

土壤资源与生态环境数据库的建立及应用*

以三峡库区秭归县为例

周 勇¹ 张海涛¹ R. V. Birnin² Alan Sibbald²
汪善勤¹ 任意¹

(1 华中农业大学亚热带土壤资源与环境农业部重点实验室, 武汉 430070)

(2 The Macaulay Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH UK)

摘 要 运用计算机和 GIS 技术, 以三峡库区秭归县为例, 建立了区域土壤资源与生态环境数据库 (RSEDBS)。该系统采用 ARC/INFO GIS 管理空间数据, Visual FoxPro 管理属性数据库, 二者通过公共标识码 (ID) 共享数据; 并运用计算机程序语言 (C++) 开发了 DEM、层次分析、模糊数学和综合环境指数等应用模型建立模型子库; 将空间数据库、属性数据库和应用模型库通过内部和外部接口集成一起, 对秭归县的生态环境质量进行了定量评价。结果表明: 秭归县生态环境质量较好的乡镇分布在西部和南部的山区, 且具有覆盖度高、人口密度低、降雨量充沛等特点; 生态环境质量较差的乡镇分布在沿江地区, 主要存在人口密度大、覆盖率较低、降雨相对不足、水土流失严重等问题。因此, 为了实现秭归县土壤资源的可持续利用, 必须根据区域生态特征, 优化配置人口、资源与环境。

关键词 GIS、空间数据库、属性数据库、模型库、生态环境质量

中图分类号 S159.2

随着计算机和地理信息系统技术的发展, 70 年代初, 西方发达国家开始利用计算机和数据库技术贮存、管理土壤和土地资源数据, 加拿大于 1972 年最早建立了国家土地资源数据库 (CGIS), 随后, 英国、美国、法国、澳大利亚等国家及联合国粮农组织也相继建立了土壤地理数据库^[1,2]。70 年代末、80 年代初, 基于 GIS 的土地资源信息系统在一些发达国家和地区均已建立和应用^[3]。继发达国家早期的土壤信息系统 (SIS) 研究以后, 国际上也开始运用 SIS 研究全球性问题。1985 年, 国际土壤学会建议建立 1 比 100 万世界土壤和土地数字化数据库 (SOTER)。它首次用 1:100 万的比例尺来对全球的土壤和土地资源信息进行管理, 包含在全球地理信息管理系统中, 覆盖和兼备了其他资源数据, 如地形、植被、地质、气候、人口密度等^[4,5]。我国从 80 年代中期开始在全国范围内相继建立了不同层次、不同规模和不同应用目标的数据库 21 个, 大大提高了资源与环境数据的利用管理效率, 并为政府部门的宏观决策提供了有力支持^[6,7]。但是如何将 GIS、数据库、模型库、专家系统以及决策支持系统工具等多系统智能式地集成于一体, 自动解决空间数据与属性数据联合管理、分析, 并应用各种模型工具, 为自然资源与生态环境的动态调控提供

* 国家自然科学基金资助项目 (49801010) 和 The Macaulay Development Trust in Scotland 资助项目的一部分。

一体化的解决方案,从而支持区域内人口、资源、环境和经济协调发展的宏观决策,仍然是世界各国有待研究的问题。

本研究运用计算机和GIS技术,以三峡库区秭归县为例,建立了区域土壤资源与生态环境数据库(RSEDBS)。研究工作集中在以下几个方面:系统采用ARC/INFO GIS管理空间数据, FoxPro 管理属性数据库,二者通过公共标识码(ID)共享数据;并运用计算机程序语言(C++)开发了层次分析、模糊评价和综合环境指数等应用模型建立模型子库;

将空间数据库、属性数据库和应用模型库集成一起对秭归县的生态环境质量进行了定量评价。

1 研究区背景

秭归县位于湖北省西南部,地处长江西陵峡,位于东经110°0'至110°19',北纬30°38'至31°11'。全县东西长55km,南北宽60km。境内地形复杂,西南高,东北低,长江横贯东西,有山地、丘陵、盆地、河谷和零星坪坝,海拔从2056.9m到65m不等。全县土壤类型主要有黄壤、黄棕壤、棕壤、石灰土、紫色土、潮土、水稻土等7个土类。境内生长着中亚热带、北亚热带、南温带及中温带的600多种植物。其中农作物以水稻、小麦、玉米和洋芋为主;经济作物有茶叶、柑橘等;森林资源以马尾松、杉、柏为主。林业用地面积约12万 hm^2 ,占土地总面积一半以上^[8,9]。三峡工程建成后,该县大部分农作物和一部份经济作物将被淹没,其人口承载力将受影响。因此如何优化配置人口、资源与环境,是该县社会经济持续发展的关键。

2 数据库的建立

根据土壤资源与生态环境数据的特性,数据库的结构主要包括空间数据库、属性数据库和模型库的设计,以及相互之间的复合与匹配。

2.1 空间数据库的建立

空间数据库的数据主要来源于不同时段,不同谱段的遥感图像、各种基础底图,环境专题图, GPS的定位信息和地面高程模型,用于环境评价的地形图、专题图(土壤类型图、利用图)等。所有专题图件来自秭归县第二次土壤普查⁽¹⁾和土地详查资料⁽²⁾。以ARC/INFO GIS作为主要开发工具,生成和管理地形图以及各种土地资源与生态环境专题图件,RS图像通过ERDAS分类处理和格式转换输入ARC/INFO GIS;空间数据的输入方式,采用手扶跟踪数字化仪(ARC/INFO)输入。这种设备将地图上的点状地物、线状地物和面状地物转化为坐标输入计算机,直接以数据的形式储存,并通过ARC/INFO软件生成电子图件。

高程数据的获取是通过地形图数字化,将秭归县1:100 000的地形图,以200m的间距选取等高线,输入计算机。然后用ARC/INFO中的LINEGRID栅格化命令对数字地形图处理,每个栅格大小为50×50 m^2 。再用LREEIS的DEM生成模块,生成DEM模型^[10],

(1)湖北省秭归县土壤普查办公室. 秭归县土壤志. 1985

(2)湖北省秭归县土地管理局. 秭归县土地利用现状调查. 1992

并成图输出(图1)。

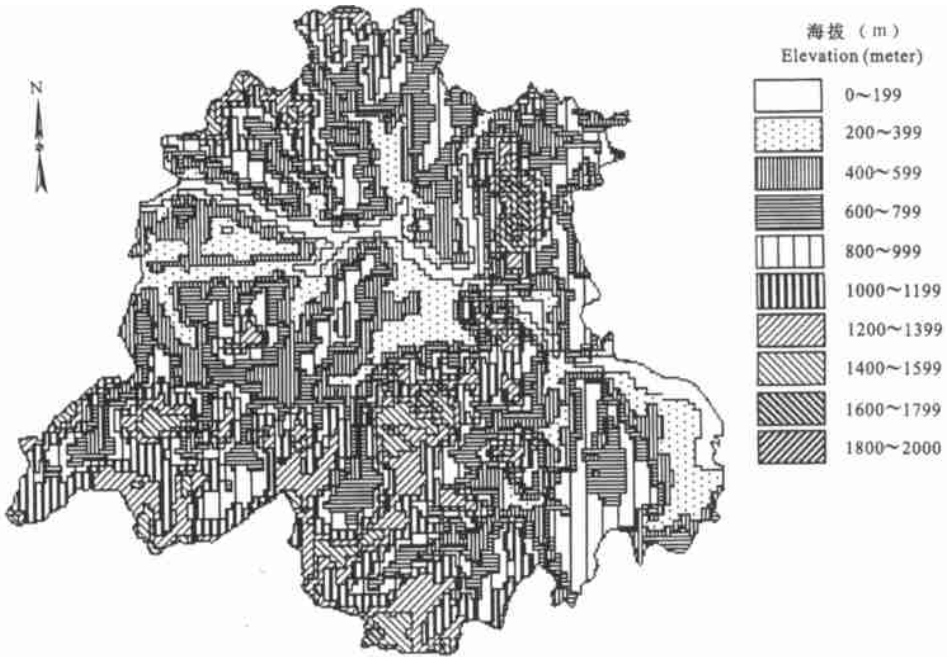


图1 数字高程模型

Fig. 1 Digital Elevation Model (DEM) of Zigu County

坡度由高程数据计算得到。DEM的网络就是评价单元,每个网格的四个顶点的高程分别为 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ,则该网格的坡度可用下式计算:

$$S = \sqrt{(-h_1 + h_2 - h_3 + h_4)^2 + (-h_1 - h_2 + h_3 + h_4)^2} / 2d$$

其中, d 为网格边长,在对秭归县的数据进行处理时 $d = 500$ m。根据 S ,按一定的划分标准,划分出平坡($S < 3$)、微坡($3 \leq S < 7$)、缓坡($7 \leq S < 15$)、中坡($15 \leq S < 25$)、陡坡($25 \leq S < 35$)和极陡坡($S \geq 35$),分别赋予不同的灰度,就可以得到秭归县的坡度图(图2)。

另外,通过运用ARC/INFO软件和手扶跟踪数字化仪,可获得秭归县的土壤图、土地利用现状图和行政区划图等图层。

2.2 属性数据库的建立

属性数据库的数据主要来源于社会经济、环境质量、土地类型、土地利用状况、相关的历史资料与土壤野外调查和室内分析数据及报表,要求数据尽可能的全面客观。

属性数据库的建立采用Visual Foxpro及其管理系统和ARC/INFO的INFO模块相结合的方法。用Visual Foxpro来建立和管理公共数据库,包括社会经济、环境质量等方面的数据。ARC/INFO将生成内部专题数据库,并提供与公共数据库的接口,实现对公共数据的调用^[11]。

用ARC/INFO的TABLES模块打开土壤图的多边形属性文件(.PAT),输入有关土壤方面的数据。主要有土壤物理(有效土层厚度、表土层厚度、质地等)和土壤肥力(有机质、

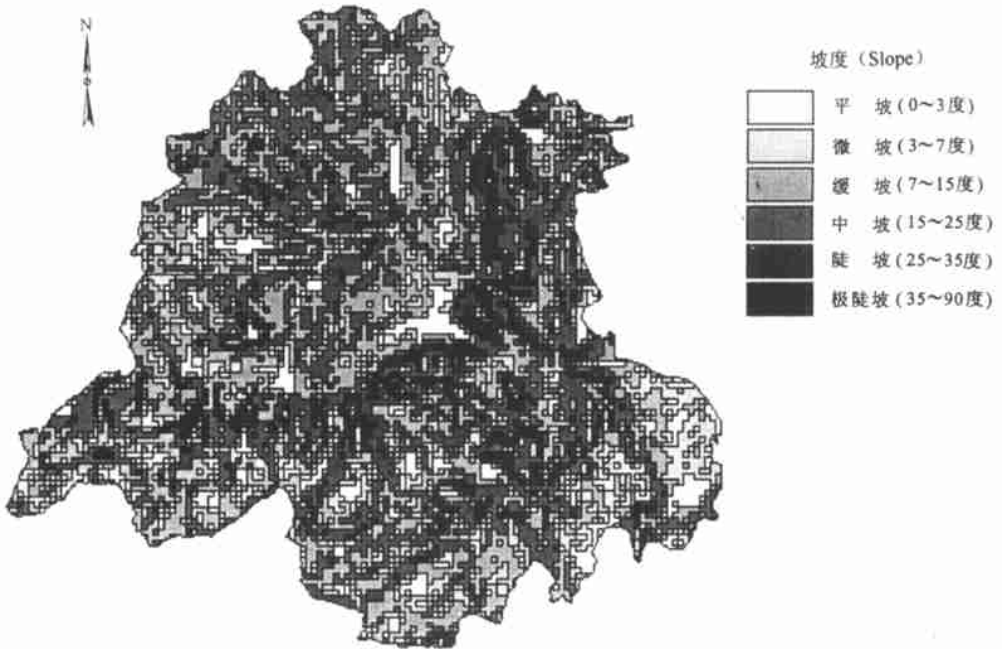


图 2 秭归县坡度图

Fig. 2 Slope map of Zigui County

全氮、有效磷、有效钾等)数据。这些数据都来源于全国第二次土壤普查。以上就建立了秭归县的有关社会经济、生态环境及土壤状况的属性数据库。

2.3 空间数据库及属性数据库的连接和管理

在 ARC/INFO 系统中,ARC 部分是专门处理和组织图形数据的,INFO 部分则是用于组织图形属性的关系数据结构。利用 ARC/INFO 提供的功能,空间数据和属性数据通过一系列的标识码 (ID) 相互连接如下:

ID	空间数据
	属性数据

以上建立的属性数据库中的土壤数据,在 TABLES 中通过与土壤图地块中相同的土壤类型标识码 (ID),而与土壤图相互连接,由 ARCVIEW 生成有机质、全氮、有效磷、有效钾等分布图,并分别转换成栅格图。同样的社会经济数据、生态环境数据,可通过与行政区划图中相同的行政区划代码 (ID),而与行政区划图相连,生成降雨量、温度、人口密度、人均收入、农业生产总值等分布图,并运用 ARCVIEW 软件将其转换成栅格图。

通过 ARC/INFO 的叠置功能,将高程图、坡度图、有机质分布图、全氮分布图、有效磷分布图、有效钾分布图和土地利用现状图叠加,形成评价单元图,每个单元的大小为 $500 \times 500 \text{ m}^2$ 。

ARC 和 INFO 两个模块系统的结合兼顾了空间数据和属性数据这两种不同性质的数据特点,通过建立统一的查询和检索界面,有效地实现了两类数据的操作处理和管理。

2.4 模型库的建立及其与数据库的集成

区域土壤资源与生态环境数据库(RSEDBS)的应用是通过多种应用模型实现的, 通过外部和内部接口将模型集中在一起, 统一管理。RSEDBS 利用 ARC/INFO 建立了环境地理学模型(DEM、Kriging 空间内插) 和统计分析模型(层次分析、模糊数学、综合环境指数模型) 两个模型子库, 实现数据库的外部接口, 以及模型子库间的内部接口^[10- 12]; 通过Visual C++ 生成模型库的管理环境和其他子库, 提供对公共数据库访问的接口。系统内部接口通过一系列函数调用和参数传递来实现, 使用 Visual C++ 和 ARC/INFO 作为设计和开发工具; 外部接口主要通过系统中断调用以及外设提供的接口来实现, 有关程序用 Visual C++ 设计; 用户界面将使用 Visual C++ 设计基于 Windows 95/ 98 的图形界面, 主要的功能模块将由此界面提供菜单驱动。

3 RSEDBS 在生态环境质量评价中的应用

为了探明社会因素、气候条件、地形地貌及土壤植被与生态环境质量之间的相互关系, 更好地利用和保护有限的土地资源, 改善生态环境质量。以 RSEDBS 作为分析工具, 采用了层次分析法、模糊数学方法及综合环境指数法, 对秭归县各乡镇的生态环境质量进行了定量评价。

3.1 评价方法

3.1.1 层次分析法 层次分析法(The Analytical Hierarchy Process, 简称 AHP), 是著名运筹学家 T. L. Saaty 在七十年代提出的。它把人的思维过程层次化、数量化, 并用数学方法为分析、决策、预报和控制提供定量的依据, 事实上是一种定性定量相结合的方法。AHP 法将复杂的问题的各个因素划分相互联系的有序层次, 使之条理化, 然后客观的判断每一层次各因素的相对重要性, 确定出每一层次相对重要性的权值^[13]。因而在生态环境评价中运用 AHP 确定生态环境因子的相对权重是可行的, 其具体步骤如下:

首先建立层次结构。假设对于一目的 O, 达到 O 有一系列的准则 C_i , 对于每个准则又有一系列的方案 P_{ij} 。那么, 目的、准则和方案的层次关系如图 3, 称为层次分析的层次结构。

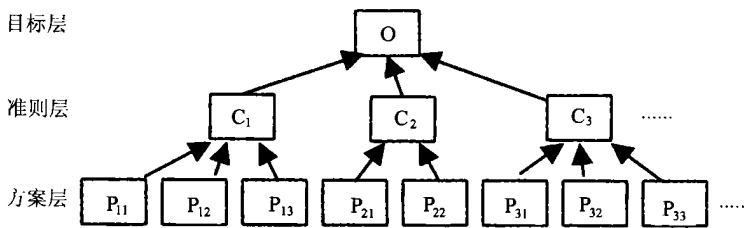


图 3 AHP 的层次结构

Fig.3 Level structure of AHP

然后建立比较矩阵。就可以求出各个因素的权值。采取的方法是用和积法计算出各矩阵的最大特征根 λ_{max} 及其对应的特征向量 W, 并用一致性指数 CR 进行一致性收敛判断

(检验)。

当 $CR < 0.1$ 就认为比较矩阵的不一致程度在容许范围之内; 否则, 必须重新调整矩阵。

3.1.2 模糊数学方法 利用模糊数学方法, 可以对各个评价因子进行评价, 在此基础上再进行综合评价。在模糊数学中, 是以隶属度来刻画事物的模糊界限^[14]。资源环境因子的变化具有模糊性, 其隶属度以隶属度函数来表达。

根据需要可以选择不同的隶属函数。生态环境评价是多因素的综合评价, 故为方便起见, 选取线性函数计算隶属度。

隶属于 1 级的隶属函数为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & C_i \geq S_{i2} \\ (C_i - S_{i2}) / (S_{i1} - S_{i2}) & S_{i1} < C_i < S_{i2} \\ 1 & C_i \leq S_{i1} \end{cases}$$

隶属于 j ($a = 2, 3, 4, \dots$) 级的隶属函数为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 0 & C_i \geq S_{ij-1}, C_i \geq S_{ij+1} \\ (C_i - S_{ij-1}) / (S_{ij} - S_{ij-1}) & S_{ij-1} < C_i < S_{ij} \\ (C_i - S_{ij+1}) / (S_{ij} - S_{ij+1}) & S_{ij} < C_i < S_{ij+1} \end{cases}$$

以上各式中 C_i 为第 i 个因素的实测值, S_{ij} 为第 i 个因素指标 j 级的标准值。取 c 为评价因素指标的集合, s 为分级的集合, 则有:

$$c = \{1, 2, \dots, n\}$$

$$s = \{ \dots \}$$

计算 c 上 n 个因素指标对 s 上各级标准的隶属度, 可得到一个模糊矩阵 R

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix}$$

考察模糊矩阵 R , 取第 i 行中隶属度最大者所对应的评价级别作为第 i 个因素的评价结果。

3.2 生态环境质量评价的因素及指标

影响土壤资源及生态环境质量的因子是多方面的, 主要有自然和社会两方面。指标群的选取是为了全面反映研究目标, 而指标体系的建立则是为了科学性、系统性实现土壤资源生态环境质量评价的目标。

3.2.1 评价因素的选取 人类活动及自然界的许多变化, 对生态环境质量都有着十分重要的影响。其中与生态环境的作用最直接、最集中的体现在水、热两个方面: 土壤资源是生态环境的重要构成之一, 以地形、地貌为其存在骨架, 因此在选择生态环境的评价因素时, 地形地貌是不容忽视的; 土壤与植被是人们利用土地资源 (土地利用) 的结果 (如建筑物、道路及耕地等), 是构成土壤资源与生态环境的实体; 此外人类活动, 也是影响生态环境的重要因素^[15]。

故在评价指标群的选取中, 为了达到土壤资源生态环境质量评价的目的, 选择了水热状况、地形地貌、土壤与植被、社会经济等4个方面的因素。

3 2 2 评价指标的确定 在选定了4类因素的基础上, 本着全面性、针对性和数据可获得性的原则, 根据区域特征, 确定了4类共10个指标。即水热状况: 分别选取了降雨量和年均温两个指标; 地形地貌: 选择了高程和坡度两个指标; 土壤植被: 选择了土壤类型和植被覆盖度两个指标; 社会经济: 选择了人口密度、人均收入、交通、居住条件四个指标。

3 3 生态环境质量评价

3 3 1 评价指标的量化 确定了以上10个评价指标以后, 由于各个指标的量纲不一致, 不能相互比较, 直接用来进行评价是困难的。因此, 必须对这10个指标进行量化, 以使它们能在同一标准下进行比较, 根据它们对环境质量影响的大小, 并且综合考虑秭归县的实际环境情况, 对这10个指标进行了分别的处理, 确定了各个指标的具体指数, 以反映各乡镇的差异。

降雨量、温度、居民用地、交通、植被覆盖率、人均收入等产生正面影响的指标, 其指数(C_i)反映的是各乡镇的实际数值(A_i)与最小值(A_{min})的对比度, 其计算公式为:

$$C_i = (A_i - A_{min}) / A_{min} \tag{1}$$

实际数值越大的, 指数越大; 高程、坡度、人口密度的指数则相反, 采用的计算公式为:

$$C_i = (A_{max} - A_i) / A_{max} \tag{2}$$

实际数值越大, 其指数越小。

土壤指数的获取在遵循等级适中的原则下, 根据水田、旱地、林地和园地等利用类型确定了相应参评指标及分级指数, 由LREEIS的层次分析功能确定出各参评因素的权重, 模糊数学方法确定出各因素隶属度, 计算出各评价单元的综合评分值, 进而计算出各乡镇四种土地利用类型的评分值; 然后计算出各乡镇四类土地的占地百分比, 最后计算出每个乡的土壤质量总评分⁽¹⁾。通过公式1将此指标量化, 从而得到相应土壤指数。

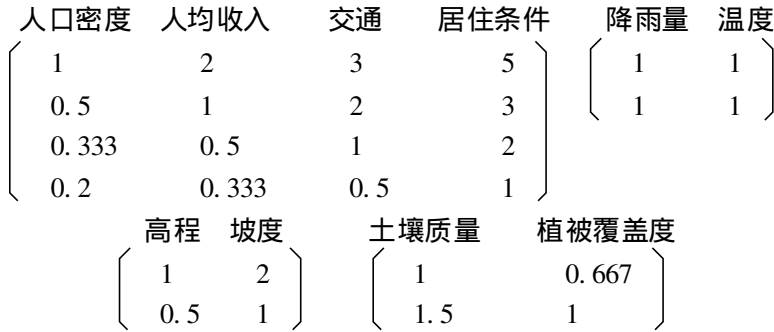
以上生态环境质量评价的10个指标分别通过了公式1或公式2进行了标准化量化。

3 3 2 评价因子权重系数的确定 因子权重的确定是整个评价过程中不可缺少的一环, 它关系到评价结果是否符合实际情况。本文采用层次分析法, 对3个层次, 4类约束因素, 10个评价指标对生态环境质量的影响确定权重系数, 各层次的判断矩阵如下:

目标层:	环境质量			
	[1]			
结束层:				
	社会经济	气候	地形地貌	土壤与植被
	1	3	3	3
	0.333	1	3	1
	0.333	0.333	1	0.333
	0.333	1	3	1

(1) 汪善勤. 长江三峡库区四县土地资源与生态环境时空变异研究. 华中农业大学硕士学位论文, 1999. 55~ 81

指标层:



以上矩阵均通过一致性的检验,计算出各级评价指标的权系数(图4)。

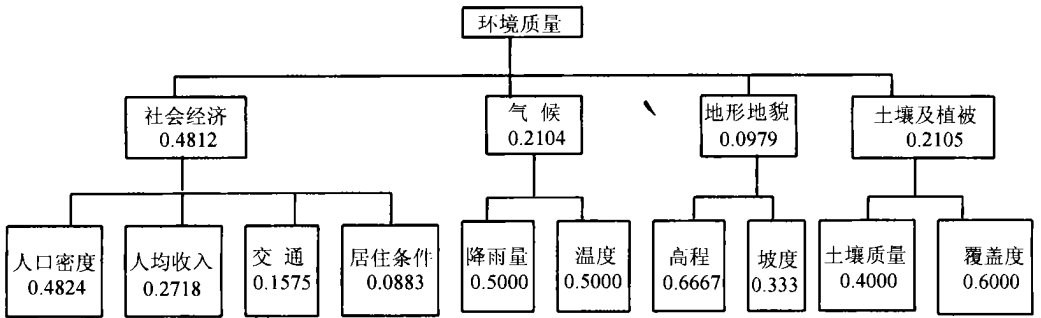


图4 评价指标体系及权系数

Fig. 4 Index system and weight coefficient

3 3 3 环境质量评价结果与讨论 确定了约束层和指标层的权重系数后,就可以最终计算出每一个指标对环境质量的权重,即将每一个指标对相应约束层的权重乘以约束层对环境质量的权重(表1)。

表1 各指标对环境质量的权重

Table 1 Weight of every index in environmental quality

指标 Index	人口密度 Population density	人均收入 Income	交通 Traffic	居住条件 Resident	降雨量 Rainfall	温度 Temperature	高程 Elevation	坡度 Slope	土壤质量 Soil quality	覆盖率 Coverage
权重	0.2322	0.1307	0.0758	0.0425	0.1052	0.1052	0.0653	0.0326	0.0842	0.1263

然后利用各指标的指数和权重系数,用如下模型计算环境质量指数:

$$EQI = \sum_{i=1}^{10} W_i C_i$$

其中 EQI 为环境质量指数值, W_i 为权重, C_i 为指标指数。由此计算出秭归县各乡镇的环境质量指数(表2,图5)。

由图5、表2可知,磨坪乡的环境质量指数最高,其次是杨林桥、芝兰、梅家河、两河口。环境质量指数都达到了0.60以上,划分为一级。它们分布在秭归县的西部和南部。这些乡镇存在着一些共同的特征,主要表现在覆盖度高、人口密度低、降雨量充沛。其中

表 2 各指标指数和环境质量指数
Table 2 Index value and environmental quality index value

乡 镇 Town	各指标指数 Index value of every factor										
	降雨量 Rainfall	温 度 Temperature	居民地 Resident	高程 Elevation	坡度 Slope	覆盖度 Vegetation density	人口密度 Population density	人均收入 Income per t/a	交通 Traffic	土壤 Soil	环境质量 EQ
磨坪	0.93	0.07	0.19	0.07	0.67	1.00	1.00	1.00	0.84	0.20	0.71
杨林桥	1.00	0.00	0.60	0.00	0.65	0.80	0.91	0.81	1.00	0.35	0.68
芝兰	0.48	0.53	0.36	0.51	0.30	0.90	0.97	0.67	0.47	0.00	0.63
梅家河	0.32	0.70	0.43	0.67	0.69	0.70	0.63	0.34	0.82	0.91	0.61
两河口	0.79	0.22	0.24	0.21	0.56	0.80	0.82	0.72	0.58	0.20	0.60
泄滩	0.59	0.43	0.38	0.41	0.29	0.90	0.93	0.00	0.04	1.00	0.57
文化	0.75	0.26	0.31	0.25	0.35	0.70	0.84	0.67	0.13	0.18	0.55
周坪	0.64	0.37	0.16	0.35	0.41	0.80	0.93	0.29	0.40	0.10	0.54
沙镇溪	0.03	1.00	0.99	0.96	0.74	0.50	0.50	0.09	0.51	0.49	0.51
屈原	0.48	0.54	0.38	0.52	0.38	0.80	0.87	0.01	0.02	0.11	0.49
茅坪	0.05	0.98	1.00	0.95	1.00	0.20	0.38	0.24	0.18	0.96	0.49
新滩	0.49	0.53	0.67	0.51	0.00	0.40	0.71	0.24	0.00	0.74	0.48
水田坝	0.48	0.53	0.00	0.51	0.65	0.40	0.67	0.33	0.09	0.66	0.48
郭家坝	0.31	0.71	0.99	0.69	0.66	0.10	0.45	0.24	0.18	0.92	0.46
香溪	0.29	0.74	0.36	0.71	0.15	0.50	0.53	0.33	0.11	0.28	0.44
归州	0.00	1.00	0.96	1.00	0.73	0.00	0.00	0.86	0.71	0.01	0.40

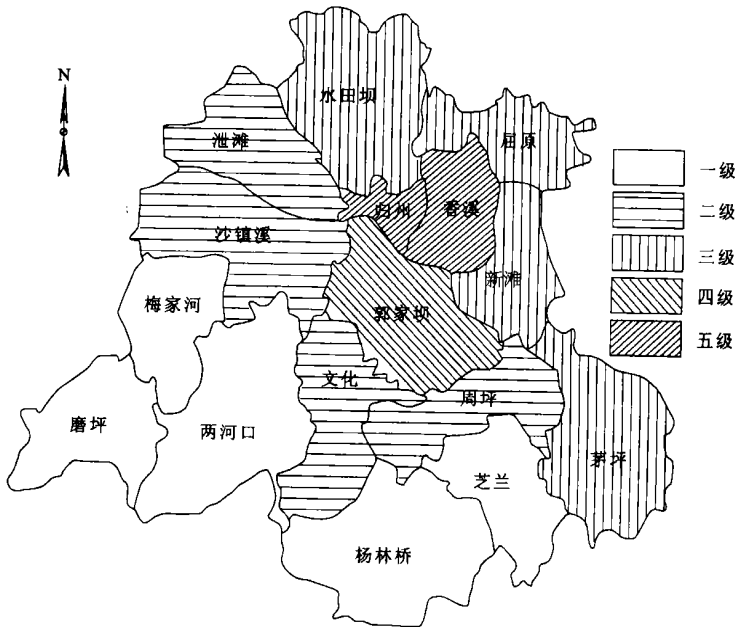


图 5 秭归县环境质量分布状况

Fig. 5 Distribution of environmental quality in Zigui County

磨坪乡的覆盖度高达 72.9%, 其他 4 个乡镇的覆盖度也都在 60% 以上, 远超出全县的平

均水平 56.5%。在人口密度方面,磨坪乡为 104 人 km^{-2} ,这 5 个乡镇的平均人口密度也仅为 134 人 km^{-2} ,远低于全县的平均水平 175 人 km^{-2} 。此外,这 5 个乡镇的平均降雨量为 1 416 mm,比全县平均水平高出 82 mm。泄滩、文化、周坪、沙镇溪的环境质量指数在 0.50 至 0.60 之间,划分为二级。屈原、新滩、茅坪、水田坝的环境质量指数 0.48 至 0.50 之间,划分为三级。郭家坝环境质量指数为 0.46,环境质量较差,划分为四级。香溪和归州环境质量指数最低,分别为 0.44 和 0.40,划分为五级,这两个乡镇位于长江边,地势平缓,从覆盖度来看,香溪和归州分别为 52.4% 和 32.9%,远低于全县的平均水平 56.5%。全县的平均人口密度为 175 人 km^{-2} ,而香溪镇的人口密度为 215 人 km^{-2} ,归州的人口密度更高达 338 人 km^{-2} ,而它们的降雨量都低于 1 270 mm,比全县的平均降雨量要低出 70 mm 以上。由以上可以说明,覆盖度越高、人口密度越低、降雨量相对较大的地方,其环境质量指数就越大,环境质量就越高。

4 结 语

1) 基于 GIS 和计算机技术的土地资源与生态环境数据库的建立,使得分散的属性数据和空间数据能够得到更好的组织和高效的利用。该系统采用 ARC/INFO GIS 管理空间数据, Visual FoxPro 管理属性数据库,二者通过公共标识码(ID)共享数据;并运用计算机程序语言(C++)开发了 DEM、层次分析、模糊数学和综合环境指数等应用模型建立模型子库; RSEDBS 将空间数据库、属性数据库和应用模型库通过内部和外部接口紧密联结。因而具有快速查询、检索、更新和较强的分析应用功能。

2) 在数据库的应用方面, RSEDBS 能够综合自然和人为因素,实现了县级土壤资源与生态环境质量的定量评价,与常规方法相比,结果更准确,大大节省了人力、物力和时间。对秭归县的生态环境质量进行定量评价的结果表明:秭归县生态环境质量较好的乡镇分布在西部和南部的山区,且具有覆盖度高、人口密度低、降雨量充沛等特点;生态环境质量较差的乡镇分布在沿江地势较平缓的地区,主要存在人口密度大、覆盖率较低、降雨相对不足、水土流失严重等问题。为了实现秭归县土壤资源的可持续利用,必须优化配置区域内人口、资源和环境。

3) 土壤资源与生态环境数据库的建立涉及 GIS、数据库等高新技术和地理学、生态学、环境科学等的最新理论与方法,因此需要多学科联合攻关,才能获得成功。RSEDBS 在用户界面设计、应用模型开发以及数据更新等方面都有待进一步研究。

参 考 文 献

1. Damanski J. Concept, objectives and structure of the Canada soil information system. *Canadian Journal of Soil Science*, 1975, 55: 181~ 187
2. Douglis K LOH, Edward J Rykiel JR. Integrated resource management systems: coupling expert systems with data-base management and geographic information systems. *Environmental Management*, 1992, 16(2): 167~ 177
3. Hinton J C. GIS and remote sensing integration for environmental applications. *Int. J. Geographical Information System*, 1996, 10(7): 877~ 890
4. Oldeman L R, Van Engelen V W P. A world soils and terrain digital database (SOTER)-An improved assessment of land re-

sources. *Geoderma*, 1993, 60: 309~ 325

5. Graef F, van Duivenbooden N, Stahr K. Remote sensing and transect-based retrieval of spatial soil and terrain (SOTER) information in semi-arid Niger. *Journal of Arid Environments*, 1998, 39: 631~ 644
6. 周勇, 汪善勤, 王庆云, 等. 建立土地资源信息系统的若干问题与对策. *遥感学报*, 1999, 3(1): 71~ 75
7. 徐冠华. 遥感与资源环境信息系统应用与展望. *环境遥感*, 1994, 9(4): 241~ 246
8. Xu Q. The ecological and environmental impact of Three gorge project. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 1995, 9(4): 341~ 347
9. 徐琪, 刘逸农. 三峡库区移民环境容量研究. 北京: 科学出版社, 1993. 79~ 90
10. 徐庆云, 杜道生, 黄伟, 等. 计算机地图制图原理. 武汉测绘科技大学出版社, 1993. 271~ 275
11. Environmental Systems Research Institute Inc. *Understanding GIS: The ARC/INFO Method*. Redlands, California, USA: ESRI. 1993
12. Oliver M A, Webster R. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *Int. J. Geographical Information System*, 1990, 4(3): 313~ 332
13. Saaty T L. *The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill. 1980
14. Burrough P A. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science*, 1989, 40: 477~ 490
15. Bob Crabtree, Neil Bayfield. Developing sustainability indicators for mountain ecosystems: a study of the Cairngorms, Scotland. *Journal of Environmental Management*, 1998, 52: 1~ 14

ESTABLISHMENT AND APPLICATION OF LAND RESOURCES AND ECO-ENVIRONMENT DATABASE A CASE STUDY ON ZIGUI COUNTY IN THE THREE GORGES AREA

Zhou Yong¹ Zhang Hai-tao¹ R. V. Birnin² Alan Sibbald² Wang Shan-qin¹ Ren Yi¹

(1 *Key Lab of Subtropical Soil Resources and Environment, the Agricultural Ministry of China, Wuhan 430070*)

(2 *The Macaulay Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH UK*)

Summary

Regional land resources and eco-environment database system (RSEDBS) for Zigui County in the Three Gorges area was established based on computer and GIS technology. Spatial database managed by ARC/INFO GIS was shared with attributive database managed by Visual FoxPro through common Identification Code (ID). Model base that includes application models such as DEM, AHP, Fuzzy Mathematics and comprehensive environment index etc were developed using computer program language C++ . Spatial database, attributive database and model base were integrated by internal and external interfaces and applied in quantitative evaluation of eco-environmental quality of Zigui County. The research results illustrated that towns with better eco-environmental quality mainly lie in southwest mountainous areas with high vegetation coverage, less population and rich rainfall. Whereas, towns with worse eco-environmental quality were mainly located on both sides of Yangtze River with lower vegetation coverage, large population, insufficient rainfall and soil erosion. Therefore, population, resources and environment must be optimized based on rational ecological characteristics to achieve sustainable use of land resources in Zigui County.

Key words Land resources, Eco-environment, Attributive database, Spatial database, Model base