

基于土地利用格局的浙中城市群区域景观稳定性研究

王静敏^{1,2}, 王益澄^{1*}, 金邑霞^{1,2}, 汪聪聪^{1,2}, 赵一然^{1,2}, 张悦^{1,2}

(1.宁波大学 人文地理与城乡规划研究所, 浙江 宁波 315211; 2.宁波大学 宁波大学昂热大学联合学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 土地利用/覆盖变化不仅影响城市生态系统的平衡, 而且会引发很多复杂的社会问题, 成为地理学人地关系综合研究热点领域. 本文运用 1990、2000 和 2014 年的遥感影像数据, 在标准假彩色分类基础上, 计算景观指数并构建景观稳定性模型, 解析土地利用视角下浙中城市群区域的景观稳定性变化. 研究发现: (1)1990~2014 年的 24 a 间, 林地占土地总面积的百分比逐年递增, 其中 1990~2000 年增长较少, 2000~2014 年增长较多; 水域占比逐年下降, 1990~2000 年从 4.94%降到 2.90%; 随着建设用地的逐年上涨, 耕地和未利用地的占比逐年下降; 浙中城市群东北方向微量的湿地, 24 a 间面积占比下降了近一半, 从 0.31%降到 0.16%. (2)景观结构及其变化表明, 城市的斑块形状从简单化向复杂化发展, 这与城市的发展由无序到有序, 低级到高级的过程相一致; 耕地、林地和湿地受人类活动的影响逐渐加剧, 抗干扰能力减弱. (3)浙中城市群的景观稳定性从 1990 年到 2000 年大幅度下降, 2000 年到 2014 年增强; 类型尺度上, 除未利用地外的其他 5 类景观的稳定性都经历了先降低后增强的过程, 而未利用地的稳定性从 1990 年开始持续增强, 2000 年到 2014 年间虽有所下降但下降幅度不大.

关键词: 土地利用/覆盖变化(LUCC); 浙中城市群; 景观稳定性

中图分类号: K901

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2018) 06-0088-09

土地利用/覆盖变化(Land Use/Cover Change, LUCC)既是全球变化的重要组分, 又是影响全球生态环境的主因之一. 研究 LUCC 有助于理解人类活动对全球环境变化的影响, 为实现人类社会可持续性发展提供科学依据^[1]. 景观学派基于 LUCC 探寻其对区域景观格局影响, 通过 TM 遥感影像^[2]及景观指数等方法刻画二者联系, 定量计算不同尺度景观稳定性水平. 分析城市土地利用格局影响是近年来城市 LUCC 研究热点^[3]. Turner^[4]认为为实现城市可持续性发展, 景观是最适宜于进行规划和管理尺度. 浙中城市群自其概念被提出以来, 备受学界关注, 热点研究领域: (1)浙中城市群的地理信息数据系统分析^[5]; (2)浙中城市群发育状态刻画, 如王慧君等^[6]构建涵盖经济、交通、物流、信息、金融等联系指数在内的评价模型对其

发育程度评估; (3)浙中城市群经济差异^[7], 以人均 GDP 为变量指标解析县际经济差异格局. 已有研究强调经济社会发展重要性, 以及浙中城市群发育水平等, 未重视景观格局视角下浙中城市群土地利用变化与景观稳定性差异. 为此, 选取广义浙中城市群概念(即金华全境、龙游县、缙云县、诸暨市南部), 通过遥感影像解译分析浙中城市群土地利用变化和景观格局指数, 评估浙中城市群的景观稳定性, 解读人类土地利用活动之于浙中城市群景观稳定性的影响.

1 研究区概况、数据处理与研究方法

1.1 研究区概况

浙中城市群是浙江省继杭州湾城市群、温台城市群之后规划的第 3 个城市群, 包含金华全境 9 个

收稿日期: 2017-10-12.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal1g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(41771174).

第一作者: 王静敏(1993-), 女, 浙江台州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 区域研究与城乡规划. E-mail: 1369292037@qq.com

*通信作者: 王益澄(1962-), 男, 浙江宁波人, 教授, 主要研究方向: 城市地理与空间规划. E-mail: wangyicheng@nbu.edu.cn

县市区、衢州的龙游县、丽水的缙云县和绍兴的诸暨市南部^[8],总面积达 $1.36 \times 10^4 \text{ km}^2$,总人口在 600 万左右。浙中城市群总体属浙中丘陵盆地,盆地底部是大小不一的冲积平原,地势低平,南北高中部低,境内河流分属钱塘江、甌江、曹娥江和椒江四大水系,呈“三面环山夹一川,盆地错落涵三江”的基本特征^[6]。

1.2 数据来源

数据主要是浙中城市群 1990、2000 年的 Landsat 5 TM 遥感影像和 2014 年的 Landsat 8 OLI 遥感影像,数据坐标系统均为 WGS-1984,1990、2000 和 2014 年的影像像素均为 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ (表 1)。最终的遥感影像经由几幅相应年份图像裁剪后合并得到,随后采用平行六面体自动分类中的监督分类方法将遥感影像类别分为 6 类(耕地、林地、建筑用地、湿地、水域以及未利用地),经人工手动校正与整图装饰自动识别地类初步影像图。然后运用 ENVI 5.3 的混淆矩阵法对解译结果进行评价,被正确分类的像元数目沿着混淆矩阵的对角线分布,总像元数等于所有真实参考源的像元总数,解译精度为正确分类的像元数目与总像元数的百分比,其中 2014 年的解译精度高达 90.84%,另外 2 个年份的解译精度在 85%~90%之间,可知分类结果满足土地利用/覆盖变化监测的要求,最后利用 ENVI 5.3 自带的地类统计与分析功能提取 3 年份各地类的面积与百分比。

表 1 影像数据

影像类型	轨道号(P/R)	成像时间	分辨率/m	分类波段
Landsat 5 TM	119/40	1990-07	30	TM432
Landsat 5 TM	119/40	2000-08	30	TM432
Landsat 8 OLI	119/40	2014-07	30	OLI543

土地利用/覆盖变化研究中分类系统的确定是关键,要满足研究目的、区域及尺度^[9]的需要。本文综合考虑了分类原则与实际可操作性,将遥感影像分成中国土地分类系统的 5 个一级类型:耕地、林地、水域、建设用地和未利用地,另鉴于浙中城市群中金华市的浦江县域存有一部分湿地,所以增加湿地为单独一类(表 2),本文采用狭义湿地的概念,并且湿地的解译是在研究区域水域解译完成的基础上,结合谷歌地图的地球观测模式与实地考察最终解译获得。

表 2 研究区域遥感分类系统以及类别定义

类别	描述
耕地	包括菜地、农田、苗圃、旱地等
林地	包括果园、城市景观绿地、森林等
水域	包括水塘、河流、湖泊等
建设用地	包括城镇用地、工矿用地等
未利用地	包括裸土、偏僻地类等
湿地	单独地类湿地

1.3 景观稳定性评价指标选取与标准化处理

运用景观结构统计软件 FRAGSTATS 3.4,选取浙中城市群各个时期的 12 个景观格局指标^[10],包括 5 个景观破碎化指数(斑块数量 NP、斑块密度 PD、最大斑块指数 LPI、平均斑块面积 AREA-MN、景观分离指数 DIVISION),5 个景观形状指数(边缘密度 ED、景观形状指数 LSI、蔓延度指数 CONTAG、散布与并列指数 IJI、面积加权分维数 FRAC-AM),2 个景观多样性指数(香农多样性指数 SHDI、香农均匀度指数 SHEI)。

参照文献[11]对景观指标相关性的校验结果,剔除 12 个指标中的蔓延度指数、香农多样性指数和香农均匀度指数 3 个指标,选取其余 9 个指标作为景观稳定性的评价指标。对选取的指标考虑是否有利于区域景观格局稳定性进行无量纲化^[12],计算公式为:

$$\text{正指标 } X_i = \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}, \quad (1)$$

$$\text{负指标 } X'_i = \frac{x_{i\max} - x_i}{x_{i\max} - x_{i\min}}, \quad (2)$$

式中: X_i, X'_i 为无量纲化后的指标; x_i 为原来的指标; $x_{i\max}$ 为某指标的最大值; $x_{i\min}$ 为某指标的最小值。当 X_i 数值越大表示区域内的景观格局越稳定时,即所谓的正指标,对系统的贡献为正;当 X'_i 数值越大表示区域内的景观格局越不稳定时,即所谓的负指标,对系统的贡献为负。

分析所选 9 个指标内涵^[13]可得出 PD、LPI、AREA-MN、FRAC-AM 为正指标, NP、DIVISION、ED、LSI、IJI 为负指标,无量纲化数据见表 3。

1.4 景观稳定性主要因子判别与评价模型构建

1.4.1 基于 SPSS 软件的景观稳定性主要因子判别

将表 3 数据导入 SPSS 22.0 软件中,经过 Bartlett 球体验验(显著性概率为 0.000、检验样本

表 3 无量纲化浙中城市群景观稳定性指标数据

类别	NP	PD	LPI	AREA-MN	DIVISION	ED	LSI	IJI	FRAC-AM
1990 年总	0.671 5	0.328 3	1.000 0	0.052 2	1.000 0	0.474 9	0.764 8	0.123 9	0.394 0
林地	0.988 1	0.011 9	1.000 0	0.456 2	0.516 7	0.775 4	0.824 5	0.000 0	0.825 7
水域	0.888 0	0.112 0	0.005 6	0.003 1	0.000 0	0.831 7	0.537 5	0.149 0	0.294 7
建设用地	0.934 6	0.065 4	0.011 6	0.009 0	0.000 0	0.830 6	0.612 6	0.428 2	0.302 7
耕地	0.947 5	0.052 5	0.191 9	0.044 6	0.021 6	0.662 0	0.593 9	0.010 3	0.733 7
未利用地	0.913 5	0.086 4	0.001 0	0.003 1	0.000 0	0.867 0	0.585 5	0.207 9	0.139 1
湿地	0.999 9	0.000 0	0.006 0	0.496 8	0.000 0	0.999 2	0.998 5	0.479 0	0.010 4
2000 年总	0.000 0	1.000 0	0.825 6	0.016 4	0.654 4	0.000 0	0.550 3	0.641 2	0.444 8
林地	0.887 4	0.112 6	0.568 3	0.047 7	0.186 4	0.461 4	0.572 6	0.607 6	0.894 8
水域	0.740 6	0.259 4	0.004 4	0.000 0	0.000 0	0.809 8	0.314 7	0.510 1	0.360 4
建设用地	0.630 1	0.369 9	0.083 8	0.002 9	0.003 5	0.355 2	0.000 0	0.673 1	0.767 9
耕地	0.751 9	0.248 1	0.044 9	0.007 3	0.002 1	0.396 3	0.212 5	0.572 8	0.661 4
未利用地	0.990 2	0.009 8	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.994 3	0.914 5	0.679 6	0.131 1
湿地	0.999 9	0.000 0	0.004 6	0.152 9	0.000 0	0.999 7	0.997 8	0.179 2	0.091 0
2014 年总	0.708 1	0.295 0	0.760 9	0.058 2	0.750 3	0.250 6	0.665 3	0.860 0	0.460 4
林地	0.958 0	0.042 5	0.716 1	0.138 8	0.276 8	0.550 1	0.659 7	0.927 9	0.850 6
水域	0.970 0	0.030 3	0.001 2	0.004 0	0.000 0	0.923 9	0.638 6	0.447 5	0.519 2
建设用地	0.887 1	0.114 3	0.196 8	0.014 4	0.020 2	0.392 5	0.146 9	1.000 0	1.000 0
耕地	0.902 4	0.098 6	0.041 9	0.014 6	0.002 1	0.659 2	0.490 6	0.907 2	0.624 4
未利用地	0.990 7	0.009 4	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.992 4	0.884 3	0.903 7	0.168 8
湿地	1.000 0	0.000 0	0.003 0	1.000 0	0.000 0	1.000 0	1.000 0	0.585 4	0.000 0

KMO 系数为 0.556>0.500)发现效果较好,按照特征值大于 1 以及累计贡献率大于 80%的原则提取主成分因子,前 3 个主成分方差贡献率分别为 27.602%、27.244%和 26.344%,累计贡献率达到 81.190%,3 个主成分的特征值分别为 2.484、2.452 和 2.371. 这表明 3 个主成分可以用来反映景观格局指数对保持景观格局稳定性的能力.

方差极大化(Varimax)旋转后 3 个主成分在各个变量上的载荷见表 4,可以看出:第 1 主成分在斑块数量 NP、斑块密度 PD 这 2 个因子上的载荷都大于 80%,从景观破碎度方面反映了土地利用类型的景观特征;第 2 主成分在景观形状指数 LSI 这个因子上的载荷大于 80%;第 3 主成分在最大斑块指数 LPI 这个因子上的载荷超过 80%.可知 3 个主成分可以从景观破碎度方面和景观形状方面综

合反映景观特征.

表 4 旋转成分矩阵

类型	成分 1	成分 2	成分 3
斑块数量 NP	0.936	0.215	-0.236
斑块密度 PD	-0.936	-0.215	0.237
最大斑块指数 LPI	-0.246	0.103	0.952
平均斑块面积 AREAMN	0.236	0.638	0.071
景观分离度指数 DIVISION	-0.450	0.231	0.813
边缘密度 ED	0.572	0.544	-0.561
景观形状指数 LSI	0.191	0.903	0.008
散布与并列指数 IJI	-0.082	-0.482	-0.104
面积加权分维度 FRACAM	0.203	-0.738	0.602

1.4.2 景观稳定性评价模型构建

在主成分确定的前提下构建景观稳定性评价

指标体系,对不同年份和不同类型景观的景观格局稳定性进行对比^[14]。根据下式确定各个主成分的权重:

$$w_j = \lambda_j / \sum_{j=1}^m \lambda_j, \quad (3)$$

式中: λ_j 为第 j 主成分的贡献率; m 为提取的主成分的个数。由主成分的方差贡献率确定权重,可以得到第 1 主成分权重为 0.339 97, 第 2 主成分权重为 0.335 56, 第 3 主成分权重为 0.324 47, 并且建立景观格局稳定性模型^[15], 计算式为:

$$F_i = \sum_{j=1}^m Z_j \times w_j, \quad (4)$$

式中: F_i 为 i 单位的土地利用景观稳定性指数; Z_j 为主成分 j 的得分。 F_i 的数值与景观格局稳定性成正相关关系。

2 浙中城市群土地利用/覆盖变化分析

2.1 土地利用/覆盖变化的遥感解译结果及其特征

遥感解译图像合并如图 1 所示, 解译获得相关地类信息见表 5, 可以看出: 1990~2014 年林地、水域在浙中城市群的土地总面积中的百分比逐年递增, 其中 1990~2000 年增长较少, 2000~2014 年增长较多, 这和保护林地资源政策与可持续发展理念的宣传密切相关, 其中金华市各县市区在 2008 年对管辖范围内的林地资源进行了 2 类调查, 在调查基础上积极实施依托林地资源的重点项目, 致力于创建国家森林城市, 不断提高生态文明建设对森林生态质量的要求, 这一政策倾向在 2000~2014 年浙中城市群区域林地面积增长过程中发挥了重大影响; 水域的占比逐年下降, 从 1990 年的 4.94% 下降到 2000 年的 2.90%; 随着建设用地的逐年上涨, 耕地和未利用地的开发与使用加强, 使得耕地和未利

用地的占比逐年下降; 位于浙中城市群东北方向的金华市浦江县域的微量湿地, 24 a 间面积占比下降了近一半, 从 0.31% 直接降到 0.16%, 金华市应该及时开展湿地生态修复工程建设, 提升流域水质, 优化湿地环境, 保护野生动物资源, 促进浦江县域湿地生态系统健康稳定发展, 发挥其巨大的社会、生态价值。

表 5 浙中城市群不同年份各地类百分比 %

地类	1990 年	2000 年	2014 年
林地	58.20	58.88	63.00
水域	4.94	2.90	1.62
建设用地	7.07	15.69	18.70
耕地	25.65	22.11	16.36
未利用地	3.83	0.17	0.16
湿地	0.31	0.24	0.16

由图 1 可知, 浙中城市群区域内的湿地分布在东北方向, 城市群内的建设用地主要分布在平原地区的河流周边, 大面积的林地资源将平原地区包裹其中, 城市群内部河道纵横, 建设用地在研究时间段内大面积扩张, 逐渐形成具有交通、贸易功能的若干城市。

2.2 景观水平格局变化

景观水平格局指数包括 5 个景观破碎化格局指数(NP、PD、LPI、AREA-MN、DIVISION), 5 个景观形状指数(ED、LSI、CONTAG、IJI、FRAC-AM)和 2 个景观多样性指数(SHDI、SHEI)(表 6)。

分析表 6 可知: (1)景观破碎化指数分析。1990 年到 2014 年的浙中城市群景观破碎化格局并非单一走势, 斑块数量经历了先增加后减少的过程, 说明区域内斑块分布起初比较分散, 随着时间推移, 相邻斑块密集度增加直至多个斑块合并, 呈现斑块分布向着集中化发展的趋势, 同时平均斑块面

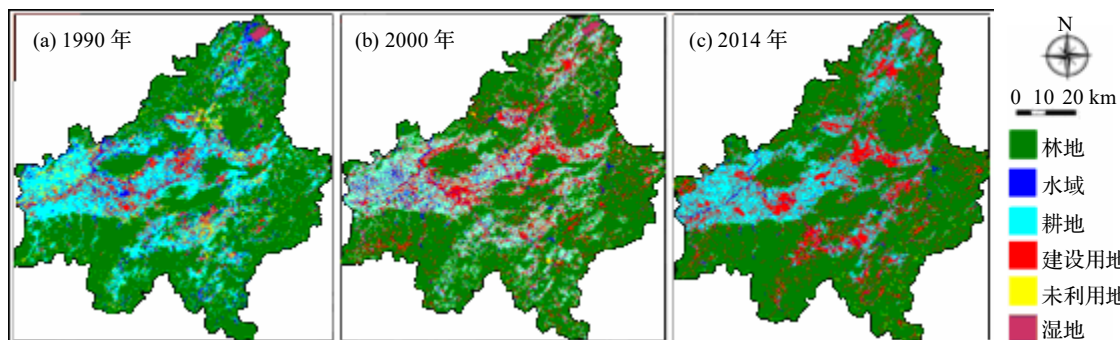


图 1 浙中城市群 1990、2000 和 2014 年的土地利用分类

表6 浙中城市群 1990、2000 和 2014 年景观水平格局指数

指数	1990 年	2000 年	2014 年
NP	22 371	68 102	19 883
PD	0.751 5	2.289 4	0.675 4
LPI	27.208 9	22.465 6	20.702 8
AREA_MN	133.064 5	43.680 0	148.050 2
DIVISION	0.856 2	0.905 9	0.892 1
ED	11.800 7	22.465 6	16.837 6
LSI	51.896 9	97.861 1	73.215 9
CONTAG	60.774 4	63.738 7	65.541 9
IJI	72.666 4	54.720 3	47.126 9
FRAC_AM	1.160 5	1.175 2	1.179 7
SHDI	1.301 1	1.259 0	1.223 0
SHEI	0.668 7	0.647 0	0.628 5

积先变小后增大,说明景观的破碎化程度先增加后减少;斑块密度先变大再变小,说明斑块的密集程度先变大再变小;最大斑块指数逐渐变小,说明斑块的集中程度逐渐变小;景观分离指数先变大后变小,说明斑块的分离性先是变大再稍微变小,但是总体数值都大于0.85,说明景观分离性与破碎度都较大。(2)景观形状指数分析.边缘密度和景观形状指数分别用以反映景观类型被分割的程度和景观各斑块的变异性,表6数据显示二者均是先变大后变小,说明在各种干扰影响下,研究区斑块先不规则化后向规则化发展;蔓延度指数用以反映景观空间信息,高蔓延度说明景观中某种优势斑块类型呈现出良好的连接度,而低蔓延度则说明景观呈多斑块类型密集排列的格局,3期的蔓延度指数均大于60,说明研究区内具有占有较大优势的景观存在.散布与并列指数值从大于70下降到小于50,说明研究区内景观散布广度减小,相邻度较大.面积加权分维数数值有微量增加,说明区域内景观斑块较为复杂,复杂程度有变大的趋势。(3)景观多样性指数分析.香农多样性指数反映了景观类型的多少和各景观类型所占比例的变化,该指数从1990年的1.3011降低到2014年的1.2230,说明研究区景观类型丰富,破碎化程度高,同时破碎化程度有所减弱;香农均匀度指数反映了景观中各组成斑块的分布均匀程度,值为0时,说明景观仅有一种组成,无多样性;值为1时,说明各斑块类型均匀分布,有最大多样性^[16],3期的数值大

于0.60,说明各斑块类型存在多样性,但值有所减少,说明多样性在降低。

2.3 景观斑块水平指数变化

各地类景观斑块水平指数见表7.首先,景观斑块类型破碎化分析:(1)林地.1990年到2014年间林地的斑块数量、斑块密度、景观分离指数数值都先增后减,并且2000年这3个指标的数值比1990年和2014年的数值要大得多,说明了林地斑块的密集程度变大,各个斑块间的分离程度大幅上升,从2000年到2014年,斑块密度降低,分离度也下降.最大斑块指数和平均斑块面积24a来降低,2014年稍有增加,说明斑块的集中度降低,景观优势减弱。(2)水域.水域的景观分离指数3年份均为1.0,说明研究时段内水域的破碎化程度已经达到最高,并且24a来分离程度很高.水域的斑块数量、斑块密度呈现先增后减的趋势,说明斑块的密集程度先增加,然后分散开;2000年的平均斑块面积最低,其余2年份均大于10,说明2000年的斑块破碎化程度大于1990年和2014年。(3)建设用地.建设用地的斑块密度先增再减,并且2000年的密度高达0.8469,远比其他2年份要高,说明2000年的斑块密集程度很高.景观分离指数逐年下降,说明建设用地的分离度下降,破碎度减低,但是3年份的分离数值均大于0.95,说明建设用地的斑块很集中。(4)耕地.耕地的景观分离指数数值均大于0.99,说明3个影像上的耕地斑块破碎度非常高,但是平均斑块面积和最大斑块指数大幅度降低,说明斑块数量变多,斑块整体性差,分离度高。(5)未利用地.未利用地的景观分离指数均为1.0,景观的分离程度大,破碎程度很高.未利用地的平均斑块面积、最大斑块指数和斑块密度的数值逐年下降,说明未利用地的密集程度、集中程度下降,景观优势减弱。(6)湿地.就湿地而言,最大斑块指数从0.1658降到0.1294再降到0.0850,说明湿地斑块的集中度降低,景观优势减弱.平均斑块面积先大幅度降低接着大幅度增大,甚至超过1990年的2倍,说明景观破碎度大且各年份的差异明显,景观的集中程度总体上增加.因此,社会各界有必要采取切实有效的措施保护耕地、林地、湿地与水域的质量和数量,这对研究区域的可持续发展意义重大^[17].景观稳定性的削弱容易导致区域生态环境

表 7 浙中城市群 1990、2000 和 2014 年景观斑块水平指数

地类	年份	景观斑块类型破碎化指数					景观斑块类型形状指数			
		NP	PD	LPI	AREA_MN	DIVISION	ED	LSI	IJI	FRAC_AM
林地	1990	809	0.027 2	27.208 9	1 143.508 4	0.925 7	5.052 7	39.084 1	76.966 3	1.285 3
	2000	7 671	0.257 9	15.463 9	121.896 9	0.973 2	12.104 6	93.085 6	55.884 1	1.305 3
	2014	2 860	0.097 2	19.485 0	349.779 4	0.960 2	10.113 3	74.411 2	44.772 7	1.292 5
水域	1990	7 630	0.256 3	0.155 2	10.293 9	1.000 0	3.789 1	100.588 7	71.797 5	1.131 8
	2000	17 664	0.593 8	0.123 4	2.607 3	1.000 0	4.281 8	148.346 6	59.268 8	1.150 8
	2014	2 043	0.069 4	0.037 1	12.566 7	1.000 0	1.719 7	78.925 2	61.439 2	1.196 7
建设用地	1990	4 456	0.149 7	0.318 4	25.218 4	1.000 0	3.814 5	84.610 5	62.108 2	1.134 1
	2000	25 193	0.846 9	2.283 8	9.891 7	0.999 5	14.489 2	215.784 9	53.613 7	1.268 6
	2014	7 693	0.261 3	5.358 7	38.603 6	0.997 1	13.651 5	184.303 5	42.270 9	1.335 7
耕地	1990	3 576	0.120 1	5.223 0	114.030 2	0.996 9	7.599 7	88.520 9	76.607 4	1.258 7
	2000	16 894	0.567 9	1.223 1	20.787 0	0.999 7	13.567 5	170.249 1	57.094 3	1.237 8
	2014	6 645	0.225 7	1.142 9	39.094 2	0.999 7	7.663 5	110.648 0	45.490 2	1.227 1
未利用地	1990	5 892	0.197 9	0.030 0	10.325 0	1.000 0	2.995 8	90.305 9	69.751 4	1.086 8
	2000	666	0.022 4	0.016 1	4.065 4	1.000 0	0.138 3	19.801 2	53.388 2	1.084 5
	2014	637	0.021 6	0.003 6	4.024 3	1.000 0	0.180 3	26.281 1	45.611 8	1.095 4
湿地	1990	4	0.000 1	0.165 8	1 245.119 9	1.000 0	0.017 1	1.796 2	60.347 3	1.049 6
	2000	10	0.000 3	0.129 4	385.029 0	1.000 0	0.016 3	1.954 1	70.750 1	1.072 9
	2014	1	0.000 0	0.085 0	2 503.440 0	1.000 0	0.010 1	1.485 0	56.656 4	1.046 6

的变化,今后浙中城市群的城市建设与发展必须加强对弱势景观的保护,例如耕地、植被、水域以及湿地等.

其次,景观斑块类型形状指数分析: 斑块形状是斑块的一个基本特征,从表 7 中可以看出,各景观类型面积加权分维数彼此差距较小,变化幅度也较小,其中水域、建设用地有所增加,而林地、耕地、未利用地和湿地的变化不大,说明研究区内各景观斑块形状复杂性有较小差异,随时间有小幅变化但不显著.从表 7 可知,林地、水域、建设用地和未利用地的散布与并列指数逐年减少,说明这些地类的连接性减弱,各个景观斑块的并列程度下降,而耕地和湿地的散布与并列指数上下变动不规律,说明这些地类的连接性与并列度差异性变动.

2.4 不同景观类型间的转移矩阵

表 8 显示,1990~2000 年的 10 a 间各地类的转移比较广泛: 林地主要转变成了建设用地(8.455%)和耕地(6.308%),说明 10 a 间林地面积减少受到房屋建设与耕地使用的影响较大; 水域也主要转变成了建设用地(24.425%)和耕地(32.394%),说明很

多水体被填埋用于造房子或者是用作耕种; 建设用地很大部分变成了耕地(46.783%),这和城市的集中规划有关,城市规划使得居民区集中分布,开辟大片的耕地用于产业化园区建设; 耕地变成了建设用地(25.043%)和林地(22.353%)的占大部分; 而未利用地却大幅度开垦成了建设用地和耕地,同时有不少的部分植树造林变成了生态林地.就湿地而言,这 10 a 间很少有其他地类转化成湿地,相反的,大量的湿地变成了林地、建设用地和耕地,导致浙中城市群的湿地逐渐萎缩,湿地生态环境逐渐恶化.

表 8 1990~2000 年间各种地类的转移矩阵 %

期初地类	林地	水域	建设用地	耕地	未利用地	湿地
林地	83.918	0.910	8.455	6.308	0.249	0.013
水域	34.488	7.746	24.425	32.394	0.062	0.069
建设用地	16.359	5.131	31.648	46.783	0.059	0.003
耕地	22.353	5.658	25.043	46.854	0.053	0.003
未利用地	33.803	4.400	22.347	39.278	0.094	0.004
湿地	12.282	1.018	8.752	4.532	0.000	73.451

分析表 9 可知,从 2000 年到 2014 年这 14 a 间,

各地类之间的转化不断加速: 建设用地不断从湿地、耕地、未利用地和林地以及水域中开垦出来, 而水域逐渐减少, 使得浙中城市群的水资源系统趋于弱化, 耕地数量与林地数量减少, 未利用地被大幅度开垦与使用, 使得土地储备资源减少. 同样的, 湿地面积逐步转化成林地、建设用地和耕地, 2014 年的湿地面积远远小于 1990 年的面积. 浙中城市群的各种地类都向着人类社会经济发展的方向转化, 建设用地的大面积扩张导致了其他地类相应减少.

表 9 2000~2014 年间各种地类的转移矩阵 %

期初地类	林地	水域	建设用地	耕地	未利用地	湿地
林地	92.366	0.186	4.745	2.464	0.203	0.001
水域	8.528	34.721	20.528	36.087	0.037	0.000
建设用地	24.083	1.820	50.606	23.372	0.113	0.002
耕地	19.869	0.965	33.097	45.959	0.103	0.000
未利用地	91.833	0.519	5.205	2.333	0.017	0.000
湿地	2.605	0.467	17.929	14.359	0.000	64.641

2.5 浙中城市群景观稳定性比较

各地类景观稳定性得分见表 10. 从时间尺度上来讲, 浙中城市群区域的景观稳定性从 1990 年的 0.927 4 逐渐降低到 2000 年的 0.097 6, 即景观稳定性在 1990~2000 年间大幅度下降, 到 2014 年又重新上升到 0.598 2, 即稳定性增强, 起初稳定性下降的原因主要是浙中城市群建设用地的大幅度增长, 导致浙中城市群景观格局的破碎度大幅增加, 从而景观稳定性下降, 此外水域等原本比重就不大的景观转变为一开始比重就比较大的景观如林地、耕地等, 使得景观多样性下降, 从而稳定性下降^[18]. 至于 2014 年份稳定性增加的情况, 主要因为建设用地等慢慢扩张连接在一起, 使得破碎度下降, 稳定性增强.

表 11 呈现: 从类型尺度看, 1990 年到 2014 年的 24 a 间, 除未利用地以外的其他 5 类景观的稳定性都经历了先降低后又增强的过程, 而未利用地的稳定性从 1990 年到 2000 年间持续增强, 2000 年到 2014 年虽然有所下降但幅度不大. 这说明浙中城市群的发展使得大部分景观类型经历了从较为稳定到不稳定又重新回归稳定状态的过程, 符合城市发展的一般规律, 城市发展首先是破坏景观

表 10 各种类别景观格局的稳定性得分

分类	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	最后稳定性
1990 年总	0.125 1	1.039 6	1.652 0	0.927 4
林地	1.311 5	1.280 3	1.242 8	1.278 7
水域	1.351 7	0.817 9	-0.477 8	0.579 0
建设用地	1.431 3	0.769 1	-0.516 8	0.577 0
耕地	1.431 5	0.595 6	0.066 2	0.708 0
未利用地	1.393 6	0.977 4	-0.613 5	0.602 7
湿地	1.776 8	1.739 2	-0.791 1	0.931 0
2000 年总	-1.286 9	-0.108 7	1.761 7	0.097 6
林地	1.017 9	0.113 4	0.734 4	0.622 4
水域	1.004 0	0.316 8	-0.397 0	0.318 8
建设用地	0.525 9	-0.630 7	0.214 8	0.036 8
耕地	0.815 9	-0.238 6	0.044 3	0.211 7
未利用地	1.631 9	1.153 2	-0.773 6	0.690 8
湿地	1.737 0	1.604 3	-0.737 4	0.889 6
2014 年总	0.168 9	0.360 4	1.293 8	0.598 2
林地	1.126 2	0.243 1	0.812 8	0.728 2
水域	1.599 4	0.685 1	-0.467 5	0.622 0
建设用地	1.042 8	-0.673 6	0.301 5	0.226 3
耕地	1.267 7	0.090 5	-0.231 3	0.428 7
未利用地	1.615 2	0.989 2	-0.773 6	0.630 0
湿地	1.886 3	2.018 1	-0.776 0	1.066 7
权重	0.339 97	0.335 56	0.324 47	-

表 11 不同类型景观的稳定性变化

地类	1990 年	2000 年	2014 年
林地	1.278 7	0.622 4	0.728 2
水域	0.579 0	0.318 8	0.662 0
建设用地	0.577 0	0.036 8	0.226 3
耕地	0.708 0	0.211 7	0.428 7
未利用地	0.602 7	0.690 8	0.630 0
湿地	0.931 0	0.889 6	1.066 7

的连续性, 增加景观的破碎度, 降低景观的稳定性; 发展到稳定状态以后, 景观之间的连接性又增强, 破碎度降低, 稳定性趋于增强^[19].

3 结论与讨论

LUCC 作为表征人类活动行为对地球陆地表面自然生态系统影响最直接的信号, 是人类社会经

济活动行为与自然生态过程交互和连结的纽带^[20],这一过程在影响土地利用格局的同时,也改变着地表景观的稳定性。景观稳定性是土地利用格局特征及生态过程的持续性,反映了区域土地利用方式与环境条件的多维协调^[21]。利用景观生态学方法进行土地利用格局研究,量化描述、分析土地利用景观类型的数量、各类型所占比例以及土地利用景观多样性等指标^[22-25],诠释基于土地利用格局演变城市或区域景观稳定性变化,拓展了景观生态学刻画城市化过程及其状态稳定性应用的新领域。

本文以浙中城市群区域的 1990、2000、2014 年 3 期土地利用遥感影像为数据源,综合集成土地利用格局及其演变的刻画方法,定量刻画浙中城市群区域景观稳定性及其变化,试图揭示景观格局对景观稳定性的影响。研究发现:(1)1990~2014 年,林地在浙中城市群土地总面积中的百分比逐年递增,但 1990~2000 年的增幅较低,2000~2014 年增幅较大;水域占比逐年下降,尤其是从 2000 年的 4.94% 降到 2014 年的 2.90%;建设用地占比逐年增加,耕地和未利用地的开发与使用力度不断加强,使得耕地和未利用地的占比逐年下降。对于浙中城市群东北方向微量的湿地而言,24 a 间面积下降了近一半,从 1990 年的 0.31% 降到 2014 年的 0.16%,说明湿地破坏严重。(2)斑块类型级景观分析表明,城市的斑块形状经历了由简单到复杂的发展过程,反映出城市的发展经历了由无序到有序,低级到高级的演变过程;耕地、林地和湿地受人类活动的影响加剧,抗干扰的能力减弱。(3)稳定性从 1990 年的 0.927 4 降低到 2000 年的 0.097 6,2014 年回弹到 0.598 2,侧面反映了城市群形成过程景观格局的波动性和趋稳性;从各地类来看,除未利用地以外的其他 5 类景观的稳定性都经历了先降低后增强的过程,而未利用地的稳定性 1990~2000 年间持续增强,2000~2014 年增速降低。

遥感影像数据便于宏观量化区域景观格局及其变化,但是尚不能诠释每一地类利用变化的驱动力及其受其他地类利用的交互影响。基于此,如果要深入诠释城市群区域景观稳定性,需要将样带调查和遥感影响数据源 FRAGSTATS 软件分析相结合。未来研究应注意以多源数据融合校验城

市群区域景观格局及其稳定性影响机理。

参考文献:

- [1] 李加林. 杭州湾南岸滨海平原土地利用/覆被变化研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2004.
- [2] 俞腾, 李伟芳, 陈鹏程, 等. 基于 GIS 的海岸带土地开发利用强度评价[J]. 宁波大学学报(理工版), 2015, 28(2):80-81.
- [3] 彭保发, 陈端吕, 李文军, 等. 土地利用景观格局的稳定性研究[J]. 地理科学, 2013, 33(12):1484-1488.
- [4] Turner M G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns[J]. Landscape Ecology, 1990, 4(1):21-30.
- [5] 叶远智, 张朝忙, 张剑. 浙中城市群地理空间框架建设模式及关键技术研究[J]. 测绘通报, 2015(5):120-123.
- [6] 王慧君, 马仁锋, 邱枫, 等. 浙中城市群发育程度评估[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2016, 50(6):904-910.
- [7] 马昭, 童超, 李勇. 浙中城市群区域经济差异演变及空间格局研究[J]. 长春教育学院学报, 2014, 30(10):53-55.
- [8] 金华市规划局. 浙中城市群规划(2008-2020)[EB/OL]. [2016-07-08]. http://www.jhup.gov.cn/ghcg/zczsqgh/201202/t20120208_754090_1.html.
- [9] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [10] 刘志伟. 基于 INVEST 的湿地景观格局变化生态响应分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [11] 巩杰, 张玲玲, 孙鹏. 近 40 年来酒泉肃州绿洲时空变化及景观稳定性[J]. 兰州大学学报, 2014, 50(3):399-402.
- [12] 王雪梅, 柴仲平, 塔西普拉提·特依拜, 等. 塔里木盆地北缘绿洲景观格局变化与稳定性分析[J]. 国土与自然资源研究, 2010(1):45-47.
- [13] 元兴兰, 李宝银, 刘健, 等. 基于 RS 与 GIS 的闽江流域土地利用景观格局变化分析[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2008, 37(5):539-543.
- [14] 楚纯洁, 安春华. 平顶山市土地利用景观格局及其稳定性分析[J]. 水土保持, 2011, 18(1):224-236.
- [15] 王珊珊. 基于 3S 技术的土地利用变化及其景观格局分析[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.
- [16] 潘竟虎, 胡艳兴. 疏勒河中下游近 35 年土地利用与景观格局动态[J]. 土壤, 2014, 46(4):742-748.
- [17] 曹宇, 欧阳华, 肖笃宁, 等. 基于 APACK 额济纳天然绿洲景观空间格局分析[J]. 自然资源学报, 2004, 19(5):776-785.
- [18] 朱君君, 胡远满, 刘淼, 等. 浑河太子河流域景观变化及其驱动力[J]. 生态学杂志, 2011, 30(1):112-118.

- [19] 宁静, 张树文, 李颖, 等. 黑龙江省近 50 年来沼泽湿地退缩特征及其原因分析[J]. 自然资源学报, 2008, 23(1): 79-86.
- [20] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1):3-14.
- [21] 吕建树, 吴泉源, 张祖陆, 等. 基于 RS 和 GIS 的济宁市土地利用变化及生态安全研究[J]. 地理科学, 2012, 32(8):928-935.
- [22] 马克明, 傅伯杰, 周华锋. 北京东灵山地区森林的物种多样性和景观格局多样性研究[J]. 生态学报, 1999, 19(1):1-7.
- [23] 李晓文, 胡远满, 肖笃宁. 景观生态学与生物多样性保护[J]. 生态学报, 1999, 19(3):399-407.
- [24] 马克明, 傅伯杰. 北京东灵山地区景观格局及破碎化评价[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3):320-326.
- [25] 陈利顶, 刘雪华, 傅伯杰. 卧龙自然保护区大熊猫生境破碎化研究[J]. 生态学报, 1999, 19(3):291-297.

Landscape stability study: The urban agglomeration of middle Zhejiang based on spatial pattern in land use

WANG Jing-min^{1,2}, WANG Yi-cheng^{1,2*}, JIN Yi-xia^{1,2}, WANG Cong-cong^{1,2}, ZHAO Yi-ran^{1,2}, ZHANG Yue^{1,2}

(1. Institute of Human Geography & Urban-rural Planning, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Ningbo University-University of Angers Joint Institute, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Land use-and-cover changes not only affect the balance of urban ecosystems, but also lead to many complex social issues. So it has been becoming a hot subject in the study of human relations in geography. In this paper, we conduct the investigation using the remote sensing image data collected in the year 1990, 2000 and 2014. By utilizing the standard false color classification approach, the landscape index is calculated and the landscape stability model is constructed. The landscape stability of the urban agglomeration in the middle of Zhejiang Province is analyzed in terms of land use. Through this study we conclude: (1) In the past 24 years between 1990 and 2014, the percentage of woodland in the total area of land increased year by year, and the increase from 1990 to 2000 is relatively small, and the increase from 2000 to 2014 is relatively more significant. In comparison, the proportion of water decreased on an annual basis, dropping from 4.94% in 1990 to 2.90% in 2000. As the area of construction land increases each year, the proportion of arable land and unused land decreased accordingly. There is a slight wetland change in the northeastern of the urban agglomeration in the middle of Zhejiang Province, and the proportion during the studied years has declined by nearly half, i.e., from 0.31% to 0.16%. (2) The landscape structure and its changes show that the development of urban geographic pattern runs from simple to complex, which is consistent with the development of the city running from disorder to order, low level to high level. Cultivated land, woodland and wetland are gradually affected by human activities, and the anti-interference ability is weakened. (3) The landscape stability of the urban agglomeration in the middle of Zhejiang Province decreased significantly from year 1990 to 2000, and it also witnessed the increase from year 2000 to 2014. In terms of types and scales, the stability of the other five types of lands excluding the unused land, has undergone a process of first weakening followed by strengthening. It is also found that the stability of unused land continue to increase since year 1990 despite of a slight decline from 2000 to 2014.

Key words: land use/cover change (LUCC); urban agglomeration in the middle of Zhejiang Province; landscape pattern

(责任编辑 韩超)