

文章编号: 1007-4619 (2002) 02-0142-08

# 利用遥感和 GIS 研究内蒙古中西部地区环境变化

徐建春, 赵英时, 刘振华

(中国科学院 研究生院, 北京 100039)

**摘 要:** 利用 TM 和 MSS 卫星遥感数据提取反映生态环境的植被、土壤亮度、湿度、热度指数, 结合气候数据和其它地学辅助信息, 在 GIS 的支持下建立环境质量评价模型; 利用该模型评价了内蒙古中西部地区 1976、1987、1996 年跨越 20 年的环境变化, 从区域平均环境质量指数的变化和各级指数分布的区域面积变化两方面说明了研究区 20 年来的环境退化; 分析了气候因子对环境质量变化的影响, 定量说明了半干旱地区影响环境变化的气候因子主要是湿润度, 指出 20 年来人为因素对环境质量的影响呈现越来越大的趋势。

**关键词:** 植被指数; 湿度指数; RS/GIS; 环境质量; 湿润度

**中图分类号:** TP79/X32 **文献标识码:** A

## 1 引 言

半干旱地区—农牧交错地带, 是生态环境敏感和脆弱的地区, 也常是土地退化现象较为严重的地区。研究此类地区环境变化模式与影响因子, 对指导人类正确利用自然资源、保护生态环境具有重要意义, 是全球环境变化研究的重要组成部分。国内外不少学者曾利用遥感数据对植被、水体、土地利用等方面进行环境相关因子的提取方法与应用研究<sup>[1-4]</sup>。但是, 往往仅提取个别的环境遥感参数, 其中用得最为普遍的是植被指数 NDVI, 再与非遥感的辅助信息进行综合分析。在这种模式下, 遥感的潜力发挥得不够。环境变化涉及到植被、土壤、气候等许多因素, 这些因素又是不断变化的。本项研究致力于充分利用遥感的优势, 从遥感信息中提取多种关键环境因子, 并借助于气象台站提供的气温、降水、蒸发量、干旱指数等气象气候信息以及 DEM 高程等信息, 在 GIS 支持下建立环境质量评价模型。最终目标是利用该模型评价区域环境变化, 并研究气候与环境的关系。

在由地学辅助信息参与的遥感应用分析模型中, 常存在着遥感“瞬时”信息与地学“时段”信息在信息时段涵义上的不一致。由于本文着重分析区域

生态环境的年际变化, 故气候因子选用能反映区域年际变化的年平均值, 而遥感信息的时相则尺量选用反映年度内区域环境特点的“瞬时”信息。

研究区选择在内蒙古中西部大青山以南、黄土高原以北、约北纬 39—41°、东经 110—113°地区, 地处典型的中温带半干旱地区, 属农牧交错地带、草原荒漠过渡地带。研究区北部为土默川洪冲积平原, 主要地面类型为农地(水浇地), 往南则以中部的沙带和南部的牧草地(黄土丘陵)为主。本区平均海拔 1000m 左右, 年降水量 400—500mm, 年平均气温 5.6℃, 植被土壤类型主要为干草原—栗钙土类型(图 1, 见图版 I)。

我们收集了研究区 1976 年 10 月 30 日的 MSS 图像, 1987 年 7 月 4 日、1996 年 6 月 3 日的 TM 图像; 研究区 11 个气象台站 1961 年—1996 年 36 年的气温、降水量、蒸发量、相对湿度的月平均数据; 以及地面高程数据(100m \* 100m)\*、1:1 万土地利用图数据(1996 年)\*、地形图、土壤图等图件。并于 1999 年 7 月对研究区进行了野外实说调查, 掌握了大量研究区的地面实况资料, 作为本项研究的参考依据。

## 2 指数提取

遥感指数的提取要求既要能科学地反映区域生

收稿日期: 2001-01-16; 修订日期: 2001-02-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(49671057)和国家重点基础研究项目(G2000077900)资助。

作者简介: 徐建春(1976—), 男, 1997 年获北京大学城市与环境学系环境学专业学士学位, 2000 年获中国科学院遥感应用研究所地图学与地理信息系统专业硕士学位, 主要从事遥感和 GIS 方向的研究。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

态环境状况,又要简单易行,利于区域之间的比较。根据区域和图像的特点,我们选取了植被、土壤亮度、湿度、热度 4 种与环境有关的指数。每种指数用不同方法提取,并根据土地利用图进行评价。在利用遥感数据进行指数提取以前,我们选取 40 对控制点,进行几何纠正,以保证遥感图像和土地利用图的精确配准。

### 2.1 植被指数

植被指数用来反映植被状况、植被覆盖、生物量等信息,是反映生态环境的重要指标。由研究区地处半干旱的农牧交错带,植被覆盖度偏低,在提取 *NDVI* 的同时,为了减少土壤背景的干扰,对 *NDVI* 进行了土壤背景的调整,即选用土壤背景调整后的植被指数 *SAVI* (Soil Adjusted Vegetation Index)<sup>[5]</sup>,其表达式为:

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} \times (1 + L)$$

其中, *L* 为经验常数,植被覆盖度中一低时通常取值 0.5。但考虑到研究区特点及季相差异,对 10 月份的图像进行了适当的调整, *L* 取值 0.6。

另外,根据穗帽变换(TC)能有效分离土壤与植被信息的特点,选取经 TC 变换后的绿度分量(TC2)作为一个候选的植被指数。

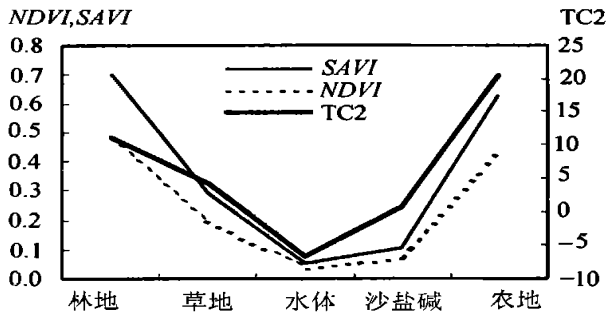


图 2 利用土地利用图评价 3 种植被指数  
Fig. 2 Evaluation of 3 vegetation indices based on land use data

在此基础上,对 TM 图像(1996 年)的上述 3 个植被指数图像输入 Arc/Info 成为 Grid 图层,用土地利用图统计各种土地利用类型的指数平均值,来比较和评价这 3 个指数,结果如图 2 所示。从图上看,几个指数反映的植被情况都基本符合实际,只是水体出现异常,这可能是因为该区黄河水浑浊度大,而水中悬浮泥沙在可见光红波段反映敏感所致。但进一步分析可见,穗帽变换绿度指数中农地指数比林

地稍大,与实际情况有差异;*NDVI* 和 *SAVI* 虽然曲线形态非常相似,但 *SAVI* 反映植被指数区间为 (0.05, 0.7),比 *NDVI* 的 (0.03, 0.47) 范围大,能够将植被状况分出更细的层次。因此,我们决定采用 *SAVI* 作为反映研究区环境的植被指数。

### 2.2 土壤亮度指数

研究区内土壤背景类型主要为沙地和盐碱地。穗帽变换产生的土壤亮度轴(TC1)可以作为一个反映它的可选指数。另外,通过对各种地类的光谱响应研究,依据在可见光红(*R*)、绿(*G*)波段土壤光谱响应与植被、水体光谱变化规律相反的特征,利用 *R* 波段和 *G* 波段的比值经标准化处理,就可以将沙地、盐碱地区分出来(沙地、盐碱地大于 0,其它小于 0),其表达式为:

$$NDSI = \frac{R - G}{R + G}$$

对 1996 年的 TM 图像我们计算出这两个指数,并通过土地利用图进行评价,如图 3。图中可见,它们在反映沙地、盐碱地上效果都不错。但是,对照两个指数图像可以看出,TC1 反映土壤亮度层次更清晰;而 *NDSI* 的黄河数值出现偏差(有的比沙地还大)。因此最终选用穗帽变换的土壤亮度轴作为反映研究区土壤亮度、沙化、盐碱化的指数。

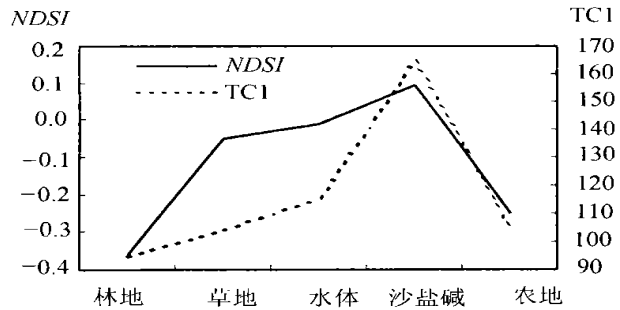


图 3 利用土地利用图评价 2 种土壤亮度指数  
Fig. 3 Evaluation of 2 soil brightness indices based on land use data

### 2.3 湿度指数

在作物估产、旱情监测等遥感应应用中,人们运用红外遥感、微波遥感等多种方法定量研究土壤湿度(土壤含水量)。这些方法要求特定的遥感数据源和大量的实测数据。本文面向宏观的生态环境快速评价,并非需要十分准确的湿度值,从这一点出发,我们希望只利用现有的遥感数据提取一个反映湿度的量。考虑到 *TM5* 波段(1.55—1.75 $\mu$ m)处于水的

吸收带(1.4 $\mu$ m, 1.9 $\mu$ m)之间,受水吸收带的影响,对湿度、含水量信息非常敏感,且 TM2 波段(G)对水体反射的特点,选用这两个波段经标准化处理的湿度指数 NDMI,其表达式为:

$$NDMI = \frac{G - TM5}{G + TM5}$$

利用土地利用图评价,水体 NDMI 值最大,草地、林地、农地次之,沙地、盐碱地最小,符合实际情况。

## 2.4 热度指数

热度指数的提取,同样我们不需要知道绝对温度值,只需要一个反映温度的量。热红外波段的遥感数据 TM6 (10.4—12.5 $\mu$ m),经辐射定标后,直接得到辐射温度,可以根据地物辐射响应的差异,反映不同的地类,因而 TM6 图像数据本身可以作为温度的相对指标。考虑到不同图像之间的可比性,我们将该波段的图像经归一化处理后的值作为热度指数。对 1996 年该指数图像利用土地利用图进行评价,沙地、盐碱地热度指数最高,居民点次之,农地、草地、林地、水体较小,符合实际情况。

## 3 模型计算

### 3.1 建立 GIS 数据库

我们将环境指数、土地利用、气候等信息全部输入 Arc/Info,建立相应的 GIS 数据库。考虑到本项研究遥感和 GIS 融合的特点,使用栅格数据结构与遥感图像数据结构一致,且有利于逐点的模型运算。我们选用栅格数据结构和 Albers 割圆锥投影(中央经线 105°,纬线 25°、47°),把所有的数据都在 Arc/Info 中转化成 Grid 层。考虑到遥感数据的空间尺度,栅格的大小确定为 30m。

生态环境指数数据库:将 3 个年份遥感图像上提取的各类指数图像都输入 ARC/INFO 成为 Grid,通过控制点配准到土地利用图上,生成植被指数、土壤亮度指数、湿度指数、热度指数等栅格数据结构的图层。由于 3 景图像覆盖的区域不完全相同,我们对 3 景图像进行相交运算,取它们相交的区域为模型计算的范围。

气候数据库:从气象台站获得的 11 个站点的月平均气候数据,分别计算出年平均值,按照站点的地理位置(经纬度)输入 Arc/Info,生成 Tin 图层。经投影变换、双线性插值处理,生成研究区 1976、1987、

1996 年的气温、降水、蒸发量的栅格图层。

土地利用数据库:1:1 万的土地利用图原是矢量结构,分 17 个区县单独存储<sup>[6]</sup>。为了便于研究,我们将 17 个区县的图层合并,然后转化为栅格结构,并且作为基准,将所有其它的数据配准到它上面。

高程数据库:本区数字高程模型(100m×100m)同样进行投影变换,并转换成栅格图层。

### 3.2 环境质量评价模型

经过以上准备工作,我们共获得 1976、1987、1996 年 3 个时相的土壤亮度指数、温度指数、植被指数、热度指数、年平均气温、降水、蒸发量和高程共 8 项指标(由于 MSS 图像没有热红外波段,其中 1976 年由 MSS 图像提取的指数没有热度指数)。我们以这 8 项融合了遥感和其它地学辅助信息的指标为基础,分别对研究区进行这 3 个年份的环境质量评价。

通常类似的评价采用经验法或者层次分析法或模糊数学等方法,按照对环境质量的贡献对各个因子进行权重评价和分级打分,然后进行线性相加,得到如下的环境质量评价模型:

$$EINDEX = C_0 + \sum_{i=1}^8 (F_i \times W_i)$$

其中,  $C_0$  为常量,  $F_i$  为因子值,  $W_i$  为因子权重,  $EINDEX$  为环境质量指数。考虑到本研究的复杂性(涉及到 3 个年份、多项指标),我们决定用线性回归计算出各个因子权重。

进行线性回归计算,首先需要知道一批样点的因子值和环境质量评价价值。样点的选择以 11 个气象站点为主,为了保证样点的代表性和空间分布的均匀性又扩增了 10 个点。这 21 个样点的气候因子值由各气象站点的值及插值得到。为了使每个样点的多因子值更具代表意义,我们对每个样点求算缓冲区(Buffer),将样点变为以 1000m 为半径的样区。对每个样区(缓冲区),根据其土地利用类型的差异划分为 2—6 个亚区,分别求算各亚区的单因子平均值作为该因子值。这样,实际的样点数为 70—90 个(各年不等),每个样点对应某个缓冲区内一种土地利用类型。

考虑到研究区环境质量的优劣主要表现在土地退化程度上,我们结合该区不同时期的土地利用图及地面实况调查,参考已进行的土地退化研究成果<sup>[7]</sup>,来确定每个样点的环境质量指数值,将环境质量分为 8 级,建立样点环境质量评价标准如表 1。

表 1 环境质量评价标准

Table 1 Environment quality evaluation standard

环境质量指数	地表组成和地表形态		植被盖度和植被类型		土地退化类型
	黄河以北	黄河以南	黄河以北	黄河以南	
8	弱盐化灌淤土、潮土	弱沙化棕钙土 裸沙面积 < 10%	以水浇地为主(小麦、玉米、向日葵等), 植被盖度 > 75%	沟川旱地(小麦)、平旱地	未退化
7	分布于大青山阴坡	无	多为人工林(油松、落叶松等)、少数次生天然林(桦林)	无	未退化
6	盐碱斑面积 < 15%, 盐碱半灌木平地	裸沙面积 < 15% 的覆沙黄土、风沙土	灌木林地、草甸草原(羊茅、苔草)、盐化草甸(碱蒿、碱蓬)、人工草地(锦鸡儿、沙打旺)等, 植被盖度 45%—75%	典型草原(冰草、针茅、紫花苜蓿、百里香)、典型草地(柠条、锦鸡儿灌丛)、固定沙地(油蒿、柠条、锦鸡儿灌丛)等, 植被盖度 45%—75%	轻度退化
5	盐碱斑面积 < 20% 富沙栗钙土	风沙土, 裸沙面积 15%—25%	疏林地(杨树、油松), 以百里香为主的草类覆盖	稀疏林地	轻度退化
4	盐碱斑面积 20%—40% 的盐化草甸土	裸沙面积 25%—45% 的平地风沙土、固定沙垅、灌丛沙堆	稀疏草甸草原(羊茅、苔草)、盐碱平地(冰草、蒿子、虎尾草)、低湿盐化地(马蔺、骆驼蓬、碱蓬、红柳)等, 植被盖度 20%—45%	固定沙垅(锦鸡儿)、杂草类退化草场等, 植被盖度 20%—45%	中度退化
3	盐碱斑面积 40%—60% 的盐化淡栗钙土	裸沙面积 45%—65% 的沙土、半流动沙地	荒漠草原(小针茅、冷蒿)、盐碱滩(锦棘草)等, 植被盖度 10%—20%	半流动沙地(沙黄柳、油蒿), 植被盖度 10%—20%	重度退化
2	盐碱斑面积 > 60% (棕钙土为主)	裸沙面积 > 65% 的流动沙地	以芨芨草为主的稀疏盐生植被, 植被盖度 5%—10%	以沙生油蒿群落为主的流动沙地, 植被盖度 5%—10%	重度退化
1	盐碱裸地	流动沙丘、新月型沙丘	几无植被, 植被盖度 < 5%	几无植被, 植被盖度 < 5%	极度退化

参照表 1, 我们对 3 年已经得到因子值的所有样点进行环境质量评价打分, 得到 *EINDEX* 值。用最小二乘法对样点因子值和 *EINDEX* 进行多元线性回归, 计算  $C_0$ 、 $W_i$  和相关系数, 结果见表 2。表中的

多元回归相关系数  $R_{mul}$  和  $F$  检测值可用来检验环境因子与环境质量之间的相关关系是否存在。对样本数 70, 置信度 0.05, 查阅  $R$  表和  $F$  表,  $R$  为 0.232,  $F$  为 1.39。按照 3 个年度的计算结果, 相关系数

表 2 因子与环境质量多元线性回归结果

Table 2 Multi-factors regression results of factors and environment quality indices

	1976 年		1987 年		1996 年	
多元回归相关系数 ( $R_{mul}$ )	0.93		0.94		0.90	
$F$ 检测	59.02		64.21		36.46	
	权重系数 ( $W_i$ )	相关系数 ( $r$ )	权重系数 ( $W_i$ )	相关系数 ( $r$ )	权重系数 ( $W_i$ )	相关系数 ( $r$ )
土壤亮度指数	-0.05045	-0.84	-0.00732	0.80	-0.00380	0.78
湿度指数	0.31721	0.61	0.16062	0.61	0.06433	0.33
植被指数	-0.19322	0.26	0.05118	0.85	0.03052	0.78
热度指数			-0.03276	-0.55	-0.11850	-0.81
高程	-0.00008	-0.33	-0.00075	-0.32	-0.00043	-0.31
气温	0.05249	-0.10	-0.07291	0.06	0.00390	0.16
降水	0.00957	0.49	-0.00624	-0.20	0.00087	0.05
蒸发量	-0.00066	-0.31	-0.00139	-0.24	-0.00068	-0.15
常量 ( $C_0$ )	8.6		26.94		21.88	

$R_{mul}$  都接近于 1, 大于 0.323,  $F$  检测值都大于 1.39, 从统计学的角度看, 计算结果通过检验, 可以认为我们给出的  $EINDEX$  与 8 个因子存在相关关系。从表 2 还可以看到, 环境质量与土壤亮度指数、热度指数呈负相关, 与湿度指数、植被指数呈正相关, 符合实际情况。

使用回归计算的  $C_0$ 、 $W_i$  和已建好的 GS 因子数据库, 我们在 Arc/Info 中对 1976、1987、1996 三年(跨越 20 年)的图像进行计算, 分别得出各年的环境质量评价图和各年之间的环境质量变化图。图 4 (见图版 I) 为研究区 1996 年的环境质量评价图和 1976 到 1996 年的环境质量变化图。

## 4 结果分析

### 4.1 研究区 20 年的环境质量变化

从图 4(b)可见, 环境质量正向变化的蓝绿色区域明显小于逆向变化的棕红色区域, 近 20 年来, 研究区的环境质量总体下降。下面我们从区域平均环境质量指数的变化和各级指数分布的区域面积变化两方面来评价研究区 20 年来的环境变化。

图 5 显示研究区内不同地貌单元 20 年来的环境质量变化。图中可见, 除黄河南部平原外, 其它地貌单元的环境质量指数均有下降, 平均下降 0.4 左右。图 6 显示不同土地利用类型 20 年来的环境质量变化。图中可见, 除农地外(主要表现在黄河南部平原农地的开发), 其它土地利用类型的环境质量也在下降, 平均下降 0.8 左右。

表 3 显示 20 年来研究区各等级环境质量指数

表 3 研究区 3 年各等级环境质量的面积变化

Table 3 Variance of area of different  $EINDEX$  on research region during the 3 years

$EINDEX$	1	2	3	4	5	6	7	8
1976 年面积/km <sup>2</sup>	429	1573	2239	2111	2283	2459	1904	2047
1987 年面积/km <sup>2</sup>	364	1317	2444	3620	2721	1685	1168	1692
1996 年面积/km <sup>2</sup>	1630	1681	2460	2341	2030	1902	2078	889
1976 年到 1996 年变化量	1201	144	221	230	-253	-557	173	-1158
1976 年到 1996 年变化百分比/%	280	9	10	11	-11	-23	9	-57

### 4.2 环境变化和气候因子的关系

以上分析表明, 该区 20 年来环境质量总体上是下降的。为了探讨环境质量变化和气候变化之间的

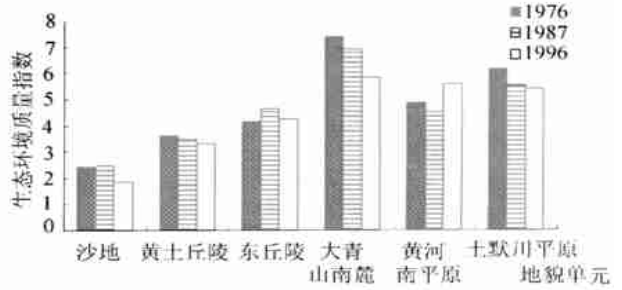


图 5 不同地貌单元的环境质量变化

Fig. 5  $EINDEX$  variations on different geomorphology types

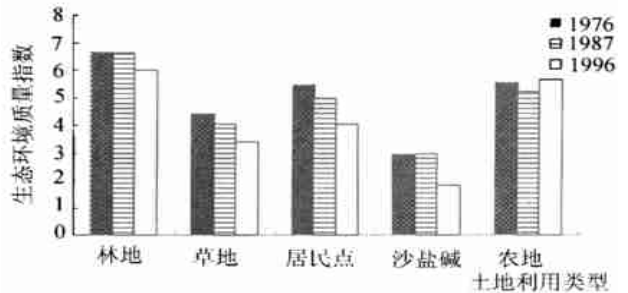


图 6 不同土地利用类型的环境质量变化

Fig. 6  $EINDEX$  variations on different land use types

的面积变化。从表中可见, 环境质量较好的 5、6、8 级面积均减少, 其减少幅度是 1976 年的 11%—57%; 环境质量较差的 2、3、4 级面积分别增加了 10%左右, 而环境质量最差的 1 级面积增加了 1200km<sup>2</sup>; 总体上表现为环境质量的退化。其中, 由于 1987 年气温高、蒸发量大、降水少, 是几十年中的大旱年, 因此出现局部反常现象。

关系, 我们进行了气候因子的分析。图 7 为该地区 36 年来的湿润度变化曲线, 湿润度被定义为: 湿润度 = (降水量 / 蒸发量) \* 10, 它与干燥度互为倒数。从图中可见, 1961—1996 年, 36 年来湿润度呈现下

降趋势。这与环境质量总体下降的趋势一致。这表明, 研究区的环境质量退化和气候变化关系密切。但是, 由表 2 可见看到, 从 1976、1987 到 1996 年, *EINDEX* 和气候因子(气温、降水、蒸发量)相关关系的绝对值呈现下降的趋势。这表明 20 年来, 研究区环境质量变化受到人为因素影响的比重在增加, 而受气候因子的影响所占的比重在减小。

表 4, 图 8 反映了各样点 20 年来环境质量与湿润度的变化关系。从图表中可见, 20 年来各点 *EINDEX* 基本都有所下降, 这与湿润度的下降趋势完全一致。同时, 通过 20 年来各样点的气温、降水、蒸发量、湿润度变化值与各自的 *EINDEX* 变化值的线性回归计算, 得 *EINDEX* 的变化与气温、降水、蒸发量、

湿润度变化的相关系数分别为:  $-0.44$ 、 $0.80$ 、 $-0.68$ 、 $0.86$ 。由此可见, 环境质量的变化与湿润度变化呈正相关并且相关系数最大。这说明研究区气候因子影响环境质量变化集中体现在湿润度上, 它是降水量和蒸发量的综合反映。

### 5 结论与讨论

(1) 近 20 年来, 无论从研究区各地貌单元还是各土地利用类型分析, 均说明环境质量总体是下降的。环境质量级别较高的区域面积明显减少, 而环境质量相对较差的区域面积明显增加。

(2) 从研究区 36 年来气候因子的变化分析表

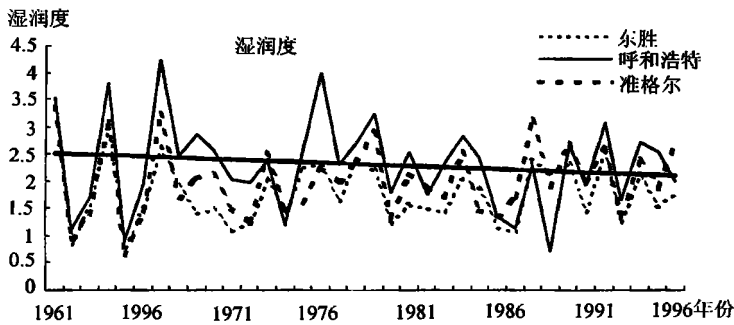


图 7 研究区 36 年的湿润度变化

Fig. 7 Variance of moisture of research region during 36 years

表 4 各样点 20 年来 *EINDEX* 和湿润度的变化

Table 4 Variation of *EINDEX* and moisture on sample sites during the 20 years

项目		样点号													
		5	7	8	9	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<i>EINDEX</i>	1976 年	7.78	6.63	6.89	5.75	3.57	1.82	2.49	1.55	5.73	6.85	6.02	5.1	3.85	3.83
	1996 年	4.13	5.89	4.58	4.61	4.34	1.36	1.48	1.36	5.61	5.48	6.25	4.51	3.36	4.13
湿润度	1976 年	3.98	2.4	3.1	2.41	2.24	2.36	2.36	2.17	2.39	2.76	3.03	2.91	2.3	1.97
	1996 年	2	2.04	2.02	2.14	2.72	1.95	2.16	2.24	2.05	2.07	2.25	2.4	2.05	2.46

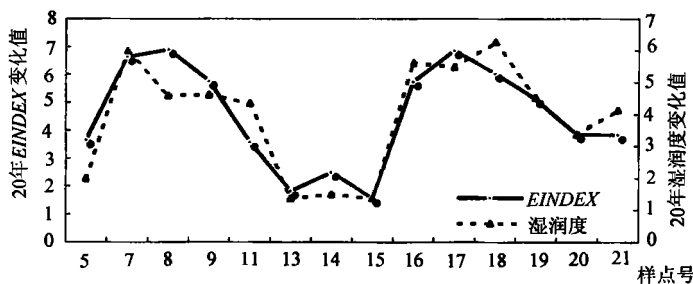


图 8 *EINDEX* 和湿润度的变化关系

Fig. 8 Correlation of *EINDEX* and moisture Variation

明,研究区的环境质量退化和气候变化关系密切,且趋势一致。尽管人为因素是该区环境质量退化相当重要的因素,且近 20 年来人为因素影响的比重在增加,但从本质上讲,气候干旱化是该区环境质量退化的内在原因。

(3) 从研究区 *EINDEX* 的变化与气温、降水、蒸发量、湿润度变化的相关系数分析表明,研究区气候因子影响环境质量变化集中体现在湿润度上,它是降水量和蒸发量的综合反映。

(4) 本研究表明,从遥感图像提取反映环境质量的多种指数,结合其它地学辅助信息,在 GIS 支持下建立环境质量评价模型,是一种快速评价区域环境质量及变化的行之有效的办法。

(5) 由于受客观条件所限,1970 年代遥感数据的时相选择并不理想。因而在处理 1976 年 10 月图像的每个环节(如植被指数 *SAVI* 提取中经验参数 *L* 的取值、样点的环境质量打分等方面),我们均考虑了时相的延时所造成的影响。尽管尚有不足,但对于评价区域环境的年际变化在方法研究和趋势分析上,应该是有效的。

**致谢** 中国科学院遥感所刘纪远、庄大方等以及国家基础地理信息中心陈军等在数据方面给予大力支持。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] Francois Becker, Bhaskar J. Choudhury. Relative sensitivity of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Microwave Polarization Difference Index (MPDI) for vegetation and desertification monitoring [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1998, 24(2): 297—311.
- [2] Zhao Yingshi, et al. Research of extraction method of remote sensing information features of ocean erosion remains during quarxinshi [J]. *Geographical research*, 1996 15(1): 73—81. [赵英时等, 全新世海侵痕迹遥感信息特征提取方法研究[J]. 地理研究, 1996, 15(1): 73—81]
- [3] Sun Hongyu, Wang Changyao, et al. Analysis of the Vegetation Cover Change and the Relationship between NDVI and Environmental Factors by Using NOAA Time Series Data [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998 2(3): 204—209. [孙红雨, 王长耀等, 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子的关系[J]. 遥感学报, 1998, 2(3)

204—209]

- [4] Tian Guoliang, et al. Research of modeling on remote sensing monitoring of aridity of winter wthermal [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1992 7(2): 83—89. [田国良等, 冬小麦旱情遥感监测模型研究[J]. 环境遥感, 1992, 7(2): 83—89]
- [5] Chen Shupeng, Zhao Yingshi. Geoscience Analysis of Remote Sensing [M]. The Publishing House of Surveying and Mapping, 1990. [陈述彭, 赵英时, 遥感地学分析[M]. 测绘出版社, 1990]
- [6] Liu Jiyuan, et al. Remote sensing investigation and dynamic research of Chinese resource and environment [M]. Chinese science and technology press, 1996. [刘纪远,《中国资源环境遥感宏观调查与动态研究》[M], 中国科学技术出版社, 1996]
- [7] Zhang Xichuan, Zhao Yingshi. Application of Line Spectral Mixture Model to Rapid Assessment of Land Degradation in Semiarid Area [J]. *Journal of the Graduate School, Academia Sinica*, 1999, 16(2): 169—175. [张熙川, 赵英时, 应用线性光谱混合模型快速评价土地退化的方法研究[J]. 中国科学院研究生院学报, 1999 年, 16(2): 169—175.]
- [8] G. L. Anderson, Evaluating Landsat Thematic Mapper Derived Vegetation Indices for Estimating Above—Ground Biomass on Semiarid Rangelands [J]. *Remote Sens. Environ.*, 1993, 45, 165—175.
- [9] David A. Hastings and Liping Di. Modeling of Global Change Phenomena with GIS Using the Global Change Data Base. I: Modeling with GIS [J]. *Remote Sens. Environ.*, 1994 49: 1—12
- [10] Tong Qingxi, et al. Analysis of spectrum and its features of Chinese typical ground objects [M]. Science press 1990. [童庆禧等,《中国典型地物波谱及其特征分析》[M]. 科学出版社, 1990]
- [11] Zhou Xintie, et al. Research of dynamic resource and environment monitoring information systems of SanBei fending forest [M]. Surveying and Mapping press, 1991, 219—231. [周心铁等,《三北防护林资源与环境动态监测信息系统研究》[M]. 测绘出版社, 1991, 219—231.]
- [12] Institute of remote sensing and applications, Chinese academy of sciences. Research on remote sensing monitoring and management of fragile ecosystem of neighboring area of Jinsameng [C]. Aeronautics press, 1994. [中国科学院遥感应用研究所,《晋陕蒙接壤地区脆弱生态系统遥感监测与管理研究》[C]. 宇航出版社, 1994.]
- [13] Research on remote sensing applications of pasture resource of Inner—Mongolia [C]. Inner—Mongolia University Press, 1987. [《内蒙古草场资源遥感应用研究》[C]. 内蒙古大学出版社, 1987.]
- [14] Research on recycling resources: fending forest of Inner—Mongolia pasture [C]. Wanguo academic press, 1991. [《再生资源遥感研究——内蒙古草原牧场防护林区》[C]. 万国学术出版社, 1991.]

## Research on Ecological Environment Change of Middle and Western Inner—Mongolia Region Using RS and GIS

XU Jian—chun, ZHAO Ying—shi, LIU Zhen—hua

(*Graduate School, CAS, Beijing 100039 China*)

**Abstract:** The ecosystem of semi—arid region, the neighboring zone of agriculture and grazing area in Inner Mongolia is very sensitive and fragile. It is urgently demanded to assess the status of regional ecological environment quality degradation and to find out potential environmental degradation area.

In this paper the vegetation, soil brightness, moisture and heat indices are extracted and evaluated from multi—band and multi—time TM and MSS remote sensing data to describe ecosystem status. An ecological environment quality evaluation model is built from these indices, climate data (air temperature, precipitation, evaporation and relative moisture) and other geographical auxiliary information (geomorphologic types, terrain elevation and land use information, etc.), on the support of GIS. The ecological environment change during 2 decades (from 1976, 1987 to 1996) of middle and western Inner—Mongolia region is evaluated using this model. The ecological environment quality degradation of this region is analyzed from the aspects of average regional ecological environment quality index change, the area change of each ecological environment quality index, and from sample band analysis. Finally, this paper also analyzes the change of climate factors and the effect of these changes on ecological environment quality change quantitatively.

Through correlation analysis of ecological environment quality change and climate factor change, this paper concludes that the climate changes are the major reason that leads to ecological environment degradation. By calculation of the correlation between ecological environment quality change and change of precipitation, evaporation and moisture, which is the combination of the former two factors, this paper puts forward that the major climate factor that affects ecological environment changes in semi—arid region is moisture. During the 20 years, the effect of human behavior increases a lot. Meanwhile this research also proves that the methodology used in this paper is effective.

**Key words:** vegetation index; moisture index; RS/GIS; ecological environmental quality

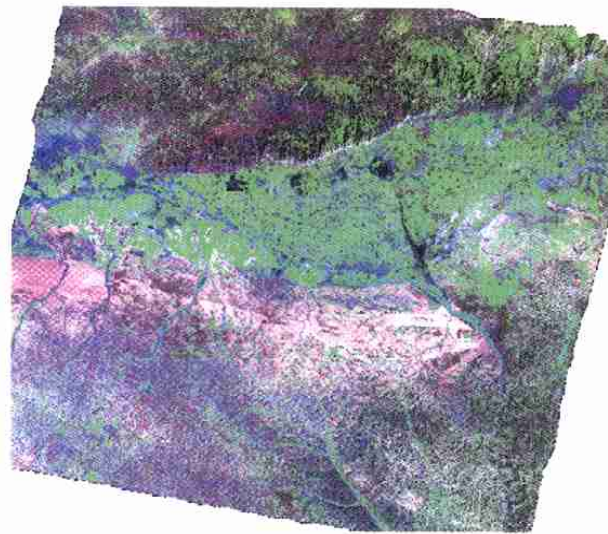


图 1 研究区三维全貌图  
(TMS、4、2+DEM)

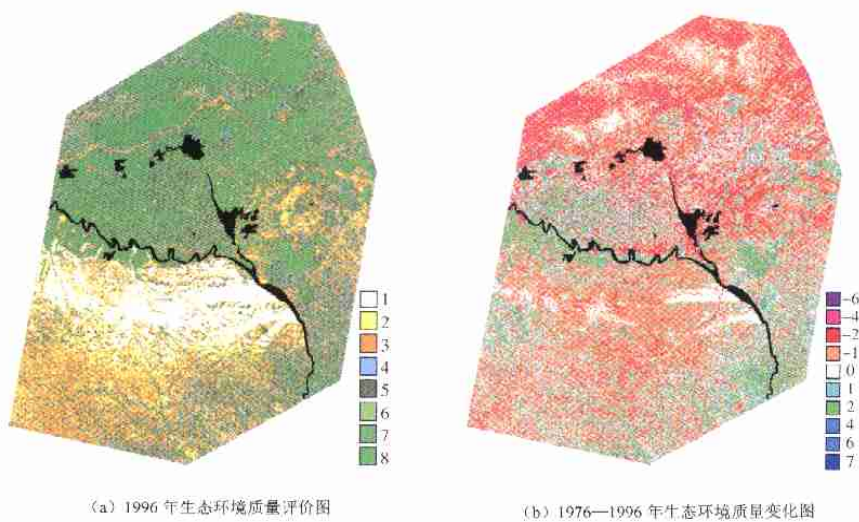


图 4 生态环境质量评价图