

PDI 与 MPDI 在内蒙古干旱监测中的应用和比较

杨学斌¹ 秦其明¹ 姚云军¹ 赵少华¹

(1 北京大学遥感与 GIS 研究所, 北京市海淀区颐和园路 5 号, 100871)

摘要: 以内蒙古明安镇为试验区, 基于 TM 遥感影像对 PDI 和 MPDI 两种干旱监测方法进行了应用、验证和比较。试验表明, PDI、MPDI 与植被覆盖区实测土壤含水量的相关系数的平方分别为 0.37、0.535 5, 这两种指数在试验区进行干旱监测具有一定的可行性, 且 MPDI 的监测精度高于 PDI。此外, 通过整个试验区 PDI 和 MPDI 空间分布格局的比较以及这两种指数值与植被覆盖区实测土壤含水量的对比分析, 发现在整个试验区, 两者的监测结果基本一致, 但在植被覆盖区, MPDI 的干旱监测效果要明显好于 PDI, 这主要是因为 MPDI 考虑了植被覆盖的影响。

关键词: PDI; MPDI; 土壤含水量; 光谱特征

中图法分类号: P237.9

遥感技术的发展, 特别是不同传感器、多时相、多波段、高光谱技术的发展, 为大范围、及时、准确的旱情监测提供了可能。国内外许多学者对干旱的遥感监测进行了大量的研究^[1-8]。近年来, 基于植被指数而衍生出来的一些简单易用的干旱监测指数得到了进一步拓展, 其中詹志明等在分析了植被在 NIR-Red 特征空间的变化规律后, 指出地表的光谱特征与地表覆盖和土壤水分存在着复杂而又密切的关系^[9]; Ghulam 等提出了基于地表光谱特征的地表土壤水分监测模型——垂直干旱指数(perpendicular dryness index, PDI), 该方法直接用光谱特征代替了以往的 NDVI 和 Albedo, 既简单又有效^[10]。然而, PDI 更适用于裸土的干旱监测, 在植被区, 监测精度会受到影响。针对这个问题, Ghulam 等引入植被覆盖度, 提出了改进型的垂直干旱指数 MPDI(modified perpendicular dryness index)^[11]。PDI 和 MPDI 在北京顺义和宁夏区域取得了较好的应用效果, 但是 PDI 和 MPDI 在其他地区的推广应用需要进一步对精度进行验证。本文选择内蒙古巴彦卓尔盟市乌拉特前旗明安镇作为研究区, 来验证、分析与比较 PDI 和 MPDI 的监测精度及效果, 进一步论证它们在该区域进行干旱监测的可行性。

1 研究区与数据

1.1 研究区域

本文选择内蒙古巴彦卓尔盟市乌拉特前旗明安镇作为研究区, 研究区经纬度范围为 109.43°E ~ 109.55°E, 40.83°N ~ 40.90°N。该研究区属中温带大陆性季风气候, 光照充足, 年平均日照时数在 3 110 ~ 3 300 h 之间; 降水量稀少, 年平均降水量 188 mm, 与降水量相比, 年平均蒸发量却高达 2 032 ~ 3 179 mm, 普遍大于降水量的 10 ~ 30 倍; 风大沙多, 风期较长^[12]。各种气候和地理条件, 如光照、年平均降水量和年平均蒸发量共同造成了研究区的干旱环境。

1.2 数据源

实测土壤水分数据主要来自 2009 年 8 月 16 日的植被区 11 个试验点的 7.6 cm 深度土壤表层水分实测数据, 该数据采用 TDR 水分测量仪测量。由于这 11 个点的地表覆盖类型包括了小麦茬、大豆、玉米、马铃薯和向日葵等, 因此这些数据对遥感验证具有较好的地物代表性。

综合考虑试验区的大小、样点及各种遥感影像的分辨率, 还选取了 Landsat5 TM 数据作为遥

收稿日期: 2010-12-15。

项目来源: 国家自然科学基金资助项目(40771148); 气象行业科研经费专项基金资助项目(GYHY200806022); 国家 863 计划资助项目(2008AA121806, 2009AA12Z128)。

感影像数据源。TM 数据的分辨率为 28.5 m, 共 7 个波段: TM1 0.45 ~ 0.52 μm , 蓝波段; TM2 0.52 ~ 0.60 μm , 绿波段; TM3 0.63 ~ 0.69 μm , 红波段; TM4 0.76 ~ 0.90 μm , 近红外波段; TM5 1.55 ~ 1.75 μm , TM7 2.08 ~ 2.35 μm , 中红外波段; TM6 10.40 ~ 12.50 μm , 热红外波段。

由于 8 月 16 日 Landsat 卫星未对研究区成像, 笔者没能获得实测当日与试验区对应的 Landsat5 TM 影像数据, 不过气象观测资料表明, 2009 年 8 月 16 日至 2009 年 8 月 24 日, 该试验区无明显降水, 太阳辐射变化不大, 同一地点的土壤含水量每天变化不大。这样, 选取与地面实测数据时间相近的 2009 年 8 月 24 日的 Landsat5 TM 影像数据来反演土壤含水量, 利用该实测土壤含水量数据来反演结果的合理性。

1.3 数据预处理

在使用 Landsat5 TM 影像数据前, 首先对它进行预处理, 主要是进行辐射定标和大气校正。大气校正的目的是将卫星遥感数据转换为地物真实信息的表观反射率, 便于更有效地利用遥感数据。而辐射校正的目的是将影像数据灰度值(DN 值)转换为地表反射率。根据遥感影像数据提供的有关参数, 利用 6S 模型对试验区的 Landsat5 TM 影像数据进行了大气校正^[13]。经过辐射校正和大气校正, 提高了遥感影像的质量, 有利于 PDI 和 MPDI 两种指数的应用、验证和比较。

2 结果与分析

2.1 遥感干旱指数验证

笔者在 Microsoft V C⁺⁺ 6.0 中实现了 PDI 和 MPDI 两种干旱监测模型的算法, 并利用试验区的 Landsat5 TM 遥感影像分别计算并得到了试验区各像元的 PDI 和 MPDI 值。然后对两种干旱指数值和植被区实测土壤含水量进行了线性拟合分析, 如图 1 所示。

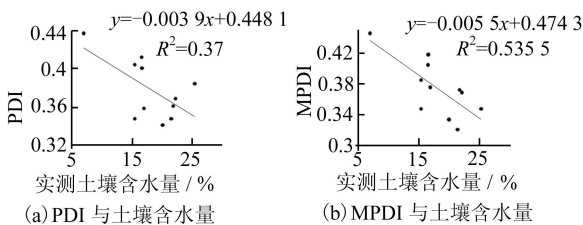


图 1 PDI 和 MPDI 与实测土壤含水量拟合结果
Fig. 1 Comparison of PDI and MPDI Against Soil Moisture

图 1 表明, PDI 与实测土壤含水量相关系数的平方(R^2)为 0.37, MPDI 与实测土壤含水量的 R^2 为 0.535 5, 表明在该试验区 MPDI 对土壤含水量的监测精度要明显高于 PDI。由于试验点选取在植被覆盖区, 间接表明了植被覆盖区 PDI 的监测精度会受到影响, MPDI 则具有更好的监测效果。这主要是由于改进型的垂直干旱指数 MPDI 引入了植被覆盖度, 综合考虑了植被和地面的影响, 因此 MPDI 在植被覆盖区具有更好的监测效果。

2.2 PDI 和 MPDI 的空间分布格局

图 2 显示了研究区 PDI 和 MPDI 的空间分布格局。在 PDI 的空间分布图中, 从左下方到右上方, 随着 PDI 的增大, 土壤含水量逐渐降低, 到右上角为干旱区, 只有中间少部分地区 PDI 较小, 土壤水分相对充足。

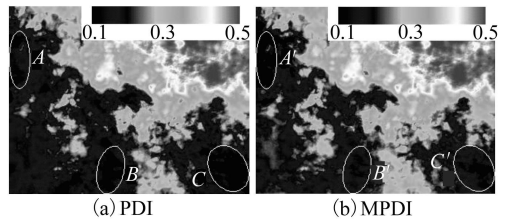


图 2 PDI 和 MPDI 反演结果的空间分布格局
Fig. 2 Comparison of Drought Mapping Between PDI and MPDI in test area

MPDI 的空间分布格局与 PDI 基本一致, 左下方为半干旱区, 从左下方到右上方, 随着 MPDI 的增大, 土壤水分逐渐减少, 直到右上角的干旱区。在右下方, 有部分地区 MPDI 较小, 土壤含水量较高。

尽管两幅图中 PDI 和 MPDI 的总体分布趋势一致, 但在部分区域, 特别是植被覆盖区, 差异较为明显。在图 2 中的右上角无植被覆盖区, 二者的监测效果一致, 但在植被覆盖区, MPDI 的监测效果要明显好于 PDI。这表明 MPDI 能够更准确和有效地反映植被覆盖区土壤含水量的空间变化。在图 2 中, 有植被覆盖的 A、B 和 C 区域, PDI 的差异不大, 但在对应的 A'、B' 和 C' 区域, MPDI 的差异较为明显。这主要是因为 PDI 模型没有考虑植被覆盖的影响, 而 MPDI 则考虑了植被覆盖的影响, 引入了植被覆盖度的概念, 能够更精确地反演地表的含水量及其差异, 从而能够更有效地进行植被覆盖区的遥感旱情监测。

2.3 PDI 和 MPDI 的比较

图 3 显示了 PDI、MPDI 随实测土壤含水量的变化趋势, 可以看出, PDI 和 MPDI 的变化趋势

与实测土壤含水量的变化趋势刚好相反, 如第 7 个试验点, 对应着两种干旱指数的最大值, 同时也对应着实测土壤含水量的最小值。这也很好地表征了这两种干旱指数的意义, 即干旱指数值越大, 土壤含水量越小, 地表越干旱。

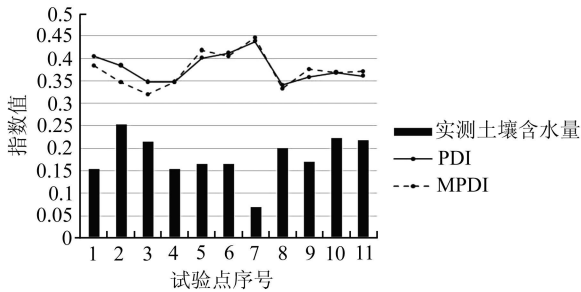


图 3 试验区 PDI、MPDI 随实测土壤含水量的变化趋势

Fig. 3 Comparison of the Trend of PDI and MPDI Against the Trend of Soil Moisture

从图 3 可以看出, PDI 和 MPDI 两种干旱指数的总体变化趋势一致, 但 MPDI 的波动幅度相对较大。由于试验点选在植被覆盖区, 这表明在植被覆盖区, MPDI 比 PDI 对地表水分含量更敏感, 能更准确地反映土壤含水量, 从而能更有效地进行干旱监测。

3 结 语

采用 PDI 和 MPDI 两种干旱监测方法在内蒙古地区基于 TM 影像进行了干旱监测。PDI 和 MPDI 空间分布格局的总体趋势及其差异也进一步说明了裸土区二者干旱监测效果的一致性, 以及植被覆盖区 MPDI 进行干旱监测的优越性。通过对比分析 PDI、MPDI 随实测土壤含水量的变化趋势发现, 两种干旱指数变化的总体趋势一致, 但 MPDI 的波动范围相对较大, 表明 MPDI 对植被覆盖区的土壤含水量更敏感。这主要是因为 MPDI 考虑了植被覆盖的影响, 引入了植被覆盖度的概念, 有效地解决了 PDI 中没有考虑植被覆盖的情况。通过对 PDI 和 MPDI 两种干旱指数的验证和分析发现, 在干旱监测中, MPDI 比 PDI 的适用性更广, 更适合于在一定植被覆盖度的区域应用。

参 考 文 献

[1] 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·信息科学

版, 2001, 26(5): 412-416

- [2] 杜晓, 王世新, 周艺, 等. 一种基于 MODIS 的地表含水量模型构造与验证[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2007, 32(3): 205-207
- [3] 王晓红, 刘耀林, 杜晓. 基于 MODIS 图像的植被叶面水反演与农业干旱监测[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2007, 32(6): 498-500
- [4] Kogan F N. Remote Sensing of Weather Impacts on Vegetation in Nonhomogeneous Area[J]. International Journal of Remote sensing, 1990, 11: 1405-1420
- [5] McVicar T R, Jupp D L B, Yang X, et al. Linking Regional Water Balance Models with Remote Sensing[C]. The 13th Asian Conference on Remote Sensing, Ulaanbaatar, Mongolia, 1992
- [6] Jupp D L B, Tian G, McVicar T R, et al. Soil Moisture and Drought Monitoring Using Remote Sensing I: Theoretical Background and Methods[R]. CSIRO Earth Observation Centre, Canberra, 1998
- [7] Prihodko L, Goward S N. Estimation of Air Temperature from Remotely Sensed Surface Observations[J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 60: 335-346
- [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 of Environment, 2002, 79: 213-224
- [9] 詹志明, 秦其明, 阿布都瓦斯提·吾拉木, 等. 基于 NIR-Red 光谱特征空间的土壤水分监测新方法[J]. 中国科学(D 辑), 2006, 36(11): 1020-1026
- [10] Ghulam A, Qin Qiming, Zhan Zhiming. Designing of the Perpendicular Drought Index[J]. Environmental Geology, 2007, 52: 1045-1052
- [11] Ghulam A, Qin Qiming, Teyip T, et al. Modified Perpendicular Drought Index(MPDI): A Real-time Drought Monitoring Method[J]. Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2007, 62: 150-164
- [12] 张存厚, 吴学宏, 李永利. 内蒙古近 45 a 蒸发量气候变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(12): 93-98
- [13] 阿布都瓦斯提·吾拉木, 秦其明, 朱黎江. 基于 6S 模型的可见光、近红外遥感数据的大气校正[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2004, 40(4): 611-618

第一作者简介: 杨学斌, 硕士生, 主要从事遥感参数反演与干旱监测研究。

E-mail: yxbfuture@126.com

Comparison and Application of PDI and MPDI for Drought Monitoring in Inner Mongolia

YANG Xuebin¹ QIN Qiming¹ YAO Yunjun¹ ZHAO Shaohua¹

(1 Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, 5 Yiheyuan Road, Haidian District, Beijing 100871, China)

Abstract: The perpendicular drought index (PDI) and modified perpendicular drought index (MPDI) were applied and compared over the vegetation area of Ming'an town, Inner Mongolia, based on TM imagery. The results show that the determination coefficient of PDI, MPDI with the measured soil moisture are 0.37, 0.535 5 respectively. PDI and MPDI are both feasible for drought monitoring in our study area, and the monitoring precision of MPDI is higher than PDI. In addition, the comparison of the drought mapping of the two indexes, and the analysis of the variation trend of the two indexes with the soil moisture both indicated that monitoring results of the two indexes are similar in the whole test area, but in vegetation area, the precision of drought monitoring of MPDI is superior to PDI, this is mainly due to the vegetation impact considered in MPDI.

Key words: perpendicular drought index; modified perpendicular drought index; soil moisture; spectral feature

About the first author: YANG Xuebin postgraduate, majors in the inversion of remote sensing parameter and drought monitoring.

E-mail: yxbfuture@126.com

(上接第 184 页)

Single Tree Modeling and Forest Scene Rendering with SRTM and TM Data

GUO Jun¹ NIU Zheng¹

(1 State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, A20 Datun Road, Beijing 100101, China)

Abstract: In view of the deficiency of 3D visualization for remote sensing, a virtual forest modeling method using SRTM and TM data was proposed. Firstly, L-systems and branching patterns were explored to create the coniferous and deciduous tree models with different LAI (leaf area index) values. Then we triangulated SRTM data with quad-tree structure to build the 3D terrain. Crossed-billboards were planted in each triangle representing one single tree. Several optimization methods were applied to ensure a real-time walkthrough. One TM image was selected to get the land-use map and the LAI map which jointly controlled the placement and image chosen of each single tree. The described two-step approach can serve as a general framework for 3D representation of RS data.

Key words: virtual plant; L-systems; 3D visualization; virtual forest landscape

About the first author: GUO Jun, Ph. D candidate, majors in 3D vegetation modeling, remote sensing and GIS applications.

E-mail: guojunkeji@163.com