

产品开发项目调度过程中的资源柔性度量研究

齐鹏举, 李方卉

(武汉理工大学 管理学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 以产品开发为背景, 研究了项目调度过程中资源柔性的度量问题。从单项资源和资源组两方面进行了研究, 并给出了具体的算例。最后得出, 资源柔性的度量取决于企业所处特定环境下的活动集、活动的相对重要性和资源完成活动的有效值。

关键词: 产品开发项目; 项目调度; 资源组; 资源柔性; 资源柔性度量

中图分类号: F406.3

文献标识码: A

文章编号: 1001- 7348(2007) 12- 0112- 03

0 前言

20世纪50~60年代, 效率是衡量企业竞争力最重要的标准。到了20世纪70年代, 顾客越来越关注产品的质量和更高层次的服务, 质量就成为另一个重要的标准。进入21世纪, 产品生命周期的缩短和消费者需求的多元化对企业的生存提出了更高的要求。因此, 柔性成为效率和质量的必要补充, 而且受到越来越多的企业的关注, 把它作为获取21世纪竞争优势的新形式。为了获得高度柔性, 许多企业在先进制造技术、柔性设备和多技能员工等柔性资源上花费了巨额投资。但是, 企业仅仅拥有柔性资源并不能保证获得柔性能力, 正确管理和使用柔性资源才是企业构筑持续优势的致胜之道^[1]。

产品开发是任何制造企业生产产品的源头, 产品开发方式的改善是企业从应用技术中获得更大潜在效益的重要因素, 因此, 基于产品开发的项目调度就变得举足轻重了。在产品开发的阶段, 通常需要对不同的资源进行调度并作出优化配置决策。而柔性资源的合理配置可以解决项目调度过程中的资源瓶颈限制、工期、成本等问题, 因此, 研究资源柔性的度量具有重大的现实意义。

1 柔性的度量研究概述

Mandelbaum 和 Brill 研究了制造系统的柔性及适应性的度量方法, 提出了与活动集相关的资源和资源组柔性的定义和算例^[2]。Xaverde de Groote从技术的角度提出了用于对柔性进行建模和分析的整体性概念框架, 他认为在经历环境从简单向多样化变化时, 如果技术一相比技术二能

产生更高的绩效, 则称技术一更具有柔性^[3]。Jordan和Grave从系统工作过程中任务分配方法的角度, 对制造系统的柔性进行了比较分析和度量, 并得出只要实现资源的合理配置, 有限柔性也可以达到全柔性的效果^[4]。国内也有不少学者从不同的角度对柔性进行了度量研究。黄丽华等人提出了企业过程的固有柔性、运行柔性和柔性度等定量化的概念及测评方法, 并认为在系统所适用的时间范围内, 运行柔性在不同的环境下表现出不同的柔性品质, 只有实现柔性与环境的最优匹配才能取得最佳的柔性品质^[5]。王晶等人根据柔性的三维矢量描述, 认为柔性不仅可以从变化范围、时间、成本的角度分别衡量, 还可以用柔性的矢量模来比较不同系统或同一系统在不同时期的柔性大小, 并将其应用于生产系统^[6]。樊耘等人提出了衡量产品开发柔性程度的“产品开发柔性指数”的概念以及确定方法, 并提出了提高开发柔性的3种战略对策^[7]。本文根据前人的研究成果, 在产品开发项目调度背景下, 从单项资源和资源组方面对资源柔性进行了研究。

2 关于有限活动集的单项资源柔性的度量

在有限活动集的单项资源柔性度量中, 资源指的是企业的单项资源, 如设备、人力、资金、原材料等。定义 e_{ij} 为资源 i 完成活动 j 的有效性, $0 \leq e_{ij} \leq 1$ 。 e_{ij} 反映了资源的特性, 如设备运行速度、准备时间、完成某活动的成本等。例如, e_{ij} 与成本成反向变化而与设备运行速度成正向变化。

定义 w_j 为活动 j 的相对重要性权重, $0 \leq w_j \leq 1$ 。如果活动集包括需要完成的所有活动, 定义该活动全集为 T , 则

$\sum_{j \in T} w_j = 1$ 。如果活动集 T 为活动全集的一个子集, 即 $T \subset T$, 则

收稿日期: 2007- 03- 15

基金项目: 国家自然科学基金项目(60574070)

作者简介: 齐鹏举(1982-)男, 湖北天门人, 武汉理工大学管理学院硕士研究生, 研究方向为系统建模与分析; 李方卉(1983-), 女, 湖北恩施人, 武汉理工大学管理学院硕士研究生, 研究方向为项目管理。

$\sum_{j \in T} w_j = 1$ 。因此, 资源*i*对于某一活动子集*T*的柔性度量可以定义为:

$$F_{i,T} = \frac{\sum_{j \in T} e_{ij} w_j}{\sum_{j \in T} w_j}$$

这里假定 $\sum_{j \in T} w_j > 0$ 。

表1给出了资源*i*完成活动*j*的有效值 e_{ij} , 活动集由6个活动组成, 有8项可用资源。每一个资源——活动组合对应于一个0~1之间的数, 表示该项资源完成该活动的有效性。如果有效值为1则表示资源可以完全有效地完成该项活动; 如果有效值为0, 则表示该资源根本不能执行该项活动。

对于单项资源而言, 如果一项资源对某活动集的加权有效值比另外一项资源大, 则表示该项资源比另外一项更具有柔性。例如, 资源2对活动全集*T*的柔性值为 $F_{res2} = 0.1 \times 0.8 + 0.1 \times 0.6 + 0.2 \times 0.5 + 0.2 \times 0.4 = 0.32$; 而对活动子集*T*={2,3,4}的柔性值为 $F_{res2,T} = \frac{0.1 \times 0.6 + 0.2 \times 0.5 + 0.2 \times 0.4}{0.1 + 0.2 + 0.2} = 0.48$ 。因此, 资源 1~8 对 *T* 的柔性值分别为 0.18, 0.48, 0.70, 0.00, 1.00, 0.58, 0.30, 0.04, 则各项资源对活动子集*T*={2, 3, 4}的柔性值按降序排列为(5, 3, 6, 2, 7, 1, 8, 4)。

表1 资源*i*完成活动*j*的有效值 e_{ij}

活动	资源-活动组合的有效性					
	1	2	3	4	5	6
权重值	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0
资源组 1						
资源 1	0.1	0.9	0	0	0	0.9
资源 2	0.8	0.6	0.5	0.4	0	0
资源 3	0	0.1	0.9	0.8	0.6	0.3
资源 4	0	0	0	0	1	0
资源组 2						
资源 5	1	1	1	1	1	1
资源组 3						
资源 6	0.3	0.5	0.4	0.8	0.7	0.9
资源 7	0	0.3	0.2	0.4	0.3	0
资源 8	0.4	0	0	0.1	0	0.9

3 关于有限活动集的资源组柔性的度量

管理人员或是决策者往往只对资源组的柔性感兴趣, 因此, 需要考虑资源组的柔性度量。资源组指的是由多项相同或不同资源组成的资源集合。

3.1 “max”评判准则”下的资源组柔性的度量

定义 res_i 为资源*i*, G 为资源组, 则可以将生产系统中资源分组(见表1), 则:

$$G1 = \{res_1, res_2, \dots, res_8\}, G2 = \{res_{+1}, res_{+2}, \dots, res\}, \dots$$

资源组对于活动子集*T*的柔性度量存在不同的定义,

“max”评判准则”下, 关于资源组柔性度量可以定义为:

$$F_{G,T}^{(1)} = \frac{\sum_{j \in T} w_j \max\{e_{ij}\}}{\sum_{j \in T} w_j}$$

资源组对某一活动的效率为该组中所有资源对于该活动的有效值的最大值, 即 $\max\{e_{ij}\}$, 则资源组柔性的度量可以按照单资源柔性的度量来计算。例如, 资源组*G*1对活动子集*T*={2, 3, 4}的柔性值 $F_{G1,T}^{(1)} = \frac{0.1 \times 0.9 + 0.2 \times 0.9 + 0.2 \times 0.8}{0.1 + 0.2 + 0.2} = 0.86$ 。

3.2 “min+”评判准则”下的资源组柔性的度量

“min+”评判准则”下, 关于资源组对于活动子集柔性度量定义为:

$$F_{G,T}^{(2)} = \frac{\sum_{j \in T} w_j \min\{e_{ij}\}}{\sum_{j \in T} w_j}$$

对于任何 $j \in T$,

$$\min\{e_{ij}\} = \begin{cases} \min\{e_{ij} | e_{ij} > 0\} & \text{如果存在 } e_{ij} > 0 \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

在该度量准则下, 资源组的效率值可以通过取该资源组对每一项活动效率的最小值获得。效率值为零的资源可以不予考虑, 因为这样该资源就不能分配给该项活动。例如, 资源组*G*₁对活动子集*T*={2, 3, 4}的柔性值为:

$$F_{G1,T}^{(2)} = \frac{0.1 \times 0.1 + 0.2 \times 0.5 + 0.2 \times 0.4}{0.1 + 0.2 + 0.2} = 0.38$$

3.3 Hurwitz型柔性度量

将“max”评判准则”与“min+”评判准则”结合起来考虑, 可以得到另外一种柔性度量的组合函数:

$$F_{G,T}^{(H)} = \alpha F_{G,T}^{(1)} + (1 - \alpha) F_{G,T}^{(2)}, 0 \leq \alpha \leq 1$$

我们称之为Hurwitz型柔性度量。

注意到 $F_{G,T}^{(2)}, F_{G,T}^{(H)}, F_{G,T}^{(1)}$ 一般而言, 资源组对于每一项活动的效率值为该组中各项资源对该活动的效率值的函数。因此, 资源组关于某活动子集的柔性度量可以表示为:

$$F_{G,T}^{(f)} = \frac{\sum_{j \in T} w_j f(e_j)}{\sum_{j \in T} w_j}$$

这里, $e_j = (e_{1j}, \dots, e_{mj})$, m 为资源组*G*中资源的数量, $f(\cdot)$ 为0~1之间的实值正态函数。如果 $f(e_j)$ 独立于*i*=1, ..., m , 则该资源组可以通过单项资源的柔性度量来处理。

3.4 概率度量法

在该度量准则下, 定义 p_{ij} 为资源*i*完成活动*j*的概率值, 则 $\sum_{j=1}^m p_{ij} = 1$, 且当 $e_{ij} = 0$ 时, $p_{ij} = 0$ 。资源组关于某活动子集的柔性度量可以表示为:

$$F_{G,T}^{(p)} = \frac{\sum_{j \in T} w_j \sum_{i \in G} q_{ij} e_{ij}}{\sum_{j \in T} w_j}$$

$$= \frac{\sum_{j \in T} w_j E[\text{有效值, 资源}i\text{完成活动}j\text{的概率}]}{\sum_{j \in T} w_j}$$

这里, $q_{ij} = p_{ij} / \sum_{j \in G} p_{ij}$, 且 $E[\cdot]$ 表示资源组G完成活动j的期望有效值, 且 $0 \leq E[\cdot] \leq 1$ 。

如果活动的重要性权重 w_j 被视为活动j被完成的概率, 那么资源组关于某活动子集的柔性度量可以解释为该组中资源—活动组合效率的期望值。对单个资源而言, 柔性的概率度量法与资源的一般柔性度量法相同。

表2 资源i完成活动j的概率值 p_{ij}

活动	1	2	3	4	5	6
资源 1	0.5	0.1	—	—	—	—
资源 2	0.5	0.1	0.1	0.1	—	—
资源 3	—	—	0.15	0.4	0.25	—
资源 4	—	—	—	—	0.25	—
资源 5	—	0.5	0.25	0.3	0.3	0.4
资源 6	—	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3
资源 7	—	—	0.4	0.1	—	—
资源 8	—	—	—	—	—	0.3

表2给出了将8项资源分配给6项活动的概率值, 每一列的和为1。表3给出了资源组1对活动集 $T=T$ 的柔性值计算。资源i完成活动j的有效值 e_{ij} 与表1相同, q_{ij} 由上述公式计算得出。

表3 资源组1在概率度量法下的柔性值计算

活动	资源—活动组合的有效性					
	1	2	3	4	5	6
权重值	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0
资源组 1						
资源 1	0.5(0.1)	0.5(0.9)	—	—	—	—
资源 2	0.5(0.8)	0.5(0.6)	0.4(0.5)	0.2(0.4)	—	—
资源 3	—	—	0.6(0.9)	0.8(0.8)	0.5(0.6)	—
资源 4	—	—	—	—	0.5(1.0)	—
资源组有效值	0.45	0.75	0.74	0.72	0.8	—
资源组柔性值			0.732			

3.5 资源组柔性的性质

如果某个资源可以从资源组中删除而不改变资源组的柔性值, 则称该资源在该组中柔性被占优。该资源是否被占优还取决于柔性度量的评判法则。

对max评判法则而言, 如果某资源在资源组中对每一项活动的有效值都最小, 则称该资源被占优; 而对于min+评判法则而言, 如果某资源在资源组中对每一项活动的有效值都最大, 则称该资源被占优。同样, 按照某一具体的评判法则, 如果在删除了所有的被占优资源后只剩下一个资源, 则该资源的柔性值就为其所属的资源组的柔性值。

4 结语

资源和资源组的柔性值都是基于要完成的活动集、活动之间的相对重要程度、资源完成某项活动的有效值而言的。柔性的度量取决于特定环境下的活动集。一般而言, 柔性值在活动集发生改变时表现非常敏感。本文中柔性的度量是属于静态环境下的分析, 即在不考虑环境变化的情况下, 寻求资源与活动的最优配置。当企业处于比较稳定的环境时, 企业侧重于柔性的静态分析, 寻求柔性资源的合理配置, 以解决项目调度过程中的资源瓶颈限制、工期、成本等问题。而当环境多变时, 产品开发的过程也要发生相应的变动, 企业则需要对柔性进行动态分析, 以提高企业的适应性。

参考文献:

- [1] 罗荣桂, 吴兵, 黄敏镁. 作业车间中人力资源柔性研究[J]. 武汉理工大学学报, 2006, 28(6): 121-123.
- [2] M.Mandelbaum, P.H.Brill. Examples of Measurement of Flexibility and Adaptivity in Manufacturing Systems [J]. Journal of the Operational Research Society. 1997, 40(6): 603-609.
- [3] Xavierde de Groote. The Flexibility of Production Process a General Framework [J]. Management Science, 1994, 40(7): 933-945.
- [4] W.C.Jordan, S.C.Grave. Principle on the Benefits of Manufacturing Process Flexibility [J]. Management Science, 1995, 41(4): 578-594.
- [5] 黄丽华, 葛永利, 富小丽. 企业过程柔性的概念框架[J]. 系统工程理论和方法, 1999, (10): 63-68.
- [6] 王晶, 齐京华, 刘晓宇. 生产系统柔性的度量方法研究[J]. 管理工程学报, 2003, 17(3): 63-66.
- [7] 樊耘, 赵波, 顾敏. 不确定环境下的产品开发柔性研究[J]. 管理工程学报, 2003, 17(1): 34-38.

(责任编辑: 赵贤瑶)