

基于 ISM 的信息系统互操作性影响因素分析

马超¹, 高阜乡², 郭前锋³

(1. 解放军理工大学 指挥自动化学院, 江苏 南京 210007;

2. 总参第六十一研究所, 北京 100141;

3. 中国人民解放军 96351 部队, 青海 西宁 810007)

摘要:在对信息系统互操作性影响因素进行分类的基础上, 基于 ISM(解释结构化模型)系统分析模型, 提出了一种信息系统互操作性影响因素的分析方法。通过该方法可以建立信息系统互操作性影响因素的结构化模型, 将信息系统互操作性影响因素之间的复杂关系层次化, 并确定影响信息系统互操作性的主要因素, 为信息系统开发过程中提高互操作性提供了指导。最后, 通过一个实例说明了该模型分析方法的工程应用步骤。

关键词:信息系统; 互操作性; 影响因素; 解释结构化模型

中图分类号: TP306

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)12-0097-04

Affecting Factors Analysis of Information System Interoperability Based on ISM

MA Chao¹, GAO Fu-xiang², GUO Qian-feng³

(1. Institute of Command Automation, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China;

2. The 61st Research Institute of PLA, Beijing 100141, China;

3. PLA 96351 Troops, Xining 810007, China)

Abstract: The affecting factors of information system interoperability are classified in this paper. Then based on ISM (Interpretive Structural Modeling), a method of affecting factors analysis of information system interoperability is proposed. The method applies ISM to construct a structural model, and stratifies the complex relationships between the affecting factors. After that, identify the fundamental affecting factors, and instruct the improvement of information system interoperability during development. At last, an instance shows the process of engineering application.

Key words: information system; interoperability; affecting factors; ISM (Interpretive Structural Modeling)

0 引言

随着信息技术的不断发展, 信息系统间的互操作性问题已经变得更加棘手和错综复杂。虽然新技术的发展和运用、各种互操作性模型和标准规范的建立很大程度上促进了信息系统间的互操作性, 但是迄今为止, 很少有组织或个人对信息系统互操作性影响因素进行专门的分析和研究。

ISM(Interpretive Structural Modeling, 解释结构化模型)^[1]系统分析模型是美国 J·N·沃菲尔德教授于 20 世纪 70 年代初作为分析复杂的社会经济系统结构

问题的一种方法而开发的。目前世界上许多组织和机构都应用 ISM 帮助分析和理解复杂系统问题, 进而寻找解决问题的系统路径。ISM 可以将复杂信息系统中影响互操作性的因素构造成一个多级递阶的结构模型, 通过分析这些影响因素之间的关系, 找出影响信息系统互操作性的根本因素, 进而重点改善这些根本因素来提高信息系统的互操作性, 这也就为信息系统互操作性影响因素 ISM 模型分析方法提供了理论依据。

1 信息系统互操作性影响因素

实际工程应用中, 可以将影响信息系统互操作性的几种主要因素分成以下几类:

第一类, 信息系统的支撑环境。这些支撑环境包括操作系统、编译环境、网络环境以及测试用机的性能等, 支撑系统和计算机性能的不同都会影响信息系统

收稿日期: 2009-04-14; 修回日期: 2009-07-17

基金项目: 973 国家重点基础研究项目(2007CB310800)

作者简介: 马超(1980-), 男, 陕西大荔人, 硕士研究生, 研究方向为互操作性测试与应用研究; 高阜乡, 研究员, 硕士生导师, 研究方向为系统体系结构、互操作性测试与应用研究。

互操作性。

第二类,信息系统的实现技术。如不同的信息系统采用不同的开发技术,像面向结构、面向对象、面向服务、基于构件等;使用不同的编程语言,像汇编语言、C 语言、Pascal 语言、Java 语言、Html 和 Xml 等。

第三类,信息系统的自身特性。这些特性包括程序的复杂性、算法的合理性、应用的局限性、版本的兼容性等。

第四类,信息系统中的应用程序接口(Application Programming Interface,简称 API)以及相对应的接口描述语言(Interface Description Language,简称 IDL)和应用框架。

第五类,用户需求的符合度也是影响信息系统互操作性的一个因素。如功能需求、性能需求、接口需求还有环境需求等,这些在开发方和用户之间经常存在不同程度的误解,这对信息系统的互操作性也会产生影响。

第六类,各种互操作性标准规范。如通用 Web 服务规范(SOAP^[2], WSDL^[3], UDDI^[4]等)、领域 Web 服务规范(ebMS^[5]等),在一定程度上提高信息系统间的互操作性,但是由此也带来了两个问题,一是规范本身并不能解决所有的互操作性问题,二是基于不同领域规范的信息系统之间的交互问题。

第七类,互操作性测试工具的选择一定程度上也会影响信息系统的互操作性。各种互操作性测试工具的特性和侧重点各不相同,这对信息系统互操作性问题的行为特性也会产生影响。

第八类,度量信息系统互操作性的数据的精度也是一种重要的影响因素。信息系统互操作性的数据收集是伴随着互操作性测试进行的,由于目前的互操作性测试技术很难在较短的周期内发现一些潜在的互操作性问题,而且在测试过程中参与了很多人为的因素,因此都或多或少的影响着信息系统互操作性测试的最终定性。

2 信息系统互操作性影响因素 ISM 分析方法实施流程

ISM 是结构模型化技术的一种。ISM 分析方法的实施流程大体可以分为三个步骤,即初步分析、规范分析和综合分析。在后续的分析过程中,还要根据实际情况,对已经做出的分析进行比较和修正,直到能够基本真实的反映实际情况为止。图 1 给出了信息系统互操作性影响因素的 ISM 分析过程模型的结构图。

2.1 提取影响信息系统互操作性的主要因素

用户可以根据具体的信息系统,在 1 节所述的几

种分类的基础上,对分类进行扩充和细化,如测试和使用信息系统人员的专业素质、信息系统工程化作组织管理水平等影响因素必要时加以考虑。也可以根据需要,在不影响信息系统主要功能和业务应用的前提下,对以上分类进行个别缩减和剔除。

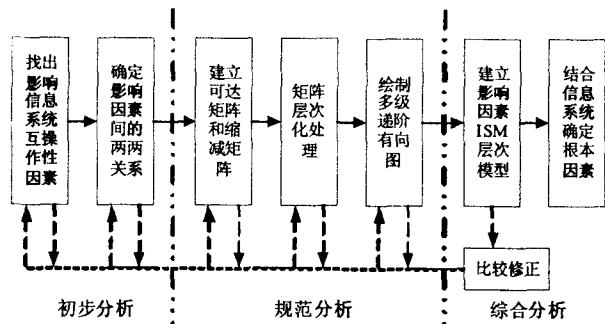


图 1 信息系统互操作性影响因素 ISM 分析过程模型

2.2 确定影响因素之间的关系

对于抽取出的影响因素,两两之间进行比较,决定这些影响因素之间的影响关系,可以在此基础上形成一个表示要素间影响关系的有向图,工程应用中可以根据专家打分法确定因素之间的关系,得出初始有向图。

影响因素的抽出、因素间影响关系的决定不仅与客观的被研究信息系统有关,也与分析者的知识结构、实践经验以及兴趣偏好等因素有关。

2.3 生成系统结构模型

系统结构模型图^[6]是一种表示系统各要素间影响关系的有向层级图。为了生成系统结构模型图,应将系统中的各要素及其相互间的影响关系以矩阵的形式表示,即邻接矩阵,并求出可达矩阵。在此基础上,以一定的层级排列算法,决定每一要素的层级(复杂的系统需要对大矩阵进行运算,往往由计算机完成),由此生成系统结构模型图。

2.3.1 构造系统邻接矩阵

对于有 n 个要素的系统(S_1, S_2, \dots, S_n),定义邻接矩阵 A 如下:

$$A = [a_{ij}]$$

式中

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, S_i \text{ 对 } S_j \text{ 有影响时} \\ 0, S_i \text{ 对 } S_j \text{ 没有影响} \end{cases}$$

邻接矩阵与有向图间有着一一对应的关系,即从邻接矩阵可画出唯一的有向图;反之,根据有向图可得出唯一的邻接矩阵。

2.3.2 构造系统可达矩阵

在上述邻接矩阵 A 上加一单位矩阵 I ,即得到 $A + I$,它描述了各点间经长度为 0 和 1(不大于 1)的路的

可达情况,对角线上的 1 表示任一节点经过长度为 0 的路可到达自身。同样, $(A + I)^2$ 描述了各点间经长度不大于 2 的路的可达情况。依次类推地计算,最终可以得到:

$$(A + I)^{r-1} = (A + I)^r = M (r \leq n - 1)$$

矩阵 M 称为可达矩阵^[7]。它表明了各点间经长度不大于 $n - 1$ 的通路可达情况。对于点数为 n 的图,最长的通路不能超过 $n - 1$ 。其中 n 为矩阵 A 的阶数,对应于信息系统,就是影响信息系统互操作性因素的总数。可达矩阵可以用矩阵的形式来描述有向连接图各节点之间,经过一定长度的通路后可以到达的程度。

2.3.3 区域划分

区域划分是将系统分成若干个相互独立的、没有直接或间接影响的子系统。从有向图的角度来看,实质上就是把有向图上互不连通的部分划分出来;从矩阵的角度来看,就是将矩阵化简为块对角矩阵。

区域划分过程中要构造可达集、先行集、共同集和起始集列表,有关这些要素集合的概念请参见文献[8]。

2.3.4 级位划分

级位划分在每一个区域里进行,是确定某区域内各要素所处层次地位的过程,这是建立多级递阶结构模型的关键工作之一。经过级位划分后的可达矩阵变为区域块三角矩阵,记为 $M(L)$ 。

2.3.5 提取骨架矩阵

级位划分后,将各级上的元素分成两类:一类是孤立元素;另一类是强连通元素(互相可达)。

提取骨架矩阵,是把具有强连通元素的子集划分出来,每个子集只保留一个代表元素,通过对可达矩阵 $M(L)$ 的缩减,建立起 $M(L)$ 的最小实现矩阵,即骨架矩阵 A' 。

其提取过程分为三步:首先检查每个层次中的强连通要素,建立可达矩阵 $M(L)$ 的缩减矩阵 $M'(L)$;其次去掉 $M'(L)$ 中已具有邻接二元关系的要素间的跨级二元关系,得到简化后的新矩阵 $M''(L)$;最后进一步去掉 $M''(L)$ 中自身到达自身的二元关系,即减去单位矩阵,将 $M''(L)$ 主对角线上的“1”全变为“0”,得到经简化后具有最小二元关系个数的骨架矩阵 A' 。

2.3.6 绘制多级递阶有向图

根据骨架矩阵 A' ,绘制出多级递阶有向图 $D(A')$,即建立系统要素的递阶结构模型。

其绘制过程为:首先针对每个独立区域,按 L_1, L_2, \dots, L_m 的顺序,从上到下逐级排列系统的构成要素;其次在每一级别,加入被删除的与这一级别某要素同级且有强连通关系的要素,并以有向弧表征它们的

相互关系;最后按 A' 所示的邻接二元关系,用有向弧连接各个级别的不同要素,形成有向图 $D(A')$ 。

2.4 讨论修正

分析者可以基于被分析目标系统的实际情况,来讨论系统结构模型图中的要素是否需要变更、增加或删除,要素间的影响关系是否需要修正。若需要进行上述调整,则返回重新进行 2.1, 2.2, 2.3 的操作。经过多次的讨论、修改,直到所得到的系统结构模型图能够基本反映信息系统互操作性的实际情况为止。

3 信息系统互操作性影响因素 ISM 分析方法应用实例

下面以某信息系统为例,具体讨论 ISM 模型分析方法在互操作性方面的应用。

1) 结合某信息系统的开发、测试和应用等实际情况,通过领域专家们的评审,以及测试方、开发方和用户的共同参与,提取出九个影响信息系统互操作性的主要因素。分别为 S_1 : 系统实现技术, S_2 : 应用程序接口, S_3 : 系统支撑平台, S_4 : 编程语言, S_5 : 系统复杂度, S_6 : 互操作性标准规范, S_7 : 接口描述语言, S_8 : 网络环境, S_9 : 数据库。

2) 以领域专家们为主导,测试方、开发方和用户为辅助,对提取出的九个主要影响因素进行详细讨论,得出它们之间的相互影响关系,并建立邻接矩阵 A 。根据 $(A + I) \neq (A + I)^2 = (A + I)^3 = (A + I)^4$,可进一步得到可达矩阵 M (见图 2)。

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$M = (A + I)^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

图 2 邻接矩阵 A 和可达矩阵 M

3) 根据可达矩阵 M 构造可达集、先行集、共同集和起始集列表(见表 1),并在此基础上进行区域划分。

表 1 可达集、先行集、共同集和起始集列表

S_i	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$C(S_i)$	$B(S)$
1	1,2,7	1,6,8	1	
2	2,7	1,2,6,7,8	2,7	
3	3,4,5,9	3	3	3
4	4,5,9	3,4,9	4,9	
5	5	3,4,5,9	5	
6	1,2,6,7	6	6	6
7	2,7	1,2,6,7,8	2,7	
8	1,2,7,8	8	8	8
9	4,5,9	3,4,9	4,9	

因为 $B(S) = \{S_3, S_6, S_8\}$, 且有 $R(S_6) \cap R(S_8) = \{S_1, S_2, S_6, S_7\} \cap \{S_1, S_2, S_7, S_8\} = \{S_1, S_2, S_7\} \neq \phi$, $R(S_3) \cap R(S_6) = \{S_3, S_4, S_5, S_9\} \cap \{S_1, S_2, S_6, S_7\} = \phi$, $R(S_3) \cap R(S_8) = \{S_3, S_4, S_5, S_9\} \cap \{S_1, S_2, S_7, S_8\} = \phi$, 所以可以得出 S_3, S_4, S_5, S_9 和 S_1, S_2, S_6, S_7, S_8 分属两个相对独立的区域, 即有:

$$\Pi(S) = P_1, P_2 = \{S_3, S_4, S_5, S_9\}, \{S_1, S_2, S_6, S_7, S_8\}$$

这时, 可达矩阵 M 可变换为块对角矩阵 $M(P)$ 。

4) 分别对 $M(P)$ 中划分出的两个相对独立的区域 P_1, P_2 进行级位划分。其结果如下:

$$\Pi(P_1) = L_1, L_2, L_3 = \{S_5\}, \{S_4, S_9\}, \{S_3\};$$

$$\Pi(P_2) = L_1, L_2, L_3 = \{S_2, S_7\}, \{S_1\}, \{S_6, S_8\}.$$

这时的可达矩阵记为 $M(L)$ 。

5) 对经过区域和级位划分后的可达矩阵 $M(L)$ 进行缩减, 即提取骨架矩阵 A' 。其步骤如下:

第一步, 对 $M(L)$ 的强连通要素集合 $\{S_4, S_9\}$ 作缩减处理, 从该集合中任选一个作为代表, 这里选 S_4 作为代表要素, 去掉 S_9 ; 对强连通要素集合 $\{S_2, S_7\}$ 作同样的缩减处理, 即选 S_2 作为代表要素, 去掉 S_7 。缩减后的新矩阵 $M'(L)$ 如图 3 所示。

第二步, 在 $M'(L)$ 中, 已有第 2 级 (L_2) 要素 S_4 到第 1 级 (L_1) 要素 S_5 的邻接二元关系, 还有第 2 级 (L_2) 要素 S_1 到第 1 级 (L_1) 要素 S_2 的邻接二元关系, 即存在 $(S_4 R S_5)$ 和 $(S_1 R S_2)$; 还存在第 3 级要素 S_3, S_6, S_8 分别到第 2 级要素 S_4, S_1, S_1 的二元关系, 即存在 $(S_3 R S_4)$, $(S_6 R S_1)$ 和 $(S_8 R S_1)$; 此外, 还存在第 3 级要素 S_3, S_6, S_8 分别到第 1 级 S_5, S_2, S_2 的跨级二元关系, 即存在 $(S_3 R S_5)$, $(S_6 R S_2)$ 和 $(S_8 R S_2)$; 故可去掉第 3 级要素到第 1 级要素的跨级二元关系 $(S_3 R S_5)$, $(S_6 R S_2)$ 和 $(S_8 R S_2)$, 即将矩阵 $M'(L)$ 中 $3 \rightarrow 5, 6 \rightarrow 2$ 和 $8 \rightarrow 2$ 的“1”改为“0”, 得到新的矩阵 M'' 。

第三步, 进一步去掉 $M''(L)$ 中自身到达自身的二

元关系, 即减去单位矩阵, 将 $M''(L)$ 主对角线上的“1”全变为“0”, 得到经简化后具有最小二元关系个数的骨架矩阵 A' , 如图 3 所示。

$$M'(L) = \begin{matrix} & \begin{matrix} 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 6 & 8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 5 & 1 & 0 & 0 & & & \\ 4 & 1 & 1 & 0 & & & \\ 3 & 1 & 1 & 1 & & & \\ 2 & & & & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & & & & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 6 & & 0 & & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 8 & & & & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$
$$A' = M'(L) - I = \begin{matrix} & \begin{matrix} 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 6 & 8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 5 & 0 & 0 & 0 & & & \\ 4 & 0 & 0 & 0 & & & \\ 3 & 0 & 0 & 1 & & & \\ 2 & & & & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & & & & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & & 0 & & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 8 & & & & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

图 3 缩减矩阵 $M'(L)$ 和骨架矩阵 A'

6) 根据骨架矩阵 A' , 绘制出如图 4 所示的多级递阶有向图 $D(A')$ 。

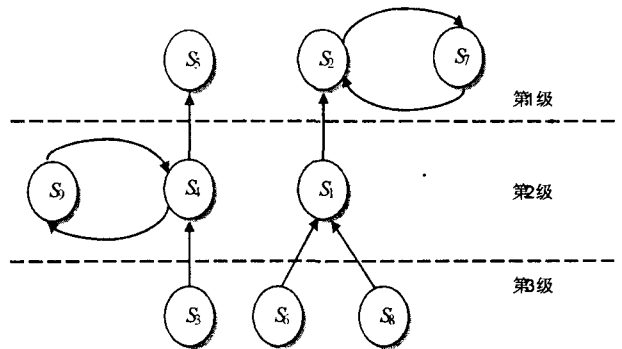


图 4 多级递阶有向图 $D(A')$

7) 建立信息系统互操作性影响因素的结构化模型, 如图 5 所示。从图 5 可以直观的看到, 影响该信息系统互操作性的根本因素为系统支撑平台、互操作性标准规范和网络环境, 所以下一步需要在这三个根本因素进行重点改进, 从而能够快速准确地提高该信息系统的互操作性。

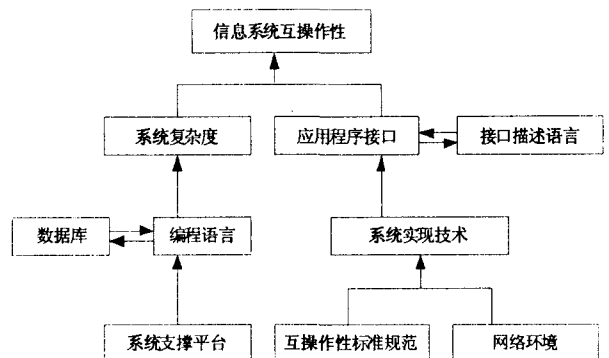


图 5 某信息系统互操作性影响因素的结构化模型
(下转第 104 页)

个粘连区域被分离。

(3) 非规则标志的检测。

首都机场 3 号航站楼在信息标志设置上发生了新变化:

- ① 标志颜色由浅蓝改变为黑蓝;
- ② 增加了绿色标志、地面标志;
- ③ 同一背景下出现多个标志。

针对标志变化,对样本图像库进行补充及相应的参数调整,检测结果如图 6 所示。

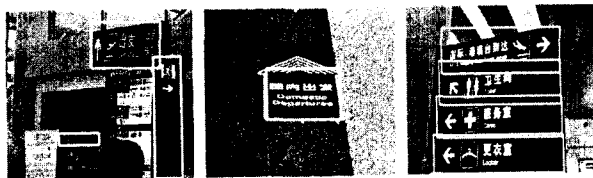


图 6 T3 航站楼导航标志检测

4 结束语

研究了基于时空多尺度寻优的机场候机楼公共标志搜索与检测算法。机器人首先在空间大尺度下对标志快速搜索,然后根据时空相关性自动进行空间尺度变化,寻找最优空间尺度完成导航标志的搜索与检测。以“福娃机器人”为平台进行检测,结果验证了该方法对公共信息标志检测的快速和有效性。

参考文献:

- [1] Loy G, Barnes N. Fast Shape-based Road Sign Detection for

a Driver Assistance System[C]//Proceedings of IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems (IROS). Sendai, Japan:[s. n.], 2004: 70-75.

- [2] Moutarde F, Bargeton A, Herbin A. Robust on-vehicle real-time visual detection of American and European speed limit signs with a modular Traffic Signs Recognition system[C]//Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Istanbul, Turkey:[s. n.], 2007:1122-1125.
- [3] Dougherty M, Aenugula D, Baddam S. Invariant Road Sign Recognition with Fuzzy ARTMAP and Zernike Moments[C]//Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Istanbul, Turkey:[s. n.], 2007:31-36.
- [4] 袁天云,姜志国,孟如松.目标分割图中粘连对象的自动切割和分离[J].中国体视学与图像分析,2003,8(1):41-43.
- [5] Broggi A, Cerri P, Medici P. Real Time Road Signs Recognition[C]//Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Istanbul, Turkey:[s. n.], 2007:981-986.
- [6] 中国民用航空总局. MH0005-1997. 民用航空公共信息标志用图形符号[S]. 1997. <http://www.biaozhi.net.html>.
- [7] 郭永刚,葛庆平,冯平,等.一种基于控制点自动提取的图像畸变校正算法[J].计算机工程与应用,2007,43(2):214-216.
- [8] 黄晶,赵臣,周明明.基于快速彩色空间变换的足球机器人目标搜索[J].哈尔滨工业大学学报,2003,35(9):1037-1038.
- [9] 赵清杰,连广宇.机器人视觉伺服综述[J].控制与决策,2001,16(6):850-852.

(上接第 100 页)

4 结束语

从以上的分析可以得出,应用 ISM 进行信息系统互操作性影响因素分析的关键在于,初始影响因素的提取和它们之间相互关系的确定,因为这两个方面决定了最终的分析结果。

文中基于 ISM 系统分析模型,提出了一种工程化确定影响信息系统互操作性主要因素的模型分析方法,能够快速准确定位影响信息系统互操作性的主要因素,从而为信息系统开发过程中提高互操作性提供了指导。虽然这种分析方法在一定程度上增加了信息系统的开发成本、延长了开发周期,但对于提高信息系统的互操作性来说,这种代价是值得付出的。

参考文献:

- [1] 张宾,龚俊华,贺昌政.基于客观系统分析的解结构模型[J].系统工程与电子技术,2005,27(3):453-455.

- [2] World Wide Web Consortium (W3C). SOAP Specification Version 1.2[EB/OL]. 2007-04-27. <http://www.w3.org/TR/soap12/>
- [3] World Wide Web Consortium (W3C). WSDL Specification Version 1.1[EB/OL]. 2001-03-15. <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>.
- [4] OASIS. UDDI Specification Version 2[EB/OL]. 2002-07-19. <http://www.oasis-open.org/committees/uddi-spec/doc/tcspecs.htm#uddiv2>.
- [5] ebXML Message Service Specification Version 2.0[EB/OL]. 2002-04-01. http://www.oasis-open.org/committees/download.php/272/ebMS_v2_0.pdf.
- [6] Janes F A. Interpretive structural modelling: a methodology for structuring complex issues[J]. Trans Inst, 1988, 10(3): 145-154.
- [7] 杨秀文,严尚安,曾顺鹏,等.关于可达矩阵的求法探讨[J].数学的实践与认识,2003(11):128-130.
- [8] 汪应洛.系统工程理论、方法与应用[M].第2版.北京:高等教育出版社,2000.