

# 基于 Matlab 与 VC 的弱视视功能检查系统的设计与实现<sup>①</sup>

陈宏 王丽萍 江波 (浙江工业大学 智能信息处理研究所 浙江 杭州 310014)

**摘要:** 弱视是一种发育紊乱性疾病,我国弱视患者检出率高达 2.8%。对弱视视功能进行检查可以帮助医生更准确判定病情,从而制定有效的个性化治疗方案。针对弱视患者存在的视功能缺损模式,采用心理物理学的阈限算法,设计了弱视视功能检查系统。系统软件部分利用 VC 中的 MFC 以及 Matlab 的 Psychophysics Toolbox 实现视功能检查模块,通过 SQL Server 建立后台数据库记录检查数据。同时,为了达到心理物理学上对视功能检查的特殊显示要求,硬件部分加入了 Vedio Switcher 进行输出视频信号的转换。系统经临床实际试用,表明系统稳定性好,能满足弱视视功能检查的特殊临床需要。

**关键词:** 弱视; 视功能检查; Matlab; VC++; 混合编程

## Design and Implementation of Amblyopia Visual Functions Examination System Based on Hybrid Programming Between Matlab and VC

CHEN Hong, WANG Li-Ping, JIANG Bo (Institute of Intelligent Information Processing, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

**Abstract:** Amblyopia is a developmental disorder of the visual system. There are about 2.8% of people in China who have amblyopia disease. The examinations of visual functions for amblyopia can help doctors make better treatment for patients. In this paper, a system with a psychophysics method is introduced to examine different visual functions of amblyopia. For the software system, MFC is used in the user interface and the overall framework. The Psychophysics Toolbox based on Matlab is adopted to realize the model of visual functions examination. SQL Server is used to generate back-end database. Meanwhile, a hybrid programming system between VC++ and Matlab is adopted to combine the entire system into one. For the hardware of the system, a Vedio-Switcher is used to improve the display accuracy to meet the special requirements of the vision test. The results show that this system has good stability and can meet the needs of visual functions examination for amblyopia.

**Keywords:** amblyopia; visual functions examination; matlab; VC++; hybrid programming

## 1 引言

弱视是一种发育紊乱性疾病,是由于先天性或在视觉系统发育关键期内受到某些因素(如斜视、屈光不正、先天性白内障等)的干扰,致使进入眼内的光刺激

不够充分,视觉细胞无法获得有效刺激,从而剥夺黄斑清晰成像的机会所造成的视力减退<sup>[1]</sup>。我国弱视的检出率为 2.8%,以十三亿人口为计算,弱视患者估计达四千万<sup>[2]</sup>。

<sup>①</sup> 基金项目:浙江省自然科学基金(R2080100)

收稿时间:2009-12-16;收到修改稿时间:2010-03-24

目前对弱视视功能检查一般分为电生理检查法和心理物理学检查法。电生理检查的优点是客观、准确，但设备昂贵，不易掌握；心理物理学检查则简单、快速，较多地运用于视功能检查领域。然而传统的心理物理学检查方式多以纸制图表为刺激源，并用人工的方式判断和记录检查结果，使得检查结果受主观因素影响较大且不利于结果的汇总与分析。

本文利用计算机相关技术制作刺激源替代传统的纸质材料的刺激源，通过阈限测量，设计并实现了一种新型的弱视视功能检查系统。

## 2 相关技术

本系统在开发过程中涉及到的软件和硬件技术如下：

### 1) Psychophysics Toolbox<sup>[3]</sup>

Psychophysics Toolbox 是 1997 年 Pelli 等人基于 Matlab 编程环境开发的一款用来支持视觉心理学实验程序设计的工具包。它为高级编程语言 (Matlab) 与视频显示硬件之间提供非常全面高效的应用接口。Psychophysics Toolbox 的核心部分提供对显示帧缓冲器的访问和色彩表的查找，对垂直扫描的同步以及精确到毫秒的定时功能。被广泛用于视觉心理学实验程序开发。

### 2) Matlab 与 Visual C++ 混合编程

Matlab 是 MathWorks 公司出品的数学软件，它将数值分析、矩阵运算、信号处理等高性能的数值计算与图形可视化集成在一起，使工程人员能方便地利用 Matlab 解决问题，被大量用于科学研究和工程领域。尽管 Matlab 拥有自己的用户界面设计方案，与 Visual C++ 中的 MFC 开发环境相比，后者更能满足用户的需求，界面更加友好。在 Matlab5.2 以后版本的编译器中加入了 Matlab C 语言接口、Matlab C++ 数学库、MatlabCOMBuilder 和 Matcom 等诸多内容，使得 Matlab 与 C/C++ 混合编程成为可能，既达到用户对功能的需求，又满足用户对操作界面的需要。

### 3) Video Switcher<sup>[4]</sup>

目前普通的显卡提供 3 个 8 位的 DAC，每个 DAC 产生 256(2<sup>8</sup>)个电压级别，因此对比度最小值为 0.78%。然而人眼最小能分辨的对比度可以达到 0.15%，这远不能满足视觉测量的精细要求。Video Switcher 正是用来弥补这一缺陷而设计的器件。它

通过连接显示输出的红、蓝两个 8 位 DAC 通道，产生高位数的单色信号输出，提高显示的亮度精度。同时，利用绿 DAC 通道触发 Video Switcher，使得控制与输出得到同步。本系统在 Matlab 程序部分驱动 Video Switcher 进入灰度模式，其他功能均使用普通彩色视频输出。

## 3 系统设计方案

### 3.1 软硬件环境

本系统软件框架部分以 VC6.0 为开发工具，通过 MFC 强大的用户界面设计人机接口。视功能检查模块通过基于 Matlab7.0 的 Psych Toolbox2.5 设计实现。后台采用 MS SQL Server2000 数据库。VC++ 搭建的框架程序与 SQL Server2000 通过 ADO (ActiveX Data Object) 技术进行连接。如图 1 为视功能检查系统运行的软件环境。

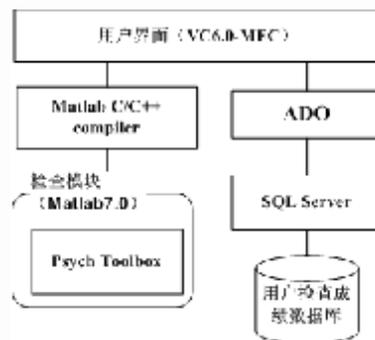


图 1 系统运行的软件环境示意图

由于视功能检查的特殊性，对本系统的硬件环境 (主要是显示输出) 具有严格的要求。

1) 主机采用 Intel + windows xp 模式的运行环境。为了保证输出视标的流畅性，采用 9600GT 核心、512M 显存的显卡作为视频信号输出端。同时为了加载 Video-Switcher，主板需要提供具有 +3V 直流供电的 PCI 插槽。

2) 由于 CRT 显示器比 LCD 显示器具有可视角度宽、对比度高、色彩真实、反应速度快等优点，成为视觉研究与应用的刺激呈现首选器件。本系统显示器采用 19 寸、1600×1200 高分辨率的纯平 CRT 显示器，显示平均亮度为 46cd/m<sup>2</sup>。为了保证显示器灰度色阶变化与 VGA 信号的线性一致，需要对显示器 Gamma 参数进行校正。为了提高显示亮度的精度，

在显卡到显示器之间接入 Video Switcher 进行视频信号转换，输出高精度的灰度信号。

### 3.2 软件功能

根据实际需要，本系统可分为视功能检查模块和用户管理模块。

1) 视功能检查模块包含的检测项目有：视力表、光栅视力、游标视力、边界对比敏感度、立体视锐度、双眼运动融合：

① 视力表 (Optotype Acuity) 是常见的视力检查方法。本系统采用国内通用的“E”字视标方式，视标的设计按照标准对数视力表 (GB 11533-1989) 进行设计的<sup>[5]</sup>。

② 光栅视力 (Grating Acuity) 是弱视患者检查视觉锐度的重要手段，利用光栅条纹的疏密和方向变化不受眼球折射系统影响直接进入视网膜的特点，可以有效检查视网膜的视觉锐度<sup>[6]</sup>。本系统采用同人眼作用相仿的二维高斯包络正弦光栅 (Gabor) <sup>[7]</sup>为刺激物。

③ 游标视力 (Vernier Acuity) 是检查人眼所能分辨事物细节的能力，是一种超敏视力。通常采用一组具有一定偏移量的直线群作为刺激物。为了克服显示器分辨率不能满足游标最小偏移量的困难，本系统采用亮度抖动的方法实现亚像素功能<sup>[8]</sup>。

④ 边界对比敏感度 (Edge Contrast Sensitivity) 检测人眼对比敏感度峰值。系统采用二维高斯包络的具有对比度梯度的色块作为刺激物<sup>[9]</sup>。

⑤ 立体视锐度 (Stereopsis Acuity) 检测人眼立体视觉功能，为了使被试双眼形成视差从而产生立体视觉，系统采用红蓝随机点“Circles”测试<sup>[9]</sup>，利用红蓝眼镜的分光作用形成视差产生立体视觉。

⑥ 双眼运动融合 (Binocular Motion) 检测双眼是否存在融合以及两眼间的交互功能。刺激物为离眼的正交运动正弦光栅<sup>[10]</sup>。检查时，利用立体视镜达到离眼视物的效果。

2) 用户管理是对进行检测的用户信息进行查询、记录和保存。检查用户使用用户管理功能对其检查结果记录进行查询，方便对其病史进行跟踪和研究或治疗效果的评估。管理员用户通过此功能可以对进行检查的所有患者进行查询，方便其对数据进行分析、研究。

视功能检查系统的功能模块如图 2 所示。

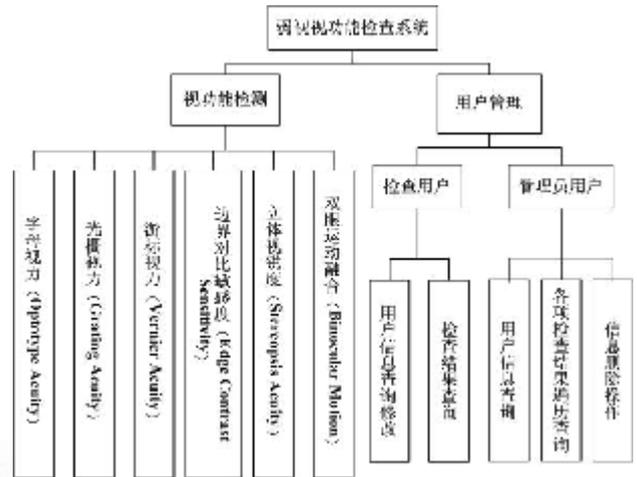


图 2 视功能检查系统功能模块

### 3.3 阈限测量

阈限测量是心理物理学重要方法之一，其定义为 50% 的实验次数能够感觉到的刺激值<sup>[11]</sup>。本系统的各项检测的阈限测量均采用连续判断正确三次刺激值增加一级，错误一次减小一级。刺激值经过 6 个转折后结束检查，取后 4 个转折的刺激值的几何平均值作为检查结果，整个实验过程保持正负转折的概率相等，得到其判断正确的概率为：

$$P(X)^3 = 0.5 \tag{1}$$

因此，整个检查过程判断正确的精度为 79.4%。

## 4 系统实现方案

### 4.1 Matlab 与 VC 混合编程实现<sup>[12]</sup>

为了实现 VC++ 与 Matlab 两个不同的开发环境无缝连接，本系统采用 VC++ 调用 Matlab \*.m 函数编译后的动态链接库 (DLL) 的方式，把 Matlab 设计的视力检查功能模块集成到 MFC 的框架程序中。此方法首先在 Matlab 环境中利用 mcc 命令调用 C/C++ 编译器，将已经实现的视力检查功能模块 Visiontest.m 文件编译生成 libvisiontest.h、libvisiontest.dll、libvisiontest.lib 文件。在 MFC 搭建的框架程序工程中添加以上文件，设置编译环境后即可在 VC++ 程序中调用 Matlab 提供的视力检查功能模块接口函数。

1) Matlab 调用 C/C++ 编译器方法：

```
>> mbuild -setup (配置编译器)
```

Please choose your compiler for building standalone MATLAB applications:

Would you like mbuild to locate installed compilers [y]/n?

Select a compiler:

[1] Lcc C version 2.4 in C:\MATLAB701\sys\lcc

[2] Microsoft Visual C/C++ version 6.0 in C:\Program Files\Microsoft Visual Studio

[0] None

Compiler:2

.....

mcc -W lib:libVisiontest -T link:lib visiontest.m  
(编译生成文件名为 libvisiontest.dll 的动态链接库及相关文件)

2) 在 VC 中调用 Matlab 函数的方法:

```
{ libVisiontestInitialize(); //DLL 初始化
```

```
pArrayIn=NULL; //输入输出参数初始化
```

```
pArrayOut=NULL;
```

```
.....
```

```
mlxVisiontest(NumO, & pArrayOut, NumI, & pArrayOut);
```

```
/*调用编译生成的 Matlab 模块的接口函数*/
```

```
.....
```

```
libVisiontestTerminate(); //终止 DLL
```

调用}

#### 4.2 显示环境初始化实现

由于本系统硬件环境的特殊性,需要对相关设置进行初始化。硬件的初始化在 Matlab 模块中实现。以下是关键部分代码:

```
{gamma=2.1; %设置显示器 Gamma 值
```

```
lut=linspace(0,1,256).^(1/gamma)*[1 1 1]*  
255;
```

```
%利用 Gamma 调整色彩表的值
```

```
window=Screen(whichScreen,'OpenWindow',[],[],  
32);
```

```
oldlut=Screen(window,'SetClut',lut);
```

```
%利用 Psychophysics Toolbox 进行显示初始化
```

```
switchColorCard('gray',window); %打开 Vedio  
Swutcher
```

```
.....
```

```
switchColorCard(1,window); %关闭 Vedio  
Swutcher
```

```
Screen('CloseAll'); %关闭 Psychophysics  
Toolbox 调用
```

```
}
```

#### 4.3 部分检查功能实现方法

1) 光栅视力检查的刺激源为 Gabor 图像,利用二维高斯包络的正弦光栅实现,其关键部分代码:

```
{[x,y]=meshgrid(linspace(-radius,radius,imgsiz  
);
```

```
gaush=exp(-(x.^2+y.^2)/(radius/2)); %二维高斯  
函数
```

```
grating=sin(2*pi*s*(a*x+b*y)); %二维正弦光  
栅
```

```
grating=(gaush.*grating)*c; %Gabor 图像,c 为对比  
度
```

```
.....}
```

2) 边界对比敏感度利用二维高斯包络的具有对比度梯度的色块作为刺激物,关键代码如下:

```
{[x,y]=meshgrid(linspace(-radius,radius,imgsiz  
);
```

```
gaush=exp(-(x.^2+y.^2)/(radius/2)); %二维高斯  
函数
```

```
step=y./y+1; %二维对比度梯度色块
```

```
edge=(gaush.*step)*c; %边界对比度测试刺激  
图
```

```
.....}
```

图 3 为系统部分检查功能的实现效果图。其中,光栅视力、边界对比敏感度以及游标视力检查项需要驱动 Vedio Switcher 进行视频信号转换。

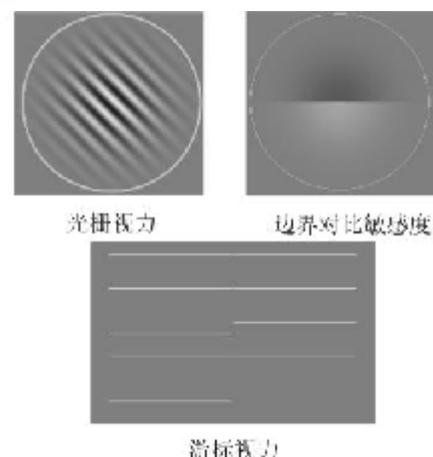


图 3 三种不同检查的刺激源

(下转第 48 页)

## 5 结束语

本文针对不同的弱视视功能缺损类型,通过 Matlab 与 VC 混合编程,设计并实现了检查项目较为全面的弱视视功能检查系统。同时运用心理物理学的阈限测量方法,使得被试不用通过与检查医生的交流,根据自己的判断与操作直接得到检查结果。目前,此系统正在浙江省某三甲医院进行试用,主要为弱视患者视功能的相关后续研究进行数据的采集。实际试用表明,系统的稳定性好,能满足弱视视功能检查的特殊临床需要。今后,希望通过对此系统采集的数据进行分析和分类研究,设计出具有个性化的治疗方案。

### 参考文献

- 1 严宏.弱视.北京:科学出版社,2007.
- 2 赵堪兴.早期发现和早期干预努力提高弱视的防治水平.中华眼科杂志,2002,38(8):4-6.
- 3 Brainard DH. The psychophysics tool box. Spatial Vision. 1997,10(4):433-436.
- 4 Li X, Lu ZL, Xu P, Jin J, Zhou Y. Generating high graylevel resolution monochrome displays with conventional computer graphics cards and color monitors.

- Journal of Neuroscience Methods, 2003,130(1):9-18.
- 5 标准对数视力表. GB 11533-1989 中华人民共和国卫生部. 北京:中国标准出版社,1989.
- 6 徐德行,伍树东,王永令. 用光栅干涉测定视觉锐度的新技术.光学学报,1983,3(8):92-95.
- 7 汪云九,齐翔林. 初级视觉的 Gabor 函数模型的研究进展. 生物物理学报,1993,9(3):172-176.
- 8 Klein SA, Casson E, Carney T. Vernier acuity as line and dipole detection. Vision Research, 1990,30(11):1703-19.
- 9 McKee SP, Levi DM, Movshon JA. The pattern of visual deficits in amblyopia. Journal of Vision, 2003,3(5):380-405.
- 10 Shadlen MN, Carney T. Mechanisms of human motion perception revealed by a new cyclopean illusion. Science, 1986,232(4746):95-97.
- 11 杨治良. 实验心理. 杭州:浙江教育出版社,1998.
- 12 刘维.精通 Matlab 与 C/C++混合程序设计. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.