

# 一种语义网络

王珏 戴汝为

(中国科学院自动化研究所)

## 摘 要

本文提出了一种语义网络。它是以模式识别中的语义句法方法<sup>[1,2]</sup>为基础,结合专家系统研究中发展的专家工具网络(ETN)<sup>[1,2]</sup>而形成的。

网络的基本单元是知识块(Course),每个知识块由上下文无关的属性文法描述。为了描述整个网络,对属性文法作了如下的扩展:(1)将导出树的节点标号、“支”标号理解为可加以描述的概念;(2)在属性文法中引入控制策略。这种网络结构不仅可用在模式识别的“模式描述”中,而且可用于人工智能的知识表达。

## 一、引 言

人类进行模式识别的方法与以传统的决策理论方法(统计法)为基础,用机器对模式分类的方法有很大的差别。人具有对模式分析与理解的能力,这种能力来源于人类长期经验的累积。在进行分析与理解时充分利用知识是提高机器识别能力的自然且有效的方法。这样由模式描述型的模式识别进入知识型的模式识别将是不可避免的事。

本文试图以近年来模式识别研究中发展起来的语义句法方法为基础加以开拓与推广,引入变元间的关系及属性关系描述,并与研究专家系统过程中发展起来的专家工具网络(ETN)结合起来,形成一个描述“模式”及表达“知识”的模型,这样就可以统一观点,对模式识别中的“模式描述”及人工智能中的“知识表达”给出一个一致的说明。

用属性文法描述模式的方法已为人所知,本文将不再作详细阐述。本文主要讨论如何以属性文法为基础,进行适当的扩展使其不但可以描述模式,而且可以成为知识表达的工具。

建立这样一个模型的基点是把现有的属性文法加以扩展,把模式的基元推广到“概念”。这里仅局限于对某些论域进行讨论。某个论域内的概念指的是表面结构为一符号串,它的语义由计算机可接受的形式——其它符号串(概念)加以描述(这里,“不需描述”可理解为“空描述”)。虽然这种说法并不十分严密,但它却概括及反映了某些论域的情况。例如,在建立中医儿科咳喘会诊专家系统中,小儿常见病是一个“概念”,可由咳喘、发

本文于1985年2月13日收到。这项工作得到国家自然科学基金资助。

1) 王珏、计小玲, ETL: 一个建立知识库的工具语言, 中国科学院自动化所技术报告, 1984.

2) 王珏、计小玲, 一种语义网络的结构及其形成方法, 中国科学院自动化所, 自动化资料 83, 1984.

热或腹泻等“概念”描述,而咳喘又可由内热犯肺、痰热闭肺或百日咳等“概念”描述<sup>1)</sup>,如图 1 所示. 由此构成了一个语义网络.

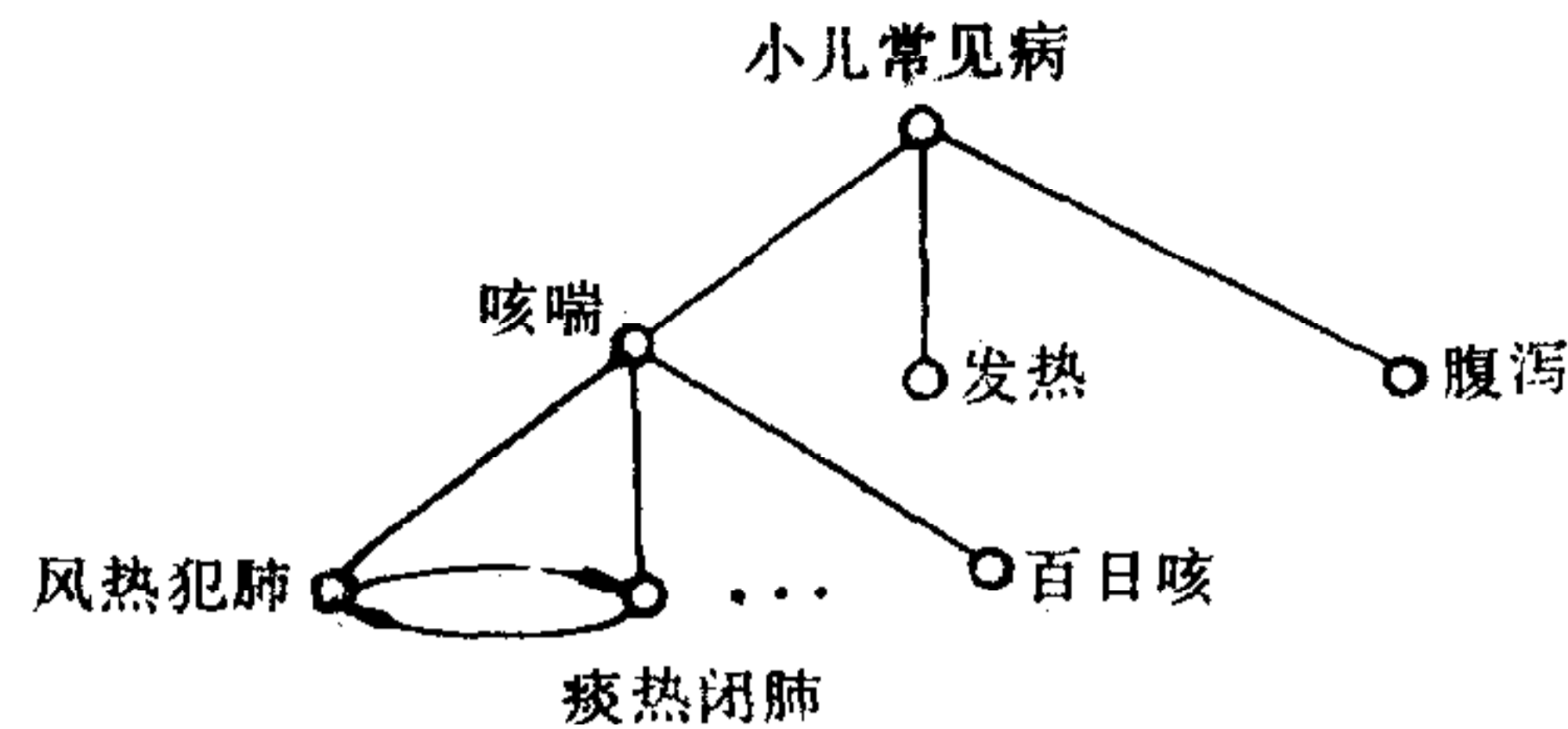


图 1

这里通过语义网络描述所提出的模型是以对节点标号描述所形成的知识块 (Course) 为基本单元. 语义网络中的节点标号、“支” (Branch) 标号及控制策略被理解为“概念”. 一个知识块由一个上下文无关属性文法描述. 若干个 Course 可以构成一个更复杂的知识单元,称为层 (Layer),多个层可以构成一个更复杂的知识单元,称为 KBN (Knowledge Bank Network),多个 KBN 构成整个系统. 层与层, KBN 与 KBN,知识块与知识块之间的关系描述同样可使用本文所提出的扩展了的属性文法,它将是一个自动程序设计员的基础<sup>2)</sup>. 而在这类语义网络中的原语将是“当前不需定义的概念”,机器语言(包括被高级语言扩展的语言)及用户定义的原语(过程).

## 二、模式识别的语义、句法方法

从句法模式识别的观点来看待模式,着眼于一个模式如何由若干子模式构成,子模式又如何由更小的子模式构成等等. 各部分之间的关系非常重要. 另外还考虑各种属性,如基元属性,关系属性以及语义规则等,综合起来就形成采用属性文法对模式进行描述的语义、句法方法. 一般采用属性链及属性树两种类型的文法.

下面对属性文法作一简短回顾.

一个上下文无关属性文法是一个上下文无关文法的推广<sup>[1]</sup>,表示为  $G_a = (V_N, V_T, P, S)$ . 其中  $V_N$  是一个非终止符集合;  $V_T$  是一个终止符集合;  $S$  是  $V_N$  中的一个特殊符号;称为起始符. 对于每个  $x \in (V_N \cup V_T)$ , 存在一个代表  $x$  的属性  $A(x)$  的集合. 对于  $A(x)$  的每个值  $\alpha$ , 有一个可能的值  $D_\alpha$  的有限或无限集合.  $P$  是产生式的集合,产生式由两部分来表达: 1) 上下文无关文法形式表达句法规则; 2) 语义部分包括基元属性、连接属性、属性关系描述及语义规则. 产生式的形式为

句法部分:

$$x_0 \rightarrow x_1 x_2 \cdots x_m. \quad (2.1)$$

其中  $x_0 \in V_N$ ,  $x_i \in V_N \cup V_T$ ,  $i = 1, 2, \cdots, m$ .

1) 田禾,周国栋,在 GTS 模型上定义的中医儿科咳喘系统 TCCS,西北大学研究生论文,1985.

2) 王珏,尹立群,一个自动程序设计员的原理,中国科学院自动化所,自动化资料 94,1985.

语义部分：

(a)  $x_i$  的属性  $A(x_i)$ ,  $x_i \in V_N \cup V_T$ ;

(b) 语义规则, 与产生式相对应的表达式

$$\alpha_i \rightarrow f_i(\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{im}), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (2.2)$$

其中  $\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\} = A(x_0) \cup A(x_1) \cup A(x_2) \cup \dots \cup A(x_m)$ . 每个  $\alpha_{ij} (1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n_m)$  是某个  $x_k, 0 \leq k \leq m$  的一个属性.  $f_i$  可以是一个映射、一个函数或一种算法.

(c)  $x_0, x_1, \dots, x_m$  之间的关系属性  $R(x_0, x_1, \dots, x_m)$  是  $(m+1)$  个变元之间的关系, 可以变换为一些二元关系的组合. 关系属性起着重要的作用. 通过关系属性可以清楚地了解属性文法中句法部分和语义部分两者之间的折衷关系<sup>[1]</sup>, 这样就可以利用语义信息来简化句法结构.

在以上讨论中, 对式(2.1)的产生式作不同解释, 就得出属性链文法及属性树文法. 如果把式(2.1)的产生式写成 Greibach 标准形

$$x_0 \rightarrow a x_1 x_2 \dots x_{m-1}, \quad (2.3)$$

其中  $a \in V_T, x_i \in V_N, i = 1, 2, \dots, (m-1)$ , 且给  $V_T$  中的每个终止符定义一个阶  $r(a)$ , 并用树的形式表达(图 2). 关系属性为  $r_i(a, x_i), i = 1, 2, \dots, (m-1)$ .  $R_i(x_{i-1}, x_i), i = 1, 2, \dots, m-2$  以及  $R_i(x_{m-1}, x_1)$ , 这样就得到了树文法. 树文法是二维的文法, 所产生的树状结构的每个节点都是终止符标号, 而不象属性链文法的导出树那样, 除了树的前沿节点用终止符标号以外, 均是用非终止符对节点标号.

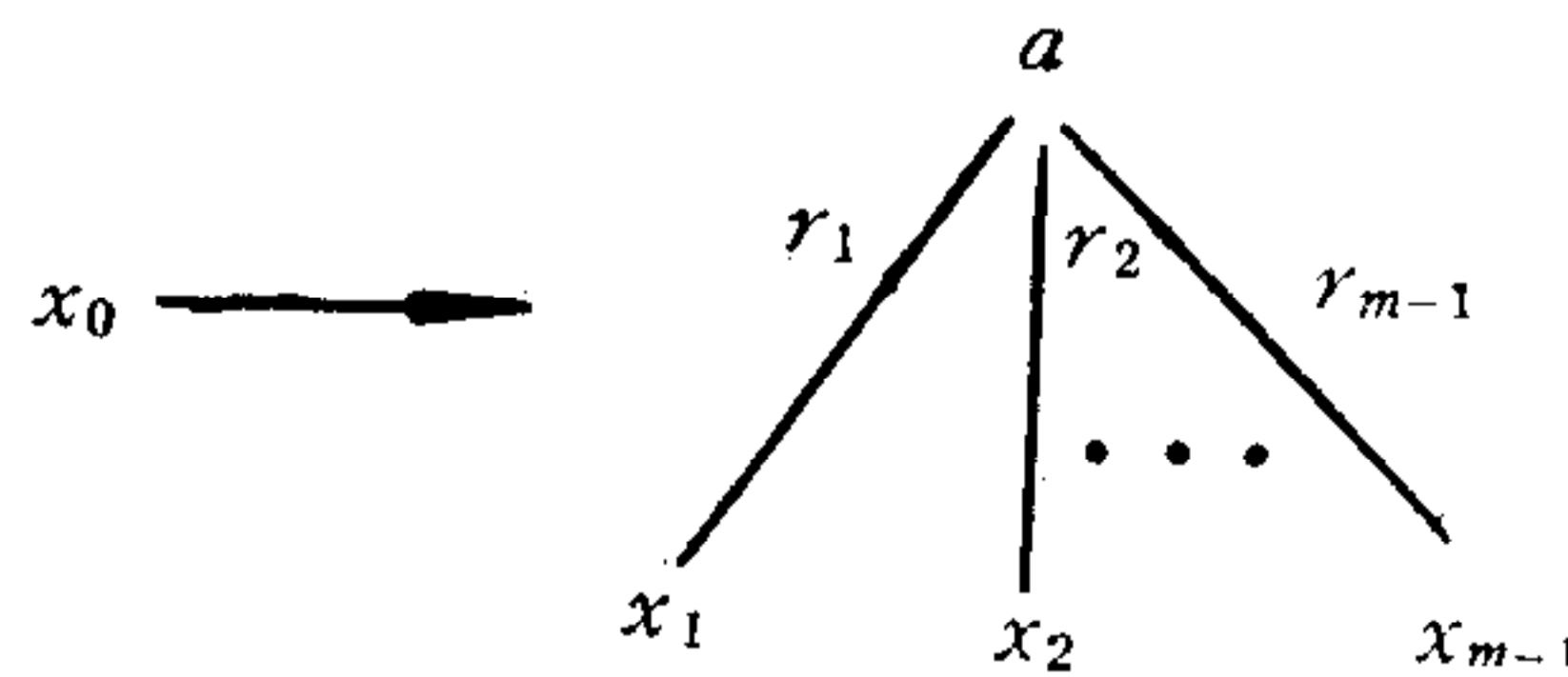


图 2

### 三、知识块及建立知识块的算法

#### 1. 知识块

将上述的属性文法进行扩展, 以利用不同类型的“概念”描述形成知识块. 这里“概念”是指它的表面结构是一个符号串, 这个符号串的语义可由计算机接受的形式——另一些符号串(概念)来描述(“不需描述”理解为“空描述”). 在一个知识块中, 所使用的“概念”对一个系统来说, 具有不同的性质与功能, 它们分别表示了实体、实体之间的关系, 属性及属性的关系等描述.

首先, 按前一节所述, 用属性文法描述一个语义网络.

$$G_a = (V_N, V_T, P, S).$$

其中  $V_T = VUT$ ,  $V$  是系统中不需描述的“概念”的有限集,  $T$  是一个过程 (Procedure) 的有限集.  $V_N$  是可描述的“概念”的有限“概念”集.  $P$  是产生式的有限集. 每个产生式由两部分组成: 一是上下文无关的句法部分, 另一个是包括语义属性与控制策略的语义部分. 每个产生式所对应的结构如图 3 所示. 其中  $V_0, V_1, \dots, V_r$  是概念 (实体),  $A_i$ ,

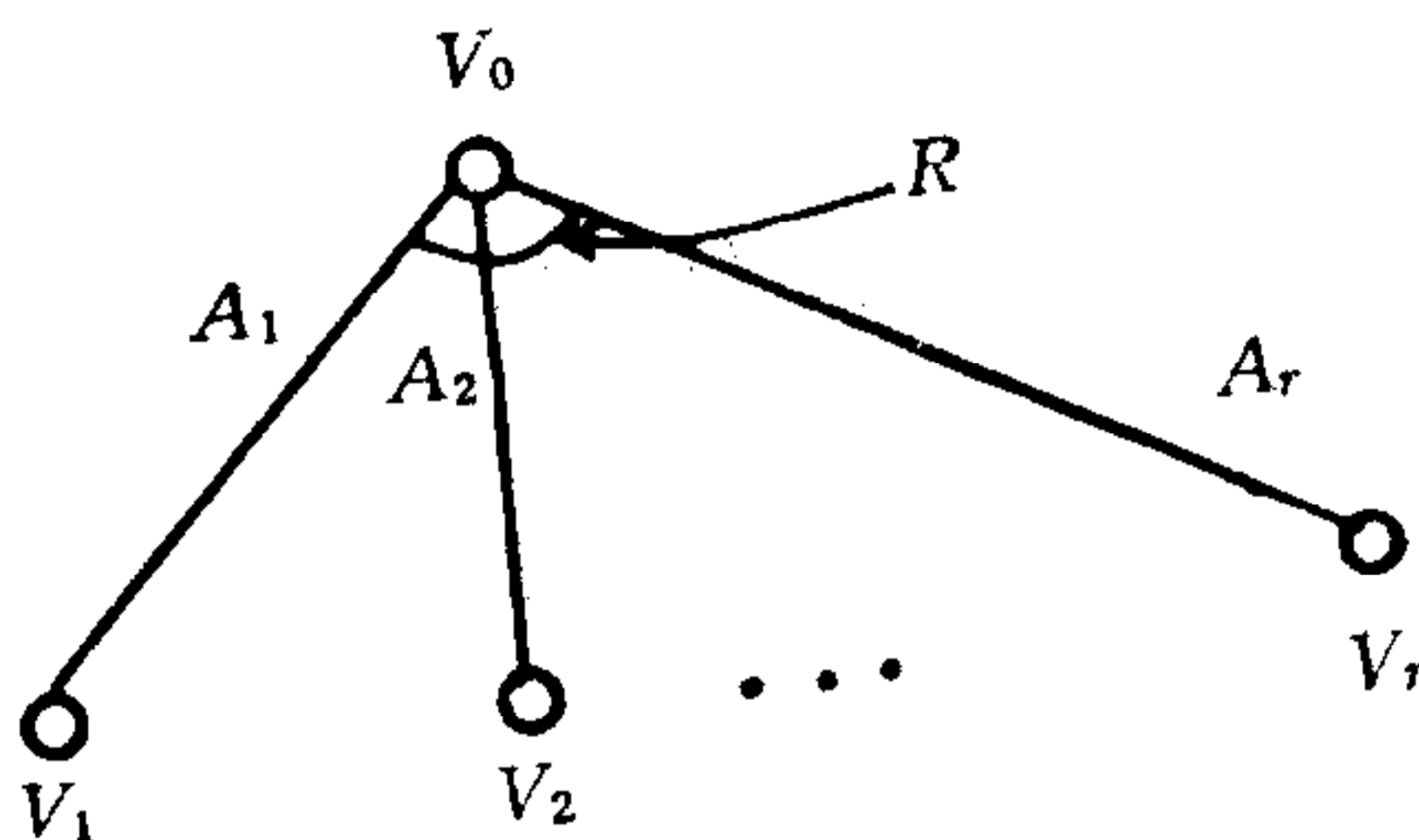


图 3

$i = 1, 2, \dots, r$  是语义属性 (作为节点  $V_0$  与  $V_i, i = 1, 2, \dots, r$  间的连线的标号, 也是“概念”),  $R$  表示  $A_i$  之间的关系描述, 称为控制策略 (在图 3 中,  $R$  也被表现为概念).

图 3 中, 有三类不同性质及功能的“概念”:

- 1) 在网络中作为节点的“概念”; 记为  $N$ ;
- 2) 在网络中作为语义属性的概念, 记为  $B$ ;
- 3) 在网络中作为控制策略的“概念”, 记为  $R$ .

如果上述属性文法  $G_a$  中的  $V_N$  定义为非  $V_T$  的  $N$  类概念, 上述文法事实上就给出一个知识块的定义. 由此一个知识块可被描述为: 知识块是由对  $N$  类概念进行描述所形成的一个带有属性标号的树状结构, 即以图 3 所述形式的产生式, 从  $S$  开始, 然后对  $V_i$  进行替换, 直到最后的叶子用数值、过程或在一个系统中“不需描述”的概念来表示, 就形成了一个知识块.

上述的描述, 概括了通常广泛采用的 Frame-like 形式, 而且有所发展. 在建立一个知识系统时, 针对某一具体论域内的专家知识, 可以通过对  $N$  类及  $B$  类概念的描述而给出, 而  $R$  类概念则反映所采用的控制策略及知识. 这种结构的 Frame-like 形式如图 4 所示. 这与传统 Frame-like 的区别在于显现地以“概念”的形式引入控制策略这一重要项.

这里概括的形式是以 ETL, ETN 为背景的. 在 ETL 中有五类不同性能的 Frame, 分别为 Course, Concept, Rule, Set 及 Procedure 供专家使用. 就其结构来说是完全相同的. 在 ETL 中  $V$  称为值, 这些值可通过数据句型、算法句型与陈述句型作更进一步的描述, 这些句型的结构是上下文无关的形式.

知识块的形成过程是基于  $N$  类“概念”进行描述. 但在网络中的其它两类概念, 同样也是可描述的 (如果某个“概念”已是原语, 则对这个概念仅有一个空描述), 方法是将它们分别作为起始节点 (即变为  $N$  类概念), 利用图 3 所述形式产生一些知识块. 对  $B$  类概念的描述产生一个新的 KBN.

知识块是一个完整语义网络的基本单元, 它的建立过程是这个语义网络的形成基础.

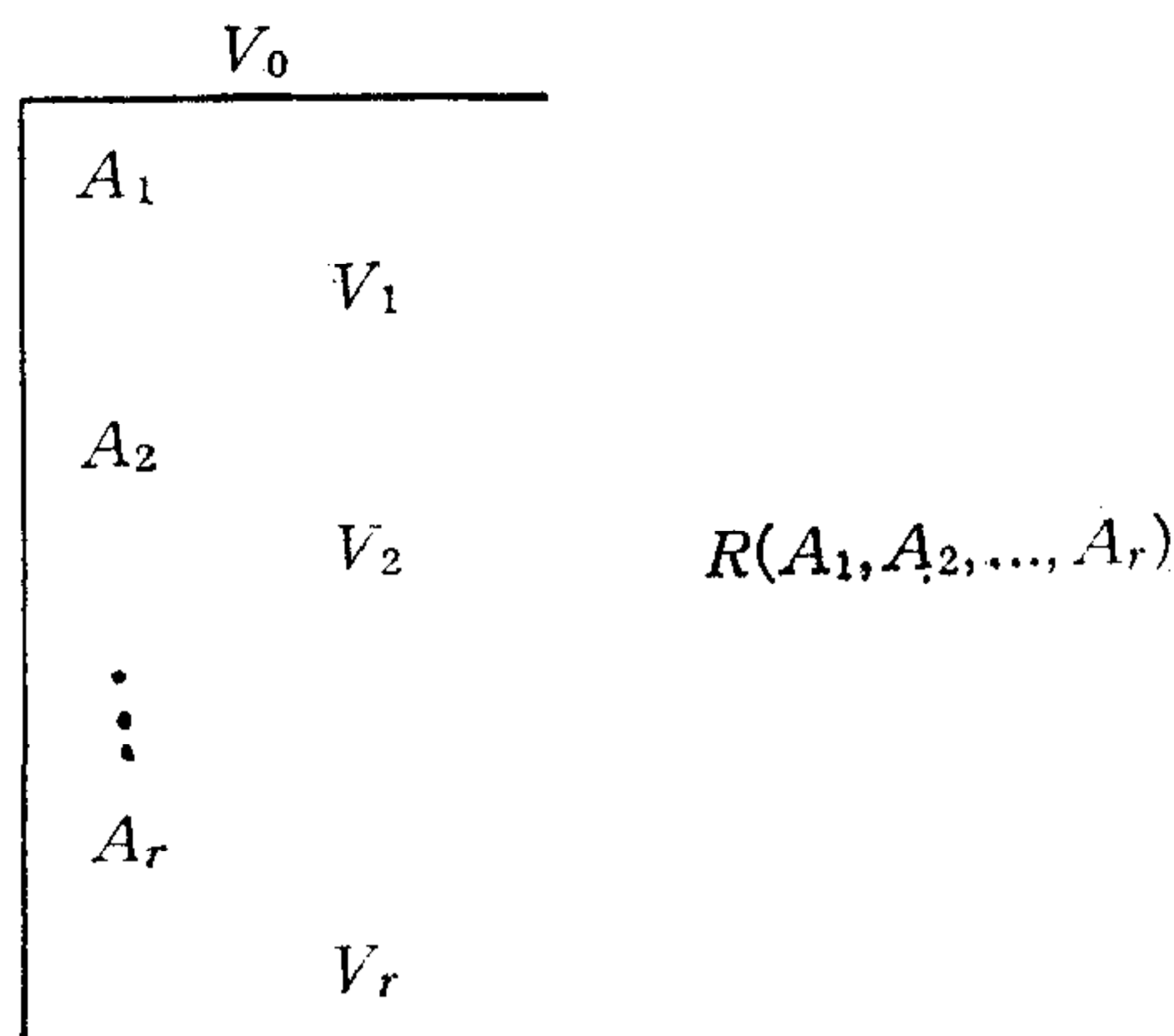


图 4

## 2. 建立知识块的算法

本节将从人工智能的角度给出一种建立知识块的算法。

在属性文法  $G_a$  中, 已经给出了知识块的产生式 (图 3), 它的实际意义是: 一个概念可以通过机器可接受的形式——其它概念来描述。但为了更好地使用知识块, 在建立知识块时还要给出另外两类规则:

1) 唯一性规则。为了保证在形成的知识块中, 每个  $N$  类概念只出现一次, 必须将重复出现的同一“概念”合并成在网络中的同一节点。

2) 替代性规则。它直接派生于属性文法产生式, 即表现了对“概念”的描述。为了保证替代时数据类型的一致性, 必须给出相应的替代准则。

以上两类规则在 ETL 中统称相容性机制。

下面用 LISP 语言形式给出建立知识块的算法:

- (1) (DEFUN 建立知识块 (LC))
- (2) (PROG (LC1))
- (3) (COND ((NULL LC))
- (4)       (把语义属性概念收集在 B))
- (5)       (把控制策略概念收集在 R))
- (6)       (T (SETQ LC1 (CAR LC)))
- (7)       (COND ((匹配唯一性规则 LC1))
- (8)               (合并))
- (9)       (建立知识块 (CDR LC)))
- (10)       (T (COND ((匹配替代性规则 LC1))
- (11)               (描述概念 LC1))
- (12)       (加新概念到 LC1))
- (13)       (收集语义属性概念 B))
- (14)       (命名控制策略概念 R))
- (15)       (建立知识块 (CDR LC)))
- (16)       ))))))

这是一个递归的算法, (9) 及(15)是递归的形式; (7)与(10)是相容性机制; (11)是描述一个  $N$  类“概念”, 注意这个操作中包括“空描述”; (12) 把在描述某一个概念时所使用的, 但至现在还未被描述的概念送入 LC; (13) 与(14)将收集及命名语义属性概念及控制策略概念。注意, 在这个算法的起始状态, LC 表中将有一个或几个起始状态。而整个算法将在 LC 为空时结束。由于在式(11)中包括了空描述, 事实上这些要求空描述的概念将直接从 LC 中删去, 并转入递归运行。

## 四、例 子

本例来自于一个称为 SHOCK 的医疗诊断系统。由于篇幅所限, 主要通过对休克综合症的描述说明语义属性及控制策略的概念。至于系统的详情在其它地方有所讨论<sup>1)</sup>。

SHOCK 医疗诊断系统是对休克综合症及其病因进行诊断的医疗会诊系统, 系统以疾病描述为单元构成 Frame。每个 Frame 带有症状、体征、病因、并发症、鉴别诊断、类型及推荐治疗等语义属性概念。图 5 为对休克综合症描述的略图。从休克概念开始, 对  $N$  类概念进行描述。这将构成一个知识块, 以后可以分别描述“类型”、“症状”等语义属性概念, 由此得到一系列的知识块, 并由此构成新的“层”。

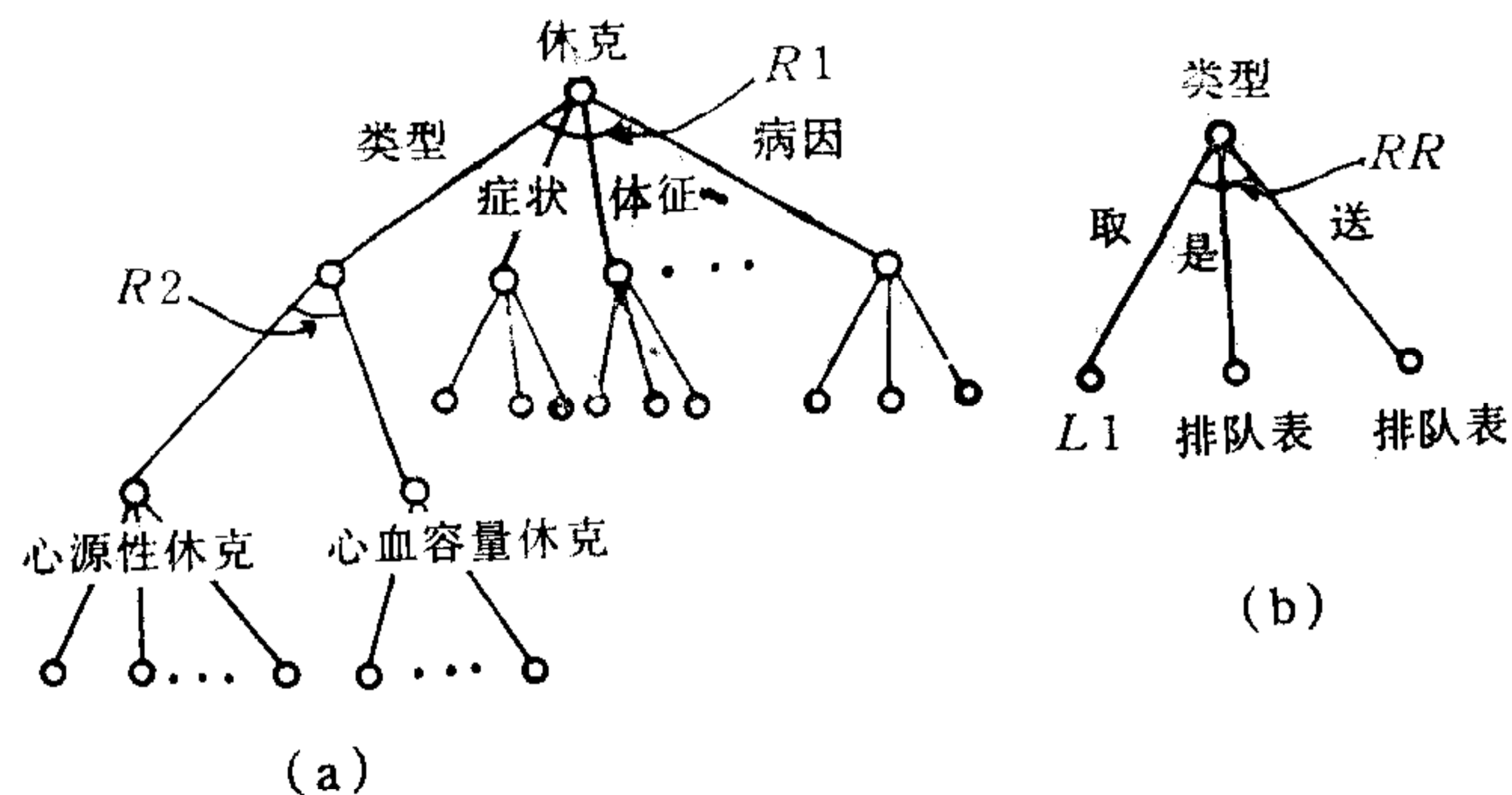


图 5

图 5(b) 中, “取”、“是”及“送”等概念可采用 LISP 函数直接描述

“取”: CAR;

“是”: 空操作;

“送”: CONS.

至此形成一个 KBN.

在描述 KBN 时产生了 R1, R2 及 RR 等控制策略概念。在描述这三个概念时形成了三个知识块, 并由此组成另一个 KBN.

下面描述 R1 及 RR 两个概念.

R1:

IF: “症状”+“体征”+“病因”>85,

1) 王珏, MDM 模型上定义的休克医疗诊断系统, 中国科学院自动化所技术报告, 1982 年 3 月.

THEN: 执行“类型”,  
 ELSE: 送“休克”到不可信表.  
 RR:  
 IF: (“取” L1) 不在排队表,  
 THEN: “送” L1 到排队表.

显然,在描述 R1 及 RR 时,也同样会产生语义属性概念及控制策略概念,这里不仔细阐述.

由此可形成整个系统. 必须指出的是在多个 KBN 的描述过程中,会产生一些全程变量,例如“排队表”,这类概念可给出一个特殊的描述与连接方法. 即将这些概念作为根结点,并描述它们的数据结构及在其上的操作,由此形成独立的知识块. 它与主网络的连接将成为另一类连接.

## 五、几点看法

(1) 专家系统方法是模式识别的一种<sup>[3]</sup>. 这样在模式识别中将有三种方法: 决策理论(统计法)法,句法方法及专家系统方法. 属性文法可以把前两种方法有机地结合起来. 本文的意图是以属性文法为工具,建立适合某个论域的一种语义网络,以把模式识别中的模式描述与专家系统中的知识表达统一起来.

(2) 本文推广了属性文法,引进了语义属性及控制策略. 推广后的属性文法作为构造语义网络的基础.

(3) 本文所引入的控制策略 R,可以看成用概念加以表达的一种启发式知识,这对于从以往的描述型模式识别过渡到知识型的模式识别可能会有些启发性作用.

(4) 这里所建议的方法,使得网络的表达变得更清楚,从此可容易地给出获取知识的算法. 另外以这种网络为基础的程序变换也容易实现.

(5) 对专家系统来说,这类网络可事先给出,推理可在这个网络中进行. 这种方法与传统的专家系统设计的区别在于采用多级结构的知识块,因此可将推理模式的设计看作各个知识块的连接. 基于知识块的特点,这项工作完全可由自动程序设计员完成.

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Tai, J. W. and Fu, K. S., Semantic Syntax-Directed Translation for Pictorial Pattern Recognition. Proc. 6th Intl. Conf. on Pattern Recognition Oct. 1982, Munich Germany.
- [ 2 ] Tai, J. W., A Syntactic-Semantic Approach for Describing Chinese Characters, Computer Processing of Chinese and Oriental language, 1(1984), No. 3.
- [ 3 ] Ishizuka, M., Fu, K. S. and Pyao, J. T., SPERIL An Expert System for Damage Assess of Existing Structure, Proc. of 6th Int. Conf. on Pattern Recognition, 1982.

## A TYPE OF SEMANTIC NETWORK

WANG JUE    TAI JUWEI

*(Institute of Automation, Academia Sinica)*

### ABSTRACT

On the basis of syntactic-semantic method of pattern recognition, and in association with expert tool network developing for expert systems, a type of semantic network is proposed in this paper.

The basic element of the network is called COURSE. Each COURSE is described by an attributed context-free grammar. In order to describe the semantic network, the attributed grammars are expanded as follows: (1) The node labels as well as branch labels are realized as concepts which can be described by other concepts; (2) Control strategies are introduced into an attributed grammar explicitly.

Such semantic network not only can be applied to pattern description, but also can be applied to knowledge representation.