

曹张驰,沈润平,田 焯,等. 山东省干湿转换期土壤水分 MODIS 遥感监测[J]. 干旱气象,2014,32(3):340-345, [CAO Zhangchi, SHEN Runping, TIAN Ye, et al. Research on Soil Moisture Monitoring Using MODIS Data During the Drought/Wet Conversion Period in Shandong Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(3):340-345], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-03-0340

山东省干湿转换期土壤水分 MODIS 遥感监测

曹张驰¹, 沈润平², 田 焯², 李 峰³

(1. 山东省临沂市气象局, 山东 临沂 276004; 2. 南京信息工程大学遥感学院, 江苏 南京 210044; 3. 山东省气象局气候中心, 山东 济南 250031)

摘 要: 由于 2012 年春夏过渡时期山东省降水时空分布不均, 前期全省大部分地区出现旱情, 后期降水偏多。为及时掌握干旱分布及变化情况, 利用 MODIS 地表温度数据 (MOD11A2) 和植被指数数据 (MOD13A2), 结合土壤水分自动站的实测数据, 采用温度植被干旱指数法, 构建了 $LST-NDVI$ 、 $LST-EVI$ 特征空间, 反演了 2012 年 6~7 月山东省干湿转换期的土壤水分, 分析了干旱空间分布及变化特征。结果表明: $LST-NDVI$ 特征空间反演精度为 82.95%, $LST-EVI$ 特征空间反演精度为 84.33%, 精度提高了 1.66%。前期山东省中南部、西部出现旱情并以轻旱为主, 后期由于降水旱情明显缓解, 干旱面积减少了 65 427 km²。基于 MODIS 数据利用温度植被指数法在本区域进行干旱监测是可行的。

关键词: 土壤水分; 温度植被干旱指数; MODIS; 干旱监测

文章编号: 1006-7639(2014)-03-0340-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-03-0340

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

引 言

干旱监测对于科学防汛抗旱、防灾减灾有着十分重要的现实意义。土壤水分是农作物生长的必要因素, 也是判定干旱程度的重要指标之一。传统的单点监测方法可以准确估算土壤垂直剖面的含水量, 但因单点数据在空间上缺乏连续性, 难以客观、高效率地估测大范围的土壤水分状况。而遥感技术具有宏观、动态、时效性好等优点, 可以很好地监测干旱发生发展的过程和影响范围, 是区域干旱监测的有效方法之一。国内外应用卫星遥感进行土壤水分遥感监测方面已经取得很多研究成果。Goward 等^[1]认为通过陆表温度与归一化植被指数特征空间 ($LST/NDVI$) 斜率与地表蒸散速率的关系可以估测空气湿度, 并推出了土壤湿度估测方程; Son 等^[2]利用 MODIS 植被指数和地表温度资料, 对湄公河流域下游地区近 10 a 干旱特征进行了评估分析; Patel 等^[3]利用温度植被指数对印度湿润的热带地区土壤水分状况进行了评估, 取得了很好的效果。齐述华等^[4]利用 MODIS 植被指数和陆地表面温度产品

建立了全国 3 个农业气候区的温度植被指数 ($NDVI/LST$)、温差植被指数 ($NDVI/\Delta T$) 和表观热惯量植被干旱指数 ($NDVI/ATI$); 魏国栓等^[5]依据地表温度和归一化植被指数产品构建的特征空间计算温度植被干旱指数, 反演了仪征地区不同季节的深层土壤相对湿度; 于敏等^[6]证明地表温度与归一化植被指数 (T_s-NDVI) 特征空间监测结果与同期及前期总体降水密切相关, 并改进了地表温度与归一化植被指数 (T_s-NDVI) 干边和湿边的稳定性。目前, 应用卫星遥感资料监测干旱的方法大多存在地区适应性问题, 山东省土地辽阔, 地形多样, 是我国主要粮食产区之一, 且受季风气候影响, 有“十年九旱”之说。目前业务中主要应用降水资料和土壤水分自动站地面测墒数据对干旱进行评价, 主要采用的遥感干旱监测方法有热惯量法等, 而利用温度植被干旱指数法结合地面自动站实测数据对山东省进行干旱监测的研究还没有开展。因此, 利用遥感技术, 结合地面实测数据, 探索适用于本地区的遥感干旱监测方法是十分必要的。

本文利用 MODIS 卫星遥感数据和土壤自动

收稿日期: 2013-11-18; 改回日期: 2014-02-16

基金项目: 临沂市气象局气象科学研究技术项目 (2014lyqx09) 资助

作者简介: 曹张驰 (1990-), 女, 湖南衡阳人, 助理工程师, 主要从事农业气象与遥感应用研究工作. E-mail: caozhangchi1990@126.com

站实测数据,采用温度植被指数法,选取2012年6~7月山东省干旱和湿润2个时期,反演干湿转换期的土壤水分,对比地表温度与归一化植被指数($LST - NDVI$)和地表温度与增强型植被指数($LST - EVI$)2种特征空间及其反演结果的差异,分析山东省干湿转换期的土壤水分时空变化特征。旨在探索该方法在山东省遥感干旱监测中的应用前景,为提高干旱监测及预警能力、科学抗旱提供参考依据。

1 数据及方法

1.1 研究区域

山东省(114°19'E~122°42'E,34°22'N~38°15'N)位于我国东部沿海,地处黄河下游,东临黄海,北滨渤海。中部突起,为鲁中南山地丘陵区,东部半岛为波状丘陵区,西部、北部为黄河冲积平原区。全省

总面积约15.71万 km^2 ,耕地面积约75050 km^2 ,土壤类型众多,土地资源丰实,主要农作物有小麦、玉米、大豆等。山东省属温带大陆季风性气候,在全球变暖的大背景下,降水年内时空分配极为不均,加上特殊的地理位置、气候特点以及其他因素,致使春、秋、冬季受干旱威胁,夏季则易发洪涝灾害^[7-8]。

2012年6月全省平均降水量35.3mm,较常年偏少55.0%,降水持续偏少,旱情严峻(图1a)。7月全省平均降水量202.0mm,较常年偏多17.3%(图1b)。入汛后,强降水天气频繁,降水量偏多且时空分布不均。春夏交际时期是山东省夏收夏种的关键期,前期旱情严重影响小麦产量,并使秋作物播种时间有所推迟,后期持续的强降水天气导致城市内涝,部分河道水库出现险情,农田积水导致农作物出现倒伏、苗涝等现象,给农业生产和人民财产造成了较大损失。

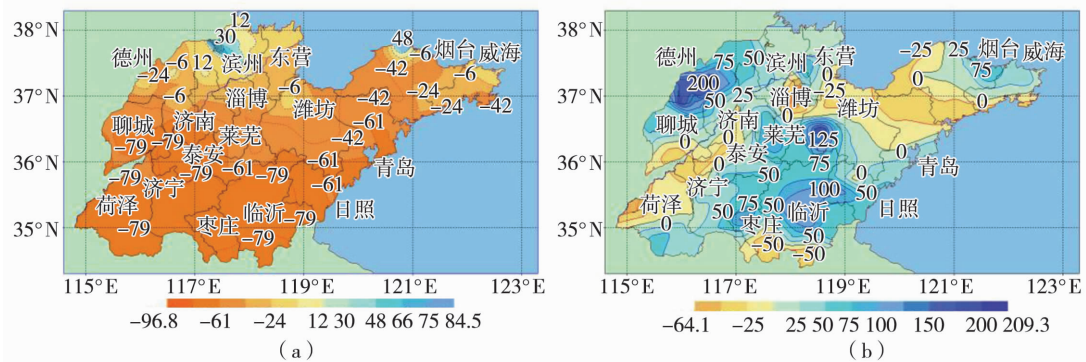


图1 2012年6月(a)和7月(b)山东省降水距平百分率(单位:%)

Fig. 1 The spatial distribution of precipitation anomaly percentage in June(a) and July(b) 2012 in Shandong Province (Unit:%)

1.2 数据

MODIS数据来源于美国国家航空航天局(NASA)网站。采用地表温度8d合成产品数据(MOD11A2)和植被指数16d合成产品数据(MOD13A2),空间分辨率均为1km,时间为2012年6月10日至7月11日。首先将MODIS数据转换为等经纬度投影,采用最大值合成法将8d合成的地表温度数据合成为16d合成数据,并利用掩膜技术去除湖泊、海洋等大型水体,最后用1:400万行政边界图进行裁切,得到山东省地表温度(LST)、归一化植被指数($NDVI$)和增强型植被指数(EVI)数据。

$NDVI$ 反映了植物生物量、叶绿素含量和冠层水分变化等信息,比值范围在 $[-1,1]$ 之间^[9]。 $NDVI$ 消除了定标和仪器误差的影响,减少了某些与波段正相关的噪声及直射辐射或漫射辐射的影响,目前

已被广泛应用于各种土壤水分模型和干旱监测业务中^[4-6]。Huete等^[10]引入一个反馈项对大气和土壤背景进行订正,提出了增强型植被指数(EVI)。 $NDVI$ 在植被冠层比较浓密时,由于红光波段的反射率改变不大,近红外波段的反射率增加,导致 $NDVI$ 值容易饱和。近年来,许多研究证明了 EVI 在遥感干旱监测中应用的可能性^[11-13]。

土壤水分自动站数据选取了全省的141个站点,提取与遥感数据同时相的0~10cm土壤相对湿度数据,按每16d求平均,以平均值参与特征空间建模。将141个自动站随机分配,其中94个自动站的数据作为建模样本,占总样本的2/3,47个自动站的数据作为检验样本,占总样本的1/3。

1.3 温度植被干旱指数法

地表植物的蒸散与土壤水分供给密切相关,供给充足时,蒸散能力较大,冠层温度低,植被指数高;

反之,水分亏缺时,蒸散作用较小,冠层温度较高,植被指数较低,单独利用植被指数或地表温度监测干旱存在一定的局限性,二者相结合,可以提供作物水分亏缺信息^[14-15]。Sandholt 等^[16]基于植被指数和地表温度的关系,提出了温度植被干旱指数(*TV-DI*),*TVDI*的取值范围为0~1,干边上*TVDI*为1,湿边上*TVDI*为0。*TVDI*值越大越接近干边,则土壤含水量越低,干旱程度越严重。

$$TVDI = \frac{T - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} \quad (1)$$

$$T_{\max} = a_1 + b_1 \times VI \quad (2)$$

$$T_{\min} = a_2 + b_2 \times VI \quad (3)$$

式中:*T*为任意像元的地表温度;*T_{max}*为某一像元*VI*对应的最高地表温度;*T_{min}*为该像元*VI*对应的最低地表温度,本文中*VI*指*NDVI*和*EVI*; *a*和*b*为干边

拟合方程的系数。

为估算每个像元的土壤水分,首先利用地表温度和植被指数建立特征空间,确定干边、湿边的斜率与土壤含水量的定量关系。其次根据每个像元到干边、湿边的距离和干湿边的土壤湿度求得土壤含水量。

$$\frac{RSM_w - RSM}{RSM_w - RSM_D} = \frac{T - T_w}{T_D - T_w} \quad (4)$$

$$RSM_w = c_1 + d_1 \times \sigma \quad (5)$$

$$RSM_D = c_2 + d_2 \times \sigma \quad (6)$$

式中:*RSM*为某一像元土壤相对含水量;*RSM_D*为干边对应的最小土壤相对含水量;*RSM_w*为湿边对应的最大土壤相对含水量,*RSM_w*统一取值100%; σ 为*T*与*VI*线性拟合的斜率;*c*和*d*为回归系数。因此,任意像元的土壤含水量计算公式为:

$$RSM = RSM_w - \frac{T - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}}(RSM_w - RSM_D) \quad (7)$$

2 结果与分析

2.1 *LST-NDVI*和*LST-EVI*特征空间建模

最大值和最小值法能够直观清晰地获得特征空间的干湿边,且易于线性拟合、数据处理和快速显示。因此,本文使用最大值和最小值法,在遥感软件ENVI中利用IDL编程,提取0~1范围内不同*NDVI*、*EVI*所对应的地表温度*LST*的最大值和最小值,并通过线性拟合,得到6月10~25日、6月26日至7月11日2个时相的*LST-NDVI*、*LST-EVI*特征空间(图2)。各像元的植被指数和地表温度组成的特征空间散点图呈梯形,图2中三角形点是某一像元植被指数对应的最大地表温度,上边界为干边。菱形的点是该像元植被指数对应的最小地表温度,下边界为湿边。

从图2中可以看出,在一定范围内,地表温度最大值和最小值与*NDVI/EVI*呈现明显的线性关系,2种植被指数的特征空间拟合形状十分相似,

*EVI*湿边的拟合效果略优于*NDVI*。而从前期和后期特征空间的差异来看,图2a、图2c中散点的分布近似于三角形,图2b、图2d中散点的分布近似于梯形。图2a、图2c的干边斜率明显大于图2b、图2d,而湿边斜率较为接近。说明前期地表温度高,干边值大,地表干旱特征明显。同时也因处于夏收时期,裸土的比例大于后期,前期地表植被覆盖状况更符合温度植被指数(*TVDI*)特征空间的理想条件。一般来说,*NDVI/EVI*值小于0.15的像元通常为水体、城镇等混合像元,同时结合散点图的分布特征,本文选取了*NDVI/EVI*在0.15~0.60和0.15~0.80之间的值对2个时相的数据分别进行线性趋势拟合,得到4组干边和湿边方程(表1)。从线性方程的复相关系数来看,复相关系数*R²*最高值为0.955,最低值为0.564,各拟合方程均通过了0.01的置信度检验,*LST-EVI*方程的拟合度总体高于*LST-NDVI*方程。

表1 特征空间的干边和湿边拟合方程

Tab. 1 The fitting equations for dry edge and wet edge of *LST-NDVI* and *LST-EVI* feature space

时间		<i>LST-NDVI</i>		<i>LST-EVI</i>	
6月10~25日	干边	$T_{\max} = -33.184 NDVI + 50.744$	$R^2 = 0.871$	$T_{\max} = -32.493 EVI + 50.554$	$R^2 = 0.955$
	湿边	$T_{\min} = -6.0928 NDVI + 26.061$	$R^2 = 0.609$	$T_{\min} = -2.1944 EVI + 24.877$	$R^2 = 0.697$
6月26日至7月11日	干边	$T_{\max} = -8.7124 NDVI + 44.034$	$R^2 = 0.718$	$T_{\max} = -11.022 EVI + 45.269$	$R^2 = 0.823$
	湿边	$T_{\min} = 6.9591 NDVI + 21.976$	$R^2 = 0.564$	$T_{\min} = 7.0148 EVI + 22.734$	$R^2 = 0.602$

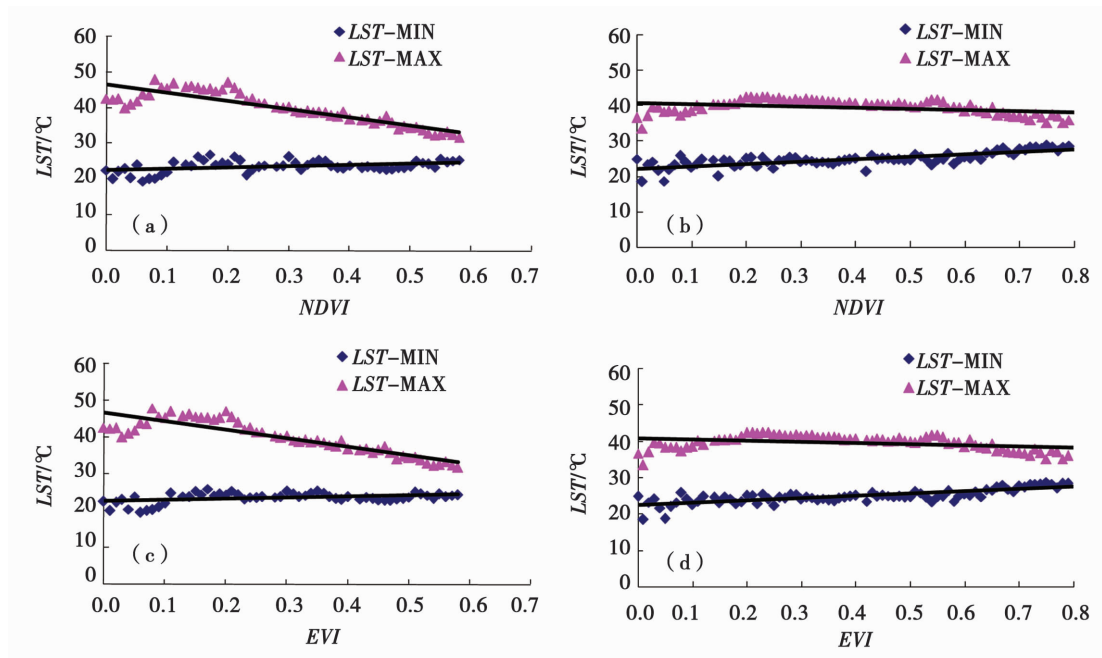


图2 2012年6月10~25日(a,c)及6月26日至7月11日(b,d)
LST-NDVI(a,b)和LST-EVI(c,d)特征空间

Fig.2 The LST-NDVI(a,b) and LST-EVI(c,d) feature space from
June 10 to 25 (a,c) and from June 26 to July 11 (b,d), 2012

得到特征空间中的干湿边方程后,在 ENVI 中分别利用 $NDVI$ 、 EVI 计算相应的 $TVDI$ 。再用实测数据结合遥感资料对干边上土壤相对湿度进行线性拟合,选取了 97 个土壤水分自动站,将 0~10 cm 的土壤相对湿度值最小值与干边方程斜率进行线性拟合,求出土壤相对湿度最小值 RSM_D 、 RSM_W 则统一取值 100%,拟合结果为:

$$RSM_{DNDVI} = 0.456 \sigma + 47.521 \quad (10)$$

$$RSM_{DEV I} = -0.347 \sigma + 32.066 \quad (11)$$

其中, σ 为干边方程斜率。然后依据公式(7),分别计算得到土壤表层的相对湿度值。

2.2 土壤水分反演结果

2.2.1 结果精度比较

利用建模以外的 47 个土壤水分自动站数据对反演结果进行检验,主要利用平均相对误差和均方根误差进行分析。其中 6 月 10~25 日, $LST-NDVI$ 的反演平均值比实测平均值偏低 8%, $LST-EVI$ 的反

演平均值比实测平均值偏低 4.5%, $LST-EVI$ 反演的平均相对误差比 $LST-NDVI$ 的减少了 1.89%, 均方根误差减少了 2.08%。6 月 26 日至 7 月 11 日, $LST-NDVI$ 的反演平均值比实测平均值偏低 9.1%, $LST-EVI$ 的相对湿度平均值比实测平均值偏低 7.7%。 $LST-EVI$ 反演的平均相对误差比 $LST-NDVI$ 的低 0.86%, 均方根误差偏少 1.16% (表 2)。由此可知, $LST-EVI$ 反演的结果更接近土壤水分自动站实测值, 总体精度高于 $LST-NDVI$ 。

由于 $NDVI$ 的饱和值较低, 只适用于中等植被条件下应用, 而土壤辐射亮度的变化对 $NDVI$ 值又有极大的影响。虽然 $NDVI$ 已被广泛应用于许多研究中, 但它的非朗伯体特性极其显著, 大气效应很难消除。 EVI 是在 $NDVI$ 的基础上发展而来的, 它能够避免 $NDVI$ 随叶面积增大快速饱和所带来的问题, 改善了 $NDVI$ 在低植被覆盖区植被指数被夸大的现象, 同时能够更好地去除大气和土壤的影响。

表 2 土壤相对湿度统计值及误差分析

Tab.2 Soil relative humidity statistics and error analysis

时间	实测平均值 /%	$LST-NDVI$			$LST-EVI$		
		反演平均值 /%	平均相对误差 /%	均方根误差 /%	反演平均值 /%	平均相对误差 /%	均方根误差 /%
6 月 10~25 日	64.6	56.6	17.26	11.71	60.1	15.37	9.63
6 月 26 日至 7 月 11 日	72.7	62.9	16.84	12.85	65.0	15.98	11.69

2.2.2 干旱监测分布图

基于 $LST - EVI$ 特征空间反演结果,参照中国气象局干旱监测等级标准(GB/T20481 - 2006)对反演结果进行分级(表 3),并定义土壤相对湿度 $> 90\%$ 为过湿,得到了 2012 年 6 月 10 ~ 25 日、6 月 26 日至 7 月 11 日的山东省干旱监测分布图(图 3)。从监测结果来看,6 月 10 ~ 25 日,全省大部分地区出现不同程度的旱情,以轻旱为主。部分地区出现中旱及重旱,主要分布在山东西部、中南部及东部等地

区。个别地区出现特旱,分布在菏泽、枣庄、日照等地。6 月 26 日至 7 月 11 日,全省大部分地区旱情较前期明显缓解,土壤相对湿度大多在 60% 以上,但山东中南部、山东西北部及部分半岛地区等,土壤相对湿度在 90% 以上,土壤含水量过于饱和,湿度过大,可以看出山东中南部及西北部地区在短期内干湿转变较为明显。此外,半岛地区的烟台、青岛和菏泽北部等地区旱情仍然持续,并较前期进一步有所发展。

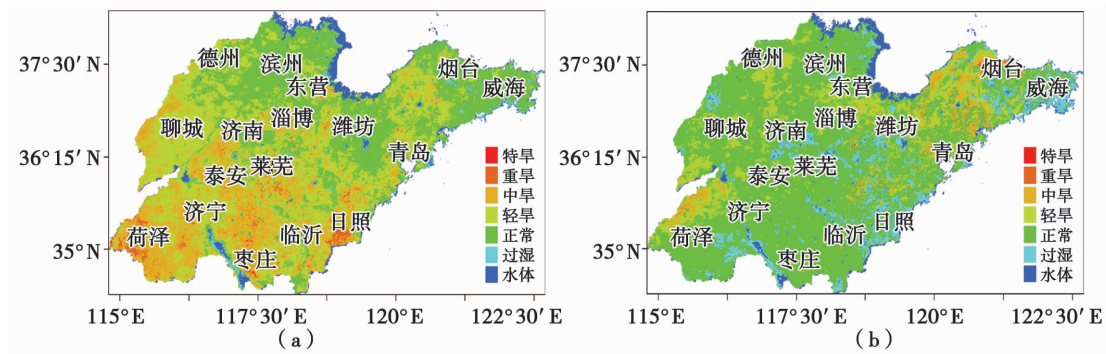


图 3 2012 年 6 月 10 ~ 25 日(a)及 6 月 26 日至 7 月 11 日(b)基于 $LST - EVI$ 的山东省干旱监测分布

Fig. 3 Drought distribution monitored by remote sensing in Shandong Province based on $LST - EVI$ from June 10 to 25(a) and from June 26 to July 11(b), 2012

2.2.3 干旱面积统计

根据 $LST - EVI$ 的山东干旱监测分布图(图 3),统计出各级别土壤相对湿度值的面积(表 3)。通过各级别干旱区域的面积变化程度可以

看出,前期大部分地区出现干旱,以“轻旱”为主。后期干旱面积减小,大部分地区干旱解除,土壤相对湿度在 60% 以上,但土壤过湿面积较前期明显增加。

表 3 土壤干旱监测分级标准及面积统计(单位: km^2)

Tab. 3 Soil drought monitoring grading standards and area statistics (Unit: km^2)

时 间	特旱 <30%	重旱 30% ~ 40%	中旱 40% ~ 50%	轻旱 50% ~ 60%	正常 60% ~ 90%	过湿 >90%
6 月 10 ~ 25 日	123	2 829	30 794	62 514	55 964	2 339
6 月 26 日至 7 月 11 日	11	327	5 049	25 416	107 241	16 513

3 结 论

通过将 $LST - NDVI$ 和 $LST - EVI$ 特征空间的反演结果与土壤水分自动站的实测数据对比发现,2 个时相中, $LST - NDVI$ 特征空间的反演平均值比实测平均值分别偏低 8% 和 9.1% ,反演精度分别为 82.74% 和 83.16% ,总体精度为 82.95% 。 $LST - EVI$ 特征空间的反演平均值比实测平均值分别偏低 4.5% 和 7.7% ,反演精度分别为 84.63% 和 84.02% ,总体精度为 84.33% ,比 $LST - NDVI$ 精度提高了 1.66% 。因此, $LST - EVI$ 模型的精度优于 $LST -$

$NDVI$ 模型,反演结果更接近自动站实测数据,更适用于本区域遥感干旱监测。

利用 $LST - EVI$ 模型的监测结果分析山东省干湿转换期的时空分布特征,6 月 10 ~ 25 日,干旱总面积为 $96 260 \text{ km}^2$,以轻旱为主,主要分布在山东西部、中南部等地区。6 月 26 日至 7 月 10 日,干旱总面积为 $30 803 \text{ km}^2$,较前期减少了 $65 427 \text{ km}^2$ 。前期干旱地区旱情明显缓解,但山东中南部、东部等地区土壤相对湿度过大。因此,利用 MODIS 遥感影像,采用温度植被指数法建立的 $LST - EVI$ 特征空间能够较准确地估测山东省干湿转换期的土壤表层相

对湿度,很好地反映了2012年山东省干湿转换期研究区域范围内干旱、洪涝的整体分布状况,同时结合地面土壤水分自动站的监测结果,提升了干旱监测的精度和时效,是一种适用于本地区遥感干旱监测的方法。

本文仅利用2012年6~7月的遥感资料对干湿转换期的旱情进行了监测分析,监测的时段较为短暂,反演结果与实测数据还存在一定的差距。因此,在未来的研究中还应利用更长时间范围内连续的数据资料,建立更加精确、可靠的监测模型,并结合气象资料、地表类型、植被类型等其它辅助数据,不断提高遥感干旱监测的精度。

参考文献:

- [1] Goward S N, Xue Y, Czajkowski K P. Evaluating Land Surface Moisture Condition from the Remotely Sensed Temperature/Vegetation Index Measurements: An Exploration with the Simplified Simple Biosphere Model[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 79:213-224.
- [2] Son N T, Chen C F, Chang L Y, et al. Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 18:417-427.
- [3] Patel N R, Anapashsha R, Kumar S, et al. Assessing potential of MODIS derived temperature/vegetation condition index (TVDI) to infer soil moisture status[J]. International Journal of Remote Sensing, 2009, 30:23-39.
- [4] 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(1):56-61.
- [5] 魏国栓,沈润平,丁国香.仪征地区农田深层土壤湿度遥感反演初探[J].遥感技术与应用,2008,23(1):36-41.
- [6] 于敏,程明虎,刘辉.地表温度-归一化植被指数特征空间干旱监测方法的改进及应用研究[J].气象学报,2011,27(5):922-931.
- [7] 范文华,张玉洁,孙茂璞,等.山东省降水量与不同强度降水日数变化对干旱的影响[J].干旱气象,2010,28(1):35-40.
- [8] 石春玲,李峰,孟详新,等.山东省2010~2011年秋冬连旱特征及成因[J].干旱气象,2012,30(3):324-331.
- [9] 赵英时.遥感应用分析原理与方法[M].北京:科学出版社,2003.374-375.
- [10] Huete A, Didan K, Miura T, et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices[J]. Remote Sensing of Environment, 2001, 83(1):195-213.
- [11] 杨嘉,郭锐,贾建华.西北地区MODIS/NDVI与MODIS/EVI对比分析[J].干旱气象,2007,25(1):38-43.
- [12] 闫娜,李登科,杜继稳,等.基于MODIS产品LST/NDVI/EVI的陕西旱情监测[J].自然灾害学报,2010,19(4):178-182.
- [13] 范辽东,姜纪红,盛辉,等.利用温度植被干旱指数(TVDI)方法反演杭州伏旱期土壤水分[J].中国农业气象,2009,30(2):230-234.
- [14] Owen T W, Carlson T N, Gillies R R. An Assessment of Satellite Remotely-sensed Land Cover Parameters in Quantitatively Describing the Climatic Effect of Urbanization[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19:1663-1681.
- [15] 邓辉,周清波.土壤水分遥感监测方法进展[J].中国农业资源与区划,2004,25(3):46-49.
- [16] 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.

Research on Soil Moisture Monitoring Using MODIS Data During the Drought/Wet Conversion Period in Shandong Province

CAO Zhangchi¹, SHEN Runping², TIAN Ye², LI Feng³

(1. Linyi Meteorological Bureau of Shandong Province, Linyi 276004, China;
2. Institute of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science and Technology,
Nanjing 210044, China; 3. Shandong Climate Center, Ji'nan 250031, China)

Abstract: Since the uneven spatial and temporal distribution of precipitation, the drought occurred at the end of spring and the beginning of summer in 2012 in Shandong Province. In this paper, the LST-NDVI, LST-EVI feature space were established using temperature vegetation index method based on MODIS product data MOD11A2, MOD13A2 and soil moisture data from automatic stations, and the soil moisture was retrieved to monitor the spatial and temporal distribution of drought in Shandong Province from June to July 2012. By comparing the monitoring results with the measured values, the predicted accuracy of LST-NDVI and LST-EVI feature space was 82.95% and 84.33%, respectively, which showed that the predicted accuracy of LST-EVI improved by 1.66%. From June 10 to June 25, the drought occurred in the central, south and west regions of Shandong Province, and from June 26 to July 10, due to the precipitation, the drought degree obviously mitigated and the drought area reduced 65 427 km². So TVDI method based on MODIS data could be used to monitor the relative humidity of the soil in Shandong Province.

Key words: soil moisture; TVDI; MODIS; drought monitoring