

DOI: 10.11992/tis.201801006

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20180503.1148.005.html>

导弹武器系统参数性能指标的可拓数据挖掘

王丰

(海军航空大学, 山东 烟台 264001)

摘 要: 为了挖掘导弹武器系统某些参数指标对其他指标及性能指标的影响规律和程度, 创造性地将可拓数据挖掘理论引入到海军导弹武器系统性能的研究中, 通过引入杀伤指数、探测指数和突防生存指数 3 个新的性能指数作为评价特征, 研究改变导弹武器系统的结构设计及部件, 使导弹武器系统的某些参数指标发生传导变换, 运用挖掘正质变域和正量变域的可拓推理知识, 对数据进行挖掘。通过对某型导弹的实验数据分析表明: 基于工厂鉴定实验及设计定型实验中产生的大量实验数据, 利用该理论, 可以充分挖掘到有价值的知识。

关键词: 可拓学; 数据挖掘; 可拓知识; 导弹武器系统; 评价特征

中图分类号: TJ760 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2019)03-0560-06

中文引用格式: 王丰. 导弹武器系统参数性能指标的可拓数据挖掘[J]. 智能系统学报, 2019, 14(3): 560-565.

英文引用格式: WANG Feng. Extension data mining of the performance of a missile weapon system based on its parameter index[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2019, 14(3): 560-565.

Extension data mining of the performance of a missile weapon system based on its parameter index

WANG Feng

(Naval Aviation University, Yantai 264001, China)

Abstract: The extension data mining theory is introduced for studying the performance of the naval missile weapon system to excavate the influence and degree of several parameters of the missile weapon system on performance and other indices. Three new performance indices, including the destruction index, detection index, and penetration and survival index, have been introduced and are considered as evaluation characteristics while investigating the structural design and for finding the parts that can transform the missile weapon system. Therefore, several indices of the missile weapon system are observed to experience conduction transformation. Furthermore, several missile parameters are mined using the extension reasoning knowledge that is obtained by mining the qualitative and quantitative domains. According to the test data obtained by conducting a naval coastal defense missile analysis, using a large number of test data and the test design of factory identification in the demonstration test helps to completely excavate the valuable knowledge.

Keywords: extenics; data mining; extension knowledge; missile weapon system; evaluation characteristics

可拓数据挖掘^[1-2]是可拓学与数据挖掘结合的产物, 其把数据与基元对应起来, 利用可拓集、可拓推理和关联函数等, 从数据库已有的数据中, 挖掘与相关问题有关的变换知识和规律, 为决策者未来的相关决策提供理论依据。相关学者将其应用到经济、管理、营销等多个领域, 获得了多项国家级基金的支持, 取得了一些研究成果^[3-7]。

但将其运用到国防军事领域的文献还未见。

在导弹武器系统性能的分析与研究中, 各参数指标会积累大量的信息、知识和实验数据, 如果能从这些实验数据中挖掘出对导弹武器系统设计、定型及性能改进有价值的知识, 会显得尤其重要。本文将可拓数据挖掘理论引入到导弹武器系统性能的分析与研究中。当导弹武器系统某些参数指标发生变化时, 由于参数指标之间的相关

收稿日期: 2018-01-04. 网络出版日期: 2018-05-03.

通信作者: 王丰. E-mail: 1055478110@qq.com.

性, 必会导致其他参数指标及导弹性能指标发生传导变换, 利用挖掘有关正质变域和正量变域的可拓分类知识, 挖掘出各项参数指标对其他参数指标及各性能指标的影响规律及影响程度, 可以为导弹武器系统的设计、定型及性能的改进提供重要的理论参考。

1 挖掘有关正质变域的可拓推理知识

为了利用基元^[1]和基元集描述信息、知识和数据, 文献[2]给出了信息元和信息元集的概念。将预处理的信息和数据用信息元和信息元集^[2]刻画为

$$I = \{I_i, i = 1, 2, \dots, n\} \quad (1)$$

$$\text{式中 } I_i = (O_i, C, V_i) = \begin{bmatrix} O_i, & c_1, & v_{i1} \\ & c_2, & v_{i2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_m, & v_{im} \end{bmatrix}$$

为了评价信息元符合要求的程度^[8], 根据专业知识和实际情况, 确定评价特征 d_1, d_2, \dots, d_q , 找出各评价特征 $d_p (p = 1, 2, \dots, q)$ 所对应的原特征的全体 $\{c'_j\} \in \{c_j, (j = 1, 2, \dots, m)\}$, 根据各评价特征和其所对应的原特征的量值之间的函数关系计算出各评价特征的量值, 得评价信息元集为

$$W = \{D\} = \{D_i | D_i = (I_i, C_D, U_i) = \begin{bmatrix} I_i, & d_1, & u_{i1} \\ & d_2, & u_{i2} \\ & \vdots & \vdots \\ & d_q, & u_{iq} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

实轴上的区间给定 $Y = \langle y_1, y_2 \rangle$, 则对于任意一点 x , 定义点 x 到区间 $Y = \langle y_1, y_2 \rangle$ 的距离为

$$\rho(x, Y) = \left| x - \frac{y_1 + y_2}{2} \right| - \frac{y_2 - y_1}{2}$$

设 $X_0 = \langle a_1, b \rangle$, $X = \langle a_2, b \rangle$, $a_1 < a_2$, 则构建关联函数为

$$k(x) = \frac{\rho(x, b, X_0)}{D(x, X_0, X)} \quad (3)$$

式中

$$\rho(x, b, X_0) = a_2 - x, \quad x < b$$

$$D(x, X_0, X) = \rho(x, X) - \rho(x, X_0) + a_1 - b, \quad x \in X_0$$

根据式(3)建立关于评价特征 $d_p (p = 1, 2, \dots, q)$ 的关联函数 $k_p(x)$, 对 $D_{ip} = (I_i, d_p, u_{ip})$, $(p = 1, 2, \dots, q)$, 将 u_{ip} 代入 $k_p(x)$ 中, 求出 $k_p(u_{ip}) = k_p(D_{ip})$ 。对 W 中的各个信息元, 计算出规范关联数为

$$k_{ip} = \frac{k_p(D_{ip})}{\max_{p \in \{1, 2, \dots, q\}} [k_p(D_{ip})]} \quad (4)$$

式中: $p = 1, 2, \dots, q; i = 1, 2, \dots, n$ 。

建立评价信息元 D_i 的综合优度^[2]为

$$K(D_i) = \sum_{p=1}^q \alpha_p k_{ip} \quad (5)$$

由层次分析法确定权重系数 $\alpha_p > 0$, 且 $\sum_{p=1}^q \alpha_p = 1$ 。根据要解决的具体问题, D_i 的综合优度也可取 $K(D_i) = \bigwedge_{p=1}^q k_{ip}$ 或 $K(D_i) = \bigvee_{p=1}^q k_{ip}$ 。根据综合优度 $K(D_i)$, 可对评价信息元集^[2] W 进行划分, 即 $W = W_+ \cup W_- \cup W_0$, 其中, $W_+ = \{D/K(D) > 0\}$, $W_- = \{D/K(D) < 0\}$, $W_0 = \{D/K(D) = 0\}$ 。则对应的信息元集 $\{I\} = E_+ \cup E_- \cup E_0$, 其中:

$$E_+ = \{I_i | I_i \in \{I\}, D_i = (I_i, C_D, U_i), K(D_i) > 0\}$$

$$E_- = \{I_i | I_i \in \{I\}, D_i = (I_i, C_D, U_i), K(D_i) < 0\}$$

$$E_0 = \{I_i | I_i \in \{I\}, D_i = (I_i, C_D, U_i), K(D_i) = 0\}$$

对任意信息元 $I_i \in \{I\}$, 若评价信息元为 D_i , 作主动变换 φ , 记

$$\{\varphi I\} = \{I'_i | I'_i = \varphi I_i = (O'_i, C, V'_i) = \begin{bmatrix} O'_i, & c_1, & v'_{i1} \\ & c_2, & v'_{i2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_m, & v'_{im} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, n\} \quad (6)$$

变换 φ 会使评价信息元 D_i 发生传导变换, 记

$$\{\varphi T_D D\} = \{D'_i | D'_i = \varphi T_{D_i} D_i = (I'_i, C_D, U'_i) = \begin{bmatrix} I'_i & d_1 & u'_{i1} \\ & d_2 & u'_{i2} \\ & \vdots & \vdots \\ & d_q & u'_{iq} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, n\} \quad (7)$$

对 $\{\varphi T_D D\}$ 中的每个信息元, 计算传导变换 φT_D 后的关联数 $k_p(\varphi T_{D_i} D_{ip}) = k_p(D'_{ip})$ 和规范关联数 k'_{ip} , 则 $\varphi T_{D_i} D_i$ 的综合优度为

$$K(\varphi T_{D_i} D_i) = \sum_{p=1}^q \alpha_p k'_{ip} \quad (8)$$

在变换 φ 下, I_i 关于评价特征 d_p 的关联差为 $\beta_{ip} = k_p(u'_{ip}) - k_p(u_{ip})$; 变换 φ 下, I_i 的综合关联差为 $\beta_i = K(\varphi T_{D_i} D_i) - K(D_i)$ 。

根据变换实施前后的 $K(D_i)$ 和 $K(\varphi T_{D_i} D_i)$, 评价信息元集可以分为正稳定域 $D_+(\varphi T_{D_i})$ 、正质变域 $D(\varphi T_{D_i})$ 、负稳定域 $D_-(\varphi T_{D_i})$ 、负质变域 $D_-(\varphi T_{D_i})$ 和拓界 $D_0(\varphi T_{D_i})$ 。其中:

$$\begin{aligned} D_+(\varphi T_{D_i}) &= \{D_i | D_i = (I_i, C_D, U_i), K(D_i) \leq 0, \\ &\quad K(\varphi T_{D_i} D_i) > 0, i \in J_{D_i}^+\} \end{aligned} \quad (9)$$

式中: $J_{D_i}^+$ 表示 $\{D\}$ 中满足 $K(D_i) \leq 0$, $K(\varphi T_{D_i} D_i) > 0$ 的评价信息元 D_i 的下标集。

$$\begin{aligned} D_+(\varphi T_{D_i}) &= \{D_i | D_i = (I_i, C_D, U_i), K(D_i) > 0, \\ &\quad K(\varphi T_{D_i} D_i) > 0, i \in J_{D_i}^+\} \end{aligned} \quad (10)$$

式中: $J_{D_i}^+$ 表示 $\{D\}$ 中满足 $K(D_i) > 0$, $K(\varphi T_{D_i} D_i) > 0$ 的评价信息元 D_i 的下标集。则正质变域 $D_+(\varphi T_{D_i})$ 对应的评价信息元集为

$$E(\varphi) = \{I_i | I_i = (O_i, C, V_i), D_i \in D(\varphi T_{D_i}), i \in J_{D_i}\} \quad (11)$$

正稳定域 $D_+(\varphi T_{D_i})$ 对应的评价信息元集为

$$E_+(\varphi) = \{I_i | I_i = (O_i, C, V_i), D_i \in D_+(\varphi T_{D_i}), i \in J_{D_i}\} \quad (12)$$

设 $c_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 中 $d_p (p = 1, 2, \dots, q)$ 对应的原特征的全体为 $\{c'_j\}$, 对于 $c_j \in \{c'_j\}$, 变换实施前、后, 发生变化的参数指标的区间记为 $V = [\min_{i \in J_{D_i}} v_{ij}, \max_{i \in J_{D_i}} v_{ij}]$, $V' = [\min_{i \in J_{D_i}} v'_{ij}, \max_{i \in J_{D_i}} v'_{ij}]$ 。记 $\beta_{\min} = \min_{i \in J_{D_i}} \{\beta_i\}$, $\beta_{\max} = \max_{i \in J_{D_i}} \{\beta_i\}$ 。

若 I_i 、 I'_i 满足条件

$$L: v_{ij} \in V (i \in J_{D_i}, c_j \in \{c'_j\})$$

则可获得关于评价信息元正质变域的可拓推理知识^[1, 9-13]:

$$\left\{ \begin{aligned} & \{I_i \ni I\} \wedge \{K(D_i) < 0\} \wedge \{\varphi I_i = I'_i\} \wedge \{I_i \ni L\} \wedge \\ & \left\{ v'_{ij} \in V' \right\} \Rightarrow (\varphi \text{ 为正质变换}) \wedge \{I_i \in E(\varphi)\} \wedge \\ & \{K(\varphi T_{D_i}) > 0\} \wedge \{\beta_i \in [\beta_{\min}, \beta_{\max}], \beta_i > 0\} \end{aligned} \right. \quad (13)$$

由可拓推理知识式(13)表示如果信息元^[8] I_i 关于 $c_j \in \{c'_j\}$ 满足 $v_{ij} \in V$, I_i 对应的评价信息元 D_i 的综合关联度 $K(D_i) < 0$, 可拓变换 φ 实施后, v_{ij} 变为 $v'_{ij} \in V'$, 则 φ 使 I_i 产生正质变变换, 从不属于正域变为属于正域, 从不符合要求变为符合要求, 即 I_i 的综合关联度得到提高, 提高的幅度为 $\beta_i \in [\beta_{\min}, \beta_{\max}], \beta_i > 0$ 。类似的, 可挖掘关于评价信息元正量变域的可拓推理知识。

2 导弹武器系统参数性能指标的挖掘步骤

在海军某型导弹武器系统的设计、定型过程中, 产生了大量的实验数据。由于篇幅所限, 仅通过部分实验数据研究本文的可拓分析过程。

改进导弹的结构设计及某些电子部件(记为变换 φ)^[1-2, 8], 会导致导弹武器系统的某些参数指标及性能指标发生传导变换, 从变换 φ 实施前后的实验数据中挖掘某些参数指标对其他参数指标及其性能指标的影响规律和程度, 为导弹最终的设计、定型和性能改进提供理论数据支撑^[14-16]。

已有的4个批次该型号导弹武器系统, 用信息元和信息元集描述(如式(1)), 其中 $n = 4, m = 11$, 特征 $c_b (b = 1, 2, \dots, 9)$ 分别表示导弹的杀伤威力、杀伤范围、杀伤精度、隐蔽性能、电子对抗性能、火力对抗性能、机动性能、易损伤性和探测性能, c_{10} 、 c_{11} 分别表示目标的隐蔽性能和机动性能, 其量值均为相应的概率值。 O_i 关于特征 c_j 的量值如表1所示, 表中数据表示实际参数与期望参数之间的比值。

表1 导弹武器系统关于参数指标的量值表

Table 1 The value table of a missile weapon system

导弹 编号	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}	c_{11}
O_1	0.75	0.76	0.80	0.75	0.69	0.77	0.81	0.28	0.74	0.79	0.75
O_2	0.70	0.77	0.79	0.76	0.75	0.70	0.90	0.29	0.75	0.73	0.76
O_3	0.78	0.74	0.78	0.80	0.75	0.78	0.75	0.26	0.79	0.74	0.74
O_4	0.74	0.71	0.80	0.75	0.74	0.71	0.76	0.26	0.72	0.75	0.77

2.1 确定评价特征

为了对该型导弹武器系统的各项性能进行综合分析, 引入3个新的性能指数作为评价特征。

1) 杀伤指数

$$d_1 = c_1 \times c_2 \times c_3 \quad (14)$$

2) 探测指数

$$d_2 = c_9 \times [1 - (c_{10} + c_{11} - c_{10} \times c_{11})] \quad (15)$$

3) 突防生存指数

$$d_3 = c_4 \times c_5 \times c_6 \times c_7 \times (1 - c_8) \quad (16)$$

将各参数指标的量值代入式(14)~(16), 计算出各导弹关于3个评价特征的量值, 得到评价信息元集如式(2), 其中, $n = 4, q = 3$ 。计算得: $u_{11} = d_1(I_1) = 0.4560$, $u_{12} = d_2(I_1) = 0.0389$, $u_{13} = d_3(I_1) = 0.2324$; $u_{21} = d_1(I_2) = 0.4258$, $u_{22} = d_2(I_2) = 0.0486$, $u_{23} = d_3(I_2) = 0.2181$; $u_{31} = d_1(I_3) = 0.4502$, $u_{32} = d_2(I_3) = 0.0534$, $u_{33} = d_3(I_3) = 0.2600$; $u_{41} = d_1(I_4) = 0.4203$, $u_{42} = d_2(I_4) = 0.0414$, $u_{43} = d_3(I_4) = 0.2126$ 。

2.2 建立关联函数

根据实验数据和专家意见, 取 $X_{01} = \langle 0.4500, 0.9000 \rangle$, $X_1 = \langle 0.3500, 0.9000 \rangle$; $X_{02} = \langle 0.0500, 0.1000 \rangle$, $X_2 = \langle 0.0350, 0.1000 \rangle$; $X_{03} = \langle 0.2500, 0.6000 \rangle$, $X_3 = \langle 0.2000, 0.6000 \rangle$ 。

根据式(3)建立评价特征 d_1 的关联函数为

$$k_1(x) = \frac{\rho(x, 0.9000, X_{01})}{D(x, X_{01}, X_1)} \quad (17)$$

式中

$$\begin{aligned} \rho(x, 0.9000, X_{01}) &= 0.4500 - x, \quad x \leq 0.9000 \\ D(x, X_{01}, X_1) &= \begin{cases} -0.5500, & x = 0.4560 \text{ 或 } 0.4502 \\ -0.1, & x = 0.4258 \text{ 或 } 0.4203 \end{cases} \end{aligned}$$

同理, 类似于式(17), 可定义 d_2 、 d_3 、 d_4 的关联函数分别为

$$k_2(x) = \frac{\rho(x, 0.1, X_{02})}{D(x, X_{02}, X_2)} \quad (18)$$

式中

$$\begin{aligned} \rho(x, 0.1, X_{02}) &= 0.05 - x, \quad x \leq 0.1 \\ D(x, X_{02}, X_2) &= \begin{cases} -0.015, & x = 0.0389 \text{ 或 } 0.0486 \text{ 或 } 0.0414 \\ -0.065, & x = 0.0534 \end{cases} \end{aligned}$$

$$k_3(x) = \frac{\rho(x, 0.6, X_{03})}{D(x, X_{03}, X_3)} \quad (19)$$

式中

$$\rho(x, 0.6, X_{03}) = 0.25 - x, \quad x \leq 0.6$$

$$D(x, X_{03}, X_3) = \begin{cases} -0.4, & x = 0.26 \\ -0.05, & x = 0.232 \text{ 4 或 } 0.218 \text{ 1 或 } 0.212 \text{ 6} \end{cases}$$

根据层次分析法, 确定权系数为 $a_1=0.5$, $a_2=0.2$, $a_3=0.3$ 。

2.3 实施主动变换, 改变参数指标的量值

实施变换 φ , 改变 4 批次导弹某些参数指标的值, 具体如表 2。

表 2 变换 φ 后该导弹关于参数指标的量值

Table 2 The value of the missile on the characteristics of the table after the transformation φ

导弹 编号	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}	c_{11}
O_1	0.89	0.76	0.80	0.75	0.88	0.77	0.92	0.28	0.92	0.79	0.75
O_2	0.95	0.77	0.79	0.76	0.90	0.70	0.90	0.29	0.94	0.73	0.76
O_3	0.83	0.74	0.78	0.80	0.79	0.78	0.75	0.26	0.89	0.74	0.74
O_4	0.90	0.71	0.80	0.75	0.89	0.71	0.76	0.26	0.95	0.75	0.77

2.4 仿真计算变换实施前后的综合优度

根据表 2 中的参数指标值及式 (14)~(19), 通过 MATLAB 计算机编程, 计算出变换 φ 实施前后的关联数、规范关联数, 并得到变换 φ 实施前后的综合优度 $K(D_i)$ 和 $K(\varphi T_{D_i} D_i)$ 仿真图, 如图 1。

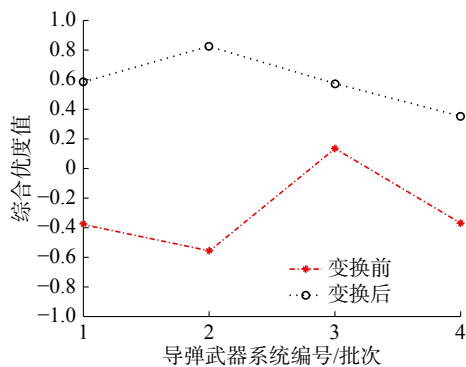


图 1 变换实施前后的综合优度

Fig. 1 Comprehensive advantages before and after transformation

从图 1 可见, $K(D_1) < 0$, $K(D_2) < 0$, $K(D_3) > 0$, $K(D_4) < 0$ 。综合优度 $K(D_i)$ ($i=1, 2, 3, 4$) 将 4 个批次导弹武器系统分为: 性能符合需求类 $E_+ = \{O_3\}$, 不符合需求类 $E_- = \{O_1, O_2, O_4\}$ 。

变换 φ 实施后, $K(\varphi T_{D_1} D_1) > 0$, $K(\varphi T_{D_2} D_2) > 0$, $K(\varphi T_{D_4} D_4) > 0$, 即 4 个批次导弹武器系统 O_1 、 O_2 、 O_4 性能发生了正质变变化, 由不符合要求变为符合要求, $\{O_1, O_2, O_4\} \in E_+(\varphi)$ 。1 个批次导弹武器系统

O_3 性能发生了正量变变化。变换 φ 实施前后的性能综合优度对比如表 3。

表 3 变换 φ 实施前后性能的综合优度对比

Table 3 Comparison of the performance before and after transformation φ

导弹编号	$K(D_i)$	$K(\varphi T_{D_i} D_i)$	变化类型	β_i
O_1	-0.353 0	0.524 6	$D_{\bullet+}$	0.877 6
O_2	-0.539 9	0.888 7	$D_{\bullet+}$	1.428 6
O_3	0.026 3	0.539 6	D_+	0.513 3
O_4	-0.411 2	0.357 0	$D_{\bullet+}$	0.768 2

$$\beta_{\min} = \min_{i \in \{1, 2, 4\}} \{\beta_i\} = 0.768 2, \quad \beta_{\max} = \max_{i \in \{1, 2, 4\}} \{\beta_i\} = 1.428 6。$$

2.5 获取有关正质变域和正量变域的可拓知识

发生正质变的 3 个批次导弹武器系统 O_1 、 O_2 、 O_4 在变换 φ 实施后, 发生变化的参数指标的区间分别为 $V = [0.70, 0.75]$, $V' = [0.89, 0.95]$, $V = [0.69, 0.74]$, $V' = [0.88, 0.90]$, $V = [0.76, 0.81]$, $V' = [0.90, 0.93]$, $V = [0.72, 0.75]$, $V' = [0.92, 0.95]$ 。

综合, 根据文献[1-2]可得到关于各性能指标提高的可拓推理知识:

1) $\{I_t \ni I\} \wedge \{\varphi I_t = I_t\} \wedge \left\{v'_{tj} \in V'\right\} \Rightarrow (\varphi \text{ 为正质变变换}) \wedge \{I_t \in E(\varphi)\} \wedge \{\beta_t \in [0.768 2, 1.428 6]\}$, ($t=1, 2, 4$) 即 3 个批次导弹武器系统 O_1 、 O_2 、 O_4 的性能发生了正质变变化, 由不符合需求变化为符合要求, 性能综合优度提高的幅度范围为

$$[\beta_{\min}, \beta_{\max}] = [0.768 2, 1.428 6]$$

2) $\{I_3 \ni I\} \wedge \{\varphi I_3 = I_3\} \Rightarrow (\varphi \text{ 为正量变变换}) \wedge \{I_3 \in E_+(\varphi)\} \wedge \{\beta_3 = 0.513 3\}$, 即一个批次导弹武器系统 O_3 的性能发生了正量变变化, 性能综合优度得到了提到, 提高的幅度为

$$K(\varphi T_{D_3} D_3) - K(D_3) = 0.513 3$$

3 结束语

可拓数据挖掘把可拓集理论与数据挖掘相结合, 挖掘可拓分类知识、传导知识以及其他有关变换的知识。本文通过引入杀伤指数、探测指数和突防生存指数 3 个新的性能指数作为评价特征, 改进导弹结构设计, 使导弹武器系统的某些参数指标发生变化, 利用挖掘正质变域和正量变域的知识, 初步挖掘出某些参数指标对其他参数指标及性能指标的影响规律和程度, 寻求导弹武器系统性能分析研究中的有价值的知识。通过简单的实例分析, 挖掘出了某些参数指标对某型导弹武器系统各项性能的影响程度。可见, 将可拓

数据挖掘的理论与方法用于导弹等武器系统各性能的分析与研究,可为导弹等武器系统的设计、定型、改进提供数量化的理论依据。下一步,将结合该型导弹武器系统工厂鉴定实验及设计定型实验中产生的大量实验数据,利用计算机编程仿真,深入挖掘各项参数指标对该型战术导弹武器系统性能的影响规律及程度,为其设计、定型、改进提供理论和实践参考。

参考文献:

- [1] YANG Chunyan, CAI Wen. Extensics theory, method and application[M]. Beijing: Science Press, 2013: 107–276.
- [2] 蔡文, 杨春燕, 陈文伟, 等. 可拓集与可拓数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 14–95.
- [3] 孙江, 张海鹰, 张新春. 基于可拓集方法的导弹毁伤评估[J]. 战术导弹技术, 2012(6): 32–37.
SUN Jiang, ZHANG Haiying, ZHANG Xinchun. Damage evaluation of missile based on extensive set method[J]. Tactical missile technology, 2012(6): 32–37.
- [4] 张金春, 张家宾, 李超亚, 等. 基于可拓数据挖掘技术的故障诊断和预防方法[J]. 兵工自动化, 2015, 34(5): 1–4.
ZHANG Jinchun, ZHANG Jiabin, LI Chaoya, et al. Methods of fault diagnosis and prevention of equipment based on extenics and data mining technology[J]. Ordnance industry automation, 2015, 34(5): 1–4.
- [5] 朱佳俊, 郑建国, 李金兵. 基于粗糙分类的不确定可拓群决策数据挖掘及应用[J]. 控制与决策, 2012, 27(6): 850–854.
ZHU Jiajun, ZHENG Jianguo, LI Jinbing. Rough classification algorithm for uncertain extension group decisionmaking[J]. Control and decision, 2012, 27(6): 850–854.
- [6] 王建林, 杨印生, 王学玲. 基于可拓数据挖掘的黄河三角洲土地利用评价[J]. 吉林大学学报(工学版), 2012, 42(S1): 479–483.
WANG Jianlin, YANG Yinsheng, WANG Xueling. Evaluation of land use in Yellow River delta based on extension data mining[J]. Journal of Jilin University(engineering and technology edition), 2012, 42(S1): 479–483.
- [7] 叶广仔, 李卫华. 可拓数据挖掘在教师科研考核评价中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2015(12): 53–59.
YE Guangzai, LI Weihua. The application of extension data mining in teachers scientific research evaluation[J]. Mathematics in practice and theory, 2015(12): 53–59.
- [8] 蔡文, 杨春燕. 评价信息元及其原信息元的获取方法[J]. 智能系统学报, 2009, 4(3): 234–238.
CAI Wen, YANG Chunyan. A method for evaluation of information-elements and acquirement of the original information element[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2009, 4(3): 234–238.
- [9] 王丰, 李日华, 尹付梅, 等. 基于优度评价方法的空袭目标威胁评估[J]. 兵工自动化, 2011, 30(7): 39–41.
WANG Feng, LI Rihua, YIN Fumei, et al. Threat evaluation of air attack target based on priority degree evaluation method[J]. Ordnance industry automation, 2011, 30(7): 39–41.
- [10] 王丰, 袁延昭, 张新春, 等. 共轭分析与传导度在导弹武器系统作战效能研究中的应用[J]. 兵工自动化, 2013, 32(11): 24–26.
WANG Feng, YUAN Yanzhao, ZHANG Xinchun, et al. Application of conjugate analysis and conductivity in missile weapon system combat efficiency study[J]. Ordnance industry automation, 2013, 32(11): 24–26.
- [11] 王丰, 张磊, 胡春万. 基于多级优度评价方法的导弹武器系统效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2017, 39(3): 74–77.
WANG Feng, ZHANG Lei, HU Chunwan. Efficiency evaluation of missile weapon system based on multi-level priority degree evaluation method[J]. Command control and simulation, 2017, 39(3): 74–77.
- [12] 王丰, 顾佼佼, 徐宇茹. 多指标可拓预测方法在航空装备技术保障质量预测中的应用[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(1): 47–50.
WANG Feng, GU Jiaojiao, XU Yuru. Application of multi-index extension prediction method in quality prediction of aviation equipment technical support[J]. Journal of ordnance and equipment engineering, 2019, 40(1): 47–50.
- [13] 彭本红, 武柏宇, 周叶. 冷链物流断链风险的熵权可拓评价研究[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2017, 16(1): 110–119.
PENG Benhong, WU Baiyu, ZHOU Ye. A study on the risk assessment of cold chain scission based on entropy weight and extension decision model[J]. Journal of Beijing Jiaotong University(social sciences edition), 2017, 16(1): 110–119.
- [14] 赵蕾, 陈方予, 郝昀, 等. 弹道导弹突防干扰机收发隔离方法研究[J]. 现代防御技术, 2016, 44(6): 1–6.
ZHAO Lei, CHEN Fangyu, HAO Yun, et al. Isolation between receiving and transmitting of BM penetration jammer[J]. Modern defense technology, 2016, 44(6): 1–6.
- [15] 于建国, 郑咏岚. 变推力固体火箭发动机战术导弹弹道优化研究[J]. 现代防御技术, 2014, 42(4): 20–23, 38.
YU Jianguo, ZHENG Yonglan. Trajectory optimization

design of tactical missile with variable thrust solid rocket engine[J]. Modern defense technology, 2014, 42(4): 20–23, 38.

- [16] 刘培毅, 刘鑫, 孙迎丰. 数据挖掘在战术导弹保障辅助决策系统中的应用[J]. 新技术新工艺, 2016(8): 36–39.
LIU Peiyi, LIU Xin, SUN Yingfeng. The application of data mining in the decision support system of armament maintenance support[J]. New technology & new process,

2016(8): 36–39.

作者简介:



王丰, 男, 1985年生, 工程师, 主要研究方向为系统仿真分析与计算机软件集成。发表学术论文10余篇。

2019 年第四届控制与机器人工程国际会议 (ICCRE 2019) 2019 The 4th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE 2019)

Welcome to the official website of the 4th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE 2019). The conference will be held in Nanjing, China during April 20–23, 2019. The aim as well as objective of ICCRE 2019 is to present the latest research and results of scientists related to Control and Robotics Engineering topics. ICCRE2019 is Sponsored by Hohai University, China and Jiangsu Key Laboratory of Power Transmission and Distribution Equipment Technology.

An engineering discipline that is on the rise, robotics engineering is a breeding ground for creativity and innovation from people with a background in mechanical, electrical, or software engineering. Robotics engineers may work in the agricultural, military, medical, and manufacturing industries, among others, conceiving of new uses for robots, designing improved robots for existing systems, or repairing and maintaining industrial robots, says the Princeton Review. Because robots are already widely used (on production lines, for example), hands-on technical jobs can easily be found in the robotics engineering field, but there are also plenty of opportunities to take on more inventive roles in experimental arenas.

会议网站: www.iccre.org

会议日期: 2019年4月20—23日

会议地点: 中国南京