

基于交互记忆系统的团队发展状况分析方法^①

李雨桐, 党延忠

(大连理工大学系统工程研究所, 大连 116024)

摘要: 通过对团队发展状况进行分析, 可以了解团队的发展状态, 评价团队的发展过程, 为团队建设提供必要的决策依据。本文从知识视角, 依照交互记忆系统理论, 指出交互记忆系统可以作为团队知识的表示模型之一, 并提出了基于交互记忆系统对团队发展状况进行分析的方法。首先, 对成员的知识构成进行分析, 针对成员的交互记忆中差异知识, 提出了成员的交互记忆-差异知识模型(TM_DKM); 其次, 通过整合所有成员的差异知识得到交互记忆系统, 提出了用交互记忆系统表征团队知识的交互记忆系统模型(TMSM); 再次, 在TM_DKM和TMSM基础上提出了团队发展状况分析方法; 最后, 结合一个实例对上述模型和方法进行了验证, 并对实例中该团队的发展状况进行了评述。本文提出的方法可用于创新团队的状态评价和发展过程评价以及问题诊断等, 比如教育部创新团队、国家创新群体以及更广泛的团队分析之中。

关键词: 交互记忆系统; 团队知识; 团队发展状况; 知识管理

中图分类号: C93 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2016)04-0016-16

0 引言

20世纪80年代以来, 团队作为组织执行任务的基本工作单元已经得到越来越广泛的应用。团队是一个由少数成员组成的小组, 小组成员具备互补的技术或技能, 依赖成员彼此间的互动与协调, 共同实现组织的绩效目标^[1-2]。通过改善组织的架构僵化、内部交流不畅等问题, 团队提高了组织的知识创造和创新能力, 增强了组织在复杂环境中的响应能力和应变能力。因此, 如何管理和有效运作团队是现代组织迫切需要解决的实际问题, 同时也是学术界关注的热点研究问题^[3-4]。

团队发展是一个从不成熟到成熟的动态过程, 先后经历建立、发展、成熟、衰退等几个阶段^[5]。每个阶段具有不同的特征, 表现出的团队绩效^[6]也不尽相同。一方面, 若管理者能够了解

团队的发展状态, 指明团队当前所处的发展阶段, 并对现阶段制约其发展的问题进行有效诊断, 将提高团队的绩效水平, 促使团队科学、健康地快速成长; 另一方面, 若管理者能够掌握团队在整个动态发展过程中的演化进程, 分析其发展过程中的演化规律, 预测其未来的发展趋势, 将提升团队的管理效率, 为团队建设提供必要的决策支持。为此, 这就要求管理者对团队发展状况进行客观、全面地分析与评价。

从现有研究成果来看, 学者对于团队发展状况的分析与评价研究主要集中在团队效能^[7] (team effectiveness) 的衡量方面。测量指标分为绩效性结果、态度性结果和行为性结果三个方面^[8-9]。绩效性结果包括团队的目标达成率、决策时效性、生产力、产品的数量和质量、满足客户需求等; 态度性结果包括成员的工作满意度^[10]、

^① 收稿日期: 2013-10-15; 修订日期: 2014-09-26.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71471028; 71271036).

作者简介: 李雨桐(1985—), 女, 吉林省吉林市人, 博士生. Email: dearliyutong@163.com

团队承诺^[11]、知识分享意愿、团队活力^[12]等; 行为性结果包括缺勤率、离职率等。测量方法包括问卷调查法、平衡记分卡^[13]、层次分析法、模糊综合评判方法^[14]等。

然而, 知识是组织最重要的资源, 是团队发挥高效能的关键要素。团队具有的知识分为两个层面, 一个是个人层面的知识, 另一个是团队层面的知识, 本文将后者即团队作为一个整体所具有的团队层面的知识, 称为团队知识 (team knowledge)。团队知识来源于成员的个人知识并通过团队互动过程^[15]逐步产生和发展, 它是个人经验与群体经验长期发展的结果。表现为: 当团队刚刚组建时, 团队知识几乎为零; 随着成员在互动过程中的交流与合作, 团队知识逐渐生成和增长; 当团队解体时, 成员的个人知识依旧存在, 但是互动过程产生的团队知识将不复存在。因此, 团队知识随着团队的组建而产生, 随着团队的互动而增长, 随着团队的成长而变化, 随着团队的衰退而衰减。它可以表征团队的发展状态, 并利用它的状态变化过程评价团队的动态发展过程。本文即从团队知识视角提出一套分析和评价团队发展状况的方法。

当前研究结果表明, 共享心智模型^[16-17]和交互记忆系统^[18]是两种重要的团队知识的表征方式^[19]。共享心智模型强调团队成员个人知识的共享^[20], 团队应该通过各种途径促进知识在成员间的共享和转移, 促使成员对团队所处环境的知识具有共同理解^[21]。而交互记忆系统则主张团队成员个人知识的分布^[22], 成员对于其他成员所擅长的知识并不需要实现共享心智模型所提倡的“共享”, 而是明确“谁知道什么”便可实现成员之间的知识协调^[23-24]。为了实现有效的团队过程和较高的团队效能, 这两种团队知识的表征方式缺一不可。由于篇幅所限, 本文仅从交互记忆系统视角对团队发展状况分析方法进行研究。

交互记忆系统 (transactive memory system, TMS) 的提出是基于外援记忆 (external memory) 这一概念。Wegner^[25]观察到人们会利用他人作为记忆辅助来扩充自己的知识容量, 从而提出了交互记忆的概念。交互记忆 (transactive memory, TM) 是指对来自不同知识领域的信息进行编码、储存、检索和交流活动的共享的认知劳动分工, 它

通常是在亲密关系基础上发展起来的。Hollingshead^[26]指出, 在工作群体中, 当个人了解到其他成员的专长时, 获取和编码与此专长相关信息的责任就会通过内隐或外显的方式分配给最合适的专家成员, 此时 TM 便产生了。

由于 TM 的存在, 在团队互动过程中成员间的相互依赖逐渐衍生出更大且复杂的知识管理系统。团队成员之间形成的这种彼此依赖的, 用以编码、存储和提取不同领域知识的合作性分工系统称为交互记忆系统 (TMS)^[27-28]。TMS 在团队发展过程中逐步形成, 从不完善到完善逐步发展^[29]。当成员拥有不同的专长、且在必要时能结合对其他成员专长的了解进行自由互动时, 团队便形成了较为成熟的 TMS。TMS 促使成员通过彼此差异化专长的认知, 减少了各自的信息负担^[30]; 同时, 团队形成了每个成员对于不同知识领域的分工体系, 成员能在跨越个人知识领域的问题上快速从他人获取帮助。上述优势使得 TMS 在成员满意度^[31]、团队绩效^[32-33]、团队生存能力^[34]、团队创造力^[35]等方面为团队带来了积极作用。

综上所述, TMS 是嵌入在团队成员、团队结构和团队互动过程中的团队知识, 是成员在团队互动过程中根据 TM 形成的“知道谁知道什么”的团队层面的知识。它可看作是成员 TM 中差异化专长的整合, 表征团队关于“谁知道什么”的普遍了解状况。利用 TMS 可分析团队的发展状态, 评价团队的发展过程。一方面, 发展状态从团队成员和团队知识两个方面进行度量。测量每个成员的人际了解度、知识了解度、人际被了解度和知识被了解度来反映团队成员的发展状态; 分析知识分布情况和知识领域分布情况来描述团队知识的发展状态。另一方面, 通过比较时间序列上 TMS 表征的不同状态, 从成员亲密度、团队知识水平、知识领域的动态变化情况评价团队的发展过程。

鉴于此, 本文提出了 TMS 的团队知识表示模型和基于 TMS 的团队发展状况分析方法, 包括四个方面: 首先, 在对团队成员的知识构成进行系统分析的基础上, 针对成员 TM 中差异知识, 提出了成员的交互记忆 - 差异知识模型 (TM_DKM); 其次, 利用知识铰接法对全体成员的差异知识进行整合, 提出了用 TMS 表征团队知识的交互记忆系

统模型(TMSM);再次,在TM_DKM和TMSM基础上提出了团队发展状况分析方法;最后,利用本文提出的模型和方法进行实例分析,并对实例中该团队的发展状况进行评述.

1 成员交互记忆中差异知识的表示

1.1 成员的知识构成分析

成员在未加入团队之前是组织中独立的个人,个人所拥有的知识称为个人知识(individual knowledge,IK).在团队互动过程中,成员逐步形成了对其他成员个人知识的了解:初期,仅仅了解其他成员一部分知识;随着互动的增多,了解的知识也逐渐增多.为此,团队互动过程使得每个成员的知识结构发生变化,变化后的成员知识包括两部

分:一部分是IK;另一部分是对其他成员个人知识的了解,这里称为成员交互记忆知识,简称为交互记忆知识(transactive memory knowledge, TMK).

IK包括“知道是什么(know-what)”、“知道为什么(know-why)”、“知道怎样做(know-how)”的知识. TMK,即“知道是谁(know-who)”的知识,包括“知道谁知道是什么(know-who: know-what)”、“知道谁知道为什么(know-who: know-why)”、“知道谁能做什么(know-who: know-how)”的知识.

其中, TMK既包括他本身拥有且了解其他成员也拥有的知识,称为共有知识(common knowledge, CK),又包括他本身不拥有而了解其他成员拥有的知识,称为差异知识(differentiated knowledge, DK).

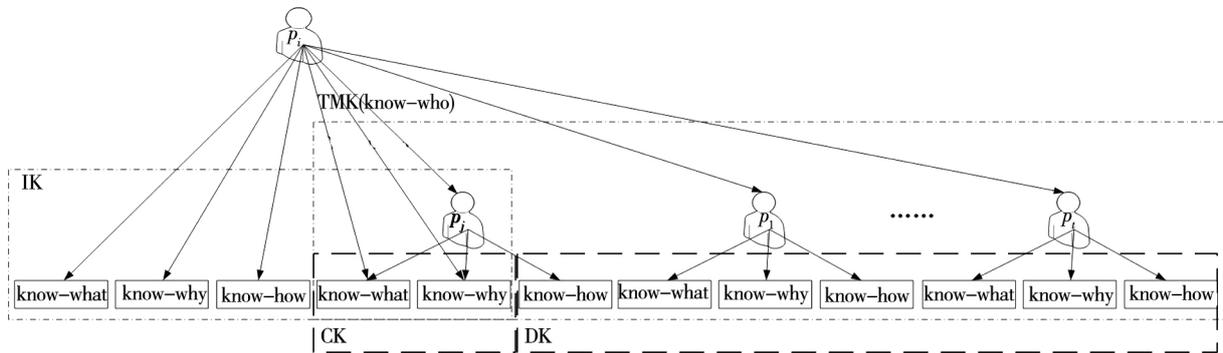


图1 一个成员的知识结构

Fig. 1 Structure of a member's knowledge

为此,团队中任意成员*i*的知识结构如图1所示,包括他自己的个人知识,如IK虚框中知识,和对成员*j*、成员*l*以至于成员*t*的知识的了解,即TMK(know-who)虚框中知识.其中*i*的TMK既

包含他自身拥有且了解成员*j*也拥有的知识,如CK虚框中知识,又包含他本身不拥有而了解成员*l*以至于成员*t*拥有的知识,即DK虚框中知识.

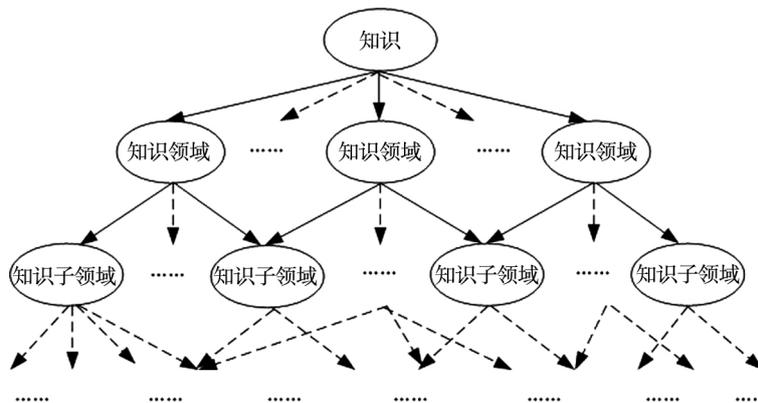


图2 知识体系结构

Fig. 2 Structure of knowledge system

对于 know-what ,know-why 和 know-how ,从知识内容的专业性来看 ,它的知识体系可表示为图 2 所示结构. 其中 ,知识可划分为若干知识领域 ,每个知识领域可细分为多个知识子领域 ,知识子领域又可继续细分 ,直到不可再分的最小级别的知识子领域为止. 无论是知识领域、知识子领域或是最小级别的知识子领域 ,都代表着知识体系中不同粒度的知识. 作为知识体系的构成要素 ,为了处理方便 ,本文将它们统称为知识点 (knowledge point ,KP). 知识点间具有关联性 ,既有上层与下层知识点间的从属关系 ,如粒度大的知识点包

含粒度小的知识点; 又有同层知识点间的相关关系 ,如包含同一知识点的两个上层且同层的知识点.

因此 ,团队中成员的知识是由图 2 所示的任意知识点构成 ,有的知识比较笼统、宏观和抽象 ,有的知识则比较详细、微观和具体. 根据上述分析 ,图 1 中成员 i 的知识构成可进一步表示为图 3 所示结构. 他的知识分为人际层和知识层 ,知识层是由不同粒度的知识点组成 ,在此不考虑知识点间关联性. 其中 IK 是由 i 所拥有的知识点构成 , TMK 是由 i 了解人际层中成员及其所拥有的知识点构成 ,并且 TMK 中知识点可分为 CK 和 DK 两类.

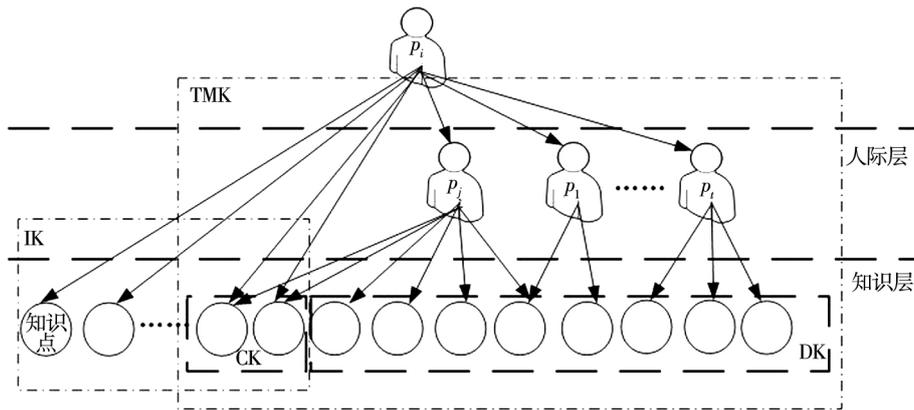


图 3 一个成员的知识构成与关系

Fig. 3 Composition and relationships of a member's knowledge

1.2 交互记忆 - 差异知识模型

剔除图 3 中 IK DK 的构成与关系如图 4 所示. 从图 4 可知 成员 i 的 DK 是一个由人际层和知识层组成的两级结构. 这个两级结构包含两种关系: 一种是 i 对人际层中成员的了解关系 ,如 ,有向边 $\langle p_i, p_j \rangle$ 表示 i 了解 j ,它的边参数 $w_{\langle p_i, p_j \rangle}$ 表示 i 对 j 的了解程

度; 另一种是 i 对人际层中成员所拥有知识点的了解关系 ,如 $\langle p_j, kp_k \rangle$ 表示 i 了解 j 掌握知识点 kp_k ,它的边参数 $w_{\langle p_j, kp_k \rangle}$ 表示 i 对 “ j 掌握 kp_k ” 的了解程度. 本文利用这个两级结构表示一个成员的差异知识 ,并称为交互记忆 - 差异知识模型 (transactive memory-differentiated knowledge model , TM_DKM).

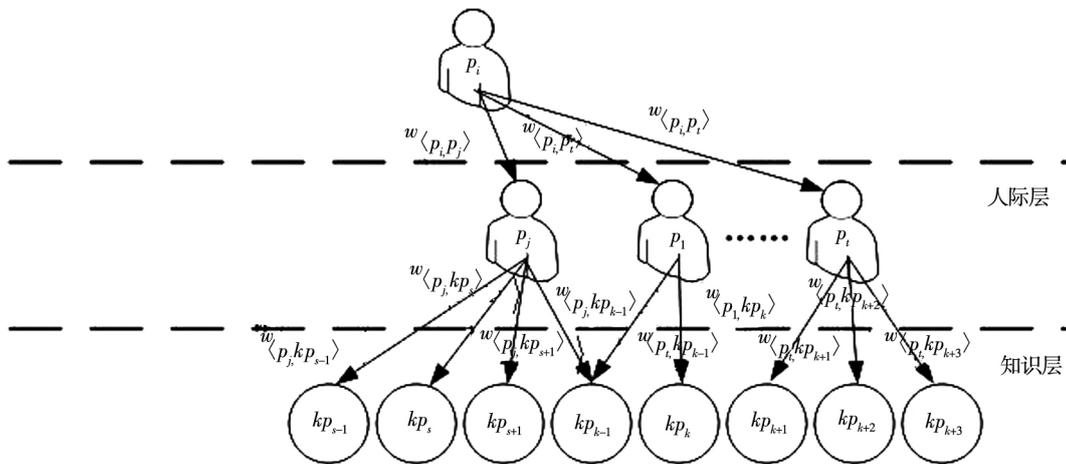


图 4 一个成员的差异知识的构成与关系

Fig. 4 Composition and relationships of a member's differentiated knowledge

令 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ 为团队成员集合, 成员数量为 M . $KP = \{kp_1, kp_2, \dots, kp_n\}$ 为团队的知识集合, 知识点数量为 N .

定义1 布尔变量 $\rho(p_i, p_j, kp_k)$ 表示 DK 中成员 i 与知识点的关联关系, 即

$$\rho(p_i, p_j, kp_k) = \begin{cases} 1 & \text{表示 } p_i \text{ 了解 } p_j \text{ 具有 } kp_k \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

其中 $p_i, p_j \in P, i, j = 1, 2, \dots, m; kp_k \in KP, k = 1, 2, \dots, n$. 则图4所示 p_i 的 TM_DKM_i 为

$$TM_DKM_i = (V_i, E_i, W_i) \quad (2)$$

其中

$$1) V_i = \{p_i, P_i^{P-P}, K_i^{P-P-K}\}, E_i = \{E_i^{P-P}, E_i^{P-P-K}\}, W_i = \{W_i(E_i^{P-P}), W_i(E_i^{P-P-K})\}.$$

2) p_i 了解的成员集合为

$$P_i^{P-P} = \{p_j \mid \rho(p_i, p_j, kp_k) = 1, kp_k \in KP, p_j \in P\} \quad (3)$$

3) p_i 了解的知识点集合为

$$K_i^{P-P-K} = \{kp_k \mid \rho(p_i, p_j, kp_k) = 1, kp_k \in KP, p_j \in P_i^{P-P}\} \quad (4)$$

4) p_i 对 P_i^{P-P} 中成员的了解关系为边的集合为

$$E_i^{P-P} = \{\langle p_i, p_j \rangle \mid \rho(p_i, p_j, kp_k) = 1, kp_k \in K_i^{P-P-K}, p_j \in P_i^{P-P}\} \quad (5)$$

$\langle p_i, p_j \rangle$ 为从 p_i 指向 p_j 的有向边, 表示 p_i 了解 p_j .

5) p_i 对 P_i^{P-P} 中成员所拥有知识点的了解关系为边的集合为

$$E_i^{P-P-K} = \{\langle p_j, kp_k \rangle \mid \rho(p_i, p_j, kp_k) = 1, kp_k \in K_i^{P-P-K}, p_j \in P_i^{P-P}\} \quad (6)$$

$\langle p_j, kp_k \rangle$ 为从 p_j 指向 kp_k 的有向边, 表示 p_j 了解 p_j 具有 kp_k .

6) E_i^{P-P} 中边参数值集合为

$$W(E_i^{P-P}) = \{w_{\langle p_i, p_j \rangle} \mid w_{\langle p_i, p_j \rangle} = \sum_{k=1}^N \rho(p_i, p_j, kp_k), \langle p_i, p_j \rangle \in E_i^{P-P}\} \quad (7)$$

$w_{\langle p_i, p_j \rangle}$ 为 $\langle p_i, p_j \rangle$ 的边参数, 表示 p_i 对 p_j 的了解

程度.

7) E_i^{P-P-K} 中边参数值集合为

$$W(E_i^{P-P-K}) = \{w_{\langle p_j, kp_k \rangle} \mid w_{\langle p_j, kp_k \rangle} = \rho(p_i, p_j, kp_k), \langle p_j, kp_k \rangle \in E_i^{P-P-K}\} \quad (8)$$

$w_{\langle p_j, kp_k \rangle}$ 为 $\langle p_j, kp_k \rangle$ 的边参数, 表示 p_i 对“ p_j 掌握 kp_k ”的了解程度.

2 交互记忆系统整合的知识铰接法

TMS 是成员 TM 中差异知识的整合. 这里的整合, 是指将所有成员的差异知识“铰接”在一起, 而形成团队关于“谁知道什么”的普遍了解状况. 为此, 提出如下“知识铰接法”:

令团队成员组成的集合为

$$P' = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}.$$

第一步 将 p_i 和 p_j 的差异知识分别表示为 TM_DKM_i 和 TM_DKM_j , 其结构如图 5(a) 所示, 更新 $P' = P' - \{p_i, p_j\}$.

第二步 铰接 TM_DKM_i 与 TM_DKM_j , 获得 p_i 和 p_j 的差异知识整合得到的交互记忆系统, 记作 TMS_{ij} . 该铰接过程的具体步骤如下:

1) 结构铰接: TMS_{ij} 的人际层是由 TM_DKM_i 和 TM_DKM_j 中互不重复的所有成员构成, 即 $P_i^{P-P} \cup P_j^{P-P}$. 同理, TMS_{ij} 知识层中知识点集合为 $K_i^{P-P-K} \cup K_j^{P-P-K}$, 边集合为 $E_i \cup E_j$. 结构铰接获得 TMS_{ij} 的结构如图 5(b) 所示;

2) 边参数铰接: 假设图 5(b) 所示 TMS_{ij} 中任意一条边为 $\langle u, v \rangle$, 若 $\langle u, v \rangle \in E_i$ (或 $\langle u, v \rangle \in E_j$), 则 $w_{\langle u, v \rangle} \in W_i$ (或 $w_{\langle u, v \rangle} \in W_j$); 若 $\langle u, v \rangle \in E_i$ 且 $\langle u, v \rangle \in E_j$, 则 $w_{\langle u, v \rangle}$ 为 W_i 和 W_j 中 $\langle u, v \rangle$ 的边参数值之和. 进一步, 边参数铰接获得 TMS_{ij} 的结构如图 5(c) 所示.

第三步 表示 p_i 的 TM_DKM_i , 更新 $P' = P' - \{p_i\}$, 铰接 TM_DKM_i 与 TMS_{ij} 获得 TMS_{ij} , 其方法如第二步.

第四步 重复第三步, 直到 $P' = \Phi$, 此时获得的 $TMS_{1, 2, \dots, m}$ 即团队的交互记忆系统.

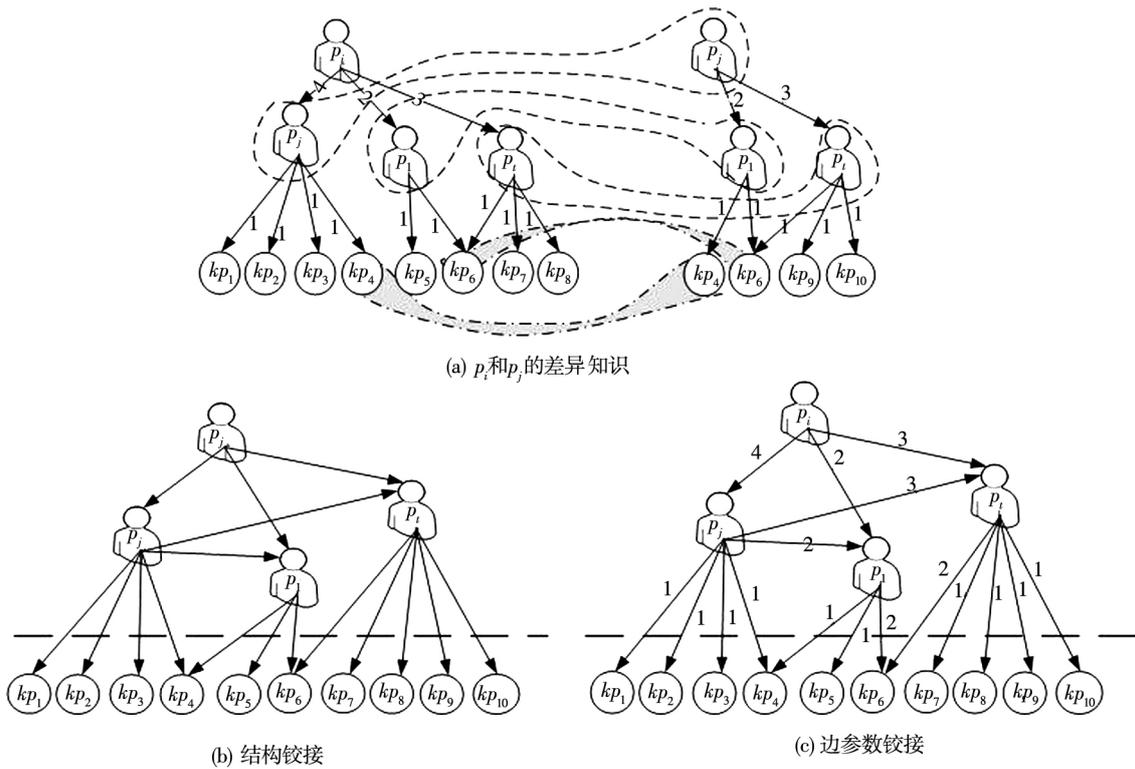


图 5 p_i 与 p_j 的差异知识进行知识铰接的方法过程

Fig. 5 Process of hinged joint with p_i and p_j 's differentiated knowledge

利用知识铰接法 整合获得交互记忆系统的构成与关系如图 6 所示. 从图 6 可知 交互记忆系统是一个两层网络, 一层是人际关系网络, 另一层是知识点网络(简化起见 暂不对知识点间关系进行表示). 它包含两种关系: 一种是人际层中成员对成员的了解关系, 有向边 $\langle p_i, p_j \rangle$ 表示 p_i 了解 p_j , 它的边参数

$w'_{\langle p_i, p_j \rangle}$ 用于标记 p_i 对 p_j 的了解程度; 另一种是人际层中成员对知识层中知识点的了解关系, 有向边 $\langle p_j, kp_k \rangle$ 表示团队了解“ p_j 掌握 kp_k ”. 边参数 $w'_{\langle p_j, kp_k \rangle}$ 表示团队对“ p_j 掌握 kp_k ”的了解程度. 本文利用这个两层网络表示交互记忆系统, 并称为交互记忆系统模型 (transactive memory system model, TMSM).

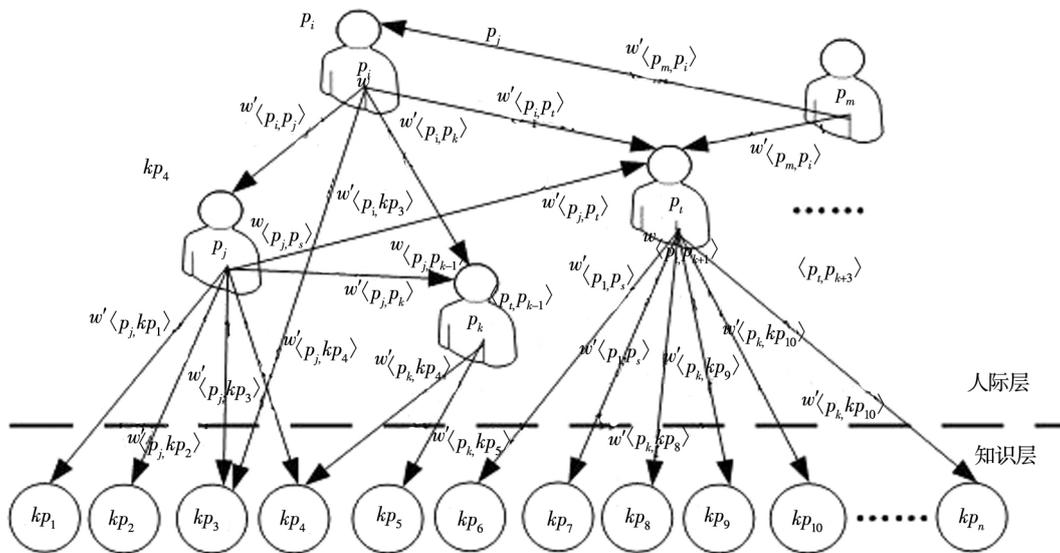


图 6 交互记忆系统的构成与关系

Fig. 6 Composition and relationships of transactive memory system

3 交互记忆系统模型

图6所示的TMSM表示为

$$TMSM = (P, K', E^{P-P}, E^{P-P-K}, W(E^{P-P}), W(E^{P-P-K})) \quad (9)$$

其中

1) $K' = \bigcup_{i=1}^M K_i^{P-P-K}$ 是全体成员的DK中知识点集合的并集。

2) 成员之间了解关系为边的边集合为 $E^{P-P} = \bigcup_{i=1}^M E_i^{P-P}$ 。

3) 成员对知识点的了解关系为边的边集合为 $E^{P-P-K} = \bigcup_{i=1}^M E_i^{P-P-K}$ 。

4) E^{P-P} 中边参数值集合为

$$W(E^{P-P}) = \{ w'_{\langle p_i, p_j \rangle} \mid w'_{\langle p_i, p_j \rangle} = \sum_{k=1}^N \rho(p_i, p_j, kp_k), \langle p_i, p_j \rangle \in E^{P-P} \} \quad (10)$$

$w'_{\langle p_i, p_j \rangle}$ 为 $\langle p_i, p_j \rangle$ 的边参数,表示 p_i 对 p_j 的了解程度。

5) E^{P-P-K} 中边参数值集合为

$$W(E^{P-P-K}) = \{ w'_{\langle p_j, kp_k \rangle} \mid w'_{\langle p_j, kp_k \rangle} = \sum_{i=1}^M \rho(p_i, p_j, kp_k), \langle p_j, kp_k \rangle \in E^{P-P-K} \} \quad (11)$$

$w'_{\langle p_j, kp_k \rangle}$ 为 $\langle p_j, kp_k \rangle$ 的边参数,表示团队对“ p_j 掌握 kp_k ”的了解程度。

4 团队发展状况分析方法

利用上文提出的TM_DKM和TMSM可对团队的发展状态和发展过程进行分析与评价。

4.1 发展状态分析指标

从团队成员和团队知识两个方面对团队发展状态进行度量,分析指标的定义和计算方法如下。

4.1.1 团队成员的发展状态分析指标

定义2 成员的人际了解度(member interpersonal known degree, M-IKD)为

$$M_IKD(p_i) = \frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M \text{sgn}[w_{\langle p_i, p_j \rangle}] \quad (12)$$

表示成员对团队中其他成员的了解情况。 $M-IKD$

越大,该成员在团队互动过程中了解其他成员的成员数量越多;反之, $M-IKD$ 越小,他了解的成员数量越少。

定义3 成员的知识了解度(member knowledge known degree, M-KKD)为

$$M_KKD(p_i) = \sum_{j=1}^M w_{\langle p_i, p_j \rangle} \quad (13)$$

体现了成员对团队中其他成员掌握知识的了解情况。 $M-KKD$ 越大,表明他了解别人掌握的知识越多;反之, $M-KKD$ 越小,则他对于别人掌握的知识了解越少。

定义4 成员的人际被了解度(member interpersonal be known degree, M-IBKD)为

$$M_IBKD(p_i) = \frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M \text{sgn}[w'_{\langle p_j, p_i \rangle}] \quad (14)$$

表示成员被团队中其他成员的了解情况。 $M-IBKD$ 越大,在团队互动过程中了解他的成员数量越多;反之, $M-IBKD$ 越小,团队中了解他的成员数量越少。

定义5 成员的知识被了解度(member knowledge be known degree, M-KBKD)为

$$M_KBKD(p_i) = \sum_{k=1}^N w'_{\langle p_i, kp_k \rangle} \quad (15)$$

体现了团队对该成员掌握知识的了解情况。 $M-KBKD$ 越大,团队对该成员拥有的知识了解越多;反之, $M-KBKD$ 越小,被团队中其他成员了解他所拥有的知识越少。

4.1.2 团队知识的发展状态分析指标

定义6 知识共有度(knowledge common degree, KCD)为

$$KCD(kp_k) = \sum_{i=1}^M \text{sgn}[w'_{\langle p_i, kp_k \rangle}] \quad (16)$$

是指知识点被团队成员共同拥有的程度。 $KCD(kp_k)$ 越大,表明团队中了解掌握 kp_k 的成员数量越多;反之, $KCD(kp_k)$ 越小,团队了解掌握 kp_k 的成员数量越少。根据知识共有度,团队的知识分布情况可表示为全体的知识共有度所包含知识点集合的并集,如式(17)所示。

$$K' = \bigcup_{\lambda=1}^M K_\lambda \quad (17)$$

其中 K_λ 为知识共有度为 λ 的知识点集合。

知识分布情况可以清晰地指明团队当前的“热点”和“冷点”。“热点”是知识共有度较大的

知识点,它是团队的专长知识“冷点”则是知识共有度较小的知识点,是团队的易流失知识.通过人才培养或引进等方式可以改善团队的“冷点”状况,为团队的有效管理和建设提供必要的决策支持.

知识分布情况从知识的微观层面了解和评价了团队知识状况.此外,知识领域分布情况可从知识的宏观层面、从知识领域的发展态势反映团队知识的发展状态.如,团队包含的知识领域数量越多,表明该团队的知识内容越丰富.对于每个知识领域而言,它的广度越大,团队对该领域的掌握范围越宽;深度越大,则说明团队对该领域的掌握程度越深.

为此根据上文 1.1 节内容,交互记忆系统的知识层是由许多不同粒度的知识点组成,较大粒度的知识点包含较小的知识点,较小的知识点又包含更小的知识点等,从而形成的一个层级网络.团队中任意知识领域 kp_i 可看作是这个层级网络的子网络,即以 kp_i 为根结点、 kp_i 的所有下级知识点为下级结点的网络.

定义 7 知识领域的广度(knowledge domain breadth, KDB)为

$$KDB(kp_i) = \sum_{kp_j \in KP_i} \frac{KCD(kp_j)}{L(kp_i, kp_j)} \quad (18)$$

定义 8 知识领域的深度(knowledge domain depth, KDD)为

$$KDD(kp_i) = \sum_{kp_j \in KP_i} KCD(kp_j) \times L(kp_i, kp_j) \quad (19)$$

其中 $L(kp_i, kp_j)$ 为 kp_i 到 kp_j 的最短路径长度, KP_i 为 kp_i 及其所有下级结点组成的集合.

4.2 发展过程分析指标

团队发展是个动态过程,成员互动建立的亲密度、团队知识水平、各个知识领域的掌握情况都将随着团队发展而变化.通过比较上述分析指标在时间序列上的变化情况可了解团队的演化进程及走向趋势,评价团队的动态发展过程.

定义 9 成员亲密度(member intimacy, MI)为

$$MI = \frac{1}{M^2} \sum_{i, j \in M} s(p_i, p_j) \quad (20)$$

其中 $s(p_i, p_j)$ 的取值为 0 或 1. 若 $s(p_i, p_j) = 1$ 表

示 p_i 与 p_j 可达;反之 p_i 与 p_j 不可达.当成员之间没有进行任何形式的知识交流与合作时,MI 最小为 0.而当团队中任意两个成员均有互动、且成员之间相互了解、关系融洽时,MI 最大其值为 1.

定义 10 团队知识水平(team knowledge level, TKL)为

$$TKL = \frac{1}{M \times (M - 1)} \sum_{i=1}^M \left[\frac{M_- KKD(p_i)}{M_- IKD(p_i)} + \frac{M_- KBKD(p_i)}{M_- IBKD(p_i)} \right] \quad (21)$$

表示团队整体知识水平的高低. TKL 越大,团队整体知识水平越高;反之,TKL 越小,团队整体知识水平越低.

定义 11 知识领域 kp_k 在 Δt 内的广度增长率(knowledge domain breadth growth ratio, KDBGR)和深度增长率(knowledge domain depth growth ratio, KDDGR)分别为

$$KDBGR_{t+\Delta t}(kp_k) = \frac{KDB_{t+\Delta t}(kp_k) - KDB_t(kp_k)}{KDB_t(kp_k)} \quad (22)$$

$$KDDGR_{t+\Delta t}(kp_k) = \frac{KDD_{t+\Delta t}(kp_k) - KDD_t(kp_k)}{KDD_t(kp_k)} \quad (23)$$

根据时间序列上 KDBGR (kp_k) 和 KDDGR (kp_k) 的变化情况,可知:

1) 当 KDBGR (kp_k) 和 KDDGR (kp_k) 均增大时,团队对 kp_k 的掌握范围和深度逐渐增大. kp_k 是团队过程中持续发展的知识领域,可看作是团队当前的热点领域.

2) 当 KDBGR (kp_k) 和 KDDGR (kp_k) 均减小时,团队对 kp_k 的掌握范围和深度逐步减小. kp_k 是团队正处于消亡的衰退领域,今后一定时间内其广度和深度都有可能继续减小.

3) 当 KDBGR (kp_k) 增大而 KDDGR (kp_k) 减小时,团队对 kp_k 的掌握范围逐渐增大而掌握深度逐步减小. kp_k 可看作是团队的新兴领域,若 kp_k 对团队未来发展具有价值,它的深度很可能持续增大;反之,深度将有可能继续减小.

4) 当 KDBGR (kp_k) 减小而 KDDGR (kp_k) 增大时,团队对 kp_k 的掌握范围逐渐减小而掌握深度逐步增大. kp_k 可看作是团队当前的专有领域,若 kp_k 对团队未来发展具有价值,今后一段时间内其

广度有可能增大,反之,它的广度将持续减小。

4.3 分析方法

利用上述分析指标,提出团队发展状况分析方法如下:

1) 搜集数据. 成员的知识主要存在于团队工作过程、经验管理的制度和方法中,以文件、手册、图纸等形式存储. 搜集所有成员在工作中用到的文本数据用来表示成员的知识交互记忆系统。

2) 数据预处理. 利用“文本挖掘法”,从上述文本数据提取若干特征词,其表现形式为一系列词组和短语,作为团队的知识点集合. 其中,知识点间关联关系,可以通过比较知识点间是否具有共同知识来确认. 共同知识是指知识点间共同拥有的长度大于1的词组或短语. 若两个知识点具有共同知识,则长度大的知识点是长度小的知识点的直接下级结点. 因此,具有共同知识的知识点按照隶属关系形成的层级网络可看作是一个知识领域. 本文将通过字符串比较析取知识点中共同子串,并根据字符串长度确定拥有共同子串的知识领域,称为“知识领域析取法”. 利用该方法可获得团队的知识领域集合。

3) 构建成员的交互记忆 - 差异知识模型

(TM_DKM). 成员的知识由他在工作中用到的文本数据来表示. 其中,IK 由他独自整理的文件、手册等材料挖掘出的知识点表示,TK 由他与其他成员合作发表的论文、专利、书籍等材料挖掘得到的知识点表示. 依据成员间合作关系,获得差异知识中对其他成员和知识点的了解关系,构建成员的 TM_DKM,方法如 1.1 节和 1.2 节所示。

4) 构建团队的交互记忆系统模型(TMSM). 基于所有成员的 TM_DKM,利用第 2 节提出的“知识铰接法”,获得团队的 TMSM。

5) 分析团队发展状态. 根据 4.1 节中提及的分析指标和计算公式,从团队成员和团队知识两个方面综合反映团队当前的发展状态. 其中,成员的人际了解度、知识了解度、人际被了解度、知识被了解度可度量成员的发展状态,知识分布情况和知识领域分布情况可描述团队知识的发展状态。

6) 评价团队发展过程. 比较时间序列上成员亲密度、团队知识水平和各个知识领域的广度变化率和深度变化率,从成员间亲近密切程度、成员整体知识水平和知识领域的生成、发展、衰退等变化反映团队发展的演化过程和走向趋势。

上述团队发展状况分析方法的过程及步骤如图 7 所示。

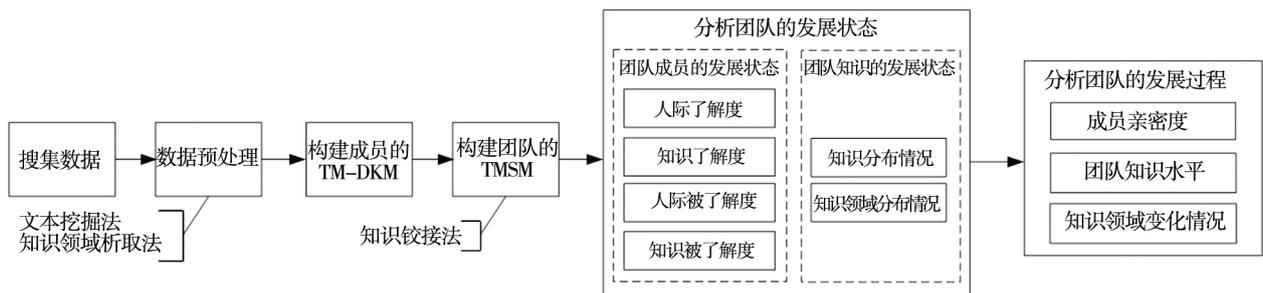


图 7 基于交互记忆系统的团队发展状况分析方法的步骤流程

Fig. 7 Step process of team development analysis based on transactive memory system

5 实例验证

5.1 实验背景

下面以某科研团队为例,对本文提出的基于交互记忆系统的团队发展状况分析方法进行实例验证与分析. 某基础研究团队,共有 9 位科研人员,发展至今十余年,从未出现人员外流或引进. 管理者想了解该团队当前的发展状态和十余年里团队的发展变化情况。

5.2 实验步骤及结果展示

利用基于交互记忆系统的团队发展状况分析方法,分析该团队的过程与步骤如下:

1) 搜集数据: 该团队主要开展科研工作,搜集 9 位研究人员截至 2012 年 12 月底在 CNKI 全文数据库中的科研成果,包括期刊论文、会议论文、学术报告及专著。

2) 数据预处理: 采用文本挖掘法,从科研成果提取团队的知识点集合(不影响一般性,本文直接将论文关键词作为知识点). 利用知识领域

图9为截至2012年12月底该团队的TMSM。其中,○表示团队中9名成员,△、□、▲分别表示 K_1 、 K_2 、 K_3 。图9可观察各个知识点的具体分布,如“信息集成”主要分布在成员 a 、 f 、 c ;查询团队中知识专家和知识导航路径,如: a 想获得“知识传播”,从图9可知 b 、 f 、 g 为“知识传播”专家,知识导航路径为“ $a-b$ -知识传播”、“ $a-g$ -知识传播”、“ $a-f$ -知识传播”等。

5.2.1 团队发展状态分析

从图10和图11所示的成员发展状态来看,截至2012年12月底,该团队 a 的人际了解度最高, b 、 f 次之, e 、 g 紧随其后, e 、 d 较 c 、 g 有所递减, h 与 i 值为零。该团队中 c 的知识了解度最高, a 次之, g 、 f 、 b 、 e 、 d 逐个递减, h 与 i 的知识了解度为零。从人际被了解度来看, a 、 b 、 f 的值最高, e 、 d 次之, g 、 c 、 f 、 b 、 d 逐个递减, h 与 i 的值为零。

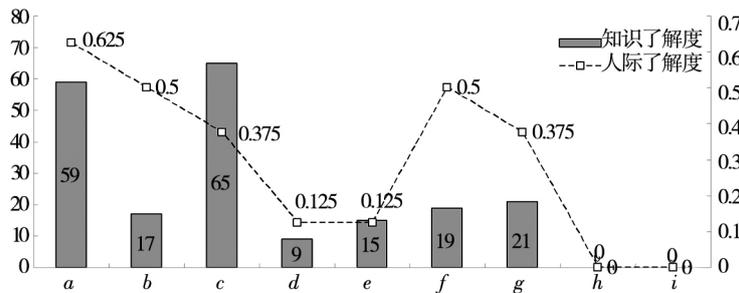


图10 2012年该团队中成员的人际了解度和知识了解度

Fig. 10 Members' interpersonal/knowledge known degree of this research team in 2012

当前 a 与 c 的发展状态最佳,是该团队的核心骨干; b 、 d 、 e 、 f 、 g 次之; h 与 i 尚未与他人合作,自身的人际了解度、人际被了解度、知识了解度和

知识被了解度为零。今后要继续加强成员间的知识交流与合作,特别是 h 、 i 与其他成员间互动,促进团队知识的生成与利用。

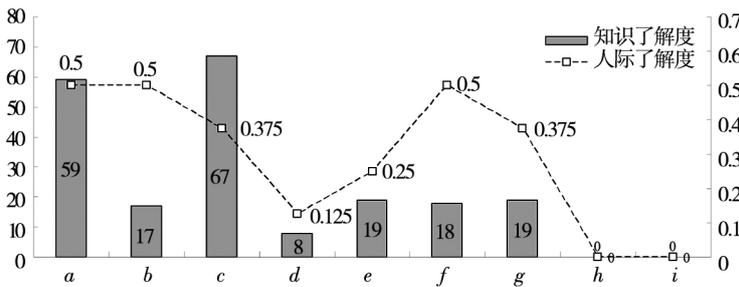


图11 2012年该团队中成员的人际被了解度和知识被了解度

Fig. 11 Members' interpersonal/knowledge be known degree of this research team in 2012

从图9所示的知识分布情况来看,当前团队的知识总量为107,其中, K_1 (△结点)数量为16,约占总量的14.95%, K_2 (□结点)数量为82,占总量比例最大约为76.64%, K_3 (▲结点)数量为9,总量中比重最小约为8.41%。 K_3 中知识的共有度最高,表明团队的“热点”为“小世界网络”、“知识传播”、“个体策略”、“信息集成”、“理论结构”等,该团队擅长开展上述知识方面的科研工作。

从图12所示的知识领域分布情况来看,截至2012年12月,该团队主要从事以下9大知识领

域的研究工作。知识领域分别为“网络(19,22)、系统(20.5,25)、结构(19.5,21)、模型(16.5,21)、知识(14,17)、信息(14.5,22)、模糊(10,16)、管理(11,11)、智能(4,4)”,“()”内数字分别表示该知识领域的广度和深度。其中,“系统”的广度和深度最大,“网络”、“模型”和“结构”次之,表明该团队关于“系统”、“网络”、“模型”和“结构”领域的知识储备最多,擅长开展上述知识领域方面的科研工作。“智能”领域的广度和深度最小,团队具有该领域一些知识,掌握程度尚浅。

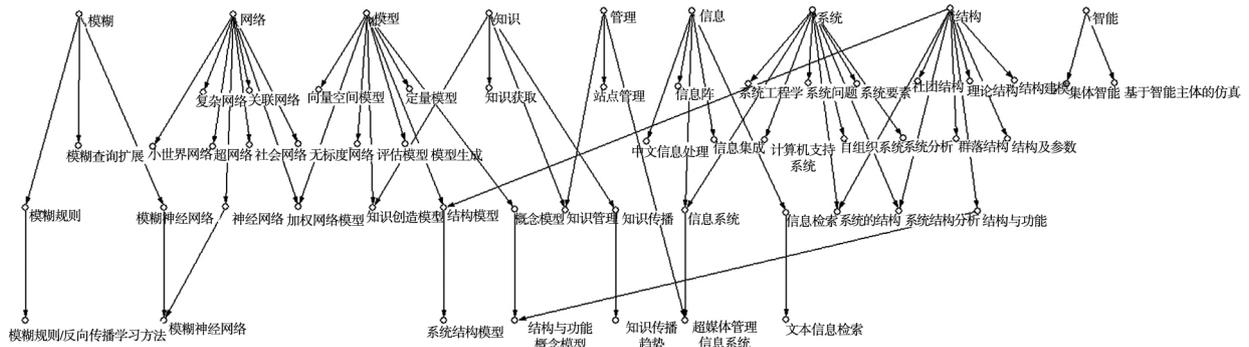


图 12 2012 年该团队的知识领域分布情况

Fig. 12 Knowledge domain distribution of this research team in 2012

5.2.2 团队发展过程分析

从 2000 年到 2012 年,随着人员间合作关系的增多,团队对于“谁知道什么”的了解也逐渐增多,表现为交互记忆系统从不成熟到成熟逐年发

展。图 13 中每幅子图均为特定年份上该团队的 TMSM。其中,成员均匀分布在子图的中心圆上,中心圆外划分为 5 个区域,分别描述 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 、 $K_{\lambda \geq 5}$ 。

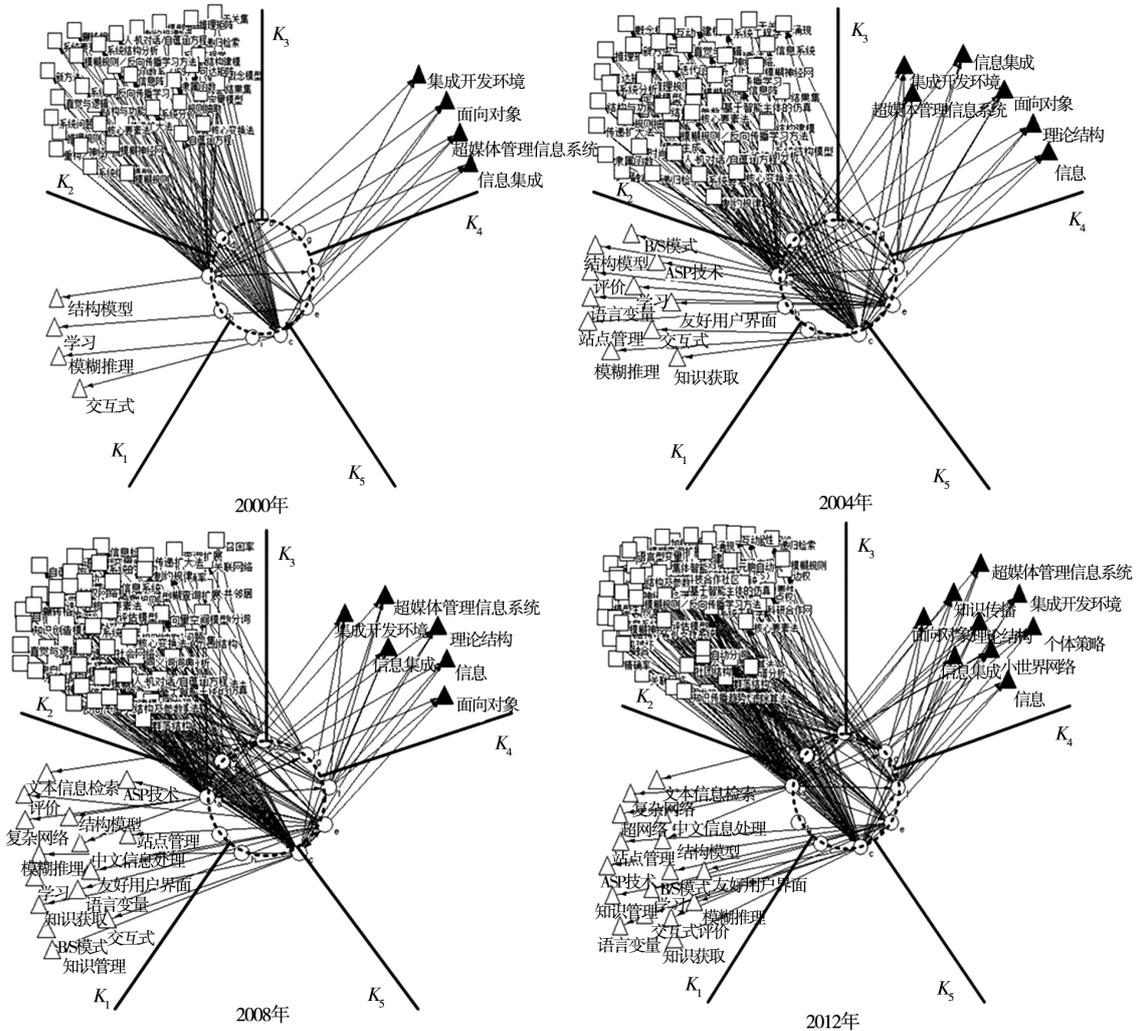


图 13 2000 年、2004 年、2008 年、2012 年团队的交互记忆系统模型

Fig. 13 Transactive memory system model for this research team in 2000、2004、2008 and 2012

从图 13 可知,该团队在 2000 年仅有 4 名人员合作发表过科研成果,此时团队知识主要分布在 K_1 、 K_2 和 K_3 三个区域,其中 K_2 的知识点数量最多. 2004 年,该团队 K_1 、 K_2 和 K_3 的知识点数量较 2000 年均有所增加. 2008 年,人员间合作越发紧密, K_2 数量显著增多. 截至 2012 年底,团队中共有 7 名人员合作发表过科研成果. K_2 的知识点数量最多,在团队知识中占据很大比例, K_3 也较 2008 年有所增长. 当前,该团队已经发展成为具有一定知识储备和特定专长的科研团队,有能力开展相应的科学研究工作.

从图 14 所示的成员亲密度和团队知识水平来看,随着成员间不断地知识交流与合作,成员亲密度逐年增长由 2000 年的 0.198 增长至 2012 年的 0.605;

团队知识水平也从 2000 年的 9.296 增长到 2008 年的 18.722 2012 年为 15.904 较 2008 年有所减少.

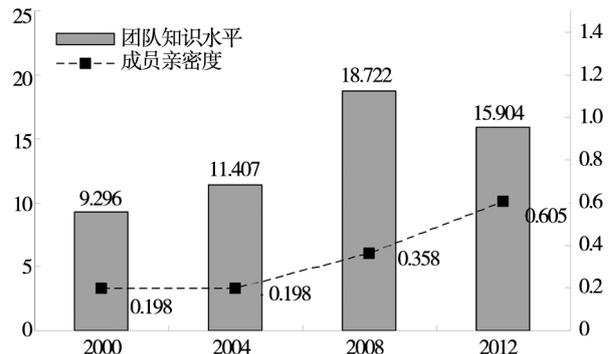


图 14 2000 年、2004 年、2008 年、2012 年成员亲密度和团队知识水平
Fig. 14 Member intimacy and team knowledge level of this research team in 2000, 2004, 2008 and 2012

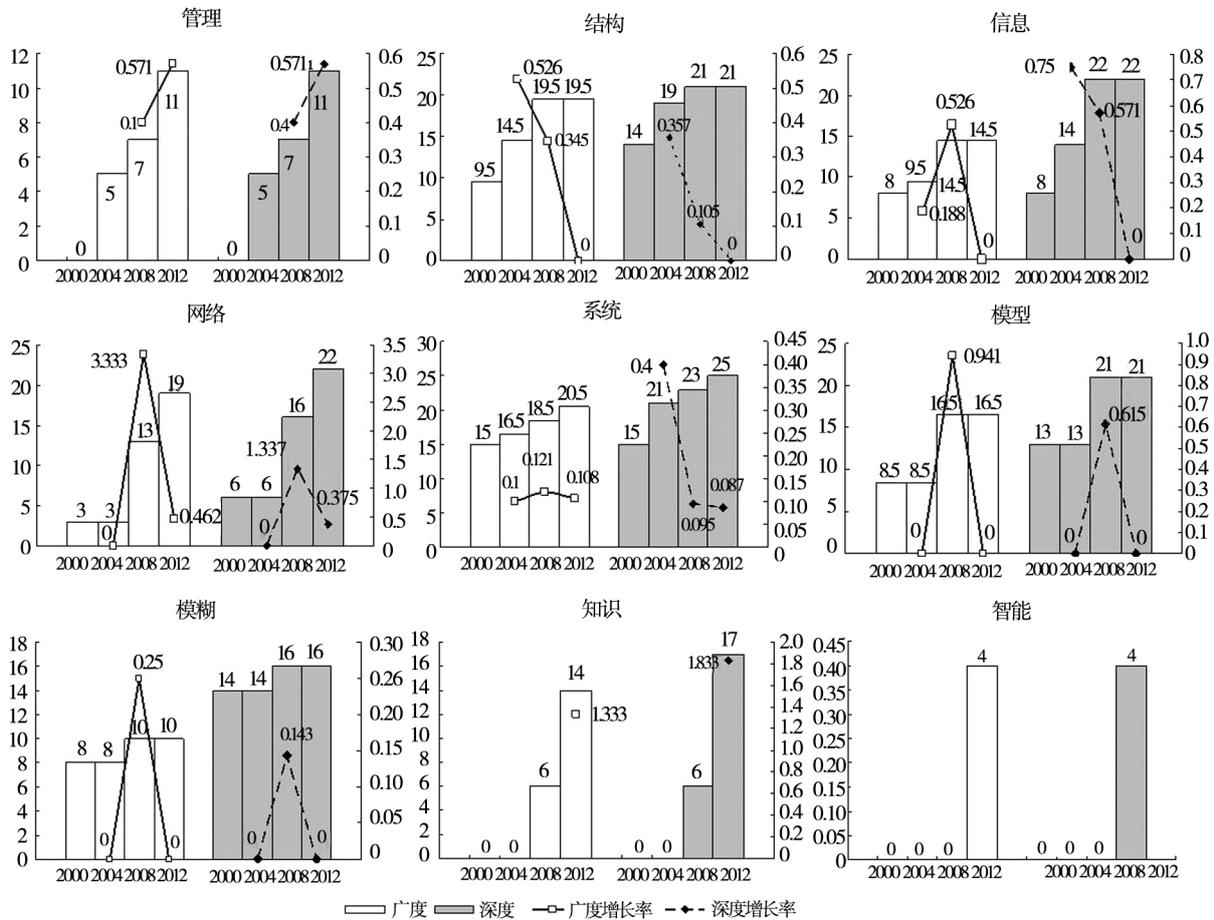


图 15 2000 年、2004 年、2008 年、2012 年知识领域变化情况

Fig. 15 Knowledge domain changes of this research team in 2000, 2004, 2008 and 2012

从图 15 所示的团队知识领域变化情况来看, 2000 年、2004 年、2008 年、2012 年的知识领域数量分别为 6、7、8 和 9. 从 2000 年到 2012 年, “管理”的广度和深度增长率均增大, 它可看作是团

队的热点领域, 在团队发展过程中持续发展. 相反, “结构”的广度和深度增长率均减小, 作为团队的衰退领域, 成员对它的研究逐渐减少. 对于 “信息”、“网络”和 “系统” 研究热度先后经历由

低到高又到低的变化趋势,可看作是团队的次衰退领域。而“模型”和“模糊”领域在2008年均有所发展,随后,停滞不前,不再发展。“知识”和“智能”是团队发展过程中逐渐发展起来的领域,由于广度增长率和深度增长率的数据不完善,暂时无法看出它们的变化趋势。但是从广度和深度的数量变化上看,“知识”领域发展迅速,很可能在今后一定时间内研究热度持续增长。

6 结束语

本文从团队知识视角,依照交互记忆系统理论,提出了用交互记忆系统表征团队知识的表示模型和基于交互记忆系统的团队发展状况分析方法。该方法可以表示团队知识的构成与关系,从成员的人际了解度、知识了解度、人际被了解度和知识被了解度描述团队成员的发展状态,从知识的分布情况和知识领域分布情况

反映团队知识的发展状态;并且通过比较时间序列上成员亲密度、团队知识水平、各个知识领域的广度增长率和深度增长率的变化情况,反映团队发展的演化进程和变化趋势。本方法适用于团队工作的过程、经验、制度和文件中相关文件、手册、图纸等数据甚至大数据的分析,可推广应用于科研团队、教育部创新团队、国家创新群体以及更广泛的大群体的状态评价、发展过程评价和问题诊断。

此外,该方法分析和评价了团队在过去和现在的发展状况,利用上述分析结果可推测团队未来发展状况,如后续研究预测团队未来的知识热点,各个知识领域的未来演化趋势等。由于团队知识的内容较为复杂,本文仅利用交互记忆系统来表征团队知识。共享心智模型也是团队知识的一种表征方式,如何表示共享心智模型、如何利用共享心智模型分析团队发展状况是本文下一步要深入探讨的问题。

参考文献:

- [1] Hackman J R. The Design of Work Teams. In Lorsh J W, ed. Handbook of Organizational Behavior [M]. Englewood Cliffs: PrenticeHall, 1987.
- [2] Cohen S G, Bailey D E. What make team work: Group effectiveness research from the shop floor to the executive suite [J]. Journal of Management, 1997, 23(3): 239 - 290.
- [3] Seth K, Kate L, Mary J W. The role of positive affectivity in team effectiveness during crises [J]. Journal of Organizational Behavior, 2012, 34(4): 473 - 491.
- [4] David J W, Luis M A, Taylor L P. Exploring the effects of value diversity on team effectiveness [J]. Journal of Business and Psychology, 2013, 28(1): 107 - 121.
- [5] Tuckman B W, Jensen M A. Stages of small-group development revisited [J]. Group & Organization Management, 1997, 2(4): 419 - 427.
- [6] Katzenbach J, Smith D. The Wisdom of Teams-Creating the High-Performance Organization [M]. Boston: Harvard Business School Press, 1993: 213 - 220.
- [7] Tjosvold D, Margaret P, Zi-you Yu. Team effectiveness in China: Cooperative conflict for relationship building [J]. Human Relations, 2005, 58(3): 341 - 367.
- [8] Cohen S G, Bailey D E. What makes teamwork: Group effectiveness research from the shop floor to the executive suite [J]. Journal of Management, 1997, 23: 239 - 290.
- [9] 武欣, 吴志明. 国外团队有效性影响因素研究现状及发展趋势 [J]. 外国经济与管理, 2005, 27(1): 47 - 50.
Wu Xin, Wu Zhiming. Current state and development trends of foreign research on factors of team effectiveness [J]. Foreign Economics & Management, 2005, 27(1): 47 - 50. (in Chinese)
- [10] Gladstein D L. Groups in context: A model of task group effectiveness [J]. Administrative Science Quarterly, 1984, (5): 499 - 517.
- [11] Porter L W, Steers R M, Mowday R T, et al. Organizational commitment, job satisfaction, and turnover among psychiatric technicians [J]. Journal of Applied Psychology, 1974, 59(5): 603 - 609.
- [12] Hackman J R. The design of work teams [J]. Handbook of Organizational Behavior, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1987, 315 - 342.

- [13]郭娟,梁梁. 平衡积分卡在不同类型团队绩效评定中的应用[J]. 管理科学,2004,(8):25-30.
Guo Juan,Liang Liang. Application of balanced score card in the evaluation of different teams' performance[J]. Management Sciences in China,2004,(8):25-30. (in Chinese)
- [14]黎琦,黎志成. 研发团队绩效的模糊评价系统研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2004,26(5):189-192.
Li Qi,Li Zhicheng. On a fuzzy appraisal system of R&D team performance[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Information & Management Engineering),2004,26(5):189-192. (in Chinese)
- [15]Marks M A,Mathieu J E,Zaccaro S J. A temporally based framework and taxonomy of team processes[J]. Academy of Management Review,2001,26:356-376.
- [16]Cannon-Bower J A,Salas E. Cognitive psychology and team training: Shared mental models in complex systems[J]. Miami FL: Paper Presented at the Annual Meeting of the Society for Industrial and Organizational Psychology,1990,33:1-4.
- [17]Mohammed S,Dumville B C. Team mental models in a team knowledge framework: Expanding theory and measurement across disciplinary boundaries[J]. Journal of Organizational Behavior,2001,22(2):89-106.
- [18]Wegner D M. Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind[J]. Springer-Verlag,1987,9:185-208.
- [19]张钢,吕洁. 团队心智模型和交互记忆系统: 两种团队知识表征方式[J]. 自然辩证法通讯,2012,34(1):81-88.
Zhang Gang,Lü Jie. Team mental models and interactive memory system: Two ways of team knowledge representation[J]. Journal of Dialectics of Nature,2012,34(1):81-88. (in Chinese)
- [20]武欣,吴志明. 团队共享心智模型的影响因素与效果[J]. 心理学报,2005,37(4):542-549.
Wu Xin,Wu Zhiming. Antecedents and consequences of shared mental model in work teams[J]. Acta Psychologica Sinica,2005,37(4):542-549. (in Chinese)
- [21]薛会娟. 共享心智模型和交互记忆系统: 对立或协同? ——基于知识管理视角[J]. 心理科学进展,2010,18(10):1559-1566.
Xue Huijuan. Shared mental models and transactive memory systems: Antinomy or synergy? from knowledge management perspective[J]. Advances in Psychological Science,2010,18(10):1559-1566. (in Chinese)
- [22]张钢,熊立. 交互记忆系统研究回顾与展望[J]. 心理科学进展,2007,15(5):840-845.
Zhang Gang,Xiong Li. Transactive memory system research: Review and prospect[J]. Advances in Psychological Science,2007,15(5):840-845. (in Chinese)
- [23]Majchrzak A,Jarvenpaa S L,Hollingshead A B. Coordinating expertise among emergent groups responding to disasters[J]. Organization Science,2007,18(1):147-161.
- [24]Nrico R,Nchez-Manzanares M S,Gil F,et al. Team implicit coordination process: A team knowledge-based approach[J]. Academy of Management Review,2008,33(1):163-184.
- [25]Wegner D M,Giuliano T,Hertel P. Cognitive Interdependence in Close Relationships. In: Ickes W. J. (Ed.) ,Compatible and Incompatible Relationship[M]. New York: Springer-Verlag,1985:253-276.
- [26]Hollingshead A B. Communication, learning and retrieval in transactive memory systems[J]. Journal of Experimental Social Psychology,1998a,34:423-442.
- [27]Hollingshead A B. Cognitive interdependence and convergent expectations in transactive memory[J]. Journal of Personality and Social Psychology,2001,81(6):1080-1089.
- [28]Lewis K. Measuring transactive memory systems in the field: Scale development and validation[J]. Journal of Applied Psychology,2003,88(4):587-604.
- [29]Lewis K,Lange D,Gillis L. Transactive memory systems, learning, and learning transfer[J]. Organization Science,2005,16(6):581-598.
- [30]Liang D W,Moreland R L,Argote L. Group versus individual training and group performance: The mediating role of transactive memory[J]. Personality and Social Psychology Bulletin,1995,21(4):384-393.
- [31]Nandkeolyar A K. How do teams learn? Shared mental models and transactive memory systems as determinants of team learning and effectiveness[D]. Ames: The University of Iowa,2008.
- [32]Sharma M,Ghosh A. Does team size matter? A study of the impact of team size on the transactive memory and performance

- of IT teams [J]. *South Asian Journal of Management*, 2007, 14(4): 96–115.
- [33] 张钢, 熊立. 成员异质性与团队绩效: 以交互记忆系统为中介变量 [J]. *科研管理*, 2009, 30(1): 71–80.
Zhang Gang, Xiong Li. Member diversity and team performance: The transactive memory system as a medium variable [J]. *Science Research Management*, 2009, 30(1): 71–80. (in Chinese)
- [34] Lewis K, Belliveau M, Herndon B, et al. Group cognition, membership change and performance: Investigating the benefits and detriments of collective knowledge [J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 2007, 103: 159–178.
- [35] Gino F, Argote L, Miron-Spektor E, et al. First, get your feet wet: The effects of learning from direct and indirect experience on team creativity [J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 2010, 111(1): 102–115.

Analytical method of team development status based on transactive memory system

LI Yu-tong, DANG Yan-zhong

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

Abstract: Analyzing the status of team development can help to evaluate team current state and development process and provide necessary decision supports for team building. This paper, from the perspective of knowledge, shows that transactive memory system (TMS) can be used as a team knowledge representation, and proposes a method to analyse team development based on TMS. Firstly, according to a member's knowledge structure, especially differentiated knowledge in his transactive memory, a member's transactive memory-differentiated knowledge model (TM_DKM) is proposed. Secondly, a transactive memory system model (TMSM) is proposed by integrating all members' differentiated knowledge. Then, an analytical method of team development status based on TM_DKM and TMSM is put forward. Finally, a case study is given to validate our model and method. Our method can be used to study innovation teams including their state and development process evaluations as well as problem diagnosis, such as innovative teams in the ministry of education, national innovative groups, and so on.

Key words: transactive memory system; team knowledge; team development; knowledge management