The Journal of Engine Research

Summer 2025, Vol. 72, No. 2, pp. 43-55

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Original Research

Developing a virtual reality simulator for skill enhancement; case study: the assembly process of the EF7 national engine's timing belt

Morteza Amjadi[1], Seyed Ashkan Moosavian[2*], Hossein Rahimi Asiabaraki[3*]

1- Irankhodro Powertrain Company (IPCo), Tehran, Iran
2- Department of Agriculture Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
3- Department of Mechanical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Keywords:
Internal Combustion Engine
Timing Belt
Virtual Reality Technology
Unity Software

ABSTRACT

Using novel educational technologies such as virtual reality increases the quality of skill-training for students, employees, and newly hired technicians in various industries, especially the automotive industry. Accordingly, this article simulates the process of assembling an internal combustion engine's timing belt in a virtual reality environment. For this purpose, a virtual environment was simulated using the Unity 3D graphics engine, and 3D models of engine parts were placed in it. An environment similar to an assembly station was modeled in 3D Max software and adapted for the graphics engine. Furthermore, using a virtual reality headset, a computer controller, and a mobile phone, the assembly process's performance was initially tested and evaluated in the virtual reality environment. Scenarios including walking in the environment, picking up objects, moving, rotating, and adjusting the timing belt and installing it on the engine stand were correctly performed in the simulation environment using controllers, and finally, a specific application for the Android platform was created. Although this project is a prototype of virtual reality development, it ultimately provided the user with a sense of immersion in the virtual environment and interaction with objects in the scene. According to the results, this method can be developed in the future by using advanced virtual reality headsets to improve performance in the simulation environment and provide a higher level of skill for learners in educational centers, students, and newly hired technicians in manufacturing plants for performing engine parts assembly processes.

© 2025 Iranian Society of Engine, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license). (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

* Corresponding author
E-mail address: a_moosavian@tvu.ac.ir (SA. Moosavian) & h.rahimi@tvu.ac.ir (H. Rahimi Asiabaraki)

Received 22 August 2025; Accepted 8 November 2025
E-ISSN: 2345-4121/ISSN: 1735-5214

Cite this article: Amjadi M, Moosavian SA, Rahimi Asiabaraki H. Developing a virtual reality simulator for skill enhancement; case study: the assembly process of the EF7 national engine's timing belt. 2025 Jun 22;72(2):43-55. doi: 10.22034/ER.2025.2069278.1101

نشریه علمی تحقیقات موتور
تابستان ۱٤۰٤، جلد ۷۲، شماره ۲، صفحه ٤۳-٥٥
تارنمای نشریه: www.engineresearch.ir

مقاله پژوهشی

توسعه شبیه‌ساز واقعیت مجازی با هدف مهارت افزایی؛ مطالعه موردی: فرآیند همبندی تسمه زمان‌بندی موتور ملی EF7

مرتضی امجدی[۱]، سید اشکان موسویان[۲*]، حسین رحیمی آسیابرکی[۳*]

۱- شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران‌خودرو (ایپکو)، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
۳- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

کلیدواژه‌ها:
موتور درون‌سوز
تسمه زمان‌بندی
فناوری واقعیت مجازی
نرم‌افزار یونیتی

چکیده

استفاده از فناوری‌های آموزشی نوین همانند واقعیت مجازی موجب افزایش کیفیت مهارت‌آموزی دانشجویان، کارکنان و کاربرهای تازه استخدام شده در صنایع مختلف، خصوصاً صنعت خودرو می‌شود. بر همین اساس، مقاله حاضر به شبیه‌سازی فرآیند همبندی تسمه زمان‌بندی یک موتور احتراق داخلی در محیط واقعیت مجازی می‌پردازد. بدین منظور، با استفاده از برنامه تصویری یونیتی ۳ بُعدی به شبیه‌سازی یک محیط مجازی و قرار دادن قطعات سه‌بعدی موتور خودرو، شبیه‌سازی یک محیط مشابه ایستگاه سوارکردن در نرم‌افزار مکس ۳ بُعدی و متناسب‌سازی آن برای برنامه تصویری پرداخته شد. همچنین، با استفاده از یک عینک واقعیت مجازی، یک دسته‌ی بازی رایانه‌ای و یک گوشی همراه، عملکرد فرآیند همبندی در محیط واقعیت مجازی به‌طور ابتدایی آزمایش و ارزیابی شد. موقعیت‌های شامل راه رفتن در محیط، برداشتن اجسام، جابه‌جا کردن، چرخاندن و تنظیم تسمه زمان‌بندی و نصب آن روی پایه موتور در محیط شبیه‌سازی با استفاده از دسته‌های بازی به‌درستی انجام شد و در نهایت یک برنامه ویژه اندروید ساخته شد. با وجود آنکه این طرح یک نمونه اولیه از توسعه واقعیت مجازی است، اما در نهایت احساس غوطه‌وری در محیط مجازی و تعامل با اشیاء در صحنه برای کاربر فراهم شد. با توجه به نتایج، می‌توان در آینده با توسعه این روش و استفاده از عینک‌های واقعیت مجازی پیشرفته، عملکرد در محیط شبیه‌سازی را بهبود بخشید و ارتقاء سطح مهارت برای فراگیران مراکز آموزشی، دانشجویان و کاربرهای تازه استخدام شده در کارخانجات تولیدی به‌منظور انجام فرآیندهای همبندی قطعات موتوری را فراهم نمود.

© 2025 Iranian Society of Engine, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license). (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

* نویسنده مسئول
پست الکترونیکی: a_moosavian@tvu.ac.ir (سید اشکان موسویان) و h.rahimi@tvu.ac.ir (حسین رحیمی آسیابرکی)

دریافت ۳۱ مرداد ۱۴۰۴؛ پذیرش ۱۷ آبان ۱۴۰۴
شاپای الکترونیکی: ۴۱۲۱-۲۳۴۵ / شاپای چاپی: ۵۲۱۴-۱۷۳۵

Cite this article: Amjadi M, Moosavian SA, Rahimi Asiabaraki H. Developing a virtual reality simulator for skill enhancement; case study: the assembly process of the EF7 national engine's timing belt. 2025 Jun 22;72(2):43-55. doi: 10.22034/ER.2025.2069278.1101

۱- مقدمه

همواره بلوغ فارغ‌التحصیلان دانشگاهی منوط به دو مؤلفه اساسی توانایی و تمایل بوده است. توانایی خود به دو وجه دانش و مهارت تقسیم می‌شود. با این حال، آنچه که در آینده شغلی و آمادگی دانشجویان و فارغ‌التحصیلان دانشگاهی برای حضور در صنعت نقشی تعیین‌کننده دارد، مهارت است. در واقع، هنگامی که فرد در حوزه‌ای خاص از مهارت کافی برخوردار باشد، با درک بهتری که از چالش پیش‌رو پیدا می‌کند، بهره‌وری بالاتری نیز در انجام وظایف محوله خواهد داشت.

کسب دانش و مهارت‌افزایی، دو بخش جدایی‌ناپذیر از موفقیت در مشاغل گوناگون هستند؛ به‌گونه‌ای که داشتن دانش و مهارت کافی، موجب رضایت از نتایج کار، هم برای فرد ماهر و هم برای کارفرما می‌شود. در مقابل، نبود مهارت کافی می‌تواند به هدررفت زمان، تحمیل هزینه برای بازآموزی و آموزش مجدد مهارت و حتی بروز خطرات جانی به دلیل عدم آگاهی و نداشتن شناخت و مهارت کافی از امور مربوطه بینجامد.

پویایی تغییرات در خط تولید با توسعه محصولات جدیدتر افزایش می‌یابد. با توجه به پیشرفت تجهیزات خطوط همبندی در کارخانه‌ها، همچنان حضور انسان در چرخه تولید بسیار مهم و ضروری است. به همین جهت، برخورداری از مهارت کافی، موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های واحدهای صنعتی می‌شود. این چالش زمانی جدی‌تر می‌شود که پای کاربرهای تازه‌کاری به میان می‌آید که آشنایی کافی با دستگاه‌ها و تجهیزات پیشرفته ندارند.

بر همین اساس، افزایش سطح مهارت‌آموزی در دانشجویان، در کنار کسب دانش فنی، بسیار حائز اهمیت است. امروزه محقق کردن این هدف، با بهره‌گیری از روش‌ها و فناوری‌های نوین آموزشی میسر شده است. در این میان، فناوری شبیه‌سازهای رایانه‌ای به‌عنوان یکی از راهکارهای نو، موجب مهارت‌افزایی دانش‌آموختگان، بهبود عملکرد کارکنان در خطوط تولید و رفع اثرات سوء ناشی از کمبود دانش و مهارت می‌شود. یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی برای آموزش نیروهای تازه‌کار، استفاده از فناوری واقعیت مجازی[1] است؛ زیرا ظرفیت ادغام آن با یک سامانه خط تولید واقعی وجود دارد و همین امر باعث کاهش هزینه‌ها و مهارت‌افزایی خواهد شد.

یکی از موفق‌ترین شبیه‌سازهای رایانه‌ای، فناوری واقعیت مجازی است. سامانه‌های واقعیت مجازی، راه‌حل‌هایی مبتنی بر رایانه هستند که امروزه نه تنها برای کمک به صنایع نظامی، پزشکی یا سرگرمی، بلکه برای فرآیندهای تولید نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱]. سامانه‌های واقعیت مجازی در حال حاضر به‌راحتی استفاده می‌شوند که این امر به‌ویژه در حوزه آموزشی و پرورشی مشهود است [۲]. صنعت خودرو نیز از جمله پیشگامان به‌کارگیری این فناوری به شمار می‌رود. قابلیت‌های فناوری واقعیت مجازی تا حدی است که امروزه می‌توان شاهد گستردگی ابعاد مختلفی از این فناوری و کاربردهای متفاوت آن در حوزه‌های مختلف بود. از سوی دیگر، فناوری‌های پیشرفته‌ای که با موفقیت در یک حوزه کسب‌وکار به کار گرفته می‌شوند، می‌توانند در سایر حوزه‌های عملکردی شرکت اعمال شوند. به‌عنوان مثال، ساخت برنامه‌های کاربردی موفق در تولید می‌تواند منجر به توسعه سامانه‌های مشابه در توسعه محصول شود [۳]. علاوه بر آن، فناوری‌های واقعیت مجازی ابزارهای همه‌کاره‌ای برای طراحی محصول و برنامه‌ریزی تولید هستند [۴]. همچنین، ابزارهای نوین تحلیل و تجسم، امکان درک عمیق‌تری از پیچیدگی‌های فرآیندهای تولید را برای مهندسان فراهم می‌سازند؛ نمونه‌ای از این کاربردها در حوزه‌هایی مانند برنامه‌ریزی چیدمان یا طراحی سازگار با انسان قابل مشاهده است [۵]. از آن حیث به منظور رقابتی ماندن در بازار جهانی، شرکت‌ها باید بتوانند محصولاتی جدید با کیفیت را در زمان‌های کوتاه‌تر، با تنوع بیشتر و حداقل هزینه تولید کنند. در این راستا، نمونه‌سازی و بستن مجازی در حال تبدیل شدن به یک راهبرد جالب برای توسعه محصول با ویژگی‌های فوق است. صنایع خودروسازی از پیشگامان استفاده از واقعیت مجازی برای حل مشکلات پیچیده دنیای واقعی هستند [۶]. به کارگیری واقعیت مجازی در صنعت خودرو به شرکت‌ها این

[1] Virtual Reality

امکان را می‌دهد که پیش از تولید فیزیکی، فرآیندهای بستن و انسان‌محور را شبیه‌سازی کرده و خطاهای احتمالی را کاهش دهند، که این امر منجر به صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود [۷]. استفاده از فناوری‌های واقعیت مجازی و توسعه محتوای آموزشی کیفی در محیط شبیه‌سازی که متعاقباً در محل کار مورد استفاده قرار می‌گیرد، امکان افزایش کیفیت آموزش مهندسان را فراهم می‌کند [۸]. واقعیت مجازی به طور قابل توجهی می‌تواند به افزایش کیفیت آموزش عملی و کاهش خطاهای انسانی در محیط‌های تولیدی کمک کند و با ایجاد محیط‌های امن و قابل تکرار، مهارت‌های کاربر را به صورت اثربخش‌تر ارتقا می‌دهد [۹]. استفاده از فناوری واقعیت مجازی در آموزش عملی موجب بهبود یادگیری عمیق‌تر و افزایش اعتماد به نفس کارکنان در اجرای وظایف پیچیده می‌شود [۱۰]. شبیه‌سازی‌های واقعیت مجازی با ارائه بازخورد تعاملی و موقعیت‌های پویا، می‌توانند به طور مؤثر مهارت‌های فنی و تصمیم‌گیری کارکنان را در فرآیندهای تولید بهبود بخشند [۱۱]. از دیگر مزایای فناوری واقعیت مجازی، ایجاد درک عمیق‌تر از فرآیند تولید در خط و بهبود عملکرد کارکنان است [۱۲]. واقعیت مجازی می‌تواند به طور مؤثری در تحقیقات بازاریابی خودرو مورد استفاده قرار گیرد و کاهش هزینه‌ها و کوتاه کردن زمان عرضه محصولات جدید را ممکن سازد [۱۳]. طراحی واسطهٔ کاربری واقعیت مجازی باید بر اساس نیازهای کاربر و اولویت‌های تجربه‌ای آنها شکل گیرد تا پذیرش فناوری و اثربخشی استفاده را افزایش دهد [۱۴].

به‌کارگیری فناوری‌های نوین همچون بینایی ماشین در کنار فناوری واقعیت مجازی، اثرگذاری بیشتری در بهبود فرآیندهای تولیدی خواهد داشت [۱۵]. در کنار فناوری واقعیت مجازی می‌توان از فناوری کاربردی دیگر همچون واقعیت افزوده[1] نیز نام برد که سبب بهبود فرآیندهای طراحی و تولید، افزایش ایمنی و راحتی رانندگی و آموزش کارمندان، کاهش هزینه‌های طراحی، توسعه و آزمایش، بهبود تجربه مشتریان و ایجاد تعامل بیشتر با محصولات گشته است [۱۶]. واقعیت افزوده می‌تواند به ایجاد ایمنی بیشتر و تسهیل فرآیندهای پیچیده در صنعت خودرو کمک کند [۱۷].

کاربرد اصلی واقعیت مجازی در صنعت، در حوزه آموزش و ارزیابی نیروی انسانی تبلور می‌یابد. شرکت‌ها با استفاده از شبیه‌سازهای واقعیت مجازی، محیط کارخانه را بازسازی کرده و با تعریف موقعیت‌های آموزشی، کارکنان را پیش از حضور در محیط واقعی مورد سنجش و آموزش قرار می‌دهند. طرح حاضر نیز با شبیه‌سازی فرآیند همبندی تسمهٔ زمان‌بندی، در راستای همین هدف قدم برمی‌دارد. علاوه بر آموزش، از این فناوری در مرحله طراحی و آزمایش محصول نیز بهره‌گیری می‌شود. در این مرحله، محصولات قبل از تولید نهایی، توسط متخصصان و در محیط مجازی از جنبه‌های مختلفی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در مراکز دانشگاهی نیز از واقعیت مجازی برای ارتقای درک دانشجویان از مفاهیم عملی و مهارت‌های کارگاهی استفاده می‌شود. این امر زمینه را برای کسب تجربه‌ای نزدیک به محیط‌های صنعتی، حتی پیش از ورود به بازار کار، فراهم می‌سازد.

۲– روش تحقیق

مراحل اجرای این تحقیق مشتمل بر ۴ مرحله بدین شرح است:

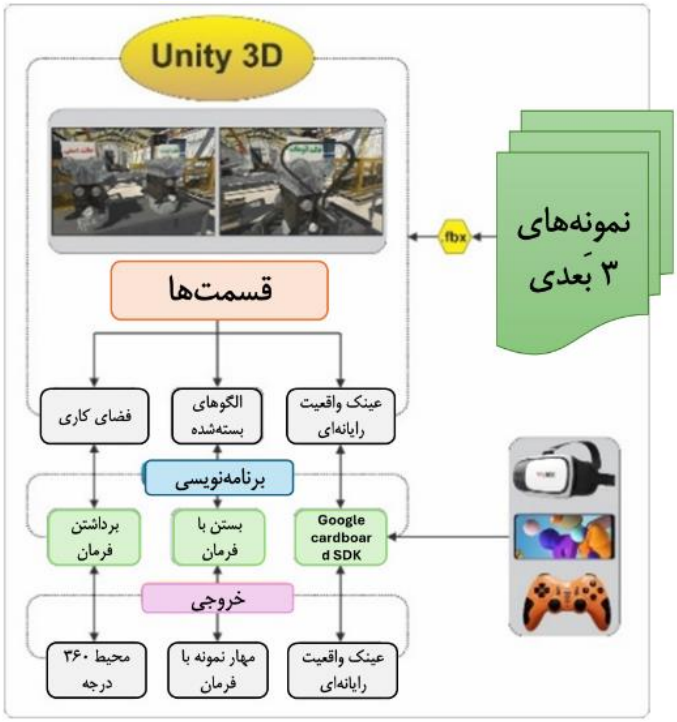
۲–۱– معماری سامانه در واقعیت مجازی

اولین بخشی که برای توسعه این سامانه نیاز است تهیه و شبیه‌سازی سه‌بعدی اجزای داخل محیط است. شکل ۱ نمودار اجزای سامانه را نمایش می‌دهد. سپس به پیکربندی سامانه در برنامه یونیتی[2] با توجه به قسمت‌هایی که در اختیار قرار دارد پرداخته می‌شود. تهیه داده‌ها برای هماهنگ کردن کارایی‌های برنامه با تجهیزات واقعیت مجازی (عینک

[1] Augmented Reality
[2] Unity 3D

واقعیت مجازی، گوشی همراه و دسته‌ی بازی رایانه‌ای) از منابع اینترنتی و همچنین افزودن ویژگی‌های فیزیکی در محیط برنامهٔ تصویری یونیتی ۳ بعدی به طرح‌های سه‌بعدی منتقل‌شده به صحنه به‌منظور شبیه‌سازی رفتار اجسام مشابه واقعیت گام دیگری است. بعد از اعمال پیکربندی، مراحل برنامه‌نویسی آغاز می‌شود که با توجه به محیط کاری، موقعیت‌ها و تجهیزات واقعیت مجازی باید برنامه‌نویسی برای هرکدام از بخش‌ها به‌صورت مجزا صورت پذیرد. در برنامه‌نویسی دسته‌ی بازی رایانه‌ای، باید برنامه‌ها نسبت به امکانات و دکمه‌های تعبیه‌شده بر روی دسته‌ی بازی متناسب‌سازی گردد تا در نهایت رفتار مناسب را در حین اجرا شاهد بود؛ زیرا عمل راه رفتن، برداشتن اجسام و چرخش و تنظیم اجسام در صحنه با استفاده از دسته‌ی بازی صورت می‌گیرد.

با توجه به نوع عینک واقعیت مجازی استفاده‌شده در این طرح و عدم وجود دوربین و حسگرهای حرکتی ویژه شناسایی و رهگیری حرکات کاربر، مثل حرکات دست و راه رفتن او در محیط مجازی، باید برنامه‌نویسی به‌طوری انجام شود که بخشی از عملیات بستن مثل تنظیم و جابه‌جاکردن جسم برداشته‌شده در محیط شبیه‌سازی با استفاده از حرکات سر کاربر در راستای محورهای عمودی و افقی صورت بگیرد؛ تا در نهایت بتوان قطعه مورد نظر را در محل مناسب برای نصب تنظیم نمود. در مرحله بعدی تهیه خروجی برنامه متناسب با نوع ساختار گوشی همراه استفاده‌شده در این طرح و همچنین ویژگی‌های سخت‌افزار و نسخه API مخصوص از جمله مواردی است که باید در هنگام خروجی گرفتن از برنامه شبیه‌سازی‌شده مورد توجه قرار بگیرد.



شکل ۱ ساختار و چیدمان طرح

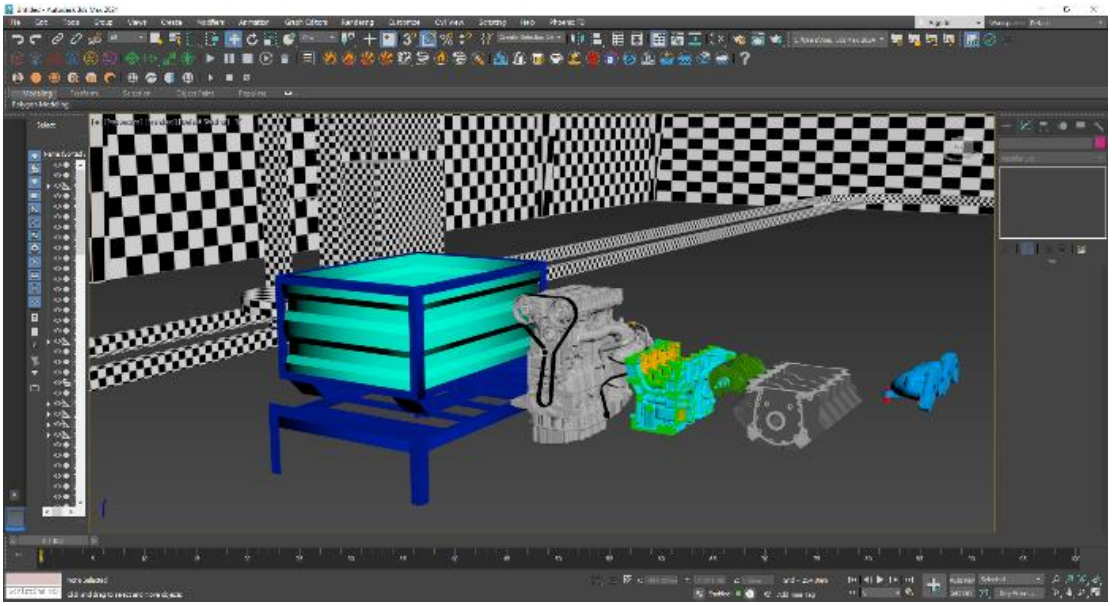
۲-۲- طراحی و شبیه‌سازی

در مرحلهٔ طراحی و شبیه‌سازی، در گام نخست، روش‌های اجرای فرآیند و نیازهای شبیه‌سازی به طور دقیق بررسی شد. سپس نصب و راه‌اندازی برنامهٔ تصویری یونیتی به‌عنوان بستر اصلی شبیه‌سازی فراهم گردید. با تمرکز بر هدف اصلی طرح، یعنی طراحی و توسعه یک شبیه‌ساز واقعیت مجازی برای فرآیند همبندی تسمهٔ زمان‌بندی موتور ملی EF7، موقعیت‌های کلیدی مرتبط با مراحل بستن و نحوه تعامل کاربر با محیط مجازی، استخراج و مستندسازی شد.

در مرحله بعد، شبیه‌سازی محیط و اجزای مورد نیاز با نرم‌افزار مکس ۳ بُعدی[1] انجام شد. در این مرحله، با هدف ایجاد یک فضای نزدیک به واقعیت خط بستن، اقدام به طراحی یک سوله صنعتی شبیه‌سازی‌شده شد که شامل سقف شیروانی، تیرها، پنجره‌های صنعتی و کف‌سازی استاندارد بود. سپس، طراحی مجموعه‌ای از قسمت‌های داخلی خط تولید از جمله میزهای کاری، پایه‌های نگهدارنده، نوار نقاله فرضی و تجهیزات جانبی آغاز شد.

در ادامه، برای هر قطعه تنظیمات دقیق مربوط به شبکه‌بندی[2]، تعیین مواد[3] و نورپردازی اولیه[4] انجام شد تا کیفیت ظاهری نمونه‌ها هنگام انتقال به موتور یونیتی حفظ شود.

در بخش دیگری از کار با مکس ۳ بُعدی، فرآیندهای UVW Mapping برای زمینهٔ دقیق قطعات و نیز Hierarchy Setup برای گروه‌بندی و سازمان‌دهی قطعات به گونه‌ای که در موتور بازی قابل تنظیم و حرکت باشند، پیاده‌سازی شد. پس از نهایی شدن نمونه‌ها، خروجی آن‌ها با قالب مناسب (اغلب FBX) به محیط یونیتی منتقل گردید تا در آنجا برای پیاده‌سازی منطق تعامل، تعریف طرح‌های آموزشی و سایر اقدامات برنامه‌نویسی به‌کار گرفته شود. شکل ۲ نمایی از محیط طراحی‌شده در نرم‌افزار مکس ۳ بُعدی و نمونه‌ای از اجزای طراحی شده را نمایش می‌دهد.



شکل ۲ نمایی از طرح قطعات در نرم‌افزار مکس ۳ بُعدی

۲-۳- پیکربندی محیط در یونیتی

بعد از طراحی، تهیه و شبیه‌سازی قسمت‌های مورد استفاده در محیط، پیکربندی محیط و وارد کردن نمونه‌ها به نرم‌افزار یونیتی آغاز می‌گردد. به‌منظور ایجاد شبیه‌سازی در محیط یونیتی نیاز به تعریف برخی خصوصیات رفتاری به اشیاء موجود در محیط بود. از جمله این خصوصیات؛ ایجاد مرزبندی با توجه به ساختار حجمی نمونه‌های طراحی‌شده و اضافه کردن خاصیت برخورد شوندگی و همچنین ویژگی تشخیص برخورد اجسام با یکدیگر، تعریف نقش ثابت یا متحرک بودن اجسام در صحنه و افزودن خواص فیزیکی با توجه به نوع ساختار و نقش اجسام در فرآیند همبندی، افزودن خصوصیات ظاهری مثل تعریف ماده به اجسام در صحنه انجام پذیرفت.

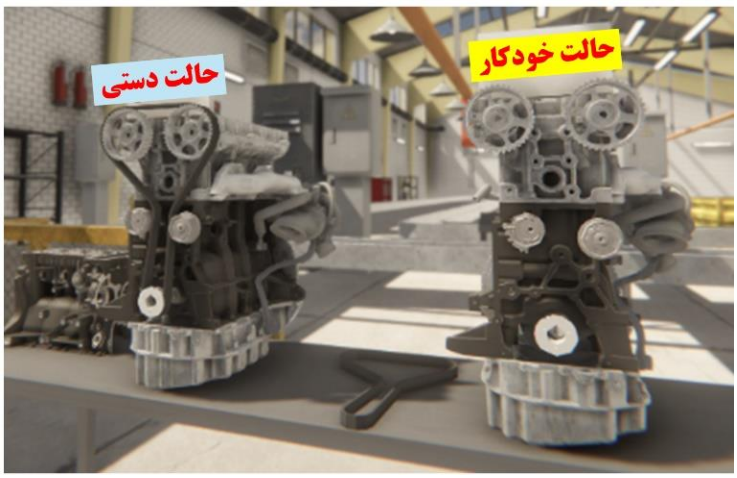
[1] Autodesk 3ds Max
[2] Mesh Optimization
[3] Texturing
[4] Lighting Setup

۲-۴- برنامه‌نویسی

برای برنامه‌نویسی حرکات شخصیت[1] و هماهنگ کردن رفتارهای آن با دسته‌ی بازی رایانه‌ای، از توابع موجود در داخل کتابخانه یونیتی در محیط برنامه‌نویسی Visual Studio استفاده شد. بدین منظور برای هرکدام از دکمه‌ها عملیات مشخصی تعریف شد که هرگاه کاربر هرکدام از دکمه‌ها را بفشارد یکی از عملیات تعریف‌شده با توجه به برنامه‌های نوشته‌شده انجام خواهد شد. بعد از برنامه‌نویسی حرکات شخصیت، به‌منظور آزمایش نحوه عملکرد دسته‌ی بازی نیاز به نصب آن به رایانه بود که از عملکرد صحیح حرکات از جمله راه رفتن شخصیت و حرکت در محورهای مختصاتی x، y و z اطمینان حاصل شود. شکل ۳ نحوه آزمون عملکرد دسته‌ی بازی را در محیط مجازی نمایش می‌دهد.

شکل ۳ نمایی از آزمون عملکرد دسته‌ی بازی

شبیه‌سازی فرآیند همبندی تسمهٔ زمان‌بندی در دو حالت نصب خودکار و نصب دستی پیاده‌سازی شد که تفاوت آن‌ها در یک سری از ویژگی‌های برنامه‌نویسی بود. برای این منظور، دو پایه مجزا طراحی و ایجاد گردید که روی هر یک، چرخ‌تسمه‌های میل‌بادامک، هرزگرد، چرخ تسمه میل‌لنگ و تسمه سفت‌کن قرار گرفت. شکل ۴ نمایی از این پایه‌ها را در محیط مجازی نمایش می‌دهد.



شکل ٤ نمایی از پایه‌های محل نصب تسمه در محیط مجازی

[1] Character

در حالت بستن به روش دستی تمام مراحل از جمله برداشتن، منتقل کردن، چرخش دادن و تنظیم کردن و در نهایت قرار دادن تسمه در محل نصب بر عهده کاربر است. برنامه‌نویسی این فرآیند به‌گونه‌ای انجام شد که کاربر بتواند با فشردن دکمه‌های تعریف‌شده، عملیات مختلفی برای جابه‌جایی، چرخش و تنظیم کردن تسمه در سر جای خود به‌وسیله دکمه‌های دسته‌ی بازی و همچنین حرکات سر برای داشتن دید کافی را انجام دهد. محدودیت‌هایی با توجه به استفاده از عینک ساده واقعیت مجازی وجود داشت که از جمله آن؛ چرخش تسمه و جابه‌جایی آن با حرکت سر کاربر در محیط صورت می‌گیرد، به‌گونه‌ای که کاربر به هر سمتی که نگاه کند جسم قرار گرفته در دستان او نیز همراه آن حرکت می‌کند، چرخاندن تسمهٔ زمان‌بندی با دسته‌ی بازی بدین معناست که برای تنظیم زاویهٔ چرخش و قرارگیری در محل نصب کاربر باید از دسته‌ی بازی کمک گرفته و تنظیمات مربوطه انجام شود، حرکت دادن جسم به جلو، عقب و طرفین باید بوسیلهٔ راه رفتن شخصیت در محیط شبیه‌ساز و بوسیلهٔ دسته‌ی بازی صورت بگیرد، به‌نوعی که اگر کاربر بخواهد زمانی که در نزدیکی محل نصب تنها مقدار کمی قطعه را به جلو یا عقب حرکت دهد، باید با کمک دکمه‌های دسته‌ی بازی، شخصیت مجازی موجود در صحنه را جابه‌جا کرده تا قطعه نیز همراه با آن جابه‌جا شود. با اتمام برنامه‌نویسی این بخش، به‌منظور اطمینان از کارکرد صحیح دستورات برنامه‌نویسی شده، مجدداً دسته‌ی بازی به کامپیوتر متصل شده و مراحل مورد آزمایش قرار گرفت و در نهایت از درستی اجرای فرآیند اطمینان حاصل شد.

این پژوهش به‌عنوان نمونهٔ اولیه یک برنامه شبیه‌ساز واقعیت مجازی با جهت‌گیری و هدف مهارت‌افزایی و ارتقاء سطح دانش اقشاری همچون دانشجویان، فراگیران مراکز آموزشی و دانشگاهی و کاربرهای تازه‌کار و همچنین توسعه فناوری واقعیت مجازی در آینده، با رویکرد استفاده از حداقل تجهیزات انجام شده است.

ازاین‌رو به‌جای عینک‌های پیشرفته، از یک عینک واقعیت مجازی معمولی استفاده گردید. لازم به توضیح است که هدف ساخت این عینک‌ها توسط شرکت‌های سازنده، صرفاً به کسب تجربه حداقلی برای کاربران از دنیای واقعیت مجازی آن هم با تماشای فیلم‌های ۳۶۰ درجه و تعدادی بازی محدود می‌شود. این در حالی است که در پژوهش حاضر، یک عینک ساده واقعیت مجازی با یک دسته‌ی بازی رایانه‌ای ادغام شده تا حتی‌الامکان نحوه انجام عملیات شبیه به استفاده از تجهیزات پیشرفته باشد.

وجه اشتراک بین عینک‌های ساده و عینک‌های پیشرفته، وجود دو عدد عدسی تعبیه شده در داخل آن‌ها است. در واقع خروجی نهایی بعد از پردازش محتوای شبیه‌سازی‌شده توسط نمایشگر، از کانون این عدسی‌ها عبور خواهد کرد و به چشم کاربر منتقل خواهد شد. در صورت استفاده از عینک واقعیت مجازی، عمل پردازش محتوا توسط دستگاه گوشی همراه صورت می‌گیرد و همچنین گوشی همراه نقش نمایشگر خروجی در مقابل عدسی‌ها را نیز ایفا می‌کند. پس با توجه به موارد مذکور می‌توان این‌طور بیان کرد که اصلی‌ترین بخش سامانهٔ واقعیت مجازی که همان بحث پردازش محتوای محیط شبیه‌سازی‌شده در برنامهٔ تصویری است، در صورت استفاده از عینک واقعیت مجازی، عمل پردازش توسط گوشی همراه صورت می‌گیرد و عینک مجازی صرفاً یک محفظه نگه‌دارنده عدسی‌ها و همچنین تنظیم تصویر خروجی متناسب با دید کاربر است؛ اما استفاده تنها از عینک واقعیت مجازی و گوشی همراه این امکان را در اختیار کاربر قرار می‌دهد تا بتواند محیط را به‌صورت ۳۶۰ درجه تماشا کند. از این‌رو به جهت داشتن تعامل بیشتر با محیط واقعیت مجازی و حس غوطه‌وری[1] در آن، از یک دسته‌ی بازی رایانه‌ای نیز به‌منظور انجام عملیات مختلف در محیط شبیه‌ساز استفاده شد. ادغام دسته‌ی بازی با گوشی همراه و عینک واقعیت مجازی باعث تسلط هرچه بیشتر کاربر و کسب تجربه‌ای به‌مراتب بهتر از محیط شبیه‌سازی را به همراه دارد به‌نحوی‌که کاربر می‌تواند با استفاده از دکمه‌های تعبیه‌شده بر روی دسته‌ی بازی، اجسام حاضر در محیط را برداشته و روی آن‌ها عملیات چرخاندن، جابه‌جا کردن و در نهایت نصب کردن در محل مناسب را انجام دهد.

[1] Immersion

گام بعدی مورد توجه در این تحقیق، تهیه، طراحی و شبیه‌سازی قسمت‌های مورد استفاده در صحنه بود که باید متناسب با موقعیت‌های فرآیند همبندی صورت می‌گرفت. مورد دیگر غوطه‌وری و احساس حضور بیشتر در محیط واقعیت مجازی است. هرچه محیط و اجسام از نظر ابعاد، طراحی و شبیه‌سازی به واقعیت بیشتر نزدیک شود، کاربر احساس بهتری نسبت به روند انجام کار در محیط شبیه‌سازی‌شده را خواهد داشت. در این طرح، برای القاء بیشتر حس غوطه‌وری، از طرح دست انسان که شباهت زیادی به دست کاربر در زمان کار کردن در محیط کار را دارد استفاده شد. این امر باعث می‌شود تا کاربر احساس کند که دست‌های خود اوست که در صحنه قرار دارد و در حال برداشتن و جابه‌جا کردن اجسام با دستان خود است.

۳- نتایج و بحث

در این بخش، نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش شبیه‌ساز واقعیت مجازی به‌تفصیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همان‌طور که پیش‌تر در بخش‌های فنی مقاله ذکر شد، یک محیط سه‌بعدی برای شبیه‌سازی فرآیند همبندی تسمهٔ زمان‌بندی موتور ملی EF7 در نرم‌افزار یونیتی طراحی شد. برای آزمایش این شبیه‌ساز، یک خروجی سازگار با اندروید تهیه و بر روی گوشی همراه نصب گردید. شکل ۵ نمایی از نشان برنامه نصب‌شده بر روی گوشی همراه مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

شکل ۵ نمایی از نشانهٔ برنامه نصب‌شده بر روی گوشی همراه

نتایج کیفی نشان داد که شبیه‌ساز توسعه‌یافته با موفقیت توانست یک تجربه غوطه‌وری و تعامل رضایت‌بخش را برای کاربر فراهم کند. این امر نتیجه شبیه‌سازی دقیق محیط سه‌بعدی در نرم‌افزار مکس ۳ بُعدی و افزودن ویژگی‌های فیزیکی واقع‌گرایانه به اجسام در برنامهٔ تصویری یونیتی بود. این شبیه‌سازی دقیق شامل طراحی جزئیاتی مانند سوله، پایه‌ها و میزهای کاری بود که به کاربر حس حضور در یک محیط صنعتی واقعی را منتقل می‌کرد.

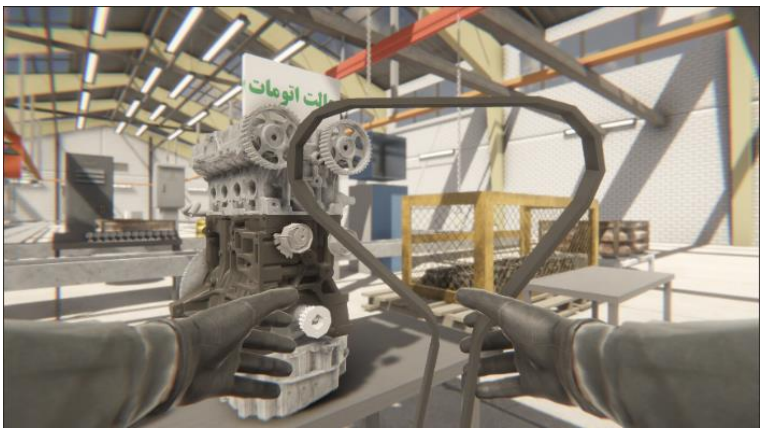
علاوه بر این، برای افزایش هرچه بیشتر حس واقعیت، از یک طرح سه‌بعدی دست انسان استفاده شد که جایگزین دستان کاربر در محیط مجازی می‌گردید. این طرح، با شبیه‌سازی حرکات دست کاربر از طریق دسته‌ی بازی، به او امکان می‌داد تا به صورت بصری، تعامل خود با قطعات را مشاهده کرده و احساس کند که به طور مستقیم در حال برداشتن، جابه‌جا کردن، چرخاندن و نصب قطعات است. این رویکرد، تجربه کاربری را از یک شبیه‌سازی صرف به یک محیط آموزشی فعال و تعاملی تبدیل کرد.

برای ارزیابی کمی، فرآیند همبندی تسمهٔ زمان‌بندی در دو حالت دستی و خودکار مورد سنجش قرار گرفت:

حالت دستی: در این روش، کاربر تمام مراحل را از ابتدا تا انتها به صورت مستقل و با استفاده از دسته‌ی بازی انجام داد. این مراحل شامل برداشتن قطعه، حمل، جابه‌جایی، چرخش برای تنظیم دقیق و در نهایت نصب آن بر روی محل مورد نظر بود. مدت زمان سپری‌شده برای کل این فرآیند حدود ۱۲۰ ثانیه بود. با این حال، در طول آزمایش مشخص شد که به دلیل محدودیت‌های دیداری ناشی از استفاده از تجهیزات ساده (عینک واقعیت مجازی متصل به گوشی همراه)، کاربر در هنگام تنظیم دقیق تسمه برای نصب، دچار مشکل می‌شد و به ناچار باید با حرکات سر، زاویهٔ دید خود را تغییر می‌داد. این محدودیت در نهایت به نصب ناصحیح تسمه منجر شد که نشان‌دهندهٔ نیاز به ابزارهای دقیق‌تر برای چنین فرآیندهای حساسی است. شکل ۶ نمایی از این حالت را نشان می‌دهد.

شکل ٦ نمایی از همبندی تسمهٔ زمان‌بندی در حالت دستی

حالت خودکار: این موقعیت به عنوان یک فرآیند ساده‌سازی شده برای نمایش روند بستن طراحی شده بود. در این حالت، نیازی به تنظیمات پیچیده قطعه نبود و تنها با نزدیک کردن آن به محل نصب، قطعه به صورت خودکار در جای خود قرار می‌گرفت. مدت زمان صرف‌شده برای این فرآیند از لحظه برداشتن تا نصب نهایی، تنها حدود ۱۰ ثانیه بود. این روش نشان می‌دهد که برای آموزش سریع و بصری مراحل کلی یک فرآیند، شبیه‌ساز بسیار مؤثر است و می‌تواند به عنوان یک ابزار آموزشی مقدماتی مورد استفاده قرار گیرد. شکل ۷ نمایی از همبندی تسمهٔ زمان‌بندی در حالت خودکار را نمایش می‌دهد.



شکل ۷ نمایی از همبندی در حالت خودکار در محیط مجازی

نتایج کمی و کیفی این تحقیق نشان می‌دهند که شبیه‌سازی واقعیت مجازی، حتی با تجهیزات ساده، می‌تواند به عنوان یک ابزار آموزشی مؤثر عمل کند. با این حال، محدودیت‌هایی که در روش دستی مشاهده شد، بیانگر اهمیت استفاده از تجهیزات پیشرفته‌تر است. عینک‌های واقعیت مجازی نسل جدید که مجهز به حسگرها و دوربین‌های حرکتی پیشرفته هستند، قادرند حرکات دقیق دست کاربر را رهگیری کنند. این ویژگی باعث می‌شود که کاربر بدون نیاز به حرکات سر برای جابه‌جایی یا تنظیم قطعه، تنها با حرکت دادن دستان خود، مانند دنیای واقعی، قطعه را کنترل کند. این امر نه تنها دقت را افزایش می‌دهد، بلکه تسلط کاربر بر فرآیند را نیز به شکل چشمگیری بهبود می‌بخشد. همچنین، استفاده از یک رایانه با سخت‌افزار قدرتمندتر می‌تواند باعث همگرایی چشمگیر در تعامل با محیط شود. شکل ۸ نمایی از قرارگیری تسمهٔ زمان‌بندی در محل نصب بر روی پایه حالت دستی در محیط مجازی را نشان می‌دهد.

شکل ۸ نمایی از قرارگیری تسمهٔ زمان‌بندی در محل نصب بر روی پایه حالت دستی

به‌طور خلاصه، این شبیه‌ساز به عنوان یک نمونهٔ اولیه موفق، ظرفیت زیاد واقعیت مجازی را در زمینهٔ آموزش‌های صنعتی به اثبات می‌رساند و مسیر را برای توسعه نسخه‌های پیشرفته‌تر و دقیق‌تر هموار می‌کند.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، یک شبیه‌ساز واقعیت مجازی برای فرآیند همبندی تسمهٔ زمان‌بندی موتور ملی EF7 با موفقیت توسعه یافت. این طرح به عنوان یک نمونهٔ اولیه، با هدف مهارت‌افزایی و ارتقای دانش فنی برای دانشجویان، کارآموزان و کاربرهای تازه‌کار ارزیابی شد.

با وجود استفاده از ساده‌ترین تجهیزات واقعیت مجازی (یک عینک ساده، گوشی همراه و دسته‌ی بازی)، آزمایش‌های انجام‌شده نشان داد که این فناوری می‌تواند به طور مؤثری برای آموزش در محیطی مشابه با واقعیت، پیش از ورود به محیط کار واقعی، مورد استفاده قرار گیرد. نتایج کیفی این تحقیق نشان‌دهنده موفقیت طرح در ایجاد حس غوطه‌وری و تعامل در کاربر بود، که این امر به خودی خود یک دستاورد مهم برای یک نمونهٔ اولیه محسوب می‌شود.

با توجه به نتایج کمی، فرآیند همبندی در حالت دستی حدود ۱۲۰ ثانیه و در حالت خودکار تنها ۱۰ ثانیه به طول انجامید. این اختلاف زمانی چشمگیر نه تنها کارایی هر دو روش را نشان می‌دهد، بلکه بیانگر این است که روش خودکار می‌تواند برای آموزش سریع و بصری مراحل کلی یک فرآیند مناسب باشد، در حالی که روش دستی نیاز به تسلط و دقت بالاتری دارد. برای بهره‌مندی کامل و افزایش دقت و سرعت در آینده، توسعه این روش با استفاده از تجهیزات پیشرفته‌تر واقعیت مجازی، شامل عینک‌های پیشرفته به همراه دسته‌های بازی مخصوص و همچنین استفاده از رایانه‌های با سخت‌افزار قوی ضروری است. این مجموعه تجهیزات در کنار هم، می‌توانند تعامل چشمگیری با محیط و اشیاء داخل آن

ایجاد کنند و به کاربر اجازه دهند حرکات دست خود را مانند دنیای واقعی شبیه‌سازی کند. به این ترتیب، می‌توان با اطمینان گفت که این روش، یک راهکار بسیار مؤثر برای آموزش و آماده‌سازی نیروی کار آینده در صنایع تولیدی است و ظرفیت بالایی برای استفاده در بخش‌های آموزشی و صنعتی دارد. این تحقیق، یک مسیر روشن برای پژوهش‌های آینده در زمینه شبیه‌سازی‌های واقعیت مجازی در صنعت خودرو فراهم می‌کند.

References

[1] Seidel RJ, Chatelier PR, editors. Virtual reality, training's future?: perspectives on virtual reality and related emerging technologies. Springer Science & Business Media; 1997 Apr 30.

[2] Langley A, Lawson G, Hermawati S, D'cruz M, Apold J, Arlt F, Mura K. Establishing the usability of a virtual training system for assembly operations within the automotive industry. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries. 2016 Nov;26(6):667-79. doi: 10.1002/hfm.20406

[3] Gusikhin O, Rychtyckyj N, Filev D. Intelligent systems in the automotive industry: applications and trends. Knowledge and information systems. 2007 Jul;12(2):147-68. doi: 10.1007/s10115-006-0063-1

[4] Zhang Y, Fernando T, Xiao H, Travis AR. Evaluation of auditory and visual feedback on task performance in a virtual assembly environment. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. 2006 Dec 1;15(6):613-26. doi: 10.1162/pres.15.6.613

[5] Sun H, Hujun B. Two-handed assembly with immersive task planning in virtual reality. Virtual reality. 2002 Mar;6(1):11-20. doi: 10.1007/BF01408565

[6] Bhatti A, Nahavandi S, Khoo YB, Creighton D, Anticev J, Zhou M. Haptically enable interactive virtual assembly training system development and evaluation. InSIMTECT 2009: Proceedings of the 2009 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, SIMTECT, Adelaide, South 2009 Jan 1 (pp. 1-6).

[7] Lawson G, Salanitri D, Waterfield B. Future directions for the development of virtual reality within an automotive manufacturer. Applied ergonomics. 2016 Mar 1;53:323-30. doi: 10.1016/j.apergo.2015.06.024

[8] Makarova I, Khabibullin R, Belyaev E, Bogateeva A. The application of virtual reality technologies in engineering education for the automotive industry. In2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL) 2015 Sep 20 (pp. 536-544). IEEE. doi: 10.1109/ICL.2015.7318086

[9] Ipsita A, Kaki R, Liu Z, Patel M, Duan R, Deshpande L, Yuan LP, Lowell V, Maharaj A, Peppler K, Feiner S. Virtual Reality in Manufacturing Education: A Scoping Review Indicating State-of-the-Art, Benefits, and Challenges Across Domains, Levels, and Entities. arXiv preprint arXiv:2503.18805. 2025 Mar 24. doi: 10.48550/arXiv.2503.18805

[10] Ryan M, Wang Y, Xiao Q, Liu R, Zhang Y. Immersive virtual reality training with error management for cnc milling set-up. InInternational Manufacturing Science and Engineering Conference 2022 Jun 27 (Vol. 85819, p. V002T06A027). American Society of Mechanical Engineers. doi: 10.1115/MSEC2022-85770

[11] Li V, Siniosoglou I, Sarigiannidis P, Argyriou V. Enhancing Manufacturing Training Through VR Simulations. In2025 IEEE International Conference on Engineering, Technology, and Innovation (ICE/ITMC) 2025 Jun 16 (pp. 1-9). IEEE. doi: 10.1109/ICE/ITMC65658.2025.11106519

[12] Amjadi M, Moosavian A. Virtual reality simulation of the national EF7-TC engine turbo charger assembly station: With the aim of developing capabilities in the future. Iranian Journal of Manufacturing Engineering. 2024 Jul 22;11(5):13-23. doi: 10.22034/ijme.2024.448088.1935 [In Persian]

[13] Henriques AC, Winkler I. The advancement of virtual reality in automotive market research: challenges and opportunities. Applied Sciences. 2021 Dec 7;11(24):11610. doi: 10.3390/app112411610

[14] Xia H, Zhang Y, Li X, Liu D, Wang W. Interface Design of VR Driverless Vehicle System on User-Prioritized Experience Requirements. Sensors. 2025 Aug 28;25(17):5341. doi: 10.3390/s25175341

[15] Rahmatinejad B, Rahimi Asiabaraki H, Azimpour Shishevan F. Diagnosing Dimensional Defects and Valve Cracks Using Machine Vision and Acoustic Emission. Karafan Journal. 2023 Nov 22;20(3):149-68. doi: 10.48301/kssa.2023.391572.2501 [In Persian]
[16] Boboc RG, Gîrbacia F, Butilă EV. The application of augmented reality in the automotive industry: A systematic literature review. Applied Sciences. 2020 Jun 21;10(12):4259. doi: 10.3390/app10124259
[17] Elhattab L, Khairalla J, Al-Attar R, Albert S, Shorim N, Eliwa E. Augmented reality applications in the automotive industry. In2023 International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC) 2023 Sep 27 (pp. 357-364). IEEE. doi: 10.1109/MIUCC58832.2023.10278357