افزایش اثربخشی آموزش‌های عالی مهارتی

با ارائه روش‌های جدید آموزش دروس آزمایشگاهی و کارگاهی- مطالعه موردی رشته مهندسی برق[1]

امیر خالدیان[2]

تاریخ دریافت : ۹۹/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۶/۱۰

چکیده

آموزش عالی مهارتی به دلیل تربیت نیروی متخصص صنایع، یکی از ارکان توسعه پایدار هر کشور است. بخش عمده و مهم آموزش‌های عالی مهارتی، دروس آزمایشگاهی و کارگاهی است که در آن، دانشجو از نزدیک با ابزارها و تجهیزات مرتبط با رشته تحصیلی خود آشنا می‌شود و مباحثی که به‌طور نظری موردمطالعه قرار داده، در عمل نیز می‌آموزد. از چالش‌های دروس عملی، می‌توان به هزینه بالای تجهیز یا به‌روزرسانی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها اشاره کرد. همچنین کمبود تعداد تجهیزات موجود به نسبت تعداد دانشجویان، زمان کافی را در اختیار مدرس و دانشجو قرار نمی‌دهد تا فرآیند یادگیری به‌طور کامل انجام شود. در این مقاله با در نظر گرفتن محدودیت‌های اشاره‌شده، رویکردهای جدیدی از آموزش عالی مهارتی با تأکید بر دروس آزمایشگاهی و کارگاهی ارائه می‌شود. این رویکردها با بهره‌گیری از جدیدترین فناوری‌های ارتباطی، آن‌ها را در خدمت آموزش‌های مهارتی بکار می‌گیرند. با معرفی الگوهایی نظیر واقعیت افزوده، شبیه‌سازی نرم‌افزاری، آموزش گروهی و آموزش مجازی و ملزومات پیاده‌سازی آن‌ها، تأثیر هریک از

---

[1] برگرفته از پژوهشی آزاد در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در دانشگاه فنی و حرفه‌ای است.

[2] استادیار رشته مهندسی برق، گروه مهندسی برق، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران، akhaledian@tvu.ac.ir

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

روش‌ها در افزایش اثربخشی آموزش‌های عالی مهارتی تبیین می‌شود. درنهایت بامطالعه موردی رشته مهندسی برق، هریک از روش‌های کمک‌آموزشی معرفی‌شده بر اساس شاخص‌هایی نظیر در دسترس بودن، هزینه تجهیزات و پیاده-سازی، تأثیر در ارتقای سطح یاددهی و پوشش دادن سرفصل آموزشی مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: آموزش مهارتی، واقعیت افزوده، شبیه‌سازی نرم‌افزاری، آموزش گروهی، آموزش مجازی.

۱- مقدمه

آموزش کارگاهی و آزمایشگاهی در علوم طبیعی و مهندسی نقش مهمی در افزایش مهارت دانش‌آموختگان دارد. این آموزش در کنار یادگیری مطالب تئوری، فاصله بین دانش و حرفه را کاهش می‌دهد. به‌این‌ترتیب دانش‌آموختگان در قالب مهندسین و تکنسین‌های بامهارت، جذب بازار کار خواهند شد. در شرایط کنونی که فنّاوری‌های صنعتی در حوزه‌های فنی و مهندسی روزبه‌روز در حال تغییر و تحول است، داشتن مهارت فنی و حرفه‌ای در فضای رقابتی برای کسب شغل از اهمیت بالایی برخوردار است (راخمونکولف و یوساروف[1] ۲۰۱۹).

آموزش مهارتی، رکن اصلی در یادگیری دانشجویان به‌ویژه در رشته‌های فنی است. باوجود اهمیت فراوان مطالب تئوری و محاسباتی در رشته‌های مهندسی و فنی، فقدان و یا ضعف آموزش مهارتی، موجب کاهش کیفیت آموزش خواهد شد

[1] Rakhmonkulov & Usarov

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

و دانش‌آموختگان این رشته‌ها دارای توانمندی‌های لازم برای ورود به بازار کار نخواهند بود (ادوارد[1] ۲۰۰۲؛ الاوادی و تولبا[2] ۲۰۰۹؛ فیصل و روزا[3] ۲۰۰۵).

برخی از تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی گران‌قیمت هستند و راه‌اندازی اولیه آن‌ها نیاز به بودجه بالایی دارد. برخی نیز به لحاظ تأمین مواد لازم و مصرف شدنی، نگهداری و تعمیرات پرهزینه هستند. به این دلیل برخی دانشگاه‌ها در راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مجهز و ایجاد رشته‌های جدید دچار مشکل هستند. ازاین‌جهت یافتن راه‌حلی جهت کاهش هزینه ارائه دروس مهارتی و عملی که رکن اصلی آن‌ها آزمایشگاه و کارگاه است، همواره در مطالعات مربوط به آموزش‌های فنی و حرفه‌ای موردتوجه بوده است (فاولکنر و گراس[4] ۲۰۱۸؛ سوتچنکف و تیخونوف[5] ۲۰۱۸). در این میان آموزش آنلاین یا از راه دور یکی از گرایش‌های جدید در شیوه‌های نوین آموزش عالی در دانشگاه‌های جهان است که برای آموزش‌های مهارتی و فنی و حرفه‌ای نیز مطرح بوده است (داود و رازالی[6] ۲۰۱۶؛ گرودوتژی، ارتلت و تکایا[7] ۲۰۱۸؛ مورالس-مننذز و رامیرز-مندوزا[8] ۲۰۱۹). این شیوه علی‌رغم برخی محدودیت‌ها دارای انعطاف‌پذیری در زمینه‌های مکان، زمان و امکانات سخت‌افزاری کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها است (ویگاس[9] و همکاران، ۲۰۱۸).

کلاس‌های عملی دارای چالش‌های خاصی به دلیل مواجهه مستقیم با مواد و تجهیزات هستند (منارد و ترانت؛[10] ۲۰۲۰). برای افزایش اعتمادبه‌نفس دانشجویان و بهبود آموزش‌های مهارتی تاکنون روش‌های متنوعی ارائه‌شده است. انجام

[1] Edward
[2] Elawady & Tolba
[3] Feisel & Rosa
[4] Faulconer & Gruss
[5] Sutchenkov & Tikhonov
[6] Daud & Razali
[7] Grodotzki, Ortelt, & Tekkaya
[8] Morales-Menendez & Ramírez-Mendoza
[9] Viegas
[10] Ménard & Trant

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

بخشی از آموزش توسط خود دانشجویان یکی از راه‌های معرفی‌شده است (جمیسون و شاو[1] ۲۰۱۷). با توجه به ماهیت دروس عملی کارگاهی و آزمایشگاهی و اضطراب احتمالی دانشجویان از مواجهه و کار با دستگاه‌ها و تجهیزات، این روش باعث افزایش اعتمادبه‌نفس دانشجویان، انجام کار گروهی و افزایش کیفیت یادگیری به جهت قرابت ذهنی آموزش‌دهنده و آموزش‌گیرنده می‌شود؛ اما از طرف دیگر فرآیند آموزش طولانی خواهد بود و در صورت عدم توانمندی لازم یاد دهندگان انتخاب‌شده از بین دانشجویان، ممکن است کیفیت لازم را نداشته باشد.

یکی از روش‌ها برای درک بهتر مفاهیم دروس عملی آزمایشگاهی و کارگاهی، ترکیب شبیه‌سازی نرم‌افزاری در کنار مواجهه فیزیکی دانشجو با تجهیزات و دستگاه‌ها است. این روش به این صورت است که بخشی از فرآیند آزمایش‌ها در محیط فیزیکی مشاهده می‌شود. بخش دیگر یعنی رخدادهایی که در فضای فیزیکی قابل‌رؤیت نیست و تحلیل‌های ریاضی، توسط بررسی نرم‌افزاری و انجام شبیه‌سازی انجام می‌پذیرد (بالاموراليتارا و وودز[2] ۲۰۰۹؛ دی‌ورایز و می[3] ۲۰۱۹؛ ما و نیکرسون[4] ۲۰۰۶).

در این مقاله ابتدا چالش‌های موجود در شیوه سنتی آموزش عالی مهارتی مورداشاره قرار می‌گیرد. سپس با در نظر گرفتن چالش‌های موجود در ارائه دروس عملی در آموزش‌های عالی مهارتی، شیوه‌های جدیدی با تکیه‌بر فناوری‌های جدید ارتباطی و رایانه‌ای معرفی می‌شود و مزایای هر یک در کنار نیازمندی‌های پیاده‌سازی آن‌ها معرفی می‌شود. در بخش انتهایی مقاله، نتایج حاصل از رویکردهای جدید در ارائه دروس عملی در بهبود آموزش مهارتی عنوان می‌شود.

[1] Jamieson & Shaw
[2] Balamuralithara & Woods
[3] de Vries & May
[4] Ma & Nickerson

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

۲- چالش‌های موجود در شیوه سنتی آموزش عالی مهارتی

یکی از چالش‌های دروس آزمایشگاهی و کارگاهی در آموزش عالی مهارتی، عدم وجود فرصت کافی برای دانشجو در راستای انجام کلیه مراحل عملی در یادگیری درس است. این مراحل شامل برنامه‌ریزی انجام آزمایش، تحلیل کیفی مهارت لازم و ارزیابی نقادانه نتایج آزمایش است. در این راستا ایرادی که هم از سوی مدرسین و هم دانشجویان وارد است، این است که اولین آشنایی دانشجویان با سخت‌افزارهای کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها در محیط کلاس اتفاق می‌افتد و دانشجو هیچ پیش‌زمینه‌ای در این خصوص ندارد. برای حل این ایراد باید دانشجو فرصت کافی را داشته باشد تا فارغ از قیدوبندهای زمان و مکان با تجهیزات ارتباط برقرار کند. همچنین دغدغه هزینه تجهیزات نباید برای دانشجو مطرح باشد. لازمه این امر آشنایی هر دانشجو به‌تنهایی و با توجه به قابلیت‌های آن فرد در درک نحوه عملکرد و کار با تجهیزات است. تهیه نرم‌افزارهایی باقابلیت نمایش سه‌بعدی تجهیزات آزمایشگاه و نحوه اتصالات الکتریکی و مکانیکی آن‌ها، به دانشجو این امکان را می‌دهد که بدون صرف زمان زیاد به‌خوبی آزمایش را انجام دهد (آلپتکین و تمن[1] ۲۰۱۸).

اهداف اصلی ارائه دروس عملی در آموزش عالی مهارتی شامل موارد زیر است:

- آشنایی با انواع تجهیزات کارگاهی و آزمایشگاهی و کسب دانش کافی از جزئیات آن‌ها
- مقایسه مشخصه تجهیزات به‌ویژه آشنایی با تفاوت ویژگی‌های حالت مفهومی و نمونه واقعی تجهیزات
- یادگیری و مشخص نمودن رویه کار با دستگاه‌ها
- یادگیری برخی از کاربردهای تجهیزات و تعمیم دادن آن‌ها به کاربردهای دیگر
- آشنایی با موارد ایمنی و استفاده از تجهیزات بدون ایجاد خرابی
- تشخیص خرابی دستگاه‌ها و چگونگی مواجه با خرابی‌ها و رفع آن‌ها

[1] Alptekin & Temmen

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

- دستیابی به قابلیت طراحی و نوآوری در انجام کارهای عملی مرتبط با آزمایش‌ها و فراتر از موارد طرح‌شده در کلاس

با توجه به قدیمی بودن اکثر تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی در دانشگاه‌ها و هزینه بالای به‌روزرسانی آن‌ها، دستیابی به موارد فوق در شیوه سنتی آموزش مهارتی دشوار خواهد بود. ازاین‌رو بهره‌گیری از فنّاوری‌هایی که بتواند تجهیزات آزمایشگاه‌های مدرن را به‌صورت مجازی و از راه دور در اختیار دانشجویان قرار دهد، موجب ارتقای کیفیت آموزش خواهد شد.

یکی دیگر از چالش‌های آموزش دروس عملی در کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها عدم آشنایی دانشجو با کاربردهای مفاهیم آموزش داده‌شده است (خان و آبید[1] ۲۰۱۷). بدون درک صحیح از کاربرد مفاهیم آموزشی، به‌ویژه در رشته‌های مهندسی، مطالب کمتر در ذهن دانشجویان ماندگار خواهد بود و از سوی دیگر پس از فارغ‌التحصیل شدن برای اشتغال فاقد اعتمادبه‌نفس لازم در حل مسائل و مشکلات صنعت است. ازاین‌رو آموزش مسئله محور برای دروس عملی باید بیشتر در اولویت باشد (بارتسچ، ابرس و ماورر[2] ۲۰۱۳).

۳- روش‌های پیشنهادی جهت بهبود ارائه آموزش‌های مهارتی

امروزه فناوری‌های ارتباطی و رایانه‌ای نقش بی‌بدیلی در توسعه امر آموزش ایفا می‌کنند. در این میان دروس عملی آموزش‌های عالی مهارتی نیز می‌توانند از این فناوری‌ها بهره‌گیری نمایند. در این بخش روش‌های قابل‌اعمال در یاددهی دروس آزمایشگاهی و کارگاهی به همراه ملزومات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری هر یک معرفی می‌شود.

[1] Khan & Abid
[2] Bartsch, Ebers, & Maurer

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

۳-۱- واقعیت افزوده

یکی از اهرم‌های ارتقای کیفیت آموزش استفاده از ابزار واقعیت افزوده[1]است که تجهیزات آموزشی را بر اساس تولیدات رایانه‌ای برای فرد قابل‌درک می‌سازد. واقعیت افزوده مانند واقعیت مجازی است که توسط یک شبیه‌ساز، تجهیزات کارگاهی و آزمایشگاهی را کاملاً شبیه‌سازی می‌کند. بهره‌گیری از الگوی واقعیت افزوده شفافیت موضوع طرح‌شده در تدریس را افزایش می‌دهد. همچنین تصوری اولیه از مفهوم ایجاد می‌کند تا با شکل‌گیری این دیدگاه اولیه، انجام آموزش جذابیت بیشتری داشته باشد. با استفاده از این روش ابزارها و اطلاعات مجازی با آموزش کارگاهی همراه می‌شود.

استفاده از واقعیت افزوده در آموزش مهارتی می‌تواند بسیار مؤثر باشد. از طرفی با افزایش میزان استفاده از تلفن همراه، می‌توان از این فناوری برای ارتقای کیفیت آموزش بهره جست. برای پیاده‌سازی واقعیت افزوده نیازمندی‌های اولیه شامل پردازشگر، نمایشگر، سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مرتبط است (بیلینگ‌هورست، کلارک و لی[2] ۲۰۱۵؛ باور، هوه، مک‌کردی، رابینسون و گرور[3] ۲۰۱٤).

یکی از کاربردهای واقعیت افزوده در سطح آموزش عالی، به‌کارگیری آن در ارائه آموزش‌های مهارتی و به‌ویژه دروس آزمایشگاهی و کارگاهی است. این امر در قالب راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور انجام می‌شود. در رشته‌هایی مانند مهندسی برق با توجه به هزینه بالای خرید برخی از تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی و گهگاه فضای زیاد موردنیاز آن‌ها مانند لوازم پست و نیروگاه که امکان فراهم آوردن آن در محیط دانشگاه فراهم نیست، فناوری واقعیت مجازی می‌تواند در آموزش دانشجویان بسیار مؤثر باشد.

[1] Augmented Reality
[2] Billinghurst, Clark, & Lee
[3] Bower, Howe, McCredie, Robinson, & Grover

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

در مهندسی برق می‌توان واقعیت افزوده را در زمینه‌های طراحی، آموزش، تمرین، تعمیرات، تحلیل‌های پیشرفته، تشخیص و مدیریت خطاها، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری، کنترل، حفاظت، مانیتورینگ، عملکرد و ساخت مورداستفاده قرار داد. واقعیت افزوده درواقع از ترکیب دنیای واقعی و مجازی شکل می‌گیرد و دستاوردهای زیر را به همراه دارد:

- اندازه‌گیری لحظه‌ای داده‌ها و اطلاعات خاص از سامانه‌های دیگر
- مشاهده سه‌بعدی از سامانه‌ها و تجهیزات
- راهنمای مرحله‌به‌مرحله از اقدامات لازم جهت کار با تجهیزات
- نتایج برنامه‌های اسکادای مبتنی بر بستر وب و سایر توابع تحلیلی
- راهنمای تصمیم‌گیری، تشخیص خطا و مدیریت خروج تجهیزات
- پیش‌بینی تحولات آینده سیستم و تجهیزات
- امکان زیرساخت‌های ارتباطی مؤثر

از سوی دیگر با توجه به اینکه در واقعیت افزوده، ارتباط واقعی میان دانشجو و ابزارها و تجهیزات آزمایشگاهی وجود ندارد، دانشجو تجربه لازم را کسب نمی‌کند و تعامل واقعی شکل نمی‌گیرد. ازاین‌جهت نمی‌توان برای کلیه کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها از این روش بهره جست. بلکه با ترکیب آموزش حضوری و واقعیت افزوده می‌توان کیفیت آموزش را به شکل قابل‌توجهی ارتقا داد. به‌عبارت‌دیگر روش پیشنهادی در این زمینه ترکیب کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌های واقعی و مجازی در امر آموزش است.

۲-۳- شبیه‌سازی نرم‌افزاری

برای آموزش مهارتی، یکی از روش‌های مهم و سودمند استفاده از نرم‌افزار است. به این شکل که ابتدا توسط مدرس، اصول تئوری مطالب آموزشی عنوان می‌شود. سپس در یک نرم‌افزار شبیه‌ساز، روش کار دستگاه یا تجهیز موردبحث،

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

پیاده‌سازی می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، دانشجو خروجی‌هایی که در عمل باید با آن مواجه شود، ابتدا در محیط نرم‌افزار مشاهده می‌کند. ارائه شبیه‌سازی نرم‌افزاری در کنار آموزش عملی در محیط فیزیکی برای دروس آزمایشگاهی و کارگاهی درک مسئله، آشنایی با تجهیزات و چگونگی استفاده از آن‌ها برای حل مسائل در صنعت را به شکل مطلوبی ارتقا می‌دهد. از مزایای آموزش نرم‌افزاری دروس کارگاهی و آزمایشگاهی قبل از آموزش در محیط فیزیکی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش اضطراب و افزایش آرامش دانشجو برای انجام آزمایش‌های عملی به‌ویژه در خصوص آزمایش‌هایی که در صورت انجام اشتباه دارای آسیب‌هایی برای خود فرد و یا تجهیزات خواهد بود
- درک بهتر مفاهیم تئوری با مشاهده خروجی‌های متنوع آزمایش‌ها به دلیل نبود محدودیت و وسعت دامنه تغییرات قابل‌اعمال روی پارامترهای آزمایش‌ها
- امکان شبیه‌سازی شرایطی که در محیط واقعی دارای آسیب‌هایی برای خود فرد و یا تجهیزات آزمایشگاه و کارگاه خواهد بود
- فراهم شدن امکان آموزش مسئله محور
- ارتقای خلاقیت دانشجویان به دلیل فراهم بودن شرایط پیاده‌سازی و سنجش نتیجه ایده‌های نوآورانه بدون محدودیت‌های فیزیکی
- ضبط آسان جلسات آموزش نرم‌افزاری به کمک رایانه و دسترسی دانشجویان به فایل آن
- امکان ارزیابی مستمر سطح یادگیری دانشجویان در طول زمان آموزش به کمک فایل ذخیره‌شده هر دانشجو در نرم‌افزار
- فراهم شدن شرایط انجام مستقل آزمایش توسط دانشجو در منزل و ارتقای سطح یادگیری

پیاده‌سازی الگوی آموزش نرم‌افزاری و سخت‌افزاری دروس آزمایشگاهی مستلزم شرایط ویژه‌ای نیز هست. یکی از این شرایط افزایش ساعت آموزشی در نظر گرفته‌شده برای درس مربوطه است؛ زیرا باید زمان کافی جهت شبیه‌سازی

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

نرم‌افزاری وجود داشته باشد. از سوی دیگر مدرس مربوطه باید توانایی و تسلط کافی در هر دو حوزه نرم‌افزار و سخت‌افزار برای درس آزمایشگاهی و کارگاهی را داشته باشد.

با اجرای الگوی پیشنهادی و در راستای ارائه مطلوب دروس عملی کارگاهی و آزمایشگاهی هرم شکل ۱ به‌عنوان هدف اصلی آموزش متصور خواهد بود (داروازه و برنچ[1] ۲۰۱۵). در این هرم، شبیه‌سازی نرم‌افزاری در مراحل یادگرفتن، انجام دادن و تحلیل و ارزیابی می‌تواند دارای نقش مهمی در فرآیند یادگیری باشد.

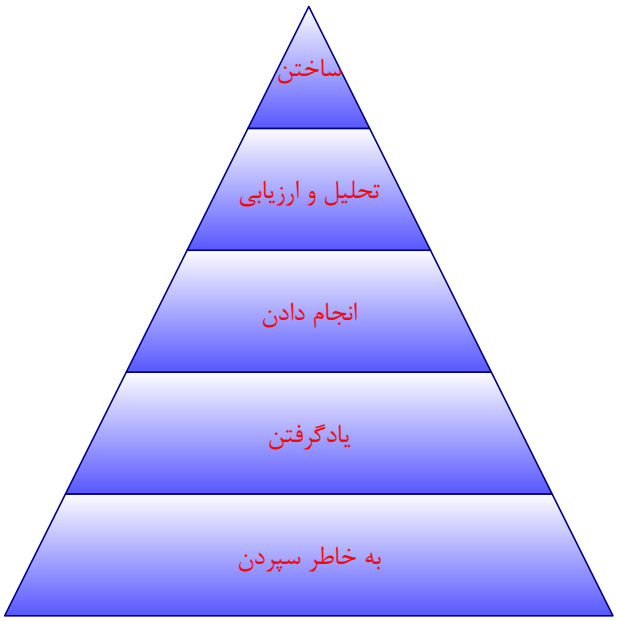
۳-۳- آموزش گروهی

یکی از راه‌های بهبود و ارتقای کیفیت آموزش‌های مهارتی استفاده از فن آموزش گروهی است. در این روش، آموزش مهارت به شکل تعریف مسئله و انجام آن توسط اعضای یک گروه از دانشجویان است. تعداد اعضای گروه بسته به حجم کاری پروژه خواهد داشت. پیش از انجام پروژه در آزمایشگاه یا کارگاه، آموزش‌ها و مباحث نظری لازم توسط مدرس ارائه می‌شود. سپس توسط اعضای گروه تقسیم وظایف انجام می‌شود که این شرح وظایف در دفعات بعدی که آزمایش تکرار می‌شود بین دانشجویان جابجا می‌شود.

[1] Darwazeh & Branch

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]



شکل ۱: هرم مورد انتظار در سیر آموزش دروس کارگاهی و آزمایشگاهی

از دستاوردهای مهم این شیوه از آموزش، ایجاد توانمندی کار گروهی، تقسیم وظایف، تبادل اطلاعات بین گروه‌ها و افزایش بازدهی یادگیری است. این توانمندی‌های نرم، از فاکتورهای مهم در موفقیت افراد در شغل، ایجاد کسب‌وکار و کارآفرینی است. تجربه کشورهای صنعتی نشان می‌دهد توانمندی کار گروهی باعث رونق شکل‌گیری استارتاپ‌ها و شرکت‌های نوپا می‌شود. آموزش‌های مهارتی به شکل گروهی می‌تواند زمینه‌ساز روحیه کار تیمی در دانشجویان باشد.

یکی از مهارت‌های لازم در کار گروهی، گزارش‌نویسی است. این مهارت تأثیر مهمی در تثبیت یادگیری دانشجو دارد. گزارش‌نویسی علاوه برافزایش مهارت فردی، باعث ارتقای توانایی کار گروهی می‌شود. مسئولیت‌پذیری حرفه‌ای را افزایش می‌دهد. همچنین به لحاظ آیین نگارش موجب بهبود قابلیت‌هایی نظیر ویرایش نوشتاری، جستجو در منابع و

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

دانش زبان خارجی می‌شود. از جنبه تحلیلی، گزارش‌نویسی مهارت داده‌کاوی را به دانشجویان می‌آموزد و تجربه تحلیل داده‌ها و استخراج نتیجه آزمایش را در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد. به‌ویژه در صورت استفاده از نرم‌افزار جهت تحلیل داده و شبیه‌سازی به‌منظور تائید نتایج آزمایش‌های عملی، قابلیت‌های نرم‌افزاری دانشجویان افزایش می‌یابد.

در آموزش به‌صورت گروهی، گزارش‌نویسی فنی و حرفه‌ای باید در ابتدای دروس عملی کارگاهی و آزمایشگاهی به دانشجویان آموزش داده شود. این شیوه از گزارش‌نویسی باید دربرگیرنده اطلاعات شفاف و دارای یک سیر منطقی باشد. همچنین به لحاظ نگارشی برای خواننده قابل‌فهم، فاقد ایراد و روی موضوع علمی آزمایش متمرکز باشد. با توجه به مطالعات متخصصان، شیوه صحیح گزارش‌نویسی نتایج آزمایش‌ها عملی باید دارای ۱۵ بخش اصلی باشد که عبارت‌اند از (بییر[1] ۱۹۸۸؛ کراولی، لوکاس و برودور[2] ۲۰۱۱):

- عنوان
- فهرست مطالب
- چکیده هدف آزمایش
- نام‌گذاری‌ها و علائم اختصاری
- مقدمه‌ای بر تئوری مطالب
- فهرستی از تجهیزات، قطعات و مواد مصرفی در آزمایش

[1] Beer
[2] Crawley, Lucas, & Brodeur

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

- محدودیت‌های آزمایش و موارد ایمنی
- طراحی و انجام آزمایش
- ثبت نتایج به‌دست‌آمده شامل اندازه‌گیری‌ها و ...
- تحلیل و بحث در خصوص نتایج
- پاسخ به سؤالات مطرح‌شده در ابتدای آزمایش
- مشاهدات، نکات تکمیلی و پیشنهادهای اصلاحی در خصوص آزمایش
- نتیجه‌گیری
- پیوست‌ها (شامل مشخصات تجهیزات و دستگاه‌های کارگاه و آزمایشگاه)
- مراجع مطالعاتی از مقالات، کتاب‌ها، سایت‌های اینترنتی و ...

در بخش طراحی و انجام آزمایش که مهم‌ترین بخش عملی آزمایش است، توصیه می‌شود که به‌صورت مرحله‌به‌مرحله و با شماره‌گذاری هر بخش انجام شود تا دانشجویان در حین انجام آزمایش مراحل را به‌صورت مشخص به اتمام رسانند و در صورت عدم نتیجه‌گیری مطلوب، هر مرحله را کنترل نمایند. در بخش ثبت نتایج، دانشجویان مقادیر عددی به‌دست‌آمده را در جداول مشخص جهت تحلیل ثبت نمایند. برای نتایج نموداری و گرافیکی، ثبت تصاویر به کمک تلفن همراه و انتقال آن به فایل گزارش جهت تحلیل دقیق مناسب‌تر خواهد بود.

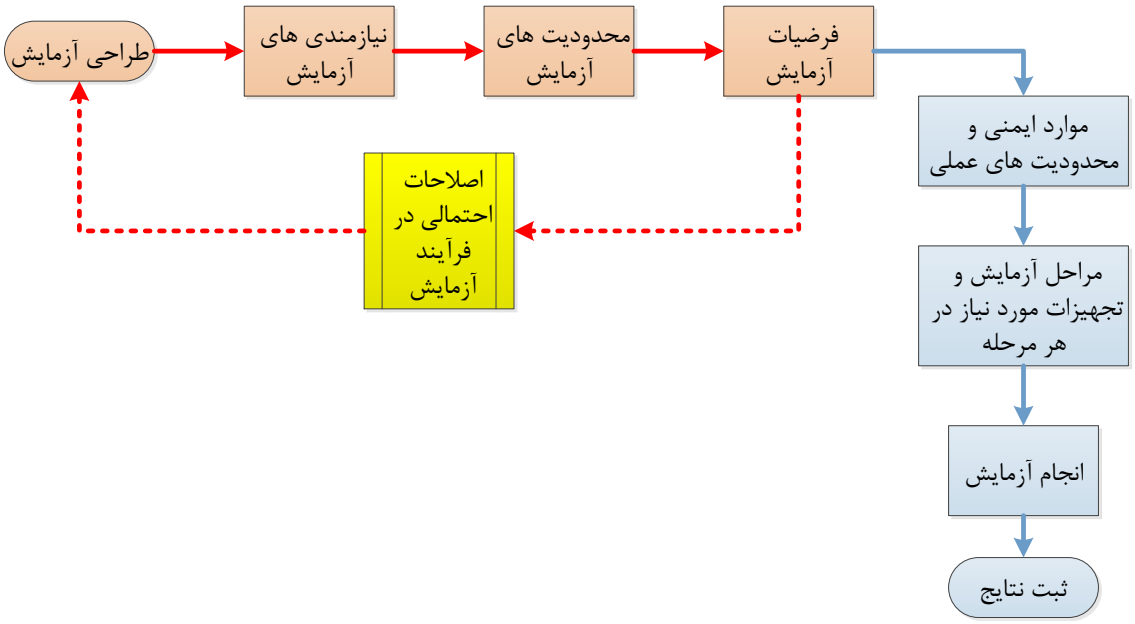
در بخش تحلیل نتایج که نقش اصلی در یادگیری مفاهیم مطرح در آزمایش را دارد، دانشجویان مقادیر اندازه‌گیری شده یا محاسبه‌شده از نتایج آزمایش را با مقادیر مورد انتظار از محاسبات تئوری و نیز نتایج شبیه‌سازی‌های نرم‌افزاری (در

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

صورت وجود) مقایسه نمایند. نزدیک بودن نتایج به‌دست‌آمده با مقادیر مورد انتظار و تحلیل علل اختلاف‌های ممکن در بعضی از آزمایش‌ها که موجب تکرار آزمایش یا فهم علت علمی این اختلاف می‌شود، مهم‌ترین دستاورد آزمایش خواهد بود.

برای عمق بخشیدن به فهم دانشجویان از آزمایش عملی که نتیجه آن یادگیری مهارت است، الگوی نشان داده‌شده در شکل ۲ پیشنهاد می‌شود:



شکل ۲: الگوی مفهومی انجام آزمایش‌های عملی به‌صورت گروهی

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

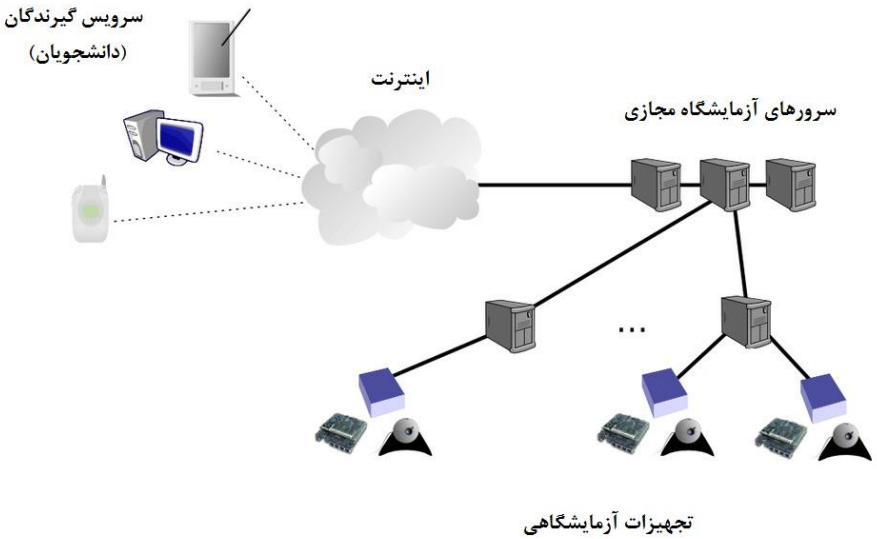
٤-۳- آموزش مجازی

انجام آزمایش به‌صورت مجازی و دسترسی به آزمایشگاه از راه دور یکی از راه‌هایی است که هزینه جاری آزمایشگاه که مربوط به مواردی نظیر مواد مصرفی، حق‌التدریس مدرسین و غیره است را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر امکان دسترسی تعداد زیادی از دانشجویان به آزمایشگاه فراهم است. همچنین برای دانشگاه‌هایی که بودجه راه‌اندازی و به‌روزرسانی آزمایشگاه‌های خود را ندارند، می‌توانند از امکانات آزمایشگاهی دانشگاه‌های دارای آزمایشگاه مجازی استفاده کنند. دانشگاه‌ها می‌توانند با ایجاد آزمایشگاه‌ها و قطب‌های مرجع که دارای قابلیت ارائه از راه دور و به‌صورت مجازی هستند، با به اشتراک گذاشتن امکانات خود با سایر دانشگاه‌ها کیفیت ارائه دروس عملی را ارتقا دهند.

یکی از نکات مهم که در راه‌اندازی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مجازی وجود دارد در دسترس بودن به‌صورت ٢٤ ساعته در ۷ روز هفته است. همچنین آزمایشگاه‌های مجازی هزینه اولیه راه‌اندازی و هزینه نگهداری بالایی دارند. از نیازمندی-های دیگر راه‌اندازی این آزمایشگاه‌ها، وجود سیستم رایانه‌ای پیشرفته و سیستم مخابراتی و اینترنتی جهت تبادل اطلاعات بین مدرس، دانشجویان و سخت‌افزارهای آموزشی است. در شکل ۳ تصویر بستر فیزیکی پیاده‌سازی یک نمونه از آزمایشگاه‌های مجازی نشان داده‌شده است. در این بستر دانشجویان با استفاده از ساختار پروتکل انتقال ابرمتن[1] (HTTP) و توسط رایانه یا تلفن همراه هوشمند از طریق اینترنت به سرور آزمایشگاه مجازی متصل می‌شوند. این سرورها در صورت گستردگی تجهیزات آزمایشگاه، شامل سرورهای محلی و سرورهای مرکزی خواهند بود. در سمت کاربر، یک برنامه کاربردی که روی رایانه یا تلفن همراه نصب شده وجود دارد که رابط گرافیکی تنظیمات و فرمان‌های دانشجو با تجهیزات آزمایشگاه خواهد بود. تجهیزات آزمایشگاه نیز باید قابلیت اتصال به شبکه را داشته باشند که از راه‌های مختلف نظیر ارتباط سریال (RS232) و گذرگاه سریال عمومی[2] (USB) امکان‌پذیر است. این شیوه برای آزمایشگاه‌هایی نظیر اتوماسیون صنعتی، میکروکنترلرها، مکاترونیک و ... قابل انجام است.

[1] Hypertext Transfer Protocol
[2] Universal Serial Bus

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]



شکل ۳: بستر فیزیکی پیاده‌سازی آزمایشگاه‌های مجازی

استفاده انفرادی یا ترکیبی از روش‌های نوین معرفی‌شده در این مقاله در کنار شیوه سنتی آموزش مهارتی، می‌تواند جبران‌کننده کاستی‌های موجود در آموزش دروس کارگاهی و آزمایشگاهی باشد و دانشگاه‌ها را در کنار صنایعی که با رشد خیره‌کننده درحال‌توسعه هستند، همراه نماید.

٤- ارزیابی روش‌های کمک‌آموزشی معرفی‌شده

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

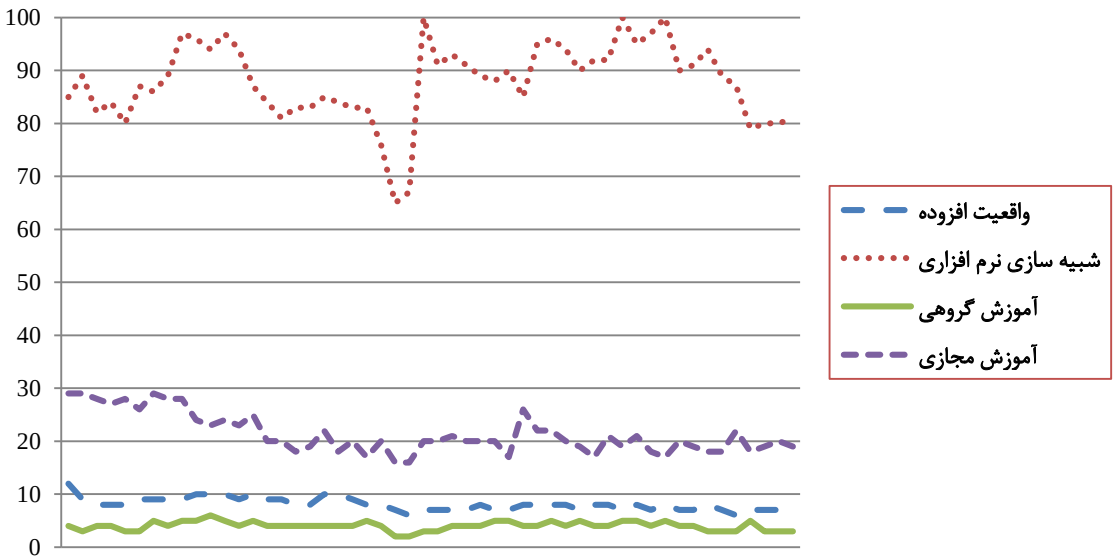
در این بخش با مطالعه موردی رشته مهندسی برق، هریک از روش‌های کمک‌آموزشی معرفی‌شده در بخش ۳، بر اساس شاخص‌هایی نظیر در دسترس بودن، هزینه تجهیزات و پیاده‌سازی، تأثیر در ارتقای سطح یاددهی و پوشش دادن سرفصل آموزشی مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرند.

۱-٤- در دسترس بودن

در دسترس بودن یک روش کمک‌آموزشی، یکی از مهم‌ترین عوامل در اثربخشی آن است. درصورتی‌که در یک محیط آموزشی اکثر دانشجویان امکان دسترسی به یک ابزار آموزشی را نداشته باشند سبب کاهش انگیزه استفاده مستمر از آن خواهد شد. برای ارزیابی امکان دسترسی به ابزارهای کمک‌آموزشی معرفی‌شده در این مقاله، میزان جستجوی هریک دریکی از مهم‌ترین موتورهای جستجوگر طی یک سال اخیر (۱٤۰۰-۱۳۹۹) به‌صورت نرمالیزه شده برحسب درصد استخراج شده و در شکل ٤ نشان داده شده است. این اطلاعات برحسب داده‌های جهانی است. همچنین آخرین آمار موجود در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که شبیه‌سازی نرم‌افزاری بیشترین میزان دسترسی را دارد درحالی‌که آموزش گروهی به دلیل محدودیت‌های سخت‌افزاری کمتر در دسترس است.

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]



شکل ٤: درصد نرمالیزه شده میزان دسترسی به هر یک از روش‌های کمک‌آموزشی معرفی‌شده در مقاله در طول یک سال اخیر

۲-٤- هزینه تجهیزات و پیاده‌سازی

هزینه اجرای هر برنامه آموزشی، یکی از عوامل مؤثر در انتخاب و اجرای آن است. با توجه به تفاوت سطح درآمد خانوارها در نقاط مختلف جهان، ارزان بودن اجرای یک برنامه کمک‌آموزشی نقش بسزایی در همه‌گیری آن خواهد داشت. روش‌های معرفی‌شده در این مقاله برای ارتقای سطح آموزش‌های عالی مهارتی با توجه ویژه به دروس آزمایشگاهی و کارگاهی رشته مهندسی برق، نیازمند تجهیزات و هزینه‌هایی هستند که ادامه به آن اشاره شده است.

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

روش کمک‌آموزشی واقعیت افزوده به تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری وابسته است. این تجهیزات در رشته مهندسی برق شامل اندازه‌گیری لحظه‌ای اطلاعات از سامانه‌ها، تجسم سه‌بعدی از تجهیزات و سامانه‌ها، راهنمایی‌های مرحله‌به‌مرحله از کار با دستگاه‌ها، نتایج برنامه‌های اسکادا در بستر وب، راهنمایی در خصوص اتخاذ تصمیم، تشخیص خطا و مدیریت خروج تجهیزات الکتریکی از شبکه است. همگی این موارد جزو هزینه‌های پیاده‌سازی واقعیت افزوده است. روش شبیه‌سازی نرم‌افزاری، نیازمند فراهم بودن سامانه‌های رایانه‌ای مناسب و دارای سیستم‌عامل، پردازنده، حافظه و گرافیک کافی است. علاوه بر این، تعدادی از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی گران‌قیمت به شمار می‌روند. هزینه آموزش گروهی بر اساس یک قاعده کلی ۷۵ درصد هزینه آموزش انفرادی است. ازاین‌رو در کنار مزیت‌های ارتقای کیفیت آموزش و روحیه کار تیمی کاهش هزینه را در پی خواهد داشت. در خصوص آموزش مجازی نیز فراهم بودن بستر سخت‌افزاری و نرم‌افزاری رایانه‌ای، اینترنت با سرعت و پهنای باند کافی و سامانه مدیریت یادگیری[1] مستلزم صرف هزینه‌هایی خواهد بود. بر اساس مطالب فوق هزینه تقریبی هریک از روش‌های کمک‌آموزشی در جدول ۲ ارائه شده است.

۳-٤- تأثیر در ارتقای سطح یاددهی

برای نشان دادن میزان تأثیرگذاری هر یک از روش‌های اشاره‌شده در این مقاله روی سطح یادگیری از شاخص ارتقای یادگیری[2] (LIF) استفاده می‌شود که بر اساس رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$LIF = \frac{ALI}{NLI} \quad (۱)$$

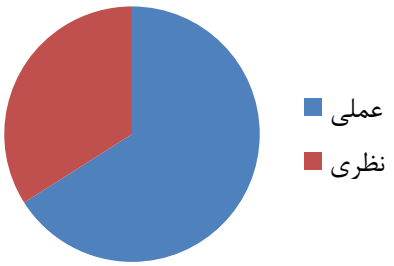
[1] Learning Management System
[2] Learning Improvement Factor

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

در این رابطه ALI بیانگر میزان یادگیری روش جدید[1] و NLI بیانگر میزان یادگیری روش معمول[2] است. نتایج ارزیابی روش‌ها بر اساس این شاخص در ستون ارتقای یادگیری جدول ۲ ارائه‌شده است که نشان می‌دهد همگی روش‌ها باعث بهبود کیفیت آموزش می‌شوند. در این میان تأثیر آموزش مجازی و شبیه‌سازی نرم‌افزاری بیشتر است.

٤-٤- پوشش دادن سرفصل آموزشی

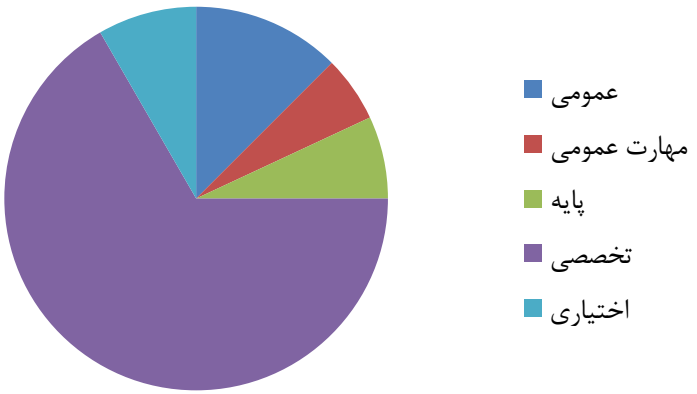
در این بخش سرفصل جدید رشته مهندسی برق در دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایران مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این مطالعه، تحلیل امکان به‌کارگیری روش‌های کمک‌آموزشی جدید معرفی‌شده در این مقاله است. این بررسی به‌صورت تفکیک‌شده برای کلیه دروس کارگاهی و آزمایشگاهی انجام‌شده است. شکل ۵ میزان دروس نظری و عملی (کارگاهی و آزمایشگاهی) رشته مهندسی برق و شکل ٦ دسته‌بندی نوع دروس این رشته را نشان می‌دهد.



شکل ۵: میزان سهم دروس نظری و عملی (کارگاهی و آزمایشگاهی) در برنامه درسی رشته مهندسی برق

[1] Advanced Learning Index
[2] Normal Learning Index

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]
[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]



شکل ٦: دسته‌بندی نوع دروس رشته مهندسی برق

با بررسی نوع دروس دسته‌بندی شکل ٦، در جدول ۱ نتایج امکان اعمال روش‌های کمک‌آموزشی برای آن‌ها نشان داده شده است. همچنین نتایج امکان پیاده‌سازی این روش‌ها برای دروس عملی تخصصی که شامل واحدهای کارگاهی و آزمایشگاهی می‌شود، در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: درصد امکان‌پذیر بودن پیاده‌سازی روش‌های کمک‌آموزشی معرفی‌شده در این مقاله بر انواع دروس رشته مهندسی برق

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

	نوع درس				
	عمومی	مهارت عمومی	پایه	تخصصی	اختیاری
واقعیت افزوده	۲۰	۵۰	۰	۷۰	۸٦
شبیه‌سازی نرم-افزاری	۰	۵۰	۰	۷۰	۱٤
آموزش گروهی	۲۰	۵۰	۰	۷٤	۲۹
آموزش مجازی	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	۷۱

جدول ۲: نتایج ارزیابی روش‌های کمک‌آموزشی بر اساس شاخص‌های معرفی‌شده

	شاخص			
	در دسترس بودن	هزینه (دلار)	ارتقای یادگیری	امکان‌پذیر بودن برای دروس عملی (٪)
واقعیت افزوده	۸	۳۰۰۰۰۰-۵۰۰۰	۱/۱٤	۸۵
شبیه‌سازی نرم-افزاری	۸۱	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰	۱/٤۳	۷۵
آموزش گروهی	۳	۰/۷۵ هزینه انفرادی	۱/۰۳	۸۵
آموزش مجازی	۱۹	۳٤۰۰	۱/۵۸	۱۰

تحلیل روش‌های آموزشی معرفی‌شده در این مقاله با توجه به دروس رشته مهندسی برق نشان می‌دهد که برای دروس عملی که به‌صورت کارگاهی و آزمایشگاهی هستند، روش‌های واقعیت افزوده، شبیه‌سازی نرم‌افزاری و آموزش گروهی روی درصد بالایی از دروس امکان اجراشدن دارند. درحالی‌که آموزش مجازی برای دروس نظری بیشتر قابل‌اجرا است.

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

درعین‌حال حتی برای دروس عملی نیز نمی‌توان نقش آموزش مجازی را نادیده انگاشت و برای نزدیک به ۳۰ درصد دروس عملی قابلیت اجرایی شدن دارد.

نتایج ارزیابی روش‌های آموزشی معرفی‌شده بر اساس شاخص‌های تعیین‌شده نشان می‌دهد که بر اساس شاخص در دسترس بودن، شبیه‌سازی نرم‌افزاری بیش از سایر روش‌ها قابلیت اجراشدن دارد درحالی‌که حداقل هزینه پیاده‌سازی آن نسبت به روش‌های دیگر بیشتر است. در مورد هزینه آموزش گروهی نمی‌توان مقایسه کمی انجام داد ولی نکته حائز اهمیت در خصوص این روش آن است که باعث کاهش ۲۵ درصدی هزینه آموزش در حالت کلی نسبت به آموزش انفرادی خواهد شد. شاخص ارتقای یادگیری برای همه روش‌ها نشانگر مؤثر بودن آن‌ها روی کیفیت سطح یادگیری است که این امر برای روش‌های آموزشی شبیه‌سازی نرم‌افزاری و آموزش مجازی بیشتر قابل‌توجه است. همچنین واقعیت افزوده و آموزش گروهی بیشترین نقش را در آموزش دروس عملی دارند و تأثیرگذاری آن‌ها در ارتقای سطح آموزش‌های مهارتی بیشتر است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله چالش‌های آموزش عالی مهارتی با رویکرد دروس آزمایشگاهی و کارگاهی موردتوجه قرار گرفت و با اشاره به محدودیت‌هایی نظیر هزینه تجهیز و به‌روزرسانی کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها و زمان کافی جهت آموزش دانشجویان، روش‌های جدیدی با تکیه‌بر فناوری‌های نوین ارتباطی و نرم‌افزاری معرفی گردید. واقعیت افزوده به‌عنوان یکی از ابزارهایی که تجهیزات آموزشی را به کمک تولیدات رایانه‌ای برای دانشجو قابل‌درک می‌سازد، موردمطالعه قرار گرفت. نشان داده شد که این ابزار، شفافیت موضوع طرح‌شده در تدریس را افزایش می‌دهد و تصور اولیه از مفهوم آموزشی در ذهن دانشجو ایجاد می‌کند که نقش مهمی در تسهیل امر یادگیری دارد. همچنین نشان داده شد که شبیه‌سازی نرم‌افزاری در کنار آموزش عملی در محیط فیزیکی برای دروس آزمایشگاهی و کارگاهی نقش مهمی در ارتقای درک

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

مسائل مهارتی، کاهش اضطراب دانشجویان در مواجهه با تجهیزات کارگاهی و ارتقای خلاقیت و نوآوری آنان دارد. در ادامه با تأکید بر آموزش گروهی در آموزش‌های مهارتی، دستاوردهای مهم این شیوه از آموزش شامل ایجاد توانمندی کار گروهی، تقسیم وظایف، تبادل اطلاعات بین گروه‌ها، اهمیت گزارش‌نویسی و افزایش بازدهی یادگیری مورداشاره قرار گرفت. در راستای بهره‌گیری بیشتر از فنّاوری‌های ارتباطی انجام آزمایش به‌صورت مجازی و دسترسی به آزمایشگاه از راه دور به همراه ملزومات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری معرفی شد و تأثیر آن در کاهش هزینه جاری آزمایشگاه و افزایش زمان دسترسی دانشجویان نشان داده شد. درنهایت بامطالعه موردی رشته مهندسی برق بر اساس سرفصل جدید بازنگری شده در دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایران، روش‌های معرفی‌شده با توجه به شاخص‌های در دسترس بودن، هزینه تجهیزات و پیاده‌سازی، تأثیر در ارتقای سطح یاددهی و پوشش دادن سرفصل آموزشی مورد تحلیل و ارزیابی کمی قرار گرفت و نشان دادن شد که این روش‌ها قابلیت اجرا و پیاده‌سازی روی دروس کارگاهی و آزمایشگاهی را دارا هستند و می‌توان در کنار آموزش‌های معمول از این روش‌ها به‌عنوان ابزار کمک‌آموزشی جهت ارتقای سطح آموزش‌های عالی مهارتی بهره برد.

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

منابع

- Alptekin, M., & Temmen, K. (2018). *Design concept and prototype for an augmented reality based virtual preparation laboratory training in electrical engineering*. Paper presented at the 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON).
- Balamuralithara, B., & Woods, P. C. (2009). Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. ***Computer Applications in Engineering Education***, *17*(1), 108-118.
- Bartsch, V., Ebers, M., & Maurer, I. (2013). Learning in project-based organizations: The role of project teams' social capital for overcoming barriers to learning. ***International Journal of Project Management***, *31*(2), 239-251.
- Beer, D. (1988). *Designing the electrical engineering lab report.* Paper presented at the IPCC'88 Conference Record'On the Edge: A Pacific Rim Conference on Professional Technical Communication'.
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality.
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education–cases, places and potentials. ***Educational Media International***, *51*(1), 1-15.
- Crawley, E., Lucas, W., & Brodeur, D. (2011). *An updated statement of goals for engineering education: The CDIO syllabus v2. 0.* Paper presented at the Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Technical University of Denmark.
- Darwazeh, A. N., & Branch, R. M. (2015). A revision to the revised Bloom's taxonomy. *2015 Annual Proceedings–Indianapolis*, *2*, 220-225.
- Daud, M. H., & Razali, Z. B. (2016). *UniMAP e-Lab for Electrical Engineering Technology: Future Online Laboratory Classes.* Paper presented at the MATEC Web of Conferences.
- de Vries, L. E., & May, M. (2019). Virtual laboratory simulation in the education of laboratory technicians–motivation and study intensity. ***Biochemistry and Molecular Biology Education***, *47*(3), 257-262.
- Edward, N. S. (2002). The role of laboratory work in engineering education: student and staff perceptions. ***International Journal of Electrical Engineering Education***, *39*(1), 11-19.
- Elawady, Y., & Tolba, A. S. (2009). Educational objectives of different laboratory types: A comparative study. ***arXiv preprint arXiv****:0912.0932*.

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]

- Faulconer, E. K., & Gruss, A. B. (2018). A review to weigh the pros and cons of online, remote, and distance science laboratory experiences. ***International Review of Research in Open and Distributed Learning***, *19*(2).
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. ***Journal of engineering Education***, *94*(1), 121-130.
- Grodotzki, J., Ortelt, T. R., & Tekkaya, A. E. (2018). Remote and virtual labs for engineering education 4.0: achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University. ***Procedia Manufacturing***, *26*, 1349-1360.
- Jamieson, M. V., & Shaw, J. M. (2017). *Applications of peer teaching and deep learning in engineering education course design.* Paper presented at the Proceedings of the 7th International Conference on Mechanics and Materials in Design.
- Khan, Z. H., & Abid, M. I. (2017). Role of laboratory setup in project-based learning of freshmen electrical engineering in Pakistan. ***International Journal of Electrical Engineering Education***, *54*(2), 150-163.
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. ***ACM Computing Surveys (CSUR)***, *38*(3), 7-es.
- Ménard, A. D., & Trant, J. F. (2020). A review and critique of academic lab safety research. ***Nature chemistry***, *12*(1), 17-25.
- Morales-Menendez, R., & Ramírez-Mendoza, R. A. (2019). Virtual/remote labs for automation teaching: A cost effective approach. ***IFAC-PapersOnLine***, *52*(9), 266-271.
- Rakhmonkulov, F., & Usarov, S. (2019). ORGANIZATION OF PRACTICAL AND LABORATORY ACTIVITIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS. ***European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*** *Vol*, *7*(12).
- Sutchenkov, A., & Tikhonov, A. (2018). *Electrical Engineering Materials Virtual Laboratory.* Paper presented at the 2018 IV International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino).
- Viegas, C., Pavani, A., Lima, N., Marques, A., Pozzo, I., Dobboletta, E., . . . Fidalgo, A. (2018). Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. ***Computers & Education***, *126*, 201-216.

[Downloaded from ihej.ir on 2026-09-15]

[DOR: 20.1001.1.20088000.1399.12.3.1.2]