

内蒙古多伦县沙漠化土地时空变化特征

阿如罕^{1,2}, 杨 持¹, 王金荣³, 杨 洋²

(1. 内蒙古大学 生命科学学院, 呼和浩特 010020; 2. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010019;
3. 中国建筑材料工业地质勘查中心内蒙古总队, 呼和浩特, 010010)

摘 要: 研究以内蒙古多伦县 1960 年、1975 年的航片和 1987 年、1995 年、2000 年、2005 年的陆地卫星 TM 影像等 6 个不同时期相的遥感数据为数据源, 提取研究区沙漠化土地信息, 与研究区的其他数据进行叠加分析, 建立数据库, 分析沙漠化土地时空变化规律。结果表明: 1960—1995 年沙漠化土地共增了 639.88 km², 1995—2005 年间沙漠化土地面积减少了 427.18 km²。1960—1995 年沙漠化土地发生扩大的区域主要分布在 3 条沙带两侧。由于这些地区毁林开荒、草场超载, 导致沙漠化土地面积有所扩展; 1995—2005 年沙漠化土地发生减少的区域主要分布于城南沙带、黄柳区。自从京津风沙源治理、退耕还林、禁牧舍饲和生态移民四大工程实施以来, 多伦县沙漠化土地逆转很快, 流沙多被固定, 从而使本区出现沙漠化土地面积逐步缩小的局面, 其中城南沙带地区尤为明显。

关键词: 沙漠化; 时空变化; 内蒙古多伦县

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)04-0207-05

Spatial-temporal Change Characteristics of Sandy Desertified Lands in Dolonnur County of Inner Mongolia

A Ru-han^{1,2}, YANG Chi¹, WANG Jin-rong³, YANG Yang²

(1. College of Life Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010020, China; 2. College of Eco-environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 3. China National Materials Group Corporation Ltd. of Inner Mongolia Corps, Hohhot 010010, China)

Abstract: The paper used six sets of the multi-temporal remote sensing data of Duolun county of Inner Mongolia, acquired in aerial photo of 1960, 1975 and Landsat TM images of 1987, 1995, 2000, 2005. The desertification data base was set up and the temporal and spatial variation of land desertification was analyzed by extraction of land desertification information and overlay analysis other data on research area. The results showed that the desertification area in 1960—1995 increased by 639.88 km², and reduced by 427.18 km² during 1995—2005. From 1960 to 1995, the extension area of desertification mainly occurred on two sides of three sand belts. Owing to the deforestation for land reclamation, grassland overload, the desertification area was extended. Between 1995 to 2005, the area of desertification decrease mainly distributed in south belt region of country and Huangliu area. Since the implementation of ‘the Beijing-Tianjin dust storms sources control project’, ‘the project of withdrawing graze and returning to grassland’, ‘banning herd and confinement feeding project’ and ‘eco-migration project’, the desertification area in Dolonnur county reversed quickly, most of the mobile dunes were stabilized and the total area of desertification gradually reduced, obviously in the south sand belt of research area.

Key words: sandy desertification; spatial and temporal variation; Dolonnur county of Inner Mongolia

沙漠化是干旱、半干旱和部分半湿润地带在干旱多风和疏松沙质地表条件下, 由于人为强度利用土地等因素, 破坏了脆弱的生态平衡, 使原非沙质荒漠的地区出现了以风沙活动为主要标志的土地退化过

程^[1]。土地沙漠化所造成的环境退化与经济贫困, 已经成为威胁人类生存的十大环境问题之首。内蒙古是中国沙漠化严重的地区之一, 又毗邻京、津、唐地区, 其沙漠化的发展将对这些地区的气候、环境等方

面产生直接和重大影响。多伦县位于内蒙古自治区锡林郭勒盟东南部,地处内蒙古波状高原的南缘,阴山山地北麓和浑善达克沙地尾缘的交错地区,属于生态脆弱区,正好处于京津唐经济区的上风位置,是重要的沙源区。由于人类的滥垦滥伐,对土地造成严重的破坏,再加上风沙多、降水量少等原因,使得多伦县为生态环境脆弱性研究的典型地区,并已出现不少具科学和研究价值的成果^[2-11],已给内蒙古多伦县的环境治理和生产发展提供了大量的科学依据,但这些研究相对零散,基于县域尺度的较长时间尺度沙漠化土地时空变化研究尚未展开,还不能完全把握内蒙古多伦县沙漠化土地时空变化规律。因此,利用 3S 技术对内蒙古多伦县 1960—2005 年的沙漠化土地进行动态监测,分析与评价内蒙古多伦县沙漠化土地时空变化规律,为当地的沙漠化土地治理提供理论依据。

1 研究区概况

多伦县地处内蒙古波状高原的南缘,地理坐标为东经 $115^{\circ}54'$ — $116^{\circ}55'$,北纬 $41^{\circ}46'$ — $42^{\circ}39'$ 。东与河北省围场县接壤;南与丰宁、沽源交界;西与镶白旗、蓝旗为邻;北与赤峰市克什克腾旗毗邻,县境南北长 110 km,东西宽 70 km。地貌为平缓起伏的沙地,土壤以发育在砂性母质上的风沙土为主,也有草原栗钙土,间有风沙土、棕钙土和草甸土等土类,植被以典型的草原植被为主,气候属于温带半干旱向半湿润过渡的典型大陆性气候。目前,多伦县已演化为沙漠化较重的地区,其北部为著名的浑善达克沙地,它不但为多伦的沙化提供了大量的物质来源,而且对多伦的沙漠化演变有着明显的控制作用。多伦县面向京津,是塞北通往内地的门户,距北京直线距离约 178 km,是内蒙古自治区到北京直线距离最近的旗县。多伦县属于生态脆弱区,是华北地区尤其是京津地区生态屏障的重要组成部分,其生态环境的优劣关系到周边地区的发展^[12]。因此,利用 3S 技术分析内蒙古多伦县沙漠化土地时空变化规律,为国家和地方制定防治沙漠化的行动计划、规划,合理布局防治工程,改善区域生态环境,实现多伦县生态、经济和社会的可持续发展提供科学依据。

2 数据来源及研究方法

本文依据内蒙古多伦县沙漠化土地特点,参照王涛等^[1]人对沙漠化土地的划分,研究区沙漠化土地类型分为潜在沙漠化、轻度沙漠化土地、中度沙漠化土地、重度沙漠化土地、严重沙漠化土地,非沙漠化土地等 6 个类型。以 1960 年和 1975 年的航片和 1987 年、1995 年、2000 年、2005 年 6 个不同时相的 TM 影像数据

为基础,以多伦县的 1975 年的 1:5 万地形图、1984 年的土壤图及地质图、野外调查资料等为辅助资料,利用 ArcGIS 软件进行数字化,在解译过程中图斑轮廓线误差不超过 3 个像元,最终提取了 6 个不同时相的沙漠化土地分布图。利用 ENVI 4.6 软件对遥感影像分类结果进行精度检验后得知 6 个年份的总精确度和 Kappa 指数等均大于精度 0.7,其分类结果基本符合精度要求。将 6 期沙漠化分布图两两叠加结果的属性表进行汇总,得到沙漠化土地变化类型及其转移矩阵数据。

3 内蒙古多伦县沙漠化土地变化分析

3.1 沙漠化土地的时间变化特征

由图 1 可知,1960 年内蒙古多伦县沙漠化土地面积 215.00 km^2 ,占研究区总面积的 5.52%,其中轻度沙漠化土地和严重沙漠化土地占主导地位。除已沙漠化土地外,还有潜在沙漠化危险的土地面积为 244.84 km^2 ,为总沙漠化土地面积的 1.14 倍。这说明内蒙古多伦县大面积土地已经进入沙漠化发展初始阶段,面临着严重沙漠化的危险。因为当原始草地植被出现退化或地表开始出现裸斑等沙漠化初期症状之后,不合理的人类活动的加剧,就有可能出现大面积的流沙,以及随之而来的沙丘,当沙漠化土地发展到严重阶段之后,就很难恢复和治理^[13];1975 年沙漠化土地面积已达 469.25 km^2 ,占研究区总面积的 12.04%。在沙漠化土地中仍然轻度沙漠化土地所占面积最大,中度沙漠化土地所占面积次之。除此之外,潜在沙漠化土地面积为 389.67 km^2 ,为总沙漠化土地面积的 0.83 倍。轻度及中度沙漠化土地占了沙漠化土地面积的 67.42%,潜在、轻度以及中度沙漠化土地面积较大,有利于沙漠化发展。这说明内蒙古多伦县很大面积的土地已经进入沙漠化发展阶段,面临着严重沙漠化的危险;1987 年沙漠化土地面积已达 642.62 km^2 ,占研究区总面积的 16.89%。在沙漠化土地中轻度沙漠化土地所占面积最大,占沙漠化土地面积的 32%;中度沙漠化土地所占面积次之,占沙漠化土地面积的 28%。除已沙漠化土地外,潜在沙漠化土地面积为 253.11 km^2 ,为总沙漠化土地面积的 0.39 倍。轻度及中度沙漠化土地占了沙漠化土地面积的 74%,说明内蒙古多伦县大面积土地已经进入沙漠化发展阶段,重度和严重沙漠化土地面积日益扩大,沙漠化正在迅速发展,面临着严重沙漠化的危险;1995 年多伦县沙漠化土地面积已达 854.88 km^2 ,占研究区面积的 21.93%。除此之外,有沙漠化危险的潜在沙漠化土地面积为 263.25 km^2 。在已沙漠化土地中轻度沙漠化土地面积比例最高,次之为中度沙漠化土地。已沙漠化土地和潜在沙漠化土

地面积共 1 118.13 km², 占研究区面积的 29%。这说明研究区内沙漠化土地普遍发生, 环境负面潜在影响严重。自 1987—1995 年的 8 年间, 研究区沙漠化土地的净增加量为 212.26 km², 土地沙漠化呈现快速发展态势; 2000 年已沙漠化土地面积为 728.32 km², 占研究区总面积的 18.69%。在沙漠化土地中中度沙漠化土地面积最大, 轻度沙漠化土地所占面积次之。除此之外, 潜在沙漠化土地面积为 252.41 km²。与 1995 年监测的结果相比, 局部地区经过几年的治理出现逆转趋势, 沙漠化土地面积减少, 程度有所减轻, 到 2000 年沙漠化土地总面积减少了 126.56 km²; 2005 年已沙漠化土地面积减少到 427.70 km², 其中轻度沙漠化土地占 37.31%, 中度沙漠化土地占 20.08%, 重度

沙漠化土地占 26.91%, 严重沙漠化土地占 15.7%。有沙漠化危险的潜在沙漠化土地为 224.09 km²。与 2000 年监测的结果相比, 经过几年的治理有所逆转, 沙漠化土地面积减少 300.62 km², 程度有所减轻。

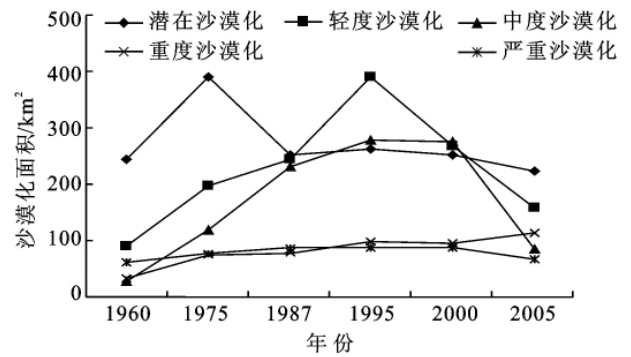


图 1 多伦县沙漠化土地动态变化

表 1 1960—2005 年多伦县沙漠化土地类型转移矩阵 km²

土地沙漠化类型转化	1960—1975 年	1975—1987 年	1987—1995 年	1995—2000 年	2000—2005 年
潜在沙漠化→潜在沙漠化	48.3889	34.3370	38.4600	40.6381	32.8656
潜在沙漠化→轻度沙漠化	27.8460	35.1670	59.7636	44.7688	20.3061
潜在沙漠化→中度沙漠化	16.3488	44.0193	30.4128	19.1483	8.5661
潜在沙漠化→重度沙漠化	10.7017	1.6000	6.2044	1.4583	4.2999
潜在沙漠化→严重沙漠化	7.4768	15.6836	1.9060	0.3735	1.7042
潜在沙漠化→非沙漠化	134.0778	258.8631	116.3632	156.8630	184.6681
轻度沙漠化→潜在沙漠化	16.8121	19.5265	24.6471	54.4522	45.5824
轻度沙漠化→轻度沙漠化	12.8500	21.6544	61.7068	81.7700	36.0848
轻度沙漠化→中度沙漠化	8.9516	25.6660	60.3012	50.7516	14.1248
轻度沙漠化→重度沙漠化	5.1656	11.1240	14.43600	8.9116	6.6564
轻度沙漠化→严重沙漠化	2.6064	13.6812	6.6644	3.7824	3.6440
轻度沙漠化→非沙漠化	45.4643	104.9279	77.1945	189.2722	162.1476
中度沙漠化→潜在沙漠化	4.6551	11.3165	20.4731	17.1017	36.9872
中度沙漠化→轻度沙漠化	3.3176	13.6164	51.2548	38.6576	40.5536
中度沙漠化→中度沙漠化	2.0828	20.8404	65.9624	139.6268	30.8652
中度沙漠化→重度沙漠化	1.2260	6.9784	30.2984	9.8480	22.5768
中度沙漠化→严重沙漠化	1.6176	9.7276	17.1820	6.1768	19.6560
中度沙漠化→非沙漠化	14.4809	57.3307	45.9893	66.5091	125.3112
重度沙漠化→潜在沙漠化	6.4006	9.4904	4.1819	0.7453	15.7552
重度沙漠化→轻度沙漠化	4.1792	9.9476	12.8744	1.9356	13.0532
重度沙漠化→中度沙漠化	3.1204	14.1180	20.1072	27.5524	8.9372
重度沙漠化→重度沙漠化	15.7056	30.0220	16.8520	48.8408	14.6608
重度沙漠化→严重沙漠化	2.0492	6.2260	15.2172	15.6240	9.6936
重度沙漠化→非沙漠化	1.8050	5.2460	9.6973	5.1919	33.8600
严重沙漠化→潜在沙漠化	8.0502	4.9647	1.6317	0.0279	0.1596
严重沙漠化→轻度沙漠化	5.7804	7.9172	7.2328	2.2748	0.2356
严重沙漠化→中度沙漠化	5.2336	11.3976	15.9628	0.8448	2.5492
严重沙漠化→重度沙漠化	9.5400	27.1776	15.7552	23.4084	56.0280
严重沙漠化→严重沙漠化	26.9652	22.7260	43.3332	61.3504	27.8772
严重沙漠化→非沙漠化	6.9406	3.6269	3.6643	0.2237	1.3204
非沙漠化→潜在沙漠化	305.3631	173.4749	173.8562	139.4448	92.7400
非沙漠化→轻度沙漠化	142.6068	156.6474	196.1076	98.8332	49.3667
非沙漠化→中度沙漠化	84.0728	115.1187	85.1736	38.0261	20.8475
非沙漠化→重度沙漠化	32.7111	2.0280	16.3440	3.4929	10.8781
非沙漠化→严重沙漠化	37.0948	9.7656	3.8272	0.8629	4.5350
非沙漠化→非沙漠化	2836.0514	2581.7854	2526.7014	2498.9501	2738.6427

3.2 沙漠化土地类型间的转化

在研究中将植被覆盖从有到无、地表物质从稳定

到流动的过程称之为土地沙漠化发展, 反之则成为逆转, 而无明显变化则称之为稳定。本研究中重在分析

各种动态变化类型逆转、稳定、发展在不同沙漠化地区的具体地域体现。根据沙漠化土地类型转移矩阵分析,在 1960—2005 年间内蒙古多伦县沙漠化土地类型之间的相互转化具有一定的规律(表 1)。

由表 1 可知,1960—1975 年稳定的沙漠化土地面积为 57.60 km^2 ,占多伦县沙漠化土地动态变化面积的 10.04%,发展的沙漠化土地面积为 380.86 km^2 ,占多伦县沙漠化土地动态变化面积的 66.30%,逆转的沙漠化土地面积为 135.78 km^2 ,占多伦县沙漠化土地动态变化面积的 23.66%。这说明研究区沙漠化土地变化以发展为主,逆转的沙漠化土地面积远大于稳定的沙漠化土地面积的趋势;1975—1987 年稳定的沙漠化土地面积为 95.24 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 11.21%,发展的沙漠化土地面积为 453.43 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 53.39%,逆转的沙漠化土地面积为 300.60 km^2 ,占研究区沙漠化土地面积的 35.40%。这说明研究区沙漠化土地变化以发展为主,逆转大于稳定的趋势;1987—1995 年稳定的沙漠化土地面积为 187.85 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 18.02%,发展的沙漠化土地面积为 543.84 km^2 ,占

沙漠化土地动态变化面积的 52%,逆转的沙漠化土地面积为 310.67 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 29.80%。从此可知,研究区沙漠化土地变化以发展型为主,逆转大于稳定的趋势;1995—2000 年稳定的沙漠化土地面积为 331.59 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 31%,发展的沙漠化土地面积为 428.20 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 28.44%,逆转的沙漠化土地面积为 302.06 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 40.33%。从此可看出,研究区沙漠化土地的逆转趋势明显大于发展趋势,稳定型大于发展型的趋势;2000—2005 年稳定的沙漠化土地面积为 109.49 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 12.90%,发展的沙漠化土地面积为 196.86 km^2 ,占研究区沙漠化土地动态变化面积的 23%,逆转的沙漠化土地面积为 542.48 km^2 ,占研究区沙漠化动态变化面积的 63.91%。从此发现研究区沙漠化土地的变化具有以逆转为主,发展大于稳定的趋势。分析表明:1960—1995 年研究区沙漠化土地变化具有“发展—逆转—稳定”的趋势,逆转大于稳定,而 1995—2005 年间沙漠化土地变化具有“逆转—发展—稳定”的趋势,发展大于稳定的趋势。

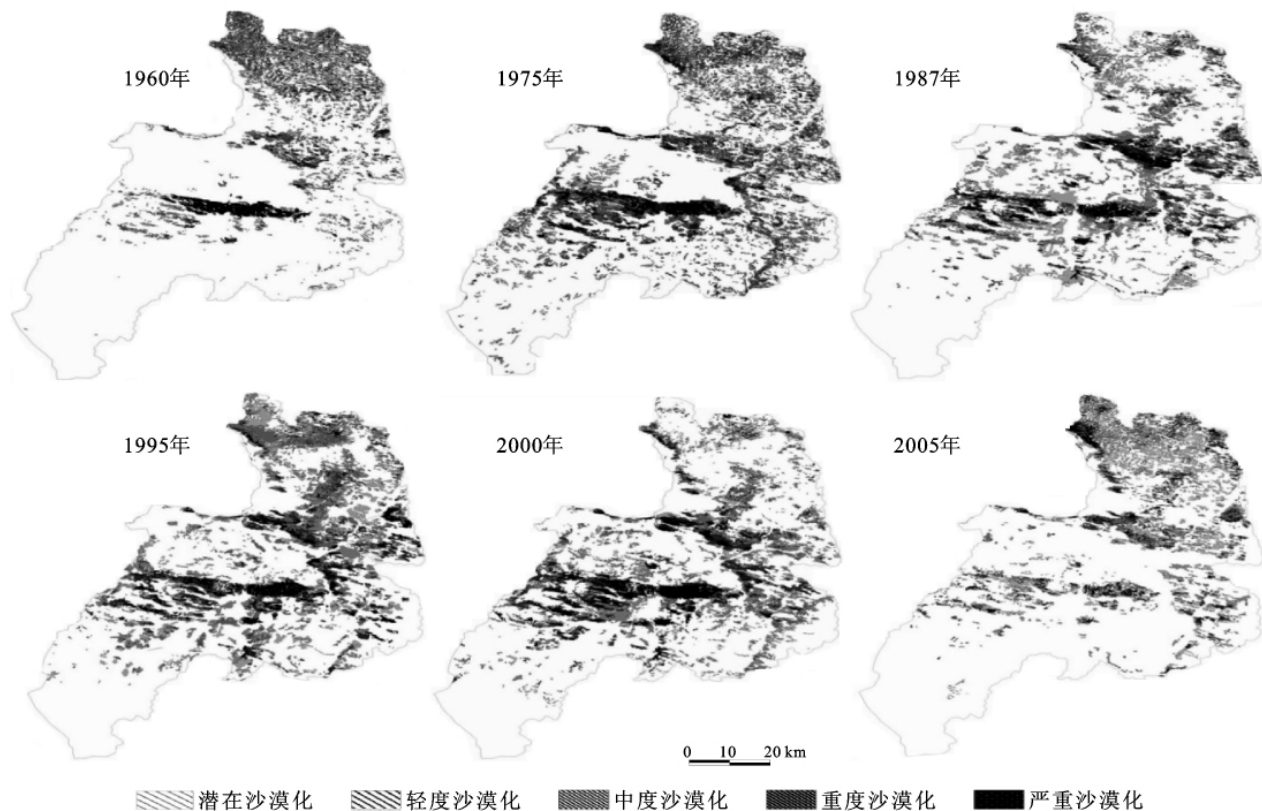


图 2 多伦县土地沙漠化类型分布图

3.3 沙漠化土地的空间格局特征

空间格局变化是指沙漠化土地形态的变化过程,从多伦县土地沙漠化类型分布不同时相图可看出(图

2),多伦县沙漠化空间分布呈近东西向的 3 个大沙带。

(1)多伦县城南沙带。1960—1995 年间沙带西起多伦县边界,向东发展,到 1995 年时部分沙带已越

河至前九号,全长约 50 km,宽度由 3~6 km,面积约 76 km² 发展到 380 km²,沙漠化土地由零星分布状态发展呈连片、与大沙带连成片的趋势;1995—2005 年间沙带长度和宽度均有所缩短,面积约 137 km²,沙漠化土地由连片分布状态呈零星分布的趋势。

(2)闪电河北沿,一家河南沿至吐力根河沙带。1960—1995 年沙带西起双山水库北东至吐力根河边,部分越河至卧牛盘一带,全长约 45 km,宽度约 3~8 km,面积约 43 km² 发展到 345 km²,沙带由原来的零星分布及小沙带已发展成了大沙带,沙带东部沿滦河东沿已和城南沙带相连,并有成片向东扩展之势;1995—2005 年间沙带长度和宽度有所缩减,面积约 90 km²,沙漠化土地由连片分布状态呈零星分布的趋势。

(3)黑风河、蛇皮河至蔡木山沙带。1960—1995 年沙带西起多伦县边界,东至滦河边部分已越河至前九号,全长约 40 km,宽度约 3~15 km,面积约 74 km² 发展到 275 km²,沙带由原来的零星分布及小沙带已发展成了连片的大沙带,有沿一家河与闪电河北沿沙带相连趋势;1995—2005 年沙带长度和宽度有所缩减,面积约 150 km²,沙漠化土地由连片分布状态呈零星分布的趋势。

3.4 沙漠化土地原因分析

沙漠化土地是各种自然因素和人为因素相互作用的结果。从内蒙古多伦县土地沙漠化的成因来看,自然因素和人为因素在土地沙漠化的过程中都发生着作用,但这并不是说二者的作用是相同的。在较长的历史时期中,沙漠化土地只是一种自然的过程;但在人类活动的历史时期,随着时间的推移,人为因素对沙漠化土地的影响越来越大,成为沙漠化土地发展的主要因素。本区人口增加的数量巨大,从 1949 年的 3.371 5 万人增长到 2005 年的 9.45 万人,人均耕地由 1949 年的 0.73 hm² 减少到 2005 年的 0.60 hm²,加剧了对土地的需求,导致过度垦殖,加速了沙漠化土地的发展。自然因素中年均气温、年均降水量、年均蒸发量和平均风速对沙漠化土地有着重要的影响^[9]。由于本区位于浑善达克沙地的北部边缘地带,地势西南及东北部高,中部低,又处在典型的典型大陆性气候,常年盛行西北风,极易造成土地向东南方向扩张。近年来当地政府和国家相继出台了京津风沙源治理、退耕还林、禁牧舍饲和生态移民等治沙政策,加大了沙漠化土地治理的力度,沙漠化土地得到一定程度的改善。由此可见,人类不恰当的活动已经成为沙漠化土地的主要原因。自然因素可以导致研究区沙漠化土地发展,但它本身有一定的调适功能,当自然环境有所改善时,也可能有利于沙漠化土地恢复它的生态系

统。与自然相比,人类活动具有强烈的主观能动性。如果人类能够改变自己生活方式,减少对自然环境的破坏活动,使人类与自然处于和谐发展的状态,就完全可以防止或减少沙漠化土地的发生与发展。

4 结论与讨论

通过 1960—2005 年近 50 年遥感影像的数据解译分析,探讨内蒙古多伦县沙漠化土地 6 个不同时期的变化规律、揭示沙漠化土地时空格局。

(1)在 1960—1995 年内蒙古多伦县土地沙漠化发展明显,总体上表现为起始状态土地和轻度沙漠化土地、中度沙漠化土地大幅度扩张,重度沙漠化土地、严重沙漠化土地也剧增。1995—2005 年间起始状态土地大幅度扩张,而轻度沙漠化土地和中度沙漠化土地大幅度减少,重度沙漠化土地变化不大、严重沙漠化土地也有了减少的趋势。

(2)根据内蒙古多伦县土地沙漠化动态变化特点,把土地沙漠化可以分为两个阶段:1960—1995 年是发展阶段,土地沙漠化面积由原来的 215 km² 发展到了 854.88 km²,而 1995—2005 年是逆转阶段,土地沙漠化面积由 854.88 km² 减少到了 427.7 km²。总之,近 50 年来多伦县沙漠化面积所有扩大,程度加重。

(3)多伦县沙漠化空间分布呈近东西向的 3 个大沙带,即多伦县城南沙带、闪电河北沿,一家河南沿至吐力根河沙带、黑风河、蛇皮河至蔡木山沙带等。

(4)自然地理条件决定了内蒙古多伦县生态环境的脆弱性。1960—1995 年人口迅速增长及草场超载畜加速了沙漠化;1995—2005 年期间京津风沙源治理、退耕还林、禁牧舍饲和生态移民等四大治沙工程大见成效,使沙漠化土地面积有了减少趋势。

(5)内蒙古多伦县沙漠化土地的形势仍然不容乐观,所以该地区沙漠化土地的治理道路任重而道远。自然因素和人为因素在该区域沙漠化土地的发生发展过程中都发挥着重要作用。在近期内虽然人类因素占主要,但较长时期内自然因素也是一个不可忽视的因素,尤其是年均气温和年均降水量等因素。

参考文献:

- [1] 王涛. 中国沙漠与沙漠化[M]. 石家庄:河北科学技术出版社,2005.
- [2] 田淑芳,王小牛. 卫星遥感技术在内蒙古多伦县土地沙漠化调查中的应用[J]. 现代地质,2000,14(4):459-464.
- [3] 杨持,朱志梅,刘颖茹. 沙质草原沙漠化过程不同阶段稳定性与恢复性研究[J]. 生态学报,2003,23(12):2545-2549.

(下转第 221 页)

4 结 语

(1)基于地统计的插值方法,根据实验方差最小的原理,选择合适的半变异函数理论模型,进行空间插值,能够很好地模拟区域化变量的空间连续分布格局。克里格插值由于充分考虑了区域化变量的特性,经过检验发现较传统方法,其插值精度大大提高。另外,对比普通克里格法和协同克里格法,后者增加了高程对降水量的影响因素,理论上说在空间上更为合理,但此次插值的精度表现为普通克里格法要略高于协同克里格法。

(2)采用地统计方法虽然在总体上能够较好地反映气候要素的空间分布格局,但是由于理论模型的拟合优度、研究区域和数据(研究区域范围过大,地形变化过于复杂、形状不规则、样本数量有限、空间分布不均匀、样本测量精度)等问题,导致上述两种方法空间插值的精度还不高。所以进行地统计插值结果检验时,除了模型本身外,要充分考虑研究区域的特征,还可以通过增加样本数量,提高观测精度以及改进半变异函数理论模型等方式进一步提高插值精度。

参考文献:

[1] 朱会义,贾绍凤. 降雨信息空间插值的不确定性[J]. 地
~~~~~  
(上接第 211 页)

[4] 宝音陶格涛,白永飞. 农牧交错区面临的问题及其解决的途径[J]. 应用生态学报,2004,15(2):245-248.

[5] 李德锋. 内蒙古多伦典型草原物种多样性与生产力关系对降水变化的响应[D]. 兰州:甘肃农业大学,2005.

[6] 杨持,刘颖茹,刘美玲,等. 多伦县沙质草原植被的变化趋势分析[J]. 中国沙漠,2002,22(4):393-697.

[7] 丁勇,牛建明,杨持. 北方草地退化沙化趋势、成因与可持续发展研究[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,2006,37(5):580-586.

[8] 阿如早,杨持. 近 50 年内蒙古多伦县气候变化特征分析[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,2007,38(4):434-438.

~~~~~  
(上接第 216 页)

[4] Nunes C, Auge J I. Land use and land cover change (LUCC): strategy[R]. Stockholm, Sweden and Bonn, Germany:IGBP Report and IHDP Report,1999.

[5] 赵松乔. 察北、察盟及锡盟:一个农牧过渡地区经济地理调查[J]. 地理学报,1953,19(1):43-60.

[6] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等. 北方农牧交错带的地理界定及其生态问题[J]. 地球科学进展,2002,17(5):739-747.

球科学进展,2004,23(3):34-21.

[2] Booth T H. Mapping regions climatically suitablefor particular tree species at the global scale [J]. Forest Ecology and Management,1990,36:172601.

[3] 岳文泽,徐建华,徐丽华. 基于地统计方法的气候要素空间插值研究[J]. 高原气象,2005,24(6):974-979.

[4] Lamn. Spatial interpolation methods;a review[J]. The Amercian Cartographer,1983,10(2): 129-149.

[5] Mat heron G. Principles of Geostatistics [J]. Economic Geoogy,1963,58:1246-1266.

[6] Issaks E H R M Srivastava. An introduction to applied geostatistics[M]. New York:Oxford Univ. Press,1989.

[7] 刘志红, Tim R, McVicar, 等. 基于 5 变量薄盘光滑样条函数的区域蒸发量空间插值[J]. 中国水土保持科学, 2006,4(6):23-30.

[8] 刘志红,刘文兆,李锐. 基于 3S 技术的区域蒸散研究进展[J]. 中国水土保持科学,2006,4(3):117-122.

[9] 刘志红, Tim 等. 专用气候数据空间插值软件 ANUSPLIN 及其应用[J]. 气象,2008,34(2):18-23.

[10] 刘志红, Tim K, Mcvicar, 等. 基于 ANUSPLIN 的时间序列气象要素空间插值[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版,2008,36(6):227-234. .

[11] 汪帮稳,杨勤科,刘志红. 基于 DEM 和 GIS 的修正通用土壤流失方程地形因子值的提取[J]. 中国水土保持科学,2007,5(2):18-23.

[9] 阿如早,杨持. 内蒙古多伦县沙漠化驱动因素影响的累加效应分析[J]. 中国沙漠,2007,27(6):936-941.

[10] 阿如早,杨持. 内蒙古多伦县土地沙漠化景观格局变化特征[J]. 应用生态学报,2007,18(11):2520-2525.

[11] 尤联元,卢金发,陈浩,等. 以防沙治沙为目标的土地利用方式调整:以内蒙古自治区多伦县为例[J]. 地理研究,2003,22(6):680-686.

[12] 宝音陶格涛,白永飞. 农牧交错区面临的问题及其解决的途径-以内蒙古多伦为例[J]. 应用生态学报,2004,15(2):245-248.

[13] 王涛,吴薇,薛嫒,等. 近 50 年来中国北方沙漠化土地的时空变化[J]. 地理学报,2004(2):203-212.

~~~~~  
(上接第 216 页)

[7] Tumer N B L, Skole D, Saderson S. Land use and land cover change: science/research plan[R]. IGBP Report, HDP Report. Stockholm and Geneva, 1995.

[8] 莫宏伟,任志远,谢红霞. 延安市城郊区土地利用动态与生态效应变化[J]. 水土保持学报,2004,18(4):130-133.

[9] 温仲明,焦峰,张晓萍,等. 黄土丘陵区纸坊沟流域 60 年来土地利用格局变化研究[J]. 水土保持学报,2004,18(5):125-128.