

# Albedo - NDVI 特征空间及沙漠化遥感监测指数研究

曾永年<sup>1,2</sup>, 向南平<sup>1,3</sup>, 冯兆东<sup>2</sup>, 徐 豁<sup>4</sup>

(1. 中南大学信息物理工程学院 中南大学空间信息技术与可持续发展研究中心, 湖南 长沙 410083;  
2. 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 3. 辽宁工程技术大学地理空间  
信息技术与应用实验室, 辽宁 阜新 12300; 4. 华北科技学院建筑工程系, 北京 101601)

摘要: 利用遥感数据和野外调查数据分析了沙漠化与地表定量参数之间的关系, 提出了 Albedo - NDVI 特征空间的概念以及基于 Albedo - NDVI 特征空间的沙漠化遥感监测模型, 即沙漠化遥感监测差值指数模型 (DDI)。这个模型充分利用了多维遥感信息, 指标反映了沙漠化土地地表覆盖、水热组合及其变化, 具有明确的生物物理意义。而且指标简单、易于获取, 有利于沙漠化的定量分析与监测。

关键词: Albedo - NDVI 特征空间; 沙漠化指数; 遥感监测

中图分类号: V557<sup>+</sup>.3/P931.3 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 0690 (2006) 01 - 0075 - 07

自1977年联合国荒漠化大会以来, 荒漠化的研究已成为世界范围的研究热点, 在国际社会的推动和科学界的努力下, 对荒漠化基础理论、监测与评价方法、治理模式与技术等方面已进行了广泛而深入的研究<sup>[1-19]</sup>。目前有关沙漠化过程, 沙漠化对地表生物物理特征、陆面过程及微气象影响的定位观测与分析研究取得了很大的进展<sup>[20]</sup>。相对而言, 沙漠化遥感监测与分析则仍停留在定性分析与半定量分析的阶段。因此, 发展沙漠化遥感定量评价分析方法, 不仅有利于沙漠化时空分布规律的定量分析与评价, 而且有助于解决沙漠化定位观测数据的尺度上移和定位数据的区域空间化问题。

目前沙漠化遥感监测中, 仍以目视解译或自动分类方法为主提取沙漠化信息, 最终完成沙漠化的监测与制图、分析与评价<sup>[11, 14, 21-25]</sup>。传统的目视解译方法不仅受人为因素的影响大, 而且工作强度大、效率低。遥感图象自动分类方法在大区域范围的应用中, 分类精度的提高受到一定程度的限制。同时, 传统的遥感信息提取方法对遥感信息的利用程度低, 从而影响了丰富的遥感信息在沙漠化监测中发挥应有的作用。尽管现有的沙漠化理论研究为沙漠化监测提供了较完整的分类分级体系, 并提出了许多沙漠化分类分级的量化指标。但大多数

的指标为非物理参数, 无法从遥感数据中直接提取。因此, 发展沙漠化遥感定量评价指标是沙漠化研究中亟待解决的问题。

近年来, Gillies & Carlson<sup>[26]</sup>和 Gillies 等<sup>[27]</sup>提出了综合利用可见光与热红外波段的遥感数据计算植被覆盖率、土壤湿度和地表蒸散发的方法。他们提出的“三角形方法”能够将这些地表参数变化的轨迹在植被指数 (NDVI) 和地表辐射温度 (LST) 组成的特征空间中得到直观的描述, 实现了从新的角度表达和审视地表参数变化的过程。与此同时, 在土地利用与土地覆盖变化监测与制图中开始利用可见光、近红外和热红外波段的组合信息, 并提出了一些土地利用与土地覆盖变化监测的定量指标<sup>[28-30]</sup>。这些研究成果给我们一定的启示, 这就是在利用现有的遥感技术进行沙漠化的定量监测与分析中, 有可能也有空间来发展沙漠化遥感监测的定量方法和指标。

本文在总结前人研究成果基础上, 结合野外调查数据, 利用 Landsat - ETM<sup>+</sup>数据, 通过分析沙漠化对地表生物物理特征的影响, 建立沙漠化过程与地表生物物理特征之间定量关系。以期对沙漠化的遥感监测与评价提供有效的遥感信息模型。

收稿日期: 2004 - 10 - 18; 修订日期: 2005 - 02 - 02

基金项目: 国家自然科学基金项目 (NO. 40071066), 辽宁工程技术大学地理空间信息技术与应用实验室基金 (编号: 2005012), 教育部重大项目 (NO. 10425), 教育部骨干教师资助计划项目资助。

作者简介: 曾永年 (1959 - ), 男, 青海西宁市人, 教授, 博士, 主要研究方向为遥感与地理信息系统及其应用研究。E-mail: ynzeng@mail.cnki.net

## 1 数据及处理

本文以黄河源区为研究区,该区域位于青藏高原东南部,自 20 世纪 80 年代以来,黄河源区气候干暖化趋势明显,加之草场长期超载过牧,导致了高寒草地生态系统逐年退化。区域范围内出现了包括草地退化、草地生态系统功能减弱、湖泊湿地严重萎缩等一系列生态环境问题。其中,土地沙漠化的不断加剧是黄河源区面临的最严重的生态环境问题。该区域在青藏高原高寒草甸生态系统退化与沙漠化中有一定的代表性,也是当前全社会关注的热点区域。本研究以 2000 年夏季黄河源区的 Landsat - ETM<sup>+</sup> 数据为信息源,进行沙漠化监测模型方法的研究。为进行定量分析,在 PCI 图象处理软件的支持下,对遥感数据进行了辐射校正和几何校正,以及参数的反演。具体步骤与方法如下:

**辐射校正:**首先采用 PCI 图象处理软件的 ATCOR 大气纠正模块提供的“快速大气模型”<sup>[31]</sup>,采用中纬度夏季大气模式和乡村气溶胶模式,并根据遥感数据获取时的光照条件和地面高程参数,将包含大气和地面辐射的 Landsat - ETM<sup>+</sup> 可见光与近红外波段的原始辐射图象进行辐射定标与大气校正处理,然后转换为反映地面辐射的反射率图象。采用 PCI 图象处理软件提供的 ATCORT 模块和上述的各项参数对 Landsat - ETM<sup>+</sup> 热红外波段进行辐射定标与大气校正,并通过亮温的换算,最后用线性内插方法反演出地表辐射温度 (LST)。

**几何校正:**采用非系统校正法进行绝对校正,在 PCI 图象处理软件的几何校正模块下完成。首先在遥感图象和 1 5 万地形图上选择目标较小、特征明显、易于识别的同名地物点作为控制点。经实验分析与比较,选用二元二次多项式作为校正模型,采用最邻近法进行像元重采样,完成图象的几何校正。图象采样像元大小为 30 × 30 m,几何校正误差 (RMS) 在半个像元之内。

**植被指数计算:**利用经过辐射和几何校正的 Landsat - ETM<sup>+</sup> 红和近红外波段的反射率数据计算归一化植被指数 NDVI。

**地表反照率反演:**利用 Liang<sup>[32]</sup> 建立的 Landsat - TM 数据的反演模型 (1) 估算了研究区地表反照率。

$$\text{Albedo} = 0.356 \rho_{\text{TM}_1} + 0.130 \rho_{\text{TM}_3} + 0.373 \rho_{\text{TM}_4} + 0.085 \rho_{\text{TM}_5} + 0.072 \rho_{\text{TM}_7} - 0.0018 \quad (1)$$

数据正规化处理:统计整景图象植被指数 (NDVI) 和地表发射率 (Albedo) 的最大值和最小值,并利用统计值进行数据正规化处理。

$$N = [(\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}) / (\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min})] \times 100\% \quad (2)$$

$$A = [(\text{Albedo} - \text{Albedo}_{\min}) / (\text{Albedo}_{\max} - \text{Albedo}_{\min})] \times 100\% \quad (3)$$

$$T = [(LST - LST_{\min}) / (LST_{\max} - LST_{\min})] \times 100\% \quad (4)$$

## 2 Albedo - NDVI 特征空间

### 2.1 Albedo - NDVI 空间及其特性

由遥感图象红和近红外波段反射率值确定的归一化植被指数 (NDVI) 是应用最为广泛的植被指数,众多的研究证明,NDVI 能有效地用于植被的监测,植被覆盖度、植被叶面积指数的估算,是反映地表植被状态的重要的生物物理参数。沙漠化研究表明,随着沙漠化程度的加重,地表植被遭受严重破坏,地表植被盖度降低和生物量减少,在遥感图象上表现为植被指数相应减少。由此看来,植被指数 (NDVI) 可作为反映沙漠化程度的生物物理参数。

由遥感数据反演的地表反照率 Albedo 是反映地表对太阳短波辐射反射特性的物理参量,地表反照率的变化受土壤水分、植被覆盖、积雪覆盖等陆面状况异常的影响。反照率作为表征陆地下垫面辐射特征的重要参量,它的变化将改变地表辐射平衡,并直接对大气产生影响。目前地表反照率的变化对全球气候变化的影响虽然存在着不同的认识<sup>[33-35]</sup>,但在沙漠化的研究实践中,通过定位观测发现<sup>[20, 36]</sup>,随着沙漠化程度的加重地表状况发生了明显的改变,伴随着地表植被覆盖度的下降,地表水分相应减少,地表粗糙度下降,地表反照率得到相应的增加。因此,沙漠化过程导致的地表下垫面状况的变化,使地表反照率发生明显的变化。Li 等<sup>[20]</sup> 的定位观测研究表明,当地表反照率达到一定数值时,会出现草地沙漠化,沙漠化发生的地表反照率阈值为 30%。我们在野外确定的不同沙漠化土地样点及其对应的图象反照率值具有相似的特征。轻度、中度、重度和极重度沙漠化土地的平均反照率值分别为 36%, 39%, 40%, 44%。因此,地表反照率 (Albedo) 可作为反映沙漠化程度的重要地表物理参数。

以上分析表明,沙漠化过程分别在植被指数

(NDVI)和地表反照率(Albedo)的一维特征空间中都存在显著相关关系。为进一步研究沙漠化过程在植被指数(NDVI)和地表反照率(Albedo)组成的二维特征空间的变化特征,在研究区选择了地表覆盖类型比较全面的典型区,利用正规化处理的植被指数和地表反照率,构建了 Albedo - NDVI 特征空

间的散点图,散点图呈典型的梯形分布(图1)。

不同地表覆盖类型在 Albedo - NDVI 特征空间的分布具有显著的分异规律,图 2、3 显示了不同地表覆盖类型在 Albedo - NDVI 特征空间的分布及对应的图像特征,不同地表覆盖类型在 Albedo - NDVI 特征空间中能很好地加以区分。

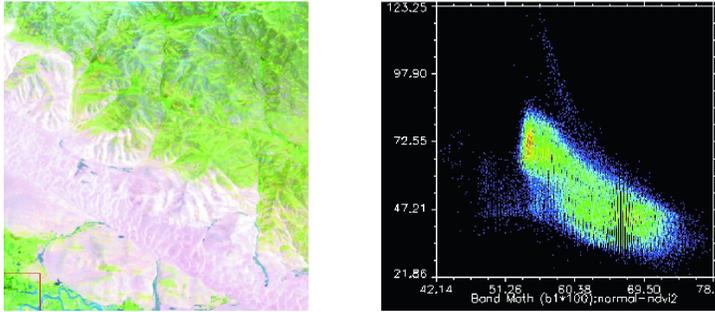
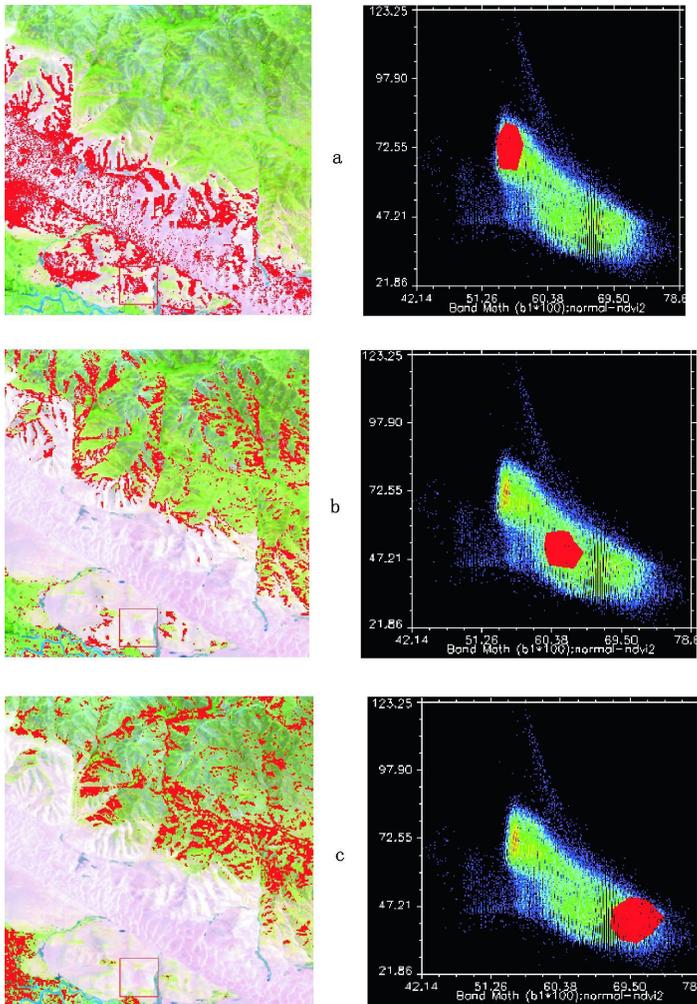


图 1 样区彩色合成图象、Albedo - NDVI 特征空间散点图

Fig. 1 Landsat image and scatterplot in Albedo-NDVI space



a. 全裸露地; b. 部分植被覆盖; c. 植被全覆盖土地

图 2 不同土地覆盖遥感图象与 Albedo - NDVI 特征空间对比

Fig. 2 Different land covers in image and Albedo-NDVI space

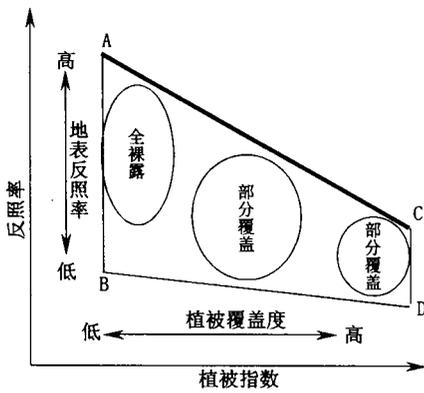


图3 Albedo - NDVI 空间特征

Fig.3 Albedo-NDVI space

为进一步研究 Albedo - NDVI 特征空间的特性,对散点图上边界 A - C (图3)的 Albedo (反照率)、LST (地表辐射温度)与 NDVI (植被指数)的关系进行了统计分析,结果如下:

$$\text{Albedo} = 88.998 - 0.7442 * \text{NDVI} \quad (5)$$

$$R^2 = 0.9804$$

$$\text{LST} = 130.88 - 0.8411 * \text{NDVI} \quad (6)$$

$$R^2 = 0.8458$$

(5)、(6)式表明, Albedo - NDVI 特征空间像元散点图的上边界上,地表辐射温度 (LST)、地表反照率 (Albedo)都与植被指数 (NDVI)呈显著的线性负相关性。随着植被覆盖度的降低,地表反照率和地表辐射温度都相应增加。已有的大量观测与模拟实验均已证明地表反射率的变化将影响地表辐射平衡,进而直接影响地表温度,而且地表反照率随着植被盖度、土壤水分、地表粗糙度的变化而变化。植被覆盖的变化、土壤水分的盈亏,将改变地表能量平衡,致使波文比发生变化,并改变地表感热通量和潜热通量的分配,从而影响地表温度的变化。因此, Albedo - NDVI 空间中,遥感数据像元的散点图的上边界 A - C (图3)可能代表研究区土壤水分最少的区域,散点图中 A 点代表干旱裸土 (低 NDVI, 高 Albedo, 高 LST); 裸地地表反照率变化与地表水分含量高度相关, B 点则代表富水裸土 (低 NDVI, 低 Albedo, 低 LST); 随着植被盖度增加,地表反照率要相应降低,图中 C 点代表高植被覆盖区,由于土壤含水量低,反照率相对较高 (高 NDVI, 相对较高 Albedo 和 LST); D 点对应于植被盖度高,土壤水分含量充足的情况,该点的反照率相对较低 (高 NDVI, 低 Albedo, 低 LST)。因此, Albedo - NDVI 特征空间中,地表反照率不仅是植被

盖度而且是土壤含水量的函数。散点图上边界 A - C 边代表高反照率线,反映干旱状况,是给定植被盖度条件下完全干旱土地对应的最高反照率的极限。散点图底边 B - D 为最大低反照率线,代表地表水分充足状况。图中 A、B、C、D 4 点代表了 Albedo - NDVI 特征空间中极端状态,在植物生长季节,各类地物除云、水体外均包含在 ABCD 围成的四边形区域内,并呈现一定的空间分异规律。因此, Albedo - NDVI 特征空间具有明确的生态学内涵,反映了各种生物物理机制驱动下地表覆盖及各种物理参数的变化。利用 Albedo - NDVI 特征空间提取的信息能有效进行土地覆盖分类,利用多时相数据还可进行土地覆盖变化研究。

## 2.2 Albedo - NDVI 特征空间的沙漠化过程

为获取不同沙漠化程度土地 Albedo 与 NDVI 之间的定量关系,利用野外 GPS 确定的不同沙漠化土地样点的 Albedo、NDVI 值进行统计回归分析。在植被指数 (NDVI)和地表反照率 (Albedo)组成的二维空间中,不同沙漠化程度土地的分布如图4所示。不同沙漠化土地类型对应的植被指数 (NDVI)和地表反照率 (Albedo)具有显著的线性负相关性:

$$A = 67.547 - 0.4736 * N \quad (7)$$

$$R^2 = 0.7377$$

(7)式说明,随着沙漠化程度的增加,植被指数 (NDVI)逐渐减少,而地表反照率则逐渐增加。在 Albedo - NDVI 特征空间中,沙漠化过程得到了明显的反映。

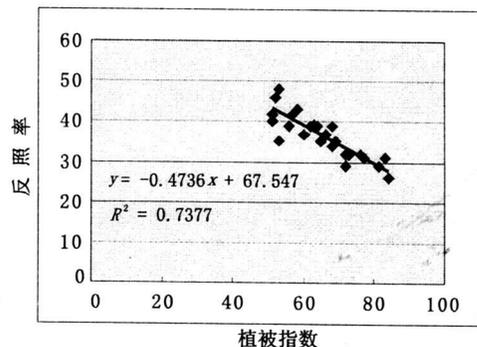


图4 不同程度沙漠化土地在 Albedo - NDVI 特征空间的分布规律

Fig. 4 Distribution of desertification severity in Albedo-NDVI space

从 Albedo - NDVI 特征空间可以看出,随着沙漠化程度的加重,地表植被覆盖度降低,地表能量

与水平平衡发生变化,从而导致土壤水分相应的减少、地表反照率相应增加。沙漠化过程及其地表特性的变化能在 Albedo - NDVI 特征空间中得到明显直观的反映。以上的分析使我们对沙漠化过程的生物物理特征有了一个很好的理解,这有助于寻求新的方法去改进当前沙漠化遥感监测的方法与策略。对沙漠化遥感监测来说,利用一个综合的光谱指数比采用多个分离的变量要更方便和更容易。这就是指示着,在 Albedo - NDVI 特征空间中,可以利用植被指数和地表反照率的组合信息,通过选择反映沙漠化程度的合理指数,有可能将不同沙漠化土地有效地加以区分,从而实现沙漠化时空分布与动态变化的定量监测与研究。而这个问题的合理解决,实际上就是如何根据采用一定的综合指标来划分 Albedo - NDVI 特征空间。

### 3 沙漠化遥感监测模型

在 Albedo - NDVI 特征空间,不同沙漠化土地对应的植被指数 (NDVI) 和地表反照率 (Albedo) 具有非常强的线性负相关性。根据 Verstraete and Pinty<sup>[37]</sup> 的研究结论,如果在代表沙漠化变化趋势的垂直方向上划分 Albedo - NDVI 特征空间,可以将不同的沙漠化土地有效地区分开来 (图 5)。而垂线方向在 Albedo - NDVI 特征空间的位置可以用 Albedo - NDVI 特征空间中简单的二元线性多项式加以表达:

$$DDI = a \cdot NDVI - Albedo \quad (8)$$

在本项研究中,DDI 的具体表达式如下:

$$DDI = 2.111 \cdot NDVI - Albedo \quad (9)$$

表 1 显示不同类型沙漠化土地之间 DDI 值差异的大小,非沙漠化土地、轻度沙漠化土地、中度沙漠化土地、重度沙漠化土地和极重度沙漠化土地的 DDI 的平均值分别为 132.8, 105.9, 92.7, 78.7 和 65.2,而同一类型沙漠化土地之间 DDI 值则相差甚微。因此,DDI 值可以反映区域土地沙漠化的过程,我们将这个值定义为沙漠化监测的差值指数。

表 1 不同沙漠化土地 DDI 值

Table 1 DDI of different severity of desertification

沙漠化土地	DDI
非沙漠化土地	132.8
轻度沙漠化土地	105.9
中度沙漠化土地	92.7
重度沙漠化土地	78.7
极重度沙漠化土地	65.2

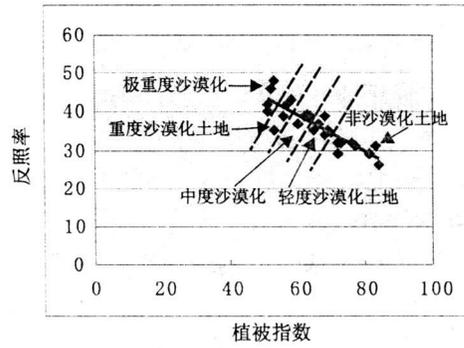


图 5 Albedo - NDVI 空间中沙漠化差值指数 (DDI) 图形表达

Fig. 5 Desertification difference index (DDI) in Albedo-NDVI space

在 Albedo - NDVI 特征空间,像元梯形散点图上边界 A - C 的植被覆盖与地面反照率之间存在着明显的线性变化关系,而且 A - C 边与沙漠化过程在 Albedo - NDVI 空间的轨迹线比较接近。因此,垂直于 A - C 边的直线也能将不同地表覆盖、沙漠化土地区分开来 (图 6)。因此,在具体应用中,为减少采样点代表性对 (8) 式的影响,其常数 a 可根据 Albedo - NDVI 特征空间中像元散点图上边界 A - C 的斜率来确定。以上分析表明,DDI 在直观上表现为 Albedo - NDVI 空间中垂直于 A - C 边的各分割直线的位置,其意义则反映了不同沙漠化土地在 Albedo - NDVI 空间的地表水热组合与变化的差异。实验与对比分析发现,沙漠化差值指数 (DDI) 能将不同沙漠化土地较好地区分开来。因此,在沙漠化监测中可选用能够反映地表水热组合与变化的沙漠化差值指数模型 (DDI) 作为监测的指标。

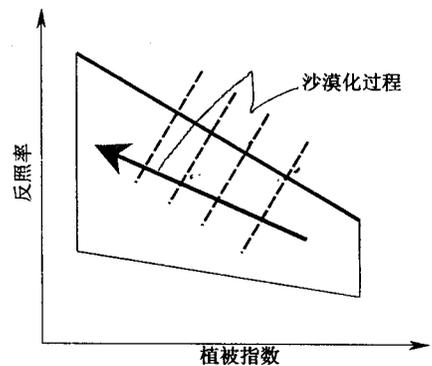


图 6 Albedo - NDVI 空间中沙漠化差值指数 (DDI) 图形表达

Fig. 6 Desertification difference index (DDI) in Albedo-NDVI space

## 4 结 论

在实验分析的基础上,利用遥感数据和野外调查数据分析了沙漠化与植被指数(NDVI)、地表反照率(Albedo)之间的关系。研究发现,沙漠化程度与植被指数(NDVI)、地表反照率(Albedo)存在显著的相关性。在此基础上,提出了 Albedo - NDVI 特征空间的概念。通过实验分析对比,并结合前人的研究成果对 Albedo - NDVI 特征空间的生物物理特征进行了分析,结果表明,能反映地表覆盖及其特征的空间变化。因此,利用植被指数(NDVI)和地表反照率(Albedo)的组合信息能区分土地覆盖特征及其变化。进一步分析表明,在 Albedo - NDVI 特征空间中,沙漠化趋势与过程能得到明显的反映。Albedo - NDVI 特征空间的组合信息可用于土地覆盖分类与制图、土地覆盖变化监测以及沙漠化监测与分析研究。基于以上的分析结果,提出了基于 Albedo - NDVI 特征空间的沙漠化遥感监测模型,即沙漠化遥感监测差值指数模型(DDI)。这个模型充分利用了多维遥感信息,指标反映了沙漠化土地地表覆盖、水热组合及其变化,具有明确的生物物理意义。而且指标简单、易于获取,有利于沙漠化的定量分析与监测。

本文对 Albedo - NDVI 特征空间的研究,主要基于前人的研究成果和已有的定位观测与分析成果,并以 Landsat - ETM<sup>+</sup>数据为信息源,结合野外观测数据,通过统计分析为主的方法获得了以上的结论。但对 Albedo - NDVI 特征空间的生物物理意义全面的理论分析与证明有待于进一步研究。

## 参考文献:

- [1] UNCED. Agenda 21 United Nations Conference on Environment and Development [M]. New York: United Nations, 1992.
- [2] UNEP. Status of desertification and implementation of the United Nations plan of action to combat desertification [M]. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 1992.
- [3] UNEP. United Nations Convention to Combat Desertification [M]. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 1995.
- [4] Brandt C J, Thomes J B. Mediterranean desertification and land use [M]. London: Johns Wiley & Sons, Ltd, 1996.
- [5] CCICCD. China Country Paper to Combat Desertification [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1996. 18 - 31.
- [6] Darkoh M. The nature, cause, and consequences of desertification in the drylands of Africa [J]. Land degradation & Development, 1998, 9 (1): 1 - 20.
- [7] Dregne H. Desertification of arid lands [J]. Economic Geography, 1977, 53 (4): 322 - 331.
- [8] Dregne H, Kassas M, Razanov B. A new assessment of the world status of desertification [J]. Desertification control Bull., 1991, (20): 6 - 18.
- [9] Asner. Imaging spectroscopy measures desertification in United States and Argentina [J]. EOS, 2001, December (4): 601 - 606.
- [10] Dregne H. Land degradation in the drylands [J]. Arid Land Research and Management, 2002, 16 (2): 99 - 132.
- [11] 王涛, 赵哈林, 肖洪浪. 中国沙漠化研究的进展 [J]. 中国沙漠, 1999, 19 (4): 299 - 311.
- [12] 王涛, 朱震达. 中国沙漠化研究 [J]. 中国生态农业学报, 2001, 9 (2): 7 - 12.
- [13] 林年丰, 汤洁. 中国干旱半干旱区的环境演变与荒漠化的成因 [J]. 地理科学, 2001, 21 (1): 24 - 29.
- [14] 朱金花, 黎劲松. 基于遥感与 GIS 技术的吉林省西部土地沙漠化现状及发展趋势研究 [J]. 地理科学, 2001, 21 (2): 140 - 144.
- [15] 范建容, 刘淑珍, 钟祥浩, 等. 金沙江干热河谷土地荒漠化评价方法研究 [J]. 地理科学, 2002, 22 (2): 243 - 248.
- [16] 陈国阶. 我国西部生态退化的社会经济分析——以川西为例 [J]. 地理科学, 2002, 22 (4): 390 - 396.
- [17] 宋长春, 邓伟, 李取生, 等. 松嫩平原西部土壤次生盐渍化防治技术研究 [J]. 地理科学, 2002, 22 (5): 604 - 608.
- [18] 裘善文, 张柏, 王志春. 吉林省西部土地荒漠化现状、特征与治理途径研究 [J]. 地理科学, 2003, 23 (2): 188 - 192.
- [19] 李森, 李凡, 孙武, 等. 黑河下游额济纳绿洲现代荒漠化过程及其驱动机制 [J]. 地理科学, 2004, 24 (1): 61 - 67.
- [20] Li S, Harazono Y, Oikawa T, et al. Grassland desertification by grazing and the resulting micrometeorological changes in Inner Mongolia [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 102 (2 - 3): 125 - 137.
- [21] 朱震达, 陈广庭. 中国土地沙质荒漠化 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [22] 朱震达. 中国土地荒漠化的概念、成因与防治 [J]. 第四纪研究, 1998, (2): 145 - 155.
- [23] 王涛, 吴薇, 王照章. 沙质荒漠化的遥感监测与评价 [J]. 第四纪研究, 1998, (2): 108 - 118.
- [24] 董光荣, 高尚玉, 金炯. 青海共和盆地土地沙漠化与防治途径 [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [25] 李森, 董玉祥, 董光荣. 青藏高原沙漠化问题与可持续发展 [M]. 北京: 中国藏学出版社, 2001.
- [26] Gillies R R, Carlson T N, Cui J, et al. A verification of the triangle method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the normalized difference vegetation index (NDVI) and surface radiant temperature [J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18 (5): 3145 - 3166.
- [27] Gillies R R. Thermal remote sensing of surface soil water content

- with partial vegetation cover for incorporation into climate models [J]. *Journal of Applied Meteorology*, 1995, **34**: 745 - 756.
- [28] Lambin E F, Ehrlich D. Combining vegetation indices and surface temperature for land - cover mapping at broad spatial scales [J]. *International Journal of Remote Sensing* 1995, **16**: 573 - 579.
- [29] Lambin E F, Ehrlich D. The surface temperature - vegetation index space for land cover and land - cover change analysis [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, **17** (3): 463 - 487.
- [30] Sobrino J A, Raissouni N. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, **21** (2): 353 - 366.
- [31] Richter R. A fast atmospheric correction algorithm applied to Landsat TM images [J]. *International Journal of remote Sensing* 1990, **11** (1): 159 - 166.
- [32] Liang S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: algorithms [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2001, **76** (2): 213 - 238.
- [33] Chamey J, Stone P, Quirk W. Drought in Sahara: A biogeophysical feedback mechanism [J]. *Science*, 1975, (187): 434 - 435.
- [34] Sagan C, Toom O B, Pollack J B. Anthropogenic albedo changes and the earth's climate [J]. *Science*, 1979, (206): 1363 - 1368.
- [35] Gerald L P, Hugh W E, Michael C M, et al. Albedo change by man: test of climatic effects [J]. *Nature*, 1981, **91**: 47 - 49.
- [36] 李胜利, Harazono Y, 何宗颖, 等. 奈曼荒漠化对草地微气象特征影响的研究 [J]. *大气科学*, 1994, **18** (6): 758 - 763.
- [37] Verstraete M, Pinty B. Designing optimal spectral indexes for remote sensing applications [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1996, **34** (5): 1254 - 1265.

## Albedo-NDVI Space and Remote Sensing Synthesis Index Models for Desertification Monitoring

ZENG Yong-Nian<sup>1,2</sup>, XIANG Nan-Ping<sup>1,3</sup>, FENG Zhao-Dong<sup>2</sup>, HU Huo<sup>4</sup>

(1. *School of Info-Physics and Geomatics Engineering, Changsha, Hunan 410083*; 2. *National Laboratory of Western China's Environmental System, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000*; 3. *Geomatics and Application Laboratory, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 12300*; 4. *Department of Architectural Engineering, North China Institute of Science and Technology, Beijing 101601*)

**Abstract:** Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and land surface albedo are very important biophysical parameters of land surface. In this paper we analyzed quantitatively the relationship between the severity of desertification and vegetation index (NDVI) and albedo. Through experiment and theoretical reasoning, we proposed a conception of Albedo-NDVI space and discussed its biophysical characteristics. Then, we analyzed the locations of different land cover classes and the trajectory of desertification in the Albedo-NDVI space. This knowledge can be used to improve current strategies for desertification mapping and change monitoring, by defining measurements in this feature space. Therefore, we present a methodology to monitor severity of desertification. Desertification field data, available data in the literature, and ancillary data were linked with land cover characteristics (vegetation index, land surface albedo) derived from Landsat ETM<sup>+</sup> multispectral image. The desertification synthetic index, desertification difference index (DDI), was produced, which combined information contained in the Albedo-NDVI space. This synthesis index is easy to use and possess biophysical properties of the land surface. We proposed this synthesis index as powerful one for desertification assessment.

**Key words:** Albedo-NDVI Space; synthesis index of desertification; remote sensing