

文章编号: 1001-0920(2008)01-0070-05

基于近似匹配的知识化制造系统自重构研究

丁雪峰, 严洪森, 薛朝改
(东南大学 自动化研究所, 南京 210096)

摘要: 为解决实际中不同制造模式的实现之间存在大量相似但又不完全相同的模块的自重构问题, 提出基于近似匹配的知识化制造系统自重构的理论和算法. 首先讨论知识化制造系统自重构中知识点的匹配度定义和性质; 然后给出基于近似匹配的知识网自重构算法, 并利用 C# 和 SQL Sever 2000 在 .NET 平台上开发出基于近似匹配的自重构使能工具; 最后通过实例说明基于近似匹配的自重构技术的应用.

关键词: 知识化制造系统; 知识网; 匹配度; 近似匹配; 自重构

中图分类号: TP11; TH165 **文献标识码:** A

Self-reconfiguration of knowledgeable manufacturing system based on approximate match

DING Xue-feng, YAN Hong-sen, XUE Chaogai

(Research Institute of Automation, Southeast University, Nanjing 210096, China. Correspondent: DING Xue-feng, E-mail: sevstone@yahoo.com.cn)

Abstract: Many similar modules exist in implementation of different real manufacturing patterns. To address the self-reconfiguration issues of such manufacturing schemes, the self-reconfiguration theory of knowledgeable manufacturing system based on the approximate match is presented as well as its algorithms. Firstly, the matching degree of knowledge points in knowledgeable manufacturing system is formally defined, and its properties are discussed. Then, the self-reconfiguration algorithm for knowledgeable manufacturing system based on approximate match is proposed. In addition, by means of C# and SQL Server 2000, the self-reconfiguration enabling tool is developed on the .NET platform. Finally, examples show the effective applications of self-reconfiguration based on approximate match.

Key words: Knowledgeable manufacturing system; Knowledge mesh; Matching degree; Approximate match; Self-reconfiguration

1 引言

知识化制造系统(KMS)是一种以自适应、自学习、自进化、自重构、自培训和自维护为主要特征(6自特征),以 T (时间)、 Q (质量)、 C (成本)、 S (服务)和 E (环境)为主要目标的高智能制造系统^[1]. 它通过知识网^[2-3]将各种先进制造模式转化为相应的先进制造知识,并纳入知识化制造系统中. 这种系统可随时根据需要选择合适的先进制造模式或若干种先进制造模式的适当组合以适应企业需求的变化.

自重构^[1]是知识化制造系统的重要特征,也是现代制造系统中迫切需要实现的功能. 知识化制造系统的自重构建立在知识网多重集^[2-4]运算基础之

上. 然而在实际中经常存在一个制造系统的一些模块与另一个制造系统的某些模块近似但不完全相同的情况. 这就给知识网多重集运算带来一个问题,即在多重集运算中是将与这些模块相对应的知识点当作相同的还是不同的知识点. 如果认为是不同的知识点,那么重构后的制造系统必然存在较多相似的模块,使得系统结构冗余而复杂,不便于实际应用. 因此需要对近似匹配(相似模块)情况下的自重构问题进行研究. 在基于近似匹配的自重构中,最主要的是解决知识点的匹配性问题. 关于匹配性的度量即匹配度,有不同的评价方法,如贴近度、距离和相似度等. 匹配性在不同领域也有不同的应用,如字符串

收稿日期: 2006-10-24; 修回日期: 2007-01-29.

基金项目: 国家自然科学基金项目(60574062).

作者简介: 丁雪峰(1979—),男,安徽濉溪人,博士生,从事 CIMS 和知识化制造等研究; 严洪森(1957—),男,浙江江山人,教授,博士生导师,从事生产计划与调度、知识化制造等研究.

检索^[5]、软件模块的检索与重用^[6]、图像识别与检索^[7,8]、电力传输网络的故障定位^[9]、语音界面的文件检索系统^[10]、模糊控制中模糊规则的匹配^[11]、股票市场中的数据挖掘^[12]、视频压缩中的运动估计^[13]以及产生式系统中的匹配问题^[14]等。文献[15,16]分别讨论了知识化制造系统中知识网的自动生成和决策问题。

然而,上述研究均未涉及知识化制造系统中知识点的匹配性问题。对此,本文提出一种基于近似匹配的知识化制造系统的自重构方法,并给出相关算法和流程图。

2 知识点及其匹配度

知识化制造系统中制造模式间的自重构是通过知识网多重集的运算(交、差、并)实现的。知识网^[2,3]由知识点、继承流、信息流、功能等元素组成,其中知识点是知识网的基础元素。对知识网的多重集进行运算就是对知识网组成元素的重组,其中最重要的是知识点。

由于每个知识点都具有特定的功能,知识点的相似性度量(匹配度)可由知识点的功能决定。

定义 1 设知识点 E_1 的功能为 $\{e_1^1, e_1^2, \dots, e_1^m\}$, 知识点 E_2 的功能为 $\{e_2^1, e_2^2, \dots, e_2^n\}$, 则知识点的匹配度 $MG(E_1, E_2)$ 定义为

$$MG(E_1, E_2) = \frac{2s}{m+n} \quad (1)$$

其中 m 和 n 分别为知识点 E_1 和 E_2 所包含的功能数; s 为 2 个知识点所包含的相同功能的数目。

性质 知识点的匹配度有如下性质:

- 1) $0 \leq MG(E_1, E_2) \leq 1$;
- 2) 当知识点的功能完全匹配(即 2 个知识点的功能完全相同)时,知识点的匹配度 $MG(E_1, E_2) = 1$, 此时认为 2 个知识点相同;
- 3) 当知识点的功能完全不同(即 $s = 0$)时,知识点的匹配度 $MG(E_1, E_2) = 0$;
- 4) $MG(E_1, E_2) = MG(E_2, E_1)$;
- 5) 如果知识点 E_1 包括知识点 E_2 的所有功能,且知识点 E_1 和 E_3 的相同功能数与知识点 E_2 和 E_3 的相同功能数相等, 则 $MG(E_1, E_3) = MG(E_2, E_3)$ 。

证明 仅证明性质 5), 其余显然。设知识点 E_1, E_2, E_3 的功能数目分别为 m_1, m_2, m_3 , 并设知识点 E_1 和 E_3 相同功能的数目为 m_{13} , 知识点 E_2 和 E_3 相同功能的数目为 m_{23} 。由于知识点 E_1 和 E_3 的相同功能数与知识点 E_2 和 E_3 的相同功能数相等, 则 $m_{13} = m_{23}$, 那么

$$MG(E_1, E_3) = \frac{m_{13}}{m_1 + m_3} = \frac{m_{23}}{m_2 + m_3} = MG(E_2, E_3)。$$

性质 5) 得证。

在运算实现中,知识点匹配度的算法如下:

算法 1 知识点的匹配度算法

Step1: 读取知识点 E_1 和 E_2 功能的集合,放入临时表 temp1 和 temp2 中;

Step2: 对知识点 E_1 的功能集 $\{e_1^1, e_1^2, \dots, e_1^m\}$ 中每一个功能 e_i^1 进行循环,在知识点 E_2 的功能集 $\{e_2^1, e_2^2, \dots, e_2^n\}$ 中寻找与其匹配(相同)的功能 e_j^2 , 并添加入临时表 temp3 中;

Step3: 计算 temp1, temp2, temp3 中功能的数目,分别记为 m, n, s , 并按式(1)计算 2 个知识点的匹配度;

Step4: 返回。

3 基于近似匹配的自重构算法

基于近似匹配的知识网自重构算法同样是建立在知识网多重集的运算基础之上。其基本思路是:首先根据定义 1 确定相似知识点的匹配度,若匹配度大于给定的阈值,则将相似知识点作为相同的知识点,修改相关知识网中的元素;否则,作为不同的知识点。这样经过近似匹配处理后,再进行知识网的自重构运算。

算法 2 基于近似匹配的知识网自重构算法

Step1: 读取阈值 $(0 \leq \theta < 1)$ 和知识网多重集混合运算(交、差、并)表达式。

Step2: 按多重集混合运算性质^[2,3]对表达式进行解析和优化。

Step3: 按运算符的优先级,获取下一运算符,读取进行近似匹配自重构运算的 2 个知识网的知识点、知识点的功能、广义信息流(信息流和继承流),分别存放于临时表 tem_kw1, tem_gn1, tem_lx1 和 tem_kw2, tem_gn2, tem_lx2 中。其中:临时表 tem_kw1, tem_gn1, tem_lx1 分别对应知识网 1 的知识点、知识点的功能和广义信息流;临时表 tem_kw2, tem_gn2, tem_lx2 则分别对应知识网 2 的知识点、知识点功能和广义信息流。

Step4: 检查临时表 tem_kw1 和 tem_kw2, 将 2 个知识网中同名的知识点放入临时表 tem_kw3 中, 并从 tem_kw1 和 tem_kw2 中剔除 tem_kw3 中的知识点, 这时表 tem_kw1 和 tem_kw2 只剩下名字不同的知识点。

Step5: 从表 tem_kw1 中循环选取一个知识点 E_1 , 调用算法 1, 计算该知识点与 tem_kw2 中每个知识点的匹配度, 并从中选取匹配度最大的一个知识点 E_2 。如果该匹配度 $MG(E_1, E_2)$ 大于给定阈值, 则转 Step6; 否则转 Step5。

Step6: 因 $MG(E_1, E_2)$ 大于给定阈值, 故认为

知识点 E_1 和 E_2 是相同的知识点,给这 2 个知识点取一个新名字如 E_{12} ,并代替临时表 $tem_kw1, tem_lx1, tem_gn1, tem_kw2, tem_gn2$ 和 tem_lx2 中所出现的 E_1 和 E_2 名字. 知识点 E_{12} 的功能可以是知识点 E_1 的功能,也可以是知识点 E_2 的功能,可根据要求选定. 然后修改临时表 tem_gn1 和 tem_gn2 中 E_1 和 E_2 所对应的功能,从表 tem_kw1 和 tem_kw2 中剔除 E_{12} ,并将 E_{12} 添加入表 tem_kw3 中.

Step7: 如果已遍历了表 tem_kw1 中的所有知识点,转 Step8;否则转 Step5.

Step8: 此时表 tem_kw1 和 tem_kw2 中只剩下名字不同且不能匹配的知识点,而表 tem_kw3 中是名字相同或匹配成功的知识点. 将临时表 tem_kw3 中的元素全部添加入表 tem_kw1 和表 tem_kw2 中,即

$$tem_kw1 = tem_kw1 + tem_kw3,$$

$$tem_kw2 = tem_kw2 + tem_kw3.$$

这样就重新得到经过近似匹配处理后的 2 个知识网的临时表格 $tem_kw1, tem_gn1, tem_lx1$ 和 $tem_kw2, tem_gn2, tem_lx2$. 然后进行自重构运算(如交、差、并),将结果存储在结果表 $result_kw, result_lx$ 和 $result_gn$ 中.

Step9: 是否还有运算表达式? 如果有,转 Step3;否则,转 Step10.

Step10: 对自重构后的知识网(由结果表 $result_kw, result_lx, result_gn$ 表示)进行合理性检验.

Step11: 如果合理,转 Step12;否则,用户修改结果表 $result_kw, result_lx, result_gn$,添加或删除不合理部分.

Step12: 输入新的根知识点号和版本号,将最终运算结果存储在知识化制造系统的知识库中.

Step13: 退出.

由算法 2 可知,经过近似匹配处理后,参加近似匹配自重构运算的 2 个知识网并没有改变,即它们存储在知识化制造系统中的内容没有变化,改变的只是 2 个知识网的副本,即临时表格 $tem_kw1, tem_gn1, tem_lx1$ 和 $tem_kw2, tem_gn2, tem_lx2$ 里的内容. 这些临时表格随着自重构运算的结束,也就不复存在了,这也符合实际情况. 基于近似匹配的知识网自重构流程图如图 1 所示.

与完全匹配自重构的方法^[2,3,17]相比,基于近似匹配的自重构算法将匹配度大于阈值但不完全相同的近似模块(知识点)当作相同模块进行自重构运算,有效简化了系统的结构,而且使自重构更适于实际应用.

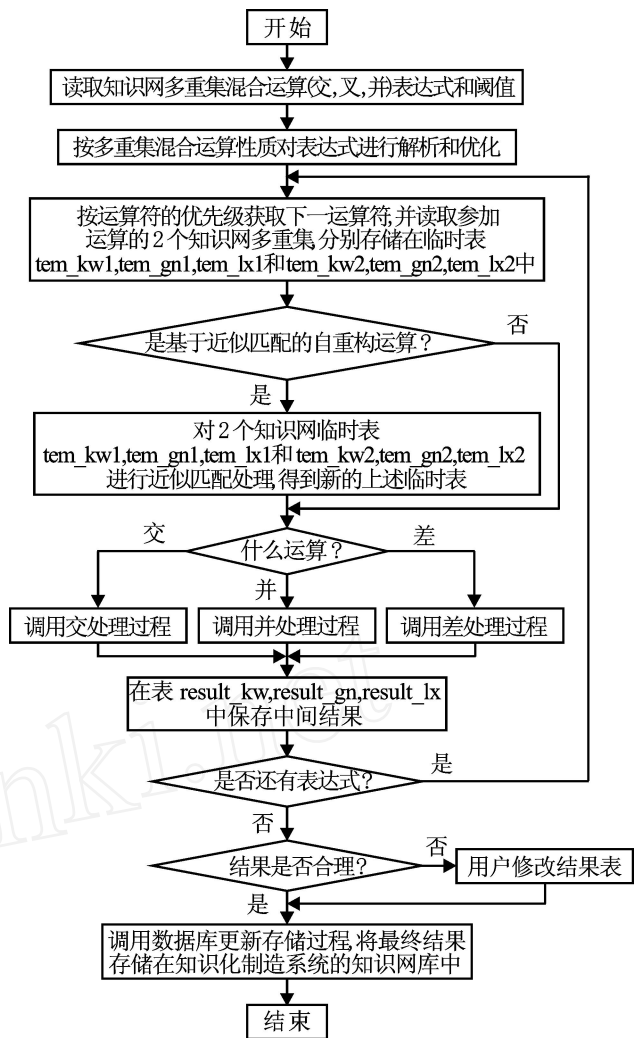


图 1 基于近似匹配的自重构流程图

4 实例研究

以南京某车身厂简化的管理信息系统的自重构为例,说明基于近似匹配的自重构方法的应用. 管理信息系统的知识网表示参见文献[2-4],知识网的存储参见文献[4,18]. 在 .NET 平台上,利用 C# 语言和数据库管理系统 SQL Sever 2000,开发出基于近似匹配的自重构运算的使能工具,并应用已开发的软件自动生成程序^[4,17],实现了基于近似匹配的知识网自重构. 2 个具有相似模块(知识点)的管理信息系统的知识网如图 2 和图 3 所示.

图 2 和图 3 中各符号的意义如下:

- a 为车身厂简化管理信息系统
- b 为生产管理模块

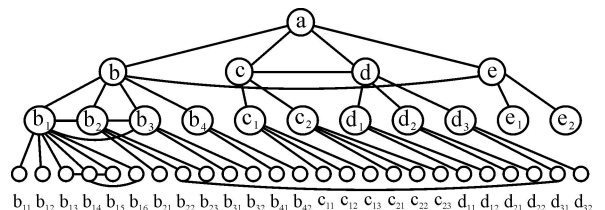


图 2 管理信息系统 1(知识网 1)

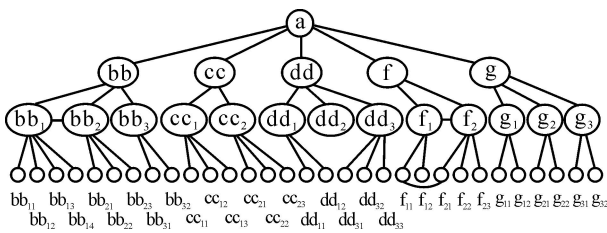


图 3 管理信息系统 2(知识网 2)

- b₁ 为生产计划与调度
 - b₁₁ 为遗传算法的调度
 - b₁₂ 为车型加工次序分析
 - b₁₃ 为冲压计划
 - b₁₄ 为生产线进度计划
 - b₁₅ 为下料计划
 - b₁₆ 为外协件计划
- b₂ 为生产监控
 - b₂₁ 为生产完成情况监控
 - b₂₂ 为设备情况监控
 - b₂₃ 为原料报废情况
- b₃ 为生产情况记录
 - b₃₁ 为生产完成情况记录
 - b₃₂ 为设备运行情况记录
- b₄ 为辅助功能
 - b₄₁ 为车间日历浏览
 - b₄₂ 为零部件信息
- bb 为生产管理模块
 - bb₁ 为生产计划与调度
 - bb₁₁ 为生产调度
 - bb₁₂ 为工序分析
 - bb₁₃ 为生产计划
 - bb₁₄ 为原料计划
 - bb₂ 为过程控制
 - bb₂₁ 为生产完成情况
 - bb₂₂ 为原料使用情况
 - bb₂₃ 为设备状况
 - bb₃ 为辅助功能
 - bb₃₁ 为设备信息
 - bb₃₂ 为 BOM 中数据浏览
- c 为物资管理模块
 - c₁ 为备件管理
 - c₁₁ 为备件明细
 - c₁₂ 为备件消耗
 - c₁₃ 为收支情况
 - c₂ 为工具管理
 - c₂₁ 为工具消耗统计
 - c₂₂ 为工具投入
 - c₂₃ 为工具信息
- cc 为物资管理模块
 - cc₁ 为劳保管理
 - cc₁₁ 为劳保明细
 - cc₁₂ 为劳保发放
 - cc₁₃ 为劳保消耗
 - cc₂ 为零件管理
 - cc₂₁ 为零件明细
 - cc₂₂ 为零件收支
 - cc₂₃ 为零件投料情况
- d 为设备管理模块

- d₁ 为前期管理
 - d₁₁ 为选型信息
 - d₁₂ 为设备采购
- d₂ 为设备档案
 - d₂₁ 为设备台帐
 - d₂₂ 为设备卡片
- d₃ 为技术状态
 - d₃₁ 为事故故障
 - d₃₂ 为设备一保
- dd 为设备管理模块
 - dd₁ 为预修预检
 - dd₁₁ 为日检
 - dd₁₂ 为周检
 - dd₂ 为设备大修
 - dd₃ 为特种设备
 - dd₃₁ 为电动机
 - dd₃₂ 为压力容器
 - dd₃₃ 为动力容器
- e 为财务管理模块
 - e₁ 为凭证管理
 - e₂ 为财务报表及分析
- f 为库房管理模块
 - f₁ 为单据管理
 - f₁₁ 为领料单
 - f₁₂ 为入库单
 - f₂ 为生产库房管理
 - f₂₁ 为基础数据维护
 - f₂₂ 为收支报表
 - f₂₃ 为零件报表
- g 为质量管理模块
 - g₁ 为计量管理
 - g₁₁ 为计量台帐
 - g₁₂ 为检查计划
 - g₂ 为质量检查
 - g₂₁ 为外协检查
 - g₂₂ 为真空管检查
 - g₃ 为质量信息
 - g₃₁ 为缺陷图表
 - g₃₂ 为废品报失

如果要综合 2 个信息系统的优点,形成新的管理信息系统,则应对 2 个信息系统所对应的知识网进行“并”运算.假设管理信息系统 1 和 2 所对应的知识网名分别为知识网 1 和知识网 2,则知识网运算的表达式为

$$(知识网 1 + 知识网 2).$$

利用知识化制造系统基于近似匹配的自重构使能工具,输入知识网运算的表达式,经过近似匹配处理后,进行并运算,得到自重构后的新知识网如图 4 所示,命名为知识网 3.利用自重构使能工具的自动生成功能^[4,17],生成与知识网 3 对应的新管理信息系统.新系统结合了 2 个信息系统的优点,功能完善,结构简洁,更符合生产实际,可直接应用于实际生产管理.

如果进行完全匹配的自重构,则知识网 1 生产管理模块 b 中的设备情况监控 b₂₂ 与知识网 2 生产

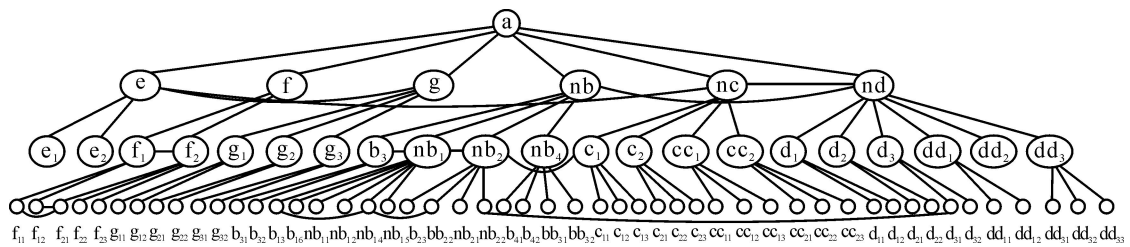


图4 自重构后的管理信息系统(知识网3)

管理模块 bb 中的设备状况 bb_{23} 就不能进行合并,在自重构后的知识网中为 2 个不同的知识点,这样新生成的管理信息系统中就有相似的功能模块,使系统的结构冗余.因此与完全匹配自重构相比,基于近似匹配的自重构将功能相似且匹配度大于给定阈值的知识点当作相同知识点进行重构运算,可简化知识网的结构,更加符合实际需要.

5 结 语

本文研究了不同制造模式中存在较多相似但不完全相同的模块的自重构问题,提出了一种基于近似匹配的知识化制造系统自重构理论及其运算算法,并利用 C# 和 SQL Sever 2000 在 .NET 平台上开发出基于近似匹配的知识化制造系统自重构使能工具.运算结果表明,与完全匹配的自重构算法相比,基于近似匹配的自重构算法对匹配度大于阈值但不完全相同的近似模块进行合并,可有效地简化系统结构,使得企业能重构出更符合实际要求的制造系统.

参考文献(References)

- [1] 严洪森,刘飞.知识化制造系统——新一代先进制造系统[J].计算机集成制造系统,2001,7(8):7-11.
(Yan Hong-sen, Liu Fei. Knowledgeable manufacturing system — A new kind of advanced manufacturing system [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2001, 7(8): 7-11.)
- [2] Xue C G, Yan H S. A study on self-reconfiguration of a knowledgeable manufacturing system[J]. Proc of the Institution of Mechanical Engineers, Part B, 2004, 218(11): 1601-1617.
- [3] Yan H S. A new complicated-knowledge representation approach based on knowledge meshes[J]. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering, 2006, 18(1): 47-62.
- [4] 薛朝改.知识化制造系统的自重构研究[D].南京:东南大学,2005.
(Xue Chao-gai. Research into the self-reconfiguration of knowledgeable manufacturing system [D]. Nanjing: Southeast University, 2005.)
- [5] Cole R, Hariharan R. Approximate string matching: A simpler faster algorithm [J]. SIAM J on Computing,

2002, 31(6): 1761-1782.

- [6] Zhuge H. An inexact model matching approach and its application[J]. J of Systems and Software, 2003, 67(3): 201-212.
- [7] Shakir H S, Nagao M. Context-sensitive processing of semantic queries in an image database system [J]. Information Processing and Management, 1996, 32(5): 573-600.
- [8] Wang Y, Zhai H C, Liang Y M, et al. Shape description matrix and its applications to color-image retrieval and recognition[J]. Science in China Series E, 2004, 47(2): 159-165.
- [9] Luo S S, Kezunovic M, Sevick D R. Locating faults in the transmission network using sparse field measurement, simulation data and genetic algorithm[J]. Electric Power Systems Research, 2004, 71(2): 169-177.
- [10] Mitsu T, Kawahara T. Dialogue strategy to clarify user's queries for document retrieval system with speech Interface[J]. Speech Communication, 2006, 48(9): 1137-1150.
- [11] 张曾科,丁刚.基于模式匹配的模糊控制算法[J].清华大学学报,2000,40(3):72-75.
(Zhang Zeng-ke, Ding Gang. Fuzzy control algorithm based on pattern matching [J]. J of Tsinghua University, 2000, 40(3): 72-75.)
- [12] Wang Y F. Mining stock price using fuzzy rough set system[J]. Expert Systems with Applications, 2003, 24(1): 13-23.
- [13] Lengwehasatit K, Ortega A. Probabilistic partial-distance fast matching algorithms for motion estimation [J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(2): 139-152.
- [14] Lee P Y, Cheng A M K. HAL: A faster match algorithm[J]. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering, 2002, 14(5): 1047-1058.
- [15] 薛朝改,严洪森.基于用户功能需求的知识网的自动生成研究[J].控制与决策,2005,20(9):996-1001.
(Xue Chao-gai, Yan Hong-sen. Research of automatic construction of the knowledge mesh based on the user's functional requirement [J]. Control and Decision, 2005, 20(9): 996-1001.)

(下转第83页)

- algorithm for manufacturing cell formation[J]. *Int J of Manufacturing Technology*, 2000, 16(7): 491-497.
- [2] Srinivas M, Patnaik L M. Adaptive probabilities of crossover and mutation in genetic algorithm [J]. *IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics*, 1994, 24(4): 656-667.
- [3] Wu Q H, Cao Y J, Wen J Y. Optimal reactive power dispatch using an adaptive genetic algorithm [J]. *Electrical Power and Energy Systems*, 1998, 20(8): 563-569.
- [4] Song Y H, Wang G S, Wang P Y, et al. Environmental/economic dispatch using fuzzy logic controlled genetic algorithm [C]. *IEE Proc on Generation, Transmission and Distribution*. Stevenage: Michael Faraday House, 1997: 377-382.
- [5] Subbu R, Sanderson A C, Bonissone P P. Fuzzy logic controlled genetic algorithms versus tuned genetic algorithms: An agile manufacturing application [C]. *Proc of the 1998 IEEE ISIC/CIRA/ISAS Joint Conf. Gaitherberg*, 1998: 434-440.
- [6] Yun Y, Gen M. Performance analysis of adaptive genetic algorithm with fuzzy logic and heuristics [J]. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 2003, 2(2): 161-175.
- [7] 李擎, 郑德玲, 唐勇, 等. 一种新的模糊遗传算法[J]. *北京科技大学学报*, 2001, 23(1): 85-89.
(Li Qing, Zheng De-ling, Tang Yong, et al. A new kind of fuzzy genetic algorithm[J]. *J of University of Science and Technology Beijing*, 2001, 23(1): 85-89.)
- [8] Wang K J. A new fuzzy genetic algorithm based on population diversity[C]. *Proc of 2001 Int Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*. Banff, 2001: 108-112.
- [9] Liu H B, Xu Z G, Abraham A. Hybrid fuzzy-genetic algorithm approach for crew grouping[C]. *Proc of the 5th Int Conf on Intelligent Systems Design and Applications*. Wroclaw, 2005: 332-337.
- [10] Michalewicz Z. Genetic algorithms + data structures = evolution program [M]. 2nd ed. New York: Springer, 1994.

(上接第 74 页)

- [16] Yan Hong-sen, Xue Chao-gai. Decision-making in self-reconfiguration of a knowledgeable manufacturing system[J]. *Int J of Production Research*, 2007, 45(12): 2735-2758.
- [17] 薛朝改, 严洪森, 王艳斌. 基于组建技术的知识化制造系统自重构的实现 [J]. *计算机集成制造系统*, 2004, 10(专刊): 39-45.
(Xue Chao-gai, Yan Hong-sen, Wang Yan-bin. Realization of self-reconfiguration of knowledgeable manufacturing systems based on COM[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2004, 10(S): 39-45.)
- [18] 王艳斌, 严洪森, 马力伟, 等. 知识化制造系统的知识网数据库设计[J]. *东南大学学报*, 2004, 34(增刊): 24-29.
(Wang Yar-bin, Yan Hong-sen, Ma Li-wei, et al. Design of knowledge mesh database of knowledgeable manufacturing system[J]. *J of Southeast University*, 2004, 34(S): 24-29.)

(上接第 78 页)

- [6] Zhong Z, Yi J, Zhao D, et al. Novel approach for mobile robot localization using monocular vision [C]. *Proc of SPIE — The Int Society for Optical Engineering*, 2003, 5286(1): 159-162.
- [7] Giovanni A, Stefano G, Stefan E. Vision-based localization for mobile robots [J]. *Robotics and Autonomous Systems*, 2001, 36(2/3): 103-119.
- [8] Murray D. Patchlets: A method of interpreting correlation stereo 3D data [D]. Vancouver: University of British Columbia, 2004.
- [9] Gerhard R, Harald B, Frank W. Robust tracking of persons in real-world scenarios using a statistical computer vision approach [J]. *Image and Vision Computing*, 2004, 22(7): 571-582.
- [10] Ashley W, Martin C, Balch T. Distributed sensor fusion for object position estimation by multi-robot systems[C]. *Proc of the IEEE Int Conf on Robotics and Automation*. Seoul, 2001, 2: 1092-1098.
- [11] Tomono M. Building an object map for mobile robots using LRF scan matching and vision-based object recognition [C]. *IEEE Int Conf on Robotics and Automation*, 2004, 4: 3765-3770.
- [12] 许永华. 基于信息融合和多行为决策的自主机器人导航系统[D]. 长沙: 中南大学, 2002.
(Xu Yong-hua. The navigation system of automobile robot based on information fuse and multi-behave decision [D]. Changsha: Central South University, 2002.)