

文章编号: 1008 - 2786 - (2014) 1 - 21 - 09

澜沧江 - 湄公河流域人口分布及其与地形的关系

游 珍 封志明* 姜鲁光 杨艳昭

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

摘 要: 基于 90 m × 90 m 数字高程模型(DEM) 和 1 km × 1 km 的人口密度栅格数据 , 采用 GIS 空间分析与数理统计方法 研究了澜沧江 - 湄公河流域的人口分布格局及其与高程、坡度、坡向和地形起伏度的关系。结果表明: 1. 澜沧江 - 湄公河流域人口分布呈北疏南密的基本格局 , 人口最为密集的区域位于南端的湄公河三角洲 , 源头杂多县则是大片无人区; 2. 澜沧江 - 湄公河流域人口密度随海拔由低到高经历了一个急降缓升又下降至尖灭的变化过程 , 人口总量随海拔呈现倒指数增长变化; 3. 澜沧江 - 湄公河流域 80% 强的人口集中分布在坡度 ≤ 2° 的平坦区域 , 当坡度达到 38° 时 , 人口累积曲线趋于平稳; 4. 澜沧江 - 湄公河流域各坡向人口分布较为均衡 , 坡向对人口分布的影响不显著; 5. 澜沧江 - 湄公河流域人口密度与地形起伏度成倒指数关系 , 地形起伏度对人口分布的影响较为显著 , 流域内大部分人口分布于低起伏地区。

关键词: 澜沧江 - 湄公河; 人口分布; 地形; GIS; 空间分析

中图分类号: X144

文献标志码: A

澜沧江 - 湄公河是世界第 6 大河 , 它发源于我国青海省 , 途经西藏、云南进入缅甸、老挝、泰国、柬埔寨 , 最后在越南胡志明市附近入南中国海^[1]。澜沧江 - 湄公河一江连 6 国 , 自南而北流经了高原山地、河谷平原和河口三角洲等复杂多样的地形单元 , 地貌条件直接或间接影响了流域生态环境格局及人口分布形式^[2-3]。毋庸置疑 , 研究澜沧江 - 湄公河流域人口空间分布及其与复杂地貌形态之间的关系具有重要的学术价值和实践意义。事实上 , 近年来随着 GIS 技术的发展 , 有学者尝试采用空间分析技术探讨了区域地形与人口空间分布的问题^[4-8] , 也已有学者对澜沧江 - 湄公河流域的地貌特征进行了定量分析^[9-11] , 澜沧江流域的人口问题亦有研究^[12-15]。但由于空间尺度统一和多源数据融合等问题 , 全流域的人口分布与地形因素相互关系研究

仍较为少见。人口作为社会生活的主体 , 在与资源环境和社会经济全面协调的发展战略中 , 居于关键位置 , 而自然环境是人口分布的客观自然基础和主要影响因素 , 地形因素则是自然环境中最主要的因素之一。考虑到澜沧江 - 湄公河流域的国际河流特征及其在区域可持续发展中的重要地位 , 我们开展了澜沧江 - 湄公河流域的地貌形态与人口分布的相互关系研究 , 以期对流域人口与资源环境协调发展提供量化依据与科学参考。

研究基于 90 m × 90 m 的数字高程模型(DEM) 和 1 km × 1 km 的人口密度栅格数据 , 采用栅格计算与密度制图及 DEM 提取地形特征要素等 GIS 空间分析与数理统计方法^[16] , 阐释了 2010 年澜沧江 - 湄公河流域的人口空间分布特征; 在此基础上 , 定量计算了澜沧江 - 湄公河流域高度、坡度、坡向及地形

收稿日期(Received date): 2012 - 10 - 11; 改回日期(Accepted): 2013 - 03 - 12。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(No. 41271117) , 国家科技基础性工作专项基金项目(No. 2008FY110300)。 [Project supported by the National Nature Science Foundation of China(No. 41271117) and Basic work of the National Science and Technology Special Fund (No. 2008FY110300) .]

作者简介(Biography): 游珍(1980 -) , 女 , 工程师 , 研究方向为资源环境与 GIS。 [You Zhen(1980 -) female , Engineer , mainly study on resource and environment remote sensing and GIS.] E - mail: youz@ igsrr. ac. cn

* 通信作者(Corresponding author): 封志明(1963 -) , 男 , 研究员 , 主要研究方向资源开发与区域可持续发展方面研究。 [Feng Zhiming(1963 -) , male , professor , specialized in Resource development and regional sustainable development.] E - mail: fengzm@ igsrr. ac. cn

起伏度与人口分布的关系,试图为揭示澜沧江-湄公河流域人口空间分布规律的内在机理与调控机制提供科学基础和决策支持。

1 研究区概况

澜沧江-湄公河发源于中国青海省玉树藏族自治州的杂多县吉富山,流至昌都后始称澜沧江,南流至云南省南腊河口出境,出境后始称湄公河,在越南胡志明市以南注入太平洋(图1)。流域地跨纬度 30° ,总面积约 $81 \times 10^4 \text{ km}^2$,涉及中国、缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南6国。

该流域平均海拔979 m,地势北高南低,地貌类型复杂多样。中国境内的澜沧江平均海拔为3 058 m,其北段地处青藏高原,海拔在4 000 m以上,除高大险峻的雪峰外,山势平缓;中段山高谷深,河床坡度大,海拔1 200~5 000 m;南段自云南德钦县至凤庆县,河床高度显著降低,地势趋平缓,平均海拔1 200 m。出中国国境后澜沧江-湄公河河道开阔平缓,湄公河平均海拔为385 m,海拔区间为-14~2 820 m,可划分为北部高原、安南山脉(长山脉)、南部高地、呵叻高原和湄公河平原5个地区^[17]。其中,北部高原包括老挝北部、泰国的黎府和清莱省山区,高程在1 500~2 800 m间,只有少量的高地平原和河谷冲积台地;安南山脉从西北向东南延800 km余,北部和中部的山坡较陡,南部为丘陵地区;南部高地主要包括柬埔寨的豆蔻山脉,东面为绵延山地,西南为丘陵低地;呵叻高原包括泰国东北部和老挝的部分区域,蒙河和锡河形成2个长宽各约500 km的蝶状山间盆地;最南端为湄公河三角洲地区,为大片低地。

2 数据来源与处理

研究使用数据,主要包括澜沧江-湄公河流域 $90 \text{ m} \times 90 \text{ m}$ 的数字高程模型数据和2010年 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 的人口密度栅格数据。其中,数字高程模型数据来源于美国航天飞机用雷达测图技术得到的数字地表高程模型(DSM),并通过InSAR干涉技术获取的DEM,即STRM DEM。人口密度栅格数据由国内部分和国外部分组成,国内部分来源于中国科学院资源环境科学数据中心,精度为 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$;国外部分来源于国际地球科学信息网络中心(CIESIN),

精度为2.5分弧,数据年份是2010年。

研究之初对数字高程模型数据和人口数据进行了预处理。具体而言,首先,对数字高程模型数据和国外部分的人口密度栅格数据进行ALBERS等积圆锥投影(Krasovsky_1940_Albers)(标准纬线: 25° , 47° ,中央经线: 105° ,投影原点纬度: 0° ,单位:m)变换。然后,为保证数据尺度的一致性和研究的精度,国外部分的人口密度栅格数据进行重采样,使之与中国部分保持一致为 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 。接下来,对人口栅格数据进行了精度检验。对于异常值(如值异常大或位于水域中央仍有较大人口密度值)和部分空值的栅格,通过比对土地利用数据,并利用google earth的开放接口,将此栅格数据叠加到google earth上;查找到异常值对应的栅格所处的地理环境,将此栅格赋值为周边类似地理环境的栅格值;利用ArcGIS的区域统计方法,计算该区域的人口总量,并与相关统计资料进行比对,确保栅格值切实可行。最后,采用mosaic等函数将国内及国外部分人口数据进行拼接。由此过程,得到了2010年澜沧江-湄公河流域人口密度图(图2)。

3 结果分析

3.1 人口分布的基本特征

在定量获取2010年澜沧江-湄公河流域人口密度栅格数据的基础上,利用ArcGIS的区域统计方法,统计提取了澜沧江-湄公河流域人口密度分级及各国境内的人口数量,定量揭示了澜沧江-湄公河流域人口分布的基本特征。研究表明,2010年,澜沧江-湄公河流域总人口7 187万,密度为78人/ km^2 ,具体而言人口分布的基本态势是北疏南密(表1),人口最为密集的区域位于最南端的湄公河三角洲,源头杂多县则是大片无人区。其中,人口密度介于10~50人/ km^2 的区域面积最大,占比超过1/3;其次是0~10人/ km^2 和100~300人/ km^2 的区域,面积占比均接近1/4;人口密度>500人/ km^2 的区域面积仅占2.27%。就人口密集地区的空间分布来看,人口密度大于300人/ km^2 的区域,主要集中在大理洱海周边、泰国东部的呵叻直辖县、乌汶直辖县、乌隆直辖县、坤敬城、黎逸直辖县、是卡拉逢县、廊开府东部、柬埔寨首府金边、洞里萨湖周边零星城镇及湄公河三角洲核心地带。人口密度为100~300人/ km^2 的区域,国内主要分布在澜沧江

南段的凤庆县、云县、保山市辖区和大理市、临沧市辖区,国外主要分布在泰国东北部地区、柬埔寨洞里萨湖周边、首府金边周边、湄公河三角洲地区。

就澜沧江 – 湄公河流域各国人口分布来看(表 2),泰国境内的人口最多,占全流域人口总量的 42.31%;其次是柬埔寨,占 25.85%;中国、越南、老挝三国境内的人口总量相当,大约各占 10% 左右;最少为缅甸,不到 1%。就人口密度的国别差异来

看,越南境内的人口密度最大,高达 366 人 / km²,其次是泰国境内(147 人 / km²),其余 4 国人口密度由高到低依次为柬埔寨、中国、老挝、缅甸。就各国内部而言,泰国人口密度最大值为 1 515 人 / km²,位于东北部的呵叻府,该府是泰国东北部的主要交通枢纽和经济中心;柬埔寨流域内人口密度最大的地区是其首都金边,人口密度最大值高达 19 111 人 / km²;中国流域内人口密度最大值为 1 047 人 / km²,

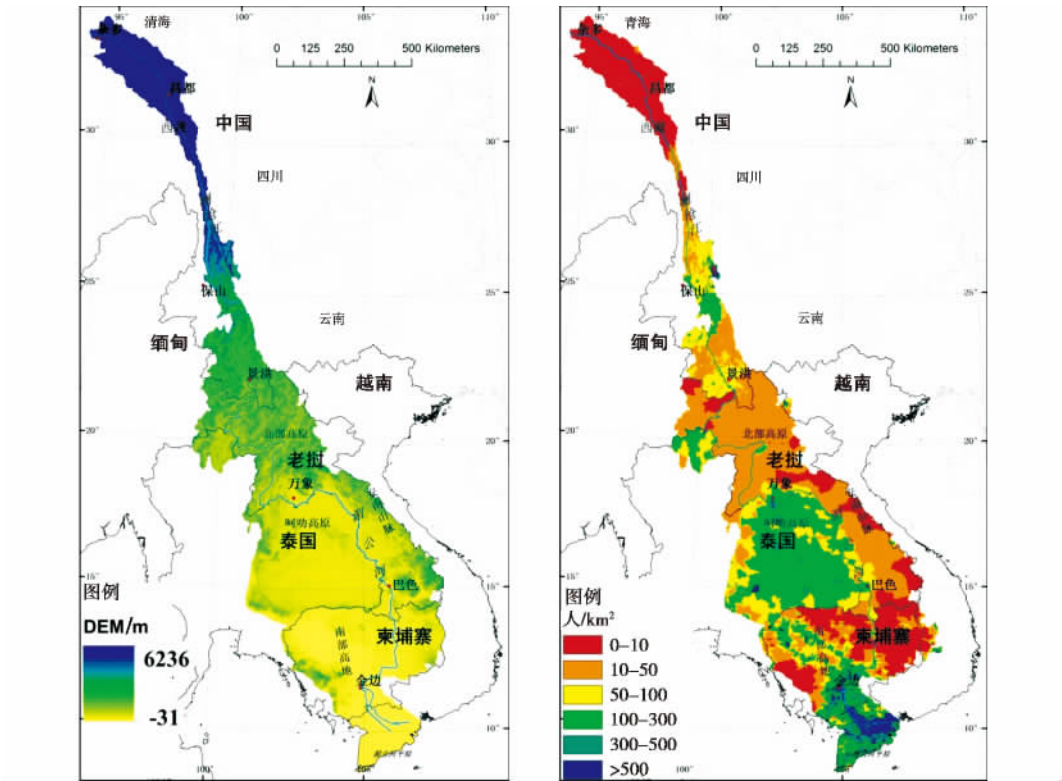


图 1 澜沧江 – 湄公河流域基础地理图

图 2 澜沧江 – 湄公河流域人口密度图

Fig. 1 The Map of Lancang – Mekong River Basin

Fig. 2 The population density figure of Lancang – Mekong River Basin

表 1 澜沧江 – 湄公河流域人口密度分级统计表

Table 1 The classification of population density in Lancang – Mekong River Basin

人口密度分级 /(人/km ²)	人口		土地		分布区域
	总量/(10 ⁴ 人)	比例/%	面积/km ²	比例/%	
0 ~ 10	79.01	1.1	18.83	23.25	澜沧江北段中段、柬埔寨大部分地区、老挝及缅甸的东部部分地区
10 ~ 50	689.16	9.59	27.12	33.48	澜沧江中段南段、缅甸、老挝大部分地区、柬埔寨部分地区
50 ~ 100	861.01	11.98	11.76	14.52	澜沧江中段南段、缅甸东部、呵叻高原边缘及南部高地东北部
100 ~ 300	2 927.39	40.73	18.91	23.34	澜沧江南段、泰国东北部、柬埔寨洞里萨湖周边、首府金边周边、湄公河三角洲周边
300 ~ 500	961.01	13.37	2.54	3.13	湄公河平原、泰国东部零星地区、柬埔寨首府金边及洞里萨湖周边零星城镇
> 500	1 669.46	23.23	1.84	2.27	中国大理洱海周边、柬埔寨首府金边及零星城镇、湄公河平原的九龙江

表2 澜沧江-湄公河流域流经各国人口统计表
Table 2 The population distribution of Lancang - Mekong River Basin

国家	人口数量		人口密度		土地	
	总量/(10 ⁴ 人)	最大/(人/ km ²)	平均/(人/ km ²)	比例/%	面积/(10 ⁴ km ²)	比例/%
泰国	3 040.84	1 515	147	42.31	20.75	25.62
柬埔寨	1 857.85	19 111	107	25.85	17.31	21.37
中国	781.23	1 047	46	10.87	17.1	21.11
越南	744.58	7 732	366	10.36	2.03	2.51
老挝	705.77	1 013	33	9.82	21.5	26.54
缅甸	56.78	318	24	0.79	2.32	2.86

位于云南大理;越南流域内人口密度最大值为7 732人/ km² ,地处宁侨港 ,内有大的交易市场;老挝流域内人口密度最大值为1 013人/ km² ,该区域位于其首都万象;缅甸流域内人口密度最大仅为318人/ km² ,该区域位于班歪。

3.2 人口分布与高程的关系

澜沧江-湄公河流域海拔跨度大 ,最低值为-14 m ,最高为6 236 m ,最大高差达6 250 m。研究将流域的海拔每100 m 为一个统计单元 [9] ,利用ArcGIS 的区域统计方法 ,分析了澜沧江-湄公河流域人口密度和人口总量随高程分布的变化规律 ,定量厘清了流域不同海拔区间人口分布状况。同时 ,为清晰描绘人口总量及流域面积随海拔的分布状况 ,本文绘制了澜沧江-湄公河流域人口总量及流域面积与高程的累积曲线。

研究表明:就人口密度而言(图3) ,澜沧江-湄公河流域的人口密度随高程变化明显 ,人口密度随海拔由低到高经历了一个急降缓升又下降至尖灭的变化过程。具体而言 ,海拔在0~899 m 时 ,人口分布随高程呈现急剧下降的态势 ,人口密度由219人/ km² 急剧下降到28人/ km² ,主要位于湄公河平原、南部高地、呵叻高原、北部高原和安南山脉的部分地区;海拔在900~1 999 m 时 ,人口分布随高程呈现上升态势 ,人口密度由29人/ km² 逐步上升到101人/ km² ,主要位于澜沧江下游 ,北部高原部分地区和安南山脉东部边缘;海拔在2 000~4 099 m 时 ,人口分布随高程呈现下降态势 ,人口密度由93人/ km² 快速下降到5人/ km² ,主要位于澜沧江中游地区;当海拔超过4 100 m 后 ,人口分布急剧减少直至尖灭 ,境内最高居民点是青海玉树自治州囊谦县的西部边缘拉布瓦格 ,海拔4 935 m ,其上是大片无人区。

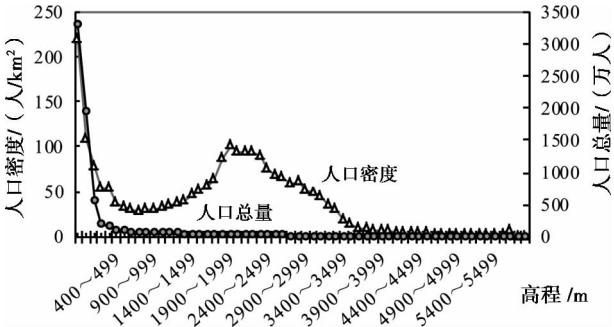


图3 澜沧江-湄公河流域人口密度-高程分布
Fig.3 The relationship between population density and altitude in Lancang - Mekong River Basin

就人口总量而言 ,澜沧江-湄公河流域的人口总量随海拔呈现倒指数增长变化。就不同高程分布的人口总量来看(见图3) ,高程在低于300 m 的区域 ,人口总量随高程的增加呈现急剧下降趋势 ,在高程为0~99 m 时 ,分布的人口总量为3 307 万人;在200~299 m 时 ,分布的人口总量下降为195 万人;在高于300 m 的区域 ,人口总量随高程的增加在缓慢减少。从人口和面积累积曲线看(图4) ,当海拔上升到20 m 时 ,人口总量累积到达全流域的40% ,而面积累积仅占全流域的10% ,当海拔上升到270 m 时 ,人口已累积到全流域的80% 强 ,而面积累积不足全流域的50%。据此反映的实际情况是 ,湄公河平原、南部高地、呵叻高原和北部高原的南部地区集聚了澜沧江-湄公河流域80% 强的人口。北部青藏高原、云贵高原、中南山地流域窄小、宜居面积有限 ,50% 以上的面积聚集了不到20% 的人口 ,随海拔升高 ,人口分布相对稀疏 ,直至无人区。

3.3 人口分布与坡度的关系

地表坡度对太阳辐射、温度、水分及植被等自然因子有明显影响 [18] ,也直接影响到人类居民地的选

择。根据 1984 年全国农业区划委员会制定的《土地利用现状调查技术规程》和 2007 年国土资源部指定的《第二次全国土地调查技术规程》^[19-20], 研究将澜沧江 - 湄公河流域的坡度分为 5 级, 并利用 ArcGIS 的 Zonal 工具, 结合人口密度的栅格数据, 提取了各坡度级别的人口密度及人口总量, 揭示了澜沧江 - 湄公河流域人口分布与坡度分布的关系。同时, 为厘清不同坡度上的平均海拔及人口总量的分布趋势, 本文绘制了坡度与海拔及人口累积百分比曲线(图 5)。

从澜沧江 - 湄公河流域坡度分布与人口分布的总体变化趋势看(见图 5), 整体而言, 在坡度 < 38° 的区域, 随着坡度的增加, 人口累积百分比经历了从坡度为 0° 到 2° 的急升, 再从 2° 到 38° 的缓升, 直到接近 100%; 与之对应的平均海拔经历了较为平缓的上升, 由 131 m 上升到 2 914 m; 在坡度 > 38° 的区域, 随着坡度的增加, 人口累积百分比曲线稳定地趋于 100%, 而平均海拔经历了缓降又快升再起伏的过程, 即 38° ~ 66° 之间的区域, 平均海拔随坡度的增加而下降, 该区域主要分布在澜沧江中游河谷地区; 坡度 > 66° 的区域, 平均海拔随坡度的增加而快速上升, 而后又高低起伏, 该区域主要分布在澜沧江中游的高山峡谷地区。

从坡度分级统计看(表 3), 澜沧江 - 湄公河流域 80% 强的人口集中分布在坡度 ≤ 2° 的平坦区域, 其面积占全流域总面积的近一半, 人口密度平均值为 145 人 / km², 最大值为 19 111 人 / km², 其主要分布在湄公河平原、南部高地、呵叻高原及泰国北部。坡度为 2° ~ 6° 的区域土地面积占全区不到 1 / 10, 人口比重仅占 4.57%, 平均人口密度仅 43 人 / km², 主要分布于北部高原边缘及柬埔寨东部地区。坡度为 6° ~ 15° 和 15° ~ 25° 的区域土地面积及人口总量比重相当, 分别总全区 13% 左右和 6% 左右, 人口密度

平均值为 34 人 / km² 和 32 人 / km²。坡度 > 25° 的区域土地和人口比重均很少, 各占全区的 5.57% 和 2.09%, 平均人口密度为 27 人 / km²。

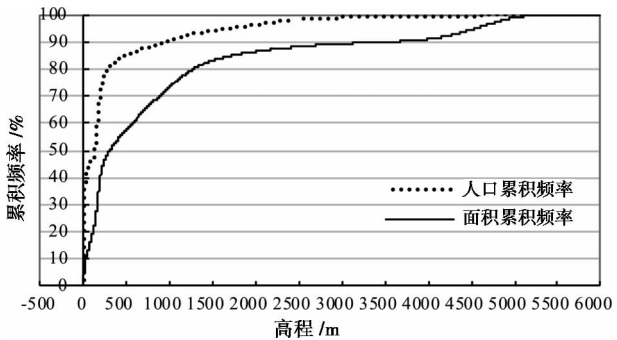


图 4 澜沧江 - 湄公河流域人口面积 - 高程累积曲线

Fig. 4 The accumulative frequency of population and land area at different altitude in Lancang - Mekong River Basin

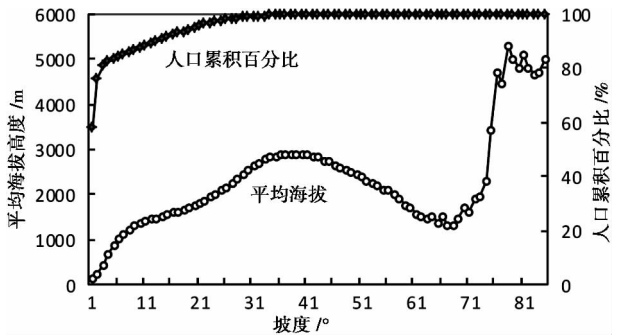


图 5 澜沧江 - 湄公河流域坡度与海拔及人口累积百分比曲线

Fig. 5 The average DEM and accumulative population frequency at different slope of Lancang - Mekong River Basin

3.4 人口分布与坡向的关系

坡向直接影响太阳辐射的强度, 也影响温度、水分等, 因此其影响人类对居住地的选择。研究以 DEM 为基础数据, 在 ArcGIS 中提取了澜沧江 - 湄公

表 3 澜沧江 - 湄公河流域人口与坡度统计表

Table 3 The relationship between population distribution and slope in Lancang - Mekong River Basin

坡度 / °	土地		人口数量		人口密度	
	面积 / (10 ⁴ km ²)	比例 / %	数量 / (10 ⁴ 人)	比例 / %	最大 / (人 / km ²)	平均 / (人 / km ²)
0 ~ 2	40.08	49.48	5 795.24	80.63	19 111	145
2 ~ 6	7.71	9.52	328.39	4.57	19 110	43
6 ~ 15	14.83	18.31	506.78	7.05	1 563	34
15 ~ 25	12.81	15.82	406.59	5.66	1 563	32
> 25	5.57	6.87	150.04	2.09	1 047	27

河流域的坡向;在此基础上,利用 ArcGIS 的 Zonal 工具,结合人口密度栅格数据,提取了各类坡向的人口密度及人口总量,定量揭示了澜沧江-湄公河流域人口分布与坡向分布的关系。

从澜沧江-湄公河流域坡向与人口分布的规律来看(表 4),总体而言,除平地外,各坡向的人口密度及人口总量数值相差较小,表明各坡向人口分布均匀。相对而言,无坡向地区人口密度明显大于其他地区,由于澜沧江-湄公河流域绝对平坦的区域很少,其所占人口总量比重明显小于其他坡向。

3.5 人口分布与地形起伏度的关系

地形起伏度又称地表起伏度,是区域海拔和地表切割程度的综合表征。国内外学者普遍认为地形起伏度是影响人口分布的重要因素之一^[4,15,21]。研究以 DEM 为基础数据,利用封志明等人确立的计算模型^[22],提取了澜沧江-湄公河流域的地形起伏度;在此基础上,绘制了人口密度随地形起伏度变化的曲线,探讨了澜沧江-湄公河流域人口分布与地形起伏度的关系(图 6)。

分析表明,澜沧江-湄公河流域人口密度与地形起伏度成倒指数关系,其相关系数高达 0.92。可见,地形起伏度对人口分布的影响较为显著,流域内大部分人口分布于低起伏地区。具体而言(表 5 及图 7),当地形起伏度为 0,即相对高度 ≤ 30 m 时,相应的人口占流域总量的 36.64%,人口密度达到 291 人/ km^2 ,相应的面积仅占全流域总面积的 11.32%,人口密度最大值为 19 111 人/ km^2 ;当地形起伏度达到 0.2,即相对高度 ≤ 100 m 时,累积人口数已达到全流域总量的 74.95%,相应的面积仅占

全流域总面积的 40.9%;当地形起伏度达到 1.0,即相对高度 ≤ 500 m 时,人口累积达到全流域的 87.99%;地形起伏度超过 3 (相对高度 $\geq 1 500$ m)的区域仅分布了 0.35%的人口。就人口密度的变化而言,地形起伏度 < 0.2 ,即相对高度 ≤ 100 m 的区域人口密度变化显著,地形起伏度 > 0.2 的区域人口密度波动平缓。

4 结论与讨论

基于 90 m \times 90 m 的数字高程模型(DEM) 和 1 km \times 1 km 的人口密度栅格数据,利用 ARC/INFO 软件的栅格计算与密度制图及 DEM 提取地形特征要素等 GIS 空间分析,以及 Matlab 软件的数理统计功能,阐释了澜沧江-湄公河流域的人口分布特征,并统计分析了人口与高程、坡度、坡向和地形起伏度的关系。结果表明:

1. 澜沧江-湄公河流域的人口分布的基本态势是北疏南密,越南境内的平均人口密度最大,高达 366 人/ km^2 。

2. 随高程由低到高,澜沧江-湄公河流域的人口密度经历了先下降再上升又下降的变化;人口总量随海拔呈现极度不均衡分布,当海拔为 270 m 时,人口已累积到全流域的 80% 强,而面积累积不足全流域的一半。

3. 随着坡度的增加,在坡度 $< 38^\circ$ 的区域,澜沧江-湄公河流域的人口累积百分比和平均海拔均稳定上升,在坡度 $> 38^\circ$ 的区域,人口累积曲线趋于平稳,而平均海拔经历了下降又快速上升的过程;坡度

表 4 澜沧江-湄公河流域人口与坡向统计表

Table 4 The relationship between population distribution and aspect in Lancang-Mekong River Basin

坡向/ $^\circ$	土地		人口数量		人口密度	
	面积/ $(10^4 \times \text{km}^2)$	比例/%	数量/万人	比例/%	最大/(人/ km^2)	平均/(人/ km^2)
无坡向(-1)	0.12	0.14	17.54	0.24	1 549	152
北坡(0~22.5, 337.5~360)	9.06	11.19	853.58	11.88	20 755	95
东北坡(22.5~67.5)	10	12.34	1 068.5	14.87	19 111	108
东坡(67.5~112.5)	10.74	13.26	1 020.64	14.2	1 983	96
东南坡(112.5~157.5)	10.27	12.67	993.95	13.83	7 732	98
南坡(157.5~202.5)	10.72	13.24	913.02	12.7	2 649	86
西南坡(202.5~247.5)	11.37	14.04	871.41	12.12	3 554	77
西坡(247.5~292.5)	10.22	12.62	733.21	10.2	1 948	73
西北坡(292.5~337.5)	8.5	10.5	715.21	9.95	3 737	85

表 5 澜沧江 – 湄公河流域人口与地形起伏度统计表

Table 5 The relationship between population distribution and relief degree of land surface in Lancang – Mekong River Basin

地形起伏度	土地		人口数量		人口密度	
	面积/(10 ⁴ × km ²)	比例/%	数量/(10 ⁴ 人)	比例/%	最大/(人/ km ²)	平均/(人/ km ²)
0	9.17	11.32	2 633	36.64	19 111	291
0 ~ 0.2	23.96	29.58	2 753	38.31	7 732	116
0.2 ~ 0.4	4.99	6.16	301	4.19	2 649	61
0.4 ~ 0.6	4.45	5.49	236.1	3.29	2 649	54
0.6 ~ 0.8	4.74	5.85	206.7	2.88	1 563	44
0.8 ~ 1.0	5.21	6.43	192.7	2.68	1 563	37
1.0 ~ 1.5	13.84	17.08	410.5	5.71	1 563	30
1.5 ~ 2.0	9.19	11.35	265.9	3.7	1 047	29
2.0 ~ 3.0	4.45	5.5	162.9	2.27	937	37
3.0 ~ 4.0	0.81	1	22.22	0.31	769	28
4.0 ~ 5.0	0.18	0.22	2.67	0.04	154	15
>5.0	0.01	0.01	0.13	0	19	11

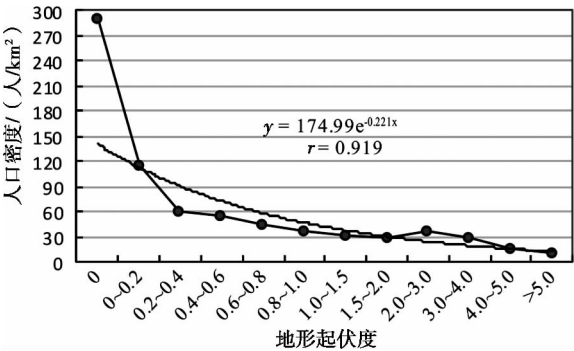


图 6 澜沧江 – 湄公河流域人口密度 – 地形起伏度分布
Fig. 6 The population density at different regilef degree of land surface of Lancang – Mekong River Basin

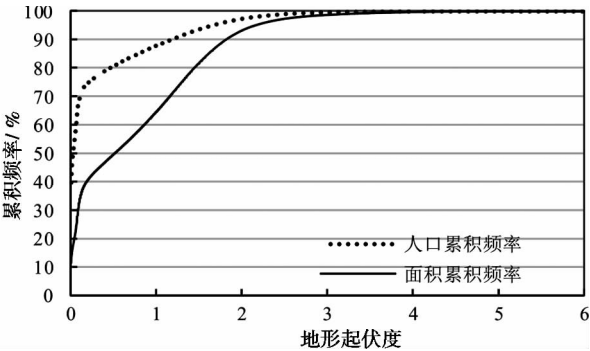


图 7 澜沧江 – 湄公河流域人口面积 – 地形起伏度累积曲线
Fig. 7 The accumulative frenquence of population and land area in Lancang – Mekong River Basin

<2°的较为平坦区域集聚了全流域 4/5 强的人口，其面积大致占全流域总面积的一半。

4. 除平地外，澜沧江 – 湄公河流域各坡向人口分布均匀，绝对平坦的区域很少。

5. 地形起伏度对人口分布的影响较为显著，流域内大部分人口集中分布在低起伏地区；就人口密度变化而言，地形起伏度小于 0.2，即相对高度 ≤ 100 m 的区域人口密度变化显著，地形起伏度 > 0.2 的区域人口密度有较为平缓波动。

基于本研究，我们认为基于 DEM 数据，开展流域地貌特征的相关定量分析的技术方法较为成熟，但在具体的区域数据处理与分析过程中，对数据精度及其潜在的误差传递需要有进一步的校正，结合实地考察状况，对相应地形因子处理结果进行客观

分析十分必要。另外，在不同的研究尺度上，哪些因子表现得最为敏感也将是今后需要深入探讨的问题。随着对澜沧江 – 湄公河流域资源环境研究的深入，建立多尺度的基础地理信息库将具有重要的现实意义。人口空间分布不仅与地形有关，而且与气候、地被、社会经济、历史文化等因素相关，澜沧江 – 湄公河流域是一条国际河流，今后将在此研究的基础上，深入探究分析不同国别的人口与其他因素间的相互耦合关系及相互作用机理。

参考文献(References)

[1] Chen Lihui, Zeng Zungu, He Daming. Coordinating the relationships between interest parties in development of the international river —— a case study of Lancang – Mekong [J]. World Regional

- Studies 2003, 12(1): 1004 - 9479 [陈丽晖, 曾尊固, 何大明. 国际河流流域开发中的利益冲突及其关系协调——以澜沧江-湄公河为例[J]. 世界地理研究, 2003, 12(1): 1004 - 9479]
- [2] Pan Tao, Wu Shaohong, He Daming, et al. ecological Effects of Longitudinal Range - Gorge land surface pattern and its regional Differentiation [J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(1): 13 - 26. [潘韬, 吴绍洪, 何大明, 等. 纵向岭谷区地表格局的生态效应及其区域分异[J]. 地理学报, 2012, 67(1): 13 - 26]
- [3] Yao Yonghui, Zhang Baiping, Han Fang et al. Spatial pattern and exposure effect of altitudinal Belts in the Hengduan Mountains [J]. Mountain Research 2010, 28(1): 11 - 20 [姚永慧, 张百平, 韩芳, 等. 横断山区垂直带谱的分布模式与坡向效应[J]. 山地学报, 2010, 28(1): 11 - 20]
- [4] Liu Yanxu, Ren Zhiyuan. Spatio-temporal patterns of Shaanxi rural labor base on the Regional Terrain Model [J]. Mountain Research, 2012, 30(4): 431 - 438 [刘焱序, 任志远. 基于区域地形起伏度模型的陕西农村劳动力时空格局[J]. 山地学报, 2012, 30(4): 431 - 438]
- [5] Wang Lanhui, Wu Rui. Relations of Chinese frontier's population spatial distribution and terrain [J]. Geospatial Information 2011, 9(5): 109 - 114 [王兰辉, 吴瑞. 我国陆地边疆人口空间分布与地形关系[J]. 地理空间信息, 2011, 9(5): 109 - 114]
- [6] Feng Zhiming, Tang Yan, Yang Yanzhao. The relief degree of land surface in China and its correlation with population distribution [J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(10): 1073 - 1082 [封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 中国地形起伏度及其与人口分布的相关性. 地理学报[J]. 2007, 62(10): 1073 - 1082]
- [7] Cao Guangzhong. On the structural characteristics and the spatial distribution of floating labors: a case study in Guyuan County, Ningxia Hui Municipality [J]. Economic Geography, 2002, 22(6): 731 - 749 [曹广忠. 农村外出就业劳动力的结构特征与就业地区分布——对宁夏固原县的调查分析[J]. 经济地理, 2002, 22(6): 731 - 749]
- [8] Dong Chun, Liu Jiping, Zhao Rong, et al. An discussion on correlation of geographical parameter with spatial population distribution [J]. Remote Sensing Information, 2002, 4: 61 - 64 [董春, 刘纪平, 赵荣, 等. 地理因子与空间人口分布的相关性研究[J]. 遥感信息, 2002, 4: 61 - 64]
- [9] You Zhen, Yang Yanzhao, Jiang Luguang, et al. The study on the relief degree of land surface in the Lancang - Mekong River Basin [J]. Journal of Yunnan University, 2012, 34(4): 393 - 400 [游珍, 杨艳昭, 姜鲁光, 等. 基于 DEM 数据的澜沧江-湄公河流域地形起伏度研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2012, 34(4): 393 - 400]
- [10] Yuan Xiping, He Daming. Topographic comparison and analysis of case study in different area of Lancang River Basin [J]. Journal of Kunming University of Science and Technology, 2002, 27(6): 1 - 5 [袁希平, 何大明. 澜沧江流域典型案例区地形地貌对比分析研究[J]. 昆明理工大学学报, 2002, 27(6): 1 - 5]
- [11] Gan Shu, Yuan Xiping. Geographic information processing and physiognomy morphological character analysis of Lancang River Basin [J]. Yunnan Geographic Environment Research 2005, 17(4): 1 - 5 [甘淑, 袁希平. 澜沧江流域地理信息处理与地貌形态特征分析[J]. 云南地理环境研究, 2005, 17(4): 1 - 5]
- [12] Zhang Yu, Dong Chun. Spatial autocorrelation analysis of population density for Lancang River area(Yunnan Section) [J]. Science of Surveying and Mapping, 2011, 36(4): 118 - 120. [张玉, 董春. 澜沧江流域(云南段)人口密度空间自相关分析[J]. 测绘科学, 2011, 36(4): 118 - 120]
- [13] Lu Zhaohe, Zhang Zhen. Research on population's ecological characteristics and population resource's exploration of the Lancang Jiang [J]. China Population, Resources and Environment, 1996, 6(3): 38 - 44 [吕昭河, 张震. 澜沧江流域人口生态特征及人口资源开发利用研究[J]. 中国人口·资源与环境, 1996, 6(3): 38 - 44]
- [14] Liu Jiping, Liu Ping, Zhao Rong. Spatial analysis and statistic of Lancang river basin's residential distribution [J]. Journal of Liaoning Technical University: Natural Science, 2008, 27(6): 832 - 835 [刘纪平, 刘平, 赵荣. 澜沧江流域居民地空间分析与统计[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2008, 27(6): 832 - 835]
- [15] Liu Litao, Shen Lei, Gao Tianming, et al. Assessment of human settlement environment in Lancang River Basin based on man-land relationship [J]. Resources Science, 2012, 34(7): 1192 - 1199 [刘立涛, 沈镭, 高天明, 等. 基于人地关系的澜沧江流域人居环境评价[J]. 资源科学, 2012, 34(7): 1192 - 1199]
- [16] Tang Guoan, Yang Xi. ArcGIS Geographic Information Systems spatial analysis experiments tutorial [M]. Beijing: Science Press, 2006. [汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006.]
- [17] Department of International Cooperation, Science & Technology. China Water Conservancy Science and Technology Network [EB/OL]. [2011 - 7 - 20] <http://www.cws.net.cn> [水利部国际合作与科技司. 中国水利科技网[EB/OL]. [2011 - 7 - 20] <http://www.cws.net.cn>]
- [18] Ye Yu, Liu Gaohuan, Feng Xianfeng. Presentation of spatial distribution of population and its application [J]. Geo-Information Science, 2006, 8(2): 60 - 64 [叶宇, 刘高焕, 冯险峰. 人口数据空间化表达与应用[J]. 地球信息科学, 2006, 8(2): 60 - 64]
- [19] Land use investigation procedures [S]. Beijing: National Agricultural Zoning Board, 1984. [土地利用现状调查技术规程[S]. 北京: 全国农业区划委员会, 1984.]
- [20] TD/T 1014 - 2007, Second National Land Survey Technical Regulations [S]. Beijing: Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China, 2007. [第二次全国土地调查技术规程[S]. 北京: 中华人民共和国国土资源部, 2007.]
- [21] Feng Z M, Yang Y Z, Zhang D, et al. Natural environment suitability for human settlements in China based on GIS [J]. Journal of Geographical Sciences, 2009, 19: 437 - 446
- [22] Feng Z M, Tang Y, Yang Y Z, et al. Relief degree of land surface and its influence on population distribution in China. Journal of Geographical Sciences 2008, 18: 237 - 246

Population Distribution and Its Spatial Relationship with Terrain Elements in Lancang – Mekong River Basin

YOU Zhen , FENG Zhiming , JIANG Luguang , YANG Yanzhao

(*Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research , CAS , Beijing 100101 , China*)

Abstracts: Based on the STRM DEM (90 m × 90 m) and 1km × 1km population density raster data , using GIS spatial analyst and mathematical statistics method , this paper analyzed the population distribution in Lancang – Mekong River Basin , quantified the relationship between population and topographical parameters , namely elevation , slope , aspect and relief degree of land surface (RDLS) . The results show that: 1. The population distribution pattern of Lancang – Mekong basin is dense in southern areas and sparse in the northern areas. The most intensive area of population distribution is in the southern of the Mekong Delta , while Zadu County in the source has large areas with no population; 2. The population density of Lancang – Mekong basin has experienced a variation process of rising slowly after dropping sharply and then declining again until die out with the elevations moving from low to high. The total population showed an inverted exponential growth with altitudes; 3. 80% population in Lancang – Mekong basin concentrated in the flat areas with slope gradient less than 2. When slope gradient reaches 38° , the population cumulative curve tends to be stable; 4. The distribution of population is balanced in each slope aspect of Lancang – Mekong basin , which indicates that slope aspect has no dominate influence on population distribution; 5. The population density and RDLS has an inverted exponential relationship in Lancang – Mekong basin. RDLS has an relatively significant influence on population distribution , the majority of population in the basin is located in regions with low relief degree of land surface.

Key words: Lancang – Mekong River; population distribution; terrain; GIS; spatial analyse

封面照片: 西秦岭

秦岭自西向东横亘于我国中部 ,可分为西、中、东三段。西段称西秦岭 ,其地质构造属秦岭褶皱的西延部分;地处我国地势的第一级阶梯向第二级阶梯的过渡带 ,西部向甘南高原过渡 ,北部向陇中黄土高原过渡 ,南部向四川盆地过渡 ,东部跨嘉陵江与秦岭中段和汉中盆地连接。西秦岭的海拔一般在 2 000 ~ 4 000 m ,主要山脉有太皇山(海拔 3 113 m)、陇南山地(最高峰雄黄山 ,海拔 4 187 m)、鸟鼠山(海拔 2 609 m)、迭山(海拔 4 920 m)等;山脉走向以东西向为主 ,陇南山地的走向大致呈西北到东南。西秦岭山岭波状起伏 ,有许多深切山谷的河流发育 ,形成高山峻岭与峡谷、盆地相间的复杂地形。

照片为甘肃文县境内丛山叠岭的陇南山地。

(嘉 益)