

基于数字图像处理的纺织物辅助设计 模拟系统开发

孙佳理

(浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:文章研究并设计了一种基于数字图像处理技术(DIP)的纺织物辅助设计模拟系统。该系统通过将极大化思想、K-means 聚类以及形态学开闭运算有机结合,成功实现了从实际织物组织图中自动提取组织形态学结构,并提出了一种全新的组织纱线色彩替换算法,将各种组织结构模拟到纺织物设计图样中。实验证明,该系统能够实现很好的组织模拟效果。

关键词:纺织品;图像处理技术;K-means 聚类;HSV 颜色空间模型;色彩替换算法;真实感模拟
中图分类号:TP391 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2895(2015)04-0057-04

Design of Fabric Structure Simulation System Based on DIP

SUN Jiali

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The research and design of fabric structure simulation system based on digital image processing (DIP) was presented. Through the combination of maximization thought, K-means clustering and morphological opening-and-closing operation, the morphological structure of fabric was successfully extracted from actual weave diagram. Besides, a new method in order to change the color of yarns in the structure was proposed. It can simulate fabric structures in the textile design based on index images. Experiments show that this system generates great simulation results.

Key words: textiles; image processing techniques; K-means; HSV color space; color change algorithm; fabric simulate

近年来,随着计算机技术的发展,数字图像处理技术被广泛应用于纺织品分析、设计领域^[1-2]。为了在织物图样设计过程中能够利用实际组织结构进行模拟填充和仿真,获得模拟效果图,提高纺织物设计效率,本文设计了一种基于数字图像处理方法的纺织物设计模拟系统。本系统由组织块自动提取模块、组织点分布标记模块、纱线换色及图案模拟模块构成。本系统能够有效地将实际织物组织结构形态模拟到设计图样中,实现良好的辅助设计效果。

1 组织块自动提取模块

利用织物组织结构进行分析与模拟的前提是从织物扫描图中提取组织区块,而自动提取模块的引入能够极大地提高系统效率。

针对实际织物扫描图样中通常存在多种组织结构

的情况,首先采用高斯模糊和 K-means 聚类对图像整体进行预处理^[3]。在图像预处理过程中,采用适当的高斯滤波器对整幅织物图像进行模糊化处理,可以在很大程度上消除杂点,同时增强不同组织区域间的差异。假设整幅织物图像中有 N 种不同的组织结构,则由于组织区块之间结构、色彩的差异,模糊化处理之后整幅图像将呈现出 N 种不同且差异显著的组织区域。针对经过模糊化处理的整幅织物图像,通过人机交互给出组织结构数,采用 K-means 颜色聚类方法可以很好地识别并标记出 N 种组织结构区域,将 N 种组织机构所在区域使用二值图像形式进行存储,完成整幅织物图像的预处理。

鉴于多种组织结构大小、纱线紧密程度等相关参数的差异性,为了保证提取组织区块的有效性,研究表

收稿日期:2014-11-17;修回日期:2015-01-25

基金项目:国家科技支撑计划(2013BAH58F02)

作者简介:孙佳理(1990),男,江苏淮安人,硕士研究生,主要从事数字图像处理方面研究。E-mail:sunjiali1990@163.com

明,选取组织区域的最大内接矩形作为提取手段是相对有效的。在获得组织区域二值图的基础上,通过引入极大化思想,自动求取最大内接子矩形,从而完成组织区块的自动定位与提取。首先,将组织区域边界均看做障碍点,那么组织区域中内部不包含障碍点且边界与坐标轴平行的矩形定义为有效子矩形(简称子矩形);当子矩形外延达到区域边界障碍点,不能再向外扩展时,这就是极大子矩形。所有极大子矩形中的面积最大者称为最大子矩形。那么通过枚举极大子矩形,就能够找出最大内接子矩形。

极大化思想中,将组织区域内上端点覆盖到障碍点(包括区域边界)的垂直线段定义为基准线。那么由于极大子矩形的上边界必定包含障碍点,则其内部一定至少存在1条基准线。基准线尽可能向左右移动至障碍点即可获得1个子矩形,该子矩形未必是极大子矩形,但亦只能够向下扩展。如果将上述子矩形称为基准线对应的子矩形,那么所有基准线对应的子矩形集合一定包含了所有的极大子矩形。由此,枚举所有极大子矩形问题转化为枚举组织区域中所有基准线。

从垂直维度看,每条基准线都对应于横坐标上的1个点,那么假设组织区域是1个 $n \times m$ 的矩形,以此为例,以区域上边界为顶点,而上边界以外的任意1点作为底部端点都可以获得1根基准线,则区域中基准线的根数为 $n \cdot (m - 1)$ 。对于底部端点坐标已经确定为 (i, j) 的基准线,要获得其对应的子矩形,需要获得以下相关参数:线高 $H[i, j]$ 和移动时能够达到的左右坐标 $L[i, j]$ 、 $R[i, j]$ 。

当基准线底部端点坐标为 (i, j) 时,如果其上方坐标为 $(i, j - 1)$ 的点是障碍点,那么该基准线高度为1,它左右均可以移动到区域边界,其各相关参数为:

$$\begin{cases} H[i, j] = 1 \\ L[i, j] = 0 \\ R[i, j] = n \end{cases}$$

如果坐标点 $(i, j - 1)$ 不是障碍点,那么可以获得递归公式:

$$H[i, j] = H[i, j - 1] + 1。$$

求取 $L[i, j]$ 和 $R[i, j]$ 时,底部坐标点 (i, j) 对应的基准线的左右移动极限位置取决于 $(i, j - 1)$ 对应的基准线,以 $L[i, j]$ 为例,如图1所示。

由此可得递推公式:

$$L[i, j] = \max \begin{cases} L[i, j - 1] \\ (i, j - 1) \text{ 左边首个障碍点} \end{cases}$$

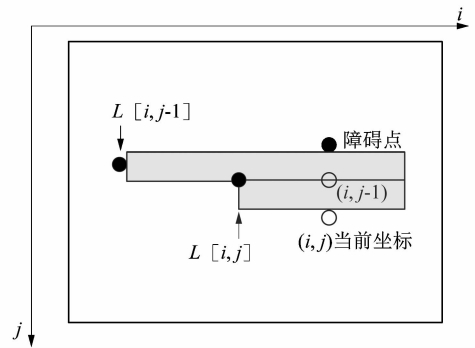


图1 $L[i, j]$ 递归关系图

Figure 1 Recursion relationship diagram of $L[i, j]$

$R[i, j]$ 的求法与此类似。因此,综合可得基准线的3个相关参数表达式:

$$\begin{cases} H[i, j] = H[i, j - 1] + 1 \\ L[i, j] = \max \begin{cases} L[i, j - 1] \\ (i, j - 1) \text{ 左边首个障碍点} \end{cases} \\ R[i, j] = \min \begin{cases} R[i - 1, j] \\ (i, j - 1) \text{ 右边首个障碍点} \end{cases} \end{cases}$$

在确定了所有基准线后,那么就可以获得该组织区域内所有极大子矩形,从中可以得到最大子矩形。根据最大子矩形来定位和提取出组织区块,可以很好地满足系统需求^[4]。

2 组织点分布分析模块

通过自动提取模块获得织物组织区块后,为了实现在组织模拟过程中的纱线换色功能,需要对纱线位置,亦即组织点位置的分布进行准确的分析与定位。

组织点分布分析模块中,鉴于实际织物在扫描时会在扫描方向的纱线上产生高亮区域,将RGB图像转到HSV颜色空间,对V通道信号进行均一化处理,再转回RGB颜色空间,能够有效地减少高亮区域对分析的影响。随后采用K-means聚类算法标记出不同色彩的纱线,亦即组织点的区域,进而可以获得标记分别不同种类组织点的二值图像^[5]。

此处面临的问题在于高亮点对于组织点的形态依旧有着较大的干扰,获得的二值图中存在很多连通域噪声,并且组织点形态并非十分理想。针对这一问题,引入开闭运算方法^[6]。鉴于组织点的形态以矩形为主,故而选用矩形作为开闭运算的结构元素。采用亮度投影曲线法,获得纱线密度^[7]。以纬纱宽度为基础进行调整以设定开闭运算的结构元素参数,能够很好地完成相关降噪、修正,得到较好的组织点分布标记图。以图2的组织结构为例,经过上述步骤能够得到如图3所示的较为准确的经组织点分布标记图。

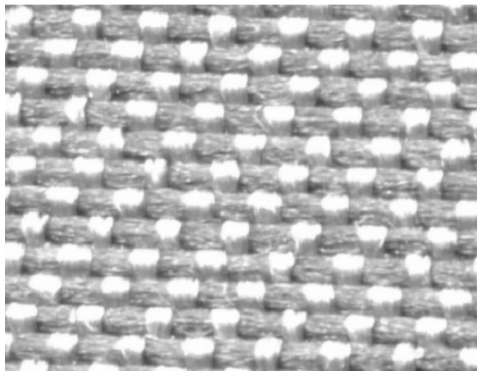


图2 原织物组织图

Figure 2 Original fabric structure chart

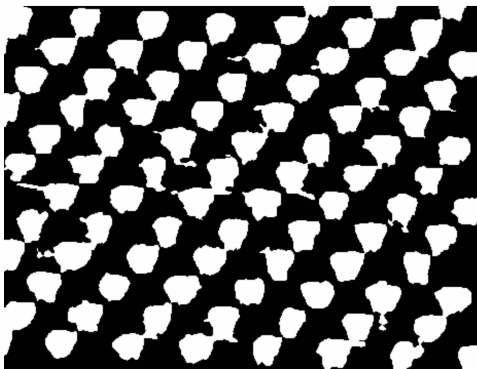


图3 经组织点分布标记图

Figure 3 Distribution diagram of
warp interlacing points

3 纱线换色和图案模拟模块

为了能够获得良好的视觉效果和辅助设计效果,在对组织块的模拟复用中,允许对纱线颜色进行替换是必不可少的。而在对纺织物组织结构进行纱线换色操作时,技术难点在于如何能够在换色的同时继续保持纱线的诸如弧度等形态特征^[8]。本文提出一种全新的纱线色彩替换算法,能够很好解决该问题。

研究发现,将 RGB 颜色空间中的织物图像转换到 HSV 颜色空间后,H、S 通道分别表示了图像的色调和饱和度,包含了图像的色彩信息;而 V 通道表示图像的亮度,其中就包含了织物组织的形态学特征。从织物的 HSV 图像中提取 V 通道信息并应用到换色算法中,能够很好地保留纺织物纱线的形态学特征。

各组织点一般由单一纱线占据,根据组织点分布模块中标记出的纱线位置和各纱线需替换的颜色,可以生成色彩分布图。将 RGB 格式的色彩分布图转到 HSV 颜色空间,然后将 V 通道信号替换为原组织图 HSV 格式中 V 通道的信号,随后将结果转换成 RGB 图像,完成换色过程。以图 2 中所示的组织结构为例,

换色效果如图 4 所示。通过这种方法,可以在对纱线颜色进行替换的同时保留纱线的各种形态学特征,以便于实现较好的模拟效果。

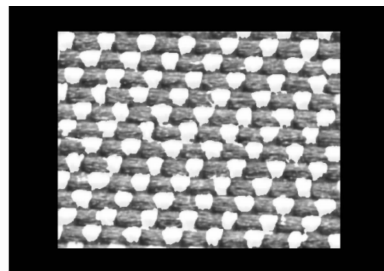


图4 纱线换色后的织物组织图

Figure 4 Fabric structure chart after
the color changing of yarns

织物组织块提取的目的在于能够将实际织物组织的形态特征模拟到纺织物图案设计中。

图 5 中为模拟系统设计界面,加载如图所示的设计图样索引图。根据所需模拟组织块的大小和设计图样的大小以及分辨率要求,对各组织结构块均通过扩展组织循环数得到与索引图大小相同的组织结构图。再根据索引图的区域标记以及各区域设计采用的组织结构模拟方案,将组织结构图映射到索引图中,就可以获得如图 6 中系统所示的设计模拟图^[9]。通过选择不同的组织结构与色彩搭配,就能够呈现出完全不同的模拟效果。



图5 织物索引格式设计图样

Figure 5 Index image of fabric design

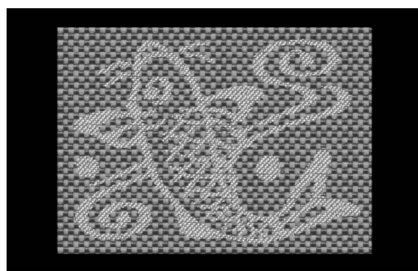


图6 组织结构模拟图

Figure 6 Simulation diagram of fabric structures

(下转第 68 页)