

DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2021.01.012

医学影像物理

移动远程眩晕症诊断平台构建

陈蓓蓓¹, 陈嘉玲², 郑万挺²

1. 温州医科大学附属第一医院心脏重症监护室, 浙江温州 325035; 2. 温州医科大学眼视光学院(生物医学工程学院), 浙江温州 325035

【摘要】眩晕症作为多种疾病的常见症状,在临床治疗中需要医生通过对患者进行瞳孔检测来诊断。为使患者减少不必要的等待时间,同时方便医生及时了解患者病情的变化,采用基于移动设备的诊断平台,通过网页上传患者视频,再通过Matlab程序提取患者眼球运动轨迹图,上传至服务器,就诊医生通过观察眼球运动轨迹图,通知患者就医。通过这种方法,可以初步诊断是否具有眩晕症,减少不必要的就医开支。

【关键词】眩晕症;瞳孔检测;医疗平台;Matlab

【中图分类号】R318

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2021)01-0065-10

Construction of mobile platform for diagnosis of vertigo

CHEN Beibei¹, CHEN Jialing², ZHENG Wanting²

1. Cardiac Care Unit, the First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, China; 2. School of Ophthalmology and Optometry (School of Biomedical Engineering), Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, China

Abstract: Vertigo, as a common symptom of many diseases, can be diagnosed with pupil detection in clinical treatment. Herein a diagnosis platform based on mobile devices is proposed to reduce the patient's unnecessary waiting time and to make it easier for the doctor to timely understand the changes of the patient's condition. After patients upload their videos through the web page, the eye movement track maps of patients are extracted through Matlab program, and then is upload to the server. According to the diagnosis on the eye movement track maps, doctors will inform patients to seek medical treatment. Through this procedure, doctors can make a preliminary diagnosis of vertigo and reduce unnecessary medical expenses.

Keywords: vertigo; pupil detection; medical platform; Matlab

前言

眩晕症是一种因对空间定位障碍而产生的运动性或位置性错觉,患者常常感觉自身或周围事物不停旋转、摇摆^[1]。眩晕症的病因多样,主要为前庭病变,其表现为感觉到阵发性的外物或本身的旋转、倾倒感、坠落感,多伴有明显的恶心、呕吐等植物神经症状^[2]。患者出现眩晕症时伴有异常的眼震,这种眼球震颤运动可以作为眩晕症诊断要素^[3]。医生可以通过眼球运动轨迹图来分析病因。

移动医疗平台将互联网和医疗创造性地结合在一起,克服部分线下医疗服务等待时间长、即时性差、交互性差的缺点。诊断技术和移动技术的结合,使人们跨越时间、空间的障碍,享受更优质的医疗服务^[4]。

如果将眩晕症诊断和移动医疗平台相结合,为医患提供一个初步诊断的平台^[5],就能提高医生诊断效率,快速排查哪些是需要尽快就诊的患者,对患者来说也可以减少大量时间和精力。

1 系统整体设计方案

移动远程眩晕症诊断平台的设计主要包括5大部分:服务器、数据库、供用户操作的平台网页、视频处理程序、自动诊断程序,如图1所示。这5个部分,由服务器上发布的Web Service实现连接,互相通信。一方面,Web Service将患者录入的注册信息通信给数据库,进行录入,又通过数据库查询用户信息使用

【收稿日期】2020-07-25

【基金项目】温州市科技局项目(S20180024)

【作者简介】陈蓓蓓,主管护师,主要从事眩晕症护理研究工作,E-mail: 116382271@qq.com

【通信作者】郑万挺,实验师,主要从事传感器检测、自动控制、单片机应用等方面的研究,E-mail: @qq.com

户成功登录,患者可以查询自己的诊断结果,医生可以查询其患者的联系方式。另一方面,患者将视频上传到服务器的文件系统上,Web Service 通信 Matlab 对获取的视频进行处理,得到瞳孔中心运动轨迹图和自动诊断的结果,得到的轨迹图存放在服务器上,自动诊断的结果录入数据库^[6]。



图1 系统的总体设计
Fig.1 Overall design of the system

1.1 网页设计

网页端需满足患者注册、登录、录制视频、上传视频、查询自动诊断的需求,以及医生查询其名下病人瞳孔中心运动轨迹图和联系方式的需求^[7],如图2所示,患者录制的视频通过 Web Service 上传到服务器文件系统中,Web Service 通信 Matlab 程序将视频进行处理,得到轨迹图和自动诊断的结果,轨迹图保存在服务器的文件系统中,以病人 id 进行命名,自动诊断结果通过 Web Service 存入数据库;医生查询轨迹图,Web Service 将服务器中对应患者的轨迹图调出,同时显示患者的联系方式。

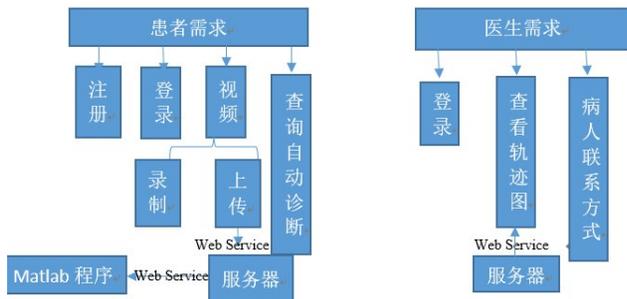


图2 网页端流程
Fig.2 Flowchart of web page

1.2 视频处理的 Matlab 程序

如图3所示,经 Web Service 通信,调用 Matlab 程序将上传到服务器的视频先进行解码,读取其中一部分的帧^[8],对得到的图片进行瞳孔中心定位,最后得到一张瞳孔中心轨迹图,轨迹图中分别展示了水平方向和垂直方向瞳孔运动变化,轨迹图存放在服务器的文件系统中,以患者的 id 命名。



图3 视频处理流程
Fig.3 Flowchart of video processing

1.3 自动诊断的 Matlab 程序

本文设计的自动诊断程序建立在眩晕症临床表现——眼震的基础上。眼震是眼球一种非自主的节律性运动,根据震颤方向主要分为3种:水平性、垂直性、旋转性。本文主要研究水平性眼震以及垂直性眼震。眩晕症的临床分类主要分为以下两种,其临床表现有所差异^[9-10],如表1、表2所示。

表1 周围性眩晕临床表现

Tab.1 Clinical manifestations of peripheral vertigo

临床特征	表现
眩晕特点	突发性,持续时间短,程度较重
眼球震颤的方向	水平,水平兼旋转
病变部位	前庭器官
常见疾病	良性阵发性位置性眩晕,梅尼埃,中耳炎,迷路炎,前庭神经炎等

表2 中枢性眩晕临床表现

Tab.2 Clinical manifestations of central vertigo

临床特征	表现
眩晕特点	持续时间久,程度较轻,有头重脚轻之感
眼球震颤的方向	方向不定,幅度大
病变部位	前庭核,中枢系统
常见疾病	听神经炎,颅内压增高,脑供血不足,颈椎病等

本文设计的眩晕症辅助自动诊断主要针对中枢性眩晕,根据其眩晕室眼球震颤方向不定、幅度大的特点来设计程序。通过网页提供触发眩晕症的图片,收集病人凝视眩晕症触发图片后的瞳孔中心轨迹图,分析水平方向眼震和垂直方向眼震的幅度,因此需要设定合理的幅度阈值,才能筛选出符合条件的瞳孔运动轨迹。

按眼球震颤幅度可分为三类:第一类幅度小,幅度在 1 mm 以内;第二类为中等,幅度在 1~3 mm 之间;第三类幅度大,幅度在 3 mm 以上。根据中枢性眩晕眼球震颤幅度大这一特点,可确定合理阈值。

像素与毫米的转换需要知道 DPI(每英寸点数),根据公式:像素数/DPI=英寸数;英寸数×25.4=毫米数。已知图片分辨率的情况下,水平方向和垂直方向眼震幅度转换为像素的公式分别如式(1)和式(2)所示:

$$V_x = \frac{3 \times \text{水平分辨率}}{25.4} \quad (1)$$

$$V_y = \frac{3 \times \text{垂直分辨率}}{25.4} \quad (2)$$

遍历横坐标数组 X 与纵坐标数组 Y,将每个数组的最大值最小值相减得到的差除以 2,得到两个近似水平和垂直振幅的值 X_{xj} 和 Y_{yj} ,与上面得到的阈值作比较,只要水平方向或垂直方向上的一个幅值大于其对应的阈值,则推断疑似患有眩晕症,两个方向上的幅值都小于阈值,则推断为正常人,如图 4 所示。

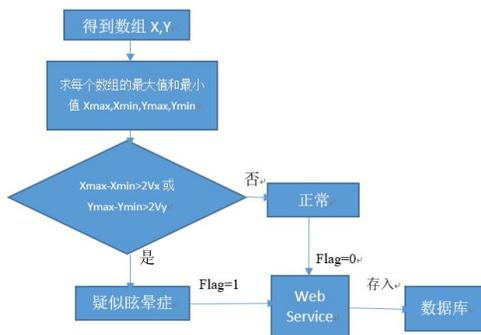


图 4 自动诊断流程

Fig.4 Flowchart of automatic diagnosis

1.4 数据库设计

在 SQL serve 2008 中进行数据库的设计,主要设计了两张表来存放医生、患者的信息,如表 3、表 4 所示。

数据库中的医生信息是预先录入的,医生只需登录即可,患者用户需要先进行注册,再进行登录。数据库还需要将自动诊断的结果录入,这种网页端和 Matlab 程序与数据库的交互都需要 Web Service 服务,如图 5 所示。

1.5 Web Service 方法设计

本文的移动远程眩晕症诊断平台的设计是基于不同平台不同语言进行开发的,因此使用 ASP.NET 自带的 Web Service 服务进行不同程序间的通信。在 Visual Studio 2019 中创建 Web Service 服务,VS 会自动搭建好 Web Service 的框架,如图 6 所示。因此只

表 3 医生信息表

Tab.3 Information sheet of doctors

表名	列名
doctorInfo	Id
doctorInfo	UserName
doctorInfo	Pwd

表 4 病患信息表

Tab.4 Information sheet of patients

表名	列名
patientInfo	Id
patientInfo	UserName
patientInfo	Sex
patientInfo	ManagerId
patientInfo	BirthDate
patientInfo	Phone
patientInfo	Pwd
patientInfo	Flag

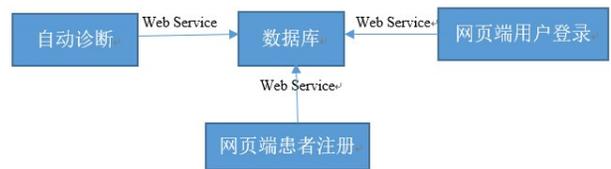


图 5 数据库流程图

Fig.5 Flowchart of databases

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Web;
using System.Web.Services;

/// <summary>
/// WebService 的摘要说明
/// </summary>
[WebService(Namespace = "http://tempuri.org/")]
[WebServiceBinding(ConformsTo = WsiProfiles.BasicProfile1_1)]
// 若要允许使用 ASP.NET AJAX 从脚本中调用此 Web 服务,请取消注释以下行。
// [System.Web.Script.Services.ScriptService]
1 个引用
public class WebService : System.Web.Services.WebService
{
    0 个引用
    public WebService()
    {
        //如果使用设计的组件,请取消注释以下行
        //InitializeComponent();
    }

    [WebMethod]
    0 个引用
    public string HelloWorld()
    {
        return "Hello World";
    }
}

```

图 6 Web Service 框架

Fig.6 Web Service framework

需要在这个框架中写需要的函数即可,例如图 6 [WebMethod]中的 HelloWorld 函数。

UploadFile 函数:利用这个方法可以上传患者拍摄的眼球运动视频到服务器,并将眼球运动视频根据患者 id 进行命名。先定义一个视频储存的文件路径,将患者上传的视频以其 id 命名存入该路径下。

TransToImage 函数:利用这个方法调用 Matlab 程序的 TransToImage 函数,将上传到服务器的患者视频进行处理,事先定义一个图片文件路径,得到瞳孔中心运动轨迹图并保存在该文件夹下,自动诊断的结果从 Matlab 程序中的 Diagnose 函数中得出,通过 ExecuteSql 函数,赋值给 Patient 表中的 flag。

DownloadImage 函数:利用这个方法,根据选中的患者从服务器的图片文件夹中调取与病人 id 相对应的图片,医生可以访问其病人的瞳孔中心运动轨迹图,进行诊断。

ExecuteSql 函数:利用这个方法可以执行 sql 语句,对数据库中的数据进行增加,无需返回数据。

GetDataTable 函数:利用这个方法,通过 sql 语句对数据库中的数据进行查询,将查询到的数据返回,获得需要的数据。

2 图像处理的总体设计

整个平台核心的功能在于从上传的眼球转动视频中提取出瞳孔中心运动轨迹图,因此在 Matlab 中所设计的程序应当完成视频解码、高斯模糊去除图片噪声、灰度投影法确定人眼图像、离散灰度梯度微分法确定二值化阈值、进行二值化、Canny 算子边缘检测、选取最大轮廓、椭圆曲线拟合得到每张图片瞳孔中心,最后用 For 循环得到一张完整的瞳孔中心运动轨迹图,如图 7 所示。



图7 视频处理及图像处理总流程
Fig.7 Video processing and image processing

2.1 高斯模糊去噪

由于处理的图像是由手机摄像头获取的,难免因为手机摄像头感光元件的曝光导致不良光颗粒影响瞳孔中心的定位,为了淡化毛发和瞳孔中反光点的影响,本文利用高斯模糊的特点来减小图像的噪声,减少图像中不需要的细节。

对图像进行高斯模糊相当于加了一个低通滤波器,它的工作原理是将图像与正态分布做卷积,是一种图像模糊滤波器,它利用正态分布对图像中的每个像素进行变换。 N 维正态分布的方程如式(3)所示:

$$G(r, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}^N} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

其中, r 为高斯模糊的半径, σ 为标准偏差。

2.2 灰度投影法提取人眼

本文采用的灰度投影法的原理是通过对被检测的人脸图像分别进行水平和垂直的灰度投影,并得到这两个方向上的像素灰度累加曲线图,根据曲线图上的波峰、波谷和人脸图像的先验知识来确定人眼的位置,具体为从水平灰度投影确定人眼区域的纵坐标范围,垂直灰度投影确定人眼区域的横坐标范围。

垂直灰度投影公式如式(4)所示:

$$P_y = \sum_{x=1}^n I(x, y) \quad (4)$$

由于本文研究瞳孔中心的定位只需要一只眼睛即可,因此先根据人脸的对称性,取人脸的左边,对得到的左边图像做垂直灰度投影,从投影曲线中找出背景、头发与人眼的边界。

水平灰度投影公式如式(5)所示:

$$P_x = \sum_{y=1}^n I(x, y) \quad (5)$$

对已经过垂直投影提取感兴趣部位的图像进行水平投影,得到水平方向上的像素灰度累加曲线图,从曲线图中波峰波谷找到头发、额头、眉毛、眼睛、脸颊之间的界限。

2.3 离散灰度梯度微分法二值化

在获得眼部图像后,需要精确定位瞳孔,常用的二值化方法不能很好地将瞳孔与图像的其他部分分离。根据瞳孔部分像素灰度值与人眼其他部分像素具有非常明显的跳跃这一特征,离散灰度梯度微分法能从人眼图像的灰度直方图中找出这个跳跃边界,如图 8 所示,将小于这个阈值的部分填充为黑色,大于或等于这个阈值的部分为白色。

首先,统计眼部图像所有像素的灰度值, z 表示

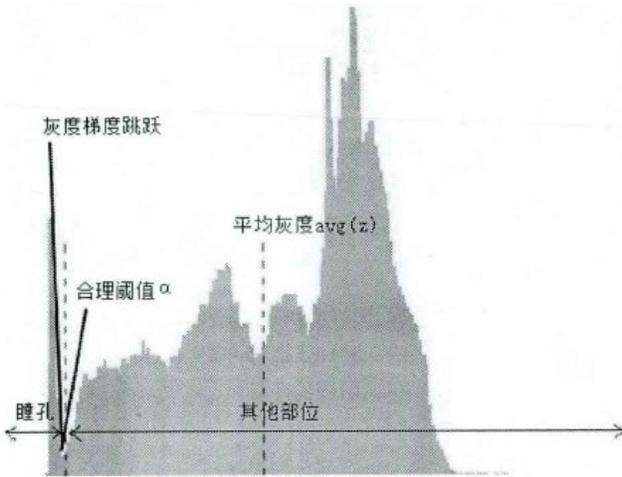


图8 人眼图像灰度直方图

Fig.8 Gray histogram of human eye image

灰度值, $p(z)$ 表示该灰度值上统计的像素个数。对 $\{z, p(z)\}$ 进行微分, 以 s 为步长, 得到 $w(z)$, 如式(6)所示:

$$w(z) = \frac{p(z+s) - p(z)}{s} \quad (6)$$

将 $w(z)$ 中最小的一项记为 $w(z')$, 并记下此时的 $z=z'$ 。得到阈值 value, 如式(7)所示:

$$\text{value} = z' + \frac{-p(z')}{w(z')} \quad (7)$$

将得到的 value 向上取整, 得到最后的阈值。

2.4 边缘检测

本文采用的 Canny 算子通过滞后阈值能够有效检测强边缘和弱边缘的连接, 滞后阈值包括高阈值和低阈值, 其步骤一般包括对图像去噪, 利用一阶微分算子来计算图像 M 点处梯度幅值 A 及其方向 a , 对图像中局部像素抑制其非最大梯度点, 利用双阈值得到边界点并连接。

$P_x(i, j)$ 和 $P_y(i, j)$ 是对 M 点的 x 方向和 y 方向的一阶微分偏导, 如式(8)和式(9)所示:

$$P_x(i, j) = \frac{M(i, j+1) - M(i, j) + M(i+1, j+1) - M(i+1, j)}{2} \quad (8)$$

$$P_y(i, j) = \frac{M(i, j) - M(i+1, j) + M(i, j+1) - M(i+1, j+1)}{2} \quad (9)$$

由此可以得出图像中各点的梯度幅值 A 和方向 a , 如式(10)和式(11)所示:

$$a(i, j) = \arctan\left(\frac{P_x(i, j)}{P_y(i, j)}\right) \quad (10)$$

$$A(i, j) = \sqrt{P_x(i, j)^2 + P_y(i, j)^2} \quad (11)$$

得到图像各点的梯度幅值和方向后, 抑制非最大梯度点, 主要步骤包括: 以 3×3 的模板在 8 个方向上对所有像素按照梯度方向 a 插值。对于每个点, 将邻域中心元素 $N(i, j)$ 与沿梯度方向的第二个梯度幅值插值的结果进行比较, 如果 $N(i, j)$ 的值小于梯度方向上的两个插值结果, 就要将 $N(i, j)$ 对应的边缘标志位赋予 0 值^[11]。

最后, 通过设定双阈值对经过上述处理的图片进行检测, 得到需要的边缘点, 将其连接。

2.5 筛选轮廓和椭圆曲线拟合

经 Canny 算子边缘检测后, 由于睫毛、瞳孔中微弱光点的影响, 得到的图像不止包括瞳孔的边缘, 还会有小的不规则轮廓。因此要从中选择需要的瞳孔轮廓, 瞳孔轮廓在所有轮廓中具有最大周长。本文引用了 Matlab 中的 Regionprops 函数, 即 get the properties of region, 是 Matlab 中用来度量图像区域属性的函数, 常用来统计被标记区域的面积分布, 显示区域总数。调用这个函数中的“Perimeter”属性, 这个属性表示图像各个区域边界地区的周长, 即可筛选出需要的瞳孔轮廓。

传统的 Hough 变换法找寻瞳孔中心将图像中的点代入圆的公式, 如式(12)所示, 找到最大的圆, 圆心即为瞳孔中心:

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2 \quad (12)$$

本文采用椭圆公式根据已知的图像点主动拟合椭圆, 利用椭圆拟合曲线方法得到的结果更加贴合实际情况中因眼睑、睫毛等遮挡致使瞳孔呈现非正圆的形状。

已知椭圆公式:

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + 1 = 0 \quad (13)$$

从椭圆公式可变形得到椭圆中心横坐标 X_c , 纵坐标 Y_c , 如式(14)、式(15)所示, 长轴倾角 θ , 如式(16)所示, 长半轴 a 、短半轴 b , 如式(17)、式(18)所示:

$$X_c = \frac{BE - 2CD}{4CD - B^2} \quad (14)$$

$$Y_c = \frac{BD - 2AE}{4CD - B^2} \quad (15)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \frac{B}{A - C} \quad (16)$$

$$a^2 = 2(A X_c^2 + C Y_c^2 + B X_c Y_c - 1) / (A + C + \frac{(A - C)^2 + B^2}{2}) \quad (17)$$

$$b^2 = 2(A X_c^2 + C Y_c^2 + B X_c Y_c - 1) / (A + C - \frac{(A - C)^2 + B^2}{2}) \quad (18)$$

原始测得 $N(N \geq 5)$ 组数据 $(x_i, y_i), i=1, 2, 3, \dots, N$ 中, 根据椭圆方程通式和最小二乘法原理, 求目标函数, 如式(19)所示:

$$F(A, B, C, D, E) = \sum_{i=1}^N (Ax_i^2 + Bx_i y_i + Cy_i^2 + Dx_i + Ey_i + 1)^2 \quad (19)$$

求目标函数的最小值来确定 A, B, C, D, E 5 个参数, 令 $F(A, B, C, D, E)$ 对各个参数偏导均为 0, 得到如下方程组:

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N x_i^2 y_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i y_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i^2 y_i & \sum_{i=1}^N x_i y_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i^3 & \sum_{i=1}^N y_i^4 & \sum_{i=1}^N x_i y_i^2 & \sum_{i=1}^N y_i^3 & \sum_{i=1}^N y_i^2 \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 y_i & \sum_{i=1}^N x_i y_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i y_i & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i^2 & \sum_{i=1}^N y_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i y_i & \sum_{i=1}^N y_i^2 & \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i & \sum_{i=1}^N y_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N y_i & N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N x_i^3 y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 y_i^2 \\ \sum_{i=1}^N x_i^3 \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{bmatrix} \quad (20)$$

求解此线性方程组可解出 A, B, C, D, E , 代入上述各公式即可解得拟合的椭圆参数, 画出椭圆拟合曲线, 得到椭圆中心坐标, 即瞳孔中心坐标 (X_c, Y_c) 。

2.6 循环得到轨迹图

将每一次循环中得到的 (X_c, Y_c) 都分别存入数组 X 和数组 Y 中。将得到的瞳孔中心横坐标的数组 X 和纵坐标的数组 Y 分别输出成图片, 便得到我们需要的瞳孔中心轨迹图。

3 系统调试

3.1 登录注册界面

平台的登录界面, 如图 9 所示, 在角色中选择医生或患者, 输入姓名和密码^[12], 还未注册的患者点击

登录键下的“还未注册?”进行注册, 注册页面如图 10 所示, 输入信息后, 按“添加”完成注册, 按“放弃”清空所输入的信息, 按“返回”回到登录界面^[13]。

3.2 患者界面

如图 11 所示, 界面左边是触发眩晕的动态旋转图, 右边是录制视频的窗口, 点击“打开摄像头”, 摄像头打开, 但没有开始录制, 患者调整好姿势, 如图 12 所示, 使自己的脸正对摄像头, 尽量保持脸部干净, 减少背景入

镜。点击“开始录制”, 上方秒表开始计时, 患者大致录制 40 s 的视频即可, 点击“停止”, 点击“保存”, 即可上传视频, 保存成功后, 点击查询, 可以知道初步辅助诊断的情况^[14]。

成功保存后, 会跳出“保存成功”的提示消息, 点击查询, 会跳出诊断结



图 9 登录界面
Fig.9 Login interface

当前用户			
患者资料	ID:	23	患者姓名:
	性别:	<input checked="" type="radio"/> 男 <input type="radio"/> 女	医生:
	出生日期:		联系电话:
	密码:		
<input type="button" value="添加"/> <input type="button" value="放弃"/> <input type="button" value="返回"/>			

图 10 患者注册界面
Fig.10 Patient registration interface

果, 如诊断结果为正常的则回复“正常”, 诊断结果异常的则回复“疑似患有眩晕症”, 视频处理程序异常的会跳出回复“未知”。

3.3 医生界面

医生登录后, 进入查询页面, 如图 13 所示, 医生选择需要查询的病人进行查询, 以自己的经验对瞳

孔中心运动轨迹图进行分析^[15], 需要进行进一步检测的患者, 通过其留下的联系方式进行联系。

3.4 瞳孔中心定位算法调试

3.4.1 高斯模糊 经高斯模糊后的图片减轻了光照、毛发对图片产生的干扰, 如图 14、图 15 所示。本文肖像图均获得知情同意。

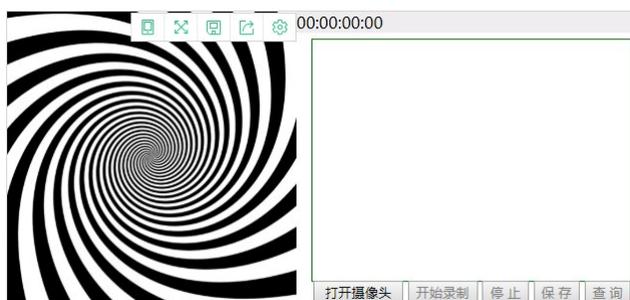


图 11 拍摄视频界面
Fig.11 Video shooting interface



图 15 高斯模糊后图片
Fig.15 Image after Gaussian blurring



图 12 打开摄像头
Fig.12 Turn on the camera

3.4.2 粗略定位人眼图像 先根据人脸的对称性得到半张人脸,再将得到的图片转化为灰度图片,进行垂直方向的灰度投影,得到曲线图如图 16 所示,根据这张曲线图的波谷来确定人脸的边界,如图 17 所示。

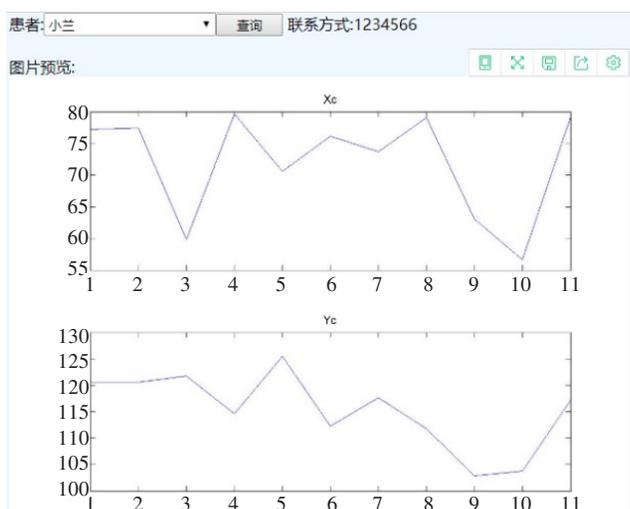


图 13 医生查询界面
Fig.13 Doctor query interface

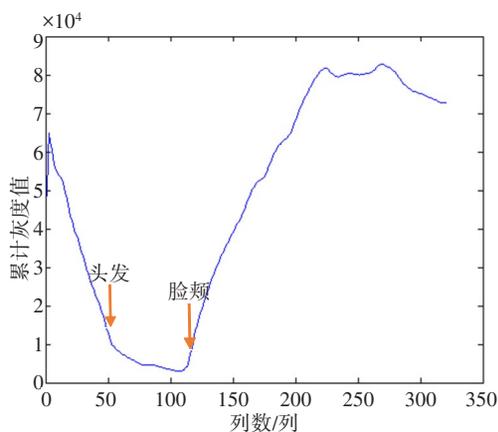


图 16 垂直灰度投影曲线
Fig.16 Vertical grayscale projection curve



图 14 原图
Fig.14 Original image



图 17 经处理的人脸图片
Fig.17 Processed face image

对得到的图 17 进行水平方向灰度投影,得到曲线图,如图 18 所示,从这条曲线的波峰波谷中辨别出

额头、眉毛、人眼、脸颊的位置,得到人眼图像^[16],如图19所示。

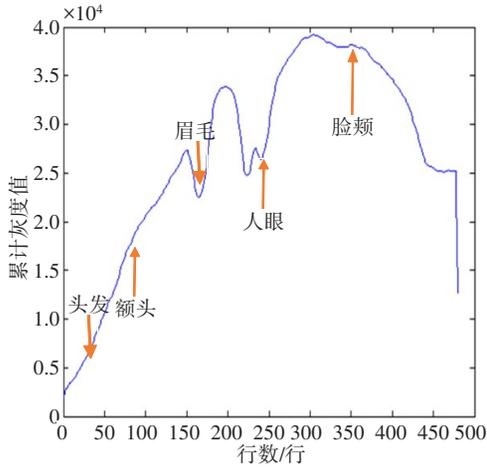


图18 水平灰度投影曲线
Fig.18 Horizontal grayscale projection curve



图19 人眼图像
Fig.19 Human eye image

3.4.3 人眼图像二值化 得到人眼图像灰度直方图,如图20所示。利用离散灰度梯度微分法,取合理步长 s 得到我们需要的阈值,这里 $s=5$,得到二值化后的图像,如图21所示。

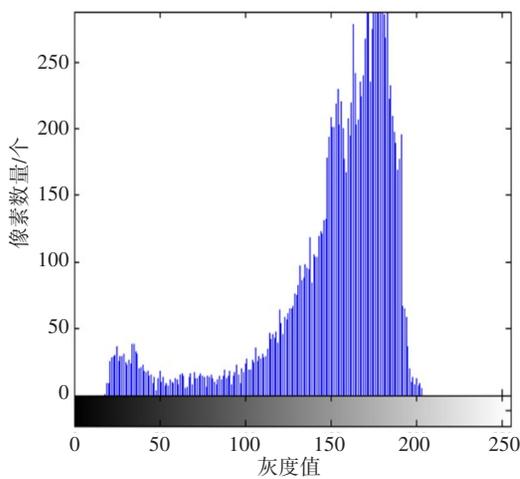


图20 人眼灰度直方图
Fig.20 Gray histogram of human eye image

3.4.4 边缘检测 利用Canny算子进行边缘检测,得到图22。



图21 二值化人眼图像
Fig.21 Binarization of human eye image



图22 边缘检测后瞳孔
Fig.22 Pupil after edge detection

3.4.5 筛选最大轮廓和椭圆曲线拟合 从图22中筛选出最大周长的边缘就是瞳孔的边缘。将边缘的坐标带入椭圆曲线拟合算法,得到拟合的椭圆及其中心,如图23、图24所示。



图23 筛选出瞳孔边缘
Fig.23 Outlined pupillary edge

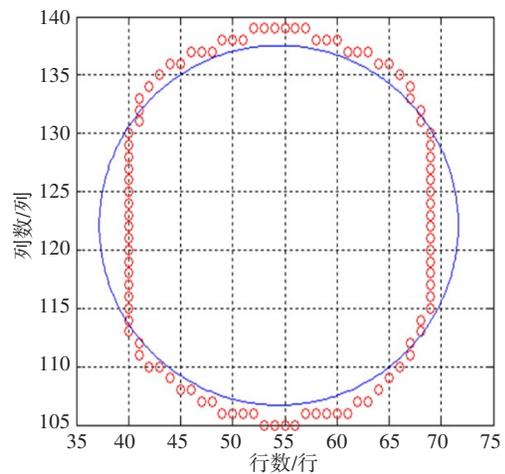


图24 椭圆曲线拟合
Fig.24 Fitting of elliptical curves

3.4.6 瞳孔运动曲线 利用循环得到完整的瞳孔中心运动轨迹图^[17],如图25所示。

4 结语

该平台的设计主要满足两类用户,一类是患者,

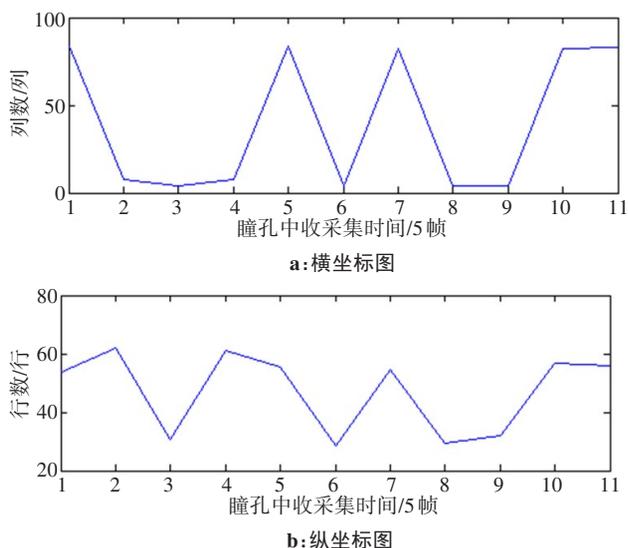


图25 瞳孔中心运动轨迹图

Fig.25 Motion trails of pupil center

对于患者, 他们可以进行注册登录、上传眼球运动视频、查询自动诊断结果^[18]。其中上传视频, 将视频转化成瞳孔中心运动轨迹是关键, 诊断也是基于算出瞳孔中心运动轨迹才能够实现的。为实现这个功能, 首先需要将视频分解成帧, 取其中一帧进行分析^[19]。先对得到的图片进行粗略的人眼定位, 高斯模糊, 减轻光点和毛发的影响, 然后利用人脸的先验知识和灰度投影曲线定位人眼部分, 虽然存在精度不够高的问题, 但是应用于本算法中, 效果良好。再对得到的人眼图像进行瞳孔中心定位, 首先取合理阈值进行二值化, 本文采用了离散灰度梯度微分法, 该方法能区分出瞳孔和人眼其他部位, 较其他二值化的方法具有更强的针对性; 其次利用 Canny 算子进行边缘检测, 筛选轮廓, 将轮廓的坐标带入椭圆曲线拟合算法, 得出瞳孔中心坐标, 利用循环处理所有帧, 得到最后的瞳孔中心运动轨迹图^[20]。诊断部分分为两块, 一个是医生通过查询该病患的瞳孔中心运动轨迹图, 以自己的医学经验进行诊断, 联系患者, 另一个是依靠获得的瞳孔中心运动轨迹的各个点的坐标, 其距离中值的平均值作为眼震幅度, 与阈值进行判断, 得出初步辅助的自动诊断结果, 患者可自己查询。

【参考文献】

- [1] 任行. 国外移动医疗体系发展现状[J]. 中国数字医学, 2013, 8(4): 95-97.
REN X. A summary of current development of mobile health system in foreign countries[J]. China Digital Medicine, 2013, 8(4): 95-97.
- [2] CATALANI C, PHILBRICK W, FRASER H, et al. mHealth for HIV treatment & prevention: a systematic review of the literature[J]. Open

AIDS J, 2013, 7(1): 17-41.

- [3] STUCKEY M I, SHAPIRO S, GILL D P, et al. A lifestyle intervention supported by mobile health technologies to improve the cardiometabolic risk profile of individuals at risk for cardiovascular disease and type 2 diabetes: study rationale and protocol[J]. BMC Public Health, 2013, 13(1): 1051.
- [4] 宋坤. 基于舌像的移动医疗诊断平台的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2016.
SONG K. Design and implementation of mobile medical diagnosis platform based on tongue image [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2016.
- [5] 李笑迎, 王琛, 刘群, 等. 基于互联网+数字病理远程诊断系统的构建[J]. 生物医学工程与临床, 2017, 21(5): 545-550.
LI X Y, WANG C, LIU Q, et al. Construction of digital pathology remote diagnostic system based on internet-plus [J]. Biomedical Engineering and Clinical Medicine, 2017, 21(5): 545-550.
- [6] 王红艳, 金圣华. 动态网页开发工具的分析 and 研究[J]. 电脑知识与技术, 2006(5): 64-65.
WANG H Y, JIN S H. Analysis and research of dynamic webpage development tools[J]. Computer Knowledge and Technology, 2006 (5): 64-65.
- [7] 刘洪鸣. 图像边缘检测技术的研究与比较[J]. 科技信息, 2009(27): 879-880.
LIU H M. Research and comparison of image edge detection technology [J]. Science & Technology Information, 2009(27): 879-880.
- [8] 于博, 牛铮, 王力, 等. 抗噪形态学边缘检测新算子[J]. 信息技术, 2012(3): 10-12.
YU B, NIU Z, WANG L, et al. New edge detection operator of anti-noise morphology[J]. Information Technology, 2012(3): 10-12.
- [9] 赵云平. 浅议眩晕的临床分类与治疗[J]. 中国中医药现代远程教育, 2011, 9(10): 72.
ZHAO Y P. Clinical classification and treatment of vertigo[J]. Chinese Medicine Modern Distance Education of China, 2011, 9(10): 72.
- [10] 张道官, 樊兆民. 眩晕疾病的手术治疗[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2014, 28(1): 6-10.
ZHANG D G, FAN Z M. Surgical procedures of vertigo disease[J]. Journal of Clinical Otolaryngology Head and Neck Surgery, 2014, 28 (1): 6-10.
- [11] 孙丽萍, 方源敏, 刘兵川, 等. Canny 算子边缘检测的改进研究[J]. 河南科学, 2015, 33(11): 1937-1940.
SUN L P, FANG Y M, LIU B C, et al. Research on edge detection of canny operator[J]. Henan Science, 2015, 33(11): 1937-1940.
- [12] 陈明睿, 许敬莹, 毕然. “互联网+”移动医疗 App 的产业发展策略研究[J]. 中国市场, 2019(29): 187-188.
CHEN M R, XU J Y, BI R. Research on industrial development strategy of "Internet+" mobile medical App[J]. China Market, 2019 (29): 187-188.
- [13] 李杨. 基于 IHE 技术的移动医疗 APP 设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2020.
LI Y. The design and implementation of mobile medical APP based on IHE technology[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2020.
- [14] 彭连刚. 基于大数据背景下移动医疗卫生信息平台的构建路径[J]. 电子世界, 2020(11): 19-20.
PENG L G. Construction path of mobile health information platform based on big data[J]. Electronic World, 2020(11): 19-20.
- [15] 李怀忠. 无线移动医疗大数据健康管理平台的建设[J]. 中国新通信, 2020, 22(11): 42.
LI H Z. The construction of wireless mobile medical big data health

- management platform [J]. China New Communications, 2020, 22 (11): 42.
- [16] 崔警卫. 基于“互联网+”移动医疗服务平台设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(8): 37-38.
- CUI J W. Design and implementation based on "Internet+" mobile medical service platform [J]. Computer Knowledge and Technology, 2020, 16(8): 37-38.
- [17] 王瑞峰. 基于集成学习的胃镜影像分析方法及移动医疗平台的设计[D]. 天津: 天津理工大学, 2019.
- WANG R F. Design of gastroscopic image analysis method and mobile medical platform based on ensemble learning [D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2019.
- [18] 孙璐荣, 谢仕聪, 施桐. 移动医疗初诊服务平台设计[J]. 数码世界, 2019(10): 96.
- SUN L R, XIE S C, SHI T. Design of mobile medical initial diagnosis service platform [J]. Digital Space, 2019(10): 96.
- [19] 张丹. 个人健康管理服务系统的设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2019.
- ZHANG D. Design and implementation of personal health management service system [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2019.
- [20] 于森, 方工文. 基于云计算的移动医疗健康服务平台的研究与设计[J]. 中国医学装备, 2017, 14(8): 122-125.
- YU M, FANG G W. Research and design of mobile health service platform based on cloud computing [J]. China Medical Equipment, 2017, 14(8): 122-125.

(编辑: 薛泽玲)