

基于地形起伏度的山区人口密度修正 ——以岷江上游为例

刘 颖^{1,2}, 邓 伟¹, 宋雪茜^{1,2,3}, 周 俊^{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: 山区人口承载力评价是山区国土空间管理的基础之一, 而准确的人口密度数据是正确评价人口承载能力的基础。传统的人口密度算法并未考虑地形起伏度对人口分布带来的影响, 不能客观反映山区人口聚集程度。引入地形起伏度、海拔高度因子, 选择岷江上游作为研究区, 首先运用 GIS 技术提取地形起伏度, 再运用 SPSS 软件对人口密度与地形起伏度相关性进行分析, 确定县域不同地形起伏度与海拔人居适宜标准, 剔除阈值以外不适宜人口聚居的面积, 对人口密度进行修正。研究表明: ① 岷江上游人口分布受地形起伏度的影响显著, 二者的对数曲线拟合度为 0.89, 汶川县、茂县、理县、黑水县与松潘县地形起伏度与人口分布的相关性分别为: 0.841、0.773、0.643、0.696 和 0.730; ② 应用地形起伏度对岷江上游人口密度修正, 为真实反映山区人口密度提供了新的考量依据, 剔除了人口密度空间噪音, 5 县地形起伏度与海拔适宜标准分别为: 汶川 3.2° 和 3 693 m, 茂县 4° 和 4 033 m, 理县 4.3° 和 3 790 m, 黑水 4.4° 和 3 853 m, 松潘 4.2° 和 3 966 m; 地形起伏度高值区面积越大, 修正前后的人口密度偏差越大, 地形起伏度较大的理县和黑水县修正后的人口密度分别提高了 7.8 倍和 5.6 倍; 地形起伏度较低的汶川县与茂县修正后人口密度仅分别提高 2.3 倍与 2.4 倍; ③ 岷江上游人口潜在压力大, 不同区域应因地制宜, 汶川和茂县采取重点集约发展战略, 理县和黑水县采取适度开发战略, 松潘县应采取恢复与保护生态策略。

关键词: 山区; 人口密度; 地形起伏度; 海拔高度; 岷江上游

中图分类号: K901.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2015)04-0464-07

作为直接反应人口现状及压力的重要指标, 人口密度在人口承载力评价中被广泛应用。但现有的人口密度计算常以行政区国土总面积为统计范围, 未充分考虑地形、海拔高度、地质灾害等对人口分布造成的影响^[1]。例如, 按照此算法, 中国西藏平均人口密度为 2 人/km², 远低于国内其他地区, 表面上说明该地区人口承载潜力大。但实际情况远非如此, 该区域多为海拔超过 4 000 m 的高山地貌, 有效的耕地仅分布于狭窄的南部河谷地带, 面积不足西藏自治区面积的 3%, 草原牧场受寒冷干旱影响, 单位面积载畜量也较低, 综合考虑这些因素, 其人口承载力潜力远不及中国其他地区。先前已有少量研究注意到了地形等自然条件与人口分布之间的关系, 这些研究表明地形起

伏度是影响城镇布局、人口分布的重要因素^[2-7], 但是并未专门针地形起伏度最大、变化最剧烈的山区进行分析。与平原和浅丘地区不同, 山区中海拔较高、地形起伏度较大的区域往往占较大的比重, 这些地区不适宜人类聚居, 传统的人口密度计算并未考虑这些因素对人口分布的影响^[8], 造成计算所得的人口密度明显低于真实值, 因此充分考虑山区地形条件的特殊性, 确定适宜生产、生活的土地与空间分布是计算山区真实人口密度的关键。

岷江上游地处中国自然地貌阶梯中第一和第二阶梯之间的过渡地带, 以高山峡谷地貌为主, 人口主要分布在河谷及两侧地势相对平缓区域, 本文尝试引入地形起伏度因子, 并考虑海拔高度对

收稿日期: 2014-01-29; 修订日期: 2014-04-02

基金项目: 国家自然科学基金(41471469)、国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2015CB452706)资助。

作者简介: 刘 颖(1986-), 女, 回族, 四川成都人, 博士研究生, 主要从事山区可持续发展研究。E-mail: liuying@imde.ac.cn

通讯作者: 邓 伟, 研究员。E-mail: dengwei@imde.ac.cn

人类生活、生产的限制,选择岷江上游作为研究区,对山区人口密度算法进行修正,以期得到较为准确的岷江上游地区人口密度数据,为准确评估该地区资源环境承载力提供基础数据^[9-11],同时也为山区人口密度的准确估算提供新方法。

1 研究区概况

岷江上游位于青藏高原东南缘、四川盆地西北部(31°26'N~33°16'N, 102°59'E~104°14'E),其范围与四川省阿坝藏族羌族自治州的汶川县、理县、茂县、黑水县和松潘县五县的行政辖区基本重合,全流域面积约为 $2.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。境内以高山峡谷地貌为主,是四川盆地向青藏高原的过渡区域,区内有海拔超过6 000 m的高山带,也有海拔在800 m的河谷地带,相对高差可达5 000多m。地势平缓区主要集中在河谷两侧及东南部的汶川和茂县。

从人口分布来看,岷江上游人口主要分布在河流两侧地势相对平缓区。根据全国第六次人口普查数据,该区总人口约为38.52万人,其中,黑水县6.07万人;理县4.66万人;茂县10.48万人;松潘县7.23万人;汶川县10.08万人。整体地势相对平缓的茂县和汶川两县集聚了岷江上游总人口的一半以上。从人口增长来看,第六次人口普查与第五次普查人口总数基本持平。但是,结合考虑“5.12”汶川特大地震造成的人口伤亡情况,该区同期人口增长近5%。其中,新增人口约50%集中分布于汶川与茂县。从民族类别来看,该区以少数民族为主,其中,藏族、羌族、回族等少数民族人口占总人口比重约为76.79%。

2 数据来源、处理与研究方法

2.1 数据来源与处理

本文主要采用岷江上游DEM数据、人口密度栅格数据与人口统计数据。其中,人口统计数据选用全国第六次人口普查口径常住人口数据;DEM数据由地球系统科学数据共享网(<http://www.geodata.cn>)提供,分辨率为 $60 \text{ m} \times 60 \text{ m}$;行政区划界线由地图数字化获得。在进行处理运算前,首先借助ArcGIS平台对所有图形数据进行校核与投影变换,确保输出图形数据为统一投影方式与精度。对栅格数据与行政界线矢量数据进行校核,确保数据在拓扑和逻辑上准确无误。投影方式采用ALBERS等积圆锥投影(Krasovsky_

1940_Albers)。

2.2 研究方法

2.2.1 地形起伏度计算

1)最佳统计单元计算。地形起伏度(relief degree of land surface)也称地势起伏度、相对地势或相对高度,是指某一确定面积内最高和最低点之高差。可反映宏观区域地表起伏特征,是定量描述地貌形态、划分地貌类型的重要指标。随着某一个范围的增大,地势起伏度必然会增加,因此地形起伏度研究的关键是确定最佳统计单元,根据前人的研究得出地形起伏度随面积的变化曲线呈逻辑斯蒂曲线,最佳统计单元的大小确定即在此曲线由陡变缓处。本文应用均值变点分析法计算最佳统计单元^[12,13]。令数据序列 $\{x_i\}$ 中 $i=1, 2 \cdots N$,样本分为 $x_1, x_2, \cdots, x_{i-1}$ 和 $x_i, x_{i+1}, \cdots, x_N$ 两段,计算每段样本的算术平均值 X_{i1} 、 X_{i2} 及其统计量,及总体样本的离差平方和 S 及分段样本的离差平方和之差 S_i 。

其中 $X = \sum_{i=1}^N x_i / N$, $S_i = \sum_{i=1}^N (x_i - X_{i1})^2 - \sum_{i=1}^N (x_i - X_{i2})^2$, $S = \sum_{i=1}^N (x_i - X)^2$ 。根据王玲等方法处理数据得出^[3],

统计量 $S=12.94$,对 $S-S_i$ 数据序列按照均值变点分析法进行计算可得到差值变化曲线(图1),在第7个点时 S 与 S_i 的差值达到了最大,这一点即我们寻找的变点,第7个点对应的分析窗口为 15×15 像元,通过均值变点分析法确定地形起伏度的最佳统计单元为 0.81 km^2 。

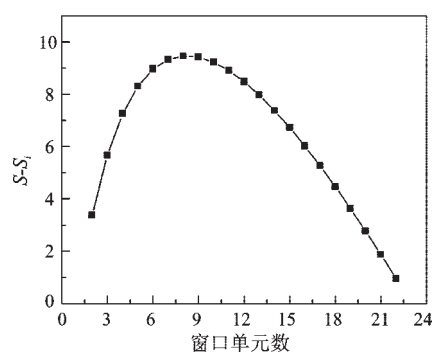


图1 S 和 S_i 差值变化

Fig. 1 Change of difference between S and S_i

2)地形起伏度计算。不同领域应用目的不同,地形起伏度在定义、提取方法及等级划分等方面存在一定的差异。地形起伏度的经典计算公式

为 $\text{Max}(H)-\text{Min}(H)$, 即某一确定面积内最高和最低点之高差, 其他计算公式都在此公式基础上衍生得到。牛文元等考虑到地形起伏度对生态环境脆弱度影响, 将平地比重引入该模型; 封志明将 500 m 作为中国基准山体高度, 地形起伏度作为独立数值具备了地理学意义, 用于分析地形起伏度与人口分布的相关性^[9]。本研究探讨基于地形起伏度的人口密度修正, 因此根据封志明等提出的人居环境自然适宜性背景下地形起伏度定义, 计算岷江上游地形起伏度。计算公式如下:

$$RDLS = \{[\text{Max}(H) - \text{Min}(H)] \times [1 - P(A)/A]\} / 500 \quad (1)$$

式中: $RDLS$ 为地形起伏度; $\text{Max}(H)$ 和 $\text{Min}(H)$ 分别为区域内的最高与最低海拔(m); $P(A)$ 为区域内的平地面积(km^2); 因岷江上游为高山峡谷地貌, 因此本研究把坡度小于等于 10° 区域确定为平地; A 为区域总面积。在本研究中, 确定 $0.9 \text{ km} \times 0.9 \text{ km}$ 栅格为基本评价单元, 则 A 值为 0.81 km^2 。

根据公式(1), 应用 ArcGIS 空间分析(Spatial Analyst)模块中邻域分析功能(Neighborhood)和栅格计算功能(Raster Calculator)来获取岷江上游及各个县的地形起伏度, 过程如下^[10, 15-17]: ① 运用 Block Statistic 命令提取该栅格区内最大值 $\text{Max}(H)$ 和最小值 $\text{Min}(H)$, 并将此值赋予该栅格区内的所有栅格, 生成相应新数据层; ② 运用栅格计算器计算 $\text{Max}(H)$ 和 $\text{Min}(H)$ 数据层的差值, 生成相应新数据层, 据此完成研究区的海拔提取; ③ 提取平地面积(坡度 $\leq 10^\circ$), 对数据进行重新分类, 将不参与分析的非平地相应数值设置为空值。开辟 15×15 分析窗口, 在每一窗口内统计出平地相应栅格数, 再利用栅格计算器, 将非平地的空值改为 0, 乘以栅格单元的面积, 形成新数据层^[14]; ④ 运用栅格计算器对新生成图层进行计算, 获取地形起伏度数据层, 完成研究区地形起伏度计算。最后运用空间分析工具(Extract by Mask)根据行政边界矢量数据, 提取岷江上游各县地形起伏度数据。

2.2.2 地形起伏度与人口分布相关性分析

在 ArcGIS 空间分析模块下, 将地形起伏度与岷江上游人口密度栅格数据进行空间配准, 运用区域统计分析模型, 统计不同地形起伏度的人口密度值; 在 SPSS 软件的支持下, 制成岷江上游地形起伏度与人口密度相互关系的散点图。

2.2.3 人口密度提取

本文关于人口密度的提取是根据人口分布的

地形起伏度与海拔阈值对人类居住面积进行修正, 剔除阈值以外不适宜人类居住的区域, 利用修正后的面积计算人口密度, 公式如下:

$$PD = P/A \times C_{RDLS \leq n} (n=1; 1.5; 2 \cdots \cdots) \quad (2)$$

式中, PD 表示人口密度; P 表示研究区总人口数, A 表示栅格单元的面积, $C_{RDLS \leq n}$ 表示地形起伏度小于 n 且海拔高度小于人口分布极限的栅格数。其中栅格数据分辨率为 60 m, A 取值为 0.0036 km^2 ; 界定当人口累积频率达到 90% 所对应的地形起伏度值是适宜人类居住的阈值, 人类分布的极限海拔高度为各个县人口累积数达到 100% 对应的海拔高度, 两个阈值的交集所对应的面积则是适宜人类居住的区域, 据此获取岷江上游人口密度。

3 结果分析

3.1 地形起伏度特征

从整体看, 岷江上游地形起伏度以高值为主。地形起伏度的最低值为 1.1° , 大部分区域地形起伏度值域介于 $4^\circ \sim 6^\circ$ 之间, 当地形起伏度等于 2° 时, 累计频率为 0.85%, 当地形起伏度从 3° 增加至 4° 时, 累积频率增加显著, 从 5.53% 增长至 26.95%, 当地形起伏度从 4° 增加至 5° 时, 累积频率增幅到达最大, 从 26.95% 增长至 81.62%, 地形起伏度达到 6° 时, 累计频率为 98.91% (图 2a)。

岷江上游各县地形起伏度差异明显。汶川县与茂县地形起伏度相对较低, 其余 3 县地形起伏度较大。从面积累积曲线看, 当地形起伏度为 2.5° 时, 汶川县与茂县地形起伏度累积频率进入快速增长阶段, 而理县、黑水县与松潘县则在地形起伏度达到 3.5° 时才进入快速增长阶段, 即地形起伏度低值区集中在汶川县与茂县。根据统计, 地形起伏度低于 3 的地区超过 95%, 主要位于茂县和汶川县, 两县低值区面积占全县国土面积比例均超过 10%, 表明其地势相对平缓, 宜垦土地相对集中, 适宜人口集聚 (图 2b)。

3.2 地形起伏度与人口分布相关性

岷江上游地形起伏度与人口密度间存在较强的相关性, 二者对数曲线拟合度为 0.89。随着地形起伏度的增高, 人口密度有减小的趋势 (图 3)。

分区域看, 岷江上游 5 个县人口密度与地形起伏度存在较强相关性, 相关性随着地形起伏度的增加有下降趋势。汶川县与茂县是岷江上游地形起伏度低值分布的主要区域, 人口分布与地形起伏度的

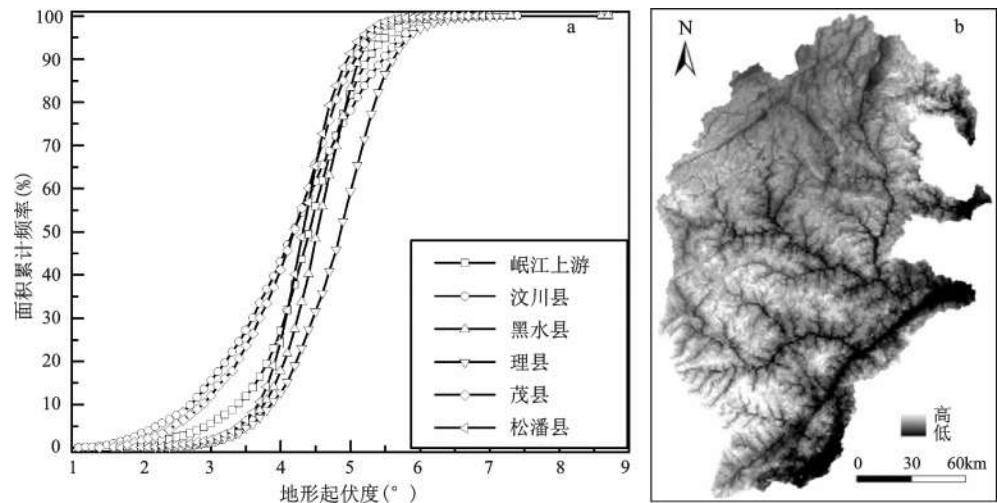


图2 岷江上游地形起伏度

Fig.2 The relief degree of land surface(RDLS) of the upper Minjiang River Basin

相关性最强,其余3县稍弱于汶川县与茂县(表1)。

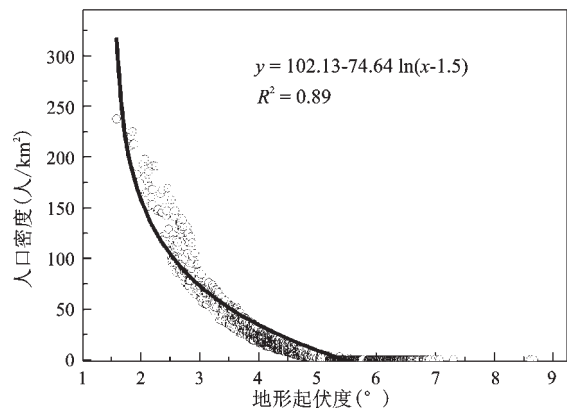


图3 岷江上游人口密度与地形起伏度相关性

Fig.3 Correlation between RDLS and population density in the upper Minjiang River Basin

表1 岷江上游各县人口密度与地形起伏度的相关性

Table 1 Correlation between RDLS and population density of different county in the upper Minjiang River Basin

地区	地形起伏度变幅(°)	相关性
汶川	1.1~7.4	0.841
茂县	1.4~6.7	0.773
理县	2.2~7.2	0.643
黑水	2.2~8.7	0.696
松潘	1.7~6.9	0.730

3.3 岷江上游人口分布特征

关于中国地形起伏度及其与人口分布相关性的研究成果表明^[10],就全国尺度而言,总人口中仅有0.57%分布在地形起伏度大于3°的地区,但由于

山区地貌特征与平原地区有较大差异,人口集中分布的地形起伏度阈值上限为3,这一阈值对于广大山区未必具有普适性,实际上,海拔高度也是限制人口分布的重要因素之一。因此本研究采用岷江上游人口密度栅格图、地形起伏度与DEM,利用ArcGIS区域分析模块,统计不同地形起伏度与海拔高度下的人口密度,制成人口累积分布曲线,以期揭示岷江上游人口分布特征,并确定各县人口分布的地形起伏度与海拔高度阈值。

从地形起伏度看,当人口累积频率达到90%时,人口累积分布曲线增长趋势减缓,人口增加趋于平稳,将该点对应的地形起伏度作为人口分布的地形起伏度阈值上限。根据人口累积分布曲线确定5个县地形起伏度的阈值分别为:汶川3.2°,茂县4°,理县4.3°,黑水4.4°,松潘4.2°。从海拔看,人口累积频率达到100%时对应的海拔高度为岷江上游人口分布的最高海拔,根据人口累积分布曲线确定5个县人口分布的海拔阈值:汶川3 693 m,茂县4 033 m,理县3 790 m,黑水3 853 m,松潘3 966 m(图4)。

3.4 人口密度修正

充分考虑地形起伏度以及海拔高度对人口分布的影响,根据地形起伏度与海拔高度的阈值,剔除不适宜人类居住的国土面积,对岷江上游人口密度进行修正。结果表明(表2),从整体水平来看,修正后岷江上游人口密度(算数平均)较之传统算法提高3.7倍,达到62.77人/km²,分区域看,茂县、汶川县、理县、黑水县和松潘县剔除阈值以外

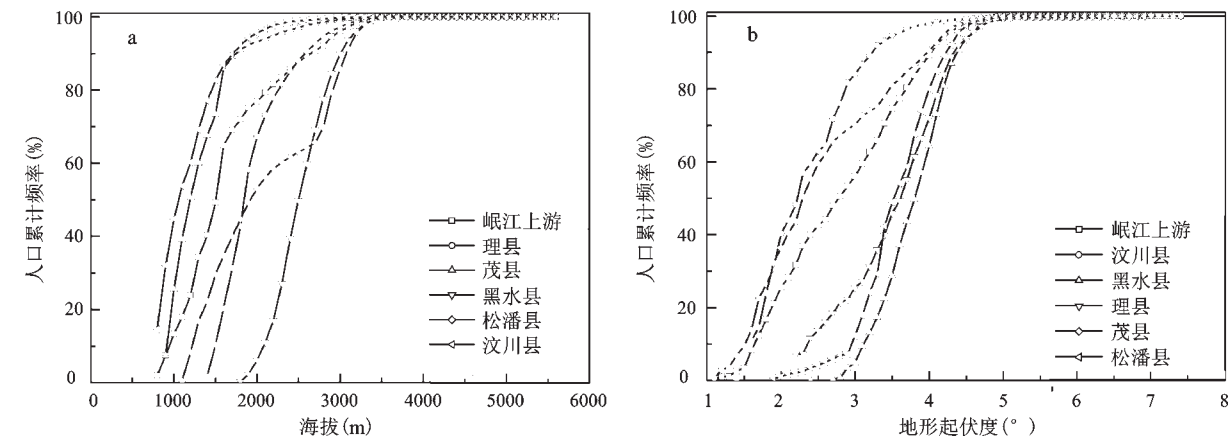


图4 岷江上游不同海拔(a)、地形起伏度(b)人口累积分布曲线
Fig.4 Accumulative population frequencies with different elevation(a) and RDLS(b) in the upper Minjiang River Basin

表2 基于地形起伏度修正前后的岷江上游人口密度对比(人/km²)					
Table 2 The comparison of population density before and after RDLS correction of the upper Minjiang River Basin					
	茂县	汶川县	理县	黑水县	松潘县
修正后算法	62.30	63.65	79.07	77.11	31.74
传统算法	25.66	27.41	10.11	13.72	7.73
提高倍数	2.4	2.3	7.8	5.6	4.1

的相应面积占国土总面积比重分别为41.20%、43.07%、12.79%、17.79%和24.37%；引入地形起伏度与海拔作为修正因子对人口密度修正后，理县人口密度最高，达到79.07人/km²；黑水人次之，为77.11人/km²；茂县和汶川县分别为62.3人/km²和63.65人/km²；松潘人口密度最低，仅为31.4人/km²。从人口密度变化幅度看，茂县、理县、汶川县、黑水县与松潘县人口密度分别提高约2.4、2.3、7.8、5.6与4.1倍。

4 结论与讨论

1) 应用地形起伏度修正人口密度，为真实反映山区人口密度提供了新的考量依据。本文在地形起伏度与人口密度相关性分析基础上，充分考虑地形起伏度与海拔高度对人口分布的影响，合理计算岷江上游适宜人口分布的面积，剔除无人居住区，以此为基础对其人口密度进行修正，提高了其人口密度指标的真实性，有助于准确掌握该区人口承载力与可持续发展水平。文章对人口密度修正的探索为解决山区人口密度值偏低的问题

提供了新的考量方法。未来研究中，对于地形复杂、生态国土比重大的山区，人口的合理密度除了要考虑地形起伏度、海拔高度外，还应进一步耦合水土资源配置能力、山地灾害风险等因素，以促进山区人口、资源与环境相协调，确保山区人地关系的可持续性^[15]。

2) 地形起伏度高值区面积越大，人口密度偏差越大。传统的计算方法将不适宜生产和生活地区包括在内，造成人口密度计算偏低。因此，确定山区人口合理密度的关键是确定适宜生产、生活的适宜土地面积。地形起伏度高值区面积越大的山区，适宜居住的土地面积越小，从而使得人口密度计算值偏差大。例如岷江上游的理县和黑水县，适宜居住的面积仅占全县总面积的12.79%和17.79%，修正后的人口密度分别提高了7.8倍和5.6倍；汶川县与茂县地形起伏度低，适宜居住的面积占全县总面积达到43.07%和41.20%，修正后人口密度仅分别提高2.3倍与2.4倍。综上所述，地形起伏度越大的山区，越有必要修正人口密度，明确人口集聚的真实水平。

3) 岷江上游人口潜在压力大。山区人口容量取决于最薄弱的土地要素^[15-20]，即山区人口空间分布受制于适宜居住的土地面积。茂县、汶川县、理县、黑水县和松潘县地形起伏度小于4°的面积占全县面积的比例分别为41.20%、43.07%、12.79%、17.79%和24.37%，除茂县和汶川县外，其余3县适宜居住的土地面积均小于25%。因此，综合考虑土地资源现状和人口分布特点，其人口潜在压力大。其次，岷江上游人口分布分散，大部分

山区居民就地利用资源^[21],造成山区森林破坏,加剧土地破碎,导致山区生态环境恶化。因此,尽管该区当前人口密度低于平原地区,但是,对脆弱的山地生态系统而言,人口的潜在压力巨大。

4) 岷江上游应因地制宜引导人口合理布局。岷江上游人口潜在压力大,人口分散布局特征明显,降低了资源利用效率,加剧了生态环境破坏的风险,导致了医疗、教育、公共交通、供水供电等公共服务匹配困难^[18,22],因此应引导该区人口适度集中布局,促进土地集约高效利用。鉴于岷江上游人口分布特征与地形条件,在地形条件和人口容量等因素限制下,汶川和茂县应坚持集中、集约、高效原则进行人口和产业布局,引导分散布局的人口集中居住,围绕产业建设,建立集中安置区,可以进一步提高适宜居住地区的人口规模与用地效益;对于资源环境承载力较差的理县和黑水县,应坚持适度开发的原则,引导人口集中合理布局,将人口密度控制在适度规模;对于生态功能重要、资源环境承载力差、灾害风险大的松潘县,应以保护和恢复生态为主,人口规模不宜持续提高,考虑其地形起伏度与海拔高度对人口分布的影响低于其他4县,人口分布受民族、文化等的影响较大,该区域引导人口合理布局存在更大困难,因此可采取适度集中、梯度迁移的方式,引导人口向适宜居住地区搬迁,逐步改善其人口分散的格局,优化人口空间聚落体系。

参考文献:

- [1] 田永中,陈述彭,岳天祥,等.基于土地利用的中国人口密度模拟[J].地理学报,2004,59(2):283~292.
- [2] Hu Y C, Fang Y D, Feng Z M, et al. The Relief degree of land surface and its correlation with population distribution in urban agglomerations of China[C]. Hai Kou: International Conference on Industrial and Information Systems, 2009.
- [3] 于 慧,邓 伟,刘邵权.地势起伏度对三峡库区人口及经济发展水平的影响[J].长江流域资源与环境,2013,(6):686~690.
- [4] 封志明,张 丹,杨艳昭.中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J].地理学报,2007,74(10):1073~1082.
- [5] Feng Z M, Tang Y, Yang Y Z, et al. Relief degree of land surface and its influence on population distribution in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2008, 18:237~346.
- [6] 封志明,张 丹,杨艳昭.中国分县地形起伏度及其与人口分布和经济发展的相关性[J].吉林大学社会科学学报,2011,(1):146~151;160.
- [7] 周自翔,李 晶,任志远.基于GIS的关中-天水经济区地形起伏度与人口分布研究[J].地理科学,2012,32(8):951~957.
- [8] 刘纪远,岳天祥,王英安,等.中国人口密度数字模拟[J].地理学报,2003,58(1):17~24.
- [9] 邓 伟.山区资源环境承载力研究现状与关键问题[J].地理研究,2010,29(6):959~969.
- [10] 樊 杰.资源环境承载力评价[M].北京:科学出版社,2009.
- [11] 张继飞,邓 伟,刘邵权.中国西南山区资源环境安全态势评价[J].地理研究,2011,30(12):2305~2315.
- [12] 涂汉明,刘振东.中国地势起伏度最佳统计单元的求证[J].湖北大学学报(自然科学版),1990,12(3):266~271.
- [13] Michel M, Pamela G, Charles V. A new typology for mountains and other relief classes: an application to global continental water resources and population distribution[J]. Mountain Research and Development, 2001, 21:34~45.
- [14] 邓 伟.科学面对山区发展已是刻不容缓——写自汶川大地震的警示[J].山地学报,2009,27(01):1~4.
- [15] 张耀军,任正委.基于地理加权回归的山区人口分布影响因素实证研究——以贵州省毕节地区为例[J].人口研究,2012,(4):53~63.
- [16] 曹伟超,文学虎,中学林,等.基于栅格数据的山区人口分布规律研究[J].地理信息世界,2013,(6):23~27.
- [17] 曹伟超,陶和平,谭 理,等.基于多源空间数据的山区人口分布模拟[J].国土资源遥感,2012,(2):61~67.
- [18] 李旭东.喀斯特高原山区人口空间结构及其对可持续发展的影响[D].上海:华东师范大学,2007.
- [19] 杜本峰,张耀军.高原山区人口分布特征及其主要影响因素——基于毕节地区的Panel Data计量模型分析[J].人口研究,2011,(5):90~101.
- [20] Yang X H, Ma H Q. Natural environment suitability of china and its relationship with population distributions[J]. Environmental Research and Public Health, 2009, 6:3025~3039.
- [21] 袁国强,郭红玲.山区人口、资源、环境与经济协调发展研究[J].地域研究与开发,1998,17(4):65~68.
- [22] 陈 勇,陈国阶,王益谦.山区人口与环境互动关系的初步研究[J].地理科学,2002,22(3):282~287.

Population Density Correction Method in Mountain Areas Based on Relief Degree of Land Surface: A Case Study in the Upper Minjiang River Basin

LIU Ying^{1,2}, Deng Wei¹, SONG Xue-qian^{1,2,3}, ZHOU Jun^{1,2}

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan, 610041, China;*

2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;* 3. *Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610041, China)*

Abstract: A prerequisite for the protection and governance of mountainous areas is the scientific evaluation of the population carrying capacity, which depends on an accurate assessment of population density. The prior method of calculating population density does not consider the effect of the relief degree of land surface (RDLS) on population distribution. Therefore, it cannot accurately reflect the degree of population aggregation, especially in mountainous areas. Thus, this study selects the Upper Minjiang River Basin as the research area and introduces the RDLS and elevation factor. First, it extracts the exact population value by means of geographic information system technology. Second, it conducts the correlation analysis between the population distribution and the RDLS by using the Statistical Package for Social Science (SPSS). Then, based on the correlation and the population distribution analysis, this method is used to determine the appropriate standard of RDLS and elevation in different mountainous areas. According to the corresponding results, it calculates and corrects the population density of the upper Minjiang River Basin. The results show that: 1) The population distribution of the upper Minjiang River Basin is strong affected by RDLS, correspondingly, the R^2 value between the RDLS and the population of the upper Minjiang River Basin is 0.89. The correlation coefficients between the RDLS and the population density of different county (Wenchuan county, Mao county, Li county, Heishui county and Songpan county) are 0.841, 0.773, 0.643, 0.696 and 0.730, respectively. 2) The RDLS and elevation are introduced to revise the population density in the upper Minjiang River Basin. According to the results of the population cumulative distribution curve, the rational RDLS for human habitation in Wenchuan County, Mao County, Li County, Heishui County and Songpan County are 3.2° , 4° , 4.3° , 4.4° and 4.2° , respectively. The corresponding elevation is 3 693 m, 4 033 m, 3 790 m, 3 853 m and 3 966 m. 3) The population density has been corrected is clearly different from the previous result. The higher RDLS of mountainous areas, the more obvious discrepancy exists. For example, compared with previous result, the revised population density in Li County and Heishui County increase by 7.8 and 5.6 times, respectively. In contrast, the revised population density in Wenchuan county and Mao county increase by 2.3 and 2.4 times, respectively. 4) The upper Minjiang River Basin is confronted with greater pressure of population growth. Thus the population distribution of this area should be guided by local social, economic, topographic and other conditions. Specifically, Wenchuan county and Mao county should adopt intensive development strategy, Li County and Heishui County should adopt moderate development strategy and Songpan County should adopt ecology repair strategy.

Key words: mountain areas; population density; relief degree of land surface; elevation; the upper Minjiang River Basin