

آموزش مفاهیم پیچیده با رویکرد پرسش و پاسخ طنزآمیز: مطالعه موردی در مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر

سامان پیره‌بابی^۱ و رقیه گوگ‌ساز قوجانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

DOI: 10.22047/ijee.2026.549760.2208

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.5.0

چکیده: آموزش در رشته‌های میان‌رشته‌ای نظیر مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر با چالش‌های گوناگونی مانند پیچیدگی مفاهیم و تنوع پیش‌زمینه دانشجویان همراه است. پژوهش حاضر با هدف ارائه و ارزیابی یک روش آموزشی نوین موسوم به «پ.ن.پ» انجام شد. روش «پ.ن.پ» مخفف «پرسش ساده، نکته‌دار، پاسخ طنزآمیز» است؛ این روش بر پایه طرح پرسش‌های ساده و بدیهی همراه با پاسخ‌های طنزآمیز در سه سطح دشواری است و برانگیختن کنجکاوی، کاهش اضطراب و ایجاد تعامل فعال را دنبال می‌کند. روش پژوهش از نوع شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی بود و جامعه آماری شامل دانشجویان مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی بود. ابزارهای گردآوری داده شامل آزمون کتبی و پرسش‌نامه چندسازه‌ای (ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت) بود. نتایج به‌کارگیری این روش در طی هفت سال تحصیلی نشان داد روش «پ.ن.پ» موجب افزایش معنادار نمرات دانشجویان شد. همچنین تحلیل پرسش‌نامه به کمک نرم‌افزار SPSS 27 نشان داد که این روش موجب بهبود هم‌زمان ماندگاری مفاهیم، شناخت، شاخص‌های روان‌شناختی و تعامل آموزشی می‌شود. بر این اساس، می‌توان روش «پ.ن.پ» را که طنز، سطح‌بندی محتوا و مشارکت فعال را در هم می‌آمیزد، به‌عنوان الگویی بومی و خلاقانه برای ارتقای کیفیت آموزش در حوزه‌های تخصصی و پیچیده قلمداد کرد.

واژگان کلیدی: آموزش مهندسی، طنز در آموزش، یادگیری فعال، آموزش تعاملی، انرژی تجدیدپذیر

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. s.pirehbabi@sbu.ac.ir

۲- دانشیار گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. (نویسنده مسئول). r.g.avagsaz@sbu.ac.ir

۱. مقدمه

آموزش علوم مهندسی، به‌ویژه در حوزه‌های نوظهور و میان‌رشته‌ای (Hoople et al., 2020; Xu, 2024) مانند مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر (Motahhar & Alamrajabi, 2016)، یکی از مهم‌ترین چالش‌های نظام‌های آموزشی دانشگاهی به شمار می‌آید. پیچیدگی مفاهیم، تازگی موضوعات برای بسیاری از دانشجویان و نیاز به درک هم‌زمان مبانی نظری و کاربردی سبب می‌شود که روش‌های سنتی آموزش، مانند سخنرانی و جزوه‌محوری، به‌تنهایی پاسخ‌گوی نیازهای این حوزه نباشد و در مواردی حتی موجب بی‌انگیزگی و خستگی دانشجویان شود. از یک طرف، ظهور علوم میان‌رشته‌ای مانند مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، که تلفیقی از علوم پایه، مکانیک، برق و شیمی است و از دانشجویانی با پیش‌زمینه‌های گوناگون استقبال می‌کند، ضرورت بهره‌گیری از شیوه‌های نوین تدریس را دوچندان ساخته است. از طرف دیگر، این رشته به‌عنوان یک رشته میان‌رشته‌ای، نیازمند دانشجویانی است که بتوانند مفاهیم پیچیده‌ای مانند سامانه‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و پیل‌های سوختی را به‌صورت هم‌زمان درک کنند و در مسائل عملی به‌کار ببرند (Motahhar, 2024). این مفاهیم، به‌دلیل پیچیدگی و ارتباط نزدیک با دانش‌های پایه و مهندسی، برای دانشجویان تازه‌کار چالش‌هایی را به همراه دارد. این تنوع پیش‌زمینه‌ها و دشواری‌های ناشی از آن، در کنار چالش‌های ذاتی این رشته‌ها، اهمیت به‌کارگیری رویکردهای آموزشی خلاقانه و انگیزشی را نشان می‌دهد؛ رویکردهایی که نه تنها انتقال دانش را آسان می‌کنند بلکه زمینه‌ساز مشارکت فعال و افزایش انگیزه دانشجویان نیز می‌شوند.

یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت یادگیری، شناخت تفاوت‌های فردی و سبک‌های یادگیری دانشجویان است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نادیده گرفتن این تفاوت‌ها می‌تواند موجب کاهش انگیزه، عدم تمرکز و ایجاد بی‌انگیزگی در دانشجویان شود (Li & Xue, 2023; Yotta, 2023). در مقابل، به‌کارگیری فعالیت‌های خلاقانه و آموزشی که حس کنجکاوی و مشارکت فعال دانشجویان را تحریک می‌کند، می‌تواند کیفیت یادگیری و ماندگاری مطالب علمی را افزایش دهد (Singh & Manjaly, 2022). مبانی نظری یادگیری فعال، ازجمله نظریهٔ سازنده‌گرایی اجتماعی ویگوتسکی^۱ (Wibowo et al., 2025) و نظریه یادگیری معنادار آزوبل^۲ (Bryce & Blown, 2024)، بر نقش مشارکت و تعامل دانشجو با محیط آموزشی تأکید دارند. بر اساس این دیدگاه‌ها، یادگیری زمانی پایدار و اثربخش است که دانشجو با محتوای آموزشی درگیر شود و امکان ساختن دانش بر پایهٔ تجربه‌های پیشین برای او فراهم شود. پژوهش‌های مختلفی نشان داده‌اند که بهره‌گیری از فعالیت‌های خلاقانه، طنز و تعامل کلاسی می‌تواند یادگیری را به فرایندی پویا و معنادار تبدیل کند.

مروری بر پیشینهٔ پژوهش در این مطالعه، سه محور اصلی را پوشش می‌دهد: (۱) کاربرد طنز در

آموزش، ۲) سطح‌بندی محتوا و ۳) تعامل آموزشی. جدول ۱ خلاصه‌ای از مهم‌ترین یافته‌های مطالعات مرتبط را ارائه می‌دهد. در ادامه، هر یک از این حوزه‌ها با استناد به پژوهش‌های پیشین مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های آموزشی نشان داده‌اند که بهره‌گیری از روش‌های خلاقانه مانند طنز، پرسش‌های محرک و فعالیت‌های مشارکتی می‌تواند کیفیت یادگیری را به‌طور چشمگیری ارتقا دهد، (جدول ۱) طنز در محیط آموزشی، علاوه بر ایجاد فضایی صمیمانه، نقش مؤثری در کاهش تنش و افزایش تمرکز ایفا می‌کند و کنجکاوی دانشجویان را برای پیگیری مفاهیم علمی برمی‌انگیزد (Erdoğan, 2021 & Çakıroğlu). در یک پژوهش که بر روی ۲۵ مدرس در هند انجام شد (Kumar, 2025)، طنزهای آموزشی شامل طنز خودجوش، طنز برنامه‌ریزی‌شده، طنز مرتبط با محتوا و طنز نامرتبط با محتوا بررسی شده است. «نتایج نشان داد که به‌کارگیری طنز می‌تواند یادگیری فراگیران، انگیزه و جو کلاس را بهبود بخشد و مشارکت فعال را افزایش دهد.

این پژوهش اهمیت طراحی آگاهانه فعالیت‌های طنزآمیز در محیط‌های آموزشی را برجسته می‌کند. پژوهشی دیگر (Zhou & Lee, 2025)، که اثر طنز آموزشی بر انگیزه و توجه فراگیران را بررسی کرده است، نشان می‌دهد که طنز مرتبط با موضوع درسی می‌تواند بر جنبه‌های شناختی و عاطفی یادگیری اثرگذار باشد. نتایج این مطالعه بر اهمیت ادغام روش‌های آموزشی خلاقانه و جذاب برای افزایش تمرکز و ماندگاری یادگیری تأکید دارد. تحقیقی دیگر (Mohd Noor et al., 2024) که روی ۲۱۷ دانشجوی کارشناسی در مالزی انجام شد، نشان داد که تجربه لذت از طنز در کلاس موجب افزایش مشارکت و تعامل دانشجویان می‌شود و بر بهبود یادگیری و انگیزه اثرگذار است. پژوهش با بهره‌گیری از مدل معادلات ساختاری، اهمیت توجه به جنبه‌های عاطفی و روان‌شناختی یادگیری را در طراحی فعالیت‌های آموزشی نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای دیگر (Abd Ullah et al., 2024)، بررسی شد که چگونه طنز می‌تواند به‌عنوان یک ابزار ارتباطی در فرایند یادگیری عمل کند. نتایج نشان داد بهره‌گیری آگاهانه از طنز در کلاس، تعامل و عملکرد دانشجویان را بهبود می‌بخشد و زمینه‌ساز مشارکت فعال در فرایند یادگیری می‌شود. پژوهشی دیگر (Ngai et al., 2025)، که چارچوبی نظام‌مند برای کاربرد طنز در تدریس ارائه کرده است، نشان می‌دهد طنز می‌تواند به کاهش کسالت، افزایش انگیزه و تقویت روابط مدرس-دانشجو کمک کند. یافته‌ها بر اهمیت طراحی هدفمند فعالیت‌های آموزشی جذاب و خلاقانه برای ارتقای کیفیت یادگیری تأکید دارند.

علاوه بر طنز، مورد مهم دیگر، آموزش در سطوح متفاوت دشواری است. طراحی آموزش در سطوح مختلف دشواری، امکان یادگیری تدریجی و متناسب با توانایی‌های دانشجویان را فراهم می‌آورد. چنین رویکردهایی به‌ویژه در زمینه‌های پیچیده‌ای مانند پیل‌های سوختی یا سیستم‌های انرژی‌های نو، که نیازمند ترکیب دانش نظری و مهارت‌های تحلیلی‌اند، اهمیت دوچندان دارند (Abdul Jalil et al., 2024).

پژوهش‌هایی در زمینه طراحی محتوای چندسطحی نشان داده‌اند که ارائه مطالب در سطوح متفاوت دشواری (Ferdjallah et al., 2024; MacLeod & Van der Veen, 2020) می‌تواند موجب بهبود دانش پایه و تقویت توانایی حل مسئله در سطوح بالاتر شود. با این وجود، بیشتر این پژوهش‌ها در حوزه علوم پایه انجام گرفته و کمتر به زمینه‌های مهندسی میان‌رشته‌ای مانند مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر تعمیم یافته‌اند. این خلأ پژوهشی ضرورت بررسی کارآمدی روش‌های سطح‌بندی شده در این حوزه‌ها را آشکار می‌سازد.

جدول ۱. یافته‌های اصلی مطالعات مرتبط با رویکرد طنز

موضوع	یافته‌ها	مرجع/مراجع
طنزپردازی در آموزش	بررسی انواع طنز آموزشی، بهبود یادگیری، انگیزه، جو کلاس، مشارکت فعال، طراحی آگاهانه طنز	Kumar, 2025
	ارائه طنز مرتبط با درس، افزایش انگیزه و توجه	Zhou & Lee, 2025
	افزایش مشارکت و تعامل به کمک طنز، بهبود یادگیری و انگیزه، جنبه‌های عاطفی و روان‌شناختی	Mohd Noor et al., 2024
	بهبود تعامل و عملکرد، افزایش مشارکت فعال	Abd Ullah et al., 2024
	کاهش کسالت، افزایش انگیزه، تقویت روابط مدرس-دانشجو	Ngai et al., 2025
سطح‌بندی محتوا	اهمیت آموزش در سطوح دشواری مختلف و یادگیری تدریجی در زمینه‌های پیچیده مثل پیل‌های سوختی و انرژی‌های نو	Abdul Jalil et al., 2024
	طراحی محتوای چندسطحی برای ماندگاری دانش پایه و تقویت حل مسئله	Ferdjallah et al., 2024; MacLeod & Van der Veen, 2020
تعامل در آموزش	به‌کارگیری روش‌های مشارکتی، تقویت ارتباط دانشجو-مدرس	Mansouri & Gavagsaz-Ghoachani, 2023; Gavagsaz-Ghoachani, 2022
	به‌کارگیری روش‌های مشارکتی برای فعال‌سازی محیط یادگیری	Muhangwa, 2023; Abedi et al., 2024
نواوری پژوهش حاضر: ترکیب هم‌زمان طنز آموزشی، سطح‌بندی محتوا و تعامل فعال در قالب یک چارچوب بومی (پ.ن.پ)		

مورد مهم بعدی در کنار طنز و سطح‌بندی محتوا، تعامل در آموزش است. در حوزه تعامل آموزشی، مطالعات گوناگونی انجام شده که نشان می‌دهد روش‌های مشارکتی می‌توانند ارتباط بین دانشجویان و مدرس را تقویت کنند (Mansouri & Gavagsaz-Ghoachani, 2023; Gavagsaz-Ghoachani, 2022) و محیط یادگیری را فعال‌تر کنند (Muhangwa, 2023; Abedi et al., 2024). نقاط قوت این مطالعات در تأکید بر جنبه‌های ارتباطی و اجتماعی یادگیری است، اما ضعف آنها در نپرداختن به ابزارهای فرهنگی بومی یا روش‌های غیررسمی است که می‌تواند تعامل را به شکلی طبیعی‌تر و مؤثرتر افزایش دهد. روش

«پ.ن.پ» به عنوان یک پدیده فرهنگی آشنا برای دانشجویان، می‌تواند در این زمینه نوآوری به شمار آید. باتوجه به این مبانی نظری، سازه‌های پرسش‌نامه پژوهش حاضر به گونه‌ای انتخاب شده است که ابعاد اصلی اثرگذاری روش «پ.ن.پ» را پوشش دهد. سازه «ماندگاری» بر نتایج پژوهش‌هایی استوار است که نشان می‌دهند طنز مرتبط با محتوا و طراحی چندسطحی مطالب، می‌تواند یادآوری و ماندگاری دانش را بهبود بخشد (Erdoğdu & Çakıroğlu, 2021; Ferdjallah et al., 2024; Abdul Jalil et al., 2024; et al., 2024). سازه «شناخت» بازتاب مطالعاتی است که بر بهبود درک مفهومی و تحلیل سیستم‌های پیچیده در قالب یادگیری فعال و معنادار تأکید می‌کنند (Bryce & Blown, 2024; Singh & Man- jaly, 2022; MacLeod & Van der Veen; 2020). سازه «روان‌شناختی» بر مستندات مربوط به نقش طنز و فعالیت‌های خلاقانه در کاهش اضطراب، افزایش انگیزه، برانگیختن کنجکاوی و تقویت لذت از یادگیری تکیه دارد (Kumar, 2025; Mohd Noor et al., 2024; Ngai et al., 2025). سازه «تعامل» نیز ادامه خط پژوهشی است که روش‌های مشارکتی و تعاملی را عامل تقویت ارتباطات دانشجو-دانشجو و دانشجو-مدرس معرفی می‌کند (Gavagsaz-Ghoachani, 2022; Mansouri & Gavagsaz-Ghoachani, 2023; Muhangwa, 2023; Abedi et al., 2024). درنهایت، سازه «محدودیت» برای سنجش پیامدهای ناخواسته احتمالی (مانند زمان بر شدن فرایند آموزش یا خطر دور شدن از موضوع اصلی) در نظر گرفته شده است تا ارزیابی روش «پ.ن.پ» بر پایه تصویری متوازن از مزایا و چالش‌ها انجام گیرد.

بررسی کلی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه پژوهش‌های گوناگونی در زمینه طنز، طراحی چندسطحی محتوا و تعامل آموزشی انجام شده است، اما هنوز مطالعه‌ای که این عناصر را در قالب یک روش منسجم ترکیب کند و در زمینه‌ای تخصصی همچون مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر به کار گیرد، انجام نگرفته است. به عبارت دیگر، این رویکرد در قالب فعلی خود پیشینه مستقیمی در متون علمی ندارد و در این پژوهش برای نخستین بار تعریف و آزمون می‌شود. بااین حال، عناصر تشکیل‌دهنده آن هریک پشتوانه نظری مشخصی دارند؛ طنز آموزشی به عنوان ابزاری برای کاهش اضطراب و افزایش انگیزه و تعامل کلاسی (Erdoğdu & Çakıroğlu, 2021; Kumar, 2025; Mohd Noor et al., 2024; Ngai et al., 2025)، طراحی چندسطحی محتوا برای حرکت از مفاهیم ساده به پیچیده و کمک به ماندگاری و حل مسئله (Ferdjallah et al., 2024; MacLeod & Van der Veen, 2020; Abdul Jalil et al., 2024) و رویکردهای تعاملی برای تقویت ارتباطات آموزشی و مشارکت فعال دانشجویان (Gavagsaz-Ghoachani, 2022; Mansouri & Gavagsaz-Ghoachani, 2023; Muhangwa, 2023; Abedi et al., 2024) در مراجع مختلف بحث شده است. روش «پ.ن.پ» با سازمان‌دهی این ۳ مؤلفه در قالب پرسش‌های ساده و بدیهی همراه با پاسخ‌های طنزآمیز در ۳ سطح دشواری، تلاش می‌کند یک چارچوب بومی، منسجم و قابل اجرا در کلاس‌های مهندسی ارائه کند. در سطح ۱، یک پرسش بیان می‌شود که دارای نکته‌ای به نسبت بدیهی است. در سطح دوم روش آموزشی، پرسش مطرح شده نکته‌ای علمی دارد. پاسخ‌ها در

این سطح مشابه سطح یک است و فقط با بیان طنز همراه است. در سطح سوم که دشوارتر از دو سطح پیشین است، در پرسش و نیز در پاسخ مفاهیم علمی گنجانده شده است.

هدف از اجرای این روش ایجاد جذابیت، برانگیختن کنجکاوی و درگیری ذهنی دانشجویان با محتوای علمی است. این روش، به عنوان مطالعه موردی در حوزه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر به کار گرفته شده است. این پژوهش علاوه بر سنجش اثر روش بر عملکرد تحصیلی دانشجویان از طریق روش شبه آزمایشی پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی^۱، ابعاد مختلف یادگیری را نیز مورد توجه قرار می‌دهد. نوآوری اصلی پژوهش، در ادغام سه مؤلفه طنز آموزشی، طراحی چندسطحی محتوا و تعامل فعال در کلاس درسی است. این روش طی ۷ سال تحصیلی به کار گرفته شده و نتایج به دست آمده نشان‌دهنده کارآمدی و پایداری آن در محیط‌های آموزشی واقعی است. به این ترتیب، پژوهش حاضر می‌تواند الگویی کاربردی برای تقویت آموزش در رشته‌های پیچیده و میان‌رشته‌ای ارائه کند.

پژوهش حاضر در پی پاسخ‌گویی به این پرسش‌های اصلی است:

۱. روش «پ.ن.پ» چگونه با ادغام سه مؤلفه طنز آموزشی، طراحی چندسطحی محتوا و تعامل فعال در کلاس درس اجرا می‌شود؟

۲. روش «پ.ن.پ» چه تأثیری بر یادگیری و نمرات دانشجویان در مقایسه با روش سنتی دارد؟

۳. این روش تا چه اندازه می‌تواند ماندگاری ذهنی مفاهیم علمی را در دانشجویان تقویت کند؟

۴. روش پیشنهادی چه تأثیری بر جنبه‌های روان‌شناختی مانند انگیزه، کاهش اضطراب، افزایش کنجکاوی و ایجاد جذابیت در فرایند یادگیری دارد؟

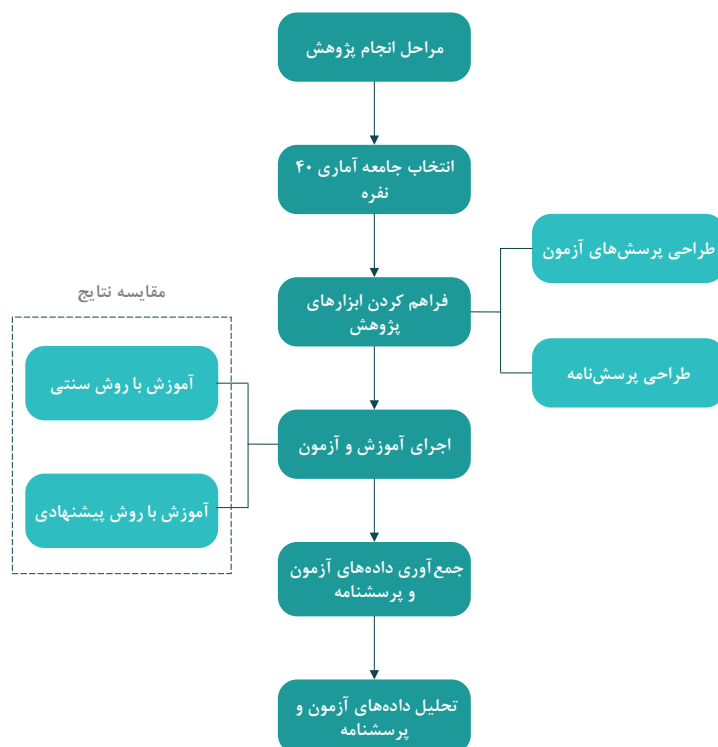
۵. این روش چه اثری بر سطح تعامل بین دانشجویان با یکدیگر و میان دانشجویان و مدرس دارد؟

ساختار این مقاله به این شرح است: پس از مقدمه، در بخش دوم روش‌شناسی پژوهش معرفی می‌شود. در بخش سوم، نتایج حاصل از اجرای مطالعه ارائه و تحلیل می‌شوند. بخش چهارم به نتیجه‌گیری و پیشنهاد کارهای آینده اختصاص یافته است.

۲. روش‌شناسی

شکل ۱، مراحل روش‌شناسی پژوهش حاضر را نشان می‌دهد که شامل مراحل انجام پژوهش، انتخاب جامعه و نمونه، فراهم کردن ابزارهای پژوهش، اجرای پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل داده‌هاست. این پژوهش از نوع شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی است. در این طرح یک گروه از دانشجویان مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر در مطالعه شرکت کردند و هر دانشجو نقش کنترل خود را ایفا کرد. در گام نخست، محتوای درس به روش سنتی (سخنرانی و توضیح مفهومی) ارائه شد و

آزمون کتبی به عنوان پیش‌آزمون برگزار شد. در گام دوم، پس از یک فاصله زمانی مشخص، همان گروه از دانشجویان همان محتوای درس را این بار به کمک روش «پ.ن.پ» دریافت کردند و آزمون مشابهی به عنوان پس‌آزمون اجرا شد. بدین ترتیب، تغییر نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون به عنوان شاخص اثر روش «پ.ن.پ» بر عملکرد تحصیلی دانشجویان مورد تحلیل قرار گرفت. نبود گروه گواه مستقل یکی از محدودیت‌های این طرح است.



شکل ۱. مراحل روش‌شناسی پژوهش پیشنهادی

جامعه آماری این پژوهش شامل دانشجویان سه مقطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری رشته مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی بود. نمونه پژوهش شامل ۴۰ دانشجو بود که به صورت در دسترس انتخاب شدند. مشخصات جمعیت‌شناختی نمونه شامل رشته تحصیلی، مقطع تحصیلی و سال تحصیلی ثبت شد.

ابزارهای پژوهش در این مطالعه شامل آزمون عملکردی و پرسش‌نامه بود. آزمون عملکردی برای سنجش میزان یادگیری دانشجویان در قالب پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی طراحی شد. برای ارزیابی یادگیری، آزمون کتبی انجام شد که شامل پرسش‌هایی بود که پاسخ‌های کوتاه و یک کلمه‌ای داشتند.

پیش‌آزمون پیش از اجرای روش پیشنهادی و پس‌آزمون پس از آن گرفته شد. این آزمون به منظور سنجش میزان اثر روش آموزشی طراحی شد. با هدف ارزیابی دیدگاه دانشجویان نسبت به روش آموزشی، پرسش‌نامه‌ای شامل ۵ سازه (ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت) و ۱۸ گویه طراحی شد. تمامی گویه‌ها بر اساس مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای (از «کاملاً مخالفم» تا «کاملاً موافقم» با گزینه ۳ «نظری ندارم») نمره‌گذاری شد.

ساختار این پرسش‌نامه (پیوست ۱) شامل سازه‌های ماندگاری (۳ گویه)، شناخت (۳ گویه)، روان‌شناختی (۶ گویه)، تعامل (۴ گویه) و محدودیت (۲ گویه) است. پرسش‌نامه از دو دیدگاه پایایی و روایی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اطمینان از اعتبار ابزار جمع‌آوری داده‌ها، پایایی پرسش‌نامه به کمک ضریب آلفای کرونباخ^۱ در نرم‌افزار SPSS سنجیده شد. پایایی کل پرسش‌نامه برابر با ۰/۸۲ بود که نشان‌دهنده پایایی خوب پرسش‌نامه است. همچنین آلفای کرونباخ برای سازه‌های پنج‌گانه به ترتیب برابر با ۰/۸۱، ۰/۷۹، ۰/۸۳، ۰/۸۷ و ۰/۷۲ برای سازه ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت به دست آمد. بنابراین می‌توان گفت که پرسش‌نامه از انسجام درونی مطلوبی برخوردار است.

نسخه اولیه پرسش‌نامه در اختیار چند نفر از اعضای هیئت علمی و مدرسان باتجربه در حوزه آموزش مهندسی و انرژی‌های تجدیدپذیر قرار داده شد و از آنها خواسته شد هر گویه را از نظر شفافیت نگارش، تناسب با سازه مربوط (ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت) و کفایت پوشش دهی ابعاد مورد نظر ارزیابی کنند. بر اساس بازخوردهای دریافتی، برخی عبارت‌ها به صورت جزئی بازنویسی شد و ترتیب یا فرم چند گویه اصلاح شد تا از وضوح بیشتر و هم‌خوانی‌شان با تعاریف نظری سازه‌ها اطمینان حاصل شود. نسخه نهایی پرسش‌نامه پس از تأیید این گروه از خبرگان، مبنای اجرای پژوهش و تحلیل‌های آماری قرار گرفت.

تحلیل داده‌ها به دو دسته اصلی تقسیم شد: ۱- تحلیل داده‌های آزمون‌ها و ۲- تحلیل داده‌های پرسش‌نامه. برای تحلیل داده‌های آزمون، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک^۲ و کولموگروف-اسمیرنوف^۳ بررسی شد. با توجه به نرمال نبودن داده‌ها، از آزمون ویلکاکسون^۴ برای مقایسه میانگین نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون انجام شد و اندازه اثر دی کوهن^۵ و جی هجرز^۶ محاسبه شد. به طریق مشابه، برای تحلیل پرسش‌نامه نیز نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. با توجه به نرمال نبودن داده‌ها، آزمون ویلکاکسون برای مقایسه پاسخ‌ها با گزینه «نظری ندارم» به کار گرفته شد. در گام بعدی، آمار توصیف شامل میانگین و انحراف معیار هر سازه محاسبه و در جدول نمایش داده شد.

روش پیشنهادی بر اساس طرح پرسش‌های ساده و پاسخ‌های طنزآمیز «پ.ن.پ» طراحی شده و

1- Cronbach's alpha
4- Wilcoxon

2- Shapiro-Wilk
5- Cohen's d

3- Kolmogorov-Smirnov
6- Hedges' g

شامل سه سطح دشواری متفاوت می‌شود:

- سطح ۱- پرسش بدیهی: پرسش‌هایی با نکات علمی ساده برای مرور مطالب درس.
- سطح ۲- پرسش نکته‌دار: پرسش‌هایی با نکات علمی مهم که نیاز به درک مفهومی دارند و پاسخ‌ها همراه با طنز ارائه می‌شود.
- سطح ۳- پرسش نکته‌دار و پاسخ نکته‌دار: سطح پیشرفته که در پرسش و پاسخ نکات علمی عمیق‌تری ارائه شده و امکان سنجش دقیق دانش دانشجویان فراهم می‌شود.

در این روش، دانشجویان در چارچوب این سه سطح، پرسش‌ها و پاسخ‌هایی را با نظارت مدرس طراحی می‌کنند. اجرای روش «پ.ن.پ» در مقطع کارشناسی شامل سطح ۱ و ۲ پرسش‌هاست؛ زیرا تمرکز بر آموزش مفاهیم پایه است. در مقاطع تحصیلات تکمیلی، پرسش‌های بیشتر از سطح ۳ انتخاب می‌شوند که جنبه تحلیلی-انتقادی دارند و ارتباط بیشتری با پژوهش و طراحی سیستم‌ها پیدا می‌کنند. در اجرای این روش، ۲۰ تا ۳۰ درصد زمان یک جلسه می‌تواند به فعالیت‌های «پ.ن.پ» اختصاص یابد. این روش مکمل تدریس اصلی است و نه جایگزین کامل آن؛ اگرچه امکان تبدیل کل محتوای درس به این روش وجود دارد، اما به کارگیری ۱۰۰ درصدی توصیه نمی‌شود؛ زیرا برای یادگیری عمیق نیاز به ترکیب با سایر روش‌های نوین آموزشی وجود دارد.

طنز به کارگرفته شده باید کاملاً مرتبط با موضوع علمی باشد و از طنزهای شخصی، فرهنگی یا تمسخرآمیز پرهیز می‌شود. هر پرسش باید سه معیار را رعایت کند: (۱) سادگی و بداهت در سطح اول، (۲) وجود یک نکته علمی معتبر در سطح دوم و (۳) حفظ ارتباط طنز با مفهوم علمی در سطح سوم. مدیریت کلاس در روش «پ.ن.پ» مبتنی بر ساختار مشخصی است که مانع از انحراف موضوع می‌شود. مدرس در ابتدای کلاس چارچوبی مشخص می‌کند که طنز تنها در قالب پرسش و پاسخ علمی مجاز است و از شوخی‌های خارج از موضوع جلوگیری می‌شود. مدرس با کنترل جریان گفت‌وگو اجازه نمی‌دهد فضای کلاس از محور علمی درس فاصله بگیرد. اجرای پرسش‌های طنزآمیز به گونه‌ای کنترل می‌شود که نظم کلاس حفظ شود. همچنین برای جلوگیری از انحراف موضوعی، پس از طرح هر پرسش جمع‌بندی علمی توسط مدرس ارائه می‌شود.

در یک مطالعه موردی، روش «پ.ن.پ» برای آموزش مفاهیم مرتبط با سامانه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به کار گرفته شد. پیل سوختی یکی از تجهیزات مهم در این حوزه است که با بهره‌گیری از واکنش شیمیایی بین یک سوخت (معمولاً هیدروژن) و اکسیژن انرژی الکتریکی تولید می‌کند (Afkar et al., 2021). برای پیاده‌سازی روش، ابتدا فهرستی از مفاهیم کلیدی مرتبط با پیل‌های سوختی (مانند ساختار الکتروشیمیایی، نقش کاتالیست و کارکرد غشا) و سایر اجزای سامانه‌های تجدیدپذیر مانند سامانه‌های فتوولتائیک^۱، مبدل‌های قدرت و توربین‌های بادی تهیه شد. سپس بر اساس این فهرست

و باتوجه به سه مؤلفه اصلی روش «پ.ن.پ» یعنی طنز، سطح بندی محتوا و تعامل، برای هر مفهوم مجموعه ای از پرسش های آموزشی طراحی شد و به هر پرسش پاسخی طنزآمیز و درعین حال حاوی نکته علمی اختصاص یافت تا امکان درگیری فعال دانشجویان با محتوا در سه سطح دشواری فراهم شود. چند نمونه از این پرسش ها ارائه شده است:

- سطح ۱ (پرسش بدیهی): در این سطح از روش آموزشی، یک پرسش بیان می شود که دارای نکته ای به نسبت بدیهی است.

■ مثال: آیا نام دیگر پیل سوختی زی مایه ای^۱، میکروبیال است؟

□ پاسخ طنز: «پ.ن.پ»! قارچيال است.

- سطح ۲ (پرسش نکته دار): در این سطح از روش آموزشی، پرسش مطرح شده نکته ای علمی دارد. پاسخ ها در این سطح مشابه سطح یک است و فقط با بیان طنز همراه است.

■ مثال: خروجی پیل سوختی غیر از برق، آبه دیگه؟ درسته؟

□ پاسخ طنز: «پ.ن.پ»! می خواستی نوشابه هم باشه؟

- سطح ۳ (پرسش نکته دار، پاسخ نکته دار): در این سطح که دشوارتر از دو سطح پیشین است، در پرسش و پاسخ یک مضمون علمی گنجانده شده است. این سطح علاوه بر مرور و آموزش برای آزمون نیز مناسب است.

■ مثال: در پیل های سوختی سلول ها را به صورت پشته (انباشته)، سری می بندن تا سطح ولتاژ زیاد بشه؟

□ پاسخ طنز: «پ.ن.پ»! سلول ها می خوان پشت هم باشن که اگه پدیده گلوله برفی (Afkar et al., 2021) رخ بده، همه با هم مقابله کنن!

نمونه های بیشتر در حوزه تجدیدپذیر برای سطح ۱، ۲ و ۳ به ترتیب در جدول ۲، جدول ۳ و جدول ۴ آمده است. در یک ستون پرسش ها و در ستون دیگر پاسخ طنز ارائه شده است.

جدول ۲. نمونه پرسش ها به همراه پاسخ های سطح ۱ در روش آموزشی پیشنهادی

شماره	پرسش	پاسخ
۱	خوارزمی ها/ الگوریتم ها در سامانه های فتوولتاییک، نقطه بیشینه توان را به دنبال می کنند تا بتونن بیشینه توان ممکن رو تولید کنند؟	«پ.ن.پ»، فضولن می خوان ببینن بیشینه توان کجا می ره! باکی می ره!
۲	برای حفظ پیل سوختی، از آسیب گرمای تولید شده، نیاز به سیستم خنک کننده هست؟	«پ.ن.پ»، پیل سوختی تب داره! دکتر گفته جاش خنک باشه، باشویه هم بشه!
۳	برای تقویت ولتاژ از مبدل بوست ^۲ بهره می گیریم؟	«پ.ن.پ»، باید بفرستیمش کلاس تقویتی!
۴	آب شیرین کن های خورشیدی از حرارت و برق خورشیدی بهره می گیرن؟	«پ.ن.پ»، شکر می ریزن تو آب هم می زنن تا شیرین بشه!

جدول ۳. نمونه پرسش‌ها به همراه پاسخ‌های سطح ۲ در روش آموزشی پیشنهادی

شماره	پرسش	پاسخ
۱	خروجی پیل سوختی، غیر از برق، آبه دیگه؟ درسته؟	«پ.ن.پ»، می‌خواستی نوشابه هم باشه؟
۲	در مزرعه‌های بادی، برای اینکه اثر دنباله آشفته ^۱ پیره‌ها رو کاهش بدن، توربین‌ها رو با فاصله از هم نصب می‌کنند؟	«پ.ن.پ»، می‌خوان فاصله‌گذاری اجتماعی رو رعایت کنند، یه وقت کرونا نگیرند!
۳	مبدل‌های پشت‌به‌پشت ^۲ برای تنظیم بسامد ^۳ برق تولیدی سامانه بادی با بسامد شبکه و تنظیم سطح ولتاژ به کار برده می‌شن؟	«پ.ن.پ»، مبدل‌ها با هم قهرن به هم پشت می‌کنن تا با هم چشم‌توچشم نشن!
۴	این‌که سرعت باد در یک ارتفاع مشخص در ساحل نسبت به خشکی بیشتره موجب شده سامانه‌های فراساحلی رو در دریا بسازن؟	«پ.ن.پ»، تو ساحل چشم‌انداز قشنگ‌تره، می‌برن اونجا نصب می‌کنن!
۵	چون سایه‌اندازی روی سامانه‌های خورشیدی موجب کاهش بازدهی در تولید توان می‌شه، یک اثر نامناسب شناخته می‌شه؟	«پ.ن.پ»، پنل‌ها می‌خوان آفتاب بگیرن، سایه مزاحمه، نمی‌ذاره! ویتامین D هم بهشون نمی‌رسه.

جدول ۴. نمونه پرسش‌ها به همراه پاسخ‌های سطح ۳ در روش آموزشی پیشنهادی

شماره	پرسش	پاسخ
۱	برای اتصال سامانه خورشیدی به شبکه برق AC، باید در انتها اون رو به یک اینورتر متصل کنیم؟	«پ.ن.پ»، فقط به مبدل بوست وصل می‌کنیم، برق AC و DC نداره که! جفتش یکیه!
۲	در میکروگرید، منابع تولیدکننده برق که با DG نشون داده می‌شن به معنی Distributed Generation هستن؟	«پ.ن.پ»، دیزل ژنراتورن. آخه می‌دونی تاژگی‌ها گاز و بنزین هم جزو منابع تجدیدپذیر حساب می‌شن!
۳	در پیل‌های سوختی، سلول‌ها رو به صورت پشته، سری می‌بندن تا سطح ولتاژ زیاد بشه؟	«پ.ن.پ»، سلول‌ها می‌خوان پشت هم باشن که اگه پدیده گلوله‌برفی خواست برا هر کدوم رخ بده، اجازه ندن!

اگرچه مطالعه موردی حاضر بر روی مفاهیم مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر متمرکز است، اما فرایند طراحی پرسش‌ها در روش «پ.ن.پ» را می‌توان به سادگی در سایر گرایش‌های مهندسی نیز به کار گرفت. تفاوت اصلی نه در خود ساختار سه‌سطحی پرسش‌ها، بلکه در نوع مفاهیم و شوخی‌های به‌کارگرفته‌شده در هر رشته است. در مهندسی برق و کنترل پرسش‌ها می‌توانند حول نشانک^۴‌ها، مدارها و پایداری سیستم‌ها شکل بگیرند؛ در مهندسی مکانیک محور پرسش‌ها می‌تواند ترمودینامیک، سیالات یا انتقال حرارت باشد؛ در مهندسی عمران مفاهیمی مانند پایداری سازه، بارگذاری یا مصالح می‌توانند بستر طراحی طنز آموزشی باشند. در همه این موارد اصل ثابت آن است که طنز باید کاملاً به مفهوم

1- Wake

2- Back to Back

۳- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «فرکانس»

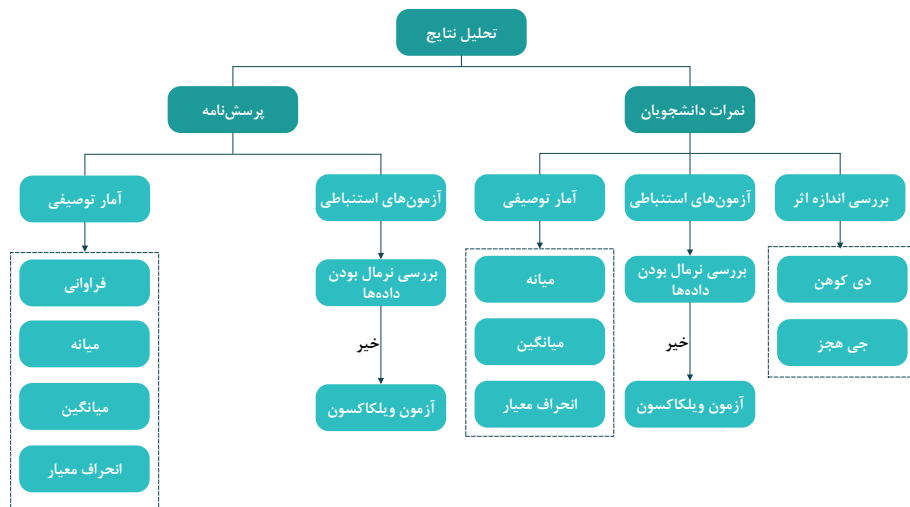
۴- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «سیگنال»

علمی گره خورده باشد و پس از هر پرسش و پاسخ، جمع‌بندی رسمی مدرس ارائه شود. روش «پ.ن.پ» در درس‌های ریاضی و مباحث فرمول‌محور نیز کاربرد دارد و می‌تواند به‌طور ویژه برای به‌یادسپاری ساختار فرمول‌ها، معنای نمادها و کاهش اضطراب ناشی از مواجهه با روابط انتزاعی به کار رود؛ به شرط آنکه طنز مستقیماً به خود مفهوم علمی گره بخورد. برای نمونه، در مباحث ترمودینامیک، برای آموزش نمادها در رابطه $G = H - TS$ ، می‌توان پرسید «آیا در این معادله G انرژی آزاد گیبس است؟» و با پاسخ طنز «پ.ن.پ»، چون وثیقه نداشته انرژی زندانی گیبس است» توجه دانشجویان را به معنای نماد G جلب کرد و سپس به صورت رسمی توضیح داد که G انرژی آزاد گیبس و H آنتالپی، T دما و S آنتروپی است. به همین ترتیب، برای یادسپاری قانون اهم می‌توان پرسید «آیا قانون اهم ($V = IR$) می‌گوید ولتاژ حاصل ضرب جریان در مقاومت است؟» و پاسخ داد «پ.ن.پ»، دارد می‌گوید وطنم ایران» و با یک «رمزگشایی» ساده (در نظر گرفتن V به عنوان وطن و IR به عنوان ایران) یک تداعی پایدار ساخت و در ادامه جمع‌بندی کرد که V ولتاژ، I جریان و R مقاومت است. این نمونه‌ها نشان می‌دهند که در ریاضیات و روابط مهندسی نیز می‌توان از «پ.ن.پ» برای ایجاد تداعی‌های ذهنی پایدار، افزایش تمرکز و درگیرسازی فعال دانشجویان بهره گرفت، بدون آنکه دقت علمی محتوا کاهش یابد.

۳. یافته‌ها

مراحل تحلیل نتایج پژوهش در شکل ۲ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تحلیل داده‌ها در دو بخش اصلی انجام شده: تحلیل داده‌های مربوط به پرسش‌نامه و تحلیل نمرات دانشجویان. هر یک از این بخش‌ها شامل مراحل و شاخص‌های مختلفی است که در ادامه بررسی خواهند شد. تحلیل نتایج در هر دو بخش به کمک نرم‌افزار SPSS 27 انجام شد. جامعه آماری پژوهش شامل ۴۰ دانشجوی رشته مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی بود. از بین ۴۰ نفر ۲۶ نفر دانشجوی کارشناسی، ۱۱ نفر کارشناسی ارشد و ۳ نفر دکتری بودند. در ادامه ابتدا تحلیل پرسش‌نامه، سپس تحلیل نمرات بررسی خواهد شد.

پرسش‌نامه شامل ۵ سازه (ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت) و ۱۸ گویه است که در پیوست ۱ ارائه شده است. تمام گویه‌ها براساس مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای (از «کاملاً مخالفم» تا «کاملاً موافقم» با گزینه ۳ «نظری ندارم») نمره‌گذاری شده‌اند. نخست، برای درک کلی، آمار توصیفی مربوط به سازه‌ها ارائه می‌شود. سپس در ادامه برای بررسی دقیق پرسش‌نامه، گویه‌های هر سازه مورد تحلیل قرار می‌گیرد. میانگین، میان و انحراف معیار هر یک از سازه‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. سازه روان‌شناختی با میانگین $4/15$ بیشترین مقدار را دارد که نشان‌دهنده رضایت یا شدت بالاتر در این سازه است. پس از آن، تعامل با میانگین $4/13$ و ماندگاری با $4/05$ قرار دارند که حاکی از اثر مثبت روش پیشنهادی بر جنبه‌های انگیزشی، کاهش اضطراب، کنجکاوی و تعامل کلاسی است. کمترین میانگین



شکل ۲. مراحل تحلیل نتایج پژوهش

مربوط به سازه محدودیت با مقدار $3/01$ است که نشان می‌دهد دانشجویان محدودیت‌های جدی برای روش پیشنهادی قائل نشده یا این محدودیت‌ها متوسط ارزیابی شده‌اند. میان‌ه برای همه سازه‌ها نزدیک به میانگین است که بیانگر توزیع متقارن داده‌ها در هر سازه است. مقادیر انحراف معیار بین $0/55$ تا $0/67$ نشان‌دهنده پراکندگی متوسط داده‌ها در هر سازه است. سازه تعامل و محدودیت انحراف معیار کمی بیشتر دارد که نشان می‌دهد تنوع پاسخ‌ها در این دو سازه کمی بیشتر است.

فراوانی پاسخ دانشجویان به هر گویه در جدول ۶ نشان داده شده است، توزیع پاسخ‌ها در چهار سازه اصلی «ماندگاری»، «شناخت»، «روان‌شناختی» و «تعامل» به‌طور کلی به سمت گزینه‌های «موافقم / کاملاً موافقم» متمایل است. در سازه ماندگاری، درصد بالای موافقت در هر سه گویه 80 تا $92/5$ درصد) نشان می‌دهد دانشجویان این شیوه را در ماندگاری مفاهیم مؤثر دانسته‌اند. در سازه شناخت نیز بیشتر بودن پاسخ‌های موافق 60 تا $77/5$ درصد) بیانگر آن است که روش پیشنهادی در مجموع به بهبود درک مفهومی و شناختی کمک کرده و بخشی از پاسخ‌های خنثی می‌تواند ناشی از دشواری قضاوت دقیق درباره برخی جنبه‌های شناختی یا نیاز به تجربه زمانی بیشتر باشد.

در سازه روان‌شناختی، سطح موافقت بسیار بالا 75 تا 95 درصد) حاکی از آن است که روش «پ. ن. پ.» به افزایش جذابیت، انگیزه، کنجکاوی و کاهش اضطراب کمک کرده است. همچنین نتایج سازه تعامل، با موافقت بالا در گویه‌های 13 تا 15 (حدود 85 تا $87/5$ درصد) و بیشتر بودن موافقت حتی در گویه 16 نشان می‌دهد این روش به‌طور کلی فضای مشارکتی کلاس و ارتباط دانشجویان و دانشجو-مدرس را تقویت کرده است. در مورد سازه محدودیت نیز مشاهده می‌شود که پاسخ‌ها به سمت تأیید محدودیت‌ها میل نمی‌کند و بیشتر دانشجویان با گزاره‌های محدودیت‌محور مخالف‌اند؛ بنابراین

می‌توان نتیجه گرفت که از نگاه دانشجویان این روش در مجموع با محدودیت‌های بازدارنده جدی همراه نبوده و ارزیابی کلی آنان نسبت به کارآمدی و پیامدهای آن مثبت است.

جدول ۵. آمار توصیفی سازه‌ها

سازه	میانگین	میان‌ه	انحراف معیار
ماندگاری	۴/۰۵	۴/۱۰	۰/۵۷
شناخت	۳/۸۵	۳/۸۷	۰/۵۶
روان‌شناختی	۴/۱۵	۴/۲۲	۰/۵۵
تعامل	۴/۱۳	۴/۲۶	۰/۶۶
محدودیت	۳/۰۱	۳/۰۶	۰/۶۷

جدول ۶. فراوانی پاسخ‌ها

سازه	گویه	کاملاً مخالفم	مخالفم	نظری ندارم	موافقم	کاملاً موافقم
ماندگاری	۱	۰	۲	۱	۲۴	۱۳
	۲	۱	۳	۴	۲۳	۹
	۳	۱	۱	۵	۱۹	۱۴
شناخت	۴	۰	۲	۱۴	۱۸	۶
	۵	۰	۲	۸	۲۴	۶
	۶	۰	۱	۸	۱۷	۱۴
روان‌شناختی	۷	۱	۲	۱	۱۵	۲۱
	۸	۰	۰	۲	۱۸	۲۰
	۹	۱	۱	۷	۲۲	۹
	۱۰	۱	۴	۵	۱۶	۱۴
	۱۱	۰	۱	۲	۱۸	۱۹
تعامل	۱۲	۰	۴	۶	۱۷	۱۳
	۱۳	۰	۲	۴	۱۸	۱۶
	۱۴	۰	۱	۴	۱۹	۱۶
	۱۵	۱	۱	۳	۱۹	۱۶
	۱۶	۲	۳	۹	۱۳	۱۳
محدودیت	۱۷	۰	۸	۸	۱۵	۹
	۱۸	۴	۲۰	۱۱	۵	۰

برای تحلیل پرسش‌نامه انتخاب آزمون آماری مناسب ضروری است. برای انتخاب آزمون مناسب ابتدا نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، دو آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک به کار گرفته شد. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک که برای نمونه‌های کوچک‌تر از

۵۰ معتبرتر است، نشان داد که سازه‌های ماندگاری، شناخت و روان‌شناختی دارای توزیع نرمال هستند ($p > 0/05$). اما متغیرهای تعامل و محدودیت از نرمال بودن توزیع تبعیت نمی‌کنند ($p < 0/05$). بنابراین، باتوجه‌به نتایج متناقض آزمون‌های به‌هنگار و نیز برای همخوانی با تحلیل‌های پیشین انجام‌شده، برای مقایسه‌های زوجی از آزمون ناپارامتری ویلکاکسون بهره‌گرفته شد تا نتایج مقاوم‌تر نسبت به فرض نرمال بودن باشند.

آزمون ویلکاکسون برای مقایسه پاسخ‌های دانشجویان در هر سازه با گزینه «۳ = نظری ندارم» انجام شد. نتایج (جدول ۷) نشان داد که در چهار سازه ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی و تعامل تفاوت معناداری با گزینه «نظری ندارم» وجود دارد (Z بزرگ و $p < 0/001$) که نشان‌دهنده موضع‌گیری قوی و پاسخ‌دهی روشن دانشجویان نسبت به این ابعاد است. اما در سازه محدودیت تفاوت معناداری مشاهده نشد؛ که بیانگر این است دانشجویان به‌طور کلی محدودیت‌های مهمی را در روش احساس نکرده‌اند یا پراکندگی نظرات دانشجویان نسبت به این سازه زیاد است.

جدول ۷. نتایج آزمون ویلکاکسون برای مقایسه پاسخ‌ها با گزینه «۳ = نظری ندارم»

سازه	آماره Z	مقدار معناداری (p)	نتیجه آزمون
ماندگاری	-۵/۳۵۵	۰/۰۰۰	تفاوت معنادار
شناخت	-۵/۲۳۰	۰/۰۰۰	تفاوت معنادار
روان‌شناختی	-۵/۴۵۴	۰/۰۰۰	تفاوت معنادار
تعامل	-۵/۲۵۴	۰/۰۰۰	تفاوت معنادار
محدودیت	-۰/۱۲۳	۰/۹۰۲	تفاوت معنادار نیست

برای بررسی اثر روش آموزشی پیشنهادی بر عملکرد تحصیلی دانشجویان، ابتدا شاخص‌های توصیفی نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون محاسبه شد. نتایج در جدول ۸ ارائه شده‌است. میانگین نمرات از ۱۳/۶۵ در پیش‌آزمون به ۱۵/۶۵ در پس‌آزمون افزایش یافته‌است، که نشان‌دهنده ارتقای سطح عملکرد دانشجویان پس از اجرای روش است. مقدار میانه نیز از ۱۴ به ۱۷ افزایش یافته‌است. این افزایش در شاخص میانه نشان می‌دهد که بیشتر دانشجویان، نه فقط میانگین گروه، عملکرد بهتری داشته‌اند. افزایش انحراف معیار از ۲/۶۵ در پیش‌آزمون به ۳/۶۲ در پس‌آزمون بیانگر آن است که دامنه نمرات در پس‌آزمون گسترده‌تر شده‌است؛ به عبارت دیگر، هرچند به‌طور کلی عملکرد بهبود یافته، اما تفاوت فردی در یادگیری نیز بیشتر شده‌است.

برای بررسی نرمال بودن توزیع نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون، از دو آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک بهره‌گرفته شد. نتایج هر دو آزمون نشان داد که توزیع نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون نرمال نیست ($p < 0/05$). بنابراین، برای تحلیل‌های آماری مربوط به مقایسه پیش‌آزمون-پس‌آزمون بهتر است از آزمون‌های ناپارامتریک مانند ویلکاکسون بهره‌گرفته شود. برای بررسی تفاوت نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون

دانشجویان، از آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون بهره گرفته شد. نتایج (جدول ۹) این آزمون نشان داد که تفاوت معناداری بین نمرات پیش آزمون-پس آزمون وجود دارد. از ۴۰ دانشجو، ۳۱ نفر در پس آزمون نمره بالاتری نسبت به پیش آزمون کسب کردند، ۹ نفر کاهش نمره داشتند و موردی برابر مشاهده نشد.

جدول ۸. آمار توصیفی نمرات پیش آزمون و پس آزمون تک گروهی

آزمون	میانگین	میان	انحراف معیار
پیش آزمون	۱۳/۶۵	۱۴	۲/۶۵
پس آزمون	۱۵/۶۵	۱۷	۳/۶۲

جدول ۹. نتایج آزمون ویلکاکسون برای مقایسه نمرات پیش آزمون-پس آزمون

آزمون	آماره Z	مقدار معناداری (p)	پس آزمون < پیش آزمون	پس آزمون > پیش آزمون	پس آزمون = پیش آزمون
پیش-پس آزمون	-۳/۶۵۹	۰/۰۰۰	۳۱	۹	۰

جدول ۱۰. مقادیر اندازه اثر کوهن و هجز برای تفاوت پیش آزمون-پس آزمون

شاخص	مقدار شاخص	بازه اطمینان ۹۵٪ (پایین)	بازه اطمینان ۹۵٪ (بالا)	تفسیر
دی کوهن	۲/۹۹	-۱/۰۰۷	-۰/۳۲۱	اثر بسیار بزرگ
جی هجز	۳/۰۲	-۰/۹۹۸	-۰/۳۱۸	اثر بسیار بزرگ

برای بررسی شدت اثر مداخله آموزشی بر نمرات دانشجویان از شاخص اندازه اثر دی کوهن و جی هجز بهره گرفته شد. نتایج جدول ۱۰ نشان داد که مقدار اندازه اثر بر اساس دی کوهن برابر با ۲/۹۹ و بر اساس جی هجز برابر با ۳/۰۲ به دست آمده است. باتوجه به معیارهای استاندارد کوهن (۰/۲) = کوچک، ۰/۵ = متوسط و ۰/۸ = بزرگ، مقدار به دست آمده در این پژوهش بزرگتر از این مقادیر بوده و نشان دهنده یک اثر بسیار بزرگ آموزشی است. همچنین، بازه اطمینان ۰/۹۵ نیز نشان می دهد که این اثر معنادار و باثبات بوده است (تمام مقادیر در بازه اطمینان در ناحیه منفی قرار دارند؛ باتوجه به اینکه تفاوت ها به صورت پیش آزمون-پس آزمون محاسبه شده اند، این منفی بودن نشانه افزایش نمره در پس آزمون است).

۴. نتیجه گیری

پژوهش حاضر به بررسی اثر روش آموزشی «پ.ن.پ» بر فرایند یادگیری دانشجویان مهندسی انرژی های تجدیدپذیر پرداخت. یافته ها به روشنی نشان دادند که این روش با ترکیب طنز، سطح بندی محتوای آموزشی و ایجاد فضایی تعاملی توانسته است چالش های ذاتی آموزش در رشته های میان رشته ای را تا حد زیادی برطرف سازد. نخستین دستاورد این مطالعه، ارتقای معنادار عملکرد تحصیلی دانشجویان بود که نشان دهنده کارآمدی روش در آسان سازی یادگیری مفاهیم پیچیده و تخصصی است. دومین

دست‌آورد بهبود چشمگیر ابعاد روان‌شناختی یادگیری بود؛ به‌گونه‌ای که دانشجویان از کاهش اضطراب، افزایش انگیزه و جذابیت بیشتر کلاس‌ها گزارش داده‌اند. طنز به‌عنوان یک محرک عاطفی مثبت توانسته است فرایند یادگیری را از حالت خشک و منفعل خارج کرده و به تجربه‌ای فعال و لذت‌بخش بدل سازد. علاوه بر این، نتایج پرسش‌نامه نشان داد که ماندگاری مطالب در ذهن دانشجویان تقویت شده و مرور مفاهیم علمی با بهره‌گیری از پرسش‌ها و پاسخ‌های طنزآمیز ساده‌تر و اثربخش‌تر بوده است. تعامل میان دانشجویان و همچنین بین دانشجویان و مدرس نیز به شکل محسوسی افزایش یافت و فضای یادگیری صمیمانه‌تر و مشارکتی‌تر شد. این امر به‌ویژه در رشته‌های مهندسی که گاهی آموزش آنها به دلیل پیچیدگی‌های فنی و نظری با فاصله عاطفی میان مدرس و دانشجو همراه است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

بیشترین میانگین مربوط به سازه روان‌شناختی با مقدار $4/15$ است و پس از آن سازه‌های تعامل ($4/13$) و ماندگاری ($4/05$) قرار می‌گیرند؛ در حالی که سازه شناخت ($3/85$) و به‌ویژه سازه محدودیت ($3/01$) در سطح پایین‌تری قرار دارند. این الگو نشان می‌دهد که پایدارترین و قوی‌ترین اثر روش «پ.ن.» در تجربه دانشجویان، ابتدا بر جنبه‌های روان‌شناختی یادگیری و سپس بر تعامل کلاسی بوده است و به‌طور هم‌زمان ماندگاری مفاهیم را نیز تقویت کرده است. از منظر نظری، این موضوع با ماهیت طنزآمیز و تعاملی روش هم‌خوان است؛ زیرا انتظار می‌رود چنین رویکردی در گام نخست فضای عاطفی و ارتباطی کلاس را دگرگون کند و از این مسیر، زمینه را برای یادگیری عمیق‌تر مفاهیم فراهم سازد. پایین بودن میانگین سازه محدودیت نیز نشان می‌دهد که دانشجویان، در مجموع، محدودیت جدی و ماندگاری برای این روش احساس نکرده‌اند.

در این پژوهش، طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی بدون گروه گواه مستقل به کار گرفته شد. بنابراین امکان تفکیک کامل اثر روش «پ.ن.» از سایر عوامل (مانند تجربه پیشین دانشجویان با محتوا یا اثرات زمانی) وجود ندارد و تفسیر نتایج با احتیاط انجام شد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از طرح‌های چندگروهی و مقایسه‌ای (شامل گروه گواه) بهره گرفته شود تا ارزیابی دقیق‌تری از کارآمدی روش به دست آید. از دیگر مسیرهای پیشنهادی برای پژوهش‌های آینده، بهره‌گیری هدفمند از ابزارهای هوش مصنوعی در طراحی تصویری پرسش‌ها و پاسخ‌های طنزآمیز برای تقویت جذابیت روش «پ.ن.» است.

سپاسگزاری

از آقای امیرحسین منصوری برای مشارکت مؤثر در طراحی و اجرای بخش‌هایی از این پژوهش و همچنین از دانشجویان دانشگاه شهید بهشتی که با همکاری و بازخوردهای ارزشمند خود در اجرای فعالیت‌های آموزشی و تکمیل ابزارهای پژوهش نقش داشتند، قدردانی می‌شود.

References

- Abd Ullah, S., Khan, S., & Uddin, F. (2024). Humor as a teaching strategy: Exploring its effect on learner's motivation and performance. *International Journal of Contemporary Issues in Social Sciences*, 3(3), 3087–3105.
- Abdul Jalil, N. F., Hasran, U. A., Mat Noor, S. F., & Norman, M. H. (2024). A review of game-based learning in fuel cell education for secondary students. *Malaysian Journal of Chemical Engineering and Technology (MJCET)*, 7(2), 237–256.
- Abedi, E. A., Ackah-Jnr, F. R., & Ametepey, A. K. (2024). Learning through informal spaces for technology integration: Unpacking the nature of teachers' learning and its implications for classroom pedagogy. *Education 3-13*, 1–16.
- Afkar, M., Gavagsaz-Ghoachani, R., Phattanasak, M., & Pierfederici, S. (2021). Commandable areas of a modular converter for DC voltage imbalance mitigation in fuel cell systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 48, 101664.
- Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2024). Ausubel's meaningful learning re-visited. *Current Psychology*, 43(5), 4579–4598.
- Erdoğan, F., & Çakıroğlu, Ü. (2021). The educational power of humor on student engagement in online learning environments. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 16(1), 9.
- Ferdjallah, M., Sardahi, Y., & Salem, A. (2024). Curriculum design for wind and solar energy education. *ASEE North*.
- Gavagsaz-Ghoachani, R. (2022). Designing and applying similarity and contradiction cards for image creation in engineering education and student assessment. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(95), 131–152, [in Persian].
- Hoople, G. D., Chen, D. A., Lord, S. M., Gelles, L. A., Bilow, F., & Mejia, J. A. (2020). An integrated approach to energy education in engineering. *Sustainability*, 12(21), 9145.
- Kumar, P. (2025). Humour in educational settings: An exploratory study. *The European Journal of Humour Research*, 13(2), 240–256.
- Li, J., & Xue, E. (2023). Dynamic interaction between student learning behaviour and learning environment: Meta-analysis of student engagement and its influencing factors. *Behavioral Sciences*, 13(1), 59.
- MacLeod, M., & Van der Veen, J. T. (2020). Scaffolding interdisciplinary project-based learning: A case study. *European Journal of Engineering Education*, 45(3), 363–377.
- Mansouri, A., & Gavagsaz-Ghoachani, R. (2023). A creative engineering method for sustainable simulation of engineering systems in software environments. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25(100), 63–81, [in Persian].
- Mohd Noor, N. H., Mohamad Fuzi, A., & Samsuri, N. N. (2024). Learning through laughter: Humor and its effects on student enjoyment & engagement in research classroom. *Journal of Creative Practices in Language Learning and Teaching (CPLT)*, 12(3), 129–149.
- Motahhar, S. (2024). The role of entrepreneurship in energy engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(102), 103–117, [in Persian].
- Motahhar, S., & Alemnajabi, A. A. (2016). Renewable energy education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 18(69), 77–90, [in Persian].
- Muhangwa, G. (2023). Effects of participatory teaching methods on students' learning of mathematics and biology subjects in Tanzania. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 49(4), 306–316.
- Ngai, C. S. B., Singh, R. G., Huang, Y., Ho, J. W. Y., Khong, M. L., Chan, E., ... & Koon, A. C. (2025). Development of a systematic humor pedagogical framework to enhance student learning outcomes across different disciplines in Hong Kong. *International Journal of Educational Research Open*, 8, 100438.
- Singh, A., & Manjaly, J. A. (2022). Using curiosity to improve learning outcomes in schools. *SAGE Open*, 12(1), 21582440211069392.

- Wibowo, S., Wangid, M. N., & Firdaus, F. M. (2025). The relevance of Vygotsky's constructivism learning theory with the differentiated learning primary schools. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(1), 431-440.
- Xue, L. (2024). Innovative interdisciplinary models in engineering education: Transforming practices across global universities. *Engineering Education Review*, 2(3), 129-144.
- Yotta, E. G. (2023). Accommodating students' learning styles differences in English language classroom. *Heliyon*, 9(6).
- Zhou, W., & Lee, J. C. (2025). Teaching and learning with instructional humor: A review of five-decades research and further direction. *Frontiers in Psychology*, 16, 1445362.

پیوست ۱. پرسش‌نامه پژوهش

سازه اول: ماندگاری

- پرسش ۱: روش «پ.ن.پ» موجب افزایش ماندگاری ذهنی محتوای آموزشی می‌شود.
- پرسش ۲: این روش بخش قابل توجهی از محتوای آموزشی را برای مرور دانشجویان پوشش می‌دهد.
- پرسش ۳: مرور مطالب به کمک این روش آسان‌تر از روش‌های سنتی است.

سازه دوم: شناخت

- پرسش ۴: این روش موجب ارتقای شناخت اولیه اجزای محتوای آموزشی می‌شود.
- پرسش ۵: روش پیشنهادی شناخت عملکرد سیستم مورد مطالعه را بهبود می‌بخشد.
- پرسش ۶: طراحی سه سطحی روش «پ.ن.پ» ساختاری مناسب و هدفمند دارد.

سازه سوم: روان‌شناختی

- پرسش ۷: روش «پ.ن.پ» برای دانشجویان تازه‌کار موجب کاهش ترس از محتوای جدید می‌شود.
- پرسش ۸: طنز به کاررفته در این روش جذابیت محتوای آموزشی را افزایش می‌دهد.
- پرسش ۹: این روش کنجکاوی دانشجویان را برای پیگیری مطالب علمی برمی‌انگیزد.
- پرسش ۱۰: به کارگیری این روش بی‌انگیزگی دانشجویان نسبت به درس را کاهش می‌دهد.
- پرسش ۱۱: این روش احتمال بروز خلاقیت در یادگیری را تقویت می‌کند.
- پرسش ۱۲: طنز در روند یادگیری موجب تمرکز بیشتر دانشجویان می‌شود.

سازه چهارم: تعامل

- پرسش ۱۳: روش پیشنهادی تعامل بین دانشجویان را افزایش می‌دهد.
- پرسش ۱۴: این روش موجب ارتقای تعامل میان دانشجویان و ارائه‌دهندگان آموزشی می‌شود.
- پرسش ۱۵: این روش تعامل میان دانشجویان و استاد درس را تقویت می‌کند.
- پرسش ۱۶: به کارگیری این روش در ارزیابی‌ها امکان تقلب را دشوارتر می‌سازد.

سازه پنجم: محدودیت

- پرسش ۱۷: به کارگیری این روش فرایند آموزش را طولانی‌تر می‌کند.
- پرسش ۱۸: به کارگیری این روش می‌تواند موجب فاصله گرفتن از موضوع اصلی آموزش شود.



◀ **رقیه گوگ‌ساز قوچانی:** مدرک کارشناسی ارشد خود را از مؤسسه ملی پلی تکنیک لورن (INPL)، نانسی فرانسه، در سال ۲۰۰۷، و دکترای خود را از دانشگاه لورن فرانسه (Université de Lorraine)، در ۲۰۱۲، هر دو در رشته مهندسی برق، دریافت کرد. در حال حاضر، عضو هیئت علمی گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی تهران است و در مقام پژوهشگر با آزمایشگاه‌های تحقیقاتی LEMTA و GREEN فرانسه همکاری دارد. علایق پژوهشی او شامل مطالعه پایداری و کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت در سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر، از قبیل فتوولتایک، پیل سوختی و ریزشبکه، و نیز آموزش مهندسی با رویکردهای نوین، از قبیل استیم، است.



◀ **سامان پیره‌بابی:** مدرک کارشناسی مهندسی برق - قدرت را از دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (سال ۲۰۱۶) و مدرک کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت را از دانشگاه علم و صنعت ایران (سال ۲۰۲۲) دریافت کرد. وی هم‌اکنون دانشجوی دوره دکتری مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر در دانشگاه شهید بهشتی است. علایق پژوهشی او شامل الکترونیک قدرت، تحلیل پایداری و کنترل ریزشبکه‌ها، مبدل‌های الکترونیک قدرت در سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر و آموزش مهندسی است.