

基于土地利用的广州市景观生态风险评价

刘江^{1*}, 陆冠尧¹

(1.佛山大学, 广东省佛山市, 528000; *通讯作者, 2762232951@qq.com)

摘要: 本文通过构建土地利用模型、景观生态风险评价模型研究近二十年广州市土地利用变化特征、景观生态风险变化特征。结果表明: 广州市近二十年来, 建设用地面积增长幅度最大, 总计增长了719.14km², 耕地面积减少幅度最大, 总计减少了589.49km²; 土地用途主要转变趋势是其他用地类型向建设用地转变、快速增加的建设用地面积主要来源于转入的耕地; 2020年, 中低风险及中风险是研究区主要景观生态风险类型, 除中风险之外, 其他风险类型面积整体上呈减少趋势, 研究期间中风险共增加2037.43km²; 2000—2005年, 高风险和中高风险主要分布在研究区东部, 低风险主要分布在研究区东北部及中部区域; 2010—2020年, 研究区东北部主要表现为由低风险转向中风险, 而东部则表现为由高等级风险转向中风险和中低风险。研究结果可为区域自然环境保护、规划、管理提供依据。

关键词: 土地利用模型; 土地利用变化; 景观生态风险; 广州市

引言

随着城市化和工业化的进程日益加速, 各类资源的需求也不可避免地不断增加, 尤其是对于土地资源的需求显得尤为突出。对于土地资源不断地加大开发利用强度, 也在潜移默化地影响生态环境。土地是人类赖以生存的载体, 承载了人类的一切生产活动 [1], 属于不可再生资源, 具有稀缺性 [2]。城市规模的快速扩张引起土地利用类型的不断转变, 在土地利用类型的转变下, 土地覆被随之发生巨大变化进而引起生态景观结构与景观功能的改变。生态景观结构和景观功能的改变, 引发了诸多生态问题。

景观生态风险指的是在一定区域内人类活动对于生态环境造成的负面影响, 数值越大表明其所在区域风险越大, 对景观生态风险的科学评价能为对景观生态的优化和规划提供较为科学的管理依据景观生态风险评价是生态风险评价的重要内容, 是生态风险评价的补充与拓展, 对区域生态环境质量的提升与发展具有重要意义 [3]。因此如何提高土地资源的利用效率, 合理开发保护土地资源, 实现土地资源和生态环境的协调统一成为众多学者研究的热点问题。本文选取广州市作为研究区域, 利用Arcgis10.8对广州市土地利用数据进行提取分析, 运用土地利用动态度 [4]、土地利用程度综合指数 [5]、土地利用转移矩阵 [6], 同时通过生态风险评价指标构建景观生态风险评价模型, 探究广州市近20年来土地利用及景观生态环境时空演变特征, 对于推进广州市实现资源环境的可持续发展具有一定的参考和借鉴意义。

1. 研究区域概况

广州市位于广东省中部, 珠江三角洲北缘 (112°57'~114°3'E, 22°26'~23°56'N), 全市总面积7434.40平方千米 (详见图1)。广州市辖天河、海珠等11个区, 共34个镇、142个街道, 东连惠州市、西邻佛山市、南接东莞市和中山市、北靠清远市, 是广东省省会, 政治、经济、科技、教育和文化中心; 是国家重要的中心城市、国际商贸中心、综合交通枢纽。广州市土地类型多种多样, 地形复杂, 整体地势为东北向西南降低。土地类型可大致分为: 中低山地、丘陵地, 岗台地、冲积平原、滩涂。广州市海洋性气候特征显著, 年平均气温为21.7°C~23.1°C, 雨水资源十分丰富, 平均年降水量达到1923mm。城市的快速扩张引起的环境污染、资源短缺等问题日益突出。

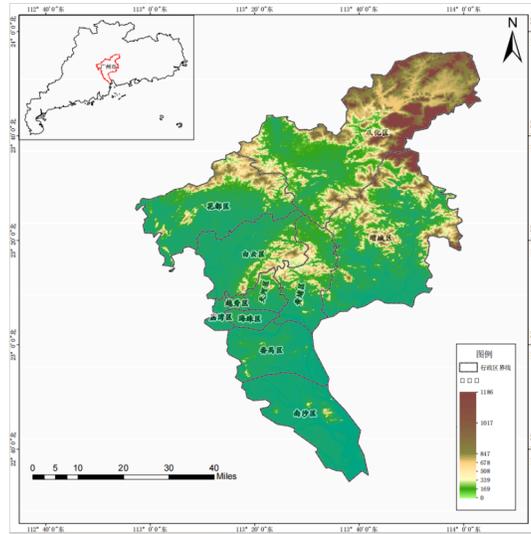


图1 广州市区位图

2. 数据来源和研究方法

2.1. 数据来源

本文所需研究数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所，主要数据包括2000—2020年该机构所发布的第5期土地利用数据，土地利用数据空间分辨率为 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 。根据《土地利用现状分类》（GB/T21010-2017）[7]中的分类标准，同时结合广州市的自然和社会经济状况，耕地、草地、林地、水域用地、建设用地和未利用地是本文所划分的六大类土地利用类型。

2.2. 研究方法

2.2.1. 单一土地利用动态度模型

通过土地利用动态度模型，能够对土地利用类型的动态演变趋势进行深入分析，从而为研究区域内的土地利用类型变化速率与变化程度提供精确的量化描述。单一土地利用动态度则具体阐述了在既定时间跨度内，特定研究区域中某一土地利用类型数量的变动情况。详见公式（1）：

$$Z = \frac{H_b - H_a}{H_a} \times \frac{1}{T_2 - T_1} \times 100\% \quad (1)$$

式（1）中， Z 为单一土地利用动态度， H_a 和 H_b 分别表示研究期初和研究期末某类型的土地利用面积， T_2 、 T_1 为研究期末和期初。

2.2.2. 土地利用程度综合指数模型

土地利用程度综合指数是评估一个区域土地的使用状况及集约化程度。该指数将土地利用程度划分为不同等级，揭示人类活动对土地系统的影响，并反映土地利用的现状及其变化趋势。这一指数是衡量一个地区土地利用状况的重要指标[8]。详见公式为（2）：

$$L_e = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times \frac{z_{c_i}}{z_m} \quad (2)$$

式（2）中， L_e 为研究区域内土地利用程度综合指数， A_i 为土地利用程度为第 i 级的土地利用程度分级指数， z_{c_i} 为土地利用程度为第 i 级的土地利用面积， z_m 为研究区域内土地总面积， n 为土地利用程度等级。

本文引用周晓[9]等人提出的土地利用类型分级标准，详见表1。

表1 土地利用分级赋值表

土地分级	相应的土地利用类型	土地分级指数
一级	建设用地	4
二级	林地、草地、水域用地	3
三级	耕地	2
四级	未利用地	1

2.2.3. 土地利用转移矩阵模型

土地利用转移矩阵被广泛应用于土地利用变化之中 [10-12]，以定量地表明不同土地利用类型之间的转化情况，还可以揭示不同土地利用类型间的转移速率。详见公式（3）：

$$F_{ij} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式（3）中， F_{ij} 为研究区域某一时间段内土地利用类型从 i 类转变为 j 类的土地面积。

2.2.4. 景观生态风险评价模型构建

（1）评价小区构建

根据相关研究景观生态风险评价小区斑块面积应为流域在研究期间平均斑块面积的2~5倍为最佳 [13]，将5期土地利用类型数据导入fragstats 4.2进行计算，得到研究区斑块平均面积范围为0.15km²~4.01km²，按照2~5倍进行计算，评价小区面积范围应为0.30km²~20.04 km²，研究区具有较强的空间异质性，因此需要进行细化分析，综合流域实际情况考虑，本文将研究区分为3 km×3 km的网格，共940个评价小区。

（2）景观生态风险评价体系构建

（a）景观干扰度指 E_i [14]：该指数基于人类活动与自然因素对景观生态系统的综合影响，旨在量化人类活动及自然因素对景观生态系统的干扰程度。各类土地景观的干扰状况可通过景观指数中的优势度、破碎度及分离度指数进行评估和量化，以确定该类土地景观所受外界干扰的程度。见公式（4）、公式（5）、公式（6）、公式（7）：

$$W_i = \frac{m_i}{B_i} \quad (4)$$

$$M_i = \frac{1}{2} \times \frac{B}{B_i} \sqrt{\frac{m_i}{b_i}} \quad (5)$$

$$H_i = \frac{J_i + N_i}{4} + \frac{L_i}{2} \quad (6)$$

$$E_i = aW_i + bM_i + cH_i \quad (7)$$

式（4）（5）（6）（7）中： W_i 为景观破碎度指数， M_i 为景观分离度指数， H_i 为景观优势度指数； m_i 为 i 类景观的数量； B_i 为 i 类景观的面积； B 为景观生态评价小区的总面积； J_i 为景观类型 i 样方占总样方比例， N_i 为景观类型 i 的斑块数占总斑块数的比例， L_i 为景观类型 i 占总面积比例， a 、 b 、 c 为权重值， $a+b+c=1$ 根据相关研究，分别赋值0.5、0.3、0.2。

（b）景观脆弱度 P_i ：景观的脆弱度主要指外界对于景观的干扰从而影响景观系统的脆弱性，表现为景观对于外界干扰的敏感性和易损性，可以反映出各类景观对于外界干扰程度的抵御程度。据前人相关研究结果 [15-18]，本文将建设用地赋值为1，林地为2，草地为3、耕地为4、水域为5、未利用地为6，并进行归一化处理。

（c）景观损失度指 S_i ：景观损失指数主要指外界对于景观的干扰从而导致景观系统损失。见公式（8）：

$$S_i = E_i \times P_i \tag{8}$$

(d) 生态风险指数 (Ecological Risk Index, ERI)

根据景观干扰度、景观脆弱度和景观损失度等景观格局指数，使景观的空间结构形态转变为空间生态风险形式。见公式 (9)：

$$ERI = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{B} \times S_i \tag{9}$$

式中： ERI 为生态风险指数； n 为风险管理小区内景观类型的数量； A_i 为第 i 类景观类型的面积； B 为景观生态评价小区的总面积， S_i 为景观损失度。

3. 研究结果与分析

3.1. 广州市土地利用时空演变分析

本文通过利用ArcGIS对获取到的广州市第五期土地利用数据进行处理后，整理归纳出2000—2020年广州市土地利用变化数据表，详见下表2。

通过分析可知，近二十年来广州市土地利用类型以及各类型的土地面积和比重都发生了比较大的变化。从整体上看，研究区主要土地利用类型为林地，面积占比保持在40%以上，其次是耕地，面积占比在30%左右，未利用面积占比最小，不足1%。从研究期末来看，广州市各土地利用面积分别为：林地3021.67km²、耕地1998.44km²、建设用地1541.27km²、水域用地545.74km²、草地104.05km²、未利用地2.08km²。广州市各用地面积占总面积的比例分别为：林地41.89%、耕地27.71%、建设用地21.37%、水域用地7.57%、草地1.44%、未利用地0.03%。在整个研究阶段，林地、耕地面积整体呈下降趋势，在2000—2005年期间林地和耕地面积减少幅度最大，分别减少面积为55.24km²、285.07km²，但林地面积的减少幅度以及面积均呈减小趋势，耕地的减小幅度在2010—2015年期间达到最大，减小面积为134.45km²；广州市建设用地的面积整体呈现增长趋势，在2000—2005期间面积增长最大，增长面积为376.56km²，占研究期内建设用地增长面积的5.23%，但建设用地面积的增长幅度以及增长面积随着时间的变化呈现减小趋势；广州市草地的面积的变化呈先减少后增加的趋势，在2015—2020期间草地面积增加了11.74km²；广州市水域用地面积呈现“减—增—减”的特征，在2005—2010年期间水域用地面积增长最大，增长面积分别为65.10km²。广州市未利用面积整体呈现减少的特征。

表2 广州市2000—2020年土地利用结构变化利用

年份	草地		耕地		建设用地		林地		水域用地		未利用地	
	面积/km ²	比例/%										
2000	107.38	1.49	2583.92	35.90	822.14	11.42	3154.80	43.83	523.79	7.28	4.95	0.07
2005	99.39	1.38	2298.86	31.94	1198.70	16.66	3099.56	43.07	496.10	6.89	4.56	0.06
2010	95.90	1.32	2132.78	29.30	1359.02	18.67	3062.57	42.08	561.20	7.71	2.10	0.03
2015	92.31	1.28	2101.17	29.13	1442.87	20.00	3041.47	42.17	532.79	7.39	2.09	0.03
2020	104.05	1.44	1998.44	27.71	1541.27	21.37	3021.67	41.89	545.74	7.57	2.08	0.03
2000-2005	-7.99	-0.11	-285.07	-3.96	376.56	5.23	-55.24	-0.77	-27.69	-0.38	-0.39	-0.01
2005-2010	-3.49	-0.05	-166.07	-2.28	160.32	2.20	-36.99	-0.51	65.10	0.89	62.42	0.86
2010-2015	-3.59	-0.05	-31.62	-0.44	83.85	1.16	-21.10	-0.29	-28.42	-0.39	-64.90	-0.90
2015-2020	11.74	0.16	-102.73	-1.42	98.40	1.36	-19.81	-0.27	12.95	0.18	-0.01	0.00
2000-2020	-3.33	-0.05	-585.49	-8.20	719.14	9.94	-133.13	-1.94	21.95	0.29	-2.87	-0.04

利用ArcGIS软件对广州市土地利用数ArcGIS软件对广州市土地利用数据进行处理，制作2000—2020年度广州市土地利用类型变化图（如图2），对其空间分布特征进行相关分析，分析结果如下：

从空间分布上来看，耕地面积整体呈现减少的趋势，主要分布在地势较为平坦的广州市西部、南部以及部分北部地区，其中南部地区耕地面积在空间上减少明显。林地面积整体呈现减少趋势，但减少幅度较小，主要分布在广州市北部、东部等地区。建设用地面积整体呈现增加趋势，建设面积增加的区域主要集中在广州市中部地区，同时伴有从西部向东部延伸的趋势。草地面积整体呈现先减少后增加的特征，草地面积呈现西北向东南递减的趋势，分布区域主要集中在各大公园和公共绿地之中。水域面积呈现“减—增—减”的特

征, 由于气候的影响, 广州市水资源十分丰富, 水域主要分布在珠江三角洲、发达的内陆水系流经区、湖泊水库区。

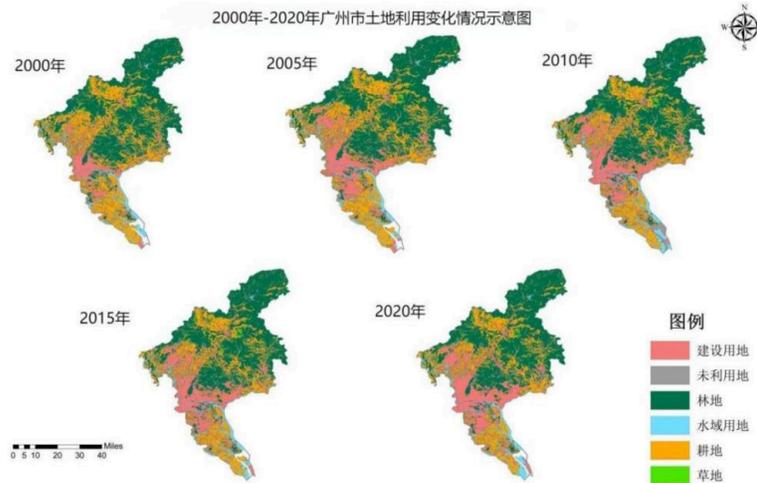


图2 2000—2020年广州市土地利用变化情况示意图

3.2. 动态度及综合指数分析

基于ArcGIS、EXCEL等软件对广州市土地利用数据进行分析 and 统计, 形成了以下成果汇总表, 详见表3。基于对广州市2000年至2020年间土地利用动态变化及其综合利用程度指数的分析可知: 在2000—2005年期间, 广州市草地、耕地、林地、水域用地及未利用地单一土地利用动态度均为负值, 分别为-0.015%、-0.022%、-0.004%、-0.011%、-0.016%, 建设用地为0.092%; 在2005—2010年期间广州市草地、耕地、林地、未利用地动态度仍然表现为负值, 除未利用地动态度值相较于2000—2005年期间变化幅度增大外, 其余土地类型变化幅度均有所减小, 建设用地动态度依然为正值0.027%; 在2010—2015年期间, 草地动态度相较于上一时间段无明显变化依然为-0.007%, 耕地、林地、未利用地、水域用地动态值依然表现为负值且相较于上一时间段, 变化幅度均呈减小趋势; 在2015—2020年期间, 草地、水域用地动态度首次出现正值分别为0.025%、0.005%, 同时林地的动态度仅为-0.001, 说明该时期广州市加大了对草地、林地、水域用地的保护和利用, 加强了对生态环境的治理和改善。广州市2000—2020年期间, 土地利用程度综合指数由高往低分别为: 2020年综合指数293.605、2015年综合指数290.815、2010年综合指数289.215、2005年综合指数284.587、2000年综合指数275.383。不难看出, 随着城市化的快速发展和经济社会发展, 广州市土地开发利用程度不断提高。

表3 广州市2000—2020年土地利用动态度及土地利用程度综合指数

土地利用程度综合指数					土地利用类型	土地利用动态度 (%)			
2000	2005	2010	2015	2020		2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
275.383	284.587	289.215	290.815	293.605	草地	-0.015	-0.007	-0.007	0.025
					耕地	-0.022	-0.014	-0.003	-0.010
					建设用地	0.092	0.027	0.012	0.014
					林地	-0.004	-0.002	-0.001	-0.001
					水域用地	-0.011	0.026	-0.010	0.005
					未利用地	-0.016	-0.108	-0.001	-0.001

3.3. 土地利用转移矩阵分析

运用ArcGIS软件中的相关分析工具, 对广州市2000年至2020年间的土地利用数据进行了系统的分析研究, 获得了广州市土地利用转移矩阵成果。详见表4, 通过对转移矩阵进行分析可以清楚地知道各土地利用类型的转移情况和特征。

由表可知: 2000—2005年期间, 各用地类型总转出为439.06km², 其中草地转出8.99km², 耕地转出312.14km², 建设用地5.81km²、林地75.34km²、水域用地36.31km²、未利用地0.47km²。耕地转移变化情况更为

剧烈，主要转出为建设用地290.49km²，占转出面积的93.06%；草地、林地、水域用地、未利用地主要转为类型也均为建设用地，分别占转出面积的88.44%、52.67%、52.22%。这说明广州市在2000—2005年期间由于经济快速发展，建设用地需求急剧增加，导致各土地类型均向建设用地快速转移。

2005—2010年期间，各用地类型总转出为176.32km²，其中草地产出5.97km²，耕地转出73.78km²，建设用地15.41km²、林地42.04km²、水域用地38.93km²、未利用地0.19km²。各用地类型主要转出为建设用地，草地、耕地、林地、水域用地、未利用地转为建设用地面积分别为2.69km²、56.20km²、26.66km²、13.71km²、0.03km²，分别占各转出面积的68.43%、71.12%、67.15%、48.23%、59.52%；建设用地主要转出类型为耕地63.22km²，占总转出面积的50.65%。

2010—2015年期间，通过对不同土地利用类型的转换情况进行了分析。结果表明，土地利用转换的总面积达到了536.70km²。具体而言，草地面积缩减了7.07km²，耕地面积减少了271.34km²，而建设用地面积则增加了124.81km²，林地面积缩减了86.50km²，水域用地面积减少了44.39km²，未利用地面积减少了2.58km²。建设用地的转换是土地利用变化的主要趋势。草地、耕地、林地向建设用地的转换面积分别占各自总转换面积的44.98%、76.16%、63.41%。此外，耕地是建设用地和水域用地的主要来源，其转换面积分别占总转换面积的49.62%和56.82%。未利用地的主要转换方向为耕地和水域用地，分别占总转换面积的28.04%和32.92%。

2015—2020年期间，各类用地类型共计发生转出面积555.34km²。具体数据如下：草地转出面积为8.15km²，耕地转出面积为239.13km²，建设用地转出面积为139.69km²，林地转出面积为107.01km²，水域用地转出面积为61.16km²，未利用地转出面积为0.21km²。草地的主要转出方向为林地（3.63km²）、建设用地（2.05km²）和耕地（2.01km²），这些转出类型分别占据了草地转出总面积的44.56%、25.23%和24.63%。耕地、林地和水域用地的主要转出方向均为建设用地，其转出面积分别为150.48km²、52.67km²和33.12km²，分别占各自总转出面积的62.93%、49.22%和54.16%。进一步分析建设用地的转出情况，其主要转出方向为耕地，转出面积为75.59km²，占建设用地转出总面积的54.11%。

表4 广州市2000—2020年土地利用类型转移矩阵（km²）

时间段/年	土地利用类型	草地	耕地	建设用地	林地	水域用地	未利用地	总计
2000-2005	草地	—	0.35	5.87	2.68	0.06	0.02	8.99
	耕地	0.43	—	290.49	14.53	6.68	0.01	312.14
	建设用地	0.05	3.49	—	1.60	0.67	0.00	5.81
	林地	0.48	7.07	66.63	—	1.12	0.04	75.34
	水域用地	0.04	16.08	19.12	1.06	—	0.01	36.31
	未利用地	0.01	0.02	0.24	0.19	0.01	—	0.47
2005-2010	草地	—	0.60	4.84	1.37	0.26	0.01	7.07
	耕地	0.65	—	192.98	15.74	61.91	0.05	271.34
	建设用地	0.41	63.22	—	28.78	32.40	0.01	124.81
	林地	1.92	21.84	58.08	—	4.56	0.11	86.50
	水域用地	0.58	19.35	21.41	3.03	—	0.03	44.39
	未利用地	0.02	0.20	1.54	0.57	0.26	—	2.58
2010-2015	草地	—	0.69	2.69	2.16	0.42	0.01	5.97
	耕地	0.62	—	56.20	12.45	4.50	0.02	73.78
	建设用地	0.14	7.65	—	3.87	3.75	0.01	15.41
	林地	1.52	11.86	26.66	—	1.99	0.01	42.04
	水域用地	0.09	22.12	13.71	2.99	—	0.02	38.93
	未利用地	0.02	0.05	0.03	0.03	0.06	—	0.19
2015-2020	草地	—	2.01	2.05	3.63	0.41	0.04	8.15
	耕地	3.16	—	150.48	39.11	46.32	0.06	239.13
	建设用地	10.91	75.59	—	37.14	16.04	0.01	139.69
	林地	5.14	39.02	52.67	—	10.11	0.07	107.01
	水域用地	0.61	19.98	33.12	7.41	—	0.03	61.16
	未利用地	0.04	0.05	0.02	0.06	0.04	—	0.21

3.4. 景观生态风险时空分布

本文通过构建景观生态风险指数模型,对广州市2000年至2020年间的景观生态风险指数进行了定量评估,并划分了相应的风险区间。借助ArcGIS软件,结合自然断裂点法,将广州市的生态风险等级细分为五个层次:低风险、中低风险、中风险、中高风险、高风险。同时结合Excel软件统计出各生态风险等级面积、占比及变化情况。详见图3、表5。

由表5可知:广州市景观生态风险等级区域主要为中低风险区域及中风险区域,在2020年间,中低风险区域及中风险区域面积为6186.73km²,达到近二十年间的最大,占比达到85%;广州市景观生态风险等级为中高风险区域、高风险区域的面积整体呈现递减的趋势;广州市景观生态风险为低等级的区域的面积及占比变化情况最为剧烈,在2005期间,低风险区域面积下降1504.89km²,下降面积占当年低区域面积的60%。这主要是由于,在2000-2005年期间,中国正式加入世贸组织及中国申奥成功等重大事件的影响,广州作为中国门户的前沿,采取了一系列加速经济发展的政策,从而土地需求增加,各类农用地、林地等土地受外界的影响加剧,进而导致低风险区域面积及占比的减少。

表5 景观生态风险等级面积及占比

类型	2000年		2005年		2010年		2015年		2020年	
	面积/km ²	占比/%								
低风险	1745.66	24.01	2520.20	34.66	1015.32	13.95	1162.09	15.97	1018.05	13.99
中低风险	2219.07	30.52	2497.82	34.35	2401.70	33.00	2764.26	37.98	2121.09	29.14
中风险	2028.21	27.90	1480.15	20.36	3789.90	52.07	3283.58	45.11	4065.64	55.86
中高风险	1153.55	15.87	729.91	10.04	42.79	0.59	40.59	0.56	44.21	0.61
高风险	124.04	1.71	43.49	0.60	28.64	0.39	27.82	0.38	29.35	0.40

由图3可知:在对广州市近二十年的景观生态风险研究中,中低风险与中风险等级占据主导地位,主要分布在东部、北部及部分南部地区,而中部地区则以低风险为主。从时间序列分析,景观生态风险表现出显著的动态变化,西部、北部、东部和南部的风险区域均经历了不同程度的转变。具体而言,西部和中部的中低风险区域逐渐演变为低风险区域,南部的中风险区域亦向低风险区域转变,东部和北部的低风险区域则升级为中低风险区域。经济的快速增长、城市规模的持续扩张以及人类对土地需求的不断上升是导致土地开发强度提高的主要因素,进而导致耕地、林地、水域等土地类型的面积缩减,景观生态风险相应增加,低风险区域面积减少。

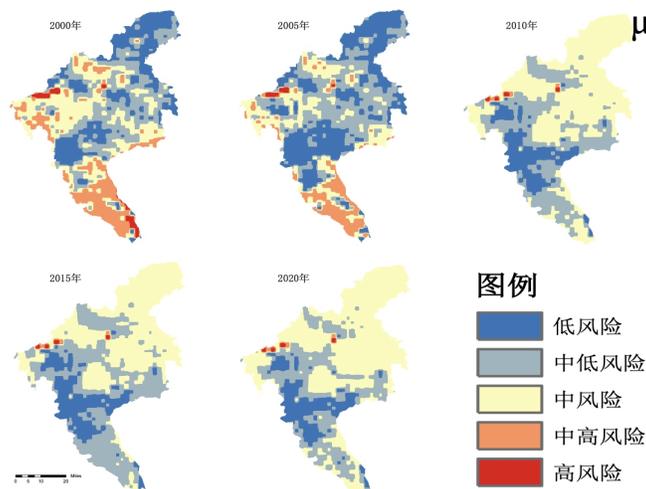


图3 2000—2020年广州市景观生态风险时空分布图

4. 结论

本文收集了广州市2000—2020年土地利用数据,对广州市近二十年的土地利用状况进行了研究。基于ArcGIS软件,采用土地利用动态度分析、土地综合利用程度指数分析、土地利用转移矩阵分析等分析方法,

构建了景观生态风险模型,从时间和空间的维度上对广州市近二十年土地利用状况、景观生态情况进行了相关分析,得出以下结论:

(1) 林地、耕地及建设用地是广州市三地主要土地利用类型。截至2020年,上述各类土地利用的面积分别为3021.61km²、1998.44km²和1541.27km²,分别占据广州市总用地面积的41.89%、27.71%和21.37%。在近二十年的时间跨度内,广州市各类土地利用类型均经历了显著变化。具体而言,建设用地面积的增幅最为突出,累计增长了719.14km²;与此同时,耕地面积的缩减幅度最大,累计减少了589.49km²。林地面积亦有所下降,减少了113.13km²;草地面积缩减了3.33km²;未利用地面积减少了2.87km²;而水域面积则实现了21.95km²的增加。

(2) 在近二十年的广州市土地利用动态变化分析中,建设用地表现出持续的正向增长趋势,而耕地则呈现出持续的负向变化。草地在2000年至2015年期间经历了负向的土地利用动态变化,但在2015年至2020年期间,其土地利用动态发生了逆转,表现为正向增长,林地、未利用地、水域用地土地利用变化情况较为稳定。

(3) 在2000—2020年期间各土地利用类型之间相互转化量从大到小分别为:2015—2020年555.34km²、2005—2010年536.70km²、2000—2005年439.05km²、2010—2015年176.32km²。主要转变趋势是其他用地类型向建设用地转变、快速增加的建设用地面积主要来源于转入的耕地。

(4) 近二十年间,广州市景观生态风险发生了较大的变化。研究区景观生态风险等级为低风险区域的变化程度最为剧烈,变化的面积及占比减少幅度最大;景观生态风险等级为中低风险和中风险的区域面积及占比逐年增加;景观生态风险等级为高风险和高风险的区域的面积及占比整体在逐渐减少。

参考文献

- [1] 卢鑫. 基于土地利用变化的南昌市生态韧性时空演变研究 [D]. 江西农业大学, 2024
- [2] 黄贞斌, 李红波. 武汉城市圈土地利用及生态系统服务价值时空演变多情景模拟 [J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(12): 2542-2557.
- [3] 娄妮, 王志杰, 何嵩涛. 基于景观格局的阿哈湖国家湿地公园景观生态风险评价 [J]. 水土保持研究, 2020, 27(1): 233-239.
- [4] 徐梦菲, 孙一帆, 汪霞. 郑州市土地利用/覆被变化与生境质量的时空演变及情景预测 [J]. 水土保持通报, 2024, 44(2): 364-377.
- [5] 王新宇, 滕浩. 黑龙江省土地利用时空格局演变及驱动因素分析 [J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(S1): 129-132+139.
- [6] 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.
- [7] 谢玲, 邓晓军, 卢月燕, 等. 广西石漠化地区土地利用空间变化的生态风险研究 [J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(8): 113-121.
- [8] 魏熙乐, 李倩, 邓爱平, 等. 基于土地利用变化的四川省碳储量时空演变与预测及驱动因素分析 [J]. 水土保持研究, 2025, 32(3): 373-383.
- [9] 周晓. 延安市土地利用变化与土地生态风险评估 [D]. 陕西师范大学, 2018
- [10] 杨博文, 刘凤莲. 基于土地利用变化图谱的河南省土地利用时空演变研究 [J]. 资源与人居环境, 2023(10): 55-61.
- [11] 刘艳, 刘凤莲. 近40年文山州土地利用时空演变研究 [J]. 绿色科技, 2023, 25(13): 250-254.
- [12] 佟佳骏. 土地利用变化对陆地生态系统水、碳循环过程的影响评价 [D]. 西北农林科技大学, 2024
- [13] 苏海民, 何爱霞. 基于RS和地统计学的福州市土地利用分析 [J]. 自然资源学报, 2010, 25(1): 91-99.
- [14] 凌国栋. 南充市近20年土地利用分析及景观生态风险评价 [J]. 南方农业, 2024, 18(13): 95-101.
- [15] 顾梦瑶, 李娟, 赵晓峰. 基于土地利用变化的贵安新区景观生态风险评价 [J]. 生态科学, 2020, 39(5): 73-81.
- [16] 刘希朝, 李效顺, 蒋冬梅. 基于土地利用变化的黄河流域景观格局及生态风险评估 [J]. 农业工程学报, 2021, 37(4): 265-274.
- [17] 康紫薇, 张正勇, 位宏, 等. 基于土地利用变化的玛纳斯河流域景观生态风险评价 [J]. 生态学报, 2020, 40(18): 6472-6485.
- [18] 杜军, 赵胜朝, 邱士可, 等. 2000-2015年豫西黄土丘陵区土地利用变化及景观生态风险评价 [J]. 水土保持研究, 2021, 28(1): 279-284+291.