

文章编号: 1007-4619(2008)05-0800-10

农村中小学布局调整之空间可达性分析

——以河南省巩义市初级中学为例

孔云峰^{1,2}, 李小建^{2,3}, 张雪峰²

(1. 河南大学 中澳地理信息分析与应用研究所, 河南 开封 475004 2. 河南大学 环境与规划学院, 河南 开封 475004
3. 河南大学 黄河文明与可持续发展研究中心, 河南 开封 475001)

摘 要: 中小学布局调整是教育主管部门面临的一项重要任务, 涉及教育资源的公平分配和合理利用, 影响到义务教育法的落实和实施。在探讨中小学布局调整原理与方法的基础上, 使用地理信息系统 (GIS) 技术建立人口分布、学校分布和交通条件等数据库, 计算空间可达性指标, 定量分析每一个居住区位学生上学的便捷程度, 评估教育资源的空间分布差异, 为学校布局规划提供重要的参考依据。使用比例模型、最近距离模型、机会积累模型、重力模型和改进重力模型, 以巩义市初级中学为例, 揭示学校分布与人口分布之间的关系, 期望为农村中小学布局调整提供评估方法和规划依据。案例研究发现: 农村义务教育在资源配置、最近入学距离、择校机会、供需平衡方面仍有一定的不均衡性。建议使用 GIS 和空间可达性指标评估中小学布局调整的公平性; 进一步探索学生择校的空间规律, 并使用 Huff 模型模拟学校与学生的最佳配置, 为布局调整奠定定量分析基础。

关键词: 中小学布局调整; 地理信息系统; 空间可达性; 巩义市

中图分类号: P208 **文献标识码:** A

1 引 言

随着近年中国农村人口结构的变化, 农村中小学布局调整是教育主管部门面临的一项重要任务。大规模的中小学布局调整已在中国展开, 2006 年教育部统计公报表明: 中国的小学生在校人数 2003—2005 年间减少近 1300 万人, 小学减少了 9 万所^[1]。按照教育部的要求, 中小学布局调整的目标是致力于提高中小学的办学条件、办学效益和教育质量, 按照方便就学的原则, 确保适龄儿童少年顺利完成九年义务教育^[2]。然而, 不少地方政府将调整简单理解为撤并和缩减, 将教育资源的高效利用放在优先位置, 公平性显得不足, 结果致使出现了学校分布不合理的状况, 使得学生入学距离增大、班额过大、师资分配不均衡、教育资源浪费流失等现象, 在部分地区教学质量有所下降^[3], 一些偏远地区、山区产生了新的上学难问题。

中小学布局调整是落实国民义务教育的大事,

但国内学术界对学区划分、资源分配与均衡发展的研究还存在诸多薄弱环节, 例如宏观研究较多而微观研究较少, 规划方案中常效率优先而公平不足, 定性内容多而定量分析少, 缺乏严谨而易操作的规划指标等, 特别是教育设施的空间分布、评估与规划的研究少见。针对中国农村中小学布局调整存在的问题和面临的挑战, 本文探讨了学校布局调整原理和方法, 引入地理信息系统 (GIS) 技术, 建立人口分布、学校分布、交通、地形等地理空间数据库, 以河南省巩义市初级中学为例, 进行教育资源空间布局的可达性分析。研究目标是评估农村教育资源分布的空间特征和存在问题, 并为中小学学区规划和布局调整奠定定量分析的基础。

2 相关研究回顾

自 20 世纪 90 年代后期以来, 中国中小学布局调整已经大规模展开, 虽然有关的政策宣传、经验报道、实施调查相当多, 但中小学空间布局规划研

收稿日期: 2007-07-28 修订日期: 2008-03-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (编号: 40535025); 河南省高等学校创新人才基金 (2004—2009 年度)。

作者简介: 孔云峰 (1967—), 河南新安县人, 博士, 河南大学特聘教授、博导, 目前主要从事 GIS 应用研究。

究尚不多见。张忠福定性地描述了学校布局规划方法:对学校的地理环境、地区人口密度、服务半径、班级规模、学校条件等重要因素进行实地调查,掌握丰富翔实的第一手资料;在此基础上到基层征求意见,开展中小学布局结构调整研究和可行性分析论证工作^[4]。这些建议具有指导意义,但没有提供具体的调查手段和技术方法。Lu的硕士论文以长沙市雨花区小学为例,引入GIS和可达性概念,对学校设施的供需、布局情况进行了评估^[5]。认为可达性分析能详细地反映供需状况,发现设施分布的薄弱区域,并为学校选址和规模设计提供依据。吉云松应用GIS进行学区分析和人口预测,为中小学布局调整提供空间数据支持,强调了GIS技术的潜力^[6],但没有进行深入的方法讨论。在台湾,叶雅惠等综合探讨了学生、学校与区域之间的关系,分析了影响学区发展的因素;透过实际调查,提出了高雄市中学学区重划的建议,以期达到教育发展与学生分布的均衡化^[7]。林千琪将学生人口预测与P中位法(progressive P median)多元回归数学模型相结合,推导出学校动态区位选择模型,计算都市地区学校设施最佳区位^[8]。Hwang提出了基于GIS、多属性决策分析和随机覆盖分析的设施设计方法,以最短上学距离为目标,进行学区划分和学校位置规划^[9]。

学者很早就以地图学方法为基础进行学区划分和规划方案决策^[10],近年使用GIS进行学区划分、学校规划和交通服务分析。Taylor等利用GIS对北卡罗莱那州约翰斯顿县的学校和社区进行整体规划,成功减少了交通的影响程度,降低了上学的花费^[11]。Slagle以堪萨斯州BVSD学区为例,建立空间数据库进行现状分析,并在GIS支持下对学校布局进行调整^[12]。Malczewski等系统地总结了教育资源分配的准则,提出使用多准则决策(MCDM)和GIS分析寻求多方共识,快速高效地进行资源的空间分配^[13]。Caro等全面总结了学区划分与调整问题,提出了一个优化模型,在GIS中对Philadelphia市2个实例进行了分析和讨论,认为进行客观分析和主观判断能够有效地解决学区划分问题^[14]。Hanley以爱荷华州为例,分析了全州学校交通成本与学区划分之间的关系,计算了学区合并对交通成本的影响^[15]。

相关文献综合分析表明:(1)学校空间布局规划要体现义务教育的公平性,依据政府法令和政策,提出具体的规划指标和准则;(2)GIS是学区划

分、学校选址不可缺少的工具,建立人口、学校、交通等地理数据库,展现学校供需关系,评估教育资源空间分布的效率和公平性,辅助进行空间规划;(3)学校空间规划的主要目标是学生居住地到学校的总体旅行距离最短,在整体上改善学生上学的便捷程度,并兼顾资源分配的公平性,通常采用设施的空间可达性指标作为学校规划的重要参考依据。

3 中小学布局调整原理讨论

中国中小学布局调整的内容包括关闭学校、合并学校、新建学校、学校选址、学校规模设计、资金和人力资源分配等问题,实质是实现教育资源的配置优化,提供更完善的义务教育服务。因中国人口出生率持续下降,农村中小学布局调整的重点是关并学校、学校改址和资源的重新分配。布局调整涉及设施布局和资源分配两大环节,前者确定学校数量、位置和规模,后者是在一定的资源总量约束下,根据资金来源、教育需求、地理环境等因素分配资金和人力资源。布局规划是资源分配的基础,同时,布局规划受到资源总量的约束。

空间可达性是和学校布局密切相关的一个概念。简单地理解,空间可达性指从一个地方到达另一个地方的便捷程度,与起点、终点和交通条件有关,常使用距离、旅行时间或旅行成本表示。空间可达性的表达形式相当多元化,广泛使用于设施空间规划^[16-17]。从资源利用(效率)的角度,学校布局规划的可达性准则是:(1)学生从居住地到学校的总体(或平均)旅行距离(时间或费用)最小,20世纪80年代以前,国外学校布局规划常使用这一规划目标;(2)一定距离范围内,学校服务人口越多越好,服务范围越大越好。从教育服务公平性的角度,有几个评估可达性的准则:(1)最大或平均上学距离不超过某一数值;(2)最大上学距离越小越好,即最大上学距离最小化原则,保证边远地区学生方便上学;(3)学生上学方便程度的差异越小越好,如上学距离均方差最小化原则等。

空间可达性指标能够较好地反映学生获得教育资源的便捷程度和公平性,但不能反映教育设施的规模效益和运作效率。学校数目过多,学生离学校的距离较近,但教育设施的利用率可能较低,造成资源浪费。学校数目过少,教育设施的规模效益得到发挥,但学生上学可能不便。学校布局调整过程中,学校数量、位置、规模的选择要在规模效益原

则和可达性准则之间取得平衡。规模效益原则和可达性准则之间的矛盾来源于不同利益团体追求目标的差异。因此,中小学布局调整并不单纯是一个技术问题,也与教育制度和政策导向有关;规划过程中主管部门、学校和公众等利益团体之间要达成共识,保证学校布局调整的合理性和公平性。

资源分配也涉及学区和学校获得教育服务的公平性,主要体现在师生比、生均花费、平均班额、生均建筑面积等,反映每个学生获得教育资源是否平等。另一方面,平均的资源投入未必能获得相同的教育服务水平和教育成效,与资源投入平等对应的是教育服务水平和教育产出平等。教育资源的区域或学校分配主要依据投入公平或产出公平进行。教育资源利用的效率可从两个方面进行评估:一定的资源投入,获得最大的产出;达到一定的服务水平,投资成本最低。

综上所述,中小学布局调整的 3 个基本评估要素是空间可达性、公平性和效率,规划目标和准则由这 3 个要素构成。空间可达性指标能够反映学校设施分布的公平性和效率,但不能体现学校的规模效益特性。同时,教育服务的公平性和资源利用的效率常常产生矛盾,在资源有限的条件下难以兼顾。解决这一问题的根本途径是各利益团体(政府、学校、教师、学生、公众)之间要达成共识,在此基础上借助技术手段,计算最优的学校数量、最佳的学校位置、公平的资源分配方案。GIS 能够按地理位置管理中小学布局调整涉及的各种

数据,空间分析方法能够空间可达性和其他反映设施布局公平性和效率的指标。利用 GIS、空间分析和规划技术,选择规划准则,在一定的约束条件通过数学求解,为学校布局调整提供规划决策。

4 空间可达性分析

本研究主要采用可达性概念分析学校布局特征。作者对 Guagliardo^[17]总结的可达性模型作了改进,选择了 5 个空间可达性指标:比例模型、最近距离模型、机会积累模型、重力模型和改进重力模型(表 1)。比例模型是学校服务能力与人口之比,表示某一区域内人均拥有的资源指标;数据整理完成后,可按行政单元统计、计算比例指标。最近距离模型是从居住地出发到达最近学校的距离、时间或费用。距离是个人获取服务的主要阻力之一,距离成本影响个人对设施的选择。在学校分布稀少的农村地区,通常选择最近的学校。ArcGIS 提供的邻近度分析工具(Analysis Tools-Proximity-Near)可以确定离任何一个社区或自然村最近的学校,并计算两者之间的距离。机会积累模型是学生居住地一定距离范围内可供选择的学校数目,居住地附近学校少,意味着选择机会少,反之亦然。该模型强调潜在机会而不是距离。ArcGIS 提供的邻近度分析工具(Analysis Tools-Proximity-Point Distance)可以计算任何一个社区或自然村到所有学校的距离,对计算结果进行统计即获得满足条件的学校数目。

表 1 空间可达性模型

Table 1 Models of spatial accessibility

模型	定义	特点
比例模型	特定区域内资源总量(如学校、教师、班级、图书、资产数量)与人口之比	直观、常用,可用于总体粗略比较,与边界划分有关,不能反映区域内空间差异
最近距离模型	需求者到达最近设施的距离(时间或费用)	采用直线距离或交通距离,反映上学的便捷程度,没有考虑学校的规模和教学质量
机会积累模型	在一定距离范围内,可供选择的设施(学校)数目	反映需求者的选择机会,没有考虑学校的规模和教学质量
重力模型	所有设施对需求者的吸引力累计值	是一个社会学重力模型,考虑学校的服务能力、到达设施的距离,未考虑需求因素
改进重力模型	考虑设施周边人口分布的重力模型	综合考虑学校的服务能力、到达设施的距离和需求因素,模型计算较复杂

重力模型可达性是所有学校对需求者吸引力的累计值,计算公式与物理学重力公式相似: $A_i = \sum_j \frac{S_j}{d_{ij}^\beta}$, 其中 i 表示某一社区或村, S_j 表示第 j 个学校的服务能力(如学校教师), d_{ij} 表示上学距离或时间, β 表示距离阻抗系数。进一步考虑每个学校周

边学生数量分布的差异,可在重力模型加入需求者竞争因素,更客观地表达获取服务的容易程度。改进重力模型为 $A_i = \sum_j \frac{S_j}{d_{ij}^\beta V_j}$, 其中 $V_j = \sum_k \frac{P_k}{d_{kj}^\beta}$, V_j 表示考虑到距离阻抗的设施周围的人口或学生数目, P_k 表示区位 k 人口数量。

重力模型的优点是充分考虑了居住地和学校之间的距离、学校的规模,以及学校周边人口密度,是学生获得教育服务便捷程度的综合指标,也常作为中小学布局调整方案的重要评估依据。重力模型的缺点是计算比较复杂,特别是阻抗系数 β 的确定缺乏理论依据,指标值的实际意义也不够直接。为方便计算,本文选取教师人数作为学校的规模指标(单位:人);选取直线距离作为距离指标(单位:km);使用行政村人口取代学生数目(单位:万人)。距离阻抗因素方面,在医疗、商业可达性等领域, β 通常取 1—2 之间,本文选择 $\beta=2$ 。空间可达性模型中,距离可使用欧几里德距离、曼哈顿距离或实际交通距离,考虑到交通和地形条件,也常常使用旅行时间取代距离,有时也使用旅行成本。曼哈顿距离适合城市地区,交通距离更符合实际。由于本研究收集的交通数据不完备,仅采用直线距离。因缺乏自然村人口数据,本文将行政村作为一个基本单元参与计算。使用 ArcGIS 提供的 VBA 编程环境,编程计算各个行政村的可达性指标。

5 研究区概况

巩义市位于河南省中西部,处于东

经 $112^{\circ}49' - 113^{\circ}17'$, 北纬 $34^{\circ}31' - 34^{\circ}52'$, 总面积 1052km^2 ;地势南高北低,南依嵩山,北临黄河,南部和东部为山地,中部和北部为丘陵,伊洛河、黄河沿岸为冲积平原(图 1)。全市 2002 年总人口 78 61 万人,主要分布在平原和丘陵地区(图 2)。2002 年全市国内生产总值 122 63 亿元,名列全国县城经济基本竞争力百强县第 55 名,农民人均纯收入 3725 元,其中投入到文化教育的费用人均 166 60 元。2007 年,巩义市共有初级中学 52 所;其中教育部门办学 48 所(图 3),专任教师 2838 人,共有班级 749 个,学生 43678 人。学校总占地面积为 94.75万 m^2 ,拥有 2045 台计算机、105.43 万册图书,固定资产总值 12033.66 万元。本研究重点区域是农村地区,没有考虑城市区域内的社区,将市内街道办事处与孝义镇合并,全市共划分为 16 个镇区。

本案例研究的思路是:研究区调查与数据收集,建立农村地区人口分布、学校分布、交通、地形等地理空间数据库,使用 GIS 空间分析功能,计算教育资源的空间可达性指标,评估教育资源的空间分布特征,为学校布局调整奠定定量分析基础。空间数据管理、空间分析和 VBA 重力模型编程均在 ArcGIS 9.2 软件中完成。

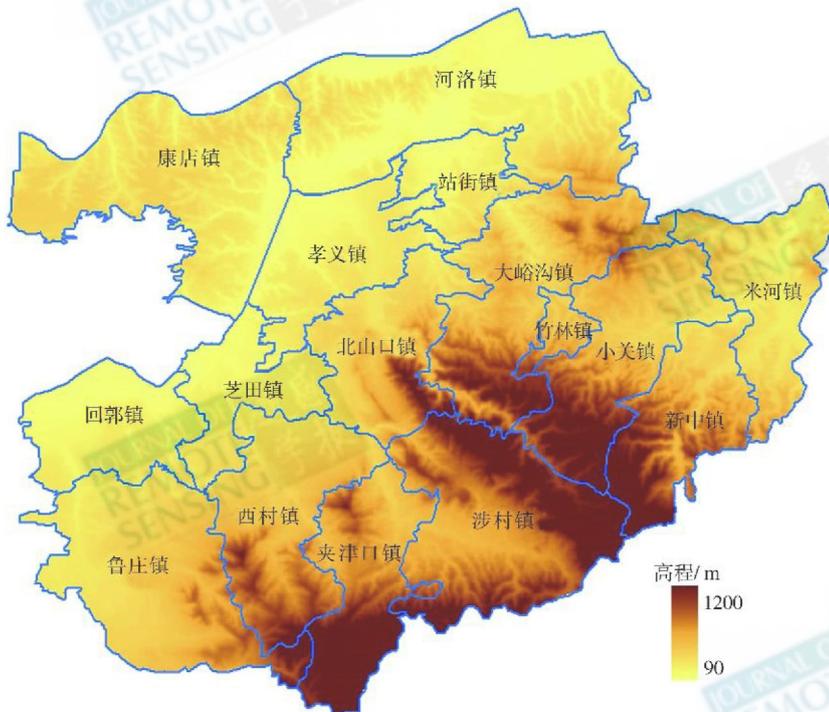


图 1 巩义市地形与区域划分

Fig 1 The terrain and township regions in Gongyi City

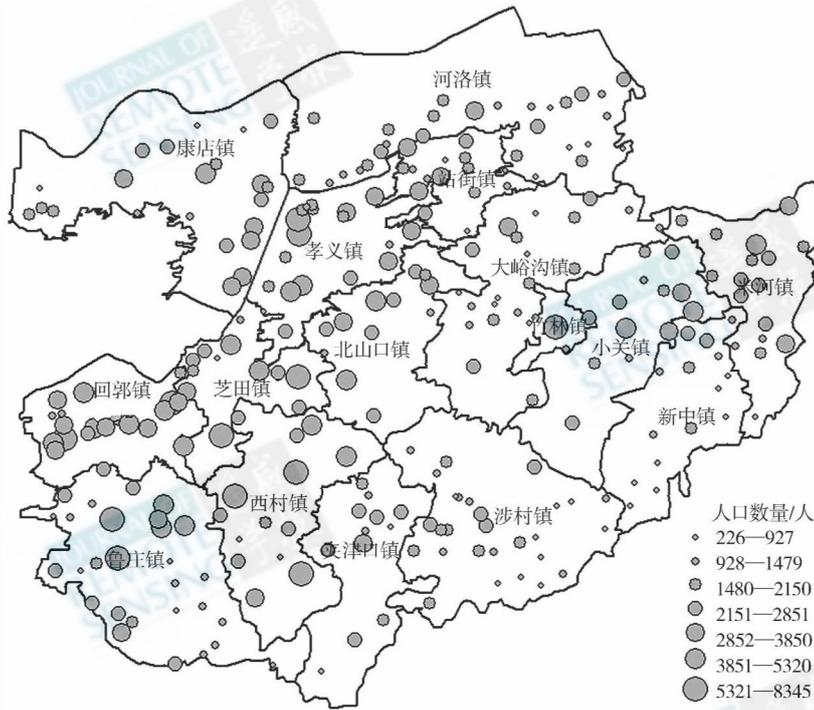


图 2 巩义市行政村人口分布图

Fig 2 The village-level populations in Gongyi City



图 3 巩义市初级中学分布图

Fig 3 The location of secondary schools in Gongyi City

本研究收集的原始数据包括: (1)巩义市乡镇、行政村边界数据, 1:5万等高线数据; (2)巩义市统计年鉴(2002), 包括村级人口、社会经济指标等; (3)巩义市教育委员会制作的巩义市 2006年 9月

至 2007年 7月学年年度基础教育统计年报数据汇总表; (4)巩义市教育委员会制作的巩义市中小学平面分布图, 含行政区、主要交通线路、行政村和自然村等。利用 ArcGIS 软件, 在统一坐标体系下, 整

理的地图图层包括:镇区边界、村行政边界、行政村位置(含人口、户数及部分经济指标)、自然村位置、中小学学校位置(含教师数目、班级数目、学生人数、学校面积、图书数目、固定资产等)、数字地面模型(DEM)和主要交通线路等。

6 空间可达性分析结果

学校的教学质量和服务能力受到师资力量、

占地面积、图书数量和固定资产等因素的影响。以巩义市教育部门 48 所初级中学为例,平均每校学生 910 人、教师 59 人、设置 15.6 个教学班。全县每千人拥有教师 3.6 人,平均班额为 58.3 名学生,学生教师之比为 15.4。但相关资源的空间分布不均衡,按镇区统计,师生比处于 9.7—21.4 之间,班额在 50.9—65.6 之间(除康店镇 74.6 和站街镇 35.6),每千人教师数为 2.2—5.5 人(除孝义镇 9.2)(图 4)。

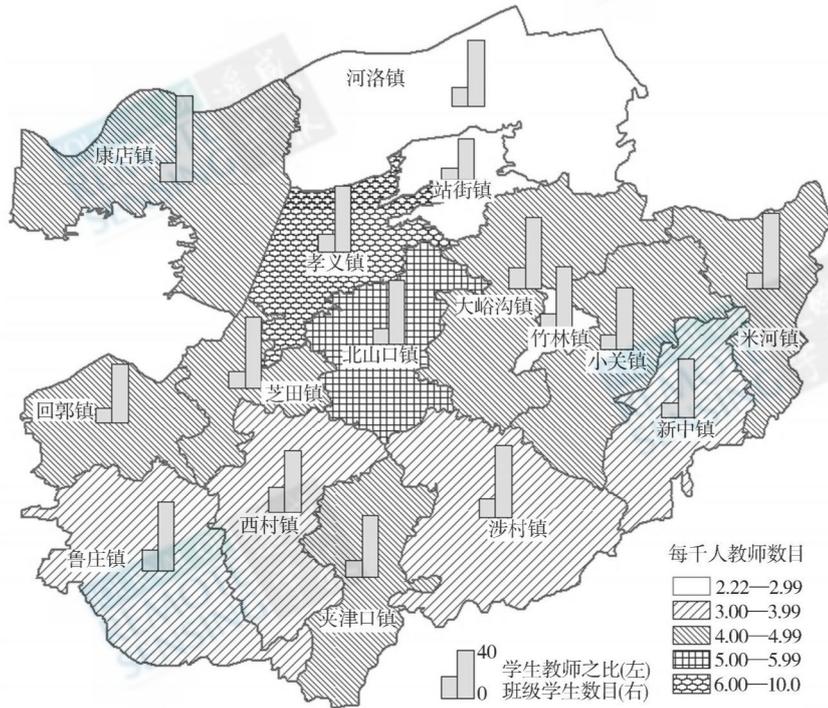


图 4 各乡镇教育资源分布图

Fig 4 The distribution of educational resources

使用 ArcGIS 分析距离每个行政村最近的学校,并计算最近入学距离,可制作各行政村及最近学校示意图(图 5),按离最近学校距离统计学校覆盖行政村和人口情况见表 2。统计表明,行政村与最近学校距离平均值为 2256 m,均方差 1967 m。入学距离在 1 km 范围内的行政村 81 个(27.6%),1—2 km 范围内 85 个(29.0%),主要分布在地势比较平坦的人口稠密地区;入学距离超过 4—5 km 的行政村有 19 个(6.5%),超过 5 km 的行政村有 26 个(8.9%),主要分布在康店、新中、加津口、鲁庄等较边远镇区,其中个别村的入学距离达到 10—12 km。进一步制作学校的多级缓冲区地图,可以清晰看出每个行政村到达最近学校的距离区间(图 6)。

表 2 初级中学空间覆盖情况统计表

Table 2 Statistics of the spatial coverage of the secondary schools

距离 /km	村数 /个	户数	比例	人口 /人	比例
< 1	81	62517	37.17	244121	36.90
1—2	85	47465	28.22	189016	28.57
2—3	58	28188	16.76	109397	16.53
3—4	24	11335	6.74	44376	6.71
4—5	19	8815	5.24	35014	5.29
5—6	10	4127	2.45	16841	2.55
6—7	6	2188	1.30	8712	1.32
7—8	4	1743	1.04	7075	1.07
8—9	2	341	0.20	1494	0.23
9—12	4	1468	0.87	5583	0.84
合计	293	168187	100	661629	100

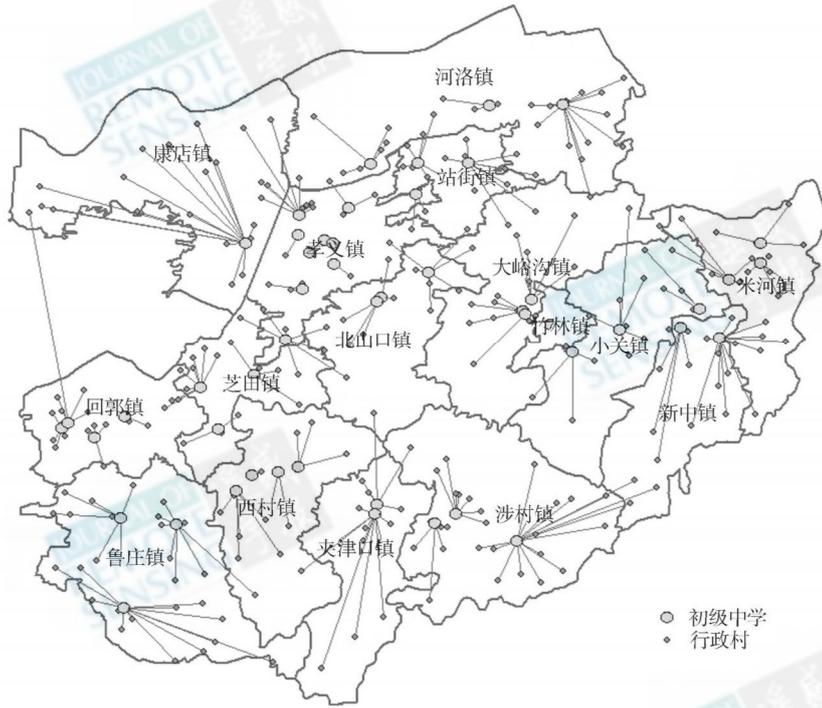


图 5 各行政村最近学校示意图

Fig 5 The village and nearest schools

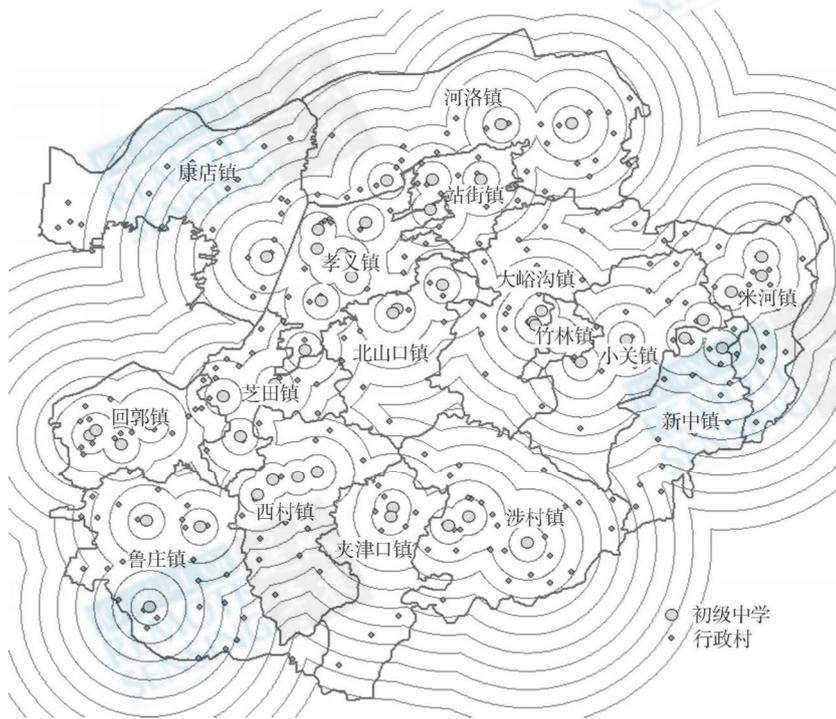


图 6 初级中学 1—10 km 缓冲区图

Fig 6 One to 10 km buffers of the secondary schools

假定学生具有选择学校的机会,居住地周围学校多意味着可选择的机会就大。以 5km 为半径,计算各行政村周边学校数目,26 个行政村没有学校可选择,25 个村只有 1 个选择机会,这些村主要分布

在边缘地区;89 个村具有 6 个以上的选择机会,集中分布在西村镇—孝义镇—米河镇一带的地势平坦地区(图 7)。可以看出,不同区位的行政村选择机会差距较大。

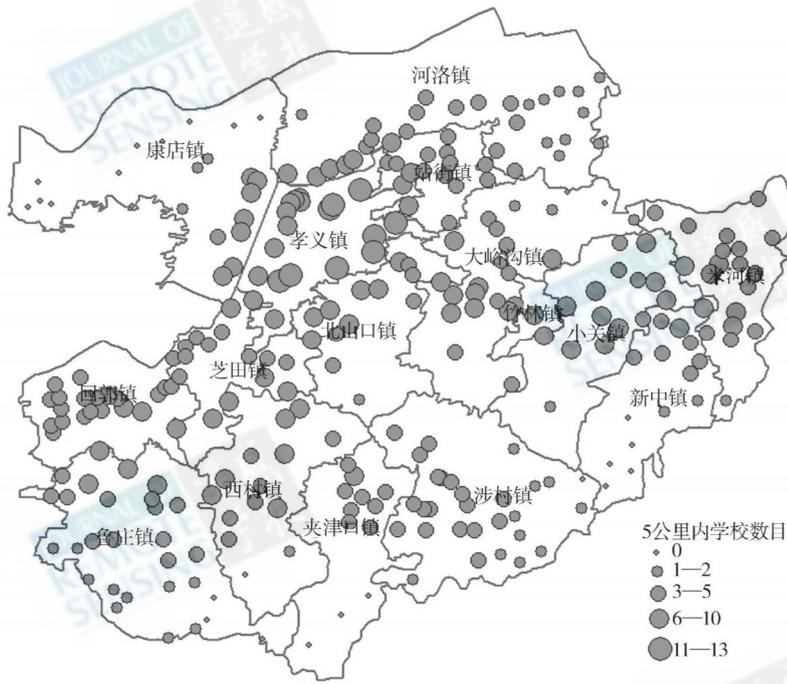


图 7 行政村 5 km 范围内初级中学数目

Fig 7 The number of schools within 5 kilometers

进一步考虑学校规模和人口分布,使用重力模型和改进重力模型计算学校的可达性指标,可以获得每个行政村学生上学的便捷程度。受学校规模、距离衰减等因素的影响,重力可达性指标的空间差异相当大。在学校分布稀疏地区,距离学校较远的行政村,可达性指标很小;而在学校分布密集、距离学校较近的地区,可达性指标处于较高的水平。可

达性指标均是一个相对量,依据这个指标,可以对各个区位进行分级(图 8)。比较重力模型和改进重力模型指标分级可以看出:学校周边人口分布对可达性指标计算有一定影响,即学校周边人口较少,对周边村域的吸引力会较大,反之亦然。改进重力模型能更好地反映学校与学生的空间配置,兼顾了学校规模与学生数量之间的供需关系。

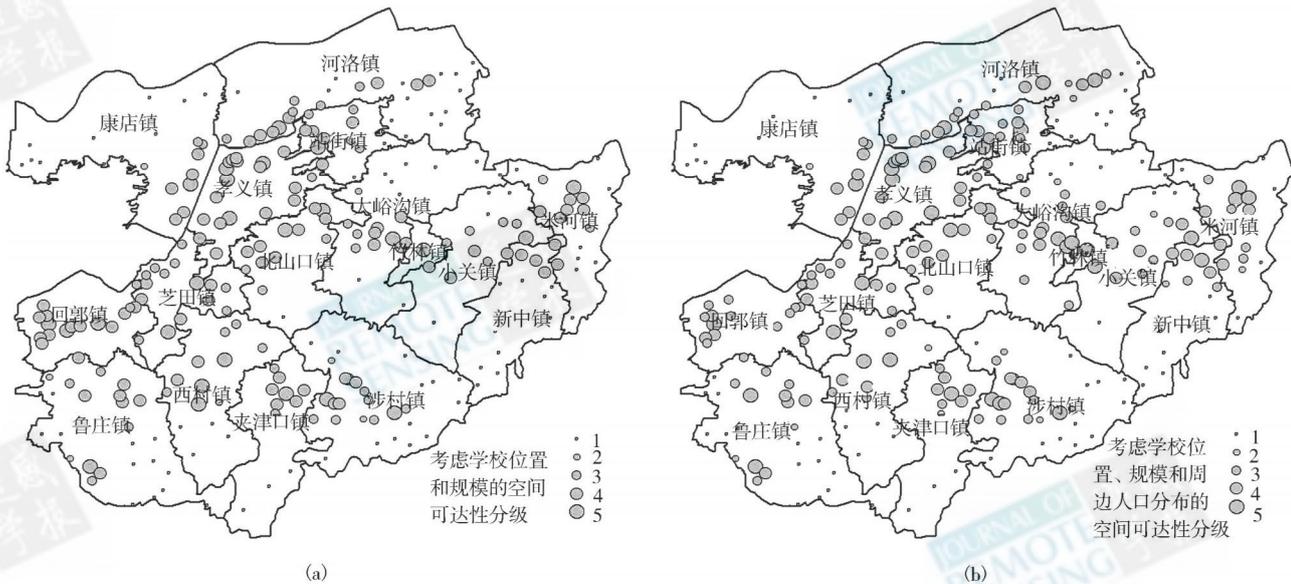


图 8 空间可达性指标

(a)重力模型; (b)改进重力模型

Fig 8 Spatial accessibility indicators by gravity model (a) and improved gravity model (b)

7 结论与展望

本文探讨了中小学布局调整的原理和方法,指出可达性、公平和效率是调整规划的3个基本要素。以巩义市初级中学为例,引入GIS技术,建立人口分布、学校分布等数据库,计算了5种空间可达性指标,并制作相应的专题地图。可以发现,无论是人均教育资源分配、入学距离、可供选择学校数目,还是考虑了学校规模和人口分布的重力可达性指标,其空间分布存在较大的差异。这些可达性指标能够全面地展现教育资源的空间分布特征,发现教育资源分配表较薄弱的区域。由于作者收集的数据来源多,人口数据过时且没有年龄结构分布,以及部分数据不够精细或可能存在遗漏,本文分析的结论还未完全符合研究区的现状。作者的研究目的是尝试引进可达性概念,期望为中小学布局调整提供规划指标和技术方案;选择的可达性模型和计算方法具有较高参考价值,可用于评估教育资源分布现状,也可作为学校布局调整方案优劣的判断依据。

中国中小学布局调整面临诸多挑战,除了做好学校布局调整、改善教育设施的可达性指标之外,人口分布稀少地区和边远地区要完善学生寄宿条件,在经济条件较好的地区提供学生交通服务,目标是既要发挥有限的教育资源,又要落实义务教育的全面实施和可持续发展。GIS、可达性模型、 P 中位法等技术已经成功应用于台湾、欧美地区的学校布局调整、学区划分、学校区位选择、交通服务等方面,相关方案和技术对中国中小学布局调整具有参考价值。另外,学校布局调整并不单纯是一个技术过程,需要在国家义务教育政策指导下,教育主管部门、公众和学校之间要达成共识,在此基础上运用技术手段做好学区划分和资源配置。

基于本文提出的可达性模型和GIS技术方法,可进行更深入的研究:(1)整理自然村人口数据及年龄结构,按自然村计算可达性指标,按照行政村和镇进行统计,其结果更符合实际,进一步揭示空间差异。(2)整理完整的交通数据,使用交通距离替代直线距离,甚至结合地形要素计算交通时间取代距离,计算结果将更符合实际情况。(3)重力模型中 β 取值问题尚需进一步实证研究,若能通过调查,制作学生居住地分布地图,探索就学距离空间衰减规律,可以估计最佳的 β 取值,并使用Huff模型模拟学校与学生的最佳配置。(4)开发基于GIS

的中小学空间布局分析和空间规划软件,预测学生人口变化趋势及其空间分布,以可达性模型为核心,进行人口分布与学校设施的空间评估,并引入 P 中位法和覆盖分析,应用于学区划分及学校布局调整,解决实际问题。

参考文献 (References)

- [1] Ministry of Education. Statistical Report of the National Education Development in 2005 [R]. <http://www.moe.edu.cn/edoas/website18/94/info14794.htm>, 2006 [教育部. 2005年全国教育事业发展统计公报 [R]. 2006]
- [2] Ministry of Education. Notice on the Rural Primary and Secondary Schools' Redistricting Adhering to Practical and Realistic Principles [R]. <http://www.moe.edu.cn/edoas/website18/38/info20238.htm>, 2006 [教育部. 教育部关于实事求是地做好农村中小学布局调整工作的通知 (基教[2006]10号) [R]. 2006]
- [3] Pang L J. Primary and Secondary Schools' Distribution in Current China Rural Areas: Issues and Suggestions of Improvement [J]. *Exploring Education Development*, 2006, 4(1-5) [庞丽娟. 当前我国农村中小学布局调整的问题、原因与对策 [J]. 教育发展研究, 2006, 4(1-5)]
- [4] Zhang Z F. Key Works on Primary and Secondary Schools' Distribution [J]. *Journal of Teaching and Management*, 2005, 9(9) 9-12 [张忠福. 农村中小学布局调整的工作重点 [J]. 教学与管理, 2005, 9(9) 9-12]
- [5] Lu Y. Evaluation of Accessibility to Primary School [D]. Master Thesis, ITC, Sep., 2004
- [6] Ji Y S. Application of GIS to the Adjustment of Spatial Distribution of Schools [J]. *Geospatial Information*, 2006, 4(6): 61-63 [吉云松. 地理信息系统技术在中小学布局调整中的作用 [J]. 地理空间信息, 2006, 4(6): 61-63]
- [7] Ye Y H, Wu L S. Research on the Factors of Evolution and Influence in the School Areas of Junior High Schools in Kaohsiung City [J]. *Environment and Worlds*, 2002, 6(93-121) [叶雅惠, 吴连赏. 高雄市国民中学学区演变与影响因素之研究 [J]. 环境与世界, 2002, 6(93-121)]
- [8] Lin Q Q. A Study of the Location Choice for Urban Junior High School [D]. Master Thesis, Chaoyang University of Technology, 2003 [林千琪. 都市地区国民中学校设施区位选择之研究 [D]. 朝阳科技大学硕士论文, 2003]
- [9] Hwang H S. GIS-Based Public Facility Location Planning Model Using Stochastic Setcovering [A]. Proceedings of the 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering (CIE145) [C]. Istanbul, Turkey, 2005]
- [10] Maxfield D W. Spatial Planning of School Districts [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1972, 62(4): 582-590
- [11] Taylor R G, Vasu M L, Causby J F. Integrated Planning for School and Community: The Case of Johnston County, North Carolina [J]. *Interfaces*, 1999, 29(1): 67-89

- [12] Slagle M. GIS in Community-Based School Planning Decision Making: Cooperation and Democratization In the Planning Process[R]. <http://www.crp.comell.edu/steinandschools> 2000-3-3
- [13] Malezewski J, Jackson M. Multicriteria Spatial Allocation of Educational Resources: An Overview [J]. *Socio-Economic Planning Sciences* 2000, **34**: 219—235
- [14] Caro F, Shirabe T, Guignard M *et al.* School Redistricting Embedding GIS Tools with Integer Programming[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2004, **55**: 836—849
- [15] Hanley P F. Transportation Cost Changes with Statewide School District Consolidation [J]. *Socio-Economic Planning Sciences* 2007, **41**: 163—179
- [16] Kwan M P, Murray A T, O'Kelly O E, *et al.* Recent Advances in Accessibility Research: Representation, Methodology and Applications[J]. *Journal of Geographical Systems* 2003, **5**: 129—138
- [17] Guagliardo M F. Spatial Accessibility of Primary Care: Concepts, Methods and Challenges[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2004, **3**(1): 3—16

Analysis of Spatial Accessibility for School Redistricting in Rural China: a Case Study of the Secondary Schools in Gongyi City, Henan Province

KONG Yun-feng^{1,2}, LIXiao-jian^{2,3}, ZHANG Xue-feng²

(1. China-Australia Cooperative Research Center for Geographic Information Analysis and Applications, Henan University, Henan Kaifeng 475004, China;

2. College of Environment and Planning, Henan University, Henan Kaifeng 475004, China)

3. National Key Centre for Yellow River Civilization & Sustainable Development, Henan University, Henan Kaifeng 475001, China

Abstract As a result of birth rate decreases in China, the total number of pupils has steadily reduced since 1990s. Inevitably, restricting the primary and secondary school is an important issue for local governments. Meanwhile, along with a number of school closures in recent years in rural China, new problems are frequently reported, such as a long distance of traveling to school for some communities, the quota excess of teaching classes in many schools and uneven distribution of teaching resources among schools. For school redistricting planning, both the educational equality and school efficiency is important. The objective of this paper is to assess the educational equality by introducing geographic information systems (GIS) and the concept of spatial accessibility in school redistricting.

Based on the literature review of the planning principles and methods for school redistricting, considering the educational need and supply and the service equality and efficiency, the authors attempt to introduce a framework of school planning in rural China. The key technical procedures are enlarging geographic database such as schools, geodemographics and transportation networks, and calculating the spatial accessibility of school services for every community using GIS. The spatial accessibility indices are used to assess the spatial equality of educational service and to measure the rationality of school redistricting. The spatial relationships between population distribution and secondary schools in Gongyi City, Henan Province are evaluated using five accessibility measures, i.e. the ratio model, nearest distance model, chance accumulation model, gravity model and improved gravity model.

The case study shows that there are uneven spatial patterns in terms of the per capita educational resources, the distance to nearest school, the chance of school choice and the balance between school supplies and community needs. The locational advantages or disadvantages identified in the thematic maps have potentials in future school planning. The authors argue to introduce GIS technology and spatial accessibility models in school redistricting in rural China. It is also suggested to explore and verify the spatial patterns of school choice and estimate detailed school supplies and community needs with using Huff model, which lays a theoretical foundation for school facility planning.

Key words school redistricting, GIS, spatial accessibility, Gongyi City