

8-5-2020

Radar Countermeasures Simulation Factor Analysis Method of Fidelity-oriented

Guoliang Wang

Luoyang Electronic Equipment Test Center of China, Luoyang 471003, China;

Huanyao Dai

Luoyang Electronic Equipment Test Center of China, Luoyang 471003, China;

Xujian Shen

Luoyang Electronic Equipment Test Center of China, Luoyang 471003, China;

Zhou Bo

Luoyang Electronic Equipment Test Center of China, Luoyang 471003, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Radar Countermeasures Simulation Factor Analysis Method of Fidelity-oriented

Abstract

Abstract: It is crucial to assess the fidelity of operational objectives simulation and complex electromagnetic environment building for designing a military simulation system. Traditional confidence, credibility, similarity are difficult to fully evaluate the entire system, and hard to focus. *To solve the problem of fidelity analysis and evaluation of operational objectives and battlefield simulation environment building, the concept and content of simulation fidelity were analyzed to explore the factor analysis principle and hierarchical classification method, etc., taking radar group network confrontation as an example, and its level division structure was given. General principles and methods of radar countermeasure high-fidelity simulation were focused on. The proposed method has some significance for battlefield electromagnetic environment simulation, optical warfare simulation, communicate warfare simulation and other similar systems, which provides a theoretical basis for static and dynamic fidelity assessment.*

Keywords

fidelity, factor analysis, radar countermeasures, simulation system

Recommended Citation

Wang Guoliang, Dai Huanyao, Shen Xujian, Zhou Bo. Radar Countermeasures Simulation Factor Analysis Method of Fidelity-oriented[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(11): 2623-2629.

面向逼真度评估的雷达电子战模拟要素分析方法

王国良, 戴幻尧, 申绪涧, 周波

(中国洛阳电子装备试验中心, 洛阳 471003)

摘要: 评估作战目标模拟和复杂电磁环境构建的逼真度对一个军用仿真系统的总体设计至关重要, 传统的置信度、可信度、相似度难以全面评价整个系统, 也难以突出重点。为解决作战目标模拟和战场环境构建的逼真度分析和评价问题, 分析了仿真逼真度概念和内涵, 探讨了雷达对抗高逼真度模拟的要素分析原则、层次划分方法等, 以雷达组网对抗为对象, 给出了其层次划分结构。着眼于探讨雷达对抗的高逼真度模拟的通用原则和方法, 所提出的层次划分、要素分析等方法, 对战场电磁环境模拟、光电对抗仿真、通信对抗仿真等其他类似系统具有一定的指导意义, 为静态和动态评估逼真度提供了理论基础。

关键词: 逼真度; 要素分析; 雷达对抗; 仿真系统

中图分类号: TN97

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2015) 11-2623-08

Radar Countermeasures Simulation Factor Analysis Method of Fidelity-oriented

Wang Guoliang, Dai Huanyao, Shen Xujian, Zhou Bo

(Luoyang Electronic Equipment Test Center of China, Luoyang 471003, China)

Abstract: It is crucial to assess the fidelity of operational objectives simulation and complex electromagnetic environment building for designing a military simulation system. Traditional confidence, credibility, similarity are difficult to fully evaluate the entire system, and hard to focus. To solve the problem of fidelity analysis and evaluation of operational objectives and battlefield simulation environment building, the concept and content of simulation fidelity were analyzed to explore the factor analysis principle and hierarchical classification method, etc., taking radar group network confrontation as an example, and its level division structure was given. General principles and methods of radar countermeasure high-fidelity simulation were focused on. The proposed method has some significance for battlefield electromagnetic environment simulation, optical warfare simulation, communicate warfare simulation and other similar systems, which provides a theoretical basis for static and dynamic fidelity assessment.

Keywords: fidelity; factor analysis; radar countermeasures; simulation system

引言

逼真度是搭建雷达对抗模拟系统首要的考虑因素, 它定量地描述了建模和仿真对雷达对抗系统

某个部分(比如雷达、干扰机等传感器实体)或整体的外部状态和行为(比如雷达的干扰判决与抗干扰措施启动等)的复现程度^[1-2]。它一般用介于 0 和 1 之间的小数表示, 作为边界条件, 逼真度为 0 时表示仿真与实际的雷达对抗系统对象之间无任何相似之处, 相应地, 逼真度为 1 时, 表示仿真完全、精确地复现了实际的雷达对抗系统, 二者之间无任何差别。雷达对抗模拟系统立足于对抗条件下的典



收稿日期: 2014-04-25 修回日期: 2014-06-20;
基金项目: 国家自然科学基金项目(61301236);
作者简介: 王国良(1964-), 男, 黑龙江双鸭山, 高工, 研究方向为电子信息装备试验鉴定, 雷达对抗仿真;
戴幻尧(1982-), 男, 吉林长春, 博士, 工程师, 研究方向为电子战建模与仿真。

<http://www.china-simulation.com>

• 2623 •

型传感器(雷达、干扰机等)、通信设备、导航设备、敌我识别设备等对武器装备作战效能的影响分析。在构建雷达对抗模拟系统时,需要从多种角度来描述系统的数学模型,涉及的数学模型包括:战情环境模型、雷达系统模型、雷达侦察系统模型、雷达干扰系统模型、武器装备模型、雷达电子战系统视景仿真模型等。针对这种模型众多、交互复杂的实际需要,我们有必要对其逼真度的描述和量化方法进行研究。

雷达电子战是一个敌我双方博弈的动态过程,所以在进行雷达对抗仿真逼真度描述和量化时,应区分静态、动态逼真度:静态逼真度侧重于典型传感器的建模仿真度量,涵盖细节、分辨率、精度/误差、灵敏度、精确性等指标,而动态逼真度侧重于攻防对抗的过程,着眼于雷达、干扰机等装备的行为细节,涵盖时间选择和负载量等指标。目前对动态逼真度的描述和量化尚未形成统一的理论和方法,实际操作中也存在诸多不便,所以本文侧重于雷达电子战仿真逼真度的静态评估。

本文在深入分析仿真逼真度概念和内涵的基础上,立足于雷达电子对抗装备模拟与电磁环境构建的逼真度评估实际,探讨了雷达电子战逼真模拟要素分析原则、层次划分方法等,并以雷达组网对抗为对象,给出了其层次划分结构。文中着眼于探讨雷达电子战逼真模拟的通用原则和方法,所提出的层次划分、要素分析等方法,对战场电磁环境模拟、光电对抗仿真、通信对抗仿真等其它类似系统也具有一定的指导意义。

1 概念与内涵分析

美国国防部对逼真度的定义^[3-5]是:模型或仿真与真实世界相比表示的正确程度。一直以来,逼真度作为评估仿真有效性和可信度的重要工具被给予了很大的重视。1998年,仿真互操作标准组织专门成立“仿真逼真度实现”研究组(Fidelity Implementation Study Group, FISG),对仿真逼真度

描述、量化和应用的有关问题进行了深入的研究^[6-7]。随着逼真度理论的逐渐发展,它在仿真系统评估中的重要性日益明显,而它的量化和应用理论还有待完善。

从上述定义看出,逼真度是衡量模型或仿真与真实对象间的复现程度,它是衡量仿真模型或系统优劣的顶层指标。以雷达电子战模拟仿真系统的逼真度定量评估为例,该系统除了对仿真界面、态势模拟、战场环境显示等方面逼真模拟实际系统外,对所涉及模型的内部实现质量(包括细节、分辨率、精度/误差、灵敏度、精确性)等也提出了可信、相似的要求。因此,我们可将仿真逼真度与可信度、相似度等评价指标的关系总结如图1所示。

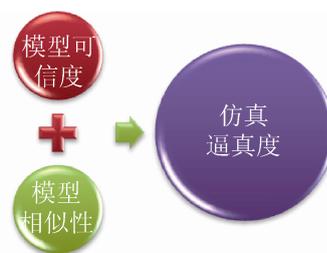


图1 仿真逼真度概念内涵分析

具体到雷达电子战仿真的逼真度量分析上,为了有效地评估仿真系统,我们需要对雷达电子战系统进行若干层次划分,因为影响雷达电子战仿真逼真度的主要因素包括功能和环境指标。我们可按照功能划分和物理划分模块,以便能够合理地计算逼真度。关于层次划分,详见第3节。

2 要素分析原则

为了完成对雷达电子战仿真的逼真度量分析,需要依照层次分析法相关理论,首先完成雷达电子战仿真的要素分析。结合逼真度定量,提出雷达电子战逼真模拟的要素分析的原则,包括一般原则和逼真度量相关原则,如图2所示。



图 2 雷达电子战仿真要素分析原则示意图

(1) 可测性原则: 逼真度的评价是通过一系列的定量计算或计算机仿真来实现的, 评估指标的选取, 其前提是能对其量化处理, 量化值通过数学公式计算、平台测试、经验统计等方法得到。因此, 应具有具体实现上的可操作性, 指标的可测量性是逼真度评价必须遵守的原则。

(2) 敏感度原则: 评估指标应能够及时并且准确地反映该系统逼真度随着其变化量的变化而变化的规律, 若系统指标体系中某指标参数发生变化, 而对逼真度的评价结果不变, 则该指标对评估无意义。因此, 评价指标的敏感性是必须遵守的原则。

(3) 独立性原则: 所选取的指标在整个体系的同层中应相互独立, 不能相互隶属和相互重叠, 但不排除所选取的指标之间可能存在相关性, 不存在包含与被包含的关系, 不能相互推导。

(4) 客观性原则: 指标应该全面反映系统的各个方面, 特别是系统的关键性能指标更应选择准确, 选择全面。此外, 逼真度是模型或仿真本质的、绝对的属性, 对它的度量不应该包含依赖问题和应用的相关因素。逼真度是模型或仿真接近真实世界的绝对度量, 逼真度不会随着应用需求而改变。

(5) 多维度量原则: 模型或仿真的逼真度, 必须由多维度量来定性和定量测量, 比如可综合考虑细节、分辨率、精度/误差、灵敏度、精确性等多维概念。

(6) 逼真参照原则: 逼真度是以逼真度参照物

来定性、定量测量的, 也就是“谁和谁逼真”的问题。由于实际的雷达电子战过程涉及要素众多、过程复杂, 所以必须首先建立一个参照物, 并根据该参照物来测量逼真度。

(7) 不确定性原则: 模型和仿真是以相似原理、模型理论、系统技术等为基础, 以计算机系统和相关物理效应设备及模拟器为工具来实现的, 它们不可能完全、准确地复现真实对象。所以在逼真度量时, 也会带有一定程度的不确定性, 这是进行要素分析无法规避的, 这种不确定性会随着人们对仿真所要表示的真实世界(实际战场中的雷达电子战过程)的认知能力的提高而降低。

3 层次划分考虑

雷达电子战指标体系是直接反映和考核雷达电子战技术状态和使用效能的客观要求和检验依据, 体系应全面覆盖雷达电子战研制、检验和实际使用中能力评估与验证的全过程战技要求。为描述和规范雷达电子战装备战术技术要求的体系化指标集, 需针对雷达电子战装备开发、研制、试验、验证和实际应用等装备全过程的不同阶段特点, 建立和完善可有效体现和客观反映雷达电子战装备的节点控制要素, 特别是适应现代作战环境下的实际使用效能^[8-9]。为此, 针对雷达研制、检验和实际使用能力评估与仿真模拟验证等全过程的技术特点和使用要求, 雷达指标体系可针对不同过程特点和要求, 以战术实际使用效能要求为基准进行指标结构分解, 逐层分为要素互补、层次关联、要求匹配的能力域层次化体系结构。

依据上述划分原则, 结合雷达电子战模拟仿真系统的实际, 本文提出如下的两种划分方式。

3.1 装备层次划分法

从装备层次上划分, 将雷达电子战的要素分解为装备层、体系层、战术应用层 3 层, 其中:

装备层。涵盖雷达系统模型、侦察系统模型、干扰系统模型、武器系统模型等。依据各装备的技

战术参数及性能,还可进行进一步划分,比如针对雷达系统模型,可以从雷达系统组成的关键部件上划分,包括:天线模型、发射机模型、接收机模型、信号处理模型(涵盖抗干扰处理模型)、终端显示模型、天线伺服模型、整体功能模型等,而对于各构件模型还可进一步细化,比如发射分系统中,可考虑工作频率、脉冲功率、脉冲波形、重复频率、脉冲频谱、发射机改善因子、发射机综合损耗等指标。

体系层。体系层考虑组网雷达,综合考虑对多部不同体制、不同频段、不同工作模式、不同极化方式的雷达设备通过适当的配置(布站),并借助通信手段链接成网,由网络中心站统一调配,从而形成一个有机整体。从组网雷达系统对抗的基本概念出发,将体系层划分为 3 部分:网络协议、干扰站、侦察与网络中心站,相应地各部分又可进行细分,比如干扰站可分为起发射信标、干扰信号、探测信号、敌我识别信号、干扰发射设备等。

战术应用层。该层考虑在贴近于实战的场景中雷达电子战系统中的典型作战行为,包括目标探测、目标截获、目标跟踪、干扰启动、干扰检测判决、抗干扰、目标识别等典型作战阶段。在每个阶段中,又可进一步地对技术指标进行细化,比如目标跟踪阶段,可细化为角度、速度、距离、角速率等指标进行量化。

装备层次划分法示意图参见图 3。从上述划分方法可看出,该方法侧重于实际雷达电子战系统的装备层次,划分具有层次清晰明了的优点。但需要指出的是,该方法将战术应用与装备模型独立起来,容易造成其中的指标重复,这违反了要素分析原则中的“独立性原则”;此外,这种划分方式与不同的战术应用紧密相关,容易出现仿真逼真度取决于战术应用的结果,这一定程度上违反了要素分析原则中的“客观性原则”,因此在实际使用中,需要对独立性、客观性原则进行着重考虑。

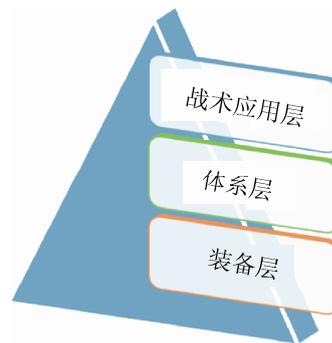


图 3 装备层次划分法示意图

3.2 模型层次划分法

针对上述装备层次划分法的不足,提出了基于雷达电子战模型体系的模型层次划分法。如图 4 所示。该方法在完整总结雷达电子战模型体系的基础上(此处参考了美军 EADSIM 仿真系统的模型体系,详见附录),将其划分为 4 类,具体为:

C3I 模型。涵盖雷达电子战过程中的指挥控制(C2)决策处理模型,它完整地包含了雷达电子战的典型作战过程,以及相关关键事件和行为规则;

探测模型。雷达、红外线、信号情报(SIGINT)、图像情报(IMINT)、人力资源情报(HUMINT)、发射探测、雷达告警接收机等传感器对目标的探测、识别和跟踪处理过程。

航迹模型。雷达电子战中运动平台的实时位置和状态模型,体现了战术规划、作战样式等内容。

传播模型。通信(网络、装备、消息等)模型,它用来将其它三类模型有机联合起来。

如图 4 所示,这种划分方式并不是采用的自顶而下的层次结构,而是从模型体系出发,构成了一个平行的结构,而且在每一大类的模型基础上,还可以进行细化,比如探测模型中,对于其中的雷达模型,可以从雷达系统关键部件上划分,包括:天线模型、发射机模型、接收机模型、信号处理模型(涵盖抗干扰处理模型)、终端显示模型、天线伺服模型、整体功能模型等。

采用这种开放、并行的层次划分方式,能够方便地将这种要素分析方法的一般原则和方法扩展

至其它相似的仿真系统中, 比如战场电磁环境仿真、光电对抗仿真、通信对抗仿真等, 只用修改对应的模型体系, 并完成其逼真度评估, 而且保证了要素分析原则中的独立性、客观性原则。



图 4 模型层次划分法示意图

4 雷达电子战模拟的要素分析实例

4.1 雷达装备模拟要素分析

根据第 2 节和第 3 节给出的要素分析原则和层次划分考虑, 为了对逼真度做出准确的评价, 我们将各个要素的一系列性能指标分解到最底层, 以保证性能描述的准确性、完整性、一致性和唯一性。这些要素见表 1。

4.2 雷达干扰装备模拟要素分析

与雷达装备模拟要素一致, 雷达干扰装备模拟要素按照无源干扰能力、有源干扰样式、有源干扰能力 3 个方面进行分析, 详细要素如表 2 所示。

4.3 雷达组网模拟要素分析

雷达组网通过对多部不同体制、不同频段、不同工作方式、不同极化方式的雷达适当布站, 借助通信手段链接成网, 由网路中心站统一调配处理而形成有机整体。网内各雷达获取的目标信息(目标点迹、航迹等)传输至网络中心站进行处理, 形成雷达覆盖范围内的目标情报信息, 并按照作战态势的变化调整网内雷达的工作状态, 充分发挥各雷达的优势, 从而完成整个覆盖范围内的探测、定位与跟踪等任务, 下面给出雷达组网模拟要素分析。

表 1 雷达装备模拟要素分析

序号	项目	要素指标
1	探测能力	探测目标类型
2		探测距离范围
3		探测方位扇区范围
4		探测俯仰扇区范围
5		工作频率
6		输出峰值功率和平均功率
7		脉冲宽度
8		脉冲波形
9		脉冲重复频率
10		发射脉冲带宽
11		发射相参
12		接收相参
13		天线转速
14		天线类型
15		极化方式
16		主瓣电平增益值
17		波瓣宽度
18		虚警概率
19		发现概率
20		距离-多普勒可见度
21	定位能力	距离分辨率
22		方位角分辨率
23		俯仰角分辨率
24		速度分辨率
25		测距精度
26		测角精度
27		测速精度
28		测频精度
29	抗干扰能力	第一旁瓣电平增益值
30		脉冲压缩比
31		MTI 改善因子
32		MTD 改善因子
33		旁瓣匿影
34		旁瓣对消
35		虚拟极化对消
36		频率分集
37		频率捷变
38		干扰自动寻的
39		噪声自动增益控制
40	主瓣噪声对消	
41	脉内频率相关	
42	数据处理能力	目标处理容量
43		目标种类识别数
44		搜索数据率
45		跟踪数据率
46		航迹跟踪速度
47	航迹跟踪精度	

表 2 雷达干扰装备模拟要素分析

序号	项目	要素指标	子指标
1	无源干扰能力	箔条干扰	有效干扰范围
2			雷达截面积
3			布放起始点高度和距离
4			箔条云形成时间
5			干扰频段
6			有效持续时间
7	角反射器		散射中心数目
8			散射截面积
9	有源干扰样式	噪声干扰	直接噪声
10			噪声调幅干扰
11			噪声调频干扰
12			杂乱脉冲干扰
13			灵巧噪声干扰
14			倒相调制干扰
15			幅度锥扫干扰
16			相位锥扫干扰
17			交叉极化干扰
18			AGC 欺骗干扰
19			非相干点源干扰
20			相干多点源干扰
21			速度欺骗
22	固定假多普勒频移		
23	多普勒频率闪烁		
24	距离欺骗		距离假目标
25			间歇采样转发
26			距离波门拖引
27	复合干扰		距离-速度联合拖引
28			距离-角度联合欺骗
29			有无源复合干扰
30	有源干扰能力		适应信号环境密度
31			适应信号形式
32			同时干扰多目标数目
33			干扰空域范围
34			干扰雷达类型
35			干扰带宽
36			频率瞄准精度
37			角度瞄准精度
38			干扰频率范围
39			干扰功率
40			干扰波形
41			干扰距离
42			储频精度
43			储频时间
44			引导时间(瞄准时间)
45	干扰天线性能		

表 3 雷达组网模拟要素分析

序号	项目	要素指标	子指标
1	工作模式	有源工作模式	敌我识别与电子干扰
2			一发多收有源探测
3			多发一收有源探测
4			多发多收有源探测
5			无源工作模式
6			辐射源分选识别
7			电子情报侦察
8	布站配置		有源无源一体模式
9			环形配置
10			线性配置 区域配置
11	目标定位	有源定位	多发一收目标定位
12			单发单收目标定位
13			多发多收目标定位
14			无源定位
15			有源无源一体定位
16	目标识别	单站目标识别	工作频率
17			脉冲重复频率
18			脉冲宽度
19			天线转速
20			工作频率调制样式
21			重复频率调制样式
22			技术体制
23			脉内细微特征参数
24			指纹特征参数
25			网络中心站综合识别
26	目标跟踪	有源多发一收模式	单站单目标跟踪
27			中心站单目标跟踪
28			无源模式
29	目标跟踪	有源多发多收模式	单站单目标跟踪
30			中心站单目标跟踪
31			集中式处理多目标跟踪
32	目标跟踪	有源一发多收模式	分布式处理多目标跟踪
33			集中式处理多目标跟踪
34			分布式处理多目标跟踪
34	抗干扰	抗有源压制式干扰	无源工作模式抗干扰
35			有源工作模式抗干扰
36			无源工作模式抗干扰
37			有源工作模式抗干扰
38	抗隐身	无源工作模式	工作频段捷变切换
39			收发分置
40			数据共享与融合
41	抗辐射	抗摧毁概率系数	
42			
43	抗低空突防	收发分置	
44		无源探测	
45		多站信息融合	

5 战场电磁环境仿真要素分析考虑

要想构建逼真的战场电磁环境, 必须从“装备+战术应用”两方面入手, 可采用第 3.2 节中的模型层次划分法, 将战场内各用频设备的战术规划、战术行为规则等统一用 C3I 模型表述, 电磁波传输和电磁脉冲流模拟则用传播模型表述, 各用频设备内部模型归为探测模型, 而搭载平台运动用航迹模型来表述。这样便实现了战场电磁环境仿真要素分析, 层次划分合理, 便于进行最终的电磁环境逼真度量化评估。

6 结论

本文在深入分析仿真逼真度概念和内涵的基础上, 立足于雷达电子战模拟仿真系统的构建与逼真度评估实际, 探讨了雷达电子战逼真模拟要素分析原则、层次划分方法等, 并以雷达组网对抗为对象, 给出了其层次划分结构。文中着眼于探讨雷达电子战逼真模拟的通用原则和方法, 所提出的层次划分、要素分析等方法, 对战场电磁环境模拟、光电对抗仿真、通信对抗仿真等其他类似系统也具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 谭文博, 黄拥元, 解文彬, 等. 基于图像分析的雷达假目标逼真度计算 [J]. 计算机仿真, 2007, 23(4): 18-20.
- [2] 李健. 基于逼真度的仿真系统评估研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008.
- [3] Defense Modeling and Simulation Office. Verification, Validation and Accreditation Recommended Practice Guide [Z]. Washington, USA: Department of Defense, 1996: 1-31.
- [4] Mirko Dobermann. IEEE1278-4, IEEE Trial-Use Recommended Practice for Distributed Interactive Simulation-Verification, Validation, and Accreditation [Z]. New York, USA: Distributed Interactive Simulation Committee of the IEEE Computer Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1997: 1-39.
- [5] Defense Modeling and Simulation Office. Department of Defense Verification, Validation, and Accreditation Recommended Practices Guide [K]. USA: Defense

Modeling and Simulation Office, 2000.

- [6] Dale K Pace. Issues Related to Quantifying Simulation Validation [C]// Proceedings of 2001 Fall Simulation Interoperability Work-shop. 01 F-SIW-050. USA: SIW, 2001.
- [7] Z C Roza, D C Gross, S Y Hannon. Report Out of the Fidelity Experimentation ISG [C]// Proceedings of 2000 Spring Simulation Interoperability Workshop. 005-SIW-151. USA: SIW, 2000.
- [8] 韩春久, 宛东生, 石锐, 等. 电子对抗装备战术指标体系构建方法 [J]. 电子信息对抗技术, 2006, 21(1): 3-6.
- [9] 吴少鹏. 基于域层化的雷达指标体系结构及规范方法探讨 [J]. 雷达与对抗, 2012, 32(1): 1-3.

附录:

EADSIM 中的主要模型总结

在 EADSIM 的模型体系中, 它考虑主要模型包括:

(1) 传感器模型:

雷达、红外线、信号情报(SIGINT)、图像情报(IMINT)、人力资源情报(HUMINT)、发射探测、雷达告警接收机等;

(2) 干扰模型包括:

传感器、通信等;

(3) 卫星

(4) 预先警报

(5) 通信(网络、装备、消息等)

(6) 电子战:

➤ 传感器与通信干扰

➤ 信号情报(SIGINT)侦察支援攻击作战和主动防

御

➤ 雷达被动探测

➤ 适应雷达、旁瓣压制

➤ 诱饵、箔条、烟雾

(1) 地形因素:

➤ 传感器遮蔽

➤ 通信传播

➤ 飞行/移动

(2) 武器

➤ 空空

➤ 空对地

➤ 地对空

➤ 地对地

(3) 感兴趣的区域

➤ 导弹交战区(MEZ)

➤ 战斗机交战区(FEZ)