



ششمین کنفرانس بین‌المللی آموزش مهندسی ایران،
۲۸ تا ۳۰ آبان ۱۳۹۸، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

ارزیابی تأثیر استفاده از نرم‌افزارهای CAD در آموزش دروس گرافیک مهندسی

مهدی متقی‌پور

۱. مقدمه

نقشه کشی صنعتی و ترسیمات برای ارتباط دادن بین ایده‌ها از زمان قدیم تا دوران امروز مورد استفاده قرار گرفته است. این حرفه، یک وسیله ارتباطی مهم بین مهندسين، تکنسین‌ها و کسانی که در زمینه طراحی و تولید فعالیت می‌کنند محسوب می‌شود که شامل قوانین فنی و قراردادهای ترسیمی است. مهارت نقشه‌خوانی و نقشه کشی در مهندسی مانند سواد خواندن و نوشتن می‌باشد و به همین خاطر از نقشه کشی صنعتی به عنوان زبان صنعت یاد می‌گردد که اطلاعات مورد نیاز از یک قطعه و یا یک دستگاه شامل شکل هندسی، نحوه قرار گرفتن و اتصال اجزاء مختلف، مشخصات فیزیکی و هر گونه اطلاعات ضروری را به روشنی و بدون ابهام بیان می‌کند. تسلط بر این زبان برای هر مهندسی لازم و ضروری است تا بتواند از طریق آن به تبادل اطلاعات با سایر مهندسين بپردازد. هر مقدار که تسلط یک مهندس به نقشه‌خوانی و نقشه کشی بیشتر باشد، سریع‌تر و راحت‌تر می‌تواند ایده‌های خود را به دیگران منتقل کند و به طور متقابل ایده‌های دیگران را درک نماید. در نقشه کشی صنعتی با تصاویر و نماهای مختلف اجسام سر و کار داریم. به همین خاطر برای این‌که یک نقشه برای تمام شرکت‌های مهندسی و کارگاه‌ها و صنایع تولیدی یک معنا را بدهد، مجموعه قواعد و اصول ترسیمی آن را به صورت بین‌المللی استاندارد درآورده‌اند تا نقشه مورد نظر فقط یک قطعه یا یک دستگاه را در تمام جهان معرفی کند. نقشه استاندارد (بر اساس استاندارد ISO) شامل نماهای روبه رو، بالا و چپ جسم به علاوه نمای مجسم آن از زاویه خاص (مثل ایزومتریک یا دیمتریک) می‌باشد. نماهای روبه‌رو، بالا و چپ نماهای دوبعدی یک جسم سه بعدی هستند که از زوایای عمود نسبت به یکدیگر ایجاد شده‌اند. نمای ایزومتریک در اصل یک نمای دوبعدی است که از یک زاویه خاص جسم را نشان می‌دهد به طوری‌که هر سه

چکیده - در فرایند تولید، بعد از طراحی محصول و تحلیل آن، نوبت به تهیه نقشه صنعتی می‌رسد. نقشه در واقع پل ارتباطی بین طراح و سازنده است و به کمک آن محصول صنعتی ساخته می‌شود. بنابراین تهیه نقشه یکی از مهم‌ترین مراحل در فرایند تولید می‌باشد. تا حدود ۳۵ سال پیش تقریباً تمام نقشه‌ها در دنیا با دست و به کمک قلم و کاغذ تهیه می‌شدند. لذا در فرایند تولید، تهیه نقشه جزو مراحل سخت و وقت گیر محسوب می‌شد. چرا که عدم دقت و بروز اشتباه در یک نقشه، تمام نقشه‌های بعدی و مرتبط با آن را دچار اشکال می‌کرد که اصلاح آن زمان و حوصله زیادی به خود می‌طلبید. از اواخر سال ۱۹۸۰ با حضور نرم‌افزارهای CAD (طراحی به کمک کامپیوتر) بر روی کامپیوترهای شخصی، مسیر تازه‌ای پیش روی مهندسين قرار گرفت که به کمک آن می‌توانستند طراحی و ترسیم نقشه را با سرعت، دقت و سهولت بیشتری انجام دهند. به دنبال تحول در تهیه نقشه‌های اجرایی در صنایع مختلف، آموزش دروس گرافیک مهندسی نیز در دانشگاه‌های برتر دنیا متحول شد به نحوی که تقریباً از سال ۲۰۰۰ آموزش نرم‌افزارهای CAD و استفاده از آن جزء جدایی‌ناپذیر این کلاس‌ها قرار گرفت. در این مقاله ابتدا نرم‌افزارهای متداول CAD و شیوه اجرای آن در دانشگاه‌های معتبر دنیا مورد مطالعه قرار می‌گیرد. سپس شیوه آموزش دروس گرافیک مهندسی در دانشگاه صنعتی بیان می‌شود. در انتها یک مطالعه موردی بین دو گروه از دانشجویان انجام می‌شود و تأثیر استفاده از آموزش یکی از نرم‌افزارهای CAD در درس نقشه کشی صنعتی ۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

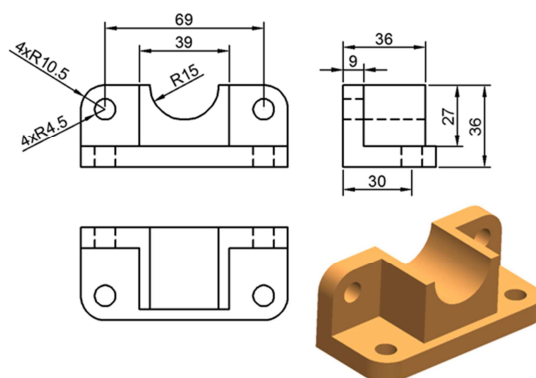
کارایی آن‌ها رابطه تنگاتنگی دارد. بسیاری از دانشجویان رشته‌های مهندسی در دانشگاه‌های کشورمان، درس نقشه کشی صنعتی را می‌گذرانند. از طرفی در دانشگاه صنعتی شریف، رشته‌هایی نظیر مهندسی مکانیک و صنایع درس نقشه کشی صنعتی ۲ را نیز اخذ می‌کنند. در این درس دانشجویان با انواع قطعات صنعتی، نقشه‌های مورد نیاز در طراحی و صنعت و نحوه ترسیم آن‌ها بر اساس آخرین تکنولوژی‌های اجرایی و قابل استفاده در کشور آشنا می‌شوند و در انتهای ترم از آن‌ها انتظار می‌رود که بتوانند از قطعات و دستگاه‌های صنعتی نقشه‌های اجرایی قطعه، مونتاژ، ديمونتاژ و انفجاری تهیه نمایند [2] و [3].

با توجه به این‌که دانشجویان ورودی رشته‌های مهندسی قبل از ورود به دانشگاه، کم‌تر با مباحث تجسمی روبه‌رو شده‌اند لذا بسیاری از آن‌ها در درس نقشه کشی صنعتی، با مسائل مربوط به تجسم سه بعدی دچار مشکل می‌شوند و قادر نیستند جسم و یا اجزا و قسمت‌های مختلف آن‌ها در ذهن به درستی تجسم کنند و یا آن‌ها را بر روی کاغذ ترسیم نمایند. به همین خاطر بسیاری از محققان در دو دهه اخیر به دنبال شیوه‌های متفاوت آموزشی و اجرای آن در کلاس بوده‌اند تا بتوانند از طریق آن‌ها، مشکلات دانشجویان در زمینه درک فضای سه بعدی را مرتفع سازند و قدرت تجسم سه بعدی آن‌ها را بهبود بخشند. در مقالات، راه‌های مختلفی برای بهبود قدرت تجسم سه بعدی دانشجویان پیشنهاد و مورد آزمایش قرار گرفته است که یکی از آن‌ها استفاده از نرم‌افزارهای CAD (طراحی به کمک کامپیوتر) در کلاس‌های دروس گرافیک مهندسی است [4]-[10]. در بعضی از دانشگاه‌های معتبر و ممتاز دنیا برای رفع این مشکل، آموزش مدل‌سازی سه بعدی کامپیوتری را در سر فصل درس وارد کرده‌اند به نحوی که دانشجویان در ابتدای دوره قبل از هر مطلبی با مدل‌سازی سه بعدی اجسام آشنا شده و شروع به ترسیم سه بعدی اجسام در نرم‌افزار می‌کند و با توجه به امکانات موجود در نرم‌افزار می‌تواند اجسام را از نماهای مختلف مشاهده کند یا آن‌ها را برش بزند. البته این جایگزینی می‌تواند مشکلاتی را به همراه داشته باشد که از جمله آن، علاقه بیشتر دانشجویان در مدل‌سازی با نرم‌افزارهای CAD است که این امر می‌تواند مفاهیم و اصول اولیه نقشه کشی صنعتی را تحت شعاع قرار دهد و از طرفی این شیوه اجرا با مخالفت اساتید پیشکسوت و سنتی کار روبه‌رو شده است. آن‌ها ادعا می‌کنند که ورود این نرم‌افزارها به داخل کلاس درس، باعث تضعیف قدرت تجسم سه بعدی دانشجویان خواهد شد و دانشجویان، اصول پایه‌ای مربوط به فضای سه بعدی، نما و تجسم را به دلیل استفاده از این نرم‌افزارها درک نخواهند کرد [2].

۲. نرم‌افزارهای CAD و کاربرد آن‌ها

در فرایند تولید صنعتی، بعد از طراحی و محاسبات باید نقشه صنعتی قطعه، تهیه و تحویل سازنده گردد تا سازنده به کمک شکل و ابعاد درج شده در

بعد جسم قابل مشاهده باشد. در حالت کلی نماهایی که تنها دو بعد از یک جسم را نشان می‌دهند (مثل نمای روبه‌رو، بالا و جانبی) نماهای اورتوگرافیک و نماهایی که ظاهر سه بعدی یک جسم را نشان می‌دهند، نماهای مجسم نامیده می‌شوند. در شکل ۱ می‌توان سه نمای اورتوگرافیک و نمای مجسم (ایزومتریک) یک جسم را مشاهده کرد.



شکل ۱. نماهای اورتوگرافیک و نمای مجسم ایزومتریک

یکی از قابلیت‌های مهندسیین، حل مسائل طراحی است که در آن با مسائل سه بعدی مواجه می‌شوند. به همین خاطر دانشجویان رشته‌های مهندسی باید در زمینه تجسم مسائل سه بعدی آموزش ببینند. طراحی و نقشه کشی از موضوعات اساسی در دوران تحصیلات دانشجویان مهندسی می‌باشد. استفاده از خطوط و علائم برای نشان دادن ایده‌ها و فکرها به عنوان وسیله ارتباطی، خیلی موثرتر از توضیحات شفاهی می‌باشد. نقشه کشی صنعتی مانند پلی عمل می‌کند که دفاتر طراحی را با کارگاه‌های ساخت و تولید مرتبط می‌سازد. به همین خاطر تمام افرادی که با صنعت و مسائل فنی درگیر هستند باید بتوانند به راحتی و بدون تأمل، نقشه‌های صنعتی را بخوانند و آن‌ها را تفسیر نمایند [1].

درس نقشه کشی صنعتی به طور معمول در تمام دانشگاه‌های دنیا برای دانشجویان مهندسی ارائه می‌شود. هر چند که نام درس، شیوه اجرا یا زمان تخصیص داده شده به آن برای دانشگاه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است ولی اصل کلی آن آموزش و بهبود توانایی تجسم سه بعدی و بهبود توانایی دانشجویان در ارائه ایده‌ها و خلاقیت‌ها توسط ترسیم، علائم و استانداردهای گرافیکی است. سخت‌ترین مهارتی که دانشجویان باید یاد بگیرند، تجسم اجسام سه بعدی در ذهن و پیاده‌سازی تصاویر آن به صورت ترسیمی است که یک نمونه آن مشاهده دو نمای یک جسم و تجسم سه بعدی آن در ذهن و ترسیم نمای مجهول جسم می‌باشد. برای دانشجویان مهندسی مهارت‌های تجسمی می‌تواند در درک مفاهیم اصولی در ترسیم فنی بسیار مهم باشد. این مهارت‌ها در موفقیت مهندسیین طراح در کلیه گرایش‌ها بسیار اهمیت و با

در اکثر دفاتر مهندسی، کارخانجات، صنایع تولیدی، صنایع هوافضا، صنایع نظامی، شرکت‌های تولیدی و کارگاه‌های ساخت در کشورمان، به طور معمول از نرم‌افزارهای AutoCAD، CATIA و SolidWorks جهت مدل‌سازی و تهیه نقشه استفاده می‌شود. نرم‌افزار Inventor نیز به آهستگی جای خود را در دفاتر طراحی باز می‌کند. شرکت Autodesk قبل از تولید نرم‌افزار Inventor در ابتدا نرم‌افزار Mechanical Desktop را تولید و در اختیار کاربران قرار داده بود. متأسفانه با این‌که این نرم‌افزار ویژگی‌های زیادی داشت اما به دلیل این‌که نرم‌افزار SolidWorks کاربری ساده‌تری داشت و با قیمت کم‌تری نیز به بازار ارائه می‌شد، نتوانست مانند محصول AutoCAD این شرکت موفقیت‌آمیز باشد. شرکت Autodesk پس از ویرایش ۲۰۰۹ دیگر ویرایشی جدیدی از این نرم‌افزار را روانه بازار نکرد و در عوض نرم‌افزار Inventor را به عنوان نرم‌افزار جایگزین پیشنهاد داد. به همین دلیل در بعضی از دفاتر طراحی در ایران ممکن است همچنان از نرم‌افزار Mechanical Desktop استفاده کنند.

۳. آموزش نرم‌افزارهای CAD در دانشگاه‌های معتبر دنیا

هر چند که نرم‌افزارهای CAD در ابتدا توسط شرکت‌ها و صنایع بزرگ مختلف مورد استفاده قرار گرفتند ولی با گذر زمان و ارزان‌تر شدن قیمت آن‌ها کم‌کم این نرم‌افزارها به محیط‌های آموزشی و پژوهشی نظیر دانشگاه‌ها راه پیدا کردند. با توجه به سرعت عمل و دقت این نرم‌افزارها، مسائل آموزشی و پژوهشی دانشگاه‌ها به کمک آن‌ها دچار تحول عظیمی شد. یکی از کاربردهای مهم نرم‌افزارهای CAD استفاده از آن‌ها در مباحث گرافیک مهندسی است. دیگر زمان آن گذشته که مدل سه بعدی یک قطعه و یا تهیه یک نقشه صنعتی به صورت کامل با دست ترسیم شود. امروزه با وجود کامپیوترهای با توانایی بالا و نرم‌افزارهای قدرتمند می‌توان نقشه‌ها را با دقت و سرعت بیشتری آماده کرد و از طرفی ایرادهای موجود در آن‌ها را به سرعت مرتفع ساخت و نقشه را به‌روز رسانی کرد. در دانشگاه‌های برتر دنیا تقریباً از سال ۲۰۰۰ آموزش دروس گرافیک مهندسی (یا همان نقشه‌کشی صنعتی) با استفاده از نرم‌افزارهای CAD برگزار می‌شود و این نرم‌افزارها جزو لاینفک کلاس درس قرار گرفته‌اند. این درس در دانشگاه‌های دنیا به صورت‌های مختلف و یا با عناوین متفاوتی ارائه می‌گردد. همان‌طور که می‌دانیم علائم و استانداردهای مهندسی تخصصی برای رشته‌های مختلف متفاوت است. مثلاً نیازهایی که یک مهندس مکانیک در آینده کاری به آن احتیاج دارد با نیازهای یک مهندس برق متفاوت می‌باشد. به همین خاطر به طور معمول برای دانشجویان رشته‌های مهندسی یک درس نقشه‌کشی صنعتی (یا هر عنوان کلی دیگر) جهت آشنایی آن‌ها با زبان صنعت ارائه می‌گردد تا در این درس با اصول ترسیم، تجسم فضای سه

نقشه، قطعه مورد نظر را بسازد. بنابراین تهیه نقشه یکی از مهم‌ترین مراحل در فرایند تولید می‌باشد. تا حدود ۳۵ سال پیش تقریباً تمام نقشه‌ها در دنیا با دست و به کمک قلم و کاغذ تهیه می‌شدند. لذا در فرایند تولید، تهیه نقشه جزو مراحل سخت و وقت‌گیر محسوب می‌شد. چرا که عدم دقت و بروز اشتباه در یک نقشه، تمام نقشه‌های بعدی و مرتبط با آن را دچار اشکال می‌کرد که اصلاح آن زمان و حوصله زیادی به خود می‌طلبید. از اواخر سال ۱۹۸۰ با حضور نرم‌افزارهای CAD بر روی کامپیوترهای شخصی، مسیر تازه‌ای پیش روی مهندسين قرار گرفت که به کمک آن می‌توانستند فرایند طراحی و ترسیم نقشه را با سرعت، دقت و سهولت بیشتری انجام دهند. امروزه با ورود نرم‌افزارهای جدید و فناوری اطلاعات به دفاتر مهندسی و شرکت‌های طراحی و تولید، به جرات می‌توان گفت دیگر در این مراکز از نقشه‌های دستی خبری نیست. قطعات صنعتی در محیط‌های نرم‌افزاری، مدل‌سازی و طراحی می‌شوند و عملکرد آن‌ها قبل از ساخت نمونه واقعی در چنین محیط‌هایی شبیه‌سازی می‌شود. به این ترتیب درحین عمل شبیه‌سازی، عیوب طراحی مشخص شده و در نتیجه بدون صرف هزینه ساخت می‌توان پس از اصلاح و حصول اطمینان از صحت طراحی، شروع به ساخت نمونه واقعی کرد. در حال حاضر بیش از ۹۰ نرم‌افزار CAD توسط شرکت‌های سازنده به بازار عرضه شده است [11]. با توجه به رقابت سنگین در زمینه تولید نرم‌افزارهای مهندسی، هر ساله بر تعداد این نرم‌افزارها و کیفیت محصولات قبلی افزوده می‌شود. در این میان بعضی از نرم‌افزارها توانسته‌اند به دلایل مختلفی همچون قابلیت و توانایی، قیمت، راحتی کار با آن‌ها، توانایی ارتباط با سایر نرم‌افزارها و دستگاه‌های ساخت و غیره نسبت به سایر رقبا، گوی سبقت را برابند و مشتریان بیشتری به خود جذب کنند. در جدول ۱ می‌توان نام شش نرم‌افزار تراز اول CAD در دنیا (تا سال ۲۰۱۹ میلادی) که توسط مهندسين مکانیک، ساخت و تولید، مکاترونیک، هوافضا، صنایع، نقشه‌کشی صنعتی و غیره برای تهیه نقشه‌های صنعتی استفاده می‌شوند را مشاهده کرد.

جدول ۱. لیست نرم‌افزارهای تراز اول CAD در دنیا

ردیف	نام نرم افزار	نام شرکت سازنده	سال تولید	کشور
۱	AutoCAD [12]	Autodesk	۱۹۸۲	امریکا
۲	CATIA [13]	Dassault System	۱۹۷۷	فرانسه
۳	Creo [14]	PTC	۱۹۸۷	امریکا
۴	Inventor [15]	Autodesk	۱۹۹۹	امریکا
۵	NX [16]	Siemens	۱۹۷۳	آلمان
۶	SolidWorks [17]	Dassault System	۱۹۹۵	فرانسه

می‌دهند. در قسمت مربوط به مباحث نظری یکی از اساتید دانشکده، مطالب تئوری مربوط به درس را به دانشجویان آموزش می‌دهد و در قسمت مربوط به مباحث عملی، دانشجویان به سایت کامپیوتر مراجعه کرده و تحت نظر استاد و به کمک دانشجویان TA مباحث عملی، شامل تمرینات دستی و کامپیوتری را انجام می‌دهند.

۴. شیوه بکارگیری نرم‌افزار CAD در دروس گرافیک مهندسی در

دانشگاه صنعتی شریف

در دانشگاه صنعتی شریف، مرکز گرافیک مهندسی عهده‌دار برگزاری دروس گرافیک مهندسی است. در این مرکز، هر کلاس درس، مجهز به بیست عدد میز نقشه کشی، کامپیوتر و یک عدد ویدئو پروژکتور می‌باشد و بر روی هر یک از کامپیوترها نرم‌افزارهای AutoCAD و SolidWorks نصب شده است. در حال حاضر دروس گرافیک مهندسی مندرج در جدول ۳ توسط این مرکز به دانشکده‌های مختلف ارائه می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ از بیشترین دانشجو برخوردار است و در این درس، دانشجویان با نرم‌افزار AutoCAD آشنا شده و از آن برای بهبود تجسم فضای سه بعدی و رسم نقشه‌ها استفاده می‌کنند. یکی از علت‌هایی که باعث انتخاب نرم‌افزار AutoCAD (گذشته از فراگیر بودن آن) در کلاس درس شده است این است که این نرم‌افزار در زمینه مدل‌سازی سه بعدی از قابلیت‌های کم‌تری نسبت به نرم‌افزارهایی همچون SolidWorks و CATIA برخوردار می‌باشد. به همین خاطر دانشجویان در مباحث تجسمی و مدل‌سازی سه بعدی مجبور به استفاده از فکر و خلاقیت خود هستند و نرم‌افزار فقط نقش قلم، خط کش و پرگار را بازی می‌کند. به این ترتیب بیش از آن که مهارت اپراتوری دانشجو در استفاده از این نرم‌افزار بالا رود مهارت‌هایی نظیر قدرت تجسم سه بعدی و خلاقیت او افزایش خواهند یافت. سیلابس درس نقشه کشی صنعتی ۱ نیز در جدول ۴ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید جلسات اول و چهارم به طور کامل به نرم‌افزار AutoCAD و به ترتیب به محیط‌های دو بعدی و سه‌بعدی اختصاص داده شده است. در سایر جلسات، بخشی از زمان کلاس به آموزش قسمت‌هایی لازم و ضروری از نرم‌افزار AutoCAD که در جلسات اول و چهارم آموزش داده نشده‌اند اختصاص می‌یابد.

جدول ۳. دروس گرافیک مهندسی ارائه شده در دانشگاه صنعتی شریف

ردیف	رشته	نام درس	نرم افزار مورد استفاده	مدت زمان کلاس
۱	مهندسی برق	نقشه کشی برق	AutoCAD	۳.۵ ساعت
۲	مهندسی عمران	نقشه کشی عمران	AutoCAD	۳.۵ ساعت

بعدی، نحوه نمایش کامل یک جسم، ایجاد نماهای برشی لازم و غیره آشنا شوند. برای آموزش مهارت‌های تخصصی در هر رشته، لازم است رشته‌های مهندسی به اقتضای نیاز خود درسی را تعریف کنند و یا این که در سیلابس دروس مرتبط دیگر، مطالب تخصصی‌تر در زمینه نقشه‌های صنعتی را به دانشجویان آموزش دهند. در بعضی از دانشگاه‌های مهندسی ممکن است درس مجزایی برای درس نقشه کشی صنعتی در نظر نگیرند ولی با توجه به قابلیت‌هایی نرم‌افزارهای CAD، مطالب درس نقشه کشی صنعتی را در ابتدای دروسی مثل گرافیک، طراحی ماشین، طراحی مهندسی و غیره به دانشجویان آموزش می‌دهند. در جدول ۲ می‌توان نام ۱۲ دانشگاه معتبر دنیا به همراه نام درس گرافیک مهندسی یا نام درسی که در آن دانشجویان با تهیه نقشه‌های صنعتی و استانداردهای مربوطه و همچنین نرم‌افزارهای CAD آشنا می‌شوند را مشاهده کرد.

جدول ۲. نام درس گرافیک مهندسی و نرم افزار CAD مورد استفاده در آن در

۱۲ دانشگاه معتبر دنیا

ردیف	نام دانشگاه	نام درس	نرم افزار مورد استفاده
۱	Berkeley [18]	Basic Engineering Design Graphics	AutoCAD SolidWorks
۲	Stanford [19]	Engineering Drawing and Design	SolidWorks
۳	Georgia Tech [20]	Introduction to Engineering Graphics and Visualization	AutoCAD
۴	New Jersey [21]	Engineering Drawing 1	AutoCAD
۵	Texas A&M [22]	Engineering Graphics I	AutoCAD
۶	Arizona [23]	Engineering Graphics	AutoCAD
۷	[24]Colorado	Engineering Graphics and Computing	AutoCAD
۸	wisconsin [25]	Introduction to Engineering Graphics	NX
۹	San diego [26]	Introduction to Engineering Graphics and Design	AutoCAD
۱۰	louisiana [27]	Engineering Drafting	AutoCAD
۱۱	waterloo [28]	Mechanical Engineering Communication and Professionalism	AutoCAD NX
۱۲	Montana [29]	Engineering Design Graphics Lab	AutoCAD

همان‌طور که از جدول ۲ مشاهده می‌شود اکثر دانشگاه‌ها در درس نقشه کشی صنعتی از نرم افزار AutoCAD استفاده می‌کنند. از طرفی با توجه به این که درس نقشه کشی صنعتی یک درس نظری-عملی است لذا در این دانشگاه‌ها به طور معمول کلاس درس نقشه کشی صنعتی را به دو قسمت تقسیم کرده و یک قسمت را به مباحث نظری و یک قسمت را به مباحث عملی اختصاص

تهیه نقشه‌های اجرایی و صنعتی شامل رعایت کردن استانداردهای مربوط به ضخامت خط، نوع خط، اندازه گذاری، کادر و جدول بندی	۱۴
آشنایی با سایر دستورات دو بعدی و سه بعدی برای مدل‌سازی و تهیه نقشه‌های اجرایی از اجسام پیچیده	۱۵

شیوه اجرای درس نقشه کشی صنعتی ۱ به این صورت است که به طور متوسط در هر جلسه (به جز جلسه‌های اول و چهارم) یک ساعت اول کلاس به آموزش مباحث تئوری مرتبط با آن جلسه اختصاص می‌یابد که توسط استاد درس به دانشجویان آموزش داده می‌شود. باقیمانده زمان کلاس به انجام تمرینات عملی توسط دانشجویان اختصاص می‌یابد و یک دانشجوی TA در این فاصله زمانی به استاد درس کمک می‌کند. تمرین‌هایی که در هر جلسه به دانشجویان جهت انجام داده می‌شود بر دو گونه است ۱- تمرین‌هایی که با دست و به کمک خط کش و پرگار رسم می‌شوند ۲- تمرین‌هایی که در نرم‌افزار AutoCAD و در محیط‌های دو بعدی یا سه بعدی آن باید ترسیم گردند. هم‌چنین یک سری تمرین به عنوان تمرین در خانه به دانشجویان داده می‌شود تا آن را در نرم‌افزار رسم کنند و هفته بعد به صورت چاپ شده به استاد تحویل نمایند. انجام هم زمان تمرین‌ها به صورت دستی و کامپیوتری باعث بهبود مهارت‌های دانشجویان در هر دو زمینه خواهد شد. در جلسه‌های ۶، ۷ و ۸ که مطالب درس نسبت به سایر جلسات سنگین‌تر است، تمرین‌های داده شده در کلاس به صورت دستی و تمرین‌های مربوط به نرم افزار به صورت تمرین در خانه برای هفته بعد از دانشجو خواسته می‌شود. بنابراین رویکرد اجرای آموزش درس نقشه کشی صنعتی در این مرکز تأکید بر تمرین‌های دستی و کامپیوتری به صورت هم زمان است. به این ترتیب نگرانی اساتید سستی کار مبنی بر عدم یادگیری اصول و روش‌های رسم توسط دانشجویان مرتفع می‌گردد. از طرفی برای این که دانشجویان در طول ترم هم‌چنان به مسائل رسم دستی به عنوان یک مهارت لازم برای انجام به عنوان یک مهندس نگاه کنند، امتحانات میان‌ترم و پایان‌ترم به صورت دستی برگزار می‌شود و برای ارزیابی مهارت‌های دانشجویان در استفاده از نرم‌افزار AutoCAD، امتحان جداگانه‌ای در آخرین هفته کلاس و به ارزش ۳ نمره (از ۲۰ نمره) از آن‌ها گرفته می‌شود.

۵. بحث و نتایج

برای ارزیابی کیفی تأثیر استفاده از نرم‌افزار AutoCAD در کلاس درس نقشه کشی صنعتی ابتدا پرسشنامه‌ای مطابق جدول ۵ تهیه شد و در اختیار ۵۵ نفر از دانشجویانی که در این درس ثبت نام کرده بودند قرار گرفت تا آن را تکمیل نمایند. نتیجه این پرسشنامه برای پرسش‌های ۱ و ۲ به ترتیب در

۳	مهندسی مکانیک	نقشه کشی مکانیک	SolidWorks	۵ ساعت
۴	مهندسی صنایع	نقشه کشی صنعتی ۱	AutoCAD	۳.۵ ساعت
۵	مهندسی صنایع	نقشه کشی صنعتی ۲	SolidWorks	۳.۵ ساعت
۶	سایر رشته‌های مهندسی	نقشه کشی صنعتی ۱	AutoCAD	۳.۵ ساعت

جدول ۴. سیلابس درس نقشه کشی صنعتی ۱ در حال اجرا در دانشگاه صنعتی شریف

جلسه	توضیحات
۱	آشنایی با دستورهای محیط دو بعدی AutoCAD به نحوی که در پایان این جلسه دانشجو قادر است شکل‌های دو بعدی ساده تا متوسط را رسم نماید و در انتها از آن‌ها پرینت بگیرد.
۲	آشنایی با رسم سه تصویر اجسام با سطوح صاف هم به صورت دستی و هم به صورت کامپیوتری
۳	آشنایی با رسم سه تصویر اجسام با سطوح منحنی هم به صورت دستی و هم به صورت کامپیوتری
۴	آشنایی با محیط سه بعدی AutoCAD به نحوی که در پایان این جلسه دانشجو قادر است مدل‌های سه بعدی را رسم و از آن‌ها پرینت بگیرد.
۵	آشنایی با رابط بین تصاویر و آشنایی با نحوه رسم تصاویر سه بعدی اجسام با دست آزاد (بدون استفاده از خط کش و پرگار)
۶	تجسم و رسم تصویر سوم از روی دو تصویر به کمک تحلیل حجمی اجسام با سطوح صاف
۷	رسم تصویر سوم اجسام با سطوح صاف از روی دو تصویر به کمک تحلیل سطح به سطح
۸	رسم تصویر سوم اجسام با سطوح منحنی (به طور خاص سطوح استوانه‌ای) از روی دو تصویر به کمک تحلیل سطح به سطح
۹	رسم تصویر مجسم ایزومتریک اجسام از روی دو تصویر
۱۰	رسم تصویر مجسم مایل (کاوالب و کابینت) از روی دو تصویر
۱۱	برش کامل (ساده) اجسام متقارن و نامتقارن به همراه آموزش هاشور زدن در نرم افزار AutoCAD
۱۲	برش شکسته و نیم برش
۱۳	آشنایی با استانداردهای اندازه‌گذاری، کادر و جدول مشخصات نقشه و اندازه‌گذاری نقشه‌های دو بعدی

شکل‌های ۲ و ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۵. پرسشنامه جهت ارزیابی نرم‌افزار AutoCAD جهت استفاده در

کلاس درس نقشه کشی صنعتی ۱

پرسش ۱	تأثیر استفاده از نرم‌افزار AutoCAD در بهبود تجسم سه‌بعدی را تا چه حد ارزیابی می‌کنید؟			
	الف) بسیار زیاد	ب) زیاد	ج) متوسط	د) کم
پرسش ۲	در صورتی که در حل یک مسأله تجسمی مانند یافتن تصویر سوم جسم از روی دو تصویر دچار مشکل شوید، نرم‌افزار AutoCAD تا چه اندازه می‌تواند به شما کمک کند؟			
	الف) بسیار زیاد	ب) زیاد	ج) متوسط	د) کم

ارزیابی تأثیر استفاده از نرم‌افزار AutoCAD بر بهبود توانایی تجسم سه‌بعدی دانشجویان به صورت آماری، یک مطالعه مقایسه‌ای بین دو گروه از دانشجویان یک رشته تحصیلی صورت گرفت. مشخصات این دو گروه را می‌توان در جدول ۶ مشاهده کرد.

جدول ۶. مشخصات دو گروه مورد مطالعه

نام گروه	جنسیت	تعداد	سال تحصیلی	شیوه آموزشی
آزمایش	پسر	۲۰	ورودی	آموزش مباحث تئوری همراه با آموزش AutoCAD
کنترل	پسر	۲۰	ورودی	آموزش مباحث تئوری بدون آموزش AutoCAD

در ابتدا و انتهای ترم به ترتیب پیش‌آزمون و پس‌آزمون (به ارزش ده نمره) در زمینه تجسم فضای سه‌بعدی با سطح سختی یکسان از هر دو گروه آزمایش و کنترل گرفته شد. نتایج این دو آزمون برای هر دو گروه را می‌توان در جدول‌های ۷ و ۸ ملاحظه کرد.

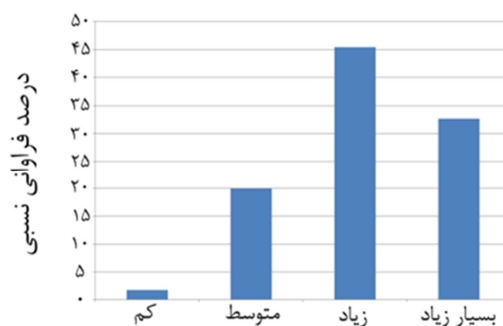
جدول ۷. نتیجه پیش‌آزمون

نام گروه	میانگین نمره	انحراف معیار	آزمون t مستقل
آزمایش	۱٫۴۲	۱٫۲۳	۰٫۷۵
کنترل	۱٫۷۳	۱٫۳۷	

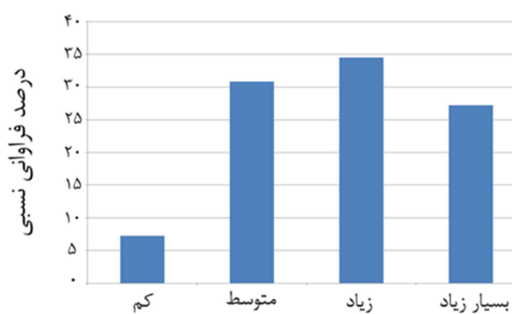
جدول ۸. نتیجه پس‌آزمون

نام گروه	میانگین نمره	انحراف معیار	آزمون t مستقل
آزمایش	۴٫۸۵	۲٫۶	۰٫۴۰
کنترل	۴٫۵۲	۲٫۵۳	

برای بررسی تفاوت معناداری بین میانگین‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون t دو نمونه‌ای مستقل استفاده شده است. در پیش‌آزمون (جدول ۷) $t=0.75$ به دست آمد که با سطح اطمینان ۰/۰۵ معنادار نمی‌باشد. بنابراین در شروع ترم دو گروه آزمایش و کنترل از نظر توانایی تجسم سه‌بعدی در یک سطح قرار داشته‌اند. در انتهای ترم و در پس‌آزمون (جدول ۸) $t=0.40$ به دست آمد که با سطح اطمینان ۰/۰۵ معنادار نمی‌باشد. بنابراین فرضیه صفر رد نمی‌شود و هر دو گروه از نظر توانایی تجسم سه‌بعدی در انتهای ترم با هم برابرند. بنابراین هر چند که بخشی از زمان کلاس در گروه آزمایش صرف آموزش محیط‌های دوجانبه و سه‌بعدی نرم‌افزار AutoCAD شده است ولی دانشجویان این گروه توانستند همان سطح نمره دانشجویان گروه کنترل را که



شکل ۲. نتیجه نظرسنجی از پرسش ۱



شکل ۳. نتیجه نظرسنجی از پرسش ۲

همان‌طور که از شکل ۲ مشاهده می‌شود در مجموع در حدود ۷۸ درصد دانشجویان مورد مطالعه، تأثیر زیاد و بسیار زیادی برای AutoCAD قائل هستند. با توجه به این که در کلاس درس، روش‌های تحلیلی قوی به دانشجویان آموزش داده شده است و می‌توانند بدون استفاده از نرم‌افزار، تصویر سوم را ترسیم نمایند ولی با این حال با توجه به شکل ۳ می‌توان دریافت که در مجموع در حدود ۶۲ درصد دانشجویان مورد مطالعه، تأثیر زیاد و بسیار زیادی برای AutoCAD در پیدا کردن تصویر سوم قائل هستند. هم‌چنین برای

تقدیر و تشکر

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف بابت حمایت‌های انجام شده در به ثمر رساندن این پژوهش تقدیر و تشکر می‌کنم.

مراجع

- [1] Kosse, V., "Engineering Drawing as a Global Language for Engineers", Proceedings of the 2005 ASEE/AaeE 4 th Global Colloquium on Engineering Education
- [2] مهدی متقی‌پور، "مطالعه مقایسه‌ای درباره شیوه‌های تدریس درس نقشه‌کشی صنعتی ۱"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال چهاردهم، شماره ۵۴، تابستان ۱۳۹۱، صص. ۱۳۷-۱۱۷
- [3] مهدی متقی‌پور، "ارزیابی تغییر شیوه آموزش درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ از سنتی به مدرن"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال چهاردهم، شماره ۵۵، پاییز ۱۳۹۱، صص. ۱۰۹-۸۹
- [4] Tumkor Serdar, Roelof Harm deVries P.E., "Enhancing Spatial Visualization Skills in Engineering Drawing Course", 122nd ASee Annual Conference & Exposition, 2015
- [5] Norena Martín-Dorta, José Luis Saorín, and Manuel Contero, "Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students", Journal of Engineering Education, 2013
- [6] Richard M. Onyancha, Matthew Derov, Brad L., "Improvements in Spatial Ability as a Result of Targeted Training and Computer-Aided Design Software Use: Analyses of Object Geometries and Rotation Types", Journal of Engineering Education, 2009
- [7] Aljawi, A. N., Bogis, H. A., Abu-Ezz, A., "Use of solid modeling and team skills in engineering graphics", proc. 2nd Saudi sSci. Conf. Fac. Sci. KAU, 15-17 March 2004, pp 93-101
- [8] MARUNIĆ, G., GLAŽAR, V., GREGOV, G., "3D Solid Modeling Inclusion in Engineering Graphics Course", Journal for Theory and Application in Mechanical Engineering, Vol.51, No.6, pp. 667-675, 2009
- [9] Kersys, R., Pilkaite, T., "Multimedia in engineering graphics", The journal of polish society for geometry and engineering graphics, Vol 16, pp. 20-23, 2006
- [10] Sorby, S., "Impact of Changes in Course Methodologies on Improving Spatial Skills", Journal for Geometry and Graphics, Vol, 9, No. 1, pp. 99-105, 2005
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_computer-aided_design_editors
- [12] <http://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
- [13] <https://en.wikipedia.org/wiki/CATIA>
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/PTC_Creo
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor
- [16] https://en.wikipedia.org/wiki/Siemens_NX
- [17] <https://en.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
- [18] <https://tbp.berkeley.edu/syllabi/119/download/>
- [19] [https://explorecourses.stanford.edu/search?view=catalog&filter-coursestatus-Active=on&page=0&catalog=&q=ME+103D%3A+Engineering+Drawing+and+Design&collapse=](https://explorecourses.stanford.edu/search?view=catalog&filter-coursestatus-Active=on&page=0&catalog=&q=ME+103D%3A+Engineering+Drawing+and+Design&collapse=1)
- [20] <https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/7397/CE-Self-Study-Appendix-IB.pdf?sequence=1>

۶. نتیجه‌گیری

زمان بیشتری برای تمرین کردن در اختیار داشتند کسب کنند. بنابراین نگرانی اساتید پیشکسوت و سستی کار مبنی بر اثر منفی آموزش نرم‌افزارهای CAD در آموزش دروس گرافیک مهندسی رد خواهد شد. ضمن این که گروه آزمایش برای آینده کاری خود و نیازهای صنعت آمادگی بیشتری دارند.

به طور معمول، ظهور و ورود فناوری‌های جدید در صنعت نه تنها موجب تحول در فرایندهای تولید و تغییر مسیر آن می‌شود بلکه جنبه‌های آموزشی و پژوهشی مرتبط با آن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از فناوری‌هایی که صنعت و آموزش مهندسی را تحت تأثیر خود قرار داده است، استفاده از نرم‌افزارهای مهندسی در مسائل صنعتی، آموزشی و پژوهشی است که مزایای استفاده از آن‌ها بر کسی پوشیده نیست ولی ورود این نرم‌افزارها و آموزش آن‌ها در کلاس درس نیاز به یک برنامه ریزی دقیق دارد به نحوی که علاوه بر آموزش مطالب تئوری به صورت شایسته و جلوگیری از لطمه زدن به فرایند آموزش صحیح آن، نرم‌افزارهای مهندسی مرتبط با آن درس نیز در کنار آن آموزش داده شود تا دانشجویان با جنبه‌های کاربردی و صنعتی درس آموزش داده شده آشنا بشوند و بتوانند در آینده شغلی خود به نحو صحیح از آن استفاده کنند. یکی از دروسی که شدیداً تحت تأثیر ورود نرم‌افزارهای مهندسی قرار گرفت، درس گرافیک مهندسی است. چرا که نرم‌افزارهای CAD می‌توانند به راحتی مدل‌های سه‌بعدی را از زوایای مختلف نشان دهند و مشکل تجسمی اکثر دانشجویان در این مبحث را مرتفع سازند و از طرفی ترسیم و تهیه نقشه‌های صنعتی با آن‌ها از سهولت، دقت و سرعت بیشتری برخوردار است. به همین خاطر مرکز گرافیک مهندسی دانشگاه صنعتی شریف مطابق با سایر دانشگاه‌های برتر دنیا، آموزش نرم‌افزارهای CAD را در سیلابس دروس خود قرار داد تا دانشجویان بتوانند به کمک آن‌ها توانایی تجسم سه بعدی، خلاقیت و قدرت ترسیم ایده‌های ذهنی خود را بهبود ببخشند. بر اساس تجربه موفق اجرا شده از تلفیق مطالب تئوری دروس گرافیک مهندسی با آموزش نرم افزار AutoCAD در این دانشگاه توصیه می‌شود که سایر دانشگاه‌های کشور با داشتن پتانسیل‌های فراوان و بر اساس امکانات موجود، آموزش این نرم‌افزار را جزئی از سیلابس دروس نقشه‌کشی صنعتی قرار دهند تا کمبودهای موجود در توضیحات شفاهی و ذهنی رد و بدل شده بین استاد و دانشجو را پوشش دهد. به این ترتیب آموزش این دروس با سهولت بیشتری انجام خواهد شد و دانشجویان، کم‌تر با مشکلاتی نظیر عدم کسب نمره قبولی، حذف درس و سایر موارد که معمولاً این امور در این درس شایع است روبه‌رو خواهند شد.

- [21] http://rutherfordschools.org/boardofed/curriculum/technology/FPPA_EngineeringDrawing1.pdf
- [22] <http://www.tamut.edu/faculty/syllabi/201380/80492.pdf>
- [23] <http://civil.arizona.edu/sites/default/files/syllabi/12-13/FALL/CE%20210%20-%20BOROSKI,%20Kaylene.pdf>
- [24] http://www.engr.colostate.edu/ce/syllabi/CIVE103_Syllabus_2015.pdf
- [25] <http://homepages.cae.wisc.edu/~me231/>
- [26] http://maeweb.ucsd.edu/sites/mae.ucsd.edu/files/syllabi/MAE03_ABET%20Syllabi_2012_0.pdf
- [27] <https://www2.southeastern.edu/Academics/Faculty/erode/IT111SYL.pdf>
- [28] <https://uwaterloo.ca/engineering/sites/ca.engineering/files/uploads/files/ME100-F09-Course-Outline.pdf>
- [29] <http://www.coe.montana.edu/mie/students/syllabi/Fall%202011/EGEN116GraphicsLabF11.pdf>