

# 基于 IPP 开发平台的病理专项检测系统的研制

王青<sup>1</sup> 曾衍钧<sup>1</sup> 欧阳骏<sup>2</sup> 董彦山<sup>3</sup> 胡金麟<sup>4</sup>

<sup>1</sup>(北京工业大学生物医学工程中心, 北京 100022)

<sup>2</sup>(北京微视电子技术有限公司, 北京 100080)

<sup>3</sup>(中国人民解放军总医院, 北京 100853)

**摘要** 医学图象的定量分析对于疾病的研究、诊断与治疗起着愈来愈重要的作用。为此, 利用具有强大图象处理功能的 Image-Pro Plus (IPP) 二次开发平台, 开发了国产图象采集卡的图象采集模块, 同时结合国内医务人员的需求, 研制了一个病理专项检测系统。该系统包括七大功能模块, 集成 IPP 本身处理功能和利用 Visual C++ 和 IPP 的软件开发包 SDK 自主编写算法, 从图象采集存储、图象预处理、数据分析到结果报告一气呵成。该系统充分利用了 IPP 的优点, 同时避免了其自身的缺点, 成为国内医务人员易于使用的医学应用系统。

**关键词** IPP 二次开发平台 病理专项检测系统 图象采集 定量分析

**中图分类号**: R814.42 R445.39 **文章标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2002)10-1099-05

## Specialized Pathological Analysis System Based on Image-pro plus Development Platform

WANG Qing<sup>1</sup>, ZENG Yan-jun<sup>1</sup>, OUYANG Jun<sup>2</sup>, DONG Yan-shan<sup>3</sup>, Hu Jin-lin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>(Biomedical Engineering Center, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022)

<sup>2</sup>(Beijing Microview Electronic Technique Co. Ltd., Beijing 100080)

<sup>3</sup>(General Hospital of PLA, Beijing 100853)

**Abstract** The quantitative analysis of medical image becomes more and more important in disease studies, diagnosis, and treatment. Our goal is to construct the image sampling module of self-developed image capture card and design a specialized pathological analysis system to meet the requirement of domestic doctors and researchers. Successfully making use of the powerful functions of Image-Pro Plus (IPP), we select Visual C++ and software development kit (SDK) of IPP as programming language to develop self-designed plug-ins and algorithms. Our system, which is much easier to use, includes seven functional modules. And the system, with performances of image sampling, displaying, storage, preprocessing, data analysis, and result report, is practical and convenient to learn for domestic clinical researchers.

**Keywords** Image-pro plus, Specialized pathological analysis system, Image sampling, Quantitative analysis

## 0 引言

CT、MR、PET、SPECT、超声、显微图象等设备已经成为医院的常规设备, 这些设备的应用无疑促进了临床医学现代化的革命性发展, 但同时也出现了不少问题, 其一是计算机数字图象学, 特别是医学

图象处理, 是一门新型交叉学科, 目前一般临床医生或基础医学研究人员缺乏图象学基础; 其二是医学图象设备更新换代快, 档次不一, 图象格式各异, 并且图象质量往往相差很大, 其用于诊断时, 医务人员经常是根据自己的经验进行判断, 对于同一图象往往会得出不同的结论; 其三是原始医学图象是非数字化图片, 缺乏量化数据, 图象中含有的大量信息得

不到定量分析。面对信息数字化时代的到来,伴随计算机技术和医学影像技术的飞速发展,医学图象的定量分析对于疾病的研究、诊断与治疗起着愈来愈重要的作用,为此,生物医学工程领域的研究人员架起了沟通医学与数字图象处理技术的桥梁。

Image-Pro Plus (IPP)是一个集图象获取、处理、分析于一身的二次开发平台。虽然IPP本身具有了许多处理功能,可以广泛应用于医学、工业、军事等领域的图象处理,但其专业化不强。面对繁多的通用图象处理技术,常常使非图象处理专业的工作人员感到无从下手。当IPP不具有一些特殊处理功能时,他们又不会自行开发功能软件包,这时就需要开发人员根据各领域应用的需要,来做这项工作。基于IPP开发平台的病理专项检测系统便是特别设计的分析系统,其充分运用计算机图象处理技术<sup>[1~4]</sup>,结合了国外具有先进技术的开发平台,并符合国内临床研究人员的需要。

## 1 系统的软硬件环境

### 1.1 软件环境

IPP本身为一个二次开发平台,其配备了软件开发包(SDK),允许用户根据自己的实际需要进行再次开发。本系统选择当前在Windows下最流行的开发语言Visual C++ 6.0作为程序设计语言,同时利用Microsoft基础类库(MFC)开发适合医护人员使用的IPP插件(plug-in),并使用了IPP宏语言编写SDK脚本程序模块。

### 1.2 硬件环境

由于图象是二维存储方式,所以内存占用量与图象大小呈平方增长。而且图象处理过程中,需要进行大量的图象矩阵运算,因此要求CPU具有一定的运行速度,存储器具有较大的容量。一般,微机可以采用如下配置:

- (1) 奔腾Ⅱ 200MHz以上的CPU
- (2) 内存64M(或以上)
- (3) 显示卡支持16位增强色或24位真彩色模式下800×600以上的分辨率,2M显存
- (4) 硬盘空间20G(IPP仅占存储空间4M)
- (5) MVPCI-V3A图象采集卡

取像设备、图象采集卡、计算机、打印机、显示器可构成整个硬件系统。IPP还配有远程通讯接口,通过Internet进行远程文件传送、远程会议、发送Email。

## 2 病理专项检测系统设计

### 2.1 图象采集

虽然IPP开发平台上自带图象捕捉模块,但仅支持几种类型的国外板卡,与国产图象采集卡无法兼容。这样一来,同样可以完成采集任务,且价位较低的国产图象采集卡在IPP上却不能发挥作用,而昂贵的国外板卡又让大多数中国用户无法承受,所以首先在IPP平台上自行开发了国产板卡MVPCI系列的V3A卡图象采集模块。

MVPCI-V3A卡是MVPCI系列中的一种彩色(RGB各8bit)和黑白(8bit)两用采集卡。它支持标准视频信号输入(PAL、NTSC),具有S-VIDEO接口,可连接6路视频,采集分辨率为768×576,具有外触发功能,水平清晰度可达450线~600线。

利用IPP的软件开发包(SDK)和Visual C++ 5.0(或以上)<sup>[5]</sup>及Microsoft基础类库(MFC)<sup>[7]</sup>,开发了适合于MVPCI-V3A卡用户使用的IPP插件(plug-in),具体创建过程如图1所示。

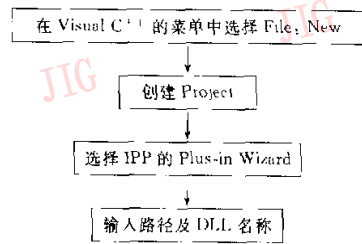


图1 IPP插件创建流程图

创建一个IPP插件后,使用IPP的SDK和Visual C++语言便可编写具体实际内容。在编写MVPCI-V3A卡的图象采集、显示、存储、窗口设定、视频参数设置及图象文件存取时,要使用MVPCI系列库函数。图2为所开发的MVPCI-V3A图象采集界面图。图象采集按以下步骤进行操作。

(1) 按下图象监视按钮,屏幕上用户区内出现监视窗口,可实时显示图象。

(2) 拖动滑动杆的滑动块,在0~255范围内调节图象色彩参数,如:亮度、色度、色调、饱和度、对比度。

(3) 进行视频信号偏移量的调节,即可对图象进行上下、左右移动,跳过水平或垂直方向的无效黑像素,确定水平或垂直方向正程的起点。

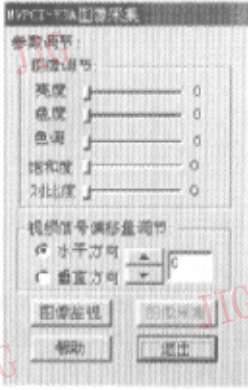


图 2 MVPCI-V3A 图象采集界面

(4) 将图象调节到理想状态后,即可按下图象采集按钮,将当前画面作为一帧,采集到内存,并保存到位图(BMP)文件中,以备对图象进行后续处理与分析。

(5) 再按下图象监视按钮,又会回到实时显示图象的状态。

(6) 观察实时显示的图象,若遇到需要的图象,则重复步骤 4。

### 2.2 病理专项检测

如前所述,IPP 所具有的缺点之一就是仅具有图象处理的常规通用技术,对于较为专业的检测工作来说,需要一步一步地进行各项处理操作,或者需

要用户自行开发适于自己的模块插件,但是这些工作对于只熟悉医学的医务人员来说,似乎是难度太大了,为此,根据国内医务人员的要求,开发了病理专项检测模块系统,它具有极高的灵活性、实用性、方便性。系统功能模块方框图如图 3。

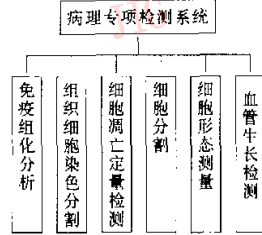


图 3 系统功能模块方框图

#### 2.2.1 细胞分割

对细胞图象进行增强预处理之后,根据 HIS 色彩直方图的特点,人工设置阈值,满意地将细胞从背景中分离出来。利用 AOI 工具可选定多个规则或不规则感兴趣区域,如图 4(a)所示,进行针对性较强参数测量,如:面积、周长、面积与周长比、平均光密度、平均直径、形状因子等。进行测量后,可以给出目标按照某一个给定参数排列的图谱,若用户觉得细胞有粘连的情况,如图 4(b)中 8 号目标疑为两个粘连在一起,则可选择使用自动分割法或分水岭分割法<sup>[8]</sup>进行有效的目标分离,如图 4(c)所示。同时,参数的测量值以列表形式给出(图 4(d))。

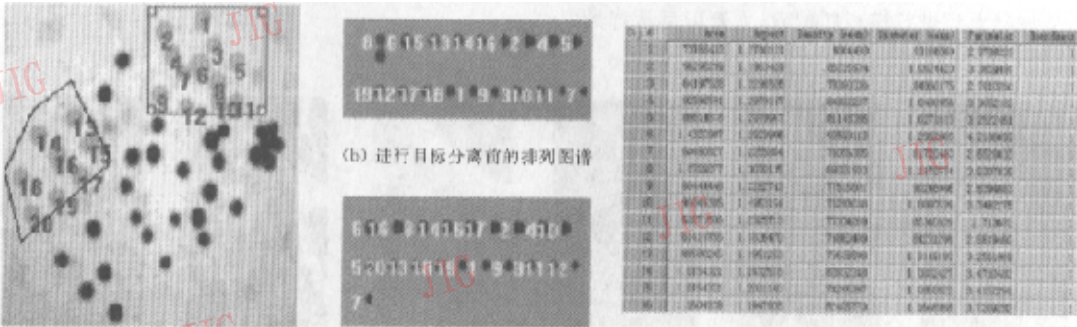
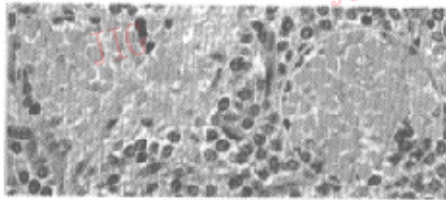


图 4 (a) 选定 AOI 后,进行测量参数 (b) 进行目标分离的排列图谱 (c) 目标分离后的排列图谱 (d) 参数测量值列表

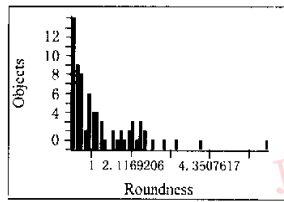
#### 2.2.2 细胞形态分析

由于形态学运算是在灰度图象上进行的,因此,若图象为彩色图象,则先对图象进行红、绿、兰 3 色道分离,之后转换为灰度图象,选择其中一幅最清晰的图象,进行腐蚀、膨胀、开、闭、细化、厚化等形态学

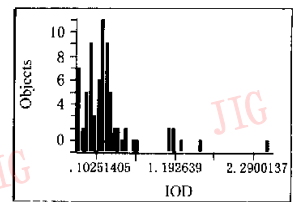
运算<sup>[9]</sup>,以保证目标平滑清晰,形态参数更准确。若存在较小无效的噪声点,则可通过滤波消除它们对计数的影响。测量后,给出了参数直方图,并列出参数测量数值列表。图 5(b)(c)中给出了形状因子、综合光密度(IOD)的计数直方图。



(a) 选定 AOI 区域进行形态学运算



(b) 形状因子的计数直方图



(c) 光密度的计数直方图

图 5

### 2.2.3 免疫检测分析

对于免疫组化图象,医生要区分染色区域,求其面积及其比值.通过颜色取法器选中所需颜色,根据 HIS 直方图进行阈值分割,方便快捷地分割染色.经过一系列人机交互操作后,几分钟便可得到病人的检测结果报告单.

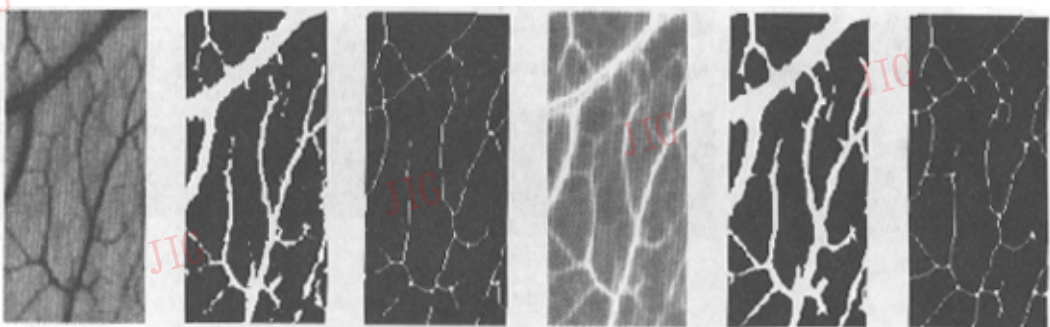
### 2.2.4 血管生长检测

尿囊膜血管图象的定量分析可用于药物作用分析,通过测量血管的生长状况反映药物的药理作用或进行药动力学分析.针对血管图象,定量分析的前提条件就是有效地将血管提取出来.IPP 的通用处理技术均不能有效地提取血管,原因在于血管纵横交错地分布于尿囊膜上,且在成像时,各种因素会降低图象质量,导致血管与背景的对比较低,清晰度不高.对于低质量尿囊膜血管图象,血管检测工作十分困难.通过分析血管空间和视觉特性,了解到沿血管的横向断面方向,其灰度呈高斯分布.利用二维高斯滤波器<sup>[16,11]</sup>进行模板匹配后,血管即可从背景中

显现出来,取得较令人满意的对比度和清晰度.其方法是每隔 15°取一个检测方向,共建立 12 个 13×13 方向检测模板矩阵.

建立血管生长检测模块 IPP 插件后,按照下面几步进行处理:

- (1) 彩色的血管图象分别以红、绿、蓝单通道显示,选取一幅较为清晰的图象作为处理原始灰度图(图 6(a)).
- (2) 进行必要的图象预以处理以提高图象质量,如增强、开运算消除噪声等.
- (3) 使用计算出的 12 个高斯滤波核的模板矩阵,进行模板匹配.
- (4) 将得到的 12 幅单方向上的图象做最大值运算,最终得到血管提取图象(图 6(d)).
- (5) 进行血管分割<sup>[12]</sup>.
- (6) 定量分析,计算血管面积、血管面积比,三叉点、端点等参数,结果如表 1 所示.



(a) 局部原始灰度图象 (b) 直接由(a)经阈值分割得到的二值图象 (c) (b)的骨架化图象,标出三叉点 (d) 经二维高斯滤波处理后的图象 (e) 由(d)经阈值分割得到的二值图象 (f) (e)的骨架化图象,标出三叉点

图 6

表 1 定量分析结果

	血管面积 (pixel)	血管面积比 (%)	三叉点 (个)	端点 (个)
2-D 高斯 滤波处理前	5 848	21	21	52
2-D 高斯 滤波处理后	6 976	26	27	30

对比处理前后结果,可见由原始灰度图象分割出来的血管不连续,端点数就多;有的血管分支未能提取出来,三叉点数就少,而由二维高斯滤波的结果图分割得到的血管连续,较完整,误差较小,与原图比对,2-D 高斯滤波处理后,标示出的三叉点和端点数更接近原始图。因此,二维高斯滤波法在处理血管图象检测血管中是十分有效的,良好的检测效果为今后的定量测量打下坚实的基础。

### 2.2.5 其他模块

确定一个标准细胞后,细胞凋亡检测主要计算其他倍体细胞与标准细胞的面积或光密度比(应根据医生希望的指标而定)。对于细胞染色图片,根据染色的不同分割细胞、组织及背景,原理步骤基本上,在此不累述。

## 3 结果与讨论

本文概括地介绍了自主开发的基于 Image-Pro Plus(IPP)开发平台的病理专项检测系统,它方便于国内医务人员的使用,例如在做出一份专项病理检测的报告之前,掌握 IPP 的处理技术,少则需要几天,多则需要几周,而使用该系统只需技术人员讲解几分钟,医务人员练习几回,便可轻松掌握,从图象采集、图象预处理、图象数据分析到数据报告一气呵成,不需要理解 IPP 的全部处理技术,与其他系统相比,该系统还具有开发成本低,技术性能价格比高的优点。

### 参 考 文 献

- 1 赵宗禧等. 数字图象处理导论[M]. 西安:西北工业大学出版社, 1995.
- 2 Castleman K R. Digital image processing[M]. New Jersey: Prentice Hall Press, 1997.
- 3 荆仁杰等. 计算机图象处理[M]. 杭州:浙江大学出版社, 1990.
- 4 章毓晋. 图象处理和分析(图象工程上册)[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- 5 Kruglinski David J. 著. Visual C++ 技术内幕[M]. 潘爱民、王国印译. 北京:清华大学出版社, 1999.

- 6 Liberty Jesse, Keogh Jim 著. C++ 程序设计轻松入门[M]. 张文旭等译. 北京:机械工业出版社, 西蒙与舒斯特国际出版公司, 1996.
- 7 郑雪明. Visual C++ 基础类库参考大全[M]. 北京:学苑出版社, 1994.
- 8 马东,曹培杰等. 分割重叠细胞核的方法及比较研究[J]. 北京生物医学工程, 1999, 18(3):142~147.
- 9 周洪堂,俞可大. 组织形态测量中的图象分析技术[J]. 生物医学工程杂志. 1994, 11(3):226~229.
- 10 Chaudhuri Subhasis *et al.* Detection of blood vessels in retinal images using two-dimensional matched filters. IEEE Trans On Medical Imaging[J]. 1989, 8(3):263~269.
- 11 Hoover A, Kouznetsova V, Goldbaum M. Locating blood vessels in retinal images by piecewise threshold probing of a matched filter response[J]. IEEE Trans Med Imaging. 2000, 19(3):203~210.
- 12 袁华等. 边缘检测及其在医学图象中的应用[J]. 生物医学工程杂志, 2001, 18(1):149~153.



王 青 1970 年生, 硕士, 讲师, 主要研究方向为医学图象处理, 相关软件开发。

曹衍钧 教授, 博士生导师, 1957 年毕业于清华大学, 先后在中国科学院、北京工业大学从事医学信息、图象处理, 现任北京工业大学生物力学和医学信息研究所所长, 主要研究方向为医学信息。



欧阳峻 1965 年生, 工程师, 北京微视公司总经理, 毕业于北京工业大学自动化系, 主要研究方向为数字图象采集处理。



董彦山 1973 年生, 北京工业大学生物医学工程系研究生毕业, 主要研究方向为计算机图象处理。

胡金麟 1963 年生, 1986 年毕业于清华大学力学系, 理学硕士, 主要从事图象处理、医学图象分析研究, 主要研究兴趣有黑白及彩色图象分割算法、几何学及体视学参数测算法、计算机图形学算法等。