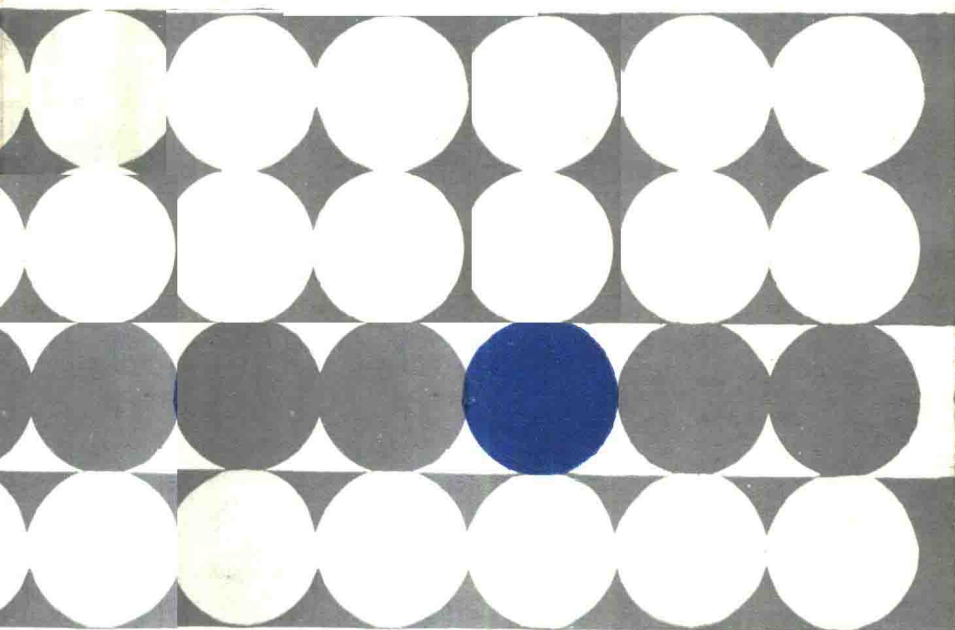


“中国教育电视”播放继续教育节目用书

PROLOG

语 言 教 程



“中国教育电视”播放继续教育节目用书

PROLOG语言教程

纪有奎 冀 翔 编

海 洋 出 版 社

1987年·北京

内 容 简 介

本书是为“中国教育电视”通过卫星播放PROLOG语言课程而编写的。全书共分七章，包括PROLOG语言的特点和它的三个基本语句，自动搜索和回溯，数据结构和递归，算术运算，内部谓词，实例程序和附录。本书内容丰富、通俗易懂，通过若干例题引出概念，便于初学者掌握。凡持有本书的读者在收看电视课时均不需要再抄笔记及屏幕上显示的各种图表资料。课后只要翻阅本书即可复习掌握完整的讲授内容。本书也非常适于 PROLOG 语言的自学者阅读或作为有关专业教材。

责任编辑 刘莉蕾

责任校对 刘兴昌

“中国教育电视”播放继续教育节目用书

PROLOG语言教程

纪有奎 冀 翔 编

*

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行

外文印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 3 7/8 字数: 20千字

1987年4月第一版 1987年4月第一次印刷

印数: 1—10000

*

ISBN 7-5027-0044-7/TP·1

统一书号: 17193·0975 ¥: 1.00元

前 言

PROLOG 语言是出现在计算机程序设计语言领域里的一颗新星(英文 PROgramming LOGic 的缩写,即逻辑程序设计)。它具有自动搜索、模式匹配、回溯等独特功能。有人把它和常规的程序设计高级语言相比时,把它叫作超高级语言。逻辑推理是它的特长。

它应用范围广泛,适于非数值处理,应用管理、咨询程序,关系数据库,定理证明,自然语言处理,专家系统和人工智能等许多领域。

它接近于自然语言,具有极强的描述和解题功能。但令人吃惊的是,它只有三个基本语句,它的语法比任何惯用的常规语言都要简单,这要归功于一阶逻辑表示法的简洁和严谨,并具有人机对话的功能。由于它的语法简单,导致直接实现也十分简单。由于这一切,博得人们的欣赏和赞叹,因此 PROLOG 的推广和传播都较快。

1973 年左右,它诞生在法国马赛大学。八十年代初,对它的呼声日高,先后在匈牙利、美国、法国等召开了几次国际性学术交流会。尤其在 1982 年,日本公布把它作为第五代计算机的核心语言,更引起世界有关人士的关注。一些国家在大、中、小学开设此课,目前它正在许多国家迅速传播。

我国有关方面也很重视它,不少地方和单位曾举办过 PROLOG 学习班,有关大专院校相继开设此课,北京的有

关单位还为部分中学师生举办过讲座。许多科研单位、大专院校在应用、开发中取得许多成果，这更引起我国有关方面的重视。1985年10月和1986年12月，先后在湖南省大庸和湖北省武汉市，召开了有关 PROLOG 语言的全国性学术交流会。现在中央广播电视大学决定播放 PROLOG 语言，这不仅是满足已毕业者继续教育的需要，而且还可满足在校的师生，计算机工作者，科研、管理人员以及广大计算机爱好者等其他人员的需要。

本书是“中国教育电视”卫星频道①播放继续教育节目录像时的讲稿，是收看者必备书。利用参考书②上机、做练习题等。为了缩短学习时间，激发学习兴趣，本书是以例题为主，从例题中引出术语、概念、工作方式等进行讲解。本书由浅入深，力求通俗易懂，因此本书也适于自学者；前四章是基础知识，在此基础上进入第六章，该章具有内容广泛、丰富多样的36个实例题，从而开阅读者的视野，启发应用领域。

中国科学院电工研究所杨正林副研究员，中国人工智能学会理事冯锡福副教授对本书提出许多宝贵意见；南京大学计算机系金志权、陈佩佩同志，武汉测绘科技大学张文星等同志提供部分资料，在此一并表示衷心感谢。由于我们时间仓促，水平有限，难免有误，敬请广大读者指正。

编者 1987年2月

①电视收看的卫星频道，各地不一样，如北京是21频道，要注意播放时间和当地的频道。

②PROLOG语言存在不同的文本，只要学会一种文本，很易转换成其他文本。本书是通用性较强的核心 PROLOG 文本，书中介绍了如何把它转换成“微型机 micro-PROLOG 语言及其应用”的文本(海洋出版社出版)——用来上机(IBM PC机)做练习题等，并作为参考书。

目 录

第一章 PROLOG语言的特点和它的三个基本语句	(1)
第一节 PROLOG语言的特点.....	(1)
第二节 PROLOG语言的三个基本语句.....	(2)
第二章 自动搜索和回溯	(8)
第一节 用例题来阐述自动搜索和回溯.....	(8)
第二节 cut(截断)的应用.....	(13)
第三节 PROLOG系统内部控制和用户控制.....	(16)
习题.....	(17)
第三章 数据结构和递归	(19)
第一节 项.....	(19)
第二节 树.....	(21)
第三节 表.....	(21)
第四节 PROLOG的递归.....	(23)
习题.....	(30)
第四章 算术运算	(31)
第一节 算术运算符和比较运算符.....	(31)
第二节 几个典型的例子.....	(35)
习题.....	(44)
第五章 内部谓词	(45)
第六章 实例程序	(53)
第一节 数学例题.....	(53)

第二节	排序.....	(63)
第三节	表处理.....	(68)
第四节	字符判断和处理.....	(72)
第五节	查询.....	(74)
第六节	集合运算.....	(79)
第七节	关系数据库.....	(83)
第八节	趣味智力题.....	(94)
第九节	自然语言处理.....	(100)
第十节	专家系统.....	(105)
	习题.....	(113)
第七章	附录.....	(114)
第一节	把本书的事实和规则转换成micro- PROLOG.....	(114)
第二节	上机操作.....	(115)
参考资料		(116)

第一章 PROLOG 语言的特点和它的三个基本语句

第一节 PROLOG 语言的特点

PROLOG 作为程序设计语言,它具有两方面的特性,一是它描述求解问题的方式,二是语言本身的特点。

目前,被人们广泛采用的程序设计语言,大致可分为三类:

第一类是过程式语言,如: BASIC, FORTRAN, PASCAL。用这些常规语言解决问题时,需程序员指明算法,需要指定计算机执行的步骤,也就是要告诉计算机“如何做”;

第二类是逻辑型的 PROLOG 语言,是非过程式语言。它在求解问题时,要求程序员描述对象之间的关系的事实和规则。它强调对象之间的逻辑关系,程序员一般不必告诉计算机运算执行的先后顺序,就能在数据库中自动搜索、模式匹配和回溯来求解问题。人们把 BASIC, FORTRAN, PASCAL 等常规语言叫做高级语言。PROLOG 语言能够描述问题本身,而不必像高级语言求解问题时,需要详细告诉计算机“如何做”,因此有人把 PROLOG 语言叫做超高级语言。它是人工智能程序设计语言。

第三类是函数型语言 LISP,也是人工智能程序设计语言,它比 PROLOG 语言出现的早。

第二节 PROLOG语言的三个基本语句

PROLOG语言仅有三个基本语句，它们是：事实，规则，询问。以下用例题分别介绍。

例1.1 比尔和玛丽

(1) 事实：

- | | |
|----------------------|-------------|
| ① likes(mary, food). | 喜欢(玛丽, 食品). |
| ② likes(mary, wine). | 喜欢(玛丽, 酒). |
| ③ likes(bill, wine). | 喜欢(比尔, 酒). |
| ④ likes(bill, mary). | 喜欢(比尔, 玛丽). |
| ⑤ female(mary). | 女性(玛丽). |

(2) 规则：

- ⑥ look-for(bill, X):-female(X), likes(bill, X).

(3) 询问——寻找求解答案：

?-likes(mary, X).

X=food; (表示按“;”键)

X=wine

?-look_for(bill, X).

X=mary

?-likes(bill, mary), likes(mary, bill).

no

(注意：PROLOG程序没有语句标号，为了方便解释执行过程，在语句前编者自加的①—⑥标号，余同)。

以下分别加以解释：

(1) 事实——是自己定义的，它类似于一个简单句，在运行时，它是搜索的目标，它由关系名如①句中“喜欢”(li-

kes)开始,其后用圆括号括起的是参量组,如①中的(mary food)是两个参量,又叫对象(或个体)。关系名 likes 使这两个互不相干的孤立对象产生了联系,即玛丽喜欢食品,句子最后置一圆点句号“.”(右下位置),表示该句结束。

(2) 规则——它由几个目标组成,如⑥中有三个目标。其中符号“:-”表示if(假如),“:-”左端是规则的头,是总目标的结论,其右端是规则体。规则体中有两个子目标,且被逗号“,”隔开。该逗号是and,即“与”的关系,也就是假如各子目标都成功时,规则头的结论成立。如果一定要和常规语言对比,若把事实比作简单句,那么规则便类似于条件句。

X为变量(第一个大写的英文字母其后可带字符串,即为变量)。

⑥句的意思:比尔寻找的人,第一是女性,第二是比尔喜欢她;或说假若X是女性,并且比尔喜欢她,这便是比尔寻找的X。

把事实与规则键入计算机,便是PROLOG程序,我们把它叫做数据库。

(3) 询问——句首符号为“?-”者便是询问语句。它提出求解的目标,在数据库里搜索找出答案,其过程如下:

若询问 ?-likes(mary, X).

在数据库里自顶向下寻找变量X的解答,首先搜索①句,询问句的关系名与①句的关系名相同(都是likes),圆括号中都有两个参量,第一个参量都是mary,第二个参量位置上的X便被例示为food,这叫模式匹配(简称匹配)。这时显示屏显示出X=food。因是与①句匹配,要在①句上置目标位置

的标志(可叫作指针,余同),若试图再寻找一个答案,键入“;”再按回车键,这时指针由语句①,下移至语句②,询问句与语句②匹配成功,X被例示为wine。

若询问 ?-look_for(bill, X)。

这询问和⑥规则头匹配,而X仍未被例示。这时再去规则体,⑥规则体中第一个子目标female(X)与⑤匹配成功,X被例示为mary,传递给第二个子目标likes(bill, X)中的X。这时X被例示为mary,即likes(bill, mary),是否有此事实,还要在数据库里自顶向下搜索检测。当搜索至第④句时,恰好与④事实相同,检测正确,说明⑥规则的第二个子目标成功,由⑥中第一、二个子目标里得出X=mary。这时从右至左即逆向把例示的X传递给⑥规则头look_for(bill, X),规则头变量X被例示为mary,因此询问句中X被例示为mary。此时显示屏显示出X=mary。

若询问 ?-likes(bill, mary), likes(mary, bill)。

此询问句有两个子目标,第一个子目标与④句匹配(有此事实),第二个子目标在搜索数据库过程中找不到有此事实,询问句里有一个目标不能成立时,询问失败,最后显示屏显示出: no。

术语解释:

(1) 关系名——又可谓词,如英文句子We study English(我们学习英语),三个单词在句中成分分别是主、谓、宾。若把谓词study放在句首便成为PROLOG语句: study(we, english)。把谓词放在句首叫前缀(本书用前缀形式表示,参考书中可用前缀、中缀、后缀表示,详见参考书第零章0.1节),PROLOG谓词不仅用动词,而且可以用形容词,

名词以及短语等等。

(2) 对象——又叫参量(或称变元、自变量、个体)。

(3) 模式匹配(简称匹配)。一个目标(或事实)与另一个目标(或事实)匹配的条件是:

1) 谓词相同;

2) 参量的个数相同;

3) 具备上述1)和2), 参量所在位置上的量才允许检测能否对应匹配, 如:

father(bill, X). bill(比尔)是X的父亲

father(Y, john). Y是john(约翰)的父亲

这两个事实匹配后: $X = \text{john}$, $Y = \text{bill}$.

(4) 事实和规则又统称为子句(规则是有头、有体的子句, 事实是仅有头而无体的子句)。

例1.2 请参看本书附录把例1.1转换成micro-PROLOG程序

本书PROLOG语法	micro-PROLOG语法
likes(mary, food).	likes mary food)
likes(mary, wine).	likes(mary wine)
likes(bill, wine).	likes(bill wine)
likes(bill, mary).	likes(bill mary)
look_for(bill, X):-female(X),	look-for(bill X) if fema-
likes(bill,	le(X) and lik-
X).	es(bill X)

转化成micro-PROLOG程序后, 请用本书7.2节上机操作。

例1.3 捉贼

- ① thief(bill).
- ② likes(mary, food).
- ③ likes(mary, wine).
- ④ likes(bill, X):-likes(X, wine).
- ⑤ steal(X, Y):-thief(X), likes(X, Y).

若询问 ?-steal(bill, X).

在数据库中搜索匹配过程如下:

(1) 询问句与⑤规则头匹配, ⑤头部 Y 与询问句 X 都是变量。由于位置相同, 因此叫变量共享, 若其中一个变量被例示, 另一变量也获得同样的例示。⑤头部另一变量 X 被例示为 bill, 传递至⑤第一个子目标得 thief(bill), 检测时与①符合。再把例示的 X 传递给⑤的第二个子目标中的 X。

(2) 这时⑤的第二个子目标为 likes(bill, Y), 它首先与④匹配, X 和 Y 变量共享, ④的体 likes(X, wine) 又与③匹配得出 X=mary。

(3) 上述(2)已使④的 X 被例示为 mary。这时与它匹配的⑤中第二个子目标里 Y 也被例示为 mary, 再由右至左传递至⑤的头部 Y (也例示为 mary)。

(4) 由于询问中 X 是与⑤头部 Y 变量共享, 这时由于 Y 被例示为 mary, 使得 X 也被例示为 mary, 所以显示屏出现:

X=mary

即 bill 偷 mary。这个结论是 PROLOG 推理得出的, 前提是 bill 是贼, 另外, bill 喜欢喝酒的那个人。

附注: 谓词拥有一个参量的是一元, 拥有两个参量的是二元, 以上介绍了一元和二元的关系。当然也可有更多的元, 如三元:

`parent(F, M, X)`. 即F和M是X的双亲。

`gives(bill, mary, book)`. 即比尔给玛丽书。

参量所在的位置。是用户自己布置的顺序，一旦约定后，程序中每个子句全应按一致的约定来布置，不能自相矛盾而不统一。

习 题

1. 若对例1.1的程序提出如下询问：

(1) ? `-likes(bill, X)`.

(2) ? `-likes(X, wine)`.

(3) ? `-female(bill)`.

试自我模拟程序运行，给出每个询问的回答。

2. 若对例1.2程序提出如下询问：

(1) ? `-steal(mary, X)`.

(2) ? `-likes(X, Y), likes(X, wine)`.

试在指定的数据库里搜索匹配，给出询问的答案

第二章 自动搜索和回溯

在讲过的例子中已牵涉到自动搜索、模式匹配和回溯，再用例子加以补充和阐述，前面所举的例子都是用英语，其字母或字符都是键盘上具备的。因此，我们可改用汉语拼音编写事实、规则和询问，或英语单词和汉语拼音单字混合使用，程序员约定即可。这样可把 PROLOG 语言推广到只具备粗浅英语知识的读者中。

第一节 用例题来阐述自动搜索和回溯

例2.1 爱情关系数据库(请读者把中文改为汉语拼音)

- ① 男性(赵).
- ② 女性(钱).
- ③ 女性(孙).
- ④ 喜欢(赵, 钱).
- ⑤ 喜欢(赵, 孙).
- ⑥ 喜欢(孙, 赵).

⑦ 相爱(X, Y):
 $\begin{matrix} & A & B & C \\ \text{—男性}(X), & & & \\ \text{女性}(Y), & & & \\ \text{喜欢}(X, Y), & & & \\ & D & & \\ \text{喜欢}(Y, X), & & & \end{matrix}$

⑧ ?-相爱(赵, X).

当键入询问⑧时，在数据库里至顶向下，从左到右自动

搜索。若规则中从左到右正向搜索失败时，需从右到左逆向搜索，这叫回溯(“溯”字“逆”的意思，倒退之意)。其执行过程如下：

⑧→与⑦匹配，⑦头部X为赵→⑦A的X为赵→⑦A 在数据库中至顶向下搜索匹配(检测)，与①匹配成功(即得到证实)→⑦B在数据库中自顶向下搜索时，首先与②匹配成功，Y被例示为钱→⑦中已被例示的X和Y传递至⑦C→这时⑦C为喜欢(赵，钱)，与④得到证实→再从左至右传递至⑦D，即喜欢(钱，赵)，而搜索验证时，数据库中并无此事实，所以失败，失败则引起回溯：

从⑦D→⑦C，而⑦C中的X，Y仍由其左则传递来的→⑦B中的Y刚才为钱，说明不对，要解脱掉已例示的钱，重新匹配，而上次指针指向②。由于回溯，指针下移与③匹配，这时⑦B的Y为③句的孙。逆向回溯至此，换了个Y的例示(孙)，再正向从左至右验证对否→⑦C为喜欢(赵，孙)与⑤符合，得到证实→⑦D为喜欢(孙，赵)与⑥匹配得到证实，至此已成功。把⑦D的Y为孙→传送给⑦句头部的Y(Y也为孙)→⑧中的X由于和⑦句头部Y共享，所以⑧中X被例示为孙，其结果显示为

X=孙

用PROLOG推理结果为赵和孙相爱。

例2.2 在舞会上每个男孩都和每个女孩跳一次舞

```

      A      B      C
①  wu_ban(X,Y):-boy(X),girl(Y),write(X,
      D      E
      'and',Y),nl,fail.
```

- ② boy(m1).
- ③ boy(m2).
- ④ boy(m3).
- ⑤ boy(m4).
- ⑥ girl(w1).
- ⑦ girl(w2).
- ⑧ girl(w3).
- ⑨ ? -wu-ban(X,Y).

解释例2.2程序

(1) 内部谓词——是系统里带的谓词，它的功能已约定好，用户不能改变，又称固有谓词。如：write是输出谓词，可在屏幕上显示出具体的内容。用单引号括起来的是按原样显示。

nl是换行谓词，遇到它便自动换一行。它是只有谓词（不带对象）的子目标。

fail是失败，该子目标也仅有此谓词作为子目标，遇到它说明该子目标失败，失败则引起回溯（强制回溯）。

以上内部谓词仅能满足一次，即仅成功一次，一次性的动作，即回溯到它时不再被满足，不再动作，除非再从左至右正向在遇到它时，它可重新被满足，再执行一次动作。

(2) wn_ban是汉语拼音“舞伴”，boy和girl是谓词，表示男孩和女孩，m1—m4是男孩名字，w1—w3是女孩名字。

(3) 第一个子句是规则，规则体有五个子目标，为了分析方便，我们约定该五个子目标从左至右分别用A—E表示。

(4) 自动搜索求解过程如下：

⑨与子句①头部匹配→子句①第一个子目标A与②匹配，X为m1→①B与⑥匹配，Y为w1→①C输出X和Y，即