引文格式：赵莹,关可汗,宋兆伟. 2000-2020年长春市生境质量时空变化及影响因子研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(10):29-33. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2025.10.007

2000-2020年长春市生境质量时空变化及影响因子研究

赵　莹[1]，关可汗[1]，宋兆伟[1]
（1. 长春市规划编制研究中心（长春市城乡规划设计研究院），吉林 长春 130000）

摘　要：基于2000年、2010年和2020年三期土地利用数据，运用InVEST模型、地理探测器等方法对长春市生境质量时空变化特征及其影响因子作用效果开展研究。结果表明：①近20 a长春市水域和草地降幅明显，耕地略有下降。未利用地和建设用地增幅显著，林地增幅较少。生境质量20 a间出现小幅度的退化。②不同时段内，较低和中等等级生境质量区域转出面积均较大，并且较低等级主要转为了低等级，中等等级主要转为了较低等级。③长春市生境质量降低区域主要分布于新建城区以及河流流域附近，生境质量提升区域主要分布于大黑山脉。④土地利用是长春市生境质量的主导影响因子，建设用地和未利用地向耕地、林地、水域等农用地转变有助于生境质量提升。研究结果为长春市开展生态保护规划编制以及制定土地资源开发利用政策提供参考。

关键词：InVEST模型；生境质量；地理探测器；生境贡献率；长春市
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）10-0029-05

Research on Spatio-temporal Change Characteristics and Influence Factors of Habitat Quality in Changchun City from 2000 to 2020

ZHAO Ying[1], GUAN Kehan[1], SONG Zhaowei[1]
(1.Changchun Urban Planning & Research Center, Changchun 130000, China)

Abstract: Based on the land-use data in 2000, 2010, and 2020, we used InVEST model and GeoDetector to study the spatio-temporal change characteristics of habitat quality and the effects of influence factors in Changchun City. The results show that ①the water and grassland in Changchun City have decreased significantly, with a slight decrease in cultivated land. The increases of unused land and construction land are significant, while the increase of forest is relatively small. The habitat quality has slightly deteriorated over the past 20 years. ②During different time periods, the areas with lower and medium levels of habitat quality have larger areas of transfer, and the lower level mainly turns into the lowest level, while the medium level mainly turns into the lower level. ③The areas with reduced habitat quality in Changchun City are mainly distributed in newly built urban areas and near river basins, while the areas with improved habitat quality are mainly distributed in the Dahei Mountains. ④Land-use is the dominant influence factor on habitat quality in Changchun City, and the transformation of construction land and unused land to agricultural land such as cultivated land, forest and water can help improve habitat quality. The study provides reference for the compilation of ecological protection plan and the formulation of land resource utilization policies in Changchun City.

Key words: InVEST model, habitat quality, GeoDetector, habitat contribution rate, Changchun City

生境（habitat）一词早在1817年由美国学者Grinnell提出，其被认为是生物个体或群体出现的环境空间范围[1]。而生境质量是指某一区域为生物个体或群体能够持续生存所能提供的生态环境水平。国外在20世纪80年代末已经开始对生境质量进行研究，国内近些年随着人们越来越重视生态环境问题，对生境质量的研究逐渐成为热点[2]。传统生境质量评估方法基于实地调查获取参数，通过评价指标体系的构建来进行生境质量评价，但数据采集成本高，一般仅用于小范围的研究区[3]。近年来，数学模型更多地应用于生境质量评估，包括GAM广义加性模型[4]、InVEST生态系统服务评估与权衡模型[5]、SoIVES社会价值评估模型[6]、HSI生境适宜性模型[7]和MaxEnt最大熵模型[8]等。其中，InVEST模型具有数据集成便捷、操作简单、结果可视化强等特点，因而被国内外学者广泛应用。主要包括生境质量评价[9-10]、生境质量时空演变[11-12]、影响因素[13-14]、预测分析[15-16]以及生态安全格局构建[17]等研究。

长春市位于东北的地理中心，也是东北亚经济圈中心城市。随着近年长春市城区规模不断扩大，生境质量受到了一定程度的影响。因此，摸清长春市生境质量的具体情况，有利于生态系统稳定平衡，对合理

第一作者简介：赵莹（1988—），硕士，高级工程师，从事地理信息技术与空间数据分析工作，E-mail：luckyrs@163.com。

持续利用土地资源有重要的意义。本文利用2000年、2010年和2020年3期土地利用数据，基于InVEST模型、地理探测器、生境贡献率等方法对长春市生境质量时空变化特征及其影响因子作用效果进行评价研究，为长春市生态环境的修复治理和可持续发展提供参考依据。

1 数据来源

长春市三期土地利用数据来自中国科学院资源环境科学数据中心。中国土地利用遥感监测数据集（CNLUCC）以美国LANDSAT陆地卫星遥感影像为主要数据源，空间分辨率为30 m，坐标系为GCS_WGS_1984。通过人工目视解译工作获得耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地6个一级土地利用类型以及25个二级土地利用类型。已有研究表明自然条件、社会活动等因素都会对生境质量产生不同程度的影响[18-19]。因此，本文参考相关文献并结合研究区实际情况选取高程、坡度、年降水量、年均气温、归一化植被指数、土地利用等级、POI分布密度以及人口密度8个驱动因子，分析其作为自变量对因变量生境质量的影响。研究数据来源如表1所示。

表1 数据来源

数据类型	数据来源
土地利用类型	中国科学院资源环境科学数据中心
高程	地理空间数据云
坡度	由高程计算获得
年降水量	国家青藏高原科学数据中心
年均气温	国家青藏高原科学数据中心
归一化植被指数	中国科学院资源环境科学数据中心
土地利用等级	文献[20]
POI密度	高德地图
人口密度	手机信令

2 研究方法

2.1 生境质量分析

InVEST模型是指生态系统服务功能评估模型[21]。本文采用其中的生境质量模块对长春市2000—2020年生境质量时空演变特征开展分析。首先通过计算威胁源对生境的负面影响，得到生境退化度，然后综合计算生境的退化度与生境的适宜情况，最终获得生境质量的高低水平。生境退化度 D_{xj} 表示为：

$$D_{xj}=\sum_{r=1}^{R}\sum_{y=1}^{Y_R}\left(\frac{W_r}{\sum_{R=1}^{R}W_r}\right)r_y i_{rxy}\beta_x S_{jr} \tag{1}$$

式中，R 为威胁因子个数；Y_R 为威胁因子 r 的栅格总和；W_r 为受威胁源影响权重；r_y 用于判断栅格 y 是否为威胁因子 r 的来源地；β_x 为生境抗干扰水平；S_{jr} 为 j 类的土地利用对于威胁因子 r 的敏感度；i_{rxy} 为栅格相对于威胁因子 r 的距离函数：

$$\text{线性衰减}\ i_{rxy}=1-\left(\frac{d_{xy}}{d_{r\max}}\right) \tag{2}$$

$$\text{指数衰减}\ i_{rxy}=\exp\left(-\left(\frac{2.99}{d_{r\max}}\right)d_{xy}\right) \tag{3}$$

式中，d_{xy} 为栅格 x 、y 间的直线距离；$d_{r\max}$ 为威胁源的最大威胁距离。则 x 处用地类型 j 的生境质量 Q_{xj} 为：

$$Q_{xj}=H_j\left[1-\left(\frac{D_{xj}^{Z}}{D_{xj}^{Z}+K^{Z}}\right)\right] \tag{4}$$

式中，生境质量取值范围为[0，1]，值越接近1表示该区域生境质量越好，生境越完整，对生物多样性的维持越有利；H_j 为生境适宜性；z为归一化常量，取值为2.5；K 为半饱和参数，一般值赋0.5。

本文应用InVEST3.14.0版本进行生境质量模型运算，参考InVEST模型使用手册和相关文献[22]，并结合长春市的实际情况，对三期土地利用数据进行预处理，提取耕地、城镇用地、农村居民点、其他建设用地、未利用地这5种地类作为威胁源，将选中的地类赋值为1，其余地类赋值为0，确定相关最大影响距离、权重和衰减类型，如表2所示。

表2 威胁因子参数

威胁因子	最大威胁距离/km	权重	衰减方式
耕地	4	0.6	线性衰减
城镇用地	10	0.9	指数衰减
农村居民点	5	0.6	指数衰减
其他建设用地	8	0.7	指数衰减
未利用地	3	0.3	线性衰减

2.2 地理探测器

地理探测器是一种用于探测空间分异性、揭示因变量受驱动力影响的统计学方法[23]。其计算结果能够分析不同影响因子对生境质量的作用程度以及因子之间的相互作用，计算公式为：

$$q=1-\frac{\sum_{h=1}^{L}N_h\sigma_h^2}{N\sigma^2} \tag{5}$$

式中，q 为影响因子对因变量的解释能力，范围为[0,1]，q 值越大，自变量对因变量的解释力就越强；L 为样本数；N_h 、N 分别为 h 类和整个研究区

样本的数量；σ_h^2、σ^2为h类和全区的方差。

2.3　生境贡献率

生境贡献率能够具体分析不同土地利用转换情况对生境质量的作用效果。在不同土地类型转换条件下统计生境质量变化情况，进而计算生境贡献率，最终得到生境质量对土地利用变化的响应规律。生境贡献率是指用地类型转移前后生境质量随之变化的比率[24]，其计算公式为：

$$R_{ij}=\frac{\left(H_j-H_i\right)S_{ij}}{S_t} \tag{6}$$

式中，R_{ij}为用地类型由i转化为j产生的生境贡献率(%)；H_i和H_j分别为用地类型转换前后的生境质量水平；S_{ij}为变化地类的面积；S_t为研究区的总面积。

3　研究成果

3.1　生境质量时空分布

将土地利用数据、威胁源数据、敏感度表格导入InVEST模型运行，得到3期长春市生境质量分布图，如图1、表3所示。对生境质量数值按照“高”(1~0.8)、“较高”(0.8~0.6)、“中等”(0.6~0.4)、“较低”(0.4~0.2)、“低”(0.2~0)分为5个等级，计算各时期生境质量等级变化情况，结果如表3所示。长春市三期整体生境质量分别为0.402 9、0.395 0和0.381 9，20 a间生境质量出现了小幅度的退化，总体属于生境质量较低的区域。各年份中，生境质量等级较低的区域占比最大，接近70%，等级低和中等的区域相对持平，在10%左右，等级较高和高的区域占比较低，在5%左右。长春市20 a间生境质量下降主要由于中等和较高等级占比的减少，均下降2个百分点以上。而低等级占比增加明显，达2.15%，高等级占比有小幅的提升。

表3　生境质量变化情况/%

生境质量等级	质量等级占比			变化量		
	2000年	2010年	2020年	2000—2010年	2010—2020年	2000—2020年
低	9.32	9.71	11.47	0.39	1.76	2.15
较低	67.45	68.83	68.49	1.39	−0.34	1.04
中等	13.15	12.03	11.05	−1.12	−0.98	−2.11
较高	4.62	2.94	2.60	−1.68	−0.35	−2.03
高	5.45	6.48	6.40	1.03	−0.09	0.94

空间分布上看，长春市生境质量主要呈现出东南高西北低、乡村高城区低的分布特征。高等级区域主要集中于大黑山脉，由于森林覆盖度高，生境质量偏高。较高等级区域主要集中出现在高等级区域的周边。中等区域主要分布在拉林河、卡岔河、松花江、饮马河以及伊通河等流域附近。较低等级区域分布最为广泛，主要出现在建成区周边，这些区域地处吉林省中部平原，土地利用类型以耕地为主。低等级区域则出现在建成区，建成区内人类活动形成的大面积连片建设用地导致这些区域生境质量低下。另外，近20 a，随着长春市建设用地不断向外围乡镇扩展蔓延，生境质量等级低和较低的区域在不断扩大。

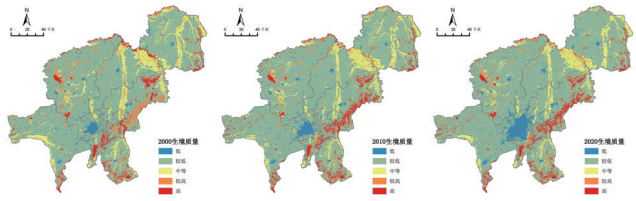


图1　长春市生境质量空间分布

审图号：吉S(2022)018号

3.2　生境质量转移变化

针对生境质量结果值计算不同时间段生境质量等级转移矩阵，如表4所示。结果显示不同时间段内，转移趋势基本一致，生境质量较低和中等等级区域转出面积均较大，同时转为低和较低等级区域面积较大，并且较低等级主要转为低等级，中等等级主要转为较低等级。另外，2000—2010年间生境质量转移面积较2010—2020年间转移面积大，2010—2020年间长春市生境质量相对稳定。总体而言，不同时间段内长春市中低等级生境质量进一步下降的趋势均较为显著，虽然高等级生境质量在2000—2010年间也有明显转入，但无法提高长春市整体生境质量水平。

表4　生境质量转移矩阵

时段	生境质量等级/km²	低	较低	中等	较高	高	转出
2000—2010年	低	1 575.38	582.87	117.06	14.62	15.43	729.97
	较低	665.74	15 194.45	328.19	172.41	322.96	1 489.30
	中等	107.70	767.91	2 326.13	33.18	18.94	927.73
	较高	27.50	254.24	143.20	365.88	353.24	778.17
	高	26.06	227.81	61.36	141.81	892.31	457.04
	转入	827.00	1 832.83	649.81	362.02	710.56	4 382.21
2010—2020年	低	2 189.05	151.38	45.25	2.91	13.78	213.32
	较低	551.10	16 220.23	121.91	31.65	101.94	806.60
	中等	82.22	398.67	2 464.56	12.47	17.88	511.25
	较高	6.90	78.25	93.79	538.45	10.34	189.28
	高	7.81	92.59	7.32	56.91	1 437.90	164.63
	转入	648.04	720.89	268.27	103.94	143.93	1 885.07
2000—2020年	低	1 540.17	602.48	121.66	14.10	26.94	765.17
	较低	1 078.35	14 816.49	282.64	168.97	336.67	1 866.63
	中等	156.57	967.93	2 079.60	26.86	22.73	1 174.10
	较高	31.06	311.01	180.02	279.51	342.34	864.44
	高	30.92	243.14	68.89	152.91	853.06	495.86
	转入	1 296.91	2 124.56	653.21	362.84	728.68	5 166.20

将不同年份的长春市生境质量进行空间差值计

算，得到3个时段的生境质量变化分布图，结果如图2所示。2000—2010年间长春市生境质量明显降低的区域主要分布于伊通河、饮马河、松花江流域附近以及公主岭西侧片区。轻微降低的区域主要分布于城区内西南和东南部的汽开区、高新区以及净月区。生境质量明显提升的区域主要分布于长春市东侧的大黑山脉，说明此时段内林地得到了有效的生态修复。轻微提升区域则相对零散地分布于外围县（市）区。2010—2020年间长春市生境质量提升区域相对很少，仅零散分布于榆树市和公主岭市的部分区域。而生境质量降低区域则主要集中于长春市城区东北侧的北湖区、中韩示范区、经开北区以及南部新城区域，这些地区也是近10 a长春市主要开发建设的区域。总体来说，2000—2020年间长春市生境质量降低区域主要分布于新建城区以及河流流域附近，生境质量提升区域主要分布于大黑山脉和部分外围县（市）区。

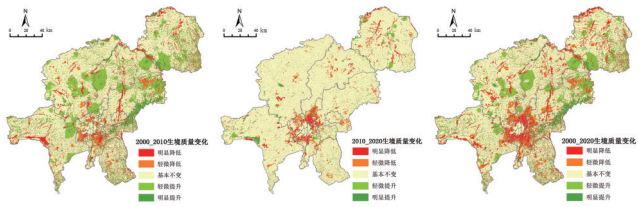


图2 长春市生境质量分布变化

审图号：吉S(2022)018号

3.3 生境质量影响因子作用分析

利用3 km×3 km格网，选取2 709个采样点对8个自变量和1个因变量提取数值，基于地理探测器探测识别各要素对生境质量的影响力。结果显示各驱动因子的q值均通过显著性检验。土地利用等级是长春市生境质量的主要影响因子，q值为0.83，其次为人口密度、POI密度和高程，q值分别为0.19、0.13和0.12，年降水、NDVI、年均气温和坡度则对研究区生境质量影响很小。结果表明土地利用情况和人类活动因素对区域生态系统作用明显，其余因子的解释力较弱。交互探测结果用以分析因子之间相互作用，结果如表5所示，各因子相互叠加作用后，对生境质量的影响均呈现不同程度的加强。土地利用等级与各因子的交互作用最为显著，q值均在0.8以上，其中土地利用∩高程、土地利用∩年降水和土地利用∩年均气温的q值最高，均达到0.85以上。

3.4 土地利用转移贡献率

2020年相对于2000年水域、草地和耕地面积有所下降，未利用地、建设用地和林地面积有所增长。其中，水域和草地降幅较大，分别为23.04%和20.12%，耕地降幅较少，为1.99%。未利用地和建设用地增幅明显，分别为43.81%和24.72%，林地增幅较少，为5.02%。由于长春市土地利用对生境质量的影响起着决定性的作用，因此进一步利用公式计算土地利用转移对生境质量的作用贡献。由图3所示，建设用地转为耕地对生境质量的正向贡献率最大，其次为耕地转为林地，它们为主导长春市生境质量增加的土地利用转换类型。未利用地转为耕地以及耕地转为草地和水域对生境质量的正向贡献率也相对较高。相反地，耕地转换为建设用地对生境质量的负向贡献率最大，其次林地转换为耕地，它们为主导长春市生境质量降低的土地利用转换类型。草地和水域转为耕地以及草地和水域转为未利用地对生境质量的负向贡献率也相对较高。

表5 长春市生境质量影响因子交互作用

影响因子	高程	坡度	年降水	年均气温	NDVI	土地利用	POI密度	人口密度
高程	0.118							
坡度	0.135	0.002						
年降水	0.172	0.070	0.050					
年均气温	0.158	0.045	0.084	0.023				
NDVI	0.174	0.068	0.121	0.071	0.041			
土地利用	0.853	0.841	0.854	0.851	0.848	0.831		
POI密度	0.219	0.136	0.170	0.149	0.175	0.839	0.131	
人口密度	0.264	0.198	0.213	0.200	0.222	0.841	0.193	0.189

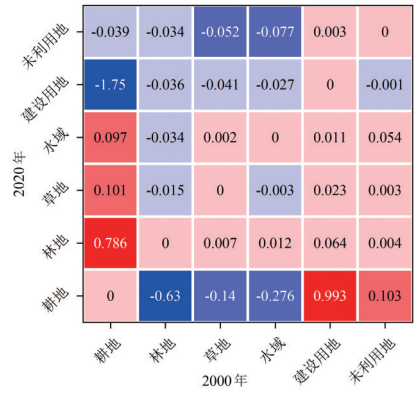


图3 长春市土地利用转移生境贡献率

4 结论与讨论

本文基于三期土地利用数据，对长春市近20 a间生境质量的时空变化特征及其影响因素作用效果进行探究，并分析了土地利用转移对生境质量的贡献程度。结果显示，2000—2020年长春市生境质量指数略有下降，其主要原因是由于大量较低和中等等级区域的生境质量持续下降。另外，土地利用是长春市生境质量的主导影响因子。其中，建设用地和未利用地转为耕地；耕地转为林地、草地、水域对生境质量的正

向贡献率较高。而耕地转换为建设用地；林地、草地和水域转为耕地；草地和水域转为未利用地对生境质量的负向贡献率较高。

近20 a间长春市虽然对生态保护有所重视，注重高等级生境质量的提高，但对低和较低等级区域生境质量有所忽视，导致生境质量整体下降。空间分布上，长春市生境质量降低区域主要分布于新建城区以及河流流域附近，生境质量提升区域主要分布于大黑山脉和部分外围县(市)区。并且，长春市生境质量提升明显的时段主要集中于2000—2010年间，2010—2020年间长春市生境质量主要表现为降低趋势，提升区域分布很少。这主要由于长春市近10 a间建设用地急剧向外围扩张，以长春都市圈为战略导向，成立了国家级新区、中韩国际合作示范区等诸多新开发区，侵占了城市周边的耕地以及草地和水域，进而使生境质量在城区周边明显下降。

因此，基于以上研究成果，长春市未来在注重林地等生境质量高等级区域保护的同时，应加强生境质量低等级区域的修复。控制建设用地、未利用地无序扩张，也要防止耕地侵占林草地及水域。城镇化建设遵循“边保护边开发”原则，进一步重视对水域、草地及未利用地的合理使用与保护。在大力建设现代化城市的同时做到经济效益与环境效益协调统一，从而提升长春市整体生境质量水平。

参考文献

[1] 赵蓉. 汾河上游土地利用变化对生境质量的影响[D]. 太原：太原师范学院,2024

[2] 何孟琦,汪承平,海燕,等. 长江三角洲地区生态环境与土地利用变化研究[J]. 地理空间信息,2023,21(8):95-99

[3] 刘红玉,李兆富,白云芳. 挠力河流域东方白鹳生境质量变化景观模拟[J]. 生态学报,2006,25(12):4 007-4 013

[4] 胡威,王丽,莫康乐,等. 扬州市河网大型底栖动物群落结构及其生境特征研究[J]. 环境科学学报,2021,41(4):1 440-1 448

[5] 冉璇,李渊,郭宇龙,等. 基于InVEST模型的钱江源国家公园生态系统服务评估及权衡协同关系研究[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(10):1 932-1 948

[6] 潘健峰,马月伟,陈艳,等. 社会-生态耦合分析视角下普达措国家公园生物多样性价值评估[J]. 生态与农村环境学报,2022,38(5):609-620

[7] 孟庆林,李明玉,任春颖,等. 基于HSI模型的吉林省东部地区生境质量动态评价[J]. 国土资源遥感,2019,31(3):140-147

[8] 刘红彩,赵纳勋,庄钰琪,等. 基于MaxEnt模型的秦岭山地斑羚生境适宜性评价[J]. 生态学报,2022,42(10):181-188

[9] 赵博轩,李淑杰,马剑,等. 基于InVEST模型的吉林省生境质量评价[J]. 东北师大学报(自然科学版),2022,54(2):132-141

[10] 陈雅倩,赵丽,陶金源,等. 基于InVEST模型的未利用地开发前后生境质量评价:以唐县为例[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(7):1 093-1 102

[11] 王鹏,秦思彤,胡慧蓉. 近30a拉萨河流域土地利用变化和生境质量的时空演变特征[J]. 干旱区研究,2023,40(3):492-503

[12] 齐松,董春,卫东,等. 基于InVEST模型的黄河干流沿岸生境质量时空变化研究[J]. 测绘科学,2022,47(8):114-122

[13] 吴榛,徐可依,钱燕萍,等. 南京市生境质量时空演变特征与影响因素研究[J]. 西北林学院学报,2023,38(5):213-220

[14] 吴艳霞,刘方南,陈宝童. 黄河流域下游城市群生境质量时空演变及其驱动因素[J]. 水土保持通报,2023,43(4):396-404

[15] 梁甜,黄茜,杨霏,等. 基于InVEST-PLUS模型的三峡库区(重庆段)生境质量演变及预测[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(10):2 184-2 195

[16] 冀泳帆,贾鲁净,杨联安,等. 耦合InVEST-PLUS模型的榆林市生境质量时空演变及预测分析[J]. 水土保持学报,2023,37(1):123-132

[17] 钟亮,林媚珍,周汝波. 基于InVEST模型的佛山市生态系统服务空间格局分析[J]. 生态科学,2020,39(5):16-25

[18] 严莉,曹广超,康利刚,等. 基于InVEST模型的共和县生境质量时空变化及驱动因素[J]. 干旱区研究,2024,41(2):314-325

[19] 张晓东,武丹,王莹,等. 耦合InVEST与Geodetector模型的银川市生境质量时空演变特征及影响因子研究[J]. 干旱区地理,2024,47(7):1 242-1 251

[20] 梁明,聂拼,陆胤昊,等. 淮南市土地利用程度变化过程的时空演化特征[J]. 农业工程学报,2019,35(22):99-106

[21] 李子,张艳芳. 基于InVEST模型的渭河流域干支流生态系统服务时空演变特征分析[J]. 水土保持学报,2021,35(4):178-185

[22] 刘家福,席兰兰,张尧,等. 基于CA-Markov与InVEST模型的吉林省生态系统服务价值模拟及预测[J]. 水土保持通报,2020,40(6):153-159

[23] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报,2017,72(1):116-134

[24] 郑贱成,谢炳庚,游细斌. 基于土地利用变化的广东省生境质量时空演变特征[J]. 生态学报,2022,42(17):6 997-7 010