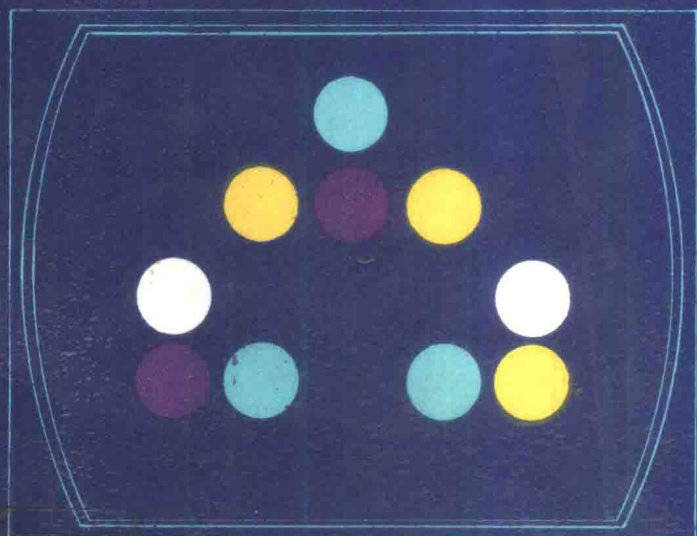


图形专家系统 工具 GEST

吴鹤龄 马建峰 李仕文 编著



北京理工大学出版社

图形专家系统工具 GEST

吴鹤龄 马建峰 李仕文 编著

北京理工大学出版社

(京)新登字 149 号

内 容 简 介

图形专家系统工具 GEST 是以第二代专家系统工具 CLIPS 为基础,把人工智能技术和计算机图形技术有机地融合在一起所形成的新颖智能化图形软件,主要用于开发具有良好用户界面的专家系统。本书详细介绍了 GEST 的基本组成,函数,模式匹配算法;讨论了推理的控制技术,推理的效率,设计具有图形和动画功能的专家系统的方法,并给出了丰富的示例。本书是一本深入浅出地介绍当代高新技术,有很大参考价值和实用价值的新书。可用作高等院校计算机专业及相关专业本科生和研究生的选修课教材,也可供从事人工智能研究和开发的中、高级工程技术人员阅读、使用。

(GEST 软件亦已正式出版、发行。需要者请与北京理工大学出版社软件部联系,邮编 100081。)

图形专家系统工具 GEST

吴鹤龄 马建峰 李仕文 编著

北京理工大学出版社出版发行

各地新华书店经售

北京理工大学印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 11.625 印张 252 千字

1993 年 5 月第一版 1993 年 5 月第一次印刷

ISBN 7-81013-609-7/TP·61

印数:1—4000 册 定价:7.50 元

前 言

自从笔者通过《专家系统工具 CLIPS 及其应用》一书,以及随后推出的汉化 CLIPS 软件(两者由北京理工大学出版社于 1991.5 和 1992.2 先后出版),把美国宇航局于 80 年代后期研制成功的这个新一代人工智能软件介绍给国内读者和计算机用户以来,CLIPS 已经受到广泛的重视,在许多高等学校、科学研究机构和企事业单位获得应用。实践证明,CLIPS 确实是一个功能强大、性能优良、易于集成、便于移植,同时又十分容易学、容易掌握和使用的工具,为开发专家系统提供了强有力的支持。国外公布的资料也表明,在同类型的专家系统工具中,CLIPS 的性能指标远远超过 ART、KES 等著名的人工智能软件(见 1991 年 2 月《Computer》杂志)。根据“工欲善其事,必先利其器”的原则,显然应该大力推广 CLIPS,以促进我国人工智能技术的发展及其应用。

但是,CLIPS 与其它专家系统工具一样,也缺乏图形功能,这对于许多应用领域来说是十分不方便的。不少 CLIPS 用户提出了这方面的要求。为此,经过反复论证和艰苦工作,我们以 CLIPS 为基础,把计算机图形技术和人工智能技术有机地融合起来,实现了一种新型的专家系统工具——图形专家系统工具,并把它命名为 GEST(Graphical Expert System Tool),把它奉献给我国广大的计算机用户,尤其是从事专家系统开发与应用的计算机用户及广大的读者。本书就是专门用来介绍 GEST 的。

本着实用和节省篇幅、节省读者时间的原则,本书不介绍人工智能的一般理论和专家系统的一般原理。需要这方面知识的读者可以参阅有关书籍,我们在书末给出了比较全面的参考书目。在推理机制方面,GEST 在模式匹配算法的实现技术上对 CLIPS 有所改造与改进,有更快的速度;但在与用户的接口上我们没有作什么变动。这样做有两个原因:一是使 CLIPS 原来的用户十分容易地接受 GEST;二是使 CLIPS 的用户已经开发的专家系统或其它应用程序可以不加改动地在 GEST 之下运行,或者只作少量修改,加进图形功能,就可在 GEST 之下运行。但考虑到 GEST 必然会有一批新用户、新读者,他们原先没有接触过 CLIPS,不熟悉它,所以本书第一部分仍对 GEST 的基本系统作了详细介绍。这部分内容同《专家系统工具 CLIPS 及其应用》一书基本相同,但笔者对全部材料重新进行了组织,有些章节是重写的,使内容更加精炼。此外,由于 CLIPS 一书是根据 1988 年 4 月的 V4.20 版编写的,而 GEST 是基于 1989 年 5 月的 V4.30 版开发的,所以内容亦有所增补。至于本书第二部分,即图形部分,完全是新编写的。其中详细地给出了 GEST 的各种图形函数及其应用方法。

大家现在见到的 GEST 是刚刚诞生的第一版。虽然它已经有了足够丰富的图形功能,包括绘制任意线段、圆弧、圆、椭圆、矩形等基本图形,绘制直方图、饼图,可使图形放大、缩小、旋转、平移……等等,但显然它还是不够成熟、不够完善的。本书在内容安排、材料组织、行文和举例等各方面,也都可能有不少缺点。我们欢迎 GEST 的用户与本书读者提出批评和改进意见。

借此机会,我们向参与过 CLIPS 剖析与开发工作的历届

研究生和本科生表示感谢。这里特别要提到的是苏莉文、肖艳、姚世民、曹蓉、刘天民、常新功、秦扬、吴晓梅、曾之俊等。他们所做的有益工作从不同方面为 GEST 的形成铺平了道路。

编著者

1993 年 2 月

目 录

第一部分 基本系统

第一章 GEST 的基本组成	3
1-1 GEST 的符号体系	3
1-2 GEST 的基本组成和语法	4
1-3 进入和退出 GEST	7
1-4 事实库及其操作	8
1-5 规则库及其操作	15
1-6 待议事件表及其执行	18
1-7 GEST 的调试工具	21
第二章 模式匹配	28
2-1 变量	28
2-2 字段通配符	33
2-3 多字段变量和通配符	34
2-4 移动积木问题的示例	37
2-5 字段约束	44
2-6 函数和表达式	47
2-7 约束函数 bind	52
第三章 控制技术	54
3-1 输入方式	54
3-2 谓词函数	57
3-3 测试模式	58
3-4 谓词字段约束	60
3-5 相等字段约束	62
3-6 特权	68
3-7 阶段与控制事实	70

3-8 模式的“逻辑或”、“逻辑与”和“逻辑非”	77
第四章 GEST 函数	83
4-1 控制流函数	83
4-2 文件输入输出函数和逻辑名	85
4-3 串函数	94
4-4 多字段函数	97
4-5 扩充的数学函数	101
4-6 实用程序	103
第五章 推理的效率	108
5-1 里德算法	108
5-2 模式网络	111
5-3 连接网络	116
5-4 模式次序的重要性	120
5-5 模式应如何排序以提高效率?	126
5-6 多字段变量和测试模式对效率的影响	127
5-7 用内部模式匹配原语提高效率	131
5-8 特权对效率的影响	132
5-9 一般规则和特殊规则;简单规则和复杂规则	135
第六章 专家系统设计示例	141
6-1 确定性因子和 GEST	141
6-2 判定树	145
6-3 有学习功能的判定树	149
6-4 逆向链接	161
6-5 一个监控系统的设计示例	177

第二部分 图形系统

第七章 微机图形设计基本知识	206
7-1 计算机图形学概论	206
7-2 图形显示器	210
7-3 图形程序设计基础	216

7-4 人工智能与图形技术的结合	221
第八章 GEST 图形库函数参考	222
8-1 图形系统控制函数	222
8-2 绘图和填充函数	225
8-3 颜色控制函数	239
8-4 图形变换函数	248
8-5 图形方式下的界面函数	252
8-6 状态查询函数	260
8-7 其它	265
第九章 GEST 程序设计思想和方法	268
9-1 GEST 程序设计思想	268
9-2 GEST 基本图形程序设计	269
9-3 GEST 动态图形程序设计	274
9-4 GEST 图形变换程序设计	282
9-5 GEST 图形界面程序设计	289
9-6 GEST 在专家系统中应用图形动画	309
第十章 图形专家系统设计示例	310
10-1 开发图形专家系统的一般方法	310
10-2 梵塔问题	312
10-3 生命繁殖问题	326
10-4 积木问题	335
10-5 监控系统	341
参考书目	348

第一部分 基本系统

图形专家系统工具 GEST (Graphical Expert System Tool) 是笔者以美国宇航局 80 年代后期推出的专家系统工具 CLIPS (C Language Integrated Production System) 为基础, 把计算机图形技术和人工智能技术有机地融合在一起所形成的一种新颖的专家系统工具, 可以开发具有图形功能的实用专家系统, 以适应过程控制、事务管理、计算机辅助教学等多种应用领域的需要。

GEST 的主要设计目标和特点是:

1. 通用性强。GEST 是一个通用专家系统工具, 同时也是一种人工智能程序设计语言, 可广泛用于工业、商业、管理、文教等各个部门, 既可用于开发实用的专家系统, 也可用于有关人工智能的教学和科学研究。

2. 适应性强。GEST 适用于各种型号与档次的计算机, 从 IBM PC 及其兼容机, 到 VAX、HP、SUN、MACINTOSH 直至 CRAY, 都可以安装与运行 GEST, 只要机器上有标准 C 语言的编译器就可以, 对机型几乎没有任何限制。

3. 运行速度快。GEST 全部用 C 语言编写, 模式匹配采用经过改进的里德算法, 所以运行速度很快, 效率很高。

4. 集成性好。GEST 与已有的软件系统易于集成, 同各种高级语言均有接口。易于实现嵌入式应用。

GEST 由于继承了 CLIPS 的长处与优点, 所以简单实

用,性能/价格比高,可移植性好。另一方面,它也带有 CLIPS 的局限性,即 GEST 只提供正向推理能力,不提供逆向推理、假设推理、面向对象的程序设计等技术。

本书第一部分描述 GEST 的基本系统,即有关推理的这一部分。包括基本组成(第一章),模式匹配(第二章),控制技术(第三章),GEST 函数(第四章),推理的效率(第五章),最后给出专家系统如何设计与实现的若干例子(第六章)。

第一章 GEST 的基本组成

本章主要介绍 GEST 的符号体系,作为专家系统工具所必须具备的事实库、知识库和推理机, GEST 定义事实和规则的方法,以及启动、运行和退出 GEST 的命令。

1-1 GEST 的符号体系

在详细介绍 GEST 之前,先把 GEST 中描述命令和结构的语法符号体系作一介绍。

GEST 的符号体系有以下三种类型。

1. 用圆括号括住的字和字符。

例如:

(example)

见到上述描述,要完全照样输入计算机,即先输入左括号“(”,然后依次输入“e”、“x”、“a”、“m”、“p”、“l”、“e”,最后输入右括号“)”。

圆括号中,可以有用方括号或尖括号括住的内容。方括号表示其中的内容是任意的,可有可无的。例如:

(example [1])

其中的 1 就是任选的,即输入(example)和输入(example 1)是一样的。

尖括号表示其中的字所表达的意义要用一个相应的任意值代替。例如:

(example <integer>)

表示 example 后要有一个任意整数,即应输入(example 1)或(example 5)或(example -20)……。

2. 用双尖括号括住的描述。

这表示任意多个(包括零个)与其中内容相应的值。例如:

«integer»

见到这一符号,可输入以下各种内容:

1
1 2 3
1 4 8 -15 12

也可以根本不输入任何内容。

双尖括号的一种特殊形式是三尖括号,表示任意多个、但不包括零个相应的值。

3. 用大括号括住的描述。

这表示选用其中任意一项(必需有一项,但也只能有一项)输入,例如:

{all, none, some}

见到上述描述,可以输入 all,或输入 none,或输入 some。

1-2 GEST 的基本组成和语法

GEST 是用于开发基于规则的专家系统工具,其基本组成有三:

1. 事实表即事实库。用于存储数据(事实)。
2. 知识库。用于存储所有规则。
3. 推理机。用于控制推理过程,使程序运行。

在建造知识库时,GEST 需要从键盘或文件读入一组一

组有特定意义的字符。一组有特定意义的字符叫做一个“令牌”(token)。令牌是 GEST 的基本语法单位。有些令牌只有一个字符,如左括号“(”和右括号“)”。

在 GEST 中最重要的语法单位是“字段”或叫“域”(field)。字段由一组令牌组成,有三种类型:

(1)字(word)

一般来说,字以可打印的 ASCII 字符开始,后随零个或多个字符。但下列字符及其组合不得作为字的开始字符:

< | & \$? + - () ;

此外,字中间也不能包含下列任一个符号:

< | & () ;

这是因为以上 6 个符号在 GEST 中有特殊用途,即作为字的限界符(delimiter),表示字的结束。根据以上规定,以下均为有效的 GEST 字:

emergency
fire
emergency-fire
classroom-106
! ? # \$ *

GEST 维持令牌中的大、小写字母,即 GEST 认为同一字母的大、小写是两个不同的字符。因此,在 GEST 中下面是三个不同的字:

FIRE
fire
Fire

(2)串(string)

串以双引号开始和结束,双引号本身是串的一部分,其间

可有零个或任意个字符。例如：

"Activate the sprinkler system"

"!? # \$ *"

"<-;()+-"

在 GEST 中,空格一般用作字段(诸如字)和其它令牌的
分界。在这种情况下,多个连续空格只当作一个空格,多余空
格舍弃。但在串中,空格作为有效字符有一个算一个,因此,下
列串在 GEST 中被认为是不同的:

"fire"

"fire "

" fire"

" fire "

如果去掉以上四个串的引号,那么它们变成四个相同的
字。

因为双引号是用来定界串的,所以串中不能再双引号。
例如:

""fire""

将被 GEST 当作是三个令牌,即:""、fire 和""。

如果在串中必须用双引号,那怎么办呢?GEST 利用后斜
杠"\"来解脱后随的双引号,使之不再被当作定界符。例如上
述串在 GEST 中应以如下方式输入:

"\"fire\""

由于后斜杠有这样一个作用,因此当串中实际需要后斜
杠,并非用它来作解脱符时,就要用连续两个后斜杠。例如:

"\\fire\\"

上述输入在 GEST 中被认为是串"\"fire\""。

(3)数值(number)

在 GEST 中,所有数,包括整型的数,都以浮点形式存储。数值字段包括三个部分:符号、值、指数,但符号和指数这两部分是任选的,可有可无的。符号或为+或为-。值包括一个或多个数字以及一个任选的小数点。指数包括字母e或E,后随任选的+或-,其后是一个或多个数字。根据以上规定,以下都是 GEST 中的有效数值字段:

1
1.5
.7
+3
-1
65
3.5e10

1-3 进入和退出 GEST

进入 GEST,只需在操作系统提示符(对于 IBM PC 的情况,是 A>或 B>或 C>,视 GEST 执行程序在哪个盘驱动器上而定)后面键入“GEST”并回车即可。这时,屏幕上将出现彩色的 GEST 软件版权页面,按任意键后消失,出现提示符:

GEST>

这时,用户就可直接向 GEST 输入命令。这是 GEST 的“最高级”(top-level)。注意,若处于图形工作方式,屏幕上将不再出现光标。

退出 GEST 用 exit 命令,即在 GEST 的提示符下键入(exit)。注意,命令必须用圆括号括住。

1-4 事实库及其操作

为了解题, GEST 程序必须有据以推理的数据或信息, 这在 GEST 中叫做“事实”(fact)。事实由配对的左、右括号括住的一个或多个有关联的字段所组成, 例如:

(emergency fire)

(emergency flood)

分别表示火灾和水灾这两个事实。其中第一个字段说明事实的性质(灾害), 是共同的, 叫做“关系名”(relation name); 第二个字段具体说明灾害的类型, 这样, 可以用以下的“事实样板”(fact template)来表示火灾、水灾、地震、火山爆发、泥石流、台风、旱灾、虫灾……等各种各样的自然灾害:

(emergency <type>)

还可以设计更复杂的事实样板, 例如:

(components <item> 《components-list》)

这表示物体的部件表, 其中部件表所包含的部件数可以不同, 如:

(components computer CPU disk-drive terminal)

(components car tires engine body gas-tank)

分别列出了计算机的部件(中央处理器、盘驱动器和终端)以及汽车的部件(轮胎、发动机、车身和油箱)。GEST 表示事实的这种方法具有灵活、方便的特点, 又易于反映不同事实之间的联系, 对处理带来很多好处。

往事实库即事实表(fact-list)中加入事实目前有以下四种方法。

1. 直接通过 assert 命令

(assert <<<facts>>>)