

城市水土流失地理信息系统设计与开发

王佐成¹, 赵纯勇², 郭跃², 杨华², 薛丽霞², 林孝松²

(1 重庆邮电学院计算机学院, 重庆 400065; 2 重庆师范学院地理系, 重庆 400047)

摘要: 对城市水土流失地理信息系统的设计与开发从系统总体设计、系统功能结构、系统实现等多方面进行了探讨, 在城市水土流失地理信息系统专家模型方面进行了有益的探索, 取得了初步成果, 为建立城市水土流失地理信息系统提供了一个参考。

关键词: 城市水土流失; 地理信息系统; 设计

中图分类号: S 157; TP 79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)01-0057-05

Design and Development of the Urban Soil Erosion GIS

WANG Zuo-cheng¹, ZHAO Chun-yong², GUO Yu², YANG Hua², XUE Li-xia², LIN Xiao-song²

(1 Institute of Computer Science, Chongqing Post and Telecommunications College, Chongqing 400065, China;

2 The Geography Department, Chongqing Teachers College, Chongqing 400047, China)

Abstract: Many aspects of urban soil erosion GIS are discussed such as the designing, frame, realizing etc. At the same time, the study also probes the expert system of urban soil erosion GIS, and the definite progress has been gotten. It brings a reference to creating the urban soil erosion GIS.

Key words: urban soil erosion; GIS; designing

当前, 随着城市化加速发展, 伴随开发新区和改造旧城而来的城市水土流失也随之加剧。城市水土流失严重程度远远大于农村, 严重危害城市生态环境, 威胁城市安全, 影响投资环境等。因此, 通过建立城市水土流失地理信息系统, 来管理城市水土流失的海量数据并进而对城市水土流失发生规律加以研究显得尤其迫切。本文着重探讨借助地理信息系统软件 MAPGIS 和 ArcView 来建立城市水土流失地理信息系统的方法。

1 MAPGIS 和 ArcView 在系统中的运用

现阶段国内外地理信息系统平台较多, 通过对其长期探索实践, 根据系统目标, 设计要求等多方面因素确定: 将 ArcView 作为主要工作平台,

MAPGIS 用于矢量化工作服务于 ArcView。

1.1 国产软件 MAPGIS

MAPGIS 是中国地质大学(武汉)信息工程学院开发的工具型地理信息系统软件^[1]。MAPGIS 具有的功能主要包括五个方面: 数据输入、数据处理、数据库管理、空间分析、数据的输出。在本研究中, 经过长期对各种 GIS 软件的使用经验积累, 总结发现 MAPGIS 的数据输入和数据处理的功能较其它常用 GIS 软件方便, 快捷, 更强大。因此, 系统中的空间数据库的建立, 例如图件的矢量化、误差校正、投影转换、图幅入库等; 属性数据库的建立, 均通过 MAPGIS 来完成。另外, 在城市水土流失空间数据库的建立过程中, 需要空间分析得到研究区域的基础底图, 也是借助 MAPGIS 的空间分析子系统来完成的。

① 收稿日期: 2001-09-15

基金项目: 本文是基于长江上游水土保持办公室资助课题“山地丘陵城市水土保持研究”; 重庆师范学院人文地理学市级重点学科基金支助。

作者简介: 王佐成, 硕士, 男(1973-), 四川巴中市人, 现于重庆邮电学院计算机学院从事地理信息系统科研和教学工作。

1.2 桌面 GIS 软件 ArcView GIS

ArcView GIS 是 ESRI 公司继 ARC/INFO 产品之后开发的一套桌面型 GIS 软件系统^[2]。它集空间图形、关系型数据库、统计图形、空间分析、网络通讯、面向对象的程序设计于一体。它可扩展的软件结构为 GIS 应用提供了具有伸缩性的软件平台。

ArcView GIS 以项目(project)为一个基本应用单元,它由多文档(Document)组成。这些文档分别是: View、Table、Chart、Layout、Script。其中各类文档都是动态链接,对任一文档的修改,其余相关文档自动更新,这为系统数据库的维护提供了极大的方便。在图形显示和信息查询中提供了多种查询统计方式:以图形的方式分级显示它所支持的数据,并支持空间查询和逻辑查询,同时提供了热链接、统计图表等功能为系统显示查询提供直观、生动的多媒体工具。同时,ArcView 提供的 Avenue 编程语言是一个面向对象的程序设计语言和开发环境,利用它可以重新组织 ArcView 的用户界面和扩展它的功能,设计出特定功能的专业系统。因此,本文将 ArcView 作为城市水土流失地理信息系统的前台,用以组织、查询、统计、分析各类水土流失相关数据。

2 城市水土流失地理信息系统的设计

2.1 系统目标

借助 GIS 技术更新数据容易、电子地图的精度高、易于空间分析显示动态等优势,同时充分利用

GIS 软件的各项功能而建立起来重庆市城市水土流失地理信息系统。该系统的设计目标可归纳为:(1)建立研究区域的水土流失资料数据库;(2)利用水土流失的各项指标结合专家决策系统对城市水土流失量进行预测;水土流失带来的洪水危害预测;(3)制作水土流失以及其它专题地图;图形和表格的输出等,并在此基础上进一步开发决策支持系统。

2.2 系统设计原则

(1)原型模型。系统在设计时采用原型模型,并及时征求专业用户的意见,不断测试、修改并逐步完善系统的功能。

(2)系统设计的科学性、完整性。系统要体现效率,数据源要求精确,在系统设计的数字化、数据编辑、数据转换等过程中减少误差,提高数据的精确性。

(3)系统设计的流畅性。整个系统力求层次清晰,功能分割条理清楚,用户界面简明易懂,各模块力求保持风格一致,各菜单标准统一,提供的数据管理功能要求体现方便、快捷的特点。

(4)系统设计的可扩展性。系统设计要留有接口。

(5)面向专业的地理信息系统。城市水土流失地理信息系统要将水土流失专业的思想融汇其中。

2.3 系统功能结构设计

根据系统设计的目标、设计原则,系统功能结构图如图 1。

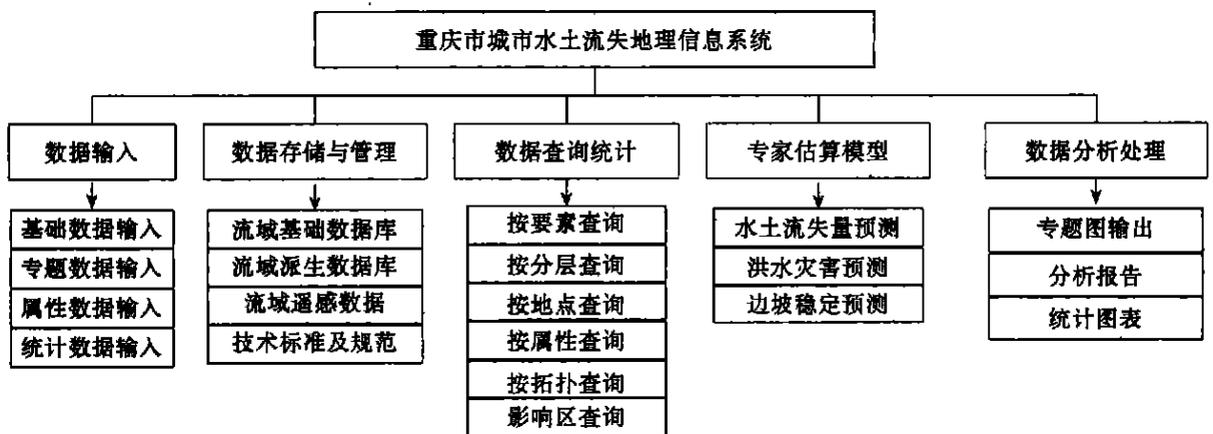


图1 UWSEGIS系统功能结构图

2.4 硬件配置

系统硬件是指常规微机系统及一些外部数字化设备。包括主机、外围设备、数字化仪、激光扫描仪、激光打印机、绘图仪等。其中,主机的配置从经济实用性角度来考虑,可选用一台奔腾 处理器的 PC

机可以满足要求,但由于图形文件较大,因而内存和硬盘要大一些。外围设备中显示器较为重要,选用 17 英寸以上的显示器作为监视器较为合适。

2.5 软件配置

软件主要是指一些通用的 GIS 软件产品。通过

结合我国实际与我们使用多种 GIS 软件的经验, 本研究选用两类软件产品作为基础软件平台, 一是国内中地公司的 MAPGIS, 二是美国 ESRI 公司的 ArcView GIS。

2.6 制定系统标准

一个应用系统包括各种空间数据、属性数据, 同时还可以引入外部数据。因此, 必须制定一个标准规范, 用来规范系统的数据。

(1) 数据库中数据格式。空间数据库中数据的格式有很多种, 本系统采用 Shape 格式存储, 其它非 Shape 格式的矢量数据都统一转换成 Shape 文件的格式。另外, ArcView 可以直接支持的 Image 数据、CAD 图形数据、JPEG 数据等, 可以作为空间数据存储到空间数据库中。属性数据库统一采用 DBF 格式, 以电子表格的形式存放数据, 便于和图层的属性数据表进行连接。

(2) 统一的坐标系统。由于各种地图需要进行空间叠加分析, 因此, 研究区域各种地图在校正时, 必须采用统一的坐标系统。

(3) 统一投影变换。MAPGIS、ArcView 均有多种投影类型提供选择, 具体选择何种投影, 根据研究区域的地理位置、形状、面积等特征而定。

3 城市水土流失地理信息系统的建立

3.1 数据录入子系统

利用该系统可将研究区域新的时段的土地利用资料、水土流失资料, 野外调查成果以及前人的工作成果, 包括基础地理地图、专题地图、遥感图像或照片、录象及属性数据等多源数据进行采集输入。同时, 还可以就已经录入的图形和属性数据进行编辑, 直接更新。其工作流程图见图 2:

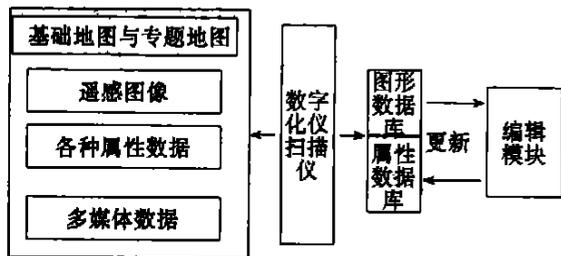


图2 数据采集流程图

3.1.1 图形数据采集 地理信息系统的图形数据采集的方法包括手扶跟踪数字化仪矢量化和扫描矢量化。对地形图、土地利用图件, 由于手扶跟踪数字化速度精度都较低, 一般采用扫描矢量化; 对航拍数

据, 将各年的航空照片通过扫描的方式进入计算机, 然后通过建立野外译释标志, 进行屏幕解译航空照片, 同时进行数字化工作完成土地利用图的采集。

3.1.2 数据采集格式及数据交换 系统数据采集中的数据格式有以下三类:

(1) 栅格数据(Raster data) 包括遥感图像数据、关于施工场地的照片等。

(2) 矢量数据(Vector data) 即图形数据。

(3) 属性数据(Attribute data) 包括统计分析数据等。

其中栅格数据采用 BMP 或 JPEG 格式, 矢量数据是通过 MAPGIS 来采集的, ArcView 不能直接接受 MAPGIS 的格式, 这时必须通过数据转换, 数据转换途径有多种, 各有优缺点, 经过多次实验, 确定了本系统的数据转换途径: 通过 MAPGIS 的数据输出模块将 WL、WP、WT 格式的数据转换成 MIF 通用的格式, 再转换成 ArcView 可以接受的 SHP 或 DXF 格式, 在图形数据转换过程中, 容易发生数据的丢失, 这时, 就需要重建或重新选择转换途径。

3.1.3 系统多媒体数据库的建立 多媒体能增强系统的表现力, 使系统的演示更加直观生动, 同时能让用户直接从图形上获取更多关于空间实体的信息, 如工地的施工情况、水土流失实景等。利用 ArcView 平台的多媒体的表现工具——HotLink(热链接), 可以使用户直接从 View 视图中去访问与之相关的文本文件、图象文件、录像文件、系统中的其它项目文件、或本项目中的任何其它文档。

3.2 数据存储与管理子系统

UWSEGIS 系统中图形数据库采用 ArcView 平台提供的管理方式, 即以图层(Layer)分层式管理为主要特点, 层作为空间数据处理和分析的基本单元。层数据包括两种数据集, 一种是空间分布的目标集(用实体图形表达), 一种是目标属性集(用属性表或属性库表达)。图层目标集和目标属性集是通过目标关键字紧密相联的(如图 2), 这样便于空间查询、管理和分析, 这种关联既可以满足从图形到属性的查询, 又可以从属性到图形进行查询。使得表现空间实体既采用图形方式, 又采用属性数据表的方式来可视化表达: 图形表达了实体的空间位置、空间形状、拓扑关系等; 属性数据表表达实体的性质, 如面积、周长、土地利用类型、坡度等。

层(Layer)空间数据模型可以是矢量数据模型或栅格数据模型。矢量数据模型是采用点、线、域或体目标来表达空间实体的, 如土地利用图层、等高线图层; 栅格数据可以支持 BMP、JPEG 等格式, 如航

空照片图层。这样一个或多个层又可以组成高层次的面向用户的项目视图(View)如 1992 年土地利用项目视图。一个或多个项目视图就构成工程,如城市水土流失动态监测工程。一个或多个工程就构成一个系统。

3.3 数据查询统计分析子系统

空间信息查询是按一定的要求对地理信息系统所描述的空间实体及其空间信息进行访问,从众多的空间实体中选出满足用户要求的空间实体及其相应的属性。UWSEGIS 在模式上定位于专业型办公服务系统,为专业办公自动化及辅助决策服务。因此,对地理数据库的统计、分析、查询就显得格外重要,特别是针对水土流失的动态监测。通过该子系统可以对数据库中的各种数据进行查询并且对查询结果进行统计分析。查询交互进行时,其结果能动态地通过两个视窗(图形窗和属性表格窗口)进行显示,根据信息查询的出发点不同,可分为三种不同的查询方式:基于空间关系特征的查询,基于属性特征的查询,基于空间关系和属性特征的查询^[3]。针对不同的目的、要求查询出的数据可以进行统计,为专家预测系统提供数据,或者以报表、地图、表格或文字说明的形式打印输出。

3.3.1 基于空间特征的查询 基于空间特征的查询就是根据鼠标所指的空间位置,系统可查找出该位置处的空间实体和空间范围(由若干个空间实体组成)以及它们的属性,并显示出该空间对象的属性列表,同时可进行有关的统计分析。例如为了了解某工地的情况,可以利用选择工具选中该工地,在属性表中就能显示该工地的属性情况。如果选中的是多个工地,则可以就选中的工地属性进行统计,如面积统计等。

3.3.2 基于属性信息的查询 基于属性信息的查询操作主要是在属性数据库中完成的,本系统的属性信息是存储在关系数据库中的,一切为关系数据库提供的数据库索引方法及信息查询手段均可以使用,包括标准的结构化查询语言(SQL)。

在本系统中由于影响水土流失的因素通常较多,简单的查询不能满足要求,这时必须借助 SQL,在属性数据库中实现属性信息的复合条件查询,筛选出满足条件的空间实体的表示值,再到空间数据中根据标识值检索到该空间实体,同时在属性数据表中进行分析。

3.3.3 基于空间关系和属性特征的查询 空间实体有着许多空间关系(包括拓扑、顺序、度量等关系)。在水土流失动态监测的实际应用过程中,有一

些特殊的查询,例如为了了解某工地施工造成的风蚀影响范围等。这时就必须采用这种查询,在系统中提供了 SUMMARIZE 功能,可以查询出该影响范围,并可以进行计算。

3.4 专家预测模型子系统

城市水土流失专家系统是利用水土保持领域专家的知识 and 经验解决存在于城市中的水土流失问题。本系统的专家预测系统中的模型库存储了预先经过分析比较而建立的评价模型和相应程序,所有的模型和程序均以 VisualBasic 编程语言来实现,专家决策和参数以 Microsoft Access 进行存储和管理,通过 Avenue 编写程序与 ArcView 集成。模型运行的过程为事实、数据和规则的匹配过程,模型库中各模型之间有着依赖以及先后次序的关系即某一模型操作或功能完成取决于另外一些模型的操作或功能的完成。本系统的模型依赖关系为一个模型数据的输出作为另一个模型数据输入的条件。例如,洪水预测模型就以水土流失预测总量为输入参数。该子系统通过调用外接程序模块来实现,因此具有较大的可扩展性,在本系统中,采用了三类模型:

通用土壤流失预测预报模型(USLE 模型),用来预测城市化过程中的水土流失量的大小,为水土流失强度分级和水土流失区划提供依据。

洪水计算模型:包括三个模型:(1) Liody - Davies 理论径流公式模型,该模型用于计算城市河流的洪水峰值^[5];(2) 10 min 单位过程线模型,借助此模型中所涉及的城市化过程中影响城市水文特征的变量 I 和 φ 来预测城市洪水的涨峰历时变化情况;(3) 维萨姆模型,利用此模型可以推求城市中次降雨的径流过程线,从过程线的变化可以反映化过程中城市洪水的变化情况。**边坡稳定性预测模型**:该模型采用已有的对边坡稳定性研究成果,对城市中自然边坡和建设形成的高大切坡和挡墙的稳定性的预测。

3.5 数据处理分析处理系统

水土流失数据分析处理子系统即水土流失强度类型区划。是指通过水土流失量预测模型而得到城市各种区域的水土流失量的大小,从而对整个区域的水土流失现状进行反映。城市水土流失数据处理系统是基于城市水土流失强度分级指标体系和强度区划的理论与方法以及专家预测子系统之上的,其实现必须以前三者的数据、指标、结论为基础。

该子系统通过对地块的坡度、土地利用类型、地表组成物质、植被覆盖度等影响水土流失的主要因素划分侵蚀强度指标,对应不同侵蚀类型,以及相互

之间的组合为权重,对水土流失强度作出定量评价。利用多次提取不同水土流失类型区域的方法,最后将各种不同的类型以图层(Theme)的形式进行叠加,从而得到整个区域的水土流失图。如对流域旱坡地的水土流失图中的轻度水土流失强度区域提取的方法如图 3。

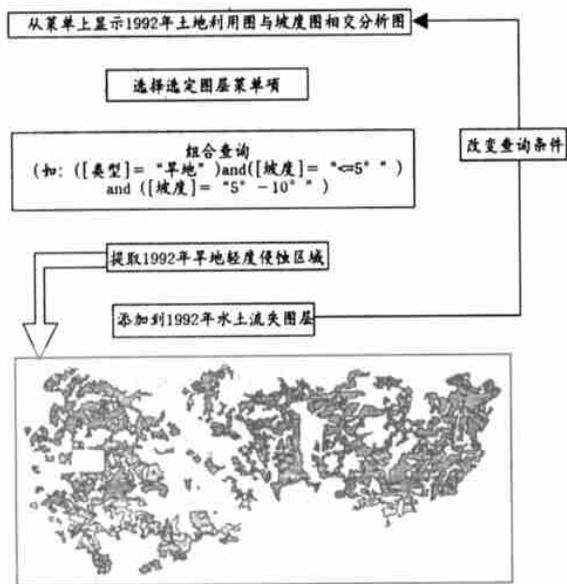


图 3 提取不同水土流失类型区域工作流程图

通过该子系统生成的大比例尺土壤侵蚀类型图,就不仅能定性、定位显示地块的土壤侵蚀特性,而且可以定量、定序(一定时间内)显示地块的土壤侵蚀程度。在此基础上,可以方便地查询统计研究区域的水土流失总量,影响区域等。

3.6 系统功能集成

城市水土流失地理信息系统是由数据库软件、GIS 软件、专家预测系统应用程序等构成,为了有效实现系统的各项功能,必须对这些组件进行二次开发,同时将它们有机结合起来,按照用户的需求进行用户化。本系统采用的是综合集成的技术路线^[10,11,12],根据现有的条件:正版的 MAPGIS60 和

用户提供的 ArcView 3.0 商业软件的使用权,按照避免重复开发,减少软件开发工作量的集成策略。系统采用如下的集成方式:

(1) 在数据集成方面,MAPGIS 以数据文件格式与 ArcView 进行交换。借助 MAPGIS 的强大的图形采集功能完成地图的数字化、图形编辑、误差校正、投影变换等工作之后,以 ArcView 可接受的*.DXF 数据格式与 ArcView 进行数据交换,从而完成不同格式数据的交换与共享。

(2) 鉴于 ArcView 的内部函数较少,进行大量的模型计算的功能相对较弱。因此,水土流失专家预测系统以及洪水灾害预测模型的实现均采用标准开发语言 Visual Basic 来实现,并形成独立的可执行程序。

(3) 在系统内部功能的集成技术上,专家预测系统的可执行模块与 ArcView 是采取内嵌式集成。集成采用 ArcView 提供的开发工具 Avenue 来开发,使 ArcView 平台与专家预测系统之间形成一个具有无缝集成的操作环境。图形数据和通过查询或选择的图形数据通过模块内部的功能直接调用,为专家预测模型提供数据。这样可以避免在两个独立的软件模块之间来回切换,从而提高效率。

4 结 论

通过本文所论述的建立城市水土流失地理信息系统的方法,以重庆市渝北区盘溪河流域为例建立起来的城市水土流失地理信息系统,在管理城市水土流失数据以及分析处理水土流失数据等方面具备了较为完备的功能,能够为城市水土保持工作起到辅助决策的作用。

当前,国内在将 3S 技术应用于水土流失研究方面虽然做了不少工作,但在建立城市水土流失地理信息系统方面还未见大量的参考范例,本成果仍需进一步深入研究。

致谢:本文在资料收集的图形库建设过程中,得到高克昌、李月臣和李萍的大力支持,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 中国地质大学信息工程学院,武汉华地图形数据公司. MAPCAD&MAPGIS 地理信息系统参考手册[S]. 武汉:1999(7).
- [2] ESRI. ArcView GIS[CP]. 1996.
- [3] 陈述彭,鲁学军,周成虎. 地理信息系统导论. 北京:科学出版社,1999. 12.
- [4] Hudson N W. Soil conservation second edition[M]. Cornell Univ. Press, 1981.
- [5] Karl Imhoff, 等. 城市排水和污水处理手册[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1992.

(2) 要把植树种草、改善生态环境作为陕北合理利用坡耕地、发展生产的战略措施,应在沙地、滩地、丘陵、山地沟坡、塬畔等广泛开展林、灌、草结合,草、灌先行,以草为主,从根本上改变陕北生态环境的恶性循环。

(3) 加强建设基本农田,实现粮食自给。大力加强水地、梯田和坝地建设,才能逐步实现退耕还林还牧,实现合理利用土地资源。同时,要培肥地力,有机肥与化肥结合使用,种植绿肥,生物养田,把用地和养地结合起来,增强土地生产后劲,充分发挥基本农田高产稳产作用。

3 建 议

针对陕北黄土高原地区坡耕地利用现状特征和

存在的问题,其合理开发利用的具体途径与措施是:

- (1) 加强工程措施,改善坡耕地立地条件。
- (2) 实行合理轮作,保证土地自然肥力。
- (3) 加大投资,改善坡耕地生态条件。
- (4) 科学种田,集约经营,提高坡耕地生产力。

总之,水土流失是造成并影响坡耕地的最主要因素。因此,进行坡耕地的开发改造利用必须采取各种有效的水土保持措施,因地制宜的改变经营方式,改变坡耕地的农业生态环境,大力推广植树造林。在重视对已退耕坡耕地的治理同时,还必须重视对宜耕坡耕地整治与利用,才能使其成为稳产高产的基本农田,才能重新获得一个山川秀美的西部。

参考文献:

- [1] 郑度,申元村. 坡地过程及退化坡地恢复整治研究——以三峡库区紫色土坡地为例[J]. 地理学报, 1998, 53(2): 116-122.
- [2] 任志远,岳大鹏,等. 陕西省土地利用现状与土地资源合理开发利用研究[J]. 资源科学, 1999, 21(2): 44-48.
- [3] 白景锋,甘枝茂等. 陕西省耕地资源和粮食产量的变化分析与预测[J]. 国土开发与整治, 1999, 9(3): 27-30.
- [4] 朱晓华,张金善. 中国耕地资源动态变化剖析[J]. 国土资源管理, 2000, 17(4): 4-8.
- [5] 彭珂珊. 我国耕地资源严重失衡与摆脱困境之途径[J]. 国土与自然资源研究, 1995, 1: 24-27.
- [6] 樊兰瑛,高慧卿等. 山西省坡耕地资源及其开发利用[M]. 国土与自然资源研究, 1995, 1: 28-29.
- [7] 陕西省土地管理局. 陕西土地资源[M]. 西安: 陕西人民出版社, 2000.
- [8] 陕西省农牧厅,陕西省农业区划委员会. 陕西省种植业资源与区划[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1987.

(上接第61页)

- [6] (德)R. 赫尔曼. 水文学导论[M]. 吴平生译. 北京: 高等教育出版社, 1985. 8.
- [7] 张晓萍,李锐,赵永安. 基于GIS的水土保持林草措施“专家”系统研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(4): 77-95.
- [8] 张健挺,丘友良. 人工智能和专家系统在地学中的应用综述[J]. 地理科学进展, 1998, 17(1): 44-51.
- [9] 李壁成. 小流域水土流失与综合治理遥感监测[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [10] 张犁. GIS系统集成的理论与实践[J]. 地理学报, 1996, 51(4): 306-313.
- [11] Ding Y, Fotheringham AS. The integration of spatial analysis and GIS[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 1992, 16: 3-19.
- [12] Abel DJ, Kilby PJ, Davis JR. The system integration problem[J]. INT. J. Geographical Information Systems, 1994, 8(1): 1-12.