

臺灣地區蒸發散及土壤濕度之反演

梁隆鑫, 陳錕山, 李鴻璋, 吳春燕

Mapping Evapotranspiration and Soil Moisture in Taiwan from MODIS Satellite Data

Long-Shin Liang¹, Kun-Shan Chen¹, Hung-Wei Lee¹, Chen-Yen Wu¹, M.-J

國立中央大學太空及遙測研究中心

摘要

水文參數觀測多以各水文觀測站或氣象站觀測為主，所得資料雖極富參考價值，由於觀測站資料皆為點的資料，無法完整描述空間上的變異，本文係利用 MODIS 衛星作為計算水文參數的衛星資料來源，計算地表溫度 (LST)、實際蒸發散量 (ET) 及土壤含水量 (Soil Moisture Content) 等重要水文參數供水文模式使用。透過分裂視窗與日夜演算法來推算台灣全島地表溫度，進而整合 LST、NDVI、DTM、地物分類、發射率、反射率及太陽天頂角資料，推演實際蒸發散量以及利用經驗迴歸模式計算土壤含水量，LST 圖成果肯定都市區的溫度與熱島效應。就蒸發散 ET 或蒸發散指數 EF 而言，植被區(也即 NDVI 值相對覺高的地區)較都會區高；都會區之 EF 值域大約在 0.2 至 0.3，植被茂密的山區值域大約在 0.6 至 0.8，都會區之 EF 值不到山區的一半。

一、前言

以中尺度衛星感測器 (MODIS) 時間觀測頻率與空間解析度高之特性，以獲取氣候資料於提供水文模式應用確有必要。地表蒸發散量 (Evapotranspiration, ET) 在能量平衡中扮演一個重要的角色，因為它決定了可用能量 (Available Energy) 在可感熱 (Sensible Heat) 與潛熱 (Latent Heat) 分配的情形。因為如此，其在氣候動力學以及生態環境的生產率研究是不可缺的因子之一。蒸發散量也主宰著局部與區域性的水平衡，在水文循環中扮演一個非常重要的角色，若能更進一步了解整個集水區大面積的蒸發散資訊，將有助於集水區洪泛演算的準確度。故蒸發散量的估計在地表水循環的水資源管理是一項不可或缺的重要資訊。經過許多研究之後，透過地面的氣象觀測可以準確的估計蒸發散量。然而地面觀測站所涵蓋的範圍只佔了地球表面的一小部份，且利用地面觀測參數所反演的蒸發散量也無法有效代表大面積蒸發散量的平均，因此透過衛星遙測特性，若能準確的估算，將可有效取得環境大面積蒸發散的情形。K. Nishida, R. R. Nemani, J. M. Glassy, and S. W. Running (2003)提出一個雙來線源性的混合模型 (Linear Two-Source Model)，配合 VI-T_s 散射圖找出一個代表蒸發散行為的指數 EF (Evaporation Fraction)。

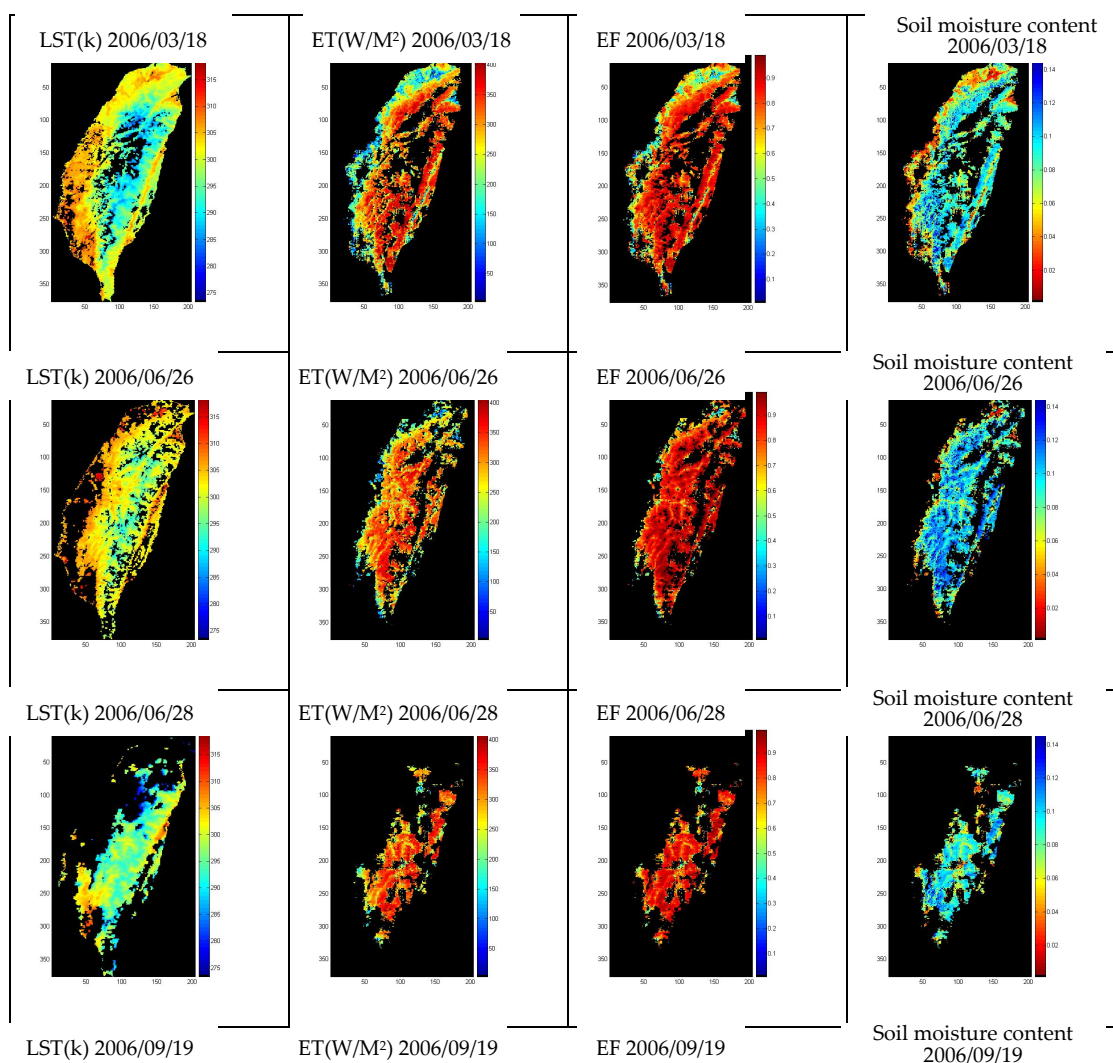
二、原理

經由分裂視窗法及 Day/Night LST 演算法反演出 MOD11 地表溫度系列的產品。在估算蒸發散量時，主要是參考 K. Nishida, R. R. Nemani, J. M. Glassy, and S. W.

Running (2003) 所提出的一個雙來源性混合模型 (Linear Two-Source Model)，在蒸發散演算法中，先將蒸發散分為植被蒸發散(ET_{veg})以及裸露土蒸發散(ET_{bare})兩種，另外描述兩者比例關係則使用介於 0-1 之間的植被覆蓋率 (f_{veg}) 表示，下標 soil 與 veg 分別表示裸露土與植被。土壤含水量(soil moisture)控制了降雨時，土壤部份可吸收的水量多寡，亦控制了逕流大小，為提供洪水預報之重要參數之一。由 W.G.M. Bastiaanssen, L. Chandrapala (2003)提出一個整合蒸發散資料改善預測逕流的方式，利用蒸發散資料取得土壤含水狀況。其中飽和土壤水含量的推得係由台灣土壤分佈圖配合經驗式推得；利用已經推算出之 ET 及飽和土壤水含量可推出土壤含水量。

三、結果

地表溫度的求取，需視當日雲覆蓋狀況而定，若當日雲覆蓋嚴重，則可能無法推算。在 2006 年中，挑出天氣較為穩定的資料作地表溫度 LST 運算反演。去除雲覆蓋的天數，本文部分成果列於圖 1、2 中，其中 LST 尺度為凱氏溫標 (K)。



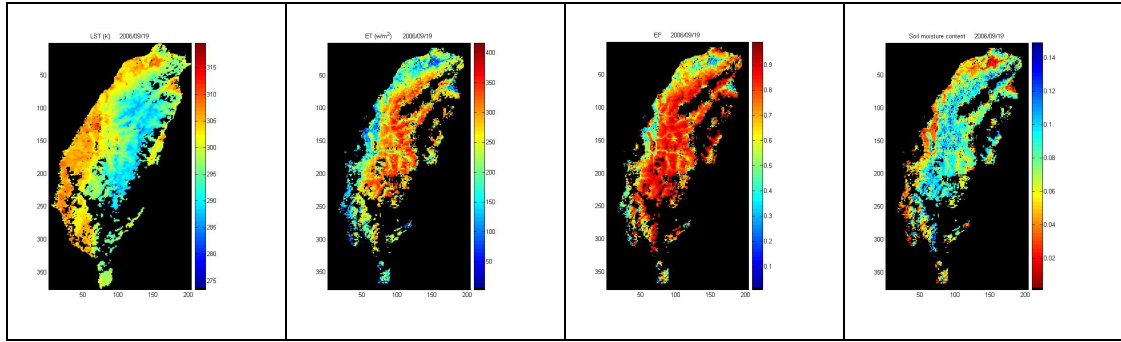


圖 1: LST 地表溫度、蒸發散量 ET、蒸發散指數 EF、土壤含水量反演結果

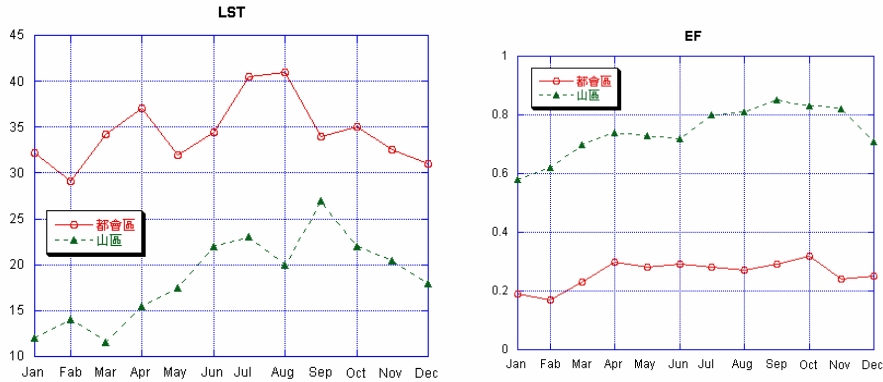


圖 2: 都會區及山區: (左)地表溫度及(右)EF 之逐月趨勢圖

四、 結論

1. 本研究之 LST (地表溫度) 反演結果可以明顯看出緯度與高度因素，臺灣南部比北部高，平地比山區高；溫度亦符合季節性變化，夏季溫度較高。都會區地表溫度偏高，熱島效應明顯；山區的溫度比都會區大約低 20 度。地表降雨前日的溫度高於降雨當日。
2. 就蒸發散 ET 或蒸發散指數 EF 而言，植被區(也即 NDVI 值相對覺高的地區)較都會區高；都會區之 EF 值域大約在 0.2 至 0.3，植被茂密的山區值域大約在 0.6 至 0.8，都會區之 EF 值不到山區的一半。至於高度跟 ET 的關係不明顯；而 EF 的趨勢與 ET 一致。
3. 植被區(也即 NDVI 值相對覺高的地區)的土壤濕度 SM 較都會區高，當 ET 或 EF 高時，SM 也高，在西部麓山帶有一帶狀高含水量區，值得深入探討。
4. 利用遙測技術來觀測地表水文參數不僅能提供較完整的面資料來補足地面觀測站之缺並能觀測出空間及時間上的趨勢。

參考文獻

1. 梁隆鑫，1998，「大地衛星 TM 熱紅外光波段應用於崩場地調查研究」，國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
2. K. Nishida, R. R. Nemani, J. M. Glassy, and S. W. Running, 2003, Development of an evapotranspiration index from Aqua/MODIS for monitoring surface moisture

- status, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing.*, 41 (2), pp: 493-501.
3. Kondo, J., 1994, *Meteorology of Water Environment*, Asakura-shoten, 350pp., Tokyo.
 4. Kondo, J., 2000, *Atmospheric Science near the Ground Surface*, University of Tokyo Press, 324pp., Tokyo.
 5. Kosugi, Y., 1996, *Leaf-scale analysis of the CO₂ and H₂O exchange processes between trees and atmosphere*. Ph. D. dissertation to Kyoto University, Kyoto, Japan.
 6. Moran, M. S., Jackson, R. D., Raymond, L. H., Gay, L. W., and Slater, P. N., 1989, Mapping surface energy balance components by combining Landsat Thematic Mapper and ground-based meteorological data. *Remote Sens. Environ.*, 30, 77-87.
 7. Moran, M. S., Clarke, T. R., Inoue, Y., and Vidal, A., 1994, Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sens. Environ.*, 49, 246-263.
 8. Nemani, R. R., and Running, S. W., 1989, Estimation of regional surface resistance to evapotranspiration from NDVI and thermal-IR AVHRR data. *Journal of Applied Meteorology*, 28, 276-284.
 9. Nemani, R., L. Pierce, S. W. Running, and S. Goward, 1993, Developing satellitederived estimates of surface moisture status, *J. Appl. Meteorol.*, 32, 548 – 557.
 10. Prince, S. D. and Goward, S. N., 1995, Global primary production: a remote sensing approach. *Journal of Biogeography*, 22, 815-835.
 11. Spencer, J. W., 1971, Fourier series representation of the position of the sun. *Search*, Vol. 2, p. 272.
 12. Tanaka, H., Ohta, T., Hiyama, T., and Maximov, T.C., 2000, Seasonal variation of photosynthesis and transpiration properties of a boreal deciduous forest: Analysis using a single layer canopy model. *Journal of Japanese Forest Society*, 82(3), 259-267.
 13. Toda, M., Ohte, N., Tani, M., Tanaka, H., Musiake, K., Aoki, M., Boonyawat, S., 2000, Diurnal and seasonal variations of CO₂ exchange processes over typical land covers in tropical monsoon region. *Journal of Japan Society of Hydrology and Water Resources*. 13(4), 276-290.
 14. White, M. A., Thornton, P. E., Running, S. W., and Nemani, R. R., 2000, Parameterization and sensitivity analysis of the BIOME-BGC terrestrial ecosystem model: net primary production controls. *Earth Interactions*, 4, Paper 3.
 15. W.G.M. Bastiaanssen, L. Chandrapala, 2003, Water balance variability across Sri Lanka for assessing agricultural and environmental water use, ***Agricultural Water Management***, vol. 58, pp.171-192.