عنوان طرح:

آموزش راهبری و ارزیابی مهارت پرسنل جرثقیل سقفی فولاد مبارکه اصفهان از طریق فناوری واقعیت مجازی

۱– مسئله و اهمیت پرداختن به آن

جرثقیل‌های سقفی بمنظور جابه‌جایی بار و یا مواد مذاب در سالن‌های صنعتی استفاده می‌شوند. انجام عملیاتِ باربریِ ایمن در آن‌ها بسیار حائز اهمیت است. بنابراین، افزایش سطح دانش، مهارت، و صلاحیت حرفه‌ای نیروی انسانی مهم‌ترین عامل در کاهش حوادث و خطرات انسانی و مالی است این امر از طریق دوره‌های آموزشی و مهارت‌آموزیِ اثربخش قابل دستیابی خواهد بود.

بخش نظری دوره‌های آموزشی اغلب ۱۶۵ ساعت به طول می‌انجامد و دو آزمون کتبی و عملی برای آن برگزار می‌شود. در باب استفاده از ویدئوهای آموزشی می‌توان چنین اظهار نمود که ویدئو و توضیحات کلامی یکی دیگر از راهبردهای یادگیری است که پرسنل عملیاتی می‌توانند بصورت گام به گام مطابق آن پیش بروند و چیستی-چگونگی تجهیزات را بیاموزد. در واقع، محتوای ویدئو توسط یک شخص متخصص تهیه شده و توضیحات کلامی درباره اجزای تجهیزات را ارائه می‌دهد. هر فرد می‌تواند متناسب با آهنگ یادگیری خود، در هر زمانی و بارها ویدئو را مشاهده و مرور کند تا به فهم عمیق‌تری از آن دست یابد (O'Flaherty & Phillips 2015; Nguyen et al., 2016; Hampton, 2002; Ramnanan & Pound 2017). اما مسئله اینجاست که ویدئو دانش را یک‌طرفه انتقال می‌دهد (Enfield, 2013) و ممکن است طول ویدئوها برای فرد خسته‌کننده باشد و رفتار منفعلانه از خود نشان دهد (Slemmons at al., 2018; Gaughan, 2014). علاوه بر این، تهیه ویدئو توسط متخصصان یک امر پُرهزینه و وقت‌گیر نیز هست.

بنابراین، این نگرانی و پرسش برای دوره‌های مهارت‌آموزی در صنایع مختلف همچنان باقی است که تا چه اندازه راهبرد آموزشی با محتوا و کانتکست آن تناسب دارد. مطابق نظریه یادگیری اقتضایی[1]، دانش را نباید از تجارب مستقیم در محیط فیزیکی جدا کرد (Klopfer & Squire, 2007). بطور کلی، مفهوم یادگیری اقتضایی در تضاد با آن دسته از رویه‌های آموزشی است که دانش را اغلب بصورت انتزاعی و خارج از زمینه ارائه می‌دهند. در نتیجه، کافی نیست که پرسنل عملیاتی فهرست حقایق و رویه‌های انجام کار را بدانند؛ آن‌ها نیاز دارند که تجربه کنند (Mason & Rennie, 2006 به نقل از Lave & Wenger, 1990). از طرفی نیز، مهارت‌آموزی ایمنی و حتی چگونگی کار با دستگاه‌های صنعتی و چگونگی نگهداری آن‌ها عملاً دوراز دسترس و خطرساز است. در پاسخ به این مسئله، مهارت‌آموزی (کار با تجهیزات، ایمنی) در صنعت توسط محیط‌های مبتنی بر فناوری واقعیت مجازی بطور جدّی مورد بحث قرار گرفته و در حال استفاده است.

۲– واقعیت مجازی چیست؟

در واقعیت مجازی، انسان در یک دنیای ساختگی بدون دیدن دنیای واقعی، کاملا غوطه‌ور (تمرکز عمیق ذهنی) می‌شود (Carmigniani & Furht, 2011; Kaufmann, 2003; Milgram et al., 1994; Craig, 2013) که ممکن است مشخصه‌های یک محیط واقعی (محیط موجود یا افسانه‌های مربوط به آن) را داشته باشد یا نداشته باشد. ممکن است دنیایی را حتی فراتر از مرزهای فیزیکی ترسیم نماید. بعنوان مثال، دنیایی که در آن مفهوم زمان، قانون جاذبه و خواص هر یک از موادِ دنیای واقعی در آن چندان معنا نداشته باشد (Milgram et al., 1994). بنابراین، واقعیت مجازی می‌تواند بعنوان جایگزینی برای واقعیت در نظر گرفته شود (Billinghurst, 2014). تجهیزات مورد نیاز برای تجربه واقعیت مجازی در شکل ۱ قابل مشاهده است.

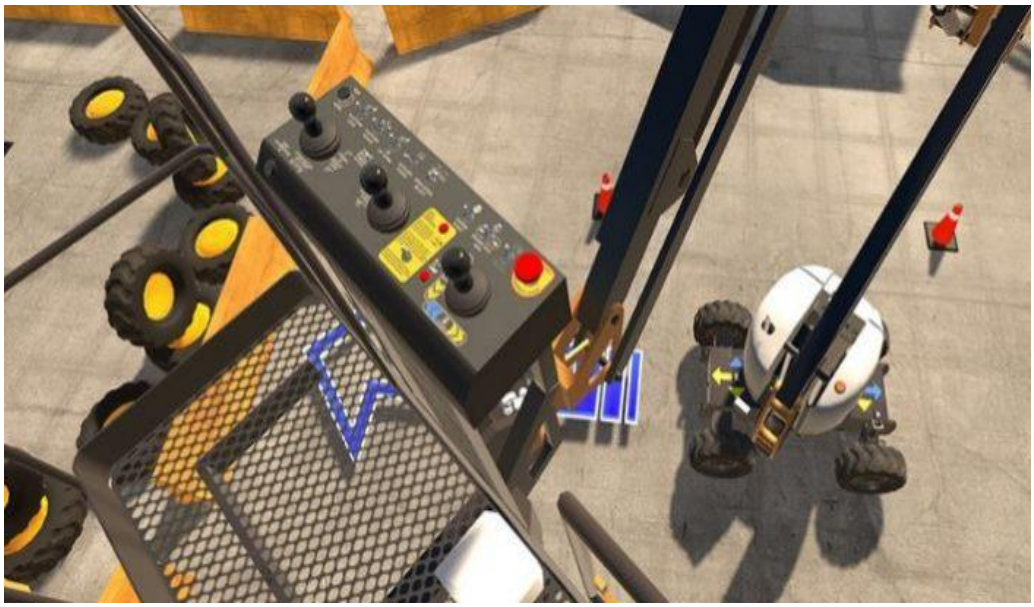
[1] Situated learning theory

شکل ۱. تجهیزات مورد نیاز برای تجربه واقعیت مجازی

کاربر با پوشیدن هر یک از سربندهای ارائه شده در شکل ۱، به دنیای مجازی که گرافیک رایانه‌ای است، وارد می‌شود و از طریق دسته‌ها با عناصر مجازی ارتباط برقرار می‌کند. در بسیاری از تجارب واقعیت مجازی از نمایشگرهای سربند استفاده می‌کنند تا اطمینان حاصل شود که فرد دنیای واقعی را نمی‌بیند (Craig, 2013).

۳- واقعیت مجازی و جرثقیل‌های صنعتی

در این بخش، متناسب با هدف پروژه حاضر که بر مهارت‌آموزی صنعتی و بطور خاص جرثقیل‌های سقفی متمرکز است، یک نمونه از پژوهش‌ها و نرم‌افزارهای مشابه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شکل ۲، توسط Industrial Training International (ITI) طراحی و پیاده‌سازی شده است.

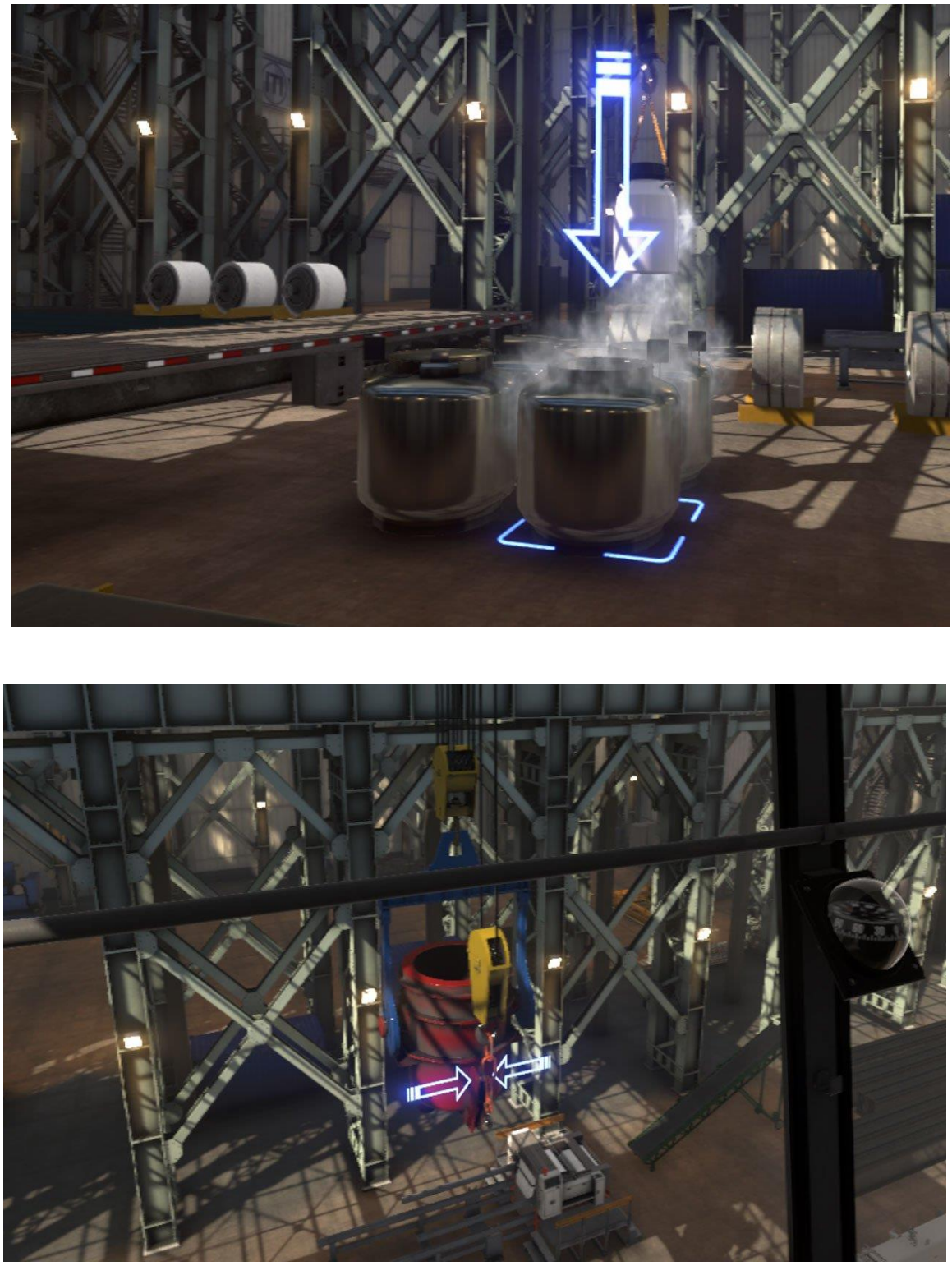


شکل ۲. مهارت‌آموزی انجام عملیات ایمن در محیط مبتنی بر واقعیت مجازی (Antunes, 2017)

مطابق شکل ۲، کاربران در یک محیط واقعیت مجازی، مهارت چگونگی حمل بار توسط جرثقیل را بدست می‌آورند که جایگزین مناسبی (کم‌هزینه، بی‌نیاز به فضای فیزیکی و کارگاهی، حذف هزینه‌های تعمیر و نگهداری) برای شبیه‌سازهای فیزیکی است. Peter Douglas – UK operations director of Nationwide Platforms– تجربه و دیدگاه خود را از این راهبرد آموزشی چنین اظهار داشته است:

> در واقعیت مجازی، این امکان برای اُپراتورها فرآهم است تا در یک محیط ایمن و تحت کنترل، اشتباه کنند! از این طریق، چگونگی مواجهه با خطرات را تجربه می‌کنند تا مهارت تصمیم‌گیری در محیط واقعی را در خود بهبود ببخشند. بعلاوه، مهارت‌آموزی در واقعیت مجازی تجربه ارزشمندی است که تعداد و مقیاس حوادث را کاهش می‌دهد. درنتیجه، این فناوری شکاف میان تئوری و عمل را در صنعت پُر کرده است.

شکل ۳ مثالی دیگر از واقعیت مجازی برای جرثقیل‌های سقفی است که کاربر در آن، در حال جابه جا کردن مواد مذاب است.



شکل ۳. مهارت‌آموزی جابه جایی مواد مذاب توسط جرثقیل‌های سقفی در محیط واقعیت مجازی

شکل ۴ نیز یک محیط واقعیت مجازی را نشان می‌دهد که توسط OneBonsai برای جرثقیل‌های صنعتی

(بمنظور باربری و تخلیه در یک کانتینر) طراحی و پیاده‌سازی شده است.

شکل ۴. نمایی از محیط واقعیت مجازی OneBonsai برای مهارت‌آموزی ایمن حرثقیل‌های صنعتی

در واقع، شکل ۴ چگونگی استفاده ایمن از جرثقیل را آموزش می‌دهد که فرد بصورت اول شخص آن را تجربه می‌کند. با ساخت این سیستم تاثیرات و نتایج زیر بدست خواهد آمد:

- بی‌نیاز شدن به استفاده از جرثقیل‌های فیزیکی واقعی و کاهش هزینه‌ها در محیط‌های آموزشی کارگاهی
- بی‌نیازی به جرثقیل واقعی به همراه یک اُپرتور با تجربه برای آموزش پرسنل
- سرعت بخشیدن به فرآیند آموزش این تجهیزات
- امکان اضافه کردن سناریوهای متعدد برای حوادث احتمالیِ نادر[۲].

۵– نمونه دستورالعمل کاری اپراتور جرثقیل مورد استفاده در فرایند برنامه‌نویسی

کلیه‌ی موارد زیر بایستی در این پروژه لحاظ شوند. هر یک از موارد زیر دارای جزئیاتی هستند که برنامه‌نویسی پروژه برای سناریوی محیط مجازی در نظر خواهند گرفت.

[2] https://onebonsai.com/projects/vr-crane-simulator/

۱- بررسی یک چک لیست جهت جلوگیری از حادثه احتمالی (چک کردن اجزا و تجهیزات کابین و جرثقیل از جمله کشش قلاب، موتور پل، مغزی سیستم بکسل و غیره).

۲- برداشتن پاتیل از روی ارابه‌های کوره و ارسال آن بر روی ترانسفرکار کوره پاتیلی یا پارک نمودن پاتیل.

۳- برداشتن پاتیل خالی از روی ماشین جهت سرباره‌گیری وگذاشتن آن بر روی ترانسفرکار برگشتی.

۴- انجام عمل پاتیل به پاتیل.

۵- تخلیه ته ذوب و سرباره در حوضچه‌های مربوطه.

۶- کندن و حمل خرسک‌ها بر روی کفی.

۷- آزاد کردن زنجیر و پرداختن به دیگر امور سایت.

۷- دماگیری ذوب داخل پاتیل بواسطه ماشین ریخته‌گری.

۸- دقت اپراتور برای عدم برخورد جرثقیل با شاهین کرین در هنگام حمل بار.

۹- قلاب کردن پاتیل ذوب از یکی از ترانسفرکارهای LF و گذاشتن آن بر روی لدل تارت ماشین ریخته‌گری.

- کیفیت چگونگی جابه‌جایی پاتیل بسیار حائز اهمیت است و ارزیابی خواهد شد. این ارزیابی بصورت ترکیبی صورت می‌گیرد (سیستمی-ناظر انسانی).

۶- لزوم اجرای این پروژه:

باربرداری توسط جرثقیل سقفی فرآیندی حساس با ریسک بالا است. با توجه به مدت زمان طولانی هر شیفت کاری و دقت بالای مورد نیاز اپراتور در طول شیفت اطمینان از حداقل مهارت مورد نیاز اپراتور ضروری است. اپراتورها بعد از گذراندن دوره‌ی آموزشی به صورت تئوری و عملی بلافاصله به عنوان اپراتور کمکی در کابین جرثقیل مشغول بکار می‌شوند. به مرور با انجام اقدامات ساده آماده‌ی تحویل‌گیری کامل جرثقیل می‌شوند. این فرایند بسیار زمانبر است و همچنین امکان بروز خطا و حادثه را افزایش می دهد. قبلا حوادثی از این قبیل رخ داده است و خوشبختانه به خیر گذشته است. با استفاده از این تکنولوژی فراگیران دوره‌ی جرثقیل سقفی قبل از

ورود به سایت بازه‌ی کاراموزی خود را با استفاده از این تجهیزات و بدون ریسک سپری می کنند. قبل از استفاده از این تکنولوژی صحت عملکرد شبیه ساز توسط اپراتورهای خبره و با تجربه مورد تایید قرار گرفته است.

مجری پروژه از شرکت‌های دانش‌بنیان در این زمینه است که اجرای این پروژه موجب تحول بنیادین در محصولات این شرکت گردیده است. در ادامه شبیه‌سازی لیفتراک و جوشکاری نیز اجرا شده است و به مرور بروزرسانی می شود. با توجه به اخذ مجوز مرآت توسط فولاد مبارکه امکان استفاده از این امکانات توسط سایر شرکت ها نیز وجود دارد.

۷– حوادث مربوط به جرثقیل‌های حمل مذاب

تعدادی حادثه را بسته به عواقب هر کدام می‌توان در نرم‌افزار پیش بینی کرد تا اپراتور پیامدهای آن‌ها را بصورت مجازی تجربه کند و عملکرد ایشان در کاهش خطرات را سنجید. حوادث عبارتند از:

۱- خرابی یکی از شاهین‌های کرین ۲۵ به دلیل عدم حضور ریگر و قلاب نمودن پاتیل با یکی از شاهین‌ها و بلند نمودن پاتیل که منجر به ریختن مقداری از ذوب داخل پاتیل بر روی ترانسفرکار وکف سایت گردید که باعث توقف جرثقیل، ترانسفرکارو خرابی گوشواره پاتیل مذاب شد.

۲- قلاب نمودن ذوب از روی ارابه LF توسط کرین ۱۹و بلند نمودن پاتیل با یکی از شاهین‌ها که منجر به کنده شدن لاله گوشواره پاتیل و خرابی ترانسفرکار LF گردید (علت بروز این حادثه قلاب نمودن پاتیل توسط اپراتور بدون حضور ریگر LF بود).

۳- ضربه به درپوش حرارتی ماشین ۲ ریخته‌گری با پاتیل توسط کرین ۱۳ که منجر به شکستن بازوی دکل و افتادن درپوش به داخل پاتیل مذاب گردید.

۴- شکستن موتور و گیربکس ترانسفرکار برگشتی به علت وارد نمودن ضربه شدید در هنگام قراردادن پاتیل خالی بر روی ارابه برگشتی بود که باز هم به دلیل عدم حضور ریگر و نداشتن دید کافی بر روی نشیمنگاه ارابه اتفاق

افتاد (این مورد به دفعات به دلیل عدم توجه اپراتور به فرمان ریگر برای هر دو ترانسفرکاربرگشتی اتفاق افتاده است).

۵- برخورد قلاب ۱۰۰ تن کرین ۱۴ دکل جیب کرین LF2 به دلیل عدم رعایت ارتفاع قلاب از روی تجهیزات و همچنین عدم قرار دادن ترولی در پوزیشن سمت کوره قبل از فرمان پل.

۶- وارد شدن کرین ۱۹ به محدوده ایمنی پارکینگ بین دو مدول در اثر بی‌توجهی اپراتوراین کرین به نوار ایمنی پارکینگ کرین در حال شاتدان که منجر به قطع کلی برق شین‌های این خط و نهایتا قطع سکوئنس ماشین‌های ریخته‌گری گردید.

۸- برنامه زمانی و هزینه‌های انجام این پروژه

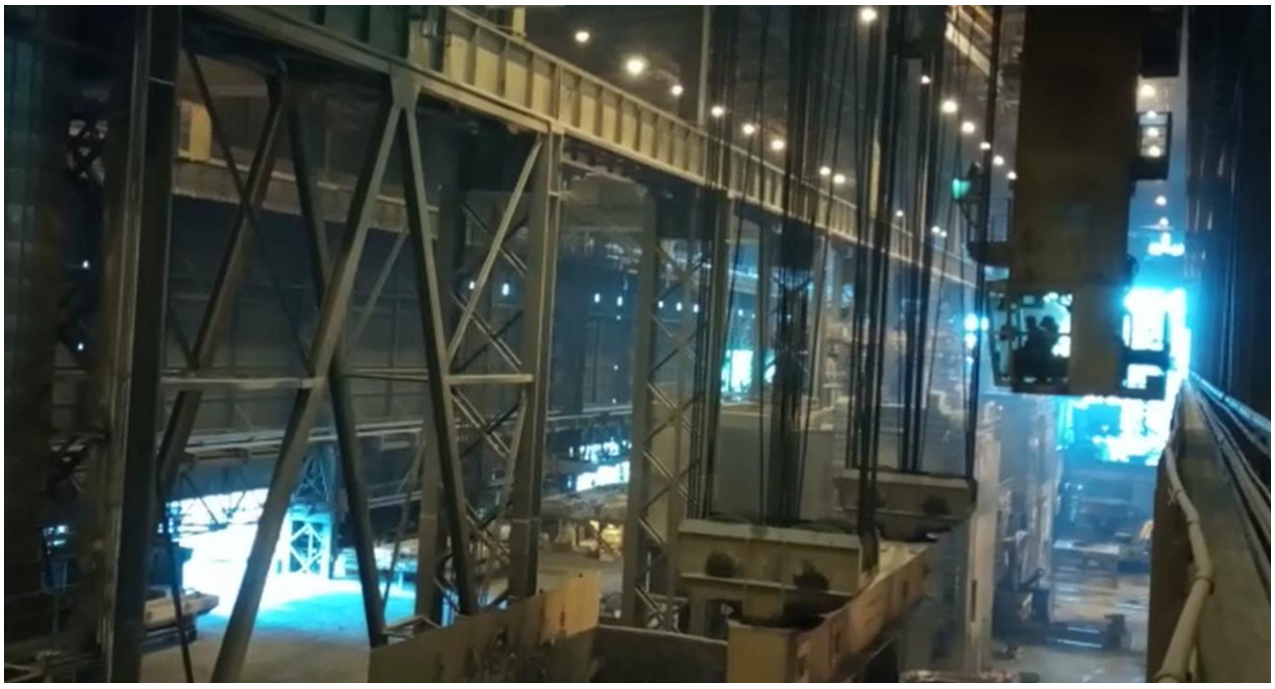
مدت زمان انجام پروژه: ۴ ماه

فعالیت‌ها	ماه اول				ماه دوم				ماه سوم				ماه چهارم			
مدیریت پروژه، ۵۰۰ ساعت																
مدلسازی سه‌بعدی سالن صنعتی با جزئیات،																
برنامه‌نویس (دستورالعمل‌ها، حوادث، سایر تعاملات)، ۵۰۰																
برقراری ارتباط میان اجزای فیزیکی کابین و محیط مجازی																
ناظر کیفی چگونگی اتصال اجزای فیزیکی با محیط مجازی،																
ناظر کیفی مدلسازی و کیفیت پیاده‌سازی حوادث جهت سازگاری خروجی با هدست واقعیت مجازی، ۳۰۰ ساعت																

۹– نمونه‌ای از پروژه‌های انجام شده

در این پروژه سالن صنعتی با جزئیات مدلسازی خواهد شد. اپراتور می‌تواند دقیقا طبق دستورالعمل‌های موجود با شبیه‌ساز آماده شده کار کند. هشدارهایی که از طرف ریگر صادر می شود را دریافت کند و طبق توالی تعریف شده عمل نماید. در این نرم افزار اپراتور می تواند با حادثه مواجهه شود و عملکرد وی توسط سیستم و ناظر انسانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. کابین اپراتور نیز بصورت مجازی است اما تجهیزات کنترل جرثقیل بصورت فیزیکی در اختیار اپراتور خواهد بود و تک تک فرامین ایشان در محیط مجازی اعمال می‌گردد. سخت‌افزار مورد نیاز برای استفاده از این نرم‌افزار، شامل هر برندی از هدست واقعیت مجازی می‌تواند باشد به شرطی که درایور آن حداقل مورد نیاز را پشتیبانی نماید . در حال حاظر Meta Quest 2 پیش بینی شده است.

تصاویر زیر سالن صنعتی‌ای را نشان می‌دهد که جرثقیل در آن مستقر است. این مستندات توسط مدلساز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شبیه ساز جرثقیل سقفی

نمونه شبیه‌ساز لیفتراک