

# 模型描述语言 NUMDL 的设计与实现

陈世福 樊莉萍 徐殿祥 陆庆文

(南京大学计算机科学系, 南京 210008)

## NUMDL: A MODEL DESCRIPTION LANGUAGE

Chen Shifu, Fan Liping, Xu Dianxiang and Lu Qingwen

(Computer Science Department, Nanjing University, Nanjing 210008)

**Abstract** Model Description Language NUMDL is an important part of JSEIDSS which is an intelligent decision support system. NUMDL provides a tool for model building and model management. It's so powerful as to concisely describe concepts and formulas of model, and it has some distinguishing features. This paper describes its design and implementation.

**摘要** 模型描述语言 NUMDL 是智能决策系统 JSEIDSS 的一个重要组成部分。它为系统模型的建立和管理提供了很好的工具。NUMDL 语言功能强, 描述概念和数学公式简明, 易写易读, 且有一定的特色, 本文介绍它的设计与实现。

### § 1. 引言

在决策支持系统 (DSS) 中, 对模型的直接管理与建模活动是它区别于一般管理系统的一个重要标志。模型的建立与管理在很大程度上影响系统的功能、性能及实用程度。现有的 DSS 中, 模型的定义和管理多数采用过程式的表示方法, 程序的可读性、编写和修改的方便性受到了限制。较流行的决策支持软件产品 IFPS<sup>[3]</sup>、EXPRESS 和 GPLAN 系统<sup>[6]</sup>均没有提供与知识库的连接功能, 从而没有符号处理能力, 此外缺乏图形描述功能。为此我们在研制 JSEIDSS 时, 在分析系统需求的基础之上设计并实现了模型描述语言 NUMDL, 它把数值计算、数据处理、知识库、推理和人机交互融为一体。它采用受限的自然语言形式, 为模型的定义、操纵提供了方便的工具, 基本上解决了决策支持系统的需要。它较少涉及程序设计的技巧, 因而模型开发者无须对计算机有很深的了解就可用来建立模型。本章将介绍它的设计与实现。

### § 2. NUMDL 的功能与特点

本文 1990 年 10 月定稿。作者 陈世福 系南京大学教授, 主要从事人工智能、知识工程和图象处理方面的研究工作。樊莉萍, 副教授, 主要从事专家系统和决策支持系统方面的研究工作。徐殿祥, 硕士毕业于南京大学, 主要从事人工智能, 专家系统和决策支持系统等方面的研究工作。陆庆文, 工程师, 硕士, 主要从事人工智能和决策支持系统方面的研究工作。

NUMDL 的设计充分地考虑到能源应用领域的特点,同时也兼有通用性的特征,使之便于扩充.它特别适合于能源、金融、财务等领域的时间序列等分析方法. NUMDL 有如下几个功能特点:

1. NUMDL 是灵活的二维表格的定义、操作语言,它能对空表栏进行管理.用它建立模型就象定义、操纵一张二维表格.

2. NUMDL 是描述性建模语言,支持建模者的思维过程.用户可用受限的自然语言描述模型的功能,可读性好、方便模型的编制与修改.它支持从底向上、自顶向下的程序设计方法.

3. 可与知识库双向连接,增强了系统的符号处理能力.模型中的数据可引用作用于知识库上的推理结果,而模型的运算结果亦可作为推理的输入数据.

4. NUMDL 有丰富的内部函数和过程.它为模型的建立提供多种方法,如:线性回归、预测、指数目标寻求等.这些函数和过程决定了 NUMDL 较宽的应用领域.

5. 图形支持.如直方图、线性图和饼图等.它是由描述性过程语句提供的,此外系统还可与其它图形应用软件接口.如可显示通过数字化仪输入并加工的图形等.

6. 提供了与其它模型文件、数据文件以及数据库系统 FOXBASE 文件的接口,使得能共享数据及支持多种决策方案.

7. 函数及过程采用灵活可变的参数描述,即其参数个数是可变的.

8. NUMDL 具有错误检查功能.

NUMDL 的上述功能表明,它能为能源及其它应用领域模型的建立提供较为完整的工具,能够方便地为模型开发者使用,也易于实现对模型实行按名管理.

### § 3. NUMDL 的结构设计

用 NUMDL 编制的模型程序可分为两部分:说明部分和体部分,如图 1 所示.说明部分用以定义表格的栏目数及栏目名,体部分描述模型的功能.

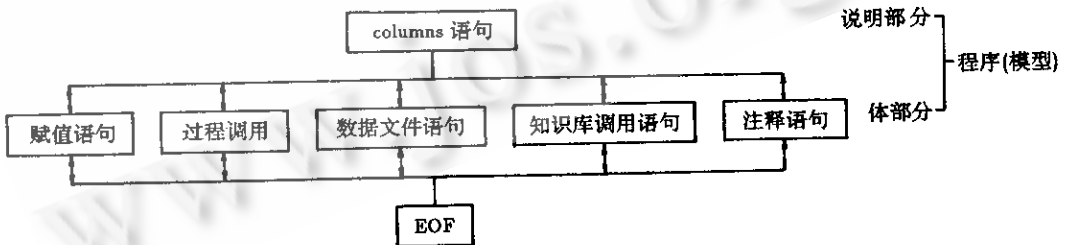


图 1 NUMDL 语言的结构

#### 1. 列说明语句

格式是: COLUMNS < 起始栏 >..< 终止栏 >                    或  
COLUMNS < 栏目 1>,< 栏目 2>,...,< 栏目 n>

体部分由下列几种类型语句组成，由于 NUMDL 是描述性的，这些语句的顺序是不受限制的。

### 2. 赋值语句

< 变量 > = < 表达式 > [FOR < 数字 > ] { ; < 表达式 > [FOR < 数字 > ] }

赋值语句定义了表格的某数据行，它是传统赋值语句的扩充。与一般程序设计语言不同的是，它对应于一个或多个表达式，其中表达式后缀 FOR < 数字 > 定义了某表达式计算的次序。须指出的是：(1) 该表达式每次求值结果未必相同，它依赖于变量所对应的表格栏的值。(2) 表达式可以是普通程序设计语言中条件表达式的变形。(3) 表达式可引用在其所赋值的变量。(4) 表达式中的变量形式很灵活，它允许带有特定的前后缀。

### 3. 过程调用

< 过程名 > (< 参数表 > )

过程有两种：一种是只有实参数的过程，主要是图形方面的，它不影响表格的数值。另一种是有变参的过程调用，它在功能上相当于若干个赋值语句，即它顺序地定义了表格的若干行。另外它与一般程序设计语言的过程调用也不同，即它的过程参数的个数是可变的。

### 4. 数据文件语句

@ < 数据文件路径 > [ < 说明 > ]

定义数据文件的目的是为了实现模型之间数据的共享以及为同一模型使用不同的数据提供方便，同时也是为了利用已有的数据库。数据文件有三种格式：(1) 模型文件；(2) 数据正文文件；(3) FOXBASE 数据库文件。若是数据库文件，必须说明记录及字段。

### 5. 知识库调用语句

< 变量 > = KB < 文件路径 >

此语句可调用知识库及相应的推理机制，并将推理所得到的结果赋值给变量。它提供了一种模型与知识库的连接方法。

### 6. 注释语句

/\* < 注释内容 > \*/

注释语句相当于表格的说明，同时增强了程序的可读性。

## § 4. NUMDL 语言的实现

为快速、高效地执行用 NUMDL 语言编制的模型，我们采用了解释执行的方法。NUMDL 模型程序是按“从上至下、从左到右”的顺序执行的，其过程与人工填写一张表格有极多的相似之处，因而采用的主要数据结构是二维表格。填写表格某行时可能有以下几种情况：

- (1) 该行的值由多个数学表达式计算得到；
- (2) 该行的值依赖于其后某行的值，此时留下空表栏；
- (3) 该行的值可能引用数据(库)文件中的数据或调用推理的结果；
- (4) 该行是注释；

- (5) 函数调用可能连续增写表格的若干行;
- (6) 该行的值求出后须返回填写依赖于它的表格行;
- (7) 空表栏及其继承 (若表达式中的某变量对应的是空则其结果也为空).

NUMDL 描述性的实现主要体现在: 变量的形式很灵活, 它可以是由多个标识符或字符串组成, 其间的空格数目无关紧要, 而且变量可加一些前后缀约束, 这是根据表格特定栏目及时序处理的需要, 因此变量的表达更自然, 另外变量可先引用后赋值.

变量的引用关系可能是树形或网状的, 它们是用邻接表记录并管理的, 为加速解释执行速度并节省运行空间, 系统在适当时刻消除这些引用关系并验证是否存在循环引用.

为增强系统对表格的管理和辅助决策的能力, 系统中实现了较丰富的内部过程函数, 它们可分为四类:

- (1) 数学: 如 SQRT, LOG, LOG10, EXP 等;
- (2) 统计: 如 SUM(若干行的和), TOTAL(某若干列的和), STEDEV(标准偏差) 等;
- (3) 图形: 如 LINE(线图), PIESLICE(饼图), BAR3D(三维直方图);
- (4) 预测分析: 如 POLY(线性回归), TREND(预测), EXPGOAL(指数增长目标寻求) 等.

NUMDL 的实现采用分散的数据结构, 如正文链、注释链、二维表、邻接表等. 在这些数据结构上分别定义了若干操作过程, 对它们进行管理, 最后由屏幕显示程序将二维表及注释链结合起来输出或报告出错信息 (行号、错误代码、错误内容), 用户可按光标键控制显示的内容.

NUMDL 在解释执行完一个模型程序时可按命令行的方式接收对模型的追加描述, 这在欲用图形反映某些变量值随时序变化而变化的情况时非常有用, 同时系统提供了三种手段辅助决策:

- (1) WHAT\_IF: 当某一变量的取值发生变化时对结果的影响;
- (2) GOAL\_SEEK: 为达到某一目标, 某变量应满足什么条件;
- (3) ANALYSIS: 某变量取值受哪些变量的影响, 它亦有助于程序 (模型) 的调试.

## § 5. 应用实例

为了更好地说明 NUMDL 的特点, 现举一设计实例: 能源需求预测模型, 该模型用 NUMDL 语言描述如下:

```

COLUMNS 1978..2000
/*K 是人口增长系数, 假设前两年是 0.861%, 接着 10 年是 0.665%, 之后是 0.592% */
K=8.61/1000 FOR 3; 6.65/1000 FOR 10; 5.92/1000
人口 =9.625*EXP[K*COLUMN]
/* 假设人均产值每年增长 10% */
人均产值 =350; PREVIOUS * 1.1
/* 经济结构加权因子 G 取 5%, D 是能耗加权因子 */
G=0.05
D=4
/* 能耗比 1978 年为 6, 之后每年减少 5%, 转化比每年增长 10% */
能耗比 =6; PREVIOUS*(1-0.05)
转化比 =0.3; PREVIOUS*(1+0.1)
能源需求总量 = 能耗比 *(1+D*G)*(人口 * 人均产值) / 转化比 /10000

```

LINE(能源需求总量)

BAR3D(能源需求总量)

上述模型反映了 1978 年到 2000 年能源需求总量与人口数量、人均产值、能耗比等因素的关系，可以不断改变它们的数值来预测、分析能源需求总量，这样可用探索型预测方法根据各种可行对策探索上述各值的各种可能的定值目标，根据决策定值目标确定各种可行对策中的最优者。

### § 6. 结语

利用 NUMDL 语言能生成能源以及国民经济中半结构化或非结构化决策问题的各类数学模型。它用中西文 Turbo C 2.0 在微机上实现。我们把数值计算、数据处理、符号处理和人机交互融为一体，从本质上解决了能源智能决策系统的需要。大量模型实例运行的结果表明系统具有良好的性能，并已投入实际的应用。

### 参考文献

- [1] L.B methlie and R.H. Sprague, Knowledge Representation for Decision Support System, North-Holland,1984.
- [2] Efrain Turban, Decision Support System and Expert System, Macmillan Publishing Company,1988.
- [3] Paul Gray, Guide to IFPS Personal, McGraw-Hill Book Company,1987.
- [4] 王亚芬等编，《决策支持系统》，陕西科学技术出版社，1988.
- [5] 陈文伟等，“GFKD-DSS 决策支持系统工具”，计算机学报，1991,4.
- [6] 史忠植，《知识工程》，清华大学出版社，1988.