

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۹

نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی و بهبود کاربری صفحات لمسی در اختلالات موقعیتی

معصومه السادات حسینی

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی،
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
پست الکترونیکی: masomehhosseini1390@gmail.com

شکوه کرمانشاهانی*

استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی،
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
پست الکترونیکی: kermanshahani@eng.ikiu.ac.ir

حمیدرضا حمیدی

استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی،
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
پست الکترونیکی: hamidreza.hamidi@eng.ikiu.ac.ir

چکیده

اختلال دیداری از ارزیابی محاسباتی بهره بردیم. در ارزیابی محاسباتی نتایج نشان داد ژست‌های ایجاد شده در دو شرایط مختلف از نظر سرعت، نحوه به کار بردن ضربه لمسی در ژست و ویژگی‌های هندسی شکل متفاوت است.

واژه‌های کلیدی: تعامل انسان و کامپیوتر، واسط کاربر، صفحات لمسی، ژست‌های حرکتی، مؤلفه‌های گرافیکی

۱. مقدمه

تعامل انسان با کامپیوتر، چگونگی ارتباط و تعامل بین سیستم کامپیوتری و کاربر را بررسی و مطالعه می‌کند. در کامپیوترهای با کاربرد عمومی، این ارتباط از طریق واسط کاربر که مجموعه‌ای از شگردهای نرم‌افزاری مانند

واسط گرافیکی کاربر هنگام کار با تجهیزات سیار به دلیل بروز اختلال در دیدن اشیاء گرافیکی، دچار چالش است. در این مقاله استفاده از واسط کاربر صفحات لمسی در محیط‌هایی با اختلال دیداری موقعیتی بررسی و مطالعه شده است. برای این منظور دو مطالعه کاربری انجام شده است. در مطالعه کاربری اول سعی شده است واسط کاربری دو برنامه پرکاربرد اصلاح شود و همچنین میزان رضایت کاربران در استفاده از واسط‌های مبتنی بر ژست لمسی و بازخورد شنیداری نسبت به استفاده از واسط‌های گرافیکی سنجیده شود. نتایج نشان داد استفاده از ژست‌ها نسبت به واسط‌های معمولی مورد ترجیح است. در مطالعه کاربری دوم برای تعیین تمایز بین ژست‌های ایجادشده توسط افراد در شرایط محیطی با اختلال دیداری و بدون

* نویسنده مسئول

آن چه در روی صفحه نمایش قابل دیدن است و همچنین وسایل ورودی مانند موش، صفحه کلید و یا صفحات لمسی انجام می شود [۱]. به طور کلی سه نوع مختلف از واسط‌های نرم‌افزاری کاربر وجود دارد [۲]: واسط متنی^۱، واسط گرافیکی^۲ و واسط طبیعی^۳.

در واسط‌های گرافیکی کاربران می‌توانند با سیستم از طریق مجموعه‌ای از مؤلفه‌های گرافیکی (به جای استفاده از دستورات متنی در واسط متنی) به نام شیء گرافیکی تعامل داشته باشند. دستگاه‌های ورودی در این نوع واسط، دستگاه‌های اشاره‌گر مثل موش و قلم لمسی است [۲].

واسط کاربر طبیعی، یک روش تعامل با سیستم کامپیوتری است که بر توانایی‌های انسان مثل لمس، بینایی، صدا و حرکت تمرکز دارد [۳]. در صفحات لمسی، استفاده از ژست^۴ حرکتی یکی از مطلوب‌ترین ویژگی‌های این نوع واسط است. ژست در تعامل انسان با کامپیوتر به دو نوع دسته‌بندی می‌شود: ژست‌های دوبعدی [۴] و ژست‌های سه‌بعدی [۵]. در ژست‌های دوبعدی یا ژست‌های لمسی کاربران می‌توانند با رسم کردن ژست روی صفحات لمسی با سیستم ارتباط داشته باشند. در ژست‌های سه‌بعدی این امکان وجود دارد که کاربران بتوانند با دستگاه‌های ویژه، در سه بعد، توسط حرکت دادن دست، سر و یا سایر قسمت‌های بدن تعامل داشته باشند.

صفحه لمسی یک صفحه نمایشگر و یک دستگاه ورودی است. در صفحات لمسی کاربر می‌تواند با لمس کردن شیء مورد نظر خود یا با انجام ژست‌های مختلف حرکتی دست با سیستم به صورت مستقیم تعامل داشته باشد [۶]. دستگاه‌های با صفحه‌های لمسی می‌توانند در اندازه‌های کوچک، متوسط و یا بزرگ باشند.

هر ژست حرکتی از یک یا تعدادی ضربه لمسی^۵ تشکیل شده است. هر ضربه لمسی مسیر حرکتی است که با لمس صفحه توسط اشاره‌گر آغاز می‌شود و با بلند

1- Command Line Interface (CLI).

2- Graphical User Interface (GUI).

3- Natural User Interface (NUI).

4- Gesture

5- Stroke

کردن اشاره‌گر پایان می‌یابد [۷]. متناسب با این که صفحه لمسی توانایی چند لمسی را دارد و قادر است رویداد لمس چند انگشت در صفحه را هم‌زمان تشخیص بدهد یا خیر و همچنین اندازه صفحه‌نمایش لمسی، حرکات و ژست‌های لمسی مختلفی می‌تواند تعریف شود. برای مثال لغزاندن دست به منظور پیمایش، دور کردن دو انگشت از هم برای بزرگ کردن و حرکت دادن انگشت در صفحه برای باز کردن قفل از جمله ژست‌هایی هستند که به طور گسترده‌ای در صفحات لمسی مورد قبول قرار گرفته‌اند.

یکی از مشکلات صفحات لمسی این است که تعامل با آن‌ها وابسته به دید است [۸]. این وابستگی باعث می‌شود افراد مختلف مانند کسانی که بینایی ضعیفی دارند یا در شرایطی که نمی‌توانند تمرکز دیداری کافی روی صفحه داشته باشند، نتوانند به خوبی با این صفحات تعامل داشته باشند. در ادامه این مقدمه ابتدا مروری بر پژوهش‌های مرتبط با چالش تعامل وابسته به دید در صفحات لمسی ارائه می‌شود و همچنین مسئله مورد بحث در این مقاله را مشخص می‌کنیم. و در انتهای مقدمه روش تحقیق مورد استفاده در این پژوهش را بیان می‌کنیم.

۱-۱- کارهای مرتبط

در پروژه‌های صنعتی و پژوهشی راهبردهایی ارائه شده است که وقتی افراد بازخورد دیداری کافی از صفحه ندارند هم بتوانند به طور مؤثری با دستگاه تعامل داشته باشند. برخی روش‌های ارائه شده برای بهبود دسترسی به صفحات لمسی در شرایط نامناسب دیداری بر استفاده از ژست‌های لمسی تأکید داشتند: پیاده‌سازی کدهای بریل در صفحات لمسی [۹]، طراحی صفحه‌کلیدهای مبتنی بر ژست جدید [۱۰]، ارائه مجموعه‌ای از عملیات چند لمسی برای تعامل با گوشی‌های هوشمند [۱۱]، مقایسه دقت تشخیص‌دهنده‌های ژست برای ژست‌های ایجاد شده توسط افراد بدون اختلال دیداری و ژست‌های ایجاد شده توسط افراد با اختلال دیداری [۱۲].

برخی از مطالعات در خصوص مشکلات اختلال دیداری،

از بازخوردهای غیر دیداری استفاده کردند. برای مثال یک سیستم بازخورد لمسی برای گوشی‌های هوشمند ارائه شده که با فراهم کردن الگوهای مختلف لرزشی از طریق تعبیه چندین موتور لرزشی در پشت دستگاه، اطلاعات معنایی درباره چیزی که کاربر در صفحه لمس کرده فراهم می‌کند [۱۳]. شگردهایی هم برای بهبود واسط‌های گرافیکی ارائه داده شده است. برای مثال سیستمی ارائه شده که با استفاده از پنج روش درشت‌نمایی، بهبود تباین (کنتراست)، بهبود کیفیت لبه، برعکس کردن رنگ سیاه سفید و تشخیص خودکار متن و اشیا به افراد با سطوح مختلف اختلال دیداری امکان سفارشی‌سازی تجربه دیداری خود می‌کند. اختلالات دیداری ناشی از موقعیت، برای مثال استفاده از گوشی در حین راه رفتن، توجه دیداری کاربران را محدود می‌کند؛ بنابراین می‌تواند کارایی استفاده از گوشی را کاهش دهد. تأثیر اندازه‌های مختلف دکمه‌های مجازی روی کارایی در حین راه رفتن ارزیابی شده و نتایج نشان داد بین راه رفتن و اندازه دکمه ارتباط قابل‌ملاحظه‌ای وجود دارد و سپس سیستمی طراحی شد که اندازه دکمه‌ها به صورت پویا در حین راه رفتن تغییر می‌کند [۱۴]. همچنین سیستمی ارائه شده که با استفاده از دوربین جلو گوشی نحوه دید فرد را در صفحه ردیابی می‌کند تا تعیین کند چه موقع کاربر توجهش به سمت گوشی بوده و چه موقع کاربر توجهش از گوشی قطع شده است [۱۵]. تا موقع توجه دیداری دوباره کاربر به سمت گوشی، کاربر راحت‌تر تشخیص دهد از کجا باید فعالیت خود را دوباره شروع کند.

در این مقاله تمرکز روی تعامل با صفحات لمسی در شرایط با اختلالات دیداری ناشی از موقعیت است. این شرایط می‌تواند به دلیل استفاده از دستگاه تلفن هوشمند در حین راه رفتن همراه با نور محیط ایجاد شود. علت انتخاب این اختلال دیداری این است که اولاً استفاده از دستگاه تلفن هوشمند در این شرایط فعالیت رایجی است و دوماً شواهد نشان داده است استفاده از دستگاه تلفن

هوشمند در این شرایط روی کارایی استفاده از دستگاه تأثیر می‌گذارد.

تعامل با صفحات لمسی در شرایط با اختلالات دیداری ناشی از موقعیت در پژوهش‌های دیگر [۱۴، ۱۵، ۲۰] هم مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش‌ها یا متمرکز بر اصلاح در نحوه ارائه عناصر گرافیکی در واسط کاربر بوده‌اند [۱۴، ۱۵] و یا تأثیر شرایط محیطی را بر تجربه کاربر سنجیده‌اند [۲۰]. در پژوهش حاضر تلاش کردیم تا تمرکز را بر ارزیابی مستقیم کاربران قرار دهیم. ابتدا برای بهبود تعامل با صفحه لمسی ترجیح کاربران را بر استفاده از دو ابزار عمومی (بازخورد شنیداری و ژست حرکتی) سنجیدیم و یک رویکرد مناسب و عمومی برای بهبود تعامل کاربران توصیه کردیم و در پایان پارامترهای موثر در کارایی رویکرد پیشنهادی را مورد ارزیابی قرار دادیم.

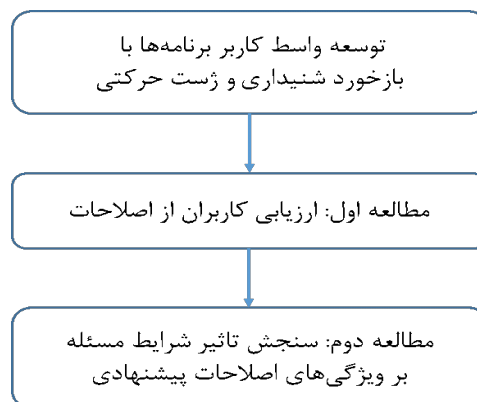
۱-۲- روش پژوهش

در مهندسی نرم‌افزار یک مطالعه کاربری^۶ جهت شناسایی و تحلیل رفتار، کارایی و نظرات کاربران در هنگام استفاده از یک سامانه نرم‌افزاری انجام می‌گیرد. اغلب شامل جمع‌آوری داده کمی و کیفی از طریق روش‌های مختلف مانند نظرسنجی، مصاحبه و آزمایش قابلیت استفاده^۷ است [۱۸، ۱۹]. روش کار در این مقاله نمونه‌برداری و سنجش نمونه‌های کاربری است. برای این منظور دو مطالعه کاربری انجام شده است. هدف از مطالعه کاربری اول ارزیابی میزان رضایت کاربران از استفاده از واسط‌های مبتنی بر ژست و بازخورد شنیداری نسبت به استفاده از واسط‌های معمولی گوشی است. هدف از مطالعه کاربری دوم ارزیابی کارایی ژست‌های ایجاد شده در شرایط با اختلالات دیداری ناشی از موقعیت است.

شکل ۱ مراحل پژوهش انجام شده را نمایش می‌دهد. ابتدا با استفاده از ابزارهای عمومی قابل استفاده بر روی هر برنامه‌ای، بازخورد شنیداری و ژست حرکتی به بعضی

6- User Study.

7- Usability Testing.



شکل ۱: مراحل پژوهش انجام شده

هنگام کار با آن‌ها رخ می‌دهد. لذا به کمک ابزارهای موجود بر روی گوشی‌های تلفن همراه هوشمند، تلاش کردیم بهره‌برداری از هر دو این برنامه‌های کاربردی را به کمک ژست‌های حرکتی و بازخوردهای غیر دیداری، ممکن کنیم. در این مطالعه کاربری از برنامه جسچربرد^۸ برای انجام عملیات دلخواه توسط ژست، از برنامه گوگل هندرایتینگ^۹ برای ورود متن مبتنی بر ژست و از برنامه گوگل تاکبک^{۱۰} برای استفاده از بازخورد شنیداری، استفاده شده است. عملیات اصلاح شد، به شرح زیر است:

۱. اجرای برنامه تماس تلفنی: کاربران ابتدا ژستی برای عملیات اجرای تماس تلفنی در برنامه جسچربرد پیشنهاد می‌دهند. به‌منظور استفاده از ژست پیشنهادی، کاربران در واسط کاربر اصلی گوشی با انجام یک عمل (کشیدن انگشت از یال چپ صفحه به راست) وارد واسط این برنامه شده و با اجرای ژست پیشنهادی مستقیماً وارد برنامه تماس تلفنی می‌شوند. در برنامه تماس تلفنی کاربران از طریق صفحه‌کلید موجود و بازخورد شنیداری (تاکبک) اقدام به واردکردن شماره و تماس با آن می‌کنند. به این صورت که با انتخاب هر دکمه (شماره) از صفحه‌کلید ابتدا گزینه لمس شده برای کاربر خوانده می‌شود سپس اگر گزینه انتخابی موردنظر کاربر بود با دو بار لمس پی‌درپی آن گزینه، گزینه انتخاب می‌شود.

۲. افزودن مخاطب جدید به لیست مخاطب‌ها: ابتدا کاربران ژستی برای عملیات باز کردن برنامه لیست مخاطبان در برنامه جسچربرد پیشنهاد می‌دهند. کاربران از بازخورد شنیداری برای انتخاب دکمه اضافه کردن مخاطب استفاده می‌کنند. سپس در صفحه مربوط به اضافه کردن نام و شماره مخاطب برای واردکردن نام و شماره از هندرایتینگ استفاده می‌کنند. درنهایت کاربران برای انتخاب دکمه ذخیره می‌توانند از بازخورد شنیداری توسط تاکبک استفاده کنند.

۳. برقراری تماس با یک مخاطب خاص: کاربران ژست

از عملیات مهم چند برنامه اضافه نمودیم. در مطالعه کاربری اول نظر کاربران را درباره اصلاحات پیشنهاد شده سنجیدیم. بر اساس نظر کاربران ابزاری را توسعه دادیم تا بتوانیم تاثیر شرایط مورد نظر مسئله را بر ویژگی‌های راهکاری پیشنهادی بسنجیم. در مطالعه کاربری دوم از کاربران خواستیم تا دوباره در شرایط آزمایش قرار بگیرند و با سامانه‌ها کار کنند. در پایان نتایج حاصل از سنجش انجام شده را برای تحلیل و ارزیابی راهکاری پیشنهادی به‌کار گرفتیم. در ادامه به شرح جزئیات هر یک از مراحل می‌پردازیم.

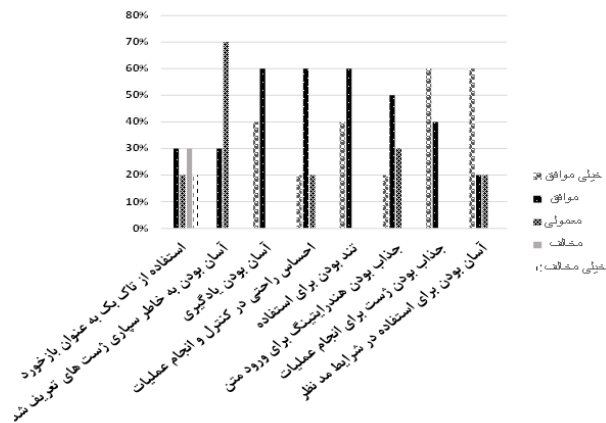
۲. مطالعه اول: واسط مبتنی بر ژست و بازخورد شنیداری

مشخصه اصلی اشیاء گرافیکی از نظر تعامل کاربر با آن‌ها، نیاز به تمرکز دیداری کاربر روی صفحه‌نمایش است. لذا بر این باور بودیم که اگر از روش‌های ژست حرکتی و بازخوردهای غیر دیداری استفاده کنیم، احتمالاً تعامل کاربر بهبود می‌یابد. لذا در مطالعه‌ای از کاربران خواسته شد در شرایط دیداری نامناسب، از دو برنامه‌های کاربردی اصلاح‌شده مبتنی بر ژست و بازخورد استفاده کنند و میزان رضایتمندی آن‌ها سنجیده شد.

برنامه‌های «تماس تلفنی» و «ارسال پیامک» از پرکاربردترین برنامه‌های کاربردی در دستگاه‌های تلفن همراه هوشمند هستند. با توجه به نیاز کاربران به استفاده از این دو برنامه در شرایط محیطی باز، اختلال دیداری

8- GestureBoard.
9- Google Handwriting.
10- Google Talkback.

در ارزیابی، کاربران به هر یک از معیارهای ذکر شده، از ۱ (خیلی مخالف) تا ۵ (خیلی موافق) امتیاز دادند.



شکل ۲. ارزیابی کاربران در استفاده از برنامه‌های اصلاح شده

۳- مطالعه دوم: ارزیابی ژست در شرایط با اختلال دیداری

هرچند به‌کارگیری ژست به‌جای عناصر گرافیکی یک راه‌کار مناسب برای شرایط نامناسب دیداری است، اما بین ژست‌ها نیز تفاوت وجود دارد. لذا در مطالعه کاربری دوم این مقاله تلاش کرده‌ایم تا شاخص‌های ژست و نحوه ارزیابی آن‌ها را بررسی کنیم.

ارزیابی ژست می‌تواند به روش‌های مختلفی انجام شود. اغلب بررسی‌هایی که تاکنون جهت تحلیل ژست‌ها بوده، ژست‌های ایجادشده در حالت دید کامل را بررسی کرده‌اند. همچنین مجموعه ژست‌ها و تشخیص‌گرها هم بر این اساس ایجادشده‌اند که ژست در حالت عادی توسط کاربر رسم شده است. بر اساس بررسی انجام شده در این مقاله، تاکنون هیچ مطالعه‌ای مربوط به انجام ژست‌ها در حالت اختلال دیداری ناشی از موقعیت (نه ناشی از مشکل دیداری چشم کاربر) نبوده است.

بنابراین در این پژوهش برای تعیین تمایزهای بین ژست‌های ایجادشده توسط افراد در شرایط اختلال دیداری ناشی از موقعیت و ژست‌های ایجادشده توسط افراد با دید کامل، تلاش کرده‌ایم از سنجش محاسباتی ویژگی ژست‌ها بهره ببریم.

انواع مختلفی از ژست‌های حرکتی لمسی وجود دارد که می‌تواند در تعامل انسان با کامپیوتر استفاده شود. در این مقاله مجموعه‌ای از ژست‌های حرکتی ارائه داده‌شده در مطالعات گذشته که مربوط به توسعه تشخیص‌گرها و ارزیابی ژست‌ها بوده‌اند، برای ارزیابی ژست‌ها به کار گرفته شد. برای توصیف نحوه به کار بردن ضربه‌های لمسی در ژست از ژست‌هایی استفاده شد که از چندین ضربه لمسی برای هر ژست تشکیل شده‌اند [۱۶]. برای محاسبه ویژگی‌های مرتبط با زمان ژست از ژست‌هایی

پیشنهادی خود را برای تماس با مخاطب خاص پیشنهاد می‌دهند. سپس در واسط این برنامه با اجرای ژست پیشنهاد داده‌شده فوراً تماس با مخاطب انجام می‌شود.

۴. اجرای برنامه ارسال پیامک: در برنامه اصلاح شده، کاربر ابتدا ژستی را برای باز کردن برنامه ارسال پیامک معرفی می‌کند. سپس با استفاده از بازخورد شنیداری، دکمه مربوط به پیام جدید را انتخاب کرده و سپس وقتی وارد صفحه پیامک جدید شد با استفاده از هندرایتینگ شماره/نام و متن مورد نظر خود را وارد کند. در نهایت با کمک بازخورد شنیداری دکمه مربوط به ارسال پیام را انتخاب کند.

۵. ارسال پیامک به یک مخاطب خاص: کاربران ژست پیشنهادی خود را برای ارسال پیامک به شخص مورد نظر تعریف می‌کنند. سپس کاربر می‌تواند با اجرای ژست پیشنهاد داده‌شده فوراً وارد صفحه ارسال پیام به آن شخص شوند. کاربران پیام خود را توسط هندرایتینگ وارد می‌کنند و به کمک بازخورد شنیداری دکمه مربوط به ارسال پیام را انتخاب می‌کنند.

۲-۱- ارزیابی کاربران

از ۲۲ کاربر خواسته شد که برای عملیات ذکر شده در بخش قبل، ژست پیشنهاد دهند و با آن‌ها تمرین کنند. سپس در شرایط با اختلال دیداری از برنامه‌های اصلاح شده، استفاده کنند. نتیجه ارزیابی کاربران مطابق شکل ۲ است.

۳-۲- ارزیابی محاسباتی

در این پژوهش برای سنجش محاسباتی ویژگی ژست‌ها از دو دسته معیار اندازه‌گیری استفاده شده است. دسته اول مربوط به معیارهایی هستند که در تشخیص‌گرهای مبتنی بر ویژگی^{۱۱} استفاده می‌شوند. تشخیص‌دهنده‌های مبتنی بر ویژگی مجموعه‌ای از ویژگی‌های عمومی و کلی از ژست استخراج می‌کنند و از این ویژگی‌ها برای تشخیص ژست استفاده می‌کنند [۱۹ و ۲۰]. دسته دوم معیارهایی هستند که توسط آن‌ها دقت یک ژست نسبت به یک ژست دیگر (ژست مرجع) محاسبه می‌شود که به معیارهای نسبی ژست معروف هستند.

۳-۲-۱- معیارهای مطلق و عمومی ژست

تشخیص‌دهنده را بین دو مجموعه از ویژگی ژست‌ها را استخراج می‌کند و از آن‌ها برای تشخیص ژست استفاده می‌کند. در این مطالعه ۹ ویژگی از مجموعه ویژگی‌های به‌کاررفته در این تشخیص‌دهنده برای سنجش استفاده شده است [۲]. با فرض این‌که یک ژست حرکتی مجموعه‌ای از نقاط (P) در فضای دوبعدی (x, y) با برچسب زمانی (t) است، معیارهای عمومی ژست به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$P = \{p_i = (x_i, y_i, t_i) | i = 0 \dots n\} \quad (1)$$

۱. نسبت تصویر: نسبت بین عرض و ارتفاع کادر محصورکننده یک ژست است.

۲. طول ژست: جمع فاصله اقلیدسی (در پیکسل) بین نقاط مجاور از مسیر ژست را طول ژست می‌نامند.

$$L(p) = \sum_{j=1}^n \|p_j - p_{j-1}\| \quad (2)$$

۳. روزنه بین نقطه اول و نقطه آخر در ژست‌های بسته:

برای بازتاب توانایی رسم ژست‌های بسته، ژست‌هایی که نقطه اول (p) و نقطه آخرشان (q) در یک موقعیت قرار دارند، این معیار محاسبه می‌شود.

$$d(p, q) = \sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2} \quad (3)$$

۴. مساحت کادر محصورکننده: مساحت کادر

محصورکننده ژست که با حداقل و حداکثر در امتداد محور

استفاده شد که مربوط به پژوهش‌هایی بوده است که ارتباط بین زمان و سختی اجرای ژست را بررسی کرده‌اند [۱۷]. برای محاسبه ویژگی‌های مرتبط با شکل هندسی ژست از ژست‌های ارائه داده‌شده در [۱۸] استفاده شده است. در ادامه ابتدا نحوه بکارگیری کاربران را شرح داده‌ایم و سپس همه ویژگی‌های محاسباتی را معرفی کرده‌ایم.

۳-۱- ارزیابی کاربران

تعداد ۲۲ کاربر برای انجام آزمایش به کار گرفته شد. سن شرکت‌کنندگان بین ۲۴ تا ۳۵ بود. هر ۲۲ شرکت‌کننده تجربه کار با گوشی تلفن همراه با صفحات لمسی را داشتند و همگی راست‌دست بودند. از کاربران خواسته شد مجموعه ژست‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش را در صفحه لمسی با سرعت و دقت انجام دهند. این آزمایش برای هر کاربر در دو شرایط مختلف انجام شد. یک مرتبه در حین راه رفتن و درحالی‌که نور خورشید مانع از دید مناسب در صفحه می‌شود و یک مرتبه در حالت عادی با تمرکز دیداری کامل، ژست‌ها را رسم کردند.

برای هر کاربر آزمایش حدوداً ۴۰ دقیقه زمان صرف شد. هر کاربر هر ژست را ۵ مرتبه رسم کرد، ۲ مرتبه اول جهت یادگیری و ۳ مرتبه بعد در محاسبات لحاظ گردید. برای جمع‌آوری نتایج آزمایش‌ها، یک برنامه کاربردی اندروید تولید شد تا کاربران ژست‌های حرکتی را روی آن رسم کنند. همچنین این نتایج جهت ارزیابی محاسباتی (موضوع بخش بعدی) مورد استفاده قرار گرفت. برنامه کاربردی تولیدشده مختصات x و y نقاط روی مسیر ژست را با برچسب‌های میلی‌ثانیه ذخیره می‌کند. آزمایش‌ها در دستگاه تلفن هوشمند با سیستم عامل اندروید ۴٫۴، سایز ۵٫۰ اینچ، دقت تصویر ۱۲۸۰ × ۷۲۰ پیکسل، دارای تراکم ۲۹۵ پیکسل بر هر اینچ و قابلیت تشخیص چند لمسی انجام شدند.

X و Y تعریف می‌شود.

$$A(P) = (\max_{i=1,n} x_i - \min_{i=1,n} x_i) * \frac{(\max_{i=1,n} y_i - \min_{i=1,n} y_i)}{\quad} \quad (4)$$

۵. تراکم: نسبت طول ژست به مساحت کادر

محصورکننده ژست است.

۶. زمان اجرای ژست: تفاوت برچسب زمانی نقطه اول و

نقطه آخر ژست، که زمان اجرای ژست است.

۷. سرعت: نرخ حرکت اشاره‌گر ژست است که توسط

نسبت طول مسیر ژست به زمان اجرای ژست تعیین

می‌شود.

۸. تعداد ضربه‌های لمسی: تعداد دفعاتی که برای انجام

ژست، اشاره‌گر در صفحه گذاشته و برداشته می‌شود.

۹. متوسط زمان بین ضربه‌ها: میانگین فاصله زمانی بین

ضربه‌های متوالی یک ژست.

در ادامه معیارهای نسبی ژست معرفی می‌شوند.

۲-۲-۳- معیارهای نسبی ژست

برای توصیف ژست‌ها فراتر از ویژگی‌های عمومی و

مطلق، واتو و همکارانش تعداد ۱۲ معیار اندازه‌گیری نسبی

برای ژست‌ها معرفی کردند که از سه جنبه دقت هندسی،

خصوصیات مرتبط با زمان اجرای ژست و نحوه اجرای

ژست، یک ژست حرکتی را نسبت به یک ژست مرجع مورد

سنجش قرار می‌دهند [۲۱]. با فرض این‌که یک ژست حرکتی

مجموعه‌ای از نقاط (P) در فضای دوبعدی با برچسب

زمانی است و \bar{P} مختصات نقاط ژست مرجع است:

$$P = \{p_i = (x_i, y_i, t_i) | i = 0 \dots n\} \quad (5)$$

$$\bar{P} = \{\bar{p}_i = (\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{t}_i) | i = 0 \dots n\} \quad (6)$$

ویژگی‌های محلی استاندارد در نقطه p_i ژست به

صورت زیر محاسبه می‌شوند:

• طول کمان:

$$\text{for } i=1 \dots n, s_i = 0, s_i = \sum_{j=2}^i \|p_j - p_{j-1}\| \quad (7)$$

• زاویه چرخش: $\theta_i = \angle(\overline{p_{i-1}p_i}, \overline{p_i p_{i+1}})$ (۸)

• سرعت محلی: برحسب طول کمان طی شده (Si) در زمان (ti).

$$v_i = (s_{i+1} - s_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1}) \quad (9)$$

بر اساس این مقادیر محلی، مقدارهای کلی زیر محاسبه

می‌شوند:

• طول کل مسیر: (۱۰) $L(p) = s_n$

• زاویه کل چرخش مطلق: (۱۱) $\theta(p) = \sum_{i=2}^{n-1} \theta_i$

در اندازه‌گیری‌های دقت نسبی، دقت ژست نامزد

(ژستی که دقت آن تعیین خواهد شد) نسبت به ژست مرجع

محاسبه می‌شود؛ بنابراین ژست مرجع و ژست نامزد باید

در ابتدا باهم تراز و هماهنگ شوند. هم‌ترازی یک تطابق

یک‌به‌یک است که توسط آن مشخص می‌شود هر نقطه

از ژست مرجع به کدام نقطه از ژست نامزد مرتبط است.

$\sigma: \{1, 2, \dots, n\} \rightarrow \{1, 2, \dots, n\}$ ، به این معنی که نقطه p_i در

ژست مرجع با نقطه $p_{\sigma(i)}$ در ژست نامزد هماهنگ شده

است.

در تعریف ویژگی‌های نسبی، ژست مرجع بیان خاصی

از یک نوع ژست است که دقت ژست‌ها نسبت به این ژست

محاسبه می‌شوند. سه روش برای انتخاب ژست مرجع

وجود دارد [۲۱]:

۱. ژستی می‌تواند ژست استاندارد باشد که توسط

طراح مجموعه ژست توسط اعمال پایه هندسی (مثل

خطوط و کمان‌ها) تعریف شود.

۲. ژست مرجع می‌تواند از مجموعه ژست‌های رسم

شده توسط کاربران بازتاب شود. به این صورت که برای

هر نوع ژست، متوسط همه ژست‌های رسم شده توسط

کاربران محاسبه می‌شود و این ژست را به‌عنوان ژست

مرجع در نظر می‌گیرند.

۳. در روش سوم ابتدا همانند روش دوم متوسط

ژست‌ها به دست آورده می‌شود. سپس از بین ژست‌های

رسم شده توسط کاربران، ژستی را که از همه با این

متوسط شبیه‌تر است به‌عنوان ژست مرجع در نظر گرفته

می‌شود.

در این مقاله ژست مرجع طبق روش سوم انتخاب شده

است سپس دقت اندازه‌گیری نسبی برای ژست‌های نامزد

محاسبه می‌شوند.

ویژگی‌های هندسی یا توصیفگرهای مربوط به شکل ژست، میزان شباهت بین ژست‌های رسم شده توسط کاربران را به ژست مرجع از نظر ویژگی‌های مرتبط با شکل ژست را تعیین می‌کنند. این معیارها انحراف ژست نامزد، از ژست مرجع از نظر فاصله شکل و تمایل کاربران به امتداد دادن و چرخاندن ضربه‌های لمسی ژست را در طول مسیر ژست بررسی می‌کنند [۲۱]. در این بخش به توصیف معیارهای نسبی هندسی ژست پرداخته شده است.

۱. خطای شکل^{۱۲}: متوسط انحراف مطلق نقاط ژست نامزد $p_{\sigma(i)}$ از نقاط ژست مرجع \bar{p}_i از نظر فاصله اقلیدسی است.

$$ShE(p) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|p_{\sigma(i)} - \bar{p}_i\| \quad (۱۲)$$

۲. انحراف شکل^{۱۳}: انحراف استاندارد فاصله‌های بین

نقاط ژست مرجع و ژست نامزد را محاسبه می‌کند.

$$ShV(p) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\|p_{\sigma(i)} - \bar{p}_i\| - ShE(p))^2} \quad (۱۳)$$

۳. خطای طول^{۱۴}: نشان‌دهنده تمایل کاربران به بسط

دادن ژست نامزد، نسبت به ژست مرجع از نظر طول است.

$$LE(p) = \sum_{i=1}^n |s_{\sigma(i)} - s_i| \quad (۱۴)$$

۴. خطای اندازه^{۱۵}: تمایل کاربران را به بسط دادن ژست

از نظر اندازه مساحت (A) ژست مصرفی مشخص می‌کند؛

که توسط مقدار مساحت مصرفی ژست نامزد نسبت به

ژست مرجع محاسبه می‌شود.

$$SzE(p) = |A(p) - A(\bar{p})| \quad (۱۵)$$

۵. خطای خمیدگی^{۱۶}: میزان تمایل کاربران را به خم کردن

ضربه‌های لمسی ژست انجام‌شده نسبت به ژست مرجع

مشخص می‌کند؛ که توسط متوسط چرخش (زاویه چرخش

θ) ژست نامزد نسبت به ژست مرجع اندازه‌گیری می‌شود.

$$BE(p) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\theta_{\sigma(i)} - \bar{\theta}_i| \quad (۱۶)$$

۶. انحراف خمیدگی^{۱۷}: تفاوت‌ها در زاویه چرخش بین

ژست مرجع و ژست نامزد را محاسبه می‌کند.

$$BV(p) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (|\theta_{\sigma(i)} - \bar{\theta}_i| - BE(p))^2} \quad (۱۷)$$

۳-۲-۴- سرعت و زمان اجرای ژست

معیارهای های اندازه‌گیری در این گروه میزان شباهت

بین ژست‌های رسم شده توسط کاربران را به ژست مرجع

از نظر ویژگی‌های مرتبط با زمان تعیین می‌کند که در این

بخش به توصیف آن‌ها می‌پردازیم [۲۱].

۱. خطای زمان^{۱۸}: تفاوت در زمان اجرا (کل مدت زمان)

بین ژست نامزد و ژست مرجع را اندازه‌گیری می‌کند.

$$TE(p) = |T(p) - T(\bar{p})| \quad (۱۸)$$

۲. انحراف زمان^{۱۹}: تفاوت‌های بین برچسب‌های

اندازه‌گیری شده در هر نقطه مجزای روی مسیر ژست را

اندازه‌گیری می‌کند.

$$TV(p) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (|t_i - \bar{t}_i| - TE(p))^2} \quad (۱۹)$$

۳. خطای سرعت^{۲۰}: متوسط انحراف در سرعت ایجاد

ژست نامزد در مقایسه با ژست مرجع را اندازه‌گیری

می‌کند.

$$VE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |v_i - \bar{v}_i| \quad (۲۰)$$

۴. انحراف سرعت^{۲۱}: انحراف معیار تفاوت‌های سرعت

محلی در هر نقطه مجزا از مسیر ژست را محاسبه می‌کند.

$$VV = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|v_i - \bar{v}_i| - VE(p))^2} \quad (۲۱)$$

۳-۲-۵- نحوه اجرای ژست

در این بخش توصیفگرهایی که میزان ثبات کاربران

را در نحوه به‌کار بردن ضربه‌های لمسی ژست تعیین

می‌کنند، شرح داده می‌شوند [۲۰].

۱. خطای ترتیب ضربه‌های لمسی^{۲۲}: میزان شباهت در

ترتیب به‌کار بردن ضربه‌های لمسی در مقایسه با ژست

مرجع است.

۲. خطای تعداد ضربه‌های لمسی^{۲۳}: تفاوت در تعداد

17- Bending Variability (BV)

18- Time Error (TE)

19- Time Variability (TV)

20- Speed Error (VE)

21- Speed Variability (VV)

22- Stroke Ordering Error (SkOE)

23- Stroke Count Error (SkE)

12- Shape Error (ShE)

13- Shape Variability (ShV)

14- Length Error (LE)

15- Size Error (SzE)

16- Bending Error (BE)

ضربه‌های لمسی بین ژست مرجع و ژست نامزد است.

۳-۳- ابزارهای ارزیابی محاسباتی

در این مقاله برای محاسبه ویژگی‌های عمومی و مطلق ژست از فرمول‌های محاسباتی آن‌ها استفاده شد که برخی از آن‌ها توسط برنامه کاربردی تولید شده به‌طور خودکار محاسبه می‌شوند. برای محاسبه دقت نسبی ژست‌ها از ابزارهای موجود که به‌طور خودکار مقادیر را محاسبه می‌کنند استفاده شد. آزمایشگاه مد در دانشگاه واشنگتن چندین ابزار برای تجزیه و تحلیل ژست‌ها منتشر کرده است [۲۰]. در این پژوهش از ابزار دقت نسبی ژست^{۲۴} برای مطالعه ویژگی‌های نسبی نمونه ژست‌ها استفاده شده است. این ابزار برای مجموعه ژست‌های داده شده می‌تواند به‌طور خودکار ۱۲ معیار اندازه‌گیری نسبی توضیح داده شده را محاسبه کند [۲۱].

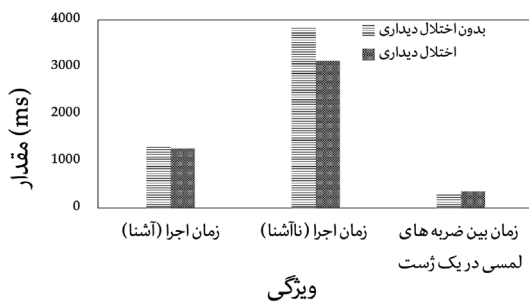
۴- ارزیابی نتایج عملی

تجزیه و تحلیل دقیق مفصل‌بندی ژست‌های انجام شده توسط کاربران در شرایط بدون اختلال دیداری و در شرایط با اختلال دیداری ناشی از موقعیت می‌تواند اطلاعات مفیدی برای طراحی تشخیص‌دهنده‌های قوی‌تر و مجموعه ژست‌های مناسب‌تر فراهم کند. در این بخش به تأثیری که شرایط دیداری نامناسب روی پارامترهای مختلف ژست ایجاد می‌کند، پرداخته می‌شود. لازم بذکر است که ژست‌هایی که از الگوهایی نظیر حروف، اعداد یا علائم خاص که کاربران تجربه استفاده از آن‌ها را داشته‌اند را به‌عنوان ژست‌های آشنا متمایز کرده‌ایم.

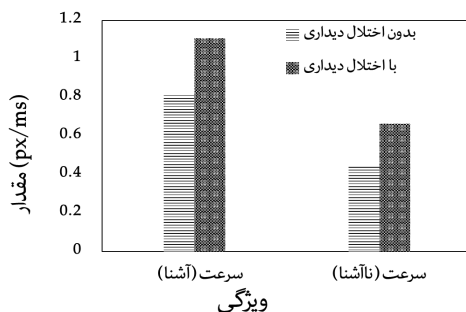
۴-۱- تأثیر بر ویژگی‌های عمومی و مطلق ژست

این‌که شرایط نامناسب دیداری چه تأثیری بر ویژگی‌های عمومی و مطلق ژست‌ها دارد را در این بخش مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.

۱. زمان اجرا: مطابق شکل ۳، زمان اجرا برای ژست‌های ناآشنا به‌طور متوسط ۲,۶ برابر نسبت به ژست‌های آشنا



شکل ۳: مقایسه زمان در شرایط مختلف دیداری



شکل ۴: مقایسه سرعت در شرایط مختلف دیداری

بیشتر است. برای ژست‌های آشنا شرایط مختلف دیداری روی زمان اجرا تأثیر زیادی نمی‌گذارد اما برای ژست‌های ناآشنا شرایط دیداری روی زمان اجرا تأثیر بیشتری (حدود ۱,۲ برابر بیشتر در شرایط بدون اختلال دیداری نسبت به شرایط نامناسب دیداری) می‌گذارد.

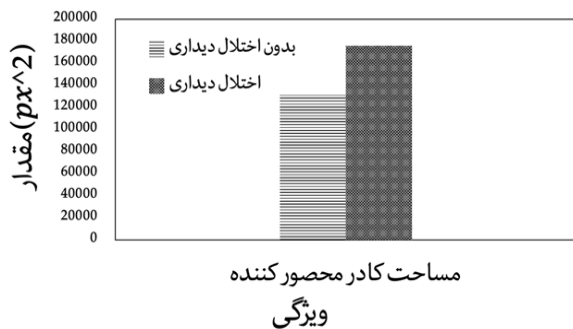
۲. متوسط زمان بین ضربه‌های لمسی متوالی در یک ژست حرکتی: با وجود این‌که زمان کل اجرا برای ژست‌ها در شرایط عادی نسبت به شرایط نامناسب دیداری بیشتر است اما مطابق شکل ۳ زمان بین ضربه‌های لمسی مختلف از یک ژست در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط عادی بیشتر است.

۳. سرعت اجرا: نتایج مطابق شکل ۴ نشان داد که ژست‌های ناآشنا نسبت به ژست‌های آشنا سرعت تولید کم‌تری داشتند و سرعت تولید ژست در شرایط نامناسب دیداری (برخلاف تصور) نسبت به شرایط عادی ۱,۵ برابر بیشتر است.

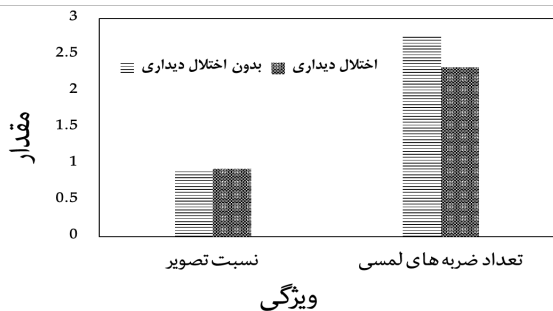
۴. طول مسیر، تراکم و مساحت کادر محصورکننده ژست: مطابق شکل ۶, ۷ و طول مسیر ژست و همچنین مساحت کادر محصورکننده ژست در شرایط نامناسب دیداری



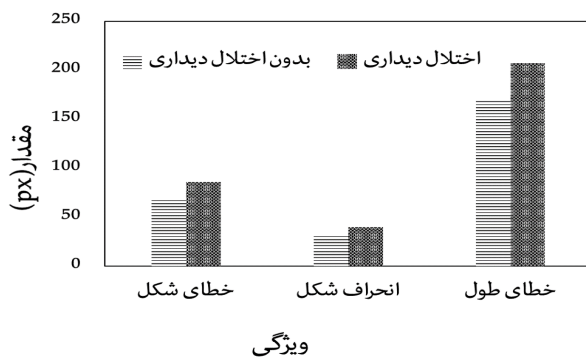
شکل ۶: مقایسه تراکم در شرایط مختلف دیداری



شکل ۷: مقایسه مساحت در شرایط مختلف دیداری

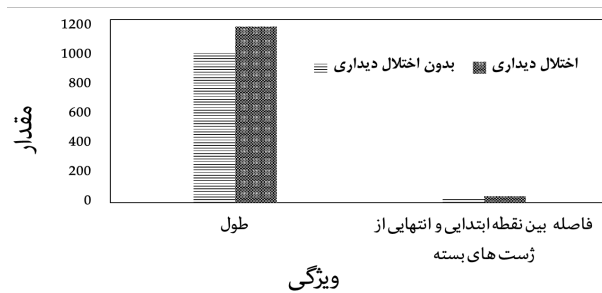


شکل ۸: مقایسه نسبت تصویر و تعداد ضربه های لمسی



شکل ۹: مقایسه خطای شکل، انحراف شکل و خطای طول

۱. خطای شکل: مطابق شکل ۹، این پارامتر در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط عادی ۲۶٪ بیشتر است؛ بنابراین افراد در شرایط نامناسب دیداری وقتی یک ژست



شکل ۵: مقایسه طول مسیر ژست و فاصله بین نقطه اول و آخر از ژست های بسته در شرایط مختلف دیداری

نسبت به حالت عادی بیشتر است و تراکم ژست در حالت عادی نسبت به شرایط نامناسب دیداری بیشتر است؛ که این نشان می دهد برای شرایط نامناسب دیداری ناحیه ورود ژست باید بیشتر باشد. اگرچه کاربران در اختلالات دیداری ناشی از موقعیت، ژست را سریع تر نسبت به حالت عادی رسم می کنند اما این افزایش سرعت منجر به افزایش طول و اندازه ژست و کاهش دقت شده است.

۵. نسبت تصویر: مطابق شکل ۸، نسبت تصویر در شرایط نامناسب دیداری بیشتر است. این نشان می دهد افراد در شرایط نامناسب دیداری تمایل دارند ژست ها را عریض تر رسم کنند. با توجه به کادر ناحیه ای که ژست ها را در آن وارد می کردیم، ۱۴ درصد از ژست هایی که در شرایط نامناسب دیداری رسم شده بودند حداقل با یکی از لبه های کادر ناحیه ورود ژست تماس داشتند در حالی که در شرایط عادی تنها ۲ درصد از ژست ها با حداقل یکی از لبه ها تماس داشتند.

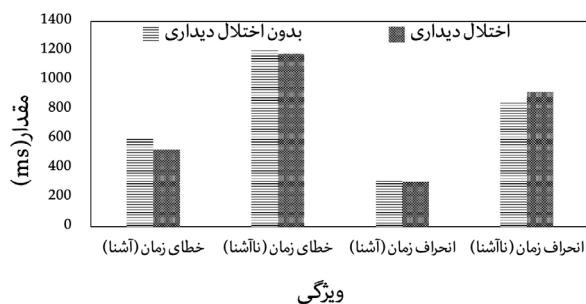
۶. تعداد ضربه های لمسی در یک ژست: افراد وقتی باز خورد دیداری کافی ندارند ترجیح می دهند تعداد ضربه های لمسی کمتری برای رسم ژست به کار بگیرند. به طوری که تعداد ضربه های لمسی در حالت عادی ۱۸٪ نسبت به شرایط نامناسب دیداری بیشتر است (شکل ۸).

۷. فاصله نقطه اول و آخر از ژست های بسته: این پارامتر در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط عادی حدود ۲ برابر بیشتر است (شکل ۵).

۴-۲- تأثیر بر ویژگی های هندسی ژست



شکل ۱۱: مقایسه خطای خمیدگی و انحراف خمیدگی



شکل ۱۲: مقایسه خطای زمان و انحراف زمان

بلکه همچنین تنوع وسیع‌تری از مقادیر هم دارند.

۴-۳ تأثیر بر سرعت و زمان اجرای ژست

۱. خطای زمان: مطابق شکل ۱۲، خطای زمان برای ژست‌های آشنا نسبت به ژست‌های ناآشنا حدود ۵۳٪ کمتر است. خطای زمان برای ژست‌ها وقتی در شرایط نامناسب دیداری رسم می‌شوند با وقتی که در شرایط دیداری کامل رسم می‌شوند تفاوت قابل توجهی ندارد.

۲. انحراف زمان: انحراف زمان برای ژست‌های آشنا نسبت به ژست‌های ناآشنا حدود ۶۴٪ کمتر است و همچنین برای

ژست‌های ناآشنا وقتی در شرایط نامناسب دیداری رسم می‌شوند نسبت به شرایط بدون اختلال دیداری ۸٪ بیشتر است (شکل ۱۲).

۳. خطای سرعت: مطابق شکل ۱۳، این معیار اندازه‌گیری برای ژست‌های آشنا در شرایط بادید کامل ۲۰٪ نسبت به شرایط نامناسب دیداری بیشتر است. در صورتی که برای ژست‌های ناآشنا در شرایط نامناسب دیداری ۵۶٪ نسبت به شرایط بدون اختلال دیداری بیشتر است.



شکل ۱۰: مقایسه خطای اندازه در شرایط مختلف دیداری

مشخصی را چندین بار رسم می‌کنند انحراف فاصله‌ای که از یک ژست مرجع دارند ثبات کمتری دارد.

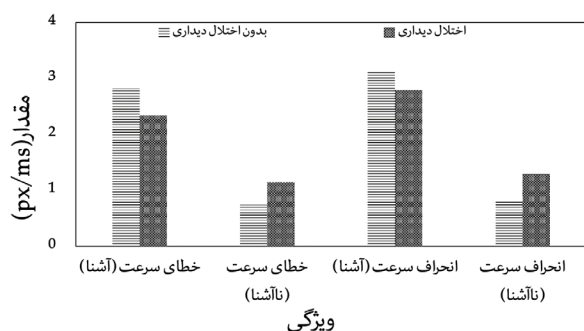
۲. انحراف شکل: مطابق شکل ۹، این پارامتر در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط عادی ۲۳٪ بیشتر است. این رفتار کاربران نشان‌دهنده این است که نه تنها خطای شکل در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط عادی بیشتر است بلکه طیف پراکندگی (محدوده) خطای شکل هم در شرایط با اختلال دیداری ناشی از موقعیت بزرگ‌تر است.

۳. خطای طول: اختلاف طول مسیر ژست در نمونه‌های مختلف یک نوع ژست در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط بدون اختلال دیداری حدود ۲۱٪ بیشتر است (شکل ۹).

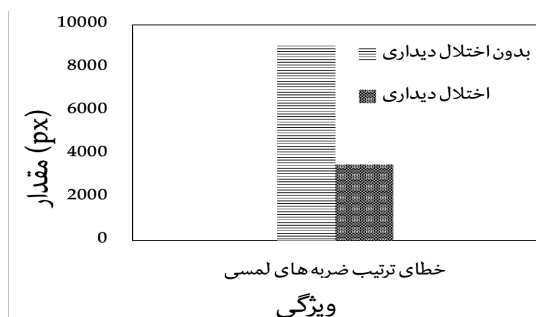
۴. خطای اندازه: اختلاف بین اندازه ژست‌های مشابه در شرایط نامناسب دیداری به حالت عادی حدود ۳۲٪ بیشتر است (شکل ۱۰).

۵. خطای خمیدگی: مطابق شکل ۱۱، این پارامتر برای شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط عادی ۱۱٪ بیشتر است. افراد در شرایط نامناسب دیداری در تولید زاویه در طول انجام ژست‌ها ثبات کمتری دارند. این نشان می‌دهد که آن‌ها وقتی یک ژست را چندین بار رسم می‌کنند اغلب مسیر مشابهی را طی نمی‌کنند.

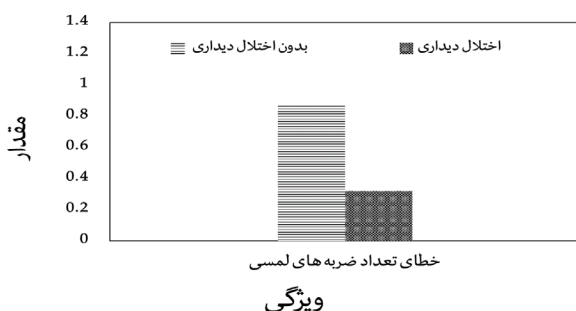
۶. انحراف خمیدگی: این معیار در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط عادی حدود ۱۰٪ بیشتر است (شکل ۱۱): بنابراین افراد در شرایط نامناسب دیداری نه تنها تفاوت در زاویه‌های متناظر به همشان بیشتر است



شکل ۱۳: مقایسه خطای سرعت و انحراف سرعت



شکل ۱۴: مقایسه خطای ترتیب ضربه های لمسی



شکل ۱۵: مقایسه خطای تعداد ضربه های لمسی

که در شرایط نامناسب دیداری فضای مصرفی ژست‌ها افزایش می‌یابد، سرعت تولید ژست افزایش می‌یابد، انحراف ژست‌ها از نظر ویژگی‌های هندسی شکل ژست نسبت به ژست مرجع بیشتر می‌شود و انحراف زمان و سرعت از ژست مرجع وابسته به آشنایی کاربر با ژست است. همچنین افراد در شرایط نامناسب دیداری در تولید ضربه‌های لمسی و ترتیب به کاربران ضربه‌های لمسی مختلف یک ژست ثبات بیشتری دارند و روند ثابت‌تری را طی می‌کنند و همچنین ترجیح می‌دهند تعداد ضربه‌های لمسی کمتری برای تولید ژست به کار بگیرند.

۴. انحراف سرعت: انحراف سرعت برای ژست‌های آشنا در شرایط بدون اختلال دیداری نسبت به شرایط نامناسب دیداری ۱۲٪ بیشتر است ولی برای ژست‌های ناآشنا در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط بدون اختلال دیداری حدود ۵۷٪ بیشتر است (شکل ۱۳).

۴-۲ تأثیر بر نحوه اجرای ژست

۱. خطای ترتیب ضربه‌های لمسی: این پارامتر در شرایط نامناسب دیداری حدود ۶۵٪ نسبت به شرایط با دید کامل کمتر است (شکل ۱۴). کمتر بودن این معیار اندازه‌گیری در شرایط دیداری نامناسب نشان‌دهنده این است که افراد با بینایی کامل تمایل دارند در ترتیب به کار بردن ضربه‌های لمسی در ژست تغییر ایجاد دهند. در صورتی که در شرایط نامناسب دیداری سعی می‌کنند یک روند ثابتی را پیش ببرند.

۲. خطای تعداد ضربه‌های لمسی: مطابق شکل ۱۵، این پارامتر در شرایط نامناسب دیداری نسبت به شرایط عادی حدود ۶۳٪ کمتر است. این نشان می‌دهد افراد با دید کامل ترجیح می‌دهند تنوع بیشتری در تعداد ضربه‌های لمسی داشته باشند در صورتی که افراد در شرایط نامناسب دیداری ثبات بیشتری در تعداد ضربه‌های لمسی به کار رفته در هر نوع ژست دارند.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش تمرکز روی استفاده از واسط کاربر صفحات لمسی در محیط با اختلالات دیداری موقعیتی بود. نتایج نشان داد استفاده از ژست‌ها نسبت به واسط‌های معمولی مورد ترجیح بود اما افراد ترجیح می‌دادند به صورت بی صدا با دستگاه تعامل داشته باشند.

در مطالعه کاربری دوم مجموعه‌ای گسترده از ویژگی‌ها و پارامترهای مختلف را انتخاب کردیم تا تمایزهای بین ژست‌های ایجاد شده توسط افراد در شرایط اختلال دیداری ناشی از موقعیت و ژست‌های ایجاد شده توسط افراد با دید کامل را تعیین کنیم. نتایج نشان داد

Designers of Mobile Content,” in Proceedings of the 2018 on Designing Interactive Systems Conference 2018, 2018, pp. 387-399: ACM.

[9] K. Macpherson, G. W. Tigwell, R. Menzies, and D. R. Flatla, “BrightLights: Gamifying Data Capture for Situational Visual Impairments,” in Proceedings of the 20th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 2018, pp. 355-357: ACM.

[10] P. Liu, F. Zafar, and A. Badano, “The effect of ambient illumination on handheld display image quality,” *Journal of digital imaging*, vol. 27, no. 1, pp. 12-18, 2014.

[11] A. Ng and S. Brewster, “The relationship between encumbrance and walking speed on mobile interactions,” in CHI’13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2013, pp. 1359-1364: ACM.

[12] A. Ng, S. A. Brewster, and J. Williamson, “The impact of encumbrance on mobile interactions,” in IFIP Conference on Human-Computer Interaction, 2013, pp. 92-109: Springer.

[13] Z. Sarsenbayeva et al., “Sensing cold-induced situational impairments in mobile interaction using battery temperature,” *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, vol. 1, no. 3, p. 98, 2017.

[14] J. Yu, J. Zhao, Y. Chen, and J. Yang, “Sensing ambient light for user experience-oriented color scheme adaptation on smartphone displays,” in Proceedings of the 13th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2015, pp. 309-321: ACM.

[15] A. Bragdon, E. Nelson, Y. Li, and K. Hinckley, “Experimental analysis of touch-screen gesture designs in mobile environments,” in Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2011, pp. 403-412: ACM.

[16] L. Anthony, R.-D. Vatavu, and J. O. Wobbrock, “Understanding the consistency of users’ pen and finger stroke gesture articulation,” in Proceedings of Graphics Interface 2013, 2013, pp. 87-94: Canadian Information Processing Society.

[17] S. K. Kane, J. O. Wobbrock, and R. E. Ladner, “Usable gestures for blind people: understanding preference and performance,” in Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2011, pp. 413-422: ACM.

[18] A. Shaw and L. Anthony, “Analyzing the articulation features of children’s touchscreen gestures,” in Proceedings of the 18th ACM International Conference on Multimodal Interaction, 2016, pp. 333-340: ACM.

[19] H. Tu, X. Ren, and S. Zhai, “A comparative evaluation of finger and pen stroke gestures,” in Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2012, pp. 1287-1296: ACM.

[20] M. Hosseini, H. R. Hamidi, and S. Kermanshahani, “The impacts of situational impairment on touch gestures in public spaces: Walking in sunlight,” in *Computers & Electrical Engineering*, 2020, vol. 84, 106617.

[21] R.-D. Vatavu, D. Vogel, G. Casiez, and L. Grisoni, “Estimating the perceived difficulty of pen gestures,” in IFIP Conference on Human-Computer Interaction, 2011, pp. 89-106: Springer.

در بررسی‌های این پژوهش، کاربران از یک گروه سنی خاص (بین ۲۲ تا ۳۵ سال) بودند و افراد مسن یا جوان‌تر حضور کمتری دارند. بنابراین این یافته نمی‌تواند به افراد دیگر در گروه‌های سنی مختلف تعمیم یابد. ما همچنین بر روی کشیدن حرکات با انگشت اشاره در گوشی هوشمند تمرکز کردیم. تحقیقات قبلی در این زمینه نشان داده است که اندازه صفحه و نوع اشاره‌گر (مثلاً قلم لمسی) بر عملکرد تعامل تأثیر دارد. بنابراین نتایج را نمی‌توان به سایر دستگاه‌های تعامل و اشاره‌گر گسترش داد. پژوهش‌های آینده با پوشش طیف گسترده‌ای از شرکت‌کنندگان و ابزارها در آزمایش‌ها، گزینه‌ای برای تکمیل این سوالات خواهند داشت.

۶. مراجع

[1] M. C. Buzzi, M. Buzzi, B. Leporini, and A. Trujillo, “Analyzing visually impaired people’s touch gestures on smartphones,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 76, no. 4, pp. 5141-5169, 2017.

[2] S. Zhai, P. O. Kristensson, C. Appert, T. H. Anderson, and X. Cao, “Foundational issues in touch-surface stroke gesture design—an integrative review,” *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, vol. 5, no. 2, pp. 97-205, 2012.

[3] Z. Sarsenbayeva, N. van Berkel, E. Velloso, V. Kostakos, and J. Goncalves, “Effect of distinct ambient noise types on mobile interaction,” *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, vol. 2, no. 2, p. 82, 2018.

[4] G. W. Tigwell, D. R. Flatla, and R. Menzies, “It’s not just the light: understanding the factors causing situational visual impairments during mobile interaction,” in Proceedings of the 10th Nordic Conference on Human-Computer Interaction, 2018, pp. 338-351: ACM.

[5] Z. Sarsenbayeva et al., “Measuring the Effects of Stress on Mobile Interaction,” *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, vol. 3, no. 1, p. 24, 2019.

[6] Z. Sarsenbayeva et al., “Situational impairments to mobile interaction in cold environments,” in Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 2016, pp. 85-96: ACM.

[7] R. Gong, H. Xu, B. Wang, and M. R. Luo, “Image quality evaluation for smart-phone displays at lighting levels of indoor and outdoor conditions,” *Optical Engineering*, vol. 51, no. 8, p. 084001, 2012.

[8] G. W. Tigwell, R. Menzies, and D. R. Flatla, “Designing for Situational Visual Impairments: Supporting Early-Career