

# 一个程序设计训练环境的设计与实现

曹奎 (信阳师范学院)

**摘要:**针对程序设计的特点,本文提出了以示例教学和程序设计练习为核心的基于知识的程序设计训练系统 PTS,本文着重讨论它的系统组成、知识表示、知识库组织、错误诊断、学生模型、教学策略、示例环境和练习环境等几个方面的关键技术。

## 一、引言

本文讨论基于知识的程序设计训练系统 PTS 的设计和实现。它是一个基于微型机的智能程序设计教学系统(ICAI),在系统提供的教学训练环境下,通过示例学习和程序设计训练以辅助用户学习和掌握典型的程序设计技术。另外,系统具备完善的错误诊断和评价功能,以指导用户进行规范化程序设计(即遵循编码原则设计程序),培养良好的程序设计风格。

## 二、PTS 的系统结构

PTS 系统实质上是一个自含式的 ICAI 系统,它主要采用基于程序设计套式和标准程序设计模式的程序错误诊断技术,着重训练用户(本系统中称学生,下同)进行规范化程序设计,使学生掌握典型的程序设计技术和培养良好的程序设计风格;同时系统提供基于问题-目标的规格说明语言直接支持结构化程序设计方法。其系统结构框图如图 1 所示,各主要部分功能如下:

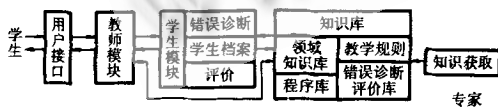


图 1 PTS 系统结构框图

### 1. 用户接口

是系统与学生交互作用的界面,采用菜单和窗口技术。

### 2. 教师模块

它具有有关程序设计课程结构、教学策略和人机交互

互等方面的知识,负责与学生通讯,进行正常的教学活动,为学生选题、监控和评价学生的行为。并在需要时提供帮助。学生可以自己选择教学行为和学习内容,也可由系统引导。

### 3. 学生模块

PTS 系统中的学生模块包含如下三个单元:

(1)错误诊断单元:发现和定位学生在程序设计练习或其它教学行为过程中的错误,诊断其它错误的表现和产生的原因,并以此做为下步教学决策的依据。

(2)学生档案维护:建立和维护学生学习过程中产生的档案信息,包括学生学习情况文件和学生错误记录文件。

(3)知识水平评价:依据学生学习档案对学生总的学习情况和有关程序设计和各个环节作出全面的评价,以此修改学生模块。

### 4. 知识获取

系统选定的知识表示方法将知识转换成内部形式。

### 5. 知识库

包括领域知识、教学规则库、套式库、模式库、程序库、诊断知识库和评价知识库等。

## 三、PTS 系统的设计

本节着重就 PTS 系统设计中的知识表示、学生模型、教学策略、错误诊断机制、示例环境和练习环境等几个问题进行讨论。

### 1. 知识库组织

PTS 系统的知识库包括领域知识、教学规则、错误诊断知识、套式和模板匹配知识、评价知识、套式库、模式

库和示例/练习库等。这里仅就其中几种知识的表示进行讨论,其余部分将在学生模型建立部分讨论。

(1)领域知识:领域知识是关于程序设计及语言的知识。本系统把领域知识分为若干个独立的概念,概念的表示采用框架表示法,所有概念框架构成一个框架系统。其中的一种框架表示形式如下:

```

框架名
AKO    VALUE  <值>
PROP   DEFAULT <特性表>
DEF    VALUE  <定义>
FRM    IF_NEEDED <语法格式>
USAGE  VALUE  <用法表>
ERR    VALUE  <典型错误表>
EXP    VALUE  <示例表>
REF    IF-NEED <参考框架名表>
    
```

(2)教法知识:采用产生式规则表示。由于不同教学单元的重点和难点不同,所以相应的教学规则也不同。有关程序设计练习(分支程序设计单元)的部分教学规则如下:

```

IF  本教学单元水平值=不及格
    THEN 建议示例教学或重新学习本单元
IF  本单元水平值=及格 THEN 系统做学习指导,练习
IF  本单元水平值=良好 AND 数据结构选择=及格
    THEN 练习(数据结构选择为重点的习题)
IF  本单元水平值=优秀 AND 程序设计风格=良好
    THEN 练习(侧重程序设计风格的习题)
IF  本单元水平值=优秀 THEN 提高练习题难度或
    建议进入新单元
    
```

(3)套式库、模式库、示例库和练习库:套式即程序设计套式表示程序设计的目标是如何实现的,它是按一定的语法由语句和目标进行描述的。由于套式是遵循编码原则优化设计的,它直接支持规范化程序设计和培养良好程序设计风格。因此本系统采用基于套式的程序错误诊断技术是具有针对性和实用性的,有利于学生学习和掌握典型的程序设计技术,对于程序设计训练问题特别适用。

一个有范围的处理读套式如图2所示,它包括四部分:Initinput表示初始输入;Mainloop表示主循环

;Process表示循环体;Next表示下一循环变量。

```

Sentinel Process Read Plan 套式名
CONSTANTS: ?stop
VARIABLES: ?new
TEMPLATE:
  Initinput:
    Subgoal Input (?new)
  Mainloop:
    WHILE ?new <> ?stop DO
      BEGIN
        Process: ?#
        Next:
          Subgoal Input (?new)
      END
    
```

图2 Sentinel Process\_Read Plan

套式库是套式的有限集合,套式的数据结构采用框架形式。套式库的组织采用基于功能的分类法,这样的组织有利于浏览和选择套式库中的套式。由于套式中可以含有子目标,套式的定义是嵌套的,在设计套式构成的框架系统时,充分利用框架的继承性并且允许一个框架结构可以是另一个框架的槽值,这样,一些相同的信息可以不必重复存储,既节省了空间,又提高了效率。

所谓模式是指由已知功能的标准程序设计构造的实例。如变量值交换的标准程序模式如下:

```

T:=A;
A:=B;
B:=T;
    
```

模式库是模式的有限集合。模式的数据结构选取以及模式库的组织类同套式。

示例库和练习库均是给定语言源程序的集合,程序库的组织采用基于(教学单元,程序设计重点,难度)三元组的分面分类法,这样的组织方法有利于提高检索效率,同时也为示例教学和程序设计练习提供了有针对性的题目。示例、练习程序的数据结构采用如下的框架形式:

```

框架名
AKO    VALUE  <值>
PROP   DEFAULT <特性表>
ON     VALUE  <题号>
CONTENT VALUE  <题目内容>
    
```

ALGORI	VALUE	<指针>
DS	VALUE	<数据结构选择表>
PROGSTUR	VALUE	<指针>
GOAL	VALUE	<功能分解表>
FLAG	VALUE	<示例、练习题标志>

## 2. 学生模型的建立

学生模型是一数据结构,它表示了有关每个学生的学习历史、当前知识背景以及解题行为等方面的知识。该模型为正确评价学生的知识水平,诊断其出错原因提供了有用的信息,并被教师模块作为教学决策的依据。

PTS 系统中的学生模型包括如下 3 个单元:错误诊断、学生档案维护和知识水平评价。

(1)错误诊断:错误诊断是系统的重要组成部分,诊断知识的丰富程度以及诊断策略(推理机制)的选取直接影响系统的性能。程序错误诊断范围包括:

①程序错误:逻辑错、循环错、变量、数组、算术运算、子程序、I/O 和其它错误。它们可粗略的划分为编译程序能检测的错误和不能检测的错误。

②程序设计风格:注释、空白行和空格、标识和顺序号、标识符选择、括号、避免程序自动修改、字母顺序列表、避免不必要的分支和少用 GOTO 语句等。

③数据结构选择:数据组织的合理性。

④功能分解:模块划分的合理性。

⑤程序效率:程序的时空效率。

本系统采用基于套式一模式的程序错误诊断策略,它实质上是通过程序分析途径达到诊断和定位程序中错误的目的。分析程序的方向有两个:自底向上和自顶向下。

PTS 系统采用自底向上和自顶向下混合式分析方法,需要的知识主要是问题分解和程序构造方面的。其基本思想是:先运用自底向上的程序分析方法,从代码分析开始,借助知识库中已知功能的模式识别被诊断程序的代码段,得到整个程序功能上的抽象描述;再运用自顶向下的程序分析方法,验证第一阶段得到的程序功能描述与问题规格说明的一致性,这个过程是套式匹配过程即把问题按可用的目标进行分解,得到一组实现规格说明的目标,系统从这样的问题描述中选一目标,再从知识库中搜索一组实现这种目标的套式,把它们与上阶段得到的功能描述匹配,若匹配成功,就从问题描述中选下一

目标以及有关的套式及其匹配。由于套式中含有子目标,所以这个过程是递归的。如果匹配过程中没有已知的套式可以精确地与之匹配,那么,系统要确定所临的是一个未知的实现,还是一个故障。为此系统设置了一个含有套式差异规则的知识库,其中的规则在套式不能精确匹配时激活,或者把被匹配对象转换成套式的实现变种,或者把这种差别解释为故障。

(2)学生档案维护:学生档案包括学生学习情况文件与学生错误记录文件。前者记录了学生各教学单元的学习情况以及相应的水平值,后者记录该学生在每一个已学过的教学单元中的出错信息。它们是在单元教学过程中调整局部教学策略和评价学生知识水平的依据。

(3)知识水平评价:系统根据学生练习或其它教学行为得到的结果,对学生总的学习情况和有关程序设计的各个环节作出全面评价,以辅助和指导学生下一步的学习。其评价模型是:学生进行完一个教学单元的一组练习后(如 5 道题),系统根据学生档案记录的信息对学生的学习进行综合测评,评价的范围包括:语法、逻辑、程序设计风格、问题的功能分解和数据结构的选取等方面,系统依据一定的策略(评价知识)给出学生有关程序设计各方面的知识水平值,以反映学生当前水平,并以此作为下一步教学决策的依据。完成一个教学单元的学习后,系统将依据评价结果更新学生模型。

## 3. 教师模型

教师模型是一组关于系统应该教什么样的内容,什么时候教以及如何教的详细规定。它具有程序设计及语言、教学策略和人机对话等方面的知识,负责与学生通讯,进行正常的教学活动,为学生选题,监控和评价学生的学习行为,并在需要时提供帮助,选择补救材料。PTS 系统采用“以学生为中心”的开放式教学方法,强调个别化教学,并在适当时候显示最好的指导。

本系统的教学策略所决定的主要教学行为有:示例教学、程序设计练习和综合评价。为了避免初学者盲目选择,系统在每一选择中设置了机器自动选择策略。

同其它 ICAI 系统一样,PTS 系统在教学过程中也存在系统的干预程序问题,系统打扰学生的次数太多,则妨碍学生的独立思考和学习的主动性,太少则学生得不到及时指点,失去辅助教学意义。因此,本系统采取了一种折衷方案,允许用户选择系统的干预程度,以鼓励学生

通过自己纠正自己错误进行思考,进而获得新知识。

#### 4. 示例教学环境

如前所述,示例教学是程序设计训练的重要方面,学生通过程序示例的演示,学习程序设计要点,进而掌握典型的程序设计技术。因此,PTS 系统对示例环境的设计着重如下两方面:

(1)精选示例程序:即精选每一教学单元有代表性的题目,严格按照编码规则进行程序设计。

(2)学生可在示例环境下,询问有关示例程序的算法、数据结构、结构图、设计要点、难点、语句、变量等方面的问题,演示示例程序的动态行为(运行)和获得系统指导(如通过该示例程序应学习哪方面的程序设计知识等)。

#### 5. 程序设计练习环境

PTS 系统的核心部分之一就是程序设计练习功能,它是一个集编辑、编译、调试、运行于一体的编程环境。

在其上学生可用逐步求精的结构化编码思想编制程序,系统提供基于问题—目标的规格说明语言,支持从问题分析、功能分解、数据组织代码编制这一结构化设计方法的全过程,并在每一步可即席得到系统的帮助。程序设计结束后,利用系统提供的功能完善的错误诊断机制对所编制的程序进行错误检测和评价,学生可对评价结果进行 WHY.HOW 询问,由系统进行动态解释。对于系统确认正确的程序,可在该环境下直接运行。

#### 参考文献:

[1] 莲颖,人工智能与 ICAI 系统,《微型计算机》,NO.6,1988,PP.15-17。

[2] 程永清,胡庆,杨静宇,《智能教学系统 IPTS》,计算机研究与发展,NO.10,1988,PP.9-14。

[3] 林尧瑞,马少平,《人工智能导论》,清华大学出版社,1992。