

# 老年认知障碍多维度评估系统<sup>①</sup>



邹俊文<sup>1</sup>, 滕奇志<sup>1</sup>, 熊瑶<sup>2</sup>, 卿粼波<sup>1</sup>, 何小海<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(四川大学 电子信息学院, 成都 610065)

<sup>2</sup>(西南交通大学附属医院(成都市第三人民医院) 神经内科, 成都 610031)

通信作者: 滕奇志, E-mail: [qzteng@scu.edu.cn](mailto:qzteng@scu.edu.cn)

**摘要:** 老年认知障碍逐渐成为影响老年人生活质量的主要威胁之一, 但是目前针对老年认知障碍群体的预防措施、诊疗技术、医养模式等尚不成熟, 并且缺少能够完整地、分门别类地存储医疗数据的老年认知障碍数据系统, 这便导致了老年认知障碍诊断不准确、认知障碍患者治疗时机延误、认知障碍患者没有得到相应的医养服务等问题. 针对以上问题, 本文设计了一种基于 B/S 架构的老年认知障碍多维度数据管理系统, 利用 FastDFS 分布式文件存储系统的功能, 保障了系统数据的安全性和稳定性. 利用递归树结构帮助提取表格数据, 加快筛查速度. 系统的兼容性好, 能够在目前主流的浏览器下稳定运行.

**关键词:** 多维度评估; FastDFS 分布式文件系统; 树型结构; 联合查询; 并发量测试; SpringBoot

引用格式: 邹俊文, 滕奇志, 熊瑶, 卿粼波, 何小海. 老年认知障碍多维度评估系统. 计算机系统应用, 2023, 32(3): 142-149. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/9006.html>

## Multidimensional Assessment System of Geriatric Cognitive Impairment

ZOU Jun-Wen<sup>1</sup>, TENG Qi-Zhi<sup>1</sup>, XIONG Yao<sup>2</sup>, QING Lin-Bo<sup>1</sup>, HE Xiao-Hai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

<sup>2</sup>(Department of Neurology, the Affiliated Hospital of Southwest Jiaotong University (the Third People's Hospital of Chengdu), Chengdu 610031, China)

**Abstract:** Geriatric cognitive impairment is becoming a major threat to elderly's life quality, but preventive measures, treatment technologies, and health care models are still immature for the elderly with cognitive impairment. Additionally, there is a lack of data systems for cognitive impairment in the elderly that can store these medical data in a complete and disaggregated manner. These lead to inaccurate diagnosis of cognitive impairment, delayed treatment of cognitive impairment, and unavailable appropriate medical care for cognitive impairment patients. To address these problems, this study designs a B/S-based multidimensional data management system for cognitive impairment in the elderly. The system takes advantage of the FastDFS distributed file storage system to ensure the security and stability of the system data. The recursive tree structure is adopted to extract the tabular data and speed up the screening process. The system is compatible with current major browsers.

**Key words:** multidimensional assessment; FastDFS distributed filesystem; tree structure; joint query; concurrency test; SpringBoot

目前, 中国是世界上老年人口最多, 增长最快的国家. 随着年龄的增加, 老年人身体各项功能也随之发生

不同程度的衰减, 其中表现最为明显的是认知功能<sup>[1]</sup>. 因此, 设计老年认知障碍多维度评估系统对老年认知

① 基金项目: 成都市重大科技应用示范项目 (2019-YF09-00120-SN)

收稿时间: 2022-07-18; 修改时间: 2022-08-15; 采用时间: 2022-09-30; csa 在线出版时间: 2022-12-06

CNKI 网络首发时间: 2022-12-07

障碍进行分级评估有助于医生提前发现老年人出现认知障碍病症并及时就医. 认知障碍分级评估, 即在专业、权威的老年认知障碍诊疗经验的指导下, 利用信息技术对老年群体的精神影像数据、神经电生理数据、量表数据等多元多模态数据进行处理和分析, 进而实现初步筛查和老年认知障碍的智能化评估和分级. 随着老年认知障碍多维度数据管理系统的深入使用, 会导致图片数据、语音数据等非结构化数据的增加. 如果通过数据库存储这些非结构化数据会给该系统造成许多不利的影晌, 不仅使系统的响应速度下降, 还使得数据的恢复和备份变得非常困难. 一旦保存数据的服务器发生故障, 整个系统将会崩溃无法操作, 在短时间内, 系统很难恢复正常.

老年认知障碍多维度数据管理系统的业务范围包含了录入数据、查询数据、修改数据、电子病历的 excel 表格的导出、病人情况初步判断等, 该系统针对这些业务实现了非结构化数据录入、文件存储等功能, 这些功能大大提高了医生的工作效率, 降低了人工整理病历和录入病历的劳动成本.

为了确保老年认知障碍多维度数据管理系统的高效稳定运行, 同时实现异地数据录入和系统数据备份, 可以使用计算机集群对系统数据进行异地存储. 本文将系统架构和业务架构相结合, 对系统的存储方式进行了重构, 提出使用 FastDFS 对系统中的非结构化数据分类存储和管理, 这样能够更高效地实现系统录入数据异地存储, 同时也可以保障数据的完整性和安全性.

## 1 系统需求分析与总体设计

### 1.1 需求分析

随着大数据时代的到来, 患者图表数据和图片数据日益增加, 尤其是医生们需要留底的表单图片和患者的语音等非结构化数据, 通过一台主机去存储这些数据, 必定会导致用户访问数据库数据效率低, 数据的安全性和稳定性也无法得到保证, 想要去备份数据库里的数据也会十分困难. 为了解决医院医生查询和输入医疗数据效率低的问题, 本文设计了一个能便于存储医疗数据、查询医疗数据和快速筛查患者情况的老年认知障碍多维度数据管理系统.

在专业、权威的老年认知障碍诊疗经验的专家指导下, 可以将老年认知障碍多维度数据管理系统的功能分为初步筛查 1 (图 1)、初步筛查 2 (图 2) 和总体筛

查 (图 3), 根据每个筛查步骤去做相应的检查, 这样可以精准地去帮助医生解决问题, 提高诊断效率. 此外, 系统还包含录入认知障碍患者表格数据、图片数据、语音数据等各种非结构化数据的功能, 并能将医疗数据分类管理.

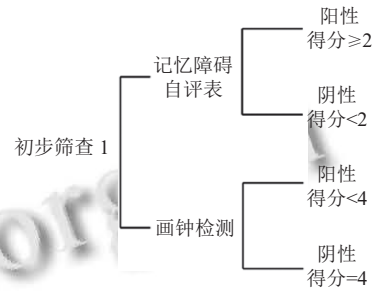


图 1 初步筛查 1 策略

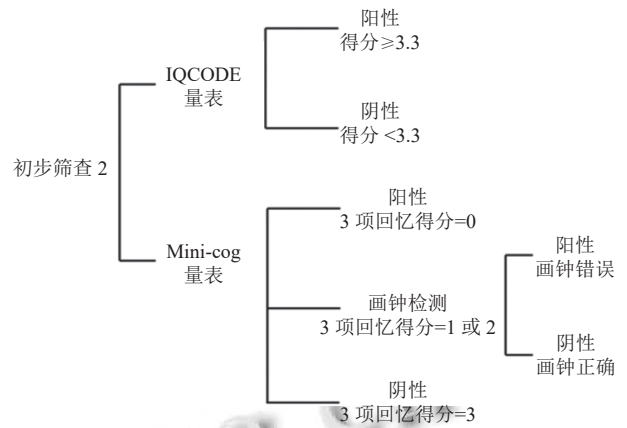


图 2 初步筛查 2 策略

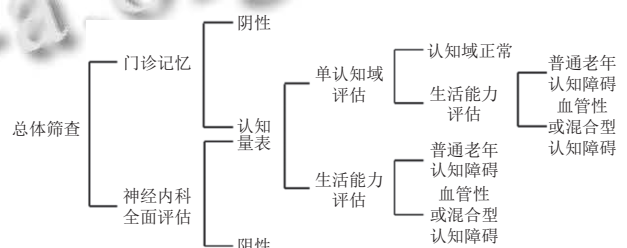


图 3 总体筛查策略

### 1.2 总体设计

老年认知障碍多维度数据管理系统是基于 B/S 结构开发的, 其业务流程基于医院医生所提供的筛查流程来设计, 并且通过 MyBatis-plus 框架调用 SQL 语句操作 MySQL 数据库实现数据调用.

系统的结构 (如图 4) 可分为表示层 (UI 层)、业务服务层、系统基础架构层以及数据存储层. 首先我们

通过表示层对用户进行登录认证,认证成功之后查询出登录者的身份并确定操作权限.业务层包含的功能有用户信息交互、用户操作、安全日志等.该系统使用的基础框架为 SpringBoot 框架、SpringSecurity 安全框架、MyBatis-plus 框架以及 Vue 框架.

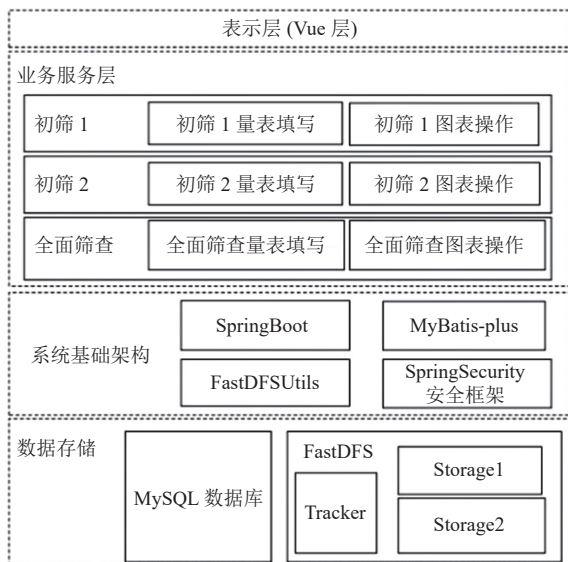


图4 系统结构

这个系统主要分为两大部分,一个是 FastDFS 分布式模块,另一个是多维度精准诊断模块.多维度精准诊断模块提供一个数据存储的输入界面,通过这个界面获取诊断数据,最后将这些数据存储分布在分布式模块中.

## 2 FastDFS 分布式模块

### 2.1 FastDFS 文件存储

目前比较实用的分布式文件系统主要包含: NFS (网络文件系统)、GFS、HDFS (Hadoop 分布式文件系统) 以及 FastDFS. NFS 是一种客户服务器模式,在客户端上映射 NFS 服务器的驱动器,一旦发生单点故障,所有客户都不能访问共享目录,并且在大量数据高并发的场合系统的效率会很低<sup>[2]</sup>,因此该系统的分布式模块不适合用 NFS. GFS 会将存入的文件分成块,存储到块服务器上, GFS 容易造成保密数据的泄露,不利于医疗数据的安全,因此也不适合该系统. HDFS 采用主从结构, HDFS 集群由一个名称结点和若干数据节点组成. HDFS 是为了处理流式访问大文件提出的<sup>[3]</sup>,该文件系统在上传和下载小文件的时候,效率很低,并且一

个文件只能有一个写,不允许多个线程同时写,仅支持数据追加,不支持文件的随机修改,这很明显会降低数据上传的效率. NFS、GFS 都是通用的分布式文件系统,这些文件系统的优点是开发体验好,但是系统复杂性高、性能一般,考虑数据领域已经有 Spark, Redis, MongoDB 等分布式存储格式, Spark 主要用于基于大数据的 SQL 查询、流式计算,图计算,机器学习的场景; Redis 属于内存型数据库用来存储图片不划算. MongoDB 不支持事务操作,且集群分片数据分布不均匀,会导致内存浪费.而 FastDFS 分布式文件系统虽然开发体验性差,但是系统复杂性低而且性能高.由于医学图片、医学图表等数据被大量访问,所以使用 FastDFS 是非常合适的,能够满足多用户访问与存储,时序图如图 5 所示. FastDFS 的通信速度很快,并且对存储的文件进行加密处理,能够满足整个系统的基本需求<sup>[4]</sup>.

### 2.2 服务接口设计

FastDFS 分布式系统是基于 B/S 架构设计的,用户在浏览器中通过操作按钮上传、浏览图片.该系统后端采用 SpringBoot 框架,前端采用 Vue 框架,从而实现系统的前后端分离.前后端交互接口按照 Swagger 框架提供的 API 服务进行规划,从而实现协同设计,降低系统的耦合性,便于多功能开发.系统的部分接口如表 1 所示.

### 2.3 FastDFS 目录索引设计

本文通过建立目录数据库实现文件索引功能,通过拼接数据库字段的方式得到图片所在文件夹的路径.找到该文件夹之后还需将文件名称和文件后缀名进行拼接,找到该文件,最后对该文件进行操作.数据库表格字段如表 2 所示.

各字段的含义为: group\_name 表示文件所存储 group 分组的名称; remote\_name 表示文件所存储的服务器的文件地址; origin\_name 表示文件存储时暂存在本地的文件原始名称; file\_size 表示所存储的文件的大小; file\_suffix 表示文件的后缀名; type 表示文件的类型: 01 图片文件、02 表格文件、03 语音文件; modify\_time 表示修改文件的时间, version 表示文件的历史版本 fid; sort 表示文件维度类别.为了方便对患者资料的管理,先将所有患者资料放在统一目录下,再在每个患者目录下对每个病历按维度做出分类,最后以患者的唯一病历号作为标识符,实现每个患者的目录划分.

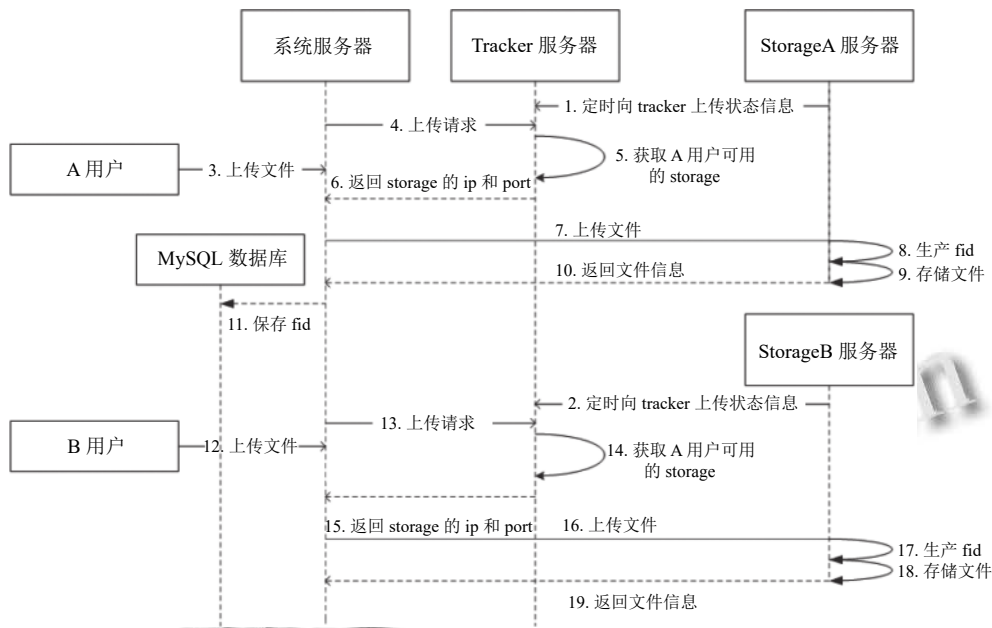


图5 分布式时序图

表1 RESTful 接口

提供服务	HTTP方法	URL
上传图片	POST	/file/upload
下载图片	GET	/file/download
批量下载	POST	/file/batch
删除图片	DELETE	/file/delete
重命名图片	POST	/file/rename

表2 数据表字段

数据库字段	解释
group_name	文件所在group
remote_name	文件远程名称
origin_name	文件原始名称
file_size	文件大小
file_suffix	文件后缀
type	文件类型
modify_time	修改时间
version	历史版本
sort	类别

### 3 多维度精准诊断模块

#### 3.1 前端设计

前端页面设计使用 Vue 框架, Element-UI 技术实现页面布局, 开发模式采用 MVVM, 这种架构如图 6 所示. MVVM 前端开发模式是前后端分离框架发展史上一次思想变革完全体, 其优势主要是降低系统耦合性、独立开发分工合作、可重用和测试 4 方面特性,

因此现在这种开发框架越来越受到开发者的追捧<sup>[5]</sup>.

由图 6, 我们可以看到 MVVM 框架主要分为 3 个部分, 首先是 View 页面视图层, 这个部分也称为用户页面, 主要是由 HTML 和 CSS 来构建, 完成与用户的交互; 其次是 Model 层, 后端通过 Model 层对接口传过来的数据进行业务上的逻辑处理和数据操控, 对于前端来说就是后端提供的 API 接口; 最后是 ViewModel 视图数据模型和逻辑展现层, 在 MVVM 框架中 View 和 Model 两层之间并没有直接关系, 而是将视图数据模型和逻辑展现层作为一个中转站, 对 Model 层的数据进行处理, 使得数据便于前端使用.

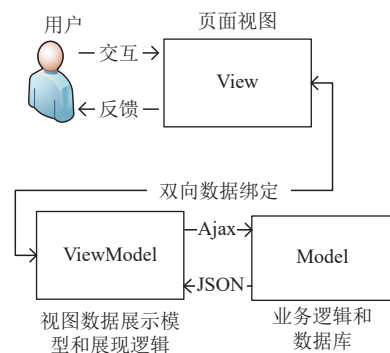


图6 MVVM 框架

#### 3.2 后端设计

后端的主要任务是处理前端传送的数据, 程序设计基于 SpringBoot 框架, 采用了 Spring 的 3 层架构

(数据持久层、业务逻辑层、控制层)的形式,3层架构如图7所示。

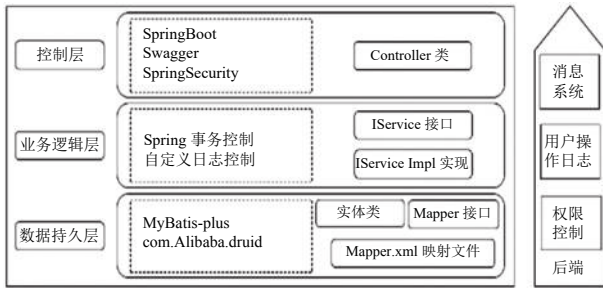


图7 Spring的3层结构

在控制层中先使用 SpringSecurity 框架对用户进行信息认证,用户得到访问权限之后通过 Controller 类对前端接口进行访问,将从前端获取到的数据进行解封装,映射到实体类中. Swagger 提供前后端接口文档服务,便于前后端协同开发提高效率,接口文档如图8所示. SpringBoot 则提供了功能强大的 IOC 和 AOP. 业务逻辑层则是将得到的数据进行逻辑处理,得到业务中所需的结果. 数据持久层则是通过 Mapper 接口将处理好的数据映射到数据库中。



图8 swagger 接口文档

在整个框架结构中,基础的框架是 SpringBoot 框架,它提供了 AOP (面向切面编程) 和 IOC (控制反转),这使得我们程序之间的耦合性大大降低,便于后续的二次开发,而且该框架可以集成其他优秀的组件和框架,如控制层的 Swagger 组件等。

## 4 筛查功能逻辑设计

### 4.1 数据库字段设计

在整个业务流程中,初步筛查1、初步筛查2以及

全面筛查是核心部分,考虑到一些表格存在一些必要的联系,因此不仅仅要对表格的基础字段做出定义,还需要定义表格之间对应的中间字段、中间表格. 初步筛查1所需的 AD8 记忆障碍自评表由华盛顿大学编制,是一个筛查认知障碍的简便工具<sup>[5]</sup>,该表如图9所示。

记忆障碍自评量表 (AD8)

科室: \_\_\_\_\_ 床号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 性别: \_\_\_\_\_ 年龄: \_\_\_\_\_  
住院号: \_\_\_\_\_ 文化程度: \_\_\_\_\_ 评定时间: \_\_\_\_\_ 总分: \_\_\_\_\_

第一栏中的“是”表示在过去的几年中在认知能力方面(记忆力或思考)出现问题	1分=是,有改变	0分=无,没变化	0分=不知道
1.判断力出现问题(例如:做决定存在困难,错误的财务决定,思考障碍等)			
2.兴趣减退,爱好改变,活动减少			
3.不断重复同一件事(例如:总是问相同问题,重复讲同一件事情或者同一句话等)			
4.学习使用某些简单的日常工具或家用电器、器械有困难(例如:VCD、电脑、遥控器、微波炉等)			
5.记不清当前月份或年份等			
6.处理复杂的个人经济事务有困难(例如:忘了如何交付水、电、煤气账单等)			
7.记不住和别人的约定			
8.日常记忆和思考能力出现问题			
<b>总分</b>			

医生签字 \_\_\_\_\_ 日期 \_\_\_\_\_

图9 AD8表格

对 AD8 表格的结构和关联性进行研究,最终提取出表格中的有用信息,将这个有用信息整理后在数据库中设计出该表格<sup>[6]</sup>,该表格的字段如表3所示,分别对表格的基本信息进行标记,如表格中的科室、床号、姓名、性别等.表格中 ad8\_id 是一个创新字段,主要用于和外部表格进行联系。

### 4.2 筛选功能逻辑设计

在设计每一个表的时候,都需要在表的字段中加入一个表格专属的编号字段,这样做的好处就是可以用一条 SQL 语句将同一个患者的两个表的数据查出来. 关联查询只需要一条 SQL 语句,这样做的好处就是极大地减少了系统和数据库之间的交互,提高了性能,并且可将查询出来的数据保存在本地缓存当中,可以满足前端随时提取数据的要求. 使用该方法查询出来阳性患者的障碍自评表总分和画钟检测总分如图10所示。

表3 AD8 表格字段

字段名	字段解释
id	住院号
department	科室
bed_num	床号
name	姓名
gender	性别
age	年龄
education	文化程度
time	评定时间
sum	总分
q1	问题1
q2	问题2
q3	问题3
q4	问题4
q5	问题5
q6	问题6
q7	问题7
q8	问题8
ad8_id	关联id

信息	Result 1	剖析	状态
id	name	ad8_sum	cdt_sum
1	一号患者	83	

图10 查询结果

每次用户使用筛查功能,系统都需要去访问一遍数据库,这样会产生很多重复性操作.为了解决这个问题,可将系统数据放入到系统缓存中,这样每次用户使用筛查功能,系统可以直接调用缓存中的数据,提高系统工作效率.根据筛查流程,本文采用树型结构来结构化缓存中的数据.将筛查流程的每一个阶段放入 Map 集合中,其中 Map 集合的 key 存放遍历到第几层, value 存放筛查结果数据.

遍历树形结构一般采用两种方法.一种是广度优先遍历,另一种深度优先遍历.广度优先遍历应用场景为层序遍历,而深度优先遍历应用场景包含前序遍历、后续遍历和中序遍历.由于整个筛查流程的结构与广度优先遍历的结果十分契合所以采用这种方法,再者由于筛查流程的层数比较少,因此这种方法能够满足查询需求且比较合适.

## 5 系统性能测试

### 5.1 测试环境

本系统的测试环境分为 PC 服务器端和数据库服

务器端,PC 服务器端的设备参数为 CPU: Intel; (R) Core; (TM) i5-3470 CPU @ 3.20 GHz ; RAM 10.0 GB; 操作系统为 Windows 10 64 位,数据库服务器的设备参数为 CPU 型号为 Intel; (R) Core; (TM) i7.8700 CPU@ 3.20 GHz; RAM 32 GB.

### 5.2 性能测试

系统正式使用之前需要进行系统测试,其成功与否直接代表着该系统是否能够胜任工作,是否能够让用户正常使用<sup>[7]</sup>.测试工具选用的是 Jmeter, Apache Jmeter 应用程序是一款用于加载测试功能行为和测量性能的工具,为测试 Web 应用程序而设计的纯 Java 开源软件<sup>[8]</sup>.Jmeter 可以通过聚合报告很直观地看到系统的性能指标.聚合报告的性能指标包含了样本数、运行平均时间、最小运行时间、最大运行时间、异常占比,吞吐量等.测试系统最常见的指标有:请求响应时间、系统用户并发数、错误率、平均传输带宽、资源利用率等.该系统测量指标根据用户并发数和响应时间(如图 11 所示).其中红线(图最高线)代表最大响应时间,蓝线(图中间线)代表平均响应时间,绿线(图最低线)代表最小响应时间.从图中我们可以观察到并发人数从 0 增加到 2000,每次增加 200 用户数,系统的响应时间随着用户数并发量的增加而呈递增趋势,但是用户量到达 2000 人之后,响应时间不超过 2.1 s.

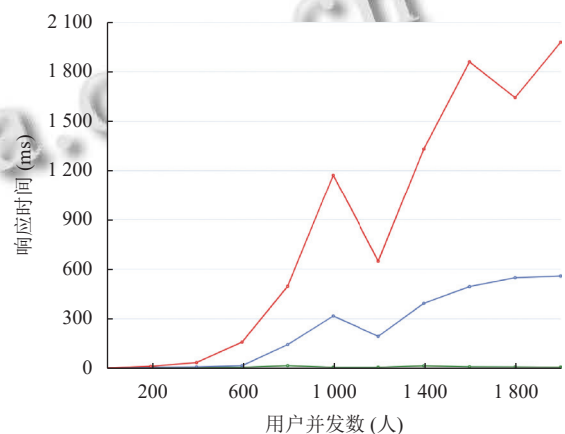


图11 平台测试结果

用户的并发数均值和峰值可以通过式(1)、式(2)求出:

$$\bar{N} = \frac{N_L \cdot \bar{T}_c}{T_i} \quad (1)$$

$$N_{\max} = \bar{N} + 3\sqrt{\bar{N}} \quad (2)$$

其中,  $\bar{N}$ 指并发数量均值,  $N_L$ 表示登录用数,  $T_c$ 表示每位用户每天使用系统时间,  $T_i$ 为每天系统使用时间,  $N_{max}$ 表示用户并发峰值。

假设每天最多有 2000 个用户访问系统, 操作时间为 12 h, 系统是 24 h 开放的, 可以计算得到用户的并发数均值和峰值分别为 1000 和 1095。测试并发数为 2000 的时候, 响应时间是小于 2 s 的, 因此该系统完全可以达到系统的实际性能需求。

### 5.3 数据库压力测试

数据库压力测试是检验系统可用性的重要标准。对数据库进行增加、修改、查询是老年认知障碍多维度评估系统的主要功能, 因此采用大量使用 SQL 语言操作数据库的方式对数据库进行压力测试, 测试结果如图 12 所示。在 10 s 内对数据库进行了 35 532 次操作数据库的异常为 0%, 吞吐量 886.1/sec, 基本满足系统的需求。

Label	# 样本	异常 %	吞吐量	接收 KB/sec
查询	8884	0.00%	886.1/sec	1619.03
参数查询	8884	0.00%	888.8/sec	59.89
插入	8884	0.00%	888.8/sec	7.81
更新	8880	0.00%	883.7/sec	7.77
总体	35532	0.00%	3515.9/sec	1680.90

图 12 数据库压力测试

### 5.4 浏览器兼容性测试

为了确保更好的用户体验, 需要考虑各个浏览器静态资源的差异性, 使用现在 3 种主流浏览器 (Microsoft Edge 浏览器、Chrome 谷歌浏览器、Firefox 火狐浏览器) 进行测试, 如图 13–图 15 所示, 浏览器测试表明, 不同类型的浏览器对于系统页面的渲染大致相同, 布局上没有明显差异, 基本可以满足不同浏览器, 使用系统体验相同的效果。



图 13 Microsoft Edge 浏览器

经过运行与测试, 该网站能成功运行完成相关功能。其首页部分展示如图 16 所示; AD8 填表首页如图 17

所示; 经过测试图片的上传和填写功能均能正常使用, 其上传、下载和删除的速度却决于当前网络环境, 数据填写功能, 如图 18 所示。

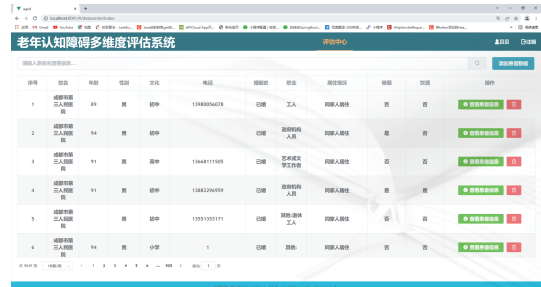


图 14 Chrome 浏览器



图 15 火狐浏览器



图 16 系统首页



图 17 AD8 录入界面

记忆障碍自评表 (AD8) (2022-07-01)

测评耗时: 00:00:10

\*1. 病历号:  
1

\*2. 姓名:  
一号患者

\*3. 性别:  
 男  女

\*4. 年龄:  
72

图 18 数据填写页面

## 6 结论与展望

本文使用 FastDFS 分布式文件系统、Web 服务器设计开发了老年认知障碍多维度数据管理系统, 给出了整个系统的总体框架、技术选型、版本选择等设计方案. 该系统采用的系统架构为 B/S 架构, B/S 架构的耦合性很低, 系统的升级和二次开发的开销很小, 并且系统维护起来也比较容易. 将系统部署后测试运行, 实现了系统的初步筛查 1 流程、初步筛查 2 流程、全面筛查流程、表格数据管理、文件数据上传. 将系统进行了测试, 系统的并发性满足用户的需求. 该系统功能完善, 操作简单快捷, 交互性强、轻量级对医生分析病历, 帮助患者高效诊疗提供了很大的帮助.

## 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 Alzheimers disease. *Current Alzheimer Research*, 2009, 6(4): 341–346. [doi: [10.2174/156720509788929336](https://doi.org/10.2174/156720509788929336)]
- 2 孟冰. 基于 Hadoop 的小文件存储方法的研究与实现 [硕士学位论文]. 上海: 华东理工大学, 2017.
- 3 郭建国. 基于分布式文件系统 FastDFS 的图片服务器设计与应用 [硕士学位论文]. 北京: 中国科学院大学(工程管理与信息技术学院), 2015.
- 4 Cai YH. Smart medical big data platform based on distributed file system. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 2020, 127(S1): 111.
- 5 马蔚蔚, 张晓玲. 阿尔茨海默病社区筛查和诊断的研究进展. *中国全科医学*, 2021, 24(6): 643–651. [doi: [10.12114/j.issn.1007-9572.2020.00.512](https://doi.org/10.12114/j.issn.1007-9572.2020.00.512)]
- 6 张俊, 廖雪花, 余旭玲, 等. 关系型数据库内存化存储模型研究. *计算机工程与应用*, 2021, 57(19): 123–128. [doi: [10.3778/j.issn.1002-8331.2009-0508](https://doi.org/10.3778/j.issn.1002-8331.2009-0508)]
- 7 罗旭. 宜宾一医院人事管理系统的设计与实现 [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2020.
- 8 李庆宇, 王松波, 林伟伟. 面向时序大数据的数据库性能研究. *广州大学学报(自然科学版)*, 2021, 20(3): 69–79.

(校对责编: 牛欣悦)