

软件复用的数字化方法研究 ——以 GIS 应用领域软件工程为例

崔秉良¹ 陈 军² 杜道生¹

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 国家基础地理信息中心, 北京市紫竹院百胜村 1 号, 100044)

摘要: 提出了领域软件复用的数字化方法, 对软件数字化的概念、特征和实现方法进行了阐述, 构建了软件数字化元模型。以 OfficeGIS 领域软件为例, 给出了在 GIS 应用领域进行软件数字化和复用的一个实例。

关键词: 软件数字化; 数字化件; 软件复用; GIS 应用领域

中图法分类号: P208

实现软件复用的关键因素包括软件构件、构架技术和领域工程等^[1]。基于构件的软件开发 (component based software development, CBSD) 是当前软件工程领域的研究热点, 它的指导思想是以复用为目的生产构件, 通过构件的组装来构建软件^[2]。软件构架以软件系统的总体结构作为研究对象, 通过对高层构件、构件之间关系的组织与描述实现构架的稳定与可复用性^[3,4]。领域工程是针对一个应用领域中的若干系统进行分析、识别并提取、组织领域中可复用软件资产的过程^[5]。本文以 GIS 应用领域为例来研究一种软件复用的方法——软件数字化方法。

1 领域软件复用的数字化方法

1.1 软件数字化元模型

软件数字化 (software datalization) 是指将应用系统中与具体应用密切相关、容易发生变化的内容, 由静态的程序代码实现转换为用动态的数据实现, 以提高软件稳定性的软件工程方法。数字化件具有数据特征、软件特征、分离特征、相对性特征。本文专指应用领域空间中的数字化件。

数字化件是对变化性特征的数据化表达。特征主要指系统实体、实体之间的关系以及施加于其上的操作, 因此, 数字化件可分为数字化实体、数字化连

接件和数字化操作三部分内容。对于数字化操作, 按操作主体可分为被动式操作和主动式操作。被动式操作是可由外部调用的数字化件隐含的操作功能, 主动式操作指以数字化件为主体的调用操作。主动式操作一般通过编写程序代码在领域软件中具体实现, 称为被调过程。

解析软件是专门为解析数字化件而编制的软件, 只有通过解析软件的解析, 数字化件才能区别于普通数据, 表现出隐含的功能。数字化件构建工具的集合组成了软件数字化体系中的构建软件。

此外, 应用系统在运行过程中处理应用数据, 运行的结果也由应用数据来表达, 因此, 数字化件在解析软件的支持下控制着应用数据的产生、变化和使用。软件数字化的元模型如图 1 所示。

1.2 软件数字化的实现

1.2.1 数字化件与程序代码的分离

领域工程包含领域分析、领域设计和领域实现三个密切关联的阶段。领域分析的重点是对后一种特征的识别与提取, 因为它决定了共性特征的变化范围, 影响着领域软件的复用能力; 抽象程度越高, 共性特征范围越广。以 OfficeGIS^[6,7] 领域的工作流为例, 由业务运作过程可归纳出某种业务进行流转的一般规律, 以此为基础开发的应用程序可以实现这种流转, 但可能无法适应其他业务的流转。若将业务流程抽象为以活动和变迁

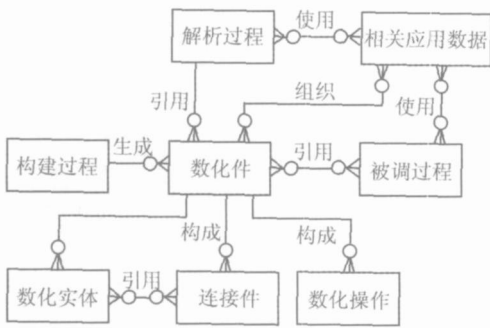


图 1 软件数字化元模型

Fig. 1 Meta Model of Software Datalization

为中心的工作流^[8], 则程序几乎可以满足所有业务的流转要求。

特征细分法^[9]和聚类分析法^[10]是分离、提取共性特征的两种有效方法。领域分析的结果是以共性特征为基础建立的领域模型。共性特征最终表现为程序代码, 在领域软件中实现, 领域软件是所有领域成员系统软件的主体。变化性特征表现为数字化件, 在应用工程中产生, 通过与领域软件的集成构成完整的应用系统。

尽管软件数字化使得系统特征抽象层次越高, 领域软件复用性越好, 但数字化件的引入毕竟增加了领域软件的复杂性, 会使领域软件设计阶段的投入大幅度增加, 因此, 软件的数字化程度要考虑多方面的因素。不过, 领域软件设计阶段的投入最终会分摊到后期的多次复用活动中, 从总体而言, 单个应用系统的成本会降低。

1.2.2 数字化件的构建和解析软件

数字化件的构建有三种可能的情形: 通用工具: 无专门工具, 采用普通的数据处理软件如文本编辑器、数据库管理工具或 XML 生成器对数字化件进行编辑; 二次开发工具: 提供专用的语言环境以编写、组织数字化件, 也具有很高的灵活性;

可视化构建工具: 不需要编码, 完全可视化设计数字化件。

解析软件可以自动完成对数字化件的语法检查, 分析其语义信息, 记录并屏蔽错误, 对正确的数字化件进行解析。简单的数字化件在解析软件中即可被解析实现, 对于复杂的数字化件, 需要通过解析软件调用领域软件中的相应过程来实现, 在这种情况下, 领域软件提供过程调用接口, 而数字化件中则含有解析软件可识别的指针或扩展点, 从而使应用功能得以扩展。

1.2.3 数字化件构建

数字化件的构建过程属于应用工程的范畴, 与传统的工程相比存在较大差异。首先, 数字化

件的分析、设计都是在领域模型的指导下进行的。其次, 数字化件的构建主要是通过构建平台将其在系统中表述, 而不是进行软件编程; 领域成员系统的维护也表现为对数字化件的调整, 基本不需要改写代码。最后, 基于软件数字化的系统测试主要关注其对应应用功能的实现情况。

因为领域成员系统的程序代码在领域工程阶段已开发完成, 应用工程可以不考虑软件设计、开发等复杂的技术性因素, 主要关注于应用分析与数字化件的组织、存储。在应用分析阶段, 可依据不同层次的领域特征对需求空间进行划分, 划分出的各个需求要素集合都与各自的领域特征相关, 参照领域模型的架构, 很容易由需求要素建立起成员系统的应用模型, 而数字化件就是按需求要素对领域特征进行实例化的产物。显然, 数字化件代表了不同成员系统之间的需求差异。为实现构建与解析的一致, 数字化件的组织应具有一定的标准。在后面的实例中, 数字化件以形如(标识, < 项 1, 项 2, ..., 项 n >) 的二元组来表达, “标识”是解析软件能够识别的字符串, 它决定了“项”的个数与语法规则; “项”可以是简单的程序值, 也可以是复杂的语句(如 SQL 语句), 用以参与“标识”指定的运算或实现一定的功能。对于无法简单表示和处理的特征, “项”也可以是一个扩展点或指针, 可指向特定的处理过程来进行复杂处理。< 标识, 项 > 对偶可以存储于文件, 也可以经过分解而存储于数据库。

2 实例

本文以 OfficeGIS 软件为例, 就如何采用软件数字化方法提高其复用性能进行试验研究。

2.1 OfficeGIS 领域模型

基于软件数字化的 OfficeGIS 应用系统的开发分为两个阶段: 一是开发 OfficeGIS 领域软件的领域工程阶段, 一是具体数字化件构建的应用工程阶段。在领域工程阶段, 需要先对领域需求进行分析, 提取领域共性特征, 并建立领域模型。

通过运用前面所述的两种领域分析方法, 可以抽象出 OfficeGIS 所含的所有共性特征。这里只列举部分经过高度抽象的第三类共性特征, 如业务、文档、图、层、流程、角色、人员等几个实体特征以及体现它们之间关系的关系特征。图 2 是简化了的 OfficeGIS 领域模型, 描述了部分高层领域的共性特征及其之间的关系。

2.2 OfficeGIS 应用模型

以国土资源管理行业中的一种用地审批业务

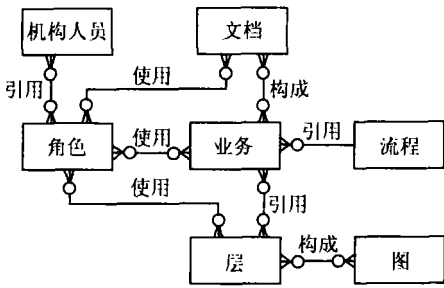


图2 OfficeGIS 领域模型

Fig. 2 Domain Model of OfficeGIS

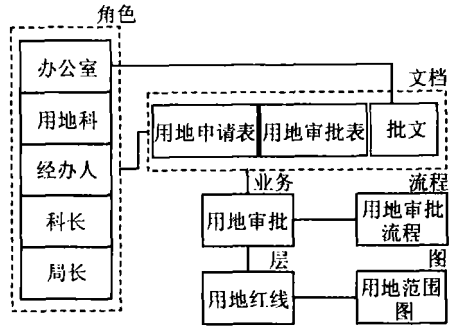


图4 用地审批业务应用模型

Fig. 4 Application Model of Land Use Censoring

为例, 来分析 OfficeGIS 的应用工程过程。图3 为用地审批业务的处理过程。

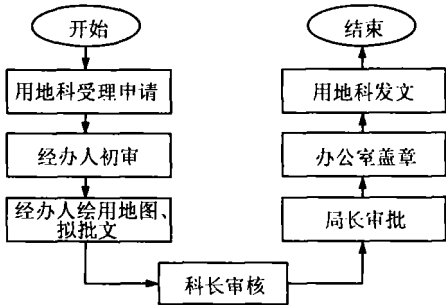


图3 用地审批业务过程

Fig. 3 Process of Land Use Censoring

在 OfficeGIS 领域模型的指导下, 对用地审批业务进行分析, 可以划分出几个需求要素集, 需求要素与对应的领域特征相关(如表1所示), 所以很容易构建用地审批业务的应用模型, 它是整个国土资源管理应用模型的一个局部, 如图4所示。其中, 表1所列举的操作与角色-操作关系隐含于应用模型所包含的要素关系中。

表1 用地审批业务需求要素集

Tab.1 Element Sets of Land Use Censoring

序号	领域特征	需求要素集
1	业务	用地审批业务
2	流程	用地审批流程
3	文档	用地申请表、用地审批表、批文
4	层	用地红线
5	图	用地范围图
6	角色	用地科, 经办人, 科长, 局长, 办公室
7	操作	受理, 初审, 绘图, 拟文, 审核, 审批, 盖章, 发文
8	业务-流程	用地审批业务-用地审批流程
9	业务-文档	用地审批业务-用地申请表, ...
10	业务-层	用地审批业务-用地红线
11	角色-操作	用地科-受理, 经办人-绘图, ...
...		...

2.3 OfficeGIS 数化件构建与解析

OfficeGIS 数化件由应用模型中的需求要素转化生成, 是 OfficeGIS 领域特征在具体应用中

的实例化表现。以前面介绍的二元组来表达用地审批业务应用模型中部分内容的数化件。

1) 数化实体

用地审批业务: (业务, < 用地审批, 用地审批流程, ...>)

用地申请表: (文档, < 用地申请表, ...>)

用地红线: (层, < 用地红线, 面, 红色, ...>)

用地范围图: (图, < 用地范围图, 用地红线, ...>)

经办人: (角色, < 经办人, 用地科, ...>)

...

2) 连接件

用地审批业务-用地申请表(业务-文档, < 用地审批业务-用地申请表, ...>)

用地审批业务-用地红线(业务-层, < 用地审批业务-用地红线, ...>)

...

3) 数化操作

绘用地红线: (绘图, < 绘用地红线, 经办人, 用地红线, ...>)

批文盖章: (盖章, < 批文盖章, 办公室, 批文, ...>)

...

通过 OfficeGIS 构建平台, 可以将设计好的数化件放入系统中, 数化件通过 OfficeGIS 运行平台的解析、执行而实现具体的应用功能。

2.4 OfficeGIS 软件复用

假设需要在用地审批业务中给申请单位打印受理回执, 则需求空间增加了新的内容: 受理回执以及相关的操作。因受理回执可对应于领域模型中的文档特征, 因此, 领域软件不需要作任何改动, 只需在数化件中增加一项文档特征的实例——受理回执, 并建立其与用地审批业务的关系即可。

同样, 将 OfficeGIS 软件应用于相同领域下

的新环境中, 只需要根据新的应用需求重新构建相应的数字化件, OfficeGIS 构建平台与运行平台基本上不需要进行调整。由此可见, 采用软件数字化方法可使领域软件在时间维和空间维上得以复用。此外, 当领域软件进行跨平台升级时, 因为数字化件与支撑平台无关, 所以能实现数字化件在平台维上的复用。

3 结 语

软件数字化方法的应用提高了领域特征的抽象程度, 增加了领域软件的复杂性, 相应地会增加领域工程阶段的投入。同时, 数字化件的解析机制是以时间开销来换取系统的灵活性, 因此, 应对数字化件的组织、存储及使用进行全面的分析和设计, 以尽可能提高数字化件的应用性能。进一步的工作包括数字化件的形式化描述、存储策略以及数字化件在构件、框架及网构软件^[1]中的应用。

参 考 文 献

- [1] 杨芙清. 软件工程技术发展思索[J]. 软件学报, 2005, 16(1): 1-7
- [2] 张世琨, 张文娟, 常欣, 等. 基于软件体系结构的可复用构件制作和组装[J]. 软件学报, 2001, 12(9):

- 1 351-1 359
- [3] Garlan D, Shaw M. An Introduction to Software Architecture [R]. CMU/SEI 94-TR-21, Carnegie Mellon University, 1994
- [4] 孙昌爱, 金茂忠, 刘超. 软件体系结构研究综述[J]. 软件学报, 2002, 13(7):
- [5] 李克勤, 陈兆良, 梅宏, 等. 领域工程概述[J]. 计算机科学, 1999, 26(5):
- [6] 陈军, 蒋捷, 金舒平, 等. “图文办公信息系统”的设计与建设[J]. 遥感学报, 1998, 2(3): 222-227
- [7] 严荣华, 陈军. 基于 C/S 结构的 Office GIS 系统设计[J]. 计算机应用研究, 2001, 18(8): 56-60
- [8] Chiu D K W, Li Qing. A Meta Modeling Approach to Workflow Management System Supporting Exception Handling [J]. Information System, 1999, 24(2): 159-184
- [9] Civello F. Roles for Composite Objects in Object-Oriented Analysis and Design [J]. ACM SIGPLAN Notices, 1993, 28(10): 376-393
- [10] 徐玮, 尹宝林, 李昭原. 企业信息系统业务构件设计研究[J]. 软件学报, 2003, 14(7):

第一作者简介: 崔秉良, 博士生。现主要从事软件工程、地理信息系统及图文办公系统软件平台的研究。

E-mail: cui_bl@163.com

Software Datalization: an Approach of Software Reuse

—Take Example for Software Engineering in GIS Application

CUI Bingliang¹ CHEN Jun² DUDaosheng¹

(1 State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 National Geomatics Center, 1 Baishengcun, Zizhuyuan, Beijing 100044, China)

Abstract: A new reuse method in the specific domain is proposed. The conceptions, the attributes, and the way of development about datalization are studied, and a meta model is constructed. For the variability factors are expressed in datum, the stability and capability of reuse of domain software are strengthened. Take OfficeGIS as example and proves that this approach will be beneficial to software reuse practices.

Key words: software datalization; datalize software; software reuse; GIS application domain

About the first author: CUI Bingliang, Ph. D candidate. His major research is software engineering, GIS, OfficeGIS software platform.
E-mail: cui_bl@163.com