

通信干扰目标威胁评估模型研究^{*}

岑新龙 王少建
(海军兵种指挥学院 广州 510430)

摘 要 对通信干扰目标进行科学威胁评估和排序是对通信目标干扰重要环节,是进行通信干扰资源任务分配的主要依据。TOPSIS 方法简单明确,可以非常有效地对通信干扰目标进行威胁评估和排序。为通信干扰目标威胁评估提供了一种有效的、可靠的新途径。

关键词 通信干扰; 威胁评估; TOPSIS

中图分类号 TN975

Research on Threat Assessment Model of Target for Communication Jamming

Cen Xinlong Wang Shaojian
(Naval Arms Command Academy, Guangzhou 510430)

Abstract Threat assessment and ranking about target for communication jamming is important process and basic on allocation of resource in communication jamming. TOPSIS is simple in calculation, can carry out calculation threat assessment and threat ranking about communication jamming. It is an effective approach for dealing with threat issue.

Key Words communication jamming, threat assessment, TOPSIS

Class Number TN975

1 引言

随着信息技术的迅猛发展及其在军事领域的广泛运用,战场电磁环境日趋复杂,敌通信威胁源众多,面对敌的多个通信目标,对其进行威胁评估尤为重要。威胁评估是进行通信干扰资源任务分配的基础和关键^[1]。有关通信威胁评估的研究很多,但研究通常采用传统的通信干扰理论和评估技术,只考虑能量即功率的压制,但随着通信技术的发展,各种抗干扰技术的广泛应用,单纯从能量的方面研究通信压制已不能适应现代战场的需要^[2]。本文对评估方法进行改进,结合通信干扰的作战特点和技术特点,建立了一种对通信干扰目标的威胁评估模型,用逼近于理想的排序法(TOPSIS)给出了威胁评估步骤和算例。

2 通信干扰目标威胁评估模型

2.1 威胁评估指标建立

通信干扰目标威胁评估是一项较为复杂且实时性很强的战场决策活动。在进行通信干扰目标威胁评估时,考虑的因素当然是越多越好,更能准确地做出判断,但因素过多,比较困难且影响其实时性。因此,在分析研究影响目标威胁因素的基础上,文章按照客观性、系统性、可行性、科学性、统一性的原则,对影响通信干扰目标威胁因素进行逐层分解,构造出一个通信干扰目标威胁评估模型。威胁因子具体包括:战术重要性、抗干扰性、网专属性、网专级别、功率。

2.2 威胁评估指标的确定

2.2.1 战术重要性

依据目标通信链路的战术重要性确定的威胁指

^{*} 收稿日期:2010 年 3 月 15 日,修回日期:2010 年 4 月 18 日
作者简介:岑新龙,男,硕士研究生,研究方向:作战指挥。王少建,男,硕士研究生,研究方向:作战指挥。

数。在我军执行具体的作战任务时,敌军各通信链路的战术重要性明显不同,符合作战意图或者能加快战争进程的通信链路威胁就大^[6]。主要考虑三种情况:一是属于本次战斗任务的干扰目标,符合作战意图,目标肯定在干扰的区域内,此时隶属度函数取值为 α ;二是不属于本次作战任务的干扰目标,但在干扰区域内的目标,此时隶属度函数取值为 α ;三是不属于本次干扰任务也不在干扰区域内的目标,此时隶属度函数取值为 α ;且有 $0\leq\alpha<\alpha<\alpha\leq1$,如分别取1.0,0.6,0.1,威胁隶属函数记为 $\mu(f_1)$ 。

2.2.2 抗干扰性

依据被干扰目标的抗干扰措施确定威胁指数。被干扰目标的抗干扰措施越完善,敌军所采用的通信技术的抗干扰性能越好,对我军的作战行动的威胁程度越高,威胁就越大^[5]。通信的抗干扰措施在技术上主要有:开发使用新的通信频段、开发使用新的通信信道、猝发通信、保密通信、扩展频谱通信、自适应天线阵、自适应通信信道、提高收端信号强度等。其威胁隶属函数为:

$$\mu(f_2)=\begin{cases} n/8 & n<8 \\ 1 & n\geq8 \end{cases}$$

其中 n 为被干扰目标所采取的抗干扰措施的种类。

2.2.3 网专属性

依据通信网的性质确定威胁指数。通信网按其性质,一般可分为指挥通信网、协同通信网、后方通信网等。网的性质不同,担负的任务不同,其威胁程度就会有差别。根据作战时节及实际情况,由专家系统给出不同标值 $\mu(f_3)$ 。

2.2.4 网专级别

依据网专的级别确定威胁指数。网的级别:通信网的级别由它所保障部队的级别确定,部队的级别不同,其通信网传递信息的价值和等级也不同。我们可以将网专的级别分为:师、(旅)团、营、营以下,军以及军以上。通常级别越高对我军的威胁越大。其威胁隶属函数为:

$$\mu(f_4)=\begin{cases} 0.2 & \text{营、营以下} \\ 0.5 & \text{(旅)团} \\ 0.7 & \text{师} \\ 1 & \text{军、军以上} \end{cases}$$

2.2.5 功率

依据发射机、接收机的距离和干扰机、接收机之间的距离,以及发射机的功率确定的威胁指数。由通信干扰公式可以得知,发射机与接收机的距离一定,干扰机与接收机距离越远,以及发射机的功

率越大,所需干扰功率越大,越难干扰,因此对我军的威胁越大^[4]。其威胁隶属函数为:

$$\mu(f_5)=\begin{cases} p_i/p_{\max} & p_i<p_{\max} \\ 1 & p_i\geq p_{\max} \end{cases}$$

其中 p_i 为所需的干扰功率, p_{\max} 为干扰设备所能干扰的最大干扰功率的临界值。

3 通信威胁评估方法

通信威胁的评估方法有很多,一般采用的是层次分析法和灰色关联理论等算法来建立数学模型,但是上述方法耗时较长,不利于抓住转瞬即逝的战机。采用逼近于理想的排序方法(TOPSIS),运用于通信目标威胁评估中,可把多目标评判与优化方法相结合,从而为指挥员快速指挥决策提供支持^[3]。

TOPSIS 模型威胁评估步骤如下:

1) 由决策矩阵 $X=(\chi_{ij})_{n\times m}$ 构造加权的规范决策矩阵 ν ,其元素 $\nu_{ij}=w_j\chi_{ij}$;

2) 确定理想解 A^+ 和负理想解 A^- 即:
 $A^+=\{\max_{i\in n} V_{ij} \mid j\in m\}=\{V_1^+, V_2^+, V_3^+, \dots, V_m^+\}$
 $A^-=\{\min_{i\in n} V_{ij} \mid j\in m\}=\{V_1^-, V_2^-, V_3^-, \dots, V_m^-\}$

3) 计算每个方案 A_i 到理想解和负理想解的距离

$$d_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^m(\nu_{ij}-\nu_j^+)^2} \quad d_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^m(\nu_{ij}-\nu_j^-)^2}$$

4) 计算每个方案 A_i 到理想方案 A^+ 的相近接近度

$$p_i=\frac{d_i^-}{(d_i^-+d_i^+)}$$

5) 按 p_i 由大到小的顺序排列方案的优先次序,排在最前的方案威胁程度最大。

4 模型应用举例

某电子对抗团执行某任务,根据侦察对我海军电子对抗团执行这一任务构成威胁的通信目标5批,记为 $A=\{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}$,各个目标属性值如表1所示。

表1 各目标的威胁因素值

目 标	战术重要性	抗干扰措施(种)	网专属性	网专级别	所需功率(kW)
A_1	α_1	6	指挥通信网	军、军以上	200
A_2	α_2	4	协同通信网	(旅)团	50
A_3	α_3	1	勤务通信网	营、营以下	60
A_4	α_3	7	协同通信网	师	80
A_5	α_2	5	指挥通信网	(旅)团	150

由公式计算出各威胁指数如表2所示。

表 2 威胁指数值

目标	$\mu(f_1)$	$\mu(f_2)$	$\mu(f_3)$	$\mu(f_4)$	$\mu(f_5)$
A_1	1.000	0.750	0.825	1.000	0.800
A_2	0.600	0.500	0.525	0.500	0.200
A_3	0.100	0.125	0.240	0.100	0.240
A_4	0.100	0.875	0.525	0.700	0.320
A_5	0.600	0.625	0.825	0.500	0.600

表 3 规范决策矩阵

目标	v_{i1}	v_{i2}	v_{i3}	v_{i4}	v_{i5}
A_1	0.400	0.112	0.124	0.100	0.160
A_2	0.240	0.075	0.079	0.050	0.040
A_3	0.040	0.018	0.036	0.010	0.048
A_4	0.040	0.131	0.079	0.070	0.064
A_5	0.240	0.093	0.124	0.050	0.120

表 4 理想解和负理想解数值

威胁指数	$\mu(f_1)$	$\mu(f_2)$	$\mu(f_3)$	$\mu(f_4)$	$\mu(f_5)$
A^+	0.400	0.131	0.124	0.100	0.160
A^-	0.040	0.018	0.036	0.010	0.040

表 5 每个方案的 d^+ 、 d^- 和 p_i 数值表

目标	d^+	d^-	p_i
A_1	0.0190	0.4107	0.9557
A_2	0.2183	0.2160	0.4973
A_3	0.4132	0.0080	0.0189
A_4	0.3764	0.1370	0.2668
A_5	0.1764	0.2477	0.5840

根据专家评定,威胁评估属性的权向量 $W=\{0.40,0.15,0.15,0.10,0.20\}$ 。该权向量应用 TOPSIS 模型。由公式计算得到规范决策矩阵如表 3 所示,其中是由加权所得到的值。

由公式可以确定理想解 A^+ 和负理想解 A^- 如表 4 所示。

由公式可以计算出每个方案到理想解和负理想解的距离和接近度如表 5 所示。

根据逼近理想排序法模型计算结果 p_i ,可以得到最终的通信干扰目标威胁排序为(由大到小) (A_1,A_5,A_2,A_4,A_3)。

5 结语

本文结合通信干扰和通信的作战使用特点,针对通信干扰目标威胁评估问题,提出了一种基于多属性决策威胁评估模型,并给出 TOPSIS 的算例仿真。仿真结果表明,该模型计算方法简单明确,对通信干扰目标威胁评估有一定的参考价值,可为目标分配决策提供依据。该方法对各种因子的相对重要性的判断,需要参考专家的意见,专家判断的属性权值对威胁评估结论具有重要影响。

参考文献

[1] 韩春久.通信对抗技术的发展趋势[J].电子对抗技术,2003(1):10~12,6

[2] 刘永红.电子对抗系统作战效能模型及其应用[J].电子对抗技术,2002(5):30~34

[3] 王永杰,张喜斌,张恒喜,等.基于 TOPSIS 方法的空战威胁评估研究[J].光电与控制,2008,15(5):32~34

[4] 冯小平,李鹏,等.通信对抗原理[M].西安:西安电子科大出版社,2009

[5] 吴宗清,姚金满,等.MADM 在通信干扰效果评估中的应用[J].海军航空工程学院学报,2004,19(6)

[6] 王丰双.一体化通信对抗威胁评估与资源分配方法研究[C]//国防科技大学,2004

(上接第 53 页)

[2] 丁卫.基于超小型无人机的地面目标实时图像跟踪[D].上海:上海大学,2007,8

[3] Gordon N J, Samond D J. Novel Approach to Nonlinear/Non-Gaussian Bayesian State Estimation[J]. IEE Proc. F, Radar Signal Process, 1993, 140(2): 107~113

[4] 查宇飞,毕笃彦.一种基于粒子滤波的自适应运动目标跟踪方法[J].电子与信息学报,2007,29(1):92~95

[5] Paul Brasnett, Lyudmila Mihaylova, Nishan Canagarajah, et al. Particle filtering with Multiple Cues for Object Tracking in Video Sequences[J]. Image and Video Communications and Processing, 2005:430~441

[6] Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Kernel-based object tracking[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis

and Machine Intelligence, 2003, 25(5):564~577

[7] Nummiaro K, Koller-Meier E, Gool L V. An adaptive color-based particle filter [J]. Image Vision Computing, 2003, 21(1):99~110

[8] 明新勇.基于均值漂移和粒子滤波的目标跟踪算法研究[D].南京:南京理工大学,2008,6

[9] Zuo J, Zhao C H, Cheng Y M, et al. Particle filter based visual tracking using new observation model [C]//Proceeding of the 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics. Washington DC: IEEE Computer Society, 2007:436440

[10] Perez P, Vermaak J, Blake A. Data fusion for visual tracking with particles[J]. Proceedings of the IEEE, 2004, 92(3):49~513