

MODIS 干旱监测模型各参数权值分析

刘良明¹ 胡 艳¹ 鄢俊洁¹ 谭德宝²

(1 武汉大学遥感信息工程学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(2 长江科学院空间信息技术研究所,武汉市黄浦大道 23 号,430010)

摘 要:以湖北省 2003 年 6、7 月份的数据作为试验数据,MODIS 干旱监测模型采用最大连续有云天数、最大连续无云天数、无云百分比和昼夜温差,并分析各参数的显著性和独立性以及对干旱监测的贡献程度,从而确定各参数在模型中的影响权。结果验证了各参数的显著性和独立性,在没有地面数据验证的情况下,可认为其在模型中近似等权;利用最大连续有云天数、最大连续无云天数、无云百分比和昼夜温差就能很好地监测旱情。
关键词:MODIS; 干旱预警模型; 云; 温差
中图法分类号:P237.3; TP753

传统的干旱监测多用 NOAA-AVHRR、LandSat TM 等传感器资料,其研究角度也各不相同,如美国国家海洋大气局国家环境卫星数据和信息服务中心(NOAA NESDIS)采用 VCI(植被条件指数)和 TCI(温度条件指数)方法进行全球性的干旱监测和预报;宫德吉从环境供水和生态系统需水的角度来研究干旱^[1]等。这些干旱监测方法最终都要通过某个参数来确定干旱级别,这些参数包括昼夜温差、云指数、归一化植被指数(NDVI)、归一化积雪指数(NDSI)、降水距平、灌溉区分类、前期干旱情况等。但由于干旱成因的复杂性,单一的参数未必能很好地监测干旱,MODIS 的干旱监测模型采用了比 NOAA-AVHRR、LandSat TM 等更好的数据源(MODIS 数据在监测干旱上有 NOAA-AVHRR、LandSat TM 无法比拟的优势^[2]),将上述与干旱的成因有关的参数纳入到干旱模型,并根据其对干旱的贡献程度赋予一定的权值,提出了基于 MODIS 数据的干旱预警监测模型^[2]。

由于干旱的发生具有一定的时域性和地域性,并且各种参数对干旱监测的贡献不一样,在实际应用中,往往不需要考虑所有的因素,或不能兼顾所有的因素。下面以湖北省 2003 年 6、7 月份的数据作为试验数据来分析模型中的参数。通过地面实际数据与试验检测结果的比较,可以直接

反映试验检测结果的可用性,并对干旱等级进行定量化。

1 MODIS 干旱监测模型采用的参数

在湖北省的干旱监测模型中,以月为监测周期,参数选定的原则是:参数对干旱预警是否有效;参数能否方便地获取。考虑到以上两点,本模型采用的参数为最大连续有云指数、最大连续无云指数、无云百分比和昼夜温差。

1.1 云指数

云指数^[2]包括无云百分比(CFDR)、最大连续有云天数(CCD)、最大连续无云天数(CCFD)。不同类型的云对降雨会产生不同的效果,因而进行云检测时,只检测具有降水潜质以及遮蔽性较强的云。降水云的云顶温度一般很低,而非降水云的云顶温度较接近或略低于地表温度,热红外(MODIS 的 31 通道)亮温可以很直观地反映这种情况^[3]。通过大量试验验证并摒弃了复杂的、传统的云检测算法,这里直接采用 MODIS 的 31 通道的亮温来完成云的检测。完成了云检测后,按时间段计算 CFDR、CCFD、CCD。对这几个参数进行干旱指数拟合(根据大量试验可以认为近指数关系),求取干旱指数,具体见表 1、表 2。

表 1 最大连续无云(有云)天数干旱指数设置(近指数关系)

Tab. 1 Drought Index of CCFD and CCD

最大连续无云(有云)天数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	≥11
干旱指数(无云)	-2	-1.8	-1.5	-1.0	-0.5	0.0	0.4	0.8	1.3	1.8	2
干旱指数(有云)	2	1.8	1.1	0.4	0	-1.0	-1.5	-1.7	-1.8	-1.9	-2

表 2 无云百分比干旱指数设置(指数关系)

Tab. 2 Drought Index of CFDR

无云百分比 ≤ 0.30	0.3~0.5	0.5~0.7	≥ 0.7	
干旱指数	-2	$-4.4 \times (0.5 - \text{CFDR})^{1/2}$	$4.4 \times (\text{CFDR} - 0.5)^{1/2}$	2

1.2 昼夜温差

LST(地表温度)是地球表面能量平衡和温室效应的一个很好的指标,它是区域和全球尺度地表物理过程中的一个关键因子^[4]。地表昼夜温差是本干旱预警模型中的重要参数。通过 MODIS 白天和晚上的数据可以计算昼夜温差。由于云顶温度较地面低,在有云情况下计算的温差不能反映其真实的地表温差,因此,在求取昼夜温差前,首先要剔除云。剔除云之后求取的温差很难覆盖整个区域,因而结果不能反映一个地区的情况。考虑到处理的是一段时间的数据,因此,可以对一段时间内的温差求平均,平均温差可以弥补云造成的影响。对于求取不到温差的地区,直接采用其他参数进行计算,即不考虑此处的昼夜温差的影响。昼夜温差干旱指数设置见表 3。

表 3 昼夜温差干旱指数设置

Tab. 3 Drought Index of TD

TD	≤2	(2,7)	(7,12)	≥12
干旱指数	-2	$-(\text{TD} - 7)^2 \times 0.08$	$(\text{TD} - 7)^2 \times 0.08$	2

2 模型中各参数权的分析与确定

一个实用的干旱模型至少需要解决两个主要问题:模型中各参数是否对综合干旱指数有显著贡献;各参数对综合干旱指数的贡献到底有多大,从而确定模型中各参数的影响权。

本文采用 2003 年 6、7 月湖北省地区的数据作为试验数据(由于篇幅,表 4~表 6 中只给出了 6 月份的情况,但对 6 月份各表的分析及结论参照了 7 月份的情况)。针对各个站点采集的土壤湿度(20cm 深)以及昼夜温差、三个云参数(CCD、CCFD、CFDR)所确定的干旱指数进行分析(表 4),试图验证各参数的显著性和独立性(表 5),同时确定各参数的影响权。其中,土壤湿度数据为当月三个时段的地面观测数据的平均值,Temp_

Diff_DI、CFDR_DI、CCD_DI、CCFD_DI 分别为根据上面查找表确定的干旱指数。

表 4 2003 年 6 月湖北省各站点由各参数得到的干旱级别与土壤湿度

Tab. 4 Drought Index of Parameters and Soil Moisture of Hubei Province in June, 2003

站点名	土壤湿度	Temp_Diff_DI	CFDR_DI	CCD_DI	CCFD_DI
鄖西	57.7	2	0.98	1.8	1
天门	77.7	0.007	1.50	1.02	0.06
麻城	59.3	-0.09	1.87	1.8	0
谷城	80	0.34	0.44	1.8	-1.5
宜城	82	-0.11	1.32	1.8	0.8
随州	71	-0.13	0.98	1.1	0.4
房县	95.5	-0.25	-0.98	1.1	-1.5
荆州	80.5	-0.2	1.1	0.72	-1.5
英山	87.3	-0.74	1.28	0	-0.56
咸宁	98	-0.2	-0.11	0.4	-1.5
汉口	69.7	-0.44	1.21	1.1	-0.83
竹溪	93	0.11	-1.43	1.1	-1.8
钟祥	92	0	0.98	0	0.4
来凤	97.7	-0.52	1.13	1.57	-1.5

表 5 为 2003 年 6 月湖北省各个参数之间的相关性矩阵。从表 5 可以看到:① 各参数之间的相关性大都很小,一般均小于 0.60;② 温差与其他 3 个云参数之间的相关性极小,没有超过 0.10,连续无云天数和连续有云天数的相关性也不超过 0.25;③ 连续无云天数、连续有云天数与无云百分比之间的相关性相对稍高,但并不强相关。当两个参数之间的相关系数小于等于 75%时,两个参数的可区分性超过 95%^[5]。因此,可以认为这些参数之间是相互独立的。

表 6 为 2003 年 6 月湖北省各个参数与实测土壤湿度的相关性以及由不同参数的组合与土壤湿度的相关性分析结果(表中“√”表示参数组合中考虑了这个参数,“×”则表示不考虑)。

表 5 2003 年 6 月湖北省各个参数之间相关性分析

Tab. 5 Relationships Between Each Parameters of Hubei Province in June, 2003

	温差	连续有云天数	连续无云天数	无云百分比
温差	1	0.016	0.053	0.076
连续有云天数		1	0.192	0.430
连续无云天数			1	0.620
无云百分比				1

表 6 2003 年 6 月各参数与实测数据的相关性

Tab. 6 Relationships Between Parameters and Observed Data in June, 2003					
	TD	CCD	CCFD	CFDR	参数组合
	0. 64	0. 45	0. 54	0. 31	—
与土壤湿度 的相关性	✓	✓	✓	✓	0. 72
	×	✓	✓	✓	0. 61
	✓	×	✓	✓	0. 68
	✓	✓	×	✓	0. 72
	✓	✓	✓	×	0. 73

从表 6 中可以得到如下结论:① 单个参数与地面实测数据的相关系数在 0. 30~0. 65 之间,均未能很好地反映实际的干旱情况,而各参数的组合指数与土壤湿度的相关性比任意单个参数的相关性都要高很多,这表明参考的各参数的独立性和重要性;② 对比各组合指数,参考所有的参数所得的结果较稳定,能更好地反映实际情况,这也正是本文所期望的结果,这在一定程度上验证了模型的正确性;③ 模型的各个参数与土壤湿度的相关性相差不大,且没有明显的规律,在没有地面数据的情况下,可以认为其近似等权。

在本模型中,各参数权的确定对结果有着直接的影响。权的确定可以考虑多种方法,如根据经验定权、根据数据的可信度定权或数学方法定权,这里采用数学方法定权。根据常识,某参数如果与土壤含水量的相关性强,表明其影响权大,反之亦然。由于各个参数之间的相关性不大,因此直接采用各个参数与土壤湿度的相关系数作为参考权。表 7 为湖北省 2003 年 6 月和 7 月份根据实测土壤湿度确定的干旱等级(SD_DI)与模型计算得到的干旱等级(DI)的比较结果,EQ_POWER 为等权计算所得的结果;REL_POWER 为利用相关系数作为权计算所得的结果,其中干旱级别共分为 6 个等级:特湿 D₀、湿 D₁、正常 D₂、轻旱 D₃、中旱 D₄、重旱 D₅。

表 7 中,6 月份非等权的结果与土壤湿度具有相同结果的站点有 8 个(占 53%),相差一个干旱等级的站点有 7 个(占 47%),相差两个干旱等级的站点有 0 个(0%)。而等权计算的结果与土壤湿度比较的结果为:具有相同的结果站点有 6 个(占 40%);相差一个干旱等级的站点有 8 个(占 53%);相差两个干旱等级的站点有 1 个(7%)。7 月份非等权计算的结果与土壤湿度比较结果为:具有相同的结果站点有 7 个(占 41%),相差一个干旱等级的站点有 10 个(占 59%),相差两个干旱等级的站点有 0 个(0%)。7 月份等权计算的结果与土壤湿度比较结果为:具

有相同的结果站点有 6 个(占 35%),相差一个干旱等级的站点有 10 个(占 59%),相差两个干旱等级的站点有 1 个(6%)。从比较结果可以看出:① 利用参数间相关性作为模型权的结果比等权计算所得的结果的准确性高,能更好地反映干旱情况;② 虽然等权计算的结果的准确性没有利用相关系数作为权的结果的准确性高,但还是能在很大程度上反映干旱情况,因此,在没有地面数据的情况下,直接采用等权计算是可行的;③ 对于两种方法而言,相差一个干旱等级的站点都集中在没有旱情的过湿地区,模型得到的旱情等级大都高于土壤湿度得到的旱情等级,只有 2003 年 6 月份阳新例外,表明模型对过湿地区的敏感性较弱;④ 对于 6 月份有轻微旱情的鄖西、大悟等地,模型能很好地检测出来,旱情等级越高,正确性趋势越好,表明模型对旱情有良好的敏感性。

表 7 6 月份和 7 月份各站点的土壤湿度与模型结果比较

Tab. 7 Drought Index of the Model and Soil Moisture in June and July, 2003							
站 点	6 月份			站 点	7 月份		
	SD_DI	EQ_POWER	REL_POWER		SD_DI	EQ_POWER	REL_POWER
鄖西	D3	D3	D3	汉口	D2	D2	D2
麻城	D3	D3	D3	天门	D1	D2	D1
秭归	D2	D1	D1	鄖西	D1	D1	D1
随州	D1	D2	D1	随州	D1	D2	D2
阳新	D1	D1	D1	麻城	D1	D2	D2
建始	D1	D1	D1	大悟	D1	D2	D2
天门	D1	D2	D2	秭归	D1	D1	D1
谷城	D1	D2	D1	咸宁	D1	D1	D1
荆州	D1	D1	D1	谷城	D1	D1	D1
应城	D1	D1	D1	阳新	D1	D2	D2
宜昌	D0	D1	D1	英山	D1	D1	D1
钟祥	D0	D2	D1	建始	D0	D1	D1
竹溪	D0	D1	D1	荆州	D0	D1	D1
房县	D0	D1	D1	宜城	D0	D2	D1
咸宁	D0	D1	D1	汉口	D2	D2	D2
				天门	D1	D2	D1

3 结 语

1) 对昼夜温差、CCD、CCFD、CFDR 这几个参数进行相关性分析,验证了各参数的显著性和独立性。并且对这几个参数与实测土壤湿度(20 cm 深)进行相关性分析,单个参数与实测土壤湿度相关性不强,不能很好地反映实际的旱情,但是考虑所有参数的组合与实测土壤湿度的相关性最好,在一定程度上证明模型纳入这些参数是必要的,也是正确的。

2) 比较了相关系数作为参考权和等权(对于无地面验证数据非常重要)两种情况对旱情监测

结果的影响。试验表明,相关系数权较等权的结果好,但是等权也能很好地反映旱情,这也说明在无实测土壤湿度(20 cm 深)数据确定相关系数的情况下,模型仍然可以用于旱情监测。

3) 本模型没有考虑土地覆盖类型等因子,但可考虑将其纳入到模型中,这方面还有待进一步研究。另外,在最终的监测结果中,对常年水体直接赋予特湿 D0,对其处进行干旱监测没有意义。

参 考 文 献

1 宫德吉,郝慕玲,侯 琼. 旱灾成灾综合指数的研究. 气象,1997,22(10):3~7

2 谭德宝,刘良明,鄢俊洁,等. MODIS 数据的干旱监测模型研究. 长江科学院院报,2004,21(3):11~15
3 鄢俊洁,刘良明. MODIS 云检测研究. 第十四届全国遥感技术学术交流会,青岛,2003
4 刘玉洁,杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法. 北京:科学出版社,2001. 196~197
5 李德仁,袁修孝. 误差处理与可靠性理论. 武汉:武汉大学出版社,2002

第一作者简介:刘良明,副教授。主要从事遥感、GIS 等领域的教学和科研工作。

E-mail:lm_liu69@sohu.com

Analysis of Parameters and Their Powers of MODIS
Drought Monitoring Model

LIU Liangming¹ HU YAN¹ YAN Junjie¹ TAN Debao²

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Yangtze River Scientific Research Institute, 23 Huangpu Road, Wuhan 430010, China)

Abstract: With the in-situ soil moisture data of Hubei province in June and July 2003, this papar brings out CCFD, CCD,CFDR and temperature difference (TD) into the drought monitoring model,analyzes their relationships and to what extent they influenced the integrated drought index,so as to make certain their powers in this model. The results show that these parameters have their independence and importance,and using the correlation coefficients as powers is better than that of equal powers.

Key words: MODIS; drought prediction model; cloud; temperature difference

About the first author: LIU Liangming, associate professor, his research interest includes applications of remote sensing data to earth sciences, geographic information systems development.

E-mail: lm_liu69@sohu.com

(责任编辑: 晓平)

《武汉大学学报·信息科学版》在国家期刊奖评比中获奖

第三届国家期刊奖日前公布,《武汉大学学报·信息科学版》荣获提名奖。这是本刊首次参加该项国家级评比,并获得大奖。

国家期刊奖是由国家新闻出版总署组织的全国期刊最高奖,每两年评选一次,2004 年是第三届。共设奖励名额 360 种,其中国家期刊奖(一等奖)60 种,提名奖(二等奖)100 种,全国百种重点期刊(三等奖)200 种。科技期刊和社科期刊分开评比,各占一半名额,从全国 8 000 多种期刊中层层推荐、评比产生。

本届国家期刊奖评比中科技类期刊采用了新的评价标准,反映了国家对科技期刊的整体要求。《武汉大学学报·信息科学版》能跻身二等奖,是对本刊办刊方针和期刊质量的充分肯定。

据悉,全国高校学报自然科学版中进入一等奖的仅 1 种,二等奖 5 种,三等奖 17 种。在测绘类期刊中,本刊也是惟一进入提名奖的期刊。