

文章编号: 1000-6788(2009)04-0154-07

## 组织人才培养的超网络模型

于洋, 党延忠

(大连理工大学 系统工程研究所, 大连 116023)

**摘要** 从知识和知识管理的角度出发, 提出基于量化方法的组织人才培养超网络模型. 研究根据不同类型的数据建立人员网络、物质载体网络和知识网络, 再根据不同网络之间的相互映射关系建立超网络. 在超网络中, 依据知识网络和人员网络之间的关系确定易流失知识和易流失领域, 然后确定组织需要的知识. 提出计算组织需要知识与人员知识相似度的算法, 根据算法计算的相似度大者被确定为培养人选, 然后依据组织需要的知识对培养人选进行培养. 最后, 给出了一个实例进行验证.

**关键词** 人才培养; 超网络; 相似度算法; 复杂网络

**中图分类号** C94

**文献标志码** A

## Supernetwork model of personnel training in organization

YU Yang, DANG Yan-zhong

(Institute of Systems Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

**Abstract** The main objective of the research is to study the process and method of the personnel training in organization based on supernetwork model from a quantitative angle. First, this paper sets up the organization personnel network, the material carrier network and the knowledge network according to the appropriate type of data, and then builds the supernetwork model. Second, we define the knowledge that organization needs by the relations between the knowledge network and the organization personnel network in the supernetwork. Then propose the similarity algorithm of the knowledge that organization needs and the knowledge of personnel, with which computer their similarity, and the personnel with bigger similarity will be the personnel to be trained in the terms of the knowledge that organization needs in the future. Finally, the model and method are illustrated by an application case.

**Keywords** personnel training; supernetwork; similarity algorithm; complex network

### 1 引言

在知识经济时代, 人才资源是组织的关键资源, 特别是有知识、有能力的人才<sup>[1-2]</sup>, 因此提高人才的能力为组织所重视, 提高人才能力的方法通常是对人才进行培养<sup>[3-5]</sup>. 而目前人才培养的研究多是从定性的角度, 比如: 研究人才培养的重要性、人才培养的方向、人才培养的目标以及人才培养的模式等<sup>[1-5]</sup>. 但以下问题却很少研究: 人才培养的培养内容是什么? 如何确定培养的人选?

**收稿日期:** 2008-09-23

**资助项目:** 国家自然科学基金 (70431001, 70620140115, 70540007, G0724001)

**作者简介:** 于洋 (1980-), 男, 辽宁普兰店人, 博士研究生, 研究方向: 知识管理, 超网络, 系统工程等, Email: iwuzetian@126.com; 党延忠 (1954-), 男, 辽宁营口人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 管理科学与工程、知识管理、系统工程.

人才培养的本质是使人员掌握新知识, 因此从知识的角度对上述问题进行分析后发现: 人才培养的内容应该是组织需要的知识, 确定的培养人选应该是与组织需要知识最为相近的人员. 因此组织人才培养的流程可分为: 先确定组织需要的知识, 再将与组织需要知识最相近的人员确定为培养人选, 然后依据确定的组织需要知识对培养人选进行培养. 好处是: 即对组织人员进行了培养, 又完善了组织的知识, 而且培养的时间短、效率高.

依据上述人才培养的流程, 本文从定量的角度出发, 以知识为着眼点, 利用超网络模型对组织人才培养进行研究. 这里超网络指“在已有网络之上的网络”, 即由多种网络构成的网络<sup>[6-8]</sup>. 利用超网络的原因是: 在人才培养的整个流程中需要将人员和知识两种要素集成在一起进行处理, 对这种由不同要素组成的系统进行研究是困难的, 而超网络使它成为可能.

本文的研究思路为: 考虑知识与人员之间的映射关系, 用超网络模型对这两种要素构成的网络进行集成. 在确定组织需要的知识时, 依据知识和人员之间的关系进行; 在确定培养人选时, 依据组织需要的知识和人员知识的相似程度进行; 在进行人才培养时, 依据组织需要的知识.

## 2 组织人才培养的超网络模型

先根据不同类型的数据, 构造以下网络: 人员网络、物质载体网络和知识网络, 分别对应着人员系统, 物质载体系统和知识系统.

### 2.1 人员网络

以组织的人员为结点, 以人员的领域关系为边, 可构建人员网络:  $G_p = (P, E_{p-p})$ , 其中  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  为组织人员的集合;  $E_{p-p} = \{(p_i, p_j)\}$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, m$  为边的集合,  $(p_i, p_j)$  表示  $p_i$  与  $p_j$  间存在关系, 表明人员  $p_i$  与  $p_j$  的研究领域相似.

### 2.2 物质载体网络

以物质载体 (指包含知识的物质, 比如: 文件、手册、书籍、期刊、图纸、磁性与光学媒体<sup>[9]</sup> 等) 为结点, 以物质载体内容的相似关系为边, 可构建知识物质载体网络:  $G_z = (Z, E_{z-z})$ , 其中  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  为物质载体的集合;  $E_{z-z} = \{(z_i, z_j)\}$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$  为边的集合,  $(z_i, z_j)$  表示  $z_i$  与  $z_j$  间存在关联, 表明物质载体  $z_i$  与  $z_j$  的内容相似.

### 2.3 知识网络

令  $K = \{ke_1, ke_2, \dots, ke_n\}$  表示组织中所有知识元的集合, 用布尔变量  $\theta(ke_i, ke_j)$  表示不同知识元间的关系. 组织知识可表示为一个网络:  $G_k = (K, E_{k-k})$ , 其中,  $E = \{(ke_i, ke_j) | \theta(ke_i, ke_j) = 1\}$  为边的集合, 边  $(ke_i, ke_j)$  表示从  $ke_i$  到  $ke_j$  的无向边, 其涵义为  $ke_i$  和  $ke_j$  之间存在关联关系.

知识元 (ke, knowledge element)<sup>[10-11]</sup>, 指具有完备知识表达的知识单位, 是显性知识的可控单位. 本文的知识元通过对物质载体的文本挖掘获得, 属于概念知识元范畴, 可表示为:  $ke = w_1 w_2 \dots w_m$ , 其中  $w_i$  表示组成知识元的第  $i$  个字或词. 不同知识元间的关系, 可以通过比较是否具有相同的词 (特指长度大于 1 且能正确反映知识元含义的有意义的词, 被称为知识核) 来确认, 判别式为:

$$\theta(ke_i, ke_j) = \begin{cases} 1, & ke_i \text{ 和 } ke_j \text{ 之间有相同的知识核} \\ 0, & ke_i \text{ 和 } ke_j \text{ 之间无相同的知识核} \end{cases} \quad (1)$$

因节点的大量性, 关系的多样性, 知识网络是复杂网络, 用复杂网络方法<sup>[12-13]</sup> 分析得到以下特性:

1) 网络中有很多派系. 派系是网络的子集, 派系中所有的点都是两两互联的. 根据式 (1) 可知, 包含相同知识核的知识元必定形成一个派系, 派系的多少取决于知识元中知识核的数量.

2) 知识网络的按派系聚类. 根据网络的性质可知, 对知识网络按派系进行聚类是可行的, 按派系聚类就是将派系中的节点聚在一起形成一类, 聚类后的派系表示为:  $C_i = \{ke_{i1}, ke_{i2}, \dots, ke_{in}\}$ . 本文对知识网络进行按派系聚类的算法采用的是 Bron and Kerbosch<sup>[14]</sup> 算法, 该算法能寻找网络中所有的派系, 网络分析工具软件 Ucinet<sup>[15]</sup> 则实现了该算法. 一定程度上, 可以将聚类后的派系看作领域.

## 2.4 超网络的构建

在人员网络、物质载体网络和知识网络的节点之间存在着如下映射关系.

1) 人员到物质载体的映射: 表示人员拥有哪些物质载体.

$$Z(p_i) = \{z_j | z_j \in Z, \theta(p_i, z_j) = 1\} \quad (2)$$

其中,  $Z(p_i)$  表示人员  $p_i$  拥有物质载体的集合;  $\theta(p_i, z_j) = 1$  表示  $p_i$  拥有物质载体  $z_j$ .

2) 物质载体到知识元的映射: 表示物质载体包含哪些知识.

$$K(z_i) = \{ke_j | ke_j \in K, \theta(z_i, ke_j) = 1\} \quad (3)$$

其中,  $K(z_i)$  表示物质载体  $z_i$  包含的知识元的集合;  $\theta(z_i, ke_j) = 1$  表示  $z_i$  包含知识元  $ke_j$ .

3) 人员到知识元的映射: 表示人员拥有哪些知识.

$$K(p_i) = \{ke_j | ke_j \in K, \theta(p_i, ke_j) = 1\} \quad (4)$$

其中,  $K(p_i)$  表示人员  $p_i$  拥有知识元的集合;  $\theta(p_i, ke_j) = 1$  表示  $p_i$  拥有知识元  $ke_j$ . 如果只考虑人员的显性知识, 则式 (4) 的结果可由式 (2)(3) 复合而成.

4) 知识元到人员的映射: 表示拥有某种知识的人员.

$$P(ke_i) = \{p_j | p_j \in P, \varphi(ke_i, p_j) = 1\} \quad (5)$$

其中,  $P(ke_i)$  表示组织中所有拥有知识元  $ke_i$  的人员;  $\varphi(ke_i, p_j) = 1$  表示知识元  $ke_i$  被人员  $p_j$  拥有,  $P(ke_i)$  中元素的个数等于集合的基数  $|P(ke_i)|$ , 表示拥有知识元  $ke_i$  的人员个数.

根据上述映射关系, 并对人员网络、物质载体网络和知识网络进行集成, 即可构建超网络模型<sup>[16]</sup>.

## 2.5 超网络的性质

构建的超网络模型性质如下:

1) 在超网络中, 知识网络是核心网络, 知识元是基本处理单元;

2) 人员和物质载体拥有的知识, 可分别通过人员网络与知识网络间的关系, 以及物质载体网络与知识网络间的关系来确定, 由此再通过其知识网络来表示;

3) 可根据知识网络与人员网络间的关系, 定量的确定组织需要的知识.

## 3 组织需要知识的确定

根据知识网络与人员网络之间的关系, 可以通过定量计算来确定组织易流失知识, 在此基础上可以确定组织易流失领域, 再结合组织的实际情况来确定组织需要的知识.

### 3.1 易流失知识

易流失知识 (elk, Easily loss knowledge), 指在组织中被极少数人员拥有的知识, 随着人员的流失, 这些知识容易流失. 易流失知识的判定式为:

$$L(ke) = \{ke_i | |P(ke_i)| \leq thr(elk)\} \quad (6)$$

其中,  $thr(elk)$  为设定的阈值, 当  $|P(ke_i)| \leq thr(elk)$  时, 认为  $ke_i$  是易流失知识, 理想情况下  $thr(elk)=1$ . 易流失知识需要及时修补和稳固, 它的判断有助于认清组织知识的薄弱环节.

### 3.2 易流失领域

式 (6) 中, 在  $L(ke)$  里的知识元都是易流失知识, 但对于领域来说, 只有当其中大部分知识元是易流失知识时, 它才是易流失领域 (eld, Easily loss domain). 对于组织知识, 分散的知识元流失所造成的损失可能不大, 但领域的流失所造成的损失却可能非常大, 因此易流失领域的判别尤为重要.

对  $L(ke)$  聚类后形成派系, 将派系看作领域. 令  $C_i(L)$  表示领域  $C_i$  中易流失知识元的集合, 根据领域知识的流失度来判断  $C_i$  是否是易流失领域. 领域知识的流失度定义为:  $|C_i(L)|/|C_i|$ , 其中  $|C_i(L)|$  和  $|C_i|$  分别表示各自集合中元素的个数. 因此它的含义是  $C_i$  中易流失知识元的个数占知识元总数的比例. 易流失领域的判定式可表示为:

$$Lc(C) = \{C_i | |C_i(L)|/|C_i| \geq thr(eld)\} \quad (7)$$

其中,  $thr(eld)$  为设定的阈值, 当  $|C_i(L)|/|C_i| \geq thr(eld)$  时, 认为  $C_i$  是易流失领域, 理想情况下  $thr(eld)=100\%$ .

将组织易流失知识和易流失领域进行组合, 再结合组织实际情况可确定组织需要的知识. 组织需要的知识确定后, 要继续确定培养人选.

#### 4 培养人选的确定

培养人选指被组织选中进行培养的人员, 他应该在按照组织需要知识进行培养时, 学习速度快、效率高、效益好. 因此培养人选的确定需要比较人员知识与组织需要知识的相似程度, 这就要依据相似度算法, 目前的相似度计算通常借鉴VSM.

##### 4.1 基于 VSM 的相似度算法

VSM (Vector space model, 向量空间模型)<sup>[17-18]</sup> 是文本表示的经典算法, 将文档  $D$  看作由一组特征项  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  和相应的权重  $(w_1, w_2, \dots, w_n)$  构成, 则文档  $D_i$  表示为:  $D_i = \vec{d}_i = (w_{ij})_{1 \times n} = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}]$ , 然后通过  $D_i$  和  $D_j$  的夹角余弦来表示它们的相似度.

如果将由知识表示的组织需要知识和拥有知识的人员都看成知识主体, 则组织需要知识与人员知识的相似问题可以抽象成知识主体间的相似问题. 知识主体拥有的知识元表示为  $P(ke_1, ke_2, \dots, ke_n)$ , 计算相应知识元权重<sup>[16]</sup>,  $W = tf \times idf$ , 其中  $tf = \sum_{i=1}^k n_i / \sum_{i=1}^k N_i$ ,  $\sum_{i=1}^k n_i$  表示知识元  $ke_i$  在知识主体中出现的总次数,  $\sum_{i=1}^k N_i$  表示知识主体包含知识元的总个数;  $idf = \lg(P/P_i)$ ,  $P$  为知识主体总数,  $P_i$  表示包含知识元  $ke_i$  的知识主体个数. 权重计算后, 知识主体表示为:  $P_i = \vec{p}_i = (w_{ij})_{1 \times n} = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}]$ .  $P_i$  和  $P_j$  的相似度可用二者向量的夹角余弦计算.

基于VSM的相似度算法依据的是知识元, 但这种方法不能很好的反映出知识主体的领域是否相似. 将知识网络聚类后形成的派系看作领域, 从领域的角度研究知识主体的相似性.

##### 4.2 基于领域向量的相似度算法

所有知识元按一定的标准可表示为:

$$K = (ke_i)_{1 \times n} = [ke_1, ke_2, \dots, ke_n] \tag{8}$$

将式 (8) 作为标准向量, 则知识主体  $P_i$  拥有的知识元表示为:  $P_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}] = (v_{ik})_{1 \times n}$ ,  $P_i$  为行向量, 其中元素  $v_{ik}$  取值 0 或 1, 表示知识主体  $P_i$  是否包含知识元  $ke_k$ . 则所有知识主体与知识元的关系表示为矩阵  $P$ , 如式 (9) 所示.

$$P = (v_{ik})_{l \times n} = \begin{matrix} & \text{知识元} \\ \left\{ \begin{matrix} \text{知} \\ \text{识} \\ \text{主} \\ \text{体} \end{matrix} \right. & \begin{bmatrix} v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n} \\ v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2n} \\ \vdots \\ v_{l1}, v_{l2}, \dots, v_{ln} \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{9}$$

其中, 行表示知识主体, 列表示知识元. 因为知识元个数较多, 矩阵  $P$  的列数往往较大, 不利于计算. 因此对知识网络进行聚类降维, 将聚类后的派系看作领域并作为表示维度.

式 (8) 作为标准向量, 聚类后领域  $C_j$  包含的知识元可表示成  $C_j = [v_{1j}, v_{2j}, \dots, v_{nj}]^T = (v_{kj})_{n \times 1}$ ,  $C_j$  为列向量, 其中矩阵元素  $v_{kj}$  取值 0 或 1, 表示知识元  $ke_k$  是否在领域  $C_j$  中. 则所有领域与知识元的关系可表示为矩阵  $C$ , 如式 (10) 所示. 矩阵  $C$  的构建过程是寻找知识网络中所有派系的过程<sup>[14-15]</sup>, 如 2.3 节介绍.

$$C = (v_{kj})_{n \times m} = \begin{matrix} & \text{领域} \\ \left\{ \begin{matrix} \text{知} \\ \text{识} \\ \text{元} \end{matrix} \right. & \begin{bmatrix} v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1m} \\ v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2m} \\ \vdots \\ v_{n1}, v_{n2}, \dots, v_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{10}$$

其中, 行表示知识元, 列表示领域.

$P$  与  $C$  相乘生成知识主体的领域向量矩阵  $T: T = P \times C = (v_{ik})_{l \times n} \times (v_{kj})_{n \times m} = (c_{ij})_{l \times m}$ , 计算过程如式 (11) 所示.

$$T = P \times C = \begin{matrix} & \text{知识元} \\ \left\{ \begin{matrix} \text{知} \\ \text{识} \\ \text{主} \\ \text{体} \end{matrix} \right. & \begin{bmatrix} v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n} \\ v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2n} \\ \vdots \\ v_{l1}, v_{l2}, \dots, v_{ln} \end{bmatrix} \end{matrix} \times \begin{matrix} & \text{领域} \\ \left\{ \begin{matrix} \text{知} \\ \text{识} \\ \text{元} \end{matrix} \right. & \begin{bmatrix} v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1m} \\ v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2m} \\ \vdots \\ v_{n1}, v_{n2}, \dots, v_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{matrix} & \text{领域} \\ \left\{ \begin{matrix} \text{知} \\ \text{识} \\ \text{主} \\ \text{体} \end{matrix} \right. & \begin{bmatrix} c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1m} \\ c_{21}, c_{22}, \dots, c_{2m} \\ \vdots \\ c_{l1}, c_{l2}, \dots, c_{lm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (11)$$

其中,

$$c_{ij} = P_i \times C_j = (v_{ik})_{1 \times n} \times (v_{kj})_{n \times 1} = \sum_{k=1}^n v_{ik} \times v_{kj} \quad (12)$$

$c_{ij}$  表示知识主体  $P_i$  拥有的属于领域  $C_j$  知识元的个数, 若  $c_{ij}$  除以领域  $C_j$  中知识元的总个数则可进行归一化.

在矩阵  $T$  中, 行表示知识主体, 列表示领域, 因此  $P_i$  的领域向量表示为  $\vec{T}_i$ , 所以基于领域向量的  $P_i$  和  $P_j$  相似度  $Sim$  的计算如式 (13) 所示.

$$Sim(P_i, P_j) = \cos(\vec{T}_i, \vec{T}_j) = \frac{\vec{T}_i \cdot \vec{T}_j}{\|\vec{T}_i\| \times \|\vec{T}_j\|} = \frac{\sum_{k=1}^m c_{ik} \times c_{jk}}{\sqrt{\left[ \left( \sum_{k=1}^m c_{ik}^2 \right) \left( \sum_{k=1}^m c_{jk}^2 \right) \right]}} \quad (13)$$

在进行相似度计算时, 需要先按基于领域的相似度算法计算, 再按基于 VSM 的相似度算法计算, 然后根据结果进行综合判断. 基于 VSM 的相似度算法是经典算法, 准确率和召回率都有保障.

## 5 实例验证

### 5.1 实例背景

下面结合一个实例, 对本文介绍的模型和方法进行验证.

某进行基础科学研究的组织, 想通过人才培养的方式来改善组织的知识结构, 希望人员针对组织需要的知识进行学习, 而且此人员的知识应该与组织需要的知识较相近. 这样不但人员学习的时间短、效率高, 而且既完善了组织知识又提高了人员的个体能力.

截止 2006 年 8 月, 该组织有成员 30 人, 共发表了 301 个科研成果 (表现形式是: 期刊论文、会议论文、学术报告以及专著, 它们都属于知识的物质载体范畴, 故统称为物质载体). 基础科学研究是知识密集型活动, 因此每位人员的知识可通过他发表的科研成果来反映.

### 5.2 实验步骤及结果

依据上述数据并根据本文介绍的方法, 完成该组织人才培养分析的过程如下:

1) 预处理, 包括文件预处理与分词预处理. 文件预处理指将物质载体转换成可供机器处理, 以获得知识元的电子文档; 分词预处理指对中文进行的分词处理, 中文不像英文的词与词之间有空格, 为了提高中文知识元挖掘的精确度, 需要先对中文进行分词处理.

2) 超网络的构建. 根据实例数据以及从物质载体中获得知识元, 分别构建人员网络、物质载体网络、知识网络, 并依据各个网络之间的映射关系构建超网络模型. 其中人员与知识之间的关系, 是通过人员与物质载体的关系和物质载体与知识之间的关系复合而成的, 方法如第 2 节介绍, 获得的超网络如图 1 所示.

3) 根据知识网络与人员网络的关系, 确定组织需要的知识, 方法如第 3 节介绍, 确定的组织易流失知识如图 2 所示 ( $thr(ek)$  设为 1); 确定的易流失领域如图 3 所示 ( $thr(eld)$  设为 0.4, 为了简化, 领域的易流失知识元个数限制为大于 70, 阈值设定应该根据实际的具体情况, 而本文则主要是为了简化处理结果).

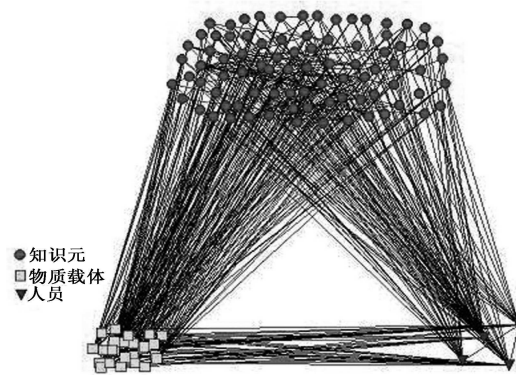


图1 超网络图(部分)

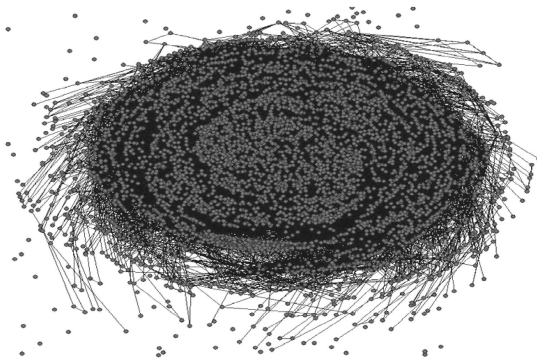


图2 组织易流失知识的网络图

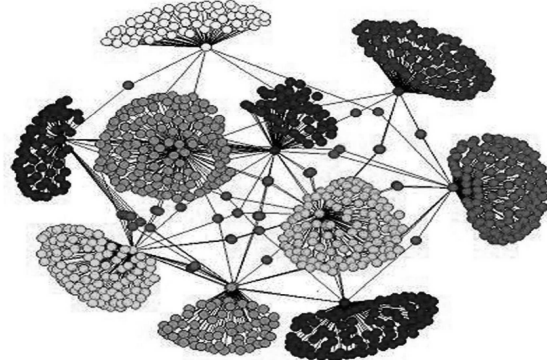


图3 组织的易流失领域网络图

- 4) 将组织需要的知识与人员知识进行相似度计算, 相似度高者为培养人选, 方法如第4节介绍.
- 5) 确定完培养人选后, 即可按照组织需要的知识对该人选进行培养.

### 5.3 实验结果的解释

1) 组织易流失知识的网络图较复杂, 说明易流失知识元较多, 这是因为基础科学研究是对科学前沿的研究, 因此很多知识只被一个人所拥有.

2) 易流失领域的网络图比易流失知识的网络图清晰, 一方面是因为通过聚类可以降低网络的复杂度, 另一方面也是因为本文对易流失领域的筛选设定了两个阈值. 图3中易流失领域为以下10个领域, 用领域向量表示为:  $KN=[\text{组织}(85), \text{系统}(149), \text{经济}(122), \text{技术}(103), \text{信息}(83), \text{模型}(100), \text{企业}(120), \text{管理}(117), \text{理论}(73), \text{结构}(71)]$ , 其中“()”内的数字表示该领域中易流失知识元的个数, 比如: “组织(85)”表示在“组织”领域中易流失知识元的个数是85, 它是绝对量, 除以领域中知识元的总个数即可进行标准化, 上述领域向量进行标准化后表示为:  $KN=[\text{组织}(0.56), \text{系统}(0.52), \text{经济}(0.48), \text{技术}(0.46), \text{信息}(0.45), \text{模型}(0.43), \text{企业}(0.43), \text{管理}(0.42), \text{理论}(0.41), \text{结构}(0.40)]$ . 无论是哪种表示方式, 都可知确定的培养人选的知识应该与这10个领域相近, 或与其中几个相近.

3) 在计算组织需要知识与人员知识的相似度时, 应该先按基于领域向量的相似度算法, 再按基于VSM的相似度算法, 能保证在领域层面和知识层面都相似. 相似度计算结果是数值, 而排在相似度计算结果前两位的值分别是0.929, 0.442; 0.890, 0.441, 他们的研究领域分别是: “评价理论与技术”; “数量经济分析理论与方法”. 从领域看与该组织的易流失领域还是有些相近的. 需要提出的是, 在相似度计算结果的基础上, 最后的人选还应该根据具体的实际情况进行确定.

## 6 结论与展望

本研究从知识和超网络的角度对组织人才培养进行了研究. 1) 依据数据分别建立人员网络、物质载体网络和知识网络, 然后根据网络之间的映射关系构建超网络; 2) 依据知识网络和人员网络之间的关系确定组

织需要的知识; 3) 依据相似度算法计算组织需要知识与人员知识的相似度, 相似度大者为培养人选, 然后依据组织需要的知识对培养人选进行培养.

研究中仍有不足之处, 比如: 表示出的组织知识都是显性的, 对隐性知识还需要隐性知识显性化; 领域的表示应该更准确而不仅仅是用派系代表; 另外, 矩阵  $T$  中的  $c_{ij}$  应该被赋予合适的权值; 培养人选的确定还应该考虑其它方面, 如: 年龄、学历、性别、当前状况等, 这些情况都需要继续研究.

我们目前的工作还很粗糙, 在此发表出来, 意在求得同行专家的不吝赐教.

## 参考文献

- [1] 张麟, 杨榕, 梅伏生. 高校人才培养和高技术成果转化的模式探讨 [J]. 电子科技大学学报, 2001, 30(3): 320–324.  
Zhang L, Yang R, Mei F S. Model discussion of personal training and hi-tech commercializing in universities[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2001, 30(3): 320–324.
- [2] 姚群秀, 赵硕. 基于科学人才观的高校人才培养研究 [J]. 西北大学学报 (哲学社会科学版), 2007, 37(6): 168–170.  
Yao Q X, Zhao S. On training university students in scientific outlook[J]. Journal of Northwest University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2007, 37(6): 168–170.
- [3] Erickson P A. Personnel training[J]. Emergency Response Planning, 1999: 208–238.
- [4] Wexley K N. Personnel training[J]. Annual Review of Psychology, 1984, 35: 519–551.
- [5] Nordhaug O. Reward functions of personnel training[J]. Human Relations, 89, 42(5): 373–388.
- [6] Sheffi Y. Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods[M]. NJ: Printice-Hall, 1985.
- [7] Nagurney A, Dong J. Supernetworks: Decision-Making for the Information Age[M]. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2002.
- [8] Nagurney A, Cruz J, Matsypura D. Dynamics of global supply chain supernetworks[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2003, 37(9–10): 963–983.
- [9] 王众托. 知识系统工程 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.  
Wang Z T. Knowledge System Engineering[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [10] 温有奎, 徐国华. 知识元链接理论 [J]. 情报学报, 2003, 22(6): 665–669.  
Wen Y K, Xu G H. Knowledge element linking theory[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2003, 22(6): 665–669.
- [11] Margarita S, Matvey B P. Grouped knowledge elements[J]. Clinical Decision Support, 2007: 325–343.
- [12] Boccaletta S, Latorab V, Morenod Y. Complex networks: Structure and dynamics[J]. Physics Reports, 2006, 424: 175–308.
- [13] Newman M E J. The Structure and function of complex networks[J]. SIAM Review, 2003, 45: 167–256.
- [14] Bron C, Kerbosch J. Algorithm 457: Finding all cliques of an undirected graph[J]. Commun ACM, 1973, (16): 575–577.
- [15] UCINET 6 Social Network Analysis Software[DB/OL]. [2008.6.10] <http://www.analytictech.com/ucinet/ucinet.htm>.
- [16] 席运江, 党延忠. 基于加权超网络模型的知识网络鲁棒性分析及应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(4): 134–140.  
Xi Y J, Dang Y Z. The Method to analyze the robustness of knowledge network based on the weighted super-network model and its application[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2007, 27(4): 134–140.
- [17] Salton G, Yang C S. On the specification of term values in automatic indexing[J]. Journal of Documentation, 1973, 29(4): 351–372.
- [18] Salton G, Wong A, Yang C S. A vector space model for automatic indexing[J]. Communications of the ACM, 1975, 18(11): 613–620.