

# 视力障碍者与助跑者跑步运动辅助APP设计

张梦蝶

浙江理工大学艺术与设计学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2023年9月25日; 录用日期: 2023年12月22日; 发布日期: 2023年12月29日

## 摘要

视力障碍者与助跑者进行跑步运动时存在双方协调性不足和磨合程度难以量化的问题, 导致视力障碍者的跑步体验难以得到保障。通过深入研究我国视力障碍者与助跑者跑步运动的需求和痛点, 本文提出了适用于视力障碍者跑步运动的无障碍交互设计原则。在充分考虑现有设备与技术平台的基础上, 设计了一套基于iPhone和Apple Watch的视力障碍者与助跑者跑步运动辅助APP。该APP不仅可以帮助视力障碍者了解自身跑步的强度与姿态, 同时能够量化视力障碍者与助跑者的协调程度, 从而为进一步提高双方磨合度和提升视力障碍者的跑步体验提供坚实的数据基础和有效的辅助工具。

## 关键词

视力障碍者, 跑步运动, 无障碍交互, APP设计

# Design of Auxiliary Application for the Running Activities of Visually Impaired Individuals and Guide Runners

Mengdie Zhang

School of Art and Design, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou Zhejiang

Received: Sep. 25<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 22<sup>nd</sup>, 2023; published: Dec. 29<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

During the engagement of visually impaired individuals and their guide runners in running activities, the issue of insufficient coordination between the two parties and the difficulty in quantifying the level of cooperation arises, leading to a less guaranteed running experience for the visually impaired. Through an in-depth investigation of the needs and pain points in the running activities of visually impaired individuals and guide runners in our country, principles of accessible interac-

文章引用: 张梦蝶. 视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 设计[J]. 设计, 2023, 8(4): 3973-3980.

DOI: 10.12677/design.2023.84488

tion design suitable for running activities of visually impaired individuals have been proposed. With ample consideration of the existing equipment and technology platforms, an auxiliary application for the running activities of visually impaired individuals and guide runners has been designed, based on iPhone and Apple Watch. This application not only aids visually impaired individuals in understanding their running intensity and posture but also quantifies the level of coordination between the visually impaired individuals and guide runners, thereby providing a solid data foundation and effective auxiliary tools for further improving the level of cooperation between the two parties and enhancing the running experience of the visually impaired.

## Keywords

Visually Impaired, Running Activity, Accessible Interaction Design, Application Design

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

根据第六次全国人口普查及第二次全国残疾人抽样调查,可推算得出 2010 年末我国残障人士总数为 8502 万人,占全国总人口数的 6.34%。其中,视力障碍者达 1263 万人,占残障总数的 14.86% [1]。《柳叶刀 - 公共卫生》发文,聚焦国人 30 年来视力障碍、失明的流行率,分析结果显示,1990 年至 2019 年,在 G20 国家中,我国中度和重度视力障碍的患病率增长速度最快;在此年间,我国中度视觉障碍的年龄标化患病率增长 12.17%。面对我国如此庞大且日渐增加的视力障碍者群体,其身心健康问题需要被更好地关注。研究表明,视力障碍者相比于视力健全者有更高比例的久坐行为(Sedentary behavior) [2]。这是由于视力障碍者在进行运动时会遇到更多的阻碍,例如交通不便、缺乏合适的运动设施和运动过程中需要他人帮助等。同时有研究表明,运动能够提高视力障碍者的生活质量[3]。因此让视力障碍者更积极的参与运动是非常必要的。

在众多运动项目中,跑步是相对低成本和方便的运动类型,它能够提升视力障碍者的健康,同时帮助其建立更广泛的友谊[4]。视力障碍者的跑步由视障者和视力健全的助跑者共同完成。通常来说他们使用一根牵引绳作为工具,由助跑者引导视力障碍者掌握跑步节奏和方向,帮助两者更好地跑步配合。视力障碍者在跑步时面临着与导航、安全和社交有关的挑战[5]。目前已有的研究主要集中于提升视力障碍者跑步过程中的自主性,缺乏在跑步后提供数据分析帮助视力障碍者和助跑者提升磨合效率的工具[6] [7] [8]。同时,目前的设备以硬件为主,且还处于实验阶段,因此成本相对较高,普及性相对较低。

本文旨在通过深入分析视力障碍者跑步运动的现状,提出适用于视力障碍者跑步运动的无障碍交互设计原则,基于 iOS 平台的 iPhone 和 Apple Watch 设备设计与开发一套视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP,从而为视力障碍跑者提供成本更低廉、更便捷的运动工具,为提升视力障碍跑者和协助者的磨合效率提供更科学的训练指导。

## 2. 视力障碍者跑步运动的相关概念与工具研究现状

### 2.1. 视力障碍者跑步运动需求

研究显示视力障碍者在跑步过程中面临着与导航、安全和社交相关的独特挑战,挑战具体分为以下

四类[9]。

1) 降低不确定性程度：盲人和视力障碍跑者由于无法清晰地感知周围环境，在跑步时面临着较高的不确定性。为了支持这类跑者，需提供关于周围环境的信息，如音频提示或触觉反馈，以降低不确定性的程度。

2) 增强自主性支持：盲人和视力障碍者十分重视自身的独立性和自主性。为了满足这类需求，重要的是为他们提供能够实现独立跑步的工具和技术，如 GPS 设备或智能手机应用程序。

3) 提升环境意识水平：盲人和视力障碍者需要对其所处环境有清晰的认识，以实现安全导航。向他们提供有关地形、障碍物和其他环境因素的信息可以帮助他们更安全、更自信地参与跑步运动。

4) 促进跑步时的社交活动：跑步不仅是一种身体运动，更是一种社交活动，能够促进社区建设和社会互动。为了在这方面支持盲人和视力障碍跑者，需创建跑步中的社交机会，如集体跑步或跑步俱乐部。

视力障碍者在跑步过程中追求自主性、安全性和社交互动。然而，在户外跑步时他们常面临诸多挑战，如不平坦的地形、恶劣的天气以及静态与动态障碍物。鉴于上述的需求和挑战，视力障碍者在进行跑步运动时需要使用额外的辅助工具。

## 2.2. 视力障碍者跑步运动工具现状

为了解决视力障碍者跑步运动的痛点，视力障碍跑者可以采用多种辅助工具来帮助他们进行跑步运动。具体的辅助工具可以分为两种类型：软硬件设备和助跑者。

1) 软硬件：在跑步过程中，视力障碍者可利用某些软硬件设备，包括导航应用程序、可穿戴式障碍物探测器，以及如 Aira、Microsoft Soundscape、WeWalk Cane、Sunu Band、BuzzClip 和 Wayband™ 等技术[10][11][12][13]。尽管如此，上述软硬件并未得到广泛应用，其主要原因在于这些技术可能存在一定的局限性和安全隐患。例如，某些障碍物可能难以被有效检测；障碍物识别的反馈可能存在延迟；障碍物检测范围有限。因此，随着障碍物数量的增加和用户跑步速度的提高，这些设备可能难以保持正常运转。

2) 助跑者：助跑者是视力障碍者跑步运动中最常见的辅助形式，可以是指定的助跑者、普通的朋友或伴侣。在跑步过程中，助跑者主要通过语言提示和牵引绳来协助视力障碍者进行跑步。该辅助形式的工具支持主要来源于用于连接助跑者的临时束缚物，如牵引绳。相较于软硬件的解决方案而言，助跑者辅助形式更为安全、便捷。

## 2.3. 视力障碍者与助跑者跑步协作工具现状

在正式的比赛，如残奥会中，由于辅助视力障碍者独立进行跑步的电子技术尚不成熟，存在较大的安全隐患，因此视力障碍者通常需在助跑者的协助下进行训练和田径比赛[14]。研究指出，视力障碍者与助跑者之间的协作关系对于助跑的成功至关重要，其中沟通、信任和相互尊重是影响助跑体验的关键因素。此外，该研究发现，引导式跑步为视力障碍者提供了自由、独立和社会联系的感觉。因此，相较于独立跑步，在助跑者的陪伴下进行跑步运动更为安全且有利于视力障碍者的身心健康。

在视力障碍者与助跑者的跑步过程中，存在视力障碍者与助跑者之间跑步磨合效率的问题。视力障碍者通常需要投入大量时间与助跑者磨合以达到正常跑步的程度[15]。此问题降低了视力障碍者参与跑步运动的积极性。

目前，针对视力障碍者与助跑者的跑步体验的研究主要集中于穿戴设备震动提醒方面，以“Synchronized Running”系统为例，该系统允许两名跑步者匹配他们的跑步节奏并实现相互同步，无需任何直接的物理连接(如牵引绳)。两个穿戴模块分别位于两名跑步者的脚踝处，测量视力障碍者的加速度，

并根据跑步节奏向指导者的脚踝提供触觉反馈[16]。这种同步使指导者能够把握视力障碍者舒适的跑步速度，从而提高视力障碍者在跑步过程中的自主性。然而，对于视力障碍者和助跑者的磨合效率问题并未有深入的研究。同时，该系统对已经熟练掌握视力障碍马拉松技巧的人而言效果不佳。这表明，该设备对于已经习惯于与助跑者合作的视力障碍跑者来说效果有限。

除了上述系统外，目前针对视力障碍者与助跑者跑步工具的研究较少，其有效性也相对有限。针对跑步过程中视力障碍者与助跑者的磨合效率问题的解决方案也相对缺乏，且大部分解决方案仍停留在硬件原型阶段，成熟度相对较低，难以推广普及。

### 3. 视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 的设计与开发策略

基于上述视力障碍者跑步运动的需求和现状分析，本文通过半结构化访谈和问卷调查的方法深入了解我国主要视障跑者团体的跑步运动需求及现有应用程序的缺陷。通过此过程凝练出视力障碍者跑步运动的无障碍交互设计原则，从而指导视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 的设计。进一步地，基于 iOS 平台的无障碍交互支持进行技术可行性验证，最终完成 APP 的开发。图 1 展示了视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 的设计与开发的四个阶段。



Figure 1. Running-aided APP design and development strategy for visually impaired and sighted runners

图 1. 视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 设计与开发策略

#### 3.1. 深入了解我国视力障碍跑者的需求及痛点

在全国范围内搜寻具备代表性的视力障碍者助跑团体，以半结构化访谈的方式分别与视力障碍者和助跑者进行交流，初步了解视力障碍者与助跑者在当前跑步运动中所遭遇的困难和挑战。进一步地，通过发放问卷的形式深入调研二者对跑步运动的数据与技术需求，从而整理出视力障碍者和助跑者在跑步运动中的共同真实内在需求，有助于梳理视力障碍者跑步运动的无障碍交互设计原则。

#### 3.2. 视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 的无障碍设计原则梳理

在视力障碍者与助跑者以牵引绳作为物理连接工具的跑步形式下，结合二者对跑步运动的切实需求

及当前技术和设备的痛点，基于视力障碍者的不同类型，围绕标识和信息、触觉和音频反馈以及易操作性三大要素，总结出适用于跑步运动辅助 APP 的无障碍交互设计原则，以此来指导视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 的设计。

### 3.3. 无障碍交互支持的设备与技术可行性分析

深入分析开发新设备所需的人力和物力成本，评估现有设备与平台的可用性、便利性和技术成熟度，比较不同平台间 APP 开发的难度与时间成本，并充分考量所选用解决方案的成本效益、用户体验和技术支持等多方面因素。

### 3.4. APP 设计、开发与测试

依据上述对视力障碍跑者需求的了解、适用于跑步运动辅助 APP 的无障碍交互设计原则的梳理以及无障碍交互支持的可行性分析，完成兼具易用性、经济性和支持无障碍交互的视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 的设计。在选用平台上开发移动端应用程序，并通过多次线下测试以优化 APP 的算法功能，完成多轮 APP 迭代设计。

## 4. 视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 设计方案

### 4.1. 视力障碍者与助跑者跑步运动需求

本研究以半结构化访谈和问卷调查的方式，与北京何亚军助跑团的资深跑者们进行了深度交流，其中包括两名视力障碍跑者和两名健全助跑者。视力障碍跑者的平均跑龄为五年，主要参与二十公里以上的长距离跑步运动，拥有充沛的体能和跑步经验。他们主要反映的问题包括路况不清导致易绊倒、无法观察自身的身体状态以及现有 APP 语音交互功能的欠缺。他们的需求主要集中于在保障人身安全的前提下，通过数据和 APP 调整自身的跑步姿势。两位助跑者的平均跑龄为六年，以长距离跑步为主，陪跑经验时长达三年，具有丰富的陪跑经验。他们在当前的陪跑经历中主要面临的问题是与视力障碍跑者之间的协调配合难度较高、无法了解对方的身体状况和运动信息，需要合适的软硬件来实现运动数据共享和指导，以增强双方的配合度。

通过以上的调研，总结出在当前的助跑形式下，视力障碍跑者和助跑者的共同需求为运动数据实时共享，并通过量化运动数据指标来衡量双方的配合度。此外，视力障碍跑者在使用 APP 时，点击按钮和切换界面等操作需要有更明显、及时的声音和触觉反馈，双方的运动数据均需以无障碍交互的形式让视力障碍跑者能够感知。进一步地，在与资深跑者的交谈中了解到，视力障碍者根据视力受损程度有不同的类型，如全盲、管状视力、单眼视力受损、高度近视和色盲，因此在 APP 设计时需充分考虑视力障碍者的视力受损类型。

### 4.2. 视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 的无障碍设计原则

在充分了解视力障碍者与助跑者在当前跑步运动模式下所面临的困难和需求后，本文提出以下适用于跑步运动辅助 APP 的无障碍交互设计原则：

1) APP 的设计应当清晰、直观、易于使用。用户界面(UI)的元素和页面应有明确的目的，避免不必要的界面元素与特性，简化操作流程。在考虑到视力受损程度有所不同的基础上，元素应足够大而明显，利用亮度和饱和度与背景形成对比以突显信息，同时结合颜色和形状进行设计，提供易于阅读和探索的字体和颜色方案，避免使用色块分隔区域。

2) 用户体验(UX)以触觉和听觉为出发点创建实时反馈机制。设计易于理解和响应的语音命令系统，



为视力障碍者提供清晰、准确的语音指令和反馈，使视力障碍者能够控制 APP 并获取所需的运动数据。触觉反馈配合语音指令，让视力障碍者能够及时了解他们的操作结果。

3) 提供数据的可视化与比较，通过图表的形式展示本次运动数据及过往运动数据的对比，以便助跑者轻松理解和分析双方跑步配合程度。进一步地，图表应支持无障碍交互，以语音播报数据、触觉反馈接触点的形式让视力障碍者了解自身的运动数据。

4) 实现运动数据在多设备间调用，采用云端存储的方式保存运动数据。以移动手机为主要数据呈现平台，视力障碍跑者和助跑者可以分别以各自的账号登录后调取过往运动数据。

### 4.3. 无障碍交互支持的设备与技术支持

经过详尽的市场调研与可行性分析后，本研究选用苹果公司的 iOS 平台开发跑步运动辅助 APP，同时，选用苹果公司生产的 iPhone 和 Apple Watch 作为 APP 搭载平台和运动数据采集设备。

Apple Watch 作为苹果公司推出的智能手表，能够捕获并记录用户的实时运动数据。其搭载的 WatchOS17 系统支持采集跑步运动中的步长、步频和垂直振幅数据，通过这三项跑步变量能够多方面地展现视力障碍者和助跑者各自跑步的姿态以及双方的配合程度。此外，这些数据可被上传至 iCloud 云端服务器中，实现运动数据的云端存储与多设备调用。

iPhone 作为苹果公司发布的移动智能手机，在与 Apple Watch 配对的情况下能自动获取 Apple Watch 记录的跑步数据。本研究设计的移动应用程序将基于 iOS 系统开发，将视力障碍者与助跑者的步长、步频和垂直振幅数据通过 iCloud 同步至 iPhone 的应用程序中，并通过图表等形式展示双方的运动数据。

Apple Watch 和 iPhone 均支持无障碍交互，用户可使用内置的 VoiceOver (语音朗读)功能，该功能是一项屏幕阅读器功能，可为视力障碍用户提供音频反馈，让他们听到他们在屏幕上触摸的内容，并通过手势来控制设备。同时，视力障碍者可使用 Voice Control (语音控制)功能以口头命令控制他们的设备。进一步地，Apple Watch 内置的 Taptic Engine (触觉引擎)能提供精确精准的触觉反馈，保障视觉障碍者在点击按钮、切换页面等操作时的使用体验。针对不同程度的视力受损者，两款设备可通过调整显示界面的颜色和字体大小来满足不同的需求。

在开发应用程序方面，苹果公司推出的 Swift 编程语言具有安全、性能高效且简洁的特点。作为苹果官方推荐的编程语言，Swift 获得了完善的官方文档和资源支持，包括无障碍交互开发的指南和技术支持。更为重要的是，Swift 可轻松集成苹果生态系统中的无障碍交互功能和 API，如上述的 VoiceOver 功能，使开发者更容易地为 iPhone 和 Apple Watch 创建无障碍应用，无需为每个平台编写大量独立的代码。

综上所述，基于 iPhone 和 Apple Watch 开发视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 是当前最具经济性和稳定性的解决方案，并且易于获取技术支持。

### 4.4. 视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 设计

根据前述的适用于视力障碍者与助跑者跑步运动辅助的无障碍交互设计原则，结合 iOS 平台的生态特性，以及 iPhone 和 Apple Watch 的无障碍交互支持，进行了 Apple Watch 端和 iPhone 端 APP 的设计。

图 2 展示了 Apple Watch 端 APP 的界面设计。在视力障碍者和助跑者分别在各自设备上登录后，Apple Watch 端 APP 的主界面呈现为设置界面，视力障碍者或助跑者点击相应按钮时都会接收到语音提示和振动反馈。在进入下一个界面并点击“开始”后，跑步活动便正式开始，跑步过程中任意一方都可以选择点击跑步暂停、跑步继续或跑步结束。在完成一次跑步后，Apple Watch 将显示个人本次跑步数据的统计结果，同时在子界面中根据双方的跑步数据计算步频、步长和垂直振幅等配合程度。视力障碍跑者可通过点击界面，以语音播报的形式听取数据。



Figure 2. The Apple Watch interface of the running-aided APP for visually impaired and sighted runners  
图 2. Apple Watch 端视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 界面

图 3 为 iPhone 端 APP 的界面设计。视力障碍者和助跑者在各自设备上登录账号后,通过蓝牙的形式进行设备配对,双方配对成功后可开始跑步运动。相较于 Apple Watch 端的 APP, iPhone 端 APP 提供了更为详细的跑步设置选项,且支持导航功能,用户可输入目的地并选择以地图或声音的形式接收导航指示。跑步完成后, iPhone 端提供了更为详细的本次跑步数据统计,并能调取历史跑步数据,以柱状图的形式呈现。视力障碍跑者可点击柱状图听取数据,同时, iPhone 将根据柱状图趋势以语音形式播报本次跑步数据与历史跑步数据的对比。这一设计使得视力障碍跑者能够清晰了解自身的跑步情况,并且对双方的跑步配合程度进行量化的衡量与对比,从而为双方在下一次跑步运动时的调整提供了指导依据。

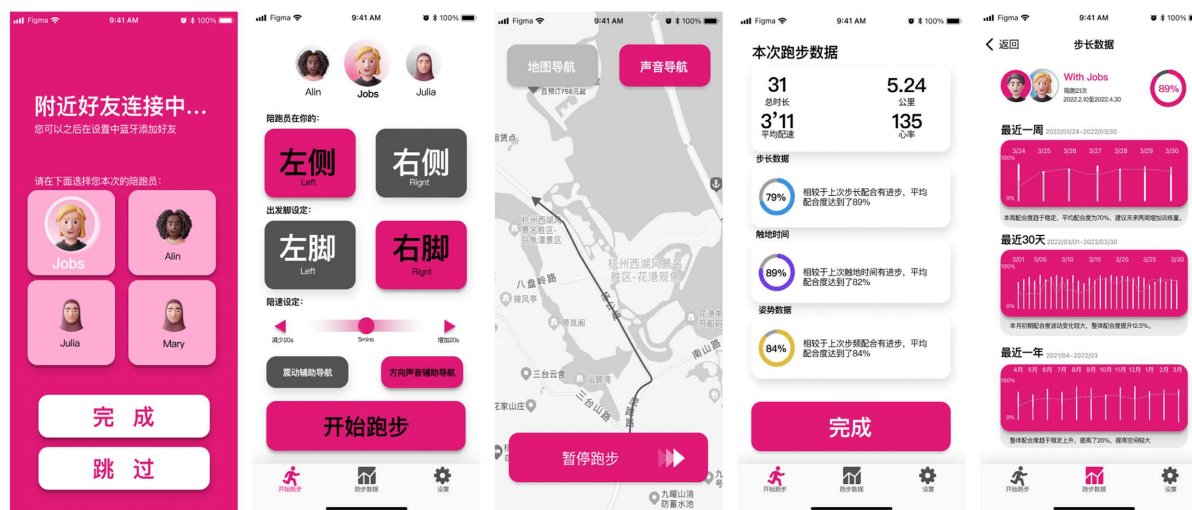


Figure 3. The iPhone interface of the running-aided APP for visually impaired and sighted runners  
图 3. iPhone 端视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP 界面

## 5. 结论

本文针对当前视力障碍者与助跑者进行跑步运动时存在协调性不足、磨合程度难以量化的问题,通过深入调研我国视力障碍者与助跑者跑步运动的需求与痛点,提出了适用于视力障碍者跑步运动的无障碍交互设计原则,在充分考虑现有设备与技术平台的基础上进行可行性分析,基于 iPhone 和 Apple Watch 设计了一套视力障碍者与助跑者跑步运动辅助 APP。此 APP 不仅可帮助视力障碍者了解自身跑步的强度与姿态,还可量化视力障碍者与助跑者的协调程度,为进一步提高双方磨合度、提升视力障碍者的跑步体验提供了坚实的数据基础。

## 注 释

文中所有图片均为作者自绘

## 参考文献

- [1] 赵燕潮. 中国残联发布我国最新残疾人口数据全国残疾人口逾 8500 万[J]. 中国残疾人, 2012(4): 20.
- [2] Xu, T., Wang, B., Liu, H., *et al.* (2020) Prevalence and Causes of Vision Loss in China from 1990 to 2019: Findings from the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Public Health*, **5**, e682-e691. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30254-1](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30254-1)
- [3] Ball, L.E., Lieberman, L.J., Beach, P., *et al.* (2022) Exploring the Experiences of Runners with Visual Impairments and Sighted Guides. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, 12907. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912907>
- [4] Bourne, R.R., Flaxman, S.R., Braithwaite, T., *et al.* (2017) Magnitude, Temporal Trends, and Projections of the Global Prevalence of Blindness and Distance and Near Vision Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Lancet Global Health*, **5**, e888-e897. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30293-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30293-0)
- [5] Chen, Z., Liu, X., Kojima, M., *et al.* (2021) A Wearable Navigation Device for Visually Impaired People Based on the Real-Time Semantic Visual Slam System. *Sensors*, **21**, 1536. <https://doi.org/10.3390/s21041536>
- [6] Kayhan, O. and Samur, E. (2022) A Wearable Haptic Guidance System Based on Skin Stretch around the Waist for Visually-Impaired Runners. *Proceedings of the 2022 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*, Barbara, CA, 21-24 March 2022, 1-6. <https://doi.org/10.1109/HAPTICS52432.2022.9765618>
- [7] Kamikubo, R., Kato, N., Higuchi, K., *et al.* (2020) Support Strategies for Remote Guides in Assisting People with Visual Impairments for Effective Indoor Navigation. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu HI, 25-30 April 2020, 1-12. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376823>
- [8] Al Zayer, M., Tregillus, S., Bhandari, J., *et al.* (2016) Exploring the Use of a Drone to Guide Blind Runners. *Proceedings of the 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Reno Nevada, 23-26 October 2016, 263-264. <https://doi.org/10.1145/2982142.2982204>
- [9] Hall, D.L., Allen-Collison, J. and Jackman, P.C. (2023) The Agenda Is to Have Fun: Exploring Experiences of Guided Running in Visually Impaired and Guide Runners. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, **15**, 89-103. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2022.2092200>
- [10] McGill, M., Brewster, S., McGookin, D., *et al.* (2020) Acoustic Transparency and the Changing Soundscape of Auditory Mixed Reality. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu HI, 25-30 April 2020, 1-16. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376702>
- [11] Kugler, L. (2020) Technologies for the Visually Impaired. *Communications of the ACM*, **63**, 15-17. <https://doi.org/10.1145/3427936>
- [12] Serena, S. and Bradley, M. (2019) Innovative Mobile Technology Targets Low Vision. *Optometry Times*, **11**, 18-20.
- [13] Ohn-Bar, E., Guerreiro, J., Kitani, K., *et al.* (2018) Variability in Reactions to Instructional Guidance during Smartphone-Based Assisted Navigation of Blind Users. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, **2**, 1-25. <https://doi.org/10.1145/3264941>
- [14] Petry, B., Ilandara, T., Elvitigala, D.S., *et al.* (2018) Supporting Rhythm Activities of Deaf Children Using Music-Sensory-Substitution Systems. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu HI, 21-26 April 2018, 1-10. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174060>
- [15] Saulynas, S., Vader, M.-L., Bendigeri, A., *et al.* (2022) How and Why We Run: Investigating the Experiences of Blind and Visually-Impaired Runners. *Proceedings of the 19th International Web for All Conference*, Lyon, 25-26 April 2022, 1-11. <https://doi.org/10.1145/3493612.3520445>
- [16] Hirano, T., Kanebako, J., Saraiji, M.Y., *et al.* (2019) Synchronized Running: Running Support System for Guide Runners by Haptic Sharing in Blind Marathon. *Proceedings of the 2019 IEEE World Haptics Conference (WHC)*, Tokyo, 9-12 July 2019, 25-30. <https://doi.org/10.1109/WHC.2019.8816134>