

基于 RS 和 GIS 城镇生态脆弱性评价研究

——以慈溪市龙山镇为例

陈 尧, 蒋文伟*, 陈 闪, 王旭东

(浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 临安 311300)

摘 要:以慈溪市龙山镇为研究对象,应用空间主成分分析法构建指标评价体系,从自然因素和人为因素两方面选取 10 个因子组成评价指标。基于 RS 和 GIS 分析平台,对评价数据进行空间叠加,完成了龙山镇生态脆弱性相关评价。结果表明:评价区域空间脆弱性总体一般,以轻度脆弱、中度脆弱和强度脆弱区域所占比例较大。极强度和强度脆弱区主要分布在镇域中部建成区区域,微度和轻度脆弱则主要分布在城镇西南部丘陵区域。随着城镇化发展,人为活动和土地利用增加,将进一步加剧镇域中部生态脆弱性,对城镇生态环境质量有着显著影响。控制人口密度、增加森林植被面积、提高生态廊道连接性、及控制建设用地范围等措施将成为改善城镇生态脆弱性的主要途径。

关键词:生态脆弱性;空间主成分分析法;城镇

中图分类号:S718.557 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)06-0242-08

Ecological Vulnerability of Towns: A Case Study of Longshan Township in Cixi, China

CHEN Yao, JIANG Wen-wei*, CHEN Shan, WANG Xu-dong

(School of Landscape Architecture, Zhejiang A&F University, Lin'an, Zhejiang 311300, China)

Abstract: Assessment was established on the ecological vulnerability of Longshan township in Cixi of Zhejiang. Spatial principal component analysis was adopted to determine the weights of the evaluation factors. The integrated assessment included 10 factors in two sides of nature and human being. Based on RS & GIS, the spatial data were completed from overlaying analysis to the valuation process. The results showed that the ecological vulnerability of Longshan township was in average level, in which the proportions of slightly, moderately, and heavily vulnerable were high. The extremely and heavily vulnerable areas were in the centre of the township, in which the human activities were intensive, while the lightly and slightly vulnerable areas mainly distributed in the south of the town with less disturbance of humanbeing. Along with the development of urbanization, the human activity and the demand of land used increased, resulting in aggravated ecological vulnerability. Increasing the area of forest, strengthening the connectivity in ecological corridors, controlling of population and the expansion of construction were main ways to reduce the ecological vulnerability.

Key words: ecological vulnerability; spatial principal component analysis; town

在经济高速发展以及人口不断增长的背景下, 城镇建设得到极大的提高与重视。城镇人口和规模都较小,建成区绿地空间有限,但镇域范围拥有丰富的自然资源,致使目前国内大多数城镇的整体的生

收稿日期:2015-01-04 修回日期:2015-03-23

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30972342)。

作者简介:陈 尧,女,硕士,研究方向:风景园林规划与设计。E-mail:65450030@qq.com。

* 通信作者:蒋文伟,男,副教授,博士,研究方向:城市生态学与景观生态学。E-mail:wenweijiang@zafu.edu.cn

态格局并不平衡。城镇生态建设目前仍处于被动阶段,在绿地系统规划层面多处于对建成区现有绿地进行规划改造,但总体绿地分布零星,对生态环境的建设难有突破^[1]。近年来,随着对人居环境研究的深入,许多学者针对城镇生态格局做出了相应的研究,詹文^[2]等从城区的功能结构方面对株洲市河西新城进行了绿地系统研究;王媛^[3]等从生态系统服务功能方面对慈溪市匡堰镇进行了空间评估、吕渊^[4]等针对慈溪市附海镇从敏感性等方面对中尺度人居环境进行生态空间格局分析。本研究所探讨的脆弱性是一个临界概念,它所反映的是系统在受到外界因子侵扰的情况下不被破坏,能实现自我修复的一个临界状态。生态脆弱性从生态系统或是特定的景观尺度的角度出发,研究生态系统所表现出的因受到侵扰而产生的敏感反应和恢复状态。在对于生态环境的脆弱性评价中扰动因素的选择中,主要以自然生态系统、社会经济系统和人地耦合系统为研究对象^[5-9]。自 20 世纪 60 年代开始,生态脆弱性就受到了国际地圈生物圈(IGBP)以及国际生物学计划(IBP)等国际性科研机构的重视^[10],国内起步较晚,但一直以来,针对生态脆弱性的研究都在连续不断的进行。目前,国内外对于生态脆弱性已经进行了诸多研究,例如:有关生态环境脆弱性的指标体系及评价流程进行了多方面的分析^[11-12];国内针对溪流、河流流域和石漠化等区域进行了生态脆弱性评价分析^[13-15]。生态脆弱性研究是当前全球变化以及可持续性发展研究的热点问题之一。

城镇镇域范围多拥有丰富的自然生态资源,在相关规划理论的指导下,以生态脆弱性评价结果作为科学数据支撑,对于城镇未来发展形成良好的生态格局一种积极的研究。通过生态脆弱性的分析,对于城镇生态脆弱区域可以实现重点保护,同时了解区域内自然生态特征分布情况,寻求生态经济平衡发展,为城镇未来的生态规划,提供更为有效的科学依据。本研究以浙江省慈溪市龙山镇作为研究对象,根据城镇自然、经济及社会发展特征,从自然因素与人为因素 2 方面选取 10 个评价因子,应用空间主成分分析法构建生态脆弱性评价指标体系,基于 RS 和 GIS 的技术平台对研究区生态脆弱性分布规律进行分析,旨在为城镇生态规划与实践提供理论与技术支撑。

1 研究地概况

龙山镇(30° 2' 26"—30° 7' 31"N, 121° 30' 30"—121° 36' 24"E)位于宁波市慈溪市东南部,交通条件

优越,东宁波江北区、镇海区接壤,西与掌起镇为界,北靠杭州湾。329 国道、中横线贯穿全境。地理环境以大面积平原为主,西南部分布少量山丘。龙山镇属东南亚热带季风型气候,受海洋性季风影响明显,雨量充沛,梅雨季节明显,年平均气温 16℃,多年平均降雨量为 1 243 mm,无霜期 240 d,常年晴天 215.3 d。土壤为典型的组合型平原土壤,山体母质复杂,多属水稻土,结构层次分明。镇内一级一类河道 6 条,非一级一类河道 2 条,河床坡降平缓,正常水位 1.2~3.0 m,汛期为 4—10 月,易发生内涝。

近年来,龙山镇不断加快生态基础设施建设,生态承载力显著提高。龙山镇镇域面积 39.3 km²,辖区拥有 13 所中小学校,3 所卫生院,2 座大型文体中心。全镇现有公共绿化面积愈 130 万 m²,主要道路硬化率、绿化率均在达到 90% 以上。全镇实现地区生产总值 50.7 亿元,同比增长 19%;完成工农业总产值 213.7 亿元,同比增长 17.8%;完成社会固定资产投资 10.2 亿元,列慈溪市各镇(街道)第 1 位,同比增长 12%;农村居民人均纯收入达到 12 900 元,同比增长 11.9%。

2 研究方法

2.1 指标体系的构建

根据城镇发展模式和形成状态等方面特征,从自然因素与人为因素两方面考虑,选取 10 个因素分析构建龙山镇生态脆弱性评价因子。

人为因素方面指标包括人口密度、人均耕地面积和景观土地利用分类。人口指标体现人类对生态脆弱性最直观的影响,日趋严重的消费性污染与生态破坏有直接的关系,人口与生态脆弱性成正相关关系。而针对于农村人口居多的城镇而言,选择人均耕地面积指标更能适合于城镇研究的直观指标,体现自然界人工化情况,与生态脆弱性亦成正相关。参照《土地利用现状分类》(GB/T21010-2007)和国家环境保护部门发布的《生态环境状况评价技术规范》中的土地利用一级分类体系,将龙山镇景观类型划分为林地、耕地、水域、交通用地、建筑用地和其他用地六类。结合专家打分法^[16-18]对上述 6 类景观类型进行赋值,反映其对生态脆弱性影响的大小。

自然因素方面指标包括景观格局分析指数中的分离度、分维数和香农多样性,地形因子中的坡度、坡向和高程,以及反映森林因子的郁闭度。在景观格局指标中,分离度(SPLIT)指不同斑块个体分布的分离程度,分维数(fractal dimension)揭示了斑块及斑块组成的景观形状和面积大小之间的关系,香

农多样性指数(SHDI)反映景观要素的多少和各景观要素所占的比例^[16]。分维数、分离度以及香农多样性指数都正向反映了景观格局的复杂程度,而景观格局越复杂,相应的生态脆弱性也越大。地形因子所择取的3个评价指标中,坡度因子与生态脆弱性成正相关关系,一般来说,随着坡度的增加,地域对于水土保持的能力越弱,相应的生态脆弱性也就越大;根据本研究地域特征而言,随着高程的增加,林地所占比重越大,景观利用类型越单纯,且高程越低,人类足迹越重,故选择高程作为生态脆弱性评价负相关因子;而对于坡向因子的确定主要根据温度因素考虑,温度越高,土壤水分的蒸发也相对较快,北坡的土壤水分比南坡要大。坡向越偏北,生态脆弱性也就越小。本研究选取郁闭度作为森林因子的体现,郁闭度指森林中乔木树冠遮蔽地面的程度,它是反映林分密度的指标,郁闭度越大,相应的生态脆弱性也就越小。

2.2 数据来源与处理

以龙山镇镇域为研究对象,以慈溪市2009年高空航空影像(1:5 000)为主要数据源,结合龙山镇森林城镇总体规划(2011)及现状调查资料作为空间信息提取的基本信息源。首先利用ENVI 4.3对图像进行坐标设定并影像配准,再利用ArcGIS 9.3根据图像对龙山镇进行DEM数据的提取,并对景观土地类型分类、人口密度、人均耕地面积、坡度、坡向以及郁闭度进行分析,最终栅格化输出以上因子空间图形,输出栅格大小均为10 m×10 m。同时利用Fragstats 3.3移动窗口分析香农多样性、分离度与分维数,得到各因子量化数据与图形。

2.3 指标标准化处理

因所选取的各类指标度量方式以及量纲的不

同,指标数据间差异很大,并不具备直接可比性。是以在进行评价之前,必须先将各类指标进行标准化处理,以消除量纲的差别。采用极差归一法对数据进行标准化处理^[19]。此部分需要在ArcGIS平台的支持下,利用其栅格计算功能对数据进行处理。当评价因子与生态脆弱性成正相关时使用公式(1);当评价因子与生态脆弱性成负相关时使用公式(2)。

$$A_i=(X_i-X_{min})/(X_{max}-X_{min}) \tag{1}$$

$$A_i=1-(X_i-X_{min})/(X_{max}-X_{min}) \tag{2}$$

式中: A_i 表示某因子第*i*级的标准化值, X_i 表示某因子第*i*级的初始值, X_{min} 与 X_{max} 代表某因子的阈值。

2.4 权重的确定

为客观体现各指标因子对研究对象的重要性,本研究采用空间主成分分析法确定各指标的权重。空间主成分分析法是将具有相关性的多个变量通过线性变换重新组合为一组综合指标,并且仍能体现其原指标所包含的信息^[20]。在SPSS和ArcGIS平台的支持下,对所选取的10个指标进行空间主成分分析,利用ArcGIS中的Principal Component得到各主成分之间的特征向量关系(表1)。

根据分析所得的特征向量矩阵,运用公式3计算可以得出各因子的贡献率,根据因子的累积贡献率确定主因子个数,一般累积贡献率达到80%~90%就可以完成主因子数的确定^[17]。由表2可知前9个评价指标的累积贡献率>0.9,其中损耗量很少,它们所含有的数据信息能够代表原来10个因子所含有的绝大部分信息,具有较大的可信度。因此,确定在本研究指标体系构建中的主因子数为9。

$$a_i=\lambda_i\sum_{i=1}^m/\lambda_i \tag{3}$$

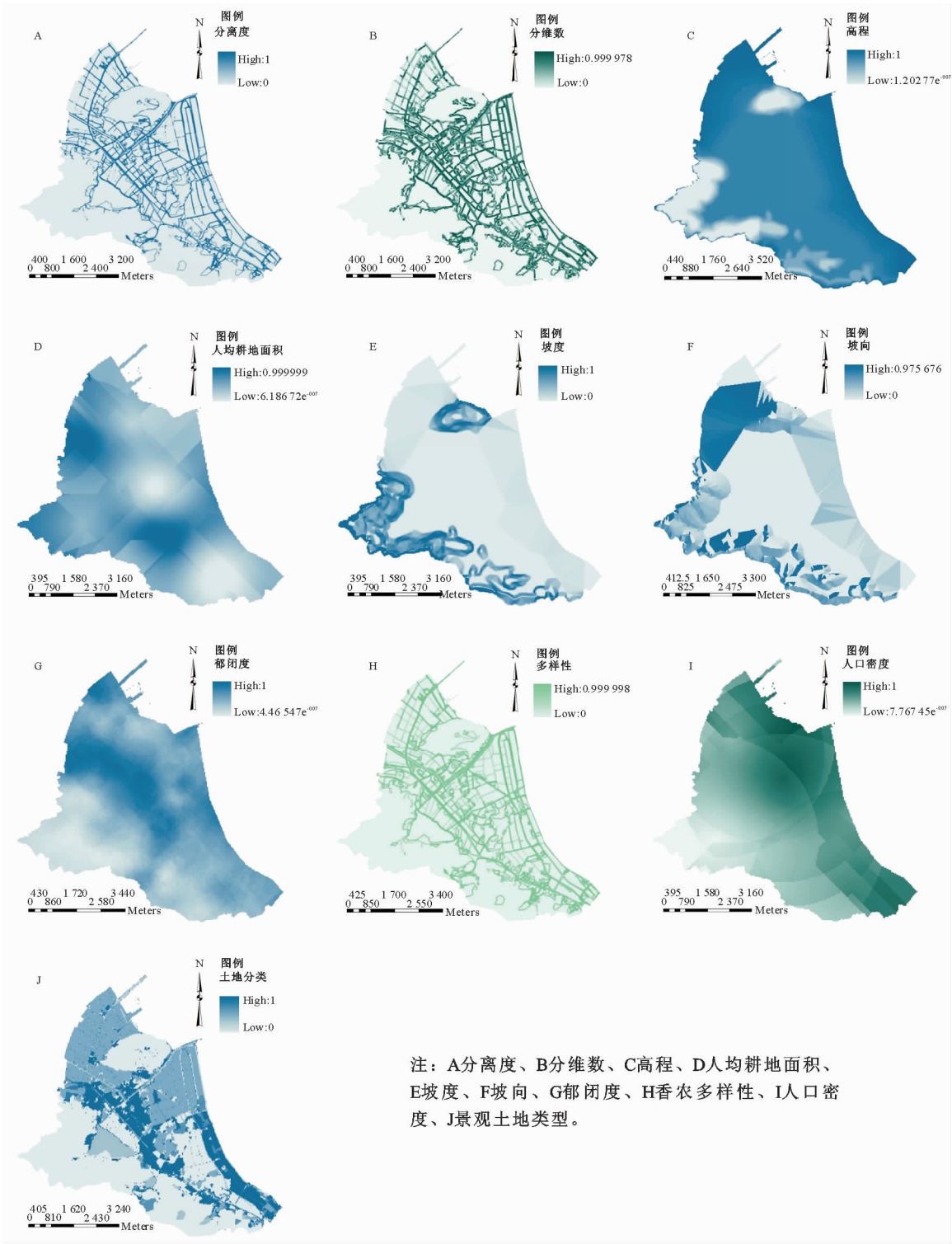
式中: λ 为特征向量值。

表 1 空间主成分的特征向量

Table 1 Eigenvectors of spatial principal components

特征 向量	主成分									
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10
1	0.29	−0.07	0.54	−0.36	−0.10	−0.15	0.67	0.03	−0.00	0.00
2	−0.04	0.21	−0.27	0.38	0.66	−0.11	0.53	0.08	−0.00	0.00
3	0.06	−0.01	0.08	0.21	−0.09	−0.01	0.00	−0.00	−0.21	0.95
4	0.18	−0.04	0.17	0.50	−0.20	−0.01	0.01	−0.01	0.81	0.02
5	0.71	0.38	−0.51	−0.13	−0.24	−0.02	0.03	0.01	−0.01	0.00
6	−0.27	0.89	0.33	−0.01	−0.10	0.10	−0.05	−0.11	0.01	−0.00
7	−0.20	0.09	−0.07	−0.01	−0.23	−0.49	−0.02	0.81	0.01	−0.00
8	0.21	−0.04	0.24	0.64	−0.27	−0.02	0.02	0.00	−0.56	−0.32
9	0.40	0.07	0.37	−0.04	0.51	−0.43	−0.50	−0.00	−0.01	0.00
10	0.22	0.01	0.18	−0.02	0.22	0.73	−0.09	0.57	0.00	0.01

注:a1~a10分别为人口密度、人均耕地面积、分离度、分维数、景观土地分类、坡向、坡度、香农多样性、郁闭度、高程。



注：A分离度、B分维数、C高程、D人均耕地面积、E坡度、F坡向、G郁闭度、H香农多样性、I人口密度、J景观土地类型。

图 1 10 个评价因子标准化处理

Fig.1 Normalization for ten evaluation factors

表 2 主因子的特征值、贡献率和累积贡献率

Table 2 Eigenvalues, contribution rates and accumulated contribution rates of principal components

主因子	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6	因子 7	因子 8	因子 9
特征值/ $\times 10^{-2}$	9.75	4.36	2.83	2.12	1.65	0.73	0.47	0.41	0.17
贡献率/%	13.1	12.6	11.8	11.3	10.6	10.4	10.2	10.0	10.0
累积贡献率/%	13.1	25.6	37.5	48.8	59.9	69.8	80.0	90.0	100

基于主因子数的确定,利用公式 4,根据因子特征向量矩阵计算出评价体系中各评价因子的公因子方差。采用公式 5 对所得各公因子方差进行整合计算,最终得到整个评价体系中各评价因子的权重^[21]。具体指标及其权重见表 3。

$$H_j=\sum_{k=1}^m\lambda_{jk}^2$$

(4)

式中: H_j 是公因子方差; m 为主因子数,在本研究中 $m=9$, $j=10$; λ_{jk} 是指因子 j 相对于主成分 k 的特征值。

$$W_i=H_i/\sum_{i=1}^{10}H_i(i=1,2,3,\cdots,10)$$

(5)

式中: W_i 代表权重, H_i 代表各公因子方差。

表 3 龙山镇生态环境脆弱性评价指标体系

Table 3 Index system for the ecological vulnerability assessment in Longshan township

目标层	分类指标	具体指标	权重
龙山镇生态脆弱性指标	人为因素	人口密度	0.106
		人均耕地面积	0.111
		景观土地利用	0.106
		分离度	0.107
		分维数	0.111
	自然因素	香农多样性	0.075
		坡度	0.110
		高程	0.111
		坡向	0.052
		郁闭度	0.111

2.5 脆弱性评价模型

对于量化的脆弱性指标评价,根据各相关研究成果研究,参照公式 6 所代表的量化模型对各评价指标进行综合因子分析^[6],计算出研究区的各空间单位脆弱性指标。

$$EVI=\sum_{i=1}^nW_if_i$$

(6)

式中: EVI 为生态脆弱性指数, f_i 为评价指标, W_i 为各指标的权重。 EVI 越大,生态脆弱性越大,生态系统越不稳定;相反 EVI 越小,生态脆弱性就小,生态系统越不容易被破坏。

对龙山镇生态脆弱性研究结果采用的定性分析的检验方法,所选取的检验指标是归一化植被指数($NDVI$),在自然界的生态体系中一个重要的构成部分即是植被。随着城镇生态建设不断发展,绿色空间格局的概念一再被提及,检验一个区域的生态环境是否良好的重要指标往往就是以植被的丰富程度作为体现。一般来说,研究区域的植物群落的丰富程度越好,相应的生态环境的脆弱性也就越低。据此,本研究选用 $NDVI$ 指数说明龙山镇的植被分布状况,从而检验龙山镇生态脆弱性研究结果是否合理。 $NDVI$ 指数能够较好的体现空间植被分布

情况,是一个应用普遍的植被指数。它的研究分析是基于研究区域的遥感影像之上,将多波段数据转化为统一的波段,并对研究区域植物的分布情况进行显示,与植被分布的密度呈线性关系^[17]。 $NDVI$ 的计算公式 7 如下:

$$NDVI=(D1-D2)/(D1+D2)$$

(7)

式中: $D1$ 代表所获取的遥感影像上可见光红光波段的反射率,在这个波段范围,绿色植物的反射率最低; $D2$ 代表红光波段反射率。

3 结果与分析

3.1 龙山镇生态脆弱性评价指标的分级和权重

根据研究区域生态脆弱性研究结果以及其地域特征,基于自然断点分级法^[22]将龙山镇生态脆弱性程度从低到高分为 5 个等级:微度脆弱、轻度脆弱、中度脆弱、强度脆弱和极强度脆弱。这 5 个等级区域所具有的特征分别是:微度脆弱区域的生态环境良好,绿地覆盖率大且植物群落结构稳定,人类活动足迹少,外界压力较小,抗干扰能力强。轻度脆弱区域的生态环境较好,物种不是很丰富,但植物群落结构较稳定,人为影响因素同样较小,抗干扰能力较强。中度脆弱区域内植被开始减少,地带多位于从森林生态用地到人居环境用地之间的过渡地带,物种减少较多,有一定的人为破坏行为,外界压力较大,植物群落结构稳定性降低,抗干扰能力较低。强度脆弱区域的生态系统处于不稳定阶段,异常生态情况较多,植物分布疏散,植物群落结构不稳定,人类干扰严重,在生产和生活过程中对生态系统产生了较大的破坏作用,土地利用率高,物种骤减,且生态的自我恢复力低,抗干扰能力差。极强度脆弱区域的生态异常大面积出现,系统极不稳定,植物分布零星甚至没有,土地硬化现象严重,人类活动频繁,景观斑块破碎化严重,外界压力很大,抗干扰能力极差。

在龙山镇的生态脆弱性评价指标中,人口密度、人均耕地面积及景观土地利用 3 个因子的权重其值较大,说明人为因素对龙山镇的生态情况影响较大,而其中代表农业化的人均耕地面积权重最大,说明城镇的农业化水平对生态脆弱性的影响有着重要的作用;在自然因素中,坡向因子与香农多样性指数权重较小,说明景观空间异质性以及光照环境对生态脆弱性的影响相对较小;郁闭度、高程、坡度、分离度和分维数对生态环境的影响都相对均衡,说明景观格局的复杂性、森林植被以及海拔环境对生态脆弱性都有着重要作用。

3.2 龙山镇生态脆弱性指数和脆弱度分布

生态脆弱性评价指标区间是判断研究区域生态环境脆弱性值的重要参数,经由生态脆弱性评级模型计算分析,得出龙山镇生态脆弱性复合值区间为 0.12~0.64,平均值为 0.36,利用 ArcGis 软件空间统计分析中自然断点分级法(Jenks)^[22]将研究区生态脆弱性分为 5 级:微度脆弱(0.12~0.25)、轻度脆弱(0.25~0.33)、中度脆弱(0.33~0.41)、强度脆弱(0.41~0.47)和极强度脆弱(0.47~0.64)。各级脆弱程度所占城镇面积及比例(表 4)及龙山镇脆弱性(图 2)分级指标与其土地利用情况可知,龙山镇整体的生态状况一般,轻度脆弱区域所占的比例最大,占总面积的 24.6%;中度脆弱和强度脆弱区域较大,占总面积区域的 24%和 22.5%;微度脆弱占总面积的 17.5%;极强度脆弱区域最小,仅占总面积的 11.9%。整个慈溪市龙山镇的生态脆弱性指数平均值为 0.36,根据脆弱性分级等级来看,龙山镇处于中度脆弱。龙山镇的脆弱性分布变化趋势呈现出从北到南的过渡阶段,西南部由于山体的绿地覆盖较大,区域脆弱性较好,而中部以北,城镇建设面积大,区域脆弱性较差。

表 4 龙山镇脆弱等级分级统计

Table 4 Grading statistics of ecological vulnerability in Longshan town				
脆弱性等级	生态环境脆弱性指数	栅格数	面积 /×10 ⁶ m ²	百分比/%
微度脆弱	0.12~0.25	4 310	6.896 0	17.5
轻度脆弱	0.25~0.33	6 034	9.654 4	24.6
中度脆弱	0.33~0.41	5 892	9.427 2	24.0
强度脆弱	0.41~0.47	5 527	8.843 2	22.5
极强度脆弱	0.47~0.64	2 802	4.483 2	11.9

注:微度脆弱值 0.12~0.25、轻度脆弱值 0.25~0.33、中度脆弱值 0.33~0.41、强度脆弱值 0.41~0.47、极强度脆弱值 0.47~0.64。

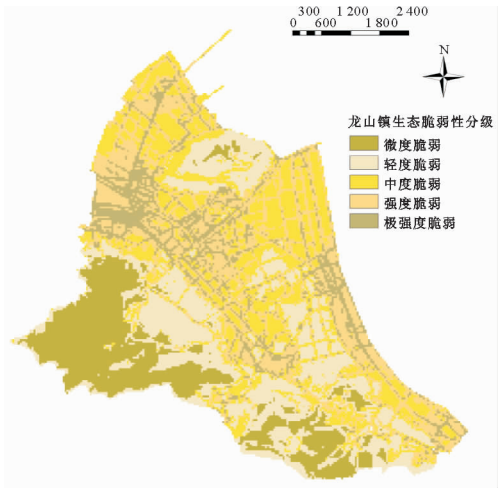


图 2 龙山镇生态脆弱性分级

Fig. 2 Spatial distribution of the ecological vulnerability in Longshan town

3.2 基于 NDVI 值的检验

利用 ENVI4.3 的分析平台,提取龙山镇的 NDVI 值,在 Arc GIS 9.3 的平台上,对其进行可视化转换,龙山镇 NDVI 分析图(图 3)。

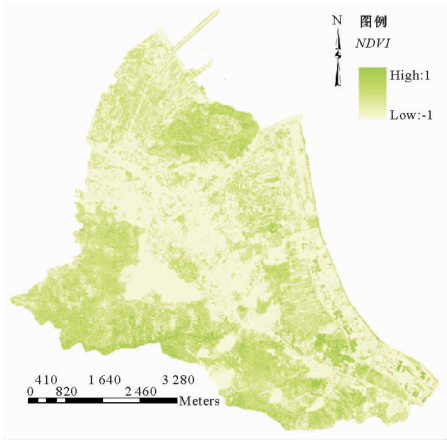


图 3 龙山镇 NDVI 分析

Fig. 3 NDVI analysis diagram of Longshan town

将所得到的 NDVI 指数与生态脆弱性评价结果进行回归分析,得到两者简单的线性相关关系。

$y = -3.489\ 3x + 1.310\ 2\ R^2 = 0.799\ 7$

本研究 $R^2 = 0.799\ 7$,且经由回归分析所得相关显著性检验系数 $R = 0.894 > 0.449 = R_{0.01,30}$,表明植被指数(NDVI)与生态脆弱性指数(EVI)之间具有显著相关性,NDVI 值可以相应的反映研究区生态脆弱程度。

根据研究区域 NDVI 的分析(图 4)可以看出,慈溪市龙山镇西南部山区植被密度较大,中部区域则植被稀疏甚至没有,在城镇建设用地较多的地方,植被分布明显较少,与其生态脆弱性西南地区较小,中部地区较高的走向基本一致。由此可以验证:基于 RS 和 GIS 平台,并通过空间主成分分析法开展实施的龙山镇生态脆弱性评价具有较高的可信度。

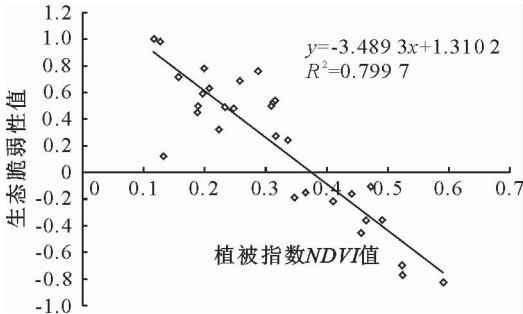


图 4 龙山镇 NDVI 指数与生态脆弱性线性关系

Fig. 4 The linear relationship between NDVI and ecological fragility in Longshan town

3.3 龙山镇生态环境脆弱性成因分析

龙山镇是浙江省中心城镇之一,气候温和湿润、

四季分明,属于北亚热带季风气候区,适宜动植物生长与繁衍。龙山镇林业基础良好,经济快速增长促进了城镇林业发展。近年来,龙山镇高度重视生态林业建设,强化了森林资源保护,积极预防森林病虫害,防控森林火灾发生,严厉禁止毁林开荒及乱砍滥伐现象,不断加强对古树名木的保护力度。同时,龙山镇还有着较好的城镇生产、生活功能和产业结构,诸如影响城镇建设等人为因素也在不断增加。因此,龙山镇整体平均脆弱性属于中度脆弱。

龙山镇西北部和中部区域范围内的脆弱性多属于极强度脆弱或强度脆弱,其用地类型以建设用地和交通用地所占比重较大,而人口分布稀少的西南部丘陵地带则呈现微度脆弱或轻度脆弱。自然因素对于龙山镇生态脆弱性影响主要在于:龙山镇分离度较高,达到了 11.16。分离度反映了不同斑块的离散程度,龙山镇景观格局较为复杂;从郁闭度来看,全镇森林资源呈现出地域分布不均衡,整体性森林资源主要分布于南部山地,北部有小部分山地森林分布。而城镇中部和北部则是以人居环境建设区为主,镇区森林资源较少。镇区森林主要分布在河流沿岸、伏龙山和交通道路两侧,还分布有零星生态经济林。同时,镇区大部分地方高程<40 m,平均高程较低,西南部高程较高区域则拥有较好的生态环境。

龙山镇中部和北部区域村庄和城镇较密集,人口密度相对较高,由于城镇社会发展,对建成区范围土地利用类型开发相对复杂,对生态系统的自然格局改变较大,使得生态脆弱性增大;城镇和村庄的绿化程度总体不高,且城镇内新旧道路绿化水平差异大,植物景观断裂现象相对明显,原有道路绿化率基本不高,老城区绿化布局零星,非主干河道的绿化率也不高,在建成区穿境而过的河道几乎没有绿化用地,两侧基本分布建筑用地。龙山镇也没有进行立体绿化建设,导致绿地生态斑块出现断裂现象,生态廊道的连通性并不高。城镇内部绿地斑块总量偏少且斑块面积较小,建设的公园绿地、街旁绿地较为单一,人均绿地面积较少,单位绿地的建设现况也并不到位,城镇树种相对单一,对因城镇社会发展所引发的生态脆弱性并未起到很好的平衡与减缓作用。

4 结论与讨论

生态脆弱性体现出生态环境的自我修复能力,不论是自然因素还是人为因素,对其都有影响。相比而言,自然因素为其内在因素,人为因素则是其外在影响因素。如何平衡二者之间关系,促使生态环境处于一种和谐稳定的状态,具有重要的生态建设

意义。

龙山镇生态脆弱性呈现出中部重,西南和北部山体较轻的分布特征。整体生态脆弱性达到中度脆弱的情况足以引起重视,生态系统的自我修复力此时处于较弱的情况,更容易受到外界的影响,从而使生态环境更易产生偏差。就龙山镇生态脆弱性现状来看,整体生态脆弱性属于中度偏轻度的情况,如果不采取措施而任由其发展,过渡区域很容易受到人类发展的侵蚀而使生态环境恶化。采取科学合理的生态规划措施,加强生态廊道的连通性是保障城镇发展的必要条件。

龙山镇是一个非工业城镇,为调控城镇经济发展与环境保护之间关系,建议减少景观格局的分离度,在强度和极强度生态脆弱性区域,利用生态廊道的线性发展,增强各斑块之间的连通性。增强土地利用规划,对于辖区未利用的其他用地,要加大植物的覆盖度,改善城镇用地的硬质化而给生态环境带来的负面影响。在龙山镇中度脆弱和微度脆弱的区域,要增强生物的多样性,强化植物配置生态循环功能,减少人为不合理开发所引起的生态脆弱性增加情况发生,同时要控制建设用地增加情况。对于原有的微度生态脆弱区,要继续维护生态保育与管理等措施。

本研究评价因子的选择尚具有一定的主观性,评价因子的信息覆盖尚不全面,仍需要探讨更为客观有效的评价体系。另外,将社会影响因子转换为空间属性因子并与其他因子叠加分析,赋予权重数值也具有一定的主观性,不免对评价结果科学性和准确性产生一定的影响。总之,探寻科学性更高的生态脆弱性评价方法,对于保障城镇生态安全、促进城镇生态建设将具有重要意义。

参考文献:

[1] 王伟,杨晓东,纪江海,等. 小城镇绿地系统规划研究—以石家庄市大河镇绿地系统规划为例 [J]. 中外建筑, 2004(4): 57-59.
WANG W, YANG X D, JI J H, *et al.* The study on green system planning of small town—a case in Dahe Town’s green system planning of Shijiazhuang City [J]. Chinese and Overseas Architecture, 2004(4): 57-59. (in Chinese)

[2] 詹文,张岚. 株洲市河西新城绿地系统规划研究 [J]. 规划师, 2004,20(3): 36-709.
ZHAN W, ZHANG L. Study on the planning of the greenbelt system of Hexi New Town of Zhuzhou [J]. Planners, 2004, 20(3): 36-38. (in Chinese)

[3] 王媛,蒋文伟,陈姝. 慈溪市匡堰镇生态系统服务功能价值空间分布评估 [J]. 西北林学院学报, 2013, 28(5): 58-62.
WANG Y, JIANG W W, CHEN S. Spatial distribution as-

essment of ecosystem service function value in Kuangyan town, Cixi City [J]. Journal of Northwest Forestry, 2013, 28 (5): 58-62. (in Chinese)

[4] 吕渊, 蒋文伟, 过萍艳. 浙江省慈溪市附海镇生态用地研究 [J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(2): 196-203.
LYU Y, JIANG W W, GUO P Y. Ecological land use in Fuhai Town, Cixi City [J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2014, 31(2): 196-203. (in Chinese)

[5] 张龙生, 李萍, 张建旗. 甘肃省生态环境脆弱性及其主要影响因素分析 [J]. 中国农业资源与规划, 2013, 34(3): 55-59.
ZHANG L S, LI P, ZHANG J Q. Analysis of ecological vulnerability and its major influencing factors in Gansu Province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2013, 34(3): 55-59. (in Chinese)

[6] 刘正佳, 于兴修, 李蕾, 等. 基于 SPR 概念模型的沂蒙山区生态环境脆弱性评价 [J]. 应用生态学报, 2011, 22(8): 2084-2090.
LIU Z J, YU X X, LI L, *et al.* Vulnerability assessment of eco-environment in Yimeng mountainous area of Shandong Province based on SRP conceptual model [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(8): 2084-2090. (in Chinese)

[7] 类延中, 冯颖, 周宝同, 等. 基于空间主成分分析及聚类分析法的岩溶区生态脆弱性评价—以毕节岩溶区为例 [J]. 广东农业科学, 2013(2): 168-172.

[8] 靳毅, 蒙古军. 生态脆弱性评价与预测研究进展 [J]. 生态学杂志, 2011, 30(11): 2646-2652.

[9] METAGER M J, ROUNSEVEL M D. The vulnerability of ecosystem service to land use change agriculture [J]. Ecosystems and Environment, 2006, 114(1): 69-85.

[10] MCCARTHY J J, CANZIANI O F, LEARY N A, *et al.* Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. contribution of working group ii to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change (IPCC) [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 1-10.

[11] DE LANGE H J, SALA S, VIGHI M, *et al.* Ecological vulnerability in risk assessment: a review and perspectives [J]. Science of the Total Environment, 2010, 408(18): 3871-3879.

[12] SCHROTER D, POLSKY C, PATT A G. Assessing vulnerabilities to the effects of global change: An eight step approach [J]. Mitigation and Adaptation strategies for Global change, 2005(10): 573-596.

[13] HUANG P H, TSAI J S, LIN W T. Using multiple-criteria decision-making techniques for eco-environmental vulnerability assessment; a case study on the Chi-Jia-Wan Stream watershed, Taiwan [J]. Environ. Monit. Assess., 2010, 168: 141-158.

[14] 雷波, 焦峰, 王志杰, 等. 延河流域生态环境脆弱性评价及其特征分析 [J]. 西北林学院学报, 2013, 28(3): 161-167.
LEI B, JIAO F, WANG Z J, *et al.* Eco-environment vulnerability evaluation and characteristics analysis in Yanhe River Watershed [J]. Journal of Northwest Forestry, 2013, 28 (3): 161-167. (in Chinese)

[15] 郑爽, 陈笑媛. 基于模糊综合评判法的普定县石漠化区域生态脆弱性评价 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52(15): 3737-3739.

[16] 谭媛. RS 和 GIS 支持下景区生态脆弱性研究及旅游资源评价 [D]. 北京: 北京林业大学, 2007.

[17] 孙冬. 基于 GIS 的吉林省生态脆弱性研究 [D]. 长春: 东北师范大学, 2013.

[18] 吴珊珊. 莱州湾南岸滨海湿地的景观格局变化及其生态脆弱性评价 [D]. 济南: 山东师范大学, 2009.

[19] 麻素挺, 汤洁, 林年丰. 基于 GIS 和 RS 多源空间信息的吉林西部生态环境综合评价 [J]. 资源科学, 2004, 26(4): 140-145.
MA S T, TANG J, LIN N F. Synthetic assessment of eco-environment in the western Jinlin Province based on multi-sources GIS and RS spatial information [J]. Resources Science, 2004, 26(4): 140-145. (in Chinese)

[20] 徐庆勇, 黄玫, 刘洪升, 等. 基于 RS 和 GIS 的珠江三角洲生态环境脆弱性综合评价 [J]. 应用生态学报, 2011, 22(11): 2987-2995.
XU Q Y, HUANG M, LIU H S, *et al.* Integrated assessment of eco-environmental vulnerability in Pearl River Delta based on RS and GIS [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(11): 2987-2995. (in Chinese)

[21] 赵冰. 基于 GIS 的大别山_桐柏山区生态脆弱性评价 [D]. 济南: 山东师范大学, 2010.

[22] 曾杰, 李江凤, 姚小微. 武汉城市圈生态系统服务价值时空变化特征 [J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 883-891.
ZENG J, LI J F, YAO X W. Spatio-temporal dynamics ecosystem service value in Wuhan Urban Agglomeration [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(3): 883-891. (in Chinese)