

机械系统总体方案设计的决策支持系统*

王 群 周 济 余 俊

(华中理工大学 机械工程一系)

本文重点阐述了在机械系统总体方案CAD系统中,应用决策支持系统(DSS)技术的必要性和可能性,讨论了该系统的结构、特征和关键技术。作为DSS技术的一个应用实例,文章介绍了轮式装载机总体方案设计决策支持系统(WLGSDDSS),包括该系统的功能、结构和设计结果。

1. 机械系统总体方案CAD和DSS

1.1 应该重视机械系统总体方案 CAD

机械系统总体方案(MPGS)是系统设计的关键环节,系统性能优劣和制造成本不仅取决于零部件的设计质量,更重要地取决于系统的概念设计和系统零部件布置的相互协调,即系统方案设计的质量。因此,总体设计是机械系统设计的瓶颈,如图1所示。

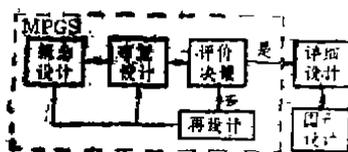


图 1

MPGS设计由三部分组成:其一是概念设计,包括系统性能参数和结构参数的选择、结构型式和配套部件的选择等;其二

布置设计,要考虑系统的功能、操作、美观和部件之间的相互协调;其三是评价与决策,根据评价和分析的结果决定设计方案是否可行。如果不满意则必须确定再设计的内容重新设计(回溯)。以上三部分工作难以建立实用而可靠的数学模型,需要应用大量的经验和知识,在大量数据分析的基础上进行思维和决策。由于这一特点,用目前的优化设计和计算机绘图等CAD技术很难胜任这项工作,需要把AI技术与CAD技术结合起来,研制出MPGS设计的智能CAD系统

1.2 DSS是MPGS设计的有效手段

目前机械设计专家系统的研制日愈广泛和深入,但也面临到严重的困难。主要表现在:(1)难于建立知识模型:许多设计问题结构性差,设计专家也无法描述问题的求解

No.3. 1984, pp.33-71.

12. Scheuermann, P. and H. Ouk-sel, "Multidimensional B-tree for Associative Searching in Database Systems", Inf. Syst. 7, 2, 1982, pp.123-137.

13. Turner, H., R. Hummund, and F. Cootton, "A DBMS for Large statisti-

cal Databases", in Proc. Int. Conf. Very Large Databases (VLDB), 1979.

14. Wong, H.K.T, J.Z. Li(李建中), Frank Olken, Doron Rotcon, and L. Wong. "Bit Transposition for Very Large Scientific and Statistical Databases", Algorithmica, 1986, pp.289-309.

*国家自然科学基金资助课题

模型；(2) 知识获取困难：设计是一个模糊问题，知识的提取和表达非常困难；(3) 透明性差：透明性是专家系统设计的一个重要指标，但做到这一点绝非易事；(4) 应用CAD资源困难：在MPGS设计中，往往需要反复地运用现有的CAD资源，完全自动地实现这一过程是非常困难的。

要克服这些困难就必须引入DSS的概念和方法。本文所采用的DSS技术是解决上述困难的一种方法，也是用户利用数学模型和知识模型去解决大型而复杂问题的一种交互式系统；是一种改善决策效能和效率的辅助工具。

1.3 MPGS设计中DSS的概念和技术

在MPGS中，DSS技术主要应用于机械系统布置设计和评价决策等子任务中，这些任务都是非结构化或半结构化的求解问题。例如，评价和决策子任务主要有以下几方面特点：

- 评价指标体系的不确定性；
- 评价指标体系中指标的不确定性；
- 指标形式和内容的复杂性。

应用DSS技术使系统具有强有力的人机交互功能。在整个决策过程中，系统为用户提供了以多种方式操纵数据模型和知识模型的能力，它允许用户以灵活的个人方式处理自己定义的问题，并控制其运行以探索和分析问题的可能解。

交互式决策 (ID) 技术强调“支持”决策者，提供了决策者作出决定的辅助工具。专家系统 (ES) 则是一个问题求解系统，它可以运用各种启发式信息，利用推理求解问题。

MPGS中的DSS的主要特点是把ID技术和ES技术有机地结合起来，是二者互相渗透、互相补充的结果。它一方面允许用户利用系统存储的专家知识进行推理，提供高水平的智能化的咨询意见；另一方面允许用户依据自己的决策思路及习惯访问与决策有关的数据模型和知识模型，这样就能更有效地

支持决策者对决策对象的分析，判断和决策。

2. WLGSDDS简介

2.1 设计-评价-再设计的基本概念

WLGSDDS是轮式装载机总体方案设计的决策支持系统，设计-评价-再设计是其基本控制策略。

设计——生成基本概念、参数、选型和结构布置草图。

评价——对设计产生的方案进行分析和综合评价，并确定回溯点。

再设计——在回溯点上再进行再设计。

2.2 WLGSDDS的功能

WLGSDDS的功能：(1) 产生总体的技术参数，各部件的选型和方案草图的设计；(2) 为各部件提供数据、要求和空间位置的约束；(3) 对各种设计方案进行综合评述，帮助设计者做出决策，确定总体设计方案。

2.3 WLGSDDS的总体结构

该系统已基本研制完成，并已进行了测试和应用，运行结果是令人满意的，图2给出了该系统的总体结构。图中：

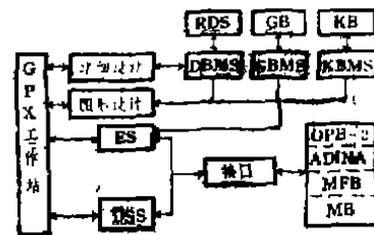


图 2

RDB——一种商品化的数据库；

GB——用LISP写的二维图素库，并包含功能和拓补信息；

KB——知识库；

DBMS, GBMS, KBMS——相应的库管理系统；

OPB-2——包括七种非线性约束、线性和离散优化的优化方法库；

MFB——数学公式库，包括用户自己定义的各种数学公式和方法；

MB——模型仿真库，存储着多种评价方法。

3. WLGSDSS中ES技术的应用

ES技术主要应用在概念生成、结构选型、草图布置以及再设计中。

3.1 推理技术和求解策略

该系统提供了三种推理方法，每种方法又可采用正向、反向和混合的推理路径。这三种方法是：确定性理论（MYCIN算法）；先验概率方法（PROSPECTOR算法）；精确推理方法。

在运用确定性理论和先验概率方法时，为适应设计知识的描述，系统重新定义了知识的描述形式，但保留了原来的概率更新算法。另外，为了加快搜索速度，应用特性框架来记录规则之间的拓扑信息。在精确推理中，采用了堆栈操作技术，从而加快了推理速度，提高了运行效率。

该系统共定义了四种求解策略，即数据咨询（查表或曲线）、推理、公式计算和统计类比。在问题描述时，用户必须指定采用哪一种或哪几种问题求解策略。

3.2 知识的表示

设计所涉及到的知识是多方面的，归结起来有以下三种形式：常识性知识——一般的公理和陈述；启发性知识（浅层知识）——产生式规则；深层知识——系统的结构、功能和求解方法的描述。该系统用向量表示常识性知识，这类知识通常存贮在事实库中。

规则的描述依赖于选用的推理方法，对于某个确定的子任务，只能选择一种固定的推理策略。下面是其中的一种描述形式：

```

<规则> ::= (IF {<前提>} THEN {<结论>})
<前提> ::= ({<函数>} * {<元素>})
<函数> ::= AND, OR...所有的LISP函数
<元素> ::= <向量元素> | <属性-值>
<向量元素> ::= ({<值>})
<结论> ::= {<结果>} | {<动作>}
<结果> ::= (<元素> <确定性因子>)
<动作> ::= (操作函数)

```

深层知识用COMMONLISP提供的STRUCTURE数据类型描述，下面是一种计算方

法的描述形式：

```

: Knowledge-resource "..."
: Date-D 1988-4-15
: Feature type1
: Task-level second-level
: Subtask ((general-capacity GV0)
           (great-capacity GV1)
           (least-capacity GV2)
           (Geometrical-capacity GV3))
: Condition ((nominal-load NL) (specific-gravity SG))
: Search-path (middle-result final-
              result dynamic-facts
              static-facts)
: Asked ((nominal-load NL)
         (specific-gravity SG))
: Method ((GV0(/ NL SG))(GV1
              (* GV0 1.5))
          (GV2(* GV0 0.7)) (GV3
              (/ GV0 1.2)))
: Link (nominal-load specific-
        gravity)
: Explain "The capacity of loaders
          depends on nominal-load"

```

系统规定了四种标准的STRUCTURE，对于不同的问题可选择不同的形式，例如，推理、公式计算、查表或曲线等。

3.3 知识库的组织 and 更新

知识库存贮着两种类型的知识即浅层知识和深层知识，因而也对应着两种不同的组织结构。

规则分两个层次管理：其一，规则集合用树状结构管理，每一个节点是上一层规则的子集，规则子集与子任务的划分是一致的；其二，规则子集中的每一条规则用特性框架管理，即将推理网络中的节点名命名为槽名，而与该节点有关的规则分为前推规则和后推规则，并置于Before和After侧面中。由于知识库管理系统具有获取知识的能力，因而由推理网络转换为规则和特性框架是自动完成的。

用STRUCTURE数据类型描述的深层知识也是分层管理的，事实上是一种嵌套结构。

知识库的扩展和更新主要具有以下功能：(1)用自然的方式输入知识；(2)知识的冗余性和一致性检验；(3)可通过多种方式查询知识库。

4. WLGSDDS 中的分析和评价子系统

WLGSDDS的分析-评价子系统采用了决策支持系统的概念和技术。该子系统可独立运行，也可做为子系统被 WLGSDDS 调用，子系统用 FORTRAN77 编码。

4.1 子系统的功能

根据用户要求系统设置了以下功能：

- (1) 系统可根据机械系统的特征协助用户建立评价体系和相应的评价指标以及概念模式。
- (2) 根据指标类型，用户可方便地选择分析模式。
- (3) 用户能按照自己的方式选择评价方法和权因子，如果用户缺乏这方面的经验，系统可提供咨询意见。
- (4) 由于机械系统的部分指标是一些模糊的概念，系统能应用模糊理论对此做定量处理。
- (5) 系统能进行单个机械系统设计方案的评价决策，也可进行多个方案的综合评价，并从中选择最佳方案。
- (6) 系统可反向运行，即由用户提供机械系统设计所追求的目标，系统能确定各指标的取值，从而指导产品设计。
- (7) 当评价结果不能满足用户的要求，系统可进行优化反馈（即给出达到某要求时，各指标或参数应达到的值），为再设计提供信息，确定回溯点。

4.2 子系统的组织结构

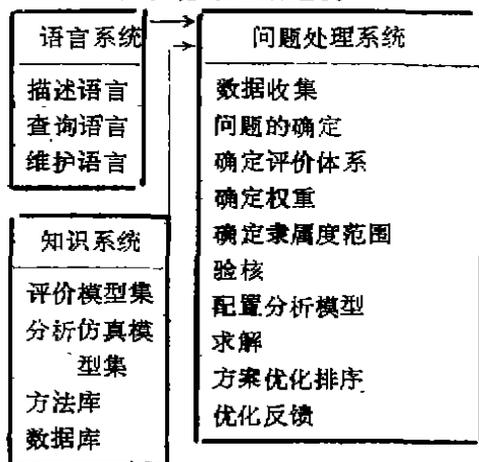


图 3

如图 3 所示，系统由三部分组成：

(1) 语言系统：面向用户，可直接操作问题处理系统，主要功能是描述问题，配置模型，并对系统进行维护。

(2) 知识系统：提供分析、评价和决策的知识模型和数据模型。

(3) 问题处理系统：它是系统的核心，求解问题的全过程完全面向用户。

4.3 分析模型的组织

对于 WLGSDDS 这一特定系统而言，它的分析模型包含六项三层，分析模型主要是数值计算模型：

I 级： 牵引性分析 动力性分析
 机动性分析 作业特性分析
 稳定性分析 经济性分析

II 级（如稳定性分析）：

纵向稳定性 横向稳定性
 转弯稳定性

III 级（如纵向稳定性）：

1 级稳定性计算 2 级稳定性计算

分析模型的组织是层次结构，这种层次是可变更的，它取决于用户的定义。一般来讲，如果用户确定了评价指标体系，那么分析模型的层次结构也就确定了。

4.4 评价方法的组织

WLGSDDS 为用户提供了多种评价方法，但所有的方法仅对层状的指标体系有效，对网状无效，当用户决定了评价指标后，可对应地选择评价方法。

为处理模糊概念，用户必须提供隶属度函数或隶属度曲线（它们反映了指标的满意程度）。同时在系统中，贮存着一组由专家统计得到的隶属度函数和曲线，当用户缺乏这方面的知识时，可直接使用这一资源。

4.5 测试结果

在测试过程中，利用 WLGSDDS 对国内外现有的多种工程机械产品进行了分析评价。下面就对中国 ZL50 改型设计与美国 CP 公司的 950B 轮式装载机的分析评价结果做一介绍。

用户在调用系统后，首先将两种装载机

的数据输入,并建立评价指标(三级,共33项)和相应的权重,并输入隶属度函数。表1是二级指标评价结果,表2是总的的评价结果。

结果采用打分的形式,分高比分低更令人满意。当用户认为综合指标不满意时,可规定需达到的指标,系统可自动地给出在达

表 1:

指 标	权因子	ZL50	950B
作业性能	0.2124	75	85
可靠性	0.2389	64	84
经济性	0.1649	71	69
人机关系	0.1416	60	82
结构性	0.1327	60	85
服务性	0.1195	67	84

表 2:

综合指标	得 分
ZL50	67
950B	82

到总指标的前提下各分指标的取值。例如在上例中,在改型设计ZL50并达到950B的分数(82分),其中的燃油消耗率应从236升/小时·公里降为221升/小时·公里。系统可根据这一信息改变发动机的性能。

5. WLGSDDSS的ID技术

5.1 用户和计算机交互决策

WLGSDDSS 设置了多个交互式逻辑窗口,包括文本的和图形的,从而增加了系统的透明度。用户在定义某一任务时,只要规定该任务的决策权归用户,那么,在运行时,

系统仅给用户提供必需的信息,最终的结果由用户确定。

为了定性说明问题,系统设置了图形窗口,在该窗口内可定性的描述问题。例如,在发动机和变矩器匹配分析时,在图形窗口内可同时显示八种匹配曲线,用户可根据自己的意愿选择。当然,在用户缺乏知识时,系统也可根据设计要求自己确定。

5.2 交互式图形的应用

系统在进行方案草图设计时,是通过二维图素自动拼接而成的,拼接后的图形被送到交互式图形系统,用户可在交互式图形系统中对原方案进行修正。

6. 结 论

目前WLGSDDSS已经基本研制成功,测试和试设计的结果是令人满意的,但也存在着两个突出的问题还有待于进一步研究:(1)知识获取系统还不可靠,特别是知识的一致性检验,还没有达到设计目标。(2)优化反馈-再设计模型还不完善。

参 考 文 献

- [1] 周济、王群、周迪勤,机械设计专家系统概论,华中理工大学出版社,1989.2
- [2] J. Yun, J. Zhou, Q. Wang, Mechanical Product General Scheme CAD Based on Expert System Technology, Proc. of 13th Design Automation Conference, Boston, 1987, p407-412
- [3] 周济、王群、余俊,机械产品总体方案的优化设计和智能CAD,机械工程,1988.6, p34-36
- [4] 周济、段建中、王群,机械设计专家系统中评价子系统的研究,华中理工大学学报,1989.4. p5-8

下期主要内容预告

根据观察获取知识

近似推理的理论 (L.A.Zabeh)

软件攻坚术:速成原型与知识工程的结合

面向对象语言的谱系

神经网络计算机系统及其现状