

典型：一种面向对象的知识表示模式

艾及熙 (重庆建筑工程学院)

摘 要

The notion of PROTOTYPE, which is a schema for knowledge representation recently proposed (Gero, 1987), is being applied to knowledge-based design systems and would have a good future of applications to other knowledge processing systems. This paper elaborates the notion of prototype mainly from object-oriented viewpoint, and briefly represents a design prototype. Operations on prototypes are also generally demonstrated considering with different types of knowledge processing.

可以肯定, 知识本身就是“面向对象”的。那么, 能否为知识的表示(即形式化)找到一种面向对象的模式呢? 回答几乎也是肯定的——典型⁽¹⁾便是它的一种理想模式。典型作为一种表示知识的概念模式下仅在CAD系统中正得到重视和应用, 而且在其它知识处理领域中也将有美好的应用前景。目前面向对象的概念引起了普遍的关注, 本文将从面向对象出发对典型这一模式给以较深入的讨论。

一、认知活动中的典型

在人类认知活动中, 人们往往借助“类”(class)去区分万事万物, 于是众多的事物可被分为各种各样的类, 整个世界也就成了一个类体系。另一方面, 类中的事物也有“类型”(type), 类型本身又是可分的, 有所谓的“原型”(archetype)、“仿型”(stereotype)和“典型”(prototype)的区别。

原型通常指一类事物中最早出现且往往是唯一的那一个实例, 仿型指一成不变的复制品或未作任何实质性改动的仿制品; 至于人们心目中所形成的、供该类事物作样板以便随后可模拟或讨论的东西, 则被称为典型。显然, 这里的典型是一种心理表象, 它是外部世界在人们头脑里的反映。

对于类型这样一个类事物而言, 原型、

仿型和典型都是类型的实例。既然典型是样板, 有时就用典型代替类型, 所以原型和仿型又是典型的实例。不过, 仿型还可直接出自原型, 因此仿型还可是原型的实例。

典型的概念由来已久, 因为至少几百年来工程设计人员就在运用典型这一概念设计他们的产品。例如, 当建筑师开始设计一套住宅时, 他立即会将与“住宅”概念相关联的典型引出来。这个典型可能包括套型、开间、进深、层高、面积、造价这样一些用以控制和形成一个住宅方案的设计参数, 同时也可能包括诸如客厅、卧室、厨房、卫生间等根据功能活动而划分的一系列空间实体, 甚至还可能包括平面布置的方式、结构选型的原则以及房间日照时间的算法等。随后引用的典型中也许有一个又与厨房的设计有关, 该典型极可能涉及到灶台、案桌、壁橱、水槽、排气扇等厨房设施的有关内容。这样设计者可能在只有很少一点有关问题说明的信息情况下开始工作, 随着各种不同层次典型的被引用, 将逐渐产生出更多的细节和附加条件, 最终形成一项设计。

事实上, 典型一词几乎在各个领域都被广泛使用(虽然英语中有时是使用它的简单

形式type)。每当人们论及某个事物而该事物似乎又符合他们心目中的某个“标准”时，往往就会冒出一句“这是一个典型的……”。尽管典型的内容会因人而异有所变化，但对训练有素的专业人员而言，一般总有一个公认的界限。所以，典型是人们对某类事物所达成的某种共识。

可以看出，典型是对一类事物的抽象，它概括了该类事物的基本特征或共同属性，其所用到的专业术语便是体现这些特征的标志。但是，典型作为一种概念并不仅是若干术语的堆砌，它还包含有关的信息和方法，即知识。同时，这些术语本身也代表着概念，由此又可引出各种新的典型。于是前述类体系首先可被分为两个基本的层（类）：典型层和实例层，然后在这两个层上又可按不同的特征和属性分为各种典型类以及对应的实例类。

典型概念之所以会得到重视和应用，是同目前对面向对象概念所引起的普遍关注分不开的。可以说，典型的运用反映了人们使用知识的实际方式，典型概念本身具有面向对象的含义，并能处理更复杂的现实世界问题。

在现实世界中各种各样的事物及其间关系十分错综复杂，而知识便是人类对这个世界的认识与了解。更进一步，还可将世界视为一个定义在四维时空域上的复杂网络；在这个网络中，事物是节点，事物之间的关系是连接节点的链。于是，我们头脑里的知识便成为该网络的一种映射。现实世界越是复杂、抽象，则描述这样一个多维网络（也就是知识表示）就越非易事。

通常，不外可从事物或从关系这两个角度去描述网络。现行的知识表示模式，如谓词逻辑、语义网络、规则、框架、脚本等，就其概念而言主要注重从关系（逻辑、语义、因果、结构、时序等）去表示知识；当用于简单网络（即理想世界）时收效不错，但若用于复杂网络（即现实世界）就会面临

困境。所以，目前认知心理学和人工智能界普遍认为，人类记忆和运用知识是以事物（即对象）为核心的。典型在认知上被作为一类事物的样板，是一种实际模式，显然是面向对象的，具有面向对象的类体系所具有的封装性和继承性等^[2,3]。

二、计算机系统上的典型

将典型的概念用于计算机系统始于八十年代。J. S. Aikins采用一种框架与规则相结合的形式去表示医疗知识，并称之为典型^[4]。但典型在这里只被当着一种实用的具体结构形式，而不具前述的抽象意义。尔后典型的概念又被借用到软件开发过程，有所谓Prototyping Methodology (PM, 原型法)的提法^[5]。但PM的推崇者同时也承认，他们所指的PM其实同工程产品设计中的PM并不一样。直到1987年，澳大利亚悉尼大学的Gero才从工程设计的实际出发，正式提出用典型作为一种表示知识的概念模式，并初步建立了一套理论与方法^[1,6,7]。限于篇幅，下面只讨论CAD系统中所用的“典型”概念，有关细节可参见文献[8]。

简单地讲，典型就是对专业设计领域内种种设计要素的分类概括。一个典型概括了一类设计的基本特征或共同属性，于是它可作为该类设计的样板以便推出若干具体的实例。在基于典型的设计系统中，每一个设计解决可被认为是知识库中各种已知典型的变化或组合。图1是一个具体的设计典型示意。

一个典型主要由三部分组成：一个便于访问典型的标志即典型名，一批能界定有关知识属性的特征指标，以及一组用以选择典型和评价其实例的方法。典型名是访问典型的入口。作为典型名的专业术语理所当然应使用该系统专业人员所熟悉的，它本身就间接地传达了典型的部分语义，并为用户所理解；典型的另一部分语义则由有关的特征信息表示。一个特征可以是一个简单的特点，也可以是一条规则或一个过程，还可以是一个引向其它典型的链表。一批特征是共

梁	
材料	
取值范围	钢/钢筋混凝土
取值方法	如为框架或桁架的构件， 则取框架或桁架相同的材料
跨度	
取值范围	3~30m
截面	
取值范围	如材料为钢，则L形或口形； 如材料为钢筋混凝土，则T形 或矩形
取值方法	F(材料，荷载，形状)
水平分布荷载	
取值范围	1.5~15kg/m
水平集中荷载 弯矩	
重量	
取值方法	长度×单位长度重量
最大应力	
取值范围	<材料最大应力
取值方法	F(荷载，跨度，截面)
最大挠度	
取值范围	<跨度/300
取值方法	F(荷载，跨度，截面)
(选择及评价方法略)	

图1 一个结构设计典型(梁典型)的组成示意

同确定一个典型的依据。一组选择和评价方法构成一种推理机制，可以如何从一个给定的设计要求出发去搜寻一个可用的典型并评价由它产生的设计实例。

特征是典型最重要的组成部分。特征可按其性质和作用分为三种：定义特征、环境特征和性能特征。定义特征是能唯一确定一个典型实例的那些特征。环境特征代表作用于典型上的、可预料的外部环境因素，它部分地指出了典型的使用条件。性能特征规定了典型要达到的目标。有的特征可在设计之初作为设计要求指定，而其余的则可在具体形成实例时由特征取值程序推导确定。特征

指标的取值，特别是定义特征指标的取值，通常是系统在设计过程中所主要追求的目标。特征指标取值的复杂程度往往反映了设计知识的质量。

不难看出，典型是以一种提纲挈领的方式去表示知识，它在结构组成上综合了现有各种知识表示模式的优点，所以作为一种混合型的知识表示模式，它在表示复杂的知识时更具灵活性与完整性。但同其它模式相比，典型更主要地是一种抽象的概念组织形式，其使用既独立于表示又独立于执行，从而使我们能将知识或对知识自动化处理的讨论同任何具体的表示与实现脱离开来。

三、基于典型的知识处理过程

一个理想的知识表示模式不仅可用来描述系统化的领域知识，还可用来说明具体的知识运用过程，从而为知识处理系统的推理机制提供依据。同现行的各种知识表示模式相比，典型在这方面似乎更具特色。我们可通过定义对典型的的不同操作来说明一项设计是如何开始的，以及随后设计过程又是如何发展的。

通常可将设计划分为常规性设计、改进性设计和创造性设计。在基于典型的设计系统中，也可定义三种对典型的操作，即典型的完善(prototype refinement)、典型的修改(~adaptation)和典型的产生(~generation)，它们分别对应于上述三种不同类型的设计。

典型的完善就是将一个典型具体化、详细化，以便得到一个典型实例。完善典型的操作是一种发生于多级典型的设计空间里的递归活动；单步的操作一般包括这样三个子步骤：提出条件、选择典型、产生和评价实例。在基于典型的设计系统中，常规性设计就属于完善典型的操作这一类应用。典型的完善不会改变系统知识库中各典型的内容。

如果通过评价发现由一个典型推出的实例有些不适用，就可对该典型作适当修改以适应新的设计状况，这就是修改典型的操

作。一旦某个典型被修改，余下的工作即为完善典型的操作，结果得到的是一个改进了的典型实例。典型的修改是产生改进性设计的一种手段，但这种操作对典型的修改只是临时性的或非实质性的，同时也不影响知识库中典型的重用。

典型的产生是设计活动的最高级阶段。新典型的产生意味着发生了创造。典型的产生可视为是对典型修改的延伸。这时，几经修改后的典型与原典型已迥然不同，有了质的差异，足以使它被认为是一个全新的典型。典型的产生实际上是对创造性设计的一种事后承认。

图2为基于典型的设计过程的示意。为形象地说明问题，我们将类体系下的多级典型及其实例分别简化为只有一个典型类和实例类。设计活动的复杂性要求系统能提供一个含有多级典型的设计空间。典型的完善开始于接受这个定义了的设计空间，然后搜寻典型并形成实例。典型的修改发生在典型的完善之前，它临时改变了设计空间，而典型的产生却涉及到为该空间永久性地增添一个新的典型。

图2中的 A_1 是典型 P_1 的原型。由于 P_1 已事先定义，故从 A_1 到 P_1 产生典型的过程用虚

线表示。为执行完善典型的操作以产生 P_1 的实例（即仿型） S_{11} 等，须事先根据具体的设计状况得出相应的设计要求 I_1 。从 I_1 经 P_1 到 S_{11} 的全过程即对应于常规性设计 D_R 。在对 P_2 采用了修改典型的操作后，可得到一个临时性的典型 P_2' 。为产生出 P_2' 的改进性实例 S_{21} 等，还须接着对 P_2' 实行完善典型的操作。从 I_2 经 P_2' 、 P_2 到 S_{21} 的过程即为改进性设计 D_I 。在对典型 P_3 几经修改后，得到一个典型 P_3' 。同原典型相比， P_3' 已有很大的不同，当该典型的实例 S_{31} 等经证明是非常有用的之后，就有充足的理由可将 P_3' 定义为一个新的典型 P_4 。同时，因为 S_{31} 是最早出现的实例，所以可将其视作新典型 P_4 的原型 A_4 。从 I_3 经 P_3 、 P_3' 、 P_4 到 S_{31} 再到 P_4 的过程即为创造性设计 D_C 。还可看出，将 P_3' 定义为新典型 P_4 只是在事后才承认了创造性设计。

完善典型的操作是现阶段基于典型的设计系统的主要手段，而且常规性设计可望通过这样的系统实现完全自动化。在完善典型的操作中，现有的技术如搜索、匹配、继承、回溯等可得到充分的利用。非常规性设计则要求系统具有某种内在的智能，它有赖于有创造力的计算机实现。在修改典型和产生典型操作的后面，隐藏着联想、类比等目前正在探索之中的方法。尽管如此，典型概念的引入明显地弥合了一直存在于常规性设计与非常规性设计之间的断层，从而为机器系统模拟非常规性提供了一个新的起点。

四、结束语

本文主要从面向对象的观点阐述了典型的概念，扼要介绍了典型的表示方法，同时结合不同类型的设计过程一般性地说明了对典型的操作。

就概念而言，目前现有的知识表示模式主要是基于关系的，

(转封底)

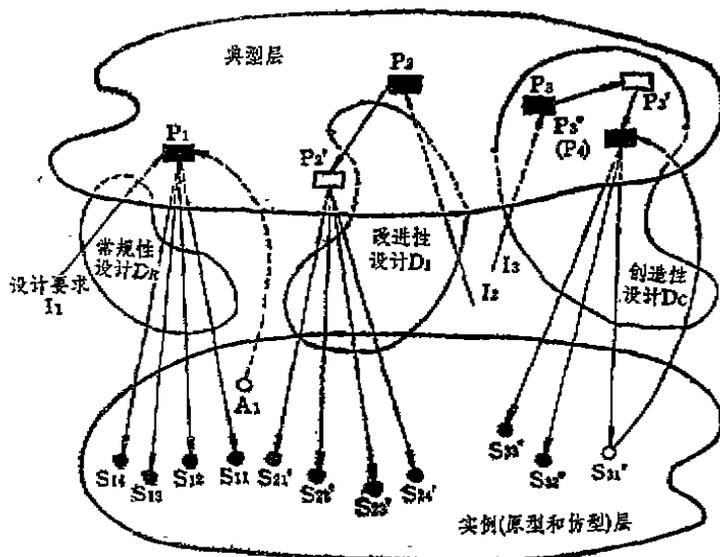


图2 典型的操作与设计类型的关系

(接第45页)

而典型是基于对象的。作为一类事物的样板,典型在面向对象的意义上提供了变量与方法,在结构形式上则表现为一种抽象数据。

尽管知识表示模式的选择与领域问题本身以及计算机软硬件环境均有关系,但若选择适当,则知识处理的效率和质量将会大大提高。典型及其操作反映了人们实际使用知识的方式,典型的运用可使知识的体系或知识处理的过程更加明确、清晰,从而有利于知识处理的形式化和自动化。

但典型更主要地是一种概念模式,它不仅能为知识处理系统中的表示结构提供依据,而且还能进一步协调系统与外部环境的关系,使之融合成一个整体。这种表示结构之上的抽象结构既独立于表示又独立于执行,可对知识或对知识处理的讨论同任何具体的表示与实现脱离开来。此外,典型及其操作的引入明显地弥合了常规性设计与非常规性设计之间的断层,为使机器系统能产生出创造性行为提供了一个新的出发点。

最后,笔者认为,典型概念的使用可在某些方面统一认识,避免语义上的歧义,也因此可望扩大其应用范围。面向对象的语言 Smalltalk-80和C++中的抽象数据class可以说是典型的一种简单形式;而软件开发中所谓的prototype,尽管实际上指的是原型,但PM无形中也运用了典型的概念。我们特别强调,archetype是class或type实在的原型,而prototype则是作为class心理表象的典型。由于典型是事物的样板,因而在许多场合人们论及的class实际上是心目中的prototype;类似地,由于又可视典型为外部事物在头脑里的原型,因而有时人们又对prototype和archetype不加任何区别。如果在面向对象的意上将典型作为一个明确的术

语,则我们在认知活动中对世界的描述与在计算机系统中对世界的表示似乎就能统一起来。

参考文献

- [1] Gero, J. S., Prototype, A Basic for Knowledge-Based Design, 1987, in J. S. Gero and T. Oksala (eds), Symposium on Knowledge-Based Design in Architecture, Helsinki University of Technology, Helsinki, 1988
- [2] 金淳兆等, 面向对象的设计方法及有关语言的讨论, 《计算机科学》, 1989年4期
- [3] 麦中凡, 面向对象基本概念与语言, 《计算机科学》, 1990年2期
- [4] Aikins, J. S., Prototype Knowledge for Expert System, Artificial Intelligence, Vol. 20, No. 2, 1982
- [5] Jenkins, A. M., 原型法: 设计与开发应用系统的方法论, 《计算机科学》, 1989年4期
- [6] Gero, J. S., Maher, M. L. and Zhang, W., Chunking Structural Design Knowledge as Prototypes, Knowledge-Based Systems, 2(1), 1988
- [7] Gero, J. S., Maher, M. L. and Zhao, F., A Model for Knowledge-Based Creative Design, Knowledge-Based Systems, 3(1), 1989
- [8] 艾及熙, 典型作为一种表达设计知识的概念模式在CAD系统中的应用, 中国土木工程学会计算机应用学会第四届年会《学术报告会论文集》, pp. 409-422, 厦门, 1989

计算机科学

第1期(双月刊)

1991年2月23日出版

国内统一刊号: CN51-1239

代号: 78-68

定价: 2.15元 国外定价: 5美元

编辑者: 中国科学技术情报研究所重庆分所

顾问: 《计算机科学》审编委员会

出版者: 中国科学技术情报研究所重庆分所

重庆市市中区胜利路132号

邮政编码: 630013

印刷者: 中国科学技术情报研究所重庆分所印刷厂

总发行处: 四川省重庆市邮政局

订购处: 全国各地邮政局