引文格式：殷玉忠,刘瑞. 淮北平原土地利用时空变化与多情景模拟预测[J]. 地理空间信息, 2025, 23(3): 66-71. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.03.016

淮北平原土地利用时空变化与多情景模拟预测

殷玉忠[1]，刘　瑞[2]
（1. 安徽省地质环境监测总站（安徽省地质灾害应急技术指导中心），安徽 合肥 230001；
2. 安徽芯淮电子有限公司，安徽 合肥 235000）

摘　要：气候环境变化与城市高速发展威胁区域粮食安全、造成土地退化，同时成为导致土地系统问题的驱动力。利用PLUS模型探究淮北平原2000—2020年以及未来情景下土地利用时空特征和变化趋势，为淮北平原的资源可持续利用提供一定的理论支持。结果表明，淮北平原土地利用类型以耕地、建设用地为主；20年间耕地持续减少，建设用地、林地持续增加，地类间转化明显，耕地转出面积最大，主要转化为建设用地和水域。在自然发展情景下建设用地扩张效应明显，耕地持续减少；在耕地保护情境下耕地显著增加，林地大幅下降；在生态保护情景下耕地、林地保持稳定，建设用地挤占生态用地的情况有所改善。经对比，生态保护情景下淮北平原的土地利用结构更合理。

关键词：土地利用；PLUS模型；多情景模拟；动态变化；淮北平原
中图分类号：TU982　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）03-0066-06

Spatio-temporal Evolution of Land-use in Huaibei Plain and Multi-scenario Simulation and Prediction

YIN Yuzhong[1], LIU Rui[2]
(1. Anhui Institute of Geo-environment Monitoring (Anhui Geological Disaster Emergency Technical Guidance Center), Hefei 230001, China;
2. Anhui Xinhuai Electronics Co., Ltd., Hefei 235000, China)

Abstract: Climate change and rapid urban development threaten regional food security and land degradation, and are driving forces for land system problems. We used PLUS model to explore the spatio-temporal characteristics and change trends of land-use in Huaibei Plain from 2000 to 2020 and future scenarios, which could provide some theoretical supports for the sustainable utilization of resources in Huaibei Plain. The results show that the main land-use types in Huaibei Plain are cultivated land and construction land. In the past 20 years, the cultivated land has continued to decrease, while the construction land and forest have continued to increase. The conversions between land-use types are obvious, and the area of cultivated land transferred out is the largest, which is mainly transformed into construction land and water. Under the natural development scenario, the expansion effect of construction land is obvious, and the cultivated land continues to decrease. Under the cultivated land protection scenario, cultivated land increases significantly, while forest decreases significantly. Under the ecological protection scenario, cultivated land and forest remain stable, and the situation of construction land crowding out ecological land is improved. By comparison, the land-use structure of Huaibei Plain under the ecological protection scenario is more reasonable.

Key words: land-use, PLUS model, multi-scenario simulation, dynamic change, Huaibei Plain

土地是珍贵的自然资源，是一切物质资源的来源和支撑[1]。随着全球化和城市化进程的不断推进，合理利用和保护土地成为全球的重要议题，影响着自然生态环境的演变与经济社会的可持续发展[2]。2019年自然资源部实施国土空间规划，强调多层次规划的统一，并明确土地利用空间的保护需求[3]。深入研究土地利用变化趋势，有助于规划土地资源，推动可持续发展，减缓生态环境负担，保护生态系统完整性[4-5]。联合国可持续发展目标、党的十九届五中全会以及《安徽省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》对现代化阶段城市土地利用提出了新的要求。国内外学者深入探讨了土地利用类型的定量结构和空间格局模拟模型，其中以CA模型为核心的多模型耦合与系统联合的土地利用优化模型逐渐成为研究焦点[6-7]。学者们利用自上而下模式的SD模型[8-10]、CA-Markov模型[11-12]和CLUS-S模型[13-14]等开展了大量研究；但这些耦合模型基于不同的基本假设构建，缺乏互动和反馈机制，因此有学者[15-16]利用

项目来源：国家自然科学基金资助项目（42071085）；淮北市重大科技专项资助项目（HK2021004）。
第一作者简介：殷玉忠（1982—），硕士，高级工程师，主要从事水工环地质工作，E-mail：26776541@qq.com。

FLUS模型进行土地利用动态模拟。FLUS模型[17-18]中的神经网络模块可以发现特定年份内各种驱动因素与土地利用类型之间的关系，但不能用清晰的公式表示。鉴于此，Liang等[19]提出了PLUS模型，将土地扩张分析策略与基于多个随机斑块的CA模型相结合，具备强大的信息提取和挖掘能力，能模拟斑块级别的土地利用动态变化，为政策制定者提供更符合可持续发展要求的土地利用模式[20-21]。淮北平原位于华北地区，地势平坦，气候温和湿润，适宜农业生产，耕地资源丰富，是我国重要的粮食生产基地之一。随着城市化和经济发展，淮北平原面临土地资源紧缺的压力。为实现淮北平原的可持续发展和土地资源的合理利用，本文利用2000—2020年土地利用数据分析了土地利用变化的时空演变特征；采用PLUS模型并结合各种影响因子，预测了2030年不同情景下土地利用变化情况，以揭示未来10年土地利用变化趋势，为淮北平原的资源规划和开发，资源与环境可持续利用提供理论支持。

1　数据来源与研究方法

淮北平原（32°25′~34°35′N、114°55′~118°10′E）东临长江，西靠大别山，南界苏皖地势过渡带，北接华北平原，位于长江经济带的辐射区域[22]。该区域地势相对平坦、海拔较低，整体呈北高南低的趋势；水系众多，涵盖淮河干流以北至沙颍河以南的地区，包括淮河、泗河、濉溪等[23]；属暖温带半湿润季风气候，年均气温为14~15℃，光热水条件较好，使得农作物种植具有明显的季节性，适于农业的综合发展，是我国重要的粮食生产基地之一。

1.1　数据来源

本文从GlobeLand30平台获取2000年、2010年和2020年的土地利用数据，分辨率为30 m，包含6个一级类别；选取11个与气候环境、社会经济相关的土地利用驱动因子，DEM来源于地理空间数据云，坡度、坡向通过ArcGIS计算，人口密度、年均气温、年均降水量、GDP、河流和道路数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心，分辨率为1 km，城镇数据为基于土地利用数据，采用欧氏距离插值获得的栅格数据。

1.2　研究方法

1）单一土地利用动态度表示特定时段内某一区域特定土地利用类型的变化幅度[24-25]。

$$K=\frac{LU_b-LU_a}{LU_a}\times\frac{1}{T}\times 100\% \tag{1}$$

式中，LU_a、LU_b分别为研究期初、末的地类面积（km^2）；T为研究期时长（a）；K的绝对值越大，表示变化率越快。

2）土地利用转移矩阵用于量化描述土地转换，反映特定研究区域某一时间点的地类面积分布和转换信息[26-27]。

3）PLUS模型整合了用地扩张分析策略（LEAS）和基于多个随机斑块的CA模型（CARS），可有效探索土地利用变化的驱动因素，并准确模拟不同类型土地利用斑块的变化[19,24]。LEAS利用随机森林分类算法，将土地类扩展分析转化为二元分类问题，揭示驱动因素对土地利用变化的影响贡献[15]。

$$P_{i,k}^{d}(\boldsymbol{x})=\frac{\sum_{n-1}^{M}I\left[h_n(\boldsymbol{x})-d\right]}{M} \tag{2}$$

式中，$\boldsymbol{x}$为多种驱动力组成的向量；$h_n(\boldsymbol{x})$为x的第n个决策树的预测类型；d取值0或1，1表示其他地类转化为地类k，0表示其他转化；M为决策树总数；$I\left[h_n(x)-d\right]$为决策树指标函数；$P_{i,k}^{d}(\boldsymbol{x})$为空间单元$i$处地类$k$的增长概率。

CARS运用基于阈值下降的多个随机斑块，转移成本矩阵主要由历史土地利用数据和经验设定。

$$OP_{i,k}^{d-1,t}=P_{i,k}^{d=1}\times\Omega_{i,k}^{t}\times D_k^t \tag{3}$$

$$\Omega_{i,k}^{t}=\frac{\mathrm{con}(c_i^{t-1}-k)}{n\times n-1}\times w_k \tag{4}$$

$$D_k^t=\begin{cases}D_k^{t-1}, & \left|G_k^{t-1}\right|\leqslant\left|G_k^{t-2}\right|\\ D_k^{t-1}\times\dfrac{G_k^{t-2}}{G_k^{t-1}}, & 0>G_k^{t-2}>G_k^{t-1}\\ D_k^{t-1}\times\dfrac{G_k^{t-1}}{G_k^{t-2}}, & G_k^{t-1}>G_k^{t-2}>0\end{cases} \tag{5}$$

式中，$P_{i,k}^{d=1}$为特定单元中地类增加的概率；$\Omega_{i,k}^{t}$为单元格的领域效应；D_k^t为未来地类k需求的影响；con为第$n\times n$个窗口中地类k最后一次迭代占用的网格单元总数；w_k为不同地类间的权重，默认值为1；G_k^{t-1}、G_k^{t-2}为地类k在$t-1$、$t-2$次迭代时的当前需求量与未来需求量的差值。

邻域权重反映土地类型扩张的强度，表现不同地类在空间驱动因子影响下的扩展潜力。本文依据各地类总面积变化量设定，计算公式为：

$$X_i=\frac{\Delta TA_i-\Delta TA_{\min}}{\Delta TA_{\max}-\Delta TA_{\min}} \tag{6}$$

式中，ΔTA_i为研究时段内ΔTA的变化量；$\Delta TA_{\max}$、$\Delta TA_{\min}$分别为研究时段内ΔTA的最大、最小变化量；本文最终确定耕地、林地、草地、水域、建设用地和

其他用地的领域权重依次为0.5、0.4、0.2、0.3、0.9、0.2。

4）情景模拟设置。本文设定了自然发展、耕地保护和生态保护3种情景（表1），其中自然发展情景充分考虑发展需要和土地结构变化的规律，林地与建设用地和耕地之间的互相转换率较低，设定研究区的土地利用转化与过去保持一致；耕地保护情景根据研究区相关耕地保护政策，限制耕地向其他地类的转换，以减缓城市建设用地的扩张速度；生态保护情景根据土地的整体规划，加强林地、草地和水域的保护力度，减少草地和林地的退化，减缓建设用地的增加速度，以促进生态系统部分功能的逐渐恢复。

表1 多情景成本矩阵设置

	自然发展						耕地保护						生态保护					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
A	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
B	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
E	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

注：A为耕地；B为林地；C为草地；D为水域；E为建设用地；F为其他用地；1表示可相互转换；0表示不可转换。

2 研究结果与分析

2.1 淮北平原土地利用数量变化特征

由表2可知，2000—2020年淮北平原以耕地和建设用地为主（占比95%以上）；耕地面积逐年减少，共减少189.83 km²，占比由81.76%降至76.46%；林地稳定增加；建设用地增加了177.87 km²，占比由14.38%增至19.35%；草地和水域先增后减，草地总体增加了3.31 km²，占比由0.63%增至0.73%，水域面积减少，占比由2.98%降至2.88%。2000—2010年淮北平原的土地利用变化呈缓慢增长趋势，表明土地利用动态度较低，各地类转化有限，整体结构相对稳定。2010—2020年土地利用变化显著增强，各地类转换频繁且差异显著，其他用地的动态度持续上升，表现出明显的扩张趋势，但占比较低，对整体影响有限；林地呈扩张发展趋势，动态度达到7.14%；耕地动态度则持续下降。

2.2 淮北平原土地利用变化时空分布特征

淮北平原涵盖阜阳、宿州、蚌埠、淮北、亳州和淮南6个市县，根据2000—2020年土地利用数据，将其制成土地利用专题地图进行空间分布特征分析。结果表明，耕地是该地区的主要地类，广泛分布于整个平原，与其平坦地形和丰富的降雨量密切相关；

表2 2000—2020年淮北平原土地利用面积与动态度变化

土地利用类型	2000年面积/km²	占比/%	2010年面积/km²	占比/%	2020年面积/km²	占比/%	2000—2010年		2010—2020年		2000—2020年	
							变化量/km²	动态度/%	变化量/km²	动态度/%	变化量/km²	动态度/%
耕地	2 930.72	81.76	2 869.75	80.06	2 740.89	76.46	−60.98	−0.29	−128.86	−0.45	−189.83	−0.32
林地	8.52	0.24	11.17	0.31	20.68	0.58	2.66	3.12	9.51	8.51	12.17	7.14
草地	22.75	0.63	26.33	0.73	26.06	0.73	3.58	1.57	−0.27	−0.10	3.31	0.73
水域	106.99	2.98	114.87	3.20	103.27	2.88	7.87	0.74	−11.59	−1.01	−3.72	−0.17
建设用地	515.61	14.38	562.49	15.69	693.48	19.35	46.88	0.91	130.99	2.33	177.87	1.72
其他用地	0.03	0.00	0.00	0.00	0.24	0.01	0.03	9.38	0.19	33.39	0.21	37.03

2000—2020年建设用地呈显著外扩趋势，形成了斑块和条带状分布；耕地与建设用地的空间分布表现出较高的一致性和连接性，这可能是由于城市基础设施的改善和城市辐射带动力的增强导致了城市扩张，逐步占用耕地；林地主要分布在东北部的宿州地区，并呈微小扩张趋势。淮北平原的地类间存在相互依赖性，耕地和建设用地的扩张可能导致林地减少。综上所述，淮北平原土地利用受城市化、地形和气候等因素影响，地类竞争和转化明显，需合理规划管理土地资源，实现可持续发展和人地协调共生。

2.3 淮北平原不同地类间的转化

为分析淮北平原地类间的转化情况，基于2000—2020年的土地利用数据，本文绘制了淮北平原土地利用流转弦图（图1），可以看出，2000—2010年淮北平原地类发生了显著变化，耕地面积大幅减少，其他土地面积略有增加。耕地为主要转出地类，转出面积为174.79 km²，贡献率为58.07%；耕地转入面积为114.09 km²，贡献率为37.91%，但总体转出量超过了转入量。具体来说，耕地中有78.05%转化为建设用地，面积为136.42 km²，占新增建设用地的97.12%；有15.88%转化为水域，面积为27.76 km²。建设用地的转出面积为93.55 km²，贡献率为31.08%；转入面积为140.46 km²，贡献率为46.67%，总体上转入面积大于转出面积。2010—2020年淮北平原地类间的转化明

显，耕地转出面积最多，为211.85 km²，其中186.36 km²转化为建设用地，13.42 km²转化为水域，8.83 km²转化为林地；建设用地的转出面积为58.15 km²，主要转化为耕地（56.26 km²）。转化为耕地的面积比例从高到低依次为建设用地、水域、草地、林地；转化为建设用地的主要地类为耕地，转化为林地的主要地类为草地，转化为水域的主要地类为耕地和建设用地。总体来看，耕地转出面积最大并持续减少、建设用地扩张显著，其他地类也有所调整，这与城镇化和经济发展的推进有关，强调了耕地保护的重要性，需要合理规划建设用地，确保土地利用的可持续发展。

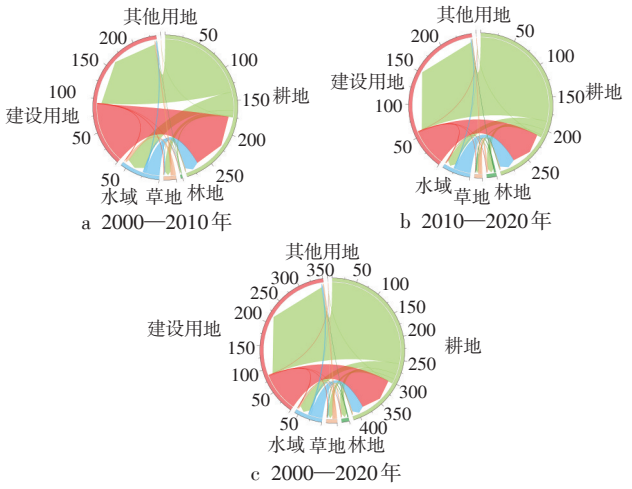


图1　2000—2020年淮北平原土地利用流转弦图

综合上述数据可知，耕地面积明显减少，主要转化为建设用地和水域；建设用地持续扩张，共增加了177.87 km²；水域则呈先增后减趋势，说明随着城镇化进程的推进，大量耕地和生态用地被用于基础设施建设，土地资源持续减少。在城市化进程中，必须平衡生态保护和建设用地规划，合理安排城市发展，以避免不可逆转的土地资源浪费，强调耕地和生态用地的重要性。

2.4　淮北平原土地利用类型多情景预测

本文以2000年、2010年土地利用数据为初始数据，利用PLUS模型预测2020年淮北平原的土地利用类型，并与实际数据进行比对和精度评价。结果表明，Kappa系数为0.75，总体精度为91.01%，与实际数据高度一致，满足精度评价要求。因此，本文基于2010年、2020年数据对2030年淮北平原的土地利用类型进行模拟预测（表3）。在自然发展情境下，2030年淮北平原的建设用地将持续向城市周边扩展，导致耕地面积减少138.58 km²，主要集中在城市中心周边，显著影响了耕地保护和生态环境建设；在耕地保护情境下，耕地面积显著增长，比2020年增加了101.35 km²，但林地减少15.08 km²，建设用地也有所减少，虽然有效控制了耕地向其他地类转化的速度，维护了耕地和粮食安全，但生态用地大量流失和建设用地停滞可能对生态和经济产生负面影响；在生态保护情境下，耕地和林地相对稳定，林地减少了0.38 km²，草地减少了0.67 km²，相比自然发展情境，耕地减少速度减缓，建设用地增长较少，尽管有效缓解了建设用地对生态用地的侵占，但对耕地的保护仍有限，可能影响该地区的粮食生产。

表3　2030年淮北平原各情景下的土地利用面积变化/km²

地类	2020年面积	耕地保护情景	生态保护情景	自然发展情景
耕地	2 740.89	2 842.26	2 710.73	2 602.31
林地	20.68	5.60	20.39	24.90
草地	26.06	28.15	25.39	21.19
水域	103.27	110.09	98.34	98.36
建设用地	693.48	559.16	687.74	795.88
其他用地	0.24	0.02	0.24	0.18

分析对比3种情景可知（图2），在自然发展情景下，淮北平原各市的中心城区快速扩展，促进周边土地集聚式增长；在生态保护情景下，东北部高山区生态保护状况改善显著；在耕地保护情景下，建设用地扩展得到有效控制，但生态用地流失较为显著。综合比较显示，生态保护情景下的土地利用结构更合理，对淮北平原的土地资源分配具有重要意义。

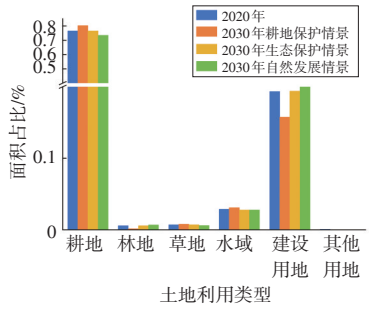


图2　2030年淮北平原各情景下的土地利用时空变化图

在城市高速发展的背景下，土地变化与社会经济、城市扩张和气候环境息息相关，不同情景下的土地格局差异显著：自然发展情景下建设用地不断扩张，耕地逐渐被侵占；耕地保护情景下耕地显著增长，粮食生产得到保障；生态保护情景下土地利用最稳定，生态生产用地得到合理保护。经济发展是淮北平原土地利用变化的主要驱动力之一。根据已有研究[28-29]，经济增长与土地利用变化密切相关，经济快速发展导致淮北平原各城市GDP迅速增长（图3），建设用地需求激增，虽然国家为保障粮食安全对耕地进行保护，但耕地仍被建设用地侵占，尤其是在城市化进程加速地区更加明显。因此，只有在生态保护情景

下，生态用地才能得到可持续管理与保护，减缓城市发展带来的土地压力。

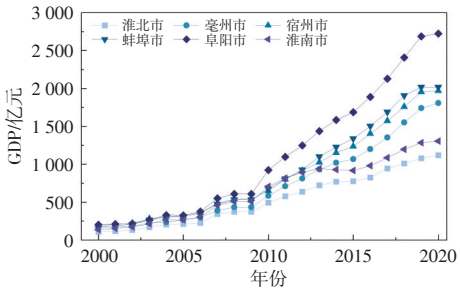


图3 淮北平原各市GDP趋势变化图

城市化进程将继续推动淮北平原土地利用结构的调整。因此，需要加强土地利用规划和管理，合理控制建设用地的扩张，保护好农田和生态用地，实现平衡发展。同时，生态保护政策将对淮北平原土地利用产生重要影响。根据《生态保护规划》，政府将加强对生态用地的保护，实施严格的生态补偿政策，减少建设用地对生态环境的影响。随着政策的不断完善，淮北平原土地利用结构将逐渐向生态友好型方向转变，保护生态用地和生物多样性，促进生态系统的稳定和健康发展。此外，农村土地流转和集约利用将成为未来土地利用的重要发展方向，有助于提高土地利用效率，优化结构，推动农业现代化和农村经济发展[30]。淮北平原作为重要的农业区，政府需加强政策支持，鼓励农户积极参与土地流转，推动土地资源集约利用，提高农业生产效率和经济效益。

3 结 语

本文基于2000—2020年淮北平原土地利用现状数据，分析了土地利用时空变化；运用PLUS模型进行各地类扩张的驱动因素分析、模拟验证和多情景预测，主要结论包括：

1）淮北平原地类以耕地、建设用地为主，占比95%以上；研究期内耕地持续减少，建设用地、林地和其他用地增加。

2）建设用地时空变化特征显著，呈明显的外扩趋势；林地主要分布在东北部，即宿州地区，并呈微小扩张趋势。

3）转出面积最大的地类为耕地，转入面积最大的地类为建设用地；耕地面积主要转化为建设用地和水域；建设用地面积增加了177.87 km^2，主要来源为耕地。

4）自然发展、耕地保护、生态保护3种情景下的区域土地利用变化具有较大差异。自然发展情景下建设用地扩张效应显著，耕地面积持续减少；耕地保护情境下耕地面积明显增加，林地却大幅减少；生态保护情景下耕地和林地保持相对稳定，建设用地挤占生态用地的情况有所改善。

综上所述，淮北平原分布的大面积耕地在政策和影响因子的驱动下发生了频繁转化，建设用地对耕地的侵占显著，大力发展经济的同时急需保护耕地和生态，控制建设用地的扩张，提高土地利用效率。通过情景对比发现，生态保护情景下的淮北平原土地利用结构更加合理，对各地类资源的合理分配具有重要意义。本文仍存在不足之处：由于土地利用的复杂性和数据的可获取性，模拟时虽然考虑了经济社会、自然环境等13个驱动因子，但气候灾害等影响因素未考虑在内；此外PLUS模型模拟涉及大量参数设定，具有一定主观性，未来还需探讨更加科学客观的参数设定方法。

参考文献

[1] 郭鹏程. 耦合MOP与PLUS模型的土地利用/覆被结构与空间优化研究:以合肥市为例[D]. 合肥:合肥工业大学,2021

[2] 汤佳,胡希军,韦宝婧,等. 基于FLUS模型的流域土地利用变化预测及水文响应评估[J]. 长江科学院院报,2022,39(4):63-69

[3] 祁雪姣,马莲,李健明,等. 黄河源区1990—2020年土地利用变化分析[J]. 中南民族大学学报(自然科学版),2023,42(5):585-591

[4] 詹子歆,戴林琳. 行政边界对城市群交界地区土地利用变化的影响:以通州—武清—廊坊地区为例[J]. 地理科学进展,2022,41(12):2 271-2 285

[5] 解鹏. 基于多目标元胞自动机模型的土地利用演变模拟研究[D]. 大连:辽宁师范大学,2014

[6] 多玲花,张明,赵昱茜,等. 2010—2020年江西省都昌县土地利用及景观格局演变研究[J]. 东华理工大学学报(自然科学版),2022,45(5):485-493

[7] 曹祺文,顾朝林,管卫华. 基于土地利用的中国城镇化SD模型与模拟[J]. 自然资源学报,2021,36(4):1 062-1 084

[8] 张晓荣,李爱农,南希,等. 基于FLUS模型和SD模型耦合的中巴经济走廊土地利用变化多情景模拟[J]. 地球信息科学学报,2020,22(12):2 393-2 409

[9] 秦欢欢. 华北平原水资源利用系统动力学模拟与仿真[J]. 东华理工大学学报(自然科学版),2018,41(2):158-168

[10] 李长晓,范文波,张建新,等. 基于CA-Markov模型的石河子垦区土地利用变化及预测[J]. 新疆农业科学,2022,59(10):2 585-2 594

[11] 罗亦泳,董正坤,温良玉,等. 基于Markov-CA的莆田市涵江区土地利用时空演变研究[J]. 东华理工大学学报(自然科

学版),2015,38(1):91-95
[12] 樊文杰,戴晓爱,谢一茹,等. 利用CLUE-S模型对四川省未来10年土地利用变化的预测与分析[J]. 科学技术与工程,2022,22(7):2 641-2 647
[13] 赵明松,徐少杰,邓良,等. 基于CLUE-S模型的煤矿城市土地利用变化模拟[J]. 农业机械学报,2022,53(5):158-168
[14] 赵林峰,刘小平,刘鹏华,等. 基于地理分区与FLUS模型的城市扩张模拟与预警[J]. 地球信息科学学报,2020,22(3):517-530
[15] 高周冰,王晓瑞,隋雪艳,等. 基于FLUS和InVEST模型的南京市生境质量多情景预测[J]. 农业资源与环境学报,2022,39(5):1 001-1 013
[16] Wang X R, Pan P P, Wang X X, et al. Simulation of Landscape Pattern for Land Use in Hebei Province Based on GeoSOS-FLUS Model[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences,2021,37(3):667-675
[17] 彭娅,王娟娟,王珊珊,等. 生态安全视角下乌鲁木齐市土地利用冲突时空格局演变分析[J]. 干旱区地理,2024,47(1):81-92
[18] 袁雪松,周俊,胡蓓蓓,等. 基于FLUS模型粤港澳大湾区“三生空间”多情景模拟预测[J]. 地理科学,2023,43(3):564-574
[19] Liang X, Guan Q F, Clarke K C, et al. Understanding the Drivers of Sustainable Land Expansion Using a Patch-generating Land Use Simulation (PLUS) Model: A Case Study in Wuhan, China[J]. Computers, Environment and Urban Systems,2021,85:101 569
[20] 张波,潘佩佩,王新云,等. 基于GMOP-PLUS耦合模型的京津冀土地利用变化多情景模拟及功能关系分析[J]. 地理与地理信息科学,2023,39(5):8-16
[21] 谢向东,林孝松,王莹,等. 基于PLUS模型的重庆市南川区土地利用多情景模拟[J]. 长江科学院院报,2023,40(6):86-92
[22] 鞠琴,刘小妮,刘智天,等. 淮北平原地下水埋深变化对气候变化的响应及预测[J]. 农业工程学报,2022,38(7):136-145
[23] 侯东方. 淮北平原地区耕地质量监测评价:以正阳县为例[J]. 安徽农业科学,2018,46(16):216-219
[24] 黄钰清,李骁尧,于强,等. 1995—2018年黄河流域土地利用变化及驱动力分析[J]. 西北林学院学报,2022,37(6):113-121
[25] 吴志军,常梦雅,苏雪云,等. 粤北山区城市土地利用时空演变特征分析:以云浮市为例[J]. 地理空间信息,2023,21(9):69-72
[26] 李长爱,刘玲,邱冰,等. 安徽省土地利用/覆被时空变化及其驱动因素分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2023,47(5):213-223
[27] 赖小霞,温家洪. 南昌市土地利用变化及其驱动因素分析[J]. 地理空间信息,2022,20(10):54-60
[28] 段琳琼,郝铭,赵修研,等. 黄河流域城市高质量发展与城市土地利用效率耦合协调时空演化分析[J]. 区域经济评论,2024(2):119-129
[29] 曲艺,龙花楼,曹林森. 城镇化背景下土地利用转型的环境与经济效应耦合研究框架构建[J]. 地理科学进展,2024,43(4):799-809
[30] 张庭. 数字经济与现代农业融合发展问题研究[J]. 农业经济,2023(2):26-28

(上接第45页)

[3] 吴洁. 现代测量技术在古树名木保护中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2014,37(2):206-208
[4] 李淑琴,党剑锋,杨黎明,等. 西安市园林绿化乔木调查与应用[J]. 陕西林业科技,2012,40(5):95-97
[5] 中央纪委国家监委网站. 广州市大规模迁移砍伐城市树木事件问责情况通报[EB/OL]. (2021-12-12)[2024-01-12]. https://www. ccdi. gov. cn/yaowenn/202112/t20211212_157810. html
[6] 吴潇潇. 广州市城乡结合部公共空间植物景观评价研究:以番禺区为例[D]. 广州:广州大学,2023
[7] 孙景领,李永杰,王胜,等. 不同型号GNSS接收机RTK测量精度分析[J]. 地理空间信息,2019,17(10):93-95
[8] 冷鸿天,杨雨渐,王海波,等. 无人机可见光遥感在普洱市森林资源监测中的应用[J]. 林业调查规划,2022,47(1):13-18
[9] 郭凯,汪旭波,杨荣欣. 无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(增刊1):256-258
[10] 王贝贝,董静. 多源数据支持下的全要素地形图生产实践[J]. 测绘科学,2023,48(3):120-127
[11] 古树名木普查技术规范:LY/T 2738-2016 [S].
[12] 吕珂. 呼和浩特市赛罕区园林绿地乔木树种调查研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2017
[13] 赵一童. 岱庙古树群生长状况调查及保护性管理技术的制定[D]. 泰安:山东农业大学,2022
[14] 陈洪涛,赵鹏祥,詹晓红,等. 吴起县森林资源景观格局分析[J]. 安徽农业科学,2008,36(21):8 922-8 924
[15] 惠富平,王昇. 奇果标南土:中国古代荔枝生产史[J]. 农业考古,2016(4):182-189
[16] 陈灿彬. 南花之王:木棉形象及其文化地位的建构[J]. 南京晓庄学院学报,2023,39(2):78-83
[17] 刘益曦,胡春,朱圣潮,等. 基于GIS的温州古树资源空间分布特征分析[J]. 中国园林,2019, 35(5):107-111