

现代信息系统模型分类研究

张 玉 峰

本文运用人工智能等新的理论与方法,研究现代信息系统模型的分类。从信息系统的研究方法出发,主要可分为理论模型、基于数据的系统模型、基于知识的系统模型、认知模型等;从开发方法出发,主要可分为功能模型、数据模型、对象模型、原型模型等。文中较详细讨论了各类模型的特征与用途,得出了一些选择模型的重要参考因素。

一、引 言

随着计算机技术的发展和应用,信息系统也从数值计算与数据处理发展到知识处理与智能处理。信息系统的开发面临许多难题。一方面由于所研究业务问题的复杂性和不确定性,以及信息的模糊性和不充分性,需求分析较困难;另一方面由于所开发系统本身的功能强、规模大、复杂度高,系统的分析与处理很棘手。为了有效地实现系统的开发和应用,需要采用新技术,探索新的方法。信息系统模型化方法就是其重要研究课题。

信息系统模型化方法,就是根据实际业务问题的环境和用户需求,恰当地选择模型,建立描述问题和描述系统属性的模型,从而获取较完整的系统需求和正确的设计方案,并将模型转换为计算机信息系统(又称为目标系统)。

为了恰当地选择模型,必须了解各种模型的基本特征。本文运用人工智能等较新的方法与技术,研究现代信息系统模型的分类,剖析各类模型的公共特性。关于建模方法将在续篇讨论。

二、系统模型的分类

所谓模型,是指用特定方式对客观事物(或实体)及其联系的描述,是实体的抽象。事物所表现出来的特性是丰富多样的,一种模型一般只从特定的角度加以描述,而不是概括它的全部特性。

信息系统模型是对系统特定方面的精确描述,例如,一组规则、一个数学关系集或一个通用的概念集。这种模型是对实际系统的抽象和模仿,由那些与分析实际系统有关的主要元素组成,并表明这些元素之间的相互关系。

在通常情况下,存在不同层次的系统模型。顶层模型是对实际业务问题或系统的高度概括与抽象(称为抽象模型),是影响软件质量的关键因素,要求系统开发者与信息管理者及用户协

作描述问题求解过程。底层模型提供完成任务的细节,较接近于目标系统。例如实物模型,与实际系统相似或基本相同,通过完善和改进就可以成为实际系统。还有许多中间状态的模型,实现从抽象模型到目标系统的转换。

当实际问题非常复杂时,仅用单元素模型不能充分表达系统,需采用多组元模型完整地描述系统。有时还需要一些离散模型从系统的不同方面或不同部分加以描述。

系统模型的分类,目前国内书刊中大多按模型的表达形式实现分类。随着社会需求和人工智能等新方法与新技术的应用,信息系统的属性有很大的变化,例如目标多、功能强、维数高、组元多、结构复杂等。那么,描述系统的模型也要相应随之变化。为了探索一些重要的、新型的系统模型及其特征,下面从信息系统的研究方法与开发方法出发研究模型分类。

(一)按信息系统研究方法的模型分类

信息系统是一门交叉学科,当使用不同学科的理论方法来研究系统,就得到不同类型的系统模型。

1. 理论模型

按不同学科内发展的基本理论,采用统一的数学方法研究和描述系统,所产生的模型称作理论模型(或数学模型)。它可能是一个或一组数学公式,描述元素之间明确的数学关系。

数学模型具有许多优点,如高度的抽象性、精确性和明确性等,是工程技术中常用的一类模型。但在以研究工程开发为目的的系统工程领域内,由于系统工程开发问题上有很大的复杂性和模糊性,很难用数学模型来描述。

2. 基于数据的系统模型

基于数据的系统模型是使用软件工程方法,即通过计算机实现的技术或工程方法来研究信息系统所得的产物。该类模型描述数据对象、数据之间的关系及数据处理方法。它强调数据的特征(数据流、数据结构和数据内容),以数据库为基础。这类模型是当前系统开发中的通用模型。

3. 基于知识的系统模型

人工智能研究方法是计算机科学中最新的理论与方法,它研究如何模仿和扩展人类的知识与智能,使计算机信息系统具有智能性。使用这种方法研究系统可以得到基于知识的系统模型(又称智能模型)。这类模型以知识库和推理机为核心,描述知识对象和知识处理方法,如推理、机器学习等。它表达了系统的高级特性—智能性,适于描述知识系统,如智能信息系统。

4. 认知模型

认知论是一种研究人的思维过程中信息处理机制的科学。人脑是自然的认知系统,计算机智能信息系统是人工的认知系统。使用认知理论来考察认知系统,也就是应用人类的知识模式来组织人类对真实事物的基本理解,就得到认知模型(或思维模型)。该类模型的元素是认知功能(即人脑中关于问题的准智能元素),元素之间的关系是复杂的网状关系。

这种模型是面向问题的,它不仅考虑计算机的目标与功能,更重视用户的认知需求。因此,认知模型要求系统设计方法使用问题驱动方法,而不用技术驱动方法(软件工程方法),也就是将信息系统作为问题求解和面向目标的处理,侧重于用户、管理者与决策者的信息要求。认知模型表达系统的高级认知特性,适于描述神经网络型的计算机系统,如联想学习机、竞争协作网和神经网络专家系统等。

(二)按信息系统开发方法的模型分类

信息系统开发方法是信息系统的计划、分析与设计方法。一般来说,信息系统包括两大类

元素:数据(或信息)与功能(或过程)。因此,信息系统开发方法是围绕这两类元素展开的。

信息系统开发方法很多,最常用的有结构化分析与设计方法、面向数据的方法、面向过程(或功能)的方法、面向对象的方法及原型方法等。尽管各种方法的来源不同,其适用范围和系统对象也不完全一样,但大多遵从一些基本准则和方法来描述系统模型。按系统开发方法来分类的主要系统模型有:功能模型、数据模型、对象模型和原型模型。

1. 功能模型

功能模型描述与实现系统目标有关的系统属性—功能、映射、约束及功能依附条件等,侧重系统执行中的转换处理,是一种面向行为、面向过程的模型。

每个信息系统至少有一个目标,一个目标可以包含一个或多个任务,每个任务包含一系列执行活动。开发者常使用功能元素描述这些任务及其实现。功能模型是系统分析的产物,随着任务与功能的分解,将大系统分解为若干子系统。

功能模型是多层次模型,包括概念层次上的功能模型、逻辑层次上的功能模型和物理层次上的功能模型,用以分别描述不同开发阶段的系统状态。

概念层次上的功能模型,从概念级描述系统的功能及其相互联系,直接反映用户需求,表达问题领域的概念及其相互关系。该模型常用数据流程图(DFD—Data Flow Diagram)表示。DFD是一种图形模型,用图表或图形符号表达模型,是系统工程的重要工具。

逻辑层次上的功能模型,是在概念模型的基础上,抽象其基本逻辑,描述怎样实现这些功能及其联系的模型。这种模型常用结构图或决策树(由决策、事件及其结果所组成的图表示)表达。

物理层次上的功能模型提供具体实现功能的细节,较接近于计算机内的物理结构。该模型建立后,才要求选择具体的程序设计工具,将模型转换为计算机系统。

功能模型适合于开发实时系统、过程控制系统及操作系统等。

2. 数据模型

数据的重要性与数据库技术的优越性导致数据的管理变成了一种系统目标。数据模型广义上指信息资源模型,本文主要指数据库模型。

在信息系统的开发过程中,开发者通过定义数据及其有关操作来实现信息资源的分析,在不同的阶段建立相应的数据模型。数据模型也是多层次的,包括概念层次上的数据模型(概念数据模型)、逻辑层次上的数据模型(逻辑数据模型)和物理层次上的数据模型(物理数据模型)。

概念数据模型是面向问题的数据描述,包括实际问题领域中的数据、数据的操作及数据之间关系的描述。它通常采用实体—关系模式表达。这种模型只描述客观世界,不涉及实现,不依赖数据库管理系统。

逻辑数据模型,是在概念模型的基础上,在具体的数据库管理系统的环境中,抽象化数据元素之间的逻辑关系而构造的模型。当前常用的三种逻辑数据模型是:层次数据模型、网络数据模型和关系数据模型。

层次数据模型是用层次结构(树结构)来表示数据对象及其联系的模型。数据对象之间可是一对一或是一对多的关系,即一个对象结点(除根结点外)只能与上层中的一个结点(父结点)相连接,可与下层中的多个结点(子结点)相连接。

网络数据模型是用网络结构(图结构)表示数据对象及其联系的模型。数据对象之间存在多对多的关系,即一个对象结点可以有多个父结点,也可以有多个子结点。

关系数据模型由一组关系模式构成。每个关系模式可表示为 $R(U,F)$ 形式,其中 R 是关系名, U 是属性的集合, F 是数据依赖的集合。有时也可只用关系名和该关系包含的所有属性名构成。这种模型以关系代数为基础,用关系运算实现对象的操作。其优点是数据表示能力强,数据的独立性强、冗余度低。

物理数据模型描述计算机内数据的物理组织方式。

3. 对象模型

对象模型是面向对象开发方法中使用的概念。面向对象方法是一种围绕真实世界的概念来组织模型的全新的思考问题方法,把软件系统看成一系列对象的集合,用对象模型描述系统。

对象模型描述问题领域的或系统的对象、对象的属性、对象的行为及对象之间的相互关系。对象的属性是静态的数据描述。对象的行为是关于数据的收集、存贮等处理功能。对象之间的关系包括类属关系和语义关系等,其中类属关系反映了系统的继承特性。

对象模型与前面两种模型不同。前两种模型都是单元素模型。数据模型以数据为中心,功能模型以操作过程为中心。而对象模型是多组元模型采用数据和功能相结合的描述方法。一个对象同时包括数据描述和操作功能描述,组合为一个整体。因此模型既具有静态特性,又具有动态特性。

根据对象模型的特点,面向对象方法用多组元模型描述系统,除了对象模型外,还使用两种辅助模型(功能模型和动态模型)分别描述对象的操作功能和动态特性。

动态模型(或事件模型)描述与时间和操作次序有关的系统属性—触发事件、事件序列、事件状态、事件与状态的组织等。它常用状态图表达,结点表示状态,弧表示由事件触发的状态之间的转换。它能以某种顺序控制引导操作的执行。

功能模型描述与对象有关的离散的行为模式,包括对象模型中数据的操作及有关约束、动态模型中未定义的行为和其它与对象有关的处理(称作方法)。这些操作处理主要包括:信息资源的动态管理,如数据的接收、存储、检索与删除和对对象结构的修改;检查信息产品的结构完整性和一致性;验证信息产品的内容或行为的质量等。

以上三种模型,以对象模型为主框架,相辅相成地组成一个完整系统的正交透视图,一起实现、一起工作。任何一种模型都可作为开始点,功能模型是最好的引导者。

在信息系统的开发过程中,对问题领域进行需求分析时,需建立问题对象模型;系统分析时,需建立系统对象模型,最后转换为目标系统。

对象模型是一种对应于真实世界概念的抽象思维模型。它的描述符合真实事物的客观规律,能促进对用户需求的理解。这种模型与方法 是开发高质量软件的重要手段。

4. 原型模型

在软件开发环境中,所谓原型模型,是指目标系统的测试模型,是一个能在计算机上运转的模型,简称为原型。它描述了目标系统的功能和行为特性,满足其部分或全部的实时需求。原型模型可被快速实现而不需考虑任何程序设计标准,然后通过评价、修改与扩展,转换为实际的目标系统。

在信息系统的开发过程中,原型用于测试系统设计思想,例如,关于用户需求、系统设计方案以及可能的系统逻辑方面的设想。因此,应用原型可以处理不完全的需求或可变化的需求,并能尽快获取较理想的系统要求和设计方案。

原型及其方法,按照客观事物的发展规律,引导和分析人们对问题的认识思维过程,从而

不断地完善系统,蕴含了一种学习功能,确实是一种有效的、快速的系统开发方法。

三、系统模型选择要求

上面介绍了一些重要的系统模型,如何选择好的模型,除了考虑所使用的方法、工具及每种模型的特征外,还应考虑下列重要因素。

目的性:模型的选择必与建模目的相联系,首先需弄清楚系统的本质属性,然后决定模型的类别及决定系统最小构成要素。

精确性:模型是现实系统的替代物,必须反映系统的本质,且有足够的精度。失真太大就失去了模型的意义。另一方面,模型高于实际,必须去掉一些非本质的细节,否则难于控制,同样失去模型的意义。

完整性:模型应具有完整性和一致性。它必须遵循一定的科学规律,完整地描述系统。

简明性:模型应简单明了,在不失去精度的情况下尽可能简单,使得模型的构造和应用都是经济的。模型的简明性与精确性之间是一对矛盾,需恰当处理,这是模型化的主要难点。

以上所讨论的问题对于系统工程人员来说是极为重要的,恰当地选择和运用各种模型与方法,是系统成功的关键。值得注意的是,模型不是万能的,不是解决一切问题的灵丹妙药,只是解决现实问题的一种手段,而不是解决问题的归宿。它只有恰当地运用模型,模型技术才有实际意义。

参考文献:

- ① 何克清、刘晨,《计算机软件工程方法》武汉大学出版社 1989 年版。
- ② V. J. HALL, J. W. MOSEVICH, INFORMATION SYSTEMS ANALYSIS, 1988.

(责任编辑 江 平)

(上接第 99 页)

注 释:

- ① 《潘懋元高等教育文集》,新华出版社 1991 年版,第 141 页。
- ② 毛泽东,《在中国人民政治协商会议第一届全体会议上的开幕词(1949 年 9 月 21 日)》,转引自《毛泽东同志论教育工作》,人民出版社 1958 年版,第 43 页。
- ③ 《列宁全集》第 2 卷,人民出版社 1959 年版,第 413 页。
- ④ 薄一波,《在学习邓小平有关论述座谈会上讲话》,《文汇报》1994 年 2 月 4 日。
- ⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬ 邓小平,《在全国教育工作会议上的讲话》(1978 年 4 月 22 日),《邓小平文选》,人民出版社 1983 年版,第 101、104—105 页。
- ⑭ 《世界一流大学研究》,上海交通大学出版社 1993 年版,第 24 页。
- ⑮ 邓小平,《教育的拨乱反正问题》,《邓小平文选》,人民出版社 1983 年版,第 65 页。

(责任编辑 江 平)