

西北 4 省(区)干旱遥感监测方法 ——以 Erads 软件为例

李星敏¹, 杨兴国², 王 钊³, 沙道兵³, 邓凤东³

(1. 陕西省经济作物气象服务台, 陕西 西安 710015; 2. 甘肃省气象局, 甘肃 兰州 730020;
3. 陕西省农业遥感信息中心, 陕西 西安 710015)

摘 要:介绍了将 DVBS 系统接收处理得到的 NOAA/AVHRR 卫星遥感资料, 转入 Erads 软件, 在 Erads 软件中对图像进行校正、拼接, 通过建模运算实现干旱遥感监测的方法和监测流程。利用该方法对 2006 年 7 月下旬西北 4(省)区的地面旱情进行监测, 结果表明利用该工作流程, 选择合适的干旱遥感模型可以得到监测区域的旱情, 旱情监测结果与地面 20 cm 土壤相对湿度监测的旱情结果较一致。

关键词:干旱; 遥感; 监测

中图分类号: P407

文献标识码: A

引 言

西北地区是我国主要的干旱或半干旱气候区, 干旱是该区主要天气气候特点^[1], 它发生频率高、分布广、面积大、持续时间长, 每次严重的旱灾都会给工农业生产带来巨大损失。干旱也是开发大西北、缩小东西部经济差距的主要制约因素。

由于干旱在西北地区经济及社会发展中的重要影响, 因此对于干旱实时动态监测就显得非常重要。我国自上世纪 80 年代开始利用遥感技术开展大范围的干旱监测以来, 已取得了显著成绩^[2], 用 AVHRR 资料作大范围干旱监测的研究与应用已有很多, 并且目前仍在继续, 用 NOAA/AVHRR 资料监测干旱对裸地和稀疏植被覆盖区主要采用热惯量方法^[3-5]、通道 4 辐射温度法^[6]和能量温度比方法^[7]; 对有植被覆盖区主要采用距平植被指数法^[8]、条件植被指数法^[9]、条件植被温度指数^[10]、植被供水指数^[11]和作物缺水指数^[12-13], 在部分植被覆盖条件下采用双层模型^[14]。近年来, 由于 EOS/MODIS 卫星的成功发射, 获取的数据引起了人们的广泛关注。与 NOAA/AVHRR 相比, MODIS 资料用于干旱监测的方法, 目前研究还不多, 谭德宝等^[15]使用 MODIS

反演的昼夜温差、综合云指数、归一化植被指数、归一化雪盖指数(NDSI)等提出了一种综合干旱监测模型, 但各参数的影响还需要进一步研究。齐述华等^[16]利用 MODIS 植被指数和陆地表面温度产品建立 $I_{NDV} - T_s$ 、 $I_{NDV} - \Delta T$ 和 $I_{NDV} - ATI$ 空间, 并由各空间分别建立温度植被干旱指数(I_{TVD})、温差植被干旱指数(I_{DTVd})和表观热惯量植被干旱指数(I_{AVD})3 个干旱评价指标研究干旱分布, 利用实测土壤含水量对 3 个干旱指标进行检验评价。郭广猛等^[17]的研究表明, MODIS 第 7 波段的反射率与地面湿度有较好的线性关系, 认为使用 MODIS 数据进行大面积土壤湿度监测是可行的。张文宗等^[18]提出了利用 MODIS 资料监测干旱的能量指数模式。与 NOAA/AVHRR 资料相比, MODIS 资料用于干旱的监测模型和业务化还需要大量的研究。NOAA/AVHRR 目前仍然是干旱遥感业务化监测中重要的数据源。如何将干旱遥感监测方法在专业遥感软件中实现, 从而开展大范围的干旱遥感监测业务, 也是人们关心的问题。本文通过详细介绍基于 NOAA/AVHRR 资料的热惯量方法和植被供水指数方法在西北 4 省(区)(陕西、甘肃、宁夏、青海)干旱遥感监测中的应用及监测过程在 Erads 软件中的实现方法, 为其它

收稿日期: 2006-09-15; 改回日期: 2007-01-31

基金项目: 中国气象局推广项目“西北地区干旱监测系统研究”(2005)资助

作者简介: 李星敏(1968-), 女, 甘肃酒泉人, 高级工程师。主要从事气候及卫星遥感应用研究。

干旱遥感监测方法在 Erads 软件中的实现提供参考,也为利用其它遥感专业软件开展业务化的干旱遥感监测提供思路。

1 资料获取

西北 4 省(区)面积约 145 万 km^2 ,东西跨越 24 个纬度,单个极轨气象卫星地面接收站接收的 NOAA 卫星资料往往不能覆盖整个监测区域。DVBS 系统可以接收到北京、广州、新疆 3 个国家气象卫星地面接收站接收的资料,3 个接收站的资料可以覆盖全国。DVBS 系统可以接收处理 FY 和 NOAA 系列极轨气象卫星和 EOS/MODIS 卫星的数据,能自动监测、接收主站广播的卫星资料,并对接收资料进行自动预处理。因此可以通过 DVBS 系统接收的资料得到覆盖整个监测区域的遥感图像,用于该区地表状况分析。

2 西北 4 省(区)局地数据集制作

干旱遥感监测模型中使用的数据是卫星遥感资料经过定标后的数据,如果直接将 NOAA 的 1 B 数据导入 Erads 软件后,辐射数据需要经过定标才能使用干旱遥感监测模型。在这里可以直接利用国家卫星气象中心研制的“极轨气象卫星接收处理系统”,将广州站和新疆站实时接收的 NOAA/18 或 NOAA/16 卫星数字化的 HRPT(高分辨率图像传输)资料进行分类编辑、质量检验、确定定标系数、定位数据计算等工作生成 *.1A5 数据,经过定标、投影变换后转成包含监测区域的局地数据集,即 *.ldf 格式数据;将该数据集利用 Erads 软件的数据输入功能,选择 Binary 格式,同时输入局地数据集的数据类型,数据块的行列数和波段数,数据存放格式为 BSQ,头文件为 128 字节等信息,将 *.ldf 格式数据导入 Erads 软件,转成 Erads 软件的图像格式(*.img);利用西北区 1:100 万电子地图(或已经过校正的 NOAA18 或 NOAA16 遥感图像)在 Erads 软件中对该图像进行地理校正,同时加注地理信息,该数据集是经过定标的,干旱遥感监测的模型可以直接使用这一数据。如果监测区域不在同一个局地数据集中,可以将校正后的图像利用 Erads 软件中的 masic 功能拼接,形成包含西北 4 省(区)的局地数据集。

3 业务化干旱遥感监测模型

前面已经介绍了一些干旱遥感监测模型,用于

业务化的干旱遥感监测方法,应该满足物理意义清楚,方法简洁易行,且资料容易获取。随着研究和技术的发展及地面观测站网的进一步加密,会有更多的方法会被用于业务化监测当中。这里仅给出业务化中最常使用的热惯量方法和植被供水指数方法。

3.1 热惯量方法

(1) 监测原理

土壤的热惯量是度量土壤热惰性的物理量,反映土壤阻止热变化的能力。土壤热惯量随土壤密度、热传导率、热容量的增加而增加,而土壤密度、热传导率、热容量等特性的变化在一定条件下取决于土壤含水量的变化,所以土壤热惯量与土壤含水量之间呈正相关关系。此外,土壤日较差与土壤含水量之间呈负相关关系,土壤日较差可以利用卫星遥感数据获得。因此,对于裸土和低植被覆盖区域,可以利用气象卫星数据和实测土壤墒情资料,运用热惯量模型反演表层土壤湿度。

表观热惯量定义为:

$$ATI = (1 - ABE) / \Delta T \quad (1)$$

$$ABE = 0.526CH1 + 0.474CH2 \quad (2)$$

式中,ATI 为表观热惯量,CH1、CH2 分别为 NOAA 卫星 1、2 通道的反照率, ΔT 为地表温度日较差,可以用 NOAA 卫星白天最高温度时刻的通道 4 (CH4d) 和夜间最低温度时刻的通道 4 (CH4n) 求出,马藹乃等^[19]的研究表明,用地物辐射温度的昼夜温差代替实际温差引起的绝对误差很小,并且可以把大气衰减造成的误差降到最小。用表观热惯量与实测土壤相对湿度建立统计模型,通过模型计算得到整个监测区域的土壤湿度。

在业务中为了简化计算也可以直接使用日较差,拟合公式为:

$$Sw = a + b \Delta T \quad (3)$$

式中,Sw 为土壤湿度, ΔT 为 NOAA 卫星 4 通道 (10.5 ~ 11.5 μm) 白天和夜间亮温差。

(2) 等级划分(表 1)

热惯量方法用于土壤湿度监测较稳定,只要能准确得到土壤昼夜温度差,就可以得到相对于干旱的程度,热惯量方法实际上有 3 种形式:真实热惯量、表观热惯量和温度差方法。真实热惯量由于考虑了地理纬度、太阳赤纬等因素与土壤湿度的相关最好,但真实热惯量、表观热惯量与土壤湿度相关的差异不十分显著,而温度差与土壤湿度的相关比前二者稍微差一些。但实际中为了计算方便主要使用温度差方法^[20]。

表 1 土壤湿度遥感监测模型的干旱等级

Tab. 1 Drought magnitude corresponding to the remote sensing monitoring model for soil moisture

序号	干旱等级	土壤湿度 S_w
1	正常	$S_w \geq 60\%$
2	轻旱	$50\% \leq S_w < 60\%$
3	中旱	$40\% \leq S_w < 50\%$
4	重旱	$S_w < 40\%$

实际上要得到符合条件的昼夜 2 幅图像是不容易的,在监测过程中 2 幅图像是否严格配准也是影响监测精度的原由之一;当下垫面的特性比较均一时,用热惯量方法监测的土壤湿度精度较好。

3.2 植被供水指数模型

(1) 监测原理

王小平等^[21]在陇东黄土高原西峰农业气象试验站利用热红外辐射计及 CE313 可见光、近红外辐射计的同步观测和土壤水分的实测,比较各种地物亮温与植被指数后发现二者有较好相关性。认为通过亮温和植被指数来建立土壤水分监测模型是可行的。

国家卫星气象中心使用的植被供水指数方法适用于有植被覆盖区域,主要反映作物的受旱程度。其物理意义是:当作物受旱时,作物冠层就会关闭部分气孔而使蒸腾量减少,避免失去过多水分而枯死。蒸腾减少后,卫星遥感的作物冠层温度会增高。另外,作物受旱后不能正常生长,叶面积指数减少,并且午后叶面萎缩,致使气象卫星遥感的归一化植被指数下降,这样遥感植被指数的变化又是度量作物干旱的一个指标。将二者考虑后定义的植被供水指数为:

$$I_{VSW} = T_s / I_{NDV} \quad (4)$$

式中, I_{VSW} 为植被供水指数, I_{NDV} 为归一化植被指数, T_s 为对应的 AVHRR 第 4 通道的亮温(无云情况下)。

(2) 等级划分

对于植被供水指数法在实际监测中,需要结合常规资料、灾情信息和植被监测产品等信息综合分析确定干旱等级划分标准。

3.3 亮温法

对于接收相同太阳直接辐射量的同类土壤而言,土壤热容量、热导率随水分减少而急剧减小(因为空气的热容量、导热率仅分别是水的 1/3296、1/30),依据地表温度方程,土壤热容量、热导率减小导致土壤温度增量增大;蒸发耗热量也会随土壤水

分减小而减少,所以水分少的土壤其下垫面温度相对较高,因此,下垫面温度的空间分布与土壤水分的空间分布有密切关系,可以通过遥感地表温度,间接监测土壤水分。

在使用通道 4 亮温模型时应注意,下垫面越均一监测结果的精度越好,通道 4 亮温法只对表层土壤含水量的监测效果较好。

4 干旱遥感监测模型在 Erads 软件中的实现

在完成数据的输入和校正后,可以利用 Erads 软件中的 Model Maker 功能,分别建立各干旱遥感监测模型,利用该模型就可以实现数据的计算。

图 1 是西北 4 省(区)干旱遥感监测在 Erads 软件中实现的工作流程,通过对接收数据的导入,图像的几何精校正、拼接,分区利用干旱遥感监测模型运算、密度分割、重编码、对图像结果拼接、叠加西北 4 省(区)地理边界图,最后制作成果图,统计各等级干旱的面积。

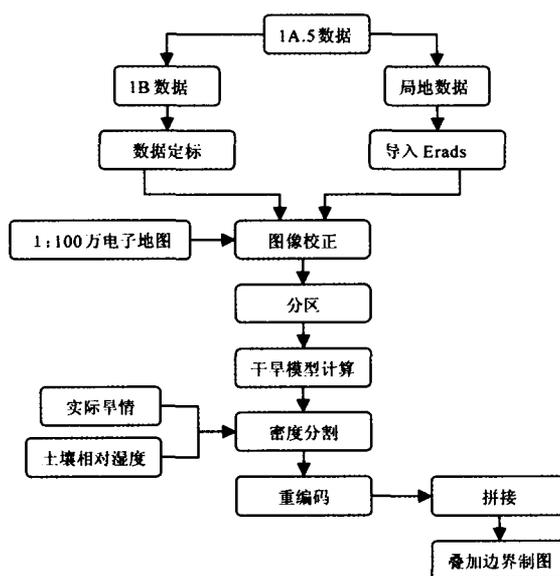


图 1 Erads 软件干旱遥感监测流程

Fig. 1 The flow of drought monitor model by remote sensing based on Erads software

5 监测结果

图 2 是利用植被供水指数模型监测得到的西北 4 省(区)2006 年 7 月下旬的干旱遥感监测图像,图中从黑色到白色依次为水体、无旱 1、无旱 2、轻旱、中旱、重旱、云区和沙区。从监测结果中可以看到,

陕西陕北北部、宁夏中部、甘肃兰州附近、青海中西部部分地区有轻到中等程度的旱情。与国家气候中心发布的全国 20 cm 土壤相对湿度分布图(图 3)(<http://ncc.cma.gov.cn>)比较可以看出:陕西陕北

地区、宁夏中南部、甘肃兰州附近土壤相对湿度在 40%~60%之间,与遥感监测的旱情分布结果较一致;宁夏和青海由于云的影响,遥感监测的旱情分布与土壤湿度观测结果有出入。

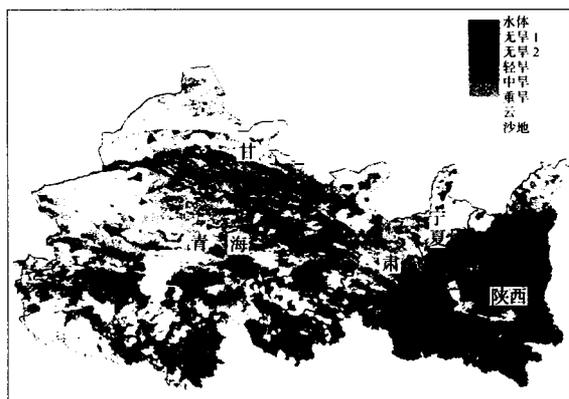


图 2 2006 年 7 月下旬西北 4 省(区)干旱遥感监测图像
Fig. 2 The image of drought monitor by remote sensing in four provinces in Northwest China in the last ten days of July, 2006

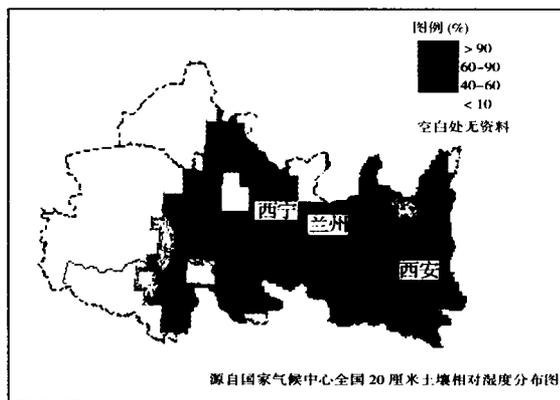


图 3 2006 年 7 月下旬西北 4(省)区 20 cm 土壤相对湿度分布图
Fig. 3 The distribution of soil moisture in the depth of 20 cm in four provinces in Northwest China in the last ten days of July, 2006

6 结论与讨论

通过 Erads 软件,利用 DVBS 系统接收处理得到的 NOAA/AVHRR 资料,方便地进行遥感图像的校正、拼接和干旱遥感监测模型的运算,得到各等级干旱的面积。但由于西北 4 省(区)面积较大,4 省(区)同时晴空的数据很难得到。要想得到旬的干旱遥感监测图像,就需要对旬内图像的裁减拼接,这些在 Erads 软件中都可以方便地实现,但当图像有云时,往往会造成图像拼接结果中存在明显的接缝和监测结果的不合理。由于西北 4 省(区)地表状况不同,如何针对不同地表状况,合理地分区进行干旱遥感监测需要作进一步研究。

参考文献:

- [1] 秘晓东,张强,胡文超. 干旱气候观测系统[J]. 干旱气象,2005, 23(1):78-83.
- [2] 李星敏,刘安麟,邓凤东,等. 极轨气象卫星旱情遥感监测的概述及发展[J]. 陕西气象,2003,46(3):29-31.
- [3] 张仁华. 土壤含水量的热惯量模型及其应用[J]. 科学通报,1991, 36(12):924-927.
- [4] 肖乾广,陈维英,盛伟伟,等. 用气象卫星监测土壤水分的实验研究[J]. 应用气象学报,1994,5(3):312-318.
- [5] 刘良民,李德仁. 基于辅助数据的遥感监测分析[J]. 武汉测绘科

技大学学报,1999,24(4):300-305.

- [6] 罗秀陵,薛琴,张长虹,等. 应用 NOAA/AVHRR 资料监测四川干旱[J]. 气象,1996, 22(5):35-38.
- [7] 王晓云,郭文利,奚文,等. 利用“3S”技术进行北京地区土壤水分监测[J]. 应用气象学报,2002, 13(4):422-429.
- [8] 周咏梅. NOAA/AVHRR 资料在青海省牧区草场旱情监测中的应用[J]. 应用气象学报,1998,9(4):496-500.
- [9] 蔡斌,陆文杰,郑新江. 气象卫星条件植被指数监测土壤状况[J]. 国土资源遥感,1995(4):45-50.
- [10] 王鹏新,龚健雅,李小文. 条件温度植被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):412-418.
- [11] 刘丽,刘清,周颖,等. 卫星遥感信息在贵州干旱监测中的应用[J]. 中国农业气象,1999,20(3):43-47.
- [12] 申广荣,田国良. 作物缺水指数监测旱情方法研究[J]. 干旱地区农业研究,1998,16(1):123-128.
- [13] 刘安麟,李星敏,何延波,等. 作物缺水指数法的简化及在干旱遥感监测中的应用[J]. 应用生态学报,2004,15(2):210-214.
- [14] 隋洪智,田国良,李付琴. 农田蒸散双层模型及其在遥感干旱监测中的应用[J]. 遥感学报,1997(3):220-224.
- [15] 谭德宝,刘良明,鄢俊洁,等. MODIS 数据的干旱监测模型研究[J]. 2004,21(3):11-15.
- [16] 齐述华,李贵才,王长耀,等. 利用 MODIS 数据产品进行全国干旱监测的研究[J]. 水科学进展,2005,16(1):56-61.
- [17] 郭广猛,赵冰茹. 使用 MODIS 数据监测土壤湿度[J]. 土壤,2004, 36(2):219-221.
- [18] 张文宗,姚树然,赵春雷,等. 利用 MODIS 资料监测和预警干旱新方法[J]. 气象科技,2006,34(4):501-504.

- [19] 马嵩乃. 遥感信息模型[M]. 北京:北京大学出版社,1997. 41 - 59.
- [20] 李星敏,刘安麟,张树誉,等. 热惯量方法在陕西省干旱遥感监测中的应用研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(1):54 - 59.
- [21] 王小平,张谋草,郭海英,等. 利用地面遥感仪器对土壤水分的监测试验[J]. 干旱气象,2005,24(4):57 - 60.

Method of Drought Monitor by Remote Sensing in Four Provinces of Northwest China: Erads Software as an Example

LI Xingmin¹, YANG Xingguo², WANG Zhao³, SHA Daobin³, DENG Fengdong³

(1. Shaanxi Meteorological Service Observatory for Economic Crop, Xi'an 710015, China;
2. Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China; 3. Shaanxi Remote Sensing Information
Center for Agriculture, Xi'an 710015, China)

Abstract: The method for drought monitoring by remote sensing and monitoring flow were introduced in the paper, which can transfer NOAA/AVHRR data received from DVBS system to Erads software where geographical correction and image mosaic can be done, and drought monitoring model can be made and run. Drought occurred in four provinces of Northwest China in the last ten - day of July, 2006 was monitored by using this method and work flow, and the results were in agreement with observations of soil moisture in this area. It shows if proper drought monitor model is chosen, the drought magnitude can be monitored by this method and work flow.

Key words: drought; remote sensing; monitoring

(上接第 52 页)

Analysis of a Gust Front 3 - D Structure by Using Doppler Radar Data

WANG Zhenguo¹, ZHUO Hong², LI Chunhu³, LIU Aimei², YANG Furong²

(1. Gannan Meteorological Bureau of Gansu Province, Hezuo 747000, China; 2. Ji'nan Meteorological
Bureau of Shandong Province, Ji'nan 250001, China; 3. Shandong Provincial Meteorological Bureau, Ji'nan 250001, China)

Abstract: A spring gust front occurred on April 17, 2003 over Ji'nan was analyzed by using Doppler radar data. A typical density current outflow boundary (gust front) characteristic was retrieved, which presented a strong narrow bow echo belt before a wide weak echo region on Doppler radar echo images. Different elevation velocity fields showed a reasonable spatial structure of the gust front. The characteristic of the gust front on Doppler Radar echo images presented the length was long (short) at low (high) elevation and the distance was far (near) at low (high) elevation. A typical midaltitude radial convergence (MARC) at the height of 2.5 - 7 km on velocity vertical profile indicated an evident rear middle - level inflow. A phenomenon that the gust front was near the ground was found with radar elevation increase.

Key words: spring gust front; Doppler radar; spatial structure; MARC