راه سوم

فصل نامه علمی دانشجویی دانشگاه علم و صنعت
انجمن علمی دانشکده مهندسی راه آهن
سال بیستم | شماره سی و یکم | پاییز ۱۳۹۶

صاحب امتیاز

انجمن علمی دانشکده مهندسی راه آهن

مدیر مسئول

دکتر سید سعید فاضل

Fazel@iust.ac.ir

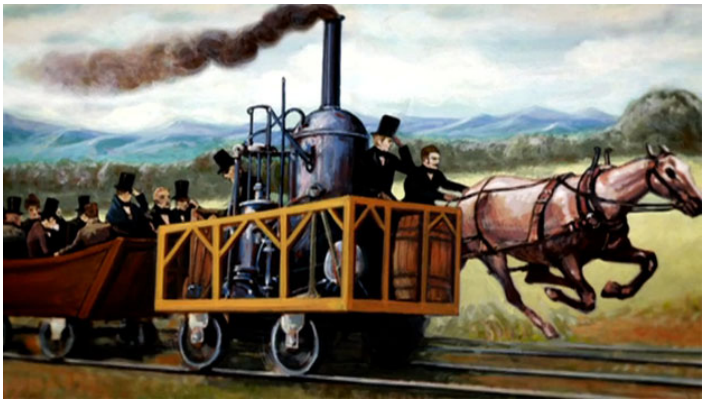
سردبیر

مهسا الهی

m.elahii@yahoo.com

اشتراک نشریه راه سوم

https://goo.gl/ZCJKYH



اعضای هیئت تحریریه

ترویجی:

دبیر بخش ترویجی: محمدعلی کرمی

دنا زره پوش
شقایق نامداری

صنعتی:

دبیر بخش صنعتی: سپهر عسگری

سید محمد طه خردمند
علی مسگری
محمدحسین ایجادی
امیرحسین گل آبادی

پژوهشی:

دبیر بخش پژوهشی: آرمین عبدالمحمدی

کامیار کوثرنشان
مهدی محمدی زاده
ژاله مددی
امیرعلی اسدیان

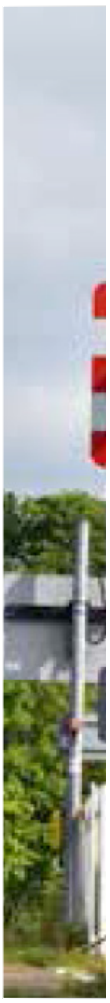
بین المللی:

دبیر بخش بین المللی: سینا آنسته

طراحی و صفحه بندی:

علیرضا سلیمانی خوشرو
@AlirezaSoleimaniKhoshru

فهرست



ترویجی ۸

۹ معرفی نرم افزار مدیریت تعمیر و نگهداری سوزن
۱۰ ریل معلق
۱۲ آیا می دانید؟
۱۵ روزشمار ریلی
۱۸ معرفی دانشگاه پتروفسکی روسیه
۲۰ ریل سوم
۲۴ گیج در راه آهن
۲۶ معرفی کتاب
۲۸ تحلیل سانحه قطار مسافری تهران - مراغه
۳۰ معرفی نهاد CIT
۳۲ یاتاقان‌ها
۳۴ تست های غیر مخرب NDT

صنعتی ۳۸

۳۹ تراموا
۵۴ افزایش ظرفیت خط بر پایه‌ی سیستم‌های نوین سیگنالینگ
۶۲ مصاحبه‌ی صنعتی
۶۴ موارد معمول در خرابی یاتاقان

پژوهشی ۷۰

حمل و نقل ریلی
۷۱ پایان نامه: شبیه‌سازی حرکت ماشین‌آلات مکانیزه تعمیرات و نگهداری خطوط شبکه‌ی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران
۷۹ مقاله: ارزیابی کیفیت خدمات مسافری قطارهای حومه‌ای با استفاده از مدل سروکوال (مطالعه موردی محور تهران-پرند)
خط و سازه های ریلی
۸۷ پایان نامه: بررسی تجربیات دنیا درزمینه تقویت پل‌های طاقی سنگی با کامپوزیت و ارائه یک نمونه محاسباتی
۹۱ مقاله: روش تزریق دوغاب با فشار بسیار بالا جهت تثبیت بسترهای خطوط راه‌آهن
ماشین های ریلی
۱۰۰ مقاله: بررسی و مدل‌سازی جریان هوای تهویه داخل قطار مترو در زمان شتاب گیری

بین المللی ۱۰۷<

سخن سردبیر نشریه

اکنون که بیست سال از تاسیس تنها دانشکده مهندسی راه آهن در خاورمیانه می گذرد ما مفتخریم که ۳۱ امین شماره نشریه راه سوم را در پاییز ۹۶ با همت جمعی از دانشجویان فعال و پر انرژی دانشکده که نخستین تجربه ی خود را برای گردآوری و تالیف نشریه داشته اند، به چاپ برسانیم. و این ثمره ی تیم سابق نشریه می باشد که همه ی تلاش خود را برای یاری و ارتقاء سطح این تیم به کار گرفته اند.

با توجه به پیشرفت روز افزون صنعت ریلی در ایران و جهان و به عنوان تنها نشریه علمی دانشجویی که پرافتخارترین نشریه در دانشگاه علم و صنعت ایران می باشد، سعی بر آن بوده است که ضمن ارتقاء سطح علمی نشریه از موضوعات روز دنیا به عنوان یک چالش و نیاز صنعت استفاده کنیم. بنابراین موضوعات انتخاب شده در هر چهار بخش نشریه در این راستا ارائه شده اند.

هر یک از بخش های نشریه توسط دبیر تخصصی آن مورد بررسی قرار گرفته و در ابتدای هر بخش درباره ی هدف و مطالب ارائه شده، توضیحاتی را بیان نموده اند که جا دارد به عنوان سردبیر از دبیران و همکارانشان تشکر و قدردانی فراوان نمایم.

ما تلاش خود را کردیم که به بهترین نحو ممکن نشریه را در اختیار خوانندگان فرهیخته ی آن قرار دهیم و آمادگی خود را برای دریافت هرگونه نظرات، پیشنهادات و حمایت های مادی و معنوی اعلام می داریم.

مهسا الهی

سردبیر نشریه راه سوم

بخش
ترویجی

سخن دبیر بخش ترویجی

به نام پروردگار یکتا

رسالت نشریه راه سوم، طی سال‌ها و دوره‌های متعدد، همواره بر پایه معرفی و عرضه صنعت ریلی برای عموم مخاطبان از گروه‌های مختلف بوده است. چه افراد خارج از صنعت (که مخاطب بخش ترویجی هستند)، چه دانشجویان راه‌آهن و چه افرادی که در این صنعت حضور فعال دارند، در نشریه راه سوم موضوعی جذاب خواهند یافت و این امر برای اعضای این نشریه، مایه افتخار است.

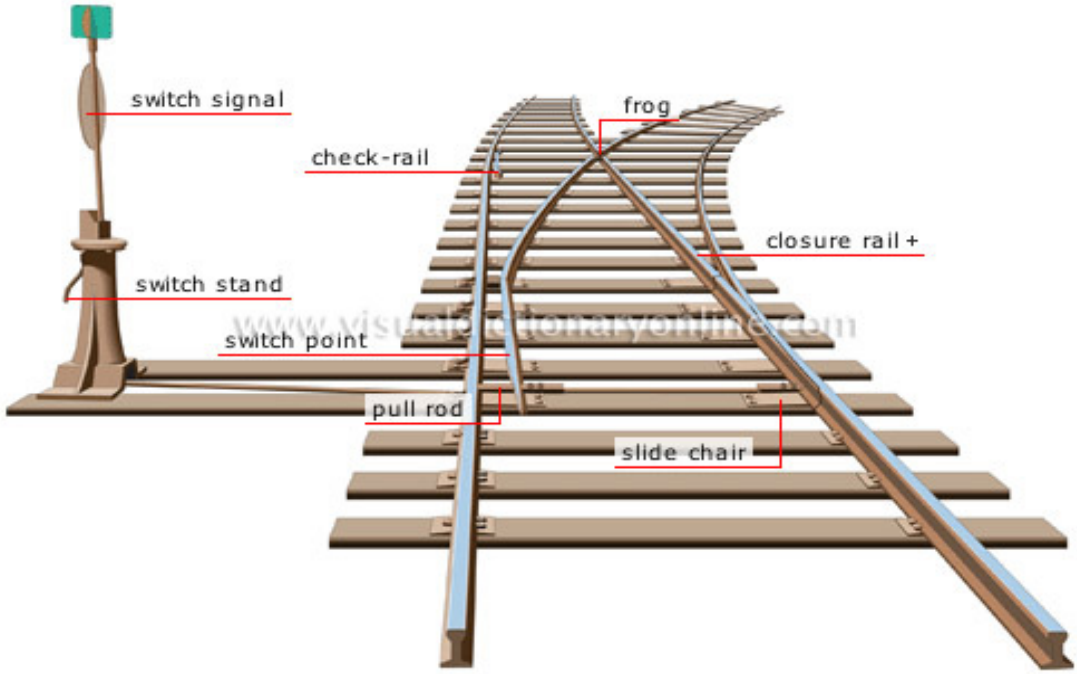
در این شماره از نشریه راه سوم و در بخش ترویجی، تمرکز بر روی مباحث تعمیر و نگهداری و همچنین، آزمایش‌هایی که برای تأیید قطعات نیاز است، گذاشته‌شده است. گفتنی است که بخش‌های معمول پیشین (معرفی دانشگاه، کتاب و...) نیز در این شماره فراموش نشده‌اند و تلاش شده است که بهترین‌ها برای مخاطبان عزیز نشریه جمع‌آوری و معرفی شوند.

امید است که روند رو جلوی کنونی، در شماره‌های آینده نیز تداوم یابد. شماره زمستان امسال از هم‌اکنون میزبان مقالاتی است که کیفیت قابل توجهی دارند و ازنظر تیم تحریریه برای مخاطبان نشریه، کیفیت کافی را دارا هستند. حال باید نظرات شما عزیزان را در این خصوص دانست تا بتوان به بهترین شکل ممکن، برای آینده نشریه برنامه‌ریزی کنیم.

محمدعلی کرمی

معرفی نرم افزار

مدیریت تعمیر و نگهداری سوزن



نرم‌افزار مدیریت تعمیر نگه‌داری سوزن

ازآنجایی‌که سوزن مهم‌ترین بخش راه‌آهن می‌باشد، کنترل تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری از آن مستلزم توجه زیادی است.

چنانچه اصول طراحی سوزن نشان می‌دهد، سوزن‌ها برای توسعه‌ی خط به دو و بعضاً سه انشعاب مورداستفاده قرار می‌گیرند. به همین دلیل سوزن‌های راه‌آهن از اهمیت خاصی برخوردارند. درنتیجه در نگهداری آن‌ها باید دقت بیشتری مبذول داشت تا مانع از به وقوع پیوستن سوانح ناگوار و خروج از خط قطارها گردد.

طبق تعریف سوزن‌ها وسایل یا قطعاتی هستند که توسط آن‌ها جهت حرکت یک وسیله نقلی ریلی بدون برهم زدن مسیر، تغییر می‌یابد؛ که اجزا تشکیل‌دهنده سوزن عبارت‌اند از:

الف) قسمت ورودی یا دستگاه تغییر خط

ب) قسمت میانی سوزن

ج) قسمت انتهایی یا قلب سوزن

در راه‌آهن ایران در حدود ۶۰۰۰ سوزن وجود دارد که انواع مختلف آن‌ها بر اساس نوع ریلی که به آن متصل می‌شوند، تقسیم‌بندی می‌گردد. در حال حاضر روش‌های بازدید و کنترل عملکرد سوزن‌ها در راه‌آهن ایران به دو صورت زیر انجام می‌گیرد:

الف) بازرسی چشمی

ب) گزترش مأمورین خط و بهره‌برداری و لکوموتیو رانان (بر طبق مشاهده رفتار سوزن در حین بهره‌برداری)

در شرایط کنونی معیار مدونی برای تعمیرات سوزن‌ها مورداستفاده قرار نمی‌گیرد؛ بنابراین تدوین برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی عملکرد ماشین‌آلات بهینه نخواهد بود. لذا با مکانیزه کردن فرایند بازدیدها و کنترل دقیق عملکرد سوزن‌ها می‌توان نیاز تعمیراتی سوزن‌ها را به‌موقع شناسایی کرده و برنامه عملیاتی ماشین‌آلات به‌صورت کاراتری تدوین کرد؛ بنابراین جهت اصلاح ساختار بازدیدها و تعمیرات باید استراتژی تعمیر و نگهداری سوزن‌ها اصلاح گردد.

روش‌های مختلف تعمیر و نگهداری به‌طور عمده به سه حوزه زیر تفکیک می‌شوند:

۱) تعمیرات پس از خرابی (Breakdown Maintenance)

۲) تعمیرات پیشگیرانه (Regular Preventive Maintenance)

۳) تعمیرات بر طبق شرایط موجود (Condition Based Maintenance)

با ارائه نرم‌افزار شناسنامه سوزن، سیستم مراقبت وضعیت مستمری جهت اطلاعات برداری و بازدیدهای پیوسته و دوره‌ای ایجاد می‌کند که با وارد نمودن این اطلاعات در سیستم نرم‌افزاری فوق همواره وضعیت سوزن‌ها و کیفیت کار آن‌ها در هرلحظه مشخص و قابل‌بررسی هست. درروش موردنظر شرایط رسیدن به نیاز تعمیراتی (Need Base) مبنای عملیات می‌باشد، به‌گونه‌ای که در حین بهره‌برداری از سوزن و کنترل شرایط کار کردن آن هرگاه نیاز تعمیرات به حد ۹۵٪ رسید، برنامه‌ریزی تعمیراتی بر روی آن صوت گیرد.

در این برنامه اطلاعات و مشخصات کلی سوزن‌های موجود در راه‌آهن ایران ثبت و ذخیره می‌گردد و سپس مشخصه‌های کنترل وضعیت سوزن‌ها به‌طور روزآمد به اطلاعات و مشخصات آن‌ها افزوده می‌شود. علاوه استانداردهای هریک از مشخصه‌های فوق‌الذکر نیز بر طبق دستورالعمل تعمیر و نگهداری سوزن‌ها به‌عنوان مبنای مقایسه‌ی حدود و مرزهای پذیرش جهت تأیید صحت عملکرد سوزن به‌عنوان یک بانک اطلاعاتی ذخیره می‌گردد.

ریل معلق: نوع جدیدی از قطار؟

بیش از ۲۰ سال است که مهندس آمریکایی مکس شلینگر بر روی نوع جدیدی از سیستم راه‌آهن سرعت‌بالا که با فشار هوا حرکت می‌کند، کار می‌کند. مدل ۱:۶ اشل این قطار در حال حاضر در حیاط پشتی خانه شلینگر درحرکت است و حاکی از همگام با طبیعت بودن آن است. آیا این تکنولوژی می‌تواند راه خود را از یک شهر کوچک در کالیفرنیا به قسمت مسافربری جهانی باز کند؟ در منطقه مندونیکو واقع در ایالت کالیفرنیا، کمپانی‌ای دو نفره سعی دارد مدل جدیدی از قطارهای پرسرعت را بسازد که در مقایسه با مکانیزم‌های موجود در بازار پاکیزه‌تر، سبک‌تر، سریع‌تر، امن‌تر و ارزان‌تر است.

کمپانی ریل پروازی توسط مهندس مکس شلینگر، برنده جایزه و بنیان‌گزار ریتک (Retech) تأسیس شده است. شلینگرهمراه پسرش، دکتر اریک شلینگر، وکتور را ساخته‌اند که یک سیستم ریلی پرسرعت است که با فشار هوا درون یک تیوب قدرت در زیر قطار، قطار را به حرکت درمی‌آورد.

این تکنولوژی طراحی شده تا در سرعت‌های بالای ۲۰۰ mph و با شیبی بیش از ۱۰٪، بیش از سه برابر شیبی که یک قطار معمولی می‌تواند بالا برود، حرکت کند.

یک نمونه‌ی اولیه در اشل ۱:۶ از سیستم واقعی که کاملاً کار می‌کند، امروزه می‌توان دید که با سرعت ۳۰ mph در مسیر بسته‌ای به‌طور ۶۳۸m در باغ پشتی خانه شلینگر می‌چرخد.

منشأ و چشم‌انداز وکتور

ایده‌ی مکس شلینگر از جایی بسیار عجیب منشأ گرفته: که در ساخت تجهیزات متالورژی خلأ تخصص دارد.

شلینگر می‌گوید: «من متوجه شدم که چطور مقدار کمی اختلاف فشار می‌تواند نیروهای قدرتمندی تولید کند.»

«با تشخیص دادن نیرویی که می‌تواند بسیار تولید شود، سؤالی که پیش می‌آید:»آیا این نیرو می‌تواند نیروی مورد نیاز برای حمل‌ونقل را ایجاد کند؟»»

سیستمی که شلینگر در جواب سؤالات بالا به وجود آورد، وکتور به‌عنوان ترکیبی از عبارت «بردار » در ریاضیات، به معنی جهت و بزرگی و Torr که اندازه‌گیری متریک فشار است. وکتور تاکنون پنج اختراع ثبت شده در ایالات متحده را به‌دست آورده که مکانیزم تولید قدرت و دیگر جنبه‌های آن تکنولوژی را

پوشش می‌دهد.
این اصل شامل یک قطار است که درون خلأ و فشار هوا از طریق یک پیستون آزاد در حال حرکت که درون یک لوله قدرت مهروموم شده است، حرکت می‌کند.
این پیستون به‌وسیله‌ی آهن‌ربایی قوی و دائمی، به‌صورت مغناطیسی به اتومبیل‌های سواری سوار بر مسیر متصل شده‌است که می‌تواند تا ده واگن را به هرجایی با تعداد ۲۴۰ تا ۸۰۰ مسافر پشتیبانی کند.
«این سیستم به‌گونه‌ای در نظر گرفته‌شده که در کنار راهروهای حمل‌ونقل موجود قرار گیرد.»
این ایده ممکن است تا حدودی آشنا به نظر برسد، اما سازندگان هشدار می‌دهند که این سیستم را نباید با فنّاوری مگلو که بسیار رایج است و «واگن‌ها» را شناور می‌کند اشتباه گرفته شود این در حالی است که وکتور از نیروهای کشش مغناطیسی استفاده می‌کند.
یکی از مزایای کلیدی وکتور این است که می‌تواند تا شیب ۱۰٪، حتی در صورت وجود یخ و برف - به‌مراتب شدیدتر، بیشتر از هر سیستم راه آهنی دیگری که در حال حاضر در حال کار است، بالا برود.
طراحان بر این باورند که ریل معلق همچنین دارای مزایای سازگار با محیط زیست است، از کاهش تأثیر بر نصب زیرا نیاز به ترنچینگ یا تونل سازی نیست تا کاهش مقدار CO_2 خروجی به دلیل منبع الکتریکی‌اش و کاهش آلودگی صوتی، همه این‌ها به دلیل وزن کم و طراحی ظاهری آئرودینامیک آن است.
شلینگر توضیح می‌دهد: «این سیستم در نظر گرفته شده است که در کنار راهروهای حمل‌ونقل موجود قرار گیرد، بنابراین استفاده از مسیرهای حمل‌ونقل موجود را مهیا می‌کند.» «این طرح برای تسهیل حمل‌ونقل بین شهرهای بزرگ، یا شهرهای بزرگ و شهرهای دورافتاده طراحی‌شده بود. بااین‌حال این سیستم دارای برنامه‌های داخل شهر نیز هست.

آیا دنیا آماده پذیرفتن ریل معلق هست؟

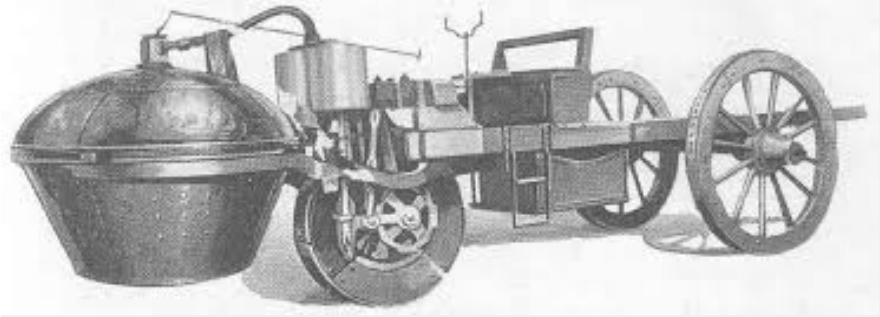
باوجود تجدید نظر در مورد آینده، این مفهوم کاملاً جدیدی نیست. یک سیستم آزمایشی مشابه در دهه ۱۸۴۰ در لندن آغاز شد، آن زمان آن به‌عنوان «جاده اتمسفری» شناخته شد، اما با توجه به محدودیت‌های مکانیکی و مشکلات هواشناسی، تمام تلاش‌ها برای اثبات تکنولوژی کنار گذاشته شد و شرکت رها شد.
شلینگر می‌گوید: «ما واقعاً از کار قبلی برای چندین سال ناآگاه بودیم. «در آن زمان که ما آن تلاش‌های پیشین را کشف کردیم، ما هم دچار مشکلات پروژه قبلی شده بودیم.»
نوعی از فن‌آوری که امروزه توسط سیستم شلینگر مورداستفاده قرار گرفت تا نیمه دوم قرن بیستم امکان‌پذیر نبود. ریل معلق با استفاده از مواد پیشرفته مصنوعی برای لوله قدرت، همراه با آهنرباهای قوی قدرت طراحی‌شده توسط Delco Remy of General Motors.
تجزیه‌وتحلیل امکان‌سنجی کل مفهوم با استفاده از یک مدل رکورد تست، «بزرگ‌ترین دستاورد تاریخ « تیم است که در سرعت‌های تا ۳۰ مایل در ساعت و در مقیاس واقعی معادل ۱۸۰ مایل در ساعت عمل می‌کند.
«نوع فن‌آوری که امروزه توسط سیستم شلینگر مورداستفاده قرار گرفت تا نیمه دوم قرن بیستم امکان‌پذیر نبود.»
یک سؤال که مطرح می‌شود این است که آیا بازار آماده است تا نوآوری راه آهنی دیگری را در زمانی که Hyperloop One الون ماسک، شیفتگی و حمایت مالی قابل توجهی از سرمایه‌گذاران راه‌آهنی در اختیار گرفته است، بپذیرد.
شلینگر احساس اعتمادبه‌نفس می‌کند که سیستمش مزایای منحصر به فردی دارد: «نقطه فروش اصلی Hyperloop One در مسیرهای طولانی‌تر اتفاق می‌افتد که سرعت بیشتر برای توجیه هزینه‌های بسیار بیشتر استفاده می‌شود، درحالی‌که سیستم وکتور طراحی‌شده است تا در راستای مسیرهای موجود اجرا شود با حداقل هزینه‌های نصب و راه‌اندازی. «
فن‌آوری «سبز « نیز می‌تواند قدرت خود را از منابع محلی در دسترس به دست آورد. به‌این‌ترتیب، می‌تواند هرگونه احتمال آلودگی را که به‌طور معمول همراه با پروژه‌های بزرگ زیربنایی راه‌آهن ایجاد می‌شود، از بین ببرد.
در حال حاضر، پس از ۲۰ سال کار، تبدیل ریل معلق به پروژه‌ای تجاری هنوز خیلی دور از دسترس است. مکس و اریک شیلنگر در حال حاضر آماده ساختن و نشان دادن یک سوئیچ هستند که سیستم موجود را تکان می‌دهد و به دنبال یک شریک و یک پروژه برای تبدیل دید خود به واقعیت هستند که یک مدل واقعی شروع می‌شود.

آیا می دانید؟

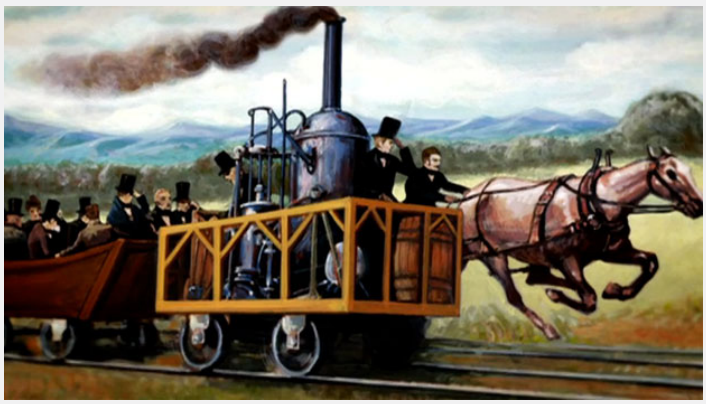
اولین steam powered railroad آمریکا،Baltimore & Ohio، در سال ۱۸۳۰ در حدود هزاران مایل خط آهن کشور را به هم وصل کرد. امروزه،۱۸۲ سال بعد، نسل آن راه‌آهن‌های اولیه شامل حمل‌ونقل CSX با جابجا کردن بار کشتی‌ها به‌جای میلیون‌ها بار استفاده از ماشین‌ها همواره نقش کلیدی را در زندگی ما ایفا می‌کند. از اولین steam locomotive تا high-speed bullet train امروزه هشت مطلب موجود است که ممکن است در مورد iron horse ندانید.

۱ اصطلاح اسب بخار از یک ترفند بازاریابی سرچشمه می گیرد .

Watt ماشین بخار را اختراع نکرده است اما او اولین ماشین بخار مدرن جهان را ساخته است و ابزار اندازه‌گیری قدرت، آن را توسعه داده است. در سال ۱۷۶۰ مخترع اسکاتلندی شروع کرد به سر هم کردن یک موتور جدید با استفاده از یک ورژن قدیمی‌تر از یک موتور که توسط Thomas Newcomen طراحی‌شده بود. طراحی Newcomen خنک‌سازی و دوباره گرم کردن مداوم نیاز داشت که اتلاف انرژی بسیار زیادی داشت. ابداع Watt اضافه کردن یک چگالنده جدا بود که بازده موتور را بسیار افزایش می‌داد. یک فروشنده زرنگ و دانا،Watt، می‌دانست که به راهی برای فروختن محصول جدیدش نیاز دارد. او محاسبه کرد که یک اسب تنها که در یک آسیاب کار می‌کند در یک بازه زمانی چقدر نیرو می‌تواند تولد کند (اگرچه امروزه بسیاری از دانشمندان معتقدند تخمین‌های او بسیار دور از واقعیت بوده است)، رقمی که او آن را اسب بخار نام نهاد. سپس با استفاده از این واحد اندازه‌گیری به این نتیجه



رسید، رقمی که نشان می‌داد تنها یکی از موتورهای او می‌تواند جایگزین چند اسب باشد. اقدام فروش عمل کرد، ما همواره از اصطلاح اسب بخار استفاده می‌کنیم و موتورهای او به‌زودی به استاندارد صنعت تبدیل شده و منجر به اختراع اولین stem locomotive در سال ۱۸۰۴ شدند.



۲ اولین steam locomotive امریکایی در مسابقه با یک اسب شکست خورد.

در سال ۱۸۷۲ راه‌آهن Baltimore & Ohio به اولین کمپانی ایالت‌های آمریکا تبدیل شد که امتیازی برای جابجایی مسافرها و بارها به صورت هم‌زمان اهدا کرد. همچنین کمپانی تلاش کرد در عوض تکیه کردن به قطارهای horse-drawn،steam engine تولید کند که قادر به سفر در زمین‌های ناهموار باشد. وارد شدن Peter Cooper:Peter، کسی که به طور تصادفی صاحب املاک پهناوری سراسر جاده پیشنهاد شده برای خط آهن نبود (اگر خط آهن موفق می‌شد ارزش هر قطعه زمین به‌شدت رشد می‌کرد) پیشنهاد داد که موتوری را طراحی کرده و بسازند. در ۲۸ آگوست سال ۱۸۳۰ موتور Cooper که او آن را Tom Thumb نامیده بود تحت آزمایش بر روی خط آهن B & O در نزدیکی Baltimore بود تا وقتی‌که یک قطار horse-drawn به پایش رسید و Cooper(و Tom Thumb) را به چالش دعوت کرد.Cooper پذیرفت و مسابقه آغاز شد. Steam engine به‌سرعت جلو افتاد اما هنگامی‌که تسمه شل شد مجبور به کناره‌گیری شد و اسب اول

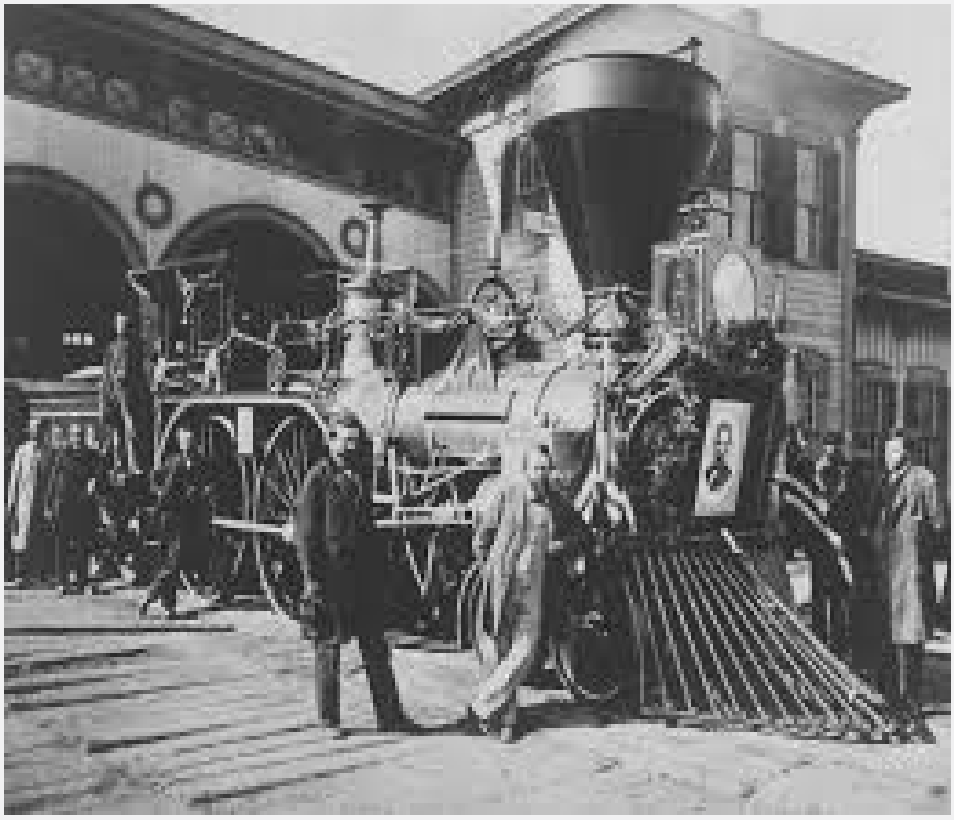
از خط پایان عبور کرد. اگرچه هیئت رئیسه B & O که با قدرت و سرعت زیاد موتور Cooper که ثابت کرده بود توانایی دارد تحت تأثیر قرارگرفته بودند تصمیم گرفتند که راه‌آهن نوپایشان را به steam تبدیل کنند.B & O به یکی از موفق‌ترین خط آهن‌ها در ایالت‌های آمریکا تبدیل شد و Cooper(با دارایی تازه بدست آمده‌اش) به عنوان یک سرمایه‌دار و خیرخواه وارد کار شد تا به اتحادیه نیویورک Cooper برای پیشرفت علوم و هنر پول اهدا کند.

قطارها به شمال کمک کردند تا در جنگ داخلی آمریکا پیروز شود.

۳ در سراسر جنگ، خطوط راه‌آهن، حمل‌ونقل سریع تعداد زیاد سربازان و توپ‌های سنگین را در مسافت‌های طولانی امکان‌پذیر ساختند. یکی از مهم‌ترین استفاده‌ها از قطارها پس از جنگ Chickamauga در سپتامبر سال ۱۸۶۳ بود، هنگامی‌که Abraham Lincoln برای تقویت کردن نیروهای اتحادیه به‌شدت نیاز داشت ۲۰۰۰۰ عده سرباز را برای جایگزینی ۱۲۰۰ مایل از واشنگتن دی سی به جرجیا (تنها در ۱۱ روز) بفرستد، طولانی‌ترین جابجایی قرن ۱۹. کنترل راه‌آهن در یک ناحیه برای پیروزی ارتش بسیار حیاتی بود و راه‌آهن‌ها معمولاً اهدافی برای حمله ارتش برای کوتاه کردن دست دشمن از مایحتاجش به شمار می‌آمدند. اتحادیه ژنرال William Tecumseh Sherman مخصوصاً افراد زبردستی در هنر خرابکاری در راه‌آهن گردآورد. در طول راه‌پیمایی ننگین او در طول جورجیا و کارولینا مردان او هزاران مایل از ریل‌های متفق را تخریب کردند و پشته‌هایی از آهن حرارت داده شده و پیچ‌خورده بر جای گذاشتند که جنوبی‌ها ا ز آن به‌عنوان Shermans neckties یادکردند.

ترور Abraham Lincoln به اطلاع عموم رساندن سفر با قطار کمک کرد

۴ George Pullman خودآموز و جابجا کننده ساختمان‌ها در شیکاگو برای خود اسم و رسمی به هم رسانده بود با ایده یک راه‌آهن راحت sleeping car بعد از یک قطارسواری ناراحت در شمال ایالت نیویورک شروع به سرهم کردن کرد. در سال ۱۸۶۳ دو مدل اولیه خود،pioneer و spring field که برای Illinois، محل زندگی رئیس‌جمهور وقت، نام‌گذاری شده بود ارائه کرد. ماشین‌های Pullman به‌راستی راحت بودند اما درعین‌حال بسیار هم گران بودند. تا ترور رئیس‌جمهور Lincoln در آوریل سال ۱۸۶۵ کمپانی‌ای راه‌آهن اندکی علاقه‌مند به قرارداد بستن با آن‌ها بودند. بعد از مرگ Lincoln یکی از ماشین‌های Pullman به‌عنوان یکی از اعضای تشییع‌کنندگان مورداستفاده قرار گرفت و قبل از بازگرداندن پیکر Lincoln به Illinois به چندین شهر شمالی سفر کرد. قطار تشییع تیتر اول روزنامه‌ها شد و هنگامی‌که Pullman یکی از sleeper car های زیبایش را به یک عزادار،Marry Todd Linciln، قرض داد تبلیغات سرازیر شد. دو سال بعد او کمپانی Pullman Palace Car را که سفرقطاری سراسر جهان را دگرگون می‌کرد تأسیس کرد. هنگامی‌که Pullman در سال ۱۸۹۷ فوت کرد جانشین او به‌عنوان رأس کمپانی کسی نبود جز Robert Todd Lincoln، بزرگ‌ترین پسر رئیس‌جمهور ترور شده.



اولین آژانس مسافرتی جهان با یک سفر با قطار شروع به کار کرد.

۵ در سال ۱۸۴۱ Thomas Cook انگلیسی، یک کشیش Baptist(نام فرقه‌ای از مسیحیان)، برای ۴۵۰ نفر از اعضای بخش شرکت در یک نشست میانه‌روی در لندن گردشی بیرون شهر ترتیب داد.Cook کرایه‌ای برای مسافران طی کرد که هزینه بلیط‌ها و یک وعده را شامل می‌شد. سفر بسیار موفقیت‌آمیز بود تا حدی که عمل او را گسترش داد. ابتدا در حصار انگلستان و سپس ایالات متحده و اروپا، مسافرها را با پکیج‌هایی جامع شامل حمل‌ونقل، وسایل راحتی و وعده‌های غذایی تأمین می‌کرد. در سال ۱۸۷۳ آژانس که حال به‌عنوان Thomas Cook and Son شناخته می‌شد یک برنامه کاری راه‌آهن بین‌المللی عرضه کرد که همواره منتشر می‌شود و تا سال ۱۸۹۰ آن‌ها سالیانه بیش از ۳ میلیون بلیط قطار می‌فروختند.

۶ همچنین راه‌آهن‌ها متعارف کردن بازه‌های زمانی را برای ما به ارمغان آوردند.

بریتانیا در سال ۱۸۴۷ یک سیستم متعارف‌سازی زمان اتخاذ کرد اما نزدیک به بیش از ۴۰ سال طول کشید تا ایالات متحده به انجمن بپیوندد. آمریکا هنوز به استفاده از زمان محلی خود ادامه می‌داد که می‌توانست از شهر به شهر متفاوت باشد (و در خود شهرها)، زمان‌بندی کردن ورود، خروج و زمان‌های تداخل تقریباً غیرممکن بود. پس از سال مذاکره توسط نمایندگان ایالت‌های آمریکا برای متعارف کردن زمان، خط آهن‌ها در ۱۱ اکتبر سال ۱۸۸۳ برای هدفی که به‌عنوان پیمان‌نامه جامه زمان شناخته شد معرفی شدند، جایی که آن‌ها یک طرح پیشنهادی را پذیرفتند که پنج محدوده زمانی تشکیل می‌شد که کل کشور را پوشش می‌داد: شرقش، مرکزی، کوه و اقیانوس. در ابتدا طرح، محدوده زمانی پنج‌گانه، بین‌قاره‌ای، نامیده می‌شد که چندین سال بعد تأسیس‌شده بود و به نام زمان آتلانتیک شناخته شد. در نیمروز ۱۸ نوامبر در ایالات متحده رصدخانه نیروی دریایی تلگرافی فرستاد که ساعت ۱۲ نیمروز به‌وقت شرق آمریکا را نشان می‌داد و دفاتر راه‌آهن در شهرها و حومه سراسر کشور ساعت‌هایشان را بر طبق آن تنظیم کردند. اگرچه در سال ۱۹۱۸ بود که ساعت استاندارد قانون رسمی زمین شد، هنگامی‌که مجلس با توجه به سیستم محدوده زمانی قانون وضع‌شده را تصویب کرد.

۷ طول خطوط راه‌آهن در ایالات متحده در سال ۱۹۱۶به اوج خود رسید.

برای راه‌آهن مدت زیادی زمان نبرد تا به ایالات متحده برسد. در همان سالی که Tom Thumb در مسابقه باخت تنها ۲۳ مایل خط آهن در ایالات متحده بود اما در طول ۲۰ سال در آنجا بیش از ۹۰۰۰ خط آهن ساخته شده بود، به‌طوری که دولت ایالات متحده اولین فرمان اهدای زمین راه‌آهنش را که طراحی‌شده بود تا مهاجران جدیدش را به نقاط توسعه نیافته کشورجذب کند صادر کرد. با شروع جنگ داخلی در سال ۱۸۶۱، ۳۰۰۰۰ مایل خط آهن وجود داشت (بیش از ۲۱۰۰۰ مایل از آن‌ها در شمال واقع بودند) و تبلیغ‌کنندگان در پارلمان مصرانه برای یک سیستم عبورکننده از سرتاسر قاره که از کشور بگذرد تقاضا می‌کردند. شمارمایل‌های راه‌آهن به بالا رفتن ادامه دادند تا در سال ۱۹۱۶ به اوج خود رسیدند. در آن سال بیش از ۲۵۰۰۰۰ مایل خط وجود داشت که برای رسیدن به ماه از زمین کافی است.

۸ امروزه قطارهای پرسرعت می‌توانند به سرعت mph ۳۰۰ برسند.

هنگامی‌که مردی انگلیسی به نام Richard Trevithick اولین steam locomotive کاربردی را در سال ۱۸۰۴ عرضه کرد، میانگین سرعت آن کمتر از mph ۱۰ بود. امروزه چندین رشته قطار پرسرعت به‌طورمعمول تا ۳۰ مرتبه سریع‌تر سفر می‌کنند. وقتی‌که اولین قطار shinkanse یا bullet train ژاپن هم‌زمان با المپیک توکیو در سال ۱۹۶۴ افتتاح شد، آن‌ها قادر بودند با سرعتی بیش از mph۱۳۰ حرکت کنندژاپن دیگر در حوزه قطارهای پرسرعت تنها نیست چراکه فرانسه، چین و آلمان همگی قطارهایی طراحی کرده‌اند که می‌توانند به همان سرعت برسند و در حال حاضر طرح‌هایی در ایالات متحده در حال اجرا هستند که خط راه‌آهنی پرسرعت بسازند که شهرهای کالیفرنیا را به سانفرانسیسکو وصل می‌کند.

روزشمار ریلی

مهـــر مـــاه

۱۳۳۵ — ۳ — اتصال راه آهن تهران-تبریز به مراغه

۱۳۸۹ — ۴ — ۱- راه اندازی چهارمین ریل باس ملی ارم مسیر تهران-ورامین-پیشوا
۲- رونمایی از بزرگ ترین تندیس قرآن کریم در ایستگاه راه آهن تهران

۱۳۵۰ — ۵ — افتتاح راه آهن شرفخانه-رازی (مرز ترکیه)

۱۳۸۱ — ۸ — آغاز عملیات احداث راه آهن قزوین-رشت-انزلی

۱۳۳۷ — ۹ — طراحی و ساخت اولین اتوبوس ریلی در راه آهن

۱۳۸۳ — ۱۳ — افتتاح خط بافق-جندق-چادرملو

۱۳۸۷ — ۱۷ — راه اندازی قطار مسافری شاهرود-مشهد

۱۳۰۶ — ۲۳ — آغاز ساختمان راه آهن سراسری ایران

۱۳۳۸ — ۲۵ — افتتاح کارخانه تراورس بتنی کرج

۱۳۳۵ — ۳۰ — افتتاح ایستگاه راه آهن مراغه

آبـــان مـــاه

۱۳۴۵/۴۶ — ۴ — ۱- افتتاح ساختمان جدید ایستگاه راه آهن مشهد
۲- افتتاح راه آهن عجب شیر- بندر رحمانلو

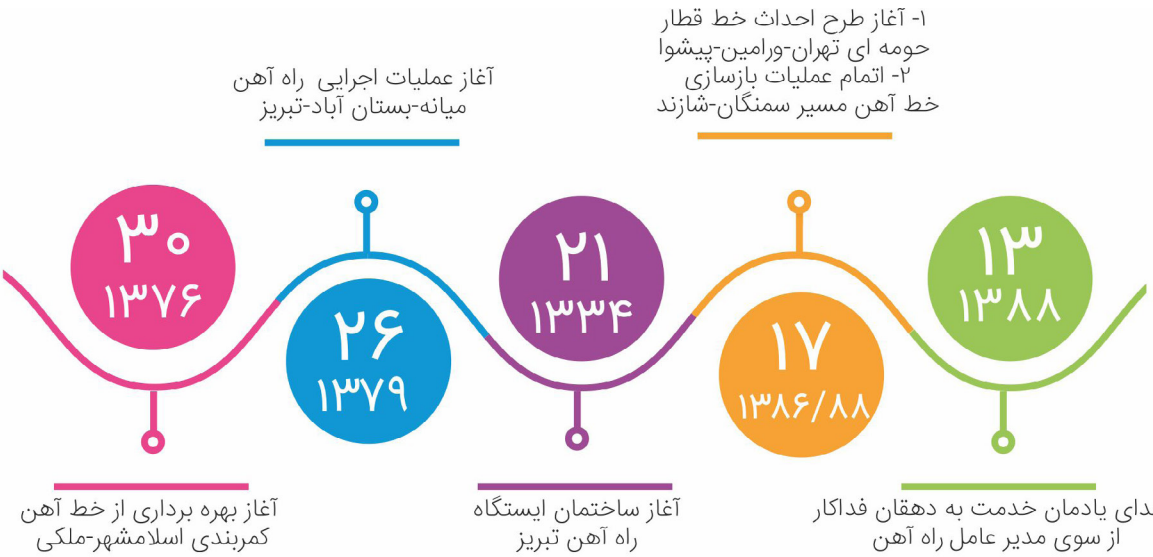
۱۳۷۳ — ۶ — افتتاح و بهره برداری از خط تزرج-فین

۱۳۱۷ — ۸ — آغاز ساختمان راه آهن شمال شرق (تهران-میانه)

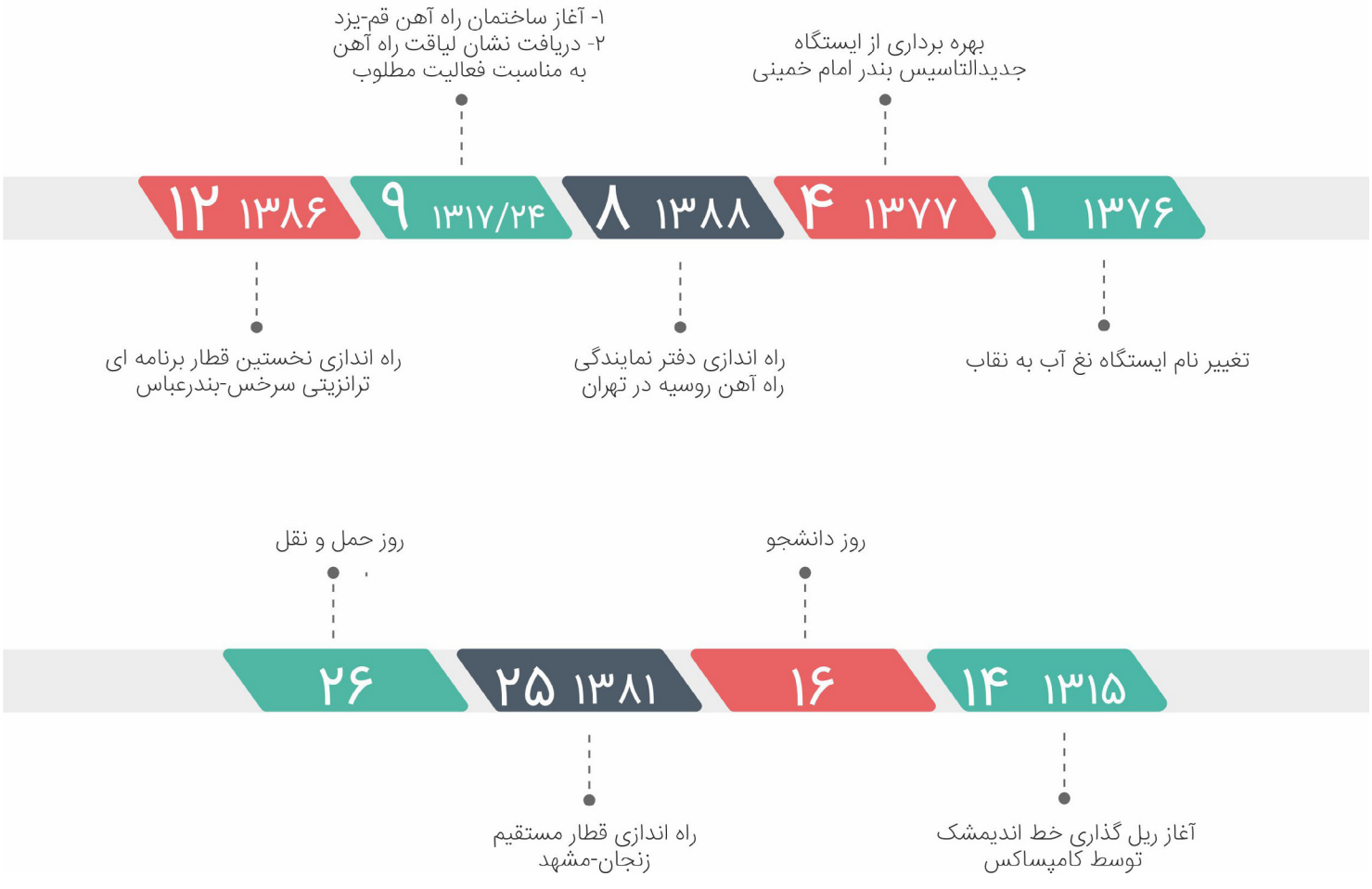
۱۳۳۹/۵۶ — ۹ — ۱- افتتاح راه آهن بندر ترکمن-گرگان
۲- افتتاح و بهره برداری از خط کرمان-زرند

۱۳۸۵ — ۱۱ — افتتاح پروژه علائم الکتریکی وCTC محور تهران-مشهد

۱۳۸۷ — ۱۲ — راه اندازی قطار تندرو تهران-یزد


۱- آغاز طرح احداث خط قطار حومه ای تهران-ورامین-پیشوا
۲- اتمام عملیات بازسازی خط آهن مسیر سمنگان-شازند
آغاز عملیات اجرایی راه آهن میانه-بستان آباد-تبریز
۱۳ ۱۳۸۸
۱۷ ۱۳۸۶/۸۸
۲۱ ۱۳۳۴
۲۶ ۱۳۷۹
۳۰ ۱۳۷۶
اهدای یادمان خدمت به دهقان فداکار از سوی مدیر عامل راه آهن
آغاز ساختمان ایستگاه راه آهن تبریز
آغاز بهره برداری از خط آهن کمربندی اسلامشهر-ملکی

آذر مـــاه


۱- آغاز ساختمان راه آهن قم-یزد
۲- دریافت نشان لیاقت راه آهن به مناسبت فعالیت مطلوب
بهره برداری از ایستگاه جدیدالتاسیس بندر امام خمینی
۱ ۱۳۷۶
۴ ۱۳۷۷
۸ ۱۳۸۸
۹ ۱۳۱۷/۲۴
۱۲ ۱۳۸۶
تغییر نام ایستگاه نغ آب به نقاب
راه اندازی دفتر نمایندگی راه آهن روسیه در تهران
راه اندازی نخستین قطار برنامه ای ترانزیتی سرخس-بندرعباس
۱۴ ۱۳۱۵
۱۶
۲۵ ۱۳۸۱
۲۶
آغاز ریل گذاری خط اندیمشک توسط کامپساکس
روز دانشجو
راه اندازی قطار مستقیم زنجان-مشهد
روز حمل و نقل

دانشگاه پتروفسکی روسیه

اولین تلاش برای ایجاد دانشگاه در Katerynoslav نام سابق Dnipropetrovsk در پایان قرن نوزدهم صورت گرفت، زمانی که حکم تزار صادر شد. این ایده در اوت ۱۹۱۸ با تلاش‌های مؤثر روشنفکران داخلی و حمایت دانشمندان مشهور اوکراینی V. Vernads'kyi، D. Bagalii، M. Vasylenko، L. Pysarzhevs'kyi، جامع عمل پوشید. مطابق با علوم پرکاربرد آن زمان تصمیم به ساخت دانشگاه شامل چهار دانشکده تاریخ-فلسفه، حقوق، پزشکی و ریاضی فیزیک گردید.

از آن زمان تاکنون، در پاییز سال ۲۰۰۸، دانشگاه تأسیس ۹۰ ساله خود را جشن می‌گیرد. وضعیت رسمی آموزش‌وپرورش ملی به دانشگاه با حکم رئیس‌جمهور اوکراین در سال ۲۰۰۰ و در تاریخ ۲۵ ژوئن ۲۰۰۸ طبق فرمان کابینه وزیران اوکراین N ۸۸٤-p، دانشگاه به نام نویسنده مشهور اوکراینی، اولس ترنتویچ هنچار نام‌گذاری شده است.

این دانشگاه به دانشمندان مشهور و اعضای آکادمی ملی اوکراین، روسیه و دیگر کشورها، استادانی که توانایی علم بومی را به وجود آورده‌اند، مانند دانشمندان G.V. Kurdyumov، V.I. Danylov، I.Ye. Ogievets'kyi، S.M.، Svirenko، O.M.، L.V. Pysarzhevs'kyi، D.I. Yavornyts'kyi، V.S. Budnyk، T.F.، Mossakovs'kyi، O.L. Bel'gard، A.P. Travleyev، I.F. Koval'ova، V.P. Motornyi و بسیاری دیگر افتخار می‌کند.

با توجه به تلاش‌های دانشمندان برجسته و تمام پرسنل اساتید و معلمان، مدارس علمی شناخته شده درزمینه ریاضیات، مکانیک، فیزیک رادیو و الکترونیک رادیو، تکنیک‌های راکت فضایی، نوروسیبرنتیک، بیوتکنولوژی، شیمی معدنی، تاریخ شناسی و منبع مطالعه، تاریخ اوکراین، باستان شناسی، مطالعات ژرمنی، مطالعه ادبیات و زبان شناسی و غیره ایجاد شده و با موفقیت در حال توسعه هستند.

در مجموع، بیش از ۱۲۰۰۰۰ متخصص در طول زمان از دانشگاه فارغ التحصیل شد، بدون آن هر حوزه زندگی اجتماعی ما به سختی قابل تصور است.

فارغ التحصیلان دانشگاه ملی Dnipropetrovsk در زمینه‌های مختلف اقتصاد اوکراین، سران مؤسسات دولتی، ساختارهای آموزشی و علمی، انجمن‌های تولیدی، مراکز فرهنگی و رسانه‌های جمعی هستند. مشهورترین آن‌ها عبارت‌اند از L.D. کوچما (رئیس‌جمهور اوکراین در سال ۱۹۹٤ - ۲۰۰٤)، نخست وزیر اوکراین Yu.V. تیموشنکو، قهرمانان اوکراین O.T. Honchar و P.A. Zahrebel'nyi، مدیرکل آژانس فضایی ملی اوکراین، قهرمان اوکراین Yu.S. الیکسیف، طراح اصلی SCB Pivdenne»»، قهرمان اوکراین، دانشمند دانشگاه علوم پزشکی آذربایجان غربی. Koniukhov، طراحان سیستم موشک فضایی Yu.P. Semenov، A.K. Nedaivoda، قهرمانان اوکراین V.A. سیچویوی و V.G. کومانوف، آکادمی ناسا اوکراین، یک رؤسای دانشگاه ملی دانتسکی، قهرمان اوکراین V.P. شوچنکو، آکادمی V.P. گوربولین، P.P. شیرشف (قهرمان اتحاد جماهیر شوروی)، G.M. Savin، I.M. Khalatnykov، O.M. Trubachov V.V. Pylypenko و بسیاری دیگر.

این دانشگاه امروزه یک موسسه عالی آموزشی در سطح VI مجتمع آموزشی چندملیتی است که در آن ۲۰ دانشکده، یک دوره کارشناسی ارشد و موسسه کاندیداتوری دکترا، ۳ تحقیق علمی شامل ۱۵۰ نفر از دکترای علوم، دانشکده فنی ماشین‌سازی موشک فضایی، مدرسه فنی صنعتی Zhovti Vody، یک واحد آماده‌سازی (این واحد برای خارجی‌ها)، مرکز منطقه‌ای مطالعه مستمر « Prydniprovia »در ساختار مرکز کالج‌ها و دانشکده‌های فنی، لیسه‌ها، ورزشگاه‌ها، مدارس، انجمن‌های تولیدی، مرکز مسائل بشردوستانه آموزش‌وپرورش، مرکز منطقه‌ای نظارت بر آموزش و سایر موارد وجود دارد.

بیش از ۱۵۰۰۰ دانشجوی در ۸۷ دانشگاه با میزان مجاز پذیرش بیش از ۳۰۰۰ نفر، دانشجویان خارجی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی بیش از ۲۰ کشور جهان تحصیل می‌کنند. آموزش‌وپرورش و آموزش علمی در دانشگاه در سطح بهترین استانداردهای بومی و جهانی ارائه می‌شود.

طیف تحقیقات علمی دانشگاه ملی (DNU Dnipropetrovs'k) به‌عنوان یک دانشگاه کلاسیک تمام هفت هدف توسعه علم و فن‌آوری اوکراین را پوشش می‌دهد. مدارس علمی شکل گرفت که در اوکراین و از طریق محدودیت‌های آن معروف هستند و دارای وسایل ضروری و فرصت‌های بالقوه نفوذ برای توسعه هستند.

دانشمندان دانشگاه هرسال بیش از ۲۰ مقاله تکمیلی، تقریباً ۲۰۰۰ کتاب علمی منتشر می‌کنند. صندوق ثبت اختراعات مخترعان تقریباً ۱٦۰۰ اختراع و گواهینامه ثبت‌نام را ثبت می‌کند و هرسال با اختراعات جدید افزایش می‌یابد.

تقریباً ۵۰۰۰ دانشجوی در اشکال مختلف تلاش علمی شرکت می‌کنند. آن‌ها هرسال بیش از ٦۰۰ مقاله منتشر می‌کنند؛ آن‌ها همچنین در مسابقات مختلف، رقابت‌ها، جوایز متعددی دریافت می‌کنند.

دانشگاه ملی Dnipropetrovs'k همکاری بین‌المللی را درزمینه تقریباً ۵۰ توافق دو طرفه با دانشگاه‌های برجسته خارجی و مراکز علمی توسعه می‌دهد. این رهبر منطقه‌ای در مورد مشارکت در برنامه «TEMPUS / TACIS» تحت حمایت اتحادیه اروپا است. مجموع

کمک مالی به DNU از ابتدای مشارکت در این برنامه (۱۹۹٤) بیش از ۲ میلیون دلار آمریکا است؛ بنابراین، در سال ۲۰۰٤ در DNU پروژه «روابط بین‌المللی و استودیو اروپایی: یک برنامه آموزشی جدید و تخصص « را به پایان رساند که نتیجه آن باز کردن یک تخصص جدید «روابط بین‌الملل « است. در سال ۲۰۰۵، پروژه جدید TEMPUS «مدرنیزاسیون سیستماتیک مدیریت دانشگاه « و «بخش‌های نوسازی روابط بین‌الملل « را آغاز کرد. اعضای کنسرسیوم علاوه بر DNU از دانشگاه کوردوبا (اسپانیا)، دانشگاه علوم کاربردی (آلمان)، دانشگاه بین‌المللی کیف، دانشگاه آکادمی مهندسی ملی Zaporizhzhia، دانشگاه اقتصاد ملی اودسا، وزارت آموزش‌وپرورش و علوم اوکراین است.

دانشگاه ملی Dnipropetrovs'k عضو Charta Magna از دانشگاه‌های اروپایی Magna Charta Observatory از انجمن اوراسیا دانشگاه‌ها است که ٦۹ مؤسسات آموزشی عمده‌ای از کشورهای مستقل مشترک المنافع و کشورهای بالتیک را تشکیل می‌دهد. تبادل دانش آموزان، دانش آموزان و معلمان با توجه به جهت کار دانشگاه و مؤسسات و شرکای خارجی آن است. بیش از ۱۰۰ معلم و همکاران بخش تحقیقات علمی هرسال در سفرهای خارجی شرکت می‌کنند. تقریباً ۳۰ سخنران و دانشمند خارجی هرساله درروند آموزشی دانشگاه شرکت می کنند .

در طول ۲۰۰۸-۲۰۰٤ بیش از ٦۰ هیئت مدیره از بخش‌های مختلف DNU به‌ویژه از موسسه نساجی شاندون (Veifan، چین)، دانشگاه فنی خاورمیانه (آنکارا، ترکیه)، کنگره اداریس ایالات متحده آمریکا در جری ونز، گروه مشاوران یورو کیش در رئیس لورن دوتتی، سفیر فرانسه در اوکراین ژان پل ویزین بازدید کرد.

کتابخانه علمی دانشگاه یکی از بزرگ‌ترین کتابخانه‌های مؤسسات آموزشی پریودینافوف است. بیش از ۲ میلیون نسخه در قفسه‌های آن وجود دارد که ۱ میلیون و ٤۰۰ هزار آن نشریه‌های علمی از حوزه‌های مختلف دانش است و ٤٦۰۰۰۰ نسخه از متون آموزشی، ۱٦۵۰۰۰ حوزه نویسی، ۳۰۰۰۰۰ انتشارات دوره‌ای، بیش از ۱۰۰۰۰۰ انتشارات خارجی است.

دانشگاه ملی Dnipropetrovs'k دارای پایه دائمی بینوسفر بین‌المللی Prysamars'kyi، باغ گیاه شناسی، مجموعه‌ای از جانوران آب شیرین «Akvarium»، یک موزه حیات وحشی است.

برگ برنده‌ی دانشگاه، کاخ دانشجویی است که توسط فرمان دولت به‌عنوان بنای تاریخی-معماری شناسی دارای اهمیت ملی منصوب می‌شود. ۲٤ گروه از فعالیت‌های هنری آماتور در کاخ دانشجویان دانشگاه فعالیت می‌کنند، ۱۳ نفر از آن‌ها دارای عنوان افتخاری «ملی « یا «نمونه‌ای « هستند.

دانشگاه دارای یک پایگاه ورزشی مدرن استادیوم، ورزشگاه‌ها، تالار ورزش که شامل ۷ سالن ورزشی، یک استخر شنا ۲۵ در ۵۰ متر، یک استخر شنا برای کودکان، یک سالن برای شمشیربازی و همچنین بخش‌هایی از ۱۵ اتاق برای انواع ورزش‌ها، هست.

یک اتحادیه تبادل در دانشگاه وجود دارد که باعث حل مسائل مختلف زندگی دانشجویان، سازماندهی اقدامات فرهنگی-جمعی، حمایت اجتماعی و بهبود سلامت دانش آموزان می‌شود. دانش آموزان فرصت دریافت درمان در مراکز بهداشتی درمانی DNU را برای شرکت در کار دانشگاه از طریق سازمان اتحادیه‌های تبادلی فراهم می‌کنند.

اردوگاه ورزشی «Sosnovyi Bir» که دریکی از نقاط جذاب دنیتروپروپتروفسکی قرار دارد، می‌تواند به‌طور هم‌زمان ۲٤۰ نفر از اعضای کمپین را پذیرا باشد. تقریباً ۸۰۰ نفر در اردوگاه ورزشی سالن در هرسال فعالیت می‌کنند.

ریاست DNUPolyakov Mykola Viktorovich، دکتر علوم فیزیکی و ریاضی، استاد، عضو واقعی آکادمی علوم موسسه عالی اوکراین یادگیری، مرد افتخار علوم و تکنولوژی اوکراین، متولد سال ۱۹٤٦، از دانشکده مکانیک ریاضی دانشگاه دولتی در سال ۱۹۷۱ است. او از سال ۱۹۸۹ به‌عنوان رئیس دانشکده مکانیک ریاضی کارکرد و به‌عنوان کارگردان حرفه‌ای از سال ۱۹۹٦ تاکنون کارکرده است. او از نوامبر ۱۹۹۸ ریاست دارد. او با عنوان «برای شایستگی « درتر سه مقطع موردتقدیر قرارگرفته است.

مدیریت فعالیت دانشگاه بر مبنای اصول استوار است:

۱. استقلال سیاسی و اداره‌ی خودگردان؛
۲. توزیع حقوق، قدرت و مسئولیت وزارت آموزش‌وپرورش، ارگان‌های مدیریت آموزش عالی، رهبران دانشگاه و زیرساخت‌های آن؛
۳. متحد سازی پایگاه‌های جمعی و اولیه؛
٤. استقلال از احزاب سیاسی، سازمان‌های اجتماعی و مذهبی.

مدیریت فعالیت مستقیم دانشگاه به‌وسیله رئیس و مدیران آن انجام می‌شود که براساس قانون اساسی اوکراین، اعمال وزارت آموزش‌وپرورش و علایق دانشگاه و قوانین دانشگاه انجام می‌شود.

چندین نهاد باقدرت عملیاتی در دانشگاه وجود دارد؛ مانند شورای نظارت، شورای علمی دانشگاه، شوراهای علمی دانشکده، شورای علمی-فنی دانشگاه، شوراهای علمی-فنی مؤسسات پژوهشی دانشگاه.

ساختار شورای نظارت دانشگاه توسط وزارت آموزش‌وپرورش و علوم اوکراین تأییدشده است. شورای نظارت راه‌های توسعه‌ی چشم‌انداز دانشگاه را به نمایش می‌گذارد، به رهبران آن در حوزه آموزش عالی و علوم کمک می کند .

ریل سوم

بیشتر شبکه های راه آهن برقی از شبکه ی بالاسری استفاده می کنند، اما ریل سوم گزینه ای برای سیستم ها تا ولتاژ ۱۲۰۰ ولت می باشد. اگرچه استفاده از ریل سوم الزاماً نیازمند استفاده از جریان DC نیست، اما در عمل تمامی ریل های سوم از DC استفاده می کنند. زیرا می توانند ۴۱ درصد توان بیشتر نسبت به شبکه های AC در مصرف مشابه را حمل کند. ریل سوم نسبت به سیم های بالاسری فشرده تر بوده و می توانند در تونل هایی با قطر کمتر مورد استفاده قرار گیرد که عاملی مهم برای شبکه های مترو می باشد. تماس از بالا دارای امنیت کمتری می باشد زیرا امکان تماس مردم با ریل وجود دارد، مگر این که از عایق محافظ استفاده شود. تماس های کناری و زیرین ریل سوم به سادگی دارای محافظ های امنیتی می باشد و توسط خود ریل حمل می شوند. تماس های بدون پوشش از سمت بالا تحت تاثیر بارش باران، برف و یخ زدگی دچار اختلال می شوند.

سیستم های DC به ولتاژ پایین محدود شده اند و این امر می تواند اندازه و سرعت قطارها را محدود کند. همچنین، ممکن است نتوان از سکوی کوتاه تر استفاده نمود یا محدودیت در استفاده از تهویه مطبوع ایجاد شود. این امر می تواند موجب استفاده از شبکه بالاسری شود که حتی برای مصرف برون شهری نیز دارای ولتاژ بالای AC می باشد. در عمل بیشترین سرعت قطارها بر روی ریل سوم تا ۱۰۰ مایل بر ساعت یا ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت محدود می شود زیرا بالاتر از این سرعت تماس مطلوبی بین کفشک و ریل سوم حاصل نمی شود.

برخی تراموا های خیابانی طی سال ها از ریل سوم استفاده کرده اند. ریل سوم در این سیستم ها در زیر سطح خیابان قرار می گرفت. تراموا، جریان را از طریق یک تیغه از شیاری باریک در خیابان دریافت می کرده است. در ایالات متحده ، اکثر سیستم های خیابانی پیشین در واشنگتن، به این ترتیب بهره برداری می شدند تا از شرایط نامطلوب سیم ها و قطب های مرتبط با کشش جلوگیری شود. این شرایط در سیستم های منهتن نیز وجود داشت. شواهد وجود این سیستم ها هنوز نیز می توانند در مسیر شمالی دسترسی به متروی کینگزوی تراموا در مرکز لندن مشاهده شود که شیارها هنوز قابل روست هستند.

سیستم های DC به ولتاژ پایین محدود شده اند و این امر می تواند اندازه و سرعت قطارها را محدود کند

ریل سوم پایینی در متروی آمستردام هلند

وضعیت مشابهی در خیابان های P و Q غرب خیابان ویسکانسین در جورج تاون در همسایگی واشنگتن نیز وجود دارد.
معایب این سیستم شامل هزینه های اولیه ی نصب بالا، هزینه های نگهداری بیشتر و مشکلاتی از نظر قرارگیری برف و باران در شیارها می باشد. به همین دلیل، در واشنگتن، این سیستم به کابل های بالاسری تغییر شکل داد. در نیویورک به دلایل مشابه هزینه و بازدهی بهره برداری، در خارج از منهتن از سیم های بالاسری استفاده شد.

در نهایت، روشی جدید برای جلوگیری از استفاده ی سیم های بالاسری تحت عنوان «نسل دوم» سیستم های تراموا در بوردوی فرانسه به همراه APS اتخاذ شد. این امر شامل یک ریل سوم است که در یک شیار قرار نگرفته است اما دارای سطحی بالاتر از

با تماس سطحی سیستم های ریل سوم و چهارم ، یک کفشک سنگین با یک بازوی چوبی متصل به بوژی، توان را از طریق لغزش بر روی سطح ریل الکتریکی دریافت می کند. این نما یک قطار ریل بریتانیایی کلاس۳۱۳ را نمایش می دهد.

ریل اصلی می باشد. مدار آن به بخش هایی دارای قسمت های دارای انرژی تقسیم می شود که به نوبت توسط سنسورهایی از کابین انرژی دریافت می کنند و سایر بخش ها اصطلاحاً به صورت مرده و بدون انرژی باقی می مانند. تا زمانی که بخش دارای انرژی توسط واگن تحت پوشش قرار بگیرد و سپس پیش از خروج از پوشش به حالت مرده در آید، خطری عابرین را تهدید نمی کند. تنها در ابتدای امر، مشکلاتی برای حفظ ثبات جریان ایجاد می شود.

تاریخچه

ریل سوم روشی است برای فراهم نمودن انرژی برق برای یک قطار راه‌آهن به وسیله یک هادی محکم ممتد که هم‌راستا یا بین ریل‌های مسیر راه‌آهن قرارگرفته باشد. از آن معمولاً به‌صورت حمل‌ونقل حجیم یا سیستم حمل‌ونقل سریع استفاده می‌شود که در کریدور خود تجهیزاتی دارد که کاملاً یا تقریباً از محیط بیرون جداشده است. در اکثر موارد، سیستم‌های ریلی سوم الکتریسیتة جریان مستقیم را تأمین می‌کنند. سیستم ریلی سوم برای برق‌رسانی، با ریل سوم استفاده‌شده در مسیرهای ریلی مقایسه شده ارتباطی ندارند.
سیستم های برق رسانی ریل سوم، جدا از باتری های داخلی، قدیمی ترین ابزار تامین توان الکتریکی برای قطارهای راه آهن با استفاده از مسیرهای آن علی الخصوص در شهرها هستند. در ابتدا تامین انرژی به این شکل به صورت خاص در راه آهن هایی مانند تراموا استفاده می شد، اما به آرامی در خط های اصلی نیز ظاهر شد.

یک قطار الکتریکی آزمایشی با استفاده از این روش تامین انرژی توسط زیمنس و هالسک آلمان ساخته شد که در نمایشگاه صنعتی برلین در سال ۱۸۷۹ به نمایش درآمد که دارای ریل سوم در بین دو ریل اصلی بود. برخی راه آهن های الکتریکی ابتدایی مانند راه آهن برقی برایتون که در سال ۱۸۸۳تاسیس شده است، از ریل های حرکتی به عنوان هادی جریان استفاده می کنند. این خط یک ریل توانی اضافی را به وجود آورد که هم اکنون نیز فعالیت می کند. در ادامه جاده تراموا غول پیکر در سال ۱۸۸۳ به ریل سوم بالاسری مجهز شد که سپس به سیم بالاسری تغییر پیدا کرد.

اولین راه آهنی که از ریل سوم استفاده کرد تراموای بسبروک و نیوری در ایرلند بود که در سال ۱۸۸۵ تاسیس شد، خطی که در حال حاضر همانند خط کازوی بسته شده است. در دهه ۸۰ سیستم های ریل سوم به صورت عمومی در حمل و نقل شهری مورد استفاده قرار گرفتند.

تامین توان توسط ریل سوم در اولین راه آهن برقی زیرزمینی جهان در راه آهن جنوب لندن ، در سال ۱۸۹۰ انجام شد

تراموا ها اولین سیستم هایی بودند که از امکان استفاده از هادی ها در زیر سطح در قسمت هایی از مسیر استفاده کردند. این امر ابتدا در کلولند (سال ۱۸۸٤) و دنور (سال ۱۸۸۵) آزمایش شد و سپس در بسیاری از شبکه های تراموای بزرگتر مانند منهتن ، شیکاگو ، واشنگتن ، لندن ، پاریس و برلین گسترش یافت.

سیستم ریل سوم در سال های ابتدایی قرن ۲۰ پس از بارش برف سنگین در برلین ممنوع شد. این سیستم در خط ساحلی بلک پول نیز مورد استفاده قرار گرفت، ولی دولت بریتانیا پس از زمان اندکی به علت ورود ماسه و آب شور به سیستم و خرابی آن و مشکل افت ولتاژ، استفاده از آن را ممنوع کرد. برخی بخش های مسیر تراموا امروزه هنوز دارای شیار ریل می باشد که کاملا قابل رویت هستند.

تامین توان توسط ریل سوم در اولین راه آهن برقی زیرزمینی جهان در راه آهن جنوب لندن ، در سال ۱۸۹۰ انجام شد (اکنون این مسیر بخشی از خط شمالی راه آهن زیر زمین لندن است). در سال ۱۸۹۳، دومین راه برقی با ریل سوم در بریتانیا ، راه آهن بالاسری لیورپول ، تاسیس شد که در سال ۱۹۵٦ بسته و برچیده شد. اولین راه آهن برقی با ریل سوم ایالات متحده در سال ۱۸۹۵ شهری در قسمت شمال غرب بود که به سرعت بخشی از خط اصلی شیکاگو شد و در ادامه آن، در سال ۱۹۰۱ ، گرنویل وودز ، یک مخترع برجسته آفریقایی - آمریکایی ، در مقاله ی U.S. Patent ٦٨٧,٥٩٨ بهبود های بسیاری را برای سیستم های ریل سوم در نظر گرفت. با این مقاله، سیستم های ریل سوم فعلی ابداع و معرفی شد. به هر حال ، در آن زمان ، مقالات زیادی برای سیستم های برقی ریل سوم شامل مقاله ی U.S. Patent ٢٦٣,١٣٢ توماس ادیسون در سال ۱۸۸۲ وجود داشت. ریل سوم برای یک دهه به صورت موفق مورد استفاده قرار گرفت و در سایر بخش های شیکاگو ، بروکلین و نیویورک نصب شد.

در پاریس ، ریل سوم در سال ۱۹۰۰ در تونل خط اصلی بین گاره دورسی تا شبکه ی پاریس-اورلئانز ظهور پیدا کرد. سپس برقی سازی ریل سوم خط اصلی به خدمات حومه ای رسید.

تماس بالایی ریل سوم قدیمی ترین راه جمع آوری توان می باشد. از راه آهن هایی که بنیان گذار استفاده از انواع کم خطرتر ریل سوم هستند، راه آهن مرکزی نیویورک به پایانه ی مرکزی نیویورک گرند (۱۹۰۷)، مسیر زیرزمینی مرکز خرید فیلادلفیا (۱۹۰۷) و هوبخان در هامبورگ (۱۹۱۲) می باشد که همگی ریل سوم با تماس از زیر داشته اند. خط منچستر به بری از راه آهن لنکشایر و یورکشایردر سال ۱۹۱۷ ، ریل سوم با تماس از کناره را مورد استفاده قرار داد. این تکنولوژی ها در دهه های ۲۰ و ۳۰ میلادی در خطوط یوبان برلین و متروی مسکو به صورت وسیع تری مورد استفاده قرار گرفتند. از سال ۱۹۳۹ خط اِسبان هامبورگ از ریل سوم کناری با ولتاژ ۱۲۰۰ ولت DC استفاده کرد.

در سال ۱۹۵٦ ، اولین خط راه آهن با تایر لاستیکی در خط ۱۱ پاریس افتتاح شد که در آن، ریل هادی با یک جفت ریل هادی برای نگهداری بوژی در موقعیت مناسب خود جایگزین گشت. این راهکار در سال ۱۹۷۱ در بخش ناموکوی متروی ساپورو اصلاح شد که یک ریل هدایتی/بازگشت به همراه یک ریل توان به صورت عرضی بر روی ریل های معمولی قرار گرفت.

ریل سوم منسوخ نشده است. کشورهایی هستند (به طور خاص در ژاپن ، کره جنوبی ،هند و اسپانیا) مشتاق به استفاده از کابل بالاسری هستند اما به صورت همزمان در نقاط مختلف، ریل های سوم جدید ساخته شده اند که کشورهای پیشرفته نیز شامل آن ها می باشند (متروی کپنهاگ ، متروی تایپه ، متروی ووهان). راه آهن هایی با توان از قسمت پایین نیز معمولا دارای قطارهای مجهز به تایر لاستیکی استفاده می کنند، با وجود اینکه چنین سیستمی، خصوصیات یک متروی سنگین (به جز دو خط متروی ساپارو) و دارای ظرفیت کم برای حمل و نقل مسافر است. به طور خاص راه آهن هایی که ریل سوم در آن ها استفاده نمی شود، حومه ای و برای مسافت های طولانی می باشد که نیازمند سرعت بالاتر و ولتاژ بیشتر می باشد.

مزایا و معایب سیستم‌های ریل سوم

تا جایی که به هزینه اول مربوط می‌شود، نصب سیستم‌های ریل سوم در مقایسه با سیستم‌های ارتباطی سیمی نسبتاً کم‌هزینه است، چراکه هیچ ساختاری برای حمل سیم‌های ارتباطی هوایی وجود ندارد و نیازی به بازسازی پل‌هایی برای شفاف‌سازی وجود ندارد. تأثیر تصویری بسیار کمتری بر روی محیط وجود دارد. بااین‌حال، همچنان که سیستم‌های ریل سوم موجب خطر شوک الکتریکی هستند، ولتاژهای سیستمی بالاتر (بالای ۱۵۰۰ ولت) به نظر ایمن نمی‌رسند. بنابراین از جریان‌های بسیار بالا استفاده می‌شود که باعث از دست دادن مقدار قابل‌توجهی انرژی در این سیستم می‌شوند و نیازمند نقاط تغذیهٔ نسبتاً نزدیک به هم هستند (ایستگاه‌های فرعی).

وجود یک ریل الکتریکی نیز آن را برای فردی که در مسیرها سقوط کند، بسیار خطرناک می‌سازد. بااین‌حال، می‌توان با استفاده از درهای پوشاننده لب ایستگاه از این امر اجتناب کرد یا ریسک را با تضمین اینکه ریل‌هادی در طرف مسیر دور از بستر است، به حداقل رساند.

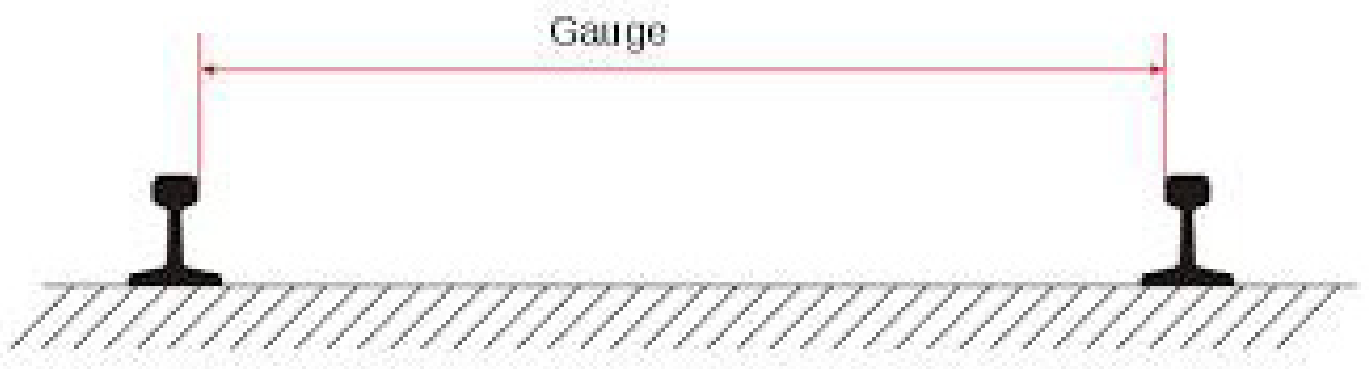
به‌علاوه، سیستم‌های ریلی سوم باید به‌صورت کامل از هم جدا شوند، یا اگر به‌صورت درجه‌بندی عمل می‌کنند، باید مکانیسم‌هایی را برای متوقف سازی مؤثر افراد پیاده از راه رفتن بر روی مسیرها را در گذرگاه‌ها اجرایی کنند. یک دادگاه عالی درایلینیوز در سال ۱۹۹۲ ، ۱/۵ میلیون دلار جریمه برای مسئولین حمل‌ونقل شیکاگو به دلیل ناتوانی در متوقف نمودن یک فرد مست از رفتن بر روی مسیرها در بخش تقاطع و تلاش برای تماس با ریل سوم تعیین کرد که قاعدتا عملی مرگبار بوده است.

رمپ‌های انتهایی ریل‌های هادی (که در آن قطع می‌شوند یا تغییر جهت می‌دهند) نشان دهندهٔ یک محدودیت عملی سرعت به دلیل تأثیر مکانیکی کفه‌ها هستند و ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت (۱۰۰ مایل بر ساعت) به‌عنوان بالاترین محدودهٔ سرعت عملیات ریل سوم در نظر گرفته‌شده است، بااین‌حال هیچ آزمایش بالاتر از ۱۰۰ مایل بر ساعتی صورت نگرفته است. رکورد سرعت دنیا برای ریل سوم برابر ۱۷۴ کیلومتر بر ساعت (۱۰۸ مایل بر ساعت) است که در ۱۱ آوریل ۱۹۸۸ توسط یک EMU کلاس ۴۴۲ بریتانیایی به‌دست‌آمده بود. سیستم‌های ریلی سوم از اتصال هوایی استفاده می‌کنند که در معرض تجمع برف و یخ تشکیل‌شده از برف‌یخ زده می‌باشد و می‌توانند عملیات را قطع کند. اکثر سیستم‌ها از قطارهای یخ‌شکن برای ذخیرهٔ جریان روغنی بر روی ریل‌هادی استفاده می‌کنند تا از ساخت جلوگیری کنند. به دلیل شکاف‌های ریل‌هادی (در سطح تقاطع و چندراهی‌ها) توقف در مکانی که در آن همهٔ کف‌ها شکافته شوند امکان‌پذیراست، بنابراین هیچ انرژی کششی‌ای در دسترس نیست. می‌گوییم قطار شکافته شده است. در این شرایط، قطاری از پشت قطار متوقف‌شده می‌آید تا آن را بر روی ریل‌هادی هل دهد یا از یک کابل پرشی برای تأمین انرژی کافی برای به دست آوردن یکی از کف‌های اتصال پشت به ریل سوم استفاده می‌کند. در برخی سیستم‌ها، این امر مانع حرکت قطارهای بسیار کوچک می‌شود (که کفه‌های کمتری دارند).

یک کف تماس برای ریل سوم تماس بالابر روی سیستم‌های ردیابی الکتریکی خط با سرعت‌بالای سپتا نوریس تاون (که در آن انرژی الکتریکی در یک ایستگاه انرژی راه دور تولید می‌شود و به قطارها منتقل می‌شود) به میزبان قابل‌ملاحظه‌ای مقرون به صرفه تر از واحدهای دیزلی یا بخار بوده که درآن‌واحد انرژی بر روی قطار حمل می‌شود. این مزیت مخصوصاً در سیستم‌های انتقال سریع و شهری با تراکم ترافیکی بالا موردتوجه است.

گیج خطوط ریلی

در راه آهن گیج فاصله داخلی دو ریل در یک شبکه ریلی می باشد و تمامی وسایل نقلیه ریلی در آن شبکه ریلی بایستی دارای گیج یکسان باشند.



خطوط ریلی ابتدا در معادن به کار گرفته شدند که با توجه به وضعیت طبیعی محل معدن و ظرفیت آن، شکل و فاصله ریل ها از یکدیگر متفاوت بود. وقتی که خطوط ریلی در خارج از معادن استفاده شد فاصله دو ریل براساس فاصله چرخ های کالسکه های مورد استفاده در آن ناحیه تنظیم شد .

لوکوموتیوها در اوایل قرن ۹۱ میلادی وارد شبکه ریلی شدند اما جرج استفانسون اولین شخصی بود که لوکوموتیو رابصورت مؤفقیت آمیز در یک خط ریلی در بریتانیا بین استوکتون و دارلینگتون در سال ۹۲۸۱ میلادی استفاده کرد. درشروع کار طول این مسیر ۹۱ کیلومتر بود اما به تدریج طول آن اضافه شد و به ۱٤ کیلومتر رسید و برای حمل ذغال سنگ و بعدا برای حمل مسافر هم استفاده شد. حداکثر سرعت قطار در این مسیر ۸۸ کیلومتر بر ساعت و فاصله ریل ها در این خط ۱٤۲۲mm (۸in,٤ft) بود و موفقیت دور از انتظاری کسب کرد، در این خط برای کشیدن واگن‌ها هم ازلوکوموتیو و هم اسب استفاده می شد.

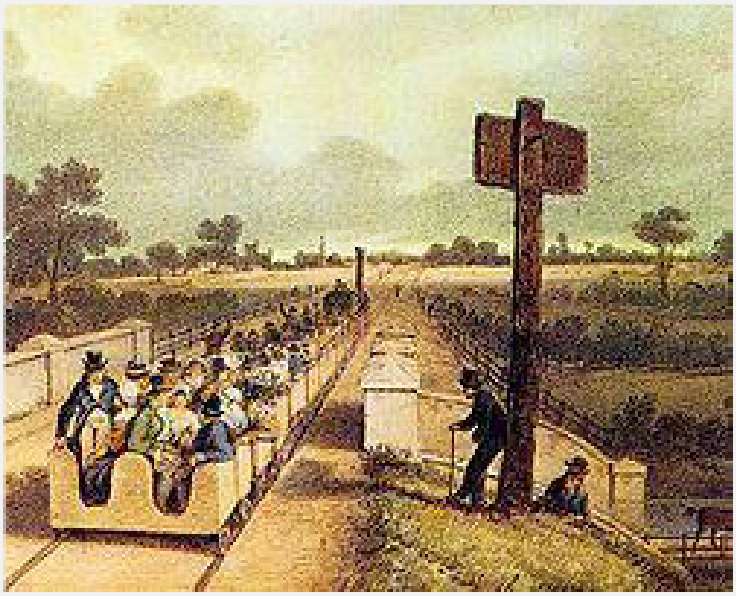
به دنبال مؤفقیت راه آهن استوکتون دارلینگتون، احداث راه آهن بین منچستر و لیورپول در سال ۱۸۲٦ شروع و در سال ۱۹۳۰به طول ٥٦ کیلومتر) ۳۱مایل(راه اندازی شد. این راه آهن اولین خطی بود که در آن برای کشیدن واگنها تنها از لوکوموتیو استفاده می شد و با استقبال زیادی روبرو شد.

فاصله بین دو ریل در این خط ۱٤۳٥ mm (٤ft, ۸ ½ in) بود و بعنوان گیج استاندارد شناخته شد، راه آهن بیرمنگام به لندن نیز با گیج ۱٤۳٥ mm در سال ۱۸۳۳ شروع و در سال ۱۸۳۸ به طول ۱۸۰ کیلومتر افتتاح شد، اما راه‌آهن بریستول به لندن بنا به نظر مهندسین آن با گیج ۲۱٤۰ mm (۷ft, ¼ in) ساخته شد،آنها معتقد بودند گیج پهن تر پایداری بیشتری ایجاد می کند. دلیل اینکه در ابتدا در خطوط مختلف گیج های متفاوتی استفاده شد این بود که این خطوط توسط شرکتهای خصوصی احداث می شد و هر شرکت ملاحظات فنی خود راداشت و از طرفی گیج متفاوت باعث ایجاد قلمرو بخصوص برای هر شرکت می شد.

وقتی که راه آهن در سایر کشورها ساخته شد انتخاب گیج وابسته به شرایط فنی، جغرافیائی، سیاسی و منافع شرکت‌های احداث کننده شد. مقام‌های حکومتی در اسپانیا و روسیه معتقد بودند خطوطی که آنها ایجاد می‌کنند ممکن است توسط دشمنان استفاده شود، بنابراین گیج هائی متفاوت با گیج راه آهن همسایگان خود انتخاب کردند. در استرالیا و هند شرکتهای استعماری چندین گیج در حوزه نفوذ خود ایجاد کردند. همچنین در بعضی از کشورها با توجه به تجهیزات خریداری شده از کشور صادر کننده گیج انتخاب شد و در کشورهای کوهستانی بدلیل کمبود فضا و کاهش هزینه ها از گیج باریک استفاده شد.

اولین لوکوموتیو بخار جرج استفانسون

این نقاشی آبرنگ که در دهه ۹۲۲٤ میلادی کشیده شده حضور مردم در روز افتتاح راه آهن استوکتون به دارلینگتون را نشان می دهد



یک نقاشی از راه آهن بین منچستر و لیورپول در دهه ۹۲۹٤ میلادی

گیـج هـای متفـاوت راه آهـن در چیـن مـوزه - پکـن
از سمت چپ:
گیج ۱٤۳۵ mm
گیج۱۰۰۰ mm
گیج٦۰۰ mm

گیج های پهن و باریک در کشور هند:
سمت چپ: راه آهن با گیج باریک - ٦۱۰ mm
سمت راست : راه آهن با گیج پهن - ۱٦۷٦ mm

معرفی کتاب

طراحی لوکوموتیو

سید سعید فاضل

کتاب طراحی لکوموتیو توسط دکتر سید سعید فاضل (رئیس دانشکده مهندسی راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران) با همکاری انجمن علمی دانشجویی دانشکده مهندسی راه‌آهن در بهار سال ۹۴ به نگارش درآمده است. به‌طور خاص، این کتاب نمونه‌ای از تعامل سازنده میان اساتید و دانشجویان به‌حساب می‌آید که به نتیجه‌ای به‌غایت مطلوب دست‌یافته است.

این کتاب شامل چهارفصل در باب طراحی لکوموتیو می‌گردد، مبحثی که امروزه با توجه به توسعه آرام آرام صنعت ریلی نیاز روز کشور بوده و قادر است در سال‌های آینده، تعیین کننده سیاست‌های توسعه متعددی باشد. این چهار فصل عبارت‌اند از:

- مبانی حرکت لکوموتیو
- سیستم ترمز
- ماشین‌های الکتریکی در لکوموتیو
- اجزاء لکوموتیو برقی.

در ادامه به خلاصه‌ای از هر فصل می‌پردازیم.

فصل اول

این فصل شامل ٦ بخش است که هرکدام به‌صورت مفصل به یکی از اصول حرکت لوکوموتیو و قواعد و قوانین حاکم بر آن می‌پردازد. این ٦ بخش شامل موارد ذیل هستند:

- مبانی حرکت لکوموتیو و محاسبات ریاضی مربوط به آن
- انواع لکوموتیو
- کارکرد لکوموتیو درحرکت قطار
- انواع آرایش لکوموتیو و واگن‌ها
- قطارهای خودکشش و کاربردشان در متروهای شهری
- مزایای و معایب سیستم‌های کشش متمرکز (لکوموتیوها) و غیرمتمرکز (قطارهای خودکشش) نسبت به یکدیگر.

فصل دوم: سیستم ترمز

بنیان ایده ترمز بر مبنای اصطکاک بین دو سطح است؛ اما در قطارها الزاماً همیشه این‌طور نیست. تبدیل انرژی نقش مهمی در این میان ایفا می‌کند، همانند تبدیل انرژی مکانیکی در ترمز مکانیکی. ازآنجایی‌که هدف‌گذاری این کتاب مبتنی بر بررسی ترمز نیست، این بخش به‌صورت خلاصه بررسی‌شده است. در این فصل سرفصل‌های ذیل بررسی می‌شوند:

- کاربرد و انواع سیستم ترمز
- مشخصات سیستم ترمزی استاندارد UIC

فصل سوم: ماشین الکتریکی در لکوموتیو

لکوموتیو وظیفه به حرکت درآوردن قطار را در سیستم‌های کشش متمرکز بر عهده دارد. این وظیفه، خود باعث به وجود آمدن یک زمینه برای قرار گرفتن در معرض نیروهای متفاوت مکانیکی می‌شود که برای کاربری بهینه لکوموتیو، باید در طراحی آن مدنظر واقع شوند. بررسی این نیروها و خصوصیات آن‌ها، مسئله‌ای است که در این فصل تحت بررسی قرار می‌گیرد.

در این فصل به موارد زیر پرداخته می‌شود:

- نیروهای مؤثر بر حرکت قطارها
- دینامیک حرکت قطارها
- نیروهای شتاب‌دهنده
- انواع متداول لکوموتیوها

فصل چهارم: اجزاء لکوموتیو برقی

در مقابل سیستم‌های کشش عادی که از لکوموتیوهای مکانیکی بهره می‌برند، سیستم‌هایی نیز وجود دارند که از الکتریسیته در لکوموتیو خود استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها به دلیل ساختار مخصوص و طراحی مجزا، باید در بخش جداگانه‌ای موردبررسی قرار گیرند که این فصل به این مقوله پرداخته است. در این فصل مسائل ذیل موردتوجه قرارگرفته است:

- پانتوگراف و شبکه بالاسری
- ریل سوم
- ویژگی‌های لکوموتیوهای برقی
- انواع لکوموتیوهای برقی به لحاظ شکل ظاهری و عملکرد

سانحه قطار مسافری تهران - مراغه

قطار مسافری مراغه – تهران با یک لوکوموتیو ۹۱۱ و با ۱۴ واگن پس از عبور از ایستگاه آبیک (ایستگاه فرماندهی) به سمت ایستگاه هشتگرد (ایستگاه تحت فرمان آبیک در کیلومتر ۷۵) حرکت و طبق برنامه حدود ساعت ۳:۰۲ وارد خط یک ایستگاه هشتگرد می‌گردد. پس از پیاده شدن مسافرین، لوکوموتیوران بدون توجه به چراغ‌قرمز علائم و همچنین تلاقی در نظر گرفته‌شده با قطار ۵۸ بوده است اقدام به حرکت می‌نماید و پس از عبور از سوزن که به خط دو تنظیم بوده است وارد بلاک می‌گردد. از سمت مقابل قطار مسافری مشهد - تبریز نیز با چراغ سبز و طبق برنامه قبلی از ایستگاه گردان به سمت هشتگرد حرکت می‌نماید پس از ورود قطار مراغه به بلاک هشتگرد- کردان متصدی ترافیک ایستگاه آبیک (فرماندهی) که به قضیه مشکوک شده است ضمن تماس با نگهبان (فیزیکی) ایستگاه مسئله را جویا می‌شود و پس از اطلاع از اینکه قطار از ایستگاه خارج‌شده است توسط بیسیم به‌قطار مراغه فرمان توقف داده که قطار مراغه پس از طی مسافتی حدود ۱۰ کیلومتر در کیلومتر ٦٤ بلاک هشتگرد متوقف و با هماهنگی ایستگاه کرج کمربندی مشهد - تبریز نیز پس از پیمودن حدود ٤ کیلومتر در کیلومتر ٦٢ بلاک کردان - هشتگرد متوقف می‌گردد. متصدی ترافیک آبیک طی تلفنگرام ٤٠ - ۸۷/۱۰/۳ در ساعات ۳:۱۸ موضوع را به کنترل ناحیه مخابره می‌نماید. در همین حال لوکوموتیوران قطار مراغه - تهران که متوجه موضوع گردیده و چراغ‌های لکوموتیو قطار مقابل را از دور دیده است بدون هماهنگی و کسب اجازه اقدام به عقب زدن قطار می‌نماید و تا نزدیکی ایستگاه هشتگرد رفته و متوقف می‌گردد.

رئیس قطار مسافری مراغه پیاده شده و به دفتر ایستگاه هشتگرد می‌رود و موضوع را با متصدی ترافیک ایستگاه آبیک در میان می‌گذارد که این موضوع نیز طی تلفنگرام ٤١ - ۸۷/۱۰/۳ ساعت ۳:٤٥ به کنترل ناحیه مخابره می‌گردد. با توجه به‌احتمال آسیب‌زدگی سوزن خروجی ایستگاه هشتگرد به سمت کردان قطار مشهد - تبریز با توجه به هماهنگی‌های انجام شده طی تلفنگرام ١٦٠٤ - ۸۷/۱۰/۳ معاونت فنی ناحیه تهران به ایستگاه کردان برگشته و قطار مراغه - تهران به مسیر خود ادامه می‌دهد.

دلایل ایجاد این شرایط خطرناک:

مهم‌ترین دلیل عدم دقت و هوشیاری لوکوموتیوران و بی‌توجهی بر رعایت مقررات می‌باشد. بر طبق قرائن لوکوموتیوران قطار را تا لبه چراغ خروجی آورده و متوقف می‌نماید که سبب می‌گردد نسبت به چراغ دید نداشته و رنگ آن برای او قابل‌رؤیت نبوده و با توجه به اینکه چراغ در سمت لوکوموتیوران می‌باشد کمک لوکوموتیوران نیز نتوانسته در این مورد به او هشدار دهد. هم‌چنین به نظر می‌رسد لوکوموتیوران و کمک آن هنگام ورود و توقف قطار در خط یک ایستگاه به چراغ خروجی این خط

بی‌توجه بوده‌اند. بیسیم لوکوموتیو نیز از ساعت ۲:۱۸ تا ساعت ۳:۱۲ خاموش بوده است که سبب شده از اعلام تلاقی در ایستگاه هشتگرد بی‌اطلاع بماند. لوکوموتیوران پس از پیاده شدن مسافرین از رئیس قطار اجازه حرکت می‌گیرد که رئیس قطار اعلام می‌دارد در صورت سبز بودن چراغ حرکت نماید و لوکوموتیوران نیز بدون توجه به قرمز بودن چراغ و تلاقی در ایستگاه هشتگرد وارد بلاک می‌گردد.

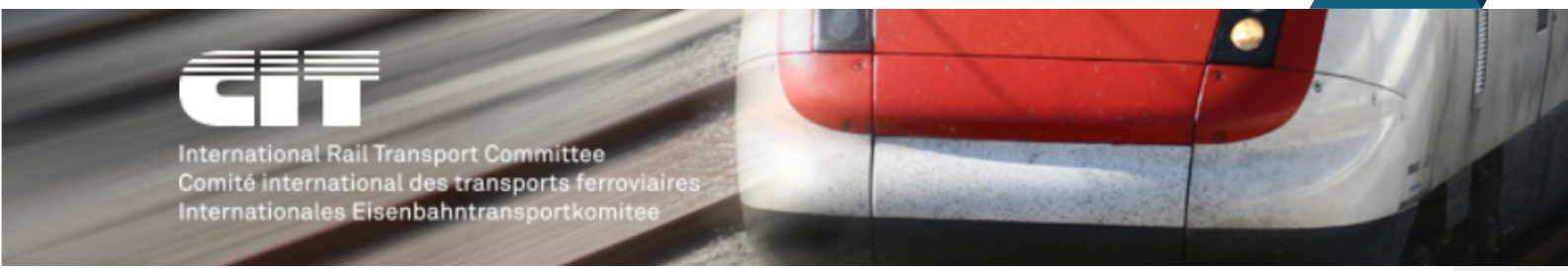
از سمت مقابل قطار مسافری مشهد - تبریز نیز با چراغ سبز و طبق برنامه قبلی از ایستگاه گردان به سمت هشتگرد حرکت می‌نماید پس از ورود قطار مراغه به بلاک هشتگرد- کردان متصدی ترافیک ایستگاه آبیک (فرماندهی) که به قضیه مشکوک شده است ضمن تماس با نگهبان (فیزیکی) ایستگاه مسئله را جویا می‌شود و پس از اطلاع از اینکه قطار از ایستگاه خارج‌شده است توسط بیسیم به‌قطار مراغه فرمان توقف داده که قطار مراغه پس از طی مسافتی حدود ۱۰ کیلومتر در کیلومتر ٦٤ بلاک هشتگرد متوقف و با هماهنگی ایستگاه کرج کمربندی مشهد - تبریز نیز پس از پیمودن حدود ٤ کیلومتر در کیلومتر ٦٢ بلاک کردان - هشتگرد متوقف می‌گردد. متصدی ترافیک آبیک طی تلفنگرام ٤٠ - ۸۷/۱۰/۳ در ساعات ۳:۱۸ موضوع را به کنترل ناحیه مخابره می‌نماید. در همین حال لوکوموتیوران قطار مراغه - تهران که متوجه موضوع گردیده و چراغ‌های لکوموتیو قطار مقابل را از دور دیده است بدون هماهنگی و کسب اجازه اقدام به عقب زدن قطار می‌نماید و تا نزدیکی ایستگاه هشتگرد رفته و متوقف می‌گردد.

رئیس قطار مسافری مراغه پیاده شده و به دفتر ایستگاه هشتگرد می‌رود و موضوع را با متصدی ترافیک ایستگاه آبیک در میان می‌گذارد که این موضوع نیز طی تلفنگرام ٤١ - ۸۷/۱۰/۳ ساعت ۳:٤٥ به کنترل ناحیه مخابره می‌گردد. با توجه به‌احتمال آسیب‌زدگی سوزن خروجی ایستگاه هشتگرد به سمت کردان قطار مشهد - تبریز با توجه به هماهنگی‌های انجام شده طی تلفنگرام ١٦٠٤ - ۸۷/۱۰/۳ معاونت فنی ناحیه تهران به ایستگاه کردان برگشته و قطار مراغه - تهران به مسیر خود ادامه می‌دهد.

دلایل ایجاد این شرایط خطرناک: مهم‌ترین دلیل عدم دقت و هوشیاری لوکوموتیوران و بی‌توجهی بر رعایت مقررات می‌باشد. بر طبق قرائن لوکوموتیوران قطار را تا لبه چراغ خروجی آورده و متوقف می‌نماید که سبب می‌گردد نسبت به چراغ دید نداشته و رنگ آن برای او قابل‌رؤیت نبوده و با توجه به اینکه چراغ در سمت لوکوموتیوران می‌باشد کمک لوکوموتیوران نیز نتوانسته در این مورد به او هشدار دهد. هم‌چنین به نظر می‌رسد لوکوموتیوران و کمک آن هنگام ورود و توقف قطار در خط یک ایستگاه به چراغ خروجی این خط بی‌توجه بوده‌اند. بیسیم لوکوموتیو نیز از ساعت ۲:۱۸ تا ساعت ۳:۱۲ خاموش بوده است که سبب شده از اعلام تلاقی در ایستگاه هشتگرد بی‌اطلاع بماند. لوکوموتیوران پس از پیاده شدن مسافرین از رئیس قطار اجازه حرکت می‌گیرد که رئیس قطار اعلام می‌دارد در صورت سبز بودن چراغ حرکت نماید و لوکوموتیوران نیز بدون توجه به قرمز بودن چراغ و تلاقی در ایستگاه هشتگرد وارد بلاک می‌گردد.

ماده ٢٤-٢١:

در ایستگاه‌های مجهز به علائم الکتریکی لوکوموتیوران و کمک لوکوموتیوران موظف‌اند برای اطمینان از صحت تشخیص رنگ نور علامت، هر یک از آنان که نور علامت مربوطه را زودتر مشاهده نمود رنگ آن را به صدای بلند اعلام نماید و نفر دیگر در صورت رؤیت همان رنگ نام آن را تکرار نماید تا چنانچه اختلافی در تشخیص رنگ وجود نداشت به مسیر خود ادامه یا مبادرت به حرکت از ایستگاه نماید و در صورت مشکوک بودن رنگ نور علامت، لوکوموتیوران باید فرض را بنا به قرمز بودن علائم سیگنالینگ نموده و تاوَن قطار را متوقف نماید.



معرفی نهاد International Rail Transport Committee (CIT)

استفاده از واگن‌ها CIT اسناد مربوط به قرارداد استفاده از وسایل نقلیه در ترافیک بین‌المللی را تنظیم می‌نماید. این اسناد شامل قرارداد کلی استفاده از واگن‌ها (GCU) که پیش‌تر ذکر گردید، دستورالعمل بارنامه (حرکت واگن‌های خالی طبق بارنامه و نحوه استفاده از واگن‌ها) و دستورالعمل واگن‌ها می‌باشد که به روند استفاده از واگن‌ها توسط شرکت‌های بهره‌بردار می‌پردازد.

-موافقت‌نامه ریلی داخلی ترافیک ریلی بین‌المللی مسافری (AIV)

این موافقت‌نامه روابط بین شرکت‌های حمل‌ونقلی در خصوص ترافیک ریلی بین‌المللی مسافری (AIV) را در برمی‌گیرد. به خصوص بر پردازش دعاوی غرامت و تخصیص داخلی آن‌ها حاکم است. درنتیجه‌ی افزایش فراوان پرداخت غرامت بر اساس قانون حقوق مسافران ریلی، AIV ازنظر مالی اهمیت اساسی جدیدی یافته است.

بودجه

هزینه‌های سازمان توسط اعضا پرداخت می‌شود. این حق عضویت به تناسب سهم دو بخش ترافیک مسافری و باری می‌باشد. هر عضو رسمی، فارغ از میزان حق عضویت پرداختی، فقط یک حق رأی دارد.

نشریات CIT

CIT سه نوع نشریه مرتبط با مقررات اجرایی مربوط به حقوق بین‌المللی حمل‌ونقل ریلی منتشر می‌کند:

۱-مقررات تکمیلی متحد الشکل (D.C.U) که به توضیح و تفسیر مقررات CIV و CIM می‌پردازد.

۲-دستورالعمل‌های تنظیم کننده روابط میان شرکت‌های حمل‌ونقلی چهار نوع مهم این دستورالعمل‌ها عبارت‌اند از AIV و AIM این دستورالعمل‌ها برای آن است که مشخص کند کدام راه‌آهن عضو مسئول جبران خسارت بوده و چگونه این خسارت و هزینه‌ها را باید بپردازد.

۳-دستورالعمل‌های متحد الشکل برای خدمات مختلف شرکت‌های حمل‌ونقلی.CIT همچنین یک نشریه خبری به نام CIT -Infos دارد که فعالیت‌های جاری کمیته را منعکس می‌نماید.

زبان کاری

زبان‌های فرانسه، آلمانی و انگلیسی به‌عنوان زبان رسمی این کمیته شناخته شده است.

نشانی سایت

http//www.cit-rail.org

حق عضویت پرداختی راه‌آهن ایران در حال حاضر: ۲۲۰۰ فرانک سوئیس سالانه

کمیته حمل‌ونقل بین‌المللی با راه‌آهن (CIT):

Comite International edu Transport Ferroviaire

Committee for Railway International Transport

کمیته حمل‌ونقل بین‌المللی با راه‌آهن در سال ۱۹۰۲ تأسیس شده است. کار این کمیته به‌عنوان نماینده راه‌آهن‌ها انجام هماهنگی‌ها و اقدامات مربوط به مسائل مرتبط با حقوق بین‌المللی حمل‌ونقل با راه‌آهن می‌باشد. اگر اعضاء درخواست و یا استعلامی در مورد این مقررات داشته باشند می‌توانند به CIT مراجعه کنند.

اعضاء کمیته حمل‌ونقل ریلی بین‌المللی (CIT) سازمانی مرکب از ۲۰۰ شرکت ریلی و کشتیرانی است که خدمات حمل‌ونقل باری /مسافری بین‌المللی ارائه می‌دهد.۱۲۰ شرکت عضو اصلی کمیته و ۸۰ سازمان به صورت غیرمستقیم و عضو وابسته این کمیته اند. کمیته حمل‌ونقل ریلی بین‌المللی (CIT) در برن مستقر بوده و تحت قوانین سوئیس است. -وظایف کمیته

کمیته حمل‌ونقل ریلی بین‌المللی (CIT) به اجرای حقوق حمل‌ونقل ریلی بین‌المللی کمک می‌کند. بدین منظور، اسناد و مقررات حقوقی برای ترافیک ریلی بین‌المللی تدوین و منتشر کرده و روابط قراردادی بین مشتریان، کریرها و مدیران زیر بنایی را استانداردسازی نموده و نماینده منافع کریرهای ریلی در برابر قانون‌گذاران و مقامات است. افزون بر این گزارش‌های منظم در خصوص مسائل قانونی فراهم نموده و برای اعضا دوره‌های آموزشی و مشاوره‌های حقوقی ارائه می دهد.

ساختار سازمانی

مجمع عمومی تعیین اهداف استراتژیک، تصویب بودجه حسابرسی‌های سالیانه و انتخاب اعضا کمیته را به عهده دارد.

کمیته اجرایی، مسئولیت مدیریت بهره‌برداری و اجرایی سازمان CIT را به عهده دارد. وظایف کمیته به شرح ذیل می‌باشد:

_انجام تمهیدات و مقدمات لازم برای اجلاس‌های مجمع عمومی

-تهیه حساب‌های سالانه و بودجه

-تصویب گزارش سالانه

-ارائه نقطه نظرات در خصوص پیش‌نویس مقررات حمل‌ونقل ریلی بین‌المللی

-تثبیت شرایط سرویس‌دهی به کارکنان و وضع مقررات مالی

-نظارت بر مدیریت دبیر کل

کمیته اجرایی متشکل از حداکثر ۹ عضو نماینده است بر طبق قانون، رئیس CIT نیز یکی از اعضا محسوب می‌شود. کمیته اجرایی معمولاً سالی دو بار برگزار می‌گردد. (آوریل و سپتامبر)

دبیر کل، مدیریت CIT را به

عهده دارد و از یازده عضو به شرح وظایف ذیل تشکیل شده است:
- اجرا و بکار گیری تصمیمات مجمع عمومی و کمیته اجرایی
- انجام تمهیدات و مقدمات لازم برای اجلاس‌های کمیته اجرایی
- تهیه گزارش سالانه، حساب‌های سالانه و بودجه به‌منظور ارائه به کمیته اجرایی
- تشکیل و شرکت در اجلاس‌های کمیته و گروه‌های کاری
- کمیته‌ها، صلاحیت تصویب مفاد اجرا و بکارگیری مقررات حمل‌ونقل ریلی بین‌المللی را در قالبی استاندارد و کاربردی دارا هستند به منظور تهیه اسناد CIT بدین منظور، مجمع عمومی، قدرت را به آن‌ها واگذار می‌کند. کمیته‌ها متشکل از نمایندگان هستند.
- گروه‌های کاری مسئولیت آماده‌سازی مقدمات، پیشنهادها و نقطه نظرات برای تصمیم‌گیری‌های کمیته را به عهده دارند.

کمیته‌های کاری CIT عبارت‌اند از کمیته CIV (ترافیک مسافری) کمیته CIM (ترافیک باری) و کمیته CUI(بهره‌برداری از زیربنا) به‌علاوه دو گروه کاری CIV و CIM و در آخر گروه کارشناسان نیز که به بررسی مباحث خاص می‌پردازد و اعضای آن از متخصصین موضوعات خاص می‌باشند، در ساختار CIT جای دارند. اعضاء آن‌ها به خاطر مهارت‌هایشان درزمینه مربوطه انتخاب می‌شوند.

فعالیت‌های CIT در زمینه حمل‌ونقل

حقوق حمل‌ونقل ریلی

حمل‌ونقل ریلی در چارچوب کنوانسیون‌های بین‌الدول و در اتحادیه اروپا توسط مقررات و دستورالعمل‌های اتحادیه اروپا اجرا می‌شود. در این راستا سازمان اتیف OSJD، اتحادیه اروپا، کمیسیون اقتصادی سازمان ملل برای اروپا (UNECE) و موسسه بین‌المللی یکسان‌سازی حقوق خصوصی در این زمینه فعال هستند و به تنظیم مقررات حمل‌ونقلی می‌پردازند و سازمان CIT ارتباط کاری نزدیکی با این نهادها دارد.

-حمل‌ونقل مسافر CIT در دو زمینه از خدمات مسافری حمایت می‌کند:

اجرای مقررات CIV و مقررات حقوق حمل‌ونقل مسافران ریلی اروپا و دوم ساده‌سازی و استانداردسازی روابط کاری میان شرکت‌های حمل‌ونقلی و بین این شرکت‌ها و مشتریان باهم و اسناد مختلفی هم تدوین نموده است.

-حمل‌ونقل باری CIT در دو زمینه از خدمات باری حمایت می‌کند: اجرای مقررات CIM و دوم ساده‌سازی و استانداردسازی روابط کاری میان شرکت‌های حمل‌ونقلی و بین این شرکت‌ها و مشتریان و اسناد مختلفی هم تدوین نموده است ازجمله توافقنامه‌ها، دستورالعمل‌ها و فرم‌ها. اسناد باری CIT توسط کمیته CIM تائید می‌شوند. در ضمن گروه کاری CIM/SMGS با سازمان OSID مشترکا فعالیت دارند تا بارنامه مشترک CIM/SMGS عملیاتی گردد و اسناد مربوطه را منتشر نموده‌اند. بارنامه مشترک CIM/SMGS: بارنامه مذکور در مورخ ۰۱/۰۹/۲۰۰۶ مشترکا توسط CIT و OSID تنظیم گردید و از آن پس همه ساله در دستورالعمل و پیوسته‌های آن صورت گرفته است. این سند پروژه مشترک کمیته بین‌المللی حمل‌ونقل ریلی و سازمان همکاری راه‌آهن‌ها (OSID/CIT) می‌باشد که با عنوان استفاده از بارنامه (CIM/SMGS) جهت تسهیل ترافیک باری از مرزها، کاهش هزینه‌ها، کوتاه کردن مدت زمان حمل‌ونقل، افزایش امنیت حقوقی و به‌طورکلی افزایش جذب ترافیک شرق - غرب آغاز گردیده است. دو سازمان تلاش می‌نماید تا این بارنامه از لحاظ حقوقی به طور یکسان قابل بهره‌برداری باشد.

در سال ۲۰۱۰ بیش از نیمی از حجم حمل‌ونقل در چهار کریدور حمل‌ونقلی اروپا با استفاده از بارنامه مشترک CIM/SMGS صورت گرفته و در سال ۲۰۱۱ این آمار افزایش قابل توجهی داشته است. جمهوری روسیه، مغولستان و قزاقستان از سال ۲۰۱۰ شبکه‌های ریلی خود را بر روی استفاده از این بارنامه بازنموده‌اند. استفاده از بارنامه مشترک CIM/SMGS برای حمل‌ونقل‌های ریلی بین جمهوری خلق چین و اروپا نیز عملی گشته به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۲ اولین حرکت‌های آزمایشی از جنوب غربی پکن به آلمان، از شانگهای به سوئیس و قطار دیگری از چین به چک تحت این بارنامه صورت گرفت. ورود شبکه ریلی چین به بارنامه CIM/SMGS حاکی از مرحله مهمی است و در آینده محموله‌ها می‌توانند با یک بارنامه واحد بین چین و اروپا حرکت کرده و از این رو در وقت و هزینه‌ها صرفه‌جویی شود. اکنون انتظار می‌رود با اجرای بارنامه مشترک CIM/SMGS در باقی مناطق جمهوری‌های آسیای مرکزی، به خصوص در ازبکستان، تاجیکستان و ترکمنستان حمل‌ونقل ریلی بار با بنادر ایران تسهیل گردد. بدین ترتیب یک مانع بزرگ در حمل‌ونقل شرق -غرب حذف می‌شود و این چیزی است که باید انگیزه جدید و گامی نوین در رابطه با حقوق حمل‌ونقل ریلی قابل اجرا در شرق و غرب ایجاد نماید.

مدل بارنامه بایستی الزاماً به زبان روسی و یکی از زبان‌های انگلیسی، فرانسه، یا آلمانی باشد. این بارنامه در راه‌آهن ترجمه در اختیار واحدهای مربوطه قرارگرفته و مورد تائید است و راه‌آهن ایران آماده است تا آن را اجرایی نماید البته برای این کار یک سری اقدامات اولیه لازم است مانند هماهنگی با گمرک و تدارکات راه‌آهن، تهیه نرم افزار بارنامه و تکثیر آن، آموزش کارکنان برای نحوه استفاده از بارنامه و...

استفاده از زیربنا

این بخش نیز مربوط به «مقررات یکنواخت استفاده از زیربنا » و «نحوه و شرایط کلی اروپا برای استفاده از زیربنای ریلی « می‌شود که در مورد این شرایط با جامعه راه‌آهن‌های اروپا، UIC و مدیران زیربنایی مذاکره شده است. در CIT کمیته استفاده از زیربنا مسئول بررسی مسائل مربوطه می‌باشد.

یاتاقان ها

در موتور هرجایی که دو سطح دوار که حداقل یکی از آن‌ها حرکت کند وجود داشته باشد، از یاتاقان استفاده می‌شود. این نوع یاتاقان‌ها را یاتاقان‌های استوانه‌ای می‌گویند زیرا مانند یک استوانه دور یک شفت گردنده قرار می‌گیرد. چون لنگ‌ها میل‌لنگ اجازه نمی‌دهند که یاتاقان‌ها مانند یک بوش کامل مدور، وارد محور ثابت و متحرک میل‌لنگ شوند معمولاً این بوش‌ها به‌صورت دونیم دایره ساخته می‌شود.

ساختمان یاتاقان

بدنه یاتاقان از فولاد یا برنز ساخته شده است که این فولاد استحکام و مقاومت لازم را به یاتاقان می‌دهد. درروی این قسمت یک یا چندلایه مواد یاتاقانی یا بابیت (در ساختمان بابیت از دو فلز اصلی قلع و سرب استفاده‌شده است) به ضخامت چند هزارم اینچ قرارگرفته است علت استفاده از مواد نرم در یاتاقان این است که در صورت تأثیر عوامل خارجی فقط مواد یاتاقانی از بین می‌رود و لنگ سالم باقی خواهد ماند. یاتاقان‌ها دارای شیار روغن بوده و این شیار روغن را در تمام سطح یاتاقان پخش می‌کند. طرز قرار گرفتن لایه‌ها بر روی پوسته فولادی به شرح زیر است:

۱. پوسته فولادی
۲. آلیاژ فلزی با استحکام بالا در مقابل خستگی با پوشش مس و سرب
۳. لایه فلز نیکل
٤. موادگردی از قلع، سرب و مس

البته در موتورهای جدید از یاتاقان‌های آلومینیومی سربی استفاده می‌شود. این نوع یاتاقان‌ها در مقابل خورندگی بهتر مقاومت می‌کنند.

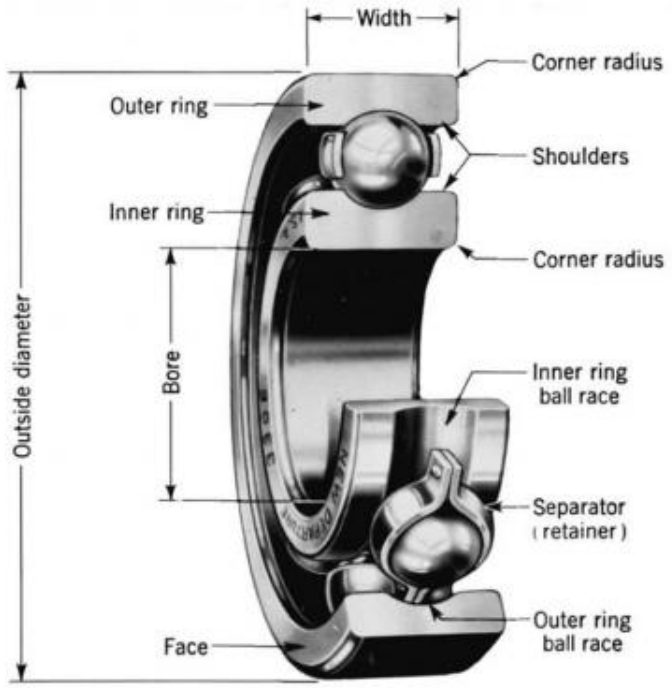
روغن‌کاری یاتاقان‌ها

از مدار اصلی روغن، مسیری به کپه‌های ثابت روی بلوک راه دارد که روغن از آن مسیر وارد سوراخ مجرای روغن میل‌لنگ شده و سطح کلیه یاتاقان‌ها را روغن‌کاری می‌نماید. این روغن به‌صورت قشر نازکی (فیلم روغن) بین سطوح متحرک محور میل‌لنگ و سطوح ثابت یاتاقان قرار می‌گیرد و در اثر فشار مدار روغن، میل‌لنگ در بستری از روغن به‌صورت شناور می‌چرخد. اگر به هر علتی فیلم روغن تشکیل نشود فلز میل‌لنگ با فلز یاتاقان تماس داشته و نیروی اصطکاک بالا رفته و گرمای یاتاقان به حدی می‌رسد که باعث خوردگی و یا ذوب شدن بابیت یاتاقان می‌شود. بین یاتاقان‌ها و میل‌لنگ خلاصی مجازی وجود دارد که اصطلاحاً این خلاصی را فاصله روغن نیز می‌گویند. اندازه این خلاصی در موتورهای مختلف متفاوت است ولی معمولاً خلاصی آن بین ۵ تا ۱۵ صدم میلی‌متر است، بیشتر از ۱۵ صدم باعث فرار روغن زیاد و افت فشار روغن، مدار روغن‌کاری می‌گردد. درصورتی‌که این خلاصی دو برابر گردد مقدار ریزش روغن ۵ برابر می‌شود. افزایش خلاصی

روغـن سـبب نرسـیدن روغـن بـه یاتاقان‌هـای مجـاور می‌گـردد زیـرا پمـپ روغـن مقـدار معینـی از روغـن را می‌توانـد جابه‌جـا کنـد و درنتیجـه بیشـتر روغن‌هـا از یاتاقان‌هـای نزدیـک مجـرای روغـن بیـرون ریختـه و بـه یاتاقان‌هـای دورتـر کمتـر روغـن می‌رسـد. در ضمـن وقتـی لقـی یاتاقان‌هـای زیـاد باشـد به‌جـز اینکـه روغن‌ریـزی موتـور زیـاد می‌شـود و افـت فشـار پیـدا می‌کنـد، بـا افزایـش پاشـش روغـن بـه دیـواره سـیلندر روغن‌سـوزی موتـور بیشـتر می‌گـردد. همچنیـن کاهـش خلاصـی روغـن در یاتاقان‌هـا سـبب می‌شـود کـه عمـل روغـن‌کاری صحیـح انجـام نگرفتـه و سـائیدگی آن‌هـا سـریع‌تر می‌شـود و همچنیـن مقـدار روغنـی کـه بـه دیـواره پاشـیده می‌شـود کافـی نبـوده و روغـن‌کاری دیـواره سـیلندر و رینگ‌هـا به‌خوبـی انجـام نمی‌شـود.

دلایل اصلی ایرادات یاتاقان

هـر جـزء موتـور بالاخـره زمانـی خـراب خواهـد شـد و اگـر هـر جـزء بـرای تمـام مدت‌زمـان طـول عمـر مـورد انتظـارش کار کنـد، عکس‌العمـل مـا سـاده خواهـد بـود: جایگزینـی قطعـات خـراب. متأسـفانه مـا نمی‌توانیـم همیشـه تنهـا بـر اسـاس طـی شـدن طـول عمـر نرمـال یـک قطعـه بـرای بررسـی خرابـی آن تصمیـم بگیریـم. یـک تکنسـین بایـد نه‌تنهـا به‌عنـوان جایگزیـن کننـده قطعـه عمـل کنـد، بلکـه بایـد قـادر باشـد همانند یـک پزشـک وضعیـت را بررسـی کـرده و علـت روی دادن یـک خرابـی را تشـخیص دهـد. جـدول زیـر هشـت



دلیـل اصلـی ایـرادات مربـوط بـه یاتاقـان را بـا درصـد فهرسـت کـرده اسـت کـه نشـان می‌دهـد هرکـدام از ایـن دلایـل چقـدر احتمـال دارد کـه علـت اصلـی بـروز مشـکل باشـند. البتـه قابل‌ذکـر اسـت کـه در بسـیاری از مـوارد، بیـش از یـک دلیـل در خرابـی یاتاقـان درگیـر هسـتند.

گردوخاک	٤٥/٤٪
سرهم بندی اشتباه	١٢/٨٪
تراز نبودن	١٢/٦٪
روانکاری ناکافی	١١/٤٪
بارگذاری بیش از حد	٨/١٪
زنگ زدگی	٣/٧٪
سطح نامناسب یاتاقان	٣/٢٪
سایر	٢/٨٪

دلایل اصلی ایرادات یاتاقان

بنابرایـن مـا می‌توانیـم به‌صـورت منطقـی نتیجـه بگیریـم کـه اگـر یـک تکنسـین تنهـا یـک یاتاقـان خـراب را در یـک موتـور تعویـض کنـد، بـدون مشـخص کـردن علـت ایـراد آن، بیـش از ٩٩٪ زمانـی کـه او درگیـر تعویـض یاتاقـان می‌شـود بـه دلیـل مشـکلات ناشـی از همـان دلیـل خرابـی اسـت. به‌عبارت‌دیگـر، همان‌طـور کـه پزشـک تـا زمانـی کـه بیمـاری را تشـخیص ندهـد، نمی‌توانـد بیمـار را درمـان کنـد، یـک تکنسـین نیـز نمی‌توانـد علـت یـک خرابـی یاتاقـان را رفـع کنـد مگـر اینکـه اول آن را شناسـایی کنـد.

خرابی‌ها در چهار بخش دسته‌بندی می‌شوند:

١. ظاهر: تصویر و شمایی از یاتاقانی که دچار مشکل شده است
٢. عمـل مخـرب: آنچـه درواقـع تحـت شـرایط حاضـر بـه یاتاقـان صدمـه زده اسـت
٣. دلایـل ممکـن: فهرسـتی از فاکتورهایـی کـه قـادر بـه ایجـاد عمـل مخـرب مـورد نظـر هسـتند
٤. عمـل تصحیـح گـر: عملـی کـه بـرای تصحیـح علـت خرابـی بایـد انجـام شـود

تست غیرمخرب NDT

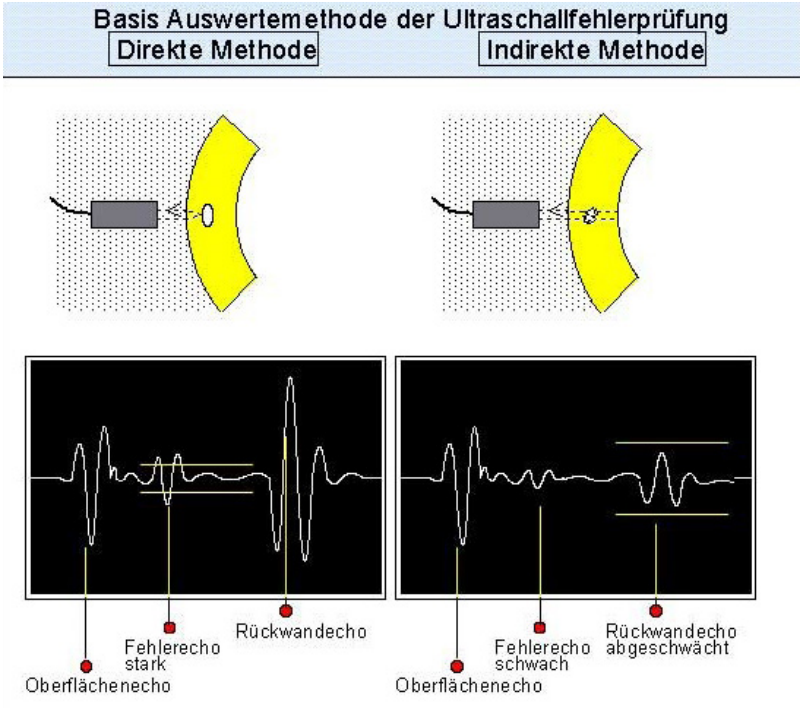
تست‌های غیر مخرب چیست و آشنایی با انواع تست‌های غیر مخرب:

تست‌های غیر مخرب شکلی از آزمون مواد مورد استفاده است که مواد آزمایش‌شده در فرآیند تست از بین نمی‌روند؛ بنابراین در این روش کارایی یک قطعه بدون تغییر یا از بین رفتن آن، موردبررسی قرار می‌گیرد. در برخی موارد ممکن است نیاز به روش‌های تست کامل باشد که ممکن است باعث تغییر دائمی یا آسیب شود. انجام تست‌های غیرمخرب در ابتدا می‌تواند باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری پروژه شود.

علم یا روش کاری است که به کاربر این امکان را می‌دهد تا مواد یا اجزای سیستمی را بدون آسیب رساندن به آن، موردبررسی قرار دهد. آزمون‌های غیر مخرب امروزه نقش حیاتی را در زندگی انسان‌ها ایفا می‌کنند به‌عنوان مثال: اطمینان از سلامت و ایمنی هواپیماها، وسایل نقلیه، قطارها، خطوط لوله پل‌ها، نیر و گا ه ها ، پا لا یشگا ه ها ، سکوهای نفتی و هزاران نمونه دیگر را با استفاده از آزمون غیر مخرب مورد بررسی قرار می‌دهند. آزمون غیر مخرب را می‌توان ابزاری برای مدیریت کیفیت دانست. تست غیر مخرب را می‌توان در مرحله‌ای از ساخت‌وساز مورد استفاده قرار داد. مواد و جوش‌ها را می‌توان با استفاده از این آزمون رد و یا برای تعمیر معرفی کرد.

تست‌های غیر مخرب روش‌های غیرتهاجمی در تشخیص درستی از اجزا یک ماده یا ساختار یا اندازه‌گیری برخی کمیت‌های تجسمی از یک شی است. در مقایسه با تست‌های مخرب،NDT روش تشخیص بدون واردکردن آسیب، تنش یا خرابی در آزمایش شی است. معمولاً در آزمایش خراب کردن یک جسم هزینه زیادی صرف می‌شود و همچنین درعین‌حال در بسیاری اوضاع نامناسب است.

در تست‌های غیر مخرب، یک آرایه وسیعی از تکنیک‌ها برای ارزیابی مواد بدون تغییر آن در دسترس هستند. اشعه X و دیگر روش‌های تصویر برداری اجازه می‌دهد به افراد که داخل یک ماده را برای مسائلی مانند ترک و معایب بدون ایجاد هرگونه آسیب بررسی کند. آزمون فراصوتی (اولتراسونیک) تکنیک رایج دیگر هم برای تصویربرداری و هم آزمون پسماند تنش است که تغییرات در امواج صوتی می‌تواند تغییراتی در یکپارچگی مواد مورد آزمون را نشان دهد. به‌طور کلی تست‌های غیر مخرب روش تشخیص بدون ایجاد آسیب، تنش یا خرابی در آزمایش شیء است. این روش دارای کاربرهای وسیعی در بسیاری از صنایع ازجمله خودروسازی، مهندسی عمران، صنایع نفت و گاز، هوانوردی و غیره است و نیز تقریباً در هر مرحله و یا دوره عمر بسیاری از اجزا مورد استفاده قرار می‌گیرد. تست‌های غیر مخرب یا آزمون NDT در جوشکاری بیشترین استفاده کاربردی را دارد. انجام آزمون‌های غیر مخرب دارای روش‌های مختلفی است که برخی از متداولترین روش‌های آن شامل آزمون انتشار امواج صوتی، آزمون بصری نوری، آزمون رادیوگرافی، آزمون ذرات مغناطیسی، آزمون فراصوت، آزمون مایعات نافذ، آزمون الکترومغناطیس، آزمون نشتی، آزمون ترموگرافی، آزمون نشت شار مغناطیسی و غیره است.



تفاوت‌های NDT - DT:

۱- در روش‌های DT پس از اعمال آزمایش قطعه کارایی خود را از دست می‌دهد.
۲- در روش DT نمی‌توان تمام محصولات را تحت آزمایش قرارداد و باید به‌صورت RANDOM تعدادی از نمونه‌ها را تحت آزمایش قرارداد.
۳- درروش‌های DT به تهیه نمونه استاندارد وجود دارد که برای آزمایش‌های مختلف متفاوت است.
NDT، بازیگر یک نقش مهم در تضمین هزینه مؤثر عملیات ایمنی و قابلیت اطمینان از کارخانه با استفاده از نتیجه‌گیری در انجمن است.
NDT در اندازه‌های بزرگ از فضاهای صنعتی قابل استفاده است و در تقریباً هر مرحله در تولید یا سیکل عمر بسیاری از اجزا مورد استفاده است. کاربرد اصلی آن در جو زمین، تولید نیروی قوی، قطعات خودرو، راه‌آهن، پتروشیمی و بازارهای خط لوله است. NDT بیشترین استفاده کاربردی را در جوشکاری دارد. آن در جوشکاری یا قالب یک ماده یا شی جامد خیلی سخت‌گیر است، برای آنکه هیچ‌گونه ریسکی در انجام ندادن وظیفه‌اش، همچنین در آزمایش ساخت و تولید و هنگام استفاده در اغلب موارد ضروری ندارد.
تعریف انواع آزمایش تست‌های غیر مخرب: آزمایش غیر مخرب بهروش‌هایی از بازرسی گفته می‌شود که در آن‌ها کار یک قطعه بدون تغییر یا از بین رفتن، مورد آنالیز قرار می‌گیرد. تجهیزات NDT دارای مجموعه‌ای از فواید و ضررها است و ازاین‌رو برخی از آن‌ها بهتر از دیگری برای یک کاربرد خاص هستند. توسط استفاده از عیب دار کردن مصنوعی، ابتدا حساسیت یک آزمایش سیستم را مشخص می‌کنند. اگر حساسیت آن کم باشد آزمایش شی دارای ضعف است و مورد تائید همیشگی نیست. اگر که همچنین حساسیت آن بالا باشد. اجزائی با عیوب کوچک رد شده‌اند که آن‌ها تمایل دارند باشند اگر قابلیت استفاده مجدد اجزا اهمیت داشته باشند. با روش‌های آماری این ممکن است که از یک میدان مشکوک چشم‌پوشی کرد.

تجهیزات NDT

انواع روش‌های تست‌های غیر مخرب شامل موارد زیر است:
۱-روش مایع نافذ: (Liquid penetrant)
۲- ذرات آهن ربایی (Magnetic particle)
۳- جریان مخالف (eddy current)
٤- مافوق صوت (ultrasonic)
٥-پرتو نگاری نورتون: (radiography netron)
٦- پرتونگاری گاما (radiography gamma)
۷- آزمون انتشار امواج صوتی
۸- بازرسی چشمی
*روش مایع نافذ: آزمایش مایع نافذ از قدیمی‌ترین، اقتصادی‌ترین و ساده‌ترین روش کشف عیوب سطحی غیرقابل تشخیص با چشم غیر مسطح می‌باشد. اساس این روش آزمایش مبتنی بر قابلیت نفوذ بعضی از مایعات با استفاده از خاصیت موئینگی به داخل حفره‌ها و ترک‌های خیلی نازک می‌باشد. درنتیجه برای آشکارسازی نقص‌هایی که سبب شکستن سطح کارشده‌اند، به کار می‌رود، این مایعات کشش سطح کم و قابلیت ترکنندگی خوب نسبت به ماده آزمایش شونده دارند و قادرند روی سطح این مواد قشر نازکی تشکیل دهند.
*ذرات آهن ربایی: آزمون ذرات مغناطیسی یکی از روش‌های آزمون‌های غیر مخرب برای تشخیص عیوب قطعات آهنی است. در این روش ذرات آهن بر روی ماده‌ای با خاصیت آهنربایی ریخته می‌شود و میدان مغناطیسی در آن القا می‌شود. در صورت وجود خراش و یا ترکی بر روی سطح و یا در نزدیکی سطح، در محل عیب قطب‌های مغناطیسی تشکیل می‌شود و یا در میدان مغناطیسی در آن ناحیه دچار اعوجاج می‌گردد. این قطب‌های مغناطیسی باعث جذب ذرات آهن می‌شوند. درنتیجه وجود عیب را می‌توان از تجمع ذرات آهن تشخیص داد.
*مافوق صوت: آزمون فراصوت یکی از روش‌های آزمون‌های غیر مخرب است. در این روش امواج فراصوت با فرکانس بالا و با دامنه کم به داخل قطعه فرستاده می‌شوند. امواج فراصوت ارتعاشات مکانیکی

هستند که توسط ترنسدیسوسرهای امواج فراصوت عموماً بین ۰/۱ مگاهرتز تا ۵۰ مگاهرتزاست. در اکثر کاربردهای صنعتی از فرکانس ۰/۵ مگاهرتز تا ۱۵ مگاهرتز استفاده می‌شود. این امواج پس از برخورد به هر گسستگی بازتابیده می‌شوند و قسمتی از این امواج به سمت حسگر رفته و حسگر آن را دریافت می‌کند. از روی دامنه و زمان بازگشت این امواج می‌توان به مشخصه‌های این گسستگی پی برد. از کاربردهای این روش می‌توان به‌اندازه گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در قطعات نام برد. یکی از امتیازات مهم این روش توانایی آن در تشخیص عیوب بسیار کوچک به علت استفاده از فرکانس بالا و درنتیجه طول‌موج بسیار کوچک است.

*آزمون انتشار امواج صوتی: آزمون انتشار امواج صوتی (acoustic emission) یکی از روش‌های آزمون‌های غیر مخرب است. وقتی‌که ماده‌ای جامد تحت تنش می‌باشد عیوب موجود در آن باعث ایجاد امواج صوتی با فرکانس بالا می‌گردند. این امواج در ماده منتشرشده و می‌توان توسط حسگرهای خاصی آن‌ها را دریافت کرد و با تجزیه‌وتحلیل این امواج می‌توان نوع عیب، مکان و شدت آن را تعیین نمود. روش‌های فراصوتی کاربرد بسیار گسترده‌ای در تعیین نقص‌های درونی مواد دارند، باوجوداین از آن‌ها می‌توان برای تعیین ترک‌های زیرسطحی نیز استفاده کرد. آزمون‌های فراصوتی، افزون بر بازرسی قطعات تکمیل‌شده، برای بازرسی کنترل کیفیت مراحل مختلف تولید قطعاتی همچون لوحه‌ای نورد شده نیز به کار می‌روند. معمولاً از این روش‌ها برای بازرسی قطعات و مجموعه‌های در حین کار نیز استفاده می‌شود.

*پرتونگاری نوترون

* پرتونگاری گاما (radiography gamma)

***مهارت فنی کارکنان نیز صورت مهمی از ارزیابی غیر مخرب می‌باشد. NDT روش‌های فنی سخت اعتماد کردن در مهارت‌های انسانی و شناسایی برای تعیین کردن ارزیابی و تفسیری از نتایج آزمایش است. آموزش درست و مناسب و مورد تائید کارکنان NDT برای آن است که یک ضرورتی در تضمین کردن مقدورات روش‌های کاملاً استثمار شده هستند. در آنجا یک تعداد از انتشارات بین‌المللی است و شامل استانداردهای منطقه‌ای در تائید کردن صلاحیت کارکنان می‌باشد. در EN۴۷۳(اصول کلی صلاحیت و تائید کارکنان NDT) اتحادیه اروپا رشد یافتگی بخصوص دارد برای آن که با SNT-TC-IA آمریکا برابری کند.

کاربرد تست‌های غیر مخرب یا تجهیزات NDT

پیشرفت و گسترش صنایع مختلف نیازمند تولید قطعات و تجهیزات مناسب است؛ ساخت و نگهداری این تجهیزات و خدمات نیازمند کنترل کیفی برای سلامت و کیفیت محصولات تولید شده است. تست‌های غیر مخرب یا NDT یکی از کاربردی‌ترین روش‌های کنترل کیفی برای تعیین نقص در قطعات مختلف و نیز ارزیابی کیفیت محصولات است. آزمون‌های غیر مخرب محققان و یا مهندسان را قادر می‌سازد که یکپارچگی سازه و ویژگی‌های مواد آن را مورد ارزیابی قرار دهند. استفاده از تکنیک‌های غیر مخرب و روش‌های آن باعث صرفه‌جویی باارزش و گارانتی کیفیت سیستم‌ها و محصولات مهندسی شده می‌شود. با استفاده از آزمون‌های تجهیزات NDT می‌توان عیب‌های موجود در قطعات ازجمله ترک و شکستگی داخلی و سطحی، تخلخل و حفره‌های داخلی و نیز هرگونه عیبی که در هنگام انجام کار در قطعه ایجاد می‌شود را شناسایی کرد. این روش علاوه بر شناسایی نقص‌ها، برای تعین اندازه‌گیری ابعاد، جنس و ساختار شبکه کریستالی به کار می‌رود. این تکنولوژی می‌تواند از طریق روش‌های مختلف ازجمله اشعه X برای تست ترک و نحوه انجماد؛ جریان گردابی برای تست ترک، سختی، ابعادی و جنس؛ اشعه گاما برای تست ترک و ابعادی؛ ذرات مغناطیسی برای تست ترک، ترموگرافی و رادیوگرافی انجام شود.

دلایل استفاده:

آزمون‌های غیر مخرب به‌طور معمول برای رسیدن به اهداف زیر انجام می‌شود: پیشگیری از حادثه/ برای کاهش هزینه‌ها/برای افزایش اطمینان محصولات

آشنایی با انواع آزمون‌های غیر مخرب:

آزمون‌های غیر مخرب انواع مختلف دارند و نوع آزمون مورداستفاده نسبت به شرایط و خواص فیزیکی مواد متغیر می‌باشد. در زیر آزمون پرکاربرد معرفی می‌شود:

۱-آزمون چشمی VT VISUL TEST: در این روش تنها عیوب سطحی را می‌توان بررسی کرد.

۲-آزمون مایع نافذ PT LIQUID PENETRANT TEST: در این روش تنها عیوب سطحی و عیوبی که به سطح راه داشته باشند مشخص می‌شود.

۳- آزمون ذرات مغناطیسی MT MAGNETIC PARTICLE TEST: عیوب سطحی و زیرسطحی تا فاصله معینی از سطح را می‌توان با این روش بررسی کرد.

٤- آزمون رادیوگرافی RADIOGRAPHIC RT: عیوب درون حجمی را به‌وسیله این روش بررسی می‌کنند.

۵-آزمون فراصوتی ULTRASONIC UT TEST: دراین روش عیوب درونی و صفحه‌ای بازرسی می‌شود.

اهمیت تست‌های غیر مخرب:

در ماده یا قطعه در حین ساخت انواع نقص‌ها با اندازه‌های متفاوت ممکن است به وجود آید که ماهیت و اندازه دقیق کارکرد آینده قطعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عیوب دیگری مانند ترک‌های ناشی از خستگی یا خوردگی در حین کار با ماده نیز ممکن است به وجود آید بنابراین برای آشکارسازی نقص‌ها در مرحله ساخت و همچنین برای آشکارسازی و مشاهده آهنگ رشد آن‌ها در حین عمر کاری هرقطعه یا مجموعه باید وسایل قابل اعتمادی در اختیار داشت.

به دلیل سرعت پایین و قیمت بالای انواع دیگر تست‌ها، آزمون‌های NDT در صنعت توانسته است دارای جایگاه خوبی باشند. در این نوع تست به دلیل عدم تخریب قطعه مورد نظر و نیز زمان کوتاه انجام تست بیشتر تولیدکنندگان قطعات در تیتراژهای بالا این تست را ترجیح می‌دهند. این آزمون یک روش حساس است که قادر به پیدا کردن معایب بسیار ریز است و می‌تواند بر روی فلزات مغناطیسی و غیر مغناطیسی، برخی مواد پلاستیکی و شیشه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. اجرای تست‌های غیر مخرب مانند هر فرایندی دارای هزینه‌هایی است اما معمولاً استفاده مؤثر از روش‌های بازرسی باعث صرفه‌جویی‌های مالی قابل توجهی می‌شود.

تست آرایه فازی

یکی از روش های نوینی که در تست غیر مخرب جوش به کار گرفته می شود و از روش تست غیر مخرب التراسونیک UT بهره می گیرد تست آرایه فازی و یا Phased Array Ultrasonic (PAUT) می باشد. از ...

تست غیر مخرب جوش

تست غیر مخرب جوش NDT فرآیند بازرسی، آزمایش و ارزیابی مواد، قطعات برای یافتن ناپیوستگی، تفاوت در ویژگی بدون از بین بردن سرویس و یا بخشی از سیستم است به عبارت دیگر هنگامی که بازرسی و تست تکمیل شود قطعه ...

بازرسی مایع نافذ PT

یکی از روش های بازرسی جوش که برای یافتن عیوب سطحی جوش کاربرد فراوان دارد بازرسی مایع نافذ جوش PT می باشد که در این روش با استفاده از جاذبه مونینگی و نفوذ یک مایع رنگی یا ماده فلورسنت به ...

تست التراسونیک UT

یکی از روش های بازرسی جوش به صورت غیر مخرب (NDT) تست التراسونیک جوش می باشد یا همان تست غیر مخرب UT که از تکنیک های بازرسی UT برای تشخیص ناپیوستگی و گسست های داخلی و ارزیابی ضخامت و نقشه ...

تست رادیوگرافی RT

روشهای تست و بازرسی جوش به صورت غیر مخرب متعدد می باشد. یکی دیگر از تست های غیر مخرب جوش در بازرسی جوش تست رادیوگرافی جوش می باشد که عیوب جوش را چه در سطح مورد آزمایش و چه در ...

بازرسی ذرات مغناطیسی MT

از روش های تست غیر مخرب جوش در بازرسی جوش و سایر اجسام، بازرسی ذرات مغناطیسی mt می باشد که در این روش تست جوش به وسیله یک یا چند میدان مغناطیسی که در نزدیکی سطح مورد بازرسی قرار می ...

بازرسی چشمی جوش VT

تست ویژوال (VT) یا همان بازرسی چشمی جوش vt از ابتدایی ترین، کم هزینه ترین و ساده ترین روش های بازرسی جوش می باشد که البته به علت ماهیت پیشگیرانه بودن بسیار موثر و کاربردی در کیفیت جوشکاری د رسازه ...

بازرسی جوش

بازرسی جوش از اقدامات ضروری جهت اجرا شدن کلیه مراحل جوشکاری طبق استانداردها و دستورالعمل های مشخص می باشد بازرسی جوش باید در تمامی مراحل قبل از شروع فرآیند جوشکاری، حین فرایند جوشکاری و بعد از اتمام فرایند جوشکاری توسط ...

بخش
صنعتی

سخن دبیر بخش صنعتی

به نام پروردگار یکتا

نظر به‌این‌که در زمینه‌ی حمل‌و نقل ریلی، نشریه‌ی راه‌سوم از جایگاه و اعتبار بالایی برخوردار می‌باشد، از همین رو جمع‌آوری، گزینش و درج مطالب در بخش صنعتی نشریه، حساسیت و توجه درخوری را می‌طلبد. سعی بر آن بوده است که تا حد امکان مطالبی مدنظر قرار گیرند که علاوه‌بر ارزش علمی،از لحاظ صنعتی نیز کاربردی و ارزش‌مند باشند.
تلاش ما بر آن بوده تا مطالبی جامع برای دایره‌ی مخاطب وسیعی را درج نماییم تا توجه افراد فعال در بخش‌های گوناگون زمینه‌ی ریلی را جلب نماییم .
در این شماره نگاهی بر چالش‌ها و فرصت‌ها پیرامون طرح ترامواى تهران انداخته و به بررسی سه ترامواى شهری می‌پردازیم همچنین با نگاهی تخصصی یکی از سیستم‌های نسبتا نوین در بحث سیگنالینگ ناوگان را مورد واکاوی قرار خواهیم داد.
برابن نکته واقفیم که در هر کاری کمبودها و ایراداتی وجود دارد،بنابراین امید داریم تا با بیان نقدها و نظرات دلسوزانه‌ی خود مارا در ارائه‌ی مقالات بهتر یاری فرمایید.

سپهر عسگری

ترامواTramway

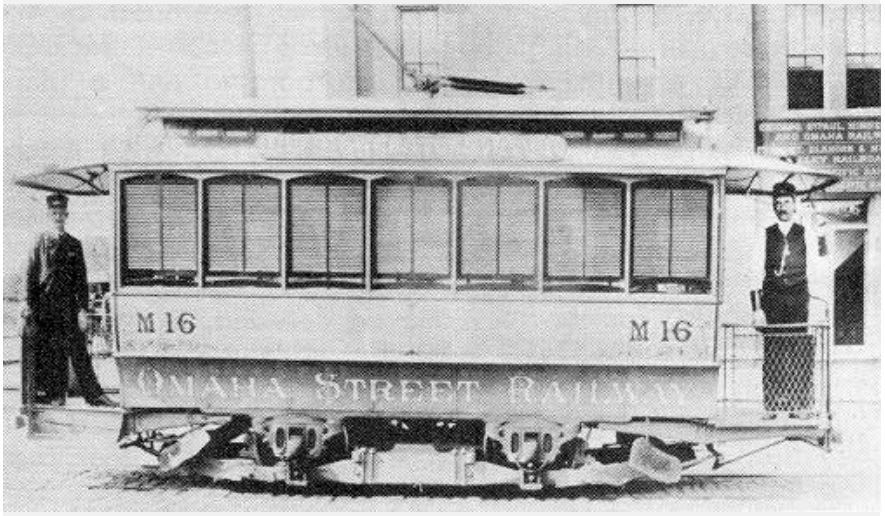
تاریخچه

واگن برقی یا تراموا (در زبان فرانسوی) یک واگن است که می‌تواند با اشغال کمترین جا از روی خط راه‌آهن خود در خیابان‌ها حرکت کند. واگن برقی می‌تواند درون شهری و برون شهری باشد. واگن‌های برقی معمولا سبک‌تر و کوتاه‌تر از قطارهای معمولی و متروها هستند. همچنین تفاوت‌هایی میان این وسایل حمل‌و نقل عمومی نیز وجود دارد. برخی واگن‌های برقی ممکن است که از روی راه‌آهن معمولی حرکت کنند (مانند تراموا و قطار) همچنین ممکن است بتوانند از روی راه‌آهن مترو و قطار سبک حرکت کنند؛ واگن‌های برقی برای حمل مسافر و بار طراحی شده‌اند. امروزه بیشتر تراموا‌ها به‌وسیله پانتوگراف از برق استفاده می‌کنند؛ گونه‌های دیگری از تراموا نیز هستند که از سوخت دیزل استفاده می‌کنند و بیشتر از آن‌ها در مسیرهای بین‌شهری و روستایی استفاده می‌گردد. گونه‌هایی نیز وجود دارند که توسط بنزین، گاز یا حتی اسب حرکت می‌کنند.

اولین تراموا در ولز انگلستان در راه‌آهن Swansea & Mumbles در سال ۱۸۰۷ به‌کارگرفته شد که ابتدا توسط اسب و سپس توسط موتور بخار و الکتریکی رانده می‌شد. اولین واگن خیابانی (Streetcar) که بنام واگن‌های اسبی در آمریکای شمالی نامیده می‌شدند برای سوار و پیاده کردن مسافران در مسیرهای ویژه به‌کارگرفته می‌شدند. این تراموا‌ها راه‌آهن‌هایی بودند که معمولا توسط اسب و گاهی مواقع توسط قاطر کشانده می‌شدند و معمولا دو واگن داشتند. بعضی مواقع از حیوانات دیگر و حتی از انسان در مواقع ضروری جهت کشاندن آنها استفاده می‌گردید.

اولین خط واگن خیابانی توسط یک ایرلندی - امریکایی بنام John Stephenson در نیویورک بنام «خط خیابان چهارم» در سال ۱۸۳۲ به‌کار افتاد. بعد از آن در سال ۱۸۳۵ در نیواورلینز در ایالت لوئیزیانا امریکا شبکه ترامواییی احداث گردید که به ادعای شورای مهندسین مکانیک امریکا قدیمی‌ترین خط‌آهن خیابانی است که به‌طور پیوسته تاکنون کار نموده‌است.

این نوع وسیله نقلیه عمومی با استفاده از ریل‌های تازه ابداع شده آهنی و یا فولادی که در سطح خیابان نصب می‌شد تراموا نامیده شد. این وسیله جایگزین درشکه‌هایی که در مسیرهای مشخص مسافران را جابه‌جا می‌کردند شدند. واگن‌های اسبی بر روی خط‌آهن نسبت به درشکه‌ها بر روی خیابان به دلیل کاهش مقاومت اصطکاکی غلطکی چرخ‌های فلزی بر روی ریل‌های آهنی یا فولادی اجازه دادند تا حیوانات بار بیشتری را برای همان مقدار تلاش حمل کنند. واگن‌های خیابانی کشیده‌شده توسط اسب بر روی ریل آهنی ترکیبی از قیمت پائین، انعطاف و سلامت حیوانات با بازدهی بالاتر، مسافرتی نرمتر و قابلیت استفاده در هر وضعیت آب و هوایی را به‌وجود آوردند.

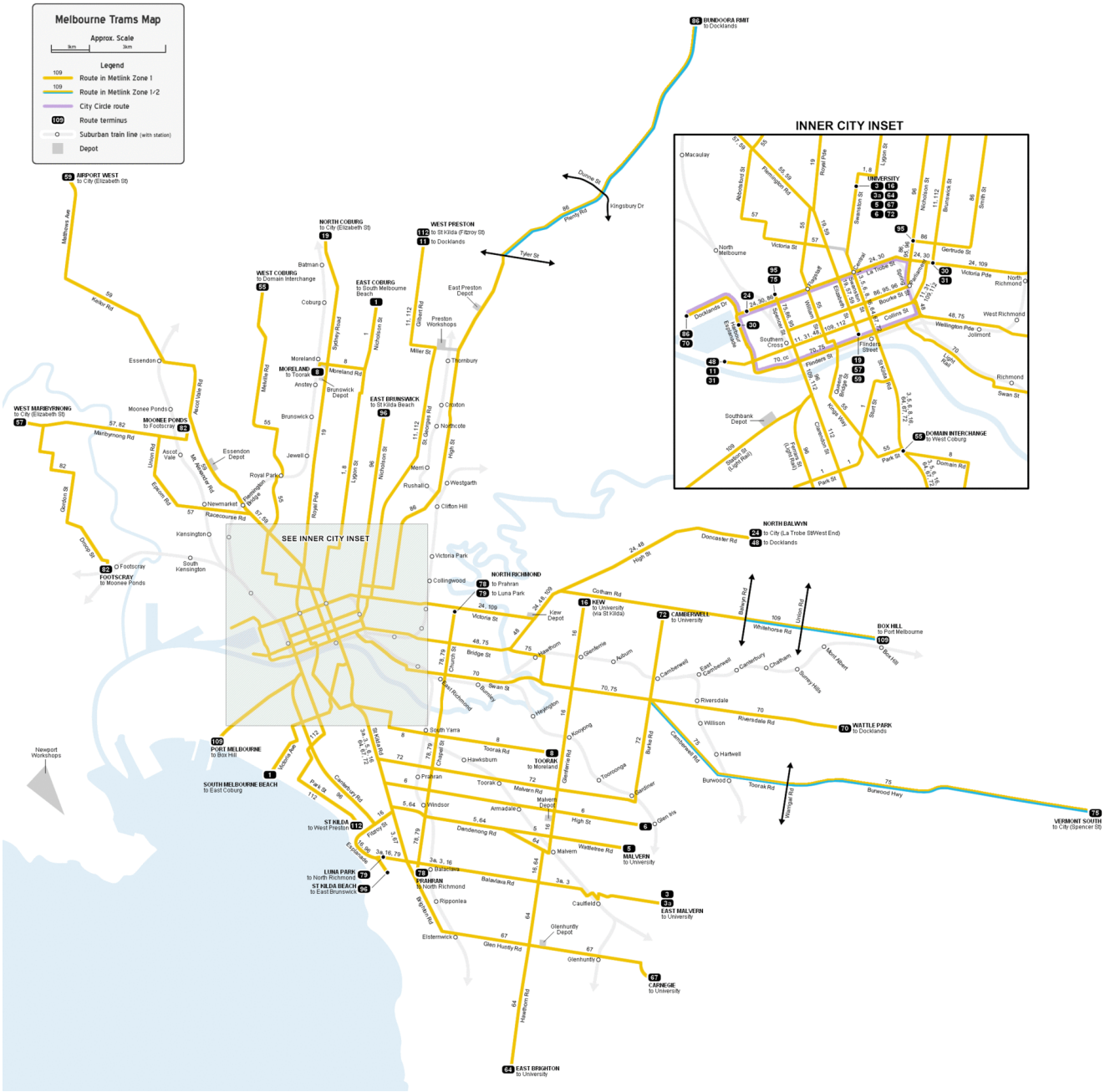


ترامـوای ملبـورن اسـترالیا بـا بیـش از ۲۵۰ کیلومتـر خـط ترامـوا و بـا ۴۹۳ وسـیله نقلیـه و ۱۷۶۳ ایسـتگاه بزرگ‌تریـن شـبکه ترامـوا در حـال حاضـر در جهـان اسـت. قبـل از افـول، BVG در برلیـن آلمـان در شـبکه‌ای به‌طـول ۶۳۴ کیلومتـر فعالیـت می‌کـرد. احتمـالا بزرگ‌تریـن سیسـتم ترامـوا کـه تاکنـون سـاخته شـده اسـت به‌طـول ۸۵۷ کیلومتـر در بوینـس آیـرس آرژانتیـن قبـل از سـال ۱۹۶۰ باشـد. در طـی دهـه ۱۹۸۰ بزرگ‌تریـن سیسـتم ترامـوا در لنینگـراد شـوروی سـاخته شـد کـه در کتـاب رکوردهـای گینـس بـه ثبـت رسـیده اسـت.

ترامـوا از سیسـتم‌های رایـج حمـل‌و نقـل عمومـی شـهری همگانـی شـهرهای کوچـک و متوسـط محسـوب می‌شـود کـه بـا اسـتفاده از انـرژی الکتریکـی روی یـک مسـیر ریلـی حرکـت می‌نمایـد. قطارهـای ۱ تـا ۳ واگنـه ایـن سیسـتم، در مسـیر خـود مسـافران را در ایسـتگاه‌های مشـخص سـوار و پیـاده می‌کننـد.

به‌علـت خصوصیـات ویـژه ایـن سیسـتم از جملـه سـهولت دسترسـی، ایمنـی و راحتـی، ایـن سیسـتم ریلـی جذابیـت خاصـی بیـن برنامه‌ریـزان حمـل و نقـل شـهری و مـردم داشـته و از لحاظ سـادگی تکنولـوژی، اجـراء اداره و هزینـه کمتـر احـداث و بهره‌بـرداری نسـبت بـه سـایر سیسـتم‌های ریلـی مـورد توجـه بـوده و می‌باشـد. همچنیـن انعطاف‌پذیـری ترامـوا مشـابه سیسـتم اتوبوس شـهری و وسـایل نقلیـه موتـوری و شـخصی بـوده و از سیسـتم‌هایی اسـت کـه مسـئولین و مجریـان شـهری از آن اسـتقبال نمـوده و بیـش از هـر سیسـتم دیگـر ریلـی در شـهرهای دنیـا از آن اسـتفاده شده‌اسـت. وجـه اختـلاف ترامـوا بـا سیسـتم قطـار سـبک شـهری اسـتفاده مشـترک آن بـه همـراه وسـایل نقلیـه موتـوری از سـطح معابـر شـهری و عـدم نیـاز بـه اختصـاص معابـر اختصاصـی و غیـر هم‌سـطح جهـت تـردد می‌باشـد. همچنیـن تکنولـوژی ایـن سیسـتم حمـل‌و نقـل ریلـی در مقایسـه بـا سیسـتم‌های مـدرن قطـار سـبک شـهری LRT، از پیچیدگـی کمتـری برخـوردار بـوده و بـه راحتـی قابـل دسـت‌یابی اسـت. قطارهـای ترامـوا روی ریل‌هایـی کـه در

بستر خیابان‌ها نصب می‌شوند، حرکت می‌کنند و از گیرنده‌های جریان برق بالاسری انرژی خود را تامین می‌نمایند. تراموا در حالت کلی در سرعت‌های تا حداکثر ۴۰ کیلومتر بر ساعت بهره‌برداری می‌شود البته با سرعت بالاتر نیز موجوداست.



نقشه تراموا ملبورن، سال ۲۰۱۱

درحال حاضر تراموا در بسیاری از شهرهای اروپا، آسیا، امریکای شمالی و جنوبی، آفریقا و اقیانوسیه استفاده می‌شود. ازجمله این شهرها می‌توان از لندن، پاریس، ورشو، دوبلین، کلکته، رباط، هیروشیما، شانگهای، زوریخ، وین، پراگ و برلین و بسیاری دیگر نام برد. در زیر به تاریخچه کوتاهی از تراموا در قاره‌های مختلف می‌پردازیم.

قاره آسیا

ترامـوا در آسـیا در ابتـدای قـرن ۲۰ام ساخته شد ولی بین اواسط تا اواخر دهه ۱۹۳۰ رو به افول نهاد. دهه ۱۹۶۰ نقطه پایان غالب بودن این وسیله نقلیه عمومی بود که منجر به‌بسته شدن اکثر شبکه‌های اصلی شد و وسایل، تجهیزات و خطوط ریل بصورت قراضه جهت بازیافت فروخته‌شدند. امّا هنوز برخی از خطوط اولیه در هنگ کنگ و ژاپن درحال فعالیت می‌باشند. در سال‌های اخیر، تمایل جدیدی به تراموا با سیستم‌های مدرن در ژاپن، چین، کره جنوبی و هندوستان به‌وجود آمده است.

قاره اروپا

در بسیاری از شهرهای اروپا بیشتر زیرساخت‌های تراموا در نیمه قرن ۲۰ام از دست رفت، امّا نه در مقیاس و بزرگی نقاط دیگر جهان مثل امریکای شمالی. بیشتر کشورهای اروپای شرقی سیستم تراموای خود را حفظ نموده‌اند. در مقابل، برخی از شهرهای اروپای غربی در حال ترمیم و بازسازی، گسترش و نوسازی خطوط قدیمی تراموای خود می‌باشند. همچنین بسیاری از شهرهای اروپای غربی درحال ساخت خطوط جدید تراموا می‌باشند. از سال ۱۹۸۰ میلادی تغییر محسوس و مثبتی در استفاده از تراموا در اروپا گزارش شده که حاکی از استقبال عمومی و علاقه‌مندی به این وسیله‌نقلیه ریلی است. این تغییر روند ناشی از سیاست‌های جدید شهرسازی و ترافیک است که در اروپا (همینطور در امریکا و استرالیا) اتخاذ شده‌است. به این ترتیب که در طراحی شبکه شهری، خصوصاً در مراکز و هسته شهرها سطح مورد استفاده برای خودروهای شخصی کاهش و درعوض سطح مورد استفاده برای تراموا، دوچرخه و پیاده‌رو افزایش یافته‌است. اجرای این سیاست‌ها در بین کشورهای اروپایی در انگلستان و فرانسه نمود بیشتری داشته است.
یکی از موفق‌ترین مدل‌ها در حمل‌و نقل‌ریلی در شهرها از سال ۱۹۸۰ میلادی در آلمان به اجرا درآمده است. به این ترتیب که در شهر کارلسروهه ، سیستم تراموای شهری که در داخل شهر و در سطح خیابان حرکت می‌کرد را به خطوط ریل راه‌آهن دولتی آلمان متصل نمودند و به این ترتیب محدوده حمل‌و نقل شهری را تا دورترین نقاط در حومه شهر افزایش دادند. واگن‌های جدیدی ساخته شد که قادر هستند از دو سیستم برق راه‌آهن دولتی آلمان و همچنین سیستم برق ویژه تراموا تغذیه نمایند و به این ترتیب از هزینه بیشتر برای ریل‌گذاری نیز خودداری گردید. اکنون مسافران تراموا می‌توانند از خطوط راه‌آهن جهت دسترسی به شهرهای اطراف استفاده نمایند.
در استانبول ترکیه ترامواییی که زیتین بورنو را به کاباتاش وصل می‌کند، ۱۴ کیلومتر طول دارد که شامل ۲۴ ایستگاه است که علاوه بر استفاده عمومی برای رفتن به بسیاری از نقاط توریستی از آن استفاده می‌شود. زمان طی مسیر از اولین ایستگاه تا آخرین ایستگاه این خط حدود ۴۲ دقیقه می‌باشد. تراموایی که از سال ۱۹۹۲ با ماشین‌های مدرن و در مسیری استاندارد به‌کار گرفته شد، سیرکجی را به توپکاپی وصل می‌کند. این خط در مارس ۱۹۹۴ از انتهای توپکاپی به زیتین بورنو و از آوریل ۱۹۹۶ از سیرکجی به امینونو گسترش پیدا کرد.

قاره افریقا

تنها تراموایی که در افریقا جهت وسیله نقلیه عمومی استفاده می‌شود به تازگی در رباط پایتخت مراکش به‌راه افتاده است. یک شرکت فرانسوی برنده قراردادی برای عملیات ساخت، تعمیر و نگهداری تراموا که رباط را به صالح وصل می‌کند شده‌است. پروژه تراموا تمایل دولت برای ایجاد یک

وسیله نقلیه عمومی جایگزین بین این دو شهر بوده است. ساخت این تراموا به مدت ۴ سال به درازا کشید و در ۲۳ می سال ۲۰۱۱ به‌راه افتاد. هزینه اجرای این پروژه در حدود ۷۳ میلیون یورو شده است. طول این مسیر ۱۹ کیلومتر است که از دو خط تشکیل شده‌است و دارای ۳۱ ایستگاه می‌باشد. یک ناوگان از ۲۵ قطار در این دو خط در حرکت هستند و ۱۸۰۰۰۰ مسافر را در روز جابه‌جا می‌نمایند. در طول مدت ساخت‌وساز این پروژه، در حدود ۴۰۰۰ شغل جدید ایجاد شده‌بود و در زمان بهره‌برداری ۱۰۰۰ شغل ایجاد شده‌است. سرعت این تراموا ۲۰ کیلومتربرساعت است.

قاره های امریکای شمالی و جنوبی

در امریکای شمالی تراموا را واگن خیابانی (Streetcar) می‌نامند. این واگن‌ها در بیشتر شهرهای امریکای شمالی، در نیمه قرن بیستم به دلایل مالی، تکنولوژی یا اجتماعی برچیده‌شدند. اما در بسیاری از شهرها از قبیل بوستون، نیواورلیان، سیاتل، فیلادلفیا، سانفرانسیسکو و تورنتو هنوز این خطوط فعال می‌باشند.

با گرایش جدیدی در دهه ۱۹۸۰، در تعدادی از شهرهای امریکا واگن های خیابانی را برگرداندند مثل شهرهای ممفیس، تامپا و سیاتل. تعداد بیشتری از شهرها از قبیل واشنگتن، توسان و دیترویت قصد استفاده از این وسیله را دارند و در حال برنامه‌ریزی برای استفاده از آن می باشند. بادوام‌ترین و بزرگ‌ترین شبکه واگن خیابانی در امریکا در شهر پیتزبورگ می‌باشد. تورنتو کانادا درحال حاضر بزرگ‌ترین سیستم تراموا در امریکای شمالی را از نظر طول خط و ظرفیت مسافر دارا می‌باشد. این تنها سیستم واگن خیابانی موجود در کانادا می‌باشد.

در امریکای جنوبی، بوینس آیرس در آرژانتین دارای وسیعترین شبکه تراموا در جهان بوده است که وسعت آن به ۸۵۷ کیلومتر می‌رسیده است ولی بیشتر آن در طی دهه ۱۹۶۰ به نفع اتوبوس برچیده‌شد. اما حالا مجدداً تراموا به این شهر بازگشته است. همچنین در شهر Mendoza در آرژانتین یک سیستم جدید تراموا در مسیری به طول ۵/۱۲ کیلومتر که ۵ ناحیه را به هم وصل می‌نماید در حال ساخت می‌باشد.

قاره اقیانوسیه ـ استرالیا و نیوزلند

در استرالیا تراموا به‌صورت گسترده فقط در شهر ملبورن و در حد محدودتری در آدلاید استفاده می‌شود. سیدنی نیز مجدداً در سال ۱۹۹۷ استفاده از تراموا را آغاز نمود. یکی از خصوصیات متمایز تراموا‌های استرالیا پایین آوردن قسمت میانی تراموا بین بوجی‌ها بود که سوار و پیاده شدن مسافران را با کاهش پله‌ها آسان نمود.

مزایا و کاستی های تراموا

مزایای تراموا:

• حرکت چرخ‌های فولادی بر روی ریل‌های فولادی، اصطکاک کمتری از چرخ‌های لاستیکی بر روی آسفالت دارند و بنابراین آلودگی کمتری برای حمل بار یکسان ایجاد می‌نماید.
• بر خلاف اتوبوس، تراموا در نقطه استفاده دودی ایجاد نمی‌کند.
• از خصوصیات تراموا قدرت جابه‌جایی زیاد مسافر و نزدیکی ایستگاه‌های آن به یکدیگر است. ضمناً برای تعویض سریع مسافر درهای ورودی بسیار و با عرض زیاد تعبیه شده، ضمن اینکه برای مسیرهای نزدیک صندلی کم و فضای زیاد برای ایستادن و به عکس برای مسیرهای طولانی صندلی بیشتر برای نشستن و فضای کمتری برای ایستادن پیش‌بینی شده‌است.
• در مقایسه با اتوبوس‌های موتوری صدای تراموا به‌طور کلی کمتر است. اما استفاده از محورهای ثابت باعث لغزش بین چرخ و ریل در پیچ‌ها می شود که صدای دلخراشی ایجاد می‌نماید.
• بطور کلی ظرفیت تراموا بیشتر از اتوبوس است و بسته به زمان کاربری با افزودن و کاستن از تعداد واگن‌ها می‌توان ظرفیت آنرا کم و زیاد نمود بدون نیاز به تغییری در تعداد راننده.
• چون تراموا در سطح حرکت می‌کند نیاز به تهویه اضافی مورد نیاز در تونل‌های مترو نمی‌باشد که باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت می‌شود. همچنین نیازی به پله‌های برقی مورد نیاز در ایستگاه‌های مترو نمی‌باشد.
• دید بسیار دل‌پذیرتری در تراموا نسبت به مترو که در داخل تونل حرکت می‌کند وجود دارد.
• ایمنی تراموا در موقع بروز آتش‌سوزی نسبت به مترو بسیار بالاتر می‌باشد و دسترسی نیروهای امدادی به مصدومین بسیار آسان‌تر است.
• ایستگاه‌های تراموا در خیابان به آسانی قابل دسترس‌اند برخلاف

ایستگاه‌های مترو که در زیرزمین هستند که نیاز به چندین پله برقی و پله معمولی دارند.
• بدلیل کنترل شتاب و ترمز راحتی سفر در تراموا از اتوبوس بالاتر است.
• مطالعات مداوم بازار مصرف در ۳۰ سال گذشته در اروپا و امریکای شمالی نشان داده‌است که مسافران اتوموبیل شخصی حاضرند که بعضی از سفرهایشان را با وسایل نقلیه عمومی ریلی تعویض نمایند اما نه با اتوبوس.

کاستی های تراموا
• سرمایه اولیه مورد نیاز نسبت به اتوبوس بیشتر است هرچند که تراموا معمولاً طول عمر بسیار بیشتری از اتوبوس دارد.
• تراموا می‌تواند باعث کاهش سرعت برای وسایل نقلیه دیگر از قبیل اتومبیل و اتوبوس شود.
• وقتی‌که تراموا در ترافیک مخلوط فعالیت می‌کند، تراموا احتمال تأخیر بیشتری توسط اختلال در مسیرش نسبت به اتوبوس که قادر به مانور از اطراف مانع است دارد.
• تاسیسات برقی و دکل‌های برق بالای ریل‌های تراموا که جهت تغذیه برق نصب می‌شوند، می‌توانند در بعضی نقاط جلوی دید ساختمان‌ها را گرفته و در حقیقت آلودگی بصری برای آن‌ها به‌وجود آورند.

نیاز ناگزیر تهران به تراموا

به گزارش خبرگزاری مهر، محسن پورسیدآقایی معاون حمل‌و نقل و ترافیک شهرداری تهران چندی پیش اظهار کرد: ترافیک و آلودگی هوا برای شهر تهران معضلی شده‌است و ان‌شاءالله طی ۴ سال آینده در رفع آن خواهیم کوشید. مدیریت ترافیک در شهر و همچنین توسعه حمل‌و نقل عمومی و کاهش سرفاصله زمانی قطارها و ارائه خدمات در ۴ سال آینده مدنظر قرار دارد.
معاون حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران ادامه داد: در تهران با مقوله

تراموا غریبه هستیم و یکی از راه‌های کاهش ترافیک و گسترش حمل‌و نقل عمومی از این بخش است؛ راه‌اندازی خط تراموا از برنامه‌های مدیریت شهری است. تمامی معاونت‌های شهرداری باید یک همکاری نزدیکی را با یکدیگر داشته باشند و دو معاونت به خصوص معاونت شهرسازی و حمل‌و نقل همکاری‌شان باید بیش از سایر معاونت‌ها باشد و ما در دوره جدید تلاش خواهیم کرد این همکاری بیش از گذشته باشد. پورسیدآقایی ضمن اشاره به توسعه حمل‌و نقل ریلی در ۴ سال آینده گفت: یکی از برنامه‌های مدیریت شهری در دوره جدید راه‌اندازی خط تراموا است.

طبق این سیاست جدید شهرداری تهران و فرمایشات معاونت محترم حمل‌و نقل و ترافیک شهرداری و در جهت کاهش آلودگی شهری و افزایش استفاده روز افزون از وسایل نقلیه عمومی متعارف و با استاندارد، در این گزارش تا به اینجا سعی نمودیم تراموا را تا حدودی خدمت خوانندگان محترم معرفی نماییم. حالا این وسیله حمل‌و نقل عمومی سبک را از نگاه یکی از معتبرترین و خوش‌نام ترین شرکت‌های سازنده ماشین‌های ریلی اروپایی، یعنی شرکت اشتادلر سوییس معرفی می‌کنیم. به‌عنوان مثال به ۴ شهر اروپایی که این شرکت برایش تراموا ساخته و سر وقت تحویل داده است نگاه میندازیم. شهرهای کارلسروهه و چمنیتز آلمان، آلیکانته اسپانیا و شفیلد انگلستان.

۱ـ تراموا شهر کارلسروهه، آلمان

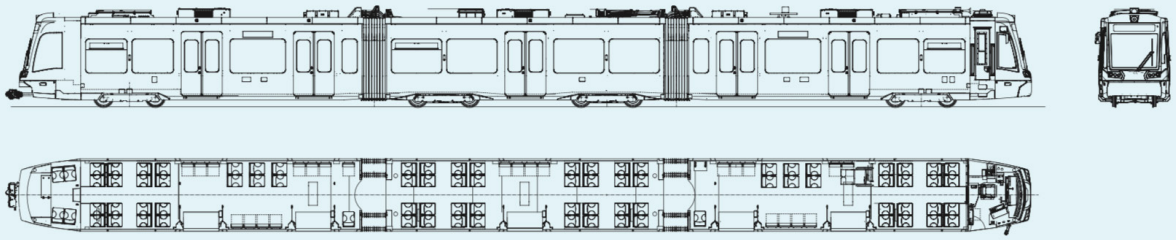
City-Link Low-Floor Light Rail Vehicle
Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH (VBK) and Albtal-Verkehrs-Gesellschaft (AVG), Germany

اپراتورهای عمومی آلمانی VBK و AVG سفارش برای مجموع ۷۵ وسیله نقلیه سبک راه‌آهن از نوع Citylink به عنوان نام انحصاری Citylink NET برای استفاده در شهر کارلسروهه و مناطق اطراف آن در کنسرسیوم Stadler Rail Valencia و Vossloh Kiepe دادند. دسته‌های ۲۵ تایی وسیله نقلیه هر کدام به کنسرسیوم در اکتبر ۲۰۱۱، مه ۲۰۱۵ و مارس ۲۰۱۶ اهدا گردیدند.

وسایل نقلیه‌ریلی سبک بدون راننده و کف‌پایین جهت یکپارچه‌سازی با زیربنای کارلسروهه و بر اساس BOStrab و EBO تایید شده‌است که با توجه به طراحی نوآورانه آن‌ها و همچنین نیاز به پویایی روزافزون جهت تحرک و راحتی تا سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت را برآورده می‌کنند. همچنین آنها این اجازه را می‌دهند که دسترسی آسان در سطح خیابانی از طریق ۵ درب دوطرفه، به بخش‌های روشن و گسترده مسافر با مناطق چند منظوره برای صندلی چرخ‌دار، کالسکه و دوچرخه مقدور باشد.

Citylink یک خانواده از وسایل نقلیه سبک مدولار، بدون مانع و کف‌پایین است که به صورت خاصی طراحی گردیده تا بتواند سواری بسیار ایمن و بسیار راحت را ارائه دهد.

مشخصات فنی وسیله نقلیه



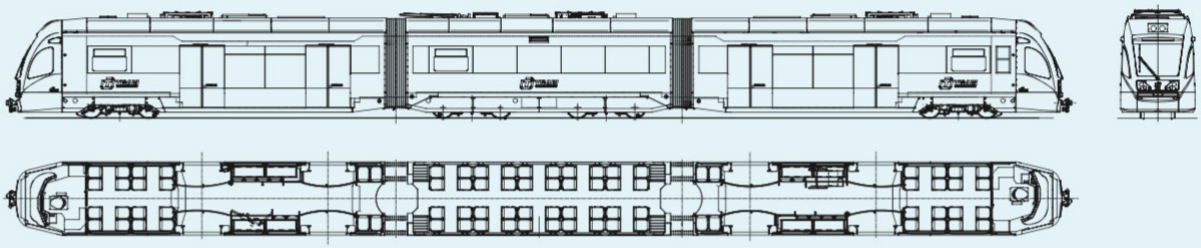
مشتری	Verkehrsbetriebe
منطقه	Karlsruhe GmbH (VBK) Albtal-Verkehrs-Gesellschaft (AVG) Karlsruhe, Germany
تعداد وسیله نقلیه	75
سال راه اندازی	2014
Track Gauge	1435 mm
منبع انرژی	750 V DC
ترتیب محور	Bo'2'2'Bo
طول وسیله نقلیه	37200 mm
عرض وسیله نقلیه	2650 mm
ارتفاع وسیله نقلیه	3590 mm
ارتفاع ورود	340 mm
تعداد صندلی	82
ظرفیت ایستادن ($4\ pers./m^2$)	137
درب ها	5 double doors
قطر چرخ ها	680 mm/600 mm
حداقل شعاع منحنی	22 m
Traction Motor Power	4 × 145kW
حداکثر سرعت	80 km/h

۲ـ تراموا شهر آلیکانته، اسپانیا

City-Link Tram Train
Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV), Alicante, Spain

در ماه مارس سال ۲۰۰۳، اپراتور عمومی اسپانیایی Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana FGV ، ۹ تراموای متریک از نوع Citylink برای استفاده در شهر آلیکانته بدون حمل‌و نقل بین شبکه تراموا از شهر و شبکه راه‌آهن ساحلی در امتداد ساحل سفارش داد.
این اولین سیستم تراموا قطار در اسپانیا و اولین تراموای قطاری با gauge متریک در سراسر جهان است. وسایل نقلیه خطی دوطرفه شامل کاربردهای تراموا و عملیات منطقه‌ای کامل در سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت است و با ویژگی‌های شبکه تراموا و راه‌آهن آلیکانته سازگار است. Citylink از خانواده وسایل نقلیه سبک، مدولار، بدون مانع و کف‌پایین است که به طور خاص برای ارائه یک سواری ایمن و بسیار راحت طراحی شده است.

مشخصات فنی وسیله نقلیه



مشتری	FGV
منطقه	Valencia, Spain
تعداد وسیله نقلیه	9
سال راه اندازی	2006
Track Gauge	1’00 mm
منبع انرژی	750 V DC
ترتیب محور	Bo’Bo’2’Bo’
طول وسیله نقلیه	37000 mm
عرض وسیله نقلیه	2550 mm
ارتفاع وسیله نقلیه	3480 mm
ارتفاع ورود	360 mm
تعداد صندلی	96
ظرفیت ایستادن (4 pers./m2)	209
درب ها	4 double doors
قطر چرخ ها	720 mm/660 mm
حداقل شعاع منحنی	30 m
Traction Motor Power	6 × 140 kW
حداکثر سرعت	100 km/h

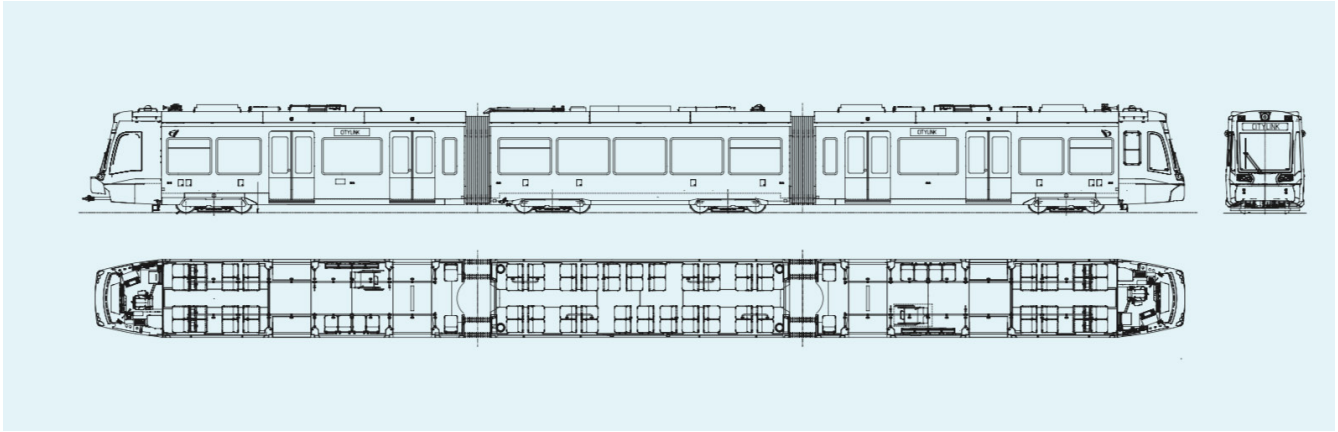
۳ـ تراموا شهر شفیلد، انگلستان

City-Link Tram Train
South Yorkshire Passenger Transport Executive (SYPTE), Sheffield, UK

در ماه ژوئن سال ۲۰۱۳ هیات حمل‌و نقل مسافر یورکشایر جنوبی ۷ عدد تراموا از مدل CityLink برای استفاده در اولین سیستم تراموا قطار در انگلستان، برای کار در شبکه تراموا Supertram و در شبکه راه‌آهن ملی بین شهرهای شفیلد و Rotherham سفارش داد.
وسایل نقلیه خطی دو طرفه شامل کاربردهای تراموا و عملیات کامل منطقه‌ای قطار در سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت است و با ویژگی‌های شبکه تراموا و راه‌آهن در شهرستان یورکشایر جنوبی کاملا سازگارند.

این وسایل نقلیه دو ولتاژه کاملاً با استانداردهای بریتانیا مطابقت دارند و قابلیت کار تحت ولتاژ) ۷۵۰V DC شبکه تراموا(و ولتاژ ۲۵kV AC (شبکه ریلی) را دارند و همچنین قابلیت استفاده در مسیرهای با حراکثر شیب ۱۰٪ را نیز دارند.
Citylink از خانواده وسایل نقلیه سبک و مدرن، بدون مانع و کف‌پایین است که به صورتی طراحی گردیده که حداکثر سواری ایمن و بسیار راحت را ارائه دهد.

مشخصات فنی وسیله نقلیه



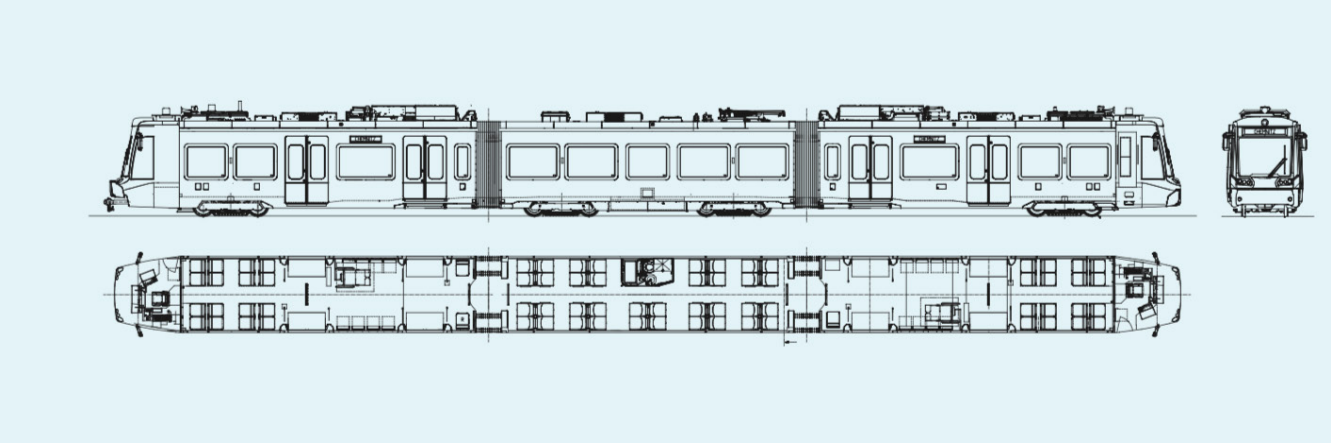
مشتری	South Yorkshire Passenger Transport Executive (SYPTE)
منطقه	Sheffield, South Yorkshire County, UK
تعداد وسیله نقلیه	7
سال راه اندازی	2016
Track Gauge	1435 mm
منبع انرژی	750 V DC + 25 kV AC
ترتیب محور	Bo'2'Bo'Bo'
طول وسیله نقلیه	37200 mm
عرض وسیله نقلیه	2650 mm
ارتفاع وسیله نقلیه	3720 mm
ارتفاع ورود	425 mm
تعداد صندلی	96
ظرفیت ایستادن (4 pers./m2)	140
درب ها	4 double doors per side
قطر چرخ ها (دست دوم/جدید)	720 mm/640 mm
حداقل شعاع منحنی	22 m
Traction Motor Power	6 × 145 kW
حداکثر شیب	10%
حداکثر سرعت	100 km/h

۴ـ تراموا شهر چمنیتز، آلمان

City-Link Hybrid Tram Train
Verkehrsverbund Mittelsachsen (VMS), Chemnitz, Germany

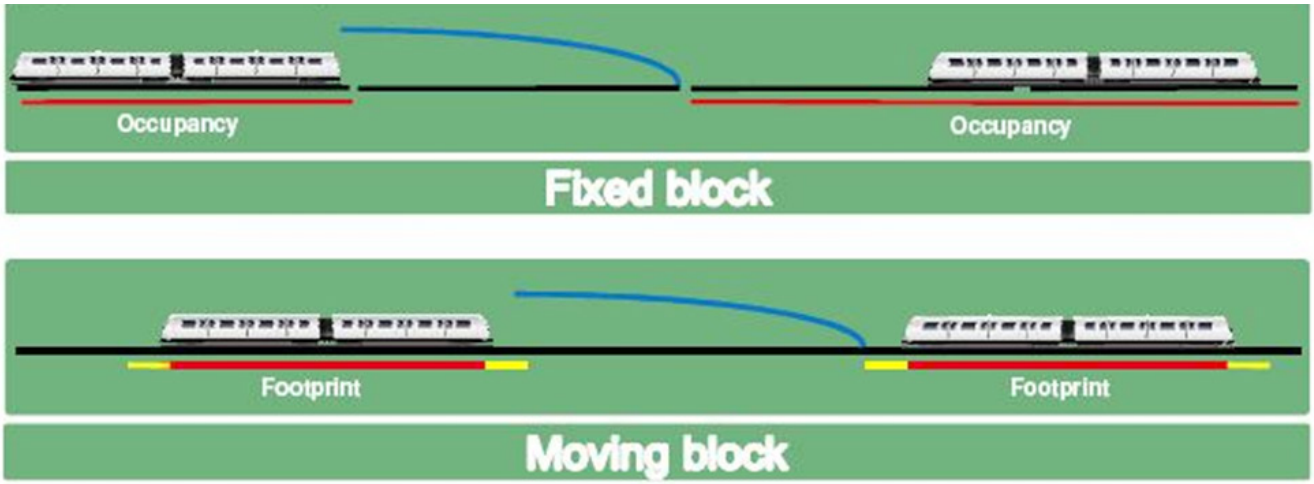
اپراتور حمل‌و نقل عمومی آلمانی VMS در ماه اوت سال ۲۰۱۲ هشت قطار تراموا ترکیبی از نوع Citylink برای استفاده در پروژه «Chemnitzer Modell» که خط تراموا را در شهر Chemnitz با شبکه راه‌آهن متصل می کند سفارش داد. VMS همچنین چهار واحد دیگر نیز در ماه ژوئیه ۲۰۱۵ سفارش داد تا برای فاز دوم این پروژه مورد بهره‌برداری قرار گیرد. وسایل نقلیه هیبریدی دو طرفه با تمامی کاربردهای تراموا و عملیات قطار با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت، براساس استانداردهای BOStrab و EBO تایید شده‌اند و بدون تغییر در زیرساخت‌ها به شبکه Chemnitz اقتباس شدند. آن‌ها قادر به کار در ولتاژ DC ۷۵۰/۶۰۰ V در شبکه تراموا شهری هستند. در شبکه راه‌آهن آنها بطور دیزلی کار می‌کنند. آنها دسترسی از ارتفاع‌های مختلف سکو را فراهم می‌کنند و همچنین شامل توالت و قفسه‌های توشه‌ای هستند.
Citylink از خانواده وسایل نقلیه سبک و مدرن، بدون مانع و کف‌پایین است که به‌صورتی طراحی گردیده که حداکثر سواری ایمن و بسیار راحت را ارائه دهد.

مشخصات فنی وسیله نقلیه



مشتری	Verkehrsverbund Mittelsachsen (VMS)
منطقه	Chemnitz, Germany
تعداد وسیله نقلیه	12
سال راه اندازی	2016
Track Gauge	1435mm
منبع انرژی	600/750 V DC and diesel-electric power pack
ترتیب محور	Bo'2'2'Bo'
طول وسیله نقلیه	37200 mm
عرض وسیله نقلیه	2650 mm
ارتفاع وسیله نقلیه	3990 mm
ارتفاع ورود	405 mm/570 mm
تعداد صندلی	87
ظرفیت ایستادن (4 pers./m2)	141
درب ها	4 double-leaf doors per side with automatic sliding steps
قطر چرخ ها (دست دوم/جدید)	720 mm/640 mm
حداقل شعاع منحنی	25 m
Traction Motor Power	4×145kW
حداکثر سرعت	100 km/h

افزایش ظرفیت خط بر پایه ی سیستم های نوین سیگنالینگ



کنترل قطار ارتباطی [1] یک سیستم سیگنالینگ راه‌آهنی است که از ارتباطات مخابراتی بین قطار و تجهیزات مسیر برای مدیریت ترافیک و کنترل زیرساخت استفاده می‌کند. با استفاده از این سیستم، موقعیت قطار دقیق‌تر از سیستم‌های سیگنال سنتی شناخته می‌شود. این یک راه‌کار کارآمد و ایمن برای مدیریت ترافیک راه‌آهن است.هدف اصلی سیستم، افزایش ظرفیت با کاهش فاصله زمانی بین قطارها است.

در یک سیستم بلاک متحرک، بخش محافظت شده برای هر قطار، یک بلاک است که با آن حرکت می‌کند و مسیری را پشت سرش می‌گذارد و به صورت کلی و با ارتباط مداوم،موقعیت دقیق قطار از طریق ابزار ارتباطی مانند رادیو مشخص می‌شود.

سیستم‌های سیگنال سنتی تشخیص قطارها در بخش‌های گسسته مسیر « بلاک» را می‌شناسند که هر کدام با سیگنال‌هایی محافظت می‌شوند که از قطار وارد بلاک اشغال شده نشود. از آن‌جا که هر بلاک یک بخش ثابت از مسیر است، این سیستم‌ها به‌عنوان سیستم‌های بلاک ثابت نامیده می‌شود.

در سیستم‌های ظرفیت برای استفاده بهینه از زیرساخت‌های راه‌آهن و همچنین دست‌یابی برای حداکثر حفظ الزامات ایمنی، لازم است. این سیستم‌ها برای خطوط جدید و بسیار پرخطر شهر مناسب هستند، اما برای ارتقای عملکرد آن‌ها در خطوط موجود نیز پوشش داده می‌شوند.

فن‌آوری کنترل قطار ارتباطی ، با استفاده از آخرین تکنیک‌ها و اجزای سازنده برای ارائه سیستم‌های کوچک‌تر و معماری ساده‌تر درحال تکامل است.

علاوه براین، این سیستم‌ها که انعطاف پذیری کامل را از لحاظ برنامه‌های عملیاتی و زمان‌بندی ارائه می‌دهند، اپراتورهای راه‌آهن شهری را قادر می‌سازد سریع و موثرتر به تقاضای ترافیکی پاسخ دهند و برای حل مشکلات احتمالی آماده باشند.

خطر ابتدایی در یک سیستم کنترل قطار الکترونیکی این است که اگر ارتباطات بین هر یک از قطارها مختل شود، تا زمانی که مشکل حل شود، تمام یا بخشی از سیستم ممکن است وارد یک وضعیت بی‌ثبات شود. بسته به‌شدت خسارت ارتباطی، این حالت می‌تواند مسیر را مدتی به‌حالت تعلیق درآورد.

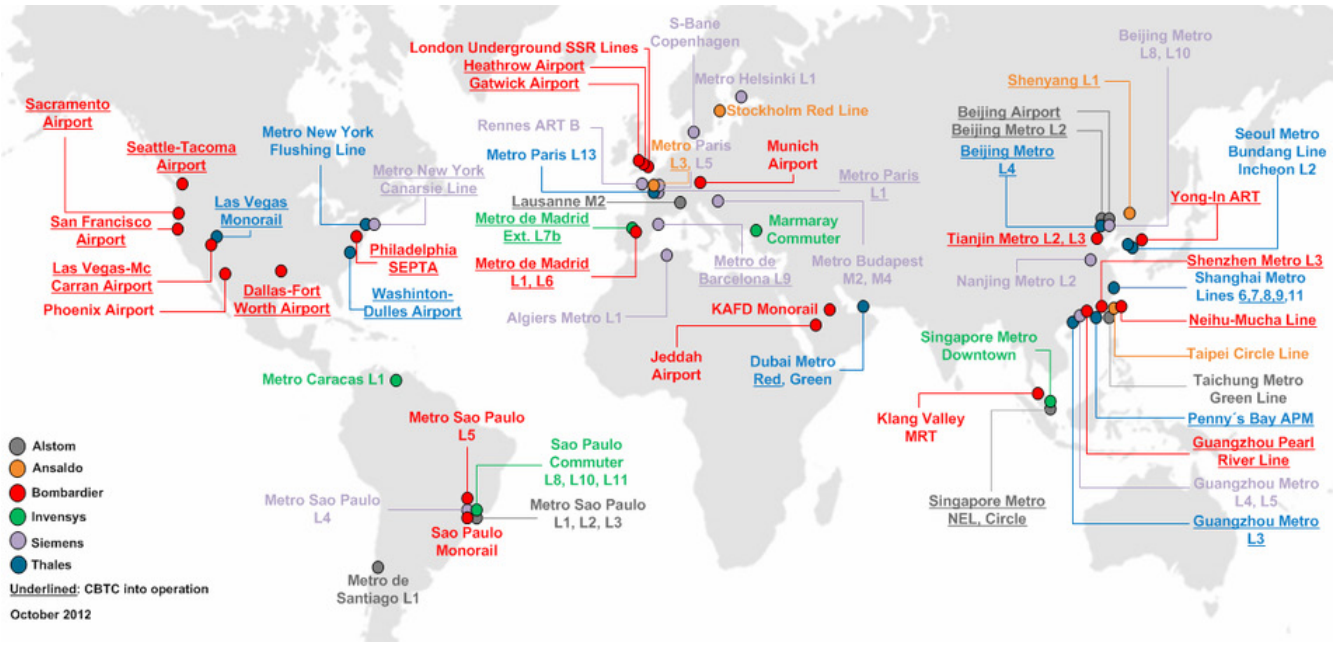
سیستم‌های CBTC که از ارتباطات بی‌سیم استفاده می‌کنند، آسیب‌پذیری بسیار بیشتری دارند و می‌توانند به انواع مختلف هک شوند. با این حملات تا حدی با استفاده از تکنیک‌های دفاعی مانند می‌توان مقابله کرد.

فن‌آوری کنترل ارتباطی قطار درحال حاضر با موفقیت برای مناطق مختلف اجرا شده است، همان‌طور که در شکل زیر (اواسط سال ۲۰۱۱) نشان داده شده است. دربرگیری این سیستم، شامل پیاده‌سازی‌های مسیر کوتاه، تعداد محدودی از وسایل نقلیه و چند حالت عملیاتی(مانند APM های فرودگاه در سانفرانسیسکو یا واشنگتن) است تا پروژه‌های پیچیده در شبکه های راه‌آهن موجود که روزانه بیش از یک میلیون مسافر حمل می‌کنند و بیش از ۱۰۰ قطار است (مانند خطوط ۱ و ٦ در مترو مادرید، خط ۳ در شنژن مترو، برخی خطوط در متروی پاریس، مترو نیویورک و مترو پکن یا شبکه متروی لندن).

جنبه‌های مهندسی/ فنی اغلب درزمینه عملیات یا خدمات مسافر دیده نمی‌شوند و درحالی‌که سیستم‌های کنترل ارتباطی قطار بیشتر درحال گسترش هستند، آن‌ها هرگز به ارائه یک بازار پایا مانند وسایل نقلیه جاده‌ای و شبکه‌های ارتباطی جمعی نخواهند رسید.

ترکیبی از ظرفیت و مصرف انرژی بسیار مهم است و نمونه‌های بسیار زیادی از قطارهای حمل‌و نقل هوای

1 CBTC



پـاک بـرای قسـمت‌های روز وجـود دارد. در دسـترس بـودن و قابلیـت اطمینـان همـراه بـا ایمنـی و اسـتفاده از تکنولـوژی کـه اغلـب اثبـات شـده بهتریـن اسـت.

تاریـخ، اسـتانداردها و چشـم انـداز گسـترده

ویلیـام رابـرت سـایکس در یـک مسـیر کوتـاه در لندن،اولیـن مـدار راه را در بریکسـتون و در سـال ۱۸٦٤ آزمایـش کـرد. در سـال ۱۸۷۲، ویلیـام رابینسـون اولیـن مـدار مسـیر را اختـراع کـرد و روش تشـخیص اشـغال بـلاک بـه وجـود آمـد. ۱۴۰ سـال بعـد، تشـخیص هویـت اشـغال بـلاک بـا اسـتفاده از مسـیرهای مـدار (یـا سـیگنال معمولـی) هنـوز هـم در حـال اسـتفاده اسـت.

در طـول ۲۵ سـال گذشـته، شـرایط درحـال تغییـر اسـت و راه‌حل‌هـای کنتـرل ارتباطـی قطـار راه خـود را بـه برنامه‌هـای مبتنـی بـر مدارهـای سـنتی پیـدا کرده‌انـد. مزیـت اصلـی یـک سیسـتم کنتـرل ارتباطـی قطـار آن اسـت کـه اجـازه می‌دهـد قطارهـا به‌راحتـی بـا ایمنـی بیشـتری کار کننـد .

سیسـتم کنتـرل قطـار ارتباطی،شـامل سـه عنصـر، حفاظـت اتوماتیـک از قطـار، عملیـات اتوماتیـک قطـار و نظـارت خـودکار قطـار اسـت. تـلاش بـرای استانداردسـازی قابلیت‌هـا و تکنولـوژی موفقیت‌هـای متفاوتـی داشـته اسـت.

تـا کنـون نتایـج عبارتنـد از:

IEEE ۱٤۷٤/۱ - الزامـات عملکـردی و عملکـرد

IEEE ۱٤۷٤/۲ - رابط کاربر

IEEE ۱٤۷۱/۳ - روش توصیـه شـده بـرای طراحـی سیسـتم

IEEE ۱٤۷٤/٤ - روش توصیـه شـده بـرای تسـت عملکـرد

هیـچ کـدام از اینهـا اجبـاری نیسـتند و از اسـتاندارد شـدن در عملکـرد تجهیـزات جلوگیـری می‌کننـد. مشـخصات در نظـر گرفتـه شـده» مدیریـت حمـل‌و نقـل شـهری - فرماندهـی و کنتـرل» دامنـه وسـیعی دارد و در نتیجـه پیشـرفت کمـی خواهـد داشـت. پـروژه «ModUrban» هـدف خـود را بـرای ایجـاد مشـخصات تعامـل محـور قـرار داده بـود.

مشـخصات یـک سیسـتم کنتـرل قطـار ارتباطـی چیسـت؟

مشخصه شماره ۱:

ویژگـی اصلـی کـه سیسـتم کنتـرل قطـار ارتباطـی را از سـیگنالینگ معمولـی تمایـز می‌دهـد، توانایـی تعییـن مـکان قطـار مسـتقل از مـدار راه اسـت.

به‌طـور معمـول ایـن کار بـا اسـتفاده از برچسـب‌های ترانسـپوندر یـا چراغ‌هـای نصـب شـده در امتـداد مسـیر انجـام می‌شـود. برچسـب‌ها/ چراغ‌هـا یـک واحـد حمـل‌و نقـل قطـار موقعیـت محور را ارائـه می‌کننـد. «Tachometer» هـای نصـب شـده بـر روی محـور موقعیـت خوبـی را ارائـه می‌دهنـد.

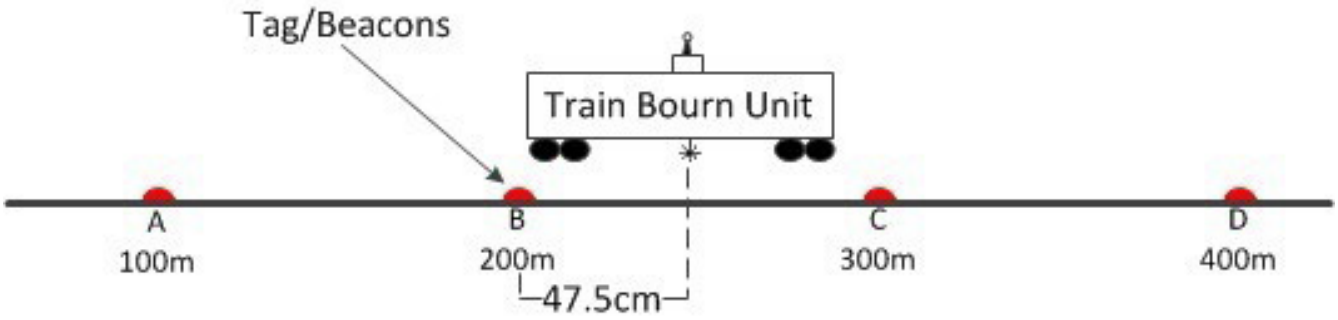
همانطـور کـه قطـار عبـور می‌کنـد، واحـد حمـل‌و نقـل آگاه اسـت کـه قطـار درحـوزه‌ی ۲۰۰ متـری (موقعیـت) واقـع شـده اسـت. همان‌طورکـه قطـار حرکـت می‌کنـد، «Tachometer» هـا تعـداد دفعاتـی کـه قطـار حرکـت می‌کنـد (موقعیـت دقیـق) را محاسـبه می‌کنـد. بـا در نظـر گرفتـن مسـیر و موقعیـت دقیـق بـا هـم، واحـد حمـل‌و نقـل قطـار قـادر خواهـد بـود تعییـن کنـد کـه مرکـز قطـار در فاصلـه ۲٤۷/۵ متـری از نقطـه مرجـع صفـر قـرار دارد.

ایـن یـک توصیـف سـاده (بـه منظـور شـفاف سـازی) اسـت کـه چگونـه یـک سیسـتم کنتـرل ارتباطـی قطـار، مـکان قطـار را تعییـن می‌کنـد.

مشخصه شماره ۲:

هنگامـی کـه قطـار قـادر اسـت محـل دقیـق آن را تعییـن کنـد، ایـن اطلاعـات بـه موقـع بایـد بـه واحـد کنـار راه انتقـال داده شـود.

روش‌هـای مختلفـی بـرای انجـام ایـن کار وجـود دارد. در گذشـته (Inductive loop) به‌عنـوان یـک ابـزار ارتباطـی مـورد اسـتفاده قـرار می‌گرفـت امـا اخیـرا طـی ده سـال گذشـته، اسـتفاده از امـواج رادیویـی انتخـاب اکثریت تامیـن کنندگان



شده است. با پیشرفت تکنولوژی، رادیو به عنوان استاندارد پیش فرض برای صنعت ریلی تبدیل خواهد شد.
برای یک سیستم راه‌آهن، نقاط دسترسی در طول مسیر نصب می‌شوند. هنگامی که قطار در محدوده‌ی یک نقطه دسترسی قرار می‌گیرد، رادیوی قطار روی سیگنال آن قفل می‌شود و از نقطه دسترسی قبلی قطع می‌شود.
پروتکل‌های ارتباطی که در این محیط استفاده می‌شوند معمولا Ethernet TCP / IP یا پروتکل‌های UDP/ IP هستند. این مورد به کار،انعطاف پذیری و گسترش پذیری می‌دهد.

تمام اطلاعات (حیاتی و غیر حیاتی) از طریق این رسانه ارسال می‌شود، اما این پیوند غیر حیاتی است TCP / IP و UDP / IP پروتکل‌های حیاتی در نظر گرفته نمی‌شود). برای حفظ یکپارچگی ایمنی، پایانه های حیاتی باید ایمن بمانند. این بدان معنی است که واحد حمل‌و نقل و قطار باید اطلاعاتی را که دریافت می‌کند تضمین کند، از طریق مکانیزم‌های مختلف مانند CRC, sequence Tx ID, Rx ID)

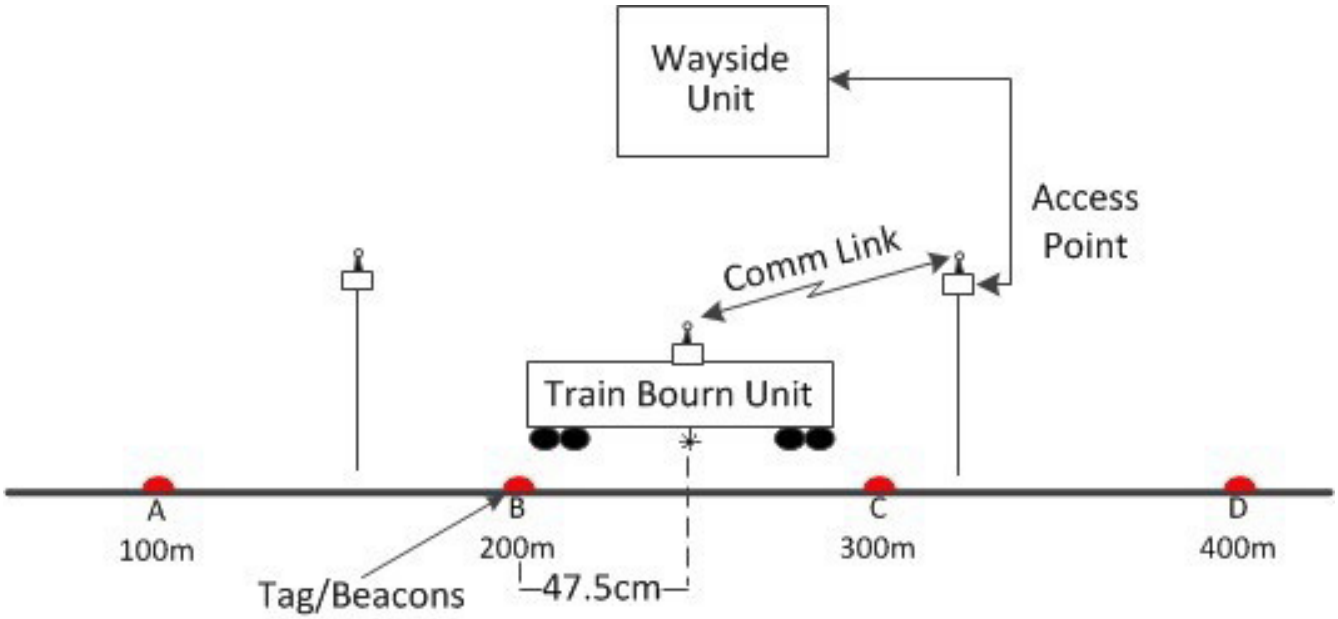
مشخصه شماره ۳:
این کافی نیست که یک سیستم کنترل ارتباطی قطار قادر به تشخیص دقیق محل یک قطار باشد بلکه باید بتواند آن قطار را از انواع خطرات و نقایص مصون بدارد.

بخش ٦/١ از ١٤٧٤/١ توابع حیاتی را که سیستم کنترل ارتباطی قطار باید انجام دهد به صورت یک لیست ارائه می‌دهد. پس از مطالعه‌ی این بخش، به سرعت آشکار می‌شود که این توابع حیاتی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: اجتناب از برخورد - حفاظت از سرعت - حمایت های جانبی.
این سه بخش در حوزه‌ی وسیعی هستند و بنابراین آن‌ها را نمی‌توان در یک مقاله‌ی واحد پوشش داد ، اما تعریف اساسی به شرح زیر است:

اجتناب از برخورد - توانایی سیستم کنترل ارتباطی قطار برای حفظ ایمنی قطارها هنگام جدایش و حفاظت از قطار در برابر موانع دیگر در مسیر حرکت است.

حفاظت در برابر سرعت غیر مجاز - توانایی سیستم کنترل ارتباطی قطار در تعیین سرعت قطار و کنترل دقیق سرعت است.

حفاظت‌های جانبی - این یکی از توابع است که به هیچ دسته‌بندی عمومی مرتبط نیستند و به نظر، جزء اساسی سیستم نیستند. اما IEEE آن‌ها را به‌عنوان ویژگی‌هایی معرفی می‌کند که سیستم کنترل ارتباطی قطار باید از عهده‌ی آن برآید.
پروژه «NGTC» در سال ۲۰۱۲ با بودجه ۱۱ میلیون یورو آغاز شد که هدف آن ایجاد یک استاندارد اروپایی است که شامل الزامات عملیات قطار بدون سرنشین است. ۲۱ عضو شامل UNIFE، تولید کنندگان، اپراتورها از جمله زیردریایی لندن و متروی پاریس ، گروه کنترل سیستم قطار اروپایی و دانشگاه‌های مختلف و مشاوران. این یک پروژه‌ی مشترک رو به رشد بین کنترل ارتباطی قطار و تکنولوژی خط اصلی را نشان می‌دهد، وظایف را به‌عنوان مجموعه‌ای از بسته‌های کاری تعریف می‌کند. این‌ها عبارتند از: انسجام فنی، ساختار پیام معمول، نیازهای بلاک متحرک، ارتباطات رادیویی مبتنی بر IP فراتر از GSM-R و موقعیت ماهواره‌ای (فقط برای کاربرد خطوط اصلی). ممکن است نتیجه‌گیری شود که سیستم کنترل ارتباطی قطار مفهومی وسیع‌تر نسبت به یک سیستم فنی و تخصصی خاص است. این باعث ایجاد عدم اطمینان در میان کاربران موجود و بالقوه در مورد نوع سیستم انتخاب شده و مقدار آن می‌شود.
در اینجا تجربه‌ی سه کشور را در زمینه‌ی سیگنالینگ بر پایه‌ی سیستم کنترل ارتباطی قطار به اختصار بررسی می‌کنیم.



چشم انداز مترو لندن

لندن تجربه چندجانبه در سیستم کنترل ارتباطی قطار در چند سال گذشته داشته‌است. اولین برنامه (اگرچه در آن روزها به عنوان کنترل ارتباطی شناخته نمی‌شد) استفاده از عملیات اتوماتیک قطار در دهه ۱۹۶۰ در خط ویکتوریا بود. این تجربه یک گام جهانی با سیستم تا سال ۲۰۱۲ بود.

اخیرا خط «Jubilee» با سیستم «Thales Seltrac» عملی شده است که مشابه آن در داک لند نصب شده است. این سیستم درحال‌حاضر به خوبی کار می‌کند و، از درس‌های آموخته شده، یک تکنولوژی مشابه در پیچیده‌ترین خط شمالی نصب شده است. این پروژه به‌طور قابل ملاحظه‌ای برای اجرا هموار است و تا اواخر سال ۲۰۱۴، ٪۲۰ افزایش ظرفیت خواهد یافت. اختلال در سیر افراد حداقل بوده است طوری که اکثر مردم حتی نمی‌دانند که این کار پیشرفت کرده است.

به موازات این، خط ویکتوریا سیستم رادیویی اصلی ATO را جایگزین سیستم رادیویی Invensys Distance-to-Go کرده است. هیو بریج، که در عملیات کنترل اتوماتیک قطار شهری لندن مشارکت دارد، راه‌حل‌هایی را مطرح کرد که به منظور ساختن زیرساخت‌های جدید بر روی قدیمی مطرح شدند، بنابراین این امکان به‌وجود می‌آید تا قطارهای جدید و قدیمی با هم در خط حرکت کنند. این تبدیل موفقیت آمیز است و افزایش قابل توجه‌ی در ظرفیت (۳۳ قطار در ساعت) را منجر شده است. سطح اطمینان فعلی ۴۰۰۰ ساعت برای تخریب تجهیزات قطار معادل سه در هفته است.

با این حال اخیرا، قرارداد برای تجهیز خطوط زیرسطحی مترو پلیتن، Circle، H & C، با سیستم کنترل ارتباطی قطار و همچنین با استفاده از سیستم Bombardier CityFlo رها شده است. دلایل این امر نامشخص است اما کافی است که پیچیدگی‌های طرح‌بندی را با بسیاری از اتصالات مسطح و مشترک با خطوط دیگر را بدانیم. درمورد آینده، جورج کلارک، مدیر مهندسی متروی شهری لندن، دیدگاه فعلی را در مورد توانایی سیستم کنترل ارتباطی قطار برای مطابقت با نیازهای آینده لندن ارائه داده‌است. انتظار می‌رود نسبت به‌حال حاضر تا سال ۲۰۲۴ افزایش ۲۶ درصدی داشته باشد. معرفی سیستم‌های کنترل ارتباطی قطار بر روی مسیر، قطار، برق، تهویه، سیگنالینگ، خنک سازی تونل، مدیریت پلتفرم، ارتباطات مخابراتی، توزیع اطلاعات، فروش بلیط و اینترنت تاثیر خواهد گذاشت.

با دست آوردن امنیت بهتر زیرساخت‌های آینده بدست می‌آید. خطوط مرکزی ،واترلو و ... همه در چند سال آینده به تکنولوژی کنترل ارتباطی قطار نیاز دارند. بنابراین، این چالش که بهترین طراحی سیستم را بدون برخورد با مشکلات مهندسی عمیق به کار ببندیم، باقی خواهد بود.

تجربه کانادا

بسیاری از کشورها، سیستم‌های کنترل ارتباطی را مستقر کرده‌اند. یکی از اولین کشورها کانادا با SkyTrain در ونکوور بود. این سیستم مزایای زیادی را به همراه می‌آورد که خطاهای انسانی را به حداقل می‌رساند، دوره‌های استراحت را در ایستگاه‌های انتهایی حذف می‌کند و فرکانس سرویس را، با قطار کمتر افزایش می‌دهد.

آیا یک سیستم باید برای نقایص احتمالی قطار قرار گیرد؟

اعضای «Roving» مستقر می‌شوند تا بتوانند به سرعت به قطارها رسیدگی کنند، اما ارائه اینترکام در قطار، دکمه‌های زنگ هشدار و دوربین مدار بسته بخشی از سناریو ایمنی است. ظرفیت فعلی ۱۰۸ ثانیه بین قطارها ۳۳ tph می‌تواند تا ۸۰ ثانیه کاهش یابد.

در خط «SkyTrain» موتورهای القایی خطی را برای قطارها در خطوط اول به مرحله‌ی اجرا رساند، اما در خط بعدی موتورهای متداول AC بکار گرفته شده‌اند که در مقایسه با اولی قابلیت اطمینان بهتری را ارائه می‌کند. درک اینکه سیستم عملکرد خوبی دارد، حیاتی است و کریس موس که مسئول خدمات مهندسی سیستم است، توضیح داد که چگونه فن‌آوری از انتقال کدهای خطای ساده که بر روی کاغذ چاپ شده است، به قطارهایی که داده‌های پیوسته را به یک حافظه که پس از آن به عنوان ضبط جعبه سیاه عمل می‌کند. یک آزمون ابزاری قطار به‌منظور عبور از تمام خطوط و به طور مداوم بررسی سلامت تمام سیستم‌ها، از جمله موتور القایی‌خطی.

پیشرفتهای فرانسوی ها

دکتر پیر مسولام، مدیر نوآوری و تحقیقاتی در SNCF از فرانسه، گزارشی عملی از پیشرفت فرانسوی‌ها، که درحال‌حاضر و با هشت سال تاخیر در حال اجرا است به‌دست می‌دهد. تست قطعات بین تامین کنندگان/ کشورهای مختلف و مشخصات ترمزی ناوگان ریلی قدیمی‌تر به‌علت هزینه‌های زیاد مشکلات عمده‌ای بوده‌اند

اصلاح اشکالات نسخه‌های متوالی نرم‌افزار منجر به موفقیت آن شده است. اخیرا، تداخل از شبکه‌های عمومی GSM به GSM-R باعث مشکلاتی در ارتباطات رادیویی است که یک دغدغه‌ی جدی است.

یک نتیجه مثبت این است که رانندگان درمورد ETCS مشتاق هستند، اما کار درحالت ضعیف‌تر سیستم، نیاز زیادی به توجه و هماهنگی نزدیک با فرستنده‌های سیگنال دارد. درحالت ایده‌آل، دستگاه شبیه ساز بهترین روش برای آموزش کارکنان درمورد چگونگی رسیدگی به موارد اضطراری است.

سعید الفسی مدیر فنی شرکت SNCF که مسئول مدل‌سازی سیستم نیز می‌باشد، گفت: معرفی سیستم کنترل ارتباطی قطار به‌عنوان ضرورتی برای اجرای قطارها در زیرساخت موجود است، زیرا پیشرفت‌های مهندسی عمران بسیار زیاد است. بهینه‌سازی طراحی رابط با زیرساخت‌های موجود حیاتی است، به‌خصوص اگر بیشتر از یک سرویس قطار در خط عمل می‌کند.

زمان رسیدن به ایستگاه از لحاظ عملکرد بسیار مهم است و مطالعات فاکتورهای انسانی در فهم این مسئله اهمیت دارد. مدل‌سازی می‌تواند مقدار زیادی از زمان را در آینده صرفه جویی کند و درک بهتری را از خطرات و اینترفیس‌ها را برای قطار و قطار مقابل، قوانین عملیاتی، ملاحظات محیطی و سیاست‌های تعمیر و نگهداری فراهم آورد.

نوآوری جدید در پاریس ، پروژه «نکستئو» است که تلاش مشترک برای تولید یک سیستم کنترل و ارتباط بر اساس اصول کنترل ارتباط ، با قابلیت کار در خطوط اصلی می‌باشد که در آن ترافیک با تراکم بالا وجود دارد. این پروژه برای یک خط حمل‌و نقل عمومی جدید طراحی شده است

اما باید با ETCS نیز ادغام شود،چیزی شبیه به وضعیت خط راه‌آهن «کراس ریل» در انگلستان.

ارزیابی ایمنی و عوامل انسانی

یک عامل بزرگ در معرفی سیستم‌های جدید، کسب تاییدیه ایمنی است. پائول چسمن از بخش برنامه‌ریزی‌های فنی، فرآیندها را توضیح می‌دهد. نیاز به سیستم‌های ارزیابی مستقل توسط افراد دارای صلاحیت که با این پروژه مرتبط نیستند وجود دارد و این افراد باید بر روی طراحی، توسعه و اقدامات ایمنی تمرکز کنند.

احتیاط باید در استفاده از استانداردها برای کاهش خطر استفاده شود. دو عنصر غالب است:

مورد خاص کاربرد ایمنی

درحالی که بسیاری از برنامه‌ها هدف قرار می‌گیرند، بعضی از سیستم‌ها، مخصوصا در شرایطی که خط مشی اصلی نیاز است، یک راننده را حفظ خواهد کرد. طراحی رابط کاربری راننده یک علم است.

دراین بخش

الاین تامپسون از «Mott MacDonald» برخی از عوامل را توضیح خواهد داد. یکپارچگی کامل،به معنای همه چیز در یک صفحه واحد از جمله کنترل و سرعت سنج است.

احتمال وجود سردرگمی درمورد انواع مختلف سیستم حفاظت قطار باید مورد توجه قرار گیرد. انتخاب میان صفحه لمسی، کلیدهای نرم و یا صفحه کلید جداگانه ممکن است تحت تاثیر تنظیمات محلی قرار گیرد.

فراتر از سیگنالینگ

الن رومسی از «Delcan» در کانادا اعلام کرد که نصب سیستم کنترل ارتباطی بسیار بیشتر از یک پروژه‌ی سیگنالینگ مجدد است و می‌تواند به‌عنوان ارتقاء کامل یک خط در نظر گرفته شود. تمرکز بر نیازهای واقعی (ظرفیت، زمان سفر، انعطاف پذیری، ایمنی افزایش یافته، اتوماسیون، هزینه تعمیر و نگهداری پایین تر) ضروری است ، درحالی که تمرکز بر «خواسته‌ها» (شیوه‌های تاریخی، نیاز به عقب ماندگی سیستم) در درجه‌ی پایین‌تری قرار دارد.

اپراتورها باید بر اساس آنچه که می‌خواهند در انتها با آن روبه‌رو شوند کار خود را ادامه دهند و نباید در ابتدا مرحله اول را انجام دهند.

تست یکپارچه کارخانه و ئر کنار آن،آزمایشات در مسیر تست بهترین راه‌حل است. یک سیستم کنترل ارتباطی را می‌توان به‌عنوان یک شبکه کامپیوتری غیرمتمرکز درنظرگرفت بنابراین لازم است اطمینان حاصل شود که شبکه انتقال پایدار هستند و سخت افزار کامپیوتر قابلیت اطمینان بالایی دارند.

در انتها به بررسی مختصر سه محصول از سه شرکت ارائه دهنده‌ی سامانه‌ی مذکور می‌پردازیم.

SIEMENS

با « Trainguard»، زیمنس یک سیستم مدولار برای کنترل قطار معمولی ایجاد کرده است که می‌تواند به‌صورت جهانی اعمال شود. مهم‌ترین تابع مربوط به ایمنی و عملیاتی مربوط به زمان بهینه‌سازی پیشرفت، دقیق بودن و انتقال قطار به قطار است.
سیستم کنترل قطار «Trainguard MT» سیستم پایه سیگنالینگ را برای سیستم‌های حمل‌و نقل جالب، قابل اعتماد و کارآمد فراهم می‌کند. سیستم مبتنی بر رادیو اجازه می‌دهد تا انتخاب بین عملیات بلاک ثابت یا حرکتی و دستیابی به ۹۰ ثانیه طول می‌کشد. «این دستگاه شامل توابع برای نظارت، اجرای و کنترل تمام توالی عملیاتی است. این را می‌توان در سطوح مختلف اتوماسیون، مانند عملیات نیمه اتوماتیک، عملیات تحت کنترل راننده و عملیات بدون راننده اجرا کرد.
این دستگاه برروی کامپیوترهای قابل اعتماد زیمنس و راه‌حل‌های کنترل اتوماتیک کنترل قطار مانند M ۷۰۰ Trainguard LZB ، که نشان دهنده تخصص زیمنس در زمینه کنترل قطارهای رادیویی است، مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به رابط‌های استاندارد، دستگاه سازگار با سیستم‌های مختلف کنترل عملیاتی، طرح‌های متقابل و سیستم‌های تشخیص خلاقیت است.

HITACHI

سیستم کنترل ارتباطی قطار با ارتباطات بی‌سیم

هیتاچی سیستم‌های کنترل قطار مبتنی بر ارتباطات را به‌عنوان نسل بعدی فناوری‌های سیگنالینگ توسعه داده است که به‌طور فزاینده‌ای در مترو و سایر وسایل جدید حمل‌و نقل به‌کار رفته است. این سیستم‌ها تجهیزاتی را که در قطارها با تجهیزات زمینی نصب شده اند، با استفاده از ارتباطات بی‌سیم برای جمع‌آوری اطلاعات موقعیت از قطارها و ارسال سیگنال‌های کنترل بازگشتی، ادغام می‌کنند. این امر به طور قابل توجه‌ی باعث کاهش میزان تجهیزات کنار جاده‌ای و تسهیل مزایا از قبیل تراکم ترافیک بالا و پذیرش قطارهای تک راننده یا بدون سرنشین می‌شود.
یکی دیگر از مزایای سیستم استفاده از باند عمومی ۲٫۴ گیگاهرتزی است که برای بسیاری از کشورها و مناطق مناسب است. سیستم همچنین به اندازه کافی قوی برای جلوگیری از تداخل دیگر کاربران بی‌سیم ساخته شده است و اجازه استفاده از آن را در شرایط بحرانی حیاتی می‌دهد. به‌عنوان مثال، سیستم کنترل ارتباطی هیتاچی برای خط چین سه‌گانه مونوریل چانکینگ در چین انتخاب شد که در سپتامبر ۲۰۱۱ (عملیات در ۱۷ کیلومتری کل خط ۵۵٫۶ کیلومتری) آغاز شد و تاسیسات بیشتر برنامه‌ریزی شده است.
هیتاچی بر این تجربه تمرکز می‌کند تا فعالیت‌های تجاری جهانی خود را در بخش سیستم‌های راه‌آهن ارتقاء دهد.
در نهایت ، اپراتور را قادر می‌سازد تا به‌طور موثر کنترل شتاب و کاهش سرعت قطار را برای به حداکثر رساندن بهره‌وری انرژی کنترل کند.

BOMBARDIER

حل کردن مشکل ظرفیت:
پیشرفت‌های پیشگامانه‌ی بمباردیر در سیستم‌های کنترل ارتباطی، از بهینه‌سازی سیستم و ارتقاء سیستم در سطح جهانی حمایت می‌کند، این سامانه ابعاد جدیدی را در قابلیت حل چالش‌های ظرفیت در اختیار می‌گذارد.

بدون اختلال در سیر مسافران:
امروزه یکی از چالش‌های عمده‌ی اپراتورهای حمل‌و نقل، ارتقاء سیستم‌ها به‌منظور افزایش ظرفیت و کاهش سرعت در خطوط موجود، در کنار حفظ خدمات موجود به مشتریان خود است. برای اکثر مقامات حمل‌و نقل، اختلال در خدمات مسافرتی برای نوسازی سیستم سیگنالینگ خط یک گزینه قابل قبول نیست.

هزینه‌های کاهش یافته‌ی دوره‌ی عمر:
سیستم کنترل ارتباطی قطار با ایجاد ارتباط پیوسته دو طرفه بین راه و تجهیزات جانبی، مزایای بسیاری را به عنوان یک راه حل پیشرفته سیگنال فراهم می‌کند. با سیستم کنترل ارتباطی قطار هیچ نیازی به سیستم‌های تشخیصی خودرو مانند مدارهای ردیابی یا شمارنده‌های محوری وجود ندارد، که تجهیزات مورد نیاز کلیه را کاهش می‌دهد و هزینه‌های نگهداری اضافی را از بین می‌برد. علاوه‌براین، ویژگی‌های منحصر به فرد راه‌حل «CBTC Bombardier» این است که می‌توانند به‌عنوان یک سیستم پوشش استفاده شود که منجر به ایجاد اختلال در خدمات مسافرین در طول مهاجرت و ارتقاء نمی‌شود.

پیشگام پیشرفت در راه‌حل‌های سیگنالینگ پیشرفته:
از اوایل دهه ۱۹۹۰، بمباردیر در خط مقدم پیشرفت سیستم‌های مدیریت ترافیک راه‌آهن اروپا و راه‌حل‌های سیستم کنترل ارتباطی قطار در بمباردیر، کنترل ارتباطی از بلاک در حال حرکت CITYFLO ۶۵۰ یا بلاک مجازی CITYFLO ۴۵۰ استفاده می‌کند که اجازه می‌دهد تا قطار در مقایسه با یک سیستم بلاک ثابت نزدیک‌تر به یکدیگر حرکت کنید و پیشرفت بین وسایل نقلیه را کاهش دهید.
مزایای عمده از راه‌حل ارائه شده توسط بمباردیر عبارتند از:
ارائه یک سیستم یکپارچه براساس سیستم کنترل ارتباطی قطار مدرن با ارتباطات رادیویی دو طرفه.
بهبود ظرفیت حمل و نقل برای بهینه‌سازی استفاده از زیرساخت: مسیر و قطار.
اطمینان از حداکثر قابلیت دسترسی به سیستم به‌دلیل معرفی سیستماتیک از ویژگی‌های افزونگی.
عملیات قطار بهینه شده، بهبود منظم و دستیابی به صرفه جویی در انرژی از طریق عملکرد خودکار رانندگی (استراتژی‌های رانندگی).
سیستم نظارت و کنترل سیستم پیشرفته از کنترل متمرکز کنترل قطار اتوماتیک، به لطف قابلیت ارتباط دو طرفه و شبکه داده یکپارچه.
ارائه یک مسیر مهاجرت شفاف از سیستم میراث به عملکرد سیستم جدید، در صورت لزوم.
کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری به عنوان یک نتیجه از تجهیزات جانبی کمتر مورد نیاز است.

افزایش ظرفیت و بهبود ایمنی:
راه حل CITYFLO ۶۵۰ حمل‌و نقل بمباردیر یک رادیو کنترل شده با کنترل حرکت اتوماتیک متحرک است که نیازی به دستگاه‌های شناسایی قطار یا اپراتور در دسترس نیست. از آن‌جا که ارتباطات از راه‌دور به سمت راه‌دور از طریق رادیو دو طرفه ارائه می‌شود، موقعیت دقیق قطارها در هر لحظه مشخص است. علاوه براین، راه‌حل CITYFLO ۶۵۰ می‌توانند به‌عنوان یک سیستم کنترل قطار مبتنی بر راوی مبتنی بر پوشش برای ارتقاء سیستم‌های بلاک ثابت موجود استفاده شود.
بمباردیر راه‌حل‌های سیگنالینگ CITYFLO ۴۵۰ و CITYFLO ۶۵۰ خود را برای Metros " سنگین " معمولی و نیز محصولات خود را به صورت اتوماتیک و پیشرفته «Rapid Transit ART» معرفی کرده است.
سیستم CITYFLO ۶۵۰ اولین سیستم کنترل ارتباطی قطار مبتنی بر رادیو بود که در فوریه سال ۲۰۰۳ در فرودگاه سن فرانسیسکو نصب شد.
قطار یک‌صدم مجهز به سیستم Bombardier CITYFLO ۶۵۰ CBTC در حال حاضر خدمات مالیاتی را در سیستم مترو مادرید انجام می‌دهد.

مصاحبه

مهندس محمد متقی‌پور مدیر تدارکات شرکت حمل‌و نقل ریلی رجا

لطفا یک رزومه کاری و تجربیات خود را در این چند سال که در شرکت رجا بودید در اختیار ما بگذارید.

اواخر سال ۷۸ بود که با یک گروه ۳۲ نفره وارد این شرکت شدیم که بنده با مجموعه فنی کار رو شروع کردم که ابتدا با واحد ترمز در کارخانه تعمیرات جاری بود که به‌عنوان کارشناس مشغول به‌کار بودم چون در آن زمان محیط پیمانکاری وجود نداشت کنار پرسونل قدیمی آغاز به فعالیت کردم که موجب شد از این پرسونل خیلی از کارها رو یاد بگیرم که همان مسائل ترمز و تعمیراتش بود. بعد از مدتی کار در محیط تعمیرات جاری به صورت موقت بحث برنامه‌ریزی و سفارشات خرید قطعات رو به عهده گرفتم که بعد از آن حدود اواسط سال ۸۰ بود که به‌عنوان معاون اداره تعمیرات جاری فعالیت کردم . از سال ۸۱ تا سال ۸۴ به‌عنوان رییس تعمیرات جاری مشغول به فعالیت بودم .بعد از آن قرار شد یک گروهی به عنوان گروه کنترل کیفیت مجددا فعالیت خود را شروع کند که بنده به‌عنوان رییس این گروه مشغول به‌کار شدم، این گروه دو بخش داشت، کنترل کیفیت تعمیرات و دیگری کنترل کیفیت مواد. بعد از گذشت ۳ سال به‌صورت موقت ریاست گروه ساخت را برعهده گرفتم و تا سال ۸۹ این مسولیت با بنده بود. اردیبهشت سال ۸۹ به‌عنوان معاون اداره کل نگهداری واگن‌های مسافری مشغول به فعالیت شدم و مرداد ۹۲ به‌عنوان مدیر تدارکات منصوب شدم و از مرداد ۹۲ تا الان مدیر تدارکات هستم . در سمت مدیر تدارکات با توجه به این که اطلاعات فنی خوبی داشتم توانستم در قراردادها و خریدها تا به امروز کمک‌های بسیاری انجام دهم.

کارخانه‌های که شما در ابتدا مشغول به فعالیت بودید در حال حاضر هنوز در اختیار رجا است ؟

بله ، آن زمان کارخانه‌های که موجود بود به ٤ قسمت تقسیم شده بود که شامل تعمیرات جاری ،تعمیرات اساسی ،برق ، مبلدها می‌شد که بعدا ترکیب شدند و الان به دو کارخانه ی برق و مکانیک تبدیل شده‌اند که هماهنگی‌های بهتری را موجب شد .

در این ۱۸ سالی که در شرکت رجا بودید در کدام پروژه‌های صنعتی فعالیت کردید؟

پروژه‌های بازسازی ،تبدیل واگن‌ها (تبدیل واگن‌های بدون تهویه به تهویه‌دار)،کنترل سایش چرخ‌ها و .... پروژه‌های بود که انجام شد .به‌عنوان مثال در مسیر جنوب شروع به عیب‌یابی کردیم مثلا مسیر اراک تا اندیمشک مسیر ۳۰۰ کیلومتری هست که قوس فراوانی را در بر می‌گیرد که این قوس موجب بالا رفتن سایش چرخ‌ها می‌شد که گیریس پاش‌های آن مسیر کار نمی‌کرد که بحث احیای آن‌ها پیگیری شد.

پروژه‌هایی مثل کنترل اتوماتیک و اندازه‌گیری اتوماتیک وضعیت چرخ‌ها ، ساخت مبلد برق ، ساخت مبلد بخار و ..... از این قبیل پروژه‌هایی بود که انجام دادیم . البته در حال حاضر در بحث تدارکات اصولا پروژه به آن معنا وجود ندارد و بیش‌تر کارمان اصلاح فرآیندهاست از قبیل انعقاد قرارداد ،خریدهای خارجی و داخلی است .

اگر بخواهم فعالیت‌های قسمت تدارکات را توضیح بدهم به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود، خریدها و قراردادها است.در بحث قرارداد ها دو گروه داریم که شامل قراردادهای فنی و غیر فنی است و در بحث خریدها دو مدل خرید داریم، خرید از بازار داخلی و خارجی. لازم به‌ذکر است اخیرا یک واحد دیگر به‌عنوان واحد فروش هم تعریف شده که بحث فروش واگن‌ها و قطعات فرسوده را در اختیار دارد . در بحث خرید خارجی ما از کشور آلمان خرید می‌کنیم مانند سیستم ترمز ولی تنها این کشور نیست کشورهای دیگری مثل چک ،فرانسه ،اسپانیا و اوکراین بوده ولی اکثرا فرایند خرید خارجی یک فرایند کاملا طولانی است که مراحلی از قبیل ثبت سفارش، باز کردن اعتبار اسنادی، حمل‌و گمرک و..... می‌باشد.

در حال حاضر چه پروژه‌های شرکت رجا با راه‌آهن انجام می‌دهد؟

راه‌آهن یک دستگاه نظارت است که در اصل قوانین و مقررات را برای ما روشن می‌کند این که ما بگوییم

پروژه‌ای با راه‌آهن داریم شاید کلمه مناسبی نباشد اما در بعضی خریدها ما نیاز به تاییدهای راه‌آهن داریم که باید این هماهنگی وجود داشته باشد مثل انجام بعضی دستور العمل‌هایی که راه‌آهن مطرح کرده‌است. درحال‌حاضر ما به دنبال خرید واگن هستیم زیرا بعضی از واگن‌های ما از رده خارج شده است که این کار به دو شکل قابل انجام است، خرید واگن نو و یا دست دوم که راه‌آهن اجازه خرید واگن دست دوم به هر شرکتی را نمیدهد مگر اینکه شرایطی ایجاد شده باشد. ما درحال‌حاضر دو قرارداد داریم، یکی از قراردادهای داخلی ما خرید ۳۳ دستگاه واگن از شرکت واگن پارس است که در سه فاز ۱۱ تایی قابل انجام است که فاز اول به اتمام رسید و فاز دوم و سوم شروع شده است و یک قرارداد دیگر خرید ۸۹ دستگاه با شرکت پلور سبز است که این قرارداد از قبل بوده است که متوقف شده بود و الان فعال شده که ۲۴ واگن تا به امروز تحویل گرفتیم و درحال پیگیری موضوع هستیم. پروژه بزرگی که الان در دست داریم خرید ۲۵۰ واگن نو است که با سرعت ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت می‌باشد که مناقصه بین‌المللی را برگزار کردیم که شرکت‌هایی مثل زیمنس ، سی‌ار سی و ..... در این مناقصه شرکت کردند. پروژه ما قرار است در سه شکل سی بی یو ،سی کی دی ،پی ال بی انجام بشود که سی بی یو واگن‌هایی هستند که کامل وارد می‌شوند و سی کی وی واگن‌هایی که در ایران مونتاژ می‌شوند و پی ال بی واگن‌های که بخشی داخل ایران و بخشی خارج از ایران تولید می‌شوند.

این پروژه برای چند سال تعریف شده است؟

این پروژه تولیدش برای ۳ سال تعریف شده است که الان ما در مرحله انعقاد قرارداد هستیم که پس از آن حدود سه سال طول می‌کشد.

شرکت رجا چه تعداد واگن دارد که امکان سیر را دارند ؟

تعداد واگن‌ها متغیر است با توجه به این که در فصل‌های مختلف تعمیرات ما متفاوت است ولی بیش از ۱۰۰۰ واگن موجود است که قابلیت سیر دارند

سیاست‌هایی که راه‌آهن با شرکت‌های خصوصی از قبیل رجا دارد چیست ؟

سیاست راه‌آهن در اصل بالابردن کیفیت است ، بالابردن کیفیت، ایمن شدن، مدرن شدن واگن‌ها و کنار گذاشتن واگن‌هایی که خیلی قدیمی هستند .یکی از اشکالاتی که در بحث واگن‌ها وجود داشت این بود که عمر واگن‌های مسافر بری زیاد بود خب برای پایین بردن سن دو تا کار قابل انجام است، کنار گذاشتن واگن‌های فرسوده و وارد کردن واگن جدید این دو سیاست در حال اتفاق افتادن است. در مجموعه مسافربری رجا طبق مصوبه راه‌آهن واگن‌های فرسوده به صورت پله‌ای درحال از رده خارج شدن می‌باشند و از سیر آن‌ها جلوگیری می‌شود ولی نهایتا مدتی طول می‌کشد که این اتفاق بیافتد .

در بخش باری نیز به‌همین شکل است ؟

بخش باری نیز به‌همین شکل است اما شکت رجا در بخش باری فعالیتی ندارد و البته بالابردن واگن‌های باری جزء سیاست‌های راه‌آهن است .
نکته قابل توجه این است که واگن‌های باری جزء سیاست‌های بلند مدت رجا بوده از قدیم ولی تا این لحظه تصمیمی برای این موضوع گرفته نشده است .

واگن هایی که از شرکت‌های داخلی خریداری می‌شوند از لحاظ کیفیت چه‌مقدار با مدل خارجی تفاوت دارند ؟

کشور ما تکنولوژی کشورهای اروپایی را ندارد اما واگن‌های داخلی واگن‌های قابل قبولی هستند باتوجه به‌اینکه باعث تولید، اشتغال و.... می‌شوند لازم دانستیم که از تولید داخلی حمایت کنیم .

نظر شخصی شما در مورد راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران چیست ؟

چون بنده سال‌های زیادی را داخل این صنعت بوده‌ام به راه‌آهن علاقه دارم ولی من فکر می‌کنم بهترین وسیله برای جابه‌جایی بار و مسافر راه‌آهن است. در دنیا ریل ایمن‌ترین وسیله است در حال حاضر اروپا تحقیقاتی را انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیدند که مسیرهای زیر ۶۰۰ کیلومتر، راه‌آهن به صرفه‌ترین حمل‌و نقل است .

به‌نظر شما رجا تا چند سال آینده سراغ واگن های پر سرعت می‌رود ؟

این موضوعی نیست که فقط رجا تصمیم گیرنده باشد. برای رسیدن به موردی که فرمودید چند عامل وجود دارد که یکی بحث واگن است که ممکن است خودکشش باشد ولی قسمت دوم زیرساخت است که زیرساخت‌ها مربوط به خود راه‌آهن می‌باشد. درصورتی که موضوع زیرساخت‌ها توسط راه‌آهن انجام گرفت ما می‌توانیم فرایند تولید واگن‌های پرسرعت را شروع کنیم .

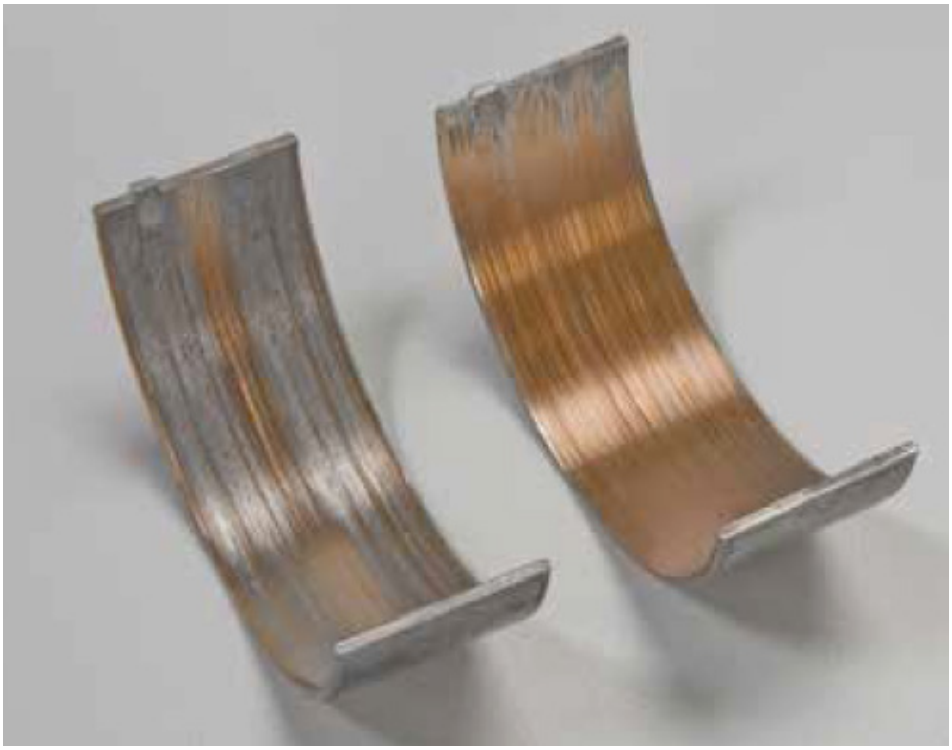
پیشنهادی درخصوص بهینه‌سازی ناوگان و یا خطوط راه‌آهن اگر دارید ،بفرمایید .

مشکل اصلی بودجه‌ها و امکاناتی است که دولت باید اهمیت بالاتری را به آن‌ها اختصاص دهد که با انجام این عمل بتوانیم شاهد بهینه‌شدن وضعیت ناوگان و زیر ساخت‌ها شویم .

به‌عنوان آخرین مطلب به‌این دلیل که جناب‌عالی از دانش‌آموختگان دانشکده راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران هستید درمورد این دانشگاه اگر صحبتی دارید، بفرمایید .

بنده از دانشگاه علم وصنعت خیلی خاطره دارم، به‌نظر من دانشگاه علم وصنعت به‌عنوان صنعتی‌ترین دانشگاه در ایران است ، دانشگاهی که به لحاظ امکانات کارگاهی و تجهیزات در ایران نمونه اش را نداریم و در این دانشگاه یک دانشجو می‌تواند علم و تجربه را با هم کسب کند .

موارد معمول خرابی در یاتاقان



۱- ذرات خارجی در لبه یاتاقان
ظاهر

ذرات خارجی که در لبه یاتاقان فرو رفته اند یا رد خراش بر روی سطح یاتاقان به وضوح قابل دیدن هستند.

عمل مخرب

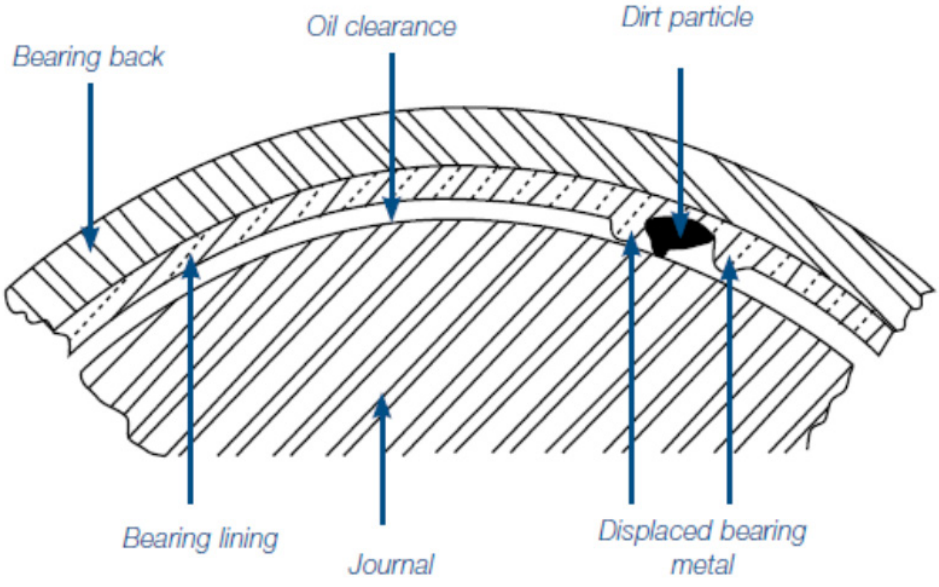
غبار، گرد و خاک، اجزای فلزی یا ساینده که در مخزن روغن دیده می‌شوند، می توانند در بابیت یاتاقان فرورفته، قطعات فلزی را از حالت تراز خارج کرده و بیرون زدگی ایجاد کنند.
بیرون زدگی می‌تواند به اندازه کافی بزرگ باشد تا با سطح قطعه اصلی وارد تماس شده و یک عمل اصطکاکی را ایجاد کند که منجر به شکستگی و صدمه به یاتاقان خواهد شد. اجزای خارجی می‌توانند تنها به صورت بخشی در قطعه فرو روند که در نتیجه آن، با سطح قطعه وارد یک فرایند سایشی خواهند شد.

دلایل ممکن

۱.تمیزکاری نادرست موتور یا اجزا حین سرهم بندی
۲. ورود گرد و خاک و شن به موتور از طریق فیلترهای هوای نامناسب یا ورودی‌های مکش هوا
۳. صدمه به دیگر اجزای موتور که درنتیجه آن، ذرات کوچکی از این قطعات وارد مخزن روغن می‌شود
٤. تعویض نشدن فیلتر روغن یا فیلتر هوا

عمل تصحیح گر

۱. بررسی سطح قطعه و سنگ‌کاری مجدد آن، در صورت وجود هرگونه ایراد در سطح
۲. نصب یاتاقان‌های جدید، پس از طی کردن فرایندهای تمیزکاری
۳. پیشنهاد می‌شود که اپراتور روغن، فیلتر هوا، فیلتر روغن و دیگر فیلترهای موتور توسط سازنده جایگزین شود



۲-اجزای خارجی در پشت یاتاقان

ظاهر

یک ناحیه مشخص از پوشش بر روی سطح یاتاقان دیده می‌شود. همچنین، اثرات اجزای خارجی بر روی پشت یاتاقان یا پوسته قرار گرفته در زیر ناحیه پوشش قابل مشاهده هستند.

عمل مخرب

اجزای خارجی که بین یاتاقان و پوسته خارجی آن فرو می‌روند، تمام ناحیه پشت یاتاقان را از تماس مؤثر با این پوسته باز می‌دارند. در نتیجه، انتقال حرارت از سطح یاتاقان به خوبی انجام نشده و باعث گرمای ناحیه ای سطح یاتاقان می‌شود که خود به کاهش عمر یاتاقان منجر خواهد شد.
همچنین، تقسیم غیرمنظم بار باعث ایجاد نواحی پرفشار در سطح یاتاقان می‌شود که صدمه را بیشتر نیز می کند

دلایل ممکن

گرد و خاک، غبار یا اجزای ساینده و فلزی حاضر در زمان سرهم بندی موتور یا به وجود آمده توسط فرایند کم دقت تعویض قطعات می توانند بین پوشش یاتاقان و پشت آن گیر کنند.

عمل تصحیح‌گر

۱. بررسی سطح تماس و سنگ کاری مجدد در صورت مشاهده ایراد
۲. نصب یاتاقان‌های جدید پس از فرایندهای رفع ایرادها و تمیزکاری
سرهم بندی اشتباه
یاتاقان‌های موتور اگر به صورت اشتباه کار گذاشته شوند، به درستی کار نخواهند کرد. در بسیاری از موارد، سرهم بندی اشتباه می‌تواند باعث خرابی یاتاقان شود.
موارد ذیل ایرادات سرهم بندی معمول هستند که اغلب در مراحل نصب یاتاقان ها رخ می‌دهند.

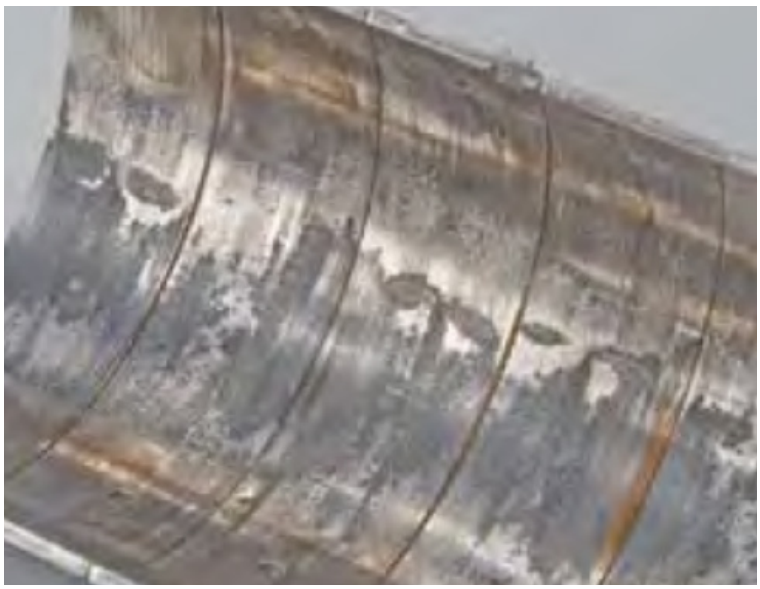
۳- خستگی پوشش

ظاهر

در این حالت، تمام یا بخشی از سطح یاتاقان توسط شبکه ای ترک‌های محدود تا عمق ۰/۰۰۰۵ اینچ پوشیده شده است.

عمل مخرب

اغلب ظاهر، مشکل را حادتر از واقعیت آن نشان می‌دهد. خستگی پوشش اصولا توسط بارگذاری بیش از حد ناحیه ای سطح یاتاقان رخ می‌دهد. زمانی که ترک‌ها شکل می‌گیرند، ماده پوششی باقی مانده وارد این ترک‌ها می‌شود تا بار ناحیه‌ای را کاهش دهد. اگر تمام سطح یاتاقان این شرایط را نشان دهد، نشان دهنده بارگذاری بیش از حد خواهد بود که ممکن است به خاطر فشار بیش از حد یا استفاده از یک یاتاقان در شرایط بهره برداری سنگین روی داده باشد. اگر یاتاقان در انتهای عمر مفید خود بوده و این مشکل ایجاد شود، باید به صورت عادی با آن برخورد شود.



دلایل ممکن

بارگذاری بیش از حد. مواد پوششی بابیت باید حمایت سطحی را فراهم کنند، اصطکاک را کاهش دهند، تراز را تا حدی بهبود ببخشند و در مقابل ذرات خارجی مقاومت کنند. اما استحکام خستگی آنها بالا نیست و یک موتور تحت بار سنگین، فشار زیادی را به آنها وارد می‌کند که این پوشش را خسته کرده و در آن ترک ایجاد می‌کند.

عمل تصحیح‌گر

۱. اگر طول عمر یاتاقان قدیمی مناسب بوده و اکنون تمام شده است، آن را با نمونه مشابه‌ی جایگزین می‌کنیم
۲. اگر طول عمر یاتاقان قدیمی کمتر از مقدار پیشبینی شده بوده و اکنون تمام شده است، آن را با نمونه مقاوم‌تری جایگزین می‌کنیم
۳. جایگزینی تمامی یاتاقان‌هایی که به هر ترتیب ممکن است طول عمر کمتر از حد انتظار به علت خستگی داشته باشند
٤. استفاده از یاتاقان‌های سری H کلویت در صورت امکان

٤- لهیدگی بیش از حد

ظاهر

یاتاقان می‌تواند دارای پوشش در نزدیکی محل‌های جدایش یا در مجاورت یک سوراخ روغن باشد. محل تماس به صورت مداوم به شکل یک X در محل سوراخ روغن دیده می‌شود.

عمل مخرب

ضخامت دیواره یاتاقان به علت فشار دیواره فولادی، افزایش می‌یابد. این امر به اتصال شفت به صورت محلی ختم می‌شود که باعث سایش و صدمه می‌شود.

دلایل ممکن

یاتاقان‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند تا با مقدار بسیار کمی تفاوت تماس مشکل نداشته باشند. «لهیدگی» یاتاقان این امر را کنترل می‌کند. نصب یاتاقان در یک سوراخ کوچکتر این لهیدگی را تقویت می‌کند و باعث می‌شود که دیواره فولادی تسلیم شده، ضخیم شود تا آنجا که به حد استحکام خود برسد. این مورد اساسا در یک سوراخ روغن یا در صورت عدم وجود سوراخ، در مجاورت خطوط انقطاع رخ می‌دهد.

عمل تصحیح‌گر

۱. تأیید اینکه یاتاقان برای عملیات به صورت صحیح نصب شده است
۲. بررسی بدنه برای رساندن اندازه به داخل حدود استانداردهای سازنده و تصحیح سایز به اندازه مورد نیاز
۳. تمامی یاتاقان‌های کلویت با بهره‌وری بالا و همچنین یاتاقان‌های دیزل سنگین و واگن مسافری استاندارد با حداکثر لهیدگی طراحی می‌شوند تا بیشترین مقدار مقاومت را نشان دهند. هرگز نباید انطباق را به وسیله نصب یاتاقان در محیطی کوچک‌تر از حداقل سایز ممکن آن، کاهش داد.

۵- میله اتصال خم شده یا پیچیده

ظاهر

میله‌های خم شده فرسودگی شدیدی را در دو سوی قطری از هر پوسته نشان می‌دهند، به خصوص در یک طرح با بارگذاری لبه ای. میله‌های پیچیده این فرسودگی را به صورت قطری در سطح یاتاقان نشان می‌دهند.

عمل مخرب

یک میله اتصال خم یا پیچیده شده باعث عدم تراز بودن شده و باعث می‌شود که یاتاقان کج شود. این کجی باعث تماس فلز با فلز در لبه

یاتاقان می‌شود که باعث ایجاد فرسودگی شدید در سطح یاتاقان خواهد شد.

دلایل ممکن

معمول‌ترین علت میله خمیده یک خرابی پیشین در موتور است، مانند در آمدن سر گسکت و پر شدن سیلندر با خنک کننده یا یک سوپاپ درآمده که باعث می‌شود یک پیستون و میله تحت بار شدید قرار گرفته و تغییر شکل دهند.

پیچش اساساً حین فرایندهای ساخت یا تعمیر و در صورتی رخ می‌دهد که شرایط دو سر میله به هر دلیلی با یکدیگر برابر نباشد.

عمل تصحیح‌گر

۱. میله‌های خمیده و پیچیده باید تعمیر یا جایگزین شوند. استفاده مجدد ممنوع بوده و به خرابی مشابه منجر می‌شود.

نصب یاتاقان‌های جدید پس از انجام فرایندهای تمیزکاری مورد نیاز

۶- کمبود روغن / نازکی لایه روغن

ظاهر

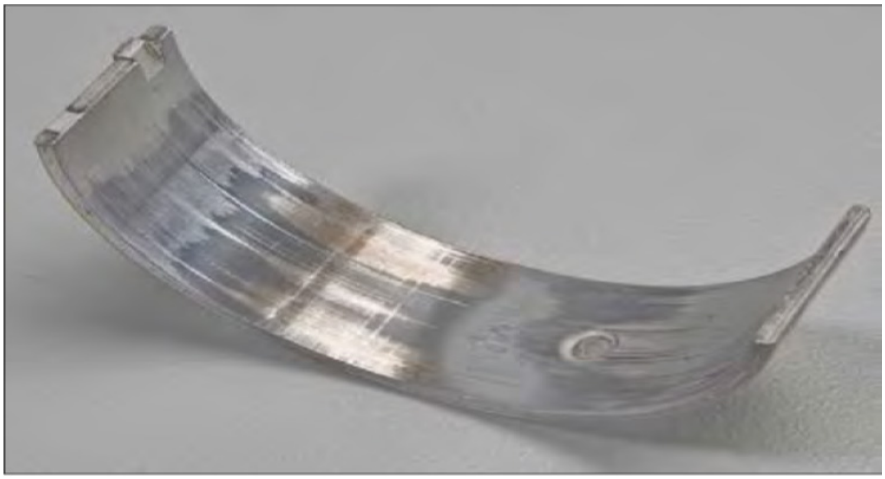
این ایراد بسیار شایع است، اما رفع آن مشکل، به خصوص برای فردی که تجربه کافی در خصوص ایرادات یاتاقان ندارد. دلیل این است که پیشروی از مراحل اولیه خراش‌های یاتاقان تا نفوذ در لایه روغن و ایراد اصلی، می‌تواند در زمان بسیار کمی رخ داده و تمام آن نیز درون موتور اتفاق میفتد. این ایراد معمولا در داخل یاتاقان شروع شده و به سمت لبه‌های خارجی پیش می‌رود.

عمل مخرب

فقدان مقدار کافی روغن بین یاتاقان و سطح مورد نظر تماس فلز به فلز را باعث می‌شود که سایش در نتیجه آن، باعث ایراد یاتاقان می‌شود.

دلایل ممکن

۱. انطباق اندک مقدار روغن یاتاقان
۲. انطباق بیش از حد یاتاقان به همراه بارگذاری بالا
۳. مقدار، کیفیت و ویسکوزیته روغن



٤. مسائل انتقال یا فشار روغن
۵. نابجایی قطعات که مسیر روغن را سد می‌کنند
٦. استارت خشک / فقدان روغن‌کاری اولیه
۷. فشار بالای سیلندر که باعث کاهش ضخامت لایه روغن می‌شود

عمل تصحیح‌گر

۱. وارسی مجدد تمامی اندازه گیری‌ها حین فرایند انتخاب یاتاقان برای پیدا کردن هرگونه ایراد در محاسبات
۲. چک برای اطمینان از اینکه یاتاقان جایگزین درست انتخاب شده است
۳. چک برای اطمینان از اینکه قطعات اصلی بی‌اشکال بوده یا در صورت دارا بودن هرگونه اشکال، مجددا سنگ کاری شوند
٤. چک برای اطمینان از اینکه در موتور در قسمت‌های مسیر روغن، فیلتر روغن و مکنده‌ها هیچ ایرادی دیده نشود
۵. چک کردن عملکرد پمپ روغن و سوپاپ فشار
٦. اطمینان از اینکه سوراخ‌های روغن حین نصب یاتاقان صدمه ندیده باشند
۷. اطیمنان از اینکه کیفیت، خورندگی و ویسکوزیته روغن مناسب باشد
۸. اطمینان از فرایند روغن‌کاری اولیه پیش از آغاز فرایند موتور
۹. نصب یاتاقان‌های جدید، پس از فرایند تمیزکاری

یاتاقان پوشش‌دار

یاتاقان‌های مخصوص[1] دارای یک پوشش خشک با ضخامت ۰/۰۰۰۳ اینچ بر روی سطح یاتاقان هستند که حفاظت و توانایی روان‌کاری بیشتری را ارائه می‌دهد. خصوصیات این لایه اضافی عمر یاتاقان را در موتورهای مسابقه و موتورهای عادی با عملکرد بهینه افزایش می‌دهد.

در حال حاضر، سازندگان موتورهای عملکرد بهینه می‌توانند از توان و مقاومت این نوع یاتاقان‌ها به صورت همزمان با بهترین فناوری‌های پوششی موجود استفاده کنند.

از جمله استفاده‌های این دسته از یاتاقان‌ها می‌توان فورد، GM و کرایسلر و همچنین اتومبیل‌های مسابقه‌ای را نام برد.

نگهداری ویژه لایه خشک

برای سال‌ها، سازندگان موتورها برای موتورهای مسابقه‌ای یاتاقان‌های پوشش‌دار را امتحان می‌کردند که نتایج و درجات موفقیت متفاوتی داشت. درحال حاضر، موتورهای MAHLE پس از مطالعات فراوان از این نوع یاتاقان استفاده می‌کنند.

مزیت اصلی این یاتاقان‌ها لایه خشک مخصوص و فرایندهای اصلاحی دمای پایین است. این فرایندها ضخامت فوق العاده منظمی را به همراه توانایی روان‌کاری بی نظیر فراهم می‌کنند، درحالی که از ساختار متالورژی یاتاقان حین فرایند حفاظت می کنند.

نتیجه این است که این یاتاقان موارد ذیل را به عنوان ویژگی‌های

1 Clevite® TriArmor™

مثبت ارائه می‌کند:
- اصطکاک و خراش کمتر، در نتیجه اسب بخار بیشتر
- حفاظت حین مرحله استارت
- توانایی خم شدن برای مقاومت دربرابر صدمه
- توانایی مقاومت در برابر فشارها و دماهای بالا
- مناسب بودن برای سطوح تحت تنش یا ناصاف
- توان و مقاومت بسیار بالا

چقدر لقی برای یاتاقان ما مورد نیاز است؟

ما به چه میزان لقی برای یاتاقان میله، شفت یا یاتاقان‌های اصلی نیاز داریم؟ این سوالی است که به دفعات پرسیده شده است. متأسفانه، نمی‌توان پاسخ ساده ای یافت که تمامی وضعیت های موجود را شامل شود. استفاده‌ها در موتور، نحوه انتخاب روان‌کار و شرایط عملیاتی هرکدام سطوح گوناگونی از لقی را دیکته می‌کنند. البته، این به این معنا نیست که نمی‌توان از یک جای معین بررسی را شروع کرد.

ابتدا، بگذارید چگونگی و محلی که لقی باید انجام شود را تعریف کنیم. برخی از یاتاقان ها، مانند یاتاقان اصلی، فاقد یک دیواره ثابت و یکنواخت هستند. ضخامت دیوار در زاویه ۹۰ درجه حداکثر بوده و به سمت هر خط جدایش، به مقدار معینی کاهش می‌یابد که این مقدار بستگی به عملیات مورد نظر یاتاقان دارد. این کاهش «دوری از مرکز» نامیده می‌شود. علاوه بر آن، در محل خطوط جدایش یک مقدار جبرانی نیز وجود دارد. دوری از مرکز برای دوختن پوسته یاتاقان به تجهیزات اتصالی آن و برای فراهم کردن تغییر شکل سخت افزار در عملیات استفاده می‌شود. همچنین، دوری از مرکز به تشکیل لایه روغن به وسیله ایجاد یک شکل گوه‌ای در فضای لقی کمک می‌کند. مقدار جبرانی در هر خط جدایش اطمینان حاصل می‌کند که در خط شکست[2] به خاطر سطح جابه جایی یاتاقان یا درهم فرو رفتن پوسته های یاتاقان (که در ضخامت‌های مجاز در فضای تلورانس اندکی متفاوتند) یک گام رخ ندهد. (شکل ۱)

به خاطر این دلایل، لقی‌های یاتاقان ها تحت عنوان «لقی عمودی» شناخته شده و باید با زاویه ۹۰ درجه نسبت به خط شکست اندازه گیری شود. بهترین روش اندازه گیری با استفاده از یک گیج دو سوراخه است که شعاع داخلی یاتاقان را وقتی که در گشتاور مورد نظر و بدون میله در جای مورد نظر نصب شده است، حساب می‌کند. اندازه گیری‌ها باید در قسمت جلو، مرکز و پشت هر یاتاقان انجام شود. یک روش معمول دیگر، چک کردن لقی با استفاده از گیج پلاستیک کلویت[3] است.

برای اکثر استفاده‌ها، مقدار ۰/۰۰۰۷۵ الی ۰/۰۰۱۰ اینچ لقی برای هر اینچ از قطر میله نقطه شروع خوبی است. به‌عنوان مثال، یک شفت با قطر ۲/۰۰۰ اینچ به ۰/۰۰۱۵ الی ۰/۰۰۲۰ اینچ لقی یاتاقان نیاز دارد. استفاده از این فرمول یک نقطه شروع ایمن برای اکثر استفاده‌ها ایجاد می‌کند. برای موتورهای سنگین پیشنهاد می‌شود که ۰/۰۰۰۵ اینچ به مقدار حداکثری محاسبه شده در قسمت بالا افزوده شود. بنابراین، مقدار پیشنهادی برای میله ۲/۰۰۰ اینچی ما ۰/۰۰۲۵ اینچ خواهد بود.

باید به خاطر داشت که با این حال، این ابعاد تنها نقاط آغازین پیشنهادی هستند. موتور و فعالیت‌هایش به ما خواهند گفت که از این نقاط باید به کدام سمت و سو پیش برویم. به‌عنوان مثال، یک موتور مسافری سرهم شده با ۰/۰۰۱۰ اینچ در هر اینچ از قطر میله ممکن است در هنگام روشن شدن، پر سر و صدا باشد، به‌خصوص اگر موتور بست‌های آلومینیومی داشته باشد. اکثر موتورهای مسافری اصولا توسط هماهنگی انتخاب[4] سرهم می‌شوند تا مقدار انطباقی کمتر از آنچه که از انتخاب تصادفی اجزای به هم متصل حاصل می‌شود، بدست آید. این امر به این دلیل است که جمع شدن تلورانس‌های ساخت بر روی اجزای به هم متصل، می‌تواند از حد مجاز کنترل نویز و ارتعاشات عبور کند. علاوه بر آن، اکثر موتورهای مسافری جدید در حال حاضر طراحی می‌شوند تا از روغن‌های با وزن ۵W-۳۰ استفاده کنند، به این منظور که افت HP و هدر رفت انرژی کمتر رخ دهد. این روغن‌های سبک تر قادرند آزادتر در فضاهای تنگ‌تر جریان یابند.

بگذارید از یک تلورانس ساخت معمول استفاده کرده و به گستره انطباق هایی که بدست می‌آید نگاه کنیم. یک گستره انطباق (از مقادیر حداقل تا حداکثر) به اندازه ۰/۰۰۱۰ اینچ برای بیشتر میل لنگ‌ها کافی است. اگر موتور از یاتاقان‌های دو فلزی استفاده کند، تلورانس دیوار ۰/۰۰۰۳ اینچ برای هر پوسته یا ۰/۰۰۰۶ اینچ در کل خواهد شد. با اضافه کردن این مقادیر، ما ۰/۰۰۱۰ اینچ برای محل نصب، ۰/۰۰۱۰ برای میله و ۰/۰۰۰۶ اینچ برای یاتاقان‌ها داریم که مجموع گستره انطباق ۰/۰۰۲۶ اینچ را به‌دلیل تلورانس‌های ساخت اجزای به هم متصل بدست می‌دهد. اگر تلورانس سرهم بندی حداقل ما تنها ۰/۰۰۰۵ اینچ باشد، مقدار حداکثری آن باید ۰/۰۰۳۱ باشد. (با توجه به گستره انطباقی که بدست آمد) برای استفاده‌های مسافری عادی، ۰/۰۰۳۱ اینچ انطباق یاتاقان اصولا بیش از حد است. با این حال، اگر ما همان موتور را فرض کنیم، مثلا یک V-۸ کوچک و آن را در کامیونی قرار دهیم که قرار است یک کاروان را کشیده و از روغن سنگین‌تری استفاده کند، انطباق گسترده تر، بیشتر قابل قبول خواهد بود.

انطباق همچنین، زمانی که ایراداتی در هماهنگی و مرتب سازی اجزا وجود داشته باشد، نوعی فاکتور ایمنی به‌شمار می‌رود. همان طور که روز به روز سطوح، بهتر ماشین‌کاری می‌شوند، حساسیت نسبت به از میان رفتن لایه روغن کمتر شده و انطباق فضاهای تنگ‌تری ممکن می‌شود. این انطباق‌ها بهتر هستند، چون باعث می‌شوند هماهنگی بیشتری بین خمیدگی میله و خمیدگی یاتاقان وجود داشته باشد. این امر، باعث ایجاد لایه روغن گسترده‌تر می‌شود که بار را در سطح بیشتری از یاتاقان پخش کرده و در نتیجه، فشار درون لایه روغن و روی سطح یاتاقان را کاهش می‌دهد. این موضوع نیز به نوبه خود، عمر مفید و عملکرد یاتاقان را

2 Split line
3 Clevite
4 Select fitting

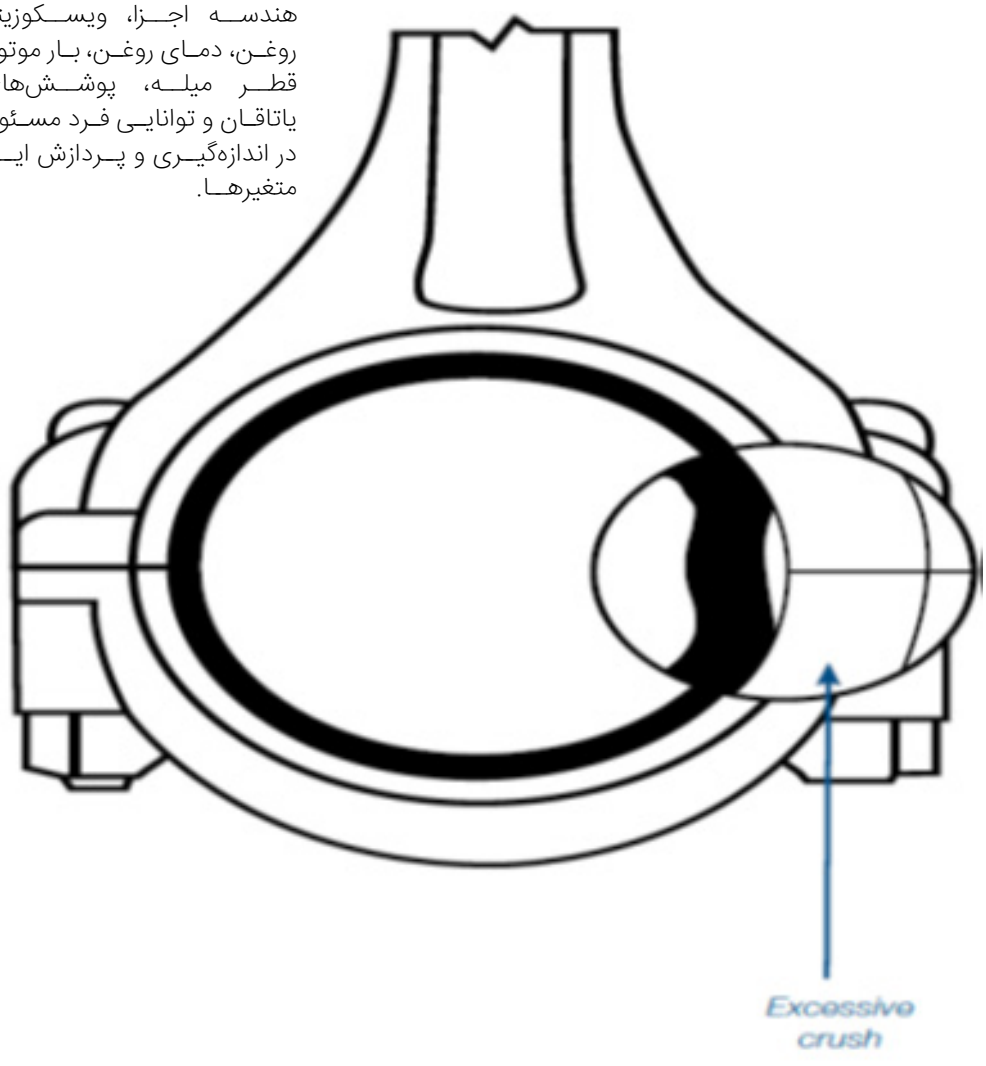
بهبود می‌بخشد. اصولا یک یاتاقان استفاده شده باید نشانه‌های فعالیتش را در ۲/۳ تا ۳/٤ از سطح درگیر خود در نیمه بیشتر تحت بار، نشان دهد.

انطباق تنها یکی از متغیرهایی است که عملکرد یاتاقان را مشخص می‌کند. علاوه‌بر آن، مواردی مانند ویسکوزیتی روغن، که توسط نوع و درجه انتخابی روغن بدست می‌آید، دمای عملیاتی موتور، فشار روغن، RPM موتور، نحوه سوراخ‌کاری قطعه و میله محل نصب، یکنواختی یاتاقان و دیگر خصوصیات طراحی یاتاقان‌ها همگی در عملکرد یک سیستم روغن‌کاری موتور موثرند. روغن‌های سبک‌تر مقاومت کمتری نسبت به جاری شدن دارند و در نتیجه، استفاده از آنها باعث جریان یافتن کمتر روغن و احتمالاً فشار روغن کمتر خواهد شد، به خصوص در فضاهای بزرگ‌تر. تمامی انواع روغن وقتی گرم شوند، لایه‌های نازک‌تری بدست می‌آورند، اما روغن‌های پیشرفته نسبت به روغن‌های عادی با سرعت کمتری نازک می‌شوند. تجهیزات مخصوصی که مستقیماً با بحث انطباق در ارتباط هستند، باید به خصوص محکم و سفت شوند، آن هم به خاطر استفاده از روغن‌های سبک که انرژی را انتقال می‌دهند، دماهای عملیاتی بسیار بالا و نگرانی از کنترل نویز و ارتعاشات، به خصوص در بست‌های آلومینیومی.

موتورهایی که بهره‌وری بالایی دارند، اصولا از انطباق هایی با اعداد بزرگتر به چند دلیل استفاده می‌کنند. سرعت‌های عملیاتی بالاتر به‌معنی دماهای روغن بالاتر و همچنین کاهش ویسکوزیته روغن به‌دلیل اصطکاک لایه مایع می‌باشد که با افزایش سرعت میله، مقدار آن نیز بالا می‌رود. انطباق‌های بزرگ‌تر حساسیت کمتری به خمیدگی‌های میله، بست، اتصالات میله و ناهماهنگی‌های نتیجه شده از این موارد به وجود می‌آورند. استفاده از روغن‌های ترکیبی با خصوصیات روان شدن بهتر می‌تواند به کاهش اصطکاک لایه مایع کمک کند.

از دست دادن اسب بخار و اصطکاک، به دلایل واضح، نگرانی‌های اصلی در موتورهای با بهره‌وری بالاست. در نتیجه، پوشش دادن اجزای مختلف موتور با ترکیبات کاهنده اصطکاک به یک امر عادی بدل شده است. کلویت یاتاقان‌های پوششی TriArmor را برای موارد با بهره‌وری بالا پیشنهاد می‌کند. کلویت می‌واهد سازندگان موتورهای با بهره‌وری بالا را با یاتاقان‌های خود تأمین کند که پیشاپیش با پوشش کاهنده اصطکاک محافظت شده‌اند. استفاده از این یاتاقان‌های پوششی می‌تواند مقدار کمی انطباق را در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش مورد استفاده در موارد مشابه، کاهش دهد. گستره آن معمولا حدود ۰/۰۰۰۵ اینچ خواهد بود. این امر به این خاطر است که پوشش دادن، علیرغم اینکه انتظار می‌رود حین عملیات بدون حرکت بماند، به نوعی یک لایه برای قربانی کردن به منظور حفاظت از بقیه تجهیزات محسوب می‌شود. بخشی از این لایه‌های پوششی حین عملیات از بین می‌روند که انطباق‌های بزرگ‌تری را به‌وجود می‌آورد. این امر، باعث می‌شود که هیچ تنظیمی در ابعاد ماشین‌کاری یاتاقان‌ها برای اجازه دادن فرایند پوشش دادن انجام نشود.

انطباق یاتاقان‌ها، موضوعی نیست که بتوان آن را بدون در نظر گرفتن چندین متغیر دیگر بررسی نمود، مانند هندسه اجزا، ویسکوزیته روغن، دمای روغن، بار موتور، قطر میله، پوشش‌های یاتاقان و توانایی فرد مسئول در اندازه‌گیری و پردازش این متغیرها.



بخش
پژوهشی

سخن دبیر بخش پژوهشی

به نام پروردگار یکتا

پژوهش و تحقیق در هر دانشی، باعث می‌شود تا گامهایی که افراد پیش از ما برداشته‌اند را دوباره تکرار نکنیم و تمامی آنها را صرفا با مطالعه بدست آوریم؛سپس با استفاده از این تجربیات گامهایی جدید برداریم و بر آن دانش بیافزاییم.در تمامی صنعت‌ها و به‌ویژه صنعت راه‌آهن نیز این امر کاملا مشهود است.تعداد منابع در صنعت ریلی بسیار محدود بوده برای گسترش این صنعت در کشور عزیزمان نیاز به استفاده ازمقالات و دستاوردهای متخصصین این رشته است.بخش پژوهشی نشریه راه‌سوم از دیرباز سعی بر این داشته تا از بهترین تجربیات دانشجویان و متخصصین این رشته درجهت انتقال تجربیات استفاده نماید و آنها را در اختیار علاقمندان قرار دهد.همچنین از همه‌ی افرادی که در این حوزه دستاورد و پژوهشی را به ارمغان آورده‌اند با دستی فراخ و سلامی گرم دعوت می‌کنیم که مقالات خود را برای انتشار در اختیارمان قرار دهند.

آرمین عبدالمحمدی

شبیه‌سازی حرکت ماشین‌آلات مکانیزه تعمیرات و نگهداری خطوط شبکه‌ی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

محمدرضا کاشی منصوری
استاد راهنما: دکتر مسعود یقینی

چکیده

با توجه به شاخصه‌هایی نظیر سریع، ایمن، و ارزان بودن، صنعت ریلی امروزه بعنوان یکی از برترین صنایع حمل‌ونقلی محسوب می‌گردد. این موضوع موجب استفاده مکرر از زیربنای ریلی و در نتیجه ایجاد فرسودگی در زیرساخت ریلی شده است. بنابراین، سالیانه بخش عظیمی از سرمایه‌ی راه‌آهن صرف نگهداری و تعمیر خط می‌گردد. چرا که، تحقق نگهداری و تعمیرات موجبات بقاء و تداوم بهینه خطوط و کاهش هزینه‌ها را فراهم می‌آورد. لذا برنامه‌ریزی برای اجرای صحیح، به موقع، و با کمترین هزینه‌ی عملیات نگهداری و تعمیرات یکی از مسائل مهم تلقی می‌گردد.

واضح است که یک برنامه‌ریزی صحیح، نیازمند درک و شناخت کامل شرایط فعلی و شرایط آتی می‌باشد. بنابراین، استفاده از تکنیک شبیه‌سازی به جهت شناخت روند اجرای برنامه از سوی ماشین‌آلات مکانیزه ضرورت می‌یابد. هرچند تا کنون مطالعاتی در مورد شبیه‌سازی طول عمر زیرساخت ریلی، بررسی عملکرد ماشین‌آلات مکانیزه، و برنامه‌ریزی عملیات تعمیرات و نگهداری خطوط راه‌آهن صورت گرفته ، اما در مورد شبیه‌سازی ماشین‌آلات مورد استفاده در عملیات نگهداری و تعمیرات خطوط تحقیقی صورت نگرفته است.

در این پروژه سعی بر این است که همانند رویه‌های معمول شبیه‌سازی، که شبیه‌سازی بر پایه‌ی توابع توزیع‌های احتمالی صورت می‌گیرد، به شبیه‌سازی حرکت ماشین‌آلات مکانیزه باتوجه به تابع توزیع عملکردشان، در اجرای عملیات نگهداری و تعمیرات، پرداخته شده است. بدین صورت که پس از محاسبه‌ی توزیع‌های احتمالی عملکرد ماشین‌آلات به تفکیک سریال، با توجه به برنامه‌ی تنظیم شده از سوی راه‌آهن می‌توان عملکرد ماشین‌آلات مکانیزه را شبیه‌سازی کرده و روند اجرای هر عملیات را توسط آن‌ها پیش‌بینی نمود.

در این مطالعه، به جهت سنجش صحت مدل شبیه‌سازی، از داده‌های عملکرد سال ۹۴ و برنامه‌ی تعمیرات و نگهداری سال ۹۵ استفاده، و با گزارش عملکرد سال ۹۵ مقایسه گردید، که نتایج حاکی از دقت قابل قبول مدل می‌باشد. در ادامه با کمک داده‌های عملکرد ماشین‌آلات در سال ۹۵ و برنامه‌ی تعمیرات و نگهداری سال ۹۶، به پیش‌بینی و سنجش مدت زمان تخصیص داده شده برای هر عملیات، ودر نهایت به محاسبه‌ی بازدهی ماشین‌آلات و رتبه‌بندی آنها پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، ماشین‌آلات مکانیزه خطوط ریلی، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ، راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

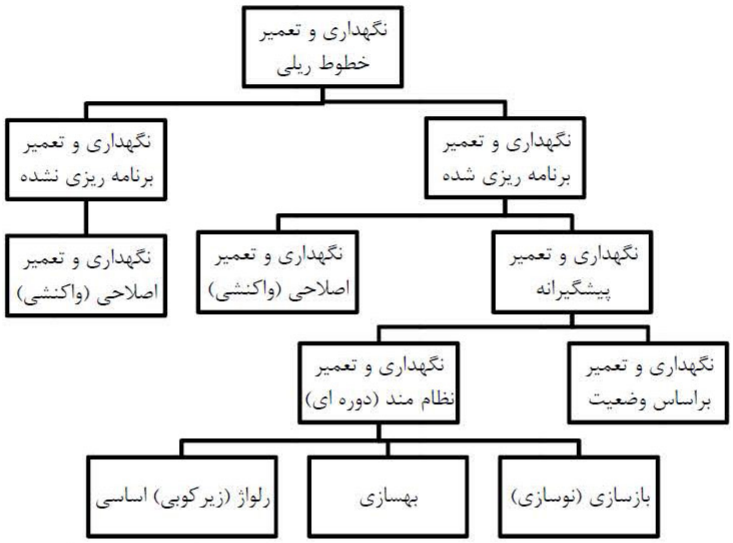
عملیات تعمیرات و نگهداری خطوط ریلی

نگهداری را می‌توان به صورت "مجموعه فعالیت‌های لازم که برای حفظ کارکرد یک جزء سیستم، دارایی زیرساختاری یا تسهیلات، به نحوی که در اصل برای انجام آن کارکرد طراحی و ساخته شده است" در نظر گرفت. [۱]

در راه‌آهن نیز راهبردهای نگهداری و تعمیر خطوط ریلی شامل بهینه کردن قابلیت اطمینان زیرساختارها، اطمینان یافتن از این‌که خط و اجزاء آن در بهترین شرایط باشند، انجام تعمیرات موردی، حفظ کیفیت هندسی خط آهن، حفظ ظرفیت و بهبود وضعیت حریم راه‌آهن می‌باشد. [۱]

انواع شیوه‌ها و تقسیم‌بندی نگهداری و تعمیر خطوط ریلی

در این بخش به ارائه انواع روش‌های عملیات تعمیرات و نگهداری می‌پردازیم. نمودار ذیل شیوه‌های مختلف عملیات مذکور را به طور اجمالی به تصویر کشیده است.



شکل۲-۱- شیوه‌های نگهداری و تعمیر خط آهن (ذاکری، ۱۳۸۵)

بر اساس نمودار بالا، نگهداری و تعمیرات به دو دسته‌ی کلی برنامه‌ریزی شده و برنامه‌ریزی نشده تقسیم می‌گردد. اما در این بین از روش مبتنی بر برنامه بیشتر استفاده می‌گردد، چرا که در آن امکان پیش‌بینی روند عملیات و تخصیص بهینه‌ی منابع وجود دارد. یکی از شیوه‌های پرکاربرد نگهداری و تعمیرات خط، روش پیشگیرانه می‌باشد. بدین منظور که پیش از بروز خرابی به رفع و رجوع کردن آن‌ها زمان و هزینه تخصیص داده شود. در این بین نگهداری و تعمیر برنامه‌ای و نظام‌مند ، که محوریت این مطالعه را تشکیل می‌دهد، سه نوع مختلف عملیات را شامل می‌شود، که به دو دسته‌ی کلی زیر تقسیم می‌گردند:

1. تعمیرات: بازسازی، بهسازی، و زیرکوبی (رلواژ)
2. نگهداری

در این مطالعه، به شبیه‌سازی عملکرد ماشین‌آلات در عملیات‌های بازسازی، بهسازی، و نگهداری خطوط می‌پردازیم. بنابراین در بخش‌های بعدی به توضیح اجمالی هر یک از عملیات‌های مذکور می‌پردازیم.

نگهداری پیشگیرانه

محدوده نگهداری پیشگیرانه این است که با به کار گیری نگهداری، قبل از وقوع خرابی از آن جلوگیری شود و بنابراین از هدر رفت زمان به دلیل از کار افتادگی سیستم جلوگیری به عمل آید. این موضوع با استفاده از روش های از پیش تعیین شده به انجام می رسد. [2]

روش‌های از پیش تعیین شده‌ی محدوده نگهداری پیشگیرانه بر اساس برنامه تعمیر و نگهداری بدون هیچ نظارتی بر فعالیت ها است. در بیشتر موارد سازنده یک برنامه نگهداری در حین طراحی ایجاد میکند و ماشین آلات همراه با این برنامه نگهداری به فروش میرسند. این برنامه شامل توضیحاتی کامل درباره امور نگهداری و زمان اجرای آنها است.

واژه زمان می تواند به مفهوم دقیق آن باشد و یا می تواند به مفهوم ساعات در حال اجرا و راه اندازی ها باشد و یا می تواند کیلومترها را پوشش دهد؛ بنابراین تنها مسئولیت مصرف کننده ثبت اطلاعات ذکر شده و اجرای نگهداری ها در زمان های شرح داده شده است. این مفهوم برای اموری چون روغنکاری، بازرسی و تنظیم مناسب است. بازه انجام این امور بر اساس حساسیت جزء یا همانطور که گفته شد قابلیت اطمینان مطلوب تعیین می شود؛ بنابراین بازه می تواند کوتاه باشد، نگهداری موثر با اطمینان بالا، یا بلند باشد، نگهداری کارآمد برای اطمینان مطلوب کمتر. [3]

نگهداری و تعمیر نظام‌مند (سیستمی)

در این نوع از نگهداری و تعمیرات، به منظور پیشگیری از هرگونه خرابی از طریق انجام تعمیرات پیش از وقوع مشکل، به تنظیم برنامه و سیستمی به جهت پیاده‌سازی عملیات‌های پیشگیرانه می‌پردازد. [1] در این نگرش سیستمی، شاخصه‌هایی به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱. ثبت کلیه فعالیت ها , ارائه گزارشات و پیشنهادات
۲. اولویت دادن به فعالیت های پیشگیرانه
۳. ایجاد یک فراگرد اطلاعات فنی وسیستمی فیمابین بخش های مختلف سازمان و همچنین فیمابین سازمان عملیاتی و بخش های ستادی و اداری.
۴. ایجاد بستر مناسب برای مشارکت کلیه نیروهای عملیاتی, اداری و پشتیبانی در انجام فعالیت های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

معرفی ماشین‌آلات مکانیزه

تجهیزات و ماشین آلات همواره نقش انکار ناپذیری در تولید محصولات و پیشبرد عملیات پروژه ها دارند. هریک از ماشین‌آلات مکانیزه در عملیات‌های متفاوت ممکن است بصورت تنها، یا بصورت گروهی با ماشین‌آلات دیگر مورد استفاده قرار گیرد. لیستی از اسامی ماشین‌آلات در دسترس راه‌آهن ایران در جدول زیر آمده است:

جدول ۲-۱- تعداد ماشین‌آلات قابل دسترس

تعداد قابل دسترس	نوع دستگاه	تعداد قابل دسترس	نوع دستگاه
۱۵	ماشین خط آرا	۴	ماشین سرند بالاست
۲۰	درزین جرثقیل دار	۲۲	زیرکوب
۱	ماشین ریل تراش	۷	ماشین پایدار ساز
۱	ماشین ریل ساب	۱	ماشین اندازه گیری خط
۲	ماشین سوزنکوب	۱	ماشین بازدید پل
۱	ماشین کنویر بالاست	۶	ماشین جوش الکتریک
		۶	ماشین چند منظوره

همانطور که از جدول فوق پیداست، تعداد محدودی از ماشین‌آلات در دسترس می‌باشد. این موضوع موجب استفاده‌ی مکرر از آن‌ها و در نتیجه فرسودگی آن‌ها خواهد شد. اما برنامه‌های عملیاتی نگهداری و تعمیرات همواره بر طبق استانداردها نمی‌باشد. در مواردی ممکن است به علت خرابی ماشین‌آلات یا تعداد کم آنها، به ناچار محبور به استفاده‌ی کمتر از آنها شده و راه‌آهن نتواند بر طبق استانداردها عمل کند. به هر حال، پرکاربردترین ماشین‌آلات مکانیزه به ترتیب زیر می‌باشند:

دستگاه سرند بالاست

در اکثر مواقع بالاست زیر تراورس‌ها نیازمند غربال‌گری و تعویض را دارند. بدین منظور از ماشین سرند استفاده می‌شود، که وظیفه‌ی دانه‌بندی و یکنواخت کردن اندازه دانه‌های بالاست را دارد. این امر از مهم‌ترین عملیات نگهداری خط می‌باشد، که به منظور پایداری خط انجام می‌شود.

نحوه‌ی عملکرد این دستگاه بدین گونه است که، بالاست توسط نوار تیغه‌دار از زیر و اطراف تراورس‌ها جمع‌آوری شده و توسط یک تسمه نقاله به تجهیزاتی انتقال می‌دهد که کار غربال و دانه بندی بالاست را انجام می‌دهند. بالاست دانه بندی شده دوباره به خط برگردانده می‌شود و دانه‌های ریز جدا شده به یک طرف خط یا به واگن‌های مخصوص جمع آوری در خط مجاور ریخته می‌شوند. یک نوار تیغه‌دار می تواند در هر ساعت ۶۵۰ متر مکعب بالاست را دانه بندی کند و تا دو مایل را پوشش می‌دهد، که باید بعد از آن زیرکوبی خط انجام شود تا هندسه خط تصحیح شود.

[1] BCM

شکل ۲-۴- تصویری از دستگاه سرند در حال سرند بالاست

دستگاه زیرکوب

این نوع ماشین در طول خط حرکت می‌کند و وظیفه‌ی خود را حین حرکت انجام می‌دهد. وظیفه‌ی ماشین‌های زیر کوب بستن خط به ارتفاع لازم و حرکت دادن ریل و تراورس به طرفین، به جهت قرارگیری خط در راستای مناسب و جمع کردن بالاست از زیر تراورس‌ها می‌باشد. عملیات ماشین زیرکوب به ترتیب زیر می باشد:

- جمع‌آوری بالاست از زیر تراورس
- تصحیح تراز عرضی
- تصحیح تراز طولی
- سیستم زانش

این نوع از ماشین‌آلات مکانیزه را می‌توان در دو دسته مختلف طبقه‌بندی نمود. یک طبقه‌بندی بر اساس نوع کارکرد، که هیچ زیرشاخه را شامل می‌گردد. و دسته‌ی دیگر بر اساس شماره سری (سریال) این ماشین می‌باشد، که به سه زیرشاخه تقسیم می‌شود.

انواع ماشین‌های زیرکوب بر حسب نوع کارکرد

ماشین‌های زیرکوب بر حسب نوع کارکردشان به چهار دسته‌ی زیر تقسیم می‌گردند:

1. یونیورسال
2. یونوماتیک
3. دوماتیک
4. عملیات پیوسته

حال به توضیح دو دسته از پرکاربردترین زیرکوب‌ها می‌پردازیم:

۱) ماشین های یونیورسال(U.T)

ماشین‌های یونیورسال از قدیمی‌ترین نوع ماشین‌های زیرکوب می‌باشد. این ماشین از سیستم دیلمکاری دو کُردی برای تراز کردن خط استفاده می‌کند که بصورت مکانیکی کنترل می‌شود. ماشین دارای ۴ بوژی می باشد. یکی در جلو، یکی درعقب، سومی در وسط و دیگری بین بوژی عقبی و وسطی قرار دارد، که به ترتیب، بوژی تنگ کننده جلویی، بوژی تنگ کننده عقبی، بوژی دیلمکاری و بوژی اندازه گیری نام دارند. بوژی اندازه‌گیری مقدار حرکت جانبی مورد نیاز را تعیین می‌کند و تنظیمات بعدی، که توسط بوژی دیلمکاری اعمال می شود، را اندازه گیری می‌کند. بوژی دیلمکاری همچنین خط را بلند و تراز می‌کند.

شکل ۲-۳- ماشین زیرکوب، از نوع یونیورسال

۲) زیرکوب عملیات پیوسته (C.S.M.)

ماشین های عملیات پیوسته هم زمان با کار زیرکوبی به پیشروی خود ادامه می دهد و می تواند حدود ۱/۲ کیلومتر از خط را در هر ساعت زیرکوبی کند. بیشتر ماشین آلات مکانیزه بوسیله یک موتور دیزل به حرکت در می‌آیند، که قدرت مورد نیاز برای رانش چرخ ها با کمک گاردان شفت را فراهم می‌کند. همچنین نیروی مورد نیاز پمپ های هیدرولیک را که برای ابزار مختلف بکار میرود، فراهم می کند.

شکل ۲-٤- ماشین زیرکوب، از نوع عملیات پیوسته

نتیجه گیری

در این مطالعه، پس از ارائه‌ی مفاهیم کلی در باره‌ی عملیات نگهداری و تعمیرات، ماشین‌آلات مکانیزه، و همچنین مفاهیم شبیه‌سازی، به ارائه‌ی مدل شبیه‌سازی به جهت شبیه‌سازی حرکت و عملکرد ماشین‌آلات مکانیزه در پروژه‌های نگهداری و تعمیرات خطوط پرداخته شد. به جهت سنجش اعتبار این مدل، با کمک داده‌های گزارش عملکرد ماشین‌آلات در سال ۹۴، عملکرد ماشین‌آلات بر اساس پروژه‌های تعریف شده توسط برنامه‌ی سال ۹۵ شبیه‌سازی گردید. سپس با مقایسه‌ی نتایج حاصل از این شبیه‌سازی با زمان‌بندی برنامه‌ی اجرا شده در سال ۹۵ مقایسه گردید.

نتیجه مقایسه‌ی فوق اعتبار و دقت مدل را تضمین می‌کند، چرا که زمان‌های شبیه‌سازی شده و عملیات‌ها تقریبا برابر بودند، و در مجموع ۸ روز از ۳۶۵ روز کاری تفاوت داشتند. در ادامه، مدل با استفاده از داده‌های گزارش عملکرد سال ۹۵، بر مبنای عملیات‌های تعریف شده در برنامه‌ی سال ۹۶ شبیه‌سازی شد. نتیجه‌ی حاصل از این شبیه‌سازی با زمان‌بندی برنامه‌ی سال ۹۶ مقایسه شده، و نتایج حاصل از این مقایسه دقت و متناسب بودن برنامه‌ی نگهداری و تعمیرات سال ۹۶ را در تخصیص زمان به پروژه‌های مختلف ضمانت می‌کند.

در نهایت، با بررسی عملکرد و محاسبه‌ی بازدهی ماشین‌آلات به این مهم پی برده شد، که ماشین زیرکوب برترین ماشین از لحاظ بازدهی و قابلیت دسترسی شناخته شد، در حالی که ماشین سرند در رتبه‌ی آخر قرار گرفت.

۵-۲- پیشنهادات

به منظور انجام مطالعات بیشتر، پیشنهاد می‌گردد که از طریق روش‌های موجود در بررسی عملکرد همانند روش تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی بیشتر و رتبه‌بندی پرداخته شود. چرا که تا به حال مطالعه‌ای بر روی ماشین‌آلات انجام نشده است، بنابراین شناخت ماشین‌آلاتی که به نسبت به بقیه ضعیف هستند، و سپس شناخت عوامل موثر بر آنها توسط مطالعات آماری نظیر رگرسیون، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

منابع

[1] شماعی‌زاده, محمد. سمینار ارشد "بررسی روش‌های بهینه‌سازی عملیات تعمیر و نگهداری مکانیزه خطوط راه‌آهن." تهران، ایران, ۲۰۱۴.

[2] دزفولیان, رسول جوادیان، سید محمد سادات حسینی، رضا شهنی . مقاله کارایی سامانه مدیریت نگهداری خطوط راه‌آهن در افزایش کیفیت و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری شبکه راه‌آهن، ۱۳۸۶.

[3] فتح‌آبادی، صالح.کتاب *شبیه‌سازی سیستم‌ها به‌وسیله کامپیوترهای رقمی* .تهران: نشر جهاد دانشگاهی, ۱۳۶۵.

[4] فقیه, نظام‌الدین.کتاب *مبانی شبیه‌سازی سیستم‌ها، شیراز، نشر نوید شیراز، ۱۳۸۲، (چ۱).*

[5] علی حاج شیر محمدی، "برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)"، انتشارات عزل اصفهان، ۱۳۷۷.

[6] Patrick O'Connor, Andre Kleyner. *Practical Reliability Engineering, 5th Edition*. 2012.

[7] Tobochnik, Harvey Gould & Jan. "An Introduction to Computer Simulation Methods, ." *Applications to Physical Systems*, 1988.

[8] Sons, John Wiley &. "Douglas Hubbard «How to Measure Anything: Finding the Value of Intangibles in Business» ." 46. 2007.

[9] McKenna T, Oliverson R. "Glossary of reliability and maintenanceterms." Houston, Texas: Gulf Publishing Co. , 1997.

ارزیابی کیفیت خدمات مسافری قطارهای حومه‌ای با استفاده از مدل سروکوال (مطالعه موردی: محور تهران-پرند)

عسل فرج پور[1]، پریناز بازغی کیسمی[1]، مرتضی باقری[2]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ asal_farajpour@rail.iust.ac.ir
[1]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران؛p_bazeghi@rail.iust.ac.ir
[2]عضو هیئت‌علمی دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، morteza.bagheri@iust.ac.ir(نویسنده مسئول)

چکیده

در این مقاله از مدل سروکوال جهت سنجش میزان رضایت مسافران از کیفیت خدمات ارائه‌شده استفاده شده و نهایتاً شناسایی شکاف بین انتظار و ادراک مسافران استفاده‌شده است. تحقیق حاضر ازآن‌جهت که می‌تواند برای بهبود کیفیت مفید واقع شود تحقیقی کاربردی است. نیازسنجی از مسافران به روش تحقیق توصیفی و جمع‌آوری اطلاعات به روش پیمایشی صورت گرفته است. در جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز از تکنیک پرسشنامه و در تحلیل آن‌ها از تحلیل سروکوال استفاده شده است. در پرسشنامه از دوبست نفر از مسافران مجموعه قطار حومه‌ای تهران – پرند درخواست شده که مشخص نمایند میزان انتظارات و ادراک آنان از ویژگی های مجموعه قطار حومه‌ای تا چه اندازه است و سپس با استفاده از تحلیل‌های آماری شکاف بین ادراکات و انتظارات در ابعاد مختلف مورد تحلیل قرار گرفت و نتایج نشان می‌دهد که بیشترین شکاف در بعد قابلیت اطمینان مشاهده می‌شود که با بهبود آن می‌توان بهبود رضایت‌مندی مسافران را انتظار داشت.

واژه‌های کلیدی: کیفیت خدمات، قطارهای حومه‌ای، اندازه‌گیری رضایت مسافران، سروکوال، انتظارات و ادراکات

مقدمه

میزان رضایت مسافران از کیفیت خدمات ریلی بر تصمیم‌گیری برای مسافرت با قطار و تعداد مسافرینی که از ریل استفاده می‌نمایند تأثیرگذار است. هر چه مسافران احساس رضایت بیشتری از کیفیت خدمات داشته باشند، احتمال استفاده از قطار در سفرهای آینده آن‌ها بیشتر خواهد بود به. ازاین‌رو ارزیابی کیفیت خدمات راه‌آهن برای بهبود سطح سرویس ضروری است [1] طبق آمار و اطلاعات سالنامه‌ی آماری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۹۴، حدود ۲۴ میلیون نفر مسافر درون شبکه‌ی ریلی خود جابه‌جا نموده است. از این تعداد ۴/۵ میلیون مسافران قطار حومه‌ای در کل کشور بوده‌اند که ۱/۵ میلیون آن‌ها مسافران اطراف تهران شامل تهران-کرج-هشتگرد، تهران-پرند، تهران-قم و تهران-پیشوا بوده‌اند. در سالهای اخیر محققان بر روی مفاهیم و روش‌های سنجش کیفیت در حمل‌ونقل عمومی تمرکز نموده‌اند. در سال ۲۰۰۱ لدا و همکارانش در توکیو به بررسی شرایط پیش‌نیاز تأثیر کیفیت خدمات ریلی پرداختند [2] در سال ۲۰۰۷ لیو[1] شاخص‌هایی برای ارزیابی خدمات حمل‌ونقل عمومی معرفی نمود [3]. پس‌ازآن در سال ۲۰۰۸ ناتانائیل چارچوبی را برای کمک به بهره‌برداران ریلی در کنترل و زیر نظر داشتن کیفیت خدمات مسافری ارائه نمود [1]. زوان در سال ۲۰۱۰ یک سیستم ارزیابی کیفیت خدمات مسافری ارائه کرده و همچنین یک مدل ارزیابی با در نظر گرفتن کیفیت طراحی و تکنولوژی ایجاد نمود [4]. در سال ۲۰۱۴ ابولی و مازولا با معرفی SEM به تحلیل و آنالیز انتظارات مسافران از خدمات راه‌آهن و عوامل مهم تأثیرگذار پرداخته و در سال ۲۰۱۶ با استفاده

از روش چند سطحی فازی به ارزیابی کیفیت خدمات راه‌آهن پرداختند [۵, ۶]. تفاوت بین انتظارات مشتری و عملکرد واقعی سازمان نشان می‌دهد که محصول یا خدمات ارائه‌شده به‌وسیله یک سازمان تا چه سطحی، نیازها و انتظارات مشتری را برآورده می‌سازد. درصورتی‌که انتظارات مشتریان بیشتر از ادراک وی از خدمت باشد، کیفیت دریافت شد، از دیدگاه وی قابل رضایت نبودی و نارضایتی از خدمت‌رسانی را به دنبال دارد [۷] برای ارزیابی خدمات مسافری در سیستم ریلی مطالعات متعددی انجام‌شده [۴,۵,۶,۷]در تحقیقی که در راه‌آهن هند برای مقایسه عملکرد مجموعه با انتظار مسافران به انجام رسانید، مسافران را از پنج جنبه مختلف کیفیت (فیزیکی، قابلیت اطمینان، پاسخ‌دهی، تضمین، همدلی) ارزیابی نموده و درنتیجه بهبودهای حاصل‌شده پس از انجام تحقیقات، مسافران از حالت «تقریباً راضی» به «راضی» تغییر وضعیت پیدا کردند [۸]. در مطالعه دیگری در سنجش رضایت مسافران از مجموعه قطار هند ضمن بررسی ۵۰۰ عامل مختلف، رفتار کارکنان با مسافران به‌عنوان مهم‌ترین عامل شناخته شد [۹]. در دیگر کشورها مانند ایتالیا در مطالعاتی برای بخشی از سیستم حمل‌ونقل ریلی به تجزیه تحلیل کیفیت خدمات حمل‌ونقل بر اساس ادراکات مستقیم مسافران از خدمت ارائه‌شده پرداخته شد [۱۰] همچنین در سال ۲۰۰۵ در کشور انگلستان در ارتباط با مسافرین قطارهای حومه‌ای تحقیقاتی برای جمع‌آوری اطلاعات صورت گرفت که در آن مواردی همچون هدف سفر مسافرین، زمان سفر آن‌ها، شیوه‌ی دسترسی به ایستگاه قطار و خصوصیات اقتصادی و اجتماعی مسافرین موردبررسی قرارگرفته است [۱۱]«ارزیابی میزان رضایت مسافرین از خدمات ریلی» در سال ۲۰۱۱ در کشور مجارستان با پخش پرسش‌نامه و تحلیل آن صورت پذیرفت، در این تحقیق سه بخش موردبررسی قرار گرفت که شامل خصوصیات سفر استفاده‌کنندگان از قطار، میزان رضایت مسافرین از ایستگاه‌های راه‌آهن و میزان رضایت مسافرین از خدمات و تجهیزات داخلی قطار است[۱۲] در سال ۲۰۱۵ شن و همکارانش با الگوبرداری از معیار رضایت مشتریان در امریکا، شاخصی در سنجش مسافران قطار در چین را مطرح نمودند. ایشان در تحقیق خود به راهنمایی و هدایت، نظافت و بهداشت و راحتی، سرعت و پاسخ‌گویی، ایمنی و امنیت، سیستم خریداری بلیت، تجهیزات، خدمات کارکنان و چگونگی اطلاع‌رسانی پرداخته‌اند [۱۳] مرور مطالعات پیشین مرتبط با سنجش رضایت مسافران قطار نشان می‌دهد که راه‌آهن‌ها با استفاده از روش‌های سنجش کیفیت به‌صورت بسیار کلی به بررسی رضایت مسافران راه‌آهن پرداخته‌اند و در این مطالعات تفاوتی میان قطارهای بین‌شهری و قطارهای حومه‌ای دیده نمی‌شود و این در حالی است که دغدغه‌های مسافران قطارهای حومه‌ای و بین‌شهری می‌تواند با یکدیگر متفاوت باشد. همچنین تفاوت میان انتظار و ادراک مسافران از خدمت ارائه‌شده به آنان ازجمله نکاتی است که در مطالعات پیشین به آن توجهی نشده است به همین دلیل هدف این مقاله ارزیابی میزان رضایت مسافران قطارهای حومه‌ای در محور تهران پرند با استفاده از مدل سروکوال و تحلیل شکاف می‌باشد.

تحقیق حاضر ازنظر هدف، کاربردی و بر روش‌های اندازه‌گیری کیفی تأکید دارد، از نوع تحقیق موردی و با توجه به روش منظم برای جمع‌آوری اطلاعات یک تحقیق پیمایشی است. مدل سروکوال توسط پاراسورامان و همکارانش در سال ۱۹۸۵ ارائه گردیده است [۱۴]. این مدل، فعالیت‌هایی از سازمان را مورد ارزیابی قرار می‌دهد که ادراک مشتریان از کیفیت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در حین خدمت‌رسانی یک سازمان شکاف‌هایی بین انتظارات و ادراکات به وجود خواهد آمد که به این شکاف عدم تطابق نیز گفته می‌شود و درنتیجه مدیریت سازمان را قادر می‌سازد که به شکاف‌های خدماتی و علل وقوع پی ببرد [۱۴] در گام اول تحقیق، به‌منظور تحلیل‌های فوق از مدل سروکوال استفاده می‌شود که شامل پنج مقیاس عوامل محسوس، قابلیت اطمینان، ضمانت، پاسخگویی و همدلی است [۱۵]؛ که در ادامه به تعریف

هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود.۱ - عوامل محسوس: شامل وجود تسهیلات و تجهیزات کاری و کالاهای ارتباطی است. مثل امکانات رفاهی در محیط فیزیکی سازمان.۲- قابلیت اطمینان: به معنی توانایی انجام خدمات به شکلی مطمئن و قابل‌اطمینان است به‌طوری‌که انتظارات مشتری تأمین شود. ۳- پاسخگویی: منظور از آن مسئولیت‌پذیری تمایل به همکاری و کمک به مشتری است. ٤- ضمانت و تضمین: ضمانت و تضمین بیانگر شایستگی و توانایی کارکنان در القا حس اعتماد و اطمینان به مشتری، نسبت به سازمان است. ٥- همدلی: توجه شخصی و اختصاص زمان کاری مناسب برای تمامی مشتریان، یعنی اینکه با توجه به روحیات افراد، با هرکدام از آن‌ها برخورد ویژه‌ای شود، به‌طوری‌که مشتریان قانع شوند که سازمان آن‌ها را درک کرده است و آن‌ها برای سازمان مهم هستند [١٦].

خلاصه‌ای از پارامترهای مدل سروکوال برای سنجش سطح کیفیت خدمات قطارهای حومه‌ای در جدول (۱) ذکرشده است [۱۷]. جامعه آماری موردنظر شامل ۵۰۰۰ نفر از مسافران قطار حومه‌ای پرند واقع در حومه شهر تهران در کشور ایران است که با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای، متناسب با حجم ۲۰۰ نفر به‌عنوان نمونه انتخاب‌شده است. برای تعیین حجم نمونه موردنظر با توجه به حجم جامعه آماری از فرمول کوکران استفاده‌شده است.

در پژوهش حاضر به‌منظور پی بردن به شکاف میان انتظارات و ادراکات مسافران از نحوه ارائه خدمات قطار حومه‌ای از پرسش‌نامه استاندارد سروکوال، طیف لیکرت و متشکل از هفت گزینه (کاملاً مخالفم تا کاملاً موافقم) تنظیم‌شده که شامل موارد همدلی (سؤال‌های ۱ تا ٦)، ضمانت و تضمین سؤال‌های (٦ تا ۱۲) قابلیت اطمینان (سؤال‌های ۱۳ تا ١٦)، پاسخگویی (سؤال‌های ۱۷ تا ۱۸) و عوامل محسوس (سؤال‌های ۱۹ تا ۲۲) است. پرسشنامه این مقاله توسط اساتید دانشگاه و کارشناسان حوزه صنعت موردبررسی قرار گرفت و سپس در پیش‌آزمونی با حجم نمونه ۳۰ پرسشنامه، اعتبار آن مورد تأیید قرار گرفت، بدین منظور از نرم‌افزار spss و آزمون آلفای کرونباخ استفاده‌شده و ضریب پایایی پرسشنامه در بخش‌های مختلف بیش از ۷۰ درصد به‌دست‌آمده که با توجه به استانداردهای موجود این مقدار از حد مناسبی برخوردار است. نتایج در جدول (۲) ذکرشده است.

جدول ۱-اندازه‌گیری کیفیت قطارهای حومه‌ای بر اساس شاخص‌های مدل سروکوال

ابعاد کیفیت خدمات قطارهای حومه‌ای	شاخص‌ها
همدلی	۱. کارکنان مجموعه قطار حومه‌ای تک‌تک مسافران را موردتوجه قرار می‌دهند.
	۲. مجموعه قطارهای حومه‌ای مأمورانی دارد که توجه شخصی به مسافران نشان می‌دهند.
	۳. مجموعه خدمات را بدون معطلی (سریع) به مسافران ارائه می‌کنند
	٤. قطار حومه‌ای دارای تجهیزات مدرن است.
	٥. ساعات کاری مجموعه قطار حومه‌ای برای مسافران مناسب است.
	٦. مأمورین مجموعه نیازهای موردی مسافران خود را تشخیص می‌دهند.
ضمانت و تضمین	۷. رفتار مأمورین مجموعه در مسافران اطمینان خاطر ایجاد می‌کند.
	۸. کارکنان مجموعه قطار جهت پاسخگویی به سؤالات از اطلاعات کافی

	برخوردارند.
	۹. مأمورین مجموعه همواره برای کمک به مسافران تمایل دارند.
	۱۰. وقتی مسافر مشکلی داشته باشند مجموعه قطارهای حومه برای رفع مشکل از خود علاقه نشان می‌دهد.
	۱۱. مسافران در ارتباطشان با مجموعه قطار حومه‌ای احساس امنیت می‌کنند.
	۱۲. مأمورین مجموعه به مسافران می‌گویند که دقیقاً چه زمانی خدمت موردنظرش را دریافت می‌کند.
قابلیت اطمینان	۱۳. قطارهای حومه‌ای در ساعت مقرر بدون تأخیر به مسافران خدمات ارائه می‌دهند.
	۱۴. مجموعه قطار حومه‌ای خدمات را بدون تأخیر و در اولین زمان به مسافران خود ارائه می‌دهد.
	۱۵. مجموعه قطار حومه‌ای بر ارائه خدمات بدون تأخیر تأکید دارد.
	۱۶. مجموعه قطار حومه‌ای خدمت را در زمان وعده داده‌شده به مسافران، به آن‌ها ارائه می‌کند.
پاسخگویی	۱۷. کارکنان قطارهای حومه‌ای همواره با مسافران، باادب و تواضع رفتارمی کنند.
	۱۸. مأمورین مجموعه درهرحال آماده پاسخگویی به سؤالات مسافران هستند.
عوامل محسوس	۱۹. مأمورین ایستگاه و قطار دارای ظاهری زیبا و آراسته دارند.
	۲۰. مجموعه قطارهای حومه سامان‌یافته و مرتب هستند.
	۲۱. امکانات فیزیکی در قطار حومه‌ای ازنظر ظاهر زیبا هستند.
	۲۲. مجموعه قطارهای حومه‌ای خواستار بهبود مزایا برای مسافران خود است.

جدول ۲- ضرایب آلفای کرون باخ زیرمقیاس‌های پرسش‌نامه کیفیت خدمات

ابعاد کیفیت خدمات قطارهای حومه‌ای	آلفای کرونباخ بخش انتظارات	آلفای کرونباخ بخش ادراکات
همدلی	0.701	0.743
ضمانت و تضمین	0.742	0.791
قابلیت اطمینان	0.708	0.752
پاسخگویی	0.754	0.836
عوامل محسوس	0.821	0.716

یافته‌های پژوهش

داده‌های توصیفی از توزیع پاسخگویان بر اساس ویژگی‌های جمعیت شناختی نشان می‌دهد که پاسخ‌دهندگان را به لحاظ سنی می‌توان به پنج گروه زیر ۲۰ سال ۲۱ الی ۳۰ سال ۳۱ الی ۴۰ سال و ۴۰ سال به بالا تقسیم کرد. همان‌گونه که در جدول شماره (۳) مشاهده می‌شود، بیش‌ترین درصد پاسخ‌دهندگان مربوط به گروه سنی ۳۱ تا ۴۰ سال وکمترین درصد مربوط به پاسخ‌دهندگان با گروه سنی زیر بیست سال هست. به لحاظ جنسیت،۸۲/۵%از پاسخ‌دهندگان را مردان

و۱۷/۵% را زنان تشکیل داده‌اند و بیش‌ترین درصد استفاده از قطار را گروهی که بیش از شش بار از قطار استفاده می‌کنند به خود اختصاص می‌دهند. همچنین به لحاظ میزان تحصیلات، افرادی با تحصیلات دیپلم و لیسانس

ویژگی‌ها	مشخصات	تعداد افراد	فراوانی درصدی	فراوانی تجمعی
سن	تا ۲۰ سال	7	3.5	3.5
	۲۱تا ۳۰ سال	77	38.5	42
	۳۱تا ٤٠ سال	83	41.5	83.5
	٤١سال به بالا	33	16.5	100
	جمع	200	100	
جنسیت	زن	35	17.5	0.175
	مرد	165	82.5	100
	جمع	200	100	
تعداد دفعات استفاده در هفته	یک تا دو	23	11.5	11.5
	سه تا چهار	42	21	32.6
	پنج‌تا شش	55	27.5	60
	بیش از شش	80	40	100
	جمع	200	100	
تحصیلات	زیر دیپلم	22	11	11
	دیپلم	92	46	57
	لیسانس	73	36.5	93.5
	فوق‌لیسانس و بالاتر	13	6.5	100
	جمع	200	100	

بیش‌ترین و افرادی با مدرک تحصیلی فوق‌لیسانس و بالاتر کمترین

فراوانی به خود اختصاص داده‌اند؛ که این موضوع نشان‌دهنده آن است که جهت بهبود رضایت مسافران باید ویژگی‌هایی مورد اهمیت برای گروه‌هایی که بیشترین فراوانی در استفاده از قطار حومه رادارند، موردتوجه قرارداد.

جدول ۳- فراوانی ویژگی‌ها و مشخصات مسافران

جدول ٤- خلاصه نتایج به‌دست‌آمده از آزمون فرضیه‌های هفتم تا دوازدهم تحقیق

مؤلفه‌های کیفیت خدمات	انتظارات	ادراک	شکاف	آماره T
همدلی	5.69	3.5	2.189-	18.03
ضمانت و تضمین	5.96	4.19	1.76-	13.65
قابلیت اطمینان	5.27	2.98	2.28-	16.53
پاسخگویی	6.29	4.58	1.7-	11.76
عوامل محسوس	5.7	3.8	1.9-	15.16
میانگین	5.782	3.81	1.972	

جدول ٥- پیشنهادات جهت بهبود کیفیت خدمات برای مسیر تهران – پرند به ترتیب الویت

ابعاد کیفیت	اولویت‌بندی بر اساس بیش‌ترین شکاف	پیشنهادات بهبود کیفیت خدمات طبق نتایج به‌دست‌آمده
قابلیت اطمینان	اولویت اول	برنامه زمان‌بندی منظم و بدون تأخیر برای قطارهای حومه‌ای
همدلی	اولویت دوم	برنامه زمان‌بندی به‌گونه‌ای مؤثر و مناسب حال مسافران باشد. کارکنان مجموعه قطار حومه‌ای مسافران را موردتکریم و توجه قرار دهند.
عوامل محسوس	اولویت سوم	امکانات فیزیکی و تجهیزات چه داخل قطار و چه در ایستگاه‌ها آراسته، سامان‌یافته و مرتب باشد.
ضمانت و تضمین	اولویت چهارم	کارکنان مجموعه قطار حومه‌ای جهت پاسخگویی به سؤالات از اطلاعات کافی برخوردار باشند و در مسافران احساس امنیت خاطر ایجاد کنند.
پاسخگویی	اولویت پنجم	کارکنان مجموعه قطار حومه‌ای دارای ادب و تواضع بوده و درهرحال آماده پاسخگویی به مسافران باشند.

جهت پاسخ گوئی به این سؤال که میزان اهمیت هر یک از ابعاد خدمات از نظرگاه مسافران قطار حومه‌ای به هنگام ارزیابی آنان از کیفیت خدمات ارائه‌شده چقدر هست، پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، میانگین انتظارات، ادراکات و اهمیت هر یک از ابعاد کیفیت خدمات از دیدگاه مشتریان محاسبه‌شده است. در مقایسه بین ادراکات و انتظارات مسافران قطار حومه‌ای از خدمات نشان داد، تفاوت معناداري

در تمامي پنج بعد کیفیت وجود دارد. (P<۰/۰۵) این بدان معناست که در سطح اطمینان ۹۵٪ مسافرین خدمتی را دریافت نموده‌اند که با سطح انتظار آن‌ها تفاوت داشته است. همان‌گونه که در جدول (٤) مشخص‌شده است میانگین شکاف بین ادراکات و انتظارات برابر ۱/۹۷۲- محاسبه گردیده است که این موضوع بیانگر شکاف منفي در کیفیت خدمات دریافتی از طرف مسافران هست. بیشترین شکاف مربوط به بعد قابلیت اطمینان (۲/۲۸-) که با توجه به مفروضات آزمون T این تفاوت نیز معنادار است. همچنین کمترین شکاف در ابعاد پاسخگویي (۱/۷-) مشاهده گردید. این موضوع در حالی است که مردم بیشترین سطح انتظارات از خدمات قطار حومه‌ای را در بعد مربوط به عوامل پاسخگویی دارند و می‌توان نتیجه گرفت با توجه به محاسبه کم‌ترین شکاف در این بخش، راه‌آهن توانسته عملکرد بهتری را در تأمین رضایت افراد نسبت به ابعاد دیگر کیفیت داشته باشد. میانگین نمراتی که افراد در تمامی ابعاد کیفیت به ادراکات خود از قطار حومه‌ای داده‌اند برابر ۳/۸۱ است. میانگین نمرات در انتظاری که از ارائه خدمات داشته‌اند برابر ۵/۷۸۲ می‌باشد. این موضوع نشان‌دهنده انتظار بالای مردم از مجموعه قطار حومه‌ای بوده که بیانگر آن است که دید خوبی در بین مردم نسبت به این خدمات وجود داشته و درصورتی‌که آنچه دریافت می‌کنند به انتظارات آنان نزدیک‌تر باشد، رضایتمندی بیشتر و همچنین وفاداری بیشتری به‌قطار حومه‌ای به همراه خواهد داشت. با توجه به محاسبات فوق جدول ۵ جهت الویت بندی برای پیاده‌سازی راهکارهای پیشنهادی بر اساس بیش‌ترین شکاف به‌دست‌آمده برای بهبود خدمات قطار حومه‌ای راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران پیشنهاد داده‌شده است.

نتیجه گیری

سنجش میزان کیفیت خدمات لازمه‌ی بهبود یک سیستم خدمت رسان است. در این مطالعه به سنجش میزان رضایت مسافران از کیفیت خدمات ارائه‌شده و همچنین، تحلیل شکافی که بین انتظارات مسافران از خدمات ارائه‌شده و ادراکات آنان از خدمات وجود دارد؛ پرداخته‌شده است. در راستای سنجش میزان کیفیت خدمات قطارهای حومه‌ای، محور پرند به‌عنوان مطالعه‌ی موردی انتخاب گردید. با استفاده از نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید که در میان پنج مؤلفه کیفیت خدمات، قابلیت اطمینان بیشترین شکاف بین انتظار و ادراک را دارد. با توجه به این نتیجه برای کاهش این شکاف و بهبود خدمات قطار حومه‌ای و افزایش رضایت مسافرین پیشنهاد می‌شود تا مجموعه‌ی قطار حومه‌ای خدمات خود را در ساعات مقرر بدون تأخیر به مسافران ارائه دهد، سعی در ارائه خدمات با تأخیر پایین را در اولویت فعالیت‌های خود قرار دهد. از طرفی عامل دیگری که پس از قابلیت اطمینان شکاف بالایی بین انتظار و ادراک مسافران در آن دیده می‌شود، بعد همدلی است. مجموعه‌ی قطار حومه‌ای باید با توجه بیشتر به مسافران و ارائه‌ی خدمت به‌صورت مؤثرتر ارائه نمایند و نیازهای مسافرین را در زمان مناسب رفع نمایند. برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود تا از فن‌های تحلیل غیرقطعی همچون تحلیل فازی استفاده شود و همچنین می‌توان از پرسشنامه‌هایی که سایر ابعاد کیفیت در سازمان را می‌سنجد همچون کانو استفاده نمود.

منابع

[1] E. Nathanail, "Measuring the quality of service for passengers on the Hellenic railways," *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* vol. 42, pp. 48-66, 2008.

[2] H. Ieda, Y. Kanayama, M. Ota, T. Yamazaki, and T. Okamura, "How can the quality of rail services in Tokyo be further improved?," *Transport Policy,* vol. 8, pp. 97-106, 2001.

[3] L. W. Liu, "Comprehensive Evaluation Method of the Improvement Degree of

the Quality of Passenger Transport Service of Rail. ," *Science and Technology Management Research,* vol.,, pp. pp. 83-85, 2007.

H. W. Xuan, "Research on the Multiple-[4] Attribute Evaluation Method of Quality of Passenger Transport Service of the Rail Station," *China Science and Technology Information,* vol. 13 (2010), pp. 278–279.

L. Eboli and G. Mazzulla, [5] "Relationships between rail passengers' satisfaction and service quality: a framework for identifying key service factors," *Public Transport,* vol. 7, pp. 185-201, 2015.

L. Eboli, Y. Fu, and G. Mazzulla, [6] "Multilevel comprehensive evaluation of the railway service quality," *Procedia Engineering,* vol. 137, pp. 21-30, 2016.

S. Sahney, D. Banwet, and S. Karunes, [7] "An integrated framework for quality in education: Application of quality function deployment, interpretive structural modelling and path analysis," *Total Quality Management & Business Excellence,* vol. 17, pp. 265-285, 2006.

T. Vanniarajan and A. Stephen, [8] "Railqual and passengers satisfaction: An empirical study in Southern railways," *Asia Pacific Business Review,* vol. 4, pp. 64-75, 2008.

R. Agarwal, "Public Transportation and [9] Customer Satisfaction The Case of Indian Railways," *Global Business Review,* vol. 9, pp. 257-272, 2008.

R. De Ona, L. Eboli, and G. Mazzulla, [10] "Key factors affecting rail service quality in the Northern Italy: a decision tree approach," *Transport,* vol. 29, pp. 75-83, 2014.

S. R. A. S. Team, "London Area Travel [11] Survey National Rail Results An Introductory Report," 2005.

T. G. Organization. (2011). *Flash EB* [12] *No 326 - Survey on passengers satisfaction with rail services*.

بررسی تجربیات دنیا درزمینه تقویت پل‌های طاقی سنگی با کامپوزیت و ارائه یک نمونه محاسباتی

محمدامین سهرابی
استاد راهنما: دکتر سعید محمد زاده

چکیده

حمل‌ونقل نقش مهمی در تمامی ارگان‌های اداره‌ی کشور داراســـت. حمل‌ونقل ریلی نقش بســـزایی در جابجایی مســـافر و بار در کشـــور دارد و راه‌آهن به‌عنوان یك مکانیسم بسیار کارآمد درزمینه حمل‌ونقل درون‌شهري و برون‌شـــهري در کشـــورهاي توســـعه‌یافته و بســـیاري از کشـــورهاي درحال‌توســـعه شـــناخته و از آن اســـتفاده مي‌شود. پل و به‌خصوص پل طاقی به صورت متعدد در راه‌آهن ما یافت می‌شود و نگهداری این سازه‌ها اهمیت فراوانی دارند.

هدف از این پایان‌نامه روش‌های مورداســـتفاده برای تقویت و نگهداری این سازه‌ها با استفاده از کامپوزیت، مشـــاهده چگونگی تقویت آن‌ها و مطالعه در مورد آن‌هاست.

تقویت با صفحه‌های کربنی و فیبرهای شیشه‌ای همراه با میخ‌های FRP در این پژوهش موردمطالعه قرارگرفته اســـت. همچنین تحلیل‌ها و نتایج با نرم‌افزار رینگ موردمطالعه قرارگرفته است.

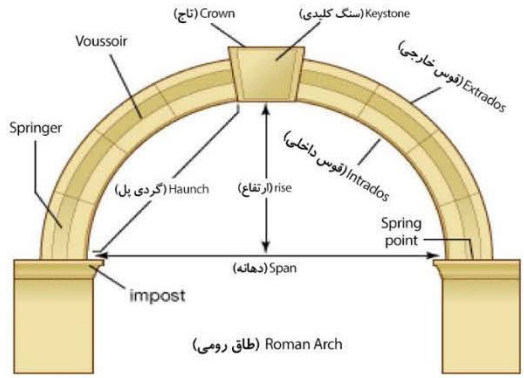
واژه‌هاي کليدي: پل طاقی سنگی، کامپوزیت، تسلیح پل طاقی

نمونه‌ای از پل‌های طاقی کشور

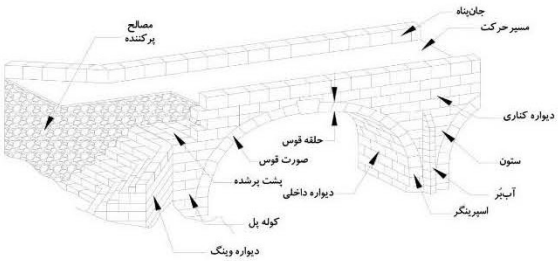
ساختار پایان‌نامه

این پژوهش در شـــش فصـــل به معرفی پل‌های طاقی سنگی و درنهایت روش‌های مقاوم‌سازی آن‌ها می‌پردازد. فصـــل اول کلیات پژوهش بیان‌شـــده اســـت. فصـــل دوم معرفی انواع پل‌های تاریخی و بیان مکانیسم و ضرورت وجود آن‌ها را بیان می‌کند. اجزا مختلف پل‌های طاقی سنگی و مکانیسم‌های شکست معرفی شده‌اند. فصل سـوم بررسـی روش‌های بهسـازی، تقویت و نگهداری پل‌های طاقی سنگی به تفکیک بیان شده است. در این فصـــل بعد از معرفی انواع خرابی‌های ممکن پل طاقی سـنگی به اصـول و تکنیک‌های مقاوم‌سـازی این پل‌ها پرداخته می‌شود. فصل چهارم بررسی روش بهسازی با کامپوزیت و مطالعه موردی در دنیا نام دارد که ابتدای

این فصل معرفی انواع کامپوزیت‌ها، مشخصات فیزیکی آن‌ها و اثرات شرایط محیطی بر آن‌ها شرح داده‌شده است. در ادامه نیز یک مورد مقاوم‌سازی با کامپوزیت انجام‌شده شرح داده می‌شود. فصل پنجم مدل‌سازی و ارائه نتایج نام دارد. یک پل طاقی با نرم‌افزار رینگ مدل شده است و بارگذاری‌ها و خروجی‌ها موردتوجه قرارگرفته است. همچنین مدل ساخته‌شده در حالت‌های مختلف مقاوم‌سازی شده و مورد تحلیل قرارگرفته است. در فصل آخر نیز نتایج به‌دست‌آمده به صورت مختصر بیان‌شده است.



معرفی اجزاء یک طاق



خواص پل طاقی سنگی

پل طاقی سنگی از اجتماع سنگ یا آجر همراه با ملات بین سنگ‌هاست و در برخی نیز بدون ملات است. خواص فیزیکی و مکانیکی پل طاقی سنگی بین پل‌های مختلف متنوع است. امکان رفتار مشابه بین پل‌ها وجود دارد، اما مقدار قطعی وقوع هر رفتار مختلف است. این اختلافات رفتاری نتیجه تنوع آجر، سنگ و ملات مورداستفاده ساخت پل خاص است. تا اینکه اجزا بنایی‌های مدرن با ماشین ساخته شدند و خواص یکسانی را فراهم کردند، که پل‌های تاریخی شامل این اصل نمی‌شود. اگرچه مقدار کمی دانش درزمینه ملات باعث ایجاد تنوع گسترده‌ای از خواص می‌شود.

درهرصورت، می‌توان گفت که ملات ظرفیت کششی ناچیزی دارد و نمی‌تواند نیروی کششی را از یک جز به‌جز دیگر سازه منتقل کند. خاصیت مهم پل طاقی سنگی ظرفیت فشاری بالای آن است، که پایداری قوس به ثبات نیروی کششی در تمام قسمت‌های قوس است. اندازه تنش‌های فشاری در پل‌های بزرگ وقتی در مقایسه با محدودیت تنشی اجزا بسیار کم است. فرض‌های معمول که برای پل‌های طاقی سنگی بکار می‌رود شامل موارد زیر است:

۱- هیچ نیروی کششی وجود ندارد.
۲- ظرفیت فشاری بینهایت است.
۳- هیچ لغزشی بین اجزا سازنده پل نیست.

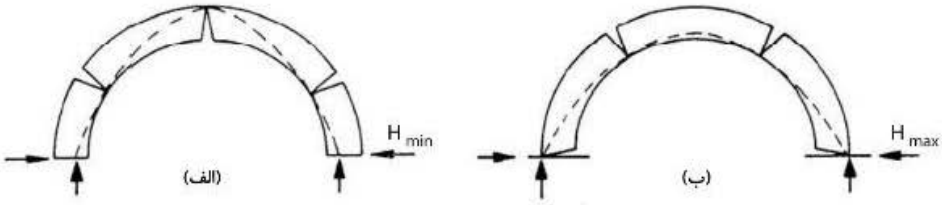
این فرضیات مقادیر نامعلوم خواص را ایجاد کرده که باعث به وجود آمدن تئوری پلاستیسیته و آنالیز کامل پل شده است.

در اصل این فرضیات از تعیین مقدار دقیق خواص پل برای آنالیز ظرفیت آن جلوگیری کرده است.

مقدار خواص پل بیشتر هنگامی‌که پل ساخته یا تعمیر می‌شود مهم است. اگر به‌جای یک سنگ یا آجر خراب‌شده سنگ یا آجر با مشخصات قوی‌تری قرار داده شود تمرکز تنش در آن نقطه به وجود می‌آید. یا اگر ملات جدیدی به‌کاربرده شود در مقایسه با ملات مانده‌ی قبلی در قسمت‌های دیگر پل، جابجایی نیرویی متفاوتی خواهد داشت و باعث ایجاد مشکل خواهد شد.

گاهی اوقات خواص شیمیایی سنگ، آجر یا ملات مهم است. استفاده از این اجزا با خواص شیمیایی متفاوت می‌تواند باعث ایجاد واکنش شیمیایی با اجزا قبلی شده و ظرفیت باربری و یا ظاهر پل را تخریب کند.

بسیاری از تست‌ها، چه مخرب و چه غیر مخرب، هنگامی‌که نیاز به شناسایی خواص اجزا پل هست کارآمد هستند. درباره این موضوعات در ادامه بحث خواهد شد.



شکست پل در حالت‌های مرز بالایی و مرز پایینی

نتایج آزمایش

نمونه	ظرفیت باربری نهایی (kN)	تغییر مکان نقطه‌ای اعمال بار (mm)	کرنش طاق‌های تقویت‌شده	حالت شکست
UN.01	۰/۷۰	۱/۵۰	-	-
GF.01	۷/۰۷	۱۶/۰۴	۵۱۸۴	پوسته‌پوسته شدن
GF.02	۶/۴۱	۱۱/۶۸	۳۳۹۴	پوسته‌پوسته شدن
GF.03	۶/۹۰	۱۸/۶۱	۴۷۸۳	خرد شدن
GF.04	۴/۷۱	۱۴/۰۱	۲۹۵۸	پوسته‌پوسته شدن
GF.05	۴/۴۸	۵/۷۴	۲۹۳۰	پوسته‌پوسته شدن
GF.06	۴/۸۵	۸/۴۴	۴۰۷۵	خرابی لغزشی برشی + پوسته‌پوسته شدن
GF.07	۵/۹۳	۱۰/۹۵	۴۹۰۹	خرابی لغزشی برشی + پوسته‌پوسته شدن
GF.08	۴/۸۸	۱۴/۲۸	۴۱۲۲	خرابی لغزشی برشی + پوسته‌پوسته شدن
CP.01	۱۳/۴۴	۱/۶۹	۶۷۷۹	خرابی لغزشی برشی
CP.02	۱۴/۳۰	۲/۳۳	۶۹۲۵	خرابی لغزشی برشی
CP.03	۱۵/۸۱	۵/۸۳	۲۰۶۶	خرد شدن
CP.04	۱۸/۵۵	۷/۷۸	۲۳۷۷	خرد شدن
CP.05	۱۱/۵۰	۴/۱۷	۶۱۱۱۳	خرد شدن
CP.06	۱۱/۱۸	۲/۴۴	۲۰۴۶	خرد شدن

تحلیل نتایج

هدف از انجام این آزمایش‌ها ارزیابی توانایی صفحات کربنی برای تسلیح پل طاقی به‌جای استفاده از لمینیت FRP در سطح داخلی قوس است. بر اساس این هدف، تحلیل نتایج تست‌های انجام‌شده در ابتدا مربوط به تسلیح پل با فیبرهای شیشه‌ای، بررسی تأثیر سیستم پیوند لایه‌های بنایی و بعدازآن، مقایسه ترتیب همان تقویت‌ها با مصالح مختلف (فیبرهای شیشه‌ای و صفحات کربنی) بود (شکل ۹). همچنین اظهارنظر درباره تأثیر حضور میخ‌های FRP که مشاهده شد در دستور کار است.

نتیجه‌گیری

می‌توان به موارد زیر که از آزمایش‌ها نتیجه‌گیری شده‌اند اشاره کرد:

- استفاده از میخ‌های FRP برای نگه‌داشتن فیبرهای شیشه‌ای در زیر طاق، اگرچه توانایی ریشه‌کن کردن مشکل پوسته‌پوسته شدن را دارد اما به‌شدت و با فاصله کم از آن‌ها استفاده و توانایی اضافه کردن ظرفیت باربری پل تقویت‌شده با فیبر شیشه‌ای را ندارد. در نمونه GF.03 هم‌زمان با مکانیسم شکست متفاوت، ظرفیت نهایی باربری این پل با دیگر پل‌های بدون میخ FRP تفاوت چندانی ندارد. در مسئله اصلی برای توضیح تفاوت نوع شکست می‌توان به ناحیه خرد شدن مصالح در نزدیکی حفرات حفرشده برای میخ‌ها اشاره کرد. تجمع تعداد زیادی میخ در مجاورت یکدیگر و سوراخ شدن پل برای هرکدام تا عمق دو سوم ضخامت قوس، در حقیقت توجیه خوبی برای ضعیف پل طاقی می‌باشد.

صفحات کربنی و میخ‌های FRP تأثیر خوبی در جلوگیری از پوسته‌پوسته شدن دارند و در کل عملکرد بهتری در خصوص ظرفیت نهایی باربری نسبت به فیبرهای شیشه‌ای را به وجود می‌آورند زیرا ورقه‌های FRP بسیار نازک هستند و سختی خمشی پایینی دارند و زمانی که از سازه کنده می‌شوند خم‌شده و مقاومتی از خود نشان نمی‌دهند و توانایی جلوگیری ایجاد لولا در قوس پل طاقی را ندارد. استفاده از صفحات کربنی با ضخامت بیشتر، دارای پایداری خمشی بیشتر می‌باشد. همچنین آزمایش‌ها نشان داده که استفاده از میخ‌های FRP جهت تثبیت موقعیت صفحات و جلوگیری از لغزش آن‌ها می‌تواند تأثیر خوبی در افزایش ظرفیت باربری نهایی چل داشته باشد. همان‌طور که آزمایش‌ها پیداست در نمونه CP.04 بیشترین مقدار ظرفیت باربری نهایی را داریم و از چهارمیخ برای تثبیت استفاده‌شده است. با توجه بیشتر درمی‌یابیم که روند افزایشی ظرفیت باربری نهایی با افزایش تعداد میخ هنگام اضافه کردن میخ پنجم و ششم به متوقف می‌شود و این مقدار کاهش می‌یابد. دلیل این اتفاق را می‌توان سوراخ شدن مصالح آجری پل دانست که خود باعث شکست پل می‌شود.

کارهای آینده

برای ادامه کارهای صورت گرفته، ایجاد چند مدل بنایی و مقاوم‌سازی آن‌ها با مواد کامپوزیتی می‌تواند مفید باشد. برای پیشنهاد استفاده از ماده پلیمری Polyurea می‌تواند باعث افزایش چشمگیر ظرفیت باربری نهایی گردد. هم‌اکنون این ماده در تسلیح دیوارها مورداستفاده قرار می‌گیرد. طبق مطالعات انجام‌شده کپسوله کردن سازه با این ماده می‌تواند تأثیر بسیار بالایی در ظرفیت باربری پل داشته باشد.

مراجع

[1] A. Borri, C. Giuliu and M. Corradi, "Intrados strengthening of brick masonry arches with composite materials," *ELSEVIER,* 2011.

[2] UIC, Recommendations for the inspection, assessment and maintenance of masonry arch bridge, 2011.

[3] T. E. Beuerman, "Inventory of Repairing and Strengthening Techniques for Masonry Arch Bridges," 2009.

[٤] د. ا. ف. و. ت. معیارها, آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها - نشریه بارگذاری پل‌ها, سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور, ۱۳۷۹.

[5] L. Ltd, Limitstate Ring Manual, Sheffield University, 2016.

روش تزریق دوغاب با فشار بسیار بالا[1] جهت تثبیت بسترهای خطوط راه‌آهن

مرتضي اسماعيلی، دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، m_esmaeili@iust.ac.ir
سید علي مسيبی، دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، mosayebi@iust.ac.ir

چکیده

جهت تثبیت بسترهای سست راه و راه‌آهن روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تزریق دوغاب تحت‌فشار نسبت به روش‌های تثبیت دیگر مانند : اختلاط عمیق در خاک ، ستون‌های سنگي ، تراکم ارتعاشي داراي مزیت‌هایی مثل مقاومت بالاتر ، ناتراوايي بیشتر و محدود کاربرد بیشتر می‌باشد ولی برای ایجاد یک ستون با قطر بیش از 5 m یا حتی 9 m نمی‌توان از روش تزریق تحت‌فشار استفاده نمود و باید از روش تزریق با فشار بسیار بالا استفاده نمود در این راستا در مقاله حاضر در ابتدا روش و کاربرد تزریق دوغاب با فشار بسیار بالا ارائه‌شده و در ادامه پارامترهای مؤثر بر آن مانند : اثر فشار ، نرخ جریان سیال، اثر هوای فشرده و اثر سلامت جت دوغاب و فرکانس تزریق و همچنین روش‌های اجرائی خاص در ستون‌های دوغابی تحت‌فشار مانند : جت‌های متقاطع ، پهن کردن ابتدای ستون و مسلح کردن ستون‌های تزریق تحت‌فشار ، به‌عنوان گزینه‌های مناسب جهت تثبیت بسترهای راه و راه‌آهن موردبررسی قرارگرفته است . در این راستا ضمن بررسي مشخصات فني و دامنه کاربرد این روش پارامترهای مؤثر بر کارایی روش یادشده موردبررسی و واکاوي قرارگرفته است. در پایان و در قالب یک مطالعه موردي امکان‌سنجی فني- اقتصادي استفاده از روش تزریق دوغاب تحت‌فشار براي تثبیت بستر خط ریلي در کیلومتر ۳۱ محور تهران – گرمسار به‌عنوان یکي از خطوط ریلي مسئله‌دار کشور موردبررسی قرارگرفته است.

کلمات کلیدي

تزریق دوغاب با فشار بسیار بالا، جت‌های متقاطع ، مسلح کردن ستون ، راه‌آهن گرمسار

۱. مقدمه

توسعه حمل‌ونقل با تکیه‌بر افزایش سرعت و بارمحوری در مهروموم‌های اخیر با پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای روبرو بوده است که در این راستا بستر خطوط راه و راه‌آهن به‌عنوان مهم‌ترین جزء زیرسازی می‌بایست الزامات بهره‌برداری را از جهات تأمین باربري و کنترل نشست برآورده نماید. تأمین الزامات فوق در بسترهای سست معمولاً نیازمند استفاده از تکنیک‌های بهسازي می‌باشند . این مسئله در خصوص بسترهای سست دانه‌ای و بسترهای ریزدانه اهمیتي ویژه می‌یابد ازاین‌رو در ادبیات فني مهندسي ژئوتکنیک راهکارهای مختلفي براي بهسازي و پایدارسازی بستر ارائه‌شده است. این راه‌حل‌ها به‌طورکلی به دودسته روش‌های تثبیت مکانیکي و شیمیائي تقسیم‌بندی می‌شوند . بکار گیري همگي این روش‌ها در خصوص خطوط راه‌آهن تحت بهره‌برداری با محدودیت‌هایی روبرو است ولیکن روش‌های بهسازي و تثبیت قابل کاربرد در این شرایط به بکار گیري روش‌هایی همچون تزریق و تزریق تحت‌فشار، ستون‌های سنگي، ریز شمع‌ها، تراکم ارتعاشي بروش شناوري، اختلاط عمیق، الکترا اسمز و.. محدود می‌شوند .

در مقاله حاضر ابتدا روش و کاربرد تزریق دوغاب با فشار بسیار بالا ارائه‌شده و در ادامه پارامترهای مؤثر بر آن مانند : اثر فشار ، نرخ جریان سیال ، اثر هوای فشرده و اثر سلامت جت دوغاب و فرکانس تزریق و همچنین روش‌های اجرائی خاص در ستون‌های دوغابی تحت‌فشار مانند : جت‌های متقاطع ، پهن کردن ابتدای ستون و مسلح کردن ستون‌های تزریق تحت‌فشار ، به‌عنوان گزینه‌های مناسب جهت تثبیت بسترهای راه و راه‌آهن موردبررسی قرارگرفته است و اصول و چارچوب این روش ازنظر الزامات طراحي و اجرا موردبحث و بررسي قرارگرفته است. در پایان نیز در قالب یک مطالعه ضمن معرفي پروژه راه‌آهن تهران - گرمسار و بررسی‌های ژئوتکنیکي

به‌عمل‌آمده در خصوص منشأ مشکلات مربوط به نشست خط ریلی فني پروژه موردبحث ، امکان‌سنجی فني - اقتصادي بکار گيري تزريق تحت‌فشار براي تثبيت بستر انجام‌شده است. درمجموع هدف مقاله حاضر علاوه بر مروری بر ادبیات فنی درزمینهٔ بکار گيري روش تزريق تحت‌فشار، معرفی این روش به‌عنوان يکي از گزينه‌های بسيار کارساز درزمينهٔ بهسازي بسترهای سست و مسئله‌دار راه‌آهن بوده است .

۱. معرفی روش تزریق دوغاب با فشار بسیار بالا

قبل از سال ۱۹۹۰ هیچ‌کدام از روش‌های تزریق تحت‌فشار قادر به ایجاد ستون‌های با قطر بزرگ روی زمین‌های مسئله‌دار نبودند . این تزریق تحت‌فشار قوی ، یک ستون با قطر بیش از 5 m یا حتی 9 m در زمین‌های ضعیف‌تر به وجود می‌آورد . این روش می‌تواند حجم خاک موردنظر را ۲۰ برابر بزرگ‌تر از سیستم‌های قبلی سنتی ، تقویت کند که به دلیل توسعه تجهیزات می‌تواند نرخ‌های جریان بزرگ‌تری در فشارهای بالاتر تولید کند . این فنّاوری در ایالت متحده و ژاپن با عنوان تزریق با فشار بسیار بالا و در اروپا با عنوان تزریق دوغاب DS شناخته می‌شود . ساخت موفق یک ستون بزرگ نیاز به استفاده از جت‌های قوی ، شرایط دست‌نخورده بعلاوه مقدار زیادی از انرژی تزریق می‌باشد .استفاده از این المان‌ها با قطرهای بزرگ ، تعداد نقاط تزریق و هزینه تولید مخلوط دوغاب را کاهش می‌دهد . نتایج تزریق تحت‌فشار متناسب با نوع خاک و تجهیزات می باشد . این روش مشابه با سیستم دو سیاله سنتی تزریق تحت‌فشار از یک جفت نازل تزریق استفاده می‌کند که با جریان هوای فشرده حمایت می‌شود که باعث سایش خاک و مخلوط کردن آن با دوغاب می‌شود که شکل (۱) نمونه‌هایی از تزریق با فشار بسیار بالا را نشان می‌دهد. [3- 1]

شکل۱- تزریق با فشار بسیار بالا

تزریق با فشار بسیار بالا ، باعث افزایش کارایی در طرح "نظارتی" می‌شود که به‌طور دقیق انرژی مصالح تزریق‌شده شامل دوغاب و هوا را متمرکز می‌کند تا انرژی برشی را افزایش دهد (مقطع انتهایی میله حفاری درجایی که مصالح از طریق نازل به زمین تزریق می‌شوند) . این روش به دو شکل اجرا می‌شود :

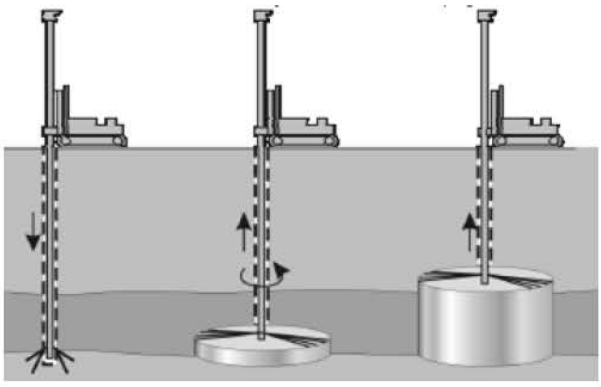
۱) استفاده از یک میله سه حلقه‌ای و حلقه گردان و یک ابزار خود حفار (SuperJet)

۲) استفاده از یک میله دو حلقه‌ای و حلقه گردان جدا اما نیاز به یک گمانه از پیش حفاری‌شده (SuperJet Midi)

این روش از مؤثرترین دستگاه‌ها برای پایداری و تثبیت می‌باشد یا درجایی که عملیات حاد می باشد ضروری است .

۲ . ۱ . روند ساخت ستون

روند ساخت به ترتیب عبارت است از : حفاری عمق طراحی - راه انداختن تزریق هوا با سرعت‌بالا و دوغاب سیمان با چرخش آهسته میله - بالا بردن میله تزریق همراه با افزایش مراحل (مراحل ارتفاعی به نوع خاک وابسته است) هنگامی‌که چرخش میله‌ها به‌آرامی می‌باشد – در تکمیل ستون ، سرعت تزریق و خارج کردن از زمین کاهش می‌یابد . شکل (۲) روند ساخت ستون را نشان می‌دهد.[12] ، [15 – 14] و [16]



شکل ۲ - روند ساخت ستون تزریق با فشار خیلی بالا

۲ . ۲ .کاربرد سیستم تزریق با فشار بسیار بالا

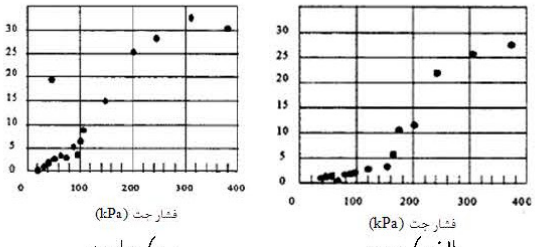
این سیستم کاربردهای پتانسیلی زیادی دارد که با استفاده از همپوشانی ستون‌ها می‌توان یک سیستم سازه‌ای برای تکیه‌گاه‌های قائم و جانبی سازه‌ها طراحی کرد مثل سیستم‌های آب‌بند زیرزمینی که می‌تواند توسعه یابد ، خاک‌های نرم که می‌تواند برای عملیات تونل سازی تثبیت شود ، سد و دیوار آب بندکن می‌تواند برای دسترسی به دستگاه‌های زیر سازه‌ای عمیق برای بازسازی یا اصلاح توسعه یابد و خاک‌هایی که در معرض روانگرایی می‌باشند می‌تواند تثبیت شود همچنین بدون چرخش میله‌های حفاری در طی بلند کردن ، یک قاب عریض می‌تواند به شکل یک سد عمودی که شامل آب زیرزمینی هست ، ساخته شود .[16]

۲. بررسی پارامترهای مؤثر بر روی تزریق تحت‌فشار

پارامترهایی مثل فشار، نرخ جریان، هوای فشرده و اثرات دیگر بر روی تزریق تحت‌فشار اثرگذار می‌باشد که به تفکیک موردبررسی قرارگرفته است که بدین شرح است :[2]

۳ . ۱ .اثر فشار

هنگامی‌که خاک با یک جت آب فشار بالا سائیده می‌شود ، فاصله سایش تا جائیکه فشار جت آب از مقاومت فشاری محدود نشده خاک بیشتر باشد ادامه پیدا می‌کند ، همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده‌شده است (ارتباط بین فاصله سایش و فشار جت کردن) به‌طورمعمول ، فشار آب بین ۳۰ و ۶۰ mpa برای یک خاک با سربار مثل سیلت ، ماسه ، غیره و بیش از ۲۰۰ mpa برای یک ساختار سنگی بکار برده می‌شود.



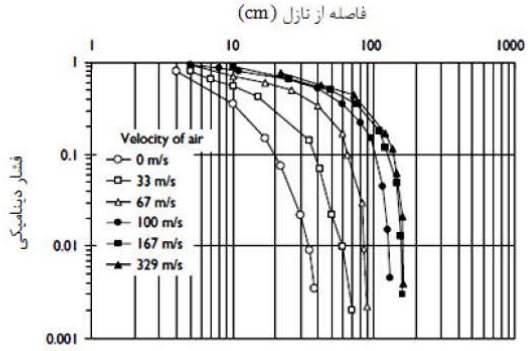
ب) ماسه الف) رس

شکل ۳ - ارتباط بین فاصله سایش و فشار جت کردن

۳ . ۲ .اثر نرخ جریان سیال

هنگامی‌که آب با فشار از داخل یک نازل دایره‌ای عبور می‌کند، می‌توان از معادله $m = m\sqrt{2g\,p_0V_0}$ (m بازده نازل و p_0 فشار اولیه نازل می‌باشد) استفاده کرد که از قانون بقای انرژی به دست می‌آید . اگر قطر نازل تغییر کند می‌توان نرخ جریان را از رابطه $\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$ به دست آورد .

با توجه به شکل(٤) در یک‌فاصله مشخص از نازل هرچقدر سرعت هوا بیشتر باشد فشار دینامیکی افزایش می‌یابد همچنین در یک فشار دینامیکی ثابت هرچقدر سرعت هوا بیشتر باشد فاصله سیال از نازل بیشتر است.



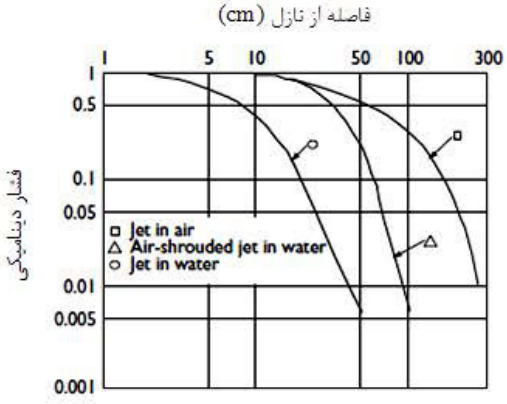
شکل ٤- ارتباط بین فشار دینامیکی آب و نرخ‌های جریان هوا بافاصله

۳ . ۳ .اثر هوای فشرده

تزریق با هوای فشرده دارای عملکرد بهتری می‌باشد اول اینکه به انرژی سایشی ماکزیمم می‌رسد همچنین اهمیت دیگر آن رساندن مواد اضافی به سطح زمین می‌باشد. پارامترهای مهم اثر هوای فشرده عبارت است از :

۳ . ۳ . ۱. اثر هوای فشرده احاطه‌کننده

یک جت آب به‌تنهایی نمی‌تواند باعث تقویت زمین شود . در این رابطه ،هوای فشرده‌شده احاطه‌کننده‌ی جت‌های مایع یک تکنیک اولیه در حذف کردن آب زیرزمینی اطراف جت‌ها هست ، بنابراین یک شرایط اتمسفری ایجاد می‌کند.



شکل ۵- ارتباط بین نرخ‌های فشار دینامیکی و فاصله از نازل در محیط‌های مختلف

این نمودار به‌وضوح قاعده جت کردن یک جت مایع با فشار 40mpa در سراسر یک نازل با قطر 2 mmرا نشان می‌دهد که می‌تواند به یک‌فاصله 3 m در هوا برسد که در آب به نیم متر کاهش می‌یابد ؛ به‌هرحال با اضافه هوای فشرده در اطراف جت آب ، تا حدود 1.1 – 1.2 m افزایش می‌یابد.

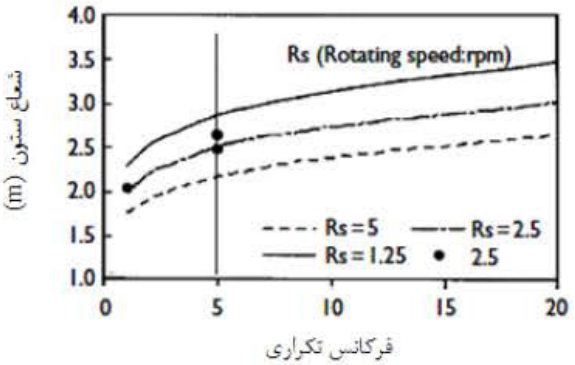
۳ . ۳ . ۲ . سرعت و حجم هوای فشرده

همان‌طور که قبلاً بیان شد، صرفاً وجود هوای احاطه‌کننده همیشه موفقیت‌آمیز نمی‌باشد ، اما باید یک سرعت بالاتر از نصف سرعت صوت را حفظ کند تا از تشکیل یک شرایط اتمسفری اطمینان حاصل شود ،که در شکل (٤) در رئوس نشان داده‌شده است . بعلاوه یک نازل هوا به شکل حلقوی یا دایره شکل اطراف نازل که شامل یک طول مستقیم مینیمم قبل از نقطه تخلیه هوا می‌باشد را احاطه کرده است . پهنای این حلقه تقریباً به ضخامت ۱ میلی‌متر می‌باشد که باید جریان هوای کافی تأمین شود و به هیچ ذره خارجی مثل ماسه اجازه حرکت به سمت بالا ندهد . هوای فشرده ممکن است که به‌وسیله یک کمپرسور با فشار کم در حدود به نرخ ۰/۷ مگا پاسکال برای کار در عمق بالای ۲۰ متر تولید شود .بهر حال یک کمپرسور با فشار زیاد برای مقاومت کردن در مقابل فشار آب زمین برای کارهای عمیق موردنیاز است.

۳ . ٤ . اثر سلامت جت دوغاب و فرکانس تزریق

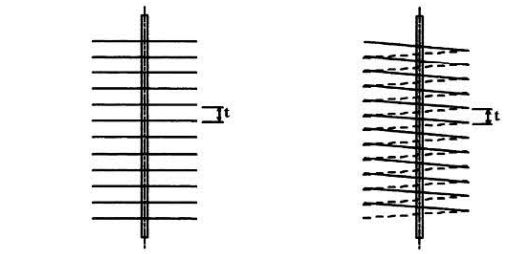
کیفیت مصالح و کار داخلی نازل به‌اندازه ابعاد و هندسه آن دارای اهمیت می‌باشد . علاوه به راین ، باید دقت کرد که حتی یک نازل کامل قبل از استفاده ممکن است به‌آسانی به دلیل آلودگی در جریان جت کردن و یا ذرات خارجی در خاک آسیب‌دیده باشد . اگر جت سالم باشد ، فیلم "حساسیت – فشار" ، یک حلقه با مرکز خالی را نشان می‌دهد که هسته جت انرژی سایشی کافی را در جهت نفوذ فیلم شناسایی می‌کند. برای یک جت معیوب ، فیلم یک خال رنگی بدون نفوذپذیری مرکزی را انعکاس می‌دهد (یک جریان آشفته) که شکل (٦) نمونه‌ای از جریان متمرکز و آشفته را نشان می‌دهد .

شکل ٦ - فیلم "حساسیت – فشار" جت‌های سالم و معیوب



شکل ۷ - نتایج تجربی برای دوره تکرار بهینه جت سایشی

شکل (۷) نتایج تجربی برای فرکانس تکرار بهینه‌ی جت سائیده شده را نشان می‌دهد که فرکانس‌های بیش از ۵ تا حدودی قطر ستون را افزایش می‌دهد. بلند کردن میله‌های جت در مراحل، چرخش لازم که یک عدد صحیح است را تهیه می‌کند که با یک بلند کردن ثابت ممکن نیست همان‌طور که در شکل زیر نشان داده‌شده است (روش‌های بلند کردن) . هر مرحله منطابق با قطر موردنظر می‌باشد : بهر حال ، تجربه عملی یک بلند کردن ۵ سانتی‌متری برای بیش از ۲ متر قطر را نشان می‌دهد ، و یک بلند کردن ۱۰ سانتی‌متری برای بیش از ٤ متر قطر ، که به‌طور بهینه افزایش می‌یابد . در شکل (۸) روش‌های بلند کردن میله مشاهده می‌شود .



۱) بلند کردن ثابت ۲) بلند کردن متناوب

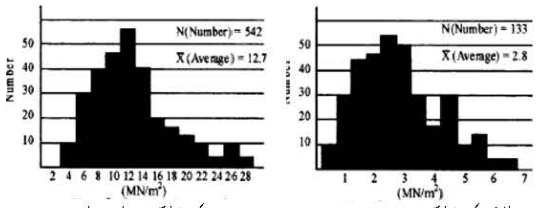
شکل ۸ - روش‌های بلند کردن میله

۳. پارامترهای طراحی برای مصالح تزریق تحت‌فشار

مقاومت زمین در نظر گرفته‌شده معمولاً بر اساس تستهای مقاومت فشاری محدود نشده بر روی نمونه‌های گرفته‌شده به‌وسیله مغزه گیری به دست می‌آید . هیستوگرام در شکل مقاومت‌های فشاری محدود نشده در خاک‌های دانه‌ای و چسبنده را نشان می‌دهد . انجمن تزریق تحت‌فشار ژاپن نمودارهای توزیع را به دست آورده است ، که طبق تعریف مقاومت فشاری محدود نشده برای طراحی مقدارهای قابل‌اطمینان مینیمم را که بین ۱ و ۳ درصد از کمترین مقدارها در کل گروه است را اتخاذ کرده است . این تعریف مقاومت‌های فشاری محدود نشده استاندارد را در زیر می‌دهد(نسبت آب به سیمان دوغاب‌امی‌باشد).[2]

مقاومت‌های فشاری محدود نشده ($qu = 1\ MN/m^2$)
(در زمین‌های چسبنده

(مقاومت‌های فشاری محدود نشده ($qu = 3\ MN/m^2$)
در زمین‌های دانه‌ای



الف) خاک چسبنده ب) خاک ماسه‌ای

شکل ۹ - مقاومت فشاری محدود نشده تجربی زمین‌های موردنظر

[1] Steady lift
[2] Intermittent lift
[3] Cross jets

٤. روش‌های اجرایی خاص در ستون‌های دوغابی تحت‌فشار

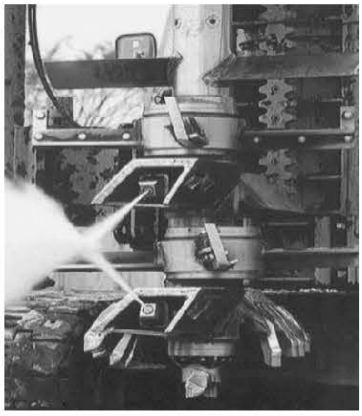
روش‌های اجرایی خاصی در ستون‌های دوغابی تحت‌فشار مورداستفاده قرار می‌گیرد که عبارت‌اند از :

۱ . ۵ . جت‌های متقاطع [3]

در سال ۱۹۸۰ روش جدیدی از تزریق بانام جت‌های دوگانه برخوردکننده ابداع شد که این جت‌های متقاطع با هر نوع محدودیت در قابلیت سایش برخورد می‌کند، بنابراین به یک قطر موردنظر دقیق بدون توجه به نوع خاک می‌رسد، که شکل زیر نمونه‌ای از جت‌های متقاطع می‌باشد. فرق بین جت‌های سنتی و برخوردکننده عبارت است از[2] :

۱) جت‌های غیر برخوردی : این روش ستؤن‌های با قطر متغیر در زمین‌های مختلف ایجاد می‌کند .

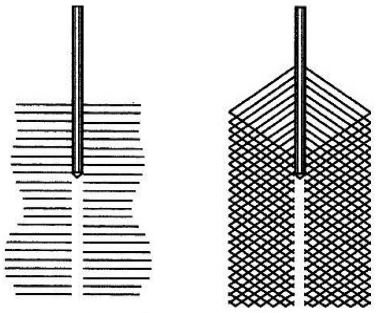
۲) جت برخوردی : این روش کیفیت[4] طراحی موردنیاز را افزایش می‌دهد .



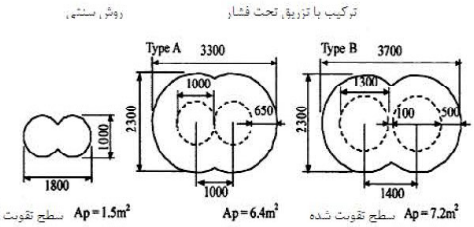
شکل ۱۰ – جت‌های متقاطع

[4] non-colliding jets
[5] Colliding jet

با تجهیز سر مته حفاری یا تیغه برای ایجاد تزریق برخوردی می‌توان به قفل‌شدگی بهینه دست‌یافت . بعلاوه این سیستم مخلوط در محل منجر به بیش از چهار برابر مدت‌زمان عملیات موردنظر با استفاده از تجهیزات مشابه می‌شود .[2].



شکل ۱۱ - جت‌های عرضی



شکل ۱۲ – مقایسه بین روش سنتی و ترکیبی از تزریق تحت‌فشار

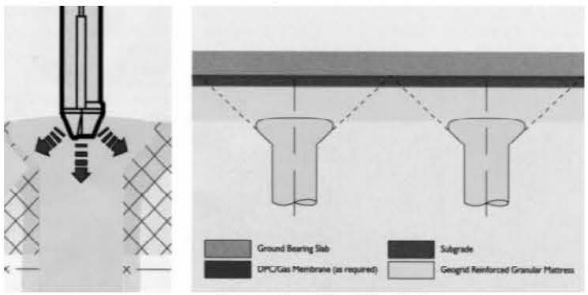
۵ . ۲ . مسلح کردن ستون‌های تزریق تحت‌فشار

همه ستون‌های خاک تقویت‌شده به‌وسیله هر سه روش تزریق تحت‌فشار می‌تواند با استفاده از میله‌های فولادی ، لوله‌های فولادی جدار ضخیم یا رشته‌های فولادی مسلح شوند . این تکنیک محدوده‌ای از کاربرد را اضافه می‌کند ، که در المان‌های سازه‌ای مانند شمع‌ها ، دیوارهای دیافراگم و مهارهای با ظرفیت بالا تولید می‌شود .

در اکثر این حالت‌ها میله‌ها یا لوله‌هایی می‌تواند به مرکز ستون به‌سرعت بعد از فاز جت کردن قرار داده شود . بهر حال هنگامی‌که تزریق تحت‌فشار در خاک‌های شامل شن یا سنگ انجام می‌شود ، قرار دادن میله‌ها یا لوله‌ها ممکن است غیرممکن به نظر آید ، در این حالت‌ها و درجاهایی که رشته‌های فولادی انعطاف‌پذیر قرار داده می‌شوند ، دوباره حفاری ستون معمولاً بعدازاینکه دوغاب تکمیل شد ، انجام می‌شود . بنابراین این فولادها به‌راحتی قرار داده می‌شوند و تزریق به داخل انجام می‌شود .[2] و [13]

۵ . ۳ . تقویت سرستون

تقویت سرستون باعث کاهش اثر برش پانچ می‌شود و می‌تواند باعث زاویه‌دار شدن تکیه‌گاه تماسی شود یا یک فشار تکیه‌گاهی یکپارچه در سراسر یک شبکه دانه‌ای تقویت‌شده زمین ایجاد کند که در شکل نشان داده‌شده است . [16]



شکل ۱۳ - تقویت سرستون

۵. بررسی عوامل نشست در کیلومتر ۳۱ پروژه راه‌آهن محور تهران - گرمسار

در محدوده کیلومتر 30 تا 31 راه‌آهن محور تهران - گرمسار، چند فرونشست موضعی در مجاورت محور راه‌آهن روی‌داده و نگرانی‌هایی از بابت تأثیر بر خط آهن ایجاد نموده است. مسیر را ه آهن تهران گرمسار به دلیل ارائه سرویس به قطارهای دو مسیر تهران - گرگان و تهران –مشهد ، یکی از پرترافیک‌ترین محورهای را ه آهن ایران می‌باشد . تردد قطارها در این محور به‌طور متوسط به بیش از 50 بار در شبانه‌روز می‌رسد . در محدوده موردمطالعه ساخت‌وسازها و مستحدثاتی وجود دارد که از آن میان می‌توان دو رشته کانال فیبر نوری که در کناره جنوبی خط آهن جدید و به‌موازات آن کشیده شده‌اند ، قنات‌های منطقه جنوب قرچک که قنات‌های ولی‌آباد ، قنات امین‌آباد و قنات نوذری را شامل شده و امتداد تقریباً شمالی – جنوبی دارند، تعداد دو حلقه چاه ، کانال دفع فاضلاب ، مجتمع‌های مسکونی در یال شمالی محور، دیواره‌های بتنی پیش‌ساخته که به‌عنوان حریم راه‌آهن در 15 متری از طرفین محور و به‌موازات آن نصب‌شده‌اند، را برشمرد[10 – 5] و [17].

۶ . ۱. زمین‌شناسی

محدوده موردمطالعه در پهنه غربی دشت ورامین یعنی در دامنه جنوبی ارتفاعات البرز مرکزی و در شمال کویر مرکزی ایران قرار دارد . این محدوده از نهشته‌های آبرفتی کواترنر پوشیده شده است .در بخش جنوبی محور را ه آهن که خارج از حدود ساخت‌وساز شهری قرار می‌گیرد، این آبرفت‌ها به‌خوبی مشاهده می‌شوند ، که به‌طور غالب از فرسایش و رسوب مجدد سازند کهریزک حاصل‌شده‌اند. در بررسی‌های مرحله اول، نوع خاک بستر سیلتی – رسی اعلام‌شده و برای این خاک‌ها مقدار چسبندگی $35 - 40\ kN/m^2$ پیش‌بینی‌شده بود .

٦ . ٢.طبقه‌بندی خاک

خاک منطقه به‌طورکلی در محدوده ریزدانه قرار دارد و از سیلت و رس تشکیل‌شده و قابل‌تغییر شکل به‌صورت گلوله‌های هم‌اندازه بوده و به دست نمی‌چسبد .این خاک دارای خاصیت خمیری کم است . نفوذپذیری کم، مقاومت برشی نسبتاً خوب، تراکم‌پذیری متوسط و مقاومت کم در برابر فرسایش را می‌توان از مشخصات مهندسی دیگر این خاک معرفی نمود . با توجه به منحنی دانه‌بندی ، خاک موردنظر را می‌توان جزء خاک‌های خوب دانه‌بندی شده به‌حساب آورد. برای پروژه حاضر می‌توان جنس خاک در حوزه تأثیر بار را در کلاس cl (در طبقه بندی یونیفاید) شاخص خمیری حدود 13 در نظر گرفت.

٦ . ٣.مشخصه‌های ژئوتکنیکی خاک

بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام‌شده روی نمونه‌های گرفته‌شده از محدوده موردمطالعه، پارامترهای ژئوتکنیکی خاک این محل مطابق با جدول (١) مشخص گردیده است .[17]

جدول ١ - مقادیر پارامترهای ژئوتکنیکی خاک در کیلومتر ٣١ محور گرمسار

مشخصه	واحد	مقدار تعیین‌شده پس از آزمایش
وزن مخصوص مرطوب (رطوبت طبیعی)	KN/m^3	γ_{wet} = 18.541
وزن مخصوص خشک	KN/m^3	γ_{dry} = 16.873
مدول الاستیسیته برای پی منفرد (با عرض یک متر)	KN/m^2	Es = 6370
نسبت تخلخل اولیه	%	Eo = 58.7
پوکی اولیه	%	No = 37
درجه اشباع اولیه	%	Sro = 45.65
حد انقباض	%	SL ≈ 12
حد خمیری	%	PL ≈ 21
حد مایع	%	LL ≈ 34
شاخص خمیری	%	PI = LL- PL= 13
میزان رطوبت طبیعی خاک نمونه‌برداری شده	%	Wn = 11
میزان رطوبت اشباع خاک	%	ws ≈ 23

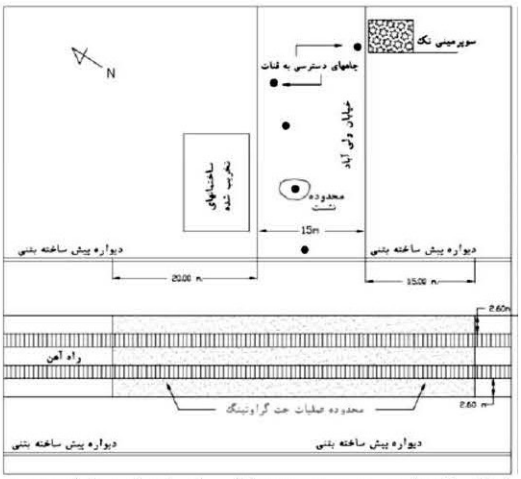
٦ . ٤. بررسی نشست در محدوده موردمطالعه

به‌طورکلی تغییر شکل‌های سطح زمین در منطقه موردمطالعه را می‌توان به تغییرات مصنوعی ناشی از فعالیت‌های حفاری در خاک، و تغییرات طبیعی ناشی از بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و یا ترکیبی از آن‌ها، دسته‌بندی نمود .در این مورد ، ریزش دیواره گالری قنات باعث مسدود شدن مجرای گذر آب‌شده و سطح آب زیرزمینی بالاآمده است . ابتدا بخشی از گالری قنات ولی‌آباد ریزش کرده و مجرای عبور آب در گالری‌های قنات را مسدود کرده است ,درنتیجه سطح آب زیرزمینی در محل موردنظر، ازجمله زیر پی ساختمان‌های آسیب‌دیده در انتهای خیابان ولی‌آباد قرچک، بالاآمده است .این تغییر تراز آب زیرزمینی باعث ایجاد شرایط ناپایدار و درنهایت فرونشست بخش سطحی خاک مناطق سست به‌ویژه در جوار میله‌های قنات شده است.

٦ . ٥.کاربرد تزریق تحت‌فشار در محدوده موردمطالعه

جنس زمین در محدوده موردمطالعه، خاک‌ریز دانه از نوع رس با نفوذپذیری به سیارکم بوده و سطح آب زیرزمینی در محل، بالا است .برای تحکیم و پایدارسازی بخشی از منطقه بحران یعنی حاشیه قنات ولی‌آباد در تقاطع با مسیر راه‌آهن می‌توان از تزریق تحت‌فشار و ایجاد یک سطح تقویت‌شده در زیر محور استفاده کرد . به این روش نیز باید به‌عنوان یک‌راه حل کوتاه‌مدت نگریست .زیرا با توجه به مسائل موجود در منطقه موردمطالعه، راه‌حل اساسی و درازمدت همان خشک اندازی و ترمیم مسیر قنات ولی‌آباد می‌باشد .اجرای جت گراوتینگ علاوه بر تأمین پایداری کوتاه‌مدت زیر پی و تثبیت موقت زیرسازی راه‌آهن، شرایط کار ایمن را برای پمپاژ و خشک اندازی و متعاقباً لایروبی و ترمیم قنات فراهم می‌آورد. تزریق در این روش معمولاً با استفاده از لوله مانشت صورت می‌پذیرد .لوله مانشت که در فواصل معین سوراخ‌کاری شده و سوراخ مزبور با قرار دادن نوار لاستیکی در دور لوله بسته می‌شود، پس از حفر گمانه در درون چاه قرار می‌گیرد .تزریق در گمانه از پایین به بالا

صورت می‌گیرد .برای تزریق نیز در هر مرحله بالا و پایین یک مقطع تزریق با استفاده از مسدودکننده‌ها کیپ شده و دوغاب با فشار به مقطع مزبور تزریق می‌شود .لاستیک دور سوراخ در اثر فشار بازشده و تزریق در مقطع مزبور صورت می‌گیرد. پس از هر مرحله تزریق می‌بایست زمان کافی جهت گیرش سیمان تزریق داده‌شده و سپس مرحله بعدی تزریق انجام پذیرد . شکل (۱۴) زیر محدوده موردنظر را برای انجام تزریق تحت‌فشار نشان می‌دهد .



شکل ۱۴- پلان محدوده موردنظر برای انجام عملیات تزریق تحت‌فشار

با توجه به پارامترهای هدف موردنظر در پروژه و شرایط و بافت خاک محل و همچنین نیازهای طرح ، پارامترهای تزریق با فشار بالا از قبیل سرعت‌بالا آمدن راد تزریق، سرعت چرخش رادها، عیار سیمان و بنتونیت، فشار آب، هوا، دوغاب و.... تنظیم و تعیین می‌شوند .ستون‌های حاصل از روش تزریق تحت‌فشار می‌توانند مقاطع مختلفی از دایره کامل تا قطاعی از دایره باشند. جدول (۲) مشخصات مخلوط حاصل از تزریق تحت‌فشار را نشان می‌دهد.

جدول ۲- حدود تقریبی مشخصات ستون‌های خاک سیمان در جت گراوتینگ

پارامتر	گستره مقادیر
مقاومت تک‌محوری	1/5 تا 30 مگا پاسکال
قطر ستون	0/4 تا 3 متر
نفوذپذیری	10^{-7} تا 10^{-6} سانتی‌متر بر ثانیه

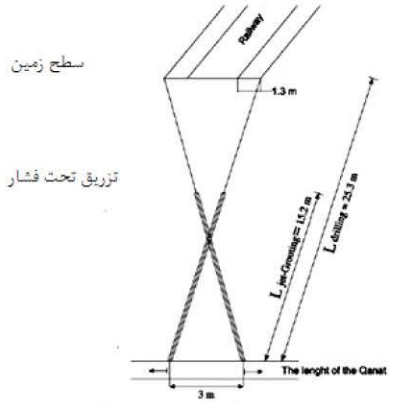
۶ . ۶. مزایای استفاده از روش تزریق تحت‌فشار

موارد استفاده از این روش به‌طور خلاصه عبارت‌اند از: تقویت پی - ایجاد المان آب‌بند در سدسازی یا گودبرداری - تثبیت پایداری گود - پایداری شیب و مقطع تونل جهت حفاری .

کارایی و قابلیت اجرایی این روش در طیف گسترده‌ای از آبرفت و حتی در سنگ‌های ضعیف، ایمن بودن اجرا، صرفه‌جویی در وقت و عدم آسیب‌رسانی به سازه‌های اطراف به لحاظ استفاده در محیط‌های شهری ازجمله مزایای مهم روش تزریق تحت‌فشار می‌باشند.

۶ . ۷. برآورد هزینه‌های طرح

شکل (۱۵) مقطع عملیات تزریق تحت‌فشار را برای محدوده موردمطالعه نشان می‌دهد. مطابق این طرح و پلان ارائه‌شده در شکل (۱۵) ، هزینه‌های اجرا به‌صورت جدول (۳) می‌باشد .



شکل ۱۵ - مقطع عملیات تزریق تحت‌فشار در محدوده موردمطالعه

جدول ۳ - برآورد هزینه‌های اجرای طرح تزریق تحت‌فشار در زیر محور راه‌آهن

توضیحات	مقدار	واحد
فواصل ستون‌ها -مرکز به مرکز	۱/۲	متر
تعداد ستون‌ها در هر طرف	۸۶	عدد
طول کل حفاری	۲۱۷۶	متر
طول کل تزریق	۱۳۰۷	متر
برآورد تقریبی کل کار حفاری و تزریق	۱۵۷۰	میلیون ریال

حفاری ۵ حلقه گمانه شناسایی به عمق ۲۰ تا ۲۵ متر به همراه بررسی شرایط ژئوتکنیکی و اخذ نمونه‌های دست‌نخورده	۸۰	میلیون ریال
کل هزینه‌ها	۱۶۵۰	میلیون ریال

٦. جمع‌بندي و نتيجه‌گيري نهايي

تزریق با فشار بسیار بالا می‌تواند یک ستون با قطر بیش از 5 m یا حتی 9 m در زمین‌های ضعیف‌تر به وجود می‌آورد که می‌تواند انرژی مصالح تزریق‌شده شامل دوغاب و هوا را متمرکز کند تا مقاومت برشی را افزایش دهد این روش می‌تواند حجم خاک موردنظر را ۲۰ برابر بزرگ‌تر از سیستم‌های قبلی سنتی ، تقویت کند . در تزریق تحت‌فشار پارامترهایی مثل اثر فشار ، نرخ جریان سیال ، اثر هوای فشرده و اثر سلامت جت دوغاب و فرکانس تزریق اثرگذار می‌باشند . همچنین با استفاده از تکنیک تزریق تحت‌فشار در خصوص خطوط ریلي موجود انجام بهسازي بستر بدون مسدود نمودن ترافیک ریلي امکان‌پذیر است.

مراجع

[1] US Army Corps of Engineers “Geotechnical Investigations”

[2] M.P.Moseley and K.Kirsch “Ground Improvement”

[3] V.R .Raju Keller (M)Sdn .Bhd., Malaysia “Ground Improvement Techniques for Railway Embankments”

[4] I .Yoshitake a, K .Nakagawa a, T .Mitsui b, T . Yoshikawa b, A .Ikeda c “ An evaluation method of ground improvement by jet-grouting”

[5] W .Robert Thompson, III,1 M.ASCE, P.E., Jeffrey R .Hill,2 M.ASCE, P.E., and J .Erik Loehr,3 M.ASCE, Ph.D., P.E.“Value Engineering of Driven H-Piles for Slope Stability on the Missouri River”

[6] Emilio M .Morales MSCE EM2A Partners & Co Quezon City, MM (Philippines) “SETTLEMENT OF A LIGHT RAIL PIER SUPPORTED ON LARGE DIAMETERBORED PILES REMEDIATED BY JET GROUTING”

[7] S .Coulter, C.D .Martin “Effect of jet-grouting on surface settlements above the Aeschertunnel, Switzerland”

بررسی و مدل‌سازی جریان هوای تهویه داخل قطار مترو در زمان شتاب گیری

محمدرضا طلایی[1]، علی کبیری[2]،بهتش حکیم زاده[3]، محمدابراهیمی[4]

[1]استادیار دانشکده راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران؛ mrtalaee@iust.ac.ir

[2]کارشناس ماشین‌های ریلی دانشکده راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران؛alikabiri1994@gmail.com

[3]دانشجو کارشناسی ارشد ماشین‌های ریلی دانشکده راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران؛ Behtash.hakimzadeh@gmail.com

[4]کارشناس ارشد ماشین‌های ریلی دانشکده راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران؛ mohammad2883@gmail.com

چکیده

به هنگام شتابگری و ترمز گیری قطارهای AC در متروی تهران ،که امکان حرکت هوا مابین واگن‌ها وجود دارد، پدید جابجایي هوا قابل‌مشاهده است. زماني که قطارهای دارای واگن‌های کوری دوری (قطارهای AC نسل جدید) شروع به حرکت می‌کنند و شتابگری خود را آغاز می‌کنند به نظر می‌رسد که جریان هوایي از ابتدای قطار آغاز می‌شود و به سمت انتهای قطار حرکت می‌کند و همچنین در عمل ترمز گیری نیز این پدیده به‌صورت برعکس رخ می‌دهد این پژوهش به بررسي اثر شتابگری اولیه قطار و همچنین ترمز گیری در هنگام رسیدن به ایستگاه بر روی هوای محبوس شده درون واگن‌های مترو کوریدوری و به دست آوردن پروفیل سرعت جریان هوا داخل واگن‌های مترو می‌پردازد. در ابتدا مدل‌سازی نرم‌افزاری و حل عددی با نرم‌افزار فلوئنت انجام‌گرفته و سپس اندازه‌گیری میدانی و تست در مقیاس واقعی در واگن مترو، برای اثبات صحت نتایج مدل‌سازی و حل نرم‌افزاری انجام پذیرفت. در پایان با ارائه پروفیل سرعت جریان هوا در شتاب گیری ، سرعت ثابت و ترمز گیری قطار مترو در مقیاس واقعی (در حدود ۱/۵ تا ۲ متر بر ثانیه) و بررسی نتایج حاصل، مقیاس خوبی از سرعت جریان هوا در واگن‌های قطار مترو کوریدوری با توجه به‌شتاب سرعت‌گیری و ترمز گیری ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی: واگن‌های مترو کوریدوری ، اندازه‌گیری میدانی ، شبیه‌سازی نرم‌افزاری ،پروفیل سرعت جریان هوا

۱- مقدمه

به هنگام شتابگری و ترمز گیری قطار مترو دارای اتاقک سرا سر ،که مابین واگن‌ها راهرو (گنگ وی) قرار دارد و امکان حرکت هوا مابین واگن‌ها وجود دارد، پدید جابجایي هوا قابل‌مشاهده است. زماني که قطارهای گنگ وی دار شروع به حرکت می‌کنند و شتابگری خود را آغاز می‌کنند به نظر می‌رسد که جریان هوایي از ابتدای قطار آغاز می‌شود و به سمت انتهای قطار حرکت می‌کند و همچنین در عمل ترمز گیری نیز این پدیده به‌صورت برعکس رخ می‌دهد.

این جریان هوا ناشي از حرکت با شتاب واگن‌ها است، و به دلیل خاصیت اینرسیال هوای درون قطار رخ می‌دهد. به‌طوری‌که در واقعیت هوای درون قطار از دیواره‌های قطار جامانده و نمی‌تواند به‌طور کامل خود را با سرعت دیواره منطبق نماید. این پدیده در تئوری‌های سیالاتی به

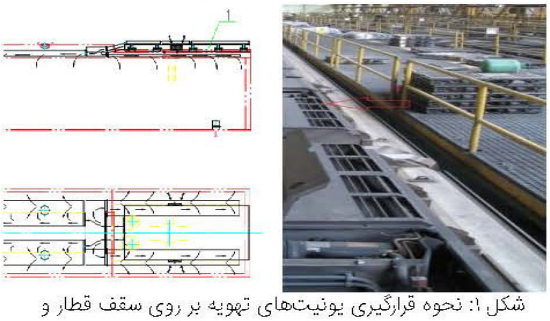
پدیده کوئت معروف است. شکل این جریان ازاین‌جهت حائز اهمیت است که تأثیر بسیار زیادی بر عملکرد سیستم تهویه ، مصرف انرژی ، هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ، راحتی سفر و بسیاری از پارامترهای دیگر دارد. با جستجو در بین منابع علمی منتشرشده می‌توان گفت در سطح مقالات علمي موجود و حتي تحقیقات تجربي در این زمینه فعالیتی صورت نگرفته است و این تحقیق یک پژوهش نو درزمینه اثرگذاری شتابگری اولیه قطار بر سیستم تهویه است.

۱-۱- معرفی سیستم تهویه واگن قطارهای مترو

در این بخش صرفاً سیستم تهویه مطبوع قطارهای AC در متروی تهران معرفی می‌شود. واگن‌های این سری قطارها به کمک اتصالات آکاردئونی موسوم به GANGWAY به هم متصل بوده و یک دالان بلند یکپارچه را تشکیل می‌دهند. هر واگن مجهز به دو واحد تهویه مطبوع است که هرکدام در دو انتهای یک واگن بر روی سقف نصب گردیده‌اند.

در شکل ۱ قسمت‌های مختلف سیستم تهویه قابل‌مشاهده است. همان‌گونه که در این شکل شما تیک مشخص است گردش هوای داخل واگن از طریق دو مجرای ورودی به یونیت تهویه که دقیقا در زیر هر یونیت (بر روی سقف) قرار دارد و سپس کانال‌ها (داکت های) خروجی که به‌صورت دو مجرای موازی در سرتاسر واگن کشیده شده‌اند انجام می شود. همچنین جانمایی کلاهک های هواکش سقفی (۶ عدد در هر واگن) و

دریچه و فن تخلیه هوای ا ضطراری در کف واگن (۲ عدد در دو انتهای هر واگن) قابل‌تشخیص است.



شکل ۱: نحوه قرارگیری یونیت‌های تهویه بر روی سقف قطار و جانمایی سیستم تهویه مطبوع و تجهیزات جانبی آن در یک واگن : ۱- یونیت تهویه ۲- داکت اصلی هوای خروجی از سیستم تهویه ۳- دریچه هوای بازگشتی به یونیت تهویه ۴- کلاهک‌های هواکش سقفی ۵- فن هواکش کف واگن

همچنین در شکل ۲ می‌توان دریچه ورودی هوا به سیستم تهویه (از داخل سالن) و داکت های خروجی هوا را دید.

شکل ۲: دریچه‌های هوای داخل سالن : ۱- دریچه هوای برگشتی به سیستم تهویه ۲- داکت های هوای خروجی سیستم تهویه به داخل سالن که به‌صورت موازی در راستای طولی واگن از ابتدا تا انتها قرار دارند.

شکل ۳ نیز نمایی از سالن داخلی و راهرو بین واگن‌های قطار مترو را نشان می‌دهد که جریان هوای تهویه از طریق این راهروها در تمامی طول قطار جریان دارد.

شکل ۳: راهرو بین دو واگن قطار

۲- مروری بر کارهای گذشته

به‌صورت تئوری جریان کوئت در مقالات زیادی موردبررسی قرارگرفته و با حل معادلات حاکم بر این جریان به‌صورت عددی، معادله سرعت و همچنین پروفیل‌های سرعت در این جریان در مدل‌های ساده‌شده به‌دست‌آمده است. در [1] به‌صورت عددی جریان آرام در یک کانال مکعبی با دیواره‌های متحرک به‌دست‌آمده است، در این مقاله معادله ناویر استوکس سه‌بعدی حاکم بر جریان با روش گردابه-سرعت حل گردیده است و نتایج مربوط به سرعت ف شار و دمای جریان عبوری از کانال ارائه گردیده و در حالات مختلف مقایسه گردیده ا ست.[2] نیز به برر سی پروفیل سرعت جریان سیال در جریان شدید اغتشاشی تیلور-کوئت پرداخته است، آن‌ها با در نظر گرفتن معادلات ناویر استوکس برای سیال اطراف یک رتور گردان درون یک محفظه استوانه‌ای و استفاده از روش‌های عددی و با در نظر گرفتن سرعت دورانی برای رتور، پروفیل سرعت سیال را اعداد تیلور مختلف نسبت به فا صله از دیواره به د ست آوردند . [3] به بررسی اهمیت گردابه های به وجود آمده اطراف یک سیلندر دوار درون یک محفظه بر روی ضریب ک شش سیال واقع در آن میپردازد و نتایج حائز اهمیتی در اعداد رینولدز مختلف برای تاثیر این گردابه ها روی ضریب ک شش در جریان تیلور-کوئت به د ستاوردها ست.[4] با برر سی ساختارها و مکانیزم های دینامیک آماری حاکم بر مدل اغتشاشی جریان روی یک صفحه، نتایجی شامل انرژی و همچنین پروفیل سرعت جریان را به دست آورده که به‌خوبی پدیده‌ی اغتشاش در این نوع جریان را ن شان می‌دهد.[5] نیز با روش عددی به برر سی آماری اغتشاش در یک کانال با اعداد رینولدز بالا می‌پردازد و پارامترهای موثر بر سرعت جریان و همچنین پدیده‌ی افزایش اغتشاش و به وجود آمدن گردابه را موردبرر سی و تحقیق قرار می‌دهد.[6] به شبیه‌سازی جریان هوای درون قطارهای راه‌آهن آلمان پرداخته است که مطابق نتایج به‌د ست‌آمده قسمت اعظم هوای ورودی به سالن به‌موازات سقف از ق سمت بالایی واگن به سمت درهای ورودی حرکت کرده و بخش دیگری نیز از همین مسیر به سمت دریچه‌های مکش تعبیه شده در سقف مکیده می‌شود. بنابراین قسمت کمی از هوای تازه تولیدشده به قسمت مطلوب مسافری می‌رسد .

۳- شبیه‌سازی نرم‌افزاری

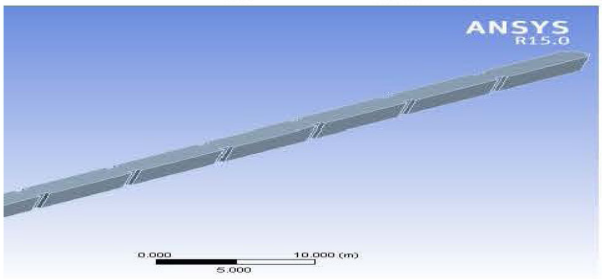
۳-۱- مشخصات مدل قطار شبیه‌سازی‌شده

تمام واگن‌های قطار با طول تقریبی ۱۴۰ متر (۷ واگن ۲۰ متری) در بخش مدل‌سازی نرم‌افزار فلوئنت و به‌صورت ساده‌سازی شده، مدل‌سازی و آماده تحلیل‌شده است.

جدول ۱: ابعاد مدل ساخته‌شده در نرم‌افزار فلوئنت

ارتفاع سطح مقطع راهرو (متر)	عرض سطح مقطع راهرو (متر)	ارتفاع قطار(متر)	عرض قطار (متر)	طول قطار (متر)
1.90	1.30	2.10	1.90	۱۴۰

در شکل ۴، مدل اولیه ساخته‌شده قابل‌مشاهده است.



شکل ۴: مدل ساخته‌شده در فلوئنت

۲-۳- اعمال جنس موردنظر برای بدنه قطار و تعیین مشخصات هوای درون واگن‌ها

جنس بدنه قطار همان‌طور که در واقعیت از آلومینیوم تشکیل شده است، در شبیه سازی نیز آلومینیوم در نظر گرفته شد.همچنین برای هوای درون واگن، مشخصات هوای استاندارد در شرایط متعارفی در نظر گرفته شد.

جدول 2: مشخصات فیزیکی هوای استاندارد در شرایط متعارفی در نرم‌افزار فلوئنت

لزجت دینامیکی (کیلوگرم بر متر ثانیه)	ضریب انتقال حرارت (وات بر متر کلوین)	ظرفیت گرمایی ویژه (ژول بر کیلوگرم کلوین)	چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)
1.7864×10^{-6}	۰/۰۲۴۲	۱۰۰۶/۴۳	۱/۲۲۵

۳-۳- مش بندی

۱-۳-۳- روش حجم محدود

روش حجم محدود اختصار FVM نامیده می‌شود، یکی از روش‌های عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل است. روش حجم محدود درواقع نوعی از روش المان محدود است که در آن روش تقریب این انتگرال‌ها با روش اجزاء محدود متفاوت است. این روش بیشتر برای حل مسائل دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)وانتقال حرارت مناسب است. نرم‌افزار فلوئنت از این روش پیروی می‌کند.

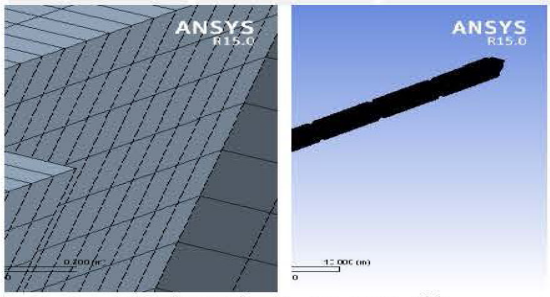
درروش حجم محدود مدل موردنظر به حجم‌های گسسته‌ای تقسیم‌بندی می شود و حلگر در مرحله تمام معادلات را برای هر حجم محدود در دامنه‌ی حل، حل می‌کند.

۲-۳-۳- مش ریزی

سایز المان موردا ستفاده ۱۰ سانتی‌متر شامل ۵۴۱۴۳۳ عدد المان و ۵۹۹۳۰۲ گره است.

جدول ۳: مشخصات مش زده‌شده در نرم‌افزار فلوئنت

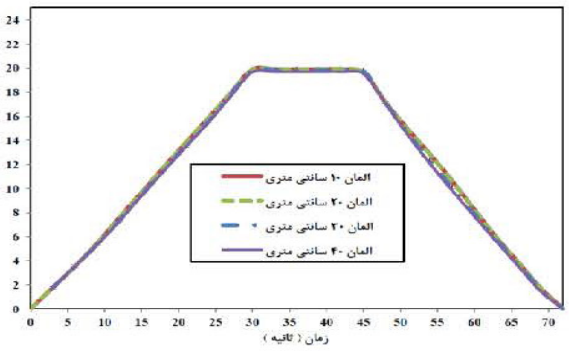
کیفیت متوسط المان‌ها	المان	گره
۰/۹۹۹۵	۵۴۱۴۳۳	۵۹۹۳۰۲



شکل ۵: مدل مش ریزی شده در فلوئنت

۳-۳-۳- استقلال پاسخ از اندازه المان (حساسیت سنجی نسبت به مش)

برای به دست آوردن اندازه مش مناسب جهت گرفتن پاسخ دقیق از نرم‌افزار فلوئنت، یکی از خروجی های موردنظر یعنی مقادیر سرعت جریان هوا در نقطه و سط سطح مقطع انتخابی $(x = 0.65\ m, y = 0.95\ m)$ از شروع حرکت تا توقف کامل با اندازه‌ی المان های متفاوت در شکل ۶ رسم شده است؛ که همان‌طور که در شکل مشخص است از اندازه مش $20\ cm$ به پایین پاسخ نرم‌افزار تغییر نمی‌کند و نشان‌دهنده این است که مش انتخابی ما $(10\ cm)$ مناسب برای انجام شبیه‌سازی در نرم‌افزار است.



شکل ۶: نمودار استقلال نتایج از اندازه المان‌ها

۴-۳- شرایط مرزی اعمالی به مدل

به‌صورت کلی شرایط مرزی در نرم‌افزار فلوئنت در دو گروه قرار می‌گیرند:

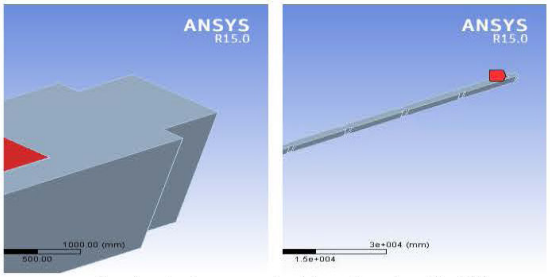
- مرزهای یک‌طرفه (خارجی)
- مرزهای دوطرفه (داخلی)

در این پژوهش به علت شـــبیه‌ســـازی جریان داخلی از شرایط یک‌طرفه استفاده می‌شود.

مرزهای یک‌طرفه و یا خارجی ، مرزهایی هستند که تنها در یک سمت آن‌ها دامنه حل قرارگرفته است و سمت دیگر آن‌ها با دامنه حل در ارتباط نیســـت. ورودی‌ها، خروجی ها و دیوارهای یک‌طرفه، نمونه هایی از این مرزها هستند.

۳-۴-۱- شرط مرزی فشار ورودی

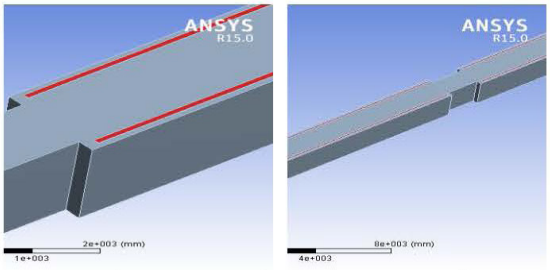
در مورد شبیه سازی درون مسیرهای طویل و در مقیاس بزرگ (مانند مسئله موردنظر) می‌توان مقدار فشار کل در ورودی را برابر فشار استاتیکی در دورد ستی که فاقد جریان اســت در نظر گرفت. با توجه به ویژگی‌های بالا و همخوانی آن با شرایط واقعی مسئله شرط مرزی ورودی مدل موردبررسی در حالت روشن نبودن سیستم تهویه، شـــرط فشـــار ورودی در ابتدا قطار روی ســـقف انتخاب گردید.



شکل ۷: مرز ورودی مدل بدون سیستم تهویه روشن

۳-۴-۲- شرایط مرزی سرعت ورودی

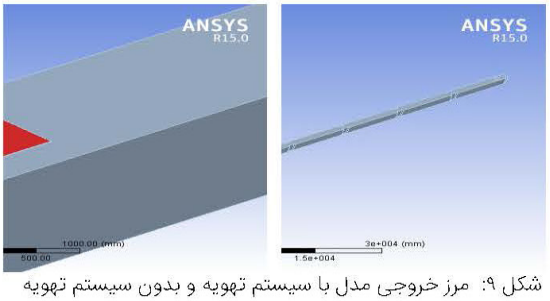
در حالت روشن بودن سیستم تهویه برای دقیق شدن مدل علاوه بر شرط فشار ورودی در ابتدا قطار روی سقف از شـــرط ســـرعت ورودی درروی ســـقف قطار و در طول ســـقف نیز اســـتفاده‌شـــده اســـت، ســـرعت ورودی هوای سیستم تهویه بناتر اندازه‌گیری میدانی در حدود یک متر بر ثانیه در نظر گرفته‌شده است.



شکل ۸: مرز ورودی مدل با سیستم تهویه روشن

۳-۴-۳- شرط مرزی فشار خروجی

با توجه به ویژگی‌های بالا و همخوانی آن با شـــرایط واقعی مســـئله برای شـــرط مرزی خروجی مدل در حالت روشـــن بودن یا نبودن ســـیســـتم تهویه از شـــرط فشـــار خروجی در انتها قطار روی سقف استفاده گردیده است.

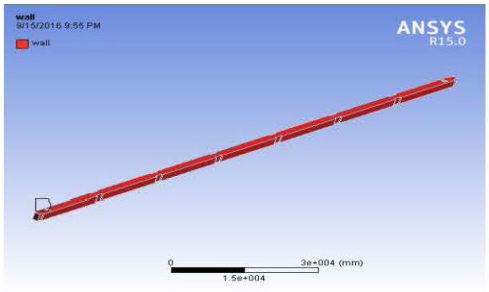


شکل ۹: مرز خروجی مدل با سیستم تهویه و بدون سیستم تهویه روشن

۳-۴-۴- دیواره

۳-۴-۴-۱- توابع تعریف‌شده توسط کاربر UDF

در شـــبیه‌ســـازی انجام‌شـــده از یک کد UDF(User Defined Function) به‌منظور تعیین ســـرعت دیواره در هرلحظه استفاده گردید تا در مدل شبیه سازی شده کاملاً فرآیند حرکت قطار مدل شود.



شکل 10: دیواره‌های مدل

۳-۵- تنظیمات حلگر در نرم‌افزار فلوئنت

برای نشـــان دادن رفتار لایه‌مرزی، کنترل ارتفاع اولین ســـلول مجاور دیواره ضـــروری اســـت. بســـته به مدل آشـــفتگی و جزئیات موردنیاز از لایه‌مرزی، ارتفاع مجاور دیواره متفاوت خواهد بود.در اینجا هدف اســـتفاده از مدل $k-\varepsilon$ با بهره‌گیری از wall در فواصل بسیار نزدیک به دیواره اســـت. و با توجه به میزان رینولدز و همچنین هندســـه مدل و دقت موردنیاز در شـــبیه‌ســـازی مدل Realizable $k-\varepsilon$ انتخاب گردید.

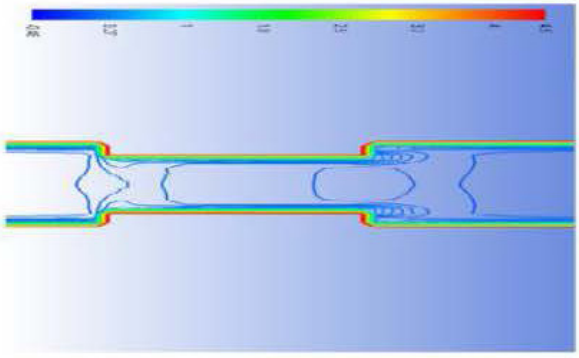
۴- آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های میدانی

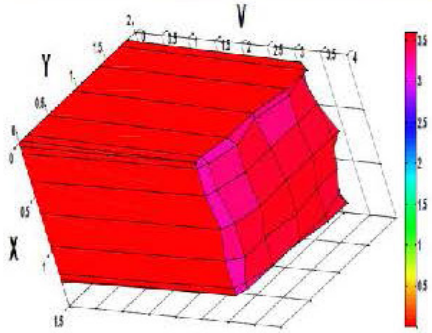
روش انـــدازه‌گیری میـــدانی یکی از قـــدیمی‌ترین و قابل‌اعتمادترین شـــیوه های علمی برای اثبات دقت یافته‌های علمی است و به‌منظور بررسی درستی نتایج شـــبیه‌ســـازی نرم‌افزاری در این مقاله انجام‌شـــده اســـت. جهت اندازه‌گیری پروفیل ســـرعت جریان ســـیال (هوا) داخل قطار مترو در زمان شتاب گیری، با توجه به وجود المان های مختلف ازجمله صـــندلی های مســـافری، دیوارک‌های جداکننده، هند ریل‌های کمکی، کابینت‌های کنترلی و ... لازم بود قســـمتی از ســـطح مقطع قطار که حداقل قطعه تداخل کننده در شـــکل جریان هوا رادار است، انتخاب گردد.

شکل۱ : بدنه مدنظر رفته جهت اندازه‌گیری سرعت جریان هوا و محل انجام اندازه‌گیری‌ها داخل قطار

۵- نتایج و بحث

نکته قابل‌توجه در مورد سرعت‌های ثبت شده این است که باید توجه داشت با توجه به اینکه این اندازه‌گیری‌ها درون قطار انجام‌گرفته، سرعت جریان هوا نسبت به‌سرعت لحظه‌ای قطار سنجیده شده لذا اگر از دید ناظر بیرونی سرعت‌ها موردنظر باشند، باید سرعت قطار در لحظه موردنظر محاسبه گردیده و با این اعداد جمع گردد.

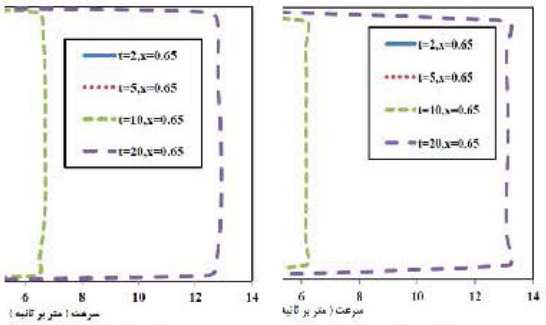




شکل 2 : پروفیل سه‌بعدی (اندازه‌گیری میدانی) سرعت جریان هوا در $t = 5\ s$

۵-۱- مقایسه نتایج به‌صورت دوبعدی

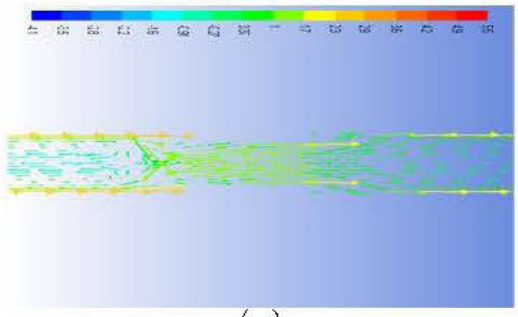
شکل۱۳(الف) پروفیل دوبعدی سرعت جریان هوای داخل واگن حاصل از شبیه‌سازی نرم‌افزاری در ارتفاع سطح مقطع در عرض $x = 0.65\ m$ در چهار زمان متفاوت از شروع حرکت را نشان می‌دهد، که با افزایش زمان سرعت جریان هوای داخل واگن‌ها نیز افزایش میابد.



(ب) (الف)

شکل ۱۳: پروفیل دوبعدی سرعت جریان هوای داخل واگن حاصل از(الف)- شبیه‌سازی نرم‌افزاری ، (ب)- اندازه‌گیری‌های میدانی در عرض سطح مقطع در ارتفاع $x = 0.65\ m$ در چهار زمان متفاوت از شروع حرکت

همچنین شکل۱۳ (ب) پروفیل دوبعدی سرعت جریان هوای داخل واگن حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی در ارتفاع سطح مقطع در عرض $x = 0.65\ m$ در چهار زمان متفاوت از شروع حرکت را نشان می‌دهد، که همانند نتایج بالا با افزایش زمان سرعت جریان هوای داخل واگن‌ها نیز افزایش میابد و انطباق خوبی نیز با روند نتایج بالا را نشان می‌دهد.

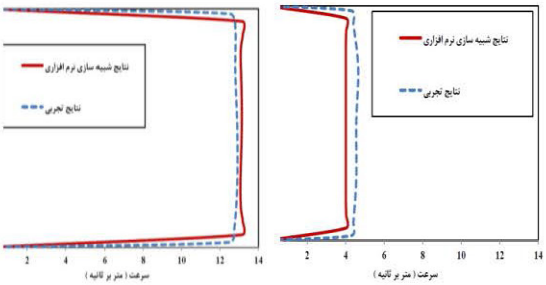


(ب)

شکل ۱۴: (الف)- شمارگر دوبعدی سرعت و (ب)- بردار سرعت جریان هوای داخل واگن در طول سطح مقطع در ارتفاع $\mathbf{x = 0.65\ m}$ در زمان $\boldsymbol{t = 5\ s}$

در شکل ۱۴ (الف) شمارگر دوبعدی سرعت جریان هوای داخل واگن در طول سطح مقطع در ارتفاع $x = 0.65\ m$ در زمان $t = 5\ s$ از شروع حرکت قابل‌مشاهده است که خوبی روند همراه شدن جریان هوای داخل با دیواره‌ی قطار را نشان می‌دهد به‌طوری‌که با افزایش زمان، سرعت هوای درون واگن‌ها شکل سهموی خود که ناشی از حرکت بدنه قطار و جامانده هوا در وسط و همراه شدن در نزدیکی‌های دیواره را به‌خوبی به خود گرفته است. همچنین شکل ۱۴ (ب) بردار سرعت جریان هوای داخل واگن در طول سطح مقطع در ارتفاع $x = 0.65\ m$ در زمان $t = 5\ s$ از شروع حرکت را نشان می‌دهد که این بردارها نیز به‌خوبی روند همراه شدن جریان هوای داخل با دیواره‌ی قطار را نشان می‌دهد .

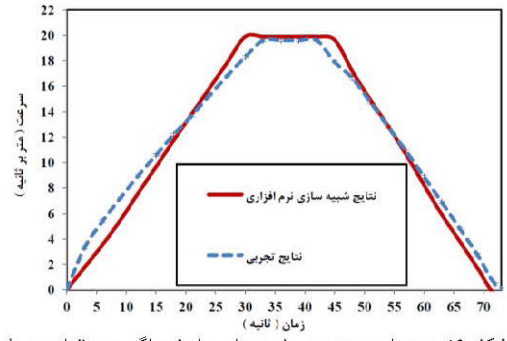
در شکل ۱۵ در لحظات مختلفی از شروع حرکت و دربرش یکسانی از سطح مقطع انتخابی نتایج برای هر دو حالت شبیه‌سازی نرم‌افزاری و اندازه‌گیری میدانی جهت مقایسه در کنار هم رسم گردیده‌اند و همان‌طور که مشخص است نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها با تقریب بسیار خوبی – به‌خصوص در لبه‌ها و همچنین در سرعت‌های بالا – بسیار به مقادیر پیش‌بینی شده حاصل از شبیه سازی نرم‌افزاری نزدیک است.



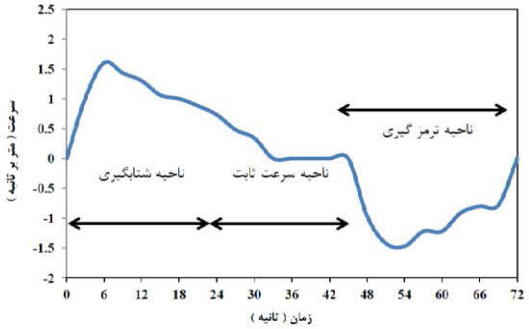
شکل ۱۵: پروفیل سرعت جریان هوا در لحظه (الف)- $t = 5\ s$ و (ب)- $t = 20\ s$ دربرش عرضی $x = 0.65\ m$

۲-۵- بررسی نتایج مربوط به‌کل یک‌فاز حرکت (شروع حرکت تا توقف کامل)

تا اینجا تمام مراحل مربوط به‌اندازه گیری‌ها و مقایسه نتایج علمی و عملی معطوف به محدوده‌ای از حرکت قطار بود که با شتاب ثابت مثبت انجام می‌گرفت. به بیان ساده‌تر تمرکز ما بر روی بازه حرکتی از شروع حرکت تا سرعت $70\ km/h$ بود که با شتاب ثابت $0.7\ m/s^2$ انجام می‌پذیرد. در این مرحله جهت نشان دادن دقت مدل‌سازی و نزدیکی بسیار خوب مقادیر عملی و شبیه سازی کل یک‌فاز حرکتی موردبرر سی قرار می‌گیرد. منظور از یک‌فاز کامل حرکت، شروع حرکت از لحظه $t = 0$ و سرعت $v = 0$ با شتاب ثابت $0.7\ m/s^2$ تا سرعت ۷۰ km/h ، ادامه حرکت با همین سرعت (شتاب صفر) و سپس آغاز ترمز گیری با شتاب ثابت $-0.6\ m/s^2$ تا توقف کامل است. شکل ۱۶ مربوط به مقادیر سرعت جریان هوا در نقطه وسط سطح مقطع انتخابی $(x = 0.65\ m, y = 0.95\ m)$ از شروع حرکت تا توقف کامل است. همان‌طور که مشخص است مقادیر واقعی و شبیه سازی بسیار به یکدیگر نزدیک می‌باشند. شکل ۱۷ مقادیر اندازه‌گیری شده توسط دستگاه را به‌صورت پیوسته از لحظه شروع نسبت به جهت حرکت نمایش می‌دهد، شکل کلی این نمودار مطابق پیش‌بینی شبیه‌سازی می‌باشد.



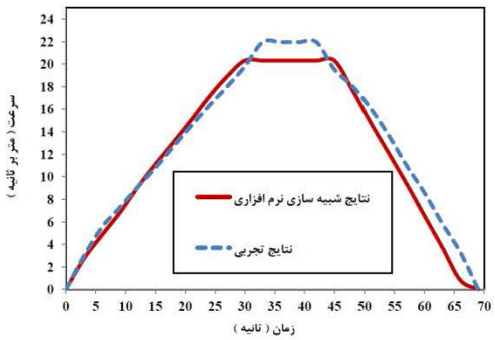
شکل ۱۶: نمودار سرعت جریان هوای داخل واگن در نقطه وسط سطح مقطع از لحظه شروع حرکت تا توقف کامل



شکل ۱۷: نمودار سرعت جریان هوای اندازه‌گیری شده در نقطه وسط سطح مقطع از لحظه شروع حرکت تا توقف کامل به‌صورت پیوسته (نسبت به مرجع حرکت)

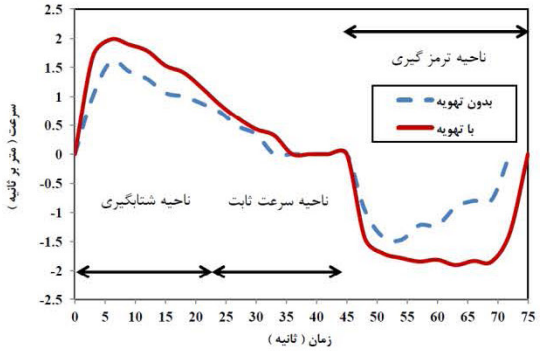
نکته دیگری که از استخراج این نمودارها قابل‌ملاحظه است، مطابق شکل ۱۷ افت سرعت جریان هوا در بخش اول حرکت یعنی زمان شتابگیری است. بر طبق محاسبات انجام شده انتظار داریم مادامی‌که حرکت با شتاب ثابت انجام شده و سرعت قطار در حال افزایش است، سرعت جریان هوا نیز به شکلی متناسب افزایش یابد. با دقت در شکل ۱۷ و بخش مربوط به ناحیه شتاب گیری در این شکل می‌بینیم که این افزایش سرعت به‌طور متناسب در ثانیه‌های ابتدایی صورت گرفته ولی بعد از مدتی علیرغم ادامه داشتن حرکت با شتاب ثابت و افزایش سرعت قطار، سرعت جریان هوای داخل قطار ابتدا ثابت شده و سپس کمی کاهش می‌یابد و بسته بودن دو انتهای قطار احتمالاً باعث می‌گردد بعد از گذشت چند ثانیه از شروع حرکت، به دلیل اشباع شدن اتاقک انتهایی (نسبت به اتاقک ابتدایی که به سمت جلو حرکت می‌کند) و افزایش فشار در انتهای قطار، جریان هوا با کاهش سرعت ادامه یابد. فاکتور دیگری که می‌تواند بر روی پدیده جریان هوای داخل قطار تأثیر بسزایی داشته باشد، عملکرد سیستم تهویه است. ازآنجایی‌که عملکرد سیستم تهویه می‌تواند باعث ایجاد تغییرات زیادی در نتایج شود، اندازه‌گیری‌های انجام‌شده را یک‌بار در حالت روشن بودن سیستم تهویه تکرار می‌کنیم تا با مقایسه نتایج در این حالت میزان انحراف از نتایج ریاضی را

مشاهده نماییم. شکل ۱۸ تکرار آزمایش مربوط به شکل ۱۶ در شرایط کاملاً یکسان و صرفاً با روشن بودن سیستم تهویه قطار است. مشاهده می‌شود که در کل میزان تغییر نتایج اندازه‌گیری شده نسبت به حالت تهویه خاموش خیلی کم بوده و ضمن افزایش سرعت جریان هوا در حالت شتاب گیری (مثبت و منفی)، در ناحیه سرعت ثابت، جریان هوای کمی شدیدتری را شاهدیم. به‌منظور بررسی دقیق‌تر تأثیر سیستم تهویه روشن روی پروفیل سرعت هوا درون واگن‌ها، شبیه سازی نرم‌افزاری جدیدی در حالت تهویه روشن در نرم‌افزار فلوئنت انجام گرفت که در شکل ۱۸ مقایسه نتایج آن با نتایج حاصل از آزمایش به‌خوبی قابل‌مشاهده است.



شکل ۱۸: نمودار سرعت جریان هوای داخل واگن در نقطه وسط سطح مقطع از لحظه شروع حرکت تا توقف کامل در حالت روشن بودن سیستم تهویه

در شکل ۱۹ سرعت جریان هوای اندازه‌گیری شده در نقطه وسط سطح مقطع از لحظه شروع حرکت تا توقف کامل به صورت پیوسته (نسبت به مرجع حرکت) در دو وضعیت روشن و خاموش بودن سیستم تهویه رسم شده است. با توجه به این شکل می‌توان دریافت فشار هوای ناشی از سیستم تهویه باعث رانش سریع‌تر هوا و درنتیجه افزایش سرعت جریان هوا در سطح مقطع میان دو واگن می‌شود.



شکل ۱۹: نمودار سرعت جریان هوای اندازه‌گیری شده در نقطه وسط سطح مقطع از لحظه شروع حرکت تا توقف کامل به‌صورت پیوسته (نسبت به مرجع حرکت) در دو وضعیت سیستم تهویه

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده ملاحظه می‌گردد که جریان هوای تهویه در داخل سالن متروهای سرتا سری تا حدود ۲ متر بر ثانیه در زمان شتاب گیری اولیه و ترمز گیری اولیه ایجاد می‌گردد که می‌تواند توزیع هوای تهویه درون قطار را بر هم زده و همچنین به انتشار آلودگی در فضای تهویه کمک کند. لذا به‌منظور جلوگیری از این پدیده و حرکت جریان هوا استفاده از پرده‌های هوا و یا سیستم سیرکولاتور در بین واگن‌ها پیشنهاد می‌گردد.

۷- مراجع

[1]-Theofilis, V., Duck, P. W., & Owen, J. (2004). Viscous linear stability analysis of rectangular duct and cavity flows. Journal of Fluid Mechanics,505, 249-286.

[2]-van Gils, D. P., Guzman, D. N., Sun, C., & Lohse, D. (2013). The importance of bubble deformability for strong drag reduction in bubbly turbulent Taylor–Couette flow. Journal of fluid mechanics, 722, 317-347.

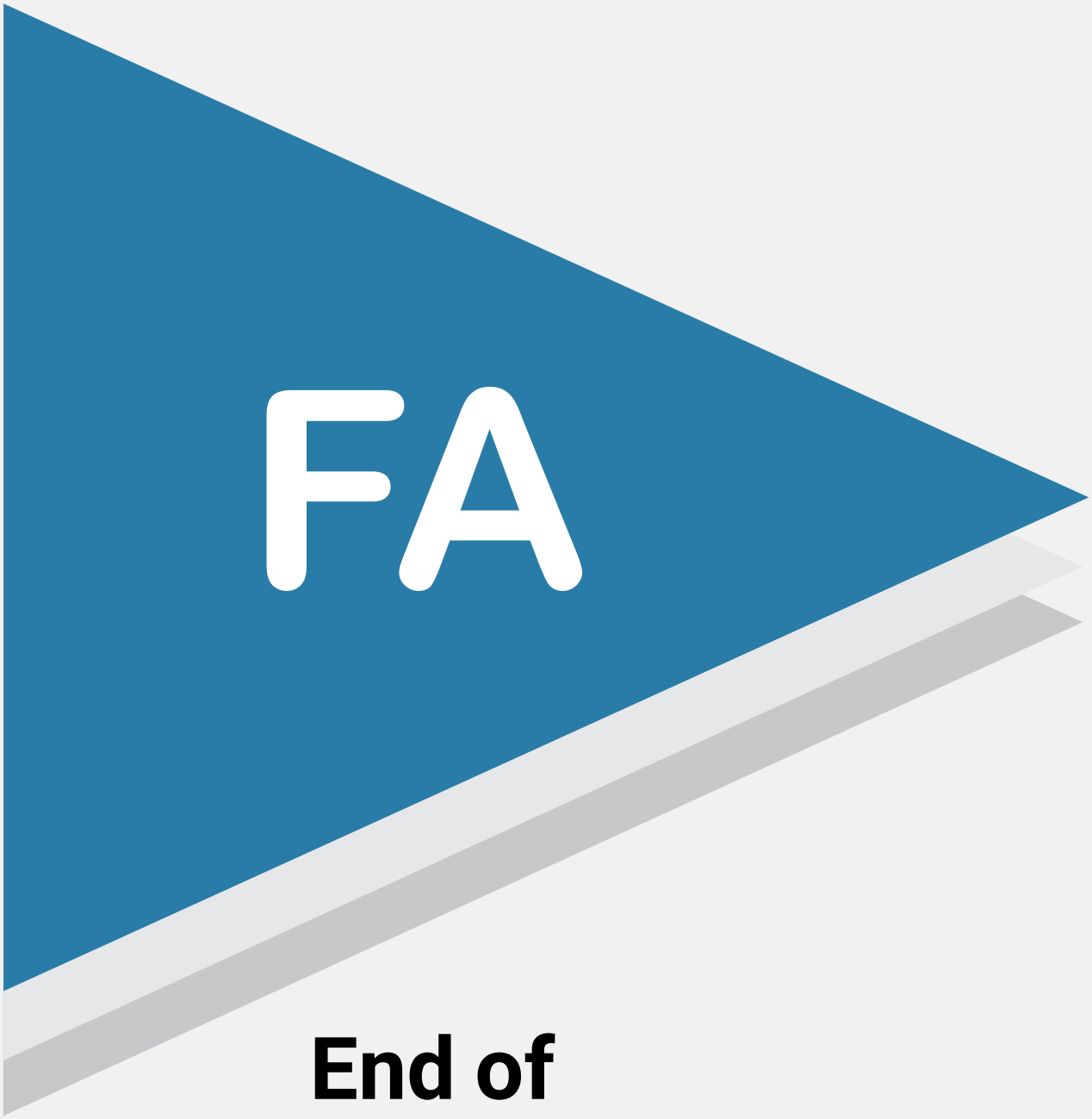
[3]-Grossmann, S., Lohse, D., & Sun, C. (2014). Velocity profiles in strongly turbulent Taylor-Couette flow. Physics of Fluids (1994-present), 26(2), 025114.

[4]-Farrell, B. F., & Ioannou, P. J. (2016). Structure and mechanism in a second-order statistical state dynamics model of self-sustaining turbulence in plane Couette flow. arXiv preprint arXiv:1607.05020.

[5]-Pirozzoli, S., Bernardini, M., & Orlandi, P. (2014). Turbulence statistics in Couette flow at high Reynolds number. Journal of Fluid Mechanics, 758, 327-343.

پایان

بخش فارسی



End of English Part

scenario. The explosion area contains three villages, a communication road, parts of international boundary and an airport. According to this result; it is necessary to planning some functions before, during and after incident that need to be studied in future. Some enforcements must employ to minimize the LPG train stop time at railway station or using some tools and materials to mitigate the risk. To minimize the train stop time in Sarakhs station, it is necessary to make some changes such as increasing the number of locomotives while the number of LPG cars decreases, mark the LPG cars as high priority cars to speed up their departure period. Using some preventions may reduce the explosion rate or completely eliminate it.

Acknowledgment

We thank Zahra Bahramian, PhD. Student at University of Tehran for assistance with teaching ArcGIS, and Masoud Khan Mohamadi, MSc. Student at Iran University of Science and Technology for comments that greatly improved the manuscript.

References

Inanloo, Tansel. (2015). Explosion impacts during transport of hazardous cargo: GIS-based characterization of overpressure impacts and delineation of flammable zones for ammonia. *Journal of Environmental Management*, 1-9.

(2016). Retrieved from Iran Metrological Organization: http://irimo.ir

Anjana N S1,Amarnath A. 2, Chithra S.V. 3, Harindranathan Nair M. V. 4, Subin K Jose5. (2015). Population Vulnerability Assessment around a LPG Storage and Distribution Facility near Cochin using ALOHA And GIS. *International Journal of Engineering Science Invention*, 23-31.

Bagheri, M. (2009). Risk analysis of stationary dangerous goods railway. *journal of Transportation Security*, 77.

Bahareh Inanloo, Berrin Tansel. (2015). Explosion impacts during transport of hazardous cargo: GIS-based characterization of overpressure impacts and delineation of flammable zones for ammonia. *Journal of Environmental Management*, 1-9.

Cutter, S.L., Mitchell, .J T., and Scott, M. S. (2000). Revealing the vulnerability of people and places: a case study at Georgetown county, South Carolina. *Ann. Assoc, 90*, 713-837.

DOE. (2004). *ALOHA Computer Code Application Guidance for Documented Safety Analysis.* U.S. Department of Energy. Washington: Office of Environment, Safety and Health. Retrieved from Office of Environment, Safety and Health.

Fire, F. L. (2006). *Common Sense Dictionary for First Responders.* Fire Engineering Books.

Hanna, S.R; Briggs, G.A; Hosker Jr, R.P. (1982). *Handbook on ATMOSPHERIC DIFFUSION.* TECHNICAL INFORMATION CENTER U.S. DEPARTMENT OF ENERGY.

Hildebrand, B. a. (1980, 02 04). *Chemical Datasheet.* Retrieved 2014, from Cameo Chemicals: https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/9018

Lees, F. (2012). *Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control.* Butterworth-Heinemann.

Table5
Scenarios and consequences

Volume	Event	Weather Condition	Exposure People
150 ton	Flammability	D	0
		E	0
		F	0
	Explosion	D	550
		E	550
		F	550
1500 ton	Flammability	D	1470
		E	1470
		F	1470
	Explosion	D	2064
		E	3534
		F	3534

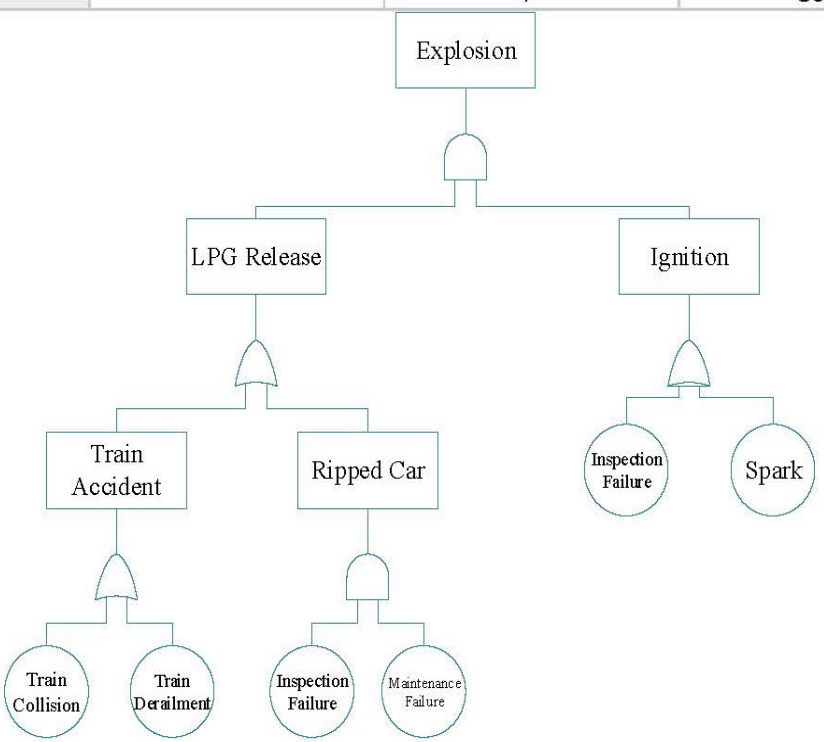


Figure4
Fault Tree Analysis

5.Conclusion

In this paper population exposure in the case of LPG explosion at Sarakhs railway station has been analyzed with ALOHA and ArcGIS software. ALOHA predict the number of people whom exposed by incident in area due to the six scenarios include two different LPG volume and three weather conditions. Compering these scenarios proves 1500 tons of propane (10 stationary cars of LPG) is the worst situation. Using ArcGIS and MARPLOT help in analyzing the exposable papulation in the area that more than 1600 people exposed by this danger in the worst

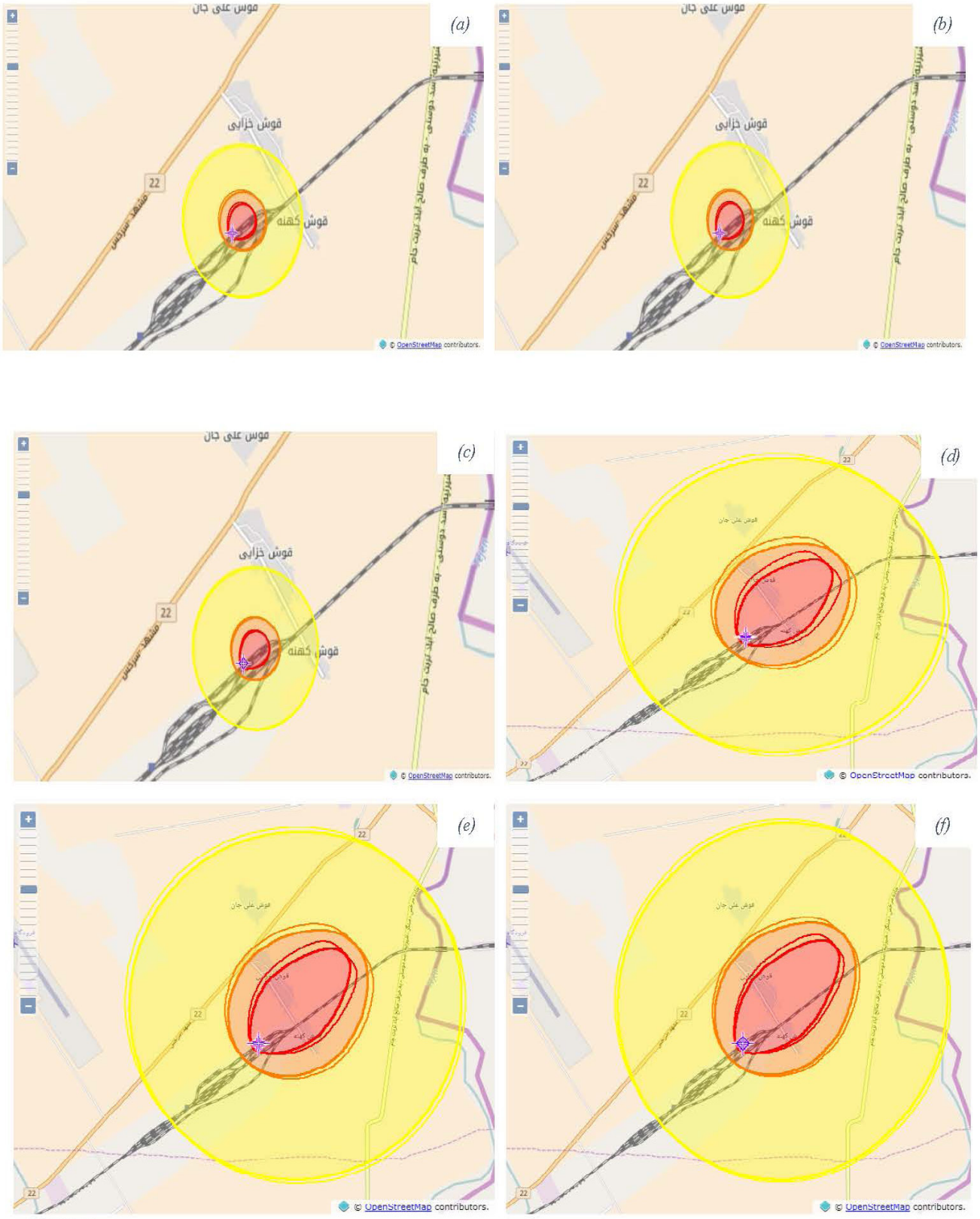


Figure 3

Overpressure wave impact zones for different quantities of Propane release. (a), (c) 150-ton release and (b), (d) 1500-ton release

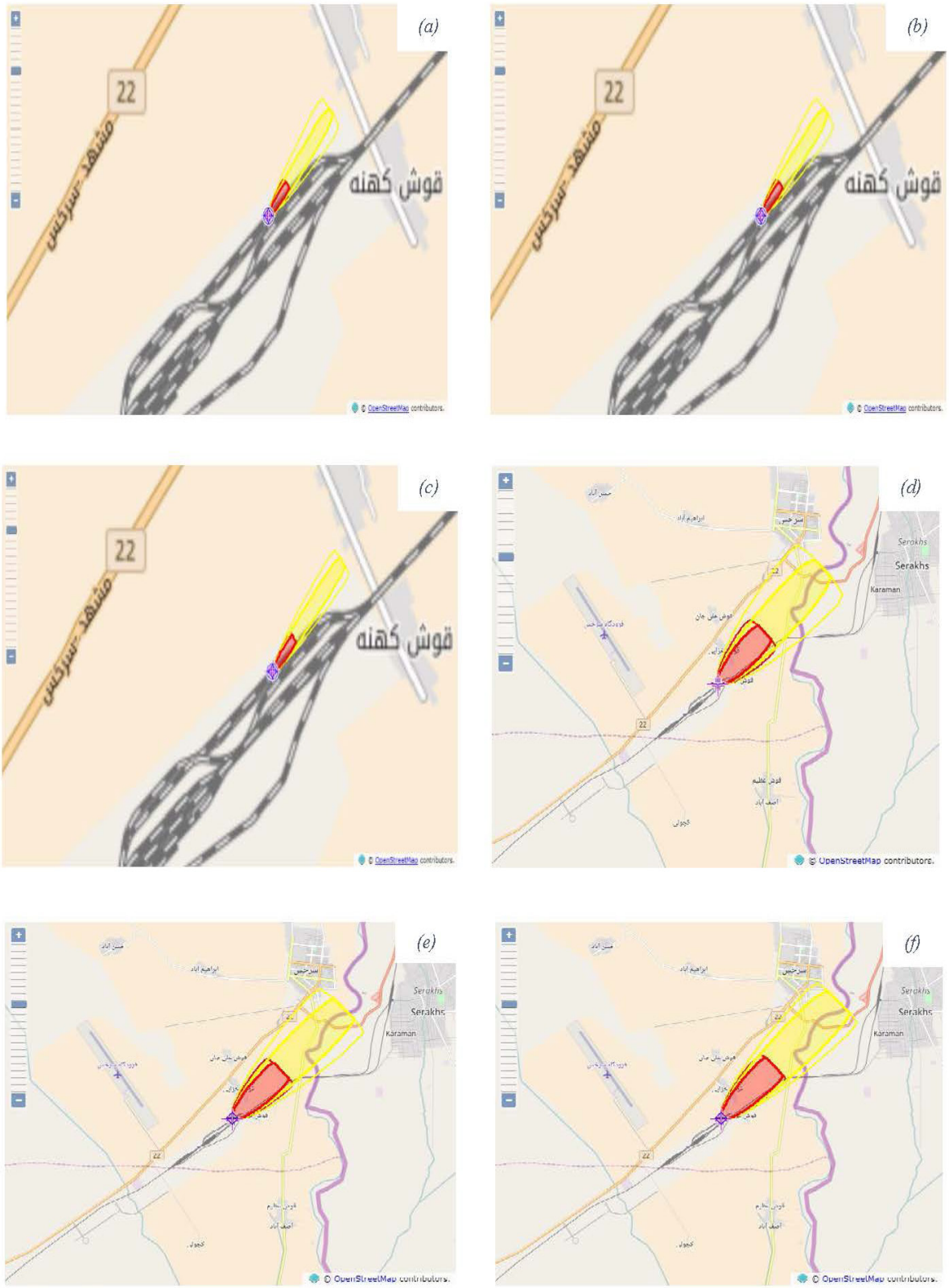


Figure 2

Flammable impact zones for different quantities of Propane release. (1) 150-ton release: (a) stability class D, (b) stability class E, (c) stability class F; (2) 1500-ton release: (d) stability class D, (e) stability class E, (f) stability class F

Table 4
Levels of damage expected at specific overpressure values (Lees, 2012)

Expected damage	Overpressure (psi)
Loud noise; sonic boom glass failure.	0.04
Typical pressure for glass failure.	0.15
Limited minor structural damage.	0.4
windows usually shattered; some window frame damage.	0.5-1
Minor damage to house structures.	0.7
Partial demolition of houses; made uninhabitable.	1
Range for slight to serious laceration injuries from flying glass and other missiles.	1.0-8.0
Partial collapse of walls and roofs of houses.	2
Non-reinforced concrete or cinder block walls shattered.	2.0-3.0
Range for 1-90% eardrum rupture among exposed populations.	2.4-12.2
50% destruction of brickwork of houses.	2.5
Steel frame buildings distorted and pulled away from foundation.	3
Nearly complete destruction of houses.	5.0-7.0
Probable total destruction of buildings.	10
Range for 1-99% fatalities among exposed populations due to direct blast effects.	14.5-29.0

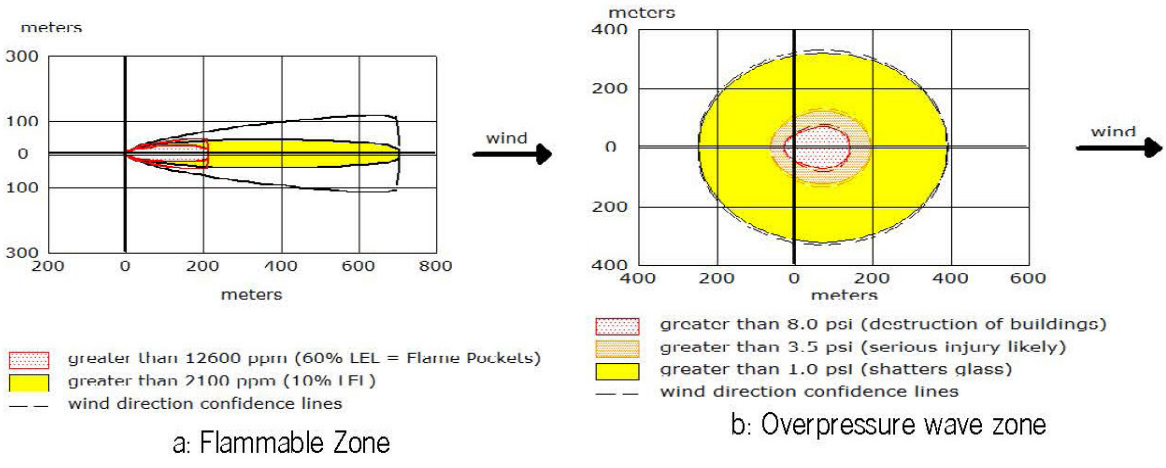


Figure 1. Definition of impact zones of propane, a: flammable zone, b: overpressure wave zone.

Figure 2 shows flammable impact zones under each scenario. The flammable impact zones of both quantities of propane (150 and 1500 tons) showed affected areas, became grater from stability class of D to F. In figure 2, from (a) to (c) the flammable zones of 150-ton release are shown, and (d) to (f) represents the impact zones from a 1500-ton release condition.

Figure 3. shows the estimated impact zones for overpressure waves at different stability classes on the map using MARPLOT under each scenario, the study of the impact zones showed that the waves expand in semicircular shapes which is the nature of the explosion; according to assuming that surrounding zones did not have tall building which may block the explosion wave and therefore change the shape of the overpressure waves significantly. Thus, the areas of the impacted zones were significantly larger in comparison to those for the flammable impact zones. however, the amount of release increased significantly from 150 to 1500 tons, the expansion of the impacted areas by overpressure waves increased greater than the impacted areas of flammable impacted zones by same factor. The comparison of the overpressure waves under stability conditions D with those under classes E and F showed the inability of the atmosphere in decrease of the chemical, which led to more existence of the chemical in the air (larger impact zones) and consequently movement of the material elements with the power of wind along the wind direction. Under stability of E and F impacted areas of detonation waves were in oval shape because of the movement of air and the chemical by wind.

The life threating impact areas (blast waves over 8.0 psi) expansion along the wind direction under two extreme atmospheric conditions of D and F for the case of 150-tons release showed around 419 and 470 meters respectively, and for 1500-tons release values change to 2.4 and 2.7 kilometers long for the atmospheric conditions of D and F respectively. This fact shows the enlarging of the impact areas by changing the shipment size, however not in a linear relationship with the amount of chemical. This study shows that if 150 ton release happens and leads to explosion more than 500 people may harm, on the other hands, for 1500 ton release case, more than 1600 people can be killed after this cases occur.

The impact zones of all scenarios are calculated with ALOHA and import this area to ArcGIS for calculate exposure people, this results are presented in table5.

4.1. TNT equation

In this study the TNT equivalent of the LPG cars is calculated. the LPG cars exploded (actually, propane is considered for calculations of this equation) with two amounts, If a 150 ton LPG car exploded, the power of the explosion would have been equal to 94 ton of TNT. And also 10 cars of LPG which contains 1500kg, has the power of explosion equal to 946 ton of TNT.

4.2. FTA analysis

Completing the assessment of incident scenarios by the mechanism of fault tree analysis (FTA) is necessary for risk analysis. This technical term is defined as follows: "Fault tree analysis begins with fault event and the process trace back to its original causes. Using the tree the exercise is reversed, beginning at the external basic events and proceeding forward to the final consequence" (Saccomanno et al, 1990). Using the FTA analysis helps identifying major causes and prevent them to happen again. The FTA is presented in figure4. It has been drawn by Visio software.

Table 3
The Sarakhs, Khorasan Razavi, Iran stability classes (Iran Metrological Organization, 2016)

Stability class	Setting
D	Neutral
E	Slightly stable
F	Moderately stable

4.Results

The flammable area is located between two boundary values defined by the lower explosive limit (LEL) and upper explosive limit (UEL). The range between LEL and UEL denote the focus of chemical vapor in the air for explosivity. Explosive chemical vapor may contact with an ignition source and start to explosion only if the focus of the materials in the air is between the two boundaries. Beyond these boundaries, the ignition will not happen; since below the LEL the focus of the chemical is too small to start and maintain burning and explosion and above upper limit the amount of oxygen required to help the ignition is not enough to begin fire. ALOHA uses 60% and 10% of LEL as the limits of flammable area identification. Once the chemical vapor cloud approaches to an ignition source, part of the cloud which has a mix of air-chemical between the LEL and UEL cloud burn. In some cases, (like this case) the chemical will burn fast enough to cause an explosion force. The severity of explosion is a function of chemical, cloud size, type of ignition, and exposure population level inside the vapor cloud.

The destructive explosion force of the vapor cloud in parts depends on the speed of explosion speared. The explosion forms a pressure wave which is destructive to people and properties in its way dispersing over surrounding areas. The quicker spread the more intense the pressure wave and destructive force and harm to hindrances along the wave path. In table 4 has been represented the levels of harm that can be expected at specific overpressure values are shown.

There are no specific standards or guidelines to appraise the effects of explosion danger. (Inanloo, Tansel, 2015) Therefore, in this study overpressure values (values in pounds per square inch, psi) were used in ALOHA model that based on a review of broadly accepted sources on overpressure and explosions. The overpressure wave zones were defined as follows: 8.0 psi (destruction of buildings), 3.5 psi (serious injury likely), and 1.0 psi (shattered glass).

The flammable impact zone of propane presented in Figure 1.a demarcates the areas which are located in between the two threshold values (2,100 ppm and 12,600 ppm), thus have the potential to experience an explosion if the chemical reaches an ignition source. Figure 1.b presents the blast wave zone (overpressure wave) based upon the location where the inhabitants can experience shattered windows, injuries or destruction of buildings.

This study employed ArcGIS and MARPLOT both to visualize the impacted areas and for further analysis of the threat zones where the hazardous consignment accidents may pose on people living or working around the incident location. The size and the characteristics of the impact areas as well as the number of people who would be affected by the accident were estimated by overlaying maps using ArcGIS.

entire releases of the stationary cars to be investigated. In approximation of the impact of the overpressure waves, the worth-case scenario by the ignition by detonation was used. Different atmospheric conditions were defined to forecast the consequence the incident for visualizing the probable consequences and treat zones (Table 2).

As stated by (Hanna, S.R; Briggs, G.A; Hosker Jr, R.P., 1982) stability class is defined as the propensity of an element of air to swing upward and downward after release through the atmosphere. Stability class A incline to create vertical upward movements which increases the turbulence intensity, therefore dispersion of chemicals in the air happens rapidly. Conversely, Stability lass F inclines to conquer turbulence and updraft movements which leads to impeded dispersion of chemicals comparing to unstable atmospheres (Table 3). The measurement of stability is difficult to calculate, (pasquill, 1961) recommend a scheme according to estimate the stability classes taking into consideration the solar radiation, cloudiness, and wind speed (Woodward, 2010). In this study, wind speed was considered to be constant from the moment that accident occurs through complete reduction of the chemical, therefore Solar radiation or cloudiness was the only parameter that could change the stability class. With regarding to different stability classes under predefined wind speed, three classes would be happened (out of six classes) (Table 2). The features of scenarios used illustrate how the conditions of accident can be integrated to reflect the site-specific information for analysis of possible impacts.

Table 1
characteristics of Propane (Hildebrand, 1980)

Chemical	Chemical formula	General description	Density (related to air)	Boiling point(°C)	NFPA704
Propane	$CH_3CH_2CH_3$	Colorless, odorless gas, highly flammable, can rapidly evaporate	1.55	-42	

Table 2
Parameters used for impact analysis after accidental stationary car source:

Parameters	Setting
Hazardous material	Propane
Release amount (Ton)	150,
Stability Class	1500
Wind speed (m/s)	D, E, F
Wind direction	13.6
Temperature (°c)	SE
	18.7

$$W_v = \frac{\left(2W_l \times C_{pl} \times (T_l - T_{bp})\right)}{L} \quad (2\text{-}1)$$

where,

W_l weight of vapor, kg

Cp_l specific heat of the liquid in the plant l (kJ/kg)

T_l temperature of the liquid in the plant l (Celsius)

T_{bp} boiling point of the liquid at atmospheric pressure (Celsius)

L latent heat of vaporization at T_{bp} (kJ/kg)

3. Case study for explosion of stationary LPG cars

Sarakhs station which is located in North-South of Iran, is the most important international railway station in the country. This station is located near sarakhs international Airport, sarakhs-mashhad road and two village. It contains 75Km of rail tracks which include wide rails for east Asia rail transporting. 85 percent of Iran international rail transportation is being moved by Sarakhs station. This station has the transportation capacity of 7 million ton goods per year. Some main hazardous materials which has been transported are as follows: LPG, Sulfur, petroleum and fertilizer. Since this considerable volume of hazardous materials may stock for a long time, the probability of happening incident increase.

Sarakhs station which is located in North-South of Iran, is the most important international railway station in the country. This station is located near Sarakhs international Airport, Sarakhs-Mashhad road and two villages. It contains 75Km of rail tracks which include wide rails for east Asia rail transporting. 85 percent of Iran international rail transportation is being moved by Sarakhs station. This station has the transportation capacity of 7 million ton goods per year. Some main hazardous materials which has been transported are as follows: LPG, Sulfur, petroleum and fertilizer. Since this considerable volume of hazardous materials may stock for a long time, the probability of happening incident increase. (Iran Metrological Organization, 2016)

Sarakhs, Iran has moderate climate with 18.6 annual average temperature, contains of open country grounds and bumps. The wind blows with 13.6 meter per seconds and SE direction. (Organiation, 2014). Based on observation capacity of one LPG rail car determined 312 cubic meter. That occupied 150 ton. (Anjana N S1,Amarnath A. 2, Chithra S.V. 3, Harindranathan Nair M. V. 4, Subin K Jose5, 2015) in the worth case the length of the LPG tank queue reaches to 10 rail cars. (RAI, 2016)

A case study was developed for hazardous material release from stationary cars that stopping in siding in Sarakhs station, Khorasan razavi, Iran. As a result, explosion of a cloud containing hazardous chemical (Propane, Table1) released from the source point. in this case study two series of stationary cars quantity 150 and 1500 tons were used to evaluate the impacts after release from the accident location causing a cloud of Propane affecting the surrounding area. In this study, first flammable cloud was identified, then, the overpressure waves followed by an explosion were modeled. The treat zones were visualized using ArcGIS.

To analyze the probable treat zone of such a casual release. Two scenarios of spill as a matter of quantity of the chemical were considered (150 and 1500 tons). The amount of releases was selected based on a report from Iran's railway corporation (RAI, 2016). Thus 1500 tons of propane releases were considered as partial and

model of human vulnerability to chemical accidents and proposed a GIS for estimating the number of exposed human in area. (Li, F., Bi, J., Huang, L., Qu, C., Yang, J., Bu, Q., 2010). Also, Cutter et al, used population density to reflect relative human vulnerability in an urban area (Cutter, S.L., Mitchell, .J T., and Scott, M. S., 2000) The mixture of estimated pattern surrounding the hazardous storage plotted on GIS of the area required for emergency management, rapidly identifying the area at risk, modeling different scenarios consequences and is also very helpful for making effective response and decisions for managers. (WANG Gui-lian, LU Yong-long, XU Jian, 2000).

Some studies have been conducted using ALOHA and GIS to analyze risk. (Bahareh Inanloo, Berrin Tansel, 2015) and (Anjana N S1,Amarnath A. 2, Chithra S.V. 3, Harindranathan Nair M. V. 4, Subin K Jose5, 2015).

2.Methodology

Areal Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA) is a dispersion modeling program able to estimate threat zones associated with hazardous chemical releases, including toxic vapor clouds, flash fires, and explosions. The model is able to expect the outcome of a sudden release of a chemical in the air and visualization of the impacted area on maps in order to have a better understanding of the situation and the extent of the impacted area. The model can keep the track of a chemical from release to vapor cloud in the air, through flammable cloud and finally fire and explosion. The model considers a number of parameters like the chemical characteristics; the cloud volume at the time of explosion; ignition type and time; and congestion level. The ignition type which has a significant influence on the severity of the explosion practically is the source of ignition. Deflagration and detonation explosions are two types of ignition defined in ALOHA. The former explosions are most often triggered by usual ignition like sparks, flames, heat, and electricity or even if a chemical is above its auto ignition temperature it will spontaneously catch on fire without an external ignition source. The later ignition type covers those ignitions which are initiated by detonation. Generally, detonation explosion is more destructive than deflagration.(DOE, 2004)

Depended on the characteristics of the materials, in case of existence of a flammable vapor, the probability of contacting the toxic gas with an ignition source should be taken into account. Occurrence of an explosion, not only menace people's life and properties, but also, since the explosion happens in a very few glance of time, makes the control and the prevention of expansion of the fire significantly difficult. The ignition destructive power is a function of the amount of released chemical, chemical type and presence of ignition sources in the surrounding area. The higher the amount of release, the larger the area covered by flammable cloud and the higher the probability of the vapor reaching an ignition source and causing an explosion. The type of materials is also crucial; some hazardous chemicals are not flammable and some are extremely volatile and flammable(Fire, 2006)

Fire and explosion are common consequence of accidents that include chemicals. Fire can damage by radiation or by direct impingement. Explosion is the result of chemical reactions or catastrophic break of pressurized gas rail car. Explosion models involving measurement of TNT equivalents are used to calculate the effects of such accidents. For liquids, the TNT equivalent could obtain good results when calculate based on the amount of vapor present. It is calculated as following equation (2-1). (Bagheri, 2009)

Risk Analysis of Stationary Hazardous Materials Rail Cars; A Case Study

Hamed Mehranfar [1], Moein Sadeghi[1], Arman Tadayon[1], Alireza Kamali[1], Morteza Bagheri[2*]

1. **M.Sc. student,** School of railway engineering, Iran University of Science and Technology; hamed_mehranfar@rail.iust.ac.ir
2. **Corresponding Author, Assistant professor,** School of railway engineering, Iran University of Science and Technology
morteza.bagheri@iust.ac.ir

Abstract

The purpose of this study is to analyze the risks associated with stationary rail cars carrying hazardous materials(Hazmat) in railway stations. This study considers risk analysis of the Liquefied Petroleum Gas (LPG) storage cars queue in Sarakhs Railway Station, Iran. The congestion of LPG cars at station may lead to some incidents which can damage population, properties and the environment and etc. This paper analyzes the consequence of any accident involving LPG at a railway station using Quantitative Risk Analysis (QRA) model. Part of the aim of this study is to estimate population exposed in cease of accident using ALOHA, MARPLOT and GIS. Main required information of this survey includes LPG transportation data, GIS, population statistics. The result of this study shows that more than 3500 people could be affected in the worst scenario therefor recommended to reduce the stopping time of LPG cars in sarakhs railway station.

Keywords: Risk analysis, Hazardous materials, Stationary Rail Cars, Explosion, Air dispersion

1.Introduction

Accidental release and explosion of dangerous chemicals pose serious risks to people and environment. Such as crescent accident, Illinois, U.S. which led to death a dozen of people and harm to properties (Lees, 2012) Also catastrophic disaster in Mexico City, Mexico that killed over 500 people (Pietersen, 1988). The intensity of such hazard depends on the chemical features of the materials, release mode, papulation density and geological factors. Liquefied petroleum gas (LPG) is one of these hazardous materials which may quickly evaporate and form a large cloud of gas which can remain in planetary boundary layer (PBL). The LPG, appearing in various hazardous substances lists can pose a significant vapor hazard which may cause spontaneous combustion and explosion. LPG is commonly made of propane and butane. Although incidents are unpredictable, risk assessment is necessary for reducing human and property losses. This study focused on analyzing the risks and vulnerability of papulation around LPG cars in Sarakhs railway station.

Vulnerability analysis has been examined with several methods such as the quantity of people who may killed, harm or exposed by explosion (Cutter, S.L., Mitchell, .J T., and Scott, M. S., 2000) (Renjith, 2010). Li et al developed a conceptual

ICRARE 2017

Risk Analysis of Stationary Hazardous Material Rail Cars; A Case Study

Hamed Mehranfar[1], Moein Sadeghi[1], Arman Tadayon[1], Alireza Kamali[1], Morteza Bagheri[2]

[1]M.Sc. student, School of railway engineering, Iran University of Science and Technology

[2] Assistant professor, School of railway engineering, Iran University of Science and Technology, morteza.bagheri@iust.ac.ir

Abstract

The purpose of this study is to analyze the risks associated with stationary rail cars carrying hazardous materials (Hazmat) in railway stations. This study considers risk analysis of the Liquefied Petroleum Gas (LPG) storage cars queue in Sarakhs Railway Station, Iran. The congestion of LPG cars at station may lead to some incidents which can damage population, properties and the environment, etc. This paper analyzes the consequence of any accident involving LPG at a railway station using Quantitative Risk Analysis (QRA) model. Part of the aim of this study is to estimate population exposed in case of accident using ALOHA, MARPLOT and GIS. Main required information of this survey includes LPG transportation data, GIS, population statistics. The result of this study shows that more than 3500 people could be affected in the worst scenario therefor recommended to reduce the stopping time of LPG cars in Sarakhs railway station

Keywords: Risk analysis, LPG, Hazardous materials, Stationary Storage, Explosion

ICRARE 2017

Research on Novel Active Power Quality Comprehensive Compensation Technology Used in Electrified Railway in China

Chen Minwu[a],Liu Ruofei[b], Li Jian[b], Mohsen Maaleky[c], Luo Jie[a]

[a]School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, China chenminwu@home.swjtu.edu.cn

[b]China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd., Chengdu, China

[c]Iran Oston Consulting Engineers (IOCE), Tehran, Iran

Abstract

In order to solve the power quality problems caused by traction load of the single-phase 25kV AC traction power supply system(TPSS), such as the three-phase voltage unbalance, harmonic distortion and low power factor, some power quality comprehensive compensation technologies have been studied in China recently. In this paper, a novel traction power supply system is discussed, which adopts the Scott connection balanced transformer and the active power flow controller (PFC). The equivalent mathematical model of the system is derived using the theory of electrical transformation and algorithm of comprehensive compensation. Moreover, the topology and control method of PFC are presented. Finally, the simulation model is built, the effectiveness of the proposed system is verified and the validity of the control algorithm is demonstrated by the case studies.

ICRARE 2017

Transient temperature field analysis of a wheel in block braking using two different finite element modeling

Asghar Nasr[1], Mohsen Hosseinpour[2]*

[1]Assistant Professor, School of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

[2]*Research Assistant, School of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
m.hosseinpour68@yahoo.com

Abstract

Rail brake system is one the most important components in rolling stock from safety, reliability and economic point of view. Different types of air brake systems are used in rail systems of which disc braking and block braking are the most common practices in both passenger and freight cars. The main problem with block braking is excessive heat generation in the wheels which may cause some damages to wheels and rails. This requires more intense research work to be done for different braking conditions. The thermal analysis of wheel under braking is of high importance in rail brake research. In this paper, two different 2-D finite element models are introduced to predict the precise temperature field of the wheels. In model one (axisymmetric model) a uniform heat flux is assumed in the circumferential direction, while a non-uniform (variable) heat flux is considered in the second model. The uniform model can be used for predicting the nominal temperature of the wheel whereas the non-uniform model is capable of predicting the local temperature of the wheel tread. These models are verified by an analytical model which have been validated by the results of previous investigations. The results of this paper prove the introduced models are accurate enough for wheel temperature prediction. Model one is a simpler and more low-cost analysis to predict the temperature field of the wheel in comparison to the second model which requires very small time increments.

Keywords: block braking, thermal analysis, finite element, rail braking

ICRARE 2017

Dynamic Analysis of a Large HSR Viaduct Station Subjected to Train loads

Nan Zhang*, He Xia

*Beijing Jiaotong University, nzhang@bjtu.edu.cn

Beijing Jiaotong University

Abstract

In this paper, the vibration responses and the comfort characteristics of a large HSR viaduct station, the New Guangzhou Railway Station, are studied based on the train-structure interaction system. The train vehicle is modelled by the rigid-body dynamics and the wheel-rail interaction force is defined by the displacement corresponding assumption. The structure is modelled by the finite element method, where the superposition method is adopted to reduce the number of DOF. The whole histories of the Pioneer Train passing the station are simulated, with train speed of 200km/h, based on which the structural vibrations of the waiting hall are analyzed and the comfort characteristics of the railway station are estimated. The calculating results show that the floor vibration of the waiting room in the New Guangzhou Railway Station is 0.0185g, which is between the allowances for shopping center and pedestrian bridge, and the side part of the floor exhibits more intense lateral vibration, while the vertical accelerations are random distributed

Keywords: high-speed railway, viaduct station, train loads, vibration response, comfort evaluation

ICRARE 2017

An Overview of Passenger Railway Rolling Stock Scheduling

Abdolrasoul Honarmand[*], Masoud Yaghini, Mahdi Sheikhi Manzar

[*]MSc Student, School of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology a_honarmand@rail.iust.ac.ir

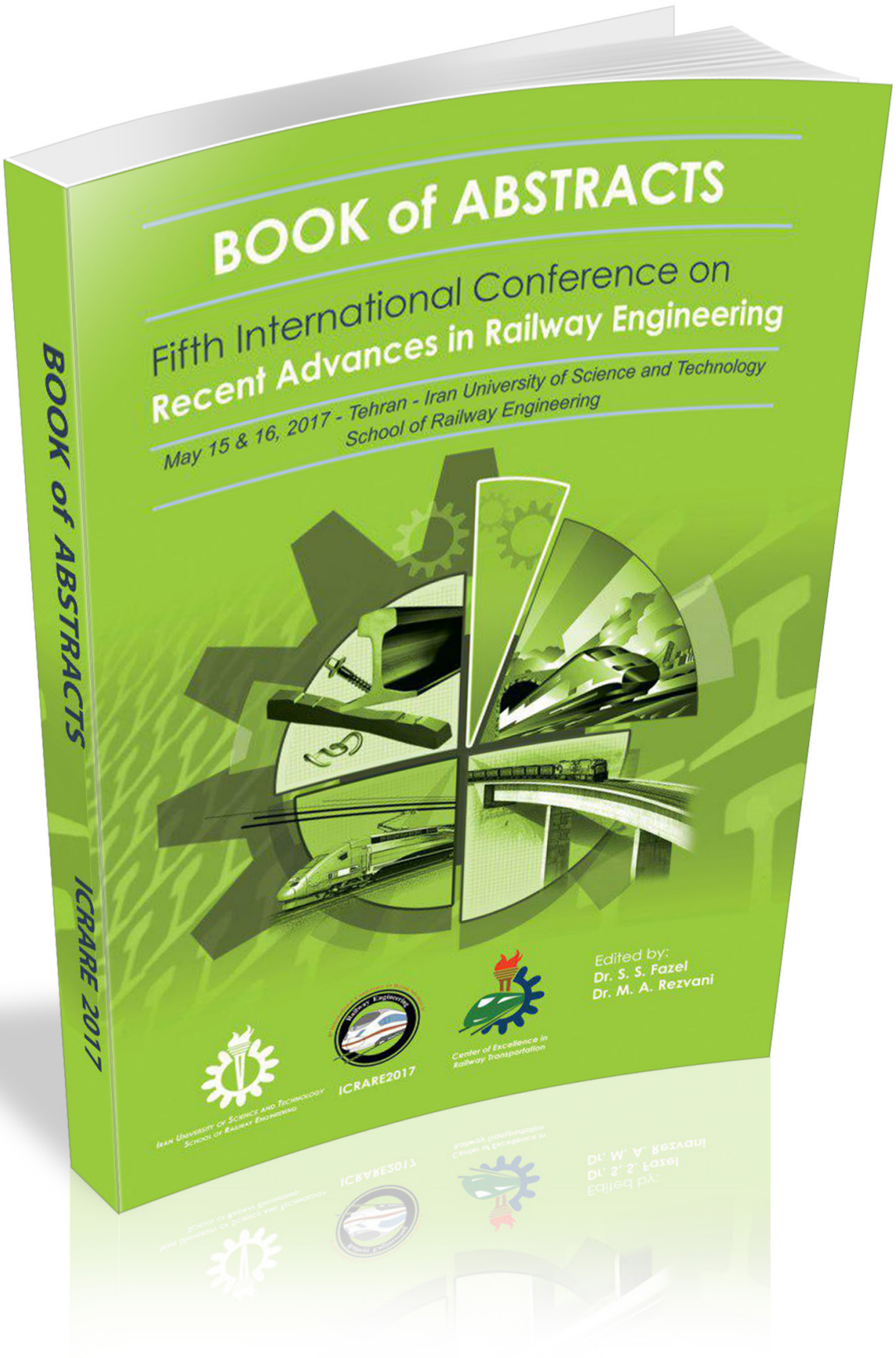
Associate Professor, School of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology

MSc Student, School of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology

Abstract

Due to expensive and limited resources of railway systems, efficient use of these resources has been highlighted. In this regard due to operational constraints of daily changes of train composition, determining the appropriate train composition to satisfy passenger demand is sought. This paper presents an overview of passenger railway rolling stock scheduling. The literature can be divided into two main cases: the first one considers assignment of locomotives and cars and the second one considers train units. In the first case for each trip the objective is to find appropriate locomotive types and their number and car types and their number. Due to different locomotives, pulling power, the number of cars and locomotives are dependent on each other. In the second case, as the cars are self-propelled we just need to determine the number of train-units. These topics are addressed in this paper. Modeling techniques along with solution methods of each case will be discussed.

Keywords: passenger rolling stock scheduling, locomotive and car assignment, train-unit assignment


BOOK of ABSTRACTS
Fifth International Conference on
Recent Advances in Railway Engineering
May 15 & 16, 2017 - Tehran - Iran University of Science and Technology
School of Railway Engineering
Edited by:
Dr. S. S. Fazel
Dr. M. A. Rezvani
Center of Excellence in Railway Transportation
ICRARE2017
Iran University of Science and Technology
School of Railway Engineering
BOOK of ABSTRACTS
ICRARE 2017

equally accessible to all potential users to meet the requirements of the Act where applicable.
Whenever Network Rail considers the opportunity to close a level crossing (either by extinguishing the rights of way, providing a diversionary route across the railway, or replacing the level crossing with a bridge or underpass), it first completes a Diversity Impact Assessment. This considers the diverse range of needs that the local community has in relation to mobility, sight and hearing, and the impact that closing the level crossing will have on its users.

General requirements

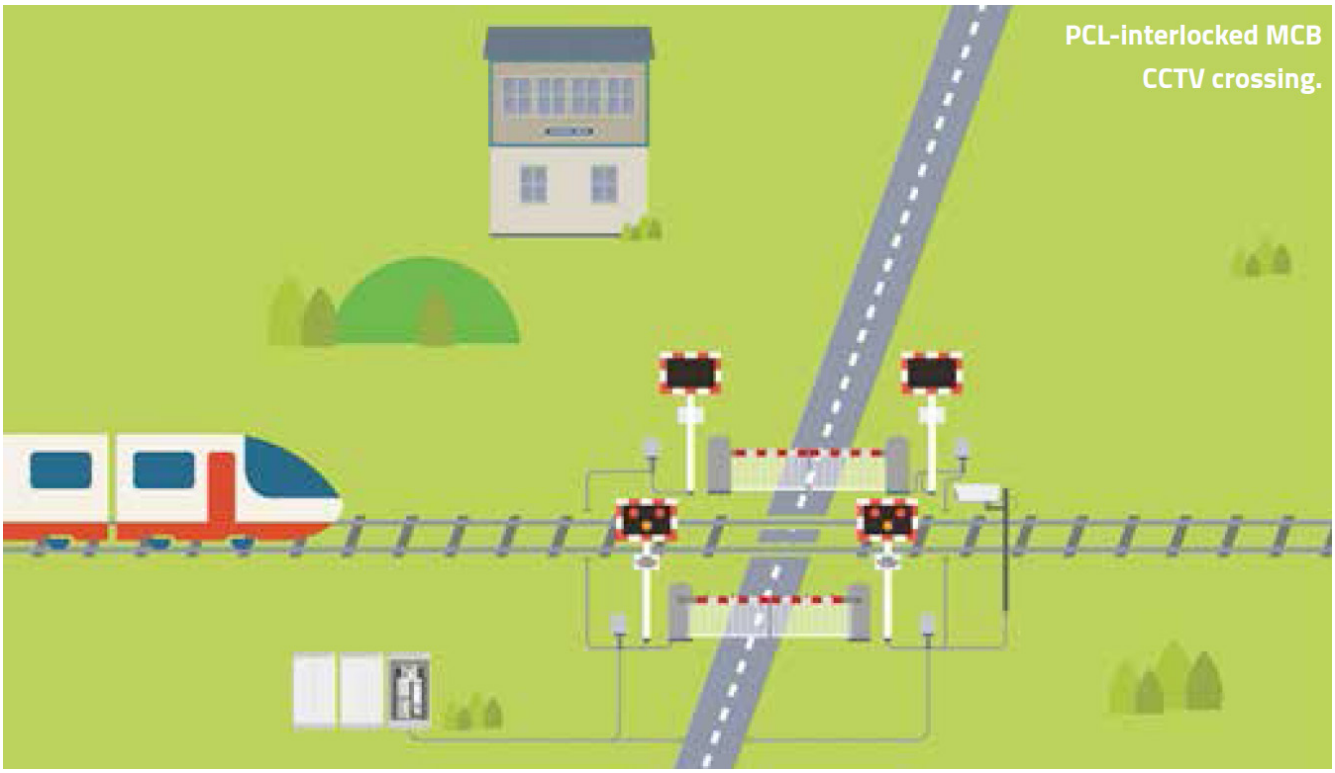
New level crossing products shall be designed for reliability and developed to support the Reliability Centered Maintenance (RCM) approach, with intrusive routine maintenance reduced to a minimum. In locations where the business case for a mains power supply is not viable, systems need to be sustainably self-powered.
Home Office-approved fixed red light digital safety camera systems, and the issuing of fixed penalty notices, can be used to discourage users from ignoring warning lights, and low-cost video monitoring systems for non-safety critical applications are also being considered.
Commercially available low-cost barrier systems and other means of protecting crossings, including the sourcing of additional suppliers for level crossing barrier operation machines are being investigated, together with technologies to reduce the risk of pedestrians or vehicles being struck by lowering barrier booms.
Modern self-sustainable power supplies, low-power LED technology and wireless mobile data are key for solutions specifically for remote or rural sites. Level crossing signage requires more intuitive pictogram style signs to reflect the needs of a diverse range of users, including people whose first language is not English, and to improve their understanding of level crossing signage.
Investigating the interlocking of highway road traffic lights with the signalling system at areas where drivers running red lights is a known problem, or at high volume road junctions near to level crossings, is under way. The team is also engaging with the automotive industry to seek out opportunities to benefit level crossing management by providing warning information directly to car drivers, such as through the 'connected car' programme.
Technology solutions that automatically monitor any change in the usage at level crossings will allow the gathering of information useful in managing the increased and/or modified risk. These can be installed as required, or provided as standard if they can be provided cost effectively.
Train arrival prediction systems to dependably predict the time of a train's arrival at a level crossing have been available for some time, but performance is variable and not consistent enough to provide 'safe to cross' information. The Network Rail strategy is to continue to develop a means of accurately and consistently predicting the arrival of trains at crossings that overcomes the limitations of current systems. Network Rail is exploring the possibility of using GPS in conjunction with other methods to achieve this.
Finally, to provide yet another initiative to improve level crossing systems, Network Rail is sponsoring a postgraduate doctoral research student at the University of Birmingham to research level crossing protection using advanced academic research techniques. The tools arising from this work will inform technology developments, selection and strategic investments in future developments.*

*Note on terminology: 'Deliberate misuse' is reserved for those events where intentional behavior has been confirmed. Otherwise, instances of not complying with warnings and signs are categorized as 'human error'.

before the barriers are lowered, then another sweep is carried out to check that the crossing is still clear and nothing has been trapped inside the barriers. Only once this has been confirmed are the protecting signals allowed to clear. Network Rail enhanced the design with a LiDAR (light detection and ranging) system to confirm that a fallen person or small child would still be detected.
Numerous installations of MCB-OD have been installed and the concept has been a success. The preferred option is to implement automatic obstacle detection at MCB, MGC and MCBCCTV crossings at the time of renewal or during major re-signalling works or re-control, where supported by a business case.
Relay-based interlockings have been used to control MCB-OD crossings. However, this has resulted in some unreliability and timing issues due to the additional relays required. In future, Network Rail is keen to introduce PLC-based interlockings and approved products are already available from a number of suppliers. PLC (programmable logic controller) interlockings can be located in smaller line side locations rather than large equipment rooms. This will result in both a capital and maintenance saving, as well as power savings for heat and lighting.
Often, when a level crossing renewal is planned, the risk assessment prior to commencement of design may identify that an upgrade to the method of protection is required, for example the replacement of an AHB with an MCB-OD or similar. However, this should take into account that the barrier down time will be greater; which could increase complaints by road users and the risk of misuse - nothing is straightforward when designing level crossings!
Network Rail is commencing the development of the next generation of MCB-OD detection systems. This will be based on the lessons learned from the first generation and the company is planning to invite industry to submit proposals for the detection technology that may, for example, include video-analytic capabilities. Ed Rollings was very clear that Network Rail is open to the type of technology proposed and will simply be specifying the performance, reliability and safety requirements.
Some local residents can be concerned that removing the crossing operator increases risk. However, technology solutions are not prone to boredom, forgetfulness, overlooking trains or other deficiencies of the Mk1 human brain.

Equality Act

The Equality Act 2010 replaced a range of legislative instruments with one piece of legislation covering a wide range of different characteristics. The Act codifies the need to consider the likely or actual effects of policies, programmes and developments on different sections of society.
A key element in implementing the Equality Act is the PublicSector Equality Duty (PSED), which requires public bodies to consider all individuals in shaping policy, in delivering projects and services and in relation to their own employees. Network Rail is, therefore, exploring cost-effective ways of making level crossings



PCL-interlocked MCB CCTV crossing.

There are three (soon to be four) main types: »»Automatic Half Barrier Crossing (AHB);
»» Automatic Open Crossing Locally monitored (AOCL) and AOCL with Barrier (AOCL +B);
»» Automatic half Barrier Crossing Locally monitored (ABCL);
»» A new concept level crossing (AHB+) that will, when available, be an automatic level crossing.
AHB crossings, when used correctly, are a very efficient method of crossing with respect to minimal barrier down time and inconvenience to road users. However, AHBs are not linked to the signalling system and there is no monitoring to determine if the crossing is clear, nor signals close by to stop trains if the crossing is occupied. This is why full barriers are not provided in order that users of the crossing can't be trapped between barriers and can exit the crossing before a train approaches. Unfortunately, this increases the risk of misuse with users weaving around the barriers.
Network Rail is developing a new concept crossing, known as AHB+. This is a cost-effective solution to reduce pedestrian and vehicle weaving risk without the need for a full rebuild of the crossing system. To address the risk to sight-impaired users, provision is being considered to alter the audible warning devices so they to continue to sound once the barrier descends and until it raises.

AHBs will not normally be renewed like for like in anything other than exceptional circumstances, although alternative designs may result in increased delays to road traffic.

AOCL crossings are locally monitored by the train driver - a white light shown on the approach to the crossing confirms that the road lights are working. The approach speed is such that trains should be able to stop if the crossing is occupied. However, users can still pass through the lights and onto the crossing just as the train arrives.
A significant number of AOCL level crossings have had an entry barrier added (AOCL+B) to provide another layer of protection, and this will continue where there is a safety/ economic justification and engineering feasibility. Some sites have been constrained by surrounding buildings and topography, rendering barriers of any kind impossible without land purchase, demolition and remodelling.

Controlled level crossings

The level crossing operation is controlled/ supervised by a signaller or level crossing operator. These include:
* Manually Controlled Barrier Crossing (MCB);
* Manned Gated Crossing (MGC);
* Train Staff Operated Crossing;
* MCB with Closed-Circuit Television (MCBCCTV);
and
* MCB fitted with Obstacle Detection (MCB-OD)
- with minimal supervision
With MCB-OD, radar is used to determine that the crossing is clear

cross and re-cross in order to close all the gates and reduces the risk from gates being left open and of being unnecessarily on the railway. This supports a Network Rail theme of improving safety by making crossings easier and more convenient for users. The Supplementary Audible Warning Device (SAWD), supplied by Covtec, detects when a train is approaching by using a radar sensor and reports via a wireless link to provide an audible warning at the crossing, which sounds like a train horn. The system is solar-powered and is currently a safety overlay to existing protection arrangements. It provides an interim solution for locations where local ambient noise or the night time quiet period reduces the effectiveness of the train horn.

Network Rail, however, is developing Project Meerkat, (dependable warning for footpath crossings). The requirement is for a system with safety integrity, such that it could (subject to gaining safety approval) replace whistle boards and the requirement for level crossing telephones at footpath and similar crossings. A functional specification has been prepared and Network Rail is to invite industry to submit proposals. Where the telephone remains as the sole means of protection, it should be able to report its condition and operation with a sufficient level of integrity appropriate to the safety function provided.

Automatic level crossings

As the name suggests, there is no intervention between the level crossing and the user or operator.

a crossing changes, then the act of parliament has to be modified by a Level Crossing Order. The Office of Rail and Road (ORR) is responsible for authorizing Level Crossing Orders (on behalf of the Secretary of State for Transport), and then in inspecting against them to ensure that the measures that are set out in the Order are actually in place and being complied with. Therefore, it is important that the ORR is involved at an early stage with any level crossing innovation.

Technical strategy development

Level crossings are provided with many different forms of protection, ranging from full barriers and obstacle detectors linked with protecting signals to simple warning boards at footpath crossings. They can be categorized in a number of ways according to function, usage or method of operation. However, for the purposes of the technology strategy, level crossings can be categorized to be one of the three types - passive, automatic or controlled.

Passive level crossings

These are operated by the user and there is no interface to the signalling system. They comprise:
»» Footpath and bridleway (FP + BW) - with or without telephone and/or Miniature Stop Light (MSL);
»» User Worked Crossing (UWC) - with or without telephone and/or MSL;
»» Open Crossing (OC) - with warning boards to make users aware of a level crossing and to instruct them to only use the crossing when they have determined no train is approaching by direct observation or telephone, along with 'whistle' boards for approaching trains.
This type of crossing presents a high risk and, over the last two years, seven of the ten accidental fatalities that have occurred at level crossings have been at FP level crossings, and one was at a UWC with telephone
Historically, the only technology safety enhancement has been a telephone provided at some crossings with poor sighting of approaching trains. These connect to the controlling signal box, but can be a weak method of protection in some locations. The signaller may have to deal with a large number of crossings and, in very long signal sections, may not know where a train is with respect to the crossing. Furthermore the user is unlikely to be conversant with railway voice protocol. With the introduction of larger signalling control areas, telephone protection of crossings is unsustainable. Recent product introductions include Overlay Miniature Stop Lights (which are no longer miniature!) branded VaMoS supplied by Schweizer, and the EBI Gate 200 from Bombardier. A number of these are planned for deployment across the network. The EBI Gate has been totally re-engineered by Bombardier to remove a design deficiency and a programme of work is underway to roll out the new version to all the original pilot deployments. Where a passive crossing is provided with manual gates, there is a risk that users who make regular use of the crossing may be tempted to leave the gates open. A power-operated gate opener (POGO), which reduces the time and effort to open and close the gates, is available and uses a solar power supply. It avoids a user having to

staffed crossings manually operated. All this, with the requirement to provide systems more cost effectively, and quicker, makes Ed's role very challenging, but very important.

Network Rail's vision is to achieve 'zero harm' at level crossings and the policy is to make them safe so far as is reasonably practicable. To achieve this, Network Rail is investing in research and innovation in collaboration with industry, to identify new and emerging technologies that will deliver cost effective protection.

The aim is to introduce technology solutions that provide an active interface to users, providing safe crossing information and encouraging safe behaviors at level crossings. Another challenge is that the active interface, in whatever form, should ideally not rely on infrastructure-based train detection as the industry moves toward train-based position and location systems in support of European Train Control System (ETCS) Level 3.

Crossings as a system

The head of level crossings engineering manages a small team of engineers who have extensive knowledge and experience of signalling engineering with respect to level crossings. Where necessary, they have access to other engineering disciplines, such as track, structures, telecommunications and electrical power, as well as operations, risk and human factors experts. This provides a holistic approach to level crossing engineering and operation, which is an important point.

Ed's team manages a programme of work to specify the policy and standards that will deliver improvements to level crossing protection.

The programme covers short-term improvements to existing systems, response to accident and incident investigation recommendations,

research into human factors and new technology and management systems. The scope also provides, where applicable, assurance regimes to confirm the policy and standards implementation.In addition, the head of level crossings engineering is accountable for responding to formal and Rail Accident Investigation Branch (RAIB) investigation recommendations relating to level crossing assets. This includes reviewing and responding to draft reports, representation at national recommendations review panels, analysis of problems and the development of solutions. Proposed solutions will normally be mandated through a special inspection notice, unless of a significant or strategic nature. Significant or strategic changes will be developed as a 'project' and managed accordingly.

A sample of level crossing sites is subject to engineering verification assurance by the team, normally as part of verification being undertaken by the parent discipline of the asset sub system concerned, such as track, signaling, telecoms or electrical power. This may also include accompanying the route-based level crossing managers on their routine inspections and to follow through with a review of the effectiveness of their inspections.

The legal framework governing safety at level crossings is complex, sometimes outdated (some legal requirements are Victorian in origin) and overly prescriptive in places. When a railway route was authorized by an act of parliament, the legislation would have described the requirements for any level crossings, in terms of gates, operator and signage. When the method of protection of

Level crossing safety

Written by; Paul Darlington.

Level crossing safety in the UK compares favorably with that in other European countries. However, collisions at level crossings are still the largest single cause of train accident risk. Level crossings are an open interface between the road and the railway, so there is increased potential for pedestrian and road user behavior to affect train operations and put themselves in danger. The risks, however, can be reduced by the safe design and engineering management of level crossings, thereby reducing the number of serious and fatal incidents.

Risk control should, ideally, be achieved through the elimination of level crossings in favor of bridges, underpasses or diversions. However, with the majority of the rail network designed over 100 years ago, such elimination can be very difficult and expensive to achieve. Even if resources could be made available, there is often not the available space to construct a safer alternative to a level crossing. Level crossings connect communities, and people in those communities often want their crossings to remain open, even when a case for closure on safety grounds has been made. Where elimination is not possible, the risks to users and the operational railway should be reduced so far as is reasonably practicable. There are approximately 6,000 level crossings in use on the mainline rail network. Trains are now typically more frequent and travel at higher speeds than ever before while, at the same time, more road traffic crosses the railway and larger farm vehicles with better soundproofing are using occupational crossings. In addition, more pedestrians carry electronic equipment that can distract them when crossing the railway.

Ed Rollings is head of level crossings engineering at Network Rail, so the development and introduction of innovatory level crossing controls, and the technology that is being used to reduce level crossing risk, falls to him. Level crossings are unique in a number of ways. The layout, configuration and use of level crossings vary from location to location. Infrastructure managers have little direct control over the variety of users that are entitled to cross, and some of the features and functionality of level crossings have been specified in legislative requirements for many years, without the benefit of modern technology.

The total cost of ownership of level crossings is significant in annual maintenance and delay minutes. There is also an operational cost in signaller and crossing keeper hours to manage and control level crossings; whether through CCTV monitoring and control, level crossing telephone requests to cross, or permanently

International Section

Editor note

Welcome to this Fall issue, after the summer break!

We have a range of pieces in this issue, including an article about Level Crossing Safety in European countries, which covers the latest approaches in this case. Besides, a number of the best articles which were submitted to the 5th International Conference on Recent Advances in Railway Engineering (ICRARE 2017) have been noticed in this issue. Moreover, we will mention an article which analyzes the risks associated with stationary rail cars carrying hazardous materials(Hazmat) in railway stations.

I am really honored to be the international editor of this issue, and would like to invite all the experts, students, professors, and alumni to help us improve this section to the highest standards!

Warm Regards,

Sina Anesteh
B.Sc. Railway Track & Structures Engineering
Iran University of Science & Technology

CONTENTS

1 INTERNATIONAL

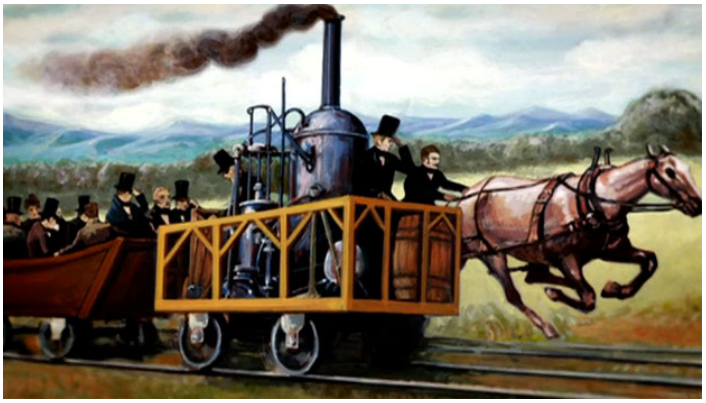
2 Level Crossing Safety

9 ICRARE 2017 Abstracts

15 Risk Analysis of Stationary Hazardous Materials Rail Cars

26< FA Part

Editorial Board Members



Promotional:

Editor: M.A. Karami

D. Zereh Poosh
Sh. Namdari

Industrial:

Editor: S. Asgari

S.M. Kheradmand
A. Mesgari
M.H. Ijadi
A. Golabadi

Research:

Editor: A. Abdolmohammadi

K. Kosarneshan
M. Mohammadi Zadeh
Zh. Madadi
A. Asadian

INTERNATIONAL

Editor: S. Anesteh

Desig & Layout By

A.Soleimani Khoshru
@AlirezaSoleimaniKhoshru

Owner Magazine

Railway Scientific Society

Publication Headmaster

Dr.S.Saeed Fazel

Fazel@iust.ac.ir

Chief Editor

Mahsa Elahi

m.elahii@yahoo.com

Rahesevom Subscribe

https://goo.gl/ZCJKVH

www.rahesevom.org