

绵竹市北部山区震后土地利用景观格局变化研究

高 慧^{1,2}, 何政伟^{1,2,3}, 倪忠云^{1,2}, 蔡柯柯^{1,2}, 王 乐^{1,2}

(1. 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059; 2. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059; 3. 首都师范大学资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100048)

摘要: 基于景观格局理论, 利用绵竹市北部山区“5·12”汶川地震前后 TM 遥感影像, 进行土地利用分类的遥感解译。以地震前后的土地利用分类图数据源, 使用 FRAGSTATS 景观格局软件, 在类型、景观两个级别上, 研究汶川地震造成的土地灾毁对于整个绵竹山区景观格局产生的干扰, 对不同景观类型的优势度、形状指数和破碎度进行探讨。结果表明, 土地灾毁对林地影响最为严重, 其优势度变小, 破碎度变大, 边缘密度变大, 造成边缘效应增强; 灌木林、丘陵旱地的面积明显减少; 景观类型间的连通性、聚集度变小。总的来说, 整个绵竹北部山区生态系统稳定性较震前变差。

关键词: 灾毁土地; 景观格局指数; 生态; 地震

中图分类号: TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2010)02-0097-05

0 引言

目前, 利用景观格局理论研究土地利用变化对生态环境的影响已成为研究热点。景观格局是景观空间结构特征有规律的表现形式, 通过格局分析, 可确定产生和控制空间格局的因子和机制, 比较不同景观的空间格局及其效应, 探明空间格局的尺度性质等^[1]。以景观几何为基础的景观格局指数可以有效反映土地利用与景观结构、功能和动态互为反馈这一过程^[2]。而在现有研究中其主要侧重于长期的人为干扰, 以及长时间自然作用产生的影响, 对于突发性、强度极大的自然干扰研究较少。

“5·12”汶川大地震对绵竹的生态环境造成了极大的破坏。本文选用景观生态学景观格局分析方法, 从景观空间结构变化的角度分析地震前后绵竹市北部山区的土地利用景观格局变化, 深入探讨地震对绵竹生态环境造成的影响。

1 研究区概况

绵竹市位于四川盆地西北部, 地处东经 103°54′~104°20′, 北纬 30°09′~31°42′之间。幅员面积 1 245.3 km², 自西北向东南伸展, 东西宽约 42 km, 南北长约 61 km。西北部属龙门山地区, 东南部为成都平原的一部分。土地利用类型主要包括西北区域的有林地、灌木林地、疏林地及草地, 东南平原区

域则主要有水田、旱地以及城镇用地。根据 TM 震后遥感影像, 绵竹灾毁的区域主要分布在西北部山区, 以及中低山区, 因此只将西北部山区作为研究范围(图 1)。

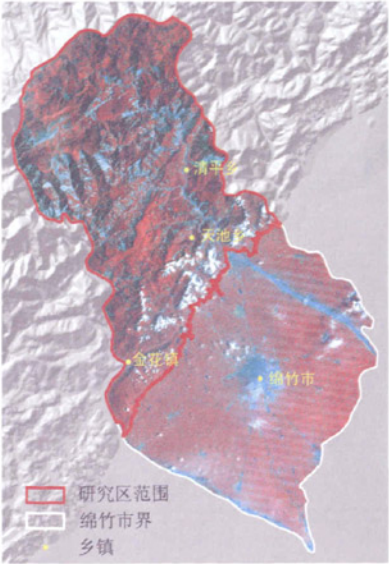


图 1 研究区范围

Fig. 1 Study area

2 研究方法

由地震造成的景观格局变化在景观生态学上属

于自然干扰。干扰引起景观中各种要素的改变,导致景观中局部地区光、水、能量及土壤养分的改变,直接影响到植物对土壤养分的吸收和利用,引起土地覆被的变化^[3]。绵竹山区震后景观格局因地震形成了大量的干扰斑块,我们将这些干扰斑块,即由于地震受到损毁的各类土地统称为灾毁土地。由于这些干扰斑块的出现,使原有的景观空间格局出现极大的变化,为了使图上变化被定量地反映出来,利用景观格局指数对这些变化进行说明。

2.1 土地利用景观分类

景观格局的定量分析要求对景观进行分类。景观分类存在不同的分类体系:以土地利用分类为主的景观分类、按人类影响强度的景观分类、据自然度不同的景观分类以及植被类型或地貌特征为主的景观分类等^[4]。本文采用土地利用分类为主的景观分类体系。

2.1.1 监督分类

利用震前震后两个时相的 TM 遥感影像(轨道号为 130/038,震前数据获取时间为 2007 年 9 月 18 日,震后数据获取时间为 2008 年 7 月 18 日)作为分类的底图。经影像预处理及影像增强后利用 ERDAS 软件监督分类,得到初步的分类结果。首先,根据分类的先验知识,对研究区进行目视解译,选择有代表的训练区,建立分类模板;然后选择合适的分类算法,本文采用最大似然法,它假定每个波段的每一类统计都呈均匀分布,并计算给定像元属于某一类特定的似然度,每一个像元被归并到似然度最大的那一类中^[5];最后,对分类结果进行评价,初步分类结果的精度达到 80%~85%,主要采用分类叠加、精度评价等方法进行评价^[6]。

2.1.2 分类后处理

后期处理主要包括:在 ERDAS 中将栅格的分类文件转换为矢量文件,在 ArcGIS 中建立拓扑关

系;在 ArcGIS 中修改错误分类属性,去除小图斑;在有云或是阴影的地区,参考了前人土地分类工作的成果以及不同时相的遥感数据,得到相关的分类结果;由于道路、河流的监督分类结果是不连续的,运用了地理信息系统空间叠加功能,在原来的分类结果上叠加了目视解译的河流与道路;最后在 ArcGIS 软件中将其转换为栅格图形。经过后期处理的分类结果,精度可达到 90% 以上。由于在 ArcGIS 软件中存在大量的人工修改,30 m×30 m 的像元大小已不能保证转换后的精度要求,因此经过试验,在栅格化时像元大小设置为 10 m×10 m。

2.2 景观格局指标选取及计算

本文选用 FRAGSTATS 软件计算景观指数。由于研究区面积广、斑块数量大,为实现宏观和中观两个层次的研究,采用类型和景观两个级别来研究区内景观格局。在景观类型级别指标选取过程中,将指标归结为 5 大类:面积指标、密度大小及差异指标、边缘指标、形状指标和聚散性指标;景观级别指标选取中另加入多样性指标。具体选取的景观类型级别指标有:斑块面积(CA)、景观比例(PLAND)、斑块数(NP)、斑块密度(PD)、最大拼块所占景观面积的比例(LPI)、边缘密度(ED)、景观形状指标(LSI)、平均斑块面积大小(AREA_MN)、相似邻接百分比(PLADJ)、散布与并置指数(IJI);景观级别指标有:总斑块数(NP)、斑块密度(PD)、总边缘长度(TE)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)、蔓延度指数(CONTAG)、相似邻接百分比(PLADG)、散列与并列指数(IJI)、景观分离指数(DIVISION)、景观丰度(PR)、香农多样性指数(SHDI)和香农均度指数(SHEI)。在选取级别以及相关指数之后,通过景观格局软件对栅格影像进行计算,计算得出的类型与景观级别的景观指数原始数据见表 1~3。

表 1 震前类型级别景观指数
Tab. 1 Pre-earthquake class metrics

土地利用类型	CA/hm ²	PLAND/%	NP/个	PD/(个·hm ⁻²)	LPI/%	ED/(m·hm ⁻²)	LSI	AREA_MN/hm ²	IJI/%
有林地	54 167.82	79.350 2	85	12.45	78.855 2	22.411 7	16.433 1	637.268 5	60.076 0
疏林地	2 800.15	4.101 9	92	13.48	3.305 9	5.533 2	17.833 8	30.436 4	20.783 3
丘陵旱地	6 586.47	9.648 5	346	50.69	3.660 1	13.992 1	29.407 6	19.036 0	1.279 5
河渠	691.18	1.012 5	52	7.62	0.521 3	3.780 3	24.530 4	13.291 9	35.927 2
坑塘水库	56.67	0.083 0	4	0.59	0.043 7	0.162 6	3.675 5	14.167 5	31.828 9
灌木林	1 902.83	2.787 4	8	1.17	1.436 8	1.330 1	5.200 5	237.853 8	29.810 9
中覆盖度草地	1 291.41	1.891 8	3	0.44	0.943 1	0.913 8	4.338 0	430.470 0	30.350 2
裸岩石砾地	432.62	0.633 7	25	3.66	0.437 4	0.905 9	7.432 7	17.304 8	31.848 0
丘陵水田	305.41	0.447 4	28	4.10	0.115 3	1.023 7	9.982 9	10.907 5	46.896 8
城镇用地	4.19	0.006 1	1	0.15	0.006 1	0.023 4	1.951 2	4.190 0	30.048 7
其他建设用地	25.50	0.037 4	2	0.29	0.027 0	0.219 1	7.405 9	12.750 0	1.448 9

表2 震后类型级别景观指数
Tab.2 Post - earthquake class metrics

土地利用类型	CA/hm ²	PLAND/%	NP/个	PD/(个·hm ⁻²)	LPI/%	ED/(m·hm ⁻²)	LSI	AREA_MN/hm ²	IJI/%
有林地	33741.26	49.520 2	866	127.10	20.351 3	52.270 7	48.469 5	38.962 2	39.411 3
灾毁土地	23995.83	35.217 3	811	119.03	16.182 5	45.044 6	49.518 9	29.588 0	32.460 0
疏林地	1729.06	2.537 6	251	36.84	1.187 5	4.868 5	19.935 1	6.888 7	33.195 6
丘陵旱地	5641.19	8.279 3	560	82.19	3.575 7	14.478 0	32.817 0	10.073 6	32.846 5
河渠	306.88	0.450 4	224	32.88	0.092 5	2.241 1	21.752 1	1.370 0	55.945 1
坑塘水库	37.43	0.054 9	11	1.61	0.022 5	0.177 0	4.902 4	3.402 7	46.771 9
灌木林	1477.62	2.168 6	41	6.02	1.138 0	2.067 9	9.161 2	36.039 5	41.646 4
中覆盖度草地	490.44	0.719 8	37	5.43	0.227 5	1.134 2	8.722 3	13.255 1	36.636 7
裸岩石砾地	447.00	0.656 0	26	3.82	0.437 2	0.962 8	7.754 1	17.192 3	17.943 0
丘陵水田	260.84	0.382 8	53	7.78	0.113 8	1.015 6	10.679 0	4.921 5	55.935 4
城镇用地	4.19	0.006 1	1	0.15	0.006 1	0.023 5	1.951 2	4.190 0	38.053 5
其他建设用地	4.68	0.006 9	20	2.94	0.002 9	0.061 1	4.727 3	0.234 0	28.093 4

表3 景观级别景观指数
Tab.3 Landscape metrics

时间	NP/个	PD/(个·hm ⁻²)	TE/hm	ED/(m·hm ⁻²)	LSI	CONTAG /%	IJI/%	DIVISION	PR/个	SHDI	SHEI
震前	646	94.63	18 410.4	26.969 3	17.614 2	81.289 3	43.945 4	0.375 1	11	0.827 2	0.345
震后	2 901	425.76	45 174.6	66.300 2	43.262 4	72.360 9	37.087 6	0.904 1	12	1.217 7	0.49

3 数据分析

3.1 类型级别的景观指数变化分析

3.1.1 景观类型优势度分析

一种景观类型所占的比重决定其在整个区域中的重要性,而这个比重集中体现在景观类型的优势度

上,为了直观反映各个景观类型的优势度,选取了4个有代表性的指数:震后地类面积损毁值、震后同类地物面积损毁率、景观比例以及最大拼块所占景观面积比例,如图2~5所示。图2,3主要反映了震后土地损毁的类型以及面积,间接说明了优势度下降的类型以及程度;图4,5通过震前震后数据的对比,使优势度下降明显的类型表现的更加突出。

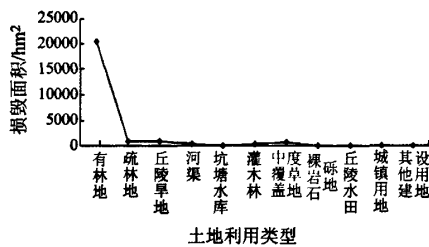


图2 震后地类面积损毁值
Fig.2 Post - earthquake damaged of total area

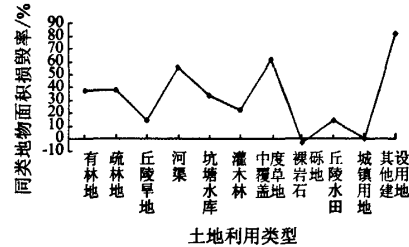


图3 震后同类地物面积损毁率
Fig.3 Post - earthquake damaged ratio of total area

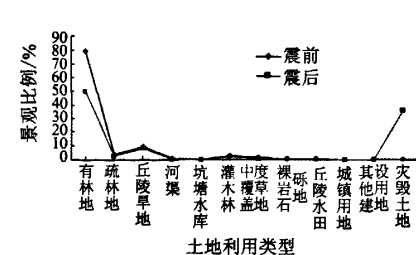


图4 景观比例
Fig.4 Percentage of landscape

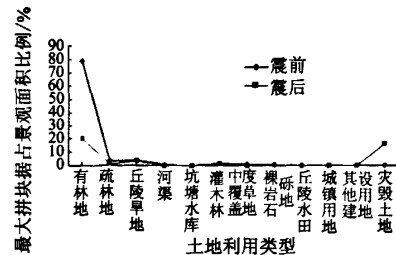


图5 最大拼块所占景观面积比例
Fig.5 Largest patch index

根据景观格局中对于各类斑块面积统计的结果,可以得出有林地、疏林地和丘陵旱地遭到地震损毁的面积最大,有林地的损毁面积达到了 $20\,426.25\text{ hm}^2$,疏林地达到 $1\,071.09\text{ hm}^2$,丘陵旱地达到了 945.28 hm^2 。造成这几类损毁面积大的主要原因是其在原有土地利用类型中占主要的地位,即优势度大。从震前震后同类地物面积减少百分比来看,其他建筑用地毁坏的程度非常严重,这主要是指山区的道路在地震中遭到了严重的损坏,同时说明了山区基础设施的毁坏相当严重;按照程度划分,河渠和中覆盖度草地的损毁率达到了一半以上;灾毁土地的总量达到 $23\,995.83\text{ hm}^2$ 。

在景观格局指标中,利用景观比例(PLAND)、最大斑块所占景观面积的比例(LPI)来表征某种景观类型在整个景观中的优势度。从这两个指标中可以看出,原来优势度最大的为有林地,因此可以将林地作为景观的基质,而其他类型的斑块是镶嵌其中。虽然震后的有林地优势度仍为最大,但是优势没有震前突出,有明显下降,而作为干扰斑块的灾毁土

地,在震后的优势度指数中排名第二,其原因是西北中低山河切割作用强烈,多表现为深切河谷地貌,斜坡陡峻,为滑坡崩塌发生提供了物质来源,从而形成了大量的灾毁土地。由于原来研究区的生态环境较好,植被覆盖率较高,主要的被损毁类型都对原有的生态系统起到了重要的正面作用,而大量灾毁土地的出现,将会对绵竹山区的生态结构产生很大的负面影响。

3.1.2 景观类型形状特征分析

在形状特征分析中,选取边缘密度和景观形状指标。边缘密度是指某种景观类型与其相邻的景观类型间的边缘长度;景观形状指标表征了形状的复杂程度。如图6可知,有林地的景观形状指标从10~20之间增长到50。同样,如图7可知,有林地的边缘密度从20~30之间增长到50~60之间,震后有林地的边缘密度变大,为边缘密度最大的一类;灾毁土地的边缘密度位列第二。由此可见,在增加的边缘密度中大部分是由于与灾毁土地斑块相邻造成的。

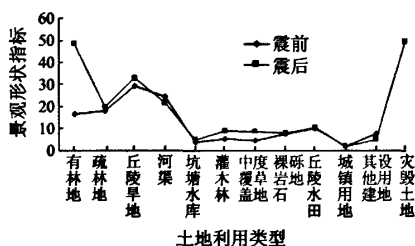


图6 景观形状指标

Fig.6 Landscape shape index

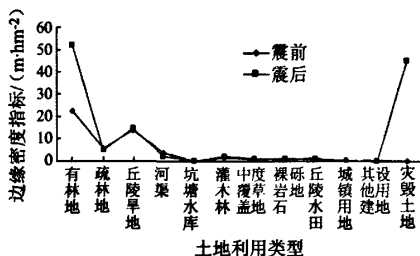


图7 边缘密度指标

Fig.7 Edge density

在景观形状指标中,这种变化更为明显,震后有林地、丘陵旱地、灌木林以及中覆盖度草地的形状更加复杂。根据斑块的边缘效应理论^[7],边缘密度越大,斑块内部的生态环境受到外部的影响越大,且形状越复杂受到边缘效应影响的区域就越大。一般情况下,勘察一个残留斑块,从边缘地带进入内部,会发现边缘的植被密度高于内部,其单位面积的生物量高,原因可能是高效利用了阳光,以及边缘地带的开敞性减少了植物的竞争^[8],但是,在地震过后的残留斑块,由于干扰的突发性,有别于与一般的情况,斑块边缘的生态无法快速恢复到正常的状态,同时相邻的土地灾毁形成的恶劣环境还会带来负面影响,进而对处在边缘环境下的动植物的生存造成威胁。

3.1.3 景观破碎度分析

在地震造成的景观类型变化中,景观的破碎度是一个重要的反映景观形态变化的指标,其中斑块

密度以及斑块的平均面积较好地反映了这一指标,如图8所示,有林地、疏林地及丘陵旱地的斑块密度在震后均匀程度明显增加,而相较这3类,土地灾毁的斑块密度也很大。

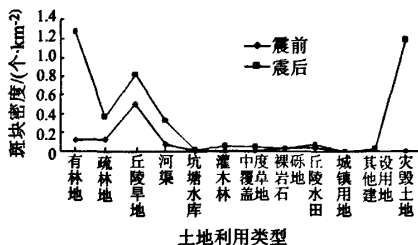


图8 斑块密度

Fig.8 Patch density

各类斑块的平均面积在震后均有减少,其中以有林地、灌木林地以及中覆盖度草地最为明显,如图9所示。

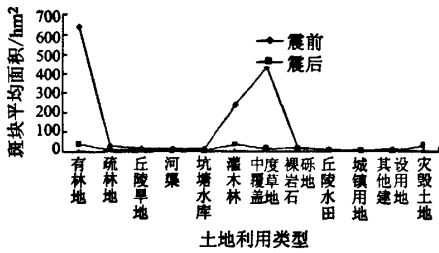


图9 斑块平均面积

Fig.9 Patch area (mean)

类斑块密度表示某类景观类型在单位面积内的斑块数,与景观的破碎度有很好的正相关性,由统计数据可知,震前绵竹山区除丘陵旱地因人为原因造成破碎度较高外,其他地类生态环境良好,破碎度都相对较低;地震过后这种格局被打破,有林地的斑块密度为震前的10倍,疏林地、丘陵旱地、河渠的斑块密度也有所增加,这说明整个绵竹山区因地震造成破碎度变大。类斑块平均面积与破碎度呈反相关,表征类型水平上斑块大小发生的整体性的变化。除有林地外,灌木林、中覆盖度草地的平均面积也发生了较大的变化。斑块的大小限制了斑块内物种的类型与生态系统的复杂程度,随着斑块面积的减少,斑块内的物种的类型会随之发生变化,对于山区大型动物生存有一定的威胁,相应地制约了斑块内生态环境的稳定性。

3.2 景观级别的景观指数变化分析

景观级别的景观指数反应了整个研究区内的景观格局,整个研究区的斑块数由原有的646增加到2901,斑块密度由震前的0.9463增加到4.2576,边缘长度和边缘密度也随之增加,可见整个绵竹山区的破碎度加大,使得斑块内物种承载能力下降。蔓延度表示景观中不同拼块类型的团聚程度或延展趋势,其取值范围为(0,100]。研究区震前蔓延度为81.2893,震后为72.3609,减少值为9.92,从其生态意义可知,研究区震前震后优势斑块类型均有较好的连通性,震后蔓延度指数的减少说明这种连接性有所破坏,而连结性的破坏会使研究区内动物

迁移受到影响。在一个景观系统中,土地利用类型越丰富,破碎化程度越高,其不定性的信息含量也越大,计算出的SHDI值也就越高。研究区景观级别的香农多样性指数在震后增加了0.3905,这印证了破碎程度的增加。香农均度指数增加了0.145,说明研究区内的斑块类型的均匀度变大。

4 结论

研究结果表明,震后绵竹北部山区的景观格局发生明显变化。原有景观格局的良好形态遭到明显破坏,有林地等原主要土地利用类型的优势度降低,灾毁土地的优势度位于第二;斑块的破碎度加大,景观格局的连通度减小,聚集度降低,从而使整个景观的稳定性明显降低。一系列的景观格局指数说明,由于地震带来的负面环境效应是巨大的,因此建议在震区加紧重建的同时,还要考虑到环境的脆弱性,减少人为干扰,加紧生态环境的恢复。

参考文献:

[1] 郭晋平,周志翔.景观生态学[M].北京:中国林业出版社,2007:28-29.
[2] 万荣荣,杨桂山.太湖流域土地利用与景观格局演变研究应用[J].生态学报,2005,16(3):475-480.
[3] 陈文波,肖笃宁,李秀珍.景观空间分析的特征和主要内容[J].生态学报,2002,22(7):1135-1142.
[4] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶.关于景观格局演变研究的几个问题[J].地理科学,2003,23(3):264-270.
[5] 李小娟,官兆宁.ENVI遥感影像处理教程[M].北京:中国环境科学出版社,2007:310.
[6] 党安荣.ERDAS中文教程[M].北京:清华大学出版社,2003,209-216.
[7] 陈利顶,徐建英,傅伯杰,等.斑块边缘效应的定量评价及其生态学意义[J].生态学报,2004,24(9):1827-1832.
[8] 许慧,王家骥.景观生态学的理论与应用[M].北京:中国环境科学出版社,1993:10-11.
[9] 肖笃宁,李秀珍.当代景观生态学的进展和展望[J].地理科学,1997,17(4):356-363.
[10] 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,2007:95-150.

The Post - earthquake Landscape Pattern Changes of Land Use in Northern Mountain Areas of Mianzhu

GAO Hui^{1,2}, HE Zheng - wei^{1,2,3}, NI Zhong - Yun^{1,2}, CAI Ke - ke^{1,2}, WANG Le^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention & Geoenvironment Protection, Chengdu 610059, China;

2. Geosciences College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

3. Key Laboratory of Resource Environment and GIS, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: Based on the landscape pattern theory, this paper made use of the TM remote sensing images of northern (下转第106页)

- [2] 陈 辉,刘劲松,曹 宇,等.生态风险评价研究进展[J].生态学报,2006,26(5):1558-1566.
- [3] 付在毅,许学工.区域生态风险评价[J].地球科学进展,2001,16(2):267-271.
- [4] Power M, McCarty L S. Trends in the Development of Ecological Risk Assessment and Management Frameworks [J]. Human and Ecological Risk Assessment, 2002, 8 (1):7-18.
- [5] Suter GW II, Vermier T, Munns W R Jr, et al. Framework for the Integration of Health and Ecological Risk Assessment [J]. Human and Ecological Risk Assessment, 2003, 9:281-302.
- [6] 藏淑英,梁 欣,张思冲.基于 GIS 的大庆市土地利用生态风险分析[J].自然灾害学报,2005,14(4):141-145.
- [7] 曾 辉,刘国军.基于景观结构的区域生态风险分析[J].中国环境科学,1999,19(5):454-457.
- [8] 王政权.地统计学在生态学中的应用[M].北京:科学出版社,1999.
- [9] 陈 鹏,潘晓玲.干旱区内陆流域区域景观生态风险分析——以阜康三江河流域为例[J].生态杂志,2003,22(4):116-120.
- [10] 刘 建,朱选伟,于飞海,等.浑善达克沙地榆树疏林生态系统的空间异质性[J].环境科学,2003,24(4):29-34.

An Analysis of Regional Ecological Risk Based on Land Use Change and Spatial Statistics: A Case Study in Wuhan, Hubei Province

DU Jun¹, YANG Qing-hua²

(1. Institute of Geographical Sciences, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450000, China;

2. College of Resource and Environmental Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: In this paper, Wuhan City was selected for case study. Land use information obtained from satellite remote sensing TM image in 2000 and 2005 was used as the main data source, and the GIS technology was employed as the data integration analysis platform. An ecological risk index was constructed based on the varieties of land use, and the systematic sampling method was utilized to make it a spatial variable. After the performance of sampling, the semivariogram analysis and block kriging were conducted to compile the map of ecological risk distribution. The results indicate that the spatial distribution of ecological risk became more uneven in the working area. The level of the ecological risk study area was divided into three levels; the majority of the vegetation and the waters belonged to the low ecological risk area, whereas the urban built-up area and its marginal areas belonged to moderate ecological risk and relatively high risk areas. Spatial distribution of areas of various levels experienced certain extent of changes in the five years.

Key words: Land use change; Ecological risk; Spatial statistics; GIS

第一作者简介:杜军(1981-),男,博士研究生,研究方向为遥感与GIS地学应用。

(责任编辑:李 瑜)

=====

(上接第101页)

mountain areas of Mianzhu obtained before and after the Wenchuan May 12, 2008 earthquake for the work of land use classification. With the land-use classification map as the data source, the authors studied the disturbance of the earthquake to the landscape pattern in the aspects of classification and landscape level, and discussed the dominance, shape index and degree of fragmentation in different classes on the basis of FRAGSTATS software. The result shows that the woodland was most greatly affected, as evidence by the facts that its dominance was decreased, its degree of fragmentation was raised, and the edge effect was increased by the increasing edge density. In addition, the area of bush-wood and hilly dry field was deduced evidently, and the circulation and CONTAG of the landscape were decreased. In a word, the stability of the ecosystem is worse than that of the pre-earthquake period.

Key words: Damage land; Landscape index; Ecology; Earthquake

第一作者简介:高慧(1985-),女,甘肃文县人,硕士研究生,主要研究方向为生态遥感与GIS应用。

通讯作者:何政伟(1966-),男,教授,博士生导师,主要从事遥感地质学、生态地理信息系统和生态环境地质等教学科研。
邮箱: hzw@cdut.edu.cn.

(责任编辑:李 瑜)