شاپای چاپی: ۲۸۱۳-۲۷۸۳
شاپای الکترونیکی: ۰۴۴۶-۲۷۱۷
نشریه صنعت و دانشگاه
Homepage: http://jiu.ir

کاهش شکاف دانشگاه و صنعت: استفاده از اتاق فرار مجازی برای ارزیابی مهارت‌های دانشجویان مهندسی عمران

* شایان حجت‌پناه ** سیدوحید فقیهی *** احد نظری **** سیدحسین حسینی‌نورزاد
* دانشجوی دکتری مهندسی عمران، گرایش مهندسی و مدیریت ساخت، پردیس بین‌المللی ارس دانشگاه تهران، تهران، ایران.
shayan.hojatpanah@ut.ac.ir
** استادیار گروه مهندسی و مدیریت ساخت دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
vfaghihi@ut.ac.ir
*** دانشیار گروه ساختمان، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
a_nazari@sbu.ac.ir
**** دانشیار گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
hnourzad@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۲۰

چکیده

شکاف میان شایستگی‌های کسب‌شده در دانشگاه و نیازهای عملکردی محیط کار، یکی از چالش‌های مهم آموزش مهندسی عمران است. روش‌های متداول ارزیابی عمدتاً بر سنجش دانش و نتایج نهایی تمرکز دارند و ممکن است فرصت محدودی برای مشاهده فرایند تصمیم‌گیری، تعامل و عملکرد دانشجویان در موقعیت‌های پیچیده مهندسی فراهم کنند. این پژوهش با هدف ارائه یک چارچوب مفهومی برای ارزیابی شایستگی‌های دانشجویان مهندسی عمران در محیط اتاق فرار واقعیت مجازی انجام شده است. پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی-تحلیلی و در سه مرحله شامل مرور ادبیات، تحلیل مؤلفه‌های مرتبط و تلفیق و نگاشت مفهومی انجام شد. یافته‌های پژوهش به ارائه یک معماری سه‌لایه شامل تجربه، ارزیابی و بازخورد و یک ساختار عملیاتی متشکل از هشت رکن بازیکنان، هدف، قواعد، منابع، محدودیت‌ها، تعامل، اقدامات و انتخاب‌ها و پیامدها منجر شد. در این چارچوب، محیط شبیه‌سازی‌شده اتاق فرار شرایطی را برای مواجهه دانشجویان با مسائل، محدودیت‌ها و تصمیم‌های مهندسی فراهم می‌کند و داده‌هایی مانند اطلاعات بررسی‌شده، اقدامات، انتخاب‌ها، تعاملات و پیامدهای تصمیم‌ها را به‌عنوان شواهد عملکردی در اختیار فرایند ارزیابی قرار می‌دهد. همچنین یک سناریوی مفهومی با عنوان «اتاق فرار: نجات پروژه» به‌عنوان نمونه برای نشان دادن قابلیت اجرایی چارچوب ارائه شده است. ارتباط این داده‌های عملکردی با هفت شایستگی مهندسی مبتنی بر ABET در چارچوب پیشنهادی تبیین شده است. بر این اساس، چارچوب ارائه‌شده می‌تواند مبنایی برای توسعه روش‌های ارزیابی مبتنی بر عملکرد و فراهم‌کردن اطلاعات تکمیلی درباره شایستگی‌های دانشجویان مهندسی عمران در مطالعات آینده باشد.

واژه‌های کلیدی: آموزش مهندسی، استاندارد ABET، بازی‌وارسازی، واقعیت مجازی، اتاق فرار، ارزیابی مهارت، شکاف صنعت و دانشگاه.

نوع مقاله: علمی

۱- مقدمه و بیان مساله

یکی از چالش‌های اساسی نظام آموزش عالی در حوزه مهندسی، به‌ویژه مهندسی عمران، شکاف میان مهارت‌های کسب‌شده در محیط دانشگاهی و نیازهای عملکرد واقعی صنعت است. کارفرمایان در صنعت عمران گزارش می‌دهند که فارغ‌التحصیلان مهارت‌های عملی کافی ندارند که این موضوع نشان‌دهنده ناهماهنگی میان آموزش نظری و نیازهای عملی است. این ناهماهنگی سالانه

نویسنده عهده‌دار مکاتبات: سیدوحید فقیهی Vfaghihi@ut.ac.ir

هزینه‌های قابل‌توجهی برای آموزش مجدد به صنعت تحمیل می‌کند [۳۳]. فارغ‌التحصیلان این رشته گرچه از دانش نظری قابل‌توجهی برخوردارند، اما اغلب در مواجهه با موقعیت‌های واقعی محیط کار در مهارت‌هایی چون تصمیم‌گیری تحت فشار، حل مسئله در شرایط پیچیده، کار تیمی مؤثر و مسئولیت‌پذیری حرفه‌ای با کاستی‌هایی مواجه هستند. این شکاف نه‌تنها اثربخشی نیروی انسانی در سازمان‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه ضرورت بازنگری در روش‌های سنتی آموزش و ارزیابی شایستگی‌ها را نیز برجسته می‌سازد [۱۰] و [۱۲].

استانداردهای بین‌المللی آموزش مهندسی، مانند چارچوب ارائه‌شده توسط هیئت اعتباربخشی مهندسی و فناوری[1]، بر توسعه و سنجش مهارت‌هایی فراتر از دانش نظری تأکید دارند. این شایستگی‌ها شامل توانایی‌های فنی مانند حل مسائل پیچیده و مهارت‌های نرم نظیر کار تیمی و تفکر اخلاقی می‌شوند که برای موفقیت در صنعت ضروری‌اند [۱۷]. بااین‌حال، روش‌های سنتی ارزیابی که عمدتاً بر آزمون‌های کتبی، پروژه‌های عملی محدود و مصاحبه‌های شفاهی متکی هستند، در سنجش جامع برخی شایستگی‌های عملکردی، موقعیتی و تعاملی با محدودیت‌هایی مواجه‌اند [۳]. آزمون‌های کتبی به‌طور محدود می‌توانند توانایی تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی یا پویایی‌های کارگروهی را منعکس کنند و پروژه‌های عملی نیز اغلب زمان‌بر، پرهزینه و فاقد قابلیت استانداردسازی عادلانه هستند. این محدودیت‌ها نیاز به ابزارها و روش‌های نوآورانه برای ارزیابی را بیش‌ازپیش آشکار می‌سازد [۲۸].

هم‌زمان، پیشرفت‌های چشمگیر در فناوری‌های آموزشی، به‌ویژه واقعیت مجازی و بازی‌وارسازی، فرصت‌های جدیدی برای طراحی محیط‌های یادگیری تعاملی، شبیه‌سازی‌شده و انگیزشی فراهم کرده است [۱۹]. واقعیت مجازی با ایجاد فضایی سه‌بعدی و غوطه‌ور، به دانشجویان امکان می‌دهد تا سناریوهای پیچیده و حتی پرخطر صنعتی را در یک محیط ایمن و کنترل‌شده تجربه کنند [۲۵]. بازی‌وارسازی نیز با به‌کارگیری عناصری مانند امتیازدهی، چالش و بازخورد فوری، امکان ایجاد تجربه‌های تعاملی و مشارکت‌محور در فرآیند یادگیری را فراهم می‌کند [۱۳].

باوجود پتانسیل بالای این فناوری‌ها، بررسی پیشینه پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد آن‌ها در آموزش مهندسی اغلب به شبیه‌سازی‌های منفعلانه و نمایش مدل‌های سه‌بعدی محدود بوده است [۲۳]. باوجود مطالعات انجام‌شده در زمینه استفاده از فناوری‌های مجازی و بازی‌وار در آموزش مهندسی، هنوز نیاز به چارچوبی منسجم برای پیوند میان محیط بازی‌وار مجازی، شایستگی‌های دانشجویان مهندسی عمران و شاخص‌های استاندارد ارزیابی وجود دارد [۲۷]. برای پر کردن این شکاف، این پژوهش مفهوم «اتاق فرار» را برای ایجاد چنین چارچوبی پیشنهاد می‌دهد. اتاق فرار با ماهیت تعاملی، چالش‌محور و مبتنی بر کار گروهی، می‌تواند بستری برای یادگیری تجربی و سنجش هم‌زمان برخی مهارت‌های فنی و نرم فراهم آورد. این ساختار، برخلاف شبیه‌سازی‌های منفعل، ظرفیت ثبت و تحلیل عملکرد فرد و تیم در جریان تعامل با مسئله و اتخاذ تصمیم را دارد [۱۶].

براین‌اساس، این مقاله به توسعه یک چارچوب مفهومی پیشنهادی برای ارزیابی شایستگی‌های دانشجویان مهندسی عمران مبتنی بر اتاق فرار واقعیت مجازی می‌پردازد. این چارچوب که به‌طور خاص در بستر درس «کارآموزی» طراحی‌شده است، با بهره‌گیری از سناریوهای برگرفته از چالش‌های واقعی صنعت، در پی آن است که مؤلفه‌های محیط بازی، تعاملات، تصمیم‌ها و شواهد عملکردی را در ارتباط با شاخص‌های استاندارد ABET در یک ساختار ارزیابی یکپارچه قرار دهد. هدف این پژوهش، ارائه چارچوبی است که بتواند مبنایی برای توسعه و ارزیابی تجربی یک ابزار بازی‌محور برای بررسی شایستگی‌های دانشجویان مهندسی عمران و تقویت ارتباط میان ارزیابی دانشگاهی و نیازهای صنعت فراهم کند.

۲- بیان مسئله

مسئله‌ی محوری این پژوهش، محدودیت سازوکارهای فعلی ارزیابی در درس‌های عملی مهندسی عمران، به‌ویژه دوره کارآموزی، برای سنجش مهارت‌های ضروری موردنیاز صنعت است [۱۹]. دوره کارآموزی که به‌عنوان

1. Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)

پل ارتباطی میان دانشگاه و صنعت طراحی‌شده، در عمل اغلب به یک فرآیند گزارش‌محور و فاقد ساختار دقیق برای ارزیابی مهارت‌های نرم و تصمیم‌گیری تبدیل‌شده است. ابزارهای سنتی نظیر گزارش کار، ماهیتی کیفی و غیراستاندارد دارند. علاوه بر این، چنین گزارش‌هایی اغلب در معرض سوگیری ارزیاب یا ارائه اطلاعات غیرواقعی قرار می‌گیرند که اعتبار آن‌ها را به شدت زیر سؤال می‌برد [۱]. دانشجویان در این دوره به‌جای درگیر شدن در چالش‌های واقعی و دریافت بازخورد سازنده، صرفاً به مشاهده و انجام وظایف روتین می‌پردازند. درنتیجه، مهم‌ترین فرصت برای سنجش توانایی‌هایی چون مدیریت بحران، همکاری تیمی و حل مسئله خلاقانه از دست می‌رود [۱۸].

این وضعیت در حالی مطرح است که استانداردهای جهانی مانند ABET بر توسعه و سنجش این مهارت‌ها تأکید دارند. ازاین‌رو، اتکای ارزیابی دوره کارآموزی به گزارش کار یا ارزیابی سرپرست، به دلیل ماهیت کیفی و غیراستاندارد، می‌تواند در ارائه تصویری جامع از شایستگی‌های هر دانشجو با محدودیت مواجه باشد [۳]. این وضعیت منجر به یک تناقض کلیدی شده است: درحالی‌که صنعت به دنبال مهندسانی با توانایی‌های عملی و مهارت‌های نرم است، نظام دانشگاهی همچنان بر اساس معیارهای نظری و گزارش‌های توصیفی به ارزیابی دانشجویان می‌پردازد و درنتیجه، شکاف میان این دو نهاد عمیق‌تر می‌شود. این شکاف سالانه هزینه‌های قابل‌توجهی برای آموزش مجدد کارکنان به صنعت تحمیل می‌کند و بهره‌وری پروژه‌ها را کاهش می‌دهد [۳۱].

از سوی دیگر، راه‌حل‌های فناورانه موجود نیز نتوانسته‌اند این خلأ را به طور کامل پر کنند. اغلب سیستم‌های مبتنی بر واقعیت مجازی که در آموزش مهندسی به‌کاررفته‌اند، ماهیتی منفعل دارند و صرفاً به نمایش مدل‌های سه‌بعدی یا شبیه‌سازی‌های از پیش تعیین‌شده می‌پردازند [۲۰]. این سیستم‌ها فاقد مکانیزم‌های ارزیابی فعال هستند که بتوانند فرآیند تصمیم‌گیری دانشجو، استراتژی‌های حل مسئله او و کیفیت تعاملات تیمی‌اش را در یک سناریوی پویا و چالش‌برانگیز تحلیل کنند [۲۱]؛ بنابراین، مسئله اصلی، فقدان یک چارچوب ارزیابی ساختاریافته، تعاملی و مبتنی بر شواهد عملکردی است که بتواند دوره کارآموزی را از یک فرآیند منفعل به یک تجربه یادگیری و سنجش فعال تبدیل کند. نیاز به ابزاری وجود دارد که ضمن بهره‌گیری از سناریوهای شبه‌واقعی از چالش‌های صنعتی، بتواند عملکرد دانشجویان را بر اساس معیارهای استاندارد ABETبه‌صورت ساختاریافته ارزیابی کند. چنین ابزاری می‌تواند با ایجاد محیطی نسبتاً استاندارد و کنترل‌شده، تأثیر تفاوت‌های میان شرکت‌های میزبان بر فرآیند ارزیابی را کاهش دهد [۲۲].

این پژوهش در پاسخ به این مسئله، پرسش زیر را مطرح می‌کند: چگونه می‌توان با الهام از ساختار بازی‌وار «اتاق فرار» در بستر واقعیت مجازی، یک چارچوب ارزیابی طراحی کرد که مهارت‌های فنی و نرم دانشجویان مهندسی عمران را در شرایط شبه‌واقعی مورد ارزیابی قرار دهد و شواهد عملکردی مرتبط با شایستگی‌های موردنظر را ثبت و تحلیل کند؟

۳- ادبیات نظری و پیشینه پژوهش

۳-۱- شایستگی‌های حرفه‌ای و چارچوبABET

هیئت اعتباربخشی مهندسی و فناوری (ABET) به عنوان یک نهاد بین‌المللی پیشرو، یک چارچوب جهانی معتبر برای تضمین کیفیت آموزش مهندسی ارائه می‌دهد. استانداردهای ABET که مورد پذیرش گسترده جامعه دانشگاهی و صنعتی در سراسر جهان قرار گرفته‌اند، صرفاً بر دانش فنی متمرکز نیستند، بلکه بر مجموعه‌ای از شایستگی‌های حرفه‌ای تأکید دارند که فارغ‌التحصیلان باید برای ورود موفق به صنعت کسب کرده باشند [۱۴]. این شایستگی‌ها برای آماده‌سازی مهندسان برای مواجهه با چالش‌های پیچیده صنعتی، کار در محیط‌های تیمی و درک مسئولیت‌های اجتماعی و اخلاقی حرفه خود اهمیت دارند. بااین‌حال، چالش اصلی نظام‌های آموزشی، طراحی روش‌هایی برای ارزیابی عملی این مهارت‌هاست [۱۱].

جدول ۱. شاخص‌های دستاوردهای دانشجویان مطابق با ABET

شاخص	توضیح
۱- حل مسئله	تحلیل و حل مسائل پیچیده با استفاده از اصول مهندسی و علوم
۲- طراحی مهندسی	طراحی سیستم‌ها با رعایت ملاحظات ایمنی و زیست‌محیطی
۳- ارتباطات	ارائه گزارش‌های فنی و تعامل با تیم‌های چندرشته‌ای
۴- اخلاق حرفه‌ای	درک مسئولیت‌های اخلاقی و تأثیرات اجتماعی راه‌حل‌ها
۵- کار تیمی	ایفای نقش مؤثر در تیم‌های چندرشته‌ای
۶- تحلیل داده	طراحی آزمایش و تفسیر داده‌ها برای نتایج معتبر
۷- یادگیری خودمحور	کسب دانش جدید و انطباق با فناوری‌های نوین

ارزیابی شایستگی‌های حرفه‌ای ABET چالش‌های قابل توجهی را برای برنامه‌های مهندسی ایجاد می‌کند. سنجش شاخص‌هایی نظیر حل مسئله، طراحی مهندسی و تا حدی تحلیل داده تاکنون تا حدی در قالب پروژه‌های درسی، آزمون‌های تشریحی پیشرفته و گزارش‌های آزمایشگاهی مورد توجه قرار گرفته است. با این حال، سنجش شایستگی‌های نرم و رفتاری از قبیل کار تیمی مؤثر، ارتباطات، اخلاق حرفه‌ای و یادگیری خودمحور که در محیط‌های کاری واقعی از اهمیت بسزایی برخوردارند، با روش‌های سنتی اغلب با محدودیت‌هایی از نظر مشاهده و ارزیابی نظام‌مند مواجه بوده است. این خلأ سنجش به‌وضوح نیاز به توسعه چارچوب‌های نوین و ساختاریافته و مبتنی بر شواهد برای ارزیابی یکپارچه تمامی این شایستگی‌ها را آشکار می‌سازد [۲۸].

۳-۲- چالش‌های روش‌های سنتی ارزیابی

روش‌های سنتی ارزیابی در مهندسی عمران، مانند آزمون‌های کتبی، پروژه‌های عملی و مصاحبه‌های شفاهی، دارای محدودیت‌های قابل‌توجهی هستند. از جمله:

- ناتوانی در سنجش مهارت‌های نرم: مانند کار تیمی، تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی.
- تمرکز بر دانش نظری: این روش‌ها دانش تئوریک را می‌سنجند؛ اما توانایی عملی را نادیده می‌گیرند.
- هزینه و استانداردسازی: پروژه‌های عملی اغلب پرهزینه، زمان‌بر و فاقد استاندارد مشخص برای نمره‌دهی عادلانه هستند.

این محدودیت‌ها در کنار یکدیگر باعث می‌شوند روش‌های سنتی در بسیاری از موارد بیشتر بر نتیجه یا محصول نهایی عملکرد تمرکز داشته باشند، درحالی‌که مشاهده و ارزیابی فرآیند تصمیم‌گیری، تعامل و رفتار دانشجو در موقعیت‌های پیچیده دشوارتر است. این محدودیت‌ها باعث ایجاد شکافی عمیق میان آموخته‌های دانشگاهی و نیازهای واقعی صنعت می‌شود [۵] و [۱۰].

۳-۳- نقش و چالش‌های درس کارآموزی در آموزش مهندسی

علیرغم نقش محوری دوره کارآموزی به عنوان رابط دانشگاه و صنعت، در عمل این دوره با چالش‌های جدی مواجه است. هدف اصلی این دوره، فراهم آوردن فرصتی برای دانشجویان است تا دانش تئوریک خود را در یک محیط کاری واقعی به کار گیرند و با چالش‌ها، فرهنگ سازمانی و مسئولیت‌های حرفه‌ای آشنا شوند. یک دوره کارآموزی موفق می‌تواند به توسعه مهارت‌های عملی، شبکه‌سازی حرفه‌ای و تسهیل فرآیند ورود فارغ‌التحصیلان به بازار کار کمک شایانی کند [۱]. با این وجود، موانع متعددی دستیابی به این اهداف را با مشکل مواجه ساخته است:

- فقدان استاندارد و کیفیت متغیر: تجربه کارآموزی به‌شدت به شرکت میزبان، سرپرست و پروژه‌های در دسترس بستگی دارد. بسیاری از دانشجویان به جای درگیر شدن در وظایف مهندسی، به انجام کارهای روتین و غیرمرتبط گماشته می‌شوند [۲].
- چالش‌های ارزیابی: سنجش عملکرد دانشجو در دوره کارآموزی معمولاً به یک گزارش پایانی یا یک ارزیابی کیفی و اغلب کلی از سوی سرپرست محدود می‌شود. این روش‌ها در سنجش برخی شایستگی‌های مشخصی مانند «تصمیم‌گیری تحت‌فشار» یا «حل مسئله» مطابق با استانداردهای ABET با محدودیت مواجه‌اند [۲] و [۱].

• محدودیت‌های اجرایی: یافتن موقعیت‌های کارآموزی باکیفیت برای تعداد زیاد دانشجویان، همواره یکی از دغدغه‌های اصلی دانشگاه‌هاست [۳۲].

به دلیل این چالش‌ها، درس کارآموزی که بالقوه می‌توانست یکی از ابزارهای مهم برای کاهش شکاف صنعت و دانشگاه باشد، در عمل با محدودیت‌هایی در ایفای این نقش مواجه شده است. این نقیصه، ضرورت بازنگری در ساختار این درس و ارائه مدل‌های مکمل، از جمله شبیه‌سازی‌های پیشرفته، را بیش‌ازپیش آشکار می‌سازد [۲] و [۳۲].

۳-۴- بازی‌وارسازی و واقعیت مجازی: از ابزارهای آموزشی تا پلتفرم‌های سنجش

برای غلبه بر محدودیت‌های روش‌های سنتی، رویکردهای نوینی مانند بازی‌وارسازی و واقعیت مجازی پتانسیل بالایی در آموزش مهندسی از خود نشان داده‌اند [۲۶]. بازی‌وارسازی به استفاده از عناصر و مکانیزم‌های بازی (مانند امتیاز، چالش، بازخورد فوری) در یک بستر غیربازی مانند آموزش اشاره دارد. این رویکرد با افزایش انگیزه و درگیری فعال دانشجویان، فرآیند یادگیری را به تجربه‌ای لذت‌بخش و تعاملی تبدیل می‌کند و به تقویت مهارت‌هایی چون حل مسئله و تفکر انتقادی کمک شایانی می‌نماید [۸] و [۲۹]. واقعیت مجازی یک محیط دیجیتال شبیه‌سازی‌شده است که کاربر را در فضایی تعاملی و غوطه‌ور قرار می‌دهد. در آموزش مهندسی، واقعیت مجازی امکان شبیه‌سازی محیط‌های صنعتی پیچیده و پرخطر را به‌صورت ایمن فراهم می‌آورد. این فناوری به دانشجویان اجازه می‌دهد تا آزمایش‌های مجازی انجام دهند، مدل‌های سه‌بعدی را دست‌کاری کنند و مهارت‌های عملی خود را بدون محدودیت‌های تجهیزاتی و فیزیکی تقویت نمایند [۳۴] و [۶].

اگرچه فناوری‌های واقعیت مجازی و بازی‌وارسازی به‌طور گسترده‌ای به عنوان ابزارهای آموزشی نوین مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، اما قابلیت‌های آن‌ها در حوزه سنجش و ارزیابی به‌ویژه برای مهارت‌های پیچیده مهندسی، کمتر توسعه یافته است. پژوهش‌های موجود نشان می‌دهند که این سیستم‌ها عمدتاً بر جنبه‌های یادگیری متمرکز بوده و فاقد مکانیزم‌های تحلیلی لازم برای ارزیابی ساختاریافته و مبتنی بر شواهد عملکرد هستند. این در حالی است که ارزیابی‌های سنتی نیز با ماهیت پویا و تعاملی این محیط‌های نوین همخوانی ندارند [۳۰]. یک بررسی سیستماتیک از واقعیت مجازی بازی‌وار شده در آموزش نشان داد که این فناوری‌ها از نظریه‌های مختلف آموزشی پشتیبانی می‌کنند، غوطه‌وری دانش‌آموزان، حضور اجتماعی و کسب دانش را افزایش می‌دهند و رشد شناختی، جسمی و اجتماعی-عاطفی را در تمام سطوح و موضوعات آموزشی بهبود می‌بخشند [۱۵]. جدول زیر، مقایسه‌ای بین واقعیت مجازی و سایر روش‌های ارزیابی ارائه می‌دهد که برتری‌های این فناوری را به‌وضوح نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقایسه واقعیت مجازی و سایر روش‌های ارزیابی سنتی

معیار	مصاحبه‌های شفاهی	پروژه‌های عملی	آزمون‌های کتبی	واقعیت مجازی
تعامل‌پذیری	متوسط	بالا	بسیار کم	بسیار بالا
دقت در ارزیابی	متوسط	بالا	محدود به پاسخ‌ها	بسیار دقیق
هزینه	کم	بالا	کم	کمتر در بلندمدت
ایمنی	ایمن	ریسک بالا	ایمن	ایمن
بازخورد فوری	تا حدی	خیر	خیر	بله
یادگیری تجربی	محدود	بله	خیر	بله

بنابراین، ادبیات موجود نشان می‌دهد که واقعیت مجازی و بازی‌وارسازی می‌توانند محیطی تعاملی و شبیه‌سازی‌شده برای یادگیری فراهم کنند، اما تبدیل تعاملات، انتخاب‌ها و رفتارهای دانشجو به شواهد قابل استفاده برای ارزیابی شایستگی‌های حرفه‌ای همچنان به یک سازوکار ارزیابی منسجم نیاز دارد. از این منظر، مسئله صرفاً ایجاد یک محیط مجازی یا افزودن عناصر بازی به آموزش نیست، بلکه طراحی سازوکاری است که بتواند تعامل دانشجو با

یک مسئله مهندسی را به شواهد مرتبط با شایستگی‌های موردنظر پیوند دهد.

۵-۳- اتاق فرار به‌عنوان یک بستر نوین برای ارزیابی

اتاق فرار یک مفهوم جذاب و مبتنی بر یادگیری تجربی است که در آن، شرکت‌کنندگان باید با حل معماها و چالش‌ها در یک بازه زمانی مشخص، به یک هدف نهایی دست یابند [۹]. این ساختار به دلیل ماهیت تعاملی، مسئله‌محور و نیازمند کار تیمی، می‌تواند بستری برای ارزیابی هم‌زمان برخی مهارت‌های فنی و نرم فراهم کند. اتاق فرار آموزشی به عنوان یک ابزار نوین ارزشیابی، با ایجاد یک اکوسیستم یادگیری پویا، امکان سنجش فرآیندهای شناختی سطح بالا را فراهم می‌کند. برخلاف روش‌های سنتی که عمدتاً بر محفوظات تمرکز دارند، این محیط‌ها با شبیه‌سازی شرایط پیچیده و شبه‌واقعی، امکان ارزیابی مهارت‌های تحلیلی، توانایی ترکیب دانش و سازگاری با شرایط غیرقطعی را میسر می‌سازند. مطالعات نشان می‌دهند که ماهیت مسئله‌محور و تعاملی این محیط‌ها موجب بهبود قابل ملاحظه در درک مفهومی می‌شود. همچنین، ساختار بازی‌وار شده این فضاها با ایجاد مشارکت پایدار، زمینه را برای ارزیابی طبیعی‌تر و کم‌استرس‌تر مهارت‌های حرفه‌ای فراهم می‌آورد. این ویژگی‌ها نشان می‌دهند که اتاق فرار می‌تواند به‌عنوان یکی از گزینه‌های مناسب برای ایجاد موقعیت‌های تعاملی و مسئله‌محور در ارزشیابی شایستگی‌های مهندسی مورد توجه قرار گیرد [۲۴]. ترکیب اتاق فرار با فناوری واقعیت مجازی، این امکان را ایجاد می‌کند که سناریوهای پیچیده مهندسی در محیطی جذاب و کنترل‌شده شبیه‌سازی شوند و شواهدی از عملکرد دانشجویان در جریان تعامل با این سناریوها ثبت و تحلیل شود. جدول زیر مزایا و چالش‌های این رویکرد را در آموزش مهندسی خلاصه می‌کند [۷] و [۴].

جدول ۳. مزایا و چالش‌های اتاق فرار در آموزش مهندسی

معیار	چالش‌ها	مزایا
تعامل و انگیزه	نیاز به طراحی دقیق و سناریوهای منطقی	افزایش انگیزه یادگیری و مشارکت دانشجویان
یادگیری عملی	هزینه‌های اولیه بالا برای تجهیزات	فراهم‌کردن تجربه شبیه‌سازی‌شده از موقعیت‌های عملی
ارزیابی مهارت‌ها	نیاز به مربیان آشنا با این روش‌های آموزشی	امکان سنجش مهارت‌های تصمیم‌گیری و تفکر انتقادی
انعطاف‌پذیری	دشواری در تطبیق برخی مباحث نظری با چالش‌ها	قابل‌اجرا در محیط‌های فیزیکی و دیجیتال
بهبود کار تیمی	نیاز به آموزش کارگروهی مؤثر به دانشجویان	تقویت مهارت‌های ارتباطی و حل مسئله گروهی

۶-۳- جمع‌بندی و جایگاه پژوهش حاضر

ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که روش‌های سنتی ارزیابی در سنجش برخی شایستگی‌های موردنیاز صنعت و استاندارد ABET با محدودیت‌هایی مواجه‌اند. هرچند فناوری‌های نوینی مانند واقعیت مجازی و بازی‌وارسازی ظرفیت ایجاد محیط‌های تعاملی و شبیه‌سازی‌شده را فراهم می‌کنند، ولی عمدتاً در نقش شبیه‌سازهای آموزشی ظاهر شده و پیوند نظام‌مند میان تعاملات و رفتارهای دانشجو با شایستگی‌های قابل ارزیابی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، اتاق فرار با فراهم‌کردن ساختاری چالش‌محور، تعاملی و مبتنی بر تصمیم‌گیری، می‌تواند این ظرفیت‌ها را در قالب یک سناریوی ارزیابی منسجم‌تر به کار گیرد.

بر این اساس، شکاف اصلی شناسایی‌شده در ادبیات، صرفاً فقدان یک فناوری یا محیط آموزشی جدید نیست، بلکه نیاز به چارچوبی منسجم برای پیوند میان محیط واقعیت مجازی، عناصر بازی‌وار، سناریوهای مهندسی، تعاملات و تصمیم‌های دانشجو و شاخص‌های شایستگی ABET است. پژوهش حاضر با پیشنهاد یک چارچوب یکپارچه در این حوزه، تلاش می‌کند این مؤلفه‌ها را در یک ساختار مفهومی برای ارزیابی شایستگی‌های مهندسی به یکدیگر مرتبط سازد. در این چارچوب، داده‌های حاصل از تعامل و عملکرد دانشجو می‌توانند به‌عنوان شواهدی برای تحلیل شایستگی‌ها در نظر گرفته شوند؛ نحوه عملیاتی‌سازی این رابطه و تبدیل شواهد عملکردی به شاخص‌های ارزیابی در چارچوب پیشنهادی پژوهش تشریح خواهد شد. ازاین‌رو، سهم اصلی پژوهش حاضر، ارائه یک چارچوب مفهومی

برای پیوند میان محیط واقعیت مجازی، عناصر بازی‌وار، سناریوهای مهندسی و شواهد عملکردی مرتبط با شایستگی‌های ABET است که می‌تواند مبنایی برای توسعه و ارزیابی تجربی ابزار پیشنهادی در مراحل بعدی پژوهش باشد.

۴- روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، توسعه‌ای و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی است و با هدف توسعه یک چارچوب مفهومی برای ارزیابی شایستگی‌های دانشجویان مهندسی عمران در محیط اتاق فرار واقعیت مجازی انجام شده است. روش تحقیق بر مبنای مرور ساختاریافته ادبیات، استخراج و تحلیل مؤلفه‌های مرتبط و تلفیق مفهومی یافته‌ها در قالب یک فرآیند سه‌مرحله‌ای انجام شده است. هدف این فرآیند، شناسایی مبانی و مؤلفه‌های موردنیاز، تعیین اصول طراحی محیط ارزیابی و در نهایت پیوند این مؤلفه‌ها در قالب یک معماری مفهومی یکپارچه است. بنابراین، چارچوب ارائه‌شده در این پژوهش یک چارچوب مفهومی پیشنهادی است و اعتبارسنجی تجربی و میدانی آن برای بررسی اثربخشی، پایایی و قابلیت اجرای عملی در این مرحله انجام نشده است.

مرحله اول: مرور ساختاریافته ادبیات و استخراج مفاهیم پایه

در این مرحله، مرور ساختاریافته منابع علمی مرتبط با موضوع پژوهش با هدف شناسایی مبانی نظری و مؤلفه‌های موردنیاز برای طراحی چارچوب انجام شد. جستجو در پایگاه‌های Web of Science، Scopus، ScienceDirect، IEEE Xplore و Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط با آموزش مهندسی، بازی‌وارسازی، واقعیت مجازی، اتاق فرار آموزشی و شکاف صنعت و دانشگاه انجام گرفت. از حدود ۱۵۰ رکورد اولیه، منابع بر اساس ارتباط مستقیم با موضوع پژوهش، قابلیت استفاده در تدوین چارچوب و اعتبار علمی بررسی شدند و موارد تکراری یا فاقد ارتباط مستقیم حذف شدند. در نهایت، ۳۴ منبع مرتبط برای تدوین چارچوب انتخاب شد. از این منابع، مؤلفه‌های اصلی مرتبط با شایستگی‌های مهندسی، روش‌های ارزیابی، قابلیت‌های واقعیت مجازی و بازی‌وارسازی، یادگیری تجربی و ویژگی‌های اتاق فرار آموزشی استخراج شد که مبنای تحلیل و طراحی چارچوب در مراحل بعدی قرار گرفت.

مرحله دوم: تحلیل و استخراج اصول طراحی

در این مرحله، مؤلفه‌های استخراج‌شده از ادبیات از منظر نقش آن‌ها در طراحی یک محیط ارزیابی بازی‌محور و واقعیت مجازی تحلیل شدند. تمرکز تحلیل بر شناسایی عناصر و مکانیزم‌هایی بود که می‌توانند محیط ارزیابی را از یک شبیه‌سازی منفعل به یک محیط تعاملی و مبتنی بر مسئله تبدیل کنند. در این فرآیند، مؤلفه‌هایی نظیر چالش، هدف، تعامل، انتخاب و تصمیم‌گیری، محدودیت، بازخورد، پیامد تصمیم و ثبت شواهد عملکردی مورد توجه قرار گرفتند.

در این مرحله، هدف مقایسه مستقل و رتبه‌بندی بازی‌ها یا شبیه‌سازهای موجود نبود؛ بلکه اصول و قابلیت‌های گزارش‌شده در مطالعات پیشین، بر اساس ارتباط آن‌ها با الزامات یک محیط ارزیابی تعاملی، تحلیل و برای استفاده در چارچوب پیشنهادی تلفیق شدند. خروجی این مرحله، مجموعه‌ای از اصول و مؤلفه‌های طراحی برای ایجاد ارتباط میان محیط بازی، سناریوی مهندسی و فرآیند ارزیابی بود.

مرحله سوم: تلفیق مفهومی و طراحی چارچوب پیشنهادی در این مرحله، یافته‌های مراحل قبل با هدف ایجاد یک ساختار مفهومی یکپارچه برای ارزیابی شایستگی‌های مهندسی تلفیق شدند. در این فرآیند، شایستگی‌های موردنظر، قابلیت‌های واقعیت مجازی، عناصر بازی‌وار، اصول یادگیری تجربی و سناریوهای مهندسی در قالب یک معماری ارزیابی به یکدیگر مرتبط شدند. بر این اساس، چارچوب پیشنهادی بر هشت رکن اصلی شامل بازیکنان، هدف، قوانین، منابع، محدودیت‌ها، تعامل، اقدامات و انتخاب‌ها و پیامدها استوار شد و ارتباط میان تعاملات و تصمیم‌های دانشجو و شواهد عملکردی مرتبط با شایستگی‌ها در آن در نظر گرفته شد.

خروجی این مرحله، چارچوب مفهومی پیشنهادی برای ارزیابی شایستگی‌های دانشجویان مهندسی عمران در محیط اتاق فرار واقعیت مجازی است. سناریوی ارائه‌شده در بخش یافته‌ها یک نمونه مفهومی برای نمایش نحوه به‌کارگیری چارچوب است و طراحی اجرایی و نهایی سناریوها، شاخص‌های کمی، وزن‌دهی و الگوریتم نهایی

امتیازدهی نیازمند توسعه و آزمون در پژوهش‌های بعدی است.

جدول ۴. فرآیند و خروجی‌های هر مرحله پژوهش

مرحله	شرح	روش/راهبرد	خروجی
مرور ساختاریافته ادبیات	شناسایی مبانی نظری، شایستگی‌ها، محدودیت‌های ارزیابی و قابلیت‌های واقعیت مجازی، بازی‌وارسازی و اتاق فرار	جستجو و غربالگری منابع در Scopus، Web of Science، ScienceDirect، IEEE Xplore و Google Scholar	مجموعه مؤلفه‌ها و الزامات پایه ارزیابی
تحلیل و استخراج اصول طراحی	تحلیل مؤلفه‌های استخراج‌شده از ادبیات و تعیین عناصر مناسب برای محیط ارزیابی تعاملی	تحلیل و تلفیق مفهومی یافته‌های مطالعات منتخب	مجموعه اصول و مؤلفه‌های طراحی
تلفیق مفهومی	پیوند مبانی ارزیابی، واقعیت مجازی، بازی‌وارسازی، یادگیری تجربی و سناریوهای مهندسی	تلفیق مفهومی و نگاشت مؤلفه‌ها	چارچوب مفهومی پیشنهادی

در مجموع، فرآیند فوق منجر به انتقال مرحله‌ای از مبانی و شواهد موجود در ادبیات به اصول طراحی و در نهایت به معماری مفهومی چارچوب پیشنهادی شد. بر این اساس، بخش بعدی پژوهش به تشریح ساختار چارچوب و نحوه ارتباط میان ارکان اصلی آن در محیط اتاق فرار واقعیت مجازی می‌پردازد.

۵- تحلیل یافته‌ها

یافته اصلی این پژوهش، ارائه یک چارچوب مفهومی برای ارزیابی شایستگی‌های مهندسی در محیط اتاق فرار واقعیت مجازی است. این چارچوب صرفاً ترکیبی از چند فناوری نیست، بلکه یک معماری مفهومی یکپارچه است که مؤلفه‌های محیط بازی، تعاملات، تصمیم‌ها و شواهد عملکردی را در یک فرآیند ارزیابی به یکدیگر مرتبط می‌کند. در ادامه، معماری و منطق درونی این چارچوب تشریح می‌شود.

۵-۱- معماری چارچوب: یک مدل سه‌لایه‌ای

چارچوب پیشنهادی دارای یک معماری سه‌لایه‌ای است که هر لایه وظیفه مشخصی را بر عهده دارد:

۱. لایه تجربه: این لایه، محیط اتاق فرار واقعیت مجازی است که دانشجو مستقیماً با آن در تعامل است. این محیط شامل سناریوهای مسئله‌محور و چالش‌های مهندسی است که می‌توانند به‌گونه‌ای طراحی شوند که دانشجو را درگیر تصمیم‌گیری، همکاری و اقدام کنند. این لایه، بستر ایجاد و ثبت شواهد عملکردی است.

۲. لایه ارزیابی: این لایه منطق ارتباط میان رفتارهای مشاهده‌شده و شایستگی‌های موردنظر را تعریف می‌کند. تعاملات، تصمیمات و اقدامات دانشجو در لایه تجربه می‌توانند به‌عنوان داده‌های خام عملکردی ثبت شوند و با استفاده از روبریک‌ها و شاخص‌های از پیش تعریف‌شده، به شواهد مرتبط با شایستگی‌ها تبدیل شوند. در این چارچوب، تعیین شاخص‌های کمی، وزن‌دهی و الگوریتم نهایی امتیازدهی به مرحله توسعه و اعتبارسنجی تجربی موکول می‌شود.

۳. لایه بازخورد: این لایه، اطلاعات حاصل از تحلیل شواهد عملکردی را در قالب خروجی‌های کاربردی به ذی‌نفعان (دانشجو، دانشگاه و صنعت) ارائه می‌دهد. هدف آن، تکمیل چرخه یادگیری و ایجاد مبنایی برای بهبود مستمر است.

این معماری سه‌لایه، در سطح مفهومی، امکان تبدیل تجربه تعاملی دانشجو به شواهد عملکردی و سپس استفاده از این شواهد برای تحلیل شایستگی‌ها را فراهم می‌کند. در این معنا، لایه تجربه نقش تولید شواهد، لایه ارزیابی نقش تفسیر و نگاشت شواهد به شایستگی‌ها و لایه بازخورد نقش انتقال نتایج به ذی‌نفعان را بر عهده دارد.

۵-۲- چارچوب عملیاتی: تشریح اجزای اتاق فرار مجازی

پس از تبیین مبانی نظری، این بخش به تشریح معماری عملیاتی سیستم ارزیابی پیشنهادی می‌پردازد. این

معماری نشان می‌دهد که چگونه مفاهیم بنیادین استانداردهای ABET، اصول طراحی بازی‌وار و یادگیری تجربی در قالب یک محیط شبیه‌سازی شده اتاق فرار به هم پیوند می‌خورند و چارچوبی یکپارچه برای ایجاد و تحلیل شواهد عملکردی فراهم می‌کنند. ساختار پیشنهادی بر هشت رکن اصلی استوار است که هر یک می‌تواند در ایجاد شواهد مرتبط با جنبه‌های مختلف شایستگی‌های مهندسی نقش داشته باشد.

۱. بازیکنان: شبیه‌سازی در قالب تیم‌های سه تا پنج‌نفره از دانشجویان اجرا می‌شود. برای تقویت مهارت‌های کارگروهی و بازتاب واقعیت محیط کار، نقش‌های مشخصی مانند رهبر تیم، تحلیل‌گر فنی، مسئول ایمنی و مدیر مالی به اعضا تخصیص می‌یابد. این ساختار، می‌تواند شواهدی برای تحلیل «مهارت کار تیمی در محیط‌های چندتخصصی» (شاخص ۵ ABET) را فراهم کند.

۲. هدف: هدف اصلی، حل یک مسئله پیچیده مهندسی با ساختار نامشخص است. این هدف، دانشجویان را وادار به ایجاد تعادل میان ایمنی، اخلاق حرفه‌ای و محدودیت‌های مالی کرده تا در نهایت، به یک تصمیم قابل دفاع با توجه به معیارها و محدودیت‌های موجود دست یابند. چنین ساختاری می‌تواند شواهد مرتبط با شایستگی «حل مسائل پیچیده مهندسی» (شاخص ۱ ABET) ایجاد کند.

۳. قوانین: سیستم تحت مجموعه‌ای از محدودیت‌های از پیش تعریف‌شده عمل می‌کند که فشار ذهنی و شرایط تصمیم‌گیری واقعی را شبیه‌سازی می‌کنند. قوانینی مانند محدودیت زمانی، دسترسی به منابع اطلاعاتی ناقص، الزام به تصمیم‌گیری نهایی به‌صورت تیمی اعمال می‌شود. این قوانین می‌توانند شرایطی برای مشاهده و ثبت نحوه تصمیم‌گیری دانشجویان در مواجهه با محدودیت‌ها و موقعیت‌های چالش‌برانگیز ایجاد کنند و در صورت طراحی و اعتبارسنجی مناسب، شواهدی مرتبط با شایستگی‌های حرفه‌ای و اخلاقی (شاخص ۴ ABET) فراهم آورند.

۴. منابع: سیستم با بهره‌گیری از یک چارچوب مبتنی بر محدودیت منابع، محیطی را فراهم می‌آورد که در آن دسترسی به داده‌ها و امکانات به‌صورت کنترل‌شده و هدفمند طراحی شده است. این تخصیص منابع، دانشجویان را ملزم می‌سازد تا اطلاعات موجود را بررسی کرده و بر اساس شواهد در دسترس، میان گزینه‌های مختلف انتخاب کنند. در نتیجه، داده‌هایی مانند نوع اطلاعات استفاده‌شده، گزینه انتخابی و نحوه استفاده از منابع می‌توانند به‌عنوان شواهد مرتبط با «توانایی تفسیر داده‌ها و استفاده از شواهد در تصمیم‌گیری» (شاخص ۶ ABET) در نظر گرفته شوند.

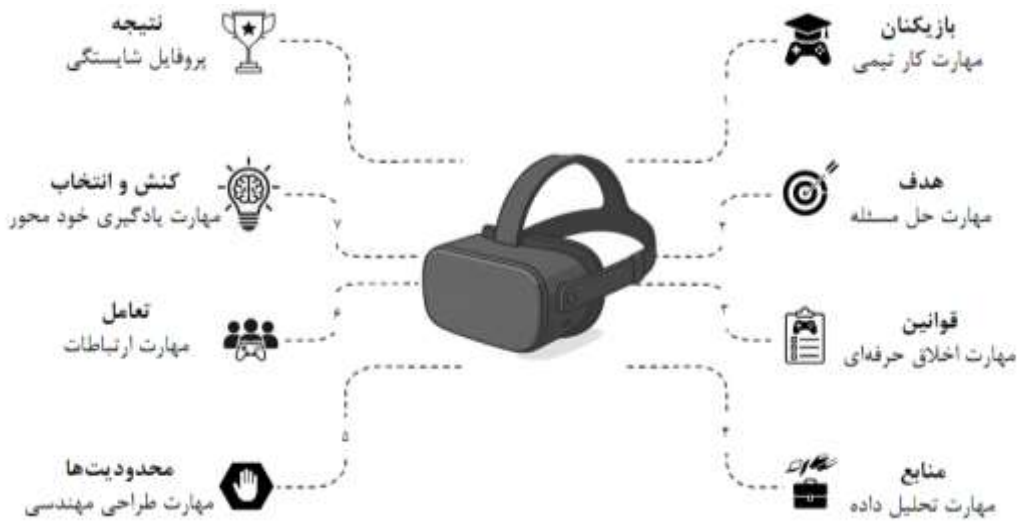
۵. محدودیت‌ها: محدودیت‌های طراحی سناریو به‌صورت هدفمند در سیستم گنجانده شده‌اند تا مبادله‌های ذاتی مهندسی عمران را مدل‌سازی کنند. این محدودیت‌ها شامل تعارض بین ایمنی و هزینه، تناقض بین مقررات و کارایی و تنگناهای زمانی است. نحوه واکنش دانشجویان به این محدودیت‌ها، گزینه‌های انتخاب‌شده و پیامدهای تصمیم می‌تواند شواهدی مرتبط با توانایی طراحی و تصمیم‌گیری مهندسی تحت محدودیت‌ها فراهم کند (شاخص ۲ ABET).

۶. تعامل: دو سطح تعامل طراحی شده است، اول تعامل انسان با محیط از طریق کار با اشیا و ابزارهای مجازی، دوم تعاملات درون‌تیمی دانشجویان. سیستم، در صورت پیاده‌سازی، می‌تواند داده‌هایی مانند نوع و تعداد تعاملات، مشارکت اعضا، تبادل اطلاعات و الگوی تصمیم‌گیری تیمی را ثبت کند. این داده‌ها می‌توانند برای تحلیل شواهد مرتبط با «ارتباطات مؤثر» (شاخص ۳ ABET) مورد استفاده قرار گیرند.

۷. کنش‌ها و انتخاب‌ها: دانشجویان آزادند تا در محیط به جستجوی سرنخ بپردازند، داده‌ها را استخراج، پردازش و تحلیل کنند حتی با شخصیت‌های مجازی یا هم‌تیمی‌ها تعامل داشته باشند و از میان طیفی از راه‌حل‌ها (از محافظه‌کارانه تا بسیار ریسکی) انتخاب کنند. این کنش‌ها و انتخاب‌ها، علاوه بر ایجاد تعامل با محیط، می‌توانند شواهدی از نحوه تحلیل مسئله، انتخاب گزینه و تصمیم‌گیری دانشجو ایجاد کنند. در صورت طراحی مناسب سناریو و روبریک، این شواهد می‌توانند در تحلیل شایستگی‌های مرتبط با «یادگیری خودمحور» (شاخص ۷ ABET) مورد استفاده قرار گیرند.

۸. نتیجه: خروجی سیستم در سطح مفهومی می‌تواند چندبعدی باشد. نتیجه نهایی سناریو (مانند موفقیت، شکست با دلایل مختلف) تنها یکی از خروجی‌هاست. خروجی دیگر می‌تواند مجموعه‌ای از شواهد عملکردی مربوط به اقدامات، تصمیم‌ها، تعاملات و پیامدهای عملکرد هر دانشجو یا تیم باشد که در مراحل بعدی می‌تواند برای تشکیل یک پروفایل شایستگی مورد استفاده قرار گیرد.

تعیین نحوه کمی‌سازی و تجمیع این شواهد در قالب یک امتیاز نهایی در این پژوهش انجام نشده است.



تصویر ۱: تشریح اجزای اتاق فرار مجازی

. بر این اساس، هشت رکن فوق را می‌توان در یک زنجیره عملکردی به یکدیگر مرتبط کرد: مسئله و هدف، دانشجو را در معرض محدودیت‌ها و منابع مشخص قرار می‌دهد؛ دانشجو از طریق تعامل، اطلاعات را جمع‌آوری و پردازش کرده و اقدامات و انتخاب‌های خود را انجام می‌دهد؛ پیامدهای این انتخاب‌ها و سایر داده‌های رفتاری به‌عنوان شواهد عملکردی ثبت می‌شوند و در نهایت می‌توانند مبنایی برای تحلیل شایستگی‌ها قرار گیرند.

برای نشان دادن نحوه به‌کارگیری مفهومی چارچوب پیشنهادی، سناریویی با عنوان «اتاق فرار: نجات پروژه» در نظر گرفته می‌شود. در این سناریو، مدیر کارگاه به دلیل عملکرد نامناسب از پروژه کنار گذاشته شده و تیمی از دانشجویان سه تا پنج‌نفره به‌صورت موقت مسئولیت مدیریت وضعیت پروژه را بر عهده می‌گیرد. محیط مجازی، یک پروژه ساختمانی نیمه‌کاره و نابسامان را نمایش می‌دهد که در آن مجموعه‌ای از نواقص سازه‌ای، مشکلات ایمنی و مسائل اجرایی وجود دارد.

۳-۵- نمونه سناریوی مفهومی اتاق فرار



تصویر ۲. محیط کارگاه واقعیت مجازی شبیه‌سازی‌شده در نرم‌افزار Revit و نمایش‌یافته در افزونه Enscape

دانشجویان با نقش‌های مشخصی مانند رهبر تیم، کارشناس سازه، مسئول ایمنی و مسئول کنترل پروژه، باید در مدت‌زمان محدود وضعیت پروژه را بررسی و برای ساماندهی آن تصمیم‌گیری کنند. آنان باید مشکلات را شناسایی، اطلاعات موجود را بررسی و با توجه به محدودیت‌های زمان، بودجه و ایمنی، اقدامات مناسب را اولویت‌بندی کنند. برای برخی مسائل، گزینه‌هایی مانند اقدام فوری، اقدام با تأخیر یا عدم اقدام در نظر گرفته می‌شود و انتخاب هر گزینه می‌تواند پیامد متفاوتی برای وضعیت پروژه ایجاد کند.

در این فرآیند، داده‌هایی مانند مشکلات شناسایی‌شده، اطلاعات بررسی‌شده، ترتیب اقدامات، گزینه‌های انتخاب‌شده، تعاملات تیمی و توجیه تصمیم‌ها می‌توانند به‌عنوان شواهد عملکردی ثبت شوند. این شواهد، در چارچوب پیشنهادی، می‌توانند مبنایی برای تحلیل شایستگی‌هایی مانند حل مسئله، طراحی مهندسی، تحلیل داده، ارتباطات و کار تیمی قرار گیرند. این سناریو صرفاً یک نمونه مفهومی است و طراحی اجرایی، روبریک امتیازدهی و اعتبارسنجی آن به پژوهش‌های بعدی موکول می‌شود.

۴-۵- نحوه عملیاتی‌شدن ارزیابی شایستگی‌ها

در چارچوب پیشنهادی، شایستگی‌های موردنظر از طریق داده‌های عملکردی قابل ثبت در محیط اتاق فرار ارزیابی می‌شوند. این داده‌ها صرفاً به نتیجه نهایی محدود نیستند و فرآیند عملکرد دانشجو، شامل اطلاعات بررسی‌شده، اقدامات، انتخاب‌ها، تعاملات، تصمیم‌ها و پیامدهای آن‌ها را نیز دربرمی‌گیرند. جدول ۵ ارتباط پیشنهادی میان شایستگی‌های موردنظر و داده‌های عملکردی قابل ثبت را نشان می‌دهد.

جدول ۵. ارتباط شایستگی‌های موردنظر با داده‌های عملکردی قابل ثبت در محیط اتاق فرار مجازی

شایستگی موردنظر	داده‌های عملکردی قابل ثبت
۱- حل مسئله	اطلاعات بررسی‌شده، گزینه‌های موردبررسی، اقدامات انجام‌شده، تصمیم نهایی، زمان تصمیم‌گیری و پیامد تصمیم
۲- طراحی مهندسی	گزینه انتخاب‌شده، محدودیت‌های موردتوجه، اقدامات انجام‌شده و وضعیت نهایی پروژه
۳- ارتباطات	اطلاعات مبادله‌شده، تعاملات تیمی، مشارکت اعضا و تصمیم/گزارش تیمی
۴- اخلاق حرفه‌ای	گزینه انتخاب‌شده، توجیه تصمیم و پیامد تصمیم
۵- کار تیمی	نقش اعضا، مشارکت در فعالیت‌ها، تعاملات تیمی و تصمیم نهایی تیم
۶- تحلیل داده	داده‌ها و منابع بررسی‌شده، اطلاعات مورد استفاده، ترتیب اقدامات و تصمیم مبتنی بر اطلاعات
۷- یادگیری خودمحور	منابع یا اطلاعات جدید بررسی‌شده، اقدامات پس از دریافت اطلاعات و تغییرات ایجادشده در تصمیم یا راه‌حل

داده‌های ثبت‌شده در این مرحله به‌عنوان شواهد عملکردی در نظر گرفته می‌شوند و تبدیل آن‌ها به شاخص‌های کمی، تعیین وزن‌ها، تدوین روبریک و محاسبه امتیاز نهایی هر شایستگی به طراحی و اعتبارسنجی در مراحل بعدی نیاز دارد.

۵-۵- خروجی اصلی: پروفایل شایستگی پیشنهادی

خروجی نهایی این چارچوب، در سطح مفهومی یک گزارش ایستا نیست، بلکه می‌تواند به یک «پروفایل شایستگی» منجر شود که به‌عنوان یک ابزار تحلیلی برای سه ذی‌نفع اصلی عمل کند:

۱. برای دانشجو (بازخورد تکوینی): این پروفایل فراتر از یک نمره یا گزاره کلی، شواهد مرتبط با نقاط قوت و زمینه‌های نیازمند بهبود دانشجو را در شایستگی‌های موردنظر نمایش دهد. در صورت توسعه و اعتبارسنجی سیستم، یک داشبورد می‌تواند عملکرد دانشجو را در ابعاد مختلف به‌صورت کمی و کیفی نمایش دهد و بازخورد قابل اجرا ارائه کند.

۲. برای دانشگاه (بازخورد راهبردی): با تجمیع داده‌های بی‌نام دانشجویان، سیستم در صورت پیاده‌سازی و اعتبارسنجی می‌تواند به شناسایی الگوهای عملکردی در سطح برنامه آموزشی کمک کند. چنین داده‌هایی

می‌توانند در کنار روش‌های سنتی ارزیابی برای بازنگری و بهبود برنامه‌های آموزشی مورد استفاده قرار گیرند.

۳. برای صنعت (ابزار جذب استعداد و ارزیابی): این پروفایل در صورت اعتبارسنجی و احراز قابلیت اتکا می‌تواند به‌عنوان یک منبع اطلاعات تکمیلی در کنار رزومه، سوابق تحصیلی و تجربه کارآموزی مورد استفاده قرار گیرد و اطلاعات بیشتری درباره عملکرد فرد در موقعیت‌های شبیه‌سازی‌شده فراهم کند

در مجموع، چارچوب پیشنهادی می‌تواند مبنایی برای توسعه یک رویکرد ارزیابی مبتنی بر شواهد فراهم کند که در مراحل بعدی، در کنار روش‌های موجود، برای حمایت از یادگیری دانشجو، بهبود برنامه‌های آموزشی و فراهم‌کردن اطلاعات تکمیلی برای صنعت مورد بررسی قرار گیرد. ازاین‌رو، ظرفیت این چارچوب برای کمک به کاهش شکاف میان دانشگاه و صنعت، نیازمند بررسی و اعتبارسنجی تجربی در پژوهش‌های آتی است.



تصویر ۳: چارچوب مفهومی پویا برای ارزیابی شایستگی‌های مهندسی

۶- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارائه رویکردی مفهومی برای کاهش شکاف میان شایستگی‌های مورد انتظار در آموزش مهندسی و نیازهای عملکردی محیط کار، چارچوبی مبتنی بر اتاق فرار واقعیت مجازی برای ارزیابی شایستگی‌های دانشجویان مهندسی عمران ارائه کرد. چارچوب پیشنهادی با ترکیب مفاهیم آموزش مهندسی، استانداردهایABET، بازی‌وارسازی، واقعیت مجازی و یادگیری تجربی، محیطی شبیه‌سازی‌شده را در نظر می‌گیرد که در آن دانشجو به جای پاسخ‌گویی صرف به پرسش‌های نظری، با مسئله، محدودیت، اطلاعات، تعاملات و پیامدهای تصمیم‌های خود مواجه می‌شود.

نوآوری اصلی چارچوب پیشنهادی، توجه هم‌زمان به «فرآیند عملکرد» و «نتیجه عملکرد» در ارزیابی شایستگی‌هاست. در این چارچوب، اطلاعات بررسی‌شده، گزینه‌های موردنظر، اقدامات انجام‌شده، تعاملات، تصمیم‌ها و پیامدهای آن‌ها می‌توانند به‌عنوان داده‌های عملکردی قابل ثبت در نظر گرفته شوند. این داده‌ها، در صورت طراحی مناسب سناریوها و ابزارهای ارزیابی، می‌توانند مبنایی برای ارتباط میان عملکرد دانشجو و شایستگی‌های موردنظر فراهم کنند. از این منظر، چارچوب پیشنهادی تلاش می‌کند ارزیابی را از تمرکز صرف بر محصول یا پاسخ نهایی، به سمت جمع‌آوری شواهدی از نحوه مواجهه دانشجو با مسائل مهندسی، تصمیم‌گیری و تعامل در یک محیط شبیه‌سازی‌شده هدایت کند.

همچنین، معماری سه‌لایه‌ای و هشت رکن عملیاتی چارچوب نشان می‌دهد که چگونه محیط بازی، قواعد و محدودیت‌ها، منابع اطلاعاتی، تعاملات، اقدامات و پیامدهای تصمیم می‌توانند در یک فرایند ارزیابی یکپارچه به یکدیگر متصل شوند. خروجی مورد انتظار این فرایند، در سطح مفهومی، می‌تواند به شکل یک پروفایل شایستگی ارائه شود که شواهد عملکردی مرتبط با شایستگی‌های مختلف دانشجو را در کنار یکدیگر قرار

می‌دهد. با این حال، تبدیل داده‌های عملکردی به شاخص‌های کمی، تعیین وزن شایستگی‌ها، تدوین روبریک‌های ارزیابی و محاسبه امتیاز نهایی، در این پژوهش توسعه و اعتبارسنجی نشده و به مراحل بعدی پژوهش نیاز دارد.

ازاین‌رو، یافته‌های این پژوهش نباید به‌عنوان شواهد تجربی درباره اثربخشی، روایی، پایایی، پذیرش یا توانایی این روش در جایگزینی ارزیابی‌های موجود تفسیر شوند. چارچوب حاضر ماهیتی مفهومی دارد و قابلیت‌های پیشنهادی آن نیازمند طراحی نمونه‌های اجرایی، توسعه سناریوهای ارزیابی، آزمون با دانشجویان و مقایسه نتایج با روش‌های متداول ارزیابی است. همچنین، بررسی میزان همخوانی شواهد عملکردی ثبت‌شده با شایستگی‌های موردنظر و تعیین دقت و پایایی سازوکار امتیازدهی، از الزامات توسعه و اعتبارسنجی این چارچوب خواهد بود.

در مجموع، چارچوب پیشنهادی می‌تواند مبنایی برای توسعه نسل جدیدی از روش‌های ارزیابی مبتنی بر عملکرد در آموزش مهندسی فراهم کند؛ رویکردی که در آن فناوری واقعیت مجازی و منطق اتاق فرار نه صرفاً به‌عنوان ابزارهای آموزشی، بلکه به‌عنوان بستری برای ایجاد موقعیت‌های تصمیم‌گیری و جمع‌آوری شواهد عملکردی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بررسی تجربی این چارچوب در پژوهش‌های آینده می‌تواند مشخص کند که آیا چنین رویکردی در کنار روش‌های موجود، ظرفیت ارائه اطلاعات تکمیلی درباره شایستگی‌های دانشجویان و در نتیجه کمک به نزدیک‌تر شدن ارزیابی دانشگاهی به الزامات عملکردی محیط کار را دارد یا خیر.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده در سه مسیر اصلی ادامه یابند: نخست، طراحی و اجرای سناریوهای واقعی‌تر اتاق فرار و آزمون چارچوب با دانشجویان مهندسی عمران؛ دوم، توسعه و اعتبارسنجی روبریک‌ها و سازوکارهای امتیازدهی برای تبدیل داده‌های عملکردی به شواهد قابل تفسیر از شایستگی‌ها؛ و سوم، مقایسه نتایج این رویکرد با روش‌های متداول ارزیابی و بررسی دیدگاه دانشجویان و ذی‌نفعان آموزشی و صنعتی. نتایج چنین مطالعاتی می‌تواند مبنای قضاوت درباره قابلیت استفاده عملی چارچوب و نقش آن در کاهش شکاف میان آموزش دانشگاهی و نیازهای محیط کار باشد.

منابع

1.Adaimi, M., Daou, R., & Ducq, Y., "Internship Assessment and Evaluation in Higher Education", International Journal on Integrating Technology in Education, 11, pp. 17-33, 2022. https://doi.org/10.5121/ijite.2022.11102

2.Alam, S., & Yesmin, S., "Bridging theoretical abstraction to professional practice: an assessment of LIS students' experience of their internship program", *Global Knowledge, Memory and Communication*, 2024. https://doi.org/10.1108/GKMC-09-2023-0364

3.Alhorani, R. A. M., Abu Elhaija, W., Bazlamit, S. M., & Ahmad, H. S., "ABET accreditation requirements and preparation: Lessons learned from a case study of Civil Engineering Program", Cogent Engineering, 8(1), 2021. https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1995109

4.Araújo, C. C. de, Melo, J. F. H. de, Teixeira, J. M. X. N., & Peres, F. F. F., "Developing a Virtual Escape Room Game: Existing Challenges and How to Overcome Them". In *Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas (Latinoware)*, 20, pp. 40-49, 2023. https://doi.org/10.5753/latinoware.2023.236402

5.Azmy, N., & Mat Isa, C. M., "Implementing Alternative Assessments with Design Thinking in Engineering Education: Enhancing Outcomes for Broadly-Defined Engineering Problems", *International Journal of Modern Education (IJMOE)*, 7(24), 2025. https://doi.org/10.35631/IJMOE.724024

6.Chasokela, D., "Investigating the Role of Virtual Reality to Support Student' Engagement, Spatial Awareness and Problem-solving Skills in Engineering Education", International Journal of

Technologies for Educational Innovation Workshop, pp. 1-5, 2021. https://doi.org/10.1109/IEEECONF53024.2021.9733767

14. Khan, I., "A Unified Framework for Systematic Evaluation of ABET Student Outcomes and Program Educational Objectives", *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 11, pp. 1-6, 2019. https://doi.org/10.5815/ijmecs.2019.11.01

15. Lampropoulos, G., & Kinshuk, "Virtual reality and gamification in education: a systematic review", *Education Tech Research Dev*, 72, pp. 1691-1785, 2024. https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3

16. Manojlovic, H., "Escape room as a teaching method", Opus et Educatio, 9(2), 2022. https://doi.org/10.3311/ope.504

17. McCullough, C. L., "Can ABET Assessment Really Be This Simple?", *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 20(10), 2020. https://doi.org/10.33423/jhetp.v20i10.3650

18. Naji, Z., Dakhil, A., & Jasim, S., "Bond the Gap between Academic and Industry Requirements for Undergraduate Civil Engineering Students in Iraq", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. https://doi.org/10.1088/1757-899X/584/1/012001

19. Nilimaa, J., "New Examination Approach for Real-World Creativity and Problem-Solving Skills in Mathematics", *Trends in Higher Education*, 2(3), pp. 477-495, 2023. https://doi.org/10.3390/higheredu2030028

20. Oje, A. V., Hunsu, N. J., & May, D., "Virtual reality assisted engineering education: A multimedia learning perspective", *Computers & Education: X Reality*, 3, 2023. https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100033

21. Piirainen-Marsh, A., & Olbertz-Siitonen, M., "Instructed perception and Instruction, 18, pp. 613-636, 2025. https://doi.org/10.29333/iji.2025.18332a

7.David, D., Edwin, E., Arman, E., Hikari, H., Chandra, N., & Nadia, N., "Development of Escape Room Game using VR Technology", *Procedia Computer Science*, 157, pp. 646-652, 2019. https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.223

8.Díaz-Ramírez, J., "Gamification in engineering education – An empirical assessment on learning and game performance", *Heliyon*, 6(9), 2020. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04972

9.Fotaris, P., & Mastoras, T., "Escape Rooms for Learning: A Systematic Review". the 13th European Conference on Games Based Learning (ECGBL), Odense, Denmark, 2019. https://doi.org/10.34190/GBL.19.179

10. Gaber, S., "Innovative Assessment Practice to Improve Teaching and Learning in Civil Engineering". International Journal of Learning and Teaching, 6(2), pp. 74-80, 2020. https://doi.org/10.18178/ijlt.6.2.74-80

11. Garay-Rondero, C. L., Calvo, E. Z. R., & Salinas-Navarro, D. E., "Developing and Assessing Engineering Competencies at Experiential Learning Spaces". IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Covington, KY, USA, pp. 1-5, 2019. https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028355

12. Garay-Rondero, C. L., Castillo-Paz, A., Gijón-Rivera, C., Domínguez-Ramírez, G., Rosales-Torres, C., & Oliart-Ros, A., "Competency-based assessment tools for engineering higher education: a case study on complex problem-solving". *Cogent Education*, *11*(1), 2024. https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2392424

13. Garcia, G., Lazarini, J., Avilés-Rabanales, E., & Gutierrez, A., "Are Virtual Reality and Gamification Strategies Adaptive for Evaluations?", 2021 Machine Learning-Driven Digital

28. Szatmary, A. C., "Tools for Comprehensive Assessment of the 7 ABET Student Outcomes in Mechanical Engineering, with Application to Capstone Design". 2023 ASEE Annual Conference & Exposition, Baltimore, Maryland, 2023. https://doi.org/10.18260/1-2--44505
29. Torres-Barreto, M. L., Melgarejo, M. A., & Plata-Gomez, K. R., "Cross-sectional competences in engineering: an approach from the principles of gamification", *Panorama*, 15(28), 2021. https://doi.org/10.15765/pnrm.v15i28.1820
30. Udeozor, C., Chan, P., Russo Abegão, F. & Glassey, J., "Game-based assessment framework for virtual reality, augmented reality and digital game-based learning". *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, **20**, 36, 2023. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00405-6
31. Vega-Valenzuela, R., Truyol, M. E., & Aguila, G., "Analysis of gaps in the training of engineers in relation to international standards: The case of industrial engineering students in Chile",ASEE Annual Conference & Exposition, Baltimore, Maryland, 2023. https://doi.org/10.18260/1-2--42653
32. Zehr, S. M., & Korte, R., "Student internship experiences: learning about the workplace", *Education + Training*, 62(3), pp. 311-324, 2020. https://doi.org/10.1108/ET-11-2018-0236
33. Zeidan, S., & Bishnoi, M. M., "An Effective Framework for Bridging the Gap between Industry and Academia", International Journal on Emerging Technologies, 11(3), pp. 454-461, 2020
34. Zontou, E., Kaminaris, S., & Rangoussi, M., "On the role of virtual reality in engineering education: a systematic literature review of experimental research (2011–2022)", *European Journal of Engineering Education*, 49(5), pp. 856-888, 2024. https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2369188
action: The mutual accomplishment of manual know-how in using VR games", *Language & Communication*, 99, pp. 313-332, 2024. https://doi.org/10.1016/j.langcom.2024.10.011
22. Renu, R. S., & Cintron-Gonzalez, L., "Towards Standardization of ABET Student Outcome Assessment", ASEE Southeastern Section Conference, 2018
23. Rocha, B., McMullen, K. F., & Rocha, M., "Say Yes to the Stress: Escape Rooms in Civil Engineering Classrooms", Paper presented at 2023 ASEE Annual Conference & Exposition, Baltimore, Maryland, 2023. https://doi.org/10.18260/1-2--44180
24. Roig, P. J., Alcaraz, S., Gilly, K., Bernad, C., & Juiz, C., "A Generic Multilevel Structure for Educational Escape Rooms". *Education Sciences*, *14*(5), 488, 2024, https://doi.org/10.3390/educsci14050488
25. Selivorstova, T., Chudnyi, T., Kuznetsov, V., Kuznetsov, V., Kovalenko, V., & Hubskyi, P., "Gamification of Electrical Engineering Education: Development of an Educational VR Simulation", 2025 19th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), Sofia, Bulgaria, pp. 1-4, 2025. https://doi.org/10.1109/ELMA65795.2025.11083446
26. Shanbari, H., & Issa, R., "Use of video games to enhance construction management education", *International Journal of Construction Management*, 19, pp. 1-16, 2018 https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1423166
27. Staneva, A., Ivanova, T., Rasheva-Yordanova, K., & Borissova, D., "Gamification in Education: Building an Escape Room using VR Technologies", 2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO), Opatija, Croatia, pp. 678-683, 2023. https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159923