

# 自闭症特殊儿童学习障碍教育 干预系统设计与开发



陈桂映<sup>1</sup>, 孔艺权<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>岭南师范学院广东省特殊儿童发展与教育重点实验室, 广东湛江 524048

<sup>2</sup>岭南师范学院乡村信息科技服务研究所, 广东湛江 524048

**摘要:** 近几年来, 自闭症特殊儿童的数量日渐增多, 造成越来越多的自闭症特殊儿童需要接受良好的特殊教育。特殊教育对自闭症特殊儿童的成长尤为重要, 不可忽视。为了保证对自闭症特殊儿童的良好教育, 本文设计了自闭症特殊儿童学习障碍教育干预系统, 系统通过分析并预测自闭症特殊儿童的学习状况, 结合系统硬件、数据库和人工智能等新信息技术手段, 构建了数据采集模块、数据通讯模块、数据终端模块、系统软件平台和系统关键算法等主要组件, 为自闭症特殊儿童提供一种学习障碍教育干预系统, 通过开发好的设计预警指标和干预策略的实施规则, 为自闭症特殊儿童提供了对学习障碍的有效解决策略, 提供有效的学习方法。根据反馈的数据结果, 自闭症特殊儿童学习障碍教育干预系统为家长和教师提供了关心学生的有效渠道, 加强了对自闭症特殊儿童的生活学习情况及心理状况的了解, 满足自闭症特殊儿童的学习以及特殊教育的信息需求。

**关键词:** 特殊儿童; 教育干预; 教育技术

**DOI:** [10.57237/j.jeit.2022.01.002](https://doi.org/10.57237/j.jeit.2022.01.002)

## Design and Development of Educational Intervention System for Learning Disabilities of Autistic Children

Chen Guiying<sup>1</sup>, Kong Yiquan<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Guangdong Provincial Key Laboratory of Development and Education for Special Needs Children, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China

<sup>2</sup>Institute of Rural Science and Technology Services, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China

**Abstract:** In recent years, the number of special children with autism is increasing, resulting in more and more special children with autism need to receive good special education. Special education is particularly important to the growth of autistic children and cannot be ignored. In order to ensure a good education for children with special autism, this paper designs an education intervention system for children with special autism with learning disabilities. By analyzing and predicting the learning status of children with special autism, the system constructs the main components such as data acquisition module, data communication module, data terminal module, system software platform and system key algorithms by combining new information technology technologies such as system hardware, database and artificial intelligence, Provide a learning disability education intervention system for special children. According to the feedback

\*通信作者: 孔艺权, 20693458@qq.com

data, the education intervention system for learning disabilities of autistic children provides parents and teachers with an effective channel to care about students, and strengthens their understanding of the life, learning and psychological conditions of autistic children with autism to meet the learning needs of special children with autism and the informatization needs of special education.

**Keywords:** Special Children; Educational Intervention; Educational Technology

## 1 引言

特殊教育对自闭症特殊儿童的成长尤为重要，不可忽视。要提高自闭症特殊儿童的自身素质，使得他们更好地融入社会拥有更好的幸福生活，决定这一切的关键在于对特殊儿童的教育以及他们的身心健康发展[1]。因此家长们必须正视现实，理性定位，树立正确的特殊教育观念，用科学的方法促进自闭症特殊儿童成长成才，家庭的特殊教育的质量直接影响特殊儿童身心素质的发展。我国的特殊教育工作是当今世界特殊教育发展的趋势之一，特殊教育事业正在迅速发展，也由于近几年来，特殊儿童的数量日渐增多，造成越来越多的自闭症特殊儿童需要接受良好的特殊教育。在现实生活中，每一位自闭症特殊儿童不一定都能被好好地对待，一方面是学校生活环境的因素，另一方面则是家庭生活环境的因素，一旦特殊儿童遭遇了不愉快的事情，容易产生心理疾病，通过自闭症特殊儿童学习障碍教育干预系统更好地给予特殊儿童的关爱与教育[2]。

## 2 系统构建

通过结合人工智能、知识管理技术和云技术等新信息化技术，实现利用特殊教育教学系统，解决教学单一、课程及教材的设计未考虑到自闭症特殊儿童身心特征等问题，特殊教育教学系统把教育教学和教育管理等多个功能模块集成一体，通过云连接网络把教学资源达到共享，有效实现特殊教育的资源多样化。系统通过分析并预测自闭症特殊儿童的学习状况，结合系统硬件、数据库和人工智能等新信息技术手段，构建了数据采集模块、数据通讯模块、数据终端模块、系统软件平台和系统关键算法等主要组件，教师可注册登录账号后通过平台查找需要的资料、可以在平台上与其他特教教师进行交流等，这种交互式不仅可以有效解决特殊教育资源的多样化问题，也有效解决资源异构性的问题，

满足我国各地自闭症特殊儿童的学习以及特殊教育教师教学的信息化需求[3]。

该系统采用人工智能技术和知识管理技术，利用 NLP、知识管理等技术协助特教教师进行教学管理，解决以往的人工作业繁琐、难管理等主要问题；利用云技术，可在计算机、web 服务等方面上，解决整合异构资源、数据库存不足等主要问题；利用数据挖掘技术有助于挖掘分析出需要的有用的数据，然后把数据可视化分析反馈给特殊教育教师，可解决以往人工分析数据的难题，有助于特教教师的教学工作进行。

### 2.1 数据采集模块

系统采用点阵数码笔来实时采集自闭症特殊儿童的笔迹轨迹，从而能够把学生的课堂教学情况记录下来。手写字迹的识别可分为输入序列、笔段提取、笔段编码、隐马尔科夫模型 (Hidden Markov Model, HMM) 识别、输出结果五个步骤。

数码笔的使用感受与普通书写笔类似，因此不会给学生造成负担。数码笔的内部结构则别有洞天，通常由笔壳、笔芯、高速摄像头、压力传感器、处理器、存储器、电池、蓝牙或 USB 通信单元等元器件组成。配合数码笔使用的纸必须是印刷了点阵图案的普通纸张，点阵图案非常细小甚至不可见，因此并不影响纸张外观和书写。自闭症特殊儿童书写数据采集模块其内部结构图如图 1 所示。

GPS 导航模块位于数码笔的顶端，集成了 RF 射频芯片、基带芯片和核心 CPU，并加上相关外围电路而组成的一个集成电路。本系统采用的 GPS 模块是智能穿戴 GPS 模块 SKG09A。SKG09A 是一款完整的 GPS 模块，具有高灵敏度、低功耗、小型化、其极高追踪灵敏度大大扩大了其定位的覆盖面，在普通 GPS 接收模块不能定位的地方，如狭窄都市天空下、密集的丛

林环境, SKG09A 都能高精度定位, 非常适合在农村进行定位追踪。SKYLAB 模块的高灵敏度、小静态漂移、低功耗及轻巧的体积, 非常适用于车载、手机、手持设备如 PDA, 本系统将 SKG09A 安装于数码笔, 便于携带, 是 GPS 产品应用的最佳选择[4]。

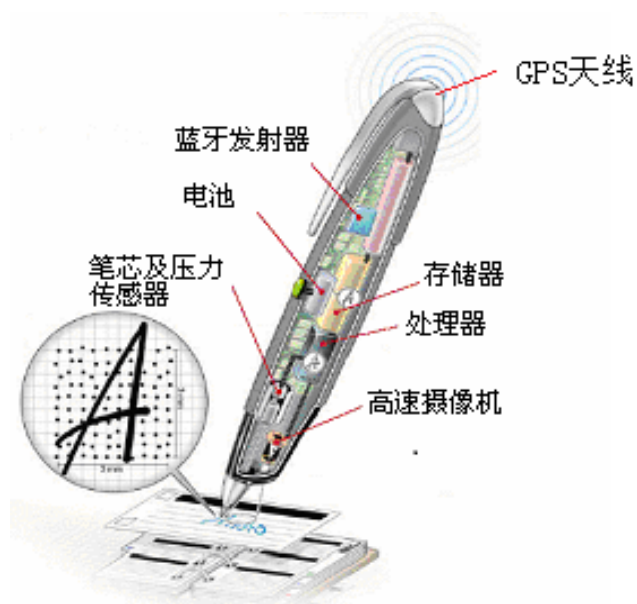


图1 自闭症特殊儿童书写数据采集模块

图像采集系统包括摄像机、图像采集卡、流媒体视频服务器和流媒体客户端。教室里的摄像机记录好学生的课堂学习情况, 系统利用流式传输技术再网络中连续、实时地传输视频图像, 流媒体视频服务器将获取的数字视频信息进行压缩, 当用户向客户端发出请求时, 视频服务器则向客户端发送实时数据。

学习感知数据采集模块使用的心率传感器是PulseSensor 脉搏传感器, PulseSensor 是一款用于脉搏心率测量的光电反射式模拟传感器, 支持各种开发开源硬件, 用云测试心率的传感器。可将其安装在手环中, 工作时, PulseSensor 心率传感器利用人体组织在血管搏动时造成透光率不同来进行脉搏测量。传感器发出绿光对人体心率脉搏进行数据采集, 由光电信号进行滤波、放大, 最终输出模拟电压值[5]。

传感器是 MTS01, 基于 CMOS 半导体 PN 节温度

与带隙电压的特性关系, 经过小信号放大、模数转换、数字校准补偿后, 数字总线输出, 具有精度高、测温快、功耗低、一致性好、可编程配置灵活、寿命长等优点。MTS01 可安装在手环内测, 紧贴手腕皮肤。当手环的温度传感器接触人体手腕内侧, 温度测量更精确, 本系统同时也将心率传感器加入到手环, 与温度传感器共同作用, 既测体温, 又测心率, 非常适用于手环当中[6]。

无线单片机 CC2430 芯片是 CC2420 的升级版, 它拥有众多的可编程管脚, 如一颗 8051 微处理器, 看门口定时器, 复位电路和掉电自检电路, 普通定时器, 以及 Zigbee 的射频通信前端等等[7], 根据内部存储区域大小的不同, 分为了 F32、F64、F128; 此外, CC2430 使用的是先进的 CMOS 技术, 达到了国际领先的 0.18 $\mu\text{m}$ 。

## 2.2 数据通讯模块

通信模块使用安信可公司开发的 ESP-01S 模块进行无线通信。ESP-01S 模块的核心处理器是 ESP8266, 采用板载 PCB 天线, 内置 TCP/IP 协议栈, 支持标准的 IEEE802.11 b/g/n 协议, 可通过 UART 串口与主控芯片进行通信。

ESP-01S 模块支持三种工作模式通过路由器连接互联网, 从而实现数据远程传输; 作为热点, 实现手机或 PC 端直接连接与其通信; 两种模式共存, 即可提供热点, 又可连接路由器。本文的 WIFI 通讯模块需要通过连接手机或路由器提供的 AP 热点实现无线通信, 因此使用 SAT 模式作为 WIFI 通信模块的工作模式。

ESP-01S 的实物图与电路图如图 2 所示。ESP-01S 的 RX 引脚作为接收端, 负责接收主控芯片的 PA2 引脚发送端发送的数据, TX 引脚作为发送端, 负责往主控芯片的 PA3 引脚接收端发送数据, 以此实现 WIFI 模块与主控 STM32 芯片之间的串口通信[8]。ESP-01S 的 VCC 接入 3.3V 电源, GND 接地, RST 作为复位引脚与主控单片机的 PA4 相连, 其余引脚本系统并未使用, 因此悬空。



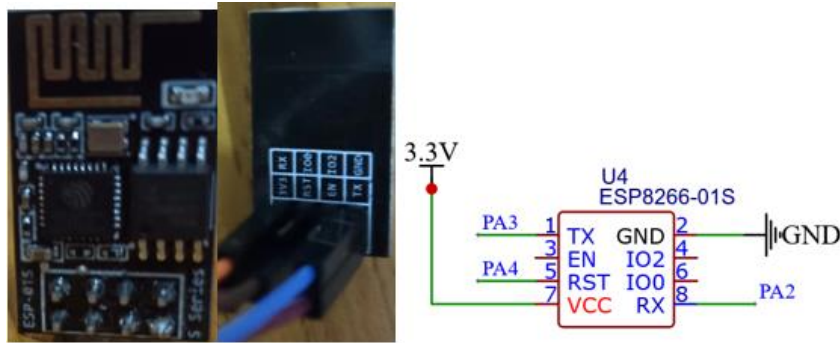


图 2 WIFI 通信模块的实物与电路图

## 2.3 数据终端模块

本系统使用 ST7735S 芯片驱动的 TFT LCD 液晶屏作为实验室环境数据显示器。

该模块使用 ST7735S 芯片作为内部驱动, 尺寸 1.44 寸, 128\*128 分辨率, 采用 4 线 SPI 接口进行通讯。

显示器模块对外提供 8 个引脚, VCC 接 3.3V 电源, GND 接地; SCL 和 SDA 分别为 SPI 时钟线和 SPI 数据

线, 单片机通过 SPI1 的 PA5 和 PA7 引脚与之进行通讯; CS 引脚作为 SPI 的片选, 单片机通过 PB0 与 DC 引脚相连, 可根据 PB0 输出电平的高低来控制 SPI 通讯时传输的是命令还是数据[9]。本设计使用有源蜂鸣器模块作为系统的报警装置, 该模块采用 S8550 PNP 三极管驱动, 设有固定螺栓孔, 方便安装。蜂鸣器的实物图以及电路图如图 3 所示。

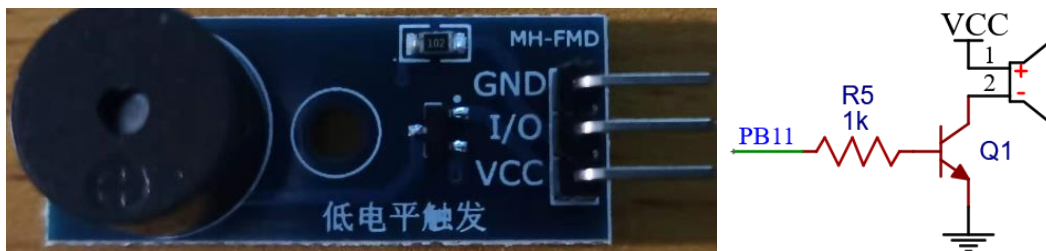


图 3 报警模块实物图与电路图

根据报警模块的电路图可知, 蜂鸣器的 I/O 引脚与主控单片机的 PB11 引脚相连, 主控单片机输出低电平, 蜂鸣器发出报警声音。

## 2.4 系统软件设计

系统的软件部分, 设备端主要使用 C 语言和 keil MDK5 工具进行程序设计, 以此实现主控 STM32 单片机控制传感器模块采集实验室的环境数据, 前端在 LCD 液晶屏的显示, WIFI 通信模块传输数据; 使用 MPVUE 框架、node.js、VS code 工具和微信开发者工具进行微信小程序的软件开发。以及在云服务器上部署 MQTT 服务器、Mongodb 数据库和 web 服务端。

本系统的设备端整体程序设计将根据所需要实现的功能将程序分成几个模块。根据系统设备端的整体设计流程图, 程序开始, 首先初始化 LCD、USTAR1、

USART2、EXIT、ADC、BEEP、HC-SR501、BH1750FVI、DHT11 等硬件设备以及功能初始化。然后初始化 WIFI 通信模块, 配置工作模式, 连接 WIFI, 随后系统连接 MQTT 服务器, 实现系统可以传输数据给服务器的功能。硬件设备以及 WIFI 通信模块等初始化后, 系统将传感器模块采集到的环境数据通过 LCD 液晶屏显示, 并将环境数据以及设定的阈值和蜂鸣器、LED 状态上传至 MQTT 服务器中。在此期间系统会根据外部中断信号以及阈值超出的报警信号判断是否启动蜂鸣器。同时系统也会根据 MQTT 服务器下发的消息, 对设备进行控制, 如阈值的修改、LED 灯或蜂鸣器的开关等[10]。

服务器在设备端与微信小程序之间的通讯起到中心枢纽作用, 设备端与微信小程序是通过 MQTT 传输协议实时的传输环境数据, 需要在云服务器上部署 MQTT 服务器处理设备端和微信小程序订阅和发布的

主题消息。本系统除了需要实现远程实时的监控实验室的环境数据外,还需要实现在微信小程序上登录注册功能和查询环境数据的功能。因此云服务器还需部署数据库和部署 web 服务端,为 MQTT 服务器提供接口将设备端发布的数据存储到数据库中,以及为微信小程序提供访问数据库的接口。系统设备端整体程序流程如图 4 所示:

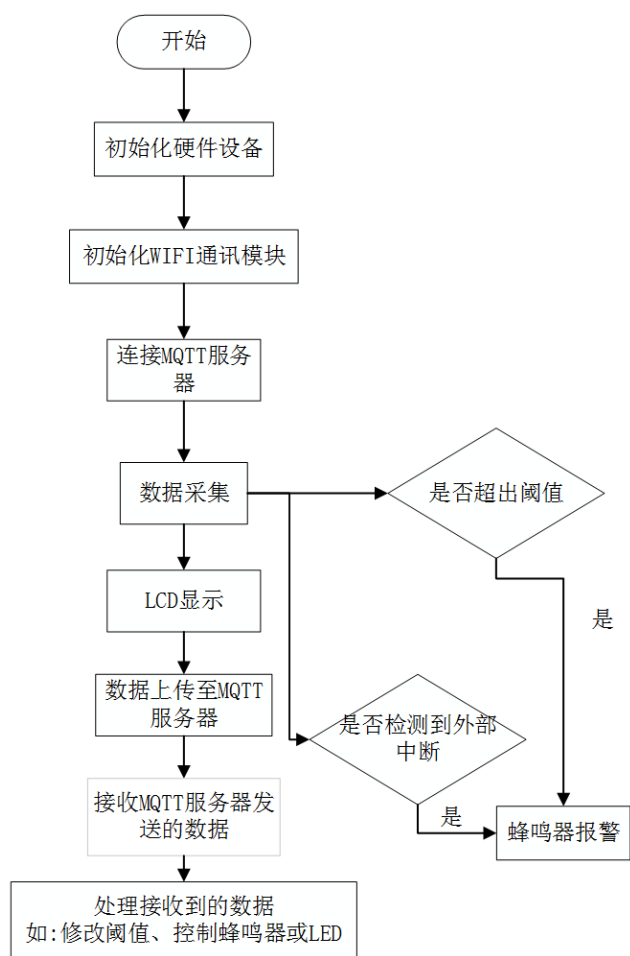


图 4 系统设备端整体程序流程图

使用腾讯云的轻量应用服务器+EMQ X Broker 部署云端 MQTT 服务器,作为 MQTT 协议传输的服务端,需要处理设备端和上位机发布或订阅的消息,设备端采集实验室的环境数据能否及时的有效的展示在上位机即微信小程序上,以及小程序能否发送命令对设备端的设备进行控制都离不开 MQTT 服务器作为 MQTT 传输过程中扮演的代理者的作用[11]。

在搭建 EMQ X 之前,服务器的防火墙需开放几个端口: 1883, 8083, 8084, 18083; 1883 端口提供给设备终端连接 MQTT 服务器时使用, 8083 和 8084 端口

用于 websocket, 18083 端口用于 EMQX 提供的后台管理面板——Dashboard。

本文的服务器搭建了 Ubuntu20.4 系统, EMQ X broker 将在这个系统上搭建。EMQ X 提供了开源版和企业版, 本文搭建的是开源版, EMQ X Broker 搭建简单方便,通过 EMQX 官网上提供的下载命令进行下载。解压完下载的安装包就可进行使用了。EMQX 可以通过命令进行启动和关闭 EMQX 以及查看 EMQX 状态。EMQX 启动后,用户可以通过 18083 接口访问 EMQX 控制台查看连接到 EMQX broker 的相关信息。

由于 EMQ X broker 并不能直接将数据转发到数据库中,因此需要使用到 EMQ X broker 提供的 WebHook 插件,通过配置规则引擎过滤设备端发布的数据,使用 WebHook 将数据发送到云服务器部署的 web 服务端,进而将数据存储到数据库中,以使用户查询环境数据。数据持久化的规则引擎配置如下:

(1) 配置处理规则,使用内置的 SQL 将 MQTT 服务器接收到设备端发布的主题消息转换成指定的 JSON 格式;

(2) 配置资源,资源类型选择 WebHook,填写资源 ID 和请求的 URL,URL 即 web 服务端的提供的 API 接口;

(2) 配置响应动作,当规则引擎将指定的消息转换成 JSON 格式的数据后,设置动作,绑定配置好的资源,通过 POST 将数据发送到 Web 服务。

## 2.5 系统关键算法

本文根据需求分析,完成了系统的总体方案设计,再根据设计内容要求,分别对设备端、服务端和微信小程序进行设计与开发。

设备端的设计将其分成了硬件设计和程序设计两个部分,硬件设计是对 STM32 单片机作为主控,与传感器模块、WIFI 通信模块、显示屏模块和报警模块之间的电路设计;而程序设计主要利用 C 语言编程,实现对主控 STM32 单片与各个模块之间数据的交互,即传感器模块数据的采集、WiFi 通讯模块数据的传输、显示屏模块数据的展示等。

服务端是使用腾讯云的轻量应用服务器+EMQ X broker 开源版部署的 MQTT 服务器,实现了作为 MQTT 传输过程中的代理者所具备的功能,即正确的处理设备端和微信小程序发布和订阅的消息。

微信小程序通过 websocket 连接 MQTT 服务器的

方式[12],实现了可以实施的远程监控实验室的环境数据,其登陆与注册以及历史数据查询测通过 request 请求云服务器中的 web 服务端实现。

系统算法地考虑了不同的网络结构特征,通过计算网络中边的“三角形”结构和边的邻居节点之间互连的个数,基于桥接系数的定义,计算出边的关键度,系统控制网络关键算法流程图如图 5 所示。

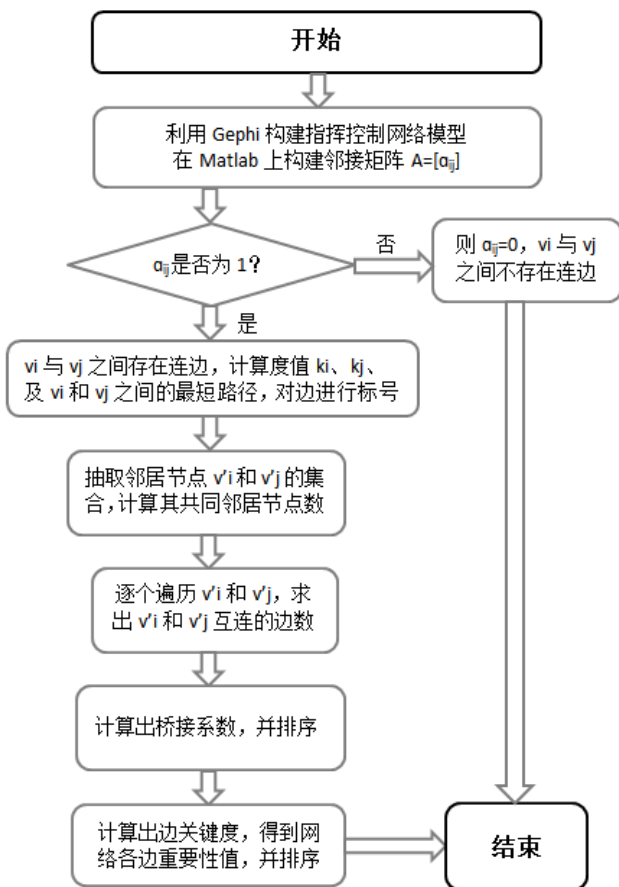


图 5 系统控制网络关键算法流程图

边关键性度量对于研究指挥控制网络的鲁棒性和脆弱性具有重要的意义,对指挥控制网络关键边的识别有利于精准攻击敌方作战系统和有效地设计防护策略,这有助于击败敌方以及提高网络抗毁性和结构稳定性。在网络中的信息传播过程中,关键边起着重要的作用,考虑到两个端点与其共同的邻居节点之间形成的“三角形”结构以及两个端点的邻居节点也相互连接的情况,“三角形”结构数量越多和相邻节点之间的互连总数越多,信息在网络中传输的过程中经过该边的信息衰减量就越大[13]。基于此,可得出桥接系数的定义。

综合考虑了节点与节点之间可达的二级、三级路

径对该边重要度的影响,并通过比较典型的度乘积、边介数、系数关键边识别方法,在不同的网络模型中采用“边删除法”策略以不同的攻击方式、网络连通系数、最大连通子图的边数、网络平均效率四种评估指标来衡量本文方法的有效性。在复杂的网络系统中,最短路径表示节点之间可达信息传播途径的最优方式,但是实际上网络中的消息在节点之间传输时并没有遵循最短路径原则,信息传播的过程更像是随机游走,本文中只考虑两节点之间可达的最短路径传播,相对于传统的识别算法来说,减少了算法的复杂度,但低估了节点之间信息的传播能力,从而降低了边关键度的排序精度,并且该方法应用于大型复杂网络的话,其算法复杂度比较高。因此,基于桥接系数关键边识别算法还需进一步完善。

基于桥接系数的定义,有可能会存在桥接系数为零、边失去权值的情况,为了不影响边权重,即避免指挥控制网络中存在两节点没有共同邻居节点以及两节点的邻居节点互不相连的情况,引入调节参数  $\alpha$ ,同时,调节参数  $\alpha$  的取值应在某一取值范围内,即存在某一阈值,使得关键边的算法识别更加精准有效[14]。

为避免调节参数  $\alpha$  的取值过大或过小对网络性能分析产生影响,通过赋予调节参数  $\alpha$  不同的值去反复测试网络谱距离随边删除的变化。任意节点之间的距离疏远程度称为谱距离测度,本文采用谱距离测度来测量不同调节参数  $\alpha$  对网络性能的影响,谱距离越大,网络性能就越差,仿真结果如图 6 所示。

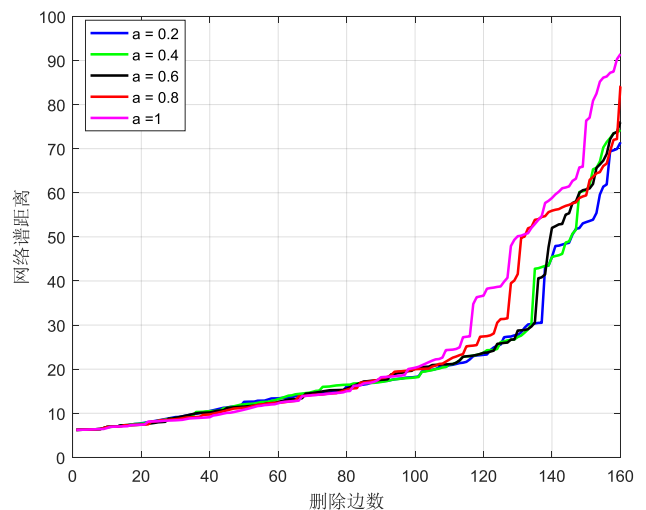


图 6 不同调节参数下谱距离随删除数量的变化

在实验效果中,每删除一条边或者删除一定比例的边,网络谱距离呈上升的趋势,随着删除边数的增



加,网络谱距离不断增大,网络性能越差。当调节参数  $\alpha=0.8$  或  $\alpha=1$  时,网络谱距离变化相对较大,对网络性能产生了重要影响,为了防止调节参数  $\alpha$  过大而影响到边的重要度和权重值,调节参数值不应超过一定的阈值,综合考虑调节参数  $\alpha$  对网络性能的影响,本文在后续仿真中均取调节参数  $\alpha=0.4$ ,以保证关键边识别的可靠性。

## 2.6 系统测试

动态测试方法分为两类:一类是白盒测试,又称为结构测试或逻辑驱动测试,依据的是程序内部的逻辑结构和编码结构,它主要用于检测软件编码过程中的错误;另一类是黑盒测试,它又称为数据驱动测试或功能测试,依据的是软件行为的描述,方法包括边界值分析、等价类划分等。把测试对象当做看不见的黑盒,在不考虑程序的内部结构的情况下,一般只对正常和异常的输入、出错处理、边界情况和极端情况等进行测试,即只测试软件功能。本系统的软件测试主要以黑盒测试为主,检测系统的功能是否能够正常使用。

嵌入式软件因为运行环境的差异性造成测试工具各不相同,各个测试工具独立使用,可提供嵌入式软件测试的完整工具支持,包括全周期测试工具链、测试工作流建模、测试工作流自动执行、将各测试工具输出的测试结果合并为完整的质量报告、存储测试工件的工程仓库[15]。根据不同可靠性模型具有的特征,选取合理的基础数据信息并产生相应测试阶段的故障报告,测试人员将故障报告和修复记录提交给可靠性管理模块,从而预测和评估当前软件的质量[16]。

## 3 结论

随着经济的快速发展,中国的城乡经济发展差距较大,产生很多由欠发达地区到发达地区的劳动力流动,现在又因积分入学,户籍制度等原因无法将子女带在身边,使得自闭症特殊儿童越来越多。自闭症特殊儿童缺乏家长的关怀和教育容易产生各种学习障碍。

为了保证对自闭症特殊儿童的良好教育,通过自闭症特殊儿童学习障碍教育干预系统分析与预测自闭症特殊儿童的学习状况,通过结合系统硬件、数据库和人工智能等新信息技术,通过开发好的设计预警指标和干预策略的实施规则,为自闭症特殊儿童提供了对学习障碍的有效解决策略,提供有效的学习方法。

根据反馈的数据结果,为家长和教师提供关心学生的有效渠道,加强对自闭症特殊儿童的生活学习情况及心理状况的了解。

## 基金项目

本文为广东省哲学社会科学“十三五”规划 2020 年度学科共建项目“认知智能驱动下乡村留守儿童学习障碍教育干预研究”(编号:GD20XJY06);广东教育学会 2022 年度教育科研课题“基于 AI 技术粤西海岛留守儿童教学辅助模型构建与应用(编号:GDES14308)”;岭南师范学院创建国家教师教育创新实验区课题“智能技术支撑下乡村(海岛)教育优化研究——以留守儿童学习障碍教育干预为例”研究成果;2021 年广东省大学生创新创业训练计划立项项目“留守儿童学习障碍教育干预系统”(编号 1250)的阶段成果之一。

## 参考文献

- [1] 邓琳. 农村留守儿童家庭教育现状与对策研究 [J]. 成才之路, 2021 (28): 50-51.
- [2] 韩坤, 林关成, 安嘉豪, 陈泽. 基于 B/S 的高校学生学业预警系统设计与实现[J]. 信息技术, 2021 (08): 53-58.
- [3] 俞雷. 笔迹书写内容的共享方法 [P]. 江苏省: CN112069333B, 2021-05-25.
- [4] 吴冀衍, 闻志专, 魏军, 潘辉. 用于实时视频流式传输系统的发射速率控制的方法和装置[P]. 美国: CN108881970B, 2021-10-22.
- [5] 王宇. 基于 Pulse Sensor 的体征参数无线监控系统 [J]. 数字技术与应用, 2016 (10): 3.
- [6] 马永强, 李静强, 冯立营. 基于 ZigBee 技术的射频芯片 CC2430 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006 (03): 46-48.
- [7] 吴延清, 张燕萍. 农村留守儿童的体验教育干预与机制构建——基于湖北农村留守儿童师资生态调研的实证研究 [J]. 决策与信息, 2018, 504 (12): 32-39.
- [8] 宋点白. 基于大数据的留守儿童教育干预研究 [J]. 中国教育信息化, 2019 (03): 17-19.
- [9] 赵雪梅, 赵可云. 教育大数据应用于学业预警的设计研究——以农村留守儿童学业预警为例 [J]. 教育发展研究, 2018, v.38; No. 461 (12): 70-77.
- [10] 吕璠. 热释电红外报警器的设计 [J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2009, 9 (03): 62-64.

- [11] 向羽曦, 曹梦凡, 赵许钢, 徐璐滢, 梁立新. 业余场馆灯光控制平台系统研究 [J]. 自动化应用, 2019 (05): 17-19.
- [12] 陈思, 冷雪. 微信小程序开发方式对比 [J]. 电子制作, 2020, (02): 52-53+22.
- [13] 董建亮, 赵文涛, 李方, 黄心昊. 一种基于标签传播算法的关键链路探测方法 [J]. 计算机工程与科学, 2017, 39 (11): 2022-2027.
- [14] Hamers L et al. Similarity measures in scientometric research: The Jaccard index versus Salton's cosine formula [J]. 1989, 25 (3): 315-318.
- [15] 金成杰, 俎涛, 张焕欣. 嵌入式软件测试平台的设计与实现 [J]. 信息技术与网络安全, 2022, 41 (04): 102-107.
- [16] 栗楠, 韩强, 何雨, 刘聪, 毛子剑, 王义晨, 刘海德, 张璐. 基于 SRGM 的软件测试 workflow 标准化技术研究 [J]. 现代电子技术, 2022, 45 (05): 161-165.