



皮肤镜图像处理技术



谢凤英◎著

姜志国◎主审

孟如松◎医学顾问



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

皮肤镜图像处理技术

谢凤英 著
姜志国 主审
孟如松 医学顾问

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了皮肤镜图像处理的基础理论和关键技术,注重涵盖当前的最新研究方法,并总结皮肤镜图像分析领域的发展动态。全书共分8章,第1章为概述,介绍皮肤镜的工作原理、皮肤镜图像处理的发展现状和未来趋势;第2章和第3章为皮肤镜图像的预处理部分,包括皮肤镜图像的采集质量评价、皮肤镜图像增强复原中用到的预处理方法;第4~8章涵盖了皮肤镜图像的分割、皮损目标的特征提取和分类识别等内容。

本书将图像处理的基本理论与皮肤镜图像分析应用相结合,内容系统,重点突出,前后贯穿。本书是国内第一部关于皮肤镜图像处理的著作,值得从事该领域研究的科技工作者及工程开发人员阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

皮肤镜图像处理技术/谢凤英著. —北京:电子工业出版社,2015.5
ISBN 978-7-121-25898-5

I. ①皮… II. ①谢… III. ①皮肤病—镜检—图象处理 IV. ①R751.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第080282号

策划编辑:许存权

责任编辑:靳平

印刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开本:720×1000 1/16 印张:12.75 字数:270千字

版次:2015年5月第1版

印次:2015年5月第1次印刷

定价:65.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

皮肤镜是一种观察活体皮肤表面以下微细结构和色素的无创性显微图像分析技术，它是皮肤癌早期诊断的有效工具，同时也是其他多种皮肤疾病的一种常规检查手段，有关皮肤镜图像处理的研究与开发正日益受到生物医学工程和计算机视觉工作者的重视。目前，国内外关于皮肤镜图像分析的学术论文逐年增多，但针对皮肤镜图像处理技术的书籍却不多见。2013年，本书作者与美国路易斯安娜州州立大学的 Celebi 教授合作编写了 *Computer Vision Techniques for the Diagnosis of Skin Cancer* 一书，负责其中“Dermoscopy image processing for Chinese (中国人的皮肤镜图像处理)”一章的编写。在与 Celebi 教授合作的过程中，作者萌生了撰写一部中文的皮肤镜图像处理专著。于是，作者将多年来在皮肤镜图像处理领域积累的丰富经验进行了系统总结，形成此书。

本书以图像处理的理论为基础，全面而系统地介绍了皮肤镜图像处理的关键技术，包括皮肤镜图像的采集质量评价、预处理、图像分割、皮损目标的特征提取和分类识别等。书中的内容安排注重图像处理的基础理论与皮肤镜图像分析的实际应用紧密结合，力求做到基础理论系统、研究算法先进、内容前后贯穿统一。本书作者多年来一直从事数字图像处理教学和皮肤镜图像处理相关的科研工作，书中的各种实例分析来源于作者所在实验室的科研实践和课题研究。全书经过精心组织，有利于该领域的科学工作者及工程开发人员进行学习和参考。

本书由北京航空航天大学图像处理中心的谢凤英编写，由北京航空航天大学图像处理中心的姜志国教授主审，并由中国人民解放军空军总医院皮肤病影像诊断中心的孟如松主任医师担任本书的医学顾问。特别感谢姜志国教授在百忙之中为本书主审并提出了许多宝贵意见，同时也特别感谢孟如松大夫为本书提供的大力支持。感谢北京航空航天大学图像处理中心的卢亚楠博士、李阳、吴叶芬和范海地同学为本书编写做出的工作。同时，在编写本书的过程中参考了大量国内外书籍和论文，对本书中所引用书籍和论文的作者深表感谢。

由于作者水平有限，书中难免不当之处，敬请读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 概述	1	2.4.2 模糊和光照不均测度的设计	26
1.1 皮肤镜技术	1	2.4.3 评价模型修正	27
1.2 皮肤镜图像计算机辅助诊断	3	2.5 毛发遮挡评价	28
1.3 皮肤镜数字图像处理	6	2.5.1 毛发提取	28
1.4 皮肤镜图像处理的发展趋势	11	2.5.2 毛发遮挡评价指标设计	33
小结	12	小结	35
第 2 章 皮肤镜图像的质量评价	13	第 3 章 皮肤镜图像的预处理	36
2.1 散焦模糊评价	13	3.1 散焦模糊的复原	37
2.1.1 散焦模糊的退化函数	13	3.1.1 图像的退化与复原过程	37
2.1.2 散焦模糊的退化原理	14	3.1.2 连续函数的退化模型	38
2.1.3 散焦模糊评价指标设计	15	3.1.3 离散函数的退化模型	39
2.2 基于梯度的模糊评价	17	3.1.4 图像复原的基本步骤	42
2.2.1 梯度原理	17	3.1.5 维纳滤波图像复原方法	43
2.2.2 模糊评价指标设计	19	3.2 光照不均的去除	45
2.3 光照不均评价	21	3.2.1 基于光照估计的光照去除	45
2.3.1 Retinex 变分模型	21	3.2.2 基于图像增强的光照去除	46
2.3.2 光照分量提取	22	3.3 毛发的去除	52
2.3.3 光照评价指标设计	22	3.3.1 基于偏微分方程的毛发去除	53
2.4 模糊和光照不均混合失真情况下的评价	24		
2.4.1 模糊和光照不均的频谱特性分析	24		

3.3.2 基于 Criminisi 修复算法 的毛发去除	54	4.8.2 有监督评价法	95
3.4 平滑去噪	56	小结	96
3.4.1 邻域平均法	56	第 5 章 常用的皮肤镜图像特征描述方法	98
3.4.2 中值滤波法	59	5.1 形状描述	98
小结	61	5.1.1 图像矩	99
第 4 章 皮肤镜图像的非监督分割	62	5.1.2 常用的形状描述	101
4.1 大津阈值分割	62	5.2 颜色描述	104
4.1.1 阈值分割的原理	63	5.2.1 彩色空间	104
4.1.2 大津阈值选择	64	5.2.2 直方图	110
4.2 K 均值聚类分割	67	5.2.3 颜色直方图距离	112
4.3 Mean Shift 聚类分割	70	5.2.4 其他颜色描述	112
4.3.1 核估计	70	5.3 纹理描述	114
4.3.2 密度梯度估计	71	5.3.1 灰度共生矩阵	115
4.3.3 Mean Shift 图像聚类	74	5.3.2 Gabor 小波纹理描述	118
4.3.4 子区合并后处理	75	5.3.3 可控金字塔变换	125
4.4 基于 SGNN 的分割	76	小结	127
4.4.1 SGNN 算法原理	77	第 6 章 皮肤镜图像的分类识别方法	128
4.4.2 改进的 SGNN 分割 算法	78	6.1 图像识别系统	128
4.5 基于 JSEG 的分割	80	6.2 学习与分类	130
4.5.1 颜色量化	80	6.2.1 机器学习的基本模型	130
4.5.2 空间分割	82	6.2.2 监督学习	131
4.6 基于 SRM 的分割	85	6.3 人工神经元网络	131
4.6.1 融合预测	86	6.3.1 基本原理	131
4.6.2 融合顺序	87	6.3.2 BP 神经网络	133
4.6.3 统计区域融合算法	88	6.3.3 模糊神经网络	135
4.7 水平集活动轮廓模型	89	6.3.4 组合神经网络	139
4.7.1 Mumford-Shah 模型	89	6.4 支持向量机	142
4.7.2 Chan-Vese 模型	89	6.4.1 最优分类面	142
4.7.3 Chan-Vese 模型的数值 实现	91	6.4.2 SVM 方法	144
4.8 图像分割的性能评价	92	6.4.3 核函数的选择	145
4.8.1 无监督评价法	93	6.5 AdaBoost 算法	146

小结 147

第 7 章 基于机器学习的皮肤镜

图像分割 148

7.1 基于监督学习的分割 148

7.1.1 同质子区 149

7.1.2 同质子区的特征提取 153

7.1.3 基于 SVM 监督学习的
分割 154

7.2 基于多分类模型的自适应
分割 155

7.2.1 图像模式与分割方法
之间的匹配 155

7.2.2 特征提取 157

7.2.3 自适应分割 158

小结 161

第 8 章 典型皮损目标的计算机

辅助诊断 162

8.1 黑色素瘤的诊断标准 162

8.1.1 ABCD 准则 162

8.1.2 Menzies 打分法 164

8.1.3 七点检测法 164

8.2 白色人种皮损目标的分类
识别 165

8.2.1 特征提取 165

8.2.2 基于相关性的特征
优选 168

8.2.3 基于 SVM 的分类器
设计 168

8.3 黄色人种皮损目标的分类
识别 169

8.3.1 特征提取 169

8.3.2 基于遗传算法的特征
优选 173

8.3.3 基于组合神经网络的分
类器设计 175

小结 178

参考文献 179

第1章

概 述

皮肤癌及皮肤各类疾病严重威胁着人类的健康，皮肤镜是发现皮肤癌早期的无创性诊断工具，同时也是其他各类皮肤疾病的一种检查手段。本章介绍皮肤镜技术的发展及皮肤镜图像自动分析的关键技术，并总结未来一段时期内皮肤镜图像处理技术的研究热点。

1.1 皮肤镜技术

皮肤癌包括基底细胞癌、鳞状细胞癌、恶性黑色素瘤、恶性淋巴瘤、特发性出血性肉瘤、汗腺癌、隆突性皮肤纤维肉瘤、血管瘤等。欧美国家是皮肤癌高发地区，在澳大利亚南部地区皮肤癌的发病率至少达 650/10 万；据估计凡能活到 65 岁的美国白人，有 40%~50% 的人至少患过 1 次皮肤癌。中国人的皮肤癌发病率低于欧美国家，但仍然以 3%~8% 的比例逐年增长，并且高达每 10 年增加两倍。近年来，皮肤癌的发病率呈逐年上升趋势，Marks 认为可能与社会的多种因素有关。在皮肤癌的种类中，恶性黑色素瘤的恶性程度高、易转移，是皮肤首个致死性疾病，大多数患者在 10 年内死亡；而基底细胞癌虽然致死率低，但其 70%~90% 发生在头面部，患者极易毁容，如图 1-1 所示。这些疾病已成为社会日益关注的公共卫生安全问题。

皮肤癌的最有效治疗方法是早期诊断加积极有效切除原发灶，这种方法对病情痊愈和降低死亡率起决定性作用。目前，大多数医学工作者仍然依靠肉眼观察来进行皮肤肿瘤的诊断，诊断的准确率依赖于医生的经验，而且肉眼缺少精确性、重复性，对病情的量化也没有统一的指标，而这些对于临床病灶的精确诊断是非常重要的。

的。在过去的 20 年间，很多研究显示，即使是经验丰富的专家，其临床诊断的正确率一般只有 75% 左右，对一般医师甚至更低。因此，探讨无创性获取皮肤肿瘤的图像信息，建立皮肤肿瘤的图像定量分析客观指标，提高皮肤恶性肿瘤早期诊断率的技术和方法，是国内外研究者共同关心的主题。

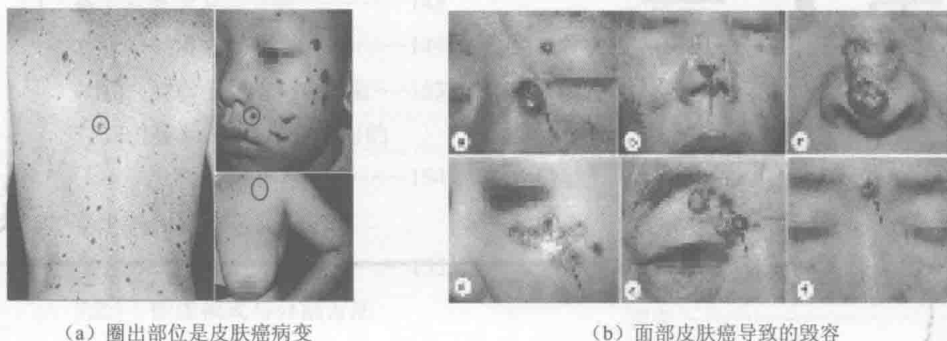


图 1-1 皮肤癌病例

皮肤镜是一种观察活体皮肤表面以下微细结构和色素的无创性显微图像分析技术。它可以观察到表皮下部、乳头层和真皮层等肉眼不可见的影像结构与特征，这些特征与皮肤组织病理学的变化有着特殊和相对明确的对应关系，这些对应关系确定了皮肤镜诊断的敏感度、特异性与临床意义。既往对色素性皮肤病主要依赖医生肉眼诊断，大多数较盲目地进行手术活检或直接外科手术切除而造成很多不必要的创伤，而在没有确切诊断良性或恶性肿瘤之前，手术范围较难确定，对于多发色素性皮肤病很难做到逐一活检，更严重的是恶性肿瘤活检易发生淋巴和血行转移，或因手术范围小而复发等危险，无疑影响预后和增加死亡率。皮肤镜可以区分色素或非色素性皮肤病，对可疑皮损进行病理活检，或对较大皮损的可疑点进行定位，保证了手术切除部位的准确性，减少了盲目病理活检的切除率，在临床上具有重要意义，因此可以作为临床上诸多疾病的筛选和诊断的有效工具。

皮肤显微镜学是 1655 年德国 Borrelus 首先提出的。1991 年 Friedman 等针对这项技术首先引用了“dermoscopy”这个术语。在皮肤镜图像观察过程中，如何处理好一些与光学特性有关的因素，如与皮肤表面光的反射系数、表皮和真皮的光吸收系数，以及皮肤各层的光散射系数与厚度等问题，是直接关系到能否有效地观察皮肤形态结构与特征的关键。皮肤镜观察分为浸润法和偏振法。皮肤镜浸润法在使用中首先向皮损表面滴加油脂等浸润液，然后用玻片将皮肤压平，以增加皮肤的透光性，在普通光源照明下，借助特定放大镜观察到肉眼看不见的皮损形态特征。皮肤镜偏振法无须浸润液，镜片不直接接触皮肤即可观察到表皮以下的图像。以上两种方法均能有效地排除皮肤表面反射光的干扰，可直接从水平面对皮肤表面进行二维图像观察。

早期的皮肤镜，受当时技术发展的限制，大多采用 CCD 模拟信号，线性差、分辨率低，采用普通光源照明，会出现靶目标光照强度不稳定、不均匀、光斑等现象，作为皮损形态观察尚可，但由于图像质量不理想而直接影响皮肤肿瘤边界的分割，同时影响颜色与多项几何参数的精确测量。另外，在皮肤表面滴加的浸润液或有机溶液作为介质直接接触患者皮肤，这些介质多数有异味，同时对皮损和口、眼黏膜等周边病灶有较强的刺激性，容易引起接触性皮炎、医源性感染等潜在危险。2001 年，美国加州的医疗器械生产商 3Gen 研发出了首台偏振光皮肤镜，如图 1-2 所示，使得在不使用浸润液的情况下皮肤结构同样清晰可见，因此逐渐成为当前皮肤镜诊断技术的主要手段。皮肤镜偏振法观察皮肤各层的模式如图 1-3 所示。



(a) 早期的皮肤镜

(b) 偏振光皮肤镜

(c) 偏振光和浸润式双重模式皮肤镜

图 1-2 3 种款式手持皮肤镜

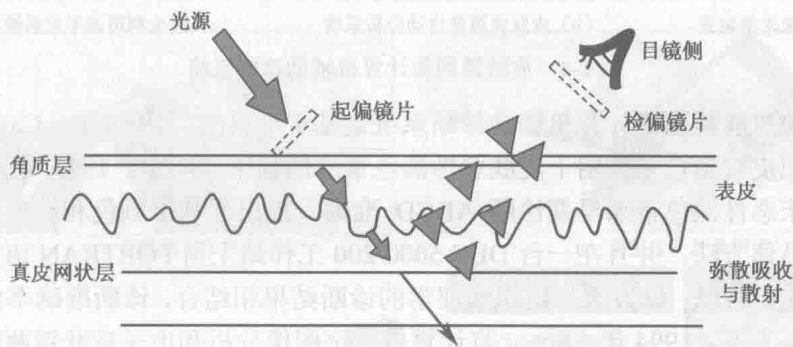


图 1-3 皮肤镜偏振法观察皮肤各层的模式

1.2 皮肤镜图像计算机辅助诊断

皮肤镜技术不仅可以用于皮肤癌的早期诊断，同时也是其他各类皮肤疾病的一种常用检查手段。而在各种皮肤肿瘤中，黑色素细胞肿瘤（以下简称黑色素瘤）由良性和恶性组成。因此，恶性黑色素瘤是目前研究者关注最多的一种皮肤恶性肿瘤，而目前国内外有关皮肤镜图像计算机辅助诊断的研究也基本集中在恶性黑色素瘤上。

从 1987 年开始, 许多皮肤恶性黑色素瘤临床诊断的方法相继被提出, 如模式分析法、Menzies 法、7 点检测法、ABCD 准则 (Asymmetry、Borders、Colors 和 Different Structural Components)、CASH 法等, 然而诊断的难度和主观性仍很大, 即使训练有素的专家其诊断也存在较大的差异。皮肤镜图像计算机辅助诊断系统正是解决这个问题的有效途径, 它可以对病变组织自动提取、智能识别, 具有定量测量和定量分析的功能, 使诊断更加精确、客观、一致。软件在定量分析结束后自动生成并打印分析诊断结果, 便于医生及时做出诊断, 为医生及时正确地发现和诊断病灶提供了极大的便利, 从而大幅提高了皮损的早期诊断率。皮肤镜图像计算机辅助诊断系统如图 1-4 所示, 医生用皮肤镜采集患者皮肤肿瘤图像进入计算机系统, 即可采用专门的图像处理技术来分析肿瘤的性质。

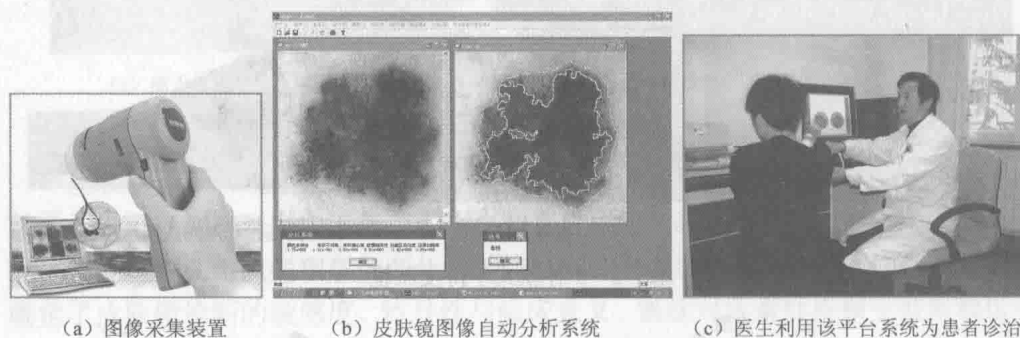


图 1-4 皮肤镜图像计算机辅助诊断系统

早期的皮肤镜图像计算机辅助诊断系统是基于单机的。1987 年, Cascinelli 等人第一次把皮肤镜技术应用于皮肤恶性黑色素瘤的临床诊断中。1993 年, Thomas 等根据临床恶性黑色素瘤早期诊断 ABCD 准则, 提出了基于颜色和纹理的黑色素瘤分类的具体方法, 并且在一台 DEC 5000/200 工作站上用 FORTRAN 语言进行编程实现了这一方法, 该方法与组织病理学的诊断结果相结合, 诊断准确率由 75% 提高到了 92% 左右。1994 年, Sober 将计算机数字图像分析和电子皮肤镜两种方法结合起来, 并在世界卫生组织黑色素瘤研究中心的有经验专家指导下应用于临床, 使恶性黑色素瘤的早期诊断准确率提高到 90%。随着 IT 业的发展, 皮肤镜技术开始向网络平台发展。2005 年, 日本法政大学的 H.Iyatomi 等人建立了第一个基于互联网的皮肤病过程诊断系统, 如图 1-5 所示, 并尝试使用手持相机代替皮肤镜采集图像, 使得普通的皮肤病采集和诊断工作可以在任何时间由病人在家中自主完成。2010 年, 美国 McGraw.Hill 公司率先在苹果手机应用市场中推出“皮肤镜自测指引详解”应用, 其实质是将皮肤病诊断相关知识的电子出版物与网络医疗资源信息相结合。2011 年, 德国 FotoFinder 公司在德国杜塞尔多夫国际医疗设备展览会上展示了皮肤癌早期检测的发展方向, 并推出世界上首台移动互联网皮肤镜 Handyscope, 这也是第一台基于 iPhone 平台的皮肤癌检查移动设备, 如图 1-6 所示。2011 年 5

月, Handyscope 在欧洲和美国上市后, 又在首尔召开的世界皮肤科大会上被推向亚洲市场。Handyscope 可提供皮肤的放大、偏振视图, 重要细节一目了然, 医生可远程检查皮肤, 在屏幕上对皮肤肿瘤进行评估。与传统的手持皮肤镜检查不同, Handyscope 设备与 iPhone 连接, 可直接放在患者皮肤上采集肿瘤的高分辨率图像, 在受到密码保护的 App 中进行处理, 并能够展示给患者。

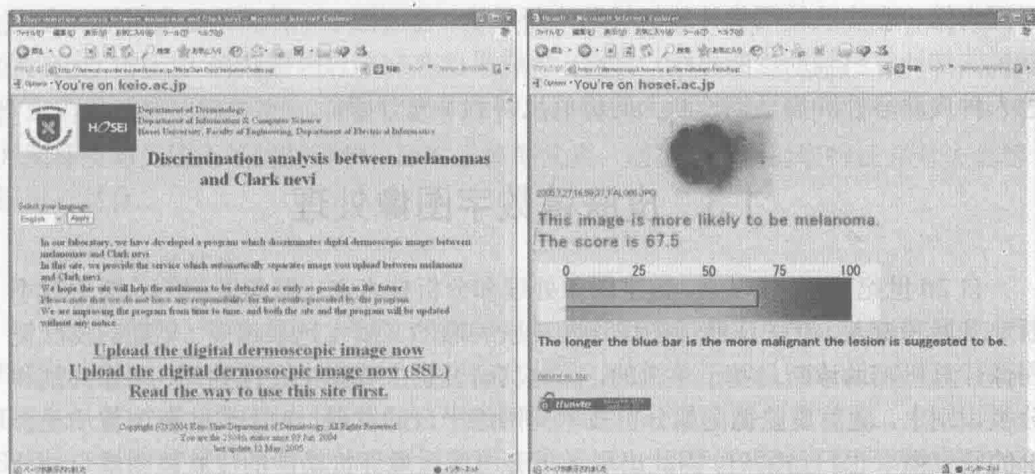


图 1-5 H.Iyatomi 等人建立的皮肤病远程诊断系统

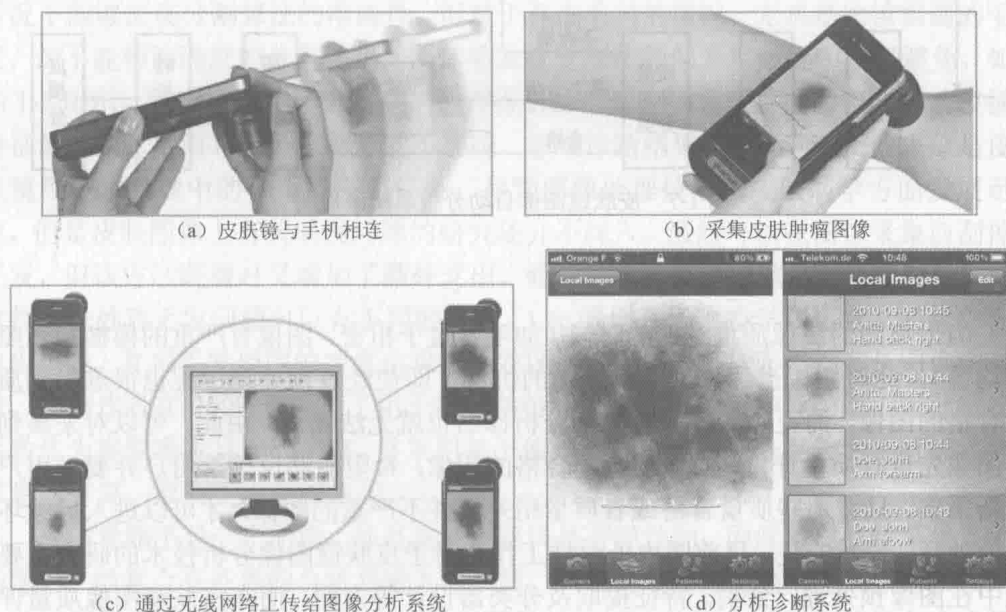


图 1-6 Handyscope 移动皮肤镜架构说明

由于白色人种与黄色人种的肤色相差很大, 两者的皮肤镜图像也存在很大差异, 所以针对白色人种皮肤肿瘤图像的各种参数诊断标准值, 无法直接应用于黄色

人种的皮损测量,存在很大偏差性,从而影响了黄色人种皮肤肿瘤的早期诊断准确率,严重者可延误诊疗。虽然黄色人种皮肤恶性肿瘤的发病率低于白色人种,但近年的发病率也同样呈逐年上升趋势,因此有必要研究专门针对黄色人种的皮肤镜图像分析技术。2007年,北京航空航天大学图像处理中心联合解放军空军总医院在国内率先开展了黄色人种皮肤镜图像自动分析诊断技术的研究,并于2009年推出了国内第一套皮肤镜图像计算机辅助诊断系统。前面图1-4所示即是我国第一套皮肤镜图像计算机辅助诊断系统,目前,该成果已在空军总医院获得了应用,它在黄色人种皮肤恶性肿瘤早期诊断上的价值也得到了充分印证。

1.3 皮肤镜数字图像处理

自20世纪90年代以来,数字图像处理和与分析技术在皮肤黑肿瘤的诊断中被不断地开展和深入,有关皮肤镜图像诊断皮肤肿瘤的文献也越来越多。早期的皮肤镜图像计算机辅助诊断是基于单机的,因此其研究也主要集中在预处理、图像分割和分类识别上。随着皮肤镜图像分析技术向网络平台的发展,对于皮肤镜图像质量评价的研究需求也日益紧迫,因此出现了带有图像质量评价功能的皮肤镜图像自动分析系统,如图1-7所示。

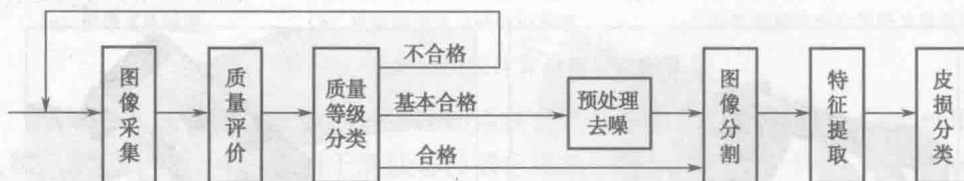


图 1-7 皮肤镜图像自动分析系统流程图

1. 质量评价

当采集到的图像质量过低的时候(如毛发过于粗密、图像有严重的模糊和光照不均等),此时图像已经失去了预处理的值,即使经过预处理过程也很难得到质量合格的图像,而正确的图像分割和分析诊断也就无法保证。由此,可以对采集到的图像先进行质量评价,对于质量不合格的图像,希望能够反馈给用户并要求用户重新采集,只有那些质量合格或者质量稍差但并不严重的图像,才可以进入后续环节的处理。遗憾的是,目前国内外科技工作者对于皮肤镜图像分析技术的研究主要集中在图像预处理、分割、特征提取及分类器设计等方面,而在皮肤镜图像质量评价方面的研究还很薄弱,目前能够查阅到专门讨论皮肤镜图像质量评价方面的文献主要来自于本书作者所在的课题组。

采用皮肤镜对皮肤图像进行采集时,每个人的皮肤颜色纹理不同,病变类型不

同,不可能获得每一幅采集图像的无失真参考图像,因此需要无参考的评价方法。影响皮肤镜图像质量的因素主要包括毛发遮挡、模糊和光照不均等因素。由于影响皮肤镜图像质量的因素不止一种,这些质量问题有可能单独存在,也可能同时存在于同一张图像。当多种因素混合存在时,各种因素之间不但相互存在影响,而且对图像的整体质量也会存在影响。因此不但要考虑单因素影响下的质量问题,还要考虑多种因素混合存在时的综合质量问题。北京航空航天大学图像中心自2012年开始对皮肤镜图像的质量评价进行研究,采用先检测毛发目标,再根据毛发的分布特性对毛发遮挡的程度进行评价,采用基于Retinex的变分模型估计光照成分,并用光照梯度对光照不均进行评价;而对于模糊失真,则在小波域提取特征并对失真等级进行量化。

2. 预处理技术

皮损图像经常受皮肤纹理及毛发等外界因素的影响而给边界检测带来困难,须用预处理技术来平滑掉这些噪声,以提高分割的准确度。例如,Taouil采用形态学Top-hat滤波器对图像进行预处理,滤除噪声并突出目标的边界信息,提高后续Snake方法对皮损目标分割的准确性;Tanaka和Lee用中值滤波器来平滑噪声并保持一定的结构和细节信息。以上方法对于非毛发噪声的去除具有优势,且在大多数情况下能够提高分割算法的准确性,但对于存在毛发的情况,尤其是比较粗黑的毛发,却不能得到满意的分割结果。人体毛发在皮肤镜图像采集过程中不可避免,如图1-8所示。临床应用中,毛发噪声的存在会影响分割的精度,同时也会影响皮损特征的抽取,从而导致分析测量的不准确,影响诊断结果。因此,毛发的去除是皮肤镜图像预处理中的一个最主要任务。尽管图像处理技术在皮肤病学方面发展迅速,但是皮肤图像上有关毛发问题的研究还并不深入。虽然可以在图像采集前刮掉毛发,但该方法既费时又增加了额外支出,而且对全身皮损成像也是不现实的。用软件方法处理毛发问题可以有不同的方式。Lee采用基于形态学闭运算从图像中提取出毛发,并用毛发周围的像素信息对毛发区域进行填充,从而将毛发从图像中移除,本书作者在2009年提出了用于描述条带状连通区域的延伸性函数,以此特征函数作为提取毛发目标的测度,并采用基于偏微分方程的图像修复技术进行被遮挡信息的修复,取得了满意的效果。

人体骨骼不是一个平面,并且皮肤和肌肉是有弹性的,因此用皮肤镜采集皮损图像时,经常会有外界的自然光进入皮肤镜,从而造成图像的光照不均。而模糊是皮肤镜图像中的另一类常见失真,采集图像时的抖动及镜头不聚焦等都会造成模糊。北京航空航天大学图像中心课题组采用基于Retinex的变分模型对光照失真进行恢复,并且采用维纳滤波方法对轻度的模糊图像进行复原,均取得了较为满意的效果。

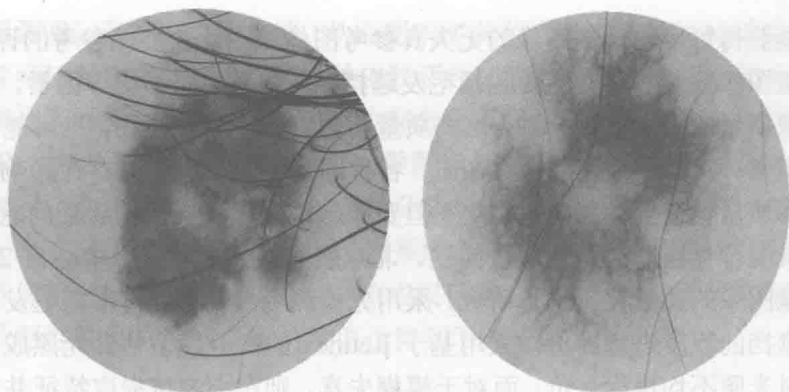


图 1-8 带有毛发噪声的皮肤镜图像

3. 皮肤镜图像分割

图像分割是图像分析和模式识别的首要问题，也是图像处理的经典难题之一，它是图像分析和模式识别系统的重要组成部分，并决定图像的最终分析质量和模式识别的判别结果。因此，皮肤镜图像的自动分割是自动分析皮肤肿瘤图像的关键。

皮肤病变组织会发生在身体的各个部位，恶性皮损图像经常会有多种纹理模式并存的现象，而且图像中不同模式间交界不明显，颜色特征也有很大不同，如图 1-9 所示。总体而言，皮肤镜图像主要具有以下特点。

- (1) 皮损和周围皮肤对比度比较低。
- (2) 皮损的形状不规则，而且边界模糊。
- (3) 皮损内部颜色多样。
- (4) 皮肤存在纹理且图像中存在毛发。

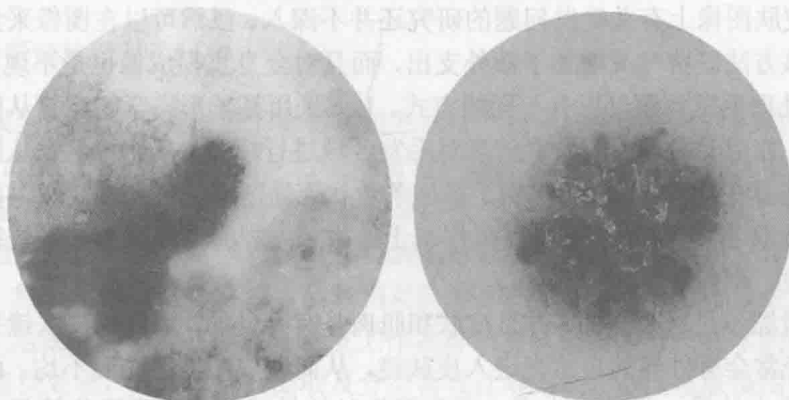


图 1-9 多种模式混合的皮损图像

而对于医生的临床诊断，往往纹理、颜色的细微变化及过渡区域的大小都是诊断的重要依据，以上情况大大增加了分割的复杂性。因此正确分割皮肤镜图像是一

项非常具有挑战性的工作。

到目前为止,研究人员已经提出了一些自动分割算法,主要包括基于阈值的方法、基于动态聚类的方法、基于区域融合的方法、基于监督性学习的方法、基于竞争型神经网络的方法及基于活动轮廓模型的方法等。例如,Grana 中用大津阈值自动分割图像,然后用 k 个点做样条插值获得光滑的边界曲线。Taouil 采用 Snake 方法检测皮损目标边界,该方法获得了比大津阈值更理想的边缘检测结果。Haeghen 首先用手动方式粗略地画出背景区域,然后在 CIEL*a*b* 彩色空间上根据背景皮肤相似性来自动收缩确定目标边界。Celebi 首先用统计区域融合 (SRM) 的方法将图像分成若干个颜色和纹理相近的子区域,然后计算位于图像 4 个角位置小区域的颜色均值,并将这一颜色均值作为背景皮肤颜色估计值,从而完成皮损图像的自动分割,但是该方法对于那些 4 个角上不含背景皮肤的情况,则得不到理想的结果。Silveira 则将 Gradient Vector Flow (GVF)、Level Set、Adaptive Thresholding (AT)、Adaptive Snake (AS)、EM Level Set (EM-LS) 和 Fuzzy-Based Split-and-Merge Algorithm (FBSM) 6 种分割算法进行分析,通过对 100 幅皮肤镜图像的分割对比,认为 AS 和 EM-LS 是具有最好分割效果的半自动方法,而 FBSM 则是最好的全自动分割方法,其分割效果仅次于 AS 和 EM-LS。

颜色是图像分割的重要特征之一,彩色空间聚类是皮肤镜图像分割的另一类常见方法。例如,Melli 对 K-均值、模糊 C 均值和 Mean Shift 等几种聚类方法进行了对比分析,特别强调了 Mean Shift 方法在分割皮肤镜图像方面的良好性能。然而,由于彩色聚类方法容易受噪声影响,经常不能正确描述一个目标区域,因此在实际应用中,经常要将彩色聚类方法与其他连通区域提取或空间拓扑关系描述方法相结合,方可得到更好的应用效果。

在国内,苏州大学的 Liu 采用遗传算法对 BP 神经网络的权重和阈值进行优化,实现了皮肤镜图像的分割,分割出的目标具有连续的边界和清晰的轮廓。自生成神经网络 (Self-Generating Neural Network, SGNN) 是一类利用竞争学习机制的一种非监督学习自组织神经网络,具有网络设计简单、学习速度快的优点,适合用来解决分类或聚类问题。本书作者在采用区域生长的方法将图像进行粗分割的基础上,将遗传算法与 SGNN 相结合实现了皮肤镜图像的自适应聚类,该算法在提高 SGNN 聚类算法稳定性的同时,能够自适应确定聚类的类别数,不需要任何人工干预。

皮损分割是皮肤镜图像自动分析中最活跃的领域,每年都会有一些新的分割算法被提出。据统计,1984 年至 2012 年期间发表的有关皮损图像自动分析的文献中,有 28% 的文献是关于皮损分割的。然而,正如图像分割问题一直是图像处理领域的重要问题一样,目前皮肤镜图像的分割问题仍然没有彻底解决,当采集条件变化、对比度过低或者皮损目标边界过于模糊时,分割算法的适用性就会受到限制。

4. 皮损目标的特征描述和分类识别

皮肤黑色素瘤具有颜色和纹理特征，而在临床诊断上，医生主要是靠病变部位的颜色、纹理、形态和结构等特征进行判断的。当前人工诊断黑色素瘤的标准有 ABCD 准则、Menzies 打分法和七点检测列表法。

(1) ABCD 准则即指 A (Asymmetry, 不对称性)、B (Borders, 边界)、C (Colors, 颜色)、D (Different Structural Components, 不同的结构组件) 等 4 个方面，当皮损区域呈现不对称、边界处皮损模式变化剧烈、皮损内部颜色多样以及皮损内部包含不同的结构组件时，则认为恶性肿瘤的可能性大。

(2) Menzies 打分法则包括 2 个良性指征 (模式对称, 颜色单一)、2 种恶性指征 (模式非对称, 多种颜色) 和 9 种活性指征，通过综合判断良恶性和活性指征，来对肿瘤进行分类。

(3) 七点检测法对肿瘤的检测标准分为主要准则和次要准则，主要准则包括非典型性皮损网络、非典型性血管模式、蓝白结构，次要准则包括条纹状不规则性、皮损的不规则性、点或水珠状不规则性、病区退化。以上主要准则赋 2 分，次要准则赋 1 分，打分结果小于 3 分的为非恶性黑色素瘤，否则为恶性黑色素瘤。

提取黑色素瘤图像的有效特征是目标成功分类和识别的关键。特征提取和描述主要依据人工诊断黑色素瘤的评判标准来进行，同时统计的特征提取技术，如各种纹理特征、颜色特征、马尔可夫随机场模型特征、傅里叶谱特征等，也是文献中采取的主要方式。

2004 年，Tanaka 基于 ABCD 准则用统计的方法获得皮损的 105 个特征，用递推判别方式进行识别，识别率达到 96%。同年，Motoyama 将 RGB 图像的每个通道分成 16 等份，将 RGB 彩色空间平均映射成 $4096=16 \times 16 \times 16$ 个立方体格子，从而分析恶性黑色素瘤的颜色特性，通过实验证明了根据颜色信息可以有 26% 的恶性黑色素瘤被检测出来。2007 年，Celebi 根据 ABCD 诊断标准，将皮肤镜黑色素瘤图像的颜色、纹理和形状等信息结合起来，提取出 437 个特征，并通过 Weka 数据挖掘平台优选出 18 个重要特征。

好的特征描述可以得到好的分类结果，而分类器模型的选择同样影响分类准确率。目前，K 近邻、支持向量机 (SVM) 和神经网络等分类方法用来作为黑色素瘤图像的分类识别的常用方法。2003 年，Zhang 基于前向神经网络，采用后向传播学习算法，每个感知器采用双曲正切传递函数，实现对肿瘤图像的分类识别。皮肤镜可以获得黑色素瘤表皮特征，而多光谱图像则表现了黑色素瘤的深度和结构特征，Sachin 用神经网络技术对皮肤镜图像进行分类，并采用模糊隶属度函数和自适应小波变换方法对多光谱图像进行分类，并对 3 种方法进行对比分析，通过实验得出将皮肤镜和多光谱技术结合能够提高黑色素瘤诊断准确率的结论。Celebi 在对黑