

智能制造系统的自组织单元结构研究^①

张于贤, 刘枚莲

(桂林电子工业学院管理系, 广西桂林 541004)

摘要 对于一个智能制造系统, 系统单元结构的自组织能力是非常重要的. 本文阐述了自组织系统在结构上应满足谐振、放大、反馈、非线性及低信息量来源这五个基本条件, 利用智能工程中的集成智能单元, 建立了具有自组织单元的基本结构, 分析了自组织能力的实现原理. 并提出了IMS自组织单元的基本结构, 该结构具有良好的开放性, 便于实现嵌套式建模, 具有很强的知识库进化能力, 并且能与其它系统集成.

关键词: 智能制造; 自组织; 集成智能单元

中图分类号: TH16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2001)06-008-04

0 前言

任何规模、任一层次的制造系统都可以看作是由若干个完成不同任务的环节或子系统组成, 各子系统在独立完成自身任务的同时, 又相互协作, 共同完成整个制造任务. 在传统制造模式中, 人类制造专家(或群体)是制造系统中的唯一决策者(指高层次决策), 各子系统不具有自主性, 各子系统之间只是按照人类制造专家的决策联结起来(或简单地集成); 而在智能制造系统IMS(Intelligent Manufacturing System)中, 各子系统的人类制造专家的一般性决策活动则由计算机智能取代, 各子系统是一个自主体, 具有自我决策能力, 整个制造过程的集成则是通过对各子系统的决策进行协调完成的, 这就是所谓的知识集成. 因此, 可以认为在智能制造系统内部将制造资源(包括物质流、能量流、信息流)转换为产品的整个制造过程是一个典型的多自主体协同求解的过程.

各子系统与其决策自动化能力的统一, 构成一个具有自主能力的(人工)智能自主体, 智能制造系统的基本组成单元. 自主体决策自动化的水平越高, 则其智能水平越高, 自主能力越强. 然而整个制造任务的完成还有赖于各子系统间的相互协同, 有赖于智能制造系统整体的自组织能力或元决策能力——即对各自主体(或子系统)决策的组织、协调、管理和集成的能力. 因而智能制造系统本质上是分布式自主制造系统, 其基本特征是个体的“自主”与整体上的“协同”. 因此对智能制造系统的自组织能力进行研究具有重要意义.

1 自组织能力分析

自组织能力是对IMS的基本要求. IMS能支撑各自组织生产单元在分布的模式下自主地运行, 并且由这些自组织生产单元构成的整个系统能够以恰当的方式运行, 使得企业整体能够通过协调各级(公司级、工厂级、车间级)活动来获得最好的运行特性. 对IMS自组织单元自组织能力的研究将主要集中在自组织单元的结构上.

按照系统信息论的观点给出自组织系统的定义^[1]:

定义1 凡能够不借助外部控制而实现从无序到有序的转变, 并维持稳定有序状态的系统, 称为自组织系统.

根据信息增强原理(即广义信息第四原理)^[1]可知:

定理1 (1)高信息量信息可从低信息量中吸取能量来增大自己的信息强度, 从而使两者总体的有序

^① 收稿日期: 2001-05-22;

第一作者简介: 张于贤, 男, 1967年生, 硕士, 讲师; 研究方向: 机械设计及理论.

性增加;

(2)信息增强的条件是系统具有特殊的结构构件:即系统是某种非线性系统,或者状态处于某种非线性区域.

定理 2 任何自组织系统都是通过谐振(或共振)、反馈、放大(增值)来完成信息增强,并稳定保持其有序效应的^[2].

因此,自组织系统也就是具备使信息增强那种特殊结构的系统,都是非线性系统或状态处于非线性区域.可以认为,在 IMS 中,低信息量是指那些大部分为数据、少部分为知识的信息;而高信息量是指那些大部分为知识、少部分为数据的信息;根据定理 2 可知,要想使 IMS 具有自组织能力,IMS 的自组织单元必须具备使信息增强的结构,即具备谐振、放大、反馈、非线性及低信息量来源这 5 个条件.

2 自组织单元的基本结构

在智能工程^[2]中提出了一种递阶分层结构的基本集成模型——即集成智能单元 IIU(Integrated Intelligent Unit). IIU 是一个两层结构的集成单元,其上层是元系统,下面一层由若干子系统组成.元系统是 IIU 的核心,是一个管理型专家系统,它是关于领域专家系统的专家系统.元系统具有自己的知识库,称为元知识库,其中存放的是元知识.所谓元知识,就是关于领域知识的知识;也就是说元知识不是领域知识,它不能解决子系统所代表的具体知识领域的问题,但元知识是关于领域知识的性质、功能、特点、组成和使用的知识,是管理、控制和使用领域知识的知识.各子系统具有嵌套模式,即子系统可以是其它的 IIU.这些子系统都是彼此独立、并行地与元系统相连.这种集成单元可以包括不同描述形式知识的集成、多个不同领域知识的集成、多任务和多功能(子任务或子功能)的集成、不同介质信息处理的集成.由这样的集成单元组成的集成化智能软件系统是一个大规模的知识集成环境,元系统在整个集成化智能软件中起着关键作用.

定义 2^[3] IIU 是一个元系统 MS(Meta-System)和 n 个彼此独立、并行地与元系统相连接的子系统(Sub-Systems) SS_1, SS_2, \dots, SS_n 组成,各子系统由元系统来协调并实现其功能.因此,每个 IIU 可表示为一组相互独立的子系统通过元系统由一种状态 $S_a(SS_{1a} \times SS_{2a} \times \dots \times SS_{na})$ 到另一种状态 $S_b(SS_{1b} \times SS_{2b} \times \dots \times SS_{nb})$ 的转换或映射,即

$$SS_{1b} \times SS_{2b} \times \dots \times SS_{nb} = f(SS_{1a} \times SS_{2a} \times \dots \times SS_{na}) \quad (1)$$

其中, f 在 $M \in IIU$ 有效.

根据智能工程中提出的元系统的思想,提出了 IMS 自组织单元的基本结构,如图 1 所示.

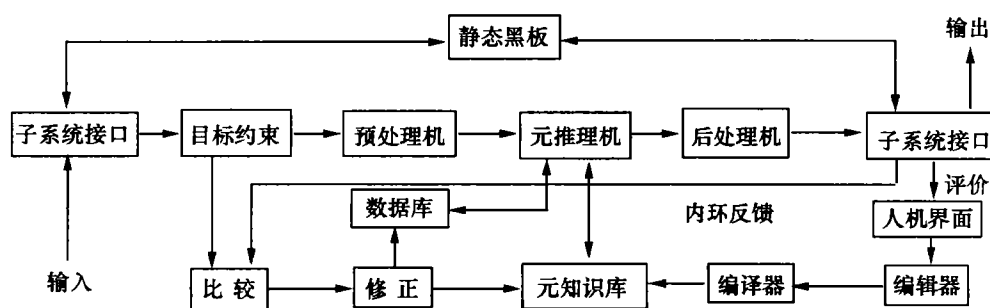


图 1 IMS 自组织单元的基本结构

① 子系统接口的功能:该接口应具有将任一所需子系统与元系统相连接以置于元系统的管理、控制、使用之下.该接口应具有将任一子系统的非标准数据格式转换为所规定的同种语言标准格式的功能,而异性语言标准格式之间的转换和通信由元系统完成.它的输入为各子系统的低信息能量,输出的是各子系统经元系统非线性集成以后的协同决策结果.

② 目标、约束模块的功能:用来指明整个系统所要完成的任务及约束条件.元知识库是元系统赖以执行管理功能的基础,元知识按其内容和性质可分为若干模块(如关于子系统的知识模块、异性语言通讯标

准化模块以及用来解决冲突的协调模型等).元知识库具有开放性和扩展性,随着生产系统的自组织进程,更多的元知识可以加入元知识库,可以对协调模型进行修正,从而使元系统的自组织能力不断增强.

③ 静态黑板的作用:在外存中开辟一个专用存储区以容纳那些在系统运行中需要保存的信息,这是因为整个集成化智能软件系统不一定能同时在系统中运行,否则会需要太多的内存,因此有必要建立一个静态黑板,以使那些需要交换信息而又不同时运行的子系统有可能将一些有用的信息保留在外存.

④ 元系统数据库:整个 IIU 的全局共享的数据库,它区别于子系统的数据库,后者是局部的、只为某个子系统所用.

⑤ 元推理机的特点:由于元知识的分散性、表达形式的多样性,元推理机是多种推理方法的集成,能对参考模型中复杂、多样的知识进行操作和处理,以实现对整个系统的控制、协调和使用;在推理机中,除了对元知识库进行操作和处理外,还要依据产生的结论执行和实施一定的行为,如子系统间的通讯等.该 IMS 自组织单元具有双闭环反馈结构,内环反馈修正是根据协调结果与系统所要求的目标和约束的比较由元系统自主完成的,而外环反馈修正则是根据决策者或用户对决策结果的评价(或满意程度)完成的.

元系统的功能是对子系统进行协调、管理并集成起来,集成应该是有目的、增加效益的集成.这种有效集成在系统学中是非线性、协同方式的集成;在管理学中是增值集成.从系统论观点看,非线性集成后的新系统,不仅只是各子系统的代数和,而且还有各子系统间的相互的乘积,即通常说的总体大于分体之和(具有二次以上的高次项),即

$$S = k_1 \cdot SS_1 + k_2 \cdot SS_2 + \dots + k_i \cdot SS_i \pm \beta \cdot SS_1 \cdot SS_2 \cdot \dots \cdot SS_i \pm H. O. \quad (2)$$

式中, $k_1 \cdot SS_1 + k_2 \cdot SS_2 + \dots + k_i \cdot SS_i$ 为各子系统间的线性集成(单干); $SS_1 \cdot SS_2 \cdot \dots \cdot SS_i$ 为各子系统间的非线性集成(合作); β 为集成(合作)的效率, $+\beta$ 为集成(合作)的效益, $-\beta$ 为集成(合作)但不协同所带来的风险; $H. O.$ 为各子系统更高层次上的合作.

非线性集成又分协同与不协同两种情况,前者带来合作又协同的附加效益,后者带来“合作”但不协同的附加损失.因此集成既有效益的一面,又有风险的一面,而协同是克服风险、实现非线性增值集成的关键^[4].

3 自组织能力实现原理

现在分析一下 IMS 是如何实现自组织能力的.一个系统状态 x 有序的程度可用一个特殊的状态参数——系统熵 $S(x)$ 来表示.系统熵表示系统可能状态数、不确定性或无序度.就一个系统而言,可能状态数为 1 的状态是最有序的状态, $S(x) = 0$;可能状态数最大的等概率状态则是最无序的状态, $S(x)$ 最大.系统的有序与无序就在此范围内相互转化.

由定理 1 可知,非线性机制是系统进化和产生自组织行为的根本原因.在开放的复杂系统中,各子系统之间均存在着高度的非线性机制的作用,系统结构的形成还包含了竞争和淘汰.混沌和分叉等只是暂态过程,是系统自组织的低级形态,但却为系统的自组织和进化提供了大量的轨道和新的信息^[5].系统的整体优势和自组织行为不但同各子系统有关,而且取决于各子系统之间和各层次之间的作用机制,线性机制是平凡的,只有非线性机制才能产生高度的自组织行为,正是因为这种多层次非线性作用机制的存在,IMS 自组织单元才有可能通过元系统对各子系统的非线性集成来实现 IMS 的自组织能力.人工智能最本质的特点就是搜索寻优,而搜索优化过程中总是包含着推理,这本质上是非线性的.元系统正是在协调模型的引导下,通过元推理机对元知识库的搜索寻优来完成子系统间的非线性集成的.

谐振(或共振)是自然界中具有空间统一性和时间统一性的运动形式,具有一定固有频率的谐振,严格区别于其它不同频率的振动,在所有发生同一频率谐振的空间范围它是高度同一的,在时间上是连续的(微小振幅的谐振永不停止).与谐振对应的是元系统中的协调机制,通过元系统的协调模型(或功能)使各个子系统出现共振效应,增加有序度.

控制作用虽然不创造任何质量、能量、信息量,但它确实增加着包括环境在内的系统有序度,可以直接了当地说:控制创造着有序(使熵减少),控制是通过“反馈”实现的.从控制论的观点看问题,智能就是把知识和反馈信息综合集成为一个传感交互式、目标导向的控制系统,系统的智能只有通过系统与环境、子系

统与子系统、系统与部件之间的动态交互作用过程才能反应出来^[6]。事实上,应当将反馈原理同搜索优化技术有机地结合起来,两种机制的相互补充,才能更充分有效地利用知识和信息^[7]。而非线性反馈在常规控制系统中对改善系统的品质具有很大的优势,如自适应控制就是一种本质非线性反馈控制。

“放大”作用可以认为是知识的增值,它正是元系统在反馈机制作用下通过协调模型(产生谐振作用)将子系统(低信息量能量源)进行非线性增值(放大作用)集成的结果。

因此,元系统可以认为是IMS实现自组织能力的核心。它是通过协调、管理、控制子系统和运用元知识(关于领域知识的知识)来完成信息增强(或知识增值)的,它能从低信息量的子系统中吸取能量来完成增大强度和有序效应,即元系统能吸收较少的有序性产生更大的有序性,它是通过对各子系统协同求解,实现系统的最优决策。总而言之,谐振、放大、反馈、非线性即低信息量能量来源,都是信息吸能增强,从无序产生有序,以及维持稳定有序这样一个复杂机制实现的必要条件,5个条件缺一不可。自组织系统都是非线性谐振反馈放大系统,而图1所示的IMS自组织单元的基本结构满足这样的必要条件,由其所构成的IMS具有自组织能力。实际上,这样的IMS是一种广义控制系统。

4 IMS的组织结构

IMS是由若干个IIU组成的,IIU的作用与全能制造系统中的全能体(Holon)[8]很类似。所谓Holon,就是一定程度独立自主的单元,执行任务时无须向上级请示;同时,Holon又是上一级的控制对象以及全能群体的一部分。相应地,可以按照“全能管理规则”将若干IIU组织起来。所谓“全能管理规则”是指:自学习组织、有限的独立和全能体间协作的基本原则^[8]。因此,就一个IIU而言,独立的程度是有限的。

为了适应市场的多边性、不可预测性,在“全能管理规则”的基础上提出了“面向项目”的IMS组织结构(Project-based Organization)。“面向项目”的组织结构是根据市场机遇所产生的用户需求(即项目或任务),由若干个IIU按照嵌套式建模过程组成一种动态的、暂时的递阶组织结构,其基本组织单元是项目小组,项目小组不再受来自中心部门的指令的约束,而是能够自主地做出决策。项目小组只是周期地向管理运行企业的管理人员群体报告项目进展情况,当初始定义的任务完成时,该项目小组就自行解散。这种面向项目的组织结构的最大特点是每个项目小组(即子系统)可以进一步细化为“子IIU”,具有自主性,能够独立地做出决策,从而可以根据市场需求动态地组成暂时的递阶结构(递阶结构用来反应企业的层次)。

5 结束语

本文所设计的IMS自组织单元结构具有良好的开放性,它具有好的与外部的接口,从而易于与其它智能系统(包括人与用户)交换信息和集成,甚至在需要更大范围内更高水平上的自动化时,能与其它系统集成。该结构便于IMS实现嵌套式建模,通过嵌套可以不断丰富知识库的内容,逐渐逼近问题的客观规律,嵌套式建模方法提供了很强的知识库进化能力。

参考文献:

- [1] 沈耀天. 系统信息控制科学原理[M]. 南京:南京大学出版社,1987.56~57.
- [2] 查建中. 智能工程[M]. 北京:机械工业出版社,1992.72~75.
- [3] 董明,查建中. 知识基控制系统的嵌套式集成框架[J]. 天津大学学报,1996,29(1):7~8.
- [4] 任守渠. 信息时代的制造业及信息的价值[J]. 中国机械工程,1995,6(2):23~24.
- [5] 秦世引. 开放的复杂巨系统的多层面建模[A]. 中国系统工程学会第八届年会论文集-复杂巨系统论. 北京:科学技术文献出版社,1994.136~142.
- [6] Albus J S. Outline for a Theory of Intelligence[J]. IEEE Trans. on System, Man & Cybernetics, 1991, 21(3):58~61.
- [7] 秦世引. 一类智能控制系统中的综合集成方法研究[J]. 模式识别与人工智能,1996,9(2):28~31.
- [8] Winkler J, Mey M. Holonic Manufacturing System[J]. European Production Engineering, 1994, 19(3):64~67.

(下转第17页)

参考文献:

- [1] 黄长青, 孟令奎, 谢文寒等. GIS 专业应用软件编辑功能集成技术分析[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000 (25 增刊): 45~49.
- [2] 姚敏, 张柏. 采用构件技术开发地理信息系统应用软件[J]. 测绘信息与工程, 2000(3):35~38.
- [3] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎等. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 43~50.
- [4] 边馥苓, 孙红星. 基于组件的 GIS 与 MIS 集成系统的实现[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000(增刊), 25~30.
- [5] 赵双明. COM 部件开发技术[J]. 测绘与信息工程, 2000(1):35~39.
- [6] 关佑红, 申浩群. 软件重用技术与 GIS 软件开发研究[J]. 武汉大学学报, 1999(4)719~722.

The Development of GIS Application Software on the Basis of MapX Control in VC++

YAN Hui-wu, WU Xiao-fang, ZHU Guo-rui

(The School of Resource & Environment, Wuhan University, Hubei, Wuhan 430079, China)

Abstract The paper discusses how to develop GIS application software by using MapX on the basis of spatial technology and accomplish the basic function of editing, analyzing and querying the spatial data and attributive data.

Key words: OLE/ActiveX control; GIS; VC++

(上接第 11 页)

Research On Self-Organizing Unit of Intelligent Manufacturing System

ZHANG Yu-xian, LIU mei-lian

(Department of Administration, Guilin Institute of Electronics Technology, Guilin 541004, China)

Abstract System unit structure is very important for a self-organizing intelligent manufacturing system. This paper explains self-organizing system whose structure is based on five elements: resonance, amplification, feedback, unlinear and low quantity information of source. By means of integrated intelligent unit of intelligent engineering, self-organizing structure is built, and the principle of capacity of self-organizing is illustrated. Meanwhile, IMS self-organizing structure is put forward, which is so open that the inlet model is easy to build. What's more, this structure has great evolutionary ability of knowledge base and it is easily integrated with other systems.

Key words: intelligent manufacturing; self-organizing; integrated intelligent unit