

基于面向对象的形象模型研究^{*)} TP18

吴非非 潘云鹤

(浙江大学人工智能研究所 杭州310027)

摘 要

面向对象的思想以其自身清晰、自然的风格在软件开发的各个层次已得到广泛的应用,综合形象思维的智能模型更符合人的思维过程也毫无疑问。本文试图将两者有效结合从而探索一种可供计算机操作的智能模拟的新途径,提出了面向对象的形象类的结构模型,将知识的记忆与处理融为一体,并对该模型下的消息传递机制、联想机制、类比推理机制、学习机制作了探讨。

一、引 言

认知科学中关于感知、记忆与思维的研究成果是人工智能诞生的温床。AI中各种知识表示,如产生式、语义网络和框架等等都直接源于认知心理学中的记忆结构分析模型^[1]。从AI知识表达的发展,可以看到一种越来越结构化的过程,但始终停留在符号处理机制之中。由于深层知识和常识表达的困难性,八十年代以来又掀起了事例推理^[2],连接机制^[3],没有推理的智能^[4]的研究,出现了从新的角度来分析和模拟记忆与智能结构的趋势。

八十年代初,钱学森提出了思维科学体系,即抽象、形象和灵感等三类思维形式^[5],并指出形象思维的研究是研究思维的突破口,将我国对思维机理的研究推向了一个新高潮。戴汝为等指出了形象思维与AI研究方向的密切关系^[6]。1991年潘云鹤提出了形象思维的输入输出、形象信息的结构和形象思维与抽象思维之间的不对称结构等三个模型,同时提出了二维形状的抽象模型^[7]。我们认为,记忆与思维的研究是AI、CAD/CG、认知科学、思维科学等多个领域的核心,并将对以上学科的发展产生重大推动作用。

本文打算以形象思维的研究成果为基础,以信息加工的过程为观察点,以面向对象的思想为方法,结合我们正在开发的美术字CAD系统,通过对形象类的表达、记忆、联想、推理、学习的研究,论证它的可操作性。

二、面向对象的形象类结构模型

文[7]提出的形象思维的信息模型认为,人脑中的信息分为形象类和抽象类,但形象类信息无论在数量和重要性上都占有优势。形象思维和抽象思维之间存在着令人惊讶的不对称性。

S.K.Chang在1985年提出了ICON理论,他认为一个可视语言(Visual Language)可表示一个树文法,节点为ICON,节点的结构可以用一个双重表达式说明,即 (X_L, X_I) ,其中 X_L 表示ICON的物理部分,即IMAGE的形, X_I 表示与这个物理部分有关的意义部分,即IMAGE的意。我们结合OOP类概念的特点,提出了如图1所示的形象类结构。

其形式化描述为:

```
CLASS <类名>
<Superclass 描述>
<形描述>
```

*) 国家自然科学基金和国家863智能计算机主题资助课题

<类概念及image属性描述>

<类内操作方法描述>

<类间导航方法描述>

<自保持率描述>

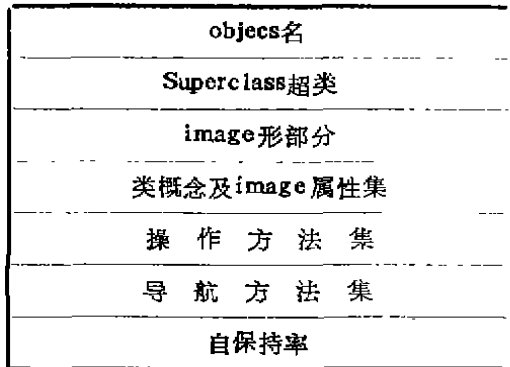


图1 形象类结构

其中,形描述可以采用形文法(Shape Grammar)、属性方法、CSG方法等,简单的IMAGE(最基本的形象元)对应到计算机中是一个2D或3D的灰度描述。

类概念及image属性描述可用OOP的Object的属性描述实现,它既可表达image的属性集,又可抽象整个Object的概念级知识,从而实现抽象性知识与形象性知识同构。这一描述可形式化为:

<概念或属性名> ::= <值>。

操作方法的描述可形式化为: <操作方法描述> ::= <形象类的可操作序列>。

导航方法的描述可形式化为: <导航方法描述> ::= <形象类的动态可联想方法序列>。

形象类的自保持率是一个(0, 1)间的比率因子,它表现了形象思维的灰度性,说明了人脑记忆的形象有一个衰退、替代、模糊和遗忘的过程。自保持率是动态、可变化的,触发其改变的原因可以是时间空间的改变,其它形象类的干扰等等。

上述形象类结构模型的提出,对传统OOP类概念的内涵进行了扩充,使得OOIM模型具有以下特点:

1. 它是基于形象思维的,把形象类视作信息的基本单位,并且能积极地调动丰富的抽象类知识,两者协调合作。

2. 形象的记忆与形象的操作融为一体,共存于一个Object中,两者是同构的,形象的表达和记忆是该模型的核心,而记忆形象是为了处理形象,因而形象的操作是系统的关键,在完成知识记忆的同时,完成知识的处理,在完成知识处理的同时完成知识的记忆,极佳地符合了人脑思维的真正过程。

3. 自保持率反映了人脑的思维,尤其形象思维是灰度的、模糊的,已记忆的形象可能消失,新的形象可能再产生,这也是自然和可理解的。

4. 引入了导航方法的概念。OOIM模型认为,联想是一种重要的形象思维的方法,联想的触发存在导航机制。人在记忆一个特定的类时,也动态地记忆与这个类有关的某些可联想类,并且随环境、情感的不同,导航的路径也可能不同。传统OOP的类只能与它的超类或实例发生联系,而OOIM的形象类通过导航机制可以动态地与一些看似无关,但在特定场合下却有关的若干类发生关系,使得类与类之间的通讯加强,同时也使发散联想的同时体现一定的收敛性。

形象类的例子被称作为形象元,它代表现实世界中一个特定的单一实体。例如Car是一个形象类,my_car则是一个形象元,一个特定的Car。形象元的特性由其所属的形象类所描述,它继承其属于的形象类定义中的缺省值描述和全部操作方法。可以形式化为:

Instance (形象元例子名)

ISA := (形象类名)

<例子的不同于形象类缺省属性的自身属性描述>

显然,通过形象类中superclass(超类),使得形象类之间具有了超类、子类的层次结构,通过例子中ISA链的联系,使得个体与形象类之间的层次结构、继承关系(属性的继承和操作方法的继承)得以同时实现。

由此可见,由于OOP思想的引入,使客观世界形象类间层次关系通过继承机制很容

易表现。这里的继承具体地说表现了以下几种不同的意义：

1) 如果形象类A继承形象类B, 则类A的个体具备类B的个体所具有的一切属性和操作。

2) 如果类A继承类B, 则类A中的个体的内部结构包含了类B的内部结构。

3) 如果类A继承类B, 则类A中实现某个个体形象元的代码被类B所引用。

4) 如果形象元A是形象类B的一个例子, 则A元继承类B中的所有属性和操作描述。

为了使形象类之间的分层结构更接近于自然的蕴涵关系, 在形象类/元的分类层次结构中应该允许一个类/元有多个直接上层类/元, 而不只是一个, 即允许一个类/元继承多个类/元的属性描述, 从而在个体之间、类之间形成交叉分类的层次结构, 对应于现实世界中事物的交叉蕴涵关系, 支持个体间的多重继承性。

这种多重继承性不仅将客观世界精彩纷呈的客体有规律地联系在一起, 同时它还还为类比推理、消息传递、联想学习提供了可能性, 它使得与类之间、形象元个体与类之间, 个体与个体之间发生某种联系, 联系的源身当然可能是概念依赖, 时空相近, 情感相依等。

三、消息传递机制和联想

基于以上模型, 形象思维的过程是形象元的感知、记忆(存贮)、处理、学习的过程, 形象类与形象类之间按内部连通或外部连接的某种模式, 一方面进行通讯, 一方面又可自行组织构造出新的形象类——完成自主学习。

OOIM模型通过消息和消息传递来实现形象类(元)之间的动态关联, 从而进行形象思维中的联想等操作。形象类是复杂结构化的一种Object, 而传统的消息模式(一元消息、二元消息、键字消息)等, 或多或少带有某种局限性。如何根据形象类的特点,

扩充消息模式, 是一个十分重要的研究课题。这里我们提出了一种形象元消息传递的网络模型, 并为形象起见, 将OOIM的消息传递又称作联想。

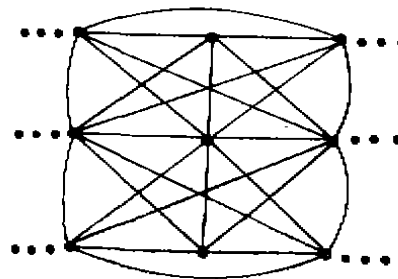


图2 心象的联想网络模型

图3
 W_{ij} 联想强度
 形象类 i ———— 形象类 j

图3

图2中的结点代表一个形象类或形象元(形象类与形象元同存于人脑中, 比如我们对Car和某一特定Car的形象都是知道的), “——”线表示形象类/元之间的连结。类连接同样是多层的, 客观世界中任何二个客体在某种特定的条件下都可能存在着联系。任何二个类 W_i 、 W_j 之间的连接存在一个权值 W_{ij} , 我们将这个权值赋予一个特定的名字——联想强度, 它刻画了形象类/元之间联系的强弱。 $W_{ij}=0$ 表示两个形象元之间毫无联系, 这个联结是断开的, 但这并不意味着在以后的任何时刻都断开。也就是说, 联想强度是动态的。随着记忆、遗忘、学习过程的不断深入, 形象类的整个网络连接都可能不断地变化。这反映了人脑思维的动态过程, 刻画了知识的“融类旁通”及知识的再创造, 自学习的机理。

由于形象之间的联系极广, 静态网络无法体现其广泛性与发散性, 动态的全联想网络又可能失去计算机的可操作性, OOIM引入导航机制使得一物至另一物的联想由于导航触发条件的不同而变化, 既体现动态性和发散性, 又恰到好处地收敛。

当网络中的一个形象类Class I被激活, 它势必进行类内的某种操作Operation, 其中包含对联想强度的修改操作, 与Class I有真

正连接 ($W_{IJ} > 0$) 的若干联想类中, 当 W_{IJ} 大于某个阈值 A 时, 所有的类 J 都有可能得到联想而被激活, 而联想强度最大的将得到最高的联想优先级。因此, 每一次某个形象的激活, 常常伴随着若干形象的联想, 联想、强度修改操作 (即导航方法) 的触发条件可以有以下几种:

- *某种特征 (属性) 相似; *概念依赖;
- *时空相近; *相似相关;
- *情感相依; *超类和子类关系;
- *类与个体关系; *彼此容易替代与融合

一般地说, 在系统的初始阶段, 几乎所有的联想类之间都不存在联系。随着记忆、学习的深入, 相关类之间通过触发条件使彼此的联系加强, 若干类甚至可以彼此组合, 构成新的形象类——即形象的构成结构, 四个轮子和一个车身构成一辆汽车, 三个轮子、一个车身一匹马构成马车一辆。构成结构反映了 **Object** 的多样性, 可组合性, 而形象的类比结构是联想触发的重要源泉。

OOIM 的消息传递模型体现了形象思维的以下显著特性:

***并行性。**类操作的可重载性使得多种多层形象类的操作并行, 它反映了形象思维“牵一发而动全身”的强大联想潜能, 并解释了它较之抽象思维无可比拟的快速性。

***发散性。**无中心环境模型, 无中心控制轨迹。

***进化性。**形象类的联想网络模型类似于一个竞争机制, 它无时无刻不在进行学习, 即在联想的过程中, 模糊的记忆有可能被唤醒, 新的形象类有可能不断加入到记忆网络之中。

***动态性。**它将环境、情感等作为形象类间通讯的媒介。环境和情感能操纵导航机制, 改变导航路径。

四、OOIM模型的类比结构

顾名思义, 类比与“类”有密切关系。可类比意味着某种抽象层上的相似。独特的类比与抽象关系的发现是创造性思维的重要途

径。因此类比也是 **OOIM** 模型思维与联想的重要机制, 即一个形象是通过与其它形象的类比而建立的。类比关系包括源形象和新形象在形状、色彩、纹理以及其它结构上的相似、相反或存在某种差异。类比机制在形象的建立、检索和使用上具有很高的时空效益, 因而是人们最常用的记忆与思维方式, 它使得形成创造的另一种重要能力——转移经验的能力得以实现。

人脑的记忆容量是有限的, 正是由于灵活地运用类比、联想, 使得人脑的思维活动丰富多彩。回想一下就不难发现, 人们对于“狼”的形象是建立在“狗”的形象之上的, 这是两个不同类的对比, 国光苹果、金帅苹果或香蕉苹果不过是在基本的苹果形象上色泽、香味、大小等特征组合的特殊例子而已, 这是一个类的不同实例的类比。因此, **OOIM** 强调基本形象记忆、特征记忆经常联合调动强大的类比、联想机制, 它的思维能力是单一的抽象思维所不能比拟的。

类比联想并非无穷发散, 而是存在一个导航机制, 在一个时间、空间、情感组成的多维体系中引导联想路径最终停留在目标结点上。

下面给出了一个简单的类比联想的例子 (图4), 并对“狗”和“熊猫”这两个形象类的导航方法用类 **OOP** 语言进行简单的描述。

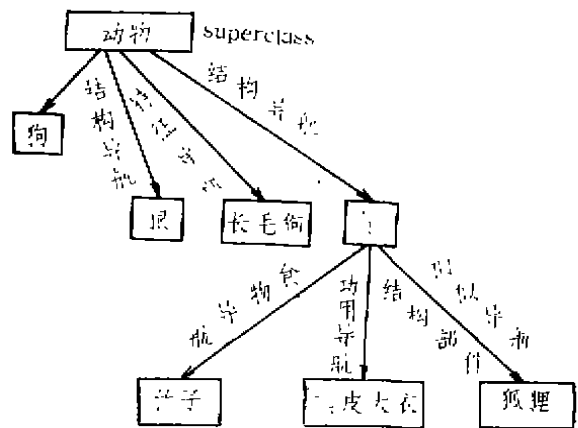


图4 一个简单的类比联想的例子

狗的类描述:

```
Class dog
  superclass animal
  image description
  attribute and concept description,
  operation method description
  navigating method,
  image_similar_class (wolf, fox, bear),
                        /*形结构部件相似导航*/
  feather_similar_class (puddle),
                        /*特征相似的类*/
  food_class (meat, fish), /*狗的食物类*/
  perch_site_class (land),
                        /*狗的栖息地形象类*/
  ...
  self_conservation_factor description,
```

熊猫的类描述:

```
Class bear
  superclass animal
  image description
  attribute and concept description,
  operation method description
  navigating method,
  image_similar_class (dog, wolf, fox),
                        /*形结构部件相似导航*/
  feather_similar_class (arctic pole bear,
                        cat) , /*某种特征相似的类*/
  food_class (bamboo, leaf),
                        /*熊的食物类: 竹子, 树叶*/
  perch_site_class (land, forest, arctic pole),
                        /*熊的栖息地形象类*/
  usable_class (fur coat, medicine),
                        /*功用形象类: 皮衣, 药物*/
  ...
  self_conservation_factor description,
```

导航方法的驱动是由导航机制实现的, 驱动的原因是特征相似 (特征是形象类属性及其组合), 形象部件, 时空, 功用, 概念等的相关或依赖等。比如在想到狗时, 想到它是动物, 才会想到狼, 狐狸, 熊猫等。

导航方法是动态的, 并非无穷枚举的, 依环境、情感的因素, 导航的路径不同。最终联想强度最强的那个类将得到最清晰的呈现。在导航的过程中, 有可能使一些并非为最终导航目标记忆的类得到加强, 或学习到新的内容, 这是一种自学习的途径。

导航方法体现一种明显的方法重载的特性。如方法food(meat), 以meat为食的类可以是狗、狼、狐、虎、豹等。

OOIM 模型, 通过操作方法完成类内的 operation, 通过导航方法完成类间的联想,

展现了很好的动态性、形象性、灰度性、自学习性。

五、OOP方法应用于形象的欠缺及今后的工作

将OOP方法应用于形象信息的处理, 在某种程度上符合了客观世界模型和人的思维信息模型, 但由于它一直对“形象”的忽略, 因此目前无论在形象信息的表达, 还是其操作的实现上, 都还存在一定程度的困难, 这主要表现在:

1. 目前还不存在一种现成的语言, 支持形象信息的获取、表达、继承及联想。

2. OOP方法还不能很好地容纳灰度及模糊思维的思想, 而形象思维是动态、开放、灰度的, 联想在实现上碰到困难。

3. 在分析了当前面向对象领域的主语言C++之后, 我们认为它除具有速度快、易衔接, 可将C++作为C的子集, 体现出很好的灵活性之外, 具有以下明显的不足:

a) 不能动态定义类, 更不能动态定义自己的型, 这对于动态和开放的形象思维来说几乎是不能忍受的。

b) 无并行性可言, 因而不能体现形象思维的快速性。

c) 缺乏类型推理机制, 因为C++的多态性是一种操作多态性, 不能在运行中导出数据类型, 当然更不支持形象多态性, 这也是一件相当令人扫兴的事。

d) C++把C作为它的子集, 使其有可能“退化”或完全非对象的语言, 当前几乎所有的面向对象语言只是在概念级上支持数据封装、多重继承、并行性和消息机制, 还没有在实用级上实现这些重要的特征。

因此OOP方法还需要在目前基础上加以发展, 才能进一步适应模拟形象思维的需要。

参考文献

- [1] N. Cercone, The Knowledge Frontier-Essays in the Representation of Knowledge, Springer-Vrelag, 1987
- [2] Narinchandro, Case-Based Reasoning in

45-48, 57

计算机科学1993Vol.20 No.4

基于模型的知识工程方法 TP18

叶文 吕勇哉

(浙江大学工业控制研究所 杭州310027)

摘

要

In knowledge engineering technologies, constructing of knowledge-based systems can be viewed as a process of knowledge-transfer, or as a process of modelling activity. We discuss the principles of the modelling-view of knowledge-based systems constructing, and the four approaches based on this view: KADS, RLM, MT, and GT.

知识工程技术中,基于知识的系统(KBS)的构造可看成一种知识转换过程:知识工程师从领域专家那里获取知识,并将其转化为KBS所采用的知识表达形式。例如知识工程师询问专家解决问题时使用哪些规则,再将这些以自然语言表示的规则转化为合适的KBS知识表达形式。这种方法要求知识工程师和专家从相同角度,采用共同的术语描述问题求解过程,然而,实际中知识工程师和专家所处的地位,看问题的角度是不同的。上述要求限制了基于转换观点的方法的应用范围^[1]。另一观点是将KBS看作反映领域专家问题求解行为的模型,而不是只含

有领域知识的知识库,KBS构造成为一种建模(modelling)活动:知识工程师利用所得到的关于专家问题求解行为的各种数据、信息,构造一个反映专家问题求解行为的模型。这一观点称为基于模型的KBS构造方法。

基于模型的KBS构造方法的基本原理如下:

(1) 从较之一般通用知识表示语言(规则、框架等)更为丰富、抽象的层次上描述问题求解行为,这种高层描述称为问题求解模型。模型通过对问题求解行为的抽象描述并忽略某些细节,反映出它所代表系统的本质特征^[2]。

(2) 关于问题求解行为的模型是以特定问题(problem specific)但不依赖于应用任务(application task independent)的方

叶文 博士生,从事智能工业控制系统开发工具的研究。
吕勇哉 教授,博士生导师,中国自动化学会副理事长,主要研究:工业大系统优化控制、智能控制理论及应用。

Cyclops, Proc. of Case-Based Reasoning Workshop, DARPA, May 1988

[3] S.I. Gallant, Connectionist Expert System, CACM, Feb. 1988, Vol. 31

[4] Brooks, Rodney A., A Robust Layered Control System for A Mobile Robot, IEEE J. Robotics & Automation, RA -2

[5] 钱学森, 关于思维科学, 上海人民出版社, 1988

[6] 尹红凤, 戴汝为, 论思维及智能模拟, 计算机研究与发展, 1990, 2

[7] 潘云鹤, 形象思维中的信息模型的研究, 模式识别与人工智能, 1991.4.

[8] 黄河燕等, 面向对象的概念化个体分类结构设计和实现, 计算机研究与发展, 1992. 1.