تأملی در آموزش‌های مبتنی‌بر آزمایشگاه در رشته‌های مهندسی: پل ارتباطی بین تئوری و عمل

سیروس اسدیان[۱] و هانیه عیدی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۳

DOI: 10.22047/ijee.2025.505472.2154

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.4.8

چکیده: پژوهش حاضر وضعیت اجرای دروس آزمایشگاه‌محور را در رشته‌های فنی و مهندسی بررسی می‌کند. این پژوهش از نوع زمینه‌یابی است و جامعهٔ آماری آن همهٔ دانشجویان و دانش‌آموختگان دورهٔ کارشناسی را در رشته‌های فنی و مهندسی تا سال ۱۴۰۲ در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان شامل می‌شود. تعداد کل آنان ۵۳۲۱ نفر بود که ۳۵۷ نفر به‌عنوان نمونه انتخاب شد. در انتخاب حجم نمونه، از روش نمونه‌گیری تصادفی نظام‌مند استفاده کردیم. برای جمع‌آوری اطلاعات نیز پرسش‌نامهٔ محقق‌ساخته را به کار گرفتیم. روایی صوری و محتوایی پرسش‌نامه به تأیید پنج کارشناس آموزش با مدرک تحصیلی دکترا رسید. برای بررسی پایایی نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده کردیم که برای کل پرسش‌نامه ۰/۷۸۱ برآورد شد. به‌منظور تحلیل داده‌ها، علاوه‌بر آمار توصیفی برای پاسخ به پرسش‌های پژوهش، از آزمون‌های تی تک‌نمونه‌ای و فریدمن استفاده کردیم. یافته‌ها حاکی بود که وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در عناصر شش‌گانهٔ اهداف، محتوا، مواد و امکانات، فعالیت‌ها و روش‌ها، زمان یادگیری و فضای آموزش در حد بالاتر از متوسط قرار دارد. همچنین نتایج آزمون فریدمن بُعد محتوا را با بالاترین میانگین در رتبهٔ اول، بُعد فعالیت‌ها و روش‌ها را در رتبهٔ دوم و مؤلفهٔ اهداف را در رتبهٔ آخر نشان داد.

واژگان کلیدی: آزمایشگاه، دروس آزمایشگاهی، دروس عملی، آموزش مهندسی

۱- . دانشیار رشتهٔ مطالعات برنامهٔ درسی دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه شهید مدنی، آذربایجان،تبریز، ایران (نویسندهٔ مسئول) dr.sasadian@gmail.com

۲- . دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشتهٔ مطالعات برنامهٔ درسی دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه شهید مدنی، آذربایجان،تبریز، ایران. sanie137376@gmail.com

۱. مقدمه

مهندسان در تغییر جهان ازطریقِ اختراع و توسعهٔ فناوری‌های نوین نقش کلیدی ایفا می‌کنند که تأثیری بسزا بر رشد اقتصادی و کیفیت زندگی دارد. توجه به کیفیت آموزش مهندسان در حوزه‌های گوناگون همواره موضوعی حایز اهمیت بوده است. اگرچه پیشرفت‌های فناوری در مهندسی بسیار پُربار بوده است همچنان مشکلات پیچیده‌ای در حوزه‌های گوناگون وجود دارد که نیازمند توجه مهندسان است. از سوی دیگر، محل کار و فعالیت مهندسی در حال تغییر است. امروزه، بعید است فارغ‌التحصیلان مهندسی برای کل حرفهٔ خود در شرکتی خاص باقی بمانند و ممکن است در طول دوران حرفه‌ای خود بین نقش‌های مهندسی، مدیریتی و رهبری در استارت‌آپ‌ها، شرکت‌های کوچک یا سازمان‌های بزرگ در حال فعالیت و جابه‌جایی باشند. این امر ایجاب می‌کند مهندسان آینده، علاوه‌بر بُعد دانش و اطلاعات، ازنظرِ فنی و مهارتی توانمند باشند. در چنین وضعیتی، دانشکده‌های مهندسی همواره می‌بایست در اصلاح برنامه‌های درسی و شیوه‌های آموزشی خود برای رسیدن به چنین اهدافی تلاش کنند (Zappe et al., 2023).

براین‌اساس در عصر حاضر و با پیشرفت سریع فناوری و تحولات گستردهٔ علمی و صنعتی، دانشگاه‌ها، به‌ویژه در رشته‌های فنی و مهندسی، با چالش‌های جدیدی روبه‌رو هستند. یکی از ارکان اساسی تربیت مهندسان کارآمد آموزش‌های عملی و آزمایشگاهی است که به دانشجویان امکان می‌دهد تئوری‌های آموخته را در محیطی کنترل‌شده به کار گیرند و مهارت‌های ضروری به دست آورند. دروس آزمایشگاه‌محور پل ارتباطی بین دانش نظری و کاربردهای عملی هستند و نقشی تعیین‌کننده در آماده‌سازی دانش‌آموختگان برای ورود به جامعه و بازار کار دارند.

بااین‌حال، در اجرای مؤثر دروس یادشده همواره موانع و محدودیت‌هایی وجود داشته است. کمبود امکانات آزمایشگاهی، نبودِ نیروی انسانی متخصص، فرسوده‌بودن تجهیزات، و بی‌تناسبی سرفصل‌ها با نیازهای صنعت از چالش‌های پیش روی دانشگاه‌ها به‌شمار می‌رود. همچنین، در برخی موارد، به‌دلیل حجم بالای دروس نظری، زمان کافی به فعالیت‌های آزمایشگاهی اختصاص نمی‌یابد که این امر بر کیفیت یادگیری تأثیر منفی می‌گذارد (NAE, 2017).

ازآنجایی‌که برنامه‌های درسی رشته‌های تحصیلی دربرگیرندهٔ اهداف، مأموریت‌ها و راهبردهای اجرایی مربوط به آنهاست، یکی از راه‌های ارزشیابی وضعیت اجرای دروس در سطح دانشگاه و میزان موفقیت آنها توجه به برنامه‌های درسی مربوط از نگاه ذی‌نفعان، ازجمله دانشجویان، دانش‌آموختگان، استادان و کارشناسان، است. براساس دیدگاه کارشناسان حوزهٔ آموزش و پرورش، برنامه‌های درسی هر رشتهٔ تحصیلی متشکل از عناصر گوناگونی است. تایلر (Tyler, 1949) در کتاب خود با عنوان اصول اساسی برنامهٔ درسی و آموزش[1]، به چهار عنصر هدف، محتوا، روش و ارزشیابی اشاره می‌کند. تابا (Taba, 1962)

1- Basic principles of curriculum and instruction

نیز به شش عنصر تشخیص نیازها، تعیین اهداف، محتوا، سازمان‌دهی محتوا، انتخاب تجارب یادگیری و تعیین روش‌های ارزشیابی اشاره می‌کند. کلاین (Klein, 1991) تأکید می‌کند که برنامهٔ درسی دارای نه عنصر است: فعالیت‌های یادگیری، اهداف، محتوا، مواد آموزشی، راهبردهای یادگیری، گروه‌بندی، ارزشیابی، فضا، و زمان.

براین‌اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان موفقیت و توجه به عناصر شش‌گانهٔ برنامه‌های درسی (اهداف، محتوا، امکانات، فعالیت‌ها و روش‌ها، زمان آموزش و فضای یادگیری) رشته‌های مهندسی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان اجرا شده است. بدین‌منظور، تلاش کرده‌ایم به پرسش‌های تحقیق پاسخ دهیم:

پرسش ۱. وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در رشته‌های مهندسی در ابعاد شش‌گانه چگونه است؟

پرسش ۲. اولویت‌بندی وضعیت توجه به ابعاد شش‌گانهٔ برنامه‌های درسی آزمایشگاهی چگونه است؟

مقالهٔ حاضر تلاش می‌کند با تحلیل وضعیت موجود راهکارهای بهبود آن را مطرح کند. در ادامه، پس از مرور مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش، اطلاعات را به‌تفصیل بیان می‌کنیم و در پایان پیشنهادهای چگونگی ارتقای کیفیت آموزش‌های عملی را در رشته‌های مهندسی مطرح می‌کنیم.

۲. مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش

از آغاز آموزش رسمی مهندسی، تنشی بین نظریه و عمل وجود داشته است. در سال‌های آغازین، تمرکز اصلی در این رشته‌ها به‌روشنی بر عمل و آموزش مهارت بود. اولین مدرسهٔ مهندسی در ایالات متحد، آکادمی نظامی ایالات متحد[1] که در ۱۸۰۲ در وست‌پوینت[2] نیویورک تأسیس شد، بیشتر بر عمل متکی بود (Feisel & Rosa, 2005). در قرن نوزدهم، با ظهور انقلاب صنعتی، آموزش مهندسی همچنان عمدتاً عملی و مهارت‌محور بود و بیشتر بر آموزش آزمایشگاهی تأکید داشت. پس از آن و در فرایند اعتباربخشی به مهندسی که از مؤسسهٔ مهندسان شیمی آمریکا[3] در حدود ۱۹۲۵ و شورای مهندسان برای توسعهٔ حرفه‌ای[4] در ۱۹۳۲ آغاز شد، بیشتر بر نظریهٔ نسبت به عمل تأکید می‌شد به‌طوری‌که به عمل آزمایشگاهی کمتر توجه می‌شد و بیشتر بخشی ضمنی از آموزش مهندسی به‌شمار می‌آمد (Robin & Ottar, 2019). این تمایل بیشتر بدین دلیل تقویت شد که بسیاری از پیشرفت‌های فناوری در طول جنگ جهانی دوم را دانشمندان، نه مهندسان، ایجاد کرده بودند. این موضوع باعث شد انجمن آموزش مهندسی آمریکا، به‌استناد گزارش گرینتر (Grinter, 1995) نتیجه بگیرد که برنامه‌های مهندسی موجود بیش از حد به جنبه‌های عملی متمایل‌اند و تقویت علوم پایه (ریاضیات، فیزیک، شیمی) را توصیه کند.

با وجود تغییر به سمت برنامه‌های درسی نظری‌تر در رشته‌های مهندسی، بخش صنعت پیوسته

1- The U.S. Military Academy 2- West Point 3- American Institute of Chemical Engineers
4- Engineers' Council for Professional Development (ECPD)

به دانش‌آموختگان مهندسیِ با مهارت‌های عملی نیاز داشت. زمانی که شورای مهندسان برای توسعهٔ حرفه‌ای در حدود ۱۹۸۰ به‌عنوان هیئت اعتباربخشی به مهندسی و فناوری فعالیت خود را آغاز کرد مجدداً بر بهبود مهارت‌های عملی ازطریقِ آموزش‌های آزمایشگاهی و کارگاهی تأکید کرد (Estes, 2012). بنابراین، با معیارهای جدید مهندسی، تمرکز اصلی به‌طور درخورِتوجهی از یک استاندارد مبتنی‌بر برنامهٔ درسی تجویزی به رویکردی برپایهٔ پیامد تغییر کرد و شش مهارت جدید «حرفه‌ای» معرفی شد: مهارت‌های فرایندی، شامل ارتباطات، کارِ گروهی، درک اخلاق و تخصص‌گرایی، و مهارت‌های آگاهی‌بخشی، شامل مهندسی در بستر جهانی و اجتماعی، یادگیری مادام‌العمر و آگاهی از مسائل معاصر. این مهارت‌ها به‌طور غیرمستقیم با فعالیت‌های آزمایشگاهی و کارگاهی مرتبط بودند (Robin & Ottar, 2019).

مهندسی رشته‌ای عملی و مهارت‌محور است که به کاربرد نظریه‌ها و روش‌های علمی در رفع مشکلات دنیای واقعی می‌پردازد. حوزهٔ مهندسی به بهره‌برداری و تغییر سه منبع بنیادینی اختصاص دارد که بشر برای ایجاد همهٔ فناوری‌ها در اختیار دارد: انرژی، مواد و اطلاعات. هدف کلی آموزش مهندسی آماده‌سازی دانشجویان برای عمل درزمینهٔ مهندسی، به‌ویژه مقابله با نیروها و مواد طبیعی، است. بنابراین ــ همان‌گونه‌که پیش‌تر اشاره کردیم ــ از روزهای اولیهٔ آموزش مهندسی آزمایشگاه‌های آموزشی بخش اساسی برنامه‌های درسی کارشناسی و در برخی موارد کارشناسی ارشد بوده‌اند. درواقع، پیش از تأکید بر علم مهندسی می‌توان گفت بیشتر آموزش‌های مهندسی در آزمایشگاه‌ها داده می‌شد (Feisel & Rosa, 2005) اما به نظر می‌رسد در سال‌های اخیر چالش‌ها و کاستی‌هایی دراین‌خصوص به وجود آمده است.

یک گروه بین‌المللی از متفکران برجستهٔ حوزهٔ فناوری به بررسی و شناسایی چالش‌های عمدهٔ مهندسی در قرن بیست و یکم پرداخته و در مطالعات خود به چهارده چالش مهم و اساسی اشاره کرده‌اند. اولین چالش ارتقای یادگیری در حوزهٔ آموزش مهندسی است (NAE, 2017).

امروزه، فناوری‌ها محرک حیاتی توسعهٔ اقتصادی به‌شمار می‌آیند. مهندسان در مدیریت مؤثر فناوری نقش اساسی دارند. آموزش مهندسانی که به‌طور موفقیت‌آمیز با زمینه‌های درحال‌تغییر فناوری‌ها و سیستم‌های پیچیده سازگار شوند چالشی اساسی است (Mirtchev, 2022). بنابراین، استعدادها و توانایی‌هایی که جامعه از متخصصان آیندهٔ خود انتظار دارد جنبه‌ای مهم است که می‌بایست در طراحی هر راهبرد آموزشی بدان توجه شود. تغییرات فناورانه، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی، با توجه به آنچه شرکت‌ها از متخصصان خود نیاز دارند، رویکردهای جدیدی را تعریف می‌کند. مدت‌هاست برخی از شرکت‌های فناور نکات ذیل را کمبودهای بخش آموزش دانشگاه برمی‌شمارند:

- ناکافی‌بودن آمادگی در تحقیق
- تأکید بیش‌ازحد برآموزش نظری و کم‌رنگ‌شدن بخش عملی دانش به‌شکل عمومی، غیرتخصصی و ناکارآمد
- آمادگی ناچیز در هدایت و راهبری نیروی انسانی (De los Rios et al., 2010)

امروزه، مفهوم شایستگی‌ها از ارکان مهم دنیای حرفه‌ای و عنصر کلیدی هر الگوی آموزشی است. در حال حاضر، جامعه بیش از کارشناسان آزموده به متخصصان شایسته نیاز دارد. مطالعات متعدد در سراسر جهان یادگیری مبتنی‌بر پروژه و مهارت‌محور را مناسب‌ترین رویکرد توسعهٔ آموزش‌های برپایهٔ شایستگی و مهارت‌ورزی معرفی می‌کنند (برای نمونه، Chinnowsky et al., 2006; Gijselaers, 1996; Johnson, 1999; Padmanadhan & Katti, 2002). یادگیری مبتنی‌بر پروژه رویکردی آموزشی است که در آن فراگیران با درگیرشدن فعال در دنیای واقعی مسائل/چالش‌های پیچیده را یاد می‌گیرند.

یادگیری فعال با ایجاد اعتمادبه‌نفس و فضایی بدون ترس از شکست دانشجویان را به گفت‌وگوی آزادانه دربارهٔ ایده‌ها ترغیب می‌کند. این روش که براساس احترام به سرعت یادگیری فردی استوار است محیط کلاس را شاداب و گفت‌وگومحور می‌سازد (Jaroenkhasemmeesuk et al., 2023). براین‌اساس، کارگروه یورو-کیس (Euro-CASE Committee, 2020) به هفت عامل مهم اشاره می‌کند که بر آیندهٔ آموزش مهندسی اثرگذارند:

۱. گسترش فراگیر دانش و تغییر الگوی یادگیری
۲. چالش‌های بزرگ اجتماعی و مهندسی
۳. نیروهای بازار و ادغام با اقتصاد
۴. غیرانحصاری‌بودن و دسترسی آزاد
۵. رقابت‌پذیری بازارها و تأمین مالی
۶. جهانی‌شدن دامنهٔ عمل
۷. فناوری‌های دیجیتال و نوآوری در آموزش

در طول دو دههٔ گذشته، تلاش‌های زیادی برای بهبود آموزش مهندسی شده که از آن جمله است: ایجاد پیشرفت در آموزش یادگیرنده‌محور؛ معرفی طراحی و سایر مفاهیم و تجربیات مهندسی در برنامه‌های درسی؛ تأمل در کیفیت ارزیابی عملکرد تحصیلی در رشته‌های مهندسی، و ایده‌های جدید دربارهٔ نحوهٔ جذب، حفظ و فارغ‌التحصیل‌شدن دانشجویان این رشته‌های مهندسی (Mirtchev, 2022). در گزارش اخیری که آکادمی ملی علوم و مهندسی آلمان[1] منتشر کرده، بر اهمیت مهارت‌ها و توسعهٔ آنها در محیط کار درحال‌تغییر سریع تأکید شده است. از ۲۰۱۱، پیمان کیفیت تدریس که به‌طور مشترک توسط دولت‌های ایالتی و دولت مرکزی آلمان تأمین مالی می‌شود بیش از ۲۵۰ پروژه را در حدود ۱۸۵ مؤسسهٔ آموزش عالی تا ۲۰۲۰ تأمین مالی کرده است. هدف اصلی این پیمان بهبود وضعیت تحصیلی و کیفیت تدریس همهٔ زمینه‌های آموزشی در سراسر آلمان است. در تلاقی بین تقاضای روزافزون صنعت درخصوص مهندسانی که بهتر با چالش‌های صنعت مقابله می‌کنند و افزایش کیفیت تدریس، پروژهٔ

1- German National Academy of Science and Engineering

همکاری تدریس و یادگیری ممتاز در علم مهندسی در مرکز توسعهٔ راهبردهای جدید آموزش مهندسی قرار گرفته است. اهمیت بالای یادگیری مبتنی‌بر آزمایش در آموزش مهندسی به‌همراه افزایش تعداد دانشجویان موجب توسعهٔ آزمایشگاه‌های مدرن شده است که به استفادهٔ مؤثر و کارآمد از دستگاه‌ها و امکانات موجود منجر خواهد شد (Grodotzki et al., 2018).

بنابراین، بدیهی است که دانشجویان رشته‌های مهندسی به چیزی فراتر از ابزارهای کلامیِ انتقال دانش در کلاس درس نیاز دارند. برای بسیاری از آنان یادگیری به‌واسطهٔ تجربه سودمند است. با تعریف یادگیری به‌مثابهٔ فرایند ایجاد دانش ازطریقِ بازسازی تجربه، می‌بینیم که تجربه یا از راه بازتاب درونی یا دستکاری فعال جهان بیرونی گسترش می‌یابد (Morton & Uhomoibhi, 2011). برای اینکه برنامه‌های درسی به هر دو هدف (بازتاب درونی و دستکاری فعال جهان بیرونی) برسند می‌بایست قابلیت تسهیل مشارکت دانشجویان در فعالیت‌های یادگیری عملی را داشته باشند. دسترسی به تجربه و آزمایش فعال ازطریقِ فعالیت‌های آزمایشگاهی و عملی به دانشجویان امکان می‌دهد با استفاده از سبک یادگیری ترجیحی خود بیاموزند. این موضوع عنصر اساسیِ ایجاد نگرش مثبت به مهندسی و همچنین تقویت درک یادگیرنده و بهبود عملکرد او در حوزهٔ مهندسی قلمداد می‌شود (Aladejana & Aderibigbe, 2007; Aziz & Chassapis, 2007).

آموزش‌های مهارتی و دروس آزمایشگاهی فرایند آماده‌سازی دانشجویان برای کسب مهارت‌های عملی و فنی، شناخت فرصت‌های درآمدزایی و کسب بینش موفقیت در عمل و حرفهٔ آینده است. این موضوع به‌ویژه در رشته‌های فنی و مهندسی دارای اهمیتی دوچندان است (Olugbola, 2017). فعالیت علمی و آزمایشگاهی در آموزش امری حیاتی است. ازاین‌رو، آزمایش‌ها در برنامهٔ درسی ادغام می‌شوند تا دانشجویان را آمادهٔ تجربه و تمرین قبل از فارغ‌التحصیلی کنند (Salim et al., 2012) شانا و ابولیبده (Shana & Abulibdeh, 2020) معتقدند مؤثرترین روش آموزش فعالیتی به دانشجویان درخواست انجام کاری از آنان است. بنابراین، دانشجویان در آزمایشگاه مهارت‌هایی را با تمرین‌کردن می‌آموزند که به‌صورت نظری قابل‌یادگیری نیستند. با شرکت در فعالیت‌های آزمایشگاهی، آنان فرصت می‌یابند مهارت‌های عملی خود را توسعه دهند. همچنین در معرض گزارش‌نویسی و سایر مهارت‌های عمومی، مانند کارِ گروهی و مهارت‌های ارتباطی، قرار می‌گیرند مهارت فنی آنان نیز بهبود می‌یابد (Krivikas & Krivikas, 2007).

نمایش‌دادن فرایند آزمایش/فعالیت علمی در آزمایشگاه با تدریس در کلاس درس یا سخنرانی تفاوت زیادی دارد زیرا نیازمند به طیف وسیع‌تری از مهارت‌هاست. مدرسان در آزمایشگاه می‌بایست بدانند چگونه آموزش دهند، چگونه دانشجویان را مدیریت کنند و چگونه ابزارها و مواد را به کار ببرند، بر ایمنی آزمایشگاه نظارت کنند و، مهم‌تر از همه، آسیب‌ها و چالش‌های راه آموزش را شناسایی و خنثی کنند. نتایج برخی پژوهش‌ها حاکی است که مدرسان آزمایشگاه‌ها در بیشتر اوقات از دانش نظری کافی در موضوع مدنظر برخوردارند اما در بُعد مهارتی کاستی‌هایی دارند. روشن است که در محیط‌های

آزمایشگاهی و کارگاهی بِعد مهارت و دست‌ورزی بیش از انتقال دانش و اطلاعات در نظر است. از سوی دیگر، برنامه‌های درسی می‌بایست به‌گونه‌ای طراحی شوند که دانش و مهارت کافی را در دانشجویان ایجاد و آنان را آمادهٔ درگیرشدن در تجربیات اصیل یادگیری در محیط‌های آزمایشگاهی مهیا بکنند (Nikolic et al., 2015). تجربیات یادگیری در محیط‌های آزمایشگاهی و کارگاهی منجر به ارتقای توانایی‌های کار گروهی، تقویت مهارت‌های عملی، توسعهٔ استدلال علمی، درک پیچیدگی و ابهام کار تجربی و پرورش علاقه به یادگیری می‌شود (Rathod & Kalbande, 2016). همچنین تحقیقات درزمینهٔ آموزش مهندسی و حوزه‌های مربوط به آموزش و یادگیری بر اهمیت یادگیری گروهی در دستیابی به نتایج آموزشی گوناگون، ازجمله یادگیری بادوام و حل مسئله و آماده‌سازی شغلی، تأکید می‌کنند (Barron & Darling-Hammond, 2008؛ Hmelo-Silver & Chinn, 2016).

تأکید بر آزمایشگاه‌ها در طول سال‌ها نوسان داشته چنان‌که توجه زیادی به برنامهٔ درسی و روش‌های تدریس شده اما کمتر دربارهٔ آموزش آزمایشگاهی نگاشته شده است؛ برای مثال، براساس مقالات نشریهٔ آموزش مهندسی از ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۷، مشخص شده است که فقط در ۶/۵ درصد از مقالات «آزمایشگاه» کلیدواژه بوده است. از ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲، این نسبت حتی کمتر شده و به ۵/۲ درصد رسیده است. یکی از دلایل پژوهش محدود دربارهٔ آزمایشگاه‌های آموزشی توافق‌نداشتن بر سر اهداف اساسی تجربهٔ آزمایشگاهی است درحالی‌که به نظر می‌رسد توافق عمومی بر این است که آزمایشگاه‌ها ضروری هستند. البته ضروری است که سه نوعِ اساسی آزمایشگاه‌های مهندسی را از هم جدا کنیم: توسعه، تحقیق و آموزش. این آزمایشگاه‌ها ویژگی‌های مشترک زیادی دارند اما تفاوت‌های بنیادین هم دارند (Feisel & Rosa, 2005).

براساس آنچه بیان کردیم، مشخص شد آزمایشگاه‌ها هرچند فرازوفرودهایی داشته‌اند همواره جزء جدایی‌ناپذیری از آموزش در رشته‌های فنی و مهندسی بوده و مانند حلقهٔ واصل بین نظریه و عمل در برنامه‌های درسی این رشته‌ها عمل کرده‌اند. همان‌طورکه پیش‌تر گفتیم، متأسفانه، شمار تحقیقات دربارهٔ آزمایشگاه‌ها و نقش آنها در فرایند یاددهی و یادگیری اندک است؛ برای نمونه، بشکزی و معماریان (Boshkazi & Memarian, 2022) در پژوهش خود روی آزمایشگاه شبیه‌سازی در الکترومغناطیس متمرکز شده و به چالش‌ها و دستاوردهای آن اشاره کرده‌اند. اکبری پردنجانی و صالحی (Akbari Pordenjani & Salehi, 2022) نیز دربارهٔ استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی و ازراه‌دور در آموزش مهندسی پژوهشی کرده و اذعان دارند که در آیندهٔ نزدیک آزمایشگاه‌های مجازی در همهٔ زمینه‌های آموزشی به‌طور وسیع به کار خواهند رفت و به کمبود رویکردهای نظری و روش‌شناختی دراین‌خصوص اشاره کرده‌اند. خلیلی و همکاران (Khalili et al., 2023) در تحقیق خود الگویی برای برنامهٔ دروس آزمایشگاهی رشته‌های فنی و مهندسی طراحی کرده‌اند.

با توجه به کمبودهای پژوهشی دراین‌باره، پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در رشته‌های فنی و مهندسی صورت گرفته است و درنهایت، با جمع‌آوری داده‌ها

دراین‌خصوص، اطلاعات جامعی دربارهٔ هریک از ابعاد شش‌گانهٔ برنامهٔ درسی، شامل اهداف، محتوا، مواد و امکانات، فعالیت‌ها و روش‌های آموزش، زمان و فضای آموزش، به دست می‌دهد و پیشنهادهایی هم برای بهبود وضعیت مطرح می‌کند.

۳. روش تحقیق

پژوهش حاضر ازلحاظِ هدف در زمرهٔ پژوهش‌های کاربردی و ازنظرِ ماهیت جزو تحقیقات توصیفی از نوع زمینه‌یابی است. جامعهٔ آماری پژوهش شامل همهٔ دانشجویان و دانش‌آموختگان دورهٔ کارشناسی رشته‌های فنی و مهندسی در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان تا ۱۴۰۲ می‌شود که دستِ‌کم یکی از دروس آزمایشگاهی خود را گذرانده‌اند که، مطابق آمار اداره‌کل آموزش دانشگاه، تعداد کل آنان برابر با ۵۳۲۱ نفر است. برای برآورد حجم نمونه، از جدول کرجسی و مورگان[1] استفاده و ۳۵۷ نفر را به‌عنوان نمونه انتخاب کردیم. با توجه به دسترسی به شماره‌های دانشجویی جامعهٔ آماری و منظم‌شدن آنها از قبل، از روش نمونه‌گیری تصادفی نظام‌مند برای انتخاب حجم نمونه استفاده کردیم که از روش‌های نمونه‌گیری احتمالی است که در آن نمونه‌ها منظم و با فاصله‌ای ثابت از جامعهٔ آماری انتخاب می‌شوند. این روش زمانی مناسب است که جامعهٔ آماری ساختار منظمی داشته باشد و هیچ الگوی تکراری (چرخه‌ای) در داده‌ها وجود نداشته باشد. برای جمع‌آوری اطلاعات، از پرسش‌نامهٔ ۲۸گویه‌ای محقق‌ساخته استفاده کردیم که وضعیت اجرای دروس آزمایشگاه‌محور را در ابعاد شش‌گانهٔ اهداف، محتوا، امکانات، فعالیت‌ها و روش‌ها، زمان آموزش و فضای یادگیری، در طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت (خیلی زیاد، زیاد، متوسط ۳، کم و خیلی کم)، می‌سنجید. روایی صوری و محتوایی پرسش‌نامه به تأیید پنج متخصص علوم تربیتی با درجهٔ تحصیلی دکتری رسید. برای بررسی پایایی نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده کردیم که برای کل پرسش‌نامه ۰/۷۸۱ برآورد شد. به‌منظور تحلیل داده‌ها، در بخش آمار توصیفی از فراوانی، درصد، میانگین و انحراف معیار، و در بخش آمار استنباطی، برای پاسخ به سؤال‌های پژوهش، از آزمون تی تک‌نمونه‌ای[2] و آزمون فریدمن[3] استفاده کردیم.

۴. یافته‌ها

در این بخش، نتایج پژوهش را بررسی و تحلیل می‌کنیم. همان‌گونه‌که آماره‌های توصیفی جدول ۱ نشان می‌دهد، میانگین بُعد اهداف ۱۵/۵۵، محتوا ۲۸/۱۶، امکانات ۱۳/۷۷، فعالیت‌ها و روش‌ها ۱۴/۳۱، زمان آموزش ۱۳/۴۵، فضای یادگیری ۱۰/۰۲ و میانگین کل ۹۵/۷۸ بود. بازهٔ پاسخ‌های نمونهٔ آماری را به پرسش‌نامهٔ تحقیق در جدول ۱، ستون کمینه و بیشینه، آورده‌ایم. این دو ستون نشان‌دهندهٔ محدودهٔ نمره‌های هر پرسش یا مجموع مقیاس‌هاست.

1- Krejcie & Morgan 2- One sample t-Tset 3- Friedman Test

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی ابعاد شش‌گانه

ابعاد شش‌گانه	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف استاندارد
اهداف	۶	۲۵	۱۵/۵۵	۵/۱۳
محتوا	۱۸	۴۰	۲۸/۱۶	۳/۷۹
امکانات	۶	۲۰	۱۳/۷۷	۲/۶۸
فعالیت‌ها و روش‌ها	۷	۲۰	۱۴/۳۱	۲/۷۱
زمان آموزش	۶	۲۰	۱۳/۴۵	۲/۷۱
فضای یادگیری	۴	۱۵	۱۰/۰۲	۲/۴۰
کل	**۷۶**	**۱۳۰**	**۹۵/۷۸**	**۹/۹۰**

در ادامه، برای پاسخ به پرسش اول پژوهش، از آمار استنباطی و به‌طور خاص آزمون تی تک‌نمونه‌ای استفاده شده کرده‌ایم اما پیش از به‌کارگیری آمار پارامتریک باید از توزیع نرمال داده‌ها اطمینان می‌یافتیم. بدین‌منظور، از آماره‌های چولگی[1] و کشیدگی[2] استفاده کردیم که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. آمارهٔ چولگی و کشیدگی برای بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌ها

ابعاد آماره	اهداف	محتوا	امکانات	فعالیت‌ها و روش ها	زمان	فضا	کل
چولگی	-۰/۴۴۰	-/۰۰۶	-۰/۴۲۷	-۰/۳۰۸	۰/۲۱۰	-۰/۰۹۴	۰/۷۵۵
کشیدگی	-۰/۹۹۶	-۰/۱۷۹	-۰/۱۹۷	-۰/۵۶۱	-۰/۲۶۶	-۰/۶۴۳	۰/۴۰۵

در حالت کلی، چنانچه چولگی و کشیدگی در بازهٔ ۲ تا ۲- نباشد داده‌ها توزیع نرمال ندارند. در پژوهش حاضر، ازآنجایی‌که میزان چولگی و کشیدگی در مؤلفه‌های مطالعه‌شده در بازهٔ ۲ تا ۲- قرار داشتند توزیع داده‌ها نرمال است.

پرسش اول پژوهش: وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در رشته‌های مهندسی در ابعاد شش‌گانه چگونه است؟

به‌منظور پاسخ به پرسش اول پژوهش، از آزمون پارامتریک تی تک‌نمونه‌ای استفاده کردیم.

جدول ۳. تحلیل تی تک‌نمونه‌ای برای بررسی وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در رشته‌های مهندسی در ابعاد شش‌گانه

ابعاد شش‌گانه	میانگین	نمرهٔ معیار	انحراف استاندارد	t	Sig	حجم جامعه
اهداف	۱۵/۵۵	۱۵	۵/۱۳	۲/۰۱۱	۰/۰۴۵	۳۵۷
محتوا	۲۸/۱۶	۲۸	۳/۷۹	۲۰/۷۲۹	۰/۰۰۰	۳۵۷
امکانات	۱۳/۷۷	۱۲	۲/۶۸	۱۲/۵	۰/۰۰۰	۳۵۷
فعالیت‌ها و روش‌ها	۱۴/۳۱	۱۲	۲/۷۱	۱۶/۱۰۶	۰/۰۰۰	۳۵۷
زمان آموزش	۱۳/۴۶	۱۲	۲/۷۱	۱۰/۰۸۲	۰/۰۰۰	۳۵۷
فضای یادگیری	۱۰/۰۲	۹	۲/۴	۸/۰۳۹	۰/۰۰۰	۳۵۷
کل	**۹۵/۷۸**	**۸۴**	**۹/۹**	**۲۲/۴۷۷**	**۰/۰۰۰**	**۳۵۷**

1- Skewness 2- Kurtosis

همان‌گونه‌که در جدول ۳ مشاهده می‌کنید، میانگین مؤلفهٔ اهداف ۱۵/۵۵ با انحراف استاندارد ۵/۱۳، میانگین مؤلفهٔ محتوا ۲۸/۱۶ با انحراف استاندارد ۳/۷۹، میانگین مؤلفهٔ مواد و امکانات ۱۳/۷۷ با انحراف استاندارد ۲/۶۸، میانگین مؤلفهٔ فعالیت‌ها و روش‌ها ۱۴/۳۱ با انحراف استاندارد ۲/۷۱، میانگین مؤلفهٔ زمان یادگیری ۱۳/۴۶ با انحراف استاندارد ۲/۴ و میانگین مؤلفهٔ فضای آموزشی ۱۰/۰۲ با انحراف استاندارد ۲/۴ به دست آمده است؛ همگی به‌طور معناداری ($p<0/05$) از میانگین مطلوب بیشتر بودند که حاکی از وضعیت مناسب اجرای ابعاد شش‌گانه در دروس آزمایشگاهی در سطح دانشگاه است. علاوه‌براین، میانگین کل وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی ۹۵/۷۸ با انحراف استاندارد ۹/۹ بود که به‌طور معناداری ($p<0/05$) از میانگین مطلوب (۸۴) بیشتر بود.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد ازنظرِ دانشجویان دروس آزمایشگاهی تا حد زیادی اهداف قصدشدهٔ خود را در عمل محقق ساخته‌اند. این نتیجه حاکی است که دانشگاه در آموزش دروس آزمایشگاهی به دانشجویان مؤثر عمل کرده و این امر تأثیر مثبتی بر یادگیری دانشجویان گذاشته است. دانشگاه و مسئولان آن وضعیتی فراهم کرده‌اند تا دانشجویان با دنبال‌کردن روشی مشخص به نتیجه‌ای ازپیش‌تعیین‌شده دست یابند. این موضوع به آنان امکان داده است مواد و تجهیزات را دستکاری کنند، روش‌های استاندارد را یاد بگیرند، داده‌ها را جمع‌آوری و تفسیر کنند و درنهایت گزارشی دربارهٔ یافته‌های خود بنویسند. در ادبیات تخصصی نیز تأکید شده است که کار عملی برای آموزش و یادگیری علمی ضروری است و کار عملی باکیفیت خوب به توسعهٔ درک دانشجویان از فرایندها و مفاهیم علمی کمک می‌کند (Shana & Abulibdeh, 2020). نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش جوادیان و همکاران (Javadian et al., 2002) هم‌سوست چراکه آنان نیز وضعیت اجرای دروس عملی را خوب ارزیابی کرده‌اند.

تدوین اهداف معیّن و از سویی روشن و دست‌یافتنی برای هر درس آزمایشگاهی منجر به پیشرفت‌های ملموس در یادگیری دانشجویان خواهد شد. اهداف متناسب و قابل‌اندازه‌گیری سبب می‌شوند دانشجویان تمرکز بیشتری روی درس داشته باشند و نتایج مطلوبی در فرایند یادگیری خود به دست آورند. بسیاری از محققان بر لزوم شفافیت اهداف دروس آزمایشگاهی تأکید کرده‌اند. از سوی دیگر، اهداف می‌بایست مرتبط با محتوای دروس باشند تا پیوندی منطقی میان تئوری و عمل ایجاد کنند. این ارتباط موجب می‌شود دانشجویان طیف وسیع‌تری از مهارت‌ها و دانش را کسب کنند که کاربردی و مرتبط با زندگی واقعی باشند.

بخش دیگری از یافته‌های پژوهش نشان داد محتوای برنامهٔ درسی دروس آزمایشگاه‌محور تا حد زیادی رضایت نسبی دانشجویان را به دست آورده است. به نظر می‌رسد دانشگاه در این بُعد نیز با رعایت اصول و استانداردهای مرتبط یادگیری مؤثر و بادوامی برای دانشجویان رقم زده است. یکی از علل مهم رضایت دانشجویان از محتوای دروس آزمایشگاهی ارتباط مستمر دانشگاه‌ها با صنعت و استفاده از فناوری‌های نوین است. با توجه به پیشرفت‌های سریع فناوری‌های مهندسی، ضروری است

محتوای آموزشی با نیازهای روز صنعت همگام باشد. تحقیقات نشان داده‌اند پیوند آموزش و صنعت منجر به آموزش مفاهیم علمی و فنی باکیفیت بالاتر می‌شود (Perkins & Neumayer, 2014). بنابراین، استادان با دعوت از متخصصان صنعت به‌روزترین فناوری‌ها و کاربردهای عملی را به دانشجویان خود معرفی می‌کنند. از سوی دیگر، در سطح دانشگاه، استادان تلاش کرده‌اند محتوای تجربی و پروژه‌های عملی را در دروس آزمایشگاهی بگنجانند. این امر به دانشجویان امکان داده است مفاهیم نظری را در عمل مشاهده و تجربه کنند. این نوع یادگیری باعث می‌شود دانشجویان درک بهتری از مفاهیم نظری پیدا کنند و آنها را در سناریوهای واقعی به کار ببرند. انتقال محتوای علمی و فنی به‌روز و معتبر توسط استادان نیز کلید یادگیری مؤثر دانشجویان به‌شمار می‌آید. استادان می‌بایست توانایی تحلیل منابع علمی معتبر و استفاده از مقالات و کتاب‌های جدید را در آموزش محتوای دروس آزمایشگاهی داشته باشند. مطالعات نشان می‌دهد استفاده از فضاهای علمی و منابع معتبر کیفیت یادگیری را ارتقا می‌بخشد و دانشجویان با مباحثه دربارهٔ مفاهیم جدید می‌توانند دانش خود را عمق دهند.

از دیگر عوامل کلیدی در یادگیری مؤثر دروس آزمایشگاهی کیفیت مواد و امکانات موجود در آزمایشگاه‌هاست. یافته‌های این تحقیق نشان داد دانشجویان از وضعیت مواد و امکانات آزمایشگاهی رضایت دارند و معتقدند دانشگاه در این بُعد نیز عملکرد درستی داشته است. وجود مواد و تجهیزات باکیفیت و به‌روز آزمایشگاهی در دانشگاه‌ها شاهدی بر این مدعاست و نقش مهمی در یادگیری دانشجویان ایفا می‌کند. هنگامی که دانشجویان با ابزارها و فناوری‌های پیشرفته کار می‌کنند قادر به اجرای دقیق‌تر آزمایش‌ها و درک بهتر مفاهیم علمی هستند. تحقیقات نشان داده‌اند دسترسی به تجهیزات مدرن به دانشجویان امکان می‌دهد تجربیات یادگیری بهتری کسب و مهارت‌های عملی خود را تقویت کنند. وقتی دانشجویان به‌راحتی به مواد اولیه و تجهیزات موردنیاز برای آزمایش‌های خود دسترسی دارند بی‌وقفه به یادگیری و آزمایش می‌پردازند. این فرایند جریان یادگیری را سرعت می‌بخشد و به دانشجویان امکان می‌دهد مباحث نظری را بهتر درک کنند و توانایی‌های فنی خود را توسعه دهند (Issah et al., 2023).

دانشجویان بر مناسب‌بودن فعالیت‌ها و روش‌های تدریس استادان در آزمایشگاه‌ها نیز تأکید داشتند. با توجه به اینکه استادان این دانشگاه در پی شرکت منظم در کارگاه‌های دانش‌افزایی برگزارشده در سطح دانشگاه از روش‌های تدریس فعال و متناسب با اهداف و محتوای درس استفاده می‌کنند موفق شده‌اند تجربهٔ یادگیری مؤثرتری برای دانشجویان خود فراهم آورند. به‌کارگیری فعالیت‌هایی، مانند کار گروهی، بحث و گفت‌وگو و حل مسائل در زمان آموزش، به دانشجویان امکان داده است عمیق‌تر با مفاهیم علمی آشنا شوند و توانایی‌های شناختی و حل مسئلهٔ خود را توسعه دهند. همچنین استادان در فضای آزمایشگاه‌ها با طراحی فعالیت‌هایی که دانشجویان را به تحقیق و خودآموزی ترغیب می‌کنند یادگیری آنان را تقویت کرده‌اند. این کار به دانشجویان کمک کرده است

مهارت‌های جست‌وجو و تحلیل خود را بهبود بخشند.

درنهایت، بخش دیگری از یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که ازنظرِ دانشجویان زمان آموزش و فضای یادگیری در آزمایشگاه‌های دانشگاه تا حد درخورِتوجهی مناسب است. دانشگاه در سال‌های اخیر نگاهی ویژه به توسعه و بازسازی آزمایشگاه‌ها داشته و به استانداردهای فضاهای آزمایشگاهی از هر نظر توجه کرده‌اند. یک آزمایشگاه با امکانات خوب به ایجاد محیط یادگیری مثبت کمک می‌کند. طراحی و سازمان‌دهی محیط آزمایشگاه باید تأثیرگذار باشد؛ برای مثال، نور مناسب، فضای کاری کافی و نظم مواد آموزشی از عوامل افزایش توجه و تمرکز دانشجویان است. چنین محیطی به راحتیِ فضای آموزش و افزایش انگیزهٔ یادگیری منجر می‌شود. فضای یادگیری در آزمایشگاه باید به‌گونه‌ای طراحی شود که تعامل و همکاری بین دانشجویان را تشویق کند. زمان مناسب برای آموزش آزمایشگاه‌ها نیز اهمیت زیادی دارد. زمانی که دانشجویان به‌اندازهٔ کافی وقت دارند مراحل آزمایش را به‌دقت اجرا و نتایج را تحلیل کنند یادگیری عمیق‌تری خواهند داشت. پژوهش‌ها نشان داده‌اند زمان کافی برای تمرین و آزمایش توانایی یادگیری و درک بهتر مفاهیم را می‌افزاید. این زمان همچنین به دانشجویان فرصت می‌دهد با دقت بیشتری به جزئیات توجه کنند و از تجربیات عملی بهره ببرند (Odutuyi, 2015).

سؤال دوم پژوهش: اولویت‌بندی وضعیت توجه به ابعاد شش‌گانهٔ برنامه‌های درسی آزمایشگاهی چگونه است؟

در ادامه، برای اولویت‌بندی ابعاد شش‌گانه، از آزمون فریدمن استفاده کردیم که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴ . اولویت‌بندی ابعاد شش‌گانه، با استفاده از آزمون فریدمن

ابعاد شش‌گانه	میانگین رتبه	رتبه	تعداد	خی دو	df	Sig
اهداف	۳/۱۸	۶	۳۵۷	۴۵/۵۶۸	۵	۰/۰۰۰
محتوا	۳/۸۵	۱				
مواد و امکانات	۳/۵۶	۳				
فعالیت‌ها و روش‌ها	۳/۸۴	۲				
زمان آموزش	۳/۲۷	۵				
فضای یادگیری	۳/۲۹	۴				

نتایج آزمون فریدمن تفاوت معناداری بین میانگین رتبهٔ ابعاد شش‌گانه نشان داد چون سطح معناداریِ آزمون کمتر از ۰/۰۵ است: بُعد محتوا با میانگین ۳/۸۵ در رتبهٔ اول، بُعد فعالیت‌ها و روش‌ها با میانگین ۳/۸۴ در رتبهٔ دوم، بُعد امکانات با میانگین ۳/۵۶ در رتبهٔ سوم، بُعد فضای آموزش با میانگین ۳/۲۹ در رتبهٔ چهارم، بُعد زمان یادگیری با میانگین ۳/۲۷ در رتبهٔ پنجم و بُعد اهداف با میانگین ۳/۱۸ در رتبهٔ ششم قرار دارد.

یافته‌ها نشان می‌دهد محتوای آموزشی درنظرگرفته‌شده برای دانشجویان از کیفیت و استانداردهای کیفی کافی برخوردار بوده است و مدرسان این برنامه‌های درسی، همسو با پیشرفت‌های علمی، از منابع معتبر و به‌روز استفاده کرده و اطلاعات معتبری به دانشجویان داده‌اند. از سوی دیگر، همسو با انتخاب محتوای مناسب، در انتقال محتوا از روش‌ها و راهبردهای تدریس مؤثر استفاده کرده‌اند. بااین‌حال، به نظر می‌رسد مسئولان دانشگاه، به‌ویژه مسئولان بخش آزمایشگاه، می‌بایست به بازتعریف اهداف آموزشی برنامه‌های درسی، تخصیص زمان کافی و بهینه‌سازی فضا و امکانات آموزشی در بستر آزمایشگاه‌ها توجه بیشتری داشته باشند.

۵. نتیجه‌گیری

پژوهش پیش رو با هدف بررسی وضعیت اجرای دروس آزمایشگاه‌محور در رشته‌های فنی و مهندسی در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان صورت گرفته است. نتایج نشان داد وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در ابعاد شش‌گانهٔ اهداف، محتوا، مواد و امکانات، فعالیت‌ها و روش‌ها، زمان یادگیری و فضای آموزش در حد بالاتر از متوسط قرار دارد. علاوه‌براین، از منظر دانشجویان رشته‌های فنی و مهندسی، در اجرای برنامه‌های درسی آزمایشگاه‌محور، دانشگاه، به‌ویژه استادانی که دروس آزمایشگاه‌محور تدریس می‌کنند، در بُعد آموزش محتوای باکیفیت، معتبر و منسجم و نیز استفاده از روش‌های تدریس مؤثر و کارآمد عملکردی بالاتر از مؤلفه‌ها (اهداف برنامه درسی، مواد و امکانات آموزشی، زمان آموزش و فضای یادگیری) داشته‌اند.

با توجه به یافته‌های پژوهش، پیشنهادهایی برای حفظ وضع موجود و ارتقای بهینهٔ آن می‌دهیم. بدیهی است آزمایشگاه‌های آموزشی بخش بسیار مهمی در آموزش مهندسی به‌شمار می‌آیند. این آزمایشگاه‌ها طیف وسیعی از مهارت‌ها را، ازجمله ارتباطات، دانش، کار گروهی، اخلاق و تشویق به کسب اطلاعات، در دانشجویان پرورش می‌دهند. آموزش مهندسی در همهٔ دوره‌ها می‌بایست تا حد امکان با بهره‌گیری از بسترهای آزمایشگاهی و کارگاهی پشتیبانی شود. دانشجویان بدون رفتن به آزمایشگاه و مشاهدهٔ فرایند آزمایش و فعالیت‌های عملی دانش خود را به مهارت تبدیل نخواهند کرد. از سوی دیگر، سطح رضایت دانشجو می‌بایست در مرکز بهبود فعالیت‌ها و تجربیات آزمایشگاهی قرار گیرد و همواره ثبت و تحلیل شود تا اشکالات و آسیب‌های احتمالی اصلاحی انجام شوند. اهداف بهبود تجربیات آزمایشگاهی عبارت‌اند از: افزایش درک مباحث درسی، توانایی‌های کار گروهی، تقویت مهارت‌های عملی، توسعهٔ استدلال علمی، درک پیچیدگی و ابهام کار تجربی و ارتقای علاقه به یادگیری.

همچنین مطالعات متعددی درزمینهٔ مدیریت آزمایشگاه و چگونگی استفاده از آن در مدیریت مؤثر کیفیت، ایمنی و منابع انجام گرفته است. مدیریت فعالیت‌های آزمایشگاه‌ها و اطمینان از کیفیت آنها با وجود تعداد زیادی از دروس آزمایشگاهی کار آسانی نیست. گاهی چندین هماهنگ‌کنندهٔ دوره،

مسئول آزمایشگاه و کارشناس آزمایشگاهی در گروه آموزشی و گاهی بین طرح‌های آموزشی دوره‌ها و دروس بین‌رشته‌ای وجود دارد. بنابراین، هماهنگی مؤثر مسئولان آزمایشگاه‌ها امری ضروری است که با داشتن «مدیر آزمایشگاه اثربخش» در سطح گروه/دانشکده که به‌قدر کافی مسئولیت‌پذیر باشد تحقق یابد. برآوردن نیازهای گوناگون نرم‌افزاری، به‌کارگیری تجهیزات به‌روز، ایجاد تعامل با آزمایشگاه‌های هم‌جوار و استفادهٔ متقابل از دستگاه‌ها و امکانات، تنظیم برنامهٔ زمانی و غیره نیز می‌بایست توسط مدیر آزمایشگاه به‌بهترین شکل ممکن مدیریت شود.

Refrences

- Akbari Pordenjani, Z. & Salehi, K. (2022). A systematic review of the achievements, advantages, and limitations of using virtual and remote laboratories in engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(95), 57-88. [in Persian].
- Aladejana, F. & Aderibigbe, O. (2007). Science laboratory environment and academic performance. *Journal Science Educational Technology*, 16, 500-506.
- Aziz, E.; Esche, S. & Chassapis, C. (2007). It-enhanced laboratory experience within a modern undergraduate engineering curriculum. *International Conference of Engineering Education, ICEE.*
- Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2008). *Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. Powerful learning: What we know about teaching for understanding.* San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Boshkazi, S. & Memarian, M. (2022). Design and implementation of a new virtual course on simulation laboratory in electromagnetism. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(94), 1-22 [in Persian].
- Bye, R. T., & Osen, O. L. (2019). On the development of laboratory projects in modern engineering education. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1300-1307).
- Chinnowsky, P.; Brown, H.; Szajnman, A. & Realph, A. (2006). Developing knowledge landscapes through project-based learning, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 132(2), 118-125.
- Euro-CASE (2020). *Euro-CASE engineering education platform - discourses on the future of engineering education in Europe*, published by the European Council of Academies of Applied Sciences, Technologies and Engineering (Euro-CASE), Paris, France, ISBN: 0123456789 tbd, doi 0123456789 tbd.
- Estes, A. (2012). Ten years of ABET EC 2000: One person's reflections," in 2012 ASEE *Annual Conference & Exposition Proceedings*, pp. 5.1271.1-25.1271.12.
- Feisel, Lyle D. & Rosa, A.J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*. 94(1), 121-130.
- Gijselaers, W. H. (1996). Connecting problem-based practices with educational theory. In L. Wilkerson & W. H. Gijselaers (Eds.), *Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice*. Jossey-Bass Publishers, San Fransisco. 13-21.
- Grinter, L. E. (1955). Report of the committee on evaluation of engineering education. *Journal of Engineering Education,* 45, 25-60.
- Grodotzki, J.; Ortelt, T.R. & Tekkaya, A.E. (2018). Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. *46th SME North American Manufacturing Research Conference*, NAMRC 46, Texas, USA.
- Hmelo-Silver, C.E. & Chinn, C.A. (2016). *Collaborative learning*. In L. Corno & E. M. Anderman (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 349-363). Routledge/Taylor & Francis Group.
- De los Ríos, I.; Cazorla, A.; Díaz-Puente, J.M. & Yagüe, J. L. (2010). Project-based learning in engineering higher education: Two decades of teaching competences in real environments. *Procedia Social and Behavioral Sciences*,

2(2), 1368-1378.

- Issah, I.; Baalongbuoro, V. & Afram Oware, S. (2023). The impact of laboratory practical activities on students' academic performance at queen of peace senior high school in the nadowli-kaleo district of the upper west region of Ghana. *International Journal of Scientific Research and Management*. 11(03): 2727-2739.
- Jaroenkhasemmeesuk, C., Lima, R.M.; Horgan, K.; Mesquita, D. & Supeekit, T. (2023). Active learning in Engineering education: Case study in mechanics for engineering. Leveraging transdisciplinary engineering in a changing and connected world. Proceedings of the *30th ISTE International Conference on Transdisciplinary Engineering*. IOS Press BV.633-642.
- Javadian, Y.; Miri, M.M.; Karimi, P. & Alizadeh Navayi, R. (2002). Evaluation of students' perceptions of the teaching quality of practical and laboratory courses at Babol University of Medical Sciences in the first semester of 2001-2002. *Iranian Journal of Medical Education*, 2 (8) (Special Issue), 1-8 [in Persian].
- Johnson, P.A. (1999). Project-based, cooperative learning in the engineering classroom, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125 (1), 8-11.
- Klein, F. (1991). *The politics of curriculum decision-making: issues in centralizing the curriculum*. State university of New York Press.
- Khalili, M.; Khosravi Babadi, A.A.; Khorshidi, A. & Hamidi Far, F. (2023). Proposing a curriculum model for laboratory courses in technical and engineering fields based on grounded theory. *Journal of Higher Education Curriculum Studies*, 14(28), 143-186 [in Persian].
- Krivikas, R. V. & Krivickas, J. (2007). Laboratory instruction in engineering education. *Global J. Eng. Educ*, 11(2), 191-196.
- Mirtchev, Seferin. (2022). Challenges for engineering education, research and innovation - survey. *Electrotechnica & Electronica*, 57, (1-2), 8-23.
- Morton, W. & Uhomoibhi, J. (2011). E-laboratory design and implementation for enhanced science, technology and engineering education. *Campus-Wide Information Systems, 28*(5), 367-377.
- NAE (National Academy of Engineering). (2017). *Engineering technology education in the United States*. The National Academies Press.
- Nikolic, S.; Ritz, C.; Vial, P. J.; Ros, M. & Stirling, D. (2015). Decoding student satisfaction: How to manage and improve the laboratory experience. *IEEE Transactions on Education,* 58(3), 151-158.
- Odutuyi, M. (2015). Influence of laboratory learning environment on students' academic performance in secondary school chemistry. *US-China Education Review A* 5(12), 814-821.
- Olugbola S. A. (2017). Exploring entrepreneurial readiness of youth and startup success components: Entrepreneurship training as a moderator. *Journal of Innovation & Knowledge,* 2(3), 155-171.
- Padmanadhan, G. & Katti, D. (2002). Using community-based projects in civil engineering capstone courses, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice,* 125(1), 12-18.
- Perkins, R., & Neumayer, E. (2014). Geographies of educational mobilities: exploring the uneven flows of international students. *Theorizing Student Mobility*, 19(5), 641-661
- Rathod, S. S. & Kalbande D. R. (2016). Improving laboratory experiences in engineering education. *Journal of Engineering Education Transformations*.29 (4), 51-60
- Salim, K. R., Puteh, M., & Daud, S. M. (2012). Assessing students' practical skills in basic electronic laboratory based on psychomotor domain model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 56, 546-555.
- Zappe, S.E.; Huang-Saad, A.Y.; Duval-Couetil, N. & Simmons, D. R. (2023). Teaching for creativity, entrepreneurship, and leadership in engineering. In A. Johri (Ed.), *International Handbook of Engineering Education Research* 433-454, Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003287483-24.
- Shana, Z. & Abulibdeh, E. S. (2020). Science practical work and its impact on high students' academic achievement. *JOTSE*, 10(2), 199-215.
- Taba, H. (1962). *Curriculum development: Theory and practice*. Harcourt, Brace & World.
- Tyler, R.W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. University of Chicago Press.

سیروس اسدیان: دارای دکترای رشتهٔ مطالعات برنامهٔ درسی از دانشگاه علامه طباطبائی و عضو هیئت‌علمی گروه علوم تربیتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با مرتبهٔ دانشیار است. ایشان دو کتاب تخصصی و بیش از چهل مقالهٔ پژوهشی در مجلات علمی منتشر و ده‌ها مقاله نیز در همایش‌های ملی و بین‌المللی ایراد کرده است. حوزهٔ پژوهشی ایشان کمّ و کیف برنامه‌های درسی در دوره‌های تحصیلی و فرایند یاددهی-یادگیری فراگیران است.

هانیه عیدی: دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشتهٔ مطالعات برنامهٔ درسی در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان است. وی به پژوهش در حوزهٔ تخصصی خود، ازجمله فرایند یاددهی-یادگیری دانش‌آموزان و دانشجویان و نیز کمّ و کیف برنامه‌های درسی، علاقه‌مند است.