

海口市土地利用景观稳定性研究*

刘治昆¹ 陈达亮¹ 陈毅青¹ 钱军² 黄文明³ 陈冬洋⁴

(1. 海南省林业科学研究所, 海南海口 571100; 2. 海口市林业局, 海南海口 570100; 3. 海口市林业服务中心, 海南海口 570100; 4. 海南新绿神热带生物工程有限责任公司, 海南海口 570203)

摘要 基于克里金插值模型对海口市土地利用景观格局稳定性进行研究分析, 利用改进型土地利用景观稳定性评价模型对景观稳定性综合评价, 得出: (1) 2010—2015年, 海口市生态环境整体良好, 各行政区景观稳定性差异显著, 但整体呈下降趋势; 各行政区景观均遭受不同程度破坏, 景观稳定性遭受影响; (2) 2010—2015年, 海口市城镇建设不断扩张及国际旅游岛战略不断推进, 景观稳定性整体呈现下降趋势, V及景观稳定区消失, I级景观稳定区和II级景观稳定区面积大幅增加。

关键词 土地利用; 景观稳定性模型; 克里金模型**中图分类号:** P901 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2018) 05-0034-08

Study of Land Use Landscape Stability in Haikou

LIU Zhikun¹ CHEN Daliang¹ CHEN Yiqing¹ QIAN Jun²
HUANG Wenming³ CHEN Dongyang⁴

(1. Forestry Research Institute of Hainan, Haikou, Hainan 571100, China; 2. The Forestry Bureau of Haikou, Haikou, Hainan 570100, China; 3. Forestry Service Center of Haikou, Haikou, Hainan 570100, China; 4. Hainan Tropical Green God Biological Engineering Co. Ltd., Haikou, Hainan 570203, China)

Abstract Based on the Kriging interpolation model, this paper studies the stability of land use landscape pattern in Haikou, and uses the improved land use landscape stability evaluation model to comprehensively evaluate the landscape stability. The following conclusions are drawn: 1) 2010 to 2015 the overall ecological environment of Haikou City was good, but the downtrend was significant. The landscape stability of each administrative region differs significantly. However, the landscapes of various administrative regions had suffered various degrees of damage and the landscape stability had been affected; 2) The urban construction in Haikou City continued from 2010 to 2015. As the expansion and international tourism island strategy continue to advance, landscape stability as a whole showed a declining trend. V and landscape stability areas had disappeared, and the area of Grade I landscape stabilization zones and Grade II landscape stabilization zones had increased significantly.

Key words land use; landscape stability model; Kriging model

景观格局是景观异质性最直接表现, 是各种生态过程在不同尺度上作用的结果, 于此相应, 已经形成的景观格局对区域景观生态流具有控制

和引导作用^[1]。不同景观单元之间的空间组合对通过其中的景观流具有重要影响, 内部景观流在一定程度上决定景观单元个体行为, 而不同景观

* 基金项目: 海口市重点科技计划项目 (2017-049)。

第一作者: 刘治昆 (1983—), 男, 工程师, 主要从事林业调查规划设计工作, E-mail: 285948426@qq.com。

单元空间组合则影响区域景观水平。景观格局与过程的关系十分复杂，具体表现为线性关系、多因素综合反馈、时滞效应等是景观生态学研究热点和难点之一^[2]。

土地利用景观格局是社会形态下人类活动对自然环境改变的直接反映，土地利用景观稳定性与社会经济、生态环境发展阶段密切相关。当前针对景观稳定性的研究可分为两方面：一种是 Forman 等^[3]设计的通过景观的 12 种变化观测判断景观稳定性变化；另外一种从景观抗外界干扰能力评价景观稳定性。本论文针对海口市 2010 年和 2015 年土地利用景观类型特征，分析研究区域土地利用景观异质性特征，并构建土地利用景观稳定性评价模型，为海口市土地利用可持续发展提出指导和建议。

1 研究区概况

海口市地形狭长，地势平缓，南渡江从市中心穿过。低山丘陵位于海口市西北部和东南部，中部南渡江沿岸低平，北部多为沿海小平原。海口市内除马鞍岭（海拔 222.2 m）、旧州岭（199.9 m）、日晒岭（171 m）、雷虎岭（168.3 m）等 38 个山丘较高外，绝大部分为海拔 100 m 以下的台地和平原^[4]。

2 研究方法

2.1 数据来源与处理

本论文以海口市 2010 年和 2015 年二类资源调查小班数据为基础，基于克里金插值模型，对海口市土地利用景观稳定性进行研究。土地利用景观类型划分依据当前分类研究成果和相关规范标准，海口市土地利用景观类型主要包括为草地、耕地、建设用地、林地、水域和园地 6 类^[5-6]。利用 ArcGIS10.2.2 数据转换工具将海口市矢量小班转换为栅格数据，再导入 Fragstas4.2 景观软件进行相关景观指数计算。

2.2 景观指数的选择

本论文根据景观指标自身特征和差异性以及景观稳定性评价模型需要选取景观水平指数对景观格局进行研究分析。为保证景观指数选取可操作性和可行性，筛选出反映信息全面和研究成果可靠的指标，利用 SPSS19.0 对相关景观指标进行定单侧置信度 0.05 和 0.01 进行显著性分

析^[7]，剔除高度相关和无相关性的景观指数。本论文经过筛选，共选取斑块密度（PD）、景观形状指数（LSI）、分离度（DIVISION）、分散指数（SPLIT）、平均分维数（MNFREAC）、蔓延度（CONTAG）、香农指数（SHDI）和聚合度（AI）8 个景观指数进行景观格局相关分析^[8-10]。

2.3 构建景观稳定性评价模型

本论文基于 8 个景观指数对海口市土地利用景观稳定性的动态研究。土地利用景观指标分为正负指标，有利于景观稳定性的指标为正指标，不利于景观格局稳定性的指标为负指标。构建景观稳定性评价模型基础的基础是正负景观指标进行无量纲化处理，公式为^[11-13]：

$$\text{正指标 } X'_i = \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}$$

$$\text{负指标 } X'_i = \frac{x_{i\max} - x_i}{x_{i\max} - x_{i\min}}$$

其中， X'_i 是无量纲景观指标值， x_i 原始景观指标值， $x_{i\max}$ 原始景观指标最大值， $x_{i\min}$ 原始景观指标最小值。 x_i 景观指数值越大，越有利于土地利用景观稳定性，则该指标对景观稳定性贡献为正； x_i 值越大，景观稳定性越差，则该指标对景观稳定性贡献为负。

景观指标无量纲化之后，以主成分分析（PCA）模型为基础构建土地利用景观稳定性评价模型，对海口市土地利用景观稳定性进行评价。

$$\text{景观指数权重 } (\omega_i) : \omega_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i}$$

其中， λ_i 为主成分因子 i 贡献率， m 为主成分因子个数。由主成分因子方差贡献率计算权重，并建立土地利用景观稳定性评价模型。

$$F_j = \sum_{i=1}^m z_i \omega_i (i=1, 2, \dots, m)$$

其中 F_j 为网格 j 几何中心点景观稳定性指数， z_i 为 i 几何中心点稳定性评价景观指标无量纲值。

$$Z(F_0) = \sum_{j=1}^N \lambda_j Z(F_j)$$

其中： $Z(F_0)$ 为区域未知点景观稳定性指数， $Z(F_j)$ 为区域未知样点周边已知样本点景观稳定性指数， λ_j 为区域第 j 个已知样本点对未知样点空

间权重, N 为已知样本点个数。在采用克里金插值法进行插值过程中, 权重不单受到采样点间或采样点与待插值点位置的距离的影响, 还受到基于整体采样点的空间排列模式的影响。

3 结果与分析

3.1 土地利用景观异质性分析

粒度变化引起景观信息变化。在这个过程中, 劣势景观类型将逐渐湮没在优势景观类型中, 同时优势景观类型的整体结构将会发生逐步变化。同时景观生态学认为景观类型对于生态流的运行和扩散会产生阻力, 景观类型不同, 产生的阻力也不同, 而生态流在空间中的运行必须要克服这些生态阻力才能得以实现^[11]。本论文在适宜粒度选取过程中, 参考张丽丽等^[4]研究成果, 海口市适宜景观粒度为 70 m。

由表 1 可知, 选取斑块密度、景观形状指数、平均分维数、聚合度 4 个指标分析海口市景观异质性。2010 年, 建设用地斑块密度最大, 园地斑块密度最小, 表明建设用地斑块粒度较大, 园地斑块粒度较小; 林地景观形状指数最大, 园地景观形状指数最小, 且其他类型景观该指数均大于 1, 表明 6 种土地利用斑块类型较离散, 且林地斑

块类型相对较离散, 园地斑块分布相对集中; 6 种土地利用类型平均分维数均大于 1, 其中水域平均分维数最大, 建设用地平均分维数最小, 表明 6 种土地利用类型斑块形状较复杂, 建设用地斑块形状相对规则, 水域斑块形状最复杂; 6 种土地利用类型聚合度均大于 60, 且水域聚合度最大, 草地聚合度最小, 表明 6 种土地利用类型斑块相对聚集, 且水域斑块聚集程度较大, 草地斑块相对分散。

由表 2 可知, 2015 年, 建设用地斑块密度最大, 草地斑块密度最小, 表明建设用地斑块粒度较大, 草地斑块粒度较小; 林地景观形状指数最大, 草地景观形状指数最小, 表明林地斑块类型相对较离散, 草地斑块分布相对集中; 耕地平均分维数最大, 园地平均分维数最小, 表明园地斑块形状相对规则, 建设用地斑块形状最复杂; 建设用地聚合度最大, 园地聚合度最小, 表明建设用地聚集程度较大, 园地斑块相对分散。

3.2 土地利用景观稳定性分析

土地利用景观稳定性是海口市土地利用结构直接特征。本论文研究过程中, 结合海口市土地利用景观组成特征和相关研究成果^[10], 选取 8 个景观指标, 即斑块密度 X_1 、景观形状指数 X_2 、分离度 X_3 、分散指数 X_4 、平均分维数 X_5 、蔓延度

表 1 2010 年海口市景观特征

Tab.1 The landscape characteristic of Haikou in 2010

地类 Land category	斑块密度 PD	景观形状指数 LSI	平均分维数 MNFREAC	聚合度 AI
建设用地 Construction land	1.410 0	55.542 6	1.041 9	78.776 5
林地 Forest Land	1.366 4	92.377 6	1.049 6	79.010 4
水域 Water area	0.390 2	35.362 3	1.052 5	79.927 5
草地 Grassland	0.351 4	32.685 6	1.042 8	66.650 4
耕地 Arable land	1.199 3	85.803 2	1.048 2	78.795 4
园地 Garden plots	0.178 6	24.874 2	1.046 6	67.554 7

表 2 2015 年海口市景观特征

Tab.2 The landscape characteristic of Haikou in 2015

地类 Land category	斑块密度 PD	景观形状指数 LSI	平均分维数 MNFREAC	聚合度 AI
建设用地 Construction land	1.678 1	60.389 0	1.040 4	78.781 2
草地 Grassland	0.322 3	29.469 5	1.042 3	64.794 1
水域 Water area	0.897 7	48.266 7	1.040 9	75.532 9
林地 Forest Land	1.402 1	106.732 4	1.048 9	75.100 7
耕地 Arable land	1.914 0	104.046 1	1.049 0	72.731 8
园地 Garden plots	0.563 0	43.621 8	1.039 9	63.727 4

X₆、香农指数 X₇、聚合度 X₈ 作为景观格局稳定性评价因子。

由表 3 可知，前 4 个主成分指标累计贡献率高达 89.934%，达到 85% 要求。因此，选取前 4 个指标作为主成分（分别用 ZC₁、ZC₂、ZC₃、ZC₄ 表示），能准确反映海口市景观结构特征和满足土地利用景观稳定性评价要求。

由表 4 可知，第一主成分主要由景观形状指数 X₂、分离度 X₃、分散指数 X₄、香农指数 X₇ 和聚合度 X₈ 反映。第二主成分主要反映斑块密度。

由表 5 可知，前 4 个主成分指标累计贡献率高达 91.529%，达到 85% 要求。因此，选取前 4 个指标作为主成分（分别用 ZC₁、ZC₂、ZC₃、ZC₄ 表示），能准确反映海口市景观结构特征和满足土地利用景观稳定性评价要求。

由表 6 可知，第一主成分主要由景观形状指数 X₂、分离度 X₃、分散指数 X₄、蔓延度 X₆、香农指数 X₇ 和聚合度 X₈ 反映。第二主成分主要由斑块密度 X₁ 和聚合度 X₈ 反映。第三主成分反映的是平均分维数 X₅。

根据上述计算 2010 年和 2015 年景观稳定性

指标权重，由表 7 可知，海口市 2010 年和 2015 年 8 项景观稳定性因子权重存在差异，分离度、分散指数、平均分维数、蔓延度、香农指数指标权重有所增加，斑块密度、景观形状指数和聚合度指标权重有所下降。综合分析可知，2010 年和 2015 年，平均分维数权重较大，分别为 0.236 6 和 0.272 0；蔓延度权重最小，分别为 0.001 3 和 0.056 3。综上分析可知，2010 年 8 个景观指标权重排序为各评价因子对景观稳定性影响程度差异较明显，其排序为聚合度 > 平均分维数 > 景观形状指数 > 斑块密度 > 分离度 > 香农指数 > 分散指数 > 蔓延度，聚合度对海口市景观稳定性的影响大于其他景观指标；2015 年景观指标权重排序为平均分维数 > 分散指数 > 斑块密度 > 聚合度 > 分离度 > 香农指数 > 景观形状指数 > 蔓延度，平均分维数对海口市景观稳定性的影响大于其他指标。

由景观稳定指标权重值和无量纲化景观指数加权求和得出对应各区景观稳定性指数。由表 8 和图 2 可知，2010 年海口市生态环境整体良好，但各行政区之间景观稳定性差异较明显，其中琼山区景观稳定值最小，仅 0.665 7，表明琼山区土

表 3 2010 年土地利用景观稳定性指标累计贡献率

Tab.3 The cumulative of land use landscape stability evaluation index of Haikou in 2010

主成份 Principal component	初始特征值 Initial eigenvalue			提取特征值 Extraction eigenvalue		
	初始特征值 Initial eigenvalue	贡献率 /% Contribution rate	累计贡献率 /% Accumulative contribution rate	提取特征值 extraction eigenvalue	贡献率 /% Contribution rate	累计贡献率 /% Accumulative contribution rate
1	4.153	51.913	51.913	4.153	51.913	51.913
2	1.395	17.436	69.349	1.395	17.436	69.349
3	0.847	10.589	79.937	0.847	10.589	79.937
4	0.800	9.996	89.934	0.800	9.996	89.934
5	0.470	5.876	95.810			
6	0.254	3.173	98.983			
7	0.056	0.695	99.678			
8	0.026	0.322	100			

表 4 2010 年土地利用景观稳定性评价指标载荷矩阵

Tab.4 The load matrix of land use landscape stability evaluation index of Haikou in 2010

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
ZC ₁	0.256	0.863	0.922	0.81	-0.411	0.48	0.856	0.839
ZC ₂	0.841	0.037	-0.242	-0.1	0.395	0.571	0.289	0.23
ZC ₃	0.057	0.447	-0.087	-0.391	0.001	-0.493	0.175	0.457
ZC ₄	-0.154	0.072	0.156	0.13	0.82	-0.159	-0.179	-0.015

地利用类型结构发生变化,使得景观稳定性较差。美兰区景观稳定值大于琼山区,表明美兰区土地利用类型结构变化相对较小,对生态系统破坏较小,使得景观稳定性较高;秀英区景观稳定性最大,表明秀英区土地利用结构变化最小,景观结构相对完整,生态系统保护较好,使得景观稳定性最好;2015年海口市生态环境一般,其中秀英区景观稳定值最大,达0.8817,龙华区景观稳定值次之,琼山区景观稳定值最小,仅0.3421,表明秀英区生态系统保护相对较好,琼山区生态系统保护较差。

2010年至2015年,海口市景观稳定性整体

呈现严重下降,各行政区景观稳定值下降近50%,表明海口市经济建设和社会发展对土地利用类型影响较大,生态系统遭受破坏,导致景观结构发生严重变化。综上分析可知,海口市生态环境整体良好,但下降趋势明显;各行政区景观稳定性差异较大,但各行政区景观均遭受不同程度破坏,景观稳定性遭受影响,各行政区在维持当前保护力度基础上,加大生态环境的保护力度,促进景观结构更加完整。

3.3 土地利用景观稳定性空间分析

本文选择2500m作为海口市景观分析幅度^[4],在保留梯度特征的同时,又可使景观格局

表5 2015年土地利用景观稳定性指标累计贡献率

Tab.5 The cumulative of land use landscape stability evaluation index of Haikou in 2015

主成份 Principal component	初始特征值 Initial eigenvalue			提取特征值 Extraction eigenvalue		
	初始特征值 Initial eigenvalue	贡献率 /% Contribution rate	累计贡献率 /% Accumulative contribution rate	提取特征值 Extraction eigenvalue	贡献率 /% Contribution rate	累计贡献率 /% Accumulative contribution rate
1	4.189	52.361	52.361	4.189	52.361	52.361
2	1.747	21.836	74.197	1.747	21.836	74.197
3	0.809	10.113	84.311	0.809	10.113	84.311
4	0.577	7.219	91.529	0.577	7.219	91.529
5	0.343	4.288	95.817			
6	0.259	3.236	99.053			
7	0.062	0.769	99.822			
8	0.014	0.178	100			

表6 2015年土地利用景观稳定性评价指标载荷矩阵

Tab.6 The load matrix of land use landscape stability evaluation index of Haikou in 2015

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
ZC ₁	0.162	0.805	0.921	0.794	-0.398	0.802	0.888	0.667
ZC ₂	0.912	0.064	-0.226	-0.152	0.536	0.149	0.258	0.679
ZC ₃	-0.302	0.396	0.133	0.011	0.64	-0.343	-0.122	0.031
ZC ₄	0.132	-0.4	0.069	0.416	0.341	0.123	-0.138	-0.269

表7 2010年和2015年景观稳定性指标因子权重

Tab.7 The index factor weight of landscape stability of Haikou in 2010 and 2015

年份 Years	斑块密度 PD	景观形状指数 LSI	分离度 DIVISION	分散指数 SPLIT	平均分维数 MNFAC	蔓延度 CONTAG	香农指数 SHDI	聚合度 AI
2010	0.1640	0.2302	0.0742	0.0074	0.2366	0.0013	0.0417	0.2447
2015	0.1206	0.0704	0.1025	0.1649	0.2720	0.0563	0.1100	0.1033

表 8 2010 年和 2015 年海口市各区景观稳定性
Tab.8 The landscape stability of Haikou in 2010 and 2015

年份 Years	美兰区 Meilan District	秀英区 Xiuying District	龙华区 Longhua District	琼山区 Qiongsan District
2010	0.863 1	1.642 7	1.253 0	0.665 7
2015	0.431 5	0.881 7	0.643 6	0.342 1

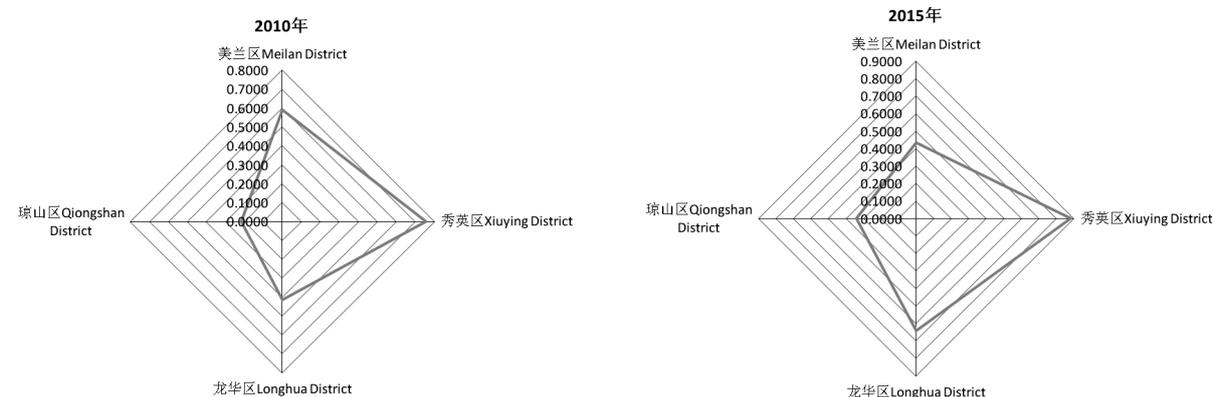


图 1 海口市 2010 年和 2015 年景观稳定性值雷达图

Fig.1 The Radar Chart of landscape stability value of Haikou in 2010 and 2015

指数不出现较大幅度波动。利用 ArcGIS 10.2.2 创建 2 500 m × 2 500 m 方里网格，剔除方里网格边缘单元面积小于完整单元格面积 50% 不可靠方里网格，最终获取 365 个方里网格，并提取相应质心（图 3）。将 8 项无量纲景观指数值进行加权求和得出景观稳定性指数，并赋值给对应质心点。

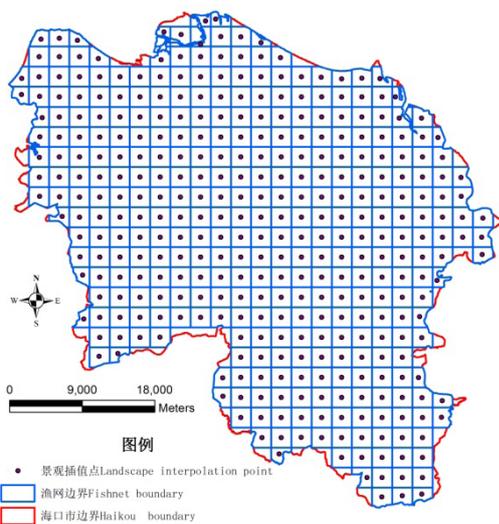


图 2 海口市方里网格插值点

Fig.2 The kilometer grid interpolation of Haikou

如图 4，通过对 2010 年和 2015 年质心景观稳定指数进行趋势分析可知，2010 年和 2015 年海口

市景观稳定性指数符合正态分布，适合进行普通克里金插值。进行普通克里金插值，得到土地利用景观稳定性空间分布图。

根据 2010 年和 2015 年海口市景观稳定性普通克里金插值结果，以自然断裂法为基础，确定海口市土地利用景观稳定性分级标准：Ⅰ级景观稳定区 [0.403 6~0.514 2)，Ⅱ级景观稳定区 [0.514 2~0.620 9)，Ⅲ级景观稳定区 [0.620 9~0.673 8)，Ⅳ级景观稳定区 [0.673 8~0.689 7)，Ⅴ级景观稳定区 [0.689 7~0.779 7]。景观稳定区级别越低表明该区域土地利用景观稳定性越差，反之景观稳定性越高。根据划分等级生成海口市 2010 年和 2015 年年土地利用景观稳定性的空间分布图。

由图 4 可知，海口市 2010 年和 2015 年土地利用景观稳定性区域差异明显。2010 年，海口市土地利用景观稳定性较高区域（Ⅴ级景观稳定区和Ⅳ级景观稳定区）主要位于龙华区、琼山区和美兰区，该区域内土地利用结构相对简单，生态环境相对良好，且该区域水域和河流面积较大，人为活动影响较小，对土地利用景观类型影响较小。西部和北部土地利用景观稳定性较差区域（Ⅰ级景观稳定区和Ⅱ级景观稳定区）主要位于秀英区和美兰区西部，该区域内是海口市城区和主要城镇分布区，且该区域与澄迈县老城镇和保税

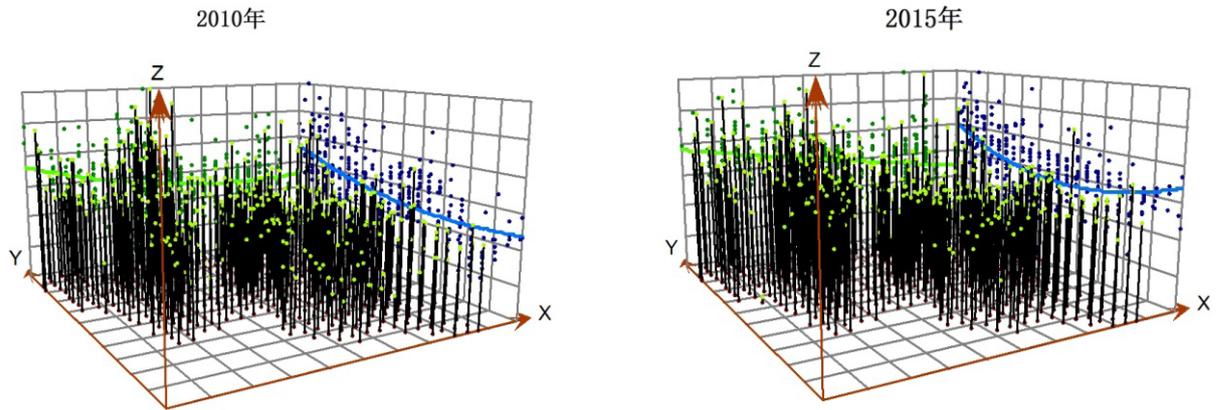


图3 海口市2010年和2015年景观插值点趋势分析

Fig.3 The trend analysis graph of landscape Interpolation of Haikou in 2010 and 2015

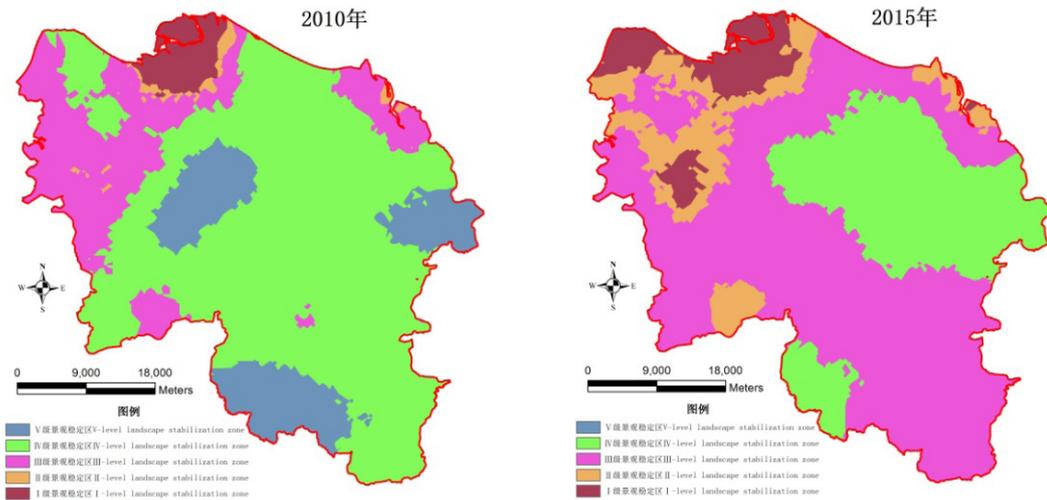


图4 海口市土地利用景观稳定性分布

Fig.4 The landscape stability distribution of land utilization in Haikou

区距离较近,人口较密集,生产活动频繁,生态系统影响严重,森林植被破坏较为严重,土地利用景观斑块破碎化程度较为严重,对该区域景观稳定性产生严重影响。2015年海口市土地利用景观稳定性相对较差,V级景观稳定区几乎消失,景观相对稳定区(Ⅲ级景观稳定区和Ⅳ级景观稳定区)位于琼山区和美兰区,该区域内生态系统保护相对较好,景观结构相对完整,景观稳定性较高;景观稳定性较差区域(Ⅰ级景观稳定区和Ⅱ级景观稳定区)主要位于海口市主城区和东海岸新区,该区域内人口密集,开发建设较严重,导致生态系统破坏严重。

综上所述可知,海口市2010年和2015年土地利用景观稳定性分布特征,由于海口市城镇建

设不断扩张及国际旅游岛战略不断推进,海口市景观稳定性整体呈现下降趋势,V及景观稳定区消失,Ⅰ级景观稳定区和Ⅱ级景观稳定区面积大幅增加,海口市生态环境遭受严重破坏,亟需进行土地利用景观优化,促进海口市生态环境可持续发展。

4 结论与讨论

土地利用景观稳定性评价是衡量海口市土地利用类型结构合理性重要指标。本论文从土地利用类型特征研究分析,利用改进型土地利用景观稳定性评价模型对景观稳定性综合评价,得出以下结论。

(1) 2010年,6种土地利用类型中,建设用

地斑块形状相对规则, 斑块粒度较大, 聚集程度较大; 林地斑块类型相对较离散; 园地斑块分布相对集中, 斑块形状最复杂; 水域斑块形状最复杂, 斑块聚集程度较大。2015年, 6种土地利用类型中, 建设用地斑块相对分散, 斑块粒度较小; 林地斑块类型相对较离散; 草地斑块分布相对集中。

(2) 2010年至2015年, 海口市生态环境整体良好, 但下降趋势显著; 各行政区景观稳定性差异显著, 但各行政区景观均遭受不同程度破坏, 景观稳定性遭受影响, 各行政区在维持当前保护力度基础上, 加大生态环境的保护力度, 促进景观结构更加完整。

(3) 2010年至2015年, 海口市城镇建设不断扩张及国际旅游岛战略不断推进, 景观稳定性整体呈现下降趋势, V及景观稳定区消失, I级景观稳定区和II级景观稳定区面积大幅增加, 海口市生态环境遭受严重破坏, 亟需进行土地利用景观优化, 促进海口市生态环境可持续发展。

本论文基于克里金插值模型对海口市土地利用景观格局稳定性进行研究分析, 为海口市景观格局空间优化提供理论参考和依据, 但是尚存若干问题。以景观稳定性评价模型为参考, 运用地统计学克里金插值法改进景观稳定性评价模型, 实现从二维表格抽象反映区域景观稳定性分布和特征到空间直观反映区域景观稳定性分布和特征的质变。但仍存在土地利用的稳定性分析尺度单一等问题, 有一定的局限性, 对其结构驱动生态过程的机制与效应及其与社会经济发展的耦合机理的研究和认识, 有待进一步的研究。

参考文献

[1] TORRES, J, BRITO, J C, VASCONCELOS, et. al., L

.Ensemble models of habitat suitability relate chimpanzee (Pan troglodytes) conservation to forest and landscape dynamics in Western Africa[J].Biol. Conserv, 2010, 1(143): 416-425.

[2] HARINI NAGENDRAA, PAOLA MAIROTAB.Satellite Earth observation data to identify anthropogenic pressures selected protected areas[J].International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2015, 1(37): 124-132.

[3] FORMAN R T T, Godorn M.Landscape Ecology[M].New York: John Wiley and Sons, 1986 : 21-35.

[4] 张利利.海口市城乡交错带景观格局梯度变化研究[D].长沙: 中南林业科技大学, 2016.

[5] 陈冬洋.基于MCR和稳定性模型的东方市景观格局空间优化研究[D].长沙: 中南林业科技大学, 2016.

[6] CABRAL P. Markov processes in modeling land use and land cover changes in Sintra-Cascais, Portuga[J]. Dyna-colombia, 2009, 76(15): 191-198.

[7] 欧阳海燕, 宁启蒙.益阳工业园区与城市空间互动研究[J].城乡规划与环境建设, 2015, 35(5): 21-15.

[8] 戴永光, 胡庆春, 赖世林, 等.益阳市域发展战略研究[J].湖南城市学院学报(自然科学版), 2006, 15(1): 12-15.

[9] 龚俊杰, 杨华, 邓华锋, 等.北京明长城森林景观空间结构的分形特征及稳定性[J].北京林业大学学报, 2014, 36(6): 54-59.

[10] 冯志新, 陈颖彪, 千庆兰, 等.东莞市人工景观结构与连接度的协整性及因果关系[J].生态学报, 2015, 35(14):4920-4930.

[11] 徐芝英, 胡云锋, 刘越, 等.空间尺度转换数据精度评价的准则和方法[J].地理科学进展, 2012, 31(12):1574-1582.

[12] HUANG H, OOKAA R, CHEN H, et al. CFD Analysis on Traffic-induced Air Pollutant Dispersion under Non-isothermal Condition in a Complex Urban Area in Winter[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2008,96:1774-1788.

[13] 彭保发.土地利用景观格局的稳定性研究[J].地理科学, 2013, 33(12):1484-1488.