



راه سوم

فصل نامه علمی دانشجویی دانشگاه علم و صنعت
انجمن علمی دانشکده مهندسی راه آهن
سال بیستم و یکم | شماره سی و دوم | بهار ۱۳۹۷





صاحب امتیاز

انجمن علمی دانشکده مهندسی راه آهن

مدیر مسئول

دکتر سید سعید فاضل
Fazel@iust.ac.ir

سر دبیر

مهسا الهی
m.elahii@yahoo.com

اشتراک نشریه راه سوم



<https://goo.gl/ZCJKYH>



اعضای هیئت تحریریه

ترویجی:

دبیر بخش ترویجی: محمدعلی کرمی

محمدحسین ایجادی

دنا زره پوش

شقایق نامداری



صنعتی:

دبیر بخش صنعتی: عاطفه قاسمی

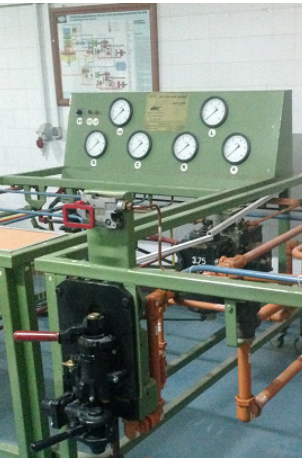
حسینعلی آقاشریف

علی مسگری

علی عطایی

سارا فیروزی

زهره حقیقی



پژوهشی:

دبیر بخش پژوهشی: آرمین عبدالمحمدی

بین المللی:

دبیر بخش بین المللی: طاها خردمند



طراحی و صفحه بندی:

علیرضا سلیمانی خوشرو

@AlirezaSoleimaniKhoshru

فهرست

۸

ترویجی

- ۹ آیا می‌دانید؟
- ۱۴ معرفی اساتید ریلی
- ۱۷ دانشگاه حمل و نقل ایالتی روستوف
- ۱۸ معرفی سیستم LZB و ETCS
- ۲۴ سیستم اشتراک گذاری دوچرخه
- ۲۷ مقایسه سیستم های دیزل الکتریک و الکتریکی
- ۳۲ سیر تحول تاریخی لکوموتیو
- ۴۱ روز شمار ریلی



۴۴

صنعتی

- ۴۵ و سلوو Vossloh
- ۴۹ مصاحبه‌ی صنعتی
- ۵۱ کاربردهای تکنولوژی پردازش تصویر در راه آهن
- ۵۴ عیب یابی ریل و تقسیم بندی با روش بررسی تصویر آنی

۶۴

پژوهشی

- حمل و نقل ریلی
- ۶۵ پایان نامه: شناسایی پارامترهای موثر بر انتخاب بین راه آهن سریع السیر و حمل و نقل جاده ای
- ۷۱ مقاله: ارزیابی و اولویت بندی پیمانکاران پروژه‌های اجرایی راه آهن با روش AHP
- ۸۲ مقاله: اولویت بندی روش های ایمن سازی گذرگاه هم سطح با استفاده از روش های تحلیل سلسله مراتبی تاپسیس
- ماشین های ریلی
- ۸۸ پایان نامه: افزایش قابلیت دسترسی مبتنی بر روش پایش وضعیت، در ماشین آلات ساخت، نگهداری و تعمیر خطوط ریلی
- خط سازه ریلی
- ۹۶ پایان نامه: عبور قطارهای سریع السیر از بسترهای ناپایدار



۱۵۳<

بین المللی

سخن سردبیر نشریه

اکنون که بیست و یک سال از تاسیس تنها دانشکده مهندسی راه آهن در خاورمیانه می‌گذرد ما مفتخریم که ۳۲ امین شماره نشریه راه سوم را در بهار ۹۷ با همت جمعی از دانشجویان فعال و پرانرژی دانشکده که نخستین تجربه‌ی خود را برای گردآوری و تالیف نشریه داشته‌اند، به چاپ برسانیم. و این ثمره‌ی تیم سابق نشریه می‌باشد که همه‌ی تلاش خود را برای یاری و ارتقاء سطح این تیم به کار گرفته‌اند.

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 می‌باشد، 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 شده‌اند. هر یک از بخش‌های نشریه توسط دبیر تخصصی آن مورد بررسی قرار گرفته و در ابتدای هر بخش درباره‌ی هدف و مطالب ارائه شده، توضیحاتی را بیان نموده‌اند 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 فرهیخته‌ی آن قرار دهیم و آمادگی خود را برای دریافت هرگونه نظرات، پیشنهادات و حمایت‌های مادی و معنوی اعلام می‌داریم.

مهسا الهی
سردبیر نشریه راه سوم





بخش ترویجی

سخن دبیر بخش ترویجی

به نام پروردگار یکتا

در این شماره، تمرکز بخش ترویجی تا حد بسیاری بر روی بررسی تاریخ صنعت ریلی بوده است که اصولاً بخش مهاجور و فراموش شده ای در مفاهیم و موضوعات مربوط به این صنعت محسوب می گردد. با این حال، نمی توان فراموش کرد که این گذشته و سیر تکامل آن تا زمان حال است که روند تصمیمات مورد نیاز به سوی آینده صنعت را مشخص می کند و بنابراین، بررسی تاریخ راه آهن چندان هم خالی از لطف نیست. به جز بخش های مربوط به تاریخچه، ما در کمیته ترویجی از قسمت های دیگر نیز غافل نگشته ایم و بخش های معرفی و اخبار به قوت خود باقی هستند. موضوعات این شماره شاید باب میل تمام مخاطبان نباشند، اما می توانید آن را به منزله آرامش پیش از توفان برای ویژه نامه بهار تلقی کنید. پیشاپیش از توجه همه شما مخاطبین عزیز متشکریم.

محمدعلی کرمی

اکثر مقالات کمیته ترویجی، به دلیل ارتباطی که این کمیته باید با عامه مخاطبان نشریه برقرار کند، اغلب به عنوان بستر مناسبی برای چاپ موضوعات چند بخشی در شماره های متوالی شناخته می شود. لذا، بخشی از موضوعات و مفاهیمی که در این کمیته مشاهده می شوند، ممکن است تا چندین شماره تیترو فضای اختصاصی خود را در بخش ترویجی داشته باشند. با این حال، واضح است که این موضوعات، با توجه به خصوصیات و شرایط صنعت ریلی، دارای طول معین و در نتیجه مدت زمان حضور مشخصی در نشریه هستند. این امر در خصوص مقالات سری نرم افزارهای مرتبط با صنعت ریلی قابل تعمیم است که در شماره های پیشین، تمامی جزئیات آنها تحت بررسی قرار گرفته و از این شماره، موضوعات دیگری جایگزین آنها گشته اند که تشریح این امر را برای خوانندگان محترم، لازم می گرداند.

آیا می دانید؟



هند یکی از گسترده ترین شبکه های راه آهن جهان است که روزانه میلیون ها مسافر را جابجا می کند. در اینجا ۹ حقیقت جالب درباره ی راه آهن هند را برای شما می آوریم.

۱ سریع ترین و کم سرعت ترین قطار



Delhi-Bhopal Express New
سریع ترین قطار در هند است.
این قطار به طور متوسط
با سرعت ۹۱kmph حرکت
می کند و در امتداد ۱۹۵km
Delhi-Agra به حداکثر سرعت
۱۵۰ kmph می رسد. Nilgiri
Express با متوسط سرعت
۱۰۰kmph امتیاز کم سرعت ترین
قطار هند را دارد.

۲ طولانی ترین راه و کوتاه ترین مسیر



Dibrugarh از Vivek-Express
۶,۲۷۳, Kanyakumari تا
km طی می کند که آن را از
نظر زمان و مسافت کلی به
طولانی ترین مسیر تبدیل
می کند. تعمیرگاه های قطار
بین Nagpur و Ajni، واقع در
۳ km یکدیگر، کوتاه ترین راه
راتشکیل می دهند. جداول
زمان بندی سرویس اصولاً برای
خدمه در نظر گرفته شده اند تا از
ایستگاه Nagpur به کارگاه در
Ajni سفر کنند.

۳ طولانی‌ترین مسیر بدون توقف و بیش‌ترین توقف‌ها



Trivandrum-Nizamuddin
 km ۵۲۸ که Rajdhani Express
 از Vadodara تا Kota را بی‌وقفه
 سفر می‌کند در صدر قرار دارد.
 Howrah-Amritsar Express
 با ۱۱۵ توقف بیش‌ترین تعداد
 توقف را داراست.

۴ دو ایستگاه، یک مکان



دو Belapur و Srirampur
 ایستگاه متمایز در ناحیه
 Maharashtra Ahmednagar
 در مکان یکسان در خط راه
 آهن اما در دو طرف متفاوت
 آن هستند.

۵ وقت نشناس ترین قطار

گفته می شود-Guwahati-
Trivandrum Express
نامطمئن ترین قطار مسیره های
طولانی در هند است. در هر
سفر با جدول زمان بندی سفر
۶۵ ساعت و ۵ دقیقه به طور
میانگین ۱۰ الی ۱۲ ساعت
تأخیر دارد.



۶ طولانی ترین و کوتاه ترین نام های ایستگاه

رکورد طولانی ترین نام ای
ستگاه: Venkatanarasimh
araguaripeta در بخش
Arakkonam-Renigunta
نزدیکی Chennai. کوتاه ترین
نام های ایستگاه: Ib در نزدیکی
Od و Odisha در Jharsuguda
در نزدیکی Anand در Gujarat
هستند



۷ قدیمی‌ترین لوکوموتیو



قدیمی‌ترین لوکوموتیو در حال استفاده‌ی هند Fairy Queen است که در سال ۱۸۵۵ تولید شده است. همچنین قدیمی‌ترین ماشین بخار در حال کار در جهان است.

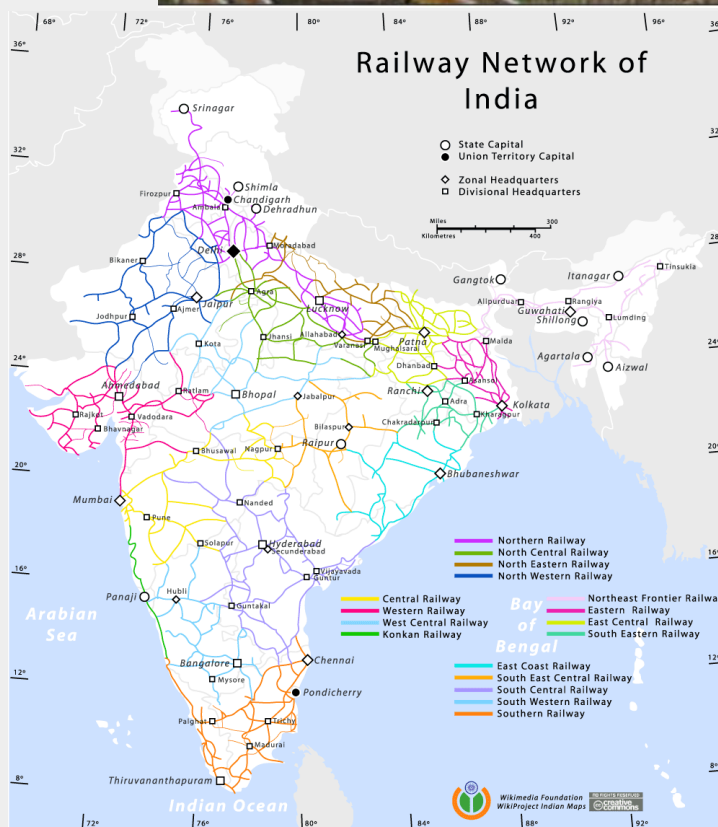
۸ خط آهنی که در مسیر آن تونل وجود دارد



تونل Pir Pangal با طول ۱۱٫۲۱۵ km طولانی‌ترین تونل هند است که خط آهن از آن رد می‌شود.

۹ سرویس های بهداشتی قطار

سرویس های بهداشتی در قطارهای رده پایینتر هند بعد از نوشته شدن نامه ای توسط یک Okhil Babu که کار سختی را که به خاطر نبودن سرویس های بهداشتی متحمل شده بود شرح داده بود در سال ۱۹۰۹ مرسوم شدند.



نقشه سراسری راه آهن هند



پروفیسور جان پریستون

نام:

ایمیل: J.M.Preston@soton.ac.uk

دانشگاه ساوتھمتون

موسسه:

پروفیسور در زمینه حمل و نقل ریلی و مدیر پیشرفت تحقیقات ریلی

مسئولیت:

تجارب:

• تجزیه و تحلیل رقابت میان بازار اتوبوس‌رانی و ریلی
• تأثیرات اقتصادی گسترده‌ی سیاست‌های حمل و نقلی
• مطالعات تقاضا و هزینه چندمنظوره

مهارت‌های اصلی / کلمات کلیدی:

• سناریوهای تحلیل
• تجزیه و تحلیل سیاست حمل و نقل
• تجزیه و تحلیل قیمت / سود
• کمک هزینه و استفاده از زیرساخت
• تجارت اقتصادی

نشریات اصلی:

• "تجزیه و تحلیل پتانسیل مسابقه در مسیر صنعت حمل نقل مسافر در بریتانیا"، (با همکاری جی. ولن و ام. واردمن)، مجله قوانین و اقتصاد حمل و نقل، 31999
• "فرنشینگ سرویس مسافربری ریلی بریتانیا"، (با همکاری جی. ولان، سی.نش و ام. واردمن) بررسی بین‌المللی اقتصاد کاربردی،
• "اثرات تمام زندگی مداخلات حمل و نقل شارژی درباره کارایی در تجارت: یک چهارچوب راه‌پیمایی زمانبر"، (با همکاری تی. وایت‌هد و تی. هولواد)، محیط و برنامه ریزی، 2005
• "ادغام حمل و نقل با فعالیت اجتماعی-اقتصادی: دستور جلسه یک تحقیق در هزاره جدید"، نشریه حمل و نقل جغرافیایی، 2001



نام: **پروفسور کلاوس ریزبرگر**

موسسه: دانشگاه فنی گراز ایمیل: **Klaus.riessberger@tugraz.at**

مسئولیت: **پروفسور در زمینه حمل و نقل ریلی و مدیر پیشرفت تحقیقات ریلی**

مهارت‌های اصلی / کلمات کلیدی:

- پی‌گیری طراحی و ساخت
- تعامل ریل / چرخ
- هماهنگی برنامه ریزی راه آهن
- نگهداری مسیر مکانیزه
- اقتصاد حمل و نقل

تجارب:

- کیفیت سواری وسایل حمل و نقل ریلی
- ساخت و نگهداری مکانیزه مسیر
- طراحی خلاقانه کامیون
- ارزیابی اقتصادی مسیر و پی‌گیری اجزا

نشریات اصلی:

"پلکان روابط: یک نوآوری برای ریلی بالستیک"، Schienen der Welt 12/2003
 "بهبود پایداری ریلی بالستیک"، ETR3/2000
 "چرخ / ریل - مسیر / قطار فناوری اطلاعات"، (به زبان آلمانی)، Eisenbahningenieur 10/1998
 "پلکان روابط: یک مدل نوآورانه از ریلی بالستیک" ETR 3/2000
 "زیرساخت و اقتصاد: کیفیت مسیر بهینه باید چگونه باشد؟"، OVG-Spezial 1997 Band 41/1998



نام: **پروفسور فرانسیس روباسته آنتون**

موسسه: دانشگاه پلی‌تکنیک کاتالونیا ایمیل: **f.robuste@upc.edu**

مسئولیت: **استاد حمل و نقل / مدیر عامل**

مهارت‌های اصلی / کلمات کلیدی:

- مدل سازی و تخمین زدن
- حمل و نقل لجستیک
- تجزیه و تحلیل هزینه / سود
- تجارت اقتصادی
- سناریوهای تجزیه و تحلیل

تجارب:

- تجزیه و تحلیل هزینه / سود
- ارزیابی پروژه‌های راه آهن
- هزینه‌های اجتماعی و زیست محیطی
- هزینه‌های احتمالی
- مدل سازی و تخمین زدن
- شبیه سازی تقاضای حمل و نقل
- شبیه سازی عملیات
- سیستم‌های حمل و نقل بیرون شهری

نشریات اصلی:

"مدرنیته مسیره‌ها و خط‌های راه آهن جدید: دیدگاه‌های متفاوت و ابزار برای اهداف تجاری"، مجله حمل و نقل عمومی، ۲۰۰۱
 "سازگاری و محدودیت‌ها بین قطارهای مسافربری پرسرعت و قطارهای حمل و نقل سنتی"، گزارش تحقیقات حمل و نقل، ۲۰۰۱
 "خط پرسرعت مادرید به بارسلونا"، مقالات موسسه مهندسان عمران، ۲۰۰۳
 "تاثیرات راه آهن پرسرعت بر روی کاهش تراکم ترافیک هوایی"، مجله حمل و نقل عمومی، ۲۰۰۳



نام: **پروفسور ورنر روثنگاتر**

موسسه: **University of Karlsruhe** ایمیل: **rothengatter@iww.uni-karlsruhe.de**

مسئولیت: **رئیس موسسه تحقیقات قوانین اقتصادی**

مهارت‌های اصلی / کلمات کلیدی:
اقتصاد بازرگانی

تجارب:

- دینامیک سیستم
- هزینه‌های خارجی
- محاسبات هزینه‌های زیرساخت
- اقتصاد حمل و نقل

نشریات اصلی:

با همکاری ام. گادری و بی. ماندل: "معرفی مسابقه فضایی در یک خودپنداره توزیع مجدد (AR-C-D) فرآیند در مدل‌های تولید/ توزیع بین شهری
با همکاری N. Bruzelius و B. Flyvbjerg: "پروژه‌های عظیم و ریسک: یک آناتومی هدف (آرزو/ جاه‌طلبی)"
با همکاری G. Ragazzi: "تدارکات و تامین مالی بزرگراه‌ها در اروپا"



نام: **دکتر اندرو اسمیث**

موسسه: **دانشگاه لیدز** ایمیل: **a.s.j.smith@its.leeds.ac.uk**

مسئولیت: **تدریس اقتصاد حمل و نقل**

مهارت‌های اصلی / کلمات کلیدی:

- تجزیه و تحلیل کارایی و هزینه/ سود
- تجزیه و تحلیل قوانین حمل و نقل
- سوبسیت و شارژ زیرساخت

تجارب:

- تجزیه و تحلیل کارایی و هزینه/ سود
- ارزیابی سیاست:
- سوبسیت و شارژ زیرساخت

نشریات اصلی:

ام.چی پالیوت و ای.اس.جی اسمیث (۲۰۰۰) "بازسازی و خصوصی سازی راه‌آهن بریتانیا: آیا واقعا آنقدر بد بود؟"، مطالعات مالی، جلد (4) ۲۳، pp. 463-502pp.157-190
A.S.J Smith C.A Nash و B. Matthews (۲۰۰۵) "بازسازی راه‌آهن اروپا: بریتانیا."
E. Calthrop, E. Ludewig, J. Ed "بازسازی راه‌آهن اروپا- یک ارزیابی پیشرفت"، انجمن راه‌آهن اروپا و شرکت‌های زیربنایی
A.S.J Smith C.A Nash (2006)، "فرانشیز ریلی مساف - تجربه‌ی بریتانیایی"

دانشگاه حمل و نقل ایالتی روستوف



دانشگاه حمل و نقل روستوف، واقع در کشور روسیه، یکی از قدیمی ترین انستیتوها و مراکز تحقیقاتی حمل و نقل به صورت آکادمیک در این کشور است که از سال ۱۹۲۹ میلادی به پذیرش دانشجو در رشته های خط و جاده، راه آهن و حمل و نقل دریایی، آغاز به کار کرده است. در آن سال ها، به دلیل وجود اتحاد جماهیر شوروی، دانشگاه روستوف از کشورهای چون ارمنستان، آذربایجان و گرجستان نیز به صورت مستقیم دانشجو می پذیرفت. این امر باعث تبدیل شدن محیط این دانشگاه به فضایی چند ملیتی، با گرایش فکری و مذهبی گوناگون شده است که امروزه نیز می توان این امر را در ارتباطات مثبت این دانشگاه با مراکز تحقیقاتی در کشورهای مختلف همچون مالزی، اندونزی، اکراین و... مشاهده نمود.

از دهه ۳۰ میلادی، تمرکز این مجموعه بر روی حمل و نقل ریلی بوده و آزمایشگاه ها، کارگاه ها و مرکز تحقیقات ریلی این دانشگاه همگی برای مطالعه این صنعت تجهیز شده اند. تا سال ۲۰۰۴، سرمایه گذار و مالک اصلی دانشگاه وزارت راه دولت

روسیه و بخش حمل و نقل ریلی بوده است.

بدنه کارمندی دانشگاه شامل حدود ۴۵۰۰ نفر پرسنل می شود که از این میان ۷۰ درصد جمعیت دارای تحصیلات آکادمیک بوده و بیش از ۱۱۵۰ نفر آنان استاد و مدرس هستند. در این خصوص می توان به انجمن های اساتید نیز اشاره نمود که در زمینه های متفاوت صنعت مشغل به فعالیت هستند.

از جمله مهمترین بخش های این دانشگاه، می توان به آزمایشگاه «راه آهن مجازی» اشاره نمود که محیطی چندمنظوره برای تمرین طراحی، مدیریت خط، تجارت در صنعت ریلی و مدیریت بحران ریلی بوده و برای استفاده عموم دانشجویان در سطوح مختلف رایگان است. این آزمایشگاه به مهندسين و تکنسین های آینده کمک می کند تا بتوانند شرایط واقعی ممکن در محیط صنعت ریلی را به صورت مجازی تجربه کرده و نحوه برخورد و عکس العمل را بدون صدمه زدن به اقتصاد و وجهه این صنعت، یاد گیرند. گفتنی است که این آزمایشگاه دارای استانداردهای جهانی بوده و در سطح بین المللی مقبولیت

دارد.

فضای دانشگاه شامل چهار ساختمان آکادمیک، سه هتل برای دانشجویان، تعدادی کافه، یک ورزشگاه گسترده و بخش های گوناگون مانند استخر و استادیوم، مجموعه خوابگاه ها به مساحت بیست هکتار مجهز یک پارک بزرگ است. روابط بین الملل و رابطه با دولت روسیه به صورت فعال دنبال شده و دانشگاه روستوف در این خصوص در ناحیه جنوبی روسیه زبانزد است. همچنین، مقالات و تحقیقات بین المللی نیز هر ساله به ژورنال های معتبر ارائه می شوند که برخی از آنها در توسعه صنعت ریلی روسیه اثر مستقیم دارند.

به دلیل دارا بودن فضای چندملیتی، علاقه به دنبال کردن مهارت ها و سرگرمی های دانشجویان از طرف مدیریت دانشگاه به امری معمول بدل شده است. گروه های موسیقی، ورزشی، یادگیری زبان های غیر روسی و همچنین برگزاری کنسرت ها، تئاترها و برنامه های سرگرمی دیگر از جمله نمونه های حمایت دانشگاه از گسترش مهارت های غیردرسی دانشجویان است.

معرفی سیستم LTB و ETCS

LTB - LINIENZUGBEEINFLUSSUNG (LINEAR TRAIN CONTROL)

معرفی:

در ابتدا بگذارید لغت فوق را معنی کنیم و اینکه چرا LTB استفاده می شود.

Linienzugbeeinflussung اساساً به معنی کنترل خطی قطار و در تضاد با استفاده از سیگنال‌های ثابت (با اصطلاح آلمانی Punktformige Zugbeeinflussung، چرا که در روش ثابت ارتباط با قطار تنها در نقاطی معین، موسوم به نقاط سیگنال، صورت می‌گیرد) است.

به لحاظ فنی، حلقه‌های کابل بین ریل‌ها قرار می‌گیرند. این کابل‌ها به‌عنوان آنتن برای ارسال سیگنال به قطار استفاده می‌شوند. محل قطار به وسیله چک کردن اشغال شدن بلاک مشخص می‌شود. (این امر مشخص می‌کند که قطار درون بلاک است، اما محل دقیق آن را درون بلاک معین نمی‌کند). یک روش پیشرفته‌تر، از ارتباط رادیویی استفاده می‌کند که معمولاً FZB نامیده می‌شود (کنترل رادیویی قطار یا Funk-Zugbeeinflussung).

در سیگنالینگ معمول، حداکثر سرعت به ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت محدود می‌شود، چون در این سرعت خط ترمز حدود ۱ کیلومتر است. در سرعت‌های بالاتر فاصله میان سیگنال دور و سیگنال اصلی باید افزایش یابد که در نتیجه آن، بلاک‌ها بلندتر شده و ظرفیت خط کاهش می‌یابد. (به‌جز هزینه‌های جابه‌جا کردن تجهیزات سیگنالینگ در طول خط) در طرف مقابل، سیستم LTB چند بلاک جلوتر را رصد می‌کند (۷۰۰ متر برای حداکثر سرعت ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت و ۹۹۰ متر برای حداکثر سرعت ۲۵۰ کیلومتر بر ساعت) و توجه خاصی نیز به ارسال و دریافت سیگنال نشان می‌دهد.

سیگنالینگ و تجهیزات باکس سیگنال تغییری نمی‌کنند، بنابراین LTB تنها سیستم بلاک بندی را پوشش می‌دهد. در یک خط LTB تمامی

سیگنال‌ها حالت معمول خود را نشان می‌دهند، حتی وقتی که یک قطار مجهز به LTB عبور می‌کند. (نکته: در نمونه‌های جدیدتر این امر در برخی موارد متفاوت است).

میدان دید سیگنال

اگر یک راهبر ۱۴۰ کیلومتر بر ساعت سرعت داشته باشد، با نرخ ۳۸/۸۸ متر بر ثانیه خط را پشت سر می‌گذارد. اگر میدان دیدی به شعاع ۲۵ متر وجود داشته باشد، راهبر ۰/۶۴ ثانیه برای مشاهده و عکس‌العمل نشان دادن به یک علامت سیگنال در خارج قطار، فرصت دارد. یک راهبر آموزش دیده می‌تواند چنین کاری انجام دهد، اما این امر یک چالش تمام عیار است. اگر سرعت به ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت برسد، این زمان عکس‌العمل به ۰/۵۶ ثانیه کاهش می‌یابد که تقریباً برابر با یک‌بار پلک زدن است.

سرعت بالا

در آلمان، استاندارد وجود دارد که بر اساس آن در سرعت‌های بالاتر از ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت، راهبر نمی‌تواند علامت سیگنال را در چنین سرعتی دیده و مطابق آن عکس‌العمل نشان دهد.

بنابراین، یک سیستم سیگنالینگ کابین طراحی شد که سیگنال‌های خارجی را به علامت‌هایی در کابین قطار تبدیل می‌کند. سیستم همچنین به‌گونه‌ای طراحی شده است تا سرعت قطار را به‌صورت کامل بررسی و به‌صورت کاملاً خودکار عمل کند. اگر قطاری فاقد این سیستم سیگنالینگ کابین باشد، حداکثر سرعت مجاز آن ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت خواهد بود.

پارامترها و اصول LTB

سیستم LTB رفت‌وآمد سیگنال را رصد کرده و حداکثر سرعت کنونی را محاسبه می‌کند. اگر یک سیگنال پیشرو (هدف) کاهش سرعت را نشان

داده یا متوقف شود (سرعت هدف)، حداکثر سرعت نیز کاهش می‌یابد تا اطمینان حاصل شود که قطار بتواند در محل هدف به‌سرعت مورد نظر برسد.

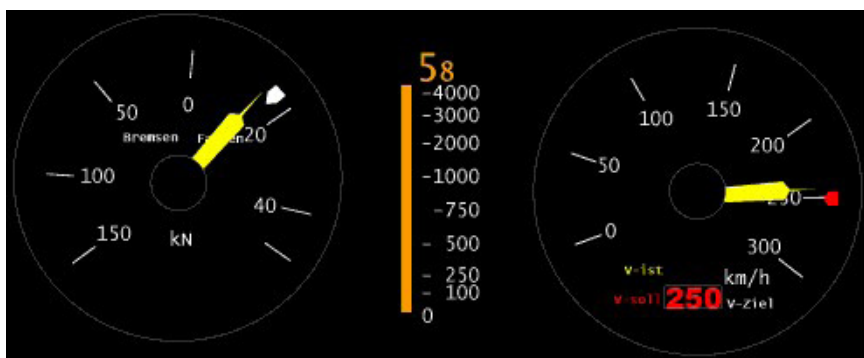
این سیستم از یک کامپیوتر نصب شده روی قطار و یک کامپیوتر کنار خط در کنار کامپیوتر LTB داخل باکس سیگنال تشکیل شده است. کامپیوتر LTB و کامپیوتر کنار خط می‌توانند از طریق یک شبکه آنتن-کابل مخصوص در خط، با کامپیوتر نصب شده روی قطار ارتباط برقرار کنند و بالعکس. این امر از طریق سیستمی از بسته‌های اطلاعاتی انجام می‌شود که به‌صورت مداوم به قطار ارسال می‌شوند. این بسته‌های اطلاعاتی، اطلاعات سرعت و محل را برای کامپیوتر نصب شده روی قطار فراهم می‌کنند. کامپیوتر نصب شده حداکثر سرعت مجاز فعلی، فاصله هدف و سرعت هدف را (بر اساس اطلاعات قطار، ظرفیت ترمز، طول قطار و فاصله تا محل کاهش سرعت بعدی) محاسبه می‌کند. سه بخش اطلاعاتی حیاتی شامل: حداکثر سرعت مجاز، فاصله هدف و سرعت هدف به راهبر قطار نشان داده شده و وی می‌تواند تصمیم بگیرد که قطار از این اطلاعات به‌صورت خودکار استفاده کند یا به صورت دستی قطار را مطابق اطلاعات داده شده هدایت نماید. پس از ۴۰ سال فعالیت، سیستم اثبات کرده است که فوق‌العاده قابل اتکاست و تنها تعداد کمی ایراد در آن دیده شده است.

به شکل ساده اگر بخواهیم بگوییم: قطاری با سرعت ۲۵۰ کیلومتر بر ساعت و نیز تعدادی سیگنال پیشرو را در نظر بگیرید که توقف را نشان می‌دهند (سرعت هدف برابر صفر)، سپس خصوصیات ترمز گیری قطار را در نظر بگیرید. قطار باید سرعت خود را تا حدی پایین بیاورد که سیگنال فاصله احتیاط روشن شود، پس سرعت آن به‌صورت مداوم کاهش خواهد یافت.

V-ist	سرعت حقیقی قطار
V-soll	حداکثر سرعت قطار
V-Ziel	سرعت هدف
Zielentfernung	فاصله هدف

راهبر بر روی سیگنال‌های ثابت تکیه نکرده (درواقع، آن‌ها برای وی اعتباری ندارند.) و به‌جای آن‌ها به اطلاعات صفحه نمایش کابین توجه می‌کند. این اطلاعات باید چهار پارامتر را نشان دهند:

صفحه نمایش کابین



سرعت مجاز معمولاً برابر با حداکثر سرعت قطار است، مگر اینکه یک دستور خاص یا شرایط مشخص نیازمند سرعت پایین‌تری باشد. سرعت هدف سرعتی است که باید در نقطه هدف به آن دست یافت و فاصله هدف، فاصله‌ای است که برای رسیدن به آن نقطه باید طی شود.

در سمت چپ می‌توان درجه شتاب را مشاهده نمود و در سمت راست، گیج سرعت.

گیج سرعت شامل سه سرعت می‌شود:

- نشانگر زرد سرعت حقیقی قطار را نشان می‌دهد.

- نشانگر قرمز حداکثر سرعت قطار را نشان می‌دهد.

- نوشته قرمز سرعت هدف را نشان می‌دهد.

- فاصله هدف توسط نمودار میانی مشخص می‌شود. اگر فاصله هدف از ۴۰۰۰ متر بیشتر باشد، مقدار آن بالای نمودار معین می‌شود. (۵٫۸ کیلومتر در این مثال)

حالت «ایست» در سیگنالینگ معمول توسط سرعت هدف صفر و فاصله هدف مرتبط با آن، معین می‌شود.

LZB تنها با مود «تمام بلاک» نصب شده‌اند، دریافت کننده نمی‌تواند چیز زیادی مشاهده کند. مشابه شبیه سازی Zentralstellwerk Duisburg Hbf دریافت کننده در حقیقت هیچ چیز نمی‌بیند. وی نمی‌تواند هیچ تأثیری روی سیستم بگذارد، نمی‌داند سیستم به LZB مجهز است یا نه و اینکه آیا این سیستم عملیاتی است یا نه. و در حقیقت این موضوع اهمیتی نیز ندارد. اگر سیستم عمل نکند، قطار تنها تا سرعت ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت شتاب می‌گیرد. هرگونه سرعتی قبل از آن، اثر اندکی بر روی سیستم می‌گذارد.

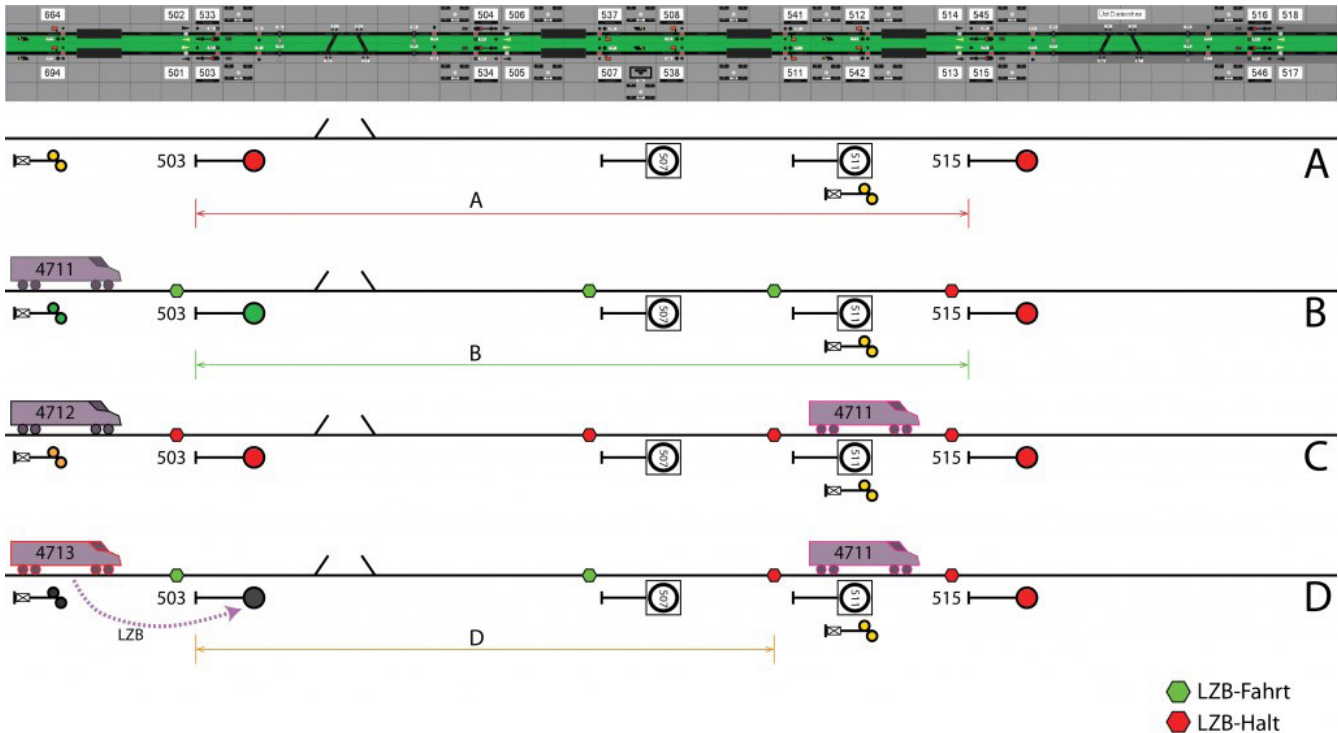
کیلومتر بر ساعت خواهد بود. اگر قطار توسط LZB شناسایی شود، راهبر می‌تواند تنها به سیگنال کابین دقت کند و نیازی نیست به سیگنال‌های خط در بیرون قطار توجهی نماید. به‌صورت ساده، وی باید کاملاً به سیگنالینگ کابین تکیه کند و حتی علامت‌های سیگنال خارجی را در نظر نگیرد. البته او باید همچنان گوش‌به‌زنگ بوده و خط را برای مشکلات و موانع خطرناک بررسی کند. سیستم LZB درختان و موانع را بر روی خط شناسایی نمی‌کند. حرکت تحت نظارت کامل سیگنالینگ کابین

دریافت کننده سیگنال چه می‌بیند؟ بر روی خطوط ریلی که تجهیزات

قطارهایی که سیستم سیگنال کابین LZB را انتخاب می‌کنند

برای اینکه قطاری تحت قواعد سیگنالینگ کابین عمل کند، باید وارد یک نقطه ورودی شده و توسط علامت‌های کوچک LZB کنار خط نشانه‌گذاری شود. انتظار می‌رود راهبر، اگر قطارش با سیستم LZB مجهز شده باشد، توسط سیستم سیگنالینگ کابین شناسایی شود، هر دو سیستم LZB و کنار خط عملیاتی شوند و تمام طول قطارش درون ناحیه LZB محسوب گردد.

اگر این موارد برآورده نشوند، قطار می‌تواند مطابق سرعت عادی خود حرکت کند، اما سقف سرعت آن ۱۶۰



بلاک‌های کامل و بلاک‌های مقطعی LZB

همان‌طور که بالاتر گفته شد، LZB یک سیستم پوششی است. به عبارت دیگر، سیگنال‌های دور و اصلی در جای خود باقی می‌مانند. زمانی که یک قطار تجهیز نشده به LZB عبور می‌کند، سیگنال‌ها به صورت عادی کار می‌کنند. اگر یک قطار مجهز به LZB رد شود، سیگنال‌ها علاوه بر فعالیت عادی، نمایه‌های ایست، احتیاط و پیشروی را نیز نشان می‌دهند. تنها تفاوت، این است که در حالت دوم قطار از این نمایه‌ها پیش از رسیدن به سیگنال دور باخبر می‌شود و در نتیجه، فواصل ترمز طولانی‌تر و سرعت‌های بالاتری مجاز می‌شوند.

در حال حاضر، بر روی برخی خطوط که تقریباً فقط قطارهای LZB کار می‌کنند، می‌توان از راه‌اندازی سیگنال‌های متعدد اجتناب کرد. بر روی این خطوط، سیگنال‌ها تنها در نقاط ابتدایی و انتهایی LZB، تقاطع‌ها و به‌عنوان سیگنال‌های ورودی و خروجی استفاده می‌شوند. خود خط همچنان به بلاک‌هایی موسوم به بلاک‌های LZB تقسیم خواهد شد که نه توسط سیگنال‌ها، بلکه توسط نشانگرهای مخصوص LZB مشخص می‌شوند. بنابراین، روی چنین خطوطی شما به صورت مؤثر دو سیستم بلاک بندی پوششی خواهید داشت: بلاک‌های LZB و بلاک‌های محدودشده توسط سیگنال‌ها. مورد دوم هنگام عبور قطارهای تجهیز نشده به LZB باید مورد توجه باشد.

یک مورد مخصوص در این خطوط وجود دارد: یک قطار تجهیز نشده به LZB را فرض کنید که از یک سیگنال عبور کرده و در خط چند بلاک LZB پیش رفته است، اما هنوز قبل از سیگنال ثابت بعدی قرار دارد. مشخصاً سیگنال ثابت به علت اشغال بودن بلاک نوع خود، علامت ایست را نشان می‌دهد. حال یک قطار LZB را در نظر بگیرید که به دنبال قطار اول در حرکت است. از آنجایی که بلاک LZB پیش روی قطار خالی است، این قطار اجازه دارد تا از سیگنال ایست (قرمز) عبور کرده و وارد بلاک LZB خالی شود.

با این وجود، شرکت‌ها من جمله DBAG علاقه‌ای ندارند که راهبرهای خود را با عبور از سیگنال خطر عصبی کنند، بنابراین این سیگنال‌ها هنگام نزدیک شدن قطارهای LZB کاملاً خاموش می‌شوند.

شکل بالا یک تصویر مقطعی از یک پنل خط مجهز به LZB برای سرعت‌های بالاست. مثال فوق از مسیری شامل سیگنال ۵۰۳ تا سیگنال ۵۱۵ استفاده می‌کند. میان سیگنال‌ها، تعدادی سوئیچ و دو علامت بلاک LZB با شماره‌های ۵۰۷ و ۵۱۱ قرار دارد. این‌ها تنها علامت‌های ساده‌ای در خارج کابین هستند که به‌عنوان یادآور برای راهبرهای تحت سیستم LZB عمل می‌کنند. برای راهبرهای متفرقه، این علامت‌ها بی‌معنی هستند. در موقعیت A تجهیزات در وضعیت عادی هستند. سیگنال‌ها قرمز بوده و بلاک‌های

LZB نیز قرمز هستند. قبل از سیگنال ۵۰۳ یک ایست LZB از سیستم LZB قرار دارد. در وضعیت B مسیری از سیگنال ۵۰۳ تا ۵۱۵ نشان داده شده است. سیگنال ۵۰۳ «پیشروی» را نشان می‌دهد. سیگنال دور آن نیز «پیشروی مورد انتظار» را نمایش می‌دهد. هر دو بلاک LZB خالی هستند و همانند سیگنال ۵۰۳، دارای یک پیشروی LZB در محل خود هستند. هر قطاری می‌تواند پیش آمده و وارد «بلاک کامل» شود. قطار ۴۷۱۱ در این زمان تا سیگنال ۵۱۵ پیش می‌رود. در موقعیت C قطار ۴۷۱۱ قبل از سیگنال ۵۱۵ متوقف شده و قطار ۴۷۱۲ به سمت سیگنال ۵۰۳ می‌رود. قطار ۴۷۱۲ با سیستم LZB تجهیز نشده است یا سیستم آن غیرفعال است. سیگنال ۵۰۳ اعلام ایست می‌کند و قطار ۴۷۱۲ می‌ایستد، چون علامت‌های کنار مسیر را می‌بیند. تنها اگر قطار ۴۷۱۱ تمام بلاک را ترک کند، قطار ۴۷۱۲ اجازه حرکت می‌یابد.

شده‌اند و در برخی از این کشورها، سیستم‌های یاد شده پیاده سازی نیز شده است. در این گزارشی به تشریح اقدامات انجام شده در خصوص تجهیز به سیستم‌های GSM-R و ETCS در کشورهای غیراروپایی و تجارب آنها پرداخته می‌شود که می‌تواند برای راه‌آهن کشور باتوجه به اینکه تاکنون از سیستم کنترلی قطاری استفاده نکرده است و مسائل خاصی نظیر قطارهای ترانزیت مطرح است و همچنین از آنجائی که درصدد جایگزینی شبکه رادیویی موجود با یک شبکه کارآمد است اهمیت بسزایی می‌یابد. بررسی تجارب کشورهای غیراروپایی که برخی از آنها به راه‌آهن کشور قربت بیشتری دارند و جنبه‌های فنی نشان می‌دهد مناسب‌ترین سیستم کنترل قطار برای راه‌آهن کشور سیستم ETCS می‌باشد.

ETCS یا سیستم کنترل قطار اروپایی یک سیستم کنترل و سیگنالینگ است که به‌منظور جایگزینی با ۱۴ سیستم غیر متجانس سیگنالینگ موجود در اروپا بخصوصی در خطوط سریع‌السیر طراحی شده است. مشخصات این سیستم بنا به الزام اتحادیه اروپایی در سال ۱۹۹۶ نوشته شد. ETCS به اجزاء و سطوح مجزایی تقسیم‌بندی شده است. تعریف هر سطح بسته به این است که مسیر موردنظر چگونه مجهز شده است و اطلاعات چگونه به‌قطار منتقل می‌شود. اصولاً محدود مجاز حرکتی و سایر اطلاعات وابسته به قطار انتقال داده شده و برای راننده به نمایش گذاشته می‌شوند (سیگنالینگ داخل کابین). ناوگانی که به تجهیزات داخلی کابین ETCS مجهز باشد می‌تواند هر مسیری که دارای ETCS باشد را بدون مشکلات فنی طی کند. ETCS دارای سه سطح ۱، ۲ و ۳ است. همچنین اگر ناوگانی مجهز به ETCS و خط به این سیستم مجهز نباشد به ETCS سطح شناخته می‌شود. در سطح ۱، سیگنالینگ موجود حفظ می‌شود و تنها بالیسی فعالی و غیرفعال به کنار خط اضافه می‌شود و تجهیزاتی نیز برای دریافت اطلاعات کنار خط، پردازش آن و محاسبه منحنی ترمز و سرعت مجاز، در داخل قطار قرار داده می‌شود. بالیس‌های فعال از طریق واسطه‌های استاندارد تمامی سیگنال‌های موجود در محوطه را گرفته و به‌قطار منتقل می‌کنند. در این سطح نیازی به GSM-R نیست. در ETCS سطح ۲ اطلاعات به‌صورت پیوسته و از طریق شبکه رادیویی GSM-R به‌قطار منتقل می‌شود. بالیس و مدار خط در این سطح همچنان وجود دارد ولی سیگنال‌های کنار خط قابل حذف شدن هستند. در سطح ۲ ETCS که پیشرفته‌ترین سطح تعریف شده است وظائف فراتر از حفاظت صرف از قطار می‌رود. در این سطح مدار خط نیز حذف می‌شود و تنها بالیسی غیرفعال وجود خواهد داشت. پیوستگی قطار از داخلی خود قطار و به‌وسیله یک سیستم تشخیصی قابل اطمینان چک می‌شود. در این سطح، محدوده‌های مجاز حرکتی می‌توانند به‌صورت دینامیک تعیین شوند (بلاک متحرک).

این سیستم تاکنون پیاده‌سازی نشده است و همچنان درحال توسعه است.

از مزایای سیستم ETCS استاندارد باز آن و تعداد سازندگان متعدد برای آن است. سازندگان ETCS عبارت‌اند از: Alcatel, Alstom Transport, Ansaldo Signal, Bombardier Transportation, Invensys Rail System و Siemens AG.

مبنای طراحی سیستم راهبری یا هدایت اتوماتیک قطار (ATO) می‌باشد که در قطارهای شهری بکار رفته است.

ETCS

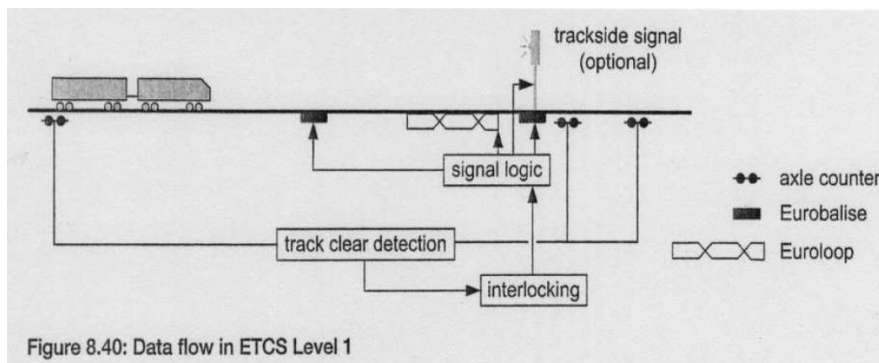
یکی از مشکلاتی که اتحادیه اروپایی با توجه به تعامل زیاد بین کشورها با آن روبروست عدم هم سازگاری لازم بین شبکه مواصلاتی این کشورها ازجمله راه‌آهن است. در بخش راه‌آهن مهم‌ترین عاملی که اجازه می‌دهد از لحاظ فنی قطار یک کشور بتواند وارد کشور همسایه شود عرض خط مسیر راه‌آهن است. در مرحله بعدی سیستم‌های کنترلی، سیگنالینگ و خط برقی این کشورها قرار می‌گیرند. با توجه به لزوم هم سازگاری و ایجاد همسازگاری در کل شبکه راه‌آهن اروپا، اتحادیه جهانی راه‌آهن‌ها (UIC) سیستم استاندارد شبکه رادیویی GSM-R و سیستم استاندارد کنترل اتوماتیک قطار ETCS را تعریف کرد که در برخی از کشورها که اکثراً اروپایی هستند عملیاتی شده است. مجموع این دو سیستم بخشی از سیستم مدیریت ترافیک اروپایی را ERTAIS تشکیل می‌دهند.

این سیستم‌ها در اروپا مورد تأیید و تصویب تمام کشورها قرار گرفته است و اتحادیه اروپایی مقرر کرده که تمام کشورهای اروپایی سیستم‌های سیگنالینگ و ارتباطات موجود خود را به‌مرور و با برنامه‌ریزی مشخصی به سیستم‌های استاندارد مذکور تجهیز نمایند. با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد این سیستم‌ها، تعداد قابل توجهی از کشورهای غیر اروپایی به استفاده از این سیستم‌ها ترغیب

در موقعیت D قطار ۴۷۱۱ قبل از سیگنال ۵۱۵ متوقف شده و قطار ۴۷۱۳ به سمت سیگنال ۵۰۳ می‌رود. این قطار با سیستم LZB مجهز شده و این سیستم فعال است. سیستم اینترلاکینگ مشکلی ندارد، اما سیگنال ۵۰۳ اجازه پیشروی نمی‌دهد. در این زمان سیستم LZB نصب شده روی قطار با کامپیوتر کنار خط تبادل اطلاعات کرده و اعلام می‌کند که قطار کاملاً مجهز است. در این زمان، کامپیوتر کنار خط سیگنال ۵۰۳ را خاموش می‌کند. هیچ‌گونه خرابی رخ نمی‌دهد و تنها سیگنال خاموش می‌شود. در این زمان، این کامپیوتر یک پیشروی LZB قبل از سیگنال ۵۰۳ فرض می‌کند و قطار می‌تواند از سیگنال خاموش عبور کند. این سیگنال هیچ معنایی برای راهبر ندارد، چون وی باید تنها سیگنال کابینش را بررسی کند. قطار ۴۷۱۳ در این زمان وارد یک بلاک اشغال می‌شود، اما توسط سیستم سیگنالینگ کابین حرکت آن نظارت می‌گردد. قطار می‌تواند تا فاصله معین در وضعیت D تا رسیدن به ایست LZB در مقابل علامت ۵۱۱ LZB، پیشروی کند.

خلاصه

سیستم LZB قدیمی‌تر بوده و برای کاهش ابعاد و وزن پردازشگر داخل قطار، محاسبات دینامیکی سرعت در کنار خط انجام می‌شود ولی حجم ارسالی داده‌ها بالاتر است. در مدارهای راه کد شده و یا رادیویی، محاسبات داخل قطار انجام می‌گردد. اطلاعات سرعت دینامیکی استاتیکی در مقابل راهبر در داخلی کابین نمایش داده می‌شود. محاسبات سرعت دینامیکی



سطوح کاربردی و مؤلفه‌های فنی

۵ سطح کاربردی ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ STM وجود دارد:

ETCS ۰: قطارهای تجهیز شده به E TCS در خطوط بدون تجهیزات کنار خط ETCS تردد نمایند. نظارت بر حداقل سرعت تعریف شده انجام می‌گیرد.

قطار در تبعیت از منحنی سرعت است و سی تالار کنار خط اختیاری است. سطح یک اکثراً برای سرعت ۱۶۰ Km/h بکار رفته است. اگر واحدهای infill فراهم نگردند، سیگنال‌ها ضروری هستند.

سطح ۲ و ۳ گروه ۵ هستند. Euroradio ارسال پیوسته دوطرفه را با استفاده از استاندارد GSM-R بر عهده‌دارند.

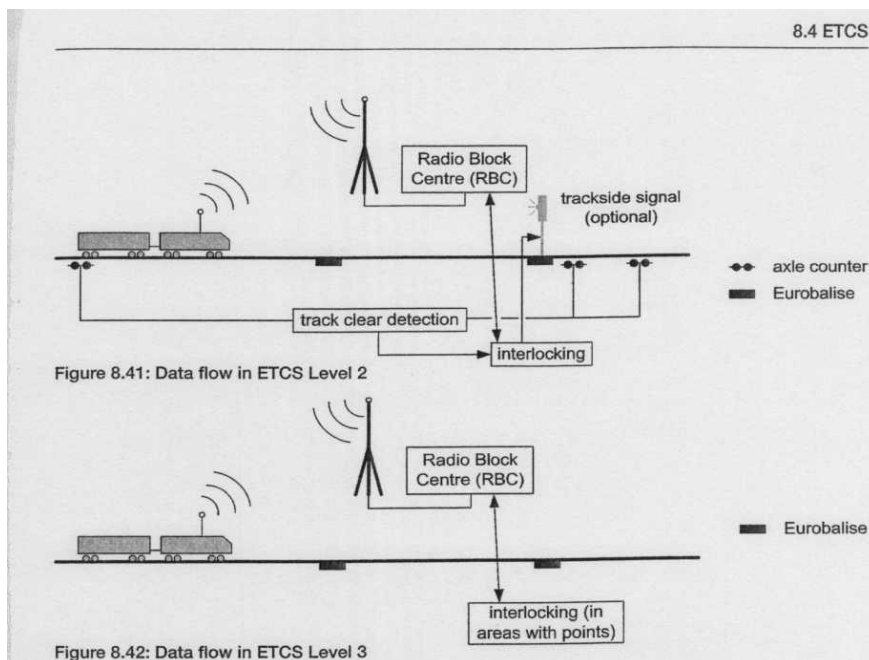
در کنار خط از واحدی به نام Radio Block Center که مسئولیت ناحیه بزرگی از خط را بر عهده دارند استفاده می‌شود. RBC داده‌های استاتیک و نیز دینامیک نظیر سیگنال‌ها و وضعیت سوزن را از اینتر لاکینگ بدست آورده و بر خلاف سطح یک، در سطح ۲ و ۳ هر قطار به‌طور مجزا در RBC شناخته می‌شوند. قطار مجوز حرکت را در بازه‌های زمانی منظم (معمولاً هر ۶۰ ثانیه) و یا رویداد خاصی، تقاضا می‌کند. بالیس‌ها فقط داده ثابت داشته و موقعیت مکانی را می‌فرستند.

گذشته از بالیس‌ها، واحدهایی به نام infill می‌توانند به‌طور محلی برای ارسال تغییرات سیگنال استفاده شوند. حلقه‌های کابل (Euroloops) یا رادیو نمونه infill هستند. برای جاهایی است که سیگنال موجود، مسیر دقیق قطار را در انشعابات نمی‌داند.

کامپیوتر قطار بر اساسی اطلاعات دریافتی از خط و داده‌های قطار که شامل مشخصات ترمزی است، محدودیت‌های سرعت دینامیکی محاسبه و در اختیار کابین قرار می‌دهد. عملیات ۱، راهنمایی پیوسته

تفاوت سطح ۲ و ۳

در سطح ۲، ETCS فقط مسئولیت عملیات سیگنالینگ و حفاظت قطار را برعهده دارد در حالیکه در سطح ۳، وظیفه تشخیص قطار را که بر عهده اینتر لاکینگ بوده است نیز با چک کردن پیوسته کامل بودن قطار و ارسال اطلاعات به RBC به عهده دارد. سطح ۳، بلوک متحرکت می‌باشد و در برخی نواحی منطقه‌ای اسکاندیناوی بکار رفته است. سطح ۲ در چندین خط و بیشتر در قطارهای پرسرعت بکار رفته است. طراحی جدید برای عبور قطار دارای ETCS در خطوط ملی با سیستم‌های دیگر، در واقع STM مترجم داده‌های سیستم حفاظت دیگر به ETCS می‌باشد.





تجهیزات ETCS

کامپیوتر قطار: در هر کابین یک کامپیوتر ایمن در برابر خطا (European Vital Computer EVC) داشته باشد. وظیفه‌اش محاسبه پروفیل سرعت دینامیکی، کنترل منتهای عملیاتی و غیره است.

اینترفیس راهبر (Drive - Machine Interface, DMI) نمایش سیگنالینگ کابین.

واحد اینترفیس قطار Train Interface Unit : ارتباط با تجهیزات قطار نظیر ترمز



جهت حرکت یا از روی شماره داخلی بالیس‌ها در داخل گروه بالیس و یا با اطلاعات رسیده از گروه بالیس پشتی تعیین می‌شود. Radio Block Center در سطح ۲ و ۳ استفاده می‌شود. مسئولیت ذخیره داده‌های ایستای خط برای یافتن داده‌های دینامیکی از سیستم‌های اینترلاکینگ و تولید مجوز حرکت و پروفیل سرعت ارتباط RBC با قطار از طریق آنت رادیویی بر GSM-R طول منطقه تحت پوشش در حد چند صد متر است. Euroloops, Radio Infill Units : فقط برای سطح بکار رفته و فرستنده خطی در محدوده‌ای برای ارسال داده‌های میانی قبل از مکان خاصی نظیر تغییر نمای سیگنال می‌باشد.

آنتن های Euroradio، بالیس و Euroloops تجهیزات اندازه‌گیری نظیر ادومتر، رادار داپلر برای اندازه گیری سرعت و مسافت ضبط کننده اطلاعات یک یا تعدادی STM برای ارتباط با سیستم‌های حفاظت قطار

اجزای اصلی کنار خط

Eurobalise در هر سه سطح ETCS یا به عنوان بالیس تنها و یا به صورت گروهی استفاده می‌شوند. بالیسی‌ها یا دارای داده ثابت بدون اتصال به سیار واحدهای کنار خط و یا قابل تغییر با اتصال به مثلا سیگنال از طریق LEU هستند. بالیس اطلاعات را برای دو جهت مسیر ارسال می‌کند.

خلاصه

از سال ۱۹۹۰ آغاز شد و گروه‌های مرتبط برای توسعه چنین هستند: کمیته اروپا آغازگر این طرح بود. ULC که خواسته‌های عملیاتی سیستم را تعریف کرد. UNISIG: متشکل از ۷ سازنده سیگنالینگ که راه‌حل‌های فنی را ارائه دادند. مسئله مهم هزینه برای تجهیز خطوط انتخابی و قطارها می‌باشد. در سایر کشورها نظیر کره جنوبی، چین، استرالیا، مکزیک، عربستان سعودی، ترکیه، تایوان و هند بکار رفته است.

سیستم اشتراک گذاری دوچرخه

Bike share System

سیستم اشتراک گذاری دوچرخه یکی از مهم ترین سیستم های حمل و نقل در دنیای امروز می باشد اما در ایران به آن توجه زیادی نشده است در این بخش ما به بررسی روند رشد سیستم حمل و نقل در سایر کشورها می پردازیم.

سیستم اشتراک گذاری دوچرخه به این شکل است که در نقاطی از شهر ایستگاه های دوچرخه قرار دارد و شما می توانید با پرداخت هزینه اندکی از آن استفاده کنید و معمولا ۳۰ تا ۴۵ دقیقه اولیه رایگان یا با هزینه بسیار کمتری است و این باعث انگیزه بیشتر شهروندان برای استفاده از سیستم دوچرخه سواری می شود.



آمریکا بود مانند آنچه در بارسلونا بود .

در منترال یک شرکت دولتی سیستم خودش را با دوچرخه های خلاقانه، بزرگ، قدرتمند و سیستم های کوچک به هم پیوسته اداره کرد.

شهر هانگژو چین سیستم اشتراک گذاری دوچرخه را با ۲۸۰۰ دوچرخه اجرا کرد. امروزه این سیستم یکی از بزرگترین سیستم های دنیاست با بیش از ۷۸۰۰۰ دوچرخه است.

در سال ۲۰۰۹، شرکت دولتی bixi در منترال دوچرخه را در مقیاس تمام شهرها به اجرا درآورد. این شرکت به ارائه دوچرخه و سیستم های پیوسته برای شهرها در شمال آمریکا، استرالیا و لندن ادامه داد اما وضعیت مالی آن ها نشان می داد که شرایط خوبی ندارند.

در سال ۲۰۱۳، سیستم اشتراک گذاری دوچرخه در نیویورک با ۶۰۰۰ دوچرخه اجرا شد که برای اولین بار از هیچ پول عمومی برای بودجه آن استفاده نشد و به طور کامل با مشارکت های اسپانسر انجام شده است. شیکاگو نیز برنامه اشتراک گذاری دوچرخه را در این سال اجرا کرد.

به طور جهانی در سال ۲۰۱۳ رشد ۶۰ درصدی را در تعداد برنامه ها مشاهده می کنیم که تنها در چین ۶۵ سیستم جدید اشتراک گذاری اجرا شد. تعداد دوچرخه های به اشتراک گذاشته شده در سراسر دنیا به ۷۰۰۰۰۰ رسیده است.

در سال ۱۹۶۵ در آمستردام، یک گروه از فعالان white fietsen دوچرخه های سفید را معرفی کردند ده ها دوچرخه معمولی که به رنگ سفید رنگ آمیزی شده و بدون اینکه قفل شده باشند برای استفاده عموم رها شده بودند. بعد از این که بسیاری از دوچرخه ها دزدیده شد یا آسیب دیدند برنامه به سرعت متوقف و شکست عظیمی حاصل شد.

در سال ۱۹۹۵، بعد از شکست خوردن دوچرخه های سفید سی سال طول کشید تا یک شهر بزرگ دیگر برای دوچرخه سواری عمومی در سطح وسیع تلاش کند. دوچرخه شهری، به استفاده کنندگان دسترسی در نقاط خاصی از شهر و با سیستم عامل سکه ای را می داد. با وجود پیشرفت چشم گیر نسبت به برنامه دوچرخه های سفید آمستردام، زدها و خرابکاران هنوز به برنامه آزار و آسیب می رساندند.

در سال ۱۹۹۶ سیستم کوچک اشتراک گذاری دوچرخه که محدود به دانشجویها بود و در دانشگاه پرتموث انگلیس اجرا شد. اولین سیستمی بود که راه حل مشکل دزدی را داشت. استفاده کنندگان برای قرض گرفتن دوچرخه یک کارت مغناطیسی شخصی را می کشیدند که باعث می شد اگر آن ها بازنگشتند آن ها را تعقیب کنند.

در سال ۱۹۹۸ **Vélo à la Carte** در شهر رن فرانسه. اولین برنامه اشتراک گذاری دوچرخه در مقیاس شهری با استفاده از کارت های مغناطیسی و تکنولوژی است. این یک همکاری بین شهرداری رن و یک شرکت تبلیغاتی بود که تکنولوژی smart bike را توسعه و اجرا کرد. این برنامه در شهر رن رایگان ارائه می شد و با ۲۰۰ دوچرخه در ۲۵ ایستگاه راه اندازی شد.

در سال ۲۰۰۵ یک شرکت تبلیغاتی دیگر با شرکت لیون فرانسه برنامه های که به همان شکل سیستم اشتراک گذاری دوچرخه smart bike رن فرانسه بود را اجرا کرد اما این بار در مقیاس ۱۵۰۰ دوچرخه اجرا شد.

در سال ۲۰۰۷، شهر پاریس با الهام گرفتن از شهر های کوچکترش، سیستم اشتراک گذاری دوچرخه را با ۶۰۰۰ دوچرخه اجرا کرد و جنبش جهانی حرکت به سمت اشتراک گذاری دوچرخه را به حالت اجرا درآورد. تا سال ۲۰۱۵ پاریس در مجموع ۱۸۰۰۰ دوچرخه داشت.

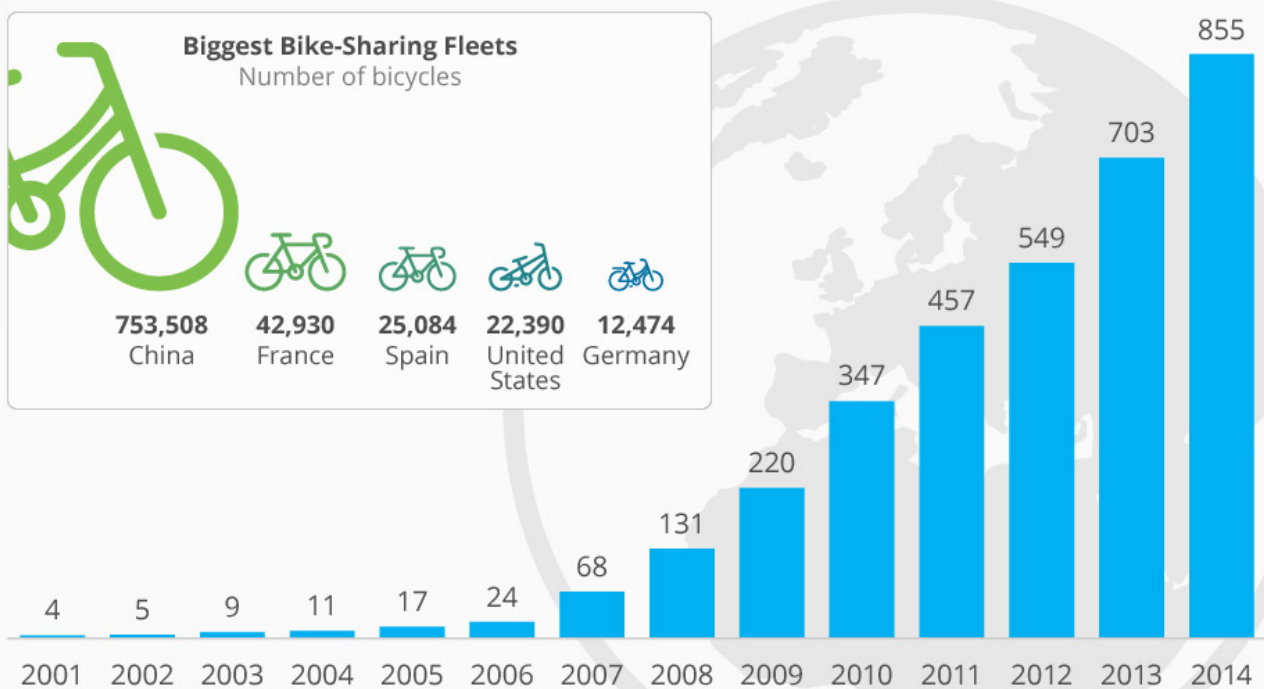
در اسپانیا دوچرخه سواری بارسلونا اولین محل ورود به آن چیزی است که به سرعت تبدیل به یک رونق در سطح کشوری، در آن کشور شد. تا سال ۲۰۱۳، ۱۳۲ شهر اسپانیا سیستم اشتراک گذاری دوچرخه داشت که اسپانیا را به یک رهبر پیشرو در این زمینه تبدیل کرد.

در سال ۲۰۰۸، واشنگتن دی سی برنامه آزمایشی خود را با ۱۰ ایستگاه و ۱۲۰ دوچرخه اجرا کرد که این اولین سیستم مدرن اشتراک گذاری دوچرخه در

در سال ۲۰۱۴، بعد از سال‌ها نگرانی شرکت دولتی bixi اعلام ورشکستگی کرد و به مالک جدید سپرده شد. تمام سیستم‌های وابسته به bixi وعده ادامه به کار با تامین کننده دیگری غیر از bixi را دادند. در سال ۲۰۱۵، در دنیا تعداد دوچرخه‌های اشتراک گذاشته شده به عدد تقریبی یک میلیون رسید که چین با اختلاف رهبر این تعداد است به طوری که ۴٪ دوچرخه‌های دنیا در این کشور است.

Bike-Sharing Is Taking Off Around the World

Number of cities worldwide that offer bike-sharing systems (as of December 31, 2014)



Source: MetroBike's Bike-Sharing Blog

Mashable statista

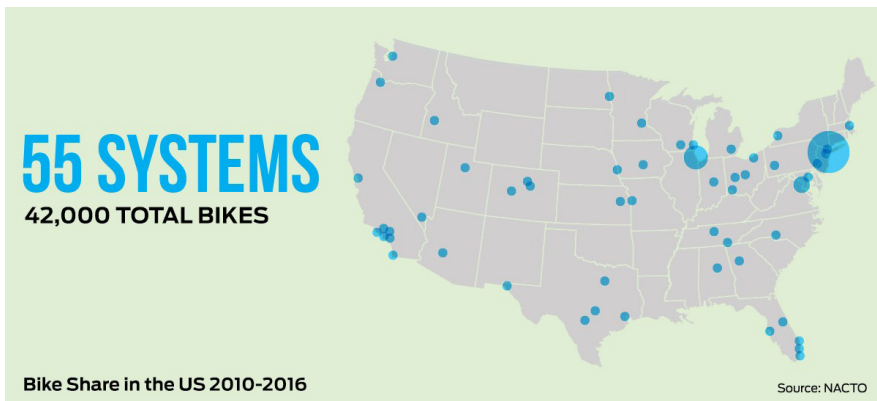
اشتراک گذاری دوچرخه در آمریکا از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶

88 MILLION
TRIPS SINCE 2010

Bike Share in the US 2010-2016

Source: NACTO

اشتراک گذاری دوچرخه در آمریکا با یک پرش شگفت انگیز در حال رشد است با بیش از ۸۸ میلیون سفر انجام شده با دوچرخه های عمومی در آمریکا از سال ۲۰۱۰ تا الان. در اسل ۲۰۱۶ دوچرخه سواران بیش از ۲۸ میلیون سفر انجام دادن که نزدیک به تعداد سفرهای سالانه در سیستم Amtrak بوده است.

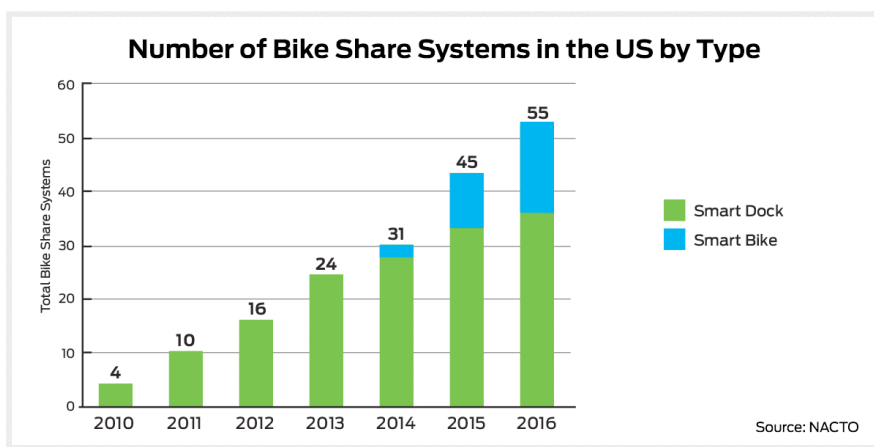


تعداد سیستم های اشتراک گذاری دوچرخه

تعداد سیستم های اشتراک گذاری دوچرخه به عنوان سیستم های دسترس عمومی با حداقل ۱۰ ایستگاه و ۱۰۰ دوچرخه تعریف می شود که به طوری مداوم سال به سال افزایش پیدا می کند .
 ۴ سیستم در سال ۲۰۱۰ به ۵۵ سیستم در سال ۲۰۱۶ رسید علاوه بر این، تعداد دوچرخه ها ۳۰ درصد افزایش پیدا کرده است.

دوچرخه های هوشمند در بین عموم مردم بسیار محبوب اند. از سال ۲۰۱۴ با بهره برداری از اولین سیستم دوچرخه هوشمند، این سیستم افزایش چشم گیری پیدا کرد. سهم کلی سیستم های استفاده کننده از دوچرخه های هوشمند به طور پیوسته افزایش یافته است و اکثریت سیستم های جدید که در سال ۲۰۱۶ تاسیس شدند متکی بر این تکنولوژی می باشند اما تنها ۱۳٪ از تمام دوچرخه های موجود در چرخه دوچرخه های عمومی هوشمند هستند.

سیستم های هوشمند دوچرخه عمومی در حال رشد هستند



رونق اشتراک گذاری دوچرخه در چین

شانگهای در اشتراک گذاری دوچرخه عمومی پیشرو و رهبر است. علاقه دیوانه وار چینی ها برای دوچرخه های عمومی باعث بیش از ۲ میلیون دوچرخه در خیابان ها شده است . دوچرخه های روشن رنگی که توسط شرکت هایی مانند mobike و ofo تولید می شوند.





مقایسه سیستم های دیزل الکتریک و الکتریکی

معرفی سیستم کشش

نیروی پیشران وسیله نقلیه، نیروی کششی نام دارد و سیستمی که از این نیرو استفاده می کند، سیستم کششی نامیده می شود. سیستم های کششی به طور کلی به دو گروه تقسیم می شوند:

۱. سیستم های کششی غیرالکتریکی

۲. سیستم های کششی الکتریکی

نیازهای سیستم کششی ایده آل

- توان آغازین کششی بالا به منظور شتاب گیری سریع

- تجهیزات باید قادر به تحمل اورلود های بزرگ موقتی در زمان های کم باشند

- لوکوموتیو باید مستقل بوده و قادر باشد در هر مسیری حرکت کند

- فعالیت موازی بیش از یک موتور (دو یا چهار موتور) باید ممکن باشد

- استفاده از حداکثر تعداد چرخ متحرک ممکن

- برابری نیروی کششی تا حد امکان

- عملکرد بهینه در لغزش

- ترمز مکانیکی حمایت کننده سیستم

- هزینه نگهداری اندک

- ظرفیت تحمل نوسانات ولتاژ و قطعی موقت منبع نیرو (برای سیستم های الکتریکی)

انواع سیستم های الکتریکی موجود در کشور

در حال حاضر بسیاری از سیستم های ریلی انرژی چرخش چرخ های قطارها را از موتورهای الکتریکی تأمین می کنند که این موتورها در دو شاخه این کار را انجام می دهند:

۱. سیستم دیزل الکتریک

۲. شبکه الکتریکی

در سیستم دیزل الکتریک موتور احتراق داخلی که معمولا از نوع دیزل است، به عنوان منبع انرژی در داخل لوکوموتیو تعبیه می شود و ژنراتور را می چرخاند. این موتور نقش یک نیروگاه کوچک را در داخل لوکوموتیو ایفا می کند.

در مقابل، لوکوموتیوهای برقی دارای هیچ نوع موتور احتراقی نبوده و انرژی مورد نیاز خود را از طریق سیستم

تغذیه دریافت می کنند.

این انرژی الکتریکی ممکن است توسط شبکه انتقال قدرت صنعتی یا یک شبکه اختصاصی تأمین شود. راه آهن های برقی بر حسب نوع و سطح ولتاژ تغذیه و روش انتقال قدرت ازکنار خط به داخل قطار تقسیم بندی می شوند.

مقایسه سیستم های دیزل الکتریک و الکتریکی

این دو سیستم را از دیدگاه های مختلفی می توان با هم مقایسه نمود، مانند: راندمان، آلودگی، اقتصادی و مشخصات فنی (شامل سرعت، قدرت و توانایی برآورده کردن نیازهای فنی مسیر).

به طور کلی هر دو سیستم نکات مثبت و منفی خود را دارا هستند. برتری های سیستم الکتریکی بر سیستم دیزل الکتریک عبارتند از:

۱. هزینه عملیات: سیستم الکتریکی ارزان ترین روش کششی در هزینه عملیات است.

۲. هزینه نگهداری: هزینه نگهداری سیستم الکتریکی حدود ۵۰٪ هزینه نگهداری سیستم دیزل الکتریک

است. (در خصوص BO-BO با چهار اکسل). این مقدار در خصوص Co-Co با شش اکسل، به ۷۰٪ نیز می رسد. قطعات جانبی سیستم های الکتریکی از کشورهای مختلف قابل تهیه بوده و همچنین در سیستم های الکتریکی، تنها ۵٪ روغنکاری مورد نیاز برای سیستم دیزل الکتریک مورد نیاز است.

۳. تمیزی: این سیستم هیچ گونه دود یا گاز گلخانه ای تولید نمی کند

۴. زمان راه اندازی آغازین: سیستم الکتریکی می تواند بلافاصله عملیاتی شود

۵. گشتاور آغازین بالا: سیستم الکتریکی از موتورهای AC و DC سری استفاده می کند که دارای گشتاور آغازین بالایی هستند.

۶. ترمزگیری: در کشش الکتریکی، ترمزگیری

احیاشونده استفاده می شود که حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی را بازمیگرداند. حفظ منابع زغال سنگ:

۷. هیچ زغال سنگی برای این سیستم استفاده نمی شود. ۸. سرعت و قدرت: سرعت بیشتر از سیستم دیزل الکتریک است.

۹. سطح بالاتر مؤثر بودن

و مواردی دیگر همچون عمر مفید طولانی تر دستگاه ها، فناوری جدیدتر، استفاده از منابع مختلف انرژی و...

اما مواردی هم وجود دارند که می توان آنها را ضعف ها و معایب سیستم الکتریکی در برابر سیستم دیزل الکتریک خواند. این موارد به شرح زیر هستند:

لوکوموتیو الکتریکی

لوکوموتیو دیزل

موتور دیزل	۳۵-۴۰٪	n.a.
ژنراتور	۹۳-۹۶٪	n.a.
ترانسفورمر	n.a.	۹۸٪
رکتیفایر	۹۹٪	۹۹٪
اینورتر و اتصال dc	۹۹٪	۹۹٪
موتور کششی	۹۰-۹۵٪	۹۰-۹۵٪
چرخ دنده ها	۹۶-۹۸٪	۹۶-۹۸٪
کل	۲۷/۵-۳۵٪	۸۳-۸۹٪

بدون در نظر گرفتن ارتباط، نیروگاه و ترمز دینامیک (حدود ۵-۸ درصد صرفه جویی)

می شود:

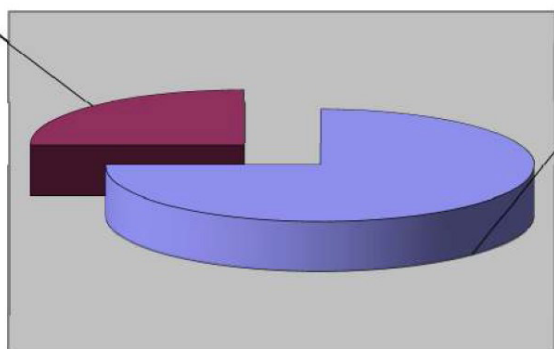
- جایگزینی سوخت گازوئیل با سوخت های ارزان تر (مازوت) یا تمیزتر (گاز طبیعی) که معمولا در نیروگاه ها استفاده می شود
- افزایش بهره وری در مسیرهای کوهستانی با شیب و فرازهای تند و تونل های طویل و شرایط جوی متفاوت
- کاهش هزینه بهره برداری و در نتیجه بهای تمام شده حمل بار و مسافر
- استفاده از ترمز ژنراتوری و ۸-۵ درصد صرفه جویی در انرژی
- افزایش ضریب استفاده از سرمایه گذاری انجام شده به علت نیاز به تعمیرات دوره ای کمتر
- کاهش آلودگی زیست محیطی در سطح کلان
- عدم نیاز به گرم نگه داشتن موتورها در حالت توقف
- افزایش سرعت متوسط حرکت و افزایش ظرفیت خطوط راه آهن
- بهره اقتصادی بیشتر

۱. سرمایه گذاری اولیه بالا: شامل هزینه های زیر می شود:
 - لوکوموتیوها: لوکوموتیوهای الکتریکی معمولا گران تر از لوکوموتیوهای دیزل هستند، ولی قدرت و کشش بالاتری تولید می کنند. پس در سیستم های الکتریکی تعداد لوکوموتیوها کمتر است.
 - برقی سازی راه آهن: توسعه شبکه، سیستم های تغذیه، خطوط تماس بلاسری و ارتقای سازه های شهری
۲. یکی از مشکلات اساسی، قطعی سیستم است.
۳. وسایل نقلیه الکتریکی تنها بر روی خطوط برقی شده می توانند حرکت کنند.
۴. درگیری با خطوط تلگراف و تلفن
۵. ارتقای سیستم های کنترل و سیگنالینگ (افزایش دهنده سرمایه گذاری اولیه)
۶. تجهیزات اضافی مورد نیاز برای فرایند ترمزگیری (سیستم های DC) به طور کلی برقی کردن راه آهن زمینه ساز موارد ذیل

جایگاه راه آهن برقی در دنیا

خط برقی

25%

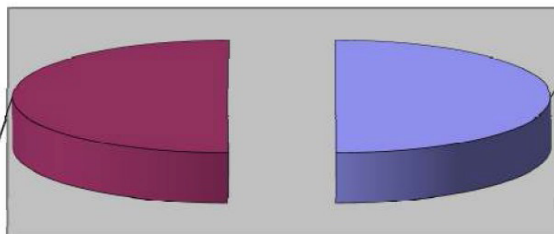


دیزل الكتريك
75%

درصد خطوط برقی و غیر برقی در جهان

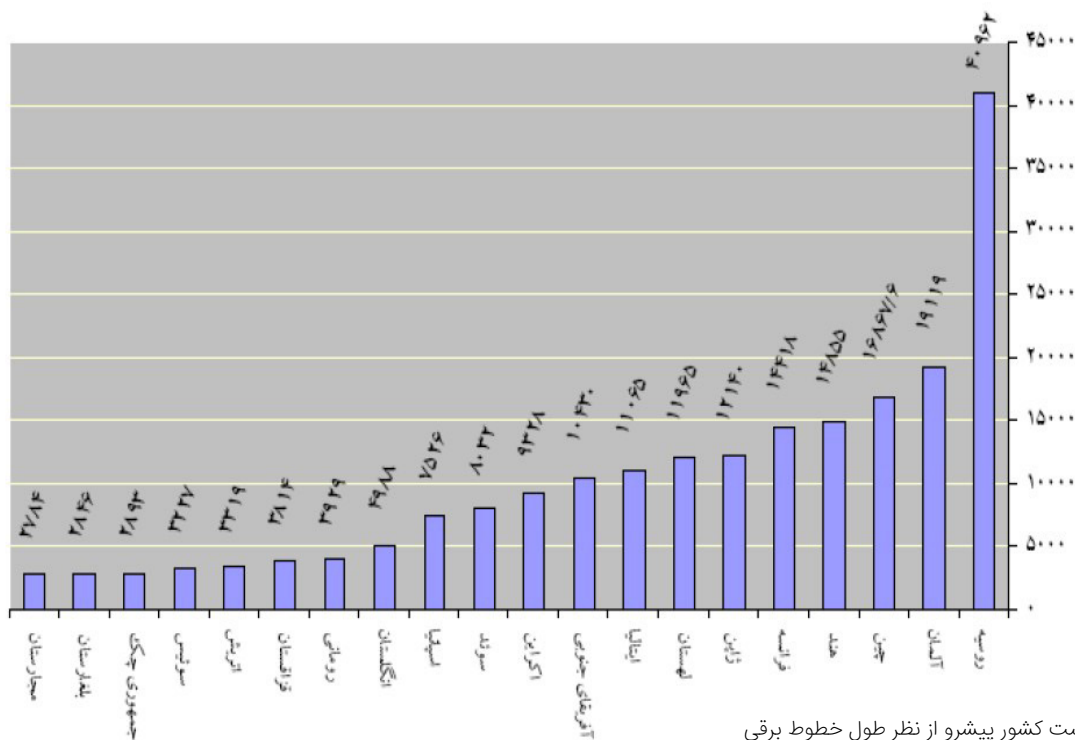
خط برقی

50%

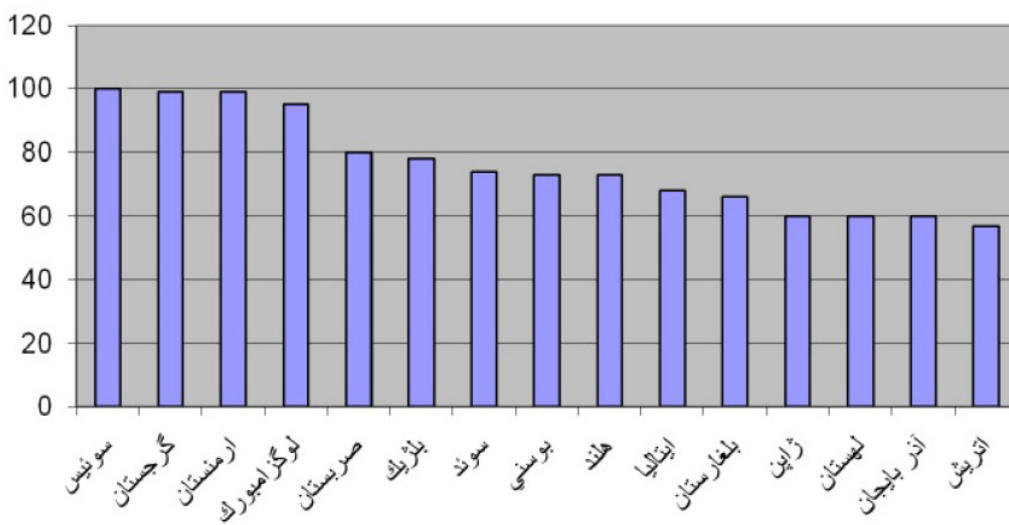


دیزل الكتريك
50%

حجم ترافیک خط برقی و دیزلی در جهان

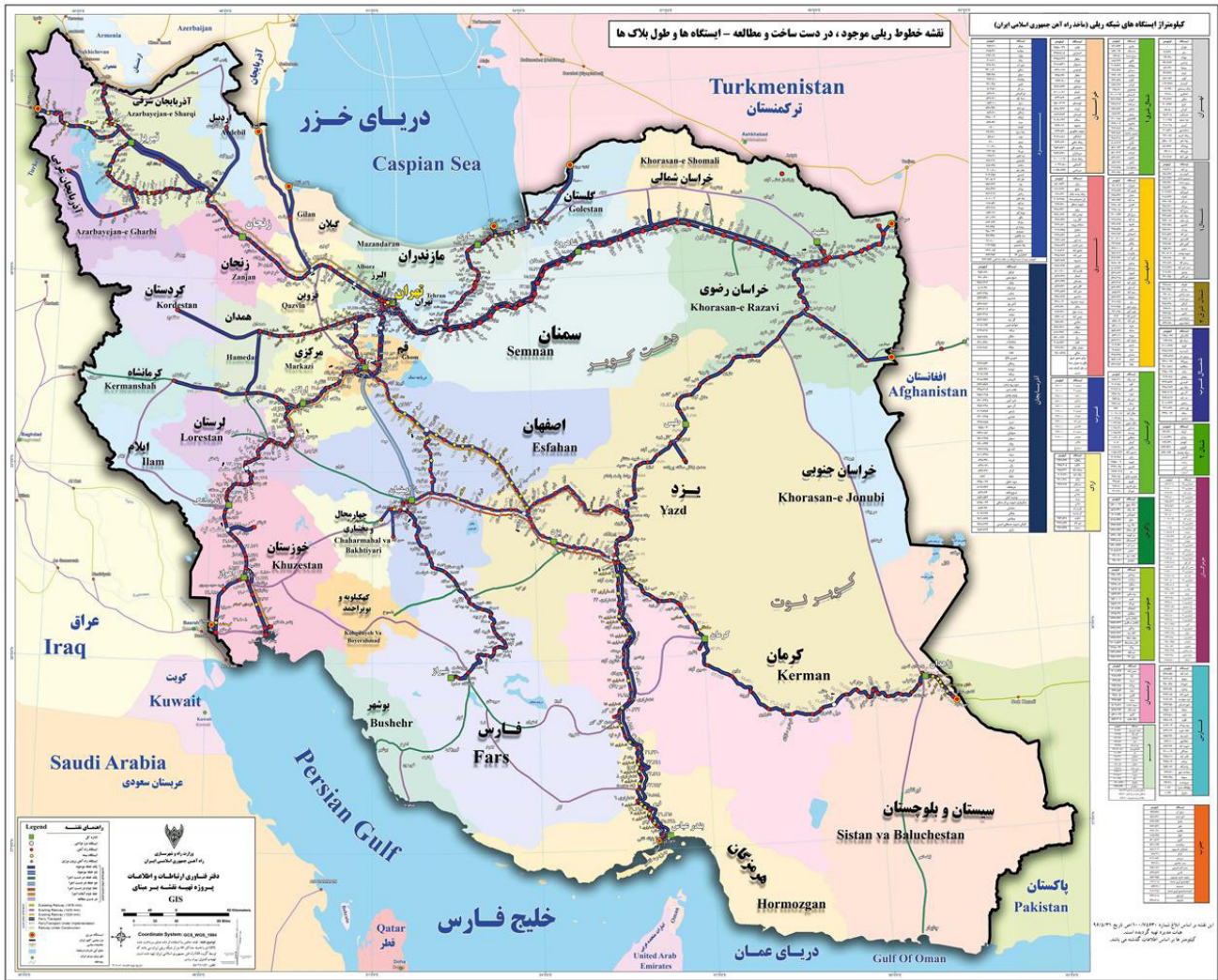


بیشتر کشور پیشرو از نظر طول خطوط برقی



پانزده کشور پیشرو از نظر درصد خطوط برقی

راه آهن روسیه ۹ درصد خطوط ریلی و ۱۷ درصد خطوط برقی دنیا را در اختیار دارد. در روسیه ۴۷.۷ درصد خطوط برقی است که حدود ۷۷/۷ درصد حجم ترافیک را جابجا می کند ، یعنی حجم ترافیک جابجایی در خطوط برقی چهار برابر خطوط غیر برقی می باشد.

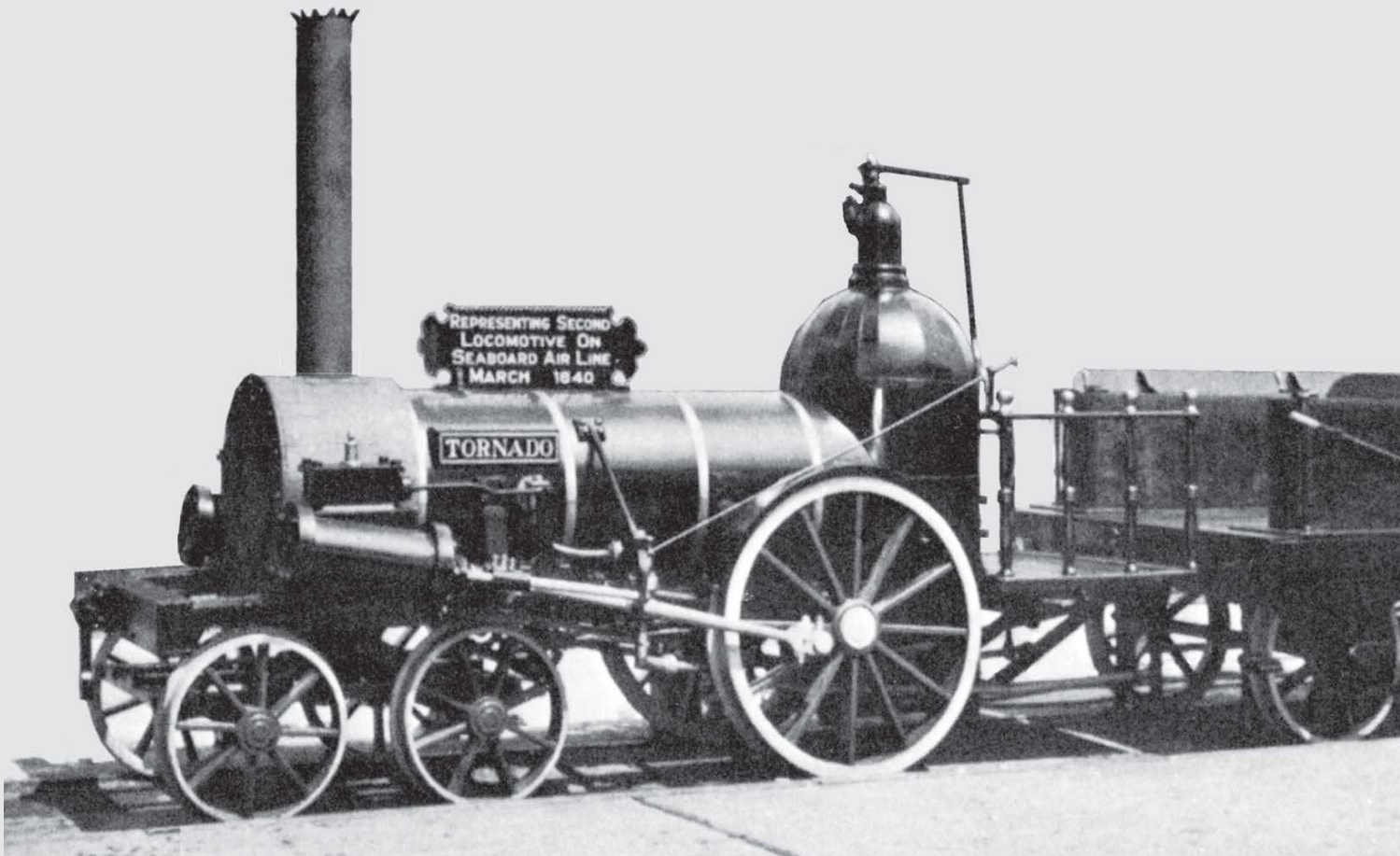


نقشه راه آهن جمهوری اسلامی ایران

نزدیک است می توان تصور کرد که ایران در حد قابل قبولی از خطوط خود بهره برداری نموده است. مقایسه رتبه ایران در حجم بار و مسافر با رتبه ایران در نسبت طول خط به جمعیت و مساحت نشان می دهد که در ایران علیرغم مزایای مختلف حمل و نقل ریلی توجه کافی به این روش حمل و نقلی نشده است. مقایسه رتبه ایران از سهم خطوط برقی به رتبه طول خط نشان می دهد در ایران توجه کافی به راه آهن برقی صورت نگرفته است.

پنجاه و سوم دنیا و از نظر نسبت طول به جمعیت رتبه چهل و نهم دنیا را احراز نموده است. راه آهن ایران با هدف قرار دادن حمل بار و مسافر در یک شبکه مشترک در سال ۲۰۰۱ میلادی موفق به حمل ۸۰۴۳ میلیون نفر کیلومتر مسافر و ۱۴۶۱۳ میلیون تن کیلومتر بار گردیده است که در نتیجه آن از نظر حمل مسافر رتبه بیست و چهارم و از نظر حمل بار رتبه بیست و یکم را کسب نموده است. با توجه به اینکه رتبه ایران از نظر طول خط و حمل بار و مسافر به هم

در این جدول ایران با ۱۴۸ کیلومتر خط برقی که تنها ۰/۰۶ درصد از خطوط برقی دنیا را شامل می شود، از نظر طول در رتبه پنجاه و سوم دنیا و از نظر درصد طول خط برقی نسبت به خطوط داخلی با ۲/۰۷ درصد خط برقی در جایگاه پنجاه و هفتم دنیا قرار دارد. در حالیکه از نظر طول خط در رتبه بیست و چهارم دنیا قرار داد. ایران با دارا بودن ۷۱۵۶ کیلومتر خط در سال ۲۰۰۱ میلادی رتبه بیست و دوم را از نظر طول خط احراز نموده است نظر نسبت طول به مساحت رتبه



سیر تحول تاریخی لکوموتیو

لکوموتیو ماشینی کشنده یا وسیله نقلیه ریلی است که واگن‌ها یا قطار به آن متصل می‌شوند و نیروی محرکه برای آن‌ها ایجاد می‌کند. واژه لکوموتیو از واژه لاتین لوکو به معنای از جایی به جای دیگر به علاوه واژه قرون وسطایی موتیووس به معنای ایجاد کردن حرکت ساخته شده است. بنابراین از ترکیب این دو واژه، واژه لکوموتیو به وجود آمده است. لکوموتیوها نیروی حرکتی خود را به دو طریق عمده سوخت فسیلی (دیزل) و یا جریان برق به دست می‌آورند. لکوموتیو خودش باری بر دوش ندارد و وظیفه آن کشیدن قطار بر روی ریل است.

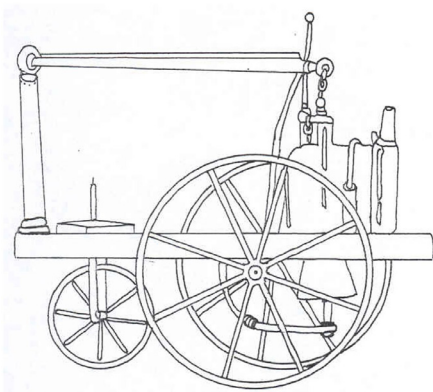
تاریخچه

پیش از آنکه لکوموتیو بخار به وجود آید رابینسن انگلیسی در ۱۷۵۹ به فکر استفاده از نیروی بخار برای حرکت در آوردن وسایل نقلیه افتاد ولی در ۱۷۸۴ جیمز وات انگلیسی مخترع ماشین بخار واگن بخار را به نام خود به ثبت رساند. بدین ترتیب پس از ابداع ریل‌های راه آهن به فکر افتادند به جای استفاده از نیروی اسب به اختراع و ساخت ماشین‌های بخار بپردازند. با این حال فرانسویان

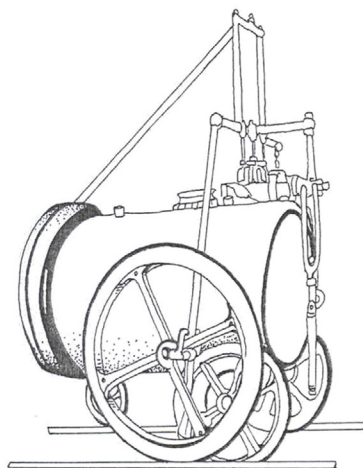
را باید اولین مخترعان واگن‌های بخار محسوب کرد زیرا که یک افسر فرانسوی بنام زوزف کونیوت در ۱۷۶۹ سه چرخه‌ای ساخت که با نیروی بخار کار می‌کرد و ۳/۵ کیلومتر در ساعت سرعت داشت. دره ۱۷۷۰ کونیوت ارابه سنگین دیگری برای حمل بار و توپ‌های سنگین دیگر ساخت که مدتی بعد در خیابان‌های پاریس به دیوار اصابت کرد و از کار افتاد و هنوز هم در موزه مهارت‌های هنری و صنعتی پاریس نگهداری

می‌شود. این ارابه یک چرخ در عقب و یک چرخ راهنما یا فرمان در جلو داشت؛ حرکت چرخ راهنما از طریق دو سیلندر عمودی انجام می‌شد که میله‌های پیستون آن با یک سیستم اهرم‌بندی به غلتک چرخ متصل بود در ۱۷۸۴ دستیار جیمز وات، مورداک نمونه‌ای از واگن بخار را مطابق شکل ۱-۱ به پایان رساند که نمونه آن در لندن موجود است. دیگر این واگن نسبت به شاسی آن به صورت عمودی تعبیه شده و بخار دیگر به

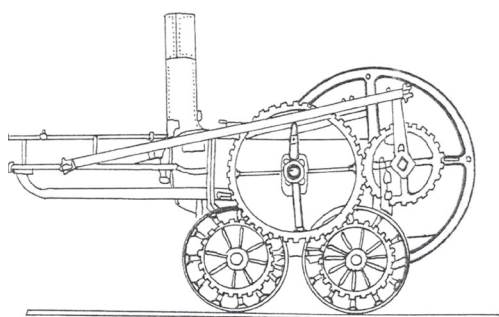
داخل سیلندر وارد می‌شد. اهرمی که بوسیله میله پیستون حرکت می‌کرد از طریق میله بلندی محور را می‌چرخاند که قطر چرخ آن ۲۴۰ میلیمتر بود. به این ترتیب سرعتی دو برابر سرعت یک فرد پیاده تامین می‌شد. این اختراع که در ۱۷۸۴ توسط اولیور ایوانز آمریکایی انجام شد، راه را برای تکامل واگن‌های بخار باز کرد، زیرا او موفق شده بود که یک ماشین بخار با انبساط ساده بسازد.



واگن بخار موردک - ۱۷۸۴



لکوموتیو آزمایشی تروپتیک - ۱۸۰۲



لکوموتیو اینویکتا

شاگرد موردک، ریچارد تروپتیک به یاری پسر خاله‌اش، ویویان اختراع ماشین بخار با انبساط ساده و استفاده از آن را در واگن‌های بخار در سال ۱۸۰۲ به ثبت رساند؛ این امر مقدمه اختراع لکوموتیوهای کنونی بود.

اختراع و تکامل لکوموتیو

در سال ۱۸۰۳، ریچارد تروپتیک لکوموتیوی به وزن ۵ تن ساخت که می‌توانست ۲۵ تن بار را با سرعت ۶/۵ کیلومتر در ساعت روی ریل‌های چدنی بکشد. این لکوموتیو در مسیر کوتاهی در جنوب انگلستان برای حمل چدن به کار گرفته شد؛ او پیش از آن در ۱۸۰۲ یک لکوموتیو آزمایشی ساخته بود.

در آغاز لکوموتیو را اسب آهنی می‌خواندند. هنوز هم برای سنجش میزان قدرت لکوموتیو از اصطلاح اسب بخار استفاده می‌شود. تروپتیک در سال ۱۸۰۴ با موفقیت لکوموتیوی را در راه آهن مورد استفاده قرار داد که در حقیقت شکل اولیه لکوموتیو بود. این لکوموتیو اینویکتا نام داشت و نظر تماشاگران را در لندن جلب کرد.

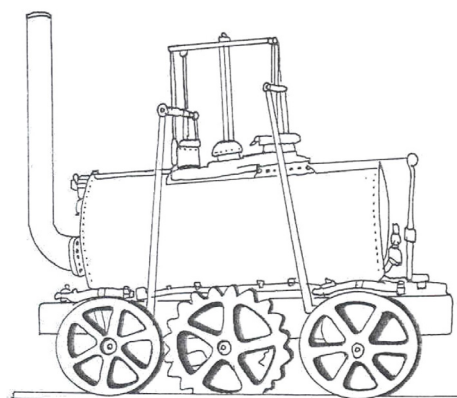
حرکت از طریق چرخ‌دنده به محورهای چرخ منتقل می‌شد و برای جبران عدم تعادلی که به هنگام حرکت بخاطر وجود استوانه پیش می‌آمد، چرخ گردانی نیز تعبیه شده بود. این لکوموتیو مدت کوتاهی در ولز کار کرد و قدرت کشیدن چند واگن را به وزن کلی ۱۰ تن و با سرعت حدود ۸ کیلومتر در ساعت داشت. تروپتیک در ۱۸۰۹ لکوموتیو دیگری شبیه لکوموتیو قبلی برای راه آهن لندن به نام «who can catch me» ساخت که سرعت آن ۱۹ تا ۲۴ کیلومتر در ساعت بود.

در ۱۸۱۱ بلنکین سپ انگلیسی موفق به ساختن لکوموتیوی شد که بوسیله چرخ دنده حرکت می‌کرد. به این نحو که چرخ‌دنده در میله دنده‌ای که کنار یکی از ریل‌ها تعبیه شده بود می‌چرخید. این لکوموتیو دو سیلندر داشت و از آن برای حمل زغال در معادن زغال سنگ استفاده می‌شد، از این نوع لکوموتیو چندین دستگاه ساخته شد که تا سال ۱۸۳۹ کار می‌کردند.

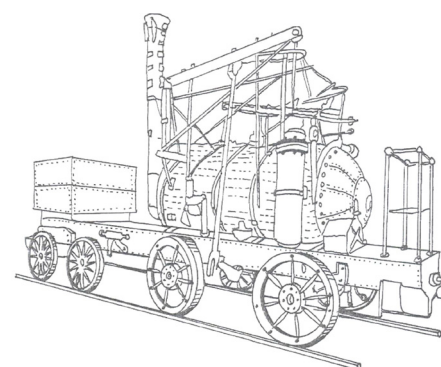
در سال ۱۸۱۳ برونتن انگلیسی درصدد بر آمد لکوموتیوی بسازد که به اصطلاح به جلو بجهد و توانست لکوموتیوی بسازد که می‌توانست چهار اسب نیرو تولید کند. با این حال، این اختراع نیز مثل بقیه اختراعات بی نتیجه آن ایام خیلی زود از بین رفت.

کریستفر بلاکت و مخترع دیگری به نام ویلیام هدلی انگلیسی پس از تجربیات و آزمایشات متعدد به فکر افتادند که لکوموتیو قوی‌تری بسازند. هدلی در سال ۱۸۱۳ لکوموتیوی ساخت که قابل استفاده بود و اولین ماشینی بود که دیگ آن از آهن ساخته می‌شد. در سر و ته دیگ این لکوموتیو دو استوانه از ورق آهن تعبیه شده بود. به طول یک متر و به قطر داخلی ۲۳۰ و کورس ۹۳۰ میلی‌متر در پوسته‌ای پرچ شده که هر یک از میله‌های پیستون بر اهرم‌بندی اثر می‌کرد و روی دیگ کار گذاشته شده بود. انتهای این اهرم‌ها محکم به دودکش ماشین متصل شده بود؛ حرکت عمودی از طریق این اهرم‌ها به محوری به نام محور کور منتقل می‌شد که زیر دیگ پیش‌بینی شده بود و این گردش دورانی نیز به وسیله چرخ‌دنده‌هایی به محور اصلی ماشین می‌رسید. لوله دودکش نعلی شکل بود. درپچه کوره کنار دودکش قرار داشت و به این ترتیب، گازهای حاصل از احتراق بار دیگر در درون دیگ گردش می‌کرد و در نتیجه حرارت بیشتری تولید می‌شد؛ این امر در آن زمان اهمیت خاصی داشت چرا که با توجه به محدود بودن حمل سوخت، در این شرایط انرژی اتلافی کمتر بود. این لکوموتیو پافینگ بیلی نام داشت که تقریباً پنجاه سال کار کرد و سپس برای موزه کنزینگتن خریداری شد.

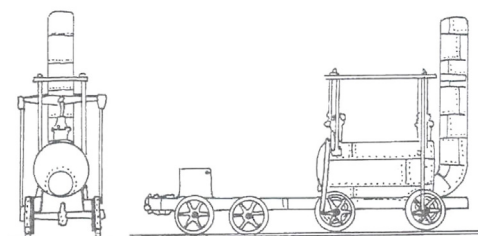
قطر دیگ این لکوموتیو که با یک لوله جوش داخلی کار می‌کرد، ۹۷۰ میلی‌متر، سطح گریل (گریل صفحه مشبکی بود که در لکوموتیوهای بخار با ذغال‌سنگ، عمل مشعل را در لکوموتیوهای مازوتی انجام می‌داد.) ۰/۴۸ متر مربع، سطح گرمایش ۸/۱ متر مربع و فشار دیگ ۳/۵ اتمسفر بود. سیلندرهای این ماشین نیز عمودی و قطر آن، ۲۲ سانتی‌متر بود. برای بهبود کشش هوا، بخار خروجی سیلندرها از داخل دودکش خارج می‌شد، دیگ لکوموتیو نیز از طریق یک تلمبه تغذیه می‌شد و قطر چرخ‌های آن، ۹۷ سانتی‌متر بود. وزن ماشین ۷۸۵۰ کیلوگرم و در موقع حرکت ۹۱۹۰؛ وزن تندر خالی ۲۰۵۷ کیلوگرم، در موقع حرکت ۴۱۳۲ کیلوگرم؛ نیروی کشش در قلاب ۶۷۵ کیلوگرم و سرعت آن بین هشت تا ده کیلومتر در ساعت بود. از این ماشین تا سال ۱۸۶۲ بهره برداری می‌شد. در سال ۱۸۱۵، هدلی لکوموتیوی با چهار محور ساخت که تمام آن‌ها از طریق چرخ‌دنده و محور کور به حرکت در می‌آمدند و در ۱۸۱۴، جورج استیفنسن لکوموتیو معروف خود را عرضه کرد.



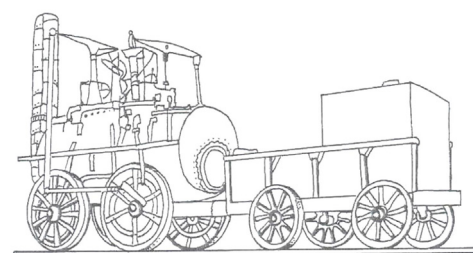
لکوموتیو بلنکین سپ - ۱۸۱۱



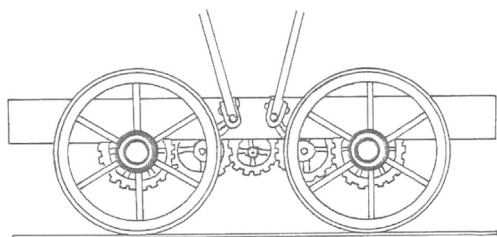
لکوموتیو هدلی - ۱۸۱۳



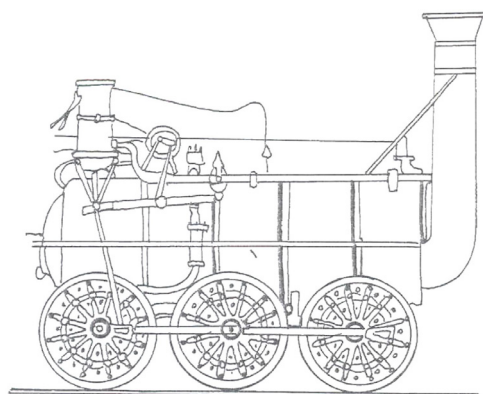
لکوموتیو استیفنسن - ۱۸۱۵



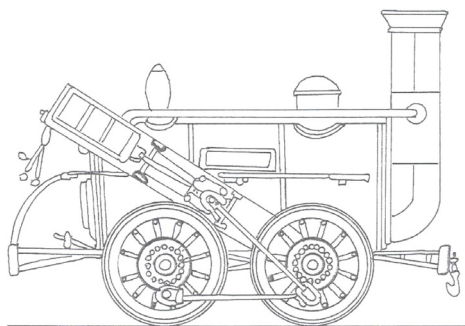
لکوموتیو استیفنسن، ۱۸۲۵



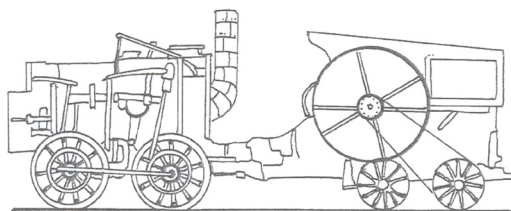
آلات محرکه لکوموتیو استیفنسن - ۱۸۱۴



لکوموتیو هاگ ورت - ۱۸۲۷



لکوموتیو استیفنسن - ۱۸۲۸



لکوموتیو سگن - ۱۸۲۹

اولین قطار تاریخ

پس از آنکه استیفنسن کارگاه خود را مجهز کرد؛ اولین سفارش مهم را در سال ۱۸۲۳ دریافت کرد؛ باید سه لکوموتیو برای خط آهن دارلینگتن-استاکتون می‌ساخت. اولین لکوموتیو در سال ۱۸۲۵ از کارخانه خارج شد. سرعت این لکوموتیو زیاد نبود و به همین علت راه آهن تا سال ۱۸۳۵ فقط در قطار باری از آن استفاده می‌کرد؛ در حالی که قطارهای مسافری که به سرعت بیشتری نیاز داشتند با اسب حرکت می‌کردند.

اولین قطاری که با لکوموتیو حرکت کرد، در نیوکاسل در مسیر شهرهای استاکتون-دارلینگتن بود که ۳۹ کیلومتر فاصله داشتند؛ این واقعه در ۲۷ سپتامبر ۱۸۲۵ اتفاق افتاد.

در مارس ۱۸۲۲، یک انگلیسی به نام ژولیوس گریفیت اختراع یک دستگاه درشکه بخار را برای حمل و نقل مسافر در جاده به ثبت رساند، ولی این درشکه چندان مورد توجه قرار نگرفت. یک مخترع دیگر بنام گلدس ورتی گورنی در سال ۱۸۲۷ یک دلیجان بخاری ساخت که در عمل موفق شد ساعتی ۲۵ کیلومتر را بپیماید.

در سال ۱۸۳۳، لندن مجموعاً حدود بیست دستگاه درشکه بخاری هنکاک داشت. ولی حمل و نقل مکانیکی در جاده به علت اختراع راه آهن دچار وقفه شد تا اینکه در حدود یک قرن اخیر مجدداً با اختراع موتورهای احتراقی رونق یافت. در همین سال‌ها شخصی به نام تیموتی هکورت شروع به ساختن لکوموتیو کرد. او در ساختمان لکوموتیو تغییراتی داد و این تغییرات را از استوانه لکوموتیو شروع کرد و در راه تکامل لکوموتیو به موفقیت‌های چشمگیری دست یافت.

در ۱۸۲۸، جرج استیفنسن، اداره کارخانه خود را به پسرش، رابرت استیفنسن سپرد. او استوانه‌های ساخت هکورت را که عمودی بود کمی کج کرد و چرخ‌ها را نیز با چوب و روکش آهنی ساخت.

در ۱۸۲۹، یک مهندس فرانسوی به نام مارک سگن ساختن لکوموتیوی را در فرانسه آغاز کرد. سگن لوله آتش بزرگی را که تا آن زمان در ماشین‌ها به کار می‌رفت را به لوله‌های کوچکی تبدیل کرد، دیگ را همراه با یک آتشدان در نظر گرفت که اطراف آن با آب محصور می‌شد و به منظور مکش کافی هوا برای احتراق، روی تندر (مخزن سوخت و آب) بادبزن تعبیه کرد.

سگن استفاده شده بود. ۲۵ لوله مسی به ضخامت ۷۵ میلیمتر گازهای آتشیخانه را، که در عقب دیگ قرار داشت، به دودکشی به قطر ۳۰۵/۰ متر در جلوی دیگ هدایت می‌کردند.

سطح گریل ۵۵۷۴/۰ متر مربع، سطح گرمایش آتشیخانه ۱۸۵ متر مربع و سطح گرمایش لوله‌ها ۱۹۴ متر مربع بود؛ دو سیلندر این لکوموتیو به طور مورب در دو طرف دیگ قرار داشت، قطر آن‌ها ۲۰۳/۰ متر و کورس پیستون آن‌ها ۴۱۸/۰ متر بود؛ و یک چرخ محرکه به قطر ۱۴۳۵/۰ متر و یک چرخ راهنما به قطر ۷۶۱/۰ متر داشت. در ساختمان این لکوموتیو برای اولین بار از لوله‌های دود و سیستم خروج بخار از دودکش استفاده شده بود که تا همین اواخر به همان شکل در ساختمان لکوموتیوها باقی بود. با ساخته شدن این لکوموتیو برای اولین بار مسافرت سی نفر با ۴۸ کیلومتر در ساعت بین شهرهای لتور پول و منچستر امکان پذیر شد.

پس از این استیفسن دو لوله خروج بخار مرده را به یک ستون تخلیه نظیر ستون تخلیه سنز پرل تبدیل کرد و این ابتکار، نیروی ماشین را سه برابر کرد. استیفسن بعدها سه لکوموتیو دیگر ساخت که آخرین آن‌ها پلانت نام داشت. این لکوموتیو ۹ تنی در آغاز کار توانست قطاری به وزن ۷۷ تن را با سرعت متوسط هجده کیلومتر در ساعت در مسیر لیورپول-منچستر به حرکت در آورد. در این زمان لکوموتیو دیگر به دوره تکامل خود رسیده بود و بعدها تغییرات دیگری در آن بوجود آمد.

رفت و آمد با قطار زمانی عمومیت پیدا کرد که هشت دستگاه از لکوموتیوهای کارخانه استیفسن در پانزده سپتامبر ۱۸۳۰ از کارخانه بیرون آمد.

در ۱۸۳۱، استیفسن برای محکم کردن ریل به تراورس؛ اتصالی ریل و میخ سر کج را اختراع کرد. استیفسن که در این زمینه تجربه زیادی کسب کرده بود در سال

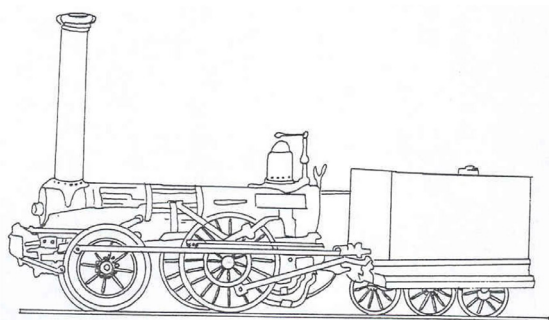
در سال ۱۸۲۶ جورج استیفسن به سرپرستی عملیات ساختمان راه‌آهن لیورپول-منچستر منصوب شد که طول آن ۴۸ کیلومتر بود. در ابتدا نظرشان این بود که قطارهای این مسیر توسط ۲۱ ماشین بخار که در طول مسیر مستقر می‌شدند و بوسیله سیم جابجا شوند آرایش پیدا کنند، ولی در نتیجه تلاش‌های استیفسن در سال ۱۸۲۹ به پیشنهاد او ساخت لکوموتیوی با ویژگی‌های زیر به مسابقه گذاشته شد:

۱. بتواند سه برابر وزن خود را تحمل کند؛
 ۲. شانزده کیلومتر در ساعت سرعت داشته باشد؛
 ۳. وزن آن از شش تن بیشتر نباشد؛
 ۴. فشار دیگ آن ۲/۵ بار باشد، ولی با سه برابر این فشار نیز آزمایش شده باشد؛
 ۵. فنر برای حمل آن پیش‌بینی شده باشد؛
 ۶. هزینه ساخت آن از ۱۱۰۰۰ مارک آلمان (به ارزش سال ۱۸۲۹) تجاوز نکند.
- لکوموتیوهایی که در این مسابقه شرکت کردند عبارت بودند از:

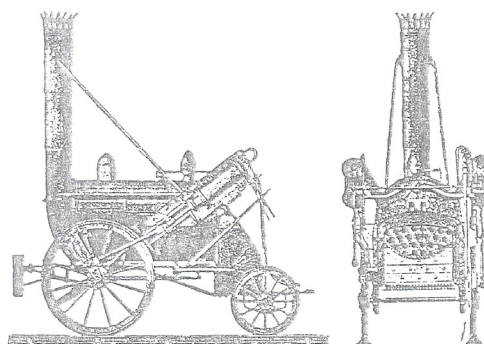
- * «راکت» از استیفسن ساخت نیو کاسل
- * «سنز پرل» از هکونت ساخت دارلینگتون
- * «ناولتی» از جان اریکسون و بریت ویت ساخت لندن

لکوموتیوهای راکت و سنز پرل، تندرهای مخصوص حمل کک و آب داشتند ولی لکوموتیو ناولتی تندر نداشت و کک مورد نیاز آن در منبعی ذخیره می‌شد که در میان شاسی قرار داشت.

لکوموتیو راکت با ۴/۵ تن وزن می‌توانست شانزده تن بار را با سرعت ۱۵ کیلومتر در ساعت حمل کند. دیگ این لکوموتیو استوانه‌ای شکل، طول آن ۱/۸۲۹ متر و قطر آن ۱/۰۱۶ متر بود در ساختمان آن از اختراع مارک



لکوموتیو بالدوین - ۱۸۳۲



دیگ و لکوموتیو راکت استیفسن - ۱۸۲۹

ذکر آن‌ها از حوصله این بحث بیرون است و کافی است آن‌ها را با ویژگی‌های لکوموتیوهای اولیه ساخت استیفنسن مقایسه کنیم.

لکوموتیو و راه آهن در خارج از مرزهای اروپا

در سال ۱۸۲۸، در همان زمان که آوازه جرج استیفنسن به خاطر ساخت اولین لکوموتیوش، بویژه پس از افتتاح خط آهن لیورپول - منچستر از مرزهای انگلستان گذشت و به آمریکا رسید آلن نماینده یک شرکت کانال سازی آمریکایی، به بررسی راه‌آهن انگلستان پرداخت. او چهار دستگاه لکوموتیو در انگلستان خریداری کرد که یکی از آن‌ها شبیه به لکوموتیو استیفنسن در سال ۱۸۲۸ و سه لکوموتیو دیگر شبیه لکوموتیوهای ساخت هدلی بود. خطوط اولیه با روسازی ضعیف و پیچ‌های تیز با هزینه بسیار کمی در آمریکا ساخته شد و از این رو ناگزیر از استفاده بوژی شدند.

در سال ۱۸۳۲، جان جرویس اولین لکوموتیو بوژی‌دار را در آمریکا ساخت. در سال ۱۸۳۳، استیفنسن و سایر کارخانه‌های انگلستان بر اساس نقشه‌های جرویس لکوموتیو هایی برای خط آهن آمریکا ساختند.

به زودی کارخانه هایی در آمریکا تاسیس شدند و لکوموتیو های معروف «لانیر» را تولید کردند و شخصی به نام ماتیاس بالدوین نیز لکوموتیوی از روی طرح استیفنسن ساخت که آن را پلانت نام گذاشت. کمی بعد در کارخانه های بالدوین که در فیلادلفیا بنیان گذاشته شد، روش خاصی برای ساخت لکوموتیو در پیش گرفتند و عاقبت در ۱۸۱۳ لکوموتیوی به نام «اولدا یونساید» در آمریکا ساخته شد. ولی مهندسان آمریکایی بعدها باز هم از روش استیفنسن استفاده کردند و این روش منسوخ شد.

۱۸۴۳ لکوموتیو «هاموت» را برای راه‌آهن پاریس اورلئان ساخت. این لکوموتیو ۲۲۳۰۰ کیلوگرم وزن و سه محور مرتبط داشت. در ۱۸۴۸، لکوموتیو سه محوری «کرامپتون» ساخته شد که قطر چرخ‌های عقب آن به ۱/۲ متر می‌رسید و ۱۰۰ کیلومتر در ساعت سرعت داشت.

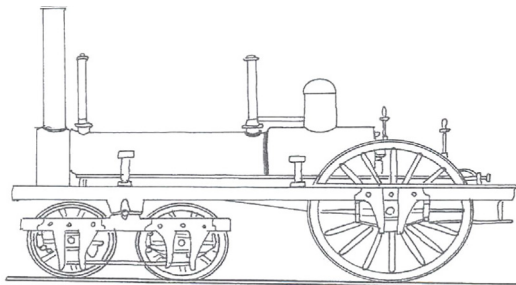
پس از استیفنسن مهندس فرانسوی ماله به فکر افتاد که با استفاده از فشار بخاری که از سیلندر خارج می‌شود تحولی در ساختمان و طرز کار لکوموتیوها ایجاد کند و سعی کرد بخار سیلندر را پس از خروج به سیلندر دیگری هدایت کند. پس از موفقیت ماله این طرح، لکوموتیوهای «کمپوند» به وجود آمد و طولی نکشید که لکوموتیوهای سه و چهار سیلندر نیز ساخته شدند. در نتیجه تلاش طراحان و سازندگان، ابتدا تعداد محوره‌های مرتبط (محرك) افزایش یافت و سپس کشوی استوانه‌ای جایگزین کشوی مسطح شد. در ۱۹۰۵، استفاده از بخار گرم متداول شد و در ۱۹۱۱ گرم کردن آب تندر معمول شد که دوام دیگ بخار و صرفه‌جویی در مصرف انرژی را در بر داشت.

لکوموتیوهایی که بعداً ساخته شدند سه دسته بودند:

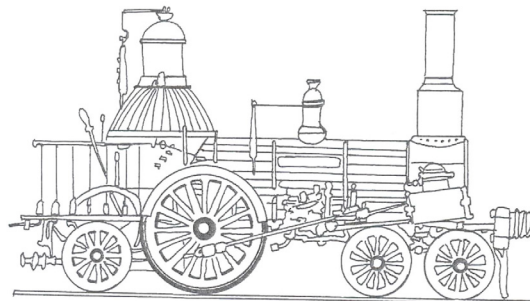
۱. لکوموتیو سنگین کند رو با قدرت ۲۰۰۰ اسب بخار که چهار یا پنج محور محرك با چرخ‌های کوچک داشت و برای حمل بارهای سنگین مورد استفاده قرار می‌گرفت.
۲. لکوموتیو مختلط که برای قطارهای باری و مسافری، هر دو به کار گرفته می‌شد. این لکو موتیو چهار محور محرك داشت و قطر چرخ‌هایش بیش از قطر چرخ‌های لکوموتیو سنگین بود.

۳. لکوموتیو مسافری تند رو که سه یا چهار محور محرك با چرخ‌های بزرگتر داشت. سطح حرارتی این لوکوموتیو نزدیک به ۲۲۰ متر مربع و حجم دیگ بخار آن حدود شانزده متر مکعب بود.

در لوکوموتیوهای اواخر نیمه اول قرن بیستم، از نظر فنی و صنعتی پیشرفت‌های چشمگیری به وجود آمد که



لکوموتیو جرویس - ۱۸۳۲



نخستین لکوموتیو برزیگ - ۱۸۴۱

سیر تکامل لکوموتیو در آلمان

اولین لکوموتیو در آلمان در سال‌های ۱۸۱۵ تا ۱۸۱۸ طبق نقشه‌هایی که از انگلستان آورده بودند و زیر نظر دو مهندس به نام‌های کریگار و شماهل در برلین ساخته شد. ساختمان آن شبیه لکوموتیو پلنکین سب بود. در ۱۸۳۵ که راه‌آهن نورنبرگ فورت افتتاح شد؛ ابتدا لکوموتیوهای انگلیسی و پس از آن لکوموتیوهای آمریکایی در آن مشغول به کار شدند. اولین لکوموتیوی که راه‌آهن نورنبرگ فورت عرضه کرد، لکوموتیوی بود به نام «آدلر» که رابرت استیفنسن در ۱۸۳۵ ساخت. تندر این لکوموتیو شبیه به تندرهایی بود که تا آن زمان معمول بود و پس از آن صنعت لکوموتیو سازی در آلمان در راه تکامل قدم گذاشت. متعاقب آن مردانی چون:

- * برزیک و شوارتسکف در برلین
- * کسلر در کالاسروجه
- * مافای در مونیخ
- * هنشل و پسر در کاسل
- * اگسترف در لیندن و هارتمن در چمنیتس

کارخانه‌هایی در آلمان تاسیس کردند که لکوموتیوهای مورد نیاز را می‌ساختند. برزیک اولین لکوموتیو خود را در ۱۸۴۱ ساخت و در نتیجه تجربه بسیار خوب این لکوموتیو، در مدت دو سال ۲۲ دستگاه دیگر از این ماشین ساخته شد. این لکوموتیو از روی نمونه امریکایی ساخته شده بود و بعد ها در ساختمان آن اصلاحاتی انجام دادند؛ بوژی بر داشته شد و به جای آن یک محور راهنما قرار دادند.

اگسترف اولین لکوموتیو خود را در سال ۱۸۴۶ برای راه‌آهن هانور ساخت و هنشل اولین لکوموتیو خود را با عنوان «دراخه» در ۱۸۴۸ عرضه کرد که دو محور محرک و یک بوژی دو محوره داشت.

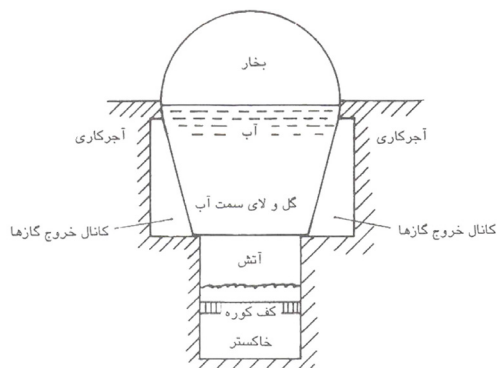
در سال ۱۸۳۵، شخصی به نام رنتگن که آلمانی الاصل بود، اختراع ماشین‌های «کمپوند» را (انبساط مضاعف) برای اولین بار به نام خود ثبت کرد و استفاده از آن را در لکوموتیو اعلام نمود. با این حال اولین بار نیکلسون در سال‌های ۱۸۴۸ و ۱۸۵۰ در انگلستان دو لکوموتیو انبساط ساده را به دو لکوموتیو کمپوند تبدیل کرد. اما لکوموتیو کمپوند کاملاً قابل استفاده را ماله در سال ۱۸۷۴ ساخت.

رابرت پسر جرج استیفنسن بعدها در سال ۱۸۵۱ لکوموتیوی ساخت که قادر بود با سرعتی معادل ۱۰۴ کیلومتر در ساعت ۴۴ تن بار را حمل کند.

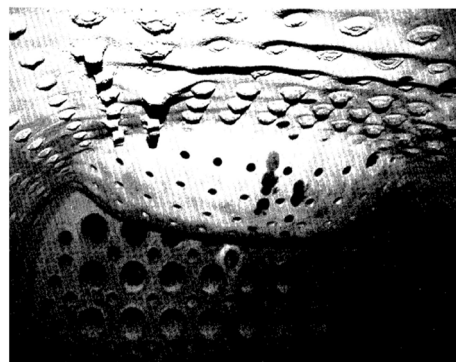
استفاده از بخار خشک سودمندترین راه بود و در سال ۱۸۶۳ استفاده از آن را آزمایش کردند و در ۱۸۹۸ یک مهندس آلمانی از اهالی کاسل توانست بخار خشک مناسب برای لکوموتیو را تولید کند. لکوموتیوهای نهایی بخار قادر بودند ششصد تن بار را در شیب ده در هزار با سرعت ۱۴۰ کیلومتر در ساعت حمل کنند.

دیگ های بخار

دیگ‌های بخار اولیه از ظروف سربسته‌ای از ورق‌های آهن که بر روی هم برگردانده شده و پرچ شده بودند در اشکال مختلف کروی ساده تا انواع پیچیده نظیر واگن‌های بخار ساخته می‌شدند. این ظروف بر روی دیواره‌ای از آجر بر روی آتش قرار داشتند. آتش نیز بر روی سطحی مشبک همچون منقل تامین می‌شد. گازهای حاصل از احتراق را از میان کانال‌هایی از درون آجرها عبور می‌دادند. این دیگ‌ها را بیرون سوز می‌نامند. بزرگترین اشکال این نوع آتشکاری، تشکیل رسوب و لجن در سطح داخلی دیگ درست در بالای آتش و داغ‌ترین نقطه دیگ بود. رسوب لجن باعث عایق شدن سطح فلز و جلوگیری از تماس فلز با آب



دیگ بیرون سوز



نمونه‌ای از تغییر شکل دیگ‌های اولیه در لکوموتیوهای بخار

می‌شد که نتیجه آن افزایش دمای فلز بود. در نتیجه جداره دیگ تغییر شکل می‌داد (شکل ۱-۱۷) و در اثر پیچش حتی در فشار پائین منجر به فاجعه‌ای بزرگ و ترکیدن دیگ می‌گردید.

نیاز به قدرت بالا در موتورهای بخار سازندگان از جمله تروپتیک را بر آن داشت تا دیگ‌هایی با فشار بالا بسازند. ظروف تحت فشار استوانه‌ای شکل ساخته شد که کوره استوانه‌ای شکل درون آن قرار می‌گرفت و کاملاً با آب احاطه می‌گردید. کوره به اندازه کافی بزرگ بود و قادر بود بر روی صفحه مشبک خود سوخت زغال مصرف کند. محصولات احتراق از داخل استوانه عبور می‌کرد و در انتها پس از خروج از زیر استوانه به سمت ابتدای کوره باز می‌گشت. بدین ترتیب مشکل انتهای دیگ (شکل ۱-۱۶) حل شده بود و فشار ۷ بار توسط این دیگ تامین می‌شد. این دیگ‌ها درون سوز بوده و به لوله آتشی معروف بودند.

معایب کلی لکوموتیوهای بخار

اگرچه لکوموتیوهای بخار شاهکاری مهندسی به حساب می‌آمدند که ظهور آن‌ها انقلاب صنعتی را در قرن نوزدهم در اروپا رقم زد، با این حال این لکوموتیوها دارای معایب عمده‌ای بودند که سبب شد به تدریج جای خود را به لکوموتیوهای دیزلی بدهند. از جمله این معایب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

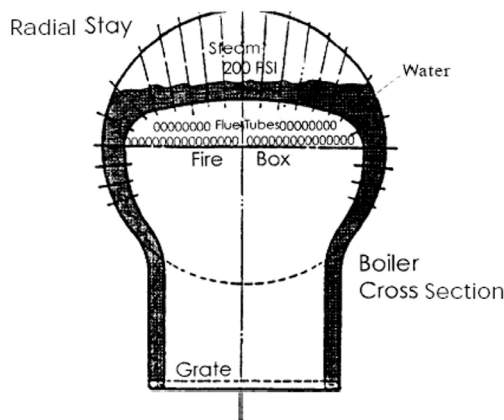
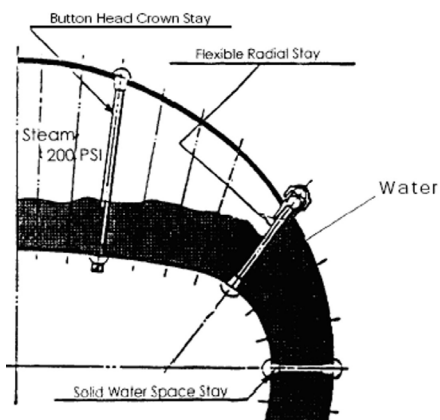
۱. آلودگی: بعلت استفاده از سوخت‌های فسیلی سنگین که با آلودگی بالا در احتراق ناقص بسیار خطرناک می‌باشند.
۲. تعداد خدمه مورد نیاز برای اداره و کنترل لکوموتیو بخار اغلب به ۴ نفر می‌رسید که این در مقابل لکوموتیوهای دیزل ضعف بزرگی بود.
۳. در اثر سایش، قطر چرخ‌ها کاهش یافته و مسئله لغزش پیش می‌آمد که منجر به وارد آمدن صدمات زیاد به خط و همچنین خود لکوموتیو می‌شد.
۴. تعمیر دیگ‌های بخار اغلب زمان‌بر و طولانی بود.
۵. به علت استفاده از سیستم چرخ‌های محرک و سوار بودن موتورهای بخار بر روی سازه واگن لکوموتیو، اتصال چرخ و محور و سازه واگن از صلبیتی نامطلوب برخوردار بود و این در عمر قطعات لکوموتیو موثر بود و نیاز به نگهداری آن‌ها را بالا می‌برد.
۶. وزن مرده بالا (وزن لکوموتیو بدون سوخت و متعلقات متحرک)
۷. نیاز به آبیگری و اهمیت حیاتی آن برای کارکرد لکوموتیو

در اقدامی دیگر برای افزایش بازده حرارتی کوره و دیگ بخار از تکنیک افزایش سطح استفاده شد بدین ترتیب که گازها از لوله‌های باریک که در داخل آب قرار داشتند عبور می‌کردند.

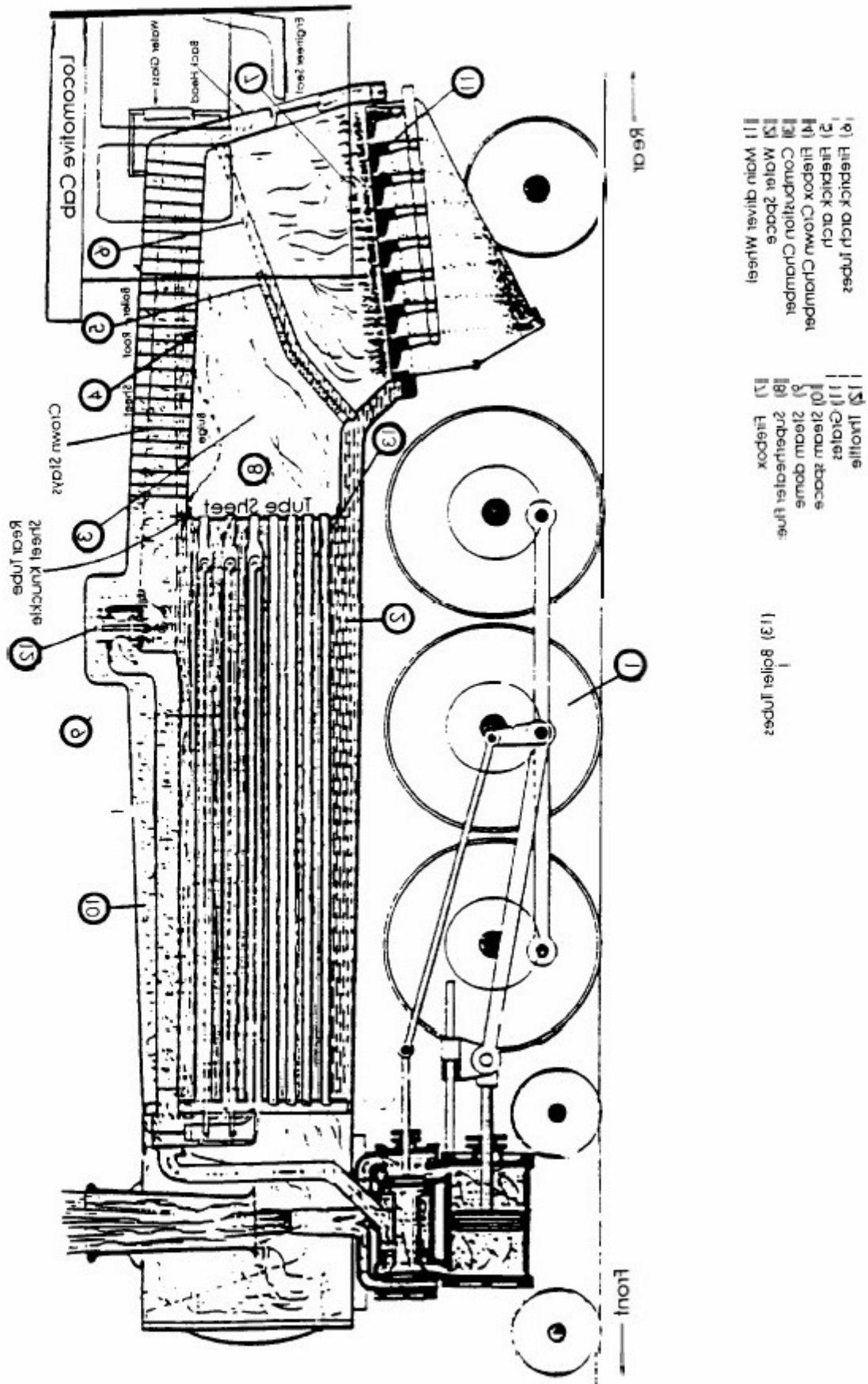
در اقدامی دیگر برای افزایش بازده حرارتی کوره و دیگ بخار از تکنیک افزایش سطح استفاده شد بدین ترتیب که گازها از لوله‌های باریک که در داخل آب قرار داشتند عبور می‌کردند.

سیستم انتقال قدرت

توان خروجی موتور بخار توسط اهرم‌بندی مشابه شکل ۱-۱۹ به چرخ‌ها منتقل می‌شد و چرخ‌ها از طریق این اهرم‌بندی با هم در ارتباط بودند. در این وسایل نیز مشکل یکنواختی تولید توان و یکنواختی انتقال توان مطرح بود. همانطور که در مکانیزم لنگ، جهت تامین نیروی نیم سیکل برگشت موتور خطی از انرژی جنبشی حاصل از نیم سیکل تولید توان که در جرم چرخ لنگ ذخیره می‌شود، استفاده می‌شود، در سیستم انتقال توان به روش چرخ‌های محرک نیز که در لکوموتیوهای



دیگ‌های بخار درون سوز



نمای جانبی از اهرم‌بندی لکوموتیو بخار



روز شمار ریلی

فروردین ماه



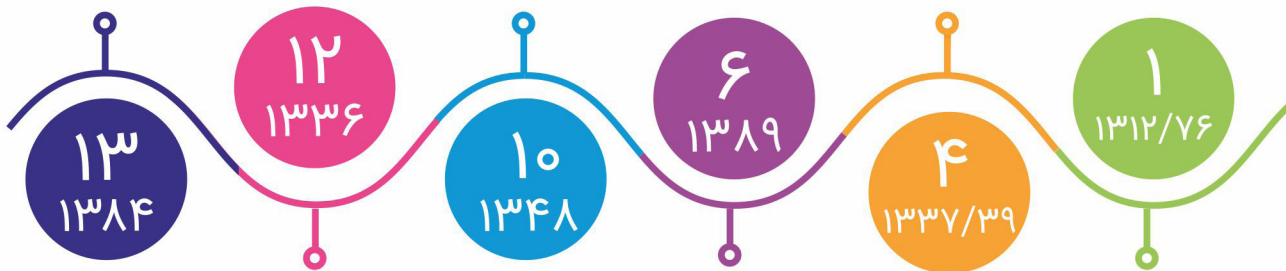
امضای یادداشت تفاهم
راه آهن ایران و هندوستان

اردیبهشت ماه

افتتاح خط بافق-کاشمر و انتشار تمبر
یادبود افتتاح راه آهن بافق-مشهد

۱- اتصال راه آهن به کارخانه ذوب آهن
در استگاه زرین شهر

۱- افتتاح راه آهن تهران-تبریز
۲- پایان عملیات ساختمانی ایستگاه مراغه



افتتاح راه آهن تهران-مشهد

راه اندازی نخستین ریل باس ارم
مسیر اندیمشک-اهواز-بندر عباس ۱۳۸۹

۱- انعقاد قرارداد با کنسرسیوم (کامپساکس)
در مورد راه آهن سراسری
۲- راه اندازی قطار مسافری تهران-اسلامشهر

افتتاح و بهره برداری از خط کاشان-باقق-زرند

راه اندازی قطار درود-اراک-قم

آغاز ریل گذاری خط بادرود-اصفهان



اتصال راه آهن تهران-مشهد به سبزوار

افتتاح پل فلزی کارون

راه اندازی قطار تهران-میانه

خرداد ماه

آغاز بهره برداری از خط گرمسار به شاهرود

تصویب قانون انحصار قندوشکر برای تامین مصارف ساختمان راه آهن

۱۲ ۱۳۷۶

۹ ۱۳۰۴

۳ ۱۳۸۹

۲ ۱۳۲۱

۱ ۱۳۱۶/۸۶

افتتاح و بهره برداری از خط بادرود-میبد

راه اندازی قطار جدید خرمشهر-تهران

۱- افتتاح خط آهن شمال
۲- افتتاح فاز اول پروژه شبکه دیتا بر روی بستر فیبر نوری در ۱۰۸ ایستگاه راه آهن

آغاز عملیات ساخت راه آهن مشهد-بافق

۱- افتتاح پروژه خط اصفهان-شیراز
۲- افتتاح راه آهن کرمان-بم-زاهدان

۲۰ ۱۳۸۱

۱۸ ۱۳۷۹

۱۶ ۱۳۸۸

۱۵ ۱۳۸۸

۱۳ ۱۳۸۷

افتتاح ایستگاه ارژنگ

اولین موتور لکوموتیو ملی با توان داخلی

راه اندازی قطار محلی خرمشهر-اهواز-اندیمشک

راه اندازی قطار مستقیم طبس-تهران

آغاز به کار شرکت سایپا ریل

۲۸ ۱۳۸۷

۲۷ ۱۳۸۰

۲۴ ۱۳۸۴

۲۲ ۱۳۸۷

ثبت محوطه ایستگاه راه آهن تهران به عنوان اثر تاریخی

کسب مقام دوم در ششمین نمایشگاه بین المللی محیط زیست



بخش صنعتی

سخن دبیر بخش صنعتی

به نام پروردگار یکتا

اگر به زندگی انسان در طی ده سال اخیر توجه کنیم، خواهیم دید که سرعت پیشرفت تکنولوژی به طرز ناباورانه‌ای افزایش پیدا کرده است. همراهی با این پیشرفت، پا به پای توسعه‌ی تکنولوژی در کشورهای صنعتی و پیشرو در این عرصه ابتدا مستلزم آشنایی و شناخت فناوری‌های موجود می‌باشد. از سری تکنولوژی‌های جدید و کاربردی در صنعت راه‌آهن می‌توان به استفاده از فناوری پردازش تصویری (Image Processing) در این صنعت اشاره کرد. پردازش تصویری در قسمت‌های بسیاری از راه‌آهن کاربرد دارد. در این بخش از نشریه راه سوم به طور کلی به آشنایی با قسمت‌هایی از این تکنولوژی می‌پردازیم.



vossloh

Rail Services

در صنعت ریلی برندهای مختلفی در زمینه‌های روسازی، زیرسازی، تعمیر و نگهداری و دیگر زمینه‌ها وجود دارد. یکی از این برندها، برند وسلو می باشد. در این بخش به تکنولوژی‌هایی که این شرکت در زمینه پردازش تصویری ارائه می‌کند می‌پردازیم و با قابلیت‌های این شرکت در این زمینه بیشتر آشنا می‌شویم.



تست های ما

تست‌ها و بازرسی‌های جامع ما بهترین تشخیص ممکن را از وضعیت ریل در اختیار شما قرار می‌دهد.

تست ریل:

- تشخیص دیداری (VT)
- تست جریان جاری (ET)
- تست ماوراء صوت (UT)
- تست ذرات مغناطیسی (MT)

اندازه گیری ریل:

- اندازه گیری امواج طولی
- اندازه گیری مقطع عرضی
- اندازه گیری ارتفاع
- اندازه گیری سایش
- مقدار سختی سطح (زبری)

حفظ ارزش و ایمنی ریل‌های شما ما مراقب ریل‌ها هستیم

ریل‌ها شاه‌رگ زیرسازی‌های مدرن هستند. سازه‌ها و نگهداری از آنها کاری چالش برانگیز است که در آن ایمنی همیشه بیشترین اولویت را دارد و بررسی این موضوع در حوزه‌ی متخصصان با تجربه قرار دارد. سرویس‌های ریلی وسلو همواره شریک شما در مراقبت از ریل‌ها است و ما همواره می‌توانیم به شما کاملترین سرویس دهی ریلی را در سطح جهان ارائه دهیم.

تیم سرویس وسلو

ریل‌ها تحت فشار زیادی قرار می‌گیرند. قطعا انالیز دقیق از وضعیت آنها، برای مراقبت از آنها ضروری است. سرویس‌های ریلی وسلو با تکیه بر دانش جامع خود که با توجه به تمامی فازهای چرخه‌ی عمر ریل بدست آمده است، بازرسی‌ها و تست‌هایی را ایجاد کرده است. ترکیب انجام تمامی این تست‌ها را با مشاوره‌ی متخصصین ما برای پیدا کردن بهترین سرویس دهی موجود توصیه می‌کنیم. برای انجام این وظایف ما در شرکت برترین متخصصان و دقیق ترین تست‌ها را با بالاترین تکنولوژی برای شما در دسترس قرار می‌دهیم.

نقشه‌های انیمیشنی نشان می‌دهند که دقیقا کجا به انجام عملیات احتیاج است.

کاری که مایل به انجام برای شما هستیم: تست، اندازه گیری و پیشنهاد



آسیب‌های معمول در ریل: چک کردن سطح، اسکوات، امواج لغزشی و گلوله گلوله شدن



در خدمات ریلی همیشه بهترین راه حل، جامعترین آن است. آزمایش و اندازه گیری مقطع‌های ریل در فواصل منظم و همچنین تجسم و مستند سازی اطلاعات اساس بهترین برنامه سرویس دهی هستند. این رویکرد بلند مدت برای مشتریان حداقل اختلالات در ترافیک‌های ریلی را ضمانت می‌کند و در نتیجه ریل‌ها به حداکثر کارایی خود می‌رسند.

بررسی خطا: ما مقطع شما را با جزییات آزمایش می‌کنیم.

معمولا روند تست غیرمخرب ریل با بازرسی چشمی آغاز می‌شود. متخصصین ما با چشم غیر مسلح و با استفاده از آینه، لنزهای شیشه ای و منابع سبک اضافی می‌توانند تشخیص دهند که دقیقا از کدام نوع تست باید استفاده کرد.

استفاده می‌کنیم که نمایش دقیقی از خطاها را ممکن و اسناد قابل فهمی را پشتیبانی می‌کند. آزمایش ذره مغناطیسی عمدتاً وقتی استفاده می‌شود که محور دستگاه چرخ برداشته و تمیز شده است. وقتی محور دستگاه چرخ نصب است یا اگر قسمت‌های اضافه شده یا لایه‌های محافظتی باقی‌مانده، معمولاً فقط آزمایش فراصوتی (اولتراسونیک) ممکن است.

مشاوره: همیشه استراتژی کاربردی مناسب

مشاوره‌ی مناسب برای ارائه‌ی راه حل‌های خدماتی دراز مدت است :

هر مقطع مشخصات مربوط به خود را دارد، حتی در رابطه با سایش و آسیب. بهترین آزمایش‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری ممکن لازم هستند تا شرایط ریل دقیق تعیین شود و نتیجه‌گیری صحیحی از تمامی داده‌ها حاصل شود. به منظور آموزش آن‌ها انجام تحصیلات بیشتر مهارت‌اندوزی بیشتری را مد نظر قرار داده است. با تشکر از آموزش، هدف قرار دادن تحصیل بیشتر و تخصص گسترده کارشناسان خدمات ریلی وسلو، آنها تجزیه و تحلیل‌های امنی را ایجاد کرده و راه حل‌های خوبی را نشان می‌دهند. این مشاوره به خوبی پتانسیل‌های بهینه‌سازی در تعمیر و نگهداری خطوط را نشان می‌دهد و طرح ریزی بهترین برنامه کاربردی برای به حداقل رساندن هزینه‌ها و دوره‌های غیرفعال بودن را، برای همیشه، انجام می‌دهد. علاوه بر این ما راه حل‌هایی برای از بین بردن موثر خطاهای فردی ارائه می‌دهیم.

با شکل اولیه‌ی ریل و استانداردهای کلی در جهان مقایسه می‌شود. این پروسه اطلاعات مهمی از پوشش ریلی را به حاصل می‌کند. ارتفاع ریل، پهنای تاج ریل، شیب داخلی ریل و لبه‌ی شیار اندازه‌گیری می‌شوند که اطلاعات زیادی راجع به ریل از زوایای مختلف به ما می‌دهد. شکل ریل در قسمت تماس چرخ با ریل نیز مرتبط به این موضوع می‌باشد.

اندازه‌گیری موج‌های طولی

سیستم تشخیص عیوب موج-کوتاه تاج ریل تمام تابیدگی‌ها از ۱۰ میلی‌متر تا ۱ متر را اندازه‌گیری می‌کند. با حداکثر چهار پهنای باند طول موج قابل تنظیم، انواع تابیدگی مختلف را می‌توان در یک مسیر شناسایی کرد. نتایج و درج اطلاعات تاریخی، داده‌های دقیقی را برای بهترین برنامه ممکن سنگ زنی فراهم می‌کند.

اندازه‌گیری ارتفاع

در این تست سایش مواد روی ریل به وسیله اختلاف ریل با نقاط مرجع تعیین می‌شود.

نظارت بر جوش‌کاری و بازرسی وسیله نقلیه

نظارت

نظارت جوش‌کاری/مدیریت تخصصی محل احداث:

برای تولید یک خط شکاف آزاد (gap-free) و جوش‌کاری تعمیراتی، یک سرپرست تایید شده باید بر اجرای مناسب جوش‌کاری و فشار هم‌تراز کردن نظارت داشته‌باشد. کنترل کیفیت تکنولوژی ریل، نمایشگر کاربر برای سنگ زنی و سایش روی خط است که هدف آن از بین بردن اقتصادی تمام عیوب ممکن است.

آزمایش محور دستگاه چرخ

فشار دینامیکی می‌تواند آسیب‌هایی مثل شکاف یا حتی خوردگی‌هایی که می‌توانند به ترک تبدیل شوند، به سطح وارد کند. این فشار می‌تواند باعث شکستگی‌هایی خود به خود شود که پیامدهای دور از دست‌رسی دارند. ما از سیستم آزمایشی‌ای

تست جریان جاری (Eddy current) (testing)

به طور کلی عمق آسیب ترک‌های سطح ریل‌ها، به دلیل برخوردی فرسایشی هستند که توسط انجام این تست مشخص می‌شوند. این تست سطوح ریل و تیغه‌های حرکتی ریل را مورد آزمایش قرار می‌دهد و علاوه بر خطای فرکانسی، عمق خرابی در هر متر ریل (با خطای ۲۲ میلی‌متر) اندازه‌گیری می‌کند. همچنین، نقاط فوری لبه‌های سوزن را بررسی می‌کند.

تست ماوراء صوت (Ultrasonic) (Testing)

ناخالصی مواد و خطاهای داخلی به وسیله‌ی این آزمایش شناسایی می‌شوند. در این فرایند ناحیه‌هایی از ریل که در معرض خرابی هستند به وسیله‌ی یک سر مغناطیسی، از زوایای مختلف بررسی و آزمایش می‌شوند.

تست ذرات مغناطیسی (Magnetic) (particle test)

خرابی‌های سطوح در قطعات مغناطیسی می‌توانند با انجام این آزمایش بررسی شوند. همچنین کیفیت روند جوش‌کاری ریل نیز با استفاده از این روش تست می‌شود.

اندازه‌گیری ریل : چگونه برنامه خدمات سرویس در بهترین حالت اجرا می‌شود ؟

اندازه‌گیری‌های هندسی

با استفاده از اندازه‌گیری‌های هندسی، وضعیت اتصالات روسازی (از قبیل خطوط ریلی، سوزن‌ها، تقاطع‌ها، انشعابات ریلی) مشخص می‌شود و با استانداردها، آئین نامه‌ها و یا محدودیت‌های خاص شرکت مقایسه می‌شوند. در این فرایند، وسایلی برای اندازه‌گیری مقاطع عرضی، موجی شدن طولی، فاصله بین ریل‌ها، دهانه سوزن، پیچش و تراز ریل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اندازه‌گیری مقطع عرضی

در این روش، تاج ریل به وسیله‌ی مختصات نقاط اندازه‌گیری می‌شود، نوع ریل مشخص شده و شرایط آن

دکتر مسعود نصر آزادانی

عضو هیئت علمی دانشکده راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران



همواره استفاده از تجارب افرادی که سال‌ها در صنعت بوده‌اند در پیدا کردن مسیری که منتهی به پیشرفت شود الزامیست زیرا کمبودها را از نزدیک لمس کرده‌اند و با مشکلاتی که وجود دارد به خوبی آشنا هستند. به همین خاطر در هر شماره نشریه راه سوم به مصاحبه با یکی از فعالین صنعت ریلی می‌پردازیم و از نقطه نظر آنها پیرامون موضوعات مختلف آگاه می‌شویم. در این شماره گفت‌وگویی با دکتر نصر آزادانی، عضو هیئت علمی دانشکده راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران و همچنین مجری طرح راه‌آهن سریع السیر تهران-قم-اصفهان خواهیم داشت.

همین مقدار هم در دست ساخت می‌باشند که حدود ۵ هزار کیلومتر پیشرفت‌های فیزیکی خوبی داشتند و دربخش ناوگان هم سرمایه‌های بزرگی همانند مینا و واگن سازی پارس و حدود پنجاه شرکت دیگر فعالیت می‌کنند. البته باید به این نکته توجه کرد که به وجود آمدن این شرکت‌ها نتیجه‌ی به وجود آمدن منابع علمی همچون دانشکده راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت می‌باشد.

سرمایه گذاری ندارند زیرا روز به روز منابع کاهش پیدا می‌کند و روز به روز نیاز به حمل و نقل بیشتر می‌شود و یکی از سیستم‌هایی که می‌تواند به این تقاضا پاسخگو باشد سیستم حمل و نقل ریلی است. با توجه به بررسی پیشرفت‌های کشورهای دیگر می‌بینیم که سرمایه گذاری گسترده‌ای در حوزه زیرساخت‌ها و ناوگان انجام شده است. ما در کشور حدود ۱۰ هزار کیلومتر شبکه ریلی داریم و به

شما سال‌های بسیاری در سمت‌های مهم صنعت ریلی فعالیت داشته‌اید. نظر خودتان را در مورد صنعت ریلی بفرمایید.

خوشبختانه طی سال‌های اخیر توجه مسئولین نظام به این صنعت بیشتر شده و مراکزی که در کشور تصمیم گیری می‌کنند به طور اجماع به این موضوع رسیدند که در حوزه حمل و نقل ریلی پایدار راهی جز

نظر خودتان را در مورد پروژه‌های صنعتی که در حال حاضر در کشور انجام می‌شود، بفرمایید.

پروژه‌های بزرگی در حال اجراست که تعدادی از این پروژه‌ها رسالتشان اتصال مراکز استان‌های مهم به شبکه ریلی هستند مثلاً استان گیلان که هنوز این شبکه ریلی وصل نیست ولی امیدواریم امسال مرکز استان گیلان به شبکه ریلی وصل بشود و یا استان همدان که تقریباً ریل‌گذاری تا شهر انجام گرفته و فقط تکمیل ایستگاه‌ها و نیازهای جانبی مانده است. همچنین استان کرمانشاه که خوشبختانه به شبکه ریلی متصل است و استان آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی این‌ها تقریباً پنج استانی هستند که در حال وصل شدن به شبکه ریلی می‌باشند. همچنین می‌توانیم به اصلاح مسیرهایی مثل تهران-تبریز که در حال اجراست اشاره کنیم. لازم می‌دانم در کنار اتصال استان‌ها، به کریدورهای ترانزیتی بپردازم. کریدور ترانزیتی شرق دریای خزر حدود ۷۰۰ کیلومتر است و اتصال ایران به ترکمنستان و در ادامه به قزاقستان را شامل می‌شود. همچنین کریدور ترانزیتی غرب دریای خزر که بخشی از آن اتصال رشت به آستارا است جزء کریدورهای ترانزیتی مهمی است. اتصال چابهار به زاهدان و در ادامه آن به مشهد و سرخس از کریدور ترانزیتی است که در بُعد ملی قابل توجه است. پروژه اتصال کرمانشاه به مرز خسروی و عراق کریدور ترانزیتی مهمی است که در بُعد مسافری قابل توجه است و همچنین اتصال به افغانستان از مرز خاف به هرات که در حال انجام است و خوشبختانه تا مرز ریل‌گذاری شده است. اتصال خوزستان به اصفهان که اتصال صنعتی هم می‌باشد در حال مطالعه و تامین منابع می‌باشد.

نظر شما در مورد پیشرفت صنعت ریلی در کشور چیست؟

بنده یک زمانی طول شبکه ریلی را نسبت به سطح کشور بررسی کردم. آن زمان این عدد حدود ۰.۴ کیلومتر در ۱۰۰ کیلومتر مربع بود و این در حالی بود که این شاخص در کشور عراق ۰.۵ کیلومتر، در بندگلادش حدود ۲ کیلومتر و در کشورهای اروپایی حدود ۲۵ تا ۳۵ کیلومتر بود که این موضوع نشان دهنده نیاز به سرمایه‌گذاری دقیق با اولویت بندی است. بحث بعدی که در صنعت ریلی موجود است ورود تکنولوژی‌های جدید است. پروژه قطار سریع السیر تهران-اصفهان با سرعت ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلومتر بر ساعت تقریباً می‌توانیم بگوییم اولین پروژه از این نوع است که ورود به عرصه تکنولوژی‌های روز دنیا است. مسیر قم تا اصفهان که زیرسازی آن به طور کامل انجام شده، زمانش حدود ۴ سال پیش بینی شده بود ولی گره‌های مدیریتی زمان انجام این کار را بیشتر کرد و تنها پروژه‌ای است که منابع مالی آن تامین شده است و با توجه به مسئله جذب توریست این پروژه می‌تواند به اندازه بخش ترانزیتی و بار از اهمیت بالایی برخوردار باشد زیرا مراکز توریستی کشور ما فواصلشان به نحوی است که سفر با قطار سریع السیر موجه تر از هواپیما می‌باشد و معمولاً در این فواصل هواپیما نمی‌تواند با قطار سریع السیر رقابت کند لذا به نظر بنده شبکه قطار سریع السیر باید جدا از شبکه ریلی فعلی و بخش باری باشد. در بخش اجتماعی توسعه حمل و نقل حومه‌ای از مباحثی است که در کشور جداً مورد توجه قرار گرفته و با توجه به آمارها ما در کشور حدود ۱۱ میلیون حومه نشین داریم و این تعداد که عمدتاً پیرامون کلان شهرها هستند برای انجام کار روزانه سفرهایی را انجام می‌دهند که اگر این ۱۱ میلیون روزانه

حداقل یک سفر را انجام بدهند ما روزانه ۲۲ میلیون سفر داریم و حمل و نقل ریلی به دلیل بحث انبوه و ایمن و اقتصادی بودنش می‌تواند راه حل منطقی برای این نیازها باشد که خوشبختانه می‌توانم بگویم در کشور این قسمت فعال شده است.

به نظر شما رویکرد دانشجویان دانشکده راه‌آهن و درکل دانشجویانی که در این صنعت تحصیل می‌کنند چگونه باید باشد تا حضوری کارآمد و تاثیرگذار در پیشرفت این صنعت داشته باشند؟

من فکر می‌کنم که پیش‌نیاز ورود به صنعت، شناخت درست صنعت است. یکی از ضعف‌هایی که در دانشجویان خودمان می‌بینم این است که شناختشان از وضع موجود صنعت شناخت مناسبی نیست و تا وقتی که این شناخت، شناخت درستی نباشد شاید حضورشان در کلاس‌ها هم حضور مؤثری نباشد. توصیه بنده این است که بازدیدهای علمی، گردهمایی و نشست‌های مشترک علمی با مدیران صنعتی، برگزاری همایش‌های مشترک و به طور کلی ارتباط پیوسته و مؤثر بیشتر از مقدار فعلی شود. البته باید بیشتر کلاس‌های درسی را به صورت مشترک با صنعت ارائه بدهیم، که می‌تواند این ارتباط مستمر را تقویت کند.

مسئله بعدی که می‌توانم به آن اشاره کنم این است که قطعاً ادامه سیر گذشته برای آینده کارآمد نخواهد بود و به اعتقاد من تحولی که در صنعت ارتباطات کشور اتفاق افتاد، همین تحول بالاجبار در تمامی بخش‌های دیگر اتفاق خواهد افتاد و قطعاً مدیریت منابع و فرصت‌ها در آینده با روش‌هایی که تا به امروز انجام می‌شد، قابل پیگیری و اقدام نخواهد بود. باید یک نقشه راه برای این تحولات مهیا کنیم و همگی خود را با این تحولات همراه کنیم چون اگر این کار را نکنیم تحولات ناقصی شکل می‌گیرد. به اعتقاد من دانشجویی می‌تواند امیدوار باشد، که خودش را با این تحولات همراه بکند.

کاربردهای تکنولوژی پردازش تصویر در راه آهن



توسط پردازش تصویر همزمان و بهره‌مندی از ماژول GPS باعث ایجاد ظرفیت بررسی دقیق، کاهش زمان مورد نیاز، و ارائه پیوسته نتایج با دقت بالا گردیده؛ و نیز تصویربرداری و ثبت وضعیت خط را به طور پیوسته بر مبنای تصویر و تطبیق تغییرات ارائه می‌دهد.

۴- بازرسی تصویری خطوط راه‌آهن

در این پایان‌نامه نشان داده شده است متودهای کامپیوتری تصویری می‌توانند کاربردهای موثری برای پایش وضعیت انواع عیوب خط راه‌آهن، با توانایی پردازش تصویر هم زمان حجم زیاد داده و تشخیص قابل اطمینان عیوب خط داشته باشند. از جمله کاربردهای مورد بررسی، می‌توان به توسعه متودهای کامپیوتری تصویری برای اندازه‌گیری گنج خط و تشخیص قابل اطمینان تمرکز عیوب سازه‌ای خط، مانند خرابی‌های خط، پابندهای مفقود و آسیب دیده، و یا پیچ‌ها بر مبنای تناظر و فیلترهای MACH اشاره نمود.

۱- شبکه‌های عصبی پیچیده کانولوشن برای تشخیص عیوب سطح ریل

پس از جمع‌آوری ویدئوها و تهیه بانک تصاویر مورد نیاز، با توجه به مقدار زیاد داده بررسی تشخیص عیوب سطح ریل به صورت دستی امکان پذیر نبوده، و تشخیص اتوماتیک عیوب سطح ریل با استخراج و بررسی داده‌های تصویری می‌تواند راه حلی موثر در کاهش هزینه‌ها و زمان، و اطمینان از ایمنی سیر بر روی خطوط را ارائه دهد. چالش مهم در این میان پارامترهای کافی جهت بررسی و تشخیص عیوب سطحی ریل هستند که لحاظ شدن آن‌ها بسیار مهم و مشکل می‌باشد. بنا بر این شبکه عصبی پیچیده می‌تواند به عنوان روشی اجرایی و موفقیت‌آمیز در انجام این عملیات با پارامترهای زیاد، مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

۲- تشخیص چندمنظوره برای بازرسی خط راه‌آهن

خطوط راه‌آهن همواره نیاز به بازرسی و بازدیدهای دوره‌ای جهت اطمینان از ایمنی حمل و نقل دارند؛ پایش وضعیت اتوماتیک خط با بهره بردن از تصویربرداری کامپیوتری و متودهای الگوبایی، توان خود را برای بهبود ایمنی و کاهش خطاهای انسانی، ثابت کرده است. در این مقاله سعی شده عملکرد تشخیصی ترکیب چند آشکارساز در یک چارچوب چند منظوره بهبود یابد، که در نهایت منتج به دقت بالاتر در تشخیص تصویری تراورس و پابند می‌گردد. این کار دستیابی شبکه‌های عصبی پیچیده کانولوشن، علی‌رغم مقدار داده‌های آن‌ها به سود بردن از مزیت مقیاس‌پذیری را ممکن می‌سازد.

۳- بازرسی اتوماتیک خط برای هشدار زود هنگام با استفاده از پردازش تصویر هم‌زمان با GPS

بازرسی خطوط راه‌آهن به عنوان جزء جدایی ناپذیر برای تضمین عملکرد صحیح خطوط در نظر گرفته می‌شود. این سیستم با بازرسی خطوط راه‌آهن

۵-بازرسی ویدئویی سریع اتصالات با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته جمع‌آوری و پردازش تصویر

در حال حاضر شکستگی اتصالات بین ریل یکی از عمده دلایل خروج از خط در آمریکا می‌باشند؛ روش معمول برای بازرسی اتصالات شیوه بصری می‌باشد که توسط اپراتور با حرکت در ماشین صورت می‌پذیرد اما قادر به دیدن عیوب کوچک نبوده و حتی عیوب و ترک‌های بزرگ هم نیست. پس از دستور مرکز تحقیق و توسعه سازمان راه‌آهن فدرال مبنی بر ساخت سیستم تصویری قادر به بازرسی و تشخیص ترک‌ها یک سیستم مبتنی بر تصویر برای بازرسی اتصالات طراحی و تست شد که تصاویر ویدئویی را از وسیله متحرک بر روی خط دریافت می‌نمود. سپس به دوربین‌های با رزولوشن بالا و سریع، سیستم روشنایی، و کامپیوترهایی که تصاویر گرفته شده از ریل را پردازش و و تحویل اپراتور می‌نمایند تجهیز شد؛ و نیز توانایی دستگاه مبنی بر انجام عملیات تحت شرایط مختلف جوی از جمله باران یا برف سبک تثبیت گردید. سرعت بهره‌برداری سیستم ۱۰۵ km/h (۶۵ mph) با قرارگیری بر روی ماشین hy-rail یا rail-bound می‌باشد. تکنیک‌های پیشرفته پردازش تصویر باعث افزایش چشمگیر سرعت و تاثیرگذاری بازرسی اتصالات شده‌اند. این سیستم همچنین قادر به بازرسی سوزن بوده توانمندی آن در آینده نزدیک مشتمل بر تشخیص پیچ‌های مفقود، درز ریل و لهدگی ریل خواهد بود.

۶-شناسایی اتوماتیک موانع و حسگر شمای ترک در سیستم ردیابی ریلی

همواره نیاز به سیستمی جهت جلوگیری از رویارویی قطارها با خطرناک و خروج از خط امری بدیهی می‌باشد. در این مقاله سیستم شامل یک ترولی ایمن که در جلوی ناوگان در طول خط حرکت می‌کند می‌باشد. این مقاله با هدف کمک به سازمان‌های راه‌آهن در تقویت فرهنگ ایمنی و توسعه تجهیزات مانیتورینگ مورد نیاز در مدیریت ایمنی مدرن تدوین شده است. قطار و ترولی هرکدام مجهز به سیستم GPS بوده و CPU وظیفه محاسبه فاصله بین قطار و ترولی، فاصله مورد نیاز برای ترمزگیری، حفظ فاصله متناسب با افزایش و کاهش سرعت بین قطار و ترولی و اعلام هشدار توقف قطار در صورت خروج از خط ترولی را بر عهده دارد. در این پروژه سیستم تشخیص خرابی خطوط محاسبه، تولید کامپیوتری و مورد تایید قرار گرفت. این سیستم افزایش ایمنی را به همراه داشته و در تقاطع‌های ریلی هم بسته به حضور یا عدم حضور نیروی انسانی از سیستم بصری-صوتی بهره می‌برد.

۷-الگوریتم کارآمد برای تشخیص خطوط راه‌آهن، با استفاده از تصویربرداری ماهواره‌ای

با استفاده از تصویربرداری ماهواره‌ای می‌توان نقشه‌های متفاوتی از جمله جاده‌ها، خطوط راه‌آهن، پل‌ها و غیره

و شبیه‌سازی شده مورد تایید بود، به مدت یک سال در مترو میلان مورد تست واقع شد.

۹-ارزیابی میزان سایش چرخ تحت بارگذاری با استفاده از پردازش تصویر دیجیتال

تشخیص بار وارده به چرخ مسئله‌ای مهم برای بهینه‌سازی فواصل بین پوشش‌دهی بوده و می‌تواند فرایندی زمان‌بر و پرهزینه باشد. یک تکنیک نوظهور بر مبنای پردازش تصویر دیجیتال برای تعیین نقاط تحت بار در سطح چرخ‌های دچار سایش با استفاده از نرم‌افزار MATLAB در این مقاله ارائه شده است. ویژگی‌های بصری ذرات فلز، دانه‌های ساییده، و بانداز چرخ مورد بررسی واقع شده‌اند. آزمون‌های متعددی برای سنجیدن قابلیت اطمینان تکنیک پیشنهادی انجام پذیرفت، نتایج مورد تایید بوده و تاثیر پارامترهای برش در نقاط تحت بار سطح چرخ بر عمل سایش مورد مطالعه واقع گردیده است.

۱۰-بازرسی عیوب خستگی تماس چرخ و ریل

در سراسر دنیا عیوب ریل ناشی از خستگی تماسی چرخ و ریل (RCF) ایمنی سیر را علی‌الخصوص در کشورهایی که کمتر به دقت در استراتژی و برنامه نگهداری و تعمیرات می‌پردازند، در معرض تهدید قرار می‌دهد. این برنامه می‌بایست شامل بازرسی ریل و عیوب ناشی از خستگی تماسی بین چرخ و ریل باشد. تاکید این

تهیه نمود. تصاویر ایجاد شده توسط Google Map در کشورهای توسعه یافته آمریکایی و اروپایی دارای کیفیت بسیار بالایی بوده و برعکس در کشورهای توسعه نیافته آسیایی و آفریقایی دارای کیفیت پایین هستند و امکان مشاهده دقیق آن‌ها میسر نیست و خطوط ریلی آن‌ها نیز از این قاعده مستثنی نیست. در این مقاله سعی بر توسعه یک الگوریتم کارآمد برای تشخیص خطوط راه‌آهن با تصاویر با کیفیت پایین از Google Map شده است؛ ما را قادر به تشخیص خطوط آسیب دیده راه‌آهن و تقاطع‌ها ساخته و برنامه‌ریزی برای سیر و حرکت لکوموتیوها را امکان‌پذیر می‌سازد.

۸-پردازش تصویر هم‌زمان مرکب برای اندازه‌گیری پروفیل خط راه‌آهن

بررسی وضعیت راه‌آهن برای تضمین ایمنی بالای بهره‌برداری، برنامه‌ریزی مناسب و کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، و نیز بهره‌برداری ضروری می‌باشد. تاکید این پروژه بر پروفیل ریل علاوه بر هندسه خط و موج‌های ایجاد شده می‌باشد. مبنای تشخیص روش‌های سنتی تجهیزات مکانیکی در تماس با خط هستند و شیوه‌های نوین مبتنی بر اسکن لیزری و تحلیل تصاویر هستند. این مقاله به معرفی تکنیک مرکب استخراج پروفیل خط با پردازش تصویر هم‌زمان می‌پردازد. نمونه اولیه این سیستم در حالی که تکنیک بازسازی تصاویر واقعی

می‌دهد و سپس توسط الگوریتم طبقه بندی آدابوست آنها را طبقه بندی می‌کند. در این مقاله، با انجام تمام مراحل الگوریتم، نتیجه‌های به دست آمده به گونه‌ای هستند که کمترین زمان بدون خرابی را دارند و دارای میزان موفقیت بالایی می‌باشد. این روش در نرم افزار متلب پیاده سازی شده و به طور میانگین زمانی برابر ۲۳/۰ ثانیه و ضریب دقت ۸۷٪ برای هر استفاده، بوسیله ی تصویر ورودی به دست آمده است.

۱۳- شناسایی قدرتمند پابند برای بازرسی بصری مکانیزه خطوط راه آهن

پابندها اجزای بحرانی راه آهن هستند که می‌توانند ریل را در موقعیت خود ثابت نگه‌دارند. از کارافتادگی آن‌ها می‌تواند باعث بالارفتن چرخ، عریض شدن ریل و خروج از خط گردد و در نتیجه می‌بایست مورد بازرسی قرار گیرند. این مقاله به معرفی یک متود جدید برای تشخیص پابند از طریق (۱) تراز دقیق داده؛ (۲) کاهش تفاوت‌های داده در طبقه بندی داخلی؛ (۳) اجرای نمونه‌های کوچک برای بهبود خطاها می‌پردازد. سیستم معرفی شده در این مقاله قادر است تراورس‌ها را به منظور بازرسی پابندهای معیوب یا مفقود با احتمال تشخیص ۹۸٪ و هشدار خطا با مقدار ۱.۲۳٪ در یک مجموعه داده برای ۸۵ مایل خط تراورس بتنی بازرسی تصویری بنماید.

۱۴- ارزیابی هندسه و اندازه دانه‌های بالاست با استفاده از تکنیک قطعه قطعه سازی و الگوریتم پردازش تصویر

مشخصات توزیع و اندازه دانه بندی بالاست موجود در خطوط گرم می‌بایست دارای کیفیت مناسبی به جهت دارا بودن کارایی لازم باشند. در این کاربرد، بالاست موجود در عمق‌های مختلف روسازی استخراج شده، تصویربرداری دوبعدی صورت گرفته و با استفاده از پردازش تصویر زوایای دانه و هندسه، ابعاد و اندازه به دست آمده است که وضعیت دقیق بالاست موجود در خط راه آهن را بررسی نمود. نتایج این آزمون تطابق کاملی بر آزمون‌های دقیق آزمایشگاه‌های دانشگاه Illinois آمریکا دارد.

۱۵- تحلیل حرارتی دیسک‌های ترمز راه آهن با استفاده از دوربین سریع

تصویربرداری با دوربین سریع امکان ثبت میزان تغییر رنگ در دیسک به هنگام ترمزگیری را فراهم می‌آورد که در نتیجه می‌تواند تحلیل میزان فشار وارده بر دیسک، تغییرات دمایی و تنش‌های حرارتی ایجاد شده در بازه زمانی معین در هر مقطع را نشان دهد. همچنین می‌توان از آن برای آزمون و تشخیص کیفیت ساخت و عملکرد دیسک‌ها در حین یا پیش از بهره‌برداری مورد استفاده نمود.

۱۶- پایش وضعیت سیستم پانتوگراف برای بازرسی‌های نت اتوماتیک و پیشگیری از افتادگی کابل‌های بالاسری

پایش وضعیت پانتوگراف همواره به عنوان یک موضوع پیرامون قطارهای با شبکه بالاسری وجود داشته و پانتوگراف‌های آسیب دیده می‌توانند باعث بروز مشکلاتی همچون افتادگی کابل‌های بالاسری و ایجاد خسارات اقتصادی همچون تاخیرات زیاد در سرویس، هزینه زیاد تعمیر زیرساخت و ناوگان، و مسائل ایمنی گردد. سیستم پایش وضعیت اتوماتیک پانتوگراف (PCMS) با دقت و اطمینان لایه زغال و بازوهای پانتوگراف را در قطارهای برقی و در حین سیر در خطوط گرم با بهره‌گیری از پردازش تصویر مانیتور کرده و انجام این پروژه در قطار برقی سیدنی استرالیا پاسخگوی چالش‌های مطرح شده پیرامون این سیستم بوده است.

مقاله بر اهمیت بازرسی ریل و تشخیص زود هنگام RCF می‌باشد، زیرا اغلب ترک‌های RCF می‌بایست با سنگ‌زنی ریل در کل دوره مصرف ریل رفع گردند.

۱۱- شناسایی و انطباق پیشرفته اجزای ریل در بازدید خط

عدم شناسایی مشکلات فیزیکی خط و عدم تطابق خط اجرا شده با طرح گاه به خط‌های جبران ناپذیری از قبیل خروج از خط منتهی می‌شود. این سیستم، اجزای خط شامل تراورس، صفحه تراورس و لنگرهای دقیق را بازرسی می‌کند و تمرکز اصلی آن روی لنگر می‌باشد. همچنین از وضعیت لنگر شناسایی شده می‌توان تغییر مکان و پهن شدگی را ارزیابی کرد. پس از انطباق موارد یافت شده با ترکیب اطلاعات ویدیویی و داده های GPS و سرعت، مرحله بعدی شناسایی با ادغام و تحلیل داده ها صورت می‌گیرد.

۱۲- تشخیص و طبقه بندی عیوب ریل با تکنیک پردازش تصویر همزمان

در این روش، الگوریتمی بر مبنای پردازش بدون تماس تصویر برای شناسایی عیوب ریل پیشنهاد می‌شود که ترک‌های افقی در کلاهدک ریلی، شکستگی‌ها، شسته شدگی‌ها و شکستگی‌های ناشی از نوسان را تشخیص

عیب یابی ریل و تقسیم بندی با روش بررسی تصویر آئی

خلاصه

اساس اندازه خود شناسایی می‌شدند. با این حال، درجه بندی ایرادات نباید با روش شناسایی گابور انجام بپذیرد. یامان، ایرادات اتفاق افتاده بر روی سطح ریل را با استفاده از تصاویر بدست آمده از دو دوربین مجزا شناسایی می‌کند. دقت متد یاد شده به وسیله دوربین‌های دوگانه بالاتر از حالت عادی می‌رود. پتیمیر، متد دیگری ارائه نمود که لبه‌های ریل را با روش هوریستیک و از طریق خصوصیات هندسی خط شناسایی می‌کرد. شن، استخراج اطلاعات ایرادات مبتنی بر تخمین‌های شتاب بوژی را انجام داد. مدل نرمال و مشکل دار ابتدا در SIMPACK طراحی می‌شد، سپس سیگنال شتاب گیری در حوزه زمان بررسی می‌شد. هو، ایرادات سطح ریل سنگین را بر اساس ریخت شناسی ریاضی چندسطحی و المان‌های دوساختاری و بر اساس خصوصیات این نوع از ایراد شناسایی می‌کرد. در مقایسه با روش‌های شناسایی لبه معمول، روش هو از بقیه برتر است.

سان، روش تست غیرمخری است که فناوری شناسایی فوتوآکوستیک معرفی شده برای شناسایی ایرادات ریل را به کار می‌گیرد و یک سیستم تصویربرداری آئی

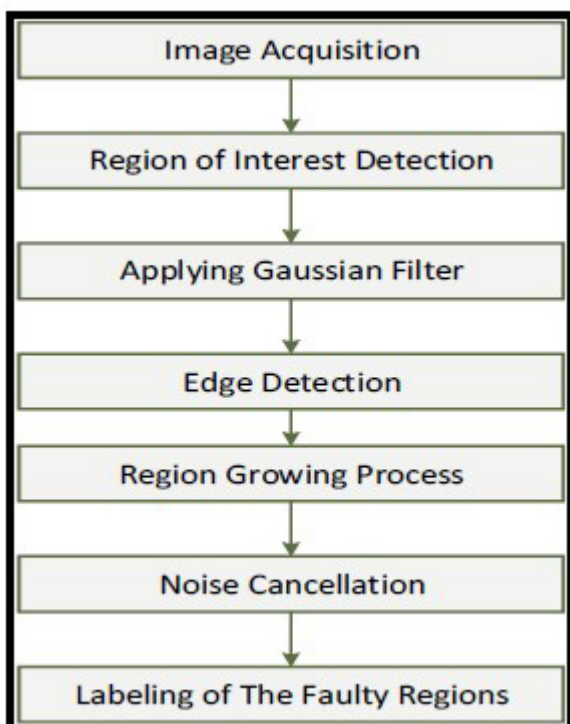
عیب یابی ریل دارای اهمیت بالایی برای حمل و نقل ریلی است، چون ایرادات ریل مشکلاتی همچون هزینه، اختلال در تردد و ایمنی به وجود می‌آورند. در این بخش، الگوریتم‌های مبتنی بر مطالعه تصویر آئی برای شناسایی ایرادات ریل پیشنهاد شده اند. ریل به وسیله روش تغییر شکل هوگ و روش بررسی تصویرهای ریل بدست آمده از دوربین به صورت آئی، تحت مطالعه قرار می‌گیرد. ویژگی‌های تصاویر ریل مذکور با اعمال عملیات‌های ریخت شناسی استخراج شده و مناطق مشکل دار شناسایی می‌شوند. ایرادات شکستگی، صاف شدن و اعوجاج را با روش مذکور می‌شناسند. سپس، تقسیم بندی ایرادات صورت می‌گیرد. در این مطالعه، نتایج با زمان کار اندک و نرخ موفقیت بالا، توسط انجام تمامی گام‌های الگوریتم مشخص شده برای تصاویر ریل تحت شرایط متفاوت جهت بدست می‌آیند.

۱) معرفی

حمل و نقل ریلی اهمیت خاصی در جهان دارد. با ارتقای فناوری ریلی، نیاز به بررسی راه آهن با نگاه جزئی تر، بیش از پیش احساس می‌شود. روش تخمین تماس برای شناسایی ایرادات ریل به وسیله بدست آوردن نتایج با حساسیت و نرخ دقت اندک استفاده می‌شود. بنابراین، با توجه به نیازهای پیشرفته کنونی، ناکافی خواهد بود. ایرادات ریل امروزه به کمک فناوری‌های پیشرفته ریلی، بدون تماس شناسایی می‌شوند.

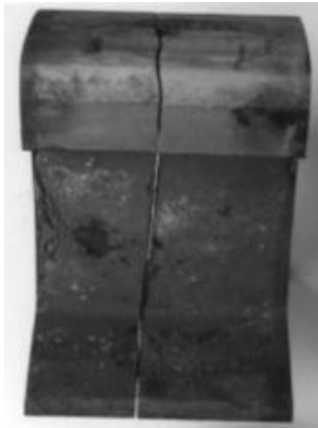
به مرور زمان، سایش فزاینده ریل‌ها باعث اختلال ایمنی حمل و نقل، رخ دادن تصادفات و برهم زدن نظم تماس میان چرخ و ریل می‌شود. شناسایی بیشتر اجزای حیاتی برای عملیات ایمن قطارها اهمیت دارد، پس آنالیز پروفیل قطار باید با وقفه‌های منظم انجام بپذیرد تا از وقایع اینچنین جلوگیری شده و ایرادات را در مراحل اولیه رخ دادنشان مشخص کند. در هر حال، این فرایند پرهزینه بوده و لازم است که خط برای انجام آن به صورت موقت غیرفعال گردد.

روش‌های توسعه یافته برای شناسایی ایرادات راه آهن که به صورت غیرتماسی هستند، در متن موجود هستند. محقق موسوم به شا، بر روی محل شناسایی و نوع ایراد ریل کار کرده است. وی کیفیت تصاویر بدست آمده و استفاده از فناوری‌های برتر محاسباتی را ارتقا داد. ایراد شکست در ریل توسط دیاگرام محاسبه می‌شود. شکل دیاگرام شناسایی ایراد شکست ریل در مقاله، در شکل ۱ نشان داده شده است. ویجای کومار و سانگامیتیرای، متد دیگری را ارائه کردند که بافت ریل‌ها را از طریق فیلتر گابور برای فرکانس‌ها و سطوح خرابی مختلف آنالیز می‌کرد. ایرادات بر



شکل ۱: دیاگرام شناسایی شکست ریل

فوتوآکوستیک بر اساس سنسور اولتراسونیک تشکیل می‌دهد. لی نیز سیستم کنترل ریلی بهبود یافته ای بر اساس دید اتوماتیک آئی است. مولودووا، یک روش اتوماتیک ابداع کرد که از محاسبات



شکل ۲: مثال شکستن ریل



شکل ۳: مثال ایراد هدچک



شکل ۴: مثال ایراد اعوجاج



شکل ۵: مثال ایراد صاف شدن

شتاب اکسل باکس برای شناسایی ایرادات سطح راه آهن استفاده می‌کند. ترین، ایرادات سطح ریل را بررسی کرده و کار شناسایی ایرادات را به کمک اطلاعات سرعت بدست آمده از ترکیب اطلاعات GPS و تخمین‌های فاصله، با کمک تمامی تصاویر بدست آمده و قبل از استفاده از روش‌های بررسی و دسته بندی داده، انجام می‌دهد. چن، روش‌های بررسی تصویر مانند بهبود تصویر و از بین بردن نویز را برای شناسایی ایرادات سطح ریل استفاده کرده است.

در این مطالعه، فرایند شناسایی ریل اساساً بر روی تصاویر ریل بدست آمده از دوربین آبی است. سپس انواع ایرادات با استفاده از فرایندهای بررسی مشخص می‌شوند. مناطق شناسایی شده ایرادات به کمک AdaBoost دسته بندی می‌شود. نوع ایراد سطح خط با این دسته بندی معین می‌گردد. این روش‌های پیشنهادی هم سریعتر از بیشتر الگوریتم‌ها بوده و هم تمامی ایرادات را با تنها یک الگوریتم مشخص می‌کنند.

۲) ایرادات ریل

ایرادات ریل را می‌توان شامل سایش، شکستن، صاف شدن، اکسید شدن و اعوجاج دانست. سایش عمودی و افقی در سطوحی رخ می‌دهد که ریل با چرخ در ارتباط است. اگر میزان سایش ریل از ۳۳ درجه بیشتر باشد، حرکت رو به بالا رخ خواهد داد. در این حالت ریل باید با ریل جدیدی جایگزین شده یا فرایندهای بازسازی و تعمیر صورت بپذیرد. خراش‌های ریل در قوس‌های افقی و مرکز تقاطع‌ها رخ می‌دهد که به دو دسته سایش عمودی و طولی تقسیم می‌شود. سایش عمودی سایشی است که به خاطر کشیدن و خم شدن که در قوس، تقاطع و بخش فوقانی ریل در اتصالات وجود دارد، ایجاد می‌شود. در حالی که سایش طولی در مواردی همچون ناحیه داخلی سطح بیرونی ریل به وسیله نیروی گریز از مرکز رخ می‌دهد. ترک ریل در محل حرکت آن، عمیق تر از ۱۰ میلی متر و طولانی تر از ۵۰ میلی متر خواهد بود.

ایراد هدچک حول ناحیه گِیج ریل خارجی رخ داده و زمانی که طول ترک به ۳۰ میلی متر برسد، باعث رشد خمیدگی می‌شود. ایراد اعوجاج را می‌توان به صورت روی دادن ریزش‌های متعدد در سطح ریل توصیف نمود که نمونه ای از آن در شکل ۴ نمایش داده شده است. اکسید شدن ریل شامل فساد، مختلخل شدن و از بین رفتن ریل توسط رطوبت، خاک و آب است.

شناسایی‌های مراحل اولیه ایرادات ریل هم برای جلوگیری از تصادفات و هم برای جلوگیری از روی دادن مشکلات پرهزینه اهمیت دارد.

۳. روش ارائه شده

ایرادات خط را می‌توان به صورت زیر نام برد: ساییش، شکستن، صاف شدن، اعوجاج، هدچک و اکسید شدن. یک الگوریتم پردازنده تصویر بدون تماس برای شناسایی و دسته بندی ایرادات سطح ریل پیشنهاد می‌شود. دیاگرام مذکور در شکل ۶ نشان داده شده است.



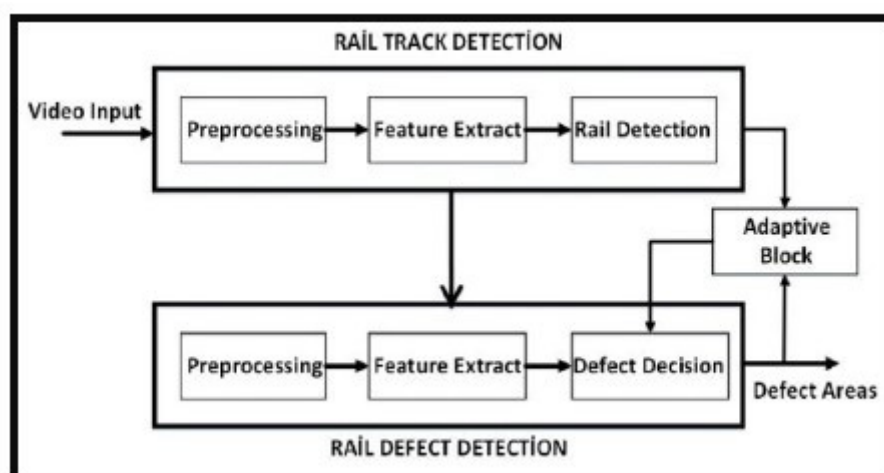
شکل ۶: دیاگرام روش ارائه شده

مورد نظر توسط روش‌های بررسی و پردازش تصویر شناسایی می‌گردند.

روش شناسایی ایرادات سطح ریل هم سریعتر از روش‌های تماسی است و هم نتایج صحیح تری ارائه می‌کند. علاوه بر آن، حین این فرایند صدمه ای به ریل وارد نمی‌آید. دیاگرام روش مذکور در شکل ۷ نمایش داده شده است.

۳-۱. روش شناسایی ایرادات ریل

در گام اول این روش، جسم در تصویری که از یک دوربین روی قطار گرفته شده است، مشخص می‌شود. سپس، خط شناسایی شده به عنوان یک پارامتر شناسایی ایرادات در سطح ریل، به الگوریتم مورد نظر داده می‌شود. نواحی ایرادات

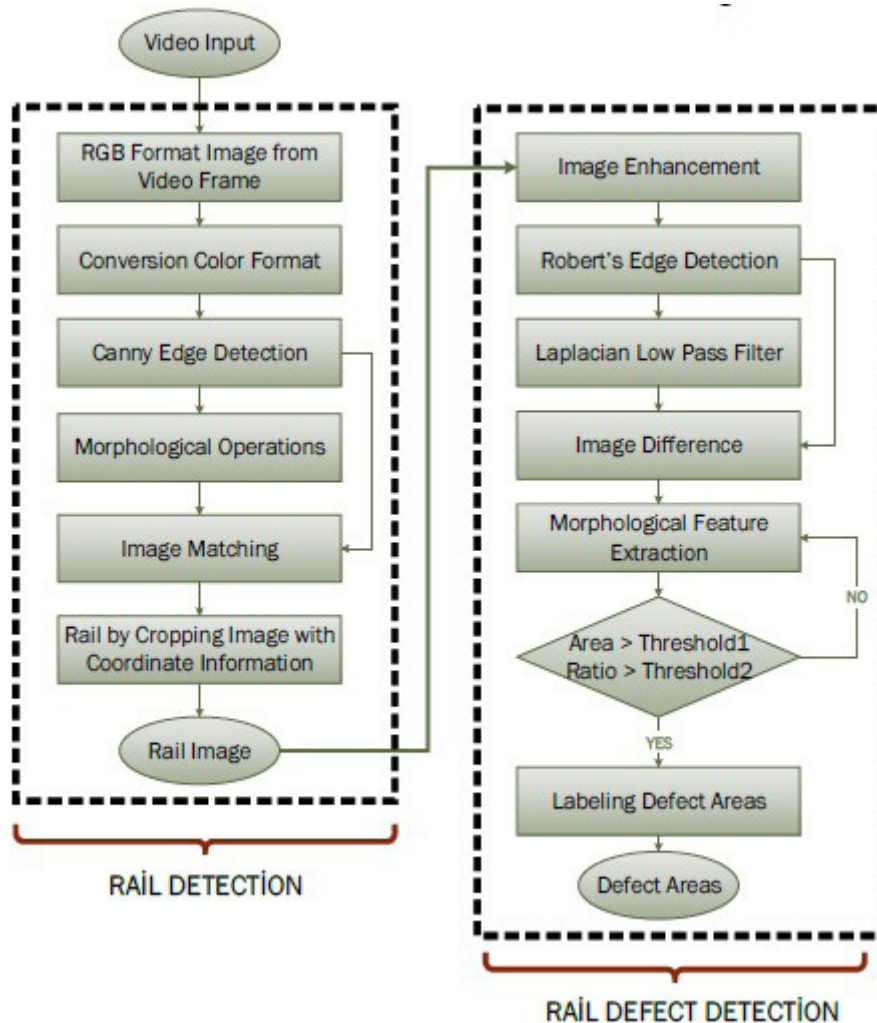


شکل ۷: دیاگرام روش شناسایی ارائه شده

این تصاویر اعمال می‌شود. اختلاف‌های آخرین تصویری که فرایندهای ریخت شناسی بر روی آن انجام شده است با اولین تصویری که تحت این عملیات قرار گرفته است، اختلاف‌ها را به خوبی نمایان می‌کند و «تصویر تفاوت» را بدست می‌دهد. تصویر تفاوت تحت عملیات حذف پس زمینه قرار می‌گیرد تا تنها شامل نویز و ریل باشد. نرخ دقت شناسایی ریل به وسیله این عملیات حذف اطلاعات پس زمینه معین می‌شود.

تصویر خطی که از الگوریتم شناسایی ریل بدست می‌آید به الگوریتم شناسایی ایرادات داده می‌شود. سپس، مراحل دسته بندی اطلاعات، استخراج داده و تصمیم گیری بر روی نوع ایراد صورت می‌گیرد.

تصاویر فرمت RGB بدست آمده از فریم‌های ویدیو، از پایه به تصاویر فرمت Grayscale تبدیل می‌شوند تا بتوان از آنها در فرایندهای پردازش الگوریتم استفاده کرد. سپس، عملیات‌های افزایش وضوح و شناسایی لبه‌های محو بر روی



شکل ۸: فلوچارت روش شناسایی ارائه شده

پیکسل‌های سیاه و سفید و همچنین شکاف‌های میان پیکسل‌ها را معین می‌کند. عملیات ریخت شناسی اتصال، ایرادات برجسته را در تصویر مشخص می‌کند. عملیات بستن، شناسایی ایراداتی را ممکن می‌کند که از دیگر ایرادات مستقل هستند و عملیات پر کردن، شکاف‌های میان پیکسل‌ها را از بین می‌برد. در آخرین گام، علامتگذاری این نواحی انجام می‌شود. برای علامت گذاری، از ابزارهای «Ratio» و «Area» در نرم افزار متلب استفاده می‌شود. نحوه استفاده از Ratio در معادله ۱ آورده شده است:

$$Ratio = MajorAxisLength \div MinorAxisLength$$

جسم ریل که توسط الگوریتم شناسایی ریل بدست آمده، به عنوان یک پارامتر به الگوریتم شناسایی ایرادات داده می‌شود و سپس، بر روی الگوریتم فرایندهای آماده سازی تصویر اعمال می‌گردد. این کار شکل و لبه‌های جسم را در تصویر برجسته تر می‌کند. سپس روش شناسایی لبه رابرت استفاده می‌شود که اصولاً لبه‌های عمودی و افقی را بر روی تصویر پیدا می‌کند.

در مرحله بعد، فیلتر پایین گذر لاپلاسی به منظور بدست آوردن حدود نواحی ایرادات اعمال می‌شود.

معادله ۱:

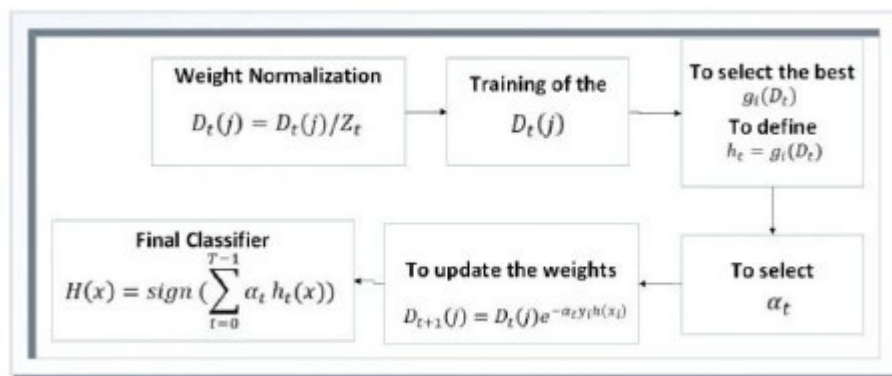
۳-۲. روش دسته بندی ایراد

جدا کننده‌های AdaBoost برای دسته بندی ایرادات ریل به کار گرفته می‌شوند. ایرادات ریل، ورودی‌های الگوریتم دسته بندی هستند. ضعیف‌ترین و معمولی‌ترین جدا کننده‌های AdaBoost که با این الگوریتم در مراحل ابتدایی به کار گرفته می‌شوند، از تعدادی مستطیل سیاه و سفید تشکیل شده اند. برای محاسبه مجموع پیکسل‌های مستطیل‌های سیاه و سفید، عبارتی با عنوان «تصویر انتگرالی» ارائه شده است. کد ذیل، نحوه اعمال الگوریتم AdaBoost و شکل ۹ فلوجارت آن را نشان می‌دهد.

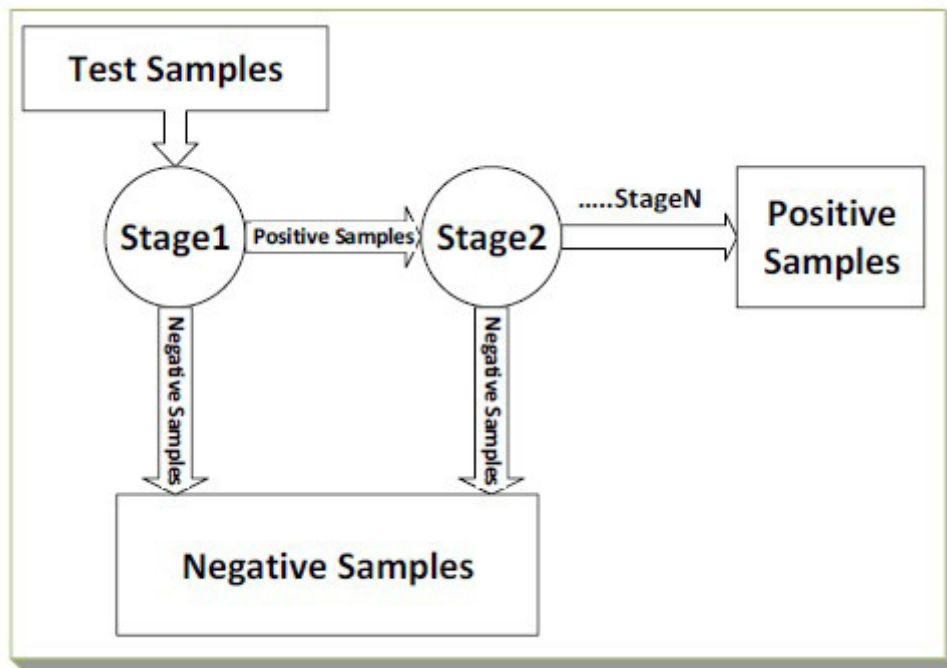
اگر مقدار «Area» در ناحیه شناسایی شده بیش از مقدار آستانه مشخص شده بوده و «Ratio» به کار گرفته شود، این ناحیه به عنوان یک ایراد تلقی می‌شود. پارامتر Area با مقدار کلی پیکسل‌های سفید در تصویر سیاه و سفیدی که تحت فرایندهای پردازش قرار گرفته است، ارائه می‌شود. پارامتر Ratio توسط نسبت این پیکسل‌های سفید به تمام پیکسل‌ها توضیح داده می‌شود. در شناسایی ایراد، نرخ دقت نتایج بهتری نسبت به یک الگوریتم ریاضی عادی با همین پارامترها بدست داده است.

Algorithm: AdaBoost Classifier Algorithm

- 1 $D_k(i)$: Example i weight after learner k
- 2 α_k : Learner k weight
- 3 $\forall i : D_0(i) \leftarrow 1/N$: Set uniform example weights
- 4 for $k=1$ to K do
 - 5 $D \leftarrow$ data sampled with D_{k-1}
 - 6 $h_k \leftarrow$ base learner trained on D
 - 7 $\epsilon_k \leftarrow \sum_{i=1}^N D_{k-1}(i) \delta [h_k(x_i) \neq y_i]$: Test base learner
 - 8 $\alpha_k \leftarrow \frac{1}{2} \log \frac{(1-\epsilon_k)}{\epsilon_k}$: Set learner weight with weighted error
 - 9 $D_k(i) \leftarrow \frac{D_{k-1}(i) e^{-\alpha_k y_i h_k(x_i)}}{Z_k}$: Set example weights based
- 10 end for



شکل ۹: فلوجارت الگوریتم AdaBoost



شکل ۱۰: جدا کننده‌های قدرتمند متوالی

۴. نتایج آزمایشی

رایانه ای با سیستم i5 - Intel (R) Core (TM) ۲۴۰۰ CPU, M RAM ۶۷۰۰ GB, ۲/۵ GHz برای محاسبه روش ارائه شده استفاده شده است. الگوریتم روی تصاویر مختلف قابل انجام است. رزولوشن دوربین مورد استفاده در عملیات نیز مهم است: هرچه رزولوشن بالاتر باشد، عملکرد الگوریتم نیز بهتر است. جدول ۱ این عملکرد را به نمایش می‌گذارد.

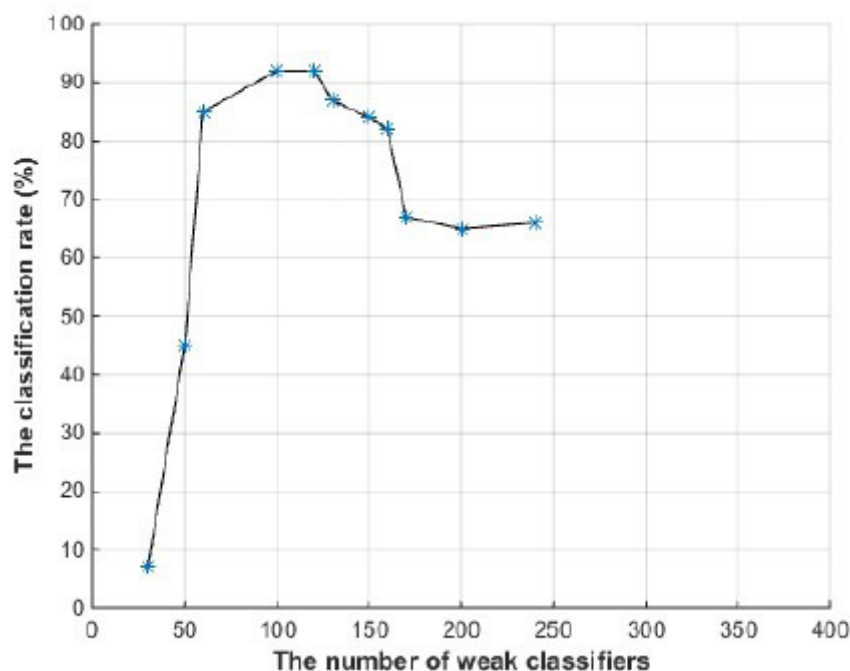
جداکننده‌های قدرتمندتر پس از این مرحله استفاده می‌شوند. تعدادی جداکننده‌های تنها به منظور تشکیل یک جداکننده واحد نیرومند به کار گرفته می‌شوند، همان طور که در شکل ۱۰ مشخص شده است. این نوع جداکننده‌های متوالی دارای یک درخت انتخاب هستند که در هر مرحله، همه اطلاعات مورد نیاز را جدا کرده و آنها را برای مرحله بعدی شناسایی و دسته بندی می‌کند.

<i>Algorithm</i>	<i>Elapsed Time (Sec)</i>	<i>Accuracy Rate (%)</i>
Rail Detection	0.57	84.80
Rail Defect Detection	0.04	94.73
Defect Classification	0.10	81.52

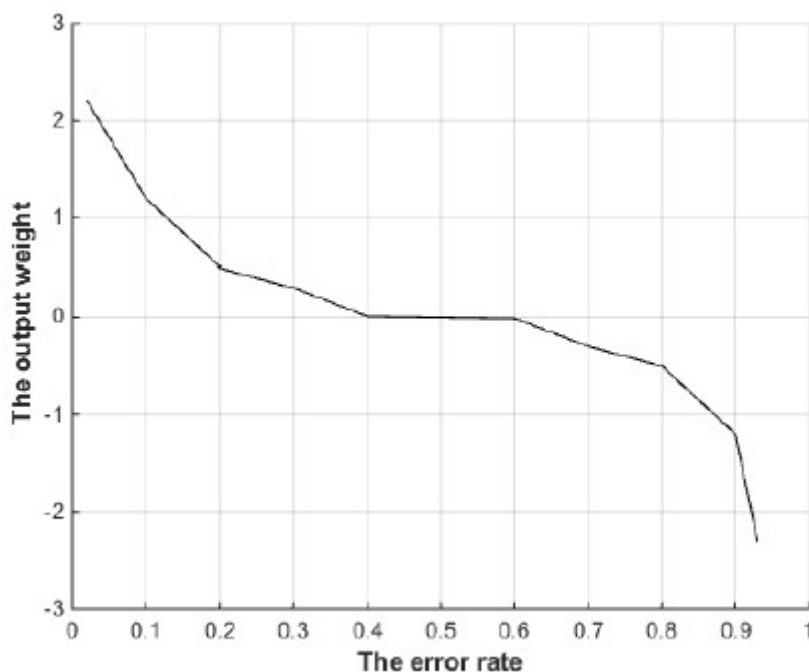
جدول ۱: عملکرد الگوریتم‌های شناسایی ریل و شناسایی ایرادات

روش با روش استفاده صرف از الگوریتم‌های موجود مقایسه شود، برتری آن مشخص خواهد بود. چون این روش می‌تواند چندین ایراد را با یک الگوریتم شناسایی کند. علاوه بر آن، این الگوریتم توسط اشیای خارجی که اطراف خط بوده و با انعکاس نور، تصویر را مخدوش می‌کنند، تأثیر نمی‌پذیرد. پس از شناسایی ایرادات، این نواحی تحت فرایندهای دسته بندی در پلتفرم OpenCV قرار می‌گیرند. جداکننده‌های AdaBoost برای این منظور استفاده می‌شوند. رابطه میان نرخ دسته بندی و تعداد جداکننده‌های ضعیف در شکل ۱۱ آورده شده است. نتایج آزمایشی شناسایی خط و شناسایی ایرادات ریل به ترتیب در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

در این عملیات، روش شناسایی ایراد بر اساس کارهای سابق بهبود یافته است. نرخ دقت شناسایی ایراد افزایش یافته است. مقدار پارامتر Area بیش از مقدار کارهای قبلی است، بنابراین این هر دو نرخ دقت الگوریتم بهبود یافته و نواحی دچار نویز تصویر به عنوان نواحی ایراد شناسایی نمی‌شود. زمانی که این



شکل ۱۱: رابطه بین نرخ دسته بندی و تعداد جداکننده‌های ضعیف











شکل ۱۲: رابطه میان نرخ اشتباه و وزن خروجی



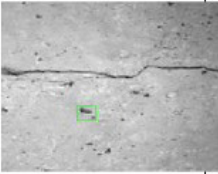
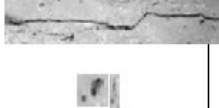
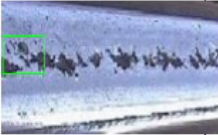
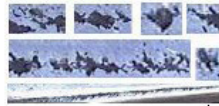





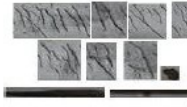
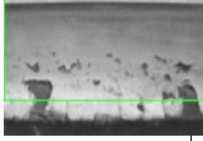
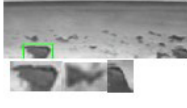




همان طور که در شکل ۱۱ دیده می‌شود، نرخ دسته بندی الگوریتم AdaBoost همواره با افزایش تعداد جداکننده‌های ضعیف، افزایش پیدا نمی‌کند. زمانی که الگوریتم به حداکثر نرخ دسته بندی برسد، بعد از آن با افزایش تعداد جداکننده‌ها، نرخ دسته بندی کاهش می‌یابد. می‌توان این طور برداشت کرد که الگوریتم از رسیدن به مرحله تخریب جلوگیری می‌کند. پس از اعمال الگوریتم، وزن خروجی برای جداکننده ایرادات ریل محاسبه می‌شود. وزن خروجی تا حد زیادی ثابت است. اساس آن بر روی نرخ اشتباه جداکننده بنا گذاشته شده است که شامل تعداد اشتباهات در طول یک بازه زمانی مشخص شده می‌باشد. رابطه میان نرخ اشتباه و وزن خروجی در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

شکل ۱۲ نشان می‌دهد که وزن خروجی برای جداکننده‌هایی با نرخ‌های اشتباه متفاوت به چه شکل خواهد بود. وزن جداکننده همان طور که نرخ اشتباه به صفر میل می‌کند، افزایش می‌یابد. جداکننده‌های بهتر، به همان نسبت وزن بیشتری نیز دریافت می‌کنند. همان طور که نرخ به ۱ میل می‌کند، وزن جداکننده نیز به سمت منفی پیش می‌رود.

جدول ۲: نتایج آزمایشی شناسایی خط

<i>Input Image</i>	<i>Detected Rail Track</i>	<i>Elapsed Time (sec)</i>
		0.70
		0.59
		0.56
		0.68

جدول ۳: نتایج آزمایشی شناسایی ایرادات ریل

<i>Input Image</i>	<i>Detected Rail Defects</i>	<i>Elapsed Time (sec)</i>
		0.041
		0.035
		0.030
		0.032
		0.028
		0.038
		0.035
		0.040
		0.056

۵. جمع بندی

یک فرایند پردازش تصویر بدون تماس مبتنی بر الگوریتم معرفی شد. تصاویر ریل در ابعاد ۳۲۰*۲۴۰ پیکسل استفاده شده اند. ایرادات هدچک، اعوجاج، صاف شدن و شکستن در تصاویر ریل قابل شناسایی هستند. سپس این ایرادات توسط الگوریتم دسته بندی AdaBoost دسته بندی می‌شوند. خط با بخش‌های شناسایی شده از ریل مشخص می‌شود. بهبود تصویر، فیلتر پایین گذر لاپلاسی و استخراج اطلاعات ریخت شناسی بر روی تصویر اعمال شده و نواحی ایراد شناسایی می‌شوند. این روش در حال حاضر بهبود یافته است: نرخ دقت آن حدود ۹۶/۷۳٪ رشد داشته است. پس از شناسایی ایرادات، دسته بندی ایرادات ریل توسط الگوریتم دسته بندی AdaBoost انجام می‌شود که در پی آن، می‌توان اهمیت هر ایراد را مشخص نمود. در این الگوریتم، تنها لازم است که چگونگی فعالیت جداکننده‌های ضعیف برای بدست آوردن بهترین عملکرد معین شود. روش شناسایی ارائه شده در متلب انجام شده و زمان میانگین ۲۳/۰ ثانیه و نرخ دقت میانگین ۸۷٪ را برای هر کدام از تصاویر ورودی ریل بدست داده است.

منابع:

- [1] Y. Santur, M. Karaköse and E. Akin, "Learning Based Experimental Approach For Condition Monitoring Using Laser Cameras In Railway Tracks", International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers, Vol.4, pp. 2016 ,5-1.
- [2] I. Aydin, M. Karaköse and E. Akin, "Anomaly detection using a modified kernel-based tracking in the pantograph–catenary system", Expert Systems with Applications, Vol. 2/42, pp. 2015 ,948-938.
- [3] M. Karaköse, İ. Aydın and E. Akin, "The Intelligent Fault Diagnosis Frameworks Based on Fuzzy Integral", In IEEE Power Electronics Electrical Drives Automation and Motion Conference (SPEEDAM 2010), pp.-1634 2010 ,1639.
- [4] M. Sun, Y. Wang, X. Zhang, Y. Liu, Q. Wei, Y. Shen and N. Feng, "Feature selection and classification algorithm for non-destructive detecting of high-speed rail defects based on vibration signals", In Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, 2014 IEEE International, pp. 823-819, May 2014.
- [5] L.F.M. Camargo, E. Resendiz, J. Hart, J.R. Edwards, N. Ahuja and C.P.L. Barkan, "Machine Vision Inspection of Railroad Track", USDOT Region V Regional University Transportation Center Final Report, 2011.
- [6] Y. Santur., M. Karaköse, E. Akin and I. Aydin, "IMU based adaptive blur removal approach using image processing for railway inspection", In 2016 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), pp. 4-1, May 2016.
- [7] I. Aydin, E. Karaköse, M. Karaköse, M.T. Gençoğlu, E. Akin, "A new computer vision approach for active pantograph control", In Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA), 2013 IEEE International Symposium on, pp. 2013 ,5-1.
- [8] M. Shah, "Automated Visual Inspection/ Detection of Railroad Track", Computer Vision Lab, Final Report, 2010.
- [9] V. R. Vijaykumar and S. Sangamithirai, "Rail Defect Detection using Gabor filters with Texture Analysis", In 3 2015rd International Conference on Signal Processing, Communication and Networking (ICSCN), pp. 2015 ,6-1.
- [10] Ö. H. Bettemir, "Rail Defect Detection using Gabor filters with Texture Analysis", In Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 23 2015th. IEEE, pp. 1369-1366, May 2015.

- [11] L. Shen, X. Wei and L. Jia, "Surface Defects Detection of Railway Turnouts", In Proceedings of the 34th Chinese Control Conference, Hangzhou, China, July 2015.
- [12] G. Hu, L. Xiong and J. Tang, "Heavy Rail Surface Defects Detection Based on the Morphology of Multi-scale and Dual-Structure Elements", In Chinese Automation Congress (CAC) 2015, pp. 2015 ,2129-2126.
- [13] M. Sun, X. Lin, Z. Wu, Y. Liu, Y. Shen and N. Feng, "Non-destructive Photoacoustic Detecting Method for High-speed Rail Surface Defects", In Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, 2014 IEEE International, pp. 2014 ,900-896.
- [14] Y. Li, H. Trinh, N. Haas, C. Otto and S. Pankanti, "Rail Component Detection, Optimization, and Assessment for Automatic Rail Track Inspection", In Intelligent Transportation Systems, Vol.15, pp. 770-760, USA, 2013.
- [15] M. Molodova, Z. Li, A. Núñez and R. Dollevoet, "Automatic detection of squats in railway infrastructure", In IEEE Transcation on Intelligent Transportation Systems, Vol. 15, No. 5, October 2014.
- [16] H. Trinh, N. Haas, Y. Li, C. Otto and S. Pankanti, "Enhanced Rail Component Detection and Consolidation for Rail Track Inspection", In Applications of Computer Vision (WACV), pp. 295-289, Breckenridge, CO, 2012.
- [17] L. Chen, Y. Liang and K. Wang, "Inspection of Rail Surface Defect Based on Machine Vision System", In Information Science and Engineering (ICISE), pp. -3793 3796, China, 2010.
- [18] Y. Santur, M. Karaköse, E. Akin, "Chouquet Fuzzy Integral Based Condition Monitoring and Analysis Approach Using Simulation Framework for Rail Faults", In 14th IEEE International Conference on Industrial Informatics (IEEE INDIN 2016), Futuroscope-Poitiers, France, 21-18 July 2016.
- [19] G. Valenta, T. Varga and F. Loibnegger, "Investigations of rail fractures at vienna underground and measures to reduce them", In ECF13, San Sebastian 2000, February 2013.
- [20] R.P.B.J. Dollevoet, Design of an Anti Head Check profile based on stress relief, University of Twente, 2010.
- [21] Y. Liu and S. Zhou, "Detecting Point Pattern of Multiple Line Segments Using Hough Transformation", In IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 28, No. 1, pp. 24-13, February 2015.
- [22] C. Tastimur, M. Karakose, E. Akin, "A Vision Based Condition Monitoring Approach for Rail Switch and Level Crossing using Hierarchical SVM in Railways", International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers, Vol. 4, pp.2016 ,325-319.
- [23] M. Juneja and P.S. Sandhu, "Performance Evaluation of Edge Detection Techniques for Images in Spatial Domain", In International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 1, No. 2009 ,5.
- [24] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, Second Edition, 2002.
- [25] E. Rakun and M. Andriani, "Combining Depth Image and Skeleton Data from Kinect for Recognizing Words in the Sign System for Indonesian Language", In Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS), pp. 2013 ,392-387.



بخش پژوهشی

سخن دبیر بخش پژوهشی

به نام پروردگار یکتا

در کشور ما، دانشجویان در بخش های تئوری علمی که شامل مقالات و پایان نامه ها مشود؛ بسیار فعال هستند و این توانمندی ارزشمند دانشجویان ما در جهان هم از جایگاه بسیار خوبی برخوردار است. صنعت حمل و نقل ریلی هم از این قاعده مستثنی نیست و هر ساله تعداد بسیار زیادی مقاله و پایان نامه در این زمینه از سوی دانشجویان ارائه می شود که لازمه دیده شدن و استفاده از آنها، منتشر کردنشان در نشریه ها و ژورنال های گوناگون است. نشریه راه سوم که مدتی است این رسالت را بر عهده دارد، در بخش پژوهشی خود گزیده های از بهترین مقالات و پایان نامه ها که دستاورد با ارزش دانشجویان است را منتشر کرده تا شاید گامی در همگام سازی علم و صنعت کشور برداشته باشد. مسئولان راه سوم صمیمانه دعوت می کنند تا مقالات و دستاوردهای مرتبط خود را برای ایشان ارسال فرمایید تا شما هم در این راه سبز با ما همگام باشید.

آرمین عبدالمحمدی

شناسایی پارامترهای موثر بر انتخاب بین راه آهن سریع السیر و حمل و نقل جاده ای (مطالعه موردی: خط راه آهن سریع السیر تهران-قم-اصفهان)

امینه برزگر تیله نویی
استاد راهنما: دکتر ملودی خادم ثامنی

چکیده

بالعکس تهیه شد. پس از بررسی پرسشنامه ها و انجام تحلیل های آماری از طریق نرم افزار spss مسافران از لحاظ گروه سنی، سطح تحصیلات، شغل، محل سکونت و... دسته بندی شدند و عوامل و پارامترهای موثر در سفر از نظر مسافران این مسیر مشخص و سپس توسط مسافران اولویت بندی شدند و در نهایت نتایج را به جامعه آماری تعمیم دادیم.

های موثر بر ترجیح حمل و نقل ریلی به حمل و نقل جاده ای با تمرکز بر راه آهن سریع السیر پردازیم. در این پژوهش ابتدا به طراحی یک پرسشنامه شامل اطلاعات عمومی مسافران (از جمله گروه سنی، سطح تحصیلات، شغل و...)، اطلاعات مربوط به سفر در حال انجام و نظرات آن ها در مورد وضعیت فعلی حمل و نقل ریلی و در نهایت اولویت بندی پارامترهای موثر در سفر پرداختیم. سپس یک نمونه آماری (۴۰۰ عدد) از مسافران محور تهران به اصفهان و

توسعه و رشد سریع حمل و نقل ریلی در سراسر دنیا و همچنین در کشور ایران و خصوصا ساخت راه آهن سریع السیر در محور تهران-قم-اصفهان (با توجه به هزینه های هنگفت آن) از یک طرف و تعداد بسیار بالای مسافران حمل و نقل جاده ای، علاقه به استفاده از حمل و نقل جاده ای حتی برای مسافت های طولانی در ایران و کاهش مسافران حمل و نقل ریلی از طرف دیگر باعث شد تا ما در این پژوهش به بررسی عوامل و پارامتر

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل ریلی، حمل و نقل جاده ای، راه آهن سریع السیر

برنامه پنج ساله	سال	هدف‌گذاری مسافر ریلی (میلیون نفر)	رشد هدف‌گذاری مسافر ریلی (درصد)	عملکرد مسافر ریلی (میلیون نفر)	رشد عملکرد مسافر ریلی (درصد)
سه سال آخر برنامه چهارم	۱۳۸۶	۲۴/۵	۱۵/۰۲	۲۴/۵	۱۵/۰
	۱۳۸۷	۲۹/۶	۲۰/۶۸	۲۶/۲	۶/۹
	۱۳۸۸	۳۵	۱۸/۴۴	۲۷/۷	۵/۷
برنامه پنجم	۱۳۸۹	۴۰/۹	۱۶/۶۸	۲۸/۸	۴
	۱۳۹۰	۴۷/۱	۱۵/۲۴	۲۸/۶	-۰/۷
	۱۳۹۱	۵۳/۷	۱۴/۰۵	۲۷/۰	-۵/۶
	۱۳۹۲	۶۰/۷	۱۳/۰۴	۲۵/۵	-۵/۶
	۱۳۹۳	۶۸/۱	۱۲/۱۷	۲۴/۸	-۲/۸
برنامه ششم	۱۳۹۴	۷۵/۹	۱۱/۴۲	۲۴/۵	-۱/۲
	۱۳۹۵	۸۳	۹/۴۴	-	-
	۱۳۹۶	۹۰/۴	۸/۹۴	-	-
	۱۳۹۷	۹۸/۱	۸/۴۹	-	-
	۱۳۹۸	۱۰۶/۱	۸/۱	-	-
برنامه هفتم	۱۳۹۹	۱۱۴/۳	۷/۷۴	-	-
	۱۴۰۰	۱۲۲/۷	۷/۴۱	-	-
	۱۴۰۱	۱۳۱/۵	۷/۱۱	-	-
	۱۴۰۲	۱۴۰/۵	۶/۸۴	-	-
	۱۴۰۳	۱۴۹/۷	۶/۵۹	-	-
سال اول برنامه هشتم	۱۴۰۴	۱۵۹/۲	۶/۳۵	-	-

ترجیح حمل و نقل جاده ای به حمل و نقل ریلی را بررسی کنیم تا بتوان از نتایج آن در راستای افزایش مسافران صنعت ریلی و نیز جذب مسافران حمل و نقل جاده ای به حمل و نقل ریلی، بخصوص در محور تهران-قم-اصفهان استفاده کنیم.

سفرهای جاده ای نیز میتوان به دلایلی چون آزادسازی قیمت سوخت و طرح سهمیه بندی بنزین اشاره کرد. از طرفی با توجه به اجرای پروژه عظیم قطار سریع‌السیر تهران-قم-اصفهان با هزینه بسیار هنگفت برآن شدیم تا عوامل و پارامترهای موثر بر

همانطور که پیش از این نیز ذکر شده است طبق آمارها تعداد کل مسافران و به خصوص مسافران ریلی در سال-های اخیر روند کاهشی داشته است. که میتوان به مسائل اقتصادی و معیشتی به عنوان یکی از دلایل آن اشاره کرد. همچنین در سقوط

سال	تعداد مسافر جابه‌جا شده		
	جاده ای	ریلی	هوایی
۱۳۸۵	۲۲۴	۲۱	۱۸
۱۳۸۶	۲۴۸	۲۴	۲۰
۱۳۸۷	۲۶۴	۲۶	۲۰
۱۳۸۸	۲۶۷	۲۸	۲۲
۱۳۸۹	۲۴۵	۲۹	۲۴
۱۳۹۰	۲۳۶	۲۹	۲۵
۱۳۹۱	۲۲۶	۲۷	۲۵
۱۳۹۲	۲۱۱	۲۶	۲۶
۱۳۹۳	۱۹۰	۲۵	۲۸
۱۳۹۴	۱۷۹	۲۴	۲۹

تعداد مسافر جابه‌جا شده به تفکیک مدهای مختلف برحسب میلیون نفر

هدف اصلی

- تعیین عوامل تاثیرگذار بر ترجیح حمل و نقل جاده ای به حمل و نقل ریلی به خصوص در مسیر تهران-قم-اصفهان.

سیستم حمل و نقل ریلی سریع‌السیر

میباشند تا هر کشوری قدم در راه احداث راه‌آهن سریع‌السیر بگذارد.

از جمله مزایای سیستم حمل و نقل سریع‌السیر میتوان به سرعت زیاد آن، زمان سفر کوتاه، ایمنی بالا، اثرات زیست محیطی کم، تملک زمین کمتر و در نهایت مصرف سوخت کمتر اشاره کرد (پشین، ۲۰۱۷). سیستم حمل و نقل سریع-السیر نیز مانند هر سیستم دیگری دارای اهدافی میباشد که عبارتند از:

راه‌آهن سریع‌السیر نوع جدیدی از حمل و نقل عمومی است که امروزه در جهان بسیار محبوب شده است و دولت‌ها توجه ویژه‌ای به آن دارند. دلایل بسیاری وجود دارد برای اینکه کشورها و دولت‌ها تمایل به ساخت راه‌آهن سریع-السیر و زیرساخت‌های آن داشته باشند، اما با این وجود ذکر دو دلیل ازدحام در شیوه‌های کنونی حمل و نقل و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی خود دلایل کافی

- حمایت از رشد جمعیت و اقتصاد
- تسهیل توسعه اقتصادی-اجتماعی در مناطق شهری و نواحی پیرامونی
- کاهش ازدحام سامانه‌های فعلی و آینده حمل و نقل
- حمایت از اهداف طراحی شده در زمینه کاربری زمین برای رسیدن به آمایش و محیط زیست پایدار با نتایج شهرنشینی، تراکم جمعیت بالا و رشد مراکز منطقه‌ای (خادم‌ثامنی، علی‌قارداشی، ۱۳۹۴).

مسیر ریلی سریع‌السیر تهران-قم-اصفهان

در طول این مسیر در چهار ایستگاه توقف میکند که عبارتند از: ایستگاه راه‌آهن تهران (میدان آرژانتین)، ایستگاه فرودگاه

اولین مسیر راه‌آهن سریع‌السیر ایران از استان تهران شروع شده و پس از عبور از استان قم به استان اصفهان میرسد،

بین‌المللی امام خمینی، ایستگاه راه آهن قم و در نهایت ایستگاه راه آهن اصفهان. طول این مسیر ۴۱۰ کیلومتر است

سابقه تحقیقات در داخل کشور

در ایران تا کنون به طور خاص در خصوص مقایسه حمل و نقل ریلی سریع‌السیر با حمل و نقل جاده ای و مزایای رقابتی آن پژوهشی انجام نگرفته است. اما در مورد حمل و نقل ریلی و مقایسه آن با حمل و نقل جاده ای تحقیقات متفاوتی انجام گرفته است.

سابقه تحقیقات در خارج از کشور

مقاله دیگری با عنوان "موانع استفاده از راه آهن" در سال ۲۰۱۲ انتشار یافت. این تحقیق بر روی این موضوع که چرا حتی وقتی که ریل بهترین ابزار حمل و نقل محسوب می شود، باز هم مسافرانی هستند که مدهای دیگر حمل و نقل را انتخاب می کنند، تمرکز کرده است. این امر اثباتی برای حضور موانع غیراقتصادی بر سر راه ریل است که در این مقاله، اهمیت آنها ابتدا در انگلستان و سپس در برخی

فرآیند پژوهش

با توجه به آنچه بیان شد، این پژوهش از نظر هدف مطرح شده برای آن در دسته کاربردی، از نگاه شیوه جمع‌آوری داده‌ها از نوع توصیفی، از حیث روش تحقیق و... میتوان نتایج حاصل از آن را به جامعه آماری تعمیم داد.

طراحی و تهیه پرسشنامه

با توجه به پارامترهای موثر بدست آمده، پرسشنامه در بخش‌های مشخصات شناسنامه‌ای و عمومی، اطلاعات سفر فعلی، مد حمل و نقلی انتخابی برای انجام سفرهای آتی و در نهایت نظرات مشتریان در مورد وضعیت فعلی حمل و نقل ریلی در کشور و اولویت بندی پارامترهای موثر در سفر طراحی شده است.

روش جمع‌آوری اطلاعات در پژوهش حاضر به شیوه میدانی بوده و با توجه به حجم نمونه بدست آمده از فرمول کوکران (با احتساب خطای ۵ درصد)، تعداد ۴۰۰ پرسشنامه در سه

و برای سرعت ۳۰۰ کیلومتر بر ساعت طراحی شده است و سرعت عملی آن ۲۵۰ کیلومتر بر ساعت میباشد.

در خصوص حمل و نقل ریلی سریع‌السیر نیز تحقیقاتی در ایران صورت گرفته است که عمده آنها به مباحث برنامه‌ریزی احداث، فنی، زیربنایی و اقتصادی پرداخته است. اما پژوهشی در رابطه با مقایسه حمل و نقل ریلی سریع‌السیر و حمل و نقل جاده‌ای انجام نشده است.

کشورهای دیگر مورد بررسی قرار گرفت. توسط این تحقیق ۳۷ مانع متفاوت بدست آمده است که می توان آنها را به سه دسته سخت، نرم و مکمل تقسیم کرد. شناسایی و مقابله با این فاکتورها کار دشواری است. با توجه به هزینه های زیرساخت و محدودیت منابع مالی برای تغییر رفتار مسافر، این مقاله روش هایی را برای از میان برداشتن این موانع با توجه به علت و خصوصیات آنها ارائه کرد.

جامعه آماری این تحقیق، مسافرانی هستند که در مسیر تهران به اصفهان و یا بالعکس سفر میکنند. در این پژوهش روش نمونه‌گیری از نوع تصادفی ساده بوده است.

نوبت دوم تا چهارم خردادماه ۹۶ و دهم تا سیزدهم و نوزدهم مردادماه ۹۶ در محل شهر اصفهان و تهران توسط مسافران تکمیل شد.

$$n = \frac{\frac{Z^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{Z^2 pq}{d^2} - 1 \right)}$$

فرمول کوکران برای محاسبه حجم نمونه آماری

پایایی پرسشنامه

برای محاسبه میزان پایایی روش‌های مختلفی از جمله بازآزمایی، تصنیف، کودر-ریچاردسون، همتا و آلفای کرونباخ وجود دارد. روش مورد استفاده در این پژوهش آلفای کرونباخ است. در این روش چند بازه برای آلفای کرونباخ معرفی می‌شود که قرار گرفتن مقدار عددی بدست‌آمده برای آلفا در هر بازه مفهوم بخصوصی را تداعی می‌کند.

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S^2} \right)$$

فرمول آلفای کرونباخ برای محاسبه پایایی پرسشنامه

در این تحقیق برای انجام محاسبات مرتبط با آلفای کرونباخ از نرم‌افزار SPSS استفاده شده و مقدار عددی آلفای بدست آمده برای پارامترهای مطرح شده در پرسشنامه مقدار ۰/۷۵۶ بوده است. محاسبه محاسبات مرتبط با آلفای کرونباخ در این تحقیق برای محاسبه پایایی پرسشنامه مورد قبول می‌باشد و میتوان به نتایج به دست آمده از این تحقیق اعتماد کرد.

نتایج استفاده از آمار توصیفی و استنباطی

طبق مطالعات انجام شده و داده های جمع آوری شده از ۶۰۰ پرسشنامه که توسط مسافران مسیر تهران- اصفهان تکمیل شده است، ۴۲٪ از مسافران این محور را خانم ها و ۵۸٪ را آقایان تشکیل میدهند. همچنین ۳۸/۵٪ از مسافران این محور را افراد در بازه‌ی سنی ۲۶ الی ۳۵ تشکیل میدهند و این در حالی است که افراد بین ۱۸ الی ۲۵ سال در رتبه‌ی دوم قرار دارند. با بررسی وضعیت اشتغال مسافران به این نتیجه رسیدیم که ۲۸/۲٪ از مسافران دارای شغل آزاد، ۲۷/۳٪ کارمند و ۲۱٪ نیز دانشجو میباشند. از نظر سطح تحصیلات نیز بیشترین فراوانی مربوط به افرادی بود که دارای مدرک تحصیلی لیسانس بوده اند. طبق این پژوهش ۴۷٪ از مسافران این محور ساکن اصفهان و حومه آن میباشند و ۳۳/۵٪ از مسافران ساکن تهران و حومه آن میباشند. این در حالی است که تقریباً ۱۷٪ از مسافران این محور ساکن هیچ کدام از شهر های تهران و اصفهان و حومه آن ها نبوده اند. بیش از نیمی از مسافران این محور به طور غیرمنظم و در صورت نیاز سفر میکنند، اما ۱۷٪ از مسافران حداقل یکبار در ماه در این مسیر تردد میکنند. هدف ۵۳٪ از مسافران از سفر در حال انجام آن ها کاری بوده است و پس از آن ۳۵/۵٪ از مسافران برای تفریح و ۹/۳٪ از مسافران برای انجام امور آموزشی خود سفر میکردند. که در این بین بیش از نیمی از مسافران به تنهایی سفر میکردند. یکی از نتایج مهم این پژوهش این است که حدود ۶۳٪ از مسافران از حمل و نقل جاده ای و به طور خاص از اتوبوس استفاده کرده اند و تنها ۱۳٪ از مسافران از قطار برای انجام سفر خود استفاده کردند و این در حالی است قطار تهران-اصفهان به طور مرتب در این مسیر تردد میکند. در یکی از سوالات پرسشنامه از مسافران خواستیم تا پاسخ دهند برای انجام سفرهای آینده خود با فرض وجود قطار سریع‌السیر کدام یک از روش ها را برای انجام سفر خود انتخاب میکنند و نتایج حاصل بیان می دارد که ۳۴/۵٪ از مسافران استفاده از قطار سریع‌السیر را ترجیح

دادند و پس از آن اتوبوس با ۳۳٪ در رتبه دوم قرار گرفت. سپس با استفاده از آزمون های همبستگی به این نتیجه رسیدیم که بین هدف سفر و میزان تردد در ماه با شیوهی انجام سفر رابطه خطی معناداری وجود دارد و همچنین بین روش انجام سفر با میزان اهمیت سرعت و میزان اهمیت به موقع رسیدن به مقصد نیز رابطه خطی معناداری وجود دارد. در نهایت با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه به بررسی وجود اختلاف معنی دار بین میانگین های جوامع مختلف که در اینجا همان شیوه های مختلف انجام سفر میباشند پرداختیم و نتایج حاصل حاکی از این بود تفاوت معناداری میان میانگین جوامع مختلف وجود ندارد.

پیشنهادات کاربردی و اجرایی

با توجه به اینکه هر پژوهشی در جهت ارتقاء و بهبود بخشیدن به یک صنعت انجام میپذیرد، این پژوهش نیز خالی از این مهم نبوده است و امیدواریم نتایج حاصل از این پژوهش کمکی باشد در جهت ارتقاء راه آهن جمهوری اسلامی ایران و رسیدن به اهداف والای صنعت حمل و نقل ریلی کشور. همانطور که پیشتر بیان شد هدف این پژوهش بررسی عوامل و پارامترهای موثر بر ترجیح حمل و نقل ریلی به

پیشنهادات برای پژوهش های آتی

- راه آهن جمهوری اسلامی ایران علاوه بر احداث راه آهن سریع السیر تهران-قم-اصفهان، در پی انجام مطالعات احداث راه آهن سریع السیر تهران-همدان و قم-اراک میباشد. بنابراین میتوان مطالعات مشابهی در این محورها نیز انجام داد.
- با توجه به اینکه بخشی از مسافران محور تهران-اصفهان ساکن هیچکدام از این دو شهر نیستند و از طریق مدهای مختلف حمل و نقل خود را به یکی از شهرهای تهران یا اصفهان می‌رسانند تا سفر خود را انجام دهند، جانمایی ایستگاه های راه آهن سریع السیر در شهر تهران و اصفهان میتواند یکی از موضوعات مهم و قابل تحقیق در این حوزه باشد.
- بررسی و تحلیل لزوم توقف قطار سریع السیر در فرودگاه بین المللی امام خمینی(ره) نیز میتواند یکی دیگر از پژوهش هایی باشد که در این حوزه قابل تحقیق و بررسی است.

ارزیابی و اولویت‌بندی پیمانکاران پروژه‌های اجرایی راه‌آهن با روش AHP

مصیب جلیلیان^۱، حسین عباسی، میثم مرادی مدیریان

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی حمل‌ونقل ریلی، دانشکده راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران؛

چکیده

بر اساس کم‌ترین قیمت پیشنهادی می‌باشد، اما شاخص-های کمی و کیفی گوناگون با مقادیر اهمیت متفاوتی در تعیین صلاحیت یک پیمانکار نقش دارند. در این مقاله پس از شناسایی شاخص‌های موثر در انتخاب پیمانکاران، مقدار اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌های انتخاب شده با استفاده از روش AHP در تصمیم‌گیری گروهی تعیین شده و طریقه‌ی استفاده از این روش برای انتخاب مناسب‌ترین پیمانکار بر اساس شاخص‌های اولویت‌بندی شده برای پروژه‌های عمرانی راه‌آهن نشان داده شده است.

پیمانکار عامل اصلی تبدیل منابع به محصول نهایی و یکی از ارکان مهم پروژه‌های عمرانی می‌باشد، بنابراین مدیریت ارزیابی و انتخاب پیمانکار می‌تواند یکی از بخش‌های اصلی فرآیند ساخت و ساز باشد. عمده‌ترین قسمت بودجه‌ی پروژه‌ها به عملیات اجرایی اختصاص می‌یابد، پس وجود پیمانکار مناسب از نیازمندی‌های اولیه پروژه به حساب می‌آید. باید پیمانکاری برای اجرای پروژه‌ها انتخاب گردد که توانایی و قابلیت لازم برای انجام پروژه در محدوده‌ی زمان و منابع پیش‌بینی شده و با کیفیت مورد نظر را داشته باشد. در حال حاضر روش معمول برای انتخاب پیمانکاران

کلمات کلیدی: انتخاب پیمانکار، پروژه‌های عمرانی، راه‌آهن، روش AHP

مقدمه

امروزه در عصری زندگی می‌کنیم که تغییرات در ابعاد گوناگون و با سرعتی فزاینده صورت می‌گیرد [۱]. با نگاه به تحولات جهانی چنین به نظر می‌رسد که هر سازمانی به دنبال توسعه و ارتقاء کارایی و بهره‌وری خود می‌باشد، این امر با توجه به منابع و مهم‌تر از آن زمان محدود، نیاز به انتخاب درست و کارشناسی عوامل تاثیر گذار در کیفیت محصول یا خدمت نهایی ارائه شده دارد. تصمیم‌گیری بر اساس کم‌ترین قیمت یا همان برگزاری مناقصات مهم‌ترین راهی است که توسط آن، مدیران به انتخاب پیمانکاران جهت واگذاری

امور عمرانی اقدام می‌کنند، ولی عدم توجه به ویژگی‌های متعدد پیمانکاران از قبیل توانایی‌های فنی و دانشی، حسن سابقه، مدیریت کارآمد و ... ممکن است مدیران را به بازنگری در طرح تصمیم‌گیری وادار کند و عدم وجود یک روش کارآمد و مبتنی بر اصول مدیریت نوین برای انتخاب پیمانکار پروژه‌های عمرانی به خوبی احساس می‌شود. از این رو اغلب پروژه‌های عمرانی دچار مشکلاتی مانند افزایش هزینه، به طول انجامیدن زمان اجرا و یا کاهش کیفیت ناشی از عدم انتخاب پیمانکار مناسب و شایسته برای پروژه‌ی مورد

نظر می‌گردند. با توجه به مطالب مذکور می‌توان به این نتیجه رسید که مدیریت ارزیابی و انتخاب پیمانکار برای واگذاری پروژه‌های عمرانی یک قسمت اساسی از فرآیند ساخت و ساز است [۲]. همچنین لزوم انجام پروژه‌های کاربردی جهت رفع مشکلات مختلف پروژه‌های عمرانی از جمله مشکلات موجود در زمینه مدیریت پروژه، شناسایی ابعاد و عوامل اثرگذار بر انتخاب پیمانکار و استفاده از شیوه‌های علمی تصمیم‌گیری در زمینه انتخاب پیمانکار اصلح و در نهایت جلوگیری از به هدر رفتن

منابع ملی کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی از اهداف مهم ارائه این مقاله معرفی یک روش مورد استفاده در مهندسی صنایع برای ارزیابی و انتخاب پیمانکاران پروژه‌های عمرانی راه آهن ج.ا.ا می‌باشد. در اینجا نشان داده می‌شود که چگونه مهندسان و مدیران می‌توانند با استفاده از ابزار و فنون مهندسی تصمیم‌گیری‌های خود را دقیق‌تر و اثربخش‌تر کنند.

یکی از کارآمدترین این روش‌ها، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که برای اولین بار توسط توماس ال ساتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این روش بر اساس مقایسات زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی به دلیل ماهیت ساده و در عین حال جامعی که دارد امروزه مورد استقبال مهندسان و مدیران مختلف واقع

روش AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نشان دهنده آن است که چگونه می‌توان اهمیت نسبی مجموعه‌ای از فعالیت‌ها را در مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره تعیین کرد. از این فرآیند، می‌توان برای گستره وسیعی از حوزه‌های تصمیم‌گیری که امکان یکپارچه کردن قضاوت‌ها را بر مبنای معیارهای کیفی ناملموس در کنار معیارهای کمی ناملموس فراهم می‌سازد؛ استفاده کرد [۷]. روش AHP بر اصول زیر پایه گذاری شده است: (۱) ترسیم درخت سلسله مراتبی (۲) تدوین و تعیین اولویت‌ها (۳) سازگاری منطقی قضاوت‌ها. AHP به طور وسیعی در حل بسیاری از مسایل تصمیم‌گیری پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸، ۹ و ۱۰].

شده است، همچنین در طول سالیان گذشته در مباحث علمی نیز همواره مورد توجه بوده است. انتخاب پیمانکار پست‌های فشار قوی به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی همراه با شبکه عصبی توسط جدیدی [۳] مورد بررسی قرار گرفت. بیدی [۴] ضمن تعریف مناقصه و بررسی روش ارجاع کار به پیمانکار، چند روش انتخاب پیمانکار از جمله روش‌های انتخاب براساس کمترین قیمت و روش وزنی را معرفی کرد، همچنین تعدادی از شاخص‌های مهم را که در انتخاب پیمانکار موثر هستند نام برده و معتقد است که در ایران برای رتبه‌بندی پیمانکاران شاخص زمان اجرای کار در نظر گرفته نشده است. بیدی استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری را جهت تعیین پیمانکار مفید دانسته و برای وزن-دهی به معیارهای تصمیم‌گیری، روش تحلیل سلسله مراتبی را

پیشنهاد کرده است. مریاکس و هانسون [۵] در مقاله خود به این موضوع اشاره می‌کنند که توجه به فاکتورهای دیگر غیر از قیمت قبلی، تجربه اجرایی، منابع در دسترس و ... در زمان برگزاری مناقصات در حال افزایش است. وانگ و هالت [۶] مدلی را معرفی نمودند که به وسیله‌ی آن بتوان پیمانکاران را به گروه‌های ضعیف و قوی طبقه‌بندی نمود تا کارفرمایان پیش از تصمیم‌گیری برای انتخاب نهایی پیمانکاران، از کارایی احتمالی آن‌ها آگاهی داشته باشند، آن‌ها قصد داشتند با توسعه این مدل، متغیرهایی را ارائه نمایند که بهترین پیمانکار را از بین گروه‌های مزبور جدا کنند.

چند مورد از مزایای این روش به صورت زیر می‌باشند:

- امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند.
- امکان در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف کمی و کیفی را در مساله فراهم می‌کند.
- گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد.
- امکان تحلیل حساسیت روی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها را دارد.
- از آنجاییکه بر مبنای مقایسات زوجی بنا نهاده شده قضاوت را آسان می‌کند.

^۱ Analytical Hierarchy Process

هرچند که نقدهایی بر مدل AHP وارد شده است اما مزیت های این مدل خیلی بیشتر از نقاط ضعف آن بوده و نتایج به دست آمده از کاربرد مدل AHP نسبتاً راضی کننده است زیرا فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از زمان ابداع تا کنون بیش از مدل های دیگر و برای تصمیم گیری در حوزه های وسیع و متنوعی از جمله سیاست، تولید، بازاریابی، تبلیغات، حمل-ونقل و ... به کار رفته و نتایج قابل قبولی داشته است.

شد، فرم کلی پرسش نامه نیز در پایان به صورت ضمیمه آورده شده است.

شاخص ها

برای انتخاب شاخص های مناسب جهت ارزیابی و انتخاب پیمانکاران پروژه های عمرانی شهرداری تهران با استفاده از جستجو و بررسی ادبیات موضوع و منابع موجود که لیست آنها به صورت جدول زیر می باشد شاخص های اولیه ای استخراج شد.

- میزان سازگاری قضاوت های مربوط به مقایسات زوجی را محاسبه و ارائه می کند.
- امکان تلفیق قضاوت ها را فراهم نموده و منجر به تعیین رتبه نهایی هر گزینه می شود.
- چهارچوبی جهت همکاری و مشارکت گروهی فراهم می کند.
- ... و

مطالعه موردی

این پروژه به صورت کلی برای انتخاب پیمانکار برای تمامی پروژه های عمرانی راه آهن ج.ا.ا می باشد و پروژه ای خاصی مد نظر نیست.

چهار پیمانکار توسط معاونت فنی و زیربنایی راه آهن ج.ا.ا برای اولویت بندی انتخاب شده اند که از آنها به عنوان پیمانکاران A تا D یاد می شود.

پرسشنامه هایی تهیه شده و در اختیار 15 تن از کارشناسان محترم معاونت فنی و زیربنایی راه آهن ج.ا.ا تکمیل گردیده- اند که ماتریس های گروهی مقایسات در ادامه آورده خواهد

جدول 1: منابع مورد استفاده جهت استخراج شاخص های اولیه

ردیف	عنوان	نام نویسنده (گان)
۱	انتخاب پیمانکاران به کمک روش AHP	حیدری.ع - حیدری.م
۲	انتخاب پیمانکار پست های فشار قوی به کمک تحلیل سلسله مراتبی عصبی	جدیدی.ب
۳	بررسی معیارهای ارزیابی پیمانکاران	بیدی.ع
۴	Innovative Contractor Selection Methods: Alternatives to the Traditional Low Bid in Massachusetts Public Construction, USA	Runde, Daniel, F., Sunayama, Y.

شاخص های اولیه

لیست شاخص های اولیه ای انتخاب شده که به صورت 6 شاخص اصلی و زیر شاخص هایی برای هر کدام می باشد به صورت جدول زیر آورده شده است.

جدول ۲: شاخص‌های اولیه انتخاب شده

شاخص‌های اصلی	فنی	تجربی	اقتصادی و مالی	مدیریتی و تخصصی	ماشین آلات	حسن سابقه
شاخص فرعی اول	داشتن نظام جامع برنامه ریزی و ...	سابقه اجرایی در رشته	توان مالی و پشتیبانی	مدیریت کارآمد	داشتن تجهیزات ماشین آلات آماده	حسن سابقه در کارهای قبلی
شاخص فرعی دوم	رعایت استانداردها و ...	بومی بودن پیمانکار	قیمت پیشنهادی	میزان تحصیلات	تجهیز کامل و به موقع کارگاه	اعتبار و خوشنامی شرکت و پرسنل کلیدی
شاخص فرعی سوم	چگونگی اجرای پروژه‌ها	خلاقیت و نوآوری	پرداخت به موقع دستمزد	رشته تحصیلی		
شاخص فرعی چهارم		ارتباط هماهنگی مستمر				

شاخص‌های نهایی

لازم به ذکر است که به دلیل عدم توانایی نرم افزار Expert Choice به تفکیک شاخص‌های اصلی و فرعی، کلیدی شاخص‌های نهایی به صورت شاخص اصلی در نظر گرفته شده‌اند.

پس از انتخاب شاخص‌های اولیه لازم است که از بین آن‌ها شاخص‌های مناسب جهت این پروژه انتخاب شوند که این کار پس از رتبه‌بندی شاخص‌ها انجام شده و شاخص‌های نهایی مورد استفاده به صورت جدول زیر می‌باشند.

جدول ۳: شاخص‌های نهایی انتخاب شده

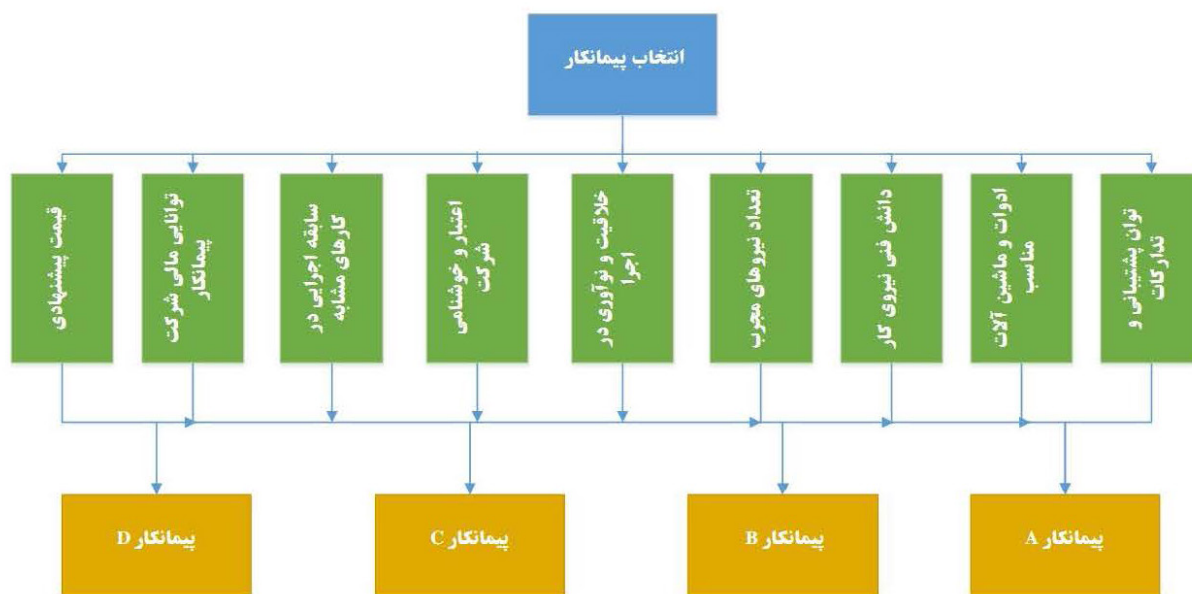
ردیف	شاخص
۱	قیمت پیشنهادی
۲	توان مالی شرکت پیمانکار
۳	سابقه اجرایی در کارهای مشابه
۴	اعتبار و خوشنامی شرکت
۵	خلاقیت و نوآوری در اجرا
۶	تعداد نیروهای مجرب
۷	دانش فنی نیروی کار
۸	ادوات و ماشین مناسب
۹	توان پشتیبانی و تدارکات

فرآیند حل مساله

درخت سلسله مراتبی

نشان می‌دهد، سطح دوم شاخص‌های اصلی و در سطح سوم نیز گزینه‌ها.

رسم درخت سلسله مراتبی اولین قدم از حل مساله به روش AHP می‌باشد. در این درخت سطح اول هدف را



شکل ۱: درخت سلسله مراتبی برای مساله انتخاب پیمانکار

ماتریس‌های گروهی مقایسات زوجی

مختلف را باهم ندارد، از نرم افزار اکسل برای به دست آوردن ماتریس‌های گروهی استفاده شده و نتیجه به صورت جدوال بعدی ارائه می‌شود.

ماتریس‌های گروهی نتیجه تلفیق پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط ۱۵ کارشناس محترم می‌باشد. به دلیل اینکه نرم افزار Expert Choice توانایی تلفیق پرسشنامه‌های

جدول ۴: ماتریس گروهی مقایسات زوجی شاخص‌ها نسبت به هدف

اعتبار و خوشنامی شرکت	سابقه اجرایی در کارهای مشابه	ادوات و ماشین آلات مناسب	توان پشتیبانی و تدارکات	توان مالی شرکت پیمانکار	قیمت پیشنهادی	تعداد نیروی مجرب	خلاقیت و نوآوری در اجرا	دانش فنی نیروی کار	جمع
3.7279	1.5157	0.6598	5.9328	0.4884	0.2682	2.0477	3.2453	1	دانش فنی نیروی کار
0.4884	0.3701	0.2033	1.8882	0.1479	0.1397	0.4251	1	1	خلاقیت و نوآوری در اجرا
1.8882	0.6084	0.3701	3.1037	0.3494	0.2682	1	2.3522	4	تعداد نیروی مجرب
6.1531	4.3734	2.7019	7.9498	1.6438	1	3.7279	7.1599	9	قیمت پیشنهادی
4.1289	3.7279	2.3522	7.1599	1	0.6084	2.8619	6.7595	7	توان مالی شرکت پیمانکار
0.6084	0.2909	0.1762	1	0.1397	0.1258	0.3222	0.5296	6	توان پشتیبانی و تدارکات
3.7279	1.4310	1	5.6738	0.4251	0.3701	2.7019	4.9190	7	ادوات و ماشین آلات مناسب
1.6438	1	2.0000	3.4375	0.2682	0.2287	1.6438	2.7019	8	سابقه اجرایی در کارهای مشابه
1	0.6084	0.2682	1.6438	0.2422	0.1625	0.5296	2.0477	2	اعتبار و خوشنامی شرکت

جدول ۵: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص دانش فنی نیروی کار

دانش فنی نیروی کار (جمع)	پیمانکار A	پیمانکار B	پیمانکار C	پیمانکار D
پیمانکار A	1	2.8252	4.2823	4.4777
پیمانکار B	0.3540	1	2.0477	2.4595
پیمانکار C	0.2335	0.4884	1	2.0477
پیمانکار D	0.2233	0.4066	0.4884	1

جدول ۶: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص خلاقیت و نوآوری در اجرا

خلاقیت و نوآوری در اجرا (جمع)	پیمانکار A	پیمانکار B	پیمانکار C	پیمانکار D
پیمانکار A	1	0.3540	3.1777	5.5780
پیمانکار B	2.8252	1	2.3522	3.8981
پیمانکار C	0.3147	0.4251	1	1.6438
پیمانکار D	0.1793	0.2565	0.6084	1

جدول ۷: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص تعداد نیروی مجرب

تعداد نیروی مجرب (جمع)	پیمانکار A	پیمانکار B	پیمانکار C	پیمانکار D
پیمانکار A	1	0.2682	0.2909	1.5518
پیمانکار B	3.7279	1	2.5508	5.5780
پیمانکار C	3.4375	0.3920	1	2.9302
پیمانکار D	0.6444	0.1793	0.3413	1

جدول ۸: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص قیمت پیشنهادی

قیمت پیشنهادی (جمع)	پیمانکار A	پیمانکار B	پیمانکار C	پیمانکار D
پیمانکار A	1	2.8252	5.4707	4.7894
پیمانکار B	0.3540	1	4.7818	3.1777
پیمانکار C	0.1828	0.2091	1	0.5610
پیمانکار D	0.2088	0.3147	1.7826	1

جدول ۹: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص توان مالی پیمانکار

توان مالی شرکت پیمانکار (جمع)	پیمانکار A	پیمانکار B	پیمانکار C	پیمانکار D
پیمانکار A	1	0.2422	0.3413	2.0477
پیمانکار B	4.1289	1	1.8882	3.3227
پیمانکار C	2.9302	0.5296	1	4.5731
پیمانکار D	0.4884	0.3010	0.2187	1

جدول ۱۰: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص توان پشتیبانی و تدارکات

توان پشتیبانی و تدارکات (جمع)	پیمانکار A	پیمانکار B	پیمانکار C	پیمانکار D
پیمانکار A	1	2.5508	3.7279	5.3783
پیمانکار B	0.3920	1	3.3227	4.5359
پیمانکار C	0.2682	0.3010	1	2.3522
پیمانکار D	0.1859	0.2205	0.4251	1

جدول ۱۱: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص ادوات و ماشین آلات مناسب

ادوات و ماشین آلات مناسب (جمع)	پیمانکار A	پیمانکار B	پیمانکار C	پیمانکار D
پیمانکار A	1	0.2316	0.3920	1.4310
پیمانکار B	4.3174	1	3.0639	5.8845
پیمانکار C	2.5508	0.3264	1	3.7279
پیمانکار D	0.6988	0.1699	0.2682	1

جدول ۱۲: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص سابقه اجرایی در کارهای مشابه

پیمانکار D	پیمانکار C	پیمانکار B	پیمانکار A	سابقه اجرایی در کارهای مشابه (جمع)
0.2316	0.1762	0.5610	1	پیمانکار A
0.4884	0.2335	1	1.7826	پیمانکار B
2.4082	1	4.2823	5.6738	پیمانکار C
1	0.4152	2.0477	4.3174	پیمانکار D

جدول ۱۳: ماتریس گروهی مقایسات زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص اعتبار و خوشنامی شرکت

پیمانکار D	پیمانکار C	پیمانکار B	پیمانکار A	اعتبار و خوشنامی شرکت (جمع)
3.8664	4.6179	2.8252	1	پیمانکار A
2.2679	4.1289	1	0.3540	پیمانکار B
0.4611	1	0.2422	0.2165	پیمانکار C
1	2.1689	0.4409	0.2586	پیمانکار D

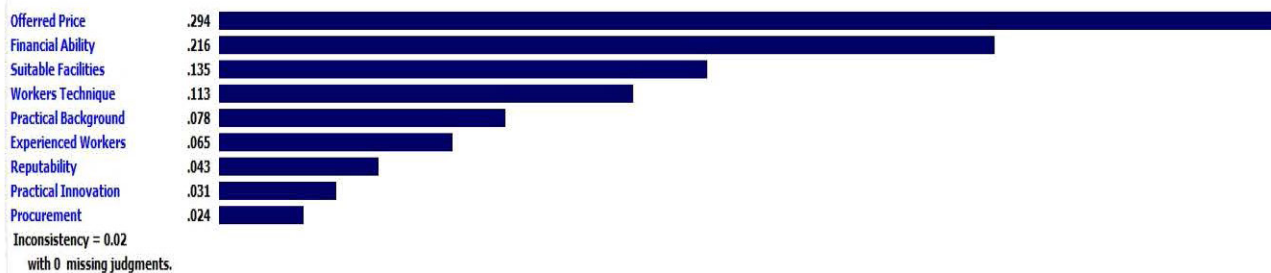
این ماتریس‌ها به عنوان ورودی وارد نرم افزار Expert Choice شده و نتایج به صورت زیر می‌باشد.

خروجی‌های نرم افزار

اولویت‌بندی شاخص‌ها نسبت به هدف

نتیجه مقایسات زوجی شاخص‌ها باهم نسبت به هدف به صورت جدول زیر می‌باشد، ناسازگاری این مقایسات برابر مقدار ۰/۰۲ توسط نرم افزار اندازه گیری شده است.

Priorities with respect to:
Goal: Contractor Selection



شکل ۲: خروجی نرم افزار، اولویت‌بندی شاخص‌ها نسبت به هدف

جدول ۱۴: اولویت بندی شاخص ها نسبت به هدف

ترتیب اولویت	نام شاخص	وزن
۱	قیمت پیشنهادی	۰/۲۹۴
۲	توانایی مالی شرکت پیمانکار	۰/۲۱۶
۳	ادوات و ماشین آلات مناسب	۰/۱۳۵
۴	دانش فنی نیروی کار	۰/۱۱۳
۵	سابقه اجرایی در کارهای مشابه	۰/۰۷۸
۶	تعداد نیروهای مجرب	۰/۰۶۵
۷	اعتبار و خوشنامی شرکت	۰/۰۴۳
۸	خلاقیت و نوآوری در اجرا	۰/۰۳۱
۹	توان پشتیبانی و تدارکات	۰/۰۲۴

اولویت بندی گزینه ها نسبت به هدف

هدف از طی مراحل قبلی رسیدن به یک اولویت بندی نهایی برای گزینه ها می باشد که به صورت جدول زیر محاسبه شده اند، ناسازگاری این اولویت بندی برابر مقدار ۰/۰۲ توسط نرم افزار اندازه گیری شده است.

جدول ۱۵: اولویت بندی گزینه ها

اولویت	نام گزینه	وزن
۱	پیمانکار B	۰/۳۶۴
۲	پیمانکار A	۰/۳۱۵
۳	پیمانکار C	۰/۲۱۵
۴	پیمانکار D	۰/۱۰۷

Synthesis with respect to: Goal: Contractor Selection

Overall Inconsistency = .02



شکل ۳: خروجی نرم افزار، اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها

کارایی گزینه‌ها از نظر هر شاخص

خروجی مفید دیگری که نرم افزار در اختیار ما قرار می‌دهد ماتریسی است که سطرهای آن گزینه‌ها و ستون‌ها، از شاخص‌های ما می‌باشند که نام هر شاخص و وزن نهایی آن در سلول اول ستون نوشته شده است، در هر ستون می‌توان دریافت که از نظر شاخص مربوط به آن ستون کدام گزینه نسبت به بقیه کارا است و مقدار کارایی

نسبی بقیه گزینه‌ها نسبت به گزینه کارا تر نیز محاسبه شده است، این جدول به صورت زیر مشاهده می‌شود. گزینه‌ای که بیشترین کارایی را دارد با عدد ۱ نشان داده شده و کارایی نسبی بقیه گزینه‌ها نسبت به آن با اعداد کمتری نوشته شده است.

شکل ۲: کارایی نسبی گزینه‌ها از نظر هر شاخص

Ideal mode	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise	Pairwise
Alternative	Workers Technique (L: .113)	Practical Innovation (L: .031)	Experience d Workers (L: .065)	Offered Price (L: .294)	Financial Ability (L: .216)	Procurement (L: .024)	Suitable Facilities (L: .135)	Practical Background (L: .078)	Reputability (L: .043)
✓ Contractor A	1.000	.678	.219	1.000	.279	1.000	.199	.141	1.000
✓ Contractor B	.419	1.000	1.000	.514	1.000	.582	1.000	.240	.543
✓ Contractor C	.254	.283	.528	.129	.710	.244	.445	1.000	.180
✓ Contractor D	.165	.170	.163	.194	.190	.134	.141	.500	.279

نتیجه‌گیری و توصیه‌ها

همانطور که در ابتدا گفته شد روش انتخاب پیمانکاران در اکثر مواقع بر اساس قیمت پیشنهادی ارائه شده مناقصه‌ها می‌باشد، طبق نتایج این

پروژه مشخص است که پیمانکار A با اینکه کمترین قیمت پیشنهادی را داشته اما در اولویت دوم قرار دارد و این امر به دلیل اهمیت سایر شاخص

ها از قبیل توانایی‌های فنی کارکنان، تعداد نیروهای با تجربه، حسن سابقه و دیگر شاخص‌های تاثیرگذار می‌باشد. انتخاب پیمانکاران با در نظر

سلیقه‌های شخصی بهترین اولویت-بندی و انتخاب گزینه‌ی نهایی را انجام داد تا پروژه‌ی در دست اقدام به پیمانکاری مناسب تخصیص داده شود و بتوان حداکثر استفاده از منابع موجود برای احداث پروژه را داشت و نهایتاً پروژه در زمان مناسب و با کیفیت مناسب و هزینه‌ی مناسب تحویل داده شود.

همانطور که مشخص می‌باشد ممکن است تخصص پیمانکاران در کارها و پروژه‌ها باهم متفاوت باشد و برای دقت بیشتر در انتخاب پیمانکار باید این اولویت‌بندی برای یک پروژه‌ی خاص انجام شود تا بهترین پیمانکار طبق شرایط همان پروژه انتخاب شود و نتایج دارای اطمینان بیشتری باشند.

در صورت استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان به دور از اعمال نظرها و دخالت دادن

گرفتن شاخص‌های تاثیرگذار دیگری علاوه بر قیمت پیشنهادی باعث می‌شود که پروژه در زمان کمتر، با کیفیت بهتر و با صرف هزینه پایین‌تر به پایان برسد. انتخاب اشتباه یک پیمانکار برای پروژه‌های عظیم می‌تواند ضرری بسیار بیشتر از تفاوت قیمت پیشنهادی او با رقبایش بر جای بگذارد.

این تحقیق اولویت‌بندی پیمانکاران برای پروژه‌های اجرایی راه‌آهن را به صورت کلی انجام داده است،

منابع

- [۱] ناصر بهروزی، "ضرورت پرورش خلاقیت در آموزش عالی"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، شماره ۲۹، سال هشتم، صفحات ۸۱-۹۵، ۱۳۸۵.
- [۲] حیدری، ع. حیدری، م. ۱۳۸۷، "انتخاب پیمانکاران به کمک روش AHP"، کنفرانس ملی مهندسی ارزش در صنعت ساختمان، تهران، موسسه خدمات مدیریت و فناوری رشد قلم چی.
- [۳] جدیدی، ب.، ۱۳۷۳، "انتخاب پیمانکار پست‌های فشار قوی به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عصبی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.
- [۴] بیدی، ع.، ۱۳۸۱، "بررسی معیارهای ارزیابی پیمانکاران"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۵] Seagaer Meriaux, A. & Hansson, B., 1995, Selection of Contractor-Evaluation of Bids, Dept. of Construction Management, School of Civil Engineering, Inud University.
- [۶] Wong, C. & Holt, G., 2001, Developing a Contractor Classification Model Using a Multivariate Discriminate Analysis Approach, University of Wolverhamton, UK.
- [۷] Badri, M. A., (2001). A combined AHP-GP model for quality control systems, International Journal of Production Economics, 72, 27-40.
- [۸] Kahraman, C., Ruan, D., Dogan, I. (2003). Fuzzy group decision-making for facility location selection. Information Sciences, 157, 135-153.
- [۹] Chan, F. T. S., Kumar, N., (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. OMEGA, 35, 417-431.
- [۱۰] Dagdeviren, M., Yüksel, I., (2008). Developing a fuzzy analytic hierarchy process (AHP) model for behavior-based safety management. Information Science, 178, 1717-1733.
- [۱۱] Albayrak, E., Erensal, Y. C., (2004). Using analytic hierarchy process (AHP) to improve human performance. An application of multiple criteria decision making problem. Journal of Intelligent Manufacturing, 15, 491-503.

اولویت‌بندی روش‌های ایمن‌سازی گذرگاه هم‌سطح با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس^۱

حسین عباسی^۱، مصیب جلیلیان^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی حمل‌ونقل ریلی، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ Hosseinabbasi1370@gmail.com

چکیده

متولیان راه‌آهن را در اتخاذ تصمیم جهت انتخاب روش مناسب با مشکل روبرو می‌نماید. در این پژوهش روش‌های قابل استفاده در کشور ایران شناسایی و بر اساس شاخص‌های کیفی و کمی و بر طبق نظر خبرگان و کارشناسان مربوطه در شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران اولویت‌بندی گردیده‌اند. بدین منظور از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ی تحلیل سلسله مراتبی و روش تاپسیس استفاده شده است.

حمل‌ونقل ریلی علیرغم اینکه همواره به عنوان یک شیوهی حمل‌ونقلی ایمن و با ضریب امنیت بالا شناخته می‌شود، خطرات خاص خود را دارد. یکی از خطرات بالقوه در حمل‌ونقل ریلی وجود تقاطع‌های هم‌سطح ریل و جاده در طول مسیر قطارها می‌باشد. تقاطع‌ها یا گذرگاه‌های هم‌سطح ریل و جاده همواره جز نقاط حادثه‌خیز و پرخطر در راه‌آهن شناخته می‌شود. جهت کاهش ریسک گذرگاه‌های هم‌سطح روش‌های گوناگونی وجود دارد که هر یک دارای معایب و مزایایی می‌باشد و به همین دلیل

کلمات کلیدی: اولویت‌بندی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، گذرگاه هم‌سطح، راه‌آهن، فرآیند تحلیل سلسله، تاپسیس

مقدمه

استراتژی‌های مختلف است. به‌عنوان مثال یک استراتژی می‌تواند هزینه اجرایی و عمر مفید بسیار بالایی داشته باشد و در مقابل استراتژی‌ای با هزینه پایین‌تر و عمر مفید کمتر نسبت به استراتژی قبلی باشد.

در این پروژه سعی می‌گردد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از نظر خبرگان استراتژی‌های بهبود ایمنی گذرگاه‌های هم‌سطح ریل و جاده قابل استفاده در ایران را ارزیابی و اولویت‌بندی نمود. نکته مهم در این زمینه عدم انجام اولویت‌بندی استراتژی‌های بهبود ایمنی گذرگاه‌های هم‌سطح ریل و جاده تا

را از دست دادند. [۱] و یا در حادثه‌ای دیگر، در سال ۲۰۱۰ تصادف قطر و اتوبوس در گذرگاه هم‌سطح باعث کشته شدن ۴۳ نفر و مجروحیت ۹ نفر گردید. [۲] بنابراین دولت‌های مختلف همواره در این زمینه با چالش جدی مواجه بوده‌اند و سعی داشته‌اند با روش‌های گوناگون ایمنی گذرگاه‌های هم‌سطح را افزایش داده از بروز چنین حوادثی جلوگیری کنند. روش‌های مختلفی جهت افزایش ایمنی گذرگاه‌های هم‌سطح وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایب خاص خود است. به همین دلیل نمی‌توان یک روش را به‌طورقطع به عنوان بهترین روش انتخاب نمود و نیازمند قضاوت‌های دشوار در مورد

حمل‌ونقل ریلی یک از روش‌های تاثیر گذار و مهم در زمینه کاهش هزینه حمل‌ونقل عمده و همچنین کاهش آسیب‌های وارده به محیط‌زیست می‌باشد. در حال حاضر به نظر می‌رسد حمل‌ونقل ریلی ایمن‌ترین روش حمل‌ونقل نیز باشد. یکی از مکان‌هایی که همواره ایمنی حمل‌ونقل ریلی را در دنیا مورد تهدید قرار داده است تقاطع‌های هم‌سطح جاده و ریل می‌باشد که در صورت بروز حادثه می‌تواند خسارات مالی و تلفات زیادی را در برداشته باشد. به‌عنوان مثال در برخورد قطار با اتوبوس حامل کودکان ۴ تا ۶ سال در گذرگاه هم‌سطح شهر منفلوط مصر در سال ۲۰۱۲ دست کم ۵۰ نفر جان خود

پیش از این می‌باشد؛ به عبارت دیگر تا به حال این عمل انجام نشده است و برای نخستین بار نگارندگان نسبت به انجام آن اقدام نموده‌اند. در این راستا ابتدا جلساتی با کارشناسان دفاتر ارتقا ایمنی و معاونت فنی شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران برگزار و ایده این پژوهش مطرح

شد... پس از تبیین و جمع‌بندی موضوع، داده‌های موردنیاز از بخش معاونت شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران فنی دریافت گردیده و پرسشنامه‌های مربوطه طراحی و توسط خبرگان حمل‌ونقل ریلی در این شرکت تکمیل شده است.

در این پروژه ابتدا ده استراتژی گوناگون جهت افزایش ایمنی در گذرگاه‌های هم‌سطح جاده و ریل مطرح گردیده که در جدول یک قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱ استراتژی‌های اولیه مطرح شده

ردیف	استراتژی	ردیف	استراتژی
۱	انجام بازدیدهای دوره‌ای از وضعیت گذرگاه	۶	حذف گذرگاه هم‌سطح
۲	نصب چراغ راهنما	۷	نصب آژیر هشدار دهنده در جاده
۳	تبدیل به گذرگاه با مستحفظ	۸	نصب سرعت گیر
۴	افزودن علامت‌های هشدار جاده‌ای	۹	ارتقاء سیستم روشنایی موجود در گذرگاه
۵	اصلاح سطح و وضوح دید گذرگاه با حذف موانع دید	۱۰	استفاده از ترمز هوشمند

از آنجا که شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی متولی ایمن‌سازی گذرگاه‌های هم‌سطح ریل و جاده می‌باشد، راهکارهای فوق با کارشناسان بخش معاونت فنی و بخش ارتقا شرکت مذکور مورد بررسی قرار گرفت تا راهکارهای قابل اجرا از سوی شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران شناسایی گردند. بررسی‌های صورت گرفته در زمینه

استراتژی‌های فوق و مشورت‌های انجام شده با متخصصان امر منجر به حذف برخی از استراتژی‌های اولیه گردیده و در نهایت چهار استراتژی مطلوب تعیین گردید که عبارتند از غیر هم‌سطح سازی گذرگاه، استفاده از ترمز هوشمند، تبدیل به گذرگاه با مستحفظ و نصب آژیر هشدار دهنده در جاده.

هم‌چنین شاخص‌های مطلوب جهت مقایسه این استراتژی‌ها پس مرور خط مشی شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران و انجام بررسی‌های لازم توسط کارشناسان خبره شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران تعیین گردید که در جدول دو ارائه شده است.

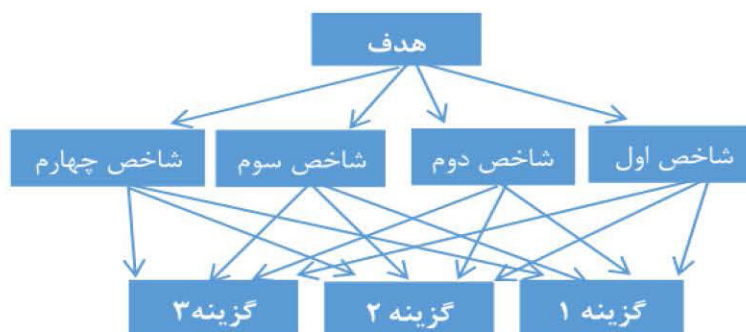
جدول ۲ شاخص‌های مطلوب جهت مقایسه استراتژی‌ها

ردیف	استراتژی
۱	هزینه اجرای استراتژی
۲	هزینه بهره‌برداری گزینه
۳	عمر گزینه
۴	میزان کاهش ریسک
۵	میزان کاهش خسارات

روش تحقیق

در این پروژه از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس جهت ارزیابی و اولویت‌بندی استراتژی‌ها استفاده گردیده است و نتایج هر دو روش با یکدیگر مقایسه شده است. در ادامه به تشریح هر دو روش می‌پردازیم. روش تحلیل سلسله مراتبی: این روش در سال که در دهه ۱۹۷۰ معرفی گردیده فرآیندی شبیه آنچه مغز انسان انجام می‌دهد را به اجرا می‌گذارد و به تجزیه و تحلیل مسائل

می‌پردازد. به بیان دقیق‌تر این روش مسائل کلی را به چند مساله جزئی تر تقسیم می‌نماید به بررسی روابط موجود بین عناصر در مسائل جزئی ایجاد شده می‌پردازد. این روش مساله را به سطوح مختلف تقسیم می‌نماید و درخت سلسله مراتبی تصمیم را به وجود می‌آورد که در تصویر یک نمایی کلی از آن نمایش داده شده است.



روش تحلیل سلسله مراتبی از یک رویه خاص و یکسان برای اولویت‌بندی استراتژی‌ها استفاده می‌نماید که در تصویر دو به صورت شماتیک مشخص شده است.



حل ایده‌آل منفی بوده و شامل شش مرحله می‌باشد که به ترتیب عبارتند از (۱) کمی کردن و بی مقیاس سازی ماتری تصمیم، (۲) محاسبه ماتریس بی مقیاس موزون، (۳) تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی، (۴) محاسبه فاصله هر استراتژی از راه حل ایده آل مثبت و

مقایسات زوجی صورت گرفته تجدید نظر کند. روش تاپسیس: اساس این روش که در دهه ۱۹۸۰ ارائه شده و به ارزیابی استراتژی‌های متفاوت با شاخص‌های گوناگون می‌پردازد، داشتن حداقل فاصله از راه حل ایده‌آل مثبت و حداکثر فاصله از راه

مقایسات زوجی باید برای شاخص‌ها و استراتژی‌ها بر اساس هر شاخص انجام شده، در ادامه نرخ ناسازگاری محاسبه گردد. چنانچه نرخ ناسازگاری محاسبه کوچکتر یا مساوی اره باشد در مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد، در غیر این صورت تصمیم گیرنده باید در

فنی و بخش ارتقا شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران مطابق جدول سه گردآوری شده، برای انجام تحلیل سلسله مراتبی از نرم افزار Expert Choice و برای تحلیل به روش تاپسیس و انجام محاسبات مربوطه از نرم افزار اکسل استفاده گردید.

در روش تحلیل سلسله باید بین شاخص های کیفی مقایسات زوجی توسط افراد خبره صورت گیرد. همچنین جهت استفاده از روش تاپسیس به نظر خبرگان در مورد شاخص ها نیاز است. در این راستا پرسشنامه تدوین و در اختیار پنج فرد خبره گذاشته شد. در نهایت اطلاعات مورد نیاز از بخش معاونت

راه حل ایده آل منفی، ۵) تعیین نزدیکی نسبی و ۶) رتبه بندی استراتژی ها. پیاده سازی مدل: از میان شاخص های مطرح شده، شاخص های میزان ریسک کاهش یافته و میزان خسارت کاهش یافته شاخص های کیفی و شاخص های دیگر کمی هستند.

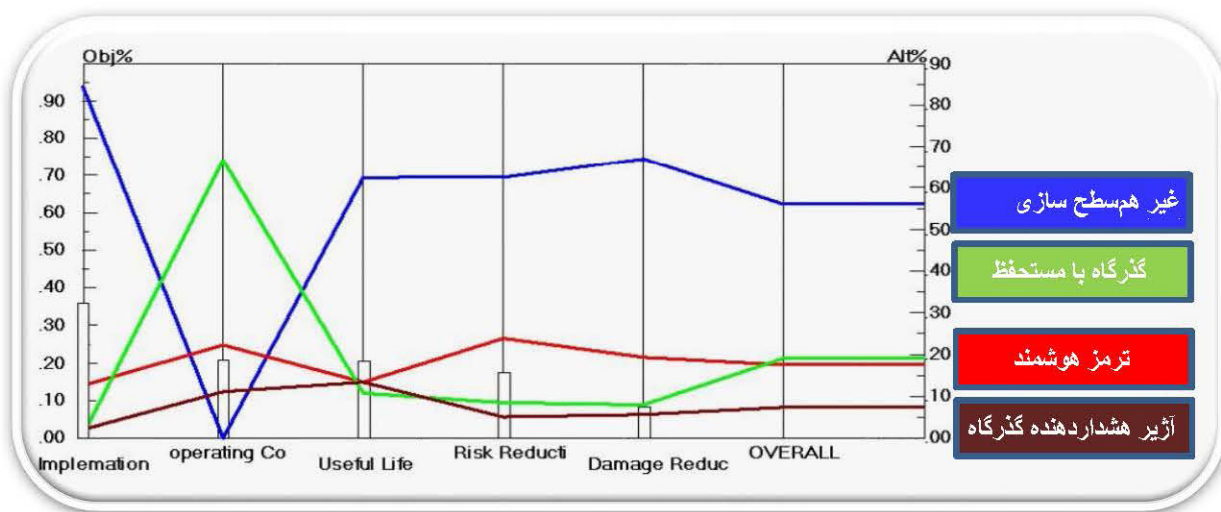
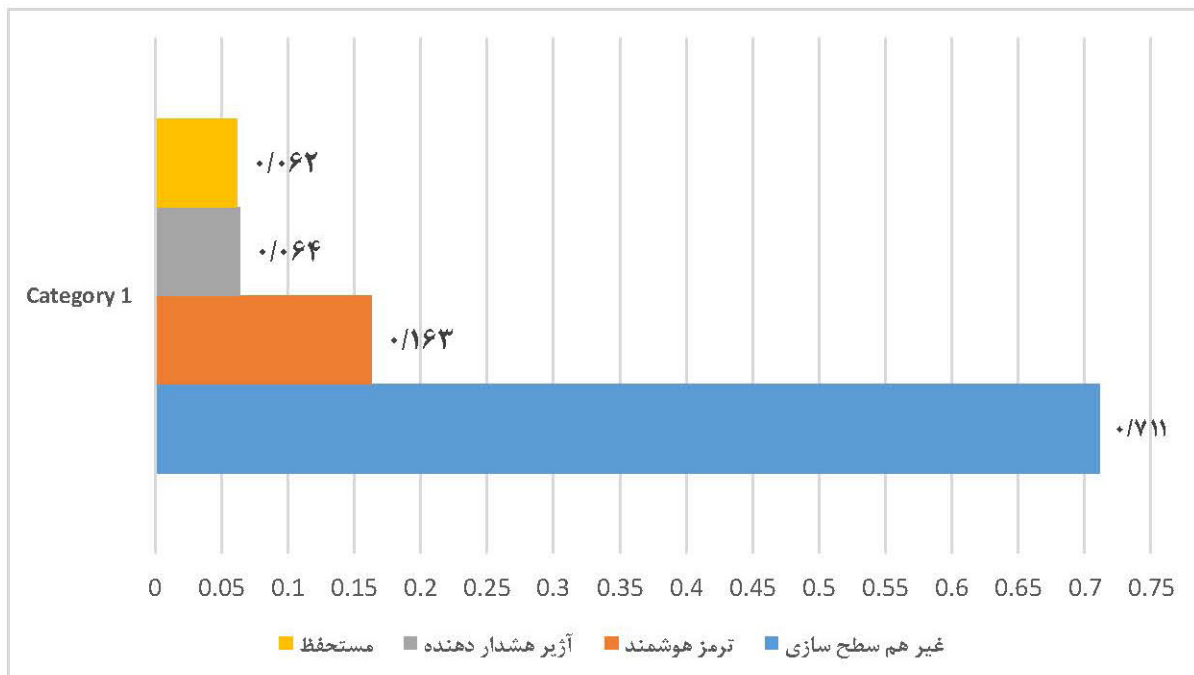
جدول ۳ اطلاعات شاخص های کمی و کیفی

رتبه	استراتژی				
	غیر هم سطح سازی گذرگاه	استفاده از ترمز هوشمند	تبدیل به گذرگاه با مستحفظ	نصب آژیر هشدار دهنده در جاده	هزینه اجرا (میلیون تومان)
۱	۸۲	۷/۶	۷۰	۰	۴۰۰۰
۲	۶	۵/۸	۱۵	۲۰	۶۰۰
۳	۷/۶	۲	۱۵	۱۰	۱۰۰
۴	۶	۷/۲	۱۲	۶۰	۴۰

یافته ها و نتایج

همچنین نمودار تحلیل حساسیت استراتژی ها نسبت به هر شاخص در نمودار دو ارائه شده است. طبق این تصویر (به عنوان مثال) تبدیل به گذرگاه غیر هم سطح از لحاظ تمامی شاخص ها به جز شاخص هزینه اجرا نسبت به دیگر استراتژی ها رتبه اول را دارا بوده است.

نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی: همان گونه که ذکر شد بدین منظور ۱ از نرم افزار Expert Choice استفاده گردیده که در نهایت اوزان مناسب توسط نرم افزار به هر یک از استراتژی ها تخصیص یافته و در نمودار یک قابل مشاهده می باشد.



نمودار ۱ تحلیل حساسیت استراتژی‌ها در نرم افزار Expert Choice

بنابراین رتبه بندی استراتژی‌ها بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی به صورت زیر می باشد.

- رتبه ۱: غیر هم سطح سازی گذرگاه
- رتبه ۲: استفاده از ترمز هوشمند
- رتبه ۳: نصب آژیر هشدار دهنده
- رتبه ۴: تبدیل به گذرگاه با مستحفظ

نتایج حاصل از روش تاپسیس: پس از انجام محاسبات لازم رتبه‌بندی استراتژی‌ها بر اساس نزدیکی نسبی آن‌ها مطابق جدول چهار به دست آمده است.

جدول ۴ نزدیکی نسبی استراتژی‌ها

شاخص	نزدیکی نسبی
غیر هم‌سطح سازی گذرگاه	۰/۴۵۲
استفاده از ترمز هوشمند	۰/۳۶۳
تبدیل به گذرگاه با مستحفظ	۰/۳۴۸
نصب آژیر هشدار دهنده در جاده	۰/۳۳۳

بنابراین رتبه‌بندی استراتژی‌ها بر اساس روش تاپسیس به صورت زیر می‌باشد.

رتبه ۱: غیر هم‌سطح سازی گذرگاه

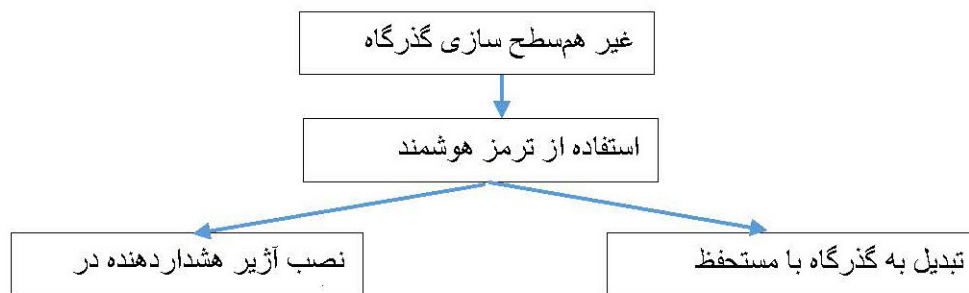
رتبه ۲: استفاده از ترمز هوشمند

رتبه ۳: تبدیل به گذرگاه با مستحفظ

رتبه ۴: نصب آژیر هشدار دهنده

مشکل برطرف گردد. نتیجه روش‌های ادغام میانگین رتبه و بردا به صورت تصویر سه می‌باشد.

مشاهده می‌شود رتبه‌های انجام شده توسط روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس یکسان نیست؛ بنابراین از روش‌های ادغام میانگین رتبه و بردا استفاده می‌گردد تا این



تصویر ۱ نتایج روش بردا و ادغام

مشتری شرکت بر اساس شاخص‌های هزینه اجرای استراتژی، هزینه بهره‌برداری گزینه، عمر گزینه، میزان کاهش ریسک و میزان کاهش خسارات می‌باشد. بدیهی است که با تغییر این شاخص‌ها و یا مقادیر ارائه شده برای آن‌ها از سوی شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، نتایج ذکر شده نیز تغییر خواهد نمود.

هر دو روش تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس استراتژی غیر هم‌سطح سازی گذرگاه را علیرغم هزینه اجرایی اولیه زیادتر نسبت به دیگر استراتژی‌ها به عنوان استراتژی برتر و اولویت اول انتخاب می‌کنند؛ بنابراین مناسب‌ترین روش جهت ایمن‌سازی گذرگاه‌های هم‌سطح راه‌آهن و جاده برای شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، تبدیل این گذرگاه‌ها به گذرگاه غیر هم‌سطح می‌باشد. این نتیجه بر اساس خط

منابع

BBC.com. (2012 November 17, June 4). Egypt bus crash kills 50 children near Manfalut. [۱]

P. P. a. Y. Kulikov. (2010 Oct 12, June 4). Train and bus collide in Ukraine, 43 killed. [۲]

افزایش قابلیت دسترسی مبتنی بر روش پایش وضعیت، در ماشین‌آلات ساخت، نگهداری و تعمیر خطوط ریلی

حسین علی آقا شریف
استاد راهنما: دکتر ملاطفی

در این پایان نامه ابتدا به بررسی مفاهیم RAMS (قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی، قابلیت ایمنی) پرداخته شده و پس از آن مفاهیم نگهداری و تعمیرات از دیدگاه عمومی و تخصصی ریلی مورد بررسی واقع شده است. پس از آن دیدگاه پایش وضعیت و روش‌های مربوطه قابل اجرا در صنعت ریلی مطالعه و بررسی شده‌اند. در فصل دوم معرفی کامل انواع ماشین‌آلات مکانیزه ریلی صورت گرفته و در انتها با معرفی ماشین‌های مکانیزه موجود در کشور به انتخاب دو قطار MDZ (زیرکوب، استبلایزر، رگلاتور بلاست) در دو ناحیه ریلی کشور که دارای وضعیت آماده به کاری بهتر از سایر ماشین‌های نواحی بودند و وضعیت

عملیاتی بهتری دارند پرداخته شده است. اساس این پژوهش بر مبنای علل خرابی، خرابی‌های منجر به توقف و قابل اصلاح در همان روز یا شیفت کاری، تعیین خرابی‌های قابل پیشگیری با انواع روش‌های پیشگیرانه مبتنی بر پایش وضعیت و قابلیت دسترسی ماشین آلات مکانیزه می‌باشد. در ابتدا شاخص دسترسی هر ۶ ماشین مورد بررسی قرار گرفت و سپس با تفکیک دقیق انواع خرابی و موارد قابل پیشگیری، شاخص دسترسی که می‌توانست پیاده‌سازی شود و درآمدزایی از دست رفته شرکت راه‌آهن محاسبه و حاصل شدند. با توجه به مشورت‌های صورت گرفته با متخصصین اداره خط و سازه‌های

فنی نسبت به انتخاب بازه ۵ ساله ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ اقدام گردید. دلیل این انتخاب تغییر رویه نگهداری و تعمیرات و نیز گزارش‌دهی از سال ۹۳ تا کنون می‌باشد که مقایسه آماری اطلاعات این بازه با روند قبلی توجیه مناسب را نداشته و لذا سال‌های پیش از آن مورد مطالعه قرار گرفت. در نمونه‌هایی اطلاعات خروجی نرم افزار شرکت راه‌آهن جهت ثبت وضعیت ماشین‌ها آورده شده، این داده‌ها به همراه اطلاعات کارگاه‌های تعمیراتی و شرح خرابی نشان داده شده در مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و نتایج آن محوریت انجام این پروژه هستند. در جدول ذیل نمایه‌ای اولیه از بررسی وضعیت ماشین‌ها تهیه شده است.

بررسی اولیه از اطلاعات بازه ۵ ساله ۹۹ ماشین مکانیزه راه‌آهن ج.ا.ا.

دسته ماشین آلات	سری مدل	پلاک	تعداد اطلاعات موجود در ۵ سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳	متوسط تعداد روز اطلاعات موجود در هر سال	تعداد عملیات در ۵ سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳	متوسط تعداد روز عملیات در هر سال
زیرکوب	08	08-16	2188	1825	365	1284
زیرکوب	08	08-32	2584	1538	308	881
زیرکوب	09	09-16	2655	1806	361	1103
زیرکوب	09	09-16	2656	۱۸۲۱	364	1233
زیرکوب	09	09-3 X	3169	1497	299	965
زیرکوب	09	09-3 X	3170	1554	311	897

124	621	187	935	1006	08-275 4S	08=N	سوزن کوب
109	543	148	739	1279	08-475/4S	08/4 S	سوزن کوب
453	2267	355	۱۷۷۳	3062	08-16 SH	08	چندمنظوره
421	2106	362	۱۸۱۰	3064	08-16 SH	08	چندمنظوره
167	837	332	1659	562	SSP 203	SSP	رگلاتور بالاست
237	1185	361	۱۸۰۳	574	SSP 203	SSP	رگلاتور بالاست
257	1285	365	۱۸۲۵	559	USP 403	USP	رگلاتور بالاست
219	1093	361	1806	560	USP 403	USP	رگلاتور بالاست
26	131	329	1644	294	DGS 62N	DGS	استیلایزر
130	652	365	1825	296	DGS 62N	DGS	استیلایزر
9	43	139	696	2650	MFS 40	MFS	کنویر بالاست
20	98	131	657	2652	MFS 40	MFS	کنویر بالاست
30	152	53	267	928	BCR 100	BCR	بازدید پل
143	716	273	1367	59	SBM 250	SBM	تراش ریل
103	516	202	1010	71	K 355 APT	APT	جوش الکتریکی
156	782	319	1596	72	K 355 APT	APT	جوش الکتریکی
41	205	348	1740	215	VDM 800	VDM	روکوب بالاست
0	0	8	42	216	VDM 800	VDM	روکوب بالاست
221	1103	364	۱۸۱۸	611	OBW	OBW	درزین جرثقیل دار
51	257	283	1414	612	OBW	OBW	درزین جرثقیل دار
150	749	299	1495	316	RM 80 U	RM	سرنده بالاست
86	428	295	1476	317	RM 80 U	RM	سرنده بالاست
139	693	253	1267	60	GWM 550	GWM	سنگ زن ریل

انتخاب ماشین‌های مورد مطالعه

• ناحیه ۲ شامل شمال شرق-خراسان-تهران-شرق است که بیشترین سهم اشتراک در ناحیه شمال شرق وجود دارد، خط تهران-مشهد به عنوان محور اصلی حمل و نقل مسافر ریلی مطرح می‌باشد و اهمیت انجام عملیات نگهداری و تعمیرات در این خط با توجه به نقش پارامترهایی همچون راحتی سفر و ایمنی شایسته توجه می‌باشد.

۲-اطلاعات روزانه ماشین‌های مورد مطالعه: با توجه به نقش اطلاعات گزارش‌های شرح وضعیت ماشین‌ها در بازه زمانی مورد نظر، می‌بایست اطلاعات کافی از هر کدام از سه ماشین مورد مطالعه در مدت معین موجود باشد تا بتوان به آن‌ها استناد نمود. در برخی موارد تعداد بیش از ۳۰٪ روز عملیات در سال ملاک تصمیم‌گیری بوده است.

۳-وجود اشتراک بین سه دسته ماشین: در بسیاری از موارد ماشین‌ها دارای نواحی عملیاتی متعددی هستند که این امر از مسیر روش تحقیق فاصله دارد، لذا سعی گردیده تا هر سه نوع ماشین مطلوب در نظر گرفته شود. نتایج بررسی‌های فوق منتهی به انتخاب ماشین‌های زیر شد:

در میان دسته‌های ماشین‌آلات موجود در دنیا و کشور ما، ۳ دسته حائز اهمیت بیشتری بوده و به عنوان ماشین‌های ضروری برای عملیات خط شناخته می‌شوند.

دسته اول ماشین‌های زیرکوب، دسته دوم ماشین‌های استبلازر یا پایدارساز و دسته سوم ماشین‌های رگلاتور بالاست هستند. مجموعه این ۳ ماشین در کنار هم، به اصطلاح قطار MDZ نامیده می‌شود که عملیات این سه ماشین به طور پیوسته در کنار هم دارای مفهوم و بازدهی بیشتری است.

از مبنای تصمیم‌گیری برای انتخاب ماشین‌های مورد مطالعه به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

۱-ناحیه عملیاتی: اشتراک هرچه بیشتر روزهای حضور و فعالیت ماشین‌ها در یک ناحیه

• ناحیه ۱ شامل یزد-هرمزگان-کرمان-شرق-اصفهان است که بیشترین سهم اشتراک در ناحیه یزد وجود دارد، خط یزد به عنوان یکی از محورهای اصلی حمل و نقل بار ریلی مطرح می‌باشد و اهمیت انجام عملیات نگهداری و تعمیرات در این خط شایان توجه می‌باشد.

نتایج بررسی انتخاب ماشین‌آلات جهت مطالعه

ناحیه	ست MDZ خط تهران-مشهد		ست MDZ ناحیه یزد	
	مدل	پلاک	مدل	پلاک
ماشین زیرکوب	۰۸-۱۶ N	۲۵۹۸	۰۸-۱۶ N	۲۶۰۴
استبلازر	DGS ۶۲ N	۳۴۳	DGS ۶۲ N	۳۱۹
رگلاتور	USP ۴۰۳	۵۶۰	USP ۴۰۳	۵۷۱

واحد	مدل زیرکوب	عنوان خرابی و تعمیرات	تعداد گزارشات این خرابی در بازه ۵ ساله	توقف به علت این خرابی در بازه ۵ ساله	تعداد کل گزارشات خرابی در بازه ۵ ساله	نسبت تعداد گزارشات این خرابی به تعداد کل گزارشات در بازه ۵ ساله	نسبت تعداد روزهای توقف به علت این خرابی به تعداد کل روزهای توقف در بازه ۵ ساله	سهم این واحد از تعداد کل روزهای توقف به علت خرابی در بازه ۵ ساله	
واحد عملیات	۲۵۹۸	خرابی کلمپ های چک	۲	۰	۲۸	۵٪	۱۰	۱۷٪	
		نیاز به پوش پرتجی	۴	۰		۸٪			
		شامی موبیل	۴	۹		۱۱٪			
		جوشکاری بدنه شامی موبیل	۱	۱		۳٪			
		سر والو دیام	۱	۰		۳٪			
		قطعات شامی موبیل	۴	۰		۱۱٪			
		روغن ریزی سیلندر جمع کننده	۱۰	۰		۲۶٪			
	۲۶۰۴	سیلندر بالابر	۲	۲	۱۱٪				
		شفت جمع کننده	۲	۰	۱۱٪				
		نیاز به پوش پرتجی	۲	۰	۵٪				
		شامی موبیل	۹	۲۱	۲۱٪				
		سیلندر بالابر	۳	۰	۷٪				
		شفت جمع کننده	۱۴	۲	۲۳٪				
		کلنگ	۱۰	۰	۲۳٪				
واحد عملیات	۲۵۹۸	دود کردن بلبرینگ	۱	۰	۲۵	۲٪	۲۵	۴٪	
		لقی بازوهای شامی موبیل	۱	۰		۲٪			
		کلنگ	۱۰	۰		۲۳٪			
		شفت جمع کننده	۱۴	۲		۲۳٪			
		سیلندر بالابر	۳	۰		۷٪			
		شامی موبیل	۹	۲۱		۲۱٪			
		نیاز به پوش پرتجی	۲	۰		۵٪			
	۲۶۰۴	مجموع واحد عملیات	۷۱	۲۲	۸۱٪				
		مجموع واحد عملیات	۷۱	۲۲	۸۱٪				
		مجموع واحد عملیات	۷۱	۲۲	۸۱٪				
		مجموع واحد عملیات	۷۱	۲۲	۸۱٪				
		مجموع واحد عملیات	۷۱	۲۲	۸۱٪				
		مجموع واحد عملیات	۷۱	۲۲	۸۱٪				
		مجموع واحد عملیات	۷۱	۲۲	۸۱٪				
واحد عملیات	۲۵۹۸	هیدروموتور	۴	۰	۲۹	۱۴٪	۲	۱۳٪	
		نیاز به سیلندر کلمپ چک	۱	۰		۳٪			
		پمپ هیدرولیک	۱	۰		۳٪			
		نیاز به تعویض فیلتر هیدرولیک	۲	۰		۷٪			
		روغن هیدرولیک	۱۶	۱		۵۵٪			
		نیاز به روغن دنده	۱	۰		۳٪			
		روغن ریزی اکسل سائپورت	۲	۰		۷٪			
	۲۶۰۴	پمپ هیدرولیک	۳	۳	۱۸٪				
		نیاز به تعویض فیلتر هیدرولیک	۲	۰	۱۳٪				
		نیاز به تعویض روغن هیدرولیک	۴	۲	۲۴٪				
		افت فشار هیدرولیک	۳	۰	۱۸٪				
		نیاز به روغن دنده	۱	۰	۶٪				
		ترکیب شلنگ هیدرولیک	۱	۱	۶٪				
		مجموع واحد هیدرولیک	۴۱	۷	۸۹٪				
واحد عملیات	۲۵۹۸	فیلتر هوای موتور	۲	۰	۲۵	۸٪	۲	۱۱٪	
		نیاز به فیلتر روغن	۴	۰		۱۴٪			
		نیاز به فیلتر سوخت	۴	۰		۱۶٪			
		تسمه	۱	۰		۴٪			
		نیاز به تعویض روغن موتور	۸	۰		۳۲٪			
		روغن ریزی موتور	۳	۰		۱۲٪			
		تعمیرات پمپ سوخت	۲	۲		۸٪			
	۲۶۰۴	روغن سوزی موتور	۱	۰	۴٪				
		موتور	۱	۱	۱۰٪				
		سیستم سوخت رسائی موتور	۱	۰	۱۰٪				
		نیاز به تعویض روغن موتور	۲	۰	۲۰٪				
		روغن ریزی شدید از پایه فیلتر موتور	۱	۰	۱۰٪				
		روغن ریزی موتور	۲	۲	۲۰٪				
		تعمیرات فن موتور	۳	۲	۲۰٪				
واحد عملیات	۲۵۹۸	مجموع واحد موتور	۳۴	۹	۲۵	۹۷٪	۹	۵٪	
		مجموع واحد موتور	۳۴	۹		۹۷٪			
		مجموع واحد موتور	۳۴	۹		۹۷٪			
		مجموع واحد موتور	۳۴	۹		۹۷٪			
		مجموع واحد موتور	۳۴	۹		۹۷٪			
		مجموع واحد موتور	۳۴	۹		۹۷٪			
		مجموع واحد موتور	۳۴	۹		۹۷٪			
	انتقال قدرت	گیربکس	۲	۰	۱۳	۴٪	۵	۴٪	
		پمپ روغن	۲	۰		۴٪			
		گیربکس کاهنده	۳	۲		۲۸٪			
		گیربکس	۱	۲		۱۳٪			
		خرابی گاردان	۲	۴		۲۵٪			
		تعمیرات و تعویض اکسل	۱	۱		۱۳٪			
		خرابی شروپ گیر زیر پساکس	۱	۰		۱۳٪			
واحد عملیات	۲۵۹۸	مجموع واحد انتقال قدرت	۱۴	۹	۲۱	۶۷٪	۱۴	۲۶٪	
		مجموع واحد انتقال قدرت	۱۴	۹		۶۷٪			
		مجموع واحد انتقال قدرت	۱۴	۹		۶۷٪			
		مجموع واحد انتقال قدرت	۱۴	۹		۶۷٪			
		مجموع واحد انتقال قدرت	۱۴	۹		۶۷٪			
		مجموع واحد انتقال قدرت	۱۴	۹		۶۷٪			
		مجموع واحد انتقال قدرت	۱۴	۹		۶۷٪			
	واحد عملیات	۲۵۹۸	باتری	۳	۱	۷۲	۴٪	۲۹	۱۳٪
			خرابی سیستم دیلم	۷	۳		۱۰٪		
			خرابی چک	۱۱	۱۲		۱۵٪		
			برق و الکترونیک	۲	۷		۶٪		
			موتور سینکرون چک	۱	۰		۳٪		
			خرابی سیستم دیلم	۸	۵		۲۲٪		
			خرابی چک	۱۰	۲۲		۲۹٪		
واحد عملیات	۲۵۹۸	مجموع واحد برق و الکترونیک	۴۲	۵۲	۱۰۶	۴۰٪	۶۵	۱۷٪	
		مجموع واحد برق و الکترونیک	۴۲	۵۲		۴۰٪			
		مجموع واحد برق و الکترونیک	۴۲	۵۲		۴۰٪			
		مجموع واحد برق و الکترونیک	۴۲	۵۲		۴۰٪			
		مجموع واحد برق و الکترونیک	۴۲	۵۲		۴۰٪			
		مجموع واحد برق و الکترونیک	۴۲	۵۲		۴۰٪			
		مجموع واحد برق و الکترونیک	۴۲	۵۲		۴۰٪			
	واحد عملیات	۲۵۹۸	کفش ترمز	۱	۰	۱۶	۶٪	۳۰	۷٪
			خرابی سیستم پنوماتیک	۱	۱		۶٪		
			خرابی شیرهای داخل کابین	۱	۰		۱۷٪		
			مجموع واحد پنوماتیک	۳	۱		۱۴٪		
			مجموع واحد پنوماتیک	۳	۱		۱۴٪		
			مجموع واحد پنوماتیک	۳	۱		۱۴٪		
			مجموع واحد پنوماتیک	۳	۱		۱۴٪		
واحد عملیات	۲۵۹۸	شارژ کپسول آتش نشانی	۱	۰	۱۰	۱۰٪	۴۰	۰٪	
		شارژ کپسول آتش نشانی	۱	۰		۱۰٪			
		مجموع واحد شاسی و بدنه	۲۰۶	۱۱۱	۲۲۱	۵۶٪	۱۹۷	۵۶٪	

قابل ذکر است مقادیر قابل توجهی از تعداد گزارشات خرابی و روزهای توقف ماشین با انجام پایش وضعیت و نگهداری پیشگیرانه قابل پیشگیری بودند که در این جدول به بررسی تعداد آن‌ها برای دسته ماشین مورد مطالعه (زیرکوب) و بررسی درصد سهم آن‌ها در هر سال و نیز کل بازه ۵ ساله پرداخته شده است.

واحد	مدل پایدارساز	عنوان خرابی و تعمیرات	تعداد گزارشات این خرابی در بازه ۵ ساله	تعداد روزهای توقف به علت این خرابی در بازه ۵ ساله	تعداد کل گزارشات خرابی در بازه ۵ ساله	نسبت تعداد گزارشات این خرابی به تعداد کل در بازه ۵ ساله	نسبت تعداد روزهای توقف به علت این خرابی به تعداد کل در بازه ۵ ساله	سهم این واحد از تعداد کل روزهای توقف به علت خرابی در بازه ۵ ساله	سهم این واحد از تعداد کل گزارشات خرابی در بازه ۵ ساله
واحد عملیات	۳۱۹	شاربو	۲	۲۷	۲	۶۷٪	۷۵٪	۱۴٪	۲۵٪
		خرابی پوش های اگری گیت	۱	۹	۲۶	۲۳٪			
	۳۴۳	تعمیرات و جوشکاری واحد عملیات	۲	۲	۲۲	۱۳٪			
		خرابی چرخ اگری گیت	۲	۱۳	۲۵٪				
		خرابی سیستم اگری گیت	۵	۷	۲۱٪				
		خرابی پوش شفت اگری گیت	۳	۰	۱۹٪				
	مجموع واحد عملیات	۱۷	۵۸	۱۹	۸۹٪				
هیدرولیک	۳۱۹	هیدروموتور	۱	۰	۲	۲۳٪	۰٪	۷٪	۱۶٪
		روغن ریزی سیلندر اکسل ساپورت	۱	۰	۲	۲۳٪			
		نیاز به تعویض فیلتر هیدرولیک	۱	۰	۲	۲۳٪			
		افت فشار اصلی	۱	۳	۲	۲۳٪			
	۳۴۳	نیاز به تعویض فیلتر هیدرولیک	۱	۰	۷	۱۴٪	۰٪		
		نیاز به تعویض روغن هیدرولیک	۶	۳	۷	۸۶٪	۱۰۰٪		
	مجموع واحد هیدرولیک	۱۱	۶	۱۱	۱۰۰٪	۱۰۰٪			
موتور	۳۱۹	نیاز به تعویض روغن موتور	۱	۰	۱	۱۰۰٪	۰٪	۰٪	۹٪
		قطعات موتور	۳	۱	۱	۶۰٪			
	۳۴۳	روغن ریزی موتور	۱	۰	۵	۲۰٪			
		فشنگی حرارتی موتور	۱	۰	۱	۲۰٪			
		مجموع واحد موتور	۶	۱	۶	۱۰۰٪			
انتقال قدرت	۳۴۳	گیربکس	۱	۰	۱	۱۰۰٪	۰٪	۷٪	۹٪
		دیفرانسیل	۱	۰	۱	۲۰٪			
		سیستم حرکت	۱	۰	۱	۲۰٪			
		گیربکس	۱	۰	۳	۲۰٪			
		تعمیرات و تعویض اکسل	۱	۰	۱	۲۰٪			
		قطعات دیقی	۱	۳	۱	۲۰٪			
	مجموع واحد انتقال قدرت	۶	۳	۶	۱۰۰٪				
برق و الکتریکی	۳۴۳	باتری	۱	۱	۱۲	۸٪	۵۰٪	۰٪	۴٪
		قطعات بخاری	۲	۱	۲	۱۷٪			
	مجموع واحد برق و الکترونیک	۳	۲	۲	۲۵٪				
پنوماتیک	۳۴۳	شیر کتابی	۲	۱	۴	۵۰٪	۱۰۰٪	۰٪	۳٪
		مجموع واحد پنوماتیک	۲	۱	۱	۵۰٪			
بندنه و شاسی	۳۱۹	تعمیر کولر گازی	۲	۰	۵	۲۰٪	۰٪	۱۳٪	۶٪
		تعویض فنرهای ضرب گیر	۱	۰	۶	۱۷٪			
	۳۴۳	تعمیرات شاسی بندنه	۱	۴۷	۱۱	۱۷٪			
		مجموع واحد شاسی و بندنه	۴	۴۷	۱۱	۳۶٪			
	مجموع تمام واحدها	۴۹	۱۱۸	۶۹	۷۱٪	۲۹٪			

جدول تحلیل سهم گزارش‌های خرابی و توقف‌های قابل پیشگیری در ماشین‌های استبلایزر

قابل ذکر است مقادیر قابل توجهی از تعداد گزارشات خرابی و روزهای توقف ماشین با انجام پایش وضعیت و نگهداری پیشگیرانه قابل پیشگیری بودند که در این جدول به بررسی تعداد آن‌ها برای دسته ماشین مورد مطالعه (استبلایزر) و بررسی درصد سهم آن‌ها در هر سال و نیز کل بازه ۵ ساله پرداخته شده است

جدول تحلیل سهم گزارش‌های خرابی و توقف‌های قابل پیشگیری در ماشین‌های رگلاتور بالاست

واحد	مدل خط ازا	عنوان خرابی و تعمیرات	تعداد گزارشات این خرابی در بازه ۵ ساله	تعداد روزهای توقف به علت این خرابی در بازه ۵ ساله	تعداد کل گزارشات خرابی در بازه ۵ ساله	توقف به علت خرابی در بازه ۵ ساله	نسبت تعداد گزارشات این خرابی به تعداد کل در بازه ۵ ساله	نسبت تعداد روزهای توقف به علت این خرابی به تعداد کل در بازه ۵ ساله	سهم این واحد از تعداد کل روزهای توقف به علت خرابی در بازه ۵ ساله	سهم این واحد از تعداد کل گزارشات خرابی در بازه ۵ ساله					
واحد عملیات	۵۶۰	خرابی سیستم جارو	۱	۰	۱۹	۴۰	۵٪	۰٪	۷٪	۸٪					
		خرابی سیلندر لبه شش‌برونی	۱	۰			۵٪	۰٪							
		روغن ریزی سیلندر زاویه شش‌برونی	۱	۱			۵٪	۳٪							
		تعویض تیفه وسط	۲	۱			۱۱٪	۳٪							
		تعمیرات و جوشکاری ریل پوش	۴	۲			۲۱٪	۱۰٪							
		روغن ریزی سیلندر عملیات	۲	۰			۱۱٪	۰٪							
	۵۷۱	نفاختن لوله جارو	۳	۵	۱۹	۲۲	۱۶٪	۱۲٪	۷٪	۸٪					
		تعمیرات و جوشکاری ریل پوش	۲	۹			۱۱٪	۲۱٪							
		تعویض ریل پوش	۱	۱۲			۵٪	۲۸٪							
		مجموع واحد عملیات	۱۶	۲۲			۴۲٪	۳۹٪							
		هیدروموتور	۲	۵			۱۱	۵۵			۱۵٪	۲۵٪	۱۴٪	۱۸٪	
		پمپ ۵ دول	۲	۰							۱۵٪	۰٪			
پمپ هیدرولیک	۶	۳	۲۲٪	۲۷٪											
نیاز به تعویض روغن هیدرولیک	۲	۱	۷٪	۹٪											
روغن ریزی از شفت بالابو تیفه	۱	۰	۲٪	۰٪											
روغن ریزی سیلندر تیفه وسط	۱	۰	۲٪	۰٪											
پارگی شلنگ هیدروموتور	۱	۰	۲٪	۰٪											
تعمیرات باوک تقسیم هیدرولیک	۱	۱	۲٪	۹٪											
شکستگی زائویی پمپ	۱	۰	۲٪	۰٪											
نشئی روغن هیدرولیک	۲	۱	۷٪	۹٪											
هیدروموتور	۵	۲۱	۱۱	۵۵	۲۲٪	۲۸٪			۱۴٪	۱۸٪					
پمپ هیدرولیک	۲	۲۴			۱۷٪	۲۷٪									
نیاز به تعویض فیلتر هیدرولیک	۱	۰			۸٪	۰٪									
نیاز به تعویض روغن هیدرولیک	۲	۰			۱۷٪	۰٪									
تعویض اتصالات هیدرولیک	۱	۰			۸٪	۰٪									
نشئی روغن هیدرولیک	۱	۰			۸٪	۰٪									
مجموع واحد هیدرولیک	۲۵	۶۶	۹۰٪	۱۰۰٪											
موتور	۵۶۰	موتور	۹	۱۳۱	۲۵	۱۴۶	۳۶٪	۹۰٪	۵۰٪	۲۳٪					
		دل زدن در زمان حرکت مسیر	۳	۰			۲٪	۰٪							
		نیاز به تعویض روغن موتور	۲	۱			۱۳٪	۷٪							
		تعمیرات سیلندر موتور	۱	۰			۲٪	۰٪							
		خرابی گیج تانک گازویل	۱	۰			۲٪	۰٪							
		روغن ریزی موتور	۵	۱۴			۲۰٪	۱۰٪							
		فشنگی دور موتور	۳	۰			۱۳٪	۰٪							
		فشنگی حوالت موتور	۱	۰			۲٪	۰٪							
		قطعیت موتور	۲	۵			۸٪	۵٪							
		موتور	۲	۲۶			۲۰٪	۳۹٪							
		سیستم سوخت رسانی موتور	۱	۱			۷٪	۷٪							
		تعمیرات و تعویض موتور	۱	۴			۵٪	۳٪							
	نیاز به تعویض روغن موتور	۱	۰	۵٪	۰٪										
	تعمیرات کولینگ موتور	۱	۱۲	۵٪	۱۳٪										
	تعمیرات سرسیلندر موتور	۳	۱۶	۱۵٪	۱۷٪										
	روغن ریزی موتور	۱	۱	۵٪	۷٪										
	تعمیرات فن موتور	۳	۳	۱۵٪	۳٪										
	سوزن اگزکور	۱	۱	۵٪	۷٪										
	قاپی شدن سوخت و روغن	۱	۰	۵٪	۰٪										
	مجموع واحد موتور	۴۲	۲۳۵	۹۶٪	۹۸٪										
	انتقال قدرت	۵۶۰	دیفرانسیل زیر کابین	۱	۰	۷	۸	۱۴٪	۰٪	۹٪	۲۳٪				
			سیستم حرکت	۱	۴			۱۴٪	۵۰٪						
			شفت میانی	۱	۱			۱۴٪	۱۳٪						
			اکسل	۱	۰			۱۴٪	۰٪						
دیفرانسیل			۱	۱	۱۴٪			۱۳٪							
تعمیرات و تعویض اکسل			۲	۲	۲۹٪			۲۵٪							
۵۷۱	سیستم حرکت	۲	۱۳	۱۲	۲۲	۱۷٪	۴۱٪	۹٪	۲۳٪						
	گیربکس	۵	۱۱			۲۲٪	۳۴٪								
	تعمیرات و تعویض اکسل	۵	۸			۲۲٪	۲۵٪								
	مجموع واحد انتقال قدرت	۶۲	۴۰			۹۷٪	۱۴٪								
	برق و الکترونیک	۵۶۰	باتری			۲	۲			۲۱	۲۴	۷٪	۸٪	۶٪	۹٪
			سیستم عملیات			۳	۱۵					۱۴٪	۶۳٪		
برق واحد عملیات			۱	۰	۵٪	۰٪									
خرابی مدار چاپی			۲	۴	۷٪	۱۳٪									
نیاز به مدار QI			۱	۰	۵٪	۰٪									
قطعیت بخاری			۳	۳	۱۳٪	۱۳٪									
۵۷۱		باتری	۱	۱	۸	۱۰	۷٪	۱۳٪	۶٪	۹٪					
		برق و الکترونیک	۲	۴			۲۰٪	۵۰٪							
		خرابی استارت	۱	۲			۷٪	۲۵٪							
		قطعیت بخاری	۱	۰			۷٪	۰٪							
		مجموع واحد برق و الکترونیک	۱۷	۲۰			۵۵٪	۹۴٪							
		خرابی شیر پنوماتیک	۱	۰			۷٪	۰٪							
پنوماتیک	۵۶۰	خرابی شیرهای ترمز داخل کابین	۲	۲	۸	۴	۲۵٪	۵۰٪	۰٪	۳٪					
		نشئی پنوماتیک و اکت فشار	۱	۰			۱۲٪	۰٪							
		عدم عملکرد ترمز پنوماتیک	۱	۰			۱۳٪	۰٪							
		مجموع واحد پنوماتیک	۵	۲			۲۲٪	۲۲٪							
مجموع تمام واحدها	۱۳۵	۴۰۵	۶۹٪	۸۶٪											

۳-۱-۱- بخش موتور

در این بخش عمده خرابی‌ها با انجام فعالیت‌های نگهداری پیشگیرانه شامل بازدیدها و رعایت نکات دستورالعمل نگهداری و تعویض به موقع قطعات مصرفی، استفاده از سوخت با کیفیت و فاقد آب، تعویض به موقع و صحیح روغن، نظافت می‌توان خرابی‌ها را به مقدار چشمگیری کاهش داد.

۴-۱-۱- بخش انتقال قدرت

این بخش دارای اجزایی با عمر بالا می‌باشد، اما به دلیل سهل‌انگاری در حین سیر و عملیات و عدم دقت کافی، برخورد با موانع سیگنالینگ و سوزن در اثر عدم دقت در بالا کشیدن شاسی موبیل زیرکوب و نیز بازوها و تیغه مرکزی رگلاتور بالاست، عدم گریس‌کاری به موقع و صحیح، جوشکاری ناصحیح روی ماشین یا خطوط ریلی و استفاده از بدنه برای ایجاد جریان الکتریکی، جا زدن اجزا به شکل غلط و نامنطبق با دستورالعمل اختصاص دارد.

۵-۱-۱- بخش برق و الکترونیک

خرابی‌های این بخش به طور عمده مربوط به عدم نگه‌داری و تعمیرات دوره‌ای صحیح و نیز انجام آن‌ها به شکل ناصحیح توسط افراد با تخصص ناکافی می‌باشد.

۶-۱-۱- بخش پنوماتیک

علل خرابی‌های این بخش به طور عمده مربوط به عدم پر و تخیله کردن به موقع مخزن روغن زن هوا و تله‌های آبیگیر می‌باشد، عدم تعویض به موقع فیلترهای هوا خشک کن (تعویض در ۶ ماه یا هر ۵۰۰ ساعت کارکرد) باعث ایجاد رسوب و زنگ و عدم بازدهی کافی توسط بخش پنوماتیک می‌گردد.

قابل ذکر است مقادیر قابل توجهی از تعداد گزارشات خرابی و روزهای توقف ماشین با انجام پایش وضعیت و نگهداری پیشگیرانه قابل پیشگیری بودند که در این جدول به بررسی تعداد آن‌ها برای دسته ماشین مورد مطالعه (رگلاتور بالاست) و بررسی درصد سهم آن‌ها در هر سال و نیز کل بازه ۵ ساله پرداخته شده است.

۱-۱-۱- واحدهای عملیاتی:

در ماشین زیرکوب بیشترین سهم به عدم رعایت بازرسی و اورهال پس از ۱ میلیون تمپینگ و گذر از چرخه عمر تعریف شده برای اجزا مانند کلنگ‌ها، شلنگ‌ها، شفت ویبره، سیلندرها و جک‌ها اختصاص دارد. در ماشین استبلایزر بیشترین سهم به عدم رعایت بازرسی‌های دوره‌ای و خرابی واحد عملیات در اثر زوائد جوش اصلاح نشده در ریل‌ها اختصاص دارد. در ماشین رگلاتور بالاست بیشترین سهم به عدم دقت اپراتور در هدایت ماشین حین عملیات برخورد به موانع کنار خط شامل سیگنالینگ و غیره اختصاص دارد.

۲-۱-۱- بخش هیدرولیک

در بخش هیدرولیک عدم نظافت به موقع و صحیح منجر به ورود کثیفی (پس از چندین بار باز و بسته شدن جک‌ها و سیلندرها) به داخل سیل کیت‌ها و اجزا شده و باعث خراشیده شدن اجزای داخلی و رسوب گیری در آن‌ها می‌شود. شلنگ‌های هیدرولیک و اتصالات نیز می‌بایستی دارای بازدید دوره‌ای باشند. بازدیدهای این بخش به طور معمول به ازای هر ۱۲۰۰۰ ساعت عملیات می‌بایست صورت پذیرند. نمونه‌ای از آنالیزهای روغن صورت گرفته که می‌بایست هر ۳ ماه یکبار از ماشین آلات گرم صورت پذیرد در پیوست ۱ ارائه شده است.

از حوزه مقایسه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ماشین‌ها با هزینه برآورد شده و بررسی نقطه سر به سری و سایر پارامترهای مالی به دلایل زیر صرف نظر شده است:

- عدم همسانی قیمت قطعات تهیه شده در داخل و خارج کشور
- عدم دسترسی به تمامی جزئیات مالی در کل فرایند

با بررسی میزان سهم تعداد گزارشات خرابی و روزهای توقف ماشین‌ها، با همین مولفه‌ها در حالتی که قابل پیشگیری باشند، از بررسی گزارشات خرابی در هر دو بعد به علت عدم امکان تحلیل و بررسی صحیح و کامل ساعات صرف شده برای رفع خرابی در روز اعلام گزارش و جمع‌بندی آن‌ها با رویکردهای جامع صرف نظر شده است.

با بررسی هزینه اجاره روزانه ماشین‌آلات مکانیزه شرکت راه‌آهن ج.ا.ا. (ارائه شده در پیوست ۳) می‌توان مقدار درآمد قابل ایجاد برای این شرکت را ارائه نمود:

جدول (۱-۱) جدول مقایسه درآمد قابل ایجاد برای راه‌آهن، به ازای افزایش قابلیت دسترسی ماشین‌آلات مورد مطالعه

ردیف	عنوان	اجاره بها (ریال)	تعداد روزهای در دسترس افزایش یافته در بازه ۵ ساله	درآمد ایجاد شده در ۵ سال (ریال)	رشد درصد تعداد روزهای آماده به کاری
۱	زیرکوب	۸۶/۰۰۰/۰۰۰	۱۱۱	۹/۵۴۶/۰۰۰/۰۰۰	۵۶٪
۲	پایدارساز	۷۵/۰۰۰/۰۰۰	۱۱۸	۸/۸۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۹٪
۳	خط آرا	۶۱/۰۰۰/۰۰۰	۴۰۵	۲۴/۷۰۵/۰۰۰/۰۰۰	۸۶٪

در پایان با مطالعه وضعیت، ارائه نتایج و دلایل خرابی، و راهکارهای افزایش قابلیت دسترسی موارد ذیل جهت ادامه کار پیشنهاد می‌گردد:

- تدوین برنامه‌ریزی منسجم بازرسی از ماشین‌آلات در دوره‌های زمانی معین
- تامین به موقع قطعات یدکی و انبارداری مناسب
- آموزش صحیح اپراتورها جهت بهره‌برداری صحیح و انجام امور اولیه نگهداری و تعمیرات برای ماشین‌ها
- استخدام نیروهای متخصص امر نگهداری و تعمیرات در نواحی
- برقراری سیستم تشویق و جریمه
- آنالیز منظم روغن هیدرولیک
- بررسی و اطمینان از سوخت مصرفی
- آموزش نیروهای مرتبط جهت کار با سیستم‌های یکپارچه گزارش دهی وضعیت ماشین‌آلات
- استفاده از نرم‌افزار جامع نگهداری و تعمیرات
- اختصاص پروژه‌های تحقیقاتی جهت پایش کامل علل خرابی و روش‌های کاهش و جلوگیری از آن‌ها

عبور قطارهای سریع السیر از بسترهای ناپایدار

علیرضا خیرخواه

استاد راهنما: دکتر سید مسعود نصر آزادانی

مقدمه

امروزه با پیشرفت راه آهن تکنولوژی های جدیدی از جمله راه آهن سریع السیر مطرح شده است و برای اجرای این خطوط ضوابط و الزامات متفاوتی وجود دارد. بستر خطوط سریع السیر نیز از این قاعده مستثنی نمی باشد. وجود خاک های ناپایدار در بستر، ایمنی سیر و حرکت را تهدید می کند. در این تحقیق ابتدا به معرفی انواع بسترهای ناپایدار از جمله روانگرا، واگرا، رمبند و تورم پذیر پرداخته و در ادامه روش های اصلاح این بستر ها معرفی شد. همچنین برای نمونه چند مورد از پروژه های مربوطه و روش استفاده شده در آن ها آورده شده است. لازم به ذکر است که هر کدام از روش های بهسازی باید با توجه به شرایط فنی و اقتصادی پروژه مورد استفاده قرار بگیرد. در همین راستا در قسمت پایانی چند توصیه برای انتخاب مناسب ترین روش بهسازی ذکر شده است. همچنین در این مقاله خط راه آهن سریع السیر تهران- قم- اصفهان مورد مطالعه قرار گرفت. احداث این خط بر روی دریاچه نمک قم یک چالش بزرگ در زمینه راه آهن می باشد. خاک این منطقه غالباً خاک رس نمک دار می باشد که استفاده از شمع های پیش ساخته لوله ای، مربعی و روش ستون شنی برای بهسازی این بستر پیشنهاد شده است.

البته مطالعات انجام شده در این پروژه بسیار فراتر از یک مقاله گام برمی دارد، لذا با توجه به محدودیت های موجود به اهم موارد مربوطه پرداخته شد. چالش بعدی در این پروژه وجود قنات ها در زیر بستر خط می باشد. ریزش قنات ها در این مسیر باعث تخریب سازه خط می شود و ایمنی سیر و حرکت را به خطر می اندازد. که در همین راستا به بررسی مشخصات این قنات ها پرداخته شد.

یک سیستم راه آهن سریع السیر در حالت ایده آل مراکز جمعیتی و اقتصادی را به یکدیگر متصل می کند و شیوه حمل و نقل جدید و قابل رقابت با حمل و نقل هوایی و اتومبیلهای شخصی ایجاد می کند. این شیوه، ظرفیتی اضافه بر شیوه های حمل و نقل موجود و مسیرهای فعلی فراهم می کند. اشغال زمین توسط کریدور جدید سیستم راه آهن سریع السیر می تواند کمتر از یک آزادراه باشد. این شیوه از لحاظ مصرف انرژی و تولید دی اکسید کربن در طی بهره برداری نیز بر سایر شیوه های حمل و نقل ارجحیت دارد. همچنین با این سیستم ارتباط سریع تری بین مناطق ایجاد می شود که جابجایی بیشتر مردم جهت دسترسی به بازار کار را امکان پذیر می سازد.

نکته ای که در اینجا حائز اهمیت است آن است که در مراجع مختلف سرعت های متفاوتی برای راه آهن سریع السیر گفته شده است. در اینجا به تعریف اتحادیه بین المللی راه آهن ها که راه آهن سریع السیر را به سه گروه زیر تقسیم میکند استناد میکنیم:

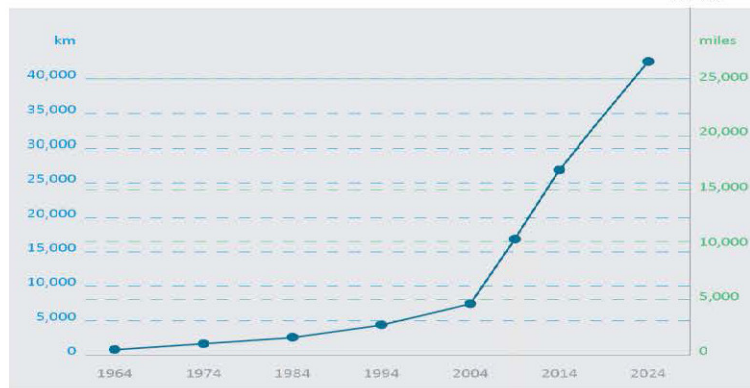
۱. مسیرهایی که مخصوص راه آهن سریع السیر ساخته شده اند و حداقل سرعت ۲۵۰ کیلومتر بر ساعت را دارند.
۲. مسیرهایی که برای راه آهن سریع السیر نوسازی شده اند و حداقل سرعت ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت دارند.
۳. مسیرهایی با مشخصات مسیرهایی از نوع ۲ ولی با محدودیت هایی در سرعت برای موقعیت هایی با توپوگرافی نامناسب و یا عبور از کنار مناطق شهری.

با توجه به این تقسیم بندی امروزه ۱۶۰۰ میلیون نفر در هر سال به وسیله راه آهن سریع السیر در سرتا سر جهان جا به جا می شوند که سهم هر کشور به صورت تقریبی در جدول زیر نشان داده شده است:

جدول ۱-۱ جایجایی مسافر با راه آهن سریع السیر

کشور	میلیون مسافر در سال
چین	۸۰۰
ژاپن	۳۵۵
فرانسه	۱۳۰
سایر کشورها	۳۱۵

همچنین همان طور که در نمودار زیر دیده می شود طول خطوط شبکه سیستم راه آهن سریع السیر موجود در جهان از سال ۲۰۰۴ با شیب زیادی رو به افزایش است.



طول خطوط راه آهن سریع السیر



طول خطوط راه آهن سریع السیر تا سال ۲۰۲۵

معرفی انواع خاک های مشکل دار

خاک های روانگرا

خاک ماسه ای اشباع هنگامی که تحت اثر ارتعاش های زلزله قرار گیرد ممکن است مانند گل مایع ناگهان به شکل یک سیال درآید. این پدیده روانگرایی نامیده میشود. در مفهوم گسترده تر روانگرایی پدیده ای است که در آن مصالح دانه ای به علت ارتعاش صرف نظر از اینکه توده ای خاک به وسیله ی آب اشباع شده باشد یا خیر؛ به حالت مایع در می آید. در خاک های ماسه ای قبل از این که زلزله و نیروهای ناشی از آن بتوانند از طریق تماس ذرات منتقل شوند؛ تماس های پایداری بین ذرات خاک وجود دارد. این امر موجب می شود که مقاومت برشی خاک، پایداری سازه هایی که بر سطح زمین قرار گرفته را تأمین نماید.

خاک های واگرا

خاکهای واگرا، خاک های رسی هستند که در آبهای با غلظت پایین نمک به راحتی شسته می شوند. این رس ها معمولا دارای مقادیر بالای یون سدیم در کاتیون های جذبی خود می باشند.

خاک های رسی تورم پذیر

خاک های تورم پذیر، خاک هایی هستند که در هنگام جذب آب متورم می شوند و پس از دست دادن آب، جمع می شوند. پدیده تورم مانند واگرایی نیز یک پدیده فیزیو شیمیایی است. همچنین این پدیده می تواند ناشی از جذب آب، یخبندان، بالا آمدن سطح آب زیر زمینی، باربرداری و تبلور بلورهای نمکی باشد.

خاک های ربنده

به ریزش خاک در اثر از دست رفتن مقاومت عامل پیوند دهنده ذرات خاک، ربندهگی گویند. اصولا پدیده ربندهگی فرآیندی است که طی آن بر اثر جذب آب توسط ذرات خاک نیروهای بین ذره ای طی مکانیزم های متفاوتی نظیر نرم شدگی، از بین رفتن نیروی مویبندی بین ذرات، حذف مکش در اثر اشباع شدن، از بین می رود.

معرفی روش های به سازی

ستون اختلاط عمیق

عبارت اختلاط خاک در عمق به روشی اطلاق می گردد که در آن مواد پایدارکننده ای نظیر سیمان یا آهک با استفاده از یک حفار با محور توخالی بصورت مکانیکی با خاک مخلوط می شود. فرآیند اختلاط خاک موجب تولید ستون یکنواختی (با پهنای ثابت) از خاک و ماده افزودنی می گردد. با همپوشانی ستون ها قبل از گیرش کامل، دیوارهای پیوسته ای زیر سطح زمین قابل احداث می باشند.

هدف از اختلاط خاک، دستیابی به پارامترهای ژئوتکنیکی اصلاح شده از قبیل مقاومت فشاری، مقاومت برشی و نفوذپذیری است که در زمینه های زیست محیطی نیز به منظور محدود کردن یا ثابت نمودن مواد شیمیایی مضر در خاک به کار می رود. در استفاده از اختلاط عمیق خاک، زمین در شرایط درجا اصلاح می شود، مشخصات ژئوتکنیکی آن به سطح قابل قبول رسانده می شود و این زمین اصلاح شده بخشی از سیستم خاک و سازه می گردد. کنترل و تایید کیفی کار نیز در این روش مقدور است. دستگاه اختلاط ممکن است دارای مته های تکی به قطر ۶/۱ تا ۱/۵ متر و یا مجموعه ای از ۲ تا ۸ مته به قطر تقریبی ۱/۵ متر باشد. این ستون ها در آمریکا تا عمق ۲۰ متر و در ژاپن تا عمق ۶۰ متر اجرا شده است.

روش ستون شنی

روش تراکم یا جایگزینی ارتعاشی از حدود سالهای ۱۹۳۰ در اروپا و ۱۹۷۰ در آمریکا و سایر نقاط جهان، جهت اصلاح عمیق خاکهای دانه ای، چسبنده و مخلوط توسط مهندسين مورد استفاده قرار گرفته است. هرچند سابقه تاریخی استفاده از این روش به سالهای ۱۸۳۰ در فرانسه برمی گردد. این روش که ماهیتی فیزیکی - مکانیکی دارد، امروزه توسط پیمانکاران متعددی در سرتاسر جهان به خوبی و با موفقیت اجرا می گردد و به حدی در عرصه مهندسی ژئوتکنیک جا افتاده که یکی از کارآمدترین روش های بهسازی خاک می باشد. در سالهای اخیر، پیمانکاران و مشاوران ژئوتکنیک

سطح خاک با استفاده از کوبه‌هایی با وزن ۵ تا ۴۰ تن از ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ متر است. از آنجا که تجهیزات و تکنولوژی مورد نیاز این روش، ساده و در دسترس است، در حال حاضر این روش یکی از متداول‌ترین روش‌های بهسازی استفاده شده در کشور است. اما چون اساس طراحی آن هنوز تجربی است و تعداد پارامترهای متغیر در این روش زیاد است؛ برای رسیدن به یک الگوی بهینه کوبش، در چند ناحیه، تراکم آزمایشی همراه تعدادی آزمایش، قبل و بعد از کوبش انجام می‌شود. با توجه به هزینه قابل توجه تراکم آزمایشی و آزمایش‌های مورد نیاز، می‌توان با مدلسازی عددی این عملیات، کارایی و دقت این روش را بالاتر برد و هزینه‌ها را کاهش داد.

داخلی نیز با تهیه وسایل و تجهیزات لازم، مبادرت به اجرای موفق این روش در ایران نموده‌اند.

طی اجرای این روش در خاک‌های نامتراکم یا سست، در نقاط معلوم از زمین و در یک شبکه منظم، ستون‌های متراکمی که دارای دانه‌بندی مناسبی نیز می‌باشند، ایجاد می‌گردد که در حقیقت از جایگزینی و متراکم شدن جزیی و نسبی توده خاک موجود ساختگاه و مصالح شن و ماسه‌ای با دانه بندی مناسب، حاصل شده‌اند. به عبارت دیگر این روش تلفیقی از دو روش تراکم ارتعاشی و جایگزینی ارتعاشی می‌باشد.

تراکم دینامیکی

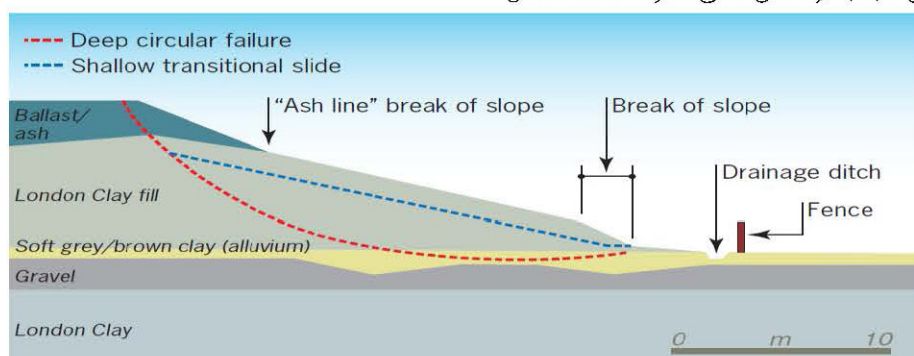
یکی از روش‌های بهسازی، روش تراکم دینامیکی است. این روش شامل اعمال ضربات تکراری با انرژی زیاد بر

فصل سوم: مروری بر ادبیات فنی

به سازی خاکریز راه آهن ویکتوریا

می شوند، و از آنجا خارج می شوند. در خاکریز مورد بررسی ارتفاع خاکریز ۹ متر و زاویه شیب ۲۲ درجه بوده است، مقطع عرضی خاکریز به همراه مشخصات خاک که شامل خاک رس لندن، پوشش آبرفتی و شن می باشد در شکل قابل مشاهده است. با توجه به اینکه روش عمل آوری الکتریکی پارامترهای مقاومت برشی خاک و سختی خاک را افزایش می دهد. مهندسین برای جلوگیری از لغزش خاکریز و بهبود خواص خاک از این روش استفاده کرده اند.

جنس خاک خاکریز راه آهن ویکتوریا در لندن، رس نرم می باشد و یکی از راه های موثر تقویت آن، کاهش میزان آب است. چنین خاک هایی زهکشی آزادانه ندارند و از این رو نمی توان تنها از طریق نصب زهکش های زیرسطحی آبرزدایی کرد، بلکه باید جریان آب را به داخل زهکش ها القا کرد. روش هر چند پر هزینه برای خطوط موجود (در حال بهره برداری) آبرزدایی از طریق الکترواسمز است. با این روش جریان مستقیم برق از میان خاک بین دو الکتروود عبور می کند. مولکول های آب به زهکش های اطراف کاتد منتقل

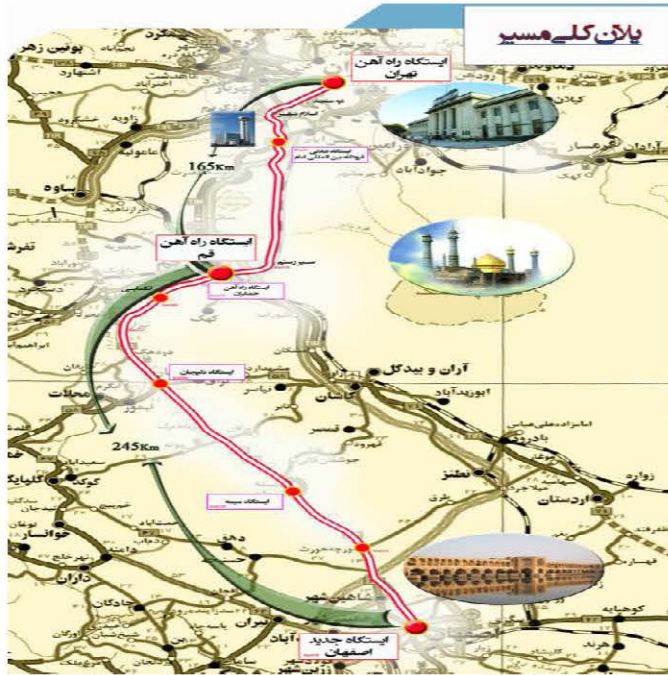


نمای شماتیک خاکریز راه آهن ویکتوریا

فصل چهارم : مطالعه موردی راه آهن سریع السیر تهران - قم - اصفهان

کلیات

با توجه به سیاست های کلان دولت در راستای افزایش حمل و نقل ریلی، راه آهن سریع السیر تهران-قم-اصفهان مورد توجه همگان قرار گرفته است. در فصل چهارم مجموعه حاضر به مطالعه و بررسی چالش های عبور این محور، از بسترهای ناپایدار پرداختیم.



قسمت اول: دریاچه نمک قم

موقعیت پروژه

راه آهن سریع السیر تهران- قم-اصفهان از ایستگاه فعلی راه آهن تهران شروع می شود، طول مسیر حدودا ۴۰۶ کیلومتری با شد. قسمت تهران- قم طولی معادل ۱۶۱ کیلومتر دارد و در محوطه جدید ایستگاه راه آهن تهران، که برای راه آهن سریع السیر در نظر گرفته شده است، شروع می شود. محور قم-اصفهان نیز طولی معادل ۲۴۵ کیلومتر دارد. دریاچه نمک از کیلومتر ۸۴+۲۰۰ تا ۱۰۳+۰۰۰ در محدوده دریاچه نمک قم می باشد که راه آهن دو خطه بالاستی با سرعت ۳۰۰ کیلومتر بر ساعت انجام شده است.

۴-۱-۲ نوع زمین

قطار از قسمت دریاچه نمک خشک شده عبور می کند

که سطح زمین صاف و یکدست می باشد که در اثر ته نشینی مواد و سپس خشک شدن آب آن به وجود آمده است. ارتفاع زمین از سطح دریا ۸۰۳ تا ۸۱۶ متر، شیب طبیعی آن در حدود ۱ الی ۳ درجه و اختلاف ارتفاع آن ۱ الی ۲ متر در مناطق مختلف است. علاوه بر این در اطراف این قسمت با صحرا برخورد می کند، مانند این که این دریاچه مانند یک جزیره در میان صحراست. خاک لایه بالایی دریاچه از جنس خاک نمکی است. در این دریاچه معمولا لایه خاک نمکی بیشتر از ۶/۵ متر نمی شود. در لایه های پایینی یک لایه با ضخامت بیش از ۷۰ متر وجود دارد. یک خط راه آهن در سمت چپ این دریاچه وجود دارد و همچنین وجود جاده های دسترسی به این قسمت حمل و نقل را راحت میکند.



نقشه دریاچه نمک قم از کیلومتر ۱۰۳+۰۰۰ الی ۸۴+۲۰۰

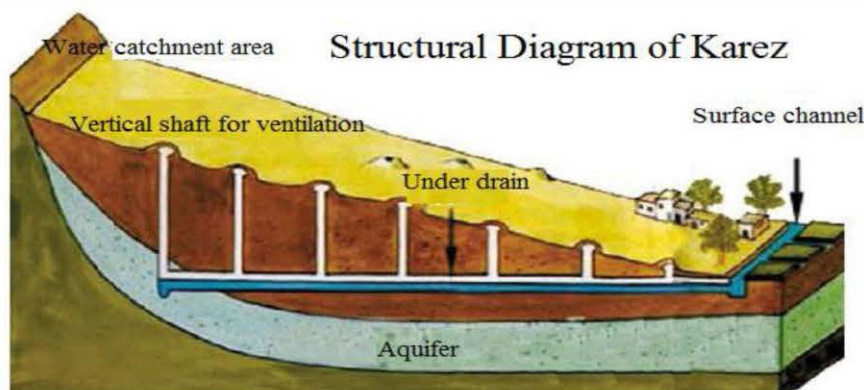


نمای دریاچه نمک خشک شده قم

قسمت دوم: قنات ها

شروع می شوند، چرا که آب در این مناطق قابل دسترس تر است. آب از مخزن اصلی، توسط تونل قنات به آرامی به جلو حرکت می کند. هرچه آب جلو تر میرود به سطح زمین نزدیک تر می شود. این پدیده به خوبی در شکل زیر قابل مشاهده است.

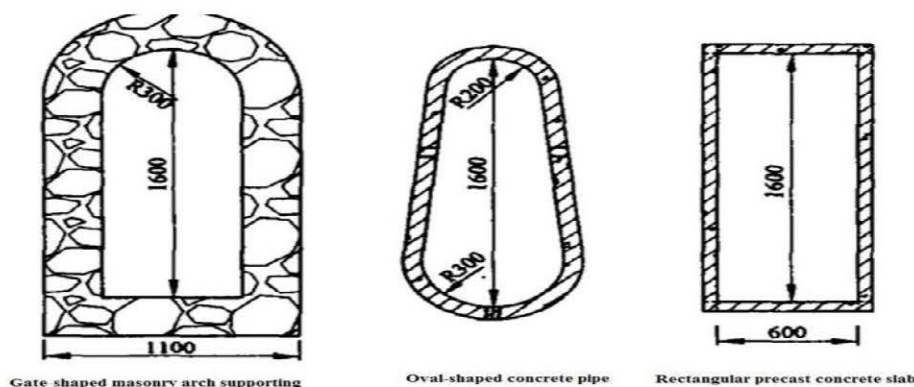
قنات ها، به عنوان یک سری شفت هایی به شکل عمودی، برای بهره برداری از آبهای زیرزمینی، در مناطق بیابانی قابل استفاده است. قنات ها با استفاده از شیب طبیعی، آب را به مسیر دلخواه هدایت می کند از طرفی به دلیل ارتفاع زیاد آن تا سطح زمین مانع تبخیر مقدار بالای آب می شود. قنات از شفت عمودی، تونل زیر زمینی و سد آبخیری (مخزن کوچک) تشکیل شده است. قنات ها معمولا از زیر کوه ها



اطلاعات قنات های موجود در طول مسیر راه آهن

تقویت کننده و مقدار کمی از شفت ها توسط راکفیل یا لوله های بتنی مورد استفاده بودند. انواع سطح مقطع قنات های مسیر در شکل ۴-۲۲ قابل مشاهده است. با توجه به این که این قنات ها در زیر راه آهن سریع السیر قرار دارند؛ در شرایط ارتعاشات قطار به آسانی تخریب می شوند و سطح زمین را تغییر می دهند و در نتیجه باعث ایجاد سانحه برای قطار می شوند و تهدیدی جدی برای ایمنی هستند.

با توجه به اکتشافات زمین شناسی اولیه، به طور کلی ۷۷ قنات در طول مسیر مشاهده شد، از این تعداد ۴۰ مورد در بخش تهران - قم و ۳۷ مورد دیگر در قسمت قم-اصفهان وجود دارد. قنات های کشف شده عمدتاً شامل شفت های عمودی و کانال هایی به عرض حدود ۰/۷۵ تا ۳ متر و ارتفاع ۰/۹ تا ۳/۵ متر بودند. حداقل عمق دفن شفت ها تقریباً ۲/۴ متر و عمق اکثریت آن ها بین ۵ تا ۲۰ متر بود. البته حداکثر عمق شفت ها به ۴۰ متر هم می رسید. اکثر شفت ها بدون



شکل ۶-۲۲ انواع مقطع قنات ها

فصل پنجم: جمع بندی

را اصلاح کرد. تراکم دینامیکی از روشهای دیگر تثبیت خاک های رمنده هستند. هدف اصلی در رابطه با خاک های رمنده اصلاح دانه بندی خاک است. همچنین با استفاده از مواد پایدارکننده و افزودن یک یا چند ماده به خاک خواص شیمیایی و فیزیکی آن تغییر می یابد. علاوه بر تثبیت با محلول های شیمیایی، تثبیت با سیمان، تثبیت با آهک و تثبیت با آهک و خاکستر بادی از جمله مواد استفاده شده در بهسازی این نوع خاک هستند.

شناخت پدیده واگرایی و شناسایی خاکهای واگرا باعث شده که در انتخاب منابع قرضه خاک های ریزدانه ضوابط بیش تر و دقیق تری در نظر گرفته شود. پس به طور کلی اولین راه حلی که در مواجهه به خاکهای واگرا بررسی می گردد، عدم استفاده از آن هاست. اما اگر استفاده از خاک های واگرا ضرورت داشته باشد، باید برای مقابله با پدیده ی آبشستگی در آن ها چاره ای اندیشید، که شامل بهبود با افزودن مواد شیمیایی مانند آهک، سولفات آلومینیوم، یا استفاده از فیلتر در مواجهه با این گونه خاک ها است.

در رابطه با خاک های انبساطی (تورم پذیر) یکی از ابزارهای معمول جهت بهینه سازی عملکرد این خاک ها از پیش مرطوب نمودن و یا غرقاب نمودن سایت قبل از ساخت می باشد. در مورد این خاک ها تثبیت شیمیایی با آهک، سیلیکات سدیم و یا دیگر مواد شیمیایی غالباً از کارایی لازم برخوردار نمی باشد.

مناسب ترین روش های بهسازی متناسب با نوع خاک استفاده از هر کدام روش ها با توجه به موقعیت پروژه و همچنین شرایط زمانی، اقتصادی، نیروی انسانی و ... و همچنین نوع خاک بستر صورت می گیرد، اما به طور کلی مناسب ترین روش های کاهش خطرات روانگرایی عبارتند از:

- استفاده از روشهای ژئوتکنیکی
- گودبرداری و تعویض خاکهای مستعد روانگرایی
- چگال تر کردن خاکهای موجود
- تغییر ماهیت خاک
- زهکشی

همچنین کاهش خطرات روانگرایی از طریق طراحی سازه ای عبارتند از:

- پی های شبکه ای (نواری متعامد)
- پی های گسترده به شکل دال و تیر
- پی های صندوق های پس از گودبرداری خاک مستعد روانگرایی
- پی های عمیق و عبور از لایه روانگرا و اتکا به خاک و یا سنگ مناسب
- تلفیق پی های گسترده و ریز شمع ها

همچنین اصلاح خاک های رمنده شامل تراکم خاک، تثبیت مکانیکی، تثبیت با محلولهای شیمیایی و تثبیت با مواد پایدار کننده است. با تراکم کردن خاک یا خاکبرداری و تراکم مجدد آن در چندین لایه می توان خاک



EN

پایان
بخش فارسی



FA

**End of
English Part**



Rahesevom Subscribe



<https://goo.gl/ZCJKVH>

www.Rahesevom.org

Testing Techniques”, Fifth International Heavy Haul Conference, Beijing, 1993.

[6]. Zobory, Istvan, Bekefi, Elemer, “on real-time simulation of the longitudinal dynamics of trains on a specified railway line”, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 23, 3-18, 1995.

[7]. S. Barbosa, Roberto, I. Weber, Hans, Longitudinal train dynamics, *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences*, 18, 107-116, 1996.

[8] Oyan C, “Dynamic simulation of Taipei EMU train, *Vehicle System Dynamics*”, 30, 143-167. 1998.

[9] Verbitskiy, V.G., Lobas, L.G, “Simulation of dynamic behavior of monorail car,

Engineering Simulation”, 18, 119-130. 2000.

[10]. McClanachan, M., Cole, C., Roach, D., and Scown, B., “An Investigation of the Effect of Bogie and Wagon Pitch Associated with Longitudinal Train Dynamics”, *The Dynamics of Vehicles on Roads and on Tracks-Vehicle System Dynamics Supplement 33*, Swets & Zeitlinger, Amsterdam, pp. 374 – 385, 1999.

[11]. M. Ansari, D. Younesian, E. Esmailzadeh, "Sensitivity Analysis in Longitudinal Freight Trains Dynamics", ASME conference, 2008.

[12]. M. Ansari, D. Younesian, E. Esmailzadeh, "Effects of load distribution patterns on the Longitudinal Freight Trains Dynamics", CSME conference, 2008.

[13]. Simon Iwnicki, “Handbook of Railway Vehicle Dynamics”, Published by CRC

Press, ISBN 0849333210, 9780849333217, 2006.

[14]. Jhon Rimón, "Nonlinear Investigation of Two DOF Stick Slip System", Elsevier Science Publishers, 2009.

[15] Railway Technical Web Pages, "Air Brakes", This Page introduced 3 May 1999 and last updated 1 February 2001.

[16]. UIC Leaflet 544-1, “Brakes- Braking Power”, 2004.

[17] New York Air Brake, a Unit of Knorr Brake "Fundamentals of Railway Vehicle Braking”, 748, Starbuck Avenue, Water Town New York 13601.

[18]. Andrews H. I, "Railway Traction", Elsevier Science Publishers, 1986.

[19]. UIC Leaflet 540-1, air-Braking system, 2004.

Symbols and Notations

φ is slope of the friction wedge

λ constant which depends on the car brake system

μ_s static friction coefficients

η_{dyn} dynamic efficiency of the rigging ratio

μ_k dynamic friction coefficients

β friction curve gradient around the point where the friction polarity changes.

8-4 Results for stopping distances

Change in the train stopping distance and stopping time for different brake delay time and train velocities are shown in Fig. 19. As can be seen, the effect of brake delay time on stopping distances increases as train forward velocity increases.

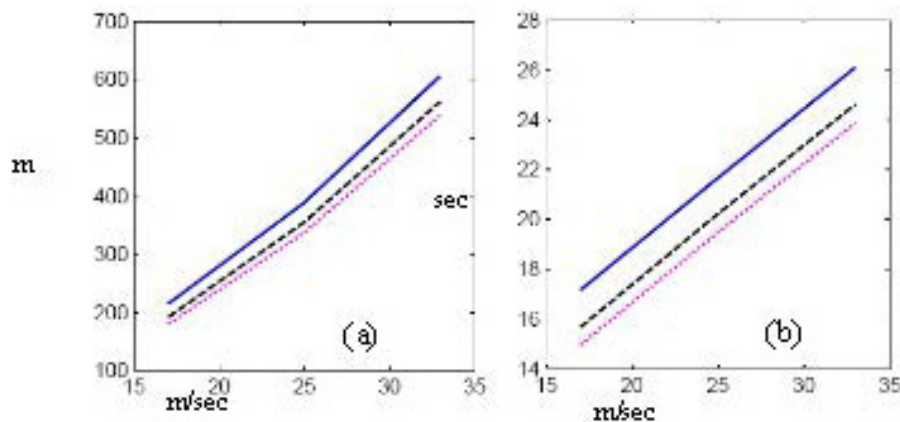


Fig. 19 Effect of braking delay time on stopping distance (a) and stopping time (b) (... 0.02 sec, --- 0.06 sec and _ 0.1 sec)

10- Conclusion

Effects of braking delay time on train longitudinal dynamic were computationally studied precisely in this paper using simulation technique. The train contained one locomotive and fifty two wagons equipped with automatic couplers running on a straight track at three different forward velocities. The train was modeled as a multi lumped mass. The locomotive dynamic brake and air brake of the cars were theoretically modeled in the simulation. The brake delay times of 0.02, 0.06 and 0.1 seconds were considered. The simulation results suggest that for all three different delay times considered, the magnitude of the maximum compression force decreases as train forward velocity increase.

For all cases considered, the location of the maximum compression force seemed to be at the last third portion of the train length. The simulation results suggested that the maximum in-train compression forces are the highest for the brake delay time of 0.1 seconds. For this longest delay time the maximum compression force was calculated to be about 993 KN for the case of train forward velocity of 60 km/hr. Regarding the in-train tensile forces, the computed results showed that the magnitude of the maximum tensile forces increased as train forward velocity increased for all brake delay times considered.

It was also noted that the number of the cars which

experiences tensile force increased as the train forward velocity increased and only the cars located in the first third part of the train length experienced in-train tensile forces. This type of in-train forces occur at the final stage of the braking period. It was interesting to observe that the number of the cars which experiences tensile force decreased as both braking delay time and train forward velocity increased.

The magnitude of the maximum tensile force relatively increased as brake delay time decreased. With the increase of the train brake delay time there was no change on the locations of the maximum compression and tensile forces.

References:

[1]. Rao, J. S., Raghavacharyulu, E., Kumar, N, "Mathematical modeling to simulate the transient dynamic longitudinal force draw bars of a train-consist", *Journal of Sound and Vibration*, 3, 365-379, 1984.

[2]. Duncan, I. B. and Webb, P. A., "The Longitudinal Behavior of Heavy Haul Trains Using Remote Locomotives", Fourth International Heavy Haul Conference, Brisbane, pp. 587 - 590, 1989.

[3]. Jolly, B. J. and Sismey, B. G., "Doubling the Length of Coak Trains in the Hunter Valley",

Fourth International Heavy Haul Conference, Brisbane, pp. 579 - 583, 1989.

[4]. K. Fukazawa, "Coupler forces of 1000t class two-axle freight trains", *Quarterly Report of RTRI*, 33, 166-168, 1992.

[5]. El-Sibaie, M., "Recent Advancements in Buff and Draft

higher delay times, it is observed that the number of the cars which experience tensile forces is increased considerably. The magnitudes of the maximum tensile forces are nearly constant. These maximum magnitudes are calculated to be 125.1, 130.6

and 100.2 kN for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/sec respectively.

The time when the maximum in-train tensile forces of individual couplers occur is shown in Fig. 17-(b). It is seen that the maximum tensile force occurs at a considerably longer

time during the train braking period and seem to be relatively constant. Unlike to the previous case periodic change (oscillations) in the in-train tensile force does not clearly occur for this case of short braking delay time.

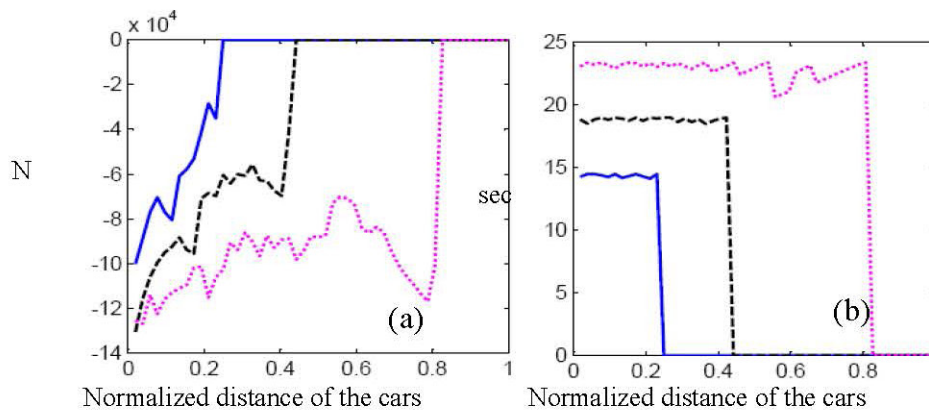


Figure. 17 Maximum longitudinal tensile coupler forces along the train (a) and its occurrence (b) for short brake delay time of 0.02 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and - - 17 m/sec)

The computed averaged in-train compression forces along the train for brake delay time of 0.06 sec and for different velocities are plotted in Fig 18-(a). The maximum values of these compression forces are calculated to be 28.13, 39.46 and 60.29 kN for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/sec respectively. It is seen that the position of the maximum averaged compression force is nearly at the middle of the train and, similar to the previous

cases, shifts towards the end of the train as train forward velocity increases.

The averaged in train tensile forces along the train length for short braking delay time are presented in Figs. 18-(b). The maximum values of these tensile forces are calculated to be 26.59, 19.89 and 15.77 kN for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/sec respectively.

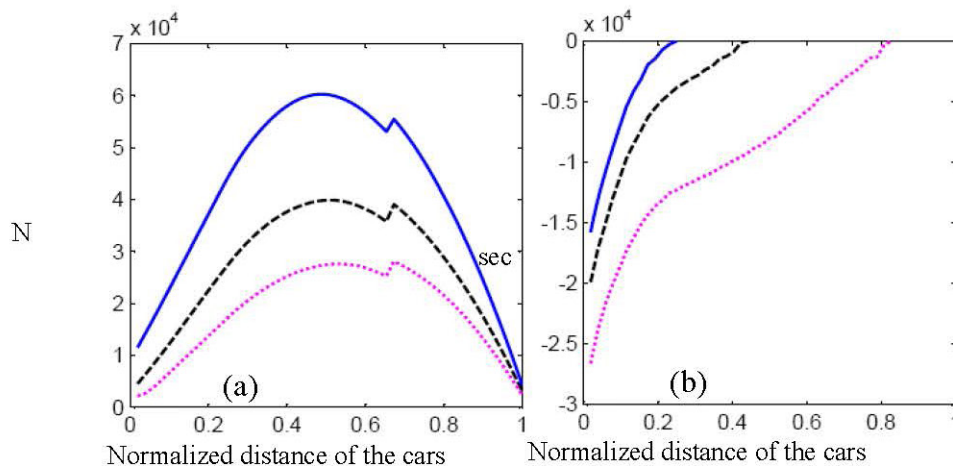


Fig. 18 Averaged longitudinal compression force (a) and averaged longitudinal tensile force (b) short brake delay time of 0.02 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and - - 17 m/sec)

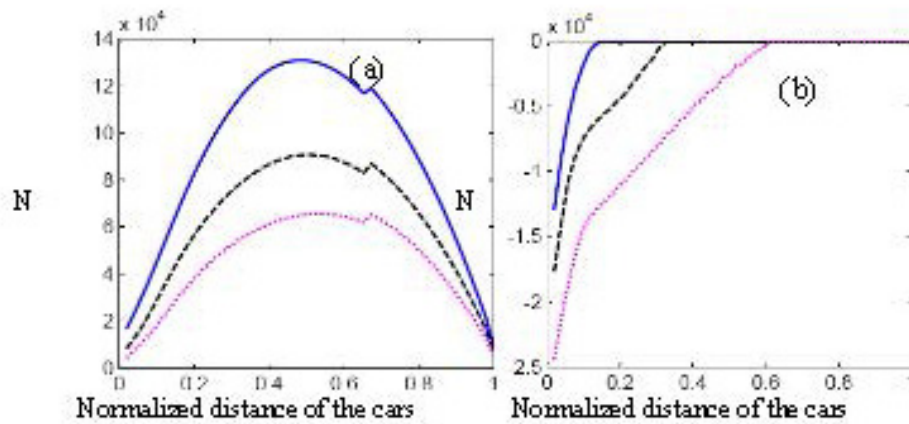


Figure. 15 Average longitudinal compression coupler force (a) and average longitudinal tensile coupler force (b) for medium brake delay time of 0.06 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and __ 17 m/sec)

8-3 Results for short braking delay time

The simulation results for short braking delay time of 0.02 sec under three different train forward velocities of 33, 25 and 17 m/sec showed similar phenomena discussed above for long and medium train braking delay times of 0.1 and 0.06 seconds were also observed here. Here, the corresponding three dimensional maps are not presented for the sake of brevity. It should be mentioned that for this case, the level of the maximum calculated longitudinal in-train compression forces are comparatively less than the previous cases (70% and 50% compared with long and

medium braking delay times respectively). Moreover, it is seen that higher number of cars along the train experience in-train tensile coupler forces in this case. The calculated results of in-train maximum compression force of individual cars for short braking delay time are presented in Fig. 16-(a). As can be seen the same trend discussed for previous cases (Figs. 10 and 13) are identified. However, for this case the maximum value of the compression force is decreased considerably whereas its location is not changed much. The maximum values of these

compression forces are calculated to be 186.8, 216.9 and 276.6 kN for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/sec respectively. Again, it is interesting to see that the magnitude of the maximum compression force decreases as train forward velocity increases. The instant when the in-train maximum compression force for individual couplers occurs is presented in Fig. 16-(b). It can also be seen that the train forward velocity has little effect on the occurrence time of the maximum in-train compression force for this short braking delay time.

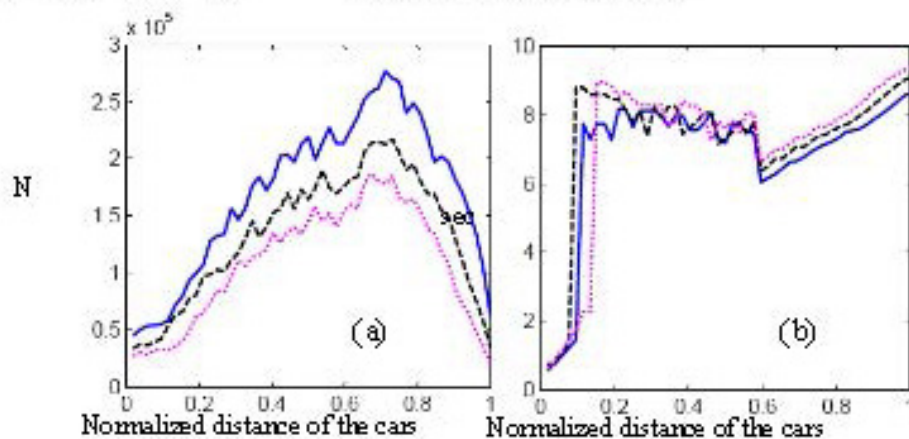


Fig. 16 Maximum longitudinal compression coupler forces (a) and its occurrence time (b) for train brake short delay time of 0.02 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and __ 17 m/sec)

The maximum in train tensile forces along the train length for

short braking delay time under three different velocities are

presented in Fig. 17-(a). Compared with the previous

The instant when the in-train maximum compression forces for individual couplers occur are presented in Fig. 13-(b) for different train forward velocities considered. Similar to the previous cases, it can be seen that the first two couplers soon experience compression forces. However, for the

rest of the cars the occurrence time of maximum compression force is nearly the same at about 8 sec. Again, it is seen that the train forward velocity has little effect on the occurrence time of the maximum in-train compression forces for different train velocities considered.

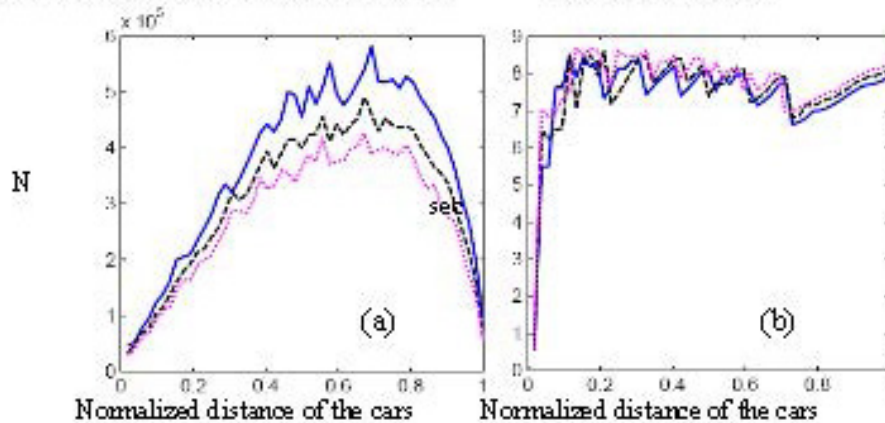


Fig. 13 Maximum longitudinal compression coupler forces along the train (a) and its occurrence time (b) for medium brake delay time of 0.06 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and __ 17 m/sec)

The maximum in train tensile forces along the train length for the 3 cases of medium delay are presented in Fig. 14-(a). Compared with the previous case, it is observed that the number of the cars which experience a tensile force increase and the magnitude of the maximum force remains nearly the same. The maximum values of these tensile forces are calculated to be 122.1, 149.6 and 84.4 kN for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/s

respectively. The instant of the occurrence of in-train maximum tensile force for individual couplers for different train forward velocities has been shown in Fig 14-(b) it is seen that the maximum tensile force occurs at the very last stage of the train braking period. This instant is calculated to be 20.93 to 24.13, 19.44 to 19.73, and 14.66 to 15.18 for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/s respectively.

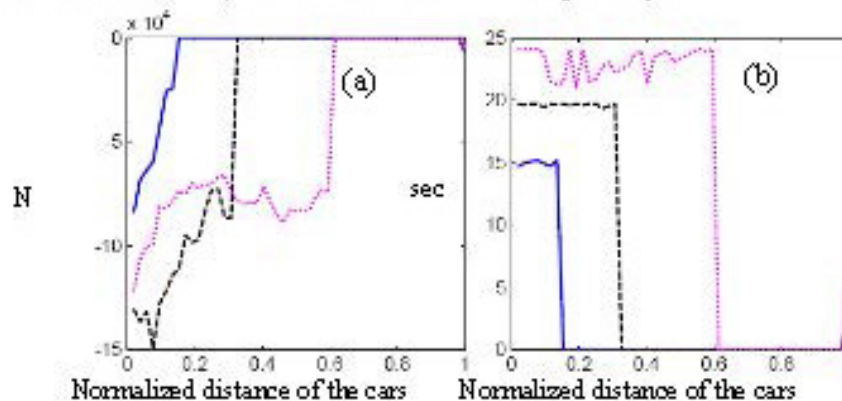


Fig. 14 Maximum longitudinal tensile coupler force along the train (a) and time when it occurs (b) for medium brake delay time of 0.06 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and __ 17 m/sec)

The computed averaged in-train compression forces along the train for brake delay time of 0.06 sec and for different velocities are plotted in Fig 15-(a). The maximum values of these compression forces are calculated to be 65.31, 90.059 and 130.9 kN for train forward velocity of 33, 25 and 17 m/s respectively. It can be seen that the maximum averaged compression force occurs nearly at the

middle of the train. This location seems to slowly shift towards the right as train forward velocity increases. The averaged in train tensile forces along the train for these cases are presented in Figs. 15-(b). The maximum values of these tensile forces are calculated to 24.47, 17.69 and 12.94 kN for train forward velocity of 33, 25 and 17 m/s respectively.

The calculated averaged in-train compression and tensile forces along the train for individual cars are plotted in Fig. 12-(a) and (b) respectively.

Here, the averaged compression and averaged

$$\text{Average compression force} = \frac{\int_0^{t_b} (|f(t)| + f(t)) dt}{2 * t_b} \quad \text{tensile force}$$

$$\text{Average tensile force} = \frac{\int_0^{t_b} (f(t) - |f(t)|) dt}{2 * t_b} \quad (11)$$

$$(12)$$

In the above formula $f(t)$ and t_b are autocoupler force and brake application time.

From Fig.12-(a) it can be seen that, irrespective of train velocity, the maximum average force occurs at nearly the middle of the train indicating that the in-train compression forces occur in the nearly middle of the train during the whole train braking period. The maximum values of the averaged compression forces are calculated to be 134.9, 172.4 and 224.3 kN for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/s respectively.

From Fig.12-(b) it can be seen that the averaged in-train tensile force increases with the increase of forward velocity. The maximum values of these averaged tensile forces are calculated to be 19.7, 14.6 and 9.1 kN for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/s respectively. It should be noted that magnitude of the averaged tensile force is quite lower than the averaged in-train averaged compression force for all cases.

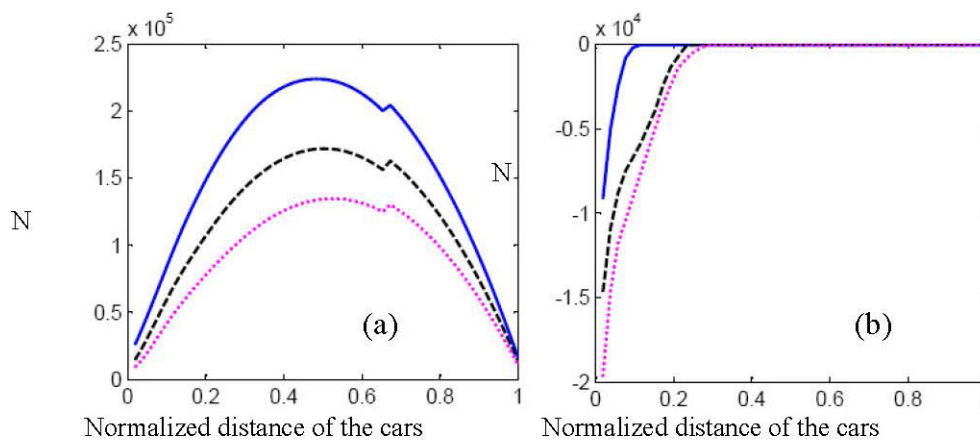


Figure. 12 Averaged longitudinal compression force (a) and averaged longitudinal tensile force (b) for long brake delay time of 0.1 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and ___ 17 m/sec).

8-2 Results for medium braking delay time

For the case of medium braking delay time of 0.06 sec, the simulations for three different train forward velocities of 33, 25 and 17 m/sec were carried out. Similar phenomena discussed above for long braking delay time (discussed regarding Fig. 9) were observed here. The corresponding three dimensional maps are not presented here for the sake of brevity. The calculated results of in- train maximum compression force of individual cars for this medium braking delay time are presented in Fig.13-

(a). As can be seen the same trend discussed for Fig. 10-(a) are identified. For this case, however, the maximum values of compression forces are decreased about 40 percent whereas its location is remained nearly constant. The maximum values of compression forces are calculated to be 581.8, 491.4 and 426.6 kN for train forward velocities of 17, 25 and 33 m/s respectively. Similar to the previous case, the magnitude of the maximum compression force decreases as train forward velocity increases.

The maximum in-train compression forces for individual cars along the train length are presented in Fig. 10- (a) below for three different velocities considered. Here, the vertical axis represents force (N) and horizontal axis represents the non-dimensional distance of the wagon location from the train leading head. As can be seen, the location of the maximum compression force is to be at the last third part of the train length at the end of the train. The maximum value of compression forces is calculated to be 754.8, 848.2 and 993.1 kN for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/s respectively. It is interesting to see that the magnitude of the

maximum compression force decreases as train forward velocity increases.

The instant when the in-train maximum compression forces for individual couplers occur are presented in Fig. 10-(b) for different train forward velocities considered. It can be seen that except for the first two couplers, the occurrence time of the maximum compression force is nearly the same at about 10 sec. It can also be seen here that the train forward velocity has little effect on the occurrence time of the maximum in-train compression forces for the cases under investigation.

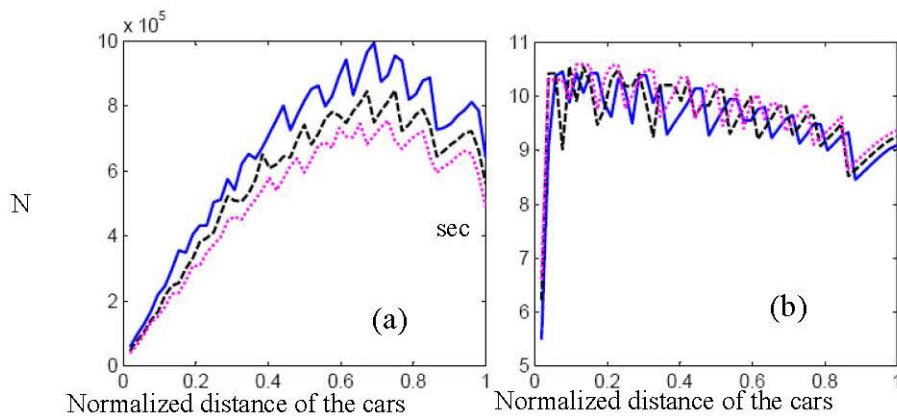


Figure. 10 Maximum longitudinal compression coupler forces (a) and the time when it occurs (b) for brake delay time of 0.1 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and __ 17 m/sec).

The simulation results for the maximum in-train tensile forces along the train are presented in Fig. 11-(a). It can be seen that through the braking period, only the wagons located very close to the locomotive experience tensile forces. It is also interesting to see that occurrence of the tensile forces is in the last few seconds at the final stage of the braking period. It is identified that the number of cars which experiences tensile force increases as the train forward velocity increases. The maximum values of these tensile forces are calculated to be 129.6, 164.9 and 77.8 kN for train forward velocities

of 33, 25 and 17 m/s respectively. These values are considerably less than that of yielding values of the coupler material.

Figure 11-(b) shows that the in-train maximum tensile force for individual couplers occurs at a short duration of time at very last stage of train braking period. This duration is calculated to be 21.39 to 26.4, 21.51 to 21.94 and 17.01 to 17.46 seconds for train forward velocities of 33, 25 and 17 m/s respectively. It is interesting to see that a clear periodic (oscillation) change in the in-train tensile force occurs for high velocity of 33 m/sec.

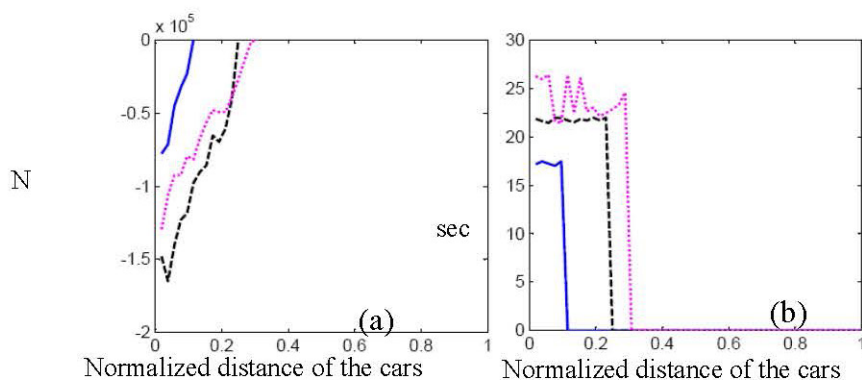


Figure. 11 Maximum longitudinal tensile coupler forces (a) and the time when it occurs (b) for long brake delay time of 0.1 (... 33 m/sec, --- 25 m/sec and __ 17 m/sec)

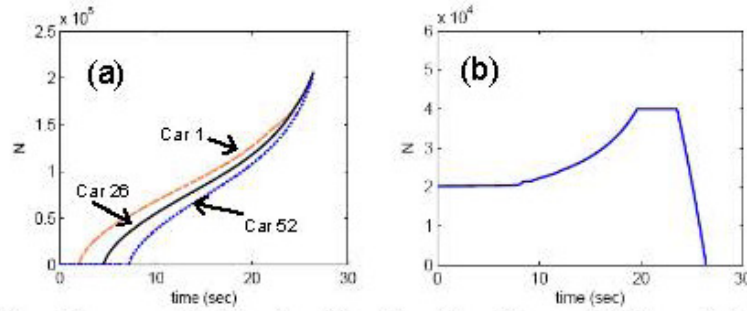


Fig. 8 Braking effort versus braking time (a) air braking effort and (b) dynamic braking effort

The results for long brake delay time of 0.1 sec at three different train forward velocities of 33, 25 and 17 m/sec are presented, both in three dimensional and counter plots in Figs. 9-(a) to (c) respectively. It is shown in these figures that in the initial stage of

braking, while the brake signal pressure reaches end of the train, the in-train forces between the couplers are practically low. This is because the cylinder pressure and hence the braking effort is low during the individual cylinder pressure build up time.

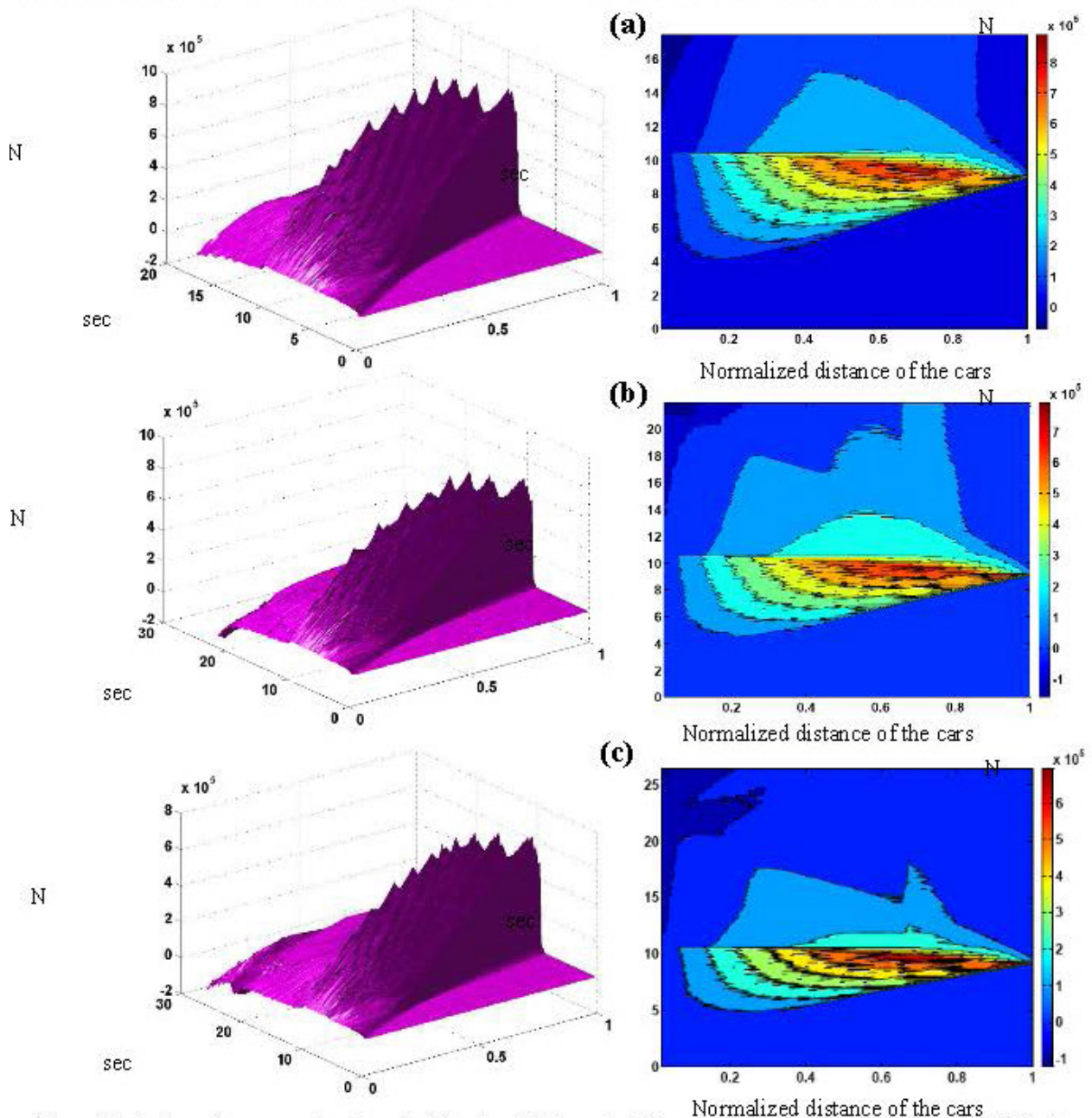


Figure 9 In-train coupler compression forces for delay time of 0.1 sec /train forward velocity (a) 17 m/s, (b) 25 m/s and (c) 33 m/s.

$$F_r = K_1 (2.943 + 89.2/m_{pa} + 0.0306 V + 1.741 K_2 V^2 / m_t) \cdot m_t \quad (10)$$

Here K_1 and K_2 are empirical constants, m_{pa} is mass supported per axle in tone and m_t represents total mass of the train.

7- Simulation condition

The train consisted of one locomotive and 52 freight cars. The locomotive and cars were those in use by Iranian Railways. The dynamic brake and traction characteristics of the locomotive and the rolling resistance of the train (locomotive and wagons) were discussed in the previous sections above. The Locomotive is located at the front of the train

working in a pull mode. The braking was considered to be a full braking effort. In this mode of brake application it is assumed that the engine is cut-off and the dynamic braking initiates simultaneously with air braking. Other train specifications are given in Table1.

Table 1 Train specifications

Effective mass of locomotive	110 tonnes
Effective mass of each wagon	70 tonnes
Rigging ratio for locomotive	13.61
Rigging ratio for wagon	11.76
Number of brake shoes for each wagon	16
Brake shoe effective area	0.009 mm²
Maximum brake cylinder air pressure	4 bars
Effective area of brake cylinder	1295 mm²
Length of car body	15.8 m
Draft gear course	0.11 m
Coupler Slack	0.02 m
Time needed for reaching maximum brake force	20 seconds
Limiting Stiffness or Locked Stiffness	17 mN/m
Dynamic braking force in extended region	300 KN
Extended region in dynamic brake characteristics curve	30 to60 km/h

In this study, the freight cars are equipped with knorr air brake system and the locomotives are equipped with Sab Wabco air brake system and improved GT26 locomotive's dynamic brake system as are in Iranian railways. In the modeling of the train, the characteristics of these systems were used. Here, the maximum air braking effort for individual cars are about 206 kN and the maximum pneumatic and dynamic braking efforts are 240 and 40 kN respectively. It is necessary to mention that the maximum braking effort is usually about 30 to 35 percent of the vehicles (locomotives and cars) in railways.

8- Simulation results

8-1 Results for long brake delay time

The wagon braking effort versus time for car 1, car 26 and car 52 are shown in Fig. 8(a) for delay time of 0.1 and train initial velocity of 33 m/sec. Similar behavior was observed for delay time of 0.06 and 0.02 sec at different velocities.

Computer simulations have been performed using MATLAB commercial computational software version 7.0.4. The method used to solve the equations of motion is fourth-order variable step size ode23t (Mod.stiff/Trapezoidal) with the minimum step size less than 0.00001 sec with the initial step size of 0.001. The maximum step size of auto mode is selected.

Simulations are conducted for three different cases of long, medium and short braking delay times of 0.1, 0.06 and 0.02 seconds between successive cars respectively. For each case, three different train forward velocities are also considered for investigating the effect of train forward velocity on longitudinal train dynamic.

The dynamic brake effort curve which is used in longitudinal train dynamic modeling of this paper is shown in Fig 8 (b). It should be noted that in this study the dynamic brake system is applied to the locomotive only

speed of the brake signal which is 10 to 25% under the speed of the sound in open air [18]. Additionally for long trains, as a result of decrease of the rate of change of air pressure along the air brake pipe, the distributor valve reaction time for wagons at the rear end of train can be longer than that of cars at the

$$F(t) = P(t) \cdot f_b \cdot A \cdot i \cdot \eta_{dyn} \quad (6)$$

Here $F(t)$ and $P(t)$ are time dependent car brake force and cylinder pressure respectively. A is effective area of the brake cylinder and i is rigging ratio whereas f_b and η_{dyn} are friction coefficient and

front end [19]. The late start of the brake cylinder built up pressure at the rear end of the train and the eventual longer brake application time leads to the rear cars running in to the front cars and produce large in train forces. With this knowledge brake force can be formulated in such a form as:

dynamic efficiency of the rigging ratio respectively. These are parameters which depend on the train brake system.

The function $P(t)$ is given by:

$$\begin{cases} P(t) = \left(\frac{t - t_{delay}}{t_{max}} \right)^\lambda u(t - t_{delay}) p_{max} & \text{if } t < t_{max} + t_{delay} \\ P(t) = p_{max} & \text{if } t > t_{max} + t_{delay} \end{cases} \quad (7)$$

In this relation:

p_{max} = maximum cylinder air pressure

t_{max} = time needed for reaching maximum cylinder air pressure

t_{del} = car application delay time

u = unit step function

λ = constant which depends on the distributor valve of the cars

t = time, starting from the initiation of the train braking

There are different formulas for different types of brake shoes. In the present study, the cars were

equipped with cast iron brake shoes. For this type of shoes the most known formula is as follows [17]:

$$f_b = 0.6 \frac{1 + 0.01V}{1 + 0.05V} \times \frac{1 + 0.0056P_s}{1 + 0.280P_s} \quad (8)$$

Where P_s is pressure [N/mm²] exerted on the brake shoe and V [m/sec] is linear velocity of the wheel.

The dynamic braking effort curve for the locomotive employed in the train has three separate regions as follows [17].

$$\begin{cases} F_b = \frac{F_{bm}}{V_{m1}} V & V \leq V_{m1} \\ F_b = F_{bm} & V_{m1} < V < V_{m2} \\ F_b = \frac{F_{bm} V_{m2}}{V} & V \geq V_{m2} \end{cases} \quad (9)$$

Here, F_{bm} is the maximum braking force and V_{m1} and V_{m2} are the limiting speeds where the brake force is constant at its maximum value.

6- Rolling resistance modeling

Propulsion resistance of the rail vehicles is usually defined as the sum of rolling and air resistances. These are very much dependent on the shape and design of the vehicles and the complexity of aerodynamic drag. The calculation of rolling

resistant is still dependent on the empirical formulas. In this study a relation similar to that of Davis relation is used for predicting propulsion resistant. That is:

Where μ_s and μ_k are static and dynamic friction coefficients respectively whereas x represents change of draft gear position and β represents the friction curve gradient around the point where the friction polarity changes. In the present research β ,

μ_s and μ_k are considered to be 0.20, 0.35 and 0.30 respectively.

The dynamic characteristics of draft gear are shown in Fig 6. Here, the enclosed area corresponds to the energy absorbed during longitudinal oscillation processes of the cars.

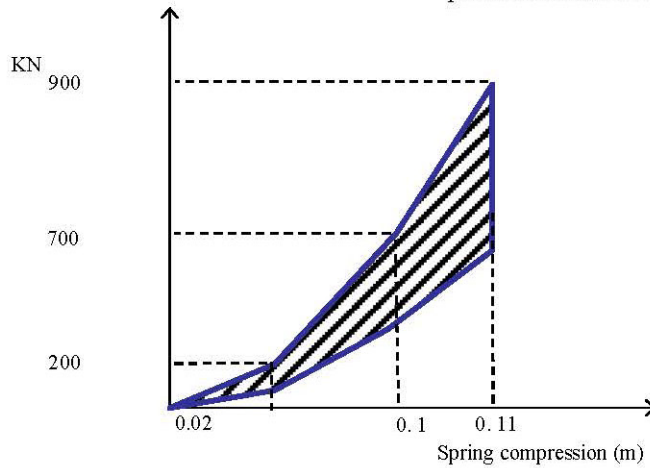


Fig. 6 Characteristics curve of friction type draft gears.

4- Brake modeling

The freight cars under investigation are equipped with an automatic air brake system shown in Fig. 7. In this system, braking of the train starts by reducing the air pressure in the train air brake pipe. This is applied by the brake control valve located in the locomotive by reducing the air pressure in the train air brake pipe. The distributor valve of each car operates which causes flow of the air from the car

auxiliary air reservoir to the brake cylinder. The cylinder thrust then is transmitted to the rotating wheels of the cars. The transmission ratio is dependent on parameters such as cylinder size, rigging ratio, dynamic efficiency of rigging and cylinder, brake shoe friction coefficient and the operating conditions.

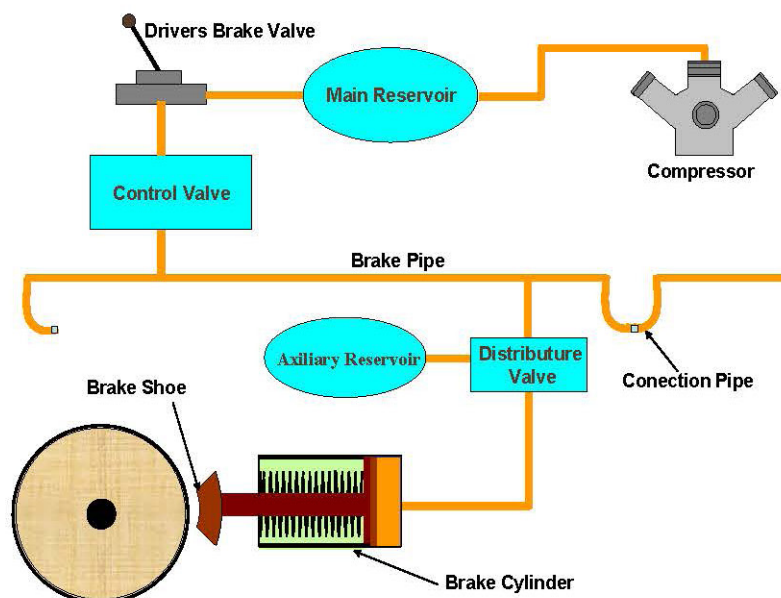


Fig. 7 Schematic of automatic air brake system.

In train operation, it is a good practice that the brake force is applied consistently to all wagons. However, in trains having a length of a couple of

hundred meters, pressure wave (brake signal) in air brake pipe reaches the end of the train in a few seconds later than the front of the train based on the

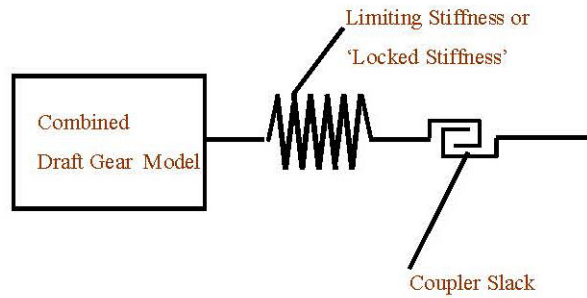


Fig. 4 Simplified wagon connection model.

Determination of the mathematical model for the draft gear has received considerable attention in technical papers [13]. In this research, the draft gear is considered as a single wedge spring as shown in Fig. 5. The rollers provided on one side of the

compression rod can be justified in that the multiple wedges are arranged symmetrically around the outside of the rod in the actual unit. It will be realized that different equilibrium states are possible depending on the direction of motion of the cars.

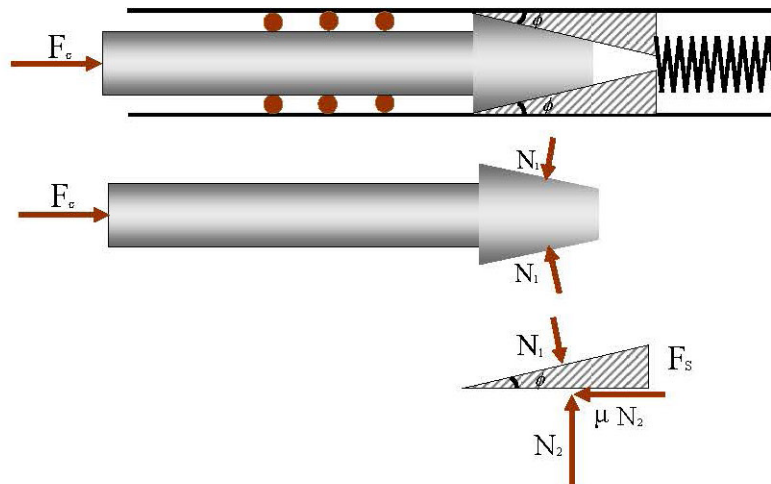


Fig. 5 Free body diagram of a simplified draft gear rod – wedge – spring system.

In Fig. 5, F_s and F_c represents, respectively, compression spring and cars impact forces whereas μ represents friction coefficient. N_1 and N_2 are vertical components of reaction forces and ϕ is slope of the friction wedge. When there is no

impending motion on the sloping surface due to the seating of the rod and wedge, the relation between coupler force and polymer spring force for loading and unloading positions can be developed as follows [13]:

$$F_c = \frac{\tan\phi}{\tan\phi \pm \mu} F_s \tag{4}$$

In this formula $\tan\phi = 0.54$ and F_s is defined as:

$$F_s(x) = (0.93x + 1.162(x - 0.02)) u(x - 0.02) + 883 u(x - 0.1) u(x - 0.1) 1000$$

Here, u is the unit step function and x represents change in the draft gear position. The friction coefficient is usually modeled [14] as:

$$\mu = \left(1 + \left(\frac{\mu_s}{\mu_k} - 1 \right) \text{Exp} \left[-2 \left| \frac{dX}{dt} \right| \right] \right) \tanh \left(\beta \frac{dX}{dt} \right) \mu_k \tag{5}$$



For the leading vehicle (locomotive) in the train:

$$m_1 \ddot{x}_1 + f_{wc}(\dot{x}_1, \dot{x}_2, x_1, x_2) = -f_{B,1} - f_{R,1} - f_{tr} \quad (1)$$

For the i th wagon in the train:

$$m_i \ddot{x}_i + f_{wc}(\dot{x}_i, \dot{x}_{i-1}, x_i, x_{i-1}) + f_{wc}(\dot{x}_i, \dot{x}_{i+1}, x_i, x_{i+1}) = -f_{B,i} - f_{R,i} \quad (2)$$

For the last wagon (n th wagon) of the train:

$$m_n \ddot{x}_n + f_{wc}(\dot{x}_n, \dot{x}_{n-1}, x_n, x_{n-1}) = -f_{B,n} - f_{R,n} \quad (3)$$

In the above equations f_{wc} is a nonlinear function describing the characteristics of the couplers.

Solution to the above set of equations is further complicated by the need to calculate the forcing inputs to the system, i.e., f_{tr} , f_R , and f_B . Approaches

to the nonlinear modeling of the wagon connections and of each of the forcing inputs are included and discussed in the following sections.

3- Coupler modeling

The most important part in longitudinal train dynamic modeling is the wagon connection (coupler) element. In this research autocouplers with

friction type draft gears for wagon connections have been considered. A conventional autocoupler and draft gear package is illustrated in Figure 2.

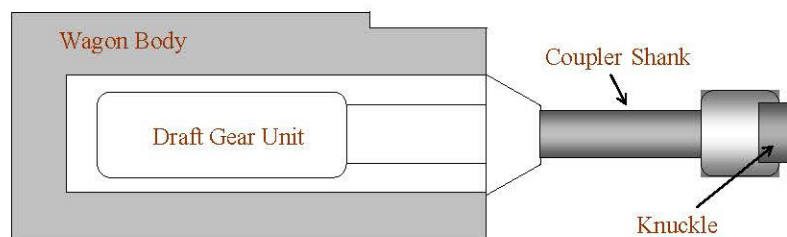


Fig. 2 Conventional autocoupler assembly.

In modeling a wagon connection, two autocoupler assemblies must be considered along with gap elements and also stiffness elements describing

flexure in the wagon body. A wagon connection model will therefore appear as something similar to the schematic shown in Figure 3.

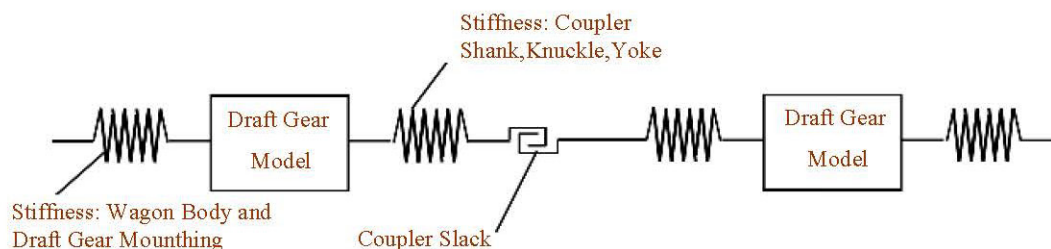


Fig. 3 Components in a wagon connection model.

The model of wagon connection can be simplified to a combined draft gear package model equivalent to two draft gear units and one spring element representing locked stiffness as shown in Figure 4.

In this figure, the locked stiffness is the sum of all the stiffness of elements such as the coupler shank, knuckle, yoke, locked draft gear, and wagon body added in series.

large in-train compression forces [4].

In 1993, El-Siabie reported that lateral and vertical components of forces resulting from coupler angles on horizontal and vertical curves are also quite large [5]. These components will adversely affect wagon stability with the possibility of train derailment at some points. In 1995, Zobory et al. made an attempt to simulate longitudinal train dynamic, focusing on the track geometry [6]. In 1996 Barbosa et al. in Brazil studied the longitudinal train dynamic in long trains [7]. The longitudinal dynamic of a typical subway train was studied by Oyan in China in 1998 [8]. He found that sudden failure of couplers would not happen for a train at speeds up to 5 km/h.

Similar results were reported for a monorail car by Verbitskiy et al. in 2000 [9]. They looked at the relationship between lateral in-train coupler force components and wheel unloading. Different modes of dynamic interaction were reported by McClanachan et al. in 1999 [10].

In 2008, Ansari et al investigated the sensitivity analysis in longitudinal freight trains dynamic [11]. In this research effects of different parameters (such as stiffness and damping of automatic couplers, train forward speed, coupler clearance and train acceleration and braking processes) on longitudinal train dynamic were investigated parametrically. Effects of load distribution patterns on the longitudinal train dynamic were

also investigated by the same investigators in 2009 [12].

In the present paper, longitudinal train dynamic is investigated using a simulation technique. The effect of brake application delay time between the cars for different train forward velocities on longitudinal dynamic behavior of the trains are investigated in this paper. The results are compared together in order to give some new insight to the problem of train longitudinal dynamic interaction when applying full braking. The model considered is a time domain one and is nonlinear. The freight train consists one locomotive and 52 wagons. All the simulation input parameters are in full accordance with those currently used in Iranian railways.

2- TRAIN LONGITUDINAL DYNAMIC MODELLING

Physical model for determination of the longitudinal forces in a train is shown in Figure 1. Here, a system of coordinate is attached to each of the cars (wagons and locomotive). In this system x is displacement length in the direction of movement \dot{x} is velocity and \ddot{x} denotes acceleration of the individual cars. The longitudinal dynamic behavior of a train can be described by a system of

differential equations. For the purpose of setting up the relevant equations, it is usually assumed that there is no lateral or vertical movement of the cars. The required governing differential equations can be developed by considering the generalized n mass dynamic system. During train application of brake, relative movements occur between individual masses.

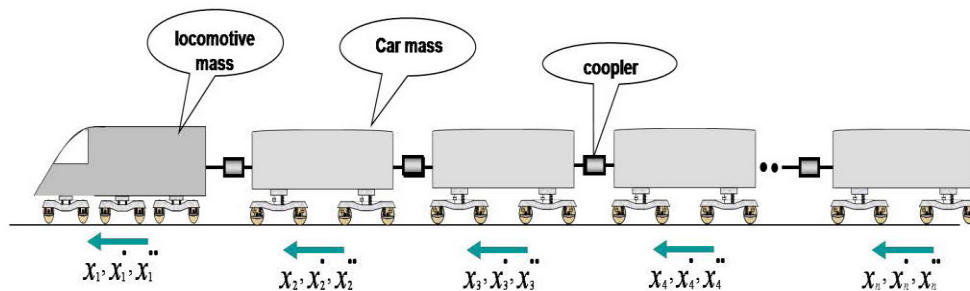


Fig. 1 Longitudinal forces in train consist of n wagons each having a mass of m .

On each wagon act a brake force F_B , two coupler (buffer) forces F_{WC} and a resistance force F_R . On each locomotive one might add a traction force as well. The cars are connected with buffers equipped with springs for push-pull modes. Depending on the

compression or tensile of the springs of the buffers a push or pull force results. Considering each car as a rigid mass, the train can be described as a n point mass dynamic system. The equations of motion for individual masses are as follow:

Effects of train brake delay time on in-train forces

Asghar Nasr

Assistant Professor, School of Railway Engineering
Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran 16884, (Iran)

a_nasr@iust.ac.ir

and

Saeed Mohammadi

Postgraduate student at Mechanical Engineering Department
Iran University of Science and Technology, Narmak, Tehran 16884, (Iran)
mohammadi64@mecheng.iust.ac.ir

Abstract

In long trains the braking signal from locomotive control valve takes a few second to reach the end cars. As a result of this, there is a time delay in the braking of the neighboring cars (locomotives and wagons). This causes the running of rear cars to front cars and hence producing large forces in the buffers and couplers. The induced compression and tensile forces are mainly of longitudinal nature and considered to be responsible for large amount of expenses regarding rolling stock and track repairs as well as deterioration of safety operation of the trains. The effects of the train brake delay time on longitudinal dynamic behavior of the freight trains are investigated in this paper using simulation

method. The freight trains considered are those currently operating in Iranian railways. The simulations are carried out for three different cases of long, medium and short brake application delay times. For each case, three different train forward velocities are considered. The computed results presented here include in-train compression and tensile forces. Different modes of longitudinal dynamic interactions along the train length are also observed by simulations. The results are compared in order to give some new insight into the effect of train braking delay time on train longitudinal dynamic during braking.

Key words: Train dynamics, Train longitudinal forces, Train brake application, Brake delay time

1- Introduction

Longitudinal train dynamic, as an important problem in railway system, is commonly considered as the motions of the cars and locomotives of a moving train and the relevant in-train forces between the cars along the track. Train motion includes the motion of the train as a whole and the relative motion between vehicles due to the looseness of the couplers in between the vehicles. Longitudinal train dynamic depends on a number of parameters such as operational parameters, load distribution of wagons, coupler's dynamic

specifications, train forward velocity, ... and train brake delay time. Hence, investigation on train longitudinal dynamic and specifying the optimal design parameters is very much complicated. However, in the last two decades, longitudinal train dynamic studies have been of much interest to lessen longitudinal in-train forces and to enhance dynamic behavior of the trains. In 1984, Rao et al. investigated the transient response and coupler (draw-bar) forces of a train-consist subjected to different handling

conditions [1]. In 1989 measurements and simulation results of in-train forces in the Queensland coal haulage were reported by Duncan and Webb [2] and at the same time by Jolly and Sismey similar investigations were carried out regarding trains of double existing length in New South Wales railways [3]. In 1984 Fukazawa calculated the coupler forces of trains made of two-axle freight cars during braking and concluded that at speed lower than 30 Km/h emergency braking should not be applied in order to prevent



Tehran's Main Metro Lines

Tehran metro is 175 km with 170 train sets are recording 3 million trips every day. Iranian State's Railways main lines with about 12000 km is to be extended to 20000 km in next 5 years.

• Contact Information:

Cell: + 4057705 912 98
 Tel: 30-77491029 21 98+
 Fax: 77451568 21 98+
 Email: a_nasr@iust.ac.ir
 Web: <http://www.iust.ac.ir/>
 Address: Narmak, Tehran, 1684613114, Islamic Republic of Iran.

• Research interests:

- Rail brake systems (performance analysis, professional courses, rail brake refurbishment & modernization).
- Longitudinal dynamics of train subjected to braking/traction torques.
- Safety, accident analysis, energy saving and environmental research in rail systems.
- Quality control tests on wheels, discs and brake friction materials.
- Laboratory and simulation tests on brake systems.

• Some research projects carried out:

- Field measurements and analysis of wheel wear for rail passenger vehicles.
- Novel optimization method for designing wheel profiles.
- Effects of cylinder build-up pressure, delay time and train length on in-train longitudinal forces.
- The analysis and economical evaluation of the Iranian rail fleet renovation alternatives.
- Design and manufacturing of test stand for Iranian Alstom locomotive brake panel.
- Optimization of train «break-in-two» protection system for Iranian GE locomotives.
- Design and manufacturing a fully developed train brake test car.
- Optimization of energy consumption for a passenger train.



5 Objectives

The train brake reference laboratory conducts basic research to develop technologies and improve safety, comfort, reliability and economics of rail brake systems. On the bases of extensive technical, research and teaching experiences obtained, TBRL's team is capable of providing following research and technical services for the rail transportation systems. The services extend to trucks, buses, trams, light rails, metros and commuter lines as well as D/ EMUs and high speed rail systems.

6 TBRL's research interests and capabilities

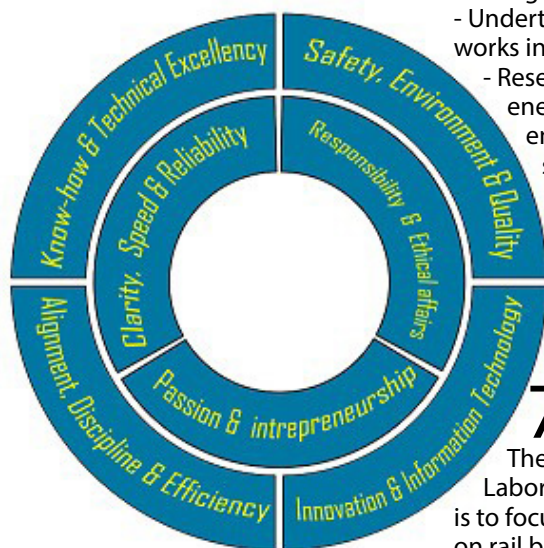
- Refurbishment and modernization of current brake systems.
- providing professional training courses in rail brake systems.
- Standardization, quality control on maintenance and repair of rail brakes.
- Design and manufacturing fully automatic electronic brake test stands.
- Thermal and mechanical phenomena of friction elements (discs, pads and shoes) during brake applications.
- Train longitudinal dynamics in braking/traction stages.
- Undertaking innovative research works in rail brake system.
- Research on safety, comfort, energy consumption and environmental aspects of rail systems.
- High standard scientific research on friction materials of rail brake systems (material selection, non-destructive tests, metallography, wear and friction analysis, ...).

immediate and future needs of rail brake industry. This is why TBRL is going to extend its test facilities to a much more reliable and sophisticated ones. Hence any proposal, idea and suggestions for the following topics from private and public organizations and individuals, are greatly welcomed by TBRL's research team.

- **full train brake simulation stands and programmes.**
- **testing characteristics and performances of brake friction materials.**
- **wheel/rail adhesion and wheel slide control.**
- **online brake performance condition monitoring.**
- **field measurements of longitudinal train dynamic forces in braking and cancelation.**

working together with others

** TBRL's main mission is to become a more reliable place for brake research. This requires knowledgeable people, specialized equipments and state-of-the art techniques. Here, is where the TBRL is seeking proposals and plans from distinguished individual professionals and expert companies for conducting mutual research programs working together with others.



7 TBRL's Future plans

The Train Brake Reference Laboratory's main attempts is to focus and ensure its efforts on rail brake research in line with

Train Brake Reference Laboratory (TBRL)

Directed by: Assist. Prof. A. Nasr

School of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology
Narmak, Tehran, 1684613114, Islamic Republic of Iran

A scientific place dealing with teaching and research in rail brake systems.

Some aspects of this laboratory is described in short below.

1 Introduction

Due to the rapid development of Iranian rail systems and the public interests, School of Railway Engineering (SRE) was founded in 1997 at Iran University of Science and Technology (IUST) to fulfill research and teaching needs of this industry sector. The school has 6 major departments; Rolling Stock Eng., Rail Track and Structure Eng., Rail Transportation Eng., and Rail Safety Eng. Msc., Bsc. and ph.D disciplines are currently running in the majors mentioned. One of the main goals of the SRE has been to establish standard and qualified laboratories and workshops to more enhance its scientific goals. Currently, there exist several well equipped running laboratories such as: Railway Superstructure Laboratory, Railway Substructure Laboratory, Hybrid Train Laboratory, Train Brake Laboratory ... and Control and Signaling Laboratory at SRE. Due to its importance, in regard to train safety and reliability, the school is now establishing a well-defined state-of-the-art laboratory titled: Train Brake Reference Laboratory (TBRL).

2 Some facts and figures

Iranian State's Railways is going to be improved dramatically in early future. Some new 5000 Km main lines are under construction and one major high speed track of about 300 km/hr (Tehran- Isfahan high speed project) of about 450 km is already under construction. Moreover, the existing Tehran-Mashad line of about 900 km is being upgraded for higher speed of about 200 km/hr and large number of Iranian towns are going to have some sort of urban and commuter rail systems such as tramway, LRT or Metro. For example Tehran, Esfahan, Mashhad metros are already operating and provinces such as Shiraz, Karaj and Tabriz are going to finish the civil work of their rail systems. To add to these figures, Tehran metro of about 175 km is currently under operation with 3 million trips every day. There are also another three lines of about 70 km under construction. These facts and figures all indicate that there is a booming industry in regard to the rail systems specially in rolling stock. And, one of the most important

manufacturing and research field regarding rolling stock (in the view point of safety, cost, comfort, control, ... and energy consumption and environmental issues) is braking systems. Here, is the place that potential domestic and overseas well established manufacturing companies, universities and research centers might find some opportunities for fruitful cooperation with Iranian rail operators. This is why, School of Railway Engineering is taking the opportunity to upgrade and enhance the capabilities of its running train brake laboratory to a high level research oriented scientific laboratory; Train Brake Reference Laboratory (TBRL) to respond well to Iranian and overseas rail research needs and requirements in brake systems. TBRL is looking forward to hearing proposals from well-steamed firm for mutual research cooperation.

3 Missions

TBRL is established to strengthen its ties between Iranian rail industry and academia. It performs technology scanning to identify emerging rail brake

technology for the railroad industry and brings together researchers and experts to coordinate applied and high qualified research in rail brake systems. TBRL works closely with Iranian rail industries in freight, passenger and metro sectors. The laboratory is also going to maintain reliable cooperation with overseas universities and research centers. Graduate and undergraduate students actively participate in, and make significant contributions to, the TBRL's goals and program.

4 Core values of TBRL

TBRL has defined its efforts to maintain and improve some basic values and measures through a team of well-qualified and long-experienced researchers. By keeping its well established believes, shown in the figure below, TBRL stays on a right track to become a responsible partner to the rail society nationally and internationally.



International Section

Editor note

“More than any other technical design or social institution, the railway stands for modernity.”

Tony Judt*

Welcome to this winter issue,

We have a range of amusing pieces in this issue, starting with an article about Train Brake Reference Laboratory which was prepared by our esteemed Professor A. Nasr of the School of Railway Engineering, IUST specifically for InnoTrans 2016. The article describes the university’s very own Brake Lab which deals with research and teaching in rail brake systems. Furthermore we have one of Professor A. Nasr’s published articles about the effects of train brake delay time on in-train forces which explains what delay time is and gives an insight into the effects of train braking delay time on train longitudinal dynamics during braking.

I am extremely honoured to be the international editor of this issue, and would like to invite all experts, students, professors, and alumni to help us improve this section to the highest standards and to contribute to future issues.

Warm Regards,

S M Kheradmand
International Editor



CONTENTS

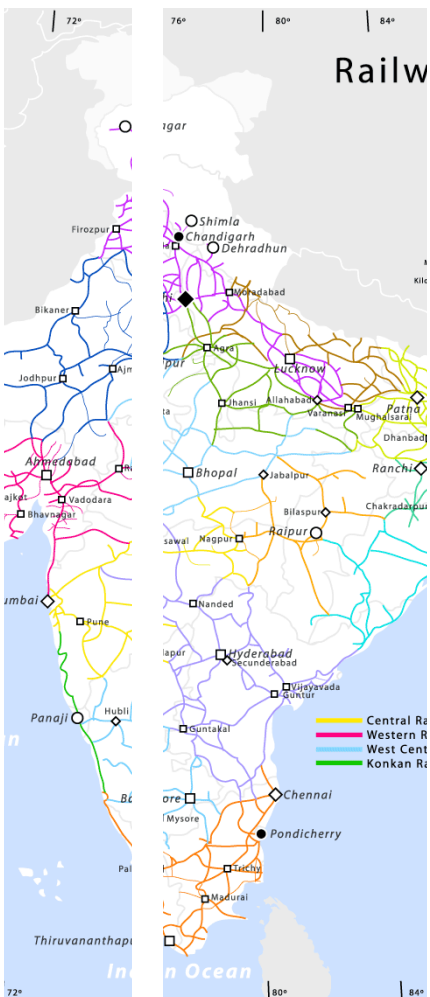
1

INTERNATIONAL



2 Train Brake Reference Laboratory(TBRL)

9 Effects of train brake delay time on in-train forces



22<

FA Part

▶ Editorial Board Members

Promotional:

Editor: M.A. Karami

M.H. Ijadi

D. Zereh Poosh

Sh. Namdari

Industrial:

Editor: A. Ghasemi

H. Sharif

A. Mesgari

A. Atayei

S. Firouzi

Z. Haghighi

Research:

Editor: A. Abdolmohammadi

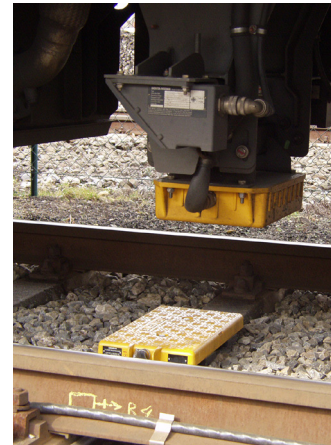
INTERNATIONAL

Editor: T. Kheradmand

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/ZCJKYH>

اشتراک نشریه راه سوم



<https://goo.gl/ZCJK7H>