

基于 Retinex 图像增强算法的面部皮肤光泽度评价研究

焦志鑫 王 瑜 王小艺 董银卯 孟 宏 赵 华
(北京工商大学 中国化妆品研究中心 北京 100048)

摘要: 研究基于 Retinex 图像增强算法的皮肤光泽度评价方法。通过对 196 名志愿者进行仿真实验,构建面部皮肤图库,利用单尺度 Retinex 算法将读入的人脸皮肤图像 $S(x, y)$ 转换成反射图像 $R(x, y)$,计算出 $R(x, y)$ 的像素均值和方差值,将其与使用光泽度测试仪测出的光泽度值分别归一化,并利用相对平方误差法进行误差分析。结果表明 $R(x, y)$ 像素均值法对面部皮肤光泽度评价效果理想,误差在 0.13 以内。

关键词: 面部皮肤; Retinex 图像增强算法; 光泽度

中图分类号: TQ658

文献标识码: A

文章编号: 1001-1803(2015)08-0443-04

DOI: 10.13218/j.cnki.csdc.2015.08.006

Research on gloss evaluation of facial skin based on Retinex algorithm

JIAO Zhi-xin, WANG Yu, WANG Xiao-yi, DONG Yin-mao, MENG Hong, ZHAO Hua

(China Cosmetic Research Center, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: Based on Retinex theory, an evaluation model for measuring gloss of people's facial skin was established. Via the simulation experiments on samples of 196 volunteers, a library of people's facial skin images was built, which was accessed by means of single scale Retinex algorithm to transform the readings of people facial skin images $S(x, y)$ into reflectance images $R(x, y)$. By this way, the mean and variance of pixels of $R(x, y)$, which were processed in normalizing with the gloss reading given by gloss meter and the error analysis was conducted by use of relative square error method. The experimental results indicated that the evaluation on facial skin gloss by $R(x, y)$ pixel mean method agrees with that measured by the gloss meter with an error ratio of less than 0.13. Therefore, the method can be deemed as a suitable, simple and effective way to evaluate people's facial skin gloss.

Key words: facial skin; Retinex algorithm; gloss

随着物质生活水平的不断提高,人们对肤质的重视度越来越强。皮肤作为人体的天然屏障,具有保护、感觉、吸收、分泌、排泄、免疫和调节体温等作用。面部肤质作为重要的审美标准之一,简单有效的面部皮肤评价方法具有重要的科学价值和实际意义^[1]。

目前,国内外诸多研究者致力于肤质评价的研究,谷春静等^[2]总结了国内外皮肤表面检测技术和参数

分析技术的发展现状,归纳了目前用于皮肤纹理评价的各类方法,并比较了各方法的优劣;唐莉等^[3]提出了皮肤弹性无创性评价方法,将皮肤弹性的研究加以量化,使皮肤弹性的评价有了客观的标准。上述方法虽然都达到了一定的准确度,但是普遍存在算法复杂和可操作性差等问题,而且大多是研究面部皮肤的纹理度和粗糙度等常见指标。

收稿日期: 2015-01-05; 修回日期: 2015-08-06

基金项目: 北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划资助项目(CIT&TCD201404031); 北京工商大学促进人才培养综合改革项目(19005428069/007)

作者简介: 焦志鑫(1990-),男,山西人,硕士研究生, E-mail: jiaozhixin0309@126.com。

通讯联系人: 王 瑜,副教授,博士,电话: 13521880639, E-mail: wangyu@btbu.edu.cn。

光泽度是用数字表示物体表面接近镜面的程度,是构成物质表面视觉特征的重要参数之一。光泽度研究在其他领域相对较多,如刘亚娜等^[4]利用近红外光谱技术结合偏最小二乘法对天然高分子材料表面光泽度的模型预测值与实测值的相关性进行了研究,探讨了近红外漫反射光谱技术快速测定天然高分子材料木材表面光泽度的可行性;Jung等^[5]研究了人类双目对光泽度的感知,利用双眼色差显示了一个三维设备物体的表面光泽度。但是,针对人体肤质重要指标之一的光泽度评价研究至今未见文献报道。

Retinex 是一种常用的图像增强方法,由 Land^[6]于 1963 年提出。Retinex 的基础理论是物体的颜色由物体对长波(红色)、中波(绿色)和短波(蓝色)光线的反射能力来决定,而不是由反射光强度的绝对值来决定,物体的色彩不受光照非均匀性的影响,具有一致性,即 Retinex 是以色感一致性(颜色恒常性)为基础的。利用 Retinex 算法可以处理雾天退化图像,进而有效地去除雾的退化作用,提高图像的对比度和清晰度。笔者拟建立一种基于 Retinex 图像增强算法的面部皮肤光泽度指标评价方法,以期提出一种对面部皮肤光泽度的快速、有效的评价方法。

1 实验部分

1.1 主要仪器

高清 500 万像素全自动皮肤测试仪,最大图像分辨率 2 560 × 1 920,兼容系统为 Windows XP 和 Windows 7, EHANG 亿衡电子有限公司; GL200 皮肤光泽度测试探头,德国 CK 公司。

1.2 基于 Retinex 的面部皮肤光泽度评价

1.2.1 单尺度 Retinex 算法

单尺度 Retinex 算法(SSR)是图像增强领域常用的一种算法。根据 Land^[6]提出的理论,一幅给定的图像 $S(x, y)$ 可以分解为 2 幅不同的图像,即反射图像 $R(x, y)$ 和入射图像 $L(x, y)$,其原理如图 1 所示。

SSR 算法可以使用式(1)和(2)表示:

$$S(x, y) = R(x, y) \cdot L(x, y) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} r(x, y) &= \lg R(x, y) = \lg \frac{S(x, y)}{L(x, y)} \\ &= \lg S(x, y) - \lg [F(x, y) * S(x, y)] \end{aligned} \quad (2)$$

式中 $r(x, y)$ 为输出图像,“*”为卷积符号; $F(x, y)$ 为中心环绕函数,可用式(3)表示:

$$F(x, y) = \lambda \exp \left\{ -\frac{x^2 + y^2}{c^2} \right\} \quad (3)$$

式中 c 表示高斯环绕尺度; λ 为尺度参数。

• 444 •

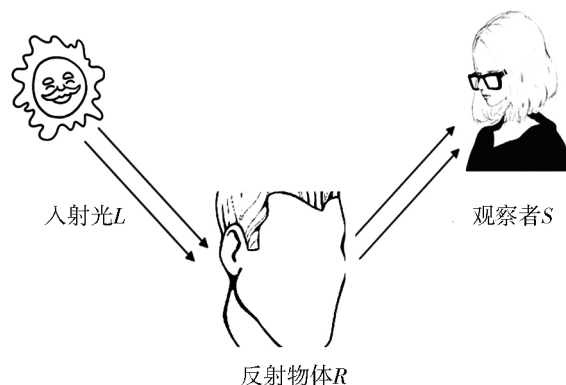


图1 SSR 算法原理图

Fig. 1 Scheme for principle of SSR algorithm

1.2.2 基于 Retinex 的面部皮肤光泽度评价指标

图像的像素均值和方差值是描述图像像素集中趋势和离散程度的 2 个最重要、最有效的参数。利用单尺度 Retinex 方法可以将读入的人脸皮肤图像 $S(x, y)$ 转换成反射图像 $R(x, y)$, 计算出 $R(x, y)$ 的像素均值和方差值,作为面部皮肤光泽度的评价指标。

为了测试设计的评价指标是否能真实地反映实际面部肤质情况,将其与使用光泽度测试仪测出的光泽度值进行归一化并利用相对平方误差(RSE)法进行误差分析。RSE 算法见式(4):

$$RSE = \frac{(r_1 - r_2)^2}{r_1^2} \quad (4)$$

式中 r_1 代表真实值; r_2 代表测试值;RSE 值是一个大于 0,小于 1 的正数,其值越小,表明误差越小,得到的评价指标越准确,越能真实地反映面部肤质的实际情况。

1.2.3 基于 Retinex 的面部皮肤光泽度评价流程

具体评价流程为:读入一张拍摄的人脸皮肤图像 $S(x, y)$ 作为评价对象;利用式(2)得到反射图像 $R(x, y)$;分别计算 $R(x, y)$ 图像的像素平均值和方差值,即为评价面部皮肤光泽度指标;使用 RSE 法进行算法误差分析。

1.3 数据采集

对 196 名(男性 20 名,女性 176 名)志愿者进行面部皮肤图像采集,具体部位为额头、左眼角、左脸颊和下巴,志愿者年龄段集中在 18 ~ 24 岁。由于最终研发成品(皮肤诊断仪)的用户主要针对女性,所以以女性样本为主。

测试光源波长范围为 400 ~ 750 nm,光照度为 300 ~ 500 lx。确保每组数据测试环境(光线、温度和水分等)的舒适性与一致性,保证面部洁净、干爽,维持整个测试环境安静、友好。测试流程图见图 2。

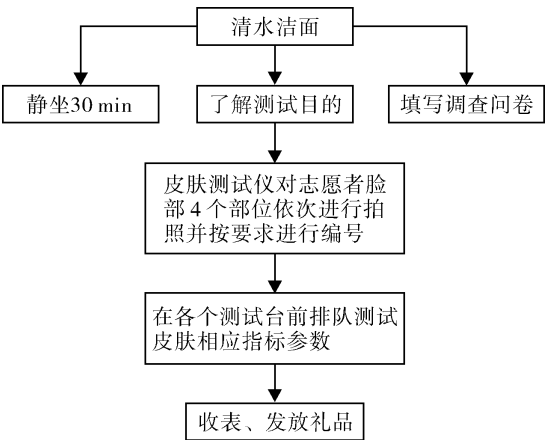


图 2 样本数据采集流程图

Fig. 2 Flow diagram for sample data collection

2 结果与讨论

2.1 面部皮肤图库构建

在由 196 名志愿者构建的面部皮肤图库中,男性的皮肤图片编号依次为 21001 ~ 21020 ,女性的皮肤图片编号依次为 22001 ~ 22176。编号 22021 的面部皮肤采集如图 3 所示。

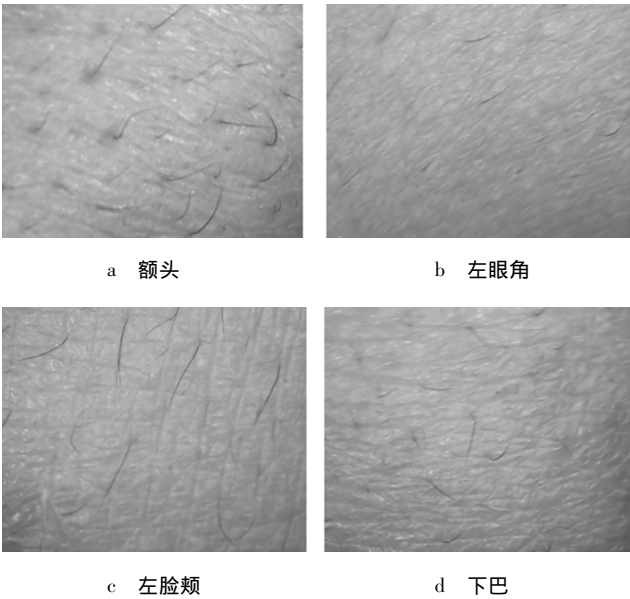


图 3 采集面部皮肤图库实例(编号 22021)

Fig. 3 Samples from library of people’s facial skin images (No. 22021)

2.2 基于 Retinex 的皮肤光泽度计算及误差分析

利用单尺度 Retinex 算法获得反射图像 $R(x,y)$,并分别计算出 $R(x,y)$ 图像像素点的均值和方差值 ,具体结果见表 1 和表 2。

表 1 $R(x,y)$ 图像像素点均值(部分)
Tab. 1 Mean of image pixels (partial)

编号	均值			
	额头	左眼角	左脸颊	下巴
21001	0. 907 03	0. 839 49	0. 849 59	0. 818 03
21002	0. 944 41	0. 961 41	0. 945 51	0. 936 50
21003	0. 829 72	0. 902 76	0. 902 40	0. 732 21
22098	0. 844 34	0. 923 35	0. 728 22	0. 549 57
22099	0. 765 77	0. 946 38	0. 773 60	0. 756 78
22100	0. 882 06	0. 895 79	0. 817 03	0. 916 42
22174	0. 657 81	0. 776 94	0. 814 16	0. 664 10
22175	0. 730 37	0. 790 09	0. 840 44	0. 705 15
22176	0. 934 29	0. 787 44	0. 572 37	0. 724 35

表 2 $R(x,y)$ 图像像素点方差值(部分)
Tab. 2 Variance of image pixels (partial)

编号	方差值			
	额头	左眼角	左脸颊	下巴
21001	0. 000 60	0. 000 62	0. 000 83	0. 000 85
21002	0. 001 30	0. 000 18	0. 000 31	0. 001 66
21003	0. 001 11	0. 000 53	0. 000 45	0. 001 87
22098	0. 001 35	0. 001 04	0. 013 40	0. 011 11
22099	0. 003 56	0. 000 59	0. 017 13	0. 021 30
22100	0. 001 96	0. 002 24	0. 007 86	0. 006 59
22174	0. 009 30	0. 006 49	0. 003 77	0. 010 85
22175	0. 010 29	0. 008 67	0. 004 86	0. 009 81
22176	0. 000 39	0. 004 48	0. 010 61	0. 026 94

为了进行 $R(x,y)$ 的像素均值与方差值的误差分析 ,利用皮肤光泽度测试仪测量志愿者面部皮肤的光泽度 ,作为图库图像光泽度参考值 ,部分数值见表 3。

表 3 图库图像光泽度参考值(部分)
Tab. 3 Reference for gloss of images from the library (partial)

编号	光泽度参考值			
	额头	左眼角	左脸颊	下巴
21001	3. 70	3. 07	4. 18	2. 87
21002	5. 22	4. 31	6. 49	3. 55
21003	9. 35	6. 69	9. 80	3. 09
22098	9. 90	8. 77	6. 56	4. 94
22099	10. 25	8. 28	6. 92	5. 29
22100	8. 69	4. 04	5. 82	3. 89
22174	9. 21	4. 27	5. 51	5. 95
22175	8. 90	7. 73	8. 65	7. 77
22176	7. 18	2. 94	3. 12	2. 14

将图库图像光泽度参考值与 $R(x,y)$ 的像素均值和方差值分别归一化 ,归一化值对比情况见图 4。从图 4 可以看出 ,均值比方差值更接近皮肤光泽度测试仪所测光泽度值。

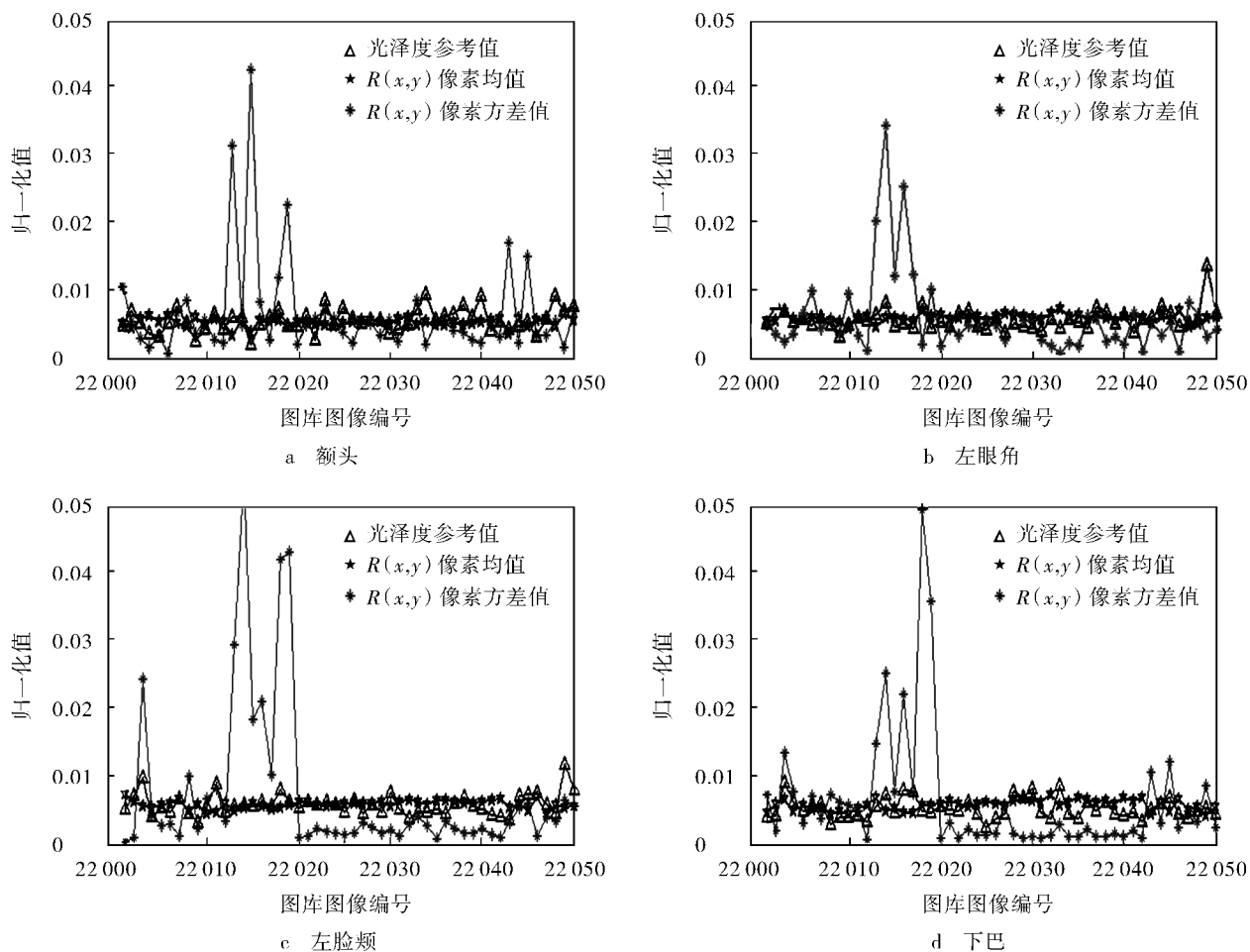


图 4 归一化值对比图(部分)

Fig. 4 Comparison chart of the normalized value (partial)

将 $R(x,y)$ 的像素均值和方差值的归一化值与使用光泽度测试仪测出的光泽度参考值的归一化值利用 RSE 法进行误差分析,并求 196 名测试者不同部位的 RSE 误差值的均值,结果见表 4。

表 4 196 名测试者不同部位的 RSE 误差值的均值

Tab. 4 Average RSE error ratio of different parts of 196 volunteers

面部部位	RSE	
	均值法	方差法
额头	0.088 769	0.261 397
左眼角	0.108 966	0.261 140
左脸颊	0.089 248	0.281 699
下巴	0.122 419	0.306 957

从表 4 可以看出,无论是利用均值法还是方差法,误差大体能控制在 0.3 以内,均值法得到的结果比方差法更加准确,误差在 0.13 以内。

4 结论

通过对 196 名志愿者样本进行仿真实验,利用单尺度 Retinex 方法得到人脸图像的反射图像,并将其像

素值的均值作为评价指标。将像素值的均值与使用光泽度测试仪测出的光泽度值分别归一化,并利用 RSE 法进行误差分析可以得出该方法误差在 0.13 以内。该方法为皮肤评价提供了快速、准确的方法,也为化妆品研发者针对不同肤质开发相应的化妆品提供了技术指导。

参考文献:

[1] 刘国银. 浅谈皮肤的保健[J]. 中国保健营养, 2013, 23(2): 608 - 609.

[2] 谷春静, 蒋大林. 图像处理中皮肤纹理评价方法的研究[J]. 仪器仪表学报, 2008: 404 - 406.

[3] 唐莉, 李利. 皮肤弹性无创性评价及在皮肤科的应用[J]. 中国美容医学, 2007(5): 710 - 712.

[4] 刘亚娜, 杨忠, 吕斌, 等. 木材表面光泽度的近红外漫反射光谱技术快速测定研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(3): 648 - 651.

[5] JUNG W S, MOON Y G, PARK J H, et al. Glossiness representation using binocular color difference [J]. Optics letters, 2013, 38(14): 2584 - 2587.

[6] LAND E H. The retinex theory of color vision [J]. J Opt Soc Am, 1971, 61: 1 - 11.