

基于模糊区间的智能交通中信息融合性能评估方法研究

刘云翔, 黄越, 朱萍, 原鑫鑫

(上海应用技术学院 计算机学院, 上海 200235)

摘要: 以智能交通的应用为背景建立了信息融合性能指标体系, 给出了一种用于多传感器信息融合性能测试与评估的系统结构; 提出了信息融合过程中基于模糊区间目标之间优势关系评价方法, 从对目标实现排序的情况进行分析讨论, 将对目标的两两比较与一个目标优于其它目标的可信度联系起来, 对目标之间一致性和不一致性进行定义, 给出优势阈值和非不同阈值的概念, 讨论了基于模糊区间的目标评价方法, 为基于不同属性标准的评价进行综合处理提供了理论基础。

关键词: 模糊优势关系; 多属性标准决策; 优势阈值; 模糊区间

Research of Information Fusion Evaluation Methodology Based on Fuzzy Interval in Intelligent Traffic

Liu Yunxiang, Huang Yue, Zhu Ping, Yuan Xinxin

(Department of Computer Science, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200235, China)

Abstract: The theories and methods of performance evaluation for multi-sensor data fusion system based on Fuzzy Interval are discussed. A information fusion performance criteria system is founded with Intelligent Traffic applications as background, the evaluation process is similar to the decision process, The method of multiple criteria decision-making based on fuzzy preference relation are based on pair comparisons, in the sense that processes are linked to some degree of credibility of preference of any object over any other object. Proposing the idea of translating imprecision or ambiguity in measurement of an alternative for a given point of view with the use of a fuzzy set in \mathbf{R} which is a set of ordered pairs $\{x, \mu_j^a(x)\}$ where $\mu_j^a(x)$ is termed "the grade of membership of x " for alternative a related to j . The concept of preference threshold and indifference threshold and aggregation function are given, and definition of concordance index and discordance index are presented too. This offered theoretical foundation for aggregation based on all evaluations from attributes.

Key words: fuzzy preference relation; fuzzy interval; aggregation function; preference threshold

0 引言

传感器的多样性、环境的复杂性、数据融合算法的适应性等因素造成了对数据融合算法选择、评价、组合的不确定性。因此, 对信息融合系统性能的评估理论和方法进行研究探讨是非常有意义的, 尤其是对信息融合系统评价指标体系的构造以及相对评价指标目标的评价是评估过程中一个非常重要的环节^[1-3]。在评价过程中, 如果把决策表看成是评估系统, 那么, 各评价指标对应条件属性, 评测结果就对应着决策属性, 由于信息表中的条件属性和决策属性可以利用模糊集合来描述, 因此基于模糊集合和粗糙集合相结合的方法进行数据处理的研究是非常有意义的, 信息表中的条件属性可能有多个, 如何建立一种合理的单一属性标准评价方法, 再将各个属性标准结合起来考虑而得到对目标的综合评价实现对目标进行聚类 and 排序更具有实用价值^[4-6]。

本文主要从对目标实现排序的情况进行分析讨论, 基于对目标的两两比较, 将这一过程与一个目标优于其它目标的可信

度联系起来^[6-8], 假设一目标相对于某一属性的评价值为 $g_j(a)$, 对目标之间一致性和不一致性进行定义, 给出了优势阈值和非不同阈值概念, 提出了基于模糊区间的目标评价方法, 将针对于某一属性标准的目标测量中的不精确性或模糊性进行转换, 在测量过程中利用了一个有序对集合中的模糊集合, 该有序对为 $\{x, \mu_j^a(x)\}$, 其中, $\mu_j^a(x)$ 表示与属性 j 有关的, 对目标 a 而言 x 的隶属度, $x \in \mathbf{R}$ 。当一个模糊区间是正规的和凸的模糊集合, 那么, $\mu_j^a(x)$ 的强 λ -截集合是一个封闭区间 $I_{j,\lambda}^a: \{x: \mu_j^a(x) \geq \lambda\}$, 对于所有目标和给定的 λ , 对应着集合 A 上的一个区间序列, 从而实现目标之间优势关系的确定, 为基于不同属性标准的评价进行综合处理提供了理论基础。

1 评估系统结构和指标体系

对多传感器信息融合系统的评估可从两方面进行^[2-3]: 一个是系统的性能度量 (MOP); 另一个是系统的效能度量 (MOE)。

多传感器信息融合系统评估体系结构, 如图 1 所示, 效能评估指标层次结构, 如图 2 所示。

2 基于模糊区间目标之间的优势关系

假设有值的二元关系为 R_j , 其中 $R_j(a, b)$ 表示对于属性 j 来说, a 优于 b 的程度: $0 \leq R_j \leq 1$ 。

1) $R_j(a, b) = 0$ 意味着 a 与 b 不存在优势关系。

收稿日期: 2013-08-21; 修回日期: 2013-10-20。

基金项目: 车路协同下智能交通控制与诱导一体化研究 (12510503800)。

作者简介: 刘云翔(1964-), 男, 重庆人, 工学博士, 主要从事人工智能、计算机软件与理论、信息融合及智能信息处理等领域方向的研究。

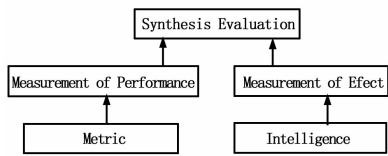


图 1 多传感器信息融合系统评估体系结构图

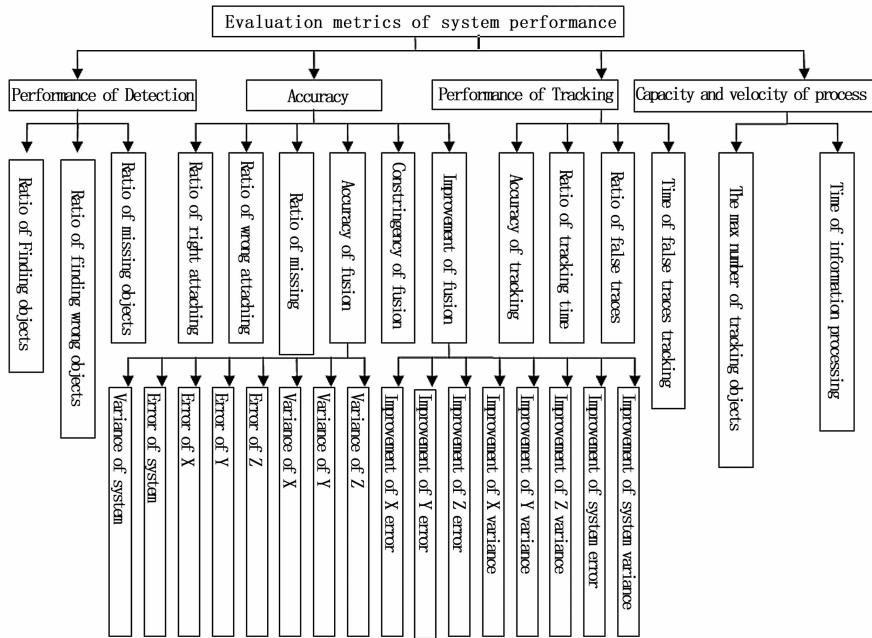


图 2 效能评估指标层次结构图

- 2) $R_j(a, b) = 1$ 意味着 a 一定优于 b 。
- 3) $R_j(a, b) > R_j(c, d)$ 意味着 a 优于 b 比 c 优于 d 更可信。

定义 1: 假设 $g_j(a)$ 表示对于第 j 个属性来说, 目标 a 的评价值, 函数 g_j 称为属性标准。那么, 相对于属性 j 来说, a 优于 b 的优势程度定义如下:

$$R_j(a, b) = f_j[g_j(a), Ng_j(b)] \quad (1)$$

其中: f_j 是两个观点的非递减函数, N 是强否定^[2]。同时具有如下特征:

- 1) a 优于 a 的优势程度等于 1, 这就蕴涵着 R_j 是自反的, 即

$$R_j(a, a) = f_j[g_j(a), Ng_j(a)] = 1$$

- 2) R_j 是完备的。
- 3) R_j 是传递的。

定义 2: 假设 PT 和 IT 是 $g_j(a)$ 的非递减函数, 分别是优势阈值和非不同阈值, $g_j(a)$ 和 $g_j(b)$ 分别是目标 a 和 b 基于属性 j 的评价, 那么, 目标 a 和 b 之间的一致性可定义如下:

$$R_j(a, b) = \frac{PT[g_j(a)] - \min(g_j(b) - g_j(a), PT[g_j(a)])}{PT[g_j(a)] - \min(g_j(b) - g_j(a), IT[g_j(a)])} \quad (2)$$

$R_j(a, b)$ 和 $R_j(b, a)$ 图形可以作为 $g_j(b)$ 的函数在图 3 中表示出来。

定义 3: 根据有值的完备关系 R_j , a 严格优于 b 的强度 $P_j(a, b)$ 和 a 与 b 非不同的强度 $I_j(a, b)$ 分别定义如下^[8]:

$$P_j(a, b) = R_j^d(a, b) = 1 - R_j(b, a)$$

$$I_j(a, b) = \min(R_j(a, b), R_j(b, a)) \quad (3)$$

根据图 3 可以很容易地得到 (P_j, I_j) 的图形, 如图 4 所示。

$g_j(b)$ 的变化范围可以分成 5 个区:

- (1) $g_j(b) \geq g_j(a) + PT[g_j(a)]$, 其中 $P_j(b, a) = 1$, 并且, $P_j(a, b) = I_j(a, b) = 0$
- (2) $g_j(a) + IT[g_j(a)] < g_j(b) < g_j(a) + PT[g_j(a)]$, 其中 $0 < P_j(b, a) < 1$, $0 < I_j(a, b) < 1$, $P_j(a, b) = 0$
- (3) $g_j(a) - IT[g_j(b)] \leq g_j(b) \leq g_j(a) + IT[g_j(a)]$, 其中 $I_j(a, b) = 1$, 并且, $P_j(a, b) = P_j(b, a) = 0$
- (4) $g_j(a) - PT[g_j(b)] < g_j(b) < g_j(a) - IT[g_j(b)]$, 其中 $0 < P_j(a, b) < 1$, $0 < I_j(a, b) < 1$, $P_j(b, a) = 0$
- (5) $g_j(b) \leq g_j(a) - PT[g_j(b)]$, 其中 $P_j(a, b) = 1$, 并且, $P_j(b, a) = I_j(a, b) = 0$

现在, 将针对于某一属性标准的目标测量中的不精确性或模糊性进行转换, 在测量过程中利用了一个有序对集合中的模糊集合, 该有序对为 $\{x, \mu_j^a(x)\}$, 其中, $\mu_j^a(x)$ 表示与属性 j 有关的, 对目标 a 而言 x 的隶属度, $x \in \mathbf{R}$ 。假设所用到的模糊集合是正规的 ($\sup_x \mu_j^a(x) = 1$) 和凸的 ($\forall x, y, z \in \mathbf{R}, y \in [x, z], \mu_j^a(y) \geq \min\{\mu_j^a(x), \mu_j^a(z)\}$)。

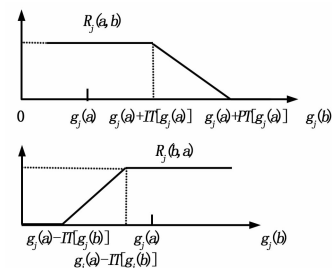


图 3 $R_j(a, b)$ and $R_j(b, a)$ 的图形

当一个模糊区间是正规的和凸的模糊集合, 在这种情况下, $\mu_j^a(x)$ 的强 λ -截集合是一个封闭区间 $I_{j,\lambda}^a: \{x: \mu_j^a(x) \geq \lambda\}$, 并且, 对于所有目标和给定的 λ , 对应着集合 A 上的一个区间序列。

例子: 有一个与梯形模糊数对应的模糊区间的典型例子, 该梯形模糊数具有的参数为 $a_j^-, a_j^+, \sigma_j^-(a), \sigma_j^+(a)$, 如图 5 所示。并且, 可以得到隶属度为: $\mu_j^a(x) = 1 - \frac{a_j^- - x}{\sigma_j^-}$ if $a_j^- - \sigma_j^-(a) \leq x \leq a_j^- = 1$

$$\text{if } a_j^- \leq x \leq a_j^+ = 1 - \frac{x - a_j^+}{\sigma_j^+(a)} \text{ if } a_j^+ \leq x \leq a_j^+ + \sigma_j^+(a) = 0$$

otherwise

μ_j^a 的核对应的区间为: $[a_j^-, a_j^+]$ 。

μ_j^a 的支撑集合对应的区间为: $[a_j^- - \sigma_j^-(a), a_j^+ + \sigma_j^+(a)]$

定义 4: 对于某一属性 j 来说, a 优于 b 的可信度可以按照

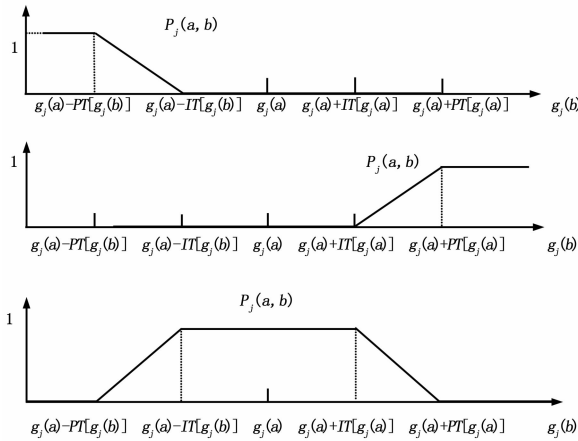


图 4 (P_j, I_j) 的图形

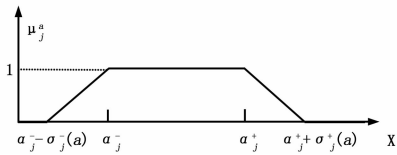


图 5 μ_j^a 的图形

$a \geq b$ 的可能性定义如下:

$$\Pi_j(a \geq b) = \bigvee_{x \geq y} [\mu_j^a(x) \wedge \mu_j^b(y)] = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_j^a(x), \mu_j^b(y))] \quad (4)$$

同时具有如下特性:

- $\min(\Pi_j(a, b), \Pi_j(b, a)) = \sup_x \min(\mu_j^a(x), \mu_j^b(x))$
- 可信度 Π_j 是一个模糊区间序列 (自反的, 完备的)
- Π_j 的 λ -截是一个经典完备的区间序列。

如果 μ_j^a 是对称的模糊区间 ($\sigma_j^+(a) = \sigma_j^-(a)$), 那么, 可以用一种规范的方法来介绍一个评价 $g_j(a)$ 、阈值 $IT[g_j(a)]$ 和 $PT[g_j(a)]$, 使得:

$$a_j^+ = g_j(a) + \frac{IT[g_j(a)]}{2}, \quad a_j^+ + \sigma_j^+(a) = g_j(a) + \frac{PT[g_j(a)]}{2}$$

$$a_j^- = g_j(a) - \frac{IT[g_j(a)]}{2}, \quad a_j^- - \sigma_j^-(a) = g_j(a) - \frac{PT[g_j(a)]}{2}$$

模糊区间 μ_j^a 的核和支撑的长度分别为 $IT[g_j(a)]$ 和 $PT[g_j(a)]$ 。根据图 6 就可以得到如下结论:

$$\bullet \quad g_j(b) - g_j(a) \leq \frac{IT[g_j(a)] + IT[g_j(b)]}{2}$$

蕴涵 $\Pi_j(a \geq b) = 1$;

$$\bullet \quad IT[g_j(a)] + IT[g_j(b)] < g_j(b) - g_j(a) < \frac{PT[g_j(a)] + PT[g_j(b)]}{2}$$

蕴涵 $\Pi_j(a \geq b) = h_j(a \cap b) = \sup_x \min[\mu_j^a(x), \mu_j^b(x)]$;

$$\bullet \quad g_j(b) - g_j(a) \geq \frac{PT[g_j(a)] + PT[g_j(b)]}{2}$$

蕴涵 $\Pi_j(a \geq b) = 0$ 。

最后, 可以得到如下表达式:

$$\Pi_j(a \geq b) = \frac{\frac{PT[g_j(a)] + PT[g_j(b)]}{2} - \min(g_j(b) - g_j(a), \frac{PT[g_j(a)] + PT[g_j(b)]}{2})}{\frac{PT[g_j(a)] + PT[g_j(b)]}{2} - \min(g_j(b) - g_j(a), \frac{IT[g_j(a)] + IT[g_j(b)]}{2})}$$

(5)

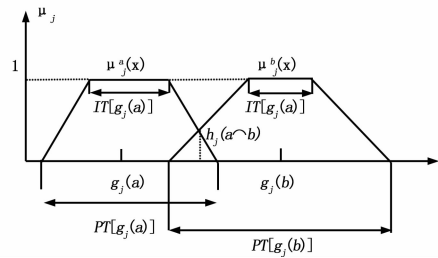


图 6 $\mu_j^a(x)$ 和 $\mu_j^b(x)$ 的图形表示

比较公式 (1) 和公式 (2), 如果 $IT[g_j(a)]$ 和 $PT[g_j(a)]$ 不依赖于 $g_j(a)$, 并且, 利用 IT_j 和 PT_j 表示, 那么, 公式 (1) 和公式 (2) 是等价的。在这种情况下, 可以得到如下表达式:

$$R_j(a, b) = \Pi_j(a \geq b) = \frac{PT_j - \min\{g_j(b) - g_j(a), PT_j\}}{PT_j - \min\{g_j(b) - g_j(a), IT_j\}} \quad (6)$$

如果非不同和优势阈值 $IT[g_j(a)]$ 和 $PT[g_j(a)]$ 是 $g_j(a)$ 的线性函数, 即:

$$IT[g_j(a)] = \alpha_I + \beta_I g_j(a)$$

$$PT[g_j(a)] = \alpha_P + \beta_P g_j(a)$$

由此可以得到如下结论:

$$\bullet \quad g_j(b) \leq \frac{2\alpha_I}{2 - \beta_I} + \left(\frac{2 + \beta_I}{2 - \beta_I}\right)g_j(a)$$

蕴涵 $\Pi_j(a \geq b) = 1$,

$$\bullet \quad \left(\frac{2\alpha_I}{2 - \beta_I}\right) + \left(\frac{2 + \beta_I}{2 - \beta_I}\right)g_j(a) < g_j(b) < \left(\frac{2\alpha_P}{2 - \beta_P}\right) + \left(\frac{2 + \beta_P}{2 - \beta_P}\right)g_j(a)$$

蕴涵 $0 < \Pi_j(a \geq b) < 1$,

$$\bullet \quad g_j(b) \geq \left(\frac{2\alpha_P}{2 - \beta_P}\right) + \left(\frac{2 + \beta_P}{2 - \beta_P}\right)g_j(a)$$

蕴涵 $\Pi_j(a \geq b) = 0$ 或者

$$\Pi_j(a \geq b) =$$

$$\frac{\alpha_P + \beta_P \left(\frac{g_j(a) + g_j(b)}{2}\right) - \min(g_j(b) - g_j(a), \alpha_P + \beta_P \left(\frac{g_j(a) + g_j(b)}{2}\right))}{\alpha_P + \beta_P \left(\frac{g_j(a) + g_j(b)}{2}\right) - \min(g_j(b) - g_j(a), \alpha_I + \beta_I \left(\frac{g_j(a) + g_j(b)}{2}\right))}$$

3 结论

本文讨论了基于单一属性标准和模糊区间目标评价的方法, 将目标的两两比较与一个目标优于其它目标的可信度联系起来, 给出了优势阈值和非不同阈值等概念, 给出了目标之间一致性定义和不一致性定义, 利用具体例子进行详细讨论。同时根据综合函数的具体定义和经验规则进行综合, 为基于不同属性标准的评价进行综合的处理方法提供了理论基础, 这在智能交通信息融合评估系统中是非常实用的。

参考文献:

[1] 岳现杰. 基于无线网络的车辆健康状态管理系统研究 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (2): 297-299.
 [2] 卫贵武. 基于模糊信息的多属性决策理论与方法 [M]. 中国经济出版社, 2010.
 [3] 曹精秀. 基于多传感器信息融合技术在灭火机器人系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (1): 288-290.

(下转第 1858 页)



(a) 2878 个 (b) 2617 个
图 2 左右特征点提取图



图 3 拼接后结果图

表 1 结果对比

	特征点对数	运行时间 (s)
RANSAC	653	1.569
本文算法	208	0.502

为了增强实验结果的可信度，自己对 10 组图像的实验数据进行了统计，匹配对数平均减少了 840 对，运行时间平均减少了 1.407 s，平均时间提高了 71%，如表 2 所示。由表 2 可知改进后的 RANSAC 算法的效率有了很大的提高。

6 结束语

本文提出了一种改进的 RANSAC 图像拼接算法，通过互匹配对特征点进行初始匹配，再利用相邻特征点之间的关系对误匹配点进行筛选。由实验结果可知，该方法对初始匹配对中误匹配的筛选效果明显，改进后的 RANSAC 算法运行效率有了很大的提高，快速有效地实现了图像的无缝拼接，具有很强的实用性。

表 2 实验统计

实验组号	RANSAC		本文算法	
	匹配对数	运行时间 (s)	匹配对数	运行时间 (s)
1	653	1.569 0	208	0.5020
2	1 601	2.137 7	247	0.554 6
3	1 674	2.457 1	623	0.752 5
4	1 005	2.005 4	237	0.595 3
5	392	1.390 8	106	0.406 1
6	1 926	2.727 6	478	0.725 5
7	383	1.734 2	65	0.367 6
8	1 636	2.479 0	608	0.706 4
9	611	1.472 9	164	0.428 0
10	1 754	1.642 2	498	0.504 0

参考文献:

[1] 盖进伟, 韩 燮. 一种基于特征点匹配的图像拼接方法研究 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (3): 836-837.

[2] Kybic J. High-dimensional mutual information estimation for image registration [A]. ICIP04 2004 International Conference on Image Processing [C]. IEEE, 2004, 3: 1779-1782.

[3] Beier T, Neely S. Feature-based image metamorphosis [A]. ACM SIGGRAPH Computer Graphics. ACM [C]. 1992, 26: 35-42.

[4] Reddy B S, Chatterji B N. An FFT-based technique for translation, rotation, and scaling-invariant image registration [J]. IEEE Transactions on Image Process, 1996, 8 (5): 1266-1271.

[5] 邹北骥, 阮 鹏, 向 遥, 等. 一种精确匹配的全景图自动拼接算法 [J]. 计算机工程与科学, 2010, 32 (8): 60-63.

[6] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60 (2): 91-110.

[7] 李 寒, 牛纪桢, 郭 禾. 基于特征点的全自动无缝图像拼接方法 [J]. 计算机工程与设计, 2007, 28 (9): 2083-2085.

[8] 周剑军, 欧阳宁, 张 彤, 等. 基于 RANSAC 的图像拼接方法 [J]. 计算机工程与设计, 2009, 30 (24): 5692-5694.

[9] 付倩文, 何明一, 徐晨宇. 一种带预处理的 RANSAC 图像拼接算法 [J]. 电子设计工程, 2013, 21 (15): 183-186.

(上接第 1826 页)

[4] Talreja D, Llinas J, Bowman C. A framework for performance evaluation of multi target tracking systems—Part II analysis methods [R]. CMIF Report, University at Buffalo, 2004.

[5] Drummond O E, Rothrock R L. Performance metrics for multiple target multi sensor tracking [A]. Signal and Data Processing of Small Targets 2000, Proc. SPIE [C]. 2000, 4048: 521-531.

[6] Rawat S, Llinas J, Bowman C. Design of a performance evaluation methodology for data Fusion-based multiple target tracking systems [A]. SPIE Aerosense Conference [C]. Orlando, FL, 2003.

[7] Kacprzyk J, Roubens M. P-Q-I-preferences structure. Non-conventional Preference Relation in Decision Making [M]. (Springer-Verlag, Berlin). Ph. Vincke, 1988.

[8] Slowinski R. Intelligent decision support, handbook of applications and advances of the rough sets theory [M]. Kluwer,

Dordrecht, 1992.

[9] Weber S. A general concept of fuzzy connectives, negations and implications based on t-norms and t-conorms [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1983; 115-134.

[10] Klir G J, Yuan B. Fuzzy sets and fuzzy logic, theory and application [M]. Prentice-Hall, New Jersey, 1995.

[11] Fodor J, Roubens M. Fuzzy preference modelling and multicriteria decision support [M]. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1994.

[12] 苏 健, 高 济. 粗糙决策支持方法 [J]. 计算机学报, 2003, 26 (6): 737-745.

[13] 操龙兵, 戴汝为. 综合集成与决策 [J]. 计算机研究与发展, 2003, 40 (4): 531-537.

[14] 刘云翔, 孙吉贵. 智能决策中的模糊概念 [J]. 计算机研究与发展, 2004, 41 (6): 991-995.