

# MODIS 影像應用於台灣乾旱監測指標之建立

鍾玉龍<sup>1</sup> 陳朝圳<sup>2</sup> 奚珍妮<sup>3</sup> 劉士銘<sup>3</sup>

## 摘要

本研究應用美國 NASA 1999 年成功研發的 MODIS 影像作為研究材料，利用影像差異法挑選出適用於監測乾旱之 MODIS 影像波段為第 22 熱感應波段。應用熱感應波段及其他波段之組合找尋出適合應用於偵測乾旱之指標如常態化熱指標(normalized thermal index, NTI)、常態化差異水指標(normalized difference water index, NDWI)、常態化差異植生指標(normalized difference vegetation index, NDVI)及乾旱指標(drought index, DI)，探討各式指標於乾旱之特性及其全年間之變化情形。本研究更利用多元迴歸分析找出對於累積 30 天雨量資料具有相關之乾旱指標變數，並將其整合成為利用 MODIS 影像應用於監測台灣地區之乾濕指標(drought-wet index, DWI)，其效果可即時準確的偵測出台灣乾旱及潮濕的分布地點，因此未來將使乾旱預警監測系統提供更完善之乾旱監測模式，以供管理單位之決策參考。

關鍵詞：地理資訊系統、遙感探測、乾濕指標、多元迴歸

## 1. 前言

氣候溫暖，日照充足，終年適合農作物栽培的台灣地區，若遇乾旱期間，則農業用水常須轉作其他用水(如民生用水、工業用水)，迫使農田休耕或以轉作方式來調節用水，因此乾旱管理對台灣地區水資源之運用調配則顯日漸重要。當乾旱發生時，作物會因無法得到充分的水分供應，植株將因缺水而使葉部明顯產生變化，包括葉綠素之減少使葉片變黃、甚至凋落等，乾旱所造成之葉片生理變化現象，可藉由多期衛星光譜反射監測其間之差異性。

應用遙感探測(remote sensing, RS)之技術可定時重複收集大面積同一地區資料，對於地面各項資源之調查，皆可藉由數據影像分析提供即時的空間性及時間性變化之地表物資訊(如地表溫度、土壤含水量、作物生長狀態、植物水勢等)。

目前國內應用於乾旱研究常用之衛星影像為 NOAA-AVHRR。美國太空總署 NASA(national aeronautics and space administration)於 1999 年 12 月，

成功接收由 Terra 及 Aqua 衛星，搭載的 MODIS ( moderate - resolution imaging spectroradiometer )又稱為中級解析度成像光譜輻射儀，此 MODIS 影像資料較 NOAA-AVHRR 在光譜及空間解析力為佳，並且涵蓋面積廣大，因此可用於大面積監測。由於 MODIS 影像擁有 36 個光譜波段，所以影像之各個波段特性也使各國學者對此展開許多相關的研究及測試，期望能更進一步的解析 MODIS 影像波譜之資訊，以提供全球在未來掌握更多即時資料。

近年來應用 MODIS 影像為材料之研究種類廣泛，如森林火災、冰雪覆蓋及大氣變化等等，在乾旱方面則鮮少有專家學者從事相關之研究，在台灣地區也尚未有學者應用 MODIS 影像為材料進行研究工作，因此本研究將應用 MODIS 影像之波段來選取出適合應用於乾旱監測之熱感應波段，並利用 MODIS 影像之波段進行各種指標計算，期望能為乾旱監測找尋出適合且能實際應用之監測指標，並利用這些監測指標及配合台灣地區各地之氣象特性，建立起各地之衛星影像乾旱監測模式，以利未

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學森林系副教授

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學森林系教授

<sup>3</sup> 國立屏東科技大學森林系碩士

來能即時監測台灣各地達到乾旱預警，並提供即時的乾旱相關資訊，作為旱災經營管理決策之用。

## 2. 材料與方法

### 2.1 研究材料

#### 2.1.1 雨量資料

本研究範圍為全台灣地區，自交通部氣象局購買全台灣雨量站資料記錄，購買日期範圍為 1991 年 1 月至 2004 年 3 月之雨量資料，其資料內容則為每日最大降雨記錄，包含全台灣屬中央氣象局氣象站及屬台灣地區性氣象站，其中站別為 46 者為屬中央氣象局氣象站，計 25 站、站別為 C0 及 C1 者則為雨量記錄測站，計 105 站及 225 站，全台降雨量資料經整合後，得到全台降雨量測站共計 355 站之雨量記錄。雨量站位置如圖 1 所示。

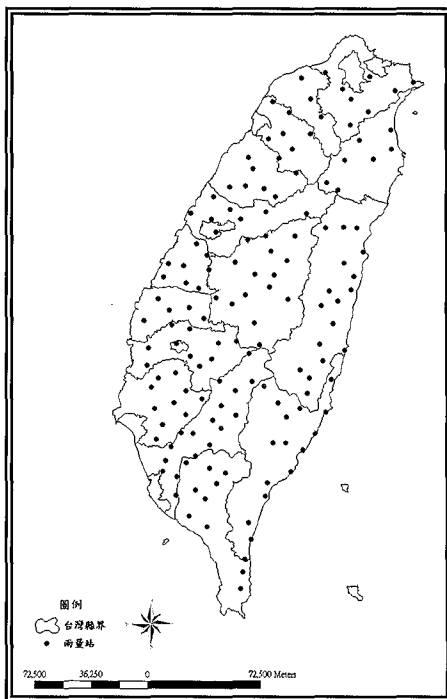


圖 1 全台雨量站位置圖

#### 2.1.2 衛星影像資料

##### 2.1.2.1 MODIS 影像

MODIS 感測器是由 Terra 及 Aqua 兩個衛星所

搭載著，循著相同軌道一左一右的環繞著地球，Terra 衛星運行軌道時間是於早上由地球的北部往南部移動，橫越赤道，下午時間則由 Aqua 衛星由地球南方穿越赤道往北方移動，所以 Terra MODIS 和 Aqua MODIS 約 1 到 2 天就可觀看整個地球一次(指衛星能夠觀察到同一地點的最短間隔)，掃描寬度為 2,330 km，具有 36 個光譜頻道，其光譜介於 415 nm~14240 nm，涵蓋可見光、近紅外光與熱紅外光，並提供三種不同的空間解析度，分別為 250 m(band 1-2)、500 m(band 3-7)和 1000 m(band 8-36)，其 MODIS 影像之特色為：(1)近乎每天皆可觀測 (2) 具有寬廣的光譜帶 (3)為中級解析度之衛星影像 (Lillesand and Kiefer, 1994)。

##### 2.1.2.2 MODIS 影像可見光及近紅外光波段

MODIS 影像中可見光及近紅外光的波段中，採用 MODIS 所研發專門針對表面波譜反射(surface spectral reflectance)的產品 MOD 09 來做說明，MOD09 中使用了 MODIS 1B 原始影像的第 1、3、4 的可見光波段及第 2、5、6 及 7 的近紅外光波段，其光譜波段中心波長(center)分別為 659 nm、470 nm、555 nm 及 865 nm、1240 nm、1640 nm 和 2130 nm (Tejada *et al.*, 2003)。MODIS 影像的 Band 1 和 Band 2 為 250 m 解析度之影像，其波譜接收的分別為紅光(648 nm)及近紅外光(858 nm)，是美國 NASA 專門製造來處理常態化植生指標(NDVI)的波譜，而第 3-7 波段則為 500 m 的 MODIS 影像，其接收的波譜分別為綠光、藍光及中紅外光，第 3-5 波段則為偵測植生狀態，第 6-7 波段則則可偵測雪、雲不同或是用於分辨土地和雲之特性。

##### 2.1.2.3 MODIS 影像熱感應波段

由 70 年代發展起來的可見光、近紅外光和熱紅外光波段感測器，使得監測地表特性成為可能性，而在 MODIS 影像中含有 15 個熱感應波段，其中有 7 個波段可對陸地表面進行偵測，(如表 1 所示)，熱感應波段中有 4 個波段(band 20、21、22、23)其光譜介於 3000-5000 nm，這些波段稱為熱紅外

線波段，熱波段所感應的是以太陽光照射自然地表，地表經太陽光照射後接受熱能導致溫度升高，此熱能再透過輻射或傳導反射，經感測器接收而成，所以熱波段值代表一天當中的熱週期。在 MODIS 影像的第 21 波譜稱為火波段(fire band)，第 21 和第 22 波段雖然感測波長相同，但第 21 波段為接收物體受到飽和熱點所反射的熱源波段，是用來監測森林火災或異常的熱源物體。

MODIS 影像中屬於波長介於大氣窗(atmospheric window) 8000-12000nm，會被水蒸汽吸收的很少，但此部分的光譜卻被 9730 nm(band 30 用於偵測臭氧層)分為兩部分，其中 8000-9000 nm 的波長部分是由 MODIS 第 29 波段接收。第 31 和 32 則接收 10000-12000 nm 波長部份，可用於接收物體周圍的溫度(ambient temperature)(Petitcolin and Vermote, 2002)。

表 1 MODIS 影像可偵測地表之 7 個波段

Band	Band Width ( $\mu\text{m}$ )	Central Wavelength ( $\mu\text{m}$ )	Required $N\sigma\Delta T$ (K)	Primary use*
20	3.66–3.84	3.75	0.05	O,L
21	3.93–3.98	3.96	2.00	Fire,volcano
22	3.93–3.98	3.96	0.07	A,L
23	4.02–4.07	4.05	0.07	A,L
29	8.40–8.70	8.55	0.05	L
31	10.78–11.28	11.03	0.05	A,L
32	11.77–12.27	12.02	0.05	A,L

\* A:atmospheric studies, L:land studies, O:oceanstudies.  
(改編 Petitcolin and Vermote, 2002; Wan, 2002)

因此本研究採用之衛星影像是以 MODIS 影像為主，其影像是經由中央大學太遙中心所接收及購買，購買之時間日期為中央大學太遙中心開始接收 MODIS 影像之時間，即從 2002 年 7 月直至 2004 年 2 月底為止，平均每一個月挑選 2-3 幅清晰無雲的台灣 MODIS 影像，共計 63 幅影像，以供本研究之分析應用；除外還包括一幅以具地理座標之 SPOT 衛星影像，其 SPOT 影像是應用在 MODIS 影像進行幾何糾正之前處理時，作為配合選取地面控制點(ground control point, GCP)之參考影像(reference image)。

利用陳朝圳等(2002)以涵蓋台灣全島範圍之氣象局所屬氣象站資料(每日降雨量與每日平均溫度)，推算的乾旱量及水熱指數等點的數據，並利用克利金模式推估成面的資料，而取得該一地區的乾旱指標及乾旱量。並由以上氣象資料之依據挑選出 2003 年 1 月 25 日乾季、2003 年 6 月 30 日濕季，以及其他 61 幅 MODIS 影像，來進行乾旱敏感之熱感應波段的挑選及計算其他植生指標之分析研究。

### 2.1.3 地理資訊系統(GIS)相關圖層

本研究採用的地理資訊圖層之台灣各土地利用類型圖層，是採用內政部營建署所測繪的第三次台灣森林資源及土地利用調查所建置之圖層，其中包括有草生地樣區、旱作地樣區、針葉林樣區、闊葉林樣區及混合林樣區，並配合台灣各縣市邊界圖層，利用 ArcGIS 軟體 ArcView 模組中之套疊分析功能，切取相關的各土地類型之樣區圖層，並將其圖層應用於衛星影像之判釋及影像分析之用。

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 MODIS 影像前處理與應用於乾旱熱感應波段的之選取

#### 2.2.1.1 MODIS 影像資料格式轉入及賦予地理座標之前處理

本研究採用之 MODIS 影像是由中央大學遙測接收中心購得，由於 MODIS 影像是從 2002 年 7 月開始接收，因此本研究之影像日期即從 2002 年 07 月購買至 2004 年 2 月之 MODIS 影像資料，由於此原始影像資料並未賦予台灣 TM 二度分帶座標





系統，因此前處理則須將 MODIS 影像進行幾何糾正，賦予其座標系統，以便後續分析處理應用。方法如下：

1. 由於 MODIS 影像儲存格式為\*.hdf 的格式，因此必須先將影像資料讀入成檔，故本研究應用 Earth 2.2 軟體將影像讀入，將 MODIS 影像轉為該軟體所接受之\*.idm 的檔案格式，且同時產生另外一個檔頭資料\*.idx 之檔案。
2. 影像讀入後，再將其影像轉出，轉為 GeoTIFF 格式的檔案，並於 Erdas Imagine 8.5 軟體讀入為\*.img 的檔案，以便於糾正、計算指標、資料萃取等各個影像處理步驟。
3. 轉入 Erdas Imagine 8.5 後，應用具地理座標之 SPOT 衛星影像尋找地面控制點，在幾何糾正中需要精確的選擇足夠數量的 GCP 座標，並且必須同時給定一投影座標系統。
4. 幾何糾正藉著 GCP 中影像內方位座標與大地座標間的多項式方程式，將影像做多項式扭曲，使影像座標符合所賦予的座標。在 Erdas Imagine 8.5 影像處理軟體中 Image Geometric Correction 功能進行幾何糾正處理，幾何糾正處理之後續為重新取樣(resampling)，本研究採用之模式為最近相鄰法(nearest neighbor)，其是以像元中的影像值以最接近它的像元值作為其代表。
5. 在台灣所應用之座標系統為橫麥卡托 TM 二度分帶座標系統，因此在輸入座標系統時須給定一些基本的參數資料如下：東偏移設定 250000 m，中央子午經度設為東經 121°，尺度比設為 0.9999，基準面設定為虎子山(Hu Tzu Shan)平面控制。輸入完成後即開始進行幾何糾正之動作。

### 2.2.1.2 草地測試樣點之萃取

透過 2003 年氣象資料庫尋找出於 2003 年雨量較少，呈現乾季與濕季之地點與月份，並於 MODIS 影像資料庫中尋找距最近期之影像，分別為 2003 年 1 月 25 日乾季影像及 2003 年 6 月 30 日濕季影像，並於 ArcGIS 中利用第三次森林資源及土地利

用調查之圖層中萃取出天然草生地植生地圖層，因為在衛星影像中反應快速又明顯的植生首推草生地植生，其餘之植生所覆蓋區域，則對乾旱情況無法明顯迅速反應於外在，而建成地、農作物區及空曠地區則是因為許多的人為因素的干擾，使得乾旱情況也無法準確的評估，因此本研究將利用 ArcGIS 地理資訊系統軟體中 ArcView 模組，先將第三次台灣森林資源調查及土地利用調查之圖層中挑選出所有的天然草生地，另存成草生地之土地利用圖層，配合此兩幅影像刪除有雲覆蓋之草生地樣區，並於挑選後之無雲草生地樣區設置試驗樣點，此草生地樣點將提供 MODIS 影像日後熱感應波段選取之用。

### 2.2.1.3 選取應用於乾旱偵測之熱感應波段

Petitcolin and Vermote (2002)應用 MODIS 熱感應波段於 Titicaca 地區湖泊進行初步分類研究中顯示，在 MODIS 影像中波段 20、22、23、29 及 31-33 的研究發現，此七個為偵測地表之波段，因此本研究將利用 MODIS 乾季與濕季之影像來進行比較，利用前面挑選的草生地植生圖層分別萃取 MODIS 乾季及濕季影像之上述七個波段的影像感應值，並應用影像差異法(image differencing)，將兩幅影像進行影像運算得其差值，若差值愈大，則代表此波段對地表熱感應較其他波段更具熱敏感之特性，因此本研究即利用尋找出之熱感應波段來進行下列更進一步的乾旱指標之計算。

本研究應用的影像差異法是最簡易的變遷偵測方法，其步驟是將 2 幅或多幅影像經過套合後，將相對的像元灰度值相減，對於十六位元影像而言，可得到一群分佈在-65536~65536 的差值。而其所得之差值越大，代表像元有越大的變遷；反之，差值越小，代表此像元無變遷或變化量小。因此本研究即利用此方法來尋找 7 個熱感應波段，在乾季及濕季之 2 幅影像中何者差異較大，對於乾旱之感應偵測較為敏感。

### 2.2.2 乾旱相關指標應用於乾旱監測之探討



從前人研究中可得知應用衛星影像之波段的互相運算，可計算出各類指標，而本研究爲了要對 MODIS 影像波譜特性更加的了解，因此針對 2003 年 1 月 25 日乾季及 2003 年 6 月 30 日濕季的 2 幅影像，來進行其他指標之運算，並利用先前所萃取的天然草地樣區，萃取 2 幅 MODIS 影像之指標反應值，並應用 T 檢定之方法比較其間是否呈現差異，以便日後可利用更多的指標來進行乾旱預警模式之建置。

將 MODIS 影像經 Erdas Imagine 8.5 幾何糾正後，即可於 Modeler 模組中之 Model Maker 功能，進行指標公式之編寫，並將欲進行運算之 MODIS 波段加入運算公式，其指標公式說明如下：

### 2.2.2.1 常態化熱指標(NTI)

Robert *et al.* (2002)利用 MODIS 偵測規律性的火山爆發研究中，應用 NTI 之指標計算偵測熱之反應，研究中說明指標計算所應用之波段爲 MODIS 影像 1000 m 空間解析力 Band 21 或 Band 22 與 Band 32 來進行運算，在上述之前人研究中有介紹 Band 21 爲專門偵測火災常用之波段，而在本研究中將採用之熱感應波段會應用上述之熱感應波段來找出適合之熱感應波段，並利用求得的熱感應波段來進行下列指標之運算，而其公式如公式(1)所示。

$$NTI = \frac{(\text{Band21 or 22}) - (\text{熱波段})}{(\text{Band21 or 22}) + (\text{熱波段})} \dots\dots\dots(1)$$

### 2.2.2.2 常態化差異植生指標(NDVI)

常態化差異植生指標之運算是利用植物之特性所訂定之指標，因該指標具有規整效果，可減低地區間及季節間因光量不同所造成之波譜反射差異，故其在使用衛星影像進行植被研究以及植物物候研究中被廣泛應用，是植物生長狀態及植被空間分佈密度的最佳指標。因植物在行光合作用時會吸收紅光反射強烈之紅外光，所以利用此原理應用於 MODIS 影像光譜波段上，MODIS 衛星之紅光波段與紅外光波段分別爲空間解析力 250 m 之 Band1 與 Band 2。其運算如公式(2)所示：

$$NDVI = \frac{(\text{Band2}) - (\text{Band1})}{(\text{Band2}) + (\text{Band1})} \dots\dots\dots(2)$$

### 2.2.2.3 常態化水勢指標(NDWI)

Gao(1996)應用遙感探測於植生空間水體 NDWI 指標計算之研究中，其利用影像光譜波段來計算植生之水勢指標，運算方式是應用波長於 860 nm 與 1,240 nm 兩波段進行 NDWI 指標運算，結果可得知植物含水量與影像間相互之關係，而在 MODIS 影像中與這兩個波段波長相同的波段分別爲 Band 2 與 Band 5 兩個波段，因此本研究將應用這兩個波段來進行運算，但由於 Band 2 波段之空間解析力爲 250 m，而 Band 5 之空間解析力爲 500 m，因此在進行 Erdas Imagine 8.5 之 Modeler 模組中 Model Maker 功能編寫公式之前，須先將兩影像進行相同空間解析力之轉換，所以先在 Erdas Imagine 8.5 將 250 m 空間解析力之影像 Resize 成爲 500 m 空間解析力之影像，之後再行指標運算，其指標如公式 (3)所示。

$$NDWI = \frac{(\text{Band2}) - (\text{Band5})}{(\text{Band2}) + (\text{Band5})} \dots\dots\dots(3)$$

### 2.2.2.4 短波紅外線水勢指標(shortwave

infrared water stress index, SIWSI)

Rasmus and Inge (2003)於半乾旱環境應用 MODIS 影像之近紅外光與短波紅外光波段進行 SIWSI 指標之計算，其應用植物葉片水份會大量吸收短波紅外光，反射近紅外光之特性來進行運算 SIWSI 指標，該研究所採用之近紅外光波段與計算 NDVI 時所採用的近紅外光 Band 2 波段相同，短波紅外光則是應用空間解析力 500 m 之 MODIS 影像 Band5 (1,230 ~ 1,250 nm)、Band6(1,628 ~ 1,652 nm) 兩個波段，進行 SIWSI 指標運算，由於其結果指出 Band5 與 Band2 所搭配計算之 SIWSI 結果較差，Band 6 與 Band 2 所搭配計算之結果較佳，因此本研究將採用 Band 6 與 Band 2 兩個波段進行 SIWSI 之計算，由於 Band 6 之空間解析力爲 500 m、Band 2 空間解析力爲 250 m，影像解析力不同時無法進行計



算處理，因此在 Erdas Imagine 8.5 之 Modeler 模組中 Model Maker 功能編寫公式之前，先將兩波段之影像的空間解析力 Resize 轉換為相同之空間解析力 500 m 後再行指標運算，而其指標之如公式(4)所示。

$$SIWSI = \frac{(\text{Band6}) - (\text{Band2})}{(\text{Band6}) + (\text{Band2})} \dots\dots\dots(4)$$

### 2.2.3 利用相關指標建立 MODIS 影像台灣乾旱監測模式

#### 2.2.3.1 MODIS 影像之選取

由 MODIS 影像資料庫中挑選從 2002 年 7 月至 2004 年 2 月底為止，每月平均挑選 2-3 幅清晰無雲的台灣 MODIS 影像，共計 63 幅，以供本研究乾旱指標計算及分析之應用。

#### 2.2.3.2 MODIS 影像各式指標之計算

經由上述天然草地樣點檢驗過後，由 NDVI、NTI、NDWI 及 SIWSI 四個指標中挑選出適合應用於偵測乾旱之指標，並計算出 63 幅各影像之指標，以進行後續變化之分析研究。

在陳朝圳等(2002)之研究報告中應用整年度之衛星影像計算出植生狀態指標(VCI)及溫度狀態指標(TCI)，並將二者給予權重，計算出乾旱指標(DI)。由於 MODIS 影像與 NOAA-AVHRR 影像在偵測光譜上其 MODIS 影像較 NOAA-AVHRR 影像又具更多的光譜及更大之偵測範圍，因此本研究將以 MODIS 影像光譜代入應用乾旱指標之公式，計算出 MODIS 影像之乾旱指標，以比較 MODIS 影像在乾旱指標上之反應變化之差異。

##### 2.2.3.2.1 植生狀態指標(VCI)

$$VCI_i = \frac{100 \times (NDVI_i - NDVI_{min})}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \dots\dots\dots(5)$$

由公式(5)中 NDVI<sub>i</sub> 為 i 年之週變化之 NDVI 值，NDVI<sub>min</sub> 與 NDVI<sub>max</sub> 分別為每一像元，每一週在兩年間之最大與最小值。

##### 2.2.3.2.2 溫度狀態指標(TCI)

由 MODIS 影像波段其 7 個偵測地表之波段中，挑選出對偵測熱較敏感之熱波段的數值(digital number, DN)，其 DN 值也可作為代表溫度之溫度亮度值(brightness temperature, BT)，以 BT 值來計算 TCI。計算如公式(6)所示：

$$TCI_i = \frac{100 \times (BT_{max} - BT_i)}{BT_{max} - BT_{min}} \dots\dots\dots(6)$$

在公式(6)中 BT<sub>i</sub> 為第 i 年週變化之 BT 值，BT<sub>max</sub>、BT<sub>min</sub> 分別為每一像元，每一週在兩年間之最大與最小值。

##### 2.2.3.2.3 乾旱指標(DI)

VCI 與 TCI 兩種指標皆可用來表示乾旱狀態，而為了使乾旱狀態能即時反映，因此以加權方式將兩種指標綜合形成 DI，其加權數以公式(7)表之：

$$DI = 0.7 \times VCI + 0.3 \times TCI \dots\dots\dots(7)$$

所計算後的影像即可表示出該地區的乾旱狀態及其區域範圍，並依季節性區分每個 NDVI 與 BT 的最大、最小值，以提供日後新增影像計算乾旱指標的依據。而 DI 值愈低代表植物缺水狀態日趨嚴重，發生乾旱之機率日升，反之則發生乾旱機率降低。

本研究之乾旱推估模式圖是改編 Tokumar and Kogan (1993)所研發的 NOAA 衛星影像乾旱指標推估模式，其流程如圖 2。

為使乾旱預警模式能夠真正發揮適地適用之功能，因此本研究將應用上述所挑選出的各式指標，與全台逐日累積 30 天之雨量互相進行分析，重新建立一個利用 MODIS 影像來偵測全天台灣地區的乾旱指標模式，以期望能得到更精準及更即時的資料因應南北地區因地理環境之不同而所造成的氣候差異問題。





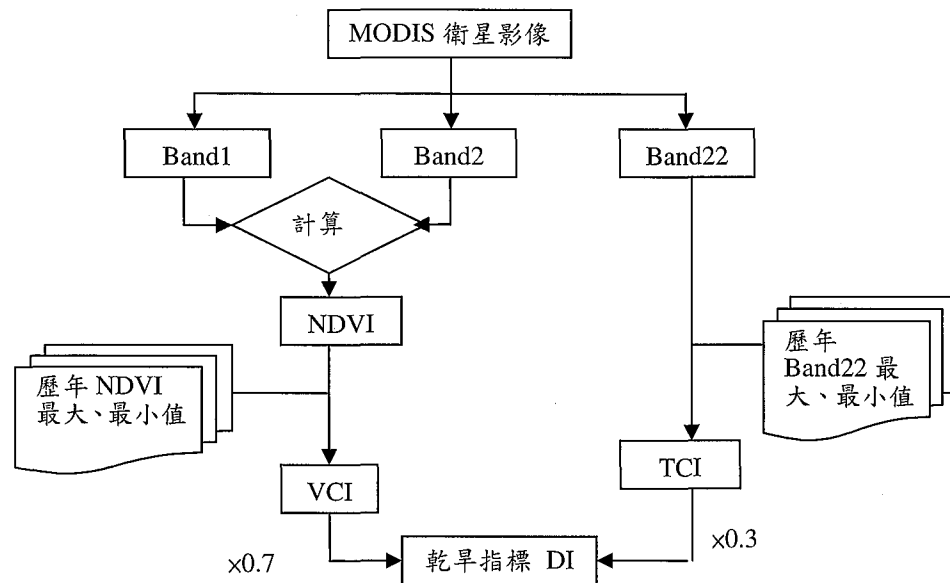


圖 2 乾旱指標推估流程圖(仿 Tokumaru and Kogan, 1993)

### 2.2.3.3 建立 MODIS 影像乾旱指標之要素 指標選取

本研究在上述進行乾旱指標運算公式中有應用到 NDVI 及 Band22 影像值，其二者所計算出的乾旱指標雖未能解讀所有氣候區之趨勢，但本研究仍將兩者列為建立新的乾旱預警模式的選擇指標之一，期望能重新與其他指標找尋出適當之配對組合，以供建立 MODIS 影像偵測全台之乾旱預警模式。

### 2.2.3.4 累積 30 天雨量之空間推估

徐森雄、謝杉舟(1997)曾利用距離倒數加權內插法求得空間未知點的雨量估計值，因此本研究將應用此法來進行累積 30 天雨量之空間推估，其雨量資料是依據中央氣象局自動雨量站(共計 355 站)的累積 30 天雨量資料，並採用先前進行指標初期研究所挑選出的乾季日期其當天之全台累計 30 天之雨量資料，將乾季日期當天各測站之累積 30 天雨量資料挑選出來，利用距離倒數加權內插法進行內插，並代入 1 km<sup>2</sup> 的網格圖層中，以求得當天全台每個網格的累積 30 天之降雨量，若測站資料有缺，則該點忽略不計。最後再利用乾旱敏感度較強之天然草地植生圖層，去萃取草地樣點之網格值，以其天然草地累積 30 天之網格雨量資料和

各式經常態化的指標影像值，以進行研究分析試驗，期望能求得各氣候區在乾旱模式中最適用之指標組合。

### 2.2.3.5 累積 30 天雨量資料與各式指標間之相關分析

本研究將上述所萃取出天然草地累積 30 天之網格雨量資料與各式指標進行相關之統計分析，以了解各指標與雨量資料間彼此的相關性，並找出相關性高的指標且試驗其彼此間如何給予適當權重，後續即利用乾季和濕季之影像進行影像測試，以正確建立台灣 MODIS 影像乾旱指標模式之建置。

## 3. 結果與討論

### 3.1 原始影像前處理

將先前裁切之兩幅 MODIS 影像利用 Export 功能將檔案轉出，並於 Erdas Imagine 8.5 中讀入，並利用該軟體之 Image Geometric Correction 功能進行幾何糾正處理，尋找 GCP 後，賦予影像地理座標，使 MODIS 影像具有橫麥卡托 TM 二度分帶地理座標之影像如圖 3、4 所示，經幾何糾正後之影像供後續之分析用。





圖 3 MODIS 原始影像



圖 4 經幾何糾正後之 MODIS 影像

### 3.2 草生地圖層樣點之萃取

在第三次資源調查之土地利用類型圖層中，在 ArcGIS 中的土地利用類型資料庫中圈選所有的天然草生地樣區，並刪除有雲所覆蓋之草生地樣區地點後，利用 ArcGIS 中的 Export Data 萃取出無雲的天然草生地植生地圖層並設立樣點，如圖 5 所示，這些無雲之草生地樣點，將提供 MODIS 影像熱感應波段挑選及各類指標計算與分析之用。

### 3.3 MODIS 影像偵測乾旱熱感應波段之挑選

以往侷限於 NOAA-AVHRR 衛星影像只有一個波段為熱紅外光的波段，其波長範圍較長，偵測地表與大氣的熱度感應較為廣泛，而 MODIS 影像在熱紅外光波段的波長範圍較短，且其更將其細分為 16 個波段，而經由 Petitcolin and Vermote (2002) 發現當中有 7 個波段為偵測地表溫度的波段，因此本研究將 MODIS 影像的此 7 個波段一一萃取其資料，並利用影像差異法來比較乾季與濕季時期於此七個波段所呈現之差異性為何，並為了確定將來可應用於乾旱應用之熱紅外光波段影像，因此進行熱波段之萃取試驗，以尋得對溫度敏感之波段，以便能利用衛星影像於乾旱預警上之準確度。利用先前所建置好之無雲天然草生地樣點，萃取 MODIS 影像

的 7 個熱紅外光波段於乾季與濕季影像之數值，並利用影像差異法比較其間差異性，結果如圖 6 所示。

由上圖顯示，在 1,000 m 空間解析力熱紅外光波段中，以 Band 22 為差異最大，其次為 Band 23，由結果得知 MODIS 影像熱紅外光波段在草生地覆蓋類型溫度最敏感的波段為 Band 22，而為了要了解此 7 個波段於其他土地覆蓋是否也是如此，因此萃取整個台灣地區所有土地類型乾季與濕季之平均值進行影像差異之計算，其計算結果如圖 7 所示。

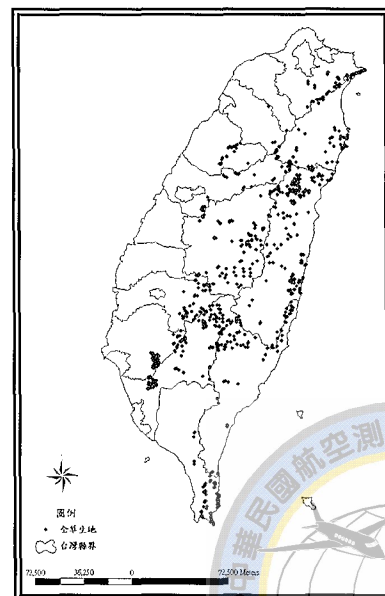
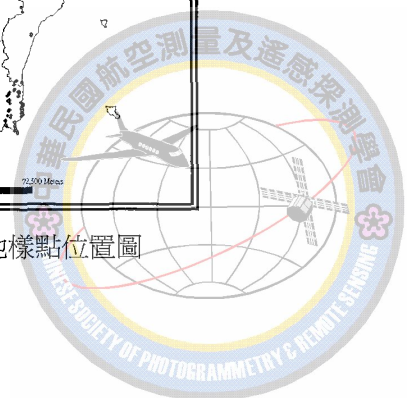


圖 5 草生地樣點位置圖





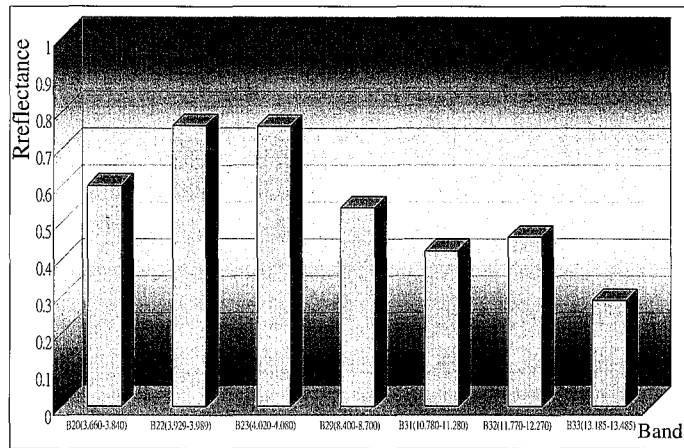


圖 6 草生地乾季與濕季 MODIS 影像熱紅外光波段值差異圖

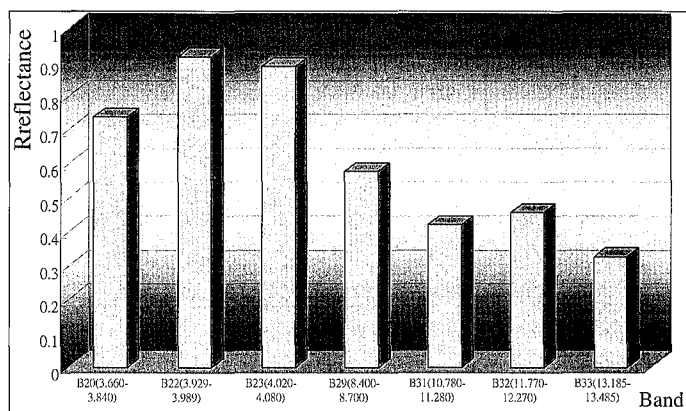


圖 7 台灣地區所有土地類型乾季與濕季 MODIS 影像熱紅外光波段平均值差異圖

由圖 6 顯示之結果與圖 7 結果相同，所以確定在熱紅外光波段對地表溫度感應最敏感的波段為 Band 22，因此本研究將應用 Band22 此波段於各類指標如公式(1)及乾旱指標(DI)公式(6)計算時，作為計算式中的熱感應波段，使其結果更為準確，並比較乾季與濕季間於各類指標相互間之關係，以評估 MODIS 影像應用於乾旱之可行性。

### 3.4 乾旱相關指標應用於乾旱監測之探討

應用 Erdas Imagine 8.5 軟體中的 Modeler Maker 模組撰寫指標公式，並將欲計算之 MODIS 波段輸入即可，本研究所計算之乾旱相關指標包括 NTI、NDVI、NDWI、SIWSI 等。

#### 3.4.1 常態化熱指標(NTI)之計算

在 Erdas Imagine 8.5 軟體中，應用其 Modeler Maker 模組撰寫 NTI 之公式，並將欲計算之波段輸入，因公式所採用之 Band 21 與 Band 22 皆為熱紅外光波段，其波長與範圍大小皆相同，NASA 設計時是將 Band 21 專屬為偵測火災之用，為了要驗證此兩波段對熱感應之敏感度，並將其應用於乾旱預警上，於先前測試結果應用 Band 22 來進行 NTI 之運算。計算結果台灣地區所有土地類型乾季影像與頻度分布圖如圖 8、台灣地區所有土地類型濕季影像與頻度分布圖如圖 9 所示。

經由 Robert *et. al.* (2002)偵測火山之研究結果顯示，在火山地區由於其地表產生之溫度高，計算出 NTI 值都介於-0.850 ~ -0.950 之間，當地表溫度愈高時，計算出之 NTI 值愈低。而由本研究表 2



顯示 MODIS 台灣地區所有土地類型乾季與濕季之 NTI 值經統計分析後，其 P 值為 0 小於 0.05 是呈現極顯著差異，且在乾季影像計算之結果發現 NTI 之影像平均值為-0.199，而濕季影像計算之結果發現 NTI 之影像平均值為 0.058，因此結果顯示在乾

季影像其 NTI 值較濕季影像 NTI 值低，代表在乾季期間之地表溫度較濕季期間之地表溫度來得高，所以可以驗證 MODIS 影像 NTI 指標在乾旱應用之可行性，在未來也可將此指標加以應用於 MODIS 影像於乾旱預警模式上。

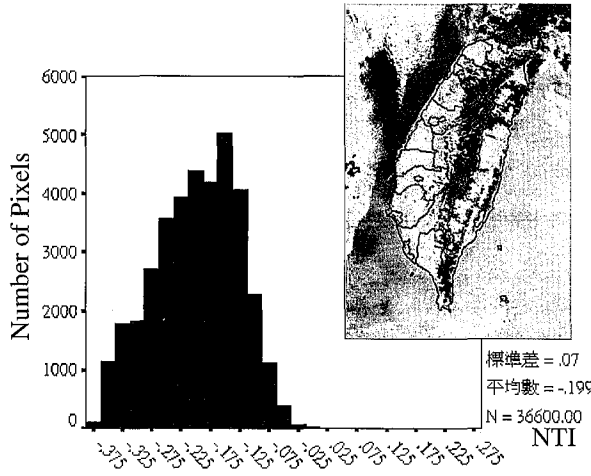


圖 8 乾季之 NTI 影像與頻度分布圖

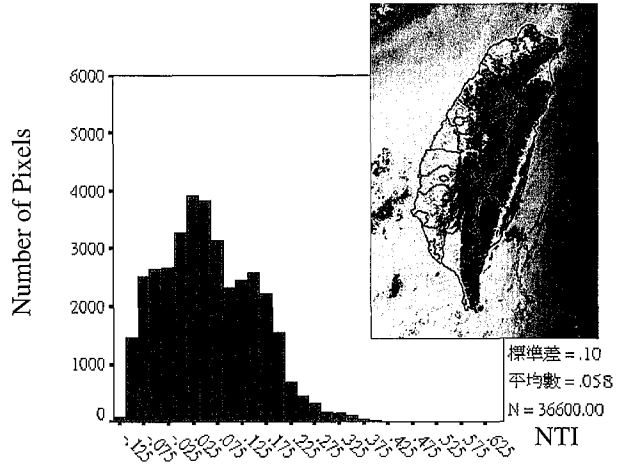


圖 9 濕季之 NTI 影像與頻度分布圖

表 2 MODIS 影像台灣地區所有土地類型乾濕季 NTI 值統計及 T-test 表

MODIS NTI 影像	樣本數	NTI 平均值	P(T<=t)	差異性
乾 季	36600	-0.199	0	極顯著
濕 季	36600	0.058		

註：以顯著水準 5 % 進行 T-test

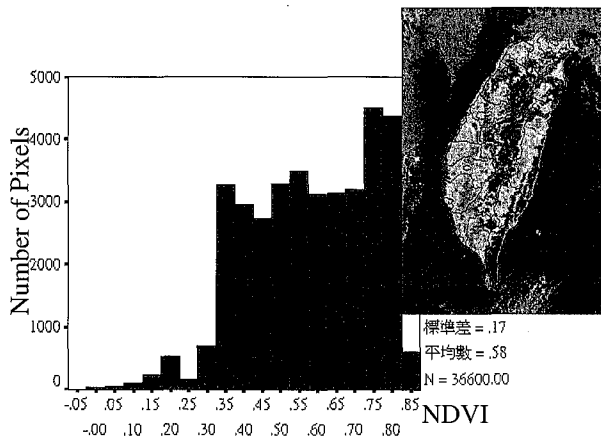


圖 10 全台 MODIS 乾季 NDVI 影像

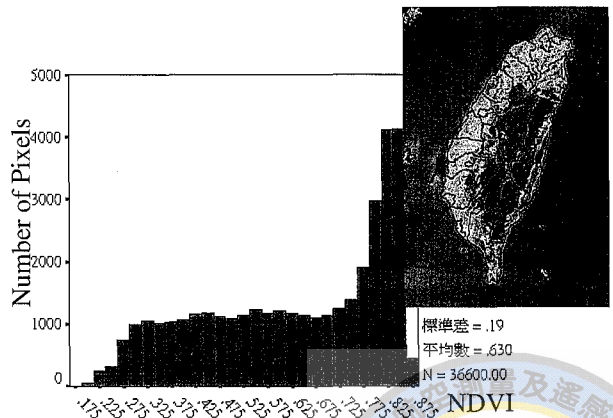


圖 11 全台 MODIS 濕季 NDVI 影像



### 3.4.2 常態化植生指標(NDVI)之計算

在 Erdas Imagine 8.5 軟體中，應用其 Modeler Maker 模組撰寫 NDVI 之公式，並將欲計算之紅外光波段(band 2)與紅光波段(band 1)輸入此公式中進行運算，運算結果之台灣地區所有土地類型乾季影像 NDVI 如圖 10、台灣地區所有土地類型濕季影像 NDVI 如圖 11 所示，在 NOAA-AVHRR 與 SPOT 衛星影像所計算出之 NDVI 值皆介於-1 ~ 1 之間，而 MODIS 影像所計算出來之 NDVI 則不然，其值為介於 0 ~ 1 之間(Huete *et. al.*, 2002)。

由圖 10、11 顯示可見其全台乾季期間與濕季期間 NDVI 之影像上差異，在乾旱之影像上，其深綠色代表 NDVI 值高之區域，由兩張比較可見深綠色涵蓋區域在濕季之 NDVI 較乾季之 NDVI 影像分布範圍較廣，由影像初步可以看見乾季與濕季影像 NDVI 之差異性。

在所有土地覆蓋類型中，以草地之類型對乾旱反應較為敏感，因此將全台草生地區域扣除含雲之部分為樣區，並於每個樣區選取樣點，再將樣點分別萃取乾季與濕季草地之 NDVI 值，並比較其差異性(圖 12)。在圖 12 中可以看見兩幅影像之差異性明顯乾季較濕季來得低，為驗證此數據結果，進行 T-test 統計分析，結果如表 3 示。

由表 3 顯示可知 MODIS 影像所計算出之 NDVI

值在草地乾季與濕季之間其 P 值為 2.84E-12 小於 0.05，是呈現具有顯著差異，因此 MODIS 影像計算 NDVI 值將來也可以應用於乾旱指標上，且因其感測波譜範圍小，因此其感應之結果會比 NOAA-AVHRR 來得敏感。

### 3.4.3 常態化水勢指標(NDWI)之計算

在 Erdas Imagine 8.5 軟體中，應用其 Modeler Maker 模組撰寫 NDWI 之公式，並將欲計算之 Band 2 與 Band 5 輸入此公式中進行運算，運算結果之台灣地區所有土地類型乾季 NDWI 影像如圖 13、濕季 NDWI 影像如圖 14 所示。

將運算結果影像利用前述之草地樣點進行乾季 NDWI 與濕季 NDWI 萃取之動作，並將萃取值以圖 15 表示，由圖可以見其 NDWI 之差異與 NDVI 之差異相同為乾季較濕季為低，這是由於在乾旱期間草地植物所反映出葉片水勢較低，因此產生出該指標較低的現象產生，為驗證兩者差異大小，進行 T-test 統計分析，結果如表 4 所示。

由表 4 顯示在 MODIS 計算出草地乾季與濕季之 NDWI 之 P 值為 7.67E-08 小於 0.05，是呈現極顯著差異，代表著在草地乾旱程度對於地面植生水勢是有影響的，因此 MODIS 影像在這一方面之影像特性，也可以偵測出其地表覆蓋物(surface cover)植生水勢大小之狀況。

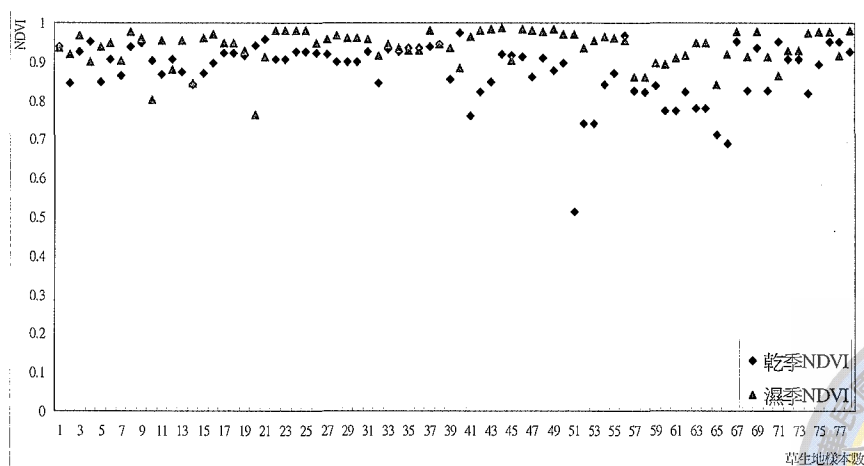


圖 12 MODIS 影像草地乾季及濕季之 NDVI 差異圖





表 3 MODIS 影像草地乾季與濕季 NDVI 值統計及 T-test 表

MODIS NDVI 影像	樣本數	NDVI 平均值	P(T<=t)	差異性
乾 季	78	0.88	2.84E-12	極顯著
濕 季	78	0.94		

註：以顯著水準 5 % 進行 T-test

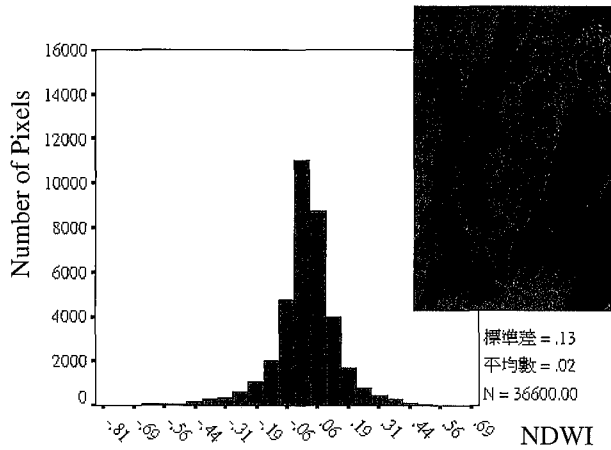


圖 13 全台 MODIS 乾季之 NDWI 影像

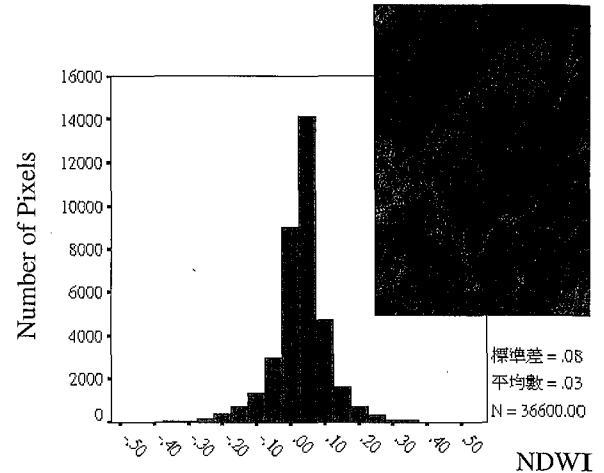


圖 14 全台 MODIS 濕季之 NDWI 影像

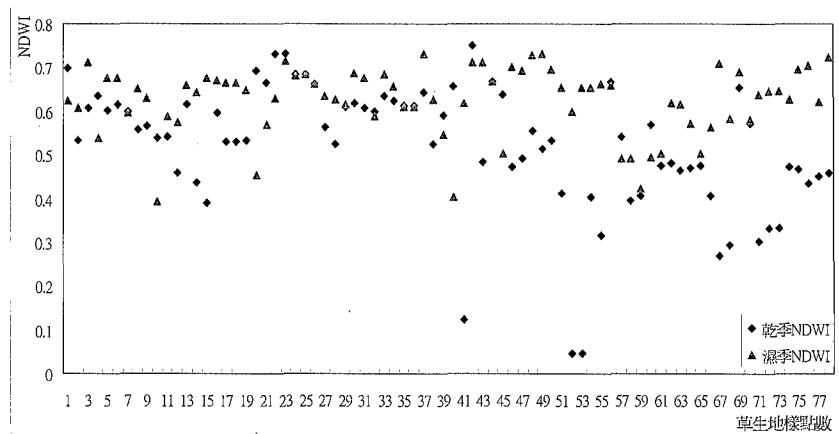


圖 15 MODIS 影像草地乾季及濕季之 NDWI 差異圖

表 4 MODIS 影像草地乾季與濕季 NDWI 值統計及 T-test 表

MODIS NDWI 影像	樣本數	NDWI 平均值	P(T<=t)	差異性
乾 季	78	0.52	7.67E-08	極顯著
濕 季	78	0.63		

註：以顯著水準 5 % 進行 T-test

### 3.4.4 NDVI 與 NDWI 之相關性探討

將前述所計算之 NDVI 與 NDWI 兩指標進行兩者於草地乾季及濕季之相關性試驗，首先進行所有草地乾季與濕季間 NDVI 與 NDWI 每個樣點

畫出比較圖(如圖 16 所示)，由圖 16 顯示可知在乾季與濕季間 NDVI 與 NDWI 是有差距的，為了更瞭解 NDVI 與 NDWI 間之相關性，即利用乾季與濕季兩者之樣點數據進行相關分析，如表 5 之相關矩陣所示。



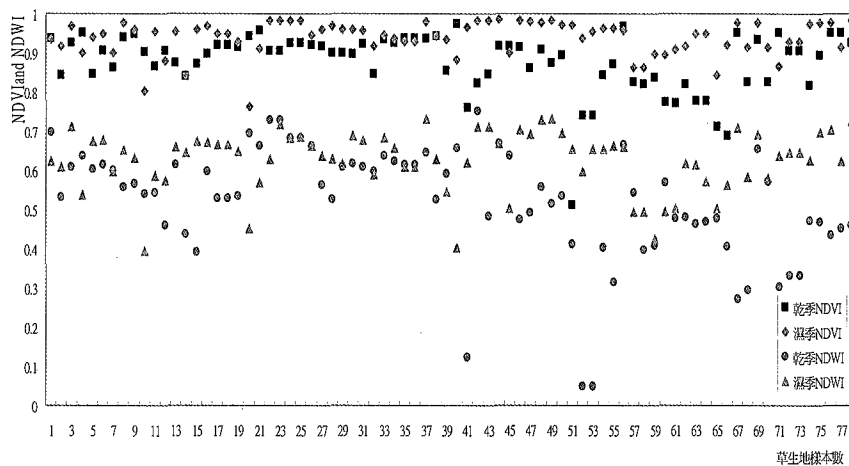


圖 16 MODIS 影像草地乾季及濕季各樣點 NDVI 與 NDWI 差異圖

表 5 乾濕季草地 NDVI 及 NDWI 之相關矩陣表

	乾季 NDVI	濕季 NDVI	乾季 NDWI	濕季 NDWI
乾季 NDVI	1.000			
濕季 NDVI	0.079	1.000		
乾季 NDWI	0.461**	0.045	1.000	
濕季 NDWI	0.197	0.799**	0.023	1.000

\*\*：在顯著水準為 0.01 時(雙尾)，相關顯著。

由表 5 可知，在乾季草地樣點之 NDVI 與乾季草地樣點之 NDWI 之影像值具有極顯著的正相關，顯示當乾季雨量減少時，植物水勢會相對的降低，進而植物之 NDVI 也將隨著水勢減少而降低產生正相關之變化；而在濕季草地樣點之 NDVI 與濕季草地樣點之 NDWI 之影像值，其結果與乾季相同，所以由表中可知不論在乾季或濕季 NDVI 及 NDWI 在相關矩陣表中是具有相關性，且其結果可看出在濕季時 NDVI 與 NDWI 兩指數間的關係，顯然大於乾季。

由於植物生理產生之現象，植物在缺水的時候直接反應在光合作用效應上，缺水時所吸收之紅光較少，反之其反射變多，紅外光雖也反射，但其量卻不會因此影響，因此利用 NDVI 的公式所計算出之值相對也較低。NDWI 是直接反應植物含水量大小的狀態，當其值小時，代表著植物缺水狀態，植物缺水時其光合作用量相對較低，使得 NDVI 值降低，因此驗證 MODIS 影像之特性更多元化，並且可以利用之範圍更為寬廣，未來也將可以應用此指

標於乾旱預警之偵測上。

### 3.4.5 短波紅外線水勢指標(SIWSI)之計算

在 Erdas Imagine 8.5 軟體中，應用其 Modeler 模組撰寫 SIWSI 之公式，並將欲計算之 Band 6 與 Band 2 輸入此公式中進行運算，運算結果之台灣地區所有土地類型乾季 SIWSI 影像如圖 17、濕季 SIWSI 影像如圖 18 所示。

計算出 MODIS 影像乾季與濕季 SIWSI 影像後，利用草地之樣點個別萃取 SIWSI 值，將萃取出之影像值繪製比較圖(如圖 19 所示)，並將草地萃取乾季與濕季之 SIWSI 進行 T-test 比較其間是否有差異性(如表 6)。

Rasmus and Inge (2003)應用 MODIS 衛星影像兩個主要波段近紅外光與短波段紅外光，推導短波段紅外光水分逆境指數，其選擇常年處於雨量稀少的非洲國家塞內加爾進行試驗研究，試驗期為 2001 年與 2002 年。其結果顯示當 2001 年該地區年降雨量低於平均值時，SIWSI 與土壤濕度呈現強烈的關

係性，但在 2002 的研究結果發現與 2001 年之研究結果迥異，原因乃為 2002 年該地區之氣候現象屬於極端的乾旱，以致於植生水勢狀態無法藉由樹冠的遙測而得。但透過該研究之證實，MODIS 衛星近紅外光與短波段紅外光在半乾旱地區，植生水分逆境的研究上可獲得有效的監測。而由本研究表

12 所計算之結果卻發現 SIWSI 於草地乾季與濕季影像反應 P 值為 0.3214 大於 0.05，則呈現差異不顯著，這與 Rasmus and Inge (2003)之研究結果有所不同，對於草地之監測並不明顯，因此本研究後續將只採用 NTI、NDVI 及 NDWI 進行後續的分析及統計研究。

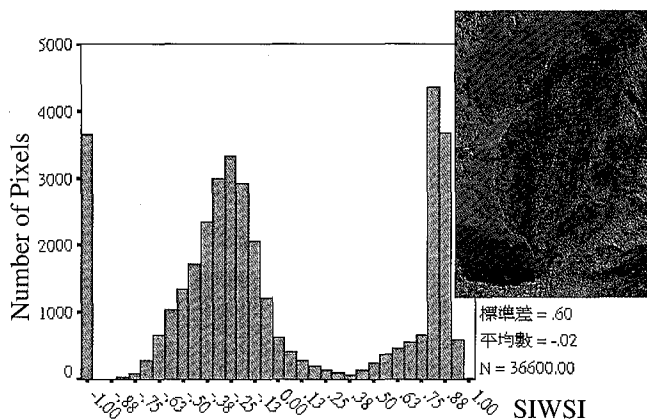


圖 17 全台 MODIS 乾季 SIWSI 影像

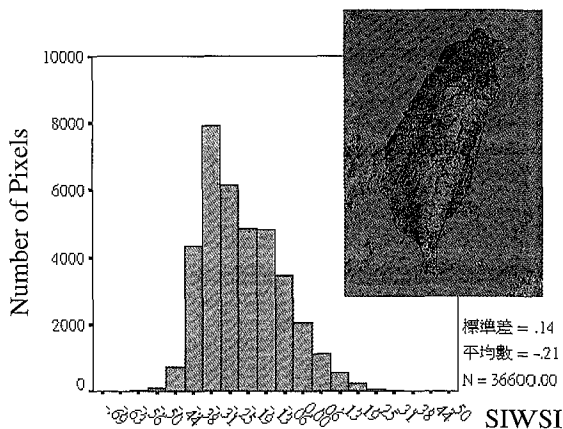


圖 18 全台 MODIS 濕季 SIWSI 影像

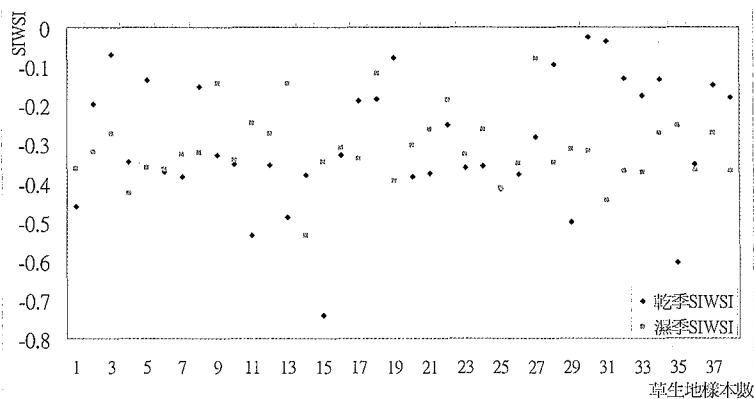


圖 19 MODIS 影像草地乾季與濕季各樣點 SIWSI 值差異圖

表 6 MODIS 影像草地乾季與濕季 SIWSI 值統計及 T-test 表

MODIS SIWSI 影像	樣本數	SIWSI 平均值	P(T<=t)	差異性
乾 季	78	-0.29	0.3214	不顯著
濕 季	78	-0.31		

註：以顯著水準 5 % 進行 T-test





## 3.5 利用相關指標建立 MODIS 影像台灣乾旱監測模式

### 3.5.1 累積 30 天雨量之空間推估

將乾季日期當天之全台累積 30 天之雨量資料由氣象資料庫調出，並利用 ArcMap 軟體中的 Joins 模組將雨量資料與氣象測站之點位座標進行連結後，利用 ArcMap 軟體的 Spatial Analyst 中 Inverse Distance Weighted 模組進行累積 30 天雨量之距離倒數內插圖，其結果如圖 20 所示。將累積 30 天雨量進行空間推估後，即利用全台天然草生地之樣點圖層，萃取各樣點之累積雨量值，以供後續進行乾旱模式建置之統計分析使用。

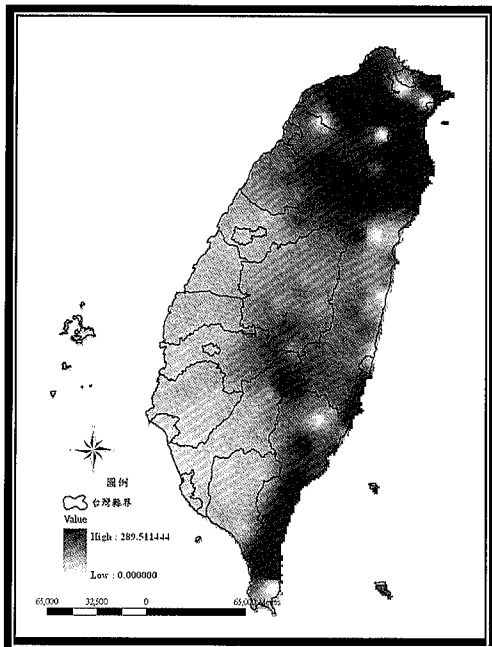


圖 20 累積 30 天雨量距離倒數內插圖

### 3.5.2 相關分析

本研究利用 SPSS 統計軟體，進行累積 30 天雨量與指標數據間之相關分析，其結果如表 7 所示。由表可知，本研究之累積 30 天雨量與 NDVI 有極顯著的正相關，顯示當累積雨量變化時，NDVI 將隨著雨量多寡產生正相關變化；而累積雨量與 NDWI 則呈現相關很小，所以後續研究將不把 NDWI 列入乾旱模式建置；而累積雨量與 NTI 及

Band22 則有極顯著的負相關。且由表中可知 Band22 及 NTI 在相關矩陣表中，其二者之間具有極顯著的正相關，且相關係數高達 0.96881，因此本研究後續進行研究分析時將於 NTI 及 Band22 兩者間選取 NTI 指標來進行分析。

經由上述相關分析後本研究可得到 NDVI 及 NTI 將應用於後續之乾旱模式建置，若將兩者係數合歸整化為 1 時，經前人研究及本研究經多次試驗後發現其 NDVI 及 NTI 以 0.7 及 0.3 的權重比例計算時，其結果對於台灣地區之乾旱較有敏感的反應，因此本研究將應用 NDVI 及 NTI 兩者指標並以 0.7 及 0.3 之權重的比例來進行後續乾旱模式之建置。

### 3.5.3 乾旱指標之建立

本研究應用上述進行逐步迴歸之結果將 NDVI 及 NTI 分別占 0.7 及 0.3 之權重的比例建置台灣 MODIS 影像乾旱指標模式。首先當選取 NDVI 及 NTI 作為建立乾旱指標之要素之一後，須先將其各指標進行轉換，讓指標與指標間具有相同之基準模式，以方便日後彼此指標間才可互相進行計算。所以本研究將仿照 NDVI 轉換成 VCI 指標如公式(5)之計算過程來對進行 NTI 指標進行轉換。下列即將 NTI 指標進行轉換，其轉換公式如下：

#### 3.5.3.1 熱感應溫度狀態指標 (thermal temperature condition index, TTCI)

$$TTCI_i = \frac{100 \times (NTI_i - NTI_{\min})}{NTI_{\max} - NTI_{\min}} \dots\dots\dots(8)$$

由公式(8)中  $NTI_i$  為  $i$  年之週變化之 NTI 值， $NTI_{\min}$  與  $NTI_{\max}$  分別為每一像元，每一週在兩年間之最大與最小值。將上述指標經過基準轉換後，其 VCI 及 TTCI 二個指標值皆介於 1-100 之間，其代表意義則為 VCI 指標值愈高則表示植生量愈高，反之指標值愈低，則愈植生量越少；TTCI 指標值愈高則表示地表溫度愈高，反之指標值愈低，則地表溫度愈低。將指標經由公式轉換後，即可將 VCI 及 TTCI 指標依相關係數的加權值計算出本研



究針對台灣地區應用 MODIS 影像所重新建置的乾濕指標(drought-wet index, DWI)。

### 3.5.3.2 乾濕指標(DWI)

VCI 與 TTCI 兩種指標皆可用來表示乾濕狀態，而為了使乾濕狀態能即時反映，因此以加權方式將兩種指標綜合形成 DWI，其加權數以公式(9)示之：

$$DWI = 0.7 \times VCI + 0.3 \times TTCI \dots\dots\dots(9)$$

所計算後的影像即可表示出該地區的乾濕狀態及其區域範圍，並依季節性區分每個 NDVI 與 NTI 的最大、最小值，以提供日後新增影像計算乾旱指標的依據。其所計算出的 DWI 影像值愈低則代表該區缺水狀態日趨嚴重，發生乾旱之機率日升，反之則代表該區潮濕狀態發生乾旱機率降低。其 DWI 之建置流程圖則如下圖 21 所示。

### 3.5.4 乾濕指標之應用實例

將本研究先前所挑選之 63 幅 MODIS 影像計算過 NTI 指標影像進行轉換後化成 TTCI 指標，並與 NDVI 所轉換的 VCI 指標，並依照本研究所重新建置的 DWI 公式互相給予加權係數計算出 DWI 指標影像。經計算過之 DWI 影像如圖 22 所示。

圖 22 中，當顏色愈接近綠色(DWI 值愈大)則代表該區域較濕潤，顏色愈接近黑色(DWI 值愈小)則表示該區域愈乾旱。圖中顯示於台灣西南區經計算結果較其他區域乾旱，台灣中央山脈地區則較濕潤，為驗證此結果，利用前述累積 30 日降雨量空間推估圖(圖 20)相互比較，由此可知，在實際的累積 30 天雨量空間推估圖可清楚的看出台灣西半部由北至南皆較東半部乾旱，本研究計算 DWI 也呈現相同之結果。而由圖 23、24 則看出計算台灣地區所有土地類型乾季及濕季之 DWI 影像與其頻度分布圖。

表 7 累積雨量與指標數據間之相關矩陣表

	雨量	NTI	NDVI	NDWI	BAND22
雨量	1.000				
NTI	-0.295**	1.000			
NDVI	0.707**	-0.229**	1.000		
NDWI	0.054	0.023	0.090	1.000	
BAND22	-0.297**	0.969**	-0.153**	0.045	1.000

\*\*：在顯著水準為 0.01 時(雙尾)，相關顯著。

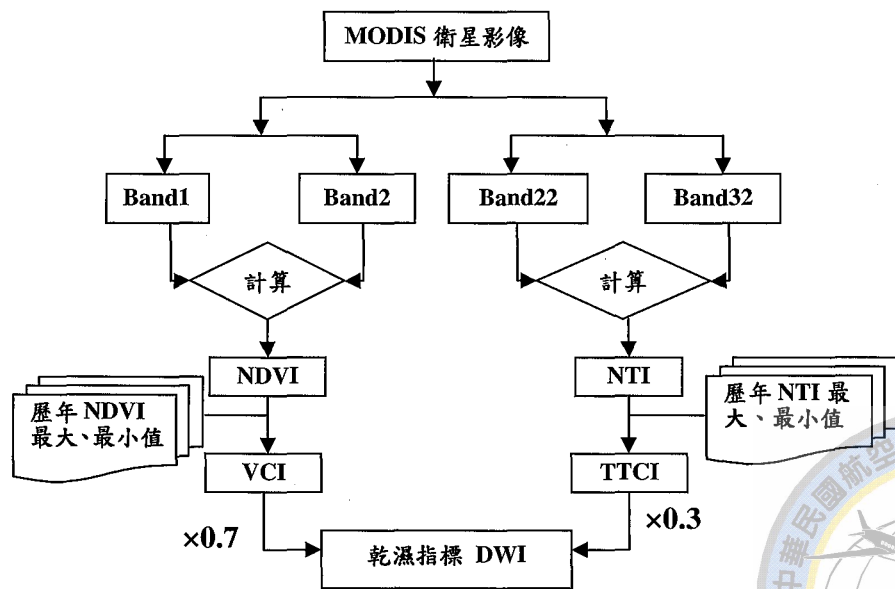


圖 21 乾濕指標之建置流程



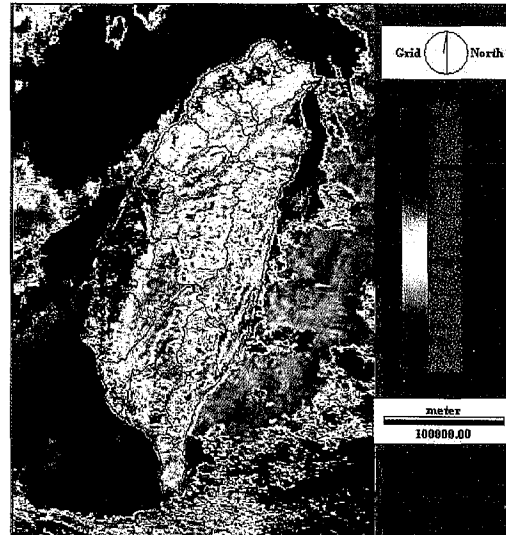


圖 22 台灣地區 MODIS 運算乾季 DWI 影像

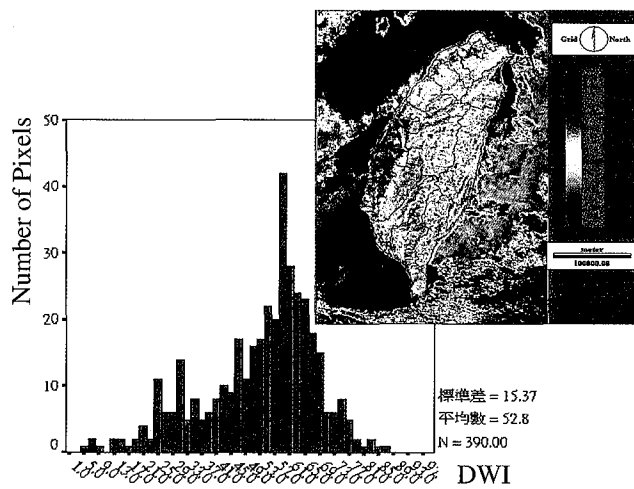


圖 23 乾季之草地 DWI 影像與頻度分布圖

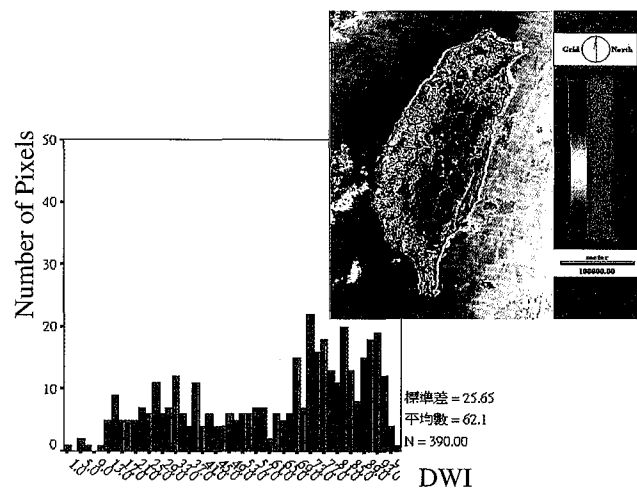


圖 24 濕季之草地 DWI 影像與頻度分布圖

表 8 MODIS 影像草地乾季與濕季 DWI 值統計及 T-test 表

MODIS DWI 影像	樣本數	DWI 平均值	P(T<=t)	差異性
乾季	390	52.837	2.20E-09	極顯著
濕季	390	62.136		

註：以顯著水準 5 % 進行 T-test

由本研究表 8 顯示在 MODIS 計算出台灣地區草地類型乾季與濕季之 DWI 值經統計分析後其 P 值為 2.20E-09 小於 0.05，呈現極顯著差異，所以在乾季影像計算之結果發現 DWI 平均值為 52.827，而濕季影像 DWI 平均值則為 62.136，因此顯示在乾季影像其 DWI 值較濕季影像 DWI 值低，代表在乾季期間之地表乾旱狀態較濕季期間之乾

旱狀態來得高，所以這表示本研究所建置 MODIS 影像 DWI 應用於乾旱監測是為可行，此結果對於未來欲應用 MODIS 影像於台灣地區乾旱監測與預警，具有相當大之貢獻。

MODIS 影像配合該影像特有之指標，無論是偵測地表溫度、植生狀態、空間解析力、時間解析力、波譜解析力等，皆優於 NOAA-AVHRR 影像，





因此由本研究結果之產生，將可逐漸取代 NOAA-AVHRR 於台灣地區乾旱研究之應用，也提供了未來應用 MODIS 影像探討乾旱之重要參考依據。

## 4. 結論

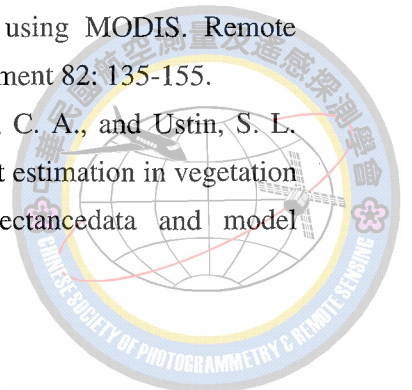
MODIS 影像於國內為 2002 年 7 月以後才引進之遙測影像，本研究搜集國外應用 MODIS 影像之相關文獻尋得可應用於乾旱之相關指標，並利用乾季及濕季之影像，更進一步的了解 MODIS 影像之波譜特性，且驗證 MODIS 影像應用於乾旱之可行性。

本研究結果顯示，MODIS 影像具有 36 波段，應用於乾旱監測具有相當之潛力，因此未來可採用 MODIS 影像取代 NOAA-AVHRR 衛星影像於乾旱預警，以取得更精確之資料。MODIS 影像 1,000 m 空間解析力中之 Band 22，為應用於乾旱之最敏感的熱感應波段，而 NTI 則為 MODIS 影像研發後所獨有應用於偵測熱感應之指標，且本研究即利用所挑選出來的 Band 22 應用於計算 NTI 指標時之重要波段。經長時間之觀測得知 NDVI 指標對於地面植生狀況、NDWI 指標對於植物水勢及 NTI 指標對於地表溫度皆具有敏感之偵測反應，因此對於乾旱預警及監測皆有其應用價值。

本研究仿造前人研究應用 MODIS 影像計算出 DI 乾旱指標，其結果對於各氣候區之實際情況有所出入，因此本研究即整合上述指標重新建立一套 MODIS 影像應用於偵測台灣地區之乾旱預警模式，所建立出的 DWI 指標可清楚的呈現出台灣地區即時的乾濕狀態，況且 DWI 指標的計算簡單易行，不需複雜且累積長時期之氣象或雨量資料僅以 MODIS 影像之累積資料即可進行，因此期望中央大學太遙中心的兩座接收天線於 2004 年底順利完成併聯作業後，能更順利的提供每天一幅之 MODIS 影像。綜上所述，MODIS 影像之波譜特性及 DWI 指標對於未來在乾旱監測系統中將更具幫助及說服力，並期望能對於政府在解決乾旱決策中提供更多元之參考建議。

## 參考文獻

- 徐森雄、謝杉舟。1997。台灣東部地區氣溫與降雨量之網目氣候值。屏東技術學院學報 6(1): 29-39。
- 陳朝圳、李錦育、楊剛。2002。NOAA 衛星影像資料預測氣象乾旱之可行性研究。航測及遙測學刊 7(2): 75-86。
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., and Ferreira, L. G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 83: 195-213.
- Gao, C. B. 1996. NDWI — A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment* 58: 257-266.
- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. 1994. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley and Sons. 256pp.
- Petitcolin, F., and Vermote, E. 2002. Land surface reflectance, emissivity and temperature from MODIS middle and thermal infrared data. *Remote Sensing of Environment* 83: 112-134.
- Rasmus, F., and Inge, S. 2003. Derivation of a shortwave infrared water stress index from MODIS near- and shortwave infrared data in a semiarid environment. *Remote Sensing of Environment* 87: 111-121.
- Robert, W., Luke, F., Harold, G., Andrew, H., and Eric, P. 2002. Automated volcanic eruption detection using MODIS. *Remote Sensing of Environment* 82: 135-155.
- Tejada, P. J. Z., Rueda, C. A., and Ustin, S. L. 2003. Water content estimation in vegetation with MODIS reflectance data and model



inversion methods. Remote sensing of environment 85: 109-124.

Tokumar, K., and Kogan, F. N. 1993. Satellite technology for environmental monitoring in developing countries. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris (France). Div. of earth sciences.

Wan, Z. 2002. Estimate of noise and systematic error in early thermal infrared data of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Remote Sensing of Environment 80 (1): 47-54.



# Establish on MODIS Image into Drought Monitoring Model in Taiwan

Yuh-Lurng Chung<sup>1</sup> Chaur-Tzuhn Chen<sup>2</sup> Chen-Ni His<sup>3</sup> Shih-Ming Liu<sup>3</sup>

## ABSTRACT

Drought period, in general, the water resource for irrigation must transfer to civilization use, and compel the farmland to fallow. Therefore the water resource arrangement is gradually important in drought management in Taiwan. MODIS image which announced from USA NASA was used in this study, and applying image differencing method to extract thermal band of No.22 was the most useful for drought warning system. Use thermal band of No.22 combination with other bands of MODIS to calculate the monthly drought indicator, such as NTI, NDVI, NDWI, and DI, and taken variation analysis with these indicators in Taiwan. At this study applying multiple regression models to find out the related drought indexes with accumulate rainfall within 30 days, then integrated them to establish the drought-wet index (DWI). Examining DWI with the experimental data, the result shows that it is feasible to apply in drought monitoring in Taiwan. Therefore the DWI could promote the previous model in drought warning system and provide the manager the other information in decision making.

**Key Words:** Geographic Information System (GIS), Remote Sensing (RS), drought-wet index (DWI), multiple regression model

<sup>1</sup> Associate professor, Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology

<sup>2</sup> Professor, Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology

<sup>3</sup> Master, Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology

