文章编号: 1001-0920(2011)03-0327-05

区间互补判断矩阵可接受一致性

徐迎军, 张玉忠, 魏翠萍

(曲阜师范大学 运筹与管理学院，山东 日照 276826)

摘 要: 对区间互补判断矩阵的一致性进行研究, 提出一种新的可接受一致性定义, 将不满足可接受一致性的矩阵较容易地修正为可接受一致性矩阵. 基于凸组合方法, 一族明晰数互补判断矩阵的权重向量可被用来求取可接受一致性区间互补判断矩阵的区间权重, 并提出了求取可接受一致性区间互补判断矩阵区间权重向量的算法. 数值例子显示了所提出的可接受一致性定义以及算法的可行性和有效性.

关键词: 区间互补判断矩阵；可接受一致性；权重

中图分类号: C934 **文献标识码:** A

Acceptable consistency analysis of interval complement comparison matrices

XU Ying-jun, ZHANG Yu-zhong, WEI Cui-ping

(Operational Research and Management College，Qufu Normal University，Rizhao 276826，China．Correspondent: XU Ying-jun，E-mail：xuyingjun5007@sina.com)

Abstract：This paper presents an new definition of acceptably consistent interval complement comparison matrix. An interval complement comparison matrix with unacceptable consistency can be easily adjusted such that the revised matrix possesses acceptable consistency. By utilizing a convex combination method, a family of crisp complement comparison matrices with acceptable consistency can be obtained, whose weights are aggregated to obtain interval weights from an acceptably consistent interval complement comparison matrix. Based on the possibility degree formula, the ranking of interval weights can be derived. An algorithm for generating the weights from acceptably consistent interval complement comparison matrices is proposed. Illustrated examples are presented to show the feasibility and effectiveness of the definition and algorithm.

Key words：interval complement comparison matrix；acceptable consistency；weight

1 引 言

决策分析中, 由于问题的复杂性, 专家往往很难或无法直接给出所有方案的排序结果[1], 但一次只对2个方案进行比较则相对容易得多. 因此, 研究者往往对专家给出的两两方案比较的判断矩阵进行研究, 进而求得方案集的整体排序结果. 传统的数字判断矩阵主要有2种形式: 互反判断矩阵[2-3]和互补判断矩阵[4-5]. 在实践应用中, 由于决策问题的复杂性和人的思维判断的不确定性, 在单一准则下, 决策者虽然能确定第i个元素比第j个元素重要, 但对重要的强度往往不能作出确定的判断. 在这种情况下, 决策者的思维判断用模糊数或区间数来反映更为合理, 此时所得到的判断矩阵为模糊数判断矩阵或区间数判断矩阵[6]. 区间数判断矩阵可划分为区间数互反判断矩阵[7-8]和区间数互补判断矩阵[9-12]. 区间数判断矩阵是否满足一致性将直接影响排序结果的合理性, 因此区间数判断矩阵的一致性是一个重要的研究课题.

目前, 有关区间数互反判断矩阵的研究已经比较完善, 而研究区间数互补判断矩阵一致性的文献则较少, 理论尚不完善. 为此, 本文针对区间数互补判断矩阵, 提出一种新的可接受一致性定义, 并介绍了求取可接受一致性区间互补判断矩阵区间权重的方法. 算例分析表明, 所提出的可接受一致性定义及其方法是可行而有效的.

收稿日期: 2009-12-11；**修回日期:** 2010-02-20.

基金项目: 国家自然科学基金项目(10671108).

作者简介: 徐迎军(1974−), 男, 讲师, 博士生, 从事决策理论与应用、信息融合等研究；张玉忠(1964−), 男, 教授, 博士生导师, 从事管理运筹学、组合优化等研究.

2 准备知识

定义 1 对于明晰数判断矩阵 $B=(b_{ij})_{n\times n}, b_{ij}\in R,\ i,j=1,2,\cdots,n$, 若满足

$$0\leqslant b_{ij}\leqslant 1,\ b_{ij}+b_{ji}=1,\ i,j=1,2,\cdots,n, \tag{1}$$

则称矩阵 B 是明晰数互补判断矩阵, 简称互补判断矩阵[13].

b_{ij} 为方案 x_i 与 x_j 相比的偏好程度, 具体规定:

1) $b_{ij}=0.5$, 表示 x_i 与 x_j 同样重要, 记为 $x_i\sim x_j$;

2) $0\leqslant b_{ij}<0.5$, 表示 x_j 比 x_i 重要, 记为 $x_j\succ x_i$, 且 b_{ij} 越小, x_j 比 x_i 越重要;

3) $0.5<b_{ij}\leqslant 1$, 表示 x_i 比 x_j 重要, 记为 $x_i\succ x_j$, 且 b_{ij} 越大, x_i 比 x_j 越重要.

定义 2 对于互补判断矩阵 $B=(b_{ij})_{n\times n}$, 若满足

$$b_{ij}=b_{ik}-b_{jk}+0.5,\ i,j,k=1,2,\cdots,n, \tag{2}$$

则称矩阵 B 具有完全一致性, 简称一致性[14].

记 $x_i \underset{b_{ij}}{\succsim} x_j$ 表示决策者认为方案 x_i 不劣于方案 x_j, 即 $x_i\succ x_j$ 或 $x_i\sim x_j$. 记 $N=\{1,2,\cdots,n\}$.

定义 3 设 $B=(b_{ij})_{n\times n}$ 是互补判断矩阵, 若 B 中存在 $m(2\leqslant m\leqslant n)$ 个不小于 0.5 的元素, 使得 $x_{u_1} \underset{p_{u_1u_2}}{\succsim} x_{u_2} \underset{\cdots}{\succsim}\cdots\underset{\cdots}{\succsim} x_{u_i} \underset{p_{u_iu_j}}{\succsim} x_{u_j} \underset{\cdots}{\succsim}\cdots\underset{\cdots}{\succsim} x_{u_1}, u_i\in N$, 并在该方案优劣循环链中至少有一个是优于关系 “$\succ$”, 则称互补判断矩阵 B 不具有可接受一致性; 否则, 称矩阵 B 具有可接受一致性, 或称矩阵 B 是一致性可接受矩阵[1].

直接根据定义 3 判断一互补判断矩阵是否具有可接受一致性比较困难. 下面介绍文献 [1] 提出的检验互补判断矩阵是否满足可接受一致性的方法.

定义 4 称如下矩阵 T 为互补判断矩阵 B 的可达矩阵[1]:

$$T=Q\dotplus Q^2\dotplus\cdots\dotplus Q^n. \tag{3}$$

其中矩阵 $Q=(q_{ij})_{n\times n}$ 的元素定义如下:

$$q_{ij}=\begin{cases}1,\ b_{ij}\geqslant 0.5,\ i\neq j;\\ 0,\ b_{ij}<0.5,\ i\neq j;\\ 0,\ b_{ij}=0.5,\ i=j.\end{cases} \tag{4}$$

式中 “$\dotplus$” 表示布尔运算符的 “和”, 其布尔运算规则定义为 $0\dotplus 0=0, 0\dotplus 1=1, 1\dotplus 0=1, 1\dotplus 1=1$.

由图论的相关知识可知, 矩阵 $Q=(q_{ij})_{n\times n}$ 可理解为有 n 个顶点的非自环有向图的相邻矩阵, 并且有向图中每个顶点对应于各个方案, 从顶点 i 到顶点 j 的有向弧表示方案 x_i 优于方案 x_j.

定理 1 若可达矩阵 T 的对角线上存在为 1 的元素, 则矩阵 B 不具有可接受一致性; 否则, 矩阵 B 具有可接受一致性[1].

对于矩阵 $B=(b_{ij})_{n\times n}$, 构造如下数学变换:

$$r_{ij}=0.5+\frac{1}{n}\Big(\sum_{l=1}^{n}b_{il}-\sum_{l=1}^{n}b_{jl}\Big),\quad \forall\, i,j=1,2,\cdots,n, \tag{5}$$

则得到矩阵 $R=(r_{ij})_{n\times n}$.

定义 5 称矩阵 $C=(c_{ij})_{n\times n}$ 为互补判断矩阵 $B=(b_{ij})_{n\times n}$ 的偏差矩阵, 其中矩阵 C 的元素定义如下[1]:

$$c_{ij}=b_{ij}-r_{ij},\ \forall i,j=1,2,\cdots,n. \tag{6}$$

互补判断矩阵 B 的可接受一致性改进方法可按如下步骤进行:

算法 1 互补判断矩阵 B 的可接受一致性算法.

Step 1: 根据式 (3) 和 (4), 求出矩阵 B 的可达矩阵 T, 并依据定理 1, 若 B 具有可接受一致性, 则转 Step 6; 否则, 转 Step 2.

Step 2: 根据式 (5) 构造具有完全一致性的矩阵 $R=(r_{ij})_{n\times n}$, 并根据式 (6) 求出判断矩阵 B 的偏差矩阵 $C=(c_{ij})_{n\times n}$.

Step 3: 找出矩阵 C 中使 $|c_{ij}|(\forall\, i,j=1,2,\cdots,n)$ 达到最大值的 i,j, 记为 k,t.

Step 4: 若 $c_{kt}>0$, 则令 $b'_{kt}=b_{kt}-\lambda, b'_{tk}=b_{tk}+\lambda$; 若 $c_{kt}<0$, 则令 $b'_{kt}=b_{kt}+\lambda, b'_{tk}=b_{tk}-\lambda$. λ 一般可取 0.05.

Step 5: 令 $b'_{ij}=b_{ij}, \forall\, i,j=1,2,\cdots,n$, 且 $i,j\neq k,t$, 并将矩阵 $B'=(b'_{ij})_{n\times n}$ 记为 B, 转 Step 1.

Step 6: 结束.

3 可接受一致性分析

定义 6 设区间判断矩阵 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$, 其中 $\tilde{b}_{ij}=[b_{lij},b_{uij}], \tilde{b}_{ji}=[b_{lji},b_{uji}]$. 若 $0\leqslant b_{lij}\leqslant b_{uij}, b_{lij}+b_{uji}=b_{uij}+b_{lji}=1, \forall\, i,j\in N$, 则称矩阵 $\tilde{B}$ 是区间互补判断矩阵[15].

对于区间互补判断矩阵 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$, 定义 2 个导出矩阵 $L=(l_{ij})_{n\times n}$ 和 $U=(u_{ij})_{n\times n}$ 如下:

$$l_{ij}=\begin{cases}b_{lij},\ i<j;\\ 0.5,\ i=j;\\ b_{uij},\ i>j.\end{cases}\quad u_{ij}=\begin{cases}b_{uij},\ i<j;\\ 0.5,\ i=j;\\ b_{lij},\ i>j.\end{cases} \tag{7}$$

定义 7 设判断矩阵 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 是区间互补判断矩阵, 相应的导出矩阵如式 (7) 所示. 若 L 和 U 分别是一致性可接受互补判断矩阵, 则称 $\tilde{B}$ 是一致性可接受区间互补判断矩阵.

记 $D(\alpha)(\alpha\in[0,1])$ 如下:

$$D(\alpha)=(d_{ij}(\alpha))_{n\times n}=(\alpha l_{ij}+(1-\alpha)u_{ij})_{n\times n}. \tag{8}$$

定理 2 设 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 为区间互补判断矩阵,

矩阵 L,U 以及 $D(\alpha)$ 分别是通过式 (7) 和 (8) 构造的相关矩阵, 则有:

1) 对于任意 $\alpha\in[0,1]$, $d_{ij}(\alpha)\in[b_{lij},b_{uij}]$, $i,j=1,2,\cdots,n$;

2) L 和 U 都是互补判断矩阵;

3) 对于任意 $\alpha\in[0,1]$, $D(\alpha)$ 是互补判断矩阵.

证明 1) 对于任意 $\alpha\in[0,1]$, 当 $i<j$ 时, $d_{ij}(\alpha)=\alpha l_{ij}+(1-\alpha)u_{ij}=ab_{lij}+(1-\alpha)b_{uij}$, 从而 $d_{ij}(\alpha)\in[b_{lij},b_{uij}]$; 当 $i=j$ 时, $d_{ij}(\alpha)=0.5\alpha+0.5(1-\alpha)=0.5\in[b_{lij},b_{uij}]$; 当 $i>j$ 时, $d_{ij}(\alpha)=\alpha l_{ij}+(1-\alpha)u_{ij}=ab_{uij}+(1-\alpha)b_{lij}$. 同样可得 $d_{ij}(\alpha)\in[b_{lij},b_{uij}]$. 2) $\forall i,j\in N$, $0\leqslant l_{ij}\leqslant 1$, 且 $l_{ij}+l_{ji}=1$, 因此 L 是互补判断矩阵. 同理可得矩阵 U 是互补判断矩阵. 3) 对于任意 $\alpha\in[0,1]$, $0\leqslant d_{ij}(\alpha)\leqslant 1$, 且 $d_{ij}(\alpha)+d_{ji}(\alpha)=1$, 因此 $d_{ij}(\alpha)$ 是互补判断矩阵. □

定义 8 设判断矩阵 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 是区间互补判断矩阵, 相应的导出矩阵如式 (7) 所示. 若 L 和 U 分别是一致性互补判断矩阵, 则称 $\tilde{B}$ 是一致性区间互补判断矩阵.

定理 3 设 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 为区间互补判断矩阵, 矩阵 L,U 以及 $D(\alpha)$ 分别是通过式 (7) 和 (8) 构造的相关矩阵, 则 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 为一致性区间互补判断矩阵的充分条件是 $D(\alpha)(\alpha\in[0,1])$ 具有一致性.

证明 充分性. 若 $D(\alpha)(\alpha\in[0,1])$ 具有一致性, 则矩阵 L,U 分别对应于 α 取值为 1 和取值为 0 时的情形. 因此, 此时矩阵 L 和 U 具有一致性, 从而 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 为一致性区间互补判断矩阵.

必要性. 若 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 为一致性区间互补判断矩阵, 则矩阵 L,U 为一致性矩阵. 由定理 2 知, $D(\alpha)(\alpha\in[0,1])$ 是互补判断矩阵. $\forall i,j,k=1,2,\cdots,n$, $d_{ik}(\alpha)-d_{jk}(\alpha)+0.5=(\alpha l_{ik}+(1-\alpha)u_{ik})-(\alpha l_{jk}+(1-\alpha)u_{jk})+0.5=\alpha(l_{ik}-l_{jk}+0.5)+(1-\alpha)(u_{ik}-u_{jk}+0.5)=\alpha l_{ij}+(1-\alpha)u_{ij}=d_{ij}(\alpha)$, 即 $\forall i,j,k=1,2,\cdots,n$, $d_{ik}(\alpha)-d_{jk}(\alpha)+0.5=d_{ij}(\alpha)$. 因此, $D(\alpha)(\alpha\in[0,1])$ 是一致性互补判断矩阵. □

如果区间互补判断矩阵 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 具有可接受一致性, 则其排序向量也应具有可接受一致性. 对于区间互补判断矩阵, 区间权重比明晰数权重更为合理. 下面考虑满足可接受一致性的区间互补判断矩阵区间权重的决定方法.

假设矩阵 $D(\alpha)$ 的权重向量为 $\omega_i(\alpha)$, $i=1,2,\cdots,n$, 满足 $\sum\limits_{i=1}^{n}\omega_i(\alpha)=1$. 可用行和归一化方法求得 $D(\alpha)$ 的排序向量[13]

$$\omega_i(\alpha)=\Big(\sum_{j=1}^{n}d_{ij}(\alpha)+\frac{n}{2}-1\Big)\Big/n(n-1),$$
$$i=1,2,\cdots,n,\ \alpha\in[0,1]. \tag{9}$$

设 $\omega_i(L),\omega_i(U)$, $i=1,2,\cdots,n$, 分别为用行和归一化方法求得的矩阵 L 和 U 的排序向量,

$$\omega_i(\alpha)=\frac{\sum\limits_{j=1}^{n}(\alpha l_{ij}+(1-\alpha)u_{ij})+\dfrac{n}{2}-1}{n(n-1)}=$$
$$\alpha\Bigg(\frac{\sum\limits_{j=1}^{n}l_{ij}+\dfrac{n}{2}-1}{n(n-1)}\Bigg)+(1-\alpha)\Bigg(\frac{\sum\limits_{j=1}^{n}u_{ij}+\dfrac{n}{2}-1}{n(n-1)}\Bigg)=$$
$$\alpha\omega_i(L)+(1-\alpha)\omega_i(U),$$

则 $\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{n\times n}$ 的权重向量为

$$\omega_i=[\min\{\omega_i(\alpha)|\alpha\in[0,1]\},\max\{\omega_i(\alpha)|\alpha\in[0,1]\}].$$

由 $\omega_i(\alpha)$ 的性质, 可得

$$\omega_i=[\min\{\omega_i(L),\omega_i(U)\},\max\{\omega_i(L),\omega_i(U)\}]. \tag{10}$$

定义 9 令区间数 $a=[a^-,a^+]$, $b=[b^-,b^+]$, 令 $l_a=a^+-a^-$, $l_b=b^+-b^-$. $a\geqslant b$ 的可能度定义如下[16]:

$$p(a\geqslant b)=\max\Big\{1-\max\Big(\frac{b^+-a^-}{l_a+l_b},0\Big),0\Big\}. \tag{11}$$

对于一组区间数 ω_i, $i=1,2,\cdots,n$, 可根据式 (11) 对区间数进行两两比较, 建立可能度矩阵

$$P=\begin{bmatrix}p_{11}&p_{12}&\cdots&p_{1n}\\p_{21}&p_{22}&\cdots&p_{2n}\\\vdots&\vdots&\ddots&\vdots\\p_{n1}&p_{n2}&\cdots&p_{nn}\end{bmatrix}. \tag{12}$$

其中: $p_{ij}=p(\omega_i\geqslant\omega_j)$, $i,j=1,2,\cdots,n$.

下面提出获得可接受一致性区间互补矩阵权重的算法.

算法 2 获得可接受一致性区间互补矩阵权重算法.

Step 1: 设 $X=\{x_1,x_2,...,x_m\}$ 为决策分析问题的方案(属性)集, 专家对方案 (属性) 集的偏好信息用区间互补矩阵 $(\tilde{B})$ 形式给出.

Step 2: 根据式 (7), 构造矩阵 L 和 U.

Step 3: 检验矩阵 L 和 U 的可接受一致性. 若满足, 则转 Step 5: 否则, 转 Step 4.

Step 4: 用算法 1 修正 L 和 U, 使之成为可接受一致性矩阵.

Step 5: 利用式 (9), 分别求取 L 和 U 的排序向量.

Step 6: 由式 (10) 求得区间互补矩阵 $\tilde{B}$ 的排序向量.

Step 7: 根据式 (12) 构造可能度矩阵.

Step 8: 对矩阵 P 中每一行的元素求和, 得

$$p_i=\sum_{j=1}^{n}p_{ij},\ i=1,2,\cdots,n;$$

然后, 根据 $p_i(i=1,2,\cdots,n)$ 的大小对区间数 $\omega_i(i=1,2,\cdots,n)$ 进行排序.

4 数值分析

考虑一多属性决策问题, 有4个准则 x_1,x_2,x_3,x_4. 一决策制定者对这4个准则进行两两比较, 用 $\tilde{b}_{ij}$ 表示准则 x_i 关于 x_j 的区间偏好度.

Step 1: 建立如下区间互补偏好关系[11]:

$$\tilde{B}=(\tilde{b}_{ij})_{4\times 4}=$$

$$\begin{bmatrix} [0.5,0.5] & [0.3,0.4] & [0.5,0.7] & [0.4,0.5] \\ [0.6,0.7] & [0.5,0.5] & [0.6,0.8] & [0.2,0.6] \\ [0.3,0.5] & [0.2,0.4] & [0.5,0.5] & [0.4,0.8] \\ [0.5,0.6] & [0.4,0.8] & [0.2,0.6] & [0.5,0.5] \end{bmatrix}.$$

Step 2: 根据式(7), 构造 L 和 U 如下:

$$L=\begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.5 & 0.4 \\ 0.7 & 0.5 & 0.6 & 0.2 \\ 0.5 & 0.4 & 0.5 & 0.4 \\ 0.6 & 0.8 & 0.6 & 0.5 \end{bmatrix},\ U=\begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.7 & 0.5 \\ 0.6 & 0.5 & 0.8 & 0.6 \\ 0.3 & 0.2 & 0.5 & 0.8 \\ 0.5 & 0.4 & 0.2 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

Step 3: 检验 L 和 U 的可接受一致性. 根据式(3), 建立 L 和 U 的可达矩阵 T_L 和 T_U 如下:

$$T_L=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix},\ T_U=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

T_L 和 T_U 的对角线上均存在取值为1的元素, 由定理1可知, L 和 U 均不具有可接受一致性.

Step 4: 利用算法1对 L 和 U 进行修正, 得到满足可接受一致性的矩阵 L_X 和 U_X 如下:

$$L_X=\begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.5 & 0.4 \\ 0.6 & 0.5 & 0.6 & 0.5 \\ 0.5 & 0.4 & 0.5 & 0.4 \\ 0.6 & 0.5 & 0.6 & 0.5 \end{bmatrix},\ U_X=\begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.7 & 0.5 \\ 0.6 & 0.5 & 0.8 & 0.6 \\ 0.3 & 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.5 & 0.4 & 0.7 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

Step 5: 利用式(9), 分别求取 L_X 和 U_X 的排序向量如下:

$$W_{L_X}=(0.233\,3,0.266\,7,0.233\,3,0.266\,7),$$
$$W_{U_X}=(0.258\,3,0.291\,7,0.191\,7,0.258\,3).$$

Step 6: 由式(10)求得区间互补矩阵 $\tilde{B}$ 的排序向量如下:

$$W_{\tilde{B}}=([0.233\,3,0.258\,3],[0.266\,7,0.291\,7],[0.191\,7,0.233\,3],[0.258\,3,0.266\,7]).$$

Step 7: 根据式(12)构造可能度矩阵如下:

$$P=\begin{bmatrix} 0.500\,0 & 0.000\,0 & 1.000\,0 & 0.000\,0 \\ 1.000\,0 & 0.500\,0 & 1.000\,0 & 1.000\,0 \\ 0.000\,0 & 0.000\,0 & 0.500\,0 & 0.000\,0 \\ 1.000\,0 & 0.000\,0 & 1.000\,0 & 0.500\,0 \end{bmatrix}.$$

Step 8: 对矩阵 P 中每一行的元素求和, 得

$$p_1=\sum_{j=1}^{4}p_{1j}=1.5,\ p_2=\sum_{j=1}^{4}p_{2j}=3.5,$$
$$p_3=\sum_{j=1}^{4}p_{3j}=0.5,\ p_4=\sum_{j=1}^{4}p_{4j}=2.5.$$

显然 $p_2>p_4>p_1>p_3$. 根据 $p_i(i=1,2,3,4)$ 的大小对区间数 $\omega_i(i=1,2,3,4)$ 进行排序, 得 $\omega_2>\omega_4>\omega_1>\omega_3$. 所得排序结果与文献[11]一致, 只在可能度上有微小差别. 文献[11]需求解多个规划模型, 计算量较大. 本文提出的方法含义直观、计算简便、方便编程, 便于用计算机软件处理.

5 结 论

本文研究了区间互补判断矩阵的可接受一致性问题, 提出了一种新的可接受一致性定义, 以及求取可接受一致性区间互补判断矩阵区间权重向量的算法, 使得不满足可接受一致性的矩阵可较容易地修正为可接受一致性矩阵. 基于凸组合方法, 一族明晰数互补判断矩阵的权重向量可被用来求取可接受一致性区间互补判断矩阵的区间权重. 数值例子表明, 所提出的可接受一致性定义以及算法是可行而有效的.

参考文献(References)

[1] 樊治平, 姜艳萍. 互补判断矩阵一致性改进方法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2003, 24(1): 98-101.
(Fan Z P, Jiang Y P. Improving method for the consistency of reciprocal judgement matrix[J]. J of Northeastern University: Natural Science, 2003, 24(1): 98-101.)

[2] Saaty T. A scaling method for priorities in hierarchical structures[J]. J of Mathematical Psychology, 1977, 15(3): 234-281.

[3] Satty T. The analytic hierarchy process[M]. New York: McGraw-hill, 1980: 27-31.

[4] Orlovsky S A. Decision-making with a fuzzy preference relation[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1978, 1(3): 155-167.

[5] Tanino T. Fuzzy preference orderings in group decision making[J]. Fuzzy Sets ans Systems, 1984, 12(2): 117-131.

[6] 魏翠萍, 张玉忠, 冯向前. 区间数判断矩阵的一致性检验及排序方法[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(10): 132-139.
(Wei C P, Zhang Y Z, Feng X Q. Deriving weight from interval comparison matrics based on concistency test[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2007, 27(10): 132-139.)

[7] Mikhailov L. A fuzzy approach to deriving priorities from interval pairwise comparison judgments[J]. European J of Operational Research, 2004, 159(3): 687-704.

[8] Wang Y M, Elhag T M S. A goal programming method for obtaining interval weights from an interval comparison

matrix[J]. European J of Operational Research, 2007, 177(1): 458-471.

[9] 侯福均, 吴祈宗. I 型不确定数互补判断矩阵的一致性和排序研究[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(10): 60-66. (Hou F J, Wu Q Z. Consistency and ranking method for I type uncertain number complementary Judgement matrix[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2005, 25(10): 60-66.)

[10] 巩在武, 刘思峰. 区间数互补判断矩阵的一致性及其排序研究[J]. 中国管理科学, 2006, 14(4): 64-68. (Gong Z W, Liu S F. Research consistency and priority of interval number complementary judgement matrix[J]. Chinese J of Management Science, 2006, 14(4): 64-68.)

[11] Xu Z S, Chen J. Some models for deriving the priority vector from interval fuzzy preference relations[J]. European J of Operational Research, 2008, 184(1): 266-280.

[12] 钱刚, 冯向前, 徐泽水. 区间数互补判断矩阵的一致性[J]. 控制与决策, 2009, 24(5): 723-728. (Qian G, Feng X Q, Xu Z S. Consistency of interval complementary comarison matrix[J]. Control and Decision, 2009, 24(5): 723-728.)

[13] 徐泽水. 模糊互补判断矩阵排序的一种算法[J]. 系统工程学报, 2001, 16(4): 311-314. (Xu Z S. Algorithm for priority of fuzzy complementary judgement matrix[J]. J of Systems Engineering, 2001, 16(14): 311-314.)

[14] 肖四汉, 樊治平, 王梦光. Fuzzy 判断矩阵的一致性研究[J]. 系统工程学报, 2001, 16(2): 142-145. (Xiao S H, Fan Z P, Wang M G. Study on consistency of fuzzy judgement matrix[J]. J of Systems Engineering, 2001, 16(2):142-145.)

[15] 徐泽水. 区间数互补判断矩阵排序的一种实用方法[J]. 运筹与管理, 2001, 10(1): 16-19. (Xu Z S. A practical method for priority of interval number complementary judgement matrix[J]. Operations Research and Management Science, 2001, 10(1): 16-19.)

[16] Xu Z S, Da Q L. The uncertain OWA operator[J]. Int J of Intelligent System, 2002, 17(6): 569-575.

(上接第326页)

[34] Wang L, Li L. An effective hybrid quantum-inspired evolutionary algorithm for parameter estimation of chaotic systems[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(2): 1279-1285.

[35] Zhang G X, Gheorghe M. A quantum inspired evolutionary algorithm based on P systems for knapsack problem[J]. Fundamenta Informaticae, 2008, 87(1): 93-116.

[36] Zhao D, Tao F. A new idea for addressing multi-objective combinatorial optimization: Quantum multi-agent evolutionary algorithms[C]. 43rd Annual Conf on Information Sciences and Systems. Bruges, 2009: 28-31.

[37] 覃朝勇, 郑建国. 用于高维函数优化的多智能体量子进化算法[J]. 自然科学进展, 2008, 18(2): 197-205. (Qin C Y, Zheng J G. For high dimensional function optimization multiagent quantum evolutionary algorithm[J]. Progress in Natural Science, 2008, 18(2): 197-205.)

[38] Maojun Cao. Training of process neural networks based on improved quantum genetic algorithm[C]. World Congress on Software Engineering. Xiamen, 2009: 160-165.

[39] De Pinho Curz. A quantum inspired neuro evolutionary algorithm with binary real representation[C]. 2009 World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing. NaBIC, 2009: 445-450.

[40] Mani A, Patvardhan C. Solving ceramic grinding optimization problem by adaptive quantum evolutionary algorithm[C]. 2010 Int Conf on Intelligent Systems Modelling and Simulation. Berk, 2010: 43-48.

[41] Zhang W, Shi Z. Prediction of urban passenger transport based-on wavelet SVM with quantum inspired evolutionary algorithm[C]. Proc of the Conf on Neural Networks. Hong Kong, 2008: 1510-1514.

[42] Vlachogiannis J G, Stergaard J. Reactive power and voltage control based on general quantum genetic algorithms[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(3): 6118-6126.

[43] Zheng Y, Liu J, Geng W, et al. Quantum-inspired genetic evolutionary algorithm for course timetabling[C]. 2009 3rd Int Conf on Genetic and Evolutionary Computing. Guilin, 2009: 750-753.

[44] Xing H, Liu X. A multi-granularity evolution based quantum genetic algorithm for QoS routing problem in WDM networks[J]. Computer Communications, 2009, 32(2): 386-393.

[45] Liu F. Research on user-aware QoS based Web services composition[J]. J of China Universities of Posts and Telecommunications, 2009, 16(5): 125-130.

[46] Cheng-Husing. A symbolic controller based intelligent control system with quantum particle swarm optimization based hybrid genetic algorithm[C]. IEEE Congress on Evolutionary Computation. Hong Kong, 2008: 1340-1356.