

## 埔里地區 Landsat TM 影像地形效應糾正之探討

黃凱易<sup>(2)</sup> 蘇婉霞<sup>(1)</sup> 李旻旻<sup>(1)</sup>

**【摘要】**目前已有為數不少研究提出多種地形效應糾正方法，同時指明其方法可大幅降低地形效應。惟大多數研究似乎僅應用在單一研究區，未探討是否適用其他區域及其條件。本研究乃使用兩種前人用過之方法糾正地形效應，其目的係探討此二方法的潛在適用條件。第一個方法係二階糾正法，它將數值地形模型(DTM)與 TM 影像套合，可大幅降低地形效應。第二個方法由 DTM 建立暈渲模式，並將其轉換為太陽角因子波段後與原 TM 影像結合為複合影像。結果顯示兩種方法不但無法提高分類準確度，反而導致整體與個別分類準確度下降。第一個方法未發揮效用，不代表該法不適用，而有可能是季節、緯度、地形、資料解析度相容性及軟體所用暈渲模式造成。第二個方法產生之新波段並非由感測器偵測地面反射值所得之物理量，欠缺理論基礎，所以將其與 TM 影像結合為複合影像，實屬不當。因此在利用 DTM 資料進行地形效應糾正時，應先就上述條件評估所用方法之適用性，不可盲目使用才是。

**【關鍵詞】**：遙測，地形效應，數值地形模型

### Topographic Normalization of Landsat TM Image over Pu-Li Area

Kai-Yi Huang<sup>(2)</sup> Wan-Shia Su<sup>(1)</sup> Min-Min Lee<sup>(1)</sup>

**【Abstract】** A number of studies have proposed a variety of techniques to correct the topographic effect currently. These studies also indicated that the proposed methods could reduce most of the topographic effect. However, most of the studies applied their techniques to only a site and never investigated their suitability to other sites with different conditions. The objective of this study was to identify the potential conditions of suitability by using two methods for correcting topographic effect proposed by previous studies. The first method, called two-stage correcting technique, required the use of a digital terrain model (DTM) registered to TM image data to reduce the topographic effect. The second method constructed a shaded relief model from DTM data and then converted it into a new band of sun angle. This band was combined with TM bands as a composite image. The results showed that these two methods could not improve classification accuracies;

(1)國立中興大學森林學研究所 研究生

Graduate Student, Dept. of Forestry, National Chung-Hsing University

(2)國立中興大學森林學系 副教授

Associate Professor, Dept. of Forestry, National Chung-Hsing University

---

---

conversely, they caused the overall accuracy and individual accuracy to be reduced slightly. The first method could not work probably due to season, latitude, terrain, consistency in spatial resolution between TM image and DTM data, and the shaded relief model used by commercial software. The second method was inappropriate, since the measurements of new band were not generated from a sensor directly. Thus, the topographic normalization techniques through the use of DTM should not be used blindly before they have been evaluated in terms of conditions mentioned above.

【Key words】: Remote Sensing, Topographic Effect, Digital Terrain Model.

## 一、前言

森林乃國家自然資源之一，對人類生存環境之維繫及生活所需如水、空氣、木材等之供應，關係至大，各國均定期調查，以評估國力。早年我國林業之經營在經濟生產及國土保安並重之原則下，伐木、造林作業比重較大。惟自民國 64 年起，林業政策丕變，減少伐木，加強保育，以期森林資源能永續利用。民國 78 年，林業政策再變，國人對森林之需求非僅水土保持、國土保安，而進一步要求適宜之生存環境如提供清潔之空氣、足夠之休憩場所、充足且潔淨之水及保護其他動植物資源等，故伐木業日減，而水土保持、國土保安、資源保育、戶外遊憩之業大幅擴增。因此政府明文規定不得再砍伐天然林，對保安林地、水庫上游林地、生態保護區、自然保留區、復舊困難區域及貴重木材林地尤為重視。此等區域或因海拔甚高，或因坡度陡峻，既不宜木材生產，保留自為惟一之途。這些作業限制地區約佔全省林地之 40%，即約 80 萬公頃，既不以木材生產為目的，林分材積之調查，則退居次要，而為因應發揮水土保持之功能及野生動物繁殖之需要，其林分之生物量、林木覆蓋率，則成為重要測定因子。若干研究指出使用遙測技術可以有效測定這些因子(謝等,1992；焦和郭,1992；焦及林,1989；焦,1992)，既省調查費用，又節省工作時間。

遙測應用於林地分類、林冠鬱閉度、林分密度、森林生物量、或林木材積之推估，因受地形效應作用而影響其推估之精度(謝,1992)。台灣因地形崎嶇且土地利用型態複雜而破碎，若要得更精確之分類結果，則地形效應之改正對於山區影像之相關應用益形重要(Chen and Chen,1991)。國內外有關遙測地形效應糾正之文獻相當多，本文不擬在此逐一羅列討論，僅就擬使用之方法扼要說明之。Civco(1989) 提出以數值高程模型(DEM)建暈渲模式(Shaded Relief Model)，以二階段方式改正地形效應。結果顯示三月、五月所獲得兩幅 TM 影像因地形效應導入之光譜變異大幅降低，同時仍能維持整幅影像整體之光譜特性。黃國禎(1995)以 SPOT 影像對台大實驗林林型分類，使用太陽高度角及方位角轉換數值高程模型 (DEM) 為太陽角因子波段加入原有三個波段形成複合影像，然後以最大概似法分別對 SPOT 影像及複合影像分類，結果顯示 DEM 資料有助於影像分類準確度之提昇。

因目前國內外已有許多研究提出多種地形效應糾正法，且大都認為所提方法可以達成地

形效應糾正之目標。惟大多數之研究應用於單一試區，未以同一方法重複測試不同試區，以探討是否可適用其他區域及適用條件。本研究之目的係重複前人研究使用之二階地形效應糾正法及太陽角因子波段複合影像，探討這二種方法應用在相異試區可否有效地消滅地形效應，以改善分類準確度，並瞭解它們之適用條件。

## 二、研究區域及材料

### (一)研究區域

本研究區隸屬於南投縣轄區，位於北緯  $23^{\circ}52' 30''$  至北緯  $24^{\circ}15'$ ，東經  $120^{\circ}37' 30''$  至東經  $120^{\circ}15'$ ，包含埔里市、惠蓀林場、大坪頂、日月潭、萬大水庫及附近地區。屬於濁水溪水系及烏溪本流北港河流域，簡稱埔里地區。全區以山地為主要地勢，海拔落差達3000多公尺。

### (二)材料與工具

#### 1.大地衛星影像

Landsat-5為太陽同步衛星 (Sun Synchronous)，軌道高度705公里，每天繞地14.5圈，16天回到原地，其上載有多譜掃描儀及主題測繪儀 (Thematic Mapper, TM)。TM為七波段的感測器，系統設計需求之一即在改善植物之辨識能力，其地面解像力為  $30\text{m} \times 30\text{m}$ ，第六波段之熱紅外光波段解像力為  $120\text{m} \times 120\text{m}$ ，掃描帶幅寬185km。

本研究所使用的影像是向中央大學太空及遙測研究中心訂購，採第十級處理之產品。第十級處理係使用地面控制點及數值地形模型資料完成幾何糾正，旋轉對齊且重新投影在台灣 TM 二度分帶座標系統上，重新取樣方式採用最鄰近法 (Nearest Neighbor)。埔里地區 TM 影像相關資料如表 1 所示。

#### 2.數值地形模型資料

數值地形模型資料是以網格式記錄地形高程變化的資料，其記錄方式採用TM二度分帶座標系統，分為X、Y、Z三個資料欄位，分別記錄了平面位置及高程座標，解像力為  $40\text{m} \times 40\text{m}$ 。本研究所使用的DTM資料由林務局提供，是以PCI (Easi/Pace) 16 bit格式儲存。

埔里地區之DTM資料左上角座標為(233,980,2,669,020)，右下角座標為(267,980,2,630,020)，影像大小為  $850 \times 975$  個像元，高程最大值為3375m，最小值為121m，表 2 說明埔里地區之 DTM 資料統計值。

#### 3.地圖及數值檔

(1)1/50,000經建版地形圖；(2)1/25,000經建版地形圖；(3)1/10,000像片基本圖(僅含惠蓀林場部分)；(4)埔里地區土地利用數值檔；(5)數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)資料： $40\text{m} \times 40\text{m}$ 。

表 1 埔里 Landsat TM影像資料規格

Table 1. Annotation of the Landsat TM image over Pu-Li area

試區	埔里
拍攝日期	1995年7月20日
太陽高度角	55°
太陽方位角	87°
行進方向	192.4°
地圖投影方式	TM 二度分帶投影
左上角座標	(234,000 , 2,669,000) (268,000 , 2,631,650)
處理級數	第十級 ( Level 10 )
重新取樣方法	鄰近指派法
正片比例尺	1 : 250,000
像元尺寸	25m × 25m
涵蓋面積	34km × 39km

表 2 埔里地區之 DTM 資料統計值

Table 2. Statistics of the DTM data for Pu-Li area

	埔里地區		
	高程	坡度	坡向
平均值	1111.30	27.72	185.57
標準差	610.94	13.52	106.09
眾數	663	35	263
最大值	3375	83	510
最小值	121	0	0

#### 4. 研究工具

- (1)軟體包含：影像處理軟體：PCI for Windows，ERDAS for DOS；地理資訊系統軟體：ARC/INFO，ARC/VIEW；統計分析及試算繪圖軟體：SPSS，Excel，LOTUS（for Windows）。
- (2)硬體包含：印表機：Epson stylus彩色噴墨印表機，LaserJet 4L雷射印表機；數化儀：Calcomp Drawing Board III（A0尺寸）；個人電腦：Pentium 60。

### 三、研究步驟與方法

本研究可分為六個主要步驟，分述如下：

#### (一) 資料蒐集

資料蒐集項目包括遙測資料、地圖和數值檔及相關文獻資料等三大類。參考文獻由論文、研討會論文集、教科書或期刊取得；衛星影像則向中央大學太空及遙測中心研究中心訂購；像片基本圖是向林務局農林航空測量所請購；1/25,000與1/50,000之地形圖是向內政部資訊中心請購；土地利用型資料是向林務局申請。

#### (二) 現場初勘

主要工作為記錄研究區之土地被覆，包括下層植被，因為不同的下層植被亦會對光譜反射值有所影響。現場初勘所獲資料與地圖即可進行分類體系之初擬，並可供影像分類時選取訓練樣本之參考。

#### (三) 影像與 DTM 資料的前處理

本研究使用TM 影像資料及 DTM 資料之尺寸分別是 25m 及 40m，不盡相容，所以使用前必需先將二者疊合，切取出共同範圍，並且以最鄰近法重新取樣為 25m×25m，同時利用指令求取本區之坡向與坡度。

#### (四) 地形效應糾正與複合影像製作

##### 1. 地形效應糾正

利用太陽方位角及高度角做地形效應糾正，係參考Civco (1989) 所提之方法，先將DTM資料以PCI (Easi/Pace) 指令《REL》(Shade Relief) 輸入太陽方位角、太陽高度角及高程間隔數1公尺等三個參數，計算之後產生太陽角因子。再分二個階段逐步糾正：

在第一階段糾正，本研究將TM之各波段光譜值與地覆典型光譜反射率比較，發現唯有TM1明顯偏高，吾人推測可能是Landsat-5系統老舊及/或散射造成，但大小無法計算。因此依據土壤及植物之典型光譜反射，將TM1除以一常數，完成簡易輻射糾正，使其大致符合典型光譜反射，以 $TM1^*$ 代替。再將Landsat TM影像6個波段（剔除TM6）做第一次數學運算，其糾正公式如下：

$$\delta DN_{ij} = DN_{ij} + (DN_{ij} \times (\mu_k - X_{ij}) / \mu_k)$$

$\delta DN_{ij}$  = 在像元 ij 波段 $\lambda$  之糾正輻射值

$DN_{ij}$  = 在像元 ij 波段 $\lambda$  之原始輻射值

$\mu_k$  = 經量渲模式計算所得在全灰度尺(0,255)上之平均值

$X_{ij}$  = 經量渲模式計算所得某一像元在全灰度尺(0,255)上之灰度值

經第一次糾正後，產生新的六個波段。接著以原始TM影像及經一階糾正後之影像，依下列公式計算各波段之調校係數 $C_{\lambda}$ ，以供第二階段糾正之用。第二階段糾正公

式如下：

$$C_{\lambda} = \frac{(\mu_{\lambda} - N_{\lambda}) / ((\mu_{\lambda} - N_{\lambda}) - (\mu_{\lambda} - N'_{\lambda})) + (\mu_{\lambda} - S_{\lambda}) / ((\mu_{\lambda} - S_{\lambda}) - (\mu_{\lambda} - S'_{\lambda}))}{2}$$

$C_{\lambda}$  = 各波段調校係數

$\mu_{\lambda}$  = 原影像各波段平均值

$N_{\lambda}$  = 原影像背陽坡平均值

$N'_{\lambda}$  = 一階糾正影像背陽坡平均值

$S_{\lambda}$  = 原影像向陽坡平均值

$S'_{\lambda}$  = 一階糾正影像向陽坡平均值

依據求得之調校係數，將原始影像之亮度值經第二次數學運算糾正成二階糾正影像，將二階糾正後之影像依TM影像分類法進行分類，並與加入DTM分類之結果相比較。

## 2. 複合影像之製作

本研究使用DTM資料的目的，在於模擬TM影像中各個像元所受的陽光輻照值，將DTM資料作成太陽角因子波段加入TM影像作成複合影像並加以分類，以視能否提高影像分類準確度(黃國禎,1995)。

將DTM資料以PCI (Easi/Pace) 指令《REL》(Shade Relief)，分別輸入太陽方位角、太陽高度角及高程間隔數1m等三個參數，計算之後產生每個像元表面之陽光輻照值，完全陰影區之值為0之太陽角因子波段。由於DTM資料的範圍與Landsat TM影像範圍不盡相符，故需將太陽角因子波段及TM影像切出座標相同範圍的區域，再使用最鄰近法再取樣內插成25m之像元尺寸，併入TM影像中，形成複合影像。

### (五) 三種影像分類

本研究採PCI (Easi/Pace) ImageWorks中之監控分類法 (Supervised Classification) 中之高斯最大似法(Gaussian Maximum Likelihood Classifien)對TM影像、地形效應糾正後 TM影像及複合影像做分類，監控分類法是以已知屬於某地覆之訓練樣本 (Training Sample) 產生之光譜信號為依據，建立分類標準而分類之。如果未知像元之光譜信號與訓練樣本之光譜信號相近，即歸入該類，若光譜信號相異則將其摒棄在該類別之外，其步驟如下：(1)擬定分類體系；(2)選取訓練樣本；(3)訓練樣本分離度 (Separability) 分析；(4)波段選擇；(5)影像分類；(6)分類準確度評估，各步驟詳見黃凱易等(1997)之論文。

### (六) 結果比較與分析

分成二個部分比較與分析：(1)地形效應糾正對TM影像分類之效用；(2)加入太陽角因子波段對分類準確度的影響。

## 四、結果與討論

### (一) 結果

#### 1. 地形效應糾正前後影像分類比較

埔里地區經地形效應糾正前後TM 432波段假色組合影像，在螢幕上糾正後的影像比糾正前的影像稍亮，主觀上似乎略見糾正效果，但經列印後，陰影仍然明顯存在，視覺上未見明顯改善。表 3 所列是「未糾正」、「第一階段糾正」、「第二階段糾正」在九個類別之個別與整體分類準確度。埔里地區 TM 影像整體分類準確度經第二階段地形效應糾正後未見上升，反而略微下降 1%，個別分類準確度除溪流有少許上升外，其餘都下降。

表 3 埔里地區TM 1'347波段影像糾正前後分類結果

Table 3. Classification accuracy of TM 1'347 before and after topographic normalization

組類名稱	未糾正(%)	第一階糾正(%)	第二階糾正(%)	差異(%)**
溪流	90	90	93	3
湖泊	96	96	88	-8
建地	92	91	92	0
林地	89	88	89	0
農墾區	94	87	93	-1
果園	91	54	90	-1
草地	85	64	85	0
雲	93	94	92	-1
陰影	94	93	94	0
全區	91	86	90	-1

\*\* 差異 = 第二階糾正(%) - 未糾正(%)

表 4 所列是在糾正前後各地覆類別在向陽及背陽面之光譜值。現以每一類別在各波段向陽面於糾正前後之光譜相減差值及在糾正前後之背陽面光譜相減差值作為指標，若二階糾正具有效果者，則差值指標應大於 0 值，堪稱糾正有效；若差值指標為負，則糾正無效。舉例來說，表 4 中將糾正後混淆林向陽面 TM1\* 光譜值 30 減去糾正前混淆林向陽面 TM1\* 光譜值 30，得向陽面光譜差值為 0，如表 5 所示。同樣地，將糾正後混淆林背陽面 TM1\* 光譜值 22 減去糾正前混淆林背陽面光譜值 30，得到背陽面光譜值差值為 -8。由表 5 可發現除了混淆林向陽面之光譜值減少其餘皆增加，而背陽面之光譜值除闊葉林增加外其餘都減少，與 Civco 所做二階糾正後向陽面光譜值應減少，而背陽面光譜值應增加之結果相背而馳。由此可見二階糾正法在本研究地區並未達到地形效應糾正目的。因此，本研究採用Civco (1989) 以數值高程資料建立暈渲模式無法產生實質之效果，然而此結果並不足以證明該法不適用，可能因有若干條件不符合所造成，容後說明。

表 4 各類別糾正前後之光譜值

Table 4. Digital number for each class before and after topographic normalization

平均值	TM1*	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
混淆林(向)(未)	30	29	26	115	86	22
混淆林(向)(二)	30	28	26	116	86	21
混淆林(背)(未)	30	26	24	86	63	17
混淆林(背)(二)	22	19	18	65	47	12
闊葉林(向)(未)	31	28	16	105	74	20
闊葉林(向)(二)	41	37	34	137	97	26
闊葉林(背)(未)	26	20	16	37	26	8
闊葉林(背)(二)	32	25	20	45	32	10
針葉林(向)(未)	30	28	26	110	78	21
針葉林(向)(二)	31	29	27	116	81	22
針葉林(背)(未)	29	25	22	79	54	15
針葉林(背)(二)	21	18	16	57	39	11
竹林(向)(未)	29	27	24	106	77	20
竹林(向)(二)	34	31	29	125	91	23
竹林(背)(未)	29	25	22	86	62	16
竹林(背)(二)	21	18	16	64	46	12
果園(向)(未)	36	34	33	105	96	29
果園(向)(二)	36	35	34	108	98	29
果園(背)(未)	34	30	28	69	58	18
果園(背)(二)	32	28	27	66	56	17

(未)：未糾正；(二)：二階糾正；(向)：向陽；(背)：背陽

\* 經簡易之輻射糾正

表 5 地形效應糾正之差值指標

Table 5. Difference indicator for topographic normalization

差值	TM1*	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	
混淆林	向陽面	0	-1	0	-1	0	-1
	背陽面	-8	-7	-6	-21	-16	-5
闊葉林	向陽面	10	9	18	32	17	6
	背陽面	6	5	4	8	6	2
針葉林	向陽面	1	1	1	6	3	1
	背陽面	-8	-7	-6	-22	-15	-4
竹林	向陽面	5	4	5	19	14	3
	背陽面	-8	-7	-6	-22	-16	-4
果園	向陽面	0	1	1	3	2	0
	背陽面	-2	-2	-1	-3	-2	-1

\* 經簡易之輻射糾正

## 2. 複合影像與原 TM 影像之分類結果比較

將太陽角因子波段與TM影像套合形成複合影像，分別對複合影像及原 TM 影像分類完成準確度評估，並比較其準確度評估，結果如表 6 所示。由表 6 變化百分比可發現各類地覆之個別分類準確度並未因太陽角因子波段加入而改善。整體分類準確度則下降近 4% 左右，此結果與前人研究結果相反，容後說明。



表 6 複合影像與 TM 影像分類準確度之比較

Table 6 Comparison in classification accuracy between composite and TM images

組類名稱	複合影像(%)	TM 影像(%)	差異(%)
溪流	85	90	-5
湖泊	91	96	-5
建地	86	92	-6
林地	85	89	-4
農墾區	88	94	-6
果園	88	91	-3
草生地	84	85	-1
雲	93	93	0
陰影	92	94	-2
全區	87	91	-4

+：增加 -：減少

\* 差異 = 複合影像準確度(%) - TM 影像準確度(%)

## (二) 討論

本研究對地形起伏劇烈之埔里地區TM影像進行地形效應糾正，無法改善分類準確度，反而導致準確度下降。Civco (1989) 所提出二階段地形效應糾正法未發揮功效，並不意味該法不適用，可能是下述條件不符造成：首先本研究使用之套裝軟體為 PCI(EASI/PACE)，然而Civco所用之軟體係Erdas，二廠商販售之套裝軟體內暈渲模式的算法(Algorithm)不盡相同，而且是否可有效模擬陰影，是有效糾正地形效應之重要因素，必須深入探討之。其次本研究使用之數值高程資料之解像力為40m×40m，TM影像解像力30m×30m，二者無法匹配。依據Itten and Meyer (1993) 地形效應糾正DEM之解像度要優於遙測影像資料，即使不能至少也要相等。Civco的研究中，DEM資料之解像度為30m×30m，與TM影像相等，但是本研究則否。若要以DEM對現有衛星影像或將來高解像度之衛星影像做地形效應糾正，DEM解析度匹配之問題亦有深入探討之必要。該法是應用在美國新英格蘭州，位於中高緯度區域，北坡為背陽坡而南坡為向陽坡。試區主要地覆為大片均質落葉林，落葉林在冬季時葉已落盡，而三月及五月所獲之 TM 影像上之森林，其葉尚未長出，因此光譜反射係由樹的枝幹及地面反射合成。相對地，埔里試區緯度較低，TM影像為7月22日正值盛夏所獲，此時太陽方位角87°，而太陽高度角55°，本研究係以背陽坡與向陽坡為基準取出地覆樣本糾正地形效應，本研究之背陽坡未必全是北坡，向陽坡也未必全是南坡，加上盛夏時植被覆蓋良好，對地形起伏具平滑作用，故地形效應可能不若前提試區明顯。

本研究對埔里試區之TM影像加入DTM資料轉換之太陽角因子波段，不但無法提高分類準確度，反而導致整體與個別分類準確度下降。事實上，太陽角因子波段並非由感測器偵測地面反射光譜值而得，它是地圖學上用以表現地形受到不同方向與高度光源照明產生明暗變化之現象，這種表現方式稱為暈渲 (Shading) (Robinson et al., 1978)。Solberg et al. (1994) 認為將遙測影像與空間資料 (例如：數值高程資料) 以像元對像元方式結合實屬不當。因此

---

---

黃國楨 (1995) 以 SPOT 影像加入 DTM 資料產生太陽角因子波段，並對二者形成之複合影像分類，雖可提高分類準確度，但在可靠性上則值得商榷。

## 五、結 論

由於不同緯度地區、不同季節、不同地形所造成之地形效應均相異，故在做衛星影像地形效應糾正時的方法，亦迥然相異，並無所謂“萬用公式”可供使用。因此本研究參考 Civco 之二階糾正法受到上述各因素間之差異性影響，而無法得有效糾正，另 DTM 資料之解析度無法與 TM 影像相匹配，亦是造成分類準確度降低之原因。

地形效應在做影像判釋及分類時是一重要影響因素，其可左右判釋結果及分類準確度，因此在滿足不同條件下如何選擇有效糾正之法，以滿足使用者需求，亦是影像分類工作者需再予深入發掘探討之處，俾利後續森林之經營與管理工作之推展。

## 參考文獻

- 焦國模 1992 柳杉光譜反射特性與林分密度之研究 台大實驗林研究報告 6(2):51-80。
- 焦國模、林金樹 1989 空載多譜掃描資訊對柳杉生物量測估之研究 台大農學院研究報告 29(1):54-72。
- 焦國模、郭振陵 1992 森林光譜特性推估林分鬱閉度之研究 台大實驗林研究報告 6(4):149-179。
- 黃國楨 1995 利用四元樹法在 SPOT 影像上作林型分類之研究 台灣大學森林學系碩士論文 p:88-100。
- 黃凱易、蘇婉霞、李旻旻 1997 協合 ERS-1 SAR 及 Landsat TM 影像於埔里地覆分類之探討 中興大學實驗林彙刊 19(1):145-162。
- 謝漢欽 1992 多譜掃描資訊於柳杉林分樹冠鬱閉及林材推估功效上之研究 國立台灣大學森林學研究所博士論文。
- 謝漢欽、焦國模、陳永寬 1992 大地衛星資訊在林分材積測定功效上之研究 台大實驗林研究報告 6(4):189-224。
- Chen, A. J. and J. Y. Chen 1991 Using Lowtran 6 and DEM to Derive Surface Reflectance Factor from SPOT HRV Data, IGARSS'91, June 3-6, Espoo, Finland, pp:651-654.
- Civco, D. L. 1989 Topographic Normalization of Landsat Thematic Mapper Digital Imagery. PE&RS 55(9):1303-1309.
- Itten, K. S. and P. Myer 1993 Geometric and Radiometric Correction of TM Data of Mountainous Forested Areas. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing 31(4):764-770.

- PCI 1996 Using PCI(Easi-Pace) Software Chapter 6 Preprocessing and Geometric Correction  
p:186-201.
- Robinson, A. R. Sale, and J. Morrison 1978 Elements of Cartography John Wiley & Sons, New  
York, pp:251-254 Fourth Edition.
- Solberg, A. H. S, A. K. Jain, and Torfinn T. 1994 Multisource Classification of Remotely Sensed  
Data: Fusion of Landsat TM and SAR Image. IEEE Trans. on Geoscience and Remote  
Sensing 32(4):768-778.

