فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال چهاردهم، شماره ۵۵، پاییز ۱۳۹۱، صص. ۱۰۹- ۸۹

ارزیابی تغییر شیوه آموزش درس نقشه کشی صنعتی ۲ از سنتی به مدرن

مهدی متقی پور[۱]

چکیده: درس نقشه کشی صنعتی ۲ یکی از درسهای پایه برای دانشجویان رشته مهندسی مکانیک محسوب می‌شود. با توجه به اینکه این درس پیش نیاز درس طراحی است، بنابراین، لازم است دانشجویان در این درس با انواع نقشه‌های مورد نیاز در طراحی و صنعت و نحوه ترسیم آنها بر اساس آخرین فناوریهای اجرایی و قابل استفاده در کشور آشنا شوند. متأسفانه، شیوه آموزش این درس، در دانشگاههای کشور عزیزمان ایران، متناسب با فناوری کامپیوتری و استفاده از محیطهای چندرسانه‌ای تغییر نکرده است. نویسنده از سال ۱۳۸۷ شیوه آموزش را با توجه به استفاده از نرم افزارهای مهندسی و محیطهای چند رسانه‌ای به طور آزمایشی تغییر داده و آن را در مرکز گرافیک مهندسی دانشگاه صنعتی شریف اجرا کرده است. در این نوشتار نتیجه اجرای شیوه آموزش مدرن بر اساس آزمون و ارزشیابی از دانشجویان ارزیابی و با شیوه تدریس سنتی مقایسه و مشخص شده است که به دلیل استفاده از نرم افزارهای مدلسازی در شیوه مدرن، این شیوه نه تنها تأثیر منفی بر یادگیری اصول ترسیم ندارد، بلکه به درک بهتر دانشجویان کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: نقشه کشی صنعتی ۲، شیوه تدریس، مدلسازی سه بعدی، نرم‌افزارهای CAD ، سالید ورکس، شیوه مدرن.

---

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

(دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱/۱۴)
(پذیرش مقاله:۱۳۹۱/۳/۳)

۱. مقدمه

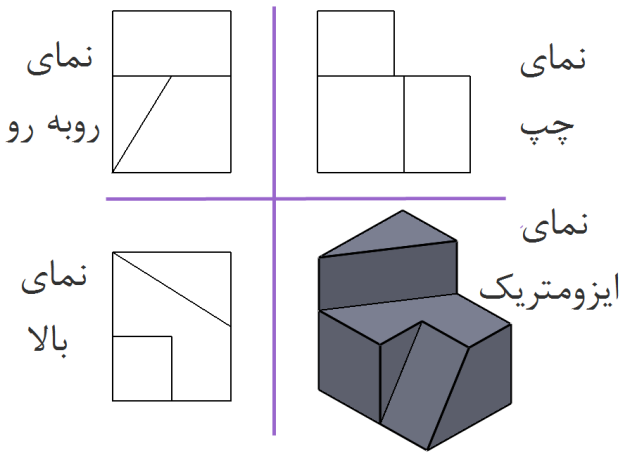
در فرایند تولیدات صنعتی بعد از طراحی و محاسبات باید نقشه صنعتی قطعه تهیه و به سازنده تحویل داده شود تا وی به کمک شکل، ابعاد و اطلاعات درج شده در نقشه، قطعه مورد نظر را بسازد. بنابراین، تهیه نقشه یکی از مهم‌ترین مراحل در فرایند تولید است. تا حدود ۳۰ سال پیش، تقریباً تمام نقشه‌ها در دنیا با دست و به کمک قلم و کاغذ تهیه می‌شدند. لذا، در فرایند تولید تهیه نقشه جزو مراحل سخت و وقت‌گیر محسوب می‌شد. چرا که بی‌دقتی 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 حضور 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 نرم‌افزار 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، لازم است در آموزش گرافیک مهندسی، به‌منظور حرکت دانشجویان از ترسیمات اولیه با وسایل نقشه‌کشی ابتدایی مثل خط‌کش، پرگار و کاغذ به سمت استفاده از وسایل و نرم افزارهای مدرن مدلسازی برای تهیه نقشه‌های پچیده سه بعدی، تحولات و تغییرات اساسی صورت گیرد[۳]. شیوه آموزش و سرفصل دروس گرافیک مهندسی در دانشگاههای معتبر با 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 به‌منظور تسریع در بهبود تجسم فضایی مهندسان، مدلسازی کامپیوتری به درس گرافیک مهندسی آورده شده است تا دانشجویان بتوانند به کمک کامپیوتر درک بهتری از به فضا داشته باشند و قابلیتهای خود را در ترسیمات سه بعدی افزایش دهند. در صورتی که در حال حاضر، در بیشتر دانشگاههای کشور عزیزمان ایران هنوز به ترسیمات دستی دوبعدی 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 و ۲

نقشه‌کشی صنعتی و ترسیمات برای ارتباط دادن بین ایده‌ها از زمان قدیم تا دوران امروز استفاده شده است. این درس یک وسیله ارتباطی مهم بین مهندسان، تکنسینها و کسانی است که در زمینه طراحی و تولید فعالیت می‌کنند که شامل قوانین فنی، قراردادهای ترسیمی و مهارتهای چشمی و ترسیمی است. در درس نقشه‌کشی صنعتی۱ دانشجویان با تصاویر و نماهای مختلف اجسام (واقعی یا انتزاعی)، ترسیم نمای سوم، نماهای سه بعدی ایزومتریک و دی متریک و نماهای برشی اجسام آشنا می‌شوند. همچنین، دانشجویان ترسیم یک نقشه استاندارد [بر اساس استانداردISO] شامل نماهای رو به رو، بالا و چپ جسم، به‌علاوه نمای مجسم آن از زاویه خاص [مثل ایزومتریک یا دیمتریک] را فرا می‌گیرند. در شکل ۱ نمونه‌ای از یک نقشه استاندارد نشان داده شده است [۵].



شکل ۱: نمونه ای از یک نقشه استاندارد

با توجه به سرفصل تعریف شده از سوی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ پیش نیاز درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ است و دانشجویان رشته مهندسی مکانیک موظف به گذراندن آن هستند. یکی از قابلیتهای مهندسان مکانیک حل مسائل طراحی است که در آن با مسائل سه‌بعدی مواجه می‌شوند. به همین دلیل، دانشجویان این رشته باید در زمینه تجسم و شناخت

قطعات صنعتی آموزش ببینند. طراحی و نقشه‌کشی از موضوعات اساسی در دوران تحصیلات دانشجویان مهندسی مکانیک محسوب می‌شود. با توجه به اینکه درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ در دانشکده مهندسی مکانیک در دانشگاه صنعتی شریف پیش‌نیاز درس طراحی است، بنابراین، لازم است دانشجویان در این درس با انواع قطعات صنعتی، نقشه‌های مورد نیاز در طراحی و صنعت و نحوه ترسیم آنها بر اساس آخرین فناوریهای اجرایی و قابل استفاده در کشور آشنا بشوند. متأسفانه، شیوه آموزش این درس در دانشگاههای کشور عزیزمان ایران متناسب با فناوری کامپیوتری و استفاده از محیطهای چند رسانه‌ای تغییر نکرده است و این کار در بیشتر دانشگاههای کشور به‌صورت دستی و با قلم و کاغذ انجام می‌شود.

۳. آموزش درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ به شیوه سنتی

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 کرد 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 خط کش، پرگار،گونیا و کاغذ کالک انجام می دادند. در سال ۱۳۸۰ سایت مرکز گرافیک مهندسی به ۱۵ عدد کامپیوتر با قابلیت نصب نرم افزار مجهز شد و از همان زمان در کنار ۳ ساعت درسی تعریف شده برای درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ (شامل ۱ ساعت درس و ۲ ساعت تمرین دستی)، یک ساعت آموزش نرم افزار مکانیکال دسکتاپ برای دانشجویان اجباری شد. کلاس مکانیکال دسکتاپ در طول هفته از شنبه تا چهارشنبه و در هر روز تقریباً ۸ کلاس یک ساعته توسط دانشجویان TA (دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری) برگزار می‌شد که هر دانشجو با توجه به برنامه زمان بندی کلاسهای خود در یکی از این کلاسها ثبت‌نام و در آن شرکت می‌کرد. بعد از آموزش نرم افزار در پایان ترم، امتحانی به ارزش ۳ نمره از دانشجویان گرفته می‌شد که در نهایت، با ۱۷ نمره مربوط به نمرات کلاسی، میان ترم و پایان ترم، کل ۲۰ نمره دانشجو را تشکیل می‌داد. در کلاس مربوط به نرم افزار هر دو دانشجو از یک کامپیوتر استفاده می‌کردند و علی‌رغم مشکلات ناشی از خرابی کامپیوترها از نظر نرم‌افزاری و سخت افزاری، به کمک همین ۱۵ عدد کامپیوتر، تقریباً ۲۰۰ نفر از دانشجویان در سال آموزش داده می‌شد. در سال ۱۳۸۷ با پیگیری معاونت آموزشی دانشگاه و تأمین بودجه، مرکز گرافیک به ۶۳ عدد کامپیوتر، ۳ عدد ویدئو پروژکتور، ۳ عدد پرینتر و ۸۰ عدد میز نقشه‌کشی جدید مجهز شد که این تجهیزات در سه کلاس ترسیم قرار داده شدند. بدین ترتیب، در هر کلاس امکان

آموزش با استفاده از فناوری آموزشی فراهم شد. بعد از تجهیز مرکز گرافیک، آموزش درس نقشه‌کشی صنعتی۲ شامل دو بخش مجزا شد که به شرح زیر هستند:

۳. ۱. آموزش سرفصل درس نقشه‌کشی صنعتی ۲

سرفصل درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ در مرکز گرافیک بر اساس سرفصل ابلاغ شده از سوی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تنظیم شده و شامل موارد زیر است:

جلسه۱: آشنایی با انواع خط و صفحه، زاویه خط و خط، زاویه خط و صفحه، زاویه صفحه و صفحه، زاویه صفحه با صفحات تصویر و یافتن اندازه واقعی خطوط و صفحات

جلسه۲: تقاطع خط و صفحه، صفحه و صفحه و خط و صفحه با اجسام مستوی

جلسه۳: تقاطع دو جسم مستوی با یکدیگر

جلسه۴: تقاطع خط و صفحه با اجسام غیر مستوی و تقاطع دو جسم غیر مستوی با یکدیگر

جلسه۵: گسترش سطوح مستوی و غیر مستوی

جلسه۶: رسم اتصالات پیچ و مهره سر شش گوش و سرخزینه‌ای

جلسه۷: آشنایی با نقشه‌های سوار شده ساده

جلسه۸: اندازه‌گذاری به همراه نقشه‌های سوار شده ساده

جلسه۹: زبری سطح به همراه نقشه‌های سوار شده ساده

جلسه ۱۰: تلورانس ابعادی به همراه نقشه‌های سوار شده ساده

جلسه۱۱: اجزای سیستم‌های انتقال قدرت شامل چرخ دنده، تسمه، قرقره، یاتاقان و غیره

جلسه ۱۲: علایم جوشکاری

جلسه۱۳: پلان و تأسیسات ساختمان

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

۳. ۲. آموزش نرم افزار سالید ورکس

در مرکز گرافیک نرم‌افزار سالیدورکس 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 نرم‌افزار سالید ورکس، آشنایی با دستورهای دو بعدی ترسیمی و ویرایشی، آشنایی با محیط سه بعدی نرم افزار و رسم مدلهای سه بعدی ساده، تصویرگیری از مدلهای سه‌بعدی

ایجاد شده و مونتاژ قطعات ساده. دانشجویان 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 مدلهای سه بعدی ساده را رسم و آنها را روی هم سوار کنند.

شایان ذکر است که در بسیاری از دانشگاههای کشور تمام تمرینات و کار کلاسی به صورت دستی انجام می‌شود و اصلاً از هیچ نرم افزاری استفاده نمی‌شود. از طرفی، در بسیاری از دانشگاههای مستقر در شهر تهران، مطابق شیوه سنتی در دانشگاه صنعتی شریف، نرم افزار به‌صورت جداگانه و مستقل از درس آموزش داده می‌شود و تمرینات مربوط به درس فقط با دست و به کمک خط‌کش و پرگار ترسیم می‌شوند.

٤. آموزش درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ به شیوه مدرن

با توجه به اهمیت درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ برای دانشجویان رشته مهندسی مکانیک و با توجه به این نکته که موضوع و محتوای اصلی این درس معرفی قطعات صنعتی، تجسم و نحوه درگیری آنها با یکدیگر است و از طرفی، دانشجویان دارای دید صنعتی نیستند، لذا، در ابتدای دوره درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ بسیاری از دانشجویان با مسائل مربوط به تجسم قطعات صنعتی دچار مشکل می‌شوند. در دانشگاههای معتبر و ممتاز دنیا همچون میشیگان، ایلی نویز، واشینگتن غربی، کارولینای شمالی، پنسیلوانیا، پوردو، اهایو، مک مستر، توکیو و غیره برای رفع این مشکل، آموزش مدلسازی سه بعدی کامپیوتری را در سرفصل درس وارد کرده‌اند، 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 با استفاده از نرم‌افزار می‌کند و با توجه به امکانات موجود در نرم‌افزار می‌تواند اجسام را از نماهای مختلف مشاهده کند یا آنها را برش بزند. همچنین، در بعضی از دانشگاهها با تخصیص بودجه، نرم‌افزارهای مخصوص برای دانشجویان ساخته‌اند که از طریق اینترنت قابل دسترسی است و بدین ترتیب، دانشجو قادر است در هر زمان و مکان تمرینات خود را انجام دهد و از درستی جواب مطلع شود. در این دانشگاهها با ساخت انیمیشن، فیلم و اسلاید در نرم‌افزار پاورپوینت کلیه اجسام و مدلهای سه بعدی برای دانشجو ملموس و قابل درک می‌شود. بدین ترتیب، در پایان ترم هنگامی که دانشجو با نقشه و نماهای قطعات صنعتی رو به رو می‌شود، به راحتی می‌تواند قسمتهای مختلف جسم را در ذهن خود تفکیک و تصور کند[۶ و ۱۵].

نویسنده این نوشتار در سال ۱۳۸۷ [بعد از تجهیز کلاسهای مرکز به کامپیوتر و ویدئو پروژکتور] شیوه مدرن را با توجه به امکانات موجود در مرکز گرافیک مهندسی اجرا کرده است. در این شیوه، در کنار سرفصل درسی، دانشجویان با سه نرم‌افزار اتوکد، اتوکد مکانیکال و سالیدورکس نیز کار می‌کنند.

گفتنی است که چون دانشجویان در درس نقشه‌کشی صنعتی ۱ با نرم افزار اتوکد آشنا می‌شوند، لذا، در درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ دو نرم‌افزار دیگر آموزش داده می‌شود. نرم‌افزار اتوکد مکانیکال برای ترسیم نقشه‌های سوار شده دو بعدی استفاده می‌شود. بیشتر قطعات مکانیکی در کتابخانه این نرم افزار بر اساس استانداردهای مختلف وجود دارد که استفاده از آن باعث تسریع در ترسیم نقشه‌ها می‌شود. از نرم‌افزار سالید ورکس برای مدلسازی سه بعدی و مونتاژ قطعات استفاده می‌شود. سر فصلی که برای شیوه مدرن در مرکز گرافیک مهندسی توسط نویسنده در نظر گرفته شده است، به شرح زیر است:

جلسه ۱: آشنایی با نرم افزار سالیدورکس همراه با آموزش دستورهای دو بعدی و سه بعدی، به طوری که در پایان جلسه دانشجو قادر به رسم مدلهای ساده سه بعدی خواهد بود و می‌تواند از آنها سه تصویر بگیرد؛

جلسه ۲: تقاطع احجام شامل تمام تقاطعات (سطوح صاف و منحنی) به کمک نرم افزار سالیدورکس و گرفتن سه تصویر، پیش‌بینی و بررسی فصل مشترک بین احجام توسط دانشجویان و مقایسه یافته‌های ذهنی با نرم افزار؛

جلسه۳: گسترش احجام با سطوح صاف شامل مکعب، منشور، هرم و ترکیب و تفاضل آنها به کمک نرم افزار اتوکد. در این جلسه نرم افزار اتوکد فقط نقش خط‌کش و پرگار را بازی می‌کند؛

جلسه ۴: گسترش احجام با سطوح منحنی مثل استوانه، مخروط قائم و مایل، کره و غیره به کمک نرم‌افزار سالیدورکس؛

جلسه۵: آشنایی کلی با انواع اتصالات پیچ و مهره و استانداردهای حاکم و ترسیم آنها به کمک نرم‌افزار اتوکد مکانیکال؛

جلسه۶: آشنایی با سایر اتصالات غیر دندانه‌ای شامل انواع خار و جای خار، پین، پرچ ، فنرها و غیره و ترسیم آنها به کمک نرم افزار اتوکد مکانیکال؛

جلسه۷: آشنایی با اجزای سیستم‌های انتقال قدرت مثل چرخ دنده، یاتاقان (لغزشی و غلتشی) و استانداردهای آنها؛

جلسه۸: آشنایی با نقشه‌های مونتاژی و رسم آنها به کمک نرم افزار سالیدورکس؛

جلسه ۹: تلرانسهای ابعادی؛

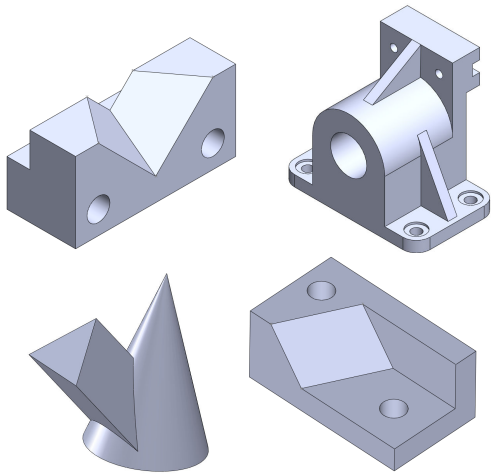
جلسه۱۰: تلرانسهای هندسی؛

جلسه۱۱ : آشنایی با مفهوم و استانداردهای ناصافی سطح؛

جلسه۱۲: آشنایی با سیستم‌های هیدرولیکی و استانداردهای آنها؛

جلسه۱۳: آشنایی با سیستم‌های هیدرولیکی و استانداردهای آنها (قسمت ۲) و آشنایی با استانداردهای جوش؛
جلسه۱۴: آشنایی با سیستم‌های پایپینگ و استانداردهای آنها؛
جلسه ۱۵: مهندسی معکوس و مترولوژی.

در جلسات اول و دوم دانشجو با قابلیتهای نرم افزار سالید ورکس آشنا می‌شود و می‌تواند مدلهای سه بعدی ساده و همچنین، فصل مشترک تقاطعات اجسام را به دست آورد. نمونه‌ای از ترسیمات انجام شده توسط دانشجویان با نرم افزار سالیدورکس را می‌توان در شکل ۲ مشاهده کرد.

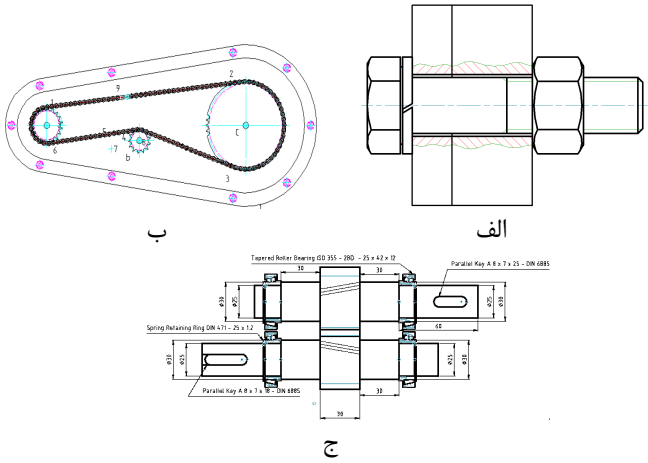


شکل ۲: مدلهای سه بعدی رسم شده با سالیدورکس

در جلسات ۳ و۴ دانشجویان بعد از یادگیری مبحث گسترش به وسیله نرم‌افزارهای اتوکد و سالیدورکس موظف به انجام دادن پروژه‌های ساختی با کاغذ هستند که چند نمونه از آن را می‌توان در شکل ۳ ملاحظه کرد.

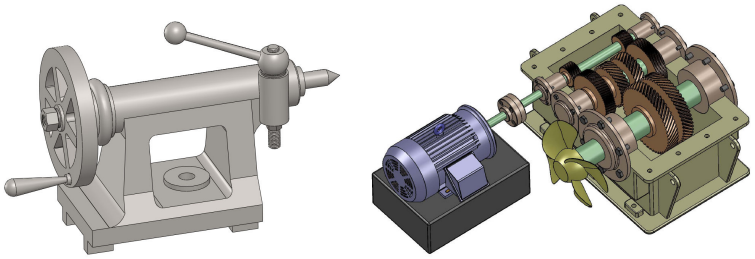
شکل ۳. پروژه های ساختی توسط دانشجویان

انجام دادن پروژه‌های ساختی نقش بسزایی در یادگیری دانشجویان دارد که در انتهای این نوشتار با ارزشیابی از دانشجویان می‌توان به آن پی برد. در جلسه‌های پنج، شش و هفت دانشجویان یاد می‌گیرند که به کمک نرم افزار اتوکد مکانیکال نقشه‌های صنعتی دو بعدی خود را ترسیم کنند. نمونه‌ای از ترسیمات انجام شده توسط دانشجویان با این نرم افزار را می‌توان در شکل ۴ مشاهده کرد.



شکل ۴. نقشه‌های ترسیم شده با اتوکد مکانیکال

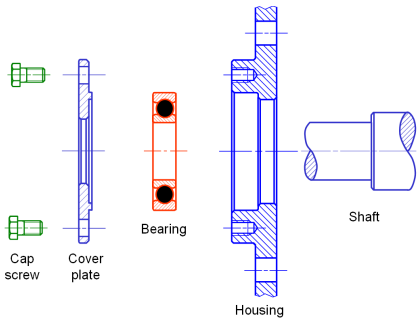
از جلسه هفتم به بعد تمام ترسیمات با نرم‌افزار سالیدورکس انجام می‌شود و در انتهای ترم نیز دانشجویان موظف به انجام دادن پروژه‌های ترسیمی مونتاژی با این نرم افزار هستند که دو نمونه از آن را می‌توان در شکل ۵ مشاهده کرد.



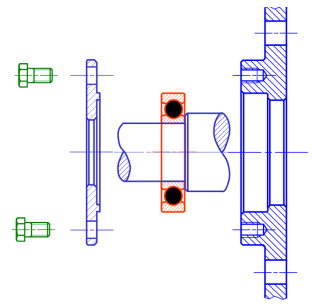
شکل ۵: پروژه‌های انجام شده توسط دانشجویان

همچنین، در طول ترم در هر جلسه از دانشجو خواسته می‌شود تا از نقشه‌های ترسیمی خود پرینت بگیرد تا با ایجاد نقشه‌های اجرایی نیز آشنا شود.

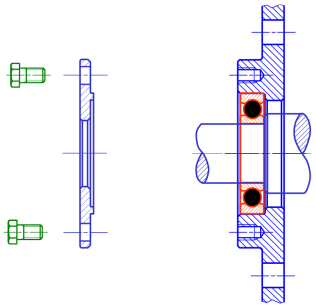
نویسنده این نوشتار برای هر جلسه و متناسب با محتوای آن جلسه، برنامه‌ای را در پاورپوینت که همراه با اسلاید، فیلم و انیمیشن است، تنظیم کرده است تا ضعفهای موجود در ترسیم دستی روی وایت بورد برطرف شود و دانشجویان با قطعات صنعتی به‌صورت تصویری آشنا شوند. همچنین، بعضی از قطعات برای درک بهتر دانشجو به سر کلاس نیز آورده شده‌اند. یک وایت بورد در کلاس وجود دارد تا در مواقعی که برای یادگیری بهتر نیاز به رسم توسط دانشجو باشد، بتوان از آن استفاده کرد. در شکل ۴ نمونه‌ای از مراحل انیمیشن موجود در برنامه پاورپوینت را که مربوط به جلسه هفتم و آشنایی با اجزای سیستم‌های انتقال قدرت (یاتاقان) است، می‌توان مشاهده کرد.



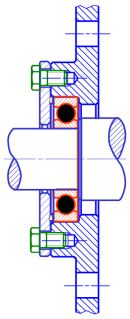
الف



ب



ج

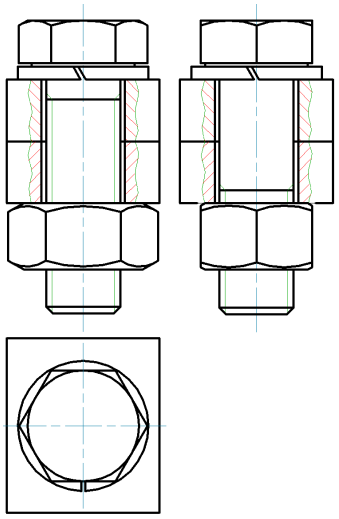


د

شکل ۶: مراحل انیمیشن مربوط به مبحث مونتاژ یاتاقان در نرم افزار پاورپوینت

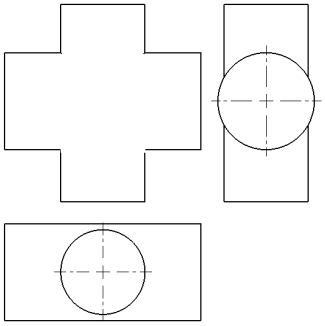
۵. نتایج و بحث

برای مقایسه بین دو شیوه آموزش سنتی و مدرن، در انتهای ترم در درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ از چهار کلاس که دو تا از آنها به شیوه مدرن و دو تای دیگر به شیوه سنتی آموزش دیده بودند، آزمونی تشریحی به همراه پرسشنامه‌ای از دانشجویان گرفته شد. آزمون شامل دو قسمت بود: قسمت اول مربوط به مبحث اتصالات بود و از دانشجویان خواسته شد تا سه تصویر نقشه اتصال با پیچ و مهره (مطابق شکل۷) را با رعایت استاندارد و با دست و به‌صورت شماتیک رسم کنند. برای این سؤال ۹ امتیاز در نظر گرفته شده بود.



شکل ۷: نمونه سؤال مربوط به مبحث اتصالات

قسمت دوم به مبحث تقاطعات مربوط می‌شد و از دانشجو خواسته شد تا فصل مشترک تقاطع دو جسم داده شده مطابق شکل ۸ را با دست و به صورت شماتیک رسم کند. برای این سؤال ۵ امتیاز در نظر گرفته شده بود.



شکل ۸: نمونه سوال مربوط به مبحث تقاطعات

دانشجویان باید در مدت ۱۰ دقیقه به سؤالات پاسخ می‌دادند. نتیجه آزمون مطابق جدول ۱ به‌دست آمد.

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

	تعداد	میانگین امتیاز از قسمت اول	انحراف معیار قسمت اول	میانگین امتیاز از قسمت دوم	انحراف معیار قسمت دوم
گروه مدرن	۲۶ نفر	۳,۳۹	۱,۴۰	۴,۲۹	۲,۰۲
گروه سنتی	۲۸ نفر	۲,۵۶	۱,۵۳	۲,۱۰	۱,۳۹

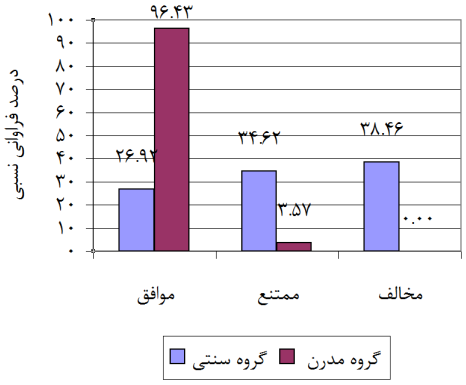
همان طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، دانشجویانی که به شیوه مدرن آموزش دیده‌اند با اختلاف محسوسی نتیجه بهتری کسب کرده‌اند، ولی برای بررسی معنادار بودن این اختلاف از نظر آماری از آزمون t دو دامنه‌ای استفاده شد و برای قسمت اول آزمون (مبحث اتصالات) مقدار $t=2.09$ و برای قسمت دوم آزمون (مبحث تقاطعات) مقدار $t=4.67$ به‌دست آمد که هر دو از ۹۵٪ اطمینان برخوردار هستند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف بین میانگین دو گروه در هر دو قسمت سؤال معنادار است. این در حالی است که دانشجویان آموزش دیده به شیوه سنتی در هر هفته از چهار ساعت آموزش (سه ساعت درس و یک ساعت سالیدورکس)، ولی دانشجویان آموزش دیده به شیوه مدرن فقط از سه ساعت آموزشی در هفته برخوردار بوده‌اند. انتظار می رود اگر ساعت آموزش دانشجویان آموزش دیده به شیوه مدرن به چهار ساعت افزایش یابد، نتیجه بهتری کسب شود.

اگر سرفصل مربوط به مبحث تقاطعات در دو شیوه مدرن و سنتی با هم مقایسه شوند، ملاحظه می‌شود که در سرفصل شیوه سنتی سه جلسه در باره این مبحث مطالعه می‌شود[حتی در مبحث گسترش نیز بحث تقاطعات مطرح و استفاده می‌شود]، ولی در شیوه مدرن استاد یک جلسه به آن می‌پردازد و این در حالی است که دانشجویان در شیوه مدرن نتیجه بهتری نسبت به دانشجویان در شیوه سنتی به‌دست آورده‌اند. بنابراین، هر چند که در شیوه سنتی دانشجویان با خط‌کش، پرگار و قلم در باره مبحث تقاطعات کار طاقت فرسا و خسته کننده‌ای را انجام می‌دهند، ولی از نتیجه‌ای که متناسب با زحمت آنها باشد برخودار نمی‌شوند. از طرفی، در مبحث اتصالات با توجه به اینکه زمان ترسیم با دست در شیوه سنتی بیشتر است، لذا، دانشجویان فقط دو مدل پیچ و مهره را می‌توانند در کلاس رسم کنند، درحالی که دانشجویان در شیوه مدرن به کمک نرم افزار می‌توانند صدها مدل اتصال با پیچ و مهره‌های مختلف را ترسیم کنند. همچنین، در شیوه مدرن از دانشجویان خواسته می‌شود تا با دست آزاد اتصالات مربوط به پیچ و مهره را رسم کنند. بنابراین، در شیوه مدرن دانشجو علاوه بر توانایی ترسیم اتصالات با دست (به صورت شماتیک) توانایی رسم دقیق نقشه‌ها را با نرم افزار دارد.

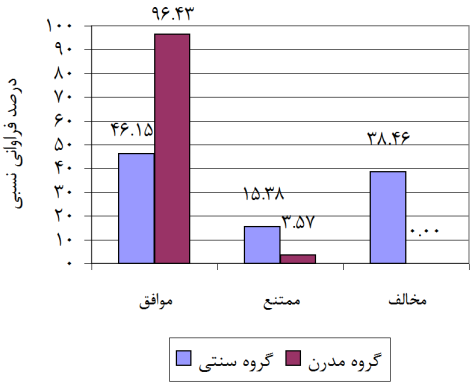
برای نظرسنجی در باره شیوه تدریس، پرسشنامه‌ای تنظیم و به دانشجویان داده شد. سؤالات پرسشنامه در جدول ۲ آورده شده است. ۵ سؤال اول بین هر دو گروه سنتی و مدرن مشترک، ولی سؤال ۶ و ۷ برای گروه سنتی و سؤال ۸ و ۹ برای گروه مدرن تنظیم شده است. دانشجویان در پاسخ به این سؤالها باید یکی از گزینه‌های مخالف، ممتنع و موافق را انتخاب می‌کردند. نتیجه نظرسنجی بعد از جمع آوری پرسشنامه‌ها در شکلهای ۹ تا ۱۷ به صورت نمودار میله‌ای آورده شده است.

جدول ۲: پرسشنامه مربوط به شیوه آموزش

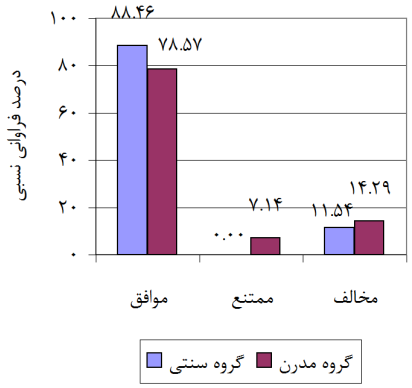
سؤال ۱	سرفصل درس ارائه شده توسط استاد برای رشته تحصیلی و شغل آینده من قابل استفاده و قابل اجرا و مورد نیاز صنعت است.
سؤال ۲	تمرینات داده شده و مثالهای حل شده ، مسائل مرتبط با صنعت و به روز هستند.
سؤال ۳	به نظر من بخش یافتن تقاطعات احجام با دست کار بیهوده ای است، چرا که می‌توان پیچیده ترین تقاطعات را با نرم افزار به راحتی به‌دست آورد.
سؤال ۴	شیوه تدریس استاد از نظر یادگیری و علاقه مند کردن دانشجو به مطالب مناسب است.
سؤال ۵	در پایان ترم می توانم انواع نقشه های صنعتی و اجرایی را رسم و چاپ کنم.
سؤال ۶ (برای گروه سنتی)	اگر بعضی از تمرینات کلاسی را با استفاده از نرم افزار سالید ورکس رسم می‌کردیم، در درک قطعات از نظر سه بعدی و نحوه ارتباط آنها با یکدیگر کمک شایانی به دانشجویان می‌کرد.
سؤال ۷ (برای گروه سنتی)	بهتر است برای آموزش قطعات صنعتی، نمونه ای از آن به کلاس آورده یا تصویر آن توسط ویدئو پروژکتور نشان داده شود.
سؤال ۸ (برای گروه مدرن)	هر چند انجام دادن پروژه‌های ساخت در مبحث گسترش وقت زیادی از دانشجو می‌گیرد، ولی به درک و مفهوم گسترش کمک می‌کند
سؤال ۹ (برای گروه مدرن)	هر چند وقت زیادی از دانشجو به دلیل انجام دادن تمرینات گرفته می شود، با این حال من این شیوه تدریس را نسبت به شیوه سنتی ترجیح می‌دهم.



شکل ۹: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۱

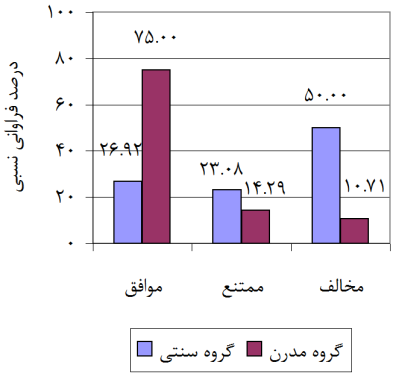


شکل ۱۰: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۲

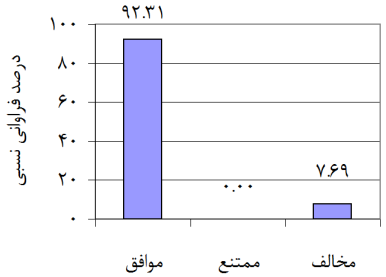


شکل ۱۱: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۳

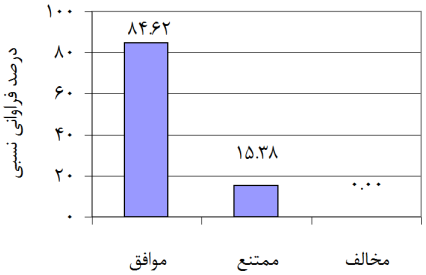
شکل ۱۲: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۴



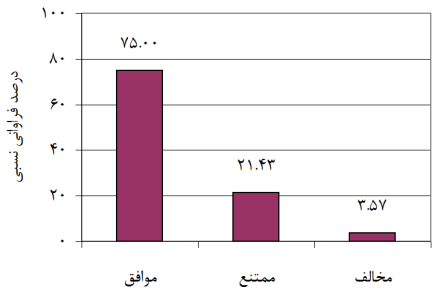
شکل ۱۳: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۵



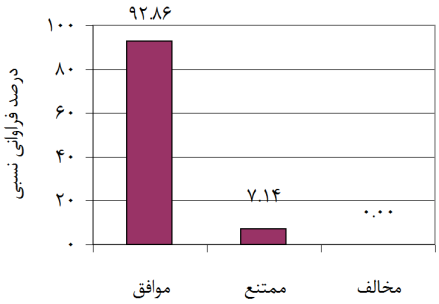
شکل ۱۴: نتیجه نظر سنجی از سؤال ۶ در شیوه سنتی



شکل ۱۵: نتیجه نظر سنجی از سؤال۷ در شیوه سنتی



شکل ۱۶: نتیجه نظر سنجی از سؤال۸ در شیوه مدرن



شکل ۱۷: نتیجه نظر سنجی از سؤال۹ در شیوه مدرن

اگر دو سرفصل دروس به شیوه مدرن و سنتی با هم مقایسه شوند، ملاحظه می‌شود که در سرفصل دروس به شیوه سنتی ۵ جلسه اول در باره مبحث هندسه ترسیمی، ولی در سرفصل دروس به شیوه مدرن فقط ۳ جلسه در باره این موضوع مطالعه می‌شود، چرا که مهندسان مکانیک در صنعت کمتر با این مباحث (مثل مبحث یافتن تقاطع دو جسم به‌صورت دستی) رو به رو می‌شوند. همچنین، در سرفصل دروس به شیوه مدرن گستردگی مطالب نسبت به سرفصل دروس به شیوه سنتی بیشتر است، به همین دلیل، در سؤال ۱، ۲ و۳ (نمودار شکلهای ۹ ،۱۰ و ۱۱) دانشجویان به شیوه سبک مدرن از سر فصل و تمرینها ارائه شده رضایتمندی بیشتری دارند و احساس می‌کنند که مطالب درس داده شده متناسب با نیاز صنعت است. در حالی که در شیوه سنتی دانشجویان مخالف این امر هستند که سرفصل ارائه شده برای آنها متناسب با نیاز صنعت است. از نمودار شکل ۱۱ بیهوده بودن یافتن تقاطعات اجسام به کمک دست از نظر هر دو گروه (به خصوص گروه سنتی کار) به اثبات می‌رسد. در

سؤال ۴ شیوه تدریس استاد از نظر یادگیری و علاقه‌مند کردن دانشجویان ارزیابی شد. همان‌طور که از شکل ۱۲ پیداست، شیوه تدریس استاد در روش مدرن با ۹۶,۴۳٪ مورد تأیید دانشجویان است. این در حالی است که در شیوه سنتی بیشتر دانشجویان مخالف شیوه تدریس استاد هستند و این نه به دلیل شخصیت خود استاد است، بلکه ماهیت ترسیم دستی باعث یکنواختی و عدم درک موضوعات سه بعدی می‌شود و لذا، دانشجویان از روند یادگیری احساس نارضایتی می‌کنند. در سؤال ۵ با توجه به نمودار شکل ۱۳، ۵۰٪ دانشجویان در شیوه سنتی آموزش اذعان می‌کنند که قادر به ترسیم انواع نقشه‌های صنعتی نیستند و این به سبب زمانبر بودن ترسیم نقشه‌ها با دست است و به‌همین دلیل، فرصت برای یادگیری نقشه‌های متنوع صنعتی در کلاس برای دانشجویان فراهم نمی‌شود. اما در شیوه مدرن ۷۵٪ دانشجویان به توانایی ترسیم انواع نقشه‌های صنعتی اذعان دارند. در سؤال ۶ و۷ با توجه به نمودار شکلهای ۱۴ و ۱۵، ملاحظه می‌شود که اکثریت قریب به اتفاق دانشجویان سنتی کار، به اهمیت نرم‌افزار و و ویدئو پروژکتور در کلاس و کمک این دو وسیله در درک نقشه‌های صنعتی اعتراف می‌کنند، چرا که ماهیت درس نقشه‌کشی صنعتی ۲ شناخت قطعات صنعتی و تصور سه بعدی از آنها ست.

یکی از شیوه‌های جلب توجه دانشجویان به موضوع درس انجام دادن پروژه‌های ساختی است که در سرفصل دروس به روش مدرن دو پروژه ساختی به دانشجویان داده می‌شود. در سؤال ۸ با توجه به نمودار شکل ۱۶، ۷۵٪ دانشجویان اعتراف می‌کنند که علی رغم وقت زیادی که انجام دادن پروژه‌ها از دانشجویان می‌گیرد، ولی انجام دادن پروژه به درک آنها در بحث گسترش کمک می‌کند. در سؤال ۹ با توجه به نمودار شکل ۱۷، ملاحظه می‌شود که ۹۲,۸۶٪ دانشجویان (بدون نظر مخالف) شیوه مدرن را علی‌رغم اینکه انجام دادن تمرینها و پروژه‌ها از آنها وقت زیادی می‌گیرد، نسبت به شیوه سنتی ترجیح می‌دهند.

٦. نتیجه گیری

در دهه‌های قبل شیوه آموزش دروس گرافیک مهندسی به‌صورت دستی و به کمک ابزارآلاتی همچون خط‌کش، 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 ۲ برای دانشجویان رشته مهندسی مکانیک، لازم است که شیوه آموزش این درس در کشور مطابق با سایر دانشگاههای دنیا دچار تحول بشود. 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 شدند. در روش سنتی آموزش، استادان ادعا می‌کنند که دانشجویان مفهوم فضا، نما، تجسم، شناخت قطعات صنعتی و طراحی را به‌دلیل استفاده از نرم‌افزارهای مهندسی درک نمی‌کنند. درحالی‌که در روش مدرن، استادان یک تجربه چالش انگیز را به دست آورده‌اند. آنها اظهار می‌کنند که دانشجویان خیلی از شیوه تدریس جدید استقبال 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 علی رغم ادعای استادان موافق با روش سنتی آموزش نه تنها اثر منفی بر یادگیری دانشجویان ندارد، بلکه به درک بهتر مطالب درسی و افزایش کیفیت آموزش کمک می‌کند، به طوری‌که دانشجویان آموزش دیده به شیوه مدرن توانسته‌اند با ساعت آموزشی کمتر در طول هفته نتیجه بهتری را نسبت به دانشجویان آموزش دیده به روش سنتی کسب کنند.

نتیجه استفاده از شیوه مدرن آموزش شگفت انگیز است و آن افزایش قابل توجه تعداد نقشه‌های ترسیمی و مفاهیم یادگیری شده در مقایسه با روش سنتی است. بارزترین ویژگی آموزش بر پایه محیط چندرسانه‌ای 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، بدون آنکه آنها احساس خستگی کنند. آموزش بر اساس محیط چندرسانه‌ای (ترکیب گرافیک، انیمیشن، فیلم و نرم‌افزار) می‌تواند کاملاً گسترده و پیچیده باشد. بسیاری از استادان دارای این توانایی نیستند و بنابراین، باید از طرف دانشگاه حمایتهای لازم صورت گیرد. از طرفی، کلاسها باید به سیستم‌های چندرسانه‌ای نیز مجهز شوند. 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، استانداردهای نقشه‌کشی و شناخت قطعات صنعتی، بتوان دانشجویان را با مدلسازی کامپیوتری و روشهای نوین مورد نیاز صنعت آشنا کرد.

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. Available at: 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 2004, pp. 93-101.
5. Kosse, V. (2005), "Engineering drawing as a global language for engineers", Proceedings of the 2005 ASEE/AE 4th Global Colloquium on Engineering Education.
6. Herrera, R. (1998), "Problems encountered when substituting the traditional drawing Tools for CAD systems in engineering graphics courses", IEEE Conference, p. 677.
7. Jiannan, C. (1998), "Kernel problems of the modernization of engineering graphics education", *Journal for Geometry and Graphics*, Vol. 2, No. 1, pp. 65-70.
8. Miller, C.L. (1999), "New technologies for engineering graphics", *Engineering Design Graphics Journal,* Vol. 63, No. 2, pp. 50-57.
9. 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.
10. Kimmel, S.J., Deek, F.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.
11. 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.
12. Kersys, R. and Pilkaite, T. (2006), "Multimedia in engineering graphics", *The Journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics*, Vol. 16, pp. 20-23.
13. Bausys, R. and Ţiuriene, R. (2009), *"Some aspects of educatiomal paradigm of engineering graphics*", 10th International Conference on Engineering Graphic.
14. Marunic, G., Glazar, V. and Gregov, G. (2009), "3D Solid modeling inclusion in engineering graphics course", *Journal for Theory and Application in Mechanical Engineering*, Vol. 51, No. 6, pp. 667-675.
15. Clark, A. C. (2011), "Technical data presentation: a new course offering for engineering graphics programs", ASEE southeast section conference.