

# 云南省县域地形起伏度与人口分布的耦合关系研究\*

杨雪婷<sup>1,3</sup>, 苏维词<sup>1,2</sup>

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 400047; 2. 贵州省科学院 山地资源研究所, 贵阳 550001;  
3. 云南工商学院 信息工程学院, 昆明 651700)

**摘要:**用 1:20 万的云南省数字高程模型,以 ArcGIS 10.0 这一软件平台,利用 Spatial Analyst 中的栅格邻域计算工具窗口分析方法提取出云南省县域尺度的地形起伏度,加以分析云南省地形起伏度的规律,结合地形起伏度与人口密度的耦合指数,在 Geoda 软件支持下对各区县地形起伏度与人口密度的耦合指数进行全局空间自相关分析和局部空间自相关分析。研究表明:云南省地形起伏度空间分布整体趋势为东南低于西北,南部低于北部,中部地区居中,地形起伏度数随着海拔高度、坡度的增大而增大,地形起伏度与人口密度的多项式合曲线拟合度为 0.5217。其县域地形起伏度介于 1.30~4.61 之间,利用 Geoda 软件分析得出云南省地形起伏度与人口密度耦合指数的全局自相关 Global Moran's  $I$  指数为 0.5822,表明云南省地形起伏度与人口密度密度的空间分布存在较显著的集聚特征,对其局部空间的 Local Moran's  $I$  值进行显著性检验,局部空间自相关有一定差异性。

**关键词:**地形起伏度;人口分布;空间耦合;云南省

**中图分类号:**P208;K928.5

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2016)01-0123-07

地形起伏度指在一个具体的地域内,海拔高差与地表切割程度的综合特征<sup>[1,2]</sup>。1948年苏联科学院地理研究最早提出地形起伏度,国内外编制地图的基本特征,用割切深度表征地形起伏度并作为一个主要的地貌类型划分依据<sup>[3]</sup>。之后,学者们从不同的研究角度、方法出发,提出了不同尺度关于地形起伏度的定义及其提取指标<sup>[4-6]</sup>。中国《1:400万中国地貌图》、《1:100万地貌图制图规范》、《中国地貌全图研制》等地图的制作相关工作,均将地形起伏度作为划分地貌类型的一项重要指标。地形起伏度运用广泛,各个领域均有涉及,陈述彭计算贵州遵义市的地形起伏度时,以方格作为统计单元,方格边长为 1000m<sup>[7]</sup>。涂汉明等人结合 1:400万中国及其相邻地区地貌图的编制方法,划分了中国地势起伏度等级并制作出了地形起伏度栅格图,而且分析概述了中国地形起伏度的基本特征<sup>[8]</sup>。牛文元将平地比重引入,以生态环境脆弱为角度定义地形起伏度的模型,这种方法考虑到经济建设成本,并得出中国的地形起伏度超过了世界平均水平的结果<sup>[9]</sup>。封志明等人为满足人居环境自然适宜性评价的要求,提取出中国县域尺度的地形起伏度,分析了空间结构、高度比例等分布规律,并结合人口分布和经济发展的水平的相关性进行探讨<sup>[10]</sup>。赵卫权等人为分析景观空间格局随地形起伏度差异而变化的特征,基于 DEM 数据提取了贵州省单一因子的地形起伏度<sup>[12]</sup>。

在关于地形起伏度国内外研究的基础上可知,牛文元<sup>[9]</sup>使地形起伏度成为衡量生态环境脆弱程度的一项重要指标,且他提出的地形起伏度计算模型融入了平地比重,使地形起伏度成为一个兼顾经济成本的量化指数,计算时以行政网格作为统计单元。结合本文的研究目的,确立采用封志明等人<sup>[10]</sup>在牛文元模型基础上提出的地形起伏度计算公式,运用邻域窗口分析方法,提取云南省县域尺度的地形起伏度,分析其空间分布规律及其与人口密度的空间耦合关系,为相关部门制定规划、引导人口合理布局提供科学依据和决策支持。云南地形起伏巨大,是中国第一和第二级地势过渡区,也是中国人口地理分布线(胡焕庸线)的关键区段,地形起伏通过土地利用间接地以及通过交通直接地影响人口分布,研究云南省的地形起伏特点与人口分布的空间耦合关系具有特殊意义,也为促进云南省的人口分布提供科学依据。

\* 收稿日期:2014-10-15 修回日期:2015-10-20 网络出版时间:2015-12-02 13:27

资助项目:国家自然科学基金(No. 41261038);贵州省财政厅重点项目

作者简介:杨雪婷,女,研究方向为区域规划与开发,E-mail: 954304746@qq.com;通信作者:苏维词,男,教授,E-mail: suweici@sina.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20151202.1327.040.html>

## 1 研究区概况

云南省介于东经  $97^{\circ}31' \sim 106^{\circ}12'$  和北纬  $21^{\circ}09' \sim 29^{\circ}15'$  之间,东西横跨 865 km,南北纵跨 990 km,全省总面积约  $3.94 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。目前下辖 16 个地级行政单位,包括 8 个地级市、8 个自治州,至 2012 年末云南省地区生产总值 10 309.47 亿元,总人口为 4 659.00 万人。从地形上看,云南省是一个以高原山地为主的省份,处于中国地势的第 2 阶梯,大部分属于滇东高原,从周围分别向东北面的四川盆地、东面的贵州山原、南面的广西盆地、红河和湄公河平原等过渡;西北以西部分是青藏高原东南部及横断山脉的一部分,是青藏高原和云贵高原的中间地带<sup>[12]</sup>,地形起伏大且空间差异显著,对人口分布及经济社会发展均有重要影响。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 地形起伏度的概念

地形起伏度是描述一个特定区域地形特征的宏观性指标之一,是指在这个区域内,海拔高差与地表切割程度的综合特征。DEM 数据提供了包括高程数据的地形信息,在牛文元等人<sup>[9]</sup>的研究基础上,采用如下公式计算地形起伏度:

$$RDLS = \frac{ALT}{1\ 000} + \frac{[\max(H) - \min(H)] \times \left(1 - \frac{P(A)}{A}\right)}{500} \quad (1)$$

其中  $RDLS$  为地形起伏度; $ALT$  为一定区域内的平均海拔(单位:m); $\max(H)$  为区域内的最高海拔(单位:m); $\min(H)$  为区域内的最低海拔(单位:m); $P(A)$  为区域内的平地面积(单位: $\text{km}^2$ ); $A$  为区域总面积。计算过程中将海拔为 500 m 的高程看作是一个基准山体的高度,地形起伏度是 1 的几倍则表示起伏了几个基准山体的高度,地形起伏度若小于 1,则表明海拔是低于 500 m 的一个基准山体的起伏<sup>[11]</sup>。

### 2.2 数据来源与处理

数据资料来源于 2013 年《云南统计年鉴》的人口数据,贵州山地资源研究所提供的云南省 DEM(90 m 等高线获取的数据)。根据以上数据借助 ArcGIS 10.0 软件,作为主要基础数据处理平台,利用栅格数据的邻域计算工具窗口分析功能提取了地形起伏度计算中所涉及的海拔、坡度等各因子,并分析其与人口分布的耦合关系。

窗口分析是针对栅格数据的空间分析方法,将上个数据部分或全部数据根据需求分为大小相同的分析窗口,有圆形、矩形等形状,并在窗口内进行计算,本文选择的窗口类型为矩形窗口,参考陈学兄等人<sup>[13]</sup>关于利用邻域统计分析法,在不同大小邻域窗口下提取地形起伏度,基于分辨率为 90 m 的 DEM 数据提取不同地貌区起伏度计算的适宜分析窗口为  $11 \times 11$ 。

### 2.3 地形起伏度各因子的提取

**2.3.1 窗口内平均海拔高度** 启动 ArcGIS 10.0 软件后,添加云南 DEM 数据,在空间分析工具中选取邻域分析模块中的焦点统计工具,选择分析窗口形状再输入设置窗口的大小,计算窗口内的平均海拔高度,生成平均海拔高程的栅格数据层  $ALT$ 。

**2.3.2 最大高程和最小高程的差值** 利用焦点统计工具分别调用 MAXIMUM 函数、MINIMUM 函数,得出最大高程和最小高程的新的栅格数据层,再运用栅格计算器把两个栅格数据层进行差值运算,直接输入计算公式  $X = [\max(H) - \min(H)]$  计算,得出的最大高程和最小高程的差值仍是栅格数据层。

**2.3.3 平地面积的提取** 研究中的平地面积和非平地面积是根据坡度的大小来定义的,将坡度不大于  $5^{\circ}$  的定义为平地面积,其它为非平地面积。首先基于数据高程模型,在空间分析工具中运用 Surface 提取坡度,得到坡度数据层,计算出坡度不大于  $5^{\circ}$  的平地面积的栅格数据,将平地面积的栅格数据进行重分类,然后设置非平地的值为空值(Nodata),运用邻域分析工具焦点统计中的 SUM 函数统计窗口( $11 \times 11$ )内的平地像元个数,再除以所取得窗口内像元总数(即 121),即可得到平地比例  $P(A)/A$ ,最后利用栅格计算输入公式  $[1 - P(A)/A]$ ,计算出非平地比例。

**2.3.4 地形起伏度的提取** 将上述所提取的各因子代入(1)式中,运用栅格计算器进行计算,得到最终的云南省地形起伏度(如表 1)。

### 3 结果分析

#### 3.1 云南省地形起伏度规律分析

利用 ArcGIS 10.0 空间布局视图,以地形起伏度计算结果为基础,输出云南地形起伏度空间分布图(封三彩图 1)。从图中可知,云南省地形起伏度数值在 0.082~7.378 之间,最大值与最小值差异明显,空间布局整体走向为西北高于东南,北部高于南部,滇中地区居中;云南省各州市地形起伏度值域在 1.56~4.36 之间,最高值分布在云南省西北面,主要是迪庆藏族自治州、怒江傈僳族自治州、丽江市北部值比较大,最低值分布在滇南地区,如西双版纳傣族自治州、德宏傣族景颇族自治州。表 1 是云南省地形起伏度统计结果,由表 1 可以看出,地形起伏度值高则海拔差大、坡度大,地形起伏度随着平均海拔高度的升高而呈逐渐增大,平均海拔越高,地形起伏度越大,反过来亦如此,表现出很强的规律性。

表 1 地形起伏度主要统计因子

地形起伏度值域	平均海拔/m	坡度/(°)	海拔高差/m
0.082~1.713	81~1 236	0~8.25	0~162
1.713~2.342	1 236~1 771	8.25~15.88	162~280
2.342~3.086	1 771~2 392	15.88~23.52	280~407
3.086~4.087	2 392~3 269	23.52~32.74	407~577
4.087~7.378	3 269~5 538	32.74~77.88	577~1 827

以云南省地形起伏度空间分布的栅格数据层基础上,运用区域分析进行分区统计,建立云南省各区县平均地形起伏度及县域平均地形起伏度分布图(封三彩图 2)。从封三彩图 2 可见,在中低海拔地区地形起伏和缓,主要是云南属于云贵高原,高原面是比较平坦的区域,滇西北由于矗立着如梅里雪山、哈巴雪山这样的独立山体,地形起伏度很大。

由封三彩图 2 可知,云南省县域地形起伏度介于 1.30~4.61 之间,最小值 1.30 位于德宏州瑞丽市,与州市的最小值所在区域略有差异,最大值仍处于迪庆州德钦县;从南到北地形起伏度呈明显递减趋势,其中滇东北地区的绥江县、水富县、盐津县、滇中地区的元谋县地形起伏度值较小。

#### 3.2 地形起伏度与人口分布的空间耦合关系

3.2.1 云南省地形起伏度与人口密度相关性分析 根据云南省地形起伏度的计算结果,结合人口及经济数据,分析 RDLS 与其二者的相关性。其中采用人口密度作为衡量人口分布的指标,人口密度是单位面积的人口数量,对 RDLS 及人口密度进行回归分析,得出地形起伏度与人口密度的回归方程为: $y = -47.89x^2 + 267.27x - 236.95$ ,其中  $x$  为云南省的州市的地形起伏度数值, $y$  为其州市的人口密度。相关系数为  $R^2 = 0.5217$ ,说明地形起伏度与人口密度存在正相关性。其中,昆明市作为云南省省会,且属滇池平原,地形平坦,曲靖市交通发达,是云南连接内地的重要陆路通道,两个城市的人口比较集中,经济发达,因此在计算地形起伏度与人口密度相关性的过程中这两个城市没计入范围。人口分布呈现出一定的自然、社会经济情况,人口分布的地域差异主要是社会经济发展水平及自然条件影响,本文涉及到的省会城市和地级市的建城区人口分布主要是受到社会经济发展水平的影响,地形起伏的作用相对减弱。

3.2.2 云南省地形起伏度与人口分布的空间耦合分析 为进一步说明云南省地形起伏度与人口分布的相关性,对云南省县域地形起伏度与人口密度进行空间自相关分析(图 3)。空间自相关是一种空间统计的方法<sup>[14]</sup>,指的是一种现象在空间分布上的相关性<sup>[15]</sup>,空间自相关分析是探索性空间数据分析(简称

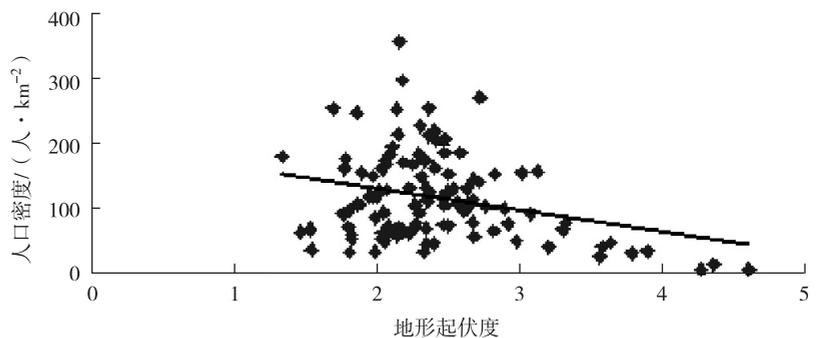


图 3 云南省县域地形起伏度与人口密度相关性

“ESDA”)方法中应用最为广泛的方法之一<sup>[16]</sup>。用地形起伏度和人口密度的相对比例来衡量两者之间的耦合关系<sup>[17]</sup>,用耦合指数  $I$  表示:

$$I = \text{地形起伏度} / \text{人口密度}。 \quad (2)$$

将各区县地形起伏度与人口密度数值代入(2)式计算出二者之间的耦合指数,见表 2。由表 2 可以看出,德钦县地形起伏度与人口密度的耦合指数最高,昆明市耦合指数最低,除省会城市和地级市的建城区(县域行政单元)外,县域地形起伏度与人口密度的空间耦合关系具有较明显的反相关关系(图 3)。

表 2 云南省各区县地形起伏度与人口密度耦合指数

区县	耦合指数	区县	耦合指数	区县	耦合指数	区县	耦合指数
香格里拉县	0.290 7	耿马县	0.027 3	勐海县	0.033 1	水富县	0.006 4
维西县	0.108 1	沧源县	0.031 5	思茅区	0.024 2	马关县	0.015 6
德钦县	0.576 3	双江县	0.031 9	西盟县	0.030 9	丘北县	0.021 0
宁蒗县	0.083 0	隆阳区	0.013 0	澜沧县	0.037 2	砚山县	0.017 2
华坪县	0.031 7	施甸县	0.015 1	孟连县	0.028 4	绿春县	0.035 2
永胜县	0.036 7	腾冲县	0.022 9	江城	0.052 4	泸西县	0.009 8
丽江市	0.131 5	龙陵县	0.023 6	镇沅县	0.049 4	元阳县	0.012 3
泸水县	0.040 9	昌宁县	0.032 2	景谷县	0.056 0	蒙自市	0.010 5
福贡县	0.1145	芒市	0.001 1	景东县	0.032 6	个旧市	0.008 2
贡山县	0.533 8	陇川县	0.018 4	墨江县	0.032 9	开远市	0.011 4
兰坪县	0.074 1	梁河县	0.016 1	普洱市	0.039 8	弥勒市	0.016 3
大理市	0.006 1	盈江县	0.030 4	玉溪市	0.004 6	石屏县	0.023 6
鹤庆县	0.025 8	瑞丽市	0.007 1	江川县	0.006 5	富源县	0.010 9
漾濞县	0.058 0	元江县	0.028 5	澄江县	0.009 9	师宗县	0.015 6
祥云县	0.013 5	临翔区	0.018 4	通海县	0.005 6	陆良县	0.0071
宾川县	0.019 6	凤庆县	0.015 9	华宁县	0.013 1	会泽县	0.018 0
弥渡县	0.011 6	云县	0.020 4	永善县	0.018 8	马龙县	0.020 7
南涧县	0.023 9	永德县	0.022 7	大关县	0.014 3	红河县	0.0164
巍山县	0.018 1	镇康县	0.034 4	鲁甸县	0.009 8	金平县	0.022 3
永平县	0.045 9	易门县	0.020 3	盐津县	0.009 7	河口县	0.022 1
云龙县	0.076 0	峨山县	0.028 5	绥江县	0.010 6	屏边县	0.029 2
洱源县	0.032 6	新平县	0.032 1	彝良县	0.012 1	景洪市	0.021 7
剑川县	0.047 0	楚雄市	0.019 2	威信县	0.007 3	勐腊县	0.039 7
南华县	0.026 4	牟定县	0.017 2	巧家县	0.019 0	建水县	0.015 4
大姚县	0.041 2	姚安县	0.023 6	镇雄县	0.005 9	禄劝县	0.028 2
永仁县	0.049 4	双柏县	0.067 6	文山县	0.012 7	寻甸县	0.022 8
元谋县	0.016 3	麒麟区	0.013 0	富宁县	0.020 8	宜良县	0.012 4
武定县	0.032 7	宣威市	0.011 7	西畴县	0.011 8	石林县	0.011 1
禄丰县	0.020 2	罗平县	0.011 9	广南县	0.017 8	昭阳区	0.007 0
昆明市	0.001 2	富民县	0.018 9	晋宁县	0.010 7	安宁县	0.009 1
麻栗坡县	0.016 9	东川市	0.019 4	呈贡县	0.006 9	嵩明县	0.011 5

注:人口数据来源于 2013 年云南省统计年鉴。

3.2.3 全局空间自相关分析 利用 Geoda095i 软件进行数据分析时首先建立空间邻接权重,计算云南省地形起伏度与人口密度耦合指数的 Global Moran's  $I$  并进行  $Z$  检验,用 Global Moran's  $I$  分析观测变量的空间格局时,需要进行显著性检验即  $Z$  检验,来保证一定情况下推断结论的正确性。若得出的数据服从正态分布,则采用如

下公式进行检验:

$$Z_{\text{Score}} = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{Var}(I)}} \quad (3)$$

其中  $E(I)$  与  $\text{Var}(I)$  分别为 Moran's  $I$  的期望值与方差。一般情况下,当  $|Z_{\text{Score}}| > 1.96 (\alpha = 0.05)$ , 可以拒绝零假设  $H_0$  ( $n$  个空间对象属性取值之间不存在空间自相关性), 说明变量在空间分布上存在显著的空间自相关性, 即具有较强的空间集聚性。在全局空间自相关分析中由于省会城市及地级市建成区承担了区域性的行政管理、交通中心、经济中心等功能, 因此其人口分布影响因素复杂, 不遵从地形起伏度影响作用, 未纳入计算范围。省会城市及地级市建成区受到社会经济影响作用较大, 其人口分布与地形起伏度的相关性较弱, 本文选用 Global Moran's  $I$  作为全局自相关的计算方法, 未纳入计算范围的区域在全局自相关中也未作为样本量, 即空间位置个数。

结果如表 3 所示, 云南省地形起伏度与人口密度耦合指数的 Global Moran's  $I$  指数为 0.582 2, 通过显著性水平  $\alpha = 0.05$  的检验, 即在 95% 置信区间其指数大于 0, 表示云南省各区县地形起伏度与人口密度的空间分布存在显著的空间自相关性, 即地形起伏度与人口密度耦合指数大的地区, 其周边区县其值也大, 反之亦然。

表 3 云南省地形起伏度与人口密度耦合指数的 Global Moran's  $I$  值与  $Z$  检验

名称	Moran's $I$	$E(I)$	$Z_{\text{Score}}$	阈值 ( $\alpha = 0.05$ )
耦合指数	0.582 2	-0.009 4	7.94	1.96

3.2.4 局域空间自相关分析 全局空间自相关主要是描述整体的状况, 局域空间自相关指数可以用来度量局部空间差异程度, 某单元与周边区域的关联性。Local Moran's (LISA) 常被用来研究局域内部异质性的分布状况<sup>[18]</sup>, 利用 Geoda095i 软件分析云南省的 Local Moran's  $I$  值并进行显著性检验,  $Z$  检验结果见封三彩图 4,  $Z$  值在 0.01 水平下显著的区县有 9 个, 说明耦合指数空间分布属于低-高集聚分布, 局域空间相关存在差异性, 在 0.05 水平下显著的区县有 29 个, 属于低-低分布类型。在 0.01 水平下显著的区县说明这些区县的地形起伏度和人口密度的耦合指数的  $Z$  值在 99% 置信度下的空间自相关是显著的, 白色区域代表集聚特征不显著。

## 4 结论

本文基于 1:20 万云南省数字高程模型 (DEM), 采用窗口分析法, 利用 Arcmap 中的邻域分析模块, 设置最佳矩形窗口为  $11 \times 11$ , 提取了云南省地形起伏度, 并分析了地形起伏度的分布规律及其与人口分布的空间耦合关系。研究表明:

1) 云南省地形起伏度介于 0.082~7.378 之间, 区域差异显著, 空间分布整体趋势为西北高于东南, 北部高于南部, 滇中地区居中, 最高值分布在迪庆藏族自治州、怒江傈僳族自治州、丽江市北部, 最低值分布在西双版纳傣族自治州、德宏傣族景颇族自治州。县域地形起伏度介于 1.30~4.61 之间, 其最高值分布在滇西北的梅里雪山、玉龙雪山、哈巴雪山这些独立山的地区, 最小值 1.30 位于德宏州瑞丽市, 与州市的最小值所在区域略有差异, 最大值仍处于迪庆州德钦县, 其中滇东北地区的绥江县、水富县、盐津县、滇中地区的元谋县地形起伏度值较小。

2) 地形起伏度呈现随着海拔高度、坡度的增大而呈现逐渐增加的规律。

3) 地形起伏度与人口分布的有一定的相关性, 由回归分析得出云南省州市地形起伏度与人口密度的多项式合曲线拟合度为 0.521 7。除省会城市和地级市的建城区 (县域行政单元) 外, 县域地形起伏度与人口密度的空间耦合关系具有较显著的反相关关系。人口分布呈现出一定的自然、社会经济情况, 人口分布的地域差异主要是社会经济发展水平及自然条件影响, 本文涉及到的省会城市和地级市的建城区人口分布主要是受到社会经济发展水平的影响, 地形起伏的作用相对减弱。

4) 利用 Geodata 软件对云南省县域地形起伏度与人口密度耦合指数的空间自相关分析, 云南省地形起伏度与人口密度耦合指数的 Global Moran's  $I$  指数为 0.582 2, 通过显著性水平  $\alpha = 0.05$  的检验, 表明云南省地形起伏度与人口密度的空间分布存在较显著的空间自相关, 具有较强的空间集聚形, 即地形起伏度与人口密度耦合指数大的地区, 周边区域的耦合指数也大, 耦合指数小的地区周边区县也小。云南总体上属于云贵高原西部, 中低海拔大多位于高原面, 地形起伏度小, 在这一整个区域内地形起伏度与人口密度耦合指数相差不大, 即存在空

间自相关性。

5) 对地形起伏度与人口密度耦合指数局域空间的 Local Moran's  $I$  值进行显著性检验,在 0.01 水平下显著的区县有 9 个,说明耦合指数空间分布属于低-高集聚分布,说明低值区域被高值区域包围,局域空间相关存在差异性,在 0.05 水平下显著的区县有 29 个,属于低-低分布类型。

### 参考文献:

- [1] 李钜章. 中国地貌基本形态划分的探讨[J]. 地理研究, 1987(2):32-39.  
Li J Z. Classification of fundamental types of geomorphological form in China[J]. Geogrphy Research, 1987(2): 32-39.
- [2] 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(11):266-271.  
Tu H M, Liu Z D. Demonstrating on optimum statistic unit of relief amplitude in China[J]. Journal of Hubei University: Natural Science, 1990(1):266-271.
- [3] A·N·斯皮里顿诺夫. 地貌制图学[M]. 北京:地质出版社,1956:81-84.  
Spiridonov A N. Geomorphological mapping[M]. Beijing: Geology Press, 1956:81-84.
- [4] 杨明德. 地形起伏度的初步探讨[J]. 贵阳师范学报:自然科学版,1977(3):107-109.  
Yang M D. Relief of preliminary discussion[J]. Journal of Guizhou Normal University: Natural Science, 1977(3):106-109.
- [5] 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(3):266-271.  
Tu H M, Liu Z D. Demonstrating on optimum statistic unit of relief amplitude in china[J]. Journal of Hubei University: Natural Science, 1990(3):266-271.
- [6] 高守英,吴泉源,安国强. 基于 GIS 的龙口市沭汶河流域地貌形态定量分析[J]. 遥感技术与应用, 2003(2):87-90.  
Gao S Y, Wu Q Y, An G Q. Quantitative morphologic analysis of Yongwen river basin at Longkou based on geographic information system[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2003(2):87-90.
- [7] 陈述彭. 贵州遵义附近之相对地势[J]. 地理学报, 1947, 14(2):1-11.  
Chen S P. Guizhou Zunyi near relative terrain[J]. Acta Geographica Sinica, 1947, 14(2):1-11.
- [8] 涂汉明,刘振东. 中国地势起伏度研究[J]. 测绘学报, 1991, 20(4):311-319.  
Tu H M, Liu Z D. Study on relief amplitude in China[J]. Journal of Surveying and Mapping, 1991, 20(4):1-11.
- [9] 路甫祥,牛文元. 中国可持续发展总论[M]. 北京:科学出版社, 2007:75-77.  
Lu P X, Niu W Y. Overview of China's sustainable development[M]. Beijing: Science Press, 2007:75-77.
- [10] 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[J]. 地理学报, 2007, 62(10):1073-1082.  
Feng Z M, Tang Y, Yang Y Z. The relief degree of land surface in China and its correlation with population distribution[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(10):1073-1082.
- [11] 赵卫权,苏维词,袁俊. 基于地形起伏度的贵州省景观空间格局分异特征[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4):105-110.  
Zhao W Q, Su W C, Yuan J. Heterogeneity of landscape pattern based on the relief in Guizhou province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(4):105-110.
- [12] 徐吉山. 云南拟步甲区系与地理分布特征[D]. 河北保定:河北大学, 2013.  
Xu J S. Fauna and distribution of the darking beetles from Yunnan[D]. Baoding Hebei: Hebei University, 2013.
- [13] 陈学兄. 基于 SRTMDEM 数据的中国地形起伏度分析研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2013(8):674.  
Chen X X. Analytical study of the relief amplitude in China based on SRTM DEM data[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2013(8):674.
- [14] 梁艳平,钟耳顺,朱建军. 城市人口分布的空间相关性分析[J]. 工程勘察, 2003(4):48-50.  
Liang Y P, Zhong E S, Zhu J J. Spatial correlation analysis of the distribution of urban population[J]. Engineering Survey, 2003(4):48-50.
- [15] 魏晓峰,吴健平. 基于 ArcGIS 的空间自相关分析模块的开发与研究[J]. 测绘与空间信息, 2005(6):1.  
Wei X F, Wu J P. Development and research of spatial autocorrelation based on ArcGIS[J]. Surveying and Mapping and Spatial Information, 2005(6):1.
- [16] 马荣华,黄杏元. 用 ESDA 技术从 GIS 数据库中发现知识[J]. 遥感学报, 2002, 6(2):102-107.  
Ma H R, Huang X Y. Knowledge discovery with ESDA from GIS database[J]. Journal of Remote Sensing, 2002, 6(2):102-107.
- [17] 钟业喜,陆玉麟. 鄱阳湖生态经济区人口与经济空间耦合研究[J]. 经济地理, 2011, 31(2):198-200.  
Zhong Y X, Lu Y L. The coupling relationship between population and economic in Poyang lake ecological eco-

conomic zong[J]. Economic Geography, 2011, 31(2): 198-200.  
[18] 刘聪粉, 柯大纲, 张瑞荣. 基于 Geoda095i 的陕西省人口分布空间统计分析[J]. 西北人口, 2008, 29(6): 7-15.

Liu C F, Ke D G, Zhang R R. A spatial statistical analysis on population distribution of Shanxi province with Geoda0951[J]. Northwest population, 2008, 29(6): 7-15.

## Research of the Coupling Relationship for Topographical Relief Degree and Population Distribution in County Scale, Kunming Province

YANG Xueting<sup>1</sup>, SU Weici<sup>1,2</sup>

(1. College of Geography & Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 400047;

2. Institute of Mountain Resource, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, China;

3. Information Engineering Institute, Yunnan Technology and Business University, Kunming 651700)

**Abstract:** Topography is one of main factors impact on the distribution of popularity. In this article, in the light of the Yunnan DEM (1 : 200 000), and based on the special spatial software of Arcgis 10.0, we study the discipline of the topographic degree in Yunnan province, and then the coupling degree index of the topographic degree and popularity distribution has been estimated. Furthermore, the global spatial autocorrelation and local spatial autocorrelation for topographic relief degree and population distribution have been analyzed within every county in Yuannan province occupied by Geoda. The results show that on the whole, the spatial distribution of the topography relief degree in Yuannan province have the tendency were that the degree in northwestern greater than in southwestern, northern regions were greater than southern regions, among those regions, occur of the highest degree was in the central regions. There were the trends that the topography relief degree would increase corresponding to the expansion of the elevation and slope. The range of topography relief degree was from 1.30 to 4.61 in county dimension. The Global Moran's  $I$  was 0.582 2 for population density coupling degree and topographical relief degree based on the result from Geoda software. The outcomes demonstrated relative significant features between topographical relief degree and population spatial distribution in Yunnan province, and divergence in local spatial correlation has been found when conducted significant test for Local Moran's  $I$ .

**Key words:** topographical relief degree; population distribution; spatial coupling relationship; Yuannan province

(责任编辑 许 甲)