

文章编号:1000-582X(2008)11-1251-06

区域制造业信息化工程多级模糊评估模型分析

刘颖¹, 尹华川², 阳岁红¹

(1. 重庆大学机械工程学院, 重庆 400030; 2. 重庆市信息产业局, 重庆 400020)

摘要:针对区域制造业信息化工程实施整体效果和实施细节的评估需求,在对区域制造业信息化工程评估目标和特点分析的基础上,建立区域制造业信息化工程多级评判指标体系,提出基于多级模糊综合评判法的区域制造业信息化工程评估模型,采用模糊指标对区域制造业信息化工程的实施效果进行量化研究,使用模糊矩阵合成将各级模糊综合评价所得到的评价结果向量经过归一化处理,逐级往上评判,得到区域制造业信息化工程多级综合评估结果。通过应用实践,验证了该模型的可行性。

关键词:区域制造业;制造业信息化;工程评估;模糊综合评判法

中图分类号:TH166;TP311

文献标志码:A

A multi-level fuzzy comprehensive evaluation analytical model of a regional manufacturing information engineering industry

LIU Ying¹, YIN Hua-chuan², YANG Sui-hong¹

(1. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China;

2. Chongqing Information Industry Bureau, Chongqing 400020, P. R. China)

Abstract: Regional manufacturing information engineering industries are extremely large and complex systems. Based on the implemental integer effect and an evaluation requirement of regional manufacturing information engineering, we analyzed the objectives and characteristics of regional manufacturing information engineering, proposed a multiple evaluation index method of regional manufacturing information engineering. Based on a multiple integration evaluation method, we built a model to evaluate regional manufacturing information engineering. We proposed a measurement model for regional manufacturing information engineering based on multi-level fuzzy comprehensive evaluation. Our quantitative research regarding the implementation effectiveness of regional manufacturing information engineering was based on fuzzy quantitative indicators. The model was grounded on collecting indexes of regional manufacturing industry information engineering, and used a fuzzy matrix to normalize the assessment results to a single fuzzy comprehensive evaluation level. Measurement was carried out step by step. Multi-level comprehensive evaluation results for a regional manufacturing information engineering industry were obtained. The validity of the model was shown through application practice.

Key words: region manufacturing; manufacturing industry information; engineering measurement; fuzzy comprehensive evaluation

收稿日期:2008-07-01

基金项目:重庆市科技攻关重大项目(CSTC2006AA2023-09);国家科技支撑计划子课题(2006BAF01A27-2-9)

作者简介:刘颖(1973-),女,重庆大学博士,主要从事供应链管理、网络化制造、电子商务等方向的研究,

(E-mail)lyjfb@sina.com.

欢迎访问重庆大学期刊网 <http://qks.cqu.edu.cn>

制造业信息化是以信息化带动工业化的突破口,对于促进中国传统制造业结构调整和优化升级具有重要的战略意义^[1]。区域经济是中国经济发展的主体,区域制造业信息化工程是国家制造业信息化工程的重要组成部分。区域制造业信息化工程是一个由众多要素和环节组成的复杂大系统,各区域实施特色和含量差异较大^[2]。而中国区域制造业信息化工程的实施缺乏科学的评价方法,对区域制造业信息化工程的整体效果和实施细节缺乏科学系统的分析和总体把握^[3-4]。因此,研究区域制造业信息化工程评估模型,对于从整体上推进区域制造业信息化工程的实施和应用水平的提升具有重要意义。

由于区域制造业信息化工程各要素对系统的贡献具有模糊性,而模糊综合评判法具有数学模型简单、对多因素多层次的复杂问题评判效果比较好等优点^[5-6],所以,笔者基于模糊综合评判法对区域制造业信息化工程进行评估模型的研究。

1 区域制造业信息化工程评价的目标和特点

1.1 区域制造业信息化工程评价目标

区域制造业信息化工程评估的目标是:1)使政府能掌握区域制造业信息化工程建设的总体状况,制订有关政策措施,从宏观上引导区域制造业信息化工程建设的健康发展,以加快区域制造业信息化工程的进程。2)综合评估区域制造业信息化工程的程度,使政府和相关制造企业、参与其中的各类科研机构 and IT 服务咨询机构清楚区域制造业信息化工程的薄弱环节和重点环节,从而明确今后努力的方向^[7]。

1.2 区域制造业信息化工程评价特点

1.2.1 系统性

区域制造业信息化工程评估体系从表面上看是一个检验体系,而事实上更是一个指导体系。指标体系的设置既要符合区域情况,遵循国家信息化建设和区域信息化的有关方针政策,又要紧跟国际信息化发展方向,充分考虑不同行业应用范围,客观地反映区域和企业信息化水平和发展趋势。根据区域制造业信息化工程及其评估的特点和评估指标体系的自身要求,在评估指标设置中应遵循目标导向性、综合性、可操作性的原则^[8]。评价内容应包括认识度及战略措施、区域制造业信息化工程基础建设和基础研究、制造企业信息化建设及应用状况、区域制造业技术支持平台和中间服务平台的建设和应用、效益等各个方面;从指标结构的层次来看,分1级指

标、2级指标,从1级指标开始,逐级细化。

1.2.2 权重难定性

在区域制造业信息化工程评价指标体系的多个指标中,有主要的、次要的,有定性的、定量的,指标之间关系复杂,指标权重的分配直接关系到相对重要性的体现,权重是综合评估系统的关键。权重的计算方法是否科学,直接关系到权重分配方案是否真实代表了专家意见,影响到指标体系的权威性和有效性。通过采用一定的权重综合计算方法,将定性的评判量化,汇总各位专家的意见,最后获得评估系统指标的权重分配方案。对于2级指标权重设置,因行业或企业性质不同而有所不同,可以建立2级指标权重分配方案库,使评估系统能适用于各区域。

1.2.3 时间性(动态性)

区域制造业信息化工程处于不同的阶段,对信息化的投入以及产生的效益也不相同。因此,不同时期,区域制造业信息化工程的状态是不同的,信息化评估的结果自然也不一样。同时,指标库建立和权重分配方案在一定时期内是稳定的^[9]。但是,随着信息技术日新月异发展,应用的深入推进,区域制造业信息化工程的需求状况将会发生变化,因此总体指标库的设置以及指标间的关系都会随着时间的发展而有所变化。

1.2.4 区域差异性

由于历史和地理的原因,各地区经济的发展状况不同,直接影响到其区域制造业信息化工程整体水平的不一样。这就需要在权重分配方案上有所差异。

2 基于多级模糊综合评判法的区域制造业信息化工程评估模型

2.1 区域制造业信息化工程评判指标体系的建立

区域制造业信息化工程是多层次的区域复杂信息化系统的聚合体。对其评价不能就单纯的技术或管理范围内进行,而是必须在广泛调研的基础上,建立政府、企业、相关科研服务机构参与的包含区域内不同制造行业、各类制造企业信息化建设和中间技术服务平台的所有内容的指标库,并采用科学的计算方法对专家权重方案进行汇总,形成指标体系库^[10-12]。区域制造业信息化工程的评价指标体系如表1所示,其多级指标权重系数需根据不同区域的制造业信息化工程特点进行确定。

2.2 多级模糊综合评判法原理

1)建立因素集。因素集是以影响区域制造业信

息化工程的各种指标因素所组成的一个普通集合。设模糊综合评判问题中的因素集合 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, 其中, $u_i (i=1, 2, \dots, m)$ 分别代表各影响因素。

2) 建立评价集。评价集包含所有可能出现的评价对象的评语, 设为 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ 。

3) 建立权重集。由于各因素对所评价指标的影响程度不一样, 不同的决策者对同一风险的认识和评价也各不相同, 所以对于区域制造业信息化工程的评估应反映各种指标因素对系统的影响程度并缩小评估人员之间主观影响的差别。对各指标因素的影响程度及其重要性赋以相应的权重, 定义权重集为: $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, 实际应用中要求 a_i 满足非负性和归一性, 即 $\sum_{i=1}^m a_i = 1 (a_i \geq 0, i=1, 2, \dots, m)$ 。

4) 单因素模糊评价^[13-15]。单因素模糊评价是为了确定评价因素集 U 中每一个因素指标在评语集中的隶属度, 建立一个从 U 到 V 的模糊关系, 从而导出隶属度矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times k}$, 其中, r_{ij} 表示因素 u_i 对评语 v_j 的隶属度。在确定评价因素对评语集隶属度 r_{ij} 时, 可以请若干专家为评价组, 对每一个因素进行评价, 从而使这种主观估计更具有客观性。设评价集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ 对于评价因素 u_i 有 v_{ij} 个 v_j 评语, $j=1, 2, \dots, k$, 则 u_i 对于评语集的隶属度向量 $r_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ik}\}$, 其中

$$r_{ij} = \frac{v_{ij}}{\sum_{j=1}^k v_{ij}} \quad (1)$$

5) 初级模糊评判。初级模糊评判是按每个因素的各个等级进行评价, 记评价结果向量为

$$B = A * R = [a_1 a_2 \dots a_m] * \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mk} \end{bmatrix} = [b_1 b_2 \dots b_k] \quad (2)$$

其中 * 表示模糊合成算子。为综合考虑各评价因素的影响且保留单因素评价的全部信息, 对模糊合成算子采用 $M(\cdot, \oplus)$ 算子, 即

$$b_j = \sum_{i=1}^m (a_i \cdot r_{ij}) = \min \left\{ 1, \sum_{i=1}^m (a_i \cdot r_{ij}) \right\}, \quad j=1, 2, \dots, k. \quad (3)$$

当权重集和隶属度均具有归一性时, $M(\cdot, \oplus)$ 即为普通的矩阵乘法运算, 此时 $B = [b_1, b_2, \dots, b_k]$

也是归一化的, 即

$$\sum_{j=1}^k b_j = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k a_i r_{ij} = \sum_{i=1}^m a_i \sum_{j=1}^k r_{ij} = 1. \quad (4)$$

6) 多级模糊综合评价。多级模糊综合评判法采用自下而上的方式进行。在初级模糊综合评判的基础上, 使用模糊矩阵合成将初级模糊综合评判得到的评价结果向量经过归一化处理后合成矩阵 R , 作为因素集 U 到评价集 V 的隶属度矩阵, 再根据公式(2)计算评价向量。由此逐级往上评判即构成多级综合评判的一般模型。

设评判中将 U 划分为 p 级, 则多级模糊综合评判的数学模型为

$$B_l^{(p)} = A_l^{(p)} \cdot R_l^{(p)}, \quad (5)$$

$$R_l^{(p)} = [B_1^{l+1}, B_2^{l+1}, \dots, B_k^{l+1}]^T. \quad (6)$$

7) 评价结果。利用多级模糊综合评判得到的最终向量 B 和评价等级 V 的参数列向量 C 来计算综合评定值 $\mu (\mu = B \cdot C)$, 对评价结果做出判定。常用的判定准则有最大隶属度原则和加权平均原则, 为避免综合评价失效, 对区域制造业信息化工程的评估采用加权平均原则。

3 应用案例

重庆市十五制造业信息化工程取得了显著的经济效益和社会效益。应用前述的多级模糊综合评判法, 组织专家组对重庆市十五制造业信息化工程实施效果进行评估。具体的评估计算过程和结果如下。

1) 建立重庆市十五制造业信息化工程评估指标体系和因素集(见表 1)。由表 1 可知, 因素集合 U 由认识度及战略措施(u_1)、区域制造业信息化工程基础建设和基础研究(u_2)、典型示范企业信息化建设及应用状况(u_3)、区域制造业技术支持平台和中间服务平台的建设和应用(u_4)和投入及效益状况(u_5)5 个因素构成 1 级指标。分别包含若干 2 级指标。

2) 确定评判因素集。将评语集 V 确定为好(v_1)、较好(v_2)、一般(v_3)、差(v_4)4 个等级。由 40 位专家进行评价。打分情况见表 1。

3) 确定权重集。重庆市十五制造业信息化工程的评价权重集如表 1 所示。

表1 区域制造业信息化工程评价信息表

1级指标 (u_i)	1级指标 权重系数 (a_1)	2级指标(u_{1j})	2级指标 权重系数 (a_{1j})	评价结果 /评价人数			
				好	较好	一般	差
1 认识度及战略 措施	0.100	1.1 政府、企业和相关机构对区域制造业信息化工程的 认识情况	0.200	25	11	4	0
		1.2 区域制造业信息化工程组织模式、管理协调制度	0.280	30	8	2	0
		1.3 区域制造业信息化工程与区域经济政策、区域制造 行业发展的结合情况	0.100	30	5	4	1
		1.4 区域制造业信息化工程的规划情况	0.300	32	5	2	1
		1.5 区域制造业信息化工程的人力资源战略	0.120	26	9	3	2
2 区域制造业信 息化工程基础 建设和基础 研究	0.100	2.1 区域骨干网络建设	0.100	23	10	7	0
		2.2 区域制造业信息化工程资源配置	0.100	26	9	4	1
		2.3 区域基础数据库	0.350	22	16	2	0
		2.4 区域制造业信息化工程标准化体系	0.320	23	12	5	0
		2.5 区域制造业信息化工程技术的研应用	0.130	25	10	4	1
3 典型示范企业 信息化建设及 应用状况	0.550	3.1 制造企业信息化支撑系统建设及应用情况	0.100	25	12	2	1
		3.2 企业标准化工作	0.050	16	16	7	1
		3.3 设计信息系统建设及应用状况	0.090	25	9	5	1
		3.4 生产过程管理和控制信息系统建设及应用状况	0.100	15	18	5	2
		3.5 管理信息系统建设及应用状况	0.120	25	12	2	1
		3.6 电子商务和网络化市场运作系统的建设和应用	0.060	30	6	4	0
		3.7 办公自动化系统建设和应用	0.050	26	10	3	1
		3.8 物流系统建设和应用	0.060	22	16	1	1
		3.9 决策信息系统建设和应用	0.060	20	13	6	1
		3.10 供应链系统建设和应用	0.060	20	16	2	2
		3.11 客户管理系统建设和应用	0.040	22	10	6	2
		3.12 信息系统集成情况	0.070	18	14	7	1
		3.13 信息化系统特色及创新	0.040	20	16	3	1
		3.14 重点企业信息系统的建设应用	0.100	30	8	2	0
4 区域制造业技 术支持平台和 中间服务平 台的建设和应用	0.150	4.1 区域制造业和产业链的信息化合作机制	0.200	27	9	3	1
		4.2 区域制造业技术支持平台建设和应用情况	0.450	30	6	4	0
		4.3 区域制造业中间服务平台建设和应用情况	0.350	32	5	2	1
5 投入及效益 状况	0.100	5.1 建设预算情况	0.120	30	8	1	1
		5.2 经费投入情况	0.320	34	3	2	1
		5.3 建设效益状况	0.450	28	6	5	1
		5.4 信息化建设效益亮点	0.110	30	6	4	0

4)单因素评价矩阵的计算。

由公式

$$r_{ij} = \frac{v_{ij}}{\sum_{j=1}^k v_{ij}}$$

可计算出

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.625 & 0.275 & 0.100 & 0.000 \\ 0.750 & 0.200 & 0.050 & 0.000 \\ 0.750 & 0.125 & 0.100 & 0.025 \\ 0.800 & 0.125 & 0.050 & 0.025 \\ 0.650 & 0.225 & 0.075 & 0.005 \end{bmatrix},$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.575 & 0.250 & 0.175 & 0.000 \\ 0.650 & 0.250 & 0.100 & 0.025 \\ 0.550 & 0.400 & 0.050 & 0.000 \\ 0.575 & 0.300 & 0.125 & 0.000 \\ 0.625 & 0.250 & 0.100 & 0.025 \end{bmatrix},$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.625 & 0.300 & 0.050 & 0.025 \\ 0.400 & 0.400 & 0.175 & 0.025 \\ 0.625 & 0.225 & 0.125 & 0.025 \\ 0.375 & 0.450 & 0.125 & 0.050 \\ 0.625 & 0.300 & 0.050 & 0.025 \\ 0.750 & 0.150 & 0.100 & 0.000 \\ 0.650 & 0.250 & 0.075 & 0.025 \\ 0.550 & 0.400 & 0.025 & 0.025 \\ 0.500 & 0.325 & 0.150 & 0.025 \\ 0.500 & 0.400 & 0.050 & 0.050 \\ 0.550 & 0.250 & 0.150 & 0.050 \\ 0.450 & 0.350 & 0.175 & 0.025 \\ 0.500 & 0.400 & 0.075 & 0.025 \\ 0.750 & 0.200 & 0.050 & 0.000 \end{bmatrix},$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.625 & 0.225 & 0.075 & 0.025 \\ 0.750 & 0.150 & 0.100 & 0.000 \\ 0.800 & 0.125 & 0.050 & 0.025 \end{bmatrix},$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.750 & 0.200 & 0.025 & 0.025 \\ 0.850 & 0.075 & 0.050 & 0.025 \\ 0.700 & 0.150 & 0.125 & 0.025 \\ 0.750 & 0.150 & 0.100 & 0.000 \end{bmatrix}。$$

5)初级模糊评判 $B_1 = A_1 \cdot R_1 =$

$$[0.200 \quad 0.280 \quad 0.100 \quad 0.300 \quad 0.120] \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.625 & 0.275 & 0.100 & 0.000 \\ 0.750 & 0.200 & 0.050 & 0.000 \\ 0.750 & 0.125 & 0.100 & 0.025 \\ 0.650 & 0.225 & 0.075 & 0.005 \end{bmatrix} =$$

$$[0.728 \quad 0.188 \quad 0.060 \quad 0.50 \quad 0.016 \quad 0.00],$$

同理可计算得

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 =$$

$$[0.580 \quad 0.316 \quad 0.098 \quad 0.005 \quad 0.005 \quad 0.005],$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 =$$

$$[0.570 \quad 0.310 \quad 0.093 \quad 0.026 \quad 0.026 \quad 0.00],$$

$$B_4 = A_4 \cdot R_4 =$$

$$[0.752 \quad 0.156 \quad 0.077 \quad 0.50 \quad 0.013 \quad 0.75],$$

$$B_5 = A_5 \cdot R_5 =$$

$$[0.759 \quad 0.132 \quad 0.086 \quad 0.25 \quad 0.022 \quad 0.25],$$

经归一化计算

$$B_1 = [0.733 \quad 0.189 \quad 0.061 \quad 0.016 \quad 0.10],$$

$$B_2 = [0.580 \quad 0.316 \quad 0.098 \quad 0.005 \quad 0.005 \quad 0.75],$$

$$B_3 = [0.570 \quad 0.310 \quad 0.093 \quad 0.026 \quad 0.026 \quad 0.00],$$

$$B_4 = [0.733 \quad 0.189 \quad 0.061 \quad 0.016 \quad 0.10],$$

$$B_5 = [0.759 \quad 0.132 \quad 0.086 \quad 0.25 \quad 0.022 \quad 0.25].$$

6)综合模糊评判

$$B = A \cdot R = A \cdot [B_1 B_2 B_3 B_4 B_5]^T =$$

$$[0.100 \quad 0.100 \quad 0.550 \quad 0.150 \quad 0.100] \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.733 \quad 0.189 \quad 0.061 \quad 0.016 \quad 0.10 \\ 0.580 \quad 0.316 \quad 0.098 \quad 0.005 \quad 0.005 \\ 0.570 \quad 0.310 \quad 0.093 \quad 0.026 \quad 0.026 \\ 0.733 \quad 0.189 \quad 0.061 \quad 0.016 \quad 0.10 \\ 0.759 \quad 0.132 \quad 0.086 \quad 0.25 \quad 0.022 \quad 0.25 \end{bmatrix} =$$

$$[0.633 \quad 0.257 \quad 0.087 \quad 0.25 \quad 0.020 \quad 0.76],$$

经归一化计算

$$B = [0.633 \quad 0.258 \quad 0.087 \quad 0.32 \quad 0.020 \quad 0.78].$$

7)评价结果。评分等级 v 的参数列向量

$$C = (100 \quad 85 \quad 70 \quad 55)^T,$$

综合得分为

$$\mu = B \cdot C = [0.633 \quad 0.258 \quad 0.087 \quad 0.32 \quad 0.020 \quad 0.78] \times$$

$$\begin{bmatrix} 100 \\ 85 \\ 70 \\ 55 \end{bmatrix} = 92.5。$$

依据上述模型进行的专家评价和多级模糊综合评判法的科学计算,重庆市十五制造业信息化工程最后的综合得分是 92.5 分,与国家重庆十五制造业信息化工程的评分 92.7 基本一致。证明重庆市十五制造业信息化工作达到了优秀的标准,同时也证明了笔者提出的评估模型是合理的。

4 结 语

由于区域制造业信息化工程是个复杂的大系统,使用传统的评估方法难以把握其整体性和区域性。笔者通过对区域制造业信息化工程指标体系的建立和分析,确定了系统权重系数,建立了一个针对区域制造业信息化工程的多级模糊综合评估模型,

运用多级模糊综合评判法进行区域制造业信息化工程的评估,具有一定的科学性、合理性和可行性。最后得到的评估结果是得分方式,可以直观地得到区域制造业信息化工程总体评估结果,有助于对不同区域的制造业信息化工程进行比较分析。在下一步的研究中,将在对不同区域特点和类型的区域制造业信息化工程进行详细分析的基础上,研究评估指标的选择模型和指标系数的确定方法,提高对区域制造业信息化工程的评估和控制能力。

参考文献:

- [1] 杜平安. 制造业信息化的发展与现状研究[J]. 中国机械工程, 2003, 14(13):1126-1130.
DU PING-AN. Research on the current state and development of information-based manufacturing [J]. China Mechanical Engineer, 2003, 14(13):1126-1130.
- [2] 刘飞. 先进制造系统及管理运作[M]. 北京: 北京科学出版社, 2006.
- [3] LIU F, YIN C, LIU S. Regional networked manufacturing system [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering: English Edition, 2000, 13 (supp 1): 97-103.
- [4] MA S Q, FENG J, CAO H H. Fuzzy model of regional economic competitiveness in GIS spatial analysis: case study of Gansu, Western China [J]. Fuzzy Optimization and Decision Making, 2006, 5(2): 99-111.
- [5] KARSAK E E. Using data envelopment analysis for evaluating flexible manufacturing systems in the presence of imprecise data [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2008, 35 (9/10): 867-874.
- [6] LI J. Application of fuzzy integrative evaluation method to risk management of virtual enterprises [J]. Industrial Engineering Journal, 2004, 5 (3): 40-43.
- [7] SUL K, NABEEL R. A model for disruptive technology forecasting in strategic regional economic development[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2007, 74(9):1718-1732.
- [8] BEZDEK R H, WENDING R M, DIPERNA P. Environmental protection, the economy, and jobs: national and regional analyses [J]. Journal of Environmental Management, 2008, 86(1): 63-79.
- [9] WANG S L, WANG X Z. A fuzzy comprehensive clustering method [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2007, 4623: 488-499.
- [10] 肖龙, 戴宗坤. 信息系统资源分布模型研究[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2004, 41(3):560-564.
XIAO LONG, DAI ZONG KUN. The resource distribution model about information system[J]. Journal of Sichuan University: Natural Science Edition, 2004, 41(3): 560-564.
- [11] 李延锋, 赵韩, 董玉德. 面向区域中小企业的制造业信息化建设体系研究[J]. 中国制造业信息化, 2006, 35 (7):11-13.
LI YAN-FENG, ZHAO HAN, DONG YU-DE. Research on manufacturing information construction system used for regional medium or small enterprises [J]. Manufacture Information Engineering of China, 2006, 35(7):11-13.
- [12] 赵沂蒙, 孙林岩, 肖忠东. 制造业信息化与区域知识创新战略[J]. 情报学报, 2003, 22(5):65-68.
ZHAO YI-MENG, SUN LIN-YAN, XIAO ZHONG-DONG. Informatization of manufacturing industries and regional knowledge innovation strategy[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2003, 22(5):65-68.
- [13] 杨纶标, 高英仪. 模糊数学原理及应用[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002:129-146.
- [14] 李永宁. 企业信息化多层次模糊综合评价方法研究[J]. 情报杂志, 2007(2):84-86.
LI YONG-NING. Study on the multi-level fuzzy comprehensive appraisal method of enterprise informatization[J]. Journal of Information, 2007(2): 84-86.
- [15] MARTINEZ T, FOULETIER R, PARK K H, et al. Virtual enterprise: organization, evolution and control[J]. International Journal of Production Economics, 2001, 74(1/3): 225-238.

(编辑 张 苹)