

创新型人才的区间数群决策评价研究

李磊 谢小璐 郭睿
(江南大学商学院, 江苏无锡 214122)

摘要: 科技创新型人才的规模成为国家综合实力的重要指标之一, 专家给予人才的评价往往存在犹豫而适合采取区间数打分, 为此建立集结信息的非线性规划模型, 提出利用模拟植物生长算法集结区间数信息, 构建群决策偏好矩阵。采用可能度和排序向量法进行排名, 选取创新意识、创新人格、创新能力和智力4个指标, 以实例进行科技创新型人才的评价研究。研究表明, 模拟植物生长算法能有效地集结多个专家的随机区间数, 具有简便、灵活的特点。

关键词: 创新型人才; 科技人才; 模拟植物生长算法; 区间数; 群决策

中图分类号: C934

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2014.03.002

Research of Evaluation for Group Decision on S&T Innovative Talents

Li Lei, Xie Xiaolu, Guo Rui

(School of Business, Jiangnan University, Wuxi 214122)

Abstract: The scale of innovative talents in science and technology becomes one of the important indicators of national strengths. The evaluation of the innovative talents should be solved urgently. Experts always vacillatingly give talent evaluation lead to compatibly take points with intervals. This article established linear programming model of information gathering and used plant growth simulation algorithm to gather information of interval numbers and then built preference matrix of group decision making. Then possibility formula and sort vector method were applied to rank. Finally 4 indexes were selected to evaluate, including innovative consciousness, innovative personality, innovative ability and intellectual. Then an example was given to analyze. The results show that plant growth simulation algorithm could effectively integrate random interval numbers of multiple experts. The way is both simple and flexible.

Keywords: innovative talents, talents in science and technology, plant growth simulation algorithm, interval number, group decision making

1 引言

竞争力的关键就在于创新型人才的培养,

尤其是科技创新型人才。创新型人才为中国参与经济全球化、建设创新型国家、全面建设小康社会宏伟目标的实现奠定了夯实的基础。关于对创

作者简介: 李磊 (1959—), 男, 江南大学商学院教授, 博士生导师, 研究方向: 科技管理, 决策理论及方法。谢小璐* (1988—), 男, 江南大学商学院硕士研究生, 研究方向: 决策管理与智能算法。郭睿 (1990—), 男, 江南大学商学院硕士研究生, 研究方向: 技术经济及管理。

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于模拟植物生长算法的整数多级规划算法研究”(70371051); 浙江省高校人文社科重点研究基地重大招标支撑子项目“供应链感知的WSN覆盖优化研究”(RWSKZD04-2012ZB2)。

收稿日期: 2013年10月27日。

新型人才的评价,国外文献主要从人才需具备的因素出发来讨论。例如,美国心理学家 Wechsler 指出,大多数诺贝尔奖获得者青少年时代并非高智商,而是属于中等或中等以上,但是,他们都具有强烈的好奇心、兴趣以及高度的自信心,其创造的内在动机、勤奋刻苦的钻研精神、顽强的意志品质等意识特征突出。Guilford 认为,对问题的感受性,思维的流畅性、灵活性和独创性,重组能力,概念结构的复杂性在人的创造能力结构中起着重要的作用^[1]。Stenberg 的研究表明,人的创造性受到智力、知识、认知风格、人格特征、动机、环境等因素的影响。其中,人的个性和环境是不容忽视的因素^[2]。

Stanley 强调,独创性是创新型人才最明显的标志^[3]。Henderson 提出创新型人才应该具备坚强的毅力、冒险精神和变通能力^[4]。Corn 和 Dyer 等却认为只要拥有敏锐的洞察力,就可以判定为创新型人才,要深入分析洞察力在创新型人才成长中的挖掘^[5-6]。国内许多学者则对如何定义创新型人才进行了阐述,并提出了一系列评价方法。例如,王楠等从规模、创新能力以及结构等指标研究了四川省科技人才的建设^[7]。房国忠等从人格特征、学习素质、思维特征、社会能力等4个方面分析了创新型人才的基本素质结构,构建了创新型人才的素质模型^[8]。谢小璐利用层次分析法构建了高校创新型人才的评价模型^[9]。李良成等利用因子分析法提取资源与投入、环境和效能3个主因子,构建广东省创新型科技人才评价模型^[10]。丁刚等建立了科技创新人才建设的评价指标,利用GPCA模型和ESDA法,从省域层面出发对30个地区的发展态势进行评价^[11]。荆洁等提出基于遗传神经网络的环渤海经济圈、长三角和珠三角创新型人才竞争力评价研究,明确滨湖新区的竞争力水平^[12]。

归纳起来,国内外专家对科技创新型人才的评价主要集中在创新意识、创新人格、创新能力和智力4个大类方向。这些评价方法有别于单纯以成绩作为考核标准的方式,其重点应转变为如何开拓创新思维,从而取得突破。但是,专家往

往从自己的经验和知识出发,对待判定的人才进行综合评价,不可避免地受到环境、心理、主观认识的局限性等因素的干扰,使判断结果存在偏差。

本文则利用多属性群决策理论,通过一定数量的专家个体分别对待定人才依次打分,将集结的信息处理后获取最终评价价值并进行排序。然而,以实数的形式给出的分数无法确切地表达专家的意见,因此提出通过模拟植物生长算法集合每个人才关于每个评价指标的群决策偏好区间数,得到各人才群体构成的群决策偏好矩阵,结合可能度矩阵和排序向量法获取排序结果。

2 区间数群决策评价模型

2.1 基本定义

定义1 如果 $[a^-, a^+]$, 其中 $a^-, a^+ \in R$, 称 a 为一个区间数。显然地, 当 $a^- = a^+$ 时就退化为一个实数。

设一个决策问题有 N 个方案, 各方案包含 V 个因素, 那么 Q 个决策人员对 N 个方案的 V 个属性分别进行评价的区间数表示为 $[r_{ij}^{k-}, r_{ij}^{k+}]$, 其中 $i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, V; k = 1, 2, \dots, Q$ 。

群决策中第 k 个个体对第 i 个方案的偏好向量表示为 $R_i^k = (r_{i1}^k, r_{i2}^k, \dots, r_{iV}^k)$ 。第 i 个方案的第 j 个属性的偏好区间表示为 $[\tilde{r}_{ij}^-, \tilde{r}_{ij}^+]$ 。那么每个备选方案的群决策偏好向量可表示为 $R_i = (\tilde{r}_{ij})_{1 \times V}$ 。

定义2 由 N 个方案的偏好向量构成的矩阵称为群决策偏好矩阵, 记作 $R = (\tilde{r}_{ij})_{N \times V}$ 。

定义3 对任意的区间数 $[a^-, a^+]$, $[b^-, b^+]$ 则称 $d_{\text{ys}} = \sqrt{(a^- - b^-)^2 + (a^+ - b^+)^2}$ 为区间数 $[a^-, a^+]$, $[b^-, b^+]$ 的离合度。

2.2 信息集结

2.2.1 模拟植物生长算法

2007年李彤提出模拟植物生长算法(PGSA)应用于单级与二级整数规划问题^[13]。该算法具有运算时间短、计算速度快、可收敛、对参数的依赖性小等优点^[14]。

模拟植物生长算法由自然界的植物生长规律衍变而来, 从根部开始朝着光源伸展, 又分裂出

枝干，一直循环下去。犹如在二维空间从初始点出发，依照路径延伸、分裂，直至寻找到光源，即全局最优解。因此必须确定搜索的可行域。如果可行域过大，就存在无最优解的情况。

为了避免出现上文提到的评价结果偏差问题，引入有限元方法，采用分形几何学中的谢尔宾斯基地毯。在正方形内部划分为9等分，去除最中间的小正方形。对剩余8块小正方形进行9等分，同样地减掉最中间的正方形。经过无限次的划分后，形成一系列点集的分形图，最终形成谢尔宾斯基地毯。将谢尔宾斯基地毯作为约束条件的有界闭箱，地毯中所有正方形的4个顶点作为有限元网格的结点，以有限元网格点作为模拟植物生长的初始生长点^[15]。

2.2.2 集结信息的PGSA算法

假定在生长点按4个方位生长并产生新枝，新枝间旋转角度 $\alpha = 90^\circ$ 。分枝长度设定为 $l/1000$ 。若空间内有 n 个已知区间数 $A_1, A_2, \dots, A_n$ ，求区间数 B 使 $\sum_{i=1}^n d_{A_i B}$ 最小。该问题的PGSA迭代步骤为：

步骤1 产生以谢尔宾斯基地毯中所有正方形顶点的初始生长点 $a_m \in X$ ，其中 X 为 R^n 中的有界区域；

步骤2 所有初始生长点的生长素值为：

$$p_m = \frac{\sum_{l=1}^n (1/d_{a_m A_l})}{\sum_{m=1}^v \sum_{l=1}^n (1/d_{a_m A_l})} \quad (m = 1, 2, \dots, v) \quad (1)$$

步骤3 由生长素值建立各生长点在0-1的概率生长空间，产生随机数选择当次迭代生长点 a_m ；

步骤4 确定步长 λ ，生长点 a_m 以 $\alpha = 90^\circ$ 生长，以新生长点中的最优点替换 a_m ；

步骤5 如果没有新的生长点产生且达到预先给定的迭代次数，即获取全局最优解且停止计算，否则转到步骤2。

以上步骤的计算结果可得到一个偏好区间数。

构建集结信息的非线性规划模型

$$\begin{aligned} \min f([\tilde{r}_{ij}^-, \tilde{r}_{ij}^+]) &= \sum_{k=1}^Q \sqrt{(\tilde{r}_{ij}^- - r_{ij}^{k-})^2 + (\tilde{r}_{ij}^+ - r_{ij}^{k+})^2} \\ \text{s.t. } [\tilde{r}_{ij}^-, \tilde{r}_{ij}^+], [r_{ij}^{k-}, r_{ij}^{k+}] &\in \Omega \end{aligned} \quad (2)$$

其中， Ω 表示谢尔宾斯基地毯构成的有界空间， $[r_{ij}^{k-}, r_{ij}^{k+}]$ 为已知的区间数， $[\tilde{r}_{ij}^-, \tilde{r}_{ij}^+]$ 是与 $[r_{ij}^{k-}, r_{ij}^{k+}]$ 离合度最小得到的全局最优区间，其中 $i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, V$ 。

本研究利用PGSA计算各方案中所有决策个体针对每个属性的集中偏好区间数。对于 N 个方案，每个方案包含 V 个因素的决策问题总共存在 $N \times V$ 个偏好区间，即得到 $N \times V$ 的群决策偏好矩阵。

2.3 可能度与区间数排序

针对区间数的排序主要有两种，自定义一种反映两个区间的比较规则进而得到排序结果相对于直接化成实数形式更合理^[16]。因为转换为实数可能导致信息失真，无法全面考虑所有决策个体的意愿，降低了其评价精确度。

借助文献[17]的可能度计算方法。对任意给定的非负区间 $[r_1^-, r_1^+], [r_2^-, r_2^+]$ ，式(3)为区间 $[r_1^-, r_1^+] \geq [r_2^-, r_2^+]$ 的可能度。

$$\text{pro}([r_1^-, r_1^+] \geq [r_2^-, r_2^+]) = \frac{1}{2} \left[\frac{(r_1^- - r_2^-) + (r_1^+ - r_2^+)}{|r_1^- - r_2^-| + |r_1^+ - r_2^+| + l_{n_2}} + 1 \right] \quad (3)$$

其中， l_{n_2} 为两区间数交集的模长。当两个区间数相等时， $\text{pro}([r_1^-, r_1^+] = [r_2^-, r_2^+]) = 0.5$ 。

利用式(3)对不同方案的同一个指标的区间数进行两两比较，建立关于每个指标的可能度偏好矩阵 $P_j = (\text{pro}([r_i^-, r_i^+] \geq [r_l^-, r_l^+]))_{N \times N}$ ，其中， $j = 1, 2, \dots, V$ 。显然地，可能度矩阵 P_j 是一个互补决策判断矩阵，即矩阵中行标与列标互换的两元素之和为1。

对可能度矩阵实施排序向量公式^[18]

$$\omega_{ij} = \frac{1}{N(N-1)} \left[\sum_{l=1}^N \text{pro}([r_i^-, r_i^+] \geq [r_l^-, r_l^+]) + \frac{N}{2} - 1 \right] \quad (4)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, V$ 。

故可能度矩阵 P_j 相对应的排序向量是 $\omega_j = (\omega_{1j}, \omega_{2j}, \dots, \omega_{Nj})$ 。根据指标的排序向量和已知的指标权重 $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_j)'$ 得各方案的评价值： $\text{value} = \left(\sum_{j=1}^V \xi_j \omega_{1j}, \sum_{j=1}^V \xi_j \omega_{2j}, \dots, \sum_{j=1}^V \xi_j \omega_{Nj} \right)$ ，最后由 $\sum_{j=1}^V \xi_j \omega_{ij}$ 的大小对方案排序，选出最佳方案。

3 区间数群决策评价步骤

步骤1 利用模拟植物生长算法计算非线性规划模型,满足所有专家以评价指标为标准,给每个候选人才打分后得到的偏好区间 $[\tilde{r}_{ij}^-, \tilde{r}_{ij}^+]$,共 $N \times V$ 次。

步骤2 由所有偏好区间构成候选人才的群决策偏好矩阵 $R = (\tilde{r}_{ij})_{N \times V}$ 。

步骤3 两两比较不同候选人才间在同一个指标下的区间数,求出相应的可能度,得每个指标的可能度矩阵 $P_j = (pro([r_i^-, r_i^+] \geq [r_i^-, r_i^+]))_{N \times N}$ 。

步骤4 利用排序向量法得可能度矩阵 P_j 的排序向量 $\omega_j = (\omega_{1j}, \omega_{2j}, \dots, \omega_{Nj})$,结合已知的指标权重 $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_j)'$,计算各候选人的评价价值 $value = \left(\sum_{j=1}^V \xi_j \omega_{1j}, \sum_{j=1}^V \xi_j \omega_{2j}, \dots, \sum_{j=1}^V \xi_j \omega_{Nj} \right)$,最终排出候选人才的名次。

4 实例分析

某单位举办“创新之星”评选活动,吸引了众多科技人才参与竞选。通过前期各位申请者提交的材料,最终筛选出3位员工 i_1 、 i_2 、 i_3 角逐前

三名。在决赛过程中,选手们不仅要展示自己的风采,而且要接受评委专家的考核。

假如共有15名专家评委参与评价,打分表包括4个指标,分别为创新意识 j_1 、创新人格 j_2 、创新能力 j_3 和智力 j_4 。单位规定各评价指标的权重分别为0.15、0.3、0.45和0.1。由于候选人的各方面表现差距较小,因此,单位决定给予15名专家评委一定的犹豫弹性空间,根据3位科技人才的表现给出的评价区间值如表1-表3所示。试确定3个科技人才的名次。

利用MATLAB软件,以模拟植物生长算法分别经过1万次迭代计算非线性规划模型,共12个,得到3个候选人综合15位评委给出的关于创新意识 j_1 、创新人格 j_2 、创新能力 j_3 和智力 j_4 的偏好区间数分别为

$$\begin{aligned} r_{11} &= [4.0000, 5.0000] & r_{12} &= [3.9230, 5.0000] \\ r_{13} &= [3.9325, 5.0150] & r_{14} &= [6.2320, 8.2755] \\ r_{21} &= [3.8670, 5.0000] & r_{22} &= [3.8460, 4.9360] \\ r_{23} &= [3.8230, 5.0000] & r_{24} &= [6.4770, 8.4230] \\ r_{31} &= [4.4500, 5.0000] & r_{32} &= [4.7730, 5.3995] \\ r_{33} &= [4.3540, 5.0000] & r_{34} &= [6.5140, 8.4650] \end{aligned}$$

故评委对各科技人才的偏好矩阵可表示为:

$$R = \begin{bmatrix} [4.0000, 5.000] & [3.9230, 5.0000] & [3.9225, 5.0150] & [6.2320, 8.2755] \\ [3.8670, 5.000] & [3.8460, 4.9360] & [3.8230, 5.0000] & [6.4770, 8.4230] \\ [4.4500, 5.000] & [4.7730, 5.3995] & [4.3540, 5.0000] & [6.5140, 8.4650] \end{bmatrix}$$

表1 科技人才 i_1 的评价区间值

专家	指标			
	创新意识	创新人格	创新能力	智力
专家1	[1.5,2]	[3,4]	[4,5]	[5,6]
专家2	[5,7]	[1,2.5]	[3,4.5]	[7,8.5]
专家3	[3.5,4.5]	[5,6.5]	[4,5]	[8,9]
专家4	[1.5,2.5]	[8.5,9]	[5,6]	[6,7]
专家5	[6,6.5]	[0,1]	[6.5,8]	[6.5,8.5]
专家6	[1,1.5]	[3,5]	[3,4.5]	[5,6]
专家7	[4,5]	[6,7.5]	[6,7]	[7.5,8]
专家8	[5.5,6.5]	[4,5.5]	[1,2.5]	[6.5,7]
专家9	[2.5,4]	[2,3]	[2,4]	[5,6]
专家10	[1,2]	[7,8.5]	[5,6]	[8,9.5]
专家11	[4,5]	[2,3]	[1,2]	[7,7.5]
专家12	[8.5,9.5]	[1,2.5]	[4,5.5]	[6.5,7.5]
专家13	[7,9]	[2.5,4]	[2,3.5]	[7,8]
专家14	[2,3]	[3,5]	[7,8]	[6,7.5]
专家15	[4.5,5]	[5,7]	[1.5,3]	[7.5,8.5]

表2 科技人才 i_2 的评价区间值

专家	指标			
	创新意识	创新人格	创新能力	智力
专家1	[2,3.5]	[2,3.5]	[4,5.5]	[5.5,7]
专家2	[4,6]	[2.5,3]	[2.5,4]	[6.5,7]
专家3	[3,3.5]	[6,7]	[3,4]	[8,9]
专家4	[3,4]	[2,3.5]	[7,8]	[6.5,7.5]
专家5	[4.5,5]	[7,7.5]	[3.5,5.5]	[8.5,9.5]
专家6	[1,2]	[4,5]	[2.5,3.5]	[7,8]
专家7	[4.5,5]	[7.5,9]	[5,6]	[6.5,7.5]
专家8	[6.5,8]	[3.5,4.5]	[1.5,2.5]	[8.5,9]
专家9	[4,6.5]	[1,3]	[4,5.5]	[5.5,7]
专家10	[2,2.5]	[3,3.5]	[1.5,2]	[7,8.5]
专家11	[3,5]	[5.5,7]	[2,2.5]	[8,8.5]
专家12	[7.5,8.5]	[2,3.5]	[3,4.5]	[7,8]
专家13	[8,9.5]	[3,4]	[1.5,3]	[7,8]
专家14	[1,2.5]	[4,6]	[5.5,7]	[6.5,8]
专家15	[2,3]	[5,6.5]	[2.5,4.5]	[7,8]

表3 科技人才 i_3 的评价区间值

专家	指标			
	创新意识	创新人格	创新能力	智力
专家1	[3,3.5]	[6.5,7.5]	[3,4.5]	[6.5,7.5]
专家2	[5.5,7]	[2,3]	[3,4]	[6.5,7]
专家3	[8,9]	[7.5,9.5]	[6,8]	[7,8]
专家4	[3,4]	[6,7.5]	[2,3.5]	[6,7.5]
专家5	[2.5,4]	[4,5.5]	[4,5.5]	[8,9]
专家6	[2.5,3]	[5.5,6.5]	[4.5,6.5]	[7,8.5]
专家7	[3,4]	[3,4]	[5,6]	[6,7]
专家8	[6,7]	[5,6.5]	[3,5]	[7.5,8]
专家9	[2,4]	[3,4]	[1.5,3]	[5,6.5]
专家10	[7,8.5]	[8.5,9]	[6.5,8]	[8.5,9.5]
专家11	[1.5,3]	[1,2.5]	[3,3.5]	[8,9]
专家12	[7.5,9]	[3,4]	[8,9]	[7,8.5]
专家13	[6.5,7]	[2,4.5]	[3,4]	[6.5,7.5]
专家14	[5,7]	[5,6.5]	[2.5,3]	[7.5,8]
专家15	[2,3]	[4,6]	[3,4.5]	[7,8]

由可能度计算公式得关于创新型人才评价指标的可能度矩阵：

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5587 & 0.2750 \\ 0.4413 & 0.5 & 0.2427 \\ 0.7250 & 0.7573 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5611 & 0.2315 \\ 0.4389 & 0.5 & 0.0525 \\ 0.7685 & 0.9475 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5522 & 0.3122 \\ 0.4478 & 0.5 & 0.2744 \\ 0.6878 & 0.7256 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$P_4 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.4104 & 0.3944 \\ 0.5896 & 0.5 & 0.4801 \\ 0.6056 & 0.5199 & 0.5 \end{bmatrix}$$

通过排序向量公式求得可能度矩阵 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 的排序向量分别为：

$$\omega_1 = (0.3056, 0.2807, 0.4137)$$

$$\omega_2 = (0.2988, 0.2486, 0.4527)$$

$$\omega_3 = (0.3107, 0.2870, 0.4022)$$

$$\omega_4 = (0.3008, 0.3450, 0.3542)$$

由于评价指标的权重向量为

$$\xi = (0.15, 0.3, 0.45, 0.1)'$$

因此,以4个评价指标为评选标准的3个科技人才综合得分值为 $value = (0.3054, 0.2803, 0.4143)$ 。

3个科技人才的排名结果依次为 $i_3 > i_1 > i_2$, 即 i_3 获得第一名, i_1 获得第二名, i_2 获得第三名。

与现有的文献相比,创新型人才评价以区间数形式给出且进行信息集结的问题研究非常少。本文在尊重专家原来意愿的基础上以简便的模型和算法综合每个专家的区间数信息。另外,文献[19]和文献[20]均是在OWA算子基础上变化后得到的新算子,归根结底就是加权集结,叠加过程容易产生信息失真。因此,并非任何情况都适合采取算子分析法集结区间数信息。本文的人工智能算法避免了此问题,可应用于任意多个专家意见不统一的随机区间数的集结。

5 结语

在创新型人才评价过程中,专家打分具有一定的主观性,为了实现公平、公正、公开,需要对各位专家给出的判断进行集结。如果遇到大群体、多指标的情形,无疑加大了信息总结的难度。本文吸纳以往的文献描述,确定了创新意识、创新人格、创新能力和智力4个大类作为标杆来评选出科技创新型人才的排名次序。针对专家以区间数对候选人打分的情况,建立非线性规划模型,通过模拟植物生长算法集中了每位科技人才关于每项评价指标的群决策偏好区间向量和矩阵,利用可能度和排序向量公式得到各候选人的最终排序。结果表明,该算法应用于决策评价,解决了涉及已知区间数情形下的群决策问题,具有简便、灵活的特点。

参考文献

- [1] Guilford J P. Traits of Creativity[M]. New York: New York Harper & Publisher, 1959:142-161.
- [2] Sternberg R J. 智力风格的本质[M]. 张丽芳,译. 上海: 上海人民出版社,2010.
- [3] Stanley J C. Varieties of Intellectual Talent[J]. Journal of Creative Behavior, 1997,31(2):90-120.
- [4] Henderson S J. Product Inventors and Creativity: the

Finer Dimensions of Enjoyment[J]. Creativity Research Journal, 2004,16(2):293-312.

- [5] Corn J. Finding and Grooming Breakthrough Innovators [J]. Harvard Business Review, 2008,86(12):63-68.
- [6] Dyer J, Gregersen H, Christensen T, et al. The Innovator's DNA[J]. Harvard Business Review, 2009,87(12): 51-71.
- [7] 王楠,何彬,秦颖. 四川省科技人才队伍建设的对策思考[J]. 软科学,2008,22(3):100-103.
- [8] 房国忠,王晓钧. 基于人格特质的创新型人才素质模型分析[J]. 东北师大学报:哲学社会科学版,2007(3): 106-108.
- [9] 谢小璐. 基于层次分析法的创新型人才评价研究[J]. 宁波广播电视大学学报,2012,10(3):89-91.
- [10] 李良成,杨国栋. 基于因子分析的广东省创新型科技人才竞争力评价[J]. 科技管理研究,2012(10):51-55.
- [11] 丁刚,罗暖. 我国省域科技创新人才队伍建设的现在评价与空间聚集效应研究——基于GPCA模型和ESDA方法[J]. 武汉理工大学学报:社会科学版,2012,25(4): 519-524.
- [12] 刑洁,刘芳. 基于遗传神经网络的天津滨海新区人才竞争力评价[J]. 科学管理研究,2012,30(3):97-100.
- [13] 李彤,宿伟玲,李磊. 单级与二级整数规划算法原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2007:53-78.
- [14] Sirjani R, Mohamed A, Shareef H. Optimal Capacitor Placement in a Radial Distribution System Using Harmony Search Algorithm[J]. Journal of Applied Sciences, 2010,10(23):2998-3006.
- [15] 李彤. 基于模拟植物生长的二级整数规划算法研究[D]. 天津:天津大学,2004.
- [16] Nakahara Y. User Oriented Ranking Criteria and Its Application to Fuzzy Mathematical Programming Problems[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998,94(3):275-286.
- [17] 李德清,谷云东. 一种基于可能度的区间数排序方法[J]. 系统工程学报,2008,23(2):243-246.
- [18] 徐泽水. 不确定多属性决策方法及应用[M]. 北京:清华大学出版社,2004:107-108.
- [19] José M M, Anna M G. Complex Group Decision Making Under Risk and Uncertainty[J]. Soft Computing in Management and Business Economics, 2012,286:81-93.
- [20] Liu J P, Lin S, Chen H Y, et al. The Continuous Quasi-OWA Operator and Its Application to Group Decision Making[J]. Group Decision and Negotiation, 2013,22 (4):715-738.