

基于形式概念分析的项目成员综合相似度计算

李 冲, 曹吉鸣, 马 腾

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 为了应对组织节点失效对组织造成的影响, 针对项目中组织成员的缺失问题, 在考虑成员知识属性和结构属性的基础上, 提出一种基于形式概念分析的综合相似度计算方法. 根据工程项目任务需求, 对项目组织的人员进行适应性调整, 从而保证整个工程项目系统的稳定性.

关键词: 组织节点失效; 综合相似度; 适应性调整; 系统稳定

中图分类号: F284

文献标志码: A

Integrated Similarity Calculation of Project Members Based on Formal Concept Analysis

LI Chong, CAO Jiming, MA Teng

(College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to address the impacts of invalidations on organization, the project task needs to come up with an adaptive adjustment strategy. This paper presents a research on the absence of the project members, from the view of knowledge properties and structure attributes. An integrated approach of similarity calculation is proposed based on formal concept analysis to cope with the absence of project personnel, so as to ensure the stability of the whole project system.

Key words: organization node failure; integrated similarity calculation; adaptability adjustment; system stability

在工程领域, 组织在面对外部环境和任务需求时, 对自身有限资源采取的组织方式如网络组织、虚拟企业、敏捷制造系统、动态组织、超链接组织等都不能适应所有的外界环境^[1-3]. 当组织环境发生较大程度的改变时, 对组织进行适应性的调整将是一个

好的选择^[4].

组织标准设计理论认为组织设计调整是任务计划—资源聚类—组织层次构造的迭代优化过程^[5]. Levchuk 等^[6-8]针对组织设计的三阶段法提出了组织鲁棒性的设计方法, 这种设计思路是在组织设计过程中考虑大量的冗余, 即按照最坏的可能去估计可能发生的各种意外事件, 并把它们都按照确定性的事件纳入到组织的任务需求当中. 这样的一种设计思路虽然减少了组织的脆性, 但组织设计过程中大量冗余的引入, 也大大地降低了组织相应的性能. 并且每个岗位都设计冗余对于工程项目的成本也是一个问题. 如何按照组织标准设计理论的组织设计调整方法来解决工程项目中组织成员的调度是工程项目系统组织领域一个亟待解决的问题.

工程项目组织是为完成特定的任务或目标由具备一定建设工程专业知识背景的人组成的. 当组织中人员节点缺失后, 能够替代他完成项目任务的成员必然要求其具有的专业知识背景及与缺失者之间具有一定的相似程度. 知识的相似性是指不同人所具备的知识之间存在着对应的概念, 并且这些概念之间存在着相同的联系. 项目成员知识背景相似性分析, 如图 1 所示.

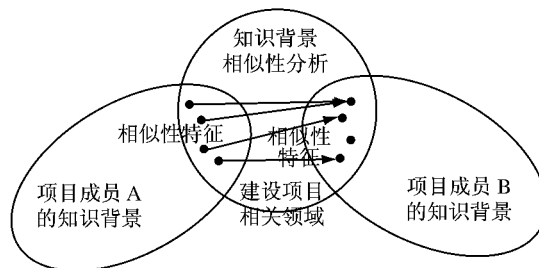


图 1 项目成员知识背景相似性分析

Fig.1 The similarity analysis between project members and knowledge

收稿日期: 2013-03-16

基金项目: 国家自然科学基金(70902045, 70871093); 上海市重点学科建设项目(B310)

第一作者: 李 冲(1985—), 男, 博士生, 主要研究方向为工程项目管理. E-mail: taianlc@163.com

通讯作者: 曹吉鸣(1960—), 男, 管理学博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为项目管理, 设施管理. E-mail: caojm@tongji.edu.cn

借助知识分析工具,对项目成员的专业知识背景采用语义相似度计算可以更加客观、有效地实现项目组织成员知识背景的量化.同时,考虑到组织中成员之间具有层级关系,层级关系会直接影响到成员之间的可替代程度.显然,让一名毫无经验的人直接去担任项目经理是不现实的.当某一层级(非最底层)的项目参与者缺失即组织中的节点失效时,直接用新成员去替代层级高的项目节点是不可行的.因此,在组织成员的调度中要考虑组织成员的层级关系对调度的影响.

本文以组织节点的失效作为项目受到干扰因素的影响后果,从组织节点的知识属性和结构层级属性两个维度,提出一种基于形式概念分析的组织调度迭代算法.在工程项目组织中节点缺失的情况下,对其他节点进行组织的重调度,从而保证工程项目系统的稳定性.

1 相关概念

1.1 形式概念分析与概念格

德国的 Wille 教授于 1982 年首先提出形式概念分析(formal concept analysis, FCA),将西方哲学中的“概念”抽象定义为“形式概念”^[9],并依据形式概念外延的范围定义它们之间的泛化与例化关系,构成“概念格”.传统的聚类方法无法解释类之间概念的区别与联系,也不能呈现父类与子类的层次关系,对聚类结果有意义的内涵描述较差,不便于专业人员的理解和维护.而 FCA 可以通过格结构来反映不同对象之间基于属性的联系,判断概念泛化与特化的层次关系,实现对象之间联系的形式化. FCA^[10]是哲学意义上概念的数学表示,采用二元关系来描述领域内知识的形式背景,从而得到概念的层次结构,即概念格.

概念格,也称 Galois 格,是根据二元关系提出的概念层次结构,用于信息检索和规则提取,由形式背景生成概念格的过程实质是一种概念聚类的过程^[11-13].概念格就是根据数学中的格理论由形式背景得到一种具有概念层次结构的格,其中概念格中的一个节点表示领域中的一个概念,每个节点包含概念的外延(extent)和内涵(intent),外延表示此概念所包含的所有对象的集合,即此概念所涵盖的所有实例,内涵则表示概念中所有对象的特征并集.概念格可以用图形化的方法表示为有标号的线图(labelled line diagram),称之为 Hasse 图.

1.2 语义相似度

语义相似度是对语义相似性的定量表示,语义相似度计算是信息检索、数据挖掘、知识管理等领域的基本问题.关于语义相似度的计算模型大多是计算概念格中形式概念之间的语义相似度,较少研究概念中对象之间的相似度;李荣等学者虽然研究了对象之间的相似度计算方法但是只考虑了概念节点所处的层次深度,而并未考虑层次差等因素^[14].

在信息检索中,语义相似度能够更多地反映文本概念是否符合用户的查询要求,相似度越高,说明文本内容与用户的查询请求越接近.因此,本文将语义相似度的概念用于建设工程项目组织参与成员的可替代程度:如果两个人的互相替换的可能性越大,则说明二者的相似度就越高,否则相似度就越低.

通过定义特征形式概念将概念节点之间的相似度计算与对象之间相似度计算建立联系,并引入特征形式概念的上确界及下确界等参数,综合考虑语义距离、语义重合度,节点在概念格中的深度与层次等因素,提出一种基于形式概念分析的语义相似度算法来实现项目组织成员之间基于知识的相似度计算.

2 模型相关数学定义

定义 1 概念格的 Hasse 图可以依照节点中所包含的属性数分层,将所有形式概念中的属性数排列次序,则该形式概念节点的层次数为形式概念属性排序的序数.若概念格以属性数为分层依据的话,则形式概念 C 的层次数表示为 $L_m(C)$,顶端节点的层次数为 1.一般来说,形式概念的层次数越大,其中包含的属性数更多,对象数更少.随着节点层次数增加,节点由于用来表述的知识内容就更加明确和具体.

定义 2 设 $K := (G, M, I)$ 是一个形式背景, $B(K) = (B(G, M, I), \leq)$ 是形式背景 K 的概念格, $g \in G$ 是概念格中的一个对象, $A'_1, A'_2, \dots, A'_n \subseteq G$ 是对象的集合, $M'_1, M'_2, \dots, M'_n \subseteq M$ 是属性的集合, $g \in A'_1, A'_2, \dots, A'_n$, 若满足 (A'_i, B'_i) 是 $(A'_1, B'_1), (A'_2, B'_2), \dots, (A'_n, B'_n)$ 中最小的形式概念,即 A'_i 在 A'_1, A'_2, \dots, A'_n 中最小而 B'_i 在 B'_1, B'_2, \dots, B'_n 最大,则称对象 g 的特征形式概念 $C'(g) = (A'_i, B'_i)$, 其中 $n \leq N$ (N 为概念格 $B(K)$ 中的形式概念个数), $i \in [1, n]$.

定义 3 设 $K := (G, M, I)$ 是一个形式背景,

$B(K) = (B(G, M, I), \leq)$ 是形式背景 K 的概念格, $g \in G$ 是概念格中的一个对象, $A'_1, B'_1, A'_2, B'_2, C'_1, C'_2$ 是 $B(K)$ 上的非空形式概念子集, $C'(g_1)$ 和 $C'(g_2)$ 是 $B(K)$ 的两个形式概念, 分别表示 g_1 和 g_2 的特征形式概念. 其中, $C'(g_1) \leq A'_1, C'(g_2) \leq B'_1$, 即 A'_1 是 $C'(g_1)$ 的超概念集合, B'_1 是 $C'(g_2)$ 的超概念集合, $C'_1 = A'_1 \cap B'_1; A'_2 \leq C'(g_1), B'_2 \leq C'(g_2)$, 即 A'_2 是 $C'(g_1)$ 的子概念集合, B'_2 是 $C'(g_2)$ 的子概念集合, $C'_2 = A'_2 \cap B'_2$. 则 C'_1 的上确界 $\sup(C'_1)$ 和 C'_2 下确界 $\inf(C'_2)$ 分别满足以下条件:

$$\forall X \in C'_1, \text{ 总有 } X \leq \sup(C'_1),$$

$$\forall Y \in C'_2, \text{ 总有 } Y \geq \inf(C'_2).$$

3 考虑成员知识属性和结构属性的综合相似度计算模型

3.1 模型框架

首先基于任务需求的知识属性和项目成员可以

提供的知识背景应用形式概念分析的方法生成项目成员之间基于知识属性的相似度, 设定阈值, 选取合适的对象作为备选集合; 其次, 根据备选集合中的项目成员在考虑层级结构的情况下进行替代节点的遴选; 然后, 对替代节点再进行调整, 从而以此迭代, 最终确定出最底层需要替代的节点. 由于最后需要替换的节点所需求的知识背景和能力是最低层次的, 因此可以考虑从项目外引入新成员进行替代, 这样既可以很容易地找到需求人员同时又满足了项目工作的需求从而完成组织的调度. 综合相似度计算的模型框架, 如图2所示.

3.2 算法步骤

3.2.1 形式背景的构建

形式背景 k' 可以用二维矩阵表示, 每一行代表 G' 中的一个对象 (工程项目组织成员), 每一列代表 M' 中的一种属性 (知识). 在第 g 行与第 m 列的交汇处, 若对象 g 具有属性 m (成员 g 掌握知识 m), 则赋值 1; 否则赋值 0.

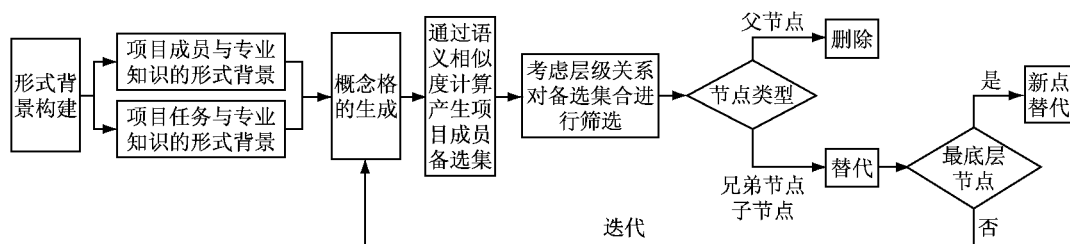


图2 综合相似度计算模型

Fig.2 The comprehensive similarity calculation model

由此, 以形式背景中的对象集来表示工程项目组织中成员的集合, 以属性集来表示工程项目组织成员所具备的所有专业技能知识的集合. 把工程项目中每个组织成员看成组织的一个节点, 各个组织节点具备不同的专业技能知识. 将组织成员与其所具备的知识相联系可以构建工程项目成员-知识形式背景.

3.2.2 概念格的生成

概念格的构造算法大致可以分为三类: 批处理算法, 渐进式构造算法以及并行算法. 本文采用的 Godin 等学者的算法的一种改进算法^[15]. 这种改进算法在渐进式构造概念格 Godin 的算法中, 减少了新生格节点之间确定父子关系时的遍历次数, 利用数据库的内部技术来实现确定产生子格节点的查找判断过程, 从而减少了部分情况下的时间复杂度, 有利于工程项目组织成员-知识背景可视化概念格的生成.

3.2.3 语义相似度计算

概念格构建的过程就是一个概念聚类的过程, 概念格具有很好的层次结构关系, 本文引入特征形式概念, 以及特征形式概念的上确界和下确界概念, 将语义重合度和节点层次深度等因素综合考虑, 构建基于形式概念分析的语义相似度算法.

从形式概念分析的相关定义和理论可知, 概念格构建过程就是对象根据其属性值聚类的过程, 子概念中的属性继承自它的超概念集合, 子概念相对于它的某一个超概念来说, 通常比其拥有更多的属性, 更少的对象. 从概念格可视化的 Hasse 图可以发现自顶向下, 形式概念所包含的对象数逐渐减少, 同时, 属性数不断增加, 即形式概念的层次数逐渐递增. 如果某一对象同时存在于两个互为子概念和超概念的形式概念对中, 那么子概念包含了比其超概念更多用来体现该对象特征的语义 (属性), 因此子概念比其超概念更能表述该对象.

对象之间的相似度不仅于对象所处的概念格层

次数有关,还与对象之间的语义重合度有关. 参照 Rodriguez 和 Egenhofer 学者的研究^[16],语义重合度与概念的属性集合的交集和并集有关. 将之前关于语义重合度的研究中形式概念换为基于概念中的对象,引入对象的特征形式概念、特征形式概念上确界以及特征形式概念下确界的定义.

因此,在计算概念格中两个对象 g_1 和 g_2 的相似度时,即求解对象的特征形式概念 $C'(g_1)$ 和 $C'(g_2)$,将对象相似度计算转化为特征形式概念相似度计算. 在张柯等^[17]研究的基础上,根据形式概念分析理论,采用形式概念 $C'(g_1)$ 和 $C'(g_2)$ 的上确界替代属性交集,形式概念 $C'(g_1)$ 和 $C'(g_2)$ 的下确界替代属性的并集. 概念格中的两个对象 g_1 和 g_2 的相似度可以表示为 $\text{Sim}(g_1, g_2)$,其计算公式如下所示:

$$\text{Sim}(g_1, g_2) = \frac{L_m(\sup(C'_1))}{L_m(\inf(C'_2))}$$

式中: $C'(g_1)$ 、 $C'(g_2)$ 分别是 g_1 、 g_2 的特征形式概念; C'_1 是 $C'(g_1)$ 和 $C'(g_2)$ 超概念的交集; C'_2 是 $C'(g_1)$ 和 $C'(g_2)$ 子概念的交集; \sup 和 \inf 表示形式概念的上确界和下确界, L_m 表示形式概念的层次数; $\text{Sim}(g_1, g_2)$ 的取值在 $[0, 1]$.

基于形式概念分析的语义相似度计算方法可以用来计算工程项目组织成员对象集合中的任意一组对象之间的相似程度. 在基于知识属性对工程项目组织节点失效情况下寻找可替代节点时,在计算出各个节点之间的基于知识属性的语义相似度以后,找出缺失节点与其他节点的相似程度,然后设置一个筛选的阈值,只有相似度高于阈值的对象才会被作为备选集合对象.

3.2.4 考虑层级关系的组织节点替代

由于组织中的项目参与者都具有层级关系并且各个层级上的人员具有不同的知识背景. 从知识管理的角度,处于越低层级的参与者比越高层级的参与者更容易被替代. 因此,在进行组织人员调动时,要考虑人员在组织中的结构属性,即层级关系.

在工程项目中常见的组织结构有职能制结构、事业部制结构、矩阵结构和网络制结构等,在考虑层级关系的情况下,显然,所有的组织结构中的节点都存在其父节点、子节点以及兄弟节点. 因此,在对工程项目组织节点进行替代时,要考虑备选集合中节点所出的层级. 当备选集合中的节点处于替代节点的父节点时,由于父节点的层级比替代节点的层级高,因此不考虑用其进行替代,应剔除备选集;当备选集合中的节点处于替代节点的兄弟节点时,其处

层级与替代节点的层级相同,所以可以考虑替代;当备选集合中的节点处于替代节点的子节点时,由于子节点所出层级比替代节点低,既满足了工程项目任务的要求同时又使组织中节点的替代维度降低,因此是最优替代节点.

综上所述,在进行组织节点的替代时,在满足项目任务需求即满足组织节点知识属性相似度要求的基础上,要优先考虑备选集合中与替代节点知识属性相似度高的子节点去替代,如果备选集合中没有子节点,那么选择兄弟节点去替代缺失节点.

4 算例分析

4.1 形式背景的构建

假设在工程项目成员-知识形式背景中的对象集 $G' = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13\}$,即在工程项目中组织成员的个数为 13 个;属性集 $M' = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l\}$,即完成整个工程项目所必须掌握的知识技能包括 $a \sim l$ 这 12 个知识类别. 由此可以构建相应的形式背景. 工程项目组织成员-知识形式背景见表 1.

表 1 工程项目组织成员-知识形式背景

Tab.1 The formal contexts on project members and knowledge

知识类别	对象集元素												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>a</i>	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
<i>b</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<i>c</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
<i>d</i>	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
<i>e</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>f</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>g</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>h</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>i</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>j</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>k</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>l</i>	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0

4.2 概念格的生成

用表 1 所表示的工程项目组织成员-知识形式背景按照渐进式构造概念格 Godin 算法的改造算法生成可视化概念格表示成相应的 Hasse 图. 工程项目成员-知识形式背景概念格 Hasse 图,如图 3 所示.

图 3 中节点所表示的是一个形式概念 k ,形式概念 k 包含了其内涵(知识属性特征集 m)和外延(对象集 g),内涵与外延均在节点左上侧的方框中标

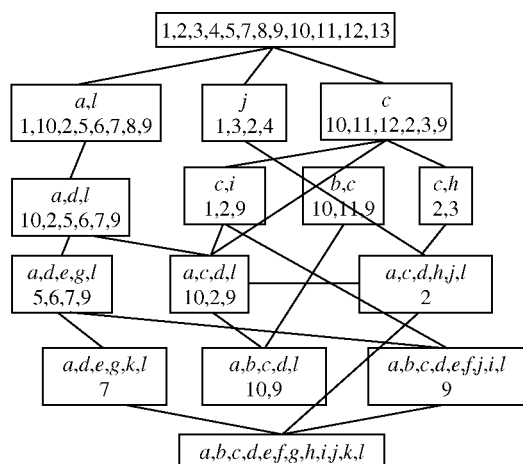


图 3 项目成员-知识形式背景概念格 Hasse 图

Fig. 3 The Hasse diagram on project members and knowledge

表 2 项目组织成员之间基于知识属性的语义相似度

Tab.2 The project members' similarity based on knowledge

成员	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0.43	0.14	0.14	0.50	0.50	0.43	1	0.38	0.50	0.17	0.13	0.14
2	0.43	1	0.43	0.29	0.44	0.44	0.44	0.43	0.56	0.56	0.22	0.22	0.29
3	0.14	0.43	1	0.14	0.11	0.11	0.11	0.14	0.22	0.22	0.22	0.22	0.14
4	0.14	0.29	0.14	1	0.11	0.11	0.11	0.14	0.11	0.11	0.11	0.11	1
5	0.50	0.44	0.11	0.11	1	1	0.86	0.50	0.75	0.50	0.13	0.13	0.11
6	0.50	0.44	0.11	0.11	1	1	0.86	0.50	0.75	0.50	0.13	0.13	0.11
7	0.43	0.44	0.11	0.11	0.86	0.86	1	0.43	0.67	0.44	0.11	0.11	0.11
8	1	0.43	0.14	0.14	0.50	0.50	0.43	1	0.38	0.50	0.17	0.13	0.14
9	0.38	0.56	0.22	0.11	0.75	0.75	0.67	0.38	1	0.75	0.38	0.38	0.11
10	0.50	0.56	0.22	0.11	0.50	0.50	0.44	0.50	0.75	1	0.33	0.25	0.11
11	0.17	0.22	0.22	0.11	0.13	0.13	0.11	0.17	0.38	0.33	1	0.25	0.11
12	0.13	0.22	0.22	0.11	0.13	0.13	0.11	0.13	0.38	0.25	0.25	1	0.11
13	0.14	0.29	0.14	1	0.11	0.11	0.11	0.14	0.11	0.11	0.11	0.11	1

表 3 失效节点与其他节点的知识属性相似度

Tab.3 Knowledge similarity between failure nodes and the others

	失效节点												
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
其他节点	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	
相似程度	0.5	0.44	0.11	0.11	1	0.86	0.5	0.75	0.5	0.13	0.13	0.11	

对于节点 6 缺失而造成的工程项目中无法完成的任务,假设在知识属性上相似度在 0.7 以上的节点都可以代替节点 6 完成工作. 由此阈值设为 0.7, 此时节点 5,7,9 为可以替代节点 6 完成项目任务的成员备选集合.

4.4 考虑层级关系的组织节点替代

如果该工程项目的组织结构是直线制组织结构. 工程项目组织结构示意图,如图 4 所示.

从图 4 中可以看出,在备选集合中,节点 5 为节点 6 的父节点,节点 7 为节点 6 的兄弟节点,节点 9 为节点 6 的子节点. 因此,选择节点 9 进行替代节点 6 为最优方案. 当替代节点所处层级不是最底层时,

出,字母代表知识属性,数字代表对象. 例如,在图 3 中,圆圈所标示出的即为一个形式概念,它表示了一组知识分类以及拥有这些知识分类的所有的工程项目组织成员. 其中,这个形式概念所包含的知识分类有 a, d, l ; 拥有这些知识的工程项目组织人员包括: 2,5,6,7,9,10.

4.3 语义相似度计算

根据表 1 所示的工程项目组织成员-知识形式背景按照 Godin 算法的改造算法计算得出工程项目组织成员之间的知识语义相似度,见表 2.

假设在工程项目组织中节点 6 缺失,根据表 2 可以单独列出失效节点与其他节点的相似程度. 失效节点与其他节点的知识属性相似度,见表 3.

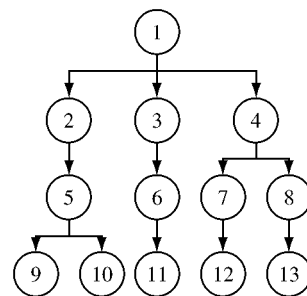


图 4 工程项目直线制结构示意图

Fig.4 The diagram of the project line structure

则可以重复上述步骤,直至替代节点为组织结构的最底层,用新成员去替代最底层节点完成组织的人

员调度从而完成项目组织调度。

5 结束语

本文针对不确定因素对工程项目组织造成成员缺失的问题,考虑成员知识属性和结构属性,提出一种基于形式概念分析的综合相似度计算模型,根据工程项目任务需求,对项目组织成员进行适应性调整。一方面,能够使项目组织在外界环境发生变化的情况下根据项目任务的需求做出及时的调整;另一方面,解决了新进入项目成员的启动时间问题,从而保证工程项目持续问题的运行。本文的研究将知识管理、形式概念分析等学科知识引入到工程管理领域用于分析和解决组织调度问题中,为工程项目的组织调度提供一个新的视角,具有一定的探索意义。

参考文献:

- [1] Bar-Yam Y. Large scale engineering and evolutionary change: Useful concepts for implementation of forcenet[R]. [S. l.]: New England Complex Systems Institute, 2002.
- [2] Wrecks R. 20 Failed projects involving eminent domain abuse [M]. [S. l.]: Institute for Justice, 2006.
- [3] Standish Group International. The chaos report [R]. West Yarmouth: The Standish Group, 2000.
- [4] 杨春辉, 金卫东, 陈洪辉, 等. 面向任务的指挥控制组织的鲁棒性优化[J]. 系统工程, 2007, 24(10): 122.
YANG Chunhui, JIN Weidong, CHEN Honghui, et al. The robustness of the command and control of the task-oriented organization optimization[J]. Systems Engineering, 2007, 24(10): 122.
- [5] 阳东升, 刘忠, 张维明, 等. 组织描述方法研究[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(3): 1.
YANG Dongsheng, LIU Zhong, ZHANG Weiming, et al. Study the description method of organization [J]. Systems Engineering—Theory and Practice, 2004, 24(3): 1.
- [6] Levchuk G M, Levchuk Y N, Luo J, et al. Normative design of organizations part I: minion planning[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 2002, 32(3): 346.
- [7] Levchuk G M, Levchuk Y N, Luo J, et al. Normative design of organizations part II: organizational structure [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 2002, 32(3): 360.
- [8] Levchuk G M, Levchuk Y N, Luo J, et al. Normative design of organizations part III: modeling congruent robust and adaptive organizations[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 2004, 34(3): 337.
- [9] Wille R. Restructuring lattice theory: an approach based on hierarchies of concepts[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1982.
- [10] 曹泽文, 钱杰, 张维明, 等. 基于 FCA 的概念相似度计算方法[J]. 模糊系统与数学, 2008, 22(1): 155.
CAO Zewen, QIAN Jie, ZHANG Weiming, et al. Based on the concept of FCA similarity calculation method [J]. Fuzzy Systems and Mathematics, 2008, 22(1): 155.
- [11] 沈夏炯. 概念格同构生成方法研究及 IsoFCA 系统实现[D]. 上海: 上海大学计算机工程学院, 2005.
SHEN Xiajiong. Concept lattice isomorphism generated method research and IsoFCA system implementation [D]. Shanghai: Computer and Information Engineering College of Shanghai University, 2005.
- [12] Wille R. Concept lattices and conceptual knowledge systems [J]. Computers and Mathematics with Applications, 1992, 23(6/9): 493.
- [13] Ganter B, Wille R. Formal concept analysis: mathematical foundations[M]. Berlin: Springer Verlag, 1999.
- [14] 李荣, 杨冬, 刘磊. 基于本体的概念相似度计算方法研究[J]. 计算机研究与发展, 2011(3): 312.
LI Rong, YANG Dong, LIU Lei. Based on the concept of ontology similarity calculation method for the research [J]. Research and Development of the Computer, 2011(3): 312.
- [15] 沈夏炯, 韩道军, 刘宗田, 等. 概念格构造算法的改进[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(24): 100.
SHEN Xiajiong, HAN Daojun, LIU Zongtian, et al. Concept lattice structure improvement of the algorithm[J]. Computer Engineering and Application, 2004, 40(24): 100.
- [16] Rodríguez A M, Egenhofer J M. Determining semantic similarity among entity classes from different ontologies[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2003, 15(2): 442.
- [17] 张柯, 沈夏炯, 董鑫, 等. 基于概念格的语义相关度计算[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2010(3): 178.
ZHANG Ke, SHEN Xiajiong, DONG Xin, et al. Semantic relevancy computation based on concept lattice[J]. Journal of Zhengzhou Institute of Light Industry: Natural Science, 2010(3): 178.