

DOI: 10.5846/stxb201306051352

董仁才,李思远,全元,董志南,李春明,郑拴宁,刘昱聪.城市可持续规划中的生态敏感区避让分析——以丽江市为例.生态学报,2015,35(7): 2234-2243.

Dong R C, Li S Y, Quan Y, Dong Z N, Li C M, Zheng S N, Liu Y C. Avoidance analysis in urban sustainable planning based on ecologically sensitive areas in Lijiang City, Yunnan Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(7): 2234-2243.

城市可持续规划中的生态敏感区避让分析 ——以丽江市为例

董仁才¹, 李思远^{1,2}, 全元^{2,3}, 董志南^{2,3}, 李春明³, 郑拴宁³, 刘昱聪⁴

1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021

4 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥 230009

摘要:为促进城市可持续发展,在科学合理规划城市空间格局的基础上,应突出强调保护原有特色生态环境要素,保育生态系统服务功能和原住民人居环境。作为世界文化遗产,丽江城市面貌在过去数十年发生了深刻变化,城市用地显著扩张,同时严峻的环境问题对城市可持续发展提出挑战。以丽江市为例,选取对其发展影响深远的水系元素、噪声环境因子和森林火灾 3 个关键生态敏感因子,提出通过分析这类生态敏感区在城市规划过程中的避让方法、程度,区划城市规划基本空间格局,以避免城市未来因生态环境问题突出而制约其发展的规划用地思路。结果表明,丽江城区周边湖泊水系、古城内部及周边原住民人口密集区都是保障城市可持续发展的生态保护重点地区,在城市用地规划中必须予以避让;该区域面积为 147.2 km²,占研究区面积的 11.1%。同时,明确给出了规划用地的具体空间控制范围和相应的避让原则。

关键词:生态敏感性分析;特色生态要素;规划用地;避让;丽江

Avoidance analysis in urban sustainable planning based on ecologically sensitive areas in Lijiang City, Yunnan Province, China

DONG Rencai¹, LI Siyuan^{1,2}, QUAN Yuan^{2,3}, DONG Zhinan^{2,3}, LI Chunming³, ZHENG Shuanning³, LIU Yucong⁴

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

4 School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: Urbanization is profoundly changing the sustainability of cities. On the one hand, the economy and society are developing rapidly, accompanied by an intense growth in the urban population that has exceeded growth in the rural population. On the other hand, urbanization is associated with a dramatic change in land use. The urban ecosystem and the surrounding natural ecosystem have been undergoing profound changes, some of which may undermine the foundations of the sustainable development of cities. The scientific and rational planning of urban spatial patterns is crucial in fostering the sustainability of cities. In planning procedures, emphasis should be placed on the maintenance of indigenous special eco-environmental elements, ecosystem services and the human settlement of indigenous persons, which are important to the

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2013BAJ04B03), (2011BAC09B08)

收稿日期:2013-06-05; 网络出版日期:2014-05-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dongrencai@rcees.ac.cn

sustainability of cities. As a famous tourist city and a world heritage site, Lijiang City has experienced a dramatic urban expansion during the last few decades. Meanwhile, it is facing many related environmental problems, including the degradation of riverine ecosystem services, noise pollution in the Old Town of Lijiang City, and forest fires at the wild-urban interface. All of these issues threaten the sustainability of Lijiang City. To maintain its sustainable development, this paper proposed an improved land planning methodology based on ecological sensitivity analysis. This would aim to prevent the city from future environmental problems, which would limit its development. By avoiding such environmental issues, an urban spatial pattern that aimed to ensure the sustainable development of the city could be developed. By analyzing the environmental problems of the city, the authors focused on three ecologically sensitive factors: namely, the water system, noise pollution and forest fires. Water is the soul of Lijiang City, and it is a distinctive ecological element. The condition of the water system is important to the integrity of ecosystem services and the normal operation of the city. With the development of tourism, the noise pollution in the Old Town of Lijiang City is becoming serious. It is closely allied to people's wellbeing and a harmonious society. Urban expansion increases the area of the wild-urban interface, which may increase the risk of forest fires. This is related to the security of the city. So, all three factors are essential to the sustainability of Lijiang City. By considering the potential damage each factor may cause, this paper assigned a corresponding importance to each of the factors. The authors then zoned the ecologically sensitive areas and analyzed how—and to what extent—to avoid these areas in land planning. The results indicated that the most important areas for ecological protection and sustainable development were the lakes and rivers around the Lijiang basin, and the areas with high population density around, or in, the Old Town of Lijiang City. Thus the authors concluded that these regions must be avoided in urban planning strategy. The area of these regions was 147.2 km², which accounted for 11.1% of the study area. Meanwhile, 48.3% of the study area was of low sensitivity and mainly located in the northeast of the study area, surrounding the Lijiang basin and Yulong Snow Mountain. In addition, other limited areas for urban planning land were also identified and principles of avoidance were proposed accordingly.

Key Words: ecological sensitivity analysis; distinctive ecological element; land planning; avoidance; Lijiang City

城市化运动深刻地影响着城市可持续发展能力。取得令人瞩目的社会、经济成就的同时,城市化加剧了人类活动对资源的利用,极大地改变了城市内部与周边的自然生态系统。随着土地利用类型的大规模转变,大量耕地、湿地、天然林地等生态用地被蚕食,城市建设用地迅猛扩张,导致生物多样性降低、局部小气候改变等生态问题,一定程度上降低了生态系统服务功能,削弱城市发展的自然基础^[1-3]。因此,面对快速城市化进程,如何合理规划城市用地,保育生态系统服务功能,维持城市可持续发展的自然基础,是当前城市发展面临的一大问题。

针对这一问题,学术界将生态敏感性分析视为可行的规划途径之一^[4-6]。生态敏感性是指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度,说明发生区域生态环境问题的可能性大小和难易程度^[7]。生态敏感性分析即通过对生态敏感因子的综合分析来辨识相应的生态敏感区。研究范式一般为:1)选取生态敏感因子,2)建立各因子指标体系,3)单因子敏感性分析,4)综合敏感性分析^[8]。其中生态敏感因子的选取是关键步骤。早期国内外研究多关注单一生态问题或单因子的生态敏感性分析,后发展到当前综合多因子的敏感性分析,因子多为基础自然要素,如水域、植被、海拔等^[7, 9-10]。近年来城市生态敏感性分析逐渐开始考虑人为要素,因为城市是典型的社会-经济-自然复合生态系统,人类活动是这一系统中最活跃的因素^[11],人为要素对环境的作用不容忽视。如颜磊等^[8]分析北京市域生态敏感性程度及空间分布时,除选取水土流失等自然要素外,还考虑采矿、路网等人文要素;刘爱华等^[12]在对十堰市的生态敏感性分析中,不仅考虑高程、植被覆盖等自然生态因子,还考虑土地利用类型、所在流域与丹江口水库距离等人类活动因子。但总体上,当前城市生态敏感性研究主要着眼于保护城市及其周边生态系统健康,对城市特色生态要素、乡土生境与栖息地等要

素在城市建设中的重视不足。事实上,保护这些要素同样是维持生态系统服务功能完整性,保障城市可持续发展自然基础的内在要求^[13-14]。

为避免城市未来因生态环境问题突出而制约其发展,在生态敏感区划分的基础上,分析针对这类区域的避让程度和方法,定位城市规划基本空间格局,这是本研究避让分析的基本思想,体现着长期效益与短期效益的博弈。著名城市规划师麦克哈格^[15]在《设计结合自然》(Design with Nature)中,针对新泽西海岸问题,指出应禁止开发滨海地带的主沙丘等区域,包括禁止通过、破口或建筑,以维持沙丘的生态功能,避免可能发生的灾害。鉴于上述分析,本文以丽江市为例,通过分析城市自身特色以及发展面临的突出问题,选取丽江特色生态要素等生态敏感因子进行分析,并针对这类生态敏感区开展避让分析,旨在为实现丽江市的可持续发展提供参考信息。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

丽江市地处云南省西北部,云贵高原西缘,属滇藏地槽褶皱系与扬子准地台的结合部^[16-17]。地势西北高、东南低,平均海拔 2400 m。玉龙雪山为境内最高点,主峰扇子陡海拔 5596 m,境内最低点为金沙江河谷,海拔为 1016 m^[16]。地貌类型丰富,包括盆地、山地、平原、冰川、峡谷等。丽江市地处低纬高原,全年太阳高度角大,辐射较强。大部分地区属低温带高原山区气候,长年气温在 12.6—19.9 ℃ 之间;冬暖夏凉,气温年较差小^[17-18]。年降水量为 995—1283 mm,主要集中在 6—9 月,期间降水量占全年降水量的 80% 以上,干湿季明显^[17]。丽江市植被类型丰富,主要属 2 大植被带,即中亚热带常绿阔叶林地带和青藏高原东部山地寒温带针叶林带,同时灌木、草丛等植被类型也有所分布。丽江市土壤类型丰富,主要有棕壤、红壤、亚高山寒漠石质土、水稻土等;其中棕壤分布最广,红壤次之^[19]。本文研究区位于丽江市中部,面积约为 1331.9 km²,地理坐标 26°45′—27°9′ N, 100°4′—100°23′ E。研究区主体为丽江盆地,包含拉市海、文海和玉龙雪山自然保护区部分区域,水系资源丰富,涵盖了丽江市主要的典型生态要素;行政区划上主要包括古城区中心的大研镇和玉龙纳西族自治县部分区域(图 1)。其中古城区第三产业相对发达,旅游业是其支柱产业;第六次全国人口普查中古城区常住人口为 21.1 万人,少数民族人口众多,其中纳西族占总人口的 44.6%。

丽江市是国家级历史文化名城,并被列入“世界文化遗产”名录,“三江并流”景区被列入“世界自然遗产”名录,因此每年有大量游客前来观光。但随着旅游业的发展以及城市化的推进,丽江市面临严峻的环境、社会问题,在研究区内主要表现为古城区水质恶化、噪声污染严重,原住民不断减少以致古城区纳西传统文化逐渐衰退等^[20-23]。如果不进行合理的规划和保护工作,可能导致用水紧张,传统民族文化的逐步消失,进而损坏丽江的城市特色,不仅影响居民的正常生活和城市的正常运行,还会影响旅游业,阻碍城市的可持续发展。

1.2 生态敏感因子

不同区域或城市有不同的自然、经济、社会属性,因子选取要因地制宜。如尹海伟等^[9]在进行吴江东部地区生态敏感性分析时,选取了水域、海拔与堤防、植被、耕地地力 4 个生态因子;韩贵锋等^[24]选取土地覆盖类型、高程、地质灾害、生境类型等 8 个因子评价四川省万源市的生态敏感性;潘峰等^[25]在研究克拉玛依市生态敏感性研究中选取了土壤侵蚀、土地沙漠化、土壤盐渍化、生物多样性、油田开发活动等自然要素和人为要素。

在旅游业持续发展、城市进一步扩张过程中,丽江市面临严峻的环境、社会问题,保护丽江特色的水系、还古城原住民一个安静的住区生活环境、提高城市可持续发展能力的呼声不断提高。通过分析现阶段发展现状,本研究选取丽江市发展进程中表现突出的 3 个要素——特色水环境、噪声、森林火灾,开展了其对规划用地影响的具体分析。

1.2.1 特色水环境

水是丽江古城的灵魂。“城依水存,水随城在”是丽江古城的一大特色,形成主街傍河、小巷临水、跨水筑

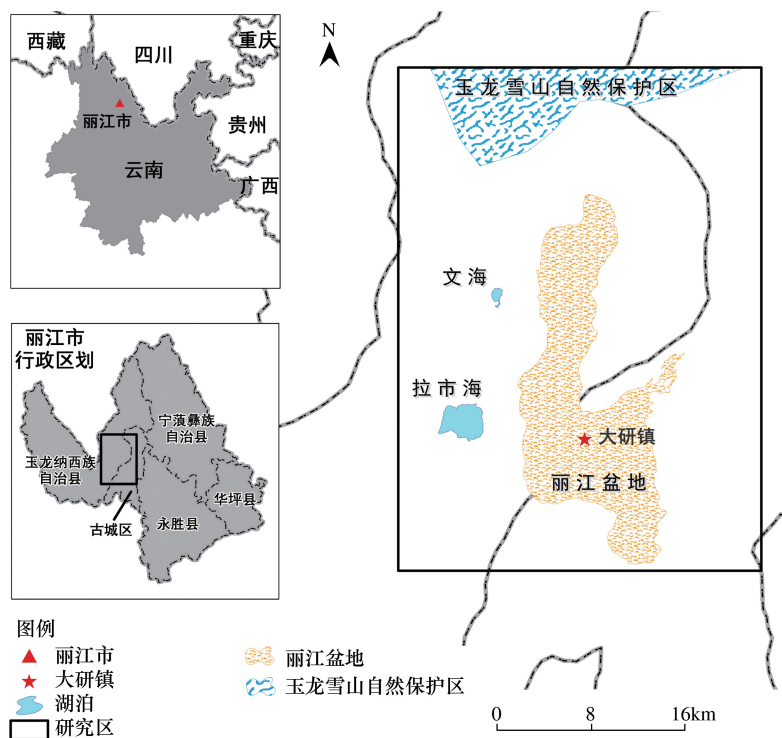


图1 研究区域

Fig.1 The study area

楼的景象。同时古城内部还分布在多样的水井、小水塘。丽江盆地水资源主要包括地表水和地下水,其中地下水是城市主要水源。盆地地下水主要由盆地及周边大泉(占 58%)和大气降水(占 29%)补给,其余由玉龙雪山冰雪融化补给(占 13%)。盆地地表水体主要有发育于玉龙雪山南麓的漾弓江水系的东干河、中干河(在古城称为玉河水系)和西干河,以及盆地边缘的岩溶大泉^[22-23]。丽江盆地用水主要包括城市、景观和农业灌溉用水^[22]。随着丽江的城市化和旅游业发展,其水资源面临一系列问题:地表水水质恶化,古城区及其周边的河网密度减小,漾弓江流域生态系统功能减弱^[20,22];同时,地下水资源被大量开采,而需水量逐年增加,未来几年可能面临用水紧张局面^[22]。一旦水资源安全受到威胁,将极大影响城市的正常运行及可持续发展,危及丽江古城自古延续的生态文明。因此在城市规划用地中必须考虑对特色水资源的保护,以保育丽江的城市特色,维持城市生态文化的连续性,保障城市发展的自然基础。

1.2.2 噪声

噪声污染是城市可持续发展面临的主要环境问题之一,不仅影响诸多生态过程,还会影响居民的身体健康^[26-27]。近年来由于丽江旅游业的发展,原住民不断受到不和谐的噪声污染,严重影响了城市的和谐稳定以及旅游性城市的持续发展^[21]。针对噪声污染,丽江市提出创建噪声达标区来保障城市良好的声环境。噪声达标区系指在《声环境质量标准》(GB3096—2008)^[28]适用区域划分的基础上,经过强化环境噪声的管理,使得区域内环境噪声水平和环境噪声管理措施达到以下各项要求的单一功能区域,要求包括:区域环境噪声平均等效声级达到该区域所执行的环境噪声标准;区域内对道路交通噪声、社会生活噪声有具体和完善的控制措施和管理规定。因此为促进城市可持续发展,必须保证足够的噪声达标区,原有噪声达标区不能随意挤占与破坏。

1.2.3 森林火灾

丽江境内森林资源丰富,林地面积大,森林覆盖率为 40.3%,为云南省的第二大林区^[29]。随着丽江市的发展,建设用地延伸到林区附近,城镇森林交界域的面积扩大,增大了森林火险区的面积,森林火灾对城市可持续发展的制约日益体现^[30-31]。1999 年 3 月玉龙雪山发生森林大火,严重威胁着玉龙雪山旅游风景区和闻

名遐迩的“万朵山茶”所在地玉峰寺;2000年3月4日,玉龙雪山景区发生山林火灾,受害森林面积 2.3 km^2 ;2001年4月12日玉龙雪山山脚再次发生火灾;2005年1月入山收费站附近发生火灾,过火面积 1.3 km^2 ;2006年4月12日下午玉龙雪山九子海与建新林场之间的茨美阁林区再次发生森林火灾,距离玉龙雪山景区约 3 km ,火场总面积 3.2 km^2 ,受害森林面积 1.1 km^2 。因此,丽江城市建设需要主动避让森林火灾风险等级高的地区,以避免发生较大的经济损失及人员伤亡。

1.3 研究方法与数据来源

每个生态敏感因子有各自不同的影响因素,因子的敏感性体现为各影响因素或其组合的敏感性。因此首先对各因子的影响因素划分敏感性等级,建立指标体系,然后进行单因子敏感性分析,最后综合各单因子敏感性分析结果,得到研究区综合敏感性分析结果。本研究将敏感性划分为5个等级,即极敏感、高度敏感、中度敏感、低敏感和不敏感。对应的数值采用9分制,极敏感赋值9,不敏感赋值1。主要数据源包括国家1:1万地形图、1:5万地形图,丽江市30 m分辨率的DEM(Digital Elevation Model)数据,丽江市2001—2009年噪声监测数据平均值,丽江市森林分布图。本研究主要借助GIS的空间分析技术,软件平台为ArcGIS 10.0。

1.3.1 特色水环境

鉴于数据的可获取性和可操作性,本研究重点考虑研究区内的泉水资源。通过实地调研和分析文献资料,可知泉水为丽江市农业、景观和城市用水的重要补给水源。为保护研究区广泛分布的泉水资源,需要对泉水周边的汇水单元进行有效保护。本研究首先从1:1万地形图上提取出所有分布在该区域的泉水点状数据,其中包含已被开发为水井的泉水。然后结合DEM数据,应用ArcGIS中Hydrology工具划分小流域。之后通过空间关联分析提取出该泉水所要保护的空间范围,即泉水(水井)所在的小流域为保护区域。将泉水保护区的敏感性等级设为极敏感,其他区域为低敏感,分别赋予数值9和3。最后将所有需要保护的泉水所在流域单元整合形成特色水环境保护区,也即规划建设用地需要避让的区域。

1.3.2 噪声

通过实地调研得知丽江市噪声污染主要沿道路分布。本研究通过交通噪声地图的制作来分析噪声污染^[32]。噪声地图以图形的方式表现现有的和预期的噪声数据资料,利用不同的彩色网格或噪声围线代表不同的噪声水平。根据2001—2009年噪声监测数据,结合从1:5万地形图提取的道路网络,以道路中心线为基础建立不同缓冲区,并将噪声数据赋予不同缓冲区。按照我国2008年颁布的声环境噪声限值标准,道路交通噪声白天最高不能高于70分贝,夜间最高不能高于55分贝^[28]。本研究中将昼夜噪声均不超标的区域设为噪声达标区,其余为噪声超标区。噪声达标区是未来城市用地扩张应当避让的区域,敏感性等级为极敏感,超标区为低敏感,分别赋值9和3。

1.3.3 森林火灾

森林火灾的蔓延受到多重因素的影响,因此进行森林火险区划时需要考虑多个因子,如地形、气候条件、林型、距居民区距离等。Maingi等^[33]在分析影响东肯塔基州森林火灾发生与分布的因素时,发现距离居民点的远近与火灾发生有联系;Calef等^[34]研究认为,距离居民点的远近影响了森林火灾的发生概率;Haight等^[35]选取林型等因素来评价城镇森林交界域的森林火险;尹海伟等^[36]在对大兴安岭进行森林火险区划时,考虑植被类型、海拔、坡度、坡向和离居住区远近5个主要因子。结合丽江森林火险的特点,本文考虑两个主要因素是森林距离居民点的远近和林型。

(1) 森林距离居民点的远近

在山区,由于地形原因,林火多具有跳跃式发展的特点,通常跳跃的距离多在500 m以内^[37]。因此根据森林距离居民点的远近,将距离居民点500 m内的区域划为3级火险区,500—1000 m划为2级火险区,大于1000 m的划为1级火险区;级别数值越高,表明发生森林火灾的可能性越大。

(2) 林型

森林火灾的发生除与人为、社会等因素有关外,主要取决于森林可燃物自身理化性能^[38-39]。根据研究区

内植被分布特点^[40],将针叶林划为 3 级火险,阔叶林划为 2 级火险,灌木、草丛划为 1 级火险;级别数值越高,表明发生森林火灾的可能性越大。

利用丽江市森林分布图和从 1:5 万地形图提取的居民点分布,将森林火险划分为 5 个等级(极度火险、高度火险、中度火险、低度火险和无火险);相应的,设定敏感性等级并赋值(表 1)。

表 1 森林火险划分表

Table 1 The classification of forest fire risk

火险等级 Fire risk grade	内容 Content	生态敏感性等级 Ecological sensitivity grade	赋值 Evaluation
极度火险 Extreme fire risk	距离居民点 500 m 内,林型为针叶林; 距离居民点 500 m 内,林型为阔叶林	极敏感	9
高度火险 High fire risk	距离居民点 500—1000 m,林型为针叶林; 距离居民点 500 m 内,林型为灌木、草丛	高度敏感	7
中度火险 Moderate fire risk	距离居民点 500—1000 m,林型为阔叶林; 距离居民点 1000 m 外,林型为针叶林	中度敏感	5
低度火险 Low fire risk	距离居民点 500—1000 m,林型为灌木、草丛	低敏感	3
无火险 No fire risk	距离居民点 1000 m 外,林型为阔叶林; 距离居民点 1000 m 外,林型为灌木、草丛	不敏感	1

1.3.4 综合敏感性分析与避让原则

综合敏感性分析的方法通常为权重法或最大值法,本文选用权重法进行综合敏感性分析。相对于特色水资源和森林火灾,噪声可控性更高,且通过采取相应监管和工程措施,可有效降低或消除其影响。而特色水资源一旦遭到污染或破坏,将严重影响城市正常运行,损害城市特色,同时较难恢复;森林火灾具有偶发性,一旦发生,将严重威胁周边居民人身财产安全,造成巨大经济损失。因此本研究为特色水资源和森林火灾赋予权值 0.4,为噪声要素赋予权值 0.2。具体公式如下:

$$ES_k = \sum W_i \times F_{ki}, i = 1, 2, 3$$

式中, ES_k 为 k 空间单元(像元)的生态敏感性得分, W_i 为第 i 个生态敏感因子的权重, F_{ki} 为 k 空间单元(像元)上第 i 个生态敏感因子的得分。然后应用 Natural Break 分类法将结果分为 5 类,即极敏感、高度敏感、中度敏感、低敏感和不敏感。相应的避让原则分为 3 类,即必须避让、有条件避让和考虑避让。

2 结果与分析

2.1 单因子敏感性分析结果

2.1.1 特色水环境

丽江泉水资源丰富,研究区内共提取出 78 眼泉水和 65 口水井,密集分布在丽江盆地,尤其是古城区中心的大研镇,古城周边也有零星分布。相应的泉水保护区共 206.0 km²,占研究区面积的 15.5%(图 2)。

2.1.2 噪声

监测数据表明,研究区道路交通噪声存在昼夜分

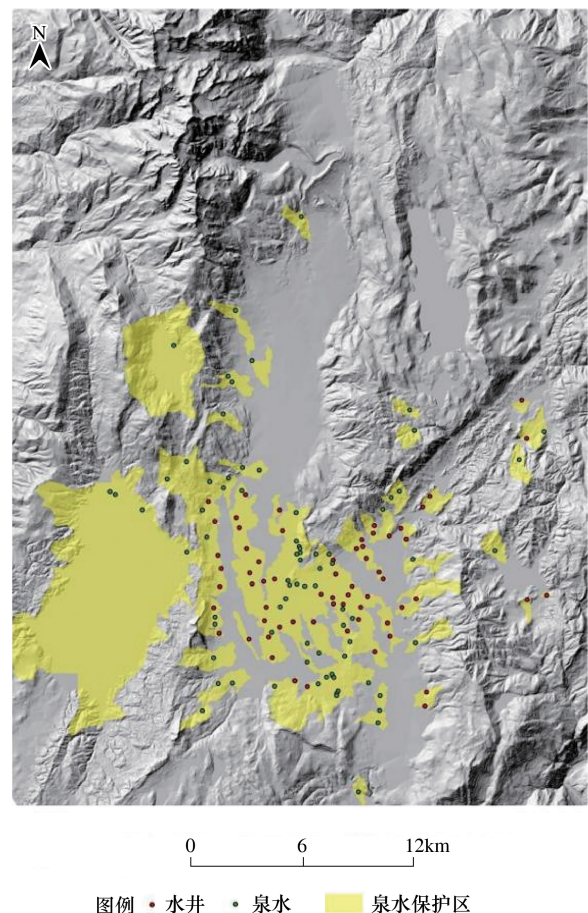


图 2 特色水环境保护区

Fig.2 The protection region of water

异,古城中心夜间道路噪声较昼间明显降低(图3,图4)。昼间噪声值超过70分贝的区域为27.0 km²,约占整个区域的2.0%,峰值为72.1分贝;夜间噪声值超过55分贝的区域为40.0 km²,约占整个区域的3.0%,峰值为59.1分贝。虽然昼夜噪声超标区面积比例较小,但主要集中在大研镇,影响原住民日常生活。综合分析昼夜噪声数据可知,噪声达标区达1148.6 km²,占研究区的86.2%;噪声超标区密集分布在丽江盆地道路两侧,拉市海人口密集区也有分布(图5)。未来在不随意挤占、破坏噪声达标区的同时,应积极治理噪声超标区的噪声污染,如限制车流量、设置禁鸣区、采取一定的工程措施等,改善古城声环境。

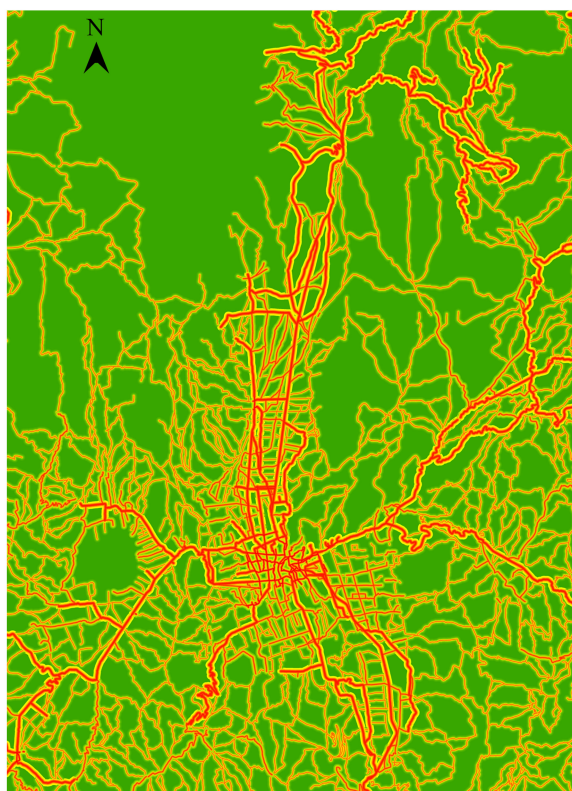


图3 昼间道路交通噪声分布

Fig.3 The distribution of transportation noise in day

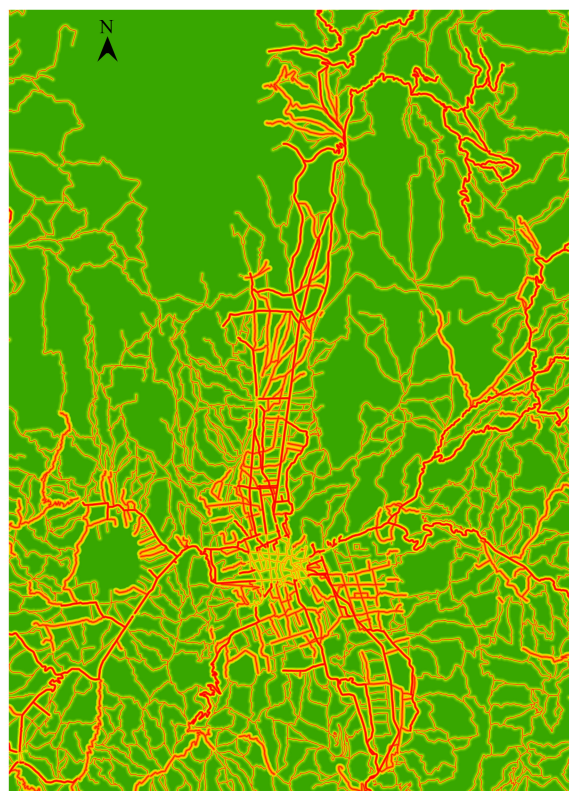


图4 夜间道路交通噪声分布

Fig.4 The distribution of transportation noise in night

2.1.3 森林火灾

由图6和表2可知,研究区内主要为中度火险,面积为590.8 km²,占研究区的44.4%;极度火险区和高度火险区面积为285.3 km²,占研究区的21.4%,主要集中在玉龙雪山周围、丽江盆地周边、拉市海和文海周边,盆地内部也有零星分布,与历史资料相吻合;无火险区面积为379.3 km²,占研究区的28.5%,主要分布在丽江盆地、拉市海和玉龙雪山;低度火险区面积较小,为76.5 km²,占研究区的5.7%。

2.2 综合敏感性分析结果

各等级敏感区分布见图7,各敏感区面积统计和避让原则见表3。研究结果表明研究区大部分为低敏感区,占据了48.3%,面积为643.8 km²,主要分布在丽江盆地外围,这里人口相对较少,道路网稀疏,且泉水、森林资源也较少,在未来城市建设中受限制较少。极敏感和高度敏感区分别占据了5.9%和5.2%,面积分别为78.5 km²和68.7 km²,主要集中在丽江盆地周边的人口密集区以及拉市海和文海周边,盆地内部也有零星分布。该区域是以后生态保护的重点地区,在城市用地规划中必须予以避让,以避免可能的生态环境问题,制约



图 5 噪声达标区分布
Fig.5 The region of noise that reaches the standard

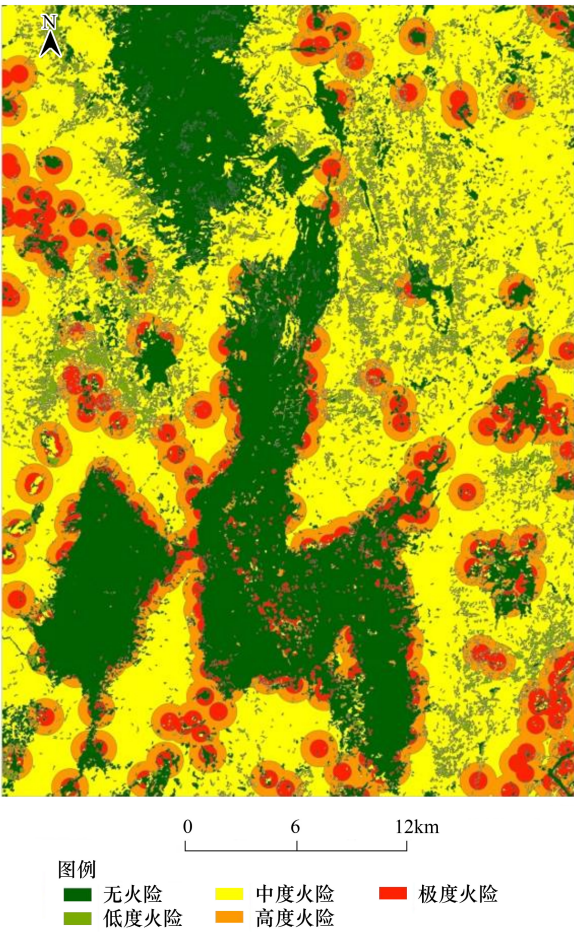


图 6 森林火险等级分布图
Fig.6 The distribution of forest fire risk

表 2 森林火险等级分布
Table 2 The distribution of forest fire risk

森林火险等级 Forest fire risk grade	面积 Area/km ²	占研究区比例 Proportion/%
无火险 No fire risk	379.3	28.5
低度火险 Low fire risk	76.5	5.7
中度火险 Moderate fire risk	590.8	44.4
高度火险 High fire risk	195.3	14.7
极度火险 Extreme fire risk	89.9	6.7

表 3 生态敏感区分布和可持续规划中的避让原则
Table 3 The distribution of ecologically sensitive areas and the principles of avoidance in sustainable planning

生态敏感性等级 Ecological sensitivity grade	面积 Area/km ²	占研究区比例 Proportion/%	避让原则 Principles of avoidance
不敏感 Insensitivity	305.6	22.9%	考虑避让
低敏感 Low sensitivity	643.8	48.3%	
中度敏感 Moderate sensitivity	235.4	17.7%	有条件避让
高度敏感 High sensitivity	68.7	5.2%	必须避让
极敏感 Extreme sensitivity	78.5	5.9%	

城市发展。中度敏感区占据了 17.7%, 面积为 235.4 km², 主要分布在丽江盆地周边、拉市海及其周边。为防止该区域向高度敏感或极敏感转化, 应进行有条件避让, 即权衡经济发展与环境保护效益后, 采取避让水系、森林等敏感区域。不敏感区占据 22.9%, 面积为 305.6 km², 主要集中在玉龙雪山上的裸岩和积雪, 以及盆地内的道路周围。该区域综合敏感性较低, 在未来城市建设中受限制较少, 但在某些区域仍应适度考虑避让生态敏感区, 如对玉龙雪山应进行避让, 以维护原有生态系统服务功能, 更好地促进城市发展。

3 结论与讨论

面向可持续发展的城市用地规划应首要确保城市及其周边自然生态系统的健康, 同时还应强调与之密切相关但容易被忽视的其他方面, 如城市特色要素的维护, 以维持生态系统服务功能完整性。作为对这一思路的探索, 本研究选取了丽江市 3 个突出要素进行分析, 即特色水环境、噪声、森林火灾。其中, 特色水环境为城市特色要素, 同时还对应于保育生态系统服务功能; 噪声对应于保障人类健康与舒适生活; 森林火灾对应于维持与自然环境相互作用中的城市安全。但由于本研究因子选取较少, 不够系统全面, 未能涵盖城市可持续发展的主要要求; 同时数据处理方法, 包括敏感性等级划分、权重赋值等, 在一定程度上存在主观因素, 因此得到的结果可能存在一定的偏差。

本研究采用的生态敏感性分析提供了一种简单易行的规划途径, 空间叠加方法较好地实现了空间格局与垂直生态过程的结合。但如何更好地结合水平生态过程以及系统全面地选取敏感因子仍需进一步的研究。此外, 现行《声环境质量标准》(2008 年) 中噪声监测方法较之前标准并未改变, 但调整了交通噪声限值, 因此本研究采用此标准分析 2001—2009 年噪声数据。

通过避免城市生态环境问题的发生来有效定位城市可持续规划的基本空间格局是本研究避让分析的基本思路, 也是短期利益与长期利益博弈的结果。在快速城市化进程导致生态问题凸显的今天, 有必要通过避让生态敏感区来阻止城市用地的无序扩张, 协调经济发展与生态环境。以丽江市为例, 本研究结果表明, 研究区大部分区域为低敏感区和不敏感区, 在未来城市建设中受限较少, 不过仍应避让区域内的水系、森林等敏感要素, 以维持原有生态系统服务功能, 但具体的避让措施仍值得深入研究; 丽江盆地周边湖泊、古城内部及周边原住民人口密集区都是保障城市可持续发展的生态保护重点地区, 在城市用地规划中必须予以避让。

参考文献 (References):

- [1] Grimm N B, Faeth S H, Golubiewski N E, Redman C L, Wu J G, Bai X M, Briggs J M. Global change and the ecology of cities. *Science*, 2008, 319(5864): 756-760.
- [2] Foley J A, DeFries R, Asner G P, Barford C, Bonan G, Carpenter S R, Chapin F S, Coe M T, Daily G C, Gibbs H K, Helkowski J H, Holloway T, Howard E A, Kucharik C J, Monfreda C, Patz J A, Prentice I C, Ramankutty N, Snyder P K. Global consequences of land use. *Science*, 2005, 309(5734): 570-574.

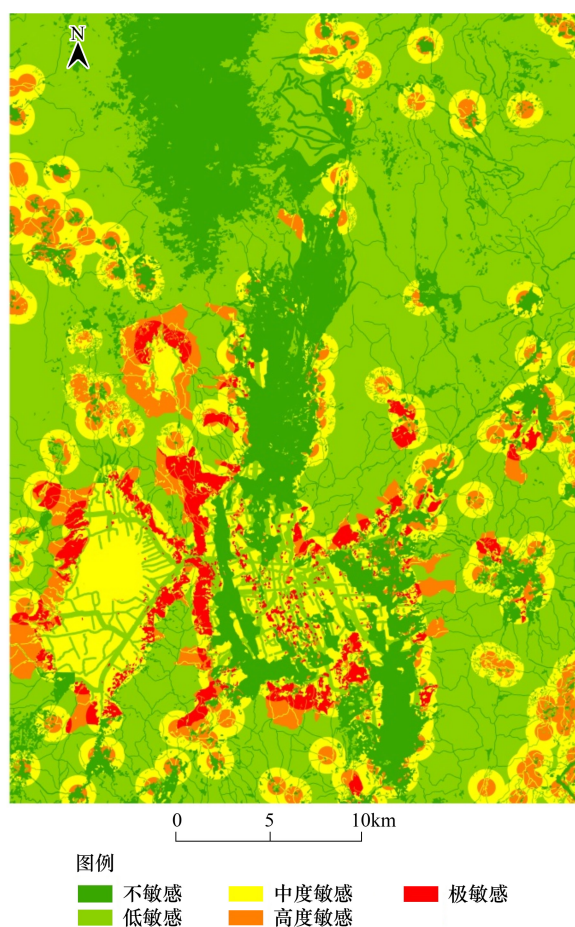


图 7 生态敏感区分布

Fig.7 The distribution of ecologically sensitive areas

- [3] McKinney M L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 2006, 127(3): 247-260.
- [4] 李团胜, 石铁矛, 肖笃宁. 大城市区域的景观生态规划理论与方法. *地理学与国土研究*, 1999, 15(2): 53-56.
- [5] 达良俊, 李丽娜, 李万莲, 陈鸣. 城市生态敏感区定义、类型与应用实例. *华东师范大学学报: 自然科学版*, 2004, (2): 97-103.
- [6] 房庆方, 杨细平, 蔡瀛. 区域协调和可持续发展——珠江三角洲经济区城市群规划及其实施. *城市规划*, 1997, (1): 7-10, 60-60.
- [7] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究. *生态学报*, 2000, 20(1): 10-13.
- [8] 颜磊, 许学工, 谢正磊, 李海龙. 北京市域生态敏感性综合评价. *生态学报*, 2009, 29(6): 3117-3125.
- [9] 尹海伟, 徐建刚, 陈昌勇, 孔繁花. 基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析. *地理科学*, 2006, 26(1): 64-69.
- [10] Horne R, Hickey J. Ecological sensitivity of Australian rainforests to selective logging. *Australian Journal of Ecology*, 1991, 16(1): 119-129.
- [11] 马世骏, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统. *生态学报*, 1984, 4(1): 1-9.
- [12] 刘爱华, 谢正观, 王家卓. GIS 技术在山地城市生态敏感性分析中的应用. *中国科学院研究生院学报*, 2012, 29(4): 455-460.
- [13] Christensen N L, Bartuska A M, Brown J H, Carpenter S, Dantonio C, Francis R, Franklin J F, MacMahon J A, Noss R F, Parsons D J, Peterson C H, Turner M G, Woodmansee R G. The report of the ecological society of America committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications*, 1996, 6(3): 665-691.
- [14] 俞孔坚, 李迪华, 潮洛蒙. 城市生态基础设施建设的十大景观战略. *规划师*, 2001, 17(6): 9-13, 17-17.
- [15] 伊恩·伦诺克斯·麦克哈格. 设计结合自然. 芮经纬, 译. 2 版. 天津: 天津大学出版社, 2008: 5-37.
- [16] 万晔, 司徒群, 李子海. 滇西北地理环境特征与区域水土流失相互作用机制研究. *水土保持通报*, 2003, 23(5): 1-5, 57-57.
- [17] 陈美贞. 丽江市城市水资源及地下水脆弱性研究[D]. 云南: 昆明理工大学, 2006.
- [18] 李继由, 王泰伦. 丽江坝的气候特点及其气候资源的合理利用. *自然资源*, 1984, (2): 60-67.
- [19] 范弢. 云南丽江生态地质环境演化过程与趋势研究[D]. 云南: 昆明理工大学, 2008.
- [20] Wang C P, Wang D Y, Wang H W, Dong R C. Impacts of urbanisation on river systems and their functions in Yanggong River watershed of Lijiang City. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2011, 18(6): 498-502.
- [21] Dong R C, Xu H, Gou Y Q, Fu X, Wu G. Analysis of land-use scenarios for urban sustainable development: a case study of Lijiang City. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2011, 18(6): 486-491.
- [22] 范弢, 杨世瑜, 庄立会. 丽江市水资源环境现状与应急地下水源地研究. *云南师范大学学报: 自然科学版*, 2008, 28(1): 66-71.
- [23] 范弢, 杨世瑜. 云南丽江盆地地下水脆弱性评价. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2007, 37(3): 551-556, 563-563.
- [24] 韩贵锋, 赵珂, 袁兴中, 孙荣. 基于空间分析的山地生态敏感性评价——以四川省万源市为例. *山地学报*, 2008, 26(5): 531-537.
- [25] 潘峰, 田长彦, 邵峰, 周伟, 陈飞. 新疆克拉玛依市生态敏感性研究. *地理学报*, 2011, 66(11): 1497-1507.
- [26] 李月辉, 胡远满, 李秀珍, 肖笃宁. 道路生态研究进展. *应用生态学报*, 2003, 14(3): 447-452.
- [27] Passchier-Vermeer W, Passchier W F. Noise exposure and public health. *Environmental Health Perspectives*, 2000, 108(S1): 123-131.
- [28] 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. GB 3096-2008 声环境质量标准. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [29] 郭成, 邵金良, 杨正松, 郭冰. 丽江林业可持续发展的现状和对策探讨. *宜春学院学报*, 2005, (S1): 121-124.
- [30] Radeloff V C, Hammer R B, Stewart S I, Fried J S, Holcomb S S, McKeefry J F. The wildland-urban interface in the United States. *Ecological Applications*, 2005, 15(3): 799-805.
- [31] Bar Massada A, Radeloff V C, Stewart S I, Hawbaker T J. Wildfire risk in the wildland-urban interface: A simulation study in northwestern Wisconsin. *Forest Ecology and Management*, 2009, 258(9): 1990-1999.
- [32] 赵秋月. 噪声地图及其在城市规划中的应用. *四川环境*, 2007, 26(1): 100-102.
- [33] Maingi J K, Henry M C. Factors influencing wildfire occurrence and distribution in eastern Kentucky, USA. *International Journal of Wildland Fire*, 2007, 16(1): 23-33.
- [34] Calef M P, McGuire A D, Chapin F S III. Human influences on wildfire in Alaska from 1988 through 2005: An analysis of the spatial patterns of human impacts. *Earth Interactions*, 2008, 12(1): 1-17.
- [35] Haight R G, Cleland D T, Hammer R B, Radeloff V C, Rupp T S. Assessing fire risk in the wildland-urban interface. *Journal of Forestry*, 2004, 102(7): 41-48.
- [36] 尹海伟, 孔繁花, 李秀珍. 基于 GIS 的大兴安岭森林火险区划. *应用生态学报*, 2005, 16(5): 833-837.
- [37] 王贺富. 山地森林火灾蔓延的特点及扑救方法. *河北林业*, 2009, (6): 12-13.
- [38] 徐丽华. 地被可燃物与林型火险等级划分. *辽宁林业科技*, 2001, (6): 3-6.
- [39] 田晓瑞, 戴兴安, 王明玉, 舒立福, 高成德. 北京市森林可燃物分类研究. *林业科学*, 2006, 42(11): 76-80.
- [40] 王宝荣, 朱翔, 杨树华. 云南丽江玉龙雪山遥感植被制图. *生态学杂志*, 2001, 20(S1): 4-6.