

固原上黄土地资源信息系统及其应用

李 锐 赵永安 宋桂琴 赵满礼

(中国科学院
水利部 西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘 要

该文介绍的土地资源信息系统是建立在大比例尺资料基础上,并直接为基层生产单位服务的专业性地理信息系统。通过对以地块为单元的各种要素数据进行采集、贮存、分析、变换、综合等项处理,可完成土地资源清查、质量评价、动态分析、优化利用以及规划预测等项任务。应用结果表明,该系统对于小流域水土保持综合治理有重要的意义。

关键词 土地资源 信息系统 遥感

1 引 言

土地资源信息系统(LRIS)是一种用于土地资源信息查询、数量统计、质量评价、利用规划和经营管理的专业性地理信息系统(GIS)。通过对土地各种要素(包括自然和社会经济两个方面)的数据进行采集、贮存、分析、变换、综合等项处理,可完成资源清查、动态监测、模式优化以及前景预测等项任务。

土地是一种综合性的自然资源,既包括许多错综复杂的自然因子(如气候、地形、地质、土壤、植被等),又受到人类活动日益广泛深刻的影响。这两种因素交织在一起,赋予了土地资源极其丰富的内容,但对信息系统建造上却造成了一定的困难。近年来,由于遥感和计算机数据处理技术的快速发展,特别是空间型关系数据库的应用,为解决上述问题提供了有利条件。从60年代开始,许多国家先后把地理信息系统应用到土地资源方面,建立了以土地资源查询和管理为目的的土地资源信息系统。我国从80年代初开始,在地理信息系统基础理论和开发应用方面进行了比较广泛的试验研究,取得了可喜的进展^[1]。但是,已经或正在建立的系统,多数着眼于比较宏观的方面,包括的范围是大区域的,采用的资料是中小比例尺的,服务对象是较高层次的。中国科学院西北水土保持研究所按照国家“七五”科技攻关项目“黄土高原综合治理”要求研究开发的“黄土高原小流域综合治理信息系统”就是一种以大比例尺信息源为基础,直接为小流域土地资源开发利用和水土保持综合治理服务的信息系统。本文要详述的“固原上黄土地资源信息系统”(SHLRIS)就是其中的一个子系统。

与现有的同类系统相比,固原上黄土地资源信息系统有以下几个特点:

1 该系统的服务对象是基层生产单位,可直接应用于指导生产实践。

2 以大比例尺资料和实地观测数据为信息源,包括专为当地拍摄的 1:12 000 彩红外航片以及同比例的专题系列图、野外观测小区和试验地获取的资料,内容翔实。

3 将土地资源信息采集、系统分析、质量评价、利用规划、模式优化以及管理等项任务集于一体,具有较强的综合性和实用性。

4 该系统的信息采集和数据结构,都赋予了明显的时间序列性,适合于定位试验的动态分析和预测。

5 本系统对软件、硬件要求不高,操作简便,凡从事土地研究或管理的人员,稍经训练即可应用。

2 系统的基本结构和主要功能

2.1 基本结构

整个系统由信息采集与输入、数据库建立与管理 and 系统应用三大部分组成。数据采集是一个独立的子系统,本文第三节将比较详细的介绍。数据库的建立与管理,信息的应用与转换都由专门的软件执行。整个系统的运行是由一系列层次分明的“菜单”引导的。进入系统后,计算机屏幕上就会显示出:

欢迎您使用:
固原上黄土土地资源信息系统
(SILLRIS)

上黄位于宁夏固原县河川乡,是黄土高原
11个综合治理试验示范区之一。本系统是为该试
区土地资源信息咨询、利用规划、措施配置服务的

接着就显示出主菜单(图1)。表示了系统的主要功能。

请选择(0—7):

1、数据库管理	5、预测预报
2、统计与查询	6、实用模型
3、分析与评价	7、提示
4、决策与规划	0、退出

图1 主菜单——系统主要功能模块

2.2 主要功能

2.2.1 数据库管理 如果由主菜单键入1,就进入了“数据库管理”模块(图2)。这是本系统的主要功能模块——基础模块。所有数据的输入、输出、修改、转换都由本模块执行,主要软件是 Foxbase,这是国内外比较流行的普及型软件,操作简便。数据转换功能的强弱是评价一个系统的重要指标。所以在本系统的设计过程中,除考虑到与图象、图形处理系统的接口外,还注意到与通用数据处理软件(Lotus 123, Statgraph 等)和专业处理软件的兼容性。

2.2.2 统计与查询 如果由主“菜单”键入2,就进入了“统计与查询”模块,这是本系统应用比较多、功能比较强的一个模块。既可以进行单因子统计,也可以进行多因子

您现在进入“数据库管理”模块，请选择(0—7)：

- | | |
|-------|-------|
| 1、建 库 | 5、转 换 |
| 2、增 加 | 6、输 出 |
| 3、删 除 | 7、提 示 |
| 4、修 改 | 0、退 出 |

图2 数据库管理模块

适合查询，还可以进行模糊查询。该模块的主要软件是由中国科学院西北水土保持研究所计算机房赵永安、王培森编写的。采用了分类索引技术，并建立多个分类索引文件。查询时，通过库与库之间的联接、投影，以及对各个库文件的过滤操作，既加快查询速度，又可以按要求提供全部汉字信息。

2.2.3 分析与评价 如果由主“菜单”键入3，就进入了分析与评价模块。本模块包括了常见的数理统计分析软件，如主成分分析、多元线性回归、多项式逐步回归、模糊分类、系统聚类等等，主要用以土地资源分类和评价。

2.2.4 决策与规划 如果由主“菜单”键入4，就进入了决策与规划模块。为了适应本模块的需要，专门设计了“参数库”，这是本系统区别于其它系统的又一特点。该库收集了决策规划所需的参数(实地测定的和经验的)。该模块的主要作用是对农林牧及各业内部结构进行优化，为土地合理利用提供决策依据。

2.2.5 预测预报 如果由主“菜单”键入5，则进入“预测预报模块”。该模块包括两部分内容，一是应用灰色系统方法对社会经济预测分析；二是应用经验公式或模式对土地的退化(如侵蚀)或改良进行预测。

2.2.6 实用模型 如果由主“菜单”键入6，则进入“实用模型”。这是本系统特有的功能，也是专门为土地利用、水土保持综合治理设计的模块。目前编入本系统的模型(图3)主要是依据“专家”在黄土高原进行土地资源评价、水土保持措施配置和小流域综合治理中积累的经验 and 实地观测的结果，按土地资源数据库中信息内容和结构设计的。在应用过程中，既可以调用数据库中的资料，也可以按屏幕提出的问题，用键盘输入进行人机对话式的操作。

您现在进入“实用模型”，请选择(0—7)：

- | | |
|----------|----------|
| 1、土地资源评价 | 5、水土流失评价 |
| 2、土地利用决策 | 6、水土流失预报 |
| 3、综合治理评价 | 7、提 示 |
| 4、水土保持配置 | 0、退 出 |

图3 实用模型

2.2.7 提示 这是本系统的内部使用手册。在任何一级“菜单”，只要键入7，就可以获得一些必要的屏幕提示。例如在“统计与查询”模块，您如果键入7，屏幕上就会立即出现提示。

如果还需要进一步的解释，就回答Y，还可以获得进一步提示。

按总体设计，整个系统有三级“菜单”，第一级(主菜单)指示出系统的功能；第二级表

“统计与查询”提示 1

首先要确定查询与统计因子的数量,例如,希望得到坡度大于 25° ,没有任何水土保持措施坡耕地面积。这里就涉及到坡度、利用现状、水土保持措施三个因子,所以要选择 3。

(还需要进一步的解释吗? Y/N)

示出每一功能模块中包含的工作内容;第三级则是执行具体的程序。

2.3 系统配置

2.3.1 硬件 包括微型计算机中分辨力的彩色显示器,以及行式打印机。还可与图象、图形输入(数字化仪)和输出(绘图机)等外部设备相联。

2.3.2 软件 除了用 CCDOS 作为引导系统, Foxbase 作为数据库管理的基本软件外,还配置了图象、图形处理以及系统应用软件。为了适应土地利用和水土流失综合治理的需要,还编写专题实用模型——专家系统。

2.3.3 字典库 在用户和系统之间设置了“字典库”,将土地资源性状中须用字符(特别是汉字)定性描述或半定量表示的指标,根据其意义的不同,分别赋予一种唯一而准确的数字(编码)。其主要作用如下:

(1) 避免繁琐地输入和修改,提高了运行速度。土地是一个复杂的综合体,有许多性状是需要描述的,有了字典库,只要输入编码,计算机就会自动查找出其实际含义。

(2) 既节约了存储空间,又便于计算机进行各种运算。由于字典库的存在,在“主”库中,所有土地性状都用数字表示,大大地缩小了字节的长度。另外,数字型的数据也适合于统计、查询以及应用软件的执行。

(3) 提高了信息的可读性和人机对话功能。

3 数据采集和预处理

建立以大比例尺资料为信息源,直接为基层生产实践服务的土地资源信息系统,国内外都尚未进入实用化阶段。目前的状况是:计算机技术发展是很快的,土地资源研究也是比较深入的,但如何实现土地资源数据的自动化处理却未能完全解决。关键是:(1)如何获取精度较高的数据,(2)如何对数据进行预处理,才能既充分反映土地的景观生态学特征,又适合于计算机识别和处理,本节将围绕上述两个问题介绍我们的作法和体会。

3.1 数据采集

3.1.1 主要信息源

(1) 大比例尺航空相片,除了搜集到 1976 年黑白航片(1:17 000)外,1987 年和 1990 年对该试区进行了平均比例尺为 1:12 000 和彩红外航摄,为数据采集提供最新的基本信息源。

(2) 专题系列图。以地形图(1:10 000,1982 年调绘,1983 年出版)控制几何精度,采用航片判读转绘,并结合野外调绘,编制的土地资源专题系列图是本系统的主要信息源。使用的图件有:土地类型图、坡度图、土地资源评价图、土地利用现状图、水土保持措施分布图、综合治理评价图。另外,还用地形图作了数字化地形模型,取点的网络大小为 $50 \times 50(\text{m})$ 。用 mBRIAN 图象处理系统进行了分析变换,作出了高程、坡度、坡向、光照模拟,

地面曲度模拟单因子专题图象和多因子彩色合成图象以及三维立体模型图。

(3) 调查统计和试验观测资料。主要包括社会经济调查和生态因子观测资料。为研究工作需要设立的生态经济观测小区(点)。其中,包括40个径流小区,测定了不同坡度、坡长、降水、不同利用(覆盖)条件下的径流和土壤流失状况。有26个土壤水分观测区,每年4—10月取0~200cm深率的土样测定含水量。从取自不同立地条件,不同利用现状地块的109个土样的养分分析结果中获取了该区主要土壤的养分资料。另外,还对不同土地类型上的12种作物、5种牧草的投入和产出进行了调查,为土地生产力水平的评价提供了依据。建立有气象站,布设了一批雨量观测点,系统收集气象资料。

(4) “专家”经验总结。这是建立实用模型、模式优化的依据,也是本系统着意为基层实践服务的重要标志之一。如巨仁等同志提出的土地利用镶嵌配置模式,“土地分级系统”、水土流失计算公式等等。

3.1.2 数据采集程序 国内外比较流行的地理信息系统,数据采集和记录格式基本上可分成两类:格点法和多边形法。两者比较,前者排列规则,处理方便,缺点是格点过稀时,精度不够;过密时,数据量过大,占储存空间也大。例如固原上黄试验区总面积15.48 km²,如果以20×20(m)的格网,则有38700个格点,每个格点采集34个数据,总共有1315800个数据,因此我们采用了多边形方法,划分出了475块地,共采集了16150个数据,仅是格点法的1%,显然节省了存储空间。以地块为单元建立数据库还可以为土地利用结构调整提供方便。但数据的输入和输出需要配备相应的软件和硬件。

(1) 编制地块图(或称制图单元图)

采用多边形方法,首先要编制地块图,每一个图斑就是一个独立的制图单元,在数据库中就有一个记录。编图的程序是:首先将同比例尺的土地类型图、土地利用现状图、坡度图严格对准迭合,描绘所有的界线再按地形图标注公里网格。为了避免有的地块偏大,可将支沟沟底线也绘到图上。这样每一个图斑里主要自然属性和利用状况比较一致,形成了一个独立的景观生态综合体。这张图是数据库的空间基础,也就是土地的“细胞”集合,每一块地都有其具体的空间位置(纵、横坐标和高程)及表1所列的全部性状。

(2) 填写《地块性状表》

编制出地块图之后,就逐块填写《地块性状表》(表1)。表中数据的内容有五部分,即地理性状、气象因子、土壤性状、土地利用现状和水土保持措施。

3.2 数据预处理——编码

从数据的表达形式看,可划分成三种 一种是直接用数值表示的,如面积、高程及绝大部分的社经资料;第二种是用间接数据表示的,如土壤肥力用土壤有机质含量相对值表示;第三种是非数值型的,如坡向、坡型等。除第一种外,其余两种在入库前都要进行编码处理。编码也有两种类型,一类是有明显的等级差异,如热量状况的热、暖、温、凉等;另一类是没有明显的等级概念,编码只是计算机识别的符号,如土地类型、土壤类型等。下面按《地块性状表》中划分的五大类性状,分别介绍编码方法。

3.2.1 地理性状

(1) 分区:为了便于地块的空间定位,按小川河及其支流的分布把上黄全境分为9个区。

表1 地块性状表

流 域(或村):		面积:		(ha)	
地 块 编 号:				(亩)	
1.地理性状	编码	2.气象特征	编码	侵蚀模数($t/km^2 \cdot a$)	编码
分 区		年降水(mm)		土壤质地	
纵标(km)		年均温($^{\circ}C$)		土壤厚度(cm)	
横标(km)		受风状况		4.土地生产力	
海拔(m)		热量状况		利用现状	
村距(km)		霜害状况		作物籽粒产量(kg/ha)	
坡度($^{\circ}$)		洪害状况		乔木材蓄积量(m^3/ha)	
坡 向		积温($\geq 10^{\circ}C$)		灌木产薪量(kg/ha)	
坡 型		3.土壤性状		人工牧草产量(kg/ha)	
地形部位		土壤类型		天然牧草产量(kg/ha)	
土地类型		有机质(%)		5.水土保持措施	
水源状况		全氮含量(%)		水保工程措施	
切割状况		全磷含量(%)		水保耕作措施	
地面物质		含水量(%)		植被覆盖度(%)	

(2) 平面坐标: 为便于对地块分布进行空间分析,用地形图公里网表示每块地中心的位置。

(3) 高程: 地势高度是影响土地资源热量、水分等状况的重要因素,但黄土高原地形起伏较大,除河台地、台坪地外,多数地块需要用其中心部分的平均高程代表这块地的高程。

(4) 离村距: 这是影响土地经营便利与否的重要因素之一,由于居民点比较分散,所以确定比较集中的自然村作为中心,以就近不就远为原则。

(5) 土地类型: 我们按“黄土高原综合治理试验研究”课题制定的土地分类系统统一编码”,上黄子系统的编码包含于统一编码之中。

其它地理性状编码见表2。

3.2.2 气候特征 除了年降水、气温、积温等常用气象因子外,着重对地块的小气候特征,特别是对灾害状况进行了分析。因缺乏小气候观测资料,只能依据邻近气象台(站)的资料推算,或依据地形、地貌及环境等相关因子分析及直观经验,按程度或频率划分为五个等级(表3)。

3.2.3 土壤性状 依据土样分析结果和有关资料,对上黄主要土壤类型编码如下(表4)。

根据该区土壤特点,我们选取了7个有代表性的特征,每一种特征分成了6级(表5)。

3.2.4 土地生产力 我们按黄土高原统一的土地利用现状分类系统编码。上黄试区土地生产力状况拟定了分级编码表(表6)。

表2 地理性状编码表

编 码	6	5	4	3	2	1	备 注
高程(m)		<1600	1600~1650	1650~1700	1700~1750	>1750	指地块中心部位高程
坡度(m)	< 5	5~10	10~15	15~25	25~35	>35	指平均坡度
坡 向		北坡(包括东北、西北)	东 坡	西 坡	南坡(含东南、西南)	无明显坡向	指主体坡对的方向
坡 形		无起伏(平坦)	凹 形	直 形	复合形	凸形	指控制性坡形
地形部位		底 部	下 部	中 部	上 部	顶部	表示相对位置
水 源		离水源近,	水源有保证,	水源一般,	水 源	无发展灌	表示发展灌溉的难易
状 况		灌溉方便	灌溉有可能	灌溉困难	短 缺	溉 可 能	程度
切 割		地面平整,	浅沟间距	浅沙间距	浅沟间距	浅沟间距<	表示地面为水蚀发展
状 况		无 浅 沟	>50m	30~50m	10~30m	10m, 有小型切沟	破碎程度
地面物质	新黄土	老黄土	砂	土 石	砾 石	石质	

表3 部分气象特征编码

编 码	1	2	3	4	5
热量状况	冷	凉	温	暖	热
风害状况	极严重	严 重	中 等	轻 度	罕 有
霜害状况	频 繁	较 多	有 时	很 少	罕 有
洪害状况	经 常	有 时	较 少	极 少	罕 有

表4 土壤类型编码

编码	名 称	分 布
01	黑 垆 土	台、坪、湾掌地
02	细 黄 土	梁峁坡地
03	硬 黄 土	谷坡地、梁峁地
04	红 胶 泥	陡 崖
05	淤 土	滩 地
06	砂 砾	河 床

表5 土壤性状编码

编码	6	5	4	3	2	1	备注
含水量(%)	>15	13~15	10~13	7~10	5~7	<5	4~10月2m
有机质(g/kg)	>15	15~12	12~10	10~7	5~7	<5	内平均含水量
全氮含量(g/kg)	>1.2	1.2~1.0	1.0~0.8	0.8~0.6	0.6~0.4	<0.4	
全磷含量(g/kg)	>1.8	1.8~1.7	1.7~1.6	1.6~1.5	1.5~1.4	<1.4	
侵蚀模数(t/km ² ·a)	<1200	1200~2500	2500~5000	5000~10000	10000~15000	>15000	
土壤质地	中壤	轻壤	重壤	沙壤	粘壤	砂砾	
土层厚度(cm)		>200	100~200	50~100	30~50	<30	

3.2.5 水土保持措施 水土流失是当地土地退化的主要原因,因此,水土保持措施是非常重要的因子。

4 应用实例分析

除了提供资源清单、完成信息检索和回答用户查询外,在建立和调试过程中本系统还

表6 上 黄 土 地 生 产 力 指 标 编 码

编 码	6	5	4	3	2	1	备注
农田籽粒产量 (kg/ha)	>2250	1500~2250	1125~1500	750~1125	375~750	<375	干柴 干草
木材蓄积量 (m ³ /ha)	>8.0	8.0~5.0	5.0~3.0	3.0~1.0	1.0~0.5	<0.5	
灌木产薪量 (kg/ha)	>4500	4500~3750	3750~3000	3000~2250	2250~1500	<1500	
牧草产草量 (kg/ha)	>11250	11250~7500	7500~6000	6000~4500	4500~3000	<3000	
植被覆盖度 (%)	>90	70~90	50~70	30~50	10~30	<10	

进行了土地资源评价、土地利用适宜能力评价、土地利用模式优化,以及综合治理评价等初步尝试,获得了比较好的结果。

4.1 土地资源评价

将模糊聚类分析和主成分分析两种数学方法结合使用。前者用以分类,后者将分类结果进行数量化分级。其主要步骤如下。

4.1.1 选取土地性状因子 数据库中每块地有 34 个因子,从中选取了 10 个既能反映地块之间差异,又能代表其质量水平的指标。

4.1.2 确定土地评价单元 为了便于计算机分析,按土地类型将上黄 475 块地划分成 34 个评价单元(其中有 30 个参加评价),其质量指标(因子)值为划入本单元所有地块的平均值或区间值。

4.1.3 土地评价单元分类——模糊聚类 以土地性状因子作聚类因子,以土地评价单元作聚类样本,进行模糊聚类分析。

4.2 土地利用模式优化

应用土地资源信息库资料对上黄土地利用所作的论证性模式优化(表 7)。

表7 上 黄 试 区 优 化 模 式

农		林		草		备 注
面积(亩)	占 (%)	面积(亩)	占 (%)	面积(亩)	占 (%)	
6220.3	27.4	8193.3	37.2	7780.5	35.4	总土地面积 22759.5亩， 其中：可利 用土地为 21994.1亩
其中：		其中：		其中：		
粮食：4013.6		乔木：1480.4		轮作草：694.8		
油料：1003.4		灌木：6712.9		改良草：7085.7		
豆类：1003.4						

项 目	牛 (头)	驴 (头)	羊 (只)	猪 (头)	鸡 (只)	化肥 (t)	辅助燃料 (kg)	人 口
数 量	86	86	1565	300	2676	42	500	888

4.3 综合治理评价

评价综合治理的程度,主要以下列几方面作为依据:第一、农林牧用地结构是否合理、

也就是林草面积率是否达到一定水平;第二、水土保持工程措施的实施程度;第三、综合治理后的减沙效益;第四、综合治理后的经济效益。

5 结 语

建立以大比例尺航片和地图资料为基础,直接为基层生产实践服务的土地资源空间信息系统,与原先以小比例尺资料、为高层服务的系统,特别是与那种纯数字库作比较,使规划决策、预测预报、数字建模都有了“实体”概念。但是,象上黄这样的基层单位使用的信息系统,目前仍处于试验阶段。特别是黄土高原地形复杂,人为影响也比较严重,给土地资源研究、治理开发、经营管理都带来许多困难,再加上电算技术在这一领域发展的历史短。所以,需要有关方面相互配合,方能使土地资源信息系统在应用过程中日臻完善。

参加本项工作的还有中国科学院、水利部西北水保所的巨仁、王培森、李领涛同志

参考文献

- [1] 何建邦等。黄土高原(重点产沙区)信息系统 LPIS 的初步研究。黄土高原遥感调查试验研究,科学出版社,1988
- [2] 李锐等。黄土高原小流域综合治理治理评价信息系统。中国科学院西北水土保持研究所集刊,陕西科学出版社,1989(10)
- [3] 巨仁等。试论土地综合利用配置的镶嵌模式。水土保持通报,1985,(3)
- [4] 宋桂琴等。黄土高原综合治理试验示范区土地分类研究。中国科学院西北水土保持研究所集刊,陕西科学出版社,1989(10)
- [5] 巨仁等。固原试区径流观测及综合治理减沙效益的研究。中国科学院西北水土保持研究所集刊,1990(12)

LAND RESOURCES INFORMATION SYSTEM OF SHANGHUANG IN GUYUAN COUNTY

Li Rui Zhao Yongan Song Guiqin Zhao Manli

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia
Sinica and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)*

Abstract

Land Resources Information System of Shanghuang presented in this paper is based on data from big scale infrared aerial photographs, thematic maps, field experiment and investigation. It is oriented to application for grass-roots organizations directly. Resources inventory, capability evaluation, Land use optimization and modelling are undertaken on the basis of field patches. 36 features of each patch were collected, including geography, climate, soil, current use and soil conservation measures. Primary application showed this system is very useful for small catchment management of soil conservation.

Key words land resources remote sensing information system