

一种图象理解的专家系统工具语言

姜 璐 黎 史 册 姚庆栋

(浙江大学信电系智能所, 杭州 310027)

摘 要 为了在实时图象处理系统中, 实现并行环境下基于黑板模型的多知识源协同求解, 从知识表示、推理方式、控制机制等方面介绍了智能所自行研制的一种图象理解专家系统工具语言——V语言(V.3版本)。该语言具有多种知识表示, 采用数据驱动与模型驱动相结合的推理方式, 由黑板对推理进行控制, 知识库由多个知识源(分别存有有关模型的静态知识和各种图象处理算法)组成等特点, 最后给出了针对水上桥梁一类的图象进行理解的具体实例。

关键词 图象理解 专家系统 V语言

中图分类号: TP182 TP391.4 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2001)08-0722-05

A Kind of Expert System Tool Language for Image Understanding

JIANG Li-li, SHI Ce, YAO Qing-dong

(Department of Information and Electronic Engineering, Zhejiang Univ., Hangzhou, Zhejiang 310027)

Abstract The aim of this research is to realize multiple knowledge sources cooperation of problem solving in real time image processing system under parallel environment. This paper introduces a kind of expert system tool language for image understanding, V language (ver 3). The discussion of V, 3 is concentrated on its knowledge representation, inference mode and control mechanism. In V, 3, knowledge source is consisted of frames of typical object in image understanding, and is controlled by layered blackboard. The inference mode is mixture. Apart from these, several new ideas are also introduced. The object-oriented frames present both the static knowledge (about the object) and the dynamic knowledge (methods/procedures using for image processing) at the same time. The post-office may record and transmit messages between frames. Blackboard, served as control mechanism, is layered according to knowledge sources. At the end of this paper, an example, the recognition of bridge over water is discussed in detail.

Keywords image understanding, expert system, V language

0 引 言

众所周知, 由于计算机视觉是一个难度很大的研究领域, 因此, 就目前技术发展水平看来, 构造一个通用的计算机视觉系统是不现实的, 而通常构造的都是在特定条件或环境下的专用系统。大量研究表明, 在视觉系统中引入知识是很有必要的, 因为它不仅能够减少系统求解过程中的不确定性, 还能够提高系统的智能并加快系统的运行速度。

70年代就有这方面的文章发表, 到80年代和90年代, 已出现了一些比较成熟和完整的基于知识的视觉系统。如: 低层图象处理专家系统^[1], 基于规则的航空照片理解系统^[2], 以及通用知识基视觉系统 VISION^[3]等。

V语言是智能所自行研制的一种专家系统工具语言^[4~7], 研制它的主要目的是为了能在实时图象处理系统中, 实现并行环境下基于黑板模型的多知识源协同求解。经过多年的努力, 现已发展到第3个版本, 即 V. 3。

基金项目: 国家自然科学基金项目(69972043)

收稿日期: 1999-12-21; 改回日期: 2000-12-22

V 语言的第 1 个版本 V. 1 是基于产生式的专家系统工具语言^[4]。产生式系统与人类的常规思维比较接近,规则较少时比较适宜。当规则数目较多时,就会出现许多问题。其中最主要的问题就是,随着规则数目的增加,规则之间的关系变得非常复杂,对规则库的修改往往是牵一发而动全身,以至于很难维护,从而降低系统的性能和效率。因此,开发第 2 个版本 V. 2。

V. 2^[2]的特点是采用框架表示,并融进了模型驱动,以便提高系统的推理效率;首次引入了邮局的概念,用于记录和转发各框架之间的消息通讯和各种错误信息;提供了友好的用户界面;尝试运用通用的关系数据库(Foxpro2.5 for Dos)来管理知识源和模型库。但实验结果表明:由于受 FoxPro 的限制,数据在数据库系统与图象理解系统之间的交换只能通过文件进行,故很难满足实时性的要求,而且脱离 FoxPro 系统的可执行文件非常庞大,以至于几乎无法移植到并行环境下。

V. 3 是在 V. 1 和 V. 2 的基础上发展起来的,它具有如下特点:①采用了规则、框架(发展为面向对象的框架)等多种表示方法;②保留了 V. 2 中邮局的概念;③彻底抛弃了通用数据库;④提供了目标驱动和数据驱动相结合的推理方式;⑤将知识库分层,并用黑板来控制相应的知识源;⑥Windows 环境下良好的用户界面,方便用户对知识库进行增、删、改以及维护等操作。V. 3 系统的结构如图 1 所示:

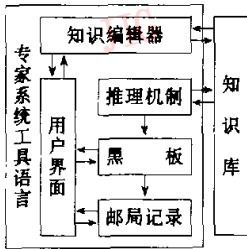


图1 V. 3 的系统框图

目前,V. 3 的总体结构已经建立,主要部分业已实现,并运行了几类图象理解的实例,效果良好,但整个系统还需要继续进行修改和完善,其最终的目标是:

- (1) 提供对知识库进行增加、修改、删除以及一致性检查等的维护方法;
- (2) 提供目标驱动、数据驱动等多种推理方式;
- (3) 提供黑板控制机制,分层管理知识源,以提高推理效率;
- (4) 提供良好的用户界面,以方便用户查看、制

定和修改算法及其参数;

(5) 按硬件环境的要求选择宿主语言,同时又必须兼顾目前流行的软件环境。

(6) 通过填写框架,用户可以快速地建立小型的专家系统。

1 V. 3 的知识的表示

知识的表示方法通常有一阶逻辑谓词、特征表、框架、产生式、语义网、过程、脚本、面向对象的表示等等。一般系统均采用多种知识表示方式,而只采用一种知识表示方式的系统是很少见的,因为这种系统的思维推理和表示能力都会受到很大的限制。V. 3 综合了框架、过程、面向对象的表示这几种知识表示方法,并将它们统一为一种面向对象的框架表示。

在这种表示系统中,每一个框架表示一类对象,由框架名、槽和约束条件 3 部分组成,且每一部分都有其名称和相应的值。其中,框架名为系统的保留字,它的值是一个用以标识该框架的名字;槽是指框架上可摆放信息的一个位子,槽名用以标识该槽,槽值用以指明该槽当前的值;约束也是系统的保留字,它的值是一串约束条件,如果缺省,则表示没有约束。下面是框架(主要部分)的 BNF 表示:

```

<框架> ::= <框架头> <槽部分> [ <约束部分> ]
<框架头> ::= 框架名 <框架名的值>
<框架名的值> ::= <符号名> | <符号名> ( <参数> , ... )
<参数> ::= <符号名>
<槽部分> ::= <槽> , ...
<槽> ::= <槽名> <槽值>
<槽名> ::= <系统定义槽名> | <用户定义槽名>
<槽值> ::= <静态描述> | <过程> | <谓词> | <框架名的值> | <空>
<静态描述> ::= <数值> | <字值> | <特殊符号> | ...
<过程> ::= <动作> | <动作> | , ... | <主语言的一个过程>
<约束部分> ::= 约束 <约束条件> , ...

```

显然,槽值的类型有多种,因此框架既可以表示静态的描述性知识,又可以表示动态的过程性知识。而且,由于框架的继承性也是通过槽来反映的,因此槽值类型的定义是非常重要的。

槽值除了可以是数值、字符串、布尔值等一般类型的值之外,还可以是以下几种之一:

- (1) <框架名>。通过 ISA、AKO、Instance 等联系,子框架对父框架的槽值及约束条件有继承权

和修改权,因而可以建立框架之间的各种联系,乃至形成一个框架网络或框架树,进而构成知识的静态联系关系。

(2) <谓词>. 其真值需根据当时谓词变量的取值来确定。

(3) <空>. 表示该值此时尚不能确定,留待以后填槽。

(4) <动作>或<过程>. <过程>可以是一个明确表示的<动作>序列,也可以是对宿主语言过程的调用。

另外,在框架中还设置了守护程序,用来监视进入框架的数据. 这样,当条件满足时,就会自动触发框架中的过程,从而使一些过程性知识可借此表示出来。

2 V.3 的推理控制机制

由于 V.3 采用了数据驱动和目标(模型)驱动相结合的方式,并尽早引入与目标模型相关的知识来引导系统的推理,以减少盲目性,因此,在 V.3 中既有语义网络的推理,又有规则的推理. 具体表现为槽值的触发作用(由框架的守护实现,稍后讨论)和框架间语义网络的继承性推理。

V.3 中采用黑板作为推理控制机制. 黑板的概念最早出现在口语理解系统 Hearsay II 中^[8]. 当时对黑板的定义是: 一个用于知识源间通信的全局数据库,其作用是表示问题求解过程中的中间状态,并在知识源之间传递消息(假设),进而激发知识源进行推理。

HearsayII 的成功,使黑板模型很快被认同和效仿,随后出现了各种各样的黑板结构,并赋予了许多新的内容. 如 Barbara 提出了控制黑板^[9],把控制问题独立开来,不仅丰富了求解的控制策略,还可适应更多的问题求解;Sunners 提出了一个交互式的黑板^[10],采用了基于 Windows 的消息传送调度机制;而图象理解系统 Schema^[11]则采用了分层组织的黑板. 现在,黑板模型已成为非确定性问题的求解系统中不可缺少的组成部分。

V.3 将黑板划分为全局黑板和局部黑板. 其中,全局黑板按对象类划分为块,每类一块. 这样,任一框架都可存取全局黑板上任一对象类的信息. 这种划分可使对象类无需搜索大量的无关信息,就可很快地得到所需的信息。

局部黑板为每一个框架实例所私有,仅供该框

架使用,因此对其他框架而言是不可见的. 这里设立局部黑板的原因是: 在系统运行过程中,各个框架实例都会产生大量的假设,如果把它们都放到全局黑板上,将大大地降低系统效率. 因此,只把高于一定可信度阈值的假设放到全局黑板上,供其他框架使用;而将低于该阈值的假设作为内部假设放在局部黑板上。

V.3 的问题求解过程大致如下: 首先,系统初始化时,将从低中层图象处理得到的各特征数据(数据驱动)作为各框架实例中的初始值写入局部黑板;其次,发出最终目标消息,以启动推理过程(以下为模型驱动);最后,各框架实例检查自己内部有没有可触发的动作槽,若有,则执行相应的处理,以产生新的值,再触发新的动作槽. 如此下去,直到问题被解出或因没有解而终止为止。

在推理过程中,框架之间是以消息触动的,且这类消息可由邮局记录下来,因此,用户在界面上可以通过邮局的记录来详细了解推理过程. 这对于用户编写、调试应用程序以及随着知识的增加,对知识源进行一致性检查都是很有用的. 必要时,还可关闭邮局,使框架间的消息直接沟通,以提高系统的运行速度。

3 水上桥梁图象理解实例

架于江河之上的桥梁是连接两岸的交通枢纽,因此对它的识别具有一定的实用价值. 根据水上桥梁跨越水域的特点,建立对该类图象进行理解的主要思想,即要寻找桥梁,可先找水域,然后在水域的范围寻找桥梁。

3.1 规则

- (1) 水域表现为一个或数个灰度较暗,但比较均匀的封闭区域(以下称为团块)。
- (2) 水域的边沿是较平滑的封闭曲线。
- (3) 桥梁由一对大致平行的桥梁线组成。
- (4) 桥梁线间距离较小但长度较长,即长宽比的值较大。
- (5) 桥梁线与岸线的交角大于某一阈值。

3.2 方法库

根据以上的知识,V.3 提供了如下的方法库,这里的方法即前文所说的过程。

方法 1: 计算直线长度

方法 2: 计算桥梁的长度

方法 3: 计算桥梁的宽度

方法4:计算团块周长

方法5:计算团块面积

方法6:计算一对直线的平行程度

3.3 框架模型

根据上述寻找桥梁的规则和前文的讨论,可构建如图2所示的水上桥梁模型(由框架组成)。

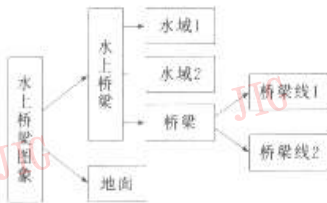


图2 水上桥梁模型

现以桥梁框架为例:

桥面的灰度与地面的灰度接近,而与水域的灰度形成较大的反差,桥梁由两根桥梁线组成,若两根桥梁线(直线)满足:

- (1)两直线的长度都大于某一阈值
- (2)两直线间的距离小于某一阈值
- (3)两条直线的长宽比大于某一阈值
- (4)两条直线的平行程度大于某一阈值

(5)两直线分别属于不同的团块,且两团块相邻则假设这两条直线组成桥梁。桥梁框架的具体结构见表1。

表1 桥梁框架结构

槽名	槽值	类型	约束条件
桥梁线	桥梁线1	子框架	桥梁线1所在的团块与桥梁线2所在的团块相邻
桥梁线	桥梁线2	子框架	桥梁线2所在的团块与桥梁线1所在的团块相邻
桥梁长度	桥梁长度L	整型	L取桥梁线1和桥梁线2中长度较大者
桥梁宽度	桥梁宽度W	整型	W取桥梁线1和桥梁线2间距离的最小值

3.4 实验结果

对水上桥梁这类图象的理解过程为:(1)对图象进行中下层处理得到各团块的特征数据;(2)从中提取出水域,并对地面框架和水域框架(包括灰度、面积、周长和相邻团块等)分别进行填充;(3)检查是否存在两条桥梁线能形成桥梁的假设,若存在,则先填充两个桥梁线框架,然后将它们及其相邻水域框架填入桥梁框架相应的槽中,并计算桥梁的宽度和长度,从而完成一个水上桥梁框架的填充,当检查完所有可能的桥梁线时,就形成了所有可能的桥梁的假设;(4)对所有假设进行检验,找出所有可能存在的桥梁,完

成对该图象中所有水上桥梁的识别。下面给出系统对两幅水上桥梁图象的理解结果(图3、图4)。

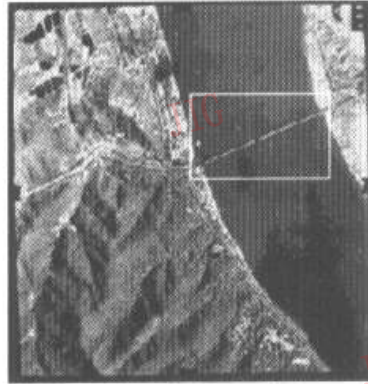


图3 系统对水上桥梁图象(A)的理解结果

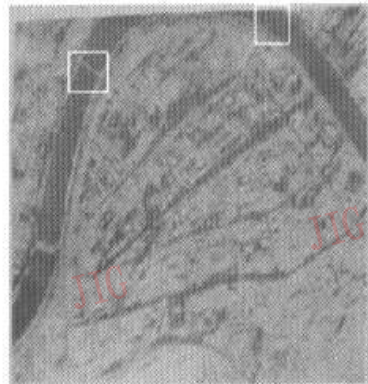


图4 系统对水上桥梁图象(B)的理解结果

参考文献

1. Nazif A M, Levine M D. Low-level image segmentation: An expert system. IEEE Trans. On Pattern Analysis Machine Intelligence, 1984, 6(5):555~577.
2. McKeom D M, Harvey W A, McDermott S. Rule-base interpretation of aerial imagery. IEEE Trans. on Pattern Analysis Machine Intelligence, 1985, 7(5):570~585.
3. Hanson A R, Riseman E M. The VISIONS image understanding system. In: Advances in Computer Vision and Image Processing (Brown C, Ed.), Erlbaum Press, Hillsdale, NJ, 1987.
4. 王伟明. 用于实时视觉理解的并行知识系统的结构与算法的研究[博士学位论文]. 杭州:浙江大学, 1993, 7.
5. 姚庆栋, 刘济林, 徐胜荣等. 一种图象理解的知识基系统V语言. 红外与毫米波学报, 1995, 14(6):229~236.
6. 姚庆栋, 熊仁杰, 顾伟康. 实时图象理解. 通信学报, 1993, 14(2):90~99.
7. 史册. 实时知识基图象理解系统[博士学位论文]. 杭州:浙江大学

- 学, 1996.12.
- 8 Erman L D, Hayes-Roth F. The hearsay II speed understanding system: Integrating knowledge resolve uncertainty. *Computer Survey*, 1980,12(2):213~253.
 - 9 Barbara R. A blackboard architecture for control. *Artificial Intelligence*, 1985,26(3):251~321.
 - 10 Sunners M, Dawson D, Sydenham P. Building an interactive blackboard framework. *Knowledge-Based Systems*, 1994,7(3): 199~205.
 - 11 Draper B A, Collins R T, Brolio J. The schema system. *Inter. J. of computer vision*, 1989, 2(3):209~250.
 - 12 Crevier D, Lepage R. Knowledge-based image understanding systems: A survey. *CV&IU*, 1997, 67(2):161~185.



史册 1969年生,1997年获浙江大学信电系通信与电子工程专业博士学位,主要研究领域为计算机视觉与实时系统.



姚庆栋 1932年生,教授,博士生导师.主要研究领域为计算机视觉、计算机通信.



姜珊珊 1972年生,2000年获浙江大学信电系通信与电子工程专业博士学位,现在电信技术第一研究所迪曼斯公司工作.目前从事呼叫中心(call center)的研究.