

吉林省西部荒漠化发展的陆地卫星 遥感监测分析^{*}

廉 毅 高枳亭 任红玲 唐晓玲
安 刚 张文哲 孙 力

(吉林省气象科学研究所, 长春, 130062)

摘 要

依据 1996 年 8~10 月和 1988 年 8~10 月两个时期的 LANDSAT TM 遥感信息静态反演, 对两个时期 TM 资料采用图像增强处理和计算机监督分类进行荒漠化(侧重乾安县盐渍化)解译和动态量变分析, 并与 1976 年和 1981 年的卫片进行对比分析, 研究结果表明, 吉林省西部的生态环境在恶化, 主要表征为荒漠化发展并向东扩张, 已波及吉林省中部松辽平原。大安县是吉林省盐渍化面积最多的县份, 已占全县总面积的 50% 以上; 乾安县是盐渍化面积蔓延较快的县份, 盐渍化面积 8 a 增加了 269.77 km², 增加量占总面积的 7.87%。

关键词: 吉林省西部, 陆地卫星资料, 生态环境, 荒漠化发展。

1 引 言

吉林省西部位于(43~47 °N, 122~125 °E), 处于中国湿润的东亚季风区和干旱内陆之间的气候过渡带(年降水量 300~500 mm), 是生态系统从半湿润森林草原向半干旱草原和沙漠之间的过渡带, 也是中国历史上农牧交错带的位置^[1]。该区受气候的自然变化和人类活动共同作用, 其环境变化比较敏感, 是全球变化响应比较突出的区域, 已引起国内学者的关注, 对近代该区荒漠化还在向东发展, 是生态脆弱带和气候脆弱区等特征已形成共识^[2~6]。文中采用“吉林省陆地资源卫星遥感信息处理与应用的‘3S’系统”^{**}, 利用 1996 年 8~10 月和 1988 年 8~10 月两个时期的 LANDSAT TM 遥感信息静态反演, 对两个时期 TM 资料采用图像增强处理和计算机监督分类进行荒漠化(侧重乾安县盐渍化)解译和动态量变分析, 再与 1976 年和 1981 年不同时期的卫片相对照, 揭示了吉林省西部的生态环境进一步恶化, 其主要表征——荒漠化发展并向东扩张的量变证据。

* 初稿时间: 1998 年 10 月 21 日; 修改稿时间: 1999 年 5 月 20 日。

资助课题: 国家重点基础研究发展规划项目“我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究”(G1999043400)的专项经费。

** 该系统为吉林省人民政府省长交办的重大研究开发项目, 1998 年 12 月 16 日已通过省部级鉴定。

2 TM资料荒漠化的反演与解译

2.1 吉林省陆地卫星影像地图的制作和解译

选用的陆地卫星资料为1996年8~10月间的Landsat 5 TM资料。吉林省及其邻域范围共有19帧资料。由于TM资料受天气等因素的影响,不可能选择同一天的资料,另考虑到东北地区地物以秋季对比较为明显,故所选时间大多数为8~10月,以增加可比性。

TM资料选取7,4,2这3个波段资料进行合成,形成假彩色图像。笔者在有关软件平台的基础上,开发和研制了“吉林省陆地资源卫星遥感信息处理与应用的‘3S’系统”,利用此系统通过各帧的拼接、各帧色调差异的调整、几何纠正、几何配准和增加各种注记等处理,最后制作出了吉林省陆地卫星影像地图(图1,见封三)。

图1为吉林省中西部地区陆地卫星遥感影像,图中的地面景观特征表明了西部地区荒漠化相当严重的态势。荒漠化所包含的盐渍化和沙漠化区,分别在图1a中显示为以深兰色的碱泡(水面)为核心的浅黄白色区和黄褐色的带状或成片状区,图中以E为中心,西北方向以F为界,东南方向以A为界,呈椭圆形的盐渍化区,区中有数十个大小碱泡构成,其外围浅黄白色区或连成条状区,或呈星罗棋布,为松嫩沙地、嫩江下游西侧的大片盐渍化区(以吉林省大安县为中心)。与图1b,c相比,近20a来,沿45°N纬圈(124~125°E)漫延了约20km,正开始侵蚀第二松花江下游著名的稻米产区——前郭灌区(图中所称的A处上方的绿色区域),E处的盐渍化区与图1b处相比,显然已扩展连成带状区;43~45°N之间的与季风盛行风走势一致的西北—偏西—西南走向的沙漠带变宽,图1a中的G,J处一直延伸到A处,并与北面的盐渍化区连成一片,已逼近到长春市所属的农安县产粮区(图1a中的B处西部边界);图1a中下边界,东辽河两岸的沙地从内蒙古东部和辽宁省北部境内,呈扫把状明显向东和东北方向迅速伸展,10a来已东扩20km(其前沿已到C处),直接威胁着吉林省的产粮大县梨树县,基本上已与北面的沙带相融为一区;位于松辽平原商品粮基地中部的中国产粮二连冠的农安县,荒漠化亦在发展,图1a中的B处的盐渍化区分别向东北、西北和南部3个方向延伸。吉林省西部地区荒漠化已对中国的松辽平原商品粮基地构成严重的威胁。

2.2 盐渍化区发展和向东扩展的动态量变分析

2.2.1 信息源

以吉林省乾安县盐渍化区动态分析为例,乾安县位于科尔沁草原东端,在沙垄间平地与波状平原中共有72个大小湖泡。国内以往在提取植被信息处理上,选择5,4,3通道,植被解译为红色(见图1b,c)^[7],采用1996年9月22日和1988年10月2日两景秋季的TM遥感资料,选择了其中的可见光波段3(因为它受大气的阴霾影响最小)、近红外的4波段和中红外的7波段,将3,4,7波段组成的假彩色图像做为解译主要信息源,并分别选择了同一景TM图像采用K-T变换后得到的土壤特征伪彩色图做为辅助信息源。

2.2.2 遥感图象的增强处理

图像增强处理的重点在于,在图像中突出所需的信息特征或模式,减弱和去掉不相关信息,使图像适合人们视觉系统的习惯和屏幕目视解译特点。主要采用了灰度变换(即对比度增强)和直方图均衡变换两种处理方法。

(1)灰度变换是通过修正图像的灰度等阶实现图像对比度增强。现采用线性变换:

$$g(x, y) = \frac{f(x, y) - a_1}{a_2 - a_1} (b_2 - b_1) + b_1 \quad (1)$$

假定原图像灰度值变量动态范围为 $[a_1, a_2]$,待扩展的范围为 $[b_1, b_2]$, $b_1 < a_1, a_2 < b_2$,原图像元的灰度值为 $f(x, y)$,扩展后的灰度值为 $g(x, y)$,可采用多个分段线性函数分别对图像的暗区、中等亮度区或亮区进行线性变换,突出感兴趣的目标或灰度区间,尤其是盐碱地的遥感信息分布于图像的亮区,因此突出亮区而抑制暗区,处理后的图像增强了盐碱地信息质量。

对 7, 4, 3 波段图像分别进行一系列图像处理赋予红、绿、蓝三基色合成一幅假彩色图像。此影像以绿色为主,河流沟渠的走向、道路以及城镇居民地分布都清晰可见,耕地呈绿色或黄绿色,水体呈蓝黑色,沼泽地为黑绿色。盐碱地土层薄或土壤侵蚀较严重,显示浅黄色或浅白色;重盐碱化地(碱巴拉)呈白色不规则形状分布在湖泡边缘及各种低洼地,有些盐碱地因返盐重,白色盐斑特征明显,沙地反射率也强,呈蓝白色,伴有浅蓝色条纹,显示其中有轮耕地,草地退化严重的撂荒地呈淡红色。

2.2.3 遥感图像计算机分类和盐碱地信息的提取

进行盐碱地信息的识别和提取与遥感图像的计算机分类密不可分。分类是利用遥感图像的光谱信息、空间信息以及多时期信息对目标进行识别并归类。我们采用最大似然分类进行计算机监督分类^[8],就是用 Bayes 定理求出每一类别的判别函数,为

$$G_i(x) = \frac{1}{2}(x - M_i)\Sigma^{-1}(x - M_i) - \ln P_i(W_i) + \frac{1}{2} \ln |\Sigma_i| \quad (2)$$

式中, i 为类别序号, W_i 为类别标志, $P_i(W_i)$ 为第 i 类的先验概率, x 为所要判别的像元点的多光谱亮度值, M_i 为第 i 类 W_i 的均值向量, Σ_i 为协方差矩阵。当我们要判别任意像元属于哪一类时,可将 x 代入各类别的判别函数进行归类。然后对分类结果进行校验,以便决定是否进行分类训练区更正或重新分类。

上述的整个过程都是在地理信息系统 GIS 中完成的,对复杂的难以区分的自然景观,以计算机分类为基础结合同一景经 K-T 变换后得到的土壤特征图像,在图像处理软件支持下,采用人机交互方式对初始分类结果多次修正,确保分类结果数据的精度,比如,盐碱土表层容易结盐,地表光滑坚实而发白,因此可以根据影像白色色调的多少来区分出不同程度的盐碱化土壤。但是,在一些排水不通畅或土壤质地较粘重的地段,在图像中呈暗色;还有一些中度和轻度的盐碱土上覆盖着许多草类,不易区分。因此选用 K-T 变换后得到亮度、绿度和湿度这 3 个主分量,将其中亮度与湿度分量组合形成一幅土壤特征信息图像作为辅助判别信息,这幅图像突出了土壤盐碱化信息,便于区分各种等级的盐碱土。

2.2.4 大安县是吉林省盐渍化面积最多的县份

用以上方法解译出大安县 1996 年重中度盐碱地为 1915 km²,占总面积的 39.25%;轻度盐碱地的面积为 391.7 km²,占总面积的 8%;碱泡及部分水体为 181.5 km²,总计盐碱地范围达全县总面积的 50%。

2.2.5 乾安县盐渍化发展并向东扩

将 1988 年 10 月 2 日和 1996 年 9 月 22 日两景 TM 图像处理分类计算后得出:1988 年乾安县重盐碱地 423.76 km²,占全县总面积 12.35%;中度盐碱化的面积 100.22 km²,

占总面积的 3%;碱泡及部分水体面积 205.63 km²,占全县总面积 6%,总计盐碱地的范围占总面积的 21.27%。1996 年乾安县重盐碱地 674.28 km²,占总面积的 19.66%;中度盐碱化的面积 119.47 km²,占总面积 3.5%;碱泡及部分水体面积 104.66 km²,占总面积的 3.05%,盐碱地的范围占总面积的 26.2%。经过 8 a 的变化,重盐碱地增加了 250.52 km²,中度盐碱地增加 19.25 km²,两者合计,增加范围占总面积的 7.87%,其中因水面减少了 100.97 km²,而使盐碱地增加范围占总面积的 2.9%,占盐渍化面积增加量的 37.4%;原有陆地盐碱地增加占总面积的 4.93%,占总增加量的 62.6%。

从图 2(见封底)可见乾安县盐碱地多分布于碱泡(呈深兰色的水面)边缘及漫岗间的碟形洼地和带状封闭洼地带。对比图 2a 和 b 可明显看出,盐碱地的变化主要表现为碱泡面积缩小而边缘盐碱地明显扩大;图 2a 中,乾安县东部边界中段的呈电视塔状的大片绿地,在图 2b 中已蜕变成浅白色外围和浅灰色的盐碱地,并明显地往西北方向延伸一直达县界,其东西跨度约为 8 km,只剩下少部分核心绿地。由此可认定,乾安县盐碱地向东扩展明显。乾安县盐碱地发展有两个直接原因,一是水面减少而使湖泡周围的盐碱地裸露扩大,二是东部草场退化使盐碱化面积扩大。

3 结论和讨论

(1)依据 1996 年 8~10 月的吉林省及邻域 LANDSAT TM 资料,经用“吉林省陆地资源卫星遥感信息处理与应用的‘3S’系统”反演,从研制成的大型、彩色和高分辨率的吉林省陆地卫星遥感影像图的解译表明,吉林省西部的生态环境在恶化,主要表征为荒漠化(盐渍化和沙漠化)区域发展并向东扩张;松嫩沙地、嫩江下游西侧的大片盐渍化区(以吉林省大安县为中心,包括乾安县),经与 1976 和 1981 年的卫片相比照,20 a 来,沿 45°N 纬圈(124~125°E)漫延扩张 20 km,已开始侵蚀第二松花江下游著名的稻米产区——前郭灌区,大安县的盐渍化区明显发展连成带状区;43~45°N 之间的与季风盛行风走势一致的西北—偏西—西南走向的沙漠带,这是中国中高纬度沙地由于季风风成作用的明显痕迹,并与北面的盐渍化区连成一片,已逼近到长春市所属的吉林省中总商品粮基地之一的农安县边界;位于吉林省西南部的东辽河两岸的沙地,从内蒙古东部和辽宁省北部境内呈扫把状明显向东和东北方向迅速伸展,10 a 来已东扩 20 km,直接威胁着吉林省的产粮大县梨树县,亦与北面的沙带相融为一区。荒漠化已从 3 个方向逼近,对中国的商品粮基地——吉林省中部松辽平原产粮区构成严重威胁。而商品粮基地中的农安县盐渍化亦在发展,生态环境不容乐观。所有这些都表明前郭、农安和梨树县是荒漠化发展前沿区。

(2)选用 1996 年 9 月 22 日和 1998 年 10 月 2 日两个秋季的 TM 的 7,4,3 通道资料,经盐碱地信息的增强提取以及计算机监督分类,植被呈绿色、盐碱地呈浅黄白色,与国内以往的 5,4,3 通道处理方法相比较,既符合自然景观,也符合人们的视觉习惯。结果表明,大安县是吉林省盐渍化面积最多的县份,盐碱地范围占全县总面积的 50%;经过 8 a 的变化,乾安县重盐碱地增加了 250.52 km²,中度盐碱地增加 19.25 km²,二者合计增加量占总面积的 7.87%,其中因碱泡水面减少而露出盐碱化土地达 100.97 km²,而使盐碱地增加占总面积的 2.9%,其余是盐碱土地增加占总面积的 4.93%;由乾安县东部边界大片绿地蜕化为以盐碱地为主,且东西跨度约为 8 km。这表明大安县是吉林省西部荒漠化的严

重区,乾安县东部是其盐渍化前沿发展区。

(3)以卫星遥感和计算机软硬件为前沿工程,积极应用 20 世纪 90 年代国际上异军突起的“3S”一体化高新技术,可以实现对生态环境研究不再因循由点到面的地学研究的传统演绎方法,而是从宏观到微观细部的拓展^[9]。吉林省大型、彩色和高分辨的陆地卫星遥感影像可从宏观目视、计算机监督分类的宏观和微观相结合的分析,揭示了东北西部,特别吉林省西部是欧亚大陆和中国土地沙漠化发展的东缘,是荒漠化向东发展的显著区,是中国重要的松辽平原商品粮生产基地的屏障地区,是农牧渔业发展潜力较大的区域,该区生态环境恶化情况比较严重,加强对该区荒漠化变化成因、监测和预测研究,不仅对大气科学和有关学科的发展和有着重大现实意义,也将对世界和中国生态环境整治、建设具有重大示范意义。

(4)文中所做的研究工作只是刚刚开始,还有许多问题,如生态环境正逆过程与气候变化的相关性、如何区分自然与人为对环境的作用等都有待于今后作坚持不懈和深入一步的研究。

参考文献

- 1 符淙斌,叶笃正. 全球变化和我国未来的生存环境. 大气科学, 1995, 19(1): 116~126
- 2 《东北平原》第四组自然环境形成与演化基金课题组. 中国东北平原第四组自然环境形成与演化. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 1990年3月: 185~200
- 3 肖荣寰等著. 松嫩沙地的土地沙漠化研究. 长春: 东北师范大学出版社, 1995: 168~169
- 4 方修琦. 我国北方农牧交错带环境问题分析. 见:《走向二十一世纪—中国青年环境论坛首届学术年会论文集》. 北京: 中国环境科学出版社, 1993年, 423~428
- 5 吴正编著. 风沙地貌学. 北京: 科学出版社, 1987. 316pp
- 6 董光荣. 科尔沁沙地沙漠化的几个问题. 中国沙漠, 1994, 14(1): 1~9
- 7 吉林省科学技术委员会主办, 东北师范大学、中国科学院长春地理研究所、吉林农业大学合编. 吉林省陆地卫星影像图集. 长春: 东北师范大学出版社, 1989. 12. VII
- 8 林培. 农业遥感. 北京: 北京农业大学出版社, 1995. 119~121
- 9 陈述彭. 遥感地学分析的时空维. 遥感学报, 1997, 1(3): 161~171

A MONITORING ANALYSE OF DESERTIFICATION DEVELOPMENT IN WESTERN JILIN OF CHINA BY LANDSAT TM DATA

Lian Yi Gao Zongting Ren Hongling Tang Xiaoling
An Gang Zhang Wenzhe Sun Li

(*Jilin Research Institute of Meteorological Science, Changchun, 130062*)

Abstract

Based on Landsat TM data from August to October in 1996 and 1988, we interpret desertification and calculate its dynamical quantity change during the two periods by supervised classification, and contrast this result with TM or MSS image films in 1976 and 1981. The result indicates that ecosystem environment in western Jilin worse further, desertification development and extending eastward, spreading to Song-Liao Plain in central Jilin. Salinization area in Daan County, which is the most serious in Jilin, is over 50% of the whole county. In Qianan County, salinization area increasement (7.87% of the whole county) is 269.77 km² from 1988 to 1996.

Key words: Western Jilin, Landsat TM data, Ecosystem environment, Desertification development.