

基于感知效用的多阶段多属性匹配决策途径

林 杨^{1,2*}, 王应明²

(1. 福建师范大学 经济学院, 福州 350108; 2. 福州大学 经济与与管理学院, 福州 350116)

(* 通信作者电子邮箱 linyang42@163.com)

摘 要:针对当前双边匹配研究仅限于单阶段情形,提出一种多阶段多属性情形下的匹配决策方法。首先,根据主体给出的各阶段 orness 测度,建立以各阶段 orness 测度与所求的累积权重 orness 测度间的偏差和,以及各累积权重之间的最大离差,两者之和最小为准则计算得到匹配对象各属性的累积权重。然后,与专家给出的属性值加权集结得到其累积评价价值,进而依据逼近理想解法的思想测算匹配对象的累积评价价值与主体期望的正负理想值之间的吻合度,得到主体的感知效用并作为匹配依据。通过建立一种基于感知效用的双目标优化模型,使用极大极小法求解该模型获得匹配结果。最后,通过一个算例比较极大极小法与线性加权法,前者得到的双方损益效用差值(0.33)小于后者(0.36);另外,所提方法使较劣一方的损益效用达到最大。

关键词:多属性匹配决策;多阶段;orness 测度;累积权重;感知效用;极大极小法

中图分类号: TP311.5;C934 **文献标志码:** A

Approach for multi-period and multi-attribute matching decision based on perceived expectation

LIN Yang^{1,2*}, WANG Yingming²

(1. School of Economics, Fujian Normal University, Fuzhou Fujian 350108, China;

2. School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou Fujian 350116, China)

Abstract: The current research of bilateral matching problem is limited to single-period scenario. Aiming at the issue, an approach was proposed to study matching decision problem under multi-period and multi-attribute. First, through the orness, a measurement of Agent's preference, an optimal program was constructed to determine the cumulative weight of an Agent within each attribute. More specifically, the criteria of this program consisted of two parts: one part was to minimize the sum of deviation between an orness and corresponding cumulative weight of an Agent in different period; another part was to minimize the maximum disparity among cumulative weights of an Agent. Then, based on obtained cumulative weight, matching degree which represented by Agent's positive and negative ideal between the cumulative evaluation value and perceived expectation can be determined via the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Furthermore, a double-objective optimization model based on perceived expectation was constructed and the minimax method was used to solve this model for obtaining matching results. Finally, a numerical example was given to compare the minimax method with the linear weighting method. The results show that difference of profit and loss of utility obtained by the former method was 0.33, less than 0.36 that obtained by the latter method. Moreover, it also demonstrates the proposed method can maximize the profit and loss of utility of inferior side.

Key words: multi-attribute matching decision; multi-period; orness measurement; cumulative weight; perceived expectation; minimax method

0 引言

匹配决策是指参与匹配的双方主体在既定框架下进行双向(效用)评价与选择的过程。鉴于匹配在理论实践中的重要性与复杂性,自文献[1]针对男女婚配和北美大学录取问题提出“延迟接受机制”以来,学术界对匹配决策问题从不同视角运用不同方法进行了广泛研究,如双边拍卖问题^[2]、风投与创业企业匹配问题^[3]、电子中介的交易匹配问题^[4-5]、职工与职位匹配问题等^[6]。

匹配决策的开展有赖于双方对匹配方的准确评价,并根据评价结果测算匹配度再确定匹配对象^[7-8]。评价过程中双方一般考虑对方多个属性或指标,多属性匹配决策近年来得到许多学者的关注:文献[4,9]等针对电子中介多数量多属性商品交易问题,从基于改进模糊信息公理的角度计算匹配度,设计了基于 Prüfer 编码的多目标离散差分进化算法求解该问题;文献[10]考虑无差异区间型的多指标双边匹配问题,通过求解各指标值相对于主体期望值得到匹配度,得到双方的综合匹配度矩阵并将其作为匹配依据;文献[11]等研

收稿日期:2015-12-31;**修回日期:**2015-04-07。 **基金项目:**国家自然科学基金资助项目(71371053);国家杰出青年科学基金资助项目(70925004);福建师范大学青年教师成长基金资助项目(VH-059)。

作者简介:林杨(1983-),男,福建福州人,实验师,博士研究生,主要研究方向:最优化理论、实验经济学;王应明(1964-),男,江苏海安人,教授,博士,主要研究方向:决策理论与方法、数据包络分析。

究了权重不确定的多属性匹配问题,采用非线性优化方法求主体的属性权重,再确定匹配结果。

然而,上述研究均是建立在期望效用理论的基础上,假设决策者是完全理性的。为克服该不足,文献[3]考虑多种类型信息的多指标匹配问题,结合前景理论及交互式多准则决策方法计算双方的总体感知价值,在此基础上建立优化模型进行匹配;文献[12]通过建立双方主体的损益矩阵和前景决策矩阵,进一步通过使双方收益最大化得到匹配结果;此外,也有一些学者尝试对多属性评价信息为语言变量^[13]或为关联变量^[14]进行了分析研究。

已有研究丰富了多属性匹配决策的模型和方法,扩大了匹配决策的实际应用背景;然而,需要指出的是,已有的研究大都只考虑静态单阶段情形下的匹配过程,但现实中由于主体偏好的易变性、信息的时效性和决策环境不确定性等因素,匹配过程往往呈现出动态多阶段的特点^[15-16]。因此,要提高匹配决策的可靠度和准确度,最大限度真实反映主体的匹配偏好,有必要对多阶段情形下的匹配决策开展研究。本文提出一种考虑双方主体感知效用的多阶段多属性匹配决策途径。先建立计算得到属性累积权重的确定模型,该权重反映了权衡各阶段后主体对匹配方各属性偏好;再与给定的属性值加权得到累积评价价值,该值是匹配对象的实际的评价价值,借鉴逼近理想解法^[17] (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)的思想计算它与主体期望的理想值之间的距离,得到主体的感知效用;最后构建基于双方主体感知效用的优化模型并求解得到最终匹配结果。

1 问题描述及思路分析

1.1 预备知识

定义1^[18] 设 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 是一组加权向量,满足 $w_i \geq 0$ 且 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$; orness 测度定义为:

$$\text{orness}(W) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (n-i)w_i = 1 \quad (1)$$

其中 $\text{orness}(W) \in [0, 1]$ 。不同决策情境,该测度反映主体不同的偏好信息。多属性决策中,orness 测度反映了主体对属性权重的偏好:其值越接近于1,说明主体的重视程度越高^[19-20];其值越接近于0,说明主体的重视程度越低。多阶段(序列)决策中,orness 测度反映了主体对阶段权重的偏好,其含义类似。

1.2 问题描述

设存在双方集合 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ 参与匹配;其中, $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 是 A 集合第 i 个主体, $B_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 是 B 集合第 j 个主体,不失一般性令 $m \leq n$; 约定主体至多与一个对象相匹配; A 方属性集为 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_h\}$, B 方属性集为 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_g\}$; 匹配中存在 t 个决策阶段,经专家评价后给出 A_i 第 k 阶段的属性值为 $(a_{i1}^{(k)}, a_{i2}^{(k)}, \dots, a_{ih}^{(k)})$, B_j 第 k 阶段的属性值为 $(b_{j1}^{(k)}, b_{j2}^{(k)}, \dots, b_{je}^{(k)})$; 第 k 阶段 A_i 的 orness 值为 $\alpha_i^{(k)}$, B_j 的 orness 值为 $\beta_j^{(k)}$, $0 \leq \alpha_i^{(k)}, \beta_j^{(k)} \leq 1 (k = 1, 2, \dots, t)$; A_i 期望的正负理想值分别为 c_i^+, c_i^- , B_j 期望的正负理想值分别为 e_j^+, e_j^- 。

本文要解决的问题是:根据已知信息,如何确定最优匹配

方案。限于篇幅,文中所指的匹配、匹配方案的定义详见文献[8]。下文以 A_i 和 B_j 为例进行阐述。

1.3 研究思路

多阶段多属性匹配决策因积累了多个阶段信息,需要考虑所有阶段属性信息才能全面掌握匹配方的综合表现^[23]。由于主体对不同阶段属性信息的偏好存在差异,通过融合主体偏好,对各个阶段以及各个属性分别赋权再加权集结,是解决该问题的一般思路。但这会产生两个问题:1)如何确定阶段权重;2)如何确定阶段内的属性权重。

根据定义1,orness 测度不仅可表示主体对属性权重的偏好,也可以表示对阶段权重的偏好。单阶段多属性情形下,由给定的 orness 测度可获得相应的属性权重;多阶段多属性情形下,由各阶段 orness 测度构成的一组测度数据,包含着主体对于各个阶段、各个属性两方面的偏好信息。因此,对该组 orness 测度数据进行“挖掘”,就能直接求得主体对各属性的累积权重。该权重综合反映了集结阶段权重后主体对各属性的偏好。这样避开了求解两个问题的复杂过程。

根据 orness 测度确定累积权重,实际上也是主体对各阶段偏好的协调与博弈,一种常见的方法是通过最小化累积权重之间的最大离差^[20]。此外需注意的是,由多个 orness 测度集结生成的权重可能不唯一^[19]。而所求的属性累积权重应最大限度反映主体偏好,换句话说,累积权重对应的 orness 测度应与主体给出的该测度尽量接近。根据以上分析,以各阶段 orness 测度与累积权重对应的该测度之间的偏差和,以及累积权重间的最大离差,两者之和最小为优化准则,建立模型直接求得属性的累积权重。累积权重再与专家给出的属性评价价值加权集结,进而测算双方匹配度。最后,采用极大极小法(Minimax)最大化匹配双方的匹配度,即得到匹配方案。

2 匹配方法及模型

2.1 多阶段多属性权重的确定

已知 A_i 对于 B 方 t 个阶段的 orness 测度依次为 $\alpha_i^{(k)} (k = 1, 2, \dots, t)$; 设 A_i 对 B 方集结后的各属性累积权重为 $W_i^A = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ig})$, $w_{il} \geq 0$ 且 $\sum_{l=1}^g w_{il} = 1$ 。令:

$$\lambda_i^{(k)} = \text{orness}(W_i^A) - \alpha_i^{(k)}; k = 1, 2, \dots, t \quad (2)$$

$\lambda_i^{(k)}$ 是 W_i^A 对应的 orness 测度与 $\alpha_i^{(k)}$ 间的偏差值。 δ 是各属性累积权重之间的最大离差。根据上文分析,建立如下的多属性累积权重确定模型:

$$\begin{aligned} & \min \left(\sum_{k=1}^t (\lambda_i^{(k)})^2 + \delta \right) \\ \text{s. t. } & \lambda_i^{(k)} = \frac{1}{g-1} \sum_{l=1}^g (g-l)w_{il} - \alpha_i^{(k)}; 0 \leq \alpha_i^{(k)} \leq 1 \\ & w_{il} - w_{ih} - \delta \leq 0 \\ & w_{il} - w_{ih} + \delta \geq 0 \\ & w_{il} \geq 0, \sum_{l=1}^g w_{il} = 1 \end{aligned} \quad (3)$$

其中: $l = 1, 2, \dots, g-1, h = l+1, \dots, g$ 。模型(3)等价于以下两阶段优化模型,第一阶段优化模型(4)为:

$$\min \left(Z = \sum_{k=1}^t (\lambda_i^{(k)})^2 \right) \quad (4)$$

$$\text{s. t. } \lambda_i^{(k)} = \frac{1}{g-1} \sum_{l=1}^n (g-l) w_{il} - \alpha_i^{(k)}; 0 \leq \alpha_i^{(k)} \leq 1$$

$$w_{il} \geq 0, \sum_{l=1}^g w_{il} = 1$$

第二阶段优化模型(5)为:

$$\min \delta \quad (5)$$

$$\text{s. t. } \sum_{k=1}^t (\lambda_i^{(k)})^2 = Z^*$$

$$\lambda_i^{(k)} = \frac{1}{g-1} \sum_{l=1}^n (g-l) w_{il} - \alpha_i^{(k)}; 0 \leq \alpha_i^{(k)} \leq 1$$

$$w_{il} - w_{ih} - \delta \leq 0$$

$$w_{il} - w_{ih} + \delta \geq 0$$

$$w_{il} \geq 0, \sum_{l=1}^g w_{il} = 1$$

其中: $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; Z^*$ 为模型(4)的最优解。

推论1 当且仅当 $\alpha_i^{(k)} \leq \frac{2g-1}{3(g-1)} (k = 1, 2, \dots, t)$, 模型(4)存在最优解。

证明 经等式变换, 有 $w_{il} = w_{ig} + (g-l)\delta$, 而 $\sum_{l=1}^g w_{il} = 1$, 代入得 $\delta = \frac{2(1-g w_{ig})}{g(g-1)}$; 又因 $\alpha_i^{(k)} = \frac{1}{g-1} \sum_{l=1}^n (g-l) w_{il} = \frac{1}{g-1} \sum_{l=1}^g (g-l) [w_{ig} + (g-l)\delta] = \frac{1}{g-1} \left[\frac{2g-1}{3} - \frac{g(g+1)}{6} w_{ig} \right]$; 则当 $\alpha_i^{(k)} \leq \frac{2g-1}{3(g-1)}$ 时, $w_{ig} \geq 0$ 。模型(4)的约束条件成立, 则模型(4)存在最优解。证毕。

推论2 若模型(4)存在最优解, 则模型(3)也存在最优解。

证明 令模型(4)的最优解为 Z^* , 则在 Z^* 处模型(5)的可行域非空。根据 Z^* 知至少存在一组可行解 $(w_{il}, \delta) (l = 1, 2, \dots, g)$, 满足模型(5); 由两阶段法知模型(5)的最优解同模型(3), 所以模型(3)必存在最优解。证毕。

2.2 使用 TOPSIS 计算感知效用

得到 A_i 对于 B 方的属性累积权重后, 进而测算双方的匹配度。匹配度本质上是主体对匹配方综合权衡考虑后所能感知到的损益效用^[21]。

令 A_i 对 B_j 的感知效用为 CR_{ij}^A 。 CR_{ij}^A 是 A_i 根据 B_j 分布于 t 个阶段, 每个阶段 g 个属性经加权平均后得到的累积评价价值 $(b_{j1}, b_{j2}, \dots, b_{jg})$, 与 A_i 期望的正、负理想值比较后所感知到的损益效用。 CR_{ij}^A 越接近于1, 说明 A_i 对 B_j 的感知效用与 A_i 的期望越吻合, 因此二者的匹配度也越高; 反之若 CR_{ij}^A 接近于0, 则二者的匹配度越低。

已知 A_i 期望的正、负理想值分别是 c_i^+ 和 c_i^- ; B_j 第 k 阶段第 q 个属性的评价值为 $b_{jq}^{(k)} (q = 1, 2, \dots, g, k = 1, 2, \dots, t)$ 。集结 t 个阶段的累积评价价值 $b_{jq} = \frac{1}{t} \sum_{k=1}^t b_{jq}^{(k)} (q = 1, 2, \dots, g)$ 。根据 TOPSIS 法, 感知效用 CR_{ij}^A 的计算式为:

$$CR_{ij}^A = D_{ij}^- / (D_{ij}^- + D_{ij}^+) \quad (6)$$

D_{ij}^+, D_{ij}^- 分别是 A_i 对 B_j 的累积评价价值到 A_i 期望正、负理想值的距离:

$$\begin{cases} D_{ij}^- = \sqrt{\sum_{q=1}^g [w_{iq} (b_{jq} - c_i^-)]^2} \\ D_{ij}^+ = \sqrt{\sum_{q=1}^g [w_{iq} (b_{jq} - c_i^+)]^2} \end{cases} \quad (7)$$

类似地, 可以计算 B_j 对 A_i 的感知效用 $CR_{ji}^B (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$ 。

2.3 优化模型的建立

得到双方主体感知效用后, 设矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$, 其中 x_{ij} 为0-1决策变量, $x_{ij} = 1$ 表示 A_i 与 B_j 匹配; $x_{ij} = 0$ 表示 A_i 与 B_j 未匹配。最大化各方已匹配主体的感知效用和为决策目标, 可建立目标优化模型(8)如下:

$$\max \{Z_1(X), Z_2(X)\} \quad (8)$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1; j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} = 0 \text{ 或 } 1; i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

其中: $Z_1(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n CR_{ij}^A x_{ij}$, $Z_2(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n CR_{ji}^B x_{ij}$ 为模型的双目标函数。三个约束条件分别表示: 1) A_i 至多与 B 集合中一个主体匹配; 2) B_j 或与 A 集合中一个主体匹配, 或未匹配; 3) x_{ij} 的取值范围。然后, 采用极大极小法^[22], 将模型(8)化为如下单目标优化模型:

$$\max \mu \quad (9)$$

$$\text{s. t. } 2\mu_k + \sum_{k=1}^2 u_k - 4\mu \geq 0; k = 1, 2$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1; j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} = 0 \text{ 或 } 1; i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

其中: $\mu_k = \frac{Z_k - \inf(Z_k)}{\sup(Z_k) - \inf(Z_k)}$; $\sup(\cdot)$ 、 $\inf(\cdot)$ 分别为 Z_k 在矩阵 X 内取到的上下界值^[22]。由于模型(9)的目标函数及约束条件均是线性的, 可使用整数规划方法求解^[23]; 另外, 也可使用 Excel Solver 2007 或 Lingo10.0 等优化软件包求解。

3 算例分析

3.1 计算步骤

设某市高新技术产业园有6家应用软件公司(记 A_1, A_2, \dots, A_6)和5家网游服务公司(B_1, B_2, \dots, B_5)参加由市政府和管委会联合主办的软件外包合作会。因存在限额, 主办方规定每家公司至多选择一家合作方。各公司对合作方资质水平有着不同的正负期望值, 分别记为 c_i^+, c_i^- (见表1)。由于缺乏合作基础, 主办方聘请专家、企业顾问等专业人士对每家公司在2011—2013三个年度的相关指标进行综合评估以增进了解。根据历史经验和市场调查, 专家对网络游戏公司从企业规模(d_1)、管理能力(d_2)、前期项目回报率(d_3)和历史信誉(d_4)四个方面进行评价; 对应用软件开发公司从技术水平(o_1)、研发能力(o_2)、财务运营能力(o_3)和售后服务(o_4)进行评价(详细评价信息如表2)。另外, 由于各公司对不同阶段信息的偏好存在差异, 约定以 orness 测度(表3)。根据收到的

双方反馈信息,主办方以合作双方吻合度最大为准则,决定匹配方案。

将本文提出的匹配决策方法用于解决该问题,具体步骤为:

第1步 根据2.1节建立属性累积权重确定模型,得到各方关于匹配方各指标累积权重。结合表2中的数据运用模型(3)进行计算,得到的结果如表5所示。

表1 双方各成员期望的理想值

期望值	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
c^+	0.88	0.85	0.72	0.88	0.75	0.78	0.80	0.78	0.75	0.85	0.88
c^-	0.35	0.38	0.25	0.40	0.30	0.35	0.28	0.32	0.35	0.25	0.38

表2 2011—2013年A方成员各指标值

年份	指标	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
2011	d_1	0.75	0.85	0.50	0.81	0.63	0.72
	d_2	0.65	0.72	0.45	0.77	0.61	0.58
	d_3	0.71	0.94	0.85	0.85	0.87	0.61
	d_4	0.91	0.83	0.73	0.61	0.91	0.74
2012	d_1	0.80	0.90	0.91	0.90	0.85	0.54
	d_2	0.90	0.85	0.40	0.85	0.90	0.68
	d_3	0.85	0.80	0.84	0.95	0.85	0.45
	d_4	0.86	0.75	0.53	0.79	0.80	0.85
2013	d_1	0.57	0.89	0.51	0.81	0.76	0.46
	d_2	0.72	0.58	0.68	0.85	0.92	0.93
	d_3	0.52	0.67	0.83	0.89	0.85	0.57
	d_4	0.77	0.91	0.75	0.64	0.39	0.77

表3 2011—2013年B方成员各指标值

年份	指标	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
2011	o_1	0.61	0.75	0.87	0.66	0.92
	o_2	0.87	0.84	0.58	0.74	0.64
	o_3	0.72	0.93	0.69	0.98	0.71
	o_4	0.87	0.49	0.79	0.73	0.48
2012	o_1	0.81	0.50	0.73	0.59	0.75
	o_2	0.58	0.74	0.65	0.58	0.61
	o_3	0.91	0.62	0.86	0.85	0.62
	o_4	0.77	0.72	0.84	0.63	0.73
2013	o_1	0.54	0.69	0.71	0.86	0.87
	o_2	0.77	0.67	0.55	0.64	0.93
	o_3	0.66	0.89	0.59	0.47	0.44
	o_4	0.87	0.44	0.41	0.60	0.83

表4 双方成员的 orness 测度值

年份	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
2011	0.455	0.418	0.503	0.475	0.649	0.595	0.397	0.642	0.621	0.488	0.536
2012	0.757	0.629	0.580	0.563	0.494	0.448	0.653	0.585	0.411	0.471	0.607
2013	0.513	0.525	0.662	0.349	0.677	0.581	0.371	0.451	0.578	0.605	0.722

表5 双方成员的累积权重

累积权重	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
w_1	0.481	0.366	0.396	0.307	0.409	0.336	0.387	0.376	0.359	0.345	0.450
w_2	0.327	0.289	0.299	0.269	0.303	0.279	0.296	0.293	0.286	0.282	0.317
w_3	0.173	0.211	0.201	0.231	0.197	0.222	0.204	0.207	0.214	0.219	0.183
w_4	0.019	0.134	0.104	0.193	0.091	0.165	0.112	0.122	0.141	0.156	0.050

第2步 使用2.2节阐述的考虑主体期望的TOPSIS法计算感知效用。依据表1所示双方的正负理想值,使用式(3)、(4)参与运算,得到每家公司关于匹配方各公司的感知效用,如表6、7所示。

表6 A方成员对匹配方的感知效用

A方成员	B方成员				
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	0.520	0.502	0.510	0.499	0.687
A_2	0.519	0.497	0.506	0.497	0.694
A_3	0.814	0.764	0.765	0.829	0.785
A_4	0.465	0.447	0.456	0.443	0.644
A_5	0.743	0.697	0.703	0.739	0.779
A_6	0.649	0.611	0.620	0.633	0.758

第3步 根据极大极小法建立单目标优化模型:

$$\begin{aligned} \max \mu \\ \text{s. t. } 2\mu_1 + u_1 + u_2 - 4\mu \geq 0 \\ 2\mu_2 + u_1 + u_2 - 4\mu \geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^5 x_{ij} &= 1; i = 1, 2, \dots, 6 \\ \sum_{i=1}^6 x_{ij} &\leq 1; j = 1, 2, \dots, n \\ x_{ij} &= 0 \text{ 或 } 1; i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

其中: $i = 1, 2, \dots, 6; j = 1, 2, \dots, 5$; 依据式(10)运算得 $u_1 = 0.750, u_2 = 0.043$ 。

表7 B方成员对匹配方的感知效用

B方成员	A方成员					
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0.453	0.486	0.715	0.480	0.426	0.523
B_2	0.435	0.458	0.573	0.451	0.404	0.777
B_3	0.432	0.430	0.809	0.422	0.389	0.684
B_4	0.451	0.500	0.204	0.496	0.430	0.237
B_5	0.338	0.411	0.649	0.409	0.328	0.769

第4步 求解上述模型得到匹配结果。使用Excel Solver 2007 计算得: $\mu = 0.218; x_{12} = x_{24} = x_{33} = x_{51} = x_{65} = 1$; 其他 $x_{ij} = 0$, 即 A_1 与 B_2 、 A_2 与 B_4 、 A_3 与 B_3 、 A_5 与 B_1 、 A_6 与 B_5 相匹配; A_4 未匹配。

3.2 方法对比

文献[8,10,12,14]在建立求解双边匹配问题的多目标优化模型时,均使用线性加权法将多目标优化模型转化为单目标优化模型,然后最大化双方主体的损益效用(满意度)之

和求解模型获得结果。以文献[8]的方法为例,与本文采用的极大极小法进行对比。将表6、表7中双方的感知效用作为文献[8]定义的主体损益值,不妨令双方在匹配中的权重相等,均等于0.5,则两种方法得到的匹配结果见表8。

表8 方法对比结果

方法	匹配结果	A方损益值	B方损益值	双方损益值
文献[8]方法	$(A_1, B_2), (A_2, B_1), (A_3, B_3), (A_5, B_4), (A_6, B_5)$	3.280	2.920	3.100
本文方法	$(A_1, B_2), (A_2, B_4), (A_3, B_3), (A_5, B_1), (A_6, B_5)$	3.260	2.930	3.095

不难看出,使用文献[8]的方法, A_2 与 B_1 匹配, A_5 与 B_4 匹配,这两组与本文的匹配结果不同。本文方法得到的双方主体满意度和略小。这是因为极大极小法保证最劣目标函数达到最优从而确定最优解。因此在匹配过程中,它使损益效用(满意度)之和较小的一方达到最大,在某种程度上本文方法有利于均衡双方的损益效用。另外需指出的是,文献[8]的方法先要人为设定各目标函数的权重值,权重不同时得到的损益值也不同;而本文方法无需确定目标权重,得到的结果具有唯一性。

4 结语

针对多阶段多属性双边匹配决策问题,提出一种考虑主体感知效用的决策方法。具体地,先求得多阶段情形下主体偏好的属性累积权重,以各阶段的 orness 测度与累积权重对应的 orness 测度之间的偏差和,以及累积权重间的最大离差,两者之和最小为准则计算得到。进而与专家给出的属性值加权得到累积评价价值,然后采用 TOPSIS 法计算匹配对象的实际评价价值与主体期望的理想值之间的差距,从而获得主体的感知效用。感知效用反映了主体权衡匹配方案后所感知到的损益效用,是双方匹配的依据。最后,构建一种双目标优化模型,并使用极大极小法求解得到匹配方案,该匹配方案使双方中目标函数较劣一方达到最优,缩小了与另一方损益值的差距。但本文未考虑阶段之间的关联情况,今后将进一步考虑多阶段间存在关联信息下的匹配决策方法。

参考文献:

- [1] GALE D, SHAPLEY L S. College admissions and the stability of marriage [J]. American Mathematical Monthly, 1962, 69(1): 9 - 15.
- [2] NICOLAISEN J, PETROV V, TESFATSION L. Market power and efficiency in a computational electricity market with discriminatory double-auction pricing [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2001, 5(5): 504 - 523.
- [3] WAN S, LI D. Decision making method for multi-attribute two-sided matching problem between venture capitalists and investment enterprises with different kinds of information [J]. Chinese Journal of Management Science, 2014, 22(2): 40 - 47. (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.)
- [4] JIANG Z-Z, IP W H, LAU H C W, et al. Multi-objective optimization matching for one-shot multi-attribute exchanges with quantity discounts in E-brokerage [J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(4): 4169 - 4180.
- [5] RAGONE A, STRACCIA U, NOIA T D, et al. Fuzzy matchmaking in e-marketplaces of peer entities using Datalog [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2009, 160(2): 251 - 268.
- [6] LIN H-T. A job placement intervention using fuzzy approach for two-way choice [J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(2): 2543 - 2553.
- [7] ECHENIQUE F. What matchings can be stable? The testable implications of matching theory [J]. Mathematics of Operations Research, 2008, 33(3): 757 - 768.
- [8] YUE Q, FAN Z. Decision method for two-sided matching based on cumulative prospect theory [J]. Journal of Systems Engineering, 2013, 28(1): 38 - 46. (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):38-46.)
- [9] JIANG Z, FAN Z, WANG D, et al. Matching model and algorithm for multi-unit multi-attribute exchanges with fuzzy information in E-brokerage [J]. Journal of Management Science in China, 2014, 17(5): 52 - 65. (蒋忠,樊治平,汪定伟,等.具模糊信息的多数量多属性电子交易匹配问题[J].管理科学学报,2014,17(5):52-65.)
- [10] YUE Q. Indifference interval multiple criteria matching decision method [J]. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(1): 41 - 47. (乐琦.无差异区间型多指标匹配决策方法[J].系统工程学报,2014,29(1):41-47.)
- [11] ZHANG Z, GUO C-H. A hybrid multiple attributes two-sided matching decision making method with incomplete weight information [C]// BF11: Proceedings of the 2011 International Conference on Brain informatics, LNCS 6889. Berlin: Springer, 2011: 272 - 283.
- [12] CHEN X, HAN J, ZHANG X. Method for multiple attribute matching decision making considering matching body's psychological aspiration and perception [J]. Control and Decision, 2014, 29(11): 2027 - 2033. (陈希,韩菁,张晓.考虑心理期望与感知的多属性匹配决策方法[J].控制与决策,2014,29(11):2027-2033.)
- [13] HUYNH V-N, NAKAMORI Y. A satisfactory-oriented approach to multiexpert decision-making with linguistic assessments [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, 2005, 35(2): 184 - 196.
- [14] CHEN X, FAN Z, HAN J. Method for two-sided matching decision making considering correlated index [J]. Operations Research and Management Science, 2012, 21(6): 94 - 99. (陈希,樊治平,韩菁.考虑关联性指标的双边匹配决策方法[J].运筹与管理,2012,21(6):94-99.)

- lation [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, 2012; 6(41): 1627–1638.
- [9] RAINA R, NG A Y, KOLLER D. Constructing informative priors using transfer learning [C]// Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning. New York: ACM, 2006: 713–720.
- [10] DAI W, XUE G, YANG Q, *et al.* Transferring native Bayes classifiers for text classification [C]// Proceedings of the 22nd AAAI Conference on Artificial Intelligence. Menlo Park: AAAI Press, 2007: 540–545.
- [11] DAI W, XUE G, YANG Q, *et al.* Co-clustering based classification for out-of-domain documents [C]// Proceedings of the 13th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM, 2007: 210–219.
- [12] ARNOLD A, NALLAPATI R, COHEN W. A comparative study of methods for transductive transfer learning [C]// Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Data Mining Workshops. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2007: 77–82.
- [13] KALE D, LIU Y. Accelerating active learning with transfer learning [C]// Proceedings of the 2013 IEEE 13th International Conference on Data Mining. Piscataway: IEEE, 2013: 1085–1090.
- [14] OYEN D, LANE T. Bayesian discovery of multiple Bayesian networks via transfer learning [C]// Proceedings of the 2013 IEEE 13th International Conference on Data Mining. Piscataway: IEEE, 2013: 577–586.
- [15] WUP, DIETTERIEH G. Improving svm accuracy by training on auxiliary data sources [C]// Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2004: 871–878.
- [16] ANDO S, SUZUKI E. Unsupervised cross-domain learning by interaction information co-clustering [C]// Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining. Piscataway: IEEE, 2008: 13–22.
- [17] KAMISHIMA T, HAMASAKI M, AKAHO S. TrBagg: A simple transfer learning method and its application to personalization in collaborative tagging [C]// Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Data Mining. Piscataway: IEEE, 2009: 219–228.
- [18] ZHANG Y, YEUNG D. Transfer metric learning by learning task relationships [C]// Proceedings of the 16th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM, 2010: 1199–1208.
- [19] CHEN B, LAM W, TSANG I, *et al.* Extracting discriminative concepts for domain adaptation in text mining [C]// Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM, 2009: 179–188.
- [20] WANG P, DOMENICONI C, HU J. Using Wikipedia for co-clustering based cross-domain text classification [C]// Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining. Piscataway: IEEE, 2008: 1085–1090.
- [21] GAO J, FAN W, JIANG J, *et al.* Knowledge transfer via multiple model local structure mapping [C]// Proceedings of the 14th ACM International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM, 2008: 283–291.
- [22] ARNOLD A, NALLAPATI R, COHEN W. Exploiting feature hierarchy for transfer learning in named entity recognition [C]// Proceedings of the 2008 Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Stroudsburg: Association for Computational Linguistics, 2008: 245–253.
- [23] RICHMAN A, SCHONE P. Mining wiki resources for multilingual named entity recognition [C]// Proceedings of the 2008 Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Stroudsburg: Association for Computational Linguistics, 2008: 1–9.
- [24] GOLDWASSER D, ROTH D. Active sample selection for named entity transliteration [C]// Proceedings of the 46th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Stroudsburg: Association for Computational Linguistics, 2008: 53–56.
- [25] PING Y. Research on clustering and text categorization based on support vector machine [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2012. (平源. 基于支持向量机的聚类及文本分类研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2012.)

(上接第1632页)

- [15] ZHU J, LIU S, LI H, *et al.* Aggregation approach of multiple stages multiple judgment preferences styles in group decision making [J]. Control and Decision, 2008, 23(7): 730–734. (朱建军, 刘思峰, 李洪伟, 等. 群决策中多阶段多元判断偏好的集结方法研究[J]. 控制与决策, 2008, 23(7): 730–734.)
- [16] ZHANG F, GUO Y, YI P. Multi-phase interactive group evaluation method based on rank correlation analysis [J]. Journal of Systems Engineering, 2011, 26(5): 702–709. (张发明, 郭亚军, 易平涛. 序关系分析下的多阶段交互式群体评价方法[J]. 系统工程学报, 2011, 26(5): 702–709.)
- [17] LAI Y J, LIU T Y, HWANG C L. TOPSIS for MODM [J]. European Journal of Operational Research, 1994, 76(3): 486–500.
- [18] YAGER R R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1988, 18(1): 183–190.
- [19] WANG Y-M, LUO Y, HUA Z. Aggregating preference rankings using OWA operator weights [J]. Information Sciences, 2007, 177(16): 3356–3363.
- [20] WANG Y-M, PARKAN C. A minimax disparity approach for obtaining OWA operator weights [J]. Information Sciences, 2005, 175(1/2): 20–29.
- [21] HAO J, ZHU J, LIU S. Aggregation of multi-stage uncertain linguistic evaluation information based on Orness [J]. System Engineering – Theory and Practice, 2013, 33(11): 2866–2873. (郝晶晶, 朱建军, 刘思峰. 基于 Orness 测度的多阶段不确定语言信息优化集结[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(11): 2866–2873.)
- [22] LI D. Fuzzy multiobjective many-person decision making and game [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2003: 75–77. (李登峰. 模糊多目标多人决策与对策[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003: 75–77)
- [23] WANG Y-M, PARKAN C. A preemptive goal programming method for aggregating OWA operator weights in group decision making [J]. Information Sciences, 2007, 177(8): 1867–1877.