

基于 MODIS 数据的湖南省旱情监测研究^{*}

李永亮, 林 辉, 马延辉

(中南林业科技大学 林业遥感信息工程研究中心, 长沙 410004)

摘 要: 干旱的发生不仅影响到当地的农业生产, 还极大的破坏了当地的生态环境。采用 MODIS 数据以条件植被温度指数(VTCI)作为旱情指标, 对湖南省 2005 年 7 月下旬的旱情分布进行了监测。综合考虑了归一化植被指数(NDVI)和增强型植被指数(EVI)的优劣性之后, 以 EVI 代替 NDVI 构建了 EVI- T_s 特征空间, 其中采用分裂窗算法对陆地表面温度进行了反演, 最终得到了与实际旱情大致相符的旱情分布图。研究表明: 此种方法适用于湖南省的旱情监测, 同时它也是一种便捷、高效的大面积与近实时监测方法。

关键词: 遥感; 干旱; MODIS; EVI- T_s 特征空间; VTCI

中图分类号: S152.7; P426.616

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0111-04

Study on Drought Monitoring by Using MODIS Data in Hu'nan Province

LI Yong-liang, LIN Hui, MA Yan-hui

(Research Center of Forestry Remote Sensing & Information Engineering, Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: The occurrence of drought not only affects the local agricultural production but also greatly damages the local ecological environment. This study based on MODIS data monitors the distribution of drought in Hu'nan province in late July 2005, using vegetation temperature condition index (VTCI) as drought indicator. Considering the advantages and disadvantages of the normalized difference vegetation index (NDVI) and enhanced vegetation index (EVI), using EVI instead of NDVI to establish EVI- T_s space and the Split-Window Algorithm to retrieve land surface temperature, the final distribution of drought is broadly in line with the actual situation. This study showed that this method is suitable for monitoring drought in Hu'nan province and is also convenient, efficient and near real time drought monitoring approach which may be used to monitor in the wide range.

Key words: remote sensing; drought; MODIS; EVI- T_s space; VTCI

干旱从古至今都是人类面临的主要自然灾害。干旱的发生和长期持续不但会给国民经济特别是农业生产、人民生活带来巨大损失外, 还会造成水资源短缺、荒漠化加剧、沙尘暴频发等生态环境问题。正因为如此, 干旱受到各国政府和相关科研工作者的普遍关注。

目前, 国内外用于监测干旱的主要方法有: 微波遥感土壤湿度法、热惯量法和表观热惯量法、作物植被指数法和热红外遥感监测法^[1]。齐述华等利用 NOAA-AVHRR 资料对旱情进行监测得出以陆

地表面温度(T_s)为基础的旱情指标相对比以植被指数为基础的旱情指标更为合理。与此同时, 在构建归一化植被指数-陆地表面温度(NDVI- T_s)特征空间的基础上进行旱情监测得到了较快、较大的发展。本文考虑到 NDVI 具有一定的局限性, 如: 存在 NDVI 的饱和问题; 未能处理低植被覆盖区土壤背景的影响; “最大值合成算法”不能保证选择最佳像元等, 但是这些局限性在 MODIS 数据的增强型植被指数(EVI)都有不同程度的改善^[2]。所以本文将利用 MODIS 数据, 通过构建 EVI- T_s 特征空

^{*} 收稿日期: 2009-09-20

基金项目: 国家自然科学基金(30471391); 湖南省教育厅青年基金(04B059); 湖南省学科带头人培养基金; 中南林业科技大学青年科学研究基金(07005B); 中南林业科技大学研究生科技创新基金(2007sx15)

作者简介: 李永亮(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 遥感技术与地理信息系统。E-mail: LYL_628728@163.com

间、计算条件植被温度指数(VTCI)来进行对湖南省旱情的监测。

1 研究区概况和 MODIS 数据预处理

1.1 研究区概况

湖南省位于长江以南,南岭以北,所处纬度偏高,日照期较长,其地形特点是:东、南、西三面环山,中部丘岗起伏,北部平原、湖泊,向北开口。湖南省属亚热带季风湿润气候区。在季风环流和地貌条件的综合影响下,虽然降水量比较充沛,但是一年当中降水时间分配很不均匀,由此导致了阶段性干旱。自有历史记载以来,在降雨不均和高温的共同影响下干旱几乎年年发生,给湖南省带来了较大的损失。

1.2 MODIS 数据预处理

MODIS 是美国国家航空航天局、日本国际贸易与工业厅、加拿大空间局、多伦多大学共同合作发射的卫星 TERRA 上的一个中分辨率传感器。MODIS 数据具有高时间分辨率、多光谱分辨率和多空间分辨率等特点。因此,此种数据适用于进行近实时地球观测和大规模监测。本文采用 2005 年 7 月下旬的 MODIS L1B 数据,并对其进行 Bowtie 处理、几何精校正和研究区提取的预处理工作。

2 监测原理

2.1 EVI 算法

针对 MODIS 数据的使用,MODIS 陆地学科工作组提出了增强型植被指数(Enhanced Vegetation Index, EVI):

$$EVI = G(\rho_{\text{Nir}} - \rho_{\text{Red}}) / (\rho_{\text{Nir}} + C_1 \rho_{\text{Red}} - C_2 \rho_{\text{Blue}} + L)$$

式中: G ——获得性因子; C_1 、 C_2 ——气溶胶阻抗系数; L ——冠层背景调节系数。在此算法中, G 取 2.5、 L 取 1、 C_1 取 6、 C_2 取 7.5、 ρ_{Red} ——第一波段; ρ_{Nir} ——第二波段; ρ_{Blue} ——第三波段^[3]。

2.2 T_s 反演算法

在众多分裂窗算法中,覃志豪提出的算法由于需要参数少、计算简单且反演精度高,被认为是较好的算法之一。本研究采用覃志豪^[5]提出的适用于 MODIS 数据的地表温度反演算法,在 IDL 编程的环境下,对湖南省地表温度进行了反演。

2.3 条件植被温度指数(VTCI)

此种干旱监测方法是在 NDVI- T_s 的散点图呈三角形区域分布的基础上提出的^[7]。其定义为:

$$VTCI = \frac{T_{\text{SNDVI}_{\text{max}}} - T_{\text{SNDVI}_i}}{T_{\text{SNDVI}_{\text{max}}} - T_{\text{SNDVI}_{\text{min}}}} \quad (1)$$

其中:

$$T_{\text{SNDVI}_{\text{max}}} = a_1 + b_1 \text{NDVI}_i \quad (2)$$

$$T_{\text{SNDVI}_{\text{min}}} = a_2 + b_2 \text{NDVI}_i \quad (3)$$

式中: $T_{\text{SNDVI}_{\text{max}}}$ 、 $T_{\text{SNDVI}_{\text{min}}}$ ——在研究区域内当 NDVI 为某一特定值时,所对应的陆地表面的最高温度和最小温度; T_{SNDVI_i} ——某一像元的 NDVI 值为 NDVI_i 时的陆地表面温度。式(2)、(3)分别被认为是干边温度方程和湿边温度方程。式中 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 为待定系数,通过 NDVI 和陆地表面温度最大、最小值的散点图拟合得到。

由此定义可以看出, VTCI 既考虑到区域内 NDVI 的变化,又考虑到了在 NDVI 相同的条件下,陆地表面温度的变化。VTCI 的取值范围为[0, 1]。一般地说, VTCI 的值越小,旱情越严重; VTCI 的值越大,旱情越轻或者没有旱情发生。

3 数据处理和结果

3.1 EVI- T_s 特征空间

将湖南省 2005 年 7 月下旬空间分辨率为 500 m 的数据的第三波段重采样到 250 m 空间分辨率的数据,然后进行 EVI 计算,并进行最大值合成,得到 EVI 最大值影像,如图 1 所示。

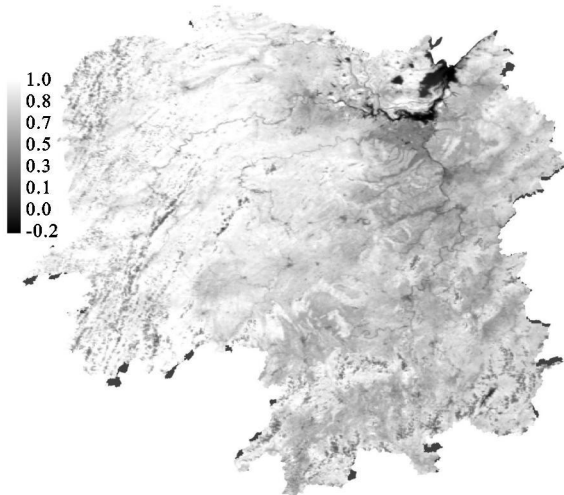


图 1 EVI 最大值影像

结合空间分辨率为 1 000 m 的数据计算出陆地表面温度(T_s),进行最大值合成,得到 T_s 最大值的影像,并将其重采样到具有 250 m 空间分辨率的数据,如图 2 所示。

选取一句数据的目的是为了进一步消除太阳高度角、卫星视角和轨道漂移以及云的影响^[8]。在 C# 编程的环境下,对 EVI 和 T_s 最大值进行合理选取并从 EVI 最大值影像和 T_s 最大值影像中提取出湖南地区相同 EVI 下的不同像元所对应的所有陆

地表面温度中的最大值和最小值。获得 7 月下旬用于替代NDVI- T_s 特征空间的 EVI- T_s 特征空间, 如图 3 所示。

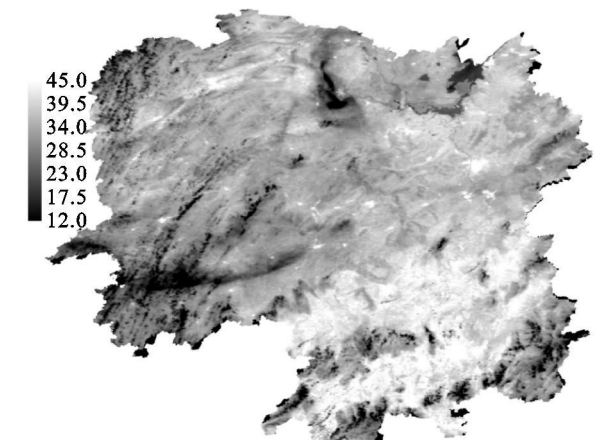


图 2 T_s 最大值影像

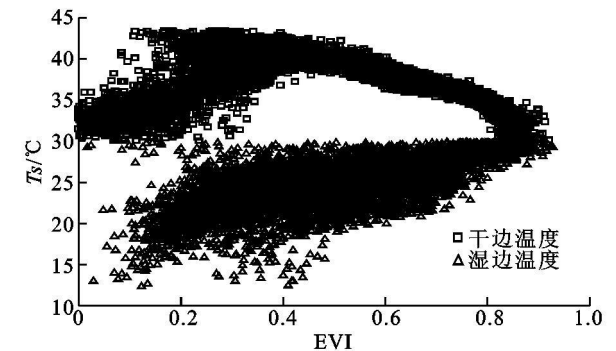


图 3 EVI- T_s 特征空间关系

可以看到, 干边温度呈现独特的开口向下的抛物线形状, 并且在右端与湿边温度相交。干边温度点分布趋势大致分为两个部分, 在 $0 < \text{EVI} < 0.4$ 时, 干边温度与 EVI 呈正相关; 在 $\text{EVI} \geq 0.4$ 时, 干边温度与 EVI 呈负相关。湿边温度在整个 EVI 范围内与 EVI 呈正相关。总体来看, EVI- T_s 特征空间并没有满足 VTCI 的假设, 因为只有研究区的范围足够大, 而且地表覆盖从裸土到稠密的植被, 土壤表层含水量从萎蔫含水量到田间持水量各种情况均存在时, 才能出现 VTCI 所假设的“三角形”形状^[9]。

3.2 干边温度和湿边温度方程

按照 VTCI 的原理, 随着植被指数的增加, 陆地表面温度最大值逐渐降低, 且与植被指数呈负线性相关。这里实际上是假定植被指数与植被覆盖度呈线性关系, 但实际情况并非如此。实验证明, 当植被覆盖度小于 15% 时, 因植被覆盖度很低, 其植被指数很难指示区域的植物覆盖度^[10]。因此, 对 EVI- T_s 特征空间进行最优目视判读, 选择 $\text{EVI} \geq 0.4$ 区域进行干边温度和湿边温度线性方程的拟合, 结果如图 4 所示。

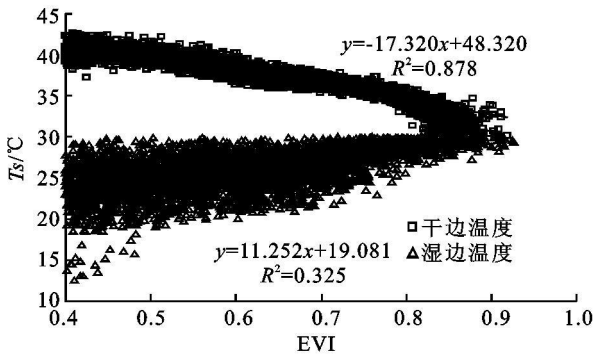


图 4 干边和湿边拟合方程

3.3 VTCI 等级分布图

利用拟合方程和式(1), 对 VTCI 进行计算。针对 VTCI 值将干旱程度划分为 4 级: 重旱($0 < \text{VTCI} < 0.2$)、干旱($0.2 \leq \text{VTCI} < 0.6$)、正常($0.6 \leq \text{VTCI} < 0.8$)、湿润($0.8 \leq \text{VTCI} < 1.0$)。最终旱情分布结果如附图 9 所示:

由附图 9 可以清楚的看到湖南省 7 月下旬的旱情大致分布: 湘西西北部、怀化西南部、邵阳西北部、郴州东南部、常德东南部以及湘中部分地区处于湿润或正常情况, 衡阳地区、郴州- 永州丘陵地区、怀化东北部、张家界南部以及常德大部分地区旱情较为严重, 甚至出现了重旱, 其他地区则存在不同程度的干旱。

3.4 结果讨论

这种分布不均的格局和湖南省的地貌类型以及植被覆盖有一定的关系、与当地的降水和地表温度则有较大关系。根据《湖南农业气象情报》2005 年增刊 10 中统计结果显示: 自 6 月末至 7 月末以来, 湖南省大部分地区气温偏高, 降水持续偏少, 致使全省 12 市州 90 个县(市、区) 出现了不同程度的旱情。7 月, 受副热带高压的控制, 全省出现了较长的高温少雨天气。全省大部分地区降水普遍偏少, 其中湘中以南的部分地区降水特少。与常年同期相比, 除个别地区略偏多外, 全省 87. 5% 的站偏少 2% ~ 9%, 其中 49% 的站偏少 5% 甚至更多。其中新田、临武、道县、永兴、嘉禾、资兴等地降水小于 30 mm, 新田仅为 12 mm, 为全省最少。另外, 全省气温与常年同时段普遍偏高 1℃ 以上, 7 月下旬曾出现高温酷暑天气。衡阳市大部分地区曾出现温度连续大于 35℃ 的天气, 最高温度曾达到 38℃。降水量的持续偏低和连续高温天气导致了这些地区的普遍干旱, 这与图 3 影像所显示的结果基本相符。再次, 本次研究的旱情分布图结果与利用植被供水指数法所得到的 2005 年 7 月下旬湖南省卫星遥感干旱监测图

(《气象卫星遥感监测公报》2005 年第 24 期) 中显示的结果基本一致。综上所述, 本研究中的方法可以对湖南省的旱情进行近实时监测。

4 结 论

(1) 在利用 MODIS 数据优良特性的前提下, 用 EVI 代替 NDVI 构建 EVI- T_s 特征空间, 用 VTCI 值作为判定标准, 对湖南省 2005 年 7 月下旬旱情进行了监测, 结果表明: 运用此种方法进行大面积干旱监测是可行的。

(2) 缺少用 EVI 代替 NDVI 后对监测旱情分布的精度对比。

(3) 由于缺少当时的土壤湿度资料, 无法直观的展示出 VTCI 与土壤湿度间的相关关系。

(4) 利用遥感影像进行旱情监测是可行的, 如何提高精度、实现小面积监测是各界科研工作者以后努力的方向。

参考文献:

[1] 张红梅, 沙晋明. 遥感监测土壤湿度的方法综述[J]. 中国农学通报, 2005, 21(2): 307-311.

[2] 卢远, 华瑾, 韦燕飞. 利用 MODIS 数据进行旱情动态监测研究[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(3): 64-65, 75, 85.

[3] 林辉, 熊育久, 万玲凤, 等. 湖南省 MODIS 遥感植被指数的时空变化[J]. 应用生态学报, 2007, 18(3): 581-585.

[4] 潘卫华, 陈家金, 陈惠, 等. 基于 MODIS 数据的福建省干旱遥感动态监测分析[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 1015-1019.

[5] Qin Z, Dall' Olmo G, Karnieli A, et al. Derivation of split window algorithm and its sensitivity analysis re-

trieving land surface temperature from NOAA - AVHRR data[J]. Journal of Geophysical Research, 2001, 106(19): 22655-22670.

- [6] 梁芸, 张峰, 韩涛. 利用 EOS/MODIS 植被供水指数监测庆阳地区的土壤湿度[J]. 干旱气象, 2007, 25(1): 44-47.
- [7] 杨鹤松, 王鹏新, 孙威. 条件植被温度指数在华北平原干旱监测中的应用[J]. 北京师范大学学报, 2007, 43(3): 314-318.
- [8] Sandholt I, Rasmussen K, Andersen J. A Simple Interpretation of the Surface Temperature Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status[J]. Remote Sensing Environment, 2002, 79(2): 213-224.
- [9] 王鹏新, 龚健雅, 李小文. 条件植被温度指数及其在干旱监测中的应用[J]. 武汉大学学报, 2001, 26(5): 412-417.
- [10] 王正兴, 刘闯, Huetea. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 979-987.
- [11] Mao Kebiao. A Study of Methods for Land Surface Temperature Retrieval from MODIS Data[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2004: 26-31.
- [12] Liu W, Kogan F N. Monitoring regional drought using the vegetation condition index[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17: 2761-2782.
- [13] Gillies R R, Carlson T N, Kustas W P. A Verification of the "Tri-angle" Method for Obtaining Surface Soil Water Content and Energy Fluxes from Remote Measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Surface Radiant Temperature[J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(15): 3145-3166.
- [14] 黄泽林, 覃志豪. 利用 MODIS 数据监测大面积土壤水分与农作物旱情的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(11): 4784-4787.

(上接第 89 页)

[15] Duan Q, Gupta H V, Sorooshian S, et al. Calibration of Watershed Models[M]// Water Science and Application Series, 6. Washington DC: AGU Press, 2002.

[16] Eckhardt K, and Arnold J G. Automatic calibration of a distributed catchment model[J]. Journal of Hydrology, 2001, 251: 103-109.

[17] van Griensven A, Francos A, Bauwens W. Sensitivity analysis and auto-calibration of an integral dynamic model for river water quality[J]. Water Science and

Technology, 2002, 45(5): 321-328.

- [18] 黄河水利委员会天水水土保持科学实验站. 黄土丘陵沟壑第三副区水土流失原形观测及规律研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2004.
- [19] 林文娇, 王林, 陈兴伟. 晋江东溪流域土壤侵蚀分布式模拟[J]. 水资源与水工程学报, 2008, 19(3): 38-40.
- [20] 李晓, 李致家, 董佳瑞. SWAT 模型在伊河上游径流模拟中的应用[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2009, 37(1): 23-26.