引文格式：谢颜莉,宇文洋溢,韩健,等. 秦岭东部县域基础教育资源与乡村居民点空间适配研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(8):34-38. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2025.08.007

秦岭东部县域基础教育资源与乡村居民点空间适配研究

谢颜莉[1,2,3]，宇文洋溢[1]，韩　健[4]，杨欣瑜[1]

（1. 商洛学院 城乡规划与建筑工程学院，陕西 商洛 7260002；2. 陕西高校新型智库商洛发展研究院，陕西 商洛 7260003；
3. 陕西高校青年创新团队，陕西 商洛 7260002； 4. 商洛市建筑勘察设计院，陕西 商洛 726000）

摘　要：基础教育资源和乡村居民点在空间上的协调性和变化趋势，在一定程度上会影响社会、经济的稳定发展。综合运用核密度分析、标准差椭圆、空间差异指数、网络服务区分析等方法，以居民点为研究最小尺度，揭示县域基础教育资源与乡村居民点空间匹配态势。结果表明：①丹凤县各类基础教育资源核密度值跨度较小，总体在空间上呈现内密集外稀疏的特征，高集聚核心主要分布在龙驹寨街道；乡村居民点沿河流、道路分布，规模差异显著，呈现指向性强、破碎化程度高的特征。②丹凤县基础教育资源与乡村居民点空间分布方向趋向一致，呈“南—北”方向，中学与乡村居民点空间分布方向的匹配程度明显低于小学；③适配指数的结果进一步证实了丹凤县基础教育设施与居民点的适配性存在明显的空间分异，中心城区整体呈高度适配，其余各乡镇居民点适配性整体处于中度和低度适配，并在此基础上，有针对性的提出不同适配度区域基础教育资源与乡村居民点的协同发展路径。

关键词：搬迁意愿；多层线性回归；影响因素；农村居民点；乡村振兴

中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）08-0034-05

Spatial Adaptation of County-level Basic Education Resources to Rural Settlements in Eastern Qinling Mountains

XIE Yanli[1,2,3], YU Wenyangyi[1], HAN Jian[4], YANG Xinyu[1]

(1. College of Urban, Rural Planning and Architectural Engineering, Shangluo University,Shangluo 726000, China;
2. The New Style ThinkTank of Shaanxi Universities, Shangluo 726000, China;
3. The Youth Innovation Team of Shaanxi Universities, Shangluo 726000,China;
4. Shangluo Construction Survey and Design Institute, Shangluo 726000, China)

Abstract: The spatial coordination and change trend of basic education resources and rural settlements will affect the stable development of society and economy to a certain extent. Taking residential areas as the minimum scale of research, we comprehensive used the methods such as kernel density analysis, standard deviation ellipse, spatial difference index, and network service area analysis to reveal the spatial adaptation of county-level basic education resources and rural residential areas. The results show that ①the kernel density value span of various basic education resources in Danfeng County is small, and the overall spatial characteristics are dense inside and sparse outside. The high-concentration cores are mainly distributed in Longjuzhai streets. The rural residential areas are distributed along rivers and roads, with significant differences in scale, showing the characteristics of strong directivity and high degree of fragmentation. ②The spatial distribution direction of basic education resources and rural residential areas in Danfeng County tends to be consistent, in the “South-North” direction. The adaptation degree of spatial distribution direction of middle schools and rural residential areas is significantly lower than that of primary schools. ③The results of adaptable index further confirm that there are obvious spatial differences in the adaptation of basic education facilities and residential areas in Danfeng County. The central urban area has high adaptation as a whole, and the adaptations of other township residential areas are generally medium and low. On the basis of this, we proposed some targeted coordinated development paths for basic education resources and rural residential areas in areas with different adaptation.

Key words: relocation willingness, multi-layer linear regression, influence factor, residential area, rural revitalization

随着城镇化进程的加快，城市所产生的巨大虹吸效益，使得乡村劳动力持续流出并最终导致乡村的空心化以及整个乡村治理的失序[1-2]，乡村学校也经历了师生流失、撤并调整，基础教育与居住空间匹配失衡问题依旧突出。我国是一个多山的国家，山地面积约占全国总面积的69%[3]，秦岭作为我国南北地理的分

项目来源：陕西省教育厅重点科研计划新型智库资助项目（22JT013）；陕西高校青年创新团队商洛发展研究创新团队资助项目（2022-65）；陕西省大学生创新创业训练项目（S202411396053）；陕西省教育科学”十四五”规划课题资助项目（SGH24Y2274）；商洛学院服务地方专项资助项目（21FK007）；商洛学院自然科学研究项目（22SKY012）。

第一作者简介：谢颜莉（1994—），硕士，讲师，研究方向区域发展、城乡规划理论与设计，E-mail：2509394470@qq.com。

界线，区域环境相对闭塞。随着一系列乡村振兴、移民搬迁政策，秦巴山区聚落人口在空间上发生了巨大的变化，教育资源设施是公共服务的重要组成部分，其布局的合理性影响着居民能否公平的享有教育资源，传统的教育设施布局与乡村居民的矛盾突出。鉴于此，本文对秦岭东部山地县域单元基础教育资源与乡村居民点空间适配性进行研究，以期为类似地区推进乡村振兴、城乡基础教育均衡布局、撤点并校规范化提供理论依据。

1　研究区域概况及研究对象

1.1　研究区域概况

丹凤县位于陕西省商洛市，商於古道的重点片区，因县城襟带丹江、背依凤冠山而得名。县域全境西北高，东南低，属于季风性半湿润山地气候，蟒岭、流岭、鹘岭自北向南分布[4]，山区占比高达87%，有“九山半水半分田”之称，按照地形地貌，区域内可划分为河谷川塬区、低山丘陵区、中山区。县域东西长62.1 km，南北宽65.5 km，总面积2 438 km²，如图1所示。

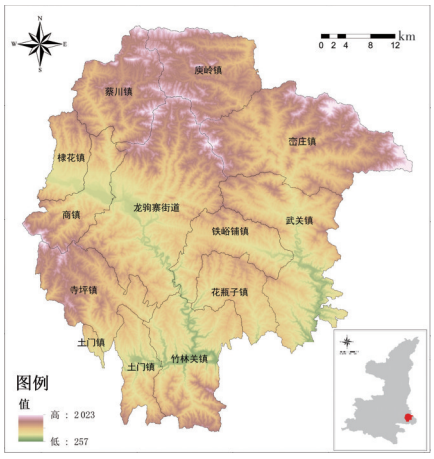


图1　丹凤县区位图

审图号：陕S(2021)023号

1.2　研究对象

广义的基础教育包括学前教育、小学、初中、高中，由于当前国家提倡学前教育多元供给，受市场影响大，高中教育主要集中分布在中心城区，同时考虑数据的获取性，所以本文仅分析丹凤县小学和初中的空间格局与适配情况。考虑到县城中心区域并非完全对立于乡村而存在的，便将其一并纳入研究区。文中以县级行政区为研究单元，包含丹凤县1个街道、11个镇，其中龙驹寨街道、商镇、棣花镇人口密集，设施完善，棣花镇总面积最小，为79.36 km²；龙驹寨街道总面积最大，为416.18 km²；城镇居民点18 499个，总斑块面积39.35 km²，截至2020年底，初中19所，小学74所。

2　数据获取与研究方法

2.1　数据获取

研究所需数据包括：丹凤县中小学点位、居民点分布空间、乡镇人口及面积、交通路网等数据。学校位置点数据来自《商洛市中小学幼儿园布局专项规划》，居民分布、乡镇面积来自《第三次全国国土调查》，乡镇人口数据来自《丹凤县第七次人口普查》，道路网络数据由全国地理信息资源目录服务系统中下载，并基于Google Earth影像对道路进行补充。

2.2　研究方法

2.2.1　核密度

通过核密度估算研究要素单位体积的数量值，构成连续的密度表面，表示其空间分布的稠密度，数值的大小与疏密度成正比。计算公式如下[5-6]：

$$f(x,y)=\frac{1}{nh^2}\sum_{i=1}^{n}k(\frac{d_i}{n}) \tag{1}$$

式中，n为乡村居民点和基础教育设施数量；h为搜索半径；k为核函数；d_i为居民点、基础教育设施位置距第i个观察位置的欧氏距离；$f(x,y)$为核密度估计值。

2.2.2　标准差椭圆

标准差椭圆是由英国社会学家Lefever于1926年提出，是研究地理空间要素空间分布特征地理统计的常用方法。该方法可以较好的表示地理空间要素在空间分布的偏移方向，平均重心。计算公式如下[7-8]：

$$\mathrm{SDE}_x=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-x)^2}{n}} \tag{2}$$

$$\mathrm{SDE}_y=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-y)^2}{n}} \tag{3}$$

式中，x_i，y_i为地理坐标；X和Y为数学意义的平均中心；SDE_x和SDE_y分别为椭圆圆心。

2.2.3　空间差异指数

空间差异指数反映了基础教育资源和乡村居民点在一定区域内空间分布范围、方向、形态、重心等方面的差异程度，具体计算方法如下[9]：

$$\mathrm{SDi}_{i,r}=1-\frac{\mathrm{Area}(\mathrm{SDE}_e\cap\mathrm{SDE}_r)}{\mathrm{Area}(\mathrm{SDE}_e\cup\mathrm{SDE}_r)} \tag{4}$$

式中，$SDi_{i,r}$为中学（小学）和乡村居民点分布的空间差异指数；SDE_e为基础教育空间分布标准差椭圆；SDE_r为乡村居民点的空间分布标准差椭圆；Area为面积。空间差异越大，值越大。

2.2.4　网络服务区分析

应用GIS网络分析，模拟不同类别基础基础教育资源出行速度，重点考虑不同等级的交通网络，基于路网生成不同时间半径基础教育的服务区覆盖范围，形成可视化评价结果，分析其服务范围和覆盖率[10]。

2.2.5　空间适配测算

采用位置关系适配度表示基础教育和乡村居民点的空间适配程度[11-12]，位置关系适配度指的是重心之间的距离，当相距越大时，基础教育和乡村居民点的适配度越差，当相距越近时，基础教育和乡村居民点的适配度越好，具体计算方法如下：

$$\cos t = A_1A_2 + B_1B_2 + C_1C_2 \tag{5}$$

$$A_1 = \cos x_1 \sin x_1, B_1 = \cos x_1 \cos xy_1, C_1 = \sin x_1 \tag{6}$$

$$A_2 = \cos x_2 \sin x_2, B_2 = \cos x_2 \cos y_2, C_2 = \sin x_2 \tag{7}$$

式中，t为两点间的距离；（x_1，x_1）为基础教育密度中心的经纬度坐标；（y_2，y_2）为居民点密度中心的经纬度坐标。

3　基础教育资源与乡村居民点空间适配格局

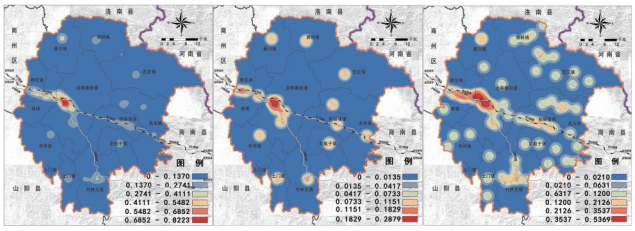
3.1　基础教育资源空间分布格局

3.1.1　基础教育资源基本情况

截至2020年，全县共有中小学93所，其中小学74所，中学19所。其中小学和中学空间分布存在明显差异，总体呈现“县城集中—乡镇分散”的特征，从数量分布上来看，小学集中龙驹寨街道、武关镇、商镇，占全县小学数量的46%，土门镇、花瓶子镇最少，占全县小学数量的7%。中学主要集中在龙驹寨街道，有6所，占全县中学总数的30%，其余各乡镇除了棣花镇、武关镇中学数量均为1所。

3.1.2　基础教育设施空间格局

利用GIS核密度分析工具分析丹凤县基础教育资源空间分布格局，得到丹凤县基础教育核密度分析图（图2）。由图（2a）可看出，丹凤县基础教育设施的核密度值跨度较小，核密度高值区域分布在龙驹寨街道，其余乡镇的集聚情况并不显著。丹凤县中学的高密度核心区位于龙驹寨街道，次级核心区域位于棣花镇，其他乡镇中学核密度呈现散点状分布，与各县镇中心村位置吻合，见图（2b）。丹凤县小学高密度核心区呈带状贯穿棣花镇、商镇、龙驹寨街道，主要分布在丹凤县中心城区所在区域，竹林关、铁峪铺镇、武关镇、庾岭镇出现条带状次级核心集聚区域，其余乡镇呈点状部分，见图（2c）。



a 中小学核密度分析　b 中学核密度分析　c 小学核密度分析

图2　丹凤县基础教育核密度分析图

审图号：陕S(2021)023号

3.2　乡村居民点空间分布格局

3.2.1　乡村居民点基本情况

丹凤县城乡居民点总面积为39.35 km²，占土地总面积的1.61%，其中龙驹寨、棣花、商镇居民点面积较大，分别为10.36、3.23、4.49 km²，占乡镇面积的2.49%、4.08%、3.57%；花瓶子镇、土门镇居民点面积较小，分别为1.22、4.49 km²，占乡镇面积的1.07%、1.51%。

3.2.2　乡村居民点空间格局

由图3可知，丹凤县居民点规模差异显著，沿河流、道路分布，具有指向性强，破碎化程度高的特征。其中，居民点分布最密集的区域位于棣花、商镇、龙驹寨街道中部的丹江河谷川塬区，交通便利，地势较为平坦，密度核心覆盖面积大，呈条带状。其次，丹凤县南部，丹江和银花河交汇的低山丘陵区相较北部的中山区居民点较为集中，多为组团状，而位于丹凤县北部中山区的蔡川镇、庾岭镇居民点分布较为均衡，没有明显的密度集中区，峦庄镇居民点分布最少且连续性不强。

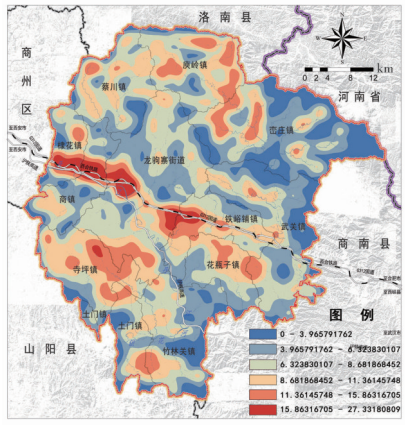


图3　丹凤县居民点核密度分布图

审图号：陕S(2021)023号

4　基础教育资源与乡村居民点空间适配性分析

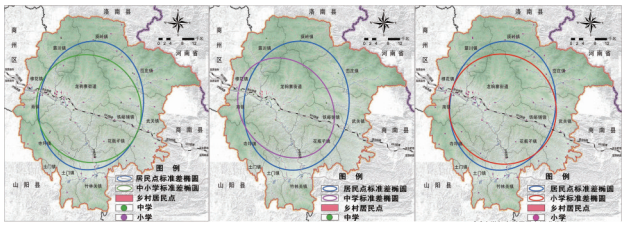
4.1　基础教育资源与乡村居民点方向适配分析

由图4可知，丹凤县基础教育设施与居民点空间分布方向一致，均呈现“南—北”的空间格局，乡村居民点空间分布椭圆覆盖范围大于基础教育设施的分布椭圆，在空间上集聚性低于基础教育设施。从各类基础教育来看，小学与城乡居民点的分布方向大体吻合，短半轴较为接近，集聚特征明显（见图4b）；中学分布方向与居民点存在较大差异，中学分布明显呈“西北—东南”方向延伸，与城市发展方向一致，但分布椭圆的覆盖范围明显小于居民点分布椭圆的覆盖范围（见图4c）。

基础教育设施与居民点的空间分布椭圆参数的一致程度可以反映其失配的程度，可以用空间差异指数来表示，当二者标准差椭圆参数数值相差较大时，空间适配度低，空间分布方向差异指数较大；相差较小时，空间适配度高，空间分布方向差异指数较小。通过对丹凤县基础教育设施和城乡居民点的空间差异指数计算（表1），由表1可知，丹凤县基础教育设施与居民点的空间分布方向存在一定差异，中学与居民点空间差异指数最大（0.354 3），相较其余两项，分布方向适配度较差；小学分布与居民点空间分布指数最小（0.153 3），分布方向适配度较好。

表1　基础教育资源与乡村居民点标准差椭圆差异指数

类型	相交面积/km²	联合面积/km²	差异指数
中小学	997.225 4	1 213.656 3	0.178 3
中	803.541 3	1 242.778 0	0.353 4
小	1 028.673 0	1 214.849 4	0.153 3



a 中小学与乡村居民点标准差椭　b 中学与乡村居民点标准差椭　c 小学与乡村居民点标准差椭

图4　丹凤县基础教育与乡村居民点标准差椭圆分布图

审图号：陕S(2021)023号

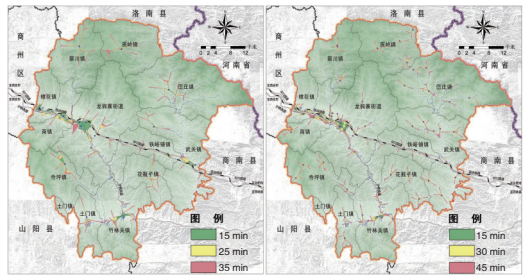
4.2　基础教育资源与乡村居民点适配分析

4.2.1　出行方式、速度及服务半径的确定

学校规模、通学可达性以及周边居民点容纳的教育需求都影响基础教育资源空间配置水平。根据实地调研，丹凤县小学生出行方式大多数选择步行，平均速度3.5 km/h，中学则选择自行车，平均速度10 km/h，因此对中小学服务范围评估的交通工具主要包括步行和骑车2种方式。根据《中华人民共和国公路工程技术标准（JTGB02-2014）》级相关研究，确定丹凤县境内不同等级的道路时速，并以此计算出中小学在不同等级道路的骑行速度和步行速度[14]。丹凤县位属秦岭东部山地城镇，地形地貌奠定了基础教育设施的空间分布的骨架，有别于平原地区。参照国家规范《中小学校设计规范》（GB50099-2011），结合调研的实际情况，根据不同出行时间，建立三级服务半径，最终确定中学服务半径为1.5、3.5、5.5 km，对应的时间半径为15、25、35 min；小学的服务半径为1、2、3 km，对应的时间半径为15、30、45 min。

4.2.2　基础教育资源服务范围特征分析

山地城市地形地貌、河流、交通组织对基础教育资源和乡村居民点的空间分布有着显著的影响，为了保证服务范围的准确性，以GIS网络服务区分析为辅助手段，考虑不同等级的交通网络，分析不同时间半径下丹凤县基础教育设施的服务范围。由图5可知，分布形态上，丹凤县基础教育设施服务范围在县城和各乡镇有着明显区别，县城沿丹江、312国道带状延伸分布，各乡镇沿道路呈树杈状散点状分布。在覆盖范围上，丹凤县中学的服务区覆盖面积大于小学的服务区覆盖面积，丹凤县西南部铁峪铺镇、武关镇都存在较大的服务区覆盖范围，而小学不明显。



a 中学服务范围　b 小学服务范围

图5　丹凤县基础教育不同时间半径下小学服务范围图

审图号：陕S(2021)023号

总体来说，无论中学还是小学，学校的服务范围覆盖较高的区域主要分布在县城中心的龙驹寨街道、棣花镇、商镇，较低的区域主要分布在县域外围的乡镇，如花瓶子镇、土门镇、庾岭镇等离县城较远的乡镇，究其原因，主要是县城中心交通网络密度高、建设用地集中、学校数量多，外围乡镇交通网络密度低，用地分散、学校数量少造成的。各乡镇覆盖率则受行政区面积影响，与服务覆盖范围的特征存在较大差异。

4.2.3　基础教育资源与居民点适配指数测算

在基础教育资源服务范围及覆盖比的基础上，通

过计算基础教育与乡村居民点空间适配指数，可知丹凤县中学，当 t =15 min 时，适配度最高为龙驹寨街道（40.704 0），最低为土门镇（1.083）。当 t =25 min 时，适配度最高为棣花镇（40.704 0），最低为庾岭镇（2.623 3）。t =35 min 时，适配度最高的为商镇(66.619 1)，最低为庾岭镇（7.2164）。丹凤县小学，当 t =15 min 时，适配度最高为龙驹寨街道（29.4307），最低为蔡川镇（1.2198）。当 t =30 min 时，适配度最高为商镇（52.600 8），最低为蔡川镇（3.005 1）。t = 45 min 时，适配度最高的为商镇（66.387 4），最低为蔡川镇（5.917 3）。

依据上述测算结果，不难看出在县域中心城区和各乡镇层面，丹凤基础教育设施与居民点的适配性存在明显的空间分异，小学居民点适配指数范围略低于中学，中心城区所在区域街道乡镇整体呈高度适配，其余各乡镇居民点适配性整体处于中度和低度适配，这与其服务区范围、覆盖率特征保持一致。

5 县域基础教育资源与居民点协同发展策略

使用自然断点法，将居民点适配性程度分为低、较低、中、高四类，具体分类见（表2），并针对性地提出县域基础教育设施与居民点协同发展的优化策略。

表2 居民点的空间适配指数及分级

居民点失配指数	级别
$1.08 \leqslant R_i < 9.76$	低度适配
$9.76 \leqslant R_i < 22.05$	较低度适配
$22.05 \leqslant R_i < 40.70$	中度适配
$40.70 \leqslant R_i < 100$	高度适配

5.1 高度适配型

高度适配型多位于中心城区，基础教育资源的分布数量和空间布局较为合理，可以满足当地人们受教育的需求。这类乡镇往往在道路通达性、人口及学龄儿童数量等方面都位居前列。此类型的乡镇、街道应该作为县域提升基础教育质量的重点发展区域，搭建县域教育资源共享机制，建设县域教育资源管理中心，积极推进该县域教育信息化建设，促进区域间的教育信息交流。

5.2 中度适配型

中度适配的乡镇受经济发展、地理区位等因素的影响，在教育设施和学龄人口数量、道路通达性中某一项或几项存在优势，例如武关镇，铁峪铺镇。武关镇该乡镇基础教育数量为例全县第二，仅次于龙驹寨街道。铁峪铺镇是丹凤县基础教育设施、居民点重心分布的区域，地理区位属于丹凤县的中心地区，居民点的空间分布和道路格局较为合理。此类型的乡镇应加强学校在师资力量、软硬件设施等方面的保障措施，提高教学质量及教学效率。充分考虑学校的实际情况，提高资源配置的针对性，不断扩充教育资源的覆盖范围。

5.3 低度适配型

低度适配型的乡镇基础教育资源和居民点的适配程度处于较低水平，该区域可能存在道路的通达性差，教育资源、人口、居民点少的情况，例如蔡川镇、庾岭镇、土门关镇。蔡川镇、庾岭镇、土门关镇均位于丹凤县的边缘地带，地广人稀，居民点破碎化程度高，基础教育设施数量也低，在教育资源的覆盖范围与覆盖度均为丹凤县低水平。对于此类的乡镇重点关注教育设施的布局，一方面，综合考虑教育设施服务半径，适当的布置教学点，缩短通勤时间，提高居民点的可达性，完善道路网络服务系统。另一方面，尊重各乡镇之间的差异，在充分调研的基础上，针对性的解决教育资源分布不均的问题，稳步有序的推进基础教育均衡发展。

6 结论与讨论

6.1 结 论

本文以丹凤县为研究区域，分析基础教育资源与乡村居民点的空间分布及适配性。研究发现：①空间分布格局上，基础教育资源和居民点受地形影响大，核密度高值区域集中在沿312国道的龙驹寨街道等地区，乡村居民点沿河流、道路分布，破碎化程度高。②空间分布方向上，基础教育资源与居民点呈“南—北”走向，小学与居民分布点基本一致，中学分布适配度较差。③空间适配程度上，各乡镇差异显著，高度适配区域集中在县城中心的乡镇，低度适配区域主要在县城北部的蔡川镇。最后，本文针对不同适配度区域提出了基础教育资源与居民点的协同发展路径。

6.2 讨 论

本文研究了基础教育资源与乡村居民点的适配情况，发现小学适配优于中学，主要受服务半径、居民点集聚和路网建设密度影响。丹凤县作为山地城镇，传统行政区面积计算覆盖率易低估，且“同心圆”服务范围划分与实际不符。因此，山地城镇基础教育配置需考虑地形和空间阻隔，借助GIS建立差异化配置模型，合理划分教育服务区范围，以优化教育设施布局。

（下转第61页）