

刘惠敏, 马小群, 孙秀帮. 安徽省 MODIS 干旱监测技术研究[J]. 气象, 2010, 36(4): 111-115.

安徽省 MODIS 干旱监测技术研究^{*}

刘惠敏 马小群 孙秀帮

安徽省气象科学研究所, 合肥 230031

提 要: 为了更有效地监测安徽省农业干旱, 以安徽省半湿润区、过渡区为研究对象, 利用 MODIS 资料, 在对比分析了基于植被供水指数和温度植被干旱指数两种干旱监测方法基础上, 结合已业务应用的农业干旱指标累积湿润指数, 开展安徽省分时段晴空遥感干旱监测研究, 建立并确定了部分时段半湿润区、过渡区的 MODIS 植被供水指数和温度植被干旱等级标准, 同时结合当地台站监测土壤墒情对干旱监测进行检验。结果表明, 作物生长季节 VSWI、TVDI 与累积湿润指数存在相关性, 两种方法建立指标和模型可以用来分时段进行区域干旱监测, 得出了初夏旱 TVDI 更适合于研究区域的干旱监测。

关键词: 植被供水指数, 温度植被干旱指数, MODIS 干旱监测

Drought Monitoring Composite MODIS Satellite Remote Sensing Technique in Anhui Province

LIU Huimin MA Xiaoqun SUN Xiubang

Anhui Meteorological Research Institute, Hefei 230031

Abstract: In this paper, two drought monitoring methods of temperature vegetation dryness index (TVDI) and vegetation supply water index (VSWI) based on temperature/vegetation supply water index (NDVI) were contrasted and analyzed by MODIS data in semi-humid and transitional zones in Anhui Province. The grades of TVDI and VSWI about drought monitoring combining accumulated humidity index were established, which were validated by local soil moisture. TVDI and VSWI and accumulated humidity index have been shown a remarkable correlation, and the TVDI drought monitoring method is more suitable than VSWI in researching area.

Key words: vegetation supply water index (VSWI), temperature vegetation dryness index (TVDI), MODIS drought monitoring

引 言

干旱指由水分收支或供求不平衡形成的水分短缺现象, 是安徽省最主要的自然灾害。目前, 有很多监测干旱手段^[1-13], 其中卫星遥感技术由于其高时间和空间分辨率、大面积覆盖、数据接收处理简单廉价等特点在干旱监测中发挥着越来越重要的作用。安徽地处南暖温带与北亚热带过渡地区, 属季风气候类型, 气候温和湿润, 四季分明, 并具有明显的时空

分布差异。春秋两季安徽省大部分地区植被茂密, 又是干旱多发时段, 用气象卫星遥感信息监测分析干旱, 国内已有较多的研究^[2-4]。安徽省自 20 世纪 80 年代中期应用气象卫星在干旱灾害监测方面也做过大量的探讨^[5], 但利用 MODIS 资料开展干旱监测研究, 建立适合安徽省的干旱监测指标的研究尚未见到, 因此在已有工作成果的基础上, 以安徽省为对象, 应用 MODIS 资料干旱遥感监测分析技术确定监测指标, 可以为该区的农业干旱遥感监测分

^{*} 中国气象局 2007 年多轨道业务建设项目“中国农业气象灾害监测预警系统建设”, 中国气象局科研项目(CMATG2008S06)资助
2008 年 11 月 17 日收稿; 2009 年 12 月 11 日收修定稿
第一作者: 刘惠敏, 主要从事遥感应用技术研究. Email: liuhui-min@sohu.com

析与应用服务提供依据。

1 累积湿润度指数时空分布规律

累积湿润度指数是表征农业旱涝的一项气象指标,马晓群等^[1]据中国气象局《干旱监测和影响评价业务规定》,利用累积湿润指数进行安徽省 1971—2005 年农业干旱时空分布规律分析(累积湿润度指数区域旱涝等级标准见表 1),将安徽省地表干湿状况划分为半湿润区、过渡区、湿润区。半湿润区具体定义为以旱作物(冬小麦—秋粮)为主沿淮地区;过渡区以油菜、小麦混种为主江淮地区;湿润区以水稻种植区沿江南、两大山区。

表 1 累积湿润指数(M_i)旬区域干旱等级标准

Table 1 Decade drought grade standards of accumulated humidity index in area

等级	类型	半湿润区	过渡区
5	正常	$0.50 \geq M_i > -0.50$	$0.50 \geq M_i > -0.40$
6	轻旱	$-0.50 \geq M_i > -0.75$	$-0.40 \geq M_i > -0.70$
7	中旱	$-0.75 \geq M_i > -0.85$	$-0.70 \geq M_i > -0.80$
8	重旱	$-0.85 \geq M_i > -0.95$	$-0.80 \geq M_i > -0.90$
9	特旱	$M_i \leq -0.95$	$M_i \leq -0.90$

2 卫星遥感监测干旱技术方法

Terra/Aqua 中等分辨率成像光谱仪(MODIS)相对于传统的 NOAA/AVHRR,在保留其基本功能的同时,数据分辨率有了很大的改进,因此近些年被广泛应用于旱情监测。分析表明不同气候区之间下垫面植被指数(NDVI)差异对干旱有直接影响,给建立遥感干旱监测模型带来困难。为了提高干旱遥感监测准确率,依据安徽省实际,建立分区域分季节(有干旱样本)MODIS 资料动态模型指标。

2.1 数据源

选用卫星遥感资料主要有:2005—2007 年安徽处于星下点附近且符合晴空条件的 MODIS 卫星遥感资料。利用 DVBS 资料预处理程序,对 TERRA 和 AQUA 上下午两颗星的 MODIS 资料进行预处理,将 L0(level-0)MODIS 卫星资料 PDS 文件解包、地理定位、投影,生成 LD2 格式文件,利用掩膜技术滤去水体和不能有效去除云影响的区域。

植被指数(NDVI)提供了绿色植物的生长状况和覆盖度信息,而地表温度反映了土壤湿度状况,二

者的结合使信息互补,为区域土壤湿度监测提供了潜力。NDVI 选用波段 1 和波段 2 的数据计算 NDVI;此外为了减少在计算陆地表面温度的过程中,不同地区采用同一个计算公式给温度反演带来误差,考虑用 31 通道温度代替地表温度。

2.2 植被供水指数(VSWI)

植被供水指数 $VSWI = K \times NDVI / T$,其中 K 为常数, T 是 31 通道温度。

对于有植被区域,当作物受旱时,作物通过关闭部分气孔以减少蒸腾量,避免过多的水分散失,蒸腾减少后,作物冠层温度增高,因此 VSWI 越大,作物供水越充足,越不干旱;相反,VSWI 越小,供水压力越大,旱情越严重。

2.3 温度植被干旱指数(TVDI)

2.3.1 特征空间干边、湿边的确定

植被的状态和土壤含水量的关系既密切,又复杂。土壤含水量影响到植被生长状态,而植被生长状态又影响到遥感对地表温度的探测,TVDI 是将两者结合起来实现对干旱的遥感监测。

以 0.1 的 NDVI 步长提取不同的 NDVI 条件下不同时相的 31 通道最大和最小温度,得到 NDVI— T 特征空间。结果表明:高绿度值状况下,NDVI 分别与 31 通道温度的最大值和最小值呈近似线性关系(如图 1 所示),当 NDVI 大于某个数值时,随着 NDVI 值的增大,31 通道温度的最大值在不断减小,而 31 通道温度的最小值在不断增大。

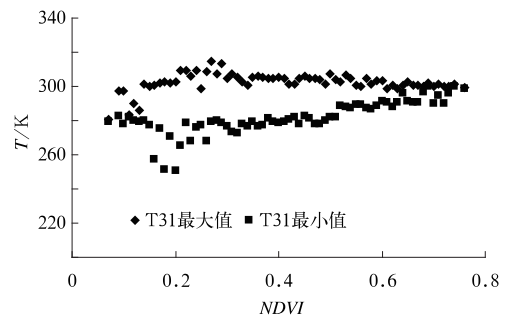


图 1 NDVI— T_s 特征空间关系

Fig. 1 Spatial relation between NDVI and T_s .

利用 NDVI— T 特征空间中的相应 31 通道最大和最小温度,回归拟合获得温度植被干旱指数,不同时相的旱边和湿边方程分别为:

$$T_{\min} = a_1 + b_1 \times NDVI$$

$$T_{\max} = a_2 + b_2 \times NDVI$$

其中, T_{\min} 为在相应 $NDVI$ 下的 31 通道最小温度; T_{\max} 为在相应 $NDVI$ 下的 31 通道最大温度; a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 为回归系数, 分别代表 $NDVI-T_s$ 空间中旱边和湿边方程的截距和斜率。

$$TVDI = \frac{T_s - (a_1 + b_1 \times NDVI)}{(a_2 + b_2 \times NDVI) - (a_1 + b_1 \times NDVI)}$$

$TVDI$ 越大, 土壤湿度越低; 相反, 土壤湿度越高。

2.4 干旱指数 $VSWI(TVDI)$ 与 $NDVI(T)$ 相关分析

$TVDI$ 较好地改变了单纯基于植被指数或单纯基于陆面温度进行土壤水分状态监测的不足, 有效地减小了植被覆盖度对干旱监测的影响。

总体上, 图 2 和图 3 显示空间分布上 $TVDI$ 与 T 、 $VSWI$ 与 $NDVI$ 正相关性较高; 相反, $VSWI$ 与 T 、 $TVDI$ 与 $NDVI$ 反相关性偏低。因此, $VSWI$ 在干旱监测中起主要作用的是 $NDVI$, 但是在农作物生长季节, 对于大多数农田地表来说, 由于目前受地面实测资料限制, 研究区域无法达到精细化, 加上 $NDVI$ 还与当地生产力密切相关, 导致以相同气候背景为区域建立 $VSWI$ 干旱监测模型的监测精度受到影响。 $TVDI$ 在干旱监测中起主要作用是 T , 因此 $TVDI$ 避免上述因素影响, 就区域干旱监测, $TVDI$ 相对 $VSWI$ 更适合, 但是其离散度随温度减低而增加, 反映旱情较轻的时候, $TVDI$ 监测效果并不十分明显。

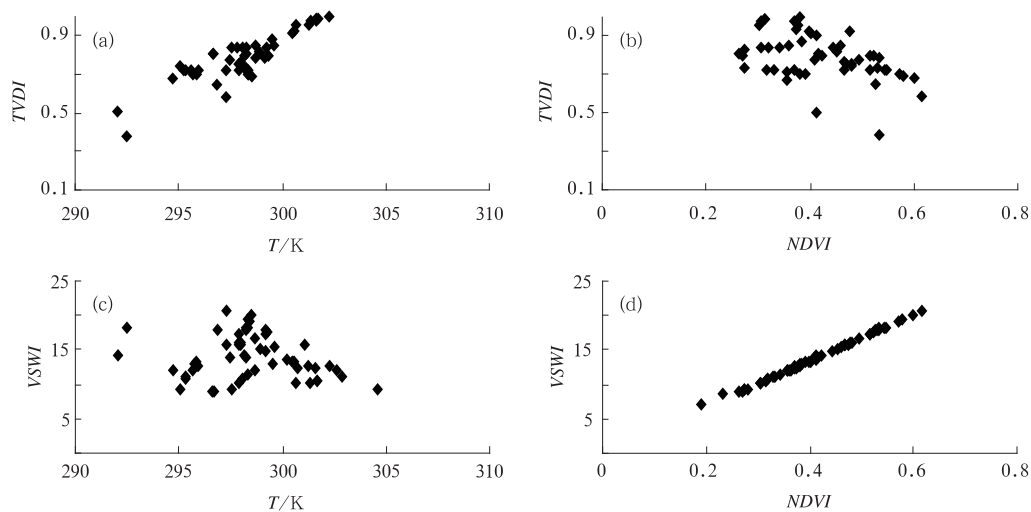


图 2 5 月中旬半湿润区干旱指数 $VSWI(TVDI)$ 与 $NDVI(T)$ 散点图

Fig. 2 Scatter diagram on drought index on $VSWI(TVDI)$ and $NDVI(T)$ in semi-humid zone in mid-May

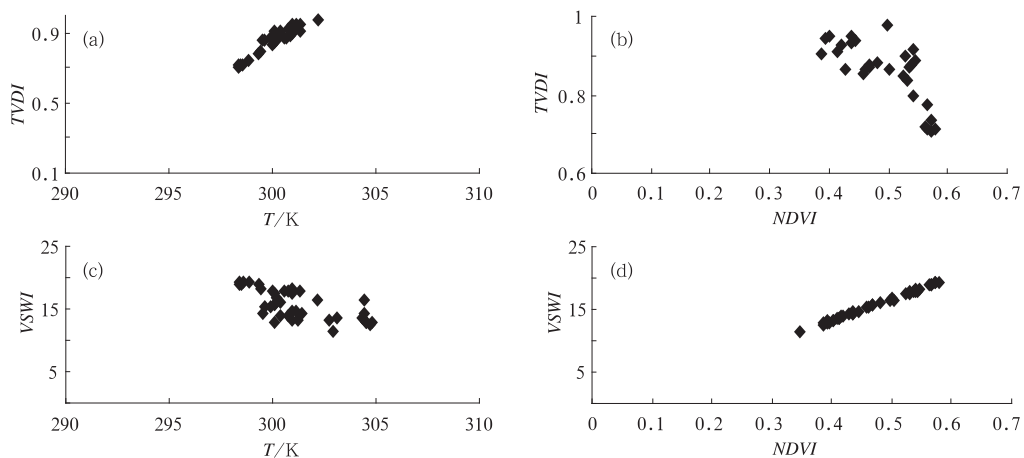


图 3 5 月中旬过渡区干旱指数 $VSWI(TVDI)$ 与 $NDVI(T)$ 散点图

Fig. 3 Scatter diagram on drought index on $VSWI(TVDI)$ and $NDVI(T)$ in transition zone in mid-May

3 遥感干旱监测模型和指标

3.1 干旱监测模型和指标建立

依据大量数据(有干旱样本)统计,计算得到相对供水植被指数(VSWI)、温度植被干旱指数(TV-DI),通过与累积湿润指数拟合建立分区域、分时段遥感干旱指数监测模型和指标。表 2、表 3 是 5 月半湿润区、过渡区供水植被指数干旱和温度植被干

表 2 5 月供水植被指数 VSWI 遥感监测指标

Table 2 Remote sensing monitoring index of vegetation supply water index (VSWI) in mid-May

区域	模型	相关系数	轻旱	中旱	重旱
半湿润区	$y=2.9981x+19.708$	$R_2=0.63$	17.75	17.15	16.85
过渡区	$y=8.6796x+16.695$	$R_2=0.34$	11.05	9.32	8.45

表 3 5 月温度植被干旱指数 TVDI 遥感监测指标

Table 3 Remote sensing monitoring index of temperature vegetation dryness index (TVDI) in mid-May

区域	关系模型	相关系数	轻旱	中旱	重旱
半湿润区	$y=-0.5972x+0.2548$	$R_2=0.58$	0.55	0.7	0.76
过渡区	$y=-0.416x+0.578$	$R_2=0.47$	0.74	0.87	0.96

旱指数监测模型和指标。

3.2 2007 年初夏旱卫星遥感监测评估

根据全省 78 个台站气温和降水资料计算的农业旱涝气象指标分析,2007 年 4 月至 5 月上旬安徽省中北部地区降水偏少,加之气温偏高、日照充足,农田蒸散强烈,导致半湿润区中北部以及过渡区东部存在中等以上干旱,全省各地气象站实测的表层土壤湿度数据监测到安徽省半湿润区中部、北部,过渡区东部出现轻到中旱,局部重旱。利用建立 5 月供水植被指数与温度植被干旱指数干旱等级指标对 2007 年初夏旱进行了监测评估,得到干旱等级分布图(见图 4)。检验结果表明,温度植被干旱指数与供水植被指数遥感监测出安徽省初夏旱情,但监测到干旱面积大于实测。相比较,对于过渡区,温度植被干旱指数对于干旱状况反映比供水植被指数监测结果理想,供水植被指数监测过渡区西部发生了轻到中旱,而土壤墒情未监测到。温度植被干旱指数监测统计结果显示,2007 年 5 月安徽省重旱区主要分布在半湿润区的北部,重旱面积占土地面积 16%。

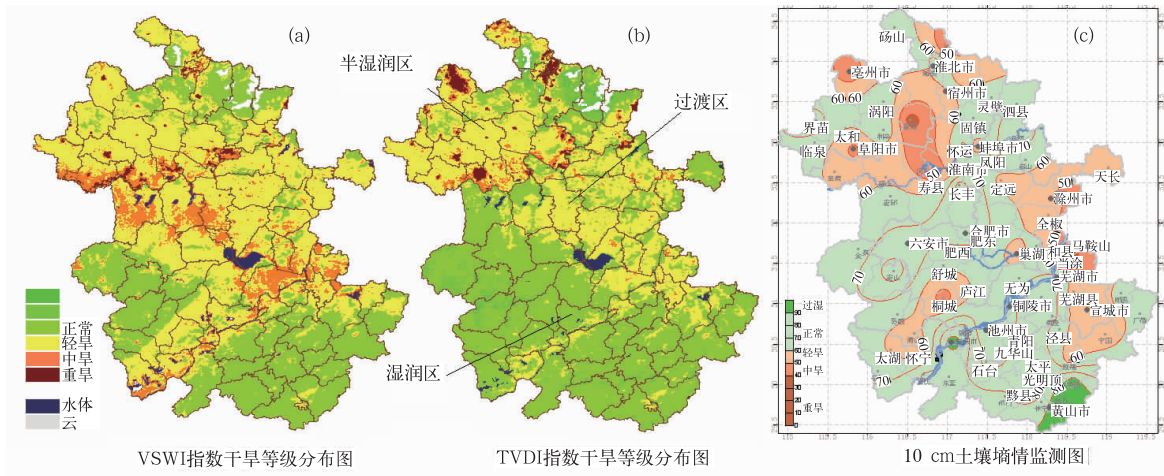


图 4 2007 年 5 月 19 日安徽省干旱等级分布图

(a) VSWI; (b) TVDI; (c) 10 cm 土壤墒情监测

Fig. 4 Drought remarkable correlation pictures in Anhui Province on May 19, 2007

(a) VSWI, (b) TVDI, (c) 10 cm soil moisture

4 结论与讨论

(1) 利用 MODIS 数据计算植被供水指数及温

度植被干旱指数,建立分区域干旱监测模型,确定半湿润区、过渡区遥感干旱的判别指标。并将以上指标用 2007 年初夏旱个例进行了检验,结果分析表明,建立的作物旱情指数所计算出来的旱情与实际

大致相符,该方法具有一定的应用性。

(2) 理论上,卫星遥感计算的植被指数,结合温度所建立遥感干旱模型指标在业务应用中,虽然考虑气候因素,但由于受生产力、水源、作物生育期变化等众多因素影响,遥感监测旱情区域范围和干旱程度可能会产生一定误差。

(3) 分区域干旱监测方法,其优点是考虑安徽省地表复杂情况,遥感干旱监测精度得到一定提高,但更科学、更客观的干旱分级标准还有赖于对大量样本的数据分析,随时加以订正。因此将在以后业务应用的基础上,不断进行指标的验证和修正,使该遥感干旱监测方法更好地发挥作用。

参考文献

- [1] 马晓群,刘惠敏,吴文玉,等.安徽省农业干旱综合监测技术及其业务试用[J].气象,2008,34(5):75-81.
- [2] 杨小利.西北地区气象干旱监测指数的研究和应用[J].气象,2007,33(8):90-96.
- [3] 刘建栋,王馥棠,于强,等.华北地区农业干旱预测模型及其应用研究[J].应用气象学报,2003,14(5):593-604.
- [4] 张春桂,李文.福建省干旱灾害卫星遥感监测应用研究[J].气象,2004,30(3):22-25.
- [5] 黄勇,姚筠,张宏群,等.安徽省2种干旱遥感定量监测方法分析[J].安徽农业科学,2006,34(19):132-134.
- [6] 樊高峰,苗长明,毛裕定,等.干旱指数计其在浙江省干旱监测分析中应用[J].气象,2006,32(2):71-74.
- [7] 李培军,郭宏涛,等.极轨气象卫星图像的两种投影算法[J].气象,2008,34(1):90-93.
- [8] 齐述华,王长耀,牛铮,等.利用温度植被旱情指数(TVDI)进行全国旱情监测研究[J].遥感学报,2003,7(5):420-427.
- [9] 王鹏新,WAN Zhengming,龚健雅,等.基于植被指数和土地表面温度的干旱监测模型[J].地球科学进展,2003,8:527-533.
- [10] 赵艳霞,王馥棠,裘国旺,等.冬小麦干旱识别和预测模型研究[J].应用气象学报,2001,12(2):235-241.
- [11] 谭宗琨,吴良林,丁美花,等.EOS/MODIS数据在广西甘蔗种植信息提取及面积估算的应用[J].气象,2007,33(11):76-81.
- [12] 景毅刚,杜继稳,张树誉,等.陕西省干旱综合评价预警研究[J].灾害学,2006,21(4):46-49.
- [13] 唐巍,覃志豪,秦晓敏,等.农业干旱遥感监测业务化运行方法研究[J].遥感应用,2007,2:37-42.