

# 大规模定制模式下基于粗模糊集的定制方案多目标评价模型

李延来, 蒲云, 姚建明

(西南交通大学 经济管理学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** 针对大规模定制模式下的定制方案评价这一典型的多目标决策问题, 提出了基于粗模糊集的定制方案多目标评价模型及算法, 并对建模过程的主要步骤和关键问题作了阐述: 收集并处理定制的历史记录从而构造决策表; 利用粗糙逻辑和决策方法对已有知识进行逻辑的推演与分析, 提取相应的最优决策规则; 最后, 利用粗糙分类和模糊评价的集成算法实现定制方案评价的工作过程。

**关键词:** 粗糙集; 模糊集; 决策表; 大规模定制

中图分类号: F224.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2006)05-0136-02

## 0 前言

Davis 在出版的《Future Perfect》中对大规模定制(Mass Customization, MC)进行了较为详尽的描述: 大规模定制是在大规模的基础上生产和销售定制产品并提供相应的服务, 它是制造业和服务业的新范式, 是透视企业竞争的新方法, 它将识别并实现客户的个性化需求作为重点, 同时不放弃效率、效益和低成本。由于大规模定制能以接近批量生产的价格与时间来尽可能地满足顾客的个性化需求, 因而它正逐渐成为企业获得竞争优势的一个重要战略。一些世界知名企业如 IBM、DELL、MOTOROLA 等通过实施这种新的生产模式, 获得了更大的成功; 同样, 国内有实力的企业如联想、海尔和华陶也已开始实施 MC 模式。

在 MC 定制过程中, 顾客通常需要面对定制方案的评价问题。他们一般是同时从质量、价格、时间和个性化程度 4 个方面来评价众多定制方案以确定最优选择, 其评价和选择的结果是 MC 企业进行研发、设计、生产和销售等工作的前提, 故定制方案评价一直是 MC 研究的一个重点和热点问题。

针对 MC 下定制方案评价的内在多目标性, 本文将粗糙集的分类和多目标的模糊综合评价运用于上述评价的建模过程, 提出了确定最优方案的粗糙集推理和模糊评价的集成算法, 建立了 MC 下基于粗模糊集的定制方案评价模型。该模型的主要步骤如下: 通过收集并处理顾客定制的历史记录来构造决策表; 利用粗糙逻辑和决策方法对已有知识进行逻辑的推演与分析, 提取相应的最优决策规则; 最后利用粗糙推理和模糊多目标评价的集成算法实现定制方案评价过程。

## 1 粗糙集理论

粗糙集 (Rough Set) 理论由波兰学者 Pawlak 于 1982 年提出。它是一种刻画不完整和不确定性的数学工具, 能够有效地分析和处理不精确、不一定和不完整的各种不完备信息。其主要思想是在保持分类能力不变的前提下, 通过知识约简, 导出问题的决策和分类规则。目前, 粗糙集已被成功地应用于机器学习、决策分析、过程控制、模式识别与数据挖掘等领域, 成为上述领域中的一个新的学术热点, 并引起了越来越多的关注<sup>[1-3]</sup>。

粗糙集理论是基于知识表达系统来进行推理的, 知识表达系统定义为:

定义 1: 称四元组  $S=(U,A,V,f)$  为一个知识表达系统。其中:  $U$  为对象的非空有限集合, 称为论域;  $A$  为属性的非空有限集合,  $A=C \cup D, C \cap D=\emptyset, C$  为条件属性集,  $D$  为决策属性集;  $V=\bigcup_a V_a, V_a$  是属性  $a$  的值域;  $f: U \times A \rightarrow V$  是一个信息函数, 它为每个对象的每个属性赋予一个信息值, 即  $a \in A, x \in U, f(x, a) \in V_a$ 。

定义 2: 设  $R$  为一个等价关系,  $r \in R$ , 如果  $\text{ind}(R)=\text{ind}(R-\{r\})$ , 则称  $r$  在其中是可被约去的知识; 如果  $P=R-\{r\}$  是独立的, 则  $P$  是  $R$  中的一个约简。

定义 3: 令  $P$  和  $Q$  为  $U$  中的等价关系, 将  $P$  的  $Q$  正域记为  $\text{Pos}_P(Q)$ , 即  $\text{Pos}_P(Q)=\bigcup_{x \in U} P(x)$ ,  $P$  的  $Q$  正域是  $U$  中所有根据分类  $U/P$  的信息可以准确地划分到关系  $Q$  的等价类中的对象的集合。

定义 4: 设  $T=(U,A,C,D)$  是一个决策表, 其条件属性和决策属性分别是  $C$  和  $D$ , 称  $D$  在  $T$  中以程度  $\gamma(0 \leq \gamma \leq 1)$  依赖于  $C$ , 则:

$$\gamma = \text{card}(\text{POS}_C(D)) / \text{card}(U) \quad (1)$$

其中:  $\text{POS}_C(D)$  是  $D$  的  $C$  正区域。

$$\beta(a) = \gamma(C, D) - \gamma((C - \{a\}, D) \quad (2)$$

$\beta(a)$  称为属性  $a$  的重要性。

## 2 获取粗糙集推理的决策知识

设  $A$  是企业为所有顾客提供的定制产品集合, 则  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ , 被称为定制产品的相识集。相识集  $A$  的任一元素 (即相对应的定制产品) 拥有不同的定制时间 ( $T$ )、价格 ( $P$ )、质量 ( $Q$ ) 和个性化程度 ( $PR$ )。

定义: 设  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  被称为定制产品的相识集, 则称:  $B = \{A_i | A_i \in A, T(A_i), T_{R_i}, P(A_i), P_{R_i}, Q(A_i), Q_{R_i}\}$  为满足某顾客最低的时间标准  $T_{R_i}$ 、价格标准  $P_{R_i}$  和质量标准  $Q_{R_i}$  的可行集。

根据定义可知, 满足顾客质量、代价和时间的最低要求的  $A$  的子集构成可行集  $B$ 。而后决策的关键在于如何评价可行集中每一定制方案, 进而选取其中的最优者。

### 2.1 评价指标集

根据定制优化的特征分析, 时间 ( $T$ )、价格 ( $P$ )、质量 ( $Q$ ) 和个性化程度 ( $PR$ ) 是决定方案评价的最重要的 4 个指标, 它们是定义在论域  $U$  上的模糊集。

其隶属度函数描述如下:

$$(1) \text{ 时间系数: } \underline{A}(x) = \frac{T_{\max} - T(B_i)}{T_{\max} - T_{\min}} \quad (3)$$

$$(2) \text{ 价格系数: } \underline{B}(x) = \frac{P_{\max} - P(B_i)}{P_{\max} - P_{\min}} \quad (4)$$

$$(3) \text{ 质量系数: } \underline{C}(x) = \frac{Q_{\max} - Q(B_i)}{Q_{\max} - Q_{\min}} \quad (5)$$

(4) 个性化系数<sup>[4]</sup>:

$$\underline{D}(x) = \frac{1}{1 - \sum_{i=1, n} \log \int_{F_i^c} u(F_{\sigma}) \rho(F_{\sigma}) dF_{\sigma}} \quad (6)$$

$T_{\max}$  和  $T_{\min}$  分别是企业完成该类定制产品所需要的最高和最低的时间限值,  $T(B_i)$  是定制  $B_i$  所需的时间;  $P(B_i)$  是顾客为定制方案  $B_i$  所付出的价格 (Price),  $P_{\max}$  和  $P_{\min}$  是企业提供该类定制产品的最高和最低的价格;  $Q(B_i)$  是定制产品  $B_i$  的质量 (Quality, 通常是指标准误差),  $Q_{\max}$  和  $Q_{\min}$  是企业提供该类定制产品的最低和最高的质量标准; 个性化程度系数是用来度量产品多个定制特征满足顾客个性化需求程度的系数, 其取值范围从 0 到 1 (0 代表着产品无任何定制特征; 1 代表着产品是完全定制的)。

2.2 根据模糊截集理论<sup>[9]</sup>对条件属性实施分类

根据决策分析的需要, 分别在  $\underline{A}$ 、 $\underline{B}$ 、 $\underline{C}$  和  $\underline{D}$  作相应截集。阈值  $\lambda$  可以根据市场调查和专家经验共同确定, 则得到论域上条件属性的分类族系, 它们构成了决策分析的条件属性集, 各条件属性的  $\lambda$  取值分别为:

(1) 对集合  $\underline{A}$ , 取  $\lambda=0.25$ , 则:  $\underline{A}_{\lambda}$  是短定制时间的方案集;  $\underline{A}_{\lambda}^c$  是长定制时间的方案集。

(2) 对集合  $\underline{B}$ , 取  $\lambda=0.25$ , 则:  $\underline{B}_{\lambda}$  为低定制价格的方案集;  $\underline{B}_{\lambda}^c$  为高定制价格的方案集。

(3) 对集合  $\underline{C}$ , 取  $\lambda_1=0.9, \lambda_2=0.6$ , 则:  $\underline{C}_{\lambda_1}$  为高质量方案集;  $\underline{C}_{\lambda_1} - \underline{C}_{\lambda_2}$  为可行质量方案集;  $\underline{C}_{\lambda_2}^c$  为低质量方案集。

(4) 对集合  $\underline{D}$ , 取  $\lambda_1=0.75, \lambda_2=0.6$ , 则:  $\underline{D}_{\lambda_1}$  为高个性化程度的定制方案集;  $\underline{D}_{\lambda_1} - \underline{D}_{\lambda_2}$  为可行个性化程度的定制方案集;  $\underline{D}_{\lambda_2}^c$  为低个性化程度的定制方案集。

### 2.3 决策表生成与分析

将 MC 企业的产品定制记录作为样本集, 利用阈值对它进行离散归一化, 剔除重复记录, 构成定制优化的初始决策表, 其中 a、b、c 和 d 列是条件属性, 它们分别代表着定制方案的时间、价格、质量和个性化等属性; e 列是决策属性, 它表示顾客对每一定制方案的评价结果, 其中: 优先: 表示优先考虑的定制方案; 较好: 表示较好的定制方案; 一般: 表示一般的定制方案。

根据粗糙集中代数和逻辑的运算法则可知, 对初始决策表须作如下分析: 分析各条件属性的独立性; 考察特征空间的势与样本集的空间, 研究样本集的对象实例覆盖系统特征空间的程度, 从而得到由样本集构成的知识库是否具有完备性的结论; 检查决策表是否是粗糙的; 决策表条件属性的依赖度和重要度是反映数据间的内在联系的重要指标, 因此应考察每一条件属性的依赖度和重要度是否与实际情况相符。

### 2.4 决策规则生成

决策规则生成一般分为决策表的简化和决策规则最小化。决策表的简化一般包含属性和属性值的约简。而决策规则的最小化是从包含所有可能约简的决策表中去掉冗余和重复规则, 最后构成决策最小算法。经

过决策表的简化和决策算法最小化两个步骤就可以获得其最小决策规则。

## 3 最小决策规则的应用和多目标的模糊评价

### 3.1 决策知识的应用及模糊评价

利用最小决策规则对可行集中每一个元素实施粗糙集推理, 获得关于决策属性的等价分类  $U|e = \{U|e_1, U|e_2, U|e_3, \dots\}$ 。当  $U|e_1$  为非空集合时, 则为定制方案优化评价的备选集, 否则  $U|e_2$  为备选集的考察对象。

假设  $U|e = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  为定制方案优化评价的备选集, 则每一元素的 4 个评价指标的隶属度就构成定制方案的模糊初始评价矩阵  $C$ :

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{i1} & c_{i2} & c_{i3} & c_{i4} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & c_{n3} & c_{n4} \end{bmatrix}$$

其中  $c_{11} = \underline{A}(x_i), c_{12} = \underline{B}(x_i), c_{13} = \underline{C}(x_i), c_{14} = \underline{D}(x_i)$ 。

设模糊综合评价的输出矩阵为  $D$ , 则:

$$D = C^* W \quad (7)$$

其中  $W$  为评价指标权重矩阵  $W = (w_1,$

$w_2, w_3, w_4)$ , 取  $w_i = \beta_i / \sum_{i=1}^4 \beta_i$ 。其中  $\beta_i$  为评价指标的重要度, 其值是决策表中相应条件属性的重要度。

$\beta_i$  分别为:  $\beta_1 = \beta(a, e), \beta_2 = \beta(b, e), \beta_3 = \beta(c, e), \beta_4 = \beta(d, e)$ 。

假设  $d_i = \max\{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{in}\}$ , 则  $u_i$  为定制方案中最优的选择。

### 3.2 模型算法

基于粗糙集的定制方案多目标评价模型的评价步骤如下:

(1) 根据某一顾客对定制产品的质量、时间和价格的最低要求确定可行集;

(2) 对于可行集的每一元素  $d_i$ , 计算条件属性的隶属度值, 并按阈值  $\lambda$  进行离散归一化处理;

(3) 对每个  $d_i$  按决策规则进行粗糙集推理, 得到相应的决策属性值  $e_i$ ;

(4) 根据决策属性值进行定制方案的粗糙集分类, 确定备选集;

(5) 对备选集进行多目标模糊评价, 确定最优者。

# 产业安全评价指标体系的构建研究

孙瑞华<sup>1,2</sup>, 刘广生<sup>2</sup>

(1.上海财经大学 国际工商管理学院, 上海 200083; 2.中国石油大学 经济管理学院, 山东 东营 257061)

**摘要:** 产业安全评价是维护产业安全的基础性工作。在分析影响产业安全的六大因素的基础上, 提出了产业安全评价指标体系的基本框架, 最后就产业安全评价的相关问题进行了探讨。

**关键词:** 产业安全; 评价指标; 产业竞争力

中图分类号: F062.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2006)05-0138-02

## 1 产业安全及其影响因素

所谓产业安全, 是指一国对其重要产业拥有自主权、控制权和发展的权利, 特别是这些产业在国际产业竞争中具有竞争力, 能够应对各种生存与发展威胁, 从而保证本国现有的或潜在的产业权益免受危害的状态和能力。

一般而言, 影响产业安全的因素涉及产

业内部和外部两大方面。从产业内部来说, 它涉及产业结构以及相关的技术问题和管理工作; 外部环境因素则主要指国际市场条件、国外企业的组织制度、技术水平和竞争力, 尤其是指国外企业进入一国国内市场的资本、技术、管理等因素。影响产业安全的因素主要有以下 6 个方面:

(1) 国际直接投资。国际直接投资对产

业发展、产业升级以及产业安全产生很大影响。一方面, 跨国公司带来先进的技术、资金和管理经验, 有利于东道国推动产业结构升级和技术水平提升, 从而有助于维系产业安全; 另一方面, 如果东道国经济体制不健全, 外资的进入有可能导致对某些产业的控制, 从而对产业的发展构成威胁和障碍。

(2) 市场竞争环境。对外开放使市场竞

## 4 结论

基于粗糙模糊集的定制方案多目标评价模型将粗糙集分类和多目标模糊综合评价有机地结合起来, 其决策知识是从大量定制经验中提炼出来的, 采用诱导式的学习机制, 模拟了定制过程中顾客的决策理念, 因此克服了多目标模糊评价的缺点。本文算法

与定制过程中顾客的决策理念极其相近, 故具有普遍适用性; 同时, 粗糙集的应用使该算法具有较强的适应性和鲁棒性。

参考文献:

[1] Banerjee, Sankar K. Roughness of a fuzzy set[J]. Information Science, 1996, (93): 235-246.

[2] 刘清. Rough 集及 Rough 推理[M]. 北京: 科学出版社, 2003.57-67.

[3] 张文修, 吴伟志, 梁吉业, 李德玉. 粗糙集理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.206-212.

[4] Jianxin Jiao, Mitchell M. Tseng. Customization analysis in design for mass customization[J]. Computer Aided Design, 2004, (36): 745-757.

[5] 胡宝清. 模糊集理论基础[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.1-34.

(责任编辑: 高建平)

## Multi-object Evaluation on Customized Projects

**Abstract:** Under the mass customization mode, a new modeling method is proposed that is based on rough set and fuzzy set theory for multi-object evaluation on customized projects. The main procedure of the method and the key problems are expatiated: We can collect and do with customized historic records to build a decision table; Using rough logic and decision-making methods to analyze the available knowledge, the model adopts some decision-making arithmetic to distill relevant rules; using the integrated arithmetic of rough classification and fuzzy evaluation, we present a work-process of the evaluation on customized projects.

**Key words:** rough set; fuzzy set; decision table; mass customization

收稿日期: 2006-03-21

基金项目: 上海财经大学“211”标志性成果建设项目《中国入世后产业安全问题研究》的阶段性成果

作者简介: 孙瑞华(1969-), 女, 上海财经大学博士研究生, 中国石油大学经济管理学院副教授, 硕士生导师, 研究方向为国际贸易理论与政策; 刘广生(1967-), 男, 中国石油大学经济管理学院副教授, 硕士生导师, 研究方向为产业经济学。