

数据链系统综合抗干扰性能评估方法研究

马丽丽¹,孙志成¹,安巧静¹,董佳新¹,胡爱兰²

(1.中国人民解放军 63861 部队,吉林 白城 137000;2.中国电子信息产业集团有限公司第六研究所,北京 100083)

摘要:当前数据链抗干扰性能评估中,只单独讨论针对某种类型干扰的抗干扰情况,而缺乏对整个数据链系统综合抗干扰性能的评估,无法整体评估数据链。建立了数据链指标层次结构模型,将综合抗干扰性能分解为多个指标,形成指标评估集,通过分析确定每个指标的权重。针对该权重无法反映指标稀缺性特点,提出权重值自适应修正算法,对权重值进行修正,实现对数据链的综合抗干扰性能实施更加科学、可靠的评价。

关键词:数据链;综合抗干扰;层次模型;评价指标;权重修正

中图分类号: TN919;E917

文献标识码: A

DOI:10.16157/j.issn.0258-7998.201108

中文引用格式:马丽丽,孙志成,安巧静,等.数据链系统综合抗干扰性能评估方法研究[J].电子技术应用,2021,47(5):73-76,81.

英文引用格式:Ma Lili,Sun Zhicheng,An Qiaojing,et al. Study of the comprehensive anti-jamming performance evaluation for data-link system[J]. Application of Electronic Technique,2021,47(5):73-76,81.

Study of the comprehensive anti-jamming performance evaluation for data-link system

Ma Lili¹,Sun Zhicheng¹,An Qiaojing¹,Dong Jiaxin¹,Hu Ailan²

(1. Unit 63861, PLA, Baicheng 137000, China;

2. The 6th Research Institute of China Electronics Corporation, Beijing 100083, China)

Abstract: At the present, evaluating the anti-jamming performance of data-link only aims the certain type of interference, but the comprehensive anti-jamming performance evaluation of the whole data-link system is scanty. So it cannot evaluate the data-link integrally. In this paper, the index hierarchical structure model of the data-link is established. The comprehensive anti-jamming performance is decomposed into multiple indexes, and then the index evaluation set is formed, the weight of each index is determined. In view of the fact that the weight cannot reflect the scarcity of indexes, an adaptive correction algorithm is proposed to correct the weight value, and then a more scientific and reliable evaluation of the comprehensive anti-interference performance for data-link is achieved.

Key words: data-link; comprehensive anti-jamming; hierarchical model; evaluation index; weight correction

0 引言

信息化条件下的联合作战中,数据链的突出作用越加明显,是基于信息系统的体系作战能力的力量倍增器^[1],它集综合通信、导航和识别功能于一体,是一种高保密性、大容量、抗干扰、扩频/时分多址作的信息分发系统^[2],为参战人员实时提供相关数据和完整的战场态势信息。当前数据链通信面临战场复杂电磁环境的威胁,信号检测手段已扩展到多维联合检测,实现了多维空间上的通信干扰^[3]。所以,数据链的抗干扰性能直接影响着数据链系统的性能,是其发挥作战效能的关键指标^[4-5],关乎战争的成败。

当前对数据链抗干扰性能的评估方法通常只涉及单一干扰样式的一个性能指标^[6-9],得出的结果也是零散的、不成系统的,缺乏对数据链系统综合的抗干扰性能的评估。但是,战场环境下,数据链通信中需要面临的

干扰样式并非简单、单一的,而是各种威胁混合在一起。在这种情况下,数据链对某一种干扰信号的独立抗干扰性能指标无法代表该数据链的整体抗干扰性能。所以,需要一种评估方法实现综合评估数据链系统的抗干扰性能。

为了解决上述问题,本文结合数据链综合抗干扰评估目标,建立了层次化结构的指标模型,并在模型的基础上对数据链的综合抗干扰性能进行定量计算,得到抗干扰性能指标权重,作为评估数据链抗干扰性能的基础。

1 数据链抗干扰指标层次模型

数据链干扰样式中,以部分频带干扰、宽带阻塞干扰、转发式欺骗干扰使用得最为频繁,也是目前对数据链系统影响最大的干扰,所以本文综合这3种干扰样式,对数据链系统的综合抗干扰性能进行分析。

1.1 抗干扰性能指标选择

抗干扰性能的衡量指标有很多,不同的干扰样式会有不同的表现形式。

(1) 误码率

误码率是指在实际通信中传输二进制码元的出错概率。误码率的概念清晰,理论严谨,能够正确体现数据链信息传输功能的抗干扰能力。但是,误码率并不能全面衡量数据链系统的抗干扰能力,所以在建立抗干扰指标层次模型的时候还引入其他抗干扰指标。

(2) 误信率

误信率是指错误接收的指令在传送信息总量中所占的比例。正常传输中,如果指令被干扰,那么数据链系统应该检测出有指令丢失,但是误信则指系统接收到错误的指令或是信息,但是却认为接收到的是正确的,导致产生误信。

误信率尤其反映的是欺骗干扰环境下指令信息执行情况,该指标体现的是数据链系统抗欺骗干扰的性能。

(3) 功率抑制度

部分频带干扰的干扰信号功率通常会大于测控信号,因此在射频前端会设置信号功率准入限制,对于一些智能化程度较高的数据链系统,可根据当前的传输距离自适应调整信号功率准入门限,以实现对大功率部分频带干扰的有效抑制,因此功率抑制度就是指通过功率准入门限来抑制干扰信号的能力指标。

(4) 频率抑制度

随着战场上各类用频装备的日益增多,在可用频段内的电磁信号越来越密集,使得电磁环境日益复杂,频率抑制度就是指未被干扰占用的频点与全部可用频点的比值。

(5) 空间抑制度

空间抑制度体现了数据链在来波方向上对抗干扰的思路,尤其是数据链系统中采用定向天线或者阵列天线时,通过天线波束变换可以在来波方向上实现对抗干扰的有效抑制,空间抑制度主要用来衡量数量系统抗宽带阻塞式干扰的能力。

(6) 时延抑制度

时延抑制度主要表征接收机允许输入的最小转发信号与自身信号的时延差 τ_j 。时间延迟 τ 是表征一个信号的重要参量,准确、迅速地估计和测定接收端所接收到的地面发射的同源信号之间的时间延迟,可以作为区别有用信号与干扰信号的一个时延指标。该容限反映了数据链系统接收同步时容许的自身信号时延窗大小 $\bar{\tau}$,则数据链系统能正常工作的条件是 $\tau_j < \bar{\tau}$ 。当满足该条件时,数据链系统能够抵抗住转发式欺骗干扰的影响进行正常通信。

(7) 同步时间

针对数据链系统的典型干扰机理,在工作中受到干

扰时,信号的同步过程将将会受到影响,可能造成长时间无法进入同步环节。因此,在干扰条件下,数据链系统能否在设定时间内实现同步过程是评价抗干扰性能的一项重要指标。

当采用序列相位搜索捕获同步时,设扩频码长度为 N ,码元宽度为 T_C ,则周期为 $T=N \times T_C$,搜索相位该变量 $T_C/2$,积分处理时间为 T_D ,则有:

最大捕获同步时间: $T_{Ac\max}=2N \times T_D$;

最小捕获同步时间: $T_{Ac\min}=T_D$ 。

当采用匹配滤波器同步捕获同步,设本地扩频码寄存器长度为 M ,则有:

最大捕获同步时间: $T_{Ac\max}=MT_C+(N-1)T_C$;

最小捕获同步时间: $T_{Ac\min}=MT_C$ 。

(8) 干信分离度

干信分离度是指系统尚能工作时,接收机能够从干扰环境中分离出有效信息的能力,也就是说:在保证系统正常工作的前提下,即系统输出信噪比一定,接收机输入端能够承受的干扰功率比信号功率高出的分贝数。该指标反映系统在干扰环境中对干扰的耐受能力,其值与干扰方式和样式、信号形式和接收方法有关。干信分离度主要用于评价宽带阻塞式干扰。

抗转发类欺骗干扰通常仅干扰通信信道,不一定需要干扰信息码,即只需要阻塞系统的相关接收通道。转发式欺骗干扰是侦察系统接收到的测控信号经过一定的延时和放大后再转发出去。对数据链系统的接收机来说,如果同时接收到同两个信号,它们之间只是延时不同、幅度不同。由于干扰信号较强,使用它首先被接收机捕获。在整个受干扰区域内,所有的接收机都将优先捕获干扰信号。抗转发式欺骗干扰能力可用时延抑制度、功率抑制度和误信率等指标来衡量。

1.2 模型的建立

通过对数据链抗干扰指标的分析,可以看到,有些指标是针对不同干扰通用的,而有的指标则专门用在某种干扰样式上,所以数据链系统的综合抗干扰性能评估是一个复杂的系统工程。

本文建立了三级性能评估层次模型,如图 1 所示。用 A、B、C 几个符号表示图中所示的三级性能评估指标,如 A 表示该数据链综合抗干扰能力, B_1 表示抗宽带阻塞干扰性能, B_2 表示抗部分频带干扰性能, B_3 表示抗转发式欺骗干扰性能。与此类似,第三级的子能力指标可用 C 表示,分别表示该干扰样式下单独个指标的抗干扰能力。

结合指标层次结构,要获得 A 层级的综合评分,就要得到 C 层级每个指标的权重,再结合待评估对象在该指标下的表现进行综合评价。

2 抗干扰性能计算

区别于传统的层次分析法^[10-12]中目标层、准则层、方案层,寻找最优方案的思想。本文是将整个抗干扰性能指标逐层分解,通过比较计算,得出指标的权重排序。

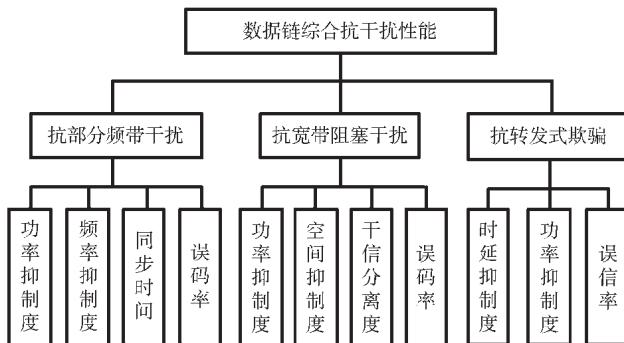


图 1 数据链系统综合抗干扰性能评估层次模型

假设已知某型数据链,通过试验或者仿真方式,得到该数据链针对图1中第3层各指标的抗干扰情况。如果想得到它的综合抗干扰情况,必须有各指标的权重值,在层次模型的基础上进行指标权重的计算。

2.1 建立判断矩阵群

融合多位从事相关工作及相关领域专家的意见,从第2层开始,针对上一层某个元素,对下一层与之相关的元素(即层间有连线的元素)进行两两对比,并按其重要程度评定等级。

首先建立A-B的判断矩阵,分析数据链在使用过程对3种干扰样式中哪种干扰样式的抗干扰性能要求更好,通过两两比较,可以得到第一层的判断矩阵A。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{5} & 3 \\ 5 & 1 & 7 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

从矩阵A中可以看出,数据链抗宽带阻塞式干扰的性能最为重要,在数据链的实际运用环境中,除了干扰设备专门的宽带阻塞式干扰,还存在其他设备装备的使用电磁干扰,这一部分和干扰机信号共同作用,进一步增加了宽带阻塞式干扰的信号强度和带宽,如果数据链没有良好的抗宽带阻塞式干扰性能,在很多情况下则无法正常工作。

矩阵A的数值是根据两目标对比得出,如果i比j稍微重要,则 $a_{ij}=3, 5$ 表示明显重要,7表示强烈重要^[13]。

由于数据链的指标之间比较更为复杂,且涉及很多细节,因此,为了清楚表示指标之间的细微的差距,本文将AHP的重要性等级赋值进行了扩充,但无论如何扩充,必须保证判断矩阵的一致性。建立B-C层的判断矩阵,同理,采用两两比较的方式,得到:

$$B_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{7} \\ 2 & 3 & 1 & \frac{1}{3} \\ 5 & 7 & 3 & 1 \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ 2 & 1 & 1 & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 & 1 & \frac{1}{2} \\ 4 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}, B_3 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{3} \\ 2 & 3 & 1 \end{bmatrix}。$$

建立的判断矩阵必须进行一致性检验,如果一直性检验不通过则证明该矩阵存在矛盾,不能作为计算的基础数据。SAATY T^[14]提出取一致性指标(CI)对随机指标均值(RI)之比,叫作一致性比率,记为CR,作为一致性检验判别式。

(1)首先求取矩阵最大特征根 λ_{\max} ,然后按照式(2)计算CI值:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

(2)按照矩阵阶数从表1中查出RI值:

表1 矩阵阶数为1~9的RI值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI值	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

(3)按照式(3)计算CR值:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

(4)如果 $CR < 0.1$,检验通过;否则需对判断矩阵进行某些调整,再返回步骤(1)。

按照该方法,矩阵 A 、 B_1 、 B_2 、 B_3 均通过一致性检验,可以用来计算。

2.2 计算权重向量

对于一致性矩阵A,本文采用几何平均法针对每一行计算权重向量,如式(4)所示:

$$\overline{\omega}_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

再规范化,得权重向量:

$$\omega_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{\frac{1}{n}}}, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

可以求得上述诸判断矩阵的权重向量:

$$\overline{\omega}_A = (0.8434, 3.2711, 0.3625)^T \quad (6)$$

归一化后为: $\omega_A = (0.1884, 0.7306, 0.0810)^T$;

$$\overline{\omega}_{B_1} = (0.5848, 0.2877, 1.2599, 4.7177)^T \quad (7)$$

归一化后为: $\omega_{B_1} = (0.0853, 0.0420, 0.1840, 0.6887)^T$;

$$\overline{\omega}_{B_2} = (0.3968, 1, 1, 2.5198)^T \quad (8)$$

归一化后为: $\omega_{B_2} = (0.0807, 0.2034, 0.2034, 0.5125)^T$;

$$\overline{\omega}_{B_3} = (1, 0.5503, 1.8171)^T \quad (9)$$

归一化后为: $\omega_{B_3} = (0.2970, 0.1634, 0.5496)^T$ 。

其中, ω_{B_1} 、 ω_{B_2} 、 ω_{B_3} 分别是归一化后数据链各指标权重,但排序结果还需要综合干扰样式,也就是 ω_A ,计算指标权重总排序。

本文提出利用式(10)计算:

$$w_{B_{ij}} = \overline{w}_{B_{ij}} \cdot w_{A_{ij}} \quad (10)$$

得到指标权重总排序：

$$\boldsymbol{\omega}_{B_1} = (0.0161, 0.0079, 0.0346, 0.1297)^T \quad (11)$$

$$\boldsymbol{\omega}_{B_2} = (0.0589, 0.1486, 0.1486, 0.3744)^T \quad (12)$$

$$\boldsymbol{\omega}_{B_3} = (0.0240, 0.0132, 0.0445)^T \quad (13)$$

$$W_B = \boldsymbol{\omega}_{B_1} \oplus \boldsymbol{\omega}_{B_2} \oplus \boldsymbol{\omega}_{B_3} \quad (14)$$

其中，“ \oplus ”表示前后两个向量按顺序连接起来，矩阵整体列数增加，不进行其他计算。

得到权重以后可以对某型数据链的抗干扰性能进行综合评价。假设有3种数据链 α, β, γ ，要对其进行抗干扰性能综合评价。通过真实试验或者仿真验证，得到数据链在不同干扰样式下的抗干扰情况，进而针对其各抗干扰指标的表现打分，得到3种数据链11个指标(如图1所示)的抗干扰性能打分矩阵 V ，总分10分。

$$V = \begin{bmatrix} 6.5 & 5.8 & 7.6 & 6.8 & 7.5 & 8.2 & 8.6 & 9.1 & 5.2 & 6.1 & 5.9 \\ 7.4 & 7.6 & 8.6 & 9.2 & 6.8 & 5.2 & 6.6 & 7.1 & 7.1 & 5.9 & 6.8 \\ 7.2 & 6.1 & 7.9 & 8.2 & 6.4 & 5.8 & 5.9 & 6.1 & 8.6 & 8.2 & 9.0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

矩阵 V 的第一行元素 v_{ij} 分别与 $\boldsymbol{\omega}_B$ 中的元素对应相乘得到评价矩阵第一行、第二行和第三行，以此计算可以得到评价矩阵 R ， $R = R_1 \oplus R_2 \oplus R_3$ 。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.1044 & 0.0459 & 0.2634 & 0.8823 \\ 0.1189 & 0.0601 & 0.2981 & 1.1937 \\ 0.1157 & 0.0483 & 0.2739 & 1.0639 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.4422 & 1.2185 & 1.2780 & 3.4073 \\ 0.4009 & 0.7727 & 0.9808 & 2.6585 \\ 0.3773 & 0.8619 & 0.8768 & 2.2840 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.1251 & 0.0807 & 0.2627 \\ 0.1708 & 0.0781 & 0.3027 \\ 0.2069 & 0.1085 & 0.4006 \end{bmatrix} \quad (18)$$

对矩阵 R 的每一行求和计算可以得到3种数据链的综合抗干扰性能评分： $R^* = [8.1105, 7.0353, 6.6178]^T$ 。可见经过计算，数据链 α 的综合抗干扰性能最优。

3 自适应权重修正

通过上面的计算可以得到抗干扰性能评价结果，但是由于算法本身存在一定的不足，可能得到的最终评价结果并不完美。

在进行数据链综合抗干扰评估中，最终目的是对不同协议、不同类型的数据链进行综合抗干扰评估，由于数据链的基本抗干扰技术是相同的，因此不同的数据链存在一些指标的打分值变化不大，这类指标对于区分数据链的抗干扰性能意义不大，而打分值相差较大的指标才能更好地体现该型数据链的特点。所以在评价时应该使被评价指标值相对集中的指标权重有所下降，相对分散的指标权重有所上升^[15]。也就是说在评价矩阵中，如果存在某一列的评价值相近，则应该适当降低该列评价值多对应的指标；同理，如果某一列评价值相差较大，应该适当增加该列评价值对应的指标，以体现被评对象之

间的不同。

本文提出性能指标自适应权重修正算法使之更能体现关键指标的重要作用，稀释区别不大的指标对整体的影响。自适应算法的核心思想是提高评价价值的分散程度，所以选择评价值的方差，构建非线性规划问题，如式(19)所示：

$$\begin{aligned} \max \sigma^2 &= \text{Var}(R) = \text{Var}(v_1 \boldsymbol{\omega}_{B_1}, v_2 \boldsymbol{\omega}_{B_2}, \dots, v_n \boldsymbol{\omega}_{B_n}) \\ \text{s.t.} & \begin{cases} \sum \mathbf{W}_{\text{adap}B} = \sum_{i=1}^n \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_i} = 1 \\ \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_1}, \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_2}, \dots, \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_n} \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (19)$$

式中， $\boldsymbol{\omega}_{B_i}$ 表示上述计算得到的各指标权重值， $\boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_i}$ 表示通过自适应修正得到的新的指标权重值， v_i 表示通过对测试结果的分析给各指标的打分， n 为待修正的指标数量。

式(19)中：

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - \bar{v}_j) \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_j} \right]^2 \quad (20)$$

令：

$$\begin{cases} a_{ij} = v_{ij} - \bar{v}_j \\ \mathbf{A} = [a_{ij}]_{m \times n} \\ m \mathbf{Q} = \mathbf{A}^T \mathbf{A} \end{cases} \quad (21)$$

则：

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - \bar{v}_j) \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_j} \right]^2 \\ &= \frac{1}{m} (\mathbf{A} \mathbf{W}_{\text{adap}B})^T (\mathbf{A} \mathbf{W}_{\text{adap}B}) = \mathbf{W}_{\text{adap}B}^T \mathbf{Q} \mathbf{W}_{\text{adap}B} \end{aligned} \quad (22)$$

由式(22)可得权重自适应修正算法如下：

$$\begin{aligned} \max \sigma^2 &= \mathbf{W}_{\text{adap}B}^T \mathbf{Q} \mathbf{W}_{\text{adap}B} \\ \text{s.t.} & \begin{cases} \sum \mathbf{W}_{\text{adap}B} = \sum_{i=1}^n \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_i} = 1 \\ \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_1}, \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_2}, \dots, \boldsymbol{\omega}_{\text{adap}B_n} \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (23)$$

自适应修正是在计算得出的权重向量基础上进行修正的，不能脱离原来重要性关系随意修正，权重的变化会反映在评价矩阵上，两者之间通过不断的反馈，修正了指标权重值，实现对指标的强化或弱化。

通过修正，可以得到另一组权重值，与原权重值作比较，如表2所示。

表2中权重变化为负，表示修正后权重减小了；权重变化为正，表示修正后，权重增加了。其中，第8项指标权重增加得最多，从图1中查出，该指标为数据链抗宽带阻塞式干扰的误码率指标，在评价矩阵 R 中，该指标的评分相差较大，且该指标更能体现数据链的抗干扰能力，所以修正后增加权重有助于更好地作出评价；而第2项指标的权重减少得最多，该指标为抗部分频带干扰的频率抑制度，在评价矩阵中，该指标之间评分差距

(下转第81页)

- [14] 关泽文, 陈建文, 鲍拯. 一种改进的基于峰值信噪比-高阶奇异值分解的天波超视距雷达自适应海杂波抑制算法[J]. 电子与信息学报, 2019, 41(7): 1743-1750.

(收稿日期: 2020-04-21)

作者简介：

陶亮(1995-),男,硕士研究生,主要研究方向:基于压

表 2 原权重与修正后权重对比

权重	B_1				B_2				B_3		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
原权重	0.016 1	0.007 9	0.034 6	0.129 7	0.058 9	0.148 6	0.148 6	0.374 4	0.024 0	0.013 2	0.044 5
修正后	0.014 7	0.002 1	0.033 9	0.130 8	0.058 1	0.151 2	0.151 1	0.393 6	0.019 8	0.008 6	0.040 2
变化量	-0.001 4	-0.005 8	-0.000 7	0.001 1	-0.000 8	0.002 6	0.002 5	0.019 2	-0.004 2	-0.004 6	-0.004 3

十分小,所以应该减少该项权重,以突出重要指标。

利用修正后的抗干扰性能指标权重值对3种数据链的综合抗干扰性评分,可以得到: $\mathbf{R}_{\text{adapt}}^* = [8.204 \ 2, 7.057 \ 4, 6.602 \ 9]^T$ 。抗干扰性能排名没有变化,但是评分略有调整,更能体现某些关键指标的重要作用,在处理更多、更复杂的待评估对象时,能够更好地发挥作用。

可见,通过本文的自适应权重修正,可以对初步结算的权重进行自适应调整,针对不同的待评价对象和打分矩阵,可以进行不同的调整,进而获得更加科学的数据链综合抗干扰性能评估结果。

4 结论

本文构建了数据链综合抗干扰性能评估指标层次模型,综合考虑抗部分频带干扰、抗宽带阻塞干扰和抗转发式欺骗干扰这3种主流干扰样式。通过建立判断矩阵,获得各指标的权重,再通过打分矩阵得到数据链综合抗干扰性能的评价矩阵。针对权重无法反映指标稀缺性的问题,本文提出了权重值自适应调整算法,针对得到的评价矩阵自适应对各指标权重进行调整。通过分析,证明权重值的自适应调整算法符合指标稀缺性特点,能够更加科学地反映各指标在综合评价中的地位,保证了评估结果的科学性。

在复杂电磁环境下,必须对数据链的抗干扰性能有充分的掌握,本文提出的评估方法全面包含了数据链在不同干扰样式、不同指标中的综合性能,有助于全面掌握作战效能,且该方法科学可行,是一种实施数据链系统综合抗干扰性能评估的重要手段。

参考文献

- [1] 段俊奇, 刘磊, 徐雅琨, 等. 数据链系统综合测试技术研究综述[J]. 中国电子科学研究院学报, 2019, 14(7): 697–702.
 - [2] 陈强, 陈长兴, 陈婷, 等. 数据链通信系统仿真实现与抗干扰分析[J]. 计算机仿真, 2015, 32(9): 199–204.
 - [3] 彭军伟, 柳林, 韩志韧. 基于多维特征联合捷变的数据链

缩感知的图像处理。

刘海鹏(1982-),通信作者,男,博士,高级实验师,主要研究方向:嵌入式系统研究与应用,E-mail:42227324@qq.com。

王蒙(1981-),男,副教授,主要研究方向:图像处理。



扫码下载电子文档

- 抗干扰技术[J].指挥信息系统与技术,2017,8(6):94–98.

[4] 吴迪.空域自适应抗干扰在数据链通信中的应用[J].计算机应用,2017,37(6):1569–1573.

[5] 张攀,马文平.一种新型无人机数据链抗压制干扰技术的研究[J].测控技术,2018,37(1):125–127.

[6] 和欣,张晓林.音调及部分频带干扰下多音调制直接序列扩频的抗干扰性能[J].通信学报,2010,31(8):75–83.

[7] 孟生云,杨文革,王金宝,等.DS/FH 扩频测控信号同步方案的捕获性能[J].宇航学报,2010,31(8):2036–2042.

[8] 吕卫华,徐大专.弹载数据链抗干扰性能分析[J].南京航空航天大学学报,2015,47(3):392–396.

[9] 向辉,于晓辉,郑立会.弹载数据链信道模型仿真研究[J].航空兵器,2013(6):27–29.

[10] 丁忠军,高翔,王成胜,等.基于层次分析法的载人深潜器潜航员职业特征研究[J].海洋工程,2014,32(6):111–118.

[11] 宋涵,郑尚透.基于 AHP 综合评价法的电梯舒适度评估体系研究[J].机电工程技术,2019,48(2):33–34.

[12] 王伟宇,朱连军.基于 AHP–Fuzzy 的装备保障指挥信息系统指挥控制效能评估[J].兵器装备工程学报,2016,37(10):66–71.

[13] 张军,张继明.基于 AHP 的履带机器人的综合性能评价[J].火力与智指挥控制,2018,42(2):26–30.

[14] SAATY T.The analytic hierarchy process[M].McGraw-Hillnc, NewYork, 1980.

[15] 张耀天,张旭成,贾明顺,等.基于层次分析法的自适应决策评价方法[J].北京航空航天大学学报,2016,42(5):1065–1070.

(收稿日期: 2020-11-12)

作者简介：

马丽丽(1984-),通信作者,女,硕士,工程师,主要研究方向:信息管理与智能决策、数据处理,E-mail:634653647@qq.com。

孙志成(1983-),男,本科,工程师,主要研究方向:数据处理。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所