

智能化刺绣 CAD 系统的绣法推理技术的研究^{*}

王崇骏 于汶滌 谢 琪 陈世福

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 南京210093)

(南京大学计算机科学与技术系 南京210093)

摘 要 本文利用人工智能、图像处理和识别、软件工程和刺绣自动化技术设计并实现了一个智能电脑刺绣 CAD 系统。该系统克服了目前系统的编针自动化及智能化程序低等问题,解决了电脑刺绣 CAD 系统的智能化自动编针的关键技术等。本文重点介绍了系统的软件结构和智能绣法推理的实现技术,通过系统刺绣的试用结果表明,该系统所采用的技术效果良好。

关键词 智能化刺绣 CAD, 推理机制, 图像处理, 知识表示

Study on the Reasoning Technology of Intelligent Embroidery Computer Aided Design

WANG Chong-Jun YU Wen-Di XIE Qi CHEN Shi-Fu

(State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093)

(Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract An intelligent embroidery computer aided design is designed and developed in which some advanced technology is used including artificial intelligence, image process and recognition, software engineer and automatic embroidery. This system captures some normal embroidery program such as low automation and low intelligence like some other system, and this system also settles the key technology on the intelligent automatic stitching. The software architecture and the implementation technology of the intelligent reasoning are described in detail and the result of test indicates that the adoptive technology is effective in intelligent embroidery programming.

Keywords Intelligent embroidery computer aided design, Inference mechanism, Image processing, Knowledge Presentation

1 引言

随着计算机技术和制造工艺技术的不断进步,电脑刺绣机的性能和功能都在不断地提高和完善,并最终促进了刺绣产业的飞跃发展。随着人民生活水平的提高,对绣品的质量要求高、品种要求更新快。但关键工艺编程所用的刺绣 CAD 系统相对落后,例如目前国际上流行的电脑刺绣 CAD 系统,画稿都是由娴熟的专业美术人员设计后,由工艺师根据样稿利用电脑刺绣 CAD 系统(又称刺绣编程系统)制成样稿,形成针位数据,并存储在磁盘或低介质上,然后送入电脑刺绣机进行批量生产^[1]。因此,其生产过程均用手工进行操作,因而费时费力,速度慢,效果差^[2];同时针法编制的智能化和自动化程度低,在实际生产中产生了瓶颈效应,制约了生产效率的提高^[3]。

目前,国内外市场上商品化的电脑刺绣编程系统主要有:日本的 Tajima、香港的天虹、中国的天木、美国的 Melco、德国的 ZSK 等等,它们各有千秋,总体上都属于手工或半自动辅助编程系统,智能化程度低^[4]。

为提高刺绣生产的智能化和自动化,提高刺绣绣品的产量和质量,促进刺绣产业的更进一步发展,以便满足广大用户的要求,我们在 863 高技术的支持下,并和加拿大 STITCHES CREATION INC 合作,研制了高效的智能化刺绣 CAD 系统 PDS(Precise Digitizing Solution)。该系统采用了人工智能、图

像处理和识别、软件工程和刺绣自动化等技术,大大提高了刺绣编程的智能化和自动化程度。

本文描述了智能刺绣 CAD 系统的软件系统结构,以及各部份的功能。重点描述了智能绣法推理技术,经实验和实际的应用表明,其效果很好,已达到实用化的目标。

2 系统结构

智能刺绣 CAD 系统^[5]的软件结构如图1所示,该系统主要由智能绣法推理、图像处理与识别、绣法和针法知识库、编针模块、输入输出和数据转换等功能模块组成,各功能模块相对独立,通过公用数据区传递信息,通过主控协调工作。各模块功能简述如下。

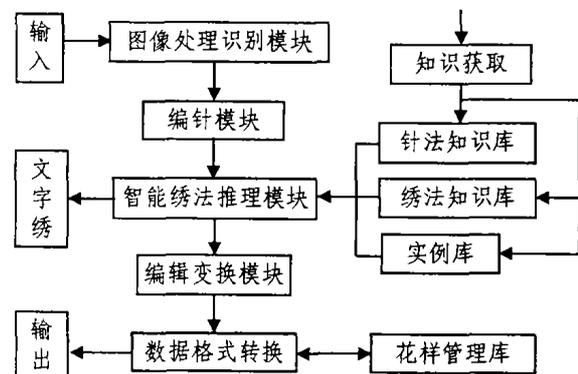


图1 软件系统结构图

^{*} 本文工作得到国家863计划(863-306-2704-01-3)资助。王崇骏 博士生,主要研究领域为 CAD & CG、图像处理和智能化信息系统。于汶滌 硕士研究生,研究方向是 CAD&CG 和智能化信息系统。谢 琪 高级工程师,主要研究领域为神经网络和模式识别。陈世福 教授,主要研究领域为人工智能理论应用。

1) 智能绣法推理模块:该模块根据图像处理和识别模块计算的图案的形状和轮廓特征信息由推理机选取相应的绣法和针法知识进行智能化自动编针,选取最佳的绣法和针法,产生针位数据,以便提供给电脑绣花机进行刺绣生产。

2) 知识库模块:该系统知识库包括针法知识库、绣法知识库和实例库,提供智能推理系统的编针知识。具体而言,针法知识库提供诸如“什么样的轮廓特征采用什么样的针法”的知识,而绣法知识库中则提供诸如区域走针顺序、区域起针、结束针点位置的确定原则、功能码和机器码的使用规则等知识。只有同时具备完备的针法库和绣法库,推理模块推理的结果才真正有效。

3) 图像处理和识别模块:对原始图像进行色彩图像增强、恢复、边缘检测以及聚类自动处理和识别,以获取图案的详细轮廓特征信息。

4) 编辑变换模块:主要完成各种绣段对象的编辑,包括移动、复制、剪切、粘贴、旋转、镜向、错切、整形、整针等等。

5) 文字绣模块:包括两个方面的功能:一方面将 Windows 的 TrueType 的字体转换成系统的字体文件,另一方面计算出用户输入的字符的轮廓,以提供给编针模块进行智能化编针。

6) 输入输出模块:该模块是将绣品数据依据具体的机器格式导入导出(包括磁盘文件保存、网络传输、直接与绣花机连接等),并负责当前绣品的显示、打印、网络传输等,同时能够依据指令将当前绣品的参数设置以模板或样式形式输出以供日后的复用。

7) 编针模块:按照针迹效果对指定的轮廓产生指定的针法,系统提供了手绣(Manu)、平针(Run)、包梗(Satin)、之字针(ZigZag)、榻榻米(Tatami)、符号绣(Letter)等10多种针法。

8) 花样管理器:提供用户一个管理花样的功能,用户可以通过该功能对花样进行浏览、打印以及各种机器格式的各种输出方式(磁盘、纸带、直接连接绣花机)的输出等管理功能。同时花样管理器还提供一个访问数据库的接口,有软件开发经验的用户可以依据此接口开发相关的数据库管理软件。

本文着重介绍智能绣法推理技术的设计和实现技术,其它模块的实现方法,因篇幅所限,不在这里赘述。

3 用于智能绣法推理的轮廓特征

智能绣法推理模块是根据轮廓数据和点标记,通过相应算法提取出其几何形状特征^[6,7],然后利用绣法知识和针法知识指导系统进行自动的智能化绣法推理,最终选取适合于该轮廓的绣法和针法。使用智能化绣法推理功能,系统可以根据用户输入的轮廓自动为其选择合适的绣法进行刺绣,无需用户再手工指定绣法和针法类型。

根据电脑刺绣领域的特点,我们将智能绣法推理的绣法分为两类:

1) 带绣:两条边的距离小于10mm 的区域称为带状区域,针对该型区域的针法统称为带绣,具体包括包梗、飘带、带席等,带绣是刺绣中使用频率最高的一种绣法,而面绣也是刺绣中很常用的一种绣法。

2) 面绣:用于对面装区域进行填针的针法的统称,具体包括席纹、波纹和锦纹等。

图2分别给出了带绣和面绣的一个实例。

根据刺绣工作者的经验,对绣法的选择很大程度上是根据图形轮廓的几何形状与几何关系等信息而进行的。由于图

形轮廓的几何形状与几何关系都可以利用算法对轮廓数据进行计算而获得,因此我们可以建立根据图形轮廓进行自动绣法选择相应的针法和绣法知识,通过对刺绣经验的认真总结和深入剖析,我们选用了两个对选择绣法类型最有效的图形轮廓特征参数,并用算法对其自动提取和计算;在此基础上,我们用产生式规则的形式建立了相应的绣法推理知识,并将其嵌入系统,从而实现智能绣法推理的功能。

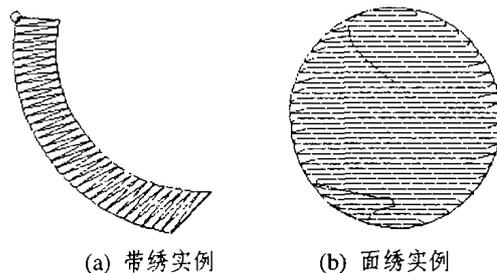


图2 带绣和面绣实例

3.1 轮廓特征

系统选用了下面两个图形轮廓特征参数进行绣法的智能推理:

定义1(轴向纵横比 R_{xy}) 每个图形轮廓都具有以其几何中心点为原点的坐标轴如图3中的 X 轴和 Y 轴。设该轮廓与 X 轴交点间的最大距离为 D_{xmax} ,与 Y 轴交点间的距离为 D_{ymax} 。则该图形轮廓的轴向纵横比 R_{xy} 定义为式(1):

$$R_{xy} = \frac{\text{Max}(D_{xmax}, D_{ymax})}{\text{Min}(D_{xmax}, D_{ymax})} \quad (1)$$

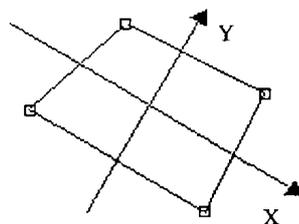


图3 图形轮廓坐标轴

定义2(纵轴绝对宽度 W_{abs}) 在图形轮廓的轴向纵横比判断的基础上,可以使用其纵轴绝对宽度进行进一步的绣法推理工作。其纵轴绝对宽度 W_{abs} 定义为式(2):

$$W_{abs} = \begin{cases} D_{xmax}, & \text{if } D_{xmax} < D_{ymax} \\ D_{ymax}, & \text{if } D_{xmax} \geq D_{ymax} \end{cases} \quad (2)$$

3.2 轮廓特征提取算法

在系统中,刺绣图形的轮廓是使用一组轮廓控制点的坐标及其类型来表示的。其数据类型表示为:

CArray <CMyPoint, CmyPoint> M_ptArray; //轮廓控制点的动态数组

其中,CMyPoint 是本系统中用于轮廓控制点的基本数据结构,具体定义是:

```

CLASS CMyPoint
{
float x; //X 方向坐标
float y; //Y 方向坐标
char cType; //点类型
float u; //轮廓上点标记信息
...
};
    
```

其中,轮廓控制点的点类型的取值有以下6种类型:

- 1) Curve//轮廓中弧段上的点
- 2) Corner//轮廓中直线上的点

- 3)CornerToCurve//轮廓中直线与弧段交点
- 4)CurveToCorner//轮廓中弧段与直线交点
- 5)EndCurve//轮廓中一个弧段的结束点
- 6)Direction//方向线

由于图形轮廓是基于点构造的,因此要提取出实现智能绣法推理所需的上述两个特征参数,需要设计相应的特征提取算法。考虑到图形轮廓中包含直线段或弧段,在算法设计时也应该分别考虑。

算法1 直线段轮廓特征提取算法

从图3中不难发现,图形轮廓的坐标轴与屏幕坐标轴是不一致的,因此在实施计算之前,需要进行坐标轴的对齐操作。直线段轮廓特征提取算法描述如下:

- Step1. 计算各相邻轮廓控制点之间的距离;
- Step2. 记录距离值最大的一对控制点,计算两点间连线的顺时针倾角 θ ;
- Step3. 对于所有轮廓控制点 (X, Y) ,按公式(3)计算其对齐后的坐标 (x', y') :

$$[x', y'] = [x, y] * \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & -\cos\theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

Step4. 计算坐标对齐后各轮廓控制点在轮廓坐标 X 轴和 Y 轴上的最大距离值 D_{xmax} 和 D_{ymax} ;

Step5. 按照公式(1)和(2)计算轮廓特征参数。

算法2 弧段轮廓特征提取算法

对于弧段轮廓,由于不能直接使用轮廓控制点坐标准确计算其轮廓特征参数^[6,7],如图4所示,因此不能直接利用上述的算法提取特征参数。为此,我们专门设计了弧段轮廓特征提取算法,其步骤如下:

Step 1. 设确定弧段的三点顺序为 p_1, p_2, p_3 ,该弧段在轮廓 X 轴上的两个交点为 P_{left}, P_{right} ,在轮廓 Y 轴上的两个交点为 P_{bottom}, P_{up} 。将屏幕坐标划分成如图5所示的四个象限;

Step 2. 根据点 p_1 和 p_3 所在象限的相互位置关系,同时利用点 p_2 的坐标位置,判断轮廓弧段经过 $P_{left}, P_{right}, P_{bottom}, P_{up}$ 四个交点中的哪几点;

Step3. 如果该轮廓弧段经过四个交点中的一个或几个点,则计算轮廓特征参数时,需要包含对该交点坐标的计算;

Step4. 利用式(1)和(2)中方法计算轮廓特征参数。

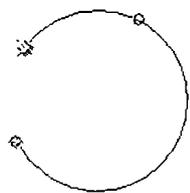


图4 弧段轮廓

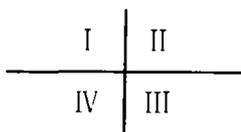


图5 弧段点位置

4 智能刺绣推理方法

系统设计了正向推理和基于 Case 推理算法,并与刺绣专

家一起,建立了基于产生式的绣法知识库和针法知识库,以及刺绣实例库。其绣法的产生式规则示例如下:

- 规则01: IF 轴向纵横比 $< 2.1mm$ THEN 绣法选用面绣;
- 规则02: IF 轴向纵横比 $> 2.1mm$ THEN 绣法选用带绣;
- 规则03: IF 选用带绣 AND 纵轴绝对宽度 $> 12mm$ THEN 选用带绣中的包梗绣法。

给出一幅刺绣图像经图像预处理后,根据上述的算法1和算法2,计算出图像轮廓的特征参数和图像几何形状,系统推理的过程是根据给定的轮廓形状和相互关系,首先利用基于 Case 推理方法去匹配刺绣实例库中的相似实例,如果有相似的刺绣实例,即调出该实例,再根据用户的要求进行相应的修改即可快速产生需要的刺绣针位样板。如果给定的图像轮廓形状在实例库中,没有相似的实例,则利用正向推理算法,在知识库中选择最佳针法和最佳绣法,并对该轮廓进行自动编针,然后对编针的结果数据,进行各种需要的编辑变换和优化操作,最后形成需要的刺绣样板,提供电脑绣花机进行生产。

5 运行实例

图6给出了一个对图像智能绣法推理的具体处理实例。图6(a)是由扫描仪输入的原始画稿图像;图6(b)是由图像处理和识别模块提取的轮廓图形(其中的毛刺已经预先剔除);图6(c)是根据轮廓图形由智能绣法推理机自动得出的针位数据样板,该样板即可供电脑刺绣机进行生产。



图6 智能推理示例

结束语 本系统采用 Visual C++ 编程实现,可以运行在 Windows 2000和 Windows XP 环境下。系统将图像识别、人工智能和刺绣编针等技术有机地融为一体,引入了丰富的刺绣知识和高效的推理机制。利用图像识别、刺绣知识和推理技术实现了电脑刺绣的自动编程,明显地提高了编程的效率和自动化,减轻了操作人员的劳动,解决了实际生产中的瓶颈问题,并且大大提高了刺绣成品的质量。目前,该系统已经进行试用,效果很好。

参考文献

- 1 陈世福,罗秋清,潘金贵. CEIP: 用于电脑刺绣的图像预处理系统. 软件学报,1992,1: 42~48
- 2 陈世福,谢俊元,袁峰. 智能刺绣编程系统 IEPS 的设计与实现. 计算机学报,1992,9: 685~690
- 3 孙佩蓝等编著. 苏绣针法与技巧. 南京: 江苏科学技术出版社, 1989. 12~45
- 4 李红兵,陈世福,陈兆乾. 智能电脑刺绣集成环境 ICEE. 计算机设计与图形学报,2000,12(1)
- 5 Meng Bo, Chen ShiFu. DPAL: Deductive Language for Embroidery Pattern Assembling. J. Computer Sci&Technol, 2000,15(6)
- 6 张显全. 一种工程图中圆的整体识别方法. 计算机科学,2003,30 (7):180~184
- 7 Katsaggelos A K. Digital Image Restoration. Berlin: Springer-Verlag,1991