

# 基于植被温度条件指数的 克里雅河流域干旱监测研究

阿不都拉·阿不力孜<sup>1,2</sup>, 塔西甫拉提·特依拜<sup>1,2</sup>, 建丽<sup>1,2</sup>, 买买提·沙吾提<sup>1,2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

**摘要:** 干旱是干旱半干旱地区由气候变化和人类生产活动而引起的环境问题之一。区域环境干旱化趋势的研究对该区域生态环境、水资源管理及农业生产有着重要意义。在植被温度条件指数(VTCI)的基础上对克里雅河流域进行干旱监测。结果表明: 2005–2010年研究区整体上向干旱化方向发展, 由北向南干旱趋势依次增强。其中, 南部山区2005年VTCI值为0.696 4, 到2010年VTCI值为0.486 4, 其变化相差–0.210 0, 旱化趋势较为严重; 研究区中部的VTCI相差值分别为0.071 3和0.042 6, 表现为有轻微干旱程度减弱趋势, 变化不明显; 北部地区即克里雅河下游地区的VTCI值从2005年的0.121 0减少到2010年的0.075 4, VTCI相差–0.045 6, 呈轻微旱化趋势。

**关键词:** 克里雅河流域; 植被温度条件指数; 干旱监测

中图分类号: S423

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0153-04

## Vegetation Temperature Condition Index for Drought Monitoring in Keriya River Basin

Abdulla·Abliz<sup>1,2</sup>, Tashpolat Tiyp<sup>1,2</sup>, DING Jian-li<sup>1,2</sup>, Mamat·Sawut<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology Ministry of Education, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Drought is one of the environmental problems caused by climatic changes and human activity in arid and semi-arid regions. Study on regional environment aridity is very significant for regional eco-environment, water resources management and agriculture. In this paper, vegetation temperature condition index (VTCI) was used for drought monitoring in Keriya and Qira County, Xinjiang. From 2005 to 2010, study revealed a gradual increase in the extent of drought in the study area. Southern mountain area has the quick speed to drought, while northern area turns into drought slowly. During these five years, the average VTCI value of southern mountain area has decreased with the value of –0.210 0; the average VTCI transformation values of the central part of study area are 0.071 3 and 0.042 6, respectively, showing little trend to becoming wet; the lower river reaches of Keriya River is becoming a little drier with the Vegetation temperature (VTCI) transformation value of –0.045 6.

**Key words:** Keriya River basin; vegetation temperature condition index (VTCI); drought monitoring

干旱是影响生态环境、人类农业生产和社会经济发展的一种自然灾害, 它影响地表和地下水资源, 导致水源匮乏、水质恶化、农作物产量减少, 使人类社会经济发展缓慢<sup>[1]</sup>, 日益严重的干旱已成为科学界高度关注的问题之一。随着全球气候变暖和需水量增长速度的加快, 干旱问题变得十分显著, 如何及时有效地监测干旱也变得更为重要。通过地面气候数据监

测干旱的传统方法不能够及时观测和定量分析干旱状况, 而利用多时相、多光谱、高空间分辨率遥感卫星数据的遥感监测方法可以定量分析大范围的干旱分布状况<sup>[2]</sup>。

最近几年, 许多科学家通过建立不同的遥感模型来监测干旱<sup>[1-7]</sup>。Kogan 分别在1990年和1995年, 利用AVHRR NDVI和LST数据来建立了植被状态

收稿日期: 2010-12-09

修回日期: 2011-01-14

资助项目: 国家自然科学基金项目(40961025); 国家自然科学基金项目(40901163); 新疆维吾尔自治区科技支撑计划项目(201033122)

作者简介: 阿不都拉·阿不力孜(1983–), 男, (维吾尔族), 新疆人, 硕士, 研究方向为干旱区资源环境与遥感应用。E-mail: abdulla\_xju@ sina.com

通信作者: 塔西甫拉提·特依拜(1958–), 男, (维吾尔族), 新疆人, 教授, 博士, 研究领域为资源遥感与GIS。E-mail: tash@xju.edu.cn

指数(VCI) 和温度状态指数(TCI), VCI 能较好地反映植被受到环境胁迫程度, TCI 可作为温度相关植被胁迫程度指数。2003 年, Ramesh 等人应用 VCI 和 TCI 对印度地区进行干旱监测研究。Wang 等在 2001 年建立了基于 LST 和 NDVI 特征空间的植被温度条件指数(VTCI), 进而在 2004 年, Wan 等人利用 EOS-MODIS 的 NDVI 和 LST 产品对 VTCI 干旱监测方法进行了更进一步研究。2005 年 Katou 和 Yamaguchi 在归一化水分指数(NDWI), NDVI 和 LST 的基础上建立了植被水分温度指数(VWTI 1) 和 VWTI 2, 并分别监测了干旱程度及干旱对植被的影响<sup>[2,5]</sup>。

新疆属干旱半干旱地区, 人们的居住和生产活动大多聚集在绿洲。在全球气候变化和当地人口增长的推动下, 绿洲生态环境变得更为脆弱, 恶化的生态威胁到了人们的生存环境。因此, 研究生态环境演变过程, 尤其是跟生产活动直接相关的干旱化趋势, 对合理配置利用自然资源、人地和谐、可持续发展具有重要意义。本文以克里雅河流域为研究区, 利用植被温度条件指数(VTCI) 来监测研究区的干旱变化趋势及其分布规律。

# 1 研究区概况

克里雅河位于新疆维吾尔自治区塔里木盆地南

部, 发源于昆仑山主峰的乌斯腾格山北坡远古冰川, 河水主要由昆仑山雪水融汇而成, 分别由库拉甫河和喀什塔什河等支流组成, 自南向北流动, 滋润于田县绿洲后, 继续蜿蜒向北, 深入塔克拉玛干沙漠腹地, 最后消失在达里雅布依附近, 河流长 530 km。

研究区位于新疆维吾尔自治区最南部, 昆仑山北麓, 塔克拉玛干大沙漠南缘, 地处东经 80° 03′ - 82° 51′, 北纬 35° 14′ - 39° 30′ 之间, 属暖温带干旱荒漠气候区。地势南高北低, 自南向北形成高山、戈壁、沙漠等地貌单元, 并有典型的冰川、冻土、火山、沙漠等地貌类型。光照充足, 降水稀少, 蒸发量大, 春夏季大风、沙暴和浮尘天气多。研究区年均气温为 11.6℃, 年均降水量为 47.7 mm, 年均无霜期为 209~ 213 d。

# 2 数据源和研究方法

## 2.1 数据来源

数据来自于美国航空航天局(NASA) 的 TERRA/MODIS 遥感卫星数据共享平台网站(<http://ladsweb.nascom.nasa.gov>), 选取了 2005 年 7 月 18 日和 2010 年 7 月 18 日的 1B 数据为两个时相数据。MODIS 数据共有 36 个通道, 本文采用 CH1, CH2, CH31 和 CH32 四个通道数据来分别计算植被指数和亮温。表 1 为 MODIS 部分通道的基本特征<sup>[8]</sup>。

表 1 MODIS 通道特征

波段	光谱范围	光谱带宽	地面分辨率/m	信噪比	主要应用领域
1	620~ 670 nm	50 nm	250	128snr	植物叶绿素吸收
2	841~ 876 nm	35 nm	250	201snr	云和植物、土地覆盖
31	10.78~ 11.28 μm	0.50 μm	1000	0.05NEΔT	云、表面温度
32	11.77~ 12.27 μm	0.50 μm	1000	0.05NEΔT	云顶高度、表面温度

注: 辐射灵敏度对于反射通道来说, 是用百分比表示的噪声等效反射差; snr 为信噪比; NEΔT 为热红外波段上的温差。

## 2.2 数据预处理

根据 MODIS Level 1B Product User's Guide<sup>[9]</sup>, 对研究区影像进行了几何校正、投影转换、裁剪等处理。CH1 和 CH2 通道进行重采样成 1 000 m 分辨率, 能够跟 CH31 和 CH32 通道合成。

2.2.1 植被指数 归一化植被指数(NDVI) 是植被生长状态及植被覆盖度的重要指示因子, 在干旱半干旱地区, 在整个作物生长期中对降雨量变化较为敏感。高的 NDVI 值表示健康植被, 而低的 NDVI 值反映植被长势不好或不健康。NDVI 可用红光波段和近红外波段之比来表达<sup>[10]</sup>

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

式中: NIR——近红外波段, 即 CH2; RED——红光波段, 即 CH1。

2.2.2 地表温度 土壤和植被冠层的温度是决定植

被生长速率的主要因素, 而地表温度(LST) 能反映地表热环境的分布特征, 是地表能量平衡的主要指示因子。地表的辐射量度温度可用 Planck 公式来求算, 其运算式为:

$$T = \left| \frac{hc}{k\lambda} \right| \frac{1}{\ln(2hc^2 \lambda^{-5} L^{-1} + 1)} \quad (2)$$

式中: T——亮度温度(K); h——Planck 常数; c——光速; k——Boltzmann 常数; λ——中心波长; L——光谱的辐射亮度<sup>[11]</sup>。

# 3 植被温度条件指数(VTCI) 的构建

Wang 等人由植被指数和地表温度的二维特征空间出发, 建立植被温度条件指数来评价干旱程度。VTCI 通过 NDVI 和 LST 的散点图特征来确定湿边和干边, 其公式<sup>[5,12]</sup>为:

$$VT CI = \frac{Y_{\max(Ni)} - Y_{(Ni)}}{Y_{\max(Ni)} + Y_{\min(Ni)}} \tag{3}$$

$$Y_{\max(Ni)} = a + bNi, Y_{\min(Ni)} = a' + b'Ni \tag{4}$$

式中:  $Ni$ ——影像中具有同样 NDVI 值的像元;  
 $Y_{(Ni)}$ ——像元  $Ni$  的地表温度值;  $Y_{\max(Ni)}, Y_{\min(Ni)}$ ——  
某一特定 NDVI 值像元中的地表温度最大值和最小

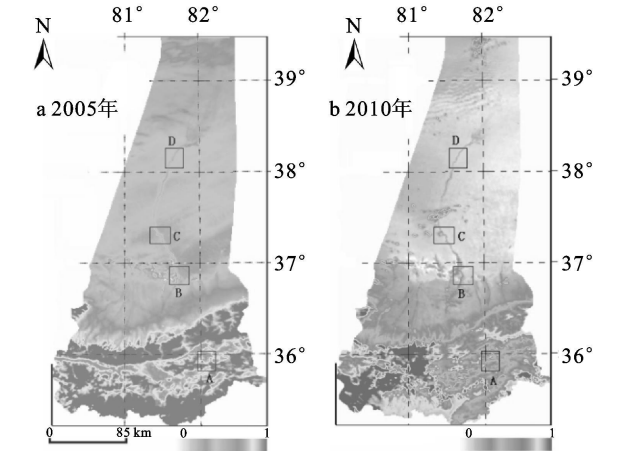
表 2 研究区干边和湿边方程系数

时间	$a$	$b$	$a'$	$b'$	$R_w^2$	$R_c^2$
2005-07-18	326.8900	- 53.7100	268.5400	43.2020	0.9893	0.9838
2010-07-18	335.4300	- 74.6760	264.6300	69.6010	0.9955	0.9702

注:  $R_w^2$  和  $R_c^2$  分别为湿边和干边相关系数。

从表 2 中可以看出, 通过 LST- NDVI 二维特征空间构建的研究区干边和湿边方程拟合相关系数为较高, 平均在 0.98 以上。利用 LST- NDVI 特征空间来建立植被温度条件指数并进一步进行研究区干旱监测是可行的。

应用植被温度条件指数(VT CI) 对研究区的两期遥感影像进行了运算, 结果如图 1 所示。



A 区为山区河源, B 区为克里雅河上游地区, C 区为中游地区, D 区为下游地区; VT CI 指数范围为 0~ 1, 其相应变化趋势为从干旱到湿润

图 1 2005 年、2010 年植被温度条件指数图

4 结果分析与讨论

为分析和讨论研究区干旱分布状况和演变趋势, 在山区河源、克里雅河上游地区(绿洲南缘)、中游地区和下游地区分别选取了 A, B, C 和 D 四个感兴区域, 面积均为 500 km<sup>2</sup>, 对其 VT CI 值取平均, 求相差, 其结果为表 3 所示。

从表 3 中可以看出, 研究区中从山区到下游沙漠地区表现出从湿润往干旱的变化趋势。从 2005- 2010 年, A 区和 D 区往干旱化趋势发展, 其中 A 区 VT CI 相差值为- 0.210 0, 变化幅度较大, 而下游地区(D 区)的 VT CI 相差值为- 0.045 6, 变化趋势比较慢; B 区和 C 区, 即克里雅河上、中游区域 VT CI 相

值;  $a, b, a', b'$ ——湿边和干边的截距和斜率。分析  $Y_{\max(Ni)}$  和  $Y_{\min(Ni)}$  的二维特征空间中可得出湿边和干边, 并通过上述公式可以获得  $a, b, a', b'$  的值。植被温度条件指数范围为 0~ 1, 其相应变化趋势为从干旱到湿润。本研究中通过运算分析得到的  $a, b, a', b'$  值如表 2 所示。

值分别为 0.071 3 和 0.042 6, 干旱程度均为减弱, 其中上游地区的干旱化幅度比下游地区大。

表 3 植被温度条件指数变化

区域	VT CI <sub>2005</sub>	VT CI <sub>2010</sub>	相差 (VT CI <sub>2010</sub> - VT CI <sub>2005</sub> )	变化趋势
A	0.6964	0.4864	- 0.2100	-
B	0.0963	0.1676	0.0713	+
C	0.0561	0.0987	0.0426	+
D	0.1210	0.0754	- 0.0456	-

注: - 表示干旱程度加强; + 表示干旱程度减弱。

区域干旱直接影响该区域的地表水和地下水资源, 低降水量和高蒸发量使区域水资源越来越匮乏。为了进一步分析干旱对地表水的干预, 将以克里雅河为中线, 在其流域中做了宽度为 2 km 的缓冲区(图 2)。

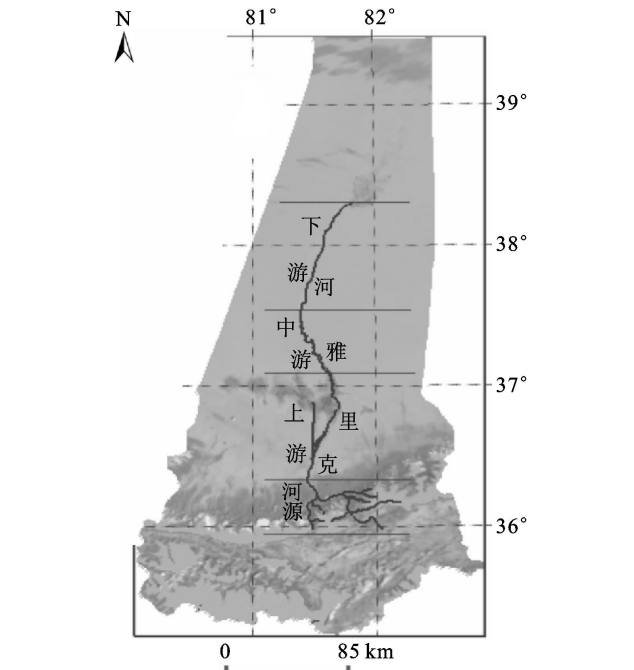


图 2 克里雅河缓冲区示意图

在缓冲区中自南向北分为河源、上游、中游和下游 4 个河流段, 取其 VT CI 平均值, 分析干旱变化趋势, 相关数据见表 4。

2005 年和 2010 年两期的植被温度条件指数变化

显示,山区河源缓冲区(650 km<sup>2</sup>)植被温度条件指数值从2005年的0.753 7减少到了2010年的0.559 4,其相差值为- 0.194 3,变化趋势为干旱,其变化幅度较大;上游缓冲区(395 km<sup>2</sup>)植被温度条件指数从0.206 2变化为0.181 0,其变化幅度为- 0.025 2,其变化幅度小,呈旱化趋势;中游缓冲区(200 km<sup>2</sup>)呈现干旱程度减弱趋势,其植被温度条件指数从0.136 1增加了0.068 5;下游缓冲区(150 km<sup>2</sup>)呈干旱化趋势,其植被温度条件指数从2005年的0.173 0减少为2010年的0.151 0,其变化相差- 0.022 0,旱化幅度为小。

表4 克里雅河缓冲区植被温度条件指数变化

缓冲区	VT CI <sub>2005</sub>	VT CI <sub>2010</sub>	相差(VT CI <sub>2010</sub> - VT CI <sub>2005</sub> )	变化趋势
河源	0.7537	0.5594	- 0.1943	-
上游	0.2062	0.1810	- 0.0252	-
中游	0.1361	0.2046	0.0685	+
下游	0.1730	0.1510	- 0.0220	-

注: - 表示干旱程度加强; + 表示干旱程度减弱。

2005年克里雅河下游缓冲区的干旱程度比中游的更低一些,从地形和地下水位角度分析,是地下水对河流的补充和水位变化引起的;2010年下游缓冲区比中游缓冲区干旱,同时上游缓冲区比中游缓冲区干旱。绿洲是人们居住和生产最集中的场所,易受人类活动的影响,克里雅河上游缓冲区正穿过于田绿洲。统计资料显示<sup>[13]</sup>,2004年于田县总人口数量为224 882人,2005年人口增长到了227 300人,2009年人口总数量增加为245 100人。随着人口增长的推动,居住面积会一年比一年多,这使得居民聚居的上游缓冲区的VT CI值下降。

克里雅河上游的B区面积为500 km<sup>2</sup>,大部分为自然地表;而面积为395 km<sup>2</sup>的上游缓冲区是绿洲内部居住和生产的聚集地。因此,在感兴趣区域分析和缓冲区分析中,两者干旱变化趋势表现为不一致。

在全球变暖背景下,干旱半干旱区冰川面积变化、绿洲环境演变规律及发展趋势已成为了科学界关心的环境变化问题之一。全球气候变暖使得昆仑山上的冰雪融化速度加快,使河流水量增加、部分上游地区干旱程度减弱,这样的趋势能否延续下去还有待观察和研究。

5 结论

本文利用MODIS遥感数据,基于植被温度条件指数对于田和策勒进行了干旱监测,得出以下结论:

(1)从2005- 2010年,研究区整体上向干旱化方向发展,由北向南干旱趋势依次增强,其中,南部山区(A区)的变化相差值为- 0.210 0,其旱化趋势较为

严重;北部地区即克里雅河下游地区(D区)的变化相差值为- 0.045 6,呈轻微旱化趋势;研究区中部(B、C区)相差值分别为0.071 3和0.042 6,表现为有轻干旱程度减弱的趋势。

(2)克里雅河缓冲区研究结果显示,河源缓冲区干旱化趋势较快,上游缓冲区有较小的旱化弱趋势,中游缓冲区干旱程度减弱,下游干旱程度加强。

(3)克里雅河及于田策勒绿洲的水资源由冰川、雪水融汇而来。研究区中,虽克里雅河上游缓冲区域干旱程度减弱了,可南部山区水源区呈干旱趋势,且两个区域植被温度条件指数(VT CI)变化幅度值相差很大。

参考文献:

[1] Mishar A K, Singh V P. A review of drought concepts [ J]. Journal of Hydrology, 2010, 12: 202-216.

[2] 侯英雨,何延波,柳钦火,等. 干旱监测指数研究[ J]. 生态学杂志, 2007, 26(6): 892-897.

[3] 姚玉蓉,董安祥,王毅荣,等. 基于帕默尔干旱指数的中国春季区域干旱特征比较研究[ J]. 干旱区地理, 2007, 30(1): 22-29.

[4] 李晓辉,陶祖钰. 区域干旱的数值模拟试验[ J]. 干旱区地理, 2007, 30(5): 704-707.

[5] Naresh Shakya, Yasushi Yamaguchi. Vegetation, water and thermal stress index for study of drought in Nepal and central northeastern India [ J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(3/4): 903-912.

[6] 王劲松,郭江勇,周跃武,等. 干旱指标研究的进展与展望[ J]. 干旱区地理, 2007, 30(5): 60-65.

[7] Quiring S M, Ganesh S. Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas[ J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2010, 150: 330-339.

[8] 赵英时. 遥感应应用分析院里与方法[ M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[9] MODIS Characterization Support Team. MODIS Level 1B Product User's Guide[S], 2003.

[10] Kaufman Y J, Justice C, Flynn L. Monitoring global fires from EOS-MODIS [ J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 102(29): 611-624.

[11] Justice C O, Giglio L, Kaufman Y, et al. MODIS fire products [ J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83: 244-262.

[12] Wang Pengxin, Li Xiaowen, Gong Jianya, et al. Vegetation temperature condition index and its application for drought monitoring [ J]. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2001, 1: 144-143.

[13] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴[ M]. 北京: 中国统计出版社, 2005- 2010.