

基于 MATLAB 眼动仪系统的智能轮椅发展的管理研究

李梓萌¹ 刘晖¹ 解惠伊¹ 曹书赫² 李思湧¹

1 沈阳航空航天大学经济与管理学院 2 沈阳航空航天大学材料科学与工程学院

DOI:10.12238/pe.v2i6.10416

[摘要] 本论文主要研究了基于MATLAB眼动仪系统的智能轮椅设计。通过深入分析眼动追踪技术在智能轮椅控制中的应用,实现了利用用户眼球运动来控制轮椅行动的功能。本文首先介绍了智能轮椅和眼动追踪技术的发展背景,明确了研究的目的和意义。接着,详细阐述了研究方法,包括眼动数据的采集与处理、控制算法的设计以及MATLAB仿真实验的过程。通过实验结果分析,验证了该眼动控制系统的可行性和有效性。最后,总结了本研究的成果,并展望了未来智能轮椅技术的发展方向。

[关键词] 智能轮椅; 眼动追踪; 控制算法

中图分类号: TP301.6 **文献标识码:** A

Research on the development management of intelligent wheelchair based on MATLAB eye tracker system

Zimeng Li¹ Hui Liu¹ Huiyi Xie¹ Shuhe Cao² Siyong Li¹

1 School of Economics and Management, Shenyang Aerospace University

2 School of Materials Science and Engineering, Shenyang Aerospace University

[Abstract] This paper mainly studies the design of an intelligent wheelchair based on MATLAB eye tracking system. Through in-depth analysis of the application of eye tracking technology in intelligent wheelchair control, the function of using user eye movements to control wheelchair movement has been achieved. This article first introduces the development background of intelligent wheelchairs and eye tracking technology, clarifying the purpose and significance of the research. Next, the research methods were elaborated in detail, including the collection and processing of eye movement data, the design of control algorithms, and the process of MATLAB simulation experiments. The feasibility and effectiveness of the eye movement control system have been verified through experimental results analysis. Finally, the results of this study were summarized, and the future development direction of intelligent wheelchair technology was discussed.

[Key words] Intelligent wheelchair; Eye tracking; control algorithm

引言

随着人口老龄化趋势的加剧以及残疾人群体的扩大,智能轮椅作为一种辅助移动设备,其研究与应用受到了广泛关注。传统的轮椅对于某些特定用户(如手部运动能力受限者)并不友好。眼动追踪技术作为一种新兴的人机交互方式,通过追踪眼球运动来解析用户的意图,具有反应速度快、直观性强的特点。将眼动追踪技术应用于智能轮椅控制中,能够实现用户通过眼球运动控制轮椅的行驶方向和速度,从而为用户提供更加便捷、舒适的移动体验。

1 赛题简述

随着人口老龄化趋势的加剧以及残疾人群体的扩大,智能轮椅作为一种辅助移动设备,其研究与应用受到了广泛关注。传统的智能轮椅通常采用手柄、语音等方式进行控制,然而这些方

式对于某些特定用户(如手部运动能力受限者)而言并不友好。因此,探索新型、非接触式的控制方式对于提高智能轮椅的易用性和普及率具有重要意义。眼动追踪技术作为一种新兴的人机交互方式,通过追踪眼球运动来解析用户的意图,具有反应速度快、直观性强的特点。将眼动追踪技术应用于智能轮椅控制中,能够实现用户通过眼球运动控制轮椅的行驶方向和速度,从而为用户提供更加便捷、舒适的移动体验^[2]。

1.1 研究背景

随着我国康养事业的发展,人民对美好生活的向往和追求逐步提高。根据国家发展和改革委员会2021年12月发布的数据^[1],我国是当今世界老年人口数量最多的国家:2035年前后老龄人口将突破4亿人,进入重度老龄化阶段。经过市场调研发现智能轮椅的市场前景广阔,但由于目前高端智能轮椅费用昂

贵很难普及。市场亟需研制一种具有普适性,价位适中,符合广大老年人和行动不便人士出行方便的中低端智能轮椅。我们开发的这项基于MATLAB眼动仪系统的智能轮椅研究正是在前期市场调研基础上准备推出的一款智能便利的轮椅产品。

1.2 数据和方法

1.2.1 眼动数据的采集与处理。本研究采用了高精度眼动追踪设备来采集用户的眼球运动数据。通过对采集到的数据进行处理和特征的提取,得到了用于控制智能轮椅的眼动指令。

表 1

注视点坐标(x,y)	注视时长	轮椅速度	轮椅方向
(x1,y1)	200ms	0.5m/s	北
(x2,y2)	150ms	0.6m/s	东北

1.2.2 控制算法设计。基于眼动仪系统实验数据,我们设计了一种自适应的控制算法,能够根据不同用户的眼球运动实时调整智能轮椅的行驶方向和速度,做到因人而异,更适应不同人群。该算法考虑了用户的个体差异性以及在不同环境下的适应性需求,从而确保控制系统的稳定性和可靠性。

1.2.3 眼动数据处理。使用MATLAB进行眼动数据的滤波、去噪提取。

1.3 模型建立

PID控制:控制器与广义被控对象构成的系统,为闭环负反馈系统,作用于对输入及偏差进行调节,从而缓解系统的不平衡,使系统输出稳定。

PID传递函数: $G(s) = K_c(1 + 1/T_i s + T_D s)$ 理想

$G(s) = K_c(1 + 1/T_i s + T_D s / (KD + 1))$ 实际

其中 K_c : 比例函数 T_i : 积分时间 T_D : 微分时间 KD : 微分增益
首先,我们需要知道一个著名的本征图像模型

$$\zeta = \tau \odot B, \quad (1, 1)$$

其中 τ 和 B 分别表示光照和反射率, $\odot$ 表示Hadamard积。如果没有对光照 τ 或反射率 B 施加进一步的假设, (1, 1) 是一个约束条件很少的问题。有时我们可以考虑这样一个线性模型:

$$\xi = a + b\tau + cB \quad (1, 2)$$

然而这个模型仍然具有局限性,将内在图像分解、层次重映射和图像重构集成到一个广义的基于优化的框架中是一种很好的方法,它使我们能够以隐式的方式控制图像光照,而无需进行明确的本征图像分解。

在此,我们给出以下假设,这些假设可以减少未知数的数量,使得问题变得适定:

光照 τ 的空间平滑性;

反射率 B 是光照不变的;

图像可见度主要取决于光照 τ

1.4 SWOT模型

(1) 优势(Strengths): 本产品是通过MATLAB强大的图像处理能力和编程灵活性能够精确追踪用户的眼球运动,实现精准

的控制指令识别。系统可根据用户进行个性化设置,提供符合不同用户习惯的操作方式,提高使用的便捷性和舒适性,也能够自主判断用户的意图,实现轮椅的自主导航、避障等功能,提升使用的安全性。(2) 劣势(Weaknesses): 现阶段技术成本较高,眼动追踪技术的研发和应用需要较高的技术投入和成本,可能导致智能轮椅的售价较高,从而限制市场推广且部分用户可能难以适应通过眼球运动控制轮椅的方式。(3) 机会(Opportunities): 随着老龄化,智能轮椅等辅助设备的需求将不断增长且随着眼动仪系统技术不断进步以及眼动追踪技术的不断发展和完善, MATLAB眼动仪系统稳定性将得到进一步提升,为智能轮椅的应用提供更多可能性。(4) 威胁(Threats): 智能轮椅市场竞争激烈,各种品牌和型号的轮椅不断涌入市场,需要不断提升产品性能或者降低成本以获取竞争优势。可能存在稳定性问题,一旦系统出现故障,智能轮椅可能无法正常工作,甚至可能引发安全事故,因此,安全隐患较大。

1.5 结构选型

1.5.1 硬件改造: 轮椅眼动控制系统。(1) 帮助特殊人群能够表情达意。例如不能说话的患者表达自己的思想,在轮椅上加上眼动仪,用红外线照射眼睛,用照相机收集从角膜和视网膜反射的红外线则可以达到这个目的。由于眼球的生理结构和物理特性,在光源和头部相对位置不变的前提下角膜反射形成的光斑不会移动,根据角膜和从瞳孔反射的光线之间的角度,可以计算出眼睛的运动方向,从而使不能表达的患者,能够比较精准的传达自己的思想。(2) 帮助特殊人群实现自主移动。在轮椅上通过眼动仪系统来实现轮椅的移动。

1.5.2 加强智能化设计。传感器网: 座椅的前方安装加速度计陀螺仪和激光雷达装置用来感知周围情况,方便规避周围建筑。轮椅采用Varjo头显研发,在瞳孔-角膜反射技术路径中,找到两束光: 视网膜反射光(从瞳孔射出)&角膜反射光(标示眼睛和光源的空间关系)^[3]。实际的数据采集过程中,眼动仪的图形传感器通过识别瞳孔与虹膜的色差来捕捉瞳孔位置。通过明瞳追踪和暗瞳追踪进行眼球特征提取。从而使眼动仪中的AI识别出患者想表达的话语,并进行转述。

1.5.3 智能算法: AI芯片软件和算法。(1) 小脑: 低算力、低延时、运行实时系统。(2) 大脑: 高算力、高延时、用于操控整体。(3) 算法: 轮椅中的芯片是基于Matlab的工具包MATLAB工具箱,眼睛活动/事件的分类和提取。将SRRedf文件读入Matlab。功能包括数据验证、位置绘图、瞳孔大小等。基于EEGLAB的用于EEG/眼睛位置数据分析的MATLAB脚本^[4]。

2 赛题现状

2.1 市场现状

近年来,国内中度残疾需要护理的人数在上升。目前市场上轮椅适用人群较为广泛。然而,由于质量参差不齐,在许多细节上无法满足更多的老年人和行走不便人士的生活行动需求。因而迫切需要针对这部分社会群体的轮椅进行智能化赋能。

为了创造更丰富的价值:包括时间价值、绿色价值、文化价

值、情绪价值和探索价值。本着响应国家康养号召让更多行动不便群体也能享受到智能科技的服务、让大多数行动不便人士和老年人能够提高生活质量的宗旨,团队结合专业数据和多次市场调研,研发出新款基于MATLAB眼动仪系统的智能轮椅。这款轮椅不仅能满足使用者日常需求,还能让使用者拥有更好的生活质量。

2.2 问题分析

(1) 眼动仪数据准确性: 眼动仪作为智能轮椅的重要设备,其数据的准确性直接影响轮椅的操控精度。在实际应用中,有可能面临数据噪声、信号延迟等问题。(2) 实时性要求: 智能轮椅的实时响应能力极为重要。MATLAB需要配合高效的眼动仪数据处理算法,确保用户意图能够迅速转化为轮椅的实际动作,减少延迟现象。(3) 系统集成与兼容性: 智能轮椅集成了眼动仪、控制器、电机等多个子系统,这些子系统之间的无缝集成和良好兼容性是关键。(4) 用户适应性: 不同用户具有不同的眼动特征和操作习惯,智能轮椅需要具备一定的自适应能力,要不断优化算法模型,提升系统的用户适应性。(5) 安全性与稳定性: 在开发过程中,需要制定严格的安全规范和测试标准,确保系统在各种情况下都能稳定运行,避免发生意外。(6) 成本与实用性: MATLAB作为开发工具,需要在保证系统性能的同时,考虑降低开发成本和提升实用性。通过优化算法设计、选用性价比高的硬件设备等措施,可以降低系统的整体成本,提高其实用性。

2.3 提升策略

(1) 提升眼动追踪的准确性。优化校准过程: 确保眼动仪在使用前能够准确校准,以减少误差。(2) 增强眼动指令识别的可靠性。增强指令识别鲁棒性: 考虑用户的个体差异和眼动模式的变化,设计自适应的指令识别算法,以应对不同用户的眼动特点。(3) 加强安全意识培养。紧急制动训练: 教授使用者在紧急情况下如何快速有效地制动轮椅。应对突发状况: 模拟各种突发状况,训练使用者的应急反应能力。(4) 定期评估与调整。功能评估: 定期对使用者的眼动控制功能和轮椅操作技能进行评估,了解训练效果。训练计划调整: 根据评估结果,及时调整训练计划,以满足使用者的个性化需求。(5) 加大用户适用性与培训力度。眼动仪轮椅适用于因身体原因无法使用传统轮椅控制装置的人群,如肌萎缩侧索硬化症(ALS)患者、脊髓损伤者等。为了确保用户能够安全有效地使用眼动仪轮椅,本项目将提供详细的用户培训和支持服务,同时项目团队还将建立用户服务网络,提供持续的技术支持和服务。(6) 增强安全性与舒适度。项目团队将采取多项措施确保轮椅的安全性,包括配备安全带、设置紧急制动功能、优化避障算法等。此外通过合理的设计和优化,确保轮椅的乘坐舒适性和稳定性,减少长时间使用可能带来的疲劳和不适。

3 总结与展望

3.1 眼动控制训练

(1) 增强眼动追踪准确性: 通过特定的视觉训练游戏和练习,

帮助使用者提高眼动控制的准确性和稳定性。(2) 眼动指令识别: 教授使用者如何通过眼动指令来控制轮椅的基本功能,如前进、后退、左转、右转等。(3) 眼神交流训练: 训练使用者通过眼神与他人交流,提高社交沟通能力。

3.2 场景模拟实践

(1) 家庭环境模拟: 模拟家庭环境中的各种场景,如厨房、卧室、客厅等,让使用者在熟悉的环境中实践轮椅操作。(2) 公共环境模拟: 模拟公共场所如超市、公园、医院等,提高使用者在复杂环境中的应对能力。

3.3 安全意识培养

(1) 安全规范教育: 教授使用者正确使用轮椅的安全规范,如佩戴安全带、避免在行驶中突然改变方向等。(2) 风险识别与规避: 培养使用者识别潜在风险的能力,并教授相应的规避策略。

3.4 紧急情况处理

(1) 紧急制动训练: 教授使用者在紧急情况下如何快速有效地制动轮椅。(2) 应对突发状况: 模拟各种突发状况,如遇到障碍物、突然出现的行人等,训练使用者的应急反应能力。

3.5 定期评估与调整

功能评估: 定期对使用者的眼动控制功能和轮椅操作技能进行评估,了解训练效果。

训练计划调整: 根据评估结果,及时调整训练计划,以满足使用者的个性化需求。

4 结语

综上所述,基于MATLAB眼动仪系统的智能轮椅为行动不便者带来了新的希望。在可持续发展的道路上,我们应不断探索创新的管理模式。通过加强技术研发、优化用户体验、建立完善的售后服务体系等多方面努力,确保智能轮椅能够更好地满足用户需求。同时,积极推动产学研合作,促进智能轮椅产业的健康发展,为创造一个更加包容、便捷的社会环境贡献力量。相信在未来,智能轮椅将在可持续发展的管理模式下绽放更加绚烂的光彩。

辽宁省大学生创新创业训练计划支持项目(X202410143166)资助。

[参考文献]

[1] 卫生健康委网站.2021年度国家老龄事业发展公报,2022-10-26.

[2] 民政部、智研咨询整理相关报告:智班咨询发布的《2021-2027年中国残疾人托养服务产业发展动态及投资前景分析报告》。

[3] 国知局.一种基于瞳孔角膜反射技术的眼动控制自动轮椅系统,2021-11-05.

[4] matlab的眼动仪操作,2023-11-07.

作者简介:

李梓萌(2005--),女,辽宁沈阳人,本科在读,研究方向国际经济与贸易。