

## تکمیل و غنی‌سازی آموزش الکترونیکی با تدریس تعاملی به کمک فعالیت‌های عملی و امکانات نرم‌افزاری

محمد حامد صمیمی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۹

DOI: 10.22047/IJEE.2022.324254.1880

**چکیده:** آموزش الکترونیکی بعد از جهان‌گیری کرونا به ناچار به صورت گسترده توسط دانشگاه‌ها برای آموزش مهندسی به کار گرفته شده است. روش آموزش الکترونیکی چالش‌های مختلفی به همراه دارد اما به کمک راهکارهایی می‌توان آموزش الکترونیکی را غنی‌تر نمود، جذابیت درس را افزایش داد و به سمت یادگیری عمیق و فعالیت‌محور حرکت کرد. در این مقاله، نمونه راهکارهایی معرفی شده است که به کمک آن می‌توان اهداف بالا را محقق ساخت. راهکار اول ترکیب تدریس با انجام آزمایش است که امکان پیاده‌سازی آن در حالت آموزش الکترونیکی از حالت حضوری راحت‌تر است و بر جذابیت درس نیز می‌افزاید. راهکار دوم، تکمیل یادگیری از طریق انجام کارهای عملی در منزل است که برای آن لازم است تا قطعات مورد نیاز برای انجام آزمایش پیش‌تر در اختیار دانشجویان قرار گیرد. راهکار مهم دیگر استفاده از لینک‌های فعال برای حرکت به سمت آموزش فعالیت‌محور است. نتایج برخی نظرسنجی‌های انجام شده پیرامون موضوعات فوق و همچنین ارزشیابی‌های کسب‌شده در چنین درس‌هایی نیز ارائه می‌شود تا اثربخشی این راهکارها نشان داده شود. در انتها نیز روش ارائه درس «مقدمه‌ای بر مهندسی برق» در سایر دانشگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفته و با دانشگاه تهران مقایسه شده است تا میزان استفاده از روش‌های فوق در دانشگاه‌های معتبر مشخص شود.

**واژگان کلیدی:** جهان‌گیری کرونا، تدریس همراه با آزمایش، کار عملی، مهندسی برق، یادگیری فعالیت‌محور

## ۱. مقدمه

آموزش از راه دور که امروزه به صورت آموزش الکترونیکی درآمده است یکی از روش‌های ارائه دروس مختلف در دانشگاه‌های ایران و دنیا است (Memarian, 2019). در برخی دانشگاه‌های معتبر دنیا، بعضی از دروس به صورت مجازی ارائه می‌شود و ارائه مجازی دروس پیش از این نیز معمول بوده است (Nouroozi et al., 2021). با این وجود، همه‌گیری کووید ۱۹ باعث شده است تا به اجبار، اکثر دروس در کلیه دانشگاه‌ها از جمله دانشگاه‌های ایران به شکل الکترونیکی ارائه شوند (Karimpour et al., 2020). این تغییر ناگهانی در ابتدا باعث غافل‌گیری نظام آموزشی شد اما پس از گذشت چند نیمسال از ارائه به شکل الکترونیکی، تجربیات زیادی در این خصوص در دانشگاه‌های مختلف ایجاد شده است که اشتراک‌گذاری این تجربیات می‌تواند به افزایش کیفیت این نوع از تدریس منجر شود، به گونه‌ای که حتی پس از مرتفع شدن مشکل همه‌گیری نیز بتوان ترکیبی از آموزش الکترونیکی - حضوری را برای بهبود یادگیری ارائه داد (Memarian, 2019).

آموزش الکترونیکی در کنار چالش‌های مختلفی که ایجاد کرده است، فرصت‌هایی نیز برای تعمیق یادگیری فراهم کرده است. برای مثال، امکان مشاهده چندباره ویدیوی درس، تقسیم درس به زمان‌های کوتاه‌تر و ویرایش ویدیوها از جمله مواردی است که گرچه در حالت تدریس حضوری امکان‌پذیر نیست، اما باعث بهبود کیفیت آموزش الکترونیکی می‌شود. نمونه دیگر آن است که در حالت برون خط دانشجو می‌تواند ویدیوهای درس را هر زمان که برای یادگیری او مناسب است، مشاهده کند و در صورتی که ویدیوها در زمان‌های کوتاه ده تا پانزده دقیقه‌ای باشد، دانشجو می‌تواند بعد از مشاهده هر موضوع، زمانی را به درک و فهم بهتر آن اختصاص دهد. در کنار چنین مزیت‌هایی البته چالش‌های مختلفی نیز در آموزش الکترونیکی وجود دارد که بایستی به کمک راهکارهایی مرتفع گردد. مطالعه‌ای (Montazer & Farazkish, 2021) تحلیلی تطبیقی از وضعیت دانشگاه‌های ایران و ترکیه در خصوص تحقق نظام‌های یادگیری الکترونیکی ارائه کرده است که در آن، پیرامون چالش‌های آموزش الکترونیکی نیز صحبت شده است. با این وجود در مقاله حاضر، تمرکز بر روی دو چالش خاص است که در ادامه در مورد آن‌ها صحبت می‌شود.

با توجه به این موضوع که مهندسان بایستی قادر باشند تا مسائل دنیای واقعی را حل کنند، لازم است تا فارغ‌التحصیلان مهندسی تجربیات مرتبطی را در طول تحصیل خود کسب کرده باشند تا بتوانند موقعیت‌های شغلی مناسبی را در اختیار بگیرند. در آموزش الکترونیکی انتقال و آموزش چنین تجربیاتی چالش‌برانگیز خواهد بود و از این جهت است که انگیزه استفاده از روش‌های ترکیبی آموزشی<sup>۱</sup> برای بهبود و تکمیل آموزش وجود دارد. برای مثال در مطالعه‌ای (Aziz & Islam, 2021)، استفاده از

آزمایشگاه‌های مجازی تحت وب برای حل این مشکل پیشنهاد شده است. در این مطالعه، آموزشی بر اساس حل مسئله و بر پایه مسائل دنیای واقعی به صورت برخط طراحی شده است و ارائه برخی از مسائل در این طرح آموزشی به کمک آزمایش‌هایی صورت گرفته که از قبل ضبط شده بوده است. طبق نتایج ارائه شده، استفاده از این روش منجر به درگیرکردن بهتر دانشجویان در فرایند یادگیری و افزایش انگیزه شده است. در مطالعه دیگری (Guo et al., 2021) بر این موضوع تأکید شده است که دروس مهندسی بایستی حاوی آزمایش‌هایی باشد و انجام این آزمایش‌ها باعث کاهش بار آموزشی بر روی دانشجویان و یادگیری بهتر آن‌ها می‌شود. در این مرجع، یک آزمایشگاه مجازی برای یکی از دروس دانشگاهی طراحی و اجرا شده و ادعا شده است که پیاده‌سازی این روش حتی از انجام آزمایش‌های حضوری نیز نتیجه بهتری در افزایش یادگیری داشته است.

مشابه تجربه فوق، یعنی دخیل کردن آزمایش در آموزش در مراجع دیگر نیز دیده می‌شود. برای مثال در مطالعه‌ای (Lei et al., 2021)، یک آزمایشگاه مجازی تعاملی<sup>۱</sup> برای طراحی سامانه‌های کنترل پیاده‌سازی شده و براساس نتایج پایان نیمسال نتیجه گرفته شده که دانشجویانی که از تکالیف مرتبط با این آزمایش‌های مجازی استفاده بیشتری کرده‌اند، در پایان نیز نمره بهتری در درس کسب کرده‌اند. نمونه یک آزمایشگاه مجازی برای استفاده تحت وب در پژوهش دیگری (Luse et al., 2021) نیز ارائه شده است. نتیجه ارائه شده در این مقاله نیز افزایش بازدهی یادگیری دانشجویان با استفاده از این فناوری را نشان داده است.

در مطالعه دیگری (Wang et al., 2021)، اشاره شده که در دوران همه‌گیری کرونا دانشجویان مجبور به یادگیری از منزل هستند و امکان انجام بسیاری از فعالیت‌های عملی آزمایشگاهی را ندارند. برای رفع این مشکل، یک مجموعه آزمایشی قابل حمل طراحی شده که شامل چند بورد و یک موتور DC است و برای مباحث مربوط به طراحی کنترل‌کننده‌ها قابل استفاده است (Wang et al., 2021). در این مرجع ذکر شده که حتی در دوران آموزش حضوری، این مجموعه محدودیت‌های مربوط به زمان و مکان آزمایش را مرتفع می‌کند. در نتیجه هر دانشجو می‌تواند این مجموعه را دریافت کرده و در منزل و در زمان مناسب آزمایش‌های مربوط به آن را انجام دهد. نتیجه انجام این کار خصوصاً در ایام همه‌گیری کرونا، افزایش کیفیت آموزش از طریق انجام آزمایش و فهم بهتر دانشجویان بوده است. یکی دیگر از راهکارهای جالب در کار فوکوموتو و همکاران (Fukumoto et al., 2021) ارائه شده است. در این مرجع، یک مجموعه آزمایشگاهی موتور - ژنراتور پله‌ای با امکان برنامه‌ریزی و تنظیم سامانه کنترل معرفی شده که از راه دور و از طریق اینترنت قابل کنترل است. دانشجویان می‌توانند از طریق وب به این مجموعه متصل شده و وظایف مشخص شده در یک جلسه آزمایش را انجام دهند. به این صورت که برای مثال،

دانشجو کد کنترل مجموعه را که از قبل تهیه کرده بر روی سامانه بارگذاری کرده و از راه دور آن را اعمال می‌کند. سپس نحوه عملکرد موتور و ژنراتور به کمک اندازه‌گیری سیگنال‌هایی مثل ولتاژ، جریان و موقعیت موتور و به صورت داده به دانشجویان برگردانده شده و از طریق فیلم برداری برخط و ارسال فیلم عملکرد موتور - ژنراتور به دانشجویان نشان داده می‌شود. لذا دانشجو می‌تواند صحت برنامه کنترلی خود را ارزیابی کرده و یا وارد مرحله بعدی آزمایش شود.

یکی دیگر از چالش‌های اساسی که در آموزش الکترونیکی به صورت برون خط مطرح است، قطع ارتباط مستقیم بین استاد و دانشجو است. در کلاس درس استاد معمولاً سؤالاتی را در مواقعی مطرح می‌کند که دانشجو را به چالش کشیده و او را در یادگیری با تفکر پیرامون سؤالات سهیم می‌کند. این حالت در تدریس برون خط به صورت مستقیم قابل پیاده‌سازی نیست و در نتیجه باعث کاهش تعامل دانشجویان با مواد تدریس می‌شود. توجه به این موضوع نیز حائز اهمیت است که مهارت‌های ارتباطی برای دانشجویان مهندسی اساسی است، هرچند برخی از دانشجویان اهمیت این موضوع را دست‌کم گرفته و ارزیابی کافی نیز در دروس برای این موضوع وجود ندارد. برای رفع این مشکل، در برخی موارد، یک درس مجزا به مهارت‌های ارتباطی اختصاص داده شده و توضیح داده شده است که چطور به کمک فعالیت‌های متنوع مثل شرکت در مصاحبه‌های کاری، ارائه در مقابل جمع، تمرین‌های کارگاهی و...، مهارت‌های ارتباطی دانشجویان افزایش داده می‌شود (Petrovic & Pale, 2021). نکته جالب آن است که این درس برای ارائه در حالت برخط آماده و ارائه شده است. طبیعتاً در بسیاری از سامانه‌های آموزشی ایران، چنین درسی وجود ندارد و از نظر تعداد واحد نیز اضافه شدن این درس به برنامه آموزشی میسر نیست. مجموع موارد فوق، تدریس در حالت برون خط و عدم حضور دانشجویان در محیط دانشگاه منجر به کاهش مهارت ارتباطی و همچنین تعامل در حین تدریس می‌شود که یکی از چالش‌های مهم آموزش الکترونیکی است.

برای حل مشکل فوق، راه‌حل‌های متفاوتی در مراجع ارائه شده است. در پژوهشی (Amarasinghe et al., 2021) به عنوان مثال یک برنامه خاص طراحی شده است که امکان ارتباط بین همه دانشجویان و استاد را چه در حین تدریس و چه در مواقع دیگر فراهم می‌کند. این برنامه همچنین انجام مباحثه‌های گروهی بین دانشجویان، شرکت استاد در گروه‌های مختلف، رویت نظرات مختلف و... را امکان‌پذیر می‌کند و حتی در مورد طرح درس نیز راهنمای کلی هر جلسه را در اختیار دانشجویان قرار می‌دهد. هدف از چنین برنامه‌ای، افزایش مشارکت دانشجویان در مباحث کلاسی بوده است. در مطالعه دیگری (Shahnia & Yengejeh, 2021) نیز یک مجموعه تعاملی و خودآموز طراحی شده است که باعث می‌شود دانشجویان بهتر در فرایند یادگیری دخیل شوند. البته برای این منظور، شاه‌نیا (Shahnia & Yengejeh, 2021) از انجام آزمایش‌های بر پایه مسائل مهندسی واقعی نیز بهره برده است که پیرامون این مطلب در بندهای قبل صحبت شد. یک نمونه دیگر، ارائه یک آموزش تعاملی برای درس مهندسی سامانه‌های

قدرت است (Meegahapola & Thilakarathne, 2021). در این مطالعه ذکر شده که سامانه‌های یاددهی و یادگیری فعلی برای درس سامانه‌های قدرت به اندازه کافی تعاملی نیست. لذا یک مجموعه طراحی شده است که ابتدا سطح دانش دانشجو را ارزیابی کرده و سپس متناسب با آن سطح، مسائل مختلفی در اختیار دانشجو می‌گذارد و سپس به سه شیوه مختلف دانشجو را در مسیر حل مسئله راهنمایی می‌کند. موارد فوق تنها نمونه‌هایی از راهکارهایی برای تعاملی کردن تدریس است. یک نمونه دیگر در مطالعه مولایی و فاخر عجب‌شیر (Mollaei & Fakher Ajabshir, 2021) ارائه شده است که در آن برای افزایش مشارکت دانشجویان در درس و همچنین کاهش نقش منفعلانه دانشجویان در یادگیری، از روش معکوس در کلاس درس استفاده شده است. این تجربه نیز مربوط به دوران همه‌گیری کووید ۱۹ بوده است و نتایج آن افزایش رضایت دانشجویان از تدریس را نشان می‌دهد.

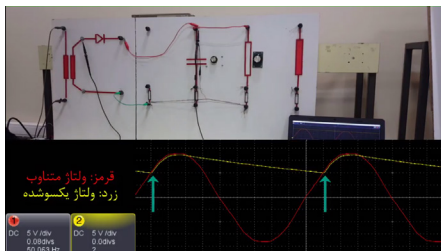
در بندهای قبل، دو چالش اصلی مورد بحث در این گفتار تبیین شد که یکی نحوه انتقال تجربیات مهندسی و آزمایشگاهی به دانشجویان و دومی دور شدن از تدریس تعاملی در حالت برون خط است. در مقاله حاضر دو راهکار برای ترکیب تدریس همراه با انجام آزمایش ارائه می‌شود که راهکار اول ترکیب تدریس با آزمایش‌هایی است که از قبل ضبط شده است. راهکار دوم نیز در خصوص انجام کارهای عملی از راه دور است، که در درس «مقدمه‌ای بر مهندسی برق» دانشگاه تهران انجام شده است. راهکار اول در بخش ۲ و راهکار دوم در بخش ۳ مقاله توضیح داده می‌شود. در این مقاله همچنین موارد دیگری که برای ایجاد حالت تعاملی تدریس در برخی دروس ارائه شده در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران پیاده شده است، مورد بحث قرار می‌گیرد. در حالی که بخش ۴ به این موضوع اختصاص داده شده است، در بخش ۵ به اختصار به راهکارهایی برای تقویت روحیه کار گروهی در دانشجویان اشاره می‌شود. اکثر این موارد البته در آموزش حضوری نیز می‌توانند پیاده‌سازی شوند اما اینجا نحوه پیاده‌سازی آن‌ها به صورت الکترونیکی مورد بحث است. پاره‌ای از این راهکارها برای جبران عدم ارتباط مستقیم بین دانشجو و استاد مناسب است اما برخی دیگر، با ایجاد شیوه ترکیبی باعث افزایش یادگیری خواهند شد. گزارش ارزیابی انجام شده از دانشجویان برای نشان دادن اثرگذاری این روش‌ها در بخش ۶ توضیح داده می‌شود. در بخش ۷، جهت بررسی وضعیت استفاده از چنین روش‌هایی در دانشگاه‌های دنیا، شیوه ارائه درس مهم و پایه «مقدمه‌ای بر مهندسی برق» در چندین دانشگاه مختلف بررسی شده است و با محورهای تدریس انتخاب شده در دانشگاه تهران مقایسه می‌شود. این مقایسه اهمیت استفاده از روش‌های تشریح شده را در سایر دانشگاه‌ها نیز به خوبی نشان می‌دهد. در نهایت، بخش ۸ جمع‌بندی مقاله را ارائه می‌کند.

## ۲. ترکیب تدریس با انجام آزمایش‌های از پیش ضبط شده

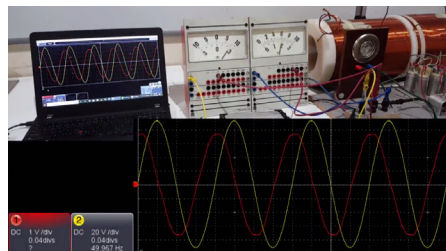
تدریس دروس مختلف هم‌زمان با انجام آزمایش رویه‌ای است که به طور معمول در دانشگاه‌های

معتبر دنیا پیاده می‌شود (Leeb et al., 2013; Precup et al., 2011). در این دانشگاه‌ها، تئوری درس در فضایی تدریس می‌شود که هم‌زمان چند مجموعه آزمایشگاهی برای انجام آزمایش نیز وجود دارد. به این ترتیب استاد درس بلافاصله بعد از بیان تئوری به نمایش آزمایشی از آن می‌پردازد که به تعمیق یادگیری دانشجویان کمک می‌کند و باعث می‌شود که مفهوم مطرح‌شده به دلیل ارتباط با یک پدیده جالب بصری، بهتر در ذهن ماندگار شود. همان‌گونه که انیشتین نیز در یکی از مصاحبه‌های خود بیان کرده است (Moszkowski, 1973): «در خصوص فیزیک، درس ابتدایی نایستی شامل چیزی جز موارد آزمایشی و آنچه که برای مشاهده جالب است، باشد. یک آزمایش جالب در ذات خود معمولاً ارزشمندتر از بیست رابطه ریاضی است که از ذهن ما تراوش کرده باشد.» این موضوع به خوبی اهمیت تدریس ترکیبی همراه با ارائه آزمایش را نشان می‌دهد.

در دانشگاه‌های ایران امکان این نوع تدریس همیشه مهیا نیست، خصوصاً در مورد درس با تعداد دانشجویان زیاد یا تدریس همراه با انجام زنده آزمایش، نیاز به زیرساخت‌های قابل توجهی دارد که ممکن است در برخی موارد موجود نباشد. در نقطه مقابل، در تدریس الکترونیکی این امکان وجود دارد که قبلاً آزمایش‌ها با کیفیت بالا همراه با توضیحات گفتاری و نوشتاری کافی و از زوایای مختلف ضبط شده است و در جلسه الکترونیکی (چه در حالت هم‌زمان و چه در حالت غیرهم‌زمان) بعد از ارائه تئوری مربوط به آن، به دانشجویان نمایش داده شود. تأثیر مستقیم این آزمایش‌ها بهبود انتقال مفاهیم به دانشجویان، نمایش کارکرد مبحث تئوری که به‌تازگی تدریس شده و همچنین تعمیق یادگیری است. شکل ۱، برای مثال، دو نمونه از آزمایش‌هایی را که در آموزش الکترونیکی در درس گنجانده شده است، نمایش می‌دهد. در شکل الف، موضوع مدار رزونانس سری و در شکل ب، موضوع آزمایش یک سوساز نیم‌موج است. بلافاصله بعد از بیان تئوری مربوط، آزمایش مربوط به آن به دانشجویان نشان داده و یا در ویدیوی درس گنجانده می‌شود. هم‌زمان با نمایش آزمایش نیز توضیحات تکمیلی داده می‌شود تا رویه آزمایش و مفهوم اصلی که آزمایش برای آن انجام شده است، توسط دانشجویان درک شود.



(ب)



(الف)

شکل ۱. نمایش آزمایش بعد از ارائه تئوری در آموزش الکترونیکی، (الف) مدار رزونانس سری، (ب) مدار یک سوساز نیم‌موج

ضبط این آزمایش‌ها از قبل و ویرایش مناسب آن می‌تواند بسیار مفید باشد چرا که امکان نمایش قسمت‌های مختلف مدار و ارائه توضیحات مناسب را در اختیار می‌گذارد. چنان‌که در شکل ۱ به عنوان نمونه دیده می‌شود، آزمایش قبلاً ضبط شده است، در حالی که هم‌زمان با آزمایش، صفحه یک اسیلوسکوپ کارتی نیز ثبت شده است. در نهایت این دو تصویر ویرایش شده و در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند، به نحوی که قسمت بالایی، تصویر مدار آزمایش و قسمت پایینی، صفحه اسیلوسکوپ شامل شکل موج‌ها و همچنین مشخصات کانال‌ها را نمایش می‌دهد. علاوه بر توضیحات شفاهی، این امکان در حالت برون خط وجود دارد که توضیحاتی اضافی نیز به صورت نوشتاری به متن اضافه شود تا درک دانشجویان از آزمایش افزایش یابد. در اینجا لازم به ذکر است که حتی اگر امکان انجام آزمایش در دانشگاه فراهم نباشد، می‌توان از ویدیوی آزمایش‌هایی که توسط سایر دانشگاه‌ها ضبط شده است نیز با ارائه توضیحات مناسب جهت بهبود انتقال مفاهیم کمک گرفت. چنان‌که مشاهده می‌شود، حرکت به سمت تدریس هم‌زمان با نمایش آزمایش در بستر آموزش الکترونیکی میسر است و می‌تواند در درک و به خاطر سپردن بهتر مفاهیم کمک شایانی نماید.

### ۳. افزایش یادگیری با انجام فعالیت عملی در منزل

علاوه بر نمایش آزمایش توسط استاد درس، راهکار دیگری که می‌تواند یادگیری را تکمیل کند، انجام آزمایش‌ها توسط خود دانشجویان است. برای مثال در برخی از مراجع (Muoka et al., 2015)، علاوه بر تأکید بر روی استفاده از مفاهیم آزمایشگاهی، به یادگیری از طریق انجام کار عملی اشاره شده است. در این مرجع بیان شده که مجموعه‌های آزمایشی برای دانشجویان تدارک دیده شده‌اند تا آن‌ها بتوانند هم طراحی اولیه را انجام داده و هم آن طراحی را در طول درس پیاده‌سازی نمایند. این موضوع در مورد دروسی که آزمایشگاه آن نیاز به تجهیزات گران‌قیمت یا پیشرفته دارد، قابل پیاده‌سازی نیست اما در خصوص برخی از دروس که نیاز به آزمایش‌های پیچیده‌ای ندارد، این امکان وجود دارد که برخی فعالیت‌ها به صورت کار عملی در منزل انجام شود.

روش فوق در سال گذشته برای ارائه درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق به کار گرفته شده است. مقدمه‌ای بر مهندسی برق یکی از دروس مهم در چارت آموزشی مهندسی برق محسوب می‌شود که در سال اول به دانشجویان ارائه می‌شود و هدف آن آشنایی اجمالی با حوزه‌های مختلف مهندسی برق است. برای پیاده‌سازی این روش البته چالش‌های مختلفی وجود دارد. برای مثال لازم است که پیش از شروع درس، کلیه فعالیت‌هایی که دانشجویان قرار است در طول نیمسال انجام دهند، پیش‌بینی شده است و مطابق با آن‌ها و به تعداد دانشجویان، قطعات مناسب کار عملی تهیه شده است و برای آن‌ها ارسال شود. این موضوع نیاز به یک نگرش همه‌جانبه دارد، به نحوی که پیش از شروع نیمسال کلیه قطعات لازم تهیه شده باشد تا ارسال قطعات صرفاً در یک مرحله انجام شود و در بین نیمسال

نیازی به ارسال قطعات تکمیلی نباشد. در نهایت پس از خرید و آماده‌سازی به تعداد دانشجویان، این مجموعه‌ها برای دانشجویان ارسال شده است تا آن‌ها در منزل و به صورت هفتگی وظایف عملی محول شده را انجام دهند.

در مورد درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق دقیقاً متناظر با برنامه تئوری درس، آزمایش‌هایی تدارک دیده شده است به نحوی که تا حد امکان به ازای هر تئوری مهم تدریس شده، یک آزمایش نیز وجود داشته باشد. به این منظور و برای کاهش هزینه تمام شده بسته‌ها، بیشتر آزمایش‌ها با قطعات الکترونیکی نسبتاً ارزان طراحی و پیش‌بینی شده است. برای انجام آزمایش‌های این‌چنینی، دو جزء جدایی‌ناپذیر دستگاه فانکشن ژنراتور برای تحریک مدار و اسیلوسکوپ برای مشاهده شکل موج‌ها و رفتار مدار است. هزینه این دو دستگاه قابل توجه است و امکان خرید به تعداد دانشجویان وجود ندارد. به همین دلیل از جایگزین‌هایی برای آن‌ها استفاده شده است. به جای اسیلوسکوپ از یک برد میکروکنترلر آردوینو استفاده می‌شود که هزینه چندانی ندارد اما دانشجویان می‌توانند به کمک مازول مبدل آنالوگ به دیجیتال آن، به ثبت و نمایش شکل موج‌ها بر روی لپ‌تاپ شخصی خود بپردازند. البته این برد فقط توانایی اندازه‌گیری سیگنال با فرکانس‌های تا چند کیلوهرتز را دارد اما همین مقدار برای مشاهده پدیده‌های اساسی که برای درس مقدمه مورد نیاز است، کفایت می‌کند. به عنوان جایگزین فانکشن ژنراتور، از آیزی موج مربعی ۵۵۵ استفاده شده است که به کمک یک مدار ساده می‌تواند سیگنال موج مربعی با فرکانس متغیر تولید کند که برای تحریک مدارهای ساده کافی است. لازم به ذکر است که به کمک یک مدار RC مناسب در خروجی، می‌توان شکل موج مربعی ایجاد شده را به حالت تقریباً مثلثی تبدیل کرد. همچنین، امکان تولید شکل موج سینوسی تک فرکانس به کمک اسیلاتور ترانزیستوری نیز وجود دارد که در یکی از آزمایش‌ها برای دانشجویان در نظر گرفته شده است. نکته جالب آن است که با تزریق مستقیم این سیگنال سینوسی به ورودی یک بلندگو، می‌توان صدای بوق ممتد متناظر با آن فرکانس را شنید که برای دانشجویان جذابیت نیز دارد.

در کنار دو جزء اصلی که در بالا به آن اشاره شد، اجزای دیگری شامل مقاومت‌ها، خازن‌ها و سلف‌های متنوع، تعدادی دیود نوری، مولتی‌متر، بردبرد، سیم لاک‌ی، سیم‌های رابط و سوسماری، دیود، ترانزیستور، آیزی شمارنده، میکروفن خازنی و پتانسیومتر، رگولاتور و آپ‌امپ نیز برای دانشجویان ارسال شده است. به کمک قطعات فوق در مجموع ۹ آزمایش مختلف برای ۹ هفته تدارک دیده شده است. برای هر آزمایش یک دستور کار مکتوب همراه با ویدیوهای نحوه انجام آن‌ها در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد. این نکته نیز قابل ذکر است که انتخاب دستیاران آموزشی به نحوی بوده است که هر ۶ دانشجو تحت سرپرستی یک دستیار آموزشی قرار داشته‌اند و لذا بار زیادی بر روی دستیاران نبوده است. هر دستیار در هفته یک‌بار با دانشجویان تماس داشته و برای رفع مشکلات احتمالی در بستن مدارها به آن‌ها کمک می‌کرده است. برای تحویل کار هر جلسه نیز از دانشجویان



خواسته شده که عملکرد مدار خود را همراه با توضیحات ضبط کرده و فیلم آن را در بخش مشخصی بارگذاری نمایند. این فیلم‌ها بعداً توسط دستیاران درس مشاهده و نمره‌دهی می‌شود. در بخش ۶، نتایج ارزیابی انجام شده در خصوص این نحوه تدریس ارائه می‌شود.

در خصوص انجام فعالیت‌های عملی این چینی در منزل لازم است به این نکته نیز اشاره شود که تکمیل چنین فعالیت‌هایی خصوصاً در سال اول تحصیل، باعث ایجاد حس موفقیت و اعتماد به نفس در دانشجو می‌شود و ترس آنان را برای اقدام به انجام فعالیت‌های عملی کاهش می‌دهد. این به معنای سوق دادن دانشجو به سمت آموزش و تجربه عملی<sup>۱</sup> است که برای دانشجویان مهندسی اهمیت بالایی دارد. این موضوع به صورت خاص در تجربه دانشگاه کلتک<sup>۲</sup> از کار دانشجویان با چنین مجموعه‌های آزمایشگاهی ساده‌ای نیز گزارش شده است (Pine, 1997).

#### ۴. استفاده از لینک‌های پویا برای ایجاد حالت تعاملی در تدریس

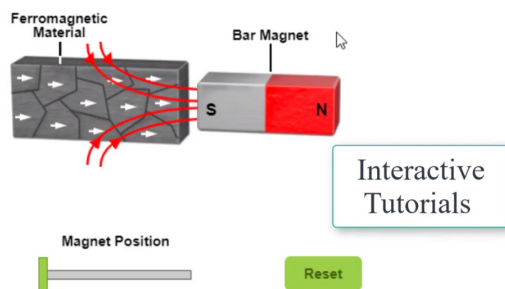
در تدریس به شیوه حضوری گاه‌گاه سؤالاتی از طرف استاد درس مطرح می‌شود که دانشجویان را به فکر واداشته و باعث تعامل بین استاد و دانشجو می‌شود (Memarian, 2019). این تعامل در حالت تدریس برخط وجود دارد اما در حالت تدریس برون خط به طور مستقیم قابل پیاده‌سازی نیست. منظور آن است که ممکن است سؤالاتی از طرف استاد درس در حین تدریس مطرح شود اما مشخص نیست که دانشجو در یافتن پاسخ سؤال مشارکت می‌کند یا خیر. برای رفع این مشکل می‌توان از سؤالات پویا کمک گرفت.

در برخی نرم‌افزارها امکان مطرح کردن سؤالاتی در برخی نقاط از ویدیوی ضبط شده وجود دارد که این سؤالات پویا است و می‌توان برای آن گزینه‌هایی تعیین کرد یا یک لینک به آن اختصاص داد. برای مثال می‌توان از مبحثی که به تازگی توضیح داده شده است، سؤالی مطرح کرد و در نرم‌افزار تعیین کرد که اگر پاسخ سؤال نادرست باشد، ویدیو به نقطه‌ای که پاسخ آن توضیح داده شده منتقل شود تا دانشجو مجدداً تدریس آن مفهوم را مشاهده نماید. همچنین، این امکان وجود دارد که بعد از طرح سؤالات، لینکی بر روی سؤال ایجاد شود تا دانشجو پس از کلیک بر آن، وارد صفحه پاسخ‌گویی به سؤال شود و پاسخ خود را ثبت نماید. این پاسخ‌ها طبیعتاً می‌توانند به عنوان فعالیت کلاسی تلقی شده و نمره‌ای به آنها اختصاص داده شود.

استفاده از شیوه مطرح نمودن سؤال و دریافت پاسخ آن در یک لینک جداگانه کاربرد دیگری نیز دارد. در حالت برون خط همیشه این نگرانی وجود دارد که دانشجو به صورت منظم ویدیوها و دروس را مشاهده نکند. استفاده از حالت فوق و تعیین یک مهلت برای پاسخ‌گویی به سؤالات می‌تواند این

اطمینان را ایجاد کند که دانشجو تا قبل از پایان مهلت، ویدیوی دروس مربوط را مشاهده کند. حتی بدون استفاده از لینک‌های فعال نیز بعد از هر تدریس یا هر بخش از تدریس (چرا که مناسب است تدریس به قطعات حدود ده دقیقه‌ای تفکیک شود) می‌تواند سؤالاتی مطرح و مشارکت دانشجویان تشویق و تقویت شود. به این ترتیب یادگیری می‌تواند به سمت حالت دانشجومحور و فعالیت‌محور سوق داده شود.

شکل ۲ دو نمونه از لینک‌های فعال را نمایش می‌دهد. در شکل ۲ الف یک آزمایش مجازی پویا از یک وبگاه نمایش داده شده است که در آن با تغییر محل آهنربا می‌توان تغییر وضعیت نواحی مغناطیسی را مشاهده کرد. بلافاصله پس از نمایش این آزمایش ضبط شده، یک لینک فعال در ویدیو قرار داده شده (مربع با نام آشنایی متقابل<sup>۱</sup>) که دانشجویان با کلیک بر آن به وبگاه اصلی منتقل می‌شوند و می‌توانند همان نمایش تعاملی را بلافاصله خودشان انجام دهند. در شکل ۲ ب وضعیت نمایش داده شده است که در آن یک آزمایش ارائه شده و سپس سؤالی از آن مطرح شده است. لینک ایجاد شده در این قسمت به صورت فعال است، یعنی دانشجو با کلیک بر آن مستقیماً به صفحه پاسخ‌گویی منتقل می‌شود. این موارد علاوه بر ایجاد یادگیری تعاملی، این بینش را در ذهن دانشجو ایجاد می‌کند که برای آماده‌سازی این ویدیوها وقت قابل توجهی صرف شده و این به دلیل ارزشی است که استاد برای آموزش صحیح قائل است. لذا یک بازخورد مثبت نیز در دانشجو شکل می‌گیرد.



(الف)



(ب)

شکل ۲ - استفاده از لینک‌های فعال در تدریس برای ایجاد آموزش تعاملی، (الف) لینک به یک وبگاه برای انجام یک آزمایش مجازی، (ب) استفاده از لینک فعال برای پاسخ‌گویی به سؤالات

در بالا حالتی نمایش داده شد که در آن، سؤال مطرح شده از آزمایشی است که نمایش داده شده است. این موضوع به صورت خاص می‌تواند باعث افزایش یادگیری شود و رویه‌ای است که در طرح بلوسموس<sup>۱</sup> دانشگاه ام‌آی‌تی<sup>۲</sup> به کار گرفته شده است (MIT Blossoms, 2020). در این نوع تدریس، در ابتدا و پیش از توضیح تئوری، آزمایشی مرتبط با مفهوم مورد نظر نمایش داده شده و از دانشجویان خواسته می‌شود تا به چند سؤال در خصوص آن آزمایش پاسخ دهند. به طور معمول این مرحله بایستی به صورت گروهی پیاده‌سازی شود که در نتیجه لازم است تا در تدریس الکترونیکی، گروه‌بندی انجام و بستری برای ارتباط اعضای گروه نیز پیش‌بینی شود. بعد از اختصاص مدت زمانی برای تفکر و بحث پیرامون سؤالات مطرح شده، تدریس ادامه می‌یابد تا با ارائه توضیحات تفصیلی، به سؤالات پاسخ داده شود. چنین حالتی با ترکیب نمایش آزمایش و استفاده از لینک‌های فعال می‌تواند در آموزش الکترونیکی نیز به کار گرفته شود.

برخی فعالیت‌های دیگر نیز می‌توانند کیفیت تدریس را افزایش دهند. برای مثال، در حین تدریس و ویدیو این امکان وجود دارد که با بزرگ‌نمایی قسمتی خاص، استفاده از کادرهای مختلف و امثال آن بر بخش‌هایی از تدریس تأکید بیشتری صورت گیرد و توجه دانشجویان به آن بخش جلب شود. نمونه دیگری از این کارها ایجاد فهرست فعال برای دسترسی مستقیم به ابتدای یک مبحث تنها با یک کلیک است. این سامانه به‌گونه‌ای عمل می‌کند که دانشجو در ابتدای ویدیو فهرستی از مطالب مطرح شده را مشاهده می‌کند اما فهرست به صورت فعال است به این معنی که دانشجو با کلیک بر هر موضوع، به همان بخشی از ویدیو که آن موضوع توضیح داده شده است، منتقل می‌شود. نمونه‌های دیگری از این موارد نیز وجود دارد که کمک می‌کند تا تدریس الکترونیکی به صورت حرفه‌ای ارائه شود که فراتر از بحث حاضر است.

نکته‌ای که در بالا پیرامون ایجاد بازخورد مثبت در دانشجویان بیان شد، بایستی در اینجا مورد تأکید قرار بگیرد. استفاده از روش‌هایی مانند آنچه که در بالا گفته شد و بهره‌گیری از قابلیت‌های مختلف، می‌تواند حس مثبتی در دانشجو ایجاد کند و باعث شود که دانشجو به آموزش اهمیت بیشتری دهد. در سه نیمسال گذشته و با پیاده‌سازی موارد فوق، بارها این بازخورد به صورت مکتوب یا شفاهی از طرف دانشجویان مطرح شده که آن‌ها احساس کرده‌اند که وقت زیادی صرف تهیه دروس شده و این موضوع علاقه بیشتر به دنبال کردن مباحث را سبب شده است.

## ۵. تعامل دانشجویان با یکدیگر

یکی دیگر از مواردی که لازم است تا در تدریس الکترونیکی یا مجازی به آن توجه شود، فعالیت گروهی

دانشجویان و تقویت روحیه کار گروهی و روابط اجتماعی است. طبیعتاً در تدریس مجازی امکان اینکه دانشجویان یک گروه در کنار یکدیگر حضور پیدا کرده و آزمایش را به صورت گروهی انجام دهند، وجود ندارد. برای جبران خلاء این موضوع، می‌توان گروه‌بندی‌هایی برای دانشجویان ایجاد کرد و از آن‌ها خواست که در جلسه برخط درس یا خارج از جلسه درس با یکدیگر در تماس باشند. نمونه‌ای از این کار در روند اجرا شده در طرح بلوسموس<sup>۱</sup> دانشگاه ام‌آی‌تی<sup>۲</sup> در بخش ۴ توضیح داده شد. در این روند، پس از نمایش آزمایش از دانشجویان خواسته می‌شود که به صورت گروهی با یکدیگر مشورت کرده و با کمک یکدیگر سعی کنند تا پاسخ سؤال مرتبط با آزمایش را پیدا کنند. این موضوع می‌تواند در جلسات برخط درس پیاده‌سازی شود و به این طریق دانشجویان را به کار گروهی و تعامل اجتماعی ترغیب کند. در برخی نرم‌افزارهای آموزش برخط، این امکان نیز وجود دارد که استاد در گروه‌های مختلف به صورت مجازی حضور پیدا کرده و در بحث‌ها به دانشجویان کمک کند.

حالت گروهی و تعامل در مورد انجام آزمایش‌های عملی در خانه نیز قابل پیاده‌سازی است. برای مثال در مورد درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق، گروه‌های سه نفره برای دانشجویان تعریف شده و از آن‌ها خواسته شده است که در بستر مجازی برای تکمیل مدارها با یکدیگر در تماس باشند. به بیان دیگر، دانشجویان در بسترهای مجازی با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و سعی می‌کنند تا به صورت هم‌زمان آزمایش‌ها را انجام دهند. همچنین به دانشجویان تأکید شده است تا در صورت وجود مشکل در عملکرد مدارهای جلسات مختلف، ابتدا سعی کنند تا با هم‌گروهی‌های خود مشکل را حل کنند. هدف کل این موضوع، تقویت ارتباط دانشجویان با یکدیگر و روحیه کار گروهی بوده است. همچنین لازم به ذکر است که ارتباط قوی دانشجویان با یکدیگر از لحاظ روان‌شناسی نیز حائز اهمیت بوده و روحیه بهتری در دانشجویان ایجاد می‌کند. این موضوع شاید گام اول در ایجاد روحیه کار گروهی در تدریس الکترونیکی باشد که دانشجویان به صورت فیزیکی با یکدیگر در ارتباط نیستند اما این گام کافی نیست و لازم است به این موضوع به صورت ویژه توجه شود.

موضوع دیگری که در درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق به آن توجه شده است، تمرین‌های با ماهیت پژوهشی و تکمیل فعالیت به صورت گروهی بوده است. از آنجا که کسب مهارت یادگیری مداوم<sup>۳</sup> یک اصل مهم برای هر دانشجویی است، از طریق تمرین‌هایی که ماهیت پژوهشی و جست‌وجویی دارند، این مطلب به دانشجویان القا می‌شود که بایستی از هم‌اکنون مهارت یادگیری مداوم از طریق انجام فعالیت‌هایی نظیر جست‌وجو را به صورت نسبتاً مستقل در خود تقویت کنند. به این موضوع در گزارش ارائه درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در برخی دانشگاه‌های دیگر نیز ارائه شده است که در بخش ۷ به آن اشاره خواهد شد.

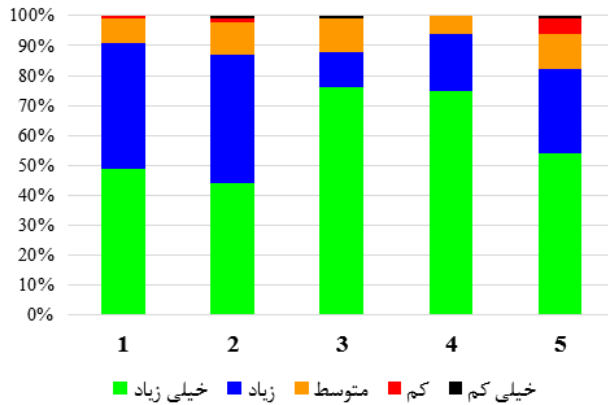
## ۶. نتایج ارزیابی انجام شده از تدریس با شیوه‌های گفته شده

در این مقاله در خصوص تکمیل تدریس با چند روش اصلی صحبت شد. این روش‌ها در چندین درس مختلف به صورت پراکنده پیاده‌سازی شده است اما در درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق، همه روش‌های پیش‌گفته به صورت هم‌زمان به کار گرفته شده است و لذا برای ارزیابی اثربخشی استفاده از آن‌ها، نظرسنجی تفصیلی در پایان نیمسال صورت‌گرفته است که بخشی از آن در اینجا ارائه می‌گردد. لازم به ذکر است که جامعه آماری این نظرسنجی ۱۰۶ نفر بوده است.

سؤالاتی که به مباحث مطرح شده در بالا مرتبط هستند و همچنین توزیع پاسخ دانشجویان به این سؤالات در شکل ۳ آورده شده است. در پاسخ به این سؤال که «آزمایش‌هایی که به صورت ضبط شده در جلسات درس (و در بین تدریس) ارائه می‌شد، تا چه اندازه به فهم بهتر مباحث تئوری کمک می‌کرد؟»، ۸۹٪ از دانشجویان پاسخ خیلی زیاد و زیاد را انتخاب کرده‌اند. همچنین در پاسخ به این سؤال که «سؤالاتی که در حین تدریس پرسیده می‌شد و می‌بایست با مراجعه به صفحه درس به آن‌ها پاسخ می‌دادید، به چه اندازه به دنبال کردن دقیق‌تر مباحث کلاس منجر می‌شد؟» پاسخ ۸۵٪ درصد از دانشجویان گزینه خیلی زیاد و زیاد بوده است.

پاسخ سؤالات ۳ تا ۵ که در مورد انجام کار عملی همراه با درس بوده نیز جالب توجه است. ۸۵٪ دانشجویان معتقد بوده‌اند که انجام کارهای عملی در ایجاد روحیه در دسترس<sup>۱</sup> بودن، به میزان خیلی زیاد یا زیاد مؤثر بوده است. ۹۰٪ دانشجویان اعتقاد داشته‌اند که تأثیر کار عملی در افزایش جذابیت درس، زیاد یا خیلی زیاد بوده است. همچنین، ۷۹٪ دانشجویان در پاسخ‌ها اشاره کرده‌اند که تأثیر فعالیت‌های عملی در بهبود یادگیری مطالب، خیلی زیاد یا زیاد بوده است. پاسخ به این سؤالات به خوبی نشان می‌دهد که تکمیل تدریس مجازی با روش‌های گفته شده تا حد زیادی مفید و مطلوب بوده است. موارد فوق در کنار کسب متوسط ارزشیابی ۱۹٫۹۳ از ۲۰ در دروسی که با این روش ارائه شده است، به خوبی نشانگر اثر مناسب چنین راهکارهایی در تقویت یادگیری الکترونیکی است.

۱- آزمایش‌هایی که به صورت ضبط شده در جلسات درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق (و در بین تدریس) ارائه می‌شد، تا چه اندازه به فهم بهتر مباحث تئوری کمک می‌کرد؟ ۲- سؤالاتی که در حین تدریس پرسیده می‌شد و می‌بایست با مراجعه به صفحه درس به آن‌ها پاسخ می‌دادید، به چه اندازه به دنبال کردن دقیق‌تر مباحث کلاس منجر می‌شد؟ ۳- نقش کارهای عملی انجام شده در قسمت کارگاه در علاقه‌مند کردن شما به انجام فعالیت عملی و در دسترس<sup>۱</sup> بودن به چه میزان بوده است؟ ۴- نقش کارهای عملی انجام شده در قسمت کارگاه در افزایش جذابیت درس به چه میزان بوده است؟ ۵- تأثیر کارهای عملی در بهبود یادگیری مطالب و آشنایی بهتر با برخی مفاهیم مهندسی برق چقدر بوده است؟



شکل ۳ - ارزیابی انجام شده از دانشجویان در خصوص تغییرات ایجاد شده در بخش‌های مختلف درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق

## ۷. مقایسه ارائه درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در سایر دانشگاه‌ها با نحوه تدوین آن در دانشگاه تهران

به این دلیل که درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق به عنوان یک نمونه از پیاده‌سازی روش‌های ذکر شده در دانشگاه تهران مطرح شده است، مناسب است که در این بخش نحوه ارائه این درس در برخی دانشگاه‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گرفته و با رویه دانشگاه تهران مقایسه شود. لازم به ذکر است مواردی که در این بخش بررسی می‌شوند، به صورت مقاله علمی منتشر شده است که در آنها ویژگی‌های خاص آموزشی بیان شده است و به همین دلیل نیز مدنظر قرار گرفته‌اند. در اینجا ابتدا نحوه تدریس هجده دانشگاه مختلف به اختصار بررسی می‌گردد و سپس ویژگی‌های اصلی ارائه این درس جمع‌بندی می‌شود.

آموزش درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه ام‌ای تی و کلتک<sup>۱</sup> به کمک کیت‌های آزمایشگاهی پیاده‌سازی می‌شود (Pine, 1997) و جزوه کامل آزمایش‌های قابل انجام با آن کیت نیز در دسترس است (Dourmashkin & King, 2020). در این دانشگاه‌ها نیز قطعات در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد و دانشجویان آزمایش‌ها را به صورت گروهی در خوابگاه‌های خود انجام می‌دهند. در گزارش این مجموعه آزمایشگاهی ذکر شده است که یکی از نکات مهم در استفاده از این آزمایش‌ها ایجاد حس موفقیت در دانشجویان و اعتماد به نفس در آنان است (Pine, 1997). همچنین، دانشجویان یاد می‌گیرند که مسائل در حالت عملی و آزمایشگاهی می‌توانند به چالش‌های پیچیده مختلفی برخورد کنند که در حالت تئوری، چنین مواردی مطرح نمی‌شود. خود درس نیز همراه با آزمایش‌های مختلفی که در کلاس

درس بلافاصله پس از بیان تئوری انجام می‌شود، به دانشجویان آموزش داده می‌شود که این نوع آموزش اثر قابل توجهی بر افزایش یادگیری و ماندگاری مطالب در ذهن دانشجویان داشته است.

در دانشگاه تکنولوژی جورجیا<sup>۱</sup> از روش‌های جایگزین در برخی درس‌ها از جمله درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق استفاده می‌شود (Auerbach & Ferri, 2010). منظور از روش‌های جایگزین، استفاده از آموزش عملی، یادگیری از طریق همکاری<sup>۲</sup> و راهبردهای یادگیری غیرسنتی است. در این مقاله ذکر شده است که بسیاری از موانع در راه روش‌های تدریس جدید به کمک استفاده از یک مجموعه آزمایشگاهی ارزان قیمت قابل حمل در دروس پایه مرتفع می‌شود، مشابه با روشی که در دانشگاه تهران نیز به کار گرفته شده است. البته چنین روشی به تجهیزات، افراد، آموزش و فضا نیاز دارد که کلیه این موارد به عنوان چالش در دانشگاه تهران نیز مطرح بوده است. در دانشگاه جورجیا<sup>۳</sup> فعالیت‌های درون‌کلاسی و برون‌کلاسی بر اساس مجموعه آزمایشگاهی طراحی شده و به دانشجویان داده می‌شود. گرچه صرف وقت بر روی فعالیت‌های آزمایشگاهی، زمان تدریس سنتی در کلاس را کاهش می‌دهد اما طبق نتایج گزارش شده، خروجی این روش نسبت به آنچه که از دست می‌رود، ارزشمندتر است (Auerbach & Ferri, 2010).

در دانشگاه آستین در تگزاس<sup>۴</sup> یک کلاس تکمیلی در کنار درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق و یکی از دروس دیگر ارائه می‌شود (Abraham & Telang, 2019) و هدف از این کلاس، مرور مطالب مطرح شده در درس اصلی و تمرین بیشتر بر روی مسائل مرتبط است و شرکت در آن برای دانشجویان اختیاری است. نتایج تحقیق (Abraham & Telang, 2019) نشان می‌دهد که چنین کلاس تکمیلی اثر قابل توجهی بر روی ارتقای دانشجویان، خصوصاً دانشجویانی که در دانش پایه ضعیف‌تر هستند، دارد. با توجه به زمان و منابع در دسترس، امکان برگزاری چنین کلاسی به صورت منظم و برنامه‌ریزی شده در کنار درس اصلی در دانشگاه تهران وجود نداشته است و ارتباط دانشجویان با دستیاران آموزشی و پرسیدن سؤالات، فقط بخشی از اهداف کلاس تکمیلی را پوشش داده است. تدریس درس اصلی مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه آستین در تگزاس به کمک یک مجموعه آزمایشگاهی قابل حمل بوده که در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد و دانشجویان آزمایش‌ها را در منزل انجام می‌دهند (Chun et al., 2011). در این مقاله گزارش شده که از یک آیسی خاص برای ثبت سیگنال‌ها و انتقال آن‌ها به کامپیوتر از طریق نرم‌افزار لب‌ویو<sup>۵</sup> استفاده شده است. مشابه این روش در دانشگاه تهران اما به شیوه‌ای دیگر پیاده‌سازی شده است. در این دانشگاه علاوه بر دانش مهندسی برق نظیر حل مدارها، مواردی چون مهارت حل مسئله، مسئولیت‌های مهندسی در قبال جامعه و آموزش مهارت برای تکمیل آموزش و مطالعه مستقل جزء اهداف درس است. چنین اهدافی هنوز در دانشگاه تهران پوشش داده نشده است و به نظر می‌رسد که لازم باشد تا بخشی از تدریس به این موارد اختصاص یابد. در این دانشگاه

یک جلسه از فعالیت عملی به لحیم کردن اختصاص دارد که در حالت مجازی یا آموزش از دور، امکان انجام این کار مهیا نیست اما در حالت حضوری، این فعالیت نیز در یکی از جلسات درس در دانشگاه تهران مدنظر بوده است.

درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه تگزاس شمالی<sup>۱</sup> به صورت یک درس یک‌ساله و پروژه‌محور تدریس می‌شود (Garcia, 2003). در این درس یک کیت الکترونیکی ساخت یک شرکت تجاری در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد و چهار پروژه کوچک در طول درس تعریف می‌شود. در هر پروژه، مراحل فهم و جمع‌آوری مطالب جدید، انجام شبیه‌سازی، پیاده‌سازی عملی در حالت گروهی، یک ارائه و یک گزارش وجود دارد که باعث توسعه مهارت‌هایی نظیر مهارت ارائه و گزارش‌نویسی و کار گروهی نیز می‌شود (Garcia, 2003). نکته جالب در مورد این درس آن است که موضوعات اصلی، موارد مرتبط با مهارت‌های نرم نظیر اهمیت مدیریت زمان، انتظار تفاوت‌ها در یک گروه، نحوه ارتباط مؤثر با حضار در یک ارائه، نحوه انجام یک ارائه مؤثر، گزارش‌نویسی صحیح، تفکر انتقادی و موارد نظیر آن است (Garcia, 2003). چنان‌که در بالا نیز گفته شد، مسئله مهارت‌های نرم هنوز در درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه تهران پوشش داده نشده است.

درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه واشنگتن غربی<sup>۲</sup> مشابه موارد گذشته ترکیبی از تئوری و فعالیت‌های عملی است (Ying et al., 2017). با این وجود، برخلاف سایر مواردی که در بالا ذکر شد، بخش تئوری درس توسط سخنرانان مهمان از بخش صنعت یا مجامع حرفه‌ای ارائه می‌شود و یکی از اهداف اصلی درس، ارائه یک دورنما از شغل‌ها و فعالیت‌ها در حوزه مهندسی برق است. در کنار موارد فوق و در بخش عملی، آشنایی با برخی نرم‌افزارها و همچنین برنامه‌نویسی میکروکنترلر آردوینو در دستور کار قرار دارد. از جمله به آموزش نرم‌افزار متلب<sup>۳</sup> و حتی رابط گرافیکی آن پرداخته می‌شود. در دانشگاه تهران به برنامه‌نویسی میکروکنترلر آردوینو و نرم‌افزارهای مداری پرداخته می‌شود، اما آموزش نرم‌افزار متلب در حیطه درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق نیست چرا که یکی دیگر از دروس به این موضوع اختصاص دارد. علاوه بر فعالیت‌های عملی مرسوم که به موارد انتخاب‌شده در دانشگاه تهران شبیه است، یکی از جلسات عملی به فعالیت لحیم‌کاری اختصاص داده شده است. در دانشگاه تهران نیز مشابه این مورد، آشنایی با دورنمای مهندسی برق و تمرکزهای مختلف آن یکی از اهداف درس است و این بخش از درس (معادل شش هفته آموزشی) توسط اساتید مهمان دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر که طبیعتاً عضو مجامع حرفه‌ای نیز هستند، ارائه می‌شود اما مهمان صنعتی در دانشگاه تهران، در ارائه درس مشارکت ندارد.

در ارائه این درس در دانشگاه آرکانزاس<sup>۴</sup> ذکر شده که علاوه بر مباحث معمول نظیر کار با اعداد

1- North Texas

2- Western Washington

3- MATLAB

4- Arkansas



مختلط، حل مدارها و...، تدریس مهارت‌های حل مسئله، مهارت برقراری ارتباط چه به صورت نوشتاری و چه گفتاری نیز جزء اهداف بوده و چند ساعت درسی به آن اختصاص داده شده است (Mix & Balda, 1997). سایر اهداف درس نظیر کار گروهی یا کار با نرم‌افزار در دانشگاه تهران نیز پوشش داده شده است، اما اختصاص زمان قابل توجه به تدریس مهارت حل مسئله و همچنین نحوه نگارش یک گزارش علمی درست هنوز جزء درس نیست و می‌تواند به عنوان اهداف تکمیلی در سال‌های آتی در نظر گرفته شود. در این دانشگاه نیز دانشجویان در گروه‌های دو تا سه نفری کار می‌کنند و بایستی در طول نیمسال یک کیت نیمه‌آماده را نیز لحیم کنند. همچنین، از سخنرانان خارجی برای آشنایی با بخش‌های مختلف مهندسی برق دعوت می‌شود که مشابه این روش در دانشگاه تهران نیز اجرا می‌شود. در این دانشگاه نیز به دو نرم‌افزار اصلی این رشته یعنی اسپایس<sup>۱</sup> و متلب<sup>۲</sup> پرداخته می‌شود و علاوه بر آن، کار با نرم‌افزار پاورپوینت<sup>۳</sup> و ارائه صحیح مطالب نیز به عنوان بخشی از این درس مدنظر است که موضوع اخیر، یعنی نحوه ارائه صحیح و کار با نرم‌افزار<sup>۴</sup> در دانشگاه تهران پوشش داده نمی‌شود.

درس ارائه‌شده در دانشکده یورک پنسیلوانیا<sup>۵</sup> نیز شامل قسمت تئوری و آزمایشگاهی بوده و فعالیت‌های آزمایشگاهی سر کلاس درس انجام می‌شود (Blanding & Meah, 2014). همچنین اشاره شده که برخی فعالیت‌های آزمایشگاهی پیش از مطرح شدن تئوری و برخی دیگر بعد از تشریح یک مبحث انجام می‌شود. در درسی که در دانشگاه تهران طراحی شده است نیز برخی از آزمایش‌ها قبل و برخی دیگر بعد از مبحث تئوری ارائه می‌شوند و هر یک نیز اهداف مربوط به خود را دارد. البته در این دانشگاه، فعالیت‌های آزمایشگاهی به صورت انفرادی انجام می‌شود و یکی از اهداف درس نیز افزایش مهارت دانشجویان در نوشتن گزارش‌های آزمایشگاهی در نظر گرفته شده است. به همین دلیل نیز در دستور کار آزمایشگاهی، تعدادی سؤالات تحلیلی در نظر گرفته شده است که لازم است دانشجویان، داده‌های به دست آمده از آزمایش را به صورت علمی مورد بررسی قرار دهند. همچنین دو پروژه نهایی برای درس در نظر گرفته شده است که دانشجویان فرایند حل مسئله و طراحی مهندسی را تمرین کنند. ارائه درس در دانشگاه ریوگراندا تگزاس<sup>۶</sup> نیز با تکیه بر فعالیت‌های عملی است اما نکته جالب، استفاده از بستر برخط انجام آزمایش است (Li et al., 2020). برای مثال، چند آزمایش بر اساس FPGA طراحی شده است که مورد آن به صورت ۲۴ ساعته و از طریق اینترنت برای برنامه‌ریزی و انجام آزمایش در دسترس است. این نوع از تدریس با انجام آزمایش در منزل و با مورد واقعی متفاوت است. نتایج ارائه‌شده در این تحقیق، نشان دهنده اثرگذاری چنین روش تدریسی است اما فقط برای آزمایش‌های محدودی قابلیت پیاده‌سازی دارد. چنین قابلیتی در درس ارائه‌شده در دانشگاه تهران وجود ندارد.

1- Pspice

2- MATLAB

3- Power point

4- Power point

5- York College of Pennsylvania

6- Texas Rio Grande Valley

درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق بعد از دوران جهان‌گیری، در دانشگاه ویرتال<sup>۱</sup> آلمان به صورت الکترونیکی و البته در حالت ترکیبی<sup>۲</sup> بوده است به این ترتیب که علاوه بر درس تئوری، فعالیت‌های آزمایشگاهی به صورت تعاملی برای دانشجویان ایجاد شده و با ورود به لینک فعالیت، دانشجویان می‌توانند آن فعالیت را انجام دهند (Fechtner et al., 2020). پاره‌ای از این فعالیت‌های تعاملی با آنچه که در دانشگاه تهران انجام می‌شود، مشابه است. نکته مهم نحوه ارزیابی درس است که در سه مرحله، یعنی پیش از شروع درس، در اواسط درس و همچنین در انتها انجام می‌شود و خصوصاً مطابق با مرحله اول و دوم ارزیابی، محتوای تدریس الکترونیکی تغییر می‌کند. این نحوه ارزیابی و تدریس تطبیقی در دانشگاه‌های آلمان که افراد حاضر در درس می‌توانند دانش زمینه متفاوتی داشته باشند و برخی از آن‌ها حتی ممکن است دوره دوساله فنی مهندسی برق را گذرانده باشند، الزامی است اما چنین تمهیداتی برای دانشگاه‌های ایران که اکثریت افراد معمولاً بعد از گذراندن یک دوره کمابیش یکسان دبیرستان وارد دانشگاه می‌شوند، ضروری نیست و به همین دلیل نیز در دانشگاه تهران پیاده نمی‌شود.

آموزش از طریق انجام کارهای عملی<sup>۳</sup> و استفاده از ماژول‌های آموزش تعاملی در دانشگاه ماری تایم نیویورک<sup>۴</sup> نیز برای دروس پایه مدار و الکترونیک استفاده می‌شود (Thomassian & Desai, 2008). دانشجویان با هوش بالاتر تدریس سنتی را به خوبی یاد می‌گیرند اما دانشجویان با توانایی کمتر، معمولاً از این نوع تدریس عقب می‌مانند (Thomassian & Desai, 2008). از سوی دیگر، دانشجویان نسل جدید که با شبکه‌های اجتماعی و بازی‌های ویدیویی آشنا هستند، با تدریس‌های طولانی دانشگاهی چندان راحت نیستند و لذا استفاده از فعالیت‌های تعاملی می‌تواند برای آنان بسیار جذاب‌تر باشد. به همین دلیل، یادگیری از طریق انجام آزمایش‌های کوچک و همچنین فعالیت‌های تعاملی به عنوان اساس در این دانشگاه ذکر شده است. در این نوع آموزش، دانشجویان در فعالیت‌های گروهی درگیر شده و یادگیری آنان افزایش می‌یابد. همچنین، برخی فعالیت‌های تعاملی با نرم‌افزارهای معمول مهندسی برق نظیر پی‌اسپیس و متلب<sup>۵</sup> برنامه‌ریزی شده است. نتایج این نوع تدریس، موفق ذکر شده و توضیح داده شده که انجام آزمایش‌ها در منزل باعث می‌شود تا دانشجویان با سرعت معمول خود و به دور از استرس و عجله، یادگیری را تکمیل کنند (Thomassian & Desai, 2008).

درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه هاستون<sup>۶</sup> تگزاس به صورت طراحی مبنا تدریس می‌شود (Paskusz, 1998). در این درس تعدادی پروژه ساده برای دانشجویان در نظر گرفته شده است که دانشجویان با مہارت حل مسئله و تفکر خلاق برای آن راه حلی پیدا کنند و در حقیقت، آموزش تفکر خلاق خود یکی از اهداف این درس بیان شده است. انجام این پروژه‌ها به کمک قطعاتی است که در اختیار دانشجویان قرار گرفته است. البته پروژه‌ها صرفاً بر مبنای مدارهای منطقی است و بازه

1- Wuppertal

4- New-York Maritime College

2- Blended

5- Pspice &amp; MATLAB

3- Learning by doing

6- Houston

گسترده‌ای از مفاهیم را پوشش نمی‌دهد. در این دانشگاه نیز دانشجویان به صورت گروهی کارها را انجام می‌دهند و حتی نمره‌ای برای گزارش کار گروهی در نظر گرفته شده است. در دانشگاه تهران نیز به صورت مجزا برای گزارش کار گروهی نمره‌ای در نظر گرفته شده است. یکی دیگر از اهداف این درس که در دانشگاه تهران نیز مدنظر است، مطرح کردن برخی مباحث مرتبط با مدارهای الکتریکی به صورت مقدماتی است تا دانشجویان فهم و موفقیت بیشتری در درس مدارهای الکتریکی ۱ داشته باشند.

آموزش مقدمه‌ای بر مهندسی برق بر اساس کیت آزمایشگاهی و آزمایش‌هایی که در منزل قابل انجام است، در دانشگاه ایالتی آریزونا<sup>۱</sup> نیز رویه معمولی است، به نحوی که یک کتاب نیز در خصوص فعالیت‌های عملی بر اساس این روش چاپ شده است (Karam & Mounsef, 2008). در این کتاب نیز تشریح شده است که یک آئسی رابط، سیگنال‌ها را اندازه‌گیری و به رایانه منتقل می‌کند در حالی که مدارها بر روی یک برد برد پیاده‌سازی می‌شود. مشابه این رویه در دانشگاه تهران نیز به اجرا شده است.

در دانشگاه نیوانگلند آمریکا<sup>۲</sup> درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق به صورت یک درس یک‌ساله ارائه می‌شود و ترکیبی از تدریس تئوری و انجام کارهای عملی است که در سال‌های اخیر، وزن کارهای عملی آن افزایش یافته است (Northrup, 2007). همچنین، تعداد فعالیت‌های مرتبط با شبیه‌سازی با نرم‌افزار پی‌اسپایس<sup>۳</sup> نیز بیشتر شده است. در راستای درگیرکردن دانشجویان در یادگیری فعال، تعدادی پروژه طراحی باز<sup>۴</sup> در نظر گرفته شده است که دانشجویان بایستی با مهارت حل مسئله، یک طراحی برای آن پیشنهاد کنند. مشابه چنین تمرین‌هایی هنوز در درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه تهران پیاده‌سازی نشده است و لازم است که پیش از آن، مهارت حل مسئله به دانشجویان آموزش داده شود. در دانشگاه فردوسی مشهد، درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق با همکاری دانشگاه ایالت پنسیلوانیا<sup>۵</sup> اجرا می‌شود و اهدافی همچون مفاهیم طراحی مهندسی، مهارت‌های ارتباطی و کار گروهی، مهارت‌های مدیریت و حل مسئله نیز در تدریس در نظر گرفته شده است (Kakhki & Azemi, 2014). به عنوان مثال، برای تحقق برخی از این اهداف، تمرین‌ها و پروژه‌های گروهی در نظر گرفته شده است. در این دانشگاه نیز سخنرانی‌هایی از پنج تمرکز مختلف مهندسی برق در نظر گرفته شده و بر روی استفاده از نرم‌افزارهای مهندسی نیز تأکید شده است. در این درس، مباحث پایه‌ای مانند تفاوت مهندسی و علم، تاریخچه مهندسی، اثرات متقابل اقتصاد و مهندسی و مانند آن نیز تدریس می‌شود.

تجربه آموزش فعال به صورت حضوری در درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه آن‌اربر میشیگان<sup>۶</sup> پیاده‌سازی شده است. در این دانشگاه به جای ترکیب صندلی‌هایی که رو به تخته

1- Arizona State

2- Western New England

3- Pspice

4- Open-ended

5- Pennsylvania State

6- Michigan, Ann Arbor

باشد از صندلی‌هایی که به صورت گروهی دور چند میز متمرکز شده است، استفاده می‌شود و استاد بعد از طرح مسئله بین میزها حرکت کرده و فرایند حل مسئله را سرپرستی می‌کند (Johnson, 2018). در کنار درس برای جبران زمانی که صرف حل تمرین‌های سنتی نمی‌شود، منابع برخط در اختیار دانشجویان قرار داده می‌شود تا دانشجویان در بیرون از کلاس، این موارد را دنبال کنند.

در دانشگاه فنی کی‌ال‌ای<sup>۱</sup> هند درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در سال اول ارائه می‌شود و یکی از مشکلات دانشجویان در این درس، فهم مدارهای متناوب بوده است (Salunke & Vijayalakshmi, 2016). برای رفع این مشکل، یک ابزار شبیه‌سازی مانند پی‌اسپایس<sup>۲</sup> در روند درس گنجانده شده است که در کنار تمرین‌های سنتی به دانشجویان داده می‌شود. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که با وجود چنین ابزاری، دانشجویان توانایی بهتری در پاسخ‌گویی به سؤالات سطح بالاتر داشته‌اند. این نرم‌افزار در درس دانشگاه تهران نیز آموزش داده شده و از آن دو تمرین مطرح می‌شود.

در درس آزمایشگاه مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه نوتردام<sup>۳</sup>، دانشجویان در ده جلسه در محل آزمایشگاه حاضر شده و دستور کارهای پیش‌بینی‌شده در حوزه‌های مختلف مهندسی برق را انجام می‌دهند (Bernstein & Meyers, 2017). از جمله اهداف این درس، قرار دادن دانشجویان در معرض بخش گسترده‌ای از مباحث مهندسی برق، معرفی برخی مفاهیم به صورت پیشاپیش در برنامه آموزشی، ارائه تجربه عملی در حوزه مهندسی برق، تأکید بر برخی مباحثی که در برنامه آموزشی چشم‌پوشی می‌شود و همچنین ایجاد حس اعتماد به نفس و دستیابی به هدف در دانشجویان بوده است. نکته جالب آن است که هم اهداف معرفی‌شده در این درس و هم ۸ مورد از آزمایش‌های پیش‌بینی‌شده از انطباق خوبی با آنچه که به عنوان درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشگاه تهران ارائه می‌شود، برخوردار است. این موضوع نشان می‌دهد که هدف‌گذاری درس و همچنین انتخاب فعالیت‌های عملی برای آن اهداف به درستی انجام شده است.

از مجموع موارد بررسی‌شده در خصوص درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق، ویژگی‌های آموزشی زیر را می‌توان جمع‌بندی کرد: آموزش با نمایش آزمایش، استفاده از مجموعه آزمایشگاهی قابل حمل ارزان قیمت، فعالیت و یادگیری گروهی، آشنایی با نرم‌افزارها، ارائه درس توسط مهمانان با تخصص‌های مختلف، فعالیت‌های درسی تعاملی برخط، انجام آزمایش به صورت برخط، فعالیت‌های آزمایشگاهی تعاملی، برگزاری کلاس تکمیلی در کنار درس، مهارت‌های نرم، نظیر مهارت حل مسئله، تدریس پروژه‌محور، مهارت گزارش‌نویسی و ارائه مطلب، آموزش طراحی مهندسی و فرایند حل مسئله. از بین موارد فوق، شش مورد اول، چنان‌که توضیح داده شد، در درس دانشگاه تهران نیز پیاده‌سازی می‌شود اما مابقی موارد هنوز در برنامه درسی قرار نگرفته است و می‌تواند برای تکمیل این درس در آینده به کار گرفته شود.

## ۸. نتیجه‌گیری

در این مقاله پس از مطرح نمودن برخی از چالش‌های مرتبط با آموزش الکترونیکی، به ارائه راهکارهایی برای بهبود انتقال مطالب به دانشجویان و ایجاد حس بهتر در آن‌ها هنگام یادگیری پرداخته شد. به صورت خاص ذکر گردید که ترکیب آموزش با نمایش آزمایش تأثیر مهمی در یادگیری دارد و رویه‌ای است که در دانشگاه‌های معتبر دنیا نیز به کار گرفته می‌شود. توضیح داده شد که چگونه پیاده‌سازی این روش در حالت تدریس الکترونیکی میسر است. همچنین تجربه‌ای از درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران ارائه شد که در آن دانشجویان برخی آزمایش‌های عملی را در منزل و هم‌زمان با پیشبرد مباحث تئوری انجام می‌دادند. استفاده از لینک‌های فعال به عنوان راهکار دیگری مطرح شد که باعث می‌شود تا آموزش به حالت تعاملی و همچنین حالت فعالیت محور نزدیک شود. به اختصار نیز به اهمیت کار گروهی و نحوه حرکت به سمت فعالیت گروهی در حالت تدریس مجازی پرداخته شد. در بخش بعد نتایج نظرسنجی‌های مرتبط و همچنین ارزشیابی کسب‌شده از طرف دانشجویان ارائه شد. در انتها نیز نحوه ارائه درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق در هجده دانشگاه مختلف بررسی و اصلی‌ترین ویژگی‌های آموزشی آن جمع‌بندی و با نحوه ارائه درس در دانشگاه تهران مقایسه شد. مجموع نتایج نظرسنجی، ارزشیابی‌های کسب‌شده و همچنین رویه‌های دانشگاه‌های دیگر، به خوبی اثرگذاری چنین راهکارهایی را در بهبود آموزش الکترونیکی نشان می‌دهد و تصریح می‌کند که امکان ارتقای فرایند یادگیری در آموزش الکترونیکی به کمک چنین روش‌هایی امکان‌پذیر است.

## ۹. تشکر و قدردانی

بدین وسیله از جناب آقای دکتر حسین محسنی که از پیشگامان تدریس مهندسی همراه با آزمایش در دانشگاه تهران و مشوق این نحوه تدریس بوده‌اند، قدردانی می‌گردد. همچنین از جناب آقای دکتر مجید نیلی احمدآبادی رئیس دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران که با حمایت‌های همه‌جانبه امکان برگزاری درس مقدمه‌ای بر مهندسی برق به شیوه گفته‌شده را فراهم کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## References

- Abraham, N., & Telang, N.K. (2019). Effectiveness of the supplemental instruction program in first-year engineering courses—a longitudinal report (2015–2018). ASEE Annual Conference & Exposition.
- Amarasinghe, I., et al. (2020). An actionable orchestration dashboard to enhance collaboration in the classroom. IEEE Transactions on Learning Technologies, 13(4), 662–675.
- Auerbach, J., & Ferri, B. (2010). Work in progress – the costs and benefits of using alternative approaches in lecture-based courses: experience in electrical engineering. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE).
- Aziz, A., & Islam, S.N. (2021). Impact of mixed pedagogy on engineering education. IEEE Transactions on

- Education, in press (available online).
- Bernstein, G.H., & Meyers, K. (2017). Assessment of an introduction to electrical engineering laboratory course. ASEE Annual Conference & Exposition.
  - Blanding, W., & Meah, K. (2014). Laboratory-based project-oriented introductory course for electrical engineering. 8th international conference on electrical and computer engineering, 832-835.
  - Chun, S., et al. (2011). Incorporating student-owned portable instrumentation into an introduction to electrical engineering course. 2011 ASEE Annual Conference & Exposition, 22-852.
  - Dourmashkin, P., & King, J.G. (2020). Electricity and magnetism experiments from kits. <https://ocw.mak.ac.ug/courses/physics/8-02x-physics-ii-electricity-magnetism-with-an-experimental-focus-spring-2005/labs/802x.pdf>
  - Fechtner, H., Stenner, M., & Schmuelling, B. (2020). Empirical and iterative evaluation model for the development of e-learning content for freshmen of electrical engineering degree programs. 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1-5.
  - Fukumoto, H. (2021). Developing a remote laboratory system of stepper motor for learning support. IEEE Transactions on Education, 64(3), 292-298.
  - Garcia, O. (2012). Project-based orientation courses for EE freshmen: A motivational introduction to engineering. Proceedings of the 5th First Year Engineering Experience Conference. Pittsburgh, Pennsylvania.
  - Guo, Y. (2021). Design and implementation of educational emulation experiment systems based on discrete logic. IEEE Transactions on Education, in press (available online).
  - Johnson, A.W., et al. (2018). How a flexible classroom affords active learning in electrical engineering. IEEE Transactions on Education, 62(2), 91-98.
  - Kakhki, M.M., & Azemi, A. (2014). First year engineering experience at Ferdowsi University of Mashhad. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, 1-3.
  - Karam, L.J., & Mounsef, N. (2008). Introduction to engineering: A starter's guide with hands-on digital multimedia and robotics explorations. Synthesis Lectures on Engineering, Morgan & Claypool.
  - Karimpour, A. (2020). Lessons from the Quid-19 epidemic in the educational planning of the faculty of engineering, Ferdowsi university of Mashhad. Iranian Journal of Engineering Education, 22(87), 49-71 [in Persian].
  - Leeb, S. B., Kirtley, J. L., & Muller, S. (2013). Build to win: electric machines. IEEE Transactions on Power Systems, 29(4), 1928-1935.
  - Lei, Z., et al. (2021). 3-D interactive control laboratory for classroom demonstration and online experimentation in engineering education. IEEE Transactions on Education, 64(3), 276-282.
  - Li, J., Ramos-Salas, J., & Li, C. (2020). Experience of teaching introduction to electrical engineering with an online platform. American Society for Engineering Education, 2020, 32096.
  - Luse, A., Brown, A., & Rursch, J. (2021). Instruction in 802.11 technology in online virtual labs. IEEE Transactions on Education, 64(1), 12-17.
  - Meegahapola, L.G., & Thilakarathne, C. (2019). Dynamic learner-assisted interactive learning tools for power systems engineering courses. IEEE Transactions on Education, 62(2), 149-156.
  - Memarian, H. (2019). Analysis of Iran's first experience in distance education, Free University of Iran. Iranian Journal of Engineering Education, 21(81), 99-127 [in Persian].
  - Memarian, H. (2019). Online engineering education. Iranian Journal of Engineering Education, 21(82), 15-29 [in Persian].
  - MIT Blossoms. <https://blossoms.mit.edu>.
  - Mix, D.F., & Balda, J.C. (1997). ELEG 1003-introduction to electrical engineering: An approach to motivate and teach EE freshmen. Proceedings frontiers in education 1997 27th annual conference. Teaching and learning in an era of change, 3, 1215-1218.
  - Mollaie, S., & Fakher Ajabshir, Z. (2021). Investigating the effects of flipped method in online course on students' learning and satisfaction during covid-19 pandemic- a case study: technical English course for civil engineering

- (B.S.). Iranian Journal of Engineering Education, 23(89), 113-132 [in Persian].
- Montazer, G.A., & Farazkish, M. (2021). Why Iranian universities have not been successful in implementing e-learning systems? (Comparative analysis of Iranian and Turkish universities in the face of the Corona pandemic). Iranian Journal of Engineering Education, 23(91), 13-30 [in Persian].
  - Moszkowski, A. (1973). Conversation with Albert Einstein, Horizon Press.
  - Muoka, P. I., et al. (2015). DSP-based hands-on laboratory experiments for photovoltaic power systems. IEEE Transactions on Education, 58(1), 39-47.
  - Northrup, S.G. (2007). Work in progress-development of a two-semester introduction to electrical engineering hybrid design Studio. 37th Annual Frontiers in Education Conference-Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, S2C-6.
  - Nouroozi, S., Mohammadi, M., & Shafiei, M. (2021). Comparison of faculty members' perceptions of the usefulness, ease of use, self-efficacy and challenges of mobile learning (Case study: Shiraz University). Iranian Journal of Engineering Education, 23(90), 97-114 [in Persian].
  - Paskusz, G.F. (1998). A design based introduction to electrical engineering. 28th Annual Frontiers in Education Conference, 2, 955-957.
  - Petrovic, J., & Pale, P. (2021). Achieving scalability and interactivity in a communication skills course for undergraduate engineering students. IEEE Transactions on Education, 64(4), 292-298.
  - Pine, J. (1997). Electricity experiments done by students in their rooms. APS April Meeting Abstracts, B15-02.
  - Precup, R. E. (2011). Experiment-based teaching in advanced control engineering. IEEE Transactions on Education, 54(3), 345-355.
  - Salunke, M., & Vijayalakshmi, M. (2016). Enhancing teaching and learning for Basic Electrical Engineering course using simulation as a tool. Journal of Engineering Education Transformations, 29, 1-5.
  - Shahnia, F., & Yengejeh, H. H. (2019). Various interactive and self-learning focused tutorial activities in the power electronic course. IEEE Transactions on Education, 62(4), 246-255.
  - Thomassian, J.C., & Desai, A. (2008). Interactive learning modules for innovative pedagogy in circuits and electronics. 38th Annual Frontiers in Education Conference, F2A-7.
  - Wang, S., et al. (2021). A take-home motor control teaching experiment platform for control engineering-related courses. IEEE Transactions on Education, in press (available online).
  - Ying, L., Lund, J.A., & Morton, T.D. (2017). A hands-on first-year electrical engineering introduction course. Proc. of the 2017 ASEE An. Conf. and Expo.



◀ دکتر محمد حامد صمیمی: مدرک دکترای خود را در مهندسی برق قدرت

از دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۵ و با همکاری دانشگاه اشتوتگارت آلمان تحت بورسیه بنیاد DAAD آلمان دریافت کرده‌اند. ایشان هم‌اکنون به عنوان استادیار در دانشکده فنی دانشگاه تهران مشغول به کار هستند. فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی ایشان در زمینه مدل‌سازی، پایش وضعیت و عیب‌یابی تجهیزات فشارقوی است. دکتر صمیمی تا کنون سه کتاب به زبان فارسی، بیش از پنجاه مقاله علمی در نشریات بین‌المللی، ملی و کنفرانس‌ها منتشر کرده‌اند و مجری شش پروژه پژوهشی با صنایع مختلف بوده‌اند. تدوین یک نظام‌نامه ملی، مشارکت در سه استاندارد ملی و همچنین مشارکت در تدوین سند فنی شماره ۸۱۲ سیگره در کارنامه ایشان به چشم می‌خورد.