

文章编号:1001-7402(2016)02-0170-07

# 一类模糊关系社会网络的中心性分析<sup>\*</sup>

岳振军,丁 咏,荣传振

(解放军理工大学 通信工程学院,江苏 南京 210007)

**摘 要:**提出了一种新型的由自然语言表述的模糊关系社会网络并研究了其中心性分析问题。推广了传统网络中“度”和“长度”的概念,按照传统社会网络中中心度定义的基本内涵定义了模糊关系社会网络的三种中心度,提出了点度中心度的计算方法,从中心度分析的基本动机出发,采用排序而不是量化方法解决了模糊关系社会网络的紧密中心性和中间中心性的分析问题,最后通过实例验证了方法的合理性和可操作性。

**关键词:**模糊关系;社会网络;中心性分析

**中图分类号:**G350

**文献标识码:**A

在竞争情报、军事情报、反恐情报等领域的情报分析中,需要在人际关系形成的社会群体中发现起重要作用的关键人物。将这样的群体看做“社会网络”<sup>[1-2]</sup>,则关键人物的发现可以通过中心性分析实现。社会网络中心性探讨的是个人或者组织在网络中具有权力的程度,或者说居于怎样的中心地位<sup>[3-4]</sup>,通常用中心度来表征。

传统的中心度计算基于关系的定量描述,即采用“1”和“0”来描述关系的“有”或者“无”。为了区分关系的层次,一些作者<sup>[6-7]</sup>提出用闭区间 $[0,1]$ 中的实数作为关系的权重,并称为模糊社会网络。这类方法本质上需要量化自然语言,而在量化的过程中不可避免地会产生量化精度的问题。本文提出使用格式化的评价语言对自然语言进行表示,构建真正的由模糊语言描述的模糊关系社会网络,使用模糊语言度量结点的度和路径长度,并建立其排序规则,进而在非传统量化方式下实现对社会网络各种中心性的分析。

## 1 模糊关系社会网络

对人与人之间亲密关系的表述,人们通常并不用“A 与 B 之间的距离为 0.3”这样的语言,而是更习惯于采用“很好”、“好”、“一般”、“较差”、“差”、“敌对”等等,在通过社会调查等方式构建人际关系网络时,这不仅能更准确地刻画人际关系,而且也使得数据获取过程更科学、更合理、更容易。

但由于自然语言的多样性,不同的人对同一事物同样特性的认知和表达习惯也有较大的差异。为了克服这一问题,采用一个格式化的方法,即事先将评语集划定级别,而后在数据采集或处理中,都使用统一的方式来表达,例如,“优、良好、中、合格、不合格”这一五级标度方式不仅用于表示学员学习成绩,而且在课堂教学效果评价、满意度测评等领域广泛使用。这一思想可以描述如下:

<sup>\*</sup> 收稿日期:2015-01-30;修订日期:2015-03-23

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(BK2012511)

作者简介:岳振军(1963-),男,安徽阜阳人,教授,研究方向:信号与信息处理,军事情报学;丁咏(1987-),女,江苏海安人,研究生,研究方向:军事情报学;荣传振(1985-),男,讲师,研究方向:信号与信息处理。

对对象的某一属性,设其可能的范围为 $Q$ ,当其取 $Q$ 中某一值 $q$ 时可获得的评价值为 $a, a \in A$ ,按照自然语言习惯, $a$ 的个数并不统一,但通常可以事先假定,比如说分为5个等级,记为 $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ ,称为评语集,这样,对自然属性 $q$ ,通过映射 $a = f(q)$ 就得到其自然语言表示的评语 $a$ .

使用图模型作为社会网络的数学模型,设网络的结点数为 $N$ ,描述结点间关系的评语集为 $(a_1, a_2, \dots, a_n), a_1 < a_2 < \dots < a_n$ ,符号“ $<$ ”表示“弱于”,定义模糊关系社会网络如下:

**定义 1.1** 称 $G = (V, E)$ 为模糊关系社会网络,其中 $V = (v_1, v_2, \dots, v_N)$ 表示结点集, $E = (e_{ij})_{N \times N}$ 称为邻接矩阵, $e_{ij} = a_k$ 表示结点 $v_i$ 与 $v_j$ 的关系的评语是 $a_k$ ,规定 $e_{ii} = \emptyset$ ,运算中不考虑它的存在。

构建模糊关系社会网络的方式有两种,一种是分析人员根据调查材料和语言习惯,将自然语言转化为格式化评语,另一种是调查人员事先设定评语集,由被调查人员在给定评语集中选择。本文最后给出了一个按第一种方式构建网络的例子。

**定义 1.2** 对结点 $v_i$ ,与其关联的边的评语构成集合 $U = \{e_{ij}\}_{j=1}^N$ ,将相同的项合并取和,形成向量 $d(v_i) = (k_{i1}a_1, k_{i2}a_2, \dots, k_{in}a_n)$ ,称为结点 $v_i$ 的“度”。

这里的“度”与传统网络中“度”的概念相同的是,它们都反映了结点 $v_i$ 与其它结点之间存在的直接联系的情况,而不同的是,这里的度被表达为一个向量,显然,这更接近于人类的认知和表达习惯,并且能承载更大的信息量。

**定义 1.3** 由结点和边交错形成的序列 $v_{i_0}e_{i_0i_1}v_{i_1}e_{i_1i_2}\dots e_{i_{k-1}i_k}v_{i_k}$ 称为结点 $(v_{i_0}, v_{i_k})$ 之间的一条路。

**定义 1.4** 设 $e_{i_0i_1}e_{i_1i_2}\dots e_{i_{k-1}i_k}$ 为结点 $(v_{i_0}, v_{i_k})$ 之间的一条路,将集合 $\{e_{i_0i_1}, e_{i_1i_2}, \dots, e_{i_{k-1}i_k}\}$ 中相同的项取积合并,得到语言值表示 $q(v_{i_0}v_{i_k}) = a_1^{k_1}a_2^{k_2}\dots a_n^{k_n}$ ,称之为该路径的长度。

## 2 模糊关系社会网络的中心性分析

社会网络的中心性反应的是网络中节点重要性的情况,用所谓的“中心度”来度量。按照文献[8],可以从三个方面分析节点的中心性,分别称为点度中心性、接近中心性和中间中心性。

### 2.1 点度中心性

点度中心性(Point centrality)的数值指标是“点度中心度”。传统的社会网络中,结点中心度被定义为与该点直接相邻的结点的个数。模糊关系社会网络比传统网络承载了更多的信息,因而其中中心度定义的内容可以更加丰富。以下给出两种定义模糊关系社会网络点度中心度的方法。

**定义 2.1** 对模糊关系社会网络 $G = (V, E)$ ,评语集 $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ ,设定阈值 $a_r$ ,设 $u \in V, d(u) = (k_1a_1, k_2a_2, \dots, k_na_n)$ ,则 $d_q(u) = \sum_{i=r}^n k_i$ 为 $u$ 的数量型点度中心度。

该指标计算的是结点在网络中连接强度高于某一阈值的相邻点的数量。根据研究问题的不同,可以设置不同的阈值,比如可以分别研究泛泛之交、生死与共等等层面的朋友情况,使得研究结论更加有用。将这类结果组合起来,可以得到下面的更合适的向量型中心度指标。

**定义 2.2** 对模糊关系社会网络 $G = (V, E)$ ,设 $u \in V, d(u) = (k_1a_1, k_2a_2, \dots, k_na_n)$ ,则称向量 $V_d(u) = (\sum_{i=1}^n k_i, \sum_{i=2}^n k_i, \dots, k_n) = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ 为 $u$ 的向量型点度中心度。

向量型点度中心度指标按照不同的评语值水平分层次考虑点的中心性,显然能够更全面地反应结点的中心性情况。

对于由定义 2.1 定义的点度中心度,可以按照传统的方法对中心度进行排序。对于由定义 2.2 定义的中心度,可以由以下方法对不同结点进行排序。

设结点 $u_1, u_2$ 的点度中心度分别为 $V_d(u_j) = (q_{j1}, q_{j2}, \dots, q_{jn}), j = 1, 2$ ,令 $T = (t_1, t_2, \dots, t_n), t_i = q_{1i} - q_{2i}, i = 1, 2, \dots, n$ ,则 $u_1, u_2$ 的中心性关系可以按照如下规则确定:

- (1) 若  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  满足  $t_1 = t_2 = \dots = t_n = 0$ , 则  $u_1$  与  $u_2$  的中心性相同;  
 (2) 若  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  单调递增, 即  $t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n$ , 则  $u_1$  的中心性比  $u_2$  高;  
 (3) 若  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  单调递减, 即  $t_1 \geq t_2 \geq \dots \geq t_n$ , 则  $u_2$  的中心性比  $u_1$  高;  
 (4) 对一般情况, 应该按照  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  的趋势更接近于哪一种情况确定  $u_1$  与  $u_2$  的排序, 即求点列  $\{(1, t_1), (2, t_2), \dots, (n, t_n)\}$  最小二乘拟合直线的斜率:

$$k = \frac{n(\sum_{i=1}^n it_i) - (\sum_{i=1}^n i)(\sum_{i=1}^n t_i)}{n(\sum_{i=1}^n i^2) - (\sum_{i=1}^n i)^2} = \frac{6}{n^2(n^2-1)}((2\sum_{i=1}^n it_i) - (n+1)(\sum_{i=1}^n i)(\sum_{i=1}^n t_i)) \quad (1)$$

当  $k > 0$ , 即  $k' = \sum_{i=1}^n it_i - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n t_i > 0$ , 认为  $u_1$  的中心性比  $u_2$  高, 当  $k' = 0$  时, 认为二者中心性一致, 当  $k' < 0$  时, 认为  $u_2$  的中心性比  $u_1$  高。

不难验证, 这一规则也适用于前述极端的特殊情况。

**定理 2.1** 由以上法则定义的点度中心性排序满足传递性, 即若  $u_1$  的中心性高于  $u_2$ ,  $u_2$  的中心性高于  $u_3$ , 则  $u_1$  的中心性高于  $u_3$ 。

**证明** 设  $u_i$  的点度中心度分别为  $V_d(u_i) = (q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{in})$ ,  $i = 1, 2, 3$ , 令  $T_{12} = (t_{121}, t_{122}, \dots, t_{12n})$ ,  $T_{23} = (t_{231}, t_{232}, \dots, t_{23n})$ ,  $t_{lmj} = q_{lj} - q_{mj}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , 则有

$$k_{12}' = \sum_{i=1}^n it_{12i} - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n t_{12i} \geq 0, \quad k_{23}' = \sum_{i=1}^n it_{23i} - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n t_{23i} \geq 0$$

所以:

$$\begin{aligned} k_{13}' &= \sum_{i=1}^n it_{13i} - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n t_{13i} = \sum_{i=1}^n i(q_{1i} - q_{3i}) - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n (q_{1i} - q_{3i}) \\ &= \sum_{i=1}^n i(q_{1i} - q_{2i} + q_{2i} - q_{3i}) - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n (q_{1i} - q_{2i} + q_{2i} - q_{3i}) \\ &= \sum_{i=1}^n i(q_{1i} - q_{2i}) + \sum_{i=1}^n i(q_{2i} - q_{3i}) - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n (q_{1i} - q_{2i}) - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n (q_{2i} - q_{3i}) \\ &= k_{12}' + k_{23}' \geq 0 \end{aligned}$$

即  $u_1$  的中心性高于  $u_3$ . 证毕。

定理 2.1 保证了模糊关系社会网络中, 总可以按照点度中心度对结点进行排序。

通常人们还采用一种打分的方式, 比如分别置  $a_i = i$ ,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ , 根据各结点得分之和的大小给结点排序(即模糊数学方法), 下面的例子将表明, 本文方法比打分方法更优越。

为从数值上衡量两个结点点度中心度之间的差异, 根据  $k$  的几何意义以及  $\arctan k \in (-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$ ,

定义

$$C = \frac{2}{\pi} \arctan k \quad (2)$$

则当  $-1 < C < 0$  时, 认为  $u_2$  的中心性比  $u_1$  高, 当  $0 < C < 1$  时, 认为  $u_1$  的中心性比  $u_2$  高, 高的程度都是  $|C|$ 。

**例 2.1** 若  $u_1 = (2a_1, 3a_2, 5a_3, 4a_4, 2a_5)$ ,  $u_2 = (1a_1, 5a_2, 3a_3, 3a_4, 4a_5)$ , 中心性向量分别是  $(16, 14, 11, 6, 2)$  和  $(16, 15, 10, 7, 4)$ , 则  $t = (0, -1, 1, -1, -2)$ ,  $k' = -20 < 0$ , 此时, 可认为  $u_2$  的中心性比  $u_1$  高, 这在直观上是容易验证的。

两者之间差异的程度为:  $|C| = \frac{2}{\pi} \arctan \frac{20}{50} = 0.242$

如果采用通常打分的方式,设  $a_1, a_2, \dots, a_n$  的给分分别是 1, 2, 3, 4, 5, 则  $u_1$  的得分为 49,  $u_2$  的得分为 52, 也能得出同样的结论。

**例 2.2** 若  $u_1 = (2a_1, 3a_2, 5a_3, 4a_4, 2a_5)$ ,  $u_2 = (2a_1, 5a_2, 3a_3, 2a_4, 4a_5)$ , 中心度向量分别是 (16, 14, 11, 6, 2) 和 (16, 14, 9, 6, 4),  $t = (0, 0, 2, 0, -2)$ ,  $k' = -4 < 0$ , 此时, 可认为  $u_2$  的中心性比  $u_1$  高, 如果采用通常打分的方式, 则  $u_1, u_2$  的得分均为 49, 中心性无法排序, 但从直观上看,  $u_2$  的中心性应该比  $u_1$  高, 这说明本文方法比打分方法优越。

## 2.2 接近中心性

接近中心性(closeness centrality)用来反映结点与网络中各结点之间的接近程度, 用接近度中心度来量化。如果点度中心度高意味着与结点直接联系的点多的话, 接近中心度高则意味着与网络中各结点“距离”更近, 粗略地说, 点度中心度考虑了某结点连接其余点的“量”, 而接近中心度则考虑了结点在网络中连接其余结点的“质”。

### (1) 模糊关系社会网络的最短路

设  $R_i = a_{1i}^{k_{11}} a_{2i}^{k_{12}} \dots a_{ni}^{k_{1n}}$ ,  $i = 1, 2$  是网络中两条不同的路, 当  $k_{1j} = k_{2j}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$  时, 两条路可视为等长, 令  $t_j = k_{1j} - k_{2j}$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$ , 对中间结点数一样的两条路, 当  $t_j$  关于  $j$  单调递增时, 意味着  $R_1$  比  $R_2$  更短, 当  $t_j$  关于  $j$  单调递减时, 意味着  $R_2$  比  $R_1$  更短。因此建立如上节相同的排序规则, 并且其长度差可以按照式(2)计算。

若两条路的中间结点不一样多,  $R_1$  的中间结点比  $R_2$  少, 则按照通常的经验, 可添加  $R_1$  的中间结点到与  $R_2$  一样多, 新补充的结点之间及其与已有结点之间的评语设为  $a_n$ , 此时再使用以上过程排序并计算长度差。

这样, 对于一个结点数为  $N$  的网络, 其任意两结点间可能的路最多有  $1 + C_{N-2}^1 + C_{N-2}^2 P_2 + \dots + C_{N-2}^{N-2} P_{N-2} = \sum_{i=0}^{N-2} C_{N-2}^i P_i = \sum_{i=0}^{N-2} \frac{(N-2)!}{(N-2-i)!}$  条, 其中  $P_i$  是  $i$  个不同元素的全排列的个数,  $P_i = i! = i(i-1)\dots 2 \cdot 1$ , 因此当网络规模较小时, 可以通过计算所有路并逐对比较来确定最短路, 但当网络规模较大时, 这样做的时间开销就比较大, 下面基于贪婪思想, 给出寻找网络中任意两点之间最短路的一种启发式算法。

### 算法 1 求 $u, v$ 之间的最短路的贪婪算法

设  $G = (V, E)$ ,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ , 评语集  $a_1 < a_2 < \dots < a_n$ , 设定阈值  $a_{i_0}$

①记  $V_0 = \{u, v\}$ ,  $w = u$ ;

②在  $V \setminus V_0$  中选择与  $w$  相邻且评语最高的点  $z$ ;

③检查  $z$  到  $v$  是否有直接连接且评语值高于阈值  $a_{i_0}$ , 若有, 找到最短路, 算法结束, 否则, 转下一步。

④  $V_0 = V_0 \cup \{z\}$ ,  $w = z$ , 转第二步。

⑤若最终找不到满足要求的路, 则可调低阈值, 重新搜索。

显然, 这样找到的路未必一定是全局最优的, 但会是一条比较优的路。算法的计算量为  $O(N^2)$ , 因而是一个可接受的算法。

### (2) 模糊关系社会网络的接近中心度

从概念提出的本意来说, 接近中心度更多地应用于选择网络中“最核心”的结点, 因而其中心度本身的值并不重要, 关键在于如何在  $N$  个结点之中, 选择出那个最核心的结点, 换句话说, 接近中心度的意义更在于结点与结点之间中心性的排序。因此, 本文回避了接近中心度的数量表示, 而是提出一种通过两两比较确定哪一个更适合做“核心”的方法, 该方法经适当扩展, 即可实现对所有结点的排序。

### 算法 2 最核心结点选择算法

对  $u, v \in V$ , 任取  $w \in V \setminus \{u, v\}$ , 设  $w$  到  $u, v$  的最短路分别为  $P_1, P_2$ , 若  $P_1$  短于  $P_2$ , 则将  $w$  计入  $u$

的团队,若  $P_1$  长于  $P_2$ ,则计入  $v$  的团队,若二者一样长,则  $u, v$  的团队各计  $1/2$ ,最后统计各自团队中结点的个数,个数较多团队相应的结点的接近中心度即高于另一个,保留接近中心度较高的那一个,再按同样的步骤与余下的结点做比较,这样经过至多  $n-1$  轮比较即可找到接近中心度最高的结点,算法总的计算量是  $O(N^2)$ 。

当比较过程中出现两个结点的中心度一样时,可以先取其中一个与其余结点比较,然后同时保留或者舍弃。

### 2.3 中间中心性

中间中心性(between centrality)指网络中某一结点与其他各点之间相间隔的程度,表示一个点在多大程度上是图中其他点的“中介”,用中间中心度来量化。中间中心度测量的是一个行动者能在多大程度上控制其他行动者。此类行动者也具有沟通桥梁的作用。

在 2.2 节的基础上,中间中心性的排序相对来说比较简单,只需要根据算法 1,求出所有点对之间的  $N(N-1)/2$  条最短路,统计每个点  $v_i$  在除以自身为起点(或终点)之外(共  $N(N-1)/2 - N - 1 = (N-1)(N-2)/2$  条)的其他路径上的次数,即可得到其作为中间中心点的次数  $k_i$ ,其相对值  $2k_i/(N-1)(N-2)$  即可作为其中间中心度指标。

## 3 实例

某团队 8 名人员由现有三个单位抽调组成,表 1 是通过社会调查得到的相互关系背景资料,试对该团队做中心度分析。

表 1 某新组建团队 8 位成员相互之间的关系

	赵	钱	孙	李	周	吴	郑	王
赵		老同事	兄弟单位认识	同单位认识	同单位认识	同单位认识	同单位认识	兄弟单位不认识
钱	老同事		兄弟单位认识	同单位同学	同单位认识	同单位同学	同单位认识	兄弟单位
孙	兄弟单位认识	兄弟单位认识		兄弟单位不认识	兄弟单位不认识	兄弟单位不认识	兄弟单位不认识	同单位认识
李	同单位认识	同单位同学	兄弟单位不认识		同单位认识	同单位同学	同单位认识	兄弟单位不认识
周	同单位认识	同单位认识	兄弟单位不认识	同单位认识		同单位认识	同单位认识	兄弟单位不认识
吴	同单位认识	同单位同学	兄弟单位不认识	同单位同学	同单位认识		同单位认识	兄弟单位校友
郑	同单位认识	同单位认识	兄弟单位不认识	同单位认识	同单位认识	同单位认识		兄弟单位不认识
王	兄弟单位不认识	兄弟单位不认识	同单位认识	兄弟单位不认识	兄弟单位不认识	兄弟单位校友	兄弟单位不认识	

按常情,将关系分为四级,从弱到强分别为: $a_1=A=\text{兄弟单位不认识}$ 、 $a_2=B=\{\text{兄弟单位认识或同单位不认识}\}$ 、 $a_3=C=\{\text{同单位认识或兄弟单位校友}\}$ 、 $a_4=D=\{\text{同单位同学或老同事}\}$ ,得到格式化评语表达的表 2:

表 2 用格式化评语表示的 8 位成员相互之间的关系

	赵	钱	孙	李	周	吴	郑	王
赵		D	B	C	C	C	C	A
钱	D		B	D	C	D	C	A
孙	B	B		A	A	A	A	C
李	C	D	A		C	D	C	A
周	C	C	A	C		C	C	A
吴	C	D	A	D	C		C	C
郑	C	C	A	C	C	C		A
王	A	A	C	A	A	C	A	

表 3 8 位成员的各种中心度指标

成员	结点的度	向量型点度中心度	间距中心度
赵	(1A,1B,4C,1D)	(7,6,5,1)	0.0476
钱	(1A,1B,2C,3D)	(7,6,5,3)	0.3333
孙	(4A,2B,1C,0D)	(7,3,1,0)	0.0238
李	(2A,0B,3C,2D)	(7,5,5,2)	0.0476
周	(2A,0B,5C,0D)	(7,5,5,0)	0.0238
吴	(1A,0B,4C,2D)	(7,6,6,2)	0.3095
郑	(2A,0B,5C,0D)	(7,5,5,0)	0.0238
王	(5A,0B,2C,0D)	(7,2,2,0)	0.0952

表 4 按照中心度的结点排序

排序标准	按从高到低的序						
点度中心度	钱	吴, 李		赵	王, 周, 郑		孙
紧密度中心度	吴	周, 钱		赵	王	李	郑
间距中心度	钱	吴	王	赵, 李		周, 郑, 孙	

同一单元格内排序不分先后。结果与直觉完全一致,证明本文方法是有效的。

#### 4 结论

本文将传统社会网络中边的权值推广到了自然语言,使所构建的社会网络更符合实际,为进行中心性分析,将传统网络的结点度和路径长度的度量方式推广到了向量型语言值,给出了新的度和路径长度

的计量方法,给出了通过最优化数学模型对网络结点按中心度进行排序的方法,并论证了其合理性。最后通过实例验证了方法的合理性和可操作性。本文方法对竞争情报分析、军事情报分析和反恐情报分析有一定参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 包昌火等. 人际情报网络[J]. 情报理论与实践, 2006, 29(2): 129~141.
- [2] 吴晓伟, 徐福缘. 基于人际网络结点中心度的竞争对手分析[J]. 情报学报, 2006, 25(1): 122~128.
- [3] 社会网络分析. MBA 智库百科: <http://wiki.mbalib.com/wiki/社会网络分析>.
- [4] 刘军. 社会网络分析导论[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2004: 94, 99, 114.
- [5] 朱庆华, 李亮. 社会网路分析法及其在情报学中的应用[J]. 情报理论与实践, 2008, 31(2): 179~183.
- [6] Tseng M L. Implementation and performance evaluation using the fuzzy network balanced scorecard[J]. Computers & Education, 2010, 55: 188~201.
- [7] 廖丽平等. 基于模糊图的模糊社会网络定义及其性质分析[J]. 广东工业大学学报(社会科学版), 2012, 12(3): 46~51.
- [8] Wasserman S, Faust K. Social network analysis methods and applications[M]. New York: Cambridge University Press, 1994.
- [9] 包昌火, 谢新洲. 竞争对手分析[M]. 北京: 华夏出版社, 2003.
- [10] 林聚任. 社会网络分析: 理论、方法与应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2009.
- [11] 包昌火, 谢新洲, 申宁. 人际网络分析[J]. 情报学报, 2003, 22(3): 365~374.
- [12] 吴思竹, 张智雄. 网络中心度计算方法研究综述[J]. 图书情报工作, 2010, 54(18): 107~120.
- [13] 廖丽平, 胡仁杰, 张光宇. 模糊社会网络的中心度分析方法[J]. 模糊系统与数学, 2013, 27(2): 169~176.

## The Centrality Analysis of a Kind of Fuzzy Social Network

YUE Zhen-jun, DING Yong, RONG Chuan-zhen

(College of Communications Engineering, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** In this paper, a new type of fuzzy social network was proposed and its centrality analysing method was established. Firstly, the concepts of “degree” and “length” were promoted, and the definitions of the three types of centrality in the fuzzy relation social network were given according to the basic connotation of the centrality definition in the traditional social network. Secondly, the calculating method for the degree centrality was proposed, and from the basic motivation of centrality analysis, the analysing problem of closeness centrality and betweenness centrality of the fuzzy relation social network was solved by sorting rather than quantitative method. In the end, an illustrative example was used to validate its rationality and operability of this approach.

**Key words:** Fuzzy Relationship; Social Network; Centrality Analysis