

引用格式:Huang Tiecheng, Chen Shuijiang, Hou Min, *et al.* The NDVI Time Effect of Haloxylon Aammodendron Forest in Gurbantunggut Desert; Based on Phenological Changes and the Image of MODIS[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(5): 784-789. [黄铁成, 陈蜀江, 侯敏, 等. 古尔班通古特沙漠梭梭林地 NDVI 的时间效应——基于物候变化和 MODIS 图像的研究[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(5): 784-789.]

# 古尔班通古特沙漠梭梭林地 NDVI 的时间效应

## ——基于物候变化和 MODIS 图像的研究

黄铁成, 陈蜀江, 侯 敏, 时珍霞, 周 敏, 彭佳明, 陈添乐, 罗晓琴

(新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

**摘要:**遥感图像信息提取研究是遥感研究中的一个关键问题,也是遥感研究的热点和难点之一。使用 2000~2010 年 MODIS-NDVI 16 d 合成数据和物候记录,借助 GIS 空间分析和统计分析方法,重构了古尔班通古特沙漠梭梭林地  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  时间序列特征曲线。分析物候与  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  时间序列表明,梭梭林地内的短命植物生长期早于梭梭。研究梭梭林地  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  时间序列曲线发现,曲线中存在一个明显区别于其他地物的特征点,该点可以作为梭梭林地信息“诊断点”。根据“诊断点”特征构建了梭梭林地特征指数模型(HFFI),进而反演了古尔班通古特沙漠梭梭林地信息,并利用地面实际观测资料进行验证,结果表明分类精度达到 83%。

**关 键 词:**梭梭林地; NDVI; 时间效应; 物候; 古尔班通古特沙漠

**中图分类号:** TP 79      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-0323(2012)05-0784-06

## 1 引 言

植物在其生长周期中,从发芽生长、开花结果到衰老死亡,它的生理、外形、结构上均会发生变化,这种变化使其化学、物理、生物性质出现季节变化——季相规律,其光谱特性也随之发生相应变化<sup>[1]</sup>。归一化植被指数 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)是源于卫星遥感数据中植被对可见光和近红外波段光谱反射特征的一种比值指数,能够较好地反映植被的活力状况,NDVI 时间序列所具有的节律是植物季相变化的综合反映。林忠辉等<sup>[2]</sup>运用 NDVI 时间序列确定作物物候和作物类型,获得了较好的效果。常守志等<sup>[3]</sup>利用傅立叶级数对 MODIS NDVI 数据进行平滑,结合地面观测资料,采用动态阈值法提取物候信息,并与实际观测结果进行比较分析,结果表明:采用 MODIS NDVI 数据获取的物候参数具有一定的可靠性,在农田大面积

分布区域监测结果更为准确。宫攀<sup>[4-5]</sup>利用 1 a MODIS 旬最大值合成数据提取了东北地区 5 个关键物候参数,并利用特征参数进行了研究区土地覆盖分类,结果表明:关键物候参数分类可明显提高植被覆盖类型的分类精度,其中:高盖度植被分类精度提高最为显著。郭芬芬等<sup>[6]</sup>利用 MODIS NDVI 时间序列数据集对西藏申扎县北部部分区域草原进行了分类,认为对时间序列数据的滤波等优化在藏北草地类型识别方面可行。苗翠翠等<sup>[7-8]</sup>使用 NDVI 时间序列结合作物关键物候信息进行对比研究,采用决策树进行分类,提取了江苏省水稻的空间分布及种植面积,分类精度达到 98.6%。探寻植物光谱特性与物候之间的关系,进而将地面数据和空中观测数据结合寻求植物生长季节开始日期、最大值日期和结束日期,最终实现利用遥感技术获取地表植被覆盖信息,这在遥感研究中具有重要意义。

梭梭(*Haloxylon Ammdendron* (C. A. Mey) 为

收稿日期:2011-12-29;修订日期:2012-03-20

基金项目:新疆师范大学 2011~2012 年度研究生科技创新立项项目(20111210),国家沙漠气象研究基金(sqj2008001)资助。

作者简介:黄铁成(1986—),男,河南淮阳人,硕士研究生,主要从事遥感与地理信息系统研究。E-mail:huangtiecheng1@163.com。

通讯作者:陈蜀江(1960—),男,四川宜宾人,副教授,主要从事遥感与地理信息系统方面的研究。E-mail:shuijiang\_chen@hotmail.com。

藜科(*Chenopodiaceae*)梭梭属(*Haloxylon Bge*)木本植物,属超旱生植物,梭梭林地在新疆的南北疆均有分布,以古尔班通古特沙漠最为集中<sup>[9]</sup>,是沙漠中最为重要的固沙植物,但是长期以来,由于自然作用和人为因素对荒漠植被的严重破坏,导致天然梭梭林地面积大幅减少,渐渐成为濒危物种,被列入《中国植物红皮书》,鉴于上述原因,查清古尔班通古特沙漠梭梭林地分布现状,对加强梭梭林地的保护和防沙治沙具有重要意义。

本文选用研究区 2000~2010 年 MODIS NDVI 数据,通过构建时间序列数据集,分析梭梭林时间序列曲线变化规律以及对物候的响应,确立了梭梭林地遥感识别“诊断点”,建立了梭梭林地特征指数,反演了研究区内梭梭林信息。利用 2000~2010 年每年 2~11 月的 MODIS NDVI 数据、物候记录进行梭梭林地信息提取研究。

2 数据与方法

2.1 研究区概况

新疆古尔班通古特沙漠位于新疆维吾尔自治区北部,天山山脉、阿尔泰山脉及西部诸山间,地理坐标为 80°21′~91°57′E,42°52′~48°22′N,面积为 4.88×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,属干旱、半干旱地区,冬季漫长而寒冷,极端最高温达 40℃以上,极端最低温-40℃。日平均气温大于 10℃的温暖期约 140~170 d,年均降水量 70~300 mm,主要土壤是固定风沙土,主要植被为沙生植被。

2.2 数据来源

2.2.1 NDVI 数据

研究使用的遥感图像是搭载于 EOS-TERRA 卫星上的中等分辨率成像仪(MODIS)数据,来源于美国国家航空和宇宙航行局 NASA(National Aeronautics and Space Administration)对地观测系统 EOS(Earth Observing System)网站的 MOD13Q1 数据(即 250 m 分辨率植被指数 16 d 合成产品),时间为 2000~2010 年每年的 2~11 月,投影方式为经纬度、WGS-84。由于研究区冬季较长且寒冷,12~1 月地表以积雪覆盖为主,因此选取每年 2~11 月共 19 个时段的 NDVI 数据。

2.2.2 野外调查数据

在梭梭林主要分布区随机选取 50 个点作为监测样地,样点编号为 S<sub>i</sub>(i=1,2,⋯,50),样地位置远离居民区,自设置为样地以来,地类未发生变化。

2.2.3 物候记录

物候是植物受环境影响而出现发芽、展叶、开花、叶变色、落叶等周期性的自然现象。本文使用的物候记录是富蕴县、福海县、克拉玛依市、精河县、玛纳斯县和奇台县 2000~2010 年连续 11 a 的物候观测记录。

2.3 数据处理

理论上,由于植被随时间变化幅度较小,NDVI 时间序列曲线应该是一条连续平滑的曲线。然而,数据的采集及处理过程中由于云层、气溶胶干扰和二向性反射影响,在 NDVI 曲线中存在严重的噪声,总是会有明显的突升或突降<sup>[10]</sup>,限制了其深入应用<sup>[11-12]</sup>。因此,为了消除不利因素对时间序列的影响,应用前必须采取相关技术和方法正确、有效地去除噪音,重构时间序列<sup>[13]</sup>。为了解决该问题,相关专家研究了大量剔除噪音快速重构 NDVI 时间序列的方法<sup>[14]</sup>。

本研究使用线性内插法,根据 MOD13Q1 数据产品像元可信度波段(Pixel Reliability)对 NDVI 时间序列数据进行坏值替换处理(表 1)。数据集中像元值为 0 或 1 的数值可用,2 和 3 的数值覆盖区不可用,使用该区域临近时段的数据进行差值替换,达到去除噪音的目的,完成了 NDVI 时间序列数据集的重构。

表 1 MOD13Q1 像元可信度<sup>[14]</sup>

Table 1 MOD13Q1 Pixel Reliability

像元值	说明	描述
-1	填充值	未处理
0	良好数据	可以直接使用
1	边缘数据	可用,需查询像元质量数据层
2	冰、雪	被冰雪覆盖区域
3	云层	被云层覆盖区域

在重构后的 NDVI 时间序列数据基础上,利用 IDL 进行编程,计算 16 d 合成 NDVI 数据同时期平均值,记为 Mean<sub>NDVI</sub>。

$$\text{Mean}_{\text{NDVI}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{NDVI}(i,j)}{N} \tag{1}$$

其中:NDVI(i,j)表示第 i 年 j 时期 NDVI 值,i=1,2,⋯,11;j=1,2,⋯,20;N 表示持续时间,单位为年,N=1,2,⋯,11。

3 结果分析与讨论

3.1 梭梭林地物候特征

新疆准噶尔盆地梭梭林生态幅度宽、植物种类组成丰富,可与多年生短命植物形成多种多样的植物群落。梭梭林地林下短命植物主要为翅花碱蓬(*Suaeda pterantha*)、施母草(*Schismus arabicus*)、

尖刺花蓬 (*Kochia schrenkiana*)、骆驼蹄板 (*Zygo-  
phyllum fabago*)<sup>[15]</sup>。本文研究发现梭梭林地全年  
物候变化特征是短命植物生长季与梭梭生长季交替  
发生。短命植物借助于冬春的雨雪积累,生长发育  
节律快,营养周期短,生长季不到 60 d。从物候上  
讲,短命植物于 2 月末开始萌动,展叶期始于 3 月  
初,花期为 3 月中旬至 3 月末,果熟期为 4 月中旬,

叶变期为 4 月初,落叶期为 4 月底,至 4 月末绝大部  
分短命植物结束其生长季,完成生命周期。  
梭梭 4 月开始萌动,10 月落叶进入休眠期,生长季  
长达 200 d。其物候变化规律是:4 月中下旬开始萌动,  
4 月底至 5 月初进入展叶期,开花期为 5 月初,果熟期  
为 10 月中旬,叶变期为 10 月上旬,落叶期为 10 月中  
旬,10 月下旬生长季结束进入休眠期(表 2)。

表 2 梭梭林物候期  
Table 2 *Haloxylon Aammmodendron* forest phenology

	萌动期	展叶期	开花期	果熟期	叶变期	落叶期
梭梭	4. 12~4. 30	4. 28~5. 50	5. 10~5. 10	10. 9~10. 19	9. 30~10. 90	10. 90~10. 19
短命植物	2. 25~3. 50	3. 50~3. 15	3. 15~3. 30	4. 14~4. 20	4. 50~4. 15	4. 14~4. 20

3.2 NDVI 时间序列

3.2.1 梭梭林地 Mean<sub>NDVI</sub> 变化规律

梭梭林地 Mean<sub>NDVI</sub>时间序列图中,横坐标是 16  
d 合成周期,纵坐标为 Mean<sub>NDVI</sub> 值,每条曲线表示一  
个样点各时期 Mean<sub>NDVI</sub>分布规律,由式(1)得到。

梭梭林生长周期中,从发芽生长、开花结果到休  
眠,它的生理、外形、结构上均会发生变化,其光谱特  
性也发生相应变化,从图 1 可以看出 Mean<sub>NDVI</sub>时间序  
列呈两头低、中间高的形状,反映了一年不同时期  
梭梭林地 Mean<sub>NDVI</sub>变化规律,即从 *t*<sub>2</sub> 时期(2 月末)  
Mean<sub>NDVI</sub> 值开始升高,到 *t*<sub>4</sub> 时期(3 月中下旬)  
Mean<sub>NDVI</sub> 达到一个小峰值,随后开始迅速下降,到 *t*<sub>6</sub>  
时期(4 月末)下降到最低点,形成一个极其明显的低  
谷,时间长度约为 10 d。随后迅速上升,在 *t*<sub>8</sub> 时期(5  
月中旬)达到全年最高值,并维持至 *t*<sub>11</sub> 时期(7 月  
初),随后开始下降,直至 *t*<sub>20</sub> 时期(11 月末)降至低  
点并趋于平稳,梭梭林生长周期完成(图 1)。图 1  
为从 50 个监测样地中挑选出的典型梭梭林地  
Mean<sub>NDVI</sub>时间序列特征曲线。由于研究区内各监测

样地生境不同,导致梭梭林盖度和生长存在差异。  
3.2.2 梭梭林地 Mean<sub>NDVI</sub> 对物候的响应

通过表 1 与图 1 对比发现,梭梭林地 Mean<sub>NDVI</sub>  
与物候期有明显的对应关系。在 2 月初(*t*<sub>1</sub>)以前林  
地处于休眠状态,Mean<sub>NDVI</sub> 值没有明显变化;到 2 月  
末(*t*<sub>2</sub>)至 3 月初(*t*<sub>3</sub>)快速上升,持续至 3 月末开始  
迅速下降,至 4 月底下降至最低点,这一时期对应的  
是短命植物的物候特征,即短命植物从萌动到死亡的  
生命周期。

4 月末(*t*<sub>6</sub>)至 5 月初(*t*<sub>7</sub>)处于梭梭林展叶期和开  
花期,Mean<sub>NDVI</sub> 值持续升高,在 6 月底 7 月初(*t*<sub>11</sub>)梭  
梭林叶面积达到最高值,Mean<sub>NDVI</sub> 值也相应达到全年  
最大值;随后逐渐趋于平稳,9 月末(*t*<sub>16</sub>)进入叶变期,  
叶开始变色凋落,Mean<sub>NDVI</sub> 值开始迅速下降;11 月初  
梭梭林生长停止,进入休眠期,Mean<sub>NDVI</sub> 值达到稳定  
低值。至此,梭梭林一年生长周期完成,Mean<sub>NDVI</sub> 经  
历了升高、下降动态过程,一年内 Mean<sub>NDVI</sub> 值动态变  
化反映了梭梭林生长过程,其值与物候期具有明显对  
应关系,因此,梭梭林 Mean<sub>NDVI</sub>时间序列特征曲线可  
以反映梭梭林关键物候期。

3.2.3 “双峰”型 Mean<sub>NDVI</sub> 时间序列特征曲线

梭梭林 Mean<sub>NDVI</sub> 时间序列特征曲线存在明显  
的“双峰”、“双谷”。两个峰分别出现于 3 月中下旬  
和 7 月初,两个谷分别出现于 4 月末和 11 月以后至  
翌年 2 月。常见绿色植物生长期 Mean<sub>NDVI</sub> 特征曲  
线为倒“U”型,即两头高中间低的形状,本文研究发  
现古尔班通古特沙漠梭梭林 Mean<sub>NDVI</sub> 时间曲线明  
显与之不同,其原因在于:经与物候资料对比发现,  
前一个峰值出现原因是林下短命植物的短暂而快速  
生长周期造成。林下短命植物 2 月末开始萌动,3  
月中下旬利用冬春雨雪水快速生长,于 4 月末结束

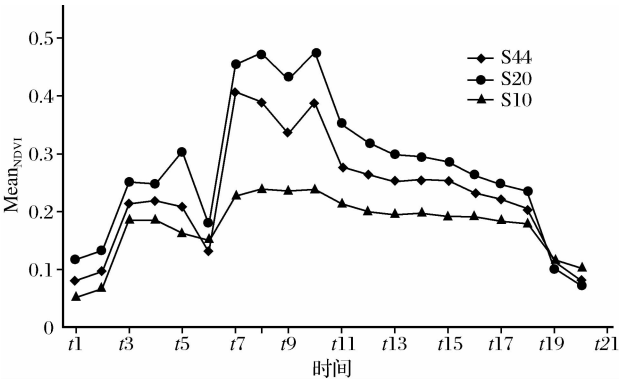


图 1 样地 S10、S20、S44 Mean<sub>NDVI</sub> 时间序列特征曲线  
Fig. 1 Sample plot S10、S20、S44 Mean<sub>NDVI</sub>  
time series characteristic curve

其生长季,形成了梭梭林地的“双峰”型  $Mean_{NDVI}$  时间序列特征曲线中第一个“峰”。

此后,4 月中下旬至 5 月初的 10 多天梭梭还处于萌动期,尚未展叶,短命植物已完成了其生命周期,梭梭展叶期处于 4 月末与 5 月初,短命植物消亡而梭梭还未展叶,二者生长期出现间断现象。因此,在 4 月末与 5 月初“生长空白区” $Mean_{NDVI}$  形成了一个极其明显的“谷”。

梭梭进入展叶期之后叶面积迅速增加,  $Mean_{NDVI}$  值也随之增长,从“谷底”快速上升,于 6 月底 7 月初达到全年最大值,这一“峰”值反映的是梭梭生长情况。因此,梭梭林中两类植被生长季的不同产生了明显区别于其他植被的特殊梭梭林“双峰”型  $Mean_{NDVI}$  时间序列特征曲线(图 2),而“双峰”之间的“谷底”表现极其强烈,特征非常明显,可以作为梭梭林诊断点。由于各监测样地之间的差异所导致的  $Mean_{NDVI}$  曲线波动,其无法反映梭梭林生长期规

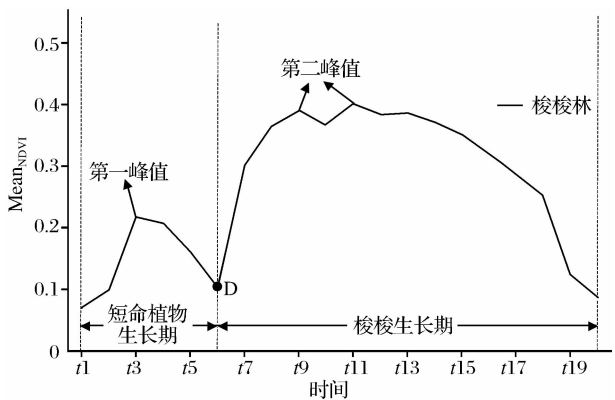


图 2 梭梭林生长期  $Mean_{NDVI}$  时间序列特征曲线  
Fig. 2 *Haloxylon Aammodendron* forest growing season  $Mean_{NDVI}$  time series characteristic curve

律,图 2 为所有监测样地各时期  $Mean_{NDVI}$  平均值绘制的梭梭林生长期  $Mean_{NDVI}$  时间序列特征曲线。

### 3.3 梭梭林地信息遥感提取

#### 3.3.1 诊断点(Diagnosis Point)

遥感影像信息提取中,诊断点是指一种地物光谱曲线明显区别于其他地物的“峰”或“谷”,本研究中梭梭林  $Mean_{NDVI}$  时间序列特征曲线有一明显区别于其他地物的“谷”,即图 2 中的 D 点(4 月下旬),为梭梭林所特有的  $Mean_{NDVI}$  时间序列曲线特征,经研究该点可以作为梭梭林地诊断点,其特征非常明显,与其他地物相比具有较高区分度。

#### 3.3.2 梭梭林地特征指数 HFFI(*Haloxylon aammodendron* forest features index)

由于  $t_3$ 、 $t_6$  和  $t_{11}$  时期梭梭林具有区别于其他地物的  $Mean_{NDVI}$  时间序列特征曲线,本研究提出了基于  $Mean_{NDVI}$  的梭梭林特征指数 HFFI,即:

$$HFFI = \frac{NDVI_{t_{11}} - NDVI_{t_6}}{NDVI_{t_3} - NDVI_{t_6}} \quad (2)$$

其中:  $NDVI_{t_3}$  为  $t_3$  时期(3 月初)梭梭林  $Mean_{NDVI}$  值,  $NDVI_{t_6}$  为  $t_6$  时期(4 月末)梭梭林  $Mean_{NDVI}$  值,  $NDVI_{t_{11}}$  为  $t_{11}$  时期(7 月初)梭梭林  $Mean_{NDVI}$  值。

梭梭林特征指数(HFFI)被定义为  $t_{11}$  和  $t_6$  时期  $Mean_{NDVI}$  值之差与  $t_3$  和  $t_6$  时期  $Mean_{NDVI}$  值之差的比值。梭梭林  $HFFI > 1$ , 其他地物则  $\leq 0$ 。

#### 3.3.3 梭梭林地信息提取

根据 HFFI,使用 2010 年  $t_3$ 、 $t_6$  和  $t_{11}$  时期 MODIS NDVI 影像,利用 IDL 平台编程提取古尔班通古特沙漠梭梭林地信息,经现地验证,分类精度为 83%,根据分类结果,2010 年古尔班通古特沙漠梭梭林面积为  $55 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (图 3)。

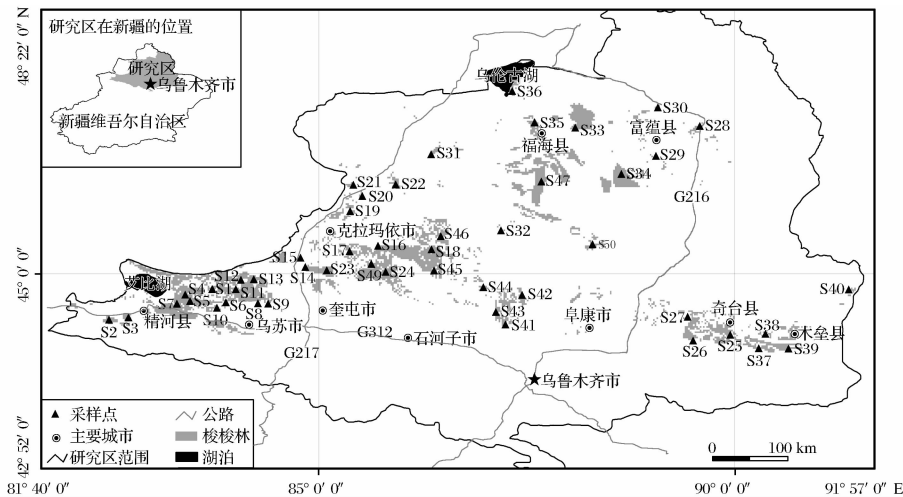


图 3 古尔班通古特沙漠 HFFI 分类图

Fig. 3 Gurbantungut Desert HFFI classification result

### 3.3.4 梭梭林地空间分布特征及其成因

空间分布上,从各样点  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  分析,  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  值在经向上以乌苏沙湾为中心向两侧递减,纬向从富蕴、福海向南逐步递减,乌苏以西地区  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  “峰”和“谷”被削弱,即第一“峰值”明显低于其他各点值,第二“谷值”略高于其他点(图 1)。梭梭林地植被覆盖度与  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  值有相同变化趋势。

上述现象表明古尔班通古特沙漠水汽主要源于北冰洋,主要水汽通道是额尔齐斯河河谷,水汽到达沙漠后向东移动,在东移过程中逐步减少,短命植物减少。乌苏以西地区受艾比湖水文影响,大部分地区地下水位较高,有利于梭梭生长,其长势较好。由于受艾比湖北部高山地形阻挡的影响,来自于北冰洋的水汽较难到达,同时处于大西洋水汽雨影区,所以降水较少,地表短命植物分布相对较少。

## 4 结 语

本文通过对古尔班通古特沙漠梭梭林物候期的研究表明,梭梭林地林下短命植物与梭梭生长季呈现交替发生的规律。

通过分析古尔班通古特沙漠梭梭林地遥感图像  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  时间序列对物候的响应,表明梭梭林地  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  时间序列特征曲线具有明显区别于其他地物的特征点,即 4 月末至 5 月初的 10 多天时间范围内的  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  值,该特征点可以作为梭梭林地遥感信息提取中的诊断点。

根据梭梭林地特有诊断点信息,本文提出了基于  $\text{Mean}_{\text{NDVI}}$  的梭梭林地特征指数 HFFI,根据 HFFI 利用 2010 年 MODIS NDVI 数据反演古尔班通古特沙漠梭梭林地信息,反演获得面积为  $55 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,经现地验证,分类精度为 83%,导致其空间分布差异的主导因素是水(降水和地下水)。

### 参考文献(References):

- [1] Zhao Yingshi. The Principle and Method of Remote Sensing Application and Analysis [M]. Beijing: China Sciences and Technology Press, 2003: 374-380. [赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 374-380.]
- [2] Lin Zhonghui, Mo Xingguo, Xue Ling. With NDVI Time Series to Determine the Crop Phenological and the Crop Types [C]//The 14th National Remote Sensing Symposium Papers Series. Qing Dao China, 2003, 30. [林忠辉, 莫兴国, 薛玲. 用 NDVI 时间序列确定作物物候和作物类型判别[C]//第十四届全国遥感技术学术交流会论文摘要集. 中国青岛, 2003, 30.]
- [3] Chang Shouzhi, Wang Zongming, Song Kaishan, *et al.* Monitoring Cropland Phenology in Sanjiang Plain based on NDVI Data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2011, 26(1): 82-88. [常守志, 王宗明, 宋开山, 等. 基于 NDVI 数据的三江平原农田物候监测[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(1): 82-88.]
- [4] Gong Pan. Study on Land Cover Classification based on Phenological Characteristic Parameters [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(11): 5744-5746. [宫攀. 基于物候特征参数的土地覆盖分类研究——以东北地区为例[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11): 5744-5746.]
- [5] Gong Pan. Vegetation Classification based on Phenology Indices Derived from MODIS Data in Northeastern China [J]. Resources Science, 2010, 32(6): 1154-1160. [宫攀. 基于 MODIS 数据关键物候特征参数的东北地区植被覆盖分类[J]. 资源科学, 2010, 32(6): 1154-1160.]
- [6] Guo Fenfen, Fan Jianrong, Bian Jinhu, *et al.* Grassland Types Identification based on Time-series MODIS NDVI Data in Northern Tibet [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2011, 26(6): 821-826. [郭芬芬, 范建容, 边金虎, 等. 基于 MODIS NDVI 时间序列数据的藏北草地类型识别[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(6): 821-826.]
- [7] Miao Cuicui, Jiang Nan, Peng Shikui, *et al.* Extraction of Paddy Land Area based on NDVI Time-series Data; Taking Jiangsu Province as an Example [J]. Journal of Geo-information Science, 2011, 13(2): 273-280. [苗翠翠, 江南, 彭世揆, 等. 基于 NDVI 时序数据的水稻种植面积遥感监测分析——以江苏省为例[J]. 地球信息科学学报, 2011, 13(2): 273-280.]
- [8] Miao Cuicui. Based on NDVI Time Series and Phenological Essential Information in Paddy Rice Area Extraction Research [D]. Nanjing: Nanjing Forest University, 2010. [苗翠翠. 基于 NDVI 时间序列的水稻面积提取研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2010.]
- [9] Zhou Kui, Zhao Lin. Xinjiang Forest [M]. Beijing: China Forestry Press, 1989: 270-296. [周魁, 赵林. 新疆森林[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989: 270-296.]
- [10] Bian Jinhu, Li Ainong, Song Mengqiang, *et al.* Reconstruction of NDVI Time-series Datasets of MODIS based on Savitzky-Golay Filter [J]. Journal of Remote Sensing, 2010, 14(4): 725-741. [边金虎, 李爱农, 宋孟强, 等. MODIS 植被指数时间序列 Savitzky-Golay 滤波算法重构[J]. 遥感学报, 2010, 14(4): 725-741.]
- [11] Gutman G, Lgnatov A. Global Land Monitoring from AVHRR: Potential and Limitations [J]. International Journal of Remote Sensing, 1995, 16: 2301-2309.
- [12] Cihlar J, Ly H, Li Z Q, *et al.* Multitemporal, Multichannel AVHRR Data Sets for Land Biosphere Studies: Artifacts and Corrections [J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 60: 35-57.
- [13] Lin Zhonghui, Mo Xingguo. Phenologies from Harmonics Analysis of AVHRR NDVI Time Series [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(12): 138-144. [林忠辉, 莫兴国. NDVI 时间序列谐波分析与地表物候信息获取[J]. 农业工程学报, 2006, 22(12): 138-144.]

[14] Gu Juan, Li Xin, Huang Chunlin. Research on the Reconstructing of Time-series NDVI Data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2006, 21(4): 391-395. [顾娟, 李新, 黄春林. NDVI 时间序列数据集重建方法述评[J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(4): 391-395.]

[15] The Chinese Academy of Sciences Comprehensive Expedition in Xinjiang. Xinjiang Vegetation and Its Utilization[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1978, 102-110. [中国科学院新疆综合考察队. 新疆植被及其利用[M]. 北京: 科学出版社, 1978, 102-110.]

The NDVI Time Effect of *Haloxylon Aammmodendron* Forest in Gurbantunggut Desert: Based on Phenological Changes and the Image of MODIS

Huang Tiecheng, Chen Shujiang, Hou Min, Shi Zhenxia, Zhou Min, Peng Jiaming, Chen Tianle, Luo Xiaoqin

(College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

**Abstract:** Remote sensing image information extraction research is one of the key problems of remote sensing research, it is also one of the hot and difficult points in remote sensing research. With the aid of the GIS spatial analysis and statistical analysis method, the *Haloxylon Aammmodendron* forest Mean<sub>NDVI</sub> time series characteristic curve were reconstructed in the Gurbantunggut Desert by using the NASA/ MODIS-NDVI16 days synthetic data (from 2000 to 2010) and phenology record. Analysis of phenological and Mean<sub>NDVI</sub> time series, the result showed that the Ephemeral plants (or short-lived plants) under the *Haloxylon Aammmodendron* forest growth period is earlier than *Haloxylon Aammmodendron*. Research of Mean<sub>NDVI</sub> time series curve, showed that there is a feature point that obviously different from other features in the curve, which can be used as the “diagnosis point” of *Haloxylon Aammmodendron*. A model of *Haloxylon Aammmodendron* forest features index(HFFI) was developed based on the “diagnosis point” characteristics. Retrieved the information of *Haloxylon Aammmodendron* forest in the Gurbantunggut Desert from HFFI. And utilizing the data of the ground practical observation validation, the results indicate that the classification accuracy reached 83%.

**Key words:** *Haloxylon Aammmodendron* forest; NDVI; Time effect; Phenology; Gurbantunggut desert