

# 岗位存在占有申请者条件下人岗双边匹配模型

袁铎宁, 姜艳萍<sup>†</sup>

(东北大学 工商管理学院, 沈阳 110169)

**摘要:** 针对企业招聘中部分岗位存在占有申请者的人员与岗位双边匹配问题进行研究. 首先, 针对岗位存在占有申请者的人岗一对多双边匹配问题进行描述; 然后, 分别给出岗位存在占有申请者的人岗双边匹配方案、岗位存在占有申请者的个体理性匹配方案、占有申请者与岗位阻塞对、外部申请者与岗位阻塞对和岗位存在占有申请者的稳定匹配方案的定义, 进一步依据企业招聘过程中申请者与岗位提供的对对方的评价信息, 分别计算人员与岗位的满意度, 在稳定性约束的基础上, 构建以人员与岗位的满意度最大、占有申请者回到原岗位的人数最少为目标的多元优化模型, 通过改进的和声搜索算法求解模型, 获得稳定匹配结果; 最后, 通过算例表明所提出方法的可行性和有效性.

**关键词:** 占有申请者; 一对多双边匹配; 稳定匹配; 多元优化模型; 和声搜索算法; 匹配方案

**中图分类号:** C934; F719

**文献标志码:** A

## Model for applicants/positions two-sided matching with occupied-applicants in positions

YUAN Duo-ning, JIANG Yan-ping<sup>†</sup>

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China)

**Abstract:** The problem of applicants/positions two-sided matching with occupied-applicants in positions is studied. Firstly, we describe the problem of the applicants/positions two-sided matching scheme with occupied-applicants in positions. Then, we give the definitions of the applicants/positions two-sided matching scheme with occupied-applicants in positions, the individual rationality matching scheme with occupied-applicants in positions, blocking pair of occupied-applicant and post, blocking pair of external-applicant and post, and the stable matching scheme with occupied-applicants in positions, respectively. Furthermore, the satisfaction degrees of applicants and positions are calculated based on the supply and demand information provided by applicants and positions, respectively. Based on constraint of stability, a multi-objective optimization model for maximizing applicants' and positions' satisfaction degrees and minimizing the matching numbers between occupied-applicants and their initial occupied-positions is constructed. By solving the constructed model, an improved Harmony search algorithm is designed, and a corresponding stable matching alternative is determined. Finally, a numerical example is given to illustrate the feasibility and effectiveness of the proposed method.

**Keywords:** occupied-applicants; one to many two-sided matching; stable matching; multi-objective optimization model; Harmony search algorithm; matching scheme

## 0 引言

人员招聘问题是一类特殊的双边匹配问题. 企业在人员招聘时为了达到“人适其才, 才适其用”的效果, 既要考虑申请者的需求, 又要满足岗位的需求, 这样不仅可以提高岗位的工作效率而且可以增加申请者对企业的认同度和满意度. 外部招聘与内部招聘作为企业招聘的重要手段, 都有彼此不可替代的

鲜明优势<sup>[1]</sup>. 外部招聘能为企业注入新鲜血液, 提升企业活力, 但招聘成本较高, 不利于企业内部员工的流动; 而“知根知底”的内部招聘能够为企业节约大量的招聘成本, 留住内部人才<sup>[2]</sup>. 因此, 企业进行招聘时, 申请者不仅包括来自企业外部的申请者(简称外部申请者), 还包括占有内部岗位的申请者(简称占有申请者), 其中, 外部申请者是未在该企业任职想要申

收稿日期: 2017-11-22; 修回日期: 2018-04-02.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71571040, 71871048).

责任编辑: 李登峰.

作者简介: 袁铎宁(1989—), 女, 博士生, 从事管理决策分析的研究; 姜艳萍(1968—), 女, 教授, 博士生导师, 从事管理决策分析、运筹与管理等研究.

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: ypjiaang@mail.neu.edu.cn.

请该企业岗位的申请者,占有申请者是指已经在该企业任职但是想要转岗的申请者.需要指出的是,企业为推动内部招聘的实施,会允许转岗失败的占有申请者回到原岗位以消除其后顾之忧<sup>[3]</sup>.可见如何将外部申请者和占有申请者与岗位进行有效合理的双边匹配是亟需解决的一个重要问题.

在已有的人岗双边匹配研究中,主要是针对外部申请者的人员与岗位双边匹配决策方法的研究.陈圣群等<sup>[4]</sup>对Kojima和Manea所提出的带有优先权结构的DA算法的两个性质进行了研究,指出人员与岗位进行匹配时稳定的分配机制等同于外部申请者主动的DA算法.Chen等<sup>[5]</sup>认为稳定是匹配市场的基本特征,在考虑岗位能力限制的基础上,通过设计以员工价值总和最大为目标的稳定匹配机制实现人岗匹配.Gujar等<sup>[6]</sup>提出根据动态到达的员工提供的偏好,将员工分配模型作为动态双边匹配模型,提出渐近稳定的定义,设计了能够获得渐近稳定和防操纵匹配方案的机制.Hamada等<sup>[7]</sup>提出考虑最小限额时医院与实习生问题不存在传统意义上的稳定匹配,提出了近似稳定的概念,通过近似算法,找到一组“尽可能稳定”的匹配方案.Bando<sup>[8]</sup>针对岗位间存在外部竞争者时人员与岗位一对多双边匹配问题,设计了改进的延迟接受算法,通过改进后的算法能够找到员工占优的强稳定匹配方案.Tadenuma<sup>[9]</sup>提出在人岗匹配问题中,一方匹配主体对已有匹配对象的偏好会有所提高,原有的稳定匹配会被破坏,通过减少合理嫉妒设计了新的机制,获得稳定匹配方案.孔德财等<sup>[10]</sup>对家政服务人员和雇主双边匹配问题进行了研究,重点考虑了家政服务人员和服务技能、服务时间和多指标评价等三方面的信息,构建了以双边满意度最大为目标的优化模型,求得最优匹配方案.乐琦等<sup>[11]</sup>提出一种基于累积前景理论的双边匹配决策方法,依据累积前景理论,构建了相对于参照点的损益矩阵和前景矩阵,并在此基础上,通过构建并求解多目标优化模型获得匹配结果.

关于岗位存在占有申请者的研究所见甚少,只有零星的直接或间接相关的文献对此类问题进行了研究.Compte等<sup>[12]</sup>针对人员与岗位的再分配问题,通过修改员工偏好提出改进的延迟接受算法,保障员工匹配到的岗位都不劣于原岗位.但是,该方法仅考虑了岗位存在占有申请者的情形并且考虑的是申请者人数与岗位招聘总人数相等的条件.Tomas<sup>[13]</sup>在不考虑岗位招聘限额的情况下,认为对所有岗位而言,除原占有申请者排在其偏好列表的首位外,其他

外部申请者均按同一顺序排列,通过设计新的匹配机制,获得申请者最优的弱稳定匹配方案.但是,其所提方法除了将占有申请者排在原岗位偏好列表的首位,外部申请者对所有岗位而言均按同一顺序进行排列,并且没有考虑岗位招聘限额,处理方法略显粗糙,企业进行招聘时,不同岗位的需求不同,显然对申请者的排序也是不同的,并且岗位往往是有限额要求的.Hamada等<sup>[14]</sup>针对带有初始赠与的学校录取问题进行了研究,在初始赠与的学校满足最小限额的情况下,通过增加对学校虚拟座位的处理,改进TTC机制获得Pareto有效地匹配方案.但是,所提方法无法保障方案的稳定性.在此基础上,Hamada等<sup>[15]</sup>通过引入优先权列表提出了PLDA-MQ算法,并证明了该算法是PL-稳定且学生占优的.然而,所提方法中,所有学生都是带有初始学校的,优先权列表对初始匹配方案要求比较严格.此外,特别值得注意的是,虽然这些零星的文献在人岗双边匹配问题中考虑了岗位存在占有申请者的情形,通过对岗位招聘人数的严格限定获得了经典的一对多稳定匹配方案.但是,由于需要保障占有申请者一定能够得到不劣于原岗位的匹配结果,经典的一对多稳定匹配定义不适用于岗位有招聘限额要求且同时存在占有申请者与外部申请者的人岗双边匹配问题.

鉴于此,本文针对同时存在占有申请者与外部申请者的人岗双边匹配决策问题,给出了一种综合考虑双边满意性、稳定性和占有申请者回到原岗位人数的双边匹配决策方法.最后通过算例表明所提出方法的可行性和有效性.

## 1 问题描述

本文考虑的是招聘中部分岗位存在占有申请者的人员与岗位的一对多双边匹配问题,即一个岗位可以招聘多名员工,而一名员工只能服务于一个岗位.设所有岗位组成的集合为 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m, P_{m+1}, \dots, P_V\}$ .其中: $P_j$ 表示第 $j$ 个岗位, $j = 1, 2, \dots, V$ ;  $P_1, P_2, \dots, P_m$ 表示存在占有申请者的岗位, $P_{m+1}, P_{m+2}, \dots, P_V$ 表示不存在占有申请者的岗位.设所有申请者(占有申请者和外部申请者)组成的集合为 $A = A^1 \cup A^2, A^1 \cap A^2 = \emptyset$ .占有申请者组成的集合为 $A^1 = \{A_{11}^1, A_{12}^1, \dots, A_{1l_1}^1, A_{21}^1, A_{22}^1, \dots, A_{2l_2}^1, \dots, A_{m1}^1, A_{m2}^1, \dots, A_{ml_m}^1\}$ ,  $A_{ki}^1$ 表示第 $k$ 个岗位的第 $i$ 个占有申请者, $k = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, \dots, l_k, l_k$ 表示第 $k$ 个岗位的占有申请者的数量;外部申请者组成的集合为 $A^2 = \{A_1^2, A_2^2, \dots, A_L^2\}$ ,  $A_s^2$ 表示第 $s$ 个外部申请者, $s = 1, 2, \dots, L, L$ 表示外部申请者

的人数. 显然, 申请者总数量  $U = L + \sum_{k=1}^m l_k$ . 设岗位  $P_j$  的招聘限额为  $Q_j$ , 有

$$\begin{cases} Q_j \geq l_j, j = 1, 2, \dots, m; \\ Q_j \geq 1, j = m + 1, m + 2, \dots, V. \end{cases}$$

设申请者选择岗位时考虑的评价指标集合为  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_G\}$ ,  $E_g$  表示申请者考虑的第  $g$  个指标,  $g = 1, 2, \dots, G$ .  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$  针对  $E$  给出的权重向量分别为  $e^{1ki} = (e_1^{1ki}, e_2^{1ki}, \dots, e_G^{1ki})$ ,  $e^{2s} = (e_1^{2s}, e_2^{2s}, \dots, e_G^{2s})$ ,  $e_g^{1ki}$  和  $e_g^{2s}$  分别表示  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$  针对  $E_g$  给出的权重,  $0 \leq e_g^{1ki}, e_g^{2s} \leq 1, \sum_{g=1}^G e_g^{1ki} = 1, \sum_{g=1}^G e_g^{2s} = 1, i = 1, 2, \dots, l_k, s = 1, 2, \dots, L, k = 1, 2, \dots, m$ . 需要指出的是, 由于申请者在对岗位进行评价时对岗位的要求不同, 不同申请者对不同评价指标给出的权重不同<sup>[16-17]</sup>. 特别地, 当申请者没有考虑某个指标时, 对该指标给出的权重值为 0.  $\alpha_{jg}^{1ki}$  和  $\alpha_{jg}^{2s}$  分别表示  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$  针对  $P_j$  在  $E_g$  下的满意度, 其中  $\alpha_{jg}^{1ki}, \alpha_{jg}^{2s} \in \{1, \dots, 10\} \cup \{-M\}$ . 特别地, 对于  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$  不能接受的  $P_j$ , 对  $\forall E_g \in E$ , 令  $\alpha_{jg}^{1ki}, \alpha_{jg}^{2s} = -M, M$  为一个较大的正数.

企业在招聘员工时对申请者的综合评价主要考虑两个方面: 笔试成绩和面试成绩. 设  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  分别表示笔试成绩和面试成绩在岗位对外部申请者和占有申请者的综合评价中所占的权重, 其中  $0 \leq \lambda_1, \lambda_2 \leq 1, \lambda_1 + \lambda_2 = 1$ .  $c_{s_j}^1$  和  $c_{s_j}^2$  分别表示  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$  关于  $P_j$  的笔试成绩,  $c_{s_j}^1, c_{s_j}^2 \in \{1, \dots, 10\}$ ;  $d_{kij}^1$  和  $d_{s_j}^2$  分别表示  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$  关于  $P_j$  的面试成绩,  $d_{kij}^1, d_{s_j}^2 \in \{1, \dots, 10\} \cup \{-M\}$ . 需要指出的是, 本文考虑的是企业鼓励内部招聘的情形, 对于原岗位而言, 与外部申请者相比占有申请者工作熟练程度更高、经验更丰富, 因此, 允许占有申请者转岗失败后回到原岗位. 可令  $A_{ki}^1$  关于原岗位  $P_k$  的笔试成绩、面试成绩分别为  $c_{kik}^1 = 10, d_{kik}^1 = 10$ . 特别地, 对于  $P_j$  不能接受的  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$ , 令  $d_{kij}^1 = -M$  和  $d_{s_j}^2 = -M$ .

本文要解决的问题是: 依据占有申请者和外部申请者对岗位给出的满意度评价和岗位对占有申请者和外部申请者给出的综合评价, 给出将占有申请者和外部申请者与岗位进行合理匹配的决策方法, 获得使双边主体满意度尽可能高且占有申请者回到原岗位数量尽可能小的稳定匹配方案.

## 2 概念的界定

下面给出岗位存在占有申请者的人员与岗位的双边匹配的定义.

**定义 1** 岗位存在占有申请者的人员和岗位的一对多双边匹配可以定义为一个映射  $\mu: A \cup P \rightarrow 2^{A \cup P}, \forall A_{ki}^1, A_s^2 \in A, \forall P_j \in P, \mu$  满足下列条件:

- 1)  $\mu(A_{ki}^1) \in P, |\mu(A_{ki}^1)| = 1$ ;
- 2)  $\mu(A_s^2) \subset P, |\mu(A_s^2)| \leq 1$ , 特别地, 若  $|\mu(A_s^2)| = 0$ , 则称  $A_s^2$  没有匹配对象;
- 3)  $\mu(P_j) \subseteq A, |\mu(P_j)| \leq Q_j$ , 特别地, 若  $|\mu(P_j)| = 0$ , 则称  $P_j$  没有匹配对象;
- 4)  $\mu(A_{ki}^1) = P_j$ , 当且仅当  $A_{ki}^1 \in \mu(P_j)$ ;
- 5)  $\mu(A_s^2) = P_k$ , 当且仅当  $A_s^2 \in \mu(P_k)$ .

$|\mu(A_{ki}^1)| = 1$  表示  $A_{ki}^1$  必须有一个岗位能与其实现匹配;  $|\mu(A_s^2)| \leq 1$  表示  $A_s^2$  最多只能有一个岗位能与其实现匹配;  $|\mu(P_j)| \leq Q_j$  表示  $P_j$  招收的员工数量不能超出其招聘限额. 根据  $\mu$  确定的所有匹配对的集合称为岗位存在占有申请者的一对多匹配方案  $\mu$ .

对于占有申请者而言, 占有申请者为了能够得到更好的发展, 通常会选择综合满意度高于现有岗位的新岗位, 如果没有匹配到综合满意度更高的新岗位, 占有申请者宁愿与原岗位匹配也不愿意与综合满意度低于原岗位的岗位匹配, 这种现象称为占有申请者个体理性; 对于外部申请者而言, 宁愿没有工作也不愿意从事其不能接受的工作, 这种现象称为外部申请者个体理性. 如果占有申请者与外部申请者都是个体理性的, 则称申请者个体理性. 若一个匹配方案中, 所有的申请者都是个体理性的, 则称这个匹配方案是申请者个体理性匹配方案.

设  $\alpha_{jg}^{1ki}$  和  $\alpha_{jg}^{2s}$  分别表示  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$  对  $P_j$  的综合满意度,  $\beta_{ki}^{1j}$  和  $\beta_s^{2j}$  分别表示  $P_j$  对  $A_{ki}^1$  和  $A_s^2$  的综合满意度. 下面给出申请者个体理性匹配方案和岗位个体理性匹配方案的数学定义.

**定义 2** 对于双边匹配方案  $\mu$ , 若同时满足以下条件: 1)  $\forall A_{ki}^1 \in A^1$ , 不妨设  $\mu(A_{ki}^1) = P_j, k \neq j$ , 均满足:  $\alpha_{jg}^{1ki} \geq \alpha_k^{1ki}, |\mu(A_{ki}^1)| = 1$ ; 2) 对于  $\forall A_s^2 \in A^2$ , 如果  $|\mu(A_s^2)| = 1$ , 不妨设  $\mu(A_s^2) = P_j$ , 均满足: 对  $\forall E_g \in E, \alpha_{jg}^{2s} \neq -M$ ; 3) 对于  $\forall A_s^2 \in A^2$ , 如果  $|\mu(A_s^2)| = 0$ , 对  $\forall P_j \in \{P_l \mid |\mu(P_l)| \leq Q_l, P_l \in P\}$ , 均满足: 对  $\forall E_g \in E, \alpha_{jg}^{2s} = -M$ . 则称匹配方案  $\mu$  为申请者个体理性匹配方案.

对于岗位而言, 企业在招聘员工时希望能够达到自己的最高限额, 但是, 会遇到申请者的条件不满足岗位需求的情况, 此时岗位宁愿有空缺职位也不愿招进不符合条件的申请者, 这种现象称为岗位个体理性. 若一个匹配方案中所有岗位都是个体理性的, 则称这个匹配方案是岗位个体理性匹配方案.

**定义 3** 对于双边匹配方案  $\mu$ , 若满足下列全部条件: 1) 对  $\forall P_j \in P$ , 若  $|\mu(P_j)| = Q_j$  且对  $\forall A_{ki}^1 \in \mu(P_j)$ ,

$\forall A_s^2 \in \mu(P_j)$ , 均满足  $d_{kij}^1 \neq -M, d_{sj}^2 \neq -M$ ; 2) 对  $\forall P_j \in P$ , 若  $|\mu(P_j)| < Q_j$ , 且对  $\forall A_s^2 \in \{A_e^2 | |\mu(A_e^2)| = 0, A_e^2 \in A^2\}$ , 均满足  $d_{sj}^2 = -M$ . 则称  $\mu$  为岗位个体理性匹配方案.

**定义4** 对于双边匹配方案  $\mu$ , 若  $\mu$  既是申请者个体理性匹配方案又是岗位个体理性匹配方案, 则称该匹配方案是个体理性匹配方案.

如果匹配方案不是个体理性的, 即岗位或者申请者宁愿不匹配或者维持与原岗位的匹配也不愿与其当前的匹配对象匹配, 则他们很可能会放弃当前匹配结果, 从而造成现有匹配方案失效. 或者, 匹配方案中存在阻塞对, 即在当前匹配方案中对于没有形成匹配对的岗位和申请者, 如果双方都对对方的满意度高于对当前匹配对象的满意度, 则他们很可能会放弃已有匹配对象而私下进行匹配, 从而造成现有匹配方案失效. 可见一个有效的匹配方案不仅应该满足个体理性而且不能存在阻塞对, 即所获得的匹配方案为稳定匹配方案, 对于已经形成匹配对的匹配主体而言, 即使放弃当前匹配对象也不会获得更好的匹配结果.

根据申请者的种类将阻塞对分为两类: 占有申请者与岗位阻塞对和外部申请者与岗位阻塞对. 下面给出具体描述.

占有申请者与岗位阻塞对是指满足下列条件之一的一对占有申请者与岗位: 1) 占有申请者认为未匹配的岗位优于当前匹配对象, 且未匹配的岗位认为该占有申请者是可接受的; 2) 占有申请者认为满额的岗位优于当前匹配对象, 且满额的岗位认为该占有申请者优于与其形成匹配的一个占有申请者或者外部申请者.

具体数学定义如下.

**定义5** 对于岗位存在占有申请者条件下的人岗一对多双边匹配  $\mu: A \cup P \rightarrow 2^{A \cup P}$ , 对于  $\forall A_{ki}^1, A_{fh}^1 \in A^1, \forall A_s^2 \in A^2, \exists P_l, P_j \in P, k \neq f, l \neq j$ , 如果  $A_{ki}^1$  和  $P_j$  满足如下3个条件之一: 1)  $|\mu(P_j)| < Q_j, \mu(A_{ki}^1) = P_l$ , 满足  $\alpha_j^{1ki} > \alpha_l^{1ki}, d_{kij}^1 \neq -M$ ; 2)  $|\mu(P_j)| = Q_j, \mu(A_{ki}^1) = P_l, \mu(A_{fh}^1) = P_j$ , 满足  $\alpha_j^{1ki} > \alpha_l^{1ki}$  且  $\beta_{ki}^{1j} > \beta_{fh}^{1j}$ ; 3)  $|\mu(P_j)| = Q_j, \mu(A_{ki}^1) = P_l, \mu(A_s^2) = P_j$ , 满足  $\alpha_j^{1ki} > \alpha_l^{1ki}$  且  $\beta_{ki}^{1j} > \beta_s^{2j}$ . 则称匹配对  $(A_{ki}^1, P_j)$  是匹配  $\mu$  的一个占有申请者与岗位阻塞对.

外部申请者与岗位阻塞对是指满足下列条件之一的一对外部申请者与岗位:

1) 没有匹配到任何岗位的外部申请者和未匹配的岗位认为彼此是可接受的;

2) 外部申请者认为未匹配的岗位优于当前匹配对象, 且未匹配的岗位认为该外部申请者是可接受

的;

3) 满额的岗位认为一个没有匹配对象的外部申请者优于与其形成匹配的一个占有申请者或者外部申请者, 该外部申请者认为该满额的岗位是其可接受的;

4) 满额的岗位认为一个已经有匹配对象的外部申请者优于与其形成匹配的一个占有申请者或者外部申请者, 该外部申请者认为该满额的岗位优于当前匹配对象.

具体的数学定义如下:

**定义6** 对于岗位存在占有申请者条件下的人岗一对多双边匹配  $\mu: A \cup P \rightarrow 2^{A \cup P}$ , 对于  $\forall A_{ki}^1 \in A^1, \forall A_s^2, A_h^2 \in A^2, \forall E_g \in E, \exists P_l, P_j \in P, s \neq h, l \neq j$ , 如果  $A_s^2$  和  $P_j$  满足如下条件之一: 1)  $|\mu(P_j)| < Q_j, |\mu(A_s^2)| = 0$ , 满足  $\alpha_{jg}^{2s} \neq -M, d_{sj}^2 \neq -M$ ; 2)  $|\mu(P_j)| < Q_j, \mu(A_s^2) = P_l$ , 满足  $\alpha_j^{2s} > \alpha_l^{2s}, d_{sj}^2 \neq -M$ ; 3)  $|\mu(P_j)| = Q_j, |\mu(A_s^2)| = 0, \mu(A_{ki}^1) = P_j$ , 满足  $\beta_s^{2j} > \beta_{ki}^{1j}, \alpha_{jg}^{2s} \neq -M$ ; 4)  $|\mu(P_j)| = Q_j, |\mu(A_s^2)| = 0, \mu(A_h^2) = P_j$ , 满足  $\beta_s^{2j} > \beta_h^{2j}, \alpha_{jg}^{2s} \neq -M$ ; 5)  $|\mu(P_j)| = Q_j, \mu(A_s^2) = P_l, \mu(A_{ki}^1) = P_j$ , 满足  $\alpha_j^{2s} > \alpha_l^{2s}$  且  $\beta_s^{2j} > \beta_{ki}^{1j}$ ; 6)  $|\mu(P_j)| = Q_j, \mu(A_s^2) = P_l, \mu(A_h^2) = P_j$ , 满足  $\alpha_j^{2s} > \alpha_l^{2s}$  且  $\beta_s^{2j} > \beta_h^{2j}$ . 则称匹配对  $(A_s^2, P_j)$  是匹配  $\mu$  的一个外部申请者与岗位阻塞对.

**定义7** 对于存在占有申请者的人岗一对多双边匹配  $\mu: A \cup P \rightarrow 2^{A \cup P}$ , 如果  $\mu$  中不存在占有申请者与岗位阻塞对和外部申请者与岗位阻塞对, 且  $\mu$  是个体理性匹配方案, 则称  $\mu$  为关于  $A$  和  $P$  的稳定匹配方案, 否则称为不稳定匹配方案.

### 3 双边匹配优化模型构建与求解

#### 3.1 计算申请者对岗位的综合满意度

占有申请者对岗位的综合满意度  $\alpha_j^{1ki}$  和外部申请者对岗位的综合满意度  $\alpha_j^{2s}$  的计算公式如下:

$$\alpha_j^{1ki} = \sum_{g=1}^G e_g^{1ki} \alpha_{jg}^{1ki}. \quad (1)$$

其中:  $i = 1, 2, \dots, l_k, k = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, V$ . 只有当  $A_{ki}^1$  不能接受  $P_j$  时, 对  $\forall E_g \in E, \alpha_{jg}^{1ki} = -M, M$  为一个较大的正数. 可知, 当  $A_{ki}^1$  能接受  $P_j$  时,  $1 \leq \alpha_j^{1ki} \leq 10$ . 当  $A_{ki}^1$  不能接受  $P_j$  时,  $\alpha_j^{1ki} = -M$ .

$$\alpha_j^{2s} = \sum_{g=1}^G e_g^{2s} \alpha_{jg}^{2s}. \quad (2)$$

其中:  $s = 1, 2, \dots, L, j = 1, 2, \dots, V$ . 只有当  $A_s^2$  不能接受  $P_j$  时, 对  $\forall E_g \in E, \alpha_{jg}^{2s} = -M, M$  为一个较大的正数. 可知, 当  $A_s^2$  能接受  $P_j$  时,  $1 \leq \alpha_j^{2s} \leq 10$ . 当  $A_s^2$  不能接受  $P_j$  时,  $\alpha_j^{2s} = -M$ .

### 3.2 计算岗位对申请者的综合满意度

岗位对占有申请者的综合满意度  $\beta_{ki}^{1j}$  和岗位对外部申请者的综合满意度  $\beta_s^{2j}$  的计算公式如下:

$$\beta_{ki}^{1j} = \lambda_1 c_{kij}^1 + \lambda_2 d_{kij}^1. \quad (3)$$

其中:  $i = 1, 2, \dots, l_k, k = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, V$ . 只有当  $P_j$  不能接受  $A_{ki}^1$  时,  $d_{kij}^1 = -M, M$  为一个较大的正数. 可知, 当  $P_j$  能接受  $A_{ki}^1$  时,  $1 \leq \beta_{ki}^{1j} \leq 10$ . 当  $P_j$  不能接受  $A_{ki}^1$  时,  $\beta_{ki}^{1j} = -M$ .

$$\beta_s^{2j} = \lambda_1 c_{sij}^2 + \lambda_2 d_{sij}^2. \quad (4)$$

其中:  $s = 1, 2, \dots, L, j = 1, 2, \dots, V$ . 只有当  $P_j$  不能接受  $A_s^2$  时,  $d_{sij}^2 = -M, M$  为一个较大的正数. 可知, 当  $P_j$  能接受  $A_s^2$  时,  $1 \leq \beta_s^{2j} \leq 10$ . 当  $P_j$  不能接受  $A_s^2$  时,  $\beta_s^{2j} = -M$ .

### 3.3 构建双边匹配的优化模型

岗位存在占有申请者的人岗双边匹配方案的优劣, 主要通过3方面衡量: 一是双方匹配主体的满意度, 二是匹配方案的稳定性, 三是占有申请者回到原岗位的人数. 第一, 若双方匹配主体对彼此的满意度越高, 则形成匹配对的可能性越大<sup>[18]</sup>; 第二, 如果匹配结果是不稳定的, 即存在两个未形成匹配对的主体在相互认为彼此的满意度高于现在的匹配对象时, 会放弃已有的匹配对象而相互匹配在一起, 这会使得现有匹配方案失效; 第三, 由于企业鼓励员工进行内部转岗, 如果占有申请者回到原岗位的人数过多, 内部员工的流动性过低, 则会降低企业此次招聘的效率, 不仅浪费企业人力成本还会降低占有申请者申请新岗位的积极性. 因此, 针对现实的岗位存在占有申请者的人岗双边匹配问题, 依据满意度最大原则、占有申请者回到原岗位人数最小原则寻求稳定的匹配方案.

为确定岗位存在占有申请者的人岗匹配方案, 建立多目标优化模型. 设  $x_{kij}^1, x_{sij}^2$  为0-1型决策变量,  $x_{kij}^1 = x_{sij}^2 = 1$  分别表示  $A_{ki}^1, A_s^2$  与  $P_j$  进行匹配; 否则,  $x_{kij}^1 = x_{sij}^2 = 0$ .

确定存在占有申请者的稳定匹配方案的双边匹配优化模型如下:

$$\max Z_1 = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{l_k} \sum_{j=1}^M \alpha_j^{1ki} x_{kij}^1 + \sum_{s=1}^L \sum_{j=1}^M \alpha_j^{2s} x_{sij}^2; \quad (5)$$

$$\max Z_2 = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{l_k} \sum_{j=1}^M \beta_{ki}^{1j} x_{kij}^1 + \sum_{s=1}^L \sum_{j=1}^M \beta_s^{2j} x_{sij}^2; \quad (6)$$

$$\min Z_3 = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{l_k} x_{kij}^1. \quad (7)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^M x_{kij}^1 = 1; \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^M x_{sij}^2 \leq 1; \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{l_k} x_{kij}^1 + \sum_{s=1}^L x_{sij}^2 \leq Q_j; \quad (10)$$

$$0 \leq x_{kij}^1 d_{kij}^1 \sigma_{kij}^1 < M; \quad (11)$$

$$0 \leq x_{sij}^2 \alpha_{gj}^{2s} d_{sij}^2 < M; \quad (12)$$

$$\left( \sum_{l: \alpha_l^{1ki} < \alpha_j^{1ki}} x_{kil}^1 \right) Q_j - \left( \sum_{fh: \beta_{fh}^{1j} > \beta_{ki}^{1j}} x_{fjh}^1 + \sum_{s: \beta_s^{2j} > \beta_{ki}^{1j}} x_{sij}^2 \right) \leq 0; \quad (13)$$

$$\left( \sum_{l: \alpha_l^{2s} > \alpha_j^{2s}} x_{sli}^2 + x_{sij}^2 \right) Q_j + \left( \sum_{ki: \beta_{ki}^{1j} > \beta_s^{2j}} x_{kij}^1 + \sum_{h: \beta_h^{2j} > \beta_s^{2j}} x_{hij}^2 \right) \geq Q_j; \quad (14)$$

$$\sigma_{kij}^1 = \begin{cases} 1, & \alpha_j^{1ki} \geq \alpha_k^{1ki}; \\ -1, & \alpha_j^{1ki} < \alpha_k^{1ki}; \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} x_{kij}^1, x_{sij}^2 &\in \{0, 1\}, \quad i = 1, 2, \dots, l_k, \\ k &= 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, V, \\ s &= 1, 2, \dots, L, \quad g = 1, 2, \dots, G. \end{aligned} \quad (16)$$

其中: 目标函数式(5)和(6)分别表示最大化申请者和岗位的满意度; 式(7)表示回到原岗位的申请者数量最少; 式(8)表示每个占有申请者都有一个岗位与其匹配; 式(9)表示每个外部申请者最多与一个岗位形成匹配; 式(10)表示岗位所匹配的申请者数量不能超过岗位最大限额; 式(11)、(12)和(15)为根据定义4确定的获得个体理性匹配方案的约束条件; 式(13)和(14)为根据定义5和定义6确定的排除占有申请者和岗位阻塞对与外部申请者和岗位阻塞对的约束条件; 式(16)为决策变量的取值约束.

**定理1** 在匹配方案  $\mu$  中, 对于  $\forall A_{ki}^1 \in A^1, \forall A_s^2 \in A^2$  和  $\forall P_j \in P$ , 若同时满足式(11)、(12)和(15), 则  $\mu$  为个体理性匹配方案.

**证明** 由  $\sigma_{kij}^1 \in \{-1, 1\}, x_{kij}^1, x_{sij}^2 \in \{0, 1\}, \alpha_{gj}^{2s}, d_{kij}^1, d_{sij}^2 \in [1, 10] \cup \{-M\}$ , 可知, 当  $x_{kij}^1 = x_{sij}^2 = 0$  时, 式(11)和(12)一定成立, 即  $A_{ki}^1, A_s^2, P_j$  没有形成匹配时, 岗位对申请者的面试成绩可以取任意值. 此外, 只有当  $x_{kij}^1 = 1, \sigma_{kij}^1 = 1, d_{kij}^1 \in [1, 10], x_{sij}^2 = 1, \alpha_{gj}^{2s}, d_{sij}^2 \in [1, 10]$  时, 式(11)和(12)成立, 即在  $\mu$  中,  $A_{ki}^1, A_s^2$  分别与  $P_j$  形成匹配时, 必须满足  $P_j$  匹配的  $A_{ki}^1, A_s^2$  是其可接受的, 即面试成绩不为  $-M$ , 同时,  $A_s^2$  认为

$P_j$  是其可接受的,即对其任意指标下的满意度不为  $-M$ ,  $A_{ki}^1$  认为  $P_j$  不劣于其初始占有的岗位  $P_k$ . 满足定义4,岗位与申请者都是个体理性的,因此,同时满足式(11)、(12)和(15)时,  $\mu$  为个体理性匹配方案.  $\square$

**定理2** 对于  $\forall A_{ki}^1 \in A^1$  和  $\forall P_j \in P$ , 满足约束条件(13)时,  $A_{ki}^1$  和  $P_j$  不是占有申请者与岗位阻塞对.

**证明** 采用反证法,假设  $A_{ki}^1, P_j$  是占有申请者与岗位阻塞对. 当  $\sum_{l: \alpha_l^{1ki} < \alpha_j^{1ki}} x_{kil}^1 = 1$  时,  $A_{ki}^1$  匹配了一个满意度小于  $P_j$  的岗位,由式(13)可知此时  $\sum_{fh: \beta_{fh}^{1j} > \beta_{ki}^{1j}} x_{fhj}^1 + \sum_{s: \beta_s^{2j} > \beta_{ki}^{1j}} x_{sj}^2 = Q_j$ , 即  $P_j$  对其所有匹配对象的满意度都大于其对  $A_{ki}^1$  的满意度,显然与定义5条件1)中的  $|\mu(P_j)| < Q_j$  相矛盾,分别与条件2)和条件3)中的  $\beta_{ki}^{1j} > \beta_{fh}^{1j}, \beta_{ki}^{1j} > \beta_s^{2j}$  相矛盾. 当  $\sum_{l: \alpha_l^{1ki} < \alpha_j^{1ki}} x_{kil}^1 = 0$  时,由式(8)可知  $A_{ki}^1$  一定与一个岗位形成匹配,显然  $A_{ki}^1$  对其所匹配的岗位的满意度大于  $P_j$ ,与定义5中的  $\alpha_j^{1ki} > \alpha_l^{1ki}$  相矛盾. 与假设  $A_{ki}^1, P_j$  是占有申请者与岗位阻塞对矛盾,即满足约束条件(13)的  $A_{ki}^1, P_j$  一定不是占有申请者与岗位阻塞对.  $\square$

**定理3** 对于  $\forall A_s^2 \in A^2$  和  $\forall P_j \in P$ , 满足约束条件(14)时,  $A_s^2$  和  $P_j$  不是外部申请者与岗位阻塞对.

**证明** 采用反证法,假设  $A_s^2$  和  $P_j$  是外部申请者与岗位阻塞对. 阻塞对一定不是匹配对<sup>[14]</sup>, 即  $x_{sj}^2 = 0$ . 当  $\sum_{l: \alpha_l^{2s} > \alpha_j^{2s}} x_{sl}^2 = 1$  时,  $A_s^2$  匹配了一个满意度大于  $P_j$  的岗位,此时,与定义6条件1)、条件3)和条件4)中  $|\mu(A_s^2)| = 0$  相矛盾,与条件2)、条件5)和条件6)中  $\alpha_j^{2s} > \alpha_l^{2s}$  相矛盾,当  $\sum_{l: \alpha_l^{2s} > \alpha_j^{2s}} x_{sl}^2 = 0$  时,  $\sum_{ki: \beta_{ki}^{1j} > \beta_s^{2j}} x_{kij}^1 + \sum_{h: \beta_h^{2j} > \beta_s^{2j}} x_{hj}^2 = Q_j$ , 即  $P_j$  对其所有的匹配对象的满意度都大于其对  $A_s^2$  的满意度,此时,与定义6条件1)和条件2)中  $|\mu(P_j)| < Q_j$  相矛盾,与条件3)~条件6)中  $\beta_s^{2j} > \beta_{ki}^{1j}$  相矛盾,显然,与假设  $A_s^2$  和  $P_j$  是外部申请者与岗位阻塞对矛盾,即满足约束条件(14)的  $A_s^2$  和  $P_j$  一定不是外部申请者与岗位阻塞对.  $\square$

根据定理1、定理2、定理3和定义7可以证明如下定理4.

**定理4** 同时满足式(8)~(16)的匹配方案一定是稳定匹配方案.

### 3.4 和声搜索算法求解模型

由于和声搜索算法(HSA)每个解分量都是独立的,需要调整的参数少,具有通用性高、全局搜索能力强等特点,近年来许多学者将其应用于0-1规划

问题的求解<sup>[9]</sup>. 本文通过采用和声搜索算法对模型(5)~(16)进行求解,寻找尽量逼近所求人岗双边匹配问题的真实Pareto解集,具体方法如下.

Step 1: 将式(7)转化为

$$\max Z_3 = - \sum_{k=j=1}^m \sum_{i=1}^{l_k} x_{kij}^1,$$

确定HSA算法的目标函数为  $Z(X^s) = (Z_1(X^s), Z_2(X^s), Z_3(X^s))$ , 其中和声向量  $X^a = (x_{11}^a, \dots, x_{1V}^a, x_{21}^a, \dots, x_{2V}^a, \dots, x_{U1}^a, \dots, x_{UV}^a)$  代表申请者与岗位的第  $a$  个匹配方案,每个分量  $x_{ij}^a$  代表一对申请者  $A_i$  与岗位  $P_j$  的匹配结果. 初始化相关参数: 和声记忆库规模为  $W$ , 即和声记忆库中匹配方案的数量; 和声记忆保留概率(HMCR), 一般选择0.75~0.9之间的数; 记忆扰动概率(PAR), 一般选择0.1~0.35之间的数; 振幅(BW), 一般选择1~3之间的数; 初始迭代变量; 迭代次数(NI). 在不考虑稳定约束条件时,随机生成  $W$  个匹配方案,和声记忆库  $HM^t$  定义为

$$HM^t = \begin{bmatrix} x_{11}^1 & \dots & x_{1V}^1 & x_{21}^1 & \dots & x_{2V}^1 & \dots & x_{U1}^1 & \dots & x_{UV}^1 \\ x_{11}^2 & \dots & x_{1V}^2 & x_{21}^2 & \dots & x_{2V}^2 & \dots & x_{U1}^2 & \dots & x_{UV}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{11}^W & \dots & x_{1V}^W & x_{21}^W & \dots & x_{2V}^W & \dots & x_{U1}^W & \dots & x_{UV}^W \end{bmatrix}.$$

$HM^t$  中的第  $a$  行表示一个匹配方案  $X^a, a = 1, 2, \dots, W$ .

Step 2: 生成一个新的和声向量  $X^{new'} = (x_1^{new'}, x_2^{new'}, \dots, x_U^{new'})$ , 具体过程如下: 首先,令  $x_i^{s'} = \sum_{j=1}^V 2^{V-j} x_{ij}^s, i = 1, 2, \dots, U, s = 1, 2, \dots, W$ , 将  $HM^t$  转化为  $HM'$ . 然后,随机生成一个0~1之间的随机数  $\text{rand}(0, 1)$ , 当  $\text{rand}(0, 1) < \text{HMCR}$  时,  $x_i^{new'} \in \{x_i^{1'}, x_i^{2'}, \dots, x_i^{W'}\}, i = 1, 2, \dots, U$ , 否则,随机生成  $x_i^{new'} \in \{0, 1, \dots, 2^V - 1\}$ , 同时,当  $\text{rand}(0, 1) < \text{PAR}$  时,对  $x_i^{new'}$  进行局部微调,  $x_i^{new'} = \lfloor x_i^{new'} \pm \text{rand}(0, 1) \times \text{BW} \rfloor$ .

Step 3: 生成新的匹配方案  $X^{new} = (x_{11}^{new}, \dots, x_{1V}^{new}, x_{21}^{new}, \dots, x_{2V}^{new}, \dots, x_{U1}^{new}, \dots, x_{UV}^{new})$ , 并计算  $Z(X^{new})$ . 其中  $x_{ij}^{new}$  由下式获得:

$$x_{i1}^{new} = \lfloor x_i^{new'} / 2^V \rfloor,$$

$$x_{i(j+1)}^{new} = \left\lfloor \left( x_i^{new'} - \sum_{p=1}^j 2^{V-j} x_{ip}^{new} \right) / 2^{V-j} \right\rfloor; \quad (17)$$

$$i = 1, 2, \dots, U; j = 1, 2, \dots, V - 1; \quad (18)$$

$$[x] = \begin{cases} 0, & x < 0.5; \\ 1, & x \geq 0.5. \end{cases} \quad (19)$$

Step 4: 更新  $HM^t$ . 将  $X^{new}$  与  $HM^t$  中的匹配方案进行比较, 若  $\exists X^a \in \{X^1, X^2, \dots, X^W\}$ , 满足以下条件之一, 则称  $X^{new}$  占优于  $X^a$ , 将  $X^{new}$  加入到  $HM^t$  中, 并将  $X^a$  从  $HM^t$  中移出, 形成新的  $HM^t$ :

- 1)  $X^{new}$  与  $X^a$  中,  $X^a$  违反了稳定约束条件;
- 2)  $X^{new}$  与  $X^a$  都违反了稳定约束条件, 但  $X^{new}$  比  $X^a$  的阻塞匹配对的数量更少;
- 3)  $X^{new}$  与  $X^a$  都没有违反稳定约束条件且  $Z_k(X^{new}) \geq Z_k(X^a), k = 1, 2, 3$  且  $\exists l \in \{1, 2, 3\}$ , 使  $Z_l(X^{new}) > Z_l(X^a)$  成立.

Step 5: 若  $t > NI$  或者在  $HM^t$  中,  $\forall X^a, X^b \in \{X^1, X^2, \dots, X^W\}$ , 不存在  $X^b$  占优于  $X^a$ , 则输出有效和声向量  $X^a$  的集合及其对应的目标函数值  $Z(X^a)$ , 算法终止, 否则转至 Step 2.

### 4 算例分析

某汽车制造公司拟在3个岗位  $\{P_1, P_2, P_3\}$  上进行招聘, 人力资源部门根据收到的简历对占有申请者和外部申请者进行了初步筛选, 通过笔试进行筛选后最终确定6个有效的申请者  $\{A_{11}^1, A_{12}^1, A_{21}^1, A_1^2, A_2^2, A_3^2\}$ , 其中  $A_{11}^1$  和  $A_{12}^1$  来自于岗位  $P_1$ ,  $A_{21}^1$  来自于岗位  $P_2$ . 该公司此次计划招聘5人,  $Q_1 = 2, Q_2 = 1, Q_3 = 2$ . 占有申请者和外部申请者对岗位的评价集合为  $E = \{E_1, E_2, E_3\}$ . 其中:  $E_1$  表示晋升机会,  $E_2$  表示工作环境,  $E_3$  表示工资水平. 占有申请者  $A_{ki}^1$  和外部申请者  $A_g^2$  分别给出对岗位的满意度  $\alpha_{jg}^{1ki}, \alpha_{jg}^{2s}$  和指标权重向量  $e_g^{1ki}, e_g^{2s}$ , 如表1所示. 申请者在不同的岗位所取得笔试和面试成绩如表2所示. 申请者的笔试成绩和面试成绩在岗位对申请者的综合评价中所占的权重为  $\lambda_1 = 0.4, \lambda_2 = 0.6$ .

表1 占有申请者和外部申请者针对指标集  $E$  给出对岗位的满意度  $\alpha_{jg}^{1ki}, \alpha_{jg}^{2s}$  和权重向量  $e_g^{1ki}, e_g^{2s}$

		$A_{11}^1$		$A_{12}^1$		$A_{21}^1$		$A_1^2$		$A_2^2$		$A_3^2$	
		$\alpha_{jg}^{111}$	$e_{jg}^{111}$	$\alpha_{jg}^{112}$	$e_{jg}^{112}$	$\alpha_{jg}^{121}$	$e_{jg}^{121}$	$\alpha_{jg}^{21}$	$e_{jg}^{21}$	$\alpha_{jg}^{22}$	$e_{jg}^{22}$	$\alpha_{jg}^{23}$	$e_{jg}^{23}$
$E_1$	$P_1$	2		3		2		7		5		2	
	$P_2$	8	0.3	5	0.4	1	0.3	3	0.6	7	0.3	8	0.2
	$P_3$	6		7		9		5		3		5	
$E_2$	$P_1$	1		1		1		6		5		1	
	$P_2$	5	0.2	6	0.3	2	0.3	2	0.3	8	0.3	7	0.4
	$P_3$	6		4		8		5		5		5	
$E_3$	$P_1$	1		1		1		8		6		5	
	$P_2$	7	0.5	2	0.3	1	0.4	2	0.1	7	0.4	7	0.4
	$P_3$	5		9		5		5		4		5	

表2 申请者的考试成绩  $c_{kij}^1, c_{sj}^2$  和面试成绩  $d_{kij}^1, d_{sj}^2$

		$A_{11}^1$	$A_{12}^1$	$A_{21}^1$	$A_1^2$	$A_2^2$	$A_3^2$
$P_1$	$c_{k11}^1(c_{s1}^2)$	10	10	8	3	7	6
	$d_{k11}^1(d_{s1}^2)$	10	10	6	-M	8	6
$P_2$	$c_{k12}^1(c_{s2}^2)$	8	7	10	8	6	6
	$d_{k12}^1(d_{s2}^2)$	7	8	10	9	-M	7
$P_3$	$c_{k13}^1(c_{s3}^2)$	9	9	7	9	7	4
	$d_{k13}^1(d_{s3}^2)$	8	9	8	8	7	-M

根据表1、式(1)、(2)和表2、式(3)、(4)分别计算得到占有申请者和外部申请者对岗位的满意度矩阵  $\bar{A}$  和岗位对占有申请者和外部申请者的满意度矩阵  $\bar{B}$ , 有

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} 1.30 & 6.90 & 5.50 \\ 1.80 & 4.40 & 6.70 \\ 1.30 & 1.30 & 7.10 \\ 6.80 & 2.60 & 5.00 \\ 5.40 & 7.30 & 4.00 \\ 2.80 & 7.20 & 5.00 \end{bmatrix}, \bar{B} = \begin{bmatrix} 10.0 & 7.4 & 8.4 \\ 10.0 & 7.6 & 9.0 \\ 6.8 & 10.0 & 7.6 \\ -M & 8.6 & 8.4 \\ 7.6 & -M & 7 \\ 6.0 & 6.6 & -M \end{bmatrix}.$$

依据满意度矩阵  $\bar{A}$  和  $\bar{B}$ , 运用第4.4节设计的算法对模型(5)进行求解. 算法参数设置  $HMS = 60, HMCR = 0.85, PAR = 0.2, BW = 2, NI = 80$ . 在 Windows7 平台采用 Matlab 编程语言实现, 得到的 Pareto 有效的匹配结果如表3所示.

表3 Pareto 有效的稳定匹配结果

匹配方案	目标函数值		
	$z_1^*$	$z_2^*$	$z_3^*$
$\mu_1 = \{(A_{21}^1, P_1), (A_2^2, P_1), (A_{11}^1, P_2), (A_{12}^1, P_3), (A_1^2, P_3)\}$	25.3	39.2	0
$\mu_2 = \{(A_2^2, P_1), (A_3^2, P_1), (A_{21}^1, P_2), (A_{11}^1, P_3), (A_{12}^1, P_3)\}$	21.7	41	1
$\mu_3 = \{(A_{11}^1, P_1), (A_2^2, P_1), (A_{21}^1, P_2), (A_{12}^1, P_3), (A_1^2, P_3)\}$	19.7	45	2
$\mu_4 = \{(A_{21}^1, P_1), (A_2^2, P_1), (A_{11}^1, P_2), (A_{12}^1, P_3), (A_{12}^1, P_3)\}$	21.5	40.4	0

由表3可知, 算例有4组 Pareto 有效解, 决策者可以根据自己的偏好选择匹配方案. 例如: 如果决策者更注重申请者的满意度, 则应该选择匹配方案  $\mu_1$ ; 如果决策者更注重岗位的满意度并且不在意成功转岗

的人数,则应该选择匹配方案 $\mu_3$ ;如果决策者注重岗位的满意度并且希望较多的占有申请者成功转岗,则应该选择匹配方案 $\mu_4$ ;如果决策者希望尽可能的平衡双方主体的满意度和转岗人数,则应该选择匹配方案 $\mu_2$ .

## 5 结论

本文针对岗位存在占有申请者的人岗双边匹配问题,分别提出了占有申请者和外部申请者的个体理性匹配方案以及稳定匹配方案的定义,提出了同时存在占有申请者和外部申请者的稳定约束条件.在此基础上,以双边主体满意度最大、占有申请者回到原岗位人数最少为目标,构建了多目标双边匹配优化模型.与已有的研究成果相比,所提出的方法考虑了占有申请者和外部申请者共同存在的情形,在不违反岗位最高限额的同时,兼顾了“稳定性”和“满意度”两种要求,弥补了以往研究成果中未考虑岗位最高限额或只考虑占有申请者与岗位的双边匹配问题的不足,提出的方法能够更有效地解决部分岗位存在占有申请者的人岗双边匹配问题,使得关于人岗双边匹配问题的研究更贴近现实需求,进一步完善了人岗双边匹配问题的理论与方法,为解决现实中部分岗位存在占有申请者的人岗双边匹配问题提供了借鉴.

## 参考文献(References)

- [1] 贾天兵, 刘思峰. 基于多元灰色关联度的人岗动态匹配模型研究[J]. 数学的实践与认识, 2015, 45(6): 59-68.  
(Jia T B, Liu S F. A dynamic post match model based on multivariable grey relation degree[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2015, 45(6): 59-68.)
- [2] Yu M M, Chern C C, Bo H. Human resource rightsizing using centralized data envelopment analysis: Evidence from Taiwan's airports[J]. Omega, 2013, 41(1): 119-130.
- [3] Meyer G, Brüning B, Nyhuis P. Employee competences in manufacturing companies - an expert survey[J]. J of Management Development, 2015, 34(8): 1004-1018.
- [4] 陈圣群, 王应明. 高校课程与教学人员的匹配决策方法[J]. 福州大学学报, 2013, 41(6): 986-989.  
(Chen S Q, Wang Y Y. A method of two-sided matching decision-making between college courses and teachers[J]. J of Fuzhou University, 2013, 41(6): 986-989.)
- [5] Chen N, Gravin N, Lu P. Truthful generalized assignments via stable matching[J]. Mathematics of Operations Research, 2014, 39(3): 722-736.
- [6] Gujar S, Faltings B. Dynamic task assignments: An online two sided matching approach[C]. London: World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 2015: 1035-1043.
- [7] Hamada K, Iwama K, Miyazaki S. The hospitals/residents problem with lower quotas[J]. Algorithmica, 2014, 74(1): 1-26.
- [8] Bando K. A modified deferred acceptance algorithm for many-to-one matching markets with externalities among firms[J]. J of Mathematical Economics, 2014, 52(3): 173-181.
- [9] Tadenuma K. Partnership-enhancement and stability in matching problems[J]. Review of Economic Design, 2013, 17(2): 151-164.
- [10] 孔德财, 姜艳萍, 纪楠. 家政服务人员与雇主的双边匹配模型研究[J]. 东北大学学报, 2015, 36(11): 1668-1672.  
(Kong D C, Jiang Y P, Ji N. Two-sided matching model between domestic service staffs and employers[J]. J of Northeastern University, 2015, 36(11): 1668-1672.)
- [11] 乐琦, 樊治平. 基于累积前景理论的双边匹配决策方法[J]. 系统工程学报, 2013, 28(1): 38-45.  
(Yue Q, Fan Z P. Decision method for two-sided matching based on cumulative prospect theory[J]. J of Systems Engineering, 2013, 28(1): 38-45.)
- [12] Compte O, Jehiel P. Voluntary participation and re-assignment in two-sided matching[R]. London: École des Ponts ParisTech, 2008.
- [13] Tomas A P. Weak stable matchings with tenants and ties[C]. Proc of CSCLP. Krams: IEEE, 2006: 255-264.
- [14] Hamada N, Hsu C L, Kurata R, et al. Strategy-proof school choice mechanisms with minimum quotas and initial endowments[C]. Int Conf on Autonomous Agents & Multiagent Systems. New York: IEEE, 2016: 59-67.
- [15] Hamada N, Hsu C L, Kurata R, et al. Strategy-proof school choice mechanisms with minimum quotas and initial endowments[J]. Artificial Intelligence, 2017, 249(4): 47-71.
- [16] 万树平, 李登峰. 具有不同类型信息的风险投资商与投资企业多指标双边匹配决策方法[J]. 中国管理科学, 2014, 22(2): 40-47.  
(Wan S P, Li D F. Decision making method for multi-attribute two-sided matching problem between venture capitalists and investment enterprises with different kinds of information[J]. Chinese J of Management Science, 2014, 22(2): 40-47.)
- [17] Liu Y, Li K W. A two-sided matching decision method for supply and demand of technological knowledge[J]. J of Knowledge Management, 2017, 21(3): 595-606.
- [18] 姜艳萍, 孔德财, 袁铎宁. 具有序区间偏好信息的双边稳定匹配决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(8): 2152-2161.  
(Jiang Y P, Kong D C, Yuan D N. Two-sided stable matching decision-making method with ordinal interval preference [J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2017, 37(8): 2152-2161.)
- [19] Shen J, Wang L, Deng J, et al. A pareto-Based discrete harmony search algorithm for bi-objective reentrant hybrid flowshop scheduling problem[M]. Berlin: Springer Heidelberg, 2016: 435-445.

(责任编辑: 郑晓蕾)