صفحات ۱۲۵ - ۱۳۲
نشریه هنرهای زیبا- هنرهای تجسمی دوره ۲۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

تحلیل تجربه طراحان در مواجهه با فن‌آوری هولوگرافیک

یاسمن خداداده[۱*]، شیما جهانی[۲]

[۱] دانشیار طراحی صنعتی، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی صنعتی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۵/۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۳/۲۷)

چکیده
با پیچیده‌تر شدن مسائل طراحی و نیازهای جدید کارفرما، لزوم استفاده از فن‌آوری های نو در زمینه ارائه ایده نیز به وجود می‌آید. یکی از فن‌آوری‌های جدیدی که اخیراً مورداستفاده طراحان قرار می‌گیرد، هولوگرافی است که طراحان را در زمینه ارائه سه بعدی ایده‌های‌شان یاری می‌کند. این تحقیق، با هدف معرفی فن‌آوری هولوگرافی، به‌عنوان یکی از پدیده‌های مرتبط با واقعیت مجازی، بررسی تجربیات طراحان در رویارویی با هولوگرام‌های سه‌بعدی و نظرات کاربران در خصوص این فن‌آوری جدید انجام گردیده است. به این منظور، ابتدا در خصوص فن‌آوری هولوگرافی و چاپ سه‌بعدی تحقیق شد و بعد این دو فن‌آوری با هم مقایسه شدند. سپس جهت دستیابی به نظرات کاربران، ۲۷ نفر از طراحان و معماران در مواجه با یک نمود عینی از فن‌آوری هولوگرافی که به‌وسیله برنامه‌های مجازی موجود در موبایل تهیه‌شده بود و یک نمونه اولیه ایجادشده به روش چاپ سه‌بعدی قرار داده شدند. نتایج مطالعه نشان داد که اگرچه این فن‌آوری جدید برای طراحان بسیار جذاب است، ولی تعداد بیشتری هنوز تمایل به استفاده از چاپ سه‌بعدی دارند. همچنین عواملی چون هزینه‌ی زیاد این فن‌آوری و میل درونی انسان به مقاومت در برابر تغییر نیز، بر نتایج موثر می‌باشند. البته با گذر زمان، قطعاً این فن‌آوری کم‌هزینه‌تر و فراگیرتر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی
هولوگرافیک، هولوگرام، چاپ‌های سه بعدی، واقعیت مجازی.

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۱۸۳۱۸۰۵، نمابر: ۴۴۴۳۲۹۳۴-۰۷۶، E-mail: khodadade@ut.ac.ir.

مقدمه

امروزه در تمامی پروژه‌های طراحی حرفه‌ای، روش‌های گوناگونی برای ارائه ایده‌ها و همچنین مدل‌ها وجود دارد. در سال‌های نه‌چندان دور، معماران و طراحان برای آنکه مدل اولیه‌ای از ایده‌ی خود به نمایش بگذارند، ناگزیر به ساخت نمونه‌هایی دستی با مواد مختلف بودند که علاوه بر صرف زمان و انرژی بسیار، به دلیل دست‌ساز بودن، از دقت پایینی برخوردار بودند. به‌تدریج با پیشرفت فن‌آوری، ابزارهای متفاوتی مانند برش‌های لیزری، پرینت‌های سه‌بعدی و ... در اختیار طراحان قرار گرفت که سهولت ساخت را به همراه داشتند. اما این روش‌ها نیز معایب خود را دارند. امروزه با پیشرفت فن‌آوری نرم‌افزار، یکی از مناسب‌ترین ابزارها، ورود به دنیای واقعیت مجازی است. طراحان بسیاری امروزه در حیطه واقعیت مجازی مشغول به کارند، اما شاید تعداد محدودی از آنها به‌طور مستقیم از مشتقات واقعیت مجازی در به وجود آوردن محصول خود بهره ببرند. یکی از فن‌آوری‌های شاخصی که امروزه به عنوان دستاورد واقعیت مجازی شناخته می‌شود، هولوگرافی است. این پدیده، مدل سه‌بعدی نورانی است که به‌صورت حجمی کامل از تمام زوایا دیده می‌شود. دستگاه‌های مختلفی برای این نمایش مجازی وجود دارند که هریک برای نوعی خاص از تعاملات طراحی شده‌اند و فضایی مجازی را برای تجربه غیرواقعی کاربران تعریف می‌کنند. در واقع، یکی از اهداف اصلی واقعیت مجازی، فراهم کردن همه‌جانبه محیط پیرامون برای آوردن شرکت‌کنندگان از محیط زندگی واقعی آنها به دنیای مجازی است. بسیاری از محققین نیز علاقمند هستند تا از فن‌آوری‌های جدید، ابزارها و نرم‌افزارهای کاربردی در راه آسان‌تر رسیدن به این هدف استفاده کنند (Muhanna, 2015, 344).

هولوگرافی

مدل زنده هولوگرافیک، تمامیت ذاتی و کل پتانسیل هر شخص و هر چیزی را قابل مشاهده می‌سازد. معنای لغوی واژه‌ی هولوگرافیک در دو بخش، هولو به معنای کل و گرافیک به معنای تصویر می‌باشد. اگر اشیاء متفاوت در آب انداخته شوند و سپس آب در یک لحظه منجمد گردد و از آن نور لیزر گذرانده شود، تصویر اشیاء در آن سو ایجاد می‌گردد. حتی اگر یخ خرد شود، کوچک‌ترین خرده‌ها هم، همه این اطلاعات را در خود دارند. به این ترتیب می‌توان گفت که هر ذره نمونه‌ای از کل است (تالبوت، ۱۳۸۷، ۲۱۰).

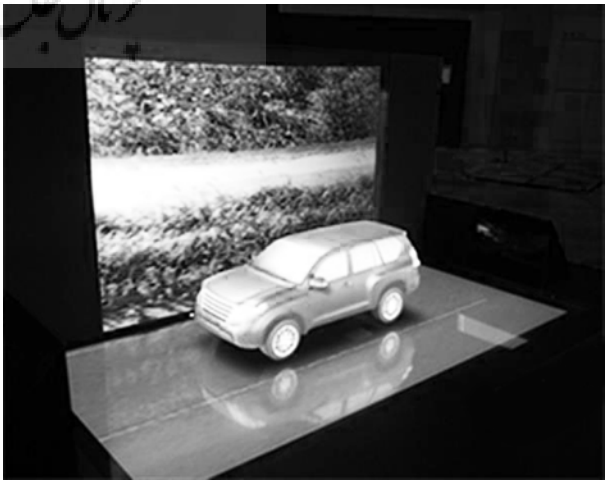
در مقدمه کتاب چشم *اندازهای هولوگرافیک*، این فن‌آوری، دانشی که از سال ۱۹۶۴ در جهان علم به وجود آمده و در چهار دهه اخیر در عرصه مهندسی، هنر و فرهنگ مورد استفاده قرار گرفته است، معرفی می‌شود (Johnston, 2006). هولوگرام، اولین بار توسط فیزیکدان مجاری بنام دنیس گابور در سال ۱۹۴۷ شناخته شد. او به این نتیجه رسید که برای بازسازی امواج شی، از منبع نور همدوس[1] برای روشن کردن الگوی تداخل می‌توان استفاده کرد. او این روش را تمام نگاری[2] (ثبت کامل) که یک واژه یونانی

تصویر۱- تصویر سه بعدی هولوگرافیک.
ماخذ: (Digitaltrends, 2016)

است، نامید(Johnston, 2008, 223). هولوگرافیک، عرصه‌ی بسیار گسترده‌ای است که نه تنها شامل ضبط و نمایش تصاویر سه بعدی می‌باشد، بلکه می‌توان از آن در نقش آینه‌ها، لنزها و حتی ترکیب آنها در قالب بی‌نهایت ابزارهای صنعتی استفاده کرد (Saleh and Teich, 1987, 381). چاپ سه بعدی هولوگرافیک، یکی دیگر از مشتقات این فن‌آوری است. به گفته هریهارن، هولوگرام‌ها معمولاً بر روی یک قطعه فیلم صاف ضبط می‌شوند اما خروجی آن همانطور که در تصویر۱ مشاهده می‌شود، یک تصویر سه بعدی می‌باشد (Hariharan, 2002, 1).

تصویر کاملی از یک داده‌ی دو بعدی که با چرخاندن آن می‌توان تمام زوایای واقعی و دقیق آن را مشاهده کرد (تصویر۲). مشاهده تصاویری که در عالم واقع به صورت ملموس در دسترس نیست، اما موجب ایجاد یک تصویر در فضای ذهنی می‌شود. آنچه که تحت عنوان فضای ذهنی از آن یاد می‌شود، یک تصویر شخصی از فضای فیزیکی بیرونی است. این فضای ذهنی، فضای فیزیکی بیرون را توجیه و تفسیر می‌کند (جهانی، ۱۳۹۲، ۳۷).

تأثیر فضای مجازی بر فضای ذهنی را می‌توان این‌گونه تعریف کرد که فعالیت‌های ذهنی، درونی، شخصی و درون‌گرا هستند، در حالی که صفحه تصویر، این فعالیت‌ها را برون‌ریز می‌کند. این رخداد از زمان به وجود آمدن نخستین کامپیوترها پدیدار شد. آنچه این تأثیر را پذیرفتنی‌تر می‌کند، تبدیل تصویری ذهنی به عینی است. در راستای تفهیم بهتر این موضوع، باید به تفاوت ظریف میان پرسپکتیو و سه‌بعدی اشاره کرد. در پرسپکتیو، ناظر در فاصله‌ای معین از منظره قرار می‌گیرد تا درباره آن بحث کند، اما در سه‌بعدی، ناظر در منظره قرار می‌گیرد تا آن را لمس کند. در واقع، چیزی مشابه «ترومپلوی»[3] عصر باروک می‌باشد؛ که تاکید بیش از اندازه بر عناصر بصری، به منظور قابل لمس کردن آنها است (Herzogenrath, 1964, 55). می‌توان گفت خروجی فضای مجازی، در واقعیت مجازی خلاصه می‌شود. واقعیت مجازی، واقعیتی است که تأثیر واقعیت واقعی را دارد، اما دارای شکل اصیل آن نیست. نوعی شبیه‌سازی یا جایگزینی است، که دارای صحت است، نزدیک



تصویر۲- تصویر سه بعدی نقش بسته بر صفحه فیلم.
ماخذ: (3ders, 2016)

به واقع است و با توجه به تأثیری که روی افراد دارد، عملاً واقعی محسوب می‌شود. واقعیت مجازی تلاش می‌کند، محیط‌های جدیدی خلق کند که تخیلی هستند. قلمروهای خیال‌گونه‌ای که به شیوه‌هایی منحصر به فرد واقعی به نظر می‌رسند، اما بطور مستقیم با جهان به گونه‌ای که آن را درک می‌کنیم، ارتباط ندارند (جهانی، ۱۳۹۲، ۳۶).

در واقع از واقعیت مجازی به عنوان یک رسانه یاد شده است، مانند تلفن یا تلویزیون. فن‌آوری‌هایی که به عنوان مثال در این مجموعه نقش سخت‌افزاری را ایفا می‌کنند، شامل: کامپیوترها، هدفون‌ها، نمایشگرهای نصب‌شونده روی سر و دستکش‌های حرکت‌سنج هستند (Biocca and Levy, 1995, 33). ما در دنیای واقعیت مجازی می‌توانیم تجربه‌هایی را به صورت مجازی لمس کنیم که امکان وقوع آن در دنیای واقعی وجود ندارد (Wilson, 1999). بعضی از صنایع خودروسازی، برای حصول اطمینان درخصوص رضایت‌مندی مشتریان خود از خودروهای جدید طراحی‌شده کمپانی، از سیستم‌های واقعیت مجازی استفاده می‌کنند (Ye et al., 2007, 1190). آنها به واسطه این عمل، واکنش‌ها، تجربیات و احساسات کاربر را مورد بررسی قرار می‌دهند. در واقع تجربه کاربر را زیر ذره‌بین می‌برند. تجربه کاربر را می‌توان آن‌طور که در کتاب "*تجربه‌ی فن‌آوری*" آمده است، "کیفیت تجربه کاربر در طول مدت مواجهه با محصول" دانست (McCarthy and Wright, 2004, 42). تجربه کاربر را می‌توان بررسی نتیجه‌ی عرضه، عملکرد سیستم، عاملیت، رفتار متقابل و حتی تأثیر سیستم‌های کمک به اختلالات فیزیکی معنی کرد .(Cascini, 2014, 161) تعریف تجربه کاربر از دیدگاه ایزو[4] بصورتی عمیق‌تر بیان شده است؛ تجربه کاربر فقط توجه به پاسخ کاربر هنگام استفاده از دستگاه نیست، بلکه واکنشی است که در مواجهه با محصول رخ می‌دهد (ISO, 2010). تمام این واکنش‌ها و پاسخ‌ها از سمت کاربر تحت تأثیر، اعتقادات، الویت‌ها، احساسات و پیشرفت‌ها می‌باشد. در یک نگاه عمیق‌تر محققان به دنبال یافتن نقش محصولات در زندگی کاربران می‌باشند (Rebelo et al., 2012, 964). پاسخ‌های کاربران، پویا و در عین حال وابسته به زمینه‌ای است که در آن حضور دارند (Law et al., 2009, 719). زمینه[5] ممکن است سبب به وجود آمدن انتظاراتی در کاربر شود که بر روی تجربه او در مواجهه با محصول تاثیرگذار باشد. چیزی که در پژوهش در باب تجربه کاربر مد نظر است، این است که فن‌آوری و تجربه مردم چگونه بر هم تأثیر می‌گذارد (Ftterman, 1998, 108). حال با توجه به تعاریف ارائه شده، می‌توان به درک صحیحی از جایگاه اشیا هولوگرافیک سه بعدی در حیطه‌ی واقعیت مجازی رسید. واقعیتی که به وسیله چاپ سه بعدی هولوگرافیک به صورت مجازی ظاهر می‌شود.

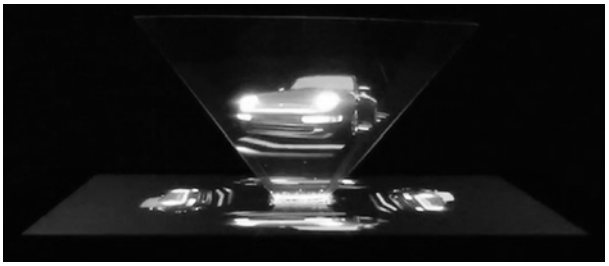
چاپ سه بعدی هولوگرافیک

چاپگر سه بعدی هولوگرافیک که اخیراً رشد یافته است، برای نمایش ساختار تصاویر با استفاده از کامپیوتر استفاده می‌شود

(Monde et al., 1995, 132). هولوگرام در صفحه، برای ارائه یک راه حل سریع از درک فضاییِ مفهومِ طراحی ظاهر می‌شود و بصورت یک لایه‌ی نازک فیلمِ قابل لوله کردن، چاپ می‌شود (Tung and Jeong, 2000). با گرفتن نور یک چراغ ساده، می‌توان تصویری سه‌بعدی را که بر صفحه این فیلم نقش می‌بندد، ملاحظه کرد. اصول ساخت استریوگرام[۶] هولوگرافیک و تصاویر دوبعدی، در این چاپگر سه‌بعدی استفاده شده است. استفاده از این وسیله آسان است و زمان زیادی را صرف تولید یک تصویر هولوگرافیک نمی‌کند. ضمن اینکه چاپ هولوگرافیک دارای قابلیت ضد شکستن است (Monde et al., 1995, 132). جدیدترین فناوری چاپ، قادر به پرداخت سه بعدی و برنامه‌ریزی از روی برنامه بی آی ام[۷] به تصاویر هولوگرافیکی است که به طراحان و معماران، امکانی جدید در تصور پروژه از مرحله طراحی تا ساخت را می‌دهد (Tung and Jeong, 2000).

برخلاف مدل‌های چاپ سه بعدی، چاپ هولوگرافیک از امواج ضربانی لیزر برای ذخیره‌کردن مدل سه‌بعدی به صورت فیلم استفاده می‌کند. زمانی که یک روشنایی به وسیله یک منبع نور ایجاد شود، مدل سه‌بعدی با وضوح تصویری بسیار بالا از فیلم ظاهر می‌شود و بگونه‌ای در فضا واقعی به نظر می‌رسد که در شما حس چنگ‌زدن به آن به وجود می‌آید. این چاپ‌ها را می‌توان به وسیله اتودسک مایا، اتودسک استودیوی سه بعدی مکس، اسکچ آپ گوگل، راینو آوئا، اتودسک اتوکدو رویت ایجاد کرد (Hayes, 2013, 32). در حال حاضر، برنامه‌های کاربردی[۸] برای نصب بر روی گوشی موبایل، موجود است که توانایی تبدیل تصاویر دو بعدی به سه بعدی هولوگرافیکی را دارند. تصویر ۳، یک مدل ساخته شده به وسیله موبایل را نشان می‌دهد.

یکی از ویژگی‌های متمایزکننده‌ی فن‌آوری هولوگرافیک، قابلیت نگهداری عکس‌های سه‌بعدی بصورت نسخه‌های تخت ثابت است. بعد از گذشت سال‌ها می‌توان به این تصاویر مراجعه نموده و بدون نیاز به کامپیوتر یا نرم‌افزاری خاص، آنها را مشاهده کرد. چاپ‌های سه‌بعدی هولوگرافیک، قابل حمل، ضد آب و ماندگار هستند و دارای قابلیت کپی‌کردن می‌باشند. این اشیای سه بعدی نورانی می‌توانند تمام رنگی یا تک رنگ باشند. اطلاعات پیچیده با جزئیاتی بسیار دقیق، شفاف و رنگی، با دقتی بسیار بالاتر از مدل‌های فیزیکی نمایش داده می‌شوند. این هولوگرام‌ها، دارای قابلیت ترکیب چهار عکس در یک چاپ هولوگرافیک که از جهات مختلف قابل دیدن باشد، را دارا هستند. همچنین امکان دیدن یک تصویر، مراحل پروژه، طراحی‌های جایگزین، یا قبل و بعد از آن



تصویر ۳- تصویر سه‌بعدی هولوگرافیک به وسیله موبایل.

وجود دارد. هر کاربر می‌تواند با توجه به نیازهایش، به سفارش مدل خود اقدام کند. نکته قابل توجه در امکانات این چاپگرهای سه بعدی، قرار دادن چندین زبان در یک چاپ است که باعث غلبه بر موانع زبانی و ارتباط سریع می‌باشد (O'Leary, 2013).

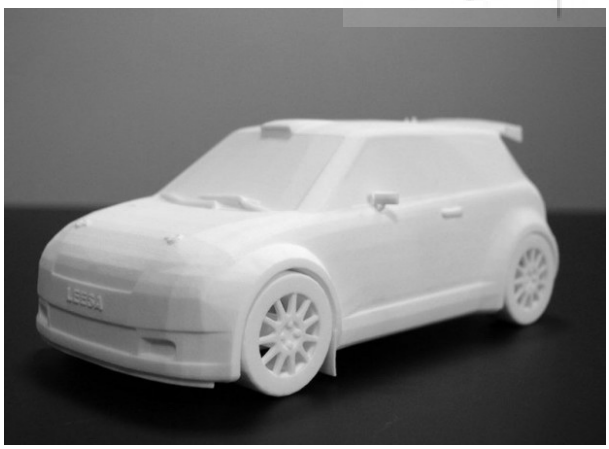
شاید قدرتمندترین ابزار ارائه‌ی اجسام سه بعدی در دنیای طراحی، در مقایسه با چاپ هولوگرافیک، چاپ‌های سه‌بعدی باشند که در ادامه توضیح داده خواهند شد.

چاپ سه بعدی (پروتوتایپ سریع)[۹]

فرآیند چاپ سه بعدی، فرآیندی است که کاربر رایانه را قادر به ساخت طرح موجود در سیستم می‌کند (تصویر ۴).

استریو لیتوگرافی به عنوان اولین دستگاه چاپ سه‌بعدی در یک شکل تجاری، شناخته می‌شود (Bassoli, 2007, 148). اولین چاپ سه‌بعدی، تقریباً از اواخر دهه ۱۹۸۰ به وجود آمد که در آن زمان، فن‌آوری ساخت پروتوتایپ سریع نامیده شد. اولین نمونه‌ی این وسیله، به عنوان اختراع ثبت شده توسط دکتر کداما در ژاپن در ماه می همان سال ساخته شد (Wijk, 2013).

چاپ سه‌بعدی، یک روش تولید متفاوت است که اساس آن بر مبنای تکنولوژی پیشرفته‌ای است که مواد را به‌صورت لایه لایه در مقیاس میلی‌متر اضافه می‌کند تا شی مورد نظر شکل گیرد. این در حالیست که تکنولوژی‌های متداول ساخت یک شی سه‌بعدی، نیازمند به خردکردن مواد سازنده از قطعات بزرگ به قطعات کوچک هستند که در این فرآیند درصد زیادی از مواد هدر می‌رود و یا به صورت تزریق در قالب هستند که هزینه و زمان بسیار زیادی جهت ساخت قالب لازم است. از این‌رو می‌توان گفت که چاپ سه بعدی فرآیندی است که باعث کاهش هزینه و ذخیره زمان می‌شود (Bassoli, 2007, 148). با این حال به لحاظ مصرف انرژی، از روش‌های دیگر بسیار پرمصرف‌تر است. تحقیقاتی که در دانشگاه لابورا درباره‌ی چاپگرهای سه بعدی انجام شده است، نشان می‌دهد که زمانی که مقداری پلاستیک، به وسیله لیزر یا گرما نرم می‌شود، چاپگرهای سه بعدی ۵۰ تا ۱۰۰ بار بیشتر از قالب‌گیری تزریقی با یک



تصویر ۴- چاپ سه بعدی.
ماخذ: (3ders, 2015)

عنصر مشابه هم وزن، انرژی الکتریکی مصرف می‌کنند (Samuel and Huang, 2013). در سال ۲۰۰۹، تحقیقاتی در واحد تولیداتِ بی‌خطرِ محیطی دانشگاه ام آی تی انجام شد و مشخص گردید که لیزری که برای مخلوط کردن ذرات آهن تابیده می‌شود، هزار بار بیشتر از انرژی است که برای ریخته‌گری سنتی و ماشین کاری استفاده می‌شود (Gutowski et al., 2009). در سال‌های اخیر چاپگرهای سه بعدی از قالب پروتوتایپ‌های صنعتی و فرآیند تولید فراتر رفته است و بصورت تکنولوژی در دسترس برای شرکت‌های کوچک یا حتی افراد عام در آمده است. این چاپگرها با دقت‌های متفاوت برای کارهای مختلف در بازار عرضه می‌گردند. مثلاً برای مدلسازی کارهای ظریف، نظیر طلا و جواهر، از دستگاه‌هایی با دقت بالاتر و حساسیت بیشتر استفاده می‌شود. در عین حال فرآیند چاپ سه بعدی امکان شخصی‌سازی را به وجود می‌آورد، قابلیتی که بتوان در لوای آن بر اساس نیازهای شخصی کاربر، شی را به وجود آورد. هر کاربر می‌تواند با توجه به نیازهایش به سفارش مدل خود اقدام کند. ضمن آن که از هزینه‌ها، زمان و تلاشی که در جهت تولید یک شی صورت می‌گیرد، می‌کاهد (Berman, 2012, 161).

مقایسه ویژگی‌های چاپ هولوگرافیک و چاپ سه بعدی

با توجه به مطالب گفته شده در مورد خصوصیات هر کدام از این دو نمونه، می‌توان آنها را با هم مقایسه کرد. به این منظور در جدول ۱ به مقایسه‌ی ویژگی‌های چاپ‌های سه بعدی و چاپ‌های هولوگرافیک سه بعدی پرداخته می‌شود و سپس در جداول ۲ و ۳ هزینه انجام هر نمونه، مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد. جداول ۲ و ۳ با توجه به قیمت‌های موجود در بازار، تدوین شده‌اند.

با توجه به تفاوت پارامترهای ارائه شده در جداول ۲ و۳ که کار مقایسه را دشوار می‌کند، برای درک بهتر از مقایسه هزینه این دو فن‌آوری، هزینه ساخت دو مدل اتومبیل با ابعاد یکسان۱۵۸۰×۱۳۸۰×۲۰۳۵ میلیمتر که در تصاویر ۲ و ۴ نشان داده شده‌اند، ارائه می‌گردد. هزینه ساخت مدل هولوگرافیک ۱۶۶۷ دلار و مدل چاپ سه‌بعدی ۶۵ دلاراست. اگرچه هزینه ساخت مدل هولوگرافیک بسیار بالاتر از چاپ سه‌بعدی است، لیکن با توجه به لزوم ساخت مدل‌های متعدد برای اعمال تغییرات در حالت

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های چاپ هولوگرافیک و چاپ سه بعدی.

ویژگی‌ها و قابلیت‌ها	چاپ هولوگرافیک	چاپ سه بعدی
امکان حمل و نقل به نقاط دور از دسترس	✔	
ماندگاری در طولانی مدت	✔	
قابلیت ضد آب بودن	✔	✔
قابلیت کپی کردن همزمان	✔	
توانایی تبدیل به تصاویر متحرک	✔	
نگهداری آسان	✔	✔
دارای طیف رنگ	✔	
نمایش اطلاعات پیچیده	✔	
ارائه‌ی جزئیات دقیق	✔	
ارائه به زبان‌های مختلف	✔	
امکان دیدن مراحل پروژه	✔	
هدر رفت مواد		✔
دسترسی آسان		✔
مضر بودن مواد مورد مصرف		✔
پایداری مواد مورد مصرف	✔	
امکان شخصی سازی		✔
مصرف بالای انرژی های فسیلی		✔

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فیزیکی نسبت به مدل هولوگرافیک که تغییرات در دنیای مجازی انجام می‌شود و قبل از چاپ نهایی می‌توان آنها را اعمال کرد، تا حدودی توجیه اقتصادی دارد. به منظور انجام مقایسه‌ی دقیق‌تر دو تکنیک یاد شده، مطالعه‌ای به صورت نظرسنجی انجام شده است که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

روش مطالعه

در این بخش دو مدل از یک خودرو، به روش‌های چاپ سه‌بعدی و هولوگرام سه‌بعدی (به وسیله اپلیکیشن موبایل) تهیه گردید. سپس تعدادی پرسشنامه در دسترس ۱۳ دانشجوی کارشناسی‌ارشد طراحی صنعتی،۱۰ دانشجوی کارشناسی‌ارشد معماری و ۴ استاد طراحی‌صنعتی قرار داده شد. در بین این افراد، ۱۱ نفر دارای سابقه کار حرفه‌ای طراحی بودند. قبل از تحویل پرسشنامه به افراد، دو مدل یادشده به نمایش گذاشته شد تا زمانی را به بررسی و آشنایی بیشتر با مدل‌ها صرف کنند. سپس در زمان پاسخگویی هر دو نمونه از مقابل افراد برداشته شد تا بستر پاسخگویی به چهارده سوال مربوطه فراهم شود. افراد از زوایای گوناگونی چون میزان اعتماد به مدل‌ها، کیفیت دریافت و ماندگاری اطلاعات و جزئیات، قابلیت ملموس بودن، توانایی درک و تمایل به استفاده از هر یک از آنها و میزان تسهیلات در روند ایده‌پردازی و مدت زمان نگهداری، مورد پرسش قرار گرفتند.

یافته‌ها

براساس نتایج به دست آمده از مطالعه، به نظر افراد شرکت‌کننده، مدل سه‌بعدی ملموس‌تر از مدل هولوگرافیک است،

جدول ۲- قیمت چاپ هولوگرافیک.

رنگ	قطر (میلی متر)	قیمت (دلار آمریکا)	متریال
طبیعی	۳	۶۴,۹۵	پی آل اِی
آبی	۱/۷۵	۳۱,۰۰	اِی بی اس
سفید	۳	۲۳,۰۰	پی سی
طبیعی	۰/۳	۱۰۴,۳۵	پی وی‌ای

ماخذ: (3ders, 2015)

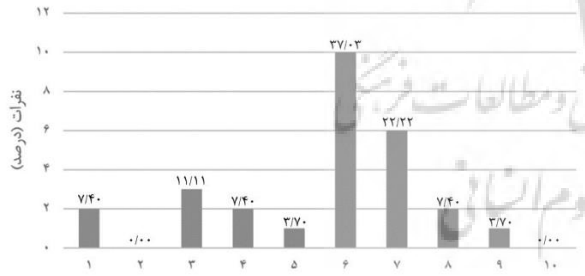
جدول ۳- قیمت چاپ سه بعدی.

انتخاب	اندازه (میلی‌متر)	قیمت (دلار آمریکا)
رنگی	۲۵۵*۱۹۵	۳۴۲,۳۹
رنگی	۴۵۰*۲۹۰	۹۳۶,۴۹
رنگی	۶۰۰*۴۵۰	۱۸۷۴,۵۵
رنگی	۸۵۰*۶۰۰	۲۶۵۶,۲۷

اما فهم جزئیات در مدل هولوگرافیک، سریع‌تر و آسان‌تر صورت می‌گیرد. پویایی، شبیه‌سازی واقعیت، زنده‌بودن در فضا، رنگ و نور، از جمله ویژگی‌های مدل هولوگرافیک هستند که از نظر طراحان، باعث جذب مخاطب در نگاه اول می‌شوند. به منظور ارائه ایده در شرایط یکسان، مدل هولوگرافیک به جهت داشتن قابلیت پویانمایی، سهولت در ساخت و اجرا، هایتک[۱۰]بودن، صرفه‌جویی در مصرف مواد و پایداری، مورد استقبال بیشتری قرارگرفت. قیمت بالای تولید مدل هولوگرافیک، باعث می‌شود در این رقابت، مدل سه‌بعدی به صرفه‌تر به نظر برسد و تمایل بیشتری نسبت به استفاده از آن باشد. همچنین افراد برای درک بهتر تمایل زیادی به لمس مدل داشتند از این رو ۵۷/۳٪ افراد ترجیح می‌دهند به جای آنکه مدل مجازی را با جزئیاتی بیشتر داشته باشند، بتوانند مدل سه بعدی را لمس کنند (تصویر ۵).

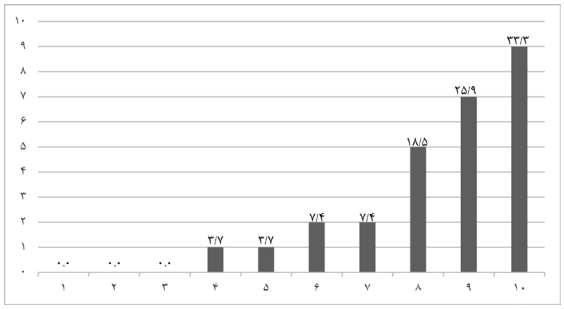
تصویر ۵- میزان تمایل به لمس مدل.

در مورد میزان اعتماد افراد به این فن‌آوری جدید، با توجه به نتایج به دست آمده میتوان گفت که این قابلیت اعتماد در بیشتر از نصف افراد مورد مطالعه وجود دارد. همانطور که نمودار ارائه شده در تصویر ۶ نشان میدهد، تجمع داده‌ها از حد میانه نمودار بالاتر است. یعنی ۶۶/۷٪ از افراد مورد مطالعه می‌توانند بیش از حد متوسط به مدل مجازی (هولوگرافیک) اعتماد کنند.



تصویر ۶- میزان اعتماد سازی مدل هولوگرافیک.

در حالی که ۸۵/۱۵٪ از افراد، بیش از ۵۰٪ به مدل‌های پرینت سه‌بعدی اعتماد می‌کنند (تصویر ۷).



تصویر ۷- میزان اعتمادسازی مدل سه‌بعدی.

۵۸/۳٪ از افرادی که مورد سوال قرار گرفتند، معتقدند که مدل هولوگرافیک روند ایده‌پردازی را تسهیل می‌کند، ۳۳/۳٪ مدل سه‌بعدی و بقیه هردو مدل را تسهیل کننده دانستند (تصویر ۸).

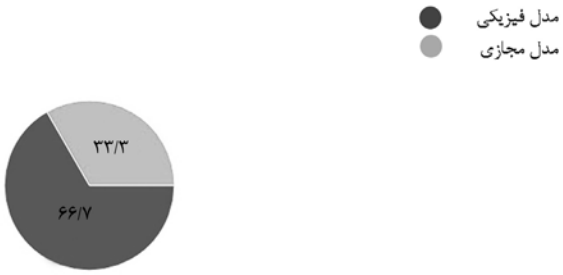
بیش از نیمی از پاسخ دهندگان، مدل‌های فیزیکی خود را تا آنجا که امکان نگهداری وجود داشته باشد، حفظ می‌کنند، ولی متعقدند که این مدل‌ها جاگیر بوده و پس از مدتی مزاحم هستند. در حالیکه مدل هولوگرافیک برای نگهداری بسیار مناسب‌تر است و جای کمتری می‌گیرد (تصویر ۹).

تصویر ۸- میزان تسهیل ایده‌پردازی توسط هرکدام از مدل‌ها.

تصویر ۹- مدت زمان نگهداری مدل پرینت سه‌بعدی.

مخاطبان با در نظر گرفتن همه جنبه‌های دو مدل، بیشتر گرایش به انتخاب مدل فیزیکی برای ساخت مدل اولیه خود داشتند که در تصویر۸، قابل مشاهده است (تصویر ۱۰).

در انتهای فرآیند پرسش، در حالی که امکان مشاهده هیچ یک از مدل‌ها برای افراد وجود نداشت، از آنها خواسته شد که اعلام کنند جزئیات و اجزای کدام مدل را بیشتر بخاطر سپرده‌اند. همانطور که در تصویر۱۱ دیده می‌شود، ۵۸/۳٪ از افراد مدل فیزیکی و ۴۱/۷٪ مدل هولوگرافیک را بهتر به خاطر داشتند.



تصویر ۱۰- میزان انتخاب هرکدام از مدل‌ها توسط مخاطبین.

تصویر ۱۱- ماندگاری در حافظه.

نتیجه

تجسم سه‌بعدی، طراحان را قادر به توسعه‌ی بسیاری از جنبه‌های روند طراحی می‌سازد. با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد مدل سه‌بعدی هولوگرافیک، طراح در تجربه‌ی استفاده از آن دچار نوعی تناقض می‌شود. هیجان مواجه‌شدن با یک مدل سه‌بعدی نورانی که در فضا حضوری جذاب و پویا دارد، از یک سو و عدم اعتماد و اطمینان از سوی دیگر به جهت غیرقابل لمس بودن آن، طراح را در انتخاب ابزار کمی محتاط نشان می‌دهد. اما برای ماندن در شرایط مغشوش و شلوغی که در پروژه‌های بزرگ وجود دارد و اطمینان‌دادن به کارفرما در جلوگیری از هزینه‌های اضافه‌ی ساخت مدل‌های مکرر، استفاده از این فن‌آوری، امری ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر، با گذشت زمان، هزینه ساخت مدل‌های هولوگرافیک قطعاً کاهش چشمگیری خواهد یافت. طبق نتایج مطالعه، بیش از نیمی از افراد، بیشتر از حد متوسط به مدل مجازی اعتماد داشتند. همچنین نیاز طراحان برای نشان دادن جزئیات، آماده‌سازی مدل در کمترین زمان و راحتی در حمل و نقل و نگهداری سهل‌الوصول مدل به شدت احساس می‌شود؛ لذا میل به استفاده از این تکنولوژی با وجود بدیع و ناآشنا بودن آن، کاملاً محسوس است. یک نگاه اجمالی به مدل یا محصول، فرد را تحریک به دریافت اطلاعات بیشتر در مورد آن خواهد کرد. در واقع کلیت درک شده از یک پرینت سه‌بعدی هولوگرافیک، به سرعت اتفاق خواهد افتاد. هولوگرام باعث افزایش درصد ذخیره اطلاعات و کاهش بار اطلاعات شناختی می‌شود. این فناوری، باعث تأثیر بر حافظه درازمدت مشاهده‌کنندگان می‌شود. نمی‌توان از آلودگی‌هایی که در خلال تولید مدل سه‌بعدی به واسطه مواد مورد‌مصرف آن ایجاد می‌شود، چشم پوشید. همچنان که از سبز و پایداربودن مدل‌های هولوگرافیک نمی‌توان غافل شد. بنابراین، توجه به فاکتور پایداری، یکی از مثبت‌ترین خصوصیت‌های مدل هولوگرافیک است. بعضی از طراحان، درباره علل انتخاب مدل سه بعدی فیزیکی به این نکته اشاره کردند که وقت و هزینه کمی صرف این فرآیند می‌شود. اما موضوع حائز اهمیت این است که گاهی اوقات، برای رسیدن به نتیجه مطلوب، نیاز به تکرار چاپ سه‌بعدی هست و این دقیقاً با پایداری در تناقض است. نمی‌توان تجربه‌ای را که کاربر در فضای واقعیت مجازی به دست می‌آورد از نظر انداخت، چرا که تجربه‌ای است فارغ از عالم واقع که در آن

به ازای هر تغییری، مجبور به پرداخت هزینه و صرف زمان نیست. لذا طراح یا کاربر براحتی می‌تواند تغییرات عظیم و آنی را در طرح خود اعمال کند. بررسی هولوگرام‌های سه بعدی، فرصتی را برای طراحان و معماران در راستای شناخت و استفاده هرچه بهتر این دانش در دنیای طراحی فراهم می‌آورد.

بنابر آنچه که در این پژوهش حاصل شد، علی رغم تمام ویژگی‌های مثبت فن‌آوری هولوگرافی، طراحان کماکان علاقمند به استفاده از روش چاپ سه‌بعدی هستند. یکی ازدلایل کشش به روش‌های قبلی، مقاومت درونی در برابر تغییرات و فن‌آوری‌های جدید است. از آنجا که زمان زیادی از به وجود آمدن هولوگرام‌های سه‌بعدی نمی‌گذرد، مورد قبول قرارگرفتن آن از جانب طراحان، ملزم به گذر زمان است، لذا نگارندگان بر این باورند که توسعه تحقیقاتی در زمینه هولوگرام‌ها، دنیای جدیدی پیش روی طراحان قرار خواهد داد.

پی‌نوشت‌ها

۱امواج نوری با طولِ‌موج یکسان یا تقریباً یکسان که رابطهٔ فازی ثابتی بین آنها برقرار است (Coherent).

۲در هولوگرام یا تمام نگاری، اطلاعات مربوط به هر سه بُعد در تصویر ثبت شده است و ناظر از دیدن تمام‌نگاشت احساس برجستگی در تصویر می‌کند.

3 Trompe-L´Oeil.

4 ISO.

5 Context.

۶ یک هولوگرام متحرک است و به این صورت ایجاد می‌شود که در هنگام نگاشت آن، فریم‌های مختلفی از یک تصویر در حال حرکت به ترتیب و به صورت مجزا در مقابل نور لیزر قرار داده شده و توسط نور لیزر روی سطح حساس به نور ثبت می‌شود.

۷ نرم افزار تحلیل آماری (IBM).

8 Application.

۹ ساخت سریع مدل اولیه.

10 High Technology.

فهرست منابع و مراجع

تالبوت، مایکل (۱۳۸۷)، *جهان هولوگرافیک*، ترجمه داریوش مهرجویی، نشر هرمس، تهران.

جهانی، شیما (۱۳۹۲)، *خانه‌ای برای گوته*، پایان‌نامه کارشناسی رشته معماری، دانشگاه شیراز.

Bassoli, E. A. G (2007), 3D printing technique applied to rapid casting, *Rapid Prototyping Journal*, (13) 3, 148-155.

Berman, B (2012), 3-D printing: The new industrial revolution, *Business Horizons*, (55) 2, 155-162.

Biocca, F and Levy, M (1995), *Communication in the age of virtual reality*, L. Erlbaum Associates Inc, USA.

Cascini, F. P (2014), A framework for user experience, needs and affordances, *Design Studies*, (35) 2, 160-179.

Ftterman, D.M (1998), *Ethnography: Stepbystep*, 2nded, SAGE, Chicago.

Gutowski, T., Branham, M., Dahmus, J., Jones, A., Thiriez, A. and Sekulic, D (2009), Thermodynamic Analysis of Resources Used in Manufacturing Processes, *Environmental Science & Technology*, (43) 5, 1584-1590.

Hariharan, P (2002), *Basics of Holography*, Cambridge University Press, UK.

Hayes, J (2013), *a New Way to Go 3D - Zebra Imaging to Partner with Autodesk*, Product Lifecycle Management, Autodesk Inc, USA.

Herzogenrath, E. B (1964), *The Cinema of Tod Browning: Essays of the Macabre and Grotesque*, Jefferson, Mcfarland company inc, UK.

ISO (2010), *Ergonomics of human system interaction*, Human-Centered Design for Interactive Systems (formerly known as 13407) (ISO, Part 210).

Johnston, S. F (2006), *In Holographic Visions: A History of New Science*, University of Glasgow, UK.

Johnston, S. F (2008), Holograms: A Cultural History, *Leonardo: Art Science and Technology*, (41) 3, 223-229.

Law, E; Roto, V; Hassenzahl, M; Vermeeren, A and Kort, J (2009), *Understanding, scoping and defining user experience: A survey approach*, Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing System, USA, 719-728.

McCarthy, J and Wright, P (2004), Technology as experience, Cambridge, MIT Press, USA.

Monde, M; Uematsu, T; Toda, T; Ohnuma, K and Yoshizumi, Y (1995), Holographic Three Dimensional Printer Using GalVanOmeter Scanners, *Optical Review*, (2) 2, 132-134.

Muhanna, M. A (2015), Virtual reality and the CAVE: Taxonomy, interaction challenges and research directions, *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, (27) 3, 344-361.

O'LEARY, A (2013), 3-D Printers to make things you need or like, New York Times.

Rebelo, F; Noriega, p.M; Duarte, E and Soares, M (2012), Using Virtual Reality to Assess User Experience, Human Factors and Ergonomics Society, *18th Triennial Congress of the International Ergonomics Association*, lisbon, 954-982.

Saleh, B. E. A and Teich, M. C (1987), *Fundamentals of Photonics*, 2nd ed. USA: Wiley.

Samuel H., Huang, P. L. (2013), Additive manufacturing and its societal impact: a literature review, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (67) 5-8, 1191-1203.

Tung, H and Jeong, W. K (2000), *Holography 2000*, SPIE, Austria.

Wijk, A. V (2013), 3D Printing with Biomaterials, IOS Press, Netherland.

Wilson, J (1999), Virtual environments applications and applied ergonomics, Applied Ergonomics, (3) 1, 3-9.

Ye, J; Badiyani, S; Raja, V and Schlegel, T (2007), *Human-Computer Interaction*, HCI Applications and Services, Springer Berlin Heidelberg, Germany.

Digitaltrends (2016), https://www.digitaltrends.com/dt-best-of-everything/ Sighted on 1/3/2016

3dprint (2015), http://3dprint.com/86444/holograph-viewer-3d-printed/ sighted on 1/3/2016

3ders (2016), http://www.3ders.org/articles/20160404-forum8-develops-holographic-projection-mapping-display-for-3d-printed-models.html Sighted on 1/3/2016