

2000—2020 年云南义务教育发展空间异质性研究*

王大力

(云南师范大学 体育学院, 云南 昆明 650500)

〔摘要〕基于 2000—2020 年云南义务教育的相关统计数据,采用地理集中度、空间自相关分析和回归模型等方法,探讨云南义务教育发展的时空分异、空间异质性及其影响因素。研究表明:(1)云南义务教育发展呈现“先升后降”的变化趋势,地理集中度逐年提高;(2)云南义务教育发展呈正空间自相关,空间集聚特征明显,总体呈“东热西冷”的空间格局,空间异质性显著增强,东部是义务教育发展的热点区;(3)常住人口、农村人口、城镇人口、学校数、专任教师数、地区生产总值、地区财政收入、固定资产投资、人均 GDP、农村人均可支配收入、城市化率的差异等是影响云南义务教育发展空间异质性的主要因素。

〔关键词〕义务教育;空间异质性;空间自相关;教育地理学;云南

〔中图分类号〕K901 〔文献标志码〕A 〔文章编号〕1674-5639(2025)05-0110-10

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2025.05.012

“教育是国之大计、党之大计”。党的二十大报告强调,“加快义务教育优质均衡发展和城乡一体化,优化区域教育资源配置。”1986 年,《中华人民共和国义务教育法》的颁布确立了义务教育的法律地位;2008 年,全国所有城市免除义务教育学杂费,中国义务教育阶段学生全部实现免费上学;2019 年,《禁止妨碍义务教育实施的若干规定》进一步保障了适龄儿童、少年依法享有平等接受义务教育的权利;2021 年,《义务教育质量评价指南》提出全面深化义务教育教学改革。至此,中国义务教育迎来高质量发展的黄金期,优化义务教育空间布局、促进义务教育优质均衡发展成为义务教育高质量发展中的重要议题。

一、文献综述

近年来,关于义务教育发展的空间研究主要涉及义务教育的空间分布特征和空间差异性特征等问题。国外研究主要侧重于义务教育的空间理论(Mackinder, 1903)^①、教育与地理环境(Butler, 2007)^②、教育土地利用(Salama, 2015)^③、教育规划(Winter, 2009)^④、教育非均衡性(Thiem, 2009)^⑤等问题。国内学者从 20 世纪 90 年代中后期开始关注义务教育的资源配置(于璇, 2024)^⑥、教育空间布局(张小东,

* 〔作者简介〕王大力,男,云南大理人,云南师范大学讲师,硕士生导师,博士,研究方向为边疆经济地理。

〔基金项目〕国家自然科学基金项目“云南与周边国家金融合作的异质性约束及人民币区域化的实现机制与路径研究”(U2002201);云南省哲学社会科学规划教育学项目“中国-西南多民族共生区义务教育的空间异质性研究”(AD22007);云南省基础研究项目“中国西南-东南季风交汇区高原特色经济作物生产的时空演化研究”(202301AU070150)。

① MACKINDER H J. Geography in education [J]. The Geographical Teacher, 1903: 95-101.

② BUTLER T, HAMNETT C. The geography of education: introduction [J]. Urban Studies, 2007, (7): 1161-1174.

③ SALAMA A M. Spatial design education [M]. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, 2015.

④ WINTER C. Geography and education I: the state of health of geography in schools [J]. Progress in Human Geography, 2009, (5): 667-676.

⑤ THIEM C H. Thinking through education: the geographies of contemporary educational restructuring [J]. Progress in Human Geography, 2009, (2): 154-173.

⑥ 于璇, 栾晓晶, 张晶晶. 县域普通高中教育财政资源配置空间格局及驱动机制: 基于 1615 个县生均经费的实证研究 [J]. 中国教育学报, 2024, (5): 28-35.

2022)①、教育空间结构(海路, 2022)②、高等教育空间差异(李侠, 2025)③、职业教育空间集聚(王辉, 2020)④、义务教育空间格局(张荣馨, 2023)⑤等方面。

义务教育研究一直是教育学研究的热点问题, 义务教育发展空间研究的视角不断丰富, 研究方法趋向多元化。在研究范围上, 主要以省域为主。其研究角度包括义务教育区域均衡发展、义务教育资源配置、义务教育基础设施建设和义务教育影响因素等; 其研究方法主要是利用 GIS 技术对义务教育资源的空间特征进行研究。从研究思路看, 义务教育发展的空间差异性研究主要集中在教育资源、基础设施等方面。我国东部和中部地区基础教育公共服务资源数量约占 65%, 基础教育公共服务的高值区域与城市群所在区域较为吻合, 低值区域分布于“胡焕庸线”以西, 东西部基础教育资源绝对数量差异明显; 学前教育服务人均数量的低值区主要分布在西部, 中部也存在部分低值塌陷区, 小学和中学教育公共服务人均数量的高-高集聚(H-H)和低-低集聚(L-L)区域在东中西地区均有分布(汪凡, 2019)⑥。我国学龄人口时空格局总体分布密度逐渐减小, 空间聚集程度持续加强, 重心迁移轨迹趋于平稳(刘善槐, 2019)⑦。义务教育人才供给水平较低的地区集中在中部和西部, 教育产出水平呈现东部高、中部差异小、西部差异大的特征, 北京、上海、天津的资源投入水平具有绝对优势; 东、中、西部义务教育发展的存在空间逻辑差异(张荣馨, 2023)⑧。

从研究内容看, 义务教育发展的空间分布研究主要涉及教育资源空间分布、财政资源空间分布、师资空间分布和学校布局等方面。我国优质小学基础教育资源和优质中学教育资源的区域格局和强度存在差异, 且体现出明显的东西部差异(袁振杰, 2020)⑨。我国小学师资力量在空间上呈现正相关特性, 即表现出相似性空间聚集现象, 其中高-高集聚在华东、华南、华中和西南地区的部分省域; 我国初中师资力量在空间上呈现正相关特性, 具备空间同质性, 表现出空间聚集格局特征, 其中高-高集聚在西南地区和华南地区的少部分省域, 如云南、贵州、四川和广西(吕赛鹄, 2020)⑩。我国小学学校主要集中于“胡焕庸线”以东地区, 各地区教育资源水平不一, 存在资源优势明显和劣势突出的显著差异(麻嘉玲, 2020)⑪。

从研究方法看, 义务教育发展的空间分布特征主要运用 GIS 空间分析方法, 基于空间自相关性的空间统计学可以揭示义务教育发展的空间差异性特征。运用 GIS 可以从时间与空间角度对区域义务教育的发展进行动态监测与评价分析(倪晓丰, 2019)⑫。GIS 分析显示, 义务教育投入的空间格局一直呈现“两头高中间低”的凹陷结构, 东部沿海省份以及“胡焕庸线”以西地区生均预算内教育事业费始终高于全国平均水平,

① 张小东, 韩昊英, 刘爽, 等. 中国教育设施空间分布特征及其影响因素 [J]. 地域研究与开发, 2022, (4): 19-25.

② 海路, 李祎晨. 论民族教育研究的空间结构: 基于费孝通的学术研究路径 [J]. 西北民族研究, 2022, (4): 56-68.

③ 李侠, 王少媛. 中国普通高等教育的空间格局与区域差异 [J]. 高教发展与评估, 2025, (1): 30-41 + 130-131.

④ 王辉, 延军平, 彭邦文, 等. 中国中等职业教育空间集聚及其影响因素 [J]. 热带地理, 2020, (3): 525-538.

⑤ 张荣馨, 谢康, 郭秋月. 县域义务教育高质量发展的空间格局分析 [J]. 中国人民大学教育学报, 2023, (6): 110-127.

⑥ 汪凡, 白永平, 周亮, 等. 中国基础教育公共服务均等化空间格局及其影响因素 [J]. 地理研究, 2019, (2): 285-296.

⑦ 刘善槐, 王爽. 我国义务教育资源空间布局优化研究 [J]. 教育研究, 2019, (12): 79-87.

⑧ 张荣馨, 谢康, 郭秋月. 县域义务教育高质量发展的空间格局分析 [J]. 中国人民大学教育学报, 2023, (6): 110-127.

⑨ 袁振杰, 郭隽万果, 杨韵莹, 等. 中国优质基础教育资源空间格局形成机制及综合效应 [J]. 地理学报, 2020, (2): 318-331.

⑩ 吕赛鹄, 潘玉君. 我国省域义务教育师资配置空间秩序研究 [J]. 教学与管理, 2020, (21): 18-22.

⑪ 麻嘉玲, 陈晓宇, 魏海. 我国小学教育资源空间布局及其形成机制 [J]. 教育学术月刊, 2020, (10): 14-22.

⑫ 倪晓丰, 田晶, 杨风杰, 等. 基于 GIS 的区域义务教育发展监测与应用研究 [J]. 现代教育技术, 2019, (6): 102-108.

“胡焕庸线”以西地区的人口与自然地理环境特点提高了义务教育服务提供成本(丁建福, 2015)^①。

综上所述, 现有研究普遍从全国尺度分析义务教育发展的空间分布现状, 忽视了特殊空间下义务教育的差异性和复杂性。既有的研究主要从义务教育空间分布探析义务教育的空间特征, 尚没有构建义务教育空间自相关性、空间异质性的评价体系, 缺乏义务教育空间异质性的研究, 鲜有从时间序列揭示义务教育在空间上的演化特征, 对义务教育缺乏时空指标构建的研究, 因而义务教育发展空间异质性的评价难以实现。

云南义务教育发展具有明显的区域特色, 义务教育在多民族共生区内表现出不同的空间相关性和差异性。第七次全国人口普查数据显示, 云南省受义务教育总数约 3064.26 万人, 是我国民族地区义务教育人数最多的区域, 也是少数民族义务教育学生人数最多的区域, 其义务教育事业的发展极具区域特殊性。近年来, 随着我国新型城镇化的快速发展, 人口不断向城市流动, 义务教育适龄儿童数量下降明显。与此同时, 云南的历史发展、自然条件、多民族共生和经济基础等的差异, 导致不同民族的义务教育在空间上表现出非均衡性特征, 使得云南的义务教育发展在空间上演化出特殊的格局特征。不同地点地理现象的属性存在差异, 地理现象往往还具有空间异质性(陈发虎, 2020)^②。空间异质性是指不同地点地理现象的属性存在差异, 这是空间自相关性以外的地理数据另外一个重要性质(Dutilleul, 2011)^③。而云南义务教育发展在空间上表现出来的这种特殊的差异性即空间异质性。因此, 揭示云南义务教育发展的空间异质性, 既有利于学科在加快义务教育优质均衡发展这一重大主题做出积极响应, 又能为推动我国民族地区义务教育城乡一体化发展提供科学依据。

二、研究方法

(一) 义务教育地理集中度

$$CR_n^j = \sum_{i=1}^n x_i^j \quad (1)$$

式(1)中, CR_n 表示规模最大的前 n 个州域义务教育人数在全省所占比重。

(二) 标准差椭圆

$$\text{平均中心: } \bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}; \bar{Y}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

$$\text{方位角: } \tan\theta = \frac{(\sum_{i=1}^n w_i^2 \bar{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n w_i^2 \bar{y}_i^2) + \sqrt{(\sum_{i=1}^n w_i^2 \bar{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n w_i^2 \bar{y}_i^2)^2 + 4 \sum_{i=1}^n w_i^2 \bar{x}_i \bar{y}_i}}{2 \sum_{i=1}^n w_i^2 \bar{x}_i \bar{y}_i} \quad (3)$$

$$x \text{ 轴标准差: } \delta_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i \bar{x}_i \cos\theta - w_i \bar{y}_i \sin\theta)^2}{\sum_{i=1}^n w_i^2}} \quad (4)$$

$$y \text{ 轴标准差: } \delta_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i \bar{x}_i \sin\theta - w_i \bar{y}_i \cos\theta)^2}{\sum_{i=1}^n w_i^2}} \quad (5)$$

① 丁建福, 萧今, 王绍光. 中国县级义务教育投入差异的空间格局及收敛性 [J]. 教育科学, 2015, (2): 23-30.

② 陈发虎, 吴绍洪, 崔鹏, 等. 1949—2019 年中国自然地理学与生存环境应用研究进展 [J]. 地理学报, 2020, (9): 1799-1830.

③ DUTILLEUL P. Spatio-temporal heterogeneity: concepts and analyses [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

式(2)~式(5)中, $(\bar{X}_w, \bar{Y}_w)$ 表示加权平均中心, θ 为椭圆方位角, δ_x, δ_y 分别表示沿 x 轴和 y 轴的标准差。

(三) 全局空间自相关

$$I = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x}) \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_i^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}} \quad (6)$$

式(6)中, x_i, x_j 表示位置 i 和 j 的观察值, w_{ij} 是空间权重; 对 Moran's I 结果进行 Z 检验:

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}} \quad (7)$$

式(7)中 $E(I)$ 为数学期望, $Var(I)$ 为变异数。

(四) 局部空间自相关

通过局部 Moran's I 统计量, 可以得到每个地理单元与周边地区义务教育集聚程度的估计值^①:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_i^2} \sum_{j \neq i} w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (8)$$

式(8)中, x_i, x_j 表示位置 i 和 j 的观察值, w_{ij} 是空间权重。

(五) 经典回归模型

$$L_i = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \beta_9 x_9 + \cdots + \beta_i x_i + \varepsilon \quad (9)$$

(六) 空间滞后模型

$$L = \rho W_y + \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \beta_9 x_9 + \cdots + \beta_i x_i + \mu \quad (10)$$

式(10)中, α 为常数项, L 为因变量, $\beta_i (i = 1, 2, 3, \cdots, n)$ 为回归系数, x_i 为自变量, W_y 为空间权重矩阵, ρ 为空间滞后项 W_y 的参数, μ 为白噪声干扰项。

(七) 空间误差模型

$$\begin{cases} L = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \beta_9 x_9 + \cdots + \beta_i x_i + \varepsilon \\ \varepsilon = \lambda W \varepsilon + \mu \end{cases} \quad (11)$$

式(11)中, α 为常数项, L 为因变量, $\beta_i (i = 1, 2, 3, \cdots, n)$ 为回归系数, x_i 为自变量, W_y 为空间权重矩阵, λ 为自回归系数, μ 为随机误差项。

三、义务教育发展总体特征

(一) 义务教育人数大致呈“先升后降”变化趋势, 不同地区义务教育变化差异较大

1990—2020 年, 云南义务教育发展规模呈先上升后下降的变化趋势, 义务教育发展规模由 1990 年的 1913.42 万人增加到 2020 年的 3057.45 万人, 增加了 1.6 倍。从不同时期看, 1990—2000 年、2000—2010 年、2010—2020 年其义务教育规模的增比分别为 46.33%、16.56%、-6.32%, 由此可见, 1990—2010 年义务教育规模呈逐年递增趋势, 在 2020 年出现小幅度减少, 而 1990—2000 年增加幅度最大。从不同区域来看, 不同地区义务教育变化差异较大。2000 年、2020 年义务教育规模最大的是昆明市, 2010 年义务教育规模最大的是曲靖市, 而义务教育规模最小的始终是怒江州和迪庆州。可见, 义务教育人数上升最快的州市是昆明市、曲靖市、昭通市、红河州、文山州 (如图 1 所示)。

从不同阶段来看, 云南省小学教育总人数从 2000 年的 1897.93 万人减少到 2020 年的 1676.81 万人, 减少幅度为 11.65%, 2000—2010 年云南省小学教育人数整体呈小幅上升趋势。2000 年曲靖市小学教育人数最多, 2010 年、2020 年昭通市小学教育人数均最大, 昭通市、曲靖市、昆明市的小学教育人数始终是云南省小学教育总人数居前三的州市, 而迪庆州的小学教育人数最少。可见, 小学教育人数与地区的人口基数有密切关系 (如图 2 所示)。

2000—2020 年云南省初中教育总人数呈逐年递增趋势, 增加幅度为 53.08%; 2000—2010 年云南省

① 王辉, 延军平, 彭邦文, 等. 中国中等职业教育空间集聚及其影响因素[J]. 热带地理, 2020, (3): 525-538.

初中教育人数整体呈大幅上升趋势，增幅达 39.62%；2010—2020 年云南省初中教育人数呈小幅上升趋势，增幅为 9.63%。2010—2020 年昆明市初中教育人数一直是云南省初中教育人数最多的州市，曲靖市、昭通市、红河州、大理州次之，2000—2010 年昭通市初中教育人数的增长最为明显。2010 年、2020 年昆明市初中教育的人数均大于小学教育的人数，由此可见，经济越发达的地区初中教育的发展越快，经济发达地区初中教育的“虹吸效应”越来越显著，随着教育阶段的提升，更多人会选择向经济发达地区的教育流动，因此导致初中教育的空间异质性越来越强于小学教育（如图 3 所示）。

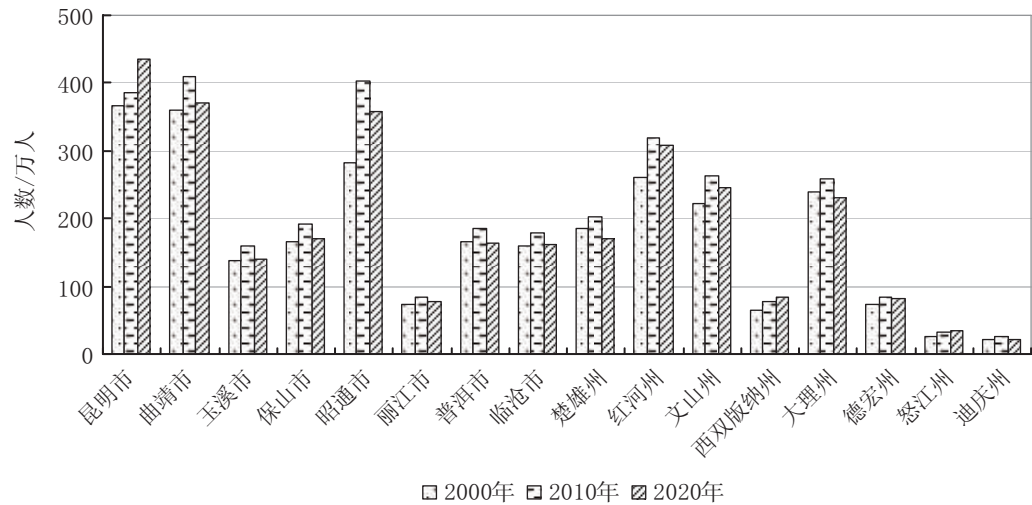


图 1 云南省义务教育人数变化情况

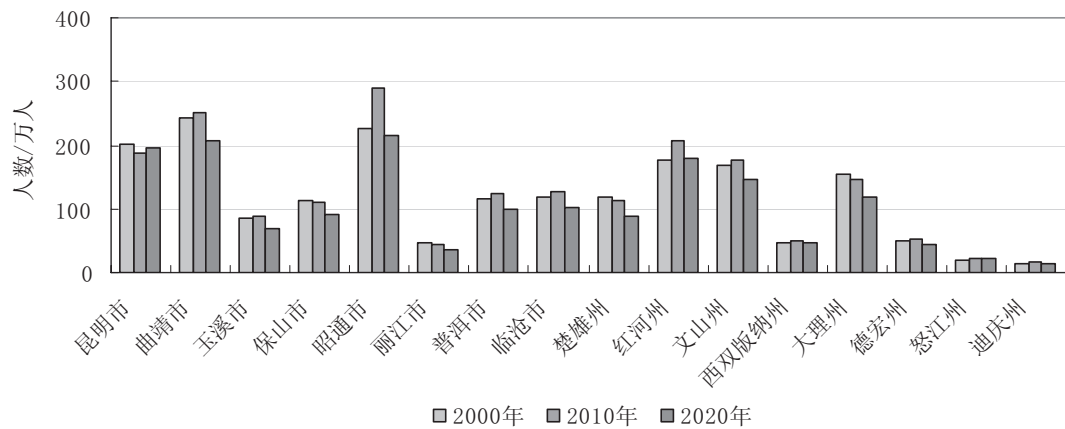


图 2 云南省小学教育人数变化情况

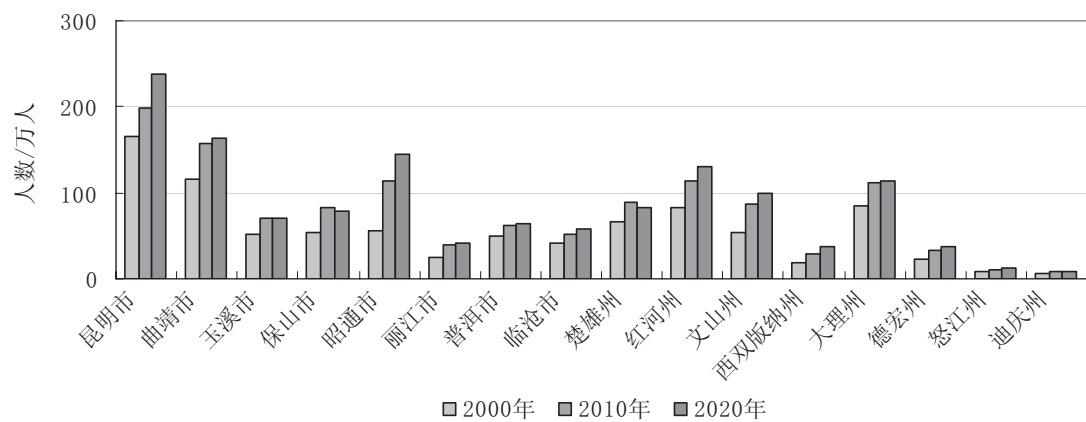


图 3 云南省初中教育人数变化情况

（二）义务教育空间分异明显，地理集中化程度不断提高

1990—2020 年，云南省义务教育地理集中度总体较高，并呈现增加趋势。例如，2000 年 CR_5 指数为 0.54，义务教育人数居前五的州市是昆明市、曲靖市、昭通市、红河州、大理州；2010 年 CR_5 指数为 0.55，义务教育人数居前五的州市位次发生较大变动，为曲靖市、昭通市、昆明市、红河州、文山州；2020 年 CR_5 指数上升至 0.56，义务教育人数前五的州市是昆明市、曲靖市、昭通市、红河州、文山州。可见，不同区域中义务教育的发展存在差异，但在空间上分布更趋集中（如表 1 所示）。

表 1 云南省义务教育 CR_5 指数

阶段	年份	义务教育规模前五及其 CR_5 指数					CR_5
		居前五位州市					
义务教育	2000	昆明市	曲靖市	昭通市	红河州	大理州	0.54
	2010	曲靖市	昭通市	昆明市	红河州	文山州	0.55
	2020	昆明市	曲靖市	昭通市	红河州	文山州	0.56

（三）义务教育空间分布重心位于中部地区，重心逐渐向东北方向移动

利用标准差椭圆可以测算出云南省义务教育的重心及其总体空间分布特征：从时间维度看，2000—2020 年云南省义务教育标准差椭圆的重心向东北方向移动，方位角在 $74^\circ \sim 78^\circ$ 之间，方位角减小了 2.95° ；长轴和短轴分别增加了 1.26 km、11.72 km，标准差椭圆有小幅增加趋势。2010—2020 年义务教育标准差椭圆的经纬度和方位角变化幅度较小，表明云南省义务教育的空间格局逐渐趋于稳定（如表 2 所示）。

表 2 云南省义务教育标准差椭圆参数

年份	经纬度	$X - \text{StdDist}$	$Y - \text{StdDist}$	Rotation	中心区位
2000	102.09°E, 25.04°N	270.66	191.54	77.36	楚雄州
2010	102.16°E, 25.09°N	273.96	197.68	74.04	楚雄州
2020	102.17°E, 25.07°N	271.30	197.40	74.41	楚雄州

从空间维度看，2000—2020 年间云南省义务教育发展重心在东经 $102.09^\circ \sim 102.17^\circ$ 、北纬 $25.04^\circ \sim 25.09^\circ$ 之间移动，从移动轨迹看，义务教育发展重心呈现“东北—东南”移动态势，整体移动方向趋于东北方向，这表明云南省义务教育的重心逐渐向东北方向移动，但其重心始终位于中部地区的楚雄州。

四、义务教育发展总体空间格局特征

2000 年、2010 年、2020 年云南省义务教育全局 Moran's I 指数分别为 0.4047、0.4056、0.3949，Moran's I 指数均为正，且均通过了显著性水平检验，这表明云南省义务教育呈正的空间自相关性，义务教育存在空间异质性，义务教育空间集聚效应显著，且这种空间集聚程度呈先增后减的变化趋势（如表 3 所示）。

表 3 云南省义务教育全局莫兰指数

年份	2000	2010	2020
Moran's I	0.4047	0.4056	0.3949
Z 值	2.4246	2.4131	2.3821
P 值	0.0153	0.0158	0.0172

从局部空间格局看，云南省义务教育呈“东热西冷”的空间格局，滇中—滇东北地区是义务教育的热点区，滇西北地区是义务教育的冷点区。2000—2020 年云南省义务教育发展的空间异质性变化趋势明显：一是热点区范围出现收缩趋势，2000—2020 年义务教育的热点区一直分布在滇中地区的曲靖市，热点区占比为 6.25%；二是次热点区出现收缩趋势，2000 年次热点区分布在滇中的昆明市、滇东北的昭通市，次热点区占比为 12.5%；2010—2020 年次热点区出现明显缩减，昆明市退出次热点区，次热点区仅分布在滇东北的昭通市；三是次冷点区范围出现扩张趋势，2000 年次冷点区主要分布在滇西北的迪庆州、怒江州，次冷点区占比为 12.5%，2010—2020 年次冷点区出现明显的扩张趋势，丽江市进入次冷点区，次冷点区主要分布在滇西北的迪庆州、怒江州、丽江市，并呈现连片分布，次冷点区占比上升为 18.75%；四是 2000—2020 年义务教育水平空间格局未出现显著的冷点区。总体而言，云南省义务教育发

展的空间格局具有相对稳定的特征，曲靖市为稳定性热点区，昭通市为稳定性次热点区，迪庆州为稳定性次冷点区。

五、义务教育发展细分空间格局特征

(一) 小学教育空间格局特征

2000 年、2010 年、2020 年云南省小学教育全局 Moran's *I* 指数分别为 0.3832、0.3626、0.3879，略小于义务教育的 Moran's *I* 值，但均为正数，且均通过了显著性水平检验。这表明云南省小学教育呈正的空间自相关性，小学教育存在空间异质性，小学教育空间集聚效应显著，且这种空间集聚程度呈先减后增的变化趋势，与义务教育的变动情况相反（如表 4 所示）。

表 4 云南省小学教育水平全局莫兰指数

年份	2000	2010	2020
Moran's <i>I</i>	0.3832	0.3626	0.3879
<i>Z</i> 值	2.2981	2.2273	2.3162
<i>P</i> 值	0.0216	0.0259	0.0206

从局部空间格局看，云南省小学教育呈“东热西冷”的空间格局，与义务教育空间格局一致，滇中—滇东北地区是小学教育的热点区，滇西北地区是小学教育的冷点区：一是热点区范围出现“扩张—收缩”趋势，2000 年热点区分布在滇中地区的曲靖市，热点区占比为 6.25%；2010 年昭通市进入热点区，热点区在“曲靖—昭通”地区呈现带状分布结构，热点区占比为 12.5%；2020 年昭通市退出热点区，热点区仅分布在滇中地区的曲靖市，热点区出现缩减趋势，热点区占比为 6.25%。二是次热点区出现“收缩—扩张”变化趋势，2000 年次热点区分布在滇东北的昭通市，次热点区占比为 6.25%；2010 年次热点区消失；2020 年次热点区再次出现，昭通市退出热点区进入次热点区，次热点区仅分布在滇东北的昭通市，次热点区占比为 6.25%。三是次冷点区范围表现为扩张趋势，且次冷点区的强度增加，2000—2010 年次冷点区一直分布在滇西北的迪庆州、怒江州、丽江市，次冷点区未出现明显变动，并呈现连片分布，次冷点区占比为 18.75%；2020 年次冷点区出现明显的增强趋势，怒江州、丽江市的次冷点区强度显著增加，滇西北地区的次冷点区强度明显增加，次冷点区在迪庆州、怒江州、丽江市呈现连片分布，次冷点区占比为 18.75%。四是 2000—2020 年小学教育水平空间格局未出现冷点区。总体而言，云南省小学教育空间格局变动较小，具有相对稳定的空间特征，其中，曲靖市为稳定性热点区，迪庆州为稳定性次冷点区。

(二) 初中教育空间格局特征

2000 年、2010 年、2020 年云南省初中教育全局 Moran's *I* 指数分别为 0.3727、0.4214、0.3768，略小于义务教育的 Moran's *I* 值，但均为正数，且均通过了显著性水平检验，这表明云南省初中教育呈正的空间自相关性，初中教育存在空间异质性，初中教育空间集聚效应显著，且这种空间集聚程度呈先增后减的变化趋势，与义务教育的变动情况一致（如表 5 所示）。

表 5 云南省初中教育水平全局莫兰指数

年份	2000	2010	2020
Moran's <i>I</i>	0.3727	0.4214	0.3768
<i>Z</i> 值	2.4579	2.5959	2.4127
<i>P</i> 值	0.0139	0.0094	0.0158

从局部空间格局看，云南省初中教育呈“东热西冷”格局，滇中地区是初中教育发展的热点区，滇西北地区是初中教育的冷点区：一是热点区范围相对稳定，2000—2020 年热点区一直分布在滇中地区的曲靖市，热点区呈现单核结构，热点区占比保持在 6.25%。二是次热点区出现“收缩—扩张”变化趋势，2000 年次热点区分布在滇中的昆明市、玉溪市，呈带状分布结构，次热点区占比为 12.5%；2010 年玉溪市退出次热点区，次热点区范围显著减小，次热点区仅出现在滇中的昆明市，次热点区占比为 6.25%；2020 年昭通市进入次热点区，次热点区范围显著增加，次热点区分布在滇中的昆明市、滇东北的昭通市，次热点区占比为 12.5%。三是次冷点区范围表现较为稳定，2000—2020 年次冷点区一直分布在滇西北的迪庆州，次冷点区分布范围未发生变动，次冷点区未出现明显变动，并呈单核结构，次冷点区占比为

6.25%。四是 2000—2020 年初中教育水平空间格局未出现冷点区。总体而言，云南省初中教育空间格局变动较小，具有相对稳定的空间特征，初中教育向滇中地区集聚现象越来越明显，其中，曲靖市为稳定性热点区，昆明市为稳定性次热点区，迪庆州为稳定性次冷点区。

六、义务教育发展空间异质性影响因素分析

（一）影响因子选取

义务教育具有显著的空间异质性和较强的时间变异性。因此，义务教育的影响因素较为复杂，本文从义务教育发展条件、经济发展水平、社会发展条件 3 个维度，选取 15 个因子分析云南省义务教育发展空间异质性的影响因素（如表 6 所示）。

表 6 影响因素指数体系

影响因素	影响因子
义务教育条件	学校数（ X_1 ）
	专任教师数（ X_2 ）
经济发展水平	地区生产总值（ X_3 ）
	第一产业（ X_4 ）
	第二产业（ X_5 ）
	第三产业（ X_6 ）
	人均 GDP（ X_7 ）
	地区财政收入（ X_8 ）
	固定资产投资（ X_9 ）
社会发展因素	常住人口（ X_{10} ）
	城镇人口（ X_{11} ）
	农村人口（ X_{12} ）
	城镇人均可支配收入（ X_{13} ）
	农村人均可支配收入（ X_{14} ）
	城市化率（ X_{15} ）

（二）影响因素分析

云南省义务教育空间格局演变的分析结果表明，云南省义务教育具有较强的空间相关性。因此，选取经典回归模型（OLS）、空间滞后模型（SLM）、空间误差模型（SEM）进行云南省义务教育空间异质性的影响因素分析（如表 7 所示）。利用 ArcGIS10.6 对 15 个影响因子进行空间分析，结果表明 15 个影响因子空间分布差异性较大，不同影响因子对义务教育空间格局的影响程度存在差异性，从而导致了义务教育的空间异质性的出现。从 15 个影响因子的回归系数来看，通过统计学检验的因子主要有 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 、 X_{12} 、 X_{14} 、 X_{15} 等 11 个影响因子，影响因子对义务教育空间异质性影响程度具有复杂性。其中，学校数、专任教师数、常住人口数、农村人口数、城镇人口数呈先增强后减弱趋势；地区财政收入、固定资产投资呈持续减弱趋势；地区生产总值、人均 GDP、农村人均可支配收入呈先减弱后增强趋势。从作用强度来看：人口因素 > 教育条件 > 经济因素 > 社会因素，适龄教育人口数、义务教育条件是影响义务教育空间异质性的主要因素。

表 7 回归分析结果

模型变量	OLS		SLM		SEM	
	回归系数	标准误差	回归系数	标准误差	回归系数	标准误差
常数项	2.4601	8.5405	7.1536	0.0035	1.2045	2.1661
X_1	5.3144 *	2.7271	5.3099 **	1.0164	5.5243 ***	3.4483
X_2	5.1573 *	2.2152	5.1026 **	1.0026	5.1358 **	3.2571
X_3	4.2945 *	8.0936	2.4319 **	1.4565	3.6697 ***	1.1022
X_4	1.3157	8.0036	1.8203	1.4723	1.3697	1.0078
X_5	1.1643	8.0157	1.2017	1.4640	1.1267	1.0162

表 7 (续)

模型变量	OLS		SLM		SEM	
	回归系数	标准误差	回归系数	标准误差	回归系数	标准误差
X_6	1. 2026	8. 1325	1. 4319	1. 4676	1. 2271	1. 1523
X_7	1. 4363 *	2. 7825	4. 4947 *	6. 6576	5. 3980 *	2. 2698
X_8	3. 8621 *	4. 6516	1. 0506 **	4. 1370	2. 4722 **	1. 4171
X_9	1. 3305	2. 6997	1. 0086	8. 3376	3. 5936 *	2. 7596
X_{10}	7. 6327 *	1. 6522	4. 7787 **	1. 0275	7. 1739 ***	7. 2863
X_{11}	6. 0424 *	1. 6203	3. 4725 **	1. 0107	5. 9934 ***	7. 1536
X_{12}	6. 7473 *	1. 6415	4. 1753 **	1. 0128	7. 0527 ***	7. 2152
X_{13}	1. 1675	6. 8515	1. 5361	1. 7225	1. 2531	5. 6162
X_{14}	2. 8360 *	7. 6302	1. 7812 *	2. 3606	1. 0896 **	7. 5910
X_{15}	1. 2390 *	1. 4221	1. 6099 *	1. 0164	1. 1912 *	2. 3900
R^2	0. 9356		0. 9582		0. 9685	

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的概率水平下显著。

回归分析结果显示，SEM 的拟合度均高于 OLS 和 SLM， R^2 达 0. 9685，这表明加入空间效应的 SEM 模型是义务教育空间格局影响因素检验的最优回归模型，其中， X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 、 X_{12} 、 X_{14} 、 X_{15} 对义务教育空间集聚起正向作用， X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_{13} 与义务教育空间集聚的相关性还未显现。从影响因子的回归系数来看，影响因子作用强度具体表现为：常住人口（ X_{10} ）>农村人口（ X_{12} ）>城镇人口（ X_{11} ）>学校数（ X_1 ）>专任教师数（ X_2 ）>地区生产总值（ X_3 ）>地区财政收入（ X_8 ）>固定资产投资（ X_9 ）>人均 GDP（ X_7 ）>农村人均可支配收入（ X_{14} ）>城市化率（ X_{15} ），表明人口基数、教育条件对义务教育空间集聚格局的影响最大。出现热点区的昆明市、曲靖市、昭通市的人口数量在 2023 年分别达 868 万人、568. 8 万人、485. 4 万人，排在云南省人口数量的前三位，而出现冷点区的迪庆州、怒江州的总人口数分别为 39. 5 万人、53. 5 万人，是云南省人口数量最少的两个州市，再次通过统计学分析可以发现，云南省义务教育人数与总人口数呈正相关关系，人口基数越大的州市义务教育的人数越多；同时，统计发现人口数量对学校数量有直接影响，即人口数量越多的州市其义务教育的学校数量越多，学校数量与义务教育的教师数量呈正相关关系，学校数量越多的州市其专任教师数越多。2020 年义务教育热点区表现较好的昭通市的义务教育人数排在全省第三，但同年昭通市的地区生产总值却排在全省第七，表明经济因素对于义务教育的影响没有人口因素和教育条件那么大，但经济因素对教育条件具有支撑作用，表现在对义务教育经费的投入方面，所以地区财政收入、固定资产投资、人均 GDP、农村人均可支配收入的作用强度随经济因素增强。从不同阶段来看，不同影响因素对不同阶段义务教育的影响存在差异性，人口数量与小学教育和初中教育的热点区呈正相关关系，即人口数量较多的昆明市、曲靖市、昭通市的小学教育和初中教育均出现了热点区，这与该区域的人口空间格局一致；经济因素对义务教育增长速度方面的影响强度存在差异性，地区生产总值、地区财政收入对研究区各州市间小学教育增长速度差距的影响不明显，但对各州市间初中教育增长速度差距的强度呈持续增强趋势，这种影响强度直接表现在 2010—2020 年间初中教育增长的热点区一直出现在曲靖市，而这个时期曲靖市的小学教育增长却表现出次冷点区。可见，经济因素对教育的影响强度随教育阶段的提升而增大。

从云南省小学教育和初中教育的空间格局与云南省经济空间格局^①、云南省人口空间分布^②的比较分析发现，小学教育空间集聚格局的形成和发展与人口数量和人口增长高度相关，初中教育空间集聚格局的形成和发展与区域经济社会发展水平高度相关。总体而言，人口因素、教育条件、经济因素、社会因素的共同作用，导致了云南省义务教育发展的空间异质性，云南省义务教育空间集聚受到义务教育发展

① 陈利，朱喜钢，杨阳，等. 基于空间计量的云南省县域经济空间格局演变 [J]. 经济地理, 2017, (1): 40-49.

② 秦伟. 1990—2020 年云南省人口空间分布的演化特征分析 [J]. 地域研究与开发, 2024, (5): 166-172 + 180.

条件、经济发展水平、社会发展条件的影响。

七、结论与讨论

目前，关于义务教育发展的空间研究主要包括空间分布研究^①和空间差异性研究^②两方面，鲜有提及义务教育空间异质性的研究，缺少从时间序列揭示义务教育在空间上演化特征的评价。根据多年的实地调研发现，云南省义务教育在多民族共生区内存在不同的空间相关性和差异性，这为实现义务教育空间异质性的评价提供了条件。

本文通过空间相关分析，利用空间自相关指数和回归模型刻画了云南省义务教育发展的空间异质性及其影响因素，结果表明：

第一，1990—2020 年云南省义务教育规模大致呈“先上升后下降”变化趋势，不同地区义务教育变化差异较大。小学教育人数呈“上升—下降”变化趋势，初中教育人数呈逐年递增趋势，小学教育的规模大于初中教育的规模，但初中教育人数的增幅大于小学教育的增幅。

第二，云南省义务教育空间分布重心位于中部地区，重心逐渐向东北方向移动。2010—2020 年义务教育标准差椭圆的经纬度和方位角变化幅度逐渐减小，表明云南省义务教育发展的空间格局逐渐趋于稳定，未发生较大变化。

第三，云南省义务教育发展具有空间异质性，呈正空间自相关性，空间集聚特征明显，总体呈现“东热西冷”空间格局。曲靖市是义务教育的稳定性热点区；小学教育和初中教育空间格局变动较小，均具有相对稳定的特征，曲靖市为小学教育稳定性热点区，曲靖市和昆明市是初中教育热点区和次热点区的连片区，初中教育较小学教育向滇中地区的集聚现象越来越明显。

第四，云南省义务教育空间异质性的影响因素作用强度具体表现为：常住人口 > 农村人口 > 城镇人口 > 学校数 > 专任教师数 > 地区生产总值 > 地区财政收入 > 固定资产投资 > 人均 GDP > 农村人均可支配收入 > 城市化率，人口基数、教育条件对义务教育空间集聚格局的影响最大，经济因素对初中教育增长速度的影响强于小学教育。

Research on the Spatial Heterogeneity of Compulsory Education Development in Yunnan Province from 2000 to 2020

WANG Dali

(Institute of Physical Education, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan, China 650500)

Abstract: Based on the relevant statistical data of compulsory education in Yunnan province, this paper discusses the spatial and temporal differentiation, spatial heterogeneity and its influencing factors of compulsory education in Yunnan province by using the methods of geographical concentration, spatial autocorrelation analysis and regression model. The results show that the development of compulsory education in Yunnan province showed a trend of “rising first and then falling”, and the geographical concentration increased year by year. Compulsory education has a positive spatial autocorrelation, and the spatial agglomeration characteristics are obvious. The overall spatial pattern is “hot in the east and cold in the west”, and the spatial heterogeneity is significantly improved. The east is a hot spot for the development of compulsory education. The main factors affecting the spatial heterogeneity of compulsory education in Yunnan Province include permanent population, rural population, urban population, number of schools, number of full-time teachers, regional GDP, regional fiscal revenue, fixed asset investment, per capita GDP, rural per capita disposable income and urbanization rate, etc.

Key words: compulsory education; spatial heterogeneity; spatial autocorrelation; geographies of education; Yunnan province

(责任编辑：杨谨瑜)

① 魏萍，黄静，颜家琴，等. 超大城市义务教育学校空间分布、可达性与资源均衡性研究：以武汉为例 [J]. 热带地理，2025，(6)：1053-1068.

② 张荣馨，谢康，郭秋月. 县域义务教育高质量发展的空间格局分析 [J]. 中国人民大学教育学报，2023，(6)：110-127.