

基于 MGWR 的林业企业时空差异及影响因素研究

马强¹, 倪红红^{2,3*}, 李卫忠^{3*}, 苏祥祥¹, 李军¹, 祝雪晴¹, 刘吉凯^{1,3}, 李新伟^{1,2,4}

(1. 安徽科技学院资源与环境学院, 安徽滁州 239000; 2. 安徽科技学院科研处, 安徽滁州 239000; 3. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; 4. 安徽省作物智慧种植与加工技术工程研究中心, 安徽滁州 239000)

摘要:【目的】林业企业作为林业产业结构的具体落脚点, 其空间演化特征规律和影响因素分析有助于科学合理地安排林业产业布局, 促进林业产业的良好发展, 进而为生态文明建设和经济社会发展提供坚实的基础。【方法】基于中国林业企业数据, 采用平均最近邻、局部莫兰指数、热点分析等地理信息系统 (GIS) 空间分析方法, 分析了中国林业企业的空间演化特征; 运用普通最小二乘法 (OLS) 模型、地理加权回归 (GWR) 模型、多尺度地理加权回归 (MGWR) 模型, 探讨了 367 个地市林业企业分布数量影响因素的空间异质性, 揭示了不同因素的影响作用及空间分异特征。【结果】(1) 中国林业企业空间格局具有明显的集聚特征且集聚程度不断增强。(2) 中国林业企业数量分布分化较为显著, 不显著区呈扩张趋势, 东北、西南热点集聚区分布范围大幅缩小, 东南热点集聚区始终保持较大规模的块状分布格局。(3) 从林业企业分布数量的影响因素看, 常住人口数量、绿地面积等人力资源和市场容量优势对于林业企业分布数量的影响强度最大, 但专利授权数、园地面积、林地面积等科技支撑和产业资源优势也具有正向作用, 公路密度和货物进出口总额与林业企业数量主要呈负相关性, 反映了公路交通在林业企业的选址中不具有优势地位, 与林业第一、第二产业比重大的特点契合, 林业企业更多地受到资源分布和市场需求的影响, 而不像其他产业那样受到公路交通的制约。【结论】中国林业企业分布的影响因素存在显著空间分异, 政府及相关部门在制定产业政策时要因地制宜采取针对性措施, 促进林业产业的健康协调发展。首先, 应提高中国林业产业资源配置效率, 推动规模经济发展, 确保林业资源的合理分配和高效利用。其次, 促进产业结构调整, 根据区域资源禀赋和市场需求, 调整林业产业结构, 推动产业升级, 充分发挥特色产业优势, 推动产业深度融合, 扩大优质产品的有效供给。最后, 要加强政府引导和科技投入, 促进产业向高质量、可持续方向转型, 实现经济效益与生态效益的双赢。

关键词: 中国; 林业企业; 空间分析; MGWR 模型; 影响因素

中图分类号 F326.25

文献标识码: A

文章编号: 1001-7488 () -0000-00

Research on Spatial Differentiation Characteristics and Influencing Factors of Forestry Enterprises Based on MGWR

Ma Qiang¹ Ni Honghong^{2,3*} Li Weizhong^{3*} Su Xiangxiang¹ Li Jun¹ Zhu Xueqing¹
Liu Jikai^{1,4} Li Xinwei^{1,2,4}

(1. School of Resources and Environment Anhui Science and Technology University 239000; 2. Research Office Anhui Science and Technology University 239000; 3. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. Anhui Province Engineering Research Center for Intelligent Cultivation and Processing of Crops 239000)

Abstract: 【Objective】As the specific landing point of forestry industry structure, the analysis of the spatial evolution characteristic law and influencing factors of forestry enterprises can help to scientifically and reasonably arrange the layout of forestry industry, promote the good development of forestry industry, and then provide a solid foundation for the construction of ecological civilization and economic and social development. 【Method】Based on the data of China's forestry enterprises, the spatial evolution characteristics of China's forestry enterprises were analyzed by using geographic information system (GIS) spatial analysis methods such as average nearest neighbor, local Moran index, and hotspot analysis; ordinary least squares (OLS) model, geographically weighted regression (GWR) model, and multi-scale geographically weighted regression (MGWR) model were used to explore the distribution of forestry enterprises in 367 cities and regions. The spatial heterogeneity of the factors influencing the number of forestry enterprises in 367 cities and municipalities was explored, and the influencing effects of different factors and the characteristics of spatial differentiation were revealed. 【Result】(1) The spatial pattern of Chinese forestry enterprises is characterized by obvious agglomeration and the degree of agglomeration is increasing. (2) The distribution of the number of forestry enterprises in China is significantly differentiated, with insignificant areas showing an expansion trend, hotspot agglomerations in the northeast and southwest of the country greatly reducing their distribution range, and hotspot agglomerations in the southeast of the country always maintaining a large-scale block distribution pattern. (3) From the influencing factors of the distribution number of forestry enterprises, the strength of human resources and market capacity advantages such as the number of resident population and green land area has th

the greatest influence on the distribution number of forestry enterprises, but the advantages of scientific and technological support and industrial resources such as the number of patents authorized, garden area and forest area also have a positive effect, and the density of highways and the total amount of imports and exports of goods and the number of forestry enterprises are mainly in a negative correlation, reflecting the fact that highway traffic It does not have an advantageous position in the location of forestry enterprises, which fits with the characteristics of the large proportion of primary and secondary industries in forestry, and forestry enterprises are more affected by the distribution of resources and market demand than by the constraints of highway transportation like other industries. 【Conclusion】 There is significant spatial differentiation in the influencing factors of the distribution of forestry enterprises in China, and the government and relevant department should take targeted measures according to local conditions when formulating industrial policies to promote the healthy and coordinated development of the forestry industry. Firstly, the resource allocation efficiency of China's forestry industry should be improved to promote the development of economies of scale and ensure the rational distribution and efficient utilization of forestry resources. Secondly, it should promote industrial restructuring, adjust the structure of the forestry industry according to regional resource endowment and market demand, promote industrial upgrading, give full play to the advantages of the specialty industries, promote the in-depth integration of the industry, and expand the effective supply of high-quality products. Finally, government guidance and scientific and technological investment should be strengthened to promote the transformation of the industry in the direction of high quality and sustainability, and to realize the win-win situation of economic and ecological benefits.

Key words: China; forestry enterprises; spatial analysis; MGWR model; influencing factors

林业是具有经济、生态、社会和资源属性的特殊综合体，在实现绿色可持续发展方面承担着巨大作用。林业产业作为林业经济发展的主体，从林业生产、森林培育、木材加工及制造到林业专业技术服务、森林旅游、生态康养和林业其他相关活动等，其类型多样。林业企业则是主要经营森林资源、环境及其产品的企业，林业企业在生产经营过程中将对经济、生态和社会等方面产生影响。一方面可提供满足社会需要的产品、实现企业健康可持续发展；另一方面，在促进经济发展和生态环境建设方面也发挥着重要作用。因此，林业企业发展状况关系到地区经济增长和生态建设，对林业企业空间格局演变及其发展研究尤为重要。

企业空间格局及其演化规律是影响区域协调发展的重要内容，近年来，通过对企业空间格局的深入剖析，探究企业空间布局的驱动因素成为新的热点，主要集中在科技型企业、服务型企业、工业型企业等。大量学者利用 GIS 空间分析技术探究了企业的时空演化趋势，探究影响企业布局的相关因素的作用机制，并提出优化企业布局 and 资源配置的方案。在农林企业等以第一产业为主，二、三产业为辅的行业中，企业空间格局研究较少。熊友云等利用多尺度分析探究了中国农业龙头企业在的空间格局，发现原料依赖型企业聚集程度高，而市场依赖型企业聚集程度低。白如山等研究了阜阳市农业龙头企业空间分布特征，指出核心城市和经济带会吸引企业的聚集。蒋辉等发现中国农业产业化龙头企业主要集聚在中国东部城市，农业播种面积和固定资产投资等影响因素并不能吸引农业龙头企业的入驻。

综上，利用区位理论探究企业布局的研究日益完善，但主要集中在创新型、服务型企业等第二、第三产业等方面，忽视了农业、林业等第一产业布局的研究，在为数不多的农林企业研究中，其广度和深度明显不足。林业企业是林业产业发展的内在动力，受地域因素、经济发展水平、人力资源等多种条件限制，在不同区域的发展差异显著。但目前对于林业企业的研究主要集中在林业企业本身的经营与管理，涉及到林业产业的空间格局研究多使用指标替代法，即使用相关林产品消费数据替代地区林业产业水平，从省域等宏观角度使对林业产业集聚进行分析，其结果的合理性还需进一步检验，研究尺度也有待进一步精细化。

因此，本文以中国为研究区域，以启信宝商业数据调查平台的林业企业数据为基础，建立林业企业的空间数据库，通过平均最近邻、局部莫兰指数，热点分析等 GIS 空间分析方法揭示中国林业企业的时空演变特征，最后结合统计年鉴数据，利用多种回归模型探究林业企业数量影响因素的空间异质性，为

林业企业的布局规划和政策制定提供重要参考。

1 研究区概况

本文以中国林业相关企业为研究对象，企业样本数据主要来源于企业信息查询平台启信宝（www.qixin.com/），该数据包括“企业名称”、“登记状态”、“注册时间”、“注册资本”、“地址”等。然后对林业企业原始数据进行清洗，剔除经营状态异常的企业，建立林业企业空间数据库。本研究的研究区域包括中国大陆 31 个省份，由于数据的可得性，香港、澳门和台湾省没有被纳入研究。由于企业地址为文本数据，利用高德地图开放平台（<https://lbs.amap.com/>）的地理编码服务将其转换为地理坐标。

和其他企业一样，林业企业空间布局过程中会受到诸多因素的影响，例如人力资源状况、交通便利性、城市规划、金融环境、自然环境等都是影响企业决策者选址的重要因素。根据相关农林等第一产业企业的研究成果，同时考虑到数据的可获取性，本文综合考虑人力资源、经济发展水平、产业结构发展状况、科技支撑、贸易发展状况、金融环境、自然条件、城市建设、交通便利性等 9 个方面，24 个具体指标作为影响因素，将我国林业企业空间格局影响因素总结为以下几个方面（表 1）。影响因素数据中，企业注册资本平均值数据基于 2020 年林业企业的“注册资本”属性数据计算整理获得；林地面积、园地面积、草地面积、城市工矿用地面积、城市仓储用地面积数据来源于中国国土调查成果共享应用服务平台（<https://gtdc.mnr.gov.cn/>）中的 2020 年度数据，境内公路密度数据为统计年鉴中公路总长度与辖区面积的比值，其余数据主要基于《中国城市统计年鉴 2021》、《中国县域统计年鉴（县市卷）-2021》整理获得，极少量缺失值通过访问地区统计年鉴获得。在影响因素分析过程中，尺度为地级市，但由于中国行政区划的特殊性，直辖市、自治州、盟、省直管县等均当作城市看待。

表 1 林业企业区位选择的影响因素及定义

Table 1 Influencing factors and definition of location choice of forestry enterprises

变量名称	变量定义	变量符号	单位
人力资源	城镇非私营单位在岗职工平均工资	GZ	元
	城镇职工基本养老保险参保人数	BX	人
	常住人口数量	RK	人
经济发展水平	地区生产总值	GDP	亿元
	人均地区生产总值	RJGDP	元
	社会消费品零售总额	SHXFP	万元
产业结构发展状况	企业注册资本平均值	ZCZB	元
	第一产业占地区生产总值的比重	YC	%
	第二产业占地区生产总值的比重	EC	%
	第三产业占地区生产总值的比重	SC	%
科技支撑	专利授权数	ZL	件
贸易发展状况	货物进出口总额	JCK	万元
	规模以上工业企业数	GYQYS	个
	公路货运量	GLHYL	万吨
金融环境	年末金融机构人民币各项贷款余额	DKYE	万元
自然条件	园地面积	YD	公顷
	林地面积	LIND	公顷
	草地面积	CD	公顷
城市建设	市辖区建成区面积	JQMJ	平方公里

	绿地面积	LDMJ	公顷
	建成区绿化覆盖率	LHFGL	%
	城市工矿用地面积	GKYD	公顷
	城市仓储用地面积	CCYD	公顷
交通便利性	境内公路密度	GLMD	公里/每平方千米

2 研究方法

2.1 平均最近邻

平均最近邻分析 (ANN) 通过计算企业之间的平均距离, 表现林业企业之间的临近程度, 从而刻画出林业企业数据点的集聚程度。公式如下:

$$ANN = \frac{\overline{D_o}}{\overline{D_E}} \quad (1)$$

式中: $\overline{D_o}$ 为源点要素与其最近邻要素质心距离的平均值; $\overline{D_E}$ 为所有要素随机分布的平均距离。若 $ANN > 1$, 则要素为离散分布; 若 $ANN < 1$, 则要素为集聚分布; 若 $ANN = 1$, 则要素为理想状态下的均匀分布。

2.2 局部莫兰指数

为了比较不同地区之间的林业企业空间分布差异, 使用局部莫兰指数 I , 探究林业企业的空间集聚状况^[27]。公式如下:

$$I = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

式中: I 为局部莫兰指数; x_i 为空间上城市 i 的林业企业数量; W_{ij} 为空间权重, 表示两个城市之间的空间权重; $\bar{x}$ 为林业企业数量均值。

2.3 普通最小二乘法 (OLS) 模型

OLS 模型是全局线性回归方法中最传统的模型, 从全局对样本和变量进行估计, 没有考虑空间相关性的影响。公式如下:

$$y = \beta_0 + \sum_{k=1}^n \beta_k x_k + \varepsilon \quad (3)$$

式中: y 为观测的因变量; β_0 为常数项估计值; x_k 为第 k 个自变量的值; β_k 为第 k 个自变量的系数估计值; n 为自变量个数; ε 为误差项。

2.4 地理加权回归 (GWR) 模型

GWR 模型是对线性回归模型的拓展, 可以对具有空间自相关的样本进行很好地拟合, 反映其空间特征。GWR 模型设定如下:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (4)$$

式中: y_i 为 $n \times 1$ 维被解释变量; x_{ik} 为 $n \times k$ 维解释变量矩阵; $\beta_k(u_i, v_i)$ 为因素 k 在回归点 i 的回归系数; k 为自变量个数; (u_i, v_i) 为第 i 个观察点的经纬度坐标; ε_i 为分布的随机误差项。

2.5 多尺度地理加权回归 (MGWR) 模型

MGWR 模型属于局部回归模型, 它是对 GWR 模型的优化。MGWR 允许每个变量有各自特定的带宽, 即每个自变量可使用各自最优带宽下进行回归, 更接近真实的空间过程模拟, 使得回归的结果更准确。M

GWR 模型的计算公式如下:

$$Y_i = \sum_{j=1}^k \beta_{bw_j}(u_i, v_i) X_{ij} + \varepsilon_i \tag{5}$$

式中： Y_i 为地区的林业企业数， X_{ij} 为影响林业企业空间分布的因素， β_{bw_j} 为第 j 个影响因素的回归系数，下标 bw_j 代表第 j 个影响因素回归系数适用的带宽， (u_i, v_i) 为地区质心坐标，回归系数的绝对值越大，对林业企业分布数量的影响作用也越强。

2.6 热点分析

热点分析主要用于探查区域高值和低值要素的空间集聚性，描述影响因素回归系数的高低集聚分布情况，公式为：

$$G_i^* = (\sum_j^n W_{ij} x_j) / (\sum_j^n x_j) \tag{6}$$

式中， W_{ij} 为城市 i 与 j 之间的空间权重矩阵； x_j 是单元 j 的属性值； n 为总的城市数。

3 中国林业企业空间格局演变分析

3.1 中国林业企业平均最近邻分析

分别计算中国 2000 至 2020 年中国林业企业最近邻指数，进而判断中国林业企业的空间分布类型，计算结果及显著性检验详见表 1。最近邻比率始终小于 0.4，Z 值从 -230.47 下降到 -787.48，通过了置信度 99% 的显著性检验，意味着林业企业的空间模式不太可能产生于随机与离散过程，集聚分布特征显著。最近邻比率逐渐减小，从 0.38 降至 0.26，平均观测距离和预测平均距离均逐渐减小，表明中国林业企业空间分布始终保持集聚的特征，且空间集聚态势越来越明显。

表 2 2000—2020 年中国林业企业平均最近邻分析结果

Tab. 2 Average nearest neighbor analysis results of forestry enterprises in China during 2000—2020						
年份	平均观测距离/ m	预测平均距离/ m	最邻近 指数	Z 得分	P 值	分布 特征
2000	3041.62	7922.11	0.383941	-230.47	0	集聚
2005	2597.29	7097.59	0.36594	-264.76	0	集聚
2010	2024.07	5993.07	0.337736	-327.51	0	集聚
2015	1322.16	4418.63	0.299224	-470.03	0	集聚
2020	719.20	2795.17	0.257302	-787.48	0	集聚

注：Z 得分为标准差的倍数，当 Z 得分 < -2.58， $P < 0.01$ 时，置信度为 99%，为“非常显著”；P 值为显著性水平。

3.2 林业企业局部关联特征

局部莫兰指数可以描绘存在集聚现象的具体区域，其检验结果的 LISA 图展示了林业企业数量分布的低值和高值的集聚区（图 1）。2000 年林业企业形成了以云南、四川、贵州、重庆等省域为主的西南高值集聚区；以江西、福建、广西等省域为主的东南高值集聚区；以黑龙江、吉林等省域为主的东北高值集聚区；林业企业空间分布和我国的三大林区空间分布基本对应。2005 年林业企业低值和高值的集聚区的空间变化较小，主要体现在高值集聚区在云南略有减少，福建小幅增加，整体空间分布变化态势比较缓和。从 2010 年开始，林业企业低值和高值的集聚区空间分布范围明显缩小，不显著区域的城市数量明显增多。随着我国城镇化、工业化进程的快速推进，社会经济发展需求与生态建设的矛盾日益突出，为了促进传统经济林业向现代生态林业转变，我国第一个中长期林地保护利用规划于 2010 年正式发布，更加注重森林资源的保护和可持续发展的顶层规划设计。因此，到 2015 年，云南、四川、贵州、重庆等西南省份的城市完全

退出高值集聚区，同年，我国将把所有天然林都纳入保护范围，分三步全面停止天然林商业性采伐。至 2020 年，吉林和黑龙江多数城市也退出高值集聚区，仅牡丹江市表现出高值集聚。从 2000—2020 年，林业企业数量分布分化较为显著，不显著区呈扩张趋势；冷点集聚区几乎消失；热点集聚区分布范围大幅缩小，在东南沿海有较大范围的高值集聚区分布，属东北林区的牡丹江成为西南和东北两大传统林区唯一的高值集聚区，总体上呈现出点状和块状共存的分布格局。受相关林业政策影响，2010-2020 年林业企业低值和高值集聚区的空间变化幅度明显快于 2000-2010 年，尤其是传统林区的变化趋势显著。

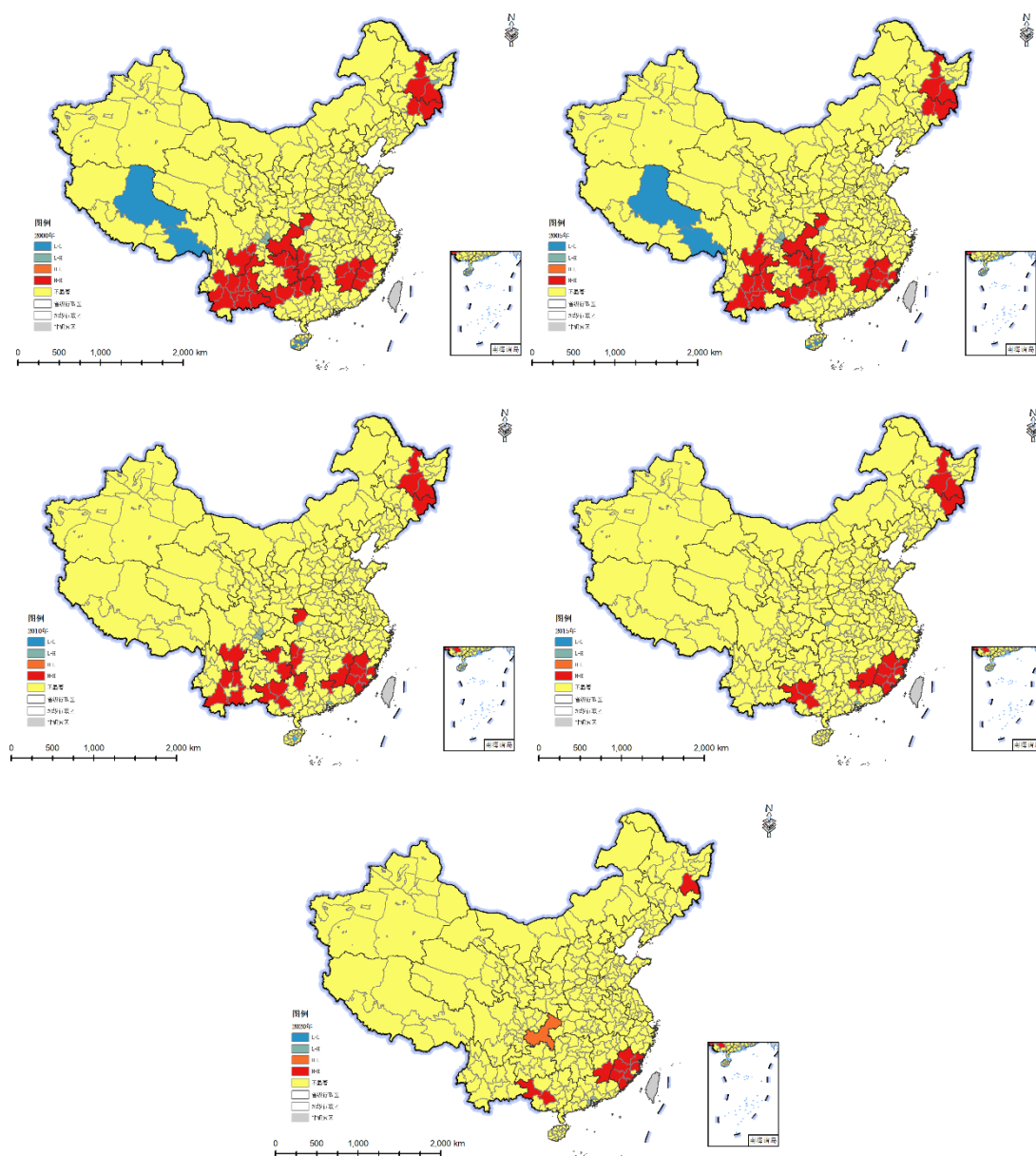


图 1 2000—2020 年中国林业企业局部关联特征

Fig. 1 Local Association Characteristics of Chinese Forestry Enterprises from 2000 to 2020

4 中国林业企业分布数量影响因素分析

4.1 影响因素的最佳组合

探索性回归分析是一种全子集回归，可以根据用户指定的参数，对输入变量的所有可能组合进行评估，

以寻找解释因变量的最佳 OLS 模型。由于各项指标单位不同，数值差距大，为避免计算结果存在异方差，对各项变量数值进行归一化处理，尽量消除异方差的影响。筛选的原则为：①指标的组合获得较大的校正 R^2 ($R^2>0.45$)；②各个指标尽可能在 10%水平下显著 ($P<0.1$)；③VIF 值远低于 10.0；④选取的指标组合的赤池信息量准则 (Akaike information Criterion, AIC) 值尽可能小。探索性回归分析结果的最佳组合共包含 7 个影响因素 (表 3)，分别是：①公路密度 (GLMD)；②货物进出口总额 (JCK)；③专利授权数 (ZL)；④常住人口数量 (RK)；⑤绿地面积 (LD)；⑥园地面积 (YD)；⑦林地面积 (LDMJ)。

表 3 探索性回归分析结果

Table.3 Exploratory Regression Analysis Results				
校正 R^2	AICc	VIF	影响因素组合	
0.45	6047.09	7.62	-JCK**	+ZL** +RK*** +LD* +LIND***
0.44	6054.95	6.62	-JCK***	+ZL*** +LD*** +YD*** +LIND***
0.44	6056.42	8.00	-JCK***	+XFP* +ZL* +LD +LIND***
0.47	6040.17	7.67	-JCK**	+ZL** +RK** +LD** +YD*** +LIND***
0.46	6044.51	7.62	-GLMD**	-JCK** +ZL** +RK*** +LD* +LIND***
0.46	6044.90	6.93	+HYL**	-JCK*** +ZL*** +LD** +YD*** +LIND***
0.47	6038.64	11.92	-BX	-JCK*** +ZL** +RK*** +LD** +YD*** +LIND***
0.47	6038.69	7.67	-GLMD**	-JCK*** +ZL** +RK** +LD** +YD*** +LIND***
0.47	6040.12	7.72	-JCK***	+ZL** +RK** +LD* +YD*** +LIND*** +CCYD
0.48	6035.88	17.61	-BX +DK	-JCK** +ZL +RK*** +LD +YD*** +LIND***
0.47	6036.18	13.06	-BX	-JCK*** +ZL** +RK*** +LD* +YD*** +LIND*** +CCYD
0.47	6037.20	11.92	-BX	-GLMD** -JCK*** +ZL** +RK*** +LD** +YD*** +LIND***
0.48	6033.76	13.18	-BX	-JCK*** +ZL** +RK*** +LD* +YD*** +LIND*** -GKYD +CCYD
D				
0.48	6034.58	18.15	-BX +DK	-JCK** +ZL* +RK*** +LD +YD*** +LIND*** +CCYD
0.48	6035.15	17.68	-BX	-GLMD** +DK -JCK** +ZL +RK*** +LD +YD*** +LIND***

4.2 OLS、GWR、MGWR 回归模型对比

为了比较，同时进行了 OLS、GWR、MGWR 回归。由表 2 可知，GWR、MGWR 模型考虑了影响因素的空间异质性，会显著提高模型拟合优度，明显优于 OLS 模型。而 MGWR 模型采用更为优化的带宽，反映了变量空间尺度的差异性， R^2 和调整 R^2 显著提高，AICc 值与残差平方和显著下降，模型拟合效果更好，说明 MGWR 的回归结果优于 GWR 模型，故本文采用 MGWR 模型进行回归分析。

表 4 OLS、GWR、MGWR 回归模型对比

Table.4 Comparison of OLS, GWR, and MGWR Regression Models			
模型	OLS	GWR	MGWR
R^2	0.480	0.820	0.823
调整 R^2	0.470	0.760	0.787
残差平方和	190.889	65.999	64.804
AICc	820.108	662.081	561.178

4.3 MGWR 回归模型系数的空间分布

不同影响因素的回归系数反映了各个因子对林业企业数量影响程度的大小和方向。为了更好地描述影

响因素的空间异质性,本研究采用热点分析工具对影响因素的回归系数进行空间聚类,从而确定影响因素的热点和冷点集聚区。

(1) 公路密度因素与林业企业分布数量的影响为负相关,说明公路密度越高,林业企业数量反而不高,林业企业对高密度公路网络的依赖性并不强。冷点集聚区是回归系数低值的集聚区,主要位于福建、广东等东南沿海地区和黑龙江、吉林、辽宁等东北地区,这些地区属于森林覆盖相对较高的地区,尤其是福建、黑龙江等地自然条件适宜,拥有大规模的森林资源,有利于林业企业的发展,林业企业数量也比较多。但是这些地区公路密度比较低,公路密度低会增加运输成本,然而丰富的林业资源能够弥补这一部分的成本,从而吸引企业在这些地区投资和经营。

(2) 货物进出口总额回归系数回归系数较为显著,且均为负相关。货物进出口总额高的地区通常经济较为发达,这些地区倾向于发展高附加值产业,如制造业、金融业和服务业。相比之下,林业属于传统产业,其附加值相对较低,因此货物进出口总额回归系数与林业企业数量负相关程度最高的热点集聚区位于广东、广西、海南、湖南等南部对外贸易较为发达的南方地区。经济发达地区在产业结构调整中,逐渐减少对传统产业的依赖,更多地向高科技、高附加值产业转型,使得林业企业在这些地区的数量减少。

(3) 常住人口数量因素的回归系数为正相关。我国林业企业整体规模偏小,集约化水平低,约80%属于第一、第二产业,林产品初加工比重过大,大大降低了人均劳动生产率,增加了对于人力资源的依赖。热点集聚区主要位于云南、贵州、广西、湖南、广东、海南等南方省份和黑龙江、吉林等东北地区,这些地区林业资源丰富,而中国林业产业的特点意味着林业产业布局往往和林业资源密切相关。

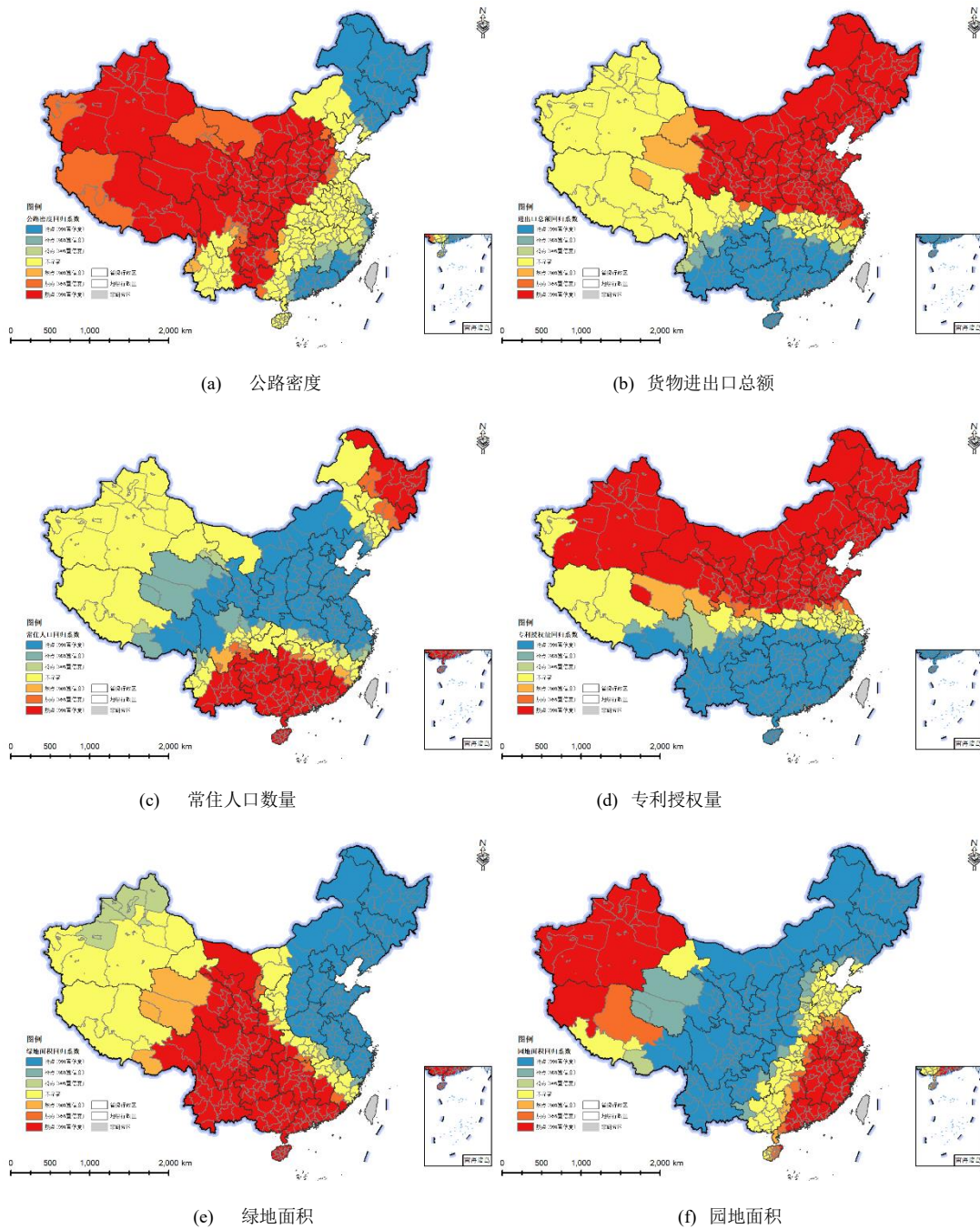
(4) 专利授权量因素与林业企业数量的正相关关系在“秦岭-淮河”以北的北方城市表现更为显著,而南方城市专利授权量对林业企业数量的正相关影响程度不如北方强烈。由于南方城市的经济发展水平和技术创新能力相对更高,产业结构更为发达,专利的集中领域可能是高新技术等附加值更高的产业,使得专利授权量对林业企业数量的影响程度较北方城市弱一些。但总的来说,林业科技创新是推动林业产业发展的重要支撑。因此,专利授权量与林业企业数量在全国均表现出正相关。

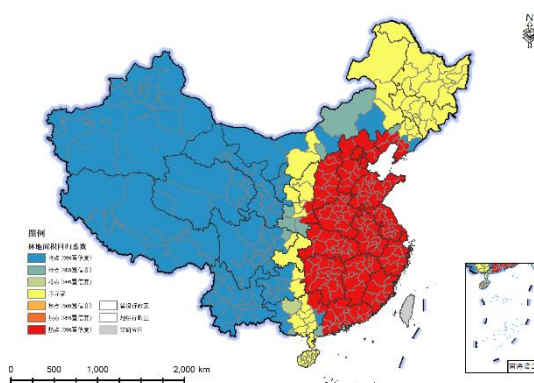
(5) 绿地面积与林业企业数量呈现正相关关系,即绿地面积越多,林业企业分布数量越多。热点集聚区位于西南、东南和西北地区,云南、湖南、四川等西南地区 and 广东、广西、海南等东南地区气候适宜,绿地面积大,绿地建设过程中对林业企业的需求较大,林业企业也能更好地发挥其专业技术优势,促进了林业企业的集聚。而甘肃等西北地区虽然林业资源不丰富,但绿地建设能增加对于林业企业的需求。冷点集聚区则主要位于华东、华北、东北等地区,绿地面积与林业企业数量的正相关性相对较弱,但随着城市绿地建设的推进,林业企业也将获得更多的发展机会。

(6) 园地面积与林业企业数量呈正相关关系,说明园地面积越大,林业企业数量越多,反映了园地开发和利用对林业企业发展具有重要推动作用。近年来,中国水果、茶叶产量规模均居世界第一,果园、茶园等不同类型的生产用地均提供了丰富的林产品资源,可以降低生产成本,吸引更多的林业企业在这些地区投资和发展。从园地面积回归系数的高值集聚区空间分布来看,新疆和东南沿海地区所占面积较大,新疆具有得天独厚的自然条件,尤其是气候优势,使得新疆的水果品质较高,新疆林果业也是当地的支柱产业之一。东南沿海地区自然条件优越、市场需求旺盛、产业链完善等多方面因素的共同作用使得园地面积的影响程度较强,并在这里形成热点集聚区。

(7) 林地面积对于林业企业分布数量的影响均为正相关。林地提供了丰富的木材和其他林产品资源,是林业企业生存和发展的基础,因此,林地面积越大,通常会吸引更多的林业企业进行开发和利用。然而

不同类型的林地，如天然林、人工林、经济林等，对林业企业的吸引力不同，资源丰富、品种多样的林地更有利于林业企业的发展。因此，林地面积回归系数的高值集聚区空间分布并不包括西南和东北的大部分地区，这些地区是林业禁伐政策的主要影响区域。而东部沿海地区经济发达，对林产品的需求量大，且靠近港口，便于出口，因此形成了高值集聚区。西部地区森林资源较为稀缺，干旱的气候条件限制了大规模林地的开发和利用，林业资源相对不丰富，这些使得林地面积对于林业企业数量分布的影响作用要低于其他地区。





(g) 林地面积

图2 中国林业企业分布数量影响因素回归系数的热点分析结果

Fig. 2 Hot Spot Analysis Results of Regression Coefficients for Factors Influencing the Distribution of Forestry Enterprises in China

5 结论与讨论

在以往的研究中，企业的空间格局和驱动因素分析已经较为成熟，但关于林业等第一产业的企业格局演化，探索的深度或广度还比较浅，研究基础较为薄弱。本文结合其它产业中企业空间格局研究的方法，探究了中国林业企业的时空演变特征，采用平均最近邻、局部莫兰指数、热点分析等 GIS 空间分析方法从精细尺度上描绘了林业企业的空间分布态势和局部自相关性。同时，考虑到林业产业的特点和不同，从 9 个方面选取了 24 个具体指标作为影响因素，通过探索性回归分析对比了影响因素的所有组合模型，筛选出影响因素的最佳组合结果，即：①公路密度（GLMD）；②货物进出口总额（JCK）；③专利授权数（ZL）；④常住人口数量（RK）；⑤绿地面积（LD）；⑥园地面积（YD）；⑦林地面积（LIND）。最后对比了 OLS、GWR 和 MGWR 三种回归模型的精度，对 MGWR 模型的结果进行可视化，深入探究中国林业企业空间分布影响因素的空间异质性问题，包括影响因素在不同地区表现出的作用的方向和强度的大小的区别。

（1）从林业企业局部空间自相关性上看，2000 年—2010 年，林业企业的冷热点分布范围一致，林业企业在空间上的热点区是西南、东南、东北三大集聚区，冷点区是西北集聚区，林业企业空间集聚性明显。从 2010 年—2020 年，林业企业的冷热点分布变化较大，林业企业在空间上的东北热点集聚区基本消失，西南热点集聚区显著削弱，东南热点集聚区呈增强态势。东北林区和西南林区是天然林区，受天然林禁伐政策的影响较大，而东南林区则主要是以人工林为主，木材资源丰富，且位于沿海地区，具有进口海外木材的交通优势，能够吸引林业产业的集聚发展，从而维持林业企业热点集聚区。

（2）林业企业数量的空间分布受多种因素的影响，并表现出显著的空间异质性。公路密度的回归系数为负值，表明公路密度与林业企业数量呈负相关关系，与其他行业中路网密度对企业分布的正相关结果不同，林业作为依赖资源的第一、第二产业，高公路密度通常意味着林业资源相对匮乏，从而导致林业企业数量较少；货物进出口总额与林业企业数量之间呈负相关关系，表明在经济发达地区，产业布局更倾向于高附加值的制造业和服务业，而非传统林业产业；常住人口数量与林业企业数量呈正相关，中国林业产业仍属于劳动密集型，充足的劳动力资源是促进林业产值增加的关键动力；专利授权量的回归系数为正，反映了地区创新能力对林业科技支撑的提升，有助于推动林业现代化建设；绿地面积与林业

企业数量呈正相关关系，随着各地对生态环境保护和绿地建设的重视，林业企业在园林绿化中的重要性日益突出；园地面积与林业企业数量呈正相关，中国作为全球最大的水果生产国，林果业在林业产业中占据重要地位，尤其在新疆等林果业发达但森林资源有限的地区，园地面积对林业企业数量的影响更为显著；林地面积对林业企业数量的影响为正相关，由于中国林业企业整体规模较小，过于依赖传统生产要素，因此林地面积大的地区，林业企业数量更多。这些因素表明，林业企业数量的分布需要在人力资源成本、地区市场容量、交通便利性、科技发展水平、经济发展水平和资源优势之间找到平衡。

中国林业资源丰富多样，通过对中国林业企业时空演变格局及其影响因素的实证研究，为掌握林业企业的发展趋势、优化林业企业空间布局提供了有力支持，也为林业产业的发展和决策提供了参考。基于本文的研究结果并结合专业分析，从以下三个方面提出林业产业发展的政策建议：首先，应提高中国林业产业资源配置效率，推动规模经济发展，确保林业资源的合理分配和高效利用。其次，促进产业结构调整，根据区域资源禀赋和市场需求，调整林业产业结构，推动产业升级，充分发挥特色产业优势，推动产业深度融合，扩大优质产品的有效供给。最后，要加强政府引导和科技投入，促进产业向高质量、可持续方向转型，实现经济效益与生态效益的双赢。