لمس داده: اکتشاف داده های صوتی شده در وسایل موبایل لمسی

چکیده

این مقاله استفاده از وسایل موبایل لمسی برای ارزیابی دانش‌آموزان فاقد بینایی برای کار با داده‌ها را پیشنهادمی‌کند. این مقاله یک رویکرد یکپارچه است که روش‌های صوتی‌سازی کنونی را با اکتشافات مبتنی‌بر حرکت چندلمسی تعاملی داده ترکیب‌می‌کند، و برای کمک به دانش‌آموزان در بصری‌سازی ذهنی و درک‌داده‌ها و تصویرسازی طرح‌ها طراحی‌شده‌است. این رویکرد به‌منظور کمک به مطالعه دانش‌آموزان کم‌بینا یا نابینا مستقل از مراکز پشتیبانی، همکاری با همسالان خود، و تمرین در مطالعات گروهی است. کاربران مطالعه اولیه این رویکرد را ارزیابی‌کردند و نشان‌دادند که امکان‌سنجی آن ارائه‌شده‌است، پژوهش‌های بیشتر نیز بررسی‌شده‌اند.

کلمات کلیدی: سونفیکیشن; نمایش شنوایی؛ رابط های چند لمسی؛ فناوری های کمکی؛ برنامه های موبایل

1. مقدمه

ازدست‌دادن بینایی یک مانع قابل‌توجه برای یادگیری است. برطبق CNIB، تنها 45درصد کانادایی‌های فاقدبینایی از دبیرستان فارغ‌التحصیل شده‌اند. بخشی از موانع، موانع آموزشی، اجتماعی، و فیزیکی هستند که این دانش‌آموزان با آن‌ها مواجهه می‌شوند. یکی از این مسائل آموزشی وجود مشکل در نمایش اطلاعات بصری به یادگیرنده‌های نابینا است، چرا که اطلاعات بصری نقش مهمی در آموزش علوم و ریاضی بازی می‌کند. درحال حاضر، یکسری گزینه برای دانش‌آموزان فاقد بینایی که موضوعات حاوی اطلاعات بصری را مطالعه می‌کنند، دردسترس است. دانش‌اموزان می‌توانند از موسسه آموزشی خود کمک بگیرند و با افرادی کار کنند که به آن‌ها توجه دارد. بااین حال، باتکیه بر یادداشت‌بردای، دانش‌آموزان با توانایی محدود، برای مطالعات مستقل و یکپارچگی اجتماعی، موانع اجتماعی بین آن‌ها و دیگر همکلاسی‌های آن‌ها را شکل‌می‌دهد. همچنین ابزارهای لمسی برای

دانش‌آموزان بااختلالات بینایی وجود دارد، مانند چاپگر بریل. بااین حال، این ابزارها غیرتعاملی هستند. برای مثال، کاربر نمی‌تواند برروی پاراگرافی برای امتحان یک ناحیه خاص بزرگنمایی کند. علاوه براین، همچین ابزارهایی به‌نوعی تنها در مرکز پشتیبانی‌شده توسط موسسه آموزشی در دسترس است. دانش‌آموزان نمی‌توانند در خانه یا درگروه مطالعاتی خود به آن دسترسی داشته‌باشند.

این مقاله استفاده از وسایل موبایل لمسی برای نمایش داده‌ها به‌عنوان صدا و پشتیبانی دانش‌آموزان و افراد حرفه‌ای فاقد بینایی به عنوان یک ابزارجایگزین برای تصویرسازی ذهنی و درک‌داده را بررسی می‌کند. این وسیله بر توسعه مفاهیم در زمینه صوتی‌سازی تکیه‌می‌کند، و به‌طور گسترده از صدا برای اطلاعات ارتباطی استفاده‌می‌کند.

سیستم شنوایی انسان از جهات متعددی، مانند بلندی صدا- تغییرات در شدت صدا، فرکانس صوتی، و دامنه، سطح نسبی، و ترتیب مولفه‌های طیفی در صدا حساس‌است. همچنین می‌تواند در مبدا صدا در فضای سه بعدی حول شنونده قرارگیرد. مطالعات بیشماری این خصیصه که می‌تواند برای انتقال اطلاعات عددی استفاده‌شود را بیان‌کرده‌است.

شنوایی انسان به زیر وبم صدا با محل عمودی درک‌شده از منبع صدا وابستگی‌دارد. این به‌طور طبیعی یک رویکرد را که زیر وبم صدا را به داده‌های باارزش عددی نگاشت می‌کند بیان‌می‌کند. استفاده از صوتی‌سازی برای جایگزینی با گراف‌ها اغلب گراف‌صوتی گفته می‌شود. استفاده از گراف صوتی برای کمک به افراد نابینا توسط Mamsurو همکاران پیشنهادشده‌است، که برروی صوتی‌سازی نقاط خطی توابع تک‌متغییره توسط تغییرات مداوم زیروبم برای نمایش حرکت در طول محور x تمرکز می‌کند. این رویکرد توسط مطالعات بیشتر؛ که ترکیب صداهای صحبت‌کردن و غیرصحبت‌کردن را برای یادگیری انواع مفاهیم ریاضی، مانند قطعه توابع بیان‌کرده، گسترش‌یافته‌است. بیشتر رویکردهای اخیر ترکیب تعاملی متدلوژی‌ها را به‌درون نمایش نمودار شنوایی و اجازه‌دادن به کاربران برای اکتشاف داده پیشنهاد داده‌اند.

روش‌های متعدد برای تطابق نمایش شنوایی به فناوری‌های‌کمکی پیشنهادشده‌اند. یک گروه عمده شامل استفاده از گراف شنوایی برای نمایش توابع ریاضی و شامل متدهایی برای خصیصه‌های مهم توابع، مانند گسترش مشتق و سری آن است. دیگر رویکردهای نمودار پراکندگی را با استفاده از صدا یا ترکیبات شنوایی و روش لمسی را نشان‌می‌دهند.

پژوهش کنونی روش درگیر در ترکیبی از پخش‌صدا و تعامل کاربر، که دارای مزایایی صرفاً با تکیه بر صدا است، پیشنهادکرده‌اند. همچین متدها به‌نوعی شامل استفاده از نیروی دستگاه‌های بازخورد یا دستگاهیهای بی‌سیم تجربی تخصصی، مانند اشیای ملموس فعال استفاده شده توسط Riedenklau است. مزایای همچین وسیله‌ای عدم هزینه حمل وطور بالقوه بدون استقرار خود در محدوده مکان‌های خاص، مانند مراکز حمایت از دانشجویان و یا خانه‌های دانشجویان است.

این پروژه، منظور گسترش متدلوژی‌های قابل حمل بیشتر، و نیز بسط راه‌هایی که کاربر بتواند با حرکات و اشاره از اطلاعات استفاده‌کند است. هدف آن اجازه به دانش‌آموزان نابینا برای تمرین در کلاس‌درسی و فعالیت‌های گروه‌های مطالعه مرکزدهی‌شده حول نمایش داده بصری است، و برای تسهیل دستیابی گسترده‌تر به وسایل نمایش‌دهنده صوتی‌شده‌است. این نمایشات شنوایی، حرکات فیزیکی قابل تشخیص توسط دستگاه‌های تلفن‌همراه تجاری در دسترس را باهم ترکیب‌کرده است.

وسایل لمسی بسیار متداول شده‌اند و منجر به رشد پژوهش‌ها در استفاده از حرکات چندلمسی در همچین وسایلی توسط کاربرانی که در دید مشکل دارند و کاربران نابینا شده‌است. وسایل لمسی به‌طور گسترده تجاری در دسترس هستند، قابل حمل هستند، و به سخت‌افزار اضافی احتیاج ندارند، و می‌توانند به سادگی توسط دانش‌آموزان با بینایی کم در هر شرایطی، مانند کلاس درس بکارگرفته‌شوند. آن‌ها می‌توانند به عنوان یک نمایش شنیداری توسط ترکیب نمایش صدا با اکتشافات چندلمسی نمایش داده و توابع ریاضی استفاده‌شوند.

2. رویکرد پیشنهادشده

رویکرد پیشنهادشده دو بسط از روش‌های صوتی‌سازی کنونی را درگیر می‌کند. ابتدا، استفاده از صداهای سه‌بعدی برای صوتی‌سازی را، با توجه به بهبودهای بالقوه با محلی‌سازی فضایی داده‌های شنیداری توسط موتورهای صدای سه بعدی را پیشنهادمی‌کند. دوم، توابع نمایشی چندلمسی را برای اجازه به کاربران نابینا برای بالا بردن تعاملاتشان با داده ها یکپارچه را پیشنهادمی‌کند. هردو بسط‌ها در زیر شرح‌داده‌شده‌است.

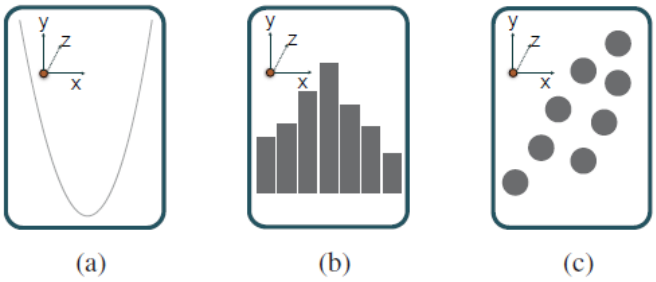
فریم‌ورک نشان‌داده‌شده در اینجا برای داشتن سه حالت طراحی‌شده‌است(شکل1)، همه آنها برروی تکنولوژی صوتی‌سازی مشابهی هستند، و همه آن‌ها به کاربر اجازه تعامل با داده‌های صوتی شده را می‌دهند :

- صوتی سازی توابع ریاضی پیوسته

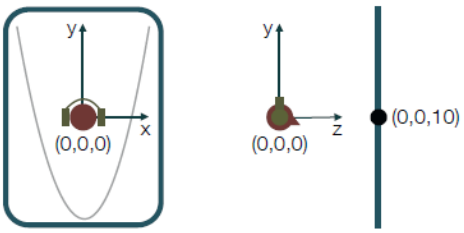
- صوتی‌سازی هیستوگرام

- صوتی‌سازی نمودار پراکندگی

از آنجایی که این پروژه با هدف کمک به دانش‌آموزان کم‌بینا یا نابینا برای کار با داده در گروه مطالعاتی و کلاس درسی بوده‌است، فرض می‌کند که کاربران یک هدفون به وسیله خود متصل کرده‌اند. هردو هدفون‌ها تنها به کاربر اجازه ترکیب استریوی جداسازی کانال‌های چپ-راست را می‌دهد. این به نوعی به کاربر کمک می‌کند که مبدا صدا را از پایین/بالا چپ/راست تشخیص دهد.



شکل 1 : سه حالت صوتی‌سازی : طرح تابع (a)، هیستوگرام (b)، نمودار پراکندگی (c).



شکل 2 طرح صدای سه‌بعدی : کاربر در منشا فضای جهانی‌است، با طرحی شامل اطلاعات صوتی مواجهه می‌شود.

رویکرد صوتی‌سازی پیشنهادشده ترکیب‌شده با صدای 3بعدی برای کمک به غلبه بر محدودیتیها و کمک به موقعیت فاصله داده‌های صوتی است. موقعیت فضایی داده‌های شنیداری در طول محور X به‌نوعی از طریق طرح‌های استریو انجام می‌شود. با مقادیر کمتر X به چپ طرح‌ریزی می‌شود، و با مقادیر بزرگ‌تر X به سمت راست طرح‌ریزی می‌شود. یک طرح نمایش سه بعدی صدا این موارد را به‌خوبی اجازه می‌دهد. یک محیط صدای سه‌بعدی شامل منابع صدای متعدد و یک شنونده صدای یکتا است. نسبت موقعیت مبدا به شنونده در نمایش استریو متفاوت صدا

وابسته به مبدا نتیجه می‌دهد. در نتیجه، یک موتور صدای سه‌بعدی به‌طور طبیعی طرح‌های استریو داده را بررسی می‌کند.

در مزیت بالقوه موتور صدای سه‌بعدی درطول طرح‌ریزی استریوی ساده داده این است که چندین موتورصدای سه‌بعدی که در حال‌حاضر وجود دارند، پشتیبانی از توابع انتقال مرتبط با سر را (HRTFs) فراهم می‌آورند. یک HRTF چگونگی دریافت صدا از نقطه‌ای در فضا در از طریق گوش انسان را مشخص‌می‌کند. HRTF در هردو برای شبیه‌سازی صدا در دوگوش که از نقطه‌ای در فضا ظهور می‌کند، استفاده شده است. بااستفاده از موتور سه بعدی با HRTF برای افزایش موقعیت‌یابی عمودی صدا استفاده شده‌است. این، با فریم‌ورک پیشنهادشده در زیر ترکیب‌می‌شود، ممکن است به کاربر نابینا برای مدل کردن بهتر رفتار توابع یا شکل‌های مجوعه داده‌های صوتی کمک کند.

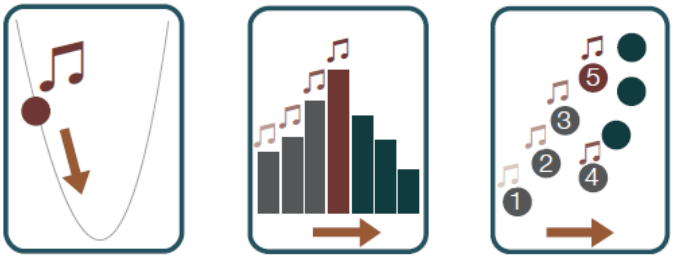
صوتی‌سازی داده با ضرورت نمایش صدای سه‌بعدی نمونه داده در چندین فضای متفاوت وجود دارد. داده‌های گسسته، و نمونه‌های گسسته از یک تابع پیوسته، در فضای داده دوبعدی مرتب می‌شوند. آن‌ها به دو فضای متفاوت برای نمایش به کاربر تبدیل می‌شوند : فضای صدای سه بعدی برای شنوایی، و فضای نمایش دو بعدی برای نمایش بصری برروی صفحه لمسی است. تبدیل صفحه نمایش به فضای دوبعدی وابسته به API است که در اینجا برای اختصار حذف شده‌است. داده به درون فضای صوتی سه‌بعدی به شرح زیر تبدیل می‌شود : برای هر نقطه داده (xdata, ydata) ، نقطه داده سه‌بعدی به شکل p = (xdata − xmid, ydata − ymid, 10) مشخص‌می‌شود، که در آن xmid = (xmax − xmin)/2 و ymid = (ymax − ymin)/2, است، درحالیکه xmin، xmax ، ymin، و ymax کمینه و بیشینه مقادیر نمایش‌داده‌شده را نمایش می‌دهد.

شنونده در منشا فضای سه‌بعدی (شکل 2) جای گرفته‌است. جهت‌گیری شنونده با تطابقات محور فضا هم‌تراز است. جهت‌گیری بالای شنونده با محور y هم‌تراز است، و با محور z به جلو می‌رود، و با محور x به سمت راست حرکت می‌کند. اطلاعات صوتی در یک طرح عمودی؛ موازی با طرح xy، در جلوی شنونده نمایش‌داده‌شده‌است (شکل2). طرح شامل داده‌های دوبعدی ده واحد از شنونده دور است و داده‌های نمایش‌داده‌شده نسبتآ با موقعیت شنونده

مرکزدهی می‌شود. کاربر با داده‌های استفاده‌شده در حرکات چندلمسی در تعامل است، که در زیر شرح‌داده‌شده‌است.

2.1 صوتی‌سازی توابع تک متغییره و قطعه نوارها

توابع تک منغییره برروی فاصله‌خاصی نمونه‌سازی شده‌اند، و آرایه‌ای از نقاط در فضای داده دوبعدی که از کوچکترین x تا بزرگترین x مرتب‌شده ایجاد کردند. این نقاط به‌درون فضای صوتی سه بعدی تبدیل می‌شود. یک مبدا صدای سه‌بعدی که درحال ایجاد صدای پیوسته است در ابتدا در سمت چپ نقطه نمونه قرارمی‌گیرد. مبدا از یک موقعیت نمونه سه‌بعدی به موقعیت دیگر تفسیرمی‌شود، و درطول محور x به سمت راست حرکت‌می‌کند، از کوچکترین xتا بزرگترین x حرکت می‌کند (شکل 3a).



شکل 3: حرکت صوتی‌سازی اولیه : قطعات تابع (a)، هیستوگرام (b)، نمودار پراکندگی (c) مقدار صوتی‌شده کنونی با رنگ قرمز نشان‌داده‌دشده‌است. در یک نمودار پراکندگی، از نقاط برابر با مقدار x، مانند نقاط 4 و 5، نقاط با yکمتر (نقطه 4) قبل از اشاره به نقطه با y بزرگتر صوتی‌سازی می‌شود (نقطه 5).

حلقه صوتی‌سازی در هرموقعیت نمونه برای مدت زمان کوتاهی مکث می‌کند و مجموع زمان اجرا عبور صوتی‌سازی به سه تا پنج ثانیه تنظیم می‌شود، که این مقدار وابسته به پیچیدگی تابعی است- درحالت کلی، مجانب عمودی و ناپیوستگی وجود دارد.

یک نمونه صوتی در طول صوتی‌سازی به‌طور پیوسته اجرا می‌شود. زیروبم صدا برای نمایش جایگزین موقعیت y نقطه نمونه شنوایی را تقویت می‌کند. یک صوت دوصدا ، با فرکانس پایه 400هرتز و زیرمولفه 200هرتز استفاده‌می‌شود. زیروبم، در موقعیت نمونه با مختصات yنقطه نمونه اندازه‌گیری می‌شود : $scale = 5 * (y -$

ymin)/(ymax −ymin)+1. اگر y منفی باشد، صدا از طریق فیلتر پایین‌گذر برای فراهم‌آوردن تفاوت‌های شنیداری بین مقادیر منفی و مثبت فراهم‌می‌آید، همانطور که Grond و همکاران بیان کردند. یک صدای متمایز برای نمایش تقاطع گراف با محور x استفاده می‌شود. برای توابع پیوسته تکه‌تکه ، صداهای پیوسته توسط دوره‌های سکوت از هم جدا می‌شوند.

هیستوگرام‌ها با استفاده از رویکردهای مشابه به حالت شنودی درمی‌آیند. تنها تفاوت این است که نمونه صداهای پیوسته استفاده نمی‌شود. درعوض، با یک کلیلک متمایز برای هرنقطه داده ایجاد می‌شود (شکل 3b). بالای هر نوار، برای مثال، تعداد نقاط داده در شکل، برای مقیاس‌سنجی زیروبم کلیک با استفاده از فاکتورهای مقیاس‌بندی محاسبه شده در بالا استفاده می‌شود.

موتور صدای سه‌بعدی به‌نوعی برای بازی‌های کامپیوتری، که درآن مدل‌سازی دقیق از لحاظ فیزیکی ضروری نیست بسط می‌یابد. در نتیجه، یک نرم‌افزار صدای سه‌بعدی چندین مدل برای کاهش حجم صدا براساس فاصله از شنونده را ارائه‌می‌کند، این مدل‌ها به به مدل "Rolloff" اشاره‌می‌کنند. برای هدف صوتی‌سازی داده، تضعیف صدا باتوجه به فاصله از شنونده نامطلوب است پس صداهای سه بعدی Rolloff بنابراین نامطلوب هستند.

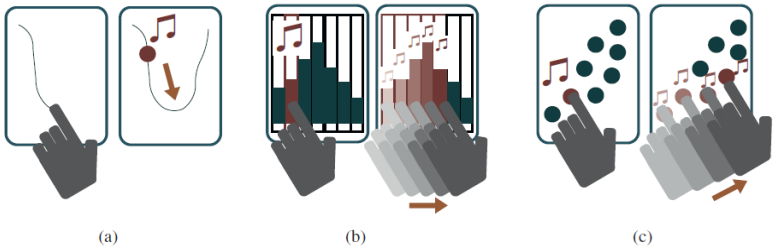
2.2 صوتی‌سازی نمودار پراکندگی

برای صوتی‌سازی نمودارپراکندگی، داده در یک مرتبه افزایشی در محور x ذخیره‌می‌شود. نقاط داده با مختصات x مرتب‌می‌شوند و در یک مرتبه افزایشی در طول محور y افزایش می‌یابند (شکل 3c). برای مثال، در شکل 3c، نقاط برای کاربران در دنباله 1،2،3،4،5 بدون نقطه 4 قبل از 5 تضعیف می‌شود. به طور مشابه، نمودار پراکندگی شامل نقاط داده (3,4)، (4,3)، (1,3)، (3,2)، (2,4) در ترتیب زیر تقویت می‌شود : (1,3)، (2,4)، (3,2)، (3,4)، (4,3). تقویت نقاط داده منحصربفرد با استفاده از کلیک‌های پیوسته انجام‌می‌گیرد. سوژه متحرک و مقیاس‌گذاری‌شده صدا همانطور که در بالا شرح‌داده‌شد پیاده‌سازی‌می‌شود. گوش‌های شنونده جریانی از کلیک‌ها با فرکانس‌های متفاوت را می‌شنود، تا حدودی شبیه به آهنگ نواخته‌شده در سنتور چوبی است، سوژه از چپ به راست می‌رود، و در زیروبم یا افزایش یا کاهش داریم، که به معنی ایجاد تصاویر ذهنی متناظر با شکل‌های سراسری نمودار پراکندگی است.

2.3 اکتشافات تعاملی اطلاعات صوتی‌شده

صوتی‌سازی از نمایش بصری را که هردو ذاتاً گذرا هستند متفاوت است. در نتیجه، ممکن است داده نیازمند نمایش صوتی در چندین زمان باشد تا به کاربر اجازه دهد بهترین تصویر ذهنی از داده را پیدا کند. ناپایداری صوتی می‌تواند توسط اکتشاف فیزیکی داده کاهش‌یابد، برای مثال، همانطور که توسط Riedenklau و همکاران بیان شد.

درحال‌حاضر فناوری صفحه نمایش لمسی تجاری در دسترس تاکنون برای عکس‌العمل لمسی اجازه داده نشده است. بااین حال، ترکیبات تکنولوژی صفحه نمایش چندلمسی و بازخوردصدای فراهم‌شده توسط وسایل موبایل جدید یک فرصت منحصربفرد برای کاربران برای تعامل با داده را نشان‌می‌دهد. کاربران نابینا می‌توانند از حرکات برای حرکت در مجموعه داده و اکتشاف توسط لمس نقاط داده یا قطعات تابع نهفته شده در زمینه ملموس ارائه‌شده توسط مرزهای فیزیکی وسیله لمسی استفاده کنند.



شکل 4 : تعامل با نمایش صوتی : رسم تابع ادراک و گوش‌دادن به آن (a)، تعامل با هیستوگرام (b)، تعامل با نمودار پراکندگی (c).

علاوه براین، استفاده از حرکات فیزیکی ممکن است به کاربران در ساختن یک مدل ذهنی از داده ها کمک کند. بعد از گذر صوتی اولیه، کاربر می‌تواند هردو داده پیوسته و گسسته را اکتشاف کند (شکل4). متدلوژی پیشنهاد شده استفاده از حرکات چند لمسی برای موارد زیر را بیان می‌کند :

- اکتشافات تعاملی نقاط پیوسته توسط ترسیم اشکال درک‌شده برروی صفحه لمسی با استفاده از حرکت کششی یک لمسی، و مقایسه با نمایش صوتی آن با نمایش صوتی داده اصلی.
- اکتشاف تعاملی هیستوگرام و نمودار پراکندگی توسط لمس بااستفاده از تک حرکت لمسی کشیدن .
- نمایش دوباره داده با پاسخ‌گویی به صوتی‌سازی اولیه.
- بزرگنمایی بااستفاده از حرکت پیچشی و تنظیم مجدد عامل زوم با یک حرکت لمسی و نگه‌داشتن .

هیستوگرام‌ها توسط لغزش انگشت برروی صفحه کشف‌می‌شوند. صفحه‌نمایش به‌عنوان مجموعه‌ای از کلیدهای بصری عمودی رفتار می‌کنند (شکل 4b). تعدادکلیدها برابر تعداد میله‌ها در هیستوگرام است. درزمانی‌که کاربر کلیدی را لمس می‌کند، یک صدا ایجاد می‌شود. مقایس زیر و بم و موقعیت سه‌بعدی این صدا متناظر با ارتفاع میله‌هایی که کلید نشان‌می‌دهد است (شکل 4b). با کشیدن جستجوگر از چپ به راست(یا برعکس) ، کاربر می‌تواند ملودی شبیه به دنباله‌ای از صداها را، در تاثیر "ایجادصدا" داده تولید کند.

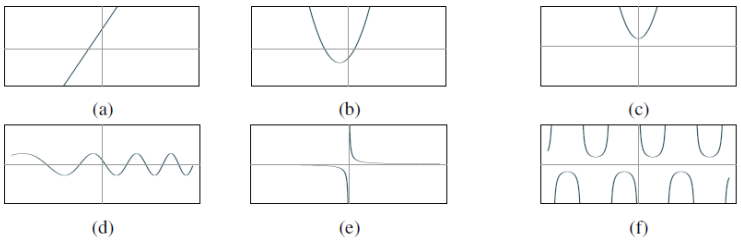
برای نمودار پراکندگی، صدا در زمانی ایجادمی‌شود که انگشت کاربر نقطه داده را لمس می‌کند (شکل 4c). این به کاربران برای بررسی داده توسط لمس کردن و ردیابی رئوس مطالب داده اجازه‌داده‌می‌شود، "ایجاد صدای" داده دوباره مدل ذهنی دقیق‌تری ایجاد می‌کند. نمودار پراکندگی ذاتاً برای صوتی‌سازی نسبت به هیستوگرام ازابتدا سخت‌تر است، گذر غیرتعاملی و تعاملی اکتشافات تبدیل به یک ابزار ضروری می‌شود.

برای نمایش صوتی توابع تک‌متغییره، استفاده از متدلوژی بالا در اکتشافات کم، خطوط نامرئی که قسمت جزیی صفحه نمایش را به‌خود اختصاص‌می‌دهند، نمایش‌داده‌می‌شود. بنابراین، رویکرد متفاوت پیشنهادشده است. کاربر می‌تواند شکلی برروی صفحه لمسی بکشد، که سپس برای کاربر صوتی سازی می‌شود. با ایجاد شکل‌هایی که صوتی‌سازی آن‌ها باید کاملاً تطابق پیدا کند منشا تابع صوتی برای کاربر مدل ذهنی بادقتتری ایجاد می‌کند.

برای اجتناب از تداخل با دیگر حرکات، با ضربه زدن دوباره باعث دوباره اجراشدن صوتی‌سازی می‌شوید. دوباره نمایش‌دادن صدای فعال‌شده امکان‌پذیر است، بخصوص با خصیصه‌های دسترسی درحال حاضر که در درون سیستم‌عامل‌های موبایل مدرن ساخته‌شده‌است. بااین حال، دستورات صوتی، با توجه به توانایی‌های بالقوه خود در اخلال محیط کلاس، برای این رویکرد ساخته‌نشده‌اند.

بزرگنمایی تنها برای توابع تک‌متغییره استفاده می‌شود و مقیاس‌بندی در طول محور y را تحت تاثیرقرار می‌دهد. عرض فاصله Y بااستفاده از فاکتور بزرگنمایی مقیاس‌بندی می‌شود، تغییرات داده در طول محور y برجسته است. موقعیت شنونده در مرکز فضای تقویت‌شده باقی‌می‌ماند و جهت‌گیری شنونده تغییر نمی‌کند. بزرگنمایی محدودشده است لذا توابع حداقل و حداکثر همیشه در مفاهیم صوتی و تقویت‌شده نشان‌داده‌می‌شوند و صفحه نمایش را رسم می‌کنند. به‌عبارت دیگر، کاربر از زوم بیش از حد منع می‌شود و بخشی از گراف را بامرزهای صفحه نمایش قطع می‌کند. بزرگنمایی همراه با صدای سنتز شده است و پیام‌های صوتی اضافی استفاده‌شده برای معرفی

در زمان محدودیت‌های بزرگنمایی بدست‌می‌آیند. بزرگنمایی برای نسبت جنبه‌های پیش‌فرض توسط حرکات نگه‌داشتن انگشت و کشیدن انگشت دوباره تنظیم می‌شود.



شکل 5 : تابع تست پیوسته

(a) f1(x) = 2x + 3, (b) f2(x) = 3/4(x + 1)2 − 2, (c) f3(x) = x2 + 1, (d) f4 = 1.5 sin((0.2x + 3)2), (e) f5(x) = 1/x,(f) f6(x) = 1/ sin x

3. ارزیابی

3.1 رویکرد ارزیابی

پژوهش‌های قبلی بیان‌کردند که درک صوتی و نمودارهای لمسی بین نابینایان مادر زاد و افرادی که بعداً نابینا شدند متفاوت است. مطالعات قبلی برروی صدا و نمایش لمسی و واسط لمسی برای افراد با اختلالات بینایی و نابینایی بااستفاده از اندیشه شرکت‌کنندگان بینای دارای چشم‌بند برای ارزیابی پیشنهادشده است. قضاوت شرکت‌کنندگان دارای چشم‌بند انتظار می‌رود که شبیه به افرادی باشد که بعد از تولد بینایی خود را از دست دادند.

این مسئله با یک مطالعه توسط Afonso و همکاران تایید شد، این افراد شناخت فضایی افراد با چشمان بسته و افراد نابینا را در محیط صدای‌بصری بررسی‌کردند. ارزیابی اولیه با بینایان؛ با چشمان بسته برای اندازه‌گیری و کالبیراسیون تنظیم روش‌های قبلی برای تست‌های هزینه‌بر شامل همکاری با افراد نابینا سودمند است. بنابراین تست اولیه که در زیر شرح داده می‌شود کاربران بینای چشم‌بسته را درگیر می‌کند.

رویکرد پیشنهادشده در Apple iPad2 با استفاده از موتور صدای OpenAL 3D پیاده‌سازی و ارزیابی شده است. برای کمک به شرکت‌کنندگان برای احساس مرزهای فیزیکی صفحه نمایش، تبلت با پنلی که بخش‌های غیرنمایشی را پوشش می‌دهد تجهیز شده‌است، و تنها صفحه لمسی بدون پوشش باقی‌می‌ماند. شش شرکت‌کننده

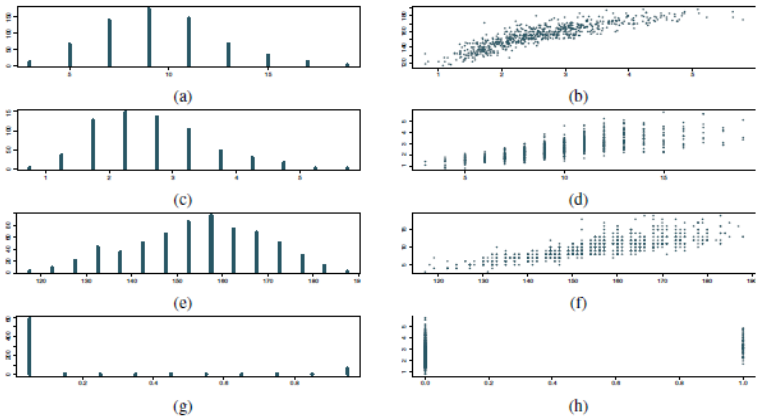
بینا با چشمان بسته مورد استفاده‌قرارگرفتند، که تخصص آن‌ها از کارشناسی علوم کامپیوتر تا مدرک دکترا در مهندسی صنایع بوده است. همه ارزیابی‌کننده‌ها منظم گزارش‌شدند، و کاربرانی بودند که در استفاده از صفحات لمسی مهارت داشتند. یک ارزیابی کیفی و هدفمند بااستفاده از رویکرد "باصدای‌بلند فکرکردن" برای بررسی برداشت ذهنی کاربران از محرک‌های فیزیکی و واسط‌های مبتنی بر حرکت انجام‌شده است. برای ارزیابی میزانی که مدل ذهنی توسط تولید صدای تطابق داده شده ایجادمی‌شود، نمایش بصری مبدا، برای هر تابع و مجموعه داده، از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا طرح درک‌شده را به تصویر بکشند. برای نمودار پراکندگی، کاربران گزینه‌هایی برای ترسیم شکل نقاط سراسری گسترش یافته را پیشنهاد می‌کنند. برای هر مورد تست، بعد از رسم طرح داده‌های‌درک‌شده، کاربران طرح واقعی را نشان می‌دهند. آن‌ها از مقیاس نوع-لیکرت از 1 تا 5 به نسبت میزان نزدیک بودن مدل ذهنی با تطابق به طرح اصلی استفاده می‌کنند.

3.2 تست داده

هر سه حالت صوتی استفاده شده از مجموعه داده جدا استفاده‌می‌کند. توابع تک متغییره با شش تابع استفاده شده توسط Grond و همکاران ارزیابی می‌شود(شکل 5). این مجموعه داده شامل سه نمونه نسبی تابع چندجمله‌ای $f1(x) = 2x + 3$ (شکل 5a)، $f2(x) = 3/4(x + 1)2 - 2$ (شکل 5b)، و $f3(x) = x2 + 1$ (شکل 5c) است. دو سهمی (5a و 5c) به کاربران اجازه شنیدن توابع مشابه با و بدون تقاطع محور x را می‌دهد. تابع $f4 = 1.5 \sin((0.2x + 3)2)$ (شکل 5d) یک تابع پیوسته با ضرب کمینه و بیشینه است، که تقاطع محور x در زمان ضرب می‌شود. تابع $f5(x) = 1/x$ (شکل 5e) و $f6(x) = 1/ \sin x$ (شکل 5f) دارای ویژگی ناپیوستگی مجانبی هستند، شامل هردو مقدار مثبت و منفی است، اما با محور x تقاطع ندارد. آن‌ها موردی را نشان دادند که هیچ کلیک صداداری برای اطلاع از تغییر علامت کاربر وجود ندارد.

برای تست هیستوگرام و نمودار پراکندگی‌صوتی، از مجمموعه داده افرادسیگاری دردسترس عموم استفاده‌می‌شود، با دنبال کردن متغییرهای زیر : age = سن با معیار سال، fev = حجم بازدمی (FEV) در لیتر، ht= ارتفاع هدف به سانتی‌متر، sex = خانم/آقایان، و smoke= سیگاری/غیرسیگاری . تست هیستوگرام از متغییرهای کیفی age، fev، و ht و متغییرهای دسته‌بندی smoke استفاده‌می‌کند. تست نمودار پراکندگی از زوج متغییرهای -smoke

fev، height-age، و fev-height استفاده می‌کند. این هیستوگرام و نمودار پراکندگی در شکل 6 نشان‌داده‌شده است.



شکل 6 : تست موردی هیستوگرام ، ستون چپ : (a) age ، (c) fev ، (e) ht و (g) smoke؛ تست موردی نمودار پراکندگی (ستون راست) : (b) smoke-fev، (d) age-fev، (f)height-age، و (h) fev-height.

متغییرهای age، fev و ht نمودار هیستوگرام قابل‌تشخیص را برای کاربران بدون سطح دانشگاهی پایه آموزش ریاضی نشان می‌دهد. همه آن‌ها تقریباً در ظاهر طبیعی هستند، اما یکسری تفاوت‌های جزیی هم دارند. هیستوگرام مجموعه داده age (شکل 6a) و ht (شکل 6c) تاحدودی به سمت چپ اریب است، در حالیکه هیستوگرام fev (شکل 6e) کمی به سمت راست اریب است. باتوجه به تعداد نسبتاً کمتری FEV در در مخزن مرکزدهی‌شده حول 135 به نسبت دو همسایه‌اش، هیستوگرام نشان‌داده‌شده fev به ظاهر تاحدودی بی‌مودال است. این در مجموعه اینکه اگر کاربران قادر به درک میله‌های کوتاهتر در میان میله‌های بلندتر در یک دنباله کامل که در حال افزایش طول است، را بررسی‌می‌کند (برای مثال زیر وبم). هیستوگرام متغییر گروه‌های سیگاری (شکل 6g) تنها شامل دو میله است و نشان‌دهنده یک آزمون سخت غیربصری است.

به‌طور مشابه، نمودار پراکندگی دارای سه شباهت است، ساده‌ترین مورد، و موردی که کمتر دیده می‌شود. نمودار پراکندگی fev-height (شکل 6b) دارای تعداد زیادی نقاط نزدیک به طول است، درصورتی که هیستوگرام age-fev (شکل 6d) و height-age (شکل 6f) یک ظاهر بصری ساده‌تر دارد، بطور ویژه age-fev باتوجه به تعداد کمی از ارزش عددصحیح سن ممکن‌شده‌است. تمایز عمودی میله‌ها در نمایش صدا که دارای تفاوت شنیداری از fev-height است را نتیجه می‌دهد. سرانجام ، smoke-fev (شکل 6h) به عنوان یک مورد تست، برای

مشخص شدن چگونگی اینکه کاربران نمودارهای پراکندگی غیرمعمول را درک می‌کند و با آن تعامل دارد،بررسی‌می‌شود. در این مورد، ارتباط تاحدودی غیرمستدل و عقلانی از یک مجموعه داده طبقه با یک کمیت است.

3.3 نتایج

برای هر کاربر، بخش ارزیابی حدود یک ساعت طول میکشد. در صورتیکه انتظار می‌رود که از 30 دقیقه تجاوز نکند، هیچ یک از ارزیابی‌کننده‌ها خستگی را گزارش نداند. بطور میانگین، تقریباً 90درصد زمان توسط ارزیابی‌کننده‌ها برروی تعامل کاووش داده‌ها، در عوض دوباره اجراکردن عبور صدای اولیه، می‌گذرد.

همه ارزیابی‌کننده گزارش داده‌اند که قادر به ایجاد مدل تطابق پنج تابع از شش تابع پیوسته هستند و همه تطابقات را به بین 3 (تاحدودی تطبیق) و 5 (کاملاً تطبیق) مرتبط کرده‌ایم. یک مورد آزمون یک استثنا را ثابت می‌کند : $f2(x) = 2x + 3$. ارزیابی‌کنندگان این را به عنوان یک خط قوی درک نمی‌کنند، و در عوض آن را به عنوان تابع لگاریتمی و سیگما گزارش می‌دهند. توانایی کشیدن تقریب‌های گراف شنیداری توسط هرارزیابی‌کننده استفاده می‌شود. ارزیابی‌کنندگان گزارش‌داده‌اند که قادر به بصری‌سازی طرح توابع بدون قابلیت زوم کمی را دارند. یکسری از ارزیابی‌کنندگان سختی اجرای دو ضربه حرکت با چشمان بسته را ، با وجود کاربران حرفه‌ای در زمینه صفحه نمایش لمسی را تجربه کردند.

همه ارزیابی‌کنندگان گزارش داده‌تند که قادر به ایجاد یکسری تطابقات به مدل ذهنی کاملاً متناسب گراف میله‌ای هستند . تعامل حرکت کششی با گراف میله‌ای کمک‌کننده در بصری‌سازی گراف، را کشف کردند.

ارزیابی‌کنندگان گزارش دادند که پیچیده‌ترین نمودار پراکندگی صوتی، بطور ویژه نمودار پراکندگی smoke-fev با دو خوشه بصری متمایز است. بااین وجود، همه ارزیابی‌کنندگان قادر به شناخت دو خوشه متمایز در مورد تست هستند، اگرچه همیشه نمی‌توانند به ایجاد اشکال خوشه‌ای یا فاصله بین خوشه‌ها اعتماد کنند. علاوه‌براین، پنج نفر از شش ارزیابی‌کننده قادر به کشیدن مدل مبتنی بر درک داده تجمعی در age-fev ، height-age ، و fev-height هستند. باتوجه به سایز نمونه کوچک، اگر ارتباطی بین تجربه آماری ارزیابی‌کنندگان و درک

نمودارپراکندگی وجود داشته‌باشد ایجاد این مدل ممکن‌نیست. بااین حال، همه ارزیابی‌کنندگان یک حرکت تعاملی کششی با نمودار پراکندگی کمک‌کننده در بصری‌سازی اشکال نقاط ابری را کشف‌کرده‌اند.

4. بحث و نتیجه‌گیری

این نتایج تعامل پشتیبانی‌شده توسط وسایل لمسی افزایش‌دهنده استفاده از صوتی‌سازی نمایشی را معرفی می‌کند. ارزیابی‌کنندگان قادر به ساخت تقریبی بودند، اما مدل‌های ذهنی گسترده از طرح‌ها که به آن‌ها نشان‌داده‌شده است ارائه‌شده‌است. علاوه‌براین، براساس زمانبندی ثبت و مصاحبه پس از آزمون، ارزیابی‌کنندگان تعامل اکتشاف داده از طریق حرکات چندلمسی برای گوش‌دادن منفعل به داده‌های شنیداری را ترجیح دادند. علاوه براین، ارزیابی‌کنندگان راحت‌ترشدن تدریجی نرم‌افزار تعاملی شنیداری را گزارش‌دادند. این پیشنهاد می‌کند که همه ارزیابی‌کنندگان اضافی باید شامل استانداردسازی دوره آموزشی برای همه شرکت‌کنندگان باشد.

پیگیری مطالعات شامل مقایسه روش پیشنهادی موجود، روش غیرتعاملی بااستفاده از متریک‌های کمی و مجموعه بزرگتر اهداف است. آن‌ها گزینه‌های تعاملی جدید و حرکات را با گروه‌های افراد بینا با چشم‌بند بررسی کردند. ارزیابی‌ها بیشتری در همکاری با چندین موسسه آموزشی انجام‌شدند و هردو افراد نابینای مادرزاد و نابیناهایی که بعداً نابینا شدند را درگیر کردند. علاوه براین، بررسی بیشتری در استفاده از HRTF و وسایل صوتی دوگوش برای کمک به محلی‌سازی صدای فضایی در نمایش صدا انجام خواهد شد.

به‌طورکلی، نتایج نشان داده‌اند که وسیله موبایل لمسی یک پلت‌فرم امیدوارکننده برای ارزیابی کاربران با اختلالات بینایی در کار با گراف‌ها و داده‌های بصری است. این وسیله‌ها کوچک، قابل حمل هستند، و بصورت بی‌سیم کار می‌کنند، بنابراین به دانش‌آموزان دستیبای همه زمانه به نمایش شنیداری را ارائه می‌دهند. انتظار می‌رود که بهبود بزرگی در توانایی دانش‌آموزان رخ‌دهد. این وسیله ممکن است یکپارچه‌سازی اجتماعی زبان‌آموزانی که از دید مشکل دارند را بهبود بخشند و به آن‌ها برای همکاری در فعالیت‌های یادگیری کمک کند.

References

1. The cost of vision loss in canada: Summary report. Tech. Rep.; CNIB; 2009.
2. Hermann, T., Hunt, A.. *The sonification handbook*. Berlin: Logos Verlag; 2011.
3. Mansur, D.L., Blattner, M.M., Joy, K.I.. Sound graphs: A numerical data analysis method for the blind. *Journal of Medical Systems* 1985; **9**(3):163–174.
4. Edwards, A.D.N., Stevens, R.D.. Mathematical representations: Graphs, curves and formulas. In: Burger, D., Sperandio, J., editors. *Non-Visual Human-Computer Interactions: Prospects for the visually handicapped (Proceedings of the INSERM Seminar Non-visual presentations of data in human-computer interactions, Paris, March 1993)*. 1993, p. 181–194.
5. Brown, L.M., Brewster, S.A., Ramloll, R., Burton, M., Riedel, B.. Design guidelines for audio presentation of graphs and tables. In: *Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display*; ICAD2003. 2003, p. 284–287.
6. Grond, F., Drossard, T., Hermann, T.. SonicFunction: experiments with a function browser for the visually impaired. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Auditory Display*; ICAD2010. Washington, D.C., USA; 2010, p. 15–21.
7. Riedenklau, E., Hermann, T., Ritter, H.. Tangible active objects and interactive sonification as a scatter plot alternative for the visually impaired. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Auditory Display*; ICAD2010. Washington, D.C., USA; 2010, p. 1–7.
8. An introduction to interactive sonification (guest editors introduction). *EEE MultiMedia* 2005;**12**(2):20–24.
9. Hermann, T., Ritter, H.. Listen to your data: Model-based sonification for data analysis. In: *Int. Inst. for Advanced Studies in System research and cybernetics*. 1999, p. 189–194.
10. Yu, W., Ramloll, R., Brewster, S.. Haptic graphs for blind computer users. In: Brewster, S., Murray-Smith, R., editors. *Haptic Human-Computer Interaction*; no. 2058 in Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg; 2001, p. 41–51.
11. McGookin, D., Brewster, S., Jiang, W.. Investigating touchscreen accessibility for people with visual impairments. In: *Proceedings of the 5th Nordic Conference on Human-computer Interaction: Building Bridges*; NordiCHI '08. New York, NY, USA: ACM; 2008, p. 298–307.
12. Kane, S.K., Wobbrock, J.O., Ladner, R.E.. Usable gestures for blind people: Understanding preference and performance. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*; CHI '11. New York, NY, USA: ACM; 2011, p. 413–422.
13. Amandine Afonso, B.F.K.. A study of spatial cognition in an immersive virtual audio environment: Comparing blind and blindfolded individuals. In: *Proceedings of the 2005 International Conference on Auditory Display*; ICAD2005. Limerick, Ireland; 2005, p. 228–235.
14. Rosner, B.. *Fundamentals of Biostatistics, 5th Ed.* Pacific Grove, CA: Cengage Learning; 1999.