外，自

2000年6月的第三代預報系統以來，預報成效呈現逐年下降現象。以均方根差而言，乃由2000年的平均2.14、2001年的2.12、2002年的1.90到2003年的1.86，漸有改善，四年來平均為2。分析發現，一方面是客觀預報的成效逐年改善，另一方面是主觀修正的成效也漸佳。前者逐年平均均方根差為2.13、2.26、1.96與1.87，逐年下降情勢明顯。後者當然會受主觀修正人員而異，不過整體而言，隨著預報人員經驗的累積，成效改善也是可理解的。

觀察逐年絕對誤差小於等於2、小於等於1、與等於0的出現機率，可發現其也呈現冬高夏低現象，而四年來的總平均約各為80.3%、60.2%與23.2%，其代表的意義為：每日的UVI預報，有80%的機率介於實際觀測值的上下2以內，有60%的機率介於實際觀測值的上下1以內，而僅有23%的機率與實際觀測值一樣。當然，冬季時各機率值會上升，夏季時則下降。

逐年而言，以絕對誤差小於等於2的預報改善較明顯，絕對誤差等於0的預報改善較不顯著。其乃顯示整體預報系統趨於穩定，但也似達到相當的改善瓶頸。

觀察紫外線指數在微弱與低量級、中量級、過量級及危險級的預報成效，大致以冬季時低指數的預報成效佳，而夏季時過量級與危險級的預報成效佳。如冬季時，各預報成效分別為61.3%、34.6%、4.1%與0%；夏季時，各預報成效則分別為11.6%、25.5%、56.5%與50.6%。其中，中量級的預報成效較為紊亂，平均約為40%，大體因為其出現機率，無明確之季節變化特徵，所以預報成效亦乏一定之規律。原則上，等級預報較指數數值預報為困難，因為等級分野非具連續性，如指數6.49與6.51間數值差小，但卻分屬二不同等級，所以等級預報的誤差會較大。

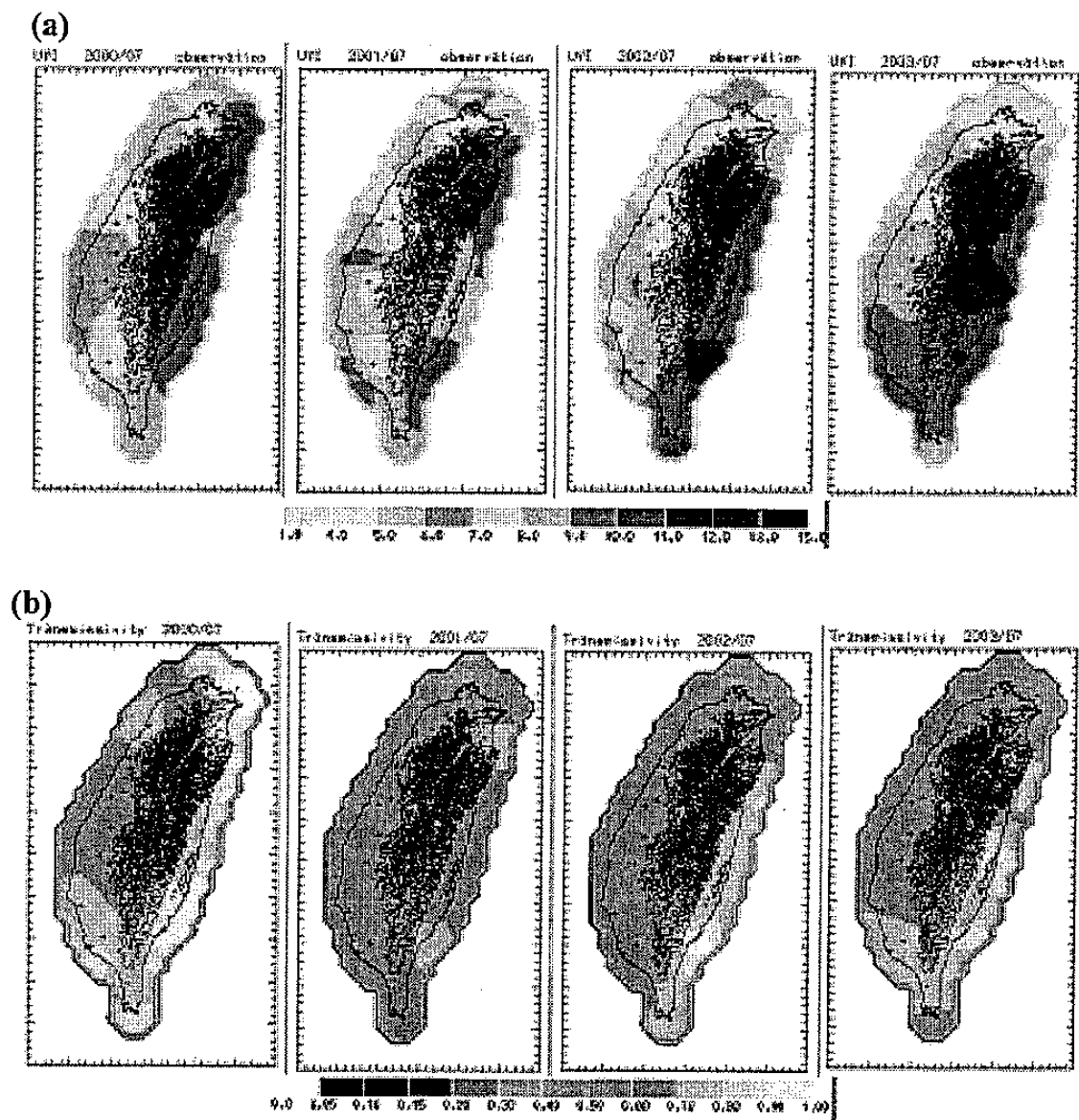


圖 1：(a)2000 年 7 月、2001 年 7 月、2002 年 7 月、2003 年 7 月等月平均 UVI 等值線圖，(b) 2000 年 7 月、2001 年 7 月、2002 年 7 月、2003 年 7 月等月平均穿透率(transmissivity) 等值線圖。

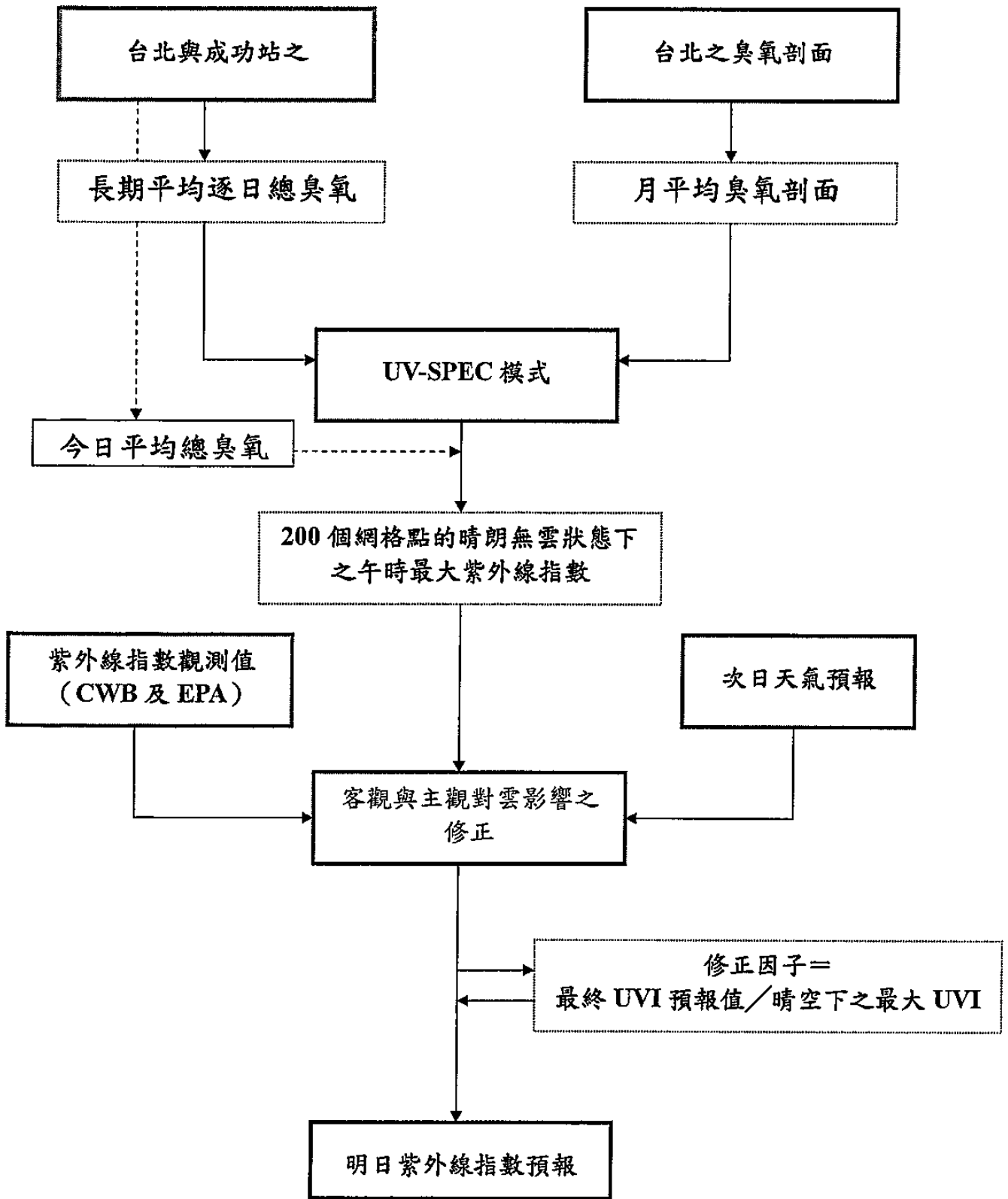


圖 2: 台灣紫外線指數預報系統架構觀念圖。

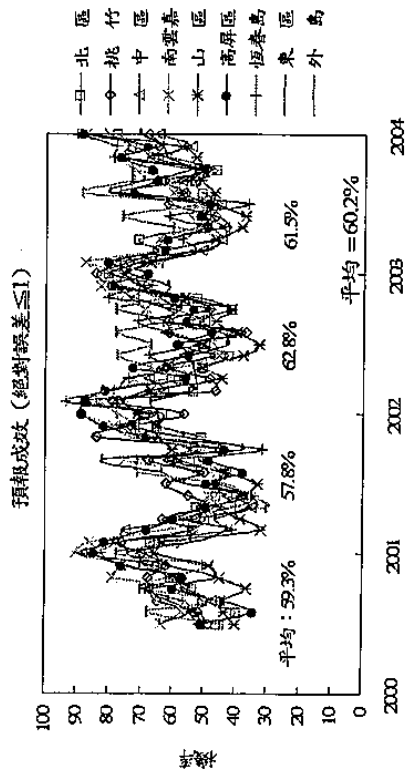
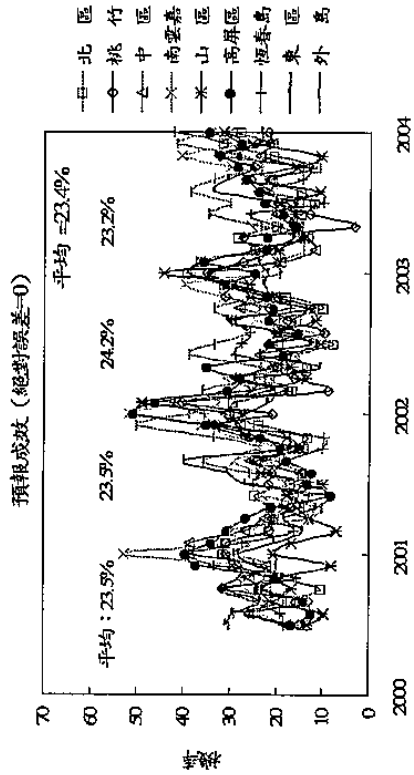
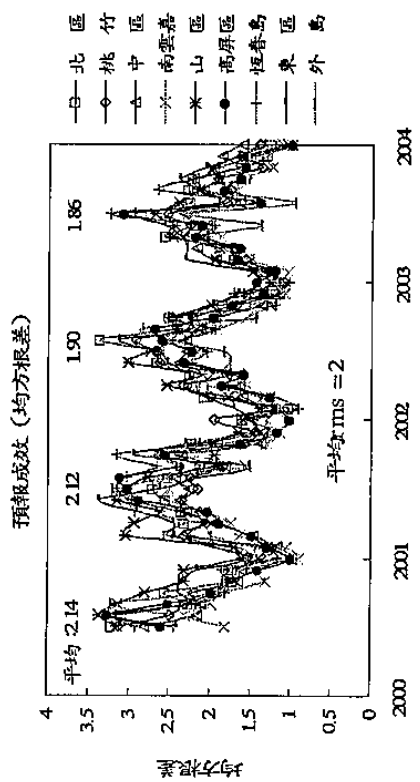
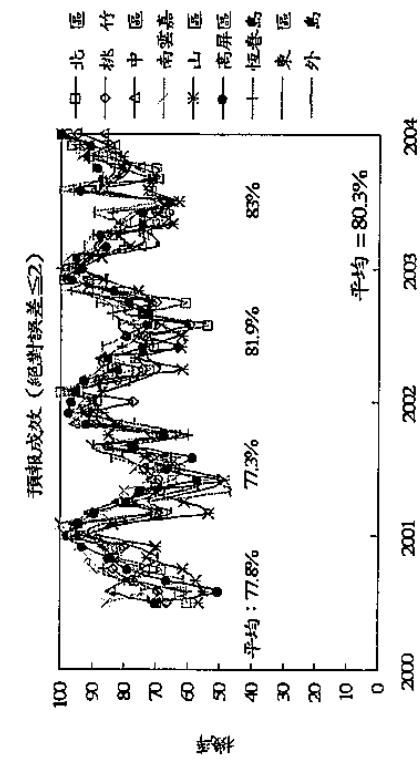


圖 3：2000 年 6 月~2003 年 12 月間，預測成效分析包括：均方根差、絕對誤差小於等於 2 的出現機率、絕對誤差小於等於 1 的出現機率、絕對誤差等於 0 的出現機率等。