

نوع مقاله

^۱ گروه فیزیک، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه،
ایران، sholeh.alaei@iau.ac.ir

نویسنده مسئول:

^۲ شعله اعلانی، گروه فیزیک، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد
اسلامی، ارومیه، ایران، sholeh.alaei@iau.ac.ir

استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مفاهیم ریاضی و فیزیک: شخصی سازی، تحلیل مفهومی و تجسم تعاملی

شعله اعلانی^۱

چکیده:

تحول چشم اندازهای آموزشی به طور فزاینده ای به فناوری های نوآورانه، به ویژه هوش مصنوعی، وابسته است که مسیرهای جدیدی برای بهبود تجربه های تدریس و یادگیری ارائه می دهد. در آموزش ریاضی و فیزیک، هوش مصنوعی می تواند آموزش شخصی سازی شده ای را تسهیل کند که به سبک های گوناگون یادگیری پاسخ دهد و در نتیجه، مشارکت و درک دانشجویان را بهبود بخشد. با اینکه هوش مصنوعی به مدرسين امکان طراحی آزمایش های تعاملی و مواد آموزشی را می دهد، نه تنها فرآیند آموزش را ساده تر می کند، بلکه آن را غنی تر نیز می سازد؛ درک مفاهیم فیزیکی که ذاتاً با ریاضیات پیچیده همراه هستند، مانند مباحث مکانیک کلاسیک، قوانین الکترومغناطیس ماکسول، اپتیک، مکانیک کوانتومی و بسیاری از مباحث ریاضی فیزیکی مختلف یکی از چالش های اساسی در آموزش علوم پایه است. دانشجویان اغلب در انتقال از فرمول های مجرد به درک فیزیکی و حل مسئله عملی دچار مشکل می شوند. در این مقاله، نقش هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک تسهیل گر تحول آفرین در آموزش این مباحث بررسی می شود. با تمرکز بر شخصی سازی، تعامل پویا و تحلیل لحظه ای اشتباهات، هوش مصنوعی نه تنها درک مفهومی را تعمیق می بخشد، بلکه توانایی حل مسئله را به صورت کمی و کیفی ارتقا می دهد. در ادامه نمونه های عملی از کاربردهای AI در شبیه سازی های برداری، آموزش گام به گام قانون دوم نیوتن، و تجسم پویای میدان های الکترومغناطیسی و نیروی لورنتس ارائه شده و تأثیر آن ها بر انگیزه و یادگیری عمیق دانشجویان مورد تحلیل قرار می گیرد.

کلید واژه ها: آموزش ریاضی، آموزش فیزیک، هوش مصنوعی، تحول آموزشی، STEM.

موضوع اصلی:

اینجا موضوع مقاله نوشته می شود.

تاریخچه مقاله:

- تاریخ دریافت: -
- تاریخ بازنگری: -
- تاریخ پذیرش: -

نکات برجسته مقاله:

- شخصی سازی آموزش ریاضی و فیزیک با استفاده از هوش مصنوعی.
- کاربردهای AI در شبیه سازی های برداری، آموزش گام به گام قانون دوم نیوتن و تجسم پویای میدان های الکترومغناطیسی.
- تحلیل مفهومی و تجسم تعاملی در آموزش ریاضی و فیزیک.

۱- مقدمه

امروزه یکی از چالشهای نظام آموزشی تأمین مهارت های لازم و مرتبط برای یادگیرندگان در قرن بیست و یکم است. دگرگونی آموزش در پاسخ به نیازهای این قرن به طور چشمگیری تحت تأثیر پیشرفت های سریع فناوری قرار گرفته است. در عصر انقلاب صنعتی چهارم، اهمیت مهارت های نوآورانه به ویژه در آموزش ریاضی و فیزیک، روز به روز افزایش یافته است. با این حال، روش های سنتی یادگیری که اغلب در ارائه تجربه های جذاب و مرتبط محدودیت دارند، می توانند منجر به کاهش انگیزه و علاقه دانشجویان به یادگیری شوند. مدل های آموزشی مبتنی بر سخنرانی، تخته سفید و آزمایشگاه های ساده دیگر نمی توانند توجه نسلی از یادگیرندگان را جلب کنند که با فناوری رشد یافته اند. در برخی از موارد، دانشجویان و دانش آموزان به دلیل فقدان کاربردهای واقعی مفاهیم آموزش دیده یا نبود فرصت های کافی برای کاوش و تعامل عمیق با محتوا، در درک مطالب ریاضی و فیزیک احساس ناتوانی میکنند [۵-۱].

در این شرایط، چشم انداز آموزش که توسط پیشرفت های فناوری، به ویژه هوش مصنوعی (Artificial Intelligence)، هدایت می شود در حال تغییر و دگرگونی است. علیرغم اینکه دانشگاه ها و مؤسسات آموزش عالی درگیر تحولات بسیاری در روش های تدریس هستند، ضرورت بررسی روش های نوآورانه ای که مشارکت و درک دانشجویان را افزایش دهند، بیش از پیش احساس می شود. در این راستا هوش مصنوعی پتانسیل قابل توجهی برای انقلابی کردن نحوه تدریس دروسی مانند ریاضی و فیزیک دارد و تجربه های یادگیری شخصی سازی شده ای را میتواند فراهم کند که با نیازهای فردی دانشجویان سازگار باشد. علاوه بر این، شبیه سازی های تعاملی، مانند چت بات های آموزشی، رویکردی نوین برای حمایت از یادگیری از طریق مدل های مبتنی بر پرسش و تحقیق ارائه می دهد و به دانشجویان امکان می دهد تا در محیطی حمایت گر و انطباق پذیر با مفاهیم پیچیده درگیر شوند. این پیشرفت ها نشان دهنده جابجایی از روش های سنتی بوده و زمینه ساز آینده ای پویاتر در آموزش ریاضی و فیزیک خواهند بود. در کنار آموزش ریاضی، فیزیک به عنوان یکی از ارکان اصلی علوم طبیعی، نه تنها چارچوب نظری برای درک جهان اطراف ما فراهم می کند، بلکه به عنوان پایه ای محکم برای بسیاری از رشته های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (STEM) عمل می کند. در قلب این نقش، ریاضیات به عنوان زبان فیزیک قرار دارد؛ معادلات دیفرانسیل، بردارها، جبر، هندسه، مشتق، انتگرال، مدل های ریاضی و غیره ابزارهای اساسی در فیزیک برای بیان قوانین طبیعت هستند. با این حال، برای بسیاری از دانشجویان، این رابطه بین فیزیک و ریاضیات به جای منبع درک و شهود، تبدیل به منبعی از سردرگمی و اضطراب شده است. این مشکل بویژه در مباحثی که مستلزم درک عمیق روابط ریاضی هستند مانند مکانیک کوانتومی، الکترو دینامیک، ترمودینامیک آماری و نسبیت عام و خاص همواره با چالش هایی همراه بوده است. در واقع ریشه اصلی این چالش ها را میتوان مربوط به مشکل درک مفاهیم انتزاعی، تجسم فرآیندهای فیزیکی و ارتباط آن ها با معادلات ریاضی دانست. انتزاعی بودن مفاهیم فیزیکی در مباحثی مانند تانسورها و توابع موج ظاهر میشود. وابستگی زیاد به ریاضیات پیشرفته از قبیل مباحث حساب دیفرانسیل و انتگرال، جبر خطی و معادلات دیفرانسیل مشهود است [۹-۶].

از دیدگاه تاریخی، آموزش سنتی ریاضی و فیزیک عمدتاً متکی بر روش های تدریس متمرکز بر سخنرانی و آموزش مبتنی بر کتاب درسی بوده است. این روش ها اغلب بر حفظ کردن صرف فرمول ها و حل مسئله الگوریتمی تمرکز دارند، نه درک مفهومی و فرصت های محدودی برای یادگیری تعاملی یا کاربرد عملی فراهم می کنند. علیرغم اینکه معلمان و اساتید تلاش می کنند تا به سبک های گوناگون یادگیری دانشجویان پاسخ دهند، شناخت روزافزونی از ناکافی بودن این رویکرد سنتی وجود دارد. در این

بین هوش مصنوعی به عنوان یک فناوری تحول‌آفرین که توانمندی بالقوه‌ای برای اصلاح نظام آموزشی دارد ظهور کرده و به معلمان امکان می‌دهند تا پروژه‌های آزمایشی جذابی را طراحی کنند که نه تنها به نیازهای فردی دانشجویان پاسخ دهد، بلکه علاوه بر این، با اجرای شبیه‌سازی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، محیطی تعاملی‌تر ایجاد کند و به دانشجویان امکان دهد تا مفاهیم پیچیده را به صورت پویا تجسم کنند. از طریق این نوآوری‌ها، معلمان و اساتید می‌توانند فیزیک را از درسی که دانشجویان آن را دشوار می‌دانند، به درسی جذاب و قابل دسترس تبدیل کنند و کنجکاوی و تفکر انتقادی دانشجویان را تقویت نمایند [۱۰-۱۲].

در پژوهش‌های اخیر در حوزه آموزش علوم، به‌ویژه فیزیک، تأکید فزاینده‌ای بر یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی (Simulation Based Learning) و یادگیری مبتنی بر کاوش (Inquiry-Based Learning) شده است. این روش‌ها با تکیه بر اصول شناختی مانند ساخت‌گرایی (Constructivism)، به دانشجویان اجازه می‌دهند تا دانش را از طریق تعامل فعال با محیط‌های شبیه‌سازی شده بسازند. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از شبیه‌سازی‌های تعاملی نه تنها درک مفاهیم پیچیده را افزایش می‌دهد، بلکه انگیزه و پایداری یادگیری را نیز تقویت می‌کند. ابزارهایی همچون شبیه‌سازی‌های، Wolfram Physics Lab، PhET یا محیط‌های واقعیت مجازی، پدیده‌های نامرئی را قابل لمس و درک می‌کنند. میشل کانولی، مشاور آموزشی و بنیانگذار یک مؤسسه تخصصی با ۱۶ سال تجربه کلاسی، می‌گوید: با هزاران دانش‌آموز و دانشجو در محیط‌های یادگیری متنوع کار کرده‌ام و شاهد بوده‌ام که چگونه فناوری به درستی انتخاب شده می‌تواند شکاف میان نظریه و درک عمیق را پر کند. هنگامی که دانش‌آموزان و دانشجویان قادرند متغیرهای یک شبیه‌سازی را دستکاری کنند، فیزیک ناگهان به موضوعی قابل دسترس و جذاب تبدیل می‌شود. همچنین، ادغام فناوری در آموزش فیزیک با اصول یادگیری مبتنی بر مسئله (PBL) و یادگیری همراه (Mobile Learning) همخوانی دارد و به دانشجویان امکان می‌دهد تا فیزیک را نه به عنوان مجموعه‌ای از فرمول‌های خشک، بلکه به عنوان علمی زنده و کاربردی پذیرفته و نقش فیزیک را در زندگی روزمره خود از اندازه‌گیری شتاب در حرکت دوچرخه تا تحلیل مصرف انرژی در خانه و همچنین در تمامی جنبه‌های زندگی مدرن از طراحی گوشی‌های هوشمند، ماشین‌های برقی تا توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر درک کنند [۱۲-۱۳].

در این مقاله، ابتدا به روش‌ها و الگوریتم‌های کاربردی هوش مصنوعی به عنوان ابزار آموزشی به صورت خلاصه پرداخته، سپس چالش‌های دانشجویان در درک روابط ریاضی در فیزیک بررسی شده و نقش فیزیک به عنوان زمینه‌ای غنی برای آموزش ریاضی مفهومی تحلیل می‌گردد. و در نهایت، چارچوبی برای استفاده از هوش مصنوعی در شخصی‌سازی آموزش این مفاهیم ارائه می‌شود. هدف نهایی، ارائه یک رویکرد بین‌رشته‌ای است که در آن فیزیک به عنوان پلی بین ریاضیات انتزاعی و کاربردهای عملی در علوم و مهندسی عمل می‌کند. در این راستا، دو مفهوم فیزیکی انتزاعی که در دروس فیزیک برای دانشجویان علوم پایه و مهندسی تدریس میشوند و از نظر روابط ریاضی در مبحث بردارها تا حدی درک و استفاده از آنها برای دانشجویان چالش برانگیز می‌باشد، انتخاب گردیده اند: قوانین نیوتن از مبحث فیزیک مکانیک و نیروی لورنتس و میدان مغناطیسی از مبحث الکترومغناطیس. این مفاهیم نه تنها از نظر ریاضی برای دانشجویان پیچیده هستند، بلکه کاربردهای زیادی در رشته‌های مختلف دارند. برای دانشجویان زیست‌شناسی و میکروبیولوژی، قانون دوم نیوتن در فرآیند سانتریفیوژ سلولی و جداسازی مولکول‌های زیستی اهمیت بسیاری داشته و برای دانشجویان مهندسی بویژه مهندسی پزشکی مبحث نیروی لورنتس در تصویر برداری تشدید مغناطیسی (MRI) نقشی اساسی دارد.

در نتیجه، پژوهش‌هایی که به دنبال یافتن راهکارهای بهینه برای ادغام فناوری در آموزش فیزیک باشند، نقشی حیاتی در پرورش مهارت‌های قرن بیست‌ویکم مورد نیاز دانشجویان در آینده ایفا می‌کنند. از این منظر، پژوهش حاضر با هدف تبیین آخرین روندهای به‌کارگیری فناوری در آموزش فیزیک، برجسته‌سازی نوآوری‌های اخیر و ارزیابی تأثیر آن‌ها بر پرورش مهارت‌های آینده‌نگر در دانشجویان طراحی شده است. با درک چالش‌ها و پتانسیل‌های موجود در به‌کارگیری فناوری در آموزش فیزیک، پژوهش‌ها و نوآوری‌های پیوسته‌ای در جریان است تا مؤثرترین رویکردها برای بهره‌گیری از فناوری در غنی‌سازی تجربه یادگیری فیزیک و آماده‌سازی دانشجویان با مهارت‌های مرتبط با آینده شناسایی شوند.

۲- هوش مصنوعی به عنوان ابزار آموزشی: روش ها و الگوریتم های کاربردی

هوش مصنوعی در آموزش مباحث علمی مختلف از طریق چندین شاخه و روش پیاده سازی می شود [۱۴، ۱۵]:

▪ یادگیری ماشین (Machine Learning)

از روش طبقه بندی سبک های یادگیری و با تحلیل رفتار دانشجویان (زمان صرف شده، خطاهای رایج، مسیرهای حل مسئله)، مدل های ML می توانند سبک یادگیری فردی را شناسایی و محتوای آموزشی را شخصی سازی کنند. علاوه بر این، از روش پیش بینی نقاط ضعف و با استفاده از الگوریتم های رگرسیون یا شبکه های عصبی، سیستم ها می توانند پیش بینی کنند که دانشجو در کدام مفهوم ریاضی و فیزیکی دچار مشکل خواهد شد (مثلاً درک گرادیان یا انتگرال روی سطح).

▪ شبکه های عصبی عمیق (Deep Neural Networks) و LLMs

در این روش با تشخیص الگوهای ریاضی، شبکه های عصبی می توانند الگوهای پنهان در حل مسائل فیزیکی را شناسایی کنند. مثلاً تشخیص اینکه دانشجو در حل معادله لاپلاس چه نوع خطای مفهومی دارد. از طرفی با تولید توضیحات هوشمند، مدل های زبانی بزرگ (LLMs) می توانند توضیحات مرحله به مرحله برای حل مسائل فیزیکی ارائه دهند و با سؤالات دانشجو تعامل کنند.

▪ شبیه سازی های مبتنی بر هوش مصنوعی

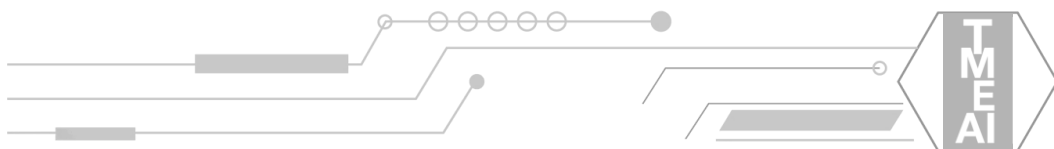
ترکیب AI با واقعیت مجازی و افزوده (VR/AR) امکان تجسم مفاهیم انتزاعی (مانند خطوط میدان مغناطیسی یا تابع موج کوانتومی) را فراهم می کند. همچنین با استفاده از AI، می توان شبیه سازی هایی ایجاد کرد که پارامترهای فیزیکی را به صورت پویا تغییر دهند و تأثیر آن ها بر نتایج ریاضی را نمایش دهند (مثلاً تغییر ثابت فنر در نوسان ساده و مشاهده تغییر در معادله حرکت).

۳- چالش های آموزشی در مباحث برداری و ریاضی در مسائل فیزیک

مفهوم بردار، به عنوان پایه ای ترین و ساده ترین ابزار در فیزیک، برای بسیاری از دانشجویان به دلیل ماهیت انتزاعی و هندسی آن دشوار است. در واقع دانشجویان اغلب نمی توانند تفاوت بین کمیت های اسکالر و برداری را در عمل تشخیص دهند یا جمع برداری را بویژه در فضای سه بعدی به درستی اجرا کنند.

از سوی دیگر، قوانین دینامیکی مانند قانون دوم نیوتن ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) که به صورت ریاضی بیان می شوند، نیازمند توانایی ترکیب مفاهیم فیزیکی و ریاضی هستند. بسیاری از دانشجویان هنگام استفاده از این رابطه در تجزیه نیروها در سیستم های مختلف که نیروهای مختلفی به سیستم وارد میشوند و یا مسائل چندجسمی دچار مشکل می شوند و بسیاری از آنها به دلیل مشکل در تجزیه بردارها نمیتوانند این نوع مسائل را به طور صحیح حل نمایند.

زمانیکه رابطه قانون دوم نیوتن معادله ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) به صورت نیروی مرکزگرا که بزرگی آن با رابطه $F = m\omega^2 r$ بیان می شود، و برای بهینه سازی سرعت چرخش و جداسازی مؤثر DNA از پروتئین ها بکار میرود و در مباحث فیزیک عمومی به صورت گسترده برای دانشجویان تدریس میشود، بازهم بسیاری از دانشجویان این رابطه را به صورت حفظی به کار می برند، بدون اینکه درک کنند چرا تغییر سرعت زاویه ای (ω) به توان دو بر نیرو تأثیر می گذارد. به همین ترتیب، در یکی از مباحث فیزیک الکتریسته و مغناطیس رشته مهندسی پزشکی نیروی لورنتس $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{V} \times \vec{B}$ در کارکرد دستگاه های تصویربرداری تشدید

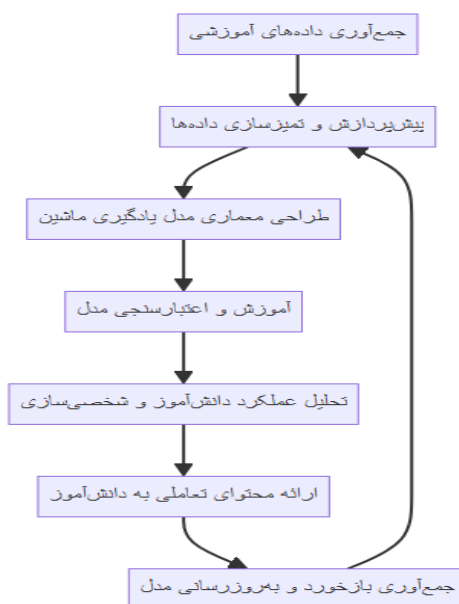


مغناطیسی (MRI) نقش اساسی دارد. حرکت پروتون‌ها در میدان مغناطیسی قوی و تولید سیگنال‌های قابل اندازه‌گیری، مستقیماً به این قانون فیزیکی وابسته است. اما برای دانشجویان مهندسی، درک جهت و بزرگی نیروی لورنتس در حضور میدان‌های متقاطع الکتریکی و مغناطیسی، که نیازمند تجسم فضایی بوده و درک ضرب خارجی بردارها و تعیین جهت نیرو که عمود بر سرعت ذره و میدان است، اغلب چالش‌برانگیز است و مهارتی است که بسیاری از دانشجویان فاقد آن هستند. یکی از مشکلات اصلی اینجاست که آموزش سنتی فیزیک و ریاضی اغلب غیرزمینه‌مند (decontextualized) است. دانشجویان میکروبیولوژی در کلاس فیزیک با مثال‌های مکانیک کلاسیک (مثلاً حرکت جعبه روی سطح افقی) مواجه می‌شوند، در حالی که بهتر است این مفاهیم در قالب سیستم‌های بیولوژیکی تدریس شوند. به همین ترتیب، دانشجویان مهندسی پزشکی با مثال‌های دور از واقعیت آموزش می‌بینند، در حالی که می‌توان از کاربردهای هوش مصنوعی در پردازش تصاویر MRI برای نشان دادن ارتباط بین فیزیک، ریاضیات و مهندسی استفاده کرد. هوش مصنوعی می‌تواند این شکاف را با شخصی‌سازی محتوا بر اساس رشته دانشجو پر کند. یک چت‌بات آموزشی می‌تواند به یک دانشجوی میکروبیولوژی بگوید: نیروی مرکزگر در سانتیفریو باعث می‌شود DNA به دیواره لوله بچسبد، در حالی که به یک مهندس پزشکی می‌گوید: این نیرو در طراحی دستگاه MRI برای کنترل مسیر ذرات استفاده می‌شود.

۴- کاربرد هوش مصنوعی در آموزش روابط ریاضی فیزیک: شخصی‌سازی، تحلیل مفهومی و تجسم تعاملی

۴-۱- شخصی‌سازی آموزش با یادگیری ماشین

با وجود پتانسیل بالای فیزیک برای آموزش ریاضی، اجرای عملی این رویکرد در کلاس‌های سنتی با چالش‌هایی مانند تنوع سطح دانش، علایق متفاوت و محدودیت زمان مواجه است. در این راستا هوش مصنوعی به عنوان یک ابزار انقلابی ظهور کرده است که می‌تواند آموزش فیزیک را شخصی‌سازی شده، تعاملی و مرتبط با رشته کند. سیستم هوش مصنوعی با تحلیل رفتار دانشجو، سبک یادگیری را شناسایی و محتوا را مطابق با نیاز فردی تنظیم می‌کند. در واقع شخصی‌سازی آموزش با یادگیری ماشین که توسط هوش مصنوعی ChatGPT و openart تولید شده است در شکل ۱ ارائه گردیده و مبین مراحل ذیل می‌باشد:



شکل ۱: چرخه کاری یک سیستم آموزشی هوشمند مبتنی بر یادگیری ماشین، شامل جمع‌آوری داده، آموزش مدل، شخصی‌سازی محتوا و حلقه بازخورد برای بهبود مستمر (تولید شده توسط GPT4).

داده‌های رفتار دانشجو: شامل اطلاعاتی است که سیستم از رفتار دانشجو جمع‌آوری می‌کند، مثل: چقدر زمان صرف هر مبحث کرده، کدام سوال‌ها و تمرین‌ها را اشتباه حل کرده، مسیرهایی که در حل مسائل انتخاب کرده (مثلاً چه روش‌هایی را امتحان کرده) این داده‌ها نشان‌دهنده نحوه یادگیری و مشکلات احتمالی دانشجو هستند.

تحلیل سبک یادگیری دانشجو: بر اساس داده‌های بالا، سبک یادگیری دانشجو تشخیص داده می‌شود:

دیداری: بهتر درک می‌کند اگر نمودار، انیمیشن یا تصویر باشد — استفاده از OpenArt برای تولید تصاویر برداری از نیروها.

عمل‌گرا/تجربی: با تمرین‌های گام‌به‌گام بهتر یاد می‌گیرد — تمرین‌های تعاملی در ChatGPT

تحلیلی: به دنبال درک عمیق ریاضی است — ارائه اثبات‌های برداری دقیق

تنظیم محتوا بر اساس سبک یادگیری:

مثال اول: آموزش نیروی لورنتس برای یک دانشجوی دیداری

نمایش بصری بردارهای $\vec{v}$ ، $\vec{B}$ و $\vec{F}$ با تولید تصویر با OpenArt، انیمیشن حرکت یک ذره باردار در میدان مغناطیسی، شبیه‌سازی جهت‌گیری دست راست برای تشخیص

مثال دوم: آموزش قانون دوم نیوتن برای دانشجوی تحلیلی

نمایش تجزیه نیروها در دستگاه مختصات (مثلاً نیروهای متعامد در ۳ بعد)، حل برداری چند مسئله پیچیده با استفاده از تعریف دقیق شتاب و نیرو در فضا، اثبات اینکه $\vec{F} = m\vec{a}$ برای ذرات نسبیتی چگونه تغییر می‌کند (در سطح پیشرفته).

ارزیابی تطبیقی و بازخورد هوشمند: چرخه کاری یک سیستم آموزشی هوشمند مبتنی بر یادگیری ماشین، شامل جمع‌آوری داده، آموزش مدل، شخصی‌سازی محتوا و حلقه بازخورد برای بهبود مستمر. پس از آموزش، سوالاتی متناسب با سبک یادگیری ارائه می‌شود. خطاهای دانشجو بررسی شده و بازخورد فوری و هدفمند ارائه می‌شود: مثلاً اگر در ضرب برداری مشکل دارد، سیستم تمریناتی با تمرکز روی محصول برداری ارائه می‌دهد. یا اگر دانشجویی در جمع برداری در صفحه xy دچار اشتباه شود، سیستم AI او را به تمرین‌های تعاملی سه‌بعدی هدایت می‌کند که در آن می‌تواند بردارها را با ماوس چرخانده و نتیجه جمع را در لحظه مشاهده کند. همچنین در آموزش قانون دوم نیوتن، اگر دانشجو نتواند نیروهای عمودی و افقی را تفکیک کند، سیستم به جای ارائه راه‌حل، از طریق سؤالات راهنما او را به کشف خود مفهوم سوق می‌دهد. در مسائل مربوط به قانون دوم نیوتن، اگر دانشجو نیروی کشش را در جهت اشتباه در نظر بگیرد، AI با تجزیه برداری گام‌به‌گام و نمایش نمودار جسم آزاد (Free-Body Diagram) به صورت تعاملی، او را اصلاح می‌کند.

همانگونه که پیشتر ذکر شد یکی از قابلیت‌های منحصربه‌فرد AI، تحلیل الگوهای خطا در حل مسئله است. برای مثال اگر دانشجو در محاسبه نیروی لورنتس به جای ضرب خارجی از ضرب داخلی استفاده کند، سیستم نه تنها خطا را تشخیص می‌دهد، بلکه با نمایش انیمیشنی از جهت نیروی واقعی و مقایسه آن با پاسخ دانشجو، درک مفهومی را ترمیم می‌کند.

۴-۲- مدل یادگیری ماشین (Machine Learning Model)

این قسمت شامل الگوریتم‌هایی است که داده‌های رفتار دانشجو را تحلیل می‌کنند. مدل، الگوهای رفتاری و ضعف‌های دانشجو را شناسایی می‌کند [۸،۷]. مثلاً ممکن است بفهمد دانشجو در حل مسائل انتگرال مشکل دارد یا سرعت یادگیری در مباحث خاص پایین است. آموزش قوانین نیوتن و نیروی لورنتس با تمرکز بر مشکلات هر فرد، به شکل تعاملی و تصویری با (OpenArt) موثرتر خواهد بود.

داده ورودی: ویژگی‌ها (Features) از رفتار دانشجو مانند: زمان صرف شده برای هر موضوع (عدد)، درصد درست پاسخ‌ها (عددی بین ۰ و ۱)، تعداد سوالات حل شده به روش خاص (عددی)، تعداد اشتباه در مسائل انتگرال یا مشتق (عددی)، تعداد مراجعات به درس‌های قبلی (عددی)، میزان تعامل (مثلاً تعداد دفعات استفاده از توضیح اضافی)

الگوریتم: از مدل‌های نظارت‌شده مثل درخت تصمیم (Decision Tree)، جنگل تصادفی (Random Forest) یا مدل‌های پیشرفته‌تر مثل شبکه‌های عصبی (Neural Networks) استفاده می‌شود.

هدف مدل: پیش‌بینی نقاط ضعف دانشجو و توصیه محتوای آموزشی هدفمند.

خروجی مدل: کلاس‌بندی مشکلات دانشجو، مثلاً: ضعف در درک مفهوم شتاب و نیروی وارده (قانون دوم نیوتن)، ضعف در ضرب برداری و جهت نیروی لورنتس، مشکل در محاسبات انتگرال و مشتق (مورد نیاز برای مسائل میدان‌های متغیر)، امتیاز یادگیری (Learning score) برای هر مبحث جهت پیشنهاد اولویت آموزش

شخصی سازی آموزش: بر اساس اطلاعات به دست آمده، سیستم محتوای آموزشی را برای هر دانشجو به صورت ویژه تنظیم می‌کند. مثلاً اگر دانشجو سبک بصری دارد، از ویدئو و انیمیشن بیشتر استفاده می‌کند. یا اگر در فهم قانون دوم نیوتن مشکل دارد، تمرینات و توضیحات بیشتر و تعاملی‌تر ارائه می‌دهد. اگر مدل تشخیص دهد دانشجو در حل مسائل انتگرال و مفهوم بردار سرعت در نیروی لورنتس مشکل دارد، آموزش به شکل زیر شخصی سازی می‌شود: ارائه تمرین‌ها و محتوای آموزشی هدفمند، مثلاً آموزش گام به گام قانون دوم نیوتن یا نیروی لورنتس با انیمیشن و توضیح.

مثال کاربردی (کارکرد مدل در آموزش قوانین نیوتن و نیروی لورنتس): تمرکز روی آموزش گام به گام تکنیک‌های انتگرال‌گیری ساده در مسائل فیزیکی (مثلاً حرکت ذره در میدان متغیر)، ارائه انیمیشن‌ها و تصاویر تولید شده با OpenArt که نشان‌دهنده جهت و مقدار بردارهای سرعت و میدان مغناطیسی است. سوالات کم‌کم دشوارتر در بخش ضرب برداری و کاربردهای قانون دوم نیوتن ارائه می‌شود. اگر دانشجو در حل مسئله‌های قانون سوم نیوتن مشکل دارد (مثلاً تشخیص نیروهای واکنش)، تمرینات مرتبط و توضیحات تکمیلی داده می‌شود. در شکل ۲ و جدول ۱ جریان شخصی سازی آموزش با AI نشان داده شده است.



شکل ۲: جریان شخصی سازی آموزش با AI

بازخورد و بهبود: جمع‌آوری داده‌های جدید و به‌روزرسانی مدل برای بهبود مستمر.

نتیجه و تحلیل مدل: تشخیص سبک یادگیری و نقاط ضعف. مدل ML بعد از تحلیل داده‌ها، سبک یادگیری دانشجو را مشخص می‌کند (مثلاً بصری، شنیداری، یا ترکیبی). همچنین نقاط ضعف و بخش‌هایی که نیاز به تمرین بیشتر دارند را پیش‌بینی می‌کند.

جدول ۱: ارزیابی اثربخشی سیستم آموزش هوشمند مبتنی بر یادگیری ماشین در بهبود فرآیند یادگیری مفاهیم فیزیکی

شاخص تحلیل مدل	نتیجه و تاثیر بر آموزش
دقت پیش‌بینی نقاط ضعف	۸۵٪ تا ۹۰٪ دقت در شناسایی مشکلات یادگیری
شخصی‌سازی محتوا	با توجه به نقاط ضعف، آموزش هدفمند می‌شود
افزایش انگیزه	چون دانشجو کمتر با مطالب غیرمرتبط درگیر می‌شود
بازدهی یادگیری	یادگیری سریع‌تر و عمیق‌تر نسبت به روش سنتی

۳-۴- شبکه‌های عصبی عمیق (Deep Neural Networks) و LLMs

همانگونه که ذکر شد یکی از چالش‌های اساسی در آموزش فیزیک، درک عمیق مفاهیم برداری و رابطه‌های ریاضی بنیادین (مانند قوانین حرکت نیوتن یا نیروی لورنتس در الکترومغناطیس) توسط دانش‌آموزان و دانشجویان است. این مفاهیم ذاتاً چندبعدی و غیرخطی هستند و نیازمند توانایی تجسم فضایی و تسلط بر جبر خطی و حساب برداری می‌باشند. در این راستا، رویکردی ترکیبی مبتنی بر یکپارچه‌سازی DNNs و LLMs پیشنهاد می‌شود که به‌صورت همزمان هم نمایش عددی-هندسی مسائل فیزیکی را از طریق شبکه‌های عصبی عمیق پردازش می‌کند و هم تفسیر زبانی-مفهومی آن‌ها را با بهره‌گیری از توانایی‌های استدلالی و تولید متنی مدل‌های زبانی بزرگ تسهیل می‌نماید [۸, ۱۷].

شبکه‌های عصبی عمیق قادرند با دریافت ورودی‌های برداری (مانند موقعیت، سرعت، شتاب، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی) و یادگیری نگاشت‌های غیرخطی بین آن‌ها، رفتار سیستم‌های فیزیکی را با دقت بالا شبیه‌سازی کنند. به‌عنوان مثال، یک DNN می‌تواند قانون دوم نیوتن $\vec{F} = m\vec{a}$ یا نیروی لورنتس $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$ را به‌صورت ضمنی از داده‌های حرکت ذرات یاد بگیرد و پیش‌بینی‌هایی درباره مسیرهای پیچیده ذرات باردار در میدان‌های الکترومغناطیسی ارائه دهد. این رویکرد، به‌ویژه در شرایطی که معادلات تحلیلی حل‌ناپذیر هستند، ارزشمند است. از سوی دیگر، مدل‌های زبانی بزرگ، با آموزش گسترده روی متون علمی، توانایی بالایی در تولید توضیحات مفهومی، استنتاج قیاسی و پاسخ به پرسش‌های کیفی درباره پدیده‌های فیزیکی دارند. LLM ها می‌توانند با دریافت خروجی عددی DNN (مثلاً بردار نیرو یا شتاب)، آن را به زبان طبیعی تفسیر کرده، رابطه آن با قوانین بنیادین فیزیک را تبیین نمایند و حتی سناریوهای «چه می‌شد اگر» (what-if scenarios) را برای تقویت درک شهودی کاربر طراحی کنند. ترکیب این دو معماری، که می‌توان آن را به‌صورت یک سیستم چندوجهی (Multimodal) در نظر گرفت امکان ایجاد محیط‌های یادگیری تطبیقی را فراهم می‌آورد که هم جنبه‌های کمی و هم کیفی فیزیک را پوشش می‌دهد. در چنین سیستمی، DNN نقش «موتور فیزیکی» را ایفا می‌کند، در حالی که LLM به‌عنوان «مربی مفهومی» عمل می‌نماید. این رویکرد نه تنها دقت محاسباتی را حفظ می‌کند، بلکه با ارائه توضیحات قابل فهم و شخصی‌سازی‌شده، موانع شناختی مرتبط با درک مفاهیم برداری فیزیک را کاهش می‌دهد.

در واقع میتوان گفت مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs) مانند GPT-4o یا Claude 3 می‌توانند به‌عنوان همیار حل مسئله عمل کنند، نه با دادن جواب، بلکه با پرسش‌های راهنما، تجسم مفاهیم و ارائه مثال‌های شخصی‌سازی‌شده بر اساس سبک یادگیری دانشجو.

۴-۴- شبیه‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی

استفاده از شبیه‌سازی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی (AI-based Simulations) برای آموزش مفاهیم فیزیکی مانند قوانین نیوتن و نیروی لورنتس در الکترومغناطیس، روشی قدرتمند و تعاملی دیگری است که می‌تواند درک عمیق‌تری از مفاهیم انتزاعی و روابط ریاضی ارائه دهد. یک چارچوب کلی برای طراحی چنین آموزش‌هایی با استفاده از شبیه‌سازی‌های هوشمند رامیتوان به صورت ذیل بیان کرد.

تعریف مسئله: چه چیزی می‌خواهیم آموزش دهیم

الف) قانون دوم نیوتن $\vec{F} = m\vec{a}$

ب) نیروی لورنتس: رابطه $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$: مفهوم نیروی مغناطیسی و الکتریکی بر ذره باردار، حرکت مارپیچی یا دایره‌ای در میدان مغناطیسی

استفاده از شبیه‌سازی‌های هوش مصنوعی برای آموزش: در راستای نیل به هدف ساخت محیطی تعاملی و تطبیق‌پذیر برای یادگیری از ابزارهای ذیل میتوان بهره گرفت: مدل‌های فیزیکی دینامیکی مبتنی بر AI (Physics-based AI)، یادگیری تقویتی (Reinforcement Learning) برای شبیه‌سازی تصمیم‌گیری نیروها، واقعیت مجازی یا افزوده (VR/AR) همراه با شبیه‌سازی برداری، مدل‌های زبانی/تصویری AI برای توضیح و پاسخ‌گویی به سؤالات مفهومی، ایده‌های عملی برای آموزش مفاهیم

پروژه اول: تعامل با قوانین نیوتن در محیط شبیه‌سازی‌شده.

فعالیت:

- دانشجو جسمی به جرم m را در مختصات سه‌بعدی انتخاب می‌کند.
- با اعمال نیروی برداری (مثلاً با ماوس یا دسته بازی)، مشاهده می‌کند که جسم چگونه شتاب می‌گیرد.

اهداف:

- مشاهده مستقیم رابطه $\vec{F} = m\vec{a}$
- بررسی تأثیر جرم، جهت نیرو، اصطکاک، و مقاومت هوا
- استفاده از نمودارهای برداری زنده $\vec{F}$ و $\vec{a}$

قابلیت AI:

- مدل می‌تواند با تحلیل رفتار دانشجو، مفاهیم ناقص را شناسایی کند و پیشنهاد تمرین هدفمند دهد.

پروژه دوم: شبیه‌سازی نیروی لورنتس با بردارهای زنده

فعالیت:

- ذره باردار را با سرعت اولیه وارد میدان مغناطیسی می‌کنیم.
- شبیه‌سازی حرکت ذره در میدان (حرکت دایره‌ای یا مارپیچی)
- افزودن میدان الکتریکی و تحلیل اثر مجموعی $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$



اهداف:

- درک عمیق ضرب برداری: جهت و مقدار $\vec{V} \times \vec{B}$
- استفاده از تنظیمات بصری بردارها در فضا
- درک مفهوم نیروی عمود بر جهت حرکت و میدان مغناطیسی

قابلیت AI:

- مدل با گرفتن ورودی از دانشجو (مثلاً تنظیم زاویه $\vec{V}$ و $\vec{B}$) تحلیل می‌کند که آیا بردار $\vec{F}$ را به درستی پیش‌بینی می‌کند یا نه.
- دانشجو می‌تواند جهت میدان مغناطیسی ($\vec{B}$)، سرعت ذره ($\vec{V}$) و بار الکتریکی (q) را تغییر دهد و مسیر حرکت ذره (دایره، مارپیچ یا خط مستقیم) را در فضای سه‌بعدی مشاهده کند. AI در پس‌زمینه، اشتباهات رایج (مثل اشتباه در جهت ضرب خارجی) را تشخیص داده و بازخورد بصری (Visual Feedback) ارائه می‌دهد.
- Wolfram Physics Lab: امکان می‌دهد دانشجویان پارامترهای فیزیکی را تغییر داده و تأثیر آن‌ها را در لحظه ببینند.
- ارائه بازخورد هوشمند و پیشنهاد برای اصلاح خطاهای مفهومی

در مجموع، شبیه‌سازی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نه تنها ابزاری برای نمایش پویای مفاهیم فیزیکی هستند، بلکه محیطی یادگیری محور ایجاد می‌کنند که در آن دانشجویان می‌توانند با تعامل مستقیم با ساختارهای برداری، درک عمیق‌تری از قوانین بنیادین فیزیک، از جمله قوانین نیوتن و نیروی لورنتس، کسب کنند.

۴-۵- کاربردهای عملی: نرم‌افزارها و پلتفرم‌های آموزشی مبتنی بر AI

در سال‌های اخیر، چندین پلتفرم آموزشی با بهره‌گیری از هوش مصنوعی توسعه یافته‌اند:

- PhySim AI: شبیه‌سازی‌های تعاملی از پدیده‌های فیزیکی مانند حرکت پرتابه، موج‌ها، و مدارهای الکتریکی.
- TutorBot: دستیار هوشمند برای پاسخ به سوالات فیزیکی و توضیح مفاهیم به زبان ساده.
- SmartLab: آزمایشگاه مجازی با قابلیت تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی نتایج با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین.

این ابزارها نه تنها یادگیری را جذاب‌تر می‌کنند، بلکه امکان یادگیری مستقل و عمیق را نیز فراهم می‌سازند.

۵- چالش‌ها و محدودیت‌ها

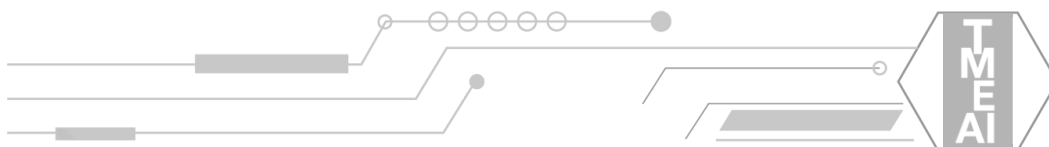
با وجود مزایای فراوان، استفاده از AI در آموزش دروس ریاضی و فیزیک با چالش‌هایی از جمله موارد ذیل همراه است:

- پیچیدگی الگوریتم‌ها: طراحی مدل‌های دقیق نیازمند دانش تخصصی در هر دو حوزه ریاضی، فیزیک و هوش مصنوعی است.
- نیاز به داده‌های بزرگ: آموزش مدل‌های AI نیازمند داده‌های آموزشی گسترده و با کیفیت است.
- محدودیت‌های فنی: اجرای شبیه‌سازی‌های پیچیده ممکن است نیازمند سخت‌افزارهای قدرتمند باشد.

مسائل اخلاقی و حریم خصوصی: جمع‌آوری داده‌های یادگیری دانش‌آموزان و دانشجویان باید با رعایت اصول اخلاقی انجام شود.

۶- نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی نه تنها ابزاری برای تسهیل آموزش ریاضی و فیزیک است، بلکه فرصتی برای بازسازی بنیادین نحوه تعامل دانشجویان با مفاهیم ریاضی فیزیکی فراهم می‌کند. با تمرکز بر شخصی‌سازی، بازخورد فوری و شبیه‌سازی‌های تعاملی، AI می‌تواند موانع یادگیری در مباحث چالش‌برانگیزی مانند بردارها، قانون دوم نیوتن، الکترومغناطیس، مکانیک کوانتومی، اپتیک و بسیاری از مفاهیم فیزیکی دیگر را از میان بردارد. شواهد کمی و کیفی حاکی از آن است که این فناوری نه تنها توانایی حل



مسئله را افزایش می‌دهد، بلکه انگیزه، اعتمادبه‌نفس و درک عمیق مفاهیم را نیز تقویت می‌کند. آینده آموزش فیزیک، آموزشی است که در آن هر دانشجو یک مربی هوشمند شخصی دارد، مربی‌ای که نه تنها می‌داند چه چیزی را نمی‌فهمد، بلکه دقیقاً می‌داند چگونه باید به او آنرا آموخت.

چالش اصلی آموزش ریاضی و فیزیک، چگونگی ایجاد محیط یادگیری انگیزشی و مرتبط با زندگی واقعی برای دانشجویان در این عصر دیجیتال است. پیشرفت‌های فناوری‌های همچون هوش مصنوعی، واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR)، یادگیری مبتنی بر بازی (Game-based learning) و وبسایت‌های تعاملی، فرصت‌های تازه‌ای را برای بهبود آموزش ریاضیات و فیزیک فراهم آورده‌اند. با به‌کارگیری رویکردهای یادگیری تعاملی و مبتنی بر فناوری، دانش‌آموزان فرصت می‌یابند تا به‌صورت فعال‌تری در فرآیند یادگیری مشارکت کنند، مفاهیم فیزیکی را به‌صورت عمیق‌تری کاوش نمایند و درک بهتری از کاربردهای عملی مطالب آموخته‌شده کسب کنند. علاوه بر این، ادغام فناوری در آموزش ریاضی و فیزیک دروازه‌ای را نیز به سوی پرورش مهارت‌های کلیدی قرن بیست‌ویکم، از جمله حل مسئله، همکاری، ارتباطات و سواد دیجیتال، گشوده است. در جهانی که روزبه‌روز پیوندی‌تر و پویاتر می‌شود، دانشجویان برای موفقیت در آینده نیازمند تسلط بر این مهارت‌ها هستند. از اینرو، پژوهش درباره چگونگی به‌کارگیری موثر فناوری در پرورش این مهارت‌ها، اهمیت فزاینده‌ای یافته است. علاوه بر این هوش مصنوعی با توانایی‌های منحصربه‌فرد خود، با رفع چالش‌های موجود و توسعه زیرساخت‌های مناسب، آینده آموزش فیزیک با کمک هوش مصنوعی روشن‌تر از همیشه خواهد بود

مراجع

- [1] B. K. Prahani and I. R. Dawana, "Exploring the potential of technology in physics education: current research and innovation trends to support 21st century skill," *Перспективы науки и образования*, vol.1, p. 349, 2025, doi: <https://doi.org/10.32744/pse.2025.1.23>.
- [2] K. T. Kotsis, "From Chalkboard to Chatbot: The Future of Physics Education through Artificial Intelligence Integration," *EIKI Journal of Effective Teaching Methods*, vol. 3, 2025, doi: <https://doi.org/10.59652/jetm.v3i2.515>.
- [3] M. A. Nielsen and I. L. Chuang, *Quantum computation and quantum information*. Cambridge university press, 2011.
- [4] S. Geertshuis, R. Wass and Q. Liu, "Equipping graduates with future-ready capabilities: an application of learning theories to higher education," *Teaching in Higher Education*, vol. 29, p.1302, 2024, doi: <https://doi.org/10.1080/13562517.2022.2137399>.
- [5] L. I. González-Pérez and M. S. Ramírez-Montoya, "Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review," *Sustainability*, vol. 14, p.1493, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/su14031493>.
- [6] S. D. Indahwati, F. Rachmadiarti, E. Hariyono, B. K. Prahani, F. C. Wibowo, M. A. H. Bunyamin and M. Satriawan, "Integration of independent learning and physics innovation in STEAM-based renewable energy education to improve critical thinking skills in the era of Society 5.0 for Sustainable Development Goals (SDGs) 2030," In *E3S Web of Conferences*, vol. 450, p. 01010, EDP Sciences, 2023, doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345001010>.
- [7] P. Bruneau, J. Wang, L. Cao and H. Truong, *The potential of ChatGPT to enhance physics education in Vietnamese high schools*, 2023.
- [8] C. Davis, T. Bush and S. Wood, "Artificial intelligence in education: Enhancing learning experiences through personalized adaptation," *International Journal of Cyber and IT Service Management*, vol.4, p. 26, 2024, doi: <https://doi.org/10.34306/ijcitsm.v4i1.146>

- [9] K. L. Kotsis, "Integration of artificial intelligence in science teaching in primary education: Applications for teachers, " *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, vol. 2, p. 27, 2024, doi: [https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2\(3\).04](https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(3).04).
- [10] M. F. T. Nirmala, D. A. Gebze, A. M. R. Tumanggor, M. Lengkong and I. Wilujeng, "Physics Learning with E-Book Using Problem Based Learning (PBL) Model to Improve Image Representation Ability of High School Students on Optical Material" , In *7th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Sciences (ICRIEMS 2020)* p. 547, 2021, Atlantis Press.
- [11] M. Sirakaya and D. Alsancak Sirakaya, "Augmented reality in STEM education: A systematic review, " *Interactive Learning Environments*, 30(8), 1556-1569, 2022, doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1722713>.
- [12] D. Vergara, J. Extremera, M. P. Rubio and L. P. Dávila, "Meaningful learning through virtual reality learning environments: A case study in materials engineering, " *Applied Sciences*, vol. 9, p. 4625, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/app9214625>.
- [13] L. K. Smetana and R. L. Bell, "Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature, " *International Journal of Science Education*, vol. 34, p. 1337, 2012, doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>.
- [14] N. Rutten, W. R. Van Joolingen and J. T. Van Der Veen, "The learning effects of computer simulations in science education, " *Computers & education*, vol. 58, p. 136, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>.
- [15] P. H. Santoso, B. Setiaji, Y. Kurniawan, Wahyudi, S. Bahri, Fathurrahman, ...and J. Syahbrudin, "Students' performance dataset for using machine learning technique in physics education research, " *Scientific Data*, vol. 12, p. 987, 2025, doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04913-0>.
- [16] R. A. Sottolare, A. C. Graesser, X. Hu, A. Olney, B. Nye and A. M. Sinatra, (Eds.). *Design recommendations for intelligent tutoring systems: Volume 4-domain modeling*, Vol. 4. US Army Research Laboratory, 2016.
- [17] R. Luckin and W. Holmes, *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*, 2016.
- [18] I. Roll and R. Wylie, "Evolution and revolution in artificial intelligence in education, " *International journal of artificial intelligence in education*, vol. 26, p. 582, 2016, doi:

¹Department of Physics, Ur.C.,
Islamic Azad University, Urmia,
Iran, sholeh.alaei@iau.ac.ir

Correspondence

Sholeh Alaei, Department of
Physics, Ur.C., Islamic Azad
University, Urmia, Iran,
sholeh.alaei@iau.ac.ir

Using Artificial Intelligence in Teaching Mathematical and Physical Concepts: Personalization, Conceptual Analysis, and Interactive Visualization

Sholeh Alaei, Assistant Professor ¹ 

Abstract

The landscape of educational is experiencing a substantial transformation, driven in large part by the integration of emerging technologies, most notably artificial intelligence (AI). Rather than functioning as an auxiliary instrument, AI is increasingly positioned as a catalyst for redefining the various processes of teaching and learning, especially in areas where conceptual depth intersects with mathematical precision. In the fields such as physics and mathematics, where learners often confront layers of conceptual abstraction, AI suggests new pathways for addressing persistent pedagogical limitations. A particularly significant advantage of AI lies in its ability to facilitate personalized learning paths tailored to each student's cognitive patterns, background knowledge, and learning steps. Such adaptability not only promotes stronger engagement but also encourages a more profound comprehension of topics that have historically been demanding such as Newtonian dynamics, electromagnetics, optical wave behavior, quantum mechanics, and various area of mathematical physics. One of challenges in science education relates to the difficulty that students encounter in connecting symbolic mathematical language with tangible physical intuition or effective strategies of solving problems. This study explores the role of AI not as a supplementary innovation but as a transformative pedagogical framework in the teaching of advanced scientific material. Through features such as adaptive formative feedback, real-time error analysis, and structured scaffolding of complex problems, AI-based platforms quantitatively and qualitatively enhance problem-solving skills. We discuss implementations including interactive simulations of vector fields, stepwise guided applications of Newton's laws, and immersive visual renderings of electromagnetic

Received: day month year

Revised: 16 January 2022

Accepted: 10 February 2022



interactions and the Lorentz force. The effect of these tools on student motivation and deep learning is critically analyzed. Beyond technical functionality, these systems also invite reflection on how AI-mediated learning influences student motivation, epistemic independence, and the cultivation of transferable, deeply integrated understanding, key markers of meaningful learning in STEM education.

Keywords: Mathematics Education, Physics Education, Artificial Intelligence, Educational Transformation, STEM.