

基于人机交互技术的社交型无奈式耸肩动作脑瘫康复训练系统设计^①

卢振利^{②*} 王 乾^{**} PENČIĆ Marko^{***} ČAVIĆ Maja^{***} ROUMIANA Ilieva^{****}

(* 常熟理工学院电气与自动化工程学院 常熟 215500)

(** 盐城工学院机械工程学院 盐城 224000)

(*** 诺维萨德大学技术科学学院 诺维萨德 21000, 塞尔维亚)

(**** 索非亚工业大学管理学院 索非亚 1000, 保加利亚)

摘 要 本文针对社交过程中的肢体动作语言耸肩动作展开研究,基于人机交互技术,设计了社交型耸肩动作脑瘫康复训练系统。该系统使用第二代 Kinect v2 设备对人体肢体关节的位置、角度等特征数据采集,通过支持向量机算法对数据分类训练从而实现耸肩动作的识别。本设计上位机选用 C++ 语言编程对动作信号进行处理,依据系统设定的动作判定规则识别相应的动作信号,同时通过串口通讯方式向 Arduino UNO 开发板发送指令,驱动表情机器人做出相应的表情动作。整个系统使用 Python 编程设计人机交互界面,便于康复师引导受测者做出相应的耸肩动作,同时记录受测者的测试结果和测试时间,方便康复师对受测者康复情况分析和训练系统的后续完善。

关键词 社交型动作; 脑瘫康复; 耸肩; 人机交互

0 引言

脑性瘫痪是患者在胎儿或者幼儿发育时期由于脑部发育受到非进行性损伤而引起的疾病,患者在语言交流、肢体动作、智力等方面存在缺陷^[1-3]。经临床研究发现,在脑瘫患者群体中痉挛型脑瘫占比 60%~70%,其表现最突出的症状有:肢体动作僵硬不受人为控制、肌肉拉动时会受到严重阻力、简单的肢体动作和语言表达等方面都很难准确进行。这些症状严重影响了患者日常生活的自主能力和社交能力^[4]。

随着科学技术的发展,现阶段的治疗方法已经不再局限于传统的手术、针灸、药物等治疗手段,利用辅助机器人在认知性和功能性的语言和动作方向,对脑瘫患者的康复训练有了大量的研究和探

索^[5]。除了对认知性和功能性的语言、动作开展康复训练之外,对于社交方面的康复训练也非常重要。人类在社交信息传递的过程中,语言信号占比 7%,语音声调占比 38%,而肢体动作语言占比则高达 55%^[6-7]。在日常交流过程中人类为了能够更加生动形象地传递各种信息,经常会不由自主地加入肢体动作语言。所以针对患者进行社交型肢体动作康复训练,不仅能够帮助患者更快地融入社会,同时能锻炼患者的肢体协调能力,帮助患者克服肢体动作障碍,对患者的早期康复有着重要的意义^[8-9]。

1 社交型无奈式耸肩动作脑瘫康复训练系统架构设计

耸肩是一种肩部、上臂、下臂、手掌相互搭配做出的复杂肢体动作,在社交过程中耸肩所表达的含

① 中塞第 5 届科技例会交流项目(国科外 2021-4-19)资助。

② 男,1974 年生,博士,副教授;研究方向:机器人智能控制;联系人,E-mail: zhenlilu@cslg.edu.cn。
(收稿日期:2022-04-28)

义有很多,例如:冷漠、惊讶、不明白、无奈等等^[10-11]。本文对《老友记》影视剧中部分耸肩社交场景进行分析,分别截取表示惊讶和无奈的耸肩场景,记录并区分人物耸肩时的肢体动作特征,2种动作如图1和图2所示。



图1 惊讶耸肩



图2 无奈耸肩

从图片可知惊讶时耸肩动作的明显特征为:双手抬起至与肩同高或高于肩膀,同时张大嘴巴睁大眼睛;无奈时耸肩动作为:双手抬起至水平位置附近,同时伴随着嘴巴微张眼皮低垂的面部表情。本课题考虑到脑瘫患者群体的特殊性,暂不考虑面部表情,只选择肢体动作进行识别,选择比较简单的无奈式耸肩动作开展社交型耸肩动作识别研究,判断该研究针对脑瘫患者在社交动作的康复训练方面是否有效。

该系统采用人机交互技术引导受测者开展社交型无奈式耸肩动作脑瘫康复训练。为了解决康复训练过程的枯燥性,提高受测者康复训练的积极性,系统引入了如图3所示的表情机器人,当受测者做出肢体动作时表情机器人可以根据其动作做出相对应的表情动作进行反馈。

系统硬件设备主要包含3部分,即 Kinect v2、上位机和表情机器人,整体硬件设备如图4所示。康复师可以在上位机的人机交互界面中记录受测者个

人信息,选择康复训练动作,受测者根据上位机显示的耸肩动作进行模仿练习。经过 Kinect 对受测者的动作进行识别处理,将数据传输至上位机判断受测者动作是否正确,上位机向表情机器人发送指令做出相应的表情动作。社交型无奈式耸肩动作脑瘫康复训练系统的整体设计架构如图5所示。

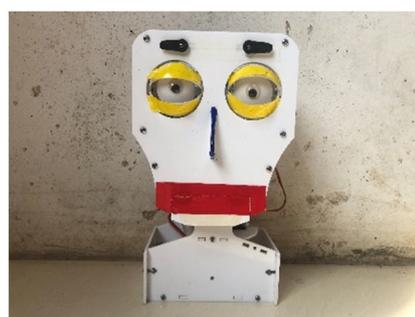


图3 表情机器人

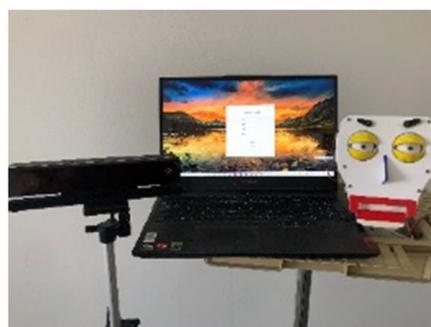


图4 系统硬件设备

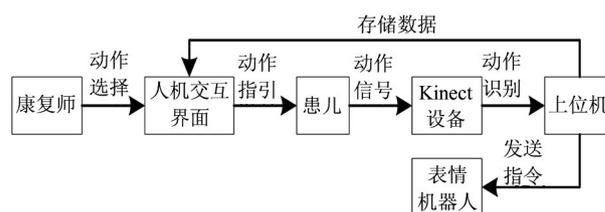


图5 系统架构图

Kinect v2 采用飞行时间(time of flight, TOF)原理进行距离测量。其内部安装有红外深度传感器和红外发射器,通过计算发送红外与接收红外的时间间隔获得距离。与 Kinect v1 相比,其距离测量更加精确,深度相机的分辨率也有很大的提升,并且内置功能更加丰富^[12-13]。在对感知设备 Kinect 选择时,分别对 v1 和 v2 针对耸肩动作识别进行了实验,对数据结果分析发现耸肩抬起肩膀后,v1 设备对肩膀

抬起的高度无法精确识别,存在误差;v2 设备能够准确地检测出肩膀抬起的高度,并且 v2 设备有更高的分辨率,因此系统选择采用二代设备进行肢体动作采集。

上位机选用 Win10 系统,内部安装有康复训练系统所需要的软件,且能通过 USB 串口与开发板进行通讯,发送指令控制表情机器人。

表情机器人使用 Arduino UNO 开发板驱动 10 个舵机工作,舵机分别控制表情机器人嘴巴、眼睛、眼皮、眉毛和脖子。表情机器人通过 USB 接口与上位机连接,采用串口通讯方式与上位机通讯,接收上位机指令,上位机通过 VS2019 软件发送指令代码控制表情机器人,相应指令与动作如表 1 所示。

表 1 指令动作对应表

指令字符	表情动作
“a”	无表情
“b”	无奈
“c”	左右摇头

2 无奈式耸肩动作数据采集与处理

首先对耸肩时的动作特征进行分析,对肢体位置、角度进行采集,将处理后的位置和角度数据作为特征值采用支持向量机 (support vector machine, SVM) 进行分类训练,最终实现无奈式耸肩动作识别。图 6 所示为 Kinect 设备在人体分别处于正常站姿与无奈式耸肩站姿时所绘制出的骨骼图案,图中编号分别表示的关节为:(0)脊柱尾端;(1)脊柱中端;(2)脊柱上端;(3)脖子;(4)头部;(5)左肩;(6)左肘;(7)左手腕;(8)右肩;(9)右肘;(10)右手腕。

2.1 无奈式耸肩动作数据采集

通过 2 种站姿的对比,本文从以下 4 点进行特征数据采集。

(1)从 Kinect 绘制的骨骼图案可知,耸肩时 2 只手腕抬起至脊柱中端以上,正常站立时 2 只手腕都在脊柱中端以下,2 种站姿不同,手腕与脊柱中端的高度差也不同,如图 6(b)中的 (h_1, h_2) 所示。

(2)耸肩最主要的环节是提起双肩,当双肩两

端高度发生变化时,肩膀与脊柱的夹角将会发生变化,如图 6(b)中的 (α_1, α_2) 所示。

(3)耸肩时上臂向外伸展,肩膀与上臂之间的夹角发生改变,如图 6(b)中的 (β_1, β_2) 所示。

(4)当手腕抬起时以肘部为顶点,下臂与竖直方向的夹角也会发生改变,如图 6(b)中的 (γ_1, γ_2) 所示。

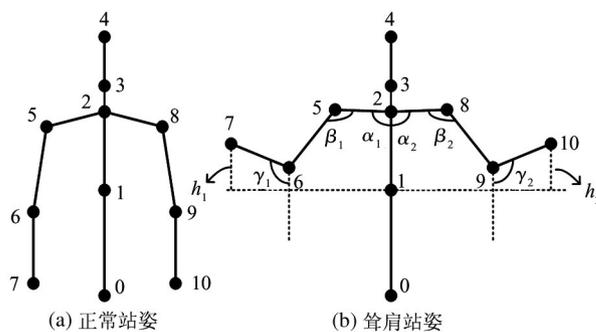


图 6 正常站姿与耸肩站姿

针对以上 4 点,对 2 种站姿的骨骼位置数据进行采集,通过代码编译进行计算得出 4 组相对应的特征数据。

2.2 无奈式耸肩动作数据处理

该系统主要针对脑瘫儿童设计,所以测试系统以正常儿童、身高 130 cm 为标准进行数据采集。

设备采集到的骨骼位置数据在三维坐标系中以数值形式展现,所以手腕高度与脊柱中端的高度差 h_i 只需要对 Z 轴数值相减即可得。对于肢体间的角度计算需要利用三维欧氏距离计算出关节之间的距离,使用余弦定理计算出相应肢体之间夹角,公式如下所示。

$$d_i = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

$$\theta_i = \arccos \frac{d_1^2 + d_2^2 - d_3^2}{2d_1d_2}$$

式中, d_i 为三维空间中相应 2 个关节之间的距离, θ_i 为相对应肢体之间的夹角数值。

处理后的正常站姿 4 组数据 ($h_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i$) 保存为原始数据,然后把肢体动作实时数据与原始数据相减得到 4 组数据差依次记为 (A_i, B_i, C_i, D_i)。把得到的 4 组数据差作为特征值,采用 SVM 算法进行分类训练,把训练过程中的站姿分为 3 类:正常站姿、耸肩未达标、耸肩达标。图 7 为测试者实验过程

中的局部数据。

正常站姿:当4组数据(A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i)数值同时满足 $A_i < 0$ 、 $B_i < 2$ 、 $C_i < 5$ 、 $D_i < 70$ 时,表示测试者处于正常站姿状态。

耸肩未达标:当4组数据(A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i)数值同时满足 $0 < A_i < 0.2$ 、 $2 < B_i < 18$ 、 $5 < C_i < 40$ 、 $70 < D_i < 120$ 时,表示测试者做出耸肩动作,但未满足系统设定的达标状态。

A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	Time
3.06532	2.67297	32.3138	18.9271	-0.1693	-0.1403	7.89662	4.51852	19:53:41
2.78785	1.32377	5.3054	4.73767	-0.2142	-0.2087	2.11635	-0.431	19:53:41
2.95766	1.11809	2.51948	2.5452	-0.2241	-0.2242	-1.9009	-3.8066	19:53:41
2.77021	1.14142	2.16307	0.61532	-0.2266	-0.2262	-2.5652	-4.0091	19:53:42
2.76621	1.42358	1.72259	-0.2536	-0.228	-0.2267	-2.7013	-4.1681	19:53:42
2.35748	1.34712	0.84341	-0.524	-0.2286	-0.2279	-2.4793	-3.7525	19:53:42
2.12128	1.25425	14.1891	25.7703	-0.1718	-0.2116	-2.138	-0.9585	19:53:43
6.30343	5.43308	86.0975	87.1898	0.02684	0.01698	8.38649	9.18824	19:53:43
5.13622	3.52417	76.8481	89.215	0.02699	0.03341	13.8944	11.2622	19:53:43
5.113	2.2047	77.3839	90.0808	0.02503	0.03222	15.0773	11.7384	19:53:44
2.19598	-1.4591	8.32349	2.9458	-0.2259	-0.2187	-0.7434	0.01731	19:53:46
2.03854	-0.2657	2.21409	0.81371	-0.2241	-0.2255	-2.1967	-0.1971	19:53:47
3.4615	-0.3515	2.02968	0.33911	-0.2261	-0.225	-3.5429	-1.116	19:53:47
4.32654	-0.5494	2.3401	0.77167	-0.2262	-0.2238	-3.9654	-1.5999	19:53:47
4.54229	1.4723	3.96915	11.2551	-0.2043	-0.2227	-4.5923	-2.9149	19:53:48
9.22044	9.27113	91.5162	94.2336	0.04933	0.03156	2.81926	8.33492	19:53:48
9.67347	6.16164	87.797	97.0203	0.03381	0.03883	10.56	5.44749	19:53:48
8.12218	4.62791	87.5022	94.1534	0.02777	0.02952	10.1561	7.54588	19:53:49
7.63549	3.92389	83.1408	92.6179	0.02393	0.03157	12.7957	7.99065	19:53:49
7.89706	3.09602	76.0252	92.1093	0.02045	0.03744	14.3495	7.22955	19:53:49
8.22775	2.73694	81.526	92.01	0.01956	0.02968	11.1063	6.35355	19:53:50
8.51519	2.5564	82.93	91.9576	0.01922	0.02707	11.5398	5.92445	19:53:50
8.53377	2.17949	80.0936	92.1982	0.01879	0.02838	10.4473	6.23299	19:53:50

图7 局部数据值

耸肩达标:当4组数据(A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i)数值同时满足 $0 < A_i < 0.2$ 、 $5 < B_i < 18$ 、 $10 < C_i < 40$ 、 $75 < D_i < 120$ 时,表示测试者已经达到系统设定的耸肩达标状态。

得到特征值后选用合适的核函数对数据集进行训练。为了选择出识别精度高的核函数,分别对4种核函数进行对比,经过实验对比可知采用线性核函数时动作数据识别精度最高,可达96%,如图8所示,所以选用线性核函数对数据进行训练。

```
linear 's testing accuracy 0.964072, recall is 0.960530'
poly 's testing accuracy 0.928144, recall is 0.918591'
rbf 's testing accuracy 0.904192, recall is 0.895171'
sigmoid 's testing accuracy 0.862275, recall is 0.844590'
```

图8 核函数识别精度对比

2.3 无奈式耸肩动作识别流程

由于每个人的体格大小有差别,系统需要存储测试者在正常站姿状态下的骨骼数据为原始参照数据。当训练系统开始运行后,动作识别系统将会延迟5s,在这5s内测试者需要以图6所展示的正常

站姿站立在测试区,系统将测试者的正常站姿数据进行存储,5s后系统采用SVM算法对人体耸肩动作进行识别分类,判断测试者的动作是否为耸肩,该耸肩是否达标,动作识别流程如图9所示。

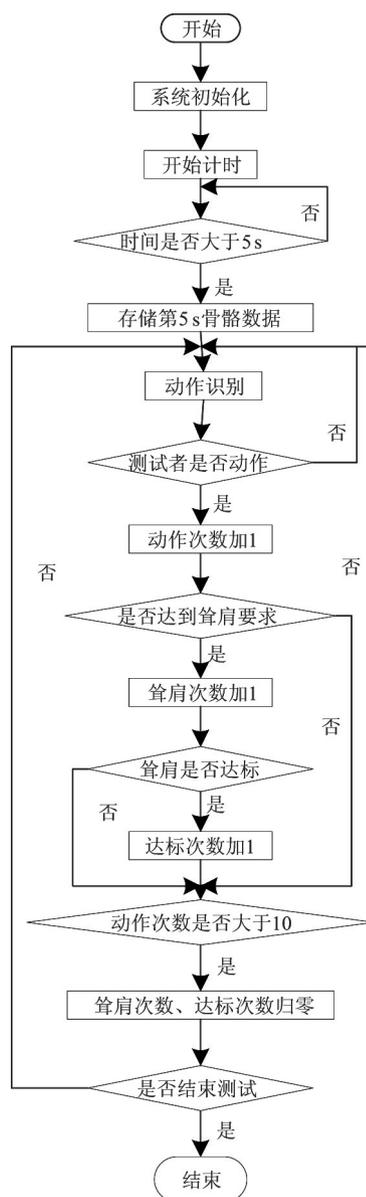


图9 无奈式耸肩动作流程图

3 表情机器人动作交互设计

按照所设计的表情动作在Arduino软件中编写程序烧录至开发板中,表情机器人表情设定如下。

(1)初始表情:开发板通电后表情机器人将会保持眼睛张开的无表情状态,如图10所示。

(2)测试者耸肩站姿:当系统检测到测试者做

出无奈式耸肩动作后,表情机器人做出无奈表情,即眉毛下垂、眼皮微张、嘴巴张开,如图 10 所示。

(3)测试者正常站姿:当系统检测到测试者由耸肩站姿转变为正常站姿时,表情机器人恢复至初始表情。

(4)测试者做出错误动作:如果系统检测到测试者所做的动作与训练系统中所设定的耸肩动作标准不符时,表情机器人将会左右摇头,做出动作错误的反馈,如图 11 所示。



(a) 正常无表情 (b) 无奈

图 10 表情机器人无表情与无奈表情



(a) 右摇头 (b) 左摇头

图 11 表情机器人左右摇头

4 上位机人机交互界面设计

人机交互界面选用 Python 编程软件进行程序设计,系统运行前将会自动检测所有设备是否正确连接,如有错误控制台将会做出提示。如图 12 所示,该错误提示为未正确设置表情机器人与上位机连接的 COM 端口。

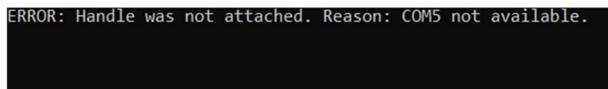


图 12 控制台错误提示

图 13 所示为训练系统初始界面,康复师在此界面记录训练者基本信息,然后点击开始测试按钮,进入测试动作选择界面,选择需要进行康复训练的动作。



图 13 训练系统初始界面

图 14(a)为动作选择界面,该界面预留 2 个空白区域,方便后期康复训练内容拓展。点击开始测试按钮进入动作测试准备界面,如图 14(b)所示。进入该界面测试者需要站在指定位置做好测试准备,点击开始测试,系统开始对测试者实时动作进行判断检测。在测试过程中,通过系统界面康复师可以实时观察测试者的动作过程,人机交互界面显示出本次动作测试时间,视频界面展现出测试者的动作次数、耸肩次数和耸肩达标次数。图 15 所示为测



(a) 动作选择界面 (b) 动作测试选择界面

图 14 动作测试选择过程



图 15 系统测试界面

试者右转 45° 进行测试过程中的上位机所显示界面,其中 Action 表示测试者测试过程中的动作次数,Shrug 表示动作过程中耸肩次数,Accomplish 表示耸肩达标次数。

5 系统实验测试与结果分析

为了测试该系统的动作识别性能,本文对身高 143 cm 的测试者进行系统测试,测试实验相关要求如下。

5.1 实验环境要求

测试过程中设备视角内只能有测试者一人,出现多人时会影响系统识别准确度。此外,如果测试者所穿衣服过厚,在测试过程中系统描绘的骨骼图案将会有误差,从而影响动作识别的准确率。

5.2 实验设备及场地布置

测试距离范围如图 16 测试场地中梯形区域所示。设备官网给定的数据为:该设备在水平方向视角为 70°,垂直方向的视角为 60°,最佳测试距离为 0.5 ~ 4.5 m^[14]。为了省略测试过程中由于身高问题需要反复调节设备高度的麻烦,选择设备高度为 1 m,经过计算和实际测试,在 1.73 m 处设备能够检测到身高 2 m 以下的测试者全身,并且在 0.5 ~ 1.73 m 之间设备能够完全检测到测试者的上半身,符合耸肩动作测试要求。所以固定设备高度为 1 m,设备正前方 1.73 m 处为最远测试距离,官网给定的 0.5 m 为最近测试距离。



图 16 测试场地

5.3 实验方案设计

测试者按照不同站姿方位进行实验,分别为:正面对设备、左转 15°、左转 30°、左转 45°、左转 60°、右转 15°、右转 30°、右转 45°、右转 60°,共 9 个方位进行测试。每个方位依次进行动作测试,10 次为一组,分别记录每一组的耸肩动作识别次数和动作达标次数。

测试时测试者需要站在设备正前方,测试位置不做固定,只要在规定的测试距离范围内设备能够检测到测试者上半身即可。

5.4 测试流程设计

在正式测试之前,康复师需要打开训练系统在测试范围内找出能够正常描绘测试者骨骼图案的合适距离,该过程 1 min 之内即可完成。找到合适测试距离后,康复师按照第 4 节中的人机交互界面内容进行相应设置。选择测试动作后测试系统开始运行,系统运行后康复师要检查训练系统是否有报错情况,在无报错情况下开始进行正常测试。

图 17 所示为测试者测试过程中的 2 种动作场景,测试时表情机器人放置在如图所示的测试者正



(a) 无奈式耸肩



(b) 不达标的无奈式耸肩

图 17 测试场景

前方,图 17(a)为测试者做出正确耸肩动作时,表情机器人同时做出无奈表情;图 17(b)为测试者做出与系统设定耸肩动作不符合的错误动作时,表情机器人左右摇头场景。

5.5 测试结果处理

通过测试实验,对系统识别耸肩次数、耸肩达标次数、耸肩识别率和耸肩达标率数据进行分析,绘制成折线统计图,如图 18 所示。

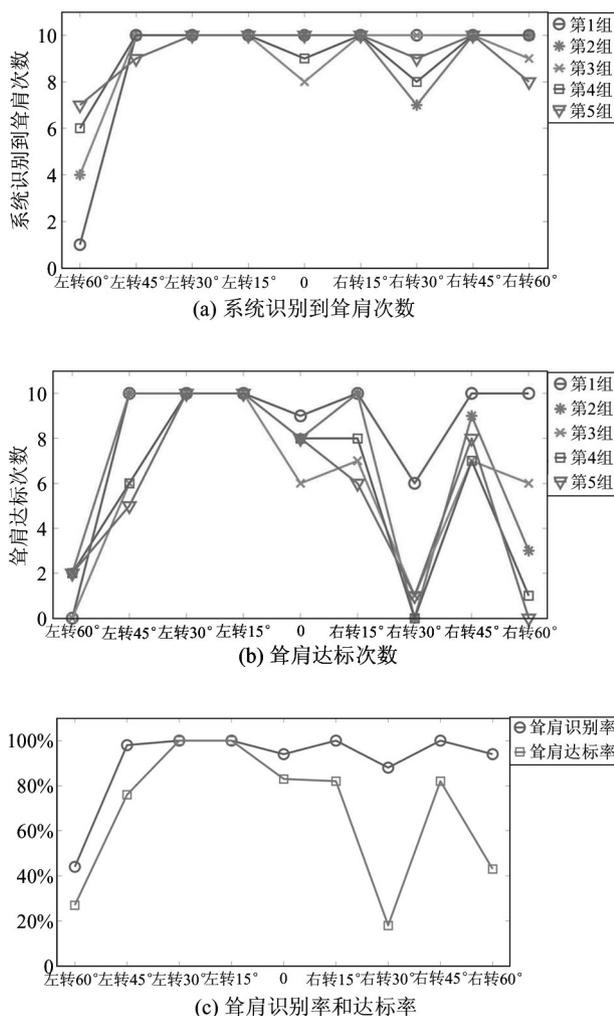


图 18 测试数据分析

从折线统计图可知,左右旋转角度在 0 ~ 45 °之内时,系统能够正常识别耸肩动作;当旋转角度为 60 °时系统的识别率大幅降低,甚至无法进行耸肩动作的识别,则该系统的有效识别旋转角度为 0 ~ 45 °。

在有效识别范围内,系统对耸肩动作的识别率比较高,基本稳定在 80% 以上,最高可达 100%。当

右转 30 °时耸肩达标率最低,考虑到系统存在误差和测试者个人因素,对测试者右转 30 °再次进行实验,结果显示其耸肩达标率为 80%,可知该系统可以满足无奈式耸肩动作识别检测。

6 康复训练案例分析

6.1 康复训练方法设计

确保该系统可以进行无奈式耸肩动作识别后,针对脑瘫受测者在康复师的指引下进行实际实验测试,分别对 2 位脑瘫儿童进行为期 5 d 的康复训练,平时在家中由父母进行引导训练。

在 5 d 的康复训练过程中,首先由康复师指引纠正受测者进行无奈式耸肩动作训练,如图 19 所示为康复师指导受测者进行耸肩训练。当受测者熟悉该耸肩动作后,启动康复训练系统,受测者按照人机交互界面展现的耸肩图片开始模仿训练,同时表情机器人做出相应反馈动作。

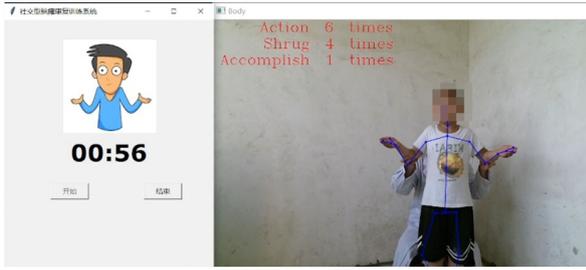
6.2 案例分析

2 名受测者经临床诊断为痉挛型脑瘫,能够简单进行正常交流,其肢体动作存在障碍但智力正常。康复训练过程中 10 次动作为一组,每天抽取一组训练数据进行分析,结果如表 2 和表 3 所示。

由折线图 20 和 21 可知,通过康复师的引导,2 名受测者能够逐渐掌握耸肩动作,耸肩动作的正确率能够稳定在 80% 以上。经过 5 d 的康复训练,无奈式耸肩动作的达标率逐渐提高。通过康复训练用时折线图可知,伴随着受测者掌握耸肩动作,其康复训练的用时逐渐缩短,表示受测者已经能够掌握无奈式耸肩动作,从而证明该研究对脑瘫受测者的社交肢体动作康复训练有一定效果。

7 结论

面向脑瘫康复需求,基于人机交互技术设计了社交型无奈式耸肩动作训练系统。该系统采用人机交互技术将 Kinect 感知设备和表情机器人相结合,通过表情机器人做出相应表情动作对训练者的肢体动作进行反馈,能够增强脑瘫受测者训练过程中的



(a) 无奈式耸肩场景设置



(b) 康复师监督式指导



(c) 关键位置辅助动作



(d) 正面提醒式指导



(e) 无监督式康复动作

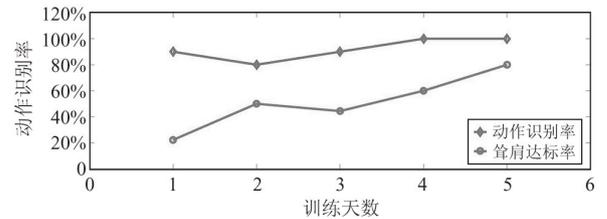
图 19 无奈式耸肩社交动作康复训练

表 2 受测者 1

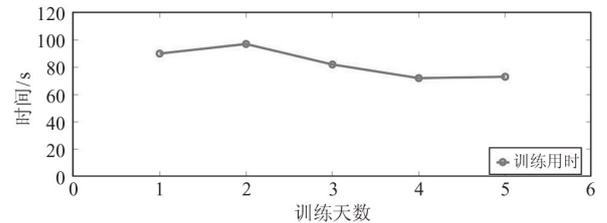
天数	识别到耸肩次数	耸肩达标次数	训练用时/s
1	9	2	90
2	8	4	97
3	9	4	82
4	10	6	72
5	10	8	73

表 3 受测者 2

天数	识别到耸肩次数	耸肩达标次数	训练用时/s
1	10	3	95
2	7	1	94
3	10	4	76
4	10	6	71
5	9	6	67

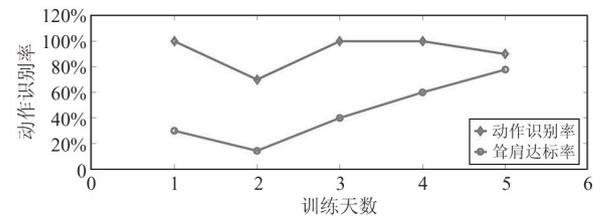


(a) 辨识率

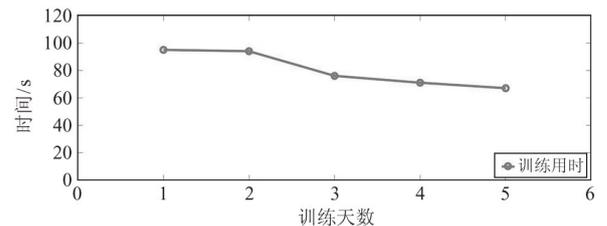


(b) 辨识时间

图 20 受测者 1 实验数据分析



(a) 辨识率



(b) 辨识时间

图 21 受测者 2 实验数据分析

积极性。人机交互界面帮助康复师对脑瘫受测者在训练过程中进行动作引导、识别训练,同时对受测者训练过程中的实时数据进行存储,便于康复师后续对受测者的训练结果进行评价。本研究为脑瘫受测者的社交型动作康复训练提供了技术储备。

参考文献

- [1] BÜTZER T, LAMBERCY O, ARATA J, et al. Fully wearable actuated soft exoskeleton for grasping assistance in everyday activities[J]. *Soft Robotics*, 2021, 8(2): 128-143.
- [2] 毛颖,高长玉. 脑瘫的病因学研究进展[J]. *中南医学科学杂志*,2021,49(1):113-116.
- [3] 仪凌燕. 小儿脑性瘫痪病因研究进展[J]. *按摩与康复医学*,2020,11(9):17-19.
- [4] 丁婷,吴素英. 痉挛型脑瘫治疗新进展[J]. *世界最新医学信息文摘*,2018,18(86):34-35.
- [5] 程洪,黄瑞,邱静,等. 康复机器人及其临床应用综述[J]. *机器人*,2021,43(5):606-619.
- [6] 元元. 善用你的身体语言[J]. *成才与就业*, 2012(4):30-32.
- [7] 任峰. 非语言沟通在护理工作中的应用[J]. *中国误诊学杂志*,2006(22):4492-4493.
- [8] 赵娜. 早期家庭综合康复护理对脑瘫患儿生活质量的影响[J]. *当代护士(中旬刊)*,2021,28(9):58-59.
- [9] 酒金霞. 脑瘫患儿放弃治疗的原因分析[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2008, 11(3): 81-82.
- [10] HINNELL J. Language in the body: multimodality in grammar and discourse[J]. *The American Journal of Semiotics*, 2019,35:(1-2): 55-92.
- [11] DEBRAS C. The shrug: forms and meanings of a compound enactment[J]. *Gesture*, 2017, 16(1): 1-34.
- [12] ÇUBUKÇU B, YÜZGEÇ U, ZILELI R, et al. Reliability and validity analyzes of Kinect V2 based measurement system for shoulder motions [J]. *Medical Engineering and Physics*, 2020, 76: 20-31.
- [13] TÖLGYESSY M, DEKAN M, CHOVANEC L, et al. Evaluation of the azure Kinect and its comparison to Kinect V1 and Kinect V2 [J]. *Sensors*, 2021, 21(2): 413.
- [14] BHATEJA A, SHRIVASTAV A, CHAUDHARY H, et al. Depth analysis of kinect v2 sensor in different mediums [J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2022, 81(25): 35775.

Design of rehabilitation training system of social helpless shoulder shrugging movement for cerebral palsy based on human-computer interaction technology

LU Zhenli^{*}, WANG Qian^{**}, PENČIĆ Marko^{***}, ČAVIĆ Maja^{***}, ROUMIANA Ilieva^{****}

(^{*} School of Electrical Engineering and Automation, Changshu Institute of Technology, Changshu 215500)

(^{**} School of Mechanical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224000)

(^{***} Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, 21000 Serbia)

(^{****} Faculty of Management, Technical University of Sofia, Sofia 1000, Bulgaria)

Abstract

In this paper, a social shrugging training system is designed based on human-computer interaction techniques for the rehabilitation of cerebral palsy. The system uses a second-generation Kinect v2 device to collect data on the position and angle of the human limb joints. It uses a support vector machine algorithm to classify and train the data to recognize the shrugging movements. The system uses C++ programming in the host computer to process the action signals and identify them according to the action rules set by the system. It sends commands to the Arduino UNO development board via serial communication to drive the expression robot to make the corresponding expression actions. The system uses Python programming to design the human-machine interface, which allows the rehabilitation teacher to guide the patient to make the corresponding shoulder shrugging movements, and to record the patient's test results and test time, so that the rehabilitation teacher can analyze the patient's condition and improve the training system.

Key words: social type action, cerebral palsy rehabilitation, shrug, human-computer interaction