

MR 图像中附加图信息提取及图像显示实现

万遂人, 顾翠艳, 孙 钰

东南大学生物科学与医学工程学院, 南京 210096

摘要 MR 图像中的附加图信息 (overlay) 可以为磁共振波谱 (MRS) 提供指导, 同时能帮助医生定位病灶, 从而准确显示附加图信息, 对辅助医学影像诊断具有非常重要的意义。然而常用的一些 DICOM 浏览工具在显示 DICOM 医学图像时往往会丢失对于磁共振波谱研究有重要意义的附加信息。基于此种情况, 本文采用江苏省人民医院提供的磁共振波谱数据, 对像素的提取方法和附加信息进行仔细研究, 同时在 DICOM 图像上显示实验, 并在 Eclipse 开发环境中, 利用 Java 语言和开源包 dcm4che-2.0.23 进行 DICOM 显示程序 dicomreader 的开发。实验结果证明, 本文的 Java 程序 dicomreader 软件可以快速将 DICOM 转换显示为图像并精确显示出附加信息, 并且提取出来的附加信息可以用于研究人员定位脑肿瘤等病变组织、对脑组织进行三维重建、对 MRI 图像进行分割或是根据波谱信息进行临床诊断等相关研究。

关键词 DICOM; 附加图信息; Java 语言; dcm4che

中图分类号 TP317.4

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.18.003

Implementation of Both Additional Information Extraction and Image Display from MR Image

WAN Suiren, GU Cuiyan, SUN Yu

School of Biological Science & Medical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China

Abstract Additional figure information in MR images is able to provide guidance for Magnetic Resonance Spectrum (MRS), helping located lesions, and it has certain clinical application significance. While several free Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) Viewers are able to display DICOM image files and key information, however it still has some shortages in the applications to the area of scientific research. First at all, their major basic function is just to display images. In some extent, they could only give the assistance to the research of magnetic resonance data. And then they are unable to completely display some special kinds of DICOM images, such as Siemens/GE magnetic resonance imaging. The location information of MRI images would be often lost in it. Above all, a program named dicomreader that displays DICOM image properly is developed by using Java and the open source toolkit of dcm4che. The process for extracting overlay pixels and displaying additional information on the DICOM images is also proposed. Finally, the experimental results show that dicomreader is able to implement the conversion from DICOM to image quickly and display the additional information precisely. Meanwhile, the additional information extracted could be used by research personnel for locating the pathological change of organism, such as brain tumor, three-dimensional reconstruction of brain organism, the partition of MRI images, and clinic diagnosis based on the information of wave spectrum.

Keywords DICOM; additional information; Java; dcm4che

0 引言

医学数字成像与通信 (Digital Imaging and Communication in Medicine, DICOM) 标准旨在促进医学影像设备之间的互操

作性, 使不同厂商生产的设备所形成的图像能够统一存档与通信。准确显示 DICOM 文件对辅助医学影像诊断具有重要意义。但由于 DICOM 3.0 标准的数据灰度级数大、存储位数

收稿日期: 2013-01-17; 修回日期: 2013-03-15

作者简介: 万遂人, 教授, 研究方向为医学电子学, 电子信箱: srwan@seu.edu.cn

多(16位数据存储),很难被通用图像处理软件识别和处理,不利于该格式下医学图像的研究和使用,所以需要专用的DICOM浏览软件显示或转换。

Windows操作系统下存在着大量DICOM浏览工具^[1],如EzDicom、imageJ、Sante DICOM Editor等,这些软件的基本功能均是将加载的DICOM文件显示为图像,并根据DICOM数据标签(Tag)对其中一些重要信息加以显示。一个普遍问题是这些软件均无法正确显示Siemens公司的磁共振(MRI)数据,且丢失了DICOM中的附加图数据(Overlay Data)^[2],从而为磁共振波谱(MRS)的研究带来了困难。

利用磁共振现象和化学位移作用进行无创脑肿瘤诊断已成为近年来医学电子学研究的热点之一^[3]。进行MRS检查必须先进行MRI检查,在MRI上设定兴趣区(VOI),将波谱检查严格限制在兴趣区中,摒弃周围组织的影响,定位的正确与否直接关系到测量数据的准确性,而定位信息正是以附加图的形式表现在MRI中,一般表现为MRI图像中对病变组织的定位信息(表现为白色立方体盒);部分磁共振波谱信息以及一些文字信息也会以附加图的形式出现在MRI中。

本文通过实验对附加图数据进行了提取和像素填充,并基于Java语言和开源工具包dcm4che-2.0.23开发了一款DICOM文件浏览工具datatool^[4],将DICOM文件拖拽至软件图像显示窗口,即可正确显示出DICOM图像以及附加图像,并在图像右侧显示一些基本数据信息。

1 DICOM医学图像附加信息提取的Java实现

实验数据由江苏省人民医院提供,均为西门子3T磁共振机导出的脑部DICOM文件,共4组37个。其中包括图像大小为512×416,512×512,256×204的文件,文件名包括无后缀(10004397)和后缀为dcm(30832513.dcm)的MRIDICOM(符合DICOM格式的MRI图像)、以MR1.2和MR1.3开头的MRIDICOM、以SC1.2和SC1.3开头的截屏文件(磁共振机显示屏上的内容,亦保存为DICOM格式)。

1.1 DICOM数据元素

DICOM文件一般由DICOM文件头(header)和DICOM数据集(data set)组成。文件头一般作为DICOM标志,而数据集由数据元素有序排列组成,见图1。其中数据元素是通过标签(Tag)唯一定义的,可以用DICOM数据字典查询。

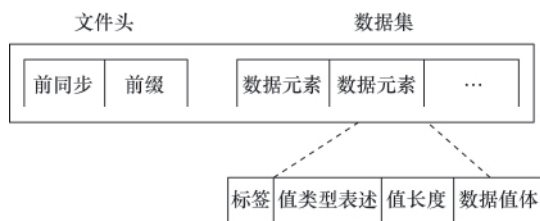


图1 DICOM文件结构

Fig. 1 Data structure of DICOM file

1.2 Java及dcm4che的运用

由于操作系统平台的多样性,对于不同平台采用不同的DICOM浏览软件版本既增加了成本,又带来麻烦,因此开发选择了具有良好移植性的Java语言,另一个选择原因是为使用Java开源包dcm4che。

dcm4che-2.0.23开源包中包含了一组用于开发医疗信息系统的开源项目和工具,其核心是对DICOM标准的Java实现,在国外已得到了广泛应用,国内应用较少。

dcm4che中最为基础的一个类为DicomObject,可以通过DicomInputStream类的readDicomObject()方法把指定路径的DICOM文件与DicomObject的对象对应起来。而对于DicomObject对象,可以方便地调用DicomObject的getBytes(Tag),getString(Tag),getInt(Tag)等按照数据标签读取相应的DICOM数据元素值,对于波谱数据中的信息只能按照字符串读取。

1.3 附加图数据提取分析

用1.2节中的方法对几十例DICOM磁共振数据进行相关信息提取。DICOM图像数据(以0028开头)以及附加信息(在DICOM数据字典中说明为60xx,在实际MRI数据中以6000开头)除图像、附加图数据项用getBytes方法得到Byte数组外,其余项用getInt方法提取得到整型值,可以将这些DICOM根据不同附加信息分成3类:

I类:包括无后缀及以dcm结尾的文件;

II类:包括MR1.3及以SC1.3开头的文件;

III类:包括以MR1.2、SC1.2开头的文件以及部分无后缀文件。

由于各类数据的图像大小各异,这里仅对各类列举一种情况验证,见表1^[5]。

表1 按Tag索引信息分类

Table 1 Information classification according to Tag index

Tag	描述	I	II	III
(0x0028,0x0010)	图像行数	512	256	512
(0x0028,0x0011)	图像列数	416	204	512
(0x0028,0x0100)	像素分配位数	16	16	16
(0x0028,0x0101)	像素存储位数	12	12	12
(0x0028,0x0102)	像素最高位	11	11	11
(0x7FE0,0x0010)	像素数据	有	有	有
(0x6000,0x0010)	附加图行数	512	256	无
(0x6000,0x0011)	附加图列数	416	204	无
(0x6000,0x0100)	分配位数	1	16	无
(0x6000,0x0102)	位数位置	0	12	无
(0x6000,0x3000)	附加图数据	有	无	无

对表1分析可得出以下结论:

(1) I、II类数据,附加图实际上是一幅与原DICOM图像大小一致的黑白图像,即像素值只用一位数字表示,仅有0,1两个值;III类数据无附加图。

(2) I类附加图数据单独存储在(60xx,3000)数据元素中;II类附加图数据与DICOM数据存储在一起,即(7FE0,0010)数据元素需要用第12位数字存储附加图数据。

(3) Java中,Byte类型数据占1B,而1B=8bit。因此对于I类数据,Byte数组Overlay=dio.getBytes(0x60003000)。数组长度与行数、列数满足:

$$\text{Overlay.length}=\text{rows}\times\text{columns}/8 \quad (1)$$

对于II类数据,16位需要2个Byte存储,Byte数组PixData=dio.getBytes(0x7FE00010)。PixData长度与行数、列数满足:

$$\text{PixData.length}=\text{rows}\times\text{columns}\times 2 \quad (2)$$

实验中发现,I类数组Overlay中的绝大多数元素为0,考虑到附加图在整幅DICOM图像中所占比例很小,因此只有当像素值为1时,该像素点才有意义,若像素值为0则其背景为黑色。对II类数组此结论也成立。

1.4 构造附加图像素矩阵

在Java中定义的图像平面原点位于左上角(图2),因此,仅需构造一个整型二维数组pix[n][m],令其初始值全部为零,其中n=columns(列数),m=rows(行数)。这个数据将以(x,y)的形式记录附加图非零像素点的坐标,若(x₁,y₁)处对应的附加图像素值不为零,则令pix[x₁][y₁]=1。

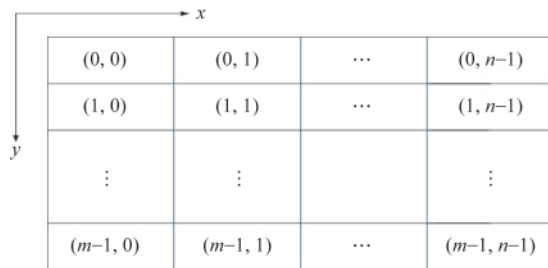


图2 Java图像平面定义
Fig. 2 Definition of Java image plane

1.5 像素填充

文献[2]并没有对Overlay data排布方式做出说明。经过多次实验得知,像素数组PixData与Overlay元素的排布方式均是按行增长进行排列,由左至右,由上至下,并采取顺序的方法存储8位像素值,下面分别对I、II类进行讨论

(1) I类

对于一幅512×416的附加图,满足式(1),在(0,Overlay.length)范围内,Overlay[i](1个Byte)对应的8个像素点坐标(x_j,y_j)与i有如下对应关系

$$\begin{aligned} y_j &= 8i/n & j=0,1,2,\dots,7; n \text{ 为存储位数} \\ x_j &= 8i - ((i/8)/n)n + j & j=0,1,2,\dots,7 \end{aligned} \quad (3)$$

需要注意的是,上述公式均为整型计算,以图3中Overlay[53]为例,对应的8个像素的y坐标都为8×53/416=1,而y=1说明了在此之前已有一行Overlay,因此Overlay[53]对

应的8个像素中第一个(即最低位a0存储的像素值)对应的x坐标为8×53-[(8×53)/416]×416=8,后面7个像素的x坐标依次加1即可。而判断该点的像素值是否为1可以通过Overlay[53]与0x00000001做“与”运算判断,若为1,则pix[8×53-((8×53)/416)×416+0][8×53/416]=pix[8][1]=1,后7个像素则是Overlay[53]分别与2,4,8,⋯,128做“与”运算。以此类推,对数组Overlay遍历,即可在图像平面中得到所有非零像素坐标(图3)。

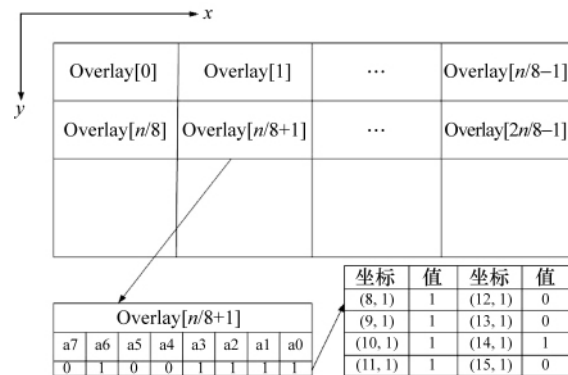


图3 I类像素填充方式
Fig. 3 Type I pixel filling pattern

若图像的列数不能被8整除,如表1中I类与II类的图像大小相同,为256×204,此时将出现一种特殊情况,如Overlay[25],其前4位在第一行,而后4位出现在下一行,式(3)不再成立,必须做出相应修正。

当(8i+4)除以n余数不为零时,令

$$y_j = 8i/n \quad j=0,1,2,\dots,7$$

$$x_j = 8i - ((i/8)/n)n + j \quad j=0,1,2,\dots,7$$

当(8i+4)除以n余数等于零时,令

$$y_j = 8i/n \quad x_j = n - 4 + j$$

$$y_j = 8i/n + 1 \quad x_j = j - 4 \quad (4)$$

(2) II类

附加图像素填充较为简单,见图4。根据式(2),PixData的长度是行数列数乘积的2倍,而附加图数据存储在PixData[i+1]中,因此可以从1开始到PixData.length-1为止,以2为步长对PixData[i]遍历,并将其与16做“与”运算记录坐标。

i与x,y对应关系如下:

$$y = \frac{i}{2n} \quad x = \frac{i}{2} - \frac{i}{(2n)n} \quad (5)$$

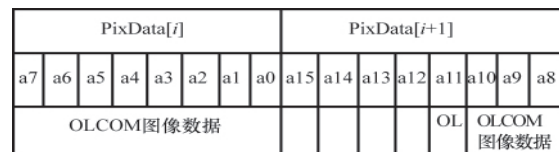


图4 II类像素存储方式
Fig. 4 Type II pixel storing pattern

2 DICOM 医学图像附加图的显示

对于 I、II 类数据, 需要将 DICOM 上的附加信息显示在原图像上, 思路是先由 DicomObject 类对象生成 DICOM 内存图像, 即 BufferedImage 对象, 然后再根据非零附加图像像素坐标修改对应位置的颜色达到显示附加图的目的。

2.1 DICOM 转换为内存图像的改进方法

文献[6]、[7]将 DICOM 转换为图像的做法都是先定位到像素标签 (7EE0,0010), 将读取到的图像数据存储到一个数组中, 同时还要通过 Tag 读取表 1 中图像的相关属性。然后根据存储位数对像素数据进行移位处理, 并且根据窗位、窗宽映射来进行灰度范围的转换, 整个过程较为复杂并且容易出错。文献[8]虽然用到了 dcm4che-2.0.10 第三方开源开发工具包, 但是仍然需要进行像素值预处理, 并根据从 DICOM 中提取的最大、最小像素值进行灰度映射, 没有真正发挥出 dcm4che 的优势。

通过对 dcm4che-2.0.23 帮助文档和其中部分图像相关源代码的研究, 本文提出了上述过程的改进方法, 通过直接调用 dcm4che 包中的类 DicomImageReadParam 进行上述过程, 成像全部使用 DICOM 图像的各种默认参数 (如窗位、窗宽), 然后根据此参数, 按照 DICOM 方式进行像素解码、窗宽映射、灰度转换, 全部过程仅采用 Java 基本类和 dcm4che-2.0.23 包中的类实现 DICOM 到内存图像的转换, 从而简化了文献[6]~[9]的过程。关键代码如下:

```
BufferedImage myDcmImage=null;//内存图像
Iterator<ImageReader> iter=ImageIO.getImageReaders
```

```
ByFormatName ("DICOM");
ImageReader reader=(ImageReader) iter.next();
DicomImageReadParam param=(DicomImageReadParam)
reader.getDefaultReadParam();
ImageInputStream iis=ImageIO.createImageInputStream
(myDicomFile);
reader.setInput(iis,false);
myDcmImage=reader.read(0,param);
iis.close();
```

2.2 显示附加图

BufferedImage 类的 setRGB() 方法可以修改图像某处的颜色, 该方法需要 3 个参数, 即该点距离原点的横向位移 x 、纵向位移 y 和一个 int 类型的颜色值, 本文采用的值 -1118482 为从一幅 DICOM 图像中提取出的亮银白色对应的 int 值

将像素矩阵 $pix[n][m]$ 遍历, 若有 $pix[x_i][y_i]=1$, 则调用 $myDcmImage.setRGB(x_i, y_i, -1118482)$ 。

3 程序设计与测试结论

3.1 程序设计

程序流程见图 5。本程序定义的 ImagePanel 类继承于 JPanel, 用作显示内存图像的面板; 同时实现接口 DropTargetListener (需要重写其中的 Drop 方法) 通信, 可将 DICOM 文件拖拽至图像窗口后显示带有附加信息的图像, 并将从 DICOM 对象中提取到的信息 (如患者信息等) 显示到程序界面的右半部分文字窗口, 这里不再详述。

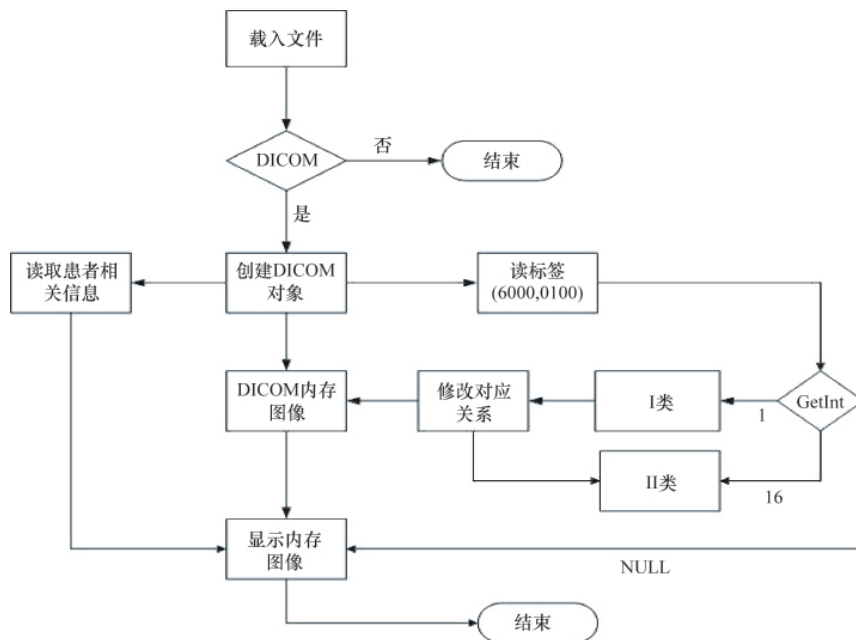


图 5 程序流程

Fig. 5 Program flowchart

3.2 结果分析

全部实验数据均使用 dicomreader 及工具 EzDicom、

imageJ 和 Sante DICOM Editor 进行测试, 选取典型测试结果如图 6 所示。

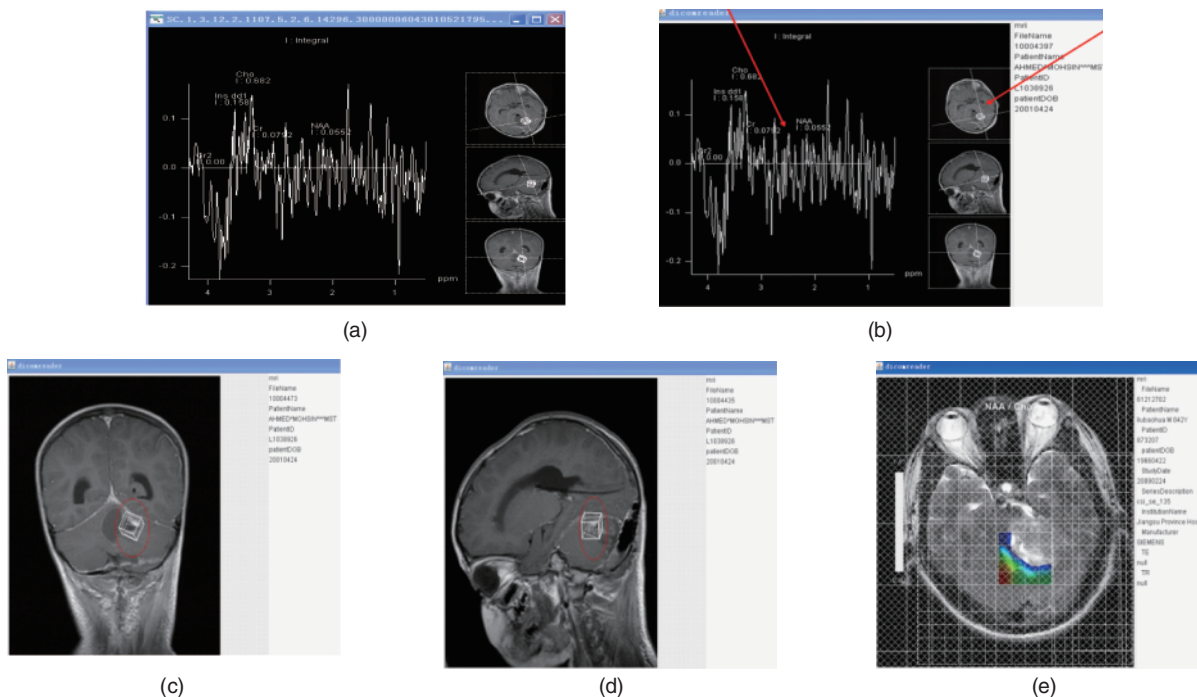


图 6 测试结果
Fig. 6 Test results

测试结果依次为:6(a)为 III 类(sc1.2);6(b)为 I 类(无后缀);6(c)为 I 类(dem 后缀);6(d)为 II 类(mr1.3);6(e)为 I 类(无后缀)。除 6(a)用 ezdicom 读取外其余均用 dicomreader 读取。

对于 III 类(不含附加图)数据,dicomreader 及工具 EzDicom,imageJ 和 Sante DICOM Editor 均能正确显示;对于 I、II 类数据,dicomreader 可以正常显示,而其他 3 种工具均发生了不同程度的信息丢失。实验证明,dicomreader 严格遵守 DICOM 协议,能够准确显示 DICOM 附加图信息。测试也表明,DICOM 文件浏览软件图像的显示相应时间短,几乎是在将文件拖拽至窗口的同时即显示出 DICOM 图像以及附加信息,处理速度与 EzDicom 等 3 种工具速度相当,符合诊断研究要求。

4 结论

本文利用 Java 语言开发 dicomreader 软件,快速将 DICOM 转换显示为图像并精确显示出附加信息,为磁共振波谱提供指导,帮助定位病灶。而利用磁共振波谱信息作为辅助诊断方式正得到越来越多的应用,而将磁共振波谱信息与磁共振图像相结合研究脑肿瘤的较少,本文工作为该研究奠定了基础。本文提取出的附加信息对于研究人员定位肿瘤等病变组织、对脑组织进行三维重建、对 MRI 图像进行分割或是根据波谱信息进行临床诊断等后续工作是至关重要的。

参考文献 (References)

[1] 钟国康. DICOM 图像在 PC 机上的显示编辑和演示方法研究 [J]. 中国医学教育技术, 2005, 19(1): 59-62.

Zhong Guokang. China Medical Education Technology, 2005, 19(1): 59-62.
 [2] NEMA Standard Publication. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)[S]. PS3.5-2007: Data structures and encoding-8.1.2 overlay data encoding of related data elements. New York: National Electrical Manufacturers Association, 2007.
 [3] 黄慧, 万遂人, 孙钰. 基于 JAVA 的磁共振数据处理工具的开发与 WEB 应用的实现[D]. 南京: 东南大学, 2011.
 Huang Hui, Wan Sui ren, Sun Yu. The development of a Java based MR data processing tool and database design [D]. Nanjing: Southeast University, 2011.
 [4] Hwang Y F, Huang T Y, Hwang S L, et al. Differentiation among metastatic brain tumors, radiation necrosis, and brain abscess using proton magnetic resonance spectroscopy [J]. The Kaohsiung Journal of Medical Sciences, 2004, 20(9): 437-441.
 [5] Xiao L, Hu B, Croitoru M, et al. A knowledgeable security model for distributed health information system[J]. Computer & Security, 2010(29): 331-349.
 [6] NEMA Standard Publication. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) [S]. PS3.6-2007: Data Dictionary -6 Registry of DICOM data elements. New York: National Electrical Manufacturers Association, 2007.
 [7] 伍亚军, 周正东, 戴耀东. DICOM 数据集研究和 DICOM 图像处理软件的实现[J]. 微计算机应用, 2007, 28(8): 835-837.
 Wu Yajun, Zhou Zhengdong, Dai Yaodong. Microcomputer Applications, 2007, 28(8): 835-837.
 [8] 朱玉全, 吴微. DICOM 医学图像文件的信息提取及图像显示的实现 [J]. 医疗设备信息, 2007, 22(9): 2-3.
 Zhu Yuquan Wu Wei. Journal of Medical Equipment Information, 2007, 22(9): 2-3.
 [9] 李慎江. DICOM 医学影像文件格式与常见格式的转换[J]. 医疗卫生装备, 2008, 29(10): 154-156.
 Li Shenjiang. Journal of Medical and Health Equipment, 2008, 29(10): 154-156.

(责任编辑 朱宇, 马宇红)