

数字图书馆技术评价研究*

□ 赵四友 李杉 邢军/国家图书馆 北京 100081

摘要: 数字图书馆是一个综合的系统,有多种形态和类型,对其评价也应从不同的角度进行。文章从技术的角度,把数字图书馆作为一个信息系统进行评估研究,建立了数字图书馆技术指标体系,并运用层次分析法确定各评价指标的权重。

关键词: 数字图书馆, 系统评价, 技术评价, 层次分析法

DOI: 10.3772/j.issn.1673-2286.2011.07.006

1 引言

数字图书馆是一个多元化的体系结构,不但本身就复杂,且因其诞生时间不长,随着信息技术日新月异的变化,数字图书馆的形态与内涵也在不断变迁。从某种程度上说,数字图书馆本身就是信息技术催生出来的一件新事物。因此,数字图书馆技术路线的选择对服务质量与水平、系统的安全、稳定、升级、维护以及兼容等问题有着决定性的影响。在数字图书馆快速建设时期,迫切需要数字图书馆在技术层面有一个合理的评价体系,以把握数字图书馆建设的技术方向,使之圆满实现建设目标,延长系统生命周期。

数字图书馆评价可是多角度的,其中技术评价是数字图书馆评价的重要内容之一,它深入到对于普通用户来说通常是一个“黑盒”的数字图书馆系统内部,直接揭示数字图书馆技术状态。数字图书馆评价仅从用户、馆藏、服务角度评价数字图书馆,往往具有片面性,且较为表面化。比如,用户访问某个数字图书馆仅仅是为了获取一个明确的资源的话,一个结构明晰的网页导航可能比具有更多智能的系统获得更好的用户体验。显然,不能就此简单判断孰优孰劣。当然,仅从技术角度评价数字图书馆同样具有局限性。我们认为,从长远的角度来衡量一个系统是否结构合理需要深入到系统的核心实质,因此,它是数字图书馆评价中不可缺少的环节^[1]。

不同的类型的数字图书馆有不同的建设目标,技术实现的方法也不相同。因而在对数字图书馆进行技

术评价时,应当首先明确数字图书馆建设目标,数字图书馆技术评价就是针对数字图书馆技术体系结构在支持数字图书馆的建设目标的程度和效率进行评价。

2 技术指标体系设计原则

2.1 系统性原则

数字图书馆作为一个有机的系统整体,指标体系应该能全面完整地反映系统的客观属性,保证指标体系的严谨合理,分清哪些是主要指标,哪些是主要指标的一个具体表现指标。

2.2 可比性原则

在评价不同技术指标的客观特性时,应选取具有可比性的指标。要从系统整体的角度考量评价指标的重要性,良好的可比性指标是确保评价公正性、合理性的重要前提。可比性弱的指标可能会降低技术评价结论的说服力。

2.3 可操作性原则

技术指标体系的构建重点在于反映数字图书馆建设的客观实际情况,通过评价体系更好地为数字图书馆建设提供优化和改进的建议,重点并不在于进行理论研究。因此,指标之间关联和制约关系应明确、含义明

* 本文系国家图书馆科研项目“数字图书馆评价体系研究”(NLC-KY-2007/03)成果之一。

确、容易获取,无二义性、不易混淆的指标为首选指标。

2.4 定性分析与定量分析相结合原则

定性分析往往由于主观因素参与过多而影响评价结论的客观性,但如果没有定性分析,完全靠系统本身的定量指标说话也是不现实的,因为定量分析并不知道问题的实质,也不知道指标之间的某种逻辑关系。只有通过定量分析和定性分析相结合的方式,才能更加科学地反映系统的基本特征并可观准确地得出评价结论。

3 系统评价方法

对系统的评价方法和角度有很多,从数学理论算法模型角度出发,我们认为可以借鉴以下三种系统评价方法。

3.1 关联矩阵法

关联矩阵法(Relational Matrix Analysis,简称RMA)是常用的系统综合评价法,主要用矩阵形式表示不同的替代方案,针对具有不同重要程度的多个评价指标的满足程度。当评价对象需要从多方面、多角度进行综合评价时,通常使用关联矩阵法。在关联矩阵中:(1)不同的评估角度由不同的评估指标(维度、属性)加以描述;(2)不同评估指标对于评价目标的重要性程度由权重加以描述;(3)不同方案针对不同评价指标的满足程度,即为不同方案在该指标分量上的评价结果。关联矩阵法的特点是:它使人们容易接受对复杂系统问题的评价思维过程数学化,通过将多目标问题分解为两个指标的重要度对比,使评价过程简化、清晰^[2]。关联矩阵法适用于多目标系统,如数字图书馆的某项技术方案的选择。它用矩阵形式来表示各替代方案有关评价项目的平均值,然后计算各方案评价值的加权和,评价值加权和最大的方案即为最优方案。

3.2 模糊综合评价法

模糊综合评价法(Fuzzy Comprehensive Evaluation Method,简称FCEM)是对受多种因素影响的事物作出全

面评价的一种有效的多因素的评价法,是针对现实中具有模糊性的现象而设计的一种评价方法,该方法既有严格的定量化,又有对难以量化的模糊现象进行定性的描述,把定性描述和定量分析紧密结合起来。模糊集合理论的概念于1965年由美国自动控制专家查德(L. A. Zadeh)教授提出,用以表达事物的不确定性。模糊综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价,即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象作出一个总体的评价。它具有结果清晰、系统性强的特点,能较好地解决模糊的、难以量化的问题,适合各种非确定性问题的解决^[3]。但它不能解决评价指标间相关性造成的信息重复问题。同时,在某些情况下,隶属函数的确定有一定的困难。尤其是多目标评价模型,要对每一目标、每个因素确定隶属度函数,过于繁琐。

3.3 层次分析法

层次分析法(Analytic Hierarchy Process,简称AHP)^[4]是一种定性与定量相结合的决策分析方法,它是将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的过程。层次分析法的基本原理是,它根据问题的性质和要达到的总目标,将问题分解为不同的组成因素,并按照因素间的相互关联影响以及隶属关系将因素按不同层次聚集组合,形成一个多层次的分析结构模型,从而最终使问题归结为最低层(供决策的方案、措施等)相对于最高层(总目标)的相对重要权值的确定或相对优劣次序的排定。

相比前两种方法,层次分析法通过一致性检验排除定性指标在定量化时超出合理范围的权重。此外,层次分析法把研究对象作为一个系统,按照分解、比较判断、综合的思维方式进行决策。系统的思想在于不割断各个因素对结果的影响,而层次分析法中每一层的权重设置最后都会直接或间接影响到结果,而且在每个层次中的每个因素对结果的影响程度都是量化的,非常清晰、明确。

层次分析法大体上可按下面四个步骤进行:

(1)建立递阶层次结构模型;(2)构造出各层次中的所有判断矩阵;(3)层次单排序及一致性检

验：（4）层次总排序及一致性检验。

关于如何确定判断矩阵的值，层次分析法的提出人Saaty等建议引用数字1~9及其倒数作为标度。表1列出了1~9标度的含义。

表1 层次分析法标度的定义

标度	含义
1	表示两个因素相比，具有相同重要性
3	表示两个因素相比，前者比后者稍重要
5	表示两个因素相比，前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比，前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值

对判断矩阵的一致性检验的步骤如下：

（1）计算一致性指标CI

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

λ_{\max} 为判断矩阵A对应于最大特征值

（2）查找相应的平均随机一致性指标RI。对 $n=1, \dots, 9$, Saaty给出了RI的值，如表2所示。

表2 RI的值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

RI的值是这样得到的：用随机方法构造500个样本矩阵，随机地从1~9及其倒数中抽取数字构造正互反矩阵，求得最大特征根的平均值 λ'_{\max} ，并定义

$$RI = \frac{\lambda'_{\max} - n}{n - 1}$$

（3）计算一致性比例CR

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

当 $CR < 0.10$ 时，认为判断矩阵的一致性是可以接

受的，否则应对判断矩阵作适当修正。

4 技术评价指标体系

4.1 技术评价指标体系的内容

技术评价指标是实现数字图书馆技术评价的依据，也是检验评价科学性的关键。不同类型的数字图书馆具有不同的系统结构，数字图书馆作为一个综合的信息系统，在技术上可以划分为五大部分：

（1）基础环境层。包括数字图书馆中的终端服务计算机、服务器、存储设备以及设备机房系统等。

（2）网络支撑层。可分为硬件系统、软件系统两方面。硬件系统包括综合布线、网络设备；软件系统包括网络操作系统、网络管理系统以及网络应用系统。

（3）应用层。可细分为应用支撑层和业务应用层。应用支撑层包括数据库系统、操作系统、软件支撑平台；业务应用层包括各种数字图书馆业务的应用系统，例如数字资源组织与管理、数字化加工系统等。

（4）系统安全。涉及基础环境层、网络支撑层、应用层三个层面的安全保护。针对各个层面的特点，制定不同的安全保护措施和手段，构筑一个全方位的安全体系，为数字图书馆运行提供安全保障。

（5）综合管理。涉及基础环境层、网络支撑层、应用层三个层面的技术和运行管理。主要包括硬件设备管理、网络通信管理、软件管理、系统运行安全与故障处理等方面。

4.2 技术评价指标体系

数字图书馆技术评价是针对数字图书馆技术体系结构在支持数字图书馆的建设目标的程度和效率，它对数字图书馆体系结构中的每一个部件，以及整体的功能和性能进行测评，并依据测评结果给出相应的评价。

我们作者根据国家图书馆科研项目“数字图书馆评价体系研究”的宏观指标体系框架，参考了通用的信息系统评价方法，结合国家数字图书馆的现状，设计数字图书馆管理评价指标体系。由于技术指标涉及计算机、网络学科，较为具体，某些指标可细分至5、6级，限于篇幅，本文仅列出二级指标，并给出相关说明。

表3 数字图书馆技术评价指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
1 基础环境	1.1终端服务计算机	提供给读者使用的计算机。考察总体数量、运算能力、多媒体性能是否满足需求。
	1.2服务器及服务器集群	处理能力、并发访问、集群支持、负载均衡、文件性能。
	1.3存储	包括存储介质、存储规模、网络存储空间。从以下方面评价：整体性能、I/O能力、高速缓存、可靠性、数据保护、冗余性、扩充性。
	1.4设备机房	机房的规模、建设标准、环境保障、电力保障等。
2 网络支撑	2.1网络总体设计	主要包括网络拓扑结构与总体规划设计。从以下方面评价：实用性、先进性、可扩展性、开放性、可靠性、安全性、可维护性。
	2.2综合布线	综合布线包括计算机网络、电话网络、监控网络等各种系统的通信线路。重点评价各个系统和区域线缆的连通性、链路长度、衰减性、噪声干扰等。
	2.3网络设备	主要指计算机网络范畴网络层以上的设备，包括路由器、交换机、防火墙等。主要评价其功能、性能、一致性和互通性。
	2.4网络系统性能	对计算机网络体系结构的各层性能进行评价。包括可靠性、连通性、可扩展性、负载均衡、并发量、吞吐量、网络延时等方面。
	2.5网络应用服务	主要包括电子邮件、文件传输、代理服务器、VPN、WWW服务等。
3 应用系统	3.1数据库管理系统	对数据库进行建立、管理和控制。主要考察易用性、对数据库的性能分析、是否支持分布式应用、并行处理能力、数据完整性约束、容错和数据恢复的能力。
	3.2操作系统	包括服务器操作系统和终端计算机操作系统。主要评价其对资源管理、程序控制和人机交互方面的性能。
	3.3业务应用系统	主要评价数字资源采集系统、数字资源加工与整合系统、数字资源发布与服务系统、数字资源组织与管理系统等。
4 系统安全	4.1安全体系	完整的安全体系，包括安全策略、安全防护、审计跟踪、响应与恢复、实时监测、风险分析等。
	4.2物理安全	物理环境和物理设备是否安全，包括楼宇、水电、通信综合性保障。
	4.3网络系统安全	包括访问控制、检查安全漏洞、攻击监控、加密通讯、认证、多层防御和隐藏内部信息等方面。从保密性、完整性、可用性、可控性、可审查性来评价。
	4.4应用系统安全	评价身份鉴别、访问控制、系统完整性、数据安全保护以及审计等方面。
	4.5应急预案与处理	是否有完备的安全预案，对安全事故的处理能力。
	4.6备份与恢复	增量备份能力、差分备份与恢复、异地备份能力、网络备份与能力。是否有备份与恢复方案。
5 综合性能	5.1系统完整性与稳定性	各种支撑系统、应用系统能否有机结合，形成数字图书馆服务体系。是否能够达到性能需求，并满足预期的负载增长。
	5.2系统健壮性与安全性	是否使用大型分布调度系统、基础通信情况、数字图书馆支撑平台、完善的信息安全机制。
	5.3技术标准体系	在技术方案、数字资源加工、命名、存储及服务中是否符合相应的国际标准、国家标准、行业标准。

4.3 指标采集

确定具体评价指标后,定量或定性地获取相应的指标也是一个关键性问题。不同的指标具有不同的采集方法,定量指标应尽量采集各种定量数据,如统计、事务日志分析、实验、记录分析等,适合于基础环境中的各项指标。定性指标采集方法也有多种,如自问自答、调查(问卷/走访等)、结构性采访、讨论组等,适合于系统安全中的安全体系、应用系统安全、应急预案与处理、备份与恢复以及综合性能中的技术标准体系指标等指标。有些指标需要定量和定性结合的方法进行采集,适合于除上述指标外的其他指标。指标的采集,需要进行长期的观察和积累,同时还要结合实际进行分析排除一些干扰因素,只有这样才能获得一个相对稳定和客观的指标值,才能足以支持评价的合理性。

5 运用层次分析法对数字图书馆进行技术评价

面对复杂的数字图书馆系统,显然不能使用同一的标准和尺度来评价,分类、分层次进行评价既是必要的也是可行的。通过分类分层的方法考察数字图书馆系统的不同技术指标,能使问题更明确简单。同时,由于数字图书馆一些技术指标之间存在相互关联、相互制约的关系,往往缺少定量数据,层次分析法则为处理这类问题提供了一种简洁而实用的建模方法。

按照1~9标度法及指标采集,根据数字图书馆技

术评价总目标及其重要性,构造判断矩阵。本文判断矩阵中的赋值还是一个初步研究结果,详细的判断矩阵还有待进一步深入全面的研究。同时,由于篇幅有限,本文只计算出了一级指标的判断矩阵和二级指标中网络支撑评价的判断矩阵。

通过计算可得 $\lambda_{\max}=5.0386$, $CI=(\lambda_{\max}-5)/(5-1)=0.00965$, $CR=CI/RI=0.00965/1.12=0.008616<0.10$, 故判断矩阵具有满意的一致性。其特征向量为(0.0950, 0.1896, 0.8154, 0.2881, 0.4551), 化为百分比为: 0.052, 0.102, 0.442, 0.156, 0.247, 即基础环境占0.052, 网络支撑占0.102, 应用系统占0.442, 系统安全占0.156, 综合性能占0.247。

按照同样方法,建立二级指标的判断矩阵,针对数字图书馆网络支撑评价的判断矩阵如下:

通过计算可得 $\lambda_{\max}=5.2365$, $CI=(\lambda_{\max}-5)/(5-1)=0.059125$, $CR=CI/RI=0.059125/1.12=0.05279<0.10$, 故判断矩阵具有满意的一致性。其特征向量为(0.2799, 0.4187, 0.0744, 0.8372, 0.1999), 化为百分比为: 0.155, 0.231, 0.041, 0.463, 0.110。即:网络总体设计占0.155, 综合布线占0.231, 网络设备占0.041, 网络系统性能0.463, 网络应用服务占0.110。

由于网络支撑在数字图书馆技术评价中的权重为0.102, 故网络总体设计占数字图书馆技术总评价的比重为0.0158, 综合布线占0.0236, 网络设备占0.0042, 网络系统性能0.0472, 网络应用服务占0.0112。

用同样的方法可以分别计算出其他二级指标在数字图书馆技术评价中的权重。

表4 一级指标判断矩阵

技术评价	基础环境	网络支撑	应用系统	系统安全	综合性能
基础环境	1	1/2	1/8	1/3	1/5
网络支撑	2	1	1/4	1/2	1/2
应用系统	8	4	1	3	2
系统安全	3	2	1/3	1	1/2
综合性能	5	2	1/2	2	1

表5 二级指标判断矩阵

网络支撑评价	网络总体设计	综合布线	网络设备	网络系统性能	网络应用服务
网络总体设计	1	1/2	4	1/3	2
综合布线	2	1	8	1/2	1
网络设备	1/4	1/8	1	1/9	1/2
网络系统性能	3	2	9	1	6
网络应用服务	1/2	1	2	1/6	1

6 结束语

数字图书馆技术评价是一个相当复杂的过程，目前对其研究也是处于初步阶段。它既涉及主观定性评价，又涉及有许多可规定量方法的使用。随着技术的发展，数字图书馆形态的变化，对其评价的指标权重甚至指标本身都需要作某些调整。本文根据数字图书馆的技术特点及其涉及的范围，并借鉴传统信息系统的评价方法，建立了一个基本的评价

指标体系。提出的指标体系结构模型具有一定的通用性、可操作性、基础性，该评价指标体系还需经过更多的实践检验，并进一步完善。另外，因层次分析法构造判断矩阵的复杂性，本文在判断矩阵的构造中，只是运用了课题组相关专家的经验 and 系统的一些日常统计指标，构造判断矩阵本身需要作深入研究，本文也只是起到抛砖引玉的作用，寻求一种合理可行的数字图书馆技术评价方法。

参考文献

- [1] SARACEVIC T, COVI L. Challenges for Digital Library Evaluation[C]//Annual Meeting 2000 of the American Society for Information Science, Rutgers University,USA.
- [2] [OL].[2011-05-02].<http://wiki.mbalib.com/wiki/%E5%85%B3%E8%81%94%E7%9F%A9%E9%98%B5%E6%B3%95>.
- [3] 孙宇,基于模糊综合评价法的企业债券信用评级研究[D].北京:北京交通大学,2006.
- [4] 曾红颖,等.发展的刻度——中国发展水平评价指标体系研究[M].北京:中国水利电力出版社,2004.
- [5] 叶明芷,信息系统测评技术[M].北京:电子工业出版社,2007.

作者简介

赵四友 (1975-), 男, 国家图书馆数字资源部, 馆员, 主要研究方向数字图书馆体系结构、文献数字化标准规范。E-mail:zhaosy@nlc.gov.cn

李杉 (1966-), 女, 国家图书馆业务管理处, 副研究馆员, 主要研究方向为图书馆文献信息检索及图书馆自动化管理。

邢军 (1966-), 女, 国家图书馆信息网络部副主任, 高级工程师, 主要研究方向为数字图书馆体系结构。

Research on the Evaluation of Digital Library Technology

Zhao Siyou, Li Shan, Xing Jun / National Library of China, Beijing, 100081

Abstract: Digital library is a comprehensive system varying in forms and types, and the evaluation of digital library has different angles and aspects. This paper takes digital library as an information system and studies the evaluation. It builds a technological indicator system and use the analytic hierarchy process to establish a weight system of indicators for technical evaluation of digital library.

Keywords: Digital library, System evaluation, Technical evaluation, Analytic Hierarchy Process

(收稿日期: 2011-05-31)