

# 具有不同偏好网络结构的群体评价信息集结方法

侯芳<sup>1</sup> 郭亚军<sup>2</sup> 易平涛<sup>2</sup>

(1. 沈阳工业大学管理学院; 2. 东北大学工商管理学院)

**摘要:** 以评价者为节点,评价者之间偏好相似性测度为连接的网络为群体偏好网络,讨论了评价群体在偏好网络均衡状态时3种不同网络结构(星形网络、闭链结构和完整网络)的群体评价信息集结方法,将具有网络结构信息的节点数据转化为平面数据,提出了平面密度加权平均算子和平面密度加权几何平均中间算子。给出了平面数据的划分方法及平面密度算子的趋同性测度,并将算子应用于各网络结构的群体评价问题。

**关键词:** 群体评价; 信息集结; 偏好网络结构; 平面密度算子

**中图分类号:** C93 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-884X(2012)05-0749-04

## A Method of Group Evaluation Information Aggregation with Different Preference Network Structure of the Group

HOU Fang<sup>1</sup> GUO Yajun<sup>2</sup> YI Pingtao<sup>2</sup>

(1. Shenyang University of Technology, Shenyang, China;

2. Northeastern University, Shenyang, China)

**Abstract:** Under certain condition, different evaluation groups have certain connection and the nodes and links corresponding with the experts and their relations. We discuss the problem of the network of star, cycle and complete structure with equilibrium and the method of group information aggregation. The panel data from node data, and the panel density weighted averaging (PDWA) operator and the panel density geometry averaging (PDWGA) operator are developed. Moreover, the method regarding how to divide the panel data is given for group evaluation.

**Key words:** group evaluation; information aggregation; structure of preference network; panel density operator

BLOCK 等<sup>[1]</sup>和 CALVO-ARMENGOL 等<sup>[2]</sup>关于社会网络效应的研究表明,个体行为由社会互动的模式决定,社会关系的区别会影响个体的行为。目前,有关社会网络的策略研究已取得了丰富的成果。FUDENBERG 等<sup>[3]</sup>给出并证明了网络  $g$  的一个策略组合满足纳什均衡的条件;BRAMOULLE 等<sup>[4]</sup>对网络状态下参与者的策略进行了实证研究,得出任意社会网络都存在完全搭便车现象、群体福利会因为网络结构洞的存在而提高;BALLESTER 等<sup>[5]</sup>对犯罪行为水平形成的互动效应角色进行研究,得出网络中邻居的行动具有策略互补效应、所有其他参与者的行动具有策略替代效应等结论。KOVACS<sup>[6]</sup>通过对关系相似性基本原则的分析,定义了广义代表相似性概念,提出了基于

社会网络关系相似性的广义模型,通过仿真验证,广义模型适用于相似性测度不相关、数据稀疏或聚类边界不清晰的情形。

群体评价是实现管理科学化、民主化的有效手段,应用背景十分广泛<sup>[7~9]</sup>。评价群体的组织结构可以被理解为以评价者为节点、评价者之间的某种关系为连接的局部社会网络,以不同的连接方式构成的评价群体具有不同的网络结构,而网络结构的构成差异、演化途径及整合程度会对评价者之间的连接方式、互动模式、评价进程、个体行为及群体行为等产生影响,对评价结论的影响也不容忽视。对某一具体的群体评价问题,不考虑基于社会背景的联系,评价者在评价过程中是通过对其属性的判断来耦合他们的行为。一般地,群体评价的动态过程不一定

收敛,当评价群体构成的网络处于均衡状态(如果个体参与者都没有动因形成新的关联或者去除现有的关联,网络不再变化,那么这个网络被认为处于均衡状态<sup>[2]</sup>)时,如何有效集结评价信息就成为需要解决的重要问题。

多源密度集结算子<sup>[10,11]</sup>是集结多源信息的有效手段,广泛应用于经济管理、工业工程及决策等领域。当偏好网络结构处于均衡状态时,不同特征的评价群体对应不同的网络结构,具备节点信息和网络结构信息的数据共同构成了群体评价的平面数据。本文将网络结构信息和节点数据进行集结转化,开发了平面密度集结算子,分别讨论了评价群体网络结构是星形网络、闭链结构和完整网络时的评价群体特征及对应的信息集成方法,并对评价结论进行了对比分析。为叙述清晰,以数字 1, 2, ... 随机标记节点表示不同评价者。

### 1 平面密度加权平均算子

令评价者集,即节点集  $M = \{1, 2, \dots, m\}$ , 其中  $m$  是一个有限整数。令  $g_{ij} \in \{0, 1\}$  是节点  $i$  和节点  $j$  之间的关系,若  $i$  和  $j$  之间存在某个连接,变量  $g_{ij}$  值为 1, 否则  $g_{ij}$  值为 0。  $g$  是节点集合与它们之间关系一起定义的网络。集合  $M_i(g) = \{j \in M | g_{ij} = 1\}$  是与节点  $i$  有连接的所有节点,即为  $i$  的邻居。  $\eta_i(g) = |M_i(g)|$  是网络  $g$  中节点  $i$  的邻居数目。

星形网络  $g^s$  由 2 组  $M_k(g)$  和  $M_{m-1}(g)$  组成,且对于所有  $i \in M_k(g)$ ,  $M_i(g) = M_{m-1}(g)$ 。闭链结构网络  $|M_i(g)| = 2$ 。

在群体评价问题中,评价者偏好信息即节点信息,具有某种偏好网络结构的评价者之间的连接状况  $g_{ij}$  和连接路径长度(偏好相似性测度  $\alpha_{ij}$ ) 共同构成了群体评价问题的平面数据。

平面数据聚类是指对平面上的若干数据按照集聚程度进行分组。令平面数据集  $C_1, C_2, \dots, C_r$  为  $C$  的一个划分,且满足  $C_i \cap C_j = \emptyset$ , ( $i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, r$ ),  $C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_r = C$ 。  $\Delta$  是节点  $i$  和节点  $j$  之间的距离集合,即评价者  $i$  和评价者  $j$  的偏好相似性测度<sup>[7]</sup> 集合。记网络  $g$  节点数据集  $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ , 网络  $g$  的结构参数集  $C = \{c_i | c_i \in R, i = 1, 2, \dots, m\}$ ,  $\Delta = \{\alpha_{ij} | \alpha_{ij} \in R, i, j = 1, 2, \dots, m\}$ ,  $R = \{1, 2, \dots, r\}$ 。

定义 1 网络  $g$  中,设节点  $t$  的核心度为

$$c_t = \frac{\sum_j (g_{ij} + g_{jt})}{\sum_i \sum_j g_{ij}} \quad (1)$$

式中,  $i, j, t = 1, 2, \dots, m; g_{ij} \in \{0, 1\}$  是网络  $g$  的节点连接状况,当  $g_{ij} = 1$  时,节点  $i$  和节点  $j$  之间存在连接,否则不存在。节点间偏好相似性测度  $\alpha_{ij} = 1 - |\lambda_i - \lambda_j|$ ,  $\lambda$  是专家对指标赋权的偏好判断<sup>[7]</sup>,  $\lambda = \sum_{l=1}^n (n-l)\omega_l / (n-1)$ ,  $\omega_l$  ( $l = 1, 2, \dots, n$ ) 是评价指标权重,满足  $\omega_l \in [0, 1]$  和  $\sum_{l=1}^n \omega_l = 1$ ,  $n$  是被评价对象数,即  $\alpha_{ij}$  是评价者对被评价对象的偏好判断的相似性。节点核心度测度了节点在网络结构中节点分布的紧密程度,是集结了网络连接状况和网络路径长度的节点网络结构参数。

在群体评价过程中,评价者对被评价对象的偏好判断调整是建立在相互之间协商互动的基础上的,尽管任意一对评价者之间都可以计算其偏好判断相似性测度,但如果没有协商互动,评价者是不会受到与其没有连接的评价者意见的影响的。应用中,评价者之间的连接可能是由评价者对相互之间关系的主观判断(如朋友间的信任)、评价者在评价群体中的地位(如影响力大小)等多重关系复合而成的,因而评价者的偏好判断也会受到连接的影响,即只有存在连接的评价者之间偏好判断才可能相互影响。

定义 2 网络  $g$  中节点  $t$  的平面属性测度

$$y(c_t) = y_t = f(a_t, c_t) = a_t \frac{c_t}{\sum_i c_i} \quad (2)$$

式中,  $t = 1, 2, \dots, m; a_t \in A$  是节点数据,在群体评价中,选定节点为评价者,节点之间的连接为评价者之间的偏好相似性测度,则此时  $a$  的取值同  $\lambda$ ; 若节点间连接采取其他测度,则  $a$  的数据发生相应的变化。节点  $t$  的平面属性测度将平面数据的结构信息与节点属性信息进行了集结,需要二次表述的平面数据被转化为可一次表述的数据。

定义 3 将  $C_1, C_2, \dots, C_r$  按所包含的节点平面属性测度由大到小排序,设  $C_s$  ( $s = 1, 2, \dots, r$ ) 中节点个数为  $n_s$  ( $1 \leq n_s \leq m - r + 1$ ),  $\sum n_s = m$ , 当  $s_i < s_j$  ( $s_i, s_j \in R$ ) 时,有  $n_{s_i} \geq n_{s_j}$ , 此时称  $C_1, C_2, \dots, C_r$  为序化后  $C$  的平面  $r$  组聚类。

定义 4 对平面数据集  $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$ , 令  $P: R^n \rightarrow R$ , 若

$$P_\xi(c_1, c_2, \dots, c_m) = \sum_{s=1}^r \xi_s y(C_s) \quad (3)$$

式中,  $C_1, C_2, \dots, C_r$  为序化后  $C$  的平面  $r$  组聚类;  $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_r)$  为一密度加权向量,  $\xi_i \in [0, 1]$ ,  $i \in r$ ,  $\sum \xi_i = 1$ ;  $y(C_s) = \{y_l^{(s)} | s \in R; l = 1,$

$2, \dots, n_s\}$ ,  $\sum n_s = m$ ,  $y_i^{(s)}$  是分至  $C_s$  的  $C$  中元素, 称 PDWA 是平面密度加权平均算子, 简称 PDWA 算子, 用  $P$  表示。

定义 5 设  $A: R^n \rightarrow R$ , 若

$$A_{y, \xi}(c_1, c_2, \dots, c_m) = \prod_{i=1}^m y(C_i)^{\xi_i}, \quad (4)$$

则称 PDWGA 为平面密度加权几何平均中间算子, 简称 PDWGA 算子, 用  $A$  表示。

## 2 群体评价信息集结

### 2.1 具有不同偏好网络结构的群体意见分组

对有限方案的群体评价问题, 设群体评价形成的偏好网络结构处于均衡状态。

具有星形网络结构  $g^s$  的评价群体存在 2 种状况: ①中心节点是领导者而边缘评价者跟随, 即独裁状况  $g^{s1}$ , 此时独裁者的偏好具有决定性作用, 群体意见没有分组, 独裁者主导评价过程并对评价结论起主要作用, 按常规有独裁的群体评价方法进行信息集结<sup>[8]</sup>; ②在状态  $g^{s2}$  下, 评价群体的中心节点起媒介作用, 评价过程中评价者只与中心节点进行互动, 通过中心节点了解其余评价者状况, 中心节点对评价结论没有影响。此时, 群体评价问题退化为不考虑节点间连接且具有监督者(或公示板)的协商组合评价问题, 相应的评价方法见文献<sup>[9]</sup>。

群体偏好具有闭链结构  $g^o$  的评价群体, 评价者之间两两相连, 由式(1)、式(2)计算相应的平面数据, 处理方法同完整网络。

群体偏好具有完整网络结构  $g^c$  的评价群体, 任意一对评价者之间偏好信息存在相互影响的可能性。一般地, 评价群体在评价目标指导下共同参与评价问题的协商与讨论, 并需要给出具备一定可信度的评价结论。评价群体的协商互动一方面使得评价者能够观察其余评价者的状态, 根据已有经验和对现有状况的观察, 调整自身对被评价对象的偏好判断; 另一方面完整网络结构使得评价者之间的协商互动相对全面, 使得评价结论是建立在评价群体的充分协商互动基础上的。由此, 任意评价者的连接是充分的, 完整网络状态的群体评价结构更符合对群体评价的一般要求。

按照式(1)和式(2)计算网络  $g$  中节点  $t$  的核心度  $c_t$  及平面属性测度  $y_t$  指标。以  $y_i$  取代节点  $i$ , 此时  $y_i$  是经过  $g$  网络偏好结构信息调整后的新节点。

定义 6<sup>[12]</sup> 若网络  $g'$  中, 点  $y_i$  的所有  $y_m$  最近邻  $y_j$  和  $y_j$  的所有  $y_m$  最近邻  $y_k$  都在超单元集  $\{C_1, C_2, \dots, C_r\}$  里, 则这个超单元集被称为稠

密区域  $C$ -dence。称稠密区域内部的节点为核内点  $M_{in}$ , 稠密区域外的节点为核外点  $M_{out}$ 。

完整网络结构  $g^c$  的群体意见划分方法: ①对于  $M$  中的每一个节点  $y_i$ , 依次将  $y_i$  映射到一个超单元集  $C$ , 并用  $R$ -tree 节点对应于  $C$ ( $R$ -tree 是所采用的数据结构<sup>[13]</sup>), 将每个  $C$  标记为  $C_1, C_2, \dots, C_r$ 。若  $y_i$  的所有  $y_m$  最近邻  $y_j$  和  $y_j$  的所有  $y_m$  最近邻  $y_k$  都在超单元集中, 则将此单元集标记为稠密区域  $C$ -dence。②更新  $C$ -dence, 得集合  $M_{in}$  和  $M_{out}$  及平面数据集  $C$  的划分。

### 2.2 密度权向量确定

讨论确定密度加权向量  $\xi$  的方法见文献<sup>[10, 12]</sup>。对处于  $M_{in}$  中的节点集  $C_1, C_2, \dots, C_r$  进行密度加权时, 为不失一般性, 将  $M_{out}$  中的节点视为噪声点。

设  $C_1, C_2, \dots, C_r$  是平面数据集的一个  $r$  组划分, 令  $C_s (s=1, 2, \dots, r)$  中节点数为  $n_s (1 \leq n_s \leq m-r+1)$ ,  $\sum n_s = m$ , 记  $C'_1, C'_2, \dots, C'_r$  为按照  $n_s$  对  $C_1, C_2, \dots, C_r$  排序后的有序组, 为不失一般性, 简记有序组  $C'_1, C'_2, \dots, C'_r$  为  $C_1, C_2, \dots, C_r$ 。

对集合  $C$ , 设其密度加权向量<sup>[10, 12]</sup>  $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_r)$ , 其分配函数为

$$\xi_s = \frac{\beta_s(n_s/m)}{\sum_{s=1}^r \beta_s(n_s/m)}, \quad (5)$$

式中,  $\beta_s$  是密度影响因子,  $\beta_s \geq 0$ ,  $\beta_s = (n_s/m)^\alpha$ ,  $s \in R$ ,  $\alpha$  是密度影响指数, 一般  $\alpha \in [-10, 10]$ , 应用中对应于不同的评价准则, 评价者可以选择不同的  $\alpha$ 。密度权向量  $\xi$  的趋同性测度为

$$T(\xi) = \frac{1}{r-1} \sum_{s=1}^r \left[ \frac{(r-s)\xi_s}{n_s/m} \frac{1}{\sum_{s=1}^r \xi_s(m/n_s)} \right]. \quad (6)$$

趋同性测度  $T(\xi)$  强调主体信息或群体共识,  $T(\xi) > 0.5$  是群体评价确定密度权向量优选的准则。

### 2.3 具有完整偏好网络结构的群体评价过程

通过上述分析, 将具有完整偏好网络结构的群体评价问题及 PDWA(PDWGA) 算子应用过程归纳如下:

步骤 1 获取平面数据集。①分析均衡状态时的评价群体网络结构, 计算网络结构参数。非完整网络时,  $g_{ij} (i \neq j)$  不存在, 因此,  $\alpha_{ij} (i \neq j)$  没有意义。②平面数据由节点数据集和节点结构数据集构成, 由式(1)、式(2)将平面数据重新表述。

步骤 2 平面数据集的划分。由定义 6 及

完整网络结构  $g^c$  的群体意见划分方法,得数据集  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_r\}$ ,  $C$  中对应的节点信息包含于  $M_{in}$ , 未划分入数据集的噪声点包含于  $M_{out}$ , 根据实际评价状况,可将单节点视为只包含一个元素的节点集进行密度加权,也可以只对噪声点进行评价者偏好集结,不进行密度加权集结。

步骤3 选用某种程序确定密度加权向量  $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_r)$ , 使得密度权向量的趋同性测度  $T(\xi)$  满足评价者偏好水平。

步骤4 由式(3)、式(4)对平面数据组进行集结,得到群体评价向量。

步骤5 给出最终方案排序。

### 3 算例分析

为验证方法的有效性,引用文献[13]中的算例,一个10人评价小组对5个备选投资项目进行评选。评价者集  $M = \{1, 2, \dots, 10\}$ , 方案集  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_5\}$ , 原例及运算结果见表1。评价者的偏好判断  $\lambda$  为  $\{0.6689, 0.5169, 0.6191, 0.5583, 0.5889, 0.7622, 0.7159,$

$0.6136, 0.608, 0.4921\}$ 。 $g^{s1}$  不受节点密度分布影响,结果同原算例结果, $g^{s2}$  和  $g^{cv}$  由一维密度加权向量调节, $g^c$  由平面密度加权算子进行信息集结。

步骤1 获取平面数据集。在本例中,评价者态度偏好经  $g^c$  结构参数调整后的平面属性数据为  $\{0.6619, 0.5249, 0.5995, 0.5502, 0.5721, 0.8165, 0.7328, 0.5935, 0.5882, 0.5118\}$ 。 $g^{s2}$  的评价者态度偏好参数同原例。闭链结构  $g^{cv}$  调整后数据为  $\{0.7021, 0.5384, 0.6127, 0.5317, 0.5995, 0.7819, 0.6725, 0.5909, 0.5901, 0.5465\}$ 。

步骤2  $g^c$  平面数据集划分为  $C_1 = \{3, 4, 5, 8, 9\}$ ,  $C_2 = \{2, 10\}$ ,  $C_3 = \{1\}$ ,  $C_4 = \{6\}$ ,  $C_5 = \{7\}$ 。 $g^{s2}$  时,评价者分组状况为  $\{1, 3, 8, 9\}$ ,  $\{2, 10\}$ ,  $\{4, 5\}$ ,  $\{6, 7\}$ 。 $g^{cv}$  时,评价者分组状况为  $\{3, 5, 8, 9\}$ ,  $\{2, 4, 10\}$ ,  $\{1, 7\}$ ,  $\{6\}$ 。

步骤3 确定密度权向量,见表1。

步骤4 仍采用原例的指标权重信息及指标集进行集结,结果见表2。

表1  $T_s(\xi)$ 时的密度权向量

$T_s(\xi)$	$\xi(g^c)$					$\xi(g^{s2})$				$\xi(g^{cv})$			
0.5	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.6	0.34	0.21	0.15	0.15	0.15	0.32	0.22	0.22	0.22	0.32	0.29	0.22	0.16
0.7	0.50	0.20	0.10	0.10	0.10	0.40	0.20	0.20	0.20	0.40	0.33	0.20	0.10
0.8	0.78	0.12	0.03	0.03	0.03	0.57	0.14	0.14	0.14	0.51	0.34	0.13	0.03
0.9	0.97	0.02	0.01	0.01	0.01	0.84	0.05	0.05	0.05	0.65	0.31	0.04	0
1	0.99	0.01	0	0	0	0.99	0.003	0.003	0.003	0.85	0.15	0.002	0

表2 不同偏好网络结构的群体评价结果

$T(\xi)$	$g^c$					$g^{s2}$					$g^{cv}$				
	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$
1	2	4	5	1	3	3	2	5	1	4	5	2	4	1	3
0.9	3	5	4	1	2	4	2	5	1	3	4	3	5	1	2
0.8	3	5	4	1	2	4	2	5	1	3	4	3	5	2	1
0.7	3	4	5	2	1	5	3	4	1	2	5	3	4	2	1
0.6	5	3	4	2	1	5	3	4	1	2	5	3	4	1	2
0.5	5	3	4	2	1	5	3	4	1	2	5	3	4	1	2
原例结果	4	2	5	1	3	4	2	5	1	3	4	2	5	1	3

注: $g^{s2}$ 中心节点随机选定

### 4 结语

考虑评价群体间的连接关系是改进群体评价有效性的途径之一,本文讨论了具有不同偏好网络结构的群体评价问题,将需要由节点信息和节点间连接信息2次表述的平面数据进行了转化,提出了PDWA算子及PDWGA算子。根据不同偏好网络结构处于均衡状态时的评价

群体特征,针对星形网络、闭链结构和完整网络,讨论了群体评价信息的集结方法。群体中评价者不同的连接关系或关系的叠加对评价过程及评价结论的影响是下一步需要继续研究的问题。

### 参考文献

[1] BLOCK F, JACKSON M O. The Formation of Network with Transfers among Players [J]. Journal of Economic Theory, 2007,133 (1): 83~110.  
 [2] CALVO-ARMENGOL A, JACKSON M O. Networks in Labor Markets: Wage Dynamics and Inequality[J]. Journal of Economic Theory, 2007,132 (1): 27~46.  
 [3] FUDENBERG D, TIROLE J. Game Theory[M]. Cambridge: MIT Press, 1991.  
 [4] BRAMOULLE Y, KRANTON R. Public Goods in Networks[J]. Journal of Economic Theory, 2007,135 (1): 478~494.

(下转第757页)

- edge Maps and Reasoning-based Directed Questions [J]. Management Science, 1997, 43(2):1~14.
- [6] LIU D, HSU C. Project-based Knowledge Maps: Combining Project Mining and XML-enabled Topic Maps [J]. Internet Research, 2004, 14(3): 254~266.
- [7] GOMEZ A, MORENO A, PAZOS J, et al. Knowledge Maps: An Essential Technique for Conceptualization [J]. Data and Knowledge Engineering, 2000, 33(2):169~190.
- [8] GREY D. Knowledge Mapping: A Practical Overview [EB/OL]. (2008-10-20)[2010-03-01]. <http://www.Smithweaversmith.com>.
- [9] DEVENPORT T H, PRUSAK L. Working Knowledge: How to Organizations Manage What They Know [M]. Boston: Harvard Business School Press, 1998:265~266.
- [10] JAY D. Knowledge Exchange at Glaxo Wellcome [J]. The Information Management Journal, 2000, 34(3):88~91.
- [11] VAIL III E F. Knowledge Mapping: Getting Started With Knowledge Management [J]. Information Systems Management, 1999, 16(4): 32~36.
- [12] 秦铁辉,汪琼. 试论专家型隐性知识地图的构建[J]. 国家图书馆学刊,2007(2):58~62.
- [13] AMADIEU F, VAN GOG T, PAAS F, et al. Effects of Prior Knowledge and Concept-map Structure on Disorientation Cognitive Load, and Learning [J]. Learning and Instruction, 2009, 19(5):376~386.
- [14] PAAS F, RENKL A, SWELLER J. Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture [J]. Instructional Science, 2004, 32(1/2):1~8.
- [15] PASS F, TUOVINEN J, TABBERS H, et al. Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory [J]. Educational Psychologist, 2003, 38(1):63~71.
- [16] PASS F G W C. Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-solving Skill In Statistics: A Cognitive Load Approach [J]. Journal of Educational Psychology, 1992, 84(4):429~434.
- [17] DUCHOWKI A T. Eye Tracking Methodology: Theory and Practice [M]. London: Springer, 2003.

(编辑 杨妍)

通讯作者: 李永建(1955~)男,四川广元人。西南交通大学(成都市 610031)经济管理学院教授、博士研究生导师。研究方向为知识管理、人力资源管理。E-mail: swjtlj@sina.com.cn

(上接第 752 页)

- [5] BALLESTER C, CALVO-ARMENGOL A, ZENOU Y. Delinquent Networks[J]. Journal of the European Economic Association, 2010, 8(1):34~61.
- [6] KOVACS B. A Generalized Model of Relational Similarity[J]. Social Network, 2010, 32(3): 197~211.
- [7] YAGER R R. OWA Aggregation over a Continuous Interval Argument with Applications to Decision Making [J]. Systems, Man, and Cybernetics-part B: Cybernetics, 2004, 34(5): 1 952~1 963.
- [8] GLASER C, HECHMANN M, JOUBLIN F. Combining Auditory Preprocessing and Bayesian Estimation for Robust Formant Tracking [J]. Audio, Speech and Language Processing, 2010, 18(2):224~236.
- [9] LI Z Q, YU F R, HUANG M Y. A Distributed Consensus-Based Cooperative Spectrum-Sensing Scheme in Cognitive Radios [J]. Vehicular Technology, 2010, 59(1): 383~393.
- [10] 易平涛,郭亚军. 多源密度集结算子及其性质分析 [J]. 系统管理学报,2008,17(4):401~408.
- [11] 张发明,郭亚军,易平涛. 基于二维密度加权算子的群体评价信息集结方法[J]. 系统管理学报,2009,18(4):397~401.
- [12] 张净,孙志挥. GDLOF:基于网格和稠密单元的快速局部离群点探测算法[J]. 东南大学学报:自然科学版,2005,35(6): 863~866.
- [13] RAHMAN M A, SADDIK A E, GUEAIEB W. Building Dynamic Social Network from Sensory Data Feed [J]. Instrumentation and Measurement, 2010, 59(5): 1 327~1 341.

(编辑 杨妍)

通讯作者: 郭亚军(1952~),男,满族,辽宁开原人。东北大学(沈阳市 110004)工商管理学院教授、博士研究生导师。研究方向为综合评价技术与方法。E-mail: yjguo@mail.neu.edu.cn