

文章编号: 1007-4619 (2001) 05-0358-09

迭代演进式 GIS 需求分析模型研究

邵全琴, 周成虎, 杜云艳, 苏奋振, 仇天宇

(中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 需求分析是信息系统或软件开发生命周期中一个重要阶段, 并具有自己的生命周期。需求分析具有迭代性、演进性和并行性三大特性。通常, 需求分析方式隐含在各种系统开发模型中, 20 世纪 90 年代初以来, 随着需求工程热潮的掀起, 需求分析模型的研究也成为研究热点。Theofanos 等在总结分析已有需求分析模式的基础上, 提出了需求分析浪峰模型。该模型同时反映了需求分析的三个特性, 刻画了需求分析的复杂性, 充分体现了需求分析的发展新趋势。该文根据 GIS 特点, 对该模型进行了三个方面的改进: (1) 将需求分析划分为 5 个阶段, 原模型中的需求定义分解为结构化定义和形式化定义两个阶段, 以便于根据该模型进一步发展 GIS 分析的自动化工具; (2) 进一步明确了需求分析每阶段的具体分析活动以及应该采用的分析方法, 使模型更具可操作性; (3) 反映了项目 GIS、部门 GIS、企业 GIS、社会 GIS 等不同规模和复杂程度系统开发的需求分析的差别。并对不同情况下选择需求分析模式以及结构化需求定义方法进行深入的分析, 对 GIS 系统开发的需求分析具有现实指导意义。

关键词: 演进迭代模型; GIS 需求工程; 需求定义; 结构化; 形式化

中图分类号: TP701/TP79 **文献标识码:** A

1 引言

20 世纪 80 年代中期以来, 特别是近几年, 国际上计算机科学界掀起了对需求工程的研究热潮; 1991 年 IEEE Trans. On Software Engineering 发表了关于需求工程的专题论文^[1]; 1993 年召开了第一届需求工程国际研讨会^[2,3]; 1994 年召开了第一届需求工程国际会议, IFIP 成立了一个关于需求工程的工作小组^[4]; 1996 年需求工程杂志创刊^[5,6]。一般认为实施需求分析的工程称为需求工程, 而需求分析是指由非形式化的需求陈述转化为完整的需求定义, 再由需求定义转换到相应的形式化功能规约的过程。针对需求分析的主要难点: (1) 问题的复杂性; (2) 交流障碍; (3) 不完备性和不一致性; (4) 需求易变性。人们主要围绕着需求模型及语言和 CASE 技术及工具两个方面进行了相关研究, 并取得了显著进展。其研究领域也从软件工程领域向信息系统领域扩展。例如, 我国 863 计划和国家杰出青年基

金资助, 由南京大学研制的需求分析自动化系统 NDRASS 和对象式需求分析支撑系统 NDORASS 及其 NDORL 语言主要面向 MIS 系统^[1-7], 其中, NDRASS 系统基于功能分解需求模型, 实现从 DFD, ERD 和 CFD, 以及有关字典到 Z 语言形式功能规约的自动转换。NDORASS 基于面向对象的需求模型, 支持 NDORL 需求定义的构造, 并在面向对象构架下实现从图形化需求定义到 OOZE 形式功能规约的自动转换。并在图书馆流通管理系统、储蓄所管理系统、图书发行系统、风洞实验系统等需求分析中应用^[7,27]。

地理信息系统(GIS)处理地理空间信息, 是一种特殊的信息系统。GIS 历经 30 余年的发展, 目前在全球范围内, 正以前所未有的发展速度, 在科技界和工业界, 在社会经济等领域全面发展与推广应用。随着 GIS 应用由项目 GIS 向部门 GIS 以及企业化 GIS 和社会化 GIS 的不断发展, GIS 需求定义和分析愈回困难和耗时, 使得它在系统开发中所占的工作量更加突出。人们越来越认识到了 GIS 需求分析的

收稿日期: 2000-09-26; 修订日期: 2001-01-04

基金项目: 国家 863 计划海洋领域海洋监测主题项目(863-818-07-02, 863-818-11-03), 所知识创新工程(CX10G-D00-10)支持。

作者简介: 邵全琴(1962-), 副研究员。现主要从事海洋 GIS 研究, 承担国家 863 计划海洋领域项目。公开发表论文 30 余篇, 出版专著一本。

重要性;不再把 GIS 需求分析错误地理解为仅仅是列出清单^[8];M. N. Demers (1997)认为现在大部分 GIS 实施问题主要是软件功能与用户需求之间的错误匹配^[10];GIS 需求分析关系到所建系统是否徒劳无用^[11]。本文根据计算机界的需求工程进展情况,结合 GIS 特点,对目前需求工程中流行应用的浪峰(wavefront)需求分析模型进行了分析与改进,并深入分析了 GIS 系统开发的需求分析差异性和结构化需求定义方法的适宜性。本文只对 GIS 需求工程进行了初步探讨,抛砖引玉,以期 GIS 界同仁通过对 GIS 需求工程及其自动化技术的研究,以克服 GIS 开发中现有的需求分析困难、提高系统开发效率和系统质量。

2 需求分析模型

2.1 需求分析特性

需求分析是系统或软件开发生命周期的第一个阶段,是系统设计和开发的基础。并且需求分析也有其自己的生命周期(Theofanos *et al.* 1996): 问题技术一分析是否获取了所有用户需求;问题精炼一分析是否能与用了正确的技术或视图;原型化或测试一分析功能是否可行;验证一检验实现的系统功能是否是用户所需。

需求分析具有迭化性(Dorfman, Nelsen, siddigi, 1994, Theofanos *et al.* 1996)。需求分析不仅具有周期性迭代性,而且具有阶段迭代性。在问题分析阶段,对每个需求研究和理解后,将需求按功能归类。当考虑了其它需求或新的需求后,迭代处理可能会将需求从一个功能组移到另一个功能组。这样,在一个迭代过程中,随着问题分析得越来越透彻,需求不断地产生并归入相关的功能组,并定义和组合出各种关系。其它阶段也同样。

需求分析具有并行性。需求分析中不同阶段的需求分析活动可以并行展开,Davis (1990)指出需求分析的各个阶段并非完全按时间顺序的和相互排斥的。需求分析各阶段的工作可以并行进行,在问题分析的同时可进行需求定义,随着问题分析得越来越清楚,需求定义也越来越完整^[12]。同样,在问题分析或需求定义的同时,可进行需求形式规约的编写或原型开发/测试或需求校验。

需求分析具有演进性(Davis, Goman)。需求分析是逐步演进的,尤其对于大型系统这一特性更为显著。由面向用户问题分析,通过需求定义,向面向

系统设计者的需求形式规约(Z 语言描述或原型系统)演进,使系统用户与系统分析设计人员对需求分析达到一致意见目的。

单纯的迭代方法,无法得到后一阶段分析得到的新信息。单纯的演进方法缺乏每一步提炼能得到的深层次理解和无法综合进新的用户需求。二者的统一,可以相互补充。传统上,需求综合/集成(integration)在需求分析的最后阶段进行,即首先由基于功能的分析导出局部需求,构建局部需求视图或模型,在构建所有局部视图后,再进行全局需求视图的综合/集成。而需求分析发展趋势则强调需求的早期综合/集成和随着新需求出现的逐步综合/集成^[22]。

2.2 浪峰需求分析模型

模型(或称模式)是一系列过程的描述或构模^[12]。需求分析模型指相应系统开发风范与方法在语言中的具体体现。它反映了系统需求的获取方式,决定了参加需求分析的各类人员的思维方式^[7]。

在系统开发或软件开发生命周期中,需求分析是第一个阶段,也是易被轻视和忽视的一个阶段。早期,没有专门的需求分析模型,需求分析方式隐含于系统或软件开发模式中。20世纪90年代初以来随着需求工程热潮的掀起,计算机界研究开始研究并提出专门需求分析模型。所以,我们首先考察系统开发或软件开发模式如何阐述需求分析有助于我们了解需求定义和需求分析活动。系统开发或软件开发模式有瀑布模式,结构化模式、原型化模式、螺旋模式、面向对象模型等。

瀑布模式和结构化模式较为相似,都强调系统开发的阶段性,强调前一阶段是后一阶段的基础,鼓励设计和实施前进行规划和分析,把系统开发分解成若干连续的子目标,强调与之相应的中间产品和中间文档的完整性。其优点是易于管理和跟踪,适用于大型系统、需求明确的系统。其缺点是灵活性差。二者的区别是前者仅给出了概要的需求分析模式,后者给出了详细的需求分析模式。

原型化模式强调系统边分析、边设计、边开发,强调用系统原型启发用户提出其需求。优点是灵活性强。缺点是难于管理和跟踪,易变成‘胡子工程’和‘钓鱼工程’^[13]。原型分为丢弃型原型和演进型原型,前者仅仅用于提炼需求分析,强调需求分析的多次迭代,原型丢弃、不作为整个系统的组成部分或框架。后者不仅用于提炼需求分析,而且作为整个

系统的组成部分或系统的整体框架,实际上演进型原型化系统方法融进了结构化方法^[12,13],其开发阶段分为:需求分析和定义;结构化设计;增量模块的开发;增量系统的集成;演进系统的集成;系统测试。

螺旋模式允许多种模式(瀑布模式/结构化模式、原型化模式、增量模式等)的结合,是一种风险驱动模式。螺旋模式由四个象限和若干螺旋线组成,四个象限分别代表四个阶段:确定目标、制定候选方案、识别限制条件;评价候选方案、识别和解决风险;开发、校验产品;规划下一个周期。螺旋线从 X 轴开始逆时针旋转 360 度为一个开发周期,每个周期可以使用任何一种方法,如瀑布、原型化方法等。每个周期都以确定这一周期目标、制定这一周期的实施候选方案、识别每一种候选方案的限制条件为开始,然后进行风险分析,然后进行增量模块的开发,每个周期的最后是回顾这一周期所开发的所有产品、规划下一个周期。

在上述系统开发模式中,尽管从理论上讲,用原型化模式开发系统,需求分析贯穿整个设计与开发的全过程。但实际上,如果是丢弃型原型,则需结合到其它方法/模式中使用,如果是演进型原型,则需要将其它方法结合进该模式使用。因此,从某种意义上讲,需求分析是几乎所有模式的第一个阶段。然而,需求分析阶段本身就是一个分析处理过程,有其自己的生命周期。不同的系统开发模式中需求分析方式也反应了不同的需求分析特性,其中,瀑布模式/结构化模式中的需求分析方式强调了需求分析的演化性,原型化模式中的需求分析方式强调了需求分析的迭代性(周期性迭代)。螺旋模型虽同时强调了需求分析的迭代性和演进性二个特性,但并没有反映出需求分析的并行性。Theofanos 等(1996)在分析各种系统软件开发模式中的需求分析方式的基础上,提出了需求分析的浪峰模式(图 1)。

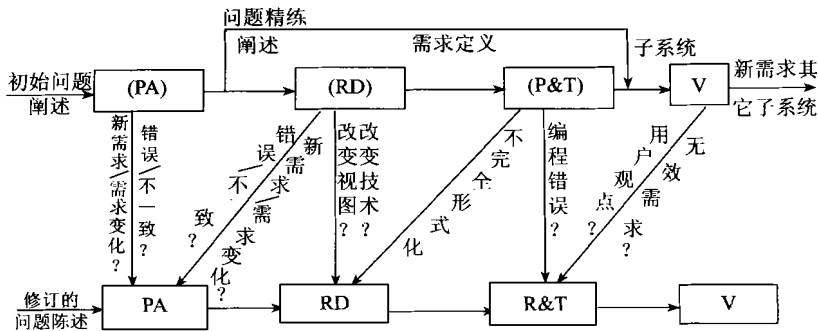


图 1 需求分析的浪峰模式(据 Theofannos 等, 1996)

Fig. 1 Wavefront model for requirements analysis (Theofannos et al., 1996)

在图 1 中,横轴为需求分析的周期,分为四个阶段:问题分析(PA)——获取用户需求;需求定义(RD)——提炼用户需求,构建系统需求模型;原型化和测试(P&T)——编写原型系统,并进行测试;需求验证(V)。需求分析以初始问题分析开始,如果问题分析中存在错误或不一致性,或在分析过程中,出现新的需求,或现有需求发生了变化,需要进行新的需求分析,则分析者需修正需求陈述(随图 1 中向下箭头,迭代性)。当用户和分析人员都满意了问题分析,即可进入第二阶段(随图 1 中向右箭头,演进性),用更正式的方法进行问题描述和系统需求定义,这时还会出现错误和不一致性或需求变化,需要返回进行新需求的问题分析(随图 1 中向左下箭头,并行性)。如果分析人员认为所采用的技术不适合于描述需求的特征和关系,或用户要改变其视图,则需要进行新的需求构模(随图 1 中向下箭头,迭代

性)。当用户和分析人员均满意系统需求定义后,即可进入第三个阶段(随图 1 向右箭头,演进性)进行需求原型开发,并进行测试,如果形式化定义不完整,则返回需求定义(随图 1 中向左下箭头,并行性)。如果原型中有大量编程错误,则需开发一个新的原型(随图 1 中向下箭头,迭代性)。如果原型令用户和分析人员都满意,原型可以作为子系统的描述,说明需求是有效的、正确的。至此,需求分析的一个周期结束。然后,分析人员和用户识别新的需求或关系,以修订的或扩展的问题陈述开始,进行需求分析的另一个周期。这种周期性的迭代或精化一直进行到没有新的需求或关系出现为止。

该模型同时反映了需求分析的三个特性:迭代性、演进性和并行性,刻画了需求分析的复杂性,充分体现了需求分析的发展新趋势。

该模型美中不足的是没有进一步指出需求分析

每个阶段的具体活动及所采用的分析方法,也没有反映出不同规模、不同复杂程度系统之间需求分析的差别。作者在下文中根据 GIS 特点,对上述模型进行三个方面改进:(1) 将需求分析划分为五个阶段,原模型中的需求定义分解为结构化定义和形式化定义两个阶段,以便于根据该模型进一步开发 GIS 需求分析的自动化工具;(2) 进一步明确需求分析每个阶段的具体需求分析活动以及应该采用的分析方法,使模型更具有可操作性;(3) 反映了项目 GIS、部门 GIS、企业 GIS、社会 GIS 等等不同规模和复杂程度 GIS 系统开发的需求分析的差别。

3 演进迭代式 GIS 需求分析模型

3.1 演进迭代式 GIS 需求分析模型

图 2 是在图 1 基础上,根据 GIS 特点改进的 GIS 需求分析模型,该模型将需求分析分为 5 个阶段,问

题分析(PA),结构化需求定义/描述(SRD);形式化需求定义(FRD),需求原形化与测试(P&T),需求验证(V)。该模型反映的需求分析的迭代性,并行性和演进性三个特性同图 1,参见本文 2.2 内容。图 2 中箭头①表示需求分析第一阶段问题分析完成后直接跳到第三阶段需求验证,适用的小型 GIS 系统并采用商业化软件开发的项目 GIS 等。图 2 中②箭头表示需求分析第二阶段结构化需求定义后直接跳入第五阶段需求验证,适用于小型或中型 GIS 系统并采用商业化软件开发的部门 GIS 或项目 GIS 等。图 2 中③表示第二阶段结构化需求定义后跳入第四阶段需求原型化与测试阶段,适用于大型 GIS 系统并用商业化软件开发的部门 GIS 或项目 GIS 等。④是指没有跳过任何一阶段的完整的需求分析模型,适合于大型 GIS 系统并用商业化软件开发的部门 GIS、企业 GIS 和社会 GIS。

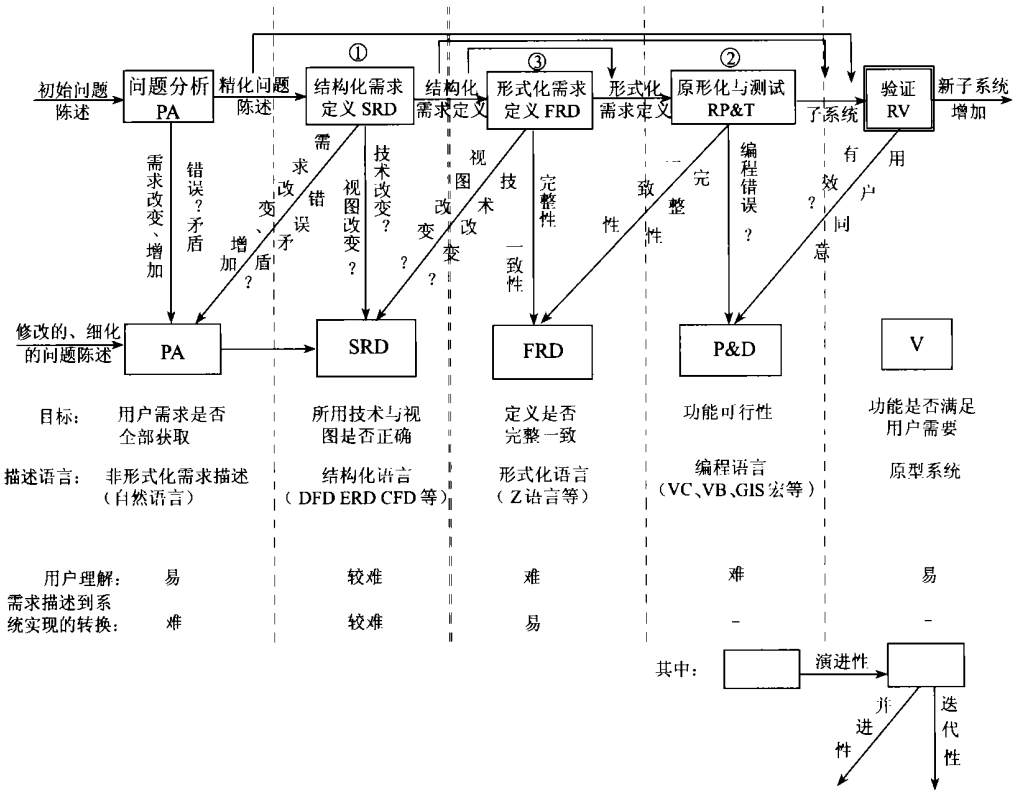


图 2 演进迭代式 GIS 需求分析模型(据 Theofannos 等修改)

Fig. 2 Evolutive & iterative model for GIS requirements analysis (after Theofannos et al., 1996)

需求定义语言是指用于书写用户对系统的各种需求的语言,按照形式化程度,需求定义语言可分为非形式化需求定义语言、半形式化(也称结构化)需求定义语言、形式化语言三类^[7]。

非形式需求定义语言指未作任何限制的自然语言,特征是非形式化,具有歧义性、不完备性和模糊性。优点是易理解、易使用,易为一般用户所接受。缺点是由于非形式化使得需求定义中常出现错误,

难以用计算机系统提供自动化支持。半形式化(结构化)需求定义语言指宏观上对语言的语法和语义有较精确的描述,而在局部细节上允许使用非形式化语言。如结构化方法,数据流图刻画系统的总体结构,系统成分的含义则用自然语言或专门的说明语言来描写。特点是需求定义易于表达和理解,而且可提供部分的自动化支持。形式化需求定义语言是指语法和语义均精确定义、并以一定数学理论为基础的语言。常用的语言有 Z 语言、OBJ 语言等专用的需求定义语言和一般编程语言。形式化需求定义语言具有良好的数学性质,易于分析需求定义的各种性质,如完备性、一致性等,可对其提供自动化支持。缺点是难于理解。实践证明,形式化方法不能取代非形式方法(语言)或半形式化/结构化方法(语言)^[1]。而发展趋势是集成应用,形式化方法和结构化方法的集成方式有两种:结构化方法和形式化方法同时进行;从结构化方法所得的规约向形式化规约转换。后一种集成方法使得形式化方法更易于掌握,同时有助于控制规约复杂性,获得结构良好的形式规约。

演进进化式 GIS 需求分析模型的第一个阶段是进行问题分析,目标是分析是否获取了用户的全部需求。需求描述/定义语言用非形式化需求语言,即自然语言。该阶段得到的用户需求描述(定义)用户易于理解,但难以自动实现描述到系统的转换,并且具有不完备性、歧义性和模糊性。第二个阶段是结构化需求定义,目标是用正确的视图与技术来进行需求分析与描述,需求定义语言用结构语言(也称半形式化语言)。结构化语言包括数据流图(DFD)、实体关系图(ERD)和控制流图(CDF),以及 IDEF0、IDEF1 和 IDEF1x。该阶段得到的 GIS 需求描述,用

户较难理解,但系统分析与设计人员易于理解,并具有较严密的逻辑性以及较高的精确性,并可实现部分自动化。第三阶段是形式化需求定义,目标是分析需求的完整性和一致性,需求描述语言是形式化语言。如 Z 语言等。该阶段所获得的需求定义用户难以理解,但具有严密的逻辑性,高度的完整性和一致性,易于实现自动化转换。第四阶段是需求的原型化与测试,目标是分析功能的可行性,需求语言是 VB 或 VC 或 GIS 宏语言等。对于原型系统程序本身,用户难以理解。第五阶段是需求验证,目标是分析功能是否满足用户需要,需求描述语言是原形系统,用户易于理解。

3.2 不同规划 GIS 系统需求分析方式的选择分析

开发的 GIS 系统因其规模和开发方式不同而复杂程度有显著差别,从而可选择不同的需求分析模式。GIS 系统一般可以为项目 GIS、部门 GIS、企业 GIS、社会 GIS 等^[9],通常是前者规模小于后者。而开发方式可以完全自行开发,部分自行开发(如专业模型自行开发),用商业化 GIS 语言进行二次开发等,通常前者复杂程度大大复杂于后者。并且是否与其它系统(如遥感系统或专家系统等)进行集成,也影响其复杂程度。综合考虑系统开发的复杂程度,以及各种需求分析方法的成本效益。表 1 中给出了不同 GIS 在不同开发方式下需求分析方式优先顺序。表中分子为适合的几种需求分析模式,从左至右优先级降低。分母表示结构化需求定义三种方法,即功能构模方法或信息构模方法或动态构模方法的组合应用;a 表示只用一种方法;b 表示三种方法中任意两种方法组合应用;c 表示三种方法同时组合应用。同样,从左至右优先级降低。

表 1 地理信息系统开发中需求分析方法的选择

Table 1 Solution for requirements analysis in GIS development

需求分析系统类型	开发方式					
	完全自行开发	部分自行开发	商业化软件二次开发	完全自行开发与 RS/ES 集成	部分自行开发与 RS/ES 集成	用商业化软件二次开发与 RS/ES 集成
项目 GIS	③④② bac	③②① bac	①② abc	④③② bca	②③④ bca	②③ abc
部门 GIS	④③② bca	③④② bac	②③① bac	④③ bca	③④② bca	③②④ bac
企业 GIS	④③ cba	④③② bca	③④② bca	④③ cba	③④② cba	③②④ bca
社会 GIS	④③ cba	④③② bca	③④② bca	④③ cba	④③② cba	③④② bca

注 1:①②③④指图 1 中不同的需求分析模式(其中④是完整模式);排列顺序反应优先级高低,前者高。注 2:abc 指不同的结构化需求定义方法组合,详见文中说明;排列顺序反应优先级高低,前者高。

3.3 GIS 结构化需求定义方法及其适用性分析

GIS 结构化需求定义语言包括数据流图 (DFD)、实体关系图 (ERD) 和控制流图 (CDF) 以及 IDEF 方法。DFD, 是以一定格式的图形来描述和分析数据的运行、处理功能、数据文件间相互作用、相互联系的流程图^[28]。DFD 方法具有很好描述数据功能处理和数据运动特性的优点, 适合于 GIS 系统的功能建模 (表 2)。实体关系图是对现实世界的对象实体及其关系的概念性表示, 因为地理数据描述的实体 (简称地理实体) 具有空间特性, 不同于一般数据库中的实体, 除了具有物理实体, 还具有物理实体相对应的空间实体。因此表达地理实体及其关系需用扩展空间实体关系图^[31], 即需使用 Calkin (1996) 在标准 ERD 的基础上提出了空间 ERD。空间实体关系图更适用于构建 GIS 系统的信息模型 (表 2)。对于

GIS 系统的时空信息模型构建, 则可用邵全琴等 (1998) 在空间 ERD 基础上提出的时空 ERD。控制流图是带有开始节点和结束结点的有向流图, 它刻画了系统的状态转换以及操作划分性控制。控制流图适宜用来构建 GIS 系统的动态模型, 进行系统模拟。数据字典、关系字典和操作字典是分别对数据流图、实体关系图、控制流图中数据和关系操作的进一步定义和说明。

IDEF 是 ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) Definition 的缩写, IDEF 方法由三种不同的系统建模方法组成: IDEF₀ 方法, 用来描述系统的功能活动及其联系, 建立系统的功能模型; IDEF₁ 方法, 用来描述系统的信息及其联系, 建立系统的信息模型; IDEF_{1x} 方法, 用来进行系统模拟, 建立系统的动态模型。IDEF 方法适用于复杂 GIS 大系统的结构化需求分析与定义 (表 2)。

表 2 GIS 结构化需求定义方法及其适用性

Table 2 Structural GIS requirements defining methods and their suitability

建模方法 模型类型		DFD		ERD			CFD	IDEF ₀	IDEF ₁	IDEF _{1x}
		DFD	改进 DFD	标准 ERD	空间 ERD	时空 ERD				
功能模型	大	△	△					★		
	中	☆	☆					☆		
	小	★	★					△		
信息模型	大			△	☆	☆			★	
	中			○	★	★			☆	
	小			☆	★	★			△	
控制模型	大						○			★
	中						★			☆
	小						★			△

注: 先优先级顺序为★☆○△, 前者高。

进行 GIS 结构需求定义时, 可根据系统的复杂程度, 以及系统分析人员的习惯, 可采用数据流图或实体关系图一种方法进行, 从一个视角对系统需求进行需求描述和定义, 也可采用数据流图与实体关系图组合或数据流图与实体关系图以及控制流图的组合, 从不同的视角, 对同一系统从不同的方面进行系统的需求分析定义 (见表 1 中分母)。

若采用后一种方法, 则需要解决多视角需求定义的一致性检验问题, 因为从不同的视角对同一系统从不同的方面进行描述, 虽各个侧重点不同, 但它们之间必然存在重叠。为了保证由不同视图组合在一起所得到的需求定义能转换成正确的功能规约, 要求各视图所定义的同—系统的需求定义是一致

的, 需要从多方面全面考虑需求定义的一致性约束条件。丁俊华等认为利用 DFD、ERD 和 CFD 进行多视角需求定义时, 需要考虑一致性约束条件: (1) 数据流图中所使用的数据必须在实体关系图中进行定义, 定义为实体或对应的属性; (2) 控制流图中出现的事件集必须与对应的数据流图中出现的操作集相同; (3) 实体关系图中的每一个实体必须在数据字典中进行定义, 若一个实体有多个属性, 则必须在数据字典的形式说明部分指明一致的属性; (4) 实体关系图中的每一个实体必须在关系字典中进行定义; (5) 数据流图中的每一个操作必须在操作字典中进行定义。

4 实例研究

由国家 863 计划海洋领域支持的海洋渔业遥感信息服务系统技术与示范试验项目,是以东海渔区为示范区,开发具有自主知识产权的可业务化运行海洋渔业遥感信息服务系统,进行东海渔区的海渔况速预报,进行东海渔区带鱼、鲈鱼、马面鱼的资源量、可捕量和最大持续产量评估计算,进行渔船动态监控管理和“三证”校验管理,为渔业生产和管提提供生产信息和决策支持服务。该系统集成了 GIS 技术,

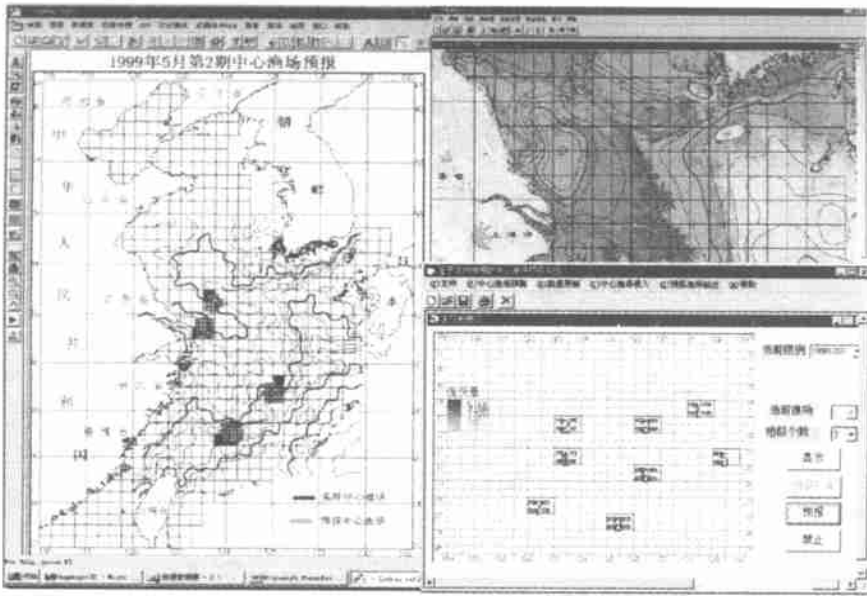


图 3 海渔况速预报系统原型*

Fig. 3 Prototype system for nowcasting and forecasting SST and fishing grounds

5 结论与讨论

需求分析是信息系统或软件开发生命周期中一个重要阶段,并具有自己的生命周期,同时具有迭代性和演进性和并行性三大特征。各种系统开发模型中的需求分析方法只反映了需求分析的一个特性或两个特点。Theofanos 等提出的需求分析浪峰模式同时反映了需求分析的三个特性,刻画了需求分析的复杂性,充分体现了需求分析的发展新趋势。本文根据 GIS 特点,对该模型进行了三个方面的改进:将需求分析划分为五个阶段,原模型中的需求定义分解为结构化定义和形式化定义两人阶段,以便于根

据该模型进一步发展 GIS 分析的自动化工具;进一步明确了需求分析每阶段的具体分析活动以及应该采用的分析方法,使模型更具可操作性;反映了项目 GIS、部门 GIS、企业 GIS、社会 GIS 等不同规模和复杂程度系统开发的需求分析的差别。并对不同情况下需求分析差异性以及结构化需求定义方法适宜性进行深入的分析,对 GIS 系统需求分析具有现实指导意义。

本文只对 GIS 需求工程进行了初步探索,需求分析方法及其适应性需进一步量化研究。GIS 需求分析的自动化研究与开发将是 GIS 需求工程研究的重要内容。希望 GIS 界同仁能一起探讨 GIS 需求工程,共同克服 GIS 系统开发中的薄弱环节。

* 其中,遥感图像处理系统由中科院遥感应用研究所开发,专家系统由东海水产研究所和中科院计算所开发。

参考文献 (References)

- [1] Zhang J Z, Xu J F. Advances in Requirments Engineering [J]. *Computer Research & Development*, 1998, 35(1): 1-5. [张家重, 徐家福. 需求工程研究新进展[J]. 计算机研究与发展, 1998, 35(1): 1-5.]
- [2] Stephen F Fickes. Proceedings of the First IEEE International Symposium on Requirement Engineering [C]. Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press, 1993.
- [3] Pamela Zave. Proceedings of the Second IEEE International Symposium on Requirement Engineering [C]. Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press, 1995.
- [4] Jawed Siddiqi. Proceedings of the First International Conference on Requirement Engineering [C]. Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press, 1994.
- [5] P. Chatzoglou, L. Macaulay. Requirement Capture and Analysis: A Survey of Current Practice [J]. *Requirements Engineering Journal*, 1996, 1(2).
- [6] J. Karlsson, S. Olsson, K. Ryan. Improved Practical Support for Largescale Requirements Prioritizing [J]. *Requirements Engineering Journal*, 1997, 2(1).
- [7] Zhang J Z, Lu J, Wang Z J, Xu J F. On the Design of A Graphical Object-oriented Requirements Definition Language [J]. *Journal of Software*, 1996, 7(11): 645-655. [张家重, 吕建, 王志坚, 徐家福. 一种图形化对象式需求定义语言的设计[J]. 软件学报, 1996, 7(11): 645-655.]
- [8] Erie County Water Authority. Needs Assessment Conceptual Design of the GIS[R]. Local Government GIS Development Guides, Manager's Over View, 1996.
- [9] Zhou C H, Shao Q Q. On the Methodology of Geographical Information System Application [J]. *Journal of Geography*, 1997, 52(supplement) 187-195. [周成虎, 邵全琴. 地理信息系统应用方法论[J]. 地理学报, 1997, 52(增刊): 187-195.]
- [10] Michvel N. Demers. Fundamentals of Geographic Information Systems [M]. John Wiley & Sons, Inc. 1997, 421-451.
- [11] ERSI. Managing a GIS[R], 1996.
- [12] Mary Frances Theofanos, Shair Lawrence Pflieger. Wavefront: A Goal-driven Requirements Process Model. *Information Software Technology*, 1996, 38: 507-519.
- [13] Song X D, Ye J A. Geographic Information System and Its Application in Urban Planning and Management [M]. Beijing, Science Press, 1995. [宋小冬, 叶嘉安. 地理信息系统及其在城市规划与管理中的应用. 北京, 科学出版社, 1995.]
- [14] A. L. Clarke. GIS Specification, Evaluation and Implementation [C]. In Maguire D. J., Geodchild M. F., Rhind D. W. (eds), *Geographical Information System: Principles and applications*. Lonman, London, 1991, 2: 477-487.
- [15] Holly J Dickinson, Hugh W Calkins. The economic evaluation of implementing a GIS [J]. *INT. J Geographical Information System*, 1988, 2(4): 1994-2021
- [16] Geogre B, Korte P E. The GIS Book [M], 4th Edition. Onword Press, 1997, 138-160.
- [17] John C Antenucci, Kay Brown, Peterl Crolnell, Michael J. Kevany, Hugh Archer (eds.). *Geographic Information Systems-A Guide To The Technology* [M]. Van Nostrand Reinhold, New York, 1991, 211-236.
- [18] Huang X Y, Tang Q. Introduction of Geographic Information System [M]. Beijing, High Education Press, 1988. [黄杏元, 汤勤. 地理信息系统概论[M]. 高教出版社, 1988, 172-175.]
- [19] Wang X J, Jia B Y. Geographic Information System [M]. Beijing, Chinese Environmental Science Press, 1993. [王学军, 贾冰媛. 地理信息系统[M]. 中国环境科学出版社, 1993, 102-122.]
- [20] Zhang C, Chen B X, Wu L. Geographic Information System [M]. Beijing, High Education Press, 1996. [张超, 陈丙咸, 邬伦. 地理信息系统[M]. 高教出版社, 1996.]
- [21] David Medychy-scott. Designing Geographical Information Systems for Use [C]. In David Medychy-Scott, Hilary M. Hearnshaw, Human Factors in Geographical Information system., Blhaven Press, London and Florida, 1993, 87-110.
- [22] Xong Y T. On Methodology of Geographic Information System Development [C]. Proceeding of Annual Symposium of Chinese GIS Association. Beijing, 1998. [熊允秦, 试论地理信息系统建设的方法问题[C]. 中国地理信息系统协会和中国海外地理信息系统协会 1998 年会论文集, 中国北京, 1998, 6-13.]
- [23] C. Francalanci, A. Fuggetta. Integrating Conflicting Requirements in Process Modeling: A Survey and Research Directions [J]. *Information and Software Technology* 1997, 39: 205-216.
- [24] Liu W, Du C Y. The Difficulty and Methodology of EIS Requirements Analysis [J]. *Computer Application and Research*, 1997, 5. [刘伟, 杜昌勇等. EIS 需求分析的困难及方法[J]. 计算机应用与研究, 1997, 5.]
- [25] Li F Y, Cai Y D. The Analysis, Design and Implement of Integrating Management Information System in CIMS Environment [M]. Beijing, Tsinghua University Press, 1997. [李方芸, 柴跃廷. CIMS 环境下集成化管理信息系统的分析、设计与实施[M]. 清华大学出版社, 1997.]
- [26] Zhang J Z, Wang Z J. Object-oriented Software Requirements Analysis [J]. *Computer Application and Software*, 1997, 14(2). [张家重, 王志坚. 面向对象的软件需求分析[J]. 计算机应用与软件, 1997, 14(2): 1-8.]
- [27] Ding J H, Sun S Q, Yang D J, Lu J. Consistency of Multiview Requirement Definition and Verification [J]. *Computer Research & Development*, 1998, 35(3): 229-232. [丁俊华, 孙圣强, 杨大军, 吕建. 一种多视角的需求定义及其一致性验证方法[J]. 计算机研究与发展, 1998, 35(3): 229-233.]
- [28] Qun L J, He J. Comparison of System Modeling Methods and Improvement of DFD [J]. *Computer Application & Research*, 1998, 3. [秦俊娟, 何钊等. 系统建模方法比较及 DFD 图方法的改进[J]. 计算机应用研究, 1998, 3: 62-65.]
- [29] Hossein Saiedian. An Evaluation of Extende Entity-Relationship Model [J]. *Information and software Technology*. 1997, 39: 449-462.
- [30] Michael F. Woelbe. GIS: A Computing Perspective [M]. Taylor & Francis, 1995.
- [31] Shao Q Q, Zhou C H. Research on ER Method of Marine Fisheries

Data Modeling [J]. *Geographic Research*, 1998, 17 (supplement)
108-115. [邵全琴, 周成虎等. 海洋渔业数据建模的 ER 方法

研究. 地理研究, 1998, 17(增刊): 108-115.]

Study on Waterfront Model of GIS Requirements Analysis

SHAO Quan-qin, ZHOU Cheng-hu, DU Yun-yan, SU Fen-zhen, ZHANG Tian-yu

(*Institute of Geographic Science and Resources Study, CAS, Beijing 100101, China*)

Abstract: Requirements analysis is an important step in an information system development cycle. It can be viewed as a process with a life-cycle of its own. The requirements analysis may includes four more basic step: domain-problem analysis, problem description, prototyping and testing, validation. It is also an iterative and evolutionary process, and a concurrent activity. Therefore, the requirements analysis model should represent the iterative, evolutionary and concurrent characteristics of requirements process activities. However, most of models resently developed only represent one or two characters of requirements process activities. The waterfront model for requirements analysis which was put forward by Theofanos can represent all characters of requirements process activities. In this paper the authors improve this model according to the characters of GIS requirements analysis activities in following aspects: ① In order to develop ulteriorly the automatous tool of GIS requirements analysis in term of the model, the requirements analysis was partitioned into five basic activities: problem analysis, structural requirements description, fomal requierments definition, prototyping and testing, validation. ② In order to make the model more operational, analysis methods for every activities of requirements analysis is put forward. ③ The difference of requirments analysis for project GIS, department GIS, enterprise GIS and social GIS is presented and also incorporated into the model. The methods for GIS structural requirements analysis are also discussed. This will have a guideline significance for GIS requirements analysis.

Key words: GIS requirements engineering; requirements analysis model; structural requirements definition; fomal requirements definition