

福州市建成区生态系统健康评价研究

汪娜¹, 韩永刚², 黄义雄¹, 叶功富³

(1. 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007;

2. 福建省水土保持试验站, 福州 350003; 3. 福建省林业科学研究所, 福州 350012)

摘要:生态系统健康对可持续发展和环境管理具有重要的指导作用。选取福州市建成区为研究对象,借助 ArcGIS 平台,对 2010 年福州市建成区 ETM⁺ 遥感影像进行解译,提取土地利用信息,结合辅助数据,建立生态系统健康评价的压力—状态—响应(P-S-R)模型,定量评价福州市建成区生态系统的健康状况,结果表明,福州市五区中生态系统健康综合指标处于一级的是马尾区,处于三级的是鼓楼区、仓山区、晋安区,处于五级的是台江区,二级和四级空缺。

关键词:生态系统健康评价; 遥感; GIS; 土地利用; 福州市建成区

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)02-0200-05

Study on the Assessment of Ecosystem Health of Fuzhou Built-up Area

WANG Na¹, HAN Yong-gang², HUANG Yi-xiong¹, YE Gong-fu³

(1. College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 2. Fujian Experiment Station of Water and Soil Conservation, Fuzhou 350003, China; 3. Fujian Academy of Forestry Sciences, Fuzhou 350012, China)

Abstract: Ecosystem health has an important guiding role in sustainable development and environmental management. Fuzhou built-up area was selected as the study object, interpreted the 2010 ETM⁺ remote sensing images of Fuzhou built-up area with the Arc GIS platform, extracted land use information, and established P-S-R model of ecosystem health assessment combined with auxiliary data. Then the ecosystem health status was quantitatively evaluated. It turned out that Mawei region was in the first level of the ecosystem health comprehensive index, Gulou region, Cangshan region and Jin'an region were in the third level, Taijiang region was in the fifth level. None was in the second and forth levels.

Key words: ecosystem health assessment; remote sensing; GIS; land use; Fuzhou built-up area

科技进步、经济发展和人口增加,给生态环境带来了巨大的压力,使生态系统遭到了破坏,这些引起了人们的广泛关注。福州地处生态环境脆弱带,作为地处东南沿海重要地理位置的福建省省会城市,对其生态环境的保护更是刻不容缓^[1]。生态系统健康是环境保护领域的一门新兴科学,它是一门研究人类活动、社会组织、自然系统及人类健康的综合性学科^[2]。生态系统健康评价是生态环境研究的热门领域^[3]。国外学者对生态学、生态系统健康进行了较多的研究^[4-10]。目前,我国生态系统健康研究的对象包括城市^[11-12]、草地^[13]、农田^[14]、黄土丘陵区^[15]、湿地^[16-19]、行政区^[20-24]等。但研究面临评价指标难以统一,评价因子无法适应生态系统动态变化的过程等问题。虽然生态系统健康评价研究的文章很多,但方法基本雷

同,一些评价指标也大同小异,在权重确定中受人为意识左右较多,同一指标不同学者权重赋值差异很大,难以客观进行比较。基于此,本文在 RS 和 GIS 的支持下,借助 SPSS 数量分析法,通过计算压力、状态、响应评价及健康综合评价的结果,分析影响生态系统健康的因素,为研究福州市生态系统健康提供科学依据。

1 研究区概况

1.1 自然地理状况

福州市位于福建省中部东端,东临台湾海峡,西靠三明市、南平市,南邻莆田市,北接宁德市。东西最大横距 128 km,南北最大纵距 145 km,总面积 11 968 km²,其中市区面积 1 032.29 km²。地理位置介于东经 118°08′—120°31′,北纬 25°15′—26°39′。福州市

收稿日期:2013-02-27

修回日期:2013-06-28

资助项目:福建水土保持林生态效益评价模式研究;“十一五”国家科技支撑计划项目(2009BADB2B0302)

作者简介:汪娜(1987—),女,福建浦城人,硕士生,主要从事景观生态学研究。E-mail:wangna_20072008@126.com

通信作者:黄义雄(1960—),男,福建福州人,研究员,主要从事景观生态学研究。E-mail:yxhuang@fjnu.edu.cn

位于闽江下游,地势由西北向东南倾斜,海拔 600~1 000 m。地貌属于典型的河口盆地,城区位于盆地中央,四周群山环抱。

1.2 社会经济状况

福州市现辖五区六县二市,即仓山、台江、鼓楼、晋安、马尾 5 个区,连江、罗源、闽侯、闽清、永泰、平潭(县)综合试验区 6 个县,福清、长乐两个县级市。人口 711.54 万(2010 年)。本文研究范围为福州市建成区,包括台江区、仓山区、鼓楼区、晋安区和马尾区,总面积为 1 032.29 km²。

2 材料与方法

2.1 数据来源

本研究所用基础数据主要包括图件资料和文字资料,其中图像资料包括 2011 年福州市 ETM⁺ 遥感影像、福州市行政区划图两部分;文字资料包括 GDP 总值、人口数量、土地面积等数据,来源于《2011 年福州统计年鉴》。同时借鉴前人研究的成果,获取不同类型生态系统碳密度、生态弹性限度归类等数据。

2.2 数据处理

使用地理信息系统 ArcGIS 9.3 对 ETM⁺ 影像进行目视解译,得到研究区土地利用矢量图,并对解译结果进行校正。进一步将矢量图转化成像元大小为 8 m 的栅格图像。用生态系统健康状况评价的压力—状态—响应(P-S-R)模型,以解译好的图像及其派生数据作为基础信息源,分别采用 Fragstats 3.3 和 Excel 软件计算压力、状态、响应等指标值,并采用极值标准化法对不同量纲的数值进行标准化处理,再使用 SPSS 17.0 对标准化后的值进行主成分分析,得到不同指标的权重值,进而计算得出压力、状态、响应及健康综合指标分值,采用五级划分标准对综合分值进行分级。最后运用 ArcGIS 对各分类结果进行空间表达,并结合区域的实际情况,找出影响研究区域生态系统健康的主要因素。

2.3 解译结果与分析

对 2010 年福州市 ETM⁺ 影像进行解译,按照土地利用方式解译出 6 种类型,共 750 个斑块。其中仓山区 103 个斑块,台江区 4 个斑块,鼓楼区 27 个斑块,晋安区 492 个斑块,马尾区 124 个斑块。福州市的晋安区、马尾区东部、仓山区的耕地分布密度较大。这些地区的土地垦殖率较大,马尾区最大,土地压力较大。福州市的耕地中水田占 98.09%。闽江穿过福州市的仓山区和马尾区中部,最后折向东北流出琅岐岛注入东海。河流两岸的冲击平原地势平坦,土壤

较为肥沃,同时闽江河口湿地在农田灌溉中发挥了重要的作用^[21]。

福州市林地分布范围较为广泛,除了台江区外,其他的 4 个区林地覆盖率都较高。林地面积占城区面积的 61.49%。森林在生态环境中的作用不言而喻。林地所占比例越大,对生态系统健康的积极效应就越大。2010 年 7 月,在中国环境规划院的中国最宜居城市评比中,福州位居榜首。福州市草地面积较小,分布也较为零散。但福州市的草地 50.88% 为高覆盖度草地。草地面积比例越大,对生态系统健康的正面效应越大。草地对维持大陆性气候区的生态环境和保护物种繁衍具有重要的生物学意义。福州市建设用地面积占福州市面积的 22.58%,分布相对集中,其中城镇建设用地占了 74.75%,城镇用地主要分布于仓山、鼓楼和台江区。城镇用地指的是大、中、小城市及县镇以上建成区用地。城乡、工矿、居民用地比例越大,对生态系统健康的负面效应越大。

3 福州市建成区生态系统健康评价

3.1 指标数据获取

本文压力指标选择土地压力、人口压力和人类干扰指数。土地压力用土地垦殖率来表示,指一定区域内耕地面积占土地总面积的比例,是反映土地资源利用程度和结构的重要指标。人口压力用人口密度来体现,反映某一地区范围内人口疏密程度。人类干扰指数是由建设用地面积与总面积指标的比值来计算。

状态指标选择区域平均碳密度、多样性指数、优势度指数、均匀度指数、破碎度指数、生态弹性度来表示。

碳密度指单位面积的碳储量。计算公式为^[2]:

$$C = \sum_{i=1}^m (P_i D_i) \quad (1)$$

式中: C ——活力指数,是表征物种丰富度和均匀度的综合指标; P_i ——第 i 种土地类型所占面积比例; D_i ——第 i 种土地类型的碳密度; m ——土地类型总数。

区域生态弹性度可以通过区域内不同土地类型弹性度的加权平均计算求得,计算公式为^[2]:

$$ECO_{res} = \sum_{i=1}^m (P_i \times B_i) \quad (2)$$

式中: ECO_{res} ——所有土地类型的平均弹性限度; P_i ——第 i 种土地类型的权重; m ——土地类型总数; B_i ——土地利用类型 i 的弹性限度。

响应指标选择林地覆盖率和人均地区生产总值两个指标。林地覆盖率=林地面积/土地总面积×100%。根据实测资料 and 具体模型计算得出压力—状态—响应指标数据实值(表 1—2)。

表 1 压力、响应指标计算实值

区域	压力			响应	
	土地垦殖率/%	人口密度(人·hm ⁻²)	人口干扰度/%	林地覆盖率/%	人均地区生产总值/万元
鼓楼区	0.54	166.36	77.89	15.93	87074
台江区	0.25	181.97	94.27	1.12	46886
仓山区	10.24	32.37	58.42	77.96	31196
晋安区	9.66	6.21	10.29	62.46	34796
马尾区	12.07	5.85	15.50	20.02	100312

表 2 状态指标计算实值

区域	区域平均碳密度	多样性指数	优势度指数	均匀度指数	破碎度指数	生态弹性度
鼓楼区	5.80	0.43	1.19	0.48	0.81	0.49
台江区	1.51	0.11	1.57	0.15	0.23	0.33
仓山区	12.33	0.73	0.66	0.80	0.65	0.79
晋安区	11.50	0.55	1.06	0.58	0.86	0.75
马尾区	3.74	0.72	0.73	0.76	0.50	0.43

3.2 指标数据标准化

为了消除量纲、变异自身大小和数值大小的影响,将数据进行标准化。对于正向指标,指标越大越好,计算方法为:

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

对于负向指标,指标越小越好,计算方法为:

$$x_{ij}' = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

3.3 生态系统健康指标综合得分

对标准化后的各个指标数值采用 SPSS 科学软

件计算各综合指标。计算过程及分级结果如表 3—4 所示。按照分级标准,压力指标处于一级的是仓山区;处于二级的是马尾区;处于三级的是晋安区;压力指标的四级空缺;鼓楼区和台江区的压力指标处于五级区域。状态指标处于一级的是马尾区;处于二级的空缺;处于三级的是鼓楼区和晋安区;处于四级的是仓山区;台江区的状态指标处于五级区域。响应指标处于一级的是马尾区;处于二级的是鼓楼区;处于三级的空缺;处于四级的是仓山区和晋安区;台江区的响应指标处于五级区域。

表 3 压力、响应、状态的特征值、贡献率和累计贡献率

主成分	压力			状态			响应		
	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	2.839	94.644	94.644	4.503	75.050	75.050	1.627	81.372	81.372
2	0.154	5.121	99.765	1.124	18.726	93.776	0.373	18.628	100.000

表 4 压力、响应、状态的综合指数

区域	压力				状态				响应			
	fac1	Fac2	压力综合指标	标准化处理	fac1	Fac2	状态综合指标	标准化处理	fac1	Fac2	响应综合指标	标准化处理
鼓楼区	-1.121	-0.160	-1.069	0	-0.463	0.237	-0.333	4.372	0.780	-0.363	0.567	7.543
台江区	-0.792	-0.883	-0.795	1.213	-1.241	-1.004	-1.197	0	-0.944	-1.441	-1.037	0
仓山区	1.317	-0.984	1.196	10	0.835	0.630	-0.797	2.022	-0.556	1.169	-0.235	3.772
晋安区	-0.021	1.305	0.047	4.929	-0.331	1.193	-0.047	5.816	-0.623	0.651	-0.386	3.061
马尾区	0.617	0.722	0.621	7.462	1.200	-1.056	0.780	10	1.343	-0.016	1.090	10

3.4 健康综合指标计算结果

计算过程及其结果如表 5、6 所示。

表 5 特征值、贡献率和累计贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	1.956	65.212	65.212
2	0.886	29.540	94.752
3	0.157	5.248	100.000

表 6 健康综合指数

名称	Fac1	Fac2	状态综合指标	标准化处理
鼓楼区	0.514	-1.238	-0.030	4.65
台江区	-1.178	-0.689	-0.971	0.00
仓山区	-0.647	1.317	-0.033	4.64
晋安区	-0.077	0.114	-0.016	4.72
马尾区	1.387	0.495	1.051	10.00

由以上结果可以看出,生态系统健康综合指标处于一级的是马尾区;处于二级的空缺;处于三级的鼓楼区、仓山区、晋安区;处于四级的空缺;台江区的健康综合指标处于五级区域。

4 空间表达结果分析

4.1 生态系统健康压力、状态响应、状况分析

根据计算结果得出的生态系统健康指标数据,在

ArcGIS 软件支持下绘制了福州市生态系统健康状况分布图(图 1)。由图 1 可以看出,压力指标处于一级的是仓山区;处于二级的是马尾区;处于三级的是晋安区;压力指标的四级空缺;鼓楼区和台江区的压力指标处于五级区域。鼓楼区和台江区之所以压力相对较大,属于五级健康区,主要是因为其人口密度大、人口干扰度高,虽然土地垦殖率相对于其他地区小,但总体压力还是较大。



图 1 福州市建成区生态系统健康压力、状态、响应指标等级分布

状态指标处于一级的是马尾区;处于三级的是鼓楼区和晋安区;处于四级的是仓山区;台江区的状态指标处于五级区域。马尾区综合状态指标的得分最高,状态最好,这是因为这一区域处于闽江下游冲击平原,地势平坦,土壤肥沃,水源充足。闽江口湿地对植物的生态健康十分有利^[21],林地覆盖率也较高,生态系统储碳能力较强,斑块结构合理,生态弹性度较大。人口密度和人口干扰度都较小。

响应指标处于一级的是马尾区;处于二级的是鼓楼区;处于四级的是仓山区和晋安区;台江区的响应指标处于五级区域。马尾区综合状态指标最高,状态最好,这是由于马尾区隶属亚热带季风气候区,植被丰富,林地覆盖率也较高。生态环境综合指标名列福建省前茅。人均地区生产总值在五区中居榜首。

4.2 生态系统健康状况综合分析

由图 2 可以看出,生态系统健康综合指标处于一级的是马尾区;鼓楼区、仓山区、晋安区处于三级;台江区的健康综合指标处于五级。从整体上来看,福州市的生态体统健康状况五区分异较大,自西向东生态系统健康呈逐渐变好的趋势。马尾区生态系统健康状态相对较好,台江区较差,其他 3 个区居中。

马尾区处于一级健康区,生态系统健康状况良好,生态功能完善,生态系统健康程度高,处于生态系统具有持续发展的空间,社会经济良性发展。马尾区人口密度小,人口干扰度小,响应综合指数最高,景观

多样性和均匀度较高,优势度和破碎度较低,虽然土地垦殖率高,综合多方面因素看,其生态系统健康状况仍然是最佳的。

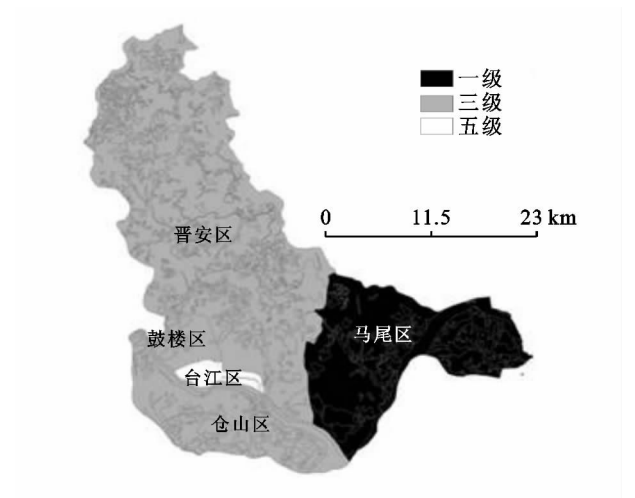


图 2 福州市建成区生态系统健康综合指标等级分布

鼓楼区、仓山区、晋安区处于三级健康区,生态系统结构完整,生态系统健康状况一般,具有一定的活力。生态系统功能基本正常,但敏感性较强,存在少量的生态系统问题。鼓楼区人口密度大,人口干扰度大,森林覆盖率低,景观优势度和破碎度高,虽然景观多样性高,土地垦殖率低,但综合多方面因素看,其生态系统健康状况一般。仓山区土地垦殖率高,人均地区生态总值在五区中最低,区域碳密度、景观多样性和均匀度都较高,其他各项指标都居中,综合多方面

因素看,其生态系统健康状况一般。晋安区垦殖率较低,其他的情况和仓山区较为接近,综合多方面因素看,其生态系统健康状况一般。

台江区处于五级健康区,生态系统结构被破坏,斑块破碎程度高,活力极低,生态功能丧失,生态系统问题大量出现。在压力、状态、响应3个方面台江区的表现都是最差的。区域平均碳密度、均匀度指数、多样性指数均最低,优势度指数和破碎度指数最高,生态弹性度最低,故归属于五级生态系统健康区。

从评价结果上看,结合福州市现有的生态系统健康状况,比较符合福州市生态环境的现状。

5 建议

本文选取福州市建成区为研究对象,通过构建压力—状态—响应(P-S-R)模型,借助 ArcGIS 平台,运用 SPSS 软件、Excel 软件和 Fragstats 3.3 软件,定量化评价福州市建成区生态系统的健康状况。结果得出,福州市五区中,马尾区生态系统健康综合指标处于一级,鼓楼区、仓山区、晋安区处于三级,台江区处于五级,二级和四级空缺。

结合福州市五区的生态系统健康现状,促进生态系统健康的发展,需要在进行经济建设的同时坚持环境保护,实现两者相互协调发展,响应十八大号召,将推动经济社会发展作为第一要义,对现有的生态系统采取严格的生态保育措施,具体可以从以下4个方面入手:(1)加强环境保护宣传教育,提高全民的生态保护意识;(2)加大生态环境保护力度,科学开展生态建设;(3)加强生态保护资金引入机制;(4)加强生态环境综合治理。

参考文献:

- [1] 吴文英. 福州城市景观生态特点与建设途径[J]. 闽江学院学报, 2002, 23(2): 83-86.
- [2] 田雷. 基于遥感信息的生态系统健康评价案例研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [3] Karr J R, Fausch K D, Angermeier P L, et al. Assessing biological integrity in running waters: A method and its rational [M]. Champaign: Illinois Natural History Survey, 1986.
- [4] Leopolda. Wilderness as a land laboratory[J]. Living Wilderness, 1941(7): 3.
- [5] Woodwell G M. Effects of pollution on the structure and physiology of ecosystems[J]. Science, 1970, 168: 429-433.
- [6] Barrettg W. Stress ecology [J]. BioScience, 1976, 26(3): 192-194.
- [7] Rapport D J, Regier H A, Hutchinson T C. Ecosystem behavior under stress [J]. The American Naturalist, 1985, 125: 617-640.
- [8] Kristin S. Ecosystem health: A new paradigm for ecological assessment[J]. Trends in Ecology & Evolution, 1994, 9(12): 456-457.
- [9] Schaffer D J, Henricks E E, Kerster H W. Ecosystem health. 1. Measuring ecosystem health[J]. Environmental management, 1988, 12: 445-455.
- [10] Rapport D J. What constitutes ecosystem health[J]. Perspective in Biology and Medicine, 1989, 33(1): 120-132.
- [11] 周文华, 王如松. 基于熵权的北京城市生态系统健康模糊综合评价[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3244-3251.
- [12] 桑燕鸿, 陈新庚, 吴仁海, 等. 城市生态系统健康综合评价[J]. 应用生态学报, 2006, 17(7): 1280-1285.
- [13] 田雷. 基于遥感信息的生态系统健康评价案例研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [14] 谢花林, 李波, 王传胜, 等. 西部地区农业生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3028-3036.
- [15] 戴全厚, 刘国彬, 田均良, 等. 侵蚀环境小流域生态系统健康定量评价[J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2219-2228.
- [16] 薛亮. 东洞庭湖湿地生态系统健康评价研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010.
- [17] 蒋卫国, 李京, 李加洪, 等. 辽河三角洲湿地生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 408-414.
- [18] 崔保山, 杨志峰. 湿地生态系统健康评价指标体系. II: 方法与案例[J]. 生态学报, 2002, 22(8): 1231-1239.
- [19] 宋利君, 张燕. 漓江流域生态系统的可持续发展研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 191-195.
- [20] 徐寅杰. 山西省生态系统健康研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2012.
- [21] 高占国, 朱坚, 翁燕波, 等. 多尺度生态系统健康综合评价: 以宁波市为例[J]. 生态学报, 2010, 30(7): 1706-1717.
- [22] 刘建, 何宗, 张治清. 基于 GIS 的蒲江县生态环境综合评价研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 130-138.
- [23] 裴雪, 侯淑涛, 谢英楠, 等. 哈尔滨市农业生态系统能值分析[J]. 水土保持研究, 2013, 20(1): 221-223.
- [24] 谭君, 李世平. 铜川市土地利用变化对生态系统服务价值的影响分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 132-136.