

上海市土地利用变化及驱动力分析

陈汉峰, 杜泳*, 钟彬滢, 周秋萍, 包涵华, 施春华

浙江农林大学暨阳学院生物环境学院, 浙江 诸暨

收稿日期: 2025年4月14日; 录用日期: 2025年6月5日; 发布日期: 2025年6月18日

摘要

上海市作为中国的经济中心之一, 研究其土地变化驱动因素具有借鉴意义。本文通过GIS技术和主成分分析法, 研究了上海市20年间的土地利用变化趋势以及土地利用变化的驱动力。结果显示: 以经济增长和城市化为代表的社会经济发展和以农业生产为代表的初级产业对上海市的土地变化有着较强的驱动力。通过合理分配土地保护自然环境可实现对土地的永续利用, 为未来的健康发展打下坚实基础。

关键词

上海市, 土地利用, GIS技术, 主成分分析, 驱动力

Analysis of Land Use Change and Driving Forces in Shanghai

Hanfeng Chen, Yong Du*, Binyan Zhong, Qiuping Zhou, Hanhua Bao, Chunhua Shi

School of Biology & Environment, Jiyang College of Zhejiang A&F University, Zhuji Zhejiang

Received: Apr. 14th, 2025; accepted: Jun. 5th, 2025; published: Jun. 18th, 2025

Abstract

As one of the economic centers of China, it is of great significance to study the driving factors of land change in Shanghai. In this paper, the trend of land use change and the driving force of land use change in Shanghai in the past 20 years were studied by GIS technology and principal component analysis. The results show that the socio-economic development represented by economic growth and urbanization and the primary industry represented by agricultural production have strong driving forces for land change in Shanghai. Through the rational allocation of land and the protection of the natural environment, the sustainable use of land can be realized, laying a solid foundation for the healthy development of the future.

*通讯作者。

文章引用: 陈汉峰, 杜泳, 钟彬滢, 周秋萍, 包涵华, 施春华. 上海市土地利用变化及驱动力分析[J]. 地理科学研究, 2025, 14(3): 522-530. DOI: 10.12677/gser.2025.143052

Keywords

Shanghai, Land Use, GIS Analysis, Main Components, Drivers

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

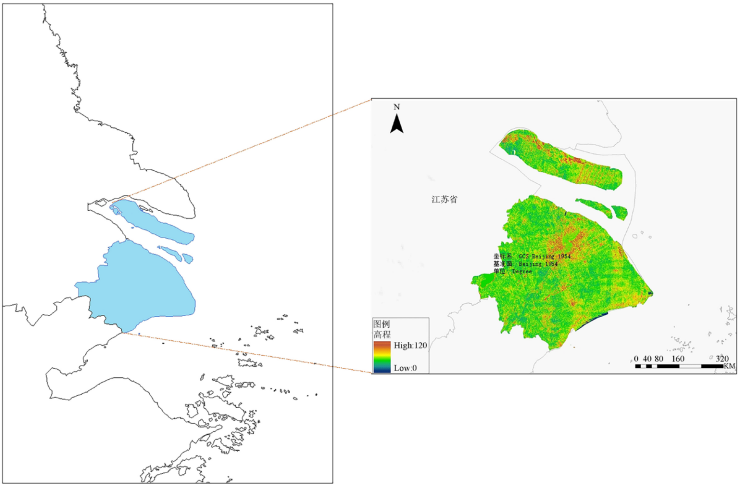


1. 引言

土地是人类生活生产的重要基础资源，土地利用变化研究是全球发展研究的重要课题，土地利用动态变化及驱动力研究则是其热点之一[1]。随着城市化和工业化的不断推进，人类活动对土地的影响从广度和深度上都不断加强，出现了一系列全球问题。所以对土地的有效利用得到了广泛关注[2]。国内外的研究取得有效成果，且多侧重于分析推动土地利用变化的主要驱动力[3]，通过模拟来预测未来土地利用变化趋势等方面[4]。韩建纯等人结合空间自相关分析和土地利用转移矩阵，量化不同地类转换对生态环境的影响，特别关注退耕还林政策实施前后林地面积变化与生态质量的关联性[5]。何伟倩等人通过地理探测器和驱动力分解模型，识别不同发展阶段的主导驱动力，并量化自然 - 社会因子的交互效应强度变化[6]。Ameneshewa W 等人创新性整合诠释学范式与参与式农村评估(PRA)，定量(土地转移矩阵)与定性(传统知识转录)分析相结合[7]。

上海市作为中国经济中心之一，其庞大的经济体量吸引了大量外来人口涌入。人口增加带来的住房增加、交通用地需求增加等一系列问题接踵而至。高速发展的经济使上海市难以对土地进行永续利用。本研究基于武汉大学杨杰、黄昕[8]两位教授共同撰写的研究论文，将土地利用类型分为田地、林地、草地、水域、裸地和不渗水覆盖层六类进行土地利用变化和驱动力研究，以期缓解上海市紧张的用地需求和供给的矛盾，促进土地的合理开发，实现土地的可持续发展。

2. 研究区域概况与数据来源



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为GS(2016)1595号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 1. Location map of the study area
图 1. 研究区区位图

上海雄踞太平洋西岸、亚洲大陆东沿，位于东经 120°52′至 122°12′、北纬 30°40′至 31°53′之间。其北依长江，东临东海，南濒杭州湾，西接江苏与浙江两省。由图 1 可见地势总体由东向西略微倾斜，地形以平原为主，整体地势较为平坦，平均海拔 4 米左右。地区内河湖众多，水网密布，境内水域面积 697 平方公里，相当于全市总面积的 11%。上海属北亚热带季风性气候，四季分明，雨热同期，日照充分，雨量充沛。年平均气温 16℃左右，7、8 月份气温最高，月平均约 28℃；1 月份最低，月平均约 4℃。极端最高气温 40.8℃，极端最低气温-12.1℃。

研究数据主要来源于武汉大学杨杰、黄昕[8]两位教授共同撰写的研究论文、2001 年~2022 年上海市统计年鉴数据等。

3. 研究方法

3.1. 土地利用转移矩阵与时空分析

土地利用转移矩阵，就是根据同一地区不同时相的土地覆盖现状的变化关系，求得一个二维矩阵。通过对得到的转移矩阵进行分析，能够得到 2 个时相，不同的地类之间相互转化的情况，它描述了不同的土地利用的类型在不同年份发生变化的土地类别以及发生变化的位置和变化面积[9]。不仅能够反映上述静态的固定区域固定时间的各个地类面积数据，还能够反映更加丰富的初期各个地类的面积转出以及末期各个地类面积的转入情况。从面积入手，反映区域土地利用变化。面积变化首先反映在不同土地利用类型的总量变化上，通过分析土地利用类型的总量变化，可了解土地利用变化总的变化趋势和土地利用结构的变化[9]。

运用 ArcGIS 软件对上海市的土地利用类型进行空间变化分析，是深入了解城市土地资源状况、为城市发展提供科学决策依据的重要手段。通过制作土地利用类型分布图，直观呈现其空间分布特征。在应用方面，这些分析结果能为城市规划提供科学依据，有助于掌握土地资源的分布和利用状况。

3.2. 主成分分析法

主成分分析法(PCA)是一种使用最广泛的数据降维算法。其主要思想是在原有 n 维特征的基础上重新构造出来 k 维特征[10]。通常情况下，由于指标很多，分析相关问题就比较复杂，同时，不同的指标之间又存在着相互关联。在这种情况下，如果可以使用较少的变量取代较多的变量，且较少的变量当中又包涵原来变量尽可能多的信息，在这种情况下，就可以对较少的变量进行分析从而得到想要的结果[11]。

3.3. 主成分选取

根据主成分分析的基本原理和使用要求，本研究选择的土地利用变化的因子应当确切、周密。基于过往的专家学者们的研究经验[12]，并参考相近的研究的驱动力因子评价体系，根据研究区的实际情况，从《上海市统计年鉴》等来源中选择 12 个驱动因子，运用 SPSS 25.0 统计软件计算出相关系数矩阵、特征值和贡献率。其中 X1 为 GDP；X2 为第一产业；X3 为第二产业；X4 为第三产业；X5 为工业总值；X6 为一般公共预算收入；X7 为一般公共预算支出；X8 为年末户籍人口；X9 为农林牧业总值；X10 为社会消费品零售总额；X11 为房地产开发投资额；X12 为建筑业总产值。从表 1 可以看出，这些因子之间存在着一定的相关性。

Table 1. Correlation coefficient of each factor
表 1. 各因子相关性系数

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1	0.518	0.965	0.997	0.909	0.992	0.991	0.978	0.495	0.998	0.99	0.992

续表

X2	0.518	1	0.691	0.459	0.788	0.52	0.507	0.675	0.968	0.518	0.502	0.581
X3	0.965	0.691	1	0.942	0.984	0.952	0.949	0.994	0.653	0.958	0.944	0.981
X4	0.997	0.459	0.942	1	0.874	0.991	0.99	0.96	0.441	0.996	0.991	0.983
X5	0.909	0.788	0.984	0.874	1	0.896	0.888	0.972	0.739	0.9	0.886	0.939
X6	0.992	0.52	0.952	0.991	0.896	1	0.998	0.969	0.503	0.993	0.989	0.976
X7	0.991	0.507	0.949	0.99	0.888	0.998	1	0.964	0.492	0.992	0.985	0.974
X8	0.978	0.675	0.994	0.96	0.972	0.969	0.964	1	0.639	0.973	0.964	0.99
X9	0.495	0.968	0.653	0.441	0.739	0.503	0.492	0.639	1	0.507	0.492	0.55
X10	0.998	0.518	0.958	0.996	0.9	0.993	0.992	0.973	0.507	1	0.994	0.988
X11	0.99	0.502	0.944	0.991	0.886	0.989	0.985	0.964	0.492	0.994	1	0.978
X12	0.992	0.581	0.981	0.983	0.939	0.976	0.974	0.99	0.55	0.988	0.978	1

主成分的提取原则是提取的主成分特征值 ≥ 1 ，且累计贡献值 $\geq 75\%$ 的前 m 个主成分[2]。根据表 2 可以看出，前两个主成分累计贡献率为 98.675%，且特征值大于 1。因此选取两个主成分。

Table 2. Total variance explained
表 2. 总方差解释

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%
1	10.452	87.096	87.096	10.452	87.096	87.096	8.691	72.429	72.429
2	1.389	11.579	98.675	1.389	11.579	98.675	3.15	26.246	98.675
3	0.098	0.82	99.495						
4	0.026	0.214	99.709						
5	0.017	0.145	99.855						
6	0.011	0.091	99.945						
7	0.003	0.027	99.972						
8	0.002	0.016	99.988						
9	0.001	0.006	99.994						
10	0	0.004	99.998						
11	0	0.002	100						
12	2.686×10^{-7}	2.238×10^{-6}	100						

3.4. 相关性分析

表 3 的分析结果表明，所提取的两个主成分可以有效解释原始数据信息。第一主成分在 GDP (X1)、年末户籍总人口(X8)等指标上均具有较高荷载值(均超过 0.85)，说明该主成分主要综合反映了经济发展、财政投入和人口城市化等核心驱动力。第二主成分则在第一产业产值(X2)和农林牧业总产值(X9)上表现出显著荷载(均大于 0.9)，表明其代表农业生产等初级产业因素的影响。基于主成分荷载分析，可将 2001~2021 年上海市土地利用变化的驱动机制归纳为两大方面：一是以经济增长和城市化为代表的社会经济发展驱动力(第一主成分)，二是以农业生产为代表的初级产业驱动力(第二主成分)。

Table 3. Factorial load matrix
表 3. 因子载荷矩阵

因子	因子		旋转后因子	
	1	2	3	4
X1	0.983	-0.18	0.962	0.272
X2	0.663	0.742	0.268	0.958
X3	0.99	0.047	0.868	0.479
X4	0.968	-0.245	0.977	0.206
X5	0.962	0.2	0.776	0.604
X6	0.979	-0.175	0.955	0.274
X7	0.975	-0.188	0.958	0.261
X8	0.997	0.015	0.889	0.453
X9	0.639	0.749	0.244	0.954
X10	0.982	-0.175	0.958	0.276
X11	0.973	-0.19	0.958	0.258
X12	0.99	-0.101	0.933	0.345

4. 分析与结果

4.1. 土地利用转移矩阵分析

由表 4~7 可得知区域的土地利用格局的动态变化特征。从长期趋势来看,田地面积呈持续减少态势,城市化进程加速、基础设施建设等因素导致农业用地不断被其他土地利用类型侵占。林地面积整体变化相对较小,但在不同时段有波动,反映出林地保护与开发处于动态平衡状态。水域面积也呈现出逐渐减少的趋势,其中的原因是多样的。而不渗水覆盖层面积呈现显著的增长趋势,从 2001 年的 1367.906 Km 大幅增加到 2021 年的 2496.54 Km,体现出城市化进程中建设用地的快速扩张。人口增长带来建筑用地和交通用地的需求扩张,同时也带来配套的公共设施的需求。综合来看,上海市在过去二十年间经历了快速的城市化和土地利用结构调整。其中最大的原因应当是经济增长所带来的人口增长[13]。

Table 4. Land use transfer matrix (2001~2006, Unit: Km)
表 4. 土地利用转移矩阵(2001~2006 年, 单位: Km)

		2006					
2001	土地利用类型	田地	林地	草地	水域	裸地	不渗水覆盖层
	田地	4530.352	0.936	2.059	67.371	0	434.732
	林地	1.684	48.657	0	0	0	0.187
	水域	149.34	0	0.187	704.405	0.187	43.417
	不渗水覆盖层	0.187	0	0	4.117	0	1357.534

Table 5. Land use transfer matrix (2006~2011, Unit: Km)
表 5. 土地利用转移矩阵(2006~2011 年, 单位: Km)

		2011					
2006	土地利用类型	田地	林地	草地	水域	裸地	不渗水覆盖层
	田地	4292.868	7.860	0.374	36.306	0	344.156

续表

2006	林地	1.31	4.491	0	0	0	0
	草地	0	0	0.561	0	0	1.684
	水域	105.736	0	0	655.187	0	14.971
	裸地	0	0	0	0	0.187	0
	不渗水覆盖层	0	0	0	6.176	0	1829.695

Table 6. Land use transfer matrix (2011~2016, Unit: Km)
表 6. 土地利用转移矩阵(2011~2016 年, 单位: Km)

		2016					
2011	土地利用类型	田地	林地	草地	水域	裸地	不渗水覆盖层
	田地	4185.822	3.363	0.374	20.586	0	186.769
	林地	6.924	5.427	0	0	0	0
	草地	0	0	0	0	0	0.936
	水域	94.32	0	0	513.71	0	11.977
	裸地	0	0	0	0	0.187	0
	不渗水覆盖层	0.187	0	0	3.556	0	2186.763

Table 7. Land use transfer matrix (2016~2021, Unit: Km)
表 7. 土地利用转移矩阵(2016~2021 年, 单位: Km)

		2021				
2016	土地利用类型	田地	林地	水域	裸地	不渗水覆盖层
	田地	4170.102	0.936	10.667	0	105.549
	林地	4.304	7.486	0	0	0
	草地	0	0	0	0	0.374
	水域	61.383	0	548.89	0	5.24
	裸地	0	0	0	0.187	0
	不渗水覆盖层	0	0	3.369	0	2383.076

4.2. 土地利用空间分析

上海市作为中国最具国际化特征的特大型城市，其土地利用变化呈现出显著的全球城市发展逻辑。从全球化维度看，上海作为跨国资本进入中国市场的首要门户，其土地利用结构深刻体现了全球生产网络的空间需求，国际贸易因素驱动下，国际贸易枢纽周边的物流仓储用地近十年增长 42%，同时催生了进口商品展示交易等新型用地类型。这种全球化要素的本地化嵌入，使上海土地利用变化呈现出与一般城市不同的“节点性”特征——既是全球资本流动的空间锚点，又是国际技术扩散的本地创新场域，更是国家战略与市场力量交互作用的重要界面。基于 2001~2021 年土地利用数据得到图 2，由此可以得出上海建设用地扩张程度远高于全国平均水平；而耕地面积则主要转化为城市建设用地。这种变化在空间上形成明显的圈层分异结构：内环以内以商业服务业用地更新为主，内外环间以工业用地转型为特征，外环以外则表现为新城建设与生态空间保护的博弈[14]。在早期，上海市以农业用地为主，田地、林地等自然用地面积尚且保持一定水平。随着经济的快速发展与城市化的进程，建设用地开始逐渐扩大，特别

是随着工业用地需求的增加，以及上海市基础设施建设的发展，使得城市建设用地的需求扩大。近期阶段，随着上海市重视城市功能优化与生态环境的保护，城市绿地与水域等生态用地面积有所增加，结构逐渐好转[15]。

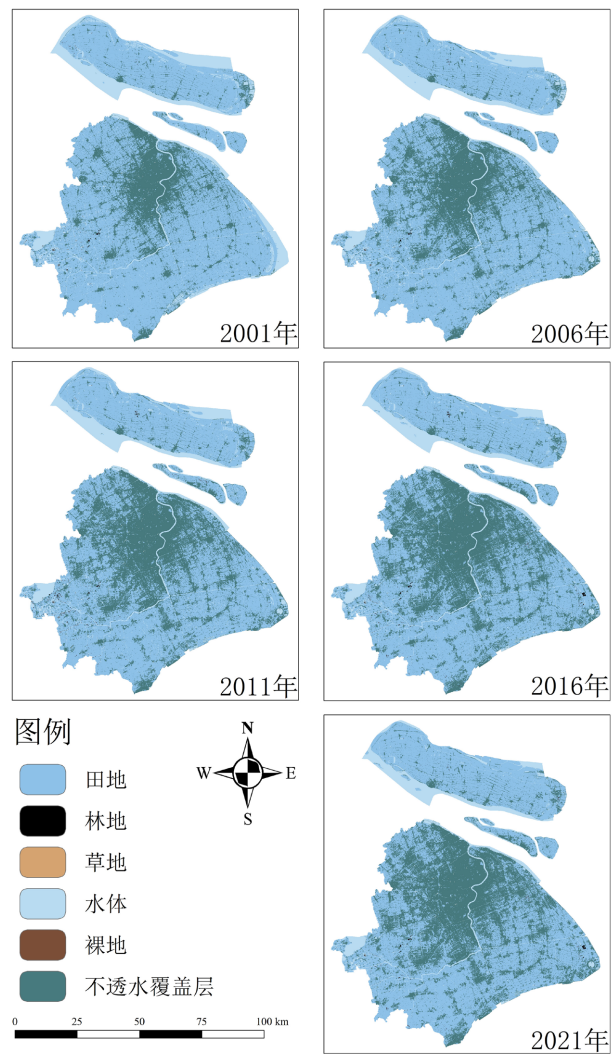


Figure 2. Spatial change of land use in Shanghai
图 2. 上海市土地利用空间变化图

4.3. 综合评分

SPSS 分析输出的协方差矩阵显示，两个主成分之间的协方差接近于零，表明其满足主成分分析的基本假设，即各主成分之间相互独立、不存在线性相关性。成分得分系数矩阵提供了各原始变量在主成分上的权重系数，据此可建立主成分得分表达式(详情参考式 1 和式 2)。

$$F_1 = 0.141X_1 - 0.178X_2 + 0.07X_3 + 0.161X_4 + 0.019X_5 + 0.139X_6 + 0.143X_7 + 0.081X_8 - 0.183X_9 + 0.14X_{10} + 0.144X_{11} + 0.117X_{12} \tag{1}$$

$$F_2 = -0.075X_1 + 0.507X_2 + 0.072X_3 - 0.118X_4 + 0.17X_5 - 0.072X_6 - 0.08X_7 + 0.052X_8 + 0.511X_9 - 0.071X_{10} - 0.082X_{11} - 0.024X_{12} \tag{2}$$

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} F_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} F_2 \tag{3}$$

由式 3 [15]可得到最终评分表达式:

$$F = (87.096\%F_1 + 11.579\%F_2)/98.675\% \tag{4}$$

F 为主成分综合得分, F_1 为第一主成分, F_2 为第二主成分。由式 4 最终得到表 8。

Table 8. Final evaluation
表 8. 最终评价

年份	2001	2006	2011	2016	2021
最终得分	0	0.155	0.431	0.699	0.979

5. 结论

本研究以上海市为研究对象,利用 ArcGIS、SPSS25.0 等软件分析数据并将上海市土地利用类型分为 6 类进行土地利用时空分析,研究了上海市土地利用变化和引起土地利用变化的驱动力。从土地利用类型空间变化来看,最大的变化为田地为建设用地的转移。

从宏观层面看,全球化与区域一体化构成了上海土地利用变化的外部环境驱动。作为中国融入全球经济体系的重要节点,上海自贸区、临港新片区等国家战略平台的建设直接引导了东南沿海地区土地利用格局的重构,而长三角一体化发展则加速了上海与苏州、嘉兴等周边城市的空间协同,形成跨行政区的功能互补与用地协调。从城市内部看,产业结构升级是驱动土地利用转型的核心力量。“退二进三”的产业演进直接改变了城市空间利用方式,容积率和地均产出显著提升。

二十年来,随着上海市的飞速发展,不渗水覆盖层面积迅速增加,水域和田地面积不断减少。而驱动这一变化的主要因素以经济增长和城市化为代表的社会经济发展和以农业生产为代表的初级产业。因此,上海市需控制城市内的人口增长幅度和对自然环境的侵占,对土地合理配置,以期对土地的永续利用。

基金项目

浙江农林大学暨阳学院大学生创新创业训练计划项目资助(S202413283051)。

参考文献

[1] 陈佑启, Peter, H.V., 徐斌. 中国土地利用变化及其影响的空间建模分析[J]. 地理科学进展, 2000, 19(12): 116-127.

[2] 彭漫莉, 杨柳. 基于主成分分析法的贵阳市土地利用结构演变驱动机制研究[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(16): 4094-4099.

[3] Jiang, R. and Liu, J. (2024) Characterization and Projection of Spatial and Temporal Changes in Habitat Quality of Sanjiangyuan Based on Land Use Change. *Journal of Geographical Sciences*, **34**, 1797-1821. <https://doi.org/10.1007/s11442-024-2271-6>

[4] Mohan Kumar, R., Yamanura, M., Nagangoudar, M.B., Paramesh, V., Boraiah, B., Amrutha, T.G., et al. (2024) An Elucidation on Productivity, Energetics, and Carbon Footprint of Different Forage Land-Use Systems in Semi-Arid Tropics of Karnataka, India. *Arid Land Research and Management*, **39**, 202-221. <https://doi.org/10.1080/15324982.2024.2412531>

[5] 韩建纯, 李鹏, 黄佳慧, 等. 宁夏固原市土地利用变化及其生态影响分析[J]. 水土保持研究, 2025, 32(4): 247-255.

[6] 何伟倩, 马东来, 刘晓静. 海口市海岸带土地利用变化及其驱动力机制分析[J]. 地理科学, 2025, 45(3): 675-685.

[7] Ameneshewa, W., Kebede, Y., Legesse, A. and Unbushe, D. (2024) Drivers of Land Use Land Cover Change and

- Livelihood Coping Strategies in Sheka Biosphere Reserve; a Case of Shato Forest, Southwest Ethiopia. *Discover Sustainability*, **5**, Article No. 208. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00415-y>
- [8] Yang, J. and Huang, X. (2021) The 30 M Annual Land Cover Dataset and Its Dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*, **13**, 3907-3925. <https://doi.org/10.5194/essd-13-3907-2021>
- [9] 高文龙, 张景华, 刘洪, 等. 基于转移矩阵的大凉山区土地利用变化研究[J]. 西北地质, 2025, 58(1): 270-281.
- [10] 刘孟竹, 张红娟, 裴宏伟. 基于主成分分析的崇礼区土地利用变化及驱动力分析[J]. 河北建筑工程学院学报, 2020, 38(2): 70-75.
- [11] 李国勇, 王立宇. 济南市土地利用变化时空特征分析[J]. 新型城镇化, 2025(3): 70-72.
- [12] 雷士芬, 张全景, 柳博会, 等. 基于主成分分析的日照市土地利用变化驱动力分析[J]. 上海国土资源, 2015, 36(2): 46-50.
- [13] 谢佳榕, 刘璇, 王洋, 等. 基于遥感影像的天津市土地利用时空变化研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(2): 83-85+89.
- [14] 李向然, 朱荣荣, 田明霜, 等. 许昌市 2000-2020 年土地利用动态变化及主成分分析[J]. 资源导刊, 2024(6): 31-33.
- [15] 李若凡, 戴劲. 基于主成分分析的西安市土地利用变化及其驱动力分析[J]. 西部大开发(土地开发工程研究), 2019, 4(12): 65-70.