

doi: 10.7690/bgzdh.2022.10.014

炮兵旅装备维修专业确定方法

卢 慧, 黄平奇, 李 辉

(陆军炮兵防空兵学院研究生大队, 合肥 230031)

摘要: 针对传统装备维修专业已不适应新装备要求的问题, 采用模糊聚类的方法进行维修专业确定。根据炮兵旅武器装备组成及维修任务, 构建维修任务与维修能力的映射系统, 建立各能力需求要素之间的模糊关系矩阵。示例分析结果表明, 该方法具有一定的可信度。

关键词: 装备维修; 维修专业; 模糊聚类; 炮兵旅

中图分类号: TJ07 **文献标志码:** A

Artillery Brigade Equipment Maintenance Specialty Determination Method

Lu Hui, Huang Pingqi, Li Hui

(Graduate Brigade of PLA Army Academy of Artillery and Air Defense, Hefei 230031, China)

Abstract: In view of the problem that the traditional equipment maintenance specialty can not meet the requirements of new equipment, the fuzzy clustering method is used to determine the maintenance specialty. According to the composition and maintenance tasks of artillery brigade weapon equipment, the mapping system of maintenance tasks and maintenance capabilities is constructed, and the fuzzy relationship matrix between the elements of capability requirements is established. The results of example analysis show that the method has a certain degree of credibility.

Keywords: equipment maintenance; maintenance specialty; fuzzy clustering; artillery brigade

0 引言

装备维修专业设置和力量编配是装备维修领域的重要研究工作之一。目前, 我军的维修专业设置主要采取按照装备类别的方式^[1], 维修人员的编配和专业设置研究主要依据传统经验, 系统性、操作性不强, 缺乏科学的分析方法。随着新编制新装备落编, 新装备技术含量、复杂程度越来越高, 装备各分系统集成化、模块化、智能化的特点越来越突出, 其装备维修保障部队战斗力建设地位更加突出。加强装备维修专业设置和力量编配的研究对科学划分装备维修专业、合理高效编配维修人员、提高维修分队装备保障能力、高效完成装备维修保障任务具有重要意义。文献[2]运用模糊层次分析法, 优化了装备维修专业类别; 文献[3]采用模糊最大树的方法聚类处理确定专业种类; 文献[4]应用最小维修单元等概念, 构建维修人员需求系统方法模型, 从维修人员确定过程、确定原则等方面对维修人员设置配备进行相关研究。总体上看, 新体制下炮兵旅模式运行时间较短, 其维修专业设置确定研究较少。笔者根据装备结构组成相似性, 提出基于能力需求与结构组成关系, 确定维修专业法, 为炮兵旅维修

专业设置和力量编配建设提供了理论参考。

1 方法提出

装备是由不同结构或部件组成的, 包含机械、电子、液压等多种技术, 不同功能结构的构成原理具有一定相似性, 对维修专业要求也具有相似性。可以根据功能子系统对装备进行分解和细化^[5], 确定装备各功能子系统对应的维修能力需求, 构建能力需求要素模糊相关度矩阵, 利用算法对该矩阵进行处理和分析得到模糊等价矩阵。然后进行聚类分析, 进而实现维修能力需求的聚类, 最后根据聚类优化的类别设置对应的维修专业^[3]。

2 模型的构建

2.1 映射关系

通常一种装备由多种功能的分系统组成, 如底盘、电气、液压、通信等系统, 故装备的各分系统与对应的维修该系统的需求存在着映射关系^[6]。以炮兵旅部分装备为例, 其映射关系如图1所示。

2.2 模糊等价矩阵的构建

模糊聚类是根据模糊标准把模糊数学引入聚类分析方法。在实际问题中, 许多模糊关系只满足

收稿日期: 2022-06-21; 修回日期: 2022-07-20

基金项目: 军队科研基金项目(LJ20202C050063)

作者简介: 卢 慧(1988—), 男, 安徽人, 硕士, 从事军事装备维修保障研究。E-mail: 990481916@qq.com。

自反性和对称性，不满足传递性^[7-8]。此时可将模糊相似关系改造为等价关系，然后按等价关系进行聚类分析。即用传递闭包法，通过逐次平方求出模

糊相似矩阵 R 的传递闭包 $t(R)$ ，改造 R 得到模糊等价矩阵 R^* ，且有 $t(R)=R^*$ ^[7]；然后，由大到小取一组 λ 截矩阵，则可以将其分类。



图 1 “维修任务-维修能力需求”映射关系

假设维修保障人员能力需求有 $A_i(i=1, 2, \dots, n)$ 要素，为确定每个要素之间的相关性，可以请专家用“0~1”的标度对各要素之间的相关性进行打分进而得到模糊相关度矩阵 R 。然后运用传递闭包法对该矩阵进行运算改造求解，得出模糊等价矩阵 R^* 。打分标准如表1所示。

表 1 相关度打分标准

相关度标准	评分区间	相关度标准	评分区间
不相关	0	相关度一般	0.4~0.6
相关度弱	0.1~0.3	相关度强	0.7~1

2.3 维修能力需求聚类

得出模糊等价矩阵 R^* 后，按照截关系对 $A_i(i=1, 2, \dots, n)$ 要素进行分类，阈值 λ 从 0~1 之间进行取值，分析不同值聚类的合理性，找出最佳聚类^[9]，并在此基础上设置维修专业。

3 示例分析

该维修保障分队为某炮兵旅装备修理单位，其列装的装备如表2所示。

表 2 某炮兵分队列装装备

装备类别	列装装备
打击装备	自行榴炮、火箭炮
指控装备	履带装甲指挥车、履带装甲综合信息车、轮式轻型作战指挥车
保障装备	履带装甲抢救车、机械维修车(履带装甲底盘)、轮式车辆抢救车、抢修车(履带装甲底盘)、工程机械修理车(装甲底盘)、电子检测维修车(轮式)、光电检测维修车(轮式)、拆装修理车(轮式)

3.1 构建映射模型

对该炮兵分队列装的3类装备进行分解，构建“维修任务-维修能力需求”映射模型如图2所示。

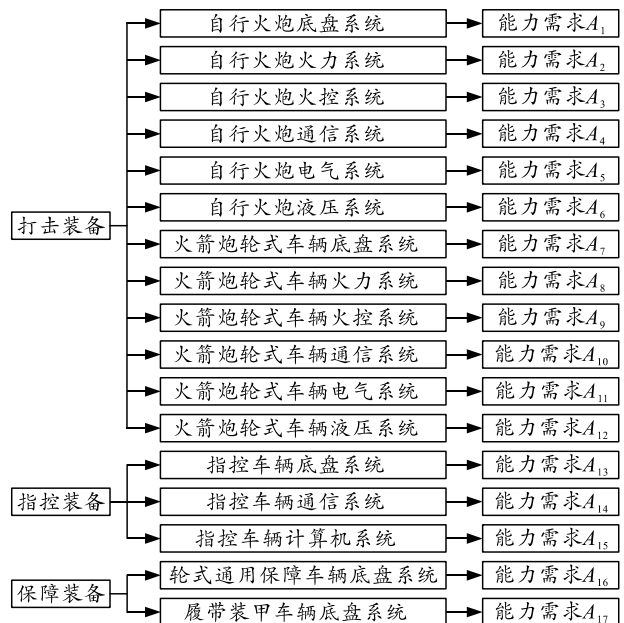


图 2 “维修任务-维修能力需求”映射模型

3.2 维修能力需求聚类

3.2.1 模糊等价矩阵的构建

根据装备系统功能分解获得的能力需求要素，利用各要素之间模糊关系构建相关度矩阵 R ，如表3所示。矩阵可以采取邀请专家打分方式构建。

表 3 能力需求相关度矩阵 R

A_i	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}	
A_1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0.3	0.6	
A_2	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A_3	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0.1	0	0	
A_4	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0	0	0	0.9	0	0	0	0.8	0	0	0	
A_5	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	
A_6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	
A_7	0.3	0	0	0	0	0	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0	0	0.3	0.3	
A_8	0	0.7	0	0	0	0	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	
A_9	0	0	0.6	0	0	0	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0	0	0.3	0	0	
A_{10}	0	0	0	0.9	0	0	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0	0.8	0	0	0	
A_{11}	0	0	0	0	0.9	0	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0	0	0	0	0	0	
A_{12}	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0	0	0	0	0	
A_{13}	0.6	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	1	0.1	0.1	0.3	0.8	
A_{14}	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	1	1	0.1	0	0
A_{15}	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0.1	0.3	1	0	0	0
A_{16}	0.3	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0.3	0	0	1	0.3	0
A_{17}	0.6	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0.3	1	0

运用传递闭包法^[10]求得其模糊等价矩阵 $t(R)=R^*$ 如表4所示。

表 4 能力需求模糊等价矩阵 R^*

A_i	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
A_1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.3	0.6
A_2	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
A_3	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1
A_4	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1
A_5	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
A_6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
A_7	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3
A_8	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
A_9	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
A_{10}	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.3	0.8	0.1	0.1	0.1
A_{11}	0.1	0.1	0.1	0.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
A_{12}	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
A_{13}	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.3	0.6
A_{14}	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1
A_{15}	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.1
A_{16}	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	1	0.3
A_{17}	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.3	1

3.2.2 维修能力需求聚类及结果分析

根据模糊相似矩阵和模糊等价矩阵可以得出：阈值 λ 不同取值，结果不同。

当阈值 λ 为 0.1 时，不用截任何要素，所有要素都归为 1 类，聚类无意义；当 λ 为 1 时，当将所有要素都单归为 1 类，聚类也无意义，所以这 2 种情况不成立。最佳聚类在其他 5 个阈值聚类情况产生。从聚类结果分析，阈值 λ 越大，划分就越细。 λ

取值较小时，某些相关度很弱，相关度一般的要素聚为一类；因此，取 $\lambda=0.9$ 时的聚类结果最为合理，可聚类为 9 类，即 $\{A_1, A_{13}, A_{17}\}$ ， $\{A_2, A_8\}$ ， $\{A_3, A_9\}$ ， $\{A_7\}$ ， $\{A_{16}\}$ ， $\{A_4, A_{10}, A_{14}\}$ ， $\{A_5, A_{11}\}$ ， $\{A_6, A_{12}\}$ ， $\{A_{15}\}$ 。

根据此聚类可确定该炮兵分队需设置的维修专业如图 3 所示。该聚类结构与炮兵旅现有维修保障专业设置基本一致。

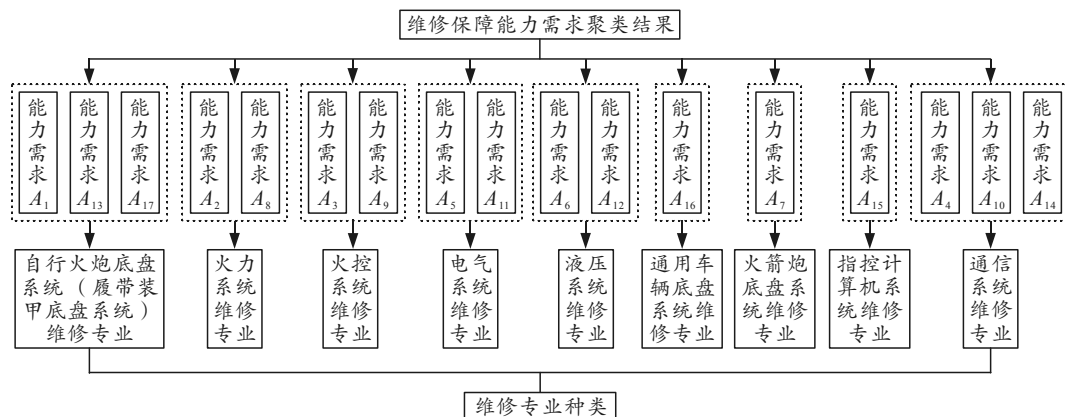


图 3 维修专业聚类结果

4 结论

笔者针对炮兵旅维修专业确定问题，结合装备系统功能区分，建立维修任务和维修能力模型，提出模糊聚类方法，确定维修分队的专业种类设置，避免了专业设置过程中的交叉、重复，优化了维修人力资源编配^[11-12]，对部队维修保障队伍建设具有一定指导意义。下一步，将重点研究装备结构粒度划分、关系矩阵确立、阈值选取等问题。

参考文献：

[1] 朱小冬, 王毅刚, 孙志刚. 面向任务的维修单元专业设置优化技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015: 84-89.
 [2] 庞升, 贾云献, 王强. 维修保障人员专业类别确定与优化配置[J]. 装甲兵工程学院学报, 2017, 31(2): 30-34.
 [3] 吴同晗, 张仕新, 陈春良, 等. 基于能力需求的维修保障人员专业种类确定方法[J]. 兵工自动化, 2018, 37(6): 73-77.
 [4] 罗明洋, 刘通. 部队装备维修人员需求模型研究[J].

装备学院学报, 2013, 24(2): 44-47.
 [5] 于永利, 聂成龙, 张柳. 装备作战单元维修保障能力评估方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015: 58-63.
 [6] 孙志刚, 朱小东, 杨超. 一种考虑任务的维修专业组合优化模型[J]. 装备学院学报, 2012, 23(4): 113-117.
 [7] 张国立, 张辉, 孔倩. 模糊数学基础及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 65-66.
 [8] 刘合香. 模糊数学理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 81-86.
 [9] 王雄伟, 陈春良, 曹艳华, 等. 基于改进模糊聚类法的维修专业设置方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2017, 25(9): 110-114.
 [10] 华中平, 杨晓俊, 张辛平. 基于等价闭包法的轴类零件模糊聚类分析[J]. 现代设计技术, 2004, 21(1): 12-15.
 [11] 康进军, 董长清, 宋建兴, 等. 基于模糊理论的装备维修资源优化配置模型[J]. 四川兵工学报, 2007, 28(5): 31-33.
 [12] 于永利, 徐英, 张波. 装备作战单元维修保障力量编配技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015: 77-86.

(上接第 53 页)

根据上图，超过了 1/2 的弹着点方向偏差量大于 10 m，接近 1/3 的偏差量超过了 50 m。速射迫击炮的密集杀伤半径为 20 m，如果不修正方向偏差，很难有效打击目标；因此，对横倾带来的方向偏差量应该予以修正。

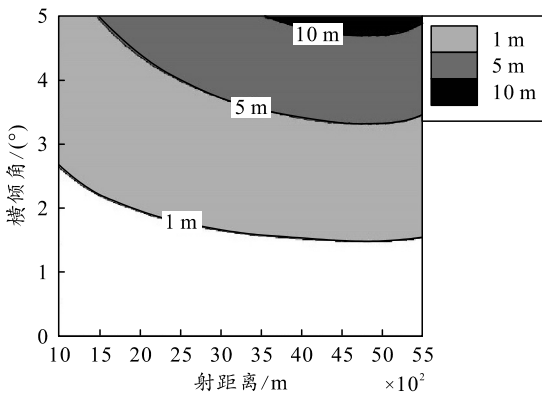


图 6 横倾引起的弹着点距离偏差量

根据上图，接近 90% 的距离偏差量在 10 m 以下，对射击精度影响相对较小。尤其是在横倾角 3° 以下时，距离偏差量均不超过 5 m，小于大部分情况下的射弹自然散布，可以忽略不计。

5 结论

速射迫击炮在实施间瞄射击时，横倾状态会产

生方向和距离上的偏差，这 2 种偏差量随着射击距离和横倾角的增大而增大，但对于射击精度影响程度不同。横倾角在允许范围内时(6°以下)，高低偏差对射击精度的影响较小，可以忽略不计；但方向偏差对射击精度有较大的影响，应进行修正，以提高射击精度，进而提高速射迫击炮实施间瞄射击时的火力打击效果。

参考文献：

[1] 胡江, 钱佳. 编队舰炮对岸射击多发同时弹着研究[J]. 兵工自动化, 2020, 39(2): 5-7.
 [2] 陈朋, 马翰宇, 武天宇. 图像末制导炮弹射击效率分析[J]. 兵工自动化, 2021, 40(11): 1-6.
 [3] 张军挪, 李进东, 程军. 基于虚拟样机的某型速射迫击炮自动机运动学仿真研究[J]. 兵工自动化, 2010, 29(7): 29-30.
 [4] 冯鹏. 浅析国产 SM4 型 81 毫米车载速射迫击炮[J]. 科研, 2016(8): 27.
 [5] 郭锡福. 远程火炮武器系统射击精度分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004: 81-90.
 [6] 周永强, 焦方金. 反坦克火箭筒横倾状态下射击偏差的定量分析[J]. 火炮发射与控制学报, 2007(2): 25-28.
 [7] 方宇, 秦俊奇. 某车载速射迫击炮连发射击及炮口振动特性分析[J]. 火力与指挥控制, 2018(2): 25-28.