

## 基于植被指数的大庆地区草地退化因子 遥感定量反演模型的研制

臧淑英<sup>1</sup> 那晓东<sup>2</sup> 冯仲科<sup>1,3</sup>

(1 哈尔滨师范大学地理系 2 中国科学院东北地理与农业生态研究所 3 北京林业大学测绘与3S技术中心)

**摘要:**草地是维持大庆生态平衡的重要因素,草地退化严重影响了大庆地区的经济发展和生态环境。研制该地区基于植被指数的草地退化因子的定量反演模型,对于大庆地区草地退化的特征和规律的研究尤为重要。为此,基于大庆地区1988、1996、2001年3个时段的TM影像,应用归一化植被指数(NDVI)和土壤调节植被指数(SAVI),采用像元二分模型法和经验模型法建立统一的大庆地区草地植被盖度和可食牧草率的遥感定量反演模型。然后采用不变的地物类对TM历史影像的像元值做辐射配准;最后,将辐射配准后的历史影像带入模型,制作大庆地区各年度草地盖度和可食牧草率的分级图,从而为大庆地区草地退化的研究提供信息和依据。该研究求出了大庆地区草地植被盖度和可食牧草率的反演模型,经实地验证,模型的精度分别达到70.34%和68.27%。

**关键词:**遥感反演;植被指数;资源型城市;草地盖度;可食牧草率

中图分类号:S771.8 文献标识码:A 文章编号:1000-1522(2008)增刊1-0098-07

ZANG Shu-ying<sup>1</sup>, NA Xiao-dong<sup>2</sup>, FENG Zhong-ke<sup>1,3</sup>. **Establishment of quantitative remote sensing inversion model of grassland degradation factors based on vegetation indices in Daqing City, northeastern China.** *Journal of Beijing Forestry University* (2008) 30(Supp.1) 98-104 [Ch, 14 ref.]

1 Geography Department of Harbin Normal University, 150080, P. R. China;

2 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130012, P. R. China;

3 Institute of GIS, RS & GPS, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

Grassland is an important factor keeping ecologic balance in Daqing City. Its degradation hinders the development of economy and improvement of ecological environment. The establishment of quantitative remote sensing inversion model of grassland degradation factors based on vegetation indices is important to study the characteristics and discipline of Daqing grassland vegetation degradation. Based on TM images in 1988, 1996, 2001 and two vegetation indices, normalized difference vegetation index and soil adjusted vegetation index, the general remote sensing inversion model of grassland vegetation coverage and the proportion of edible pasture was established. Then, the historical TM image pixel value was radiometrically calibrated based on invariant ground targets. Finally, the model was applied to the calibrated TM image. The classification maps of grassland vegetation coverage and the proportion of edible pasture were drawn to provide information and foundation for the research of grassland degradation. The general remote sensing inversion models of grassland vegetation coverage and the proportion of edible pasture grass in Daqing were validated, and their accuracies were 70.34% and 68.27%.

**Key words** remote sensing inversion; vegetation index; resource-based city; grassland vegetation coverage; proportion of edible pasture

收稿日期:2007-11-10

<http://www.bjfujournal.cn>, <http://journal.bjfu.edu.cn>

**基金项目:**国家自然科学基金项目(40771195)、中国科学院东北地理与农业生态研究所学科前沿领域项目(KZCX3-SW-NA3-39)、黑龙江省自然科学基金项目(ZTF2005-32)。

**第一作者:**臧淑英,教授,博士生导师。主要研究方向:土地利用/覆被变化、景观生态学及地理信息系统应用与开发。电话:0451-88060676  
Email: zsy6311@163.com 地址:150080 哈尔滨师范大学地理系。

**责任作者:**冯仲科,教授,博士生导师。主要研究方向:林业3S技术应用、精准林业。电话:010-62337963 Email: fengzhongke@126.com 地址:100083 北京林业大学111信箱

资源型城市大庆是随矿产资源的开发而兴起的城市。随着石油资源的开发以及人类对草原的掠夺式的经营引起草地退化和草地生态系统结构失调。目前,这些草地资源在人为和自然因素的影响下,正面临着逐年退化、面积日益缩小的严峻态势。草地生态危机的日益加剧,已严重影响到牧区经济的发展和人类的生存环境,草地生态建设迫在眉睫。草地资源的巨大环境意义和经济效益已引起人们的高度重视,国内外学者早已开始了这方面的研究。传统的草地资源研究方法大多为实地考察。这种方法有众多局限性,如耗时长、效率低,尤其不适宜大范围或难以抵达地区的调查。相比之下,遥感技术在草地资源研究中却有着无可比拟的优势。自从遥感卫星影像于 20 世纪 60 年代问世以来,各种各样的卫星影像数据已被广泛地运用于草地资源研究,在应用的深度和广度上也都有了很大的进展。草地资源的定量遥感可以从遥感影像的像元值直接推算草地退化的某种参数,如草地盖度、可食牧草比例、草地出产率、草地生物量等。这种推算一般是基于像元值与有限数量的实测样本间的经验关系。这种回归方程一经建立,就可以运用到整幅影像上去,这样就可以定量地确定所估参数的空间分布。本文以黑龙江省资源型城市大庆市为例,采用像元二分模型法和经验模型法建立统一的大庆地区草地植被盖度和可食牧草率的遥感定量反演模型,制作大庆地区各年度草地盖度和可食牧草率的分级图。从而为大庆地区草地退化的研究提供信息和依据。

## 1 研究区概况

大庆市位于松嫩平原中部、黑龙江省西部,地理坐标为  $123^{\circ}45' \sim 125^{\circ}47' \text{E}$ ,  $45^{\circ}23' \sim 47^{\circ}28' \text{N}$ ,总面积  $2.12 \text{万 km}^2$ ,辖林甸、杜尔伯特蒙古族自治县、肇州、肇源等 4 县及萨尔图、让胡路、龙凤、红岗、大同等 5 区,总人口 250.6 万人。大庆市地处北温带亚欧大陆东缘大陆性季风气候区内,受蒙古内陆冷空气和海洋暖流季风的影响。春季多大风,少雨干燥;夏季短暂,受太平洋高压气团的影响,雨热同季,高温多雨;秋季日照时间长,常有早霜;冬季漫长,受高空西北气流控制,严寒少雪。大庆市地表水资源十分丰富,并表现出明显的闭流区特征。嫩江和松花江沿该区西、南部流过,为大庆市提供了丰富的淡水资源。黑龙江省最大的内陆河流乌裕尔河,在林甸、杜尔伯特蒙古族自治县境内呈无尾状漫流,境内全长  $62.25 \text{ km}$ 。河水在境内散流形成了大面积沼泽湿地和湖泊(著名的扎龙湿地和连环湖即分布于此)。由于缺少外流河,水分在低地汇集,境内湖泊沼星

罗棋布。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,分布在漫岗、缓坡地和低平地上,植物主要是以中旱生的多年生草本植物为建群种,并以丛生和根茎型禾草占优势。地带性土壤类型为黑钙土<sup>[1]</sup>。

## 2 数据的获取及预处理

### 2.1 数据的获取

本研究选取的影像为 1988 年(8 月和 10 月)、1996 年(9 月)和 2001 年(9 月)3 个时段的 TM 遥感影像。TM 影像经波段合成并对照 1:50 000 的地形图采用 RS 图像处理系统 ERDAS 8.7 加以几何校正。将校正后的上下两景遥感影像镶嵌,按区域的几何边界对其进行裁切。根据影像特征,建立判读标志来提取草地,作为本文的研究区域。

### 2.2 太阳高度角的校正

太阳高度角的校正是由已知的成像季节和地理位置确定相应的太阳高度角,并计算出校正常数与每一个像素的值的乘积,便得到校正的结果。

$$F(x, y) = \frac{1}{\sin \theta} g(x, y) = k_s g(x, y) \quad (1)$$

式中,  $F(x, y)$  是直射时的标准辐射值,  $g(x, y)$  是太阳高度角  $\theta$  斜射的图像值,  $k_s$  是与太阳高度角有关的常数。

利用 ERDAS 图像处理软件校正数据因太阳高度角而导致的辐射失真。

### 2.3 辐射校正

利用遥感器观测目标物时,得到的像元值与目标物的反射光谱反射率或光谱辐射亮度等物理量是不一致的,这是因为测量值中包含太阳位置及高度、角度条件等大气条件所引起的失真。为了正确评价目标物的反射特性及辐射特性,必须消除这些失真,消除影像数据中依附在辐射亮度中的各种失真的过程就是辐射校正工作<sup>[2]</sup>。首先在 TM7 波段找出最黑的影像目标,在地面表现为水体,最黑的影像目标如果没有大气的影晌,其灰度值应该为 0。然后在 TM4、TM3 图像上找出相应点的坐标(见表 1),再以 TM7 的像元灰度值( $TM_7$ )为自变量,以 TM4、TM3 的像元灰度值( $TM_4$ ,  $TM_3$ )为因变量,绘制散点图。并分别建立回归方程,运用最小二乘法在 SPSS 统计软件中分别求得 TM4 和 TM3 波段的参数 A 和 B:

$$TM_4 = A + BTM_7$$

$$TM_3 = A + BTM_7$$

式中, A 是直线的斜距,就是所要求的进行校正的数值。进行校正时,只需要将 TM3、TM4 波段各像元灰度值减去 A 即可。

$$TM_4 = 17.867 + 0.667 TM_7$$
$$(A = 17.867, B = 0.667)$$

2

$$TM_3 = 16.300 + 7.000 TM_7$$
$$(A = 16.300, B = 7.000)$$

3

表 1 2001 年最黑的影像目标在 3、4、7 波段的像元灰度值  
TABLE 1 Pixel value of the blackest image  
target in 3,4,7 bands in 2001

经度	纬度	TM <sub>3</sub>	TM <sub>4</sub>	TM <sub>7</sub>
124° 21' 24.58"E	46° 47' 25.80"N	66	24	7
124° 17' 35.55"E	45° 21' 59.65"N	83	23	7
124° 11' 5.32"E	46° 48' 33.07"N	60	22	7
124° 14' 0.81"E	46° 35' 40.79"N	61	24	8
124° 13' 3.91"E	46° 46' 8.87"N	60	22	8
125° 17' 16.91"E	46° 36' 50.51"N	56	20	8
124° 27' 19.93"E	46° 40' 6.24"N	86	24	8
124° 28' 39.55"E	46° 39' 45.41"N	83	24	9
124° 27' 50.03"E	46° 39' 8.38"N	85	24	9
124° 26' 57.99"E	46° 43' 29.71"N	83	25	9

3 研究方法

3.1 植被指数的选取

使用单波段的遥感信息一方面信息量比较少,不利于植被盖度信息的提取,另一方面也限制了遥感数据的使用,进而影响模型在不同研究尺度下的推广。植被指数是一些比较成熟的波段组合,它们一般都具有一定的理论基础和实践检验。其中应用较广的是 NDVI(归一化植被指数)和 SAVI(土壤调节植被指数),它们经常作为因子来评价基于遥感影像和地面测量或模拟的新的植被指数<sup>[3-4]</sup>。

本文的遥感定量反演模型中所用到的植被指数应该与植被盖度和可食牧草率具有比较好的线性关系。Bradley 将 NDVI 与植被覆盖度作线性相关分析,肯定了 NDVI 与植被覆盖度有良好的相关性。此项研究表明 NDVI 符合像元二分模型的条件,可以带入模型。并且 NDVI 具有植被检测灵敏度高,植被覆盖度的检测范围宽,能消除地形和群落结构的阴影和辐射干扰,削弱太阳高度角和大气所带来的噪音等影响<sup>[5]</sup>。因此,本文选择 NDVI 代入像元二分模型反演植被盖度。

查勇<sup>[6]</sup>分析了实测的光谱数据的红波段和近红外波段反射系数与可食牧草率的关系,发现随着可食牧草率的增加,近红外的反射系数随之增加,而红波段的反射系数减小,表明不同草地的反射率间存在明显的差异。这种反射差异在遥感影像上会有响应,从而为盖度和可食牧草率的遥感反演奠定了理论基础<sup>[6-7]</sup>。同时选择 10 种植被指数值与实测的盖度和可食牧草率进行相关分析,结果 SAVI 与可食

牧草率的相关性最大( $R^2 = 0.73$ )。因此,本文基于 SAVI,采用经验模型法建立植被可食牧草率的反演模型。

3.2 草地盖度的定量反演

3.2.1 NDVI 指数的计算

基于 ERDAS 遥感图像处理软件中的 Modeler 模块计算 NDVI。为消除影像的毛边和影像中空白区域对计算结果的影响,并考虑到影像第 3 波段和第 4 波段同时为 0 的情况,在除数上加 0.001。NDVI 的计算公式如下:

$$N = (TM_4 - TM_3)/(TM_4 + TM_3 + 0.001)$$

4

式中, $N$  为 NDVI 的值。

将辐射校正后的 4 个时段的遥感影像分别按上述方法计算出各年份的 NDVI 影像图。

3.2.2 大庆地区草地覆盖度遥感反演模型的建立

将 NDVI 带入像元二分模型,建立大庆地区草地盖度的遥感信息模型。像元二分模型属于基于植被指数的线性分解可加模型法。其基本思想为:假设一个混合像元的信息可以分为土壤与植被两个部分<sup>[8]</sup>。像元中有植被覆盖的面积比例计为该像元的植被盖度  $F_v$ <sup>[9-10]</sup>。假设全部由植被所覆盖的纯像元所得的遥感信息为  $S_v$ ,全部由土壤所覆盖的纯像元所得的遥感信息为  $S_s$ ,遥感传感器所观测的混合像元的信息为  $S$ ,则可以得到像元二分模型的通用公式:

$$S = S_s(1 - F_v) + S_v F_v$$

5

大庆地区草地覆盖度遥感反演模型的计算流程如图 1 所示。其推导过程如下:

1)用公式(4)计算出研究区域影像的 NDVI 值( $N$ ),将其带入公式(5),可被近似为:

$$N = F_v N_v + (1 - F_v) N_s$$

6

$$F_v = (N - N_s)/(N_v - N_s)$$

7

式中, $N_v$  为完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值,即纯植被像元的 NDVI 值; $N_s$  为裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值。

因此,大庆地区草地盖度定量反演模型的建立就转化为确定大庆地区  $N_v$  和  $N_s$  的值。

2)假设遥感影像像元集合中有两个像元  $a_1$  和  $a_2$ ,它们的植被覆盖度已知分别为  $F_{v1}$  和  $F_{v2}$  分别对其使用公式(7),得到式(8)和(9):

$$F_{v1} = (N_1 - N_s)/(N_v - N_s)$$

8

$$F_{v2} = (N_2 - N_s)/(N_v - N_s)$$

9

求此方程组中的  $N_v$  和  $N_s$  得:

$$N_s = (f_{v2} N_1 - F_{v1} N_2)/(f_{v2} - f_{v1})$$

10

$$N_v = [(1 - f_{v2}) N_2 - (1 - F_{v1}) N_1]/(f_{v2} - f_{v1})$$

11

3)取  $N_1$  为  $N_{\min}$ ,  $N_2$  为  $N_{\max}$ ;  $f_{c1}$  取  $f_{c\min}$ ,  $f_{c2}$  取  $f_{c\max}$ , 带入式(10)和式(11):

$$N_s = (f_{c\max} N_{\min} - f_{c\min} N_{\max}) / (f_{c\max} - f_{c\min}) \tag{12}$$
$$N_v = [(1 - f_{c\min}) N_{\max} - (1 - f_{c\max}) N_{\min}] / (f_{c\max} - f_{c\min}) \tag{13}$$

在本次研究中,进行了外业调查,取得了植被覆盖度的实测数据(见表 2)。因此,在  $N_s$  和  $N_v$  的确定过程为实测数据中找到植被覆盖度的最大值与最小值,即为  $F_{c\max}$  和  $F_{c\min}$ 。

4)在图像上确定对应的  $N_{\max}$  和  $N_{\min}$ 。由于在本次研究中 2001 实测数据的植被盖度具有植被盖度为 1 的像元和植被盖度为 0 的裸土像元。取  $F_{c\max} = 1, F_{c\min} = 0$ 。确定纯植被像元时,将  $N_{\max}$  约等于  $N_v$ ,  $N_{\min}$  约等于  $N_s$ 。

5)根据外业调查的坐标将采样点定位到 NDVI 影像图上,从中选择植被盖度为 1 的像元并对其求解 NDVI 平均值,作为最后确定的纯植被像元值即  $N_v$ 。选择的植被盖度为 0 的像元,并对其求解 NDVI 的平均值,作为最后确定的纯裸土像元值,即  $N_s$ 。计算出的  $N_s$ 、 $N_v$  的结果为:

$$N_s = -0.123\ 475$$
$$N_v = 0.630\ 387\ 5$$

将计算出的  $N_s$  和  $N_v$  代入公式(7)得到 2001 年大庆地区草地植被盖度的遥感反演模型:

$$F_c = (N + 0.04) / 0.670\ 387\ 5 \tag{14}$$

利用 RS 图像处理系统 ERDAS 8.7 中的 Modeler 模块编写模型计算基于栅格像元盖度值  $F_c$ , 并成图。

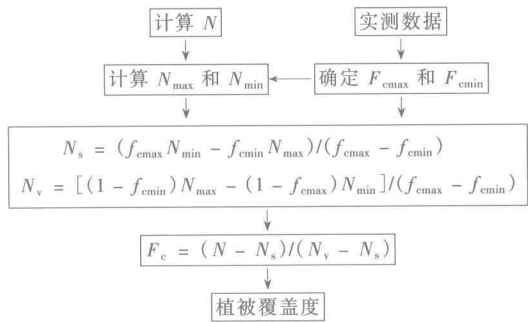


图 1 植被覆盖度计算流程图

FIGURE 1 Calculation process of vegetation coverage

3.3 草地可食牧草率的定量反演

本文采用经验模型法来定量反演大庆地区的草地可食牧草率。首先根据辐射校正后的遥感影像,依据公式(15),使用 ERDAS 8.7 中的 Modeler 模块编写 Model 计算出 SAVI。然后,将 1988 年黑龙江省草地资源调查的可食牧草数据(黑龙江省畜牧局草原处提供)与大庆地区 1988 年的遥感影像中得到的

表 2 2001 年植被盖度野外调查数据

TABLE 2 Field survey data of vegetation coverage in 2001

样地	经度	纬度	NDVI	植被盖度
1	125°12'28.54" E	46°28'28.15" N	-0.041 2	0
2	125° 4'49.29" E	46°40'40.05" N	-0.045 0	0
3	124°55'53.47" E	46°39' 6.33" N	-0.048 9	0
4	124°46'48.29" E	46°41'37.40" N	-0.010 0	0
5	125°11'29.42" E	46°41'31.09" N	-0.058 3	0
6	125° 4'40.37" E	46°45'11.06" N	-0.012 5	0
7	124°57'15.76" E	46°45'50.73" N	-0.054 3	0
8	124°46'44.39" E	46°45'15.73" N	-0.049 8	0
9	125°10'59.42" E	46°58'36.32" N	0.629 2	1
10	125°15'42.95" E	47° 0'59.56" N	0.613 8	1
11	125°18'26.66" E	47°12'21.97" N	0.593 1	1
12	125°17'11.03" E	47°13' 9.25" N	0.604 1	1
13	125°19' 7.10" E	47°19'47.86" N	0.689 0	1
14	125°11'19.32" E	46°56'39.77" N	0.576 8	1
15	125°18'18.52" E	47°19'24.27" N	0.741 3	1
16	125°18'18.12" E	47° 8'32.95" N	0.594 0	1

SAVI 进行线性回归分析。建立 1988 年大庆地区可食牧草率的一元线性模型:

$$S = (N_{\text{IR}} - R)(1 + L) / (N_{\text{IR}} + R + L)$$

(在中等草地覆盖度下,  $L = 0.5$ ) (15)

$$\text{可食牧草率} = 318.11S - 52.13$$

( $R^2 = 0.711\ 4$ ) (16)

式中,  $S$  为 SAVI 的值,  $N_{\text{IR}}$  为近红外波段的像元亮度值。

可食牧草率数据的采样点分布见图 2, 可食牧草率与 SAVI 的线性回归散点图见图 3。

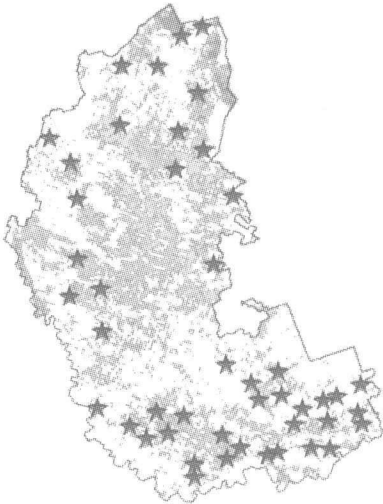


图 2 1988 年草地可食牧草率采样点分布图

FIGURE 2 Sample plot distribution of the proportion of edible pasture grass in 1988

注:图中★为采样点。

3.4 历史影像的辐射配准

前面建立了 2001 年大庆地区草地植被盖度的遥感反演模型。本研究使用的历史影像是 1988、1992、1996 年 3 期的 TM 影像,虽然 1988、1992 和

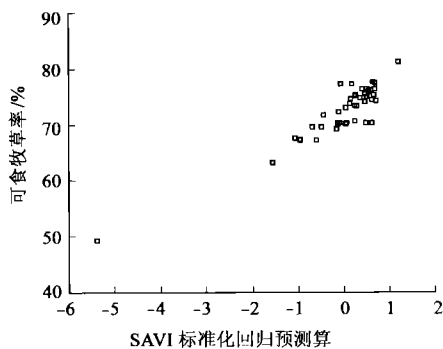


图 3 可食牧草率与 SAVI 回归分析散点图  
FIGURE 3 Regression analysis plots of the proportion of edible pasture grass and SAVI

1996 年的 TM 影像与 2001 年的 TM 影像一样做了大气散射校正,但也不能将 2001 年建立的草地植被盖度的遥感反演模型直接用于 1988、1992 和 1996 年的影像上。这是因为影响当年草地植被生长状况的气候条件并不一致,而且两个年份成像时间不同,导致草地的生长期不同,其结果将造成两期影像上本来并未发生变化的草地植被间的辐射差异,因此必须对历史影像的 NDVI 值相对于 2001 年的 NDVI 值进行辐射配准后,才能保证草地植被变化动态检测的科学性和可靠性<sup>[11]</sup>。辐射配准的常用方法是利用 4 期影像不变的地物类的像元值进行相关分析,建立辐射配准的模型,以此对整个影像进行校正。通过分别在 2001 年与 1988、1992 和 1996 年的 NDVI 影像上取 50 个点,对这 50 个点的像元值进行相关分析后,获得以下辐射配准模型:

$$N = 0.664 N_{1988} + 0.134\ 0, R^2 = 0.351\ (17)$$

$$N = 0.895 N_{1992} - 0.055\ 8, R^2 = 0.538\ (18)$$

$$N = 0.907 N_{1996} - 0.071\ 7, R^2 = 0.465\ (19)$$

将辐射配准后的历史遥感影像带入已建立的 2001 年大庆地区草地盖度反演模型,得到大庆地区 1988、1992 和 1996 草地盖度图。

前面已建立了 1988 年可食牧草率的遥感反演模型。1992、1996 和 2001 年遥感影像的辐射配准方法与 3.2 中的方法一致。对 1992、1996 和 2001 年 SAVI 影像选取不变的地物类进行辐射配准,消除由于各年份成像时间不同造成的同等可食牧草率的反射辐射亮度值的差异。辐射配准模型如下:

$$S = 0.157 S_{1988} + 0.260\ 0, R^2 = 0.651\ (20)$$

$$S = 0.028 S_{1992} + 0.256\ 0, R^2 = 0.538\ (21)$$

$$S = 0.321 S_{1996} + 0.191\ 0, R^2 = 0.665\ (22)$$

最后将辐射配准后的历史遥感影像带入已建立的 1988 年大庆地区草地可食牧草率反演模型,得到大庆地区 1992、1996 和 2001 草地可食牧草率图。

## 4 结果与验证

### 4.1 草地退化因子的反演图

选用四级表示法对遥感反演出的草地盖度图和可食牧草率图进行分级显示<sup>[12]</sup>。根据已建立的 2001 年草地植被盖度、1988 年可食牧草率反演模型,分别计算草地盖度和草地可食牧草率分级的 NDVI 和 SAVI 临界值(见表 3),将计算出的 2001 年的 NDVI 影像和经过选取不变的地物类进行辐射配准后的 1988、1992 和 1996 年的 NDVI 影像按表 3 进行密度分割<sup>[13]</sup>,得到 4 个时段研究区草地植被盖度的分级图(见图 4)。将计算出的 1988 年的 SAVI 影像和经过选取不变的地物类进行辐射配准后的 1992、1996 和 2001 年的 SAVI 影像按表 3 进行密度分割。得到 4 个时段研究区草地可食牧草率的分级图(见图 5)。

表 3 草地植被盖度和可食牧草率等级的影像划分值  
TABLE 3 Image classification standard of the grassland vegetation coverage and the proportion of edible pasture grass

等级	盖度/%	NDVI	可食牧草率/%	SAVI
1	> 70	> 0.429	> 70	> 0.384
2	51 ~ 70	0.295 ~ 0.429	51 ~ 70	0.321 ~ 0.384
3	31 ~ 50	0.295 ~ 0.161	31 ~ 50	0.258 ~ 0.321
4	≤ 30	≤ 0.161	≤ 30	≤ 0.258

### 4.2 精度验证

在进行草地退化因子的综合反演中,大体建立了两种模型:用像元二分模型反演草地覆盖度;用经验模型建立线性回归模型反演可食牧草率<sup>[14]</sup>。用实地样地数据与反演后的样地数据进行对比分析,计算所有实测样地的草地盖度和可食牧草率,将它与反演后的样地的平均草地盖度和可食牧草率相比较。外业调查数据来自大庆市大同区祝三乡附近哈同公路零公里处。样点坐标范围为 124° 55′ 9.156″ ~ 124° 55′ 20.496″ E, 45° 56′ 39.264″ ~ 45° 56′ 50.89″ N。平均分别与用两个模型反演出来的图像进行叠加,将外业调查数据和两个遥感模型的草地盖度估计值进行比较。在外业调查区内选择 171 个样地,求出实测草地覆盖度和草地可食牧草率的平均值。 $y_1$  为像元二分模型的遥感估计值的平均值。 $\bar{y}_2$  为回归经验模型的可食牧草率遥感估计值的平均值。 $\bar{y}_c$  代表外业实际测得的草地覆盖度, $\bar{y}_k$  表示外业实际测得的可食牧草率。

草地覆盖度反演的像元二分模型的实际精度为

$$\xi_1 = 1 - \frac{\bar{y}_c - \bar{y}_1}{\bar{y}_c} = 0.703\ 79\ (23)$$

草地可食牧草率反演的回归模型的实际精度:



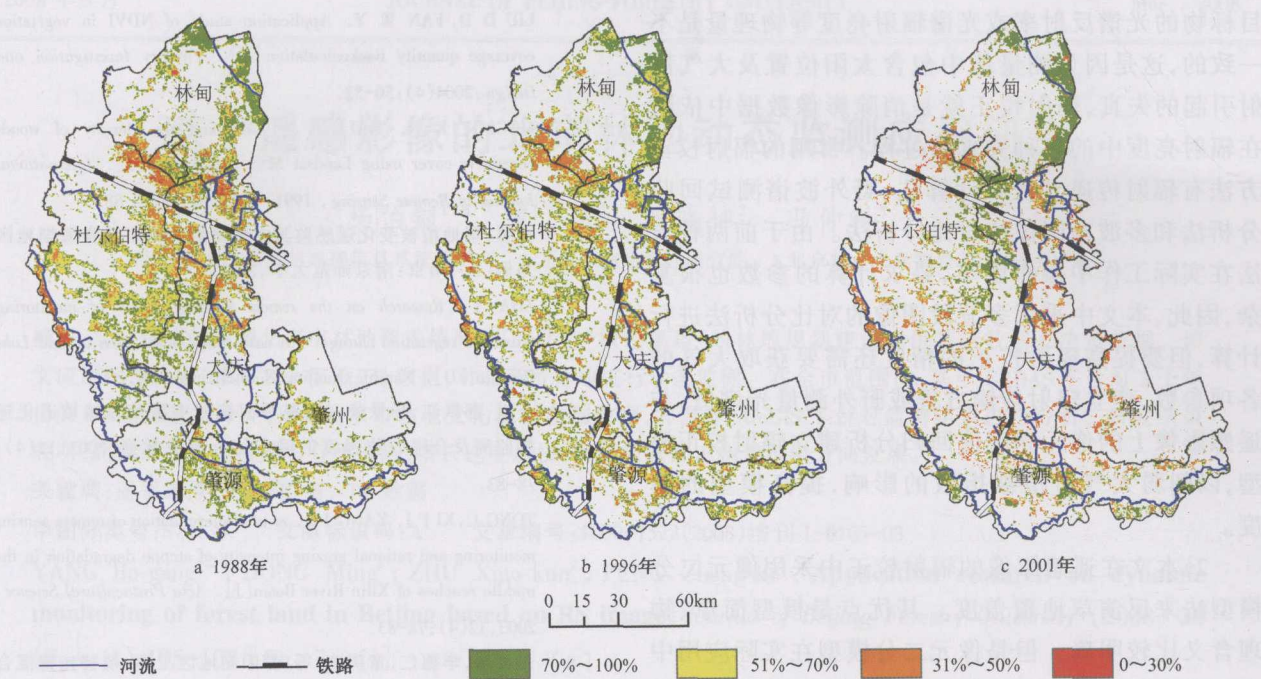


图 4 大庆地区草地盖度反演图

FIGURE 4 Remote sensing inversion map of grassland vegetation coverage in Daqing City

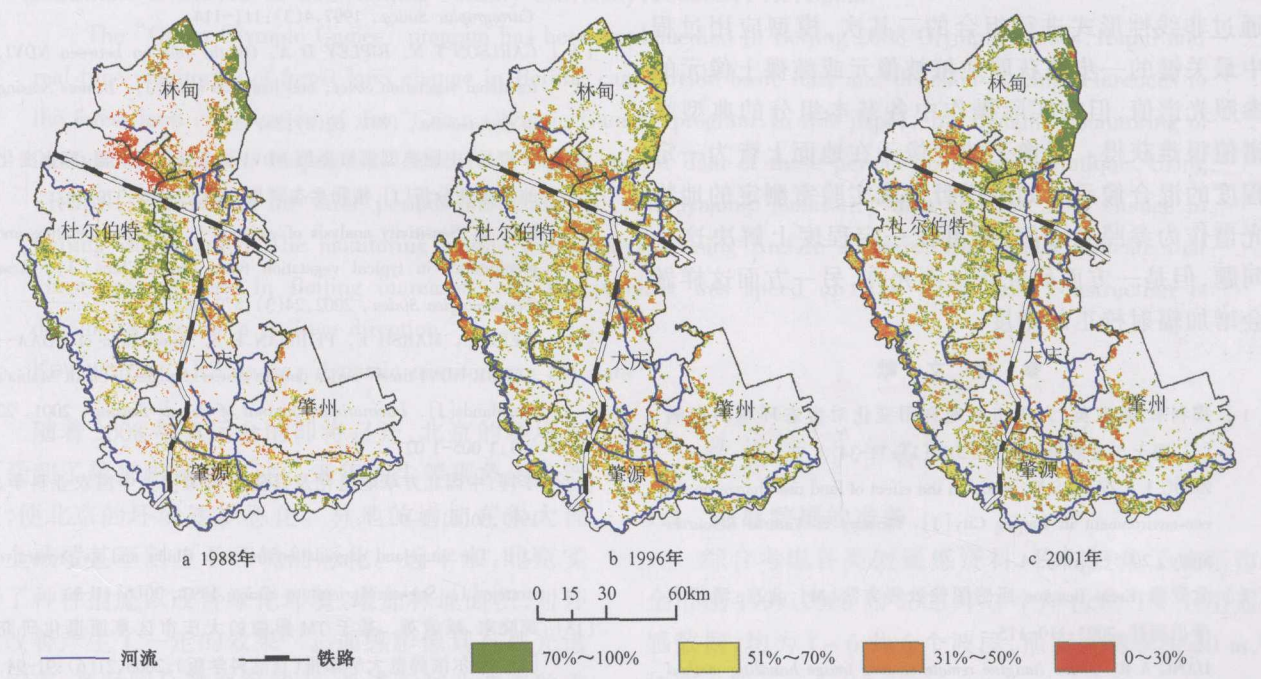


图 5 大庆地区草地可食牧草率反演图

FIGURE 5 Remote sensing inversion map of the proportion of edible pasture grass in Daqing City

$$\xi_2 = 1 - \frac{\bar{y}_k - \bar{y}_2}{y_k} = 0.6827 \quad (24)$$

5 结论与讨论

本文运用遥感信息模型定量反演反映草地退化情况的特征参量,建立了统一的草地植被覆盖度和可食牧草率的反演模型。草地资源的定量遥感可以从遥感影像的像元值直接推算草地退化的某种参数,如草地盖度、可食牧草比例、草地出产率、草地生

物量等。这种定量反演模型一经建立,就可以运用到整幅影像上去,这样就可以定量地确定所估参数的空间分布。而且遥感影像具有周期性、宏观性的特点可以用于大范围的草地监测。遥感数据具有波段多、信息量丰富的特点,可以提供连续、精细的光谱信息,用于草地退化因子的遥感定量反演中。但本文在草地盖度和可食牧草率定量反演模型的建立中需要注意以下两个问题:

1)利用遥感器观测目标物时,得到的像元值与

目标物的光谱反射率或光谱辐射亮度等物理量是不一致的,这是因为测量值中包含太阳位置及大气散射引起的失真,辐射校正就是消除影像数据中依附在辐射亮度中的各种失真的过程。常用的辐射校正方法有辐射传递方程式算法、野外波谱测试回归分析法和多波段图像的对比分析法。由于前两种方法在实际工作中操作困难,要求计算的参数也很复杂,因此,本文中采用多波段图像的对比分析法进行计算,但要提高辐射校正的精度还需要获取大气的各项参数,建立辐射传输方程或野外测量光谱值,与遥感影像上的像元亮度值回归分析建立辐射校正模型,以削弱大气对植被指数的影响,提高模型的精度。

2)本文在遥感影像的辐射校正中采用像元二分模型法来反演草地覆盖度。其优点是模型简单、物理含义比较明确。但是像元二分模型在实际应用中也存在一些问题。首先,该方法认为像元的光谱反射率仅为土壤和植被光谱反射率的简单相加,而事实证明在大多数情况下,各种地物的光谱反射率是通过非线性形式进行组合的。其次,模型应用过程中最关键的一步是获取纯植被像元或纯裸土像元的参照光谱值,但在实际操作中各基本组分的典型光谱值很难获得。影像上的纯像元在地面上皆为一定程度的混合像元。如果用野外或实验室测定的地物光谱作为参照光谱值,则可在一定程度上解决这个问题,但是一方面研究条件不允许,另一方面这样做会增加辐射校正的难度。

#### 参 考 文 献

- [1] 周利军,臧淑英.大庆市土地利用变化对生态环境的影响[J].国土与自然资源研究,2005(1):32-34.  
ZHOU L J, ZANG S Y. Study on the effect of land use change on the eco-environment in Daqing City[J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2005(1):32-34.
- [2] 党安荣.Erdas Imagine 遥感图像处理方法[M].北京:清华大学出版社,2003:110-115.  
DANG A R. *Erdas Imagine remote sensing image handling method* [M]. Beijing: Press of Tsinghua University, 2003:110-115.
- [3] 罗修岳,郑柯.脆弱生态环境植被指数和植被盖度数字图像的编制与管理研究——以晋陕蒙地区为例[M].北京:北京宇航出版社.  
LUO X Y, ZHENG K. *The digital picture establishment and study of the fragile ecological environment NDVI and vegetation coverage-exampled in Shanxi Province, Shaanxi Province and Inner Mongolia Autonomous Region* [M]. Beijing: Beijing Yuhang Publishing House.
- [4] 刘丹丹,范文义.植被盖度的定量反演中植被指数的应用研究[J].林业勘察设计,2004(4):50-52.  
LIU D D, FAN W Y. Application study of NDVI in vegetation coverage quantity backcalculation [J]. *Forestry Investigation and Design*, 2004(4):50-52.
- [5] MCCLOY K R, HALL K A. Mapping the density of woody vegetative cover using Landsat MSS digital data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1991, 12(9):1 877-1 885.
- [6] 查勇.草地植被变化遥感监测方法研究——以环青海湖地区为例[D].南京:南京师范大学,2003.  
ZHA Y. *Research on the remote sensing means of monitoring grassland vegetation change — a case study of the area around Lake Qinghai* [D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2003.
- [7] 全川,鄱风江,杨景荣,等.锡林河流域中游草原植被退化遥感监测及合理放牧强度的确定[J].草业学报,2003,12(4):78-83.  
TONG C, XI F J, YANG J R, et al. Determination of remote sensing monitoring and rational grazing intensity of steppe degradation in the middle reaches of Xilin River Basin[J]. *Acta Pratacultural Science*, 2003, 12(4):78-83.
- [8] 张良培,李德仁,童庆禧,等.鄱阳湖地区土壤、植被光谱混合模型的研究[J].测绘学报,1997,4(3):111-114.  
ZHANG L P, LI D R, TONG Q X, et al. Study of the spectra mixing model of soil and canopy in Poyanglake area[J]. *Acta Geodaetica Et Cartographic Sinica*, 1997, 4(3):111-114.
- [9] CARLSON T N, RIPLEY D A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1997, 62(3):241-252.
- [10] 李晓兵.中国典型植被类型 NDVI 动态变化与气温、降水变化的敏感性分析[J].植物生态学报,2002,24(3):379-382.  
LI X B. Sensitivity analysis of variation in NDVI, temperature and precipitation in typical vegetation types across China [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 24(3):379-382.
- [11] WEISS E, MARSH E, PFIRMAN E S. Application of NOAA—AVHRR NDVI time—series data to assess changes in Saudi Arabia's rangelands[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22(6):1 005-1 027.
- [12] 李博.中国北方草地退化及其防治对策[J].中国农业科学,1997,30(6):1-9.  
LI B. The rangeland degradation in north China and its preventive strategy[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1997, 30(6):1-9.
- [13] 那晓东,臧淑英.基于 TM 影像的大庆市区草原退化研究[J].哈尔滨师范大学学报(自然科学版),2005,21(6):91-94.  
NA X D, ZANG S Y. Study of degradation of grassland in Daqing City based on TM images[J]. *Natural Science Journal of Harbin Normal University*, 2005, 21(6):91-94.
- [14] 李小文,高峰,王锦地,等.遥感反演中参数的不确定性与敏感性矩阵[J].遥感学报,1997,1(1):67-72.  
LI X W, GAO F, WANG J D, et al. Uncertainty and sensitivity matrix of parameters in inversion of physical BRDF model [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1997, 1(1):67-72.

(责任编辑 冯秀兰)