

大规模定制中基于加工能力元的机床优选方法

辛宇鹏, 田锡天, 黄利江, 周媛媛

(西北工业大学 机电学院 陕西 西安 710072)

摘要: 针对机加工工艺设计中的机床优选问题,提出一种基于加工能力元的机床优选方法。将加工能力元作为描述机床加工能力的最小单位,根据工序加工要求,从加工能力元库中查询符合条件的加工能力元。采用基于区间数的FCM聚类算法对查询结果进行量化分析,通过计算工序约束与各聚类中心的匹配度,确定优选加工能力元集合,最终根据机床与加工能力元的对应关系得到优选机床集。通过实例分析,验证了所提方法的合理性和有效性。

关键词: 模糊C均值聚类算法, 机械加工, 大规模定制, MATLAB

中图分类号: TP391.7

文献标志码: A

文章编号: 1000-2758(2014)06-0937-07

随着产品多样化和定制化需求的急剧增加,大规模定制(mass customization, MC)已逐渐成为制造业中的一种重要生产模式。它结合了定制生产和大规模生产两方面的优势,基于产品族零部件结构的相似性,将具有相同加工特征的产品集中生产^[1]。面向特征的加工能力是MC模式下选择机床需要考虑的主要因素之一,但实际情况中,由于缺乏对机床加工能力的全面了解,工艺员制定的机床选择方案可能集中于个别常用、高性能机床,导致处于工艺下游的生产计划阶段难以均衡安排生产任务,常出现部分机床工作量过大、另一部分机床闲置的现象,造成了制造资源的浪费。

为了解决这一问题,宋玉银等^[2]基于STEP建立了机床的加工能力模型,通过STEP文件获取特征信息,进行机床约束条件检验,从而判断机床是否满足零件加工要求;郝京辉等^[3]建立了网络协同环境下的机床加工能力模型,在此基础上构建了网络化制造资源优化配置系统;赵岩等^[4]针对跨企业合作模式下的机床与制造工艺要求的匹配问题,建立了机床加工能力模型,采用一种机床加工能力与制造工艺约束的匹配度算法实现机床选择的自动决策。

以上研究的基本思路是:以加工能力为核心建立机床的信息模型,再通过建立制造工艺约束条件

或目标优化函数,采用数学算法实现机床的优化选择。为了进一步细化对机床加工能力的描述,更加准确、快速地选择出与工艺任务最匹配的机床,本文针对机床加工能力的选择问题进行了深入研究,提出建立基于特征的加工能力单位元模型,简称加工能力元(machining capability element, MAE),在此基础上研究了基于加工能力元的机床优选方法,为大规模定制环境下的机床选择提供了一种新的思路。

1 基于特征的加工能力元模型构建

反映机床加工能力的因素主要包括机床可加工特征的几何尺寸、可达到的精度能力和技术约束等。其中,特征的几何尺寸加工能力和加工该特征可达到的精度能力是衡量机床加工能力的主要标准,同时也是MC模式下选择机床需要考虑的主要因素。本文以零件制造特征为基础,将机床加工某类特征的能力信息集合看作一个加工能力元,作为反映机床加工能力的最小单位,定义如下:

定义1 加工能力元是反映机床加工能力的最小单位,可表示为一个三元组 $MAE ::= \{ID, BasProperty, EleCapacity\}$ 其中: ID 为加工能力元标识, $BasProperty$ 是加工能力元基本属性, $EleCapacity$

收稿日期: 2014-04-24

作者简介: 辛宇鹏(1985—),西北工业大学博士研究生,主要从事CAPP、数控加工研究。

为制造元。

定义 2 加工能力元基本属性表示为 $BasProperty ::= \{ PT, FT, MO, MT \}$,其中: PT 表示可加工零件类型,如轴套类、齿轮类、轮盘类等; FT 表示可加工特征类型,如孔特征、凸台特征等; MO 表示加工操作,如车削、铣削、磨削等; MT 表示可加工材料。

定义 3 制造元是机床可加工尺寸信息和加工质量信息的集合,针对不同零件类型,制造元包含的元素不同。若将零件类型分为回转体和非回转体,针对回转体类零件,制造元可表示为 $EleCapacity ::$

$= \{ ML, MD, FL, FD, MA, MR \}$,其中: ML 表示可加工零件长度, MD 表示可加工零件外径, FL 表示可加工特征长度, FD 表示可加工特征外径, MA 表示加工可达到的尺寸精度, MR 表示表面粗糙度。

根据上述定义,本文建立了如图 1 所示的加工能力元信息模型。一个加工能力元对应一个加工特征,加工特征描述的是加工操作对应的加工区域,表达了一个加工过程的结果;一个加工特征对应一个加工操作,加工操作中包含了加工策略以及所用机床、夹具、刀具等信息;机床的加工能力由加工能力元来体现,一个机床对应多个加工能力元。

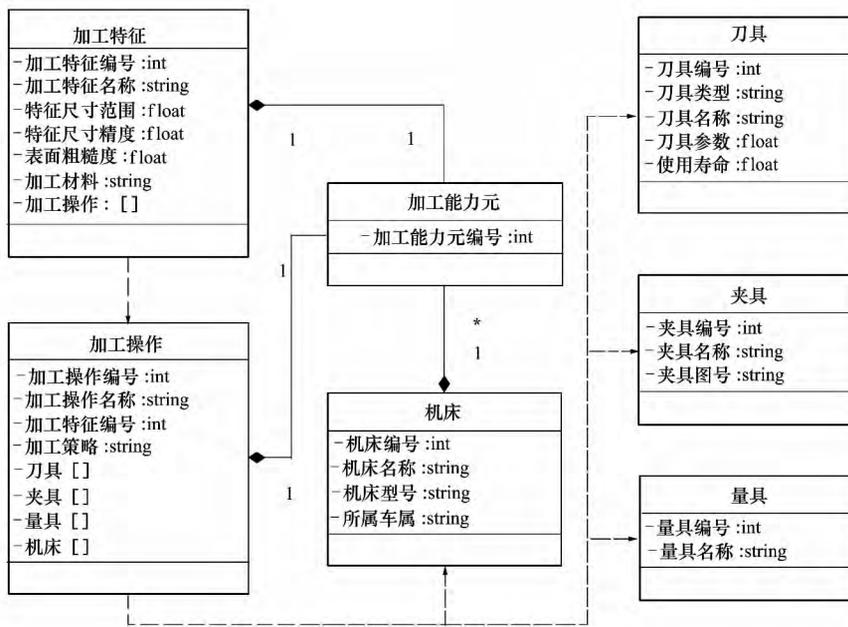


图 1 加工能力元信息模型

2 基于 MAE 的机床优选方法

基于 MAE 的机床优选方法以 MAE 库为基础,构建 MAE 库首先需要按照企业生产零件的特点总结加工特征,通过分析加工每个特征所采用的加工方法、可用机床等信息,建立 MAE 库。机床选择过程分为预选和优选 2 个阶段:预选阶段按照工序加工要求,初步从 MAE 库中查询得到满足条件的 MAE 集合;优选阶段首先采用模糊聚类算法量化分析预选得到的 MAE 之间的相似性,并对其进行聚类分组,再通过计算工序约束与各组 MAE 的匹配度确定优选 MAE 集,最终根据 MAE 与机床的对应关系

确定优选机床集,如图 2 所示。

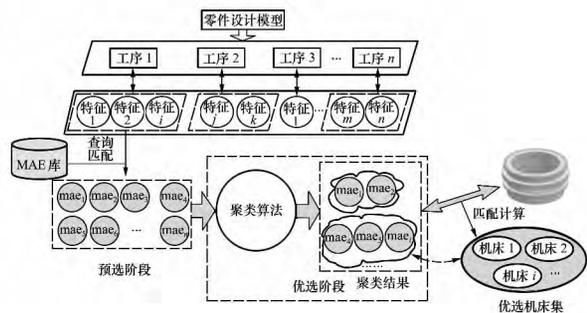


图 2 基于加工能力元的机床优选过程

预选阶段考虑到 MAE 模型中 *BasProperty* 为非数值型信息, 为最大程度消除因信息命名、描述不一致造成的分歧, 确保查询结果的准确性, 基于零件分类编码方法对 *BasProperty* 信息进行编码并作为 MAE 的 ID 标识。在 MC 环境下, 由于产品种类较多, 为了完整描述零件加工特征, 通常采用的零件分类编码系统(如 OPTIZ 系统、KK-3 系统等)拥有较长的码位, 而 MAE 的编码只需根据 *BasProperty* 所包含的内容, 选取部分码位即可。

优选阶段是以 MAE 模型中的 *EleCapacity* 信息为依据, 对预选得到的 MAE 集合进一步优化选择, 该过程需要解决两方面的关键问题: (1) 如何量化分析不同 MAE 之间加工能力的相似性; (2) 如何定义和计算工序约束与各组 MAE 集合的匹配度。下面重点讨论这 2 个问题的解决方法。

3 MAE 的加工能力相似性分析

为了使不同 MAE 之间能力相似性分析的结果更具客观性, 本文提取 MAE 中的数值型信息 *EleCapacity* 建立样本空间, 采用模糊 *c* 均值 (fuzzy *c*-mean, FCM) 聚类算法对预选得到的 MAE 进行聚类分组。由于 *EleCapacity* 中部分元素的数值类型为区间型数值(例如: 可加工零件长度范围 250~800 mm, 可加工零件外径范围 50~120 mm 等), 传统的 FCM 算法无法直接处理此类样本空间, 因此本文采用文献[5]中的区间数距离测度方法来计算 MAE 之间的模糊隶属度, 对 FCM 算法进行了扩展。

定义 4 设 $a = [a, \bar{a}]$, $b = [b, \bar{b}] \in I(R)$, $p \geq 1$, $x, y \in [0, 1]$, $a_x = (1-x)a + x\bar{a}$, $b_y = (1-y)b + y\bar{b}$ 分别为其真值。将两区间数中每一点的差值考虑进去, 定义区间数 a 和 b 之间的距离为:

$$d(a, b) = \left(\int_0^1 \int_0^1 |a_x - b_y|^p dx dy \right)^{1/p} \\ = \left(\int_0^1 \int_0^1 \sum_{j=1}^n |[(1-x) \underline{X}_k^j + x \overline{X}_k^j] - [(1-y) \underline{V}_i^j + y \overline{V}_i^j]|^p dx dy \right)^{1/p} \quad (1)$$

同理可定义区间数向量之间的距离。

定义 5 设区间数向量 $A = [a_1, a_2, \dots, a_j, \dots,$

$a_n]$, $B = [b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_n]$, 其中 $a_j, b_j \in I(R)$, 则 A, B 之间距离可定义为:

$$d(A, B) = \left(\int_0^1 \int_0^1 \sum_{j=1}^n |a_j - b_j|^p dx dy \right)^{1/p} \\ = \left(\int_0^1 \int_0^1 \sum_{j=1}^n |[(1-x) \underline{a}_j + x \overline{a}_j] - [(1-y) \underline{b}_j + y \overline{b}_j]|^p dx dy \right)^{1/p} \quad (2)$$

设加工能力元样本为

$$MAE = \{mae_1, \dots, mae_k, \dots, mae_N\}$$

式中: $mae_k = (mae_k^1, \dots, mae_k^j, \dots, mae_k^n) \in I(R)^n$, $k = 1, 2, \dots, N$, n 为加工能力元参数的个数。对于给定的 c 对应的聚类中心为:

$$V^T = (V_1, \dots, V_i, \dots, V_c) \\ V_i = (V_i^1, \dots, V_i^j, \dots, V_i^n) \in I(R)^n \\ i = 1, 2, \dots, c$$

区间数的 FCM 算法的关键是在对于给定的 c 选择隶属度 μ_{ik} 和 V_i , $i = 1, 2, \dots, c$, $k = 1, 2, \dots, N$ 使得误差函数:

$$J_m(MAE, V, c) = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^c \mu_{ik}^m d_{ik}^p (1 \leq m \leq N) \quad (3)$$

最小化, 其中:

$$d_{ik} = d_{ik}(MAE_k, V_i) \\ = \left(\int_0^1 \int_0^1 \sum_{j=1}^n |[(1-x) \underline{MAE}_k^j + x \overline{MAE}_k^j] - [(1-y) \underline{V}_i^j + y \overline{V}_i^j]|^p dx dy \right)^{1/p}$$

考虑到 $d_{ik} \geq 0$ 且:

$$\sum_{j=1}^n |[(1-x) \underline{MAE}_k^j + x \overline{MAE}_k^j] - [(1-y) \underline{V}_i^j + y \overline{V}_i^j]|^p \geq 0$$

取 $p = 2$, 公式(3) 转化为公式(4) 求最小:

$$J_m(MAE, V, c) = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^c \mu_{ik}^m \int_0^1 \int_0^1 \sum_{j=1}^n |[(1-x) \underline{MAE}_k^j + x \overline{MAE}_k^j] - [(1-y) \underline{V}_i^j + y \overline{V}_i^j]|^2 dx dy \quad (4)$$

(4) 式的约束优化问题的迭代解为公式(5) 和公式(6), 详细证明过程见文献[6]。

$$\mu_{ik} = \left(\sum_{i=1}^c \left[\frac{\int_0^1 \int_0^1 \sum_{j=1}^n | [(1-x) \overline{MAE}_k^j + x \overline{MAE}_k^j] - [(1-y) \underline{V}_i^j + y \overline{V}_i^j] |^2 dx dy}{\int_0^1 \int_0^1 \sum_{j=1}^n | [(1-x) \overline{MAE}_k^j + x \overline{MAE}_k^j] - [(1-y) \underline{V}_i^j + y \overline{V}_i^j] |^2 dx dy} \right]^{1/(m-1)} \right)^{-1} \quad (5)$$

$$\underline{V}_i^j = \overline{V}_i^j = \left[\sum_{k=1}^N \mu_{ik}^m (\overline{MAE}_k^j + \underline{MAE}_k^j) \right] / \left[2 \sum_{k=1}^N \mu_{ik}^m \right] \quad (6)$$

分组数 c 参照文献 [7] 中介绍的方法进行选择, 本文不作详细讨论. 初始聚类中心按照最大最小距离原则, 其基本思想是取最远端的对象作为聚类中心, 避免初值选取时可能出现的初始聚类中心过于邻近的情况. 算法步骤见文献 [8], MAE 的模糊聚类算法步骤如下:

步骤 1 根据 (7) 式对数据进行规范化处理

$$\begin{cases} \underline{A}_k^j = \frac{A_k^j - (A_k)_{\min}}{(A_k)_{\max} - (A_k)_{\min}} \\ \overline{A}_k^j = \frac{\overline{A}_k^j - (A_k)_{\min}}{(A_k)_{\max} - (A_k)_{\min}} \end{cases} \quad (7)$$

式中: $(A_k)_{\max} = \max_{1 \leq j \leq n} \{ \overline{A}_k^j \}$, $(A_k)_{\min} = \min_{1 \leq j \leq n} \{ \underline{A}_k^j \}$, $k = 3, 4, \dots, N$;

步骤 2 确定分组数 c , 给定一个小正数 ε (如 $10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, \dots$), 设置迭代计数 $b = 0$;

步骤 3 根据公式 (5) 计算每个加工能力元对各分组中心的隶属度 $\mu_{ij}^{(b)}$ ($i = 1, 2, \dots, c; j = 1, 2, \dots, n$);

步骤 4 根据公式 (6) 更新各分组中心 \underline{V}_i^j 和 \overline{V}_i^j ;

步骤 5 若 $|J_m^{(b+1)} - J_m^{(b)}| < \varepsilon$, 则停止迭代, 得到聚类中心矩阵 V^* 和模糊划分矩阵 U^* ; 若 $|J_m^{(b+1)} - J_m^{(b)}| \geq \varepsilon$, 令 $b = b + 1$, 转向步骤 3, 直到迭代结束.

FCM 算法所得的 U^* 是一个模糊划分矩阵, 对应着 MAE 的模糊划分, 可采用以下 2 个准则使划分清晰化, 得到 MAE 的普通分类:

准则 1 若 $d_{i0k} (MAE_k - V_{i0}) = \min_{1 \leq i \leq c} d_{ik} (MAE_k - V_i)$, 则把 MAE_k 归入第 i_0 类. 也就是说, MAE_k 与哪一个聚类中心最接近, 就将它归入哪一类, 即所谓的最小距离准则.

准则 2 在 U^* 的第 k 列中, 如果 $\mu_{ik} = \max_{1 \leq i \leq c} (\mu_{ik})$, 则将 MAE_k 归入第 i_0 类. 也就是说, MAE_k 对哪一个隶属度最大, 就将它归入哪一类, 即所谓的最大隶属准则.

4 MAE 与工序约束的匹配计算

为了准确描述 MAE 与工序约束的匹配程度, 本文定义了制造元匹配度的概念.

定义 6 制造元匹配度 (Element Capacity matching degree, EMD) 是指 Element Capacity 对于零件工序加工要求的适合程度. 这种适合程度的含义是: 制造元能力低于或者远远高于工序加工要求都是不适合的, 都会造成匹配度的降低.

EMD 的计算基于 MAE 聚类分组的基础上, 根据工序加工要求提取工序约束, 针对本文研究的回转体类零件, 工序约束可记为 $R = \{D, L, PA, PR\}$, 其中 D 为加工特征外径尺寸范围, L 为加工特征长度尺寸范围, PA 为加工尺寸精度要求, PR 为加工表面粗糙度要求. R 与各组聚类中心 V 的距离即反映了 MAE 与工序加工要求的匹配程度, 因此根据定义 6 可得 EMD 的计算公式如下:

$$\begin{aligned} EMD = d(R, V) &= \left(\int_0^1 \int_0^1 \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^m | r_j - v_i^j |^2 dx dy \right)^{1/2} \\ &= \left(\int_0^1 \int_0^1 \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^m | [(1-x) \underline{r}_j + x \overline{r}_j] - [(1-y) \underline{v}_i^j + y \overline{v}_i^j] |^2 dx dy \right)^{1/2} \end{aligned} \quad (8)$$

式中: c 为分组数, m 为 Element Capacity 元素的个数, r_j 表示规范化处理后的第 j 个制造元工艺约束元素, v_i^j 表示第 i 组第 j 个元素的聚类中心.

按照第 3 节所述的最小距离准则, 若 $EMD = \min_{1 \leq i \leq c} d_i(R - V_i)$, 则第 i 组即为最匹配的一组.

5 实例分析

本文从某航空企业的机加工车间选择了如图 3 所示的航空发动机排气导管零件加工实例, 锻件毛坯经过粗车外型面、粗车内型面、车端面、精车外型面、精车内型面和钻孔等加工工序最终形成排气导

管零件。本例选取粗车外型面作为验证工序,采用文中所提方法对工序进行机床选择。

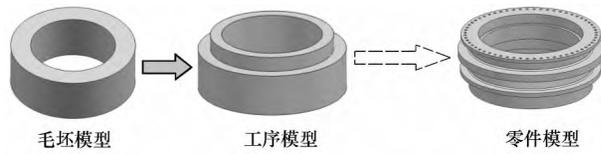


图 3 毛坯、工序及零件模型

验证工序的加工工艺约束信息,如表 2 所示。

采用分类编码系统对零件进行编码,以选取 6 位码对 MAE 进行 ID 标识为例,符合验证工序的 MAE 编码为: 0 * * 302 (* 表示任意码)。机床预选阶段结合 MAE 编码和其他工艺约束信息查询得到 10 个符合条件的 MAE,其对应的机床和部分加工能力参数如表 3 和表 4 所示。

表 2 工序加工工艺约束信息

属性	参数	属性	参数
加工操作	车削	加工零件最大长度/mm	150
加工材料	40CrNiMo 钢	加工特征外径/mm	500
零件类型	轮盘类	加工特征长度/mm	100
加工特征类型	圆柱面	加工精度/ μm	20
加工零件最大外径/mm	550	加工表面粗糙度/ μm	1.6

表 3 机床加工能力信息

设备代号	设备名称	加工零件类别	加工特征类型	加工特征的外径范围/mm	加工零件的长度范围/mm	尺寸精度/ μm	表面粗糙度/Ra
m_1	卧式数控车床 1	轮盘类	圆柱面	250~800	85~250	± 10	1
m_2	普通卧式车床	轮盘类	圆柱面	250~800	85~250	± 10	1
m_3	卧式数控车床 2	轮盘类	圆柱面	250~800	85~250	± 10	1
m_4	落地卧式车床 1	轮盘类	圆柱面	440~800	85~250	± 10	0.8
m_5	普通立式车床 1	轮盘类	圆柱面	440~1000	120~360	± 20	1.6
m_6	单柱立式车床	轮盘类	圆柱面	440~1000	120~360	± 20	1.6
m_7	普通立式车床 2	轮盘类	圆柱面	300~1000	100~300	± 15	1.6
m_8	双柱立式车床	轮盘类	圆柱面	300~1000	100~300	± 15	1.6
m_9	超精研磨机 1	轮盘类	圆柱面	250~850	50~400	± 2	0.4
m_{10}	立式数控车床 1	轮盘类	圆柱面	400~1600	100~500	± 15	1.6
m_{11}	立式数控车床 2	轮盘类	圆柱面	400~1600	100~500	± 15	1.6
m_{12}	数控外圆磨床	轮盘类	圆柱面	250~1000	50~460	± 5	0.8
m_{13}	立式珩磨机	轮盘类	圆柱面	250~1000	50~460	± 5	0.8
m_{14}	立式磨床	轮盘类	圆柱面	250~1000	50~460	± 5	0.8
m_{15}	卧式数控车床 3	轮盘类	圆柱面	160~600	46~250	± 5	1.0
m_{16}	卧式数控车床 4	轮盘类	圆柱面	240~600	46~250	± 2	0.8
m_{17}	落地卧式车床 2	轮盘类	圆柱面	240~600	46~250	± 2	0.8
m_{18}	超精研磨机 2	轮盘类	圆柱面	500~1420	100~400	± 2	0.6

表 4 加工能力元的参数值及对应加工机床

加工能力元	MAE 编码	FD/mm	FL/mm	MA/ μm	MR/ μm	对应加工机床
mae_1	001302	[250, 800]	[85, 250]	[-10, 10]	1	m_1, m_2, m_3
mae_2	011302	[440, 800]	[85, 250]	[-10, 10]	0.8	m_4
mae_3	010302	[440, 1000]	[120, 360]	[-20, 20]	1.6	m_5, m_6
mae_4	002302	[300, 1000]	[100, 300]	[-15, 15]	1.6	m_7, m_8
mae_5	013302	[250, 850]	[50, 400]	[-2, 2]	0.4	m_9
mae_6	023302	[400, 1600]	[100, 500]	[-15, 15]	1.6	m_{10}, m_{11}
mae_7	021302	[250, 1000]	[50, 460]	[-5, 5]	0.8	m_{12}, m_{13}, m_{14}
mae_8	022302	[160, 600]	[46, 250]	[-5, 5]	1.0	m_{15}
mae_9	012302	[240, 600]	[46, 250]	[-2, 2]	0.8	m_{16}, m_{17}
mae_{10}	020302	[500, 1420]	[100, 400]	[-2, 2]	0.6	m_{18}

根据表 4 信息建立样本空间,应用文中第 3 节所述的区间数 FCM 聚类算法对 10 个加工能力元进行聚类分组,设定分组数 $c = 3$,小正数 $\varepsilon = 10^{-5}$ 。初

始聚类中心的选择结果如表 5 所示,经 Matlab 仿真 5 次迭代,最终聚类中心和隶属度的计算结果如表 6、表 7 所示。

表 5 初始聚类中心各参数值

初始分组中心	MD	ML	MA	MR
v_{01}	[0.078 1, 0.375 0]	[0.043 0, 0.449 3]	[0.331 2, 0.668 7]	0.416 7
v_{02}	[0.152 8, 0.722 2]	[0.133 6, 0.750 4]	[0.083 3, 0.916 7]	1.000 0
v_{03}	[0.120 4, 0.645 8]	[0.045 5, 0.823 8]	[0.425 0, 0.575 0]	0.166 7

表 6 最终聚类中心各参数值

聚类中心	MD	ML	MA	MR
v_1	0.227 7	0.248 4	0.5	0.418 7
v_2	0.424 8	0.432 5	0.5	0.977 5
v_3	0.387 8	0.432 8	0.5	0.177 5

表 7 加工能力元对各聚类中心的隶属度

隶属度	mae_1	mae_2	mae_3	mae_4	mae_5	mae_6	mae_7	mae_8	mae_9	mae_{10}
u_{1j}	0.908 30	0.907 20	0.094 50	0.069 99	0.079 46	0.104 60	0.101 60	0.925 90	0.942 60	0.079 95
u_{2j}	0.046 10	0.040 87	0.783 80	0.822 40	0.091 71	0.724 20	0.174 80	0.037 10	0.025 29	0.109 80
u_{3j}	0.045 63	0.051 91	0.121 70	0.107 60	0.828 80	0.171 20	0.723 60	0.036 99	0.032 11	0.810 20

采用最大隶属度原则对 10 个加工能力元进行分组,根据表 4 所示的加工机床与加工能力元的对应关系,同时可得到 18 台机床的分组结果,如表 7 所示。由表 2 可得验证工序的约束向量为 $R = ([500, 550], [100, 150], [-0.02, 0.02], 1.6)$,根据文中第 4 节所述计算方法求得制造元匹配度为: $emd_1 = 0.092 4$, $emd_2 = 0.127 1$, $emd_3 = 0.267 6$ 。根据最小距离准则可知最适合该工序的是第 1 组机床集。

表 8 机床的分组结果

组号	加工能力元组	机床组
1	$mae_1, mae_2, mae_8, mae_9$	$m_1, m_2, m_3, m_4, m_{15}, m_{16}, m_{17}$
2	mae_3, mae_4, mae_6	$m_5, m_6, m_7, m_8, m_{10}, m_{11}$
3	mae_5, mae_7, mae_{10}	$m_9, m_{12}, m_{13}, m_{14}, m_{18}$

对实验结果进行分析如下:

1) 结合表 7 和表 8 中的计算结果可知:同组的加工能力元具有较高的聚合度(如表 8 所示第 1 组的加工能力元对 u_{1j} 的隶属度都达到 0.9 以上),不同的分组之间具有较高的离散度,这点可从表 7 中每个加工能力元对不同聚类中心的隶属度计算结果中体现出来;

2) 表 8 中加工能力元 mae_7 与 mae_8 具有相同的加工精度(参数 MA 值相同),而聚类结果是二者分属第 1 组和第 3 组,由此可知聚类计算的结果取决于多参数的耦合作用,而不仅仅受某个单一参数的制约,保证了计算结果的科学性;

3) 实验中,算法的迭代次数为 5 次,能够较快地收敛于设定的最小值,说明该算法运算效率较高。

6 结 论

本文对机床加工能力的描述进一步细化到了特征层面,基于加工能力元的机床优选方法,采用区间数 FCM 聚类算法解决了量化分析机床加工能力相似性的问题,通过定义和计算制造元匹配度,解决了工序约束与机床加工能力的匹配计算问题,最终达到按照加工能力优选机床的目的,实例验证结果表明所提方法是合理可行的。文中提出的对机床加工能力的量化分析方法,不依赖于人为因素,具有科学性和客观性,对大规模定制中的机床选择与评价具有参考价值。

参考文献:

- [1] 侯亮, 韩东辉, 林祖胜. 大规模定制模式下的产品外协资源配置研究[J]. 机械工程学报, 2006, 42(5): 131-136
Hou Liang, Han Donghui, Lin Zusheng. Sourcing Configuration for Product Mass Customization[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2006, 42(5): 131-136 (in Chinese)
- [2] 宋玉银, 褚秀萍, 蔡复之. 基于STEP的制造资源能力建模及其应用研究[J]. 计算机集成制造系统, 1999, 5(4): 46-50
Song Yuyin, Chu Xiuping, Cai Fuzhi. Research On Manufacturing Resource Capability Modeling and Its Application Based on STEP[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 1999, 5(4): 46-50 (in Chinese)
- [3] 郝京辉, 孙树栋, 沙全友. 制造资源网络协同环境下广义制造能力资源模型研究[J]. 计算机应用研究, 2006, 4(3): 60-63
Hao Jinghui, Sun Shudong, Sha Quanyou. Resource Modeling Oriented Generalized Manufacturing Capability[J]. Journal of Computer Applications, 2006, 4(3): 60-63 (in Chinese)
- [4] 赵岩, 莫蓉. 制造资源能力与制造工艺约束的匹配度研究[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(4): 712-718
Zhao Yan, Mo Rong. Matching Capability Degree of Manufacturing Resource Capability and Manufacturing Process Constraint[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009, 15(4): 712-718 (in Chinese)
- [5] 于春海, 樊治平. 一种基于区间数多指标信息的聚类方法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2004, 25(2): 183-186
Yu Chunhai, Fan Zhiping. A Clustering Method Based on Interval Numbers for Multi-Index Information[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2004, 25(2): 183-186 (in Chinese)
- [6] 薛联凤, 李为相. 一种基于区间数的扩展FCM聚类算法[J]. 化工自动化及仪表, 2010, 37(8): 26-29
Xue Lianfeng, Li Weixiang. An Extended FCM Clustering Algorithm Based-on Interval Numbers[J]. Control and Instruments in Chemical Industry[J], 2010, 37(8): 26-29 (in Chinese)
- [7] 石旭东, 付宜利, 代勇, 马玉林. 基于模糊聚类的设备分组技术[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2001, 33(3): 287-290
Shi Xudong, Fu Yili, Dai Yong, Ma Yulin. Machines Grouping Base on Fuzzy Clustering[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2001, 33(3): 287-290 (in Chinese)
- [8] 周世兵, 徐振源, 唐旭清. 新的K-均值算法最佳聚类数确定方法[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(16): 27-31
Zhou Shibing, Xu Zhenyuan, Tang Xuqing. New Method for Determining Optimal Number of Clusters in K-Means Clustering Algorithm[J]. Computer Engineering and Application, 2010, 46(16): 27-31 (in Chinese)

A Machine Tools Optimal Selection Method Based on Machining Capability Element

Xin Yupeng, Tian Xitian, Huang Lijiang, Zhou Yuanyuan

(School of Mechanical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: In mass customization mode, in order to select quickly and accurately the suitable machine tool in machining process design, we present an optimal selection method based on the machining capability element (MAE). We take the MAE as the smallest unit to describe machining capacity of machine tools; then, according to process machining requirements, we query the MAEs in MAE library. We do three things: (1) using interval valued FCM algorithm, we perform the quantitative analysis of machining capacities among different machine tools; (2) through computing the matching degree between process machining constraints on the one hand and cluster centers on the other, we get the most suitable MAE set for the process; (3) according to the correspondence between machine tools on the one hand and MAEs on the other, we get the most suitable MAE set for the process. Through case analysis, the rationality and validity of the proposed method were verified.

Key words: Fuzzy C-mean clustering algorithm; Machining; Mass Customization; MATLAB