

基于3S的土地整理生态环境效益评价系统

张可慧 刘方圆 张胜海 李强 (河北省地理科学研究所, 河北石家庄 050011)

摘要 利用3S技术, 开发出土地整理生态环境效益评价系统, 实现了空间数据库和专业计算模型的友好链接, 并且设计了评价指标因子的互动选择和基本定量分析算法。

关键词 土地整理; 生态环境; 评价系统

中图分类号 X820.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)04-01227-03

System of Evaluating Eco-environment Benefit of Land Rearrangement Based on 3S

ZHANG Ke-hui et al (Hebei Institute of Geographical Sciences, Shijiazhuang, Hebei 050011)

Abstract A system of evaluating eco-environment benefit of land rearrangement was established with 3S technique. The spatial database and the specialized mode were linked friendly. The interaction of the evaluation factors and the quantitative analysis algorithm were designed.

Key words Land rearrangement; Eco-environment; Evaluation system

土地整理是一项在不增加土地面积的前提下可以获得巨大土地利用效益的措施。土地整理既满足当代人对土地资源的需求, 又不对后人的需求造成威胁; 既保持质量好的土地数量, 又为后人创造良好的生态环境。土地整理的经济、社会、生态功能构成了土地资源可持续利用的不竭动力^[1]。现代土地整理是一项复合的系统工程。建立完整的土地整理科学理论体系, 需要将土地整理与保护生态环境结合起来, 建立科学的土地生态系统定量评价模型, 制定有效的土地生态系统评价规程。

1 土地整理及其生态环境效益

1.1 土地整理的概念 在社会发展的不同阶段, 对土地整理的内涵有着不同的诠释。目前被普遍接受的概念是国土资源部制定的官方定义, 即在一定区域内, 按照土地利用规划和城市规划确定的目标和用途, 采用行政、经济、法律和工程技术手段, 对土地利用状况进行调整改造、综合整治, 增加耕地面积, 提高土地利用率和产出率, 改善生产、生活条件以及生态环境的过程^[2]。该定义概括了土地整理的依据、手段、目的等。我国土地整理分为农地整理和建设用地区整理两大类, 重点为农地整理。作为人类改造自然、建设家园的社会实践, 土地整理要协调土地资源系统、社会经济系统和生态环境系统。

1.2 土地整理的生态环境效益 主要表现在以下3个方面: 对人居环境的影响, 通过村庄整理、城市建设用地整理, 消除居住区不合理的建设结构, 改善居住环境, 如集约利用的土地用来增加绿地面积; 对自然环境的影响, 包括防洪设施的建设、砂化土地及盐碱地的改造、荒山开发、退耕还林还牧、受破坏自然景观的修复以及森林土地整理等; 对矿区或灾区的土地整理, 可以防止矿山废弃地二次塌陷、二次污染, 增强灾区防灾、减灾能力, 促进当地的生态环境保护。

2 3S技术对土地整理的应用支持

目前, 我国对土地整理中的行政、经济和法律等方面有一定研究, 但对土地整理中的定量分析和高新技术的应用研究还十分薄弱^[3]。3S技术以其强大的空间数据分析和实时的高分辨率数据源、高精度的定位数据获取方

式和多接口数据模型综合能力等特点, 为土地整理定量分析提供了一种全新的技术手段。

3S技术包括GIS、RS和GPS。GIS可提供以下3个方面的技术支持: 采集、管理、分析和输出土地整理相关的多种空间信息, 支持大型属性数据库和空间数据库的存储、管理和集成; 具有强大的空间分析能力, 可以提供各种常用的地学统计分析模块, 同时还可以与土地整理效益分析模型有效链接, 实现区域空间分析、多要素综合分析、专业模块分析和各种动态预测; 提供友好的易操作界面和二次开发平台, 实现实时人机互动, 为土地整理定量分析系统的构建提供便利, 对相关信息进行快速、准确的计算处理。RS具有多时相、多空间分辨率、覆盖范围广和监测周期短等特点。航空遥感的精度完全可以满足土地整理的要求, 可以用于获取整理区的各种地物要素, 如利用遥感影像获取土地整理现状图等, 同时还可以实现快速、实时的变化监测。GPS是在海、陆、空进行全方位实时三维导航与定位的新一代卫星导航与定位系统, 具有全天候、自动化、高精度、高效益等特点, 可用于土地整理重要地物的空间定位, 其定位精度高, 方法简单, 可大大提高测量的工作效益。综合利用3S技术, 可建立易管理、存储和多信息综合集成的土地整理基础信息数据库, 实现土地整理各种空间分析和评价模型设计, 实现数据源、定位信息的实时、快速获取以及大型计算的综合分析等, 为设计专业性、高效、互动的土地整理效益评价系统奠定了坚实的技术基础。

3 土地整理生态环境效益评价系统的构建

3.1 系统总体设计 整个系统由属性数据库、空间数据库、遥感信息库3个基础数据库支撑, 以属性数据库管理系统、基于GIS的生态效益评价系统、基于Web GIS的土地整理生态效益评价综合信息查询系统3种方式面向用户(图1)。

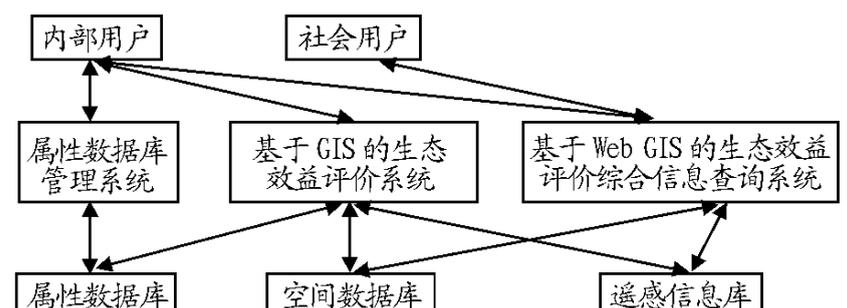


图1 系统结构

作者简介 张可慧(1973-), 女, 河北蔚县人, 硕士, 工程师, 从事国土资源、生态环境及3S技术应用方面的研究。

收稿日期 2006-12-15

系统结构主要分为数据服务层、应用逻辑层和表现层。数据服务层用于存贮、管理属性数据和空间数据,具有数据输入、删减、修改和查询功能;应用逻辑层提供数据处理、统计分析和模型计算的各种基础应用工具,是整个系统的核心部分;表现层是在应用逻辑层的基础上开发出的面向用户的操作平台,是人机交互的窗口。用户的访问请求通过表现层的客户端软件提供的用户界面输入,应用逻辑层将表现层提出的请求转换为对数据服务层的请求,数据服务层的服务器处理完请求后,将结果通过应用逻辑层分析处理后返回给表现层,由表现层显示和输出用户需要的结果。

3.2 数据库

3.2.1 属性数据库的建立。属性数据库的数据来源于各类统计资料、相关历史资料、调查样点的调查资料以及室内分析数据、报表等,主要包括土地开发整理规划设计文本、规划统计数据、生态环境统计数据(包括水资源补给、物种多样性、动植物个体尺度等)、综合指标数据(包括水文调节、侵蚀控制、废物净化能力、生产能力等)和社会政治环境数据(包括人类活动强度、物质生活指标、农药和化肥使用强度等)等。

3.2.2 空间数据库的建立。空间数据库的建立以 ArcGIS 为工具,采用基于 ArcSDE 的 GeoDatabase 数据库建设方案。空间数据包括矢量数据和栅格数据。矢量数据是将各类图件扫描后矢量化,分层存贮于空间数据库中,包括土地利用现状图、土地利用规划图、地形图、权属图、土壤类型图等;栅格数据主要来源于遥感数据,包括植被覆盖数据和土地利用覆盖数据等。

3.2.3 属性数据库与空间数据库的链接。对于每一个图层,都应赋予对应的属性数据,同时建立属性数据库与空间数据库的链接。如,在 ArcGIS 系统对图件矢量化过程中,通过标记多边形标识点,建立多边形编码表,而建立属性数据库时采用同样的编码表,通过公共编码表实现空间数据与属性数据的统一管理。属性数据库通过 ArcGIS 提取属性后生成其内部数据库,提供与公共数据库的接口,实现对公共数据的调用,从而便于进行应用模型的二次开发。

3.3 分析模块

3.3.1 评价指标互动模块。土地整理生态效益评价可以根据不同土地开发整理对象选择指标权重,突出不同土地开发整理对象主要考虑的评价内容,对土地的适宜性评价和潜力评价起到重要作用^[4-5]。评价指标的选择要根据具体的土地整理规划内容和实际环境影响情况,即选择的指标应具有实用性,且能涵盖生态效益评价的内容,所以区域的评价指标是变化的。评价指标互动模块则设立人机互动程序,保证指标的可选性。

3.3.2 权重分析模块。权重分析模块主要完成各选定指标因子权重的确定。常用的权重赋值法有特尔斐法、层次分析法、熵值法、主成分分析法、因子分析法和复相关系数法等。该文以层次分析法的算法模型设计为例。

(1) 读入通过评价指标互动模块选取的适合研究区域的评价指标因子,建立指标因子的层次结构,一般分为目标层、准则层、对象层和子对象层。通过分析概念间的相互关系、逻辑归属和重要性级别等,对指标因子进行分层排列,

构成一个由上而下的递阶层次结构。

(2) 构造判断矩阵,进行层次单排序。假定评价目标为 A,评价目标集合为 $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$, B_i 表示因子 B_i 对 B_j 的相对重要性数值。

$$B = \begin{matrix} & B_{11} & B_{12} & \dots & B_{1n} \\ & B_{21} & B_{22} & \dots & B_{2n} \\ & M & M & \dots & M \\ & B_{n1} & B_{n2} & \dots & B_{nn} \end{matrix} \quad (1)$$

式中, B_{ij} 是对于 A_k , B_i 对 B_j 的相对重要性,通常 B_{ij} 取 1, 2, 3, ..., 9 及其倒数。其涵义为: $B_{ij} = 1$, 表示 B_i 与 B_j 一样重要; $B_{ij} = 3$, 表示 B_i 比 B_j 稍微重要; $B_{ij} = 5$, 表示 B_i 比 B_j 明显重要; $B_{ij} = 7$, 表示 B_i 比 B_j 强烈重要; $B_{ij} = 9$, 表示 B_i 比 B_j 极端重要;其他数值可类推。

(3) 求指标因子的权重。计算方法如下:

将判断矩阵每一列正规化。

$$\overline{B_{ij}} = \frac{B_{ij}}{\sum_{k=1}^n B_{ki}} \quad (2)$$

每一列经正规化后的判断矩阵按行相加。

$$\overline{W_i} = \frac{\sum_{j=1}^n \overline{B_{ij}}}{n} \quad (3)$$

对向量 $\overline{W} = [\overline{W_1}, \overline{W_2}, \dots, \overline{W_n}]^T$ 正规化。

$$W_i = \frac{\overline{W_i}}{\sum_{j=1}^n \overline{W_j}} \quad (4)$$

所得到的 $W = [W_1, W_2, \dots, W_n]^T$, 即为所求特征向量。

设判断矩阵最大特征根为 λ_{\max} ,

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{j=1}^n (AW)_i}{nW_i} \quad (5)$$

式中, $(AW)_i$ 表示向量 AW 的第 i 个分量。

相对于目标层而言,各评价指标的权值为 W

$$W = W_C W_{pj} \quad (6)$$

式中, W_C 为准则层 C 的权重值; W_{pj} 为所对应的对象层中指标的权重值。

3.3.3 生态效益定量分析模块。根据指标值和权重值进行土地整理生态效益的定量分析与评价,该模块包括矢量和栅格数据的空间分析、属性数据的整理和统计分析、各层数据的转换和叠加以及综合指标值的求算。其运算过程涉及 ArcGIS 系统空间分析模块和统计分析模块的功能嵌套和效益评价系统的计算流程设计。模块中涉及的土地整理生态效益评价指标一般包括居民点基础设施配套率增加值、绿色植被覆盖率、林地覆盖率、草地覆盖率、草场载畜量指数、小气候变化(包括风速、空气湿度、气温、土壤湿度等)、土地质量变化、田块规整率增加值、村庄建筑物整齐率增加值、人均绿地面积增加值、灌溉保证率增加值、水土流失治理面积、土地沙化治理面积、土地污染治理面积、防护林密度增加值、水资源涵养价值以及生物多样性价值等。通过相应的空间计算求得这些指标的统一分辨率栅格值,再引入生态效益评价模型进行叠加。

在进行综合评价过程中,为了使数据间具有可比性,要对空间处理后的指标实际值进行无量纲化,则 X_i 标准化后的评价值 $v_i^{[6]}$ 为:

$$V_i = \frac{x_i(k) - x(k) \min}{x(k) \max - x(k) \min} \quad (7)$$

式中, $x_i(k)$ 为第 i 行 k 列指标的实际值; $x(k) \max$ 和 $x(k) \min$ 分别为第 k 列指标的最大值和最小值。

由标准化指标值和对应权重求算各因子的综合评价价值, 再进一步计算总目标最终评价价值。

$$F = \sum_{i=1}^n W_i V_i \quad (8)$$

式中, F 为综合评价价值; W 为第 i 个指标的权重; V_i 为第 i 个指标的评价价值; n 为指标的个数。

3.3.4 决策模块。该模块从生态效益定量分析模块获得评价结果。根据属性数据库中的文本报告, 结合专家经验, 实现人机互动, 最终提出符合研究区实际情况的评价结果, 为决策部门提供科学的决策依据。该模块还包括决策建议报告的形成、各种因子图件及评价结果图的输出等功能。

3.4 关键技术 系统建设采用基于 ArcSDE 的 GeoDatabase 数据库建设方案。GeoDatabase 是 ArcGIS 引入的一个全新的空间数据模型。它能在同一个模型框架下对 GIS 通常所处理和表达的地理空间要素如矢量、栅格、三维表面、网络、地址等进行统一的描述。在 GeoDatabase 模型中, 地理空间要素的表达较以往的模型更接近于对现实事物的认识和表述方式; 无需通过程序编码处理地理空间要素的基本行为和必须满足的规则, 对其特殊的行为和规则可以通过要素扩展进行客户化定义。空间数据库管理采用关系数据库管理系统(RDBMS), 具有数据的结构化、数据共享、减少数据冗

余和优良的存储功能等优点。ArcSDE 空间数据库引擎可解决存储在关系数据库中的空间数据与应用程序之间的数据接口问题。其主要作用体现在: 用关系数据库存储管理空间数据; 从数据库中读取空间数据, 并将其转换为 GIS 应用程序能够接收和使用的格式; 将 GIS 应用程序中的空间数据导入数据库, 并且交给关系数据库管理。这样可以实现土地整理空间数据的有效存储和管理, 并且能与开发的应用模块实现友好链接, 解决数据接口问题。

4 结语

3S 技术为土地整理生态环境效益定量评价提供了快速、高效和高精度的资源管理和计算环境, 提供了个性化、专业的设计开发平台。该文设计的土地整理生态环境效益评价系统很好解决了大量数据的存储、专业模块和 GIS 空间数据的数据接口问题, 为相关研究拓宽了思路, 具有较高的借鉴性和实用性。

参考文献

- [1] 牛佳, 董玉祥. 中国土地整理的现状研究[J]. 资源·产业, 2004, 6(3): 49-51.
- [2] 国土资源部宣传教育中心. 土地管理的概念和类型[EB/OL]. (2005-06-21) [2006-10-11] <http://www.mlr.gov.cn/dassonline/lanmu/kecheng.htm>.
- [3] 朱翔, 陈英义, 李道亮. 3S 技术在土地整理中的初步应用设计[J]. 农业与技术, 2006, 26(1): 50-52.
- [4] 赵华, 卞正富, 冷海龙. 在土地开发整理项目中加强生态环境效益评价的探讨[J]. 中国土地科学, 2003, 17(3): 34-38.
- [5] 李强, 张可慧. 基于生态理念的土地利用总体规划研究[J]. 地理与地理信息科学, 2005, 21(6): 69-74.
- [6] 范金梅, 王磊, 薛永森. 土地整理效益评价探讨[J]. 农业工程学报, 2005, 21(S): 116-118.