کارِ گروهیِ مؤثر بر آموزش مهندسی: تأثیر آن بر خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان

بهزاد بیگ‌پوریان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷

DOI: 10.22047/ijee.2025.508342.2157

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.2.6

چکیده: مؤسسات اعتبارسنجی آموزش مهندسی معتبر دنیا بر کسب مهارت کار گروهی مؤثر، همیاری و خلاقیت بالا در دانشجویان مهندسی تأکید صریح دارند. بااین‌حال، تاکنون درخصوص کار گروهی مؤثر بر آموزش مهندسی و تأثیر آن بر خلاقیت و همیاری دانشجویان پژوهش نشده است. پژوهش حاضر چارچوبی را برمبنای مدل نظری و تحقیقات پیشین طراحی کرده است که روش کار گروهی مؤثر را در کلاس‌های مهندسی نشان می‌دهد. همچنین، برای ارزیابی تأثیر الگوی کار گروهی مؤثر، سه گروه آزمایشی را در کلاس‌های درس مهندسی مطالعه می‌کند: گروه یکم، در فعالیتی فردی طرحی کلاسی را اجرا کرده است؛ گروه دوم، فعالیت را به‌صورت گروهی، بدون استفاده از توصیه‌های کار گروهی مؤثر، اجرا کرده است و، گروه سوم، با کمک چارچوب پیشنهادی کار گروهی مؤثر را تجربه کرده است. درنهایت، نمرهٔ خلاقیت، همیاری کلاسی و یادگیری دانشجویان با کمک روش تحلیل واریانس مقایسه و مشخص شده است که درصورت استفاده از کار گروهی خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان افزایش می‌یابد و اگر کار گروهی به‌شکل مؤثر انجام پذیرد خلاقیت و همیاری دانشجویان بیشتر هم می‌شود.

واژگان کلیدی: کار گروهی، پویایی گروه، خلاقیت، آموزش مهندسی، تشکیل گروه

۱- استادیار، گروه آموزش مهندسیِ دانشکدهٔ علوم مهندسی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. Beigpourian@ut.ac.ir

۱. مقدمه

آموزش مهندسی نوین به‌دنبال ایجاد تحول در برنامه‌های درسی مهندسی و افزایش مهارت‌های حرفه‌ای[1] است. همچنین، مطابق پژوهش‌های معتبر در رشته‌های گوناگون، بهترین روش یادگیری مفاهیم مهندسی اجرای پروژه یا حل مسئله در بستر فعالیت دانشجوییِ گروهیِ مؤثر است (Baker et al., 2005; Picard et al., 2022). درک مفهوم کار گروهی مؤثر[2] نیازمند شناخت دقیق ارکان کار گروهی است. امروزه، دانش وسیعی در حوزهٔ آموزش مهندسی و دیگر حوزه‌ها دربارهٔ این ارکان وجود دارد. نخستین گام در کار گروهی تشکیل گروه[3] است. دوم، اعضای گروه می‌بایست با یکدیگر ارتباط مؤثر[4] داشته باشند. مهارت هدایت گروه[5] و همچنین گوش‌دادن مؤثر به فردی که قصد هدایت گروه را دارد، مهارت ارزیابی خود و دیگر اعضای گروه[6]، توانایی بازخورد[7] مناسب دادن به هم‌گروهی‌های خود، توانایی ایده‌پردازی[8]، مهارت مدیریت اختلافات[9] بین اعضای گروه، مهارت رفع مشکل مهندسی[10] و توانایی فراهم‌کردن محیطی امن برای مشارکت اعضا[11] ازجملهٔ مهارت‌های ضروری برای داشتن کار گروهی مؤثرند.

در مقالهٔ حاضر، با بررسی مدل نظری کار گروهی مؤثر و تکیه بر علم روزِ آموزش مهندسی در این حوزه، مدلی برای انتخاب روش تدریس مناسب کار گروهی پیشنهاد می‌شود. سپس، اثربخشی مدل پیشنهادی در چند کلاس درس مهندسی بررسی و درنهایت پیشنهادهای تقویت روش‌های تدریس برای پیشبرد کارهای گروهی در کلاس‌های مهندسی مطرح می‌شود.

۲. تعریف مسئله و اهمیت پژوهش

امروزه، آموزش مهندسی نوین، با توجه به اهمیت کار گروهی[12] در حوزهٔ صنعت، کار گروهی را در کلاس‌های مهندسی ضروری می‌داند. شورای ارزشیابی مهندسی و فناوری[13] در آمریکا به‌روشنی تأکید می‌کند که فارغ‌التحصیلان رشتهٔ آموزش مهندسی می‌بایست توانایی کار در گروه‌های متشکل از فارغ‌التحصیلان رشته‌های متفاوت را داشته باشند (ABET, 2024). طبق شواری ارزیابی مهندسی در استرالیا[14] و اروپا، فارغ‌التحصیلان مهندسی می‌بایست نحوهٔ عضوِ مؤثرِ گروه بودن و رهبری گروه را بیاموزند (ENAEE, 2008؛ Engineers Australia, 2013). امروزه، در صنعت، گروه‌های مهندسی وظیفه دارند محصولاتی خلاقانه، مطابق با نیاز جامعه و جهان، طراحی و تولید کنند که مستلزمِ داشتن توانایی همکاری مؤثر با افراد گوناگون در گروه است (Ford & Sterman, 2003). کار گروهی در کلاس‌های درس به‌شکل آموزش گروهی یا حرفه‌ای از اجرای پروژهٔ عملی در طول ترم تحصیلی است

1- Professional skills
2- Teamwork effectiveness
3- Team formation
4- Effective communication
5- Team leadership skill
6- Peer evaluation
7- Feedback
8- Idea generation
9- Conflict management
10- Problem solving
11- Psychological safety
12- Teamwork
13- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)
14- Engineers Australia

(Krishnan et al., 2011; Millis & Philip G. Cottell, 1998). به‌هرحال، بودن عضوی مؤثر در گروه و داشتن کارایی بالا آسان نیست و به آموزش تخصصی دراین‌زمینه نیاز است. این آموزش تخصصی در کلاس‌های درس مهندسی، به‌ویژه در سال اول و سال پایانی دورهٔ کارشناسی مهندسی، می‌بایست در تلفیق با پروژهٔ طراحی مهندسی صورت پذیرد (Leonardi et al., 2009; Steiner & Kanai, 2016). آموزش تخصصی کار گروهی شامل آموزش دانش کار گروهی، مهارت‌های مربوط به گروه و شناخت فرایند گروه است. برای آموزش تخصصی کار گروهی، در گام نخست، جامعهٔ مهندسی ایران نیاز به درک صحیح و کامل مفهوم کار گروهی مؤثر دارد. بعد از این درک صحیح، می‌توان این مهارت را در کلاس‌های درس آموزش داد. ازآنجایی‌که درک صحیح کار گروهی مؤثر نیازمند الگویی مشخص است که چنین الگویی تاکنون در کلاس‌های درس مهندسی در ایران طراحی نشده است، پژوهش حاضر ضروری به نظر رسید؛ پژوهشی که با طرح راهکار و الگوی کار گروهی مؤثر نوآوری‌ای در پژوهش آموزش مهندسی ایران خواهد بود.

۳. ادبیات و پیشینهٔ تحقیق

عوامل گوناگونی بر کار مؤثر گروهی تأثیر گذارند (Kimpton & Maynard, 2025). در بخش حاضر، ابتدا به تحقیقات مرتبط با کار گروهی مؤثر بر آموزش مهندسی درزمینهٔ تشکیل گروه، ارزشیابی همتا، پویایی گروه و آموزش کار گروهی می‌پردازیم؛ سپس، تحقیقاتی را مرور می‌کنیم که خلاقیت، تعامل و یادگیری را در کار گروهی بررسی کرده‌اند و آنگاه دلیل و اهمیت پُرکردن خلأ این پژوهش را در آموزش مهندسی ایران شرح می‌دهیم.

۳-۱. تشکیل گروه

نحوهٔ انتخاب افراد گروه یا، به‌عبارتی، تشکیل گروه نخستین و مهم‌ترین مرحلهٔ به‌کارگیری گروه در کلاس‌های درسی است. افراد گروه انتظارات، نگرش‌ها، شخصیت‌ها و به‌طور خلاصه مشخصات فردی متفاوتی دارند. درواقع، درصورتِ رعایت‌نکردن نکات علمی در هنگام تشکیل گروه (حتی اگر از بهترین دانشجوهای کلاس تشکیل شده باشد.) این گروه کارایی بالایی نخواهد داشت (Godwin et al., 2017; Felder et al., 2002). عملکرد گروه‌هایی که اعضای کمتری دارند به‌مراتب بهتر از گروه‌های پُرجمعیت است و بهترین اندازهٔ گروه را در کلاس‌های درسی سه تا پنج دانشجویی می‌بینیم (Griffin et al., 2004). تشکیل گروه روش‌های گوناگونی دارد که عبارت‌اند از: انتخاب تصادفی، گروه ساخته‌شده با انتخاب خود دانشجویان، گروه ساخته‌شده با انتخاب استاد، انتخاب گروه با کمک نرم‌افزارهای تشکیل گروه یا ترکیبی از روش‌های موجود (Parker et al., 2019). هرکدام از این روش‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارد؛ برای مثال، تشکیل گروه توسط انتخاب خود دانشجویان آسان‌ترین راه انتخاب گروه است و دانشجویان هم‌گروهی‌هایی را انتخاب می‌کنند که به‌راحتی با آنان کار کنند

یا از مشخصات فردی آنان اطلاع دقیقی داشته باشند. این روش باعث می‌شود دانشجویان در اجرای پروژه مسئولیت‌پذیری بیشتری داشته باشند (Steiner & Kanai, 2016). بااین‌حال، این روش معایب فراوانی دارد؛ برای نمونه، با استفاده از این روش ساختار گروه بسیار همگن می‌شود و دانشجویان کمتر دچار چالش می‌شوند یا ممکن است شاهد گروه‌هایی بسیار قوی در کلاس باشیم درحالی‌که دانشجویان ضعیف‌تر در گروه‌های سطح‌پایین‌تری قرار می‌گیرند. بهترین روش تشکیل گروه استفاده از نرم‌افزارهای تشکیل گروه است. این نرم‌افزارها، با توجه به مشخصات دانشجو، ازجمله جنسیت، زبان و سطح علمی او، یا استفاده از الگوریتم‌هایی که برپایهٔ علم بنا شده‌اند، بهترین ترکیب تشکیل گروه را نشان می‌دهند (Layton et al., 2010). فارغ از انتخاب هرگونه روش تشکیل گروه، با توجه به تحقیقات متعدد درخصوص انواع تشکیل گروه، توصیه می‌شود قبل از انتخاب هر روش از مزایا و معایب آن به‌خوبی اطلاع حاصل کنید.

۳-۲. ارزشیابی همتا

ارزشیابی همتا و ارزشیابی خود باعث مشارکت منصفانهٔ همهٔ دانشجویان در گروه می‌شود و امکان بهانه‌جویی بعضی از اعضای گروه را در انجام‌ندادن کار کاهش می‌دهد. آلبافورس و ریوس (Alba-Flores & Rios, 2019) با مطالعهٔ گروه‌های دانشجویی مهندسی در سال آخر نشان داده‌اند که بررسی کار دانشجویان توسط همتایان مهارت ارتباطی و عملکرد دانشجویان را می‌افزاید. علاوه‌براین، آنان متوجه شده‌اند که استفاده از ارزشیابی همتا مهارت ارائه، تفکر انتقادی، انگیزه و یادگیری دانشجویان را افزایش می‌دهد. پژوهشی دیگر نتایج مشابهی به دست آورده است: یادگیری پروژهٔ مهندسی با استفاده از ارزشیابی همتا تسهیل می‌شود و مهارت ارتباط بین‌فردی دانشجویان را می‌افزاید (Cinar & Bilgin, 2009). به‌هرحال، استفاده از ارزشیابی همتا با چالش‌هایی روبه‌روست. در پژوهشی در استرالیا، محققان آموزش مهندسی متوجه شدند دانشجویان بین‌الملل نمره‌های بهتری به خود و دیگران می‌دهند درحالی‌که رویکرد دانشجویان بومی در ارزشیابی دانشجویان بین‌المللی سختگیرانه‌تر است (Cinar & Bilgin, 2011). لئوناردی و همکاران (Leonardi et al., 2009)، بعد از پژوهش روی دانشجویان سال اول مهندسی، دریافتند که، به‌دلیل آموزش کار گروهی ناموثر، دانشجویان خودشان را ماهرتر و داناتر از دیگر اعضای گروه می‌بینند که این سبب می‌شود دانشجویان ضعیف‌تر مهندسی نمره‌ای بالاتر از نمرهٔ واقعی‌شان به خود بدهند که نشان از درک ناقص آنان از کار گروهی مؤثر دارد (Beigpourian, 2020؛ Minz & Saluja, 2023).

۳-۳. پویایی گروه و آموزش کار گروهی

پویایی گروه‌های دانشجویی، مانند رضایت گروهی، اعتماد، مدیریت تضاد و پیوستگی، تأثیر مستقیم بر مؤثربودن کار گروهی دارد و کاربرد آن در آموزش مهندسی توصیه شده است (Borrego et al., 2013). برای

مثال، وابستگی گروه عبارت است از وابستگی اعضای آن به یکدیگر در فرایند پروژه و رسیدن به هدف (Guzzo & Shea, 1992). افزایش وابستگی در گروه منجر به افزایش اعتماد اعضای گروه (Verhagen et al., 2024) و بهره‌وری بیشتر در گروه (Jiang et al., 2024) می‌شود. امنیت روانی، به‌معنی حس امنیت در بیان ایده و ترس‌نداشتن از شکست پروژه، سبب افزایش یادگیری گروه‌ها می‌شود (Jiang et al., 2024) و استفاده از آن در کلاس‌های درسی مهندسی توصیه شده است (Huerta et al., 2024). امنیت روانی در گروه باعث می‌شود عملکرد دانشجویانی که در گروه منزوی شده‌اند بهبود یابد (Beigpourian & Ohland, 2024).

پیوستگی و اعتماد دو عامل مهم دیگر در پویایی گروه‌ها هستند که اعضای گروه را به‌صورت یک واحد هماهنگ کنار هم نگه می‌دارد و اعضای گروه در اجرای پروژه به یکدیگر اعتماد می‌کنند (Borrego et al., 2013). هنگامی که احتمال می‌رود پیوستگی و اعتماد در گروه به‌دلیل تضاد دچار اختلال شود، آموزش مدیریت حل اختلاف در اختلاف‌های شخصیتی یا راهبرد مناسب تصمیم‌گیری در زمان اختلاف‌نظر گروه‌های دانشجویی مهندسی را از بحران گروه عبور می‌دهد و اعضای گروه را کنار یکدیگر نگه می‌دارد (Strenger et al., 2020; Ryan et al., 2023). همچنین هرگونه آموزش کار گروهی مؤثر در ازبین‌بردن برداشت اشتباه دانشجویان مهندسی از نحوهٔ کار گروهی و اصلاح رفتارهای غلط، ازجمله نحوهٔ صحیح هدایت گروه برای افزایش پویایی آن، ضروری است (Leonardi et al., 2009; Edmondson & Harvey, 2025; Beigpourian et al., 2019).

۳-۴. خلاقیت، تعامل و یادگیری در گروه

مؤسسات ارزشیابی و اعتبارسنجی آموزش مهندسی دنیا بر افزایش خلاقیت و همیاری دانشجویان مهندسی در اجرای پروژه‌های گروهی تأکید دارند (ABET, 2024). امروزه، حل بسیاری از چالش‌ها و مسائل مهندسی نیازمند نوآوری است. برای تحقق این امر، دانشگاه‌ها می‌بایست به‌نحوی فعالیت‌های درسی را برنامه‌ریزی کنند که خلاقیت دانشجویان رشد یابد وگرنه مهندسان قادر به حل مسائل موردنیاز جامعه نخواهند بود (Cropley, 2015). بدین‌منظور، (Badran, 2007) به بررسی راهبردی سیستمی برای طراحی و افزودن درس‌هایی در مهندسی با هدف افزایش نوآوری دانشجویان مهندسی پرداخته است. همچنین خلاقیت بهتر است در یک محیط همیارانهٔ گروهی بین‌رشته ای به دانشجویان آموزش داده شود تا بیشتر با محیط دنیای واقعی کار شبیه باشد (Gunawan et al., 2024).

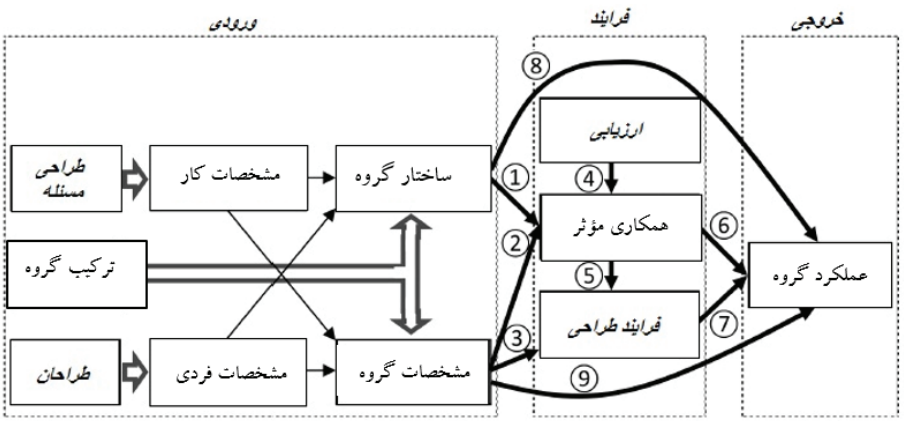
هرچندکه پژوهش‌های پراکنده‌ای به بررسی خلاقیت و همیاری در آموزش مهندسی پرداخته‌اند وجود پژوهشی که نشان دهد استفاده از الگوی کار گروهی مشخص تأثیری بر افزایش خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان مهندسی دارد ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش پیش رو، با پیشنهاد چارچوبی برمبنای مدل نظری ارائه‌شده و تحقیقات پیشین، سعی در پُرکردن این خلأ پژوهشی دارد.

۴. مدل نظری پژوهش

مدل‌های متنوعی برای ارزیابی مؤثربودن گروه‌های مهندسی وجود دارد که اغلب از سه بخش ورودی، فرایند و خروجی تشکیل شده‌اند. این مدل‌ها به‌تازگی در آموزش کارگروهی در کلاس‌های طراحی مهندسی به کار گرفته شده‌اند. هرچند ازنظرِ ساختار کلی شباهت زیادی به هم دارند اما تفاوت آنها در اجزای متفاوت هر بخش و همچنین نحوهٔ ارتباط بخش‌ها با یکدیگر است (Hackman, 1987; McGrath, 1964; Takai & Esterman, 2019; Tannenbaum et al., 1992; Tucker et al., 2014). در ادامه، یکی از این مدل‌ها را که در کلاس‌های طراحی مهندسی کاربرد دارد معرفی می‌کنیم.

در این مدل ـ همان‌گونه‌که در شکل ۱ مشخص است ـ روابط منطقی بین سه بخش ورودی، فرایند و خروجی وجود دارد. بخش ورودی از سه قسمت طراحی مسئله، ترکیب گروه و طراحان تشکیل شده است. در قسمت «طراحی مسئله»، نخستین گام درنظرگرفتن مشخصات کاری است که گروه می‌بایست به‌صورت جمعی به آن بپردازد. این مشخصات شامل نوع و پیچیدگی کار طراحی می‌شود. نوع طراحی ممکن است میزان نوآوری محصول باشد و پیچیدگی عبارت است از سختی کار طراحی و تعداد رشته‌هایی که برای اجرای پروژه ضروری هستند. برای مثال، پیچیدگی طرحی که تنها نیاز به مهندسان مکانیک دارد کمتر از طرحی است که نیازمند علم مهندسی برق و علم مهندسی مکانیک است.

بعد از بررسی مشخصات کار، نوبت به ساختار کار می‌رسد. اگر اعضای گروه به‌شکلی مشابه موافق اهمیت کار طراحی موردنظر باشند گروه‌های طراحی ساختاری خوب خواهند داشت. در قسمت طراحان، دو گزینهٔ مشخصات فردی و مشخصات گروهی را داریم. مشخصات فردی عبارت است از تمایلات فردی درخصوص نحوهٔ اجرای پروژه، مشخصات رفتاری اعضای گروه و نحوهٔ ارتباط اعضای گروه. اعضای گروه دارای تمایلات متفاوتی هستند: برخی ترجیح می‌دهند پروژه را به بخش‌های گوناگون تقسیم کنند و هر فرد بخش موردنظر را به سرانجام برساند؛ افرادی هم تمایل دارند تمام کار را همهٔ اعضای گروه به‌شکل یکپارچه به انجام رسانند. علاوه‌براین، دانش، مهارت، توانایی، انگیزه، نحوهٔ نگرش، شخصیت و الگوی فکری از دیگر مشخصات فردی مهم اعضای گروه است. مشخصات گروه نیز درواقع وابسته به ترکیب مشخصات فردی است و برای داشتن کارگروهی مؤثر ترکیبی خوب از اعضای گروه ضروری است به‌نحوی‌که تعادل بین مشخصات اعضا برقرار باشد و همانند گروه واحد عمل کنند. بخش فرایند نیز شامل ارزیابی گروه حین کارگروهی، همکاری مؤثر اعضای گروه (به‌گونه‌ای که همهٔ اعضا در اجرای پروژه مشارکت کنند و همگی از امنیت فکری برای ایده‌پردازی برخوردار باشند.) و فرایند طراحی است. آخرین بخش نیز عملکرد گروه است. این بخش ممکن است ترکیبی از میزان موفقیت پروژه، میزان خلاقیت در محصول طراحی‌شده و میزان رضایت اعضای گروه باشد (Takai & Esterman, 2019).



شکل ۱. مدل کار گروهی مؤثر (برگرفته از: Takai & Esterman, 2019)

گروه زمانی کارایی بالا خواهد داشت که هر بخش مدل به‌خوبی کار کند و ارتباط خوبی بین بخش‌های گروه برقرار باشد. علاوه‌براین، در پژوهش‌های آموزش مهندسی، به‌منظور داشتن گروه مؤثر، بر اهمیت تشکیل گروه، رفع مشکلات گروه، رهبری گروه، ارزیابی هم‌گروهی، ارتباط مؤثر اعضا در گروه، عملکرد گروه و انطباق پروژه با واقعیت تأکید شده است.

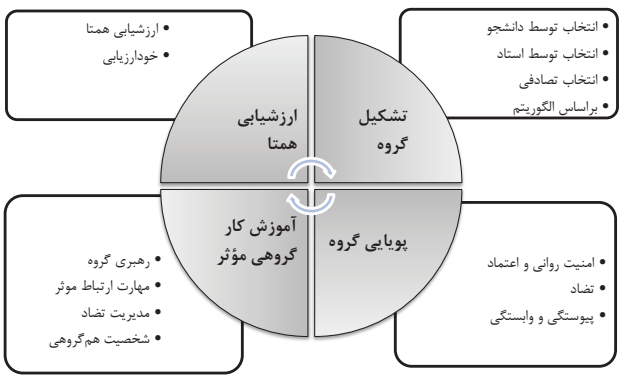
۴-۱. مدل پیشنهادی برای کار گروهی

براساس مدل گروهیِ مؤثر تاکی و استرمن (Takai & Esterman, 2019) که در پیشینهٔ تحقیق بدان اشاره شد، بررسی کلی داده‌های وب‌افزار داده‌های گروهی CATME[1] (که استادان مهندسی در سرتاسر دنیا از آن برای کار گروهی کلاسی خود استفاده می‌کنند.) و نیز دیگر مقالات معتبر آموزش مهندسی در حوزهٔ کار گروهی، مدل شکل ۲ برای انتخاب روش تدریس مناسب کار گروهی پیشنهاد می‌شود. این چارچوب پیشنهادی، با الهام‌گرفتن از مدل نظری ارائه‌شده، انتخاب راهبرد مناسب در زمان تشکیل گروه را ورودی مناسب در نظر گرفته است و مدیریت پویایی گروه، ارزشیابی همتا و آموزش کار گروهی مؤثر را برای فرایند گروهی مؤثر قوی پیشنهاد می‌دهد.

برطبق مدل پیشنهادی شکل ۲، زمانی استاد در درس مهندسی انتظار عملکرد مؤثر از گروه‌های دانشجویی خواهد داشت که راهبرد وی برای تشکیل گروه، ارزشیابی همتا، پویایی گروه و آموزش کار گروهی مؤثر مناسب باشد. این مدل پیشنهادی به‌پشتوانهٔ تحقیقات متعدد در حوزهٔ آموزش مهندسی دانشگاه‌های معتبر دنیا طراحی شده است که تأکید می‌کنند کار گروهی بدون‌آموزش سبب پرورش

1- Comprehensive assessment of team member effectiveness

روش‌های غلط کار گروهی در دانشجویان می‌شود (Leonardi et al., 2009). همچنین نادیده‌گرفتن پویایی گروه‌ها به انزوای برخی از دانشجویان (Beigpourian & Ohland, 2024)، همکاری‌نکردن برخی از آنان در کارهای گروهی (Layton et al., 2010) و ازبین‌رفتن اعتماد دانشجویان می‌انجامد (Schaubroeck et al., 2011). براساس این مدل، هرچه استادان در روش تدریس خود تدابیر بیشتری برای نکات یادشده داشته باشند انتظار عملکرد بالاتر و کار گروهی مؤثرتری از گروه‌های دانشجویی مهندسی خود خواهند داشت.



شکل ۲ . مدل پیشنهادی کار گروهی در کلاس‌های مهندسی

۵. روش‌شناسی

۵-۱. سؤال پژوهشی

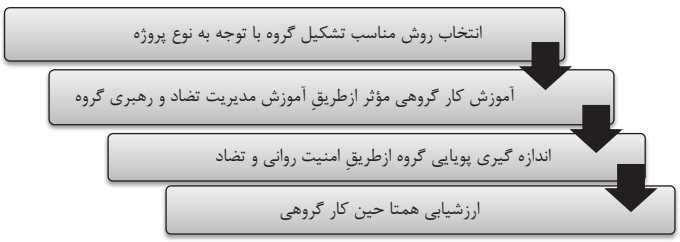
هدف پژوهش حاضر بررسی اثربخشی مدل پیشنهادی کار گروهی مؤثر در کلاس‌های درس مهندسی است. بنابراین، پرسش پژوهشی ما عبارت است از: بین ۱.گروهی که یادگیری آن در بستر فعالیت فردی است و ۲.گروهی که یادگیری آن در بستر کار گروهی است (بدون کنترل مؤثربودن فعالیت گروهی) و ۳.گروهی که یادگیری آن در بستر فعالیت گروهی مؤثر انجام می‌گیرد،

- آیا تفاوت معناداری در میزان خلاقیت دانشجویان مهندسی وجود دارد؟
- آیا تفاوت معناداری در میزان یادگیری مفاهیم درسی دانشجویان مهندسی وجود دارد؟
- آیا تفاوت معناداری در میزان مهارت همیاری در فعالیت مشارکتی دانشجویان مهندسی وجود دارد؟

۵-۲. شرکت‌کنندگان در پژوهش

شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر دانشجویان مهندسی یکی از دانشگاه‌های برتر و مادر ایران هستند. در کل، ۱۲۰ دانشجو از رشته‌های مهندسی و سال‌های تحصیل متفاوت در این مطالعه شرکت کرده‌اند. بدین‌دلیل‌که پژوهش حاضر آزمایشی به‌روش تحلیل واریانس در جامعه‌ای بسیار محدود است، این

تعداد نمونه برای چنین آزمایشی کافی است (Tang, 1938). پژوهش در کلاس فنی مهارتی صورت گرفته است و دانشجویان در گروه‌های ۳ تا ۵نفره به تمرینات پاسخ بازِ درک مفاهیم سه‌بُعدی نقشه‌کشیِ صنعتی پرداخته‌اند. دانشجویان در سه گروه تقسیم شده‌اند که نوع درس، استاد درس، زمان تدریس و همهٔ عوامل مؤثر ثابت در نظر گرفته شده‌اند. تنها تفاوت سه گروه در میزان استفاده از مدل پیشنهادی گروهی مؤثر بر کلاس درس است. در گروه اول، هیچ‌گونه فعالیت گروهی در نظر گرفته نشده است و دانشجویان به‌صورت فردی تمرین کرده‌اند؛ برای گروه دوم از گروه استفاده شده است اما از مدل پیشنهادی استفاده نشده است و، درنهایت، در گروه سوم نه‌تنها از فعالیت گروهی استفاده شده بلکه از مدل پیشنهادی نیز برای افزایش کیفیت روش تدریس استفاده شده است به‌گونه‌ای که دربارهٔ پویایی گروه‌ها با دانشجویان صحبت شده و برخی مفاهیم مهم، همچون امنیت روانی و تضاد و رهبری، آموزش داده شده است. همچنین در تشکیل گروه‌ها دقت به عمل آمده است تا تنوع گروه‌ها ازنظر مهارت دانشجویان بالا برود و گروه‌ها در کلاس از این نظر تا حدی برابر باشند. همچنین از آنها خواسته شد تا دیدگاه خود را دربارهٔ هم‌گروهی‌هایشان بیان کنند. شکل ۳ مراحل استفاده از مدل نظری این پژوهش در گروه سوم را به‌صورت شماتیک نشان می دهد.



شکل ۳. مراحل کار گروهی مؤثر در گروه آزمایشی سوم

۵-۳. روش تحلیل داده

پژوهش حاضر پژوهشی آزمایشی است که در آن از دو روش کیفی و کمّی استفاده شده است. در گام نخست، با استفاده از روش کیفی، نمرات دانشجویان در خلاقیت، یادگیری مفاهیم درسی و همیاری در نظر گرفته شده است. سپس، با روش کمّی تحلیل واریانس یک‌طرفه[1] بین گروه‌های آزمایشی، تأثیر اجرای این مدل پیشنهادی مقایسه شده است. در روش کیفی، برای اندازه‌گیری خلاقیت و یادگیری مفاهیم درسی، از روش تحلیل مضمون[2] استفاده شده است. برای افزایش دقت داده‌ها، از نمرهٔ میانگین قضاوت دو داور متفاوت استفاده شده است. همچنین از روش مشاهده برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز از میزان همیاری دانشجویان با یکدیگر استفاده شده است. برای اندازه‌گیری همیاری نیز، یک

1- One-way ANOVA Analysis 2- Content analysis

فعالیت مشارکتی به دانشجویان داده و میزان همیاری آنان با یکدیگر با روش مشاهده اندازه‌گیری شده است. با توجه به تأکید منابع آموزشی به استفاده از معیارهای استاندارد برای سنجش عادلانه (Reddy & Andrade, 2010)، برای اندازه‌گیری میزان خلاقیت دانشجویان از چندین معیار دربارهٔ میزان ایده‌های مطرح‌شده، کیفیت ایده‌ها و کاربردی‌بودن آنها استفاده شده است. برای اندازه‌گیری همیاری نیز، با توجه به تأکید منابع معتبر آموزش مهندسی در حوزهٔ کار گروهی، از معیارهای رفتاری مؤلفهٔ همیاری تیمی گروه پژوهشی CATME در دانشگاه پردو[1] بهره گرفته شده است (Beigpourian et al., 2020). برای اطمینان از پایایی و روایی این پژوهش، هرچند از روش‌های ارزشیابی معتبر در حوزهٔ آموزش مهندسی استفاده شده است، برای تقویت قدرت این تحقیق از روش روایی صوری نیز استفاده شده است و چندین متخصص آموزش مصنوعی این روش‌های ارزشیابی را بررسی و تأیید کرده‌اند.

درنهایت، در روش کمّی برای تحلیل واریانس یک‌طرفه از سه گروه آزمایشی استفاده و نمرهٔ خلاقیت، یادگیری مفاهیم و تعامل این سه گروه با یکدیگر مقایسه شده است. روش تحلیل واریانس که به تحلیل جامعه‌های آماری ازطریقِ مقایسهٔ گروه‌ها می‌پردازد روش مناسب این بخش است. سه تحلیل واریانس یک‌طرفه انجام شده است که به‌ترتیبِ خلاقیت، یادگیری و تعامل به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب شده‌اند. (برای هر سه متغیر نمرات ۱ تا ۲۰ به‌شکل اعداد پیوسته وارد شده‌اند.) در هر سه آزمایش، سطح استفاده از کار گروهی در روش تدریس به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب شده است: روش تدریس بدون کار گروهی (روش تدریس ۱)؛ روش تدریس با کار گروهی بدون چارچوب پیشنهادی (روش تدریس ۲)، و کار گروهی نسبتاً کامل‌تر با استفاده از چاچوب پیشنهادی (روش تدریس ۳).

فرضیهٔ صفر ۱. میانگین نمرات خلاقیت دانشجویان در هر سه گروه یکسان است.

فرضیهٔ جایگزین ۱. میانگین نمرات خلاقیت دست‌کم یک گروه متفاوت با دیگر گروه‌هاست.

فرضیهٔ صفر ۲. میانگین نمرات یادگیری دانشجویان در هر سه گروه یکسان است.

فرضیهٔ جایگزین ۲. میانگین نمرات یادگیری دانشجویان دست‌کم یک گروه متفاوت با دیگر گروه‌هاست.

فرضیهٔ صفر ۳. میانگین نمرات همیاری دانشجویان در هر سه گروه یکسان است.

فرضیهٔ جایگزین ۳. میانگین نمرات تعامل دانشجویان دست‌کم یک گروه متفاوت با دیگر گروه‌هاست.

برای تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS27 استفاده کردیم. پیش از تحلیل داده‌ها، همهٔ پیش‌فرض‌های مرتبط با تحلیل واریانس یک‌طرفه را، ازجمله نرمال‌بودن داده‌ها، برابری واریانس‌ها و مستقل‌بودن مشاهدات، بررسی کردیم و از درستی تحلیل اطمینان یافتیم. برای زمانی که فرضِ صفر رد شود و نیز با این هدف که بدانیم کدام گروه باعث نابرابری شده است، از آزمون‌های توکی (زمانی که فرض برابری واریانس‌ها در آزمون لون[2] برقرار بوده است.) و Tamhane's T2 (زمانی که فرض نابرابری

1- Purdue Unbiversity
2- Levene's test

واریانس‌ها در آزمون لون برقرار نبوده است.) استفاده کردیم. در جدول ۱، تعداد دانشجویان هر گروه تدریس و میانگین نمرات آنان در سه متغیر خلاقیت، یادگیری و همیاری نشان داده شده است.

جدول ۱. میانگین نمرات خلاقیت، یادگیری و تعامل

روش تدریس	تعداد دانشجویان	خلاقیت	یادگیری	همیاری
روش تدریس ۱	۴۰	۱۱/۷	۱۲/۷۳	۹/۷۵
روش تدریس ۲	۴۰	۱۴/۹۳	۱۵/۲۵	۱۳/۰۸
روش تدریس ۳	۴۰	۱۶/۴۸	۱۶/۰۲	۱۶/۴۰
کل	۱۲۰	۱۴/۳۷	۱۴/۶۷	۱۳/۰۸

۶. نتایج تحقیق

در این بخش، نتایج هر پرسش پژوهشی که با کمک روش واریانس یک‌طرفه تحلیل شده است گزارش می‌شود. پرسش اول دربارهٔ تفاوت معنادار نمرهٔ خلاقیت دانشجویان شرکت‌کننده در کلاس‌های با روش‌های تدریس متفاوت است. ابتدا، در آزمون لون، با نتایج F(۲،۱۱۷)= ۰/۹۹۵ و p=۰/۳۷۳ فرض برابری واریانس‌ها بررسی شده است که، با توجه به نتیجهٔ تحلیل واریانس یک‌طرفه (F(۲،۱۱۷)=۷۴/۸۲۴ و p<۰/۰۰۱)، در گروه‌ها تفاوت معنادار وجود دارد. سپس، با کمک آزمون توکی نتیجه می‌گیریم که میانگین نمرهٔ خلاقیت در کلاسی که در آن از فعالیت گروهی با مدل پیشنهادی استفاده شده است به‌طور معناداری از میانگین خلاقیت کلاسی که فعالیت گروهی نداشته‌اند و کلاس با فعالیت گروهی بدون استفاده از مدل پیشنهادی بیشتر است (p<۰/۰۰۱). همچنین میانگین نمرهٔ خلاقیت کلاس با فعالیت گروهی بدون مدل پیشنهادی به‌طور معناداری از میانگین نمرهٔ خلاقیت کلاس بدون فعالیت گروهی بیشتر است (p<۰/۰۰۱).

برای بررسی پرسش پژوهشی دوم (تفاوت نمرهٔ یادگیری)، با توجه به نتیجهٔ تحلیل واریانس یک‌طرفه (F(۲,۱۱۷) =۳۷/۰۱۹ و p<۰/۰۰۱)، در گروه‌های تفاوت معنادار وجود دارد. ازآنجایی‌که فرض برابری واریانس‌ها در آزمون لون برای این تحلیل برقرار است (F(۲,۱۱۷)= ۰/۹۰۶ و p=۰/۳۷۳)، با کمک آزمون توکی نتیجه می‌گیریم که میانگین نمرهٔ یادگیری در کلاسی که در آن از فعالیت گروهی با مدل پیشنهادی استفاده شده است به‌طور معناداری از میانگین نمرهٔ یادگیری کلاسی که فعالیت گروهی نداشته‌اند بیشتر است (p<۰/۰۰۱). همچنین میانگین نمرهٔ یادگیری کلاس با فعالیت گروهی بدون مدل پیشنهادی به‌طور معناداری از میانگین نمرهٔ یادگیری کلاس بدون فعالیت گروهی بیشتر است (p<۰/۰۰۱). بااین‌حال، استفاده از مدل پیشنهادی تفاوت معناداری در نمرهٔ یادگیری گروه‌هایی که فعالیت گروهی داشتند ایجاد نکرد.

درنهایت، برای پرسش پژوهشی آخر به‌منظور مقایسهٔ نمرهٔ تعامل دانشجویان، با توجه به نتیجهٔ تحلیل واریانس یک‌طرفه (F(۲,۱۱۷)= ۹۸/۷۶۵ و p<۰/۰۰۱)، بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد.

ازآنجایی‌که فرض برابری واریانس‌ها در آزمون لون برای این تحلیل برقرار نیست (F(۲,۱۱۷)= ۳/۱۴۲ و p=۰/۰۴۵)، از آزمون Tamhane's T2 برای مقایسهٔ نمرات گروه‌ها استفاده می‌کنیم. طبق نتایج میانگین، نمرهٔ همیاری کلاسی که فعالیت گروهی با مدل پیشنهادی داشته است به‌طور معناداری از میانگین همیاری کلاسی که فعالیت گروهی نداشته و کلاسی با فعالیت گروهی بدون استفاده از مدل پیشنهادی بیشتر است (p<۰/۰۰۱). همچنین میانگین نمرهٔ تعامل کلاس با فعالیت گروهی بدون مدل پیشنهادی به‌طور معناداری از میانگین نمرهٔ همیاری کلاس بدون فعالیت گروهی بیشتر است (p<۰/۰۰۱).

۷. بحث و بررسی

در این بخش، با توجه به مدل نظری پژوهش، نتایج پژوهش را بررسی می‌کنیم. با توجه به مدل نظری، کار گروهی مؤثر با کار گروهی متفاوت است. برای اینکه به نتیجهٔ مطلوب آموزشی در کلاس درسی مهندسی خود برسیم، یک فرایند مناسب کار گروهی می‌بایست بین ورودی و خروجی گروه‌ها باشد. با توجه به نتایج مقالات معتبر آموزش مهندسی، یک مدل پیشنهادی چهارگانه، متشکل از تشکیل گروه، پویایی گروه، ارزشیابی همتا و آموزش کار گروهی مؤثر، پیشنهاد شده است. همان‌گونه‌که در نتایج مشهود است، استفاده از این روش در تدریس درس مهارتی مهندسی خلاقیت، یادگیری و همیاری دانشجویان را افزایش داده است. استفاده از کار گروهی به‌صورت کلی خلاقیت را میان دانشجویان افزایش داده که این نتیجه دقیقاً منطبق با یافتهٔ پژوهش دیگر است که استفاده از کار گروهی در حل مسئله منجر به افزایش خلاقیت در دانشجویان می‌شود (Chang et al., 2022). بااین‌حال، زمانی که همین کار گروهی با استفاده از چارچوب پیشنهادی مدیریت شد خلاقیت دانشجویان به‌طرز درخور ملاحظه‌ای افزایش یافت. تحقیقات مؤثربودن مدیریت گروه‌های دانشجویی را، ازنظرِ امنیت روانی (Beigpourian et al., 2020) و همچنین مدیریت تضاد را بین اعضای گروه (O'Neill et al., 2024) نشان داده‌اند و همچنین مدیریت تضاد سبب افزایش ایده‌ها در گروه و ایجاد امنیت روانی بیشتر می‌شود که این افزایش امنیت روانی خلاقیت را افزایش می‌دهد (Yang et al., 2021). ایجاد اعتماد و وابستگی سبب می‌شود دانشجویان در گروه برای حل مسئله بیشتر به یکدیگر متکی شوند و به همهٔ راه‌حل‌های بیان‌شده در گروه توجه کنند که این امر سبب می‌شود راه حل‌های بیشتری در گروه مطرح شود و خلاقیت دانشجویان در آن افزایش یابد. علاوه‌براین، تشکیل گروه‌های متنوع گوناگونیِ گروه‌ها را افزایش داده که این خود عامل افزایش خلاقیت دانشجویان است.

نمرهٔ همیاری دانشجویان نتایج مشابهی داشته است. دانشجویانی که کار گروهی را تجربه کرده‌اند مهارت همیاری بیشتری در فعالیت مشارکتی بعدی نشان داده‌اند که ناشی از تمرین همیاری در کارهای گروهی خود است. دانشجویان در گروه یاد می‌گیرند به حرف‌های هم‌گروهی خود گوش کنند و پیشنهادهای آنان را در نظر بگیرند اما افرادی که به‌شکل فردی درس را یاد گرفته‌اند در فعالیت مشارکتی

نیز سعی می‌کنند بدون کمک‌گرفتن از همتایان خود در کلاس مسائل را حل کنند. این تأثیر بر افرادی که مدل پیشنهادی کار گروهی در روش تدریس آنان اجرا شده بیشتر است. دلیل این امر به‌احتمال این است که آنان یاد گرفته‌اند پیش از بیان ایدهٔ خود نظر هم‌گروهی را بدانند و زمانی که می‌خواهند ایدهٔ خود را مطرح کنند ابتدا به‌خوبی گوش دهند و سپس دیدگاه خود را مطرح کنند. دلیل دیگر این افزایش همیاری ممکن است این مسئله باشد که دانشجویان با یادگیری کار گروهی مؤثر آموخته‌اند که می‌بایست فردی را که مشارکت کمتری دارد به کار بیشتر تشویق کنند. تشویق سبب می‌شود آن دانشجو در فعالیت‌های مشارکتی بعدی همیاری بیشتری از خود نشان دهد. این نتایج نیز به‌نوعی یافته‌های پژوهش‌های پیشین را درخصوص افزایش همیاری تأیید می‌کنند (Beigpourian et al., 2020).

هرچند کار گروهی مؤثر خلاقیت و همیاری دانشجویان را افزایش درخور ملاحظه‌ای داده است، با وجود افزایش میزان یادگیری دانشجویانی که از کار گروهی مؤثر استفاده کرده‌اند، نمرهٔ یادگیری آنان ازنظرِ آمار افزایش مهمی نداشته است. با توجه به نتایج، استفاده از کار گروهی، حتی بدون مدیریت گروه‌ها یا آموزش، سبب افزایش یادگیری می‌شود اما باید توجه داشت که این نمرهٔ یادگیری مرتبط با مهارت فنی دانشجویان است. منطبق با نظریهٔ یادگیری اجتماعی[1]، یادگیرنده در محیط اجتماعی بهتر مفاهیم را می‌آموزد (Khalid et al., 2023; Vygotsky, 1978). بنابراین، زمانی‌که دانشجویان همیاری در گروه را تجربه می‌کنند سطح یادگیری‌شان افزایش می‌یابد. البته یکی از دلایلی که کاربرد کار گروهی مؤثر تأثیر آماری مهمی بر یادگیری نداشته است استفاده‌نکردن طولانی‌مدت از کار گروهی است چراکه، مطابق تحقیقات پیشین، افزایش مدت کار گروهی مؤثر در افزایش مهارت‌های دانشجویان کارساز است (Beigpourian, 2020).

۸. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، ابتدا، با کمک مدل نظری پیشنهادشده برای کار گروهی مؤثر و داده‌های پژوهشی و اطلاعاتی موجود در حوزهٔ کار گروهی مؤثر در آموزش مهندسی، یک مدل پیشنهادی چهارگانه پیشنهاد شد که به استادان پیشنهاد می‌کند برای داشتن کار گروهی مؤثر از روش مناسب تشکیل گروه، آموزش کار گروهی مؤثر به دانشجویان، مدیریت پویایی گروه‌ها و استفاده از ارزشیابی همتا بهره بگیرند. سپس، برای بررسی اولیهٔ اثربخشی این روش، سه گروه آزمایشی تشکیل شد که گروه نخست به‌شکل فردی به حل مسئله پرداخت؛ گروه دوم به‌صورت گروهی اما بدون درنظرگرفتن نکات مربوط به کار گروهی مؤثر و گروه سوم فعالیت گروهی مؤثر را تجربه کردند. همچنین، برای مشخص‌شدن میزان قدرت همیاری، برای هر سه گروه یک فعالیت مشارکتی طراحی شد. پس از تحلیل نتایج کیفی و سپس کمّی، مشخص شد کار گروهی بر افزایش خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان تأثیرگذار است و همچنین در زمان استفاده از کار گروهی مؤثر، با کمک الگوی پیشنهادی پژوهش حاضر، میزان خلاقیت و همیاری

1- Social constructivism

دانشجویان، در مقایسه با زمانی که از کار گروهی نامؤثر استفاده کرده‌اند، مجدداً افزایش پیدا کرده است. بنابراین به استادان مهندسی توصیه می‌شود در آموزش‌های خود از فعالیت‌های همیارانه و گروهی استفاده کنند. نیز، با توجه به نتایج این مطالعه، پیشنهاد می‌شود منطبق بر مدل نظری این پژوهش، تا آنجایی که زمان کلاس اجازه می‌دهد، از روش‌هایی، مانند تشکیل گروه، ارزشیابی همتا، و مدیریت پویایی گروه (ازجمله اندازه‌گیری امنیت روانی، آموزش مدیریت تضاد و رهبری به دانشجویان) استفاده کنند تا خلاقیت و همیاری دانشجویان را افزایش دهند.

۹. محدودیت‌ها و پیشنهادهای پژوهش

با توجه به نتایج، پیشنهاد می‌شود استادان مهندسی در کلاس‌هایی که امکان آن وجود دارد نه‌تنها از فعالیت‌های گروهی استفاده کنند بلکه این فعالیت را به سمت کار گروهی مؤثر هدایت کنند. برای این کار، آنان ابتدا باید تصمیم بگیرند بهترین روش تشکیل گروه چیست؛ کار گروهی مؤثر را آموزش دهند؛ پویایی گروه‌ها را مدیریت و از ارزشیابی همتا استفاده کنند. به‌هرحال، پژوهش حاضر با استفاده از الگوی نظری کار گروهی مؤثر انجام شده است که ازآنجایی‌که نمی‌توان همهٔ فرایندهای کار گروهی مؤثر را اندازه گرفت نیاز به یک مدل پیشنهادی ساده‌سازی‌شده وجود داشته است. بنابراین، نتایج پژوهش بهتر است در محیط‌های متفاوت کلاس‌های مهندسی ارزشیابی شود تا پیشنهادهای بهینه‌سازی این مدل دریافت شود. همچنین مقایسهٔ چهار عامل این مدل پیشنهادی نتایجی ارزشمند برای آموزش مهندسی در ایران خواهد داشت.

References

- ABET. (2024). Criteria for accrediting engineering programs, 2023-2024. ABET. https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2023-2024.
- Alba-flores, R. & Rios, F. (2019). Incorporating peer review techniques to enhance students' communication skills and team performance in engineering capstone projects., (5(B)), 1969-1982.
- Badran, I. (2007). Enhancing creativity and innovation in engineering education., (5), 573-585. https://doi.org/10.1080/03043790701433061.
- Baker, D. P., Salas, E., King, H., Battles, J. & Barach, P. (2005). The role of teamwork in the professional education of physicians: Current status and assessment recommendations., (4), 185-202. https://doi.org/10.1016/S1553-7250(05)31025-7.
- Beigpourian, B. (2020). Purdue University.
- Beigpourian, B., EbrahimiNejad, H., Ohland, M. W. & Ferguson, D. M. (2019). The effect of preferred leadership role and preferred team leadership structure on students' perception of team processes and outcome. , 1-6. https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028453.
- Beigpourian, B., Ohland, M. & Ferguson, D. (2020). Effect of Psychological Safety on the Interaction of Students in Teams. , 34497. https://doi.org/10.18260/1-2--34497.
- Beigpourian, B. & Ohland, M. W. (2024). Psychological safety and team member effectiveness of minoritized students in engineering education. , (6), 57-84 https://doi.org/10.1615/JWomenMinorScienEng.2023043341.
- Borrego, M., Karlin, J., McNair, L. D. & Beddoes, K. (2013). Team effectiveness theory from industrial and

organizational psychology applied to engineering student project teams: A research review. , (4), 472-512. https://doi.org/10.1002/jee.20023.

- Chang, T.-S., Wang, H.-C., Haynes, A. M., Song, M.-M., Lai, S.-Y. & Hsieh, S.-H. (2022). Enhancing student creativity through an interdisciplinary, project-oriented problem-based learning undergraduate curriculum. , , 101173. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101173.
- Cinar, Y., & Bilgin, A. A. (2009). A study on peer assessment of teamwork projects in undergraduate petroleum engineering education. , SPE-123166-MS. https://doi.org/10.2118/123166-MS.
- Cinar, Y., & Bilgin, A. A. (2011). Peer assessment for undergraduate teamwork projects in petroleum engineering. , (2), 310-322.
- Cropley, D. H. (2015). Promoting creativity and innovation in engineering education. , (2), 161-171. https://doi.org/10.1037/aca0000008.
- Edmondson, A. C., & Harvey, J.-F. (2025). Team learning in the field: An organizing framework and avenues for future research. , (3), 614-632. https://doi.org/10.1177/10464964251316877.
- ENAEE. (2008). European Network for Accreditation of Engineering Education. Engineers Australia. (2013). Stage 1 Competency standard for professional engineer. Felder, R. M., Felder, G. N. & Dietz, E. J. (2002). The effects of personality type on engineering student performance and attitudes., (1), 3-17. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2002.tb00667.x.
- Ford, D. N. & Sterman, J. D. (2003). The Liar's club: Concealing rework in concurrent development. , (3), 211-219. https://doi.org/10.1177/106329303038028.
- Godwin, A., Kirn, A. & Rohde, J. (2017). Awareness without action: Student attitudes after engineering teaming experiences. , (6a), 1878-1891.
- Griffin, P. M., Griffin, S. O. & Llewellyn, D. C. (2004). The impact of group size and project duration on capstone design. , (3), 185-193. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00805.x.
- Gunawan, H., Hadis, A. & Qur'ani, B. (2024). Strategy for Increasing the creative performance of civil servants in public services: Effectiveness of education and training through teamwork., (03). https://doi.org/10.55677/ijssers/V04I3Y2024-04.
- Guzzo, R. a. & Shea, G. P. (1992). Group performance and intergroup relations in organizations. (Vol. 3, pp. 269-313). Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.
- Hackman, J. R. (1987). *The design of work teams.* In J. W. Lorsch (Ed.), (pp. 315-342). Prentice Hall.
- Huerta, M. V., Sajadi, S., Schibelius, L., Ryan, O. J. & Fisher, M. (2024). An exploration of psychological safety and conflict in first-year engineering student teams. , (3), 635-666 https://doi.org/10.1002/jee.20608.
- Jiang, Z., Hu, X., Wang, Z. & Griffin, M. A. (2024). Enabling workplace thriving: A multilevel model of positive affect, team cohesion, and task interdependence. , (1), 323-350. https://doi.org/10.1111/apps.12481.
- Khalid, A., Kazim, T., Diaz, K. R. V. & Iqbal, J. (2023). Breaking barriers in higher education: Implementation of cost-effective social constructivism in engineering education., 03064190231218123. https://doi.org/10.1177/03064190231218123.
- Kimpton, C. & Maynard, N. (2025). Factors shaping teamwork skills development in tertiary engineering education: A systematic literature review., (2), 253-280 https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2357343.
- Krishnan, S., Gabb, R. & Vale, C. (2011). Learning cultures of problem-based learning teams. , (2), 67-78. https://doi.org/10.1080/22054952.2011.11464057.
- Layton, R. A., Loughry, M. L., Ohland, M. W. & Ricco, G. D. (2010). Design and validation of a web-based system for assigning members to teams using instructor-specified criteria., (1), 1-28.
- Leonardi, P. M., Jackson, M. H. & Diwan, A. (2009). The enactment-externalization dialectic: Rationalization and the persistence of counterproductive technology design practices in student engineering., (2), 400-420.
- McGrath, J. E. (1964). Social Psychology: A Brief Introduction. Rinehart and Winston.
- Millis, B. J., & Philip G. Cottell, J. (1998). Oryx Press.
- Minz, N. K. & Saluja, A. (2023). Developing skills with team-based learning. B. Scott & M. E. Fox (Eds.), (pp.

25-53). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7583-6.ch002.
- O'Neill, T. A., Aldana, A. J., Espinoza, J. A., Sperry, M. P., Brykman, K. M. & Donia, M. B. L. (2024). Conflict management styles assessment and feedback for student self-awareness and team development. , (8), 1091-1104. https://doi.org/10.1080/02602938.2024.2350682.
- Parker, R., Sangelkar, S., Swenson, M. & Ford, J. D. (2019). Launching for success: A review of team formation for capstone design. , (6(B)), 1926-1936.
- Picard, C., Hardebolle, C., Tormey, R. & Schiffmann, J. (2022). Which professional skills do students learn in engineering team-based projects?, (2), 314-332. https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1920890.
- Reddy, Y. M. & Andrade, H. (2010). A review of rubric use in higher education. , (4), 435-448. https://doi.org/10.1080/02602930902862859.
- Ryan, O., Fisher, M., Schibelius, L., Huerta, M. & Sajadi, S. (2023). Using a scenario-based learning approach with instructional technology to teach conflict management to engineering students. , 44561. https://doi.org/10.18260/1-2--44561.
- Schaubroeck, J., Lam, S. S. K. & Peng, A. C. (2011). Cognition-based and affect-based trust as mediators of leader behavior influences on team performance. , (4), 863-871. https://doi.org/10.1037/a0022625.
- Steiner, M., & Kanai, J. (2016). Creating effective multidisciplinary capstone project teams. , (2(A)), 625-639.
- Strenger, L., Beigpourian, B., Ohland, M. & Ferguson, D. (2020). The effect of different dimensions of conflict on measures of team-member effectiveness. , 35306 https://doi.org/10.18260/1-2--35306.
- Takai, S. & Esterman, M. (2019). A review of team effectiveness models and possible instruments for measuring design-team inputs, processes, and outputs. , (6(A)), 1684-1697.
- Tang, P. C. (1938). The power function of the analysis of variance tests, with tables and illustrations of their use. 126-149.
- Tannenbaum, S. I., Beard, R. L. & Salas, E. (1992). Team building and its influence on team effectiveness: An examination of conceptual and empirical developments. In K. Kelley (Ed.), (pp. 117-153). North-Holland.
- Tucker, R., Abbasi, N., Thorpe, G., Ostwald, M., Williams, A. & Wallis, L. (2014). Office for Learning and Teaching, Department of Education.
- Verhagen, R. S., Marcu, A., Neerincx, M. A. & Tielman, M. L. (2024). The influence of interdependence on trust calibration in human-machine teams. F. Lorig, J. Tucker, A. Dahlgren Lindström, F. Dignum, P. Murukannaiah, A. Theodorou, & P. Yolum (Eds.),. IOS Press. https://doi.org/10.3233/FAIA240203.
- Vygotsky, L. (1978). Harvard University Press.
- Yang, Y., Li, Z., Liang, L. & Zhang, X. (2021). Why and when paradoxical leader behavior impact employee creativity: Thriving at work and psychological safety., (4), 1911-1922. https://doi.org/10.1007/s12144-018-0095-1.

بهزاد بیگ‌پوریان: استادیار گروه آموزش مهندسیِ دانشکدگان فنی دانشگاه تهران است. ایشان دکترای آموزش مهندسی را در ۱۳۹۹ از دانشگاه پردو آمریکا دریافت کرده و دورهٔ پسادکتری آموزش مهندسی را در مرکز طراحی مهندسی دانشگاه آریزونای آمریکا گذرانده است. همچنین دارای مدرک کارشناسی و کارشناسی‌ارشد در رشتهٔ مهندسی عمران است و در همایش‌های معتبر آموزش مهندسی در دنیا، ازجمله FIE، ASEE و AAEE مشارکت فعال داشته است. مقالات متعددی نیز درزمینهٔ آموزش مهندسی در مجلات و همایش‌های بین‌المللی به چاپ رسانده است.