

# 建立面向区域农业可持续发展的空间决策支持系统的方法探讨\*

张显峰 崔伟宏

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

**摘 要** 在解决诸如工业选址的空间问题时, 空间决策支持系统(SDSS)避免了流行的商用 GIS 软件在空间信息的分析评价、时空分布、预测和模拟以及决策等模型分析功能的不足。该文提出了建立 SDSS 的两种基本途径: 一是利用现有 GIS 与分析决策模型进行集成联结生成 SDSS; 另一种途径是自行开发具有空间数据管理和分析决策模型的一体化 SDSS。前者开发周期短, 费用较低, 但系统的一体化程度差; 后者由于全部软件都需要重新开发, 因此开发周期长, 费用高, 但优点是系统一体化程度高, 运行稳定, 效率高, 是“真正”的 SDSS。并以建立区域农业可持续发展决策支持系统为实例, 说明建立 SDSS 的方法。最后, 该文探讨了 SDSS 的发展趋势。

**关键词** 空间决策支持系统, 集成, 模型支撑体系, 可持续发展

## 1 引 言

地理信息系统(Geographic Information System)从60年代在加拿大诞生以来, 得到了广泛的发展和运用。由于 GIS 具有强大的空间数据采集、编辑、管理、分析、制图、显示与输出等功能, 从一开始它就成为地学研究和规划管理的有力工具。然而, 目前市场上流行的 GIS 软件, 难以很好地描述空间信息的时空分布模式, 缺乏空间模拟和模型分析功能以及交互式问答的能力, 专家和决策者之间的交互过程只能在 GIS 的外部进行<sup>[1]</sup>, 因此, 它只能提供辅助决策过程中的数据支持, 不能提供实质性的决策方案, 难于求解比较复杂的、结构化较差的空间问题(如选址、资源配置、动态规划等问题), 不能为各级管理和决策人员提供直接的决策支持。GIS 的应用和发展都必须解决这些问题。

决策问题按其结构化程度, 可以分为结构化决策、半结构化决策和非结构化决策 3 类<sup>[2]</sup>。传统的系统分析方法、运筹学方法能够比较好地解决结构化决策问题, 但难于应付半结构化和非结构化的复杂问题。最近几年发展起来的空间决策支持系统(SDSS)能够解决结构化较差的空间决策问题。它是

GIS 深入到实际应用, 特别是深入到现代管理与决策的应用以后的新发展。SDSS 与 GIS 最主要的区别在于 GIS 研究对象是地理信息的获取、组织与管理; SDSS 研究对象则是决策支持, 即空间问题的求解<sup>[3]</sup>。从 90 年代以来, SDSS 的研究已成为国内外相关学者研究的热点。该文讨论了开发 SDSS 的方法。

## 2 开发 SDSS 的思路与方法

### 2.1 SDSS 的构成

作为一个 SDSS, 不论其规模大小, 功能多少, 它具有 3 个基本内容, 人机对话部件、数据部件和模型部件(图 1)。

#### 2.1.1 决策与数据部件

占有足够的数据库是作出科学决策的前提。数据部件正是为决策过程提供最基本的数据库支持, 它由两部分组成: 空间数据库和空间数据库管理系统。目前市场上流行的 GIS 软件, 如 Arc/Info、Genamap、Intergraph 等, 就是较好的空间数据库管理系统, 可以完成空间数据的采集、编辑、管理、分析、查询、统计、制图、显示与输出等功能。但

\* 国家科委“八·五”攻关项目, 由崔伟宏研究员主持。参加“黄淮海县级农业可持续发展决策支持系统”课题研究工作的同志还有刘静航、吴晓清、李良群、卢冬梅等, 在此一并致谢。

收稿日期: 1996年11月13日; 收到修改稿日期: 1997年3月31日

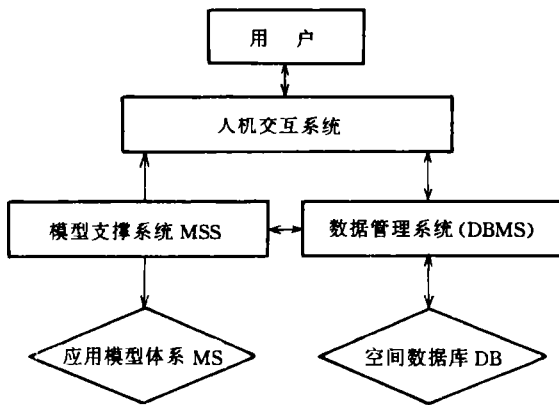


图 1 SDSS 的系统结构

Fig.1 The structure of a SDSS

它们并不能完全满足 SDSS 的需要, 例如, GIS 对空间数据的描述是静态的, 难于描述时空数据。这是因为现有 GIS 的数据库设计采用的几乎都是关系数据模型。近几年发展起来的面向对象设计(OOP)技术、基于多维数据库的联机处理技术(OLAP)和属性与图形一体化数据模型在数据库设计中的运用, 动态数据交换技术的发展(如 COM 技术)<sup>[4]</sup>, 将改变这种状况。

### 2.1.2 决策与模型部件

SDSS 的研究对象就是系统的决策支持。模型部件是 SDSS 的核心, 它直接决定了系统决策的内容和决策结果的正确与否。模型部件由模型支撑系统和应用模型体系组成。

**模型体系的特征** 模型体系由一系列按一定规则存放的模型构成, 它不同于数据; 模型的表达形式是以计算机程序形式表示, 可以是语句、子程序、对象或函数等形式; 一个模型功能的实现必须有模型输入(数据与控制参数), 模型体(程序)和模型输出; 模型具有动态概念, 可以以某种方法运行, 进行输入、计算、输出等处理。这种属性是很难以类似于数据组织的形式来描述的。

**模型支撑系统** 模型支撑系统以模型管理和驱动为内容, 把空间数据探索分析、专业模型的建立与检验以及空间模型分析功能有机地集成一体, 使用户按照决策分析的流程, 在计算机系统上实现辅助决策。

首先, 模型支撑系统可以完成模型体系的静态管理, 包括模型的建立、删除、模型字典的维护; 模型程序的维护, 如源程序、执行程序的管理与维护。

其次, 模型支撑系统可以对模型的运行进行动

态管理, 包括控制模型的运行; 负责模型与数据部件之间的联系(规定输入输出数据的来源与去向, 并同数据库系统进行数据交换)。

为了实现上述功能, 有必要把编辑功能和编译功能纳入到模型支撑系统中, 或以宏语言的形式来组织和管理应用模型体系。

### 2.1.3 决策与人机交互部件

SDSS 不能替代人做决策, 它只能支持人的决策, 因此人机对话部件是 SDSS 的重要组成部分。人机对话部件应当具有以下功能:

(1) 提供各种显示和对话形式

目前, 计算机中常见的人机界面技术有 3 种:

- ① 菜单、视窗、多媒体等技术;
- ② 命令语言;
- ③ 自然语言和人工智能技术。

视窗和多媒体技术在人机界面设计中的应用, 有助于提高系统的友好程度及使用效率。不论是微机还是工作站上的软件都朝这个方向发展。自然语言比命令语言更加适合不熟悉计算机的领导和管理人员, 但对计算机技术要求更高。

(2) 问题的处理和解决

通过人机界面, 用户利用 SDSS 语言编制解决决策问题的程序。控制模型的运行和数据的调用。

## 2.2 开发 SDSS 的思路与方法

要开发 SDSS, 就必须设计和编制空间数据管理系统(包括采集、编辑、查询、显示与输出等功能)、模型系统以及人机交互系统。每一个部分的程序设计和开发工作量十分巨大。因此要用程序设计语言自行开发一个 SDSS, 开发周期长, 费用高, 但是程序冗余少, 模型和空间数据库管理系统使用唯一的数据结构, 系统运行稳定, 效率高。这是开发 SDSS 最基本的一种方法, 该文中将介绍的区域农业可持续发展决策支持系统, 即是一个比较成功的例子。考虑到目前市场上运行的 GIS 软件不仅提供了比较完备的空间数据采集、编辑、管理、查询、显示与输出等功能, 而且系统比较成熟, 提供了宏语言接口。因此, 另一种开发 SDSS 的思路就是运用 GIS 与决策模型的集成技术, 将 GIS 的空间数据管理功能与决策模型的分析、评价、预测、模拟、决策等功能“组合”起来, 构成解决某一决策问题的 SDSS。根据 GIS 与分析模型集成的紧密程度, 又分为两种:

**松散集成模型** 参加集成的 GIS 软件和分析模

型软件都已经开发出来, 集成的目的是为了利用各自的功能, 完成决策过程。集成的方式是通过文件交换机制来实现它们之间的数据交换。这是一种最简单的集成<sup>[5]</sup>, 如图 2 所示。

Piotr Jamkowski 把 PC Arc/Info 与多目标决策模型 (MCDM) 进行了松散集成。文件交换模块由两部分组成: 一部分是 SML 宏语言写成, 另一部分用 PASCAL 编成。

**GIS 与分析模型紧集成模式** 由于商用 GIS 都有宏语言调用接口, 而且数据结构是公开的, 所以, 在开发一具体目标的 SDSS 时, 可以利用操作系统提供的程序设计语言, 设计开发分析模型模块, 然后通过 GIS 的宏语言 (如 AML) 编制用户界面, 调用分析模块, 完成分析、评价、预测、模拟等功能。分析模块可以直接读取 GIS 的数据文件, 又被共同图形用户界面调用, 因此, 是一种 GIS 与

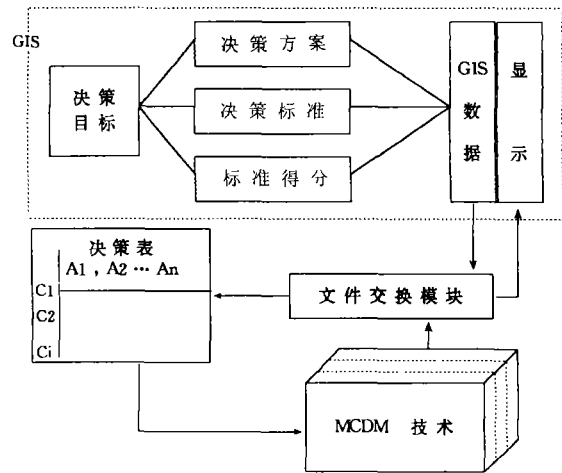


图 2 GIS 与 MCDM 的松散集成 (据 Piotr 修改)

Fig.2 The loose coupling architecture for linking GIS and MCDM

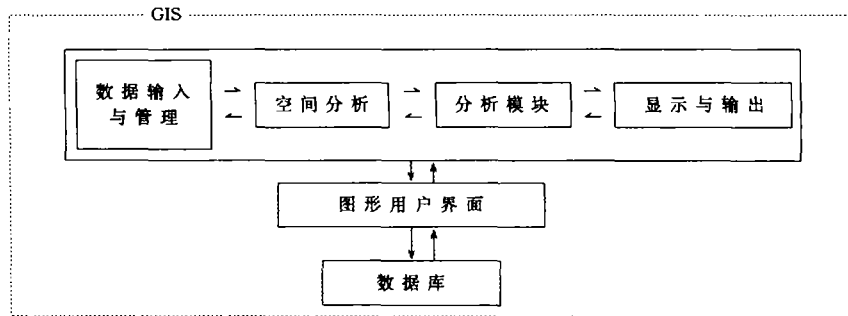


图 3 GIS 与分析模型紧集成

Fig.3 The tight coupling architecture for linking GIS and applied models

分析模型的紧集成。但是, 由于受宏语言的限制, 许多复杂的分析模型难以实现, 因此, 只能完成一些简单的分析功能 (图 3)。

### 3 面向农业可持续发展的 SDSS 的设计与实现

可持续发展是一个全新的发展概念和模式, 自 1992 年联合国世界环境与发展大会召开后, 各国政府制定了本国的可持续发展战略, 科学界也展开了可持续发展理论的研究, 取得了巨大进步, 但是, 如何从技术上对实施可持续发展战略提供支持, 是一个尚在探索的课题。在“黄淮海县级农业可持续发展决策支持系统”研究中, 综合运用 GIS、多媒体技术和遥感技术, 开发研制了一个面向县域可持续发展的空间决策支持系统。

由于目前的商用 GIS 软件难于适应中国县级可

持续发展研究的需要, 因此, 我们采用了面向对象的程序设计技术, 在 Windows 平台上, 运用 C++ 语言开发了该系统的全部模块。下面主要讨论应用模型。

#### 3.1 HBDS 空间数据管理系统

在县级农业可持续发展决策支持系统的设计中面临着多种数据源、多种数据结构、多种分析方法, 常用的数据结构和数据模型在解决一体化的问题上遇到了困难。因而在空间数据管理系统的设计中采用了一种新的数据结构, 即超图数据结构 (Hyper Graph-Based Data Structure), 它是图论和数据集理论为基础的一体化数据结构。基于这种数据结构, 发展了超图空间数据库管理系统。

该系统不仅具有诸如数据采集、编辑、显示、查询、输出等 GIS 的常见功能外, 而且在这个系统中一单元结构是整个数据库的核心, 在一单元结构

的基础上，数据库自动生成二单元拓扑关系，生成的过程是一个迭代的过程，每一步迭代搜索，在满足条件下返回，构成多边形封闭或单弧段封闭。同时采用空间剪裁技术，实现按行政单元(如县、市、村)查询和提取。例如建立土地详查数据库后即可以随意按乡提取土地利用的各种信息，进行面积汇总，也可以按土地利用类型提取、显示和输出，十分方便。

### 3.2 模型支撑系统和应用模型体系

模型支撑系统是建立、修改、运行和管理应用模型的平台环境。由数学方法库、空间分析工具和模型字典等部分构成。以解释性语言来调用数学方法、空间分析工具、数据等建立应用模型。例如，调用残差修正灰色法、统计制图模块构建周村区土地人口承载潜力模型。

应用模型是空间决策支持系统的核心，是决策者和管理者用来求解空间问题的辅助工具。在模型支撑系统的支持下，即可建立面向决策目标(农业可持续发展)的应用模型体系。根据“黄淮海地区县级农业可持续发展决策支持系统”的设计，选择位于黄河故道经过的黄淮平原区的铜山县(江苏)、山东半岛的蓬莱市(山东)和位于山前平原的周村区(山东)3个县级行政单元作为我们的试验区。它们位于不同的地理单元，自然、社会、经济发展状况和特点存在一定的差异，在追求农业可持续发展目标过程中存在着各自不同的问题需要解决。正是在充分了解3个县(市、区)农业发展中的实际需求的基础上，根据掌握的资料设计了一系列的应用模型(图4)来解决诸如水资源合理利用、海水入侵评价、人口预测、土地人口承载力、施肥配方、土地利用动态监测等实际问题，共计9类16个模型。下面根据模型特点及功能加以介绍。

**动态监测** 为了制定合理的土地利用政策，保护基本农田，必须及时掌握耕地动态变化和发展。土地利用遥感动态监测模型将遥感技术与GIS技术相结合，对不同时期相的遥感数据或遥感数据与地图数据在GIS中进行叠加分析，提取土地资源的动态变化信息，不仅快捷而且节省大量人力与物力。例如在山东蓬莱市，运用1992年4月的TM图象的2、3、4波段合成图象与1988年土地利用数据进行空间配准、信息提取与分析，发现沙地有所增加，林地减少的现象。该模型可以按土地利用单要素和多要素分别提取动态变化因子，分别反映一种或多种

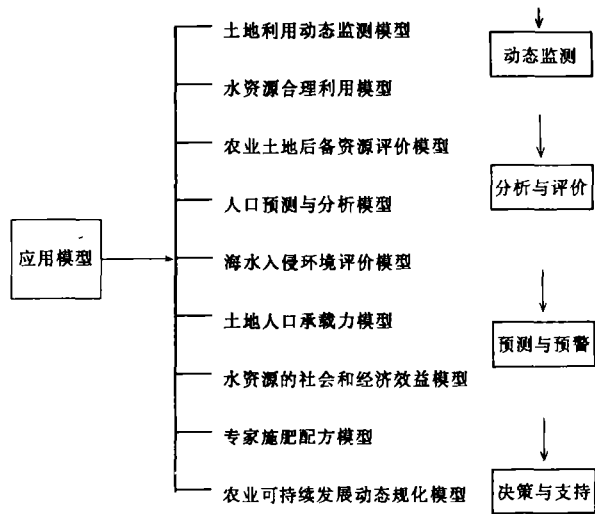


图4 3个试验区9类农业可持续发展应用模型体系  
Fig.4 The applied models for agricultural development  
土地利用类型的时空变化。

**现状评价与分析** 利用传统地学、社会、经济等分析方法，用GIS技术将空间问题的求解过程表示为计算机模型，对3个试验区农业发展中水资源利用、土地利用、生态环境条件、后备资源开发等因素进行分析，发现问题，提出解决问题的多种方案。与传统地学研究不同的是，在分析、评价中，以可滚动运行的计算机模型来实现问题的发现与解决，而不是仅仅告诉用户结果。例如“蓬莱市农业土地后备资源评价模型”、“蓬莱市海水入侵环境评价模型”等。

**预测与预警** 在对试验区影响农业发展的主要因子进行评价的基础上，运用数学方法，建立滚动预测的应用模型。预测的结果是对未来的预警，也是管理者、决策者制定区域社会、经济发展规划、调整现行政策的科学依据。预测功能是SDSS的功能之一。在3个试验区建立的这类模型有“周村区土地人口承载潜力预测模型”、“人口预测与分析模型”、“土地利用结构预测模型”等。

**决策与管理** 决策支持功能是SDSS与GIS的主要区别之一。根据县级农业可持续发展的目标，设计了以下几个决策模型：(1)“铜山县水资源合理灌溉模型”，根据铜山县各渠系划分的田块作物需水量，计算渠系各节点的需水量，然后根据全县总水量合理分配各渠系节点的优化供水方案，这样可以快速查询与更新农田水渠的供水量，为农田灌溉、合理用水服务；(2)“专家施肥配方模型”，该模型为管理者提供了各地块施肥配方的方

案,以求施肥量和化肥结构的合理化;(3)“周村区水资源社会和经济效益模型”,该模型考虑农业需水、畜牧业、农业节水、农业结构、粮食的经济效益等7个子系统,170多个参数参加仿真,提供吨粮田调整方案、园地调整方案、发展喷滴灌等22种方案;(4)“周村区农业可持续发展模型”,该模型在对农业发展各要素如土地、人口、水资源、气候等分析、评价、预测的基础上,确定20个农业可持续发展指标,以各乡、镇为单元,提出了可持续发展值的概念来衡量农业可持续发展潜力状况,并以周村区“八·五”规划指标为基准,以追求可持续发展值最大为原则,进行了各指标的近期规划。

总之,在3个试验区建立起来的应用模型体系,使得“黄淮海县级农业可持续发展决策支持系统”突破了GIS仅具空间数据管理的局限,实现了从动态监测、分析与评价、预测预警到辅助决策的功能,而成为一个自行开发的决策支持系统。

### 3.3 人机交互系统的设计

人机交互系统是用户和计算机之间完成决策过程的桥梁。由于该系统面对的是县一级决策者和管理者,他们的计算机知识差,因此对人机交互系统提出了较高要求。该系统的所有模块都是在Windows 3.1环境下开发而成,充分运用了视窗的友好界面。多媒体技术用于开发可持续发展决策支持系统的人机交互系统和其它模块,是县级农业可持续发展决策支持系统的一大特点。图形、声音、文字的运用,不仅使数据、决策方案更加形象化,易于理解,而且可以引导用户完成决策过程,使得系统易于操作。

## 4 SDSS的发展趋势探讨

从目前国内外的研究现状来看,建立SDSS从理论到技术方法都是可行的。但是,由于弱结构化问题和人的决策过程的复杂性,SDSS在空间问题的决策过程中,发挥的作用还十分有限,只有不断发展才能真正发挥辅助决策工具的作用。

在分析前人研究的基础上,认为SDSS的发展集中在以下几个方面。

**SDSS的智能化** 由于计算机代替人的认识过程有局限性,而且并不是所有的认识活动都能形式化,况且更有决策中的感情等心理因素,所以充分利用人工智能技术开发智能SDSS将是空间决策支

持系统的一个发展趋势。

**多媒体技术在交互式界面中的应用** 人机交互界面是SDSS的一个重要组成部分,因为SDSS发挥其辅助决策作用是通过人机交互界面来完成的。良好的人机交互系统能够使人机充分对话,利用SDSS所提供的各种有用工具。

多媒体技术集声音、图形、文字于一体,可以最大限度地传播信息。同时,决策者不一定是计算机行家,多媒体技术的应用,可以使SDSS操作简便、容易。

**SDSS向群决策支持系统的发展(GSDSS)** 目前的SDSS都是单用户的,而实际的决策过程通常是以群体共同决策的方式进行的。群决策方式可以发挥群体智慧,决策更正确。因此,建立GSDSS是SDSS的方向。

**分布式的网络化SDSS** Paul J. Densham和Marc P. Armstrong认为,目前的个人计算机和 workstation 不能满足决策问题的海量计算和模拟工作,而传统的超级计算机的资源又不能十分有效地用于解决决策问题。因此,提出HCE(非均质计算机环境)可以解决复杂的、结构化差的空间决策问题<sup>[6]</sup>。

通过把空间决策问题(非均质性)分解为许多部分,每一部分对计算机资源的需求是均质的,这样,利用分布式的网络和开放系统来逐个解决,完成SDSS的辅助决策过程。

分布式网络化SDSS(简称NSDSS)从SDSS的硬件和软件方面都提出了新的思路,对于充分利用日益丰富的网络资源,建立更加实用的、功能强大的SDSS,指出了诱人的发展方向。

### 参 考 文 献

- [1] J. M. C. Pereira. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. *Journal of International Geographic Information System*. 1993, 7(5).
- [2] 陈文伟编著. 决策支持系统及其开发. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [3] 崔伟宏. 区域可持续发展决策支持系统研究. 北京: 宇航出版社, 1995.
- [4] Bill Love. Data for everyone. *GIS ASIAPACIFIC*. 1996, 2(4).
- [5] Piotr Jankowski. Integrating geographic information systems and multi criteria decision-making methods. *Journal of International Geographic Information System*, 1993, 7(5).
- [6] Paul J. Densham, Marc P. Armstrong. A heterogeneous processing approach to spatial decision support systems,

*Advance in GIS Research*. 1994, 29—42.

北京大学地理系硕士毕业, 到中国科学院遥感应用研究所  
再生资源遥感室工作。

### 作 者 简 介

张显峰, 男, 1967 年 12 月出生, 助理研究员。1993 年

## Spatial Decision Support System for Regional Sustainable Development of Agriculture

Zhang Xianfeng Cui Weihong

*(Renewable Resources Division, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)*

**Abstract** Solution to many spatial decision-making problems, such as site selection or regional sustainable development, needs Spatial Decision Support System (SDSS) instead of Geographic Information System (GIS) because currently-available commercial GIS software Packages lack those capabilities for spatio-temporal distribution, prediction, simulation of spatial information, and interactive questioning between analysts and decision-makers. This paper summarizes two methods to establish a SDSS software. One is to generate a SDSS by coupling currently-available GIS software with analytic decision models. The other is to develop a true SDSS that has the integrated capabilities for management of spatial data and analytic models. The first method requires a shorter developing period and less cost than the second one. A SDSS based on the second method has a common interface and an integrated data structure, therefore, it is more efficient and easier to be used.

The system, Decision Support System of Regional Agricultural Sustainable Development in China (DSSRASD) developed by the authors and our collaborators in 1995, is a true SDSS for agricultural sustainable development. A new data structure, Hyper Graph-based Data Structure (HBDS) is used to establish the base of DSSRASD in Borland C++ for Windows. Furthermore, utilization of remote sensing and multimedia technologies enables the system to be used by decision-makers easily. At present DSSRASD is running well in the three pilot areas (Penglai city and Zhoucun County of Shandong province, Tongshan County of Jiangshu province). Finally, the prospects of SDSS are discussed.

**Key words** Spatial decision support system, Integration, Model supporting system, Sustainable development