

# Study on Spatial Distribution of Yi Population in Yunnan Province

Mianluochumu, Wujun Xi

School of Geography and Tourism Management, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan  
Email: 1280699289@qq.com, absxwj@163.com

Received: May 7<sup>th</sup>, 2016; accepted: May 20<sup>th</sup>, 2016; published: May 26<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

In order to explore spatial distribution of Yi population, and the relationship between natural and social factors and Yi population in Yunnan province, the paper used spatial measure, spatial autocorrelation and spatial regression analysis methods to analyze it with 2010 census data, 2014 statistical yearbook of Yunnan province, then these conclusions could be drawn as follows. The median Center of Yi population in Yunnan province was located in Lufeng county, central element was located in Yimeng county, and the average center was located in Chuxiong city. The distribution direction was aligned East-West. The most important Influence factor of spatial distribution of Yi population was per capita GDP.

## Keywords

Yi Population, Spatial Distribution, Spatial Autocorrelation, Spatial Auto Regression

---

# 云南省彝族人口空间分布研究

面洛初姆, 席武俊

楚雄师范学院地理科学与旅游管理学院, 云南 楚雄  
Email: 1280699289@qq.com, absxwj@163.com

收稿日期: 2016年5月7日; 录用日期: 2016年5月20日; 发布日期: 2016年5月26日

## 摘要

为探究云南省彝族人口空间分布及其与自然社会因子的关系, 利用2010年云南省人口普查资料, 2014年云南省统计年鉴和云南省县界矢量图, 对云南省彝族人口的空间分布及其与自然社会因子的关系进行分析。结果表明, 云南省彝族人口中位数中心分布位于禄丰县, 中心要素位于玉溪市易门县, 平均中心位于楚雄市, 彝族人口分布方向大致呈东西方向。对云南省彝族人口空间分布影响最大的因子是人均GDP。

## 关键词

彝族人口, 空间分布, 空间自相关, 空间自回归

## 1. 前言

人口是生活在特定社会制度、特定地域具有一定数量和质量的人的总称[1]。人口分布是指人口在一定时间内的空间存在形式、分布状况、包括各类地区总人口的分布, 以及某些特定人口(如城市人口、特定的人口过程和构成)的分布等。人口分布是受自然、社会、经济和政治等多种因素作业的结果[2]。人口分布问题原属社会学的研究范畴, 人口地理学作为一门学科只是到了17世纪以后才逐渐形成。随着科学技术的不断进步, 特别是10余年来地球信息科学的突飞猛进, 在遥感、GIS、GPS技术的支持下, 地理学家开始利用新的地学研究手段, 定量、定位地研究人口、社会经济数据的空间分布问题[2]。例如Clark假设城市为理想地表形态、各项同性的圆形区域, 人口围绕城市中心呈圆形分布, 给出了城市人口分布密度的衰减规律[3]。与Clark模型类似的还有Sherratt模型等, 该模型后被发展为“负指数模型”[4]。此外, 还有基于高斯分布的Smeed模型[5]、基于重量-质量-距离理论的重重量人口分布模型等[6]。此类模型的特点是简单明了, 可以对人口分布做出总体的宏观概况。Clayton用彩虹外影像上建筑物的数量, 来验证人口普查数据的精度[7]; Ogrosky在波兰Puget Sound地区的研究表明, 人口数与遥感影像上的城区面积之间具有高度的相关性( $R^2 = 0.96$ ) [8]; Lo研究了TM影像不同波段的光谱值与城市人口密度之间的关系[9]。Paul Sutton等采用实用线性扫描系统的夜间热红外影像, 与栅格化的美国1990年1 km × 1 km人口分布数据相比较, 得出人口的密度程度与OLS影像值的高低在趋势上具有很好的一致性[10]; 在人口密度的大城市地区, OLS影像值与人口密度具有很高的相关性( $R^2 = 0.84$ ), 但是在全国尺度上, 二者的相关性一般( $R^2 < 0.6$ ), 而且 $R^2$ 随着空间分辨率的增大而减小。这些遥感参数与人口之间相关关系的空间稳定性较差, 随着区域的不同而变化很大, 难以推广到大尺度上[11]。叶文振以江西省为例, 分析了人口密度与地貌类型、水系流域关系[12]。孙文生等分析了人口增长与经济的关系, 指出人口增长与经济发展之间存在着促进-抑制-促进的互动关系[13]。王桂新指出区域经济发展水平和不同区域之间经济发展水平的差异, 是我国人口迁移的两个最为重要的拉动力[14]。胡焕庸等综合考虑自然条件、经济状况等因素, 将我国分为8大人口区, 并在东、西部之间划出了一条人口数量、密度分界线“爱辉-腾冲线”, 以此形象地描述我国东多西少的人口分布宏观格局[15]。韩光辉等认为我国的人口在大尺度上具有明显的差异分布特征, 而在局部区域, 人口密度与聚落性质与规模、自然地理条件及经济开发类型具有直接的联系[16]。程希提出经济人口承载力和资源人口承载力的概念, 用以描述人口、自然资源与社会经济之间的相互关系[17]。

结合人口空间分布国内外研究理论与模型, 本文利用云南省2010年人口普查资料和2014年云南省统计年鉴为数据源, 对云南省彝族人口的空间分布及其与自然社会因子的关系进行分析, 以期得到云南省彝族人口空间分布特征及其与自然社会因子的关系。

以云南省各县市彝族人口为研究对象, 综合考虑了各种区域人口分布的主要影响因子, 在此基础上结合 GIS 软件对研究区的人口分布建立了空间自相关、空间回归模型、空间滞后模型或空间误差模型, 研究结果将更科学、客观地研究云南省彝族人口的空间分布, 有利于揭示研究人口空间分布的重要性。为云南省彝族地区各级行政机构进行社会、经济、文化的发展决策提供依据, 对行政管理、人口研究、了解市场供求、制定社会和经济计划等都具有重要意义。

## 2. 研究区域概况

### 2.1. 研究区域概况

云南省面积为 39 万平方千米, 至 2013 年末总人口 4686.6 万人, 人口密度为 118.90 人/平方千米, 其中彝族人口数为 512.71 万人, 占全省总人口的 10.9% [18]。

### 2.2. 云南省彝族概况

彝族主要分布在云南、四川、贵州、广西等省区, 其中云南最多, 为 512.71 万人。彝族是云南省少数民族中人口最多的一个民族, 云南绝大部分县市都有彝族分布, 而以楚雄彝族自治州、红河哈尼彝族自治州的哀牢山区、乌蒙山区和滇西北大凉山一带比较集中[19]。

## 3. 数据来源、研究方法及技术路线

### 3.1. 数据来源

对云南省彝族人口空间分布研究中, 选用的数据包括有: 2013 年云南省地区生产总值(万元)、2013 年云南省第一产业增加值(万元)、2013 年云南省第二产业增加值(万元)、2013 年云南省第三产业增加值(万元)、2013 年医疗机构床位数(张)、2013 年人均 GDP(元/人)、2013 年云南省总人口(万人)、2013 年年均温(°C)、2013 年年降水量(mm)、2010 年人均受教育年限(年)、2010 年文盲率(%)、2010 年成人识字率(%)、2010 年彝族人口数量(人)。考虑人口分布的社会、经济、政治、文化等可能成为影响人口空间分布的因素。以上数据来自于 2014 年云南省统计年鉴及 2010 年云南省第六次全国人口普查数据。

### 3.2. 研究方法

#### 3.2.1. 空间自相关 (Global Moran's I)

利用 GIS 进行空间自相关(Global Moran's I), 用于反应事物或现象具有空间位置上的依赖关系。空间自相关根据要素位置和要素值来度量空间自相关。在给定一组要素及相关属性的情况下, 该方法评估所表达的模式是聚类模式、离散模式还是随机模式。通过计算 Moran's I 指数值、z 得分和 p 值来对该指数的显著性进行评估。p 值是根据已知分布的曲线得出的面积近似值(受检验统计量限制)。计算公式为[20]:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2} \quad (3-1)$$

式中,  $Z_i$  是要素  $i$  的属性与其平均值  $(X_i - \bar{X})$  的偏差,  $W_{i,j}$  是要素  $i$  和  $j$  之间的空间权重,  $n$  等于要素总和,  $S_0$  是所有空间权重的聚合:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j} \quad (3-2)$$

统计的  $Z_i$  得分按以下形式计算:

$$Z_i = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad (3-3)$$

式中:

$$E[I] = -1/(n-1) \quad (3-4)$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2 \quad (3-5)$$

### 3.2.2. 空间回归模型

利用 GIS 根据模型设定时对“空间”的体现方法的不同, 空间计量模型主要分为空间滞后模型和空间误差模型[21]。

(1) 空间滞后模型: 反映了因变量的影响因素会通过空间传导机制作用与其他地区。该模型通常被假定是空间自回归过程, 因此空间滞后模型又被称为空间自回归模型, 其表达式如下:

$$y = \rho W_y + x\beta + \mu \quad (3-6)$$

式中,  $y$  是因变量,  $X$  是解释变量,  $W$  是空间权重矩阵,  $\beta$  是参数向量,  $\rho$  是空间滞后项  $W_y$  的参数, 其衡量观测值之间的空间相互作用程度,  $\mu$  是白噪音干扰项。

(2) 空间误差模型: 反映区域外溢是随机冲出的作用结果。

空间 AR(1)的形式:

$$y = x\beta + \varepsilon \quad (3-7)$$

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu \quad (3-8)$$

式中,  $W$  是空间权重矩阵,  $\varepsilon$  是回归残差向量,  $\lambda$  是自回归参数, 衡量了样本观察值中的空间依赖作用, 即相邻地区的观察值  $y$  对本地区观测值  $y$  的影响方向和程度, 当地区之间的相互作用因所处的相对位置不同而存在差异时, 则采用这种模型;

空间 MA(1)的形式:

$$y = x\beta + \varepsilon \quad (3-7)$$

$$\varepsilon = \mu - \theta W\mu \quad (3-9)$$

式中,  $W$  是空间权重矩阵,  $\mu$  为白噪声。

空间 ARMA(1)的形式为:

$$y = x\beta + \varepsilon \quad (3-7)$$

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon - \theta W\mu + \mu \quad (3-10)$$

目前一般空间计量模型都局限于一阶滞后模型、一阶自回归或一阶移动平均模型, 且常用的比较多的是空间误差自相关, 具体还应从空间回归模型结果中进行比较得出。

### 3.3. 技术路线

本研究技术路线如图 1 所示。

## 4. 云南省彝族人口空间分布状况分析

在上述数据建立的基础上, 将其数据导入至云南省、县界线 shp 格式矢量图(精确到县区域)属性表中, 用于分析云南省各县市彝族人口的空间差异, 借助 ArcGIS 软件中 arc toolbox 工具, 分析云南省彝族人口的空间分布状况。

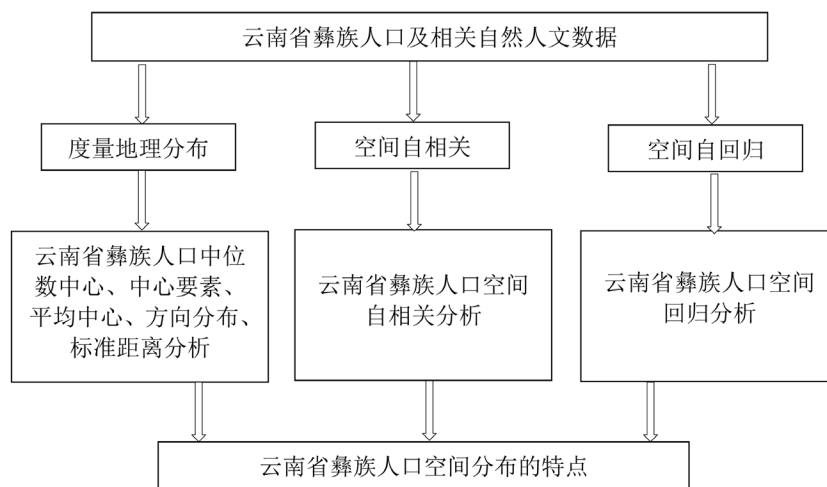


Figure 1. Technical route  
图 1. 技术路线

#### 4.1. 云南省彝族人口空间分布度量

通过分析，得到以下结果：云南省彝族人口中位数中心分布位于禄丰县，中心要素位于玉溪市易门县，平均中心位于楚雄市。云南省彝族人口中心趋势位于云南省滇中地区，椭圆中短半轴长(139,031.98)，因此呈离散分布，分布方向大致呈云南省东西方向。标准距离为 130,941.9，椭圆面积大，说明云南省彝族人口为分散分布。

#### 4.2. 云南省彝族人口空间自相关分析

运用 GIS 中 arctoolbox 空间自相关工具对 2010 年云南省彝族人口进行空间自相关全局分析，得到图 2。

由图 2 可知，Moran 指数是正数，为 0.058946，表明云南省彝族人口具有空间正相关性，但正相关性不大。Z 得分为 1.46，说明云南省彝族人口空间分布为随机的，离散与聚集程度不明显。

### 5. 云南省彝族人口空间分布影响因子分析

#### 5.1. 云南省彝族人口经典回归模型

运用空间统计分析软件 Opengoda，先以 2010 年云南省彝族人口为字段变量，建立空间权重矩阵，并保存结果。又选择空间统计分析软件中 Regression 工具，以 2010 年云南省彝族人口为因变量，以 2013 年云南省地区生产总值、2013 年云南省第一产业增加值、2013 年云南省第二产业增加值、2013 年云南省第三产业增加值、2013 年医疗机构床位数、2013 年人均 GDP、2013 年云南省总人口、2013 年年均温、2013 年年降水量、2010 年人均受教育年限、2010 年文盲率、2010 年成人识字率 12 个值为自变量，结合之前保存的空间权重矩阵结果，将方法选择为 Classic，对 13 个数值建立经典回归模型，得出表 1。

从表 1 中可以看出，诊断了在给定权重矩阵情形下研究对象的自相关性(包括滞后和误差两种情况)，其中稳健 LM (误差)的概率值是 0.8014261，稳健 LM (误差)的概率值是 0.1060965，比较大小，稳健 LM (误差)大于稳健 LM (滞后)，所以应该建立空间误差模型。

#### 5.2. 云南省彝族人口空间误差模型

在经典模型基础上，对 2010 年云南省彝族人口选择用空间误差模型进一步分析。选择空间统计分析软件 Regression 工具，同样以 2010 年云南省彝族人口为因变量，剩余的 12 个值为自变量，结合之前保

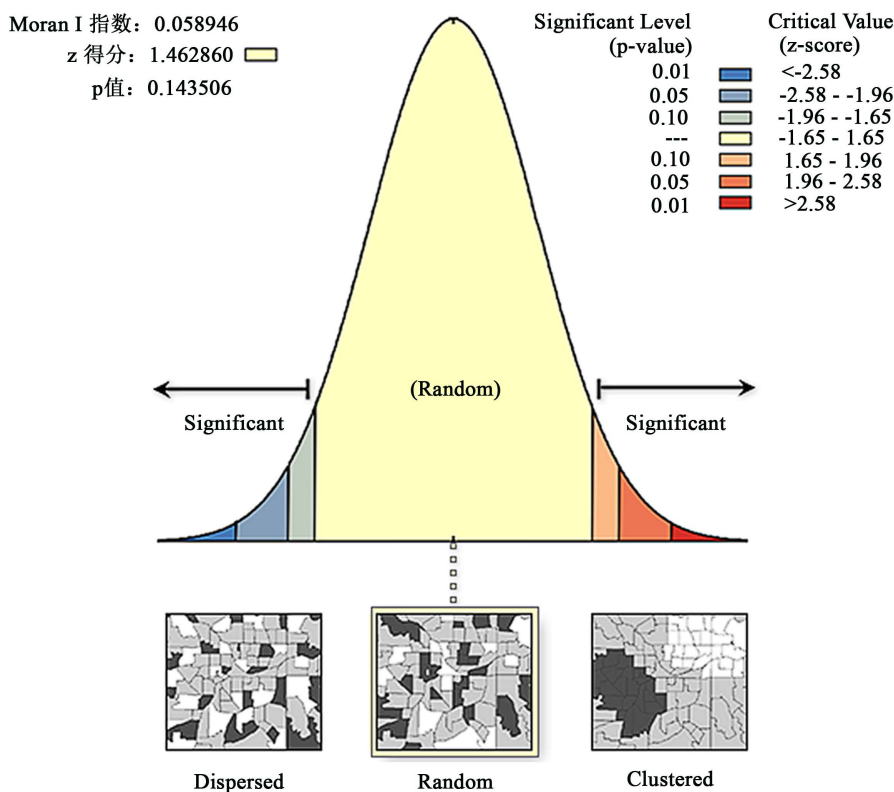


Figure 2. Yunnan Yi population spatial autocorrelation analysis diagram  
图 2. 云南省彝族人口空间自相关分析图

Table 1. Spatial regression model results  
表 1. 空间回归模型结果

结果	MI/DF	数值	概率
Moran 指数(误差)	0.110978	N/A	N/A
拉格朗日乘数(滞后)	1	7.5628729	0.0059583
稳健 LM (滞后)	1	0.0632532	0.8014261
拉格朗日乘子(误差)	1	10.1110424	0.0014738
稳健 LM (误差)	1	2.6114227	0.1060965
拉格朗日乘数(SARMA)	2	10.1742956	0.0061756

存的空间权重矩阵结果，将方法选择为 Spatial Error，对 13 个数值建立空间误差模型，得出结果如表 2 所示。

比较空间误差模型的结果与经典回归模型结果的差异：

(1) 空间误差模型赤池信息准则[22] (3104.99)、施瓦茨准则[23] (3144.59)、似然比率[24] (-1538.49) 均明显小于经典回归模型的似然比率[24] (-1541.67)、赤池信息准则[22] (3109.34)、施瓦茨准则[23] (3146.11)，说明模型对数据的拟合能力有明显的改进。

(2) 空间自回归系数(0.409614)是统计非常显著的( $p < 0.01$ )。

(3) 各变量的回归系数方向没有改变，但是绝对值上均有所上升，在一定程度上说明了空间上邻接关系影响了变量自身的解释力。

Table 2. The error model of the Yi people in Yunnan province space

表 2. 曲线云南省彝族人口空间误差模型结果

变量	系数	标准误差	Z 值	概率
空间回归系数	0.4096138	0.1388586	2.949863	0.0031793
常量	619108.8	1380308	0.4485294	0.6537712
地区生产总值	0.4855925	0.6624145	0.7330644	0.463519
第一产业增加值	-0.3185629	0.6657154	-0.4785271	0.6322751
第二产业增加值	-0.4259399	0.6604393	-0.6449343	0.5189696
第三产业增加值	-0.5259021	0.6639921	-0.7920306	0.4283427
医疗机构床位数	1.59632	4.985763	0.3201757	0.7488352
人均 GDP	-1.6638	0.7357012	-2.261516	0.0237272
年均温	1683.289	2118.359	0.7946194	0.4268348
年降水量	-32.9484	16.88033	-1.951881	0.0509522
人均受教育年限	6387.246	10446.43	0.6114284	0.5409159
文盲率	-8227.722	17876.39	-0.4602564	0.6453323
成人识字率	-6159.478	14082	-0.4374008	0.6618208
云南省总人口	-0.00742537	0.001306546	-5.683208	0.0000000
函数	0.553288	0.1388633	3.984406	0.0000677

(4) 异方差仍然存在。

(5) 报表的最后一部分是对模型的空间习惯性系数的渐进显著性检验, 结果该系数是统计显著的。

(6) 回归方程:  $y = x\beta + (1 - \lambda W)^{-1} \mu$ , 其中  $\beta$  为常量到云南省总人口的 13 个系数值, 但因常数、地区生产总值、第一产业增加值、第二产业增加值、第三产业增加值、医疗机构床位数、年均温、人均受教育年限、文盲率、成人识字率的概率值分别为 0.463519、0.6322751、0.5189686、0.4283427、0.7488352、0.4268348、0.5409159、0.6453323、0.6618208 不小于 0.05, 未通过检验, 所以舍去不用, 故只有云南省总人口(0.0000)和人均 GDP (0.0237272) 2 个系数值, 说明在所研究的影响云南省彝族人口分布的 12 个指标中, 人均 GDP 的影响力最大。W 为之前做的权重矩阵,  $\lambda$  为 LAMBDA 的系数 0.553288,  $\mu$  为残差列(该处未显示)。由此可得知, 云南省彝族人口分布与地区生产总值、第一产业增加值、第二产业增加值、第三产业增加值、医疗机构床位数、年均温、人均受教育年限、文盲率、成人识字率没有存在明显相关。云南省彝族人口空间分布中, 人均 GDP 的影响力最大, 说明经济因素是影响人口分布的一大因素。地区的经济发展状况, 将会对地区自然资源、人口数量、人口素质、人口结构、人口流动都带来不同程度的影响: 地区经济发展状况与一个地区城市发展程度有关, 经济水平越高, 城市发展程度也大, 所容纳的人口和流动人口也越多; 地区的经济发展状况与医疗水平条件有关, 经济水平越高, 地区医疗水平条件越高, 流动人口与常住人口也越多; 随着中国经济体制改革、计划生育政策的实施, 人口出生、死亡与自然增长率地渐显稳定, 在经济社会的迅速发展情况下、政府人口相关政策的逐步调整与缓和, 促动了地区内人口的迁移。从而在云南省彝族人口空间分布中, 人均 GDP 对其影响最大。

## 6. 结论

(1) 对 2010 年彝族人口进行平均中心、中位数中心、中心要素、方向分布、标准距离分析, 得出云

南省彝族人口中位数中心分布位于禄丰县，中心要素位于玉溪市易门县，平均中心位于楚雄市。整个云南省彝族人口分布呈现出离散状态，彝族人口分布方向大致呈东西方向。

(2) 对 2010 年彝族人口进行空间自相关全局分析，在得出的报表里看出云南省彝族人口在空间上的分布是随机的。

(3) 采用空间误差模型对 2010 年彝族人口进行空间自回归，结果表明对云南省彝族人口空间分布影响最大的是人均 GDP。云南省彝族人口分布与地区生产总值、第一产业增加值、第二产业增加值、第三产业增加值、医疗机构床位数、年均温、人均受教育年限、文盲率、成人识字率没有存在明显相关。经济社会迅速发展，在政府相关政策的参与下，地区的经济发展状况，对地区自然资源、人口数量、人口素质、人口结构、人口流动都带来不同程度的影响。研究云南省彝族人口空间分布，可在后期正确、全面认识云南省彝族人口与经济增长之间的关系，从而优化配置，把握云南省彝族人口与经济、资源以及环境之间的协调发展，最终实现云南省全方位的可持续健康发展。

## 致 谢

本研究得到云南省哲学社会科学基地课题(JD13YB17)、云南省卓越青年教师特殊培养项目(自然地理学)、楚雄师范学院人文地理与城乡规划校级重点建设专业项目资助。

## 资助信息

云南省哲学社会科学基地课题(JD13YB17)，云南省卓越青年教师特殊培养项目(自然地理学)，楚雄师范学院人文地理与城乡规划校级重点建设专业项目。

## 参考文献 (References)

- [1] 江东, 杨小唤, 王乃斌, 刘红辉. 基于 RS、GIS 的人口空间分布研究[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 734-738.
- [2] 薛羚茜, 叶长盛. 基于 ESDA 的江西省人口空间分布差异研究[J]. 东华理工大学学报(社会科学版), 2014, 32(2): 110-117.
- [3] Clack, C. (1951) Urban Population Densities. *Journal of the Royal Statistical Society*, **114**, 490-496.
- [4] Brachen, I. and Martin, D. (1989) The Generation of Spatial Population Distribution from Census Centroid Data. *Environment and Planning A*, **21**, 537-543.
- [5] Smeed, R.J. (1963) Road Development in Urban Areas. *Journal of the Institute of Highway Engineers*, **10**, 5030.
- [6] Wang, F.H. and Guldmann, J.-M. (1996) Simulating Urban Population Density with a Gravity-Based Model. *Socio-Economic Planning Science*, **30**, 245-256.
- [7] Clayton, C. and Estes, J. (1980) Image Analysis as Check on Census Enumeration Accuracy. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **40**, 757-764.
- [8] Ogrosky, C.E. (1975) Population Estimation from Satellite Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **41**, 707-712.
- [9] Lo, C.P. (1998) Application of Landsat TM Data for Quality of Life Assessment in an Urban Environment. *Computer, Environment and Urban Systems*, **21**, 259-276.
- [10] Sutton, P., Roberts, D., Elvidge, C., et al. (1997) A Comparison of Nighttime Satellite Imagery and Population Density for the Continental United States. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **63**, 1303-1313.
- [11] Sutton, P. (1997) Modeling Population Density with Nighttime Satellite Imagery and GIS, Computer. *Environment and Urban System*, **21**, 227-244. [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(97\)01005-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(97)01005-3)
- [12] 叶文振. 江西人口的地形区域分布: 1953-1993 [J]. 南方人口, 1999(1): 47-52.
- [13] 孙文生, 靳光华. 河北省人口于经济协调发展的定量分析[J]. 人口与经济, 1997(1): 57-59.
- [14] 王桂新. 中国区域经济发展水平及差异与人口迁移关系之研究[J]. 人口于经济, 1997(1): 50-56.
- [15] 胡焕庸. 论中国人口之分布[M]. 北京: 科学出版社, 1983.



- 
- [16] 韩光辉, 陈喜波. 近三十年来中国人口资源的空间结构、变动趋势及问题与对策[J]. 人口与经济, 1999(6): 39-45.
- [17] 程希. 对不同地区人口分布与经济资源环境关系的总体评价[J]. 人口与经济, 1996(6): 20-25.
- [18] 云南省人民政府. [http://www.yn.gov.cn/yn\\_yngk/yn\\_sqgm/201201/t20120116\\_2914.html](http://www.yn.gov.cn/yn_yngk/yn_sqgm/201201/t20120116_2914.html)
- [19] 师有福. 彝族文化论[M]. 昆明: 云南民族出版社, 2000: 1-13.
- [20] Arc Resource Center. <http://help.arcgis.com/zh-cn/arcgisdesktop/10.0/help>
- [21] 胡安俊, 孙久文. 空间计量——模型、方法与趋势[J]. 世界经济文汇, 2014(6): 111-120.
- [22] 刘璋温. 赤池信息量准则[J]. 数学的实践与认识, 1980(3): 64-72.
- [23] 李子奈, 潘文卿. 计量经济学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 1-363.
- [24] [http://baike.baidu.com/link?url=clDv5\\_SQExW3qvEOC85vrl54sepn6qBXfFEBcekFAOpXZtck3Iqsjw6Mi90YSj5XvK1BgYv\\_chMufH3dSwnBJq](http://baike.baidu.com/link?url=clDv5_SQExW3qvEOC85vrl54sepn6qBXfFEBcekFAOpXZtck3Iqsjw6Mi90YSj5XvK1BgYv_chMufH3dSwnBJq)