

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.03.002

基于 WebGL 的织物模拟展示系统开发

周博文, 张森林, 樊臻

(浙江大学电气工程学院, 浙江杭州 310027)

摘要:为了在计算机辅助设计(CAD)中实现织物模拟功能,设计了一个基于 WebGL 的织物模拟展示系统。通过 K-means 聚类算法提取光照影响下的真实织物组织结构;基于实际组织结构对织物图案进行二维效果模拟;利用二维模拟效果图进行区域划分,使用伪曲面网格模型结构,在基于 WebGL 的三维模拟中对应三维模型上的自定义区域,最后融合光照模型能模拟出织物在实际三维场景下的真实感模拟效果。模拟结果表明可以得到具有真实感的效果,实现了模拟效果的场景化。该系统可以很好的实现织物二维和三维模拟的结合,具有辅助设计的功能和较好的实用价值。

关键词:织物组织结构;WebGL;真实感模拟;伪曲面网格

中图分类号:TP391.41

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2017)03-0005-04

Design of Fabric Simulation System Based on WebGL

ZHOU Bowen, ZHANG Senlin, FAN Zhen

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

Abstract: In order to realize the function of fabric simulation in computer aided design (CAD), the fabric simulation display system based on WebGL was designed. The real fabric structure was extracted by K-means clustering algorithm. The 2D simulation was generated by the real fabric structure and divided into areas. The 3D simulation based on WebGL adopted the pseudo-curved mesh model to correspond to the self-defined region on the three-dimensional model. The 3D simulation blended with illumination model simulated the fabric realistic simulation in 3D Scene. The simulation results show that the realistic effect can be obtained. The system can be used to realize the combination of 2D and 3D simulation of fabric, and has the function of auxiliary design and better practical value.

Keywords: fabric weave structure; WebGL; realistic simulation; pseudo-curved mesh

随着计算机建模仿真技术和传统纺织行业飞速发展,纺织 CAD 得到很大的发展,也提高了纺织业的生产效率。^[1]现在市面上很多纺织 CAD 软件都包含织物模拟仿真技术解决模块,其中大部分的解决方案都是基于纱线的数学模型去搭建二维模型架构。笔者提出了一种基于组织结构的二维模拟,借助 WebGL 技术和 Three.js 库实现三维场景模拟,通过 web 开发整套模拟系统,使用户更便捷的进行织物设计,加速产品的研发,增加产品的市场核心竞争力。

系统是通过提取实际织物组织结构构建组织结构数据库,通过实际织物组织结果去实现织物的二维真实感模拟,基于 WebGL 的三维模拟构成的一套完整的

织物模拟展示系统。^[2]该系统将设计的织物样品更加真实完整的展示到实际三维场景中,能实现很好的辅助设计效果。

1 组织结构提取

织物组织是指经纬线按一定的规律相互浮沉交织。^[3]常见的织物组织主要有 3 种:平纹、斜纹和缎纹组织,如图 1 所示。

图中组织结构都是基础的简单组织结构,实际织物组织更加丰富和复杂,很多织物模拟都是基于对纱线建模,通过经纬组织图模拟,得到最后的二维模拟图。但是这种模拟图一般会缺少随机性和真实感,文中采用的是基于实际组织结构去模拟二维模拟图,这

收稿日期:2016-11-20;修回日期:2017-03-15

基金项目:浙江省公益技术应用研究项目(2014C31G2010067);科技支撑计划(BE2014099)。

第一作者简介:周博文,男,湖北天门人,硕士研究生,主要研究方向为图像处理技术。E-mail:zhoubowen2008ysz@163.com

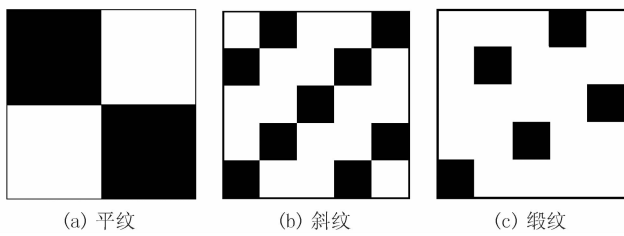


图1 常见织物组织

Figure 1 Common weave structure

样能保证随机性和真实感。所以通过分析织物扫描图来提取实际织物组织结构是非常必要的。

在提取织物组织结构过程中,需要对实际的织物扫描图的扫描分辨率进行统一。为方便后期归一化,系统采用的分辨率为1 000 dpi。获取扫描图中的单一组织块区域,保存这个区域中的所有像素点的RGB值,通过对扫描图的经组织点和纬组织点的像素值进行颜色聚类,系统采用的是K-means聚类算法得到的织物组织结构。图2所示为实际织物扫描图。

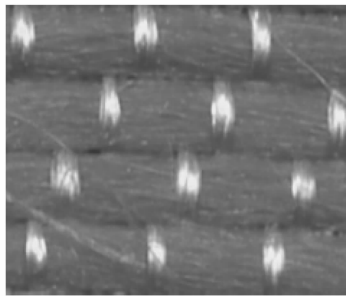


图2 实际织物扫描图

Figure 2 Actual fabric scans

具体步骤:

1) 首先选取2个初始聚类点作为聚类中心点,记为 μ_1, μ_2 ;

2) 计算剩余像素点 $P(m, n)$ 与初始聚类中心 μ_1, μ_2 的色差,取最小色差

$$C(i) = \arg \min_j \| P(m, n) - \mu_j \|^2;$$

式中: (m, n) 表示图片中像素点对应的坐标位置; $P(m, n)$ 表示的是图片中 (m, n) 像素点的RGB值; j 表示的是聚类中心的标号; μ_j 表示对应的第 j 个聚类中心。

3) 根据新的聚类区域重新计算新的聚类中心点,记为 μ_1', μ_2' ;

4) 重复以上步骤,直到聚类中心点 μ_1, μ_2 不再变化,输出聚类结果。

基于上述步骤,得到聚类的组织结构如图3(a)所示,可以看出效果不是很理想,与实际差别较大。分析

聚类过程可知,由于采用的聚类数据是扫描图的像素点的RGB值,而扫描图由于有光照干扰,导致聚类效果不佳。

在图像处理中,HSI颜色空间是一种人视觉系统感知彩色的方式,它的3个参数分别代表色调 H 、饱和度 S 和亮度 I ,是对RGB颜色空间的3个参数重新编码得到的新的颜色表示方式。^[4]为了消除光照影响,系统采用HSI颜色空间,消除光照参数干扰,对经线和纬线重新聚类。RGB颜色空间转换到HSI颜色空间是非线性的过程,所以需要先对图片的噪声进行高斯滤波。^[5]HSI颜色空间中亮度是单独隔离的参数 I ,所以聚类时可以排除亮度参数 I 的干扰得到真实组织结构如图3(b)所示。通过图2的实际扫描图,对比图3中的两个提取的组织结构图,可以看出图3(b)消除了扫描图中部分区域的光照影响,聚类效果更符合实际一些。采用图3(b)的组织结构去模拟织物会有更真实感。

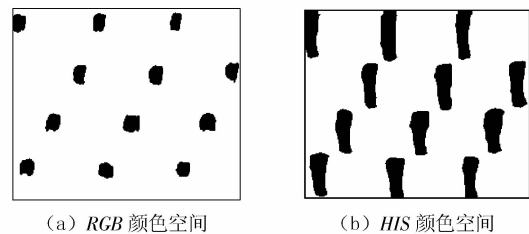


图3 实际组织结构

Figure 3 Structure actual weave

2 二维织物模拟

纹理指的是物体表面的细节表现,是物体外观的一种表现形式。^[6]借助纹理映射技术可以将物体表面的纹理更换为希望的纹理。系统数据库中保存有多种纱线的纹理特征数据。当需要替换指定纹理区域时,通过对应区域的一一纹理映射,对亮度进行融合处理,这样可以提高织物模拟效果的真实感。

在图像处理技术中,有很多的图像插值技术被用于纹理映射中。图像插值技术可以通过图像的一点像素值去获得未知的像素点值,帮助解决图像的映射和缩放等问题。常见的插值算法有最临近插值法、双线性插值法、三次多项式插值法以及三次卷积插值法等。^[7]最临近插值简单但是效果不佳;双线性插值通过对当前像素周围4个像素点运算得到,不会出现像素值不连续的情况,但其具有低通滤波性质,可能使图像轮廓变得模糊;三次卷积插值不具有低通滤波器的性质,能有效的改进边缘的平滑度,但需要对像素点周围的16个点进行计算,主要通过一个三次多项式逼

近最优理论插值方程:

$$S(x) = \sin(\pi x) / \pi x。$$

式中: x 为周围点和目标点的相对距离; $S(x)$ 为理论插值。三次卷积插值法的缺点在于计算量大。3 种插值方法各有优势,但是系统要求的模拟精度比较高,而且现在电脑都能满足三次卷积插值法的运算量,所以系统选用三次卷积插值法来进行纹理映射。

通过组织聚类方法提取的真实织物组织结构如图 4(b)所示,使用三次卷积插值法进行纹理映射,由于原始图片缺失亮度信息,所以系统在进行纹理映射后需要进行亮度融合。亮度融合同样是需要要在 HIS 颜色

空间进行融合,通过颜色转换将原始场景的 R, G, B 值转化为对应的 H_0, S_0, L_0 ,再将融合目标纹理的 R, G, B 值转换为 H, S, L 值,最后利用颜色融合公式得到最终的纹理效果的 H', S', L' :

$$\begin{cases} H' = H, \\ S' = S, \\ L' = (1 - k)L + kL_0。 \end{cases}$$

式中: k 为权重,决定了原始场景的亮度在映射后的像素点亮度的比重。图 4(a)为选定的新的纹理表面模拟图 2 的实际扫描图,经过颜色索引去构造新的织物图案如图 4(b)所示,结构放大图如图 4(c)所示。

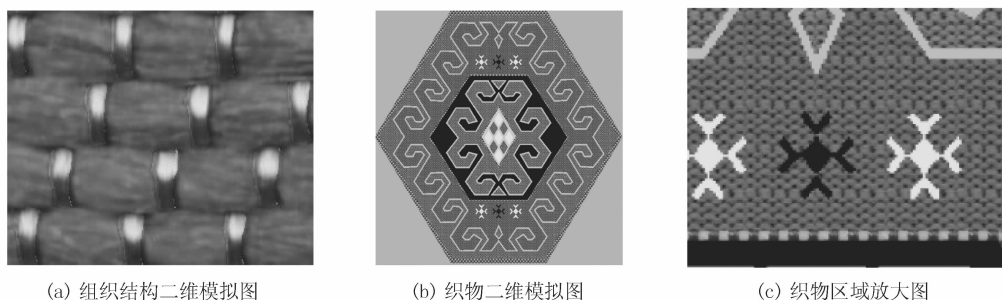


图 4 二维模拟效果图

Figure 4 Two-dimensional simulation

3 三维场景模拟展示

系统平台基于 Web 平台,前端显示效果和参数设置,后台服务器处理数据的交互和运算。三维场景模拟是其中重要的功能模块,用户可以在网页端看到完整的织物在现实场景中的模拟效果,还可以通过网页进行交互模拟设计。

系统的三维模拟采用的是 WebGL 技术。^[8] WebGL 是一种 3D 绘图标准。Three.js 的 3D 引擎是整个三维模拟系统的核心技术,由 HTML5 和 JavaScript 组成,是 Web 端三维展示的一种优秀解决方案。

WebGL 采用的是笛卡尔坐标系即具有 X, Y, Z 共 3 个轴方向, Z 轴表示深度。WebGL 只绘制观察者视野范围内的物体,当视野角度改变,WebGL 绘制的内容也会随着观察者的视野改变而改变。一般人类的观察视野的水平角度为 200° 左右,WebGL 绘制对象时通过控制 Z 轴的深度来控制观察者的视野深度。

Three.js 是一个开源的 3D 引擎,需要指定场景(scene),照相机(camera)和渲染器(render),只有这 3 个部分都存在,才能构成三维场景。^[9] 系统中的场景采用的是原始场景,使用透视投影(perspective camera),视野宽度为 45° ,场景尺寸和显示屏尺寸相

同。渲染器选择 WebGL 渲染器的实时渲染。光照采用基本光(ambient light)。相机控制采用轨道卫星控制模式(orbit controls),以鼠标拖动改变场景的方向,通过滑轮控制视窗大小。

实际用于织物展示模型有很多,系统主要采用了床单、窗帘、人体和手提包等常见的三维模型,图 5 所示是一个床的三维网格模型。三维模型的搭建需要专业的三维编辑软件,模型的文件为 obj 和 mtl 格式,其中 obj 模型是没有纹理特效的,obj 文件是一个描述 3D 模型点面坐标位置关系的文件。mtl 中的参数是设置表面材质的,mtl 文件由 3 个部分构成:材质颜色光照定义、纹理贴图定义和反射贴图定义。一个三维模型需要 mtl 和 obj 文件来关联使用。

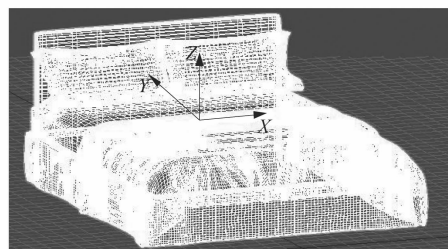


图 5 床的三维网格图

Figure 5 3D mesh model of bed

系统的三维模型基本框架如图6所示。三维模拟系统主要由模型数据、纹理数据和配置文件构成,系统通过前端选择模型编号、纹理图路径及贴图区域等参数,通过异步 ajax 传输和后台进行交互,通过对应的



图6 三维模拟结构图

Figure 6 Structure of 3D simulation

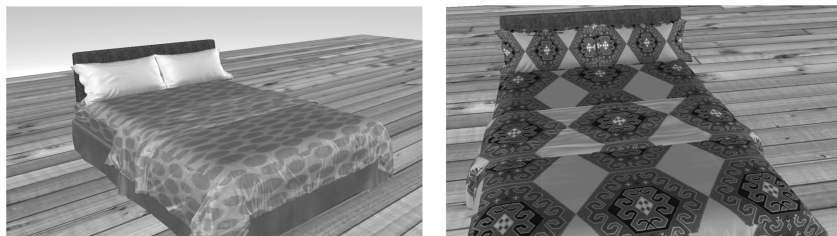
4 结语

笔者介绍了一个织物模拟展示系统的框架,通过Web平台能从二维模拟过渡到三维模拟展示。在HIS颜色空间下提取织物扫描图的组织结构,基于织物组织结构的纹理映射可以得到具有真实感的效果,通过WebGL和three.js的三维模拟展示,实现了模拟效果的场景化,对设计师和消费者都具有一定的参考价值。该系统可以很好的实现织物二维和三维模拟的结合,具有辅助设计的功能和很强的实用价值。

参考文献:

- [1] 任莺,张瑞云. 国内外纺织CAD发展状况及动向[J]. 纺织学报, 1999,20(6):383-385.
- [2] 朱华健,张森林. 织物模拟技术分析及基于OpenGL的三维效果实现[J]. 江南大学学报,2004,3(2):140-144.

Struts2中的对应的action去调用相应的三维纹理映射程序。图7(a)所示为床的原始三维场景图,选择图4(b)生成的图案对床上的枕头、被子、床单进行映射,图7(b)所示为对应的三维展示效果。



(a) 原始三维场景图

(b) 实物三维展示图

图7 三维效果展示图

Figure 7 3D display

- [3] 张森林,姜位洪. 纺织CAD技术的应用及其发展方向[J]. 纺织学报,2004,25(3):126-129.
- [4] 刘建伟,侯翔文. 一种改进的HIS图像融合算法[J]. 西安工业大学学报,2013,33(5):368-371.
- [5] 孙慧贤,张玉华,罗飞路. 基于HIS颜色空间的色彩边缘检测方法研究[J]. 光学技术,2009,35(2):221-224.
- [6] 刘丽,匡纲要. 图像纹理特征提取方法综述[J]. 中国图像图形学报,2009,14(4):622-635.
- [7] 符祥,郭宝龙. 图像插值技术综述[J]. 计算机工程与设计,2009,30(1):141-144.
- [8] 汪浩,田丰,张文俊. 基于WebGL的交互平台设计与实现[J]. 电子测量技术,2015,38(8):119-122.
- [9] DIRKSEN J. Learning three.js: the JavaScript 3D library for WebGL[M]. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing Limited, 2013.

(上接第4页)

参考文献:

- [1] 菲尼马OR. 食品化学[M]. 北京:中国轻工业出版社,1991:20.
- [2] 余小颖,李学斌,闫丽萍,等. 不同冻结和解冻速率对猪肉保水性和超微结构的影响[J]. 农业工程学报,2007,23(8):261-265.
- [3] ERSOY B, AKSAN E, OZEREN A. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*) [J]. Food chemistry, 2008, 111(2):377-380.
- [4] CHANDIRASEKARAN V, THULASI G. Effect of different thawing method on physic-chemical characteristics of frozen buffalo meat[J]. Journal of food technology, 2010, 8(6):239-242.
- [5] BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, THONGKAEW M, et al. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage [J]. Food research international, 2003, 36(8):787-795.
- [6] XIA Xiufang, KONG Baohua, XIONG Youling, et al. Decreased gelling and emulsifying properties of myofibrillar protein from repeatedly frozen-thawed porcine longissimus muscle are due to protein denaturation and susceptibility to aggregation [J]. Meat science, 2010, 85(3):481-486.
- [7] LEYGOIE C, BRITZ T J, HOFFMAN L C. Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich M. iliofibularis [J]. Meat science, 2012, 91(3):364-368.
- [8] TOKUR B, KANDEMIR S. The effects of different thawing methods on protein quality of frozen fish [J]. Journal of fisheries sciences, 2008, 2(1):100-106.
- [9] 刘学浩. 食品冷加工工艺[M]. 北京:中国展望出版社,1983:27.
- [10] 郑霞,万江静,高振江,等. 红外干燥技术在果蔬加工中的研究现状与展望[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):1-6.