

# Office GIS 中图文控制流与数据流的集成设计和表达

严荣华<sup>1),2)</sup> 陈 军<sup>1),2)</sup> 章启俊<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(国家基础地理信息中心, 北京 100044 <sup>2)</sup>武汉测绘科技大学, 武汉 430079)

**摘 要** 通过分析传统软件工程设计方法在城市规划管理类的图文办公信息系统设计应用方面存在的问题及不足, 在分析借鉴控制流与数据流集成表达的基础上, 针对城市规划管理图文办公信息系统中图形与文本集成管理及处理的具体特点, 提出了基于层次结构的图文控制流与数据流集成设计及表达的方法. 该方法不仅在常州市规划国土资源局图文办公信息系统的设计与集成中得到了成功应用, 而且极大地提高了系统的设计水平及开发效率, 其应用效果证明了该方法的有效性和实用性.

**关键词** 软件工程 控制流 数据流 系统集成 图文办公信息系统

中图法分类号: P208 TP317 Tu984 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)01-0014-07

## Integrated Design of Control Flow and Data Flow in Office GIS

YAN Rong-hua<sup>1),2)</sup>, CHEN Jun<sup>1),2)</sup>, ZHANG Qi-jun<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(National Geomatics Center of China, Beijing 100044)

<sup>2)</sup>(Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, Wuhan 430079)

**Abstract** GIS(Geographical Information System) has been used more and more widely in various fields. One of the most important application is that GIS is integrated with OIS(Office Information System) to form the so-called Office GIS. Data flow diagram and control flow diagram are two approaches used in traditional software engineering, but they are not well suited to Office GIS. Base on the integrated expression of control flow and data flow, a new approach is proposed in this paper, which integrates data flow and control flow considering both spatial and attribute data in Office GIS. The quality and efficiency of system design are greatly improved by applying the approach in system designing of Office GIS, which proves that the approach is feasible and effective.

**Keywords** Software engineering, Control flow, Data flow, System integration, Office GIS

## 0 引言

随着地理信息系统(Geographical Information System)应用范围向企业事务管理领域的渗透和常规数据库管理系统空间数据管理功能的扩展, 已使由专业的地理信息系统和企业事务管理办公信息系统(Office Information System)集成而形成图文办公信息系统(Office GIS)的建设成为可能和必然<sup>[1~3]</sup>. 近年来在许多城市兴起的建立基于 GIS 的城市规划管理信息系统的热潮, 就是这方面很好的例证.

城市规划管理部门不仅负责城市用地的规划, 还负责建设工程的审核或审批, 由于其在办理业务时, 不仅要依据大量的文本信息(如用户申请、有关单位批文、历史文档和有关的法律法规等), 还要参考大量的图形信息(如城市规划图、地形图、周边用地信息等); 同时各级业务人员在对各种申请的审核或审批过程中, 不仅要拟定文字意见, 还要勾绘出相应的选址范围图、用地范围图、建设工程范围图等红线图, 而且其最终下达给申请者的审批结果也要包括各类许可证及其附图, 因而城市规划管理信息系统一方面要根据城市规划管理局的业务内容和工作

流程,提供辅助日常办公与事务处理的功能;另一方面还要具有集成管理大量的图形数据,并实现基于网络图文数据传输与处理的功能。从软件工程的视角来看,Office GIS 内部既存在文本与图形两种控制流,同时又存在着文本与图形等两种数据流,并且这两种控制流之间不仅存在一定的时序控制关系(例如对图文的处理,需要按照业务流所规定的固定操作顺序来进行),而且还存在着约束关系,如局长审批意见源于对经办人意见的修改;又如用地范围图是在选址范围图基础之上进行勾绘产生的,还有建设工程许可证及其附图又必须在用地许可证及其附图已存在的前提下才能产生等等。另外,控制流与数据流之间也存在着驱动作用,即对图文数据的处理要受控制流的驱动。

传统的结构化设计(Structured Design)方法,根据其侧重的角度不同,一般可分为面向数据的设计(Data-Oriented Design)和面向控制的设计(Control-Oriented Design)两类<sup>[1,4]</sup>,其中,面向数据的设计方法着眼于数据,即以数据为中心,主要考虑数据的流动及对数据的加工处理,不涉及明显的控制说明(例如条件或循环),其常用数据流图(Data Flow Diagram)法来表达,如图 1(a)所示;而面向控制的设计方法则着眼于过程的处理与控制,即以处

理、控制为中心,主要考虑系统中处理动作的序列控制关系<sup>[5~7]</sup>,其常用控制流图(Control Flow Diagram)法加以表示,如图 1(b)所示。由于以上两种方法均不能全面地表达控制流与数据流之间的联系,因此不能描述系统的整体软件结构特征。而面向对象技术的主要特点是将数据与操作封装起来,以集成表达系统的结构化与行为特性<sup>[8~11]</sup>。因而 Bennett 等人即基于面向对象的思想,提出了将控制流图与数据流图叠加集成的方法,称为控制数据流图,以表达控制流元素与数据流元素间的内在作用与联系<sup>[1,12]</sup>,如图 1(c)所示,其中,控制流独立地位于下层,由于数据流独立地进出处理框,从而可以单独分析与评价控制流和数据流。从图 1 不难看出,控制数据流图表达法的优点不仅在于描述了系统的控制流及数据流,同时还一定程度上反映了系统控制流与数据流之间的内在联系。

然而,这种控制数据流图表达法无法满足前文所述的城市规划管理图文办公信息系统的设计与表达的要求<sup>[1,2]</sup>,因为它只是考虑单一的控制流与数据流,而没有综合考虑在该类系统中存在的两种控制流与数据流,从而也无法集成图形信息与文本信息,其结果是导致图文的脱节,因而需要通过数据传送、界面合一等连接方法强制将图(GIS)、文(OIS)这两

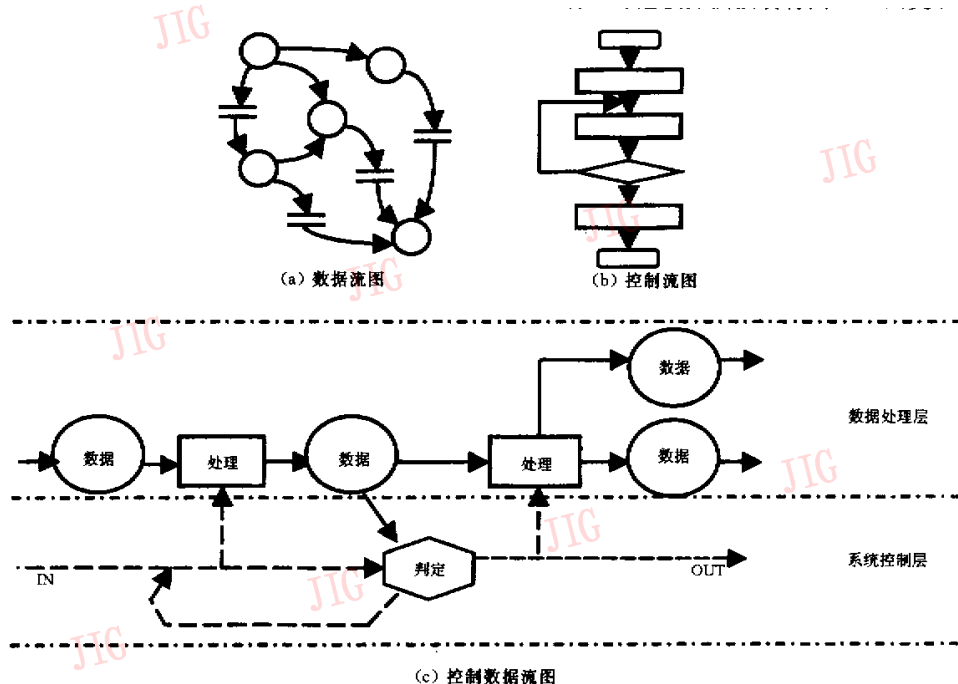


图 1 现有的几种软件工程设计图示方法

个孤立的系统集成成为一个整体系统. 另外, 它也无法描述控制流与数据流之间多层次复杂关系, 包括图文控制流间的时序控制关系、图文数据流间的约束关系以及控制流与数据流间的驱动关系等<sup>[1,2]</sup>.

本文针对 Office GIS 的具体特点, 将图文办公信息系统中的控制流和数据流进一步细分为图形控制流及文本控制流、图形数据流及文本数据流, 进而提出了图文控制流与数据流集成设计与表达的具体方法, 包括图文控制流与数据流的层次叠加集成方法、各种并行及非顺序分支控制结构的设计表达方法、图文时序控制关系的表达方法、图文数据的约束关系的表达方法, 以及控制与数据驱动关系的表达方法等.

## 1 图文控制流与数据流的可视化表达与集成设计

### 1.1 图文控制流与数据流的可视化表达

可视化的软件行为表达方法不仅便于人们形象、直观地了解软件系统的功能、结构, 而且也为系统用户与软件开发设计人员的思想沟通提供了一种可视图形化的交流语言<sup>[13~15]</sup>. 本文对 Bennett 等人的研究成果进行了拓展, 从而提出了适合图文办公信息系统的一整套可视化表达方法.

为了实现图文控制流与数据流的可视化表达, 给出了一些必须具备的描述符号及规则等, 如图 2 所示, 图中数据用圆圈加上其文字释义来表示, 其中, 图形数据用带阴影的圆表示, 文本数据用无阴影的圆表示; 处理操作用矩形框加上其文字注释来表示, 其中, 图形数据处理用带阴影的矩形框表示, 文本数据处理操作用无阴影的矩形框表示. 该处理框

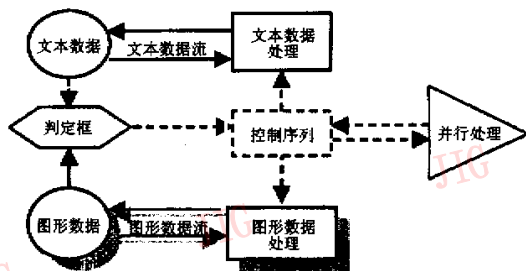


图 2 图文控制流与数据流表达方法

至少有一个输入数据源, 而且至少产生一个输出数据源, 同时必须有一条来自于控制流的控制路径. 数据源与处理框之间的有向实线段表示数据流, 其中, 图形数据流用有向带阴影实线段描述表示, 文本数据流用有向无阴影实线段描述表示. 图上控制流是处理动作的执行控制序列, 用有向虚线段来描述表示, 其中, 虚线段的方向为控制流的流向, 另外, 用一条垂直于控制流的有向短虚线段来描述表示控制流执行的处理操作, 当控制流流经有向短虚线段时, 就意味着在这里执行了一个处理动作.

在图文办公信息系统中, 除顺序结构的数据流和控制流外, 还存在一些非顺序结构的图文控制流和数据流, 如 CASE 型分支结构 (即条件判定框)、选择型分支结构 (即 IF-THEN-ELSE 结构)、FOR-NEXT 型循环结构、DO-WHILE 型循环结构、DO-UNTIL 型循环结构等. 对于这些不同类型的非顺序控制结构, 通常是采用条件判定框的形式来描述表示. 另外, 同时执行的并行控制结构用左右三角形来表示, 其中左右三角形之间是多条同时发生的独立并行路径.

### 1.2 图文控制流及数据流集成设计方法

基于上述的可视化表达方法, 提出了一种三层结构的图文控制流与数据流的集成方法 (如图 3 所示).

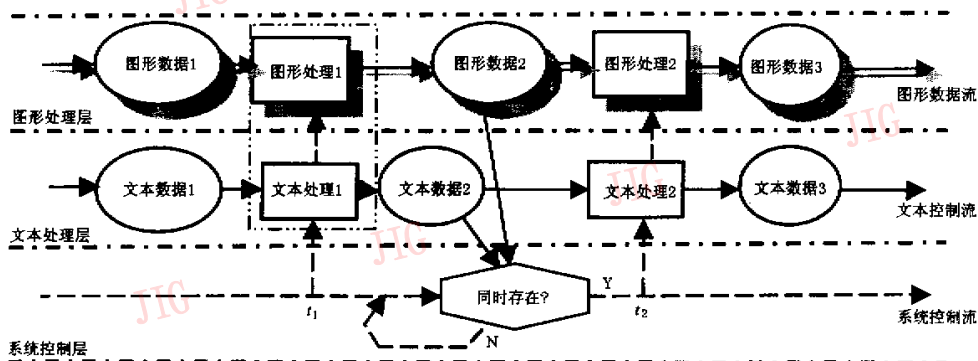


图 3 图文控制流与数据流集成设计表达示意图

其上层用于描述图形数据及处理,它反映了系统的图形数据流;而中间层用于描述文本数据及处理,它反映了系统的文本数据流;下层则描述了集图、文控制流为一体的系统控制流,它反映了系统控制处理的顺序关系。

在这种集成表达方法的实例中,由于系统控制流独立地位于下层,而图文数据流则独立地进出处理框,因而可以单独去分析与评价系统控制流和图、文数据流;此外,它又可直接反应图文控制流元素及数据流元素之间的相互作用关系,其中包括图文控制的时序关系、驱动关系和图文数据约束关系等。

(1)以集成的控制流来描述图文控制的时序控制关系

由于 Office GIS 中的图文处理加工存在相对固定的操作顺序,因此系统必须全面地反映这种图文控制处理的时序关系,而层次结构的图文控制流与数据流集成表达方法即可直观地反映这种时序关系。例如图 3 中的文本处理 1 先于文本处理 2 执行,图形处理 2 次于图形处理 1 进行,而且在控制流  $t_1$  时刻执行文本处理 1 和图形处理 1,而在之后的  $t_2$  时刻完成文本处理 2 和图形处理 2。

(2)以控制流为桥梁来表达图文数据的约束关系

采用集成表达方法能够可视化地描述图文数据元素的约束关系。如在图 3 中,文本数据 2 源于文本数据 1,而图形数据 1 又是图形数据 2 产生的基础,并且只有当文本数据 2 和图形数据 2 同时存在时,才有可能产生文本数据 3 或图形数据 3。

(3)以处理加工为纽带,反映控制与数据的驱动作用

以处理操作为中介,来反映图文控制与数据之

间的驱动作用,如在图 3 系统控制的  $t_1$  时刻驱动文本处理 1,并以文本数据 1 为数据源来产生文本数据 2,另外,可先驱动图形处理 1,然后以图形数据 1 为数据输入而输出图形数据 2;同样,在文本数据 2 和图形数据 2 都已产生的系统控制  $t_2$  时刻,驱动文本处理 2,并以文本数据 2 为数据源产生文本数据 3,此外也驱动图形处理 2,然后以图形数据 2 为数据输入,而输出图形数据 3。

## 2 Office GIS 图文数据流与控制流集成的步骤

鉴于 Office GIS 的复杂性,难以用一张图文控制流与数据流集成图来表示出所有细节,为此,在进行 Office GIS 图文控制流与数据流集成设计时,首先应根据业务 workflow 进行总体图文控制流与数据流集成设计,从而确定系统的总体结构。由于总体图文控制流与数据流集成图是系统与外界环境接口的反映,因而它位于层次结构的最顶层;而且由于它忽略了系统软件特征的细节,因而能反映系统结构的全貌,是进行层次分解细化的基础(图 3)。

由于总体的图文控制流与数据流集成图只反映系统的总体框架结构,而不能反映各子系统的内部逻辑结构,因此在确定了总体结构的基础上,需采用自顶向下、逐层细化求精的方式来进行图文控制流与数据流集成图的分层细化,以进一步导出中间图层和用于指导编程的底层图<sup>[1]</sup>,同时确定各子系统的结构及其联系。其中,中间层是对其上层父图的细化,如图 4 是对图 3 填色虚框中图形处理 1 及文本处理 1 的具体细化,图文控制流与数据流集成设计

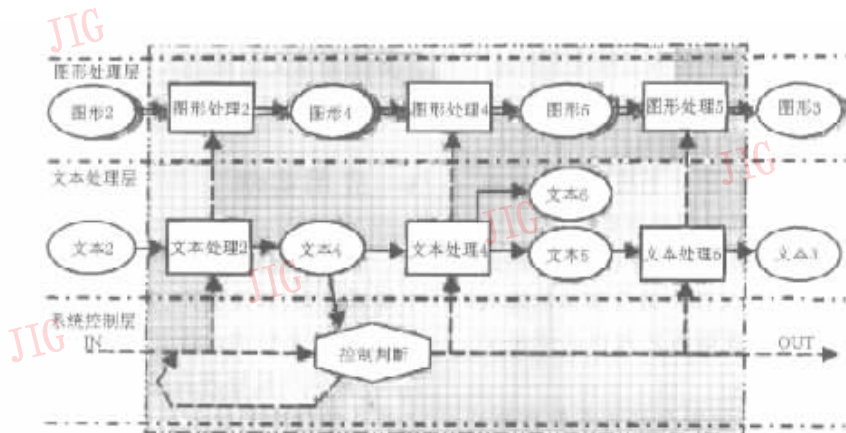
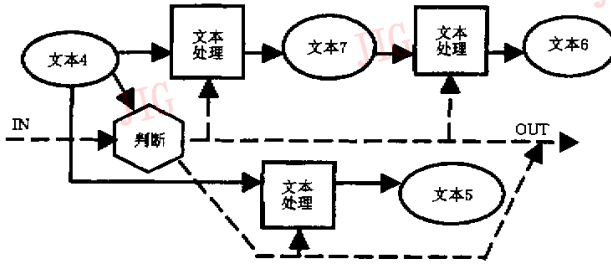


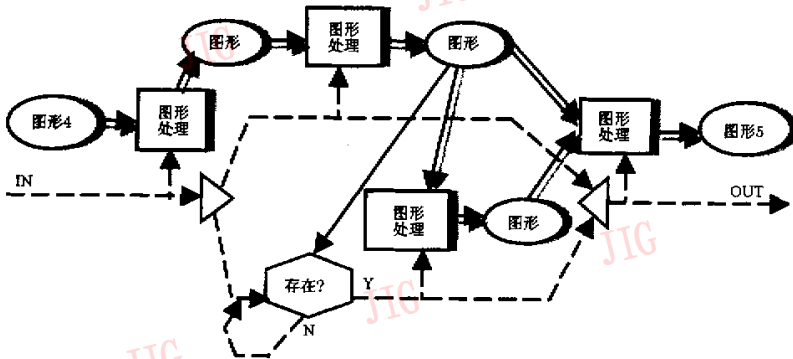
图 4 中间层图文控制流与数据流集成图

的最后步骤是进行可以直接指导程序设计的底层集成图的设计。由于底层图位于层次图集的最底层,不需再作细化分解,因而可直接用作程序代码实现的指导。另外,由于底层图的控制流是由集成控制流分解而得到的单一的文本控制流或图形控制流,这样底层图所反映的系统软件特征就可以单独由文本管理系

统(OIS)或图形管理系统(GIS)来实现,因而其控制处理将不涉及文本管理系统与图形管理系统的联合作用<sup>[1]</sup>。如图5(a)为仅有文本数据信息及处理控制的底层集成图,它是对图4中文本处理4的细化结果;而图5(b)为仅有图形数据信息及处理控制的底层集成图,该图是对图4中图形处理4的具体描述。



(a) 文本底层控制流与数据流集成图



(b) 图形底层控制流与数据流集成图

图5 底层控制流与数据流集成图

在图文控制流与数据流集成图的自顶向下逐层分解细化过程中,要注意以下几个方面的问题:

(1)对系统控制的设计必须符合其办公业务流程,图文控制流必须统一于业务工作上,在设计图文控制流与数据流时必须以系统业务 workflow 为基础。

(2)逐层分解细化过程应该自然,概念上要求合理、清晰,特别要注意层次图的易理解性。一般说来,由于上层是一些综合性描述,因此上层可以分解得相对快些,而在下层则应分解得相对慢些。

(3)层次图中的父图与子图必须平衡,即子图的所有输入数据流之和必须是父图中被分解体的输入数据流,而子图的所有输出数据流之和也必须是父图中被分解体的输出数据流。

(4)由两层数据流(图形数据流和文本数据流)向单层数据流(图形数据流或文本数据流)的转变过程中,一定要保证该图以下的子图中的控制处理,不

再涉及到文本管理系统与图形管理系统的联合作用,即它们可以单独由文本管理系统或图形管理系统来实现。

(5)父、子图层之间需保持控制关系,即控制流和数据流从父层图进入其子图,经待完成子图中的控制处理后,离开子图再返回到父图。

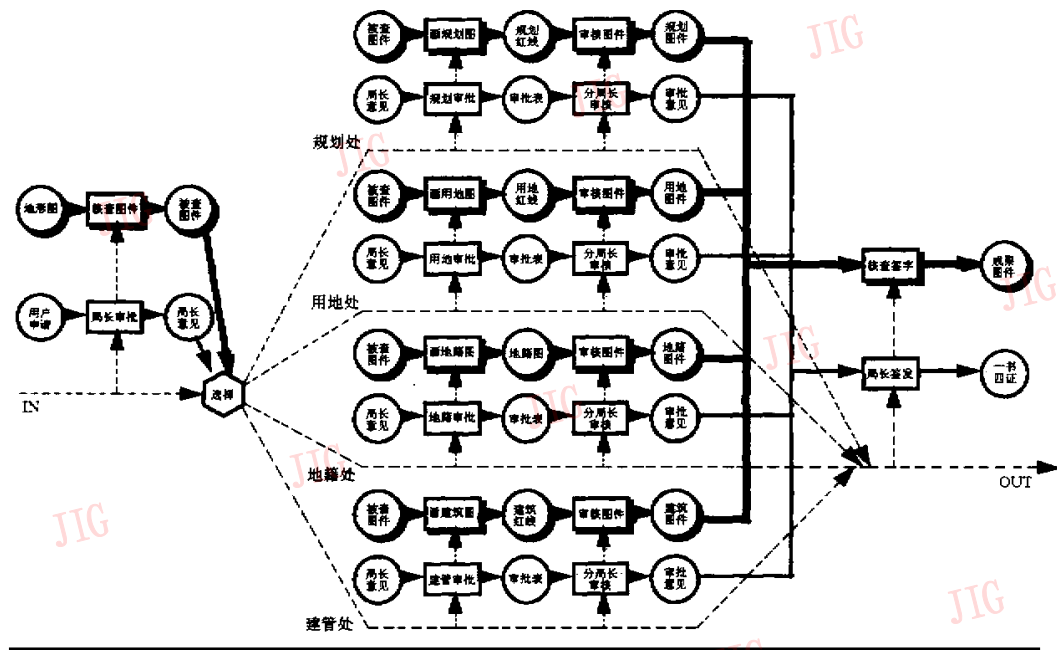
### 3 应用实例

常州市规划国土资源局图文办公信息系统是一个规模庞大、涉及面广、复杂程度极高的集成化软件系统。在该系统的设计开发过程中,采用了本文所述方法,将软件设计开发这种只存在于系统设计开发人员头脑之中的抽象思维活动转化为明确的、可控制的,且可进行复审和修改的具体形式化过程;同时,由于这种可视化的表达方法增进了系统设计开

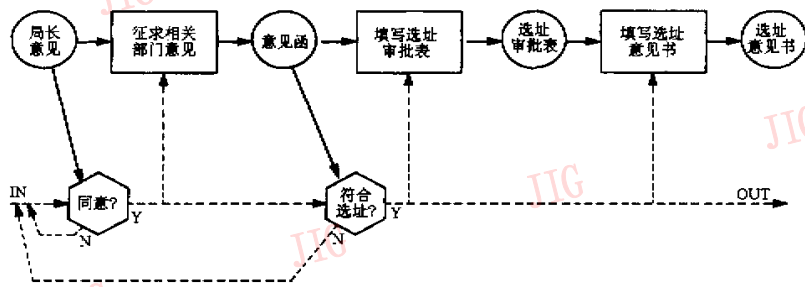
发人员间、设计开发人员与用户之间的交流和协作,从而最终成功有效地开发出符合用户要求的、高质量的目标系统。

根据上述图文控制流与数据流集成的设计方法,该系统的设计与开发按照如下步骤进行:首先,

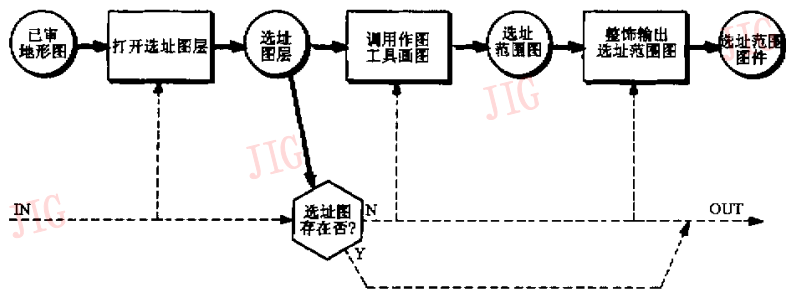
以系统需求和总体业务工作流程为基础,进行系统控制流与数据流的可视化集成表达,以确定系统总体控制数据集成图,如图 6(a)所示;同时,根据系统总体控制数据集成图,来进行子系统的划分,并明确系统的层次结构及其联系;接下来,按照自顶向下与逐



(a) 总体控制数据集成图实例



(b) 文本底层控制数据集成图实例



(c) 图形底层控制数据集成图实例

图 6 控制数据集成设计图实例

步细化的原则,并顾及层次集成图间的平衡关系,进行由简到繁子系统的逐层分解细化,直至执行程序算法过程的底层控制数据集成图可以表达为止,以用于指导系统具体功能模块的程序实现.图 6(b)是文本底层控制数据集成图的实例,由图 6(b)可见,文本底层集成图是完成文本系统编程的依据;图 6(c)是图形底层控制数据集成图的实例,这里图形底层集成图是作为图形系统代码实现的基础.

实践证明,本文所述方法不仅在常州市规划国土管理局图文办公信息系统的开发建设中显示了其独有的优越性,而且提高了图文集成化信息系统的设计水平和软件开发效率.

## 4 结束语

针对 Office GIS 的具体特点而提出的一种系统设计软件工程的方法,它对推动当前业务化 GIS 系统的建设有着重要的现实意义.这种方法对传统的设计表达方法进行了扩展,由于引入了图形数据流和控制流概念,并构建了三层体系结构图文数据流与控制流的集成设计表达方法,因此,该方法不仅能够集成表达图文数据流与控制流以及它们之间的各种相互作用关系,且能全面反映系统的软件特征.这种可视化的表达方法,由于将抽象的设计过程变为图符的可视化演进过程,因而便于人们形象、直观地了解软件系统的功能、结构,也有利于设计组成员之间的方案讨论以及有利于最终用户了解设计方案,从而能及时提出反馈意见,尚可避免系统设计错误的层层蔓延与加重,也有助于扩大软件重用规模,提高软件开发效率和缩短开发周期,最终保证了目标软件系统质量<sup>[16]</sup>.同时,逐层分解的方法还融合了传统软件工程方法中的概要设计与详细设计等两个步骤,从而避免了两个阶段设计方案衔接时可能产生的差异.此外,由于图文控制流与数据流集成表达方法,对软件行为进行了较为规范的表达,因此也有助于 CASE 工具的发展.本文所述的方法已在常州市规划国土管理局 Office GIS 的开发建设过程中得到了成功运用.

## 参 考 文 献

- 1 严荣华. 软件行为可视化设计方法研究[硕士学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1997.
- 2 陈军, 蒋捷, 金舒平等. 业务化“图文办公信息系统”的设计与建设. 遥感学报, 1998, 3(2): 153~160.
- 3 陈军, 王宝祥. 地籍测绘与土地信息系统的若干技术前沿. 测绘通报, 1997, 3: 32~34.
- 4 DeMarco, Thomas. Structured analysis and system specification, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1978.
- 5 郑人杰, 殷人昆, 陶永雷. 实用软件工程. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- 6 杨文龙, 姚淑珍, 吴芸. 软件工程. 北京: 电子工业出版社, 1997.
- 7 张海藩. 软件工程导论. 北京: 清华大学出版社, 1990.
- 8 Rumbaugh, James, Michael Blaha *et al.* Object-oriented modeling and design, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1991.
- 9 潘锦平. 软件系统开发技术. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1987.
- 10 徐士良, 朱明方. 软件应用技术基础. 北京: 清华大学出版社, 1993.
- 11 刘鲁. 信息系统设计原理与应用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.
- 12 Bennett William S. Visualizing software—A graphical notation for analysis, design and discussion, Marcel Dekker Inc., 1992.
- 13 Orman Levent V. Visual development of database applications, *Interacting with Computers*, 1991, 3: 302~318.
- 14 Peters Lawrence J. Software design: methods and techniques. Yourdon Press, 1981.
- 15 Pressman Roger S. Software engineering—A practitioner's approach. McGraw-Hill Book Company, 1982.
- 16 李师贤, 马青. 基于知识的软件重用研究. 见: 软件工程进展—技术、方法和实践. 北京: 清华大学出版社, 1996.

严荣华 1990 年获武汉测绘科技大学计算机系学士学位, 1997 年获武汉测绘科技大学测绘遥感信息工程国家重点实验室硕士学位. 现在国家基础地理信息中心从事研发工作, 主要研究方向为 GIS 系统软件工程、计算机网络和数据库等.

陈军 1983 年获武汉测绘科技大学硕士学位. 现为国家基础地理信息中心主任、教授、博士生导师. 主要研究领域包括 GIS 空间数据模型、城市 GIS、空间决策支持系统等.

章启俊 武汉测绘科技大学信息工程学院教授. 现主要从事计算机网络通信技术、多媒体技术及决策支持系统等方面的研究工作. 多次作为主要成员或负责人参加国家重点工程和重点科技攻关项目.