سیمولاتور و نقش آن در ارتقای ایمنی و کیفیت آموزش راهبران قطار

محور مقاله: ناوگان

حامد گرکانی[1]
شیما قاسم پور[2]

چکیده

امروزه بکارگیری سیستم‌های شبیه‌ساز با هدف کوتاه نمودن زمان کسب تجربه، آموزش اولیه، افزایش مهارت‌ها با هزینه کم و بهره‌وری مطلوب میسر گردیده است. نقش انکارناپذیر سیمولاتور در آموزش‌هایی که اقدام به آن در فضای واقعی مخاطره‌آمیز است باعث بهره‌وری آموزشی به لحاظ کیفی شده است، چرا که در واقعیت امکان تجربه کردن وقایع خطرناک وجود ندارد و حین آموزش و بعد از آن رانندگان نمی‌توانند چنین شرایطی را تجربه کنند و این امر موجب برخورداری این ابزار از ویژگی‌های منحصر به فرد در مقایسه با سایر روش‌های آموزشی گردیده است. از جمله مزایای بکارگیری سیمولاتورهای آموزشی می‌توان به صرفه‌جویی در وقت، کوتاه نمودن زمان کسب تجربه، کاهش هزینه‌های آموزشی، ایجاد شرایط مختلف آموزشی، سنجش مهارت در شرایط عادی و اضطراری، ارتقاء سطح کیفی آموزش، ایمنی و ... اشاره کرد. در این مقاله ابتدا به معرفی سیمولاتور و انواع مختلف آن پرداخته و پس از معرفی اجزای مختلف سیمولاتورهای ریلی، مزایای استفاده در صنعت ریلی و نحوه آموزش رانندگان توسط سیمولاتور را مورد بحث قراردادهایم.

کلمات کلیدی: سیمولاتور، آموزش، راهبران قطار، شبیه‌سازی

مقدمه

در عصر حاضر، پیشرفت تکنولوزی امکان استفاده گسترده از سیمولاتورها را به منظور آموزش ناوبری وسایل نقلیه خصوصاً ریلی فراهم ساخته است. سیمولاتورهایی که رویکرد ارزان قیمتی را برای آموزش رانندگی قطار به ارمغان آورده و اجرای برنامه‌های آموزشی که تکرار آنها با قطارهای عملیاتی مشکل می‌باشد را ممکن کرده است. استفاده از قطار شبیه‌سازی شده برای آموزش راهبران، به دلیل قرارگرفتن در محیط مجازی از هزینه اشغال خطوط ریلی و مصرف سوخت برای مقاصد آموزشی، کم کرده و با ارتقای سطح آموزش راهبران، بخشی از تاخیرها در راه‌اندازی قطارها کاهش می‌یابد و در نتیجه به افزایش بهره وری ناوگان منجر می شود.

در رانندگی با سیمولاتور بهتر می‌توان اصول مکانیکی قطار را درک کرده و فراگرفت. به طور کلی می‌توان گفت سیمولاتورها باعث افزایش کیفیت آموزش و در عین حال کاهش هزینه های آن می‌شوند.

۱ . سرپرست امور مهندسی و اجرای طرح‌ها، شرکت مادرتخصصی حمل و نقل ریلی کشور- بلوار آفریقا- بالاتر از چهارراه جهان کودک- نبش کوچه کیش- پلاک ۴۵ - تلفن: ۸۸۸۷۲۲۳۵ **Email: hamed.garkani@gmail.com**

۲ . کارشناس کنترل پروژه، شرکت قطارهای مسافری رجاء- خیابان کریم خان زند- نبش خیابان سنایی- پلاک۱

تلفن: ۸۸۸۳۵۱۵۹ **Email: ghasempour.sh@gmail.com**

تعریف سیمولاتور

سیمولاتور یا شبیه‌ساز، وسیله‌ای است که دارای فضایی مشابه فضای استقرار راهبر در قطار بوده و قابلیت رانندگی در این فضا، عیناً مشابه فضای واقعی ولی به صورت مجازی می‌باشد. چشم‌انداز مقابل راهبر، اصوات و حرکت‌ها مطابق با شرایط واقعی شبیه‌سازی شده‌اند. بدین منظور با تغییر شرایط و اتخاذ فرامین توسط راهبر، امکان تغییر شرایط شبیه‌سازی شده متناسب و به صورت همزمان وجود داشته بطوریکه راهبر همواره خود را در شرایط واقعی حس می‌نماید.

این دستگاه برای آموزش، افزایش مهارت‌ها و آزمایش مهارت و سرعت عمل راهبران به‌کار می‌رود. به منظور آموزش، راهبر در جایگاه شبیه‌سازی شده یعنی داخل کابین خواهد نشست و همواره خود را در شرایط واقعی حس خواهد کرد یعنی دقیقا همان احساس و نحوه واکنشی را خواهد داشت که در هنگام راندن قطار از خود بروز می‌دهد، البته تنها تفاوت در اینجاست که در این محیط مجازی، اشتباهات تاثیرات مشابه دنیای واقعی را نخواهند داشت.

سیمولاتور ابتدا در صنایع هوایی و سپس در صنایع فضایی و نظامی مورد استفاده قرار گرفت ولی طی سه دهه اخیر در دیگر صنایع از جمله صنعت ریلی نیز رشد چشمگیری پیدا کرده است بطوریکه امروزه آموزش توسط سیمولاتورهای ریلی در اکثر راه‌آهن‌های معتبر دنیا رواج یافته و مراکزی با این هدف دایر شده است.

سطوح سیمولاتور

سطح یک

مشابه یک بازی کامپیوتری است که نهایتاً بجای کیبورد از فرمان هدایت کننده[۳] یا فرامین مینیاتوری استفاده می‌شود و زوایای دید آن منطبق با شرایط اصلی نمی‌باشد. عموماً برای آشنایی و آموزش‌های اولیه کاربرد دارد و فراگیران در بدو آموزش از این نوع سیمولاتورها استفاده می‌نمایند. هدف از بکارگیری این نوع سیمولاتورها، صرفه‌جویی و استفاده بهینه از زمان سیمولاتورهای اصلی آموزشی می‌باشد.

سطح دو

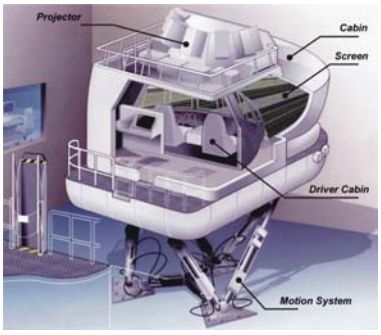
فضا و تجهیزات داخلی کابین عیناً مشابه نمونه واقعی ساخته می‌شود و زوایای دید نیز منطبق با شرایط اصلی است اما سیمولاتور فاقد سیستم حرکتی می‌باشد.

سطح سه

فضا و تجهیزات داخلی کابین عیناً مشابه نمونه واقعی ساخته می‌شود، دارای سیستم حرکتی بوده و زوایای دید منطبق با شرایط اصلی می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت که تصویر، حرکت، صدا و کابین کاملاً شبیه‌سازی می‌شود.

سیمولاتور سطح ۱

سیمولاتور سطح ۲



سیمولاتور سطح ۳

[۳] **joystick**

ساختار سیمولاتورهای ریلی

اجزای اصلی یک سیمولاتور ریلی عبارتند از :
۱-کابین ۲-سیستم حرکتی ۳- سیستم تصویری ۴- سیستم صوتی ۵- جایگاه مربی ۶- جایگاه فراگیران ۷- نرم افزار

۱- کابین [۴]

کابین سیمولاتور محفظه‌ای است که راهبر یا فراگیر در آن نشسته و با سیمولاتور کار می‌کند. بخش داخلی کابین شامل اکثر تجهیزات کابین راهبری یک قطار یا لکوموتیو است و به عبارتی یک کپی دقیق از آن می‌باشد. نمای خارجی سیمولاتور باید طراحی و رنگ‌آمیزی زیبایی داشته باشد چرا که ظاهر، اولین پارامتری است که بیننده با آن برخورد می‌کند. علاوه بر آن فضای اشغال شده توسط سیمولاتور بایستی بهینه باشد. معمولاً جنس بدنه خارجی سیمولاتور را از فلزات سبک و محکم و یا کامپوزیت انتخاب می‌کنند تا بار وارده به سیستم حرکتی کمتر باشد. کیفیت ساخت باید به‌گونه‌ای باشد که اتصالات، جوش‌ها و همچنین فریم چه از داخل و چه از خارج در معرض دید نباشد. طراحی سیمولاتور به نحوی است که مرکز ثقل کابین و تجهیزاتش منطبق بر مرکز ثقل سیستم حرکتی می‌باشد تا گشتاورها به حداقل رسیده و بار به صورت متقارن روی سیستم حرکتی وارد شود. معمولاً بخش داخلی کابین عیناً مانند کابین واقعی ساخته می‌شود و در مواردی که تجهیزات اصلی وجود ندارد نیاز به مهندسی معکوس و ساخت مجدد می‌باشد.

نمای خارجی یک سیمولاتور سطح ۳

نمونه کابین TGV (داخل کابین)

در کابین سیمولاتور، برخی تجهیزات در مقابل راهبر قرار ندارند و برخی تنظیمات مانند تنظیم و تست ترمز و درب‌ها که در خارج کابین و یا قطار انجام می‌شوند بر روی مانیتور پشت کابین سیمولاتور به صورت صفحه لمسی شبیه‌سازی می‌شوند.
کابین سیمولاتور باید مجهز به تهویه مطبوع باشد که معمولاً برای آن سه حالت مختلف وجود دارد :
۱- سیستم تهویه مطبوع جدا از سیمولاتور و اتصال آن به کابین سیمولاتور از طریق یک لوله انعطاف‌پذیر
۲- سیستم تهویه مطبوع سوار بر سیمولاتور (سوار بر سیستم تعلیق) که وزن کابین را بالا برده و باید مقاوم به ارتعاش باشد.
۳- کابین سیمولاتور از طریق یک لوله انعطاف‌پذیر، متصل به سیستم تهویه مطبوع ساختمان باشد. اشکال این سیستم این است که اگر تهویه مطبوع ساختمان خراب شود کابین سیمولاتور نیز دیگر تهویه مطبوع نخواهد داشت.

۲- سیستم حرکتی [۵،۶]

سیستم حرکتی برای شبیه سازی حرکات، ترمزگیری، افزایش شتاب، کاهش شتاب و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای شبیه‌سازی دینامیکی یک وسیله نقلیه ریلی، نیاز است حرکات و دینامیک آنرا بشناسیم. به عنوان مثال، ضریب راحتی، تأثیر

اموجاج خط، شیب و فراز، شتاب‌های مثبت و منفی حول محورها، شتابهای اولیه و افزایش سرعت، شتابهای ترمزی، نیروها و شتاب جانب مرکز و ...

تهویه مطبوع کابین از طریق لوله های انعطاف‌پذیر

سیستم حرکتی

YAW در وسایل نقلیه ریلی مقادیر بسیار پائینی دارد لذا در سیمولاتورهای ریلی منظور نمی‌شود اما این بدان معنا نیست که در سیستم‌های شش درجه آزادی یک درجه حذف شود بلکه فقط حول محور Z چرخش نداریم. ولی چرخش حول محور y درتصویر شبیه‌سازی می‌شود. از طرف دیگر حرکت در جهت Y را نیز دارا هستیم و این امر احساس واقعی را به راننده القاء می‌کند.

اجزای سیستم حرکتی[۴] عبارتند از: ۱- سازه فلزی۲- محرک ۳- موتورها ۴- کامپیوتر سیستم حرکتی

۱-۲- سازه فلزی: معمولا از دو جزء مثلثی یا پنج ضلعی تشکیل شده است که بین آنها محرک‌ها و موتورها قرار می‌گیرند. گاهی در بعضی از سیمولاتورها سیستم حرکتی دارای سازه فلزی نبوده و مستقیما به کابین سیمولاتور وصل می‌شود.

۲-۲- محرک: سه نوع سیستم حرکتی وجود دارد: هیدورلیکی، با مکانیزم میل لنگ، با مکانیزم Ball Screw

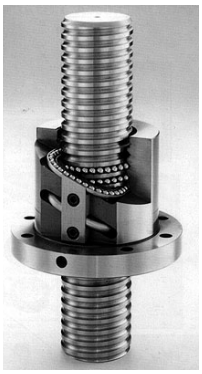
- **محرک نوع هیدرولیکی**: کاربری این سیستم در شبیه‌سازی حرکات با طول کورس بلند (از یک متر به بالا) است. این سیستم، ارتعاشات را به خوبی شبیه‌سازی نمی‌کند و زمان پاسخ آن نسبت به دیگر سیستم‌ها کندتر است. کاربرد آن بیشتر در سیمولاتورهای هواپیمایی می‌باشد.
- **سیستم حرکتی با مکانیزم میل لنگ**: سیستم حرکتی با مکانیزم لنگ به دلیل خارج از مرکز بودن بازوهای حرکتی تا محور چرخش، گشتاور زیادی را بر موتور اعمال می‌کند و این گشتاور مستقیماً به محور موتور وارد می‌گردد لذا بر این اساس اینگونه مکانیزم سیستم حرکتی تحمل بار کمتری را دارد و معمولاً برای سیمولاتورهای سبک و کوچک استفاده می‌شود. از سوی دیگر سیستم حرکت با مکانیزم لنگ، قابلیت شبیه‌سازی ارتعاشات با دامنه کوتاه و پاسخ زمانی پایین را داراست، اینگونه مکانیزم بیشتر در مورد سیمولاتورهایی بکار می‌رود که بایستی تکانها و ارتعاشات زیاد و با طول کورس حرکتی کمتری را شبیه‌سازی نمایند. چنانچه در نظر باشد چنین مکانیزمی با طول کورس و بار بیشتر عمل نماید، از جعبه‌دنده واسط مابین محور موتور و بازوهای سیستم حرکتی استفاده می‌شود، طبیعتاً هرچه نسبت انتقال دور جعبه‌دنده بیشتر شود پاسخ زمانی سیستم بیشتر خواهد بود.
- **سیستم حرکتی با مکانیزم Ball Screw**: با وجود این سیستم موتورها گشتاور را بهتر تحمل می‌کنند، خصوصاً اگر بعد از موتور گیربکس واقع شود. از این سیستم تا طول کورس ۲ متر نیز استفاده می‌شود. ارتعاشات نیز در این سیستم به خوبی شبیه‌سازی می‌شود.

---

[۴] **motion system**

سیستم حرکتی با محرک هیدرولیکی

سیستم حرکتی با مکانیزم میل لنگ



سیستم حرکتی با مکانیزم Ball Screw

۳-۲- موتورها: در موتورهای DC به دلیل کم بودن گشتاور در دورهای پائین، گیربکس مورد نیاز است. خرابی آن نسبت به موتورهای AC بیشتر بوده و ذغالها و روتور از عمده خرابی آنها می‌باشد. کنترل دور موتورهای DC با تغییر ولتاژ انجام می‌شود و بسیار آسان و کم هزینه است. پاسخ زمانی آنها نسبت به AC سریع‌تر است البته این پاسخ زمانی با توجه به سیستمهای کنترل جدید و وجود گیربکس نسبتا نزدیک به یکدیگر خواهد بود. مثلاً طبق محاسبات حدودی با دو سیستم تقریباً مشابه، این اختلاف برای توان ۲/۵ کیلو- وات و ۴ دور بر ثانیه، حدود ۸۰ میلی ثانیه می‌باشد.
موتورهای AC نسبت به موتورهای DC دقیق‌تر و ارزانتر بوده و خرابی و هزینه تعمیر و نگهداری کمتری دارند. در دورهای پائین گشتاور نامی خود را دارهستند و کنترل دور موتورهای آنها با تغییر فرکانس انجام می‌شود و نسبت به نوع DC سخت‌تر و گرانتر هستند.
مکانیزم Servo Motor مانند موتورهای معمولی بوده و همانند آنها دو نوع AC و DC دارند اما از دقت بالاتری برخوردارند.

۴-۲- کامپیوتر سیستم حرکتی: معمولا سیستم‌های حرکتی جدید با نرم افزار مربوطه ارائه می‌شود. کامپیوتر سیستم حرکتی با کامپیوتر مرکزی سیمولاتور در ارتباط بوده و با توجه به مسیر و سناریوی جاری در سیمولاتور، فرامین حرکتی به محرک ها و موتورها ارسال می‌شود.

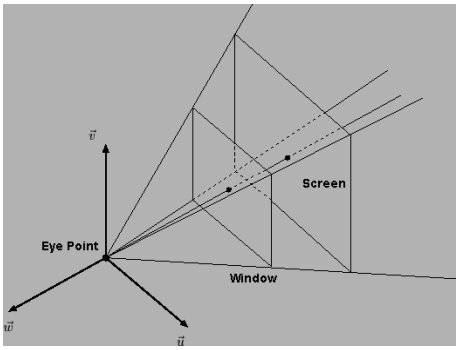
۳- سیستم نمایش تصویر[۵] [۷]

هدف از استفاده سیستم تصویری در سیمولاتور، ایجاد شرایطی است که افراد در سیمولاتور خود را در شرایط کاملاً طبیعی و واقعی احساس نمایند. اجزاء اصلی سیستم نمایش تصویر شامل ویدیو پروژکتور، پرده یا مانیتور LCD، کامپیوتر و نرم افزار تولید تصاویر و سوئیچ های توزیع تصاویر می‌باشد.

۱-۳- ویدئو پروژکتور: وظیفه پروژکتور، نمایش تصویر ساخته شده بر روی پرده نمایش است. پروژکتورهای جدید با مکانیزم LCD عمل می‌کنند بدینگونه که با عبور پرتو نور از صفحه LCD که تصویر بر روی آن نقش بسته است و سپس هدایت آن توسط لنز، تصویر بر روی پرده نمایش ایجاد می‌شود. در این مکانیزم کریستالهای سه رنگ اصلی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. در سیستم‌های قدیمی تصویر توسط سه کانال مجزای رنگی پخش می‌گردید ولی در سیستم های جدید توسط یک کانال پخش می‌شود.

[۵] **Display System**

آخرین تکنولوژی موجود در این زمینه، تکنولوژی **D-ILA** [۶] است که بیشترین وضوح و شفافیت تصویر را با ابعاد کوچکتر دستگاه به همراه دارد. مکانیزم مذکور کریستال مایع است که تصویر در سه رنگ اصلی و در سه لایه مختلف بر روی یکدیگر تشکیل شده سپس با فیلتر پلاریز تفکیک شده و سه طیف با یک کانال توسط لنز به سمت پرده پرتاب می‌شود. وقتی پروژکتور تحت زاویه نسبت به پرده قرار می‌گیرد تصحیح تصویر بر روی پرده به راحتی انجام می‌شود، در این حالت تصویر ذوزنقه‌ای شکل به مستطیل تبدیل می‌شود بطوریکه حتی در پرده‌های منحنی که لبه‌های تصویر مات می‌شود نیز هیچ ناحیه‌ای از تصویر مات نمی‌گردد. یکی از مسائلی که باید در نظر گرفته شود ناحیه و خط دید است. ناحیه دید[۷] با توجه به ابعاد کابین و موقعیت ناظر محاسبه و طراحی می‌شود.

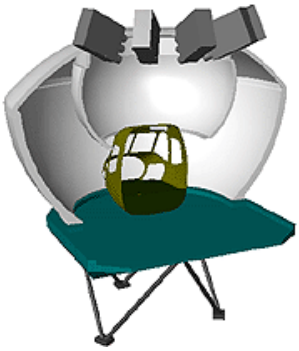


ناحیه دید

دو نوع ویدئو پروژکتور وجود دارد: ویدئو پروژکتور تک کاناله و ویدئو پروژکتور چند کاناله

ویدئو پرژکتور تک کاناله: شامل یک پروژکتور و یک پرده می‌باشد.

ویدئو پرژکتور چند کاناله: اغلب پرژکتورهای ریلی تک کاناله است اما برای نمایش تصاویری که در رنج زوایـای FOV قـرار نمی‌گیرد از دو یا چند پروژکتور استفاده می‌شود. تنظیمات تصاویر و منطبق کردن مرز بین آنها کاری بسیار تخصصی است.



پروژکتور چند کاناله

پروژکتور تک کاناله

۲-۳- پرده نمایش

معمولاً از لحاظ شکل، پرده نمایش به سه دسته تقسیم بندی می‌شود:

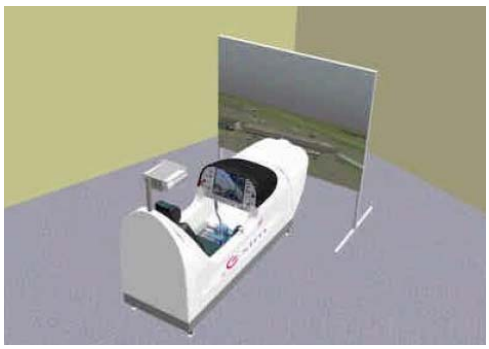
- صفحه نمایش تخت تکی: نمای مقابل راهبر با یک پرده تخت منطبق بر زوایای دید آن پوشش داده شده است. اغلب سیمولاتورهای ریلی بجزء تراموا‌ها با یک پرده تخت و تک پروژکتور می‌باشند.

[۶] **Direct Drive Image Light Amplifier**

[۷] **Field of view (FOV)**

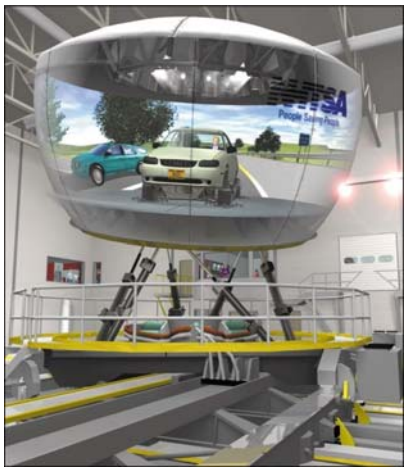
- صفحه نمایش تخت چندتایی: در مواقعی که لازم است کلیه زوایای دید پوشش داده شود از پرده‌های عریض یا چند پرده تخت استفاده می شود.
- صفحه نمایش پانوراما: دو نوع است؛ پرده منحنی استوانه ای و کره‌ای

- پرده منحنی استوانه ای: پرده، قطاعی از یک استوانه است. با بکارگیری پرده منحنی تصاویر از دیدگاه ناظر واقعی‌تر به نظر می‌رسد. شکل زیر نمونه‌ای از سیمولاتور جاده‌ای با پرده منحنی استوانه‌ای را نمایش می‌دهد.
- پرده منحنی کروی: پرده قطاعی از یک کره است. در این نوع پرده‌ها، سه بعد و کلیه زوایای دید پوشش داده می‌شود. این نوع پرده‌ها بیشتر در صنعت هواپیمایی کاربرد دارد ولی چناچه در سیمولاتورهای ریلی استفاده شود حالتی بسیار طبیعی را بوجود می‌آورد.



صفحه نمایش تخت تکی

پرده منحنی استوانه ای



پرده منحنی کروی

۴- سیستم های صوتی [۲،۷،۸]

سیستم صوتی برای پخش صداهای شبیه سازی شده و ایجاد شرایط واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجزای اصلی سیستم صوتی سیمولاتور متشکل از بلندگوها، امپلی فایر، اکولایزر و کامپیوتر و نرم افزار مربوطه است. صدا در پایگاه داده‌ها به عنوان یک شیء شناخته می‌شود که در پردازش تصویر قابل رؤیت نمی‌باشد. این شیء صدایی از خود تولید می‌کند که تا فاصله شعاعی از شیء میرا می‌شود. با توجه به موقعیت قرارگیری ناظر تا مرکز صدا و پردازش این وضعیت توسط نرم‌افزار و سخت افزار، صدا به صورت تفکیک شده با شدت معینی از طریق باندها پخش می‌شود. تعداد اصواتی که در هر لحظه پخش می‌شود بستگی به کیفیت و قابلیت Interface یا کارت صوتی دارد. دسته بندی اصوات به صورت زیر می‌باشد:

اصوات استاتیک: اصواتی مانند صدای باد در یک محدوده، صدای هم‌همه مردم در مناطق پرجمعیت و کم جمعیت شهری، صدا در ایستگاه‌ها، صدا در مناطق جنگلی و بیابانی، صدا در مناطق صنعتی، صدای حیوانات، صدای برخی مکان‌های خاص برای کشور ما مانند صدای اذان مسجد و ... جزو اصوات استاتیک است.
اصوات دینامیک: اصواتی مانند صدای خودروها، کامیون‌ها و قطارهای دیگر، نهر و رودخانه، صدای باد محیط و ... جزو اصوات دینامیک است.
اصوات آنی: اصواتی مانند صدای روشن کردن، بارگذاری و شتاب موتور، صدای ژنراتور، صدای ترمز گرفتن، شیر ترمز ، صدای نویزهای چرخ روی ریل، صداهای سیستم انتقال قدرت و سیستم تعلیق، صدای باد جلوی پنجره، اصوات ارتعاش وسیله نقلیه، اصوات ناشی ازخرابی موتور، ژنراتور و سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی خصوصاً، صدای گذر از انواع پل‌ها و گذرگاه‌ها ، بوق و ... جزء اصوات آنی است.
لازم به ذکر است که بروز یک صدا علاوه بر تصویر با حرکت نیز همراه است که بوسیله سیستم حرکتی شبیه‌سازی می‌شود. مانند ضربه ناشی از کوپل شدن، خرابی‌های سیستم تعلیق و ...

۴-۱- بلندگو

معمولاً بلندگوها در داخل کابین مخفی بوده و در معرض دید نمی‌باشند. بلندگوها به صورت دیجیتال و آنالوگ می‌باشند اما بلندگوهای دیجیتال عمومیت ندارد. بلندگوها با توجه به رنج فرکانسی صداهایی که پخش می‌کنند به سه دسته تقسیم می‌شوند. رنج فرکانسی هر نوع بلندگو محدود می‌باشد، اگرچه بلندگوهایی ساخته شده است که فرکانس‌های بیشتری را پوشش می‌دهد. در سیمولاتور، ترکیب بلندگوی میان دامنه، بلندگوی بلند دامنه[۸]، بلندگوی باصدای بم [۹]و نصب آنها در یک جعبه، مجموعه‌ای به نام بلندگو را می‌سازد که قابلیت پخش کلیه رنج‌های فرکانسی صوت را که با گوش انسان قابل شنود است دارا می‌باشد. چیدمان و موقعیت قرارگیری بلندگوها و در کانون قرار گرفتن فرد شنونده تأثیر زیادی در القاء حس واقعی دارد. بنا به پیشنهاد شرکت‌های سازنده و استاندارد موجود، زوایائی تعریف شده است ولی درعین حال، تجهیزاتی نیز وجود دارد که علاوه بر موقعیت و زاویه بلندگوها، شدت صدای هر یک را نیز کنترل و تنظیم می‌نمایند و این امر باعث می‌شود که صدای شنیده‌شده واقعی‌تر به نظر آید.

۴-۲- آمپلی‌فایر و اکولایزر [۱۰]

وظیفه آمپلی فایر تقویت توان خروجی صدا است و وظیفه اکولایزر فیلتر کردن فرکانس‌های مختلف صوتی است که به صورت نرم‌افزاری نیز کنترل می‌شود. جهت چک کردن سیستم صوتی از لحاظ کیفیت، بدون ورودی صدا را تا آخرین درجه بالا می‌بریم. در این صورت صدای نویز معیاری برای سنجش کیفیت سیستم صوتی خواهد بود. لازم به ذکر است در سیستم‌های حرفه‌ای صدای نویز شنیده نمی‌شود.

۵- جایگاه مربی [۹]

مربی مهمترین و اصلی‌ترین شخصی است که در ارتباط با سیمولاتور کار می‌کند. او وظیفه راه اندازی و خاموش کردن سیستم، ایجاد و بارگزاری سناریوها و خطاها، صدور فرامین، شبیه سازی مکالمات، ارزیابی کارآموزان و ... را بر عهده دارد.
جایگاه مربی مکانی است که مربی در آن می‌نشیند و با ابزارهایی که در اختیار دارد دانش آموزان و کارآموزان را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. معمولا جایگاه مربی دارای ۴ یا ۵ مانیتور است که مربی از طریق آن صفحه CGI، میز راهبر، آینه‌ها، تصاویر

---

[۸] **Tweeter**
[۹] **Woofer**
[۱۰] **Amplifier & Equalizer**

دوربین CCTV داخل کابین و کامپیوتر interface [11] را مشاهده می‌کند. سیستم مخابره داخلی، کلید اضطراری قطع انرژی، پرینتر و ... از دیگر اجزاء جایگاه مربی به حساب می‌آیند.

جایگاه مربی

۶- جایگاه فراگیران [12] [۹]

جایگاه فراگیران مکانی است که دارای چند صندلی و چند مانیتور است که دیگر فراگیران در آن نشسته و فعالیت شخصی که در کابین سیمولاتور است را مشاهده می‌کنند. معمولاً این جایگاه دارای مانیتورهای مربوط به CGI ، دوربین CCTV داخل کابین و تجهیزات میز راهبر است.

سایر اجزای سیمولاتور:

سیستم رادیویی

سیستم بی‌سیم داخل کابین باید مشابه همان چیزی باشد که در واقعیت وجود دارد. آموزش استفاده از بی‌سیم و ارتباطات با این وسیله انجام می‌شود. در سیمولاتور این سیستم به شکل بی‌سیم عمل نمی‌کند و عملاً به صورت سیستم ارتباط داخلی است و کاربری آن به ظاهر مشابه بی‌سیم است. با استفاده از یک فیلتر، صداهای پخش شده از بلندگوی آن، شبیه به بی‌سیم به نظر می‌رسد. بسته به نوع کاربرد این سیستم می‌تواند به صورت مکالمه دو طرفه یا یک طرفه شبیه‌سازی شود.
ارتباط با کاربر از طریق این سیستم به دو صورت انجام می‌شود؛ یکی بوسیله کنترل از طریق مربی و نرم‌افزار آموزشی و سناریوی از پیش تعیین شده و دیگری از طریق ارتباط مستقیم با کمک مربی.
طی آموزش با این وسیله فراگیر می‌تواند کار با بی‌سیم را تجربه کرده و فعایت های زیر را انجام دهد:
۱-کار با سیستم بی‌سیم ۲- انتخاب کانال‌های رادیوئی ۳- تماس با مرکز کنترل
۴- تماس با سیستمهای ناوبری اطراف ۵- تماس‌های اضطراری

سیستم مخابره داخلی [13]

جهت ارتباط و گفتگوی مربی و فراگیری که در کابین سیمولاتور مشغول آموزش است، استفاده می‌شود تا مربی حین آموزش، راهنمایی‌های لازم را به فراگیر منتقل کند. عملاً در کابین سیمولاتور، میکروفون و بلندگوی این سیستم مخفی بوده و در

---

[11] **کامپیوتری است که مربی از طریق آن سناریوها را جهت شبیه سازی ایجاد و بارگزاری می‌نماید و دارای ماوس و کیبورد می‌باشد.**

[12] **Trainee station**

[13] **Intercom System**

معرض دید نمی‌باشد ارتباط بین مسافران و راهبر از طریق این سیستم قابل شبیه سازی است اما معمولا مکالمات شبیه‌سازی نمی‌شود و این وظیفه مربی است که در نقش مسافر با راهبر صحبت کند و این ارتباط را شبیه سازی نماید.

سیستم مخابره داخلی

دستگاه UPS : برای جلوگیری از آسیب تجهیزات سیمولاتور در هنگام قطعی برق، برای سیمولاتور یک دستگاه UPS در نظر گرفته می شود تا بعد از قطعی برق، مربی زمان کافی برای خروج از نرم افزار سیمولاتور و خاموش کردن سیستم ها را داشته باشد. دستگاه UPS معمولا برق لازم برای سیستم حرکتی را تأمین نمی‌نماید.

ابزار سازنده خط (TBT): برخی سازندگان، به همراه سیمولاتور ابزاری نیز برای ساخت خطوط جدید ارائه می‌نمایند. این ابزار، آیتم‌های مختلفی در بخش مراجع دارد که مربی را قادر می‌سازد به کمک آنها خطوط جدیدی ایجاد نموده و این خطوط را جهت اهداف آموزشی ذخیره نماید.

مزایای استفاده از سیمولاتور جهت آموزش رانندگان قطار [۱]

هدف از آموزش رانندگان قطار بوسیله سیمولاتور، بهره‌گیری از عملکرد صحیح آنان و یا برگزاری آزمونهای دوره‌ای و پایش عملکرد رانندگان و در نهایت رسیدن به شرایطی است که رانندگان بطور مؤثر و صحیح بتوانند قطار را در شرایط مختلف، تحت کنترل داشته و هدایت نمایند. طی گذراندن این دوره‌ها، ضمن کسب تجربه و مهارت‌های لازم و افزایش توانایی و قابلیت رانندگان قطار، می‌توان به نحو چشمگیری عوامل مؤثر در نامطلوبی شرایط بهره‌برداری و کیفیت سیر را نیز کاهش داد، تا حدی که امنیت سیر افزایش یافته و شاهد کاهش عوامل تأثیرگذار در حجم ترافیک باشیم.

به طور کلی می توان گفت مزایای بکارگیری سیمولاتورهای آموزشی عبارتند از:

- کاهش چشمگیر زمان آموزش: فرآیند آموزش یک راهبر قطار برای سرعتهای حداکثر ۱۲۰ کیلومتر به شرط آشنا بودن به سیستمهای ریلی حداقل ۲ سال بطول می‌انجامد در حالیکه با بهره‌گیری از چنین سیمولاتورهایی این زمان به کمتر از یکسال کاهش می یابد.
- افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های آموزشی
- ایجاد شرایط مختلف آموزشی و ارتقای سطح کیفی آموزش
- قابلیت انتخاب شرایط مختلف اقلیمی: شرایط مختلف آب و هوایی توسط سیمولاتور قابل اعمال بوده بطوریکه تأثیر آن نیز بر کنترل و حرکت قطار قابل احساس می‌باشد. این شرایط در محیط نرم‌افزاری سیمولاتور قابل انتخاب است، از جمله این موارد عبارتند از: درجه حرارت محیط (سرما و گرما)، فشار اتمسفر، شدت نور محیط(ساعات مختلف روز)، فصول مختلف، آسمان صاف و ابری با قابلیت تغییر حجم و نوع ابرها، بارش برف و باران با قابلیت تنظیم شدت بارش، رطوبت، شرایط مه گرفتگی با قابلیت تغییر میزان حجم مه، باد و شرایط طوفانی، رانندگی در شهر، دشت، کوهستان، بیابان، جنگل و...

هر یک از این عوامل تأثیر خود را بر نحوه راهبری و دینامیک قطار دارد. به عنوان مثال در شرایط طوفان شن، ضریب چسبندگی چرخ و ریل افزایش پیدا کرده و در شرایط برفی و یخزدگی کاهش می‌یابد.

- ایجاد شرایط سخت آموزشی که در شرایط واقعی امکان ایجاد آن وجود ندارد نظیر تصادفات و سوانح
- آموزش کنترل مصرف سوخت از طریق حرکت براساس پروفیل سرعت و بهره‌گیری از سرعت بهینه
- آموزش مسیر: این امکان وجود دارد که راهبر در مسیرهای مختلف که دارای عواملی چون شیب و فراز، قوس، پل، تونل، ترانشه، سوزن، ایستگاه و... است، با رعایت کلیه قوانین سیر و حرکت و ایمنی، مطابق با گراف حرکت نماید. مسیرها در شبیه‌سازی ممکن است مبتنی بر مختصات جغرافیایی واقعی و یا فرضی طراحی شود.
- امکان شبیه سازی مشکلات از جمله:
  - موانع محیطی (وجود موانع و الوار بر روی ریل، مواجهه با المانهای متحرک مانند انسان، حیوان و خودرو)
  - مشکلات و خرابی قطار (با بروز برخی خرابی‌ها طبق قوانین سیر و حرکت قطار باید متوقف شود، اما این تمرینات به منظور افزایش تبحر رانندگان انجام می‌شود تا با وجود خرابی نیز بتوانند به راه خود ادامه دهند. مانند: رانندگی با گرمی سرمحور، رانندگی با بریدگی و تیزی چرخ، رساندن قطار با سوخت کم به مقصد، خرابی و عمل نکردن سیستم ترمز، کمبود فشار هوای مخزن، خرابی موتور و بد کار کردن موتور، ایرادات سیستم سوخت رسانی، جوش آوردن و بالا رفتن فشار روغن، خرابی بوژی و سیستم تعلیق، خروج از خط، بریدگی قلاب و واژگونی بخشی از قطار، آتش‌سوزی در طول قطار، خرابی دربها و بسته نشدن آنها و ...)
  - مشکلات و خرابی خط (کج شدن خط در اثر گرما، آب گرفتگی خط، وجود موانع بر روی خط مانند ریزش کوه، شکستگی ریل و تراورس، بروز تکان‌های غیر عادی و شدید که نتیجه خرابی خط است و گزارش کردن آنها)
  - مشکلات و خرابی علائم و سیگنالینگ (رعایت نمودن موارد ایمنی و کنترل سرعت در مسیرها و ایستگاه‌ها، توقف در شرایط شیب و فراز و رعایت نمودن قوانین، رعایت نمودن دگاژ، تلاقی با وسایل نقلیه ریلی)
  - چسبندگی چرخ و ریل

نحوه آموزش توسط سیمولاتور [۱]

در بدو شروع، آموزش شامل آشنایی با محیط داخل کابین، فرامین، سوئیچها و ابزارهای کنترل و اندازه‌گیری و در مرحله بعد فرآیند بکارانداختن قطار، مقدمات راهبری، حرکت و توقف می‌باشد. به طور کلی از سیمولاتورهای ریلی به سه منظور برای آموزش رانندگان استفاده می شود:

- آموزش مقدماتی اپراتوری رانندگان برای فراگیران بدون تجربه شامل آمادگی و آشنایی با فرآیندهای اقدام به حرکت/ حرکت/ متوقف کردن وسیله نقلیه و مهارتهای ناوبری در شرایط عادی
- آموزش پیشرفته اپراتوری رانندگان برای فراگیران با تجربه جهت افزایش مهارت شامل کنترل، متوقف کردن قطار و رفع نقص در شرایط غیرعادی و هنگام بروز خرابی‌های فعال. این آموزشها به گونه‌ای است که اکثر وقایع غیرمترقبه، خرابی‌ها، شرایط استثنائی و اضطراری در آن پیش‌بینی و شبیه‌سازی شده است و برخی از آنها به صورت همزمان توسط آموزگار قابل اعمال و یا حذف است
- سنجش مهارتهای رانندگان در شرایط عادی و اضطراری

براساس عملکرد وسیله نقلیه ریلی و سرفصلهای آموزشی این امکان وجود دارد که کنش‌ها و واکنش‌های نامطلوب کنترلی و خطرناک شبیه‌سازی شود و طی یک دوره آموزشی توسط سیمولاتور، فراگیر بتواند در وضعیتهای معمولی و اضطراری و بروز اشکال آموزش ببیند. همچنین سیمولاتور قابلیت ارزیابی و ثبت توان فراگیر و زمان واکنش وی در مواجهه با سانحه یا اشکال را در شرایطی کاملاً ایمن و شبیه‌سازی شده دارد. آموزش برای مواجهه با اشکالات پیش‌بینی نشده باعث ایجاد مهارت در

فراگیر می‌شود بدون‌اینکه بروز اشتباهات از سوی او خطر و هزینه‌ای را شامل شود در حالیکه در شرایط واقعی ممکن است خسارات جبران ناپذیری بوجود آید، بدین لحاظ از سیمولاتور آموزشی می‌توان به عنوان یک ابزار ایمن و اثربخش نام برد.

نتیجه‌گیری

کشورهای پیشرفته دنیا سالهاست که در سیستم‌های حمل و نقلی خود اعم از هوایی، ریلی، دریایی و جاده‌ای از سیمولاتور به منظور افزایش ایمنی و کاهش هزینه‌ها استفاده می‌نمایند. با توجه به رشد سریع صنعت ریلی در کشور، استفاده از سیمولاتورهای راهبری جهت افزایش آمادگی راهبران قطارها و همچنین تربیت نیروهای جدید بسیار ضروری است چرا که رویارویی با سوانح و مشکلات در حالت واقعی علاوه بر اینکه بسیار خطرناک بوده ممکن است هزینه‌های سنگینی را به سازمان‌ها وارد نماید و عملا غیر ممکن می‌باشد. بنابراین کارامد کردن سیستم حمل و نقل از طریق بهبود تکنولوژی امری ضروری است، هرچند که خریداری و راه اندازی سیستم های شبیه ساز ریلی، هزینه بر است اما استفاده از این سیستم ضمن بالابردن ضریب ایمنی و کاهش هزینه های آموزشی، در نهایت افزایش بهره‌وری را به دنبال خواهد داشت. بنابراین سرمایه‌گذاری در این بخش می‌تواند زمینه ساز تحولات گسترده ای در صنعت ریلی شود که توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور یکی از بدیهی ترین پیامدهای آن است. در حال حاضر، در شرکت قطارهای مسافری رجاء یک دستگاه سیمولاتور ریلی کامل برای قطارهای ترن‌ست در حال بهره‌برداری است که ساخت شرکت KMW آلمان است. متروی تهران نیز سیمولاتوری خریداری کرده که در مرحله ساخت می‌باشد. اکثر قراردادهای تأمین ناوگان قطار شهری‌های کشور نیز شامل تأمین سیمولاتور راهبری می‌باشند که این موضوع بیانگر این‌است که مدیران و مسئولین ریلی کشور پی به اهمیت این وسیله کاربردی مهم برده‌اند. امید است با ادامه روند جاری و بهبود آن، شاهد شکوفایی هر چه بیشتر صنعت ریلی در کشورمان باشیم.

مراجع

۱- رضا عصاری و شهریار ضرابی، **نقش سیمولاتور در آموزش رانندگان ریلی**، گاهنامه فنی و تخصصی پیام رجاء

۲- *Design of a driving simulation sound engine*, David A.Heitbrink and Steve Cable, the University of Iowa, Sept ۲۰۰۷

۳- *How driving simulator data quality can be improved*, Paul Green, University of Michigan transportation research institute (UMTRI), Human factor division, Nov ۲۰۰۵

٤- www.cae.com

٥-www.Moog.com

٦-www.Boschrexroth.com

۷-www.humanfirst.umn.edu

۸-www.Umich.edu

۹-www.landersimulation.com

۱۰- www.sydac.com

۱۱- www.simulation-training.com

۱۲- www.landersimulation.com