

# 基于多色集合理论的两系统间互操作方法<sup>①</sup>

杨 敏<sup>1</sup>, 王晓华<sup>1,2</sup>, 冉梅梅<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(贵州大学 计算机科学与技术学院, 贵阳 550025)

<sup>2</sup>(遵义医学院附属医院 信息科, 遵义 563003)

**摘 要:** 针对两信息系统间的互操作问题, 提出了一种基于多色集合理论的系统互操作形式化研究的方法, 给出了基于多色集合理论的两系统间的互操作研究步骤. 首先, 介绍多色集合理论并对其围道进行分割以体现研究对象的静态属性和动态性质, 并给出单元素多色集合的概念及其聚合运算; 其次, 根据多色集合理论及其扩展, 给出了两信息系统间的互操作研究步骤: 分别对互操作的两系统进行单元素多色集合描述, 然后再通过两系统的单元素多色集合的并运算来体现整体. 最后, 通过医疗领域的医疗信息系统 HIS 与检验信息系统 LIS 间的互操作为实例验证该形式化方法的有效性.

**关键词:** 互操作系统; 互操作; 多色集合理论; 单元素多色集合

引用格式: 杨敏, 王晓华, 冉梅梅. 基于多色集合理论的两系统间互操作方法. 计算机系统应用, 2017, 26(9): 128-134. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/5930.html>

## Interoperability Method Between Two Systems Based on the Polychromatic Sets Theory

YANG Min<sup>1</sup>, WANG Xiao-Hua<sup>1,2</sup>, RAN Mei-Mei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(College of Computer Science and Technology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

<sup>2</sup>(Information Section, Affiliated Hospital of Zunyi Medical College, Zunyi 563003, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of interoperability between two information systems, a formalized method about interoperation research based on polychromatic sets theory is proposed, and the research steps of interoperability between two systems based on polychromatic sets theory are given. Firstly, the polychromatic sets theory is introduced and its contour is segmented to reflect the static and dynamic properties of the objects. The concept of single element polychromatic sets and its aggregation operation are given. Secondly, according to polychromatic set theory and its extensions, the research steps of interoperability between two information systems are given. The interoperability of the two systems are described in a single element polychromatic sets, and then the whole entity of interoperation is reflected through the union operation of two single element polychromatic sets. Finally, the validity of this formalized method is verified by the interoperability between hospital information system (HIS) and laboratory information system (LIS).

**Key words:** interoperability system; interoperability; polychromatic sets theory; single element polychromatic sets

随着信息化的发展, 信息系统在我们的生活中应用已经很广泛, 但是由于信息系统间标准各不相同, “信息孤岛”也就越来越多, “信息孤岛”导致系统之间不能很好地进行数据的交换和共享<sup>[1]</sup>. 如何在信息系统增多的同时又能保障系统间能够交换和共享各自有价值

的信息是一个值得研究的话题. 本文针对两个信息系统间的互操作, 以多色集合理论为基础进行研究, 以有助于研究系统间的互操作. 首先提出单元素多色集合的概念, 其次, 对多色集合理论中的围道进行扩充以体现对象及元素的动态特性, 并进而提出单元素多色集

① 基金项目: 贵州省科学技术基金(黔科合 J 字[2012]2356 号)

收稿时间: 2016-12-20; 采用时间: 2017-01-12

合及其运算. 然后根据互操作的特性及上述理论对两个信息系统的互操作进行多色集合研究, 最后以医疗领域中的两各系统医疗信息系统 HIS 与检验信息系统 LIS 间的互操作为例进行验证.

针对系统间互操作的研究, 现目前大多是围绕互操作的方法或者互操作的框架进行研究, 但是基于系统间互操作的形式化描述很少. 本文将使用多色集合理论来对系统间的互操作进行形式化描述.

多色集合<sup>[2-4]</sup>是一种系统的理论和信息处理工具, 在传统集合理论的基础上, 添加了矩阵知识, 模糊数学理论和数理逻辑等知识. 传统集合只能描述简单的点线关系, 对其理论进行扩展后, 能够描述的内容更加广泛, 比如它可以描述节点和边的性质<sup>[5]</sup>, 或者集合整体所代表对象的属性信息等. 从已有的研究中可以知道, 与传统集合论相比, 多色集合能够描述结构复杂的对象和系统. 基于多色集合理论建模的核心理念是使用一个统一的数学模型来模拟不同的对象. 这些对象可以是产品, 也可以是过程. 由于多色集合理论在形式化研究方面具有明显优势, 因此被广泛地应用于离散制造企业生产物流系统<sup>[6]</sup>、机械零件加工路线<sup>[7]</sup>、机械产品概念设计<sup>[8]</sup>、箱体类零件可重构生产线<sup>[9]</sup>等诸多领域. 本文结合系统间互操作性的复杂性和多系统参与性, 使用多色集合理论来对系统间的互操作进行描述, 得到一个基于多色集合理论的系统互操作形式化描述方法. 首先进行相关定义和技术简介, 然后给出基于多色集合理论的系统间互操作研究步骤, 最后给出一个医院信息系统中的互操作实例来验证方法的有效性.

## 1 相关技术简介

### 1.1 互操作定义

互操作是在异构实体(异构体系结构中, 异构操作系统、异构网络和异构的语言, 等等)中获取资源的能力<sup>[10]</sup>. 互操作是一种交互行为, 至少涉及两个信息实体, 一方提供服务, 另一方接受服务.

IEEE 给出的互操作定义为: 互操作就是两个或两个以上的系统或组件能够交换信息并且使用那些已经交换信息的能力<sup>[11]</sup>.

互操作体: 若两个或两个一闪改的系统间有互操作关系, 则称这些系统为互操作体, 互操作体至少由两个系统组成.

### 1.2 多色集合理论

多色集合理论的特点是使用形式统一的数学模型来模拟不同对象. 其中包括多色集合及多色图两部分.

#### (1) 多色集合<sup>[12,13]</sup>

多色集合的元素就是传统集合的元素, 多色集合本身及其元素都能够被涂上不同的颜色以表示研究对象及其元素的性质. 颜色集合  $F(a_i)$  对应每一个元素  $a_i \in A$ , 被称为元素  $a_i$  的个人着色, 其组成为:

$$F(a_i) = (F_1(a_i), \dots, F_j(a_i), \dots, F_n(a_i))$$

$F_j(a_i)$  表示元素  $a_i \in A$  的第  $j$  个人颜色, 即元素  $a_i$  的第  $j$  个性质.

颜色集合  $F(A)$  对应集合  $A$  整体, 被称为多色集合  $A$  的统一着色, 其组成为:

$$F(A) = (F_1(A), \dots, F_j(A), \dots, F_m(A))$$

$F_j(A)$  表示集合  $A$  的第  $j$  个统一颜色, 即整体  $A$  的第  $j$  个性质.

$F(a_i)$  和  $F(A)$  被称为着色, 它们包含在统一的颜色集合  $F$  中, 即:

$$F \supseteq F(A); F \supseteq F(a_i), i = 1, 2, \dots, n$$

颜色集合  $F(a_i)$  被称为元素  $a_i$  的个人着色, 所有元素的个人着色可用布尔矩阵(1.1)表示.

$$\|c_{i(j)}\|_{A, F(a)} = [A \times F(a)] = \begin{bmatrix} F_1 & \dots & F_j & \dots & F_m \\ a_{1(1)} & \dots & a_{1(j)} & \dots & a_{1(m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i(1)} & \dots & a_{i(j)} & \dots & a_{i(m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n(1)} & \dots & a_{n(j)} & \dots & a_{n(m)} \end{bmatrix} \begin{matrix} a_1 \\ \dots \\ a_i \\ \dots \\ a_n \end{matrix}$$

多色集合的表达式如下:

$$PS = (A, F(a), F(A), [A \times F(a)], [A \times F(A)], [A \times A(F)])$$

#### (2) 多色图<sup>[13,14]</sup>

在利用多色集合的数学模型来模拟复杂对象和系统的过程中产生了专门类型的图——多色图的思想. 在普通图  $G=(A, C)$  的基础上增加了节点  $A$  和边  $C$  的颜色, 以颜色的不同来表示节点和边的不同性质. 一般情况下, 多色图有三种成分组成:

$$PG = (F(G), PS_A, PS_C)$$

其中,

$$PS_A = (A, F(a), F(A), [A \times F(a)], [A \times F(A)], [A \times A(F)])$$

$$PS_C = (C, F(c), F(C), [C \times F(c)], [C \times F(C)], [C \times C(F)])$$

式中,  $F(G)$ 表示多色图整体的统一着色;  $F(A)$ 表示节点的着色;  $F(C)$ 表示边的着色;  $[A \times F(a)]$ 是确定节点着色的围道布尔矩阵;  $[C \times F(c)]$ 表示确定边着色的围道布尔矩阵.

## 2 多色集合理论的扩展

在传统的多色集合理论中, 针对集合中元素的性质、参数、属性、指标或者特征等技术概念, 多色集合理论使用围道来进行描述. 围道虽然能描述多色集合中元素及其整体的属性等技术概念, 但是围道不能将元素及其整体的动态特征和静态特征进行区分, 以至于在一些需要强调静态特征或者动态特征的建模过程中不能很好地进行辨别. 因此提出将多色集合理论中的围道进行分割, 即将多色集合中的颜色集合  $F(a)$ 及  $F(A)$  分别表示为  $F(a) = F_S(a) \cup F_D(a)$ 和  $F(A) = F_S(A) \cup F_D(A)$ , 其中  $F_S(a)$ 、 $F_S(A)$  分别代表元素和整体的静态性质,  $F_D(a)$ 、 $F_D(A)$  分别表示元素和整体的动态性质, 通过对建模对象性质的区分以展示建模对象的静态特征和动态特征.

同时, 多色集合中的静态特征属性和动态特征属性之间可能存在某些联系, 为了体现两者之间的联系可以使用矩阵  $[F_S(a) \times F_D(a)]$ ;  $[A \times A(F)]$  扩展为  $[A \times A(F_S)]$  和  $[A \times A(F_D)]$ .

即扩展后的多色集合表达式为:

$$EPS = (A, F_S(a), F_D(a), F_S(A), F_D(A), [A \times F_S(a)], [A \times F_D(a)], [A \times F_S(A)], [A \times F_D(A)], [F_S(a) \times F_D(a)], [F_S(A) \times F_D(A)], [A \times A(F_S)], [A \times A(F_D)])$$

在实际使用时, 根据实际情况对多色集合中的成分予以选取.

单元素多色集合: 对于一个多色集合  $PS = (A, F(a), F(A), [A \times F(a)], [A \times F(A)], [A \times A(F)])$  来说, 若其集合  $A$  中的元素有且只有一个, 则称该多色集合  $PS$  为单元素多色集合, 记为  $SPS$ .

对于单元素多色集合, 因为  $A$  中有且只有一个元素  $a$ , 所以元素  $a$  所体现的性质就是整个集合  $A$  所体现的性质, 且元素相对于个人颜色和统一颜色的关系是对于元素和整体的冗余描述, 整体性质的体现必须通过该元素进行体现, 所以体现性质的体必须是该元素. 综合上述原因, 单元素多色集合的表达式可以简化为  $SPS = (A, F(a))$ .

单元素多色集合的并运算: 其所有参与并运算的多色集合都是单元素多色集合, 进行并运算后, 其表达式中的集合  $A$  由所有参与并运算的单元素多色集合中的元素的并集组成, 即若  $SPS_1, SPS_2, \dots, SPS_n$  为单元素多色集合, 则它们的并集  $PS$  中的集合  $A = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = \{a_1 \cup a_2 \cup \dots \cup a_n\}$ ; 其个人颜色集合  $F(a) = F_1(a) \cup F_2(a) \cup \dots \cup F_n(a)$ ; 其统一颜色集合  $F(A)$  不等于  $F(a)$ , 因为在并运算的过程中可能会有某些性质是相同的, 也有可能因为某些性质合并后出现其他之前单元素所没能表现出的性质, 即  $F(A) \supseteq F_1(a) \cup F_2(a) \cup \dots \cup F_n(a)$ .

为了区分单元素多色集合中元素的静态特征和动态特征, 同样可将其颜色集合  $F(a)$  分为静态特征属性集合和动态特征属性集合, 即  $F(a) = F_S(a) \cup F_D(a)$ ,  $SPS = (A, F_S(a), F_D(a), [F_S(a) \times F_D(a)])$  其运算也是类似的, 这里就不再累述.

单元素多色集合的聚合运算, 根据单元素中的两个部分的不同, 将单元素多色集合的聚合运算分为实体聚合运算和功能聚合运算, 下面分别予以描述.

### (1) 实体聚合运算

实体聚合运算的条件: 若多个单元素多色集合  $SPS$  中的元素集合  $A$  是同类对象, 且性质  $F(a)$  都是相同的并且其组成是有序集, 即对于所有的单元素多色集合来说, 所有的  $F(a) = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ , 其中  $F_1, F_2, \dots, F_n$  对应的取值是具体的值或集合或者多色集合, 则可定义实体聚合运算 Entity Aggregation.

Entity Aggregation(EA):

有单元素多色集合:

$$SPS_1 = (A_1, F_1(a)), \text{ 其中 } A_1 = \{a_1\}, F_1(a) = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$$

$$SPS_2 = (A_2, F_2(a)), \text{ 其中 } A_2 = \{a_2\}, F_2(a) = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$$

.....

$$SPS_n = (A_n, F_n(a)), \text{ 其中 } A_n = \{a_n\}, F_n(a) = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$$

其中  $A_1, A_2, \dots, A_n$  是同类对象,  $F_1(a), F_2(a), \dots, F_n(a)$  的组成都是相同的有序集  $F_1, F_2, \dots, F_m$ , 则  $SPS_1, SPS_2, \dots, SPS_n$  的实体聚合运算结果:

$$PS = (A, F(a), [A \times F(a)]),$$

其中,

$$A = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = \{a_1 \cup a_2 \cup \dots \cup a_n\},$$

$$F(a) = \{F_1, F_2, \dots, F_m\},$$

		$F_1$	$F_2$	$\dots$	$F_m$
$[A \times F(a)] =$	$a_1$	$S_{11}$	$S_{12}$	$\dots$	$S_{1m}$
	$a_2$	$S_{21}$	$S_{22}$	$\dots$	$S_{2m}$
	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
	$a_n$	$S_{n1}$	$S_{n2}$	$\dots$	$S_{nm}$

其中 $S_{ij}(i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m)$ 是具体值或者集合或者多色集合。

实体聚合适用于对具有相同性质的对象进行整合建模,是已知所有对象的性质求整合后的整个对象。

(2) 功能聚合运算

功能聚合运算的条件:若多个单元素多色集合SPS是对同一对象的不同方面进行描述,即对于需要进行功能聚合的单元素多色集合,其元素集合A都是相同的,即 $A = \{a\}$ ,各集合的 $F(a)$ 分别描述的是集合A中元素对象的不同方面的性质,则对对象的整体/综合描述就可定义功能聚合运算 Function Aggregation(FA)。

Function Aggregation:

有单元素多色集合:

$$SPS_1 = (A_1, F_1(a)), \text{ 其中 } A_1 = \{a\}, F_1(a) = \{F_{11}, F_{12}, \dots, F_{1m}\}$$

$$SPS_2 = (A_2, F_2(a)), \text{ 其中 } A_2 = \{a\}, F_2(a) = \{F_{21}, F_{22}, \dots, F_{2p}\}$$

.....

$$SPS_n = (A_n, F_n(a)), \text{ 其中 } A_n = \{a\}, F_n(a) = \{F_{n1}, F_{n2}, \dots, F_{nq}\}$$

其中 $A_1, A_2, \dots, A_n$ 是同一对象,  $F_1(a), F_2(a), \dots, F_n(a)$ 的组成是对对象的不同方面的描述,则 $SPS_1, SPS_2, \dots, SPS_n$ 的功能聚合运算结果:

$$PS = (A, F(a))$$

其中 $A = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = \{a\}$

$$F(a) = F_1(a) \cup F_2(a) \cup \dots \cup F_n(a) \\ = \{F_{11}, F_{12}, \dots, F_{1m}, \\ F_{21}, F_{22}, \dots, F_{2p}, \\ \dots, \\ F_{n1}, F_{n2}, \dots, F_{nq}\}$$

功能聚合适用于对同一对象的不同性质进行分析并对对象整体性质进行建模,是已知同一对象的不同性质来求该对象的整体性质。

实例:

对于一个信息系统来说,其静态属性和动态行为可以体现其整体性质,对于静态属性,可使用多色集合理论进行描述.对于其动态性质可以针对面向对象的思想中的方法进行描述,因为对于一个信息系统来说,

其最底层的是方法的实现,方法隶属于某个类,类组成系统,所以方法的建设是最基本的.在方法确定后,则系统的建设就能够很快地建成,在此过程中,可以使用多色集合进行描述。

单个方法的描述可以使用单元素多色集合进行描述,对于方法来说,由于所有的方法都有所属者、调用者及参数,因此一个方法可以描述为 $PS_B = (B, F(b))$ ,其中 $B = \{b\}$ 表示某个类中的一个方法;  $F(B)$ 表示对该方法进行描述的性质,其中包括方法的所属者 belongto、方法的调用者 caller 及方法的参数 parameter,即 $F(B) = \{\text{belongto}, \text{caller}, \text{parameter}\}$ ; 则一个类中的所有方法可以使用单元素多色集合的实体聚合进行描述,为 $PS_B = (B, F(B), [B \times F(B)])$ ,  $[B \times F(B)]$ 表示B与 $F(B)$ 的关系,即一个类中所有的方法所表现出的性质,在 $[B \times F(B)]$ 中,其值表现为具体的数据或集合或多色集合的形式,即:

		<i>belongto</i>	<i>caller</i>	<i>parameter</i>
$[B \times F(B)] =$	$b_1$	$S_{11}$	$S_{12}$	$S_{13}$
	$b_2$	$S_{21}$	$S_{22}$	$S_{23}$
	$\vdots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
	$b_n$	$S_{n1}$	$S_{n2}$	$S_{n3}$

其中 $S_{ij}(i=1,2,\dots,n; j=1,2,3)$ 是具体的对象值或集合或多色集合。

类的描述也是类似的,只是其中区分了静态属性和动态性质.在描述类时,由于类封装了属性和方法,因此,要想对整个系统进行建设,必须给出系统中所有的类及类中的方法和属性的描述,可以使用扩展的单元素多色集合理论描述每一个类,其中的静态特征由属性来体现,使用SPS中的 $F_S(a)$ 表示;动态属性即方法用SPS中的 $F_D(a)$ 进行表示.则一个类可以表示为 $PS_C = (C, F_S(c), F_D(c))$ ,其中,C表示某个类,  $F_S(c)$ 表示该类的属性,  $F_D(c)$ 表示该方法。

在所有的类中,由于其静态属性和动态行为的抽象集合 $F_S(c)$ 、 $F_D(c)$ 不会改变,改变的只是其值,因此可以使用单元素多色集合的实体聚合运算进行类与类合并为整个系统的描述。

### 3 基于多色集合理论的两信息系统的互操作研究

#### 3.1 两信息系统的互操作框架

互操作的两个系统之间能够进行信息的共享,即

信息系统之间具有信息流,信息流实质上是由于系统间的互访引起的信息共享.系统间的互操作框架如图1所示.

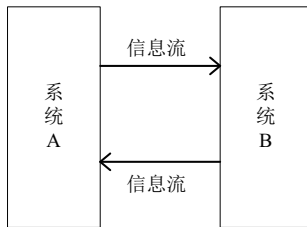


图1 系统互操作框架

### 3.2 基于多色集合理论的两系统间的互操作研究步骤

对于两个医疗信息系统间的互操作,会涉及到很多静态的资源和动态的行为,因此对于系统间互操作的多色集合理论研究给出如下的步骤:

**Step1. 静态属性分析:**针对互操作的两个系统,分析各自的静态属性,即确定两个系统的静态颜色集合  $F_{SA}$ 、 $F_{SB}$ ,其中主要涉及的是系统内与互操作相关的资源的描述,即  $F_{SA} = \{R_{A1}, R_{A2}, \dots, R_{An}\}$ ,  $F_{SB} = \{R_{B1}, R_{B2}, \dots, R_{Bp}\}$ .

**Step2. 动态属性分析:**分析两系统的动态属性,即确定各自的动态属性集  $F_{DA}$ 、 $F_{DB}$ ,即  $F_{DA} = \{B_{A1}, B_{A2}, \dots, B_{Am}\}$ ,  $F_{DB} = \{B_{B1}, B_{B2}, \dots, B_{Bm}\}$ ,并根据 Step1 中的  $F_{SA}$ 、 $F_{SB}$  分析  $F_{SA}$  与  $F_{DA}$  及  $F_{SB}$  与  $F_{DB}$  的关系,并使用矩阵  $[F_{SA} \times F_{DA}]$  与  $[F_{SB} \times F_{DB}]$  进行描述,并最终得出两个互操作系统的单元元素多色集合模型  $PS_A = (S_A, F_{SA}, F_{DA}, [F_{SA} \times F_{DA}])$  及  $PS_B = (S_B, F_{SB}, F_{DB}, [F_{SB} \times F_{DB}])$ .

**Step3. 互操作行为分析:**虽然 Step2 中得出了  $F_{DA}$ 、 $F_{DB}$ ,但是对于动态集合中的完成这些行为的方法并未进行详细描述,在该步骤中给出完成这些行为的方法的多色集合描述.

**Step4. 互操作体的描述:**对两个互操作系统组成的互操作体使用单元元素多色集合的并运算进行描述.

### 3.3 两医疗信息系统的单元元素多色集合模型

使用单元元素多色集合分别对进行互操作的两信息系统进行描述,确定各自的静态属性与动态属性,并据此得出两系统各自的多色集合模型.

根据对互操作的两系统进行分析,其与互操作相关的静态属性主要体现在系统所拥有的与互操作相关的资源,其中包括用户信息、数据信息等.其动态属性

主要体现在交互时所要完成的动作,如发送信息、接受信息等.现给出两系统的单元元素多色集合模型:

$$PS = (A, F_S(a), F_D(a), [F_S(a) \times F_D(a)])$$

其中:

$A = \{S\}$  表示互操作的某个系统;

$F_S(a) = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$  表示与该互操作系统相关的静态属性,主要包括相关的资源,如用户信息、数据信息等;

$F_D(a) = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$  表示与该互操作系统相关的动态属性,主要包括与其他系统进行交互时的行为或方法;

$$F_S(a) \times F_D(a) = \begin{matrix} & B_1 & B_2 & \dots & B_m \\ R_1 & \ddots & \dots & \dots & \dots \\ R_2 & \dots & \ddots & \dots & \dots \\ \vdots & \dots & \dots & \ddots & \dots \\ R_n & \dots & \dots & \dots & \ddots \end{matrix}$$

表示该互操作系统中的静态属性与动态属性间的关系,如发送信息可能需要某个特定的用户和某些特定的设备等.

综上,可以得出两互操作系统的多色集合模型:

$$PS_A = (A, F_S(a), F_D(a), [F_S(a) \times F_D(a)])$$

$$PS_B = (B, F_S(b), F_D(b), [F_S(b) \times F_D(b)])$$

### 3.4 互操作体的多色集合模型

由于两个互操作系统的多色集合模型已经得出,因此两互操作系统的交互模型的多色集合模型也可以得出,根据单元元素多色集合的并运算就可以得出两个互操作系统所组成的互操作体的多色集合模型.

$$PS = PS_A \cup PS_B \\ = (A \cup B, F_S(a) \cup F_S(b), F_D(a) \cup F_D(b), [F_S(a) \times F_D(a)] \cup [F_S(b) \times F_D(b)])$$

### 3.5 实例分析

下面以医疗领域的实验室信息系统(LIS)与医疗信息系统(HIS)间的互操作为实例来验证上述方法.

LIS 与 HIS 间的交互过程如下:

医务人员通过 HIS 发起检验申请,并将检验申请发送到 LIS, LIS 在收到检验申请和相应的标本后对标本进行检验,检验后生成检验报告发送给 HIS.

在该过程中, LIS 与 HIS 的互操作主要就是信息的发送和接收: HIS 发送检验申请单, LIS 接收检验申

清单; LIS 发送检验报告, HIS 接收检验报告. 在该过程中 HIS 是通过医生操作医生工作站来发起检验申请并进行发送到 LIS, LIS 是通过 LIS 系统在相关工作人员的操作下进行申请的接收; 工作人员再通过 LIS 将检验报告发送给 HIS, HIS 的医生通过医生工作站接收来自 LIS 的检验报告. 那么整个过程的多色集合模型可表述如下:

HIS 的多色集合模型:

$$PS_H = (HIS, F_S(HIS), F_D(HIS), [F_S(HIS) \times F_D(HIS)])$$

其中,  $F_S(HIS) = \{F_{SH1}, F_{SH2}, F_{SH3}, F_{SH4}\}$ ,  $F_{SH1}, F_{SH2}, F_{SH3}, F_{SH4}$  分别表示医生工作站, 医生, 检验申请, 检验报告.

$F_D(HIS) = \{F_{DH1}, F_{DH2}\}$ ,  $F_{DH1}, F_{DH2}$  分别表示发送检验申请, 接收检验报告.

	$F_{DH1}$	$F_{DH2}$
$F_{SH1}$	1	1
$F_{SH2}$	1	1
$F_{SH3}$	1	0
$F_{SH4}$	0	1

$$[F_S(HIS) \times F_D(HIS)] =$$

该矩阵表示的是 HIS 在进行发送检验申请时需要医生工作站、医生及检验申请才能完成; HIS 在进行接收检验报告时需要医生工作站、医生及检验报告的参与.

同理 LIS 的多色集合模型:

$$PS_L = (LIS, F_S(LIS), F_D(LIS), [F_S(LIS) \times F_D(LIS)])$$

其中,  $F_S(LIS) = \{F_{SL1}, F_{SL2}, F_{SL3}\}$ ,  $F_{SL1}, F_{SL2}, F_{SL3}$  分别表示 LIS 工作人员, 检验申请, 检验报告.

$F_D(LIS) = \{F_{DL1}, F_{DL2}\}$ ,  $F_{DL1}, F_{DL2}$  分别表示接收检验申请, 发送检验报告.

	$F_{DL1}$	$F_{DL2}$
$F_{SL1}$	1	1
$F_{SL2}$	1	0
$F_{SL3}$	0	1

$$[F_S(LIS) \times F_D(LIS)] =$$

该矩阵表示的是 LIS 在进行发送检验报告时需要 LIS 工作人员及检验申请才能完成; LIS 在进行发送检验报告时需要 LIS 工作人员及检验报告的参与.

HIS 与 LIS 的互操作体的多色集合描述  $PS$  就可以表述如下:

$$PS = PS_H \cup PS_L = (A, F_S(a), F_D(a), [F_S(a) \times F_D(a)])$$

其中:

$$A = HIS \cup LIS$$

$$F_S(a) = F_S(HIS) \cup F_S(LIS) \\ = \{F_{S1}, F_{S2}, F_{S3}, F_{S4}, F_{S5}\}$$

$F_{S1}, F_{S2}, F_{S3}, F_{S4}, F_{S5}$  分别表示医生工作站, 医生, LIS 工作人员, 检验申请, 检验报告(说明: 由于在  $F_S(HIS)$  和  $F_S(LIS)$  中都存在同一检验申请和同一检验报告, 因此将  $F_S(HIS)$  和  $F_S(LIS)$  中的检验申请和检验报告进行合并).

$$F_D(a) = F_D(HIS) \cup F_D(LIS) \\ = \{F_{D1}, F_{D2}, F_{D3}, F_{D4}\}$$

$F_{D1}, F_{D2}, F_{D3}, F_{D4}$  分别表示发送检验申请, 接收检验报告, 接收检验申请, 发送检验报告.

$$[F_S(a) \times F_D(a)] = [F_S(HIS) \times F_D(HIS)] \cup [F_S(LIS) \times F_D(LIS)]$$

	$F_{D1}$	$F_{D2}$	$F_{D3}$	$F_{D4}$
$F_{S1}$	1	1	0	0
$F_{S2}$	1	1	0	0
$F_{S3}$	0	0	1	1
$F_{S4}$	1	0	1	0
$F_{S5}$	0	1	0	1

$$=$$

#### 4 结语

本文通过对多色集合进行扩展并提出单元素多色集合来对建模对象进行建模, 并使用多色集合理论来对系统间的互操作进行描述, 给出了基于系统互操作的多色集合理论研究步骤, 最后通过医疗领域的 HIS 与 LIS 间的交互为例验证了该方法的有效性. 但是本文只是给出了两个系统间的交互, 没有针对多系统交互的复杂性进行多色集合理论研究, 也没有深层次研究多色集合理论在医疗领域的应用, 下一步将进行基于多色集合理论的多系统间交互的复杂性和安全性的研究, 并将对整个医院信息系统的互操作进行多色集合理论研究和描述, 并考虑将多色集合理论与医疗健康信息集成规范(IHE)<sup>[15]</sup>结合起来进行研究.

#### 参考文献

- 1 邱坚. “信息孤岛”现象对医学信息资源共享的影响. 医学信息, 2007, 20(5): 720-721.
- 2 Pavlov VV. Polychromatic sets and graphs for CALS. Moscow, Russia: STANKIN Press, 2002: 10-19.
- 3 李宗斌, 高新勤, 赵丽萍. 基于多色集合理论的信息建模与优化技术. 北京: 科学出版社, 2010: 3-13.
- 4 李怀祖, 韩新民, 李宗斌. 先进制造中多色集合理论的研究及应用. 北京: 中国水利水电出版社, 2005: 12-23.
- 5 李宗斌, 李天石. 多色图及其在仿真复杂对象及系统时的

- 应用. 系统仿真学报, 2001, 13(6): 759–762.
- 6 李春玲. 基于多色图理论的离散制造企业生产物流系统建模与优化[硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳大学, 2014: 27–53.
  - 7 祝天荣, 徐新胜, 陶西柱. 基于多色集合理论的机械零件加工路线方法研究. 组合机床与自动化加工技术, 2013, (9): 129–131.
  - 8 杜轩, 吴龙, 张屹. 多色集合与模糊遗传算法的机械产品概念设计研究. 组合机床与自动化加工技术, 2015, (4): 15–18.
  - 9 邵焕, 李爱平, 于海斌, 等. 基于多色集合理论的箱体类零件可重构生产线多目标优化算法. 计算机集成制造系统, 2015, 21(9): 2393–2402.
  - 10 苏森, 唐雪飞. 开放系统中的互操作性. 计算机应用, 1997, 17(6): 4–7.
  - 11 Standards Coordinating Committee of the Computer Society of the IEEE. IEEE Std 610.12-1990 IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology.
  - 12 Pavlov VV. Mathematics simulation of discrete production system. Information Technology, 1995, 10: 15–19. [doi: 10.1057/jit.1995.3]
  - 13 李宗斌, 宋臣, 李天石. 基于多色集合和多色图的产品制造仿真. 计算机集成制造系统, 2001, 7(7): 67–72.
  - 14 Pavlov VV. Polychromatic graph of mathematics simulation for technical system. Proc. of Scientific and Technical Conference (CAD-88). Plovdiv, Bulgaria. 1988. 8–10.
  - 15 <http://www.ihe.net/>.