中華農業氣象 (Chinese J. Agromet.) 9 : 13 - 20, 2002

研究報告(Original Paper)

SPOT衛星影像反演與地面多角度量測水稻反射率初探

劉建慧[1] 楊純明[2]

1 環球技術學院資訊管理系/地理資訊管理研究中心

2 行政院農業委員會農業試驗所農藝組

摘 要

本文研究旨在探討利用SPOT衛星影像反演不同生長期水稻植被反射率之正規化流程，首先爲了因應將來使用SPOT衛星影像反演水稻植被反射率作業化之需求，開發以視窗介面爲基礎之遙測影像大氣改正資訊系統。此一遙測影像大氣改正資訊系統不僅提昇大氣改正之速度，且兼具提升其精度之要求。爲了改正遙測所反演水稻植被雙向反射特性，本研究亦結合地面觀測試驗，分析水稻植被在不同生長期之雙向反射特性。結果顯示，水稻在不同生長期之植被雙向反射率變異相當明顯，隨觀測角變化甚大，不容忽視。本文研究將可用以對正規化不同生長期SPOT衛星影像所反演之水稻植被反射率作準備。

關鍵詞：水稻、不同生長期、SPOT衛星影像、大氣改正、雙向反射率。

A Preliminary Study on Rice Reflectance with Retrieval from SPOT Satellite Images and Surface Multi-angular Measurements

Chien-Hui Liu [1] and Chwen-Ming Yang [2] ([1] Department of Information Management/ Geographic Information Management and Research Center; [2] Dvision of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute)

ABSTRACT : This paper was a preliminary study on normalization of bidirectional reflectance for rice canopy in different growth stages retrieved from spot satellite images. To provide the demand of operational retrieval of rice canopy reflectance from SPOT satellite images, a window-based atmospheric correction information system was developed. The system not only speeds up but also meets the accuracy requirement of atmospheric correction procedure. Ground-based bi-directional reflectance of rice canopy was taken from rice plants grown in different growth stages by a spectroradiometer. Result indicated that rice canopy reflectance varied significantly with varying viewing angles of scanner. The phenomena should be taken into account in interpreting the reflectance data. The bi-directional measurements such as this study can be used to normalize bi-directional reflectance retrieved from SPOT images for rice plants grown in different growth stages.

Keywords : Rice, Growth stage, SPOT satellite image, Atmospheric correction, Bi-directional reflectance.

本文研究承蒙行政院農業委員會農業試驗所計畫經費(91AS-5.1.3-CI-C2)及行政院國家科學委員會計畫經費(NSC91-2212-E-265-001)支持得以完成，衷心感謝。

前 言

遙測技術在精準農業上之應用，係提供一快速、大面積、自動化、高精度的地面資訊，以作爲監測農作物生育狀態及精準管理等用途。一般之作業流程，從影像資料前處理程序開始，包括幾何改正、輻射處理、乃至於經由統計或生物-物理-化學模式推演農作物生長及生育參數，諸如株高、葉片面積指數(LAI)、覆蓋面積比、生育期、生長表現及產量等，再根據這此推演出的參數，配合適當的操作機制進行農田精準管理，如灌溉、施肥、噴藥等(楊等，2002)。

大氣改正在遙測資料處理之必要性，已漸漸受重視。以精準農業爲例，應用遙測系統之目的，即是要達到自動監測農作物生育、生長、逆境狀態和產量之目的(林及楊，2000)。文獻上利用不同遙測載台進行之農業研究甚多，如近地面(楊及蘇，1997；Su and Yang, 1999; 陳等，2001)、飛機(劉及林，2001)、衛星(吳等，2001)等，分別由不同空間尺度之遙測資料(訊)來監測農作物田間表現。其中，以近地面遙測所量測之農作物植被反射率，除了可自行發展近地面監測模式之外，更可提供飛機及衛星遙測監測模式之驗證。串連近地面遙測與飛機或衛星遙測之關鍵參數，便是農作物植被之反射率。而此參數的反演，需要依賴大氣改正(劉等，2002)，提高遙測資料(訊)的可利用性。

爲了有效監測農作物生長狀態，傳統以原始灰度值遙測影像資料做處理是不夠的。因爲光學遙測感測器所截獲之訊息乃始於地面之反射(reflection)與放射(emission)，而這些地面之反射與放射量均可能爲大氣所吸收及散射，對不同波長有不等之影響(此即大氣效應)。致使後續使用原始灰度值遙測影像資料建置之任何模式，均無法準確應用於估測與預測工作。所以，爲了獲得眞實地面反射光譜(或稱反射率)，應用大氣改正模式消除大氣效應是必須的。

密集遙測資料，對於農作物自動監測分析助益極大。惟因大氣改正模式輸入參數眾多，爲了快速處理多時段遙測影像以因應農作物偵測所需，開發以視窗爲基礎之大氣改正資訊系統，提供較友善便利之環境，對整合大氣改正資訊系統至作物監測系統之中有其必要(劉及林，2002)。

由於自然界地表地物(包括水稻)均具備明顯之雙向反射特性(Kimes et al., 1985; Deering and Eck, 1987; Roujean et al., 1992；周，1993；周，1997)，因此大氣改正後之雙向反射率(bi-directional reflectance)或波段組合之植被指數(如NDVI)，便會因感測器之觀測天頂角(簡稱觀測角)及天頂角(簡稱太陽角)而異。這些差異且隨感測器側視能力而異(如SPOT HRV之觀測角約30°，NOAA AVHRR約60°，而空載多譜掃瞄則可至80°)，且觀測角範圍越大，雙向效應(bi-directional effect)之差異亦越大，如此將阻撓遙測農作物生育及環境影響之目的。因此，遙測影像反演農作物植被反射率之雙向反射分析，乃至於正規化(normalization)實務作業，成爲大氣改正後必然進行之工作。

本文在於探討正規化不同生長期SPOT衛星影像反演水稻植被反射率之流程，以因應未來使用SPOT衛星影像反演水稻植被反射率作業化之需求。由於提昇作業速度及精度是必要目標，故進行以視窗介面爲基礎之遙測影像大氣改正資訊系統開發。本文同時結合近地面觀測實驗，分析水稻在不同生長期之植被雙向反射率。

材料及方法

一、大氣改正資訊系統架構

隨著個人電腦硬體效能之提昇，以及Microsoft Windows 2000支援多工環境

(Multitasking) 和虛擬記憶體 (Virtual memory) 能力之提高，目前已能藉由電腦整體效能應付複雜圖形之處理。本項系統之軟體利用 Microsoft Windows 2000 如前述之兩大能力及圖形處理介面，發展出一套以圖形操作爲介面的衛星影像顯示/處理軟體，期以減少以往僅有文字輸入模式的類似軟體所必須輸入大量參數的負擔。本系統主要可分成兩大部份：(一) 圖形界面模組及 (二) 大氣改正衛星影像處理模組。

(一) 圖形界面模組：

此模組主要功能在負責自動化從衛星影像標頭檔內擷取重要參數，以快速傳遞於大氣改正處理模組。除此以外，其並具備下列功能：

(1) 假色影像顯示：依三個 Band 資料檔以 RGB 搭配；(2) Pan / Zoom：顯示之影像亦可進行之移動及縮放動作；(3) 地理座標：根據影像左上角 TM2 座標及影像解析度推算；(4) 灰度值或反射率值讀取：依據 (3) 顯示該座標之灰度值或反射率值；及 (5) 影像增強：自動依直方圖兩個標準差顯像。

圖 1 右半部即爲該影像重要參數顯示及 BACM 所需參數輸入之面板，此面板亦可視使用者之需加以顯示或隱藏。

(二) 大氣改正處理模組：

此模組主要功能在於執行衛星影像之 BACM 大氣改正模式。目前著重於 SPOT HRV 與 LANDSAT TM 感測器等二類。此模式可改進過去均勻大氣改正模式 (Liu et al., 1996)，成爲非均勻大氣改正模式 (Liu and Vermote, 2000; 劉等，2002)。其在反演氣膠光厚度 (AOD) 和水稻反射率之精度大致如下：

(1) LANDSAT TM 影像：使用兩張 Hog Island (均勻氣溶膠效應) 及一張 Madison (非均勻氣溶膠效應) TM 影像測試 BACM。與 AERONET 實地量測結果顯示，所反演之氣溶膠光學厚度之平均誤差

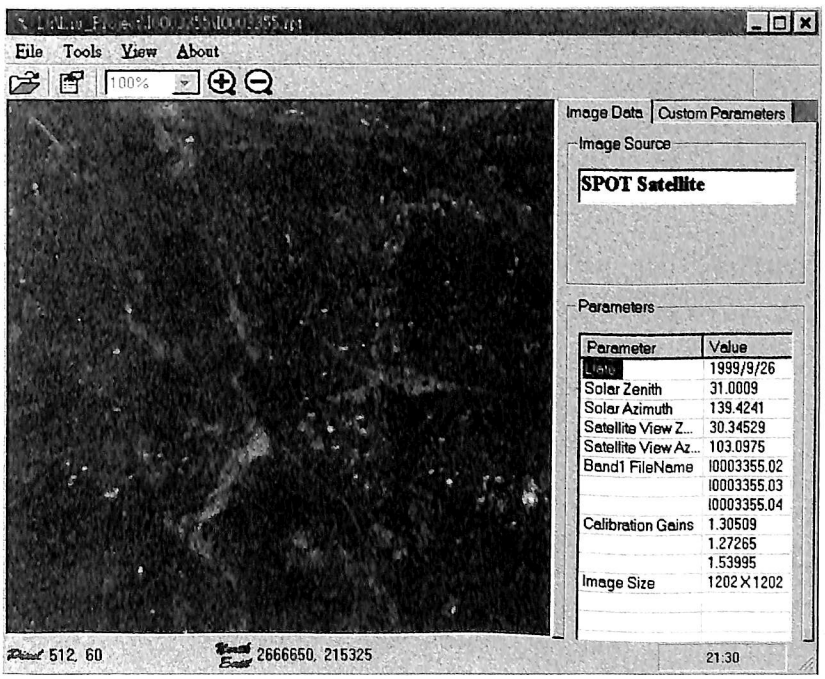


圖 1. 視窗化之大氣改正資訊系統中之圖形界面。

在TM1及TM3波段分別爲0.14及0.05。由Madison影像之較混濁區反演之氣溶膠光學厚度較較乾淨區者大，且也能得到合理之土壤與植被反射率，即使是能見度僅5公里之區域。

(2) SPOT HRV影像：經由AERONET資料之輔助，得到綠光及紅光波段所反演AOD之RMSE分別爲0.12、0.08，其精度令人滿意(劉等，2002)。利用GER光譜輻射儀 (model 2600, Geophysical & Environmental Research Corp., New York, USA)驗證SPOT衛星影像反演之水稻植被反射率，結果指出經大氣改正後水稻植被反射率之RMS E由改正前之0.089減少爲0.04。大氣改正後使得NDVI誤差，由改正前之0.418減少爲改正後之0.164。此顯示大氣改正能有效改正衛星影像之大氣效應。

模組化之優點便是其可獨立發展修改，內部大氣改正演算法若有任何更動，只要輸入之參數界面維持不變，圖形模組部份之程式亦不必修改。此模組是在DOS virtual machine下執行，執行期間使用者仍可繼續操作本系統之圖形界面模組。

二、地面量測水稻植被雙向反射率

使用GER光譜輻射儀，在SPOT衛星通過時間 (約 10：30 am local standard time)，量取不同水稻生長期之不同觀測角度之反射率。量測時間2002年4月19日(最高分蘗期) 及2002年5月28日(抽穗期)。觀測角度範圍爲背陽30°到向陽30°範圍。

結果與討論

一、大氣改正資訊系統之操作說明

本系統之各項功能皆以Menu方式或以tool bar方式顯示，使用者可依其功能名稱瞭解其實際功能，至於其它細部功能簡介如下：

(一) 資料參數面板：如圖2所示，

(二) BACM模組執行畫面：

若執行完畢，此DOS virtual machine視窗標題會由出現"完成 —"字樣，即代表影像之大氣改正處理完成並寫至所指定的目錄下(圖3)。

若要觀查BACM之大氣改正輸出影像，可再次執行本程式(利用Microsoft Windows 2000多工之能力)至輸出之目錄開啓副檔名爲.RPT之檔案，再指定所需之檔案即可(圖4)。

二、地面量測水稻雙向反射率

在2002年4月19日(最高分蘗期)資料中，植被反射率範圍0.043 ~ 0.077, 0.026 ~ 0.055, 0.239 ~ 0.513，絕對差異達0.034, 0.029, 0.275 (圖5)；在2002年5月28日(抽穗期)資料中，反射率範圍0.063 ~ 0.086, 0.054 ~ 0.074, 0.336 ~ 0.443，絕對差異達0.023, 0.020, 0.107 (圖6)。可見水稻植被反射光譜，隨觀測角變化甚大，不容忽視。

綜合試驗分析結果，本文開發的以視窗介面爲基礎之遙測影像大氣改正資訊系統，確能提供友善便利之環境，兼具提高大氣改正精度及速度。在LANDSAT TM影像方面，與AERONET實地量測結果顯示，所反演之氣溶膠光學厚度之平均誤差在TM1及TM3波段分別爲0.14及0.05，即使是能見度僅5公里之區域。也能得到合理之土壤與植被反射率。在SPOT HRV影像方面，綠光及紅光波段所反演AOD之RMSE分別爲0.12、0.08。利用GER光譜輻射儀驗證得到，大氣改正後水稻植被反射率之RMSE由改正前之0.089減少爲0.04。大氣改正後使得NDVI誤差，由改正前之0.418減少爲改正後之0.164。此顯示大氣改正能有效改正衛星影像之大氣效應。本研究也得到水稻在不同生長期之水稻植被雙向反射率變異相當明顯，且隨著觀測角變化甚大，不容忽視。

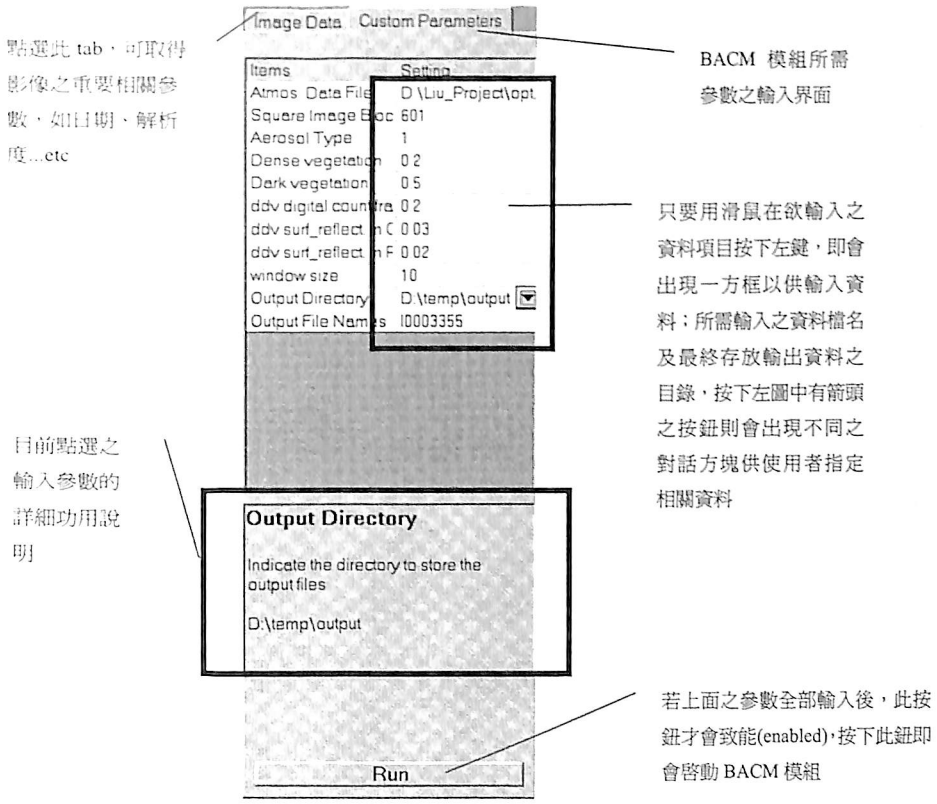


圖 2. 視窗化之大氣改正資訊系統中之圖形界面右側資料參數面板說明。

未來將針對不同生長期之水稻持續分析其雙向反射率，作爲正規化 SPOT 影像反演水稻反射率之依據。

引用文獻

周志平。1993。植被動態光譜之研究。國立中央大學太空科學研究所碩士論文，國立中央大學，桃園縣中壢市。

周昶成。1997。利用多時 SPOT 衛星影像以研究水稻反射率動態光譜及其應用。國立中央大學太空科學研究所碩士論文，國立中央大學，桃園縣中壢市。

林俊義、楊純明。2000。發展精準農業關鍵技術，加速農業生產技術升級。p.2-7。水稻精準農業 (耕) 體系之研究，楊純明、林俊義，主編。行政院農業委員會農業試驗所出版，臺中縣霧峰鄉。

陳榮坤、楊純明、張芳銘、蘇慕容。2001。水稻不同期作植被反射光譜之動態分析。中華農業氣象 8:77-92。

楊純明、蘇慕容。1997。水稻植冠反射光譜之分析。中華農業氣象 4:87-95。

楊純明、林俊義，主編，2002。應用於水稻精準農業體系之知識與技術。行政院農委會農業試驗所出版，臺中縣霧峰鄉。221pp。

劉振榮、林唐煌。2001。機載多光譜遙測系統之建構與應用 (I)。水稻精準農業 (耕) 體系之研究 (二)：水稻生育狀況與環境監測系統期末研究報告。行政院農業委員會農業試驗所出版，臺中縣霧峰鄉。

劉建慧、楊純明、劉振榮。2001。SPOT 衛

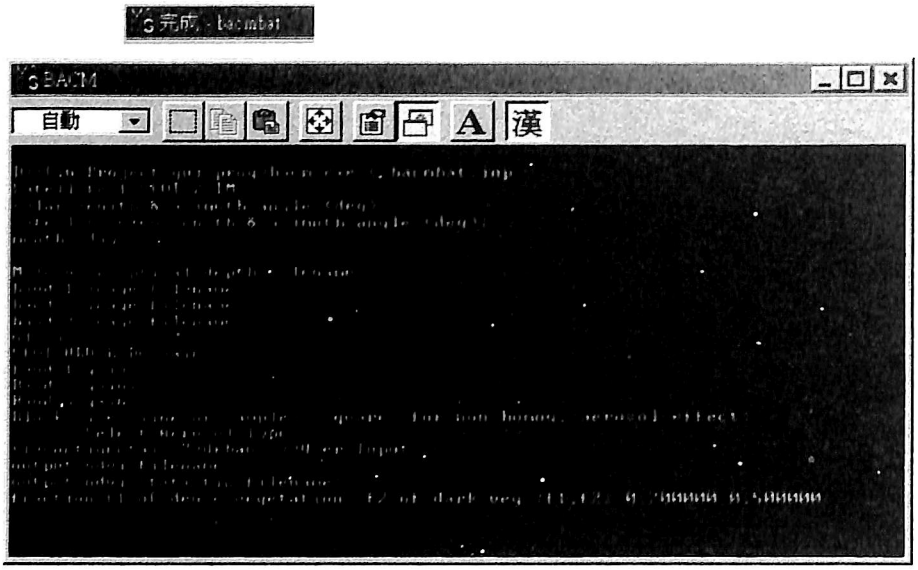


圖 3. 視窗化之大氣改正資訊系統中 BACM 模組執行畫面。

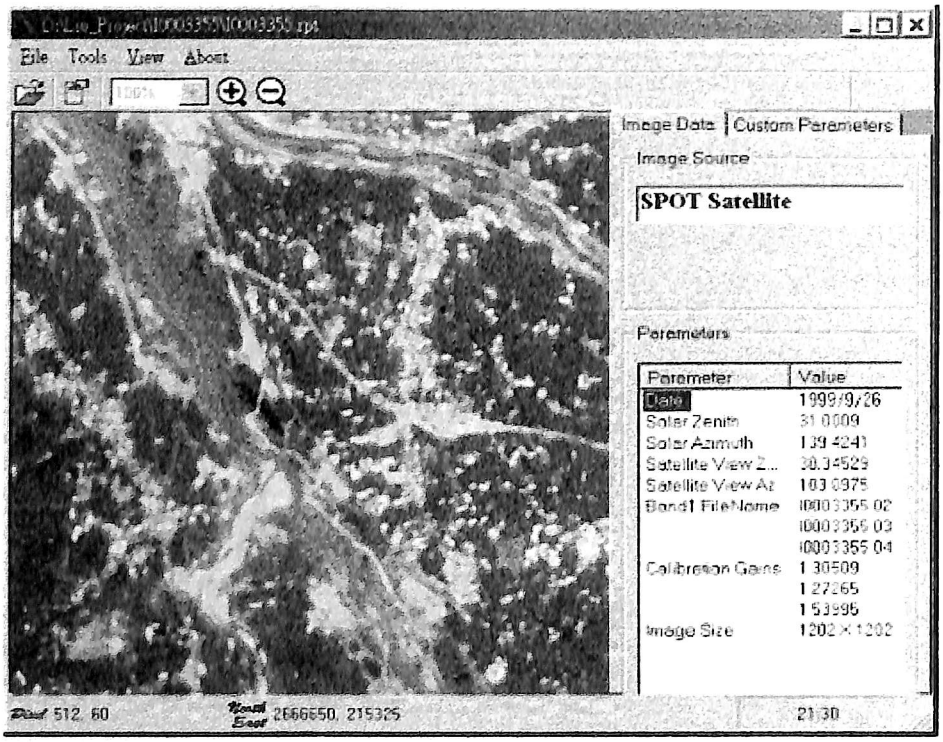


圖 4. 視窗化之大氣改正資訊系統中 BACM 模組輸出結果。



圖 5. 2002 年 4 月 19 日 (最高分蘖期) 水稻植被反射率隨觀測角變化。

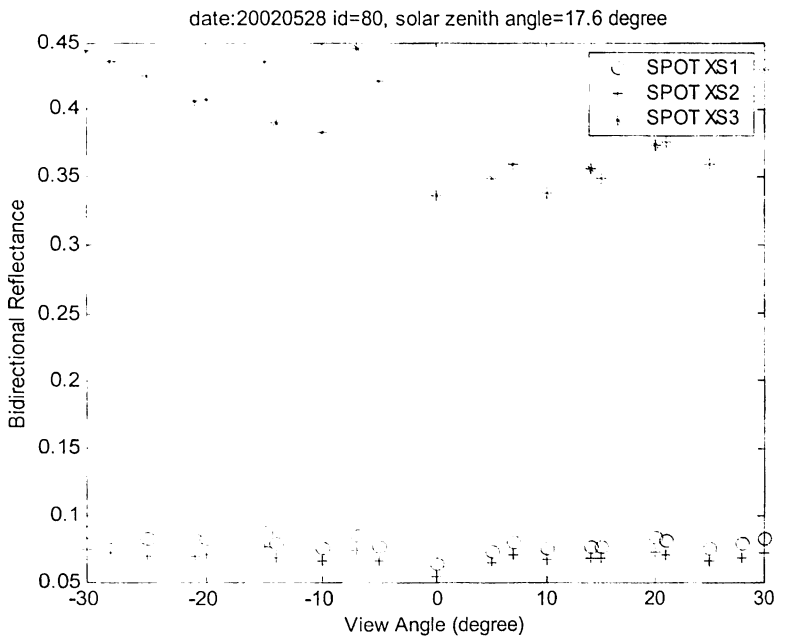


圖 6. 2002 年 5 月 28 日 (抽穗期) 水稻反射率隨觀測角變化。

星影像之大氣改正模式及水稻反射率反演精度之評估。中華農業氣象 8:1-10。

劉建慧、林峻峰。2002。開發以視窗爲基礎之大氣改正資訊系統用以研究地面反射光譜。C-GIS.GPS.RS 整合應用，2002 中華地理資訊學會年會暨學術研討會論文集。逢甲大學出版，臺中市。

Deering, D.W. and T.F. Eck. 1987. Atmospheric optical depth effects on angular anisotropy of plant canopy reflectance. Intl. J. Remote Sens. 8:893-916.

Kimes D.S., W.W. Newcomb, C.J. Tucker, I.S. Zonneveld, W. van Wijngaarden, J. de Leeuw and G.F. Epema. 1985. Directional reflectance factor distributions for cover types of Northern Africa. Remote Sens. Environ. 18:1-19.

Roujean J-L., M. Leroy, P.-Y. Deschamps and A. Podaire. 1992. Evidence of surface reflectance bi-directional effects from a NOAA/AVHRR multitemporal data set. Intl. J. Remote Sens. 13:685-698.

Su, M.-R. and C.-M. Yang. 1999. Estimation of rice growth from reflectance spectra of vegetative cover. J. Photogram. Remote Sens. 4(4):13-23.