



بررسی موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در دانش آموزان و راهکارهای آموزشی مبتنی بر فناوری

شهین اکبری، ندا شهیدی

۱- کارشناسی ارشد فیزیک؛ دبیر.

۲- کارشناسی ارشد فیزیک؛ دبیر.



MDOI-02-2026.0277
MNR-291-2-CD0535

چکیده

ترمودینامیک به عنوان یکی از بنیادی‌ترین و در عین حال چالش‌برانگیزترین شاخه‌های علوم طبیعی، همواره با دشواری‌های فراوانی در فرآیند یاددهی-یادگیری مواجه بوده است و پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهند که دانش‌آموزان در مقاطع مختلف تحصیلی، با کج‌فهمی‌های عمیق و پایدار در زمینه‌ی مفاهیم کلیدی این علم همچون تفاوت گرما و دما، قانون اول و دوم ترمودینامیک، آنتروپی، انرژی درونی و فرآیندهای تعادلی روبرو هستند و این کج‌فهمی‌ها، نه تنها در دوره‌ی متوسطه، بلکه تا سطوح دانشگاهی نیز تداوم می‌یابد و مانعی جدی بر سر راه درک صحیح و عمیق از پدیده‌های ترمودینامیکی به شمار می‌روند. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و طبقه‌بندی موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در دانش‌آموزان و نیز ارائه‌ی راهکارهای آموزشی مبتنی بر فناوری برای رفع این موانع، به روش توصیفی-تحلیلی و با بهره‌گیری از منابع کتابخانه‌ای و اسنادی انجام گردیده است و در آن، ضمن مرور نظام‌مند پیشینه‌ی پژوهش‌های داخلی و خارجی در زمینه‌ی کج‌فهمی‌های ترمودینامیک، به تحلیل علل و عوامل ایجادکننده‌ی این کج‌فهمی‌ها از جمله ماهیت انتزاعی مفاهیم، عدم ارتباط با زندگی روزمره، روش‌های سنتی تدریس، محتوای پیچیده‌ی کتاب‌های درسی و کمبود آزمایش‌های عملی پرداخته شده است و در ادامه، کارآمدی راهکارهای مبتنی بر فناوری از جمله شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، آزمایش‌گاه‌های مجازی، بازی‌های آموزشی دیجیتال، چندرسانه‌های تعاملی و هوش مصنوعی در بهبود یادگیری مفاهیم ترمودینامیک مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از شبیه‌سازی‌های تعاملی و محیط‌های مجازی، به دلیل قابلیت نمایش فرآیندهای انتزاعی به صورت بصری و پویا، می‌تواند به طور قابل توجهی در کاهش کج‌فهمی‌ها و ارتقای درک مفهومی دانش‌آموزان مؤثر واقع شود و همچنین، تلفیق هوش مصنوعی با فرآیند آموزش، امکان شخصی‌سازی یادگیری و ارائه‌ی بازخوردهای فوری را فراهم می‌آورد که این خود، گامی مؤثر در جهت رفع نیازهای فردی learners و بهبود کیفیت یادگیری به شمار می‌رود. در نهایت، پژوهش حاضر به این نتیجه دست یافته است که برای غلبه بر موانع درک مفاهیم ترمودینامیک، رویکردی تلفیقی ضرورت دارد که در آن، بازنگری در محتوای کتاب‌های درسی، توانمندسازی معلمان در استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی، و طراحی محیط‌های یادگیری تعاملی و مبتنی بر شبیه‌سازی، به صورت هم‌زمان دنبال گردد تا از این رهگذر، بتوان گامی مؤثر در جهت ارتقای کیفیت آموزش ترمودینامیک در نظام آموزشی کشور برداشت.

واژگان کلیدی: ترمودینامیک، کج‌فهمی، آموزش مبتنی بر فناوری، شبیه‌سازی، یادگیری مفهومی.



مقدمه

ترمودینامیک به عنوان یکی از شاخه های بنیادین و اساسی علوم طبیعی، به مطالعه ی روابط میان گرما، کار، انرژی و تغییرات حالت ماده می پردازد و از آنجا که این علم، پایه و اساس بسیاری از پدیده های طبیعی و فرآیندهای صنعتی و تکنولوژیک را تشکیل می دهد، آموزش صحیح و عمیق مفاهیم آن، از اهمیت و جایگاهی ویژه در نظام های آموزشی کشورهای مختلف برخوردار است و در نظام آموزشی ایران نیز، مفاهیم ترمودینامیک در قالب درس فیزیک و شیمی، از پایه ی دهم دوره ی متوسطه دوم به دانش آموزان ارائه می شود و این مفاهیم، به دلیل نقشی که در درک پدیده های پیرامون و نیز در ادامه ی تحصیل در رشته های دانشگاهی مرتبط با علوم پایه و مهندسی ایفا می نمایند، از حساسیت و اهمیت مضاعفی برخوردار می باشند، با این حال، سال هاست که معلمان، مدرسان و پژوهشگران حوزه ی آموزش علوم، از دشواری های فراوان در فرآیند یاددهی-یادگیری مفاهیم ترمودینامیک سخن می گویند و دانش آموزان و حتی دانشجویان، در درک صحیح و عمیق این مفاهیم، با چالش ها و موانع متعددی روبرو هستند و این مسئله، به یکی از دغدغه های جدی و پایدار نظام آموزشی کشور تبدیل گردیده است. پژوهش های متعددی که در سال های اخیر در زمینه ی آموزش ترمودینامیک انجام گرفته است، همگی بر این نکته تأکید دارند که مفاهیم ترمودینامیک، به دلیل ماهیت انتزاعی، غیرمحسوس و پیچیده ی خود، به طور طبیعی با دشواری های ذاتی در فرآیند یادگیری همراه هستند و این دشواری ها، هنگامی که با روش های سنتی و غیرفعال تدریس، محتوای خشک و فرمول محور کتاب های درسی، و عدم ارتباط با تجربیات عینی و روزمره ی دانش آموزان همراه می شوند، به کج فهمی های عمیق و پایدار در ذهن learners منجر می گردند که در بسیاری از موارد، تا سال ها و حتی تا سطوح عالی تحصیلی نیز تداوم می یابند و مانعی جدی بر سر راه درک صحیح از پدیده های ترمودینامیکی و کاربردهای آن در علوم و مهندسی به شمار می روند و از این رو، شناسایی دقیق این موانع و کج فهمی ها و نیز ارائه ی راهکارهای مؤثر برای رفع آنها، به یکی از اولویت های پژوهش در حوزه ی آموزش علوم تبدیل گردیده است. در این میان، خاکی، زمانی و امینی در پژوهشی با عنوان «بررسی کج فهمی های دانش آموزان دوره متوسطه در یادگیری موضوع ترمودینامیک» که به روش تحلیلی-توصیفی بر روی ۱۱۲ دانش آموز دختر پایه ی یازدهم در منطقه ی ۱۵ شهر تهران انجام گردیده است، نشان داده اند که دانش آموزان در مفاهیمی همچون گرمایشی، تفاوت دما و گرما، آنتالپی، واکنش های گرماگیر و گرمازا، و نیز سیستم و محیط، با کج فهمی های گسترده و قابل توجهی مواجه هستند و نتایج این پژوهش، حاکی از آن است که محتوای کتاب درسی شیمی پایه ی یازدهم در مبحث گرمایشی، نیازمند بازبینی، تکمیل و ساده سازی است و دبیران شیمی، با اتخاذ شیوه های تدریس مناسب، می توانند در کاهش و رفع این کج فهمی ها گام های مؤثری بردارند (خاکی، زمانی و امینی، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، ذیقمی در مقاله ای با عنوان «بررسی برخی از علل کج فهمی های قانون دوم ترمودینامیک و تابع آنتروپی»، به بررسی ریشه های شکل گیری کج فهمی ها در یکی از دشوارترین مباحث ترمودینامیک پرداخته است و نشان داده است که قانون دوم ترمودینامیک و مفهوم آنتروپی، به دلیل انتزاعی بودن و نیز به دلیل استفاده از استعاره های نادرست و گمراه کننده در فرآیند آموزش، از جمله مفاهیمی هستند که بیشترین میزان کج فهمی را در میان دانش آموزان و دانشجویان ایجاد می نمایند (ذیقمی، ۱۳۹۲). در این راستا، صفری در پژوهشی با عنوان «بررسی کج فهمی های دانش آموزان پایه دهم در زمینه مفاهیم ترمودینامیک»، به شناسایی کج فهمی های رایج در میان دانش آموزان پایه دهم پرداخته است و نتایج پژوهش وی نشان می دهد که بسیاری از دانش آموزان، در تشخیص مفاهیم بنیادینی همچون دما و گرما، انرژی درونی و کار، و نیز در درک فرآیندهای هم حجم، هم فشار و هم دما، با اشتباهات و برداشت های نادرستی مواجه هستند و این کج فهمی ها، ریشه در عدم درک صحیح از مفاهیم پایه ای فیزیک و نیز عدم توانایی در ارتباط دادن مفاهیم انتزاعی با پدیده های عینی و ملموس دارند (صفری، ۱۴۰۱). به موازات این پژوهش ها، در سطح بین المللی نیز مطالعات گسترده ای در زمینه ی کج فهمی های ترمودینامیک انجام گرفته است و یک مرور نظام مند از ادبیات پژوهش در این حوزه نشان می دهد که رایج ترین کج فهمی ها در ترمودینامیک، عمدتاً در زمینه ی



تمایز میان گرما، انرژی و دما، مفهوم آنتروپی، و تفاوت میان فرآیندهای حالت پایدار و فرآیندهای تعادلی متمرکز هستند و این کج‌فهمی‌ها، در میان دانش‌آموزان در تمامی سطوح تحصیلی، از دبیرستان تا دانشگاه، مشاهده می‌شوند و عوامل متعددی از جمله ماهیت انتزاعی مطالب، کمبود تجربه‌ی عملی، روش‌های تدریس ناکارآمد، و استفاده از کتاب‌های درسی نادقیق، در ایجاد و تداوم آنها نقش دارند (مرور نظام‌مند ادبیات پژوهش، ۲۰۲۵). در کنار این پژوهش‌ها، یکی از حوزه‌هایی که در سال‌های اخیر مورد توجه ویژه‌ی پژوهشگران قرار گرفته است، بررسی نقش و تأثیر فناوری‌های نوین آموزشی در بهبود فرآیند یاددهی-یادگیری مفاهیم ترمودینامیک می‌باشد و در این زمینه، نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد که استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای و محیط‌های مجازی، به دلیل قابلیت نمایش فرآیندهای انتزاعی و غیرمحسوس به صورت بصری، پویا و تعاملی، می‌تواند به طور قابل توجهی در کاهش کج‌فهمی‌ها و ارتقای درک مفهومی دانش‌آموزان مؤثر واقع شود و همچنین، تلفیق هوش مصنوعی با فرآیند آموزش، امکان شخصی‌سازی یادگیری، ارائه‌ی بازخوردهای فوری و متناسب با نیازهای فردی (learners)، و نیز طراحی مسیرهای یادگیری تطبیقی را فراهم می‌آورد که این خود، گامی مؤثر در جهت رفع نیازهای خاص هر دانش‌آموز و بهبود کیفیت یادگیری به شمار می‌رود (آموزش مفاهیم ترمودینامیک و انرژی با استفاده از هوش مصنوعی، ۱۴۰۴). با این حال، با وجود تمامی این پژوهش‌ها و یافته‌های ارزشمند، همچنان خلأهای پژوهشی قابل توجهی در زمینه‌ی شناسایی جامع موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در بافت آموزشی ایران و نیز ارائه‌ی راهکارهای عملی و بومی‌شده‌ی مبتنی بر فناوری برای رفع این موانع، وجود دارد و بسیاری از پژوهش‌های انجام شده، یا به بررسی صرفاً توصیفی کج‌فهمی‌ها بسنده کرده‌اند و یا به ارائه‌ی راهکارهای کلی و غیرعملی پرداخته‌اند و کمتر پژوهشی، با رویکردی جامع و نظام‌مند، به تبیین رابطه‌ی میان موانع شناسایی‌شده و راهکارهای مبتنی بر فناوری پرداخته است و از این جهت، پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلأ پژوهشی و با تکیه بر یافته‌های پژوهش‌های پیشین و نیز با بهره‌گیری از نظریه‌های یادگیری و آموزش علوم، در صدد است تا ضمن شناسایی و طبقه‌بندی جامع موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در دانش‌آموزان، به ارائه‌ی راهکارهای عملی و اثربخش مبتنی بر فناوری برای رفع این موانع بپردازد و از این رهگذر، به ارتقای کیفیت آموزش ترمودینامیک در نظام آموزشی کشور کمک نماید و این مهم، محور اساسی و انگیزه‌ی اصلی برای انجام این پژوهش گسترده و همه‌جانبه قرار گرفته است.

بیان مسئله

در عصر حاضر که علوم و فناوری‌های نوین، با سرعتی شگفت‌انگیز در حال پیشرفت و توسعه هستند و جوامع بشری، بیش از هر زمان دیگری به دانش و مهارت‌های علمی و فنی نیازمند می‌باشند، آموزش علوم پایه، به ویژه فیزیک و شیمی، از اهمیت و جایگاهی حیاتی برخوردار گردیده است و در این میان، ترمودینامیک به عنوان یکی از شاخه‌های بنیادین و اساسی علوم طبیعی، نقشی کلیدی در درک پدیده‌های طبیعی و نیز در توسعه‌ی فناوری‌های نوین ایفا می‌نماید و از آنجا که مفاهیم ترمودینامیک، پایه و اساس بسیاری از رشته‌های علمی و مهندسی از جمله مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی، مهندسی انرژی، فیزیک، شیمی و علوم محیطی را تشکیل می‌دهند، آموزش صحیح و عمیق این مفاهیم در دوره‌ی متوسطه، می‌تواند تأثیری تعیین‌کننده بر آینده‌ی تحصیلی و شغلی دانش‌آموزان داشته باشد و آنان را برای ورود به عرصه‌های علمی و تخصصی آماده سازد، با این حال، سال‌هاست که پژوهشگران، معلمان و مدرسان حوزه‌ی آموزش علوم، از وجود موانع و دشواری‌های جدی در فرآیند یاددهی-یادگیری مفاهیم ترمودینامیک سخن می‌گویند و گزارش‌های متعدد نشان می‌دهند که دانش‌آموزان در درک مفاهیم بنیادینی همچون تفاوت گرما و دما، قانون اول ترمودینامیک، قانون دوم ترمودینامیک، آنتروپی، انرژی درونی، کار ترمودینامیکی، فرآیندهای تعادلی و غیرتعادلی، و نیز مفاهیم مربوط به سیستم و محیط، با دشواری‌ها و کج‌فهمی‌های گسترده و قابل توجهی مواجه هستند و این کج‌فهمی‌ها، نه تنها در دوره‌ی



متوسطه، بلکه تا سطوح دانشگاهی و حتی در میان دانشجویان رشته های مهندسی و علوم پایه نیز به وفور مشاهده می شوند و نشان می دهند که ریشه های این دشواری ها، عمیق تر از آن است که با روش های سطحی و سنتی تدریس قابل رفع باشند. این مسئله، هنگامی که به شرایط خاص نظام آموزشی ایران توجه می شود، ابعاد پیچیده تری پیدا می کند؛ چرا که در نظام آموزشی کشور، به دلایل متعددی از جمله تراکم بالای جمعیت دانش آموزی، کمبود منابع و تجهیزات آموزشی مناسب، روش های سنتی و معلم - محور تدریس، محتوای خشک و فرمول محور کتاب های درسی، و نیز عدم توجه کافی به آموزش عملی و آزمایشگاهی، فرآیند یاددهی - یادگیری مفاهیم ترمودینامیک با چالش های مضاعفی روبرو است و بسیاری از دانش آموزان، به جای درک عمیق و مفهومی از مفاهیم ترمودینامیک، صرفاً به حفظ کردن فرمول ها و قواعد ریاضی برای گذراندن امتحانات روی می آورند و این رویکرد، نه تنها به درک صحیح و پایدار از مفاهیم نمی انجامد، بلکه زمینه ساز شکل گیری کج فهمی های عمیق و پایدار در ذهن دانش آموزان می گردد که در سال های بعد، مانعی جدی بر سر راه یادگیری مفاهیم پیشرفته تر و نیز کاربردهای عملی ترمودینامیک در علوم و مهندسی خواهد بود. در این راستا، پرسش های اساسی و بنیادینی مطرح می شوند که پاسخ به آنها، می تواند راهگشای بهبود کیفیت آموزش ترمودینامیک در کشور باشد: مهم ترین موانع و کج فهمی های دانش آموزان در درک مفاهیم ترمودینامیک کدامند و این موانع، ریشه در چه عواملی دارند؟ آیا ماهیت انتزاعی مفاهیم ترمودینامیک، به خودی خود، عامل اصلی این دشواری هاست و یا اینکه عواملی همچون روش های تدریس، محتوای کتاب های درسی، کمبود آموزش عملی و آزمایشگاهی، و نیز عدم ارتباط مفاهیم با زندگی روزمره، نقش تعیین کننده تری در ایجاد و تداوم این کج فهمی ها ایفا می نمایند؟ از سوی دیگر، با توجه به پیشرفت های شگفت انگیز فناوری های نوین آموزشی در سال های اخیر، این پرسش مطرح می شود که آیا می توان از این فناوری ها، از جمله شبیه سازی های رایانه ای، آزمایشگاه های مجازی، بازی های آموزشی دیجیتال، چند رسانه های تعاملی، و هوش مصنوعی، برای رفع موانع درک مفاهیم ترمودینامیک و ارتقای کیفیت یادگیری دانش آموزان بهره برد و چگونه می توان این فناوری ها را به طور مؤثر در فرآیند آموزش ترمودینامیک در نظام آموزشی کشور، با توجه به محدودیت ها و شرایط خاص آن، پیاده سازی نمود؟ آیا استفاده از شبیه سازی های رایانه ای، می تواند به دانش آموزان کمک کند تا فرآیندهای انتزاعی و غیر محسوس ترمودینامیک را به صورت بصری، پویا و ملموس درک نمایند و از این طریق، کج فهمی های رایج را کاهش دهند؟ آیا محیط های یادگیری تعاملی و مبتنی بر بازی، می توانند انگیزه و مشارکت فعال دانش آموزان را در فرآیند یادگیری افزایش دهند و به یادگیری عمیق تر و پایدارتر مفاهیم بیانجامند؟ و در نهایت، آیا تلفیق هوش مصنوعی با فرآیند آموزش، می تواند امکان شخصی سازی یادگیری، ارائه ی بازخوردهای فوری و متناسب با نیازهای فردی هر دانش آموز، و نیز طراحی مسیرهای یادگیری تطبیقی را فراهم آورد و از این رهگذر، به رفع نیازهای خاص هر learner و بهبود کیفیت یادگیری کمک نماید؟ پاسخ به این پرسش ها و پرسش های مشابه، نیازمند پژوهشی جامع و نظام مند است که با بهره گیری از یافته های پژوهش های پیشین در حوزه ی آموزش ترمودینامیک و نیز با تکیه بر نظریه های یادگیری و آموزش علوم، به شناسایی دقیق موانع و کج فهمی ها، تحلیل علل و عوامل ایجادکننده ی آنها، و نیز ارائه ی راهکارهای عملی و اثربخش مبتنی بر فناوری برای رفع این موانع بپردازد و از این جهت، پژوهش حاضر در صدد است تا با رویکردی جامع و همه جانبه، به بررسی این مسائل بپردازد و گامی مؤثر در جهت ارتقای کیفیت آموزش ترمودینامیک در نظام آموزشی کشور بردارد.

اهمیت و ضرورت پژوهش

اهمیت و ضرورت پژوهش در زمینه ی بررسی موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در دانش آموزان و ارائه ی راهکارهای آموزشی مبتنی بر فناوری، از ابعاد گوناگونی قابل تبیین و بررسی است که هر یک از این ابعاد، به تنهایی، می تواند دلیلی قانع کننده برای انجام چنین تحقیقی به شمار آید و ضرورت آن را به اثبات رساند و در مجموع، این ضرورت ها چنان جدی و حیاتی می نمایند که هرگونه غفلت



یا سهل انگاری در این عرصه، می تواند به تداوم وضعیت نامطلوب آموزش ترمودینامیک و عدم بهره مندی دانش آموزان از مزایای این علم بنیادین منجر گردد و از این رو، پژوهش حاضر می کوشد تا با رویکردی جامع و نظام مند، به این خلأ پژوهشی پاسخ گوید. نخستین و مهم ترین وجه اهمیت این پژوهش، به نقش کلیدی و بنیادین ترمودینامیک در علوم و فناوری های نوین بازمی گردد؛ چرا که ترمودینامیک، به عنوان یکی از ارکان اصلی علوم پایه، پایه و اساس بسیاری از رشته های علمی و مهندسی از جمله مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی، مهندسی انرژی، فیزیک، شیمی، علوم محیطی، و حتی علوم زیستی و پزشکی را تشکیل می دهد و درک صحیح و عمیق از مفاهیم این علم، برای هر دانش آموزی که قصد ادامه ی تحصیل در این رشته ها را دارد، از ضرورت های اجتناب ناپذیر به شمار می رود و از این جهت، هر گونه کج فهمی یا نقصان در درک این مفاهیم در دوره ی متوسطه، می تواند تأثیرات منفی و بلندمدتی بر آینده ی تحصیلی و شغلی دانش آموزان داشته باشد و آنان را از ورود به عرصه های علمی و تخصصی بازدارد و این امر، به ویژه در شرایط کنونی که کشور نیازمند نیروهای متخصص و کارآمد در حوزه های علوم و مهندسی است، از اهمیت مضاعفی برخوردار می باشد. دومین وجه اهمیت این پژوهش، به گستردگی و عمق کج فهمی های موجود در زمینه ی مفاهیم ترمودینامیک بازمی گردد؛ چرا که پژوهش های متعدد، چه در داخل و چه در خارج از کشور، نشان داده اند که کج فهمی های ترمودینامیک، نه تنها در میان دانش آموزان دوره ی متوسطه، بلکه در میان دانشجویان رشته های مختلف علوم و مهندسی نیز به وفور مشاهده می شوند و این کج فهمی ها، به دلیل ماهیت پایدار و مقاوم خود، در برابر روش های سنتی تدریس، بسیار دیر و با دشواری فراوان اصلاح می گردند و از این جهت، شناسایی دقیق این کج فهمی ها و ریشه یابی علل ایجادکننده ی آنها، گامی اساسی و ضروری در جهت بهبود کیفیت آموزش ترمودینامیک به شمار می رود و پژوهش حاضر، با ارائه ی تحلیلی جامع از این کج فهمی ها و عوامل مؤثر بر آنها، می تواند به معلمان، مدرسان و مؤلفان کتاب های درسی در طراحی و اجرای برنامه های آموزشی مؤثرتر یاری رساند. سومین وجه اهمیت این پژوهش، به پیشرفت های شگفت انگیز فناوری های نوین آموزشی در سال های اخیر بازمی گردد که فرصت های بی سابقه ای را برای بهبود فرآیند یاددهی - یادگیری در حوزه های مختلف علمی، از جمله ترمودینامیک، فراهم آورده اند و فناوری هایی همچون شبیه سازی های رایانه ای، واقعیت مجازی و افزوده، بازی های آموزشی دیجیتال، چندرسانه های تعاملی، و هوش مصنوعی، این امکان را به معلمان و دانش آموزان می دهند تا مفاهیم انتزاعی و پیچیده را به صورت بصری، پویا و ملموس درک نمایند و از این طریق، بر بسیاری از موانع سنتی یادگیری غلبه کنند و پژوهش حاضر، با بررسی کارآمدی این فناوری ها در زمینه ی آموزش ترمودینامیک، می تواند به ارائه ی راهکارهای عملی و اثربخش برای بهره گیری از این فرصت های نوین در نظام آموزشی کشور کمک نماید و از این رهگذر، به ارتقای کیفیت آموزش ترمودینامیک و نیز به روزرسانی روش های تدریس در این حوزه بیانجامد. چهارمین وجه اهمیت این پژوهش، به جنبه های کاربردی و عملی آن در عرصه ی آموزش و پرورش بازمی گردد؛ چرا که نتایج این پژوهش، می تواند به عنوان منبعی معتبر و قابل استناد برای معلمان، مدرسان، مؤلفان کتاب های درسی، طراحان محتوای آموزشی، و نیز سیاست گذاران نظام آموزشی کشور مورد استفاده قرار گیرد و به آنان در طراحی و اجرای برنامه های آموزشی مؤثرتر، تدوین محتوای درسی مناسب تر، و نیز انتخاب و به کارگیری فناوری های نوین آموزشی در فرآیند تدریس ترمودینامیک یاری رساند و از این رهگذر، به ارتقای سطح دانش و مهارت های علمی دانش آموزان در این حوزه کمک نماید. پنجمین وجه اهمیت این پژوهش، به خلأ علمی و پژوهشی موجود در این حوزه بازمی گردد؛ اگرچه تاکنون پژوهش های متعددی در زمینه ی کج فهمی های ترمودینامیک و نیز در زمینه ی کاربرد فناوری در آموزش علوم انجام گردیده است، اما کمتر پژوهشی به طور خاص و نظام مند به بررسی رابطه ی میان این دو حوزه و ارائه ی راهکارهای تلفیقی و جامع برای رفع موانع درک مفاهیم ترمودینامیک با استفاده از فناوری های نوین آموزشی پرداخته است و از این جهت، پژوهش حاضر می تواند با رویکردی نو و جامع، به این خلأ پژوهشی پاسخ گوید و چارچوبی نظری و عملی برای مطالعات آینده در این حوزه ارائه دهد. ششمین و آخرین وجه اهمیت این پژوهش، به نقش آن در ارتقای عدالت آموزشی و کاهش شکاف دیجیتال بازمی گردد؛ چرا



که استفاده از فناوری های نوین آموزشی، می تواند به دانش آموزان در مناطق محروم و کم برخوردار، که دسترسی محدودی به آزمایشگاه ها و تجهیزات آموزشی مناسب دارند، کمک کند تا از طریق محیط های مجازی و شبیه سازی های رایانه ای، به تجربه ی عملی و بصری مفاهیم ترمودینامیک دست یابند و از این طریق، تا حدودی از نابرابری های آموزشی موجود کاسته شود و پژوهش حاضر، با بررسی امکان پذیری و کارآمدی این رویکرد، می تواند به سیاست گذاران نظام آموزشی در جهت توسعه ی عدالت آموزشی و کاهش شکاف دیجیتال یاری رساند.

سوالات پژوهش

۱. مهم ترین موانع و کج فهمی های دانش آموزان در درک مفاهیم ترمودینامیک کدامند و این موانع، ریشه در چه عواملی دارند؟
۲. ماهیت انتزاعی مفاهیم ترمودینامیک، روش های تدریس، محتوای کتاب های درسی، و کمبود آموزش عملی و آزمایشگاهی، هر یک به چه میزان در ایجاد و تداوم کج فهمی های ترمودینامیک نقش دارند؟
۳. راهکارهای آموزشی مبتنی بر فناوری از جمله شبیه سازی های رایانه ای، آزمایشگاه های مجازی، بازی های آموزشی دیجیتال و هوش مصنوعی، هر یک تا چه اندازه در کاهش کج فهمی ها و ارتقای درک مفهومی دانش آموزان از مفاهیم ترمودینامیک مؤثر هستند؟
۴. چه چالش ها و محدودیت هایی در پیاده سازی راهکارهای مبتنی بر فناوری در نظام آموزشی ایران وجود دارد و چگونه می توان بر این چالش ها غلبه کرد؟
۵. چه مدل یا چارچوبی از آموزش تلفیقی مبتنی بر فناوری، می تواند برای رفع موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در نظام آموزشی ایران کارآمد و عملی باشد؟

اهداف پژوهش

هدف کلی: شناسایی و طبقه بندی جامع موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در دانش آموزان و ارائه ی چارچوبی عملی و اثربخش از راهکارهای آموزشی مبتنی بر فناوری برای رفع این موانع.

اهداف جزئی:

۱. شناسایی و طبقه بندی کج فهمی های رایج دانش آموزان در مفاهیم کلیدی ترمودینامیک از جمله گرما، دما، انرژی درونی، قانون اول و دوم ترمودینامیک، و آنتروپی.
۲. تحلیل و تبیین علل و عوامل ایجادکننده ی کج فهمی های ترمودینامیک از جمله ماهیت انتزاعی مفاهیم، روش های تدریس، محتوای کتاب های درسی، و کمبود آموزش عملی.
۳. بررسی و ارزیابی کارآمدی راهکارهای مبتنی بر فناوری از جمله شبیه سازی، آزمایشگاه مجازی، بازی های دیجیتال، و هوش مصنوعی در بهبود یادگیری مفاهیم ترمودینامیک.
۴. شناسایی و تحلیل چالش های پیاده سازی راهکارهای مبتنی بر فناوری در نظام آموزشی ایران و ارائه ی راهکارهای عملی برای غلبه بر آنها.
۵. ارائه ی چارچوبی جامع و عملی برای آموزش تلفیقی ترمودینامیک مبتنی بر فناوری در نظام آموزشی کشور.



مبانی نظری پژوهش

مبانی نظری پژوهش حاضر بر ترکیبی از نظریه های یادگیری و آموزش علوم و نیز نظریه های مربوط به طراحی آموزشی مبتنی بر فناوری استوار است که هر یک از این نظریه ها، به نوبه ی خود، چارچوبی برای تحلیل و تبیین موانع درک مفاهیم ترمودینامیک و نیز ارائه ی راهکارهای مبتنی بر فناوری برای رفع این موانع فراهم می آورند. از منظر نظریه های یادگیری، نظریه ی «ساخت گرایی» یا «کانستراتیویسم» که ریشه در آرای پیاژه، ویگوتسکی و دیگر نظریه پردازان دارد، بر این نکته تأکید می ورزد که یادگیری، فرآیندی فعال و مبتنی بر ساخت معنا توسط learner است و دانش آموزان، مفاهیم جدید را بر اساس دانش و تجربیات پیشین خود، تفسیر و درک می نمایند و از این رو، کج فهمی ها، نتیجه ی طبیعی و اجتناب ناپذیر این فرآیند ساخت گرایانه هستند و برای اصلاح آنها، باید به دانش و باورهای پیشین learners توجه کرد و با ایجاد موقعیت های یادگیری تعاملی و چالش برانگیز، به آنان امکان داد تا ساختارهای ذهنی خود را بازسازی نمایند و از این منظر، راهکارهای مبتنی بر فناوری که امکان تعامل، آزمایش، مشاهده و کشف را برای learners فراهم می آورند، با اصول ساخت گرایی همخوانی کامل دارند. از منظر نظریه ی «یادگیری مبتنی بر ساخت و ساز» یا «کانستراکشن ایسم» که توسط سیمور پاپرت مطرح گردیده است، یادگیری هنگامی به بهترین شکل رخ می دهد که learners درگیر ساخت و تولید اشیای ملموس و قابل مشاهده باشند و از این منظر، شبیه سازی های رایانه ای و محیط های مجازی، به learners امکان می دهند تا مدل های ذهنی خود را از مفاهیم ترمودینامیک، به صورت بصری و تعاملی، بسازند و آزمایش نمایند و از این طریق، به درک عمیق تر و پایداری از مفاهیم دست یابند. از منظر نظریه ی «بار شناختی» که توسط جان سویلر مطرح گردیده است، یادگیری هنگامی با دشواری مواجه می شود که بار شناختی تحمیل شده بر حافظه ی کاری learners، بیش از ظرفیت آن باشد و از این منظر، مفاهیم انتزاعی و پیچیده ی ترمودینامیک، به دلیل ماهیت خود، بار شناختی بالایی را بر learners تحمیل می نمایند و راهکارهای مبتنی بر فناوری، با ارائه ی بازنمایی های بصری، پویا و ساده شده از این مفاهیم، می توانند بار شناختی را کاهش دهند و فرآیند یادگیری را تسهیل نمایند. در نهایت، از منظر نظریه ی «یادگیری چندرسانه ای» که توسط ریچارد مایر مطرح گردیده است، یادگیری هنگامی بهبود می یابد که اطلاعات به صورت هم زمان از طریق دو کانال دیداری و شنیداری ارائه شوند و از این منظر، استفاده از چندرسانه های تعاملی و شبیه سازی های بصری در آموزش ترمودینامیک، می تواند به learners کمک کند تا مفاهیم را به صورت عمیق تر و پایداری درک نمایند.

پیشینه پژوهش

پیشینه ی پژوهش در زمینه ی آموزش ترمودینامیک و کج فهمی های مرتبط با آن، به چند دهه قبل بازمی گردد و پژوهش های متعددی در سطح بین المللی و داخلی، به بررسی ابعاد مختلف این مسئله پرداخته اند. در سطح بین المللی، پژوهش های پیشگام در این حوزه، عمدتاً بر شناسایی کج فهمی های رایج در مفاهیم گرما و دما متمرکز بودند و پژوهشگرانی مانند سوزبیلیر (۲۰۰۳) با مرور ادبیات پژوهش در این زمینه، نشان دادند که دانش آموزان و دانشجویان، در تمایز قائل شدن میان مفاهیم گرما و دما، با کج فهمی های عمیق و گسترده ای مواجه هستند و این کج فهمی ها، ریشه در تجربیات روزمره و نیز روش های نادرست تدریس دارند. در سال های بعد، پژوهش ها به مفاهیم پیچیده تری مانند قانون اول و دوم ترمودینامیک، آنتروپی، انرژی درونی، و فرآیندهای تعادلی گسترش یافتند و یک مرور نظام مند از ادبیات پژوهش در این حوزه که در سال ۲۰۲۵ منتشر گردیده است، نشان می دهد که رایج ترین کج فهمی ها در ترمودینامیک، عمدتاً در زمینه ی تمایز میان گرما، انرژی و دما، مفهوم آنتروپی، و تفاوت میان فرآیندهای حالت پایدار و فرآیندهای تعادلی متمرکز هستند و این کج فهمی ها، در میان دانش آموزان در تمامی سطوح تحصیلی، از دبیرستان تا دانشگاه، مشاهده می شوند (مرور نظام مند ادبیات پژوهش، ۲۰۲۵). در سطح داخلی، پژوهش های متعددی در سال های اخیر به بررسی کج فهمی های



ترمودینامیک در میان دانش‌آموزان ایرانی پرداخته‌اند. خاکی، زمانی و امینی (۱۴۰۰) در پژوهشی بر روی ۱۱۲ دانش‌آموز پایه‌ی یازدهم، نشان دادند که دانش‌آموزان در مفاهیم گرماشیمی، تفاوت دما و گرما، آنتالپی، و واکنش‌های گرماگیر و گرمازا با کج‌فهمی‌های گسترده‌ای مواجه هستند. ذیقمی (۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی علل کج‌فهمی‌های قانون دوم ترمودینامیک و تابع آنتروپی پرداخت و نشان داد که این مفاهیم به دلیل انتزاعی بودن و استفاده از استعاره‌های نادرست، از جمله دشوارترین مفاهیم برای learners هستند. صفری (۱۴۰۱) نیز در پژوهشی بر روی دانش‌آموزان پایه دهم، کج‌فهمی‌های آنان را در مفاهیم بنیادین ترمودینامیک شناسایی کرد. در زمینه‌ی کاربرد فناوری در آموزش ترمودینامیک، پژوهش‌های داخلی محدودتری انجام شده است، اما نتایج مطالعات موجود نشان می‌دهد که استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای و محیط‌های مجازی، می‌تواند تأثیر مثبتی بر یادگیری مفاهیم ترمودینامیک داشته باشد و به کاهش کج‌فهمی‌ها کمک نماید (آموزش مفاهیم ترمودینامیک و انرژی با استفاده از هوش مصنوعی، ۱۴۰۴). با این حال، هیچ‌یک از پژوهش‌های داخلی، به طور نظام‌مند و جامع، به بررسی رابطه‌ی میان موانع درک مفاهیم ترمودینامیک و راهکارهای مبتنی بر فناوری نپرداخته‌اند و از این جهت، پژوهش حاضر، با رویکردی نو و جامع، به این حوزه‌ی مغفول‌مانده می‌پردازد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، یک پژوهش بنیادی-کاربردی محسوب می‌گردد که به دنبال آن است تا با کاوش در مبانی نظری و پژوهشی مربوط به موانع درک مفاهیم ترمودینامیک و نیز راهکارهای مبتنی بر فناوری، دانش موجود را در این زمینه توسعه بخشد و در عین حال، با ارائه‌ی دستاوردهای کاربردی، به بهبود کیفیت آموزش ترمودینامیک در نظام آموزشی کشور کمک نماید و از نظر ماهیت و روش، این پژوهش در زمره‌ی پژوهش‌های کیفی و توصیفی-تحلیلی قرار می‌گیرد که در آن، با بهره‌گیری از روش کتابخانه‌ای و اسنادی، به گردآوری، مطالعه، بررسی و تحلیل منابع معتبر علمی، پژوهشی و نظری مرتبط با موضوع پرداخته می‌شود و پس از گردآوری اطلاعات، با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی و با رویکردی استدلالی-اجتهادی، به تبیین و واکاوی ابعاد مختلف مسئله و استنتاج یافته‌های پژوهش اقدام می‌گردد و در این مسیر، از دو رویکرد اصلی یعنی رویکرد توصیفی که به تشریح و تبیین دقیق مفاهیم، مؤلفه‌ها و سازوکارهای مرتبط با موانع درک ترمودینامیک و نیز راهکارهای مبتنی بر فناوری می‌پردازد و رویکرد تحلیلی که به بررسی و تحلیل عمیق‌تر این مفاهیم و کشف روابط میان آنها و نیز ارزیابی کارآمدی راهکارهای مختلف می‌پردازد، به صورت توأمان بهره گرفته می‌شود. جامعه‌ی آماری این پژوهش را تمامی منابع و متون مکتوب اعم از کتب نظری و تخصصی، مقالات علمی-پژوهشی، پایان‌نامه‌ها، گزارش‌های پژوهشی، و نیز اسناد و مدارک مرتبط با آموزش ترمودینامیک و فناوری‌های آموزشی تشکیل می‌دهند که به نحوی با موضوع پژوهش مرتبط می‌باشند و با توجه به گستردگی و تنوع این منابع، نمونه‌گیری به روش هدفمند انجام می‌گیرد و تنها منابعی که از اعتبار و اتقان علمی کافی برخوردار بوده و بیشترین ارتباط را با موضوع پژوهش دارند، برای بررسی و تحلیل انتخاب می‌گردند و در این فرآیند، اولویت با منابع دست اول و معتبر علمی و پژوهشی، از جمله مقاله‌های منتشر شده در مجلات معتبر داخلی و بین‌المللی، کتب مرجع، و نیز گزارش‌های پژوهشی مؤسسات معتبر آموزشی و پژوهشی است و همچنین، به مقالات علمی-پژوهشی منتشر شده در پایگاه‌های داده‌ی معتبر مانند نورمگز، مگیران، علم‌نت، سیویلیکا و اس‌آی دی نیز توجه ویژه‌ای مبذول می‌گردد و ابزار گردآوری اطلاعات در این پژوهش، شامل فیش‌برداری از منابع مکتوب، استفاده از پایگاه‌های داده‌ی علمی معتبر، جستجوی نظام‌مند در کتابخانه‌های دیجیتال و مراکز اسناد و مدارک، و نیز استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت منابع علمی برای سازمان‌دهی و تحلیل اطلاعات می‌باشد و پس از گردآوری اطلاعات، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی و با رویکرد استدلالی-اجتهادی، مورد بررسی و مذاقه قرار می‌گیرند و در نهایت، یافته‌های حاصل از این تحلیل، در قالب یک گزارش جامع و منسجم ارائه می‌گردند.



یافته‌های پژوهش

یافته‌های پژوهش حاضر که حاصل بررسی و تحلیل عمیق و همه‌جانبه‌ی منابع نظری، پژوهشی و علمی مرتبط با موضوع موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در دانش‌آموزان و نیز راهکارهای آموزشی مبتنی بر فناوری می‌باشد، در ابعاد مختلفی قابل طبقه‌بندی و تبیین است که هر یک از این ابعاد، به نوبه‌ی خود، حاوی نکات ظریف و ارزشمندی است که می‌تواند برای پژوهشگران، معلمان، مدرسان و سیاست‌گذاران نظام آموزشی کشور راهگشا و مفید واقع گردد. در بعد اول و بنیادین پژوهش، که به شناسایی و طبقه‌بندی کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در مفاهیم کلیدی ترمودینامیک اختصاص دارد، یافته‌ها نشان می‌دهند که دانش‌آموزان در طیف گسترده‌ای از مفاهیم ترمودینامیک، با کج‌فهمی‌های عمیق و پایدار مواجه هستند و این کج‌فهمی‌ها، عمدتاً در چهار حوزه‌ی اصلی قابل طبقه‌بندی می‌باشند: حوزه‌ی اول، مفاهیم بنیادین مربوط به گرما، دما و انرژی است و در این حوزه، بسیاری از دانش‌آموزان، گرما و دما را یکسان تصور می‌کنند و نمی‌توانند تفاوت ماهوی میان این دو مفهوم را به درستی درک نمایند و همچنین، درک درستی از مفهوم انرژی درونی و تفاوت آن با گرما و کار ندارند و این کج‌فهمی، یکی از رایج‌ترین و پایدارترین کج‌فهمی‌ها در میان دانش‌آموزان در تمامی سطوح تحصیلی به شمار می‌رود و پژوهش‌خاکی، زمانی و امینی (۱۴۰۰) نیز این یافته را تأیید کرده است و نشان داده است که دانش‌آموزان پایه‌ی یازدهم، در تمایز قائل شدن میان دما و گرما، با دشواری‌های جدی مواجه هستند. حوزه‌ی دوم، مفاهیم مربوط به قانون اول ترمودینامیک و کاربردهای آن است و در این حوزه، بسیاری از دانش‌آموزان، درک درستی از رابطه‌ی میان گرما، کار و تغییرات انرژی درونی ندارند و نمی‌توانند این رابطه را در فرآیندهای مختلف ترمودینامیکی مانند فرآیندهای هم‌حجم، هم‌فشار و هم‌دما، به درستی اعمال نمایند و همچنین، در تشخیص علامت گرما و کار در فرآیندهای مختلف، با سردرگمی و اشتباهات فراوانی مواجه هستند و این کج‌فهمی، تا حد زیادی ناشی از روش‌های فرمول‌محور و غیرمفهومی تدریس این مبحث در مدارس است که بیشتر بر حل مسائل عددی تأکید دارند تا بر درک عمیق مفاهیم. حوزه‌ی سوم، مفاهیم مربوط به قانون دوم ترمودینامیک و آنتروپی است و یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که این حوزه، به مراتب دشوارترین و چالش‌برانگیزترین حوزه برای دانش‌آموزان به شمار می‌رود و بسیاری از دانش‌آموزان، مفهوم آنتروپی را به اشتباه و به صورت یک مفهوم منفی و مخرب درک می‌کنند و نمی‌توانند ارتباط آن را با پدیده‌هایی همچون افزایش بی‌نظمی، اتلاف انرژی و جهت‌دار بودن فرآیندهای طبیعی، به درستی درک نمایند و همچنین، درک درستی از تفاوت میان فرآیندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر ندارند و این کج‌فهمی‌ها، تا حد زیادی ناشی از ماهیت انتزاعی و غیرمحسوس این مفاهیم و نیز استفاده از استعاره‌های نادرست و گمراه‌کننده در فرآیند آموزش آنهاست و پژوهش‌ذیقعی (۱۳۹۲) نیز به صراحت بر این نکته تأکید کرده است که قانون دوم ترمودینامیک و آنتروپی، از جمله مفاهیمی هستند که بیشترین میزان کج‌فهمی را در میان دانش‌آموزان و دانشجویان ایجاد می‌نمایند. حوزه‌ی چهارم، مفاهیم مربوط به سیستم، محیط و فرآیندهای ترمودینامیکی است و در این حوزه، بسیاری از دانش‌آموزان، در تشخیص نوع سیستم (باز، بسته یا عایق) و نیز در تعیین مرزهای سیستم و محیط، با ابهام و سردرگمی مواجه هستند و نمی‌توانند به درستی تشخیص دهند که در یک فرآیند معین، چه نوع تبادل انرژی و ماده‌ای بین سیستم و محیط رخ می‌دهد و این کج‌فهمی، ریشه در عدم درک صحیح از مفاهیم پایه‌ای ترمودینامیک و نیز عدم توانایی در تجسم و تصور کردن سیستم‌های ترمودینامیکی در ذهن دارد. در بعد دوم پژوهش، که به تحلیل و تبیین علل و عوامل ایجادکننده‌ی کج‌فهمی‌های ترمودینامیک اختصاص دارد، یافته‌ها نشان می‌دهند که این کج‌فهمی‌ها، ریشه در ترکیبی از عوامل متعدد و در هم تنیده دارند که مهم‌ترین آنها عبارتند از: ماهیت انتزاعی و غیرمحسوس مفاهیم ترمودینامیک که درک آنها را برای دانش‌آموزان، به ویژه در سطوح پایین‌تر تحصیلی، بسیار دشوار می‌سازد و این عامل، به عنوان یک عامل ذاتی و اجتناب‌ناپذیر، در تمامی نظام‌های آموزشی وجود دارد و نمی‌توان آن را به طور کامل حذف نمود، اما می‌توان با استفاده از روش‌های مناسب آموزشی، تأثیر آن را به حداقل رساند. عامل دوم، روش‌های سنتی و معلم‌محور تدریس است که در بسیاری از مدارس کشور، همچنان بر



فرآیند آموزش ترمودینامیک حاکم است و در این روش‌ها، تأکید اصلی بر انتقال اطلاعات از معلم به دانش‌آموز و بر حفظ کردن فرمول‌ها و قواعد ریاضی است و به جایگاه و نقش فعال دانش‌آموز در فرآیند یادگیری، توجه کافی نمی‌شود و از این رو، دانش‌آموزان، فرصت کافی برای کشف، آزمایش و ساخت معنا را ندارند و این امر، زمینه‌ساز شکل‌گیری و تداوم کج‌فهمی‌ها می‌گردد. عامل سوم، محتوای پیچیده، خشک و فرمول‌محور کتاب‌های درسی است که در بسیاری از موارد، بدون توجه به نیازها، توانمندی‌ها و پیش‌دانش‌های دانش‌آموزان، تدوین گردیده‌اند و فاقد ارتباط کافی با زندگی روزمره و تجربیات عینی learners هستند و این امر، درک مفاهیم انتزاعی ترمودینامیک را برای دانش‌آموزان، دشوارتر و خسته‌کننده‌تر می‌سازد و خاکی، زمانی و امینی (۱۴۰۰) نیز در پژوهش خود، بر لزوم بازبینی و ساده‌سازی محتوای کتاب درسی شیمی در مبحث گرماشیمی تأکید کرده‌اند. عامل چهارم، کمبود آموزش عملی و آزمایشگاهی در مدارس است که به دلایل مختلفی از جمله کمبود تجهیزات و امکانات، کمبود زمان، و نیز عدم آشنایی کافی معلمان با روش‌های عملی تدریس، صورت می‌گیرد و این کمبود، دانش‌آموزان را از تجربه‌ی مستقیم و عینی پدیده‌های ترمودینامیکی محروم می‌سازد و درک آنان را به سطح نظری و انتزاعی محدود می‌نماید و این امر، به ویژه در مورد مفاهیمی که به طور طبیعی، قابل مشاهده و لمس مستقیم نیستند، مانند انرژی درونی و آنتروپی، تأثیر منفی بیشتری بر فرآیند یادگیری دارد. عامل پنجم، عدم ارتباط مفاهیم ترمودینامیک با زندگی روزمره و کاربردهای عملی آن است و بسیاری از دانش‌آموزان، نمی‌دانند که مفاهیمی که در کلاس درس یاد می‌گیرند، چه ربطی به زندگی واقعی آنان دارند و این عدم ارتباط، انگیزه و علاقه‌ی آنان را برای یادگیری کاهش می‌دهد و یادگیری را به یک فعالیت صرفاً تکلیفی و اجباری تبدیل می‌نماید. در بعد سوم پژوهش، که به بررسی و ارزیابی کارآمدی راهکارهای مبتنی بر فناوری در بهبود یادگیری مفاهیم ترمودینامیک اختصاص دارد، یافته‌ها نشان می‌دهند که فناوری‌های نوین آموزشی، به دلیل قابلیت‌های منحصربه‌فرد خود، می‌توانند نقش مؤثری در کاهش کج‌فهمی‌ها و ارتقای درک مفهومی دانش‌آموزان ایفا نمایند و در این میان، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای و محیط‌های مجازی، از جمله مؤثرترین و کارآمدترین این راهکارها به شمار می‌روند و شبیه‌سازی‌های تعاملی، با ارائه‌ی بازنمایی‌های بصری، پویا و قابل دستکاری از فرآیندهای ترمودینامیکی، به دانش‌آموزان امکان می‌دهند تا مفاهیم انتزاعی و غیرمحمسوس را به صورت عینی و ملموس مشاهده نمایند و با تغییر پارامترهای مختلف، تأثیر آنها را بر رفتار سیستم بررسی کنند و از این طریق، به درک عمیق‌تر و پایداری از مفاهیم دست یابند و پژوهش‌های متعددی نیز تأثیر مثبت شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای بر یادگیری مفاهیم علمی را تأیید کرده‌اند و نشان داده‌اند که استفاده از شبیه‌سازی‌ها، می‌تواند به طور قابل توجهی در کاهش کج‌فهمی‌ها و افزایش انگیزه و مشارکت فعال دانش‌آموزان مؤثر واقع شود و همچنین، شبیه‌سازی‌ها، این امکان را به دانش‌آموزان می‌دهند تا بدون نیاز به تجهیزات گران‌قیمت و خطرناک آزمایشگاهی، به آزمایش و کاوش بپردازند و از این طریق، تجربه‌ی عملی و دست‌اولی از پدیده‌های ترمودینامیکی کسب نمایند و این امر، به ویژه برای دانش‌آموزان در مناطق محروم و کم‌برخوردار، که دسترسی محدودی به آزمایش‌گاه‌های فیزیکی دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در کنار شبیه‌سازی‌ها، آزمایش‌گاه‌های مجازی نیز به عنوان یکی دیگر از راهکارهای مؤثر مبتنی بر فناوری، مورد بررسی قرار گرفته‌اند و یافته‌ها نشان می‌دهند که آزمایش‌گاه‌های مجازی، با فراهم آوردن محیطی امن، تعاملی و قابل کنترل برای انجام آزمایش‌های ترمودینامیکی، می‌توانند جایگزین مناسبی برای آزمایش‌گاه‌های فیزیکی در شرایطی باشند که دسترسی به آنها ممکن نیست و این آزمایش‌گاه‌ها، به دانش‌آموزان امکان می‌دهند تا بدون نگرانی از خطرات و هزینه‌های بالا، به طراحی و اجرای آزمایش‌های مختلف بپردازند و از این طریق، به درک عمیق‌تری از مفاهیم نظری دست یابند. همچنین، بازی‌های آموزشی دیجیتال، به عنوان یکی دیگر از راهکارهای مبتنی بر فناوری، مورد بررسی قرار گرفته‌اند و یافته‌ها نشان می‌دهند که بازی‌های آموزشی، با ایجاد فضایی شاد، جذاب و چالش‌برانگیز، می‌توانند انگیزه و مشارکت فعال دانش‌آموزان را در فرآیند یادگیری افزایش دهند و به یادگیری عمیق‌تر و پایداری مفاهیم بیانجامند و در زمینه‌ی ترمودینامیک، طراحی بازی‌هایی که در آنها، دانش‌آموزان با مدیریت یک سیستم



ترمودینامیکی و یا حل چالش‌های مرتبط با آن، به یادگیری مفاهیم می‌پردازند، می‌تواند بسیار مؤثر و کارآمد باشد. از سوی دیگر، هوش مصنوعی به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین فناوری‌های نوین، مورد بررسی قرار گرفته است و یافته‌ها نشان می‌دهند که تلفیق هوش مصنوعی با فرآیند آموزش، می‌تواند انقلابی در روش‌های یاددهی-یادگیری ایجاد نماید و هوش مصنوعی، با قابلیت شخصی‌سازی یادگیری، ارائه‌ی بازخوردهای فوری و متناسب با نیازهای فردی هر دانش‌آموز، و نیز طراحی مسیرهای یادگیری تطبیقی، می‌تواند به رفع نیازهای خاص هر learner کمک نماید و از این رهگذر، به بهبود کیفیت یادگیری و کاهش کج‌فهمی‌ها بیانجامد و برای مثال، سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، می‌توانند با تحلیل عملکرد دانش‌آموز در حل مسائل و پاسخ به سؤالات، نقاط ضعف و کج‌فهمی‌های او را شناسایی نمایند و سپس، محتوای آموزشی و تمرین‌های متناسب با آن را به او ارائه دهند و از این طریق، به رفع تدریجی کج‌فهمی‌ها کمک نمایند و پژوهش «آموزش مفاهیم ترمودینامیک و انرژی با استفاده از هوش مصنوعی» (۱۴۰۴) نیز بر این نکته تأکید دارد که تلفیق هوش مصنوعی و شبیه‌سازی دیجیتال، می‌تواند انگیزه و مشارکت فعال دانش‌آموزان را افزایش دهد و یادگیری مفاهیم ترمودینامیک و انرژی را از حالت صرفاً نظری به حالت عملی و تجربی تبدیل نماید. در بعد چهارم پژوهش، که به شناسایی و تحلیل چالش‌های پیاده‌سازی راهکارهای مبتنی بر فناوری در نظام آموزشی ایران اختصاص دارد، یافته‌ها نشان می‌دهند که با وجود تمامی مزایا و قابلیت‌های فناوری‌های نوین آموزشی، پیاده‌سازی آنها در نظام آموزشی کشور، با چالش‌ها و محدودیت‌های متعددی روبرو است که مهم‌ترین آنها عبارتند از: کمبود زیرساخت‌های فنی و فناوری در بسیاری از مدارس، به ویژه در مناطق محروم و روستایی، که شامل عدم دسترسی به اینترنت پرسرعت، کمبود رایانه و تجهیزات دیجیتال، و نیز نبود نرم‌افزارهای آموزشی مناسب می‌شود و این کمبودها، مانعی جدی بر سر راه بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در فرآیند آموزش به شمار می‌روند. چالش دوم، کمبود مهارت و دانش فنی معلمان در زمینه‌ی استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی است و بسیاری از معلمان، با فناوری‌های جدید آشنایی کافی ندارند و نمی‌دانند که چگونه می‌توانند از آنها در فرآیند تدریس خود بهره بگیرند و این امر، نیازمند برگزاری دوره‌های آموزشی و توانمندسازی معلمان در این زمینه است. چالش سوم، مقاومت در برابر تغییر و پایبندی به روش‌های سنتی تدریس است که در میان برخی از معلمان و مدیران آموزشی دیده می‌شود و این مقاومت، ریشه در عواملی همچون عدم آشنایی با مزایای فناوری‌های نوین، ترس از پیچیدگی‌های فنی، و نیز فقدان انگیزه و حمایت کافی از سوی نظام آموزشی دارد. چالش چهارم، کمبود محتوای آموزشی دیجیتال با کیفیت و متناسب با نیازها و شرایط آموزشی کشور است و بسیاری از نرم‌افزارها و شبیه‌سازی‌های موجود، یا به زبان انگلیسی هستند و یا برای نظام‌های آموزشی دیگر کشورها طراحی گردیده‌اند و نیازمند بومی‌سازی و ترجمه هستند و این امر، هزینه و زمان زیادی را طلب می‌نماید. چالش پنجم، نبود یک سیاست جامع و منسجم برای ترویج و توسعه‌ی آموزش مبتنی بر فناوری در نظام آموزشی کشور است و سیاست‌های موجود، غالباً پراکنده، ناپایدار و فاقد پشتوانه‌ی مالی و اجرایی کافی هستند و این امر، مانعی جدی بر سر راه توسعه‌ی پایدار آموزش مبتنی بر فناوری به شمار می‌رود. در بعد پنجم و نهایی پژوهش، که به ارائه‌ی چارچوبی جامع و عملی برای آموزش تلفیقی ترمودینامیک مبتنی بر فناوری در نظام آموزشی کشور اختصاص دارد، یافته‌ها نشان می‌دهند که یک چارچوب کارآمد، باید بر پایه‌ی اصول و مؤلفه‌های زیر استوار باشد: نخست، بازنگری اساسی در محتوای کتاب‌های درسی ترمودینامیک به منظور ساده‌سازی مفاهیم، حذف مطالب غیرضروری، و افزودن مثال‌ها و کاربردهای عملی و مرتبط با زندگی روزمره و همچنین، گنجاندن فعالیت‌های عملی و مبتنی بر فناوری در متن کتاب درسی. دوم، توانمندسازی معلمان از طریق برگزاری دوره‌های آموزشی منظم و مستمر در زمینه‌ی استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی، آشنایی با شبیه‌سازی‌ها و نرم‌افزارهای آموزشی، و نیز روش‌های تدریس مبتنی بر فناوری و همچنین، ایجاد شبکه‌های ارتباطی و تبادل تجربیات میان معلمان برای به اشتراک‌گذاری دانش و مهارت‌های خود. سوم، توسعه‌ی زیرساخت‌های فنی و فناوری در مدارس، از جمله تأمین رایانه، اینترنت پرسرعت، و نرم‌افزارهای آموزشی مناسب و همچنین، ایجاد آزمایشگاه‌های مجازی و مراکز منابع آموزشی



دیجیتال در سطح مدارس و مناطق آموزشی. چهارم، طراحی و تولید محتوای آموزشی دیجیتال با کیفیت و متناسب با نیازها و شرایط آموزشی کشور، از جمله شبیه سازی های تعاملی، فیلم های آموزشی، بازی های دیجیتال، و سیستم های مبتنی بر هوش مصنوعی و همچنین، بومی سازی و ترجمه ی نرم افزارها و محتوای خارجی. پنجم، تدوین و اجرای یک سیاست جامع و منسجم در سطح نظام آموزشی کشور برای ترویج و توسعه ی آموزش مبتنی بر فناوری، که شامل تأمین بودجه ی کافی، ایجاد انگیزه و حمایت از معلمان و مدارس پیشگام، و نیز نظارت و ارزیابی مستمر بر فرآیند اجرا باشد و در نهایت، تلفیق هوشمندانه ی روش های سنتی و مبتنی بر فناوری در یک رویکرد تلفیقی، به گونه ای که از مزایای هر دو رویکرد به بهترین شکل ممکن بهره برداری شود و نقاط ضعف هر یک، با نقاط قوت دیگری جبران گردد و این چارچوب تلفیقی، می تواند به عنوان الگویی کارآمد و عملی برای بهبود کیفیت آموزش ترمودینامیک در نظام آموزشی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

بحث و نتیجه گیری

بحث و نتیجه گیری حاصل از پژوهش حاضر که به بررسی عمیق و همه جانبه ی موانع درک مفاهیم ترمودینامیک در دانش آموزان و نیز راهکارهای آموزشی مبتنی بر فناوری برای رفع این موانع پرداخته است، نشان می دهد که آموزش ترمودینامیک در نظام آموزشی کشور، با چالش ها و موانع جدی و چندلایه ای روبرو است که ریشه در ترکیبی از عوامل ذاتی (مانند ماهیت انتزاعی مفاهیم)، عوامل آموزشی (مانند روش های سنتی تدریس و محتوای نامناسب کتاب های درسی)، و عوامل ساختاری (مانند کمبود زیرساخت ها و تجهیزات آموزشی) دارد و این موانع، به شکل گیری کج فهمی های عمیق و پایدار در ذهن دانش آموزان می انجامد که نه تنها در دوره ی متوسطه، بلکه تا سطوح عالی تحصیلی و حتی در میان دانشجویان رشته های علوم و مهندسی نیز ادامه می یابد و از این جهت، ضرورت بازنگری اساسی در روش های آموزش ترمودینامیک و بهره گیری از رویکردهای نوین و مبتنی بر فناوری، بیش از پیش احساس می گردد. از سوی دیگر، یافته های پژوهش به وضوح نشان می دهند که فناوری های نوین آموزشی، به ویژه شبیه سازی های رایانه ای، آزمایشگاه های مجازی، بازی های آموزشی دیجیتال، و هوش مصنوعی، به دلیل قابلیت های منحصر به فرد خود در ارائه ی بازنمایی های بصری، پویا و تعاملی از مفاهیم انتزاعی، می توانند نقش مؤثری در کاهش کج فهمی ها و ارتقای درک مفهومی دانش آموزان ایفا نمایند و این فناوری ها، با ایجاد محیط های یادگیری فعال، مشارکتی و مبتنی بر کشف، به دانش آموزان امکان می دهند تا به جای حفظ کردن فرمول ها و قواعد ریاضی، به درک عمیق و پایدار از مفاهیم ترمودینامیک دست یابند و از این رهگذر، به یادگیری معنادار و ماندگار نائل شوند و همچنین، تلفیق هوش مصنوعی با فرآیند آموزش، با امکان شخصی سازی یادگیری و ارائه ی بازخوردهای فوری و متناسب با نیازهای فردی هر دانش آموز، می تواند گامی مؤثر در جهت رفع نیازهای خاص learners و بهبود کیفیت یادگیری بردارد و این امر، به ویژه در شرایطی که نظام آموزشی با تنوع گسترده ای از learners با توانمندی ها، سبک های یادگیری و پیش دانش های متفاوت مواجه است، از اهمیت و کاربرد فراوانی برخوردار می باشد. با این حال، همان گونه که یافته های پژوهش نشان داد، پیاده سازی این راهکارها در نظام آموزشی کشور، با چالش ها و محدودیت های جدی از جمله کمبود زیرساخت های فنی، کمبود مهارت معلمان، مقاومت در برابر تغییر، کمبود محتوای مناسب، و نبود سیاست جامع روبرو است و غفلت از این چالش ها، می تواند هرگونه تلاش برای بهره گیری از فناوری های نوین را با شکست مواجه سازد و از این جهت، هرگونه راهبرد برای بهبود آموزش ترمودینامیک، باید به طور همزمان به رفع این چالش ها نیز توجه داشته باشد و رویکردی تدریجی، واقع گرایانه و متناسب با شرایط موجود اتخاذ نماید. در این راستا، پژوهش حاضر با ارائه ی چارچوبی جامع و عملی برای آموزش تلفیقی ترمودینامیک مبتنی بر فناوری، که بر بازنگری در محتوای کتاب های درسی، توانمندسازی معلمان، توسعه ی زیرساخت ها، تولید محتوای دیجیتال، و تدوین سیاست جامع تأکید دارد، گامی در جهت رفع این چالش ها و بهره گیری از فرصت های فراهم شده توسط فناوری های نوین برداشته



است و این چارچوب، می‌تواند به عنوان الگویی کارآمد و عملی برای سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان آموزشی، معلمان و پژوهشگران حوزه‌ی آموزش علوم مورد استفاده قرار گیرد و به آنان در طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی مؤثرتر در زمینه‌ی ترمودینامیک یاری رساند و از این رهگذر، به ارتقای کیفیت آموزش ترمودینامیک و در نهایت، به پرورش نیروهای انسانی متخصص و کارآمد در حوزه‌های علوم پایه و مهندسی کمک نماید. در نهایت، پژوهش حاضر به این نتیجه اساسی و مهم دست یافته است که برای غلبه بر موانع درک مفاهیم ترمودینامیک، هیچ راه‌حل ساده و یک‌بعدی وجود ندارد و تنها با اتخاذ رویکردی تلفیقی، چندبعدی و نظام‌مند، که در آن، بازنگری در محتوا، توانمندسازی معلمان، توسعه‌ی زیرساخت‌ها، تولید محتوای دیجیتال، و تدوین سیاست جامع، به صورت هم‌زمان و هماهنگ دنبال گردد، می‌توان به نتایج مطلوب و پایدار دست یافت و بر این اساس، پیشنهاد می‌گردد که پژوهش‌های آینده در این حوزه، با رویکردهای تجربی و شبه‌تجربی، به بررسی تأثیر عملی چارچوب پیشنهادی بر یادگیری دانش‌آموزان بپردازند و همچنین، به بررسی نقش عوامل زمین‌های و فرهنگی در کارآمدی راهکارهای مبتنی بر فناوری در نظام آموزشی ایران توجه بیشتری مبذول دارند و از این رهگذر، به غنای دانش موجود در این زمینه و نیز به بهبود مستمر کیفیت آموزش ترمودینامیک در کشور کمک نمایند.

منابع و مآخذ

- خاکی، مطهره؛ زمانی، الهام؛ امینی، زهرا. (۱۴۰۰). "بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان دوره متوسطه در یادگیری موضوع ترمودینامیک". نشریه پژوهش در آموزش شیمی، دوره ۳، شماره ۱ (بهار ۱۴۰۰).
- ذیقمی، نسرين. (۱۳۹۲). "بررسی برخی از علل کج‌فهمی‌های قانون دوم ترمودینامیک و تابع آنتروپی". کنفرانس آموزش شیمی ایران.
- صفری، پریوا. (۱۴۰۱). "بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه دهم در زمینه مفاهیم ترمودینامیک". مجله پژوهش در آموزش شیمی.
- امیری، صدیقه. (۱۴۰۰). "بررسی تأثیر استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات نوین بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در درس فیزیک دوره دوم متوسطه". نشریه پژوهش در برنامه‌ریزی درسی، شماره ۶۸.
- زارعی، رضا (مترجم). (۱۳۸۳). "روش‌های نوآورانه در تدریس ترمودینامیک". مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۲۳.
- سلیمانی، اعظم. (۱۴۰۰). "مزایا و چالش‌های آموزش مجازی". نشریه پژوهش در آموزش علوم.
- دلفان آذری، قنبرعلی. (۱۴۰۱). "برنامه درسی آموزش مجازی در دوران کرونا". فصلنامه مطالعات برنامه درسی.
- غفوری‌فرد، منصور. (۱۳۹۹). "رونق آموزش مجازی در ایران: توان بالقوه‌ای که با ویروس کرونا شکوفا شد". مجله ایرانی آموزش در علوم پزشکی، شماره ۲۰.
- حاجی‌زاده، میثم. (۱۴۰۰). "تحلیل فرصت‌ها و چالش‌های آموزش مجازی در دوران کرونا". پژوهش‌های تربیتی دانشگاه کردستان.
- گلی، محمد. (۱۴۰۱). "چالش‌های آموزش مجازی از دیدگاه اعضا هیات علمی و دانشجویان علوم پزشکی در دوران کرونا". مجله آموزش در علوم پزشکی.
- ابراهیمی، سعید. (۱۴۰۰). "شناسایی و تحلیل فرصت‌ها و چالش‌های آموزش مجازی از منظر دانشجویان". نشریه مطالعات آموزش و یادگیری.
- محمودی، جعفر. (۱۳۸۷). "بررسی چالش‌های توسعه مدارس هوشمند در کشور". فصلنامه نوآوری‌های آموزشی، شماره ۲۶.