

# 指控系统信息服务质量评价指标

王 兵 权冀川

(解放军理工大学指挥信息系统学院 南京 210007)

**摘 要** 指控系统的信息服务质量在某种程度上决定了指控系统的效能。在分析信息质量、服务功能、服务性能等影响信息服务效果的质量要素基础上,提出了指控系统信息服务质量的评价指标。针对各指标的特点,分别设计了定量评价、半定量评价和定性评价 3 类评价方法,给出了典型指标的具体评价算法和步骤,并进行了详细讨论。研究结果可为指控用户开展信息服务质量评价提供理论依据和参考。

**关键词** 指控系统,信息服务,评价指标,定量评价,半定量评价,定性评价

中图法分类号 TP309 文献标识码 A

## Evaluation Indexes of Information Service Quality in C2 System

WANG Bing QUAN Ji-chuan

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

**Abstract** The information service quality of C2 system determines the effectiveness of C2 system to some extent. The quality elements that may influence the effectiveness of the information service were analyzed, such as information quality, service function and service performance. Then the evaluation indexes were put forward for the information service quality in C2 system. According to the index characteristics, three kinds of evaluation methods were designed including quantitative evaluation, semi-quantitative evaluation and qualitative evaluation. Furthermore, the evaluation algorithms and steps of some typical indexes were provided and discussed in detail. The results can support the C2 users to evaluate the information service quality with theory and methods.

**Keywords** C2 system, Information service, Evaluation index, Quantitative evaluation, Semi-quantitative evaluation, Qualitative evaluation

## 1 引言

指控系统作为现代战争的“兵力倍增器”,在信息化战争的指挥决策方面具有极其重要的地位和作用<sup>[1]</sup>。随着军事变革的不断发展,传统的 C/S(Client/Server, 客户机/服务器)架构和基于构件的金字塔状指控系统已经不能满足联合作战的需求。近年来,由于服务具有松耦合、互操作性强等优点,面向服务的架构已成为信息系统发展的趋势。未来的指控系统必将构建在面向服务的基础之上,信息服务将成为指控系统的核心内容和主要形式,并为指控用户进行指挥决策提供数据和功能支撑<sup>[2,3]</sup>。

指控系统信息服务质量是指指控系统的信息服务能够满足指控用户需求或者使命任务要求的程度。信息服务质量将直接影响到构建的指控系统的质量和效能<sup>[4]</sup>。而指控系统信息服务质量的高低可以通过指控用户服务前的期望、服务中的感知以及服务后的满意程度反映出来。目前的研究文献中,从信息资源、硬件支持、用户体验等角度,针对信息服务质量的概念体系、理论框架、效能评估等内容开展的研究较多;而从用户感知的角度,结合用户主观评价与系统客观测量研

究信息服务质量的评价指标体系或评价方法的研究还很少,也不够系统和深入。目前提出的适合指控系统信息服务质量的评价指标并不多。本文从定量、半定量、定性 3 个方面提出相关的评价指标和评价算法,研究结果可为信息服务质量评价提供借鉴和有意义的参考。

## 2 指控系统信息服务质量评价指标

指控系统信息服务的质量主要涉及信息质量、信息服务的功能、信息服务的性能 3 类质量要素<sup>[4]</sup>。信息质量指固有的信息特性,仅与信息本身的优劣有关。指控系统信息服务所能提供的信息的质量直接决定了信息服务的质量。信息服务功能的发挥影响到指控用户使用目的的实现或者任务需求的达成程度。所以,信息服务功能的完成能力是信息服务质量的重要组成部分。而信息服务的性能反映的是信息服务在提供功能的过程中体现的时效性和便捷程度,影响到用户对信息服务的好恶感和满意度。性能不好的信息服务很难发挥出其本身的服务质量。因此,指控系统信息服务质量的评价指标应该围绕信息质量、服务功能和服务性能 3 类质量要素产生。

科学合理地评价指控系统信息服务的质量,既需要测量

本文受基于用户感知的信息服务质量评估研究(9140C170303150C17086)资助。

王 兵(1986—),男,硕士生,主要研究方向为效能评估,E-mail:513736102@qq.com;权冀川(1974—),男,博士,副教授,主要研究方向为效能评估、多源信息融合(通信作者)。

指控用户的主观感知情况,也需要测量信息服务的客观支撑数据。主观感知的信息服务质量主要评价用户对服务组织提供的信息服务的主观感知满意程度,主要建立在用户自身的需求、喜好、经历、知识和期望等因素之上,是用户在主观上对信息服务质量的综合评价,涉及信息质量、服务功能、服务性能等质量要素;例如设备先进性、流程规范性、界面友好性、功能完备性等指标。客观支撑的信息服务质量主要评价服务组织的设施、设备、网络、人员和管理等方面形成的可测量的服务功能或性能参数,是受客观条件决定的信息服务水平,具体可体现在服务功能和服务性能等质量要素上;例如响应及时性、服务连续性、服务稳定性、信息准确性等评价指标。据此可列出指控系统信息服务质量的常用评价指标,如表1所列。

表1 指控系统信息服务质量评价指标

序号	评价指标	质量要素	数据来源	评价方法
1	设备先进性	服务性能	主观感知	定性评价
2	流程规范性	服务性能	主观感知	定性评价
3	界面友好性	服务功能	主观感知	定性评价
4	响应及时性	服务性能	客观测量	定量评价
5	功能完备性	服务功能	主观感知	定性评价
6	服务连续性	服务功能	客观测量	定量评价
7	服务稳定性	服务性能	客观测量	定量评价
8	信息准确性	信息质量	客观测量	定量评价
9	信息完整性	信息质量	主观感知	半定量评价
10	信息真实性	信息质量	主观感知	半定量评价
11	信息重要性	信息质量	主观感知	半定量评价
12	信息更新性	信息质量	客观测量	定量评价

信息服务质量应由用户感知的服务质量指标和客观测量的服务质量指标加权综合得出。这种设计有助于全面把握信息服务质量的形成机理,易于服务组织找到影响服务质量的薄弱环节。为了使指控系统信息服务质量总体评价结果更加科学、客观,下文分别采用定量评价、半定量评价和定性评价3种指标评价方法,给出了典型评价指标的具体评价算法。表1列出了各评价指标对应的评价方法。

### 3 指标评价方法

#### 3.1 定量评价方法

定量评价方法是指根据评价指标的含义,设计合适的数据测量与统计分析方法,通过测量仪器或有关工具进行多次测量、统计得到评价指标的测量数据,再通过数学或其他科学手段对信息服务的指标数值进行判定和分析,保证评价结果在一定的置信范围内,具有相当的准确性和可靠性。

##### 3.1.1 服务连续性

服务连续性是指系统能够不中断地提供信息服务的可能性。其评价要素主要包括平均无故障时间和平均故障恢复时间<sup>[10]</sup>。设平均无故障时间为MTTF(Mean Time To Failure),平均故障恢复时间为MTTR(Mean Time To Recovery),服务连续性指标为FWLX,该指标评价公式为:

$$FWLX = \frac{MTTF}{MTTF \times MTTR} \quad (1)$$

MTTF指在指控系统不发生运行故障的前提下能够持续提供信息服务时长的平均值,即两次系统故障之间的平均间隔时间,这个数值越大越好,单位通常为小时。MTTR指在指控系统运行出现故障后进行故障排除并使系统重新正常提供信息服务所需要的平均时间,这个值越小越好,单位通常为小时。

##### 3.1.2 服务稳定性

服务稳定性是指系统提供信息服务的稳定可靠程度。其评价要素一般是网络传输速度或服务延迟时间,主要是测量系统能否在约定的偏差范围内提供所需要的服务。

偏差包括正向偏差和反向偏差。当实测特征数据大于服务协议约定值时,为正向偏差;当实测特征数据小于服务协议约定值时,为反向偏差。服务稳定性的计算包括两种情况:1)正向偏差不影响服务稳定运行,反向偏差影响服务的稳定运行,偏差越大则服务越不稳定,这种情况下只需要考虑反向偏差的数据即可;2)实测特征数据越接近服务协议约定值越好,无论是正向偏差还是反向偏差都将影响服务的稳定运行,偏差越大系统服务越不稳定。

设 $E_u$ 表示信息服务所能容忍的偏差上限值, $E_l$ 表示信息服务能够容忍的偏差下限值, $E_0$ 表示信息服务协议约定值。一般情况下, $E_l$ 取值为0。

在第1)种情况下,设采集的信息服务质量评价指标特征数据为 $X_i, i=1, 2, \dots, n$ ,其中大于服务稳定性协议约定值 $E_0$ 的特征数据有 $n_0$ 个,小于或等于服务稳定性协议约定值 $E_0$ 的数据有 $n_1$ 个, $n=n_0+n_1$ 。计算公式如下:

$$Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - E_0)^2}{n}} / E_u \quad (2)$$

在第2)种情况下,设采集的信息服务质量评价指标的特征数据为 $X_i, i=1, 2, \dots, n$ ,计算公式如下:

$$Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} / (E_u - E_l) \quad (3)$$

其中, $n > 1$ 。

按式(4)计算信息服务稳定性指标值FWWD:

$$FWWD = 1 - Y \quad (4)$$

当 $Y > 1$ 时, $Y$ 取值为1。所以, $0 \leq FWWD \leq 1$ ,服务稳定性数值越接近1时越好。

##### 3.1.3 信息更新性

信息更新性主要衡量指控系统提供的服务信息是否及时,能否在规定的时限范围内呈现给用户。其评价要素是系统支持的信息更新频率标准,即信息的更新周期以及信息更新的最大时限,即该信息服务能够容忍的最大信息更新周期,一旦超过这个时限,则认为服务所提供的信息为无效信息。

假设信息的更新周期为 $T$ ,信息更新的最大时限为 $T_{max}$ ,信息更新性指标为XXGX。计算公式如下:

$$XXGX = \begin{cases} 0, & T \geq T_{max} \\ e^{-T/k}, & T < T_{max}, T < 1 \\ e^{-[(K-1)\log_{10} T + 1]/K}, & T < T_{max}, T \geq 1 \end{cases} \quad (5)$$

其中, $K$ 为内置参数, $K \geq 2$ ,控制着信息更新性指标随信息服务的更新周期变化的曲线形状,其默认值可取为 $K=5$ 。 $K$ 取值为2、5或10时的信息更新性指标的变化曲线如图1所示。

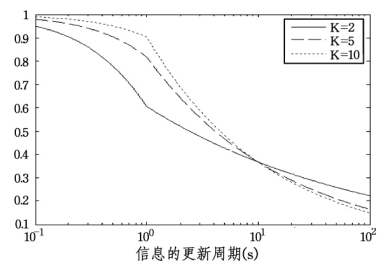


图1 信息更新性指标变化曲线

当然,上述数值均应大于0或等于0,计算前须进行合法性检查。如果用户没有给出信息的更新时限数值,则认为该信息服务的更新周期没有最大时限限制,即更新时限为无穷大。

### 3.1.4 响应及时性

响应及时性是用户提交申请并获得信息系统服务响应的时延特性。其评价要素通常是信息服务实际测量的平均响应时间,即用户发起服务申请到收到信息或服务系统提供响应结果这段时间的平均值,单位通常为秒。设信息服务实际测量的平均响应时间为  $T_{real}$ ,响应及时性指标为 XYJS,则:

$$XYJS = \begin{cases} 1 - \frac{T_{real}}{T_{Design}}, & T_{real} < T_{Design} \\ 0, & T_{real} \geq T_{Design} \end{cases} \quad (6)$$

其中,  $T_{Design}$  是参数,默认值一般为数十秒,不同类型的信息服务要求可能会不同。

### 3.1.5 信息准确性

信息准确性主要衡量指控系统提供的服务信息与战地事实相符的程度,一般用两者的偏差来评价。信息准确性指标的测量数据偏差越小,说明信息服务质量越好。根据指控系统的特点,信息准确性要素一般包括武器装备与人员的位置和移动速度。下面给出基于传感器测量精度的分析方法。

影响传感器测量精度的参数主要有测距误差、测向误差、测高误差和测速误差。假设系统配置了  $n$  类传感器,它们的测距误差、测向误差、测高误差和测速误差分别为  $\Delta d_i$  km、 $\Delta \alpha_i^\circ$ 、 $\Delta h_i$  km 和  $\Delta v_i$  km/h。

首先,计算每种评价要素的平均值。

$$\Delta d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta d_i, \Delta \alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta \alpha_i, \quad (7)$$

$$\Delta h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta h_i, \Delta v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta v_i$$

然后,计算每种评价要素的准确性。由于测距误差、测向误差、测高误差与目标位置有关,而测速误差与目标位置、目标速度均有关,设测量目标与信息服务系统所在位置的距离为  $L_p$ ,测量时的目标速度为  $L_v$ ,各要素的准确性公式如下:

$$\Delta d' = \frac{\Delta d}{\lg L_p}, \Delta \alpha' = \frac{\Delta \alpha}{\lg L_p} \quad (8)$$

$$\Delta h' = \frac{\Delta h}{\lg L_p}, \Delta v' = \frac{\Delta v}{\lg L_v \times \lg L_p}$$

$$I_{cor_1} = e^{-\Delta d'}, I_{cor_2} = e^{-\Delta \alpha'} \quad (9)$$

$$I_{cor_3} = e^{-\Delta h'}, I_{cor_4} = e^{-\Delta v'}$$

上述公式既可以保证计算得到的准确性指标值不会超过1,也能够反映误差越小其准确性指标越好这一本质规律。而且,当误差的绝对数值较小时,误差的大小变化对结果的影响较大;当误差的绝对数值很大时,准确性指标值已经很小,误差的大小变化对结果的影响就没有那么明显了。这反映了一个事实,即当误差足够大时,指控系统提供的信息已经不能服务于作战了,此时即使误差再大,也不必关心。

最后,综合计算该指标的评价值。采用层次分析法确定4种要素的权重,然后采用加权综合法计算得到准确性指标综合评价数值。信息准确性指标评价值 XXZQ 为:

$$XXZQ = \omega_1 I_{cor_1} + \omega_2 I_{cor_2} + \omega_3 I_{cor_3} + \omega_4 I_{cor_4} \quad (10)$$

其中,  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$  为4种要素的相对权重值,满足  $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 = 1$ 。

## 3.2 半定量评价方法

半定量评价法是一种将定量评价和定性评价相结合的评价方法,主要做法是在评价指标进行定性评价过程中引入一些测量、统计手段和数学计算方法,将定性问题按人为标准进行等级评定或打分后,按照某种属性方法进行定量化处理,以得到相对客观、科学、准确的评价结果。

### 3.2.1 信息完整性

信息完整性指标衡量的是系统提供信息数量能够满足用户决策需要的程度,也就是在多大比例上能够满足用户的信息要求。该指标值的确定需要用户根据服务感知情况先进行主观评价。其中,需要用户提供数据覆盖率数值,即服务信息在种类和数量上能够覆盖用户信息要求的比例。

首先,用户给出数据种类覆盖率和数据数量覆盖率数值。假设数据种类覆盖率为  $DTC_k$  (Data Type Coverage),数据数量覆盖率为  $DQC_q$  (Data Quantity Coverage),数据覆盖率为  $DC_d$  (Data Coverage),数据种类覆盖率的相对权重为  $w_k$ ,一般  $w_k$  可取值0.5,则数据覆盖率为:

$$DC_d = DTC_k^{w_k} \times DQC_q^{(1-w_k)} \quad (11)$$

然后,计算指标评价数值。设信息完整性指标为 XXWZ,则:

$$XXWZ = DC_d^{a_d} \quad (12)$$

其中,  $a_d$  为内置参数,其默认值可取为0.75。

信息完整性指标随数据覆盖率数值的变化曲线如图2所示。

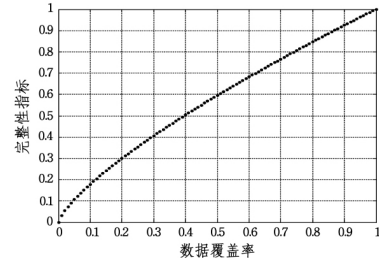


图2 完整性指标变化曲线

### 3.2.2 信息真实性

信息真实性指标用于衡量服务信息的客观程度和可靠程度。其评价要素包括信源可靠性(即服务信息的信息源可靠性级别)以及用户对信息服务产生信息的客观性给出的主观评价。

设信息真实性指标为 XXZS,信源可靠性数值为  $ISR_s$  (Information Source Reliability),用户评价信息的客观性数值为  $IO_i$  (Information Objectivity),信源可靠性要素的相对权重为  $w_s$ ,一般  $w_s$  取值为0.6,则:

$$XXZS = w_s ISR_s + (1-w_s) IO_i \quad (13)$$

## 3.3 定性评价方法

定性评价是评价主体按照一定的评价标准,借助被调查者的专业知识、个人经验、过去经历、服务感受和服务期望进行服务质量或效能评价的一种方法。定性评价有问卷调查、用户访谈、专家评议等多种方法,其评价依据主要是获取的用户在接受服务过程中与接受服务后对服务质量的心理感知情况,然后将其量化为服务质量评价数据。

本文将定性评价方法进一步分为区间选择、等级选择与直接打分3种具体方法,直接打分比较精确,但并不是所有的专家都能够对某项指标进行明确打分。当然,这3种方法并

不总是相对独立地使用,可以结合每种方法的优缺点进行综合运用。下面以功能完备性指标为例,简单介绍定性评价方法的基本步骤和评价过程。

### (1) 设置指标评价区间等级

心理学家霍尔·帕什勒(Hal Pashler,1988)的研究表明:在任何时刻,人的注意力只能覆盖进入感觉系统刺激中的很少一部分内容,也就是说人能够同时注意到的内容是有一定范围的。根据认知心理学专家与学者们对注意力广度理论的研究与实验,在较短的时间内,一般人可以注意到4~6个相互间没有联系的字母,5~7个相互间没有联系的数字,3~4个相互间没有联系的几何图形,当更多的内容同时出现时即为无效信息,它们通常无法被用户注意到。

根据指控系统信息服务功能完备性的特征和用户的实际使用需求,结合上述认知心理学研究的理论成果,将功能完备性指标在0~100%之间共分为5个评价区间,如表2所列。

表2 功能完备性指标评价区间

评价区间	标准描述
90%~100%	指控系统信息服务功能满足用户需求的比例为90%~100%
80%~90%	指控系统信息服务功能满足用户需求的比例为80%~90%
70%~80%	指控系统信息服务功能满足用户需求的比例为70%~80%
60%~70%	指控系统信息服务功能满足用户需求的比例为60%~70%
60%以下	指控系统信息服务功能满足用户需求的比例为60%以下

### (2) 设计问卷并组织调查

选择“直接评分”和“区间选择”相结合的方法开展对该指标的评价,设计的调查问卷如表3所列。

表3 功能完备性指标评价调查表

测量指标	评价	直接评分 0%~100%	区间选择				
			90%~ 100%	80%~ 90%	70%~ 80%	60%~ 70%	60% 以下
功能完备性							
注:1. 用户根据自己接受信息服务的感知情况对该指标进行评价;							
2. 如果用户能够直接评出具体数值,在“请直接评分栏”直接填写评分值;							
3. 如用户不能直接给出评分值,请在相应的区间等级栏内划“√”;							
4. 用户仅能填写一个评价数值或在相应的等级栏内划一个“√”。							

用户在接受信息服务过程中或过程后,根据自己对系统功能完备性的满意程度对该指标进行评分。评价方式有两种,如果用户能够直接给出明确数值则直接给出,如92%,64%;用户如果不能直接给出明确的评价数值,可以选择相应评价区间,当然只能选择一个区间。

在所有受调查的专家与用户全部完成功能完备性评价调查后,开展服务评价调查的人员对受调查用户的评价调查表进行收集与统计。

### (3) 设置指标区间值映射关系

根据服务领域特点及评价工作的实际情况,指标评价区间的映射数值应基本符合正态模糊量化的曲线特征,如图3所示。

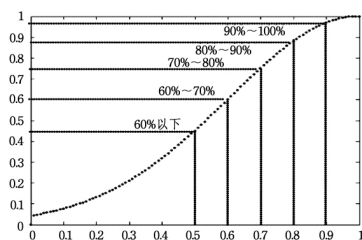


图3 指标评价区间映射值曲线

由图3可得各评价区间映射数值,所得数值如表4所列。

表4 指标评价区间映射值

评价区间	90%~100%	80%~90%	70%~80%	60%~70%	60%以下
映射数值	0.96	0.88	0.75	0.60	0.45

### (4) 综合计算指标评价价值

首先对受调查用户的指标评价数据进行统计;然后设置各类用户的相对权重值;最后计算该指标的综合评价价值。如式(4)所示。

$$GNWB = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} P_i + \sum_{k=1}^5 \chi_k n_k}{n} \quad (14)$$

其中, $P_i$ 为受调查用户直接给出的评分值,共有 $n_0$ 名用户; $\chi_k$ 为第 $k$ 个评价区间对应的指标映射数值; $n_k$ 为选择区间 $k$ 的人数; $n = n_0 + \sum_{k=1}^5 n_k$ ;GNWB为功能完备性指标的综合评价数值。

结束语 本文结合信息化条件下的现代战争为指控系统的军事需求研究了指控系统的信息服务质量问题。针对指控系统信息服务质量的概念,分析了信息质量、服务功能、服务性能等质量要素,从主观感知和客观测量两个方面提出了指控系统信息服务质量评价的多个指标,设计了定量评价、半定量评价和定性评价3类评价方法,详细讨论了典型指标的具体评价算法和步骤。本文结果能够在一定程度上丰富指控系统信息服务质量评价的理论与方法,下一步还需要利用大量数据对这些指标评价算法进行验证和完善。

## 参考文献

- [1] 朱涛,常国岑,郭戎潇,等. 指挥控制系统复杂网络特性研究[J]. 微计算机信息,2008,24(21):34-35
- [2] 马建威,舒振,罗雪山,等. 新型指控系统军事信息服务 QoS 技术研究[J]. 中国电子科学研究院学报,2009,4(5):464-468
- [3] 权冀川,鲍广宇,刘勇,等. 作战信息资源开发利用的战略与对策[C]//中国电子学会电子系统工程分会第十九届军事信息化理论学术研讨会论文集. 北京:国防工业出版社,2012:773-776
- [4] 权冀川,刘勇,杨飞. 指挥与控制系统信息服务质量评估的思路与方法[C]//第一届中国指挥控制大会论文集. 北京:国防工业出版社,2013:184-187
- [5] 王兵,权冀川. 如何做好满意度调查问卷的设计[J]. 学习导刊,2015,31(3):56-60
- [6] 邓胜利. 基于用户体现的交互式信息服务[M]. 武汉:武汉大学出版社,2008
- [7] 李益婷,史坤蓉. 网络信息资源评价体系问题研究[J]. 现代情报,2005(12):51-55
- [8] 斯蒂芬·哈格,梅芙·卡明斯,埃米·菲利普斯. 信息时代的管理信息系统(第6版)[M]. 北京:机械工业出版社,2007:145-186
- [9] Shannon C E. A Mathematical Theory of Communication [J]. The Bell System Technical Journal,1948,27(6):379-423
- [10] 权冀川,刘必欣,张童. 指挥与控制系统信息资源评估指标研究[C]//第二届中国指挥控制大会论文集. 北京:国防工业出版社,2014:92-95