



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120067963 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 30

(21) 申请号 202411969144.8

(22) 申请日 2024.12.30

(71) 申请人 中国人民解放军96901部队

地址 100094 北京市海淀区北清路109号

(72) 发明人 邓冠前 吕瑛洁 齐少军

(74) 专利代理机构 中国和平利用军工技术协会

专利中心 11215

专利代理师 刘光德

(51) Int. Cl.

G06F 18/25 (2023.01)

G06F 18/15 (2023.01)

G06F 18/214 (2023.01)

G06F 30/27 (2020.01)

G06F 119/02 (2020.01)

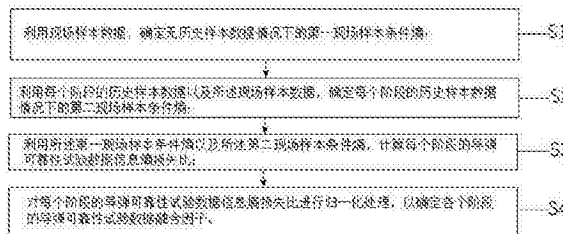
权利要求书3页 说明书8页 附图1页

## (54) 发明名称

基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法和系统

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法和系统,属于装备通用质量特性评估技术领域。该方法包括:利用现场样本数据,确定无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵;利用每个阶段的历史样本数据以及现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵;利用所述第一现场样本条件熵以及所述第二现场样本条件熵,计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比;对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理,以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子。本发明将不同阶段的试验样本数据的贡献作为融合因子,为后续各阶段试验数据可靠度融合评估提供了支撑。



1. 一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,其特征在于,所述多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法包括:

步骤S1、利用现场样本数据,确定无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵;

步骤S2、利用每个阶段的历史样本数据以及所述现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵;

步骤S3、利用所述第一现场样本条件熵以及所述第二现场样本条件熵,计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比;

步骤S4、对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理,以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子。

2. 根据权利要求1所述的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,其特征在于,所述步骤S1的具体实现过程包括:

步骤S11、获取现场样本数据,并利用贝塔分布,确定无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数;

在所述步骤S11中,所述现场样本数据包括现场试验次数和现场成功次数;

步骤S12、对所述第一后验分布函数进行对数计算;

步骤S13、将所述第一后验分布函数与对数计算后的第一后验分布函数相乘后,进行积分,得到无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵。

3. 根据权利要求2所述的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,其特征在于,在所述步骤S11中,所述无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数为:

$$\pi_0(R|X) = \frac{\Gamma(n+2)}{\Gamma(x+1)\Gamma(n-x+1)} R^{(x+1)-1} (1-R)^{(n-x+1)-1};$$

其中, $\pi_0(R|X)$ 为无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数; $R$ 为现场样本数据 $X$ 导弹可靠度; $\Gamma(*)$ 为 $\Gamma$ 函数; $n$ 和 $x$ 分别为现场样本数据 $X$ 中的现场试验次数和现场成功次数;

在所述步骤S13中,所述第一现场样本条件熵为:

$$H_0(R) = -\int_0^1 \pi_0(R|X) \log_2 \pi_0(R|X) dR;$$

其中, $H_0(R)$ 为第一现场样本条件熵。

4. 根据权利要求3所述的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,其特征在于,所述步骤S2的具体实现过程包括:

步骤S21、获取每个阶段的历史样本数据,确定每个阶段的历史样本数据导弹可靠度的先验分布超参数;

在所述步骤S21中,所述历史样本数据包括历史试验次数和历史成功次数;

步骤S22、利用所述先验分布超参数和现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数;

步骤S23、对所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数进行对数计算;

步骤S24、将所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数与对数计算后的对应阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数相乘后,进行积分,得到每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵。

5.根据权利要求4所述的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,其特征在于,在所述步骤S22中,所述第二后验分布函数为:

$$\pi_i(R|(X, X_i^*)) = \beta(a+x, b+n-x);$$

其中,  $\pi_i(R|(X, X_i^*))$  为第i阶段的历史样本数据  $X_i^*$  情况下的现场样本数据X导弹可靠度的第二后验分布函数;R为现场样本数据X导弹可靠度;  $\beta(*)$  为贝塔分布函数;n和x分别为现场样本数据X中的试验次数和成功次数;a和b为先验分布超参数;

在所述步骤S24中,所述每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵为:

$$H_i(R) = -\int_0^1 \pi_i(R|(X, X_i^*)) \log_2 \pi_i(R|(X, X_i^*)) dR;$$

其中,  $H_i(R)$  为第i阶段的历史样本数据  $X_i^*$  情况下的第二现场样本条件熵。

6.根据权利要求5所述的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,其特征在于,在所述步骤S3中,所述每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比为:

$$K_{\Delta H_i(R)} = \frac{H_0(R) - H_i(R)}{H_0(R)};$$

其中,  $K_{\Delta H_i(R)}$  为第i阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比。

7.根据权利要求6所述的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,其特征在于,在所述步骤S4中,所述各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子为:

$$\rho_i = \frac{K_{\Delta H_i(R)}}{\sum_{j=1}^N K_{\Delta H_j(R)}};$$

其中,  $\rho_i$  为第i阶段的导弹可靠性试验数据融合因子;  $K_{\Delta H_j(R)}$  为第j阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比,  $j=1, 2, \dots, N$ , N为阶段数。

8.一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统,其特征在于,所述多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统包括:

第一确定模块,用于利用现场样本数据,确定无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵;

第二确定模块,用于利用每个阶段的历史样本数据以及所述现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵;

计算模块,用于利用所述第一现场样本条件熵以及所述第二现场样本条件熵,计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比;

归一化处理模块,用于对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理,以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子。

9.根据权利要求8所述的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统,其特征在于,所述第一确定模块包括:

第一获取子模块,用于获取现场样本数据,并利用贝塔分布,确定无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数;

所述现场样本数据包括现场试验次数和现场成功次数;

第一对数计算模块,用于对所述第一后验分布函数进行对数计算;

第一积分子模块,用于将所述第一后验分布函数与对数计算后的第一后验分布函数相乘后,进行积分,得到无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵。

10. 根据权利要求9所述的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统,其特征在于,所述第二确定模块包括:

第二获取子模块,用于获取每个阶段的历史样本数据,确定每个阶段的历史样本数据导弹可靠度的先验分布超参数;

所述历史样本数据包括历史试验次数和历史成功次数;

确定子模块,用于利用所述先验分布超参数和现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数;

第二对数计算模块,用于对所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数进行对数计算;

第二积分子模块,用于将所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数与对数计算后的对应阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数相乘后,进行积分,得到每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵。

## 基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于装备通用质量特性评估技术领域,尤其涉及一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法和系统。

### 背景技术

[0002] 不同于维修性、测试性、保障性、安全性、环境适应性的评估指标,传统的导弹可靠度在定型阶段多采用经典二项分布进行评估,即将导弹视为成败型产品。该方法对导弹发射飞行可靠度进行评估,仅仅依赖于靶场鉴定飞行子样数据,当导弹的发射飞行可靠度和置信度均较高的情况下,需要的鉴定飞行试验子样数和飞行成功率将高到令人难以接受,尤其是远程导弹,由于研发成本与研制进度的限制,所用于鉴定的导弹数量往往有限。因此综合利用性能试验、作战试验及在役考核等阶段的试验数据进行导弹可靠度评估成为有限样本下导弹可靠度评估的主要方法。

[0003] 由于不同阶段的试验数据特点存在差异,尤其是性能鉴定阶段的地面试验产生的试验数据,该阶段试验数据是导弹结合任务剖面,通过地面环境试验室模拟考核产生的。有些学者通过环境因子对不同阶段的试验数据进行融合,认定带飞试验、飞行试验环境折合系数为1,单项极限应力环境的环境试验折合系数为1.5。也有学者通过折合系数,将地面的验前等效飞行试验数据与靶场鉴定飞行试验数据进行折合,该值通常取0.6~0.9。但上述方法均采用经验进行确定,过于依赖刻板规则,受主观影响大。然而,由于试验环境、导弹等原因,不同阶段的导弹试验结果存在差异,其包含的可靠性信息也有所差异,结合试验数据自身的可靠性信息,对实现各阶段试验数据融合具有重要的价值。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的之一,在于提供一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,该方法将不同阶段的试验样本数据的贡献作为融合因子,为后续各阶段试验数据可靠度融合评估提供了支撑。

[0005] 本发明的目的之二,在于提供一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统。

[0006] 为了达到上述目的之一,本发明采用如下技术方案实现:

[0007] 一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,所述多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法包括:

[0008] 步骤S1、利用现场样本数据,确定无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵;

[0009] 步骤S2、利用每个阶段的历史样本数据以及所述现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵;

[0010] 步骤S3、利用所述第一现场样本条件熵以及所述第二现场样本条件熵,计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比;

[0011] 步骤S4、对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理,以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子。

[0012] 进一步地,所述步骤S1的具体实现过程包括:

[0013] 步骤S11、获取现场样本数据,并利用贝塔分布,确定无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数;

[0014] 在所述步骤S11中,所述现场样本数据包括现场试验次数和现场成功次数;

[0015] 步骤S12、对所述第一后验分布函数进行对数计算;

[0016] 步骤S13、将所述第一后验分布函数与对数计算后的第一后验分布函数相乘后,进行积分,得到无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵。

[0017] 进一步地,在所述步骤S11中,所述无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数为:

$$[0018] \quad \pi_0(R|X) = \frac{\Gamma(n+2)}{\Gamma(x+1)\Gamma(n-x+1)} R^{(x+1)-1} (1-R)^{(n-x+1)-1};$$

[0019] 其中, $\pi_0(R|X)$ 为无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数; $R$ 为现场样本数据 $X$ 导弹可靠度; $\Gamma(*)$ 为 $\Gamma$ 函数; $n$ 和 $x$ 分别为现场样本数据 $X$ 中的现场试验次数和现场成功次数;

[0020] 在所述步骤S13中,所述第一现场样本条件熵为:

$$[0021] \quad H_0(R) = -\int_0^1 \pi_0(R|X) \log_2 \pi_0(R|X) dR;$$

[0022] 其中, $H_0(R)$ 为第一现场样本条件熵。

[0023] 进一步地,所述步骤S2的具体实现过程包括:

[0024] 步骤S21、获取每个阶段的历史样本数据,确定每个阶段的历史样本数据导弹可靠度的先验分布超参数;

[0025] 在所述步骤S21中,所述历史样本数据包括历史试验次数和历史成功次数;

[0026] 步骤S22、利用所述先验分布超参数和现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数;

[0027] 步骤S23、对所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数进行对数计算;

[0028] 步骤S24、将所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数与对数计算后的对应阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数相乘后,进行积分,得到每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵。

[0029] 进一步地,在所述步骤S22中,所述第二后验分布函数为:

$$[0030] \quad \pi_i(R|(X, X_i^*)) = \beta(a+x, b+n-x);$$

[0031] 其中, $\pi_i(R|(X, X_i^*))$ 为第 $i$ 阶段的历史样本数据 $X_i^*$ 情况下的现场样本数据 $X$ 导弹可靠度的第二后验分布函数; $R$ 为现场样本数据 $X$ 导弹可靠度; $\beta(*)$ 为贝塔分布函数; $n$ 和 $x$ 分别为现场样本数据 $X$ 中的试验次数和成功次数; $a$ 和 $b$ 为先验分布超参数;

[0032] 在所述步骤S24中,所述每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵

为:

$$[0033] \quad H_i(R) = - \int_0^1 \pi_i(R|(X, X_i^*)) \log_2 \pi_i(R|(X, X_i^*)) dR;$$

[0034] 其中,  $H_i(R)$  为第  $i$  阶段的历史样本数据  $X_i^*$  情况下的第二现场样本条件熵。

[0035] 进一步地, 在所述步骤 S3 中, 所述每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比为:

$$[0036] \quad K_{\Delta H_i(R)} = \frac{H_0(R) - H_i(R)}{H_0(R)};$$

[0037] 其中,  $K_{\Delta H_i(R)}$  为第  $i$  阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比。

[0038] 进一步地, 在所述步骤 S4 中, 所述各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子为:

$$[0039] \quad \rho_i = \frac{K_{\Delta H_i(R)}}{\sum_{j=1}^N K_{\Delta H_j(R)}};$$

[0040] 其中,  $\rho_i$  为第  $i$  阶段的导弹可靠性试验数据融合因子;  $K_{\Delta H_j(R)}$  为第  $j$  阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比,  $j=1, 2, \dots, N$ ,  $N$  为阶段数。

[0041] 为了达到上述目的之二, 本发明采用如下技术方案实现:

[0042] 一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统, 所述多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统包括:

[0043] 第一确定模块, 用于利用现场样本数据, 确定无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵;

[0044] 第二确定模块, 用于利用每个阶段的历史样本数据以及所述现场样本数据, 确定每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵;

[0045] 计算模块, 用于利用所述第一现场样本条件熵以及所述第二现场样本条件熵, 计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比;

[0046] 归一化处理模块, 用于对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理, 以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子。

[0047] 进一步地, 所述第一确定模块包括:

[0048] 第一获取子模块, 用于获取现场样本数据, 并利用贝塔分布, 确定无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数;

[0049] 所述现场样本数据包括现场试验次数和现场成功次数;

[0050] 第一对数计算模块, 用于对所述第一后验分布函数进行对数计算;

[0051] 第一积分子模块, 用于将所述第一后验分布函数与对数计算后的第一后验分布函数相乘后, 进行积分, 得到无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵。

[0052] 进一步地, 所述第二确定模块包括:

[0053] 第二获取子模块, 用于获取每个阶段的历史样本数据, 确定每个阶段的历史样本数据导弹可靠度的先验分布超参数;

[0054] 所述历史样本数据包括历史试验次数和历史成功次数;

[0055] 确定子模块,用于利用所述先验分布超参数和现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数;

[0056] 第二对数计算模块,用于对所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数进行对数计算;

[0057] 第二积分模块,用于将所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数与对数计算后的对应阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数相乘后,进行积分,得到每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵。

[0058] 综上,本发明的技术方案具备如下技术效果:

[0059] 本发明通过利用现场样本数据确定的无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵,以及利用每个阶段的历史样本数据以及现场样本数据确定的每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵,计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比;并对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理,以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子,实现了通过熵理论构建不同阶段数据融合的导弹可靠度,将不同阶段试验样本的贡献作为融合因子,为后续各阶段试验数据可靠度融合评估提供了支撑。

## 附图说明

[0060] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0061] 图1为本发明实施例的基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法流程示意图。

## 具体实施方式

[0062] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例只是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0063] 本实施例给出了一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法,参考图1,该多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定方法包括:

[0064] 步骤S1、利用现场样本数据,确定无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵。

[0065] 本实施例中的现场样本数据包括现场试验次数和现场成功次数。在获得现场样本数据 $X = (n, x)$ 后,用 $(0, 1)$ 上的均匀分布作为现场样本数据 $X$ 导弹可靠度 $R$ 的先验分布,则无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数为:

$$[0066] \quad \pi_0(R|X) = \frac{\Gamma(n+2)}{\Gamma(x+1)\Gamma(n-x+1)} R^{(x+1)-1} (1-R)^{(n-x+1)-1};$$



[0067] 其中,  $\pi_0(R|X)$  为无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数;  $R$  为现场样本数据  $X$  导弹可靠度;  $\Gamma(*)$  为  $\Gamma$  函数;  $n$  和  $x$  分别为现场样本数据  $X$  中的现场试验次数和现场成功次数。

[0068] 按照如下公式, 计算无历史样本数据情况下的现场样本数据的条件熵, 即无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度  $R$  自身的信息熵 (第一现场样本条件熵)。第一现场样本条件熵为:

$$[0069] \quad H_0(R) = - \int_0^1 \pi_0(R|X) \log_2 \pi_0(R|X) dR;$$

[0070] 其中,  $H_0(R)$  为第一现场样本条件熵。

[0071] 综上, 本步骤的具体实现过程包括:

[0072] 步骤S11、获取现场样本数据, 并利用贝塔分布, 确定无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数;

[0073] 步骤S12、对所述第一后验分布函数进行对数计算;

[0074] 步骤S13、将所述第一后验分布函数与对数计算后的第一后验分布函数相乘后, 进行积分, 得到无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵。

[0075] 步骤S2、利用每个阶段的历史样本数据以及所述现场样本数据, 确定每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵。

[0076] 本实施例中的历史样本数据包括历史试验次数和历史成功次数。。考虑每个阶段的历史样本数据  $X_i^* = (n_i^*, x_i^*)$  时, 将现场样本数据导弹可靠度  $R$  的先验分布假设为其共轭先验分布  $\beta(a, b)$  (其中, 超参数  $a, b$  可由历史阶段样本进行求解), 计算考虑现场样本数据  $X = (n, x)$  后验分布, 求解条件熵 (即历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵)。

[0077] 综上, 本步骤的具体实现过程包括:

[0078] 步骤S21、获取每个阶段的历史样本数据, 确定每个阶段的历史样本数据导弹可靠度的先验分布超参数;

[0079] 步骤S22、利用所述先验分布超参数和现场样本数据, 确定每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数;

[0080] 本实施例中的第二后验分布函数为:

$$[0081] \quad \pi_i(R|X, X_i^*) = \beta(a+x, b+n-x);$$

[0082] 其中,  $\pi_i(R|X, X_i^*)$  为第  $i$  阶段的历史样本数据  $X_i^*$  情况下的现场样本数据  $X$  导弹可靠度的第二后验分布函数;  $R$  为现场样本数据  $X$  导弹可靠度;  $\beta(*)$  为贝塔分布函数;  $n$  和  $x$  分别为现场样本数据  $X$  中的试验次数和成功次数;  $a$  和  $b$  为先验分布超参数。

[0083] 步骤S23、对所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数进行对数计算;

[0084] 步骤S24、将所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数与对数计算后的对应阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数相乘后, 进行积分, 得到每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵。

[0085] 本实施例中的每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵为:

[0086] 
$$H_i(R) = - \int_0^1 \pi_i(R|(X, X_i^*)) \log_2 \pi_i(R|(X, X_i^*)) dR;$$

[0087] 其中,  $H_i(R)$  为第  $i$  阶段的历史样本数据  $X_i^*$  情况下的第二现场样本条件熵。

[0088] 步骤S3、利用所述第一现场样本条件熵以及所述第二现场样本条件熵, 计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比。

[0089] 本实施例中的每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比为:

[0090] 
$$K_{\Delta H_i(R)} = \frac{H_0(R) - H_i(R)}{H_0(R)};$$

[0091] 其中,  $K_{\Delta H_i(R)}$  为第  $i$  阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比。

[0092] 步骤S4、对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理, 以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子。

[0093] 本实施例中的每个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子为:

[0094] 
$$\rho_i = \frac{K_{\Delta H_i(R)}}{\sum_{j=1}^N K_{\Delta H_j(R)}};$$

[0095] 其中,  $\rho_i$  为第  $i$  阶段的导弹可靠性试验数据融合因子;  $K_{\Delta H_j(R)}$  为第  $j$  阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比,  $j=1, 2, \dots, N$ ,  $N$  为阶段数。

[0096] 如果只有一个阶段的历史样本数据时, 则该阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比无需归一化, 该值即为融合因子  $\rho$ 。

[0097] 假设某型导弹经过两个阶段的飞行试验, 阶段1飞行14次, 成功次数为14, 现阶段飞行22次, 成功次数为22。

[0098] 1、计算第一现场样本条件熵(无历史样本数据情况下):

[0099]  $n=22, x=22;$

[0100]  $a_0 = x+1 = 23, b_0 = n-x+1 = 1;$

[0101] 第一现场样本条件熵为0.0531。

[0102] 2、计算第二现场样本条件熵(有历史样本数据情况下):

[0103] 对于地面试验折算成 ( $n^*=14, x^*=14$ ), 计算历史样本数据导弹可靠度的先验分布超参数。

[0104]  $a_1 = x^*+1 = 15;$

[0105]  $b_1 = n^* - x^* + 1 = 1;$

[0106] 更新后的后验分布参数为:

[0107]  $a_1^{post} = a_1 + x = 15 + 22 = 37;$

[0108]  $b_1^{post} = b_1 + n - x + 1 = 2;$

[0109] 第二现场样本条件熵为0.34。

[0110] 3、每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比:

$$[0111] \quad K_{\Delta H_1} = \frac{H_0 - H_1}{H_0} = 0.3597$$

[0112] 4、各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子

[0113] 由于该历史样本数据只有1个阶段,融合因子与贡献率相等,则:

$$[0114] \quad \rho_1 = K_{\Delta H_1} = 0.3597$$

$$[0115] \quad \rho_2 = 1 - \rho_1 = 0.6403。$$

[0116] 本实施例通过利用现场样本数据确定的无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵,以及利用每个阶段的历史样本数据以及现场样本数据确定的每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵,计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比;并对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理,以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子,实现了通过熵理论构建不同阶段数据融合的导弹可靠度,将不同阶段试验样本的贡献作为融合因子,为后续各阶段试验数据可靠度融合评估提供了支撑。

[0117] 上述实施例的技术方案可采用如下实施例给出的技术方案实现:

[0118] 另一实施例给出了一种基于熵理论的多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统,该多阶段导弹可靠性试验数据融合因子确定系统包括:

[0119] 第一确定模块,用于利用现场样本数据,确定无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵;

[0120] 第二确定模块,用于利用每个阶段的历史样本数据以及所述现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵;

[0121] 计算模块,用于利用所述第一现场样本条件熵以及所述第二现场样本条件熵,计算每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比;

[0122] 归一化处理模块,用于对每个阶段的导弹可靠性试验数据信息熵损失比进行归一化处理,以确定各个阶段的导弹可靠性试验数据融合因子。

[0123] 进一步地,所述第一确定模块包括:

[0124] 第一获取子模块,用于获取现场样本数据,并利用贝塔分布,确定无历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第一后验分布函数;

[0125] 所述现场样本数据包括现场试验次数和现场成功次数;

[0126] 第一对数计算模块,用于对所述第一后验分布函数进行对数计算;

[0127] 第一积分子模块,用于将所述第一后验分布函数与对数计算后的第一后验分布函数相乘后,进行积分,得到无历史样本数据情况下的第一现场样本条件熵。

[0128] 进一步地,所述第二确定模块包括:

[0129] 第二获取子模块,用于获取每个阶段的历史样本数据,确定每个阶段的历史样本数据导弹可靠度的先验分布超参数;

[0130] 所述历史样本数据包括历史试验次数和历史成功次数;

[0131] 确定子模块,用于利用所述先验分布超参数和现场样本数据,确定每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数;

[0132] 第二对数计算模块,用于对所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据

导弹可靠度的第二后验分布函数进行对数计算；

[0133] 第二积分模块,用于将所述每个阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数与对数计算后的对应阶段的历史样本数据情况下的现场样本数据导弹可靠度的第二后验分布函数相乘后,进行积分,得到每个阶段的历史样本数据情况下的第二现场样本条件熵。

[0134] 上述实施例所涉及到的原理、公式及其参数定义均可适用,这里不再一一赘述。

[0135] 以上实施例仅表达了本申请的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。因此,本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

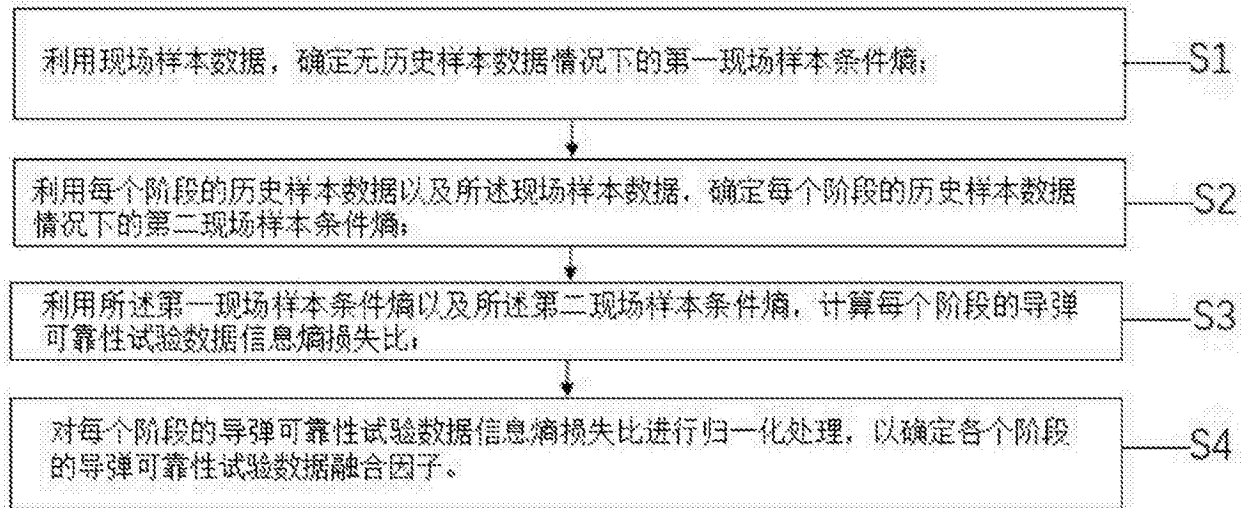


图1