

Designing Bike Shift Lever with User-Centric Design Approach

Bahram Ipaki¹, Zahra Merrikhpour²

1. MSc of Industrial Design, Faculty of Islamic Design, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

2. Faculty Member, Industrial Design Department, Art and Architecture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

Article Info

Original Article

Received: 2018/05/16
Accepted: 2018/12/02
Published Online: 2018/12/26

DOI: 10.30699/jergon.6.3.5

Use your device to scan
and read the article online



Corresponding Information

Bahram Ipaki

MSc of Industrial Design,
Faculty of Islamic Design,
Tabriz Islamic Art University,
Tabriz, Iran

Email: ipakdesign@gmail.com

Abstract

Background and Objectives: One of the important points in user-centric design is to pay attention to the physical and psychological conditions of the user and the errors caused by the product's undesirable design. The bicycle shifting system is one of the most complex components that many interactions of users with it have an effect on them. This research recognizes the exact needs of cyclists and provides a solution to create effective user interaction.

Methods: In this research, using a combination method, a qualitative analysis was carried out using the AEIOU method, 50 cyclists of the Tabriz Islamic Art University were selected using non-random sampling method. Using a desirability testing of 3 subjects, a quantitative survey was done. After the preparation of the design requirements, by using SCAMPER technique, ideas were evaluated through DFV technique and the final idea was developed.

Results: The results showed that users are faced with more psychological than physical problems during a gear shift. According to the desirability testing, the subject (2) with a score of 883, and the ratio of desirability of 1.212 compared to the subject (3) and 1.256 compared to the subject (1), was the most desirable product, which indicates the direct relation of the utility rate with the simplicity.

Conclusion: Since most users' mistakes in understanding the logical displacement of the gears lead to poor bike switching conditions, the design of the product focuses on reducing user error and the number of additional operations and accelerating the user decision making process.

Keywords: User-centered design, User error, Task, Desirability testing

How to Cite This Article:

Ipaki B, Merrikhpour Z. Designing Bike Shift Lever with User-Centric Design Approach. J Ergon. 2018; 6 (3): 43-54

طراحی اهرم تغییر دنده دوچرخه با رویکرد طراحی کاربرمحور

بهرام ایپکی^{۱*}، زهرا مریخ پور^۲

۱. کارشناسی ارشد طراحی صنعتی، گروه طراحی صنعتی، دانشکده طراحی اسلامی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
۲. عضو هیئت علمی، گروه طراحی صنعتی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ وصول: ۱۳۹۷/۲/۲۶	زمینه و هدف: یکی از نکات مهم در طراحی کاربرمحور، توجه به شرایط فیزیکی و روانی کاربر و خطاهای ناشی از طراحی نامطلوب است. سیستم تغییر دنده دوچرخه و اهرم آن، از پیچیده‌ترین اجزای دوچرخه است که تعاملات فیزیکی و روانی متعدد کاربران با آن منجر به تأثیراتی بر جسم و روان آنها می‌شود. هدف از این پژوهش، شناخت دقیق نیازهای دوچرخه‌سواران در تعامل با محصول و طراحی محصول برای آن است.
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۱	روش کار: در این پژوهش ابتدا با روش AEIOU تحلیلی کیفی صورت گرفت. در ادامه ۵۰ دوچرخه‌سوار دانشگاه هنر اسلامی تبریز با روش نمونه‌گیری غیرتصادفی دردسترس پژوهش قرار گرفتند و با سنجش مطلوبیت ۳ آزمودنی، از آنها نظرسنجی کمی به عمل آمد. پس از آماده‌سازی پیش‌نیازهای طراحی، با استفاده از تکنیک اسکمپر، ایده‌هایی ارائه و با روش DFV ارزیابی شد و ایده نهایی شکل گرفت.
انتشار آنلاین: ۱۳۹۷/۱۰/۵	یافته‌ها: یافته‌های اولیه نشان داد که کاربران حین تغییردنده با مشکلات روانی نسبت به مشکلات فیزیکی بیشتر مواجه می‌شوند. همچنین طبق سنجش مطلوبیت، آزمودنی (۲) با مجموع امتیاز ۸۸۳ و میزان نسبت مطلوبیت ۱،۲۱۲ نسبت به آزمودنی (۳) و ۱،۲۵۶ نسبت به آزمودنی (۱) از نظر کاربران، مطلوب‌ترین محصول بود که این مسئله نشان داد میزان مطلوبیت با سادگی طراحی آزمودنی‌ها رابطه مستقیم دارد.
نویسنده مسئول: بهرام ایپکی کارشناسی ارشد طراحی صنعتی، گروه طراحی صنعتی، دانشکده طراحی اسلامی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران پست الکترونیک: ipakdesign@gmail.com	نتیجه‌گیری: از آنجایی که بیشتر اشتباهات کاربران در درک جابه‌جایی منطقی دنده‌ها منجر به نامطلوب‌بودن شرایط تعویض دنده دوچرخه می‌شود. طراحی محصول مدنظر با تمرکز بر کاهش خطای کاربر و تعداد عملکردهای اضافی، تسریع در فرایند تصمیم‌گیری کاربر و بدون آسیب‌رسانی به سیستم تعویض دنده دوچرخه صورت گرفت.
	واژه‌های کلیدی: طراحی کاربرمحور، خطای کاربر، وظیفه، سنجش مطلوبیت

مقدمه

یکی از نکات مهم در طراحی کاربرمحور، توجه به شرایط فیزیکی و روانی کاربر و خطاهای ناشی از طراحی نامطلوب محصول در هنگام استفاده است. امروزه دوچرخه‌سواری به‌عنوان فعالیت تفریحی و حرفه‌ای محسوب می‌شود که تعاملات فیزیکی (حفظ تعادل، گرفتن فرمان، رکاب‌زدن، تعویض دنده، کاهش و افزایش سرعت و ترمز کردن) و روانی متعدد کاربران با آن منجر به تأثیراتی بر جسم و روان آنها می‌شود. یکی از اجزای دوچرخه که کاربران با آن بیشترین تعامل و ارتباط را دارند، اهرم تغییر دنده دوچرخه است. در صورت طراحی نامناسب عناصر تعاملی (گرافیک، فرم، آیکن، نشانگر، مواد و ابعاد) در اهرم تعویض دنده، کاربران با سختی و خطا در انجام عملیات مواجه می‌شوند. توجه به خطای کاربر در مهندسی عوامل انسانی از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌طوری که خطاهای کاربران می‌تواند باعث ایجاد اختلالات فیزیکی و روانی در کاربر و همچنین آسیب به محیط و اشیای پیرامون آن شود. منشأ اصلی این خطاها

معمولاً طراحی‌های ضعیف عناصر تعاملی، تعداد بالای وظیفه (task) و پیچیدگی بی‌دلیل است [۱]. Lopez و همکاران (۲۰۱۰)، خطاها را در طراحی مهندسی دارای طبقه‌بندی، علت و پیشگیری می‌دانند. برای مثال طبقه‌بندی خطای بصری بین شیء و عوامل آن با کاربر جزء طراحی تعاملی و طراحی روابط کاربری هستند [۲]. به همین دلیل، یافتن علت، طبقه‌بندی و درنهایت آماده‌سازی برای پیش‌گیری از خطا در فرایند طراحی محصول می‌تواند شرایط و وضعیت مطلوبی برقرار کند. روابط کاربری در عوامل بصری جزء مهمی در طراحی گرافیک کاربرمحور (UCGD) هستند [۳]. Frascara (۲۰۰۶) در پژوهش خود دربارهٔ پیدا کردن مسیرها از سوی کاربران به این نتیجه رسیده بود که افراد معمولی بدون مهارت نمی‌توانند از نقشه‌هایی که به‌خوبی طراحی گرافیکی نشده‌اند، مسیر خود را به‌درستی تشخیص دهند [۳]. یک محصول کاربرمحور ممکن است دارای عناصر گرافیکی و یا سایر عناصری که با پنج حس انسان قابل‌درک است، باشد تا کاربران با مشکلات و خطاها مواجه نشوند و

دیده شد. در ادامه برای انجام مطالعه تخصصی و دقیق تر ابعاد دیگر مسئله در پژوهش حاضر، این مسئله به روش AEIOU (Activities, Environments, Interactions, Objects, Users) و سنجش مطلوبیت (Desirability Testing) بررسی شد تا بتوان به کمک طراحی کاربرمحور به اهداف پژوهش که شامل کاهش خطای کاربران دوچرخه سوار حین تعویض دنده و ایجاد یک تجربه خوش آیند و مطلوب با بهره‌وری بالا است، دست یافت. در مرحله اول برای تعریف کلی صورت مسئله طراحی به شکل توصیفی از روش AEIOU که روشی تحلیلی مبتنی بر تحقیق میدانی (مشاهده و مصاحبه) است، استفاده شد. AEIOU یک روش تحلیل مسئله است که پس از مشخص کردن مؤلفه‌ها، براساس نوع فعالیت‌های مدنظر (ایجاد فعالیت جدید و یا فعالیت قبلی)، مسائل محیطی، مکان و زمان استفاده، تعاملات فیزیکی و ذهنی با محصول مدنظر و گروه هدف را مشخص می‌کند [۱۵]. در مرحله دوم پژوهش، طبق مؤلفه‌های ازپیش‌تعیین‌شده سنجش مطلوبیت، نظرسنجی به عمل می‌آید و در ادامه مؤلفه‌های مثبت و منفی سه نمونه پراستفاده، طبق نظرسنجی استخراج و میزان نیاز و مطلوبیت آنها نیز بررسی شد. پس از آماده‌سازی پیش‌نیازهای طراحی (Design Requirement) به کمک اطلاعات کمی به دست آمده از سنجش مطلوبیت، در ادامه با تکنیک ایده‌پردازی اسکمپر (SCAMPER: Substitute, Combine, Adapt, Modify, Put to another use, Eliminate, Reverse, Add) ایده‌هایی ارائه شد که از طریق شاخص‌های Desirable, Feasible, Viable (مطلوبیت، امکان‌پذیری، ماندگاری و سازگاری) DFV ارزیابی و ایده‌های مخرب حذف شده و ایده‌های نهایی استخراج و با یکدیگر ترکیب شدند که منجر به خروجی کیفی پژوهش و طراحی کاربرمحور اهرم تغییر دنده دوچرخه شد. مدل مفهومی به کاررفته در فرایند طراحی، در شکل ۱ ارائه شده است.

مرحله اول؛ درک صورت مسئله طراحی به روش AEIOU

فعالیت‌ها: دوچرخه‌سواری را می‌توان به‌عنوان فعالیت تفریحی و ورزش حرفه‌ای در نظر گرفت که برخی از نقاط بدن، از جمله فیزیکی و روان کاربر را درگیر می‌کند. مجموعه اعمال فیزیکی حین عمل، شامل گرفتن فرمان، نشستن و رکاب‌زدن، حفظ تعادل، تعویض دنده، کاهش و افزایش سرعت و ترمز کردن با تأثیر بر جسم کاربر در ادامه زمینه‌ساز تأثیرات متعددی بر روان فرد است. با توجه به اهمیت مجموعه تغییرنده و ارتباط مستقیم و غیرمستقیم آن با سایر فعالیت‌های فیزیکی و روانی، طراحی دوباره این بخش به منظور کاهش مشکلات فعلی در انجام وظیفه (task)، به‌عنوان نقطه تمرکز پژوهش حاضر در نظر گرفته شده است.

محیط‌ها: محیط‌های استفاده شامل مناطق کوهستانی، گرم و خشک و معتدل - جاده‌های خاکی و آسفالت - انواع شیب‌ها با درجات استاندارد (۱۵ درجه) و در تمام ساعات شبانه‌روز است.

کار را به‌درستی تشخیص و به انجام برسانند. بخشی از اهرم دنده دوچرخه را عناصر گرافیکی و بصری شامل نشانگرها و رنگ‌ها تشکیل می‌دهد. از همین رو طراحی کاربرمحور برای ایجاد تعاملات پیشرفته به منظور کاهش خطاهای کاربر و مشکلات ارگونومی، یک ابزار پیشرفته و مهم به حساب می‌آید. برای مثال Dorneich و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که طراحی صحیح پیکره گرافیکی (interfaces design) در برقراری ایمنی و کاهش خطای کاربران در طراحی محصولات کاربرمحور نقش مهمی دارد. طراحی کاربرمحور (UCD) یک طراحی چندمحوری بر پایه فعالیت‌های تأثیرگذار بر کاربران و فهم کاربر از انجام یک وظیفه (task) به کمک فرایند طراحی و ارزیابی است [۵]. مهم‌ترین هدف طراحی کاربرمحور ایجاد تجربه خوش آیند و تعاملی برای کاربر، با در نظر گرفتن مطلوبیت و قابلیت استفاده از مصنوع یا خدمت مدنظر است [۶]. امروزه طراحی محصول فرایند خلق محصول جدید برای استفاده افراد است [۷]. اما طراحی کاربرمحور و تمرکز بر ویژگی کاربران به همراه آزمون‌های قابلیت استفاده، سنجش مطلوبیت و ... از کاربران بیشتر در توسعه یک محصول، یعنی پس از طراحی و برای ارتقای وضعیت محصول بررسی می‌شود [۸]. طراحی کاربرمحور یک فرایند مشارکتی بین طراح و کاربران است که گاهی اوقات به دلیل سنجش‌های نامناسب براساس موضوع و انتخاب روش نادرست جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات از سوی طراح، منجر به طراحی محصول نامطلوب و آزاردهنده از نظر وضعیت عملکرد، استفاده، ظاهر و ارگونومی می‌شود. هدف از طراحی اهرم تغییر دنده در دوچرخه، تأمین راحتی کاربر براساس محیط پیرامون (نوع جاده و شیب آن) است. در اینجا مسئله اصلی این است که آیا در اهرم‌های تغییر دنده فعلی، کاربر در هنگام تعویض دنده در وضعیت مناسبی قرار می‌گیرد؟ برای درک صحیح موضوع، نیاز به بررسی تخصصی میزان رضایت کاربران از محصولات فعلی است. ایده اصلی این پژوهش براساس چگونگی غلبه بر وضعیت پیچیده تعاملات ارگونومی و خطاهای کاربر شکل گرفته است. از طریق تحلیل دلایل پیچیدگی محصول، امکان درک پدیده تعامل بین محصول و کاربر آسان‌تر شده و دستورالعملی کارآمد برای مدیریت و کنترل آن تدوین می‌شود.

روش کار

این پژوهش از روش ترکیبی (Mixing Method) بهره می‌برد که از دو بخش کمی و کیفی تشکیل شده است. اطلاعات کاربر در فرایند UCD منبعی مهم برای دستیابی به یک نوآوری کاربرمحور است [۹]. از همین رو دریافت اطلاعات از کاربران به روش ترکیبی می‌تواند نتیجه مناسبی در ایده‌پردازی و طراحی نهایی داشته باشد. از آنجا که یکی از مهم‌ترین اجزای دوچرخه اهرم تغییر دنده است و با توجه به اشکالات فعلی این محصول مانند تعامل ضعیف کاربر با آن، طراحی غیرارگونومیک به لحاظ فیزیکی و روانی، طولانی بودن مراحل تعویض دنده، نیاز به طراحی مجدد و توسعه آن در راستای ایجاد تعامل مؤثر با کاربر ابتدا به کمک تجربه شخصی



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش و طراحی

به‌موقع و سریع دنده از آسیب فیزیکی و روانی به کاربر و سایر قطعات محصول جلوگیری می‌کند. در شکل ۲، چهار نوع اهرم تعویض دنده دوچرخه دیده می‌شود که اولین تصویر از سمت راست مختص دوچرخه‌های مسابقه‌ای طراحی شده و ویژگی متفاوتی با سه گروه دیگر دارد. حالت مسابقه‌ای خارج از اهداف این پژوهش است. در تصویر پایین‌تر اجزای تشکیل‌دهنده مربوط به دنده و وضعیت بد قرارگیری زنجیر در بین دو چرخ‌دنده دوچرخه است که باعث آسیب به محصول و اشتباهات مکرر کاربر می‌شود. در این پژوهش، هدف برطرف کردن مشکلاتی از این قبیل نیز در نظر گرفته شده است.

کاربران: کاربران این محصول دوچرخه‌سواران حرفه‌ای هستند و بیشتر شامل افراد جوانی با گروه سنی ۱۵ الی ۳۰ سال می‌شوند که به‌طور مداوم در حال انجام دوچرخه‌سواری هستند که جامعه آماری پژوهش از این افراد انتخاب می‌شوند.

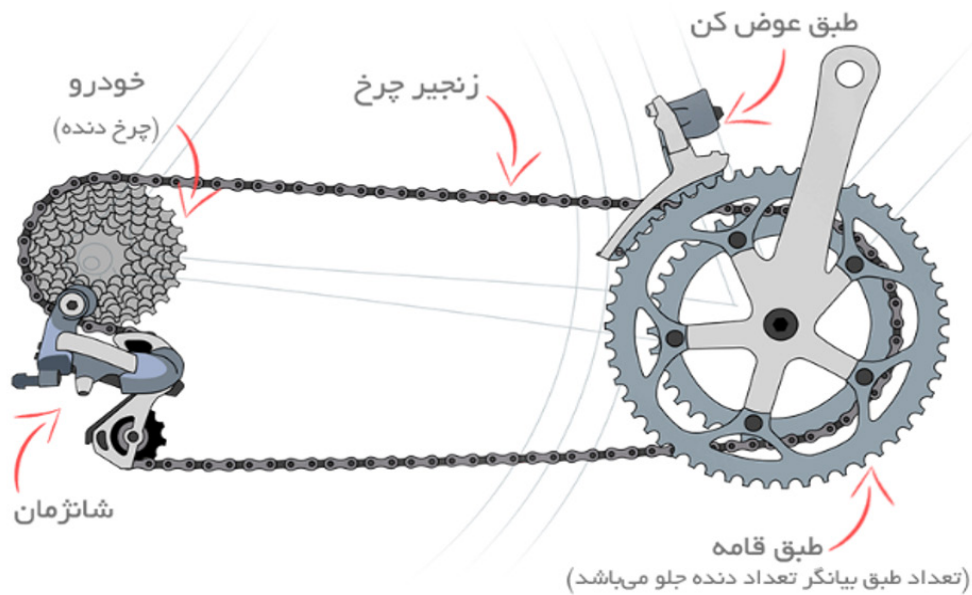
تعاملات فیزیکی و روانی: تعاملات فیزیکی شامل برخورد کاربر با اهرم تعویض دنده، اهرم ترمز، دسته‌فرمان، جنس و بافت دسته‌فرمان، رکاب و نشیمنگاه دوچرخه است که این پژوهش با هدف تمرکز بر چگونگی تغییر دنده انجام می‌شود. تعاملات فیزیکی زمینه‌ساز تعاملات روانی محسوب می‌شوند. تعاملات روانی در اثر چگونگی دقت و کیفیت رفتار یک عملکرد به کاربر منتقل می‌شود. در اینجا عناصر بصری و گرافیکی، عناصر صوتی هنگام تغییر دنده، سرعت و دقت تعویض دنده تعیین‌کننده چگونگی تعامل روانی فرد در تغییر وضعیت دنده است.

شیء و مصنوع مطلوب: سیستم تعویض دنده مجموعه درهم‌تنیده و پیوسته‌ای است که قطعات زیادی در به انجام رساندن آن به شکل موفقیت‌آمیز یا ناموفق به ایفای نقش می‌پردازند. توجه به این نکته ضروری است که تعویض

آزمودنی انتخاب شد و از سوی کاربران براساس مؤلفه‌های آزمون مطلوبیت که در جدول ۱ ارائه شده است موردسنجش قرار گرفت. نوع امتیاز سنجش به این شکل است که در هر خانه یا امتیاز ۱ و یا امتیاز ۰ لحاظ شده و در نهایت ضریب می‌خورد. شکل ۳ آزمودنی‌های پژوهش را نشان می‌دهد. نظرسنجی در محیطی مناسب انجام شد و همچنین برای جلوگیری از سوگیری در فهم آزمون‌دهندگان، مؤلفه‌ها به شکل شفاهی توضیح داده شد.

مرحله دوم: سنجش مطلوبیت

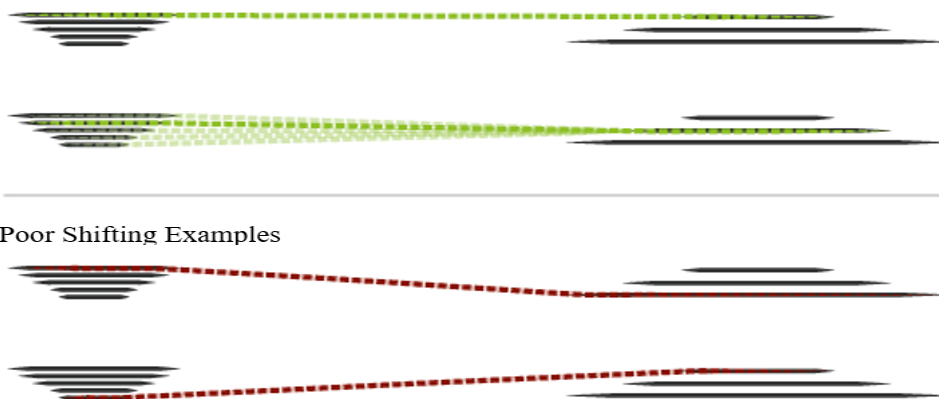
در این مرحله از پژوهش، طبق مؤلفه‌های سنجش مطلوبیت از کاربران نظرسنجی به شکل مستقیم به عمل آمد. جامعه مدنظر تمامی دوچرخه‌سواران حرفه‌ای دانشگاه هنر اسلامی تبریز انتخاب شدند که براساس روش نمونه‌گیری غیرتصادفی ساده تعداد ۵۰ دوچرخه‌سوار به‌عنوان نمونه پژوهش در دسترس قرار گرفت. به این ترتیب سه محصول رایج و شناخته‌شده از نظر نوع استفاده، طبق شکل ۲ به‌عنوان



Good Shifting Examples
Cassette

Shifting Technique

Front Chainrings



شکل ۲. معرفی اجزای مختلف مربوط به تعویض دنده و مشکل رایج آن

جدول ۱. ترجمه و منتخب مؤلفه‌های آزمون مطلوبیت به‌همراه ضرایب و سه اهرم مورد استفاده در نظرسنجی طبق Martin ۲۰۱۲

مؤلفه‌های اصلی	زیرموشی‌ها	آزمودنی ۱	آزمودنی ۲	آزمودنی ۳
کیفیت عملکرد	پیشرفته (۲)			
	مقتدر			
	خلاقانه			
ظاهر محصول	دوستانه (۴)			
	جذاب (۲)			
	حرفه‌ای (۲)			
راحتی استفاده	استفاده آسان (۶)			
	قابلیت کنترل			
	قابلیت فهم (۲)			
	سودمند			
	وضوح (۳)			
	دقت بالا (۲)			
	سادگی			
	قابلیت استفاده (۵)			
	دسترسی (۲)			
	ایجاد وابستگی (۴)			
طریقهٔ ایجاد انگیزش	الهام‌بخش			
	ارزشمندی			
سرعت انجام کار	پرسرعت (۳)			
	به‌صرفه (۲)			
جمع				



شکل ۳. آزمودنی‌های پژوهش

یافته‌ها

یافته‌های حاصل از AEIOU

یافته‌های حاصل از مصاحبه و بررسی نمونه‌های موجود (AEIOU) نشان داد که کاربران در حین تعویض دنده با مشکلات روانی نسبت به مشکلات فیزیکی بیشتر مواجه می‌شوند. به‌طور کلی بیشتر اشتباهات کاربران در درک جابه‌جایی منطقی دنده‌ها بود. همچنین مسئله تعویض و جابه‌جایی دنده برای کاربر پیچیده و گیج‌کننده است و باعث خشم و کلافگی او می‌شود. کاربر مدام حین تغییر شرایط

محیطی، دنده را تعویض می‌کند تا به بهترین حالت برسد. از طرفی فرایند انجام این کار برای کاربر بسیار طولانی و به‌نوعی اتفاقی صورت می‌گیرد. در ادامه خطای تعاملی که شامل سرعت و دقت انتقال نوع رفتار و یا عملکرد محصول به کاربر برای تصمیم‌گیری وی است مورد پژوهش قرار گرفت. بررسی نشان داد، سرعت انتقال پس از تجربه مشتری افزایش پیدا می‌کند؛ ولی دقت آن با توجه به تنوع زیاد دنده‌ها و حافظه کاربر کاهش می‌یابد. در ادامه نیز یافته‌های کیفی حاصل از AEIOU در قالب جدول ارائه شده است.

جدول ۲. یافته‌های مرحله اول پژوهش

ردیف	اشکالات اهرم تعویض دنده فعلی
۱	عملکرد نامطلوب کنترل تعویض دنده و عناصر جانبی در تقابل با عناصر اصلی
۲	نیاز به اعمال نیروی زیاد توسط انگشتان دست به هنگام تعویض دنده با استفاده از اهرم‌ها
۳	مشخص نبودن چگونگی سازگاری دنده‌ها با یکدیگر
۴	شفاف نبودن رفتار کلی اهرم‌ها (بالا پایین - چپ و راست - کم‌زیاد)
۵	از دست دادن کیفیت عملکرد اهرم‌ها در جابه‌جایی دنده با گذشت زمان
۶	کشش زنجیر و آسیب‌رساندن به عملکرد قامه و جعبه‌دنده (خودرو) در هنگام استفاده به مرور زمان
۷	طراحی غیر ارگونومیک پیکره کلی اهرم‌ها به لحاظ فرم، مترتال، بافت و ... (در حالت کلی)
۸	کاهش توانایی کاربر در جابه‌جا کردن اهرم‌ها در فصل‌های سرد به دلیل بی‌حس شدن انگشتان دست
۹	زمان بر بودن مراحل تعویض دنده
۱۰	نبود امکاناتی مانند کیلومترشمار و قطب‌نما در دوچرخه و لزوم خریداری و نصب آنها به‌صورت جداگانه
۱۱	بلااستفاده بودن تعداد دنده‌ها در طبق قامه
۱۲	واضح نبودن و ناخوانایی اعداد تعویض دنده در اهرم در نور کم
۱۳	نیازمند به اعمال نیروی زیاد رکاب برای راه‌اندازی مجدد دوچرخه پس از ترمز ناگهانی

نسبت به آزمودنی (۲) با اختلافی ناچیز در راحتی استفاده برای کاربران مطلوب‌تر است. همچنین تجربه کاربران از آزمودنی‌ها نشان می‌دهد که:

۱. محصول شماره ۱ طول عمر پایینی دارد. ۲. محصول شماره ۲ عملکرد اضافی در قسمت خلاص دنده دارد که استفاده از آن به قدری که باید مفید باشد، نیست و پیکره را پیچیده می‌کند. ۳. محصول شماره ۲ زمان بیشتری برای تعویض دنده می‌برد؛ زیرا باید یک‌به‌یک دنده را افزایش داد.

یافته‌های حاصل از Desirability Testing

با توجه به اعداد به‌دست‌آمده از آزمودنی‌ها طبق سنجش مطلوبیت، آزمودنی (۲) با مجموع امتیاز ۸۸۳ و میزان نسبت مطلوبیت ۱،۲۱۲ نسبت به آزمودنی (۳) و ۱،۲۵۶ نسبت به آزمودنی (۱) از نظر کل مؤلفه‌های مطلوبیت، مطلوب‌ترین محصول از نظر کاربران مطالعه است که این مورد نشان داد میزان مطلوبیت در اینجا با سادگی آزمودنی‌ها رابطه مستقیم دارد. با وجود این، آزمودنی ۳ نیز با نسبت مطلوبیت ۱/۰۵۶

جدول ۳. یافته‌های مرحله دوم پژوهش

جمع کل	سرعت	انگیزش	راحتی استفاده	ظاهر	کیفیت
۷۰۳	۸۹	۶۹	۳۶۱	۱۲۰	۶۴
۸۸۳	۱۰۷	۱۰۹	۴۲۳	۱۴۳	۱۰۱
۷۲۸	۸۸	۲۱	۴۴۷	۱۳۷	۳۵

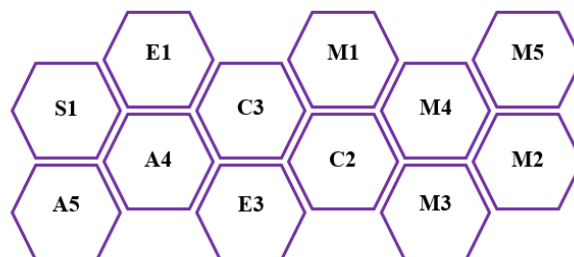
جدول ۴. ایده‌پردازی به کمک تکنیک اسکمپر

ایده‌پردازی به کمک SCAMPER					
جایگزینی /Substitute	S1 طراحی کیفی و کمی شمارش دنده‌ها	S2 جایگزینی دنده‌های قامه با حالت بیضی	S3 استفاده از دکمه به جای اهرم	S4 جایگزینی شمارشگرهای دیجیتالی	
ترکیب / Combine	C1 ترکیب اهرم دنده با کیلومتر شمار	C2 ترکیب اهرم دنده با اهرم ترمز	C3 طراحی مرتبط عملکرد ترمز با اهرم دنده		
تطبیق دادن / Adapt	A1 عملکرد ترمز مبتنی بر تعویض دنده	A2 پشتیبانی اهرم دنده در حالت شب و روز	A3 اعلام اخطار در موقعیت‌های خطرناک	A4 عمل نکردن در حالت‌های خارج از استاندارد	A5 در نظر گرفتن باز خورد صوتی خوشایند در هنگام تعویض دنده اهرم
اصلاح کردن / Modify	M1 به‌کارگیری مترپال مستحکم در بدنه	M2 لزوم وضوح بالای نشانگرها	M3 به‌کارگیری عناصر گرافیکی دقیق‌تر به منظور عملکرد استاندارد اهرم	M4 طراحی دوباره ارگونومیک قسمت‌های مرتبط با تعامل انگشتان دست با محصول	M5 امکان جابه‌جایی دنده بدون نیاز به اعمال نیروی زیاد
Put to another use / استفاده دیگر	P1 استفاده از ترمز برای کاهش سرعت دنده	P2 عمل کردن اهرم در مواقع ضروری به جای ترمز			
Eliminate / حذف کردن	E1 حذف خلاص‌کننده‌ها	E2 تغییر تعداد دنده‌های قامه	E3 حذف عناصر پیچیده اضافی	E4 امکان تعویض دنده از اهرم ترمز	
Reverse / معکوس کردن	R1 نمایان بودن عملکرد داخلی محصول				

۱. امکان تعویض دنده در کمترین زمان ممکن. ۲. شفافیت چگونگی عملکرد تعویض دنده برای کاربر ۳. ترکیب دسته ترمز به‌همراه اهرم تعویض دنده ۴. طراحی ارگونومیک دسته ترمز و اهرم تعویض دنده ۵. گشتالت زیبا و اصیل عناصر مختلف محصول به‌منظور ایجاد تعامل مؤثر با کاربر (گرافیک کاربر محور) ۶. کاهش تعداد مراحل تعویض دنده و تناسب قامه و خودرو در حین انتخاب دنده (صاف‌بودن زنجیر) ۷. ساده‌بودن عملکرد تعویض دنده از سوی کاربر. در ادامه، ایده‌پردازی به کمک تکنیک اسکمپر، طبق پیش‌نیازهای طراحی انجام شد که در جدول ۴ ارائه شده است.

ارزیابی به کمک DFV و ادغام ایده‌های برتر

به‌منظور نتیجه‌گیری بهتر برای حذف یا کاهش ایده‌هایی که تناسب زیادی با هدف پژوهش نداشتند، طبق مؤلفه‌های DFV رفتار شد که در شکل ۴ ادغام ایده‌های منتخب مشاهده می‌شود.



شکل ۴. ادغام ایده‌های منتخب حاصل از تکنیک اسکمپر

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف کاهش اشتباهات کاربران در حین انجام تعویض دنده و بهبود تعاملات کاربر با محصول انجام شد. نتایج حاصل از این نظرسنجی نشان داد که در مؤلفه راحتی استفاده، بالاترین امتیاز متعلق به عملکرد آزمودنی شماره ۳ است که می‌توان از ویژگی‌های آن در طراحی محصول جدید بهره گرفت. با توجه به نزدیکی امتیاز ویژگی‌های ظاهری آزمودنی شماره ۳ به آزمودنی برتر، می‌توان در طراحی گشتالت محصول جدید از آن استفاده کرد.

پیش‌نیازهای طراحی (Design Requirement)

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به نظر می‌رسد که ترکیب کردن برخی از ویژگی‌های آزمودنی ۲ و ۳ با یکدیگر می‌تواند در طرح جدید مؤثر باشد؛ بنابراین پیش‌نیازهای طراحی محصول مطلوب، شامل نکات زیر است:

برای مسیرهای سربالایی طراحی شده است. در قسمت سمت راست تصویر دسته دنده مربوط به قامه و سه حالت سمت چپ برای خودروی دوچرخه در نظر گرفته شده است. اگر علاوه بر ۳ دنده جلو، ۹ دنده عقب را به شکل طبقه‌ای در نظر بگیریم، شکل ۵. محصول نهایی طراحی شده اهرم تغییر دنده دوچرخه

سه دنده اول خودرو، متناسب با دنده کوچک قامه، سه دنده دوم خودرو متناسب با دنده متوسط قامه و سه دنده سوم متناسب با دنده بزرگ قامه است که دنده‌ها به ترتیب سبک تا سنگین تنظیم خواهند شد. در این حالت در هر وضعیت قامه امکان سه انتخاب برای کاربر وجود دارد که همین امر موجب افزایش دقت و صحت انتخاب دنده براساس شرایط، کاهش آسیب‌های احتمالی وارد بر سیستم تعویض دنده دوچرخه و وضعیت صحیح قرارگیری دنده مطابق آنچه در شکل ۲ (قسمت سبزرنگ) نشان داده می‌شود. همچنین با اطلاع کاربر از دنده بعدی و قبلی تعداد شمارش دنده برای کاربر بسیار ساده است. در ادامه، جدول ۵ میزان تطبیق طرح نهایی با ایده‌ها را به شکل کم متوسط و زیاد نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، ۱۲ ایده از ۲۴ ایده حاصل از تکنیک اسکمپر، به‌عنوان ایده‌های منتخب برگزیده شد. نکته جالب‌توجه این است که از بخش P و R تکنیک اسکمپر هیچ ایده‌ای استخراج نشد و قسمت مربوط به M (اصلاح کردن) امکان‌پذیرترین ایده‌های طراحی تشکیل شد.

طراحی نهایی کاربرمحور UCD

پس از انجام مراحل تحقیق و ایده‌پردازی، در مرحله نهایی محصول منتخب با نرم‌افزار Rhino و Key shout طراحی و شبیه‌سازی شد (شکل ۵). Cannon (۲۰۱۵) در پژوهش خود نشان داد که کاهش تعداد مراحل وظیفه یا همان (task) در طراحی نسبت به محصول اولیه باعث افزایش بهره‌وری و کاهش اشتباهات در به انجام رساندن آن از سوی کاربر می‌شود [۱۶]. در این محصول با کاهش تعداد عملکردهای اضافی، کاربر براساس شرایط خود و محیط استفاده می‌تواند انتخاب‌های متفاوتی داشته باشد. در محصولات متداول ۳ دنده در جلو (قامه) و ۹ دنده در عقب (خودرو) وجود دارد. در اینجا وضعیت دنده‌ها ۳×۳ است به طوری که فلش پایین برای دنده سنگین و حرکت در مسیرهای سرپایینی مناسب است. خط مستقیم برای جاده‌های بدون شیب و فلش روبه‌بالا



شکل ۵. محصول نهایی طراحی شده اهرم تغییر دنده دوچرخه

جدول ۵. وضعیت تطبیق طرح نهایی با ایده‌ها

نام ایده	میزان تطبیق	توضیحات
S1	●	طراحی کیفی و کمی شمارشگرها، با تقسیم‌بندی وظایف به دو گروه
C2	●	اهرم ترمز ترکیب شده است.
C3	△	ترمز شدید دوطرفه برای کاهش دادن دنده (کاربر برای رکاب مجدد نیاز به دنده سبک دارد) / نیاز به مهندسی دقیق‌تر داشته و پرهزینه است.
A4	●	به دلیل سیستم تطبیقی هیچ حالت غیراستانداردی در تغییر وضعیت دنده وجود ندارد.
A5	△	صدای لذت‌بخش برای کاربر حین تعویض دنده / نیاز به مهندسی دقیق‌تر داشته و پرهزینه است.
M1	□	استیل ضدزنگ
M2	●	نشانگرها ساده‌اند و به دلیل رنگ و ابعادی که دارند، دارای وضوح بالایی هستند.
M3	●	استفاده از اعداد و فلش‌ها به کاربر نشان می‌دهد که باید چه حرکتی را چه هنگامی انجام دهد.
M4	●	شستی‌های اهرم حالت نرم از جنس سیلیکون با دانسیته بالا، بافت برای کنترل بیشتر دارند.
M5	●	کاهش مراحل تعویض دنده مدت اعمال نیرو را کم می‌کند.
E1	●	خلاص‌کننده‌ها حذف شدند؛ اما در عوض سیستم دیگری برای انجام همان کار با تعداد مراحل کمتر اعمال شد.

به دلیل طراحی پیکره گرافیکی مناسب و فرم ارگونومیک، آسیب‌نرسیدن به سیستم تعویض دنده دوچرخه، به دلیل تناسب قامه و خودرو از طریق توازن زنجیر و همچنین زیبایی بصری و ترکیب آن با دسته ترمز صورت گرفت.

نورمن (۲۰۱۰) اشاره دارد که وظیفه (task) تعبیه‌شده در محصول، به غیر از مواردی که ایمنی مطرح است باید به قدری برای کاربر ساده باشد تا احمقانه به نظر برسد. از همین رو با توجه به مضمون این پژوهش و موضوع طراحی که مسئله اصلی آن با توجه به یافته‌ها بیشتر حل مشکلات روانی (خطای کاربر و ضعف تعامل با محصول) به شکل ساده‌سازی مراحل انجام کار بود، قابلیت تعمیم نتایج طراحی با احتیاط به سایر کاربران دوچرخه‌سوار حرفه‌ای با سن ۱۵ تا ۳۰ سال وجود دارد. اگر محصول، مشکلات آنتروپومتری برای کاربران ایجاد کرده بود، قابلیت تعمیم به کل جامعه با توجه به تفاوت در پارامترهای تن‌سنجی امکان‌پذیر نبود.

طبیعتاً نتایج پژوهش و میزان رضایت کاربران از هر یک از مدل‌ها با توجه به تجربیات پیشین آنها و جدا از پیکره اصلی دوچرخه ارزیابی شد و امکان نصب آنها بر دوچرخه به صورت یکپارچه به منظور آزمون کاربران در این پژوهش فراهم نبود و این مسئله، محدودیت پژوهش حاضر بود. پیشنهاد می‌شود برای شناسایی و حل خطای کاربران یک مدل تئوری جامع طراحی شود؛ چراکه در این پژوهش، شناسایی ابعاد دقیق خطاهای کاربران با یک روش میسر نبود و به همین دلیل برای رسیدن به اهداف از چند روش استفاده شد.

در این پژوهش استفاده از روش ترکیبی منجر به شناخت دقیق‌تر نیازها و خواسته‌های کاربران و اعمال مؤلفه‌های مطلوبیت در طراحی اهرم تغییر دنده دوچرخه متناسب با خواسته‌های آنها شد. سنجش مطلوبیت نشان داد که آزمودنی‌هایی که دارای وظایف تعبیه‌شده کمتری در خود هستند، راحتی استفاده نسبی بیشتری نیز دارند. مؤلفه اصلی راحتی استفاده، یکی از مؤلفه‌هایی است که بیشترین ارتباط را با خطای کاربر دارد [۱۷]. کاربران باید بتوانند اطلاعات را که هنگام مواجهه با وظیفه محصول از طریق حافظه کوتاه‌مدت خود پردازش کرده، به حافظه بلندمدت بسپارند و تعداد وظایف تعبیه‌شده هرچقدر کم باشد، سرعت ذخیره اطلاعات نیز افزایش پیدا می‌کند [۲۱]. بدین ترتیب، طراحی مطلوب و خوب کاربرمحور باید سهولت درک و راحتی استفاده داشته باشد و این امر به کمک وظایف مفید تعبیه‌شده به شکل شفاف و با تعداد کم در محصول میسر می‌شود و باید وظایف اضافی که کاربرد ندارند، کنار گذاشته شوند تا سرعت انتقال اطلاعات به مغز افزایش پیدا کند و به این صورت خطای کاربر با کاهش مواجه خواهد شد [۲۱، ۲۲]. از همین رو طراحی حاضر با توجه به کاهش تعداد مراحل وظیفه (task) نسبت به سه آزمودنی که بیشترین استفاده را در دوچرخه‌ها دارند و تمرکز بر حذف خطاها و آسیب‌های روانی و فیزیکی مربوط به اجزای محصول، از جمله نیروی انگشت شست، بهبود دسترسی به دلیل جابه‌جایی کمتر اهرم، تسریع فرایند تصمیم‌گیری کاربر درباره تغییر دنده متناسب با شرایط محیطی، تعامل مناسب کاربر با وضعیت قرارگیری دنده

تعارض در منافع

بین نویسندگان هیچ گونه تعارضی وجود ندارد.

سپاسگزاری

نویسندگان از تمام کسانی که آنها را در انجام این پژوهش یاری رساندند کمال تشکر و قدردانی را دارند.

Reference

1. Rouse WB. Designing for Human Error: Concepts for Error Tolerant Systems. In: Booher HR, editor. Manprint: An Approach to Systems Integration. Dordrecht: Springer Netherlands; 1990: 237-55. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0437-8_8
2. Lopez R, Love PE, Edwards DJ, Davis PR. Design error classification, causation, and prevention in construction engineering. Journal of performance of constructed facilities. 2010 Jan 8;24(4):399-408. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000116](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000116)
3. Frascara J. User-Centered Graphic Design. UPA 2007 Conf Patterns Blueprints Usability .2006:2-http://www.upassoc.org/usability_resources/conference/2007/prp_033.pdf
4. Dorneich MC, Hamblin C, Olofinboba O, Sándor A, Begault DR, Gohmert D, et al. Human-system interfaces design. Sp Saf Hum Perform .2018;355-428. . 5Mao BJ, Vredenburg K, Smith PW, Carey T. User-centered design practice. Commun ACM 2005;48(3):105-9.
5. Elias H, Filgueiras E, Carvalho B. Design, User Experience, and Usability: Interactive Experience Design .Vol. 9188, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2015:251-262.
6. Services SU, Lane S. Design for usability. Prod Dev [Internet]. 1999;(Bevan 1995):22 <http://www.sciencedirect.com/science/article/B8KN5-4S0B48T-5/2/c83e1a52c-c13331ccb67e4c4165b70f3>
7. Geisen E, Romano Bergstrom J. Usability and Usability Testing. In: Usability Testing for Survey Research .2017: 1-19.
8. Innovation D, Chayutsahakij P, Poggenpohl S. User-Centered Innovation: User-Centered Innov Interplay between User-Research Des Innov. 2002;(1986):10.
9. Hsiao S-W, Lee C-H, Yang M-H, Chen R-Q. User interface based on natural interaction design for seniors. Comput Human Behav .2017;75:147-59. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.05.011>
10. Epema HK, van den Brand S, Gregoor W, Kooijman JDG, Pereboom HP, Wielemaker DC, et al. Bicycle Design: A different approach to improving on the world human powered speed records. Procedia Eng .2012;34:313-8. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.054>
11. Zhang J, Gu P, Peng Q, Hu SJ. Open interface design for product personalization. CIRP Ann 2017;66(1):173-6. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.036>
12. Lanter DP, Essinger R. User-centered graphical user interface design for gis. Natl Cent Geogr Inf Anal Tech Pap .1991:91-6.
13. Experience U, Consultant U, Limited E. Praise for Usability Testing Essentials [Internet]. Usability Testing Essentials. 2011.
14. Martin B, Hanington B, Hanington BM. Universal Methods of Design: 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions. Rockport Publishers; 2012.
15. Cannon AB, Strawderman L, Burch R. Evaluating change in user error when using ruggedized handheld devices. Appl Ergon 2015;51:273-80. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.05.001>
16. Burkolter D, Weyers B, Kluge A, Luther W. Customization of user interfaces to reduce errors and enhance user acceptance..2014:45(2):346-53.
17. Reichart G. How to reduce design and construction errors. Nucl Eng .1988;110(2):251-4.
18. Dosumu OS, Aigbavboa CO. Impact of Design Errors on Variation Cost of Selected Building Project in Nigeria. Procedia Eng .2017;196:847-56. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.016>
19. Baiburin AK. Errors, Defects and Safety Control at Construction Stage. Procedia Eng 2017;206:807-13. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.555>

20. Robier J. UX redefined: Winning and keeping customers with enhanced usability and user experience. UX Redefined: Winning and Keeping Customers with Enhanced Usability and User Experience. 2016. 1-121 .
21. Norman DA. Living with Complexity. Signals. 2010. <http://www.amazon.de/dp/0262014866>