

1990—2020年云南省人口空间分布的演化特征分析

秦伟

(云南省社会科学院 经济研究所,昆明 650034)

摘要: 利用第四至第七次云南省人口普查数据,通过人口分布结构指数、人口重心、人口数量和密度的变化分析方法,对县域尺度下云南省人口空间分布的演化特征及趋势进行研究。结果表明:(1)云南各县域人口数量总体上保持增长,但在“大永—澜沧线”沿线区域形成一条人口减少地带,致使人口空间格局呈现“中间塌陷、两侧增长”的特征。(2)云南各县域人口增速近年来普遍下降,人口增长表现出“东快西慢”的空间特征。人口分布的不均衡性更加明显,在空间上表现出“东密西疏”的特征且呈现逐步加强的态势,结构上表现出由一般县域向区域性中心城市聚集的特征。(3)近年来云南东部出现一个“C”字型人口聚集带,这一地带现在已成为云南人口增长的核心区域。(4)“大永—澜沧线”作为划分云南人口东、西分布格局的界线已经显现出一定的合理性与显著性。

关键词: 县域;人口空间分布;人口密度;云南省

中图分类号: C922

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2024)05-0166-07

doi: 10.3969/j.issn.1003-2363.2024.05.025

0 引言

人口的地域分布是人口发展过程在地理空间上的表现形式^[1]。从研究的地域范围看,省域的人口分布研究兼具宏观性和区域性,具有重要的理论和应用价值。省域人口分布研究意义重大,产出了不少有价值的成果^[2-5],但省域间受到的关注存在显著差异,其中沿海发达地区受到的关注明显更多,而欠发达地区的相关研究较为薄弱。作为欠发达地区的云南省人口分布研究起步较晚,始于20世纪80年代初,当时有学者指出云南人口分布以“云岭—苍山—哀牢山”为界,其东部的人口较西部更加稠密^[6]。其后,随着研究方法与GIS技术的进步,人口空间分布研究开始从多个视角切入,包括对云南省不同人口群体分布的研究,如总体人口^[7-8]、民族人口^[9-10]、老年人口^[11]等;对特定区域范围内人口群体分布的研究,如边境地区^[12-13]、主体功能区^[14]、澜沧江流域^[15]等;基于方法和手段的运用,如数据^[16]、GIS^[17]技术等;人口分布的影响因素,如地形^[18]、灾害^[19]等;人口分布的合理性评价^[20]。上述研究从不同视角深化了对云南省人口分布的认识,但总体来看,成果相对较少,特别是缺乏基于长时段、宏观视角的人口分布空间分析。因此,有必要对1990年以来云南省人口分布的演化过程、特征、趋势进行进一步研究。本研究利用第四至第七次云南省人口普查数据,以县域为尺度,运用ArcGIS软件平台,对1990—2020年人口空间分布的演化特征进行研究,以期发现一些新的特点、现象和趋势,为云南省人口、经济等方面的空间分布研究提供参考。

收稿日期:2024-03-20;修回日期:2024-08-23

作者简介:秦伟(1977-),男,云南昆明市人,副研究员,主要从事区域经济、人口经济等方面的研究,(E-mail) qinwei_sky@foxmail.com。

1 研究区域、研究方法与数据来源

1.1 研究区域

云南省位于中国西南部,总面积39万km²,下辖16个地级市(州),共计129个县级行政区。2020年第七次人口普查数据显示,云南全省总人口为4720.9万人,占全国总人口的3.34%。2020年全省GDP为24521.9亿元,占全国GDP的2.42%。

1.2 研究方法

1.2.1 人口分布结构指数

人口分布结构指数是研究特定区域人口分布集中或分散趋势的常用指标,包括人口分布不均衡指数 U 和集中指数 C ,具体计算公式参考相关研究^[21-22]。

1.2.2 人口重心

人口重心是假设人口所在区域为一同质的平面,而每一个人都是平面上的一个质点,具有相同的重量,则重心应为区域中距离的平方和最小的一点,即一定空间平面上力矩达到平衡的一点。计算方法参考相关研究^[23]。

1.2.3 人口数量变化分析

人口数量的增减变化反映了不同地区人口增减的数量特征与变化趋势,可采用对比时间段基期和后期人口变化幅度来计量,主要涉及人口数量变化值 R_1 和人口数量变化率 R_2 ^[24]。其中, $R_1 > 0$ 或 $R_2 > 0$,表示人口正增长,即人口在增加; $R_1 < 0$ 或 $R_2 < 0$,表示人口负增长,即人口在减少。

1.2.4 人口密度变化分析

人口密度是指单位面积内的人口数量,反映了一个地区人口的分布状况,是分析人口分布状态的最常用指标^[24],利用人口密度的变化可以分析县域人口空间分布的集疏特征。

1.3 数据来源

人口数据来源于云南省第四、五、六、七次人口普查数据,各县域的经济、国土等统计数据来源于相关年份的《云南统计年鉴》。由于研究时间跨度较长,部分县级行政区划发生调整,为保持数据的可比性,对少数县域数据进行了归并和估算。昆明主城区的“五华、盘龙、官渡、西山”四区于2004年进行过区划调整,考虑到四区人口分布情况差异不大,将昆明主城区四区合并为一个县域单元进行分析,云南县域单元总数变为126个。丽江纳西族自治县于2002年分设为古城区、玉龙纳西族自治县,因此,1990年、2000年古城、玉龙两个县域的人口数据根据分设后的数据进行估算。

2 云南人口分布的总体特征

2.1 人口分布的均衡分析

根据1990—2020年云南人口分布结构指数(表1)分析1990年以来云南人口空间分布的总体变化特征。人口不均衡指数 U 呈现出不断增加的趋势,由1990年的0.0055上升到2020年的0.0087,其中2000—2010年的上升幅度最小,从0.0065增加到0.0069,而2010—2020年的上升幅度最大,由0.0069上升到0.0087。人口集中指数 C 的变化与不均衡指数 U 的变化相类似,这表明1990—2020年云南人口分布的不均衡性在增加,人口集中分布的趋势明显,特别是2010—2020年云南人口分布集中趋势在加强。

表1 1990—2020年云南人口分布结构指数变化

Tab.1 Changes in Yunnan's population structure index from 1990 to 2020

人口分布结构指数	1990年	2000年	2010年	2020年
人口不均衡指数 U	0.0055	0.0065	0.0069	0.0087
人口集中指数 C	0.2613	0.2682	0.2784	0.3066

2.2 人口重心变化分析

人口重心的变化可用来分析人口空间分布和演化方向^[22]。1990—2020年云南人口重心始终在滇中地区的禄丰市和安宁市境内移动(图1),经度移动了 $0.05'$,纬度移动了 $0.04'$,呈现由安宁、禄丰交界处沿东南方向往安宁境内移动的趋势。人口重心位置取决于人口分布,如果人口分布是均匀的,重心则应处于该区域的几何重心^[23]。云南的几何重心大致位于楚雄市东华镇境内,人口重心与几何重心在纬度上的差异不大,但经度位置差异较大且呈现出日益增大的趋势,显示出人口空间分布的不均衡性在逐渐扩大,人口有向东集聚的趋势。云南人口重心的移动在1990—2020年也表现出一定的差异性,1990—2000年,人口重心主要向南移动,显示人口在由北往南迁移,这与1990年代云南经济发展的重心向南部偏移有关,如云南计划重点在南昆铁路、滇越铁路沿线布局的工业项目以及大量加快滇西地区开发的项目基本都落在云南几何重心偏南的区域^[25];



图1 1990—2020年云南人口重心

Fig.1 Changes in Yunnan's population gravity center from 1990 to 2020

2000—2020年,人口重心主要往东移动,显示人口向东部迁移,这一时期的变化应该和昆明作为省会城市的集聚能力提升有关。

3 云南人口空间分布的数量变化

3.1 县域人口数量变化值分析

参考相关文献的人口数量变化分类^[24-26],结合云南县域人口的实际情况,将云南县域单元分为人口大幅增加($R_1 > 6$ 万)、小幅增加($0 < R_1 < 6$ 万)、小幅减少(-1 万 $< R_1 < 0$)、大幅减少($R_1 < -1$ 万)4个等级。为便于比对不同时期人口数量的变化,分类标准在研究期1990—2020年内不作调整。

研究表明,1990—2020年,云南大部分县域的人口数量持续增加,仅有少部分县域出现人口减少。其中,人口数量增加的县域92个,占云南县域数的73%;人口数量减少的县域34个,占云南县域数的27%。人口增减的空间分布演化特征尤其明显(图2)。在云南中部形成了一条非常清晰的人口减少地带,该地带大致呈现东

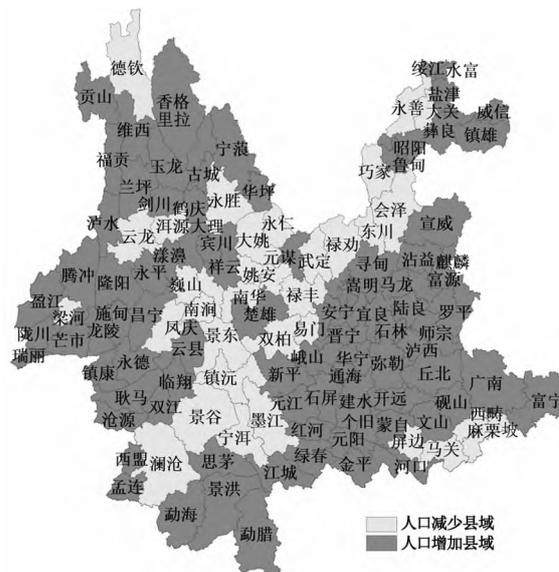


图2 1990—2020年云南县域人口增减变化

Fig.2 Changes of population in Yunnan counties from 1990 to 2020

北至西南走向,并在点苍山、哀牢山一带地区以及楚雄周边形成大面积的集中连片人口减少区域。如果以这条从大关、永善向西南延伸至澜沧形成的人口减少带状分布(简称“大永—澜沧线”)为界,则人口变化呈现出“中间塌陷、两侧增长”的空间格局,即人口减少县域主

要分布在“大永—澜沧线”沿线地区,人口增加县域则分布在“大永—澜沧线”的东、西两侧。

为研究 1990—2020 年云南人口数量变化的演变特征及未来趋势,将研究期划分为 1990—2000 年、2000—2010 年、2010—2020 年 3 个时段进行分析(表 2,图 3)。

表 2 1990—2020 年云南县域人口数量变化统计

Tab. 2 Statistics on population changes in Yunnan counties from 1990 to 2020

人口变化类型	1990—2000 年			2000—2010 年			2010—2020 年		
	县域数量/ 个	人口数量/ 万人	人口占比/ %	县域数量/ 个	人口数量/ 万人	人口占比/ %	县域数量/ 个	人口数量/ 万人	人口占比/ %
大幅增加($R_1 > 6$ 万)	20	1 392.4	32.9	13	1 118.9	24.3	15	1 267.8	26.9
小幅增加($0 < R_1 < 6$ 万)	103	2 733.3	64.5	97	3 088.6	67.2	21	717.5	15.2
增加合计	123	4 125.7	97.4	110	4 207.5	91.5	36	1 985.3	42.1
小幅减少(-1 万 $< R_1 < 0$)	3	110	2.6	9	187.3	4.1	13	346.5	7.3
大幅减少($R_1 < -1$ 万)	0	0	0	7	202.0	4.4	77	2 389.2	50.6
减少合计	3	110	2.6	16	389.3	8.5	90	2 735.7	57.9

1990—2000 年,云南全省各县域呈现出人口数量普遍增长的态势。这一时期全省 123 个县域人口在增长,占全省县域总数的 97.6%。仅有 3 个县域出现人口小幅减少,为滇东北地区的东川、巧家和永善,其中人口减少最多的东川十年间也仅减少 3 800 余人。在人口增长的县域中,人口小幅增加的县域 103 个,占云南县域总数的 81.7%;人口大幅增加的县域 20 个,占县域总数的 15.9%。这一时期人口大幅增加县域在全省各区域均有明显的分布,表现出这一时期的人口变化呈现普遍均衡增长的空间态势(图 3a)。

2000—2010 年,云南各县域人口普遍增长的势头出现不同程度的分化。人口增加县域较 1990—2000 年减少 13 个,其中人口大幅增加的县域减少 7 个,小幅增加的县域减少 6 个。人口数量减少的县域增加了 13 个,其中大幅减少的县域由 1990—2000 年的 0 个增加到 7 个,主要分布在昆明主城、大理市、楚雄市、隆阳区等经济相对发达城市周边,呈现出较强的“中心-外围”模式,表现出经济发达区域对云南人口空间格局的影响明显加强(图 3b)。

2010—2020 年,云南大量县域出现人口数量减少的情况,同时人口加速向区域性中心城市聚集。人口减少县域由 2000—2010 年的 16 个快速增加到 90 个,占全省县域总数的 71.4%。人口数量众多,经济发展相对滞后的县域更是出现显著的人口减少,如会泽、宣威人口减少超过 10 万人,墨江、凤庆、云县、牟定、景东、禄丰、永胜、巧家、大关、盐津、西畴、澜沧等县域人口减少超过 5 万人。人口增长的县域由 2000—2010 年的 110 个减少到 36 个,其中人口小幅增长的县域由 97 个减少到 21 个,而人口显著增长的县域由 13 个增加到 15 个,主要为昆明主城四区及呈贡、晋宁、安宁和各州、市府所在地,显示出人口进一步向区域性中心城市聚集的趋势。这一时期由于滇中、滇东南城市化进程的快速推进,其区域范围内正形成一个“C”字型的人口聚集带,该聚集带上集中了 9 个人口大幅增加的县域,占全省 15 个人口大幅增加县域的 60%,这一区域极有可能形成云南未来最为重要的增长极。另外,滇南的思茅、景洪、勐海、勐腊也正在形成连片的人口增长区域,是未来仅次于滇中、滇东南地区的又一个人口聚集区(图 3c)。

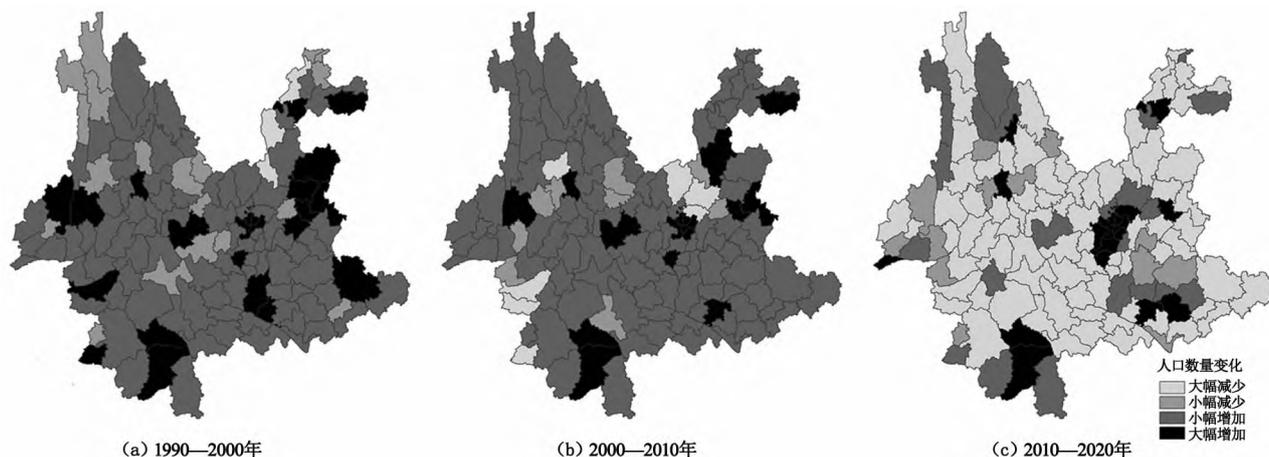


图 3 1990—2020 年云南县域人口数量变化

Fig. 3 Population changes in Yunnan counties from 1990 to 2020

3.2 县域人口变化率分析

总体上看,1990—2020年,云南人口增长速度呈普遍下降趋势,“东快西慢”的空间特征较为明显(表3,图4)。人口快速增长、缓慢增长的县域分别由1990—2000年的65个、58个下降到2010—2020年的19个、17个,而人口缓慢减少、快速减少的县域分别由3个、0个增加到53个、37个。人口变化的空间特征也较为显著,表现在人口快速增长的县域越来越集中在云南东部^①,如2010—2020年,人口快速增长的19个县域就有12个位于云南东部,占比达63%;同期人口快速减少的32个县域位于云南西部,在人口快速减少的37个县域中,占比

表3 1990—2020年云南县域人口变化率统计

Tab.3 Statistics on the change rate of population in Yunnan counties from 1990 to 2020

人口变化率类型	县域单元数量/个			
	1990—2000年	2000—2010年	2010—2020年	1990—2020年
快速增长($R_2 > 10\%$)	65	39	19	65
缓慢增长($0 < R_2 < 10\%$)	58	71	17	27
缓慢减少($-10\% < R_2 < 0$)	3	12	53	26
快速减少($R_2 < -10\%$)	0	4	37	8

达70%,从而使得云南人口增长速度呈现“东快西慢”的空间特征。

分时段看,1990—2000年,65个县域的人口呈现快速增长,占全省县域总数的52%。其中,不仅滇中地区的县域保持快速增长,孟连、瑞丽、耿马、沧源、勐腊、河口、镇康等沿边、民族地区的县域同样出现超过25%的高速增长,这一增速甚至超过大部分州、市府所在地的人口增速,从而推动全省人口实现普遍快速增长。这一时期仅有3个县域人口出现缓慢减少,没有县域出现人口快速减少的情况。2000—2010年,云南全省人口快速增长的势头有所减缓,人口快速增长的县域大幅减少,从上一时期的65个减少到39个,而缓慢增长县域的数量有所增加,由58个增加到71个。这一时期人口快速减少县域由0个增加到4个,人口缓慢减少县域由3个增加到12个。2010—2020年,大量县域出现人口减少甚至快速减少的情况,表现为人口快速减少县域由4个增加到37个,牟定、墨江、大关、西畴出现超过20%的人口降幅;人口快速增长县域由39个减少到19个,快速增长县域基本为昆明主城四区及周边区县和各州、市府所在地,显示出人口加速向区域性中心城市聚集的趋势(图4)。

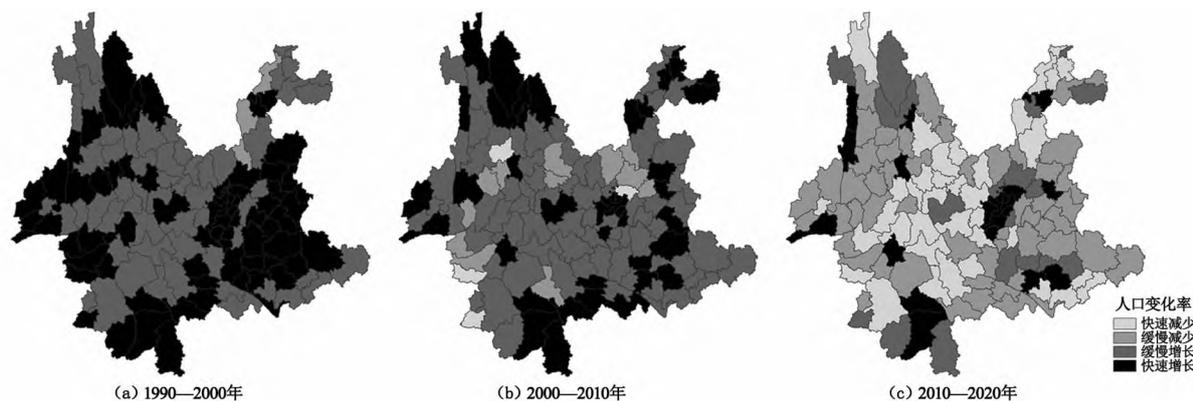


图4 1990—2020年云南县域人口变化率变化趋势

Fig.4 Rates of population change at the county scale in Yunnan counties from 1990 to 2020

4 云南县域人口密度变化分析

4.1 县域人口密度的分级

参考相关文献的人口密度分类^[26-27],结合云南实际将县域人口密度分级定义高密度(>200 人/ km^2)、中密度($100 \sim 200$ 人/ km^2)、低密度($10 \sim 100$ 人/ km^2)、极低密度(<10 人/ km^2)4个等级。

4.2 县域人口密度变化分析

总体上看,1990—2020年,云南人口密度的不均衡性在扩大,“东密西疏”的人口分布格局持续强化。这一时期高密度县域人口密度平均值由298人/ km^2 提高到434人/ km^2 ,而中、低密度县域人口密度平均值却在近年内出现不同程度的下降(表4),西北部的德钦、贡山两县在1990—2020年的人口密度长期小于10人/ km^2 。从空间上看,人口高密度县域主要集中在云南东部,低

密度、极低密度县域则主要集中在云南西部,导致近年来“东密西疏”的人口空间格局逐渐趋于强化。在此期间,云南东部地区除昆明主城四区继续保持人口密度快速提升的趋势外,滇东南的蒙自、文山也由人口中密度县域提升为高密度县域,从而形成新的人口高密度县域连片区,亦可看到一个“C”字型人口聚集带正在形成。而西双版纳、普洱的部分县域虽仍属于人口低密度地区,但人口密度有逐步提高的趋势(图5)。分时期来看,初期的1990年,人口高密度县域主要分布在云南东部的滇中、滇东北地区,呈相对零星分散分布,而人口低密度地区则在滇西北、滇西南部呈大面积的连片分布。1990—2000年,云南全省县域的人口密度普遍提高。

① 本研究所指的云南东部包括昆明市、曲靖市、昭通市、玉溪市、红河州、文山州、西双版纳州,云南西部包括楚雄州、大理州、保山市、丽江市、临沧市、普洱市、德宏州、迪庆州、怒江州。

表 4 1990—2020 年云南各县域人口密度分位统计

Tab. 4 Population density quantile statistics in Yunnan counties from 1990 to 2020

类型	年份	县域数量/个	人口密度/(人·km ⁻²)			
			最大值	最小值	平均值	标准差
全部县域	1990	126	732	7	120	89
	2000	126	1 254	7	165	130
	2010	126	1 487	8	193	157
	2020	126	2 133	7	221	231
高密度	1990	15	732	202	298	124
	2000	21	1 254	202	331	219
	2010	25	1 487	200	354	256
	2020	25	2 133	203	434	413
中密度	1990	52	199	100	135	27
	2000	54	199	101	137	21
	2010	50	190	102	142	25
	2020	48	195	100	136	26
低密度	1990	56	98	10	61	21
	2000	49	99	12	64	20
	2010	49	99	15	67	20
	2020	51	99	16	65	20
极低密度	1990	2	7	7	7	0
	2000	2	8	7	8	0
	2010	2	9	8	8	0
	2020	2	8	7	8	0

高、中、低密度县域的人口密度平均值分别由 298 人/km², 135 人/km², 61 人/km² 增长到 331 人/km², 137 人/km², 64 人/km²。安宁、鲁甸、晋宁、宣威、彝良、绥江、宜良成为人口高密度县域, 逐步形成滇中、滇东北人口稠

密县域的连片分布。此外, 孟连、楚雄、砚山、永德、腾冲、临翔、元谋、禄劝的人口密度等级由低密度提升到中密度, 使得全省高、中密度县域个数由 67 个增加到 75 个。2000—2010 年, 云南全省县域人口分布格局基本保持稳定, 呈现一定均衡化发展的态势。人口高密度县域的人口密度平均值增幅较 1990—2000 年大幅降低, 由 11.1% 下降到 6.9%, 昆明主城四区人口密度亦变化不大, 从 1 254 人/km² 提高到 1 487 人/km², 为 1990—2020 年增速最慢的一段时期。同期, 中密度县域人口密度平均值增幅快速提升, 由 1.5% 提高到 3.6%, 高、低密度县域的人口密度差异得到一定程度缓解, 云南人口增长出现相对均衡的态势。2010—2020 年, 云南县域人口分布的极化特征逐渐明显, 县域间的人口密度高低分化不断加剧, 区域性中心城市人口的聚集速度显著加快。这一时期高密度县域人口密度平均值增幅达 22.6%, 是 2000—2010 年的 3 倍, 昆明主城四区人口密度亦是大幅提高, 由 1 488 人/km² 增加到 2 134 人/km², 增幅达 43.4%。同时, 中、低密度县域人口密度平均值出现不同程度的下降, 降幅分别达 4.2% 和 3.0%。从人口分布空间上看, 蒙自、文山、古城 3 个州市府所在地县域的人口密度等级由中密度提升为高密度, 弥渡、绥江、宣威由人口高密度等级降为中密度, 姚安、南华、洱源由人口中密度等级降为低密度, 人口密度等级下降的县域基本位于云南西部, 人口分布“东密西疏”的特征更加显著(图 5, 表 5)。

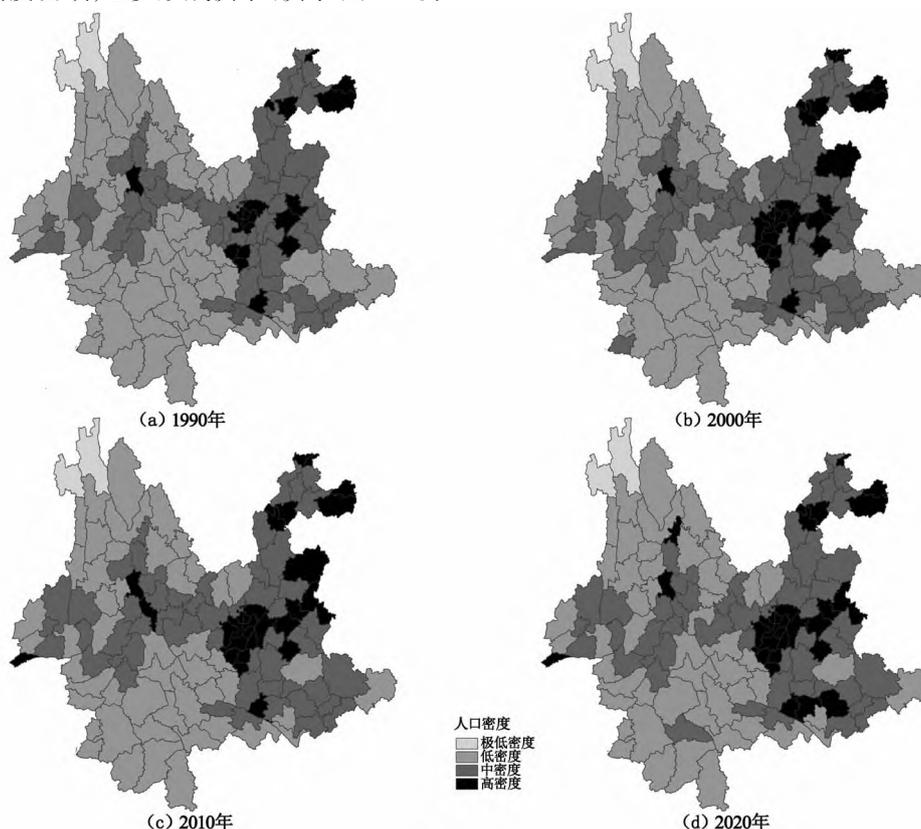


图 5 1990—2020 年云南县域人口密度变化
Fig. 5 Population density changes in Yunnan counties from 1990 to 2020

表5 1990—2020年云南县域人口密度的类型变化

Tab.5 Type changes in population density in Yunnan counties from 1990 to 2020

变化类型	变化过程	1990—2000年	2000—2010年	2010—2020年
人口密度提升	中→高	安宁、鲁甸、晋宁、宣威、绥江、宜良	澄江、瑞丽、富源、弥渡	蒙自、古城、文山
	低→中	孟连、楚雄、砚山、永德、腾冲、临翔、元谋、禄劝	广南、南华	思茅
人口密度下降	高→中	—	—	弥渡、绥江、宣威
	中→低	—	孟连、禄劝	姚安、南华、洱源

说明：“高”“中”“低”分别指人口密度为高、中、低密度等级；“中→高”指人口密度由中密度等级提高到高密度等级，其余类似；极低密度县域无变化，因此没有列入；县域按照人口密度变化值由大到小排序。

5 人口分布空间演化的驱动因素

5.1 经济因素

滇中地区一直以来都是云南生产力发展水平较高的地区，1990年以来经济总量基本保持在全省的60%以上。经济发展水平较高是滇中地区人口密集分布的重要原因。虽然滇中地区的人口分布已经较为稠密，但其人口的集聚程度依然远远落后于经济的集聚。2020年，滇中地区的昆明市、曲靖市、楚雄州、玉溪市以及红河州的7个县域实现了全省61.5%的地区生产总值，而同期该地区的人口占全省人口的比例仅为46.5%。经济因素将导致滇中一带区域未来仍然是云南人口持续性流入地区。

5.2 区位因素

1990—2020年，云南省人口数量绝对减少的县域仅有3个是边境县，而云南省有25个边境县，人口减少的边境县占全部边境县的比例仅为12%，而同期全省人口减少县域占比却高达27%，沿边地区人口的减少幅度要远低于全省平均水平，这与沿边地区的区位优势得到不断强化密切相关。云南沿边地区毗邻越南、老挝、缅甸三国，国境线长达4 060 km，是我国连接南亚、东南亚的最前沿区域，1990年以来基础设施、贸易便利化的持续改善使得口岸城市和边境贸易获得了快速发展，推动了沿边地区县域经济的发展。我国与东南亚次区域合作的深化，以滇东南、滇南、滇西南等城市群为多核心的沿边开放经济带正在形成^[28]，也为云南沿边地区人口发展提供了支撑。

5.3 交通因素

世界人口分布的一个明显特点是人口多分布于交通沿线^[29]。自古以来，云南对外交通的西线就是沿着“昆明—楚雄—大理—保山—德宏”的走向，往西通往缅甸再连接印度洋，抗战时期著名的滇缅公路就是沿着这一对外通道的走向修筑而成，这一交通线至今对云南人口空间分布还有着巨大的影响。1990年以来虽然沿线人口数量和增长率有所变动，但“昆明—楚雄—大理—保山—德宏”交通沿线区域依然是云南西部地区唯一的人口稠密区。

5.4 自然因素

传统上云南国土空间被划分成滇东、滇西两个部

分，滇东高原地表起伏较小，坝区较集中且面积较大，为农业、工业、交通、城镇建设等经济活动提供了优越的条件，而滇西由于横断山、哀牢山、无量山等山脉连绵不断的阻隔，坝区面积狭小，发展水平远落后于东部。据相关研究统计，滇西地区包括普洱、临沧、保山、丽江、版纳、德宏、大理、迪庆、怒江共9个州市，虽然国土面积占全省的54%，但其坝区面积却仅占到全省坝区的43.6%^[30]，由此可以看到滇西的自然资源状况很难支撑人口的大规模聚集。

6 结论及讨论

6.1 结论

(1) 云南各地区人口数量总体上保持增长，空间格局呈现出“中间塌陷、两侧增长”的特征。1990—2020年，73%的县域人口数量呈现不同程度的增长，其主要分布在“大永—澜沧线”的东、西两侧；27%的县域人口数量呈现减少态势，其主要分布在“大永—澜沧线”沿线及点苍山、哀牢山一带区域及楚雄周边地区，空间上呈现由东北向西南延伸的带状分布。

(2) 云南人口增速近年来普遍下降，并表现出“东快西慢”的空间特征。人口快速增长的县域由1990—2000年的65个下降到2010—2020年的19个，人口快速减少的县域由0个增加到37个。人口持续快速增长县域越来越集中在云南东部，人口快速减少县域大量集中在云南西部，人口增长逐渐形成“东快西慢”的空间特征。

(3) 云南人口分布的不均衡性持续显现，空间上表现出“东密西疏”的特征，结构上表现出由一般县域向区域性中心城市集聚的特征。从空间上看，云南“东密西疏”的人口分布格局仍在强化，人口在向东部地区加速聚集，东部的人口密度还在不断提高。从结构上看，区域性中心城市对人口的聚集作用在不断增强，人口分布由各县域普遍增长向少数区域性中心城市聚集转变，省会昆明及各州、市府所在地作为传统的人口流入地，其人口增长的极化作用在持续增强，昆明主城区的极化作用尤为明显。

(4) 云南东部的“C”字型人口聚集带将是未来人口增长的主要区域。从人口数量、人口增长和人口密度的变化来看，云南东部的昆明、曲靖、玉溪的中心城区及其

周边地区以及近年来人口聚集加快的红河、文山的州府所在地及其周边地区,正在形成一个“C”字型的人口聚集带,这一“C”字型人口聚集带将在未来形成云南重要的区域增长极。

6.2 讨论

按照传统的观点,云南在空间上以“云岭—哀牢山”为界,其东北部称为滇东,西南部称为滇西,滇东和滇西在人口分布、经济布局、自然资源及地形地貌等方面都具有很典型的差异性。但近年来,随着基础设施的建设和经济空间的重构,人口向云南东部的流动和聚集开始加速,人口空间分布的差异性逐步由东北—西南差异转向东—西差异,“大永—澜沧线”作为云南东部和西部的界线开始呈现出更好的合理性与显著性,为未来划分云南东、西空间格局提供了新的思路。但是,“大永—澜沧线”毕竟是本研究通过初步的探索而发现的,是否符合未来人口空间演化的趋势以及能否替代“云岭—哀牢山”成为划分云南人口分布格局乃至经济空间格局的新思路和新视角,值得进一步研究和探讨。

参考文献:

- [1] 张善余. 人口地理学概论[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1999: 265 - 266.
- [2] 冯健, 周一星. 近 20 年来北京都市区人口增长与分布[J]. 地理学报, 2003, 58(6): 903 - 916.
- [3] 马颖忆, 陆玉麒, 张莉. 江苏省人口空间格局演化特征[J]. 地理科学进展, 2012, 31(2): 167 - 175.
- [4] 王静, 杨小唤, 石瑞香. 山东省人口空间分布格局的多尺度分析[J]. 地理科学进展, 2012, 31(2): 176 - 182.
- [5] 张慧. 河北省人口分布地域格局时空演变分析[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(1): 170 - 175.
- [6] 李宏国. 云南省人口地理特点初探[J]. 西北人口, 1982(4): 28 - 32.
- [7] 何娇. 云南省人口分布的时空演化特征研究[J]. 吉首大学学报(社会科学版), 2015, 36(增刊 2): 121 - 125.
- [8] 杨柳青, 鞠爽, 郑溪, 等. 偏移—分享视角下云南省人口空间集聚特征及演变态势研究[J]. 上海城市规划, 2022(5): 88 - 94.
- [9] 刘聪粉, 仲伟周, 刘瑞青, 等. 云南省少数民族人口分布空间统计分析[J]. 统计与信息论坛, 2010, 25(11): 87 - 93.
- [10] 曾丽波, 张加龙, 李亚娟, 等. 1990—2010 年云南省少数民族人口分布空间差异分析[J]. 地域研究与开发, 2015, 34(2): 167 - 171.
- [11] 李燕, 刘凤英, 胡世云, 等. 90 年代云南省老年人口分布规律[J]. 中国公共卫生, 2001, 17(3): 15 - 16.
- [12] 熊理然, 李锦荣, 蒋梅英. 云南省 25 个边境县(市)人口分布时空格局演变分析(1990—2010)[J]. 西北人口, 2013, 34(5): 25 - 28.
- [13] 李丹, 尤伟琼. 云南边境县人口分布特征与变动趋势(2000—2020)[J]. 南方人口, 2023, 38(6): 68 - 78.
- [14] 曹洪华, 闫晓燕, 黄剑. 主体功能区人口集聚与布局的研究: 以云南省为例[J]. 西北人口, 2008, 29(1): 27 - 29.
- [15] 游珍, 封志明, 姜鲁光, 等. 澜沧江—湄公河流域人口分布及其与地形的关系[J]. 山地学报, 2014, 32(1): 21 - 29.
- [16] 曹彦波, 李永强, 李敏, 等. 基于多源数据的云南人口空间分布模拟研究[J]. 中国地震, 2014, 30(1): 118 - 131.
- [17] 魏康洪, 陈晓平, 殷亮. 基于 GIS 的云南省人口空间分布研究[J]. 绵阳师范学院学报, 2016, 35(11): 96 - 105.
- [18] 杨雪婷, 苏维词. 云南省县域地形起伏度与人口分布的耦合关系研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2016, 33(1): 123 - 129.
- [19] 严佩升. 金沙江流域云南段地震灾害人口风险性分布多维度识别办法[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 96 - 100.
- [20] 梁海艳, 徐行, 韩全芳, 等. 云南省人口承载力分析[J]. 西北人口, 2013, 34(1): 79 - 82.
- [21] 潘倩, 金晓斌, 周寅康. 近 300 年来中国人口变化及时空分布格局[J]. 地理研究, 2013, 32(7): 1291 - 1302.
- [22] 杨强, 李丽, 王运动, 等. 1935—2010 年中国人口分布空间格局及其演变特征[J]. 地理研究, 2016, 35(8): 1547 - 1560.
- [23] 刘德钦, 刘宇, 薛新玉. 中国人口分布及空间相关分析[J]. 测绘科学, 2004, 29(7): 76 - 79.
- [24] 封志明, 杨玲, 杨艳昭, 等. 京津冀都市圈人口集疏过程与空间格局分析[J]. 地球信息科学学报, 2013, 15(1): 11 - 18.
- [25] 和志强. 云南经济发展若干问题的思考[J]. 经济问题探索, 1991(2): 5 - 12.
- [26] 葛美玲, 封志明. 中国人口分布的密度分级与重心曲线特征分析[J]. 地理学报, 2009, 64(2): 202 - 210.
- [27] 刘睿文, 封志明, 游珍. 中国人口集疏格局与形成机制研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(3): 89 - 94.
- [28] 刘保强, 熊理然, 蒋梅英, 等. 云南沿边地区县域经济的空间格局演化分析[J]. 地域研究与开发, 2017, 36(3): 29 - 35.
- [29] 祝卓. 人口地理学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1991: 178 - 180.
- [30] 童绍玉, 陈永森. 云南坝子研究[M]. 昆明: 云南人民出版社, 2007: 25 - 26.

(下转第 180 页)

Population Spatialization Based on Multisource Data and Machine Learning: A Case Study of Chengdu City

ZHANG Xiaorong , ZHOU Yin , ZHANG Na , YU Ruhai , JIANG Yuan

(Chengdu Institute of Planning & Design , Chengdu 610000 , China)

Abstract: Population spatialization is an effective method for integrating and analyzing population statistics data with other spatial environmental resources. In the case of Chengdu City, variables such as landform, land cover, vegetation cover, river system, accessible transportation, economic activity, convenient life were identified as factors influencing population distribution. Initially, the dimensionality of these variables was reduced using principal component analysis. Subsequently, machine learning techniques were employed to spatialize the 2020 population of Chengdu City. The simulation results were then compared with data from WorldPop and census records. It was determined that the random forest model produced the most accurate simulation results. Furthermore, an analysis of the factors affecting the spatial distribution of Chengdu’s population was conducted using random forest’s factor importance measure. The findings indicated that at a street scale level, the overall accuracy of this study reached 90% , surpassing that of WorldPop. Additionally, it was revealed that POI is a crucial determinant in achieving high-precision population distribution; while night light intensity, slope gradient and road network density also significantly impact population distribution in Chengdu City. POI effectively enhances population spatialization outcomes; principal component analysis offers a viable approach for synthesizing POI-related factors; and lastly, random forest model successfully integrates multi-source information providing valuable insights for fine-scale urban population spatialization studies.

Key words: population spatialization; machine learning; population distribution; data dimensionality reduction; random forest; multi-source data fusion; Chengdu City



(上接第 172 页)

Characteristics and Trends of Spatial Distribution of Population in Yunnan Province from 1990 to 2020

QIN Wei

(Institute of Economics , Yunnan Academy of Social Sciences , Kunming 650034 , China)

Abstract: This study uses the fourth to seventh Yunnan Provincial Census data to conduct a visual study on the evolutionary characteristics and trends of the spatial distribution of Yunnan’s population at the county scale through methods such as population distribution structure index, population center of gravity, population quantity and density change analysis. The results show that: (1) The population of each county in Yunnan has generally maintained growth, but a population reduction zone has formed along the “Dayong-Lancang Line”, causing the population spatial pattern to show the characteristics of “collapse in the middle and growth on both sides”. (2) The population growth rate of counties in Yunnan has generally declined in recent years, and population growth shows the spatial characteristics of “fast in the east and slow in the west”. The imbalance of population distribution is even more obvious, showing the characteristics of “dense in the east and sparse in the west” spatially and showing a gradually strengthening trend, and structurally showing the characteristics of agglomeration from general counties to regional central cities. (3) In recent years, a “C”-shaped population agglomeration belt has appeared in eastern Yunnan. This area has already been the core area of Yunnan’s population growth in the future. (4) The “Dayong-Lancang Line” has shown a certain rationality and significance as the boundary dividing the east and west distribution of Yunnan’s population.

Key words: county; spatial distribution of population; population density; Yunnan Province