

کارگاه عمومی: درسی برای مهارت‌آموزی یا فرصتی برای نمایش دورنمای حرفه مهندسی

شهریار کابلی^۱، صیاد نصیری^۲، حمید حق شناس^۳، مهدی متقی پور^۴، علیرضا جهان تیغ
پاک^۵، غلامرضا پیرچراغی^۶ و جمال ارغوانی هادی^۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۱

DOI:10.22047/ijee.2022.325828.1885

چکیده: آموزش مهندسی در شکل فعلی خود، با تأکید بر مهارت‌آموزی اجرا می‌شود. این در حالی است که پدیده انقلاب اطلاعات باعث دستیابی دانشجویان به انواع مراجع برای آموزش مهارت‌آموزی شده است که به دلایل مختلف از برخی جنبه‌ها خیلی بهتر از آموزش‌های سنتی دانشگاهی هستند. لذا این موضوع لزوم تغییر نگرش به آموزش‌های مهندسی را ایجاد می‌کند. درس کارگاه عمومی به عنوان یک درس اساساً سال اولی در دوره آموزش مهندسی دوره کارشناسی می‌تواند نقش زیادی در آشنایی سریع دانشجویان با حرفه مهندسی داشته باشد. این درس اکنون با هدف مهارت‌آموزی تدریس می‌شود، در حالی که بازه زمانی کوتاه ارائه این درس، تعدد موضوعات تدریس شده و نحوه ارائه آن نمی‌توانند این هدف را برآورده سازند. در این مقاله نگاهی دوباره به این درس شده است و از آن به عنوان فرصتی برای آشنا کردن دانشجویان با فضای کار مهندسی استفاده شده است. مفاهیمی که می‌توان در قالب این درس و بدون تغییر قابل توجه در اجرا اما با تغییر قابل توجه در هدف آن به دانشجویان منتقل کرد، شرح داده می‌شوند و انتظار می‌رود با این تغییر، بسیاری از مشکلات دانشجویان در دوره کارشناسی که به عدم اطلاع دقیق آنها از روح کار مهندسی برمی‌گردد، مرتفع شود.

واژگان کلیدی: فلسفه یادگیری، حرفه مهندسی، کارگاه عمومی، اشتراکات مهندسی.

۱- استاد، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) kaboli@sharif.edu

۲- مربی، مرکز آموزش مهارت‌های مهندسی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. nasiri@sharif.edu

۳- مربی، مرکز آموزش مهارت‌های مهندسی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. h_haghshenas@sharif.edu

۴- مربی، مرکز آموزش مهارت‌های مهندسی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. mmottaghi@sharif.edu

۵- مربی، مرکز آموزش مهارت‌های مهندسی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. jahantigh@sharif.edu

۶- دانشیار، دانشکده مهندسی و علم مواد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. pircheraghi@sharif.edu

۷- دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. arghavani@sharif.edu

۱. مقدمه

نظام آموزشی کشور از مشکلات متعددی رنج می‌برد که هر دو بخش آموزش قبل از دانشگاه و آموزش عالی کشور را در برمی‌گیرد. بخشی از این مشکلات ناشی از عوامل بیرون از نظام آموزشی و مربوط به مسائل جامعه می‌باشند که به نظام آموزشی سرایت کرده‌اند. اما بخشی از این مشکلات ناشی از عوامل درونی نظام آموزشی هستند. برخی از این عوامل متأسفانه خودخواسته بوده و بخشی از آنها به دلیل عدم صرف وقت و انرژی لازم برای تحلیل و اصلاح امور به وجود آمده‌اند. در این بین، وضعیت آموزش مهندسی در کشور به شرایط بحرانی نزدیک می‌شود. عدم اقبال دانش‌آموزان به انتخاب رشته‌های فنی در دوران مدرسه و رشته‌های مهندسی در دانشگاه، علاوه بر عوامل خارجی نشانگر وجود مشکلی در این نظام است. در حالی که روزبه‌روز بر اهمیت فناوری در دنیا افزوده می‌شود و نقش مهندسی در تمامی ارکان و شئون زندگی پررنگ‌تر از قبل شده است، شاهد علاقه هر چه کمتر نسل جوان به دنیای مهندسی هستیم. یکی از نکات کلیدی در علت این عدم اقبال به مهندسی نزد نسل جوان، عدم یافتن ارتباط مطالب آموزش داده شده با مسائل دنیای واقعی است. در حال حاضر آموزش مبتنی بر مسائلی با اطلاعات آماده است که بدون این اطلاعات مسئله قابل حل نیست. به عبارت دیگر تا این ورودی اطلاعاتی به مسئله داده نشود، دانشجو نمی‌تواند معادلات ریاضی آموزش فراگیری شده را حل کند. در یک مسئله واقعی این اطلاعات را باید خود دانشجو استخراج کند، اما در اینجا روش استخراج این اطلاعات و از آن مهم‌تر اینکه اصولاً ورودی این مسئله چیست که آن را استخراج کند، به او آموزش داده نمی‌شود. در این نحوه آموزش همه چیز در چارچوب انتزاعی کلاس درس محدود شده است. هیچ ارتباطی با بیرون و دنیای واقعی وجود ندارد. به عنوان مثال در یکی از درس‌های مهندسی برق درست است که موضوع درس یک موتور الکتریکی است و به نظر یک وسیله واقعی است، اما این فقط یک اسم است. هنوز این روابط ریاضی هستند که بر همه ارکان مسئله چتر گسترانیده‌اند. حالا اینجا به آن سامانه معادلات ریاضی نام موتور الکتریکی داده شده است. در دانشکده مکانیک با روابطی مشابه، به آن رادیاتور حرارتی می‌گویند و در دانشکده عمران به آن سد بتونی گفته می‌شود. در این چارچوب تا وقتی ارکان مسئله و ورودی‌های لازم برای حل معادلات ریاضی آن به دانشجو داده نشود، امکان حل آن توسط دانشجو وجود ندارد. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که در یک مسئله واقعی که مملو از عدم قطعیت و کمیت‌های نامشخص است، دانشجویی که به این شکل آموزش دیده است نمی‌تواند از توانایی علمی انتزاعی خود استفاده کند. واضح است که این شرایط، علاوه بر ایجاد مشکلات برای صنعت، در دانشجو و یا فارغ‌التحصیل این نظام آموزشی نیز ایجاد سرخوردگی و عدم اعتماد به نفس می‌کند و تبعات روحی و روانی زیادی دارد. لذا بازنگری اساسی نظام آموزشی، اکنون به یک ضرورت تبدیل شده است که از تبدیل بحران ذکر شده به فاجعه جلوگیری کند. این بازنگری در هر دو بخش قبل

از دانشگاه و آموزش عالی الزامی است که در این مقاله به یکی از مسائل مربوط به آموزش مهندسی در دانشگاه‌ها پرداخته می‌شود.

ارزیابی مؤثر بودن آموزش امروزه یکی از موضوعات مهم در بازنگری آموزش مهندسی در دنیا است (ABET, 2010). منظور از مؤثر بودن این است که آیا دانشجو در انتهای درس به اهداف درس دست یافته است یا خیر. به این ترتیب می‌توان فارغ‌التحصیلانی با حداقل کیفیت قابل قبول داشت که بتوانند مشکلات صنعت را حل کنند (Ghafari et al., 2019). در این راستا موارد متعددی در بحث ارزیابی آموزش مهندسی مورد توجه قرار می‌گیرد. داشتن برنامه ارائه برای درس، امتحانات مؤثر و هدفمند و مشارکت فعال دانشجو در درس، از جمله این موارد است (ABET, 2010). یکی از مهم‌ترین این موارد، ارائه هدف مشخص از درس به دانشجو است. در واقع موفقیت در تدریس فقط این نیست که دانشجو بتواند طیفی از مسئله‌های مهندسی را حل کند، بلکه مهم‌تر آن است که دانشجو بداند در یک مسئله واقعی چگونه می‌تواند از این توانایی‌ها استفاده کند. این یک نقص خیلی مهم در نظام آموزش مهندسی کشور است که با وجود آموزش قابل توجه مهارت‌های مختلف اما توانایی برخورد با مسئله واقعی را که نیاز به طیف مهارت‌ها دارد به دانشجو نمی‌دهد (Montazer et al., 2020). به عنوان مثال دانشجویان رشته‌های مهندسی در سال اول، دو درس مفصل ریاضی می‌گذرانند و با مهارت‌های مشتق و انتگرال‌گیری در توابع دشاوار ریاضی آشنا می‌شوند. اما در هیچ بخش از درس نحوه به‌کارگیری این مهارت را فرا نمی‌گیرند. در گذشته این روش آموزش به این شکل توجیه می‌شد که اگر در درس‌های دانشگاهی این مهارت‌ها آموزش داده نشود، دیگر امکانی برای فراگیری آنها برای دانشجو وجود ندارد. اما با وقوع انقلاب اطلاعات، بسیاری از توجیهات این چنینی مصداق خود را از دست داده‌اند. واقعیت آن است که هم‌اکنون بهترین مواد آموزشی، مانند انواع فیلم‌ها و کتاب‌ها، در دسترس همگان است که در آنها به آموزش انواع مهارت‌ها، از جمله مهارت‌های مهندسی، پرداخته می‌شود (Zeynal et al., 2018). این موضوع البته نافی لزوم تداوم آموزش مهارت‌محور در دانشگاه‌ها نیست اما می‌تواند به دید یک فرصت نیز به آن نگاه کرد و از آن برای رفع نقص ذکرشده در بالا، مبنی بر ناتوانی دانشجویان در به‌کارگیری این مهارت‌ها استفاده نمود.

اصولاً بازنگری هر نظامی بر اساس تحلیل نتایج حاصل از عملکرد آن نظام انجام می‌شود. در بحث تحلیل نتایج عملکرد یک نظام، تفاوت مهمی بین نظام‌های انسانی و غیر آن به وجود می‌آید. در یک نظام بی‌جان مانند یک خودرو، هر یک از اجزا تنها به ایفای نقش خود می‌پردازند. این به آن معنا است که اگر بخشی از یک خودرو کار نکند یا به خوبی کار نکند، بلافاصله اثر خود را در خروجی‌های خودرو نشان می‌دهد و هیچ یک از دیگر اجزای خودرو درصدد حل یا کاهش مشکل آن بخش معیوب بر نمی‌آیند. اما در یک نظام انسانی، قابل قبول بودن خروجی‌های نظام، الزاماً به معنی خوب کارکردن همه اجزای آن نیست. نکته بسیار مهمی که در تحلیل عملکرد نظام آموزش

مهندسی عموماً مورد غفلت قرار می‌گیرد، نقش توانایی دانشجویان در جبران کاستی‌های آموزش مهندسی است. بسیاری از مشکلات کنونی نظام آموزش مهندسی کشور قبلاً هم وجود داشته‌اند و حتی حادث‌تر بوده‌اند اما ایفای نقش جبران‌کننده ناشی از توانایی‌های دانشجویان مانع نمود بیرونی این مشکلات می‌شدند. اکنون دانشجویان آن نقش جبران‌ساز خود را از دست داده‌اند و به همین دلیل مشکلاتی که در نظام آموزش مهندسی قبلاً هم وجود داشته‌اند، اکنون با شدت بیشتری اثرات خود را نشان می‌دهند.

در گذشته یکی از مشکلات دانشجویان نوورود به دانشگاه در رشته‌های مهندسی، عدم اطلاع کافی از رشته تحصیلی خود بوده است. این موضوع حتی دانشجویانی را که به یک رشته خاص مهندسی علاقه‌مند بودند و از آن اطلاع داشتند نیز درگیر می‌کرد. علت این مسئله تا حدی ناشی از نحوه برگزاری کنکور سراسری و عدم امکان انتخاب رشته دلخواه به دلیل محدودیت ظرفیت پذیرش دانشگاه‌ها بود، به طوری که دانش‌آموزان الزاماً در رشته‌های مورد علاقه و اطلاع خود پذیرفته نمی‌شدند (Memarian et al., 2020). از طرف دیگر نظام آموزش مهندسی نیز برای رفع این مشکل که همان نمایاندن دورنمای حرفه مهندسی به دانشجویان بود تلاشی نمی‌کرد. در برخی رشته‌ها، مانند مهندسی برق، دانشجویان تا نیمسال سوم تحصیلی وارد دانشکده خود نمی‌شدند و بنابراین نه تنها از رشته خود بلکه کلاً از حرفه مهندسی درکی نداشتند. در آن دوران شرایط جامعه و دانشجویان به گونه‌ای بود که در برابر این نقص بسیار مهم نظام آموزش مهندسی تاب می‌آوردند. در گذشته آموزش دانش‌آموزان در مدرسه، دربرگیرنده سهم قابل توجهی از کارهای عملی بود که به صورت ناخودآگاه برخی از مفاهیم مهندسی را به آنها آموزش می‌داد. از جمله این مفاهیم می‌توان به لزوم اقتصادی بودن طرح‌ها، محدودیت‌های ابزارها و لزوم تنوع ابزارها، عدم انطباق نتیجه طرح‌ها با فکر و نقشه اولیه و آشنایی با فناوری‌های مختلف را اشاره کرد. در شکل ایده‌آل این ارتباط با کار عملی و دنیای واقعی می‌توان به طرح‌کاد در سال‌های دور اشاره کرد. وجود برنامه‌هایی مانند طرح‌کاد با همه نارسایی‌های خود نقش بسیار مهمی در آشنایی دانشجویان با مهارت‌های مهندسی داشت. به عبارت بهتر در گذشته این دانشجویان بودند که با توانایی‌های کسب‌شده خود اجازه نمود نقص مهم نظام آموزش مهندسی را نمی‌دادند. امروزه این موضوع به شکل حادث‌تری در دانشجویان مهندسی دیده می‌شود، به این صورت که دانش‌آموزان تحت تأثیر عوامل مختلف، اصولاً با فضای مهندسی بیگانه هستند و مفاهیم پایه آن را نمی‌دانند (Baradaran et al., 2020). نتیجه این است که دانشجویان نوورود به دانشگاه‌های مهندسی، بدون اطلاع از مفاهیم پایه مهندسی به سرعت وارد فاز مهارت‌آموزی می‌شوند، در حالی که نمی‌دانند مهارت‌های آموزش داده‌شده چگونه در یک کار مهندسی به هم مربوط می‌شوند. به این ترتیب لزوم پرداختن به این مفاهیم پایه در بدو ورود دانشجویان به دانشگاه بسیار احساس می‌شود.

اهمیت دروس عملی شامل آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها در آموزش مهندسی بسیار زیاد می‌باشد. این درس‌ها علاوه بر اینکه مفاهیم تئوری کتاب‌های درسی را در عمل به دانشجویان می‌نمایانند، در ایجاد یک حس واقعی از مسائل دنیای مهندسی نقش بی‌بدیلی دارند. اهمیت این دروس وقتی بیشتر به نظر می‌آید که توجه شود دانشجویان امروزی تجربه عملی خیلی کمتری نسبت به سال‌های دور در دوران دانش‌آموزی داشته‌اند و کمتر به کار با دست و با ابزار پرداخته‌اند. لذا اجرای صحیح دروس کارگاهی و آزمایشگاهی می‌تواند تا حدی این کمبود به‌جامانده از دوران دانش‌آموزی دانشجویان را نیز مرتفع سازد (Khabiri, 2019). در اینجا اهمیت سال اولی بودن برخی از این درس‌ها بسیار زیاد است. علت این اهمیت در آن است که این درس‌ها مانند پلی بلافصل با دوران دانش‌آموزی دانشجویان عمل می‌کنند (Ercolano, 1996). درس کارگاه عمومی به‌عنوان یک درس سال اولی، یکی از محل‌های مناسب برای انتقال این‌گونه مفاهیم به دانشجویان است. این درس ویژگی‌های مهمی مانند سال اولی بودن، محیط جذاب برای کار عملی و سبک بودن نسبی در مقایسه با درس‌های دیگر را دارا است که آن را به ابزار خوبی برای علاقه‌مند کردن دانشجویان به دنیای مهندسی تبدیل کرده است. اما این درس در وضعیت کنونی بیشتر با تکیه بر بعد مهارت‌آموزی آن تدریس می‌شود و در آن به انتقال مفاهیم پایه مهندسی خیلی توجه نمی‌شود. در سال‌های اخیر مراکز آموزشی معتبر دنیا به این موضوع به‌صورت ویژه توجه کرده‌اند. از آن جمله می‌توان به مدرسه طراحی دانشگاه استانفورد اشاره نمود. دوره‌های آموزشی این مدرسه که از چند ساعت تا چند هفته را در بر می‌گیرند، اساساً بر مبنای آموزش و شکوفایی تفکر طراحی استوار هستند. این موضوع نشان از اهمیت پرداختن به آموزش مفاهیم مهندسی و نه صرفاً جنبه‌های مهارتی آن دارد (Banerjee, 2008).

در این مقاله در مورد این درس، اهمیت و ویژگی‌های آن در آموزش مهندسی صحبت می‌شود. برنامه‌ای برای آن پیشنهاد می‌شود که بر مبنای تحقق هدف انتقال مفاهیم پایه مهندسی و نه مهارت‌آموزی صرف است. نتایج اجرای آزمایشی آن در دانشگاه صنعتی شریف در ادامه ارائه خواهد شد. در بخش بعدی مقاله در مورد وضعیت کنونی این درس توضیح داده خواهد شد. بخش سوم به شرح برنامه پیشنهادی برای این درس می‌پردازد. نتایج اجرای آزمایشی این برنامه در دانشگاه صنعتی شریف در بخش چهارم ارائه می‌شود.

۲. شرایط کنونی درس کارگاه عمومی

درس کارگاه عمومی به‌عنوان یک درس یک واحدی عملی در سال اول برای دانشجویان مهندسی ارائه می‌شود. هدف فعلی از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با فضای کار عملی و کارگاهی و تا حدی هم کسب مهارت است. در این درس کارگاه‌های جداگانه‌ای وجود دارد که شامل بخش‌های کارگاه چوب و مدل‌سازی، کارگاه ورق‌کاری و جوشکاری، کارگاه ماشین افزار، کارگاه برق و کارگاه مکانیک خودرو است.

در هر یک از این کارگاه‌ها، دانشجو پس از آموزشی مختصر، مبادرت به تکرار کار ارائه شده توسط استاد می‌کند. در انتهای جلسه نیز بر اساس کیفیت کار دانشجو به وی نمره‌ای تعلق می‌گیرد. در واقع با این تنوع کارگاه‌ها، دانشجو با انواع مواد و فناوری‌ها در مهندسی آشنا می‌شود، محدودیت‌های فناوری را درک می‌کند و با لزوم وجود فناوری‌های مختلف آشنا می‌شود. با توجه به تنوع کارگاه‌های این درس و یک واحدی بودن آن، عملاً وقتی که برای آموزش و سپس ارزیابی فراگیری هر مهارت می‌شود، کمتر از سه ساعت است. واضح است که در این مدت امکان مهارت‌آموزی برای دانشجو وجود ندارد و چیزی که بیشتر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، استعداد ذاتی دانشجو در آن فعالیت خاص و احتمالاً تجربه قبلی او در این زمینه است. در حالی که هدف از آموزش مهندسی تکیه بر استعداد و تجربه قبلی دانشجویان نیست بلکه هدف، توانمندسازی افرادی است که قبلاً هیچ تجربه مشابهی نداشته‌اند و قرار است در آینده چرخ صنعت را بچرخانند. در واقع اگر تأکید آموزش مهندسی بر کار با فقط افراد با استعداد بود، تعداد دانشجویان رشته‌های مهندسی بسیار کمتر از وضعیت فعلی می‌شد و صنعت به مشکل جدی کمبود منابع انسانی برمی‌خورد. با این شکل ارائه درس کارگاه عمومی این درس تنها به محلی برای تجربه‌ای سرگرم‌کننده برای دسته‌ای از دانشجویان که در کار عملی موفق هستند شده است. در مقابل این درس به عاملی برای سرخوردگی آن دسته از دانشجویان شده است که به هر دلیل در کار عملی موفق نیستند یا به زمان بیشتری برای فراگیری عملی نیاز دارند. از طرف دیگر از آنجا که این درس با تأکید بر مهارت‌آموزی جلو می‌رود، در دنیای امروز با فناوری‌های تندگذر، به سرعت جذابیت خود را برای دانشجویان از دست می‌دهد. می‌توان تصور کرد که به عنوان مثال فعالیت سوهان‌کاری یک ورق آلومینیومی، اگر به عنوان یک مهارت عملی مهندسی تدریس شود، در این روزگار برای یک دانشجوی مهندسی چقدر ملال‌آور است. نکته خطرناک دیگر در این نحوه آموزش آن است که حرفه مهندسی را در سطح یک کار فن‌ورزی در نظر دانشجویان پایین می‌آورد و اصلاح این دیدگاه نیازمند وقت و انرژی خیلی زیادی است.

۳. برنامه پیشنهادی درس کارگاه عمومی

برنامه پیشنهادی در این مقاله دارای این ویژگی مهم است که برنامه فعلی کارگاه عمومی را اصلاً عوض نمی‌کند، بلکه روش ارائه و هدف‌گذاری آن را تغییر می‌دهد. به این ترتیب دغدغه آن دسته از اساتیدی که نگران کم‌رنگ شدن بُعد مهارتی این درس هستند نیز مرتفع می‌شود. در برنامه پیشنهادی همچنان فعالیت‌های برنامه فعلی وجود دارند: سوهان‌کاری، جوشکاری، کار با برق و غیره همه انجام می‌شوند اما رویکرد ارائه متفاوت شده است. اگر در برنامه فعلی، فعالیت سوهان‌کاری به هدف آشنایی دانشجویان با مهارت سوهان‌کاری تدریس می‌شود، در برنامه پیشنهادی این فعالیت با هدف آشنایی

با محدودیت‌های فناوری انجام می‌شود. اینکه دانشجو در عمل خودش احساس کند که چرا انواع سوهان اختراع شده است، به خوبی یکی از مفاهیم مهندسی که همان محدودیت‌های انواع فناوری باشد را فراگرفته است.

اما این برنامه پیشنهادی دو بخش اضافی دارد که به پیشبرد هدف آن که ارائه ویژگی‌های حرفه مهندسی است کمک می‌کند. چالش مهم یک درس سال اولی، ایجاد پل بین آموزش‌های قبل از دانشگاه و آموزش‌های دانشگاهی است. به عنوان مثال در مورد خاص یک کار عملی مهندسی، دانشجو باید در همان بدو ورود به دانشگاه فرق بین یک کاردستی تفننی و یک کار مهندسی جدی را درک کند. اینجا است که پای مفاهیم پایه مهندسی به میان می‌آید، مفاهیمی که افراد شاید به صورت غیرمنسجم با آنها آشنا باشند اما اتحاد آنها را در یک کار مهندسی ندیده باشند. از جمله این مفاهیم می‌توان به اهمیت محاسبات و نقشه در کار مهندسی، خطاهای مهندسی و اقتصادی بودن طرح‌ها اشاره کرد. در این برنامه دو جلسه ابتدایی درس نه به صورت عملی بلکه مصروف ارائه تاریخچه مهندسی و مفاهیم پایه مهندسی خواهد شد. آشنایی با تاریخچه مهندسی نیز کمک می‌کند تا دانشجو با علت وجود فناوری‌های موجود آشنا شود و سیر تکاملی آنها را بداند. این آشنایی به خلاقیت دانشجو برای کارهای حرفه‌ای آتی کمک شایانی می‌کند.

از ویژگی‌های دیگر این برنامه پروژه محور کردن درس کارگاه عمومی است، به این معنی که نتایج جلسات مختلف کارگاه عمومی، به خلق یک محصول در انتهای درس منجر می‌شود. این کار هم باعث ایجاد روحیه و هیجان در دانشجویان می‌شود و هم برخی مفاهیم مهندسی را که فقط در تجمیع نمود پیدا می‌کنند، آموزش می‌دهد. نمونه‌های متعددی در دنیا بر اساس این تفکر در آموزش مهندسی وجود دارد. این سوره واحد می‌تواند از نمونه‌های ساده‌ای مانند استفاده از یک پرند کاغذی به عنوان سوره تجمیع مفاهیم مهندسی (Johnson, 2009) تا نمونه‌های پیچیده‌تر را شامل باشد (Mourtos, 2004). وجود یک موضوع برای درس کارگاه عمومی، علاوه بر آنکه موجب دیدن نتیجه ملموس کار توسط دانشجویان در انتهای نیمسال می‌شود، می‌تواند در آموزش برخی مفاهیم مهندسی هم مؤثر باشد که در صورت اجرای بدون موضوع درس، امکان ارائه و تدریس آنها وجود ندارد. جدول ۱ برنامه پیشنهادی را نشان می‌دهد. این پروژه باید بتواند تا حد خوبی انتظاراتی را که از درس کارگاه عمومی وجود دارد برآورده سازد. در این راستا موارد مختلفی مورد نظر قرار گرفتند که در جدول ۲ آورده شده‌اند. با توجه به این شروط و در نظر گرفتن ملاحظات هزینه، بخش جوشکاری با کار با چسب جایگزین شد. هیچ بخشی نباید به ارتباط مستقیم با برق شهر نیاز داشته باشد و حداکثر از باتری یا شارژر استفاده می‌شود. هیچ نیازی به استفاده از تیغ جهت برش نباید باشد تا ملاحظات ایمنی به خوبی برآورده شوند.

جدول ۱. برنامه پیشنهادی درس کارگاه عمومی

موضوع	شماره جلسه
<p>تاریخچه مهندسی:</p> <ul style="list-style-type: none"> - اشکال اولیه مهندسی در انسان نخستین - چه ویژگی‌ای باعث مهندس شدن انسان شده است: ویژگی‌های اندام انسان و نمونه‌های مشابه در طبیعت - پیشرفت مهندسی در دوران باستان: دستیابی به فناوری‌های مختلف مانند کار با چوب، سنگ، سفال و ... - قرون وسطی و پیشرفت کند مهندسی - رنسانس و انقلاب علمی به‌عنوان پشتوانه فناوری - انقلاب صنعتی - دوره معاصر و فناوری‌های جدید 	۱
<p>مفاهیم مهندسی:</p> <ul style="list-style-type: none"> - محاسبات و نقشه - تolerانس و خطاهای مهندسی - قابلیت اطمینان - تعمیرپذیری - اقتصادی بودن - ایمنی - محدودیت‌های فناوری 	۲
<p>کارگاه مکانیک خودرو به‌عنوان یک محصول مهندسی که همه با آن آشنایی دارند و می‌توان مفاهیم جلسه ۲ را روی آن دید</p>	۳ و ۴
<p>کارگاه‌های چوب، جوشکاری، ورق‌کاری، ماشین‌افزار و برق به‌عنوان بخش‌های مختلفی که به ساخت پروژه درس منجر می‌شوند</p>	۵ الی ۱۲
<p>ارزیابی پروژه‌ها و رفع اشکال</p>	۱۳ الی ۱۶

جدول ۲. شروط در نظر گرفته شده برای پروژه آموزشی کارگاه عمومی

شرح شرط	شماره شرط
<p>دربرگیرنده همه بخش‌های کارگاه شامل بخش‌های چوب و مدل‌سازی، ورق‌کاری و جوشکاری، ماشین‌افزار، برق و مکانیک خودرو باشد</p>	۱
<p>مفاهیم مهندسی در آن وجود داشته باشد و از یک کاردستی هنری فاصله بگیرد</p>	۲
<p>تا حد ممکن قبلاً دیده نشده باشد که حس هیجان را در دانشجویان برانگیزد</p>	۳
<p>محدودیت‌های بودجه در آن لحاظ شده باشد</p>	۴
<p>سوزه نهایی ساخته شده / ابزارهای به‌کاررفته برای ساخت آن بعداً قابل استفاده باشد</p>	۵
<p>برای درصد قابل توجهی از دانشجویان با توان فنی متوسط قابل اجرا باشد تا حس توانایی را در آنها القا کند</p>	۶
<p>خطر جانی / جراحی نداشته باشد</p>	۷

ادامه جدول ۲

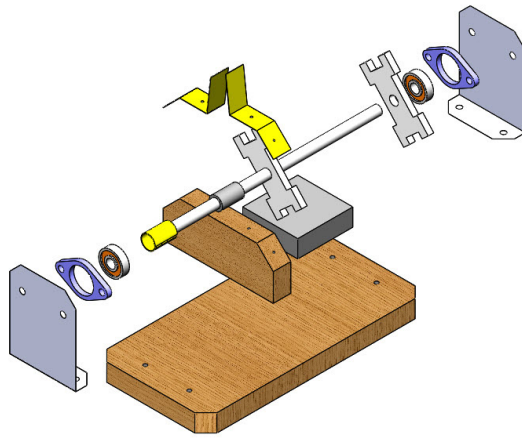
۸	بخش های مختلف آن اگر چه در نهایت در یک سوژه واحد به هم متصل می شوند اما اجرای این بخش ها به هم وابسته نباشد، به طوری که اگر دانشجویی در یک بخش موفق نبود، فقط نمره آن بخش و احتمالاً تجميع سوژه را از دست بدهد و نمره بقیه بخش ها را بگیرد
۹	تا حد ممکن از فناوری روز دنیا چیزی داشته باشد

۴. تجربه دانشگاه صنعتی شریف

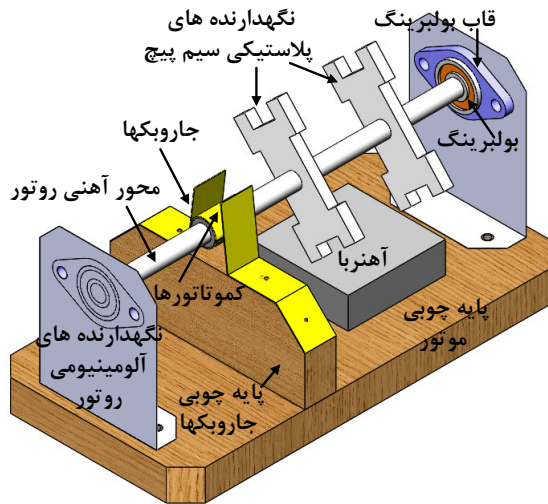
مرکز آموزش مهارت های مهندسی دانشگاه صنعتی شریف برنامه فوق را برای دو نیمسال اجرا نمود. چندین موضوع برای این هدف در نظر گرفته شدند که با توجه به شرط های ۹ گانه فوق در مورد آنها بررسی انجام شد. از جمله این موارد می توان به ربات، خودرو برقی، موتور الکتریکی، انرژی خورشیدی، تصفیه آب خانگی، توربین بادی، برش دهنده کاغذ و آب گرم کن خورشیدی اشاره کرد. در نهایت سوژه موتور الکتریکی انتخاب شد که دارای بیشترین تطبیق با شروط ۹ گانه مورد نظر در جدول ۲ بود. این سوژه برای دانشجویان سال اول تا حد خوبی بار علمی قابل فهم دارد، هیجان انگیز است و چرخیدن آن ملموس است، اجرای آن سادگی ذاتی دارد طوری که درصد خوبی از دانشجویان می توانند آن را بسازند و کار کنند، خطر جانی ندارد و همه بخش های کارگاه عمومی را می توان در آن گنجانند. حتی بخش مکانیک خودرو را هم می توان با ارائه سازوکارهای مختلف خودرو تا حدی آموزش داد. شکل ۱ نقشه انفجاری و مونتاژ شده آن را نشان می دهد. تنوع مواد مختلف در آن لحاظ شده است: چوب برای پایه ها، ورق آلومینیومی برای نگهدارنده های روتور، میله آهنی برای محور روتور، پایه پلاستیکی برای نگهدارنده سیم پیچ، ورق مسی برای جاروبک و کموتورها، و قطعات آماده ای مانند بلبرینگ ها. انواع مهارت ها هم در آن در نظر گرفته شده است: سوهان کاری چوب و پلاستیک برای شکل دادن لبه ۴۵ درجه چوب ها و پله های پایه های پلاستیکی، سوهان کاری فلز برای لبه ۴۵ درجه ورقه ای آلومینیومی، استفاده از کولیس (پلاستیکی) برای اندازه گیری دقیق، چسب کاری برای مهار پایه پلاستیکی زیر کموتورها و نصب آهن ربا، گیره برای نگهداری قطعات مخصوصاً در هنگام سوهان کاری، لحیم کاری برای اتصال سیم پیچ به کموتورها، سوراخ کاری با استفاده از پیچ مته ای، کار با پیچ گوشتی و پیچ های معمولی و خودکار و در نهایت کار با شارژر برای راه اندازی موتور. برنامه آموزشی دانشجویان در این تجربه مطابق جدول ۳ می باشد.

جدول ۳. برنامه آموزشی تجربه دانشگاه صنعتی شریف

جلسات ۲ و ۱	جلسات ۴ و ۳	جلسات ۶ و ۵	جلسات ۸ و ۷	جلسات ۱۰ و ۹	جلسات ۱۲ و ۱۱	جلسات ۱۴ و ۱۳	جلسات ۱۶ و ۱۵
تاریخچه و اصول مهندسی	مکانیک خودرو	مدل سازی	ورق کاری و جوشکاری	تراشکاری	برق	رفع اشکال	ارزیابی تئوری و عملی

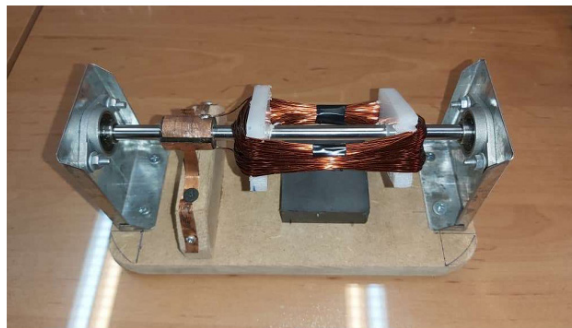


(الف)



(ب)

نمونه نهایی



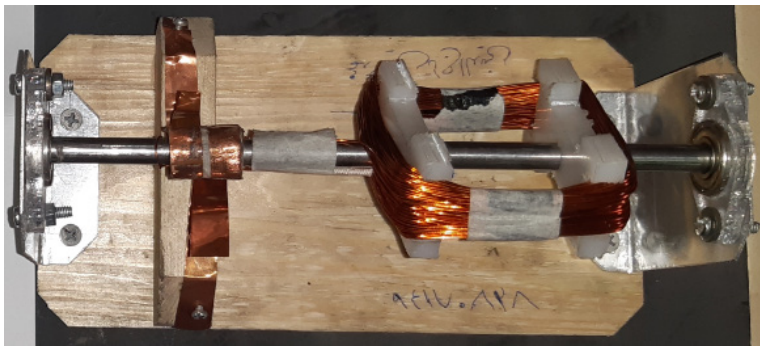
(ج)

(ج)

شکل ۱. نقشه موتور، (الف): نقشه انفجاری، (ب): نقشه مونتاژ، (ج): نمونه نهایی ساخته شده

۵. نحوه ارائه درس

نقشه موتور در اختیار دانشجویان قرار گرفت و به صورت مرحله‌ای در جلسات متوالی بخش‌های مختلف موتور ساخته شدند. قبل از شروع هر مرحله، فیلم تهیه شده توسط استادکار کارگاه مربوط، در اختیار دانشجویان قرار می‌گرفت که با دیدن نحوه کار استاد بتوانند اجرای صحیح داشته باشند. پس از یک نیمسال تلاش مشترک دانشجویان و اساتید درس، نمونه‌های ساخته شده در انتهای نیمسال به دست آمدند. شکل ۲ نمونه‌های ساخته شده را نشان می‌دهد.



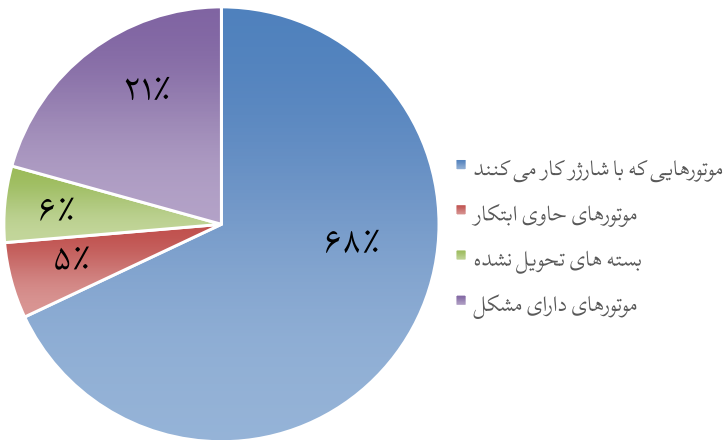
شکل ۲. موتورهای ساخته شده توسط دانشجویان به تعداد ۴۰۰ عدد در پایان نیمسال تحصیلی

۶. نحوه ارزشیابی

ارزشیابی این درس از دو بخش تئوری و عملی به نسبت مساوی تشکیل شده است. جدول ۴ نحوه ارزشیابی دانشجویان را در این درس و در بخش عملی نشان می‌دهد. شکل ۳ نتیجه ارزشیابی بخش عملی بر اساس جدول ۴ است. این نشان می‌دهد که طرح از نظر اجرا طرحی موفق بوده است و تعداد زیادی از دانشجویان موفق به ساخت سوژه شده‌اند.

جدول ۴. نحوه ارزشیابی دانشجویان در بخش عملی

سطح	شرح سطح	نمره
۱	موتور با شارژر کار می‌کند	نمره کامل به همراه ۱۰ درصد تشویقی
۲	موتور با شارژر کار نمی‌کند اما اشکال کوچک تنظیم جاروبک دارد	نمره کامل
۳	موتور طبق نقشه ساخته شده است اما به سختی با دست می‌چرخد	۱۰ درصد جریمه
۴	موتور طبق نقشه ساخته نشده است و اشکالات اساسی دارد	میزان جریمه بر حسب میزان انحراف از نقشه در نظر گرفته شود



شکل ۳. نتیجه ارزشیابی دانشجویان در بخش عملی

۷. نتیجه‌گیری

برنامه پیشنهادی درس کارگاه عمومی دربرگیرنده همه مهارت‌هایی است که تا به حال در این درس تدریس می‌شدند. اما هدف‌گذاری درس از بُعد مهارت‌آموزی صرف به ارائه ویژگی‌های دنیای مهندسی به دانشجویان نوورود به دانشگاه تبدیل شده است. به این ترتیب دانشجویان در بدو ورود به دانشگاه با مفاهیمی آشنا می‌شوند که فارغ از رشته‌ای که در آن تحصیل می‌کنند، در همه فعالیت‌های مهندسی وجود دارند. به این ترتیب بسیاری از مشکلات بعدی دانشجویان که ناشی از عدم اطلاع از این مفاهیم است، مرتفع می‌شود. به این دلایل بهتر است و توصیه می‌شود که دانشجویان این درس را در همان سال اول تحصیل اخذ کنند. درس پیشنهادی به صورت پروژه‌محور ارائه می‌شود که مفاهیم تجمیع در

مهندسی را نیز در برگیرد. در نیمسال‌های آتی می‌توان موارد دیگری را نیز در قالب سؤال یا برانگیختن حس کنجکاوی دانشجویان، به این پروژه اضافه کرد تا بتواند مأموریت خاصی را با عمر محدود انجام دهد. به طور مثال با اتصال این موتور به یک پروانه، عملیات خنک‌کردن موتور الکتریکی را انجام دهد و از طرفی با متصل کردن یک پمپ هوا به محور موتور الکتریکی بتواند عملیات تولید هوای فشرده برای مصارف خانگی، همچون باد کردن تایر دوچرخه و غیره را انجام دهد. بررسی نمونه‌های ساخته‌شده نشان می‌دهد که دانشجویان با مفاهیم مهندسی مورد نظر اساتید ارتباط برقرار کرده‌اند، با ابزارها کار کرده‌اند، تا حد خوبی به مهارت‌های پایه دست یافته‌اند، برای رفع برخی مشکلات خود دست به ابتکار زده‌اند و تلاش خود را برای کارکردن سوژه انجام داده‌اند. با این الگو می‌توان سوژه‌های متنوع دیگری را نیز مورد اجرا قرار داد و آموزش عملی دانشجویان را تا حد خوبی برآورده ساخت.

References

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) (2010). Accreditation board for engineering and technology, criteria for accrediting engineering programs. www.abet.org.
- Baradaran, S., Mahmoodi, F. (2020). Investigating the relationship and comparison of attitudes of science technology engineering and mathematics with 21th century skills. *Iranian Journal of Engineering Education*, 22(86), 85-98, [In Persian].
- Banerjee, B., Gibbs, T. (2016). Teaching the innovation methodology at the Stanford School. In: Banerjee, B., Ceri, S. (eds) *Creating innovation leaders. Understanding innovation*. Springer, Cham.
- Ercolano, V. (1996). Freshmen: These first-year design courses help attract and retain engineering students. *ASCE Prism*. April, pp.21-25
- Ghafari, A., Abdollahi Nia, M. (2019). The status of technology development in Iran with a look at the condition of mechanical engineering. *Iranian Journal of Engineering Education*, 21(83), 23-38, [In Persian].
- Johnson, K.T., Sullivan, M.R., Sutton, J.E., & Mourtos, N.J. (2009). Design of a skydiving glider, *Proceedings, Aerospace Engineering Systems Workshop*, World Scientific Engineering Academy and Society.
- Memarian, H., Memarian, A., Mohasel Afshar, E. (2020). Investigating the reasons behind unmotivated engineering students. *Iranian Journal of Engineering Education*, 22(86), 21-37, [In Persian].
- Montazer, G., Farazkish, M. (2020). Chronological evaluation of Iran's top universities from the input indicators in the recent fifty years. *Iranian Journal of Engineering Education*, 22(87), 91-111, [In Persian].
- Khabiri, M. (2019). Investigating the future of job perspectives and its role in the education of skills-labs in engineering schools civil engineering pavement lab. *Iranian Journal of Engineering Education*, 21(84), 69-84, [In Persian].
- Zeynal, H., Mansoorzadeh, S. (2018). Outcome-based subject outline: an effective tool for internal evaluation of engineering educations quality. *Iranian Journal of Engineering Education*, 20(79), 63-92, [In Persian].
- Mourtos, N.J., DeJong-Okamoto, N., & Rhee, J. (2004). Open-ended problem-solving skills in thermal-fluids engineering. *Global Journal of Engineering Education*, 8(2), 189-199.



◀ **شهریار کابلی:** فارغ‌التحصیل رشته مهندسی برق از دانشگاه صنعتی شریف است. وی از سال ۱۳۸۶ تا کنون عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف بوده و زمینه‌های پژوهشی ایشان، الکترونیک قدرت، منابع تغذیه ولتاژ بالا و مبدل‌های توان قابل‌اطمینان است.



◀ **سیاد نصیری:** فارغ‌التحصیل رشته مهندسی مکانیک، گرایش طراحی سامانه‌های دینامیکی خودرو از دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی است. وی از سال ۱۳۸۷ تا کنون عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف بوده است و حوزه‌های پژوهشی ایشان، طراحی سامانه‌های مکترونیکی خودرو، ارتعاشات، دینامیک خودرو و عیب‌یابی و پایش وضعیت سامانه‌های مکانیکی بر مبنای آنالیز ارتعاشات می‌باشد.



◀ **حمید حق‌شناس گرگانی:** فارغ‌التحصیل رشته مهندسی مکانیک، گرایش طراحی کاربردی از دانشگاه صنعتی شریف است. وی از سال ۱۳۹۱ تا کنون عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف بوده و زمینه‌های پژوهشی ایشان، طراحی قالب‌های تزریق پلاستیک، مهندسی معکوس، بهینه‌سازی در طراحی با الگوریتم‌های متاهوریستیک، پردازش داده‌های طراحی و روش‌های آموزش مهندسی است.



◀ **مهدی متقی پور:** فارغ‌التحصیل رشته مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی از دانشگاه صنعتی شریف است. وی از سال ۱۳۸۵ تا کنون عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف بوده و زمینه‌های پژوهشی ایشان، نقشه‌کشی صنعتی، طراحی صنعتی، پرینترهای سه‌بعدی، مدل‌سازی سه‌بعدی و طراحی با CAD، مهندسی معکوس، کاربرد ریاضیات در طراحی و روش‌های آموزش مهندسی است.



◀ **علیرضا جهان تیغ پاک:** فارغ التحصیل رشته مدیریت از دانشگاه صنعتی شریف است. وی از سال ۱۳۹۰ تا کنون عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف بوده و زمینه‌های پژوهشی ایشان، مدیریت، نقشه‌کشی صنعتی، طراحی محصول و روش‌های آموزش مهندسی است.



◀ **غلامرضا پیرچراغی:** فارغ التحصیل رشته مهندسی پلیمر از دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. وی از سال ۱۳۹۱ تا کنون عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف بوده و زمینه‌های پژوهشی ایشان، فرایندهای تشکیل پلیمرها، نانوکامپوزیت‌ها و رئولوژی است.



◀ **جمال ارغوانی هادی:** فارغ التحصیل رشته مهندسی مکانیک از دانشگاه صنعتی شریف است. وی از سال ۱۳۹۰ تا کنون عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف بوده و زمینه‌های پژوهشی ایشان، مکانیک جامدات، طراحی و مواد هوشمند است.