引文格式：钱小宇,王嘉惠,尹伊伊,等. 中国省际高学历人才流动的空间特征及影响因素[J]. 地理空间信息, 2025, 23(2): 35-40. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2025.02.008

中国省际高学历人才流动的空间特征及影响因素

钱小宇[1]，王嘉惠[1]，尹伊伊[1]，魏传华[1*]
（1. 中央民族大学 理学院，北京 100081）

摘　要：高学历人才的流动是促进经济增长、推进城市化进程和中国式现代化的重要影响因素之一，但目前的研究多未将空间异质性和多尺度效应纳入考虑。为此，基于全国第七次人口普查的高学历人才迁移数据，运用多尺度地理加权引力回归模型，刻画了中国省际高学历人才的空间分布格局，并分析了其影响因素的空间异质性和尺度效应，结果表明：①整体上高学历人才迁移的地理格局呈西北-东南走向，南高北低，差异显著。②引力变量、经济发展水平、科技教育发展水平、城乡发展水平、社会保障水平变量共同作用于中国省际高学历人才的迁移情况。③影响中国省际高学历人口迁移的因素存在空间异质性。选取出的11个显著的影响因素取决于位置并表现出特定的模式，包括东-西、南-北和东北-西南模式，以及离散的集群和辐射状模式。④影响省际高学历人才迁移的因素存在不同的尺度效应，迁入地变量和省份之间空间距离的带宽普遍偏高，表明对高学历人才迁移产生的空间异质性较弱。最后提出相应的研究结论和政策建议，以期为地区人才治理及实现地区均衡发展提供参考。

关键词：高学历人才；省际迁移；全国第七次人口普查；空间分布；多尺度地理加权引力回归模型
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）02-0035-06

Spatial Characteristics and Influence Factors of High-level Talent Mobility Between Provinces in China

QIAN Xiaoyu[1], WANG Jiahui[1], YIN Yiyi[1], WEI Chuanhua[1]
(1. School of Science, Minzu University of China, Beijing 100081, China)

Abstract: The flow of high-level talents is one of the important factors that promote economic growth, urbanization and Chinese path to modernization. However, most of the current studies have not taken spatial heterogeneity and multi-scale effects into account. Therefore, based on the high-level talent migration data from the seventh national population census, we used multi-scale geographical weighted gravity regression model to characterize the spatial distribution pattern of high-level talent among provinces in China, and analyzed the spatial heterogeneity and scale effects of its influence factors. The results show that overall the geographical pattern of high-level talent migration is in a northwest-southeast direction, with high in the south and low in the north, with significant differences. ②Gravitational variables, the economic development level, the scientific and technological education development level, the urban and rural development level, and the social security variables level together affect the migration of high-level talents between provinces in China. ③There is spatial heterogeneity in the factors influencing inter-provincial migration of high-level talents in China. The 11 selected significant influences depend on location and exhibit specific patterns, including east-west, south-north and northeast-southwest patterns, as well as discrete cluster and radial patterns. ④There are different scale effects of the factors affecting inter-provincial migration of high-level talents, and the bandwidth of move-in variable and spatial distance between provinces is generally high, indicating weak spatial heterogeneity produced on migration of high-level talents. Finally, we proposed corresponding research conclusions and policy recommendations, in order to provide reference for regional talent governance and achieving balanced regional development.

Key words: high-level talent, inter-provincial migration, the seventh national population census, spatial distribution, multi-scale geographical weighted gravitational regression model

“二十大”报告指出：“加快建设国家战略人才力量，努力培养造就更多大师、战略科学家、一流科技领军人才和创新团队、青年科技人才、卓越工程师、大国工匠、高技能人才”。2021 年 9 月习近平总书记在中央人才工作会议强调“深入实施新时代人才强国战略，全方位培养、引进、用好人才，加快建设世界重要人才中心和创新高地”，人才已经成为中国科技创新和经济高质量增长的核心生产要素[1]。在此背景下，中国高学历人才的空间格局以及迁移问题受到了广泛的关注和重视。

项目来源：国家社科基金资助项目（21BTJ005）。
第一作者简介：钱小宇（2000—），硕士研究生，研究方向为空间计量经济学，E-mail：qianxy0918@gmail.com。
通信作者：魏传华（1978—），博士，教授，研究方向为非参数与半参数模型、空间计量经济学，E-mail：wchsd@163.com。

相关研究表明：①目前的研究大都是使用第六次人口普查及以前的数据，研究的是2015年及以前的高学历人口迁移问题，使用第七次人口普查数据研究高学历人口迁移问题的成果还没有。②目前使用引力模型分析高学历人口迁移及其影响因素只考虑了空间自相关系数，很少考虑空间数据的另外一个重要特征——空间异质性。针对这2个问题，本文将基于七普数据，使用多尺度地理加权回归引力模型分析我国高学历人口的省际迁移及其影响因素[2-8]。

1 研究区域、数据及变量选择

1.1 研究区域和数据来源

研究数据来源于《2020年第七次全国人口普查》数据集。我们将高学历人才定义为“具有本科及以上学历的人”，进一步划分，研究样本仅限于调查当天年龄在24至64岁之间且从事经济活动的人员，不包括家庭主妇、学生和退休人员等。

我们的研究区域覆盖中国31个省份，由于数据缺失，不包括香港、澳门和台湾。本文的研究对象为省际高学历人才迁移流，总计共930条迁移流（不包括省内迁移）。省际高学历人才迁移数据根据抽样比进行四舍五入还原。根据我们的最终数据集，2015—2020年高学历人口的迁移数量达到427万。本文的解释变量中，人口规模数据来源于第七次人口普查，各省省会间空间距离根据ArcGIS软件得到，其余自变量均来自于2021年《中国统计年鉴》，反映了2020年末各省的经济社会状况。

1.2 变量选择和预处理

为了解释2015—2020年中国省际高学历人才迁移，本文在参考现有实证研究的基础上[7]，根据推—拉理论[9]、人口迁移率转变假说理论[10-11]、成本—收益理论[12]、二元劳动力市场理论等[13-14]，共选取了15个迁出地和迁入地的变量，包括3个引力变量：迁出地、迁入地人口规模（POP_i/POP_j）和迁出地和迁入地之间的空间距离（D_{ij}），以及经济发展水平、科技教育发展水平、城乡发展水平、社会保障水平变量。本文选取人均GDP（$GDPA_i/GDPA_j$）、城镇非私营单位就业人员平均工资（$WAGA_i/WAGA_j$）和产业结构（NGI_i/NGI_j）来反映各省经济发展水平。一般来说，人均国内生产总值越高、平均工资越高、非农产业比重越低的省份，高学历人才迁出量越少，迁入量越多。用科技教育发展支出比例（SED_i/SED_j）来衡量科技教育发展水平，对于支出比例越多的省份，其预计会有更多的人才迁入，更少的人才迁出。城镇化率（$URBAN_i/URBAN_j$）和每千人卫生技术人员数量（$HELTH_i/HELTH_j$）可以分别用来表示城乡发展水平和社会保障水平。

为检验模型的多重共线性问题，本文通过构建多元线性回归模型计算方差膨胀因子VIF值，得到各个变量的VIF值均小于8，即模型不存在多重共线性问题。

2 研究方法

2.1 引力模型

引力模型的思想源于Newton（1687）提出的万有引力定律。在此基础上，Zipf[15]提出了人口迁移的引力模型，该模型认为，当迁出地与迁入地距离较远时，迁移的人数会随之下降。引力模型的公式如下：

$$M_{ij}=K\frac{P_iP_j}{D_{ij}} \tag{1}$$

式中，K为回归系数；M_{ij}为从i地迁移到j地的人数；P_i和P_j分别为迁出地i和迁入地j的总人口数；D_{ij}为i和j为两地之间的距离。对引力模型进行修正后的表达式如下：

$$y=\alpha\iota_N+X_d\beta_d+X_o\beta_o+\gamma g+\varepsilon \tag{2}$$

式中，y为人口迁移流量；ι_N为常数值；X_d和X_o分别为迁入地和迁出地的自变量；g为迁入地和迁出地之间的距离；α、β_d、β_o和γ均为回归系数值，ε为随机误差项。

2.2 地理加权回归引力模型

为了考察空间交互作用中的空间异质性，Nakaya[16]较早将GWR模型与引力模型结合起来提出了局部空间交互作用模型，该模型就是一种空间变系数引力模型。在此基础上，Kordi和Fotheringham[17]提出了空间加权交互效应模型，构造了基于起点，基于终点，同时基于起点和终点的三类空间变系数引力模型。

本文使用如下的基于迁出地的GWR—引力模型：

$$y_{ij}=\beta_0(u_i,v_i)+\sum_{k=1}^{p}\alpha_k(u_i,v_i)x_{ik}+\sum_{l=1}^{q}\beta_l(u_i,v_i)z_{jl}+\gamma(u_i,v_i)d_{ij}+\varepsilon_{ij},\ i,j=1,2,\cdots,n \tag{3}$$

式中，y_{ij}为因变量；x_{ijk}，z_{ijl}分别为迁出地和迁入地自变量；$\beta_0(u_i,v_i)$为在点(u_i,v_i)上的截距项；$\alpha_k(u_i,v_i)$和$\beta_l(u_i,v_i)$分别对应迁出地和迁入地自变量的系数函数；ε_{ij}为随机误差项。通过局部加权最小二

乘法来计算跨地理单元的样本的回归系数的估计值：

$$\left[\hat{\beta}_0(u_i,v_i),\hat{\beta}_1(u_i,v_i),\cdots,\hat{\gamma}(u_i,v_i)\right]=\left[V^{\mathrm{T}}W_h(u_i,v_i)V\right]^{-1}V^{\mathrm{T}}W_h(u_0,v_0)Y \tag{4}$$

式中，V 为对应的自变量观测值矩阵；$W(u_i,v_i)$ 为空间权重矩阵，矩阵中的元素为核函数，常用的有Gaussian核函数和Bi-square核函数。

带宽的选择通常使用Fotheringham等[18]提出的地理加权回归的AIC（akaike information criterion，AICc）方法计算。

2.3　多尺度地理加权回归引力模型

为了刻画GWR模型中不同自变量对因变量影响的尺度效应，Fotheringham[19]提出了多尺地理加权回归模型，在模型的拟合中不同自变量不同的窗宽。基于MGWR模型，MGWR—引力模型可记为如下：

$$y_{ij}=\beta_{b0}(u_i,v_i)+\sum_{k=1}^{p}\beta_{bk}(u_i,v_i)x_{ik}+\sum_{l=1}^{q}\alpha_{bl}(u_i,v_i)z_i+\gamma_{b0}(u_i,v_i)d_{ij}+\varepsilon_i,\ i=1,2,\cdots,n,j\neq i \tag{5}$$

上面模型的含义与上述引力模型相同，只是不同自变量对应的系数函数依赖于不同的窗宽。

多尺度地理加权回归模型通过应用退后拟合算法（backfitting algorithm）进行校准，基于这些初始值，校准过程迭代运行。算法的收敛准则是残差平方和（residual sum of squares，RSS），公式如下：

$$\mathrm{SOC}_{\mathrm{RSS}}=\left|\frac{\mathrm{RSS}_{\mathrm{new}}-\mathrm{RSS}_{\mathrm{old}}}{\mathrm{RSS}_{\mathrm{new}}}\right| \tag{6}$$

式中，$\mathrm{RSS}_{\mathrm{old}}$ 为上一步计算的残差平方和；$\mathrm{RSS}_{\mathrm{new}}$ 为下一步计算的残差平方和。

带宽的选择标准是基于Fotheringham等[19]提出的修正的赤池信息量准则（AICc）。本文将带宽单位定义为迁移流数量，表明特定变量的影响范围。

3　中国省级高学历人才迁移影响因素分析

3.1　空间相关性检验

空间自回归模型要求高学历人才的迁移数据在空间上存在一定的关系，考虑对总迁移人口数量进行空间相关性检验，本文采用全局莫兰指数进行检验，得到莫兰指数值为0.275 4，其检验 p 值为0.016，小于显著性水平0.05，故拒绝原假设，即认为总迁移人口数量存在空间相关性，可以考虑对数据建立空间模型进行分析。

进一步考察总迁移人口数量的局部相关性，得出局部Moran’I指数的Lisa聚集情况。

如表1所示，高学历人才总迁移数量在新疆、青海、甘肃、四川之间存在低—低聚集，即这些迁移量低的地区，其附近地区的迁移量也低；河北、安徽存在高—低聚集，而江苏、浙江存在高—高聚集，即迁移量高的地区，其附近地区迁移量相应的也高。低—低聚集主要分布在西北经济欠发达地区，对高学历人才缺乏吸引力，高—高聚集主要分布在东部沿海地区，经济相对发达，高新技术产业众多，更能吸引人才流入，从而带动附近地区进一步发展。整体上高学历人才迁移的地理格局呈西北—东南走向，南高北低，差异显著。

表1　局部Moran’I指数的Lisa聚集

聚集情况	省份
高—高聚集	浙江、江苏
高—低聚集	≠
低—高聚集	河北、安徽
低—低聚集	新疆、青海、甘肃、四川

3.2　中国省际高学历人才迁移的影响因素分析

本文首先使用引力模型进行回归分析，得到结果如表2所示。在引力模型的基础之上，本文使用相同的变量构建了地理加权引力回归模型和多尺度地理加权引力回归模型，分别对高学历人才迁移影响因素的空间异质性进行分析。从表2可以看出MGWR—引力模型 R^2 和调整的 R^2 分别为0.883、0.869，数值均高于引力模型和GWR—引力模型，且AIC值（1 013.758）更小，由此说明MGWR—引力模型的拟合结果要优于引力模型和GWR—引力模型。

从带宽选择的差异来看，GWR—引力模型所有解释变量的带宽均为274，而MGWR—引力模型中不同解释变量的带宽选择不同，表明各解释变量与被解释变量之间的关系存在空间异质性。综上，MGWR—引力模型更适合研究高学历人才迁移问题。

3.2.1　影响因素的全局性分析

本文所选的15个自变量中，有11个自变量与高学历人才迁移显著相关。

其中，3个引力变量均对高学历人才迁移有显著影响。当区域人口数增加时，高学历人才的迁入和迁出规模均会明显增加，当空间距离增加时，会导致高学历人才的迁移规模下降。

经济发展水平是另一突出的影响因素，除迁入地非农业比重外，其他经济因素均对高学历人口迁移有正向影响。在控制其他变量后，人均国内生产总值越高、城镇非私营单位就业人员平均工资越高、非农产

表2 中国省际高学历人才引力模型回归结果

变量	OLS引力模型	
	系数值	标准误差
POP_i	0.864***	0.044
POP_j	0.618***	0.044
D_{ij}	−0.851***	0.042
$GDPA_i$	−0.100	0.179
$GDPA_j$	1.060***	0.179
$WAGA_i$	0.532*	0.233
$WAGA_j$	1.971***	0.233
NGI_i	−0.015*	0.007
NGI_j	−0.039***	0.007
SED_i	−0.021*	0.010
SED_{ij}	0.012	0.010
$URBAN_i$	−0.007	0.004
$URBAN_j$	0.022***	0.004
$HELTH_i$	0.768**	0.239
$HELTH_j$	−0.078	0.239
R^2	0.793	
调整的 R^2	0.790	
AIC	2 021.531	

注：*、**和***分别表示在5%、1%与0.1%的显著性水平上显著。

业比重越低的省份，高学历人才的迁出量越少，迁入量越多。

该模型还证实，科技和教育的投入对吸引高学历人才至关重要。对于支出比例越高的省份而言，其预计会有更多的高学历人才迁入和更少的迁出，这多是由于该地创新能力较强，发展机会较多且对于子女的教育有一定的保障。

城镇化率也是影响一个省份对高学历人才流动的吸引力的重要因素。在其他变量不变的条件下，城镇化率越高的省份往往对高学历人才的流入有较高的迁移强度。

除此之外，医疗卫生等基础设施建设对高学历人才更具吸引力，优良的医疗服务为高学历人才及其家庭提供了保障，有利于满足其就医需求。因此，随着每千人卫生技术人员数的增加，高学历人才的流入量更多。

3.2.2 影响因素的空间异质性

为了更清晰地判断各影响变量对31个省份省际高学历人才迁出量的影响，将各变量对中国省际高学历人才迁移有显著影响的因素的系数值的估计结果汇总，同时对解释变量进行空间分异特征分析时，使用Jenks自然间断点分级法对各解释变量的影响进行5个等级的划分，分别反映各变量影响程度的高低。

1）引力变量影响。首先考虑引力模型变量的影响。随着迁出地人口规模的增加，北京、天津和山东的系数值取值范围为[1.417, 3.052]，其人才更倾向于迁移到其他的省份；当迁入地人口规模增加时，高学历人才的迁移量呈现出较为明显的“北低—南高”的空间分异格局。该结果说明人口规模可以较好的代表该省的社会经济发展水平，即当地人口越多，其发展水平越好，高学历人才更倾向于向该地区迁移。而空间距离的影响除对人才迁移存在负向影响外，还呈现出较为明显的“中间高—四周低”的辐射状空间分异特征，即越靠近中国中部的省份受到距离的影响越小，而距离对于位于中国边远地区的省份的影响较大，说明虽然现代交通工具的发展使得跨省流动的时间不断缩减，但高学历人口迁移仍存在较为显著的距离衰减效应。

2）经济发展影响。社会经济发展状况是影响高学历人口迁移的重要影响因素。迁入地人均GDP对高学历人才迁出和迁入的人口规模产生正向影响，且各个省份之间的系数差别较小，取值范围在[0.212, 0.257]之间。随着迁入地人均GDP和平均工资的增加，高学历人才能够在该地区看到更多求职和发展的机会。此外，迁入地人均GDP的正向影响呈现出明显的“东北—西南”递增的趋势，其影响高值区为西南地区，影响低值区为东北地区。

同时，迁出地的平均工资影响程度的范围较广，并且迁出地平均工资的正向影响，形成了以南部和西南部地区为高值影响区的空间分异格局，其边际效应更为突出，取值范围为[0.342, 3.817]，其中北京、天津、山东的影响程度最大。迁入地的平均工资的影响形成了以京津冀和成渝地区为正向影响高值区的空间分异格局，取值范围为[0.337, 0.415]，即迁入地省城镇非私营单位就业人员平均工资增加，迁出地对应的平均工资减少，更能促进高学历人才的迁入规模的增加，这是因为平均工资反映了整体收入状况和经济发展水平，在规模经济较发达的地区，由于集聚经济的外部性，工资增长对高学历人才迁入的拉动作用更为显著。

另一方面，迁出地非农业比重呈现出以东北部和中部地区为影响低值，西部、西南部以及部分东部沿海为影响高值的空间分析特征，迁入地非农业比重对高学历人才迁出和迁入的人口规模产生负向影响，其变化呈现出以西部地区为影响高值区的“东—西”向空间分异格局，即高学历人才更倾向于从经济产业结构多为农业的地区流出，向产业结构更为多为第二、三产业的地区流入，其原因在于，高学历人才具有的较好的知识储备和现代化、机械化技能，且由于密集

的外商投资和劳动密集型制造业，这些地区提供了大量就业机会，因此他们会选择搬到拥有更多工作选择和提高生产力和收入可能性更高的省份。

3）科技教育发展影响。表5表明迁出地科技教育发展的投入占比对高学历人才迁移产生了显著的影响。东部沿海省份以及北京、天津、山东和青海、甘肃、宁夏表现出较强的负向边际效应，系数取值范围为[−4.276, −0.231]，表明高学历人才会有更少的迁出和更多的迁入。即由于更多的科技投入表明该地区的创新能力更强、就业机会更加多样化以及工作更加的稳定；而教育投入占比更多，则往往体现出该地的基础教育公共服务较好，对于高学历人才的子女教育问题得到了保障。

4）城乡发展影响。除西南部分省份外，迁入地城镇化率的正向影响，呈现出以东北地区、内蒙古和山西为影响高值区，系数取值范围为[0.256, 0.321]，中部地区、新疆、广西和海南为影响较高值区，取值范围为[0.151, 0.256]的“南—北”向空间分异格局，这从侧面印证了城乡结构发展是以上地区的薄弱环节，即当地区城镇化率有明显提高时，高学历人才的迁入数量会增多。

5）社会保障影响。表5显示出迁出地每千人卫生技术人员数量的正向影响，呈现出以东北地区、东南沿海地区为影响高值区[0.172, 0.709]，京津冀地区和甘肃青海为负向影响高值区[−2.440, 0.049]的空间分异格局。说明大多数省份的对于社会保障投入的增加会提高人们的生活质量，增加迁入人口的健康福祉，因此当迁入地（每千人）卫生技术人员对高学历人才的迁入有促进的作用。

3.2.3　影响因素的尺度效应

针对高学历人才人口迁移影响因素，本文进一步对其影响效应进行了尺度分析。表3显示了MGWR—引力模型识别出的各解释变量的最优带宽，即各变量作用尺度的差异。迁出地变量的带宽最小，仅为61，说明迁出地变量的作用仅限于61条迁移流所构成的空间区域，其作用在区域外表现出显著的空间分异特征。迁入地变量和省份之间空间距离的带宽普遍偏高，其中，迁入地人均GDP和迁入地非农占比的带宽最大，分别为789和671，说明这2个变量对高学历人才人口迁移产生的空间异质性较弱。

综上，与迁出地相关的变量作用尺度更小，这些变量存在极大的空间非平稳性，而与迁入地相关的变量作用尺度更大，空间非平稳性较小。换言之，尺度效应的大小源于各迁移流迁入地与迁出地变量的差异。

表3　MGWR引力模型中解释变量带宽

变量	带宽（迁移流个数）/个
迁出地人口	61
迁入地人口	332
距离	363
迁入地人均GDP	789
迁出地平均工资	61
迁入地平均工资	252
迁出地非农业占比	61
迁入地非农业占比	671
迁出地科教占比	61
迁入地城镇化率	153
迁出地每千人卫生技术人员	61

4　结　论

本文基于第七次全国人口普查数据，利用空间描述性分析、引力模型等方法，对2015—2020年中国省际高学历人才迁移的地理格局和影响因素进行分析，主要结论如下：

1）低—低聚集主要分布在西北经济欠发达地区，对高学历人才缺乏吸引力；高—高聚集主要分布在东部沿海地区，经济相对发达，高新技术产业众多，更能吸引人才流入。整体上高学历人才迁移的地理格局呈西北—东南走向，南高北低，差异显著。

2）MGWR—引力模型将空间异质性纳入考虑，且拟合优度优于引力模型和GWR—引力模型。引力变量、经济发展水平、科技教育发展水平、城乡发展水平、社会保障水平变量共同作用于中国省际高学历人才的迁移情况。

3）MGWR—引力模型表明，影响中国省际高学历人口迁移的因素存在空间异质性。迁出地人口的影响高值区为北京、天津和山东，迁入地人口和迁入地城镇化率对省际高学历迁移量的正向影响呈现出“南—北”空间分异格局，省份间空间距离的影响高值区为中国中部地区；迁入地人均GDP的正向影响呈现“东北—西南”空间分异格局，迁出地平均工资的影响高值区为南部和西南部地区；迁入地的平均工资的正向影响高值区为京津冀和成渝地区，迁出地非农业比重呈现出以东北部和中部地区为影响低值的空间分析特征；迁入地非农业比重呈现出的“东—西”向空间分异格局，迁出地科技教育发展的投入占比在东部沿海省份和京津地区表现出较强的负向边际效应，迁出地每千人卫生技术人员数呈现出以以东北地区、东

南沿海地区为影响高值区，京津冀地区和甘肃青海为负向影响高值区的空间分异格局。

4）影响省际高学历人才的迁移的因素存在不同的尺度效应。迁出地变量的带宽最小，迁入地变量和省份之间空间距离的带宽普遍偏高，其中，迁入地人均GDP和非农占比的带宽最大说明这2个变量对高学历人才人口迁移产生的空间异质性较弱。

参考文献

[1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗:在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[N]. 中国政府网,2022-10-25

[2] 王若宇,薛德升,刘晔,等. 基于空间杜宾模型的中国高学历人才时空分异研究[J]. 世界地理研究,2019,28(4):134-143

[3] 武荣伟,王若宇,刘晔,等. 2000—2015年中国高学历人才分布格局及其影响机制[J]. 地理科学,2020,40(11):1 822-1 830

[4] 古恒宇,沈体雁. 中国高学历人才的空间演化特征及驱动因素[J]. 地理学报,2021,76(2):326-340

[5] 齐宏纲,赵美风,刘盛和,等. 2000—2015年中国高学历人才省际迁移的演化格局及影响机理[J]. 地理研究,2022,41(2):456-479

[6] 林赛南,王雨,马海涛. 中国高学历流动人口流动的空间特征及形成机制[J]. 地理研究,2022,41(12):2 229-3 244

[7] 古恒宇,沈体雁. 中国省际高技能人才迁移的时空演化机制[J]. 地理学报,2022,77(10):2 457-2 473

[8] 齐宏纲,戚伟,刘振,等. 中国人才分布的学历梯度分异性:时空格局及影响机理[J]. 地理科学进展,2023,42(5):821-836

[9] 肖凡,王姣娥,黄宇金,等. 中国高新技术企业分布影响因素的空间异质性与尺度效应[J]. 地理研究,2022,41(5):1 338-1 351

[10] 黎庆兴,李德显. 推拉理论视域下高校人才流动困境及其治理路径[J]. 江苏高教,2021(10):46-52

[11] 李家伟,刘贵山. 当代西方人口迁移与流动的理论、模式和假说述评[J]. 新学术,2007(5):83-85

[12] 徐爱东,吴国锋. 农业转移人口市民化微观决策机制研究[J]. 西部论坛,2015,25(3):1-8

[13] 盛来运. 国外劳动力迁移理论的发展[J]. 统计研究,2005(8):72-73

[14] Ye L, Shen J. Spatial Patterns and Determinants of Skilled Internal Migration in China, 2000-2005[J]. Papers in Regional Science,2014,93(4):749-771

[15] Zipf G K. The P1P 2D Hypothesis:On the Intercity Movement of Persons[J]. American Sociological Review, 1946, 11(6):677

[16] Nakaya T. Local Spatial Interaction Modelling Based on the Geographically Weighted Regression Approach[C]// Dordrecht: Springer Netherlands,2003,70:45-69

[17] Kordi M, Fotheringham A S. Spatially Weighted Interaction Models (SWIM)[J]. Annals of the American Association of Geographers,2016,106(5):990-1 012

[18] Fotheringham A S,Brunsdon C,Charlton M. Geographically Weighted Regression:The Analysis of Spatially Varying Relationships[M]. Chichester:Wiley,2002

[19] Fotheringham A S,Yang W,Kang W. Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR)[J]. Annals of the American Association of Geographers,2017,107:1 247-1 265

（上接第14页）

展[J]. 中国农业信息,2020,32(2):1-12

[4] 吴静,吕玉娜,李纯斌,等. 基于多时相Sentinel-2A的县域农作物分类[J]. 农业机械学报,2019,50(9):194-200

[5] 汪传建,赵庆展,马永建,等. 基于卷积神经网络的无人机遥感农作物分类[J]. 农业机械学报,2019,50(11):161-169

[6] 刘斌,史云,吴文斌,等. 基于无人机遥感可见光影像的农作物分类[J]. 中国农业资源与区划,2019,40(8):55-63

[7] 余铭,魏立飞,尹峰,等. 基于条件随机场的高光谱遥感影像农作物精细分类[J]. 中国农业信息,2018,30(3):74-82

[8] 史飞飞,高小红,杨灵玉,等. 基于HJ-1A高光谱遥感数据的湟水流域典型农作物分类研究[J]. 遥感技术与应用,2017,32(2):206-209

[9] 张立国,孙胜春,王磊,等. 基于类间可分性的波段选择算法[J]. 激光与光电子学进展,2022,59(4):417-424

[10] Fang L,He N,Li S,et al. A New Spatial-spectral Feature Extraction Method for Hyperspectral Images Using Local Covariance Matrix Representation[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,2018,56(6):3 534-3 546

[11] Prasad S, Bruce L M. Limitations of Principal Components Analysis for Hyperspectral Target Recognition [J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2008, 5(4):625-630

[12] 刘若阳,艾斯卡尔·艾木都拉. 基于局部协方差矩阵判别模型的红外小目标检测方法[J]. 激光与红外,2020,50(6):761-768

[13] 刘戈,姜小光,唐伯惠. 特征优选与卷积神经网络在农作物精细分类中的应用研究[J]. 地球信息科学学报,2021,23(6):1 071-1 081