فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال چهاردهم، شماره ٥٤، تابستان ۱۳۹۱، صص. ۱۳۷- ۱۱۷

مطالعه مقایسه‌ای در باره شیوه های تدریس درس نقشه کشی صنعتی ۱

مهدی متقی پور[۱]

چکیده: با توجه به ورود نرم‌افزارهای مدلسازی و فناوری کامپیوتری، آموزش دروس گرافیک مهندسی در دانشگاههای ایران باید مثل سایر دانشگاههای معتبر دنیا که حدوداً از سال ۲۰۰۰ تغییر کرده است، دستخوش تغییرات شود. از طرفی، با توجه به امکانات موجود در کشور این تغییرات باید به نحوی اعمال شود تا دانشجویان بتوانند علاوه بر یادگیری کار با نرم‌افزارهای مدلسازی، مطالب درسی خود را با توجه به نگرانی استادان سنتی کار، مطابق گذشته فرا گیرند. آموزش بر اساس شیوه مدرن را نویسنده از سال ۱۳۸۷ در مرکز گرافیک مهندسی دانشگاه صنعتی شریف اجرا کرده است. در این نوشتار تغییر شیوه آموزش درس نقشه کشی صنعتی ۱ از سنتی به مدرن با توجه به آزمون و فرمهای ارزشیابی گرفته شده از دانشجویان بررسی و مشخص شد که شیوه مدرن تأثیر بیشتری بر یادگیری دانشجویان می‌گذارد.

واژه‌های کلیدی: نقشه کشی صنعتی۱، شیوه تدریس، مدلسازی سه بعدی ، نرم افزارهای CAD، اتوکد، آموزش مدرن.

---

۱. مربی، مرکز گرافیک مهندسی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. mmottaghi@sharif.edu

(دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۴/۱۹)
(پذیرش مقاله:۱۳۹۱/۳/۱۷)

۱. مقدمه

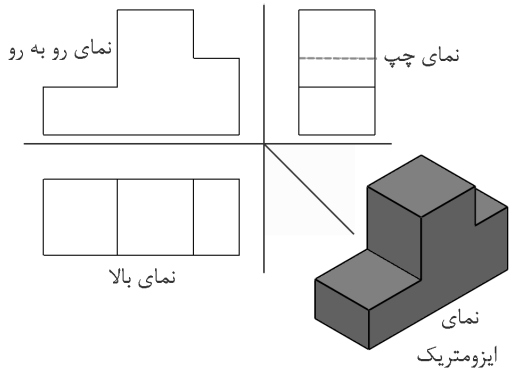
در فرایند تولیدات صنعتی بعد از طراحی و محاسبات باید نقشه صنعتی قطعه تهیه و به سازنده تحویل داده شود تا سازنده به کمک شکل و ابعاد و اطلاعات درج شده در نقشه، قطعه مورد نظر را بسازد. بنابراین، تهیه نقشه یکی از مهم‌ترین مراحل در فرایند تولید است. تا حدود ۳۰ سال پیش تقریباً تمام نقشه‌ها در دنیا با دست و به 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 را می‌طلبید. از اواخر سال ۱۹۸۰ با نصب نرم‌افزارهای CAD (رسم به کمک کامپیوتر) بر روی کامپیوترهای شخصی، مسیر تازه‌ای پیش روی مهندسان قرار گرفت که به کمک آن می‌توانستند طراحی و ترسیم نقشه را با سرعت، دقت و سهولت بیشتری انجام دهند[۱]. در حال حاضر، بیش از ۹۰ نرم افزار مختلف CAD در دنیا موجود است که در ترسیم مدلها و نقشه‌ها از آنها استفاده می‌شود[۲].

با توجه به ورود نرم‌افزارهای مدلسازی و فناوری کامپیوتری، آموزش گرافیک مهندسی به‌منظور حرکت دانشجویان از ترسیمات اولیه با وسایل نقشه‌کشی ابتدایی مثل خط‌کش، پرگار و کاغذ به سمت استفاده از وسایل و نرم‌افزارهای مدرن مدلسازی برای تهیه نقشه‌های پچیده سه بعدی لازم است تحولات و تغییرات اساسی صورت گیرد[۳]. شیوه آموزش و سرفصل درس گرافیک مهندسی در دانشگاههای معتبر و رتبه‌های ممتاز دنیا تقریباً از سال ۲۰۰۰ تغییر کرده است، چرا که مبانی مدلسازی سه بعدی یکی از خواسته‌های صنعت و آموزش محسوب می‌شود[۴]. در این دانشگاهها به منظور تسریع در بهبود تجسم فضایی مهندسان مدلسازی کامپیوتری به درس گرافیک مهندسی آورده شده است تا دانشجویان بتوانند به کمک کامپیوتر درک بهتری در خصوص فضا داشته باشند و قابلیتهای خود را در ترسیمات سه بعدی افزایش دهند. در صورتی که در حال حاضر، در بیشتر دانشگاههای کشور ایران هنوز بر روی ترسیمات دستی دو بعدی توجه بسیاری می‌شود که در این خصوص چند دلیل را می‌توان ذکر کرد. دلیل اول که به عنوان مانع اصلی تغییر شیوه تدریس به سمت آموزش مدرن محسوب می‌شود، هزینه خرید و نصب سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مرتبط با مدلسازی سه بعدی و محیطهای چند رسانه‌ای است. دلیل دوم که تقریباً عامل فراگیر در کشورمان محسوب می‌شود، کمبود استادانی است که به اصول ترسیم و مبانی آن و همچنین، مدلسازی کامپیوتری به‌طور همزمان آشنا باشند. دلیل سومی که بعضی از استادان مطرح می‌کنند این است که برای درک عمیق‌تر دانشجویان باید قبل از ورود به مباحث مدلسازی سه بعدی، ابتدا به ترسیمات

دو بعدی پرداخت که عملاً در طول ترم تمام وقت دانشجویان صرف آن می‌شود، بدون اینکه تمرینی با مدلسازی سه بعدی انجام شود.

۲. درس نقشه کشی صنعتی ۱

نقشه کشی صنعتی و ترسیمات برای ارتباط دادن بین ایده‌ها از زمان قدیم تا امروز استفاده شده است. این درس یک وسیله ارتباطی مهم بین مهندسان، تکنسینها و کسانی که در زمینه طراحی و تولید فعالیت می‌کنند، محسوب می‌شود که شامل قوانین فنی، قراردادهای ترسیمی و مهارتهای چشمی و ترسیمی است. در نقشه کشی صنعتی با تصاویر و نماهای مختلف اجسام سر و کار داریم. یک نقشه استاندارد [بر اساس استاندارد ISO] شامل نماهای رو به رو، بالا و چپ جسم به علاوه نمای مجسم آن از زاویه خاص (مثل ایزومتریک یا دیمتریک) است. نماهای رو به رو، بالا و چپ نماهای دو بعدی یک جسم سه بعدی هستند که از زوایای عمود نسبت به یکدیگر ایجاد شده‌اند. نمای ایزومتریک در اصل یک نمای دو بعدی است که از یک زاویه خاص جسم را نشان می‌دهد، به طوری که هر سه بعد جسم قابل مشاهده است. در حالت کلی، نماهایی که فقط دو بعد از یک جسم را نشان می‌دهند (مثل نمای رو به رو، بالا و جانبی)، نماهای اورتوگرافیک و نماهایی که سه بعد 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[۵].



شکل ۱: نماهای اورتوگرافیک و نمای مجسم

یکی از قابلیتهای مهندسان حل مسائل طراحی است که در آن با مسائل سه بعدی مواجه می‌شوند. به همین دلیل، دانشجویان رشته‌های مهندسی باید در زمینه تجسم مسائل سه بعدی

آموزش ببینند. طراحی و نقشه‌کشی از موضوعات اساسی در دوران تحصیل دانشجویان مهندسی است. استفاده از خطوط و علایم برای نشان دادن ایده‌ها و فکرها به‌عنوان وسیله ارتباطی خیلی مؤثرتر از توضیحات شفاهی است. 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 کنند. این درس در سال اول برای دانشجویان ورودی ارائه می‌شود و پیش‌نیاز درسهای طراحی باید باشد. هدف ابتدایی در درس نقشه‌کشی صنعتی کمک به دانشجویان برای توسعه دانش و مهارتهای مورد نیاز به‌عنوان یک مهندس است. سخت‌ترین مهارتی که دانشجویان باید یاد بگیرند، مشاهده دو نمای یک جسم و تصور سه بعدی آن در ذهن است. برای دانشجویان مهندسی مهارتهای تصوری می‌تواند در درک مفاهیم اصولی در ترسیم فنی بسیار مهم باشد. این مهارتها در موفقیت مهندسان طراح درکلیه گرایشها بسیار اهمیت و با کارایی آنها رابطه تنگاتنگی دارد.

درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ در تمام دانشگاههای دنیا برای دانشجویان مهندسی ارائه می‌شود. هر چند که نام درس یا ساعت کلاس مربوط به این درس برای دانشگاههای مختلف با یکدیگر تفاوت دارد، ولی اصل کلی آن آموزش و بهبود توانایی تجسم و تصور سه بعدی و توانایی دانشجویان در ارائه ایده‌ها و خلاقیتها به کمک علایم و استانداردهای گرافیکی است.

۳. شیوه آموزش سنتی درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ در دانشگاه صنعتی شریف

مرکز گرافیک مهندسی در دانشگاه صنعتی شریف متصدی برگزاری دروس گرافیک مهندسی است. این مرکز مجموعه فعالیتهای آموزش گرافیک مهندسی را از بدو تأسیس دانشگاه (سال۱۳۴۵) آغاز کرده و تا به امروز همراه با فراز و نشیبهای مختلف فعالیت خود را ادامه داده است. تا قبل از سال ۱۳۸۰ دانشجویان در این مرکز تمام ترسیمات را به‌صورت دستی و با استفاده از ابزارآلات ترسیم مثل خط‌کش، پرگار و گونیا انجام می‌دادند. در سال ۱۳۸۰ سایت مرکز گرافیک مهندسی به ۱۵ عدد کامپیوتر با قابلیت نصب اتوکد ویرایش ۲۰۰۰ مجهز شد و از همان زمان در کنار ۳ ساعت درسی تعریف شده برای درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ (شامل ۱ ساعت درس و ۲ ساعت تمرین دستی)، یک ساعت آموزش اتوکد برای دانشجویان اجباری شد. کلاس اتوکد توسط دانشجویان TA (دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری) برگزار می‌شد. در کلاس یک ساعت فقط محیط دو بعدی نرم افزار اتوکد به صورت کلاسیک به دانشجویان آموزش داده و در پایان ترم، امتحانی به ارزش ۳ نمره از ۲۰ نمره از دانشجویان گرفته می‌شد. در سال ۱۳۸۷ با پیگیری معاونت آموزشی وقت دانشگاه و تأمین بودجه، مرکز گرافیک به ۶۳ عدد کامپیوتر، ۳ عدد ویدئو پروژکتور، ۳ عدد پرینتر به همراه ۸۰ عدد میز نقشه‌کشی جدید مجهز شد که این تجهیزات در سه کلاس ترسیم تقسیم بندی و نصب شدند. بدین

ترتیب، هر کلاس قابلیت برگزاری آموزش با استفاده از فناوری آموزشی را پیدا کرد. بعد از تجهیز مرکز گرافیک، شیوه متداول آموزش درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ شامل دو بخش مجزا شد که به شرح زیر است:

۳. ۱. آموزش سرفصل درس نقشه‌کشی صنعتی ۱

سرفصل درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ در مرکز گرافیک بر اساس سرفصل ابلاغ شده از سوی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تنظیم شده و شامل موارد زیر است:

جلسه۱: رسم سه تصویر جلو، بالا و چپ اجسام با سطوح صاف؛

جلسه۲: رسم سه تصویر جلو، بالا و چپ اجسام با سطوح منحنی مثل استوانه؛

جلسه۳: رابط تصاویر: رسم تصویر سوم به کمک تصویر مجسم و رابط؛

جلسه۴: آنالیز حجم: رسم تصویر سوم احجام به کمک تجسم و آنالیز حجم؛

جلسه۵: آنالیز سطح ۱: رسم دستی تصویر سوم احجام با سطوح صاف به کمک تجسم و آنالیز سطح؛

جلسه۶: آنالیز سطح ۲: رسم دستی تصویر سوم احجام با سطوح استوانه‌ای به کمک تجسم و آنالیز سطح؛

جلسه۷: تصویر مجسم ایزومتریک؛

جلسه۸: تصویر مجسم مایل (کاوالیر و کابینت)؛

جلسه۹: تصویر برش ساده و شکسته؛

جلسه ۱۰: تصویر برش شعاعی و مایل به همراه مستثنیات برش؛

جلسه۱۱: تصویر نیم برش؛

جلسه ۱۲: پیچ و سوراخ پیچ؛

جلسه۱۳: نمودارهای انتگرال و مشتق؛

جلسه۱۴: رسم نمودارهای تجربی روی کاغذهای میلیمتری، لگاریتمی و نیمه لگاریتمی.

شایان ذکر است که در شیوه سنتی تمام موارد مربوط به سرفصل یادشده با دست و کاغذ و قلم توسط دانشجویان انجام می‌شود. با توجه به اینکه در بسیاری از دانشگاههای کشور، کلاس رسم به سیستم‌های کامپیوتری مجهز نیست، شیوه تدریس در این دانشگاهها با دست و به کمک قلم و کاغذ انجام می‌شود.

۳. ۲. آموزش محیط دو بعدی اتوکد در شیوه سنتی

بعد از تجهیز مرکز گرافیک به کامپیوتر، نرم‌افزار اتوکد ویرایش ۲۰۰۹ بر روی تمام کامپیوترهای موجود در مرکز نصب شد. در شیوه آموزش سنتی، دانشجویان در مدت زمان یک ساعت [خارج از ساعت کلاس درسی] با موارد زیر آشنا می‌شوند:

آشنایی کلی با قابلیتهای نرم افزار اتوکد، رسم خط، حذف کردن، بزرگنمایی، انتخاب اشیا، آشنایی با رسم دایره و گیره‌های شیء، استفاده از شبکه و حرکت پرشی ماوس، آرایه کردن، برش زدن، امتداد دادن، قرینه کردن، رسم بیضی، مستطیل، آفست کردن، گرد کردن، دوران دادن، هاشور زدن، آشنایی با اصول لایه‌گذاری و اندازه گذاری.

دانشجویان دستیار آموزش (TA) بر اساس سلیقه خود و سطح گیرایی کلاس، موارد یادشده را در جلسات یک ساعته و در مدت یک ترم به دانشجویان آموزش می‌دهند. در پایان ترم دانشجویان قادرند انواع نقشه‌های دو بعدی صنعتی را ترسیم و آنها را اندازه‌گذاری کنند.

٤. اجرای شیوه آموزش مدرن درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ در دانشگاه صنعتی شریف

با توجه به اهمیت درس نقشه‌کشی برای رشته‌های مهندسی و با توجه به این نکته که موضوع و محتوای اصلی این درس تجسم و تصور سه بعدی اشیاست و از طرفی، دانشجویان در دوران دبیرستان یا حتی دانشگاه کمتر با چنین مباحثی رو به رو می‌شوند، لذا، در ابتدای دوره درس نقشه‌کشی صنعتی بسیاری از دانشجویان با مسائل مربوط به تجسم دچار مشکل می شوند و قادر نیستند موقعیت زاویه‌ای و مکانی نقاط، خطوط و صفحات یک جسم را نسبت به یکدیگر در ذهن تصور کنند. به همین دلیل، محققان به دنبال راههایی هستند که بتوانند به کمک آنها شیوه آموزش تجسم فضایی را برای دانشجویان آسان‌تر کنند[۶]. در بعضی از دانشگاههای معتبر و ممتاز دنیا برای رفع این مشکل، آموزش مدلسازی سه بعدی کامپیوتری را در سرفصل درس وارد کردند، به نحوی که دانشجو در ابتدای دوره قبل از هر مطلبی با مدلسازی سه بعدی اجسام آشنا می‌شود 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[۷]. البته، این جایگزینی می‌تواند مشکلاتی را به همراه داشته باشد که از جمله آن علاقه بیشتر دانشجویان در مدلسازی با نرم افزارهای CAD است که این امر می‌تواند مفاهیم و اصول اولیه ترسیم را تحت الشعاع قرار دهد[۸]. همچنین، در بعضی از دانشگاهها با گرفتن بودجه، نرم‌افزارهای مخصوص تجسم برای دانشجویان ساخته‌اند که از طریق اینترنت قابل دسترسی است و بدین ترتیب، دانشجو می‌تواند در هر زمان و مکان تمرینات خود را انجام دهد و از درستی جواب مطلع شود. از طرفی، در این دانشگاهها با ساخت انیمیشن، فیلم و

اسلاید در نرم‌افزار پاور پوینت، کلیه اجسام و مدلهای سه بعدی برای دانشجو ملموس و قابل درک می‌شود. بر اساس بررسیهای انجام شده، محققان دریافتند که دانشجویان در پایان ترم به نتایج بهتری از نظر یادگیری دست می‌یابند. [۹ و ۱۵]. بدین ترتیب، در پایان ترم هنگامی که دانشجو با نقشه و نماهای اجسام رو به رو می‌شود، به‌راحتی می‌تواند قسمتهای مختلف جسم را در ذهن تفکیک و تصور کند.

نویسنده این نوشتار در سال ۱۳۸۷ [بعد از تجهیز کلاسهای مرکز به کامپیوتر و ویدئو پروژکتور] شیوه‌های مدرن را با توجه به امکانات موجود در مرکز گرافیک مهندسی اجرا کرده است. با توجه به اینکه در دانشگاه صنعتی شریف این درس برای تمام رشته‌های مهندسی و علوم پایه [بجز شیمی] با یک کد درسی ارائه می‌شود، سر فصلی که برای تمام رشته‌ها قابل استفاده باشد، به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

جلسه ۱: آشنایی کلی با قابلیتهای نرم‌افزار اتوکد و آشنایی با دستورهای دو بعدی شامل رسم خط، حذف کردن، بزرگنمایی، انتخاب اشیا، استفاده از شبکه و حرکت پرشی ماوس، جا به جایی و کپی کردن؛

جلسه ۲: آشنایی با دستورهای دو بعدی شامل رسم دایره و گیره‌های شیء، آرایه کردن، برش زدن، امتداد دادن، قرینه کردن، رسم بیضی، مستطیل، آفست کردن، گرد کردن و دوران دادن؛

جلسه۳: آشنایی با محیط سه بعدی اتوکد، ساخت مدلهای سه بعدی ساده، نما گیری و دوران اجسام و ترسیم سه بعدی اجسام با دست؛

جلسه۴: ساخت مدلهای سه بعدی پیچیده و ترسیم سه بعدی اجسام با دست؛

جلسه۵: رسم سه تصویر جلو، بالا و چپ اجسام با سطوح صاف، هم با دست و هم با کامپیوتر؛

جلسه۶: رسم سه تصویر جلو، بالا و چپ اجسام با سطوح منحنی مثل استوانه، هم با دست و هم با کامپیوتر؛

جلسه۷: رابط تصاویر: رسم تصویر سوم به کمک تصویر مجسم و رابط، هم با دست و هم با کامپیوتر؛

جلسه۸: آنالیز حجم: رسم تصویر سوم احجام به کمک تجسم و آنالیز حجم و رسم دستی سه بعدی بعضی از تمرینها؛

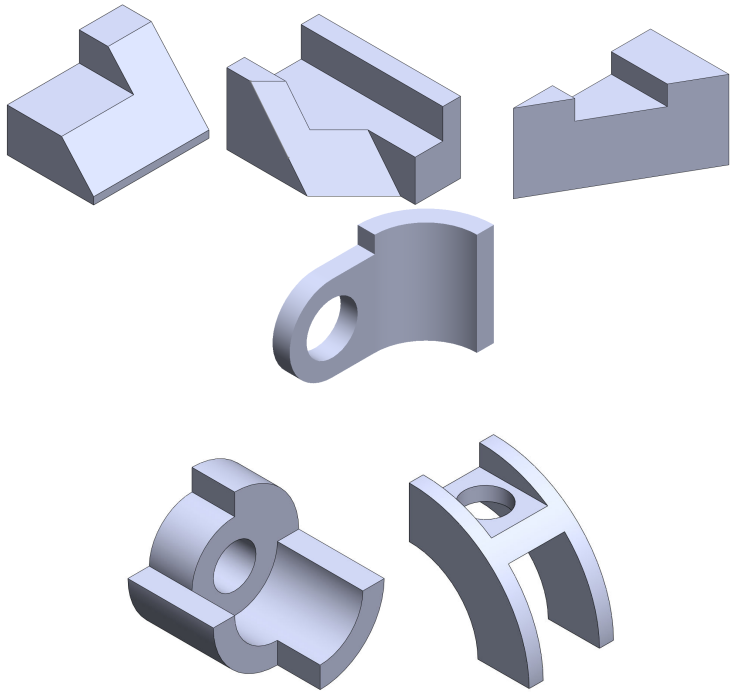
جلسه۹: آنالیز سطح ۱: رسم تصویر سوم احجام با سطوح صاف به کمک تجسم و آنالیز سطح و رسم دستی تصویر سه بعدی بعضی از تمرینها؛

جلسه۱۰: آنالیز سطح ۲: رسم تصویر سوم احجام با سطوح استوانه‌ای به کمک تجسم و آنالیز سطح و رسم دستی تصویر سه بعدی بعضی از تمرینها؛

جلسه۱۱: تصویر مجسم ایزومتریک؛

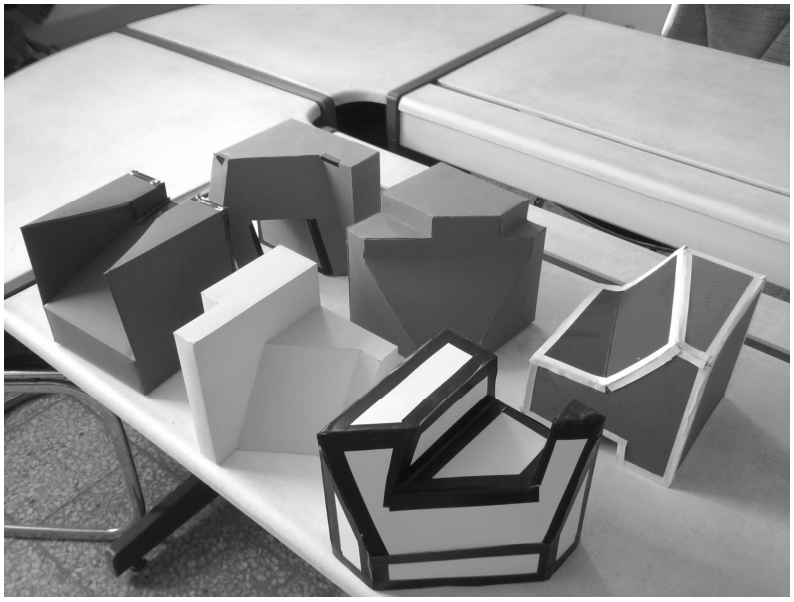
جلسه ۱۲: استانداردهای مربوط به اندازه‌گذاری ضخامت خطوط، اندازه‌گذاری انواع کاغذهای نقشه‌کشی و کادر بندی نقشه‌ها همراه با دستورهای مرتبط در اتوکد،
جلسه ۱۳: برش ساده متقارن و نامتقارن همراه با آموزش دستورهای مرتبط در اتوکد؛
جلسه ۱۴: رسم نقشه‌های اجرایی شامل چهار تصویر رو به رو، چپ، بالا و ایزومتریک به همراه آموزش لایه گذاری و چاپ نقشه.

همان‌طور که در سرفصل شیوه مدرن ملاحظه می‌شود، چهار جلسه اول به نرم افزار اختصاص دارد تا دانشجو مهارت لازم برای کار کردن با نرم افزار را پیدا کند، درست مانند یافتن مهارتهای لازم برای استفاده از خط‌کش، پرگار و کاغذ. یکی از دلایل انتخاب نرم افزار اتوکد [گذشته از فراگیر بودن آن] قابلیت کم آن [در مقایسه با نرم افزارهایی مثل سالید ورکس و کتیا] در ترسیم اشکال است. در نتیجه، دانشجویان در ترسیم شکلهای دو بعدی و سه بعدی مجبورند از فکر و خلاقیت خود استفاده کنند و نرم‌افزار فقط نقش قلم، خط‌کش و پرگار را بازی می‌کند. در جلسات ۳ و۴ دانشجویان بعضی از تمرینهای ساده خود را به‌صورت سه بعدی با دست روی کاغذ نیز رسم می‌کنند. در جلسات ۵، ۶ و ۷ دانشجویان تمرینها را هم با دست و هم با نرم افزار رسم می‌کنند. در جلسات ۸، ۹ و ۱۰ با توجه به سنگینی مطلب کلاس، تأکید بیشتر بر روی تمرینهای دستی است. از طرفی، در این جلسات دانشجویان با دست تصویر سه بعدی بعضی از تمرینها را نیز ترسیم می‌کنند. در جلسه ۱۱ دانشجویان با نحوه ترسیم اجسام سه بعدی پیچده با دست آشنا می‌شوند و بعضی از تمرینها را نیز با نرم افزار ترسیم می‌کنند. در جلسات ۱۲، ۱۳ و ۱۴ تأکید بیشتر بر استفاده از نرم‌افزار است. نمونه‌ای از اجسام سه بعدی که دانشجویان در طول ترم آنها را به کمک نرم افزار رسم می‌کنند، در شکل ۲ آورده شده است.



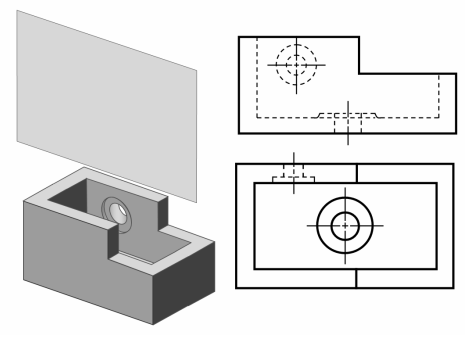
شکل ۲: نمونه‌هایی از تمرینهای سه بعدی انجام داده شده با اتوکد

همچنین، برای بهبود تجسم فضایی دانشجویان ضعیف از مدلهای فیزیکی [ساخته شده توسط دانشجویان سال بالایی] نیز در کلاس استفاده می‌شود که نمونه‌هایی از آن را می‌توان در شکل ۳ مشاهده کرد.

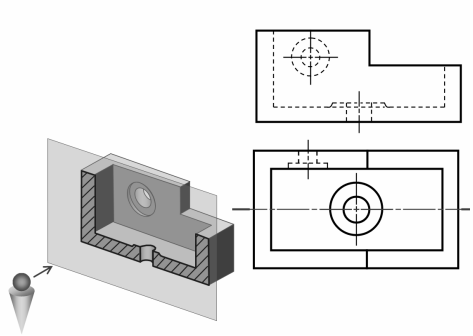


شکل ۳: مدلهای فیزیکی سه بعدی

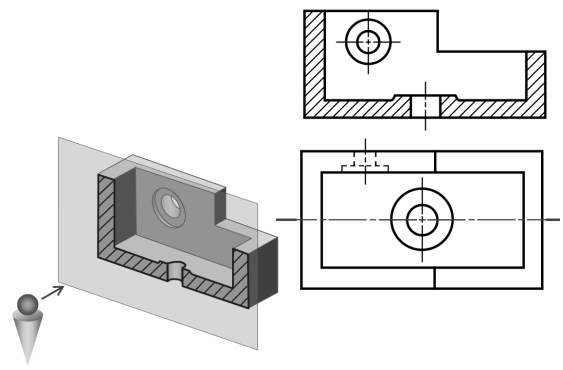
نویسنده این نوشتار برای هر جلسه و متناسب با محتوای آن جلسه، برنامه‌ای را در پاورپوینت که همراه با اسلاید و انیمیشن است، تنظیم کرده است تا ضعفهای موجود در ترسیم دستی روی وایت بورد برداشته شود. از طرفی، با استفاده از وایت برد یادگیری بهتر صورت می‌گیرد. در شکل ۴ نمونه‌ای از مراحل انیمیشن موجود در برنامه پاور پوینت را که مربوط به جلسه برش است، می‌توان مشاهده کرد.



الف



ب



ج

شکل ۴: مراحل انیمیشن مربوط به مبحث برش در نرم افزار پاورپوینت

۵. شیوه آموزش درس نقشه کشی صنعتی در دانشگاههای مطرح دنیا

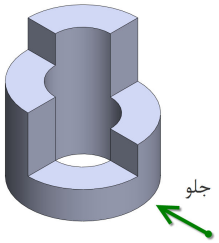
دانشگاههای معتبر دنیا را از نظر آموزش درس نقشه‌کشی صنعتی می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد که عبارت‌اند از:

- دانشگاههایی که یک دوره مجزا برای آموزش درس نقشه‌کشی در نظر می‌گیرند که شامل مدلسازی سه بعدی به کمک کامپیوتر، ترسیم با دست آزاد، تجسم دو بعدی و سه بعدی، نقشه‌خوانی، روشهای ترسیم اولیه، اندازه‌گذاری نقشه‌ها، نماهای کمکی، نماهای مایل، نماهای برشی، تهیه نقشه‌های اجرایی و غیره است. مثلاً در دانشکده‌های مهندسی مکانیک دانشگاههای ملون و میشیگان امریکا این درس به ترتیب با عنوانهای "Engineering Graphics" و "Graphic Communications" به دانشجویان ارائه می‌شود[۱۶ و ۱۷].
- دانشگاههایی که یک دوره مجزا برای آموزش درس نقشه‌کشی در نظر می‌گیرند، با این تفاوت که [نسبت به دسته اول] بعضی از مباحث طراحی در این دوره گنجانده شده است و دانشجویان در پایان دوره ملزم به انجام دادن پروژه‌های طراحی تیمی هستند. منظور از طراحی، بیشتر طراحی مدل به کمک کامپیوتر است که خواسته‌های صورت مسئله را برآورده سازد و نه لزوماً محاسباتی که در درسهای طراحی به دانشجویان آموزش داده می‌شود. مثلاً در دانشکده‌های مهندسی مکانیک دانشگاههای استنفورد و ایلی نویز امریکا این درس به ترتیب با عنوانهای "Engineering Drawing and Design" و "Engineering Graphics and Design" به دانشجویان ارائه می‌شود [۱۸ و ۱۹].
- دانشگاههایی که دوره مجزایی برای درس نقشه‌کشی صنعتی در نظر نمی‌گیرند؛ در این دانشگاهها با توجه به قابلیتهای نرم افزارهای CAD، مطالب درس نقشه‌کشی صنعتی را در ابتدای دروس طراحی به دانشجویان آموزش می‌دهند. برای مثال، در دانشکده مهندسی و علوم کاربردی دانشگاه هاروارد امریکا سرفصلهای کلی درس نقشه‌کشی صنعتی در ابتدای درس طراحی با عنوان Computer-Aided Machine Design به دانشجویان آموزش داده می‌شود. در این درس تأکید بیشتر بر کارهای کامپیوتری با نرم افزارهای CAD است[۲۰].

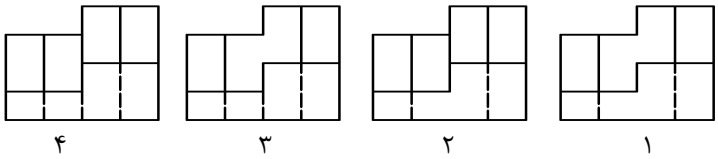
با بررسی سرفصلهای دانشگاههای یادشده در می‌یابیم که در این دانشگاهها، مشابه شیوه مدرن در دانشگاه صنعتی شریف، ابتدا دانشجو به کمک نرم افزارهای CAD با مفاهیم فضا و نماها و تجسم فضایی آشنا می‌شود و سپس، مفاهیم و اصول اولیه ترسیم دستی را فرا می‌گیرد.

٦. یافته‌ها و بحث

برای مقایسه بین دو شیوه آموزش سنتی و مدرن، در انتهای ترم در درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ از چهار کلاس که دو تا از آنها به شیوه مدرن و دو تای دیگر به شیوه سنتی آموزش دیده بودند، آزمونی تستی به همراه پرسشنامه‌ای از دانشجویان گرفته شد. آزمون شامل ۲۲ سؤال بود که دانشجویان باید آن را در مدت زمان ۱۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه پاسخ می‌دادند. نمونه‌ای از سؤال این آزمون را می‌توان در شکل ۵ مشاهده کرد؛ همان‌طور که ملاحظه می‌شود، دانشجو باید نمای خواسته شده را از میان گزینه‌ها انتخاب کند. نتیجه آزمون مطابق جدول ۱ به دست آمد.



نمای رو به روی جسم فوق مطابق کدام گزینه است؟

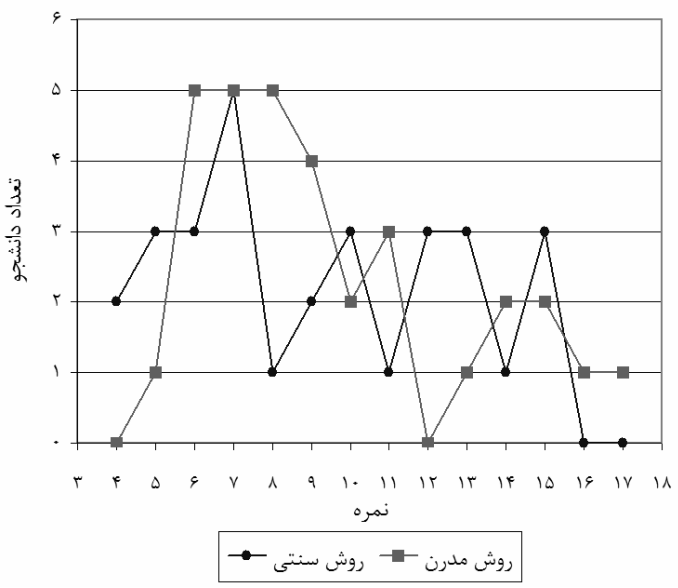


شکل ۵: نمونه سؤال آزمون تستی

جدول ۱: نتیجه آزمون برای شیوه های آموزشی سنتی و مدرن

	تعداد دانشجو	میانگین نمره از ۲۲ نمره	انحراف معیار	حداکثر نمره کسب شده
گروه سنتی	۳۰	۹,۲۳	۳,۴۶	۱۵
گروه مدرن	۳۲	۹,۴۷	۳,۲۷	۱۷

نمودار مربوط به تعداد دانشجو و نمره اکتسابی در آزمون برای هر دو گروه سنتی و مدرن در نمودار ۱ نیز آورده شده است.



نمودار ۱: نمودار تعداد دانشجو بر حسب نمره کسب شده

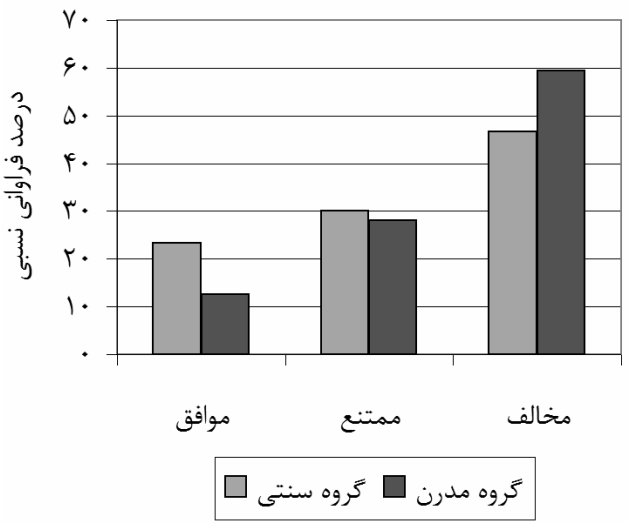
همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، دانشجویانی که به شیوه مدرن آموزش دیده‌اند نتیجه بهتری کسب کرده‌اند؛ این در حالی است که دانشجویان آموزش دیده به شیوه سنتی در هر هفته از چهار ساعت آموزش (سه ساعت درس و یک ساعت اتوکد)، ولی دانشجویان آموزش دیده به شیوه مدرن فقط از سه ساعت آموزشی در هفته برخوردار بوده‌اند. انتظار می‌رود اگر ساعت آموزش دانشجویان آموزش دیده به شیوه مدرن به چهار ساعت افزایش یابد، نتیجه بهتری کسب شود. با مشاهده نمودار ۱ و محاسبه میانگین نمرات دانشجویانی که نمره آنها برابر ۱۱ و کمتر از آن است، می‌توان دریافت که دانشجویان در روش مدرن، میانگین نمره ۷,۹۶ و در روش سنتی میانگین نمره ۷,۱۵ به‌دست آورده‌اند و این به‌معنای آن است که شیوه آموزش به سبک مدرن برای دانشجویانی که از توانایی تجسمی کمی برخوردارند، کارسازتر است.

برای نظرسنجی در باره شیوه تدریس پرسشنامه‌ای تنظیم و به دانشجویان داده شد. سؤالات پرسشنامه در جدول ۲ آورده شده است. ۴ سؤال اول بین هر دو گروه سنتی و مدرن مشترک، ولی

سؤال ۵ برای گروه سنتی و سؤال ۶ برای گروه مدرن تنظیم شده است. دانشجویان در پاسخ به این سؤالها باید یکی از گزینه‌های مخالف، ممتنع و موافق را انتخاب می‌کردند. نتیجه به‌دست آمده از جمع آوری پرسشنامه ها در نمودارهای ۲ تا ۷ به صورت نمودار میله ای آورده شده است.

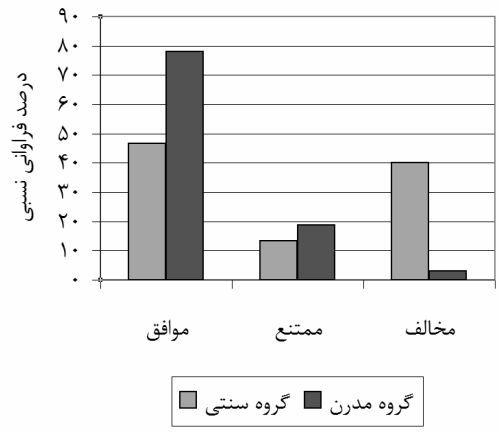
جدول ۲: پرسشنامه مربوط به شیوه آموزش

سؤال ۱	اگر تمام تمرینات در کلاس با دست و بدون نرم افزار رسم شود، در کیفیت آموزش نتیجه بهتری حاصل می شود.
سؤال ۲	مدت زمان کلاس به صورت سه ساعت خیلی خسته کننده است.
سؤال ۳	در بحث تجسم شیوه آموزش استاد مطلوب بود.
سؤال ۴	احساس می‌کنم بعد از این چند جلسه، هنوز تجسم فضایی لازم را به‌دست نیاوردم و نمی‌توانم به‌راحتی از دو تصویر، شکل سه بعدی جسم را تصور کنم.
سؤال ۵ (برای گروه سنتی)	اگر بتوان در کلاس بعد از رسم تصویر سوم از روی دو نما شکل سه بعدی آن را در اتوکد ترسیم کرد (یا توسط استاد رسم شود)، تأثیر خوبی بر تجسم فضایی دانشجویان خواهد داشت.
سؤال ۶ (برای گروه مدرن)	استفاده از انیمیشن به خصوص در بحث برش کمک زیادی به درک این مبحث کرد.

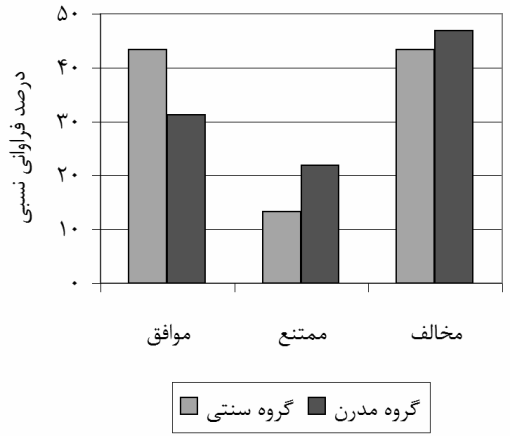


نمودار ۲: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۱

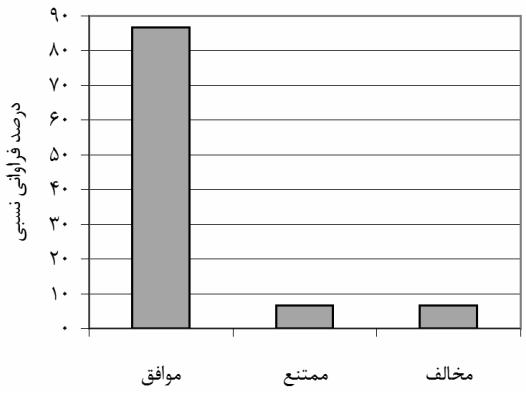
نمودار ۳: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۲



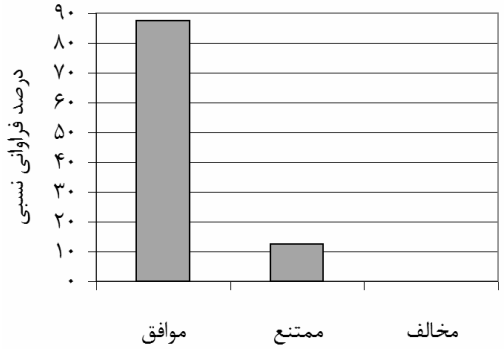
نمودار ۴: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۳



نمودار ۵: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۴



نمودار ۶: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۵ در شیوه سنتی



نمودار۷: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۶ در شیوه مدرن

در نمودار ۲ (مربوط به سؤال ۱) هر دو گروه اذعان کرده‌اند که استفاده از کامپیوتر در انجام دادن تمرینات نتیجه بهتری در کیفیت آموزش نسبت به انجام دادن آن فقط به صورت دستی دارد و این امر را دانشجویان آموزش دیده به شیوه مدرن بهتر لمس کرده‌اند. یکی از تفاوتهای درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ با سایر دروسی که دانشجویان موظف به گذراندن آن هستند، زمان کلاس این درس است که به صورت ۳ ساعت متوالی برگزار می‌شود. دانشجویان باید بعد از درس در این مدت زمان تمرینات داده شده توسط استاد را انجام دهند و طبیعی است که مدت زمان کلاس برای بیشتر دانشجویان خسته کننده خواهد شد. اما در نمودار ۳ می‌توان مشاهده کرد که نتیجه نظرسنجی از گروه مدرن بر

خلاف انتظار است. این دانشجویان اذعان کرده‌اند که استفاده از کامپیوتر خستگی سه ساعته کلاس را از بین می‌برد. در سؤال ۳ پرسشنامه شیوه تدریس استادان ارزیابی شد. همان‌طور که در نمودار ۴ ملاحظه می‌شود، حدود ۴۰٪ دانشجویان در شیوه سنتی روش تدریس استاد را مطلوب نمی‌دانند، در صورتی که در شیوه مدرن حدود ۳٪ مخالف نحوه تدریس استاد هستند.

یکی از مسائلی که دانشجو در درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ با آن مواجه می‌شود، مبحث تجسم سه‌بعدی است که چون دانشجویان در دوران دبیرستان و دانشگاه با این مبحث کمتر رو به رو می‌شوند، لذا، برای بسیاری از دانشجویان تجسم سه بعدی اجسام در ذهن کار دشواری به نظر می‌رسد. در سؤال ۴ پرسشنامه بحث توانایی تجسم سه بعدی ارزیابی شد که نتیجه آن در نمودار ۵ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شیوه سنتی حدود ۴۳٪ موافق هستند که هنوز توانایی تجسم لازم را ندارند، در صورتی که در شیوه مدرن حدود ۳۱٪ موافق با عدم توانایی تجسم هستند. در سؤال ۵ حدود ۷۸٪ دانشجویان در شیوه سنتی اذعان می‌کنند که ترسیم سه بعدی جواب سؤالها کمک شایانی به تجسم دانشجویان می‌کند، ولی همان‌طور که می‌دانیم، ترسیم سه بعدی روی تخته در کلاس زمان زیادی به خود اختصاص خواهد داد که در زمان محدود کلاس قابل اجرا نیست و این امر فقط از عهده نرم‌افزار بر می‌آید. در سؤال ۶ استفاده از انیمیشن در تفهیم مطلب از دانشجویان گروه مدرن ارزیابی شد که حدود ۸۷٪ دانشجویان (بدون مخالف) به تأثیر زیاد آن در امر یادگیری اذعان می‌کنند.

۷. نتیجه گیری

در دهه‌های قبل، شیوه آموزش دروس گرافیک مهندسی به‌صورت دستی و به کمک ابزارآلاتی همچون خط‌کش و پرگار و غیره انجام می‌شد. با ورود نرم افزارهای مدلسازی و فناوری کامپیوتری، آموزش دروس گرافیک مهندسی در دانشگاههای معتبر دنیا تقریباً از سال ۲۰۰۰ میلادی دچار تغییر و تحول شد. در همین خصوص، با توجه به اهمیت درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ برای دانشجویان رشته‌های مهندسی لازم است که شیوه آموزش این درس در کشور ایران مطابق با سایر دانشگاههای دنیا تحول یابد. شیوه آموزش به‌صورت مدرن از سال ۱۳۸۷ شمسی توسط نویسنده در مرکز گرافیک مهندسی دانشگاه صنعتی شریف اجرا شده است که در این نوشتار دو شیوه آموزش سنتی و مدرن با هم مقایسه و ارزیابی شد. استادان سنتی کار ادعا می‌کنند که دانشجویان مفهوم فضا، نما، تجسم و طراحی را به‌دلیل استفاده از نرم افزارهای مهندسی درک نمی‌کنند. در حالی که استادان جدید یک تجربه چالش انگیز را یافته‌اند. آنها اظهار می‌کنند که دانشجویان خیلی از شیوه تدریس جدید قدردانی می‌کنند، هر چند که نتیجه یادگیری سخت باشد. در این نوشتار با مقایسه دو شیوه آموزش

از طریق آزمون و پرسشنامه مشخص شد که شیوه مدرن نه تنها اثر منفی بر یادگیری دانشجویان ندارد، بلکه به درک بهتر مطالب درسی و افزایش کیفیت آموزش کمک می‌کند، به‌طوری‌که دانشجویان آموزش دیده به شیوه مدرن توانسته‌اند با ساعت آموزشی کمتر در طول هفته نتیجه بهتری را نسبت به گروه سنتی کسب کنند.

نتیجه ترکیب دو شیوه سنتی و کامپیوتری شگفت انگیز است و آن افزایش چشمگیر تعداد نقشه‌های ترسیمی و مفاهیم یادگیری شده در مقایسه با روش سنتی است. بارزترین ویژگی آموزش بر پایه محیط چند رسانه‌ای نگهداری و حفظ توجه دانشجویان در کلاس است، درست مانند مشاهده اتفاق افتادن وقایع. همچنین، با نمایش انیمیشن می‌توان در طول مدت تدریس توجه دانشجویان را متوجه درس کرد. آموزش بر اساس محیط چند رسانه‌ای(ترکیب گرافیک، انیمیشن، فیلم و نرم افزار) می‌تواند کاملاً گسترده و پیچیده باشد. بسیاری از همکاران این توانایی را ندارند و بنابراین، باید از طرف دانشگاه حمایتهای لازم انجام شود. از طرفی، کلاسها باید به سیستم‌های چند رسانه‌ای نیز مجهز شود. هدف در این نوشتار ارائه یک کلاس آموزشی بر پایه استفاده از فناوری نرم‌افزاری و چند رسانه‌ای است، به نحوی که علاوه بر یاد دادن اصول ترسیم و استانداردهای نقشه کشی، بتوان دانشجویان را با مدلسازی کامپیوتری و روشهای نوین مورد نیاز صنعت آشنا کرد.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف به دلیل تأمین هزینه‌های مالی مربوط به این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

1. Castro-Cedeno, M. H. (2004), “The role of engineers in the creation of engineering drawings-past, present and future”, *Proceedings of the 59th Annual Mid-Year Conference of the Engineering Design Graphics Division*, American Society for Engineering Education.
2. http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_CAx_companies. [Date retrieved: 4 June 2010]
3. Cheng, L. (2007),”The use of freeware in the teaching of engineering design graphics”, *International Conference on Engineering Education* – ICEE.
4. Aljawi, A. N., Bogis, H. A. and Abu-Ezz, A. (2004), “Use of solid modeling and team skills in engineering graphics”, Proc. 2nd Saudi Sci. Conf. Fac. Sci. KAU, 15-17 March, pp. 93-101.
5. Kosse, V. (2005), “Engineering drawing as a global language for engineers”, *Proceedings of the 2005 ASEE/AaeE 4 th Global Colloquium on Engineering Education*.

6. Kimmel, S. J., Deek, Fadi P. and Kimmel, H. (2004),“ Using a problem-solving heuristic to teach engineering graphics”, *International Journal of Mechanical Engineering Education*, Vol. 32, No. 2, pp. 135-146.
7. MARUNIĆ, G., GLAŽAR, V. and GREGOV, G. (2009), “3D solid modelling inclusion in engineering graphics course”, *Journal for Theory and Application in Mechanical Engineering*, Vol. 51, No.6, pp. 667-675.
8. Herrera, R. (1998), *Problems encountered when substituting the traditional drawing tools for cad systems in engineering graphics courses*, IEEE Conference pp.677.
9. Miller, C. L. (1999), “New technologies for engineering graphics”, *Engineering Design Graphics Journal*, Vol. 63, No. 2, pp. 50-57.
10. Kersys, R. and Pilkaite, T. (2006), “Multimedia in engineering graphics”, *The Journal of Polish Society for Ggeometry and Engineering Graphics*, Vol 16, pp. 20-23.
11. Jiannan C. (1998),“Kernel problems of the modernization of engineering graphics education”, *Journal for Geometry and Graphics*, Vol. 2, No. 1, pp. 65-70.
12. Sorby, S. (2005) “Impact of changes in course methodologies on improving spatial skills”, *Journal for Geometry and Graphics*, Vol, 9, No. 1, pp. 99-105.
13. Suzuki, K. (2002), “Activities of the Japan Society for Graphic Science Research and Education”, *Journal for Geometry and Graphics*, Vol. 6, No. 2, pp. 221-229.
14. Clark, A. C. (2011), “Technical data presentation: a new course offering for engineering graphics programs”, *ASEE Southeast Section Conference*.
15. Bausys, R. and Ţiuriene, R. (2009), “Some aspects of educational paradigm of engineering graphics”, *10th International Conference on Engineering Graphic*.
16. http://www.cmu.edu/me/undergraduate/ugcourses.html . [Date retrieved: 26 May 2012]
17. http://www.reg.msu.edu/Read/DescCourses/2011-12/me.pdf [Date retrieved: 26 May 2012]
18. http://www.stanford.edu/dept/registrar/bulletin0809/65980.htm [Date retrieved: 26 May 2012]
19. https://my.illinois.edu/uPortal/render.userLayoutRootNode.target.u4199l1n6.uP?pltc_target=210253.u4199l1n6&pltc_type=RENDER&pltp_action=catalogCourseView&pltp_classNumber=101&pltp_course=GE&pltp_term=fall&pltp_year=2012#u4199l1n6 [Date retrieved: 26 May 2012]
20. http://www.seas.harvard.edu/teaching-learning/areas/engineering-sciences-courses [Date retrieved: 26 May 2012]