

文章编号: 1671-1742(2015)04-0366-04

# 基于人机交互的认知功能评估系统的设计与实现

李永红<sup>1</sup>, 李率真<sup>1</sup>, 郭盼盼<sup>1</sup>, 黄昶荃<sup>1</sup>, 余杭<sup>1</sup>, 熊刚<sup>2</sup>

(1. 成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 中国自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室, 北京 100190)

**摘要:** 针对传统的认知功能评估方式枯燥单一、评估结果易受多种因素影响的问题, 研制一套基于人机交互的认知功能评估系统。系统打破传统的问卷评估方式, 利用专门制作的人机交互软件平台对老年人的言语理解能力、视觉空间能力、动作执行能力进行评估。评估结束系统会自动给出评分, 并对评估结果进行计算机量化。测试结果表明, 老年人言语理解能力平均得分为  $2.73 \pm 0.53$ , 视觉空间能力得分为  $1.73 \pm 0.54$ , 动作执行能力得分为  $2.81 \pm 0.48$ 。与蒙特利尔认知评估量表的测试结果进行比较  $P < 0.05$  具有统计学意义。说明该系统评估结果相对可靠, 并可实现认知功能的动态检测、重复测量和个性化评估, 为轻度认知功能障碍和老年痴呆症的早期发现和治疗提供了良好的技术支持。

**关键词:** 电子与通信工程; 医学物理联网; 认知功能; 人机交互; 计算机量化

**中图分类号:** TP315

**文献标志码:** A

## 0 引言

随着年龄的增长, 老年人身体各项功能也随之发生不同程度的衰减, 其中表现最明显的就是认知功能<sup>[1]</sup>。以认知功能障碍为主要表现的老年性疾病, 严重影响老年人的晚年生活质量, 给社会进步和经济发展带来巨大影响<sup>[2]</sup>。因此, 及时有效地对老年人的认知功能进行评估对预防老年疾病显得极为重要。为了极早的发现、预防以认知功能障碍为主要表现的老年性疾病, 需要不断完善老年认知功能评估体系。

传统的认知功能测验是以问卷和纸笔的测试形式为主。随着计算机在医学领域的广泛应用, 出现了各类认知功能测试软件。曾少勇等<sup>[3]</sup>设计了基于 .NET 的认知功能测验系统, 张汝林等<sup>[4]</sup>设计了基于 B/S 结构的轻度认知功能障碍评估系统等。这些系统都实现了纸质问卷到计算机软件转变, 但由于受人为因素的影响, 评估的灵敏度和精确度都不是很理想。人机交互技术是指通过计算机输入、输出设备, 实现人与计算机之间信息的相互传递过程<sup>[5]</sup>, 有效避免了外部影响。因此, 提出一种基于人机交互的认知功能评估系统, 系统克服客观人为因素的影响, 通过计算机量化自动给出评估结果, 并提供一种友好的人机界面。系统拟在建立对老年认知功能的快速筛选和信息库的管理, 实现对认知功能言语、视觉和执行能力的多项评估

和对评估信息的收集以便进行查询和统计分析。

## 1 系统功能设计

### 1.1 开发工具及运行环境

系统开发环境为 Microsoft Visual Studio 2010, 安装完 VS2010 集成开发环境后, 配置成 VS2010C++ 运行环境进行软件开发。数据库部分, 采用 SQL Server 2008 数据库管理系统对系统数据进行处理。图像处理部分, 采用计算机视觉库 OpenCV 并结合数字图像处理技术来实现。

### 1.2 系统总体结构

系统体系结构分为表示层、业务逻辑层、数据访问层 3 层, 总体结构图如图 1 所示。

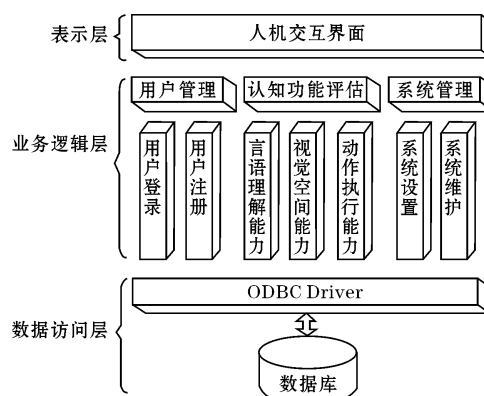


图1 系统体系结构图

收稿日期: 2015-07-20

基金项目: 四川省教育厅重点资助项目(2012ZA022); 四川省科技创新苗子工程资助项目(2014Z057)

表示层为用户呈现了良好的人机交互界面,主要负责处理用户的输入信息,并将输出呈献给用户以及访问安全性的验证。

业务逻辑层主要是对系统运行的处理,负责逻辑性数据的生成及转换。该层是系统的核心部分,包括用户管理、认知功能评估和系统管理 3 部分,各部分的交互由 MFC 提供的库函数来实现。

数据访问层是利用 SQL Server 2008 实现对数据源的操作,即数据的插入、删除、修改以及从数据库读取数据等操作。

1.3 言语理解能力评估设计

言语理解能力评估模块是利用 MFC 知识和 Windows Media Player 控件制作一款特殊的播放器<sup>[6-7]</sup>,并基于语音时长调整算法 Wsola<sup>[8]</sup>实现语音变速不变调的调整。同时由于评估所需,在播放器上添加一个计时器。播放器数据流程图如图 2 所示。利用特制的播放器以快、中、慢 3 类语速和高、中、低 3 类音量播放同一个问题,播放器记录下老人从问题播放结束到开始回答问题的间隔时间,同时记录老年人的回答情况,以文字形式手动输入并存储至后台数据库,分析反馈信息给出评分。播放器的实现如图 3 所示。

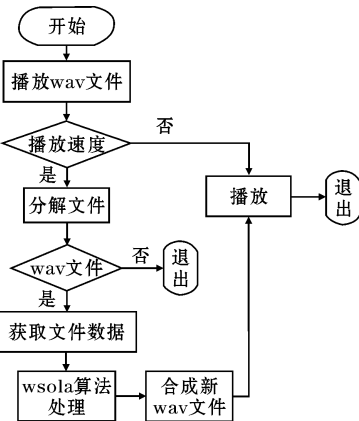


图 2 播放器数据流程图

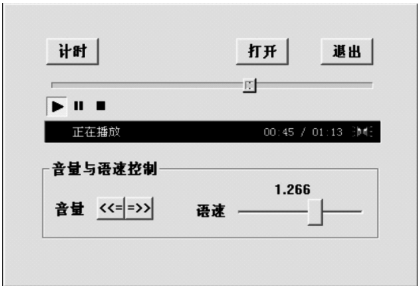


图 3 言语能力评估

1.4 视觉空间能力评估设计

视觉空间能力评估模块主要利用 Amsler 方格表<sup>[9]</sup>、假同色表和颜色形状鲜明的实物分别对测试者的中央视野、色觉和实物辨识 3 部分进行评估。具体是利用 MFC 知识和 picture 控件制作图片浏览器,对应播放上述 3 种不同的图片,并利用双线性插值法实现图片无失真的 1 倍 1.5 倍 2 倍 2.5 倍 3 倍的放大和 0.5 倍的缩小,同时利用 SAPI 语音库<sup>[10]</sup>实现自动提问的效果。手动记录在相应状态下老年患者的辨识情况,分析反馈信息给出视觉评估结果。此模块的实现如图 4 所示。

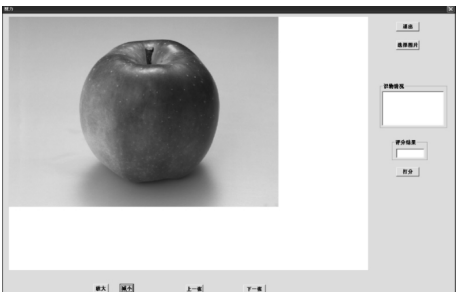


图 4 视觉空间能力评估

1.5 动作执行能力评估设计

动作执行能力评估模块是利用画钟实验(Clock Drawing Test, CDT)<sup>[11]</sup>对测试者的执行能力进行评估。实现方法是利用 MFC 的 GDI 通过 CDC 实现绘图手写板的制作<sup>[12]</sup>,然后利用 OpenCV 对测试者所画钟表进行四分法评分<sup>[13]</sup>。具体测试方法是让测试者在手写板上画一个钟表,写上 12 个数字,并让指针指向规定时间。然后采用目前国际上最普遍的四分法进行计分:画出封闭的圆,1 分;将数字标注在圆中正确位置上,1 分;表盘上 4 个数字书写正确,1 分;将指针标注在正确的位置,1 分。最后系统根据老年人的完成情况自动给出评分结果。处理过程如图 5 所示。此模块的实现如图 6 所示。

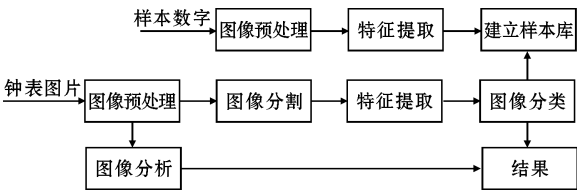


图 5 画钟实验处理过程

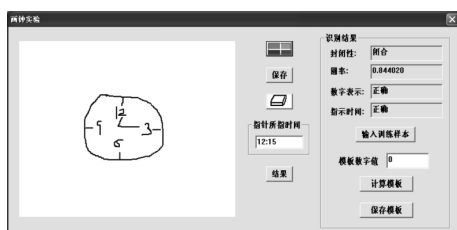


图6 动作执行能力评估

## 2 系统测试

在绵阳市第三人民医院筛选 75 名年龄  $\geq 60$  岁的老年人作为测试对象,分别采用该人机交互系统和蒙特利尔认知评估量表(the montreal cognitive assessment, MoCA)对老年人进行认知功能检测。其中男 37 名,女 38 名。男性受试者平均年龄为( $67.5 \pm 4.5$ )岁,受教育年限为( $15.5 \pm 3.2$ )年;女性受试者平均年龄为( $62.5 \pm 2.5$ )岁,受教育年限为( $13.6 \pm 2.4$ )年。所有测试者均知情同意,并配合完成两种不同方式的测试。

人机交互系统包括言语理解、视觉空间、动作执行 3 方面。以上 3 方面的满分均为 4 分,得分越高表示认知障碍程度越小,测试结果如表 1 所示。

表1 人机交互系统测试结果

项目	项目平均得分	$\leq$ 项目平均分[例数/%]
言语理解	$2.73 \pm 0.53$	16(14.5%)
视觉空间	$1.73 \pm 0.54$	19(17.2%)
动作执行	$2.81 \pm 0.48$	17(15.4%)

MoCA 是目前公认的较全面的认知功能障碍筛查工具<sup>[14]</sup>,测试内容包括视空间与执行功能、命名、记忆、语言、抽象等方面。系统将 MoCA 中的语言、视空间和执行能力采用人机交互方式进行测试,并与纸质版的 MoCA 测试结果采用 SPSS13.0 统计软件进行方差分析,同时采用 Pearson 相关分析进行相关性分析。

测试结果显示  $P < 0.05$  具有统计学意义, Pearson 总体相关系数为 0.7985,男性相关系数为 0.8770,女性相关系数为 0.7230。表明本系统与 MoCA 评估结果具有较高的相关性,且男性评估结果比女性的相关程度更高。相比较 MoCA 纸质量表调查方式,系统由计算机自动给出评分,测试过程简单方便,并能够保存大量的测试信息,充分证明了系统的实用性和有效性。

## 3 结束语

在 Windows 操作系统上利用 VC++、SQL Server

数据库和 OpenCV 数字图像处理技术开发实现了基于人机交互的认知功能评估系统。系统对老年人的言语理解能力、视觉空间能力、动作执行能力进行评估,受试者可以根据需求选择特定的测试项目,各项测试根据相应的评分标准,会自动给出评分结果。结合老年人这一特定使用群体,系统以友好的人机界面呈现评估过程,并采用计算机软件方式量化评估结果,最大程度地减少人为主观性对评估结果的影响,提高了评估的准确性和高效性。

创新性在于实现了认知功能评估的自动化、智能化,方便快捷地给出评估结果,降低了操作人员的统计、计算的劳动强度,并提供评估结果导出和打印。与传统的纸质量表评估方式相比,本系统评估过程简单无需复杂的操作训练,评估结果可靠受客观因素影响较小。系统后台数据库保存的评估结果信息,可以作为医学统计分析数据,为轻度认知功能障碍和老年痴呆症的后续科研提供资料。

## 参考文献:

- [1] Ringman JM, Medina LD, Rodriguez-Agudelo Y, et al. Current concepts of mild cognitive impairment and their applicability to persons at-risk for familial Alzheimer's disease [J]. Curr Alzheimer Res, 2009, 6(4): 341-346.
- [2] Lu J, Li D, Li F, et al. Montreal cognitive assessment in detecting cognitive impairment in Chinese elderly individuals: a population-based study [J]. J Geriatr Psychiatry Neurol, 2011, 24(4): 184-190.
- [3] 曾少勇, 张李超, 王刘记. 基于 .NET 的认知功能测验系统的设计与实现 [J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(9): 110-112.
- [4] 张汝林, 李永红, 关俊文, 等. 基于 BS 结构对轻度认知功能障碍评估及健康管理网络系统的设计和实现 [J]. 四川生理科学杂志, 2011, 33(3): 111-113.
- [5] 戴加法, 卢健涛. 基于产品语义学的老年人产品界面设计研究 [J]. 机电产品开发与创新, 2008, 21(5): 77-78.
- [6] 姜宏. 网络流媒体播放器的研究与设计 [J]. 电脑知识与技术, 2013, 9(2): 386-388.
- [7] 刘祎玮. VisualC++ 视频/音频开发实用工程案例精选 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005: 130-134.

- [8] 莫双燕, 关海欣, 郑可欣, 等. 语音时长调整快速算法[J]. 声学技术, 2010, (5): 507–511.
- [9] Madalena BV, oshinma A, Serracarbassa PD. Amsler grid and visual field on screening for chlo-roquine retinopathy[J]. Arq Bras Oftalmol, 2012, 75(3): 170–173.
- [10] 王永瑞, 史慧革, 周亮杰, 等. 基于 SAPI 的远程智能语音控制系统开发[J]. 科技信息, 2010, 9(13): 24–26.
- [11] Umidi S, Ttimarehi PD, Comi M, et al. Clock drawing test( CDT) in the screening of mild cognitive impairment( MCI) [J]. Arch Gerontol Geriatr, 2009, 49(33): 227–229.
- [12] 胡开华, 张玉静, 舒期梁. 基于模板匹配的手写数字决策分类器设计[J]. 现代计算机, 2012, (24): 67–68.
- [13] Aprahamian I, Martinelli J E, Neri A L. The accuracy of the Clock Drawing Test compared to that of standard screening tests for Alzheimer's disease: results from a study of Brazilian elderly with heterogeneous educational backgrounds[J]. Int Psychogeriatr, 2010, 22(1): 64–71.
- [14] Nasreddine ZS, Phillips NA, Bedirian V, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment[J]. J Am Geriatr Soc, 2005, 53: 695–699.

## Design and Implementation of Cognitive Function Assessment System based on Human Computer Interaction

LI Yong-hong<sup>1</sup>, LI Shuai-zhen<sup>1</sup>, GUO Pan-pan<sup>1</sup>, HUANG Chang-quan<sup>1</sup>, YU Hang<sup>1</sup>, XIONG gang<sup>2</sup>

(1. College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract:** Aiming at the single and boring systematic traditional cognitive function assessment tools whose evaluation results are easily affected by various factors, a kind of system based on human computer interaction is developed. Different from the traditional questionnaire assessment method, it uses the specialized interactive software platform to assess the ability of the elderly verbal comprehension, visual space and action execution. When the test is finished, the system will automatically give a score, and conduct the computer quantization of the evaluation results. Experimental results show that average score of the elderly verbal comprehension ability is  $2.73 \pm 0.53$ , visual space ability is  $1.73 \pm 0.54$  and action execution is  $2.81 \pm 0.48$ . Comparing with the Montreal cognitive assessment scale test results, these results have statistical significance ( $P < 0.05$ ). The system evaluation results are relatively reliable and it has characteristics of dynamic detection, repeated measurements and individual assessment. Therefore, it provides a reliable technical support for the early discovery and treatment of mild cognitive impairment and dementia.

**Key words:** electronics and communication engineering; medical Internet of things; cognitive function; human computer interaction; computer quantization