

基于灰度关联和神经网络的装备价格第三方服务机构评价模型*

杨黎峰¹, 孙胜祥¹, 姚轶智²

(1. 海军工程大学 管理工程与装备经济系, 湖北 武汉 430033;

2. 国防科技大学 高超声速冲压发动机技术重点实验室, 湖南 长沙 410073)

摘要:为了科学合理选择装备价格第三方服务机构,研究以灰度关联分析和神经网络方法构建评价模型。研究数据采用问卷调查形式获取,针对样本数据采用灰度关联法分析评价指标与综合评分之间的关联性,发现服务态度和制度建设情况两个评价指标与综合评分关联度达0.74以上,较为重要。采用有效二级指标和综合评分作为输入和输出数据,构建基于神经网络的装备价格第三方服务机构评价模型。通过实际数据验证分析,发现神经网络模型预测精准的概率为75%,预测满足要求的概率为25%,满足实际应用需求,能够为主管部门遴选机构建言献策。

关键词:灰度关联;神经网络;第三方服务机构;评估模型

中图分类号:TP302 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-2486(2023)02-131-07

Evaluation model of third-party service organization of equipment price based on gray correlation and neural network

YANG Lifeng¹, SUN Shengxiang¹, YAO Yizhi²

(1. Department of Management Engineering and Equipment Economics, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China;

2. Science and Technology on Scramjet Laboratory, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: In order to scientifically and reasonably select the third-party service organizations of equipment price, the evaluation model was constructed by gray correlation analysis and neural network. The research data was obtained in the form of questionnaire survey. The gray correlation method was used to analyze the correlation between the evaluation index and the comprehensive score. It is found that the two primary evaluation indicators of service attitude and system construction are more important, with a correlation degree of more than 0.74. Using effective secondary indicators and comprehensive scores as input and output data, the evaluation model based on neural network was built. Finally, through the verification and analysis of the rationality of the method, it is found that the prediction accuracy probability of the neural network model is 75% and the probability of meeting the requirements is 25%, which meets the actual user needs and can provide suggestions for the competent departments to select third-party institutions.

Keywords: gray correlation; neural network; third-party service organization; evaluation model

2019年,中央军委为贯彻落实国家战略部署,初步遴选5家试行装备价格第三方服务机构来补充强化军方装备采购领域的实力^[1-2]。2020年,为推进装备采购工作的深入开展,又增加了一批具有装备价格第三方资格的机构。一般而言,建立健全第三方服务机制是现代决策制度的普遍做法^[3],也是保障军队相关制度政策科学有效的必然选择。引入装备价格第三方服务机构有利于降低审计风险、增强工作专业性,做到真正的阳光采购^[4-6]。然而,在军方与装备价格第三方服务机构的“委托-代理”关系中,由于双方目的不一

致性以及信息的非对称性,军方与装备价格第三方服务机构之间难以实现理性双赢^[7]。事实上,装备价格第三方服务机构在装备采购的过程中除了受自身利益诉求的驱动,还经常会面临来自军队装备采购利益攸关方、军内外装备承制单位以及其他间接客体的干扰和影响。因此想要提高装备价格第三方服务机构的服务水平和专业水准,结合军队采购需要,对具有资质的装备价格第三方服务机构进行评价遴选显得很有必要^[8]。

第三方服务机构范围广泛,当前政府单位、事业单位和大型企业公司广泛采用第三方服务机构

* 收稿日期:2022-08-14

基金项目:民技军用定价机制研究基金资助项目(18BGL287)

作者简介:杨黎峰(1994—),男,湖北北京山人,硕士研究生,E-mail:705292443@qq.com;

孙胜祥(通信作者),男,湖北武汉人,教授,博士,博士生导师,E-mail:13397129808@163.com

提供的审价、评估、监督等专业性服务。针对第三方服务机构的评价监督,张伟平等^[9]针对测评政府绩效的第三方主体选取范围,提出应该着重考评第三方服务机构的独立性和专业性。葛超^[10]提出建立健全准入机制和退出机制增强政府对第三方服务机构的监管,提高信息的透明度。侯强^[11]利用灰度关联的方法,建立起青奥会第三方物流服务机构模糊综合评价体系。张萍^[12]基于灰色模糊综合评价,展开对第三方物流企业绩效评价研究,均有较好的效果。军队的第三方服务机构同样需要进行评估监管,彭绍雄等^[13]基于 TOPSIS 法和灰色关联度法,用灰度关联的办法评判供应商与最优解之间的关联性,对军队第三方物流供应商进行评价分析;戚琴玉等^[14]采用熵权 - TOPSIS 方法,构建了装备价格第三方服务机构选择模型。采用灰度关联等处理方法,能够建立评估模型,对军内装备价格第三方服务机构进行有效监督。

军队装备价格第三方服务机构作为新兴领域,针对其的研究评估和样本数据较少,而且建立评价模型需要保证其公正性和实用性,可做参照的研究案例和方法少,分析数据的获取较为困难。传统评价方法存在一定缺陷:层次分析法的评价对象一般不能多于 9 个,模糊综合评价法难以避免评价指标间相互造成信息重复的问题^[15];实际使用中发现以评价指标为基础,简单的依赖专家打分进行指标赋权,相对误差较大^[16],评价指标选择也缺乏相应的分析筛选过程^[13-14]。事实上,采用灰度关联模型就能够对评价指标进行分析优选,相较传统评价方法而言,采用反向传播(back propagation, BP)神经网络构建的评价模型更加精准公正^[17-18]。因此,根据数据样本,利用神经网络的处理方法,针对军队装备价格第三方服务机构,建立起全面有效评估模型显得很有必要。

1 研究思路

研究核心思路为:首先通过现有情况了解,预设模型指标。评价体系参考戚琴玉等^[14]的研究思路,并进行相应的修改优化,使之满足军内装备价格第三方服务机构评估要求,最终采用两级评价指标的评价体系,预设 4 个一级指标和 24 个二级指标。评价体系的设置经过了文献学习—初步设定—专家论证的环节,能够针对装备价格第三方服务机构进行系统性分析。然后设计问卷进行问卷调查,获得一定量的样本数据,并对数据进行分析。利用灰度关联法分析一级指标与综合评分、二级指标和一级指标之间的关联性,筛出无效

指标,随后利用神经网络模型找寻有效指标和综合评分之间的内在关系。最终达成评审人员只需针对二级有效指标进行打分的评估过程,充分利用神经网络黑箱子的技术特点,使得评估过程更为客观全面。

一级指标 A、B、C、D 分别表示为军服务态度、开展任务评价、业务水平情况和制度建设情况。为军服务态度下辖二级指标 A1 ~ A6 分别是日常服务态度、过程规范独立性、数量及成功率、负面弃标行为、工作安排计划性和应急处置能力;开展任务评价下辖二级指标 B1 ~ B9 分别为中标规模、完成任务质量、任务完成时限、派出人员一致性、审价负责人专业性、最终报价情况、抽查检查情况、保密情况和数据资料完整性;业务水平情况对应的二级指标 C1 ~ C5 分别为法规政策理解、人员队伍建设、专家库建设、业务能力培训和在岗培训情况;制度建设情况对应的二级指标 D1 ~ D4 分别为质量和风险控制、涉密工作环境、涉密管理制度和专用保密设备。

2 研究方法

2.1 问卷调查

研究的数据通过问卷调查的形式获取,通过军网传输、专件邮寄等方式,将问卷发放给军队内部相关领域专家学者、同装备价格第三方服务机构对接的人员等专业人员,共发放问卷 128 份,收回问卷 122 份,有效问卷 120 份。

问卷要求答卷人以自己熟悉的装备价格第三方服务机构作为评价对象,进行问卷填写,保证问卷内容的有效性。问卷署名采用不记名形式,以求获得更为客观的问卷数据。问卷涵盖综合评分、一级指标评分和二级指标评分三部分,评分均采用 10 分制,其中 1 分最差、10 分最优。二级指标有对应的解释说明,便于填写。问卷按照预设评价指标进行设计,包含有相关指标的解释说明。通过问卷调查,能够获得综合评分、一级指标和二级指标的数值数据。其中一级指标 4 项,二级指标 24 项,具体问卷设计如表 1 所示,限于篇幅,表 1 仅节选了一级指标为军服务态度的部分表格。

2.2 灰度关联分析方法

灰度关联分析(grey relation analysis, GRA)方法是根据序列曲线几何形状的相似程度判断和描述不同事物间相关程度的一种灰色统计理论方法^[19]。相较于传统的数理分析方法,灰度关联分

表 1 问卷调查内容示意

Tab.1 Content schematic of the questionnaire investigation

公司名称	一级指标	二级指标	解释说明	分值
综合评分	为军服务态度	日常服务态度	服务专业性、时效性	
		过程规范性	审价的独立性、规范性	
		数量及成功率	参与军委机关和兵种组织的采购情况	
		负面弃标行为	考察弃标等负面方面,负面服务即低分	
		工作安排计划性	工作推进力度,按计划执行程度	
		应急处置能力	应急处置效率、能力	

析法对样本数据的数量和规则性要求小,计算量小,适用性和鲁棒性都很好^[20]。本文采用该方法分析所选的指标与综合得分之间的关联性。一方面,利用关联性结果将表现不好的指标予以剔除,保证指标选取的科学性;另一方面,指标和综合得分之间关联度越高,说明指标的重要程度越高,通过分析结果,能够给相关机构提供改进建议。

灰度关联分析法主要分析参考数据 $X_0^{(0)}$ (母序列,类似于因变量)和比较数据 $X_i^{(0)}$ (子序列,类似于自变量)。在本研究中共进行两次灰度关联分析,分别探究综合评分和一级指标、一级指标和二级指标的关联关系,参考数据分别设定为装备价格第三方服务机构的综合评分和一级指标,比较数据设定为一级指标和二级指标。

$$X_0^{(0)} = \{X_0^{(0)}(t) | t=1,2,3, \dots, N\} \quad (1)$$

$$X_i^{(0)} = \{X_i^{(0)}(t) | t=1,2,3, \dots, N\} \quad (2)$$

其中, t 为样本序号, N 是样本总数 ($N=120$)。样本数据汇总后,首先采用斜率变换的方法进行归一化处理,保证数据的一致性。斜率变换是将各因子原始序列集合构成的空间转化为度量空间的方法,并在度量空间中给出以距离为主要定义的指标,通过式(3)进行斜率变化。

$$X_j^{(1)}(t) = \frac{X_j^{(0)}(t+1) - X_j^{(0)}(t)}{\Delta t} \quad (3)$$

其中, j 表示不同的分析序列, t 为样本序列, Δt 表示样本间距。通过处理,将样本数据序列变换成

样本数据的斜率序列,随后继续归一化处理。

$$X_j^{(2)}(t) = \frac{X_j^{(1)}(t)}{\sigma_j} \quad (4)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X_j^{(0)}(t) - \bar{X}_j)^2} \quad (5)$$

$$\bar{X}_j = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N X_j^{(0)}(t) \quad (6)$$

其中: σ_j 是归一化因子,其实质为样本数据的标准差; \bar{X}_j 是样本的均值。按式(4)~(6)处理后,各因子数据序列构成的集合空间就转化为可供分析的标准化度量空间,该标准化度量结果保留了样本数据的特征,归一化处理不会影响到关联度的计算。考虑到现实世界中因子之间的关联程度存在正负性(即关联极性),负相关的情况也需要充分考虑,因此在分析中距离定义如式(7)所示。

$$\Delta_{oi}(t) = \left| \text{sgn}\left(\frac{\hat{\sigma}_i}{\hat{\sigma}_j}\right) X_i^{(2)}(t) - X_j^{(2)}(t) \right| \quad (7)$$

其中: sgn 为符号函数,当 $a > 0$, $\text{sgn}(a)$ 取 1; 当 $a = 0$, $\text{sgn}(a) = 0$; 当 $a < 0$, $\text{sgn}(a)$ 取 -1。 $\hat{\sigma}_i$ 和 $\hat{\sigma}_j$ 主要用于判别比较数据与参考数据之间关联性质,其运算公式如式(8)和式(9)所示,其中关联系数 $\zeta_{oi}(t)$ 和最终因子关联度 k 的定义如式(10)、式(11)所示。

$$\hat{\sigma}_i = \frac{\sum_{k=1}^N kX_j^{(0)}(k) - \left[\sum_{k=1}^N kX_j^{(0)}(k) \sum_{k=1}^N k \right] / N}{N} \quad (8)$$

$$\hat{\sigma}_j = \frac{\sum_{k=1}^N kX_i^{(0)}(k) \sum_{k=1}^N k}{N} \quad (9)$$

$$\zeta_{oi}(t) = \frac{\text{MinMin}_i \Delta_{oi}(t) + \rho \text{MaxMax}_i \Delta_{oi}(t)}{\Delta_{oi}(t) + \rho \text{MaxMax}_i \Delta_{oi}(t)} \quad (10)$$

$$k = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^{N-1} \zeta_{oi}(t) \quad (11)$$

其中: $\text{MinMin}_i \Delta_{oi}(t)$ 和 $\text{MaxMax}_i \Delta_{oi}(t)$ 分别是两级最小差和最大差; ρ 是分辨率分析系数,取值范围为 $(0, \infty)$, 其取值越小,分析分辨率越高,但存在系统鲁棒性越差的问题,本文中 ρ 取 0.5,能够满足一般计算需要^[21]。

通过计算所得的最终关联度 k 是表征参考数据和比较数据之间关联程度的重要指标, k 的取值范围在 0~1 之间,在保证正相关的前提下, k 值越接近 1,认为比较因子和参考因子的关联性越大。

2.3 神经网络模型构建

BP 神经网络模型是根据仿生学,模拟生物神

经元的相关结构而被创新性地提出^[22],并得到广泛运用^[23-25]。典型的单一隐藏层神经网络结构如图 1 所示,其由输入、隐含和输出层三层相互关联的网络构架组成,且各层内均有数量不等的节点(满足数据输入、输出和中间层分析拟合要求)。其中 x_1, x_2, x_3 为输入数据, y_1, y_2, y_3 为输出数据, w_{ij} 和 w_{jk} 为传递权值。传递函数是神经网络模型中的桥梁,输入信息通过传递函数传递至隐藏层,随后传至输出层输出,控制传递函数的传递权值矩阵是神经网络拟合的重要参数。BP 神经网络算法的精髓在于,通过样本训练快速递归,降低误差,多次迭代后即能获得很好的拟合精度。

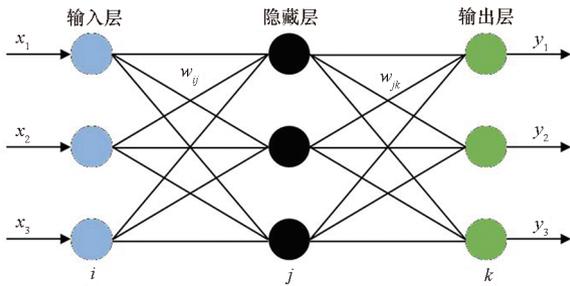


图 1 神经网络模型示意图

Fig. 1 Schematic diagram of neural network model

本文采用问卷调查结果作为样本数据,构建二级评价指标和综合评分之间的神经网络模型。最终希望达到,给出二级指标评分,神经网络模型能够得到准确的综合评分,从而最大可能地消除评分过程的主观性影响。

神经网络模型共三层,根据实际收集的二级指标评分,去除掉无效二级指标,共有 23 个有效二级指标,进行神经网络构架,具体如图 2 所示。其中输入层为 23 个节点,涵盖所有有效二级指标;隐含层设置为 4 个节点,在试图与实际 4 个一级指标建立某种内在联系的同时,避免出现“过拟合”倾向^[26];输出层是 1 个节点,输出综合评分。计算方法采用 LM 算法(Levenberg-Marquardt),其需要较多的内存,但计算时间较少。

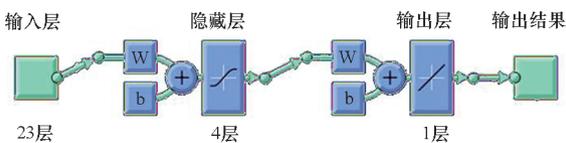


图 2 神经网络构架示意图

Fig. 2 Schematic diagram of neural network architecture

3 结果与讨论

3.1 关联度分析

首先,采用灰度关联分析方法分析装备价格

第三方服务机构综合评分和一级指标 A、B、C、D 之间的关系。具体的关联度 k 如表 2 所示。可以发现,四个一级指标均和综合评分呈正相关,且与综合评分的关联度均超过 0.6,说明一级指标设计合理,能够较好地表征装备价格第三方服务机构评分。其中,为军服务态度 A 和制度建设情况 D 的关联较高,分别为 0.74 和 0.75。这潜在说明了,在当前的评价体系下,为军服务态度和制度建设情况是最受关注的方面,也可以成为装备价格第三方服务机构提升发展的着力方向。

表 2 一级指标关联度

Tab. 2 First-level indicators correlation

一级指标	关联度	正负关联
A	0.74	正相关
B	0.66	正相关
C	0.65	正相关
D	0.75	正相关

然后,分析二级指标和一级指标之间的关联情况。结果表明,所有一级指标和对应二级指标均呈现正相关。图 3 示出 A 和 C 两个一级指标与下属二级指标的关联度,可以看出:所有关联度均大于 0.6,属于有效二级指标;过程规范独立性 A2 的关联度最大,同为军服务态度 A 关联度达到了 0.75;业务水平情况 C 的二级指标中,法规政策理解 C1 与其关联度最大。由此说明,独立性和合规情况是专家关注的重点。

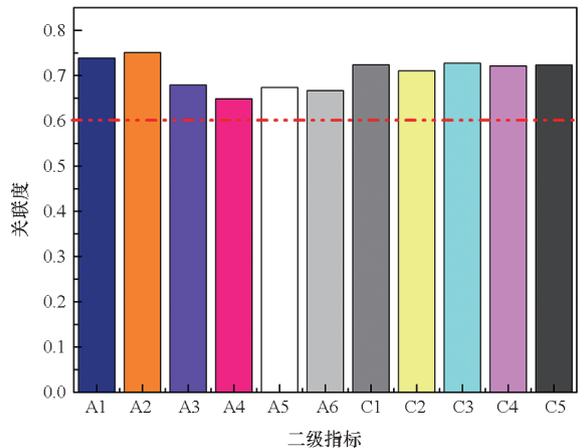


图 3 二级指标关联度直方图(A 和 C)

Fig. 3 Second-level indicators correlation histogram (A & C)

图 4 示出 B 和 D 两个一级指标与下属二级指标的关联度,其中审价负责人专业性 B5 这个二级指标关联度为 0.59,小于 0.6,可以作为无效二级指标予以剔除。派出人员一致性 B4、抽

查检查情况 B7、保密情况 B8 和涉密管理制度 D3 是专家关注的热点领域。

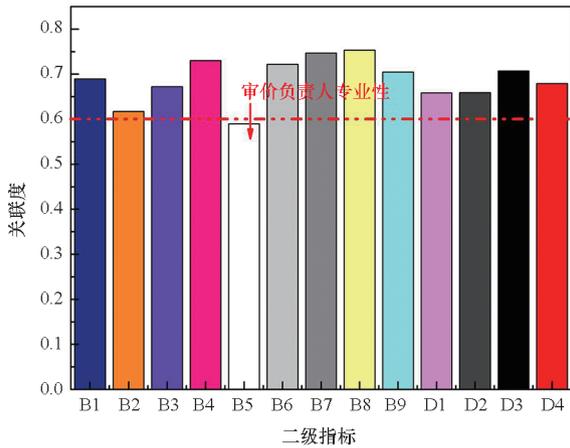


图4 二级指标关联度直方图(B和D)

Fig.4 Second-level indicators correlation histogram (B & D)

通过灰度关联模型分析,对关联性不强的审价负责人专业性的二级指标予以删除,不出现在后续的模式构建训练中,整体的评估系统如图5所示,构成了两级分明的评估体系。

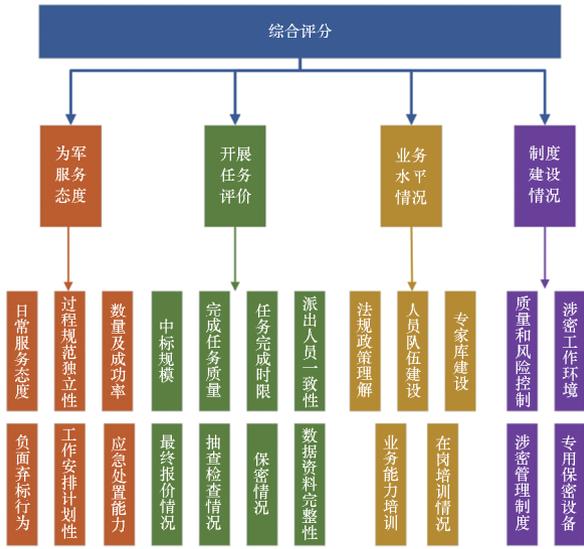


图5 整体评价体系

Fig.5 Overall evaluation system

3.2 模型训练

将120份有效样本数据分为100份和20份,其中100份用于进行神经网络模型训练,20份用于后续的模式验证。将每份样本数据的二级指标评分和综合评分提取出来,评分均为0~10的数值数据,将训练数据和模型验证数据按问卷获得先后顺序排序,分别构成样本训练矩阵和样本验证矩阵,矩阵前23列为神经网络输入数据(二级指标评分),第24列为神经网络预测真实值(综合评分),每行为一个数据样本。将100份样本

数据的70%作为训练,15%作为验证,15%作为测试。实际训练中经过6次迭代就达到较为满意的结果,表3示出训练、验证和测试样本的实际训练情况。均方误差(mean square error, MSE)表示输出值和真实值的误差情况,MSE越小说明拟合越精确;而R为相关系数,其值越接近于1,说明拟合效果越好,可以发现模型训练效果很好。

表3 神经网络模型训练效果

Tab.3 Training effect of neural network model

环节	样本数	MSE	R
训练	70	0.002 2	0.99
验证	15	0.390 0	0.90
测试	15	1.350 0	0.52

图6为样本数量和误差(输出值-真实值)分布直方图,同样显示出选用的神经网络模型有很好的拟合精度。超过75%的样本误差绝对值在0.18之内,仅有8%的样本误差绝对值超过了1。在10分制评分系统内,误差绝对值在1以内的评分是可以接受的,说明该模型拟合精度能够满足工程要求。

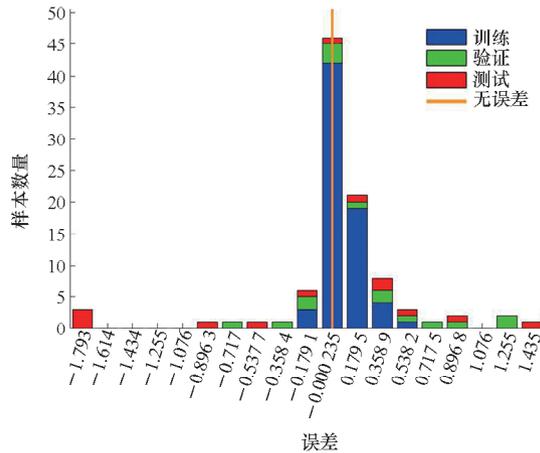


图6 样本数量和误差分布直方图

Fig.6 Histogram of sample size and error distribution

3.3 模型验证

将20份未用作模型训练的样本数据进行神经网络模型的应用验证,采用3.2节训练所得模型,以23个二级指标作为输入,比较输出评分与实际评分的误差,具体结果如表4所示。按照应用的标准,设置误差绝对值1.0和2.0两个验证标准,预测评分和真实评分之间误差绝对值小于等于1.0称之为预测精确,误差绝对值位于1.0~2.0之间视为满足要求,而误差绝对值大于2.0

则属于预测较差情况。

表 4 神经网络模型验证情况

Tab.4 Verification of neural network model

输出	实际	差值	输出	实际	差值
7.4	7.0	0.4	7.8	7.0	0.8
7.0	7.0	0.0	7.2	8.0	-0.8
7.8	6.0	1.8	7.0	8.0	-1.0
7.5	8.0	-0.5	7.4	7.0	0.4
10.0	8.0	2.0	7.0	8.0	-1.0
9.0	9.0	0.0	6.3	5.0	1.3
7.7	6.0	1.7	6.9	8.0	-1.1
9.0	8.0	1.0	4.7	4.0	0.7
7.4	8.0	-0.6	8.2	8.0	0.2
7.0	7.0	0.0	8.3	8.0	0.3

由表 4 的结果显示:神经网络模型预测精准概率为 75%,预测满足要求的概率为 25%,不存在预测较差的情况,由此说明采用 3.2 节的训练模型,能够满足装备价格第三方服务机构评估过程中综合评分的计算预测需要。

4 结论

本文采用问卷调查的方式获得样本数据,采用灰度关联分析和神经网络的方法构建军队装备价格第三方服务机构评价模型,得到以下结论:

1)灰度关联模型分析能够对模型指标进行有效性评定和筛选,发现为军服务态度和制度建设情况是最受关注的一级指标,专家更为注重装备价格第三方服务机构的独立性、合规性和保密等相关方面的二级指标,可以成为后续装备价格第三方服务机构提升发展的方向性支撑。

2)利用调研样本,构建训练三层 BP 神经网络就能有效地建立二级指标与综合评分之间的联系,且预测精准度很高。后续应用中,仅需评估人员进行二级指标评分,模型便可自动生成对应的综合分数,从而使得评估过程变得更加客观便捷。

致谢

国防科技大学武鹏硕士在问卷调查、数据处理方面提供了帮助和指导,谨致谢意!

参考文献 (References)

[1] 新华社. 军委装备发展部:大力推进全军共用信息系统装备招标采购工作规范化运行[J]. 军民两用技术与产品, 2019(11): 6.

Xinhua News Agency. Equipment Development Department of People's Republic of China Central Military Commission: vigorously promote the standardized operation of the bidding and procurement of equipment for the common information system of the whole army [J]. Dual Use Technologies & Products, 2019(11): 6. (in Chinese)

[2] 范奎奎, 丁湛, 沈乐. 装备供应商管理信息服务平台建设构想[J]. 中国政府采购, 2020(9): 61-65.

FAN K K, DING Z, SHEN L. Conception of the construction of equipment supplier management information service platform [J]. China Government Procurement, 2020(9): 61-65. (in Chinese)

[3] 程燕林, 张妮. 第三方评估在中国:特征、类型与发展策略[J]. 中国科技论坛, 2022(9): 139-146.

CHENG Y L, ZHANG W. The third-party evaluation in China: characteristics, types and development strategies [J]. Forum on Science and Technology in China, 2022(9): 139-146. (in Chinese)

[4] 吕裕霞, 刘庆春, 刘华, 等. 军队医院引入招标代理机构的优势分析[J]. 武警医学, 2016, 27(12): 1287-1288.

LYU Y X, LIU Q C, LIU H, et al. Analysis on the advantages of introducing bidding agency into military hospitals [J]. Medical Journal of the Chinese People's Armed Police Force, 2016, 27(12): 1287-1288. (in Chinese)

[5] 朱琳. 军队单位承担国家科研项目间接费用管理的思考[J]. 军事经济研究, 2016, 37(9): 17-18.

ZHU L. Thoughts on the management of indirect costs of military units undertaking national scientific research projects [J]. Military Economic Research, 2016, 37(9): 17-18. (in Chinese)

[6] 孙胜祥, 魏华, 杨成斌. 装备采购中的知识产权定价方法[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2021.

SUN S X, WEI H, YANG C B. Pricing method of intellectual property in equipment procurement [M]. Beijing: China Financial and Economic Publishing House, 2021. (in Chinese)

[7] 陈文英, 张兵志, 杨克巍. 支撑新型装备系统需求论证的体系贡献度评估[J]. 系统工程与电子技术, 2019, 41(8): 1795-1801.

CHEN W Y, ZHANG B Z, YANG K W. Contribution rate evaluation for requirement demonstration of a new weapon equipment system [J]. Systems Engineering and Electronics, 2019, 41(8): 1795-1801. (in Chinese)

[8] 罗承昆, 陈云翔, 项华春, 等. 装备体系贡献率评估方法研究综述[J]. 系统工程与电子技术, 2019, 41(8): 1789-1794.

LUO C K, CHEN Y X, XIANG H C, et al. Review of the evaluation methods of equipment's contribution rate to system-of-systems [J]. Systems Engineering and Electronics, 2019, 41(8): 1789-1794. (in Chinese)

[9] 张伟平. 第三方测评政府绩效的群众满意度模式研究——以菏泽市为例[J]. 菏泽学院学报, 2017, 39(1): 89-92.

ZHANG W P. The research on the masses satisfaction of government performance by the third party—an example of the masses satisfaction in Heze [J]. Journal of Heze University, 2017, 39(1): 89-92. (in Chinese)

[10] 葛超. 水污染第三方治理机制中政府监管责任研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.

- GE C. The government supervision responsibility in the third party governance mechanism of water pollution [D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2017. (in Chinese)
- [11] 侯强. 基于灰色关联的2014年青奥会第三方物流服务商模糊综合评价[J]. 物流技术, 2014, 33(11): 303 - 304, 312.
- HOU Q. Fuzzy comprehensive evaluation of third party logistics service providers for 2014 Youth Olympics based on grey correlation[J]. Logistics Technology, 2014, 33(11): 303 - 304, 312. (in Chinese)
- [12] 张萍. 基于灰色模糊综合评价的第三方物流企业绩效评价研究[D]. 保定: 华北电力大学, 2020.
- ZHANG P. Research on the performance evaluation of TPL enterprise based on grey fuzzy comprehensive evaluation[D]. Baoding: North China Electric Power University, 2020. (in Chinese)
- [13] 彭绍雄, 唐斐琼. 基于TOPSIS法和灰色关联度法的军队第三方物流供应商评价分析[J]. 物流科技, 2012, 35(12): 83 - 87.
- PENG S X, TANG F Q. Study of the military third-party logistics supplier's selection based on TOPSIS method and GREY relative degree [J]. Logistics Sci-Tech, 2012, 35(12): 83 - 87. (in Chinese)
- [14] 戚琴玉, 黄飞, 蒲爽. 基于熵权 - TOPSIS的装备价格第三方服务机构遴选机制研究[J]. 信息工程大学学报, 2021, 22(1): 123 - 128.
- QI Q Y, HUANG F, PU S. Research on selection mechanism of equipment price third party service organization based on entropy weight - TOPSIS [J]. Journal of Information Engineering University, 2021, 22(1): 123 - 128. (in Chinese)
- [15] 全梦珠. 第三方物流企业的物流金融风险研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2015.
- TONG M Z. Study on the risks of logistics finance of third-party logistics enterprises [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2015. (in Chinese)
- [16] 王佳音. 基于BP神经网络的LNG科研项目绩效评价模型[J]. 商情, 2022(37): 131 - 133.
- WANG J Y. Performance evaluation model of LNG scientific research project based on BP neural network [J]. Business Journal, 2022(37): 131 - 133. (in Chinese)
- [17] 姬晓飞, 魏振钢, 石硕, 等. 基于神经网络的产品服务质量评价模型研究[J]. 制造业自动化, 2022, 44(2): 164 - 165, 175.
- JI X F, WEI Z G, SHI S, et al. Research on product and service quality evaluation model based on neural network[J]. Manufacturing Automation, 2022, 44(2): 164 - 165, 175. (in Chinese)
- [18] 刘澜, 吴金卓. 基于BP神经网络理论的物流金融风险评价模型[J]. 森林工程, 2014, 30(3): 168 - 171, 182.
- LIU L, WU J Z. Establishment of a financial risk assessment model for logistics enterprises based on BP neural network[J]. Forest Engineering, 2014, 30(3): 168 - 171, 182. (in Chinese)
- [19] 周建民, 余加昌, 张龙, 等. 结合CEEMDAN和灰度关联分析方法的滚动轴承性能退化评估[J]. 华东交通大学学报, 2019, 36(5): 91 - 96.
- ZHOU J M, YU J C, ZHANG L, et al. Performance degradation evaluation of rolling bearing based on CEEMDAN and gray correlation analysis [J]. Journal of East China Jiaotong University, 2019, 36(5): 91 - 96. (in Chinese)
- [20] 霍迎秋, 唐晶磊, 尹秀珍. 基于灰度关联分析的苹果病害识别方法研究[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(1): 49 - 51, 55.
- HUO Y Q, TANG J L, YIN X Z. Research on identification method of apple disease based on gray relation analysis[J]. Experimental Technology and Management, 2013, 30(1): 49 - 51, 55. (in Chinese)
- [21] 傅立. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992.
- FU L. Grey system theory and its application[M]. Beijing: Scientific and Technical Documentation Press, 1992. (in Chinese)
- [22] MCCULLOCH W S, PITTS W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity [J]. The Bulletin of Mathematical Biophysics, 1943, 5(4): 115 - 133.
- [23] XIE Z H, ZHANG Y, JIN C. Prediction of coal spontaneous combustion in goaf based on the BP neural network [J]. Procedia Engineering, 2012, 43: 88 - 92.
- [24] BOSE B K. Neural network applications in power electronics and motor drives—an introduction and perspective[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2007, 54(1): 14 - 33.
- [25] 宣善钦, 邵先锋. 基于BP神经网络和二阶多项式的高程异常拟合精度分析[J]. 山西建筑, 2020, 46(17): 168 - 171.
- XUAN S Q, SHAO X F. Accuracy analysis of height anomaly fitting based on BP neural network and second-order polynomial[J]. Shanxi Architecture, 2020, 46(17): 168 - 171. (in Chinese)
- [26] 王嵘冰, 徐红艳, 李波, 等. BP神经网络隐含层节点数确定方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2018, 28(4): 31 - 35.
- WANG R B, XU H Y, LI B, et al. Research on method of determining hidden layer nodes in BP neural network [J]. Computer Technology and Development, 2018, 28(4): 31 - 35. (in Chinese)