

面部皮肤纹理的光学识别技术与方法

应语川

天津中医药大学 天津 301600

摘要：随着中医面诊客观化的进程，人们对中医的认可度也在不断提高，在中医面诊中补充对纹理的观察分析，可以进一步完善对疾病的诊断以及后期对治疗效果的判断。本文介绍几种面部皮肤纹理的光学识别技术与方法，为后来研究者进一步完善中医面诊技术提供参考。

关键词：中医面诊；纹理特征；图像增强

引言：

正文《难经·六十一难》云：“望而知之谓之神。”^[1]望诊作为四诊之首，在诊法中占有极重要的地位。中医认为，人作为一个有机的整体，内在脏腑、经络、气血及津液等生理状态和病理变化必然可以通过外在表现出来。近年来，虽然中医面诊的客观化研究取得了一定进展，但是目前的研究主要集中在面部颜色提取，面部光泽度提取，面部图像分割与区域定位，局部望诊等方面^[2]。而对面部皮肤纹理结构的变化缺乏关注与认识。事实上，皮肤纹理的改变可能预示身体健康状况的改变。法国图卢兹大学医院的职业健康学家研究发现前额有很多深皱纹（明显超出生理年龄）的人，死于心血管疾病的风险更高^[3]。《素问·刺热篇》曰：“额候心。”^[4]中医也认为额部病变与心有关。因此，监测面部衰老的纹理改变是一种以无创方式获取人体内部的生理病理变化，及时做出疾病的判断和治疗的新方式^[5]。

1 人体面部皮肤纹理结构识别成像技术

皮肤纹理是在真皮结构中，由弹性纤维和胶原纤维按照一定方向排列构成、凸显在皮肤表面的纹理图形。随着年龄的增长和生理状态的改变，人体面部真皮纤维网重建^[6]，角蛋白丝逐渐发生交联变硬，细胞间脂质结构变化^[7]，从而导致纹理结构发生改变，临床表现为鱼尾纹、法令纹等皱纹的出现和加深，其中也有一些肉眼无法识别细微的皮纹变化。通过捕捉这种变化，并研究各个部位的纹理改变与疾病发生的关系，为健康预警、疾病诊断及评价提供依据。区别于普通的面诊仪分析局部色彩变化的是，针对皮肤纹理的成像更趋向于三维结构的构建或者纹理特征的提取与加深。

以下是常见的人体皮肤纹理结构识别成像的技术。

1.1 基于光谱技术的面部纹理成像技术

光谱成像技术目前在农业检测^[8]、文物保护^[9]、食品质量检测^[10]等领域得到应用，其基本原理是当特定波长的光谱入射到材料表面时，一部分被吸收，一部分被反射回来。经物体表面的反射光取决于其材料成分、物理和化学特性、表面粗糙度以及入射波和反射波的几

何形状。来自特定波长区域表面的反射波的行为称为该材料的光谱特征。通过分析其光谱特征，可以得知物体表面的信息。

1.2 多光谱技术

多光谱技术是能同时获取多个光学频谱波段，并在可见光的基础上向红外光和紫外光两个方向扩展的光谱探测技术。针对皮肤纹理而言，在光照射到皮肤表面后，与皮肤表面皱纹等物质相互作用，携带了皮肤信息的出射光，通过滤光片分光装置进行分光，再进入到设计的光学系统，其中包括图像增强和特征分析解调，获得空间维度上的图像信息和光谱维度上的漫反射信息。得到的纹理图像是对材料或对象物理结构的空间和光谱属性的表征。纹理分析可以看作是一组度量，用于量化并提供有关对象光谱响应的空间排列的信息。

基于红-绿-蓝深度（RGB-D）相机的面部扫描仪（Be11us3DArc7）、皮肤UV光谱成像仪VISIA和皮肤三维检测分析系统ANTERA 3D等临床常见检测仪器都是基于多光谱技术设计的皮肤检测系统，其中VISIA应用标准白光、横断面偏振光闪光和紫外光作多光谱照相

以测量皮肤状态，其应用的多光谱照相功能使面部存在多条皱纹或皮肤纹理不均匀等皮肤特征可视化。而 ANTERA 3D 则是采用跨越整个可见光谱的七种不同波长的反射映射，通过对获取的图像数据进行空间和光谱分析，得出皮肤的地形和生色团浓度，利用计算机来分析这些图像之间的差异，并在二维和三维空间重建图像。

1.3 高光谱技术

高光谱技术与多光谱技术在原理上相似。相比较而言，高光谱图像可以捕获数百个连续几纳米宽的窄波长，生成包括每个像素的空间背景的图像，捕获和分析一片空间区域内逐点上光谱，其得到的信息也会更加精确。

1.4 非线性光谱技术

由超快脉冲激光与生物组织相互作用会发生非线性光学效应，比如光学二次谐波（SHG）效应，其在生物样品中只发生非线性散射，不被吸收，能量守恒，从而消除了光致毒性、光损伤和光漂白，SHG 的光谱宽度完全由激发光源决定，利用窄带通滤波片可以有效排除荧光和各种背景干扰，获得较高的信噪比和图像分辨率。

利用光学二次谐波信号成像的显微镜被称为二次谐波成像显微镜，是人体皮肤中胶原纤维体内可视化的强大工具，无需染色，无创，且具备高分辨率三维成像功能。小仓由纪、田中雄二等人应用 autocorrelation(2D-AC)analysis 和 two-dimensional Fourier transform(2D-FT) 两种纹理分析技术，使用二次谐波产生（SHG）显微镜来评估体内人类脸颊皮肤中网状真皮胶原纤维的年龄依赖性变化，发现在纹理分析中，不同年龄阶段女性受试者的网状真皮胶原纤维的年龄依赖性变化极为清楚。

毫无疑问，二次谐波和非线性光学显微镜成像模式可以提供传统线性或不相干光学成像技术无法获得的大量信息。

1.5 太赫兹光谱技术

太赫兹（THz）辐射通常指的是频率在 0.1THz—10THz（波长在 30m ~ 3mm）之间的电磁波，太赫兹成像对皮肤组织分子的结构高度敏感，非常适合皮肤成像。

太赫兹量子级联激光器（QCL）发射的激光束由

太赫兹超级透镜瞄准，然后由一组 75mm 平面镜引导到 50mm 机械扫描镜上，然后由物镜聚焦（ $f=50\text{mm}$ ）在人体皮肤上。激光在扫描过程中从皮肤样本的每个像素反射回激光腔，与腔内电场混合，并在每个皮肤像素处激光的终端电压中产生可测量的自混合信号。将信号辅以计算机分析太赫兹数据可以得到表面纹理特征。

2 面部纹理图像增强和特征分析方法

针对面部的纹理特征，也可以采用数据增强的方式对获得的图像进行处理，以便特征分析。

2.1 图像增强方法

目前常见的图像增强方法有几何变换、颜色变换、位移、核滤波器等，针对皮肤纹理变化，可以使用 Gabor 滤波器，其十分适合纹理表达和分离，已在指纹分析、掌纹识别等领域得到广泛应用，Gabor 滤波器取图像在各个尺度和方向上的纹理信息，结合了高斯函数和正弦波函数的特性，能够选择性地增强图像中特定方向和频率的纹理特征，同时对光照变化和噪声具有一定的抵抗力，其基本原理类似于人类视觉系统。

2.2 特征分析方法

经典的特征分析法有统计法、结构法、模型法等。在纹理特征分析领域，灰度共生矩阵（GLCM）为常用的经典表述方法。

反映图像中像素之间的角度方位和距离关系，是一种通过研究灰度的空间相关特性来描述纹理的常用方法对预处理所得到的灰度图像提取灰度共生矩阵，在所获得的矩阵基础上，选择步距为 10 像素，对 4 个方向（即 0° 、 45° 、 90° 和 135° ）的灰度相关性进行计算，从而对皮肤纹理的空间灰度特性进行定量描述。

由于灰度共生矩阵的维度较大，一般不直接作为区分纹理的特征，而是基于它构建的一些统计量作为纹理分类特征。例如，对比度反应了图像的清晰度和纹理的沟纹深浅，反差分矩阵反映了纹理的清晰程度和规则程度等。

3 面部纹理分析指标

在完成纹理检测之后，需要对提取的纹理数据进行分级分析，以便选择后续的治疗方案和治疗效果的比较。

将部分有关实验的检测分析方法、部位、指标在此列举一二（表格 1）：

表格 1 皮肤纹理检测表

检测分析方法	检测部位	检测指标	应用领域	数据来源
Clarity Pro 使用多光谱照明捕获和生成面部三维(3D)图像的仪器	眶周 口周	总皱纹(细纹) 平均皱纹长度 细纹	面部精华液对皮肤衰老影响	丹尼尔·巴诺夫
使用灰度共生矩阵(GLCM)提取人脸的纹理特征,使用 chehra 方法定位特征点	眉区 眼区 鼻区 口区	角二阶距 对比度 平方和 逆差距 平均值	纹理特征的年龄预测	王梦杰
VISIA 数字成像系统	嘴部轮廓纹理 鼻唇区浅表皱纹 鼻唇沟 眶周皱纹(上颊区) 鱼尾纹 眼角皱纹 前额皱纹	集中在皱纹深度的测量	特应性皮炎患者的皮肤老化模式	丰岛美咲
Antera 3D 成像系统	前额 眼角 眼睛下方 脸颊 右嘴角	皱纹的平均最大高度 皱纹总测量长度内的算术平均值 皱纹的最大轮廓谷深度	皮肤多部分表型变化以表征中国女性皮肤衰老	张燕

总 结:

面部纹理与人体内的变化息息相关,赵艳坤利用 Gabor 算法提取并分析对比糖尿病、肺病、肾病、脂肪肝患者与健康人的面部图像纹理信息后,发现不同疾病患者面部特定分区的纹理特征不同。徐艳明等人研究发现不同体质的女性面部纹理存在差异,与平和组相比,其他体质的面部皱纹均增多,其中气虚组和气郁组的眼角皱纹明显增加。以上实验都表明面部纹理改变可以反映机体内部生理病理变化。针对此纹理变化,本文介绍了多种人体面部皮肤纹理结构识别成像技术与方法,对面部纹理的分析方法,旨在为中医面诊技术的现代化全面发展提供参考。尽管目前还存在面诊融合纹理分析的临床应用研究数据较少、客观量化不足等问题,希望未来扩大临床样本总量,建立起统一、规范的客观化标准。

参考文献:

- [1] 黄帝八十一难经[M].(战国)扁鹊,撰.学苑出版社.2007
- [2] 屈馨宁,刘宏潇,陈悦宁.3D 人脸识别技术辅助中医面诊的研究进展[J/OL].中医学报,1-7[2024-11-09].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1411.R.20240808.1124.004.html>.
- [3] 王和亿.额纹深,心血管死亡风险高[J].家庭医学,2019,(05):33.

[4] 黄帝内经素问集注[M].张志聪.中国医药科技出版社.2014

[5] 王祉,张红凯,李福凤,等.中医面诊信息计算机识别方法研究及临床应用概述[J].中华中医药学刊,2014,32(08):1882-1885.DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2014.08.026.

[6] 胡肖,郭颖妍,王明枫,等.鹿茸干细胞抗皮肤衰老研究进展[J].经济动物学报,2024,28(03):265-271. DOI:10.13326/j.jea.2024.1969.

[7] 杜克斯,李泽巧,张宝江,等.面部皮肤衰老的外观变化及形成因素[J].日用化学工业,2022,52(02):199-206.

[8] 梅轩铭,胡耀华,张浩天,等.基于高光谱成像技术判别马铃薯叶片干旱状态[J/OL].干旱地区农业研究,1-9[2024-10-26].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1088.S.20240924.1429.002.html>.

[9] 刘艳红,杨康宇,孟田华.太赫兹时域光谱技术在彩色文物保护中的应用[J/OL].激光与光电子学进展,1-13[2024-10-26].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1690.TN.20240919.0859.022.html>.

[10] 肖洁.基于近红外光谱的肉类食品安全快速检测技术研究[J].实验与分析,2024,2(03):68-72.