

# 基于 GIS 的滇池流域人居环境适宜性评价研究<sup>\*</sup>

霍 震, 李亚光

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

**摘 要:**以滇池流域为研究单元,从城市湿地环境的角度出发,通过讨论城市湿地对城市人居环境影响的推动和制约效应,分别选取滇池流域自然性和脆弱性两方面的评价指标,运用 GIS 技术,从区域尺度对滇池流域进行人居环境适宜性评价。结果表明:(1)滇池流域人居环境适宜程度整体呈现出南北两端较差,中部地区较好的分布趋势。(2)高度适宜区主要分布在昆明市周边西山区、五华区、盘龙区和官渡区及环滇池湿地区域,土地面积约为 1 020 km<sup>2</sup>,约占流域总面积的 35%,说明昆明市社会经济发展水平对滇池流域人居环境适宜性有较大影响;滇池湿地生态服务功能不明显,基本符合滇池污染严重的现状。(3)滇池流域北部及南部地区人居环境适宜性相对较差,农业用地约为 33 000 hm<sup>2</sup>,占流域总农业用地的 68%,磷矿污染程度、土地利用类型、土壤侵蚀强度、地形起伏度及坡度对滇池流域人居环境适宜性都有一定影响。其中,磷矿、采石场等污染源的影响尤为明显,土地利用类型、土壤侵蚀强度次之。

**关键词:**GIS; 城市湿地; 滇池流域; 人居环境适宜性

**中图分类号:**X171

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2010)01-0159-04

## Study on the Suitability Evaluation of the Human Settlements Environment in Dianchi Lake Basin Based on GIS

HUO Zhen, LI Ya-guang

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** From a perspective of urban wetland environment, by taking Dianchi Lake basin as a unit, and discussing the promoting and constraining effects of urban wetland influencing urban human settlements, and choosing both naturality and frangibility indicators in Dianchi Lake basin, based on Geographic Information System technique, this paper evaluates the suitability of human settlements environment in Dianchi Lake basin on the regional scale. The results show: (1) the human settlements environment suitability of Dianchi Lake basin in middle region is better than the north and south areas in general. (2) The high suitable region, with a land area of 1 020 km<sup>2</sup>, accounting for 35 % of Dianchi Lake basin's total, is mainly located in Kunming surrounding areas such as Xishan District, Wuhua District, Panlong District and Guandu District and the region around Dianchi Lake, which indicates that the Social Economic Development Level of Kunming has great influence on the suitability of human settlements environment in Dianchi Lake basin; the ecological service function of Dianchi Lake basin is not obvious, which basically corresponds to the current situation of Dianchi Lake basin. (3) The northern and southern region, with the agricultural land of 33 000 hm<sup>2</sup>, accounting for 68 % of this region, of which the human settlements environment suitability in Dianchi Lake basin is relatively worse, which shows that phosphate pollution, land-use types, soil erosion intensity, relief degree of land surface and slope have some effect on the suitability of human settlements environment in Dianchi Lake basin, which the pollution sources such as phosphate rocks and quarries have significant influence especially, followed by land-use types and soil erosion intensity.

**Key words:** GIS; urban wetland; Dianchi lake basin; human settlements environment suitability

<sup>\*</sup> 收稿日期:2009-06-06

基金项目:国家环境保护部《全国重点湖泊水库生态安全调查与评估》项目

作者简介:霍震(1984-),男,江苏徐州人,硕士研究生,主要研究方向为农业生物环境与能源工程。E-mail:huozhen07@163.com

人居环境作为人类聚居、生活生产的主要场所,很早就引起学者的关注。1958 年,希腊学者道萨迪亚斯(C. A. Doxiadis)创建了人类聚居科学,对人类生活环境等问题作了大量基础研究<sup>[1]</sup>。1995 年清华大学正式成立了“人居环境研究中心”,并展开系列研究<sup>[2]</sup>。吴良镛先生参照道氏学说,将人居环境系统划分为五大系统:自然系统、人类系统、社会系统、居住系统和支撑系统<sup>[3]</sup>。围绕这五大系统,不同领域的学者以不同的视角展开研究,人居环境已日益成为建筑、规划、地理、环境等学科所关注的热点<sup>[1-4]</sup>。

随着社会发展中一系列生态环境问题的普遍出现,从区域及更宏观的尺度探讨自然地理因子所形成的复杂自然系统与人类聚居之间的关系,定量表达区域人居环境的综合自然背景,并以此指导区域发展定位,实现人口、资源环境协调发展成为可持续发展的迫切需要。同时,GIS 技术的快速发展,也为多要素、综合定量研究提供了可能<sup>[5-6]</sup>。

以滇池流域为研究区域,在借鉴大量研究资料基础上,从城市湿地环境的角度出发,讨论城市湿地对城市人居环境影响的推动和制约效应,建立滇池流域人居环境适宜性评价指标体系,运用 GIS 技术,依据各项指标等级的划分标准进行综合评价,并绘制评价等级图。以期为城市人居环境建设及其与城市湿地的协调发展提供科学依据和决策支持,并且为不同地区城市湿地区域人居环境适宜性评价提供参考。

## 1 研究区概况

滇池是我国著名的高原淡水湖泊,位于云贵高原中部,属长江流域金沙江水系,地处长江、珠江、红河三大河流域的分水岭地带,由于其处于昆明市主城区下游,因此对昆明市经济社会的发展和宜人气候的形成起着重要作用。滇池流域是云南省的政治、经济、文化中心和交通枢纽,总面积 2 920 km<sup>2</sup>,虽然仅占全市面积的 13.8%,占全省面积的 0.78%,却是云南省经济最发达、人口最集中、城市化水平最高的区域。滇池是昆明市生态环境系统平衡的核心,具有防洪、工农业用水、气候调节、运输、旅游等多项功能。

滇池流域属于滇中高原断陷构造盆地地貌类型,沿滇东断裂带形成昆明-玉溪盆地,地层断陷形成滇池。主要入滇池河流有盘龙江、东白沙河、宝象河、马料河、捞鱼河、梁王河、大河、柴河、东大河、西北沙河、新河、运粮河等,新河和运粮河主要为昆明排污河道,各河流呈向心状注入滇池。滇池唯一出湖河道为海口河,由滇池西南的海口(西山区)中滩起,汇入金沙

江水系,海口河在西山区海口镇段称海口河;流经安宁、西山谷律乡,至富民县永定大桥段称螳螂川;永定大桥以下至汇入金沙江段称普渡河<sup>[7-8]</sup>。

## 2 数据来源

本文使用的数据包括:2005 年滇池流域 1:10 万 DEM 数据,由中科院遥感所提供;滇池流域 2005 年土地利用数据和 2000 年土壤侵蚀数据,分别来自全国土地利用数据分类系统和全国土壤侵蚀数据分类系统,原图为 Arc/info 矢量数据,比例尺 1:10 万,是以陆地卫星 TM/ETM+、CBERS 等数据为主要信息源建设完成的;2006 年的《昆明年鉴》、《昆明统计年鉴》、《中国城市年鉴》以及昆明市环保局提供的相关图件和资料等。

## 3 理论演绎

### 3.1 城市湿地

湿地是指天然或人工、长久或暂时的沼泽地、泥炭地或水域地带,带有或静止或流动或为淡水、半咸水或咸水的水体,包括低潮时水深不超过 6 m 的水域<sup>[9]</sup>。较发达的城市都难以再找到建城初期那种原始的天然湿地,因此分类学上将城市湿地定位于人工湿地、半人工湿地与自然湿地的复合体<sup>[10]</sup>。主要包括滨海湿地、河流湿地、湖泊湿地和沼泽湿地 4 种类型。城市湿地不一定有固定的地域界限,城市中错综复杂的水沟、小溪、人工水池、河流、湖泊等都是城市湿地的类型,它们可能相互联系、共同作用,影响着城市人居环境的质量。因此认为城市湿地是分布于城市中的各类湿地,能够为城市和城市居民提供多种生态系统服务功能。

### 3.2 城市湿地对城市人居环境的影响

城市湿地对城市人居环境的影响是一个复杂的过程。一方面,城市人居环境的发展受惠于城市湿地,城市湿地以其富有生机的湿地多样性、健康的综合服务功能等为城市人居环境可持续发展做出了重要贡献;另一方面,城市人居环境的发展也受制于城市湿地,随着湿地本身情况的不同和人类作用下产生的不良变化,可能会给城市人居环境带来制约因子和不利因素。而这两种关系往往是共存的,并且是一个长期变化的过程。

另外,城市湿地的类型、分布状况以及数量配置的差异等等,都会对城市人居环境系统造成不同程度的影响。所以城市湿地保护与合理规划十分重要,不能盲目地对湿地进行开发,要制定行之有效的措施,根据湿地对人居环境的影响情况进行阶段性

的引导和规划,充分发挥湿地生态系统的生态服务功能,以推动城市人居环境的可持续发展<sup>[11]</sup>。

### 3.3 滇池流域人居环境适宜性评价理论

滇池是一个大型浅水天然湖泊,水面面积 292 km<sup>2</sup>,平均水深 4.4 m,具有湿地系统的属性。滇池湿地为湖泊湿地类型,由湖泊及岸边湖滨低地所构成,这类湿地多有芦苇塘湿草甸。湖泊湿地是鱼类和鸟类重要的繁殖地和栖息地,是淡水鱼类的主要生产基地<sup>[12]</sup>。因此,只有滇池湿地健康运行,才能对调节区域小气候、保障农牧渔业生产、提供人类休憩环境等诸多方面都起到重要的作用,一旦滇池湿地功能退化,其带来的影响将直接制约滇池流域人居环境的建设与发展。

鉴于这种滇池湿地对滇池流域人居环境质量的推动与制约效应,本文将滇池流域人居环境适宜性评价划分为滇池流域自然性和脆弱性评价两方面的内容。其中,自然性评价选取滇池流域的坡度、地形起伏度和土地利用类型等 3 个指标,脆弱性评价选取人均 GDP 水平、土壤侵蚀强度和磷矿污染辐射分布等 3 个指标。

## 4 滇池流域自然性评价

滇池流域自然性评价是滇池流域人居环境适宜性评价的基础,为城市人居环境的合理规划提供依据。

### 4.1 坡度

坡度是用来表述局部地表坡面在空间的倾斜程度。坡度的大小直接影响着地表物质的流动与能量转换的规模与强度,是制约生产力空间布局的重要因子<sup>[13]</sup>。以滇池流域 1:10 万 DEM 数据作为基础,根据《土壤侵蚀分类分级标准(SL190-96)》,将滇池流域分为 5°、5°~8°、8°~15°、15°~25°、25°~35° 和 35° 等 6 个土地坡度,在 ArcGIS 生成滇池流域坡度图(附图 8),坡度越低分值越高。

### 4.2 地形起伏度

地形起伏度为中国人居环境自然评价的重要指标之一,服务于大尺度全国人居自然环境评价工作<sup>[14]</sup>。参考牛文元等地形起伏度的提取方法<sup>[15]</sup>,本文将地形起伏度定义为

$RDLS = \{ [\max(H) - \min(H)] \times [1 - P(A)/A] \} / 500$   
式中:RDLS——地形起伏度;max(H)和min(H)——区域内的最高与最低海拔(m);P(A)——区域内的平地面积(km<sup>2</sup>);A——区域总面积。本文为区域尺度的人居环境自然评价服务,确定 5 km × 5 km 栅格为区域单元,地形起伏度越大,分值越低(附图 9)。

### 4.3 土地利用现状

滇池流域土地总面积为 2 920 km<sup>2</sup>,其中耕地面积 56 384.76 hm<sup>2</sup>,占总面积的 19.31%,耕地中水浇地 10 613.66 hm<sup>2</sup>、梯坪地 11 601.65 hm<sup>2</sup>、水田 18 249.18 hm<sup>2</sup>、坡耕地 15 920.27 hm<sup>2</sup>;林地 99 336.04 hm<sup>2</sup>,占总面积的 34.02%,其中乔木林 45 254.04 hm<sup>2</sup>、灌木林 18 843.65 hm<sup>2</sup>、经济林 8 796.8 hm<sup>2</sup>、疏幼林 26 441.55 hm<sup>2</sup>;草地 3 473.21 hm<sup>2</sup>,占总面积的 1.19%;果园 13 477.33 hm<sup>2</sup>,占总面积的 4.62%;水域 38 643.62 hm<sup>2</sup>,占总面积的 13.81%;未利用地 44 390.55 hm<sup>2</sup>,占总面积的 15.20%,其中荒山荒坡 28 719.26 hm<sup>2</sup>、难利用地 7 988.77 hm<sup>2</sup>、其他用地 7 682.53 hm<sup>2</sup>;城镇、农村居民点、工交道路及工矿用地 34 604.96 hm<sup>2</sup>,占总面积的 11.85%<sup>[18]</sup>。

通过地理信息判别,可直观地得到滇池流域土地利用现状(附图 10)。容易发现,各种土地利用类型对滇池流域人居环境适宜性也存在一定的影响,可以根据用地类型给各种类型赋值,如水域、林地、草地为比较适宜区,城乡、工矿用地及耕地适宜性相对较差。

## 5 滇池流域脆弱性评价

滇池流域脆弱性评价是滇池流域人居环境适宜性评价的重要环节,主要研究滇池流域人类活动对其造成影响的重要制约因素,对城市规划部门、城市管理和建设设计部门具有重要的参考价值。

### 5.1 人均 GDP

滇池流域是云南省政治、经济、文化中心,涉及五华、盘龙、西山、官渡、呈贡、晋宁、嵩明等 7 个区县的 42 个乡镇和寻甸县、澄江县小部分,共 44 个乡镇,土地总面积 2 920 km<sup>2</sup>。滇池在昆明市和云南省有着特殊的地位,其流域内农业及工业总产值分别占全市的 78.9%和 82.2%,而昆明市的农业及工业总产值分别占全省的 32%和 44%<sup>[17]</sup>。滇池环境急剧恶化的阶段,正好是昆明市工业化、城市化迅速发展的阶段,强烈的发展愿望使得滇池流域承载着过重的生态负担。因此,滇池流域工业化越高的区域,也是脆弱性越高的区域(附图 11)。

### 5.2 水土流失现状

根据滇池流域土壤侵蚀遥感调查成果,滇池流域总面积 2 920 km<sup>2</sup>,无明显流失面积 2 166.74 km<sup>2</sup>,占总面积的 74.77%;水土流失面积 736.84 km<sup>2</sup>,占总面积的 25.23%。其中轻度流失面积 371.03 km<sup>2</sup>,占总面积的 12.79%,占水土流失面积

的 50.35 %;中度流失面积 307.84 km<sup>2</sup>,占总面积的 10.54 %,占水土流失面积的 41.78 %;强度流失面积 55.75 km<sup>2</sup>,占总面积的 1.91 %,占水土流失面积的 7.57 %;极强度流失面积 2.21 km<sup>2</sup>,占总面积的 0.08 %,占水土流失面积的 0.3 %。年土壤侵蚀总量为 283.1 万 t,土壤侵蚀模数为 994 t/(km<sup>2</sup>·a),年平均剥蚀厚度 0.74 mm/a(按土容重为 1.35 g/cm<sup>3</sup> 计算)。山区、半山区年侵蚀总量为 272.78 × 10<sup>4</sup> t,侵蚀模数为 1 359 t/(km<sup>2</sup>·a),年平均剥蚀厚度为 1.00 mm<sup>[8]</sup>。通过地理信息判别,可得出滇池流域土壤侵蚀分类(附图 12)。

5.3 矿区污染问题

滇池流域具有丰富的磷矿、铝矿等资源,国家更是要建设为全国最大的磷矿基地<sup>[16]</sup>。但是,矿区的生态环境随着矿区的开发也遭受了严重的破坏。矿山开采形成大面积的采空区和塌陷区,植被大面积被破坏,致使地表完全裸露,生物生产力丧失,蓄水保土能力降低,生态系统功能严重削弱甚至完全丧失<sup>[7]</sup>。考虑到距离磷矿越远,脆弱性越小,使用 Spatial Analyst 中的直线距离函数 Straight - Line Distance,量测每一单元到最近磷矿的直线距离,采用等间距分级分为 6 级,距离磷矿越近,分值越低(附图 13)。

就本次调查成果看,流域内各县(区)水土流失严重的区域除陡坡耕地外,又以矿产资源开发区为重,例如晋宁县的古城镇、西山区的碧鸡和呈贡县的松山顶、关坡山、鸡叫山和横冲水库一带严重的水土流失,均与磷矿资源的开采有着密切的关系。另外流域内广泛分布有铝矿、铁矿和石灰石等,尤其是作为主要建筑原材料的石灰岩在流域内的广泛分布,形成大量的采石场,部分石场开采未按水土保持有关规范进行,也是造成严重的水土流失的一个重要原因。

6 滇池流域人居环境适宜性评价

滇池流域人居环境适宜性评价是在滇池流域自然性评价和脆弱性评价基础上进行的综合评价,其综合反映滇池流域人居环境的好坏,评价结果对政府决策部门进行城市规划、建议和整改具有重要的价值。

6.1 权重确定

在滇池流域自然性和脆弱性评价的基础上,利用 SPSS 16.0 软件,对滇池流域坡度、地形起伏度、土地利用现状、人均 GDP、土壤侵蚀强度和磷矿分布等各单因子与人口密度(附图 14)的相关性进行

了分析,根据单项指标与人口密度的相关系数占各因子相关系数总和的比例<sup>[17]</sup>,确定了滇池流域各单项指标的权重(表 1),经过专家鉴定和评价结果核实,权重取值符合专家意愿。

表 1 各单项指标与人口密度的相关系数及其权重

评价指标	相关性	权重
坡度	0.137	0.05
地形起伏度	0.260	0.08
土地利用类型	0.599	0.19
人均 GDP	0.835	0.27
土壤侵蚀强度	0.453	0.15
磷矿污染程度	0.805	0.26

6.2 评价结果与讨论

结合以上分析,经 ArcGIS 栅格叠加分析,生成滇池流域人居环境适宜性分级评价图(附图 15)。结果表明:(1)滇池流域人居环境适宜程度整体呈现出南北两端较差,中部地区较好的分布趋势。(2)高度适宜区主要分布在昆明市周边西山区、五华区、盘龙区和官渡区及环滇池湿地区域,土地面积约为 1 020 km<sup>2</sup>,约占流域总面积的 35 %,说明昆明市社会经济发展水平对滇池流域人居环境适宜性有较大影响;滇池湿地生态服务功能不明显,基本符合滇池污染严重的现状。(3)滇池流域北部及南部地区人居环境适宜性相对较差,坡耕地等农业用地约为 33 000hm<sup>2</sup>,占流域总农业用地的 68 %,磷矿污染程度、土地利用类型、土壤侵蚀强度、地形起伏度及坡度对滇池流域人居环境适宜性都有一定影响。其中,磷矿、采石场等污染源的影响尤为明显,土地利用类型、土壤侵蚀强度次之。

7 结论

以滇池流域为研究单元,从城市湿地环境的角度出发,通过讨论城市湿地对城市人居环境影响的推动和制约效应,分别选取滇池流域自然性和脆弱性两方面的评价指标,基于 ArcGIS 9.2 数据处理平台,从区域尺度对滇池流域进行人居环境适宜性评价。评价结果较好地反映了滇池流域人居环境适宜性的特征,定量揭示了滇池流域自然性和脆弱性各单项指标的空间分布格局,具有较好的实用性,为城市人居环境建设及其与城市湿地的协调发展提供科学依据和决策支持,也可为其他地区城市湿地区域人居环境适宜性评价提供参考。

(下转第 187 页)

留不能轻易忽略,节水灌溉中应考虑截留损失。

(3) 研究表明, Horton 模型在实际截留量 < 4 mm 时,对单次降雨截留量有较好的模拟,当实际截留量 > 4 mm 时,模拟值偏小,从阶段总截留量来看, Horton 模型做了较好的模拟,模拟总量和实测总量较为接近,能够较准确估算杏树林冠对单次降雨的截留量,指导杏树的节水灌溉。其中 Horton 模型中附加截留量由于受风速、雨前冠层干燥度、温度等因素的影响,导致部分单次截留量模拟出现较大误差,能否将更多影响单次截留量因素融入模型,从而更精确地反映实际林冠截留的过程和结果,还需要进一步深入的探讨。

参考文献:

[1] Anna A, Anselm R. Trace metal fluxes in bulk deposition, through-fall and stemflow at two evergreen oak stands in NE Spain subject to different exposure to the industrial environment[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38:171-180.

[2] 王礼先,解明曙.山地防护林水土保持水文生态效益及其信息系统[M].北京:中国林业出版社,1997.

[3] 中野秀章.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1983.

[4] Calder, I R. A stochastic model of rainfall interception [J]. J. Hydrol., 1986, 89:65-71.

[5] Asdak C, Jarvis P G, van Gardingen P, et al. Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of

Central Kalimantan, Indonesia[J]. Journal of Hydrology, 1998, 206:237-244.

[6] 王佑民.我国林冠降水再分配研究综述(Ⅰ)[J].西北林学院学报,2000,15(3):1-7.

[7] 王佑民.我国林冠降水再分配研究综述(Ⅱ)[J].西北林学院学报,2000,15(4):1-5.

[8] Chappell N A, Bidin K, Tych W. Modeling rainfall and canopy controls on net precipitation beneath selectively logged tropical forest[J]. Plant Ecology, 2001, 153:215-229.

[9] 张一平,王馨,王玉杰,等.西双版纳地区热带季节雨林与橡胶林林冠水文效应比较研究[J].生态学报,2003,23(12):2653-2665.

[10] 刘世荣,温远光,郭泉水,等.中国森林生态系统水文生态功能规律[M].北京:中国林业出版社,1996.

[11] 党宏忠,董铁狮,赵雨森.红松林冠对降水的截留特征[J].东北林业大学学报,2007,35(10):4-6.

[12] 姚丽华.森林降水截留的研究近况[J].河北林学院学报,1988,3(1):103-113.

[13] Aston A R. Rainfall interception by eight small trees [J]. Hydrol., 1979, 42:383-396.

[14] 王彦辉,于澎湃,徐德应,等.林冠截留降雨模型转化和参数规律的初步研究[J].北京林业大学学报,1998,20(6):25-30.

[15] 王礼先,张志强.森林植被变化的水文生态效应研究进展[J].世界林业研究,1998,20(6):14-22.

[16] 万师强,陈灵芝.东灵山地区大气降水特征及森林树干径流[J].生态学报,2000,20(1):61-67.

(上接第 162 页)

参考文献:

[1] 吴良镛.人居环境科学的探索[J].规划师论坛,2001,17(6):5-8.

[2] 吴良镛.致力于人居环境科学的探索[J].规划研究,2001(5):11-13.

[3] 吴良镛.人居环境科学导论[M].北京:中国建筑工业出版社,2001.

[4] Doxiadis C A. Action for Human Settlements [M]. Athens: Athens Publishing Center, 1975.

[5] 郝慧梅,任志远.基于栅格数据的陕西省人居环境自然适宜性测评[J].地理学报,2009,64(4):498-506.

[6] 贺勇.适宜性人居环境研究:“基本人居生态单元”的概念与方法[D].杭州:浙江大学,2004.

[7] 陈永森.滇池地区生态环境与经济综合考察报告[R].昆明:云南科技出版社,1998.

[8] 云南省水利水电科学研究所.滇池流域水土流失整治工程可行性研究报告[R].2002.

[9] 孙广友,王海霞,于少鹏.城市湿地研究进展[J].地理

科学进展,2004,23(5):94-100.

[10] 傅娇艳,丁振华.湿地生态系统服务、功能和价值评价研究进展[J].应用生态学报,2007,18(3):681-686.

[11] 徐迎.城市湿地对城市人居环境可持续发展影响机制初探[J].资源与产业,2007,9(3):84-86.

[12] 昆明市环境科学研究所.滇池富营养化研究[M].昆明:云南科技出版社,1992.

[13] 汤国安,杨昕. Arc GIS 地理信息系统空间分析实习教程[M].北京:科学出版社,2006.

[14] 封志明,唐焰,杨艳昭,等.中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J].地理学报,2007,62(10):1071-1082.

[15] Niu Wenyan, Harris W M. China: The forecast of its environmental situation in the 21st century[J].Journal of Environmental Management, 1996, 47:101-114.

[16] 国家环境保护部.滇池流域水污染防治规划(2006 - 2010 年)[R].

[17] 封志明.基于 GIS 的中国人居环境指数模型的建立与应用[J].地理学报,2008,63(12):1327-1336.