

# 基于信息质量的信息优势评估指标研究

袁杭萍,王玲玲,权冀川,肖登海

(解放军理工大学 指挥自动化学院,江苏 南京 210007)

**摘 要:**一方有根据需要收集、处理、分发信息的能力,能够预测敌方信息需求的变化,并且能阻止敌方拥有相同的能力,这样的一方才具有信息优势。如何评估基于信息质量的信息优势是研究热点,但目前信息优势评估指标体系不完善,不足以评估信息质量,针对这一不足,提出了新的评估指标体系:完备性、准确性、更新性、新颖性、关联性、真实性和可靠性,并对每个指标进行了解释和分析。随后的研究表明,文中提出的评估指标体系具有一定的理论和实际意义。

**关键词:**信息质量;信息优势;评估指标

**中图分类号:**TP30

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2010)05-0128-04

## Research on Evaluation Index of Information Superiority Based on Information Quality

QIU Hang-ping, WANG Ling-ling, QUAN Ji-chuan, XIAO Deng-hai

(Institute of Command Automation, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** Information superiority is the ability to collect, process, and disseminate information as needed; anticipate the changes in the enemy's information needs; and deny the enemy the ability to do the same. How to evaluate information superiority based on information quality is the emphasis of the research. But the evaluation index system is not perfect. So, to solve this problem the thesis presents a new index system: completeness, correctness, currency, originality, relevance, reality and reliability. Then the explain and analysis of every index are given. The following study shows that the index system presented in this thesis has theoretical and practical meaning.

**Key words:** information capacity; information superiority; evaluation index

### 0 引言

我军新时期军事战略方针把军事斗争准备的基点由应付一般条件下的局部战争转到打赢现代技术特别是高技术条件下的局部战争上来,这里所说的高技术条件下的局部战争实际上就是信息化战争。在信息化战争中,制信息权成为制胜的关键所在,在信息化战争中谁能夺取信息优势,谁就获取了战争的主动权,就有可能夺取战争的最后胜利。美参联会在《2010 联合构想》提出了信息优势的概念,此后对信息优势的评估成了研究的热点。

### 1 信息优势的定义

美国的重要军事文件几乎都对信息优势做过解释,1998年的《联合信息行动》条令这样说:信息优势

是指使己方拥有不间断的收集、处理、传送信息的能力,同时阻止敌方对应的能力;2001年的陆军《作战纲要》认为信息优势是在使敌方不能不间断的收集、处理和分发信息的同时,保证己方有这样的能力,从而达到作战优势;应美国国防部的要求,兰德(RAND)公司提交了一份探索信息优势的研究报告,报告的术语解释中对信息优势是这样定义的:一方有根据需要收集、处理、分发信息的能力,能够预测敌方信息需求的变化,并且能阻止敌方拥有相同的能力,这样的一方才具有信息优势<sup>[1]</sup>。

由此可见,信息优势是敌对双方在获取和使用信息方面的一种优越性。信息优势描述了对抗双方战场态势感知、信息收集、信息处理、信息传输等的对比情况<sup>[2]</sup>。

### 2 信息优势评估指标的意义与分析

我国对信息优势评估指标的研究比外国要晚,因此采用的指标大多是外国采用过的。兰德公司在信息优势的建模分析报告中用了三个属性:完备性、正确性

收稿日期:2009-09-29;修回日期:2009-12-16

基金项目:武器装备预研重点基金项目(9140A06040108JB8101)

作者简介:袁杭萍(1965-),女,博士,教授,硕士生导师,研究领域为指挥自动化、人工智能、建模与仿真等。

和更新性,国内的大部分文献[2~9]也主要围绕这些指标进行分析,文献[2]采用的指标是完整性、精确性和时效性;文献[3]采用的指标是完备性、准确性和时效性;文献[4]采用的是完整性、正确性和时效性,只是计算的方式略有不同。但从信息质量的角度看,这些指标并不足以评估信息质量,下面列出文中研究所涉及的信息质量指标,并对其进行分析。

### 2.1 完备性

指感知态势中收集到的敌方目标信息跟战场事实相符的程度<sup>[5]</sup>。具体来说,完备性是指规定任务区域内  $t$  时刻战场感知态势中目标的种类、数量与战场客观态势相吻合的程度。完备性指标包括目标种类的完备性和目标数量的完备性。设完备性为  $F(t)$ , 目标种类的完备性为  $K(t)$ , 目标数量的完备性为  $N(t)$ , 可以定义如下:

$$K(t) =$$

$$\frac{t \text{ 时刻感知态势中已正确发现的目标种类数}}{t \text{ 时刻客观态势中实际目标种类数}}$$

$$N(t) =$$

$$\frac{t \text{ 时刻感知态势中已正确发现的目标数量}}{t \text{ 时刻客观态势中实际目标数量}}$$

由此可以得到完备性的计算公式:

$$F(t) = K(t) \times N(t)$$

### 2.2 准确性

准确性是指感知态势中目标的特征跟客观态势中真实目标的特征相吻合的程度,可以用感知态势中目标与客观态势中对应目标的偏离程度或偏差来衡量<sup>[6]</sup>。因为态势感知是随时间变化的,因此准确性和完备性一样,也是时间  $t$  的函数。在统计分析中,可以用  $t$  时刻目标的信息特征向量来表示其在  $t$  时刻的状态。设

$$P_i(t) = [p_{ij}(t)] \quad j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

$$Q_i(t) = [q_{ij}(t)] \quad j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

其中,特征向量中的参数表示目标的位置、速度等特征,  $n$  为目标特征参数的个数。考虑到目标各个特征间的重要性不同,可以引入加权因子  $w_j$  来反映目标特征对性能指标的影响<sup>[6]</sup>。

于是,感知态势中第  $i$  个目标  $t$  时刻的特征向量与客观态势中对应目标的特征向量的平均偏离程度  $D_i(t)$  可以定义为:

$$D_i(t) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{|q_{ij}(t) - p_{ij}(t)| w_j}{q_{ij}(t)}$$

显然  $D_i(t)$  不大于1,而且  $D_i(t)$  越小表示第  $i$  个目标  $t$  时刻的准确性越高,同时知道现在  $1 - D_i(t)$  反映的是目标的准确程度,因此将  $1 - D_i(t)$  定义为第  $i$

个目标  $t$  时刻的准确性。假设  $t$  时刻感知态势中已正确发现了  $N$  个敌方目标,那么  $t$  时刻感知态势的平均准确性  $\bar{D}(t)$  定义为:

$$\bar{D}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (1 - D_i(t))$$

对准确性进行评估时,可以不考虑敌方在作战中采用的欺骗手段。比如说敌方部队正在机动,产生的公共作战画面准确地记录了部队当前的位置、前进的速度和方位,那么我方就可以认为信息是正确的,而不管这些机动是真正的作战中的前进,还是迷惑我方的假象。

### 2.3 更新性

在信息化战争中,战场信息瞬息万变,因此获取及时有效的信息对作战至关重要。更新性关注的是用户收到所需信息所要花费的时间<sup>[7]</sup>,信息更新的频率越快、周期越短,则认为信息的质量越高。更新性具体可指在规定任务区域内,从传感器发现敌方目标到指挥员明确知道敌方目标存在所需的时间。实际使用该指标时可以用产生公共作战画面所需要的时间来衡量。更新性分析发生在信息域中信息的处理阶段。根据信息交换周期的大小,可以定义两种生成公共作战画面的时间。

局部公共作战画面产生时间:指公共作战画面部分刷新所需要的时间,即只要有信息到来,就把该信息包含的内容在公共作战画面中进行更新。假设信息交换矩阵中有  $m$  种信息进行交换,第  $j$  种信息的交换周期为  $t_j$  秒。局部公共作战画面产生时间可近似认为是所有  $m$  种信息的交换周期的最小值,表示为:

$$t_{gx} = t_{\min} = \min_{1 \leq j \leq m} t_j$$

完整公共作战画面生成时间:指公共作战画面全部刷新所需要的时间,即等所有的信息都收到以后,才把信息包含的内容在公共作战画面中进行更新。可以近似的取所有  $m$  种信息的交换周期的最大值,表示为:

$$t_{gx} = t_{\max} = \max_{1 \leq j \leq m} t_j$$

实际使用更新性指标时可以根据具体评估要求选择使用局部公共作战画面产生时间还是完整公共作战画面产生时间。

### 2.4 新颖性

新颖性是从信息内容的角度对信息质量进行评估的,指信息含有之前的信息不包含、有利用价值的新内容的比例。信息中含有的未知内容越多,指挥员对战场情况的不确定程度就降低的越多,自然指挥员对战场态势的了解就越透彻,那么信息对指挥员越有用,信息的质量越高。实际使用时,可以应用信息论的相关方法,用信息所持有的信息量来衡量新颖性的高低。

如果知道信息的具体内容,利用信息熵的概念,可以对信息的质量进行衡量。在获得某条信息之前,对期待的事件都有一个先验的假设,这时可用信息熵表示事件中包含的信息量。当接收到关于该事件的某条信息后,事件结果的不确定性会发生改变,包含于事件中的信息量会发生变化,可以重新对信息熵进行计算。前后两次信息熵的差值表示了包含在事件中的信息的变化量。如果信息熵变小了,说明事件包含的信息量减少了,减少的这部分信息量也就是从该条信息中获得的信息量,即信息的内容是新颖的,使我们事件的结果有了更清楚的了解。反之,如果信息熵不变,说明不能从这条信息中获得信息量,则这条信息不是新颖的,它不能改善我们对事件结果了解的清楚程度。

于是,要计算各条信息的新颖性高低,也即计算各条信息对先验假设的信息熵的减小量的大小。信息熵减小的数值越大,则该信息的新颖性越高。

## 2.5 关联性

关联性指信息与作战使命、任务或态势密切相关的程度,关注的是信息本身与作战使命、任务的关联是否密切。同种信息,相对于不同的作战使命与任务,其关联性可能不同。一般采用向专家问卷调查的方法,即请专家填写专家评判调查表,如表 1。针对指标按照固定的等级进行评价,最后根据每个等级对应的分值进行计算。假设总分为 10 分,建立的等级集合为 {高、较高、中、较低、低}, 分别对应 9 分、7 分、5 分、3 分、1 分。

表 1 信息关联性指标评判调查表

测量指标	评价	高 (9分)	较高 (7分)	中 (5分)	较低 (3分)	低 (1分)
第 1 种信息	...					
第 j 种信息	...					
第 m 种信息	...					

注:对于每种信息,判断其与完成“××××”任务(给出当前的作战使命、任务)的密切程度。按照十分制打分,分成五个等级,请在相应的等级栏内划“√”。

假设信息交换矩阵中交换的信息共有  $n$  种,其中第  $j$  种信息的关联性分值为  $R_j$ 。邀请  $K$  名专家填写评判调查表,分别对每种信息的关联性做出判断,对收回的调查表进行统计平均,统计得到每一种信息被评为各评价等级的次数,结果为  $y_{j1}, y_{j2}, y_{j3}, y_{j4}, y_{j5}, j = 1, 2, \dots, n$ , 且有  $y_{j1} + y_{j2} + y_{j3} + y_{j4} + y_{j5} = K$ 。则第  $j$  种信息的关联性评判值应为

$$R_j = \frac{9y_{j1} + 7y_{j2} + 5y_{j3} + 3y_{j4} + y_{j5}}{10K}$$

最后,按照下面的公式对每种信息的关联性指标值进行综合计算,得出所有信息的关联性指标值  $R$ 。

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_j$$

## 2.6 真实性

真实性指标反映了信息内容的客观程度。作战过程中很难保证获得的信息都是客观真实的。由于传感器本身的缺陷以及复杂战场环境的影响,收集到的信息是虚假信息的情况是极有可能发生的。信息中包含的虚假成分越多,信息的真实性就越差。真实性指信息所反映的情况在多大程度上是客观存在的。

信息的真实性分析对应于信息域中信息的收集阶段。传感器提供了一个叫虚警率的参数,它表示传感器可能报告虚假信息的概率,是真实性指标的主要影响因素。从作战节点模型中节点的属性可以获得传感器报告的虚警率参数。假设系统配置了  $n$  类传感器,每类传感器的虚警率分别为  $T_{Fi}$ 。由于不同类别的传感器的虚警率在数值上可能处于不同的数量级,为了便于计算,把传感器的虚警率乘以  $10^6$ ,进行基准变换,得到评估的参考值  $T'_{Fi}$ 。

$$T'_{Fi} = T_{Fi} \times 10^6$$

当系统只使用第  $i$  类传感器进行探测时,报告信息的真实性  $I_{zz,i}$  为:

$$I_{zz,i} = e^{-T'_{Fi}}$$

现在考虑多种传感器的综合作用的情况。

### (1) 系统没有融合功能。

由于系统不能对各类传感器的报告进行融合处理,可认为各类传感器独立地发挥作用。则由于不同类别的传感器的报告信息之间不能互相补充,所以传感器种类的增多并不能起到改善信息真实性的作用。于是,可按照下面的公式计算信息的真实性指标  $I_{zz}$ 。

$$I_{zz} = \max_{1 \leq i \leq n} I_{zz,i} = \max_{1 \leq i \leq n} e^{-T'_{Fi}}$$

### (2) 系统具有融合功能。

由于系统能够进行融合处理,不同类别的传感器报告的信息之间可以互补地发挥作用。反过来考虑,当所有类别的传感器信息都不真实时,系统获得的信息才有可能是不真实的。于是,可以按照下面的公式计算信息的真实性指标  $I_{zz}$ 。

$$I_{zz} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - I_{zz,i}) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-T'_{Fi}})$$

## 2.7 可靠性

可靠性指信息的可依赖程度。可靠性分析主要针对信息域中信息的分发阶段,可以说,信息的分发网络的可靠性决定了信息的可靠性。信息分发网络中的节点可以分为三类:信息收集节点、信息处理节点、信息利用节点。通常情况下,各类传感器属于信息收集节点,情报中心或融合中心属于信息处理节点,而各种武

器平台、参战部队可认为是信息利用节点。典型的信息分发流程是信息从信息收集节点流向信息处理节点,再从信息处理节点向各个信息利用节点分发。

如果所有信息处理节点能够可靠地接收到信息收集节点发出的信息,而且所有的信息利用节点都能够可靠地从信息处理节点获得所需的信息,那么就意味着整个分发网络是可靠的。把信息分发网络分为两个部分:信息收集子网和信息传输子网。信息收集子网指从各个信息收集节点到信息处理节点这部分网络;信息传输子网指从信息处理节点到各个信息利用节点这部分网络。分别用  $R_s$  和  $R_c$  表示这两个子网的可靠性,用  $R$  表示整个分发网络的可靠性。那么三者的关系为:

$$R = R_s \times R_c$$

以图 1 所示的分发网络为例,分析信息收集子网和信息传输子网的可靠性。

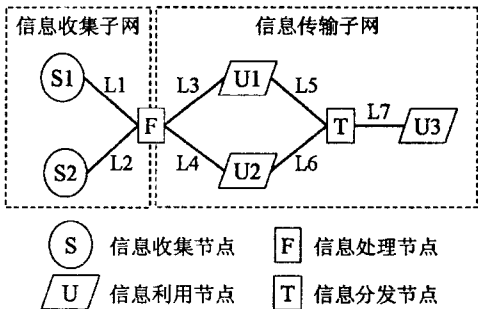


图 1 信息分发网络实例

假设各路径  $L_1、L_2、L_3、L_4、L_5、L_6、L_7$  的可靠性分别为  $R_1、R_2、R_3、R_4、R_5、R_6、R_7$ 。表 2 给出了具体的分析过程。

表 2 节点信息的可靠性分析

节点	所需路径	路径可靠性	节点信息的可靠性
S1	$L_1$	$R_1$	$R_{S1} = R_1$
S2	$L_2$	$R_2$	$R_{S2} = R_2$
U1	$L_3$ $L_4 \rightarrow L_6 \rightarrow L_5$	$R_3$ $R_4 R_6 R_5$	$R_{U1} = 1 - (1 - R_3)(1 - R_4 R_6 R_5)$
U2	$L_4$ $L_3 \rightarrow L_5 \rightarrow L_6$	$R_4$ $R_3 R_5 R_6$	$R_{U2} = 1 - (1 - R_4)(1 - R_3 R_5 R_6)$
U3	$L_3 \rightarrow L_5 \rightarrow L_7$ $L_4 \rightarrow L_6 \rightarrow L_7$	$R_3 R_5 R_7$ $R_4 R_6 R_7$	$R_{U3} = R_7[1 - (1 - R_3 R_5)(1 - R_4 R_6)]$

假设共有  $N$  个信息收集节点,信息收集子网的可靠性可按如下公式计算:

$$R_s = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - R_{Si}) = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2) \cdots (1 - R_N)$$

假设共有  $M$  个信息利用节点,信息传输子网的可靠性可按下式计算:

$$R_c = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M R_{Ui} = \frac{R_{U1} + R_{U2} + R_{U3} + \cdots + R_{UM}}{M}$$

最后,计算整个分发网络的信息可靠性  $R$ :

$$R = R_s \times R_c$$

3 结束语

建立信息优势评估指标体系是进行信息优势评估的基础。文中在他人研究的基础上提出了新的信息优势评估指标体系并分别做了阐述分析。研究表明本评估指标体系具有一定的理论和应用价值。

参考文献:

[1] Perry W, Signori D, Boon J. Exploring information superiority - a methodology for measuring the quality of information and its impact on shared awareness[R]. [s. l.]: RAND Corporation, 2004.

[2] 赵 策, 刘千里. C<sup>4</sup>ISR 通信分系统信息优势评估指标研究[J]. 指挥控制与仿真, 2006, 28(6): 79-82.

[3] 江 汉, 尹 浩, 李学军, 等. 基于分布式仿真的 C<sup>4</sup>ISR 效能评估系统设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(6): 1550-1553.

[4] 臧 垒, 蒋晓原, 王 钰, 等. C<sup>4</sup>ISR 系统作战效能评估指标体系研究[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(3): 574-577.

[5] 陈少卿, 张金明, 周 彦, 等. C<sup>4</sup>ISR 系统信息优势与制信息权评估方法研究[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(5): 1060-1063.

[6] 江 汉, 尹 浩, 李学军, 曹可敬. C<sup>4</sup>ISR 体系对抗仿真中的信息优势度量[J]. 系统工程与电子技术, 2006, 28(1): 88-91.

[7] 何宝民, 董文洪, 沙基昌. 军用信息系统能力评价方法研究[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(1): 89-92.

[8] 任义广, 卜先锦, 沙基昌. C<sup>4</sup>ISR 系统信息质量对作战效果的影响分析[J]. 舰船电子工程, 2007, 27(2): 1-4.

[9] 刘东坡, 费爱国, 李 革. C<sup>4</sup>ISR 系统信息优势度量研究[J]. 计算机仿真, 2007, 24(6): 27-30.

《计算机技术与发展》友情提示:

本刊为《中国核心期刊数据库收录期刊》、《中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊》、《中国期刊全文数据库收录期刊》、《万方数据资源系统数字化期刊群上网期刊》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊。如有不愿通过上述媒体收录者,请在来稿首页注明。