

文章编号:2095-0365(2015)01-0054-07

项目人力资源调度研究综述

李明^{1,2}

(1. 石家庄铁道大学 经济管理学院, 河北 石家庄 050043;

2. 北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100191)

摘要:人力资源是项目的核心资源。近年来,随着劳动力成本的不断增加,项目人力资源调度问题逐渐成为国内外业界和学界关注的热点。本文对国内外相关文献进行回顾,从人力资源属性、项目活动属性和调度目标三个方面进行梳理分析,并在此基础上指出未来值得进一步研究的方向,主要包括:人力资源柔性特征、项目对人力资源需求的不确定性和人力资源能力优化等。

关键词:项目调度; 人力资源; 多项目; 多技能; 综述

中图分类号:C931 **文献标识码:**A **DOI:**10.13319/j.cnki.sjztdxbskb.2015.01.11

对于从事软件开发、产品研发、咨询服务等具有技术密集特征的项目导向型企业,人力资源是其最重要的核心资源同时也是稀缺资源。不当的人力资源分配会导致项目工作效率降低、成本增加、工期延长甚至项目失败。在人力成本日益上涨的今天,合理的进行人力资源调度,对降低项目成本、保证项目产品质量、按时交付产品以及提高企业核心竞争力具有重要意义。一直以来,由于缺乏有效的人力资源调度工具,很多管理者常常基于个人的经验、知识以及主观的感知和直觉来做这项工作^[1],尽管能够给出项目人力资源安排方案,但却难以保证所制定的方案为最优或近优。现在,越来越多的管理人员和学者认识到项目人力资源调度问题(project scheduling and human resource allocation, PSHRA)的复杂性和重要性并进行了相关的研究,该问题已经成为近年来项目管理领域内的研究热点。

资源受限项目调度问题(resource constrained project scheduling problem, RCPSP)已经被证明为是 NP 难问题^[2],并得到了广泛深入的研究。PSHRA 问题与 RCPSP 问题有很大的相似

性,在不考虑人力资源的差异性时,PSHRA 可视为 RCPSP 问题。但是,在考虑了人力资源的具体特性后,PSHRA 问题的求解难度远远超出了 RCPSP 问题;除了项目活动调度和人力资源指派问题外,PSHRA 问题往往还会涉及人力资源的技能差异和效率差异等诸多因素。目前,对 PSHRA 问题并无统一的研究框架,虽然已经有学者建立了一些项目人力资源调度模型^[3-6],但这些研究在假设条件、约束条件以及优化目标上都有很大差异。

一、人力资源相关特性

(一)人力资源技能和效率特性

在人力资源调度问题研究中,不同文献对人力资源技能和效率的假设差异很大。Heimerl & Kolisch^[4]把现有文献中对人力资源技能的假设总结为三种情况:单技能人力资源、全技能人力资源和多技能人力资源。单技能人力资源仅掌握活动所需技能集合中的一种技能;全技能人员掌握项目活动所需的所有技能;多技能人力资源则掌

收稿日期:2014-12-25

作者简介:李明(1975—),男,博士研究生,副教授。研究方向:项目调度、关键链项目管理、项目质量管理。

基金项目:河北省社会科学基金项目(项目编号:HB14GL023),河北省教育厅青年基金项目(QN2014035)

本文信息:李明.项目人力资源调度研究综述[J].石家庄铁道大学学报:社会科学版,2015,9(1):54-60.

握技能集合中的几项但不是全部的技能。Yannibelli & Amandi^[7]和柳春锋^[8]等进一步考虑了效率的问题,将人力资源的技能效率分为同质效率和异质效率。技能和效率的组合包括 6 种情况,如表 1 所示。

表 1 人力资源技能与效率分类

技能	效率	相关文献
单技能	同质	Li & Womer ^[9] , Drezet & Billaud ^[10] , 柳春锋 ^[8]
	异质	Hanne & Nickel ^[11] , 柳春锋 ^[8]
全技能	同质	—
	异质	柳春锋 ^[8] ; Wu & Sun ^[12]
多技能	同质	Bellenguez & Néron ^[13] ; Bellenguez & Heurtebise; Bellenguez ^[14] ; Hass, Rodriguez, Glover et al. ^[15]
	异质	Bellenguez & Néron ^[16] ; Burleson & Haas ^[17] ; Heimerl & Kolisch ^[4]

六种假设中,全技能同质效率的情况过于极端,实际中很难做到,故没有研究价值。其余的各种类型中最复杂的应当是多技能异质资源的情况,相对于单技能,多技能使得人力资源的安排更加灵活,但是,随着问题规模的扩大,人力资源分配方案数量巨大,寻找最优人力资源调度方案的难度急剧增加,因此,是当前此类问题中的研究重点。

(二)人力资源的动态性

人力资源的能力常常是动态变化的,因此,考虑动态的人力资源技能和效率的改变会更接近于项目人力资源管理的实际。在这方面,已有部分文献进行了初步的研究。

Ozdamar & Alanya^[18]在对软件开发项目建模时,考虑员工的学习效应对任务执行时间的影响,不同的人学习效率不同,执行相同任务的时间也会有差异,因此不同的人力资源组合会导致项目任务的持续时间不同,从而会进一步影响项目的计划工期。Wu & Sun^[12]提出了考虑学习效应的多项目环境下的员工调度模型,目标函数为外包成本最低。但美中不足的是,虽然该论文在概念模型中考虑了学习效应,却未能在遗传算法中体现出学习效应的存在。

Gutjahr^[19-20]等在对能力导向的多项目决策

问题分析时,同时考虑人力资源的学习效应和折旧效应,使用学习率和折旧率参数对人员技能水平变化的情况进行建模,并根据能力水平对工作的效率值进行计算。Heimerl & Kolisch^[21]在对企业中多技能人力资源分配的研究中,同样考虑了多技能人力资源学习的效应和折旧效应。但是与 Gutjahr 等^[20]的多目标优化问题不同,该模型采用的是单目标函数——最小化成本。此外,该模型还考虑了公司的技能水平目标,从企业战略层面决定人员技能的使用,可使公司能够快速达到较高的技术水平目标。但是,该模型仅考虑了员工指派和外包决策对优化目标的影响,没有考虑项目选择和调度等因素对目标的影响。

(三)人力资源的柔性

人力资源具有很大的柔性,其产出不仅和技能水平有关,还和工作时间有关,如通过加班的方式可以缩短项目工期。应瑛等^[22]针对软件工程项目调度问题,考虑允许加班,提出柔性工时约束下的项目调度模型并设计了相应的蚁群算法,并通过算例证实,在允许加班的情况下,合理调配人力资源可以有效缩短项目工期。

Jun & El-Rayes^[5]对建筑施工项目中的加班问题进行了研究,认为夜班和晚班的使用会使劳动力的功效降低,同时也会对施工的质量和安全目标产生负面影响。为最小化晚班和夜班施工的消极影响,该文建立一个多目标优化模型对劳动力排班进行优化,采用多目标遗传算法模块搜索最优解,使最终的排班方案能够在最短项目工期,最低成本和最少劳动力使用三个目标之间达到均衡。

Attia 等人^[23]认为项目人力资源的灵活性来自两个方面:一方面是员工的多技能特性,即每个人员至少具有一个第二技能;另一方面是工作时间的可调性,即员工可以有灵活的时间安排。通过对人员技能使用的合理分配和对工人工作时间的调整可以达到项目总成本最低的调度目标。

(四)人力资源的其它特性

除上述特性外,文献中还可见到一些对人力资源其他特性的研究,而且这些特性往往难以定量描述。例如,Acuña 等^[24]把人的能力分成四个方面:内省特性、组织特性、人际关系特性和管理特性。基于这四个方面能力的划分,美国劳工部

和职业发展联盟对整个软件行业中的主要工作角色划分了不同的能力要求。组织可根据对员工能力测评的结果,依据角色能力满意度比率,将人力资源匹配至最合适的角色。可以看出,Acuña 等对人的特性考虑更加全面,不仅考虑了个人的能力,还考虑了组织特性、人际关系等社会因素,但是,这种考虑的主观性因素比较强,不同的管理者对同一人的能力评价可能会存在较大差异,因而得到不同的人力资源分配方案。

二、项目活动特征

(一)项目活动关系表达

对项目活动关系的描述是进行项目人力资源调度的基础,Tsai 等^[25]将其分为四类:(1)传统的项目计划工具,例如甘特图、CPM 和 PERT;(2)网络工程调度图工具,例如 Petri 网和设计网络;(3)系统动力学模型;(4)关键资源图(critical resource diagram,CRD)。其中,第一类方法使用最为普遍,表现活动之间的关系非常清楚,但其缺陷是不能很好地表达资源在活动之间流动和功能变化的情况;第二类方法在功能上不仅可以处理离散的各个活动事件,还可以对资源进行详细定义,并可对整个项目活动过程进行仿真,因而在处理项目资源调度问题上具有很好的实用性。例如,Chang 等^[26]使用 Petri 网技术对软件开发过程建立了 PM-Net 模型,该模型能够清楚的表达软件开发过程中的并行、进化和迭代等过程,但不足的是该模型中对资源的分配仍采用的是人工分配方法;第三类方法在建模上不具有通用性,因此并不是一个很好的解决项目人力资源调度的工具;第四类方法关键资源图技术(CRD)不仅仅可以表达活动之间的关系,还可以从不同的角度关注资源的变化,是解决项目人力资源调度问题的一个较好工具。

(二)抢占调度

在很多研究中,活动是不允许抢占的,即活动一旦开始就不能中断,Alfares & Bailey^[27]和 Liu^[28]等在对项目人力资源问题求解时均要求在活动尚未结束的时候,已分配的人力资源不能被别的活动所抢占。这种约束条件在一定程度上限制了可行人力资源的分配方案组合的数量,从而能够缩小解的空间,但是,这种限制同样也降低了

人力资源使用的灵活性。

在多项目环境下进行产品开发时,产品开发项目的时间竞争性很强,抢占的情况经常发生,以便关键的项目和活动能够立即得到处理。Robert & Dwight^[29]研究了在允许抢占的情况下,学习、遗忘和再学习对项目完成时间的影响,提出了在多项目开发环境下的 LFR (Learning, Forgetting, and Relearning)模型,并对单一技能人员在多项目间的分配问题进行了不同优先调度准则下的仿真测试。结果表明,不同的调度准则对项目完成时间以及人力资源的利用率影响差异非常明显。

(三)活动时间不确定性

大多数假设人员效率差异同质的项目人力资源调度研究同时也假设项目活动时间固定^[13,30]。这种假设往往与实际并不符合,人员效率差异客观存在,在活动任务量一定的情况下,采用不同效率的人员所需的活动时间是不同的。此外,活动本身任务量也常常具有不确定性,这也会导致活动时间的不确定。

Ozdamar & Alanya^[18]指出,在软件开发项目中,编码错误需要调试和验证,因此活动持续时间具有不确定性。此外,承担活动任务的人的技能和 Learning 率不同,所用的时间也不同。此外,对紧前活动内容估计不准确以及数据库设计问题或平行活动间共享模块会造成网络拓扑结构的不确定性,因此,活动之间采用不确定的“开始—开始”关系较为合理。

Tsai 等^[25]认为由于软件程序可采用不同的系统结构、语言和软件工具进行开发,因此,任务的复杂度很难准确估计,任务完成时间也具有强烈的不确定性,因此,采用 PERT 技术对活动的工作量分别估计出最乐观、最悲观和最可能三种情况,进而考虑相应的活动时间和成本。

(四)活动依赖关系

大多数项目人力资源调度研究^[13,31-32]中,对活动关系的定义采用的都是 FTS 关系。Ozdamar & Alanya^[18]、Li & Womer^[9]等则采用了 STS 来定义活动之间的关系,与 FTS 相比,STS 可以很好地表示活动之间可能存在的平行搭接关系。事实上,仅有 FTS 和 STS 这两种活动依赖关系的定义并不足以充分描述丰富多变的

活动关系情况,例如,在软件开发项目中,由于代码编写错误,常常会引起多次的返工和重复测试;在建筑施工项目中,一些活动结束后,其后续工作还需要一定的技术间歇时间之后才能开始。因此,在未来的研究中有必要考虑更加灵活多变的活动依赖关系,以便更好地反映和解决项目人力资源调度中的实际问题。

(五)多项目人力资源调度

很多组织往往同时面对多个项目,这些项目开始时间不同、规模各异、进展程度差异往往很大,对人力资源调度的难度远大于单项目的情况。

Deng & Wang^[33]对多项目人力资源调度问题进行了研究,假设不同项目的活动之间不存在逻辑关系,但是同一项目中的活动之间存在紧前紧后关系,每个活动只需要一种技能,活动一旦开始就不能中止,每个项目都规定了开始时间和结束时间。卢鹏宇等^[34]对多 IT 项目的人力资源调度问题进行了研究,根据其在时间和人员方面的

特殊要求,提出将项目的演进时间划分为相等的时间片段,根据特定时间片段内的活动与可选人员之间的关系,建立相应的人员调度方案搜索树,然后,根据不同方案下得到的平均提前完工率和提前完工率方差,找出最优解。

Chen 等^[35]提出了一种基于 EXCEL 仿真计算的多维模型(MD model)。该模型首先评估各项目的优先权,然后进行仿真计算,当多项目的正效应达到最大并且个人的能力能满足任务需求时,即得到最佳的人力资源分配方案。MD 模型是一种简单有效的人力资源调度工具,但是,该模型仅考虑了任务对能力的要求,并未考虑活动时间关系,同时,仅考虑一个任务由一人承担的情况,与项目实际之间尚有一定差距。

三、优化目标

不同的学者在对项目人力资源调度问题进行研究时出发点不同,考虑的因素不同,优化目标也各不相同。表 2 为相关文献中可见的优化目标。

表 2 项目人力资源调度优化目标

研究角度	目标数量	优化目标及参考文献
项目级	单目标	成本目标:最小化项目成本(Alfares & Bailey ^[27] 、刘雅婷 ^[30]);最小化劳动力成本(Correia & Saldanha ^[36] 、Li & Womer ^[9]); 工期目标:最小化项目工期(Bellenguez & Eron ^[16] 、Bellenguez & Neron ^[13]);项目最大延迟时间最小(Drezet & Billaut ^[10]); 复合目标:技能满足率、成本和效益的集成(Gomar et al. ^[37] 、Chang et al. ^[38]) 其他:最大化项目收益(Wang et al. ^[39])
	多目标	同时最小化缺陷数、总工期和总成本(Hanne & Nickel ^[11])
企业级	单目标	成本目标:成本最小(付芳、周泓 ^[40]);最小化外包劳动力成本(Wu & Sun ^[12]) 工期目标:与期望完成时间偏差最小(Kazemipoor et al. ^[31]) 复合目标:— 其它:提高公司人力资源技能的水平(Heimerl & Kolisch ^[21]);人员安排的项目正效应最大(Chen et al. ^[35])
	多目标	工期拖延造成的加权成本损失最小、优先级高的项目拖延时间最小(林晶晶 ^[41]);最大化项目质量、人力资源技能提高值和工作团队的满意度(Certa et al. ^[42])

(一)项目级目标和企业级目标

从研究角度来看,项目人力资源调度问题的优化目标可分为项目级目标和企业级目标。项目

级目标主要从项目自身角度出发,考虑对项目目标的影响,主要包括项目成本最低^[27]、工期最短^[13]等;而企业级目标则往往从企业发展的角度出发,考虑多个项目的整体优化目标,如多个项目

实际工期与期望工期的偏差最小^[31]、提高公司人力资源技能水平^[21]等。

(二)单目标和多目标

从优化目标的数量来看,可分单目标和多目标两类,其中单目标又可分为单一优化目标和复合优化目标。现有文献的研究多集中于单目标优化,尤其是成本和工期优化目标,少数的文献采用了项目收益以及公司人员技能水平的提高作为优化目标。还有文献采用了复合单目标的形式,即将多个目标进行加权汇总形成新的优化目标。对多目标优化问题的研究目前来看还比较少,应当是未来研究的重点,因为仅凭某一个优化目标很难进行最终决策,管理者通常需要考虑多种影响因素并进行多目标权衡之后才能做出最后的决策。

(三)优化目标内容

从优化目标的内容来看,项目人力资源调度优化的目标主要集中于成本、工期这两个方面,少量的文献涉及到了项目质量目标。其中成本目标的含义又可分为项目成本^[27]、劳动力成本^[43-44]和外包成本^[12]等多种情况,工期目标又包括最小化项目工期^[13,16]、项目最大延迟时间最小^[10]、与期望完成时间偏差最小^[31]等多种情况;质量目标在项目人力资源调度研究中比较难以描述,仅有少数的研究者^[11,42]考虑了这一目标,主要采用缺陷数来进行衡量。

四、研究展望

(一)对人力资源柔性特征和社会属性有待进一步研究

就人力资源特性而言,目前大多数研究集中在对人力资源技能属性、效率属性以及可进行量化处理的动态性等方面,而对人力资源的柔性和其社会属性方面的研究尚不够充分。实际上,人力资源的柔性对项目组织进行人力资源能力评估和项目决策具有重要的影响作用,而定量的技能效率假设限制了人力资源柔性特征的使用,因此,如何合理使用人力资源柔性特征是项目人力资源调度中非常值得进一步深入研究的问题。此外,人力资源资源具有明显的社会属性,同一个人不同的项目团队中与不同的人合作,所表现出来的生产效率往往会有很大的差异,现有研究大都

基于人力资源个体属性的定义,忽视了人力资源的社会属性,在未来研究中,采用定量分析的工具和方法描述人力资源的社会属性,例如考虑项目团队特性的调度,也应当是非常有意义的一个研究问题。

(二)对项目活动关系和时间不确定性的研究有待深入

从项目活动特征来看,现有的研究以不允许活动抢占的情况为主,并且活动之间的依赖关系大多只考虑紧前一紧后(FS)的情况。这些假设与实际情况之间存在一定的偏差。尽管少量的研究采用了开始一开始(SS)约束关系,并考虑了时间窗的约束,但是相对于灵活多变的实际项目活动关系约束情况,这些约束的表达还不够充分,因此,在未来的研究中,采用更加灵活的活动依赖关系,同时考虑抢占调度和时间窗的限制因素会更具有现实意义。

不确定性是项目的一个基本特征,但是现有的研究多以确定的项目计划和活动为主。实际上,很多项目的活动时间往往具有很大的不确定,甚至活动关系之间也具有很大的不确定性,这时,确定性的人力资源调度方法很难满足这类项目管理的需要,因此,在未来的研究中,基于项目活动关系和时间不确定的人力资源调度将是一个非常值得研究的方向。

(三)人力资源均衡优化和能力优化有待进一步研究

与传统的资源优化问题比较后,不难发现,目前为止还没有人对人力资源均衡优化的问题进行过系统的研究。项目人力资源的均衡优化主要是指在项目工期一定的情况下,所需人力资源数量尽可能均衡,这种优化对于合理确定人力资源数量、进行外包决策、保证人员效率发挥和组织公平,以及降低项目人力资源成本都有重要的现实意义。因此,在未来的研究中,关于人力资源均衡目标的确定以及优化会是一个非常具有前景的研究方向。

此外,与人力资源能力相关的优化问题也非常值得进一步研究。传统的项目人力资源调度的研究,大多都着眼于项目工作的完成,这种思路是典型的以项目活动为中心的方式。但是,当从企业的角度来考虑项目人力资源决策时,可能并不

仅仅关注项目活动的完成,实现人力资源能力整体的提升会更有意义,毕竟,企业人力资源的能力才是企业的核心竞争力。因此,在未来,研究项目

人力资源调度对企业核心竞争力的影响作用会是一项非常有意义的工作。

参考文献:

- [1] Acuña S T, Juristo N, Moreno A M. Emphasizing human capabilities in software development[J]. Software, 2006, 23(2): 94-101.
- [2] Demeulemeester E, Herroelen W. A branch-and-bound procedure for the multiple resource-constrained project scheduling problem[J]. Management Science, 1992, 38(12): 1803-1818.
- [3] Cavalcante C C B, Carvalho D S C, Savelsbergh M W P, et al. Scheduling projects with labor constraints [J]. Discrete Applied Mathematics, 2001, 112(1): 27-52.
- [4] Heimerl C, Kolisch R. Scheduling and staffing multiple projects with a multi-skilled workforce[J]. OR Spectrum, 2010, 32(2): 343-368.
- [5] Jun D H, El-Rayes K. Optimizing the utilization of multiple labor shifts in construction projects[J]. Automation in Construction, 2010, 19(2): 109-119.
- [6] Gutjahr W J, Froeschl K A. Project portfolio selection under uncertainty with outsourcing opportunities[J]. Flexible Services and Manufacturing Journal, 2013, 25(1-2SI): 255-281.
- [7] Yannibelli V, Amandi A. A knowledge-based evolutionary assistant to software development project scheduling[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(7): 8403-8413.
- [8] 柳春锋. 工程项目中技能型员工调度问题研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2011.
- [9] Li H, Womer K. Scheduling projects with multi-skilled personnel by a hybrid MILP/CP benders decomposition algorithm [J]. Journal of Scheduling, 2009, 12(3): 281-298.
- [10] Drezet L E, Billaut J C. A project scheduling problem with labour constraints and time-dependent activities requirements[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 112(1): 217-225.
- [11] Hanne T, Nickel S. A multiobjective evolutionary algorithm for scheduling and inspection planning in software development projects[J]. European Journal of Operational Research, 2005, 167(3): 663-678.
- [12] Wu M, Sun S. A project scheduling and staff assignment model considering learning effect[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, 28(11-12): 1190-1195.
- [13] Bellenguez-Morineau O, Neron E. A branch-and-bound method for solving multi-skill project scheduling problem[J]. RAIRO Operation Research, 2007, 41(2): 155-170.
- [14] Bellenguez-Morineau O. Methods to solve multi-skill project scheduling problem [J]. OR: A Quarterly Journal of Operations Research, 2008, 6(1): 85-88.
- [15] Haas C T, Rodriguez A M, Glover R, et al. Implementing a multiskilled workforce[J]. Construction Management and Economics, 2001, 19(6): 633-641.
- [16] Bellenguez O, Eron E N. Lower Bounds for the Multi-skill Project Scheduling Problem with Hierarchical Levels of Skills[C]. Practice and Theory of Automated Timetabling, Lecture Note in Computer Science. Pittsburgh, PA, 2005, 3616: 229-243.
- [17] Burleson R C, Haas C T. Multiskilled labor utilization strategies in construction. [J]. Journal of Construction Engineering & Management. 1998, 124(6): 480-489.
- [18] Ozdamar L, Alanya E. Uncertainty modelling in software development projects (with case study) [J]. Annals of Operations Research, 2001, 102(1-4): 157-178.
- [19] Gutjahr W J, Katzensteiner S, Reiter P, et al. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 205: 670-679.
- [20] Gutjahr W J, Katzensteiner S, Reiter P, et al. Competence-driven project portfolio selection, scheduling and staff assignment[J]. Central European Journal of Operations Research, 2008, 16(3): 281-306.
- [21] Heimerl C, Kolisch R. Work assignment to and qualification of multi-skilled human resources under knowledge depreciation and company skill level targets[J]. International Journal of Production Research, 2009, 48(13): 3759-3781.
- [22] 应瑛, 寿涌毅. 柔性工时约束下项目调度及其蚁群算法[J]. 计算机应用, 2009, 29(6): 1527-1528.
- [23] Attia E, Hilaire E K, Duquenne P A. A greedy heuristic approach for the project scheduling with labour allocation problem[Z]. Cairo, Egypt: 2012, 1-17.
- [24] Acuna S T, Juristo N. Assigning people to roles in software projects[J]. Software: Practice and Experience, 2004, 34(7): 675-696.
- [25] Tsai H, Moskowitz H, Lee L. Human resource selection for software development projects using Taguchi's parameter design[J]. European Journal of Operational Research, 2003, 151(1): 167-180.
- [26] Chang C K, Christensen M. A net practice for software project management [J]. Software, IEEE. 1999, 16(6): 80-89.

- [27]Alfares H K, Bailey J E. Integrated project task and manpower scheduling[J]. IIE Transactions,1997, 29(9): 711-717.
- [28]Liu Z. Substitution Scheduling of Human Resources in Project [Z]. Shanghai, P. R. China; 2007, 5172-5175.
- [29]Ash R, Smith-Daniels D E. The effects of learning, forgetting, and relearning on decision rule performance in multiproject scheduling [J]. Decision Sciences,1999, 30(1): 47-82.
- [30]刘雅婷. 人力资源受限项目调度问题研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2007.
- [31]Kazemipoor H, Tavakkoli-Moghaddam R, Shah-nazari-Shahrezaei P, et al. A differential evolution algorithm to solve multi-skilled project portfolio scheduling problems[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,2013(64): 1099-1111.
- [32]Tan S, Weng W, Fujimura S. Scheduling of Worker Allocation in the Manual Labor Environment with Genetic Algorithm[C]. Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists. Hong Kong, P. R. China; 2009, 978-984.
- [33]Deng X, Wang J. The Research on the Multi-project Human Resource Configuration Based on the Virus Evolutionary Genetic Algorithm[C]. 3rd International Conference on Fuzzy Information and Engineering. Chongqing, P. R. China; 2009, 727-735.
- [34]卢鹏宇,孙文俊,井瑞. 基于时间片段的多IT项目人力资源调度问题求解[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(4): 731-737.
- [35]Junjie C, Chuxiu Y, Zhen W. Multi-dimensional Model Method for the Human Resource Allocation in Multiproject[Z]. Xian, P. R. China; 2009, 364-366.
- [36]Correia I, Saldanha-Da-Gama F. The impact of fixed and variable costs in a multi-skill project scheduling problem: An empirical study[J]. Computers & Industrial Engineering,2014, 72(0): 230-238.
- [37]Gomar J E, Haas C T, Morton A D P. Assignment and allocation optimization of partially multiskilled workforce[J]. Journal of Construction Engineering and Management,2002, 128(2): 103-109.
- [38]Chang C K, Christensen M J, Zhang T. Genetic algorithms for project management[J]. Annals of Software Engineering,2001, 11(1): 107-139.
- [39]Shao-Qiang W, Li-Hua G, Shi-Liang Y. The Allocation Optimization of Project Human Resource Based on Particle Swarm Optimization Algorithm[C]. IITA International Conference on Services Science, Management and Engineering. Zhangjiajie, P. R. China; 2009, 169-172.
- [40]付芳,周泓. 基于免疫遗传算法和列生成的多项目人力资源调度研究[J]. 中国管理科学,2010, 18(2): 120-126.
- [41]林晶晶. 企业多项目管理中的人力资源配置研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2006.
- [42]Certa A, Enea M, Galante G, et al. Multi-objective human resources allocation in R&D projects planning [J]. International Journal of Production Research, 2009, 47(13): 3503-3523.
- [43]Srouf I M, Haas C T, Morton D P. Linear programming approach to optimize strategic investment in the construction workforce [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2006, 132(11): 1158-1166.
- [44]Tam C M, Tong T K L, Cheung S O, et al. Genetic algorithm model in optimizing the use of labour[J]. Construction Management and Economics,2001, 19: 207-215.

Review on the Project Human Resource Scheduling

LI Ming^{1,2}

(1. School of Economics and Management, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: Human resource is one of the core resources of project management. In recent years, with the continuous increase of labor cost, project human resource scheduling has become gradually the hot spot in the industry and academic circle at home and abroad. In this paper, the relevant literature is reviewed from three aspects: attributes of human resource, attributes of project activity and scheduling goals, based on which some issues and directions that are worthy of exploring further in the future are proposed as following: the flexibility of human resources, the uncertainty of demand for human resources and competence optimization of human resources, etc.

Key words: project scheduling; human resources; multiple-project; multi-skill; review