

自然灾害胁迫下的岷江上游生态环境宜居性评价

郭兵^{1,2}, 陶和平¹, 姜琳³, 史展^{1,2}, 宋春风^{1,2}

(1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;
2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 成都信息工程学院, 四川 成都 610225)

摘要: 在传统的生态环境宜居性因子的基础上引入灾害因子, 综合评价了岷江上游 6 个县市及 5 个自然流域的生态环境的宜居性。对当前的岷江上游的居民点布局作了简要的分析, 结果表明, 岷江上游属于宜居性 IV、宜居性 V 的地区分别占 12.66% 和 8.07%, 宜居性 II、宜居性 I 的地区则分别占 33.78% 和 21.23%。6 个县市中都江堰市的总体生态环境宜居性最好, 属于宜居性 III、宜居性 IV、宜居性 V 的地区占该县总面积的 65.87%, 茂县的整体环境宜居性最差, 其中宜居性 II、宜居性 I 的地区占该县总面积的 84.06%。寿溪流域在岷江上游流域 5 个小流域中宜居性最好, 杂谷脑河流域的生态环境宜居性最差。岷江上游生态环境宜居性总体上比较差, 居民点布局不合理, 因此应加强不适宜人居住地区的防灾减灾工作。

关键词: 生态环境宜居性; 自然灾害; 岷江上游

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)01-0124-05

中图分类号: K901.8

Assessment of Eco-environment Livability in Upper Reaches of Minjiang River Under Stress of Natural Disasters

GUO Bing^{1,2}, TAO He-ping¹, JIANG Lin³, SHI Zhan^{1,2}, SONG Chun-feng^{1,2}

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu, Sichuan 610041, China; 2. University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610225, China)

Abstract: Based on the traditional environmental factors of livability, hazard factors are introduced into the evaluation system of eco-environmental livability. The natural eco-environment livability is comprehensively evaluated for the upper reaches of the Minjiang River that is composed of six counties or five sub-basins. Besides, the layout of the settlements is briefly analyzed and the problems and countermeasures are pointed out. Results show that in the study region, the areas of the livability classes IV and V account for 12.66% and 8.07%, and the livability classes II and I, 33.78% and 21.23%, respectively. Among the six counties, Dujiangyan City is the most livable place, whereas the environmental livability of Maoxian County is the worst. The Shouxi sub-basin is the best livable place, whereas eco-environment livability in the Zagunao River basin is the poorest. On the whole, the eco-environmental livability is poor in the upper reaches of the Minjiang River and its residential layout is irrational. So the governments should strengthen the prevention and reduction of disasters in the inhospitable areas.

Keywords: environmental livability; natural disaster; upper reaches of Minjiang River

人居环境已成为当今世界的热点研究领域之一, 国内目前在这方面的研究主要集中在对中西部城市人居环境的研究^[1-8]。中国是一个山区大国, 山区和

丘陵面积占国土总面积的 2/3 以上, 而这些区域又是地震、滑坡、泥石流等自然灾害频发的地区。山地生态环境脆弱且不稳定, 生存环境恶劣, 在中国总体发

收稿日期: 2012-01-18

修回日期: 2012-03-23

资助项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目“西南山区情势与资源环境安全战略研究”(KZCX2-YW-333); 中国科学院西部行动计划项目“西藏生态安全屏障监测评估与关键技术示范”(KZCX2-XB3-08)

作者简介: 郭兵(1987—), 男(汉族), 山东省淄博市人, 硕士研究生, 研究方向为 GIS, RS 的环境应用及数字山地遥感。E-mail: guobingjl@163.com。

通信作者: 陶和平(1952—), 男(汉族), 江苏省镇江市人, 研究员, 博士生导师, 长期从事 GIS、遥感应用、地图学等方面的研究。E-mail: thp@imde.ac.cn。

展水平进入小康社会阶段之时,西部仍有很多地区连基本的生存问题都无法解决。与城市人居环境不同的是山地人居环境突出表现为人与自然环境的关系,地理环境仍然是决定高山峡谷地区群众生存和经济发展的主要因素,地形、地貌、水资源、洪涝、干旱等都极大影响着山区的生态环境宜居性。目前对西部高山峡谷区的人居环境的研究较少,李益民等^[9]从自然和人文两方面对怒江峡谷的人居环境容量作了初步的研究,高延军等^[10]则对山区村庄聚落宜居性进行了具体的研究,但是以上研究均没有考虑自然灾害对山区生态环境宜居性的影响。汶川地震发生以后,滑坡、泥石流等次生灾害频发,对震区群众的生存环境造成很大的影响。本文基于 GIS 空间分析模块,结合地震、泥石流、洪涝等自然灾害分布,对岷江上游高山峡谷区的生态环境宜居性进行了具体的分析,并对岷江上游各县的宜居性作了总体的评价。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

岷江上游位于青藏高原的东南缘,四川盆地的西北部,地理坐标为 $102^{\circ}59'—104^{\circ}14'E$, $31^{\circ}26'—33^{\circ}16'N$,包括松潘县、茂县、汶川县、黑水县、理县、都江堰等 6 县。

研究区地处龙门山地震带,构造破碎,地质基

础不稳定,地震活动频繁,属我国著名的南北向地震构造带中段。据统计,该区有记载的地震 1 097 次,由地震引起的次生灾害崩塌、滑坡、泥石流严重。由于该区河谷深切,焚风效应显著,降水分配不均匀,干湿季节分明,降水主要集中在 6—10 月,雨季降水量占年降水量的 80% 以上,且多大雨和暴雨^[11],洪涝、干旱灾害比较严重,极大制约了当地经济的发展。

1.2 生态环境宜居性评价方法

1.2.1 评价指标的选取及指标的量化 岷江上游为西部高山峡谷区,人居环境的宜居性主要受自然地理因素的影响,并且本研究主要针对各种自然灾害胁迫下的山区生态环境的宜居性评价,因此,在充分认识岷江上游的山地灾害及其历史、现状的基础上,根据四川省环境地质调查所及中国科学院成都山地灾害与环境研究所的研究成果,参考了其他专家的相关研究^[12-14],采用 Delphi 法进行研究,评价指标的选取充分考虑岷江上游的主要自然灾害及传统的自然地理因素的影响,所选取的生态环境宜居性评价因子主要包括地震、洪涝、滑坡、泥石流、干旱、坡度等 10 个指标。考虑到这 10 个因子的关系及岷江上游的自然环境特征,在对专家咨询的基础上,采用 AHP 方法确定各个评价指标标准及权重。岷江上游生态环境宜居性评价指标及权重如表 1 所示。

表 1 岷江上游生态环境宜居性评价指标分级及权重

指标	地震危险性区	滑坡危险性	泥石流危险性	洪涝危险性	干旱危险性	坡度/ (°)	坡向	海拔高度/ m	土地覆被 类型	与河流 距离/m	分级 赋值
分极	低危	低危	无泥石流	基本无	基本无	0~8	南坡	<1 200	水田、居民用地	<100	10
	中低	中低	轻度泥石流	轻度	轻度	8~15	东南、西南	1 200~1 800	旱地	100~200	8
	中	中	中度泥石流	中度	中度	15~25	东、西坡	1 800~2 400	林地	200~500	6
	中高	中高	重度泥石流	次高度	次高度	25~35	东北、西北	2 400~3 000	草地	500~1 000	4
	高	高	极重度泥石流	高度	高度	>35	北坡	>3 000	水体、裸荒地	>1 000	2
权重	0.13	0.10	0.15	0.10	0.05	0.15	0.10	0.11	0.06	0.05	—

(1) 地震灾害。岷江上游地处龙门山断裂带,地质结构复杂,地震灾害频发,地震释放的能量巨大,对山区地表可造成极大的破坏,震后的次生灾害滑坡、泥石流次数增多,对灾区居民的物质、精神方面都可造成很大的损失。例如汶川地震,由于震源较浅,对地表造成了巨大破坏,震后诱发了崩塌、滑坡、滚石,导致大量的房屋、桥梁、公路等被破坏、掩埋。地震评价因子参照《中国地震峰动值加速度区划图》和《四川省地震峰动值加速度区划图》进行赋值。

(2) 滑坡。岷江上游为深切高山峡谷区,由于河流深切,地形破碎,山高坡陡,区域相对高差 5 383 m,且降水分布不均,多暴雨、大暴雨,加上构造破碎,地质基础不稳定,容易发生滑坡灾害。滑坡因子的确定根据四川省和汶川地震灾区崩塌、滑坡分布数据,运用 ArcGIS 9.3 空间分析模块的 Density 功能,搜索半径为 30 km,输出栅格大小为 30 m,并按照自然频率分为 5 级。

(3) 泥石流。研究区位于地震多发区,地表结构

松散,降水分布不均,多集中于 6—10 月,从而使该地区泥石流多发。泥石流评价指标根据四川省和汶川地震灾区泥石流分布数据运用 ArcGIS 9.3,空间分析模块的 Density 功能搜索半径为 30 km,输出栅格大小为 30 m,并按照自然频率分为 5 级。

(4) 洪涝。由于该区河谷深切,山高坡陡,降水快速汇集产生径流,导致洪水灾害多发。洪水评价因子数据来源于《四川省国土资源地图集》和 1998—2009 年 WMO 降水数据,最后输出分级栅格数据。

(5) 干旱。岷江上游地区由于特殊的地貌特征,降水分配不均,干湿季明显,因此也易形成干旱。干旱评价因子主要参照 1998—2009 年 WMO 降水数据和《中国气候资源地图集》,输出分级栅格图。

(6) 海拔。区内海拔最高 6 253 m,最低 870 m,相对最大高差达 5 383 m,气候垂直分异明显。海拔越高气温越低,积温随之也减小,因此不利于作物的生长和人类的居住。海拔评价因子来源于岷江上游 1:5 万 DEM,将数据进行分级赋值。

(7) 坡向。山地坡向会影响日照时数和太阳辐射强度等,因此是影响山地人居和发展的因素。阳面评价分值高,阴面评价分值低。坡向因子来源于岷江上游 1:5 万 DEM 数据,按向度将数据分为 5 级。

(8) 坡度。坡度大不利于人类生存和经济发展,也是导致地质灾害发生的主要原因。岷江上游多山,坡度大,因此坡度成为影响岷江上游生态环境宜居性评价的重要因子。坡度因子主要依据岷江上游 1:5 万 DEM 数据,按坡度大小进行分级赋值。

(9) 土地覆被类型。研究区海拔高差达 5 000 m,立体气候带明显,因而土地植被覆盖多样,不同的土地覆被类型会影响当地的生态环境脆弱性,从而影响其生态环境宜居性。土地覆被因子主要依据 2008 年 1:5 万土地覆被类型图。

(10) 水资源的可利用性。岷江上游地区以农业为主,因此水资源的可利用性直接决定了居民点的分布。水资源可利用性评价指标从四川省 1:25 万水系图获取。

1.2.2 评价方法 为了更好地定量研究岷江上游的生态环境宜居性引入了宜居性指数 Y ,将 10 个评价指标统一转化栅格数据并按照表 1 进行分级赋值,然后再对各个指标进行加权运算,公式如下^[15]:

$$Y(x, y) = \sum_{i=1}^n \omega_i \times q_i(x, y) \quad (i=1, 2, 3, 4, \dots, n)$$

式中: $Y(x, y)$ ——各像元的宜居性指数; x, y ——像元的行列号; ω_i ——生态环境宜居性评价的第 i 个指

标的权重; $q_i(x, y)$ ——生态环境宜居性评价第 i 个指标在 (x, y) 处的像元值。

1.2.3 分级标准 利用 ArcGIS 9.3 空间分析模块对 10 个指标因子进行叠加计算,得到岷江上游地区生态环境宜居性评价指数,该指数综合反映了地震、滑坡、泥石流、坡度等因素对生态环境宜居性的贡献,宜居性指数越大,越适合人居住。最后利用 ArcGIS 9.3 的 Natural Breaks 功能对宜居性指数数据进行分级,以宜居性 I、宜居性 II、宜居性 III、宜居性 IV、宜居性 V 分别表示不适宜居住、基本不适宜居住、基本适宜居住、适宜居住、较适宜居住。具体分类标准值为: <4.88 为宜居性 I, $>4.88 \sim 5.5$ 为宜居性 II, $>5.5 \sim 6.16$ 为宜居性 III, $>6.16 \sim 6.95$ 为宜居性 IV, >6.95 为宜居性 V。

2 结果与分析

根据分类标准对岷江上游生态环境宜居性进行分级(图 1),并对岷江上游 6 个县的生态环境宜居性进行了重点分析。

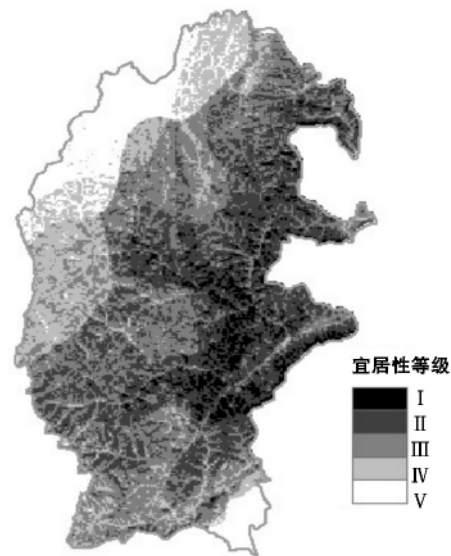


图 1 岷江上游生态环境宜居性分级

2.1 岷江上游生态宜居性分析

通过对岷江上游的生态环境宜居性分级图进行分析得到表 2。

表 2 不同宜居性级别所占面积及比例

宜居性分级	I	II	III	IV	V
面积/km ²	5 453.82	8 680.28	6 232.98	3 252.09	2 075.56
所占比例/%	21.23	33.78	24.26	12.66	8.07

由表 2 可以看出,岷江上游属于宜居性 II 的地区所占面积最广,为 8 680.28 km²,占全区域的 33.78%,其次为宜居性 III、宜居性 I 的地区,所占面积比例分别为 24.26%,21.23%,而宜居性 IV 和宜居性 V 的地区只占了 12.66%和 8.07%。通过图 1 可以发现宜居性 I 的地区主要分布在松潘县西部、茂县、汶川县中北部、黑水县西部及理县的中西部。而宜居性 IV、宜居性 V 的地区则主要分布在松潘县西部及西北部、黑水县西北部、都江堰东南部以及岷江流域的大部分河谷地带。

由图 2 可以看出宜居性 I、宜居性 II 的地区多分布于龙门山断裂带附近和受龙门山丹巴褶皱系弧形构造带控制的理县、茂县等地,该地区多高山峡谷,坡度陡峻,并且降雨集中,多为滑坡、泥石流、地震频发地带,灾害发育点多、面积广,危害严重,因此不适合人类的居住。而在海拔较低、坡度比较平缓、自然灾害发生比较少的都江堰、岷江干支流河谷地带及松潘县东北部则是比较适合人类居住的地区。

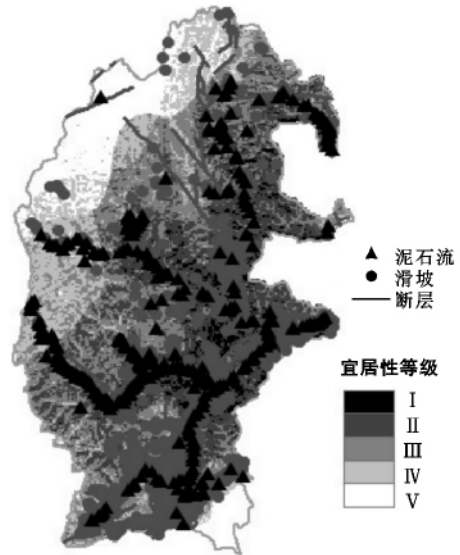


图 2 宜居性与自然灾害分布图

2.2 岷江上游各县生态环境宜居性评价

对岷江上游 6 个县进行统计并进行宜居性分析如表 3 所示。

表 3 岷江上游各县宜居性评价结果

县市名	宜居性 V		宜居性 IV		宜居性 III		宜居性 II		宜居性 I	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
松潘	1 373.92	16.73	1 516.05	18.46	1 744.53	21.25	2 188.34	26.65	1 388.07	16.90
黑水	257.11	6.29	886.78	21.69	1 198.8	29.32	1 118.6	27.36	627.61	15.35
茂县	2.26	0.06	77.21	2.02	530.77	13.87	1 497.97	39.15	1 718.51	44.91
理县	23.23	0.54	351.14	8.16	1 234.68	28.68	1 952.29	45.36	142.98	17.26
汶川	19.53	0.48	289.83	7.1	1 277.89	31.29	1 636.94	40.08	860.60	21.07
都江堰	399.3	33.87	131.05	11.12	246.13	20.88	286.02	24.26	116.40	9.87

注:表中“比例”一项分别指各县的不同宜居性等级地区所占该县总面积的比例。

通过对表 3 分析可发现,松潘县的宜居性 V、宜居性 IV 的地区最大,为 1 375.92,1516.05 km²。都江堰市的宜居性 V 地区次之,为 399.3 km²,再次为黑水县,而黑水县的宜居性地区面积则仅次于松潘县,为 886.78 km²。而在岷江上游各县中宜居性 III、宜居性 IV、宜居性 V 地区所占各县面积百分比之和最大的为都江堰市,为 65.87%,其次为黑水县和松潘县其值分别为 57.3%,56.44%,所占面积比之和最小的为茂县,仅为 15.95%,是最不适宜人居住的县。主要原因松潘县、黑水县西部、都江堰市大部分的断层、滑坡、泥石流、洪涝灾害比较少,并且该区构造平缓,松散岩系广布,厚度大,因此为生态环境比较稳定的区域。而宜居性 I 的地区分布最广的县为松潘县,面积为 1 388.07 km²,其次为汶川县、黑水县,面积分别为 860.60,627.61 km²,分布面积最小的县为都江堰市,面积为 116.4 km²。宜居性 II 和宜居性 I 的地区所占总面积百分比之和最大的县为茂县,为 84.06%,其次

为理县,为 62.62%,而占总面积比例之和最小的县是都江堰市,为 34.13%。其原因源于茂县、汶川县、黑水县东部位于龙门山断裂带,地质结构不稳定,断裂较发育,褶皱密集,地表物质结构松散,加上降水集中容易造成大型、特大型滑坡、泥石流。总之,通过对岷江上游各县的分析和图 3 可以得出,茂县最不适宜人居,都江堰市则最适宜人居。

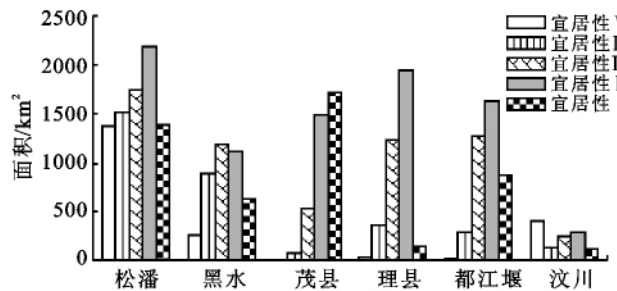


图 3 岷江上游各县生态环境宜居性面积对比

2.3 岷江上游各小流域生态环境宜居性分析

岷江上游支流众多,本研究中只对岷江上游比较大的支流进行小流域划分,分为岷江上游干流流

域、黑水河流域、鱼子溪流域、寿溪流域、杂谷脑河流域。对各小流域进行生态环境宜居性评价如表 4 所示。

表 4 岷江上游各小流域宜居性评价

流域名称	宜居性 V		宜居性 IV		宜居性 III		宜居性 II		宜居性 I	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
岷江上游干流	336.56	3.87	1 041.46	11.97	1 897.09	21.81	2 971.20	34.16	2 452.12	28.19
黑水河	1 259.69	17.53	1 457.56	20.28	1 675.76	23.32	1 726.73	24.03	1 065.88	14.83
鱼子溪	9.72	0.56	155.19	8.98	660.15	38.21	780.63	45.19	121.82	7.05
寿溪	6.18	1.05	77.51	13.13	290.40	49.18	195.14	33.05	21.27	3.60
杂谷脑河	23.10	0.50	349.11	7.60	1234.11	26.85	2016.46	43.87	973.50	21.18

注:表中“比例”一项分别指各流域的不同宜居性等级地区所占该流域面积的比例。

通过表 4 对岷江上游 5 个小流域进行对比分析,黑水河流域的宜居性 V 地区的面积最广,为 1 259.69 km²,其次为岷江上游干流流域,而宜居性 V 地区面积最少的流域为寿溪流域,为 6.18 km²,宜居性 I 地区分布面积最大的流域为岷江上游干流流域面积,为 2 452.12 km²,其次为黑水河流域、杂谷脑河流域。宜居性 III、宜居性 IV、宜居性 V 地区所占面积百分比之和最大的流域是寿溪流域,为 63.36%,其次为黑水河流域,为 61.13%。宜居性 I、宜居性 II 地区所占流域面积百分比之和最大的流域是杂谷脑河流域,为 65.05%,其次为岷江上游干流流域(62.35%)。寿溪流域的宜居性 I、宜居性 II 的面积最少,并且只占该流域面积的 36.65%。通过对比分析和图 4 所示,在岷江上游的 5 个小流域中,寿溪流域是最适宜人类生存的区域,而杂谷脑河流域的生态环境宜居性最差。分析其原因,岷江上游干流流域、杂谷脑河流域位于龙门山断裂带,多滑坡、泥石流、崩塌等山地灾害,并且该地区高差极大,坡度陡,加之河谷深切,降水分配不均,多暴雨和特大暴雨,洪涝及干旱等灾害严重,因此该地区生态环境不适宜人类居住。寿溪流域和鱼子溪流域则地处海拔较低,相对高差比较小并且坡度较平缓的地区,因此生态环境宜居性最好。

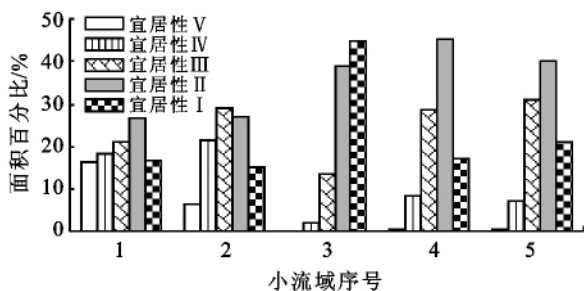


图 4 岷江上游各小流域宜居性面积百分比对比

注:1.黑水河流域;2.杂谷脑河流域;3.鱼子溪流域;4.寿溪流域;5.岷江上游干流流域。

2.4 当前岷江上游居民点布局及其存在的问题

岷江上游大部分地区为高山峡谷区,居民点主要分布于杂谷脑河、鱼子溪、黑水河以及岷江上游的河谷地带,并且大部分地区以农耕为主,因此历史上居民近河定居,这些河谷两侧地区恰恰又是滑坡、泥石流、地震频发的地区,例如黑水河流域、岷江上游干流(汶川县境内),由于地处龙门山断裂带,地震频发,震后的次生灾害滑坡泥石流极其严重,给当地居民造成很大的人身和财产损失。以汶川地震为例,汶川地震诱发了 13 000 多处崩塌、滑坡,其中 $>1.00 \times 10^6 \text{ m}^3$ 的滑坡就有 800 多处,导致了大量的房屋、桥梁、公路、电站、耕地被破坏^[16]。因此应注意加强分布于不适宜人居住地区的防灾减灾工作,主要是汶川县北部、茂县、理县中东部,特别是位于龙门山断裂带附近的居民点。

3 结论

(1) 本研究结合地震、滑坡、泥石流、洪涝等自然灾害因素的影响,综合分析了岷江上游的生态环境宜居性,宜居性 I、宜居性 II、宜居性 III、宜居性 IV、宜居性 V 地区的面积分别占总面积的 21.23%,33.78%,24.26%,12.66%,8.07%,只有 20%左右的地区适宜人类居住,整体生态环境宜居性比较差。

(2) 岷江上游各县市中,都江堰市的生态环境宜居性最好,其中宜居性 V、宜居性 IV 地区占全县面积的 33.87%,11.12%,仅有 9.87%的地区为宜居性 I 地区。茂县的生态环境宜居性最差,全县有 84.06%的地区属于宜居性 I 和宜居性 II,只有 0.02%,2.02%的地区属于宜居性 IV 和宜居性 V。

(3) 岷江上游的各 5 个小流域中最适宜居住的是寿溪流域,其次为鱼子溪流域,而杂谷脑河流域则最不适宜人居住,该区约 65%的地区属于宜居性 I、宜居性 II。

(下转第 138 页)

加,景观边界被割裂的程度较高,形状更加复杂,分布更集中,稳定性较高,很少向其他类型和转移。

[参 考 文 献]

- [1] 黄广生,吴方. 基于 GIS 的陕北景观结构[J]. 地球科学与环境学报,2006,28(3):107.
- [2] 于兴修. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题[J]. 地理科学进展,2002,21(1):51-57.
- [3] 任志远,李晶,王晓峰. 城郊土地利用变化与区域生态安全动态[M]. 北京:科学出版社,2006:10-11.
- [4] 赵锐锋,陈亚宁. 新疆塔里木河干流区土地利用/覆被变化过程[J]. 地理学报,2009,64(1):95-106.
- [5] 胡巍巍,王根绪,邓伟. 景观格局与生态过程相互关系研究进展[J]. 地理科学进展,2008,27(1):19-24.
- [6] Lutz T. Can landscape indices predict ecological processes consistently[J]. Landscape Ecology, 2001, 16(3): 235-254.
- [7] 吕辉红,王文杰,谢炳庚. 晋陕蒙接壤区典型生态过渡带景观变化遥感研究[J]. 环境科学研究,2001,14(6): 50-53.
- [8] 孔宁宁,曾辉,李书娟. 四川省卧龙自然保护区景观人为影响的空间分布特征研究[J]. 北京大学学报:自然科学版,2002,38(3):393-399.
- [9] Rapport D J, Gaude T C, Karr J R, et al. Evaluating landscape health: Integrating societal goals and biophysical process [J]. Journal of Environmental Management, 1998,53(1):1-15.
- [10] 丁圣彦,梁国付. 近 20 年河南沿黄湿地景观空间格局变化[J]. 地理学报,2004,59(5):653-661.
- [11] 王思远,刘纪远. 中国土地利用时空特征分析[J]. 地理学报,2001,56(6):631-639.
- [12] 藏淑英,冯仲科. 资源型城市土地利用/土地覆被变化与景观动态:大庆市案例分析[M]. 北京:科学出版社,2008:41-43.
- [13] 周连义,江南,吕恒,等. 长江南京段湿地景观格局变化特征[J]. 资源科学,2006,28(5):24-29.
- [14] 王景伟,王海泽. 景观指数在景观格局描述中的应用[J]. 水土保持研究,2006,13(2):230-233.
- [15] 郭丽英,王道龙,邱建军. 环渤海区域土地利用景观格局变化分析[J]. 资源科学,2009,31(12):2144-2149.
- [16] 孙贵艳,王传胜,肖磊. 近 20 年来北京延庆县土地利用及景观格局变化研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(5): 3024-3027.
- [17] 李加林,赵寒冰. 辽河三角洲湿地景观空间格局变化分析[J]. 城市环境与城市生态. 2006,19(2):5-7.

(上接第 128 页)

(4) 岷江上游的居民点主要分布在各支流及干流的河谷地带,很大程度上忽略了地震、泥石流、滑坡等自然灾害的潜在威胁,因此应注意加强不适宜人居住地带群众的防灾意识,尽量将灾害带来的损失降到最低。

[参 考 文 献]

- [1] 刘晓丽,方创琳. 城市群资源环境承载力研究进展及展望[J]. 地理科学进展,2008,27(5):35-42.
- [2] 李雪铭,倪玉娟. 近十年来我国优秀宜居城市城市化与城市人居环境协调发展评价[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(3):8-14.
- [3] 谌丽,张文忠,李业锦. 大连居民的城市宜居性评价[J]. 地理学报,2008,63(10):1022-1032.
- [4] 黄宇,罗智勇,杨武年. 基于 GIS 的城市居住适宜性评价研究[J]. 测绘科学,2008,33(1):126-129.
- [5] 颜培霞. 长春市人居环境可持续发展能力评价研究[J]. 国土与自然资源研究,2008(2):9-12.
- [6] 李志勇,徐红宇. 珠江三角洲城市人居环境评估与优化研究[J]. 广州环境科学,2007,22(2):37-43.
- [7] 李华生,徐瑞祥,高中贵,等. 城市尺度人居环境质量评价研究:以南京市为例[J]. 人文地理,2005,81(1):1-5.
- [8] 熊鹰,曾光明,董力三,等. 城市人居环境与经济协调发展不确定性定量评价:以长沙市为例[J]. 地理学报,2007,62(4):397-406.
- [9] 高延军. 山区聚落宜居性评价研究:以 7 个山区聚落为例[J]. 四川师范大学学报:自然科学版,2011,34(3): 412-416.
- [10] 李益敏,刘素红,李小文. 基于 GIS 的怒江峡谷人居环境容量评价:以泸水县为例[J]. 地理科学进展,2010, 29(5):573-578.
- [11] 张建平,樊宏,叶延琼. 岷江上游土壤侵蚀及其防治对策[J]. 水土保持学报,2002,1(5):20-22.
- [12] 郝慧梅,任志远. 基于栅格数据的陕西省人居环境自然适宜性测评[J]. 地理学报,2009,64(4):498-506.
- [13] 熊利亚,夏朝宗,刘喜云,等. 基于 RS 和 GIS 的土地生产力与人口承载力:以向家坝库区为例[J]. 地理研究,2004,23(1):10-18.
- [14] 虞春隆,周若祁. 基于栅格数据的小流域人居环境适宜性评价方法研究[J]. 华中建筑,2008,26(1):1-4.
- [15] 司康平,田原,汪大明,等. 滑坡灾害危险性评价的 3 种统计方法比较:以深圳市为例[J]. 北京大学学报:自然科学版,2008,4(45):19-26.
- [16] 孔博,于欢,杨莉,等. 汶川地震灾区次生山地灾害危害性综合评价分区[J]. 山地学报,2011,29(5):116-121.