

栾永飞,黄国和,郑光辉.海南岛土地利用变化对生态环境质量的影响[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2023,38(2):101-108. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2023.02.014

LUAN Y F, HUANG G H, ZHENG G H. The Influence of Land Use Change on Ecological Environmental Quality in Hainan Island[J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2023, 38(2): 101-108. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2023.02.014

海南岛土地利用变化对生态环境质量的影响

栾永飞¹,黄国和^{2*},郑光辉³

(1.华北电力大学 环境科学与工程学院,北京 102206;2.北京师范大学 环境学院,北京 100875;
3.中南大学 建筑与艺术学院,湖南 长沙 410083)

摘要:评估海南岛土地利用变化对生态环境质量的影响,为海南岛的经济与生态可持续发展提供实践指导.利用2000年、2010年和2020年的土地利用数据,采用ArcGIS10.3软件与InVEST模型分析海南岛的生态环境质量演变特征.结果表明:2000年—2020年人造地表面积的增加来源于耕地、草地与海域面积的减少;草地转出、耕地转出、人造地表转入和森林转入这4种地类的转移最为显著;2000年、2010年和2020年海南岛的平均生态环境质量总得分为0.409,0.431,0.404,表现为中等的生态环境质量水平且呈逐渐下降的态势;由于城市建设与经济需求,土地利用结构在不同发展阶段有差异性.海南岛的土地利用对生态环境质量的影响具有区域差异性,未来应以土地低碳利用为目标,推动土地减排与生态协调发展.

关键词:土地利用;生态环境质量;海南岛;土地利用强度;InVEST模型

中图分类号:X821 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2023)02-0101-08

The Influence of Land Use Change on Ecological Environmental Quality in Hainan Island

LUAN Yongfei¹, HUANG Guohe², ZHENG Guanghui³

(1. College of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;
2. School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;
3. School of Architecture and Art, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: This paper uses the ArcGIS10.3 and InVEST models to evaluate the impact of land use change on habitat quality in Hainan Island in 2000, 2010 and 2020 respectively, revealing the spatiotemporal evolution pattern of land use change and habitat quality, and providing practical guidance for the economic development and ecological sustainability of Hainan Island. Results show that the area of arable land and grassland continues to decrease from 2000 to 2020, while the artificial surface area continues to increase. The increase in artificial surface land types comes from the reduction of arable land, grassland, and sea areas. The transfer of four land types is the most significant, which is the transfer-out of grassland and cultivated land, and the transfer-in of artificial surface and forest. Among them, the transfer of forest land turning to cultivated land and artificial surface is more obvious, and the transfer of cultivated land turning to artificial surface is also more prominent. The total average ecological environment quality scores of Hainan Island in 2000, 2010, and 2020 were 0.409,

0.431, and 0.404, indicating a downward trend in ecological environment quality, showing a moderate level of ecological environment quality. There are differences in land use transfer changes at different time stages, which are related to the needs of urban construction and economic development. There are significant differences in the impact of land use on habitat quality in Hainan Island. In the future, low-carbon land use should be the goal to promote land emission reduction and coordinated ecological development.

Keywords: land use; ecological environment quality; Hainan Island; land use intensity; InVEST model

生态环境质量是指在特定的时间和空间中的生态系统对经济发展和人类生存繁衍的适宜程度,是维护区域生物多样性和可持续发展的关键因素^[1].土地利用变化是联系自然环境演变和社会经济活动的重要纽带,可直观反映人类社会活动对地球表面的改造过程,也是目前全球环境变化研究的核心内容^[2-3].土地利用覆盖变化是指由于人类生产活动导致的土地利用格局的变化,土地利用情况能直接体现生态环境质量水平,二者联系密切,对土地利用变化特征进行分析,可以更加全面地探索生态环境质量的变化规律和原因^[4-5].如何科学配置土地资源,协调好经济发展和生态保护的关系,成为目前关注的重点^[6-7].梳理已有文献资料,发现国内外研究者侧重于生态服务价值测算^[8]、生态效应与碳排放效应^[9]等方面的研究,缺少从时空视角评价海南岛土地利用变化对生态环境质量影响的研究.本文采用定性 ESR 与定量 InVEST 模型相结合的评估方法,运用 InVEST 模型中的 Habitat Quality 模块评价土地利用对生态环境质量的影响.

海南岛作为中国生态文明试验区与自贸区,评价其土地利用的时空变化对生态环境质量的影响具有重要的意义.采用海南岛 2000 年、2010 年和 2020 年 3 期的土地利用数据为样本,以海南省自贸区建设、全域旅游与生态文明建设等为研究背景,解析海南岛土地利用变化的空间格局.选取影响生态环境质量变化的土地类型作为威胁因子与敏感源,评估土地利用变化对生态环境质量影响的时空关系,采用 ArcGIS 10.3 软件和 InVEST 模型进行空间分析,解析土地利用强度变化与生态环境质量的空间联系,评估其生态环境质量演变特征,促进海南岛生态环境与经济的高质量发展.

1 研究区概况

海南岛属于海洋热带季风性气候,全年分干湿两季,平均气温 22.5~25.6℃,降雨量 1 000~2 600 mm.海南岛的地形中间高耸、四周低平,其中鹦哥岭、五指山、霸王岭、吊罗山和尖峰岭等属于热带雨林分布较集中、海拔高程最突出的自然地带.海南岛拥有中国最好的生态环境,具有特殊的资源环境优势、地理区位优势和国家战略支持优势,在新时代更被赋予了建设中国特色自贸区的重大使命.特别是在生态文明时代,加快构建海南岛生态产品价值实现机制,对海南岛的生态环境可持续发展具有重要的支撑作用.

2 数据来源

2000 年、2010 年和 2020 年 3 期的 GlobeLand30 土地利用数据来源于全国地理信息资源目录服务系统网站(<https://www.webmap.cn/mapDataAction.do?method=globalLandCover>),数据精度 30 m,通过裁切、拼接等程序,得到海南岛土地利用矢量数据.土地覆盖分类涵盖草地、耕地、海域、裸地、森林、湿地、水体和人造地表 8 种类型.

3 研究方法

3.1 土地利用动态变化

土地利用类型的变化反映出单一土地利用的动态变化程度,通过土地利用类型的变化可以获得研究区域土地利用变化的速度与变化幅度信息,通常以在某一时期内某一种土地利用类型的动态变化速度来表示研究区土地利用的时空变化差异特征^[10],其计算公式为

$$L = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%. \quad (1)$$

式中: L 为研究期内某一土地利用类型的动态变化速度; U_a , U_b 为研究初期和末期某一类型的土地利用面积; T 为某种土地利用类型的间隔时间。

3.2 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵可以量化地揭示土地类型间的转化和不同类型的土地利用转移的速率^[11],也可以全面描述区域土地利用的结构特征及变化过程和细化土地利用类型的内部变化,其计算公式为

$$A_{fh} = \begin{bmatrix} A_{11} & \cdots & A_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{n1} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

式中: A_{mn} 为各类土地利用类型的面积; n 为研究区土地利用类型的数量; A_{fh} 为研究区初期到末期 f 类土地类型向 h 类土地类型转移的面积。

3.3 生态环境质量评价

生态环境质量是反映人类生存及社会可持续发展的适宜性程度指标。InVEST 模型能够很好地描述生态环境质量的变化特征,该模型的优点是在评价生态环境质量适宜性时能考虑威胁源的敏感性问题,生态环境质量越高,区域的生物多样性等级越高,反之,区域的生物多样性等级越低^[12]。生态环境质量的计算公式为

$$Q_{xj} = H_j \left(1 - \frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + K^z} \right); \quad (3)$$

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} \left(\frac{w_r}{\sum_{r=1}^R w_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr}. \quad (4)$$

式中: Q_{xj} 为地类景观 j 栅格 x 的生态环境质量; H_j 为生态适宜度; D_{xj} 为生态退化度; z 为默认模型参数; K 为半饱和常数,取值为生态环境退化最大值的 $1/2$,文中为 0.5 ; r 为生态环境的威胁因子; R 为威胁因子个数; y 为威胁源 r 中的某个栅格; Y_r 为威胁层在地类图层上的栅格总数; w_r 为威胁因子权重; r_y 为威胁因子强度; i_{rxy} 为威胁因子对生态环境类型的威胁水平; β_x 为栅格单元受法律保护水平; S_{jr} 为地类 j 对威胁因子的敏感性程度。

借鉴模型给定的参数值范围,参考已有的区域生态质量评价研究^[13-14]并咨询相关领域的专家,建立海南岛生态环境质量的威胁因子数据如表 1 所示,土地利用类型的生态环境适宜性及不同威胁因子的相对敏感性如表 2 所示。

表 1 威胁因子数据

威胁地类因子	最大影响距离/km	权重	退化类型
耕地	2.0	0.8	线性
人造地表	5.0	1.0	指数
裸地	1.0	0.4	线性

表 2 土地利用类型的生态环境适宜性及不同威胁因子的相对敏感性

地类	生态环境适宜性	相对敏感性		
		耕地	人造地表	裸地
耕地	0.3	0	0.5	0.3
森林	1.0	0.8	1.0	0.4
草地	0.8	0.8	0.6	0.3
湿地	0.9	0.6	0.7	0.3
水体	1.0	0.6	0.9	0.3
人造地表	0	0	0	0
裸地	0	0	0	0
海域	1.0	0.1	0.1	0.1

4 结果分析

4.1 土地利用变化情况

2000年—2020年海南岛土地利用现状统计如表3所示.由表3可知:土地利用面积出现减少的用地类型包括耕地、草地与海域用地且变化量较大,这与海南岛近年来城市化进程及经济社会发展的方向一致.

表3 海南岛2000年—2020年土地利用现状统计

地类	耕地	森林	草地	湿地	水体	人造地表	裸地	海域
2000年面积/km ²	9 091.47	21 714.80	1 615.01	47.58	816.05	541.56	19.71	69.64
2020年面积/km ²	8 289.36	22 201.98	520.96	58.73	1 025.01	1 773.66	21.83	24.29
变化量/km ²	-802.11	487.18	-1 094.05	11.15	208.96	1 232.10	2.12	-45.35
变化率/%	-0.44	0.11	-3.38	1.17	1.28	11.37	0.53	-3.25

由表3可知:研究期土地利用总面积为33 915.82 km²,末期各类土地利用变化的差异明显,耕地、草地、海域的面积减少,森林、湿地、水体、人造地表与裸地的面积增加.耕地、草地、海域面积的净减量较大,分别为-802.11, -1 094.05, -45.35 km²,人造地表、森林、湿地、水体面积呈现净增加,面积分别增加1 232.10, 487.18, 11.15, 208.96 km²,土地面积的增加量与耕地、草地与海域的减少量相当,表明这期间城市扩张中增加的用地可能来自耕地、草地与海域减少的用地.人造地表用地面积的净增量最大,增加面积为1 232.10 km².以上结果表明:人造地表用地面积的增加主要来源于耕地、草地与海域的面积,这可能与城市建设等需求有关.

4.2 土地利用转移变化

土地利用转移矩阵可以定量揭示不同土地类型间的变化情况,海南岛2000年—2020年土地利用类型面积转移矩阵如表4所示.由表4可知:2000年—2020年草地、耕地、人造地表与森林4种土地类型的转移变化最为明显,以草地转出、耕地转出、人造地表转入和森林转入4类转移为主要转移方向,森林转入人造地表面积为712.30 km²,森林转耕地面积为1 199.22 km²,耕地转入人造地表面积为474.97 km².

表4 海南岛2000年—2020年土地利用类型面积转移矩阵

土地利用类型	草地	耕地	海域	裸地	人造地表	森林	湿地	水体	2000年
草地	348.70	11.39	2.31	0.75	19.40	1 209.28	2.31	20.86	1 615.00
耕地	61.66	7 453.79	0.76	0.05	30.41	1 514.73	4.74	25.32	9 091.46
海域	2.91	7.31	35.01	0	1.38	8.58	6.42	4.03	65.64
裸地	0.35	1.87	0.00	15.55	0.01	1.68	0	0.25	19.71
人造地表	2.21	29.22	0.84	0.01	445.91	55.01	2.20	6.17	541.57
森林	212.50	232.66	7.59	2.34	110.89	21 043.06	12.39	97.37	21 718.80
湿地	0.50	13.82	1.86	0.16	1.40	14.54	9.01	6.29	47.58
水体	8.80	59.18	2.24	0.69	4.22	278.81	10.22	451.90	816.06
2010年	637.63	7 809.24	50.61	19.55	613.62	24 125.69	47.29	612.19	33 915.82
土地利用类型	草地	耕地	海域	裸地	人造地表	森林	湿地	水体	2010年
草地	317.35	35.81	2.25	1.12	68.00	142.04	1.82	69.23	637.63
耕地	31.90	6 526.39	0.95	0.88	392.83	755.50	9.68	91.08	7 809.21
海域	1.70	0.50	13.19	1.39	22.18	6.86	1.14	3.65	50.61
裸地	7.49	1.76	0	4.74	2.34	2.68	0.05	0.49	19.55
人造地表	1.52	34.62	0.61	0.06	543.24	28.92	0.21	4.44	613.62
森林	151.47	1 658.68	4.41	13.10	720.56	21 219.89	15.72	341.88	24 125.70
湿地	0.59	3.35	0.66	0.24	5.23	2.14	23.22	11.87	47.30
水体	8.92	28.23	2.22	0.29	19.28	43.96	6.91	502.39	612.20
2020年	520.94	8 289.34	24.29	21.82	1 773.66	22 201.99	58.75	1 025.03	33 915.82

续表 4

土地利用类型	草地	耕地	海域	裸地	人造地表	森林	湿地	水体	2000 年
草地	225.87	95.18	2.42	4.50	89.36	1 109.19	2.78	85.70	1 615.00
耕地	59.45	6 856.84	0.56	0.94	474.97	1 567.82	11.80	119.09	9 091.47
海域	3.31	5.58	12.81	1.62	27.91	5.92	3.80	4.69	65.64
裸地	7.22	3.19	0	3.72	2.48	2.74	0.04	0.33	19.72
人造地表	1.66	46.70	0.54	0.03	441.80	41.57	2.05	7.21	541.56
森林	206.51	1 199.22	4.41	9.94	712.30	19 319.05	20.81	246.56	21 718.80
湿地	1.26	13.55	1.32	0.08	5.04	6.85	8.79	10.69	47.58
水体	15.68	69.09	2.23	1.00	19.79	148.85	8.65	550.76	816.05
2020 年	520.96	8 289.35	24.29	21.83	1 773.65	22 201.99	58.72	1 025.03	33 915.82

在不同阶段,海南岛的土地利用的转移变化及土地类型转移存在一定的差异.2000—2010 年,耕地为转出面积最多的土地类型,转出面积约 1 637.67 km²,其中 92.49%转向森林,3.76%转向草地,1.85%转向人造地表用地,1.9%转向其他用地类型;草地转出面积也较突出,主要转向森林、水体与人造地表用地,草地转向森林用地面积占 95.49%;10 a 间转入面积最多的是森林用地,转入面积为 3 082.63 km²,主要来源于耕地,查阅海南岛相关政策规定,发现此阶段主要是因退耕还林政策的实施,鼓励群众以及地方政府改善生态环境,提高森林覆盖率等;人造地表转入的较多,主要来源于耕地、草地以及森林用地.2010 年—2020 年,依然受到退耕还林政策的影响与建设发展的需要,耕地转向人造地表与森林用地,森林转向耕地与人造地表等.耕地转入人造地表用地面积为 392.83 km²,转森林用地面积为 755.50 km²;森林转耕地面积为 1 658.68 km²,转入人造地表用地面积为 720.56 km²;草地与海域的转入比前 10 a 间有所增长,主要转向人造地表用地.此阶段,人造地表用地的转入最多,共计转入 1 230.42 km²,较上一阶段有所提升,有 58.56%来自森林用地,31.92%来自耕地,表明该阶段由于城市建设与经济发展的需求,致使占用森林用地、耕地等较为严重.各种类型土地利用的转入数量较以前明显增加,表明此阶段海南岛的土地利用变化的强度增加,经济发展速度较快,但是生态环境质量下降.根据土地利用相互转移的数据结果和相关政策可知,此阶段海南岛应注重经济与生态保护的同步协调发展.

4.3 生态环境质量变化

通过 InVEST 模型,采用海南岛的生态环境质量分数(0~1)来反映土地景观变化的生态环境质量水平,生态环境质量分数越接近 1,生态环境质量越高,反之,生态环境质量分数越接近 0,生态环境质量就越低.参照王超等^[15]的研究,将生态环境质量分数划分为 5 个等级:低水平(0~0.1)、较低水平(0.1~0.3)、中等水平(0.3~0.6)、较高水平(0.6~0.8)和高水平(0.8~1.0).海南岛 2000 年—2020 年生态环境质量等级分布如表 5 所示.由表 5 可知:2000 年—2020 年海南岛生态环境质量水平低等级区域的面积持续增加,由 2000 年的 1.71%增加至 2020 年的 5.34%;较低等级区域的面积由 2000 年的 27.70%转化为 2010 年 23.69%,面积下降 4.01%;2020 年相比 2010 年较低等级区域的面积增加 1.42%,中等等级区域的面积增加 0.32%,较高等级与高等级区域的面积分别减少 0.13%和 5.04%.总体而言,2000 年—2020 年生态环境质量等级面积比重呈现动态性的变化特征,生态环境质量水平不稳定,表现出持续的动荡趋势.2000 年—2020 年海南岛区域的平均生态环境质量的总得分分别为 0.409, 0.431, 0.404,表明土地利用转移变化可以定量揭示不同土地类型对生态环境质量变化的影响.

表 5 海南岛 2000 年—2020 年生态环境质量等级分布

等级	生态环境质量分数	面积比重/%		
		2000 年	2010 年	2020 年
高	0.8~1.0	51.44	58.83	53.79
较高	0.6~0.8	11.48	8.85	8.72
中等	0.3~0.6	7.67	6.72	7.04
较低	0.1~0.3	27.70	23.69	25.11
低	0~0.1	1.71	1.91	5.34

海南岛县域生态环境面积变化如表6所示.由表6可知:海南岛2000年—2020年生态环境质量高的区域分布在五指山市、保亭黎族苗族自治县与乐东黎族自治县,其他生态环境质量高的地区呈现出小片散点分布;生态环境质量低的区域分布在城镇核心区,主要代表区域为海口市、三亚市以及其他城镇驻地区等;生态环境质量较低的区域分布在海岸带沿线与城镇驻地区域,分布呈面状态势且集中分布明显.海南岛的生态环境质量总体上属于中等水平,高质量分布生态环境面积远大于低质量分布生态环境面积,表明海南岛的生态环境质量逐渐改善.

表6 2000年—2020年海南岛县域生态环境面积变化

km²

2000年	低	较低	中等	较高	高	总计
白沙黎族自治县	11.14	275.15	71.64	267.60	1 491.86	2 117.39
保亭黎族苗族自治县	3.50	116.19	13.03	158.64	861.30	1 152.66
昌江黎族自治县	24.19	430.77	98.36	215.88	825.28	1 594.48
澄迈县	30.96	813.70	240.77	311.76	655.86	2 053.05
儋州市	53.43	1 678.49	373.34	437.24	717.36	3 259.86
定安县	14.59	557.33	105.88	139.98	377.98	1 195.76
东方市	29.81	704.21	157.98	262.09	1 104.75	2 258.84
海口市	133.76	997.69	339.05	337.93	422.42	2 230.85
乐东黎族自治县	56.72	644.52	158.62	377.57	1 524.46	2 761.89
临高县	29.11	766.74	205.06	162.86	134.97	1 298.74
陵水黎族自治县	12.57	201.41	61.68	241.55	570.84	1 088.05
琼海市	23.38	525.71	181.13	306.30	649.98	1 686.50
琼中黎族苗族自治县	3.93	304.34	48.42	371.51	1 976.07	2 704.27
三沙市	2.65				17.95	20.60
三亚市	58.72	216.82	42.35	225.80	1 356.92	1 900.61
屯昌县	14.03	393.52	120.40	196.51	498.36	1 222.82
万宁市	30.97	524.59	79.76	170.48	1 076.21	1 882.01
文昌市	44.50	1 106.23	380.36	336.99	496.83	2 364.91
五指山市	3.01	39.71	3.53	174.43	901.85	1 122.53
总计	580.97	10 297.12	2 681.36	4 695.12	15 661.25	33 915.82
2010年	低	较低	中等	较高	高	总计
白沙黎族自治县	10.77	234.17	60.48	156.55	1 655.42	2 117.39
保亭黎族苗族自治县	3.42	90.73	6.74	69.97	981.80	1 152.66
昌江黎族自治县	31.59	387.50	90.46	158.59	926.34	1 594.48
澄迈县	36.26	694.77	238.89	305.87	777.26	2 053.05
儋州市	62.12	1 464.03	396.10	495.00	842.61	3 259.86
定安县	14.71	499.15	106.23	132.57	443.10	1 195.76
东方市	35.56	628.48	161.05	189.56	1 244.19	2 258.84
海口市	147.94	750.26	345.17	401.91	585.57	2 230.85
乐东黎族自治县	54.40	553.77	153.94	238.59	1 761.19	2 761.89
临高县	31.82	680.79	231.60	187.38	167.15	1 298.74
陵水黎族自治县	11.84	163.37	39.25	170.30	703.29	1 088.05
琼海市	23.39	429.14	131.03	287.32	815.62	1 686.50
琼中黎族苗族自治县	6.22	249.74	28.86	145.54	2 273.91	2 704.27
三沙市	2.54				18.06	20.60
三亚市	74.14	168.11	32.23	195.90	1 430.23	1 900.61
屯昌县	15.17	324.92	86.93	214.51	581.30	1 222.82
万宁市	42.82	477.26	67.48	136.81	1 157.64	1 882.01
文昌市	42.76	930.62	421.96	395.03	574.54	2 364.91
五指山市	2.80	30.11	1.29	15.43	1 072.90	1 122.53
总计	650.27	8 756.92	2 599.69	3 896.82	18 012.12	33 915.82

续表6

2020年	低	较低	中等	较高	高	总计
白沙黎族自治县	18.22	235.59	58.45	158.15	1 646.98	2 117.39
保亭黎族苗族自治县	9.33	104.38	10.06	93.74	935.15	1 152.66
昌江黎族自治县	57.96	574.21	95.38	112.23	754.70	1 594.48
澄迈县	117.40	697.61	242.72	335.58	659.74	2 053.05
儋州市	167.73	1 479.46	412.58	496.57	703.52	3 259.86
定安县	44.14	512.66	111.07	135.72	392.17	1 195.76
东方市	81.33	1 008.64	101.96	146.34	920.57	2 258.84
海口市	363.01	753.88	396.29	365.98	351.69	2 230.85
乐东黎族自治县	87.03	727.22	124.52	204.78	1 618.34	2 761.89
临高县	91.70	700.53	215.12	175.56	115.83	1 298.74
陵水黎族自治县	70.11	213.88	80.42	195.27	528.37	1 088.05
琼海市	103.57	460.97	177.17	278.80	665.99	1 686.50
琼中黎族苗族自治县	18.37	251.85	29.54	151.08	2 253.43	2 704.27
三沙市	4.25			1.56	14.79	20.60
三亚市	134.19	216.76	59.05	226.37	1 264.24	1 900.61
屯昌县	30.48	327.87	102.04	215.78	546.65	1 222.82
万宁市	171.41	420.47	75.28	197.21	1 017.64	1 882.01
文昌市	234.71	838.09	434.99	392.36	464.76	2 364.91
五指山市	10.54	37.77	3.68	17.70	1 052.84	1 123.53
总计	1 815.48	9 561.84	2 730.32	3 900.78	15 907.60	33 915.82

将2000年、2010年与2020年的生态环境质量分析结果进行对比,得到海南岛生态环境质量分布变化结果.依据生态环境质量分数上升与下降的幅度,将生态环境质量变化区间划分为 <-0.5 , $-0.5\sim 0$, 0 , $0\sim 0.5$, >0.5 .海南岛的生态环境质量总体上呈下降趋势,2010年下降区间在 $-0.5\sim 0$ 较为显著,上升区间在 $0\sim 0.5$ 表现不明显;2020年的生态环境质量变化较2010年显著,上升区间在 $0\sim 0.5$ 范围的较多且较显著.海南岛生态环境质量的变化在空间上主要表现为以城镇驻地区域及海岸带沿线呈下降趋势.生态环境质量上升区域围绕在海南岛山地区域,形成了以五指山市为生态环境质量上升的核心区.2000年—2020年海南岛生态环境质量下降的区域主要分布在城镇驻地区域,2010年以后由于退耕还林等政策的实施,生态环境质量得到较好恢复,2020年生态环境质量特征为中等水平.总体上,由于经济发展、城镇化和旅游产业布局等因素的影响,海南岛2000年—2020年的生态环境质量呈下降趋势,表现为中等的生态环境质量水平.

土地利用强度的增加会引起生态环境威胁源强度的增加,从而使生态环境质量退化,土地利用变化对生态环境质量的响应具有差异性.选取土地利用转移变化明显的森林转入、耕地转出、草地转出、人造地表转入和水体转入5个转移类型作为主要转移类型.不同土地利用转移类型的生态环境质量变化如表7所示.由表7可知:5个主要转移类型中,人造地表转入对生态环境质量的影响程度最大,而森林转入、耕地转出、草地转出与水体转入成为海南岛生态环境质量上升的主要因素.

表7 不同土地利用转移类型的生态环境质量变化

转移类型	面积/ km^2	占比/%				
		<-0.5	$-0.5\sim 0$	0	$0\sim 0.5$	>0.5
森林转入	2 882.94	0	5.29	0.24	94.37	0.10
耕地转出	2 234.63	0	21.30	0	78.70	0
草地转出	1 389.14	6.76	6.92	0	86.32	0
人造地表转入	1 331.86	64.05	35.95	0	0	0
水体转入	474.25	0	0.73	0	97.68	1.59

5 结论

1)海南岛2000年、2010年和2020年土地利用变化的时空演变特征与经济发展耦合明显,且受到海南岛自贸区建设、生态文明建设与经济发展等因素的影响.在不同的阶段,海南岛土地利用的转移变化及土地类型间的转移存在差异.因城市建设与经济快速发展的速度较快,导致生态环境质量有所下降.海南岛在今后的发展过程中,应注重经济与生态保护的同步协调发展.

2)海南岛的土地利用变化对生态环境质量水平的影响显著,城镇驻地区域与海岸带沿线的生态环境质量低,在空间上呈现面状分布,区域地块呈现破碎零散不规则的空间格局.

3)2000年、2010年和2020年海南岛的平均生态质量总得分依次为0.409, 0.431, 0.404,呈现低-高-低的趋势,生态环境质量呈下降态势,表现为中等的生态环境质量水平.

4)研究尚未涉及多情景模拟生态质量的差异性,仅以现有资料为基础展开研究,数据资料有待进一步完善.InVEST模型和敏感源权重等参数设置具有一定的主观性,生态环境质量评估结果具有局限性.在未来的研究中,还需融入更多的定量与定性评价方法对生态质量评价进行综合评估,完善评价方法与指标,减少主观因素评价的影响.

参考文献:

- [1] HALL L S, KRAUSMAN P R, MORRISON M L. The habitat concept and a plea for standard terminology[J]. Wildlife Society Bulletin, 1997, 25(1): 173-182.
- [2] 万炜,魏伟,钱大文,等.土地利用/覆被变化的环境效应研究进展[J].福建农林大学学报(自然科学版),2017,46(4): 361-372.
- [3] 李亚丽,杨粉莉,杨联安,等.近40 a 榆林市土地利用空间格局变化及影响因素分析[J].干旱区地理,2021,44(4): 1011-1021.
- [4] 欧阳志云,郑华.生态系统服务的生态学机制研究进展[J].生态学报,2009,29(11): 6183-6188.
- [5] 杨志鹏,许嘉巍,冯兴华,等.基于InVEST模型的东北地区土地利用变化对生境的影响研究[J].生态科学,2018,37(6): 139-147.
- [6] ROMANELLI J P, FUJIMOTO J T, FERREIRAM D, et al. Assessing ecological restoration as a research topic using bibliometric indicators[J]. Ecological Engineering, 2018, 120:311-320.
- [7] 成超男,胡杨,冯尧,等.基于CA-Markov模型的城市生态分区构建研究——以晋中主城区为例[J].生态学报,2020,40(4): 1455-1462.
- [8] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008(5): 911-919.
- [9] 徐茜.黄土台塬区土地利用变化生态效应的空间差异演变[D].西安:陕西师范大学,2013.
- [10] NING J, LIU J Y, KUANG W H, et al. Spatiotemporal patterns and characteristics of land-use change in China during 2010—2015 [J]. Journal of Geographical Sciences, 2018,28(5): 547-562.
- [11] 吴琳娜,杨胜天,刘晓燕,等.1976年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J].地理学报,2014,69(1): 54-63.
- [12] 钟莉娜,王军.基于InVEST模型评估土地整治对生境质量的影响[J].农业工程学报,2017,33(1): 250-255.
- [13] 吴季秋.基于CA-Markov和InVEST模型的海南八门湾海湾生态综合评价[D].海口:海南大学,2013.
- [14] 刘智方,唐立娜,邱全毅,等.基于土地利用变化的福建省生境质量时空变化研究[J].生态学报,2017,37(13): 4538-4548.
- [15] 王超,常勇,侯西勇,等.基于土地利用格局变化的胶东半岛生境质量时空演变特征研究[J].地球信息科学学报,2021, 23(10): 1809-1822.