

بررسی دلایل ضرورت آموزش رسم دستی به دانشجویان مهندسی

علیرضا جهان‌تیغ پاک^۱، نفیسه مهدویان^۲

^۱ عضو هیأت علمی و رئیس مرکز گرافیک مهندسی دانشگاه صنعتی شریف، jahantigh@sharif.ir

^۲ nafise.mah@gmail.com

چکیده - از رسم دستی همواره به‌عنوان ابزاری مؤثر، کم‌هزینه و سریع برای تفکر خلاق، تجسم، خلق مفهوم و انتقال ایده یاد شده است. با این وجود در نظام آموزش مهندسی ایران، برنامه مدونی جهت ارتقای این مهارت دیده نمی‌شود. در این مقاله با مرور مطالعات صورت گرفته در این موضوع و با در نظر گرفتن مشاهدات نویسندگان در حین ارائه دروس مربوط به گرافیک مهندسی، ابتدا دلایل نیاز به گنجاندن مهارت رسم دستی در برنامه آموزش مهندسی برشمرده شده، سپس پیرامون ناممکن بودن جایگزینی این مهارت به وسیله ابزارهای کامپیوتری بحث شده است. در انتها نیز پیشنهادی جهت گنجاندن رسم دستی در دو سطح حداقلی و مطلوب در برنامه آموزشی مهندسی ارائه می‌گردد. سطح حداقلی ناظر به آموزش اصول رسم دستی در درس نقشه‌کشی صنعتی جهت کمک به قدرت تجسم دانشجویان بوده و سطح مطلوب ناظر به ارائه درسی مستقل جهت توانمندسازی دانشجویان مهندسی برای طراحی و ایده‌پردازی به منظور خلق مفاهیم جدید می‌باشد. کلید واژه - آموزش مهندسی، تجسم، خلق مفهوم، رسم دستی، گرافیک مهندسی

زمینه‌های تعامل [۴]، خلاقیت [۵]، [۶ و ۷] و ثبت ایده‌ها [۸] مشکلاتی دیده شده است. در بخش‌های بعد شواهدی مبنی بر ناکارآمد بودن استفاده از نرم‌افزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی در ارتقای تجسم، و یافته‌هایی مبنی بر تأثیرگذاری مثبت استفاده از رسم دستی در ارتقای مهارت‌های تجسم فضایی و سهولت تعامل ایده‌ها ارائه می‌گردد. نویسندگان این مقاله نیز حین تدریس دروس گرافیک مهندسی شواهدی به‌دست آورده‌اند که یافته‌های مذکور را تایید می‌نماید. این موارد در ادامه بررسی می‌شود.

۲. بررسی اهمیت مهارت رسم دستی

در این بخش تلاش شده تا با مرور مطالعات پیشین و بررسی تجارب نویسندگان در آموزش نقشه‌کشی صنعتی، کاربردها و نتایج استفاده از رسم دستی در طراحی مهندسی گردآوری و ارائه شود.

۲-۱ تأثیر مهارت رسم دستی بر توانایی تجسم فضایی

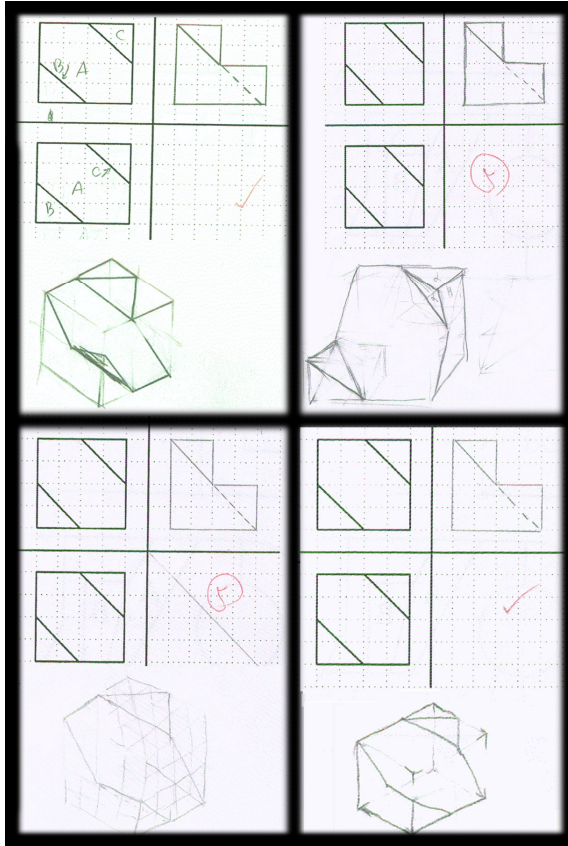
مهارت تجسم یکی از مهارت‌های مهم در پیشرفت کاری و تحصیلی در همه رشته‌های مهندسی است. قابلیت تجسم فضایی به "توانایی‌های مربوط به حفظ، یادآوری و انتقال تصاویر

۱. مقدمه

افراد مختلف برای حل مسائل طراحی مهندسی از راه‌های متفاوت استفاده می‌کنند زیرا در طراحی، راه‌های متفاوتی برای حل مسئله و تفکر وجود دارد؛ از تجسم ذهنی صرف تا رسم دستی و ساخت مدل سه‌بعدی [۱]. آموزش توانایی‌های مربوطه به دانشجویان مهندسی، در حوزه دروس گرافیک مهندسی مطرح می‌شود. آموزش ابزارها و اصول گرافیک مهندسی یکی از پایه‌های آموزش مهندسی است زیرا تمامی تعاملات در این حوزه بر اساس اصل مذکور و به‌وسیله ابزارهای آن انجام می‌شود [۲]. در گذشته درس نقشه‌کشی برای برقراری ارتباط میان مهندسين و صنعت با تمرکز بر تولید نقشه‌های استاندارد به‌وسیله ابزار مکانیکی نقشه‌کشی تدریس می‌شد. اما در دهه‌های اخیر با ظهور CAD و سپس مدل‌سازی سه‌بعدی، بسیاری از دانشگاه‌های مطرح دنیا با استفاده از نرم‌افزارهای مذکور و با مأموریتی جدید یعنی "ارتقای قابلیت‌های تجسم فضایی" تدریس می‌شود [۳]. با توجه به برخی بررسی‌ها در حوزه طراحی، علیرغم استفاده از ابزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی در فرایند طراحی مهندسی، در

مربوط به این درس آموزش رسم دستی وجود نداشته است. لذا می توان نتیجه گرفت که:

۱. ارتقای مهارت رسم دستی می تواند منجر به ارتقای مهارت تجسم افراد شود



شکل ۱: استفاده دانشجویان از رسم دستی جهت تجسم و تفکر بصری

۲-۲ تأثیر مهارت رسم دستی بر خلق و ثبت ایده ها

از رسم دستی تحت عنوان "تفکر بصری" نیز یاد می شود [۱۷]. یک طراح برای رسیدن به یک طرح به خصوص در مرحله طراحی مفهوم باید ایده های نو و متفاوتی را به سرعت در ذهن تجسم کرده، بر روی کاغذ رسم نماید؛ سپس به طور متناوب آن را آنالیز کند تا به عملکرد دلخواه برسد [۵، ۱۳ و ۱۷]. رسم دستی راهی مؤثر و حتی مؤثرتر از تکنیک های دیگر مورد استفاده در فازهای اولیه طراحی است [۱۷]. استفاده از رسم دستی به واسطه کم هزینه بودن، سرعت بالا و انتقال ساده مفاهیم می تواند تأثیرات مثبت بسیاری در طراحی مهندسی داشته باشد [۱، ۱۵، ۱۶ و ۱۷]. به علاوه، رسم دستی

به صورت ذهنی "اطلاق می شود" [۹]. نتایج مطالعات بسیاری در زمینه های علمی و مهندسی حاکی از تأثیر مثبت مهارت های مربوط به تجسم فضایی بر موفقیت فرد هستند [۱۰ و ۱۱]. یادگیری این توانایی می تواند در "حل مسائل مختلف"، "خلاقیت در فعالیت های مهندسی" و "برقراری ارتباطات طراحی" تأثیر به سزایی داشته باشد. همچنین ثابت شده که این مهارت ها قابل آموزش دادن است [۱۲]. به دلیل اهمیت این مهارت ها، امروزه یکی از مأموریت های اصلی دروس نقشه کشی صنعتی در دنیا ارتقای تجسم دانشجویان است [۳]. قابلیت تجسم فضایی علاوه بر مفید بودن در دروس نقشه کشی صنعتی، در طراحی مفهومی نیز کاربرد مؤثری دارد [۱۳]. Gutiérrez و همکاران معتقدند بهتر است این مهارت ها در ابتدای ورود به دانشگاه فراگرفته شوند. به علاوه برخی اساتید اعتقاد دارند که حتی علت سختی هایی که دانشجویان سال اول مهندسی برای یادگیری رسم فنی دارند، به خاطر پایین بودن سطح مهارت فضایی در مهندسی است [۱۴]. برخی پژوهش ها حاکی از آن است که استفاده از رسم دستی امکان تجسم ذهنی راحت تر برای طراح را فراهم می آورد [۱، ۱۵ و ۱۶]. Lane و همکاران، رسم دستی را واسطه ای میان تجسم های ذهنی و نمایش آن ها بر روی کاغذ می دانند و اعتقاد دارند که رسم دستی مهارتی پیچیده است که در شکل گیری و نحوه تجزیه تحلیل بصری تر و اکتشافات خلاقانه تأثیر دارد [۸].

همچنین، مشاهدات نویسندگان این مقاله در خصوص توانایی پاسخ گویی به سؤالات تجسم توسط دانشجویان حاکی از این است که افرادی که توانایی رسم دستی بهتری دارند، برای رسم تصویر سوم یک جسم از روی دو تصویر دوبعدی معلوم، ابتدا تصویر سه بعدی جسم را رسم کرده، سپس تصویر سوم را رسم می کنند. به این ترتیب این دسته از دانشجویان قادر هستند با استفاده از مهارت رسم دستی خود و از طریق تفکر بصری کل قطعه را تجسم کرده و احتمال خطا در رسم تصویر سوم را کاهش دهند. شکل ۱ شامل نمونه هایی از این موارد می باشد که مربوط به چهار گروه درس نقشه کشی صنعتی ۱ ویژه دانشجویان رشته های مختلف در نیم سال دوم سال تحصیلی ۹۲-۹۳ در دانشگاه صنعتی شریف می باشد. تعداد دانشجویان ثبت نام شده در این چهار گروه درس نزدیک به ۸۰ نفر بوده که از این میان تنها ۲۶ نفر موفق به اخذ نمره کامل یا نزدیک به کامل (بالای ۸۷ درصد نمره سؤال مربوطه) شده اند. نکته قابل توجه این است که از این ۲۶ دانشجو، ۱۱ نفر (۴۲ درصد) از تفکر بصری و رسم دستی یاری گرفته اند و این در حالی است که در طرح درس

۳. توانایی رسم دستی به تعامل میان مهندسی و طراحان سهولت بخشیده و باعث افزایش سرعت و شفافیت تعاملات طراحی می‌شود.

۳. بررسی امکان جایگزینی رسم دستی به وسیله ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر

بحث‌های متفاوت و در برخی موارد متضادی پیرامون سودمندی استفاده از ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر در برابر رسم دستی وجود دارد. اما در مجموع هیچ‌کدام از آن‌ها قطعیت ندارند. ایده‌آل در طراحی این است که با استفاده از کمترین مهارت و ابزار، بیشترین اطلاعات بیان شود [۷]. در هر طراحی و در هر مرحله از فرایند طراحی، می‌بایست تکنیک مناسب با آن مورد استفاده قرار گیرد. زیرا تکنیک‌های متفاوت تضادی با هم نداشته و مکمل یکدیگرند. طراحان مختلف متناسب با توانایی‌های خود می‌توانند هرکدام از این روش‌ها را برای کار انتخاب کنند. نکته مهم این است که یک مهندس می‌بایست قدرت شناخت ابزار مناسب و مهارت کافی برای بهره‌گیری از آن را داشته باشد.

مطالعات صورت گرفته در حوزه آموزش مهندسی حاکی از آن است که استفاده بیش از حد از ابزارها و مهارت‌های تحلیلی خطر پرورش "مهندسی متوسط" را در پی دارد [۲۲]. این مطالعات عدم استفاده از رسم دستی و تدریس نقشه‌کشی به صورت صرف در دهه‌های اخیر، هم‌چنین عدم بهره‌گیری از دانشی که بر اصول مهندسی، ابزارهای غیرکلامی و هنر مهندسی تکیه کند را از عوامل اصلی این امر می‌دانند [۵].

Summers و همکاران در پژوهشی پیشنهاد می‌کنند که ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر از فرایند ایده‌پردازی اولیه حذف شود. آن‌ها این‌گونه استدلال می‌کنند که در طراحی به کمک کامپیوتر ابتدا اجزای مختلف به‌طور دقیق از نظر هندسی تعریف می‌شوند و سپس با توجه به قیودی که دیگر اجزاء دارند، در کنار هم ترکیب کلی را ایجاد می‌کنند. این در حالیست که فرایند تفکر انسان کاملاً برعکس است. زیرا انسان ابتدا عملکرد مورد نظر را سنجیده، سپس ترکیب کلی را می‌بیند، و در آخرین مرحله هندسه تک تک قسمت‌ها را بررسی می‌نماید [۷].

۳-۱ طراحی به کمک کامپیوتر و تجسم فضایی

Kurtulus معتقد است که دانشجویان به‌واسطه امکانات وسیع ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر مانند صفحات تعاملی، اجرای مرحله به مرحله دستورات، قابلیت چرخاندن اشیای خلق شده، حرکت دادن اشیاء، ایجاد انیمیشن و تغییر رنگ و وضوح می‌توانند مراحل کارشان را به ترتیب مرور کرده، اشیاء را از

می‌تواند در کنار فعالیت‌های جانبی آن و یا ابزارهای سنتی دیگر، سبب خلق راه‌حل‌های خاص و خلاقانه شود [۵]. اهمیت تفکر بصری برای خلاقیت و نوآوری در طراحی همواره مورد بحث و نقد بوده است. Goldschmidt تفکر بصری را از منظر طراحی، فرایند و استدلالی پشت خلق ایده یا فرم تعریف کرده و Cross طرح زدن‌های دستی اولیه را فرایند بلند فکر کردن می‌داند [۵].

ثبت سریع ایده‌هایی که گاه در محیط غیرکاری و دور از ابزار و تجهیزات فنی و کامپیوتری به ذهن طراح می‌رسد نباید در گرو تجهیزات و امکانات پیچیده باشد زیرا می‌تواند موجب از دست رفتن ایده‌ها شود. از آن‌جا که ثبت دستی ایده‌ها با ساده‌ترین امکانات طراحی و روی ساده‌ترین وسایل حتی چیزی مثل دستمال امکان‌پذیر بوده و درعین حال یادگیری آن به‌طور قابل ملاحظه‌ای ساده است، ابزار بسیار مناسبی برای ثبت ایده‌ها می‌باشد [۲ و ۱۸]. Taborda و همکاران از رسم دستی به‌عنوان نوعی نمونه‌سازی دوبعدی یاد می‌کنند که استفاده از آن در فرایند طراحی دانشجویان را قادر به نمونه‌سازی سریع و کم‌هزینه ایده‌ها می‌نماید و آموزش این مهارت به دانشجویان باعث تشویق ایشان به ثبت و فهم بدون ریسک ایده‌ها می‌شود [۵].

۲. ارتقای مهارت رسم دستی بر توانایی خلق و ثبت ایده‌ها با سرعت بالا و هزینه کم تأثیر مثبت دارد.

۲-۳ رسم دستی و تعامل در طراحی

یکی از عملکردهای اصلی طراحی دستی کمک به طراح در بسیاری از حوزه‌ها برای برقراری ارتباط و تمرینی مناسب برای طراحی است [۴ و ۱۹]. برخی نویسندگان از ترسیم به عنوان یک رابط میان ارائه توصیفی و ارائه تصویری یاد کرده‌اند که اطلاعات دقیقی را با استفاده از طرح‌های تصویری در کنار یادداشت‌های توضیحی منتقل می‌نماید [۸]. برای تشویق دانشجویان به یادگیری رسم دستی، باید برایشان نقش مهم این مهارت در ارتباطات و استدلال‌های مهندسی را بیان کرد [۲۰]. طرح‌های دستی با استفاده از خطوط و نشانه‌ها، به‌عنوان زبان طراحی، راه ارتباطی مؤثری هستند که برای بیان و انتقال افکار و ایده‌های مهندسی، طراحان در میان خودشان و با دنیای بیرون استفاده می‌شوند [۱، ۴، ۸، ۱۷ و ۲۱]. همچنین رسم دستی بهترین و مؤثرترین راه برای آموختن نحوه خواندن طرح و نقشه‌ها، تفکر بصری در طول طراحی، فهمیدن و فهماندن مفاهیم است [۵ و ۲۰].

ابزارها توصیه نمی‌شود [۷]. همچنین سهولت در خواندن، ارائه بصری یک‌دست و پیوند میان مدل‌ها، طراحی به‌کمک کامپیوتر را برای طراحی جزئیات مناسب می‌نماید.

۴. ابزارهای طراحی به‌کمک کامپیوتر به دلیل محدودیت‌های ذاتی خود نمی‌توانند در مرحله ایده‌پردازی جایگزین کاملی برای رسم دستی باشند

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، نویسندگان با بررسی پژوهش‌های صورت گرفته پیرامون اهمیت و آثار استفاده از رسم دستی در طراحی، چهار گزاره را به‌عنوان جمع‌بندی در انتهای بخش‌های قبل ارائه نمودند. از این گزاره‌ها به این نتیجه می‌رسیم که مهارت رسم دستی از دو جنبه برای مهندسين مهم است. یکی ارتقای مهارت‌های تجسم فضایی که نتایج غیرقابل انکاری در موفقیت تحصیلی و کاری در پی دارد و دیگری کمک به مهندس در خلق، ثبت و تعامل ایده‌ها در فرایند طراحی. لذا در این بخش پیرامون هر یک از این دو جنبه بحث و در قالب دو پیشنهاد نتیجه‌گیری می‌شود.

در طول دهه ۵۰ میلادی، آموزش مهندسی در امریکا بازنگری شد و به گزارش Grinter بر اهمیت بیان گرافیکی، شامل رسم دستی به‌عنوان راهی برای تفکر خلاقانه، تجسم فضایی و توانایی برای بیان ایده‌ها تأکید شد. گرافیک مهندسی در ابتدا محتوایی قوی داشت که هندسه ترسیمی و رسم دستی شامل آن بودند. اما از اوایل دهه ۸۰ میلادی و به‌خصوص پس از ظهور کامپیوتر و نرم‌افزارهای طراحی به‌کمک کامپیوتر، با وجود تأکید گزارش Grinter، ارزش تفکر بصری در برنامه درسی مهندسی بسیار کاهش یافت. رسم دستی با وجود فواید بسیاری که در مطالعات متفاوت برای آن برشمرده شده است، از برنامه‌های تحصیلی بسیاری دانشگاه‌ها حذف شده است. با حذف دروس "هندسه ترسیمی"، "نقشه‌کشی دستی" و "رسم دستی" از دروس گرافیک در مدرسه‌های مهندسی امریکا و سپس به تقلید از آن‌ها در دانشگاه‌های سراسر دنیا، زوال شدیدی در مهارت‌های تجسمی دانشجویان مهندسی به وجود آمده است [۱۰ و ۱۳]. برای جبران این زوال می‌بایست توجه جدی‌تری به ارتقای این مهارت‌ها در دانشجویان مهندسی نمود. از آنجا که نتایج بسیاری از پژوهش‌ها حاکی از ناکارآمدی استفاده از ابزارهای طراحی به‌کمک کامپیوتر در ارتقای این مهارت‌ها می‌باشد، نیاز است تا راه‌حل‌های مناسب‌تری جهت ارتقای مهارت تجسم دانشجویان مهندسی ارائه

زوایای مختلف مورد بررسی قرار دهند و تصویر سه‌بعدی آن‌ها را از نماهای متفاوت ببینند. لذا این ابزارها، یادگیری را نسبت به تخته کلاس یا صفحه کاغذ جذاب‌تر، سریع‌تر و مؤثرتر می‌کند و درک عمیق‌تری از پرسپکتیو و جهت‌یابی فضایی به دانشجویان می‌دهند [۲۳].

در مقابل، تئوری‌های Sorby و Gorska و مطالعاتی که در دانشگاه فنی میشیگان انجام شده نشان می‌دهد که طراحی دستی و دروسی که بر این مهارت تأکید می‌کنند، نسبت به دروسی که بر متدهای طراحی کامپیوتری تأکید دارند، نقش مؤثرتری در پیشرفت مهارت‌های فضایی ایفا می‌کنند [۲۴].

۳-۲ طراحی به‌کمک کامپیوتر و ایده‌پردازی

مهندسی سنتی، طراحی دستی را با نقشه‌کشی یکی دانسته، آن را حذف کرده و ابزارهای طراحی به‌کمک کامپیوتر را جایگزین آن نموده است [۵]. اما این ابزارها در مراحل اولیه طراحی محدودیت‌هایی مانند دقت بالا و توجه زیاد به جزئیات را به طراحان تحمیل می‌کند که این مسئله منجر به کاهش سرعت، خلاقیت و پرورش ایده‌ها و در نتیجه سبب تثبیت ایده‌ها به صورت خام و اولیه می‌شود. درحالی که رسم دستی ابزاری برای تفکر در طراحی بوده که به حل مسأله، کشف، خلق و آنالیز ایده‌ها کمک می‌کند [۵، ۶ و ۷].

با وجود استفاده روزافزون از ابزارهای طراحی به‌کمک کامپیوتر، رسم دستی هنوز یک جزء ضروری در فرایند طراحی محسوب می‌شود. طراحی به‌کمک کامپیوتر بسیار زمان‌بر بوده، برای اجرا به مهارت‌های بیشتری نیاز دارد و ایده‌های تولید شده به‌وسیله این روش، پختگی ایده‌های تولید شده از طریق رسم دستی را ندارند. لذا به دلیل پویایی، دقت و استاندارد بودن خود، بیشتر مناسب مراحل تولید و ارائه‌های نهایی هستند [۷] تا مرحله ایده‌پردازی.

۳-۳ زمان‌بر بودن استفاده از ابزارهای طراحی به‌کمک

کامپیوتر

یکی از مشکلاتی که در استفاده از ابزارهای طراحی به‌کمک کامپیوتر دیده می‌شود، زمان صرف شده در این برنامه‌ها برای طراحی (مدل‌سازی) است.

از نتایج مطالعات انجام شده در این حوزه می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که استفاده از ابزارهای طراحی به‌کمک کامپیوتر زمانی مقرون به‌صرفه است که در مراحل بعدی طراحی مانند اصلاحات، نقشه گرفتن یا آنالیز کردن، به طرح و مدل ایجاد شده نیاز باشد. در غیراین‌صورت از آنجا که زمان صرف شده برای مدل‌سازی معمولاً بیش از دانشی است که حاصل می‌شود، استفاده از این

طراحی به کمک کامپیوتر در مراحل بعدی طراحی و پس از پایان ایده‌پردازی استفاده شود [۲، ۵، ۷ و ۱۳]. با توجه به اهمیت ارتقای توان ایده‌پردازی و خلق مفهوم و با تکیه بر نتایج بررسی انجام شده در این پژوهش که حاکی از کارآمدی رسم دستی در مراحل ابتدایی طراحی و خلق ایده می‌باشد، و نیز با توجه به عدم امکان جایگزینی آن با ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر در این مراحل از فرایند طراحی، می‌توان نتیجه گرفت که برنامه‌ریزان آموزش مهندسی کشور می‌بایست توجه جدی به آموزش رسم دستی به دانشجویان مهندسی داشته باشد. به همین دلیل نویسندگان پیشنهاد می‌کنند که درس یا دروسی مستقل در برنامه آموزش مهندسی گنجانده شود که مأموریت آن آموزش مهارت رسم دستی و مأموریت آن ارتقای نوآوری، تفکر طراحی و خلاقیت باشد. محتوای این برنامه‌های آموزشی، روش ارائه و سایر جزئیات آن می‌تواند در مطالعات آتی بررسی گردد.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش نقش استفاده از رسم دستی در طراحی مهندسی بررسی و سپس امکان جایگزینی آن توسط ابزارهای طراحی کامپیوتری بررسی شد و نتایج زیر به دست آمد:

۱. *ارتقای مهارت رسم دستی می‌تواند منجر به ارتقای مهارت تجسم افراد شود*
۲. *ارتقای مهارت رسم دستی بر توانایی خلق و ثبت ایده‌ها با سرعت بالا و هزینه کم تأثیر مثبت دارد.*
۳. *توانایی رسم دستی به تعامل میان مهندسی و طراحان سهولت بخشیده و باعث افزایش سرعت و شفافیت تعاملات طراحی می‌شود.*
۴. *ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر به دلیل محدودیت‌های ذاتی خود نمی‌توانند در مرحله ایده‌پردازی جایگزین کاملی برای رسم دستی باشند*

در ادامه، نویسندگان با بررسی نتایج به دست آمده از این پژوهش، پیشنهادات زیر را ارائه نمودند:

۱. گنجاندن آموزش اصول رسم دستی در دروس نقشه‌کشی
۲. تدوین برنامه‌ای مستقل جهت ارتقای مهارت رسم دستی با هدف ارتقای توان ایده‌پردازی خلاقانه و تفکر بصری

سپاسگزاری

این پژوهش، با حمایت معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی شریف به انجام رسیده است. بدین وسیله از حمایت‌های این معاونت قدردانی به عمل می‌آید.

شود. اگر آموزش‌هایی که در این زمینه داده می‌شود به صورت درست و مؤثر انجام شود، نه تنها سطح توانایی‌های فضایی آن‌ها را بالا می‌برد، بلکه سبب فهم بهتر آن‌ها از محتوای گرافیک مهندسی می‌شود. در نتیجه تمایل دانشجویان به مهندسی و موضوعات آن بیشتر شده، آن را با علاقه بیشتری دنبال می‌کنند که این خود در بالا رفتن میزان عملکرد آکادمیک مؤثر است [۱۴]. رسم دستی ابزاری سودمند در تدریس تئوری‌ها و استانداردهای گرافیک مهندسی به دانشجویان مهندسی است زیرا تمرکز آن‌ها بر مواد درسی را بالاتر برده و با پیامدهای شناختی بالایی که دارد، در نهایت سود اقتصادی بالایی خواهد داشت [۲ و ۲۵]. با توجه به آن‌چه که ذکر شد و با تکیه بر تجربیات و مشاهدات نویسندگان، می‌توان ادعا کرد که ارتقای مهارت رسم دستی یکی از راه‌هایی است که می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای مهارت مهم تجسم در دانشجویان ایفا نموده، در نتیجه تأثیر مثبتی بر موفقیت تحصیلی و حرفه‌ای آن‌ها داشته باشد. لذا اولین پیشنهاد نویسندگان این مقاله، تدوین برنامه‌ای جهت آموزش اصول رسم دستی به دانشجویان مهندسی در قالب دروس نقشه‌کشی صنعتی می‌باشد. به این ترتیب دانشجو حداقلی از مهارت رسم دستی را کسب کرده، می‌تواند جهت تفکر بصری و تجسم از آن کمک بگیرد.

پیشنهاد بعدی نویسندگان مربوط به تدوین برنامه‌ای مستقل جهت آموزش رسم دستی به منظور ارتقای خلاقیت، نوآوری و توان ایده‌پردازی دانشجویان است. نوآوری نیروی محرکه اقتصاد است و لازم است که تحصیلات مهندسی به گونه‌ای طراحی شود که مهندسی خلاق بیشتری تولید کند تا فارغ‌التحصیلان مهندسی با نوآوری، بتوانند در اقتصاد ایجاد ارزش افزوده نمایند. Taborda و همکاران معتقدند که امروزه دانشجویان مهندسی هرچند در ابزارهای طراحی جزئیات حرفه‌ای شده‌اند، اما در طراحی مفهوم و ایده‌پردازی ضعیف‌اند و برنامه آموزشی مهندسی نیاز دارد که چارچوبی مؤثرتر برای تدریس تفکر بصری پرورش دهد. آن‌ها نظرات تعدادی از پژوهشگران در این زمینه را این‌گونه جمع‌بندی می‌نمایند:

«مهندسان رسم دستی را به‌عنوان راهی برای فکر کردن دربارۀ ایده‌ها، حل مسایل و تفکر بصری نمی‌آموزند.» [۵].

مطالعات تخمین زده‌اند که تقریباً ۷۰٪ هزینه تمام شده یک محصول، در مراحل اولیه طراحی مشخص می‌شود [۲۶]. بنابراین توسعه بهتر مفاهیم و راه‌حل‌های خلاقانه‌تر کمک کند [۲۷]. پیشنهاد کلی محققین این حوزه این است که از رسم دستی برای مراحل اولیه و ایده‌پردازی در فرایند طراحی، و از ابزارهای

- [15] Chester, Ivan. "Teaching for CAD expertise." *International Journal of Technology and Design Education* 17.1 (2007): 23-35.
- [16] Tseng, Tiffany, and Maria Yang. "The role of spatial-visual skills in a project-based engineering design course." *American Society for Engineering Education*, 2011.
- [17] Cardella, Monica E., Cynthia J. Atman, and Robin S. Adams. "Mapping between design activities and external representations for engineering student designers." *Design Studies* 27.1 (2006): 5-24.
- [18] Leake J., Borgerson J. L., *Engineering Design Graphics: Sketching, Modeling, and Visualization*, 2nd Edition. Wiley, 2012.
- [19] Grzybowski, Deborah M. "Impact of Optional Supplemental Course to Enhance Spatial Visualization Skills in First-Year Engineering Students."
- [20] Contero, Manuel, et al. "Learning support tools for developing spatial abilities in engineering design." *International Journal of Engineering Education* 22.3 (2007): 470.
- [21] Scribner, Shauna A., and Marcia A. Anderson. "Novice drafters' spatial visualization development: Influence of instructional methods and individual learning styles." (2005)
- [22] Eugene S. Ferguson. *Engineering and the Mind's Eye*. MIT press, 1994
- [23] Kurtulus, Aytac. "Effect of Computer-Aided Perspective Drawings on Spatial Orientation and Perspective Drawing Achievement." *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET* 10.4 (2011): 138-147
- [24] Leopold, Cornelie, Renata A. Gorska, and Sheryl A. Sorby. "International experiences in developing the spatial visualization abilities of engineering students." *Journal for Geometry and Graphics* 5.1 (2001): 81-91.
- [25] Lane, Diarmaid, Niall Seery, and Seamus Gordon. "The understated value of freehand sketching in technology education." *Engineering Design Graphics Journal* 73.3 (2009).
- [26] National Research Council (U.S.), 1991, *Improving Engineering Design: Designing for Competitive Advantage*, National Academy Press, Washington, D.C.
- [27] Shah, Jami J., et al. "Collaborative Sketching (C-Sketch) — an idea generation technique for engineering design." *The Journal of Creative Behavior* 35.3 (2001): 168-198
- [1] Yang, Maria C., and Jorge G. Cham. "An analysis of sketching skill and its role in early stage engineering design." *Journal of Mechanical Design* 129.5 (2007): 476-482.
- [2] Kopp, Gregory. "Engineering graphics in the new millennium: integrating the strengths of sketching and CAD." *Frontiers in Education Conference*, 1999. FIE'99. 29th Annual. Vol. 2. IEEE, 1999.
- [3] Lieu, Dennis, and Sheryl Sorby. *Visualization, modeling, and graphics for engineering design*. Cengage Learning, 2008.
- [4] Barros, Gil, and Leandro Velloso. "How the communication between designers was affected by ActionSketch, a technique to improve sketches in interaction design." *Revista Brasileira de Design da Informação/Brazilian Journal of Information Design* 10.1 (2013): 1-17.
- [5] Taborda, Elkin, et al. "Enhancing visual thinking in a toy design course using freehand sketching." *ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2012.
- [6] Vedin, Bengt-Arne, et al. *Design-inspired innovation*. London: world Scientific, 2006.
- [7] Mathieson, James L., Bradley A. Wallace, and Joshua D. Summers. "Assembly time modelling through connective complexity metrics." *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 26.10 (2013): 955-967.
- [8] Lane, Diarmaid, Niall Seery, and Seamus Gordon. "A Paradigm for Promoting Visual Synthesis through Freehand Sketching." *Design and Technology Education* 15.3 (2010): 68-90.
- [9] Marunić, Gordana, and Vladimir Glažar. "Improvement and assessment of spatial ability in engineering education." *Engineering Review* 34.2 (2014): 139-150.
- [10] Ault, Holly K., and Samuel John. "Assessing and Enhancing Visualization Skills of Engineering Students in Africa: A Comprehensive Study." *Engineering Design Graphics Journal* 74.2 (2010): 12-20.
- [11] Martín-Gutiérrez, Jorge, et al. "Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students." *Computers & Graphics* 34.1 (2010): 77-91.
- [12] Sorby, Sheryl A. "Developing 3-D spatial visualization skills." *Engineering Design Graphics Journal* 63.2 (2009).
- [13] Marklin Jr, Richard W., Jay R. Goldberg, and Mark Nagurka. "Freehand Sketching for Engineers: A Pilot Study." (2013).
- [14] Martín-Gutiérrez, Jorge, Rosa E. Navarro, and Montserrat Acosta González. "Mixed reality for development of spatial skills of first-year engineering students." *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2011. IEEE, 2011.