

武汉汉阳湖区土地资源评价研究

吕晓剑, 冯长春, 郭怀成

(北京大学环境学院, 北京 100871)

摘要: 在 Arc/info 地理信息系统支持下, 以武汉汉阳湖区为例, 选取自然生态指标、社会经济指标和区位指标, 建立了土地资源评价体系, 对汉阳湖区的土地资源质量进行了科学评价。评价中运用层次分析法确定评价因子的权重, 同时利用 Arc/info 系统强大的空间分析和图形操作功能, 将图形和属性数据统一管理, 加强了评价的整体性和准确性。评价结果符合当地实际情况, 评价指标的选取以及评价所采用的方法体系, 为城市湖泊地区进行土地资源评价提供了参考。

关 键 词: 地理信息系统; 层次分析法; 土地资源评价

中图分类号: F301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2005)06-0742-06

土地资源是人类赖以生存的最基本的资源。土地资源评价是土地用于规定目的时对土地性能的评定^[1]。土地资源评价是协调土地利用开发与土地资源保护之间的关系, 合理利用土地资源的重要手段, 也是实现土地资源可持续发展的基本前提^[2]。湖北武汉汉阳区内湖泊众多, 水系丰富, 人口密度在武汉三镇中相对较低, 具有广阔的发展空间, 是典型的城市湖泊地区。近年来, 该地区正经历着快速的城市化过程, 湖泊周边大量的农地、林地、湿地、生态用地逐渐被工业用地、居住用地等占用, 土地资源的开发利用以及土地覆被状况的变化, 必然会对湖泊水体及整个生态系统产生很大的影响^[3,4]。目前, 汉阳区内几个湖泊水体污染严重, 接纳大量的工业废水和生活污水, 加上周边土地的无序开发, 农田、城市用地、村镇用地相互混杂, 生态环境日益恶化, 水体景观遭受严重破坏。在传统的城市土地定级评价中, 强调社会经济因素和区位因素对土地质量的决定作用, 对于生态环境和水体对区域土地的影响考虑不足, 不能够对土地的可持续利用和生态环境保护提供依据。本研究将生态因素和水体的影响加入土地资源评价体系中, 对城市湖泊地区土地资源的质量特征和分布状况进行分析评价, 为合理开发城市湖泊地区土地资源以及土地利用规划、生态保护建设等提供科学依据。

1 研究区域概况

汉阳区位于武汉市城区的西南部, 东濒长江, 北傍汉水, 西接蔡甸区, 南临武汉经济技术开发区, 呈三角形地带, 位于 $113^{\circ}40' \sim 114^{\circ}16' E$, $29^{\circ}58' \sim 30^{\circ}33' N$ 之间。东西长约 17 km, 南北宽约 14 km, 汉阳区总区域面积 108.34 km², 土地总面积 84.1 km²。区内有墨水湖、龙阳湖、南太子湖、北太子湖、月湖、莲花湖, 湖泊水体均污染严重, 如南太子湖、龙阳湖均为劣 Ⅴ 类水体。汉阳区属亚热带大陆季风性湿润气候, 具有雨量丰沛、热量充足、雨热同季、冬冷夏热等特点, 多年平均气温 16.8℃, 年平均降水量 1300 mm。地貌类型多为一级阶地和河漫滩, 地势起伏不大。根据 2000 年第 5 次人口普查数据资料, 汉阳区总人口为 50.77 万人, 占全市 6.31%, 为武汉 3 镇人口密度最低地区。

2 研究方法步骤

本研究利用 Arc/info 地理信息系统作为空间数据管理工具^[5,6], 将航空影像图数字化输入计算机, 结合土地利用现状图、行政区划图确定评价范围, 并划分评价单元, 生成 Arc/info 空间数据库。分析影响湖区土地资源质量的各种因素, 在主导性、差异性、综合性等原则下, 考虑汉阳地区实际情况, 并根据已经掌握的各种资料遴选评价因子, 聘

收稿日期: 2004-08-31; 修订日期: 2005-01-05

基金项目: 科技部国家高技术发展 863 计划项目 (2002AA601021-03) 资助。

作者简介: 吕晓剑 (1981-), 男, 山西省河曲县人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境规划与管理。E-mail: heguo@pku.edu.cn

请土地科学、生态科学方面的专家和熟悉汉阳实际情况的人员填写判断矩阵,运用层次分析法确定各因子权重,建立汉阳湖泊地区土地资源评价体系。然后根据资料并利用 Arc/info的空间数据分析功能给各评价因子赋分,并计算各评价单元的综合分值,生成 Arc/info属性数据库^[7]。最后采用总分数轴法划分土地资源质量等级,利用 Arc/info的表格处理和图形显示功能将结果输出(图 1)。

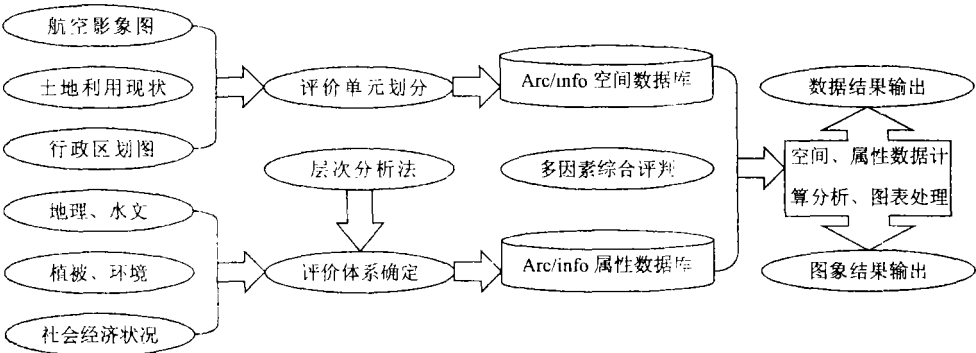


图 1 土地资源评价流程图
Fig 1 Flow chart of land resources assessment

区内部分土地地下水位较高,土地持力层有淤泥存在,地基承载力不足,湖泊洼地经常受淹而且排水不畅,地基易下陷,而且由于紧临汉水和长江,洪水期可能带来的淹没也会对土地资源的建设利用产生不良影响,这些因素必须考虑。另一方面,土地资源的生态敏感性关系到土地开发的适宜性以及开发强度^[10],生态敏感度较高地区的土地资源,开发强度必须予以限制,否则容易导致生态环境恶化,造成湖泊水质变坏和生态系统退化^[11]。而湖泊作为一种自然景观,能够提供多样化生境,其小气候调节以及休闲功能对周围土地有价值提升的作用^[12]。基于以上考虑,汉阳土地资源评价选取了自然环境因素、社会经济因素、区位因素 3 个一级指标。在自然环境因素中选取坡度、地基承载力、工程地质灾害、地下水埋深、洪水淹没状况、地面排水情况、植被覆盖度、生态敏感度^[13]、近水距离 9 个因子;社会经济因素中采用人口密度、土地利用程度、基础设施状况、环境质量状况 4 个指标;区位因素中,将区位分为经济区位和交通区位^[14],分别采用城市商业服务业中心对土地单元的影响程度、土地单元的道路通达度两个因子表示。武汉汉阳湖区土地资源评价指标层次结构如图 2 所示。

3 评价指标选取和权重确定

3 1 评价指标选取

城市土地利用系统是典型的自然、社会、经济复合系统,该系统涉及到资源、环境、生态、社会、经济等指标^[8],因此,影响城市土地资源质量的因素不仅有土地的自然环境条件,而且包括土地的社会经济属性、区位属性等^[9]。由于湖泊的存在,汉阳

3 2 用层次分析法确定评价因子权重

层次分析法(简称 AHP 法)是美国运筹学家沙蒂(A. L Saaty)于 20 世纪 70 年代提出的一种定性与定量相结合的多目标决策分析方法,它的特点就是能将决策者的经验判断给予量化,对目标因素复杂且缺少必要的数据的情况非常适用;此外,它将一个复杂的问题表示为有序的递阶层次结构,能将数据、专家意见和分析者的客观判断直接有效地结合^[15],通过人们的判断对评价因子的相对重要性进行估计,然后用数学方法确定表达每一层次全部因素相对权重。

层次分析法的步骤如下^[16]:

- 1) 建立层次结构模型。将确定的参评因子构造一个多层次指标体系,由评价目标通过中间层到最低层排列。
- 2) 构造判断矩阵。将某一因素的下一层所有与之有联系的因子两两进行重要性比较,请专家各自填写,一般采用 1~ 9 及其倒数的相对重要性标度方法。
- 3) 层次单排序。根据专家填写的判断矩阵,求解判断矩阵的特征根问题的解,将其归一化后即 为某一层次因素对于上一层次因素相对重要性的

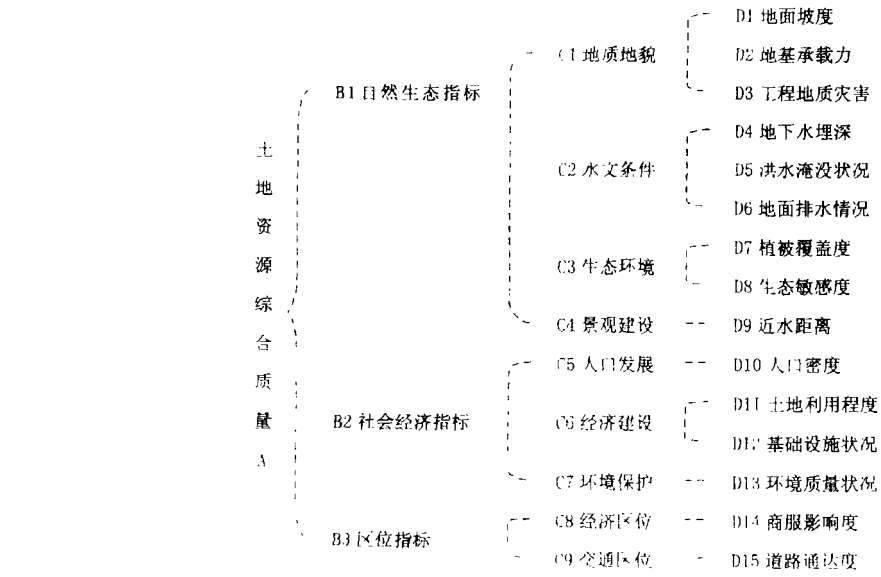


图 2 评价指标层次结构图

Fig 2 Hierarchy of assessment indicators

排序权值^[17]。

4) 一致性检验。计算一致性指标 CI ，当随机一致性指数 $CR = CI/RI < 0.10$ 时，认为层次单排序的结果有满意的一致性，否则需要调整判断矩阵的元素取值。 RI 为平均随机一致性指标。

5) 层次总排序。计算同一层次所有因素对于最高层相对重要性的排序权值。

6) 层次总排序的一致性检验。层次总排序是

从上而下逐层进行，其结果需进行一致性检验。按以上步骤，根据各指标的层次关系，请专家填写判断矩阵，运用 Matlab 编写程序计算特征根及权重，进行一致性检验，得到评价因子权重 (表 1)。

表 1 可看出，影响汉阳湖区土地资源质量的 4 个主要因子为土地利用程度、地基承载力、商服影响度和生态敏感度，权重分别为 0.093 5、0.091 3、0.087 9 和 0.084 5。

表 1 评价因子权重

Table 1 Weights of assessment factors

指标	权重	指标	权重	指标	权重
地面坡度	0.0507	地面排水情况	0.0282	土地利用程度	0.0935
地基承载力	0.0913	植被覆盖度	0.0567	基础设施状况	0.0735
工程地质灾害	0.0612	生态敏感度	0.0845	环境质量状况	0.0760
地下水埋深	0.0760	近水距离	0.0658	商服影响度	0.0879
洪水淹没状况	0.0389	人口密度	0.0440	道路通达度	0.0718

4 湖区土地资源评价

4.1 评价单元划分

为了便于评价因子数据的取得，以土地利用现状自然形成的边界来划分评价单元，即以自然地块为基础，同时考虑行政边界，综合划分评价单元。

4.2 评价因子量化赋值

评价因子有数值型和语言描述型两种，本文通过分级赋值使其量化。评价因子的量化赋值采取 0~10 分的封闭区间体系，因子的优劣均在 0~10

分内计算其相对分值，最优的条件取值 10 分，相对最差的条件取值 0 分，其余作用分值按优劣程度计算。语言描述型评价因子，根据已经掌握的资料进行分析，然后参考熟悉汉阳湖区土地资源实际情况的专家们的意见，综合赋值，如工程地质灾害、洪水淹没状况、地面排水情况、环境污染状况 (由于监测点位资料较少，结合实地考察判定)、土地利用程度等^[18]。

商业服务影响度是衡量土地单元繁华程度的一个指标，一般城市中心区的商业和服务业活动相

对聚集,随着与商业服务中心距离的增加,城市经济活动相对变弱,商业服务中心的影响逐渐减少,土地单元的繁华程度也逐渐降低^[19]。经过调查,武汉汉阳区的商业服务中心主要有鹦鹉大道和汉阳大道的交叉路口一个一级商业服务中心,与汉阳大道和龙阳大道的交叉路口一个次级商业服务中心。道路通达度主要与土地单元周围的道路等级有关,根据武汉汉阳区现有道路情况,可以分为主干道、次干道、支路 3 种类型,主干道包括汉阳大道、鹦鹉大道、龙阳大道、琴台路,次干道有墨水湖北路、拦江路等。将商业服务影响度点状因子和道路通达度线状因子数据转换到 Arc/info 下,利用 Buffer 模块进行缓冲区分析,确定各评价单元的因子分值。

4 3 综合分值计算

采用多因素综合评判^[20],根据评价单元各评价因子的数值乘以对应权值,所得乘积之和即为这一评价单元的综合分值。

$$P = \sum_{i=1}^m P_i W_i$$

式中, P 为土地某个评价单元的总评分值, P_i 为土地单元某评价因子的评分值, W_i 为此评价因子的权重值。

各评价单元的所有因子分值以及综合分值,组成 Arc/info 系统的属性数据库^[21]。

4 4 土地等级划分

将各土地评价单元的总分值标注于数轴上方,根据总分值在数轴上分布的密集与疏散程度,在相对疏散处设立分界线,将总分值划分为 5 个区间,因此,土地资源从优到劣分为 5 个级别(表 2)。

表 2 各级别土地面积及比例

Table 2 Proportion and area of all levels of land

土地级别					
面积 (km ²)	2 1	13 5	27. 1	25. 5	15 9
比例 (%)	2 5	16 1	32. 2	30. 3	18 9

4 5 评价结果

根据各评价单元的综合分值,利用 Arc/info 的图形输出功能,各级别土地的分布状况如图 3。

从各等级土地面积统计及分布状况看,评估结果基本符合汉阳区的实际情况。质量较好的、级土地主要分布于商业服务业较为集中的汉阳大道沿线,建设强度大,土地集约度高。质量居中的



图 3 各级别土地分布图

Fig 3 Distribution of all levels of land

、级土地占土地资源总量的 62. 5%, 级土地所占地域非常适合居住用地、工业用地、仓储用地等,是城市化最为迅速的区域,但是这些地区目前用地混杂,污水排放量很大,因此土地利用必须严格按照规划有序开发,同时在湖泊周围必须建设足够的生态湿地、绿地,保护湖泊地区的生态环境^[22]。四新、十升、汤山地区,由于地处湖泊洼地,地下水位很高,地基承载力不佳,必须采取一定的处理才能作为工程建筑用地,为级土地,比较适合作为粮食蔬菜基地,而目前此范围内也基本都为农田,但是随着城市规模的进一步扩大,此类地区必将是城市发展的下一个重点区域。级主要位于汉阳区与蔡甸区的边界处,这类地区发展滞后,远离城市中心,基础设施薄弱,人口数量较少,土地利用很低,为主要欠发展地区。

与汉阳区以前开展的土地分等定级成果相比,土地等级分布总体趋势相同,但是本次评价中龙阳湖北岸、东南岸,墨水湖周围地区的评价分值较高,主要原因是在评价体系中加入了生态环境和景观建设的指标,而这部分土地具有良好的亲水性和植被覆盖,宜人的生态环境对土地价值起到了提升作用,如果在土地开发中能够保持良好生态环境不被破坏,这些地区的土地有非常大的潜力。同样,由于汉阳区湖泊洼地较多这种特殊情况,在评价体系中土地承载力、地下水埋深、区域淹没状况等土地自然属性具有较高的权重,反映在评价结果中即龙阳湖西岸、南岸以及江堤乡部分地区评价分值相对较低,这是非常符合当地实际状况的,水文地质条件的特殊性导致这部分地区自然灾害发生概率要比周围地区高,在工程建设中相应的土地处理成本也增加很多,对土地利用产生了一定的负面影响。

对于汉阳区扁担山、磨子山、米粮山、汤家山等自然山体周围地区土地,由于山体植被丰富、物种繁多,为区域内主要野生动植物栖息地,生态敏感度较高,土地开发受到一定限制,相应级别也较低。

5 结 论

1) 本次评价在确定因子权重时采用层次分析法,充分吸收了土地科学、生态科学专家以及熟悉汉阳实际情况的人员的意见,对各评价因子的权重进行了准确的判定。评价指标不仅有定量指标,也包括定性指标,对一些不容易定量分析以及数据缺乏的指标采取专家打分,增强了评价的全面性和实用性。

2) 在 Arc/info 地理信息系统的支持下,解决了统计表格和测绘图件不能综合分析的问题,将空间数据和属性数据结合分析,避免了数据转换过程中出现的数据丢失或者数据混淆,利用 Arc/info 的空间分析工具 Buffer 求取点状和线状影响因子的作用分值非常直观方便,评价结果以统计表和图件两种方式输出,整个评价成为一个整体过程,其效率很高,省时省力,使土地评价的定量化、可视化、时效性大大增强。

3) 本次评价将水体的影响和生态指标加入到土地分等定级中,更符合武汉汉阳区建设生态园林城市的目标,为汉阳区土地利用总体规划以及湖区土地利用专项规划提供了科学依据,评价所采用的方法体系亦为类似地区开展土地资源评价提供重要参考。

参考文献:

- [1] 刘黎明,张军连,张凤荣,等. 土地资源调查与评价[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994
- [2] 刘建军,李春来,邹永廖. 贵阳市区土地资源评价模型的建立[J]. 地质地球化学, 2001, 29(2): 66~ 71.
- [3] 秦丽杰,张 郁,许红梅. 土地利用变化的生态环境效应研究——以前郭县为例[J]. 地理科学, 2002, 22(4): 508~ 512
- [4] 车秀珍,尚金城,陈 冲. 城市化进程中的战略环境评价(SEA)初探[J]. 地理科学, 2001, 21(6): 554~ 557
- [5] 石常蕴,周慧珍. GIS技术在土地质量评价中的应用[J]. 土壤学报, 2001, 38(3): 248~ 254.
- [6] 陈述彭. 地理科学的信息化与现代化[J]. 地理科学, 2001, 21(3): 193~ 197
- [7] Kollias V J, Kolivas D P. The enhancement of a commercial geographical information system (ARC/INFO) with fuzzy processing capabilities for the evaluation of land resources[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1998, 20(1): 79~ 95.
- [8] 周 勇,田有国,任 意,等. 定量化土地评价指标体系及评价方法探讨[J]. 生态环境, 2003, 12(1): 37~ 41.
- [9] Dumanski J, Pieri C. Land quality indicators research plan[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2000, 81(2): 93~ 102.
- [10] 杨庆媛. 土地利用与生态环境演化浅析[J]. 地域研究与开发, 2000, 19(2): 7~ 11.
- [11] Nandish M M, Keith S R. Estimation of Surface Water Quality Changes in Response to Land Use Change: Application of The Export Coefficient Model Using Remote Sensing and Geographical Information System[J]. Journal of Environmental Management, 1996, 48(3): 263~ 282
- [12] 王 颖,盛静芬. 滨水环境与城市发展的初步研究[J]. 地理科学, 2002, 22(1): 12~ 17.
- [13] 黄 方,刘湘南,张养贞. GIS支持下的吉林省西部生态环境脆弱态势评价研究[J]. 地理科学, 2003, 23(1): 95~ 100.
- [14] 马才学. 论城市土地资源评价[J]. 华中农业大学学报, 1999, 32(2): 41~ 44
- [15] Beynon M. DSAHP method: A mathematical analysis including an understanding of uncertainty[J]. European Journal of Operational Research, 1997, 96(2): 351~ 362
- [16] 赵焕臣,许树柏,和金生. 层次分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1986
- [17] Sinuany-Stem Z, Mehrez A, Hadad Y. An AHP/DEA methodology for ranking decision making units[J]. International transactions in operational research, 2000, 7(2): 109~ 124
- [18] 陈桂华,徐樵利. 武汉市土地质量评价研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 1995, 29(4): 529~ 533
- [19] 吴良才. 城市土地定级与评估[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003
- [20] 张占军,王令超. 城镇土地多因素综合评价的理论与方法[J]. 地域研究与开发, 1997, 16(增刊): 10~ 13
- [21] Stanbury K B, Starr R M. Applications of Geographic Information Systems (GIS) to habitat assessment and marine resource management[J]. Oceanologica Acta, 1999, 22(6): 699~ 703
- [22] 高 超,朱继业,戴科伟. 快速城市化进程中的太湖水环境保护: 困境与出路[J]. 地理科学, 2003, 23(6): 746~ 750.

Assessment of Land Resources in Hanyang Lake Watershed of Wuhan

LU Xiao-Jian, FENG Chang-Chun, GUO Hua-Cheng

(College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871)

Abstract Land resources is one of the basic resources to the survival of human being. Whether it can be used properly is a key problem to regional sustainable development. The purpose of land resources assessment is to identify the properties and qualities of land in various positions and situations, then to demonstrate their best utilization directions by quality classification. Hanyang is now undergoing an accelerating process of urbanization. It is a typical urban lakewatershed. Disorder of land use and unsuitable exploitation intensity have brought much pressure on land sustainability and water quality. In this paper, taking Hanyang as a case, Analytic Hierarchy Process (AHP) and multifactor integrated assessment model were applied to establish an assessment system of land resources. The assessment system was composed of natural ecological factors, social economic factors and location factors. It put the same emphasis on natural properties of land resources, such as hydrological and geological conditions, as their social economics and location properties, which made it different from the traditional classification of town ground. Considering the impacts on land quality engendered by surrounding lakes and regional ecological situation, habitat environmental and ecological indicators were integrated into assessment system, so the qualities of land resources were reflected more thoroughly and typically. AHP was used in this study to obtain the weight of each indicator. The method can quantify decision-makers' experiential opinion, and combine data, expert attitude and analyzer's external judgment together. More than 20 experts on geography and ecology and relevant specialists who were familiar with the actual situation of Hanyang were invited to fill the judgment matrix sheet. This made assessment system more authoritative in determining weights of all quantitative and qualitative indicators. Then a computer program was applied to calculate the weights, operated on the MATLAB mathematical software platform. As a result, four most important factors in assessment system were land use intensity, soil foundation bearing capacity, emporium impact and ecological sensitivity. After finishing the assessment system, property data and pictures were dealt with at the same time under the Geographic Information System (GIS) technology, which shortened the assessment period and improved the accuracy of results significantly. Using GIS technology, land database including space and property data could be developed, and with its spatial analyst models, assessment units and data could be obtained easily. Associating assessment system with GIS models, every assessment unit's synthetic score was also got. According to these scores, the quality of land resources in Hanyang was classified into five levels, and the percent of each level from I to V was 2.5%, 16.1%, 32.2%, 30.3% and 18.9%, respectively. With GIS software package, the distribution map of results is drawn. The results showed that the land resources with best quality were located in both sides of Hanyang avenue. Land around lakes like Longyang and Moshui lakes had great potential in the future due to its adjacency to water landscape and good eco-environment, and its quality was better than other land comparatively. The assessment result accorded with the actual state of Hanyang in higher extent than previous assessments. It could give much advice to regional land utilization planning, and especially conducted to harmonize land exploitation and regional eco-environment protection. The selection of assessment factors and the whole methods system used provided a reference for the assessment of land resources in similar areas.

Key words GIS, AHP, land resources assessment