基于平行管理方法的企业人员招聘

沈小伟[1, 2]，刘希未[2, 1]，王飞跃[1]，程长建[1]，熊刚[2]
[1]中国科学院自动化研究所，复杂系统管理与控制国家重点实验室，北京，100190
[2]东莞中国科学院云计算产业技术创新与育成中心，东莞，523808
（E-mail: neusxw@163.com）

摘 要 招聘问题是现代企业人力资源管理中最重要的问题之一。本文利用平行管理方法，建立了同时考虑应聘者性格因素和组织因素的人工招聘模型，并利用模拟退火方法对其进行计算实验分析，优化了企业的招聘。最终，通过把人工招聘模型和实际系统相结合，对招聘模型本身进行了进一步的优化。

关键词 人员招聘; 平行管理; 计算实验; 模拟退火; 非线性回归
中图分类号 TP751

Personnel Recruitment in Enterprise Based on Parallel Management Method

SHEN Xiaowei[1,2], LIU Xiwei[2,1] , WANG Feiyue[1], CHENG Changjian[1], XIONG Gang[2]
[3]State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Science, Beijing, 100190
[2] Cloud Computing Center, Chinese Academy of Sciences, Dongguan, 523808
（E-mail: neusxw@163.com）

Abstract The Personnel recruitment problem is one of the most important affair for modern enterprises. In this paper, parallel management method is used to solve the personnel recruitment problem. firstly, a recruitment model simultaneously consider the character factor and organizational factor is built. Then, using Computational Experiment based on Simulated Annealing algorithm, the recruitment problem is optimized. At last, by combining the artificial recruitment model and the real system, the recruitment model is optimized too.

Key words Personnel Recruitment, Parallel Management Method, Computational Experiment, Simulated Annealing, Nonlinear Regression

1．引言

人是生产中最活跃的因素，是企业生产和创造的直接执行者。企业间的竞争归根到底就是人才的竞争，吸引富有执行力和创造力的人才是企业生存与发展的重要任务。随着我国市场经济改革的不断深化，人力资源的流动性也越来越明显，人才招聘已成为了企业选拔人才的最主要方式。招聘活动的合理进行直接关系到企业的人力资源战略的实施，是企业人力资源布局的起点和重要的一步。

从传统的组织结构设计观点来看，企业的人才招聘是先设计了岗位，然后再配置岗位上的人。因此在实际的招聘过程中，最常采用的方式主要就是工作分析和个人能力测试，其具体实施方式是通过工作分析明确工作岗位的具体要求，通过个人能力的测试来考查个体是否满足岗位所要求的能力，即通过考察个体对具

体工作岗位的胜任力[1, 2]来实施招聘。[1]

这种招聘模式是基于人与工作岗位的匹配的，突出表现为强调个人与特定工作岗位的兼容性，强调个人的知识和技能等硬性指标。但实际上这种模式与企业在生产实际中的需求往往并不是吻合的，存在着一定缺陷，其集中表现以下两点：

1) 注重个体作用而忽视群体作用。现代企业生产是一种社会化大生产，是一种群体行为，个体的优秀表现并不能成为群体优秀的充分条件。企业招聘中有一句话叫做："企业招聘的是技能，而解雇的是不合"[3]。这就是说企业因为一个人的技术水平符合公司的要求而招聘他，但是如果此人的其他品质与企业的文化氛围和价值观不匹配，不能融入到企业的生产团队之中，那么这种聘用必然导致一系列的问题，最终不得不对员工进行解聘。另外，保证每一个员工都绝对优秀也不是必须的，高技能的员工通常对企业有更高的物质与精神期望，企业在其上的投入也必然更更多。各种技能员工的合理搭配往往能为企业创造出更高的效益[4]。

2) 注重技能水平而忽视个性品质。在实际生产中，知识、技能等"硬"性指标并不能完全保证个体的优异表现，往往如自我认识、工作动机、热情度等"软"的因素对个体在生产中的表现起到更为关键的作用，这些"软"的因素集中体现在一个人的性格因素上。一个人如果具备了岗位要求的技能，而没有认真工作的热情，或者具备了工作的技能和热情，但却不能够和同事进行有效的配合，都很可能影响工作的顺利进行。

因此，在实际的招聘活动中，必须要做到既考虑个体因素，又考虑组织因素；既考虑个体的技能水平，又考虑个体的个性品质。然而，实际上个性品质并不像个体技能一样容易衡量，组织因素也不如个体因素一样容易把握。这便导致现实中的企业往往不得不采用"招聘→解雇→再招聘"的模式进行人力资源的优化，即先招聘满足技能水平的员工，在其不能满足组织要求时对其进行解聘，进而再招聘新的员工填补空缺。由于企业在员工招聘和培训的过程中都是要花费大量的人力物力的，因此这无疑增加了企业的负担，冲击了企业的生产，从而降低了企业的竞争力。如何跳出这种模式，在招聘之时便把这些因素考虑在内，对企业的人力资源管理具有重要的意义。

为了解决如上所述的企业招聘中存在的问题，本文从平行管理的角度出发，在建立了考虑组织整体因素和员工性格因素的招聘模型的基础上，利用计算实验方法对招聘问题进行分析和优化，借以指导现实的招聘活动。

2 招聘问题模型

为了对招聘中存在问题进行分析和解决，要将组织因素和个体的个性品质因素引进到招聘问题的模型中来为了描述问题的方便并不失一般性，本文利用一般认知能力（General Cognitive Ability，GCA）[4]来描述应聘者如知识、技能等传统招聘模式中关注的部分，企业的收益或者说效用表示为应聘者的 GCA 水平的函数的形式；利用 DISC 模型描述应聘者的个性品质因素，将各种性格的人的数目作为招聘的约束条件。这样，就把考虑了组织因素和个体个性因素的招聘问题

转化为了一个非线性约束优化问题。

GCA 为学习和信息处理等能力的综合表达，可以通过对如语言、计算能力等特定能力的标准化测试来进行有效衡量[5, 6]。有研究表明，GCA 有效地表征了员工的学习能力和适应环境的能力，所以可以以统一的标准很好的预测不同岗位的员工在工作中的表现[5]。在实际生产车间中，员工通常结成班组，车间的日常工作以班组为单位进行实施。一般来说，个人的技能水平越高，对生产的贡献就越大，尤其是对于一些具有挑战性和创新性的工作往往必须要高水平的员工才能胜任，因此“领头羊”和“尖子”的作用对于一个班组来说是极为关键的。但是，要实现一个班组的期望效用最大化，并不是能要求所有的员工都达到最高的水平。这一方面是因为对于一般的常规性工作，低水平的员工就完全能够胜任，另一方面，越高水平的员工对待遇的要求也必然越高，为了激励这些员工企业必须要提供更高水平的工资并提供更好的发展机会，从而使得高水平的员工给企业带来负的效用。

DISC 行为模式是上世纪二十年代由美国心理学家威廉 莫尔顿 马斯顿博士（Dr.William Moulton Marston）提出来的[7]，被广泛的应用到性格测评之中。DISC 定义了四种基本因子（支配、影响、稳健和服从），通过这些因子以复杂的方式组合在一起，构成每个人独特的性格。性格类似的人会展现出相近的行为，通过四种基本因子的描述，使得复杂的行事风格成为可辨认、可观察的[8, 9]。对于一个组织来说各种性格的组合往往比单个人的性格特征来得更重要，如在贝尔宾的团队角色的理论中，首要的要求就是角色齐全，并要求尊重差异，实现互补[10]。如果考虑性格因素，那么在一个优秀的生产团队里，必须要实现不同性格的人的合理搭配。对于 DISC 模型描述的人来说，如果 D 型人太多了，大家都会向对方指手划脚，弄不好还要打架；如果 I 型人太多了，整个团队就太过活跃而聒噪了；如果 S 型人太少了，就没有人做事情了；如果 C 型人太多了，大家都会斤斤计较，不会互相体谅，人际关系一片紧张，也会影响工作情绪[11]。因此在一个班组中，必须保证各种性格的人维持一定的比例，才能使班组的效能实现最大化，这可以认为是对班组组织方式的一个约束条件。

利用 GCA 水平和 DISC 模型来描述应聘者的操作技能和个性品质，一方面是因为这两个因素的结合对问题有很高的解释度；另一方面对多种因素的作用归结为对两个主要的因素的作用，也使得问题便于分析解决；另外，由于这两个因素都已有成熟的理论研究成功，是现实可测的，使其便于在实际中加以应用。

基于以上的分析，便可以把招聘问题转为一个约束优化问题，其表现形式为：

$$\max \quad Z = c_{tu}\left(\sum_{i=1}^{n} G_i\right)^{\alpha_1} + c_{su}\sum_{i=1}^{n} G_i^{\alpha_2} - c_d\sum_{i=1}^{n}\left(\lambda(E_i(G_i))\right)^{\alpha_3} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & N_{DL} \le n_D \le N_{DM} \\ & N_{IL} \le n_I \le N_{IM} \\ & N_{SL} \le n_S \le N_{SM} \\ & N_{CL} \le n_C \le N_{CM} \\ & n_D, n_I, n_S, n_C \in N^+ \end{aligned} \tag{2}$$

式(1)中，G_i 表示第 i 个应聘人员的 GCA 水平，$i = 1, 2, \cdots, n$；Z 为生产车间

建立一个班组的效用函数，是优化的目标函数，由3项组成。第1项与班组的整体 GCA 水平之和相关，反映了班组的整体效用，对应于生产中需要集体完成的工作或重复性的日常工作；第2项与个体的 GCA 水平关系更大，反映了个体在班组中的作用，一般对应于高技术性工作或创造性工作，在班组 GCA 水平之和一定的前提下，单个员工水平越高，该项的值也就越大；第3项为员工期望的待遇，是企业的负效用，一般来讲员工的 GCA 水平越高，他的期望待遇也就越大。式中，c_{tu}，c_{su} 和 c_d 分别为效用函数各项的权重；α_1，α_2 和 α_3 分别为效用函数各项对应的指数；$E_i(G_i)$ 为期望待遇，是 GCA 水平 G_i 的函数；λ 为期望待遇的转换系数。

式(2)为招聘问题的约束条件，式中 n_c（$c \in \{D, I, S, C\}$）为新创建的班组中性格为 c 的员工的个数；N_{cL} 和 N_{cM} 分别为建立一个班组对性格为 c 的员工的数目要求的下限和上限。

3. 问题的求解

从式(1)和(2)中我们可以看到，该优化问题的目标函数是一个非线性函数，而约束条件是一类整数约束，利用现有的算法难以求得最优解。另一方面，由于现实工业生产中的工程复杂性和社会复杂性的相互作用，使得目标函数和约束条件的确定往往带有很多主观因素和不确定因素，追求该问题的最优解也并非必要。因此，应该将求解的重点放在寻找次优的满意解上。

模拟退火（Simulated Annealing，SA）是一种通用概率算法，用来在一个大的搜寻空间内找寻命题的最优解。虽然该算法不保证一定找到最优解，但可以实现解的改进，从而找到满意解。该算法的思想最早是由 Metropolis 等于1953年提出的，后来经由 Kirkpatrick 等于1983年将其应用于组合优化，已广泛应用与如生产调度、机器学习、图像处理等多个领域[12]。

模拟退火算法是一种随机寻优算法，其思想是源于热力学中的退火过程与组合优化问题的相似性。退火是将材料加热后再经特定速率冷却，目的是增大晶粒的体积，并且减少晶格中的缺陷。热力学中的退火过程分别三个阶段，即加温过程、等温过程和降温过程。加温过程使粒子偏离平衡态，等温过程使系统状态朝着自由能减少的方向进行，降温过程则使系统的热运动减弱而趋于有序，从而得到低能的晶体结构。

受此启发，1983年 Kirkpatrick 等提出了模拟退火算法，其基本流程如图 1 所示。

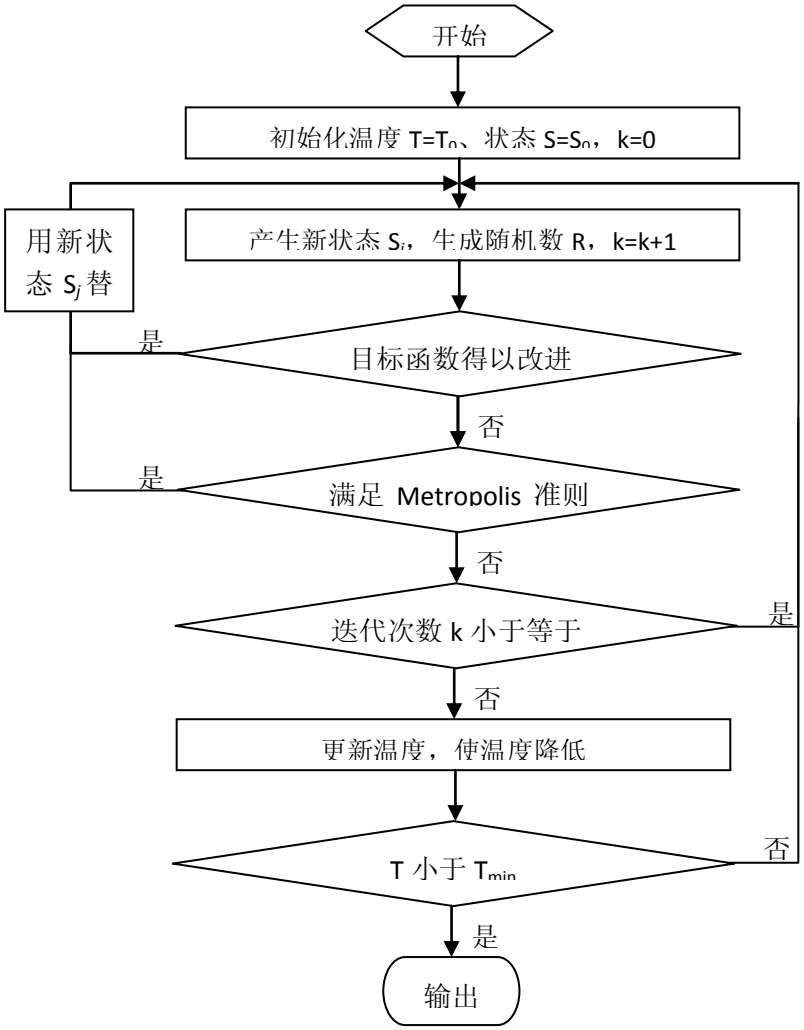

图 1 模拟退火算法流程图

模拟退火算法的关键是依据 Metropolis 接受准则来选择是否接受新解。首先给定初始状态 i 作为当前状态，然后用摄动方法使之随机选取新的状态 j，两种状态分别对应于能量（目标）函数 $E(i)$ 和 $E(j)$，则 Metropolis 接受准则为：

（1） 若 $E(i) < E(j)$ 则接受新状态 j；

（2） 若 $E(i) \geq E(j)$ 则将状态转移概率定义为

$$P_T(i \to j) = \exp(-\frac{E(i) - E(j)}{KT}) \tag{3}$$

其中，K 是玻耳兹曼常数，T 是材料的温度。生成一个随机数 R，若 $P_T > R$ 则接受新状态，否则拒绝新状态，保持原状态。

由以上分析可以看出，本文提出的招聘模型可以利用模拟退火算法进行求解。其基本思路为：

(1) 初始化：设置初始温度 T，终止温度 T_{min}，等温过程初始值 n_{iter}，总步数 N_{iter}，选择一组满足约束条件的应聘者作为初始解 H_0；

(2) 产生新解 H'：随机选择原来解中的一个应聘者，从应聘者总体中选择一个

替代之；看是否满足约束条件。若满足则转(3)，否则，重复(2)；

(3) 利用式(1)计算优化目标 Z，并利用 Metropolis 接受准则判断是否接受新解 H'，同时等温过程 n_{iter} 增加1；

(4) 判断 $n_{iter} \le N_{iter}$ 是否成立。若成立则转(2)，否则，转(5)；

(5) 更新退火温度 T；

(6) 判断 $T \le T_{min}$ 是否成立。若成立则转(2)，否则，转(7)；

(7) 结束。

3. 车间招聘问题的一个实例

利用第三章介绍的人工人口方法，生成一个包含了 GCA 水平和性格因素的规模为1000的人群作为应聘者总体，其中 GCA 水平分为5个等级，分别为“低”、“较低”、“中等”、“较高”和“高”，并将其数值化为0.2，0.4，0.6，0.8和1.0，性格因素则由 D、I、S 和 C 这四个因子来描述。目标是从这1000个应聘者中寻找出满足约束条件(2)，使得目标函数(1)最优的20个人组成一个班组。其中 c_{tu}，c_{su} 和 c_d 均设为 2.0、4.0 和 1.0；α_1，α_2 和 α_3 分别设为 0.5，2.0 和 1.0；设置 $E_i(G_i) = 500G_i + 40\varepsilon$，其中 ε 服从均值为0，标准差为1的随机变量，并设置 $\lambda = 0.002$；设置 N_{DL}，N_{IL}，N_{SL} 和 N_{CL} 分别为1，2，10和3；N_{DM}，N_{IM}，N_{SM} 和 N_{CM} 分别设置为2，4，14和6。利用上一小节介绍的模拟退火算法，改进目标函数，得到的最优目标函数为，算法的改进曲线如图 2所示。

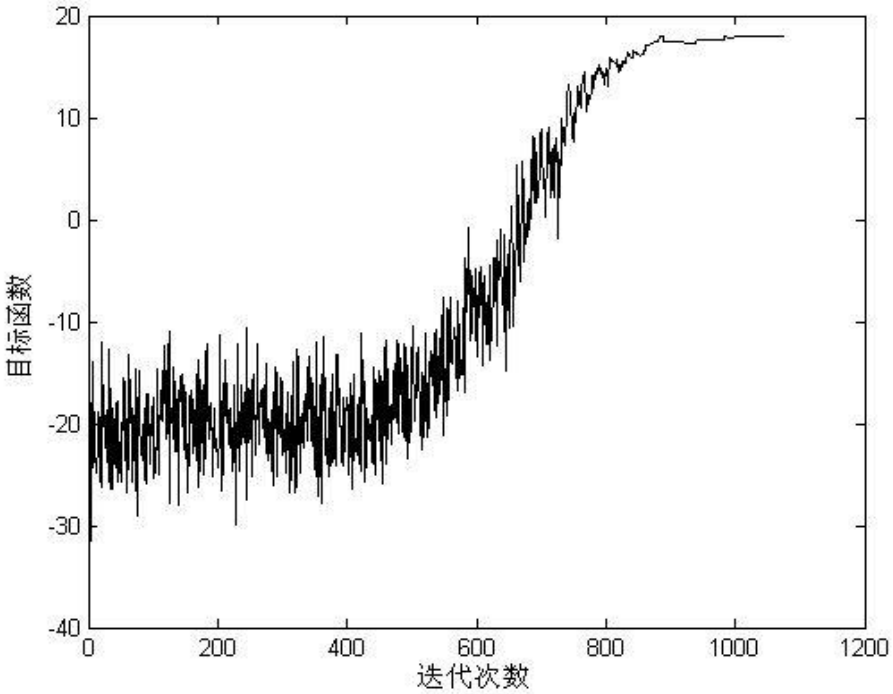

图 2 模拟退火算法计算结果改进曲线

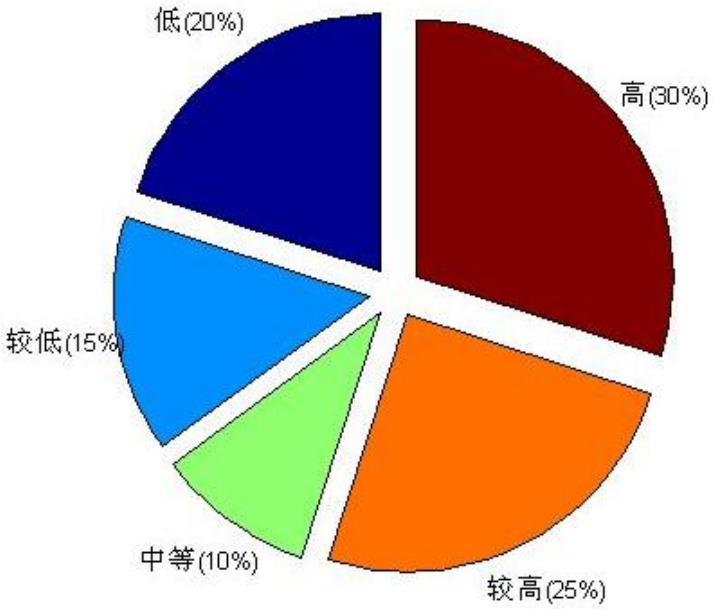

图 3 各 GCA 水平人员的需求量

从图 2可以看到，模拟退火算法可以有效的改进目标函数，这说明利用模拟退火算法求解招聘模型是有效的。

从图 3可以看到，在满意解中包含了各个 GCA 水平的应聘者。这说明班组整体效能和班组成员的个性因素对班组的整体效用都具有重要的影响。招聘过程中，并不应该以应聘者的技能水平作为唯一的招聘依据，而应该综合全面考虑问题才能使招聘的结果最优。

另外，高水平和较高水平的员工占了一半以上（55%），这说明班组对高水平的员工要求还是最多的，在招聘中有优势。但同时，低水平的员工需求量也达到20%，这说明班组低水平员工也有所需求。由于这些员工的期望待遇一般较低，并且在完成简单日常工作中的表现与高水平的员工并无本质差别，因此得出这个结论是符合实际的，而且与以往的研究结论也是一致的[4]。

5 基于非线性回归方法的模型的改进

如我们在上面已经提到的，由于现实工业生产中的工程复杂性和社会复杂性的双重作用，使得目标函数和约束条件中参数的确定往往带有很多主观因素和不确定因素，这无疑降低了模型的可信度。为了尽量排除这些因素的影响而使模型更加精确，最有效的办法就是利用实际生产中得到的数据对模型进行标定，这也是平行管理的基本要求和直接体现。在此，本文提出了利用回归分析方法对模型参数进行标定的方法。

对于本文提出的招聘模型来说，模型准确性的关键在于确定组成目标函数(1)中的三个部分（整体 GCA 水平、个体 GCA 水平和个体期望待遇）的权重，即确定参数 c_{tu} ， c_{su} 和 c_d 的值。在此可以利用回归分析方法对其进行标定，其基本原理可以描述为：提取实际生产中某班组人员的 GCA 水平和班组整体绩效水平

等相关数据，将其量化为与模型中的数据特征一致的数据。其中 GCA 水平按五个等级（“低”、“较低”、“中等”、“较高”和“高”）分别量化为0.2，0.4，0.6，0.8和1.0；期望待遇以员工的当前工资水平来衡量（考虑到如果工资水平低于期望待遇时员工将会离职，因此这是一个偏高的估计，但考虑到企业一般不会花超过员工期望薪水以上的工资去雇佣一个员工，因此两者差别并不会太大）；员工的性格利用 DISC 评价量表进行测定；班组的总体效用（目标函数）由班组总体的生产绩效水平来衡量，通过专家经验法转化为与招聘模型相一致的数据。这样便得到了一个可用于分析的样本，通过取多个这样的样本，便得到了可用回归分析方法来确定模型参数的数据。

由于目标函数式(1)是一个非线性函数，因此适用于非线性回归分析。非线性回归模型可以表示为[13]：

$$Y = f(X,\beta) + \varepsilon \tag{4}$$

的形式。这里 X 是可观察的独立随机变量（自变量），在此对应于员工的 GCA 水平和期望待遇；β 是待估计的参数向量，在此对应于参数 c_{tu}，c_{su} 和 c_d 的值；Y 是依赖于 X 和 β 的独立观察变量（因变量）；函数 $f(\bullet)$ 的形式是已知的，对用于公式(1)，ε 是随机误差。

求解非线性回归模型的方法有最小二乘方法和极大似然估计法两种。在一定条件下，两种方法是等价的，但极大似然估计法通常要求提前知道似然函数的分布形式[13]，因此最小二乘方法更适合于本文提出的招聘模型的求解。定义公式(4)的残差平方和为：

$$S(\beta) = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{n} [Y_i - f(x_i, \beta)]^2 \tag{5}$$

则最小二乘方法就是要使这个残差平方和 $S(\beta)$ 最小。通过对 $S(\beta)$ 求导可得使残差平方和最小的条件为：

$$\sum_{i=1}^{n} [Y_i - f(X_i, \beta)](-\frac{df(X_i, \beta)}{d\beta}) = 0 \tag{6}$$

通过利用式(6)，把式(5)转化为拟线性模型的形式，便可以得到求解参数 β 的迭代式：

$$\beta_{n+1} = \beta_n + (Z(\beta_n)' Z(\beta_n))^{-1} Z(\beta_n)' [Y - f(X, \beta_n)] \tag{7}$$

其中，

$$Z(\beta_i) = \left. \frac{df(X, \beta)}{d\beta} \right|_{\beta_i} \tag{8}$$

由此，假设获取了一个样本总数为30的生产车间数据，其形式如表 1所示。

表 1 生产车间数据列表

班组编号	总绩效	员工1		……	员工20	
		GCA	性格		GCA	性格
1	16.3	0.8	S	……	1.0	C
2	11.3	1.0	I	……	0.6	S
……	……	……	……	……	……	……
30	18.7	0.6	D	……	0.2	S

利用式(7)，通过迭代求解，则可以对参数c_{tu}，c_{su}和c_d的值进行非线性回归分析。其中，设置初始值β_0=[4,2,1]。则求得解结果如表 2所示。

表 2 利用非线性回归求得的参数

参数	回归系数	置信区间（95%）	
		下界	上界
c_{tu}	2.59	1.95	3.24
c_{su}	3.67	3.41	3.84
c_d	1.01	0.89	1.12

6. 结论

招聘问题对现代企业至关重要。本文建立的招聘模型同时考虑了个体性格因素和组织因素，是对传统基于岗位的分析方法的改进。通过计算实验分析可以看到，本文的方法能够很好地优化招聘问题并能得到与实际分析相符合的结论。最后通过非线性回归更进一步的优化了招聘模型本身。

致谢

本论文的研究工作得到国家自然科学基金项目71232006, 61233001的资助, 中国科学院项目2F12N02，2F11D03等的资助。

参考文献

[1] 张兰霞, 闵琳琳, 方永瑞. 基于胜任力的人力资源管理模式[J]. 东北大学学报(社会科学版). 2006, (01): 16-19.

[2] 陈云川, 雷轶. 胜任力研究与应用综述及发展趋向[J]. 科研管理. 2004, (06): 141-144.

[3] 张正堂, 叶迎春. 基于人与组织匹配的招聘模式[J]. 财经问题研究. 2006, (3): 92-96.

[4] Wirojanagud P, GELy E. Modelling inherent worker differences for workforce planning[J]. International journal of production research. 2007, 45(3): 525-553.

[5] John E H. Cognitive ability, cognitive aptitudes, job knowledge, and job performance[J]. Journal of Vocational Behavior. 1986, 29(3): 340-362.

[6] Gottfredson LS. Where and why g matters: Not a mystery[J]. Human Performance. 2002, 15(1): 25-46.

[7] Marston WM. Emotions of Normal People[M]. New York: Harcourt, Brace and Co.; 1928.

[8] Braund R, Voges K. Understanding How Others Misunderstand You[M]. Chicago: Moody Publishers 1995.

[9] Straw J, Cerier AB. The 4-dimensional manager: DISC strategies for managing different people in the best ways[M]. San Francisco: Berrett-Koehler; 2002.

[10] Belbin RM, Jay A. Management teams: why they succeed or fail[M]. London: Heinemann 1981.

[11] 一苇网. DISC 行为理论分析技术, 2012.02.01. (Accessed at http://www.yiiway.com/n_Download.aspx.)

[12] 王凌. 智能优化算法及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社; 2001.

[13] Bates DM, Watts DG. Nonlinear Regression Analysis and Its Applications [M]. Hoboken, New Jersey: Wiley 1988.