

干旱荒漠区植被覆盖变化的遥感监测分析

崔耀平^{1,2}, 刘彤^{1*}, 赵志平², 李 佳³

(1. 石河子大学生命科学学院, 石河子 832000; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;
3. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要: 多期的遥感数据可以用来分析干旱荒漠区植被的空间分布格局和变化特征。本文以 1989、2000 和 2007 年 3 个不同时相的 Landsat TM/ETM+ 影像为数据源, 利用线性光谱混合分析和 RGB 彩色合成法构建一个研究框架, 对古尔班通古特沙漠西缘进行植被信息的提取和变化监测分析。在混合像元分解过程中, 通过多种方法选择端元, 比较选出最佳的端元数目及其对应光谱特征值, 对植被变化监测的结果, 结合气象等因子综合判定。结果表明: (1) 研究区内的植被、盐碱地、裸沙和黑色砂砾等 4 种端元被选取出来, 分析表明非受限的最小包含端元特征法所选端元光谱特征的分解结果较为理想; (2) 以线性光谱混合分解技术提取的干旱荒漠区植被分量与实测植被盖度显著相关, 线性相关系数为 0.86, 可见干旱荒漠区的植被盖度可以通过遥感影像提取的植被分量间接得到; (3) 研究时段内, 研究区植被覆盖变好区域占研究区总面积的 41.47%, 而退化区域仅占 16.51%, 综合分析结果也说明植被总体情况呈现好转。

关键词: 端元; 光谱混合分析; 干旱荒漠区; 植被变化; 古尔班通古特沙漠

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00305

1 引言

干旱荒漠区的植被对全球变化的影响和响应存在很大不确定性, 目前的研究很难提供足够的干旱荒漠区内部的植被信息^[1]。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第四次报告指出: 在中亚和其他的干旱荒漠区域, 人们对现有的全球气候变化、区域地表覆盖变化等的理解尚存很多问题^[2]。国际上现有的几套全球土地利用/土地覆盖变化数据集(UMD, USGS, BU 等)几乎把干旱荒漠, 特别是沙漠地区作为无植被区。国际地球信息科学信息网络中心(Center for International Earth Science Information Network, CIESIN)甚至把整个中亚作为一个“无可用植被数据区”加以看待^[3]。这与实际情况明显不符, 干旱荒漠区, 特别是一些固定、半固定沙漠中也分布有大量的植被。很多研究证实: 一些耐旱的植被个体或群落在常年干旱胁迫下形成一套适应的生长机制, 而一些短命植物也能充分利用沙漠中的雨热条件, 在有限的时间迅速完成其整个生命周期^[4]。因此, 干旱荒

漠区植被的分布和变化研究不容忽视, 它是对沙漠区域水、热、碳、氮循环进行正确分析的必要前提。此外, 干旱荒漠区植被的空间分布格局和变化特征是评判该区生态环境状况及荒漠化发展程度的重要指标, 研究干旱荒漠区的植被分布及其动态变化具有非常重要的现实意义。

在植被覆盖率很低的区域, 传统的植被指数方法(NDVI, LAI 等)面临像元的空间分辨率不够提取有效植被信息的问题, 传统的遥感分类方法在干旱荒漠区运用时往往效果不理想。而近十多年国内外很多学者尝试光谱混合分解(Spectral Mixture Analysis, SMA)研究, 主要有线性光谱混合分解(Linear spectral mixture model, LSMM)、神经网络模型、支持向量机法和随机几何模型等。其中 LSMM 应用到干旱荒漠区的植被提取工作显示出该方法在荒漠化地区植被覆盖度提取上具体很大潜力, 在中外不同的荒漠区开展的工作都证实了 LSMM 的有效性^[5]。

本文选取古尔班通古特沙漠西缘为干旱荒漠区的典型区, 在前期应用 LSMM 提取植被信息的工作基础上, 结合了 RGB 彩色合成法构建一个研

收稿日期: 2011-02-22; **修回日期:** 2011-05-30.

基金项目: 国家十一五科技支撑计划重大项目(2007BAC17B03)资助。

作者简介: 崔耀平(1984-), 男, 博士研究生, 主要从事遥感应用与环境信息模拟研究。E-mail: cuiyp@reis.ac.cn

* **通讯作者:** 刘彤(1968-), 男, 博士, 教授。主要从事植被生态和进化生物学研究。E-mail: liutong1968@yahoo.com.cn

究框架,以此开展干旱荒漠区的植被提取和变化监测的定量研究。

2 研究区植被覆盖的遥感动态监测

古尔班通古特沙漠位于准噶尔盆地的中央(44°15′~46°50′N,84°50′~91°20′E),面积 4.88 万 km²。沙漠内部绝大部分为固定和半固定沙丘,形成中国面积最大的固定、半固定沙漠。属温带干旱荒漠,年均温 6~10℃,年降水量多在 200mm 以下,蒸发量在 2 000mm 以上。准噶尔盆地沙漠内植物种类较丰富,可达百余种,植物区系成分处于中亚向亚洲中部荒漠的过渡。沙漠的西部和中部以中亚荒漠植被区系的种类占优势,广泛分布灌木、草本植被和多种短命植物等^[6]。

本研究区(图 1)位于准噶尔盆地西缘(45°14′~4°39′N,86°17′~87°9′E),是古尔班通古特沙漠与盐碱地的交界处,具有古尔班通古特沙漠的典型植被和气候条件。研究区西部主要为固定的沙土地,而东部为沙丘地。主要植被有白梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、蛇麻黄(*Ephedra distachya*)、琵琶柴(*Reaumuria songarica*)等灌木和藜科、菊科、禾本科的一年生草本以及短命与类短命植物^[7]。

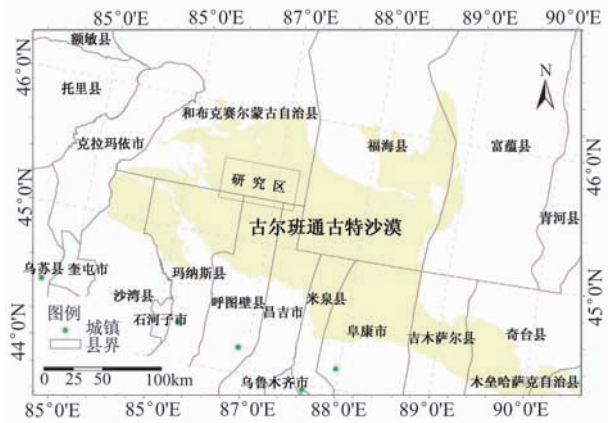


图 1 研究区在古尔班通古特沙漠的位置

Fig. 1 Sketch map of the study area

2.1 数据收集与分析

本研究采用 1989 年 9 月 10 日、2000 年 8 月 7 日和 2007 年 9 月 20 日获取的 Landsat TM/ ETM+ 影像,轨道号均为:144/028,影像无云,质量良好。采用 Chavez 提供的 COST 模型进行辐射校正处理^[8]。并采用 1:5 万地形图对影像数据进行几何精纠正(均方

根误差小于 0.5)。为了比较校正因传感器参数及数据获取时间、日期造成的数据差异,对此,以 2007 年的遥感数据作了三幅影像的拉伸匹配。

沙漠典型地物的反射率数据:采用美国分析光谱设备(ASD)公司主要的野外用高光谱测量设备:FieldSpec Pro 型便携式光谱仪,获取了沙漠典型地物的反射数据。

2.2 线性光谱混合分析

线性光谱混合分析(LSMM)假设瞬时视场内目标像元的反射率是由构成像元的各端元组分的反射率的面积比例线性加权。它是建立在同一个像元内的相同地物都有相同的光谱特征,以及光谱线性加和基础上的。LSMM 可表示为:

$$\rho_{i,j,k} = \sum_{m=1,p} F_{i,j,m} \rho_{m,k} + e_{i,j,k} \tag{1}$$

$$\sum_{m=1,p} F_{i,j,m} = 1, 0 \leq F_{i,j,m} \leq 1 \tag{2}$$

式中, $\rho_{i,j,k}$ 是*i*行*j*列像元在*k*波段的反射率, $F_{i,j,m}$ 是端元*m*在*i*行*j*列像元中所占分量值, $\rho_{m,k}$ 是端元*m*在*k*波段的发射率, $e_{i,j,k}$ 为*k*波段*i*行*j*列像元的误差值。式(1)即为非受限线性光谱混合模型,式(2)是限制条件和(1)共同构成受限的线性光谱混合模型。高光谱遥感中的波段数大于端元光谱数时,可通过最小二乘算法求解端元分量。

该模型的误差可表示为:

$$RMS = \sqrt{\sum (e_{i,j,k})^2 / N} \tag{3}$$

2.3 端元与端元光谱特征值的确定

(1)端元数目确定

端元表示像元组分,有亚像元的意思。端元数目及其对应的光谱特征的确定在很大程度上决定着像元分解的精度,选取的端元要求既能反映像元的物理组分,又能体现出像元的光谱特征^[9]。

对任何高光谱图像来说,端元数目要求小于数据的波段数^[10],通常在 3 到 7 个之间,这与波段数的大小和图像的复杂程度有关。为了符合研究区的实际情况,确切地选择出合适的端元数目,我们采用噪声最小化变换(Minimum Noise Fraction, MNF)方法,寻找纯净像元和选择端元。以 2007 年的数据为例,对 MNF 变换的特征值分析可知,波段信息主要集中在前两个 MNF 波段,所占比例达到 48.13%、30.99%(表 1)。通过分析前两个 MNF

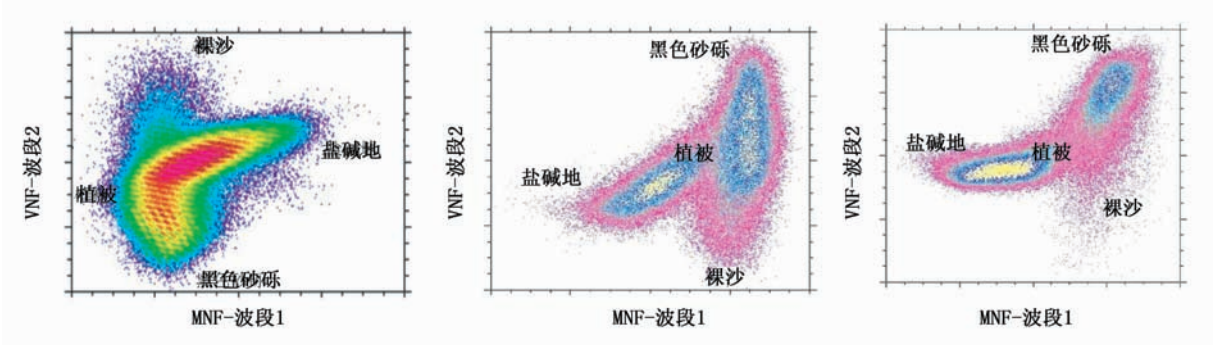


图2 MNF变换后前两个分量的特征空间,依次为2007(a 先期试验)、2000和1989年
Fig. 2 The characteristic space of the first and the second MNF band of 2007, 2000 and 1989

分量,最终有4个端元被选择出来(图2a)。即:植被、盐碱地、裸沙和黑色砂砾4种。

表1 经过MNF变换后各个主成分的光谱比例

Tab. 1 The spectral proportion of each component after MNF transformation

年份	MNF-Band1	MNF-Band2	MNF-Band3	MNF-Band4	MNF-Band5	MNF-Band6
2007	0.4813	0.3099	0.09729	0.0526	0.033	0.0259
2000	0.5402	0.2642	0.08578	0.0469	0.0375	0.0255
1989	0.4947	0.3159	0.07654	0.0605	0.0332	0.0191

在确定端元的数据处理中,理论上可以把

Landsat TM/ETM+ 数据所有本征维数不为0的都分别参与分析,而最终确定可以通过分析随后的MNF散点图、n-维光谱分析图中的噪声和RMS。

(2)端元光谱特征值的确定

本研究采用4种方法确定端元光谱特征值:实测光谱特征法(实测法, Actural)、最小包含端元特征法(最小法, Minimally)^[11]、单个纯像元选择法(纯像元法, Pure)和地理影像空间选择法(空间法, Geographic)。还以2007年为例,4种不同端元特征值选取方法所得的差别主要体现在盐碱地、裸沙和黑色砂砾的变化上,而植被的光谱特征值差别并

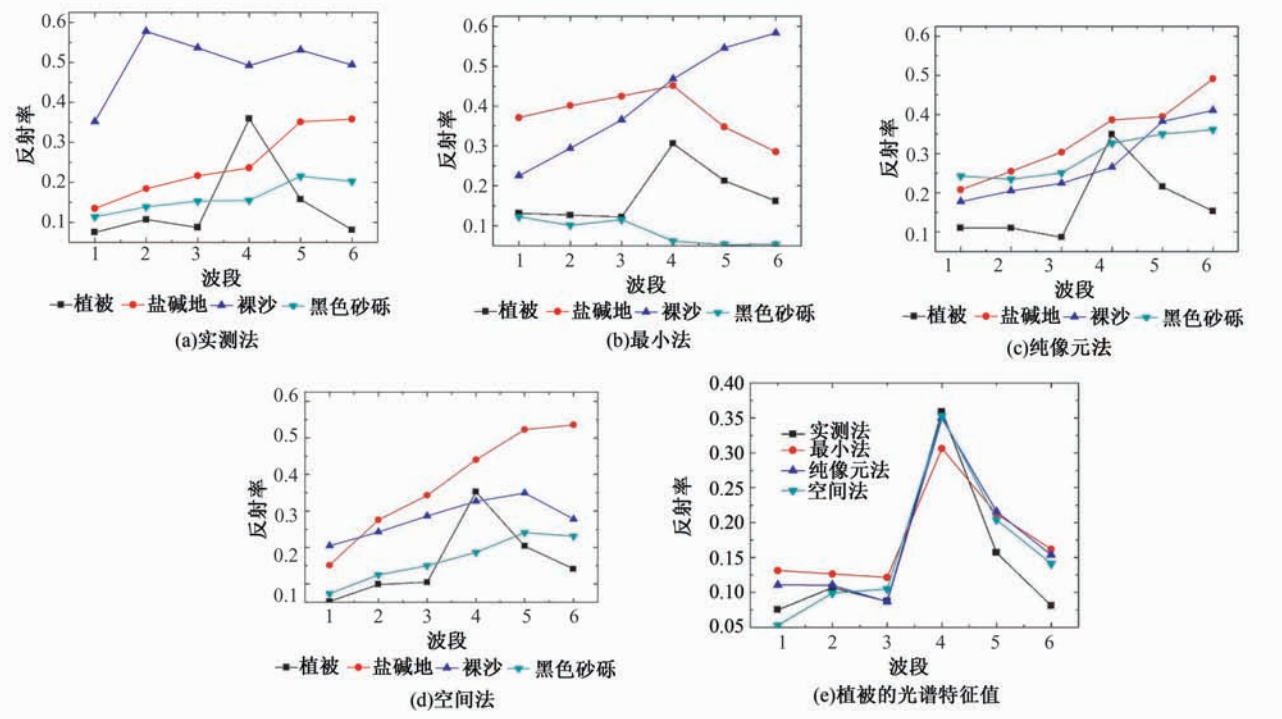


图3 不同方法选取的端元光谱特征
Fig. 3 Endmember spectra based on different spectral selecting methods

不大(图 3(e))。

2.4 植被分量数据的 RGB 彩色合成处理

经由光谱混合分析方法从遥感数据提取出来的植被分量与地表植被覆盖率有密切关系,是研究地表植被覆盖水平及变化趋势的一个重要指标。在检测研究时段内的植被变化情况时,采用了 RGB 彩色合成法处理 3 个时相的植被分量数据,即把 1989、2000 和 2007 年的植被分量图(在图 4 中分别表示为 1989-veg、2000-veg 和 2007-veg)赋予红色(Red)、绿色(Green)和蓝色(Blue),图像上的不同

色调直观地反映出不同像元的不同变化趋势(图 2)。同时为了定量分析研究区域的变化特征,可以将植被分量彩色合成图转化为色度(Hue, H),饱和度和(Saturation, S)和亮度(Lightness, S)分量图。根据彩色原理:色度 H 分量值(0~360)表示的是颜色的性质,饱和度 S 分量值(0~1)表示的是颜色的纯度,亮度值 L 分量值(0~255)表示的是多年植被分量的总体情况,即 H 代表变化方向,S 代表变化强度,L 代表总体水平。对 HSL 分量进行分级处理可以有效地定量研究地表植被的变化类型、变化强度和植被总体长势^[12]。

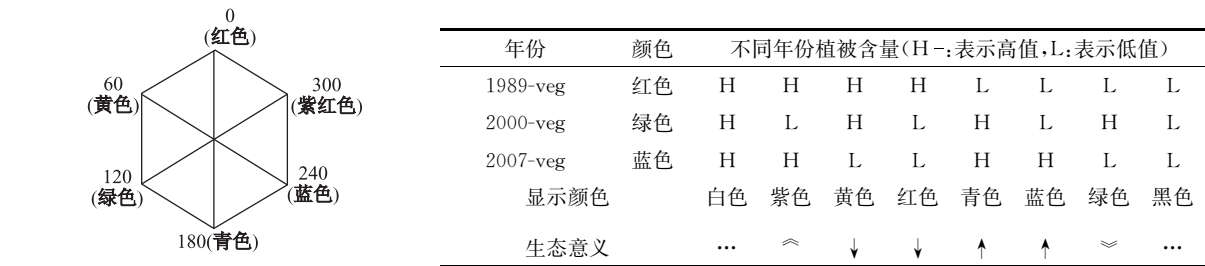


图 4 RGB 彩色合成法图解
Fig. 4 Diagram of the color composition method

3 监测结果与分析

3.1 LSMM 光谱分解结果

本研究对不同光谱混合模型的分析结果作了统计分析(表 2)。

总和不得大于 1,这个条件减少了一种端元在一个像元内所占比率大于 100%或者为负值的现象,但同时不可避免地会使误差有所增加。非受限的光谱特征选取时,4 种选择方法的结果也有所不同,RMS 均值小的为 0.04,而大的可达 0.14 以上。其中,最小法既能反映出端元像元的平均光谱特征,又与遥感数据不存在尺度差异,用此法分析的结果显示出最好的结果;而实测法和纯像元法受限于尺度和自然界中众多“非纯像元”光谱特征的直接影响,空间法的区域代表性有往往难以把握,它们的分解结果精度一般(表 2)。Collado 等人的研究说明实验室数据和光谱数据库里的数据往往受到尺度影响^[10],而利用多像元均值能增强样本的空间显著性,本研究的结果也验证了这一论断。本研究同时用实测的植被盖度和用非受限最小法提取的植被分量进行的相关分析,其皮尔森相关系数为 0.858。经过上述综合对比和分析,本研究认为非受限最小法的结果较好地提取了研究区的植被信息。

表 2 不同年份的均方根误差(RMS)统计
Tab. 2 RMS statistics of different SMA methods in different years

年份	方法	RMS			
		最小值	最大值	平均值	方差
1989	非受限最小法	0.000	0.019	0.006	0.001
2000	非受限最小法	0.000	0.018	0.003	0.002
2007	非受限最小法	0.000	0.024	0.007	0.002
2007	非受限实测法	0.000	0.035	0.014	0.003
2007	非受限纯像元法	0.000	0.049	0.004	0.002
2007	非受限空间法	0.003	0.036	0.020	0.002

光谱特征对分解精度影响很大,不同光谱特征的选择方法选取的光谱特征也有很大不同。对比受限(Contract)的结果,非受限(Un-contract)光谱混合的均方根误差(RMS)总体较优。因为受限的光谱分解方法使得每一个分量值都限制在 0 到 1,且

3.2 植被覆盖的变化

由上一节的分析可知,LSMM 方法能较好地提取干旱荒漠区的植被覆盖信息,因此,我们采用同样的方法把 1989 年和 2000 年 2 期的遥感影像的植被

分量也分解出来。以 1989—veg、2000—veg、2007—veg 作为红(R)绿(G)蓝(B)波段进行 RGB 彩色合成(图 5)。

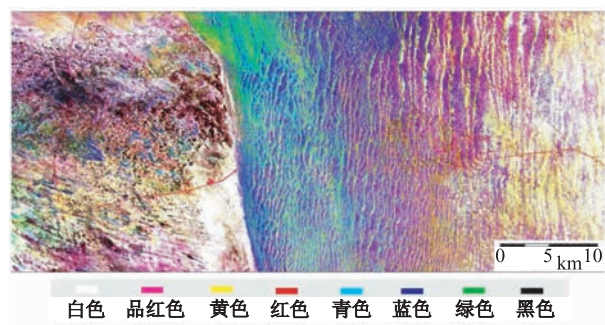


图 5 不同年际的植被分量 RGB 彩色合成图
Fig. 5 Color composition image of the vegetation fraction for 1989, 2000 and 2007

参照图 4 的说明,灰白色和黑灰色分别表示不变的高覆盖度和低植被覆盖区域;黄色和红色表示植被状况变差,其中,黄色表示近 8 年来变差的区域,红色表示近 20 年来一直在变差的区域;青色和蓝色表示植被变好区域,其中,青色表示植被状况一直在改善,蓝色表示近 8 年来有所改善;品红色和绿色表示了植被波动变化情况,其中,品红色表示现在和先前的植被条件较好,中间一段时期变差了,而绿色则相反。

RGB 转换后的定量分析显示,在研究区内,20 年间几乎没有植被的区域仅占到 1/10,多分布在重盐碱地区域,其余大部分区域多少都有植被曾经生

长过(表 3)。这一方面说明植被在干旱荒漠区由于微生物的差异而生长在不同地带,同时也说明了在气候条件相差不大的情况下,植被的分布范围可以很广。一直有较高植被分布的区域占到了 9.15%,主要分布在靠近沙丘地的固定沙土地一带(图 5,白色区域)。植被持续良好区和一直没有植被生长的区域共占总研究区面积的 1/5,可以认为在这些区域内受外界干扰较少,植被生长状况比较平稳。另外,植被有好转的区域占了 2/5 多,植被变差的斑块占到了 16.51%,而有超过 1/5 的图像像元显示出了植被退化与好转并存的现象。在研究区东侧半固定沙丘地,植被持续改善的像元多在沙丘顶部分布,而在沙丘中下部,植被生长状况出现较多波动,说明了在沙丘中下部的微环境对植被生长变化的影响。如图 5 所示,在研究区西侧的固定沙土地上,红色和黄色占据较多区域,显示该区域的植被普遍处于退化状态,此外在研究区东侧原本植被较多的沙丘地带,也分布有很多红色和黄色的像元,出现了退化,其中近 20 年严重退化区域占到研究区总面积的 9.0%。总体来讲,研究区的中部即半固定沙丘地带上在研究时间段内植被状况呈现好转,而生长在西侧固定沙土地及研究区东侧的部分区域上的植被则出现了退化的现象。在 18 年的研究时间段内,虽然表示植被覆盖度有所增加的像元数目要多于表示植被覆盖度减小的像元数目,但植被覆盖度变好的区域相对集中,植被的退化区域分布相对较为分散,说明植被退化可能涉及到了更广的区域。

表 3 干旱荒漠区地表植被变化类型分析
Tab. 3 Results of vegetation change detection in arid desert area

类别	亮度 L	色调 H	饱和度 S	变化类型解释	像元数目	百分比(%)
A1	[0.0,0.5]	[0,360]	[0,0.25]	一直无植被生长区	242202	10.88
A2	[0.5,1.0]	[0,360]	[0,0.25]	植被一直良好区	203697	9.15
B1	[0.0,1.0]	[150,270]	[0.25,0.5]	植被改善区	415250	18.65
B2	[0.0,1.0]	[150,270]	[0.5,1.0]	植被显著改善区	508039	22.82
C1	[0.0,1.0]	[90,150]/[270,330]	[0.25,0.5]	植被长势波动区	227962	10.24
C2	[0.0,1.0]	[90,150]/[270,330]	[0.5,1.0]	植被长势大幅波动区	261369	11.74
D1	[0.0,1.0]	[0,90]/[330,360]	[0.25,0.5]	植被退化区	167175	7.51
D2	[0.0,1.0]	[0,90]/[330,360]	[0.5,1.0]	植被严重退化区	200406	9.00

3.3 植被变化的多因子综合分析

用于植被变化检测的数据一般需要连续的时间序列数据,本研究限于可用数据,用 3 个时间节

点开展对比研究,应审慎对待植被变化检测的结果,这里结合气象因子和周边植被的生长状况进行综合分析。

在干旱区降水是植被生长的主要限制因子,对植被的生长起着决定性影响,因此,植被生长变化应符合降水的变化,并与周边植被变化趋势一致。用研究区周边的福海、和布克赛尔、克拉玛依、石河子等 4 个国家气象基准站的平均降水数据来说明该区研究时间段内的降水变化情况。图 6a 所示为多年平均降水散点图,拟合结果表明在研究时段内的降水是增加的。图 6(b)是把 1989、2000、2007 年前 9 个月的平均降水数据单独提出来,拟合结果表明 2000 年前 8 个月的降水增速趋

势较缓而 2007 年增速较快,就三个年份前 8 月的降水总量看,依次为 81.5、89.9 和 172.6 (mm)。整体和研究时间段的降水趋势分析均表明了降水的增加趋势,对应我们最初的判断,且这一结果也与施雅风等对西北气候的研究结果一致^[13]。此外,由于研究区内的长时间序列遥感数据缺乏,可参照整个区域的 NDVI 序列变化情况。本研究的结论同样得以前人研究结果的支持^[14],即从气象上证实了研究区植被在研究时段内出现转好的趋势。

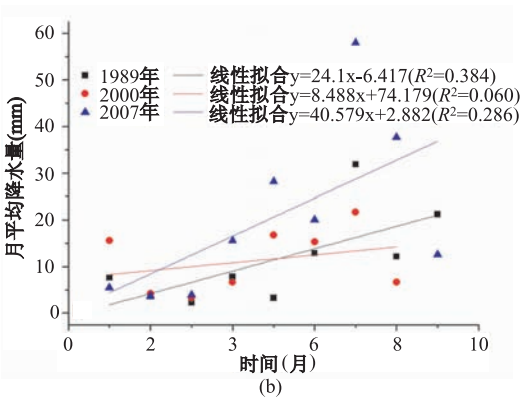
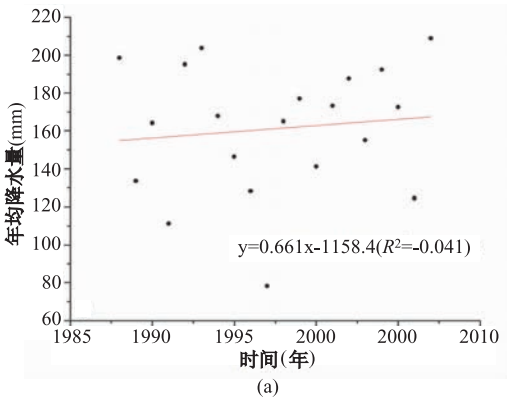


图 6 平均降水量图(a. 多年平均降水量,b. 1989, 2000, 2007 年的月平均降水量)

Fig. 6 Average precipitation (a: annual average precipitation; b: monthly average precipitation for 1989, 2000 and 2007)

4 结语

(1)采用光谱混合分析和 RGB 彩色合成法,提供了一种用较少遥感数据进行长时间、大尺度研究的一个基本框架。今后,这种利用较少数据获取多年植被生长变化信息的方法将会得到更多的应用。
为进一步验证分析用 LSMM 方法提取的植被信息的精度,本研究用 2007 年对应时间段的 25 个的采样实测数据进行验证。先前的对比研究已证实 NDVI 受土壤干扰十分明显,无法有效提取干旱荒漠区的植被信息^[5]。而用最邻近法获取采样点附件的植被分量数据和实测数据的进行分析的结果表明,每一个植被覆盖度都对应了一定的植被分量值,对两者进行线性相关分析,其相关系数为 0.858。对两者的线性拟合结果良好(式 4),但回归关系式中斜率为和截距偏差于理想状态,这说明虽然两者变化的速率有所不同,而遥感得到的植被分量经过线性变换可以应用于估测植被盖度。综上,较好的统计和对比分析结果都表明运用遥感数

据得到的植被分量和实测数据间具有良好的对应关系,可用来分析植被覆盖状况。
$$y = 0.712 \times x - 1.094 (R^2 = 0.736, P < 0.001)$$

(4)
(2)多幅多时段遥感影像数据对植被变化监测时,一是要消除大气的影响和传感器的差异。二是要考虑到所选数据的获取时间是否能代表研究区植被生长情况。多年生植被的生长状况反映的是多年来植被的综合生长情况,可用来表示一个时期的植被生长水平。植被与气候因子关系密切,在干旱区降水是主导因子。避开短命和类短命植被的干扰而更多侧重于多年生灌草本植被的研究则更能有效反映荒漠植被的生长状况。根据实际调查情况和参阅相关文献来看,7 月份的古尔班通古特沙漠中大部分短命、类植物均已干枯^[4],遥感反映的多为多年生植被的信息,因此认为这个时期的植被信息更具有时间上的代表性。
本研究采用 RGB 彩色合成法分析监测了三时相的植被动态变化,对研究区的植被覆盖变化情况既有空间上的展示,又有定量分析。需要注意的

是:RGB 彩色合成法的定量分析过程中加入有人为主观参与,本文主要依据 H、L、S 三个图层的直方图信息进行判定。在应用于其他区域的研究时,可以根据实际情况对 H、L、S 三个参数进行阈值的设定。这也提示我们,在定量分析结果时,综合其他结果(气象因子和长时间序列 NDVI 数据)综合判定^[15],将会更有力地证实研究区植被覆被情况变化。

(3)在分析干旱荒漠区的稀疏植被覆盖时,用 LSMM 方法对 Landsat 影像进行处理可以有效提取植被信息,满足特殊区域的研究需要。

结果显示出研究区 18 年内有植被生长的区域占到了近 90.0%;在研究时间段内植被变好的像元数目也多于变差的像元数。这一方面说明古尔班通古特沙漠并非不毛之地,在固定、半固定沙丘地带还是有很多的植被可以生长;另一方面也说明在这近 20 年的研究时间段内,在不同区域植被退化和改善并存,变化复杂,不同斑块上两个时间段的变化趋势不一。总体而言,植被好转的区域占了 41.47%,而植被变差的斑块面积占到研究区总面积的 16.51%,整体呈现好转趋势,同期气象数据的分析也佐证了这个结果。此外,为避免数学拟合上的误差,本研究没有直接用植被分量数据代替植被盖度,当前不能完整刻画出研究区,特别在一些异质性很强的区域上的植被动态变化量。

参考文献:

- [1] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报, 1996, 16(5): 497 - 508.
- [2] IPCC, WGI. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007, 976 - 996.
- [3] Yohe G W, Malone E, Brenkert A, *et al.* A Synthetic Assessment of the Global Distribution of Vulnerability to Climate Change from the IPCC Perspective That Reflects Exposure and Adaptive Capacity[J/OL]. Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University, New York, 2006. <http://ciesin.columbia.edu/data/climate>.
- [4] 钱亦兵, 吴兆宁, 张立运, 等. 古尔班通古特沙漠短命植物的空间分布特征[J]. 科学通报, 2007, 19(52): 2299 - 2306.
- [5] 崔耀平, 王让会, 刘彤, 等. 基于光谱混合分析的干旱荒漠区植被遥感信息提取研究——以古尔班通古特沙漠西缘为例[J]. 中国沙漠, 2010, 30(2): 334 - 341.
- [6] 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点[J]. 生态学报, 2002, 22(11): 1923 - 1932.
- [7] 贾亚敏, 刘彤, 骆彬, 等. 新疆莫索湾南缘沙漠四种灌木空间异质性的对比[J]. 干旱区研究, 2008, 25(2): 225 - 230.
- [8] Chavez P, Mackinnon D. Image-based Atmospheric Corrections: Revisited and Improved[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1996, 62(9): 1025 - 1036.
- [9] Elmore A J, Mustard J F, Manning S J, *et al.* Quantifying Vegetation Change in Semiarid Environments: Precision and Accuracy of Spectral Mixture Analysis and the Normalized Difference Vegetation Index[J]. Remote Sensing of Environment, 2000, 73(1): 87 - 102.
- [10] Collado A D, Chuvieco E, Camarasa A. Satellite Remote Sensing Analysis to Monitor Desertification Processes in the Crop-rangeland Boundary of Argentina[J]. Journal of Arid Environments, 2002, 52(1): 121 - 133.
- [11] Small C. Estimation of Urban Vegetation Abundance by Spectral Mixture Analysis[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(7): 1305 - 1334.
- [12] 李本纲, 陶澍. 一种利用多时相 TM 影像分析地表植被变化的新方法: 以敦煌地区绿洲植被变化分析为例[J]. 遥感学报, 2000, 4(4): 295 - 298.
- [13] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候有暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152 - 164.
- [14] 李珍存, 马明国, 张峰, 等. 中国西北地区植被 NDVI 的时空变化及其影响因子分析[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(3): 315 - 321.
- [15] 方精云, 朴世龙, 贺金生, 等. 近 20 年来中国植被活动在增强[J]. 中国科学 C 辑: 生命科学, 2003, 33(6): 229 - 240.

Using Multi-spectral Remote Sensing Data to Extract and Analyze the Vegetation Change of the Western Gurbantunggut Desert

CUI Yaoping^{1,2}, LIU Tong¹, ZHAO Zhiping², LI Jia³

(1. *College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832000, China;*

2. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;*

3. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China)*

Abstract: Acquiring vegetation information is a key step in monitoring and evaluating arid land cover, even though it is difficult to extract desert vegetation information due to the confounding effort of soil or sand. There are many limiting factors for estimating vegetation growth in arid landscapes. Nevertheless, the growth of perennial vegetation reflects comprehensive vegetation conditions and can represent vegetation cover during a certain period. So in this study, we analyzed three years of Landsat images (1989, 2000 and 2007) that covered a typical portion of the Gurbantunggut Desert to estimate the vegetation change that has occurred. After comparing different methods, we finally chose the U-min method (one of the spectral mixture analysis methods) as the best way to determine the fraction of vegetation information of Landsat images. The RGB composition method was used to monitor the changes in vegetation abundance. In the end, we also comprehensively estimated vegetation changes using annual average time-series precipitation data and other's NDVI research results. The main results showed that: (1) a significant linear relationship exists between vegetation cover and vegetation fraction, with a correlation coefficient of 0.858. So the vegetation cover percent can be expressed by vegetation fraction extracted from remote sense images. (2) The area with improved vegetation cover accounted for 41.47% of the whole study area, while these patches with degraded vegetation cover accounting for 16.51%. However, it should be noted that these degraded vegetation pixels were distributed more sporadically. (3) During the study period, improved vegetation regions were mainly located in the semi-fixed dunes. At the same time, the analysis results also showed that the vegetation was distributed extensively in the arid land, regions including vegetation grown occupied almost 90% of the whole study area, and the number of improved vegetation pixels was greater than the number of degraded vegetation pixels during the period of 20 years.

Key words: endmember; spectral mixture analysis; arid area; vegetation change; Gurbantunggut Desert