صفحات ۱۱۳ - ۱۲۲
نشریه هنرهای زیبا- هنرهای تجسمی دوره ۲۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸

طراحی محصول با تکیه بر کارکردهای پروتوتایپ

امیر مسعود فریدی‌زاد*

عضو هیئت علمی گروه طراحی صنعتی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۹/۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۱۰/۲۳)

چکیده

پروتوتایپ یکی از شناخته‌شده‌ترین ابزارهای پیشبرد فرایند طراحی محصول به حساب می‌آید. با این وجود کارکردهای این ابزار با کج‌فهمی‌هایی همراه گردیده که منجر به کاربری ناقص آن شده است. با این همه، مطالعات داخلی اندکی به تبیین چیستی پروتوتایپ پرداخته‌اند که بسیاری از وجوه این ابزار را مبهم باقی گذارده است. از این دریچه و با هدف تبیین کارکردهای این ابزار، بازاندیشی کاربری‌های پروتوتایپ به شیوه ترکیبی ارزشیابی- مطالعه موردی از زیرمجموعه روش تحقیق توصیفی و در قالب تحلیل روند انجام یک پروژه بومی، در دستور کار قرار گرفت. پروژه مذکور، طراحی یک محصول پزشکی را از اولین گام‌ها تا انتها، شامل می‌شود. پروتوتایپ در گام‌های گوناگون این پروژه در اشکالی متنوع و با اهدافی متفاوت به کار گرفته شده است. پس از شرح چیستی و چگونگی پیشرفت پروژه در بخش اول، بحث بر کارکردهای متفاوت این ابزار، در بخش دوم مقاله ادامه یافت که به تبیین برخی زوایای پنهان موضوع انجامید. پروتوتایپ در این مسیر به عنوان ابزاری برای خلق زبان مشترک، اتودکردن راه‌حل، نمایاندن ایده غلط، تجسم راه‌حل کلی و نمونه‌سازی و ارزیابی راه‌حل نهایی، ایفای نقش نمود. نتایج مقاله در انتها، به جمع‌بندی گذاره‌های ناشی از کارکردهای پروتوتایپ پرداخت که هریک می‌توانند موضوع مطالعات آتی باشند.

واژه‌های کلیدی

کارکردهای پروتوتایپ، طراحی محصول، تجهیزات پزشکی، ای سی جی.

*تلفن: ۰۳۱-۳۲۲۱۸۱۴۶، نمابر: ۰۳۱-۳۲۲۱۸۲۰۰، E-mail: Faridizad@ut.ac.ir.

مقدمه

درحالی که اخبارِ هرروزه ظهور تکنیک های ساختِ پروتوتایپ[1] های سریع و دقیق، بسیاری از طراحان را به خود مشغول داشته است؛ مرور برخی پروژه‌های دانشجویی همچنان سوءبرداشت‌هایی از کاربردهای پروتوتایپ در هدایت فرایند طراحی محصول را آشکار می‌گرداند. تعابیری از پروتوتایپ که استفاده دیرهنگام آن در فرایند طراحی را باعث گردیده و مفهوم آن را در حد بازنمایی نمونه نهایی محصول، تقلیل داده است. این دیدگاه، با تعاریف سنتی از هدف ساخت پروتوتایپ در آخرین مراحل پروسه طراحی و به منظور آزمایش عملکرد و راندمان محصول پیش از تولید آن (Erlhoff & Marshall, 2008, 317) مشابهت دارد. در این رویکرد، کمتر ردپایی را می‌توان از کاربرد پروتوتایپ در گام‌های اولیه پروژه یافت. موضوعی که با واقعیت پروژه‌های حرفه‌ای طراحی محصول کاملاً متفاوت بوده و در برداشتی غلط از فرایند طراحی ریشه دارد. زاویه دیدی که با در نظرگرفتن تفکری سنتی برای فرایند طراحی، گذاره‌هایی همچون یادگیری از خطا، بازتعریف مسئله، راه‌حل‌محوری و تفکر موازی را که از ارکان تفکر طراحی هستند (فریدی زاد، ۱۳۹۵)، نادیده می انگارد. جالب آنکه این شکل از نگاه محدود به ماهیت پروتوتایپ، مسئله‌ای شایع در میان طراحان مبتدی دیگر کشورها نیز گزارش شده است (Deininger et al., 2017, 26).

در مقابل این رویکرد، طراحان حرفه‌ای به کارکرد گسترده پروتوتایپ از همان مراحل آغازین فرایند طراحی معتقدند. در این دیدگاهِ راه‌حل- محور، پروتوتایپ به عنوان ابزاری جهت ملموس‌سازی ایده‌ها، چندین وظیفه را در طول گام‌های طراحی برعهده دارد و در هر گام، با هدفی متفاوت به‌کار گرفته می‌شود.

پرداختن به فلسفه پروتوتایپ در فازهای مختلف فرایند طراحی در راستای طرح تعریفی جدید از آن (Jensen et al., 2017)، بررسی خلأهای نحوه به کارگیری پروتوتایپ توسط مبتدیان (Deininger et al., 2017)، شناخت جایگاه ابزار تعاملی در کمک به ساخت پروتوتایپ‌های کم وفادار[2] (Kaya et al., 2017)، تبیین مفهومی پروتوتایپ‌های مبتنی براندام کاربران (Kullman, 2016) و بازشناسی تاثیرات ساخت پروتوتایپ در گام‌های اولیه فرایند دیزاین (Elverum & Welo, 2014)، از جمله متأخرترین مطالعات حوزه پروتوتایپ بوده‌اند. با این وجود به نظر می‌رسد دلیل اصلی شکل‌گیری تعابیری ناقص از جایگاه پروتوتایپ، کمبود مطالعاتی است که بتوانند کارکردهای این ابزار را به شکلی عینی تبیین نمایند. از همین رو، هدف مقاله‌ی حاضر، بازشناسی و تبیین برخی کارکردهای پروتوتایپ در جریان پیشبرد فرایند واقعی طراحی محصول است. طرح این موضوع، علاوه بر اصلاح دیدگاه برخی طراحان کم‌تجربه، در یادآوری لزوم اصلاح ساختار و روش تدریس برخی واحدهای درسی رشته طراحی صنعتی، ضروری به نظر می‌رسد.

پروتوتایپ در فرایند طراحی

تفاوت میان آنچه طراحان به دنبال آن هستند با چیزی که دانشمندان عمدتاً پی می‌گیرند، نگاه ارزش‌محور طراحی دانسته می‌شود؛ در این معنی، هدف طراحی نه کشف یک حقیقت، بلکه ساختن یک ارزش است (گرجی مهلبانی، ۱۳۸۶، ۱۲۰) (Owen 2007,19). بر همین اساس روش‌های طراحان نیز با نحوه عمل دانشمندان متفاوت بوده و عمدتاً ساختاری ترکیبی (بر پایه ساخت و ترکیب اجزاء) دارند و دارای حرکتی از سمت راه‌حل به سوی مسئله هستند (Cross, 1982, 221). به گونه‌ای که لاوسون رویکرد طراحان به یافتن پاسخ را روشی راه‌حل محور تعبیر می‌کند (لاوسون، ۱۳۹۲، ۵۸). این روشِ متکی بر ساخت و راه‌حل، ابزارهای ویژه خود را نیز طلب می‌کند. ابزارهایی که فرایند ساخت و ارزیابی مداوم راه‌حل‌های متنوع را، ساده و پرثمرتر گردانند و امکان دستیابی به راه‌حل‌ها را از دل مسائل عمدتاً مبهم طراحی، امکان‌پذیرتر سازند. روی آوردن به اسکیچ‌های کاغذی و پروتوتایپ‌های ملموس را می‌توان پاسخی به این شیوه تفکر طراحان دانست.

به نظر می‌رسد، اولین کاربردهای مهندسیِ ایده پروتوتایپ، متعلق به اولین روزهای شکل‌گیری مهندسی مکانیک باشد (Elverum & Welo, 2014, 492)، جایی که طراحان، کارکردهای فنی را شبیه‌سازی و آزمایش می‌کردند. در بررسی واژگان لغت‌نامه طراحی، کلمه پروتوتایپ ریشه در کلمه پروتو[3]، به معنای اولین دارد (Erlhoff & Marshall 2008, 317). ارائه تعریفی همه جانبه از پروتوتایپ به مانند بسیاری دیگر از مضامین حوزه‌ی طراحی، امری مشکل است؛ اما در یک تعریف ساده، پروتوتایپ را بازنمایی‌های یک دیزاین پیش از خلق مصنوع نهایی، شرح می‌کنند (Kurvinen et al., 2008, 47). چنین تعریفی می‌تواند کاربرد گسترده ابزار پروتوتایپ را در مراحل مختلف پروژه و با اهداف گوناگون نشان دهد. از نگاه طراحانه، پروتوتایپ علاوه بر ابزاری جهت سنجش نتایج راه‌حل، روشی برای کشف، آموختن و توسعه‌ی ایده‌ها نیز به حساب می‌آید (فریدی زاد، ۱۳۹۵، ۳۲). این قابلیت گسترده به گونه‌ای است که بر خلاف طراحان مبتدی که معمولاً پروتوتایپ‌ها را تنها در آخرین مرحله فرایند طراحی به کار می‌گیرند، طراحان حرفه‌ای از پروتوتایپ‌ها با کیفیات و اهداف مختلف، در تمامی طول یک پروژه دیزاین بهره می‌برند (Deininger et al., 2017, 26).

در یک جمع‌بندی اولیه می‌توان دریافت، این گونه‌گونی کاربرد،

سطوح متنوعی از کیفیات و ساختار را در پروتوتایپ‌های مراحل مختلف فرایند طراحی، باعث می‌گردد. تنوعی که با خود، مضامینی چون پروتوتایپ‌های کم وفادار، پروتوتایپ کثیف[۴]، پروتوتایپ‌های کاغذی[۵] و نمونه‌سازی سریع[۶] را به همراه دارد که هر کدام، مؤید نوع خاصی از پروتوتایپ و با هدفی مشخص هستند. در ادامه، طی بررسی فرایند طراحی یک محصول حوزه پزشکی، به تبیین جایگاه هریک از این سطوح پروتوتایپ در پیشبرد یک پروژه طراحی محصول پرداخته خواهد شد.

شرح پروژه

ای سی جی[۷] یا الکتروکاردیوگراف، یکی از شناخته‌شده‌ترین ابزارهای پزشکی جهت بررسی عملکرد قلب است که علاوه بر ضبط چگونگی عملکرد قلب، امکان تهیه خروجی چاپی یا همان نوار قلب را فراهم می‌آورد. مهم‌ترین کاربرد این محصول، تشخیص آریتمی‌های (ناهماهنگی در ضربان) این عضو بدن است. این دستگاه، پس از دریافت سیگنال‌های ورودی و تحلیل آنها، اطلاعات مربوطه را بر نمایشگر ظاهر کرده و نتایج را به کمک یک چاپگر حرارتی درج می‌کند.

این محصول به طور معمول به وسیله‌ی ترالی حمل و نقل می‌شود و ارتباط تعاملی کاربر با آن نسبتاً زیاد است. مهم‌ترین مکانیزم در ساختار فنی آن، مربوط به کارکردهای قسمت چاپگر است و از آنجا که قطعات و مکانیزم‌های مربوط به این محصول در تمامی شرکت‌های خارجی و داخلی محدود است، از استانداردهای مشخصی تبعیت می‌کند. از همین رو صورت مسئله حاضر عمدتاً شامل ترکیب و جایگذاری این قطعات محدود، طراحی بدنه ظاهری محصول و طراحی جزئیات مربوط به ساخت بوده است. در حال حاضر تولید این محصول در کشورمان، توسط چند شرکت پزشکی انجام می‌گیرد. مطالعه حاضر مربوط به طراحی یکی از بروزترین انواع این محصول، به سفارش یک شرکت داخلی بوده است.

انتخاب رده‌ی محصول و ویژگی‌های فنی جهت رقابت مؤثر در بازار، توسط تیم فروش خود شرکت انجام شد و مانند بسیاری دیگر از پروژه‌های طراحی محصول، تیمی از کارشناسان الکترونیک و مکانیک از طرف کارفرما در کنار گروه طراحی همکاری داشته‌اند. فعالیت تیم الکترونیک، اندکی پیش‌تر از تیم طراحی محصول آغاز شد و پس از انجام بخشی از طراحی‌های الکترونیکی و اطمینان از امکان ساخت این محصول، نمونه قطعات اصلی توسط کارفرما انتخاب و به تیم طراحی تحویل گردید. این قطعات شامل برد اصلی، برد تغذیه، چاپگر، نمایشگر لمسی، باطری سیستم و کانکتورهای سیستم بوده است.

گام اول، زبان مشترک

ساخت پروتوتایپ‌ها در مراحل اولیه فرایند باعث ایجاد درکی درست از مسئله و ایده در میان تیم و دیگر ذی‌نفعان می‌گردد (Elverum & Welo, 2014,496). به همان ترتیبی که اسکچینگ را به واسطه ذات آن می‌توان یک زبان طراحی دانست، برخی مطالعات از امکان تلقی پروتوتایپینگ به عنوان یک زبان طراحی سخن گفته‌اند (Yang, 2005, 651). در ادامه این رویکرد، کروینن صراحتاً پروتوتایپ را یک ابزار ارتباطی[۸] می‌نامد (Kurvinen et al., 2008, 47) و لاوسون (۱۳۹۲) از بازنمایی‌های اولیه به عنوان روشی برای مکالمه میان طراح و کارفرما و جهت دستیابی به یک زبان مشترک از چیستی مسئله یاد می‌کند و با توجه به موثر بودن آن در شکل‌دهی این همدلی، از لزوم ارائه سریع و ملموس راه‌حل‌های اولیه به کارفرما سخن می‌گوید.

بر اساس این رویکرد و با تکیه بر قابلیت ارتباطی پروتوتایپ، در گام اول این پروژه، اتود کردن حالات مختلف ترکیب قطعات و بررسی هریک از آنها، در جلسه‌ای مشترک با کارفرما، انجام گرفت (تصویر۱). این مرحله را می‌توان اولین فاز پروتوتایپینگ پروژه دانست. پروتوتایپی که بوسیله قطعات داخلی خود محصول انجام شد و با کمک کردن به تجسم بهتر کارکرد قطعات، امکان اتود کردن فیزیکی حالات مختلف قرارگیری اجزاء را پدید آورد. از بزرگترین مزایای این مرحله درک کارکرد و بررسی نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر بود. علاوه بر آن بررسی جزئیاتی همچون، محل قرار گرفتن کابل ها، پایانه ها و خرد مکانیزم ها را ساده‌تر ساخت و مانع از تداخلات ناخواسته این اجزاء گردید. در مقایسه با روش چیدمان رایانه‌ای قطعات، این شیوه سرعت بسیار بالاتری داشت و

تصویر۱- بررسی چیدمان‌های گوناگون اجزاء.

درک گروه طراحی و کارفرما را از شرایط پروژه، بسیار ساده‌تر ساخت. در عین حال به واسطه مکالمه از طریق این پروتوتایپ، دستیابی به یک سری تعاریف مشترک و شناخت محدودیت‌های متقابل کارفرما و تیم طراحی، به سادگی انجام پذیرفت و اساس شکل‌گیری زبان مشترک را در ادامه پروژه پدید آورد.

بخش۱ تصویر۱، تعدادی از قطعات محصول را نمایش می‌دهد که در محل‌های خود قرار گرفته‌اند. در این ترکیب، یک گوشی موبایل به نمایندگی از برد الکترونیکی تغذیه قرار گرفته است (این قطعه در این مرحله هنوز نمونه‌سازی نشده بود). در بخش ۲ از تصویر۱، برد الکترونیک اصلی به مجموعه اضافه شده و بر روی دیگر قطعات قرار گرفته است. شایان توجه است در این چیدمان که برای اتودزدن امکان‌های قرارگیری قطعات در کنار یکدیگر انجام شده است، نمایشگر برخلاف وضعیت واقعی محصول که بالاترین قطعه خواهد بود، به عنوان قطعه زیرین قرار دارد که هدف آن تجسم محدودیت ابعادی محصول برای تیم طراحی بوده است. به این ترتیب چیدمان‌های گوناگونی از قطعات برای شناسایی بهینه‌ترین ساختار و با هدف فشرده‌سازی محصول انجام گرفت. دلیل این تلاش بر فشرده‌سازی محصول، خواست اولیه کارفرما مبنی بر دستیابی به محصولی تبلت[۹]گون از تیم طراحی بود.

گام دوم، رهایی از دلبستگی

دلبستگی به دیزاین[۱۰] حالتی شناخته شده در ادبیات دیزاین است. موقعیتی که در آن ذهن بر روی یک راه‌حل اولیه متمرکز شده (اصطلاحاً قفل می‌کند) و حاضر به رها کردن آن برای ادامه راه و یافتن راه‌حل‌های دیگر نیست. این اتفاق آشنا موقعیتی است که برای بسیاری از طراحان مبتدی و دانشجویان رخ می‌دهد و باعث می‌شود در برخی موارد، تکیه بر راه‌حل اولیه و تلاش بر حفظ آن، تا پایان پروژه ادامه یابد و تبعاتی که این قفل شدن در ایده با خود دارد را، بر پروژه تحمیل کنند. پروتوتایپ‌ها نشان داده‌اند که می‌توانند دیزاین فیکسیشن‌ها را به عنوان عنصری نامطلوب در فرایند طراحی، کاهش دهند (Youmans, 2011). بر این اساس، طراحانی که از پروتوتایپ کردن ایده‌ها استفاده می‌کنند، کمتر در دام دلبستگی افتاده و قادر خواهند بود ذهن خود را به سوی ایده‌های دیگر بچرخانند.

در ادامه‌ی روند توسعه محصول ای سی جی و پس از انتخاب ترکیب مناسب قطعات در کنار یکدیگر، طراحی فرمی بدنه محصول آغاز شد. این بخش، بیش از دو ماه به طول انجامید و در طول این زمان، چندین ایده فرمی مختلف در قالب ارائه سه بعدی رایانه‌ای به کارفرما تحویل گردید. در میان تمامی این نمونه‌ها، یک ایراد مشترک به وضوح قابل تشخیص بود که به این ترتیب قابل بیان است: ارتفاع بیش از حد محصول به خاطر تعدد قطعات داخلی، که اجازه نمی‌داد برداشتی تبلت گونه به ذهن مخاطبان انتقال یابد. جلسات با کارفرما نیز مؤید این مطلب بود که نمی‌توان تعداد یا نوع قطعات داخلی را تغییر داد و به همین سبب، امکان کاهش ارتفاع محصول به هیچ روشی مقدور نبود. با این وجود، کارفرما نیز ضمن پافشاری بر ایده اولیه خود، حاضر به پذیرش ذهنی ایراد به وجود آمده مبنی بر عدم امکان تحقق ظاهری تبلت‌گونه از این گروه ساختمانی نبود.

با توجه به این موضوع، دومین پروتوتایپ این پروژه به شیوه پروتوتایپ سریع و کثیف و به کمک فوم‌های بسته‌بندی موجود در مجموعه تولیدی کارفرما تهیه شد (تصویر۲). هدف از ساخت این پروتوتایپ، کمک به تجسم ملموس ضعف ایده موجود بود؛ تا از طریق آن بتوان ایراد بنیادین این ترکیب فنی از قطعات را به کارفرما فهماند و تصویر ذهنی موجود را به چالش کشید. بلوک فومی تصویر ۲، ابعاد قطعات پیشنهادی کارفرما در کنار یکدیگر، بدون محاسبه ضخامتی که بدنه محصول نیز به آن خواهد افزود را، تجسم بخشیده است. ارائه این پروتوتایپ ساده و ابتدایی، پاسخ مناسبی را به همراه داشت و با کمک به تجسم فیزیکی و ملموس ابعاد واقعی محصول، کارفرما را با حقیقت موضوع مواجه نمود. بدین ترتیب وی ضمن رها کردن این ایده، ارائه ترکیبی جدید از قطعات را توسط تیم طراحی خواستار شد.

تصویر ۲- پروتوتایپ کثیف از ابعاد ایده فرمی اولیه.

پروتوتایپ تهیه شده در این گام از پروژه، یک پروتوتایپ سریع و کثیف توجیهی به شمار می‌رفت. پروتوتایپ‌ها در کارکرد نمونه‌های سریع و کثیف بیشتر به عنوان ابزاری برای کمک به تخیل کردن ایده مورد نظر، به کار گرفته می‌شوند (Kurvinen et al., 2008, 47)، تا به عنوان ابزاری جهت ارزیابی راه حل. براون، یک پروتوتایپ موثر را با صفات سریع، ارزان و کثیف مورد خطاب قرار می‌دهد (Brown 2009, 237) و این رویکردی بود که در ساخت پروتوتایپ گام دوم پروژه به کار گرفته شد تا بتوان با کمترین هزینه، تجسمی از ایراد بنیادینِ ایده‌ی تبلتگون را به دست داد و رهایی از این دلبستگی را باعث شد.

گام سوم، یافتن راه حل کلی

از دیدگاه لیم، هر پروتوتایپ، تنها نمودهای مشخصی از محصول نهایی را مورد بازنمایی قرار می‌دهد. بر همین اساس برای ساخت پروتوتایپ نیاز به تعیین دو خواسته است؛ یکی آنکه پروتوتایپ وظیفه سنجش کدام نمود یا نمودهای محصول را به طور مشخص برعهده دارد و دیگر اینکه میزان وضوح ایده و جزئیات آن، باید به چه میزانی باشد (Lim et al., 2008, 3). میزان واقع‌گرایی یک پروتوتایپ، عموماً وابسته به متغیرهای زمان و هزینه است. به طور معمول طراحان، ارزان‌ترین پروتوتایپ‌ها را ترجیح می‌دهند، نمونه‌هایی که با وجود هزینه پایین، قادر باشند اطلاعاتی را که طراح در پی آنها است، فراهم آورند (Yang, 2005, 652).

در ادامه پروژه و با روند اتود کردن حالت‌های جدید امکان چیدمان قطعات داخلی، در طی جلسه مشترک با کارفرما، گروه طراحی به استعاره فرمی جدیدی با عنوان چاپگر-نمایشگر دست یافت. به این ترتیب، در ایده جدید که به لحاظ فرمی یادآور ماشین‌های اداری چندکاره بود، به جای تلاش بر کوچک‌سازی و ارائه تبلتگونه از محصول که لازمه‌ی آن، فشرده‌سازی هر چه بیشتر قطعات بود، خلق ابهت معنی‌دار ظاهری در دستور کار قرار گرفت. این مهم با تغییر چیدمان ساختار داخلی محصول و قرارگیری چاپگر در محلی جدید انجام پذیرفت. در استراتژی جدید فرمی، تلاش گردید بزرگ بودن محصول به شکل معنی‌داری نماینده عظمت و قدرت عملکردی آن باشد. با وجود دریافت پاسخ مثبت اولیه از تیم کارفرما مبنی بر امکان طراحی براساس ساختار جدید قطعات، نگرانی از عدم پاسخگویی راه‌حل جدید، همچنان از سوی کارفرما احساس می‌گردید که به دلیل عدم تجسم راه‌حل نهایی، طبیعی به نظر می‌رسید. از همین رو در این گام از پروژه، ساخت پروتوتایپی از ایده پیشنهادی در دستور کار قرار گرفت.

در حالی که سرآغاز استفاده پروتوتایپ‌های کم وفادار را به حوزه طراحی رابط کاربری و به عنوان ابزاری جهت گردآوری اطلاعاتی در رابطه با قابلیت کاربری محصول به کمک هزینه‌ای اندک، نسبت می‌دهند (Gerber & Carroll, 2012, 67)، این سطح از ساخت پروتوتایپ، کاربرد گسترده‌ای در تمامی حوزه‌های طراحی دارد. در حوزه طراحی محصول، به طور معمول ساخت پروتوتایپ ارزان قیمت و کمتر وفادار از فرم کلی محصول، جهت تجسم ابعادی آن و برخی ارزیابی‌های تعاملی، انجام می‌گیرد. این پروتوتایپ‌ها به طور معمول خطای بالایی ندارند تا امکان تجسم فرمی را مهیا سازند، اما ممکن است با هدف کاهش هزینه‌ها، از روش‌های نه چندان دقیقی همچون برش ورق‌های ام دی اف[11] و یا سی ان سی[12] بلوک‌های فومی، برای ساخت آنها استفاده کرد که برخی جزییات را به نفع کاهش هزینه‌ها حذف می‌کنند. از آنجایی که این مرحله از پروتوتایپ جهت تجسم فرم کلی محصول است، حذف برخی جزییات، تاثیر چشمگیری بر نتایج نخواهد داشت. علاوه بر آن، تحقیقات نشان داده‌اند، میان تعداد قطعات کمتر پروتوتایپ با بهبود نتایج فرایند طراحی، همبستگی مثبتی وجود دارد (Yang, 2005) که خود مشوقی بر کاهش اجزای مراحل نمونه‌سازی است.

بر این اساس، در این گام از پروژه، یک نمونه ارزان قیمت از ایده فرمی جدید، بوسیله تراش سی ان سی یک بلوک بزرگ ام دی اف ساخته شد. همچنان که شرح شد هدف از ساخت این پروتوتایپ، کمک به تجسم ابعاد کلی محصول و ارزیابی نحوه تعاملات اولیه بوده است؛ از همین رو، تلاشی بر شبیه‌سازی جزییات انجام نگرفت. این مدل برای بهبود تجسم محصول، رنگ آمیزی شد و صفحه کاغذی هم اندازه‌ی نمایشگر واقعی بر روی آن نصب گردید. در ارزیابی این پروتوتایپ، علاوه بر اعضای تیم طراحی و کارفرما، چند تن از کاربران گروه هدف محصول نیز مشارکت داشتند و

تصویر ۳- پروتوتایپ ابعادی محصول.

نظرات خود را در ارتباط با آن بیان کردند.

پروتوتایپ دیگر ساخته شده در این گام، یک نمونه کاغذی با هدف اتودکردن چگونگی ظاهر صفحه رابط کاربری جهت بررسی ارتباط کاربران با محصول بود (تصویر ۴). مزایای پروتوتایپ‌های کاغذی که گونه‌ای از پروتوتایپ‌های کم وفادار هستند و یکی از ساده‌ترین و ابتدایی‌ترین روش‌های ساخت پروتوتایپ به شمار می‌روند، بدین ترتیب گزارش شده است (Snyder, 2003,12):

- ارائه بازخوردهای زودهنگام در اولین گام‌های پروژه
- امکان تکرار ایده‌های متنوع
- ساده‌سازی ارتباط میان اعضای تیم با یکدیگر و با کاربران هدف
- تشویق خلاقیت در طول فرایند طراحی
- عدم نیاز به مهارت خاص برای ساخت

این پروتوتایپ‌ها که تهیه آنها نیز در یک همکاری تیمی انجام گرفت، امکان به اشتراک‌گذاری آسان راه‌حل‌ها را میان متخصصین برنامه‌نویسی، الکترونیک، تیم طراحی و کارفرما امکان‌پذیر ساخت. به این ترتیب با رفت و برگشت‌های متعدد، ایده‌های اصلی مربوط به رابط کاربری محصول شکل گرفتند تا بتوانند مؤثرترین عملکرد را داشته باشند. نحوه‌ی تعامل دسته‌ای از مخاطبان احتمالی محصول با این پروتوتایپ نیز مورد سنجش قرار گرفت تا اصلاحات لازم پیش از اجرای نسخه اصلی انجام گردد.

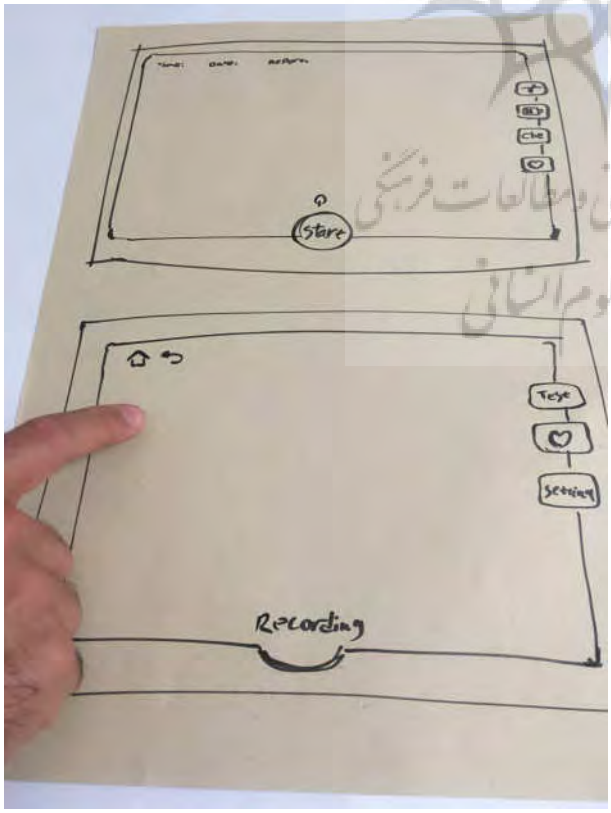
گام چهارم، وضوح راه حل

اولمن، در یک دسته‌بندی ساده و براساس میزان پیشرفت پروژه، چهار سطح از پروتوتایپ با اهداف مختلف را ذکر می‌کند. پروتوتایپی برای فهم مسیر مناسب طراحی ایده محصول، پروتوتایپی برای سنجش پیکره محصول و امکان تولید، پروتوتایپی برای نمایش شیوه تولید محصول و انتخاب مواد مناسب و در نهایت پروتوتایپی برای صحه‌گذاری بر تولید محصول (Ullman, 2003) که با توجه به اهداف متفاوت هریک از این سطوح، میزان دقت و وفاداری‌های متنوعی برای آنها در نظر گرفته می‌شود. ساخت پروتوتایپ‌های دقیق سطوح سوم و چهارم این دسته‌بندی که با هدف ارزیابی راه‌حل نهایی انجام می‌گیرد، شایع‌ترین و متداول‌ترین تعریف از پروتوتایپ در اذهان عموم است. این سطح از پروتوتایپ که با وفاداری بالایی ساخته می‌شود، وظیفه تجسم و ارزیابی همزمان واقعی‌ترین نمودهای محصول را از جنبه‌های مختلف کارکردی و زیبایی‌شناسی دارد. ضرورت دستیابی به نمونه‌ای مشابه با راه‌حل نهایی و با هزینه‌ای قابل قبول، ارزش استفاده از روش‌های نمونه‌سازی سریع را در این مرحله از پروژه که در پی وضوح هرچه بیشتر راه‌حل هستیم، نمایان می‌سازد.

در ادامه‌ی مسیر پروژه طراحی ای سی جی و در بررسی پروتوتایپ ساخته شده گام سوم، با وجود دریافت بازخوردهایی مثبت از کلیت محصول، ایرادات عملکردی و زیبایی‌شناسی متعددی یافت شد که تغییرات متنوعی را در محصول نهایی باعث شد. اصلاحات بخش‌هایی از پیکره، تغییر ابعاد صفحه نمایشگر و زاویه آن، تغییر شکل و محل کلیدهای محصول، و بهبود محله‌ای دستگیری، از جمله‌ی این بهبودها بودند. هم‌زمان با تغییرات فرمی، طراحی جزییات فنی پروژه نیز به پیش رفت و ویژگی‌های مرتبط با ساخت‌پذیری نیز مورد توجه بیشتری قرار گرفت. بدین ترتیب، در تهیه نمونه‌ی نهایی می‌توان همراه با دریافت بازخوردهای فرمی، کارکردهای فنی محصول را نیز مورد ارزیابی قرار داد. بر این اساس و با الهام از راه‌حل‌های مشابه، اجزایی همچون پرانِ درب چاپگر و مدول‌های جای دهنده کانکتورها طراحی شدند. در این مرحله از پروژه و باتوجه به انتظارات کارفرما، تهیه پروتوتایپی یک به یک از محصول، با دقتی بالا و بوسیله روش‌های نمونه‌سازی سریع، در دستور کار قرار گرفت.

بر این اساس، مدل یک به یک و کارکردی از محصول نهایی تولید و پس از مونتاژ قطعات داخلی مورد ارزیابی قرار گرفت (تصویر ۵). این سطح از پروتوتایپ، برای ارزیابی تولیدپذیری راه‌حل و رفع نواقص عملکردی احتمالی، الزامی است، اما مهم‌تر از آن، ارزیابی کارکردهای محصول در چگونگی پاسخ به تعاملات کاربران است. برای این منظور و بررسی موضوعات مرتبط با سهولت کاربری محصول، آزمایشات متعددی از کاربران احتمالی محصول انجام گرفت و بازخوردهای آن برای اصلاح محصول فهرست شدند.

در ادامه‌ی بررسی‌های پروتوتایپ نهایی، اشکالاتی در مکانیزم درب چاپگر آشکار گردید که با وجود انجام صحیح عملکرد مورد انتظار، به دلیل محاسبه غلط میزان نیروی مکانیکی وارده، قطعه واصل دچار ضایعه و شکستگی شد. همچنین کلیدهای تعبیه



تصویر ۴- پروتوتایپ کاغذی صفحاتی از رابط کاربری محصول.

شده بر روی بدنه پس از ارزیابی‌های گروه کاربری، بیش از حد نزدیک به یکدیگر برآورد شدند. ایراداتی که تنها در پَرتو ساخت پروتوتایپ دقیق رخ نمایان ساخت و شناسایی آنها پیش از آن و به کمک نرم‌افزار، امکان‌پذیر نبود.

همچنین در این گام، نمونه‌ای بصری مشابه با رابط کاربری نهایی محصول به کمک نرم‌افزارِ شبیه‌ساز جاست این مایند[۱۳]، نمونه‌سازی گردید تا بتوان میزان رضایت از رابط کاربری و امکان استفاده مناسب آن را پیش از اقدام برای برنامه‌نویسی، ارزیابی نمود. ابزار جاست این مایند، از جمله نرم‌افزارهای ساخت پروتوتایپ، یک افزونه تحت سیستم عامل اندروید[۱۴] است که به کاربر این امکان را می‌دهد تنها با اتصال‌دهی چند صفحه تصویری به یکدیگر و بدون نیاز به برنامه‌نویسی، یک شبه افزونه را بازسازی نماید. ارزش این پروتوتایپ، مشابهت ظاهر گرافیکی آن با برنامه اصلی و امکان انجام بخشی از تعاملات بوده است، که امکان دریافت بازخوردهایی نزدیک به واقعیت را برای گروه طراحی امکان‌پذیر ساخت. در ادامه با ارزیابی این نسخه، توسط گروهی از مخاطبان محصول، سهولت خوانش و ارتباط با رابط کاربری محصول مورد بررسی قرار گرفت.

باتوجه به بازخوردهای قابل قبول و مناسبی که از ارزیابی پروتوتایپ‌های محصول به دست آمد، تولید نهایی محصول با اندک تغییرات و بهینه‌سازی برخی جزییات، در دستور کار قرار گرفت. این گام، آخرین مرحله توسعه راه‌حل را در این پروژه تشکیل داد. گفتنی است در این گام، پروتوتایپ نهایی مجدداً به عنوان پلی ارتباطی جهت مکالمه کارفرما با تیم تولید، ایفای نقش نمود و به واسطه وجود یک نمونه ملموس، امکان انتخاب مناسب‌ترین شیوه‌های تولید محصول را امکان‌پذیرتر ساخت. تصویر ۶، محصول نهایی را در مقایسه با نمونه مشابه هم رده نمایش می‌دهد.

هدف بخش اول این مقاله، تهیه داده‌های عینی در راستای بازاندیشی و تبیین مجدد کارکردهای متنوع پروتوتایپ از طریق روایت یک پروژه کلاسیک طراحی محصول بود. بر این اساس در ادامه به تبیین مفاهیم مرتبط با کارکردهای پروتوتایپ در این پروژه پرداخته می‌شود.

کاربری ابزار پروتوتایپ، از اولین گام‌های این پروژه قابل مشاهده است، ابزاری که در طول مسیر، هربار در قالبی جدید و با هدفی متفاوت به کار گرفته شد. جانمایی فیزیکی قطعات در گام نخست پروژه را می‌توان اولین تلاش برای استفاده از پروتوتایپ در این روند دانست. این پروتوتایپ نشان داد، مشابه آنچه براون شرح می‌کند، برای بهره بردن از مزیت‌های ابزار پروتوتایپ، نیازی به وجود یک ساختار فیزیکی عمده و قابل توجه نیست، بلکه قابل سنجش و آزمایش بودن پروتوتایپ‌ها، معیار موثر بودن آنها است (Brown, 2009, 237). پروتوتایپ در این مرحله، کارکردی عمدتاً ارتباطی داشت و برای فهم مسئله و شکل‌دهی مضامین واحد در میان اعضای تیم به کار گرفته شد. این پروتوتایپ با گذشت زمان، وجه اتود کردن راه‌حل را به خود گرفت و پس از شکل‌دهی مفاهیم مشترک، ترکیب‌های مختلف راه‌حل را هویدا ساخت. در مقایسه با ابزارهای دیگر تجسمِ یک محصول، نظیر تصاویر سه بعدی و یا اسکچ‌های دستی، وجود قطعات در ابعاد واقعی، اثرگذاری بسیار بالاتری را برای هردو کارکرد فهم موضوع و اتود کردن ترکیب اجزاء داشت و این تمهید، امکان ورود به چالش‌های پیچیده مسئله را هموارتر ساخت. همچنین روند کار با سرعت بسیار بالایی انجام گرفت و صرفه‌جویی زمانی قابل توجهی در اولین گام از پروژه به همراه داشت.

تصویر ۵- پروتوتایپ یک به یک از محصول.

پروتوتایپ کثیف گام دوم، تنها وظیفه عینیت بخشیدن به یک ایده غلط را برعهده داشت. در این مرحله از پروژه، در حالی‌که طراحان نمی‌توانستند با بیان جملات و ارائه تصاویر سه بعدی از محصول، ایراد ساختاری ایده را به کارفرمای پروژه بفهمانند، یک قطعه فوم برش‌خورده، به سادگی عمق مسئله را برای کارفرما روشن ساخت و سبب شد وی به حقیقت ماجرا دست یابد. به این ترتیب شاید مهم‌ترین وظیفه پروتوتایپ گام دوم، رهایی از دلبستگی اولیه، به نفع ادامه مسیر پروژه بود. هرچند این تلاش بر ساخت نمونه ابعادی کلی، می‌توانست بسیار زودتر اتفاق بیفتد و از اتلاف وقت ۲ ماهه پروژه جلوگیری نماید. به این ترتیب به نظر می‌رسد در طول فرایند طراحی، موقعیت‌هایی وجود دارند که تنها یک پروتوتایپ می‌تواند عملکرد بهینه‌ای را برای انتقال مفاهیم ایفا کند. مفاهیمی که در قالب دیگری نمی‌گنجند و نمی‌توان به تشریح آنها در ساختار کلمات، اسکچ‌ها یا مدل‌سازی‌های رایانه‌ای پرداخت. این وجه از کاربرد پروتوتایپ که به تسهیل انتقال مضامین می‌پردازد و آن را به عنوان ابزاری ارتباطی میان طراح، همکاران، کارفرما و یا کاربر تبدیل می‌گرداند، ماهیت قدرتمند این ابزار را به عنوان یک رسانه هویدا می‌سازد.

موضوع دیگری که می‌توان در این پروژه مورد توجه قرار داد، استفاده از پروتوتایپ‌ها با سطوح گوناگونی از کیفیت و کاربرد است، به گونه‌ای که در این مسیر، شاهد انواع نمونه‌سازی در بازه پروتوتایپ‌های کثیف تا پروتوتایپ‌های عالی بودیم. مهم‌ترین متغیر در ساخت پروتوتایپ که سبب شکل‌گیری این گونه‌گونی است، میزان واقع‌گرایی و وضوح یک پروتوتایپ یا همان وفاداری به اصل موضوع است. از این چشم‌انداز می‌توان پروتوتایپ را براساس انتظارات و میزان پیشرفت پروژه با میزان واقع‌گرایی‌های گوناگونی تهیه کرد که این موضوع، خود پایه شکل‌گیری بخش عمده‌ای از قابلیت‌های اساسی این ابزار بوده است. در این بین اما قضاوت میزان وفاداری پروتوتایپ به ایده اصلی، همواره یکی از موضوعات قابل بحث و شاید جدی‌ترین آنها است؛ این واقعیت که نمونه‌های کمتر وفادار به محصول، تنها وجوهی از محصول نهایی را شبیه‌سازی می‌کنند و به این دلیل که ساده‌تر و ارزان‌تر ساخته می‌شوند، امکان بیشتری را نیز برای بُروز راه‌حل‌های متنوع پدید می‌آورند، در مقابل این گزینه که وفاداری کمتر ناشی از این رویکرد، به چه میزان بر صحت داده‌های خروجی اثرگذار است؛ و آیا می‌توان خروجی‌ها را با نتایج حاصل از پروتوتایپ دقیق، مقایسه کرد (Sauer et al., 2010, 133). مسئله زمانی پیچیده‌تر می‌شود که بدانیم قضاوت‌های کاربران اصطلاحاً حرفه‌ای با کاربران مبتدی در رابطه با پروتوتایپ‌ها متفاوت است و نتایج گوناگونی را به دست می‌دهد (همان).

در این میان، درک جایگاه نمونه‌های کم وفادار در پیشبرد فرایند طراحی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از منظر برخی مطالعات ساخت پروتوتایپ‌های مکرر کم وفادار در اولین گام‌های فرایند طراحی حیاتی دانسته می‌شود (Kaya et al., 2017, 2). استفاده از پروتوتایپ‌های کم‌وفادار برای ساخت سریع ایده‌های متنوع، علاوه بر ارائه بازخورد از شکست‌ها به عنوان فرصتی برای حل مسئله، ایجاد احساسی از پیشرفت پروژه و تقویت قابلیت نوآوری، مورد توجه است (Gerber & Carroll, 2012, 64). پروتوتایپ‌های گام سوم این پروژه که تنها نمودهایی از محصول را جهت شبیه‌سازی و ارزیابی مورد هدف قرار دادند، گونه‌ای از سطح نمونه‌سازی کم‌وفادار به شمار می‌روند. نمودهایی چون ابعاد کلی محصول و نحوه شکل‌گیری تعاملات اولیه، موضوعاتی بودند که در این پروتوتایپ‌ها و باتوجه به مقتضیات صورت مسئله، مورد بازنمایی قرار گرفتند. به این ترتیب در این مرحله ما با نمونه‌ای مواجه بودیم که تنها به بخش‌هایی از ایده اصلی محصول وفادار مانده است و در پی بازنمایی بسیاری دیگر از کارکردهای محصول نیست. دلیل فراتر نرفتن از این سطح نیز کاملاً روشن است؛ چنانچه ایده در این مرحله به مانند گام مرحله قبل با شکست مواجه می‌شد، هزینه و زمان قابل توجهی برای کشف این موضوع از دست نرفته بود و همچنان امکان جبران آن وجود داشت.

از منظری دیگر، گام‌های مختلف این پروژه نمودی از الگوی یادگیری از خطا به شمار می‌روند. یادگیری از خطا، یکی از ارکان تفکر طراحی دانسته می‌شود. در این قاعده، گویی طراحان با وجود اطلاع از امکان شکستِ راه‌حل‌های اولیه، به شکلی آگاهانه مسیر رویارویی زودهنگام با شکست را می‌پیمایند تا از آن خطاها، پلی برای یافتن راه‌حل بسازند (فریدی زاد، ۱۳۹۵). به این ترتیب پروتوتایپ‌ها به عنوان بازنمایی‌هایی از راه‌حل، برای حمله کردن به صورت مسئله و به جهت شناخت بهتر آن، ساخته می‌شوند، رویکردی که از اولین گام های این پروژه نیز قابل شناسایی بود.

تصویر ۶- مقایسه محصول نهایی با تصویر ذهنی کارفرما.

از این منظر اتودهای متنوع چیدمان قطعات، پلی بود بر شناخت بهتر مسئله. چرا که تیم طراحی در اثنای تلاش برای یافتن راه‌حل‌های گوناگون، درک بهتری را نیز نسبت به محدودیت‌های صورت مسئله می‌یافت که با هربار تلاش مجدد، بر این اطلاعات افزوده می‌شدند. پروتوتایپ گام سوم نیز به جز ارائه ایده کلی موفقِ چاپگر-نمایشگر، در بقیه اجزاء دچار ایراد بود و با شکست مواجه شد؛ اما وظیفه‌ی خود را در مواجهه زودهنگام با ایرادات به درستی انجام داد و به این ترتیب تیم طراحی با بررسی بازخوردهای ناشی از نقاط ضعف پروتوتایپ گام سوم، موفق به ارائه راه‌حلی مؤثر برای محصول نهایی گردید.

در ادامه پروتوتایپ گام چهارم بر مبنای بازخوردهای به دست آمده از پروتوتایپ قبلی، به سوی راه‌حل نهایی خیز برداشت. از آنجا که در این مرحله از پروژه، میزان جزییات راه‌حل افزایش یافتند و وضوح ایده در تمامی جنبه‌ها بالاتر رفته بود، پروتوتایپ این گام دیگر نمی‌توانست یک نمونه کلی از راه‌حل باشد؛ بلکه باید تلاش می‌شد تا هرچه بیشتر به راه‌حل نهایی نزدیک گردد تا بتوان به دقتِ بازخوردهای دریافتی اعتماد نمود. از همین رو، این پروتوتایپ با تمامی جزییات و بالاترین وفاداری ساخته شد و پس از مونتاژ قطعات بر روی آن، مورد ارزیابی قرار گرفت. به این ترتیب، کوچک‌ترین اشکالات نیز رخ نمایان کردند و سدی برای راهیابی این ایرادات به محصول نهایی پدید آمد. همان گونه که مشخص است این سطح از ساخت پروتوتایپ، تنها در گام‌های انتهایی یک پروژه ضرورت می‌یابد و تلاش برای ساخت چنین پروتوتایپ‌هایی در گام‌های اول، نه تنها ثمراتی ندارد، به موجب کاهش انعطاف‌پذیری و سرعت پروژه، تأثیرات مخربی نیز به همراه خواهد داشت. در جمع‌بندی، کارکردهای کلی پروتوتایپ در قالب مدل مفهومی تصویر ۷ قابل ارائه است.

تصویر ۷- مدل مفهومی کارکردهای کلی پروتوتایپ.

نتیجه

جایگاه پروتوتایپ در پیشبرد فرایند طراحی، مسلم و غیرقابل انکار است. آنچنان که در این پروژه نیز مشاهده شد، بسیاری از پروژه‌های طراحی تنها از طریق بکارگیری درست این ابزار، به سمت و سوی صحیحی هدایت می‌شوند و سامان می‌یابند. در جمع‌بندی مفاهیم مورد اشاره در این مقاله پیرامون کارکردهای پروتوتایپ، چند گذاره را می‌توان دسته‌بندی کرد.

- استفاده پروتوتایپ در تمامی مراحل فرایند پروژه، از اولین گام‌ها تا پایان، مثمر ثمر و در برخی موارد ضروری است.
- پروتوتایپ هر بار در نقشی با هدفی متفاوت ظاهر می‌شود و وظایف گوناگونی را به دوش می‌کشد.
- فرایند ساخت پروتوتایپ‌ها، فرایندی مکرر است که بر ایده آموختن از اشتباهات استوار گردیده و در ادامه تفکر راه‌حل‌محورِ دیزاین عمل می‌کند.
- مخاطبان پروتوتایپ، لزوماً کاربران نهایی یک محصول نیستند و یک پروتوتایپ می‌تواند دیگر ذینفعان یک پروژه همچون کارفرما و اعضای تیم را نیز مخاطب خود قرار دهد.
- پروتوتایپ‌ها در یک معنی در نقش یک زبان، ایفای نقش می‌کنند و امکان مکالمه را از طریق خود میسر می‌سازند. نوع و پیچیدگی پیام‌هایی که از طریق این رسانه قابل انتقال است، در مقایسه با دیگر ابزارهای طراحی، بی همتا است.
- پروتوتایپ‌ها می‌توانند دلبستگی‌های موجود در مسیر پروژه را بشکنند و ادامه فعالیت را امکان‌پذیر سازند.
- میزان واقع‌گرایی پروتوتایپ‌ها، ارتباط مستقیمی با هدف ساخت آنها دارد؛ در برخی شرایط، یک پروتوتایپ کثیف اما سریع، اثربخشی بالاتری را نسبت به یک پروتوتایپ کاملاً واقع‌گرا خواهد داشت.

در پایان و باتوجه به کمبود مطالعات داخلی در حوزه پروتوتایپ، هریک از گذاره‌های طرح شده می‌توانند موضوع تحقیقات آتی را تشکیل دهند. در ادامه، بازنگری‌هایی در روش تدریس دروس مرتبط دانشگاهی و تهیه دستورالعمل‌هایی برای کمک به طراحان مبتدی در کاربست درست این ابزار، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین پیشنهاد می‌گردد شرح نتایج حاصل از پروژه‌های بومی که می‌توانند داده‌های دست اول و نابی را در اختیار محققین قرار دهند، بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

از همکاری‌های صمیمانه مدیران شرکت امواج نگار سپاهان به عنوان کارفرمای پروژه و آقای محمدرضا فریدی زاد، سرپرست تیم طراحی، قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1 Prototype.
2 Low-Fidelity.
3 Proto.
4 Dirty Prototypes.
5 Paper Prototypes.
6 Rapid Prototyping.
7 ECG.
8 Communicative Tool.
9 Tablet.
10 Design Fixation.
11 MDF.
12 CNC.
13 Just in Mind.
14 Android.

فهرست منابع

فریدی‌زاد، امیرمسعود (۱۳۹۵)، ابهام زادایی از تفکر طراحی و شاخص‌های آن، *مطالعات تطبیقی هنر*، سال ششم، شماره ۱۱، صص۲۵-۳۷.

گرجی مهلبانی، یوسف (۱۳۸۶). تفکر طراحي و الگوهاي فرايندي آن، صفه، دوره ۱۶، شماره ۴۸، ۱۰۶-۱۲۳.

لاوسون، برایان؛ حمید ندیمی (۱۳۹۲). *طراحان چگونه می‌اندیشند*، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

Brown, T (2009), Change by design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation, HarperCollins e-books.

Cross, N (1982), Designerly ways of knowing, *Design studies*, 3(4), pp.221-227.

Deininger, M; Daly, S. R; Sienko, K. H & Lee, J. C (2017), Novice designers' use of prototypes in engineering design, *Design Studies*, 51, pp.25-65.

Elverum, C. W & Welo, T (2014), The role of early prototypes in concept development: insights from the automotive industry, *Procedia CIRP*, 21, pp.491-496.

Erlhoff, M & Marshall, T (Eds.) (2008), *Design dictionary: perspectives on design terminology*, Walter de Gruyter, Berlin.

Gerber, E & Carroll, M (2012), The psychological experience of prototyping, *Design studies*, 33(1), pp.64-84.

Jensen, M. B; Elverum, C. W & Steinert, M (2017), Eliciting unknown unknowns with prototypes: Introducing prototrials and prototrial-driven cultures, *Design Studies*, 49, pp.1-31.

Kaya, E; Alacam, S; Findik, Y & Balcisoy, S (2017), Low-fidelity prototyping with simple collaborative tabletop computer-aided design systems, *Computers & Graphics*, 33(2), pp.1-9.

Kullman, K (2016), Prototyping bodies: a post-phenomenology of wearable simulations, *Design Studies*, 47, pp.73-90.

Kurvinen, E; Koskinen, I & Battarbee, K (2008), Prototyping social interaction, *Design Issues*, 24(3), pp.46-57.

Lim, Y. K; Stolterman, E & Tenenberg, J (2008), The anatomy of prototypes: Prototypes as filters, prototypes as manifestations of design ideas, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 15(2), p.7.

Owen, C (2007), Design thinking: Notes on its nature and use. *Design Research Quarterly*, 2(1), pp.16-27.

Sauer, J; Seibel, K & Rüttinger, B (2010), The influence of user expertise and prototype fidelity in usability tests, *Applied ergonomics*, 41(1), pp.130-140.

Snyder, C (2003), *Paper prototyping: The fast and easy way to design and refine user interfaces*, Morgan Kaufmann, Massachusetts.

Ullman, D G (2003), *The mechanical design process*, McGraw-Hill, New York.

Yang, M. C (2005), A study of prototypes, design activity, and design outcome, *Design Studies*, 26(6), pp.649-669.

Youmans, R.J (2011), The effects of physical prototyping and group work on the reduction of design fixation, *Design Studies*, 32(2), pp.115-138.

Product Design Through Prototype Functions

Amir Masoud Faridizad*
Faculty Member, Department of Industrial Design, Isfahan Art University, Isfahan, Iran.
(Received 25 Nov 2017, Accepted 13 Jan 2018)

The prototype is one of the most important tools in design criteria. Some experiences show that prototyping can do the critical role in design process but the functions of this tool missed in amateur`s design projects. There are deep studies about prototype and it`s functions but it seems the leakage of knowledge yet. As a description, every physical presentation of the solution is a prototype. Without any attention to the quality of a prototype, this tool can use in a lot of ranges and levels of fidelities. This potential makes a wide range of possibilities for prototype use in product design. This study focused on prototype functions in a real product design project in med design criteria. The purpose was describing of different aspects of prototyping with level by level study of prototypes uses. The designing of an ECG was the case study issues. ECG is a device for understanding of any arrhythmia in heart rate with printing ability of these arrhythmias. Some Iranian companies can manufacture this product but this case had most professional technologies compared to rivals. Different types of prototypes had used in product design steps. The prototype of earlier step made from real parts of product and different assembling of those together. This level of prototyping caused faster decision making and select an appropriate combination of product parts. Communication through this representation and finding a common language was very easier than speaking about what should be happened in this project. The second step of prototyping made from a part of polystyrene foam. This prototype tried to break the false idea to leave the fixation that acquired in the design process. After this step, the employer left the early form of product and design team start a different combination of parts through a new metaphor of form. The two prototypes of next level had different tasks. One of them was a paper prototype of a suggested interface of some pages of product software and the other prototype was a low fidelity prototype of product body that made by CNC machining. The purpose of these prototypes was presenting of main solutions and core idea without any details to get some feedback from users. After this step and got feedbacks about the concept, detail design, and some reforms don. The final prototype made by rapid prototyping methods and after assembling of parts, this prototype tested with users. This step of prototyping as high fidelity sample shown well feedbacks and got the positive response from users and employee. Discussions about this process revealed some results as, the using of a prototype in every when of design project has good results, the purposes of prototypes are different, the fidelity of prototypes are related to their goals, prototype can use as a media, prototypes break fixations, and creation of prototypes is an iterative process. The future studies can study more local projects to find other aspects of prototyping in the design process. We suggest to using of results of same studies in Industrial design curriculum modification.

Keywords
Prototype Functions, Product Design, Medical Equipment, ECG.

*Tel: (+98-31) 32218146, Fax: (+98-31) 32218200, E-mail: Faridizad@ut.ac.ir.