هفتمین همایش حمل و نقل ریلی
۹ و ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ - دانشگاه صنعتی شریف
انجمن مهندسی حمل و نقل ریلی ایران
دانشگاه صنعتی شریف

بهینه سازی نگهداری خطوط ریلی

سعید منجم , دکترای راه و ترابری , دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی *
علی بابازاده , مهندس خط و ابنیه , بنیاد مستضعفان و جانبازان تبریز واحد مسکن **
*۴۶۵۳۹۹۳ – ۰۲۱ , پست الکترونیکی : Saeedmonjem@ yahoo.com
** ۶۵۸۳۸۱۸ – ۰۴۱۱ , پست الکترونیکی : alibabamarand @ yahoo.com

چکیده

به دنبال بهره برداری از خط آهن به نسبت میزان ترافیک تناژ عبوری هندسه مسیر دستخوش تغییر میشود که در صورت کم توجهی , ایمنی و عبور قطار ها را به خطر می اندازد لذا برای نگهداری خط در سطح کیفی مناسب ناچار به تعمیرات و نگهداری خط خواهیم بود که این عملیات سهم بزرگی از هزینه های راه آهن در هر کشوری از جهان را به خود اختصاص می دهد لذا به منظور حفظ کیفی مسیر در سطح مطلوب و بهینه کردن هزینه های اقتصادی باید اصول مدیریت نگهداری و بهره برداری صحیح از خط را خوب بدانیم و عمل کنیم . بدین منظور باید خطوط مستقل از طول آنها , به چند دسته تقسیم و سیستم نگهداری درست و منطقی برای آنها اتخاذ شود و در ضمن برای پیشگیری از خرابیهای بیشتر در خطوط آهن باید به شکل بار گذاری واگنها یا بطور کلی به نحوه بهره برداری و بخش جریه نیز توجه کافی شود تا امکان نگهداری خط در وضعیت و کیفیت مطلوب با کمترین هزینه میسر شود . که موارد مزبور جهت نیل به هدف ایمنی بهره برداری و بهره برداری اقتصادی در این مقاله تشریح شده است.

کلید واژه ها : ***مدیریت ، نگهداری ، خط ، ایمنی ، بهره برداری ، بارگذاری***

۱ – مقدمه

تعمیر و نگهداری خط همواره سهم بزرگی از بودجه راه آهن را به خود اختصاص می دهد و به تناسب افزایش ترافیک بصوری بر روی خط . افزایش بار محوری و سرعت قطارها این هزینه ها تشدید می شود لیکن با مدیریت و شناخت صحیح از عوامل موثر در خرابی خط و استفاده از علم روز تعمیر و نگهداری می توان گام مهمی در زمینه بهبود کیفیت خط و نیز صرفه جویی در راه آهن برداشت . در این راستا طبقه بندی خطوط بر حسب تعمیر و نگهداری و مدر نیزه کردن عملیات تعمیر و نگهداری خط جزء مهمترین عوامل می باشند. و از آنجائیکه تیزی پروفیل چرخ و بارگذاری واگن ها ارتباط مستقیم با خرابی خط دارد لذا بمنظور پیشگیری از خرابی زود هنگام خط در اثر این عوامل مسئولین امر باید در کنار توجه به کیفیت روسازی خط به نحوه بهره برداری از خطوط نیز توجه کنند.

Archive of SID
www.SID.ir

۲ - تعمیر و نگهداری خطوط

بر اثر مرور زمان و تردد قطارها و بهره برداری از مسیر , خطوط راه آهن شکل هندسی اولیه خود را از دست می دهند و کم کم خرابی ظاهر می شود. خرابی های روسازی به علت عدم وجود نگهداری مرتب افزایش می یابند و باعث می شوند که مسیر ایده آل دچار پاره ای مسائل گردد که در نهایت سبب کاهش ایمنی ورفاه مسافر خواهد شد لذا جهت حفظ وضعیت استاندارد خط به منظور تامین ایمنی و راحتی تردد قطارها , لازم است اقدامات و تمهیداتی صورت گیرد که بطور کلی این اقدامات را عملیات نگهداری می نامند همانطور که بر همگان روشن است نگهداری خطوط راه آهن از اهمیت ویژه ای بر خوردار بوده و رفاه و ایمنی مسیر و حرکت قطارها در گروی یک روش تعمیر و نگهداری صحیح میباشد. نگهداری باید عملی قطعی و اصلاح کننده باشد و نهایتاً بعنوان هدف نهایی این موضوع یک راه حل بهینه جستجو شود بطوریکه یک حاشیه اطمینان قابل قبول داشته و از تخریب کیفی جبران ناپذیر خط جلوگیری کند.

لیکن روش منطقی تعمیر و نگهداری بایستی با در نظر گرفتن کلیه ابعاد اقتصادی و فنی مسئله صورت گیرد و مدیریت صحیح تعمیر و نگهداری خطوط بدون اطلاع و شناخت عوامل و پارامترهای موثر در خرابی خط و روش های کنترل کیفی و در نهایت انتخاب روشهای تعمیر و نگهداری درست ممکن نیست.

اهداف فوق به دو گروه پارامترهای کاملاً متفاوت بستگی دارد از یک طرف به پارامترهای هندسی , که تخریب آنها معمولاً برگشت پذیر میباشد و از طرف دیگر , پارامترهای مکانیکی که در اکثر موارد نمی توان بدون تعویض آنها را اصلاح نمود.

البته تخریب پارامترهای هندسی . تقریباً حدود ۵الی ۱۵ برابر سریعتر از پارامترهای مکانیکی میباشد بر این اساس در خطوط متوسط بار (۳۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ تن در روز گروه UIC4) اصلاح خصوصیات هندسی بعد از بار حدود ۴۰ تا ۵۰ میلیون تن انجام میشود. (ارقام فوق فقط از نظر حدود مقادیر بیان شده است.)

انحراف بین مقادیر و تئوری مشخصه های خط , بنام خرابی های خط مرسوم بوده و اصلاح آن در طی نگهداری خط انجام میشود.

عملیات نگهداری شامل چندین تیپ اقدام میباشد. یک سری از آنها دائم و همیشگی (روز مره) ویک سری فصلی میباشند که باندازه گیری خطاهای هندسی مسیر , روش مناسب نگهداری را برای بهبود مسیر انتخاب و اجرا می کنند. نگهداری و تعویض از اصول مدونی هستند که اساس آن اطلاعات بدست آمده از سیستم میباشد اطلاعاتی که از مشاهدات ظاهری بدست می آیند همچنین ملاحظات اقتصادی و مالی از شرطهای اصلی می باشند. برای برنامه ریزی در مورد نگهداری و تعویض باید به دو موضوع توجه کرد.

– بازرسی ظاهری

– ایمنی

نگهداری هندسه خط به نوبه خود از دو بخش تعمیرات اتفاقی , یعنی تعمیرات موضعی و تعمیرات سیستماتیک که عمدتاً توسط ماشینهای سنگین خط بطور ادواری صورت می گیرد تشکیل شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

تعمیر خرابیهای موضعی و نگهداری سیتماتیک بغیر از برنامه ریزی روزانه است .برای ترافیک سنگین روزانه باید از نگهداری بااستفاده از ماشین استفاده کرد.

در عمل با توجه به نیازهای پیش آمده نگهداری های خاصی نیز اعمال می شود , به عبارت دیگر برای مواقعی که اندازه گیریها به ما موارد خاص را متذکر می شوند و یا مشاهده خرابی براحتی میسر است , باید بصورت موردی خرابی را اصلاح نمود . برای کنترل موارد گفته شده می توان نگهداری را به ۵ تا ۱۰ کیلومتر تقسیم کرد تا تغییرات و خرابی هر قسمت را بطور کامل نظارت داشته باشیم .

هزینه نگهداری خط , نقش قابل ملاحظه را در ترازنامه کلی بهره برداری از یک شبکه راه آهن ایفا می کند اگر مخارج شرکت های راه آهن را تجزیه و آنالیز کنیم . ملاحظه می شود که برای مجموع فعالیت های مختلف آنها در مورد خط , ساختمانها , ابنیه خنثی , علائم و تجهیزات فنی . برق رسانی در خطوط برقی درصد قابل توجهی از بودجه صرف تعمیر و نگهداری می شود.

از آنجائیکه امروزه در تعمیر و نگهداری خطوط از بخش خصوصی کمک گرفته میشود لذا لازم است اطلاعات دقیقی از وضعیت خطوط نواحی مختلف که مبتنی بر علم و تجربه باشد در دست داشته باشیم تا بتوانیم ضمن آنالیز و مطالعه دقیق هزینه های بر آوردی , اندیس کیفی خط را قبل از واگذاری به پیمانکار , تعیین کرده و با مقایسه این مقدار در زمان اتمام قرار داد با اندیس کیفی زمان مربوط میزان حسن انجام کار پیمانکار را در سطح وسیع وکلی تعیین کنیم. تا بدین وسیله بتوانیم ضمن افزایش ضریب ایمنی خط میزان عمر مفید مسیر را بصورت قابل توجهی بالا نگه داریم . به منظور پیش بینی و برآورد هزینه تعمیر و نگهداری در نواحی مختلف در طول یک دوره معین باید مواردی که نسبت مستقیم با پارامترهای خرابی و به تبع آن در هزینه های نگهداری دارند بطور جامع مطالعه شوند چرا که با مدیریت و شناخت صحیح از عوامل موثر در خرابی خط و استفاده از علم روز تعمیر و نگهداری می توان گام مهمی در زمینه بهبود کیفیت خط و نیز صرفه جویی در راه آهن برداشت.

۳ - پارامترهای موثر در خرابی

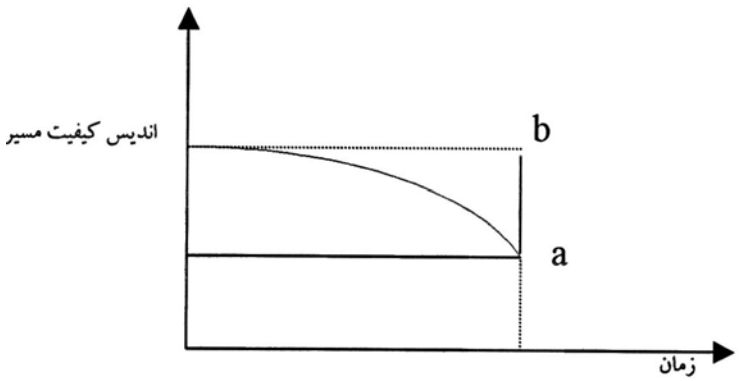
عوامل مهمی که ناشی از بهره برداری از خطوط راه آهن بوده و با خرابی و زوال خط ارتباط مستقیم دارند را می توان در سه بخش کلی تقسیم نمود این عوامل عبارتند از سرعت , میزان بار محوری تناژ عبوری , البته لازم به ذکر است مشخصات فنی مربوط به خط وکیفیت آن نیز تاثیر گذار هستند که در ادامه , قبل از هر چیز به آن می پردازیم .

۳ – ۱ - اندیس کیفی مسیر (شاخص کیفی مسیر)

میزان تراز بودن یک مسیر باید توسط ماشین برداشت خطاها اندازه گیری شده سپس آنالیز و بارم بندی شود ودر نهایت اندیس کیفی مسیر بدست آید با توجه به اندیس کیفی خط , برای هر مسیر یک برنامه یا استراتژی نگهداری پیش بینی می گردد. در شکل (۱) تغییرات اندیس کیفی مسیر بر حسب زمان نشان داده شده است .

Archive of SID

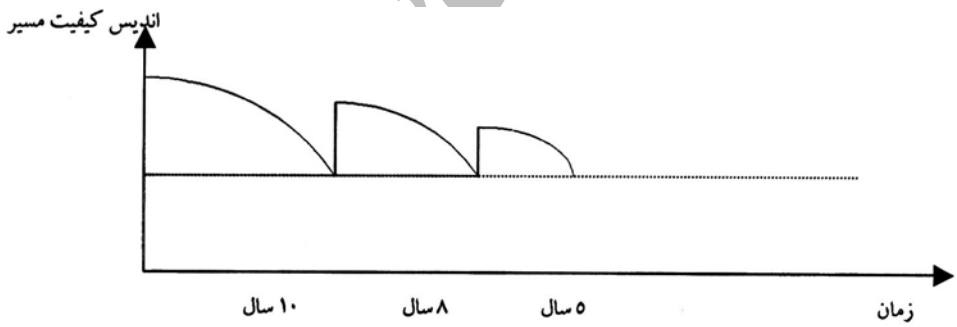
www.SID.ir



شکل ۱: *تغییرات اندیس کیفی مسیر با گذشت زمان*

ارگان های راه آهن یا دست اندرکاران راه آهن برای هر خط بسته به اهمیت آن یک حد پایین اندیس مقرر می نماید که با رسیدن شاخص کیفی به مقدار تقسیم شده بلافاصله باید مرمت انجام گیرد.

با سپری شدن زمان وبا توجه به شدت ترافیک میزان منحنی آرام آرام به حد مجاز میرسد. لذا برای حفظ کیفیت خط در حد قابل قبول , دوباره خط را مرمت نموده تا اندیس کیفی مسیر بهبود یابد . این کار در طول عمر مسیر ادامه مییابد ولی هر بار اندازه بهبود شاخص کم و مدت زمانیکه دوباره منحنی به حد مجاز میرسد کمتر میگردد. در چنین شرایطی با توجه به امکانات و شرایط اقتصادی دیگر مرمت (بهسازی یا بازسازی) جوابگو نمی باشد و باید مسیر از نو باز سازی شود. (شکل زیر)



شکل ۲: *تغییرات اندیس کیفی مسیر با گذشت زمانهای متوالی*

لذا با توجه به مطالب مندرج در این قسمت جهت نگهداری بهینه و با عنایت به پارامترهای خرابی مسیر طبقه بندی خطوط امری ضروری به نظر میرسد.

۳ – ۲ – سرعت :

سرعت های بالا نقش مهمی در افت کیفیت روسازی ایفا می کند برای پروژه های با سرعت بالا اندازه گیری های وسیعی به منظور کنترل و بدست آوردن اثرات ناشی از عوامل دینامیک خط صورت گرفته

www.SID.ir

است . نتایج حاصله نشان دهنده این مطلب می باشند که اثرات بارهای دینامیکی در سرعت های بالا بسیار بیشتر بوده و ارتباط مستقیم با کیفیت روسازی دارد در واقع واکنش وسیله نقلیه نتیجه کنش های متقابل آن با خط می باشد.

۳ – ۳ - میزان بار محوری

مقدار بار محوری در خرابی خط موثر میباشد در واقع با افزایش بار محوری فشار بیشتری بر خط وارد میگردد و خستگی ریل , سائیدگی سطح آن و نیز تغییر کیفیت هندسه خط را در پی خواهد داشت. برای جلوگیری از ایجاد این عوامل نیاز به تقویت خط و روسازی میباشد. لازم به ذکر است در سرعت های بالا اثرات افزایش بار محوری بیشتر خواهد شد.

۳ – ۴ - تناژ عبوری

تناژ روزانه بعنوان معیاری برای بیان تعریف ظرفیت خط و یا میزان بار و مسافر عبوری شناخته می شود علاوه بر این هر گونه خرابی و تغییر شکل مانند تغییر هندسه خط , ترک ها و سائیدگی ریل تابعی از تناژ بار میباشد بیشترین اثری را که تناژ عبوری دارد بر میزان خستگی ریل و ادوات اتصال میباشد [۱]

با مشخص شدن مقدار پارامترهای فوق برای هر یک از نواحی یا مسیرها و با اعمال ضرایب جغرافیایی منطقه ای می توان نسبت به تخصیص هزینه های نگهداری و تقسیم ماشین الات مکانیزه سنگین بین نواحی اقدام و میزان اندیس کیفی لازم را انتظار داشت.

با جمع آوری مشخصات واطلاعات مزبور برای هر کدام از مسیرها (نواحی) می توان به تشکیل بانک اطلاعاتی اهتمام ورزیدو از آن در پروسه مدیریت تعمیر و نگهداری که داری دو سطح عملیاتی شبکه و پروژه میباشد بهره جست . با توجه به مطالبی که ذکر شد یک از اقداماتی که برای خطوط راه آهن ایران نیاز مبرم است تقسیم بندی خطوط راه آهن بر اساس میزان تناژ و ترافیک جاری بر روی خطوط است . بدین گونه که خطوط راه آهن کشور به چند دسته تقسیم گردد در پاره ای از کشورهای اروپایی که ترافیک ریلی بر روی خطوط زیاد و گسترده است خطوط راه آهن به ۹ یا ۷ دسته یا گروه تقسیم می شوند. برای نمونه گروه ۱ دارای سنگین ترین ترافیک است و گروه ۲ ترافیک سبکتر و بدین ترتیب آخرین گروه سبکترین ترافیک را دارد یادآوری میگردد که لزومی ندارد طول خطوط در هر گروه با دسته یکسان باشد.

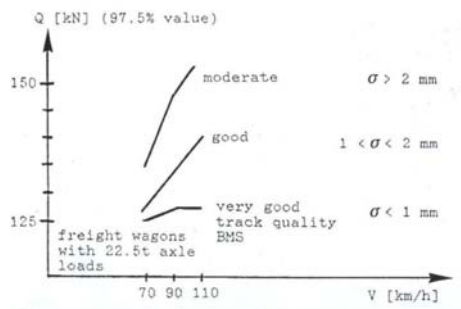
پس از تقسیم بندی خطوط کشور به گروههای مختلف برای هر گروه یک برنامه نگهداری پیش بینی میگردد برای نمونه برای گروه مثلاً ۳ یک بار زیر کوبی . یک بار سرند بالاست و ... در نظر گرفته می شود. این برنامه ریزی به همراه روشهای کنترل کیفیت کاملتر می گردد چون ممکن است عمر روسازی در هر گروه از خطوط یکسان نباشد و یا حتی ممکن است کیفیت و مصالح روسازی در هر گروه متفاوت باشد فلذا برنامه کاری بر اساس ترافیک وتناژ ریلی پایه ریزی گشته و سپس با توجه به ویژگیهای روسازی اصلاح میگردد.

یکی از جنبه های دیگر نگهداری خطوط مربوط به بارگذاری است . دیدگاه رایج در کشورمان بدین گونه است که خرابی های مسیر و خطوط راه آهن را فقط مربوط به روسازی راه آهن می دانند. حال اینکه امروزه و در بیشتر کشورهای جهان دیدگاه فعلی بر این مبناست که بارگذاری زیاد یا ناهمگون هم می تواند خرابی های خط را افزایش دهد. حتی بر روی مسیر خوب نگهدرای شده نیز بار گذاری نامناسب می

Archive of SID

www.SID.ir

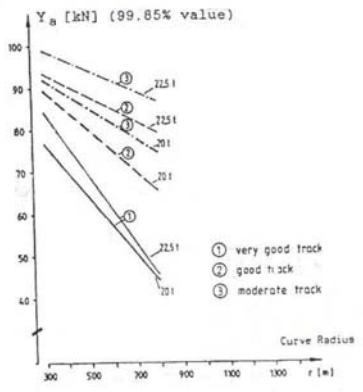
تواند کیفیت خط را کاهش دهد. کمیته DRE از سال ۱۹۸۳ مطالعاتی را مبنی بر تاثیر (افزایش بار محوری) آغاز نمود نتایج بررسی ها پس از چندین سال نشان داد که افزایش بار محوری از ۲۰ تن به ۲۲/۵ تن (یعنی ۲/۵ تن افزایش بار محوری) بر روی مسیر با کیفیت خوب و متوسط (Good & moderate) موجب افزایش نیروی مازاد Q به اندازه kN ۲۵ میگردد (شکل ۳) .



شکل ۳ : *نسبت افزایش Q با افزایش سرعت در مسیرهای سه گانه*

این افزایش بار با افزایش سرعت از(70km/h به 100km/h) (سرعتی که در خطوط راه آهن ایران نسبتاً رایج است) این پدیده را سریعتر می نماید . اندازه خرابی با مقیاس σ در سیستم BMS (مربوط به تست کمیته D_{161}) برای سه حالت کیفی روسازی نشان داده شده است [2]

تاثیر افزایش بار محوری از ۲۰ با ۲۲/۵ تن نیز در قوسها محسوستر است (بویژه در ترسهایی که شعاع قوس کمتر از 500m باشد) در ۹۹/۸۵٪ موارد نیروی جانبی ناشی از افزایش بار محوری(ya) تفاوت بین دوبار محوری ۲۰ و ۲۲/۵ t را در شکل ۴ نشان مید هد[3] .



شکل ۴: *نمایش نیروی جانبی ناشی از افزایش بار محوری برای مسیرهای سه گانه*

پارامتر مهم دیگر در خرابی مسیر و ناتراز شدن مسیر راه آهن پایداری خط در برابر همه نیروهای وارده بر آن است . جابجایی بوژی در پیمودن قوس , نیروهای مازاد به ریل ها وارد میکند. چون بیشتر بوژی ها دارای طول ۲m میباشند. تاثیر نیروهای جانبی در ۲m از مسیر اندازه گیری می شود (Σy_{2m} =

Archive of SID

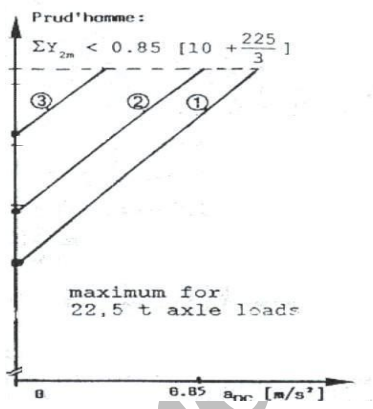
www.SID.ir

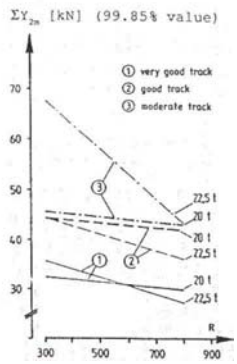
$(y_{left} + y_{righ1})$ همانگونه که در شکل ۵ دیده می شود تاثیر افزایش بار محوری از 20t به 225t در مسیری که از جهت نگهداری , شرایط متوسط دارد (moderate) بسیار محسوس تر است بویژه هنگامیکه شعاع قوس حدوداً 300m باشد [4]

بیشترین اندازه نیروی جانبی در محدوده فرمول زیر تعریف شده است [5]:

$$\Sigma y_{2m} < 0.85 \left[10 + \frac{Q}{3} \right]$$

که اگر Q=22.5 قرار دهیم اندازه این نیرو باید کمتر از 55dan باشد. این حد مسیر شماره ۳ در شکل ۶ به راحتی ایجاد میگردد . حال آنکه در مسیر شماره ۱ (مسیر با کیفیت خوب) دیرتر به وقوع می پیوند یعنی شتاب جانبی تا حدود $a_{nc} = o.85\ m/s^2$ رسیده و محدوده Prod hamme نیز رعایت شده است پس می توان ابراز نمود که در کنار بهبود فرم هندسی مسیر و افزایش کیفی روسازی راه آهن باید در رابطه با نحوه بارگذاری و بکارگیری وسیله نقلیه ریلی وبوژی ها دقت زیاد بعمل آورد پاره ای از خرابی های مسیر راه آهن ناشی از نحوه بهره برداری و ویژگی های بوژی و واگنها می باشد که حتی در صورتیکه مسیر را بتوان خوب نگهداری نمود باز تاثیر پذیر هستند.





شکل ۵ : *تاثیر افزایش بار محوری برای مسیر با نگهداری خوب*

شکل ۶ : تاثیر افزایش بار محوری برای با نگهداری متوسط

در نتیجه نگهداری خطوط راه آهن را میتوان شرط لازم و نحوه بهره برداری و ویژگیهای بارگذاری قطارها را شرط کافی برای افزایش کیفی روسازی راه آهن دانست

۴ - نتیجه گیری

۱ – بمنظور کاهش هزینه های نگهداری و تامین ایمنی مسیر برای حرکت قطارها باید طبقه بندی مطابق آنچه که در مقاله آمد برای خطوط ریلی ایران صورت پذیرد تا بر اساس مشخصات هر قطعه از خط تدابیر لازم برای نگهداری اتخاذ شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۲- گروههای یا شرکت های پیمانکاری نگهداری باید به علم روز نگهداری مجهز شده و با استفاده از سیستم جامع شبکه مدیریت و تعمیر و نگهداری به نحو احسن نسبت به نگهداری خط مبادرت ورزند.

۳ – علاوه بر نگهداری خطوط مدیران باید توجه و نظارت کافی بر عملکرد دستگاههای جریه و بهتر برداشته باشند تا از تشدید خرابی ها بر اثر بار گذاری های نامتناسب و خرابی های جریه جلوگیری شود.

۵ - مراجع

[۱] بابازاده , علی , بررسی روشهای نگهداری خطوط ریلی در ایران , پایان نامه تحصیلی سال ۱۳۸۰

[2] DRE D161 , Pl : General conditions for the study of the evolution of track geometry based on historical information , Utrech , Apri l 1997

[3] Coenrad Esveld, Modem Railway Trach . MRT – Production , Duisburg , 2000

[4] Ebcrsback D., Schndle Zuge, shwere lasten , was sagtder Oberbau dazu, ETR , Jurnary 1996

[5] Prud, homme A., Les problems que pose, povr lavoie , Lacirculation des rames a grande ritesse , Revae General des Chemins de fer , November 1986

Archive of SID

www.SID.ir