

湖南永吉高速公路建设的景观格局影响评价

马 苏¹, 杨 波^{1*}, 郑志华², 王彬武³, 刘宇鹏¹, 徐碧华²

(1. 湖南师范大学资源与环境科学学院, 湖南师范大学 GIS 研究中心, 湖南 长沙 410081;

2. 上海船舶运输科学研究所, 上海 200134; 3. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 利用遥感(RS)、全球定位系统(GPS)与地理信息系统技术(GIS),对湖南省永吉高速公路沿线建设前后的景观进行分类和制图,结合景观结构分析软件 Fragstats3.3 和景观生态学方法,从斑块和景观两个层次上研究高速公路建设前后景观格局的变化。结果表明:(1)斑块层次指数中,沿线除公路用地外各景观类型的面积均有所减少,2.57%的土地转换为公路用地,其中旱地面积减少最多,但是公路建设前后没有改变该区域的优势斑块类型;(2)景观层次指数中,斑块数目和斑块密度的增加与最大斑块指数的减少,都表明景观异质性增加;(3)不同缓冲区分析结果表明:高速公路建设对景观格局的干扰突出表现在距公路较近的 500 m 缓冲区内。本研究方法在未来路网规划与环境影响评价中具有一定应用前景。

关键词: 永吉高速公路;景观格局;遥感;景观分析软件;景观指数

中图分类号: X21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8227(2011)11-1383-06

我国高速公路建设进程随着社会经济的发展而加快。高速公路建设的出发点是为了方便区域人口出行与货物运输,进而带动区域经济发展^[1,2]。然而高速公路建设是一种对地表的干扰行为,改变了原有的地貌和土地利用形式,引起了区域的景观格局变化,造成耕地减少、植被破坏、生物多样性降低等一系列生态环境问题^[3~7]。因此,生态环境和景观格局的影响评价是公路建设对环境影响评价的重要内容之一^[8,9]。

从景观生态学角度出发,借助遥感(RS)与地理信息系统(GIS)进行景观格局分析与环境评价,已成为当前国内外学者开展景观格局研究的最新趋势^[10~13]。但是从目前研究来看,国内外景观生态和景观格局的研究主要集中在城市区域和地理区域以及长久的人类活动对景观格局的影响,也通过实例来显示景观格局和周围环境变化的关系。例如,Matthew^[14]、王树功^[15]、赵明^[16]等应用 RS 和 GIS 技术,分别对加拿大新不伦瑞克省、淇澳岛红树林湿地和泸沽湖区的景观格局变化进行研究。对于公路这种线状干扰廊道的景观环境问题,一般只注重于

公路绿化和美化方面^[17,18]。近几年,一些系统分析公路交通干扰对沿线景观格局变化的影响的研究为定量分析交通干线的环境效应提供了很好的借鉴。例如,张镜铨等^[19]、阎建忠等^[20]等,利用 GIS 技术和景观生态学方法,研究高原交通干线(青藏铁路和公路)对沿线土地利用和景观格局的影响,进一步阐释交通干线的环境效应。

在前人研究的基础上,本研究尝试借鉴景观生态学研究思想,以中巴卫星遥感影像为主要数据来源,运用 GIS 软件和景观格局分析软件 Fragstats,对湖南省永顺至吉首高速公路(以下简称永吉高速)建设前后景观格局演变进行定量分析。永吉高速拟穿越区附近涉及猛洞河国家级风景名胜区、栖凤湖省级风景名胜区、古丈红石林国家地质公园、峒河国家湿地公园等生态环境和景观较为敏感和脆弱地带,其建设将不可避免地沿对沿线地区的环境、生态和景观造成一定的负面影响。研究高速公路建设对沿线景观格局的影响有利于维护区域生态环境建设和区域的可持续发展,为环境评价、景观生态建设和经济发展提供决策依据。

收稿日期:2011-02-22;修回日期:2011-05-05

基金项目:湖南省高校创新平台开放基金项目(10K042);湖南省自然科学基金项目(10JJ3022)

作者简介:马 苏(1986~),女,河北省石家庄人,硕士研究生,主要从事遥感应用研究。E-mail:gisrs306@126.com

* 通讯作者 E-mail:yb@hunnu.edu.cn.

1 研究区概况

龙山至吉首公路永顺至吉首段是湖南省“七纵九横”高速公路路网规划的重要组成部分,是湖南省西北部通往湖北省的重要省际通道,是促进湘西民族地区发展的一条团结纽带,是打造湘西黄金旅游走廊的重要基础设施。线路位于湘西土家族苗族自治州境内,起于永顺县海洛村(对应张花高速主线桩号 K86+840),止于吉首市曙光村东南侧与吉茶(吉首至茶峒)高速公路对接(对应吉茶高速公路主线桩号 K2+300),途经永顺县、古丈县和吉首市。路线大致呈南北走向,线路全长 84.24 km。区域整体气候属于亚热带季风性湿润气候区,夏季多地质灾害。地势起伏较大,地貌主要以低山、丘陵和河谷为主。由于沿线的地形与地质条件复杂、路线桥隧比高、工程施工难度较大,2010 年开工建设,计划 4 年后建成通车(见图 1)。

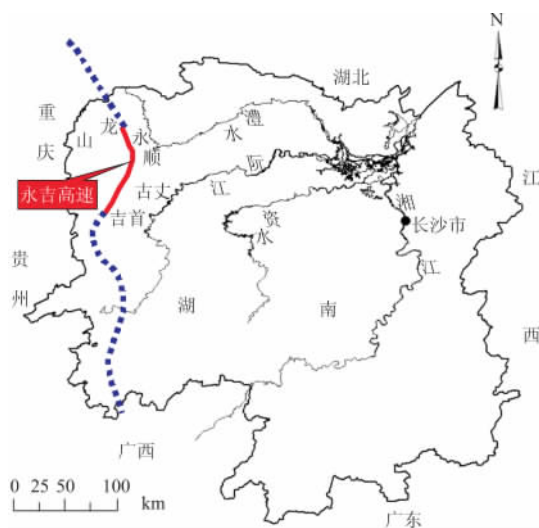


图 1 永吉高速公路示意图

Fig. 1 Sketch Map of Yongji Highway

2 研究资料与方法

2.1 数据资料选取

本研究使用的遥感资料为中巴地球资源卫星 CBERS 02B CCD 数据,由中国资源卫星应用中心免费提供,影像获取时间是 2009 年冬、春季节,空间分辨率为 19.5 m,图像上云层覆盖很少,质量较好,根据现场调查,这些遥感影像所反映的地物类型现势性强,土地利用分类效果较好。其他数据包括:1:1 万和 1:5 万地形图、土地利用现状图及拟建高速公路

路矢量图。

2.2 数据处理

对 02B 星 CCD 数据进行辐射校正后,以 1:1 万和 1:5 万地形图作为参考,对遥感影像进行几何精校正,将其坐标系统转换为高斯-克吕格投影。通过野外实地考察和 GPS 采样,并结合沿线 2005 年土地利用现状图,对拟建高速公路沿线景观要素类型进行分类(见表 1)。

表 1 研究所用数据列表

Tab. 1 List of Data

数据类型	景幅号	成像时间	分辨率 (m)	数据质量说明
CBERS 02B CCD	4-68-L20000276648	2009-12-21	19.5	云量<10%
	4-68-L20000208511	2009-02-11	19.5	云量<10%
Quickbird	利用 Google Earth 获取	2008 年前后	0.61	无云, 质量很好
土地利用现状图	永顺县、古丈县、吉首市	2005 年		
地形图 (1997 年)	H49G075030-031、H49G076030-031、H49G077031、H49G078032、H49G090027			

2.3 景观类型提取

综合考虑研究目标、影像所能识别的波谱特征与全国第二次土地调查土地利用分类规范^[21],将研究区景观分为 6 类:水田、旱地、林地、草地、水域、建设用地。然后利用最大似然法对研究区影像进行监督分类,分类影像的总体分类精度和 Kappa 系数分别为 85.602% 和 0.752。由于水体和水田的波谱特征较为相似,导致地物类型错分和结果偏差,但考虑到这两类地物在研究区所占比例较小且对环境的影响没有林地显著,因此,近 15% 的误差勉强能够接受。利用 ENVI4.7 中的分类后处理功能,对分类结果进行 Majority Analysis,将小斑点进行相应的合并,得到研究区现状景观格局类型图。为了模拟高速公路建设后景观格局变化,通过矢量路线图与遥感影像叠加后进行缓冲区分析。项目设计路基宽度 24.5 m,文中以路面平均占地 24.5 m 宽度建立缓冲区,并给定属性为拟建公路。然后在 ARC-GIS9.2 中更新现状景观类型图,得到建成后的模拟景观类型图。图 2 为施工建设前以及公路建设后 1.5 km 范围内的景观类型图。

2.4 景观指数选取及其含义

景观指数可分为斑块水平指数(Patch-level Index)、斑块类型水平指数(Class-level Index)以及景观水平指数(Landscape Level Index),是能够浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置某些方面特征的简单定量指标^[22,23]。

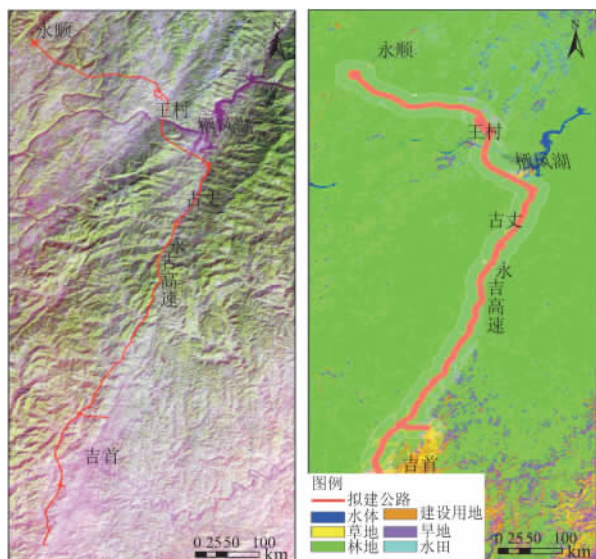


图 2 CBERS 243 假彩色合成影像底图(左图)

与景观类型分布图(右图)

Fig. 2 CBERS 243 RGB Color Base Map (Left)

and Distribution Map of Landscape Patterns (Right)

由于斑块水平指数对了解整个景观的结构并不具有很大的解释价值,往往只是作为计算其它景观指数的基础,因此本文在景观类型图的基础上,考虑景观指数的生态意义和各指数间的相关性^[24~26],分别从景观的斑块密度、边界和形状特征、多样性指数和斑块空间分布指数 5 个方面,利用景观分析软件 Fragstats3.3 分别从斑块类型水平和景观水平两个层次进行计算比较下列景观指数:斑块数、斑块密度、平均斑块面积、斑块面积比、面积加权平均分维数、Shannon 多样性指数和聚集度指数,各景观表达式及其生态含义如下^[24~29]。

(1)最大斑块指数

$$LPI = \max(a_i, \dots, a_n) / A$$
, 反映景观优势类型

和人类活动的强弱与方向。

(2)斑块形状指数

$$SHAPE_AM = \sum_{i=1}^n \left(\frac{0.25pi}{\sqrt{ai}} \right)$$
, 度量景观空间

格局的复杂性。

(3)斑块分维数

$$FRAC_AM = \sum_{i=1}^n \left[\frac{2 \times ai \times \ln(pi)}{A \times \ln(ai)} \right]$$
, 反映人类

活动对景观格局的影响。

(4)多样性指数

$$SHDI = \sum_{i=1}^n [pi \ln(pi)]$$
, 描述景观中各类要

素的多少及各景观要素所占比例的变化,反映景观的异质性。

(5)聚集度指数

$$CONDSION = [1 - E_p / E(p\sqrt{a})] [1 - 1/\sqrt{N}]^{-1}$$
,

反映景观中不同斑块类型的团聚程度或延展趋势。

3 景观格局分析

根据本工程影响区土地利用变化特征与环境影响评价需求,应用景观格局指数,从斑块层次和景观层次来分析公路建设对沿线景观格局的影响。

3.1 斑块层次的景观格局分析

公路建成后,公路沿线两侧 500 m 范围内的各斑块类型景观指数均有不同程度的变化(表 2)。研究区内 25.7% 的土地面积转化为其他用地(即拟建公路),沿线各景观类型的面积均有所减少,面积减少由多到少依次为旱地、林地、建设用地、水田、草地,分别减少 19.496、8.11、6.504、5.209 和 4.49 hm²。另外,各类型斑块平均面积均有不同程度的减少,林地减少最多,为 1.434 hm²,草地次之,减少

表 2 永吉高速公路建设前后沿线 500 m 缓冲区内各斑块类型景观指数

Tab. 2 Landscape Indices of Different Patch Types Within the Range of 500 m

Alongside the Line Before and After the Construction

景观类型	CA(hm ²)		PLAND(%)		LPI		AREA-MN(hm ²)		SHAPE_AM		FRAC_AM	
	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后
林地	7 194.710	7 016.601	72.904	71.099	7.255	7.208	13.916	12.482	11.808	12.425	1.283	1.297
草地	542.921	528.433	5.501	5.355	0.070	0.043	1.143	1.028	3.509	3.315	1.196	1.187
建设用地	1 241.516	1 205.012	12.580	12.210	0.436	0.431	1.359	1.254	2.893	2.952	1.164	1.166
水田	178.527	173.318	1.809	1.756	0.012	0.012	0.266	0.256	1.502	1.489	1.089	1.089
旱地	691.523	672.054	7.007	6.809	0.020	0.020	0.874	0.802	2.766	2.612	1.159	1.153
水体	19.545	19.393	0.198	0.197	0.018	0.016	0.931	0.882	2.385	1.826	1.146	1.114
拟建公路	0	253.931	0	2.573	0	2.304	0	63.483	0	42.138	0	1.518

注:CA—斑块总面积;PLAND—斑块面积比;LPI—最大斑块指数;AREA_MN—平均斑块面积;SHAPE_AM—面积加权平均斑块形状指数;FRAC_AM—面积加权平均斑块分维数

0.115 hm²。这表明公路建设切割了原来的景观配置,使沿线景观类型的破碎化程度提高。最大斑块指数值在公路建设前后最大的都是林地,说明公路建设没有改变该区域的优势斑块类型。建成后,林地的形状指数和分维指数均有所增加,说明公路建设使这类景观的形态变得复杂;水田在建设前后这两类指数值均无变化,表明公路建设前后,对该类景观形状上没有影响;而其它景观类型,这两类指数值均有所减小,表明公路建设使这些景观类型的形状趋于规整。

3.2 景观层次的景观格局分析

景观层次上(表 3、图 3)来说,在不同尺度的缓冲区内,高速公路建成后的斑块数和斑块密度都比建设前大,建设后的平均斑块面积小于建设前,两者都反映公路的线性切割使整个景观格局更加破碎。在距离公路 1 500 m 以下范围内,建设前的分维数要小于建设后,说明在此空间范围内,都能反映高速公路建设对景观的干扰,尤其是空间范围小的时候,这种影响较为明显。在不同的缓冲区内,建设后的

Shannon 多样性指数均大于建设前,说明高速公路建设使得景观的破碎化水平增加。高速公路建设前,聚集度指数随着公路两侧的距离增加,其值由 500 m 时的 99.01 增加到 2 000 m 时的 99.60,建设后聚集度指数由 500 m 时的 98.90 增加到 2 000 m 时的 99.67;由于公路的切割作用,其影响在较小的空间范围表现得尤为突出,在离公路两侧距离为 500 m 时,建设前后差值 0.11,随着离公路两侧距离的增大,这种影响逐渐减小,到距离公路 2 000 m 时,两者的值仅相差 0.003。

表 3 永吉高速建设前后沿线 500 m 缓冲区内景观水平指数

Tab. 3 Landscape Level Indices Within the Range of 500 m Alongside the Line Before and After the Construction

	NP (个)	PD	AREA_MN (hm ²)	FRAC_AM	SHDI	COHESION
建设前	3 387	34.320 5	2.913 7	1.250 6	0.921 9	99.01
建设后	3 577	36.245 8	2.758 9	1.266 7	1.016 4	98.90

注:NP—斑块数;PD—斑块密度;AREA_MN—平均斑块面积;FRAC_AM—面积加权平均斑块分维数;SHDI—Shannon 多样性指数;COHESION—聚集度指数

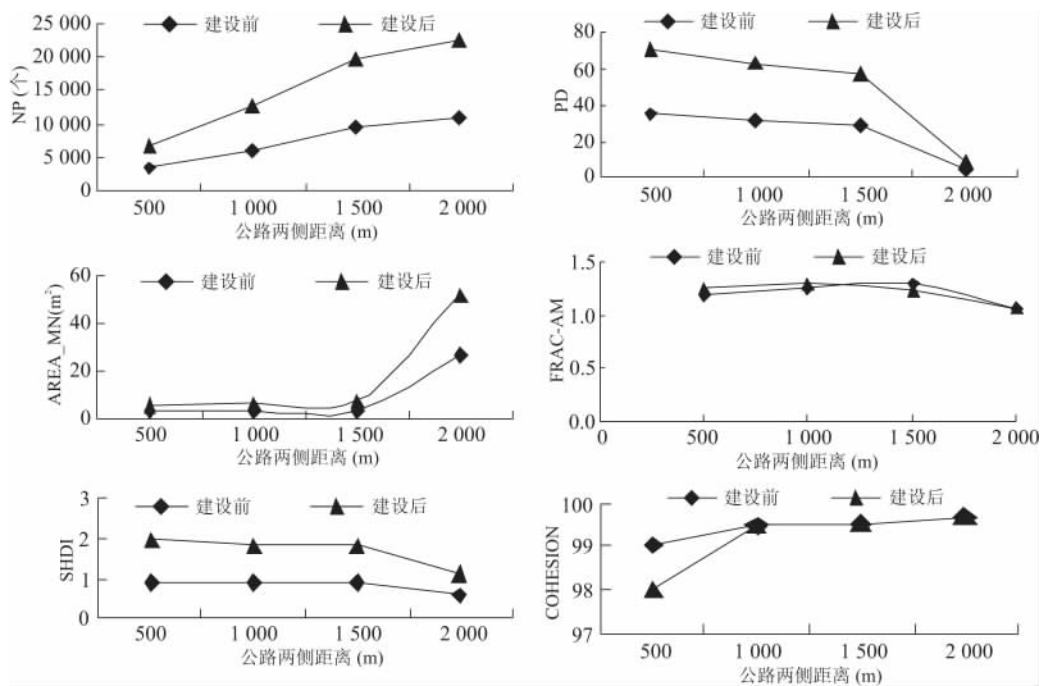


图 3 永吉高速修建前后沿线不同缓冲区内景观指数变化

Fig. 3 Variation of Landscape Indices in Different Range Alongside the Highway Before and After the Construction

3.3 景观生态空间格局分析

景观格局和土地利用的变化,植物种类和数量的变化,对区域生态的完整性有十分重要的作用。通过公路建设前后某一斑块类型在景观中的优势度分析景观格局的变化程度。优势度(D_0)由以下 3

种参数计算得出,即密度(R_d)、频率(R_f)和景观比例(L_p)^[30]。

密度(R_d) = 斑块 i 的数目 / 斑块总数 $\times 100\%$

频率(R_f) = 斑块 i 的样方数 / 总样方数 $\times 100\%$

景观比例(L_p) = 斑块 i 面积 / 样方面积 $\times 100\%$

$$\text{优势度}(D_0)=[(R_d+R_f)/2+L_p]/2\times 100\%$$

从表 2 的斑块面积和表 4 可以看出:拟建公路兴建后土地利用格局发生了变化,其中建设用地因公路的修建使其重要性提高,其优势度由 9.72% 上升到 17.58%,其他斑块的优势度值相应减少。作

为模地的林地其优势度从 59.11% 减低到 57.13%,减小幅度较小,仍远远高于其它斑块类型的优势度。反映出研究区以林地景观为景观基质,其余景观类型交错分布的景观格局没有太多改变。

表 4 永吉高速建设前后沿线 500m 缓冲区内各斑块优势度值

Tab. 4 Dominance Values of Different Patches Within the Range of 500 m Alongside the Line Before and After the Construction

斑块类型	Rd(%)		Rf(%)		Lp(%)		Do(%)	
	实施前	实施后	实施前	实施后	实施前	实施后	实施前	实施后
林地	72.12	69.31	48.84	46.51	57.75	56.34	59.11	57.13
草地	5.64	5.41	13.95	11.63	11.26	9.86	10.53	9.19
水田	1.78	1.70	6.98	4.65	7.04	5.63	5.71	4.40
旱地	7.63	7.33	16.28	11.63	12.68	11.27	12.32	10.37
水体	0.17	0.17	4.65	2.32	2.82	1.41	2.61	1.33
建设用地	12.66	16.08	9.30	23.26	8.45	15.49	9.72	17.58

4 结论

如何实现公路建设、景区建设、旅游资源开发与生态环境的协调发展,是一个重大理论与应用问题。本研究立足于景观生态学基本理论,运用 3S 技术,以影像资料为主要信息源,同时结合地形图等其他辅助资料,通过对比研究不同缓冲区内景观指数的变化特征,定量分析公路建设对沿线景观格局的影响,为公路建设对区域生态环境影响的定量评价提供了新思路,对研究区生态环境保护与建设及区域可持续发展有重要的理论价值和实践意义。

高速公路的建设对周边景观格局的影响为一种线性切割的过程,分割了完整的景观,使原来较大的斑块被分割为较小的斑块。主要表现为:(1)从永吉高速公路修建前后沿线 500 m 范围内各斑块类型景观指数变化来看,所有景观类型的景观指数值都发生了变化,说明该高速公路建设对沿线各景观类型都有一定的影响。沿线各景观类型斑块平均面积都有稍微减小,斑块密度增加,说明公路沿线这些景观类型的破碎化程度提高。变化较大的是林地和草地,两类地物破碎度的提高将降低野生动植物栖息地的质量,可能导致生物多样性发生变化,同时影响生态系统的结构和功能。(2)通过比较永吉高速建设前后沿线不同缓冲区的景观指数,分析结果发现随着离公路距离的增大,景观指数的变化逐渐减少,表明公路建设对景观格局的影响受到空间尺度的限制。公路的聚集和辐射作用随着距离增大而衰减。(3)通过斑块个数面积和优势度分析,工程实施后建

设用地优势度有所提高,但是景观的优势斑块类型仍然是林地,工程实施和运行对区域内的景观质量影响不大。

后续工作将进一步结合更多时相遥感数据,进行永吉公路建设期及建成后的景观生态效益动态监测与评价,分析区域生态效益随着生态系统类型、面积和质量的变化而变化的过程,实现土地利用数据的更新,为永吉沿线的科学发展提供决策依据,有利于及时掌握土地利用状况,合理利用土地资源。

参考文献:

- [1] 吕海燕,李正海,李建东,等. 廊道研究进展与主要研究方法[J]. 安徽农业科学,2007,35(15):4 480~4 484.
- [2] 赵万羽,陈亚宁. 塔里木河下游断流河道整治引发的生态问题与重建对策分析[J]. 地理科学,2008,28(4):496~500.
- [3] TIKKA P M.,MANDER H,KOSKI P S. Road and railway verges serve as dispersal corridors for grass land plants[J]. Landscape Ecology,2001,16(7):659~666.
- [4] 肖笃宁,刘秀珍. 当代景观生态学进展与展望[J]. 地理科学,1997,16(4):355~364.
- [5] 毛文永. 生态环境影响评价概述[M]. 北京:中国环境科学出版社,1998:50~68.
- [6] HELS T,BUCHWALD E. The effect of road kills on amphibian populations[J]. Biological Conservation,2001,99(3):331~340.
- [7] 陈利顶,王计平,姜昌亮,等. 廊道式工程建设对沿线地区景观格局的影响定量研究[J]. 地理科学,2010,30(2):161~167.
- [8] 赵 勇,孙中党,吴明作. 高速公路建设项目对生态环境影响综合评价研究[J]. 安全与环境工程,2003,10(3):27~30.
- [9] 韩倩倩,潮洛蒙,王山林. 高速公路对沿途土地利用及景观格局的影响[J]. 环境保护科学,2009,35(5):58~61.

- [10] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [11] 薛丽霞,王佐成,李永树. 基于遥感的区域景观特征及其动态变化研究[J]. 国土资源遥感,2005,64(2):64~68.
- [12] 肖笃宁,解伏菊,魏建兵. 景观价值与景观保护评价[J]. 地理科学,2006,26(4):506~512.
- [13] ADRIAN C, NEWTON A H. Remote Sensing and the future of landscape ecology[J]. Progress in Physical Geography, 2009,33(4):528~546.
- [14] MATTHEW G B, STEVEN E F. Interpretation of landscape pattern and habitat change for local indicator species using satellite imagery and geographic information system data in New Brunswick, Canada[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2003,33:1821~1831.
- [15] 王树功,黎夏. 近 20 年来淇澳岛红树林湿地景观格局分析[J]. 地理与地理信息科学,2005,21(2):53~57.
- [16] ZHAO Ming, LIU Xin. Landscape pattern analysis and management research in the Lugu Lake area[J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2008, 15:36~41.
- [17] 宗跃光,周尚意,彭萍,等. 道路生态学研究进展[J]. 生态学报,2003,23(11):2 396~2 405.
- [18] GROOM G, MUCHER C A, IHSE M, et al. Remote Sensing in landscape ecology: experiences and perspectives in a European context[J]. Landscape Ecology, 2006,21:391~408.
- [19] 张锦锂,阎建忠,刘林山,等. 青藏公路对区域土地利用和景观格局的影响[J]. 地理学报,2002,57(3):253~267.
- [20] 阎建忠,张锦锂,刘林山,等. 高原交通干线对土地利用和景观格局的影响[J]. 地理学报,2003,58(1):34~44.
- [21] 国土资源部. 土地利用现状分类(国家标准)[S]. 2007.
- [22] FORMAN R, GODRON M. 景观生态学[M]. 肖笃宁等译. 北京:科学出版社,1990:67~84.
- [23] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [24] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报,2002,13(1):121~125.
- [25] 李秀珍,布仁仓,常禹,等. 景观格局指数对不同景观格局的反应[J]. 生态学报,2004(1):124~132.
- [26] 布仁仓,胡远满,常禹,等. 景观指数之间的相关分析[J]. 生态学报,2005,25(10):2 764~2 775.
- [27] 叶延琼,陈国阶. GIS 支持下的岷江上游流域景观格局分析[J]. 长江流域资源与环境,2006,15(1):112~115.
- [28] TANG J, WANG L. Investigating landscape pattern and its dynamics in Daqing, China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2005,26(11):2 259~2 280.
- [29] 郑建蕊,蒋卫国,周延刚,等. 洞庭湖区湿地景观指数选取与格局分析[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(3):305~310.
- [30] 陆书玉. 环境影响评价[M]. 北京:高等教育出版社,2006:258~259.

LANDSCAPE PATTERN IMPACT ASSESSMENT FOR THE CONSTRUCTION OF YONGJI HIGHWAY, HUNAN

MA Su¹, YANG Bo¹, ZHENG Zhi-hua², WANG Bin-wu³, LIU Yu-peng¹, XU Bi-hua²

(1. College of Resources and Environmental Science, GIS Research Centre, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;

2. Shanghai Ship & Shipping Research Institute, Shanghai 200134, China;

3. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410081, China)

Abstract: Remote Sensing (RS), Global Positioning System (GPS) and Geographical Information System (GIS) technologies were used to do landscape classification and mapping along the Yongji highway before and after its construction. Furthermore, several landscape indices in landscape and patch levels were calculated and analyzed in Fragstats3.3 (landscape structure analysis program), and landscape ecological methods were used in the study of landscape pattern change. Results were as follows. In patch level, conifer class area (CA) decreased, and 2.57% of the land area converted to highway, non-irrigated farmland area reduced mostly, but dominant patch type showed no change. In landscape level, patch number (NP) and patch density (PD) increased but largest patch index (LPI) decreased which means the landscape heterogeneity increased. Buffer analyses in different scales showed that the construction of Yongji highway impacted landscape patterns most seriously within the buffer of 500 meters. The method provided in this paper is practicable in environmental assessment and road network planning in the future.

Key words: Yongji highway; landscape pattern; remote sensing; Fragsta3.3; landscape index