

doi: 10.7690/bgzd.2025.10.013

基于改进软集的装备体系贡献率分析方法

李俊杰¹, 万张博¹, 马昌伟², 叶梦雅¹, 毛余琨¹, 陈 励¹, 郝 运¹, 胡建刚¹, 胡 建³

(1. 杭州智元研究院有限公司, 杭州 310020; 2. 南京理工大学机械工程学院, 南京 210094;

3. 南京国睿信维软件有限公司, 南京 210012)

摘要: 为解决传统软集法存在主观因素大、结果差距小等不足, 提出基于改进软集的装备体系贡献率分析方法。从能力差异、能力支撑度和能力值的角度进行改进和完善, 通过装备的指标参数对装备-能力矩阵进行补充, 并以某班组装备体系进行算例分析, 与传统软集法进行对比。结果表明: 改进软集方法分析结果差异性更为显著, 优于传统软集法。

关键词: 改进软集; 装备体系; 主客观结合法; 能力差异; 体系贡献率

中图分类号: TJ0; E92 **文献标志码:** A

Analysis Method of Equipment System of Systems Contribution Rate Based on Improved Soft Set

Li Junjie¹, Wan Zhangbo¹, Ma Changwei², Ye Mengya¹, Mao Yukun¹,Chen Li¹, Hao Yun¹, Hu Jiangang¹, Hu Jian³

(1. Hangzhou Zhiyuan Research Institute Co., Ltd., Hangzhou 310020, China;

2. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

3. Nanjing Glaway Software Co., Ltd., Nanjing 210012, China)

Abstract: In order to solve the shortcomings of traditional soft set method, such as large subjective factors and small difference in results, a contribution rate analysis method of equipment system of systems based on improved soft set is proposed. The method is improved and perfected from the perspective of capability difference, capability support degree and capability value, and the equipment-capability matrix is supplemented through the index parameters of equipment, and an example of a team equipment system is analyzed, which is compared with the traditional soft set method. The results show that the improved soft set method is better than traditional soft set method.

Keywords: improved soft set; equipment system; subjective and objective combination method; capability difference; contribution rate of system

0 引言

随着军事战争的发展和技术的迅速进步, 装备体系建设正朝着更高层次迈进。在武器装备系统的发展过程中, 对其体系贡献率进行分析已成为至关重要的一环; 因此, 无论是战术层面还是战略规划, 都必须将装备体系能力评估作为决策和发展的关键因素之一, 以确保在当今复杂多变的战争环境中保持竞争优势。

目前, 在体系贡献率的概念上还未形成统一、明确的标准。文献[1]认为武器装备体系贡献率是武器装备及其组合对体系整体能力作用和影响的度量; 文献[2]认为武器装备体系贡献率是指装备加入体系后, 通过改变现有体系的编成和能力生成机制, 在体系作战能力和效能上发挥作用的度量指标。笔者认为装备体系贡献率是装备具备体系能力大小的

度量, 是支撑装备体系完成任务的重要程度。

目前, 体系贡献率的研究方法主要有解析法^[3]、仿真法^[4]、主观判断法^[5]等, 其中, 采用软集方法对装备与能力之间的关系进行描述, 给出装备-能力矩阵, 是解析法中常用的方法。文献[6]提出了基于软集的武器装备体系贡献度评估方法, 对装备集合进行决策划分, 分析了各个装备在整个装备体系的重要度, 并以此求得了各个装备的贡献度。将软集理论应用到武器装备体系的评估中, 使得武器装备和能力参数之间的关系变得更加具象化, 也更好地描述体系内部的性质; 但目前仍存在不足: 传统软集法仅从装备具有的能力数量进行决策划分, 主要考虑装备对整体效能的影响, 而较少关注到装备体系内不同能力之间存在的显著差距, 不能准确反映装备贡献, 且结果差异小, 难以清晰地界定每个装

收稿日期: 2024-10-03; 修回日期: 2024-11-15

第一作者: 李俊杰(1988—), 男, 湖南人, 硕士。

备在体系中的作用。

笔者考虑能力值差异，提出基于改进软集的装备体系贡献率计算方法。该研究使得体系贡献率分析更贴近实际情况，为体系贡献率的分析提供了新的思路和方法。

1 软集理论

Molodstov^[7]在 1999 年提出软集理论，用来处理各个领域中的不确定问题。现实世界中，信息的不确定性普遍存在。这些信息无法直接用具体的数值来量化，因此导致人们对事物的认知常常是模糊、不完全的，并带有一定程度的不确定性。软集理论是处理这种不确定性的有效工具。

定义 1^[8]：令 U 为有限非空集合，称为对象集。 E 为有限非空集合，称为参数集。 $A \subseteq E$ ， $P(U)$ 是 U 的幂集，则称序对 (F, A) 为 U 上的一个软集，其中 $F: A \rightarrow P(U)$ 为一个映射。

假设某班组装备体系包含装备集合为 $U = \{h_1, h_2, h_3, h_4\}$ ，此装备体系具备的能力集合为 $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5\}$ 。

令 $F(e_1) = \{h_1, h_3, h_4\}$ ， $F(e_2) = \{h_1\}$ ， $F(e_3) = \{h_1, h_2, h_3, h_4\}$ ， $F(e_4) = \{h_1, h_3\}$ ， $F(e_5) = \{h_1, h_2, h_3\}$ 。 F 表示参数集 E 到论域 U 上的所有子集的映射，软集 (F, A) 描述了这 5 个能力对武器装备的优势^[9]。

为描述装备体系中装备能力与整个体系的关系，作出如下定义。

定义 2^[10]：设 (F, E) 是一个软集，其中对象集 $U = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$ ，参数集 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ ， h_{ij} 是软集 (F, E) 中的元素，定义对象 i 的参数选择值为：

$$f_E(h_i) = \sum_{j=1}^m h_{ij} \quad (1)$$

为了更加具体地体现装备体系中装备与能力的关系，采用文献[10]提出的方法来表示，如表 1 所示。

表 1 图表表示法

U	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	$f_E(\bullet)$
h_1	1	1	1	1	1	5
h_2	0	0	1	0	1	2
h_3	1	0	1	1	1	4
h_4	1	0	1	0	0	2

从表 1 中可以看出：装备 h_1 具备的能力更加全面，对于整个装备体系的重要程度更高。

定义 3^[10]：对于一个软集，对象集 $U = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$ ，参数集 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ ，根据 $f_E(\bullet)$ 的值对全

集 U 中的数据对象进行划分和排序，得到：

$$C_E = \{\{h_1, h_2, \dots, h_i\}_{f_1}, \{h_{i+1}, \dots, h_j\}_{f_2}, \dots, \{h_k, \dots, h_n\}_{f_s}\} \quad (2)$$

将此定义为决策划分。如果集合中的 e_i 被删除，那么决策划分会发生改变，可表示为：

$$C_{E-e_i} = \{\{h_{i'}, h_{2'}, \dots, h_{i'}\}_{f_{i'}}, \{h_{i+1'}, \dots, h_{j'}\}_{f_{j'}}, \dots, \{h_{k'}, \dots, h_{n'}\}_{f_{s'}}\} \quad (3)$$

为了方便，用 $C_E = \{E_{f_1}, E_{f_2}, \dots, E_{f_s}\}$ 和 $C_{E-e_i} = \{\overline{E - e_{f_1}}, \overline{E - e_{f_2}}, \dots, \overline{E - e_{f_s}}\}$ 表示上述结果。 e_i 对决策划分的重要性程度定义如下：

$$r_{e_i} = \{\alpha_{1,e_i} + \alpha_{2,e_i} + \dots + \alpha_{s,e_i}\} / U \quad (4)$$

当存在 z' 使得 $f_k = f_{z'}, 1 \leq z' \leq s', 1 \leq k \leq s$ 时，有：

$$\alpha_{k,e_i} = |E_{f_k} - \overline{E - e_{f_{z'}}}| \quad (5)$$

其他情况时，有：

$$\alpha_{k,e_i} = |E_{f_k}| \quad (6)$$

式中 $|\bullet|$ 为集合的基数。

定义 4^[10]：对于一个软集，参数集 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ ， $0 \leq r_{e_i} \leq 1$ 。参数集重要度反映了某项能力对体系性能的影响。参数重要度越接近 1，表明该项能力对于装备体系越重要，也可以认为具有该项能力的武器装备贡献度越大。

2 基于改进软集的班组装备体系贡献率分析

笔者提出基于改进软集的装备体系贡献率分析方法，从以下角度进行了改进和完善。

1) 考虑能力差异的装备决策划分方法。传统软集法仅从装备具有的能力数量进行决策划分，主要考虑装备对整体效能的影响，而较少关注到装备体系内不同能力之间存在的显著差距，不能准确反映装备贡献，且结果差异小。笔者考虑能力值差异，更准确体现了装备效能。

2) 提出能力支撑度概念。在传统软集的装备决策划分基础上，对能力也进行决策划分，获得能力的支撑度，即具备某项能力的装备数量越多，能力支撑度越大，反映到装备上，其对应能力权重越小。能力支撑度反映了装备之间的关联关系，使得体系贡献率分析更贴近实际情况。

3) 基于递进修正的能力值获取方法。通过专家调查法获得初步的装备-能力矩阵，将能力值分为 $[0-5]$ 6 个等级，通过装备的具体指标参数对装备-能力矩阵进行补充、完善，得到各个装备的能

力值。

基于改进软集的装备体系贡献率分析方法的具体步骤如下：

Step1: 对装备的能力值进行评估，将能力值分为[0—5] 6 个等级，给出装备-能力矩阵，评估结果为该项武器装备所具备的能力大小，若不具备该项能力则能力值为 0，若具备该项能力，则能力值取值范围为[1—5]，其中数字越大表示该装备在本装备体系中所具有的该项能力越大。

Step2: 根据定义 3 分别求得装备-能力矩阵关于参数集 E (能力) 的决策划分，即整个装备体系中能力未发生改变之前的内部性质。再依次求得从参数集 E 中去掉一个能力后的决策划分，依据定义 3 求得 e_i 对于决策划分的重要度，即能力支撑度： $[r_A, r_B, \dots, r_M]$ 。

Step3: 计算 $1-r_M$ 的值并将结果归一化，记为 $[\eta_A, \eta_B, \dots, \eta_M]$ 。

Step4: 由式计算各个装备的体系效能值：

$$C_{h_j} = \sum_{i=1}^M x_{\text{cap}}^i \eta_i \quad (7)$$

式中： h_j 为某个装备； M 为能力个数； x_{cap}^i 为某项装备的某个能力值； η_i 为能力权重。

Step5: 由式(8)计算装备体系贡献率：

$$R_{h_j} = \frac{C_{h_j}}{\sum C_{h_j}} \quad (8)$$

式中 R_{h_j} 为装备体系贡献率。

3 基于递进修正的能力值获取方法

目前，装备-能力信息表中能力值的获取有 2 种方式：1) 通过专家调查法的主观评估方法；2) 对装备的能力指标进行统计分析、推理计算的客观评估方法。

2 种方法各有优劣，主观评估方法能够将专家的知识经验和经验很好地发挥出来，为能力值的获取提供权威性的评估；但是专家打分会受到个人主观观点、偏见和情感的影响，使得结果存在模糊性和不确定性，并且不同专家之间可能存在主观差异，导致评分的不稳定性和不可靠性，可信度不高。

客观评估方法基于客观事实，不受个人主观观点和情感的干扰，以提供全面、准确的评估结果，从而支持能力值的获取；但是客观评估方法依赖于指标值和推理公式逻辑的严谨性，如果出现指标存

在误差、公式存在错误的问题，会导致由客观评估方法得到的结果准确性不高。

综合上述 2 种方法的优缺点进行分析，采用主客观结合的能力值获取方法，将能力值分为[0—5]6 个等级，具体规则如下：

Step1: 能力值的原始数据分为 2 种：1) x 位专家对装备-能力信息表进行打分，记录为“主观值”，用 $x_j(j=1, 2, \dots, X)$ 表示；2) 通过文献[11]中的计算方法对装备的能力指标进行计算，记录为“客观值”，也称为“辅助值”，用 x_{sup} 表示。

Step2: 确定能力值的有无，以 x_{sup} 为基准，当通过装备的能力指标计算后得到结果为 0 时，即装备不具备这项能力，则能力值为 0。此时不考虑专家打分的结果。

Step3: 对 X 位专家的打分结果进行一致性检验，当存在一位专家与其他 80% 的专家结果差异大于等于 3 时，将此位专家的 x_j 作为误差剔除。此时，剩余专家的 x_j 合格，记为 x_i 。

$$x_{dv} = |x_{jm} - x_{jn}| (m \neq n \text{ 且 } m, n = 1, 2, \dots, X); \quad (9)$$

$$x_i = \begin{cases} \text{剔除 } x_{jm}, \text{ 存在 } 80\% \text{ 的 } x_{dv} \geq 3 \\ x_{jm}, \text{ 不存在 } 80\% \text{ 的 } x_{dv} \geq 3 \end{cases} \quad (10)$$

Step4: 将全部的 x_i 进行取平均处理，记为 $\bar{x}$ 。

$$\bar{x} = \sum_{i=1} x_i \quad (11)$$

Step5: 将 $\bar{x}$ 与 x_{sup} 进行处理。如果 $\bar{x}$ 和 x_{sup} 的整数部分不同，则 $\bar{x}$ 向 x_{sup} 的方向进行搜索，找到的最接近 x_{sup} 的整数即为能力值，记为 x_{cup} 。如果 $\bar{x}$ 和 x_{sup} 的整数部分相同，则 (x) 为能力值，记为 x_{cup} 。

$$x_{\text{cup}} = \begin{cases} \bar{x} \rightarrow x_{\text{sup}} \text{ 最接近 } x_{\text{sup}} \text{ 的整数, } [\bar{x}] \neq [x_{\text{sup}}] \\ (x), & [\bar{x}] = [x_{\text{sup}}] \end{cases} \quad (12)$$

4 某班组装备体系效能评估实例分析

以某班组装备体系为研究对象，开展其体系效能评估。图 1 为某班组装备体系组成。

通过将多名专家打分和理论计算值相结合，对其进行数据处理后可以得到装备-能力矩阵如表 2 所示，去除维持保障能力后的装备-能力矩阵如表 3 所示。 A 为火力打击能力， B 为侦察感知能力， C 为协同控制能力， D 为网络通联能力， E 为携行动能力， F 为伪装防护能力， G 为维持保障能力。该班组装备体系去掉维持保障能力后装备分类的变化情况，决策划分如下：

$C_U = \{(e_{23})_{26}, (e_{14})_{20}, (e_{13})_{17}, (e_{21}, e_{72})_{15}, (e_{31})_{14}, (e_{11})_{13}, (e_{32}, e_{42}, e_{52})_{12}, (e_{53})_{11}, (e_{22}, e_{61})_9, (e_{71})_8, (e_{43}, e_{62})_4, (e_{12}, e_{41}, e_{51})_3\}$;

$C_{U-G} = \{(e_{23})_{23}, (e_{14})_{20}, (e_{13})_{17}, (e_{21})_{15}, (e_{31})_{14}, (e_{11})_{13}, (e_{32}, e_{42}, e_{52})_{12}, (e_{53}, e_{53}, e_{72})_{11}, (e_{22})_9, (e_{61})_7, (e_{71})_5, (e_{43})_4, (e_{12}, e_{41}, e_{51}, e_{62})_3\}$ 。 (13)

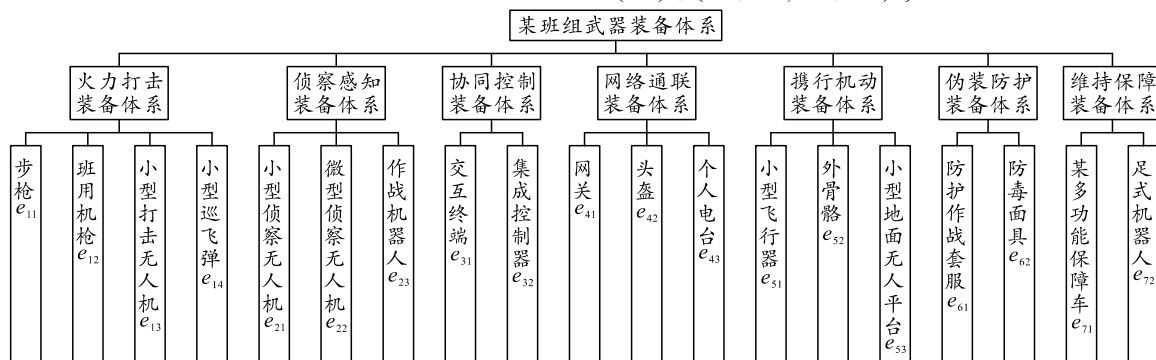


图 1 某班组装备体系组成

表 2 装备-能力矩阵

能力	A	B	C	D	E	F	G	f_E
e_{11}	2	4	2	5	0	0	0	13
e_{12}	3	0	0	0	0	0	0	3
e_{13}	3	3	4	4	3	0	0	17
e_{14}	5	4	4	4	3	0	0	20
e_{21}	0	4	4	4	3	0	0	15
e_{22}	0	3	2	1	3	0	0	9
e_{23}	5	4	4	4	4	2	3	26
e_{31}	0	4	5	5	0	0	0	14
e_{32}	0	4	4	4	0	0	0	12
e_{41}	0	0	2	1	0	0	0	3
e_{42}	0	4	4	4	0	0	0	12
e_{43}	0	0	0	4	0	0	0	4
e_{51}	0	0	0	0	3	0	0	3
e_{52}	2	2	3	3	1	0	1	12
e_{53}	0	3	2	2	4	0	0	11
e_{61}	0	1	0	2	0	4	2	9
e_{62}	0	0	0	0	0	3	1	4
e_{71}	0	0	0	4	1	0	3	8
e_{72}	0	2	2	3	4	0	4	15

表 3 去除维持保障能力后的装备-能力矩阵

能力	A	B	C	D	E	F	f_E
e_{11}	2	4	2	5	0	0	13
e_{12}	3	0	0	0	0	0	3
e_{13}	3	3	4	4	3	0	17
e_{14}	5	4	4	4	3	0	20
e_{21}	0	4	4	4	3	0	15
e_{22}	0	3	2	1	3	0	9
e_{23}	5	4	4	4	4	2	23
e_{31}	0	4	5	5	0	0	14
e_{32}	0	4	4	4	0	0	12
e_{41}	0	0	2	1	0	0	3
e_{42}	0	4	4	4	0	0	12
e_{43}	0	0	0	4	0	0	4
e_{51}	0	0	0	0	3	0	3
e_{52}	2	2	3	3	1	0	11
e_{53}	0	3	2	2	4	0	11
e_{61}	0	1	0	2	0	4	7
e_{62}	0	0	0	0	0	3	3
e_{71}	0	0	0	4	1	0	5
e_{72}	0	2	2	3	4	0	11

类比可获得该班组装备体系依次去掉其他能力后装备分类的变化情况，决策划分如下：

$C_{U-A} = \{(e_{23})_{21}, (e_{14}, e_{21}, e_{72})_{15}, (e_{13}, e_{31})_{14}, (e_{32}, e_{42})_{12}, (e_{11}, e_{53})_{11}, (e_{52})_{10}, (e_{22}, e_{61})_9, (e_{71})_8, (e_{43}, e_{62})_4, (e_{41}, e_{51})_3, (e_{12})_0\}$;

$C_{U-B} = \{(e_{23})_{22}, (e_{14})_{16}, (e_{13})_{14}, (e_{72})_{13}, (e_{21})_{11}, (e_{31}, e_{52})_{10}, (e_{11})_9, (e_{32}, e_{42}, e_{53}, e_{61}, e_{71})_8, (e_{22})_6, (e_{43}, e_{62})_4, (e_{12}, e_{41}, e_{51})_3\}$;

$C_{U-C} = \{(e_{23})_{22}, (e_{14})_{16}, (e_{13}, e_{72})_{13}, (e_{11}, e_{21})_{11}, (e_{31}, e_{52}, e_{53}, e_{61})_9, (e_{32}, e_{42}, e_{71})_8, (e_{22})_7, (e_{43}, e_{62})_4, (e_{12}, e_{51})_3, (e_{41})_1\}$;

$C_{U-D} = \{(e_{23})_{22}, (e_{14})_{16}, (e_{13})_{13}, (e_{72})_{12}, (e_{21})_{11}, (e_{31}, e_{52}, e_{53})_9, (e_{11}, e_{22}, e_{32}, e_{42})_8, (e_{61})_7, (e_{62}, e_{71})_4, (e_{12}, e_{51})_3, (e_{41})_2, (e_{43})_0\}$;

$C_{U-E} = \{(e_{23})_{22}, (e_{14})_{17}, (e_{13}, e_{31})_{14}, (e_{11})_{13}, (e_{21}, e_{32}, e_{42})_{12}, (e_{52}, e_{72})_{11}, (e_{61})_9, (e_{53}, e_{71})_7, (e_{21})_6, (e_{43}, e_{62})_4, (e_{12}, e_{41})_3, (e_{51})_0\}$;

$C_{U-F} = \{(e_{23})_{24}, (e_{14})_{20}, (e_{13})_{17}, (e_{21}, e_{72})_{15}, (e_{31})_{14}, (e_{11})_{13}, (e_{32}, e_{42}, e_{52})_{12}, (e_{53})_{11}, (e_{22})_9, (e_{71})_8, (e_{61})_5, (e_{43})_4, (e_{12}, e_{41}, e_{51})_3, (e_{62})_1\}$ 。 (14)

通过上述分类结果，可以求得对应的能力支撑度依次为：

$$r_A = \frac{1}{19} \times (1+1+1+0+0+1+1+0+0+0+0+1) = \frac{6}{19};$$

$$r_B = \frac{1}{19} \times (1+1+1+2+1+1+3+1+2+0+0+0) = \frac{13}{19};$$

$$r_C = \frac{1}{19} \times (1+1+1+2+1+1+3+1+1+0+0+1) = \frac{13}{19};$$

$$r_D = \frac{1}{19} \times (1+1+1+2+1+1+3+1+2+1+1+1) = \frac{16}{19};$$

$$r_E = \frac{1}{19} \times (1+1+1+2+0+0+1+1+1+1+0+1) = \frac{10}{19};$$

$$r_F = \frac{1}{19} \times (1+0+0+0+0+0+0+0+0+1+0+1+0) = \frac{3}{19};$$

$$r_G = \frac{1}{19} \times (1+0+0+1+0+0+1+0+1+1+1+0) = \frac{6}{19}。 (15)$$

求得能力权重为：

$$[\eta_A, \eta_B, \eta_C, \eta_D, \eta_E, \eta_F, \eta_G] =$$
$$\left[\frac{13}{66}, \frac{6}{66}, \frac{6}{66}, \frac{3}{66}, \frac{9}{66}, \frac{16}{66}, \frac{13}{66} \right]. \quad (16)$$

综上，可以得出装备体系的网络通联能力、侦察感知能力和协同控制能力支撑度较强，大多装备都具有此能力，会出现能力冗余的情况，在部分装备遭到损坏后作战任务不会受到较大的影响，因此赋予这些能力较小的权重。与之相反，伪装防护和维持保障等能力只有少数装备具有此能力，在这些装备遭到损坏后可能直接导致作战任务的失败，因此赋予这些能力较大的权重。在装备体系建设中应该重点加强体系能力中的薄弱环节，加大对应装备的开发力度，加强装备体系整体建设水平。

由式(7)得各个装备的体系效能值如表 4 所示。

表 4 班组装备体系的效能值

装备	效能值	装备	效能值
e_{11}	1.166 7	e_{42}	0.909 1
e_{12}	0.590 9	e_{43}	0.181 8
e_{13}	1.818 2	e_{51}	0.409 1
e_{14}	2.303 0	e_{52}	0.318 2
e_{21}	1.318 2	e_{53}	1.090 9
e_{22}	0.909 1	e_{61}	1.545 5
e_{23}	3.515 2	e_{62}	0.924 2
e_{31}	1.045 5	e_{71}	0.909 1
e_{32}	0.909 1	e_{72}	1.833 3
e_{41}	0.227 3		

由式(8)得到各项装备的体系贡献率如表 5 所示。

表 5 班组装备的体系贡献率

装备	装备体系贡献率	装备	装备体系贡献率
e_{11}	24/451	e_{42}	17/410
e_{12}	10/371	e_{43}	5/603
e_{13}	17/205	e_{51}	5/268
e_{14}	25/238	e_{52}	10/689
e_{21}	19/316	e_{53}	41/824
e_{22}	17/410	e_{61}	43/610
e_{23}	135/842	e_{62}	18/427
e_{31}	34/713	e_{71}	17/410
e_{32}	17/410	e_{72}	73/873
e_{41}	2/193		

通过上述计算可以看出：装备体系中作战机器人效能值和体系贡献率最大，而且功能齐全，具备体系能力需求中的全部 7 项能力。在装备体系建设中，应该把研究重点放在装备的整体能力水平建设上。在某个装备节点遭受打击瘫痪后，能够有备用装备节点代替使用，继续发挥作用，避免因一个装备的毁坏导致整个作战任务的失败。

采用文献[6]基于软集的装备体系贡献率方法进行计算，结果如表 6 所示。

表 6 班组装备的体系贡献率(传统软集法)

装备	装备体系贡献率	装备	装备体系贡献率
e_{11}	4/67	e_{42}	3/67
e_{12}	1/67	e_{43}	1/67
e_{13}	5/67	e_{51}	1/67
e_{14}	5/67	e_{52}	6/67
e_{21}	4/67	e_{53}	4/67
e_{22}	4/67	e_{61}	4/67
e_{23}	7/67	e_{62}	2/67
e_{31}	3/67	e_{71}	3/67
e_{32}	3/67	e_{72}	5/67
e_{41}	2/67		

2 种方法的对比如图 2 所示。

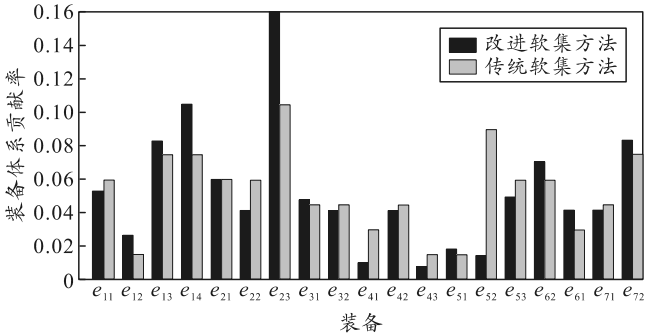


图 2 2 种方法的装备体系贡献率对比

由对比结果可知：2 种方法得到的装备体系贡献率结果趋势相近，但传统软集方法得到的不同装备体系贡献率结果相似，难以区分哪项装备对于整个班组装备体系的体系贡献率更高，结果不够合理。笔者提出的改进软集方法分析结果差异性更为显著。

5 结论

笔者提出了基于改进软集的装备体系贡献率分析方法，对传统软集法中存在的主观因素过大、结果差距小等不足进行了完善：提出了考虑能力差异的装备决策划分方法，考虑装备体系内不同能力之间存在的显著差距；提出能力支撑度概念，探究了能力冗余和能力不足的影响；提出了基于递进修正的能力值获取方法，通过装备的指标参数对装备-能力矩阵进行补充、完善，得到各装备的能力值更为准确。通过对某班组装备体系的算例分析，并与传统软集法对比，证明了本文中方法的可行性。

在未来的研究中，将考虑各组分各层次间的非线性关系，以充分反映体系的整体性和涌现效应；对能力获取时存在的随机性开展研究，拟采用模糊区间和证据理论，减少评估主体存在的模糊性和偏好性。同时，进一步着眼体系角度，充分考虑对抗的动态交互作用，在动态的对抗条件下的研究战争对抗的整体性效果，获得更为科学与可信的结论。