

空间决策支持系统通用软件 工具的试验研究

阎守邕 田青 王世新 武晓波 周艺

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

摘要 空间决策支持系统(SDSS)是近年来在常规决策支持系统(DSS)和地理信息系统(GIS)相结合的基础上,发展起来的一种新型的信息系统。在本文中,作者简要地论述了SDSS的技术特点及其与GIS、专家系统的差异,SDSS通用软件工具的设计思想及其原型系统的总体结构以及建立SDSS通用软件工具原型系统的关键技术问题及其解决办法。在开发SDSS通用软件工具的过程中,引入了应用框架生成及其实例化的概念,为SDSS的发展和應用开拓了一条有效的途径。

关键词 空间决策支持系统,地理信息系统,决策支持系统,软件工具

1 前言

目前大多数地理信息系统(GIS)的定义和功能局限在空间数据获取、存贮、更新、查询、运算、显示及制图制表等方面,缺少对复杂空间问题,如区域规划与生产力布局等问题决策的有效支持能力,很难满足各级决策者的需要^[1]。这样,在已有的多用于商界的决策支持系统(DSS)和GIS的基础上构思,正逐步发展和形成一种新型的空间信息系统,即空间决策支持系统(Spatial Decision Support System, SDSS)。

在GIS领域中论及SDSS是从80年代中期开始的。M. P. Armstrong等人结合区位分析与规划问题在微机上研制SDSS^[2],接着P. J. Densham等人于1989年又提出了关于SDSS研究工作较全面的设想^[1],受到各方面日益广泛的关注。但是,从总体上看,这种技术的实质性进展并不大。正如Densham所说的对SDSS的兴趣日益增强,出版物的数量不断加多,可能是对决策者来说仅有的好消息^[3]。笔者及所在GIS研究室为了使GIS技术在完成实际应用任务时,能更好地发挥作用、解决问题,于1992年初开始了这方面的试验研究,在微机上研制了一个SDSS通用软件工具原型系统(MGST/SDSS),并对SDSS有关问题进行了初步的探索^[1]。本文就是在此工作基础上撰写的。希望它能对这种技术在我国的发展有所贡献。

2 SDSS的技术特点

为了更好地说明SDSS的技术特点,本文一方面从正面论述这个问题,另一方面则

1) 田青. 建造空间决策支持系统开发工具的初步试验研究(硕士论文). 中国科学院遥感应用研究所, 1993.

通过和 GIS、专家系统 (ES) 的比较, 作进一步阐述。

2.1 技术特征

SDSS 以支持对复杂或半结构化与非结构化空间问题的决策 (研究) 过程, 为各级决策者解决问题创造和提供一种灵活、方便、有效且能适应不同决策阶段、方式与风格的技术环境为主要目标, 而不着重具体决策结果的追求, 更不试图替代决策者的作用。因此, 在 SDSS 中, 用户或决策者是处在主动地位的。系统的组织与运作完全受用户的控制, 服务于用户的需要。

SDSS 对决策者的帮助或支持, 可以通过更好地暴露问题所在而实现。使他们对复杂问题的认识与理解有所提高, 从扑朔迷离的现象中理出头绪、抓住本质, 明确自己的主要任务与目标。SDSS 对决策者的帮助, 也可以通过提供、比较和确定各种解决问题的方案而实现。系统能使决策者自主地产生或形成一些解决问题的方案, 研究和比较它们之间的利弊与矛盾, 揭示出笔者没有预料的情况或不希望出现的结果, 进而找出切实可行的折衷解决办法^[3-5], 这不仅大大提高了决策者进行科学决策及有效行动的能力, 而且也使 GIS 由描述与表现客观世界的阶段进入了直接参与利用和改造客观世界的新阶段。

2.2 SDSS 与 GIS 和 ES 的比较

从表 1 中不难看出 GIS 和 SDSS 之间的差异是十分显著的。由 GIS 向 SDSS 的发展是信息系统技术与应用领域中的一次飞跃。

表 1 GIS 和 SDSS 的比较^[2,4-6]

Table 1 The comparison between GIS and SDSS

比较方面	GIS	SDSS
内涵焦点	信息	决策
基本对象	结构化问题	半结构化及非结构化问题
系统作用	描述和表现客观世界, 揭示问题所在	支持利用和改造客观世界的决策过程, 揭示与解决问题
工作特点	常规例行处理, 比较死板	按需要应变处理, 十分灵活
输出结果	各种信息报表和图件	各种决策方案及选择
用户状态	被动, 用户受制于系统	主动, 用户驱动或控制系统
应用范围	中层管理及决策过程中的调研阶段	顶层及其下各级决策者的决策
最终目标	提高工作效率, 求快	改善决策效果, 求好

SDSS 和 ES 是在管理决策中使用的两种完全不同、且彼此独立的技术。它们在解决问题的思路、技术和应用上都有很大的区别 (表 2)。SDSS 和 ES 是平行发展起来的且具有显著差异的两种技术。但是, 随着技术的不断发展以及应用要求的逐步深入, 它们的相互结合将成为 SDSS 进一步发展的方向。

表 2 SDSS 和 ES 的比较^[6]

Table 2 The comparison between SDSS and ES

比较方面	SDSS	ES
系统目标	协助决策者	模仿或替代决策者
谁做决策	人和 / 或系统	系统
系统方向	决策	传播经验 (人—机—人) 和提供建议
询问方向	人询问机器	机器询问人
用户类型	个人、集体和组织	主要是个人, 也包括集体
运算方法	数学	符号
问题范围	复杂、综合、广泛	狭窄领域
问题类型	特定的、唯一的	重复的
数据库内容	事实	方法和事实
推理能力	没有	有, 但不强
解释能力	不强	有

3 SDSS 通用软件工具的设计

在具体论述 SDSS 通用软件工具 (GST) 设计问题以前, 首先应该说明它们在 SDSS 技术发展和应用中的地位与作用。只有这样, 它们的设计才能更有力的放矢, 收到事半功倍的效果。

3.1. 基本思路

为了更有效地发展和应用 SDSS 技术, 可以借鉴 DSS 的成功经验^[6], 把 SDSS 分

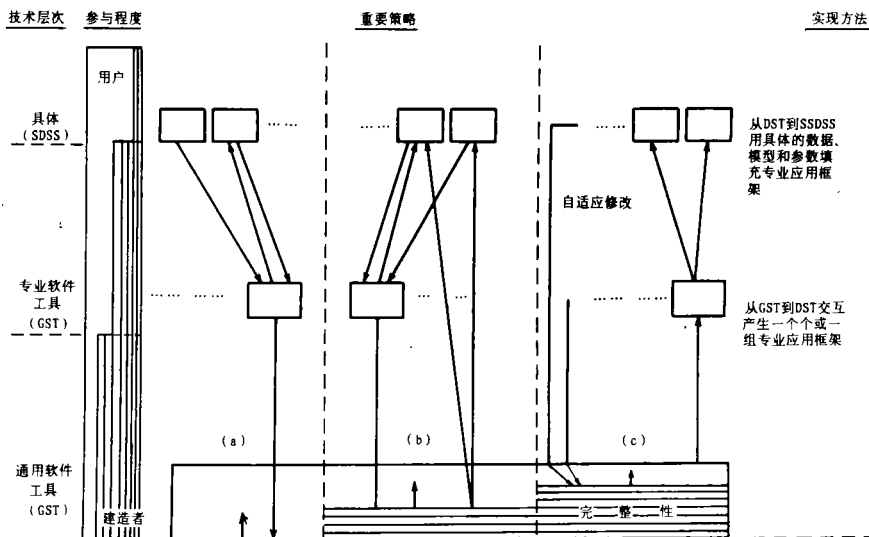


图 1 SDSS 发展策略

Fig.1 Development strategy for SDSS

为通用软件工具 (GST/SDSS)、专用软件工具 (DST/SDSS) 和具体 SDSS (SSDSS) 3 个不同的技术层次。GST 实际上是建造各种 SDSS 所需要的一组最基本的软件工具或模块, 其中也包括系统界面及应用框架生成与实例化的工具在内, DST 是适应某个应用领域决策支持活动需要的一种目的性明确、应用范围有限的软件系统, 由 GST 中的有关工具集成; 而具体 SDSS 则是某个地区或部门决策者来进行决策活动的一个个具体的应用系统 (图 1)。其中, 图 1(c) 把 GST/SDSS 的地位和作用以及它与其余两个层次的关系表现得最为清楚和直观。根据某个专业领域决策支持的需要, 以人机交互方式利用 GST/SDSS 产生用于该领域的一个或一组应用框架, 就可以生成用于该领域的 DST/SDSS; 根据具体地区或部门的实际情况和要求, 把相应的数据与适宜的模型等资源, 通过应用框架实例化而集成在 DST/SDSS 中, 就生成了支持该地区或部门领导决策使用的具体 SDSS。这为 SDSS 的高速发展提供了一条有效的途径。

至于 GST/SDSS 的发展, 可以根据有关研制部门的技术基础、人力物力以及所承担任务的紧迫程度等因素, 采用如图 1(a)(b) 和 (c) 所示的不同策略。在条件较好且希望快出实际应用成果的情况下, 采用 (c) 策略较好。

3.2 总体设计

为了满足 SDSS 高效率发展的需要, GST/SDSS 的合理设计与实现具有重要的意义。从用户能自主、灵活使用 SDSS 的要求以及充分利用 DSS 和 GIS 已有成果及经验等考虑出发, 我们提出并在微机上初步实现了如图 2 所示的 GST/SDSS 总体设计方案。该原型系统 (MGST/SDSS) 由 6 个基本单元组成, 分述如下:

3.2.1 GIS 软件工具

它主要由空间数据库及其管理系统以及空间数据处理工具库组成, 为 SDSS 提供各种形式和来源的图形与属性数据以及完成诸如图形叠加、量算、开缓冲区、制图制表之类操作的软件工具。在 MGST/SDSS 中, 这个单元使用笔者所在研究室自行研制的 GIS 软件工具 GCODE 来实现。

3.2.2 模型库及其管理系统

模型库存贮着各种经过标准化的应用模型, 如分类分级、分析评价、预测规划以及区位分析等模型, 并由模型库管理系统所管理。它们为 SDSS 解决各种实际问题和辅助决策提供相应的能力与工具, 是填充系统应用框架的基本构件。

3.2.3 方法库及其管理系统

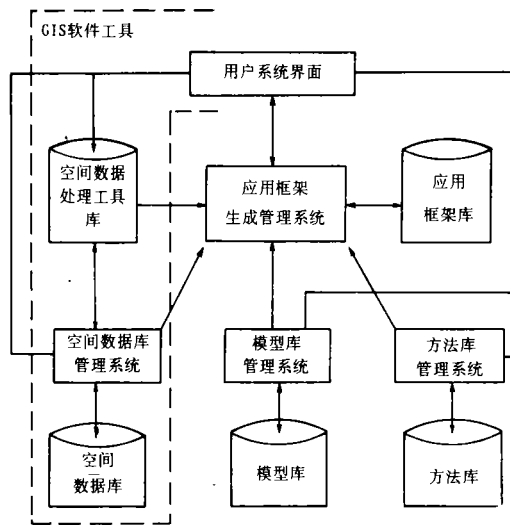


图2 MGST/SDSS 总体结构

Fig.2 System structure of MGST/SDSS

方法库存贮着各种经过标准化的数学方法,包括矩阵运算、方程求根、方程组求解、数值微积分、数据平滑、付氏变换、曲线拟合、空间内插等。它们通过方法库管理系统为用户开发应用模型提供良好的基础和规范化的工具。

3.2.4 应用框架生成管理系统及框架库

应用框架生成管理系统为用户自主灵活地使用系统中模型、方法、数据以及 GIS 工具等资源来完成他们的决策任务提供了集成和运行环境。行之有效的应用框架及其实例可存贮在框架库中供以后需要时使用。

3.2.5 用户系统界面

它是用户与系统通信或交互作用的渠道和窗口。在一般信息系统中,界面的友好程度对系统性能与效益的发挥影响甚大。而在用户居主导地位的 SDSS 中其重要性就更为突出了。

4 MGST/SDSS 中关键技术的实现

在 MGST/DSS 研制过程中,涉及到的关键技术主要是:模型库管理系统、应用框架生成系统以及灵活、友好的用户系统界面等的设计与实现。

4.1 模型库管理系统

应用模型在 SDSS 中起极为重要的作用。它们是连接常规专业研究与现代信息技术的纽带,综合利用系统中各种来源和格式数据的工具,有效解决各种决策问题的武器以及系统进一步向智能化方向发展的基础。为此,人们根据自己的需要,投入了大量人力物力,去研制各种各样的应用模型。其中,由于相互重复、使用率不高、难于共享等原因,造成的浪费是十分严重的^[7]。因此,模型标准化和模型库管理系统的研制就成为亟待解决、彼此相连的两个问题。

4.1.1 模型标准化

为了便于对模型进行规范化管理,使它们得到最大限度的共享,各种模型应有统一的格式、结构和要求¹⁾。也就是说,在这些方面应建立统一的标准。在 MGST/SDSS 中,模型按照通常的做法分为两个部分,即:

(a) 模型体。它是模型的程序部分,是对描述对象中各变量之间关系的抽象。模型在模型库中以子程序或函数的形式存在。在编程时,要求程序与数据、模型与方法以及模型之间彼此独立,不要混杂在一起,以利于管理、调用和更新。

(b) 模型描述。在 MGST/SDSS 中,模型描述信息以模型字典方式提供使用。在字典中包括模型名、模型号、版本号和开发时间、开发个人与单位、模型表达式、模型含义与使用方法、函数名、变量数目、变量定义、模型数据文件格式、相关模型及方法等内容。这种对模型规范化的描述,是实现模型管理自动化和交互使用它们的基础与前提条件。

4.1.2 基础模型库的建立

1) 国家经济信息系统设计与应用标准化规范。国家经济信息系统总体规划文件之四,1986。

在 MGST/SDSS 中配置了一个基础模型库, 由空间决策中最常用的一系列模型组成。建立这个基础模型库的目的是为生成专用 SDSS 提供基础。其中的模型可以被用户直接使用或者用来生成更复杂的专用模型。另外, 用户开发的专用模型可以通过模型管理纳入系统, 构成专用模型库。专用模型库和基础模型库共同组成专用空间决策支持系统的模型库, 支持决策者来分析解决问题。

MGST/SDSS 的基础模型库由6 个子模型库组成(图3)。它们是: 分类子模型库、评价子模型库、预测子模型库、规划子模型库、决策子模型库和模拟子模型库。另外, GIS 软件工具中的空间操作也可以看作是基础空间模型。

4.1.3 模型库管理系统

这种管理系统实现对模型库中诸模型实体及描述信息的统一、规范化管理, 以确保模型库的完整性和一致性。模型库管理系统具有图 4 所示的各种功能。

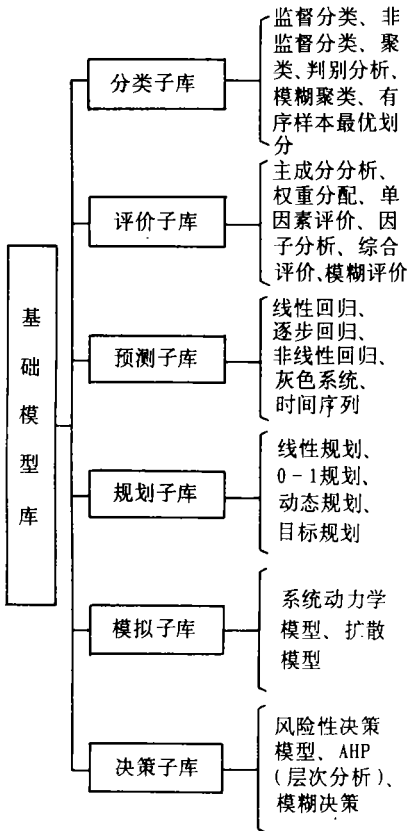


图 3 基础模型库

Fig.3 The structure and contents of the model base

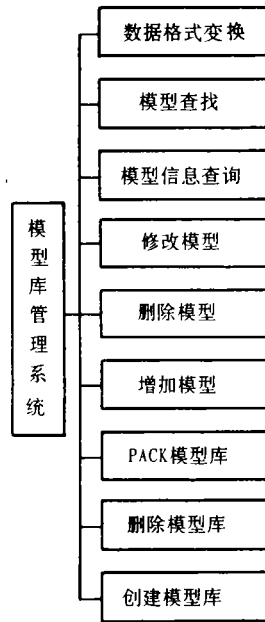


图4 模型库管理系统的功能

Fig.4 Functions of model base management system

① 创建模型库。建立一个新的模型库, 这里是指建立用户自己的专用模型库。专用 SDSS 可以根据需要来组织专用模型库。

② 删除模型库。把用户认为已经无用的模型库删除, 但基础模型库不能被删除。

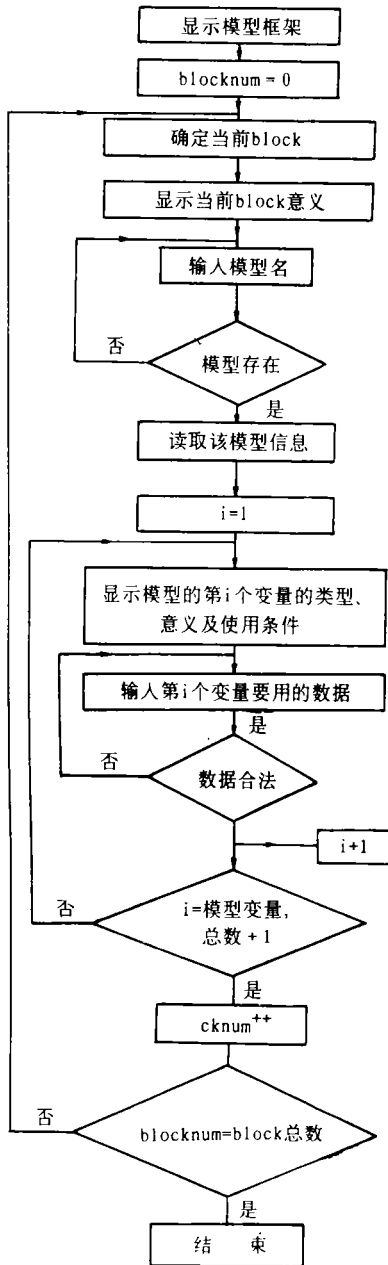


图5 应用框架的实例化过程
Fig.5 The flow chart for the instancing of application frame

③ PACK 模型库。平时删除模型库中的模型只是逻辑删除，只对要删除的模型做了特殊的删除标记。PACK 模型库就是把有删除标记的模型真正从库中删除，重新整理模型库。

④ 增加模型。向指定的专用模型库中增加一个模型。包括模型体入库和往模型信息字典中增加该模型的描述信息。

⑤ 删除模型。从指定的专用模型库中删除一个模型。这种删除只是逻辑上的删除，模型体及描述信息仍留在库中。

⑥ 修改模型。包括模型体的修改和模型描述信息的修改。不管是修改模型体还是模型描述信息，都是删除旧内容和增加新内容。

⑦ 模型信息查询。对某个模型的有关描述信息进行查询。

⑧ 模型查找。用户给出要查找的模型名，系统自动找出该模型所属的模型库，进而可以查找该模型的信息。

在这些功能中，需要说明的是数据格式变换功能。它主要解决 SDSS 中数据库文件与模型数据文件之间格式不同的问题。只有通过它才能使数据库中的数据为有关模型调用以及模型运算结果得以返回系统，作进一步的处理或制图制表输出。这种变换功能也为用户自己研制的模型与 SDSS 相连提供了一个接口，不仅能充分利用用户已有的模型资源，而且也增加了 SDSS 解决问题的能力与范围。但是，由于数据库文件与模型数据文件都有各种各样、五花八门的格式，所以在 MGST/SDSS 中的数据变换功能目前难以做得面面俱到。对于数据库文件仅限于 DBASE 文件格式，模型数据文件仅限于矩阵方式的文本文件格式。这两种格式的相互变换在 MGST/SDSS 中是十分方便。

在 MGST/SDSS 中还有方法库和框架库的管理问题，由于它们和模型库的管理十分相似，在此就不重复说明了。

4.2 应用框架生成系统

由于 GST/SDSS 要为 DST 及具体 SDSS 的高效发展提供技术支持与工具，它的

设计必须考虑不同用户及其应用的多方面需要,使系统具有能保证用户自主、灵活地调用 SDSS 中有关数据、模型、方法以及 GIS 工具等资源来完成他们所承担任务的能力。为此,我们在 MGST/SDSS 中引入了应用框架的概念,并设计了一个基于应用框架和框架实例化的模型系统建造工具,称之为应用框架生成系统。下面对它们作进一步的论述。

4.2.1 应用框架

应用框架是对同类问题进行决策或求解过程及其主要步骤的抽象。它抽象地而不是具体地描述了上述过程中每一步应该做的事情以及如何去做的办法,表达了人们解决该类问题的思路和计划安排。但是,由于这种框架没有与具体的数据、模型、方法以及 GIS 工具等资源联系在一起,它们的建立只能对问题的解决起引导作用,而不能真正地去解决问题。后者只能在上述框架实例化及其实例运行时实现。

在 MGST/SDSS 中,应用框架采用以人机交互图形操作方式建立起来的工作流程图表示。它由若干个结点(block)及结点间的指针连接而成。结点代表在该点的操作或条件控制,指针表示这些操作之间的顺序或数据流向等方面的关系,在结点上的操作包括模型调用、数据获取、条件控制、输入输出等类型。应该说采用这种方式来描述和生成应用框架,不仅形象直观、一目了然,而且也符合人们的习惯,易被接受和有利于进一步的发展,如智能化等。当某类问题或某个领域中的应用框架生成之后从某种意义上讲,GST/SDSS 就完成了向 DST/SDSS 的转化过程。

4.2.2 应用框架实例化

为了使应用框架具有解决问题或决策支持的实际能力,它必须经过一个实例化的过程。MGST/SDSS 提供了完成这一过程的技术环境与工具。系统在应用框架的引导下,一步步地向用户提出各种有关的问题,依次由用户作出回答,选定应该调用的模型、模型参数、数据以及 GIS 工具,完成框架的实例化过程,给出相应的框架实例。图 5 给出了此过程的一个简化示意图。框架实例经过编译,并与它所调用的各种资源相连,然后通过实际运行给出相应问题求解的答案或决策方案。

应用框架实例可以由一个或多个模型组成,分别支持具有不同复杂程度的决策任务的完成。应用框架的修改、同类模型的更换或模型参数的调整,都可以产生不同的框架实例,得到解决问题或决策行动的不同方案。比较这些结果,可以从中选出较好的方案,为决策提供有效的支持。框架实例化过程,实际上完成了由 DST/SDSS 向具体解决问题 SSDSS 的转化。各种应用框架及实例均可存贮在框架库中,以便不断积累经验 and 知识,供以后解决类似问题时参考之用。

4.3 用户系统界面

如前所述,用户系统界面对于以用户居主导地位的 SDSS 来说具有更重要的意义。它的友好、灵活性直接关系到系统性能的发挥及其应用范围与效益。在 MGST/SDSS 中综合使用了多种方式的界面,使用户能自主、灵活地利用系统资源来完成自己的任务。在协调各大单元及调用其功能模块时,使用命令方式,构成了系统的总界面。而在每个单元或模块中采用了菜单方式的界面(图 6)。根据模块的复杂程度以及操作的需要,有的

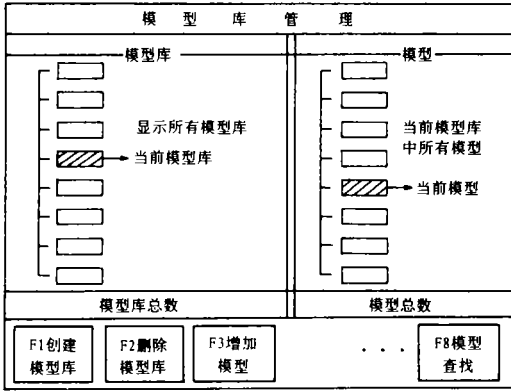


图 6 模型库信息管理系统菜单
Fig.6 The menu of model base management system

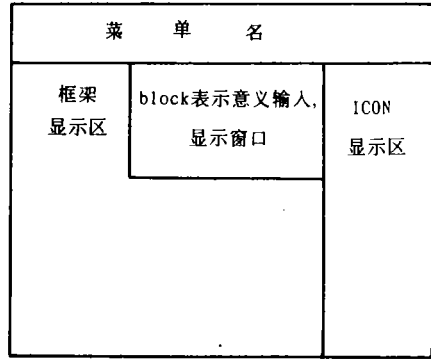


图 7 应用框架构筑工具界面
Fig.7 Interface for application frame construction

进一步采用了子菜单方式，有的采用了交互图形操作和 / 或问答方式的界面。例如在应用框架生成时，采用了交互图形操作界面 (图 7)；在应用框架实例化时，采用问答方式的界面 (图 8)。这样就使系统应用有了很大的灵活性。

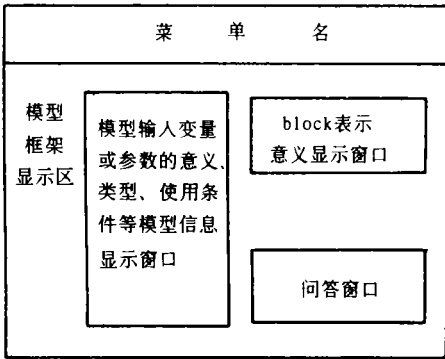


图 8 应用框架实例化界面
Fig.8 Interface for the instancing of application frame

应该指出的是：对于 SDSS 的许多用户来说，他们的一些决策活动最终是在地图上通过标描、注记和量算等操作实现的。因此，发展一种新型的地图交互操作界面，将是一件很有价值的工作。

5 小结与展望

通过对 SDSS 技术特点、SDSS 通用软件工具设计及其关键技术实现问题的讨论，可以得出一些初步的看法，既包括对已有工作的小结，也包括对未来工作的展望。

(1) SDSS 是在 DSS 和 GIS 的基础上发展起来的一种新型的空间信息系统。它以支持对复杂或半结构化和非结构化空间问题的决策 (研究) 过程为对象，给各级决策者自主、灵活地使用系统中各种资源来解决自己的问题创造了良好的技术环境，提供了有效的支持工具，不仅大大提高了决策者科学决策和采取行动的能力，而且也使 GIS 由描述与表现客观世界的阶段，进入直接参与利用和改造客观世界的新阶段。

(2) SDSS 技术可以分为通用软件工具、专用软件工具以及具体 SDSS 三个层次。笔者在 SDSS 的研究工作中引入了应用框架的概念，提出了通过应用框架的生成与实例化，完成由 GST 向 DST 以及由 DST 向 SSDSS 转化的方案，为 SDSS 技术的高效发展及广泛应用开辟了一条有效的途径。

(3) 笔者及所在研究室初步完成了 GST/SDSS 原型系统的研制任务, 对 GST/SDSS 的构成及这种技术发展中诸如模型库管理系统、应用框架生成系统以及用户系统界面等关键技术, 进行了有益的试验研究和探索, 提出了自己的一些初步的看法。这些都将有助 SDSS 技术的进一步发展和推广应用。

(4) 由于时间和水平的限制, 笔者的工作尚处探索与试验研究阶段。今后的工作一方面应向实用化方向发展, 一方面还应就面向对象、人工智能等技术的引进以及新型用户系统界面的开发作出更多努力。

参 考 文 献

- [1] P. J. Densham, M. F. Goodchild. Spatial decision support systems: A research agenda. Proceedings of GIS/LIS'89. ACSM. 707 — 716.
- [2] M. P. Armstrong, P. J. Densham, G. Rushton. Architecture for a microcomputer based spatial decision support system. Proceedings of the 2nd int. symp. on spatial data handling, IGU, NY, 1986, 120 — 131.
- [3] P. J. Densham. Spatial decision support systems. Geographic information systems: Principles and applications, edited by D. J. Maguire, *et al.* 1990, 403 — 412.
- [4] R. H. Sprague, H. J. Watson. Decision support systems: Putting theory into practice. Prentice-Hall, 1989.
- [5] R. H. Sprague, E. D. Carlson. Building effective decision support systems. Prentice-Hall, 1982.
- [6] E. Turban. Decision Support and expert systems: Management Support systems. 2nd edn, Macmillan Publishing Company, NY, 1990.
- [7] D. Dolk and B. Konsynski. Model management in organizations. Management and Information, Fall, 1985.

作 者 简 介

阎守邕, 男, 生于 1939 年 12 月, 研究员。1960 年毕业于北京大学地质地理系地貌专业, 1981 — 1983 年和 1993 年分别作为访问学者和高级访问学者在美国康奈尔大学进修, 主要研究领域是地理信息系统和遥感, 发表论文及学术报告 80 余篇, 出版专译著及论文集 10 部。

Preliminary Study on Development of General Software Tool for Spatial Decision Support System

Yan Shouyong Tian Qing Wang Shixin
Wu Xiaobo Zhou Yi

(Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences Beijing 100101)

Abstract Spatial Decision Support System (SDSS) is a new type of Spatial Information Systems based on the integration between conventional Decision Support System (DSS) and Geographic Information System (GIS). In this paper, some interested problems are discussed: 1) technical characteristics of SDSS and comparison between SDSS and GIS, SDSS and Expert System (ES); 2) design methodology of SDSS and System Structure of SDSS General Software Tool (GST) and 3) the key technical problems and their solving methods in development of SDSS/GST. It is an effective way for development and application of SDSS to formulate the concept of "Application frame and its instancing" in SDSS.

Key words Spatial decision support system, Geographic information system, Decision support system, Software tool