

文章编号: 1007-4619 (2002)05-0382-05

# 汉江中下游农业面源污染动态监测信息系统的建立与初步应用

史志华<sup>1</sup>, 张斌<sup>2</sup>, 蔡崇法<sup>1</sup>, 丁树文<sup>1</sup>, 王天巍<sup>1</sup>, 李朝霞<sup>1</sup>

(1. 华中农业大学 资源与环境系, 武汉 430070; 2. 湖北省环境科学研究院, 武汉 430070)

**摘要:** 根据汉江中下游农业面源污染治理决策的需求, 应用遥感与 GIS 一体化的方法, 研究设计了汉江中下游农业面源污染动态监测信息系统的结构、功能及数据库的组成, 并建立了可运行的汉江中下游农业面源污染动态监测信息系统, 在系统支持下可有效地实现汉江中下游农业面源污染动态监测、最佳管理措施的选择以及区域农业面源污染综合治理规划。系统可以为地方政府相关部门决策提供依据, 对有效的保护汉江流域水资源环境, 控制汉江流域水污染有着重要意义。

**关键词:** 农业面源污染 (AGNPS); 动态监测; 信息系统; 汉江流域

**中图分类号:** TP79 **文献标识码:** A

## 1 引言

汉江是长江最大支流, 在湖北省境内流域面积达  $6.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 人口占该省三分之一以上。近年来, 汉江水质污染加剧, 不到 10 年内先后 3 次出现“水华”现象, 为此湖北省颁布了《湖北省汉江流域水污染防治条例》。随着工农业发展和南水北调中线工程的即将实施, 汉江的水生态环境和水质正日益成为关注热点。面源污染是汉江水质恶化的重要因素, 由于汉江流域农业活动的广泛性和普遍性, 因此最主要同时又最易构成汉江水体环境隐患的面源污染形式当属农业面源。对汉江流域的农业面源污染源定位、定量研究和动态监测, 为更有效的保护汉江流域水资源环境, 控制汉江流域水污染有着重要意义。

由于农业面源污染发生具动态的、随机的特点, 所以在缺乏强有力的空间规划决策支持工具时, 往往造成规划决策过程漫长、难度大, 且结果的随意性和不确定性<sup>[1]</sup>。地理信息系统 (GIS) 具有强大的空间数据管理、分析和制图能力, 被广泛应用于具有空间特征的农业面源污染研究<sup>[1]</sup>。但随着应用领域的

扩大, 传统 GIS 的数据采集存储、编辑管理和制图等功能已不能满足应用发展的需要<sup>[2-4]</sup>。发展具有模型计算、模拟分析、预测预报和以专家知识和经验为对象的复合处理等功能的应用型 GIS 系统显得愈来愈重要<sup>[1,5]</sup>。

## 2 运用 GIS 和 RS 进行农业面源污染动态监测的思路与方法

目前在 GIS 中表示时间信息的方法大致有: (1) 在数据库中删除过时信息, 用现状信息代替它, 即快照模型; (2) 重新定义和建立一个新的数据层来反映变化信息; (3) 为数据库中每一个元素存贮该元素生成的时刻  $T_0$  和发生变化的时刻  $T_1$ , 在表中以时间指针相联结 ( $T_0 \rightarrow T_1$ )<sup>[6]</sup>。由于动态监测要求不仅能够表示  $T_0$  时刻的现状及  $T_0$  到  $T_1$  时刻的变化, 而且要表示  $T_1$  时刻的现状信息, 因此, 我们采用上述的第二种方法, 即数据库中既存贮  $T_0$  时刻的数据, 又保存  $T_1$  时刻的数据, 二者经过空间分析即可得到  $T_0 \rightarrow T_1$  时刻的变化信息。农业面源污染动态监测中易变的因素主要有土地利用、农业种植结构与施

收稿日期: 2001-05-29; 修订日期: 2001-07-16

基金项目: 国家自然科学基金 (47200199) Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

作者简介: 史志华 (1970—), 男, 讲师, 毕业于华中农业大学。主要从事水土资源保护、遥感与地理信息系统应用的教学和研究工作, 已发表论文 10 篇。Email: shizh @ public. wh. hb. cn

肥以及区域降雨,它们的快速获取是区域农业面源污染动态监测关键。遥感技术经过几十年的发展已趋成熟,它能快速、动态地提供地球表层的信息,土地利用可通过遥感数据更新;农业种植结构与施肥以及区域降雨变化可利用区域的年度农业和社会经济统计和降雨站点观测数据,通过数据库管理系统创建新的年度属性数据库。

### 3 系统的软硬件配置和结构设计

#### 3.1 硬件环境

本系统是一个微机环境下的信息系统,主机采用 PIII/600 微机,硬盘 20G,内存 128MB。输入输出设备采用 Calcomp A0 幅面数字化仪、扫描仪、激光打印机和绘图仪。

#### 3.2 软件系统

本系统以 IDRISI<sup>32</sup> 和 ACCESS 数据库管理系统为核心,前者主要用于地理基础和环境专题图件输入和处理,空间分析与操作,遥感图像处理、数据信息提取与分类,栅格数据运算、分析;ACCESS 数据库软件用于实现农业、环境、气象和社会经济统计数据的有效存贮与管理。相关的应用模型及其管理在 Visual Basic 环境中遵循 Microsoft 的 COM/ActiveX 规范进行开发。

#### 3.3 结构设计

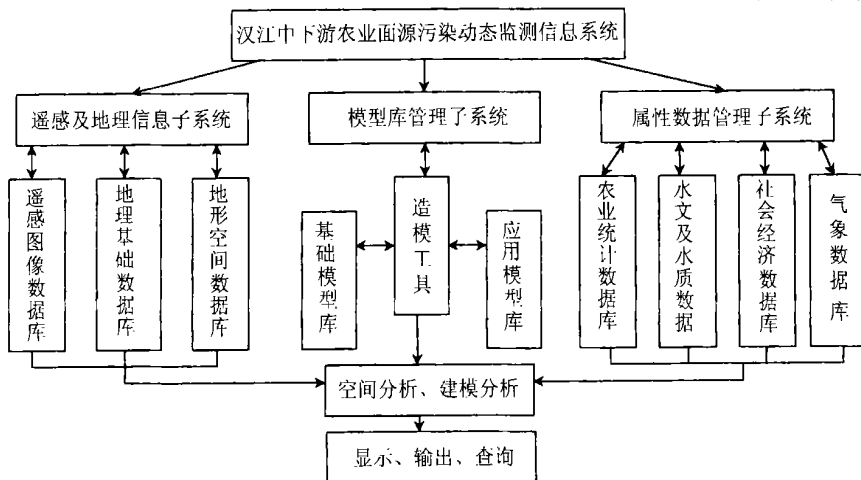
本系统是以 GIS 和数据库管理系统为核心,面向农业环境管理与决策,以空间信息和农业环境信

息为基础的信息系统。该系统以流域水环境系统为核心,结合农业污染源、水文信息、气象信息等有关数据,将流域水环境地理信息(空间数据)与环境信息(属性数据)结合起来,能够进行流域污染源信息和水文信息的数据维护存储、信息查询、统计分析、污染物的负荷预测及动态监测和最佳管理措施的选择,为加强水环境管理提供信息技术支持。为了实现这一设计目标,本系统汇集了农业面源污染动态监测与分析的大量数据:既有矢量结构,也有栅格结构的空数据;既有地面观测,也有大量统计所得的属性数据。为了有效获取更新、存贮管理、分析和应用不同类型、不同格式的数据,我们将系统分为 3 个子系统。即属性数据管理、遥感及地理信息系统和模型库管理子系统。系统设计结构如图 1。

系统用户界面设计是方便人机交互的图形用户界面操作(GUI),如图 2。

#### 3.4 系统集成—系统控制与数据交换

由于 IDRISI<sup>32</sup> 和 ACCESS 都对 OLE 或 ActiveX 支持,OLE 或 ActiveX 是建立在组件对象模型(COM)之上的,其目标是提供一种面向对象的与操作系统平台无关、与机器平台无关的,可以在应用程序之间互相访问对象的机制。ActiveX Automation 以前称之为 OLE Automation,基于它的应用程序称之为 ActiveX Automation 服务器揭示了一些函数和数据,这些函数和数据分别称之为方法和属性。这样可以在控制着的应用程序(又称为 ActiveX Automation 控制器)中调用这些方法和属性,实现多种应用程序的集成开发。在 IDRISI<sup>32</sup> 与 VB 集成开发时,IDRISI<sup>32</sup> 作为 ActiveX Automation 服务器,提供了一个编程接口,



(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net  
图 1 汉江流域农业面源污染信息系统的系统结构图

Fig. 1 The structure of AGNPS information system in Han River watershed



图 2 汉江流域农业面源污染动态监测信息系统的系统界面  
Fig.2 Interface of AGNPS dynamic monitoring information system in Han River watershed

而 VB 则是 ActiveX Automation 控制器, 在 VB 中将 IDRISI<sup>32</sup> 作为一个对象使用, VB 应用程序通过调用 IDRISI<sup>32</sup> 的方法和设置其属性来操纵 IDRISI<sup>32</sup><sup>[6]</sup> (图 3)。因此在 Visual Basic 环境中, 模块间通过 OLE 或 ActiveX 动态的连接起来, 能较好地实现信息在各个模块间有效的传输与共享。系统的集成框架及数据交换见图 4。

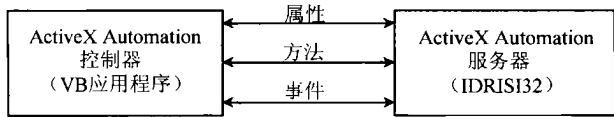


图 3 VB 与 IDRISI<sup>32</sup> 集成基本原理  
Fig.3 The principle of integrating VB with IDRISI<sup>32</sup>

## 4 数据库建设

翔实而完备的数据库是实现信息系统各项功能的关键和核心。为实现流域农业面源污染的动态监测, 建立了不同数据结构和模型的空间和属性数据库, 构成了完备的农业环境数据库。空间数据库与属性数据库之间通过统一设计的地理编码实现相互连结。

### 4.1 地理空间数据库

该数据库包括矢量和栅格两类数据结构, 矢量数据包括各地理基础要素分层图形数据: 水系、水库和湖泊、道路、政区界线(乡级)、居民点、气象点、水文站、等高线等图层, 各种不同来源的数据经转换后统一采用矢量数据结构分图层存贮与管理。栅格数据包括由等高线内插生成的流域 DEM 和坡度坡向

等地形要素。

### 4.2 遥感图像数据库

遥感图像数据库主要包括流域的原始 TM 遥感数据及经遥感图像处理子系统获得的结果数据。包括有: 图像原始数据, 几何纠正图像数据, 各种增强处理图像数据, 分类图像数据, 专题图像数据等。均以栅格结构存贮与管理。

### 4.3 属性数据库

属必数据库由流域各气象站的日降雨数据库、流域内各水文站的观测资料数据库、农业统计数据库和社会经济统计数据库组成。全部采用 ACCESS 关系数据库结构存贮与管理。

## 5 系统的功能

### 5.1 信息查询功能

利用系统建立的可视化用户界面, 可方便地实现各种矢量和栅格数据的空间和属性查询, 并能实现基于县级行政区域的各种环境、社会经济信息的查询。

### 5.2 遥感信息提取功能

利用遥感及地理信息子系统并在相关环境的支持下, 采用基于知识的遥感分类方法, 有效提取流域土地利用动态变化信息, 经数据转换, 在数据库中建立具有动态时序的环境数据图层, 确保系统对流域农业面源污染的动态监测与分析。

### 5.3 空间分析功能

利用 IDRISI 软件较为完善的空间分析和操作功能, 即可实现栅格数据的各种空间操作与分析, 而有效地提取农业面源污染动态变化数据, 用于农业面源污染演化规律及趋势分析研究。

### 5.4 制图功能

系统能利用数据库中的图形数据及空间分析所得到的各种数据结果, 以地图制图理论与方法为指导, 设计出各种符合规范和精度要求的专题地图。

### 5.5 模型分析功能

在系统的属性与空间数据库支持下, 应用模型对区域农业面源污染的负荷、年径流量、侵蚀产沙量等快速估算。系统可以将多年的负荷计算结果进行

对比、叠加分析及时间序列分析,对区域的农业面源污染进行分区,推荐较适宜的管理措施。

### 5.6 统计分析功能

系统提供了比较全面的对农业面源进行各种统计分析的功能,如动态数列分析、统计指数分析、相关分析等。通过统计分析了解农业面源负荷的区域分布特征、动态变化规律。

## 6 系统的初步应用

本系统建立了农业面源污染专题模型库,包括降雨—径流计算模型、泥沙流失计算模型、在不同利用方式及施肥水平下的养分输出模型、污染物负荷计算模型等。在系统的支持下可以方便的应用该系统分析和运算数据,输出专题图片和统计表格。我们以该流域有代表性的平水年(1993年)为代表,快速得到该年相关图件和统计表格如表1、2和图5、6(图版I)。

表1 不同土地利用类型氮磷负荷

Table 1 The total nitrogen and total phosphorus load in different land use

利用类型	单位面积负荷/(kg/hm <sup>2</sup> ·a)		利用类型	单位面积负荷/(kg/hm <sup>2</sup> ·a)	
	全氮	全磷		全氮	全磷
村镇	6.76	0.14	茶园	8.25	0.64
荒地	0.88	0.01	林地	3.05	0.16
旱地	11.21	0.79	灌木地	2.65	0.15
水田	26.15	1.90	苗圃	6.01	0.48
菜地	15.23	1.28	草地	8.62	0.42
园地	10.21	1.08	荒草地	3.56	0.21

表2 不同流域氮磷负荷情况表

Table 2 The total nitrogen and total phosphorus loading in different watershed

流域名称	氮负荷		磷负荷	
	负荷量/t	分担率/%	负荷量/t	分担率/%
直接入江	19194.9	29.23	1365.4	30.83
小清河	1293.8	1.97	93.4	2.11
唐北河	24625.8	37.49	1548.3	34.96
北河	957.9	1.46	62.7	1.42
南河	2997.2	4.56	179.0	4.04
蛮河	3970.1	6.04	273.2	6.17
竹皮河	1422.1	2.17	102.3	2.31
汉北河	11216.4	17.08	804.0	18.16
总计	65678.2	100	4428.3	100

这些专题图片和统计资料不仅显示了农业面源污染分布的直观影像,而且为流域的专题研究提供了重要的基础数据。图4和5十分清楚地显示氮磷在不同区域的负荷状况。而表1和2则表明:除直接入江的区域外。唐白河是汉江氮磷的主要贡献者,它的总量都很大。其次是汉北河的溶解态氮磷和南河的固态氮磷。按单位负荷统计显示竹皮河的溶解态氮(1.82kg/hm<sup>2</sup>)、唐白河的溶解态磷(0.13kg/hm<sup>2</sup>)、北河的固态氮(1.23kg/hm<sup>2</sup>)和磷(0.64kg/hm<sup>2</sup>)都是较高。从利用方式上看:水田的是汉江的氮磷农业面源污染的最大贡献者,一是它的单位负荷大,二是面积大,在研究区就达12034km<sup>2</sup>;其次是旱地,它的单位面积负荷虽然比小田低,但它的分布广。这些直观的资料为研究者和决策者提供很有价值的参考资料。

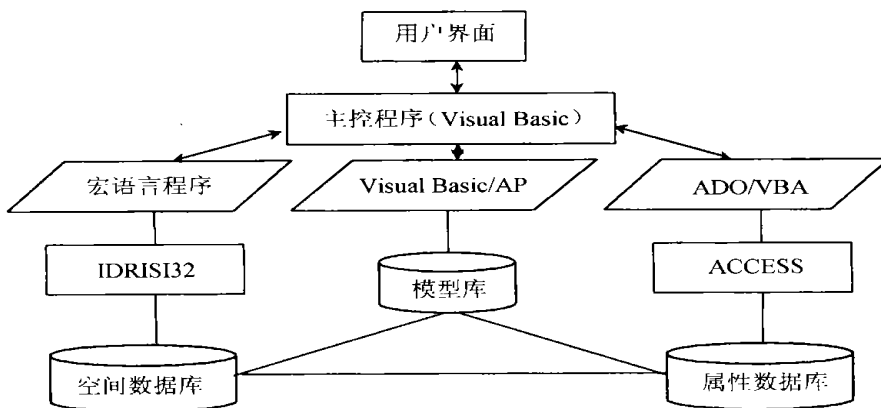


图4 汉江流域农业面源污染信息系统的集成框架及数据交换图

Fig.4 The frame and data exchange among modules of AGNPS information system

## 7 结 论

本系统是以数据为中心,把应用模型和 GIS 软件系统协调统一的信息系统工程,它的目标不仅是多种数据的融合与集中管理,而且是统一的用户界面及无缝数据库,最终达到面向农业面源污染管理的专业 GIS 系统。其特点在于:(1)GIS 技术把农业环境信息进行直观化处理,拉近了环境管理与环境地理现实的距离,将环境管理置身于形象化的地理空间上,使得环境管理变得易懂和容易操作;(2)利用环境模型耦合进信息系统,则可通过人机对话等简单,易懂的方式供给用户,避免众多的研究模型仅仅只是专家专用;(3)利用 GIS 和 RS 进行农业面源污染动态监测克服了以往规划决策过程漫长、难度大,结果的随意性和不确定性;(4)基于组件技术的地理信息系统平台,对各种开发环境开发,具有可视化的优点,使用它能大大提高软件开发的效率,缩短开发周期,具有很大的应用潜力。

由于各种条件的限制,本系统建设还是在初步阶段,需要继续完善应用模型、地理信息系统和遥感内容,协调和组织 GIS 与其它模型模式的联系和应用,增强和充分利用 GIS 的表现能力,如利用 GPS 精确定位污染源、监测点、控制点等。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] Thum, P. G., S. R. Pickett, B. J. Niemann, JR, and S. J. Ventura. Integrating Non-point Pollution Assessment with Land Development Using a Gis; Proceedings on Remots Sensing and GIS Applications to Non-point Source Planning [M]. U. S. EPA and North-eastern Illinois Planning Commission, Chicago, Illinois, 1990. 93—102.
- [2] David A. Bennett. A framework for the integration of geographical information systems and model base management [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 1997, **11**(4): 337—357.
- [3] Li Deren. On definition, theory and key techniques of the integration of GPS, RS and GIS. *Journal of remote sensing* [J]. 1997, **1**(1): 68—72. [李德仁. 论 RS/GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术[J]. 遥感学报, 1997, **1**(1): 64—68.]
- [4] Zhang Li. Theory and Practices of GIS Integration [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1996, **51**(4): 306—313. [张犁. GIS 集成的理论与实践. 地理学报, 1996, **51**(4): 306—313.]
- [5] Wang Qiao, Wu Jitao. Application Model and it's Management Research of GIS [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 1997, **26**(3): 280—283. [王桥, 吴纪桃. GIS 中的应用模型及其管理研究 [J]. 测绘学报, 1997, **26**(3): 280—283.]
- [6] Moshe Benhamu, Yerahmiel Doytsher. Data-Matching Aspects in a Temporal Cadastral Information System. ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition, 1997(GIS/GPS).
- [7] Eastman J. R. The IDRISI<sup>32</sup> applications programming interface user's guide (Version 1.0) [M]. 2000.

## The Establishment and Application of Agricultural Non-point Source Pollution Information System in Hanjiang River Watershed

SHI Zhi-hua<sup>1</sup>, ZHANG Bin<sup>2</sup>, CAI Chong-fa<sup>1</sup>, DING Shu-wei<sup>1</sup>, WANG Tian-wei<sup>1</sup>, LI Zhao-xia<sup>1</sup>

(1. Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Hubei Research Academy of Environmental Science, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** After analyses to spatial planning decision making requirements of agricultural non-point source (AGNPS) pollution in the region of Hanjiang River watershed, we designed the structure, function and database of agricultural non-point source pollution information system using the methods of integrating GIS integrated and remote sensing. At the end, the information system was developed. The system comprises of three subsystems: the spatial analysis and remotely sensed data processing system, the model management system and the statistics database management system. This system has multifunction with detailed spatial and attribute database including fundamental geographic elements, eco-environment, landform, remotely sensed image and statistics data. Agricultural non-point source pollution was then detected dynamically. Our integrated system provides a robust and user-friendly environment for the standard three-step management procedure of non-point source pollution: (1) critical area identification, (2) Best Management Practices (BMPs) selection, and (3) comprehensive regional pollution control plan. It will be helpful for local government to make a feasible decision on this issue.

**Key words:** agricultural non-point source pollution; dynamic detection; information system; Hanjiang River watershed

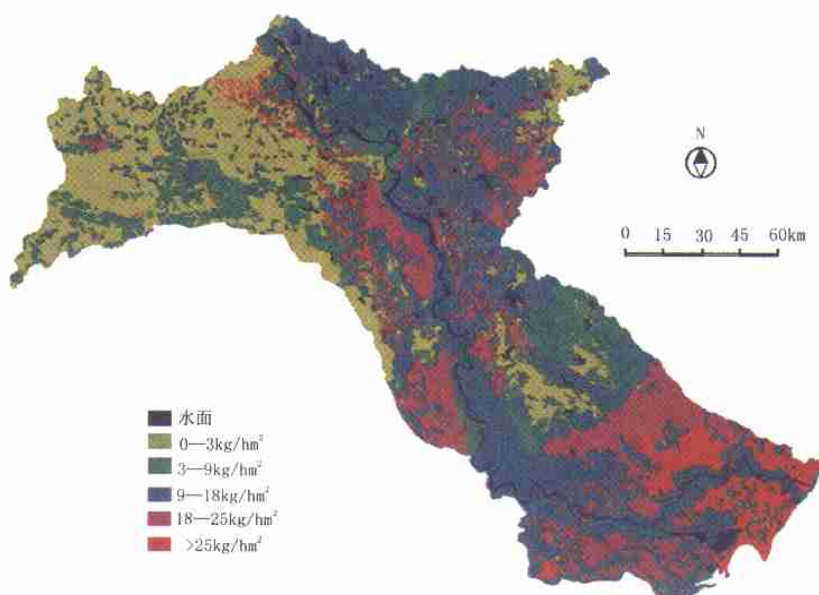


图 5 1993 年研究区域总氮负荷图

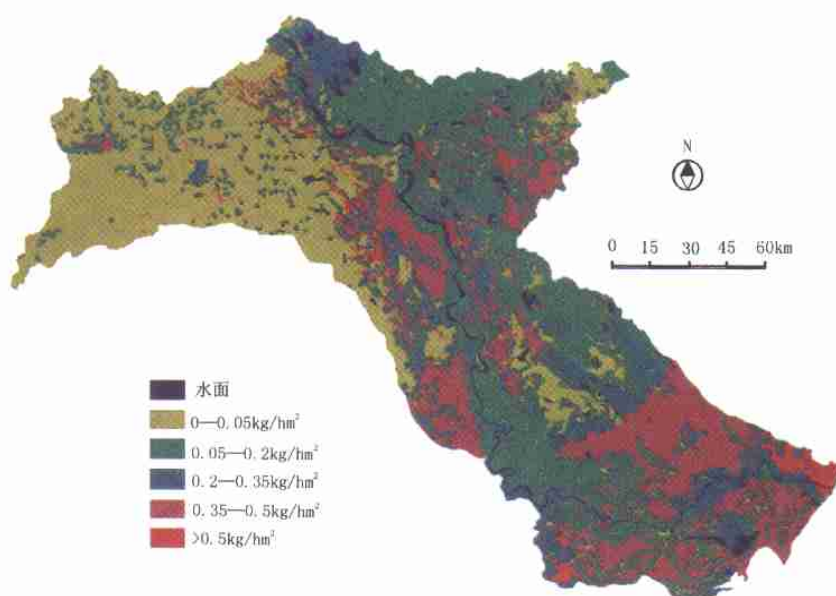


图 6 1993 年研究区域总磷负荷图