

大庆市土地退化时空变化及驱动力分析

周利军^{1,2}, 臧淑英², 彭万臣¹

(1. 绥化学院 地理与旅游管理系, 黑龙江 绥化 152061; 2. 哈尔滨师范大学 地理信息系统实验室, 黑龙江 哈尔滨 150026)

摘要: 以不同时段遥感影像为主要数据源, 在 GIS 软件的支持下, 提取了大庆市沙化土地和盐碱地的面积。分析了大庆市土地退化的时空变化格局以及多年平均降水量、干燥度及 ≥ 10 °C 积温等自然控制因子对土地退化的影响。运用多元回归方法及主成分分析方法, 分析了土地退化与各社会经济因子之间的相关程度及影响土地退化的主导因子, 并建立了土地退化驱动因子的诊断模型。研究结果表明, 大庆市退化土地面积持续增加, 区域变化也比较明显; 退化土地年变化率在降水量 400 mm, 干燥度为 1.14, ≥ 10 °C 积温为 2 780 °C 处变化最为显著; 在社会经济因子中耕地面积数量、原油产量、人口数量是导致土地退化的主导因素。

关键词: 土地退化; 驱动力; 大庆市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)02-0081-04

中图分类号: S158.1

Temporal-spatial Changes of Land Degradation and Its Driving Forces in Daqing City

ZHOU Li-jun¹, ZANG Shu-ying², PENG Wan-chen¹

(1. Department of Geography and Tourist Management, Suihua College, Suihua,

Heilongjiang 152061, China; 2. GIS Laboratory, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150026, China)

Abstract: Based on the thematic maps(TM) images from remote sensing in different time intervals and supported by GIS, we extracted the area of degraded land in Daqing City. Then we studied the temporal-spatial changes of land degradation from 1988 to 2001 and analyzed the effects of precipitation, aridity, and the ≥ 10 °C accumulated temperature on land degradation. At last, using principal component analysis and multiple regression analysis, we analyzed the major driving forces of land degradation. Results show that the area of degraded land increases continuously and the change of the area is very evident. Where the precipitation is 400 mm, the index of aridity is 1.14 and the ≥ 10 °C accumulated temperature is 2 780 °C. The magnitude of land degradation changes sharply. The social economic factors of cultivated land, population, and oil exploitation are the main driving forces for land degradation in Daqing City.

Keywords: land degradation; driving force; Daqing City

土地退化是指在不利的自然因素和人类对土地不合理利用的影响下土地质量与生产力下降的过程^[1]。鉴于土地退化对全球食物安全、环境质量及人畜健康的负面影响日益严重, 研究土地退化的发生机制与演变动态, 时空分布规律及未来变化的预测与恢复重建对策, 已成为国际土壤学、农学和环境科学界共同关注的热点问题。大庆市位于中国北方农牧交错区和东北样带(NECT)内, 生态系统脆弱, 近

年来由于石油开采及对土地的过度使用导致土地退化现象十分严重。作为我国最典型的资源型城市, 该区一直是研究的热点地区。有研究者利用 3S 技术对该区域土地退化进行监测和动态分析或从气候因素入手分析土地退化的发展趋势, 还有从景观生态学的角度, 研究景观动态变化对环境产生的影响^[2-5]。

本研究在分析大庆市土地退化时空变化规律的基础上从自然控制因子和社会经济驱动因子两个方

收稿日期: 2007-06-08

修回日期: 2007-11-13

资助项目: 国家自然科学基金资助项目(40771195); 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11521333); 绥化学院杰出青年基金项目

作者简介: 周利军(1977-), 男(汉族), 黑龙江省齐齐哈尔市人, 硕士, 讲师, 从事资源环境与信息系统研究。E-mail: zhlij_2003@126.com。

通讯作者: 臧淑英(1963-), 女(汉族), 黑龙江省哈尔滨市人, 博士, 教授, 从事景观生态学及地理信息系统应用与开发。E-mail: zsy6311@163.com。

面,分析大庆市土地退化时空变化的驱动机制。

1 研究区域与数据来源

1.1 地区概况

大庆市位于黑龙江省西部,地理坐标为东经 $123^{\circ}45' - 125^{\circ}47'$,北纬 $45^{\circ}23' - 47^{\circ}28'$,总面积 $2.12 \times 10^5 \text{ km}^2$,辖 5 区 4 县,总人口 250.16 万人。气候类型为季风气候,属于半湿润与半干旱区域。大庆市天然植被主要由草甸草原、低地盐化草甸和沼泽构成,地带性土壤类型为黑钙土。大庆市是我国北方生态环境脆弱带的一部分,又位于欧亚沙碱带的东端,加之大庆市从 1959 年打出第一眼油井起,至 2003 年累积打井共 4 万口,占用了草原、耕地、林地和水域等,使地表覆被发生了巨大变化,土地退化已成为大庆市社会经济可持续发展的重大障碍。

1.2 数据来源

本文主要以 1988、1996 和 2001 年 6 月至 9 月的美国 LANDSAT-TM 影像为数据源,选用 TM4, 3, 2 波段进行假彩色合成。经过图像增强、纠正、镶嵌等处理后,根据影像特征,在参考其它相关资料的基础上,建立沙化土地和盐碱地的判读标志并进行人机交互解译和实地校验,修改无误后建立大庆市土地退化数据库。数据格式 Coverage, 投影方式为 (Albers) 等面积割圆锥投影,中央经线为 105° E , 双标准纬线分别为 25° N 和 47° N , 坐标原点为 (0, 0)。

2 土地退化的时空变化特征

土地退化是基于一定的时空生态环境发生的,受不同的自然环境、社会经济条件及生产方式的限制,导致不同时期的土地退化存在一定的空间差异。相反,发现区域土地退化发生的准确位置,则有助于发现其变化的时空过程及驱动机制,为区域土地资源的可持续发展政策的制定提供数据支撑。

2.1 土地退化数量变化特征

通过对比 1988、1996 和 2001 年生成的 3 期土地退化空间分布数据,并进行统计和对比分析获得 1988—2001 年大庆市土地退化的总体特征(表 1)。

表 1 1988—2001 年大庆市土地退化面积变化 10^4 hm^2

| 退化类型 | 1988 年 | 1996 年 | 2001 年 | 变化 1 | 变化 2 |
|------|--------|--------|--------|------|------|
| 沙化土地 | 20.69 | 21.62 | 24.40 | 0.93 | 2.78 |
| 盐碱地 | 26.47 | 31.33 | 34.04 | 4.86 | 2.71 |
| 总数 | 47.16 | 52.95 | 58.44 | 5.79 | 5.49 |

注:变化 1 指 1988—1996 年的变化,变化 2 指 1996—2001 年的变化。

从统计结果来看,在整个研究时段,退化土地面积明显增长,前一时段(1988—1996 年)净增加量为 $5.79 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 平均每年增加 $7.2 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 后一时段(1996—2001 年)净增加量为 $5.49 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 平均每年增加 $1.09 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 总量相对减少,但速度加快了。

从分类来看,沙化土地在前一时段增量较少,只有 $9.3 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 而后一时段增量较大,已达到 $2.78 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。盐碱地的变化正好与之相反,在前一时段增加量为 $4.86 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 而到了后一时段则增量减少为 $2.71 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 但增量依然很大。

2.2 土地退化的空间分异格局

2.2.1 土地退化数量变化的区域差异 土地退化数量变化的区域差异可以通过土地退化的相对变化率来反映。其数学表达式为

$$R = \frac{|S_b - S_a| \times C_a}{S_a \times |C_b - C_a|}$$

式中: R ——某小区域土地退化类型的相对变化率; S_a, S_b ——区域土地退化类型研究期初和研究期末的面积; C_a, C_b ——整个研究区域研究期初和研究期末的退化土地面积。 $R > 1$ 表明该小区土地退化发展速度大于全区; $R < 1$ 则表示该小区土地退化发展速度小于全区的变化速度。

为了详细刻画大庆地区土地退化发展数量的区域差异,本文采用 $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ 的网格单元作为基本的分析区域,来计算每个网格单元土地退化的相对变化率,计算结果如图 1 所示。

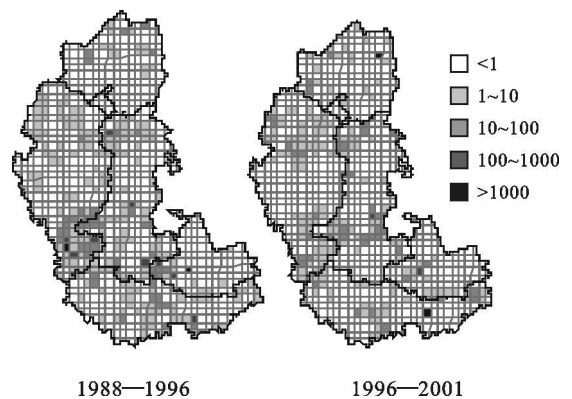


图 1 大庆市土地退化相对变化率

从图 1 可以看出,在 1988—1996 年间,全区 991 个网格中有 276 个相对变化率大于 1, 占总数的 27.85%。在 1996—2001 年间,全区共有 213 个网格的相对变化率大于 1, 占总数的 21.49%, 相对变化率大于 1 的网格总数有所减少。对比两幅图,我们可以发现相对变化率大于 1 的网格主要分布在杜蒙的东

南部, 大庆市区的东南部, 杜蒙、大庆市区和肇源的交界处及肇源的中部和南部地区。在林甸和肇州也有零星分布。

2.2.2 土地退化变化速度的区域差异 土地退化变化速度的区域差异可用土地退化动态模型进行度量, 它可以表示土地退化面积的时序变化, 具体模型表达如下

$$K = \frac{U_a - U_b}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中: K ——研究时段内某单元格内的土地退化动态度; U_a 、 U_b ——分别为研究初期和研究末期的土地退化面积; T ——研究时段。

在计算中同样以 $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ 网格作为基本的分析单元, 利用上述公式计算出大庆地区土地退化的年变化率(见图 2)。

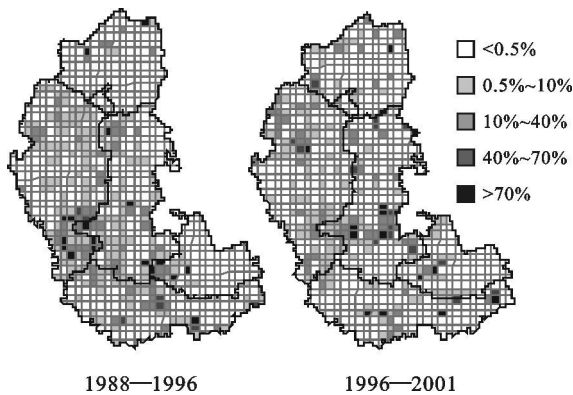


图 2 大庆市土地退化动态度

从图 2 可知, 大庆地区前后两期土地退化动态变化区域差异明显, 前一时段动态度大于 70% 的网格数量明显大于后一时段, 分别为 20 和 17。另外对比两个时段高动态变化区域位置的差别, 可以发现, 随着时间的推移, 大庆地区土地退化动态度较高的地区有向东部迁移的趋势。从整体来看, 大庆市土地退化动态度较高的区域主要分布在杜蒙的南部与大庆市区和肇源交界处, 大庆市区的南部与肇州、肇源交界处。

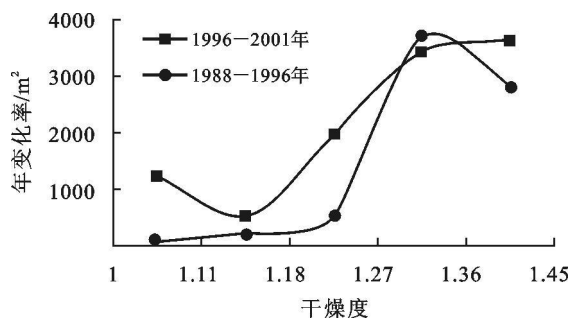


图 3 大庆市不同干燥度的土地退化率

3 土地退化时空变化的驱动力分析

土地退化是一个相当复杂的过程, 影响土地退化的因素涉及自然、社会、经济和发展历史等众多领域, 不同因素对土地退化的作用方式、范围和强度不同^[6]。总的来说, 引起土地退化的驱动因子大体上可分为两类即: 自然控制因子和社会经济驱动因子。

3.1 自然控制因子对土地退化时空变化的影响

自然控制因子是在大环境背景下, 长时间尺度上控制着土地退化的发生发展, 影响土地退化的自然控制因子包括地形地貌、海拔高度、土壤、气温、降水、坡度、坡向等很多方面, 本文主要研究的是气象因子, 包括年降水量、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和干燥度 3 个方面对土地退化的影响。

本研究所采用的气象数据是以大庆市 5 个气象站从 1960—2001 年所采集的 41 a 的气象数据为基础, 通过计算获得的年降水量、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和干燥度, 再利用 ArcGIS 地统计分析模块进行空间插值, 获得空间分辨率为 100 m 的年平均降水量、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和干燥度的空间分布图。

为了进一步分析不同气象条件等级水平的土地退化发展特征, 本研究中对每一气象因子进行重新分类, 然后与大庆地区的土地退化数据进行叠加, 进而统计每一气象因子不同分类水平下的土地退化变化特征。从图 3—4 可以看出, 在不同气象因子分类水平下, 两个时段内土地退化的变化趋势基本相同, 在干燥度等于 1.14 附近, 退化土地的变化率迅速增大, 当干燥度达到 1.3 左右时变化率逐渐变小; 当降水量大于 400 mm 时, 土地退化的发展速度比较缓慢, 当降水量减少到 400 mm 以下时, 土地退化的变化率迅速增大。 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温大于 2780°C 时, 退化土地变化率逐渐增大, 而当 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温小于 2780°C 时, 土地退化变化率逐渐减小。

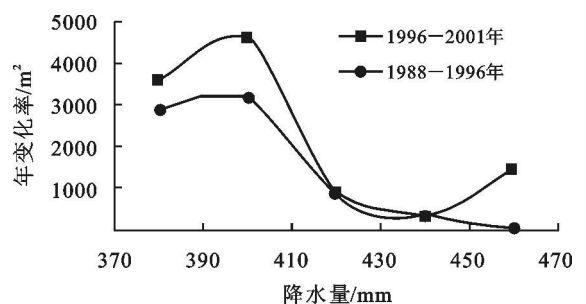


图 4 大庆市不同降水量的土地退化率

3.2 社会经济因子对土地退化变化的影响

社会经济因子是在较短时间尺度上影响土地退化的主要外部动力,历史上特别是人类出现以后,大多数的土地退化都是由人类活动所引起。在研究大庆市土地退化的驱动因子中选取了国民生产总值、总人口、人口自然增长率、工业产值、农业产值、第三产业产值、大牲畜存栏、粮食产量、蔬菜产量、农村机械总动力、原油产量、家庭总收入、耕地面积、油井个数、化肥使用量、原油加工量等 14 个社会经济因素进行分析^[7]。由相关分析表明,在信度 $\alpha=5\%$,沙化土地和盐碱地面积的变化与总人口、耕地面积、大牲畜存栏、原油产量、第三产业产值、工业产值、农村机械总动力、粮食产量等因素相关性较高。因此可以得出退化土地面积的增加很大程度上是由于石油的开发和加工、耕地数量连年增加及过度放牧所造成的。这些因素不仅与土地退化之间有相关性,而且自身之间也

有相互关联,所以只用相关分析,不能解决误差的冗余。本文采用主成分分析法,选取对土地退化影响较大的几个社会经济因素进行主成分分析,寻找影响土地退化的主要因素。剔除不相关的因子后,剩下 11 个表征社会经济对土地退化影响的驱动因素看作一个整体,共同影响土地退化,经过 KMO 相关检验, $KMO=0.506$,表明所取 11 个变量之间有很显著的相关性,适合做主成分分析。主成分分析结果见表 2—3。

表 2 驱动因子特征值及主成分贡献率

| 主成分 | 特征值 | 百分率/% | 累计百分率/% |
|-----|-------|--------|---------|
| 1 | 7.725 | 70.224 | 70.224 |
| 2 | 1.943 | 17.662 | 87.886 |
| 3 | 0.526 | 4.783 | 92.669 |
| 4 | 0.339 | 3.081 | 95.750 |
| 5 | 0.300 | 2.724 | 98.474 |

表 3 转轴后的主成分载荷矩阵

| 驱动因子 | 主成分 | | | | |
|---------|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 总人口 | 0.490 | 0.449 | 0.656 | 0.115 | 0.331 |
| 人口自然增长率 | -0.285 | -0.248 | -0.287 | -2.59E-02 | -0.214 |
| 工业产值 | 0.493 | 0.653 | 0.491 | -0.108 | 0.268 |
| 农业产值 | 0.600 | 0.211 | 0.500 | 0.159 | 0.143 |
| 第三产业产值 | 0.572 | 0.598 | 0.432 | 1.23E-02 | 3.461E-02 |
| 大牲畜存栏量 | 0.864 | 0.242 | 0.330 | 0.146 | 0.178 |
| 粮食产量 | 0.121 | -0.219 | 0.204 | 0.368 | 4.224E-03 |
| 农村机械总动力 | 0.669 | 0.440 | 0.513 | 7.28E-02 | 2.00E-02 |
| 原油产量 | -0.225 | -0.909 | -0.132 | 0.281 | -1.64E-02 |
| 耕地面积 | 0.786 | 0.378 | 0.237 | 9.828E-02 | 3.811E-02 |
| 油井个数 | 0.398 | 0.148 | 0.203 | 0.286 | 3.184E-02 |

从表 2 主成分 1 与主成分 2,主成分 2 与主成分 3 之间的特征值比较大,而主成分 3,4,5 之间的特征值的差值比较小,前 3 个主成分的方差则占总方差的 92.669%,因此得出提取 3 个主成分将能概括绝大部分信息的结论。从表 3 可以看出,第一主成分的因子载荷系数中,农业产值、大牲畜存栏量、农村机械总动力和耕地面积与土地退化面积的变化显著相关,因此第一主成分反映了农业对土地退化的影响。在第二主成分中相对重要的主要集中在原油产量和工业产值上,因此第二主成分反映了工业对土地退化的影响。第三主成分则主要集中在总人口上,说明第三主成分反映了人口压力对土地退化的影响。

利用主成分分析得出的主要驱动因子,再根据历年退化土地的面积值,在计算机上反复运算,得到大庆市 1988—2001 年土地退化面积与驱动因子的多元线性回归模型

$$Y = -15.564 + 0.22X_1 - 0.279X_2 + 0.309X_3$$

$$R^2 = 0.992$$

式中: Y ——土地退化面积; X_1 ——耕地面积; X_2 ——原油产量; X_3 ——人口总数。经过检验,该模型对土地退化面积变化的拟和度较好,基本符合该区退化土地的变化趋势。

(下转第 146 页)

- 2004, 18(5): 47—51.
- [7] Ian A Nalder, Ross W Wein. Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian boreal forest[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1998, 92: 211—225.
- [8] Goovaerts P. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*[J], 2000, 228: 113—129.
- [9] 林忠辉, 莫兴国, 李宏轩, 等. 中国陆地区域气象要素的空间插值[J]. *地理学报*. 2002(57): 47—56.
- [10] 李新, 程国栋, 卢玲. 空间内插方法比较[J]. *地球科学进展*, 2000, 15(3): 260—265.
- [11] Christopher Daly. A statistical topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain[J]. *Journal of Applied Meteorology*, 1994, 33: 140—158.
- [12] Christopher Daly, Wayne P Gibson, George H. Taylor, et al. A knowledge based approach to the statistical mapping of climate[J]. *Climate Research*, 2002, 22: 99—113.
- [13] 朱华忠, 罗天祥, Christopher Daly. 中国高分辨率温度和降水模拟数据的验证[J]. *地理研究*, 2003, 22(3): 349—359.
- [14] 赵登忠, 张万昌, 刘三超. 基于 DEM 的地理要素 PRISM 空间内插研究[J]. *地理科学*, 2004, 24(2): 205—211.
- [15] 朱求安, 张万昌, 赵登忠. 利用 PRISM 和泰森多边形方法的基于地形要素的日降水量空间插值[J]. *地理科学*, 2005, 25(2): 233—238.
- [16] Shu Geng, Frits W T. A simple method for generating daily rainfall data[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1986, 36: 363—376.
- [17] Dale Mellor. The Modified Turning Bands (MTB) model for space time rainfall: I. Model definition and properties[J]. *Journal of Hydrology*, 1996, 175: 113—127.
- [18] Kyriakidis P C, Miller N L, Kim J. A spatial time series framework for simulating daily precipitation at regional scales[J]. *Journal of Hydrology*, 2004, 297: 236—255.
- [19] Lelys Guenni, Michael F H. Spatial interpolation of the parameters of a rainfall model from ground based data[J]. *Journal of Hydrology*, 1998, 212—213: 335—347.
- [20] Thornton P E, Running S W, White M A. Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain[J]. *Journal of Hydrology*, 1997, 190: 214—251.
- [21] 许月卿, 李双成, 蔡运龙. 基于小波分析的河北平原降水变化规律研究[J]. *中国科学 D 辑地球科学*, 2004, 34(12): 1176—1183.
- [22] 严华生, 万云霞, 邓自旺, 等. 用正交小波分析近百年来中国降水气候变化[J]. *大气科学*, 2004, 28(1): 151—157.
- [23] 徐长发, 李国宽. 实用小波方法[M]. 华中科技大学出版社, 2004.

(上接第 84 页)

4 结论

本文利用 1988, 1996 和 2001 年的 3 期 TM 遥感影像数据, 获取了大庆市 13 a 来土地退化数据, 阐述了该区土地退化的时空变化特征, 并分别讨论了自然因素和人类活动对土地退化的驱动力。

(1) 大庆市退化土地面积在持续增加, 速度有加快的趋势, 土地退化数量的区域差异和速度的区域差异十分明显。

(2) 长期以来自然因素是促进土地退化的内部因素, 一些具有标志性的指标如降水量等于 400 mm 对土地退化起到严格的控制作用。

人类活动仍然是近几十年来土地发生退化的最主要的外部动力, 其中农业过度开发、石油开采与加工、人口增长是大庆市土地发生沙化和碱化的主要驱动力, 而且随着石油资源的枯竭, 对土地资源的压力必将越来越大。

[参 考 文 献]

- [1] 程水英, 李团胜. 土地退化的研究进展[J]. *干旱区资源与环境*, 2004, 18(3): 38—44.
- [2] 陈建军, 张树文, 陈静, 等. 大庆市土地盐碱化遥感监测与动态分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2003, 17(4): 101—107.
- [3] 李宝林, 周成虎. 东北平原西部沙地沙质荒漠化的遥感监测研究[J]. *遥感学报*, 2002, 6(2): 117—123.
- [4] 李宝林, 周成虎. 东北平原西部沙地的气候变异与土地荒漠化[J]. *自然资源学报*, 2001, 16(3): 234—239.
- [5] 臧淑英, 张晶, 于兵. 黑龙江省大庆市景观动态及其生态环境效应研究[J]. *自然科学进展*, 2005, 15(3): 321—328.
- [6] 石瑞香, 康慕谊. NECT 上农牧交错区耕地变化及其驱动力分析[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2000, 36(5): 700—705.
- [7] 臧淑英, 孙学孟, 韩冬冰. 黑龙江省大庆市土地利用/覆被变化极其驱动力分析[J]. *北京林业大学学报*, 2005, 27(增刊 2): 63—68.