

基于遥感与 GIS 技术的水电站库区植被覆盖度动态变化分析^{*}

吴柏清^{1,3}, 何政伟^{2,3}, 闫 静², 许辉熙³

(1. 成都理工大学 地球科学学院城乡规划系, 成都 610059; 2. 成都理工大学 地球科学学院 空间信息技术系, 成都 610059; 3. 成都理工大学 数字国土与生态科学研究所, 成都 610059)

摘 要:利用 1988 年 TM 图像和 2003 年 ETM+ 图像, 基于植被指数 (NDVI), 反演二滩库区米易县植被覆盖度, 并借助 GIS 技术, 对米易县 1988 - 2003 年植被覆盖度动态变化进行分析。研究表明, 研究区植被覆盖度变化与人类活动、自然因素有密切关系。其中二滩水库的蓄水作用对研究区生态环境变化产生重大影响, 对植被覆盖度变化有重要意义。基于遥感技术进行库区植被覆盖度动态变化分析的研究思路和方法, 将为水电开发生态环境影响的回顾评价提供重要的参考和借鉴。

关键词:NDVI; 植被覆盖度; 二滩水电站; 米易县

中图分类号:TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)03-0039-04

Analysis on Dynamic Changes About Vegetation Cover in Hydroelectric Power Station Reservoir Area Based on RS and GIS

WU Bai-qing^{1,3}, HE Zheng-wei^{2,3}, YAN Jing², XU Hui-xi³

(1. Department of Planning for City and County in the Institute of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Department of Spatial Information Technology in the Institute of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 3. Institute of Digital Land & Ecological Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Using TM image in 1988 and ETM+ image in 2003 and based on NDVI, this article analyzes dynamic changes about vegetation cover of Miyi county from 1988 to 2003 with the help of GIS. The result shows that there is close relationship between changes about vegetation cover and human activities and natural factors. Storing water in Ertan reservoir has significant influence on ecological environment changes and vegetation cover changes. The method that analyzes dynamic changes about vegetation cover in reservoir area can provides important reference and model for review appraisal on ecological environment influence which will be brought about by water and electricity development.

Key words: NDVI; vegetation cover; ertan hydroelectric power station; Miyi county

植被覆盖度定义为单位面积内植被的垂直投影面积^[1], 它是衡量地表植被状况的重要指标^[2], 是很多研究的重要参数, 如土壤侵蚀分析必须用到植被覆盖度因子。

传统的植被覆盖度测量方法是地面测量, 包括目估法、样方法等, 但受自然条件限制此方法不适于大范围测量, 不易推广。随着近年来卫星遥感技术的飞速发展, 多源多尺度遥感图像的出现, 为植被覆盖度的测量提供了重要支撑, 尤其是遥感技术观测范围大、能够动态反演的巨大优势, 为植被覆盖度动态变化监测提供了有力支持。由遥感影像计算得到的植被指数, 可直接反映地表植被状况, 因此促进了使用植被指数估算植被覆盖度模型的产生。而 GIS 技术的不断发展, 为植被覆盖度空间分析提供了有力支持。

该文利用 1988 年 2 月 2 日的 Landsat-5 TM 和 2003 年 2 月 19 日的 Landsat-7 ETM+ (轨道号 130/41) 卫星遥感图

像, 通过归一化植被指数 NDVI 的计算, 进而反演二滩库区米易县植被覆盖度信息, 并基于 GIS 进行 2 a 植被覆盖度的动态变化分析。

1 研究区概况

米易县属于四川省攀枝花市, 位于二滩库区内 (图 1)。二滩水电站位于雅砻江下游河段二滩峡谷内。水库正常蓄水位 1 200 m, 总库容 58 亿 m³。电站总装机容量 330 万 kW。电站于 1987 年 9 月开始施工准备, 1991 年 9 月 14 日主体开工, 1993 年 11 月 26 日大江截流, 1998 年 5 月 1 日蓄水, 1999 年 12 月建成投产。

米易县地处青藏高原东南缘, 云贵高原北部。处于横断山系南段高山峡谷区, 属深切切割的侵蚀剥蚀中山类型。米易县气候属半干热河谷季风气候, 干、湿季气候差异明显, 年平

^{*} 收稿日期: 2007-09-05

基金项目: 四川省杰出青年学科带头人培养计划项目 (06ZQ026-014)

作者简介: 吴柏清 (1969 -), 男, 重庆开县人, 副教授, 在读博士, 主要从事 3S 应用研究。E-mail: wuqb_xinhai@yahoo.com.cn

均气温 20℃, 年平均日照 2 754 h, 无霜期大于 300 d, 年均降雨量 950 mm, 全年基本上为无霜期, 只在海拔 2 500 m 以上高山可见霜雪。



图 1 研究区位置示意图

2 遥感反演植被覆盖度的基本原理

2.1 归一化植被指数

植被指数 (Vegetation Index) 是对地表植被简单、有效和经验的度量。红色可见光 (0.6 ~ 0.7 μm) 和近红外 (0.7 ~ 1.1 μm) 不仅是植物光谱、光合作用中最重要的波段, 而且它们对同一植物物理现象的光谱响应截然相反, 形成明显反差, 这种反差随着叶冠结构、植被覆盖度而变化, 因此通常使用它们的组合来设计植被指数。在计算植被盖度时, 通常使用比值植被指数 (Ratio Vegetation Index, RVI)、归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)。植被遥感中, NDVI 应用最广, 其计算公式为^[3]

$$NDVI = \frac{ nir - r }{ nir + r } \quad (1)$$

式中: nir , r ——代表近红外、红光波段的反射率。

2.2 基于 NDVI 的植被覆盖度计算原理^[2,4]

植被覆盖度 (f) 指植被冠层的垂直投影面积与土壤总面积之比。根据像元二分模型, 可以得到以下公式:

$$S = f_c S_{veg} + (1 - f_c) S_{soil} \quad (2)$$

式(2)理解为遥感传感器所观测到的信息 S , 可表达为绿色植被所贡献信息 S_{veg} 和土壤成分所贡献信息 S_{soil} 两部分组成, 且 S , S_{veg} , S_{soil} 三者为线性组合关系, S_{veg} 和 S_{soil} 这两部分的权重分别为它们在像元中的面积比例关系, 即 f_c 和 $(1 - f_c)$ 。

对式(2)进行变换, 可以得到计算植被覆盖度的公式:

$$f_c = \frac{(S - S_{soil})}{(S_{veg} - S_{soil})} \quad (3)$$

如果将遥感图像的每一个像元的 NDVI 值看成是有植被覆盖部分的 NDVI 与无植被覆盖部分的 NDVI 的加权平均, 其中植被覆盖部分的权重即为此像元的植被覆盖度, 而无植被覆盖部分的 NDVI 权重即为 $1 -$ 植被覆盖度。于是由式(3), 可以得到根据 NDVI 估算植被盖度的公式:

$$f_c = \frac{(NDVI - NDVI_{soil})}{(NDVI_{veg} - NDVI_{soil})} \quad (4)$$

式中: $NDVI_{soil}$ ——裸土或者无植被覆盖区域的 NDVI 值, 即无植被像元的 NDVI 值; $NDVI_{veg}$ ——完全被植被所覆盖的 NDVI 值, 即纯像元的 NDVI 值。文献[5]研究认为, 式(4)适用于 TM 遥感数据对植被盖度进行估算。 $NDVI_{soil}$ 对于大多数类型的裸地表面, 理论上应该接近零, 而且不随时间改变, 可以由图像中计算出来。 $NDVI_{veg}$ 代表着全植被覆盖像元的最大值, 由于植被类型的影响, $NDVI_{veg}$ 值也会随着时间和空间而改变。在实际应用中, 植被覆盖类型随土地利用类型而变化, 对于某一土地利用类型, 由于植被类型近似, 其 $NDVI_{veg}$ 值也相近; 而对于特定的土壤类型, 其 $NDVI_{soil}$ 值也应该是一定的。因此式(4)可近似地表达为

$$f_c = \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} \quad (5)$$

文献[4]认为, 采用式(5)进行植被覆盖度遥感估算虽然有一定误差, 但是它克服了人为误差, 仍然具有相当高的精度。本文采用的历史存档遥感数据进行植被覆盖度估算, 因无影像获取时段的地面植被状况记录, 无法建立地面实际资料与 NDVI 的回归关系, 而利用式(5)进行研究区植被覆盖度估算, 具有人为误差小, 方便快捷, 精度较高的优势。

3 数据处理

3.1 地形图处理

地形图是遥感图像几何精校正的参考标准。将研究区的 8 幅 1:5 万地形图通过彩色宽幅扫描仪转换成数字图像, 直接在计算机上使用 ERDAS 软件进行处理。主要操作包括地形图的校正和镶嵌处理^[6]。

3.1.1 地形图分幅几何校正

地形图几何校正基于 ERDAS 软件几何校正模块, 选择多项式校正模型进行。控制点坐标从地形图公里网交叉点读取, 每幅地形图选取 13 个呈菱形分布的控制点, 采用三次多项式模型, 图像重采样方法为双线性内插法。

3.1.2 地形图镶嵌

工作区地形图分幅几何校正后, 具有了真实地理坐标, 利用 ERDAS 软件的镶嵌处理模块“Mosaic Images”进行配准处理。经镶嵌处理生成的地形图包含了研究区范围, 可用于遥感图像几何精校正。在地形图镶嵌前, 需要对每一幅参与镶嵌的地形图进行裁边处理。

3.2 遥感图像处理

3.2.1 遥感图像辐射校正

辐射校正主要包括辐射定标和大气校正。辐射定标指的是内部误差的校正。内部误差一般是系统的、可预测的, 通过卫星发射之前的辐射定标和运行中的星上辐射定标、替代(场地)辐射定标来确定。大气校正则用来消除大气散射、吸收等引起的误差^[7]。根据前人研究成果, 使用 NDVI 计算植被覆盖度, 如不进行大气校正, 局部地区 NDVI 值计算误差将达到 50% 以上^[8]。本文所用遥感图像必须经过辐射校正, 以保证计算精度。使用 ENVI 软件的 Calibration utilities 模块可自动实现对研究区两幅遥感图像的大气校正。图像经辐射校正后, 可得到每个像元的反射率。

3.2.2 遥感图像几何精校正

在校正镶嵌后的 1 : 5 万研究区地形图和需要校正的 2003 年遥感图像上分别找一些明显的同名地物点作为控制点(如道路、河流交叉点),然后基于 ERDAS 的几何校正模块,选择四次多项式校正模型进行校正,为提高计算速度和保持图像的连续性,采用双线性内插法完成像元重采样。

1988 年遥感图像的几何精校正是以纠正过的 2003 年的遥感图像为基准进行的。其原理和操作方法同前,两者几何校正的最大误差不超过 0.5 个像元,保证了两个不同时相数据相同位置像元的空间位置配准。

3.2.3 研究区图像裁减

图像裁剪是在一个较大图像中取出一个小子区的过程。

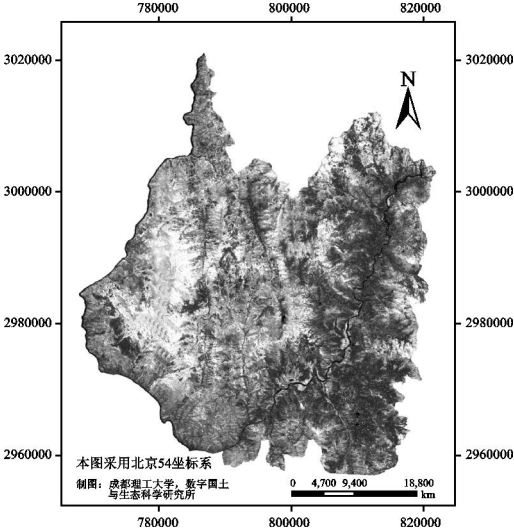


图 2 米易县 1988 年 NDVI 图像

3.2.5 植被覆盖度的计算

通过查询 1988 年和 2003 年 NDVI 图像,得到 1988 年 $NDVI_{min} = 0.003\ 555\ 07$, $NDVI_{max} = 0.746\ 27$; 2003 年 $NDVI_{min} = 0.003\ 353\ 84$, $NDVI_{max} = 0.611\ 11$ 。根据式(5),在 ERDAS 的 EML 建模语言中便可快速自动完成 1998 年和 2003 年米易县植被覆盖度计算。

4 二滩库区米易县植被覆盖度动态分析

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190 - 1996) 和研究区实际情况,将植被覆盖度分成 5 级: $f_c < 10\%$, $10\% \leq f_c < 30\%$, $30\% \leq f_c < 50\%$, $50\% \leq f_c < 70\%$, $f_c \geq 70\%$, f_c 是基于像元的植被覆盖度,根据各植被覆盖度等级按从小到大依次将研究区划为:低植被覆盖度区、中低植被覆盖度区、中等植被覆盖度区、中高植被覆盖度区、高植被覆盖度区。

4.1 1988 年植被覆盖度分析

根据植被覆盖度分级标准,分割 1988 年米易县植被覆盖度图,生成当年植被覆盖度等级图(附图 6)。由附图 6 可以看出,米易县 1988 年低植被覆盖度区主要分布在该县东部和南部的河流两岸;中低植被覆盖度区主要分布在该县东部地区,中等植被覆盖度区主要分布在该县西部;中高植被覆盖度区则零散分布在中等植被覆盖度区中,大部分位于该县西部;而高植被覆盖度区零星分布在该县西部、北部和东部,

研究区范围只限于米易县,为节省计算资源,提高速度,需要进行图像裁剪,得到研究区域图像。在 ERDAS 软件的 Viewer 中打开米易县行政界线图(*.shp),并将其转为 AOI 文件,然后利用 Subset 命令,利用行政界线 AOI 文件作为裁减边框,分别裁减出米易县 1988 年和 2003 年的遥感图像。

3.2.4 NDVI 的计算

根据式(1)的定义,利用 ERDAS 软件 Interpreter 模块下 Spectral Enhancement 的 Indices 命令分别根据米易县 1988 年 TM 图像和 2003 年 ETM+ 图像计算 NDVI,得到 1998 年和 2003 年米易县 NDVI 图像(图 2 和图 3),图像上亮度越亮代表植被覆盖度越高,反之,亮度越暗代表植被覆盖度越低,小于 0 的部分代表非植被(如水体)。

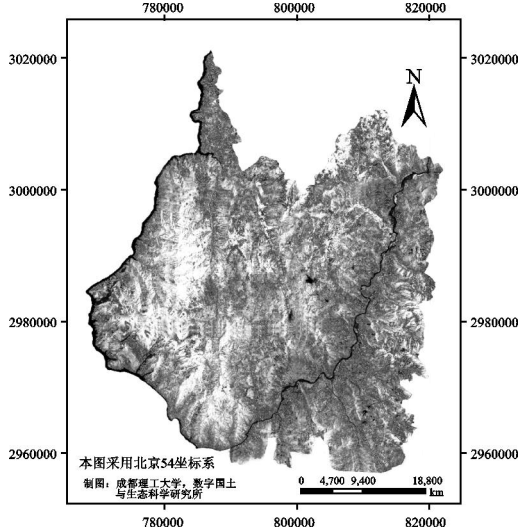


图 3 米易县 2003 年 NDVI 图像

其中西部最多,东部最少。

4.2 2003 年植被覆盖度分析

根据植被覆盖度分级标准,生成 2003 年植被覆盖度等级图(附图 7)。由附图 7 可看出,低植被覆盖度区主要位于该县东部水体以及西部的二滩水库区附近,在其它地区也有零散分布;中低植被覆盖度区大片分布在该县东南部,且在该县西北部也分布较多;中等植被覆盖度区均匀且零散分布在该县中西部;中高植被覆盖度区零星分散在中等植被覆盖度区中;高植被覆盖度区只在该县西部有少量分布。

4.3 1988 - 2003 年米易县植被覆盖度动态变化分析

4.3.1 不同等级植被覆盖度的面积变化

根据每个等级的像元个数和已知的遥感图像分辨率(30 m),可计算米易县 1988 年和 2003 年各等级植被覆盖度面积(表 1)。

4.3.2 植被覆盖度空间动态变化分析

将米易县 2003 年与 1988 年植被覆盖度图进行减运算,可清晰看出植被覆盖度空间变化(附图 8)。图中绿色、红色区域分别为植被覆盖度减少、增加最多的区域,白色为未发生明显变化的地区,桔黄色与蓝色则为植被覆盖度发生变化较小的区域。

如图所示,出现植被覆盖急剧减少的区域,大部分位于

该县边缘位置,中部也有零星分布;植被覆盖大量增加的区域在图中很少,只在该县中上部有少量分布;而植被覆盖度变化较小的桔黄色与蓝色区域大量混合分布在该县中部;其中东部水体边缘位置植被覆盖度也有一定程度的增加;未发生明显变化的区域主要为研究区东部和西部边缘的水体。

表 1 1988 年与 2003 年各等级植被覆盖度面积变化

年份	$f_c < 10\%$	$10\% < f_c < 30\%$	$30\% < f_c < 50\%$	$50\% < f_c < 70\%$	$f_c > 70\%$
1988 年	163.05	571.05	638.49	527.07	183.01
2003 年	298.43	814.37	618.51	268.63	82.73
2003 - 1988 年	+135.38	+243.32	-19.98	-258.44	-100.28
差值					

4.4 米易县 1988 - 2003 年植被覆盖度变化原因分析

1988 - 2003 年间,米易县各等级植被覆盖度都有不同的变化。引起植被覆盖变化既有人为的原因,也有自然因素影响。人为影响是在自然因素的影响下而起作用。两者相互联系,共同作用。

低植被覆盖度区面积的增加主要是因为:二滩水库的蓄水作用增加了研究区水体面积,生态环境的改善有利于植被生长;随着社会经济的发展,人们对环境保护、生态建设和可持续发展认识不断提高和退耕还林措施的实施,使得低植被覆盖度区面积有所增加。

中低植被覆盖度区面积增加的原因是:20 世纪 80 年代至 90 年代末期,当地人民对森林植被保护不力,加之普威森工局的过度砍伐,导致大面积高植被覆盖度区与中高植被覆盖度区植被覆盖急剧减少,退化为中低植被覆盖度区。

高植被覆盖度区面积的减少原因与中低植被覆盖度区面积增加的原因基本相同。低山、丘陵地区,人类活动频繁,植被破坏严重,加之水库修建,部分后来移民因生活所需又大量毁林造地,导致植被覆盖减少。

所幸的是,二滩水库库区的生态环境保护引起了高度重视,尤其是 1998 年特大洪水以后,国家实行了严格的“天然林保护工程”和“退耕还林(还草)工程”,米易县的天然林禁止砍伐,森工局工作人员由砍树人变为了栽树人,加之大量坡耕地被退耕还林还草,使得该县的植被资源得到了很好的保护,相信只要长期重视,米易县的植被覆盖状况将会得到更好地改善。

5 结 论

以二滩库区米易县为例,综合运用遥感与 GIS 技术,

利用 NDVI 对该县 1988 年和 2003 年植被覆盖度动态变化进行了分析,主要得到以下认识:

(1) 植被覆盖度作为土壤侵蚀等研究的重要影响因子,对生态环境监测保护与可持续发展都有着重要意义。本文着重介绍了利用遥感图像获取 NDVI 信息并计算植被覆盖度的方法,这种方法可有效提取植被覆盖度信息。遥感技术可进行大面积同步观测,并能获得历史动态数据,有利于区域性大范围动态监测分析,缩短了植被覆盖度调查周期,加快了植被覆盖度研究速度。尤其是在缺少实测资料的地区,可有效降低植被覆盖度的研究难度。

(2) 通过植被覆盖度的计算,基于 GIS 空间分析技术,得到了研究区植被覆盖度的空间变化信息,以及各等级植被覆盖度的变化,研究区 2003 年低植被覆盖度区与中低植被覆盖度区面积比 1988 年有所增加;中等植被覆盖度区、中高植被覆盖度区、高植被覆盖度区面积都有不同程度的减少。

(3) 研究发现米易县植被覆盖度变化和人类活动有密切关系。二滩水库的建成对研究区生态环境变化产生重大影响,对植被覆盖度变化有重要意义,而人类生产及工程活动也是植被覆盖度变化的影响因素之一。

参考文献:

[1] 唐世浩,朱启疆,周宇宇,等.一种简单的估算植被覆盖度和恢复背景信息的方法[J].中国图像图形学报,2003,8(11):1304-1309.

[2] 李苗苗.植被覆盖度的遥感估算方法研究[D].北京:中国科学院研究生院,2003:10-26.

[3] 梅安新,彭望禄,秦其明,等.遥感导论[M].北京:高等教育出版社,2001:245-247.

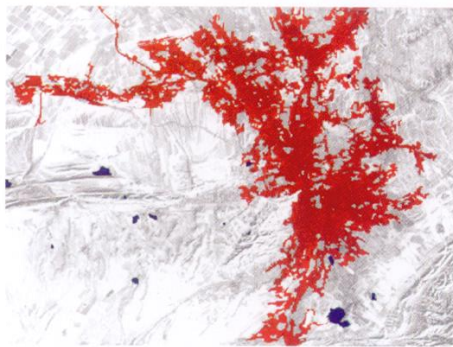
[4] 周从斌.李子溪流域土壤侵蚀遥感监测[D].成都:西南交通大学,2005:44-51.

[5] Qi J, Marsett R C, Moran M S, et al. Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000 (105): 55-68.

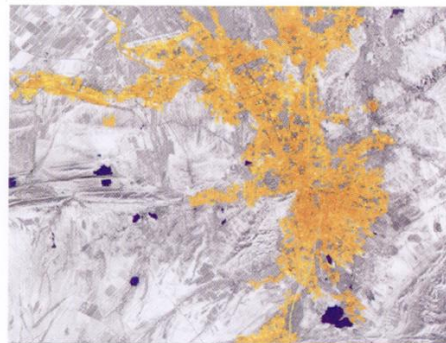
[6] 许辉熙.石棉县林业管理信息系统的建立与应用研究[D].成都:四川师范大学,2005:30-39.

[7] 池宏康,周广胜,许振柱,等.表观反射率及其在植被遥感中的应用[J].植物生态学报,2005,29(1):74-80.

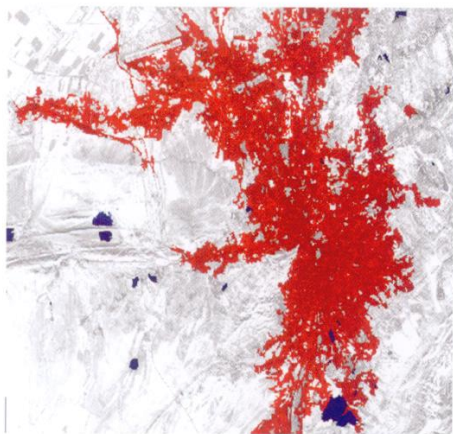
[8] John R Jensen. 遥感数字图像处理导论[M].陈晓玲,龚威,李湘平,等,译.北京:机械工业出版社,2005:188-189.



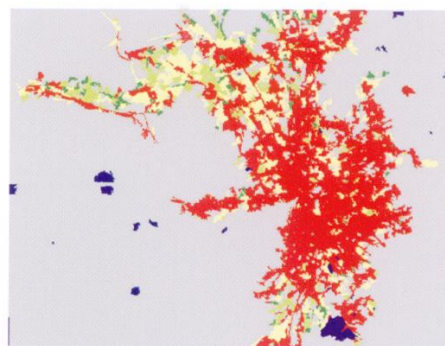
附图1 乌鲁木齐1995年建成区扩展图



附图2 乌鲁木齐1999年建成区扩展图



附图3 乌鲁木齐2003年建成区扩展图

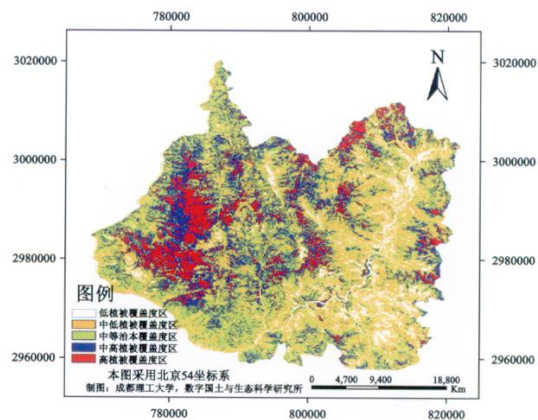


红色:建筑密度最高区域 黄色:建筑密度较高区域
绿色:建筑密度较低区域 深绿色:建筑密度最低区域

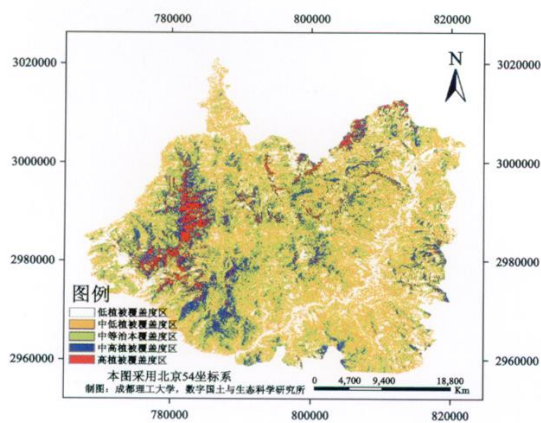
附图4 乌鲁木齐2003年建筑密度分布图



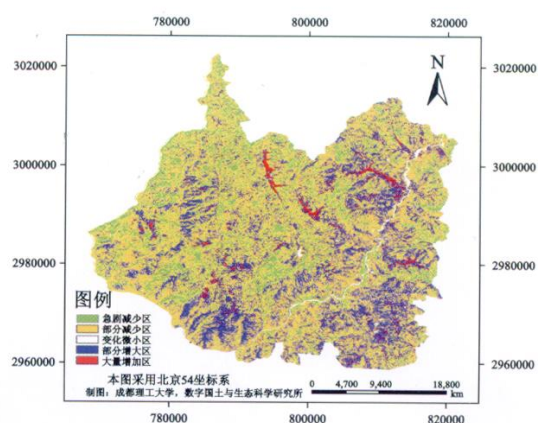
附图5 乌鲁木齐市土地集约利用潜力级别图



附图6 米易县1988年植被覆盖度分级图



附图7 米易县2003年植被覆盖度分级图



附图8 米易县2003与1988年植被覆盖度差值图