تعمـیر و نگهـــداری سیستم خط ریلی با بالاست و پیش‌بینی خرابی‌های آن

دکتر فریدون مقدس نژاد (عضو هیات علمی دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر)
روح اله فتح اللهی (کارشناس ارشد راه و ترابری، مهندسین مشاور رهاب)

چکیده

عملیات تعمیر و نگهداری به منظور نگه داشتن خط در یک شرایط استاندارد می‌باشد و مدیریت تعمیر و نگهداری با برنامه ریزی و کنترل این عملیات در ارتباط است. به علت اینکه مدیریت نگهداری خط از جنبه های مختلف به عملکرد خط وابسته است. بنابراین اطلاعات مورد نیاز بایستی جمع آوری شوند. آنالیز کامل تمامی مقاطع خط نیازمند یک سیستم مدیریت تعمیر و نگهداری مناسب می‌باشد. که شامل بخشهای تعمیر و نگهداری و نوسازی می‌باشد. موفقیت این سیستم به میزان جمع آوری اطلاعات برداشتی از خط وابسته است.
در حال حاضر در جهان امروزی تمایل برای افزایش فشار بر سازه خط با افزایش بار محوری و سرعت حرکت قطارها زیاد شده است. حتی در زمینه حمل و نقل جاده ای نیز این تمایل مشاهده میشود. که این عمل باعث کاهش عمر خط و افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری آن میشود. بنابراین نگهداشتن خط در یک سطح سرویس بالا و ایجاد کمترین تأخیر به علت عملیات تعمیر و نگهداری از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
در این مقاله انواع مدل‌های خرابی خط با توجه به اجزاء مختلف خط مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج حاصل نشان می دهند که یک مدل خرابی که بتوان برای آنالیز خرابی و پیش بینی آن برای تمام خطوط راه آهن استفاده کرد وجود ندارد. اغلب مدل های خرابی مدل‌های ساده شده‌ای برای یک یا چند خط بخصوص می‌باشند. یک مدل پیش بینی جامع خرابی خط نیازمند داده‌های بسیار دقیقی از کیفیت خط و رفتار اجزای مختلف آن و مهمتر از همه به درک صحیحی از اندرکنش بین انواع مدل‌های خرابی می‌باشد.

کلمات کلیدی : *راه‌آهن، مدل‌های خرابی، تعمیر و نگهداری خط، ریل، تراورس، بالاست*

مقدمه

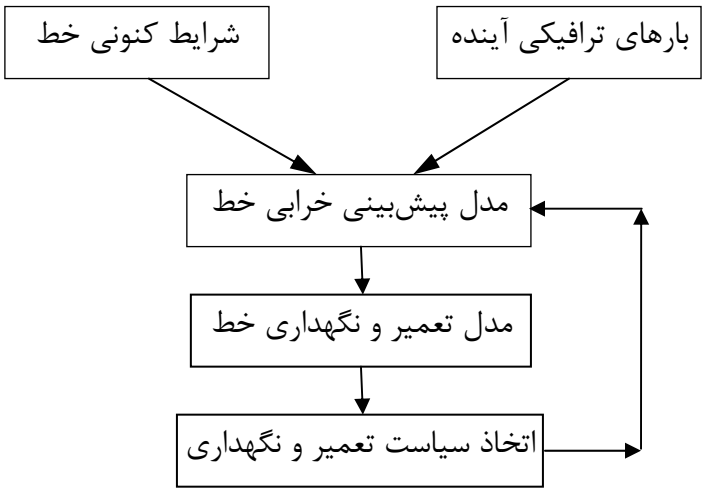
سیستم حمل ونقل مهم ترین قسمت از زیر بناهای اقتصادی کشور است بخاطر اینکه سیستم حمل و نقل با کلیه بخشهای فعالیت اقتصادی کشور در ارتباط است. و در این میان سیستم حمل و نقل ریلی از اساسی ترین بخش سیستم حمل و نقل کشورهاست.
احداث زیرسازه خط در راه آهن به سرمایه گذاری زیادی نیاز دارد و هزینه های نگهداری آن نیز در حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد هزینه اولیه است. بنابراین هرگونه پیشرفت در زمینه مدیریت تعمیر و نگهداری و نیز پیشرفت در تکنولوژی عملیات تعمیر و نگهداری تاثیر زیادی در کاهش هزینه‌ها خواهد داشت.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

علاوه بر موارد فوق پیشرفت در زمینه تعمیر و نگهداری، افزایش ظرفیت و نیز کاهش تاخیرات بعلت عملیات تعمیر و نگهداری از مزایای غیرمستقیم این عمل می باشد.

تمامی موارد فوق نشان دهنده این است که نیاز به یک سیستم مهندسی نگهداری دارای اهمیت است. در این مقاله مهندسی نگهداری خط با توجه به جنبه های نگهداری خط بحث می‌شود. مدیریت نگهداری خط بعنوان مجموعه‌ای از عملیات نگهداری که سطح سرویس خط را در یک سطح قابل قبول نگه دارد، تعریف می‌شود. در این مقاله مفاهیم واصول مدیریت نگهداری خط در طول عمر مفید آن بررسی می‌شود. و استراتژی‌ها و روش‌های تعمیر و نگهداری که باعث نگهداری خط در یک سطح سرویس مطمئن و قابل قبول می‌شود بررسی خواهد شد.
برای بالا بردن منافع حاصل از خط آهن بایستی هماهنگی مناسبی بین مدیریت و کنترل زیر بنای خط و عملکرد قطارها وجود داشته باشد. در این میان شرایط زیر بنایی خط، بررسی و پیش‌بینی انواع خرابی‌ها تاثیر زیادی در سیستم مدیریت و نگهداری خط دارد.
در حال حاضر یکی از اهداف سازمان های حمل و نقل ریلی افزایش بار محوری و سرعت خطوط میباشد. که نظیر آن در ترانزیت و حمل و نقل جاده ای نیز قابل مشاهده است.
که نتیجه این کار کاهش عمر مفید خط و افزایش هزینه های تعمیر و نگهداری می‌باشد. و در کنار آن نگهداشتن خط در یک سطح سرویس بالا و مینیمم کردن تأخیرات نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
عملکرد خط با انجام سیاست‌های پیشگیری تعمیر و نگهداری بهینه می‌شود. بنابراین پیش بینی خرابی خط برای انجام این فعالیت‌ها ضروری است. هر چند که در حال حاضر چند مدل مفید پیش بینی خرابی موجود بوده و مورد استفاده نیز قرار می‌گیرند. ولی در آن‌ها فاکتورهای مؤثر در خرابی خط که بعنوان ورودی برای مدل‌های پیش بینی می‌باشد. اغلب تنها به چند پارامتر ویژه محدود می‌شود.
اهمیت ارتباط مدل‌های پیش بینی خرابی خط با برنامه های تعمیر و نگهداری لازم می‌دارد که مدل‌های پیش بینی خط دربرگیرنده پارامترهایی باشند که بیشترین تأثیر را در هزینه‌های تعمیراتی خط دارند. کنترل مؤثر این پارامترها به معنی بهتر شدن کیفیت خط، پایین بودن هزینه های تعمیر و نگهداری و افزایش منافع می‌باشد.
در شکل شماره (۱) خلاصه‌ای کلی از مؤلفه‌های فرآیند تعمیر و نگهداری نشان داده شده است.
در این مقاله ابتدا مکانیزم خرابی خط بررسی و سپس انواع مدل‌های پیش‌بینی خرابی ارائه می‌شود.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com



شکل شماره (۱)

مکانیزم خرابی خط

چهارعامل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و نگهداری خط بیشترین تاثیر را در دوره عمر مفید خط دارند. هزینه ها در فازهای برنامه ریزی و طراحی کمترین مقدار را در مقابل ساخت و نگهداری دارد. ولی در مقابل، این دو بخش تاثیر زیادی در میزان هزینه‌های نگهداری خط دارد. بطور مثال طراحی و در نظر گرفتن سیستم زهکشی برای خط در زمان طراحی و ساخت هزینه بسیار اندکی دارد ولی درحالیکه در نظر نگرفتن و عدم کارگذاری این سیستم (سیستم زهکشی) باعث افزایش زیادی در هزینه‌های نگهداری خط خواهد شد.

براساس تجربه بیش از ۷۰٪ هزینه ها به زمان نگهداری خط اختصاص دارد. ولی در حالیکه در عمل توجه اندکی به روش‌های نگهداری و مدیریتی خط می‌شود. در حالت کلی امر نگهدرای خط از بخش های بسیار اساسی در زمینه حمل و نقل ریلی است و به تربیت و آموزش اشخاص و نیروی انسانی در این زمینه توجه کمتری شده است.

کاهش کیفیت خط باعث کاهش ظرفیت عملکردی خط و در نتیجه افزایش ناهمواری خط می‌شود. افزایش ناهمواری (ناصافی خط) باعث افزایش بارهای (دینامیکی) و افزایش نرخ رشد خرابی خط می‌شود. اگر به همین منوال ناصافی افزایش یابد، خرابی بین اجزا مختلف خط توزیع شده و انحرافات خط زیاد می‌شود.

بر اساس عملکرد خط موارد زیر قابل ذکر است :

۱ـ با عملیات تعمیر و نگهداری نمی توان خط را بطول کامل به حالت اولیه (بعد از ساخت) رساند.

۲ـ کیفیت خط با افزایش ترافیک و زمان بین عملیات تعمیر و نگهداری کاهش می یابد.

۳ـ زمان بین عملیات تعمیر و نگهداری بایستی با افزایش ترافیک کاهش یابد.

۴ـ خرابی (انحراف) خط شامل مراحل زیر است :

الف ـ رشد خطی خرابی‌ها در زمان بعد از ساخت و با شروع عبور ترافیک

ب ـ رشد خطی خرابی‌ها با زمان بعد از شروع انحراف اولیه و گذر ترافیک

ج ـ رشد غیر خطی خرابی ها نسبت به زمان وقتی که کیفیت خط از حالت بحرانی پایین تر باشد.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

اگر خرابی های خط بدون انجام عملیات تعمیر و نگهداری افزایش یابد آن گاه حتی کم اهمیت ترین عوامل نیز در خرابی خط تاثیر گذار خواهند بود.
اگر شرایط خرابی در یکی از مولفه های ایجاد کننده خرابی طوری باشد که با تعمیر به حالت اولیه و مناسب برگردد، به این عمل عملیات" تعمیر و نگهداری" اطلاق می‌شود. اگر با تعمیر و نگهداری آن عضو مورد نظر به شرایط سازه‌ای اولیه برنگردد آنگاه بایستی عضو مورد نظر تعویض گردد. به این عمل عملیات" نوسازی" اطلاق می‌شود.
درحالت کلی مجموعه ای از عملیات تعمیر و نگهداری و تعویض برای رسیدن به یک سطح قابل قبول و قابل استفاده خط مورد نیاز است.
فرآیند خرابی خط، فرآیند پیچیده‌ای است که در آن خرابی یا گسیختگی هر جزء می‌تواند منجر به ایجاد چندین حالت (مد) خرابی شود. خرابی هر قسمت یا هر جزء خط ممکن است باعث خرابی جزء دیگر و عامل بوجود آمدن چندین مد خرابی باشد.
اغلب خرابی‌های اجزاء خط و حتی خرابی کل خط به حجم و نوع ترافیک و مقدار بار محوری و سرعت و سایر عوامل وابسته است. به این دلیل روابطی بین خرابی خط و ترافیک و یا سایر پارامترها ارائه شده است.
مطالعات بسیاری در مورد خرابی خط و پارامترهای مؤثر برآن بصورت آماری و یا تست‌های آزمایشگاهی انجام شده است.

خرابی ریل ها

انواع خرابی‌ها بصورت سایش (درکلاهک ریل)، خستگی ریل، جاری شدن پلاستیک ریل (موجی شدن سطح ریل) و... میباشد که بعضی از این خرابی ها در زیر توضیح داده می‌شوند. ساییدگی سطح ریل بویژه ساییدگی قسمت داخلی کلاهک از مهمترین مسئله در محل قوس‌های راه‌آهن می‌باشد و یکی از فاکتورهای اصلی و تعیین کننده عمر مفید ریل است. فولادهای نرم در مقایسه با فولادهای سخت، سایش بیشتری از خود نشان می‌دهند. جدول شماره(۱) نرخ سایش انواع ریل ها را در مقایسه با ریل استاندارد کربن دار نشان می‌دهد.
طبق جدول قابل مشاهده است که با افزایش تناژ عبوری از مرز ۱۰۰ میلیون تن، مقدار سایش تقریباً ثابت می‌ماند روغن کاری تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش سایش و افزایش عمر ریل دارد.
با این وجود می توان با استفاده از ریل‌هایی که با متالورژی خاص تولید می‌شوند، میزان سایش را حتی بدون استفاده از روغن کاری نیز پایین نگه داشت.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

جدول۱ ــ مقادیر سایش نسبی انواع ریلها در تناژهای عبوری مختلف

نوع ریل	تنـــاژ عبـــوری (مگا تن)				
	۴۲	۶۶	۹۳	۱۳۳	۱۶۶
STD Carbon	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
Cr-Nb-V	۰/۷۹	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳
Cr-Ms	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۷۰	۰/۷۲	۰/۷۴
Head-Hardened	۰/۲۶	۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۵۰	۰/۴۶

یکی از خرابی های اولیه سطح ریل وجود ترک های سطحی می باشد. وجود این ترکها خود به تنهایی باعث خرابی ریل نمی شود بلکه گسترش ترک ها و افزایش تنش های خستگی بر عمر مفید ریل تأثیر می‌گذارد.
قسمت اعظم مشکلات خستگی در ریل ها، به سطح برخورد چرخ و ریل و بار وارده بر ریل از طرف چرخ وابسته است.

کاریوگیشن ریل (ناهمواری موجی شکل سطح ریل ها):

کاریوگیشن باعث ایجاد نیروهای دینامیکی، سر و صدا، ناراحتی مسافرین، احتمال صدمه دیدن کالاها، افزایش سایش سطح ریل، خرابی تراورس‌ها، پابندها و بالاست می‌شود. بعلت اینکه شکل گیری کاریوگیشن پدیده پیچیده-ای است، تحقیقات انجام یافته در این زمینه به نتایج متفاوتی رسیده است. یکی از مطالعات انجام شده نشان داده است که ریل‌های با فولاد نرم در مقابل کاریوگیشن آسیب پذیرترند[۱] . در حالی که مطالعه دیگری در همین زمینه نشان می‌دهد که ریل‌های با فولاد نرم دیرتر از ریل‌های با فولاد سخت دچار کاریوگیشن می‌شوند[۲] .

تراورس ها

خرابی تراورس‌های چوبی شامل، شکافته شدن، بریدگی توسط ریل، صفحه زیر ریل، میخ های اتصال، خرابی توسط موریانه‌ها و قارچها می‌باشد. در اغلب موارد تراورسها بعلت پوسیدگی یا خوردگی توسط موریانه ها و یا قارچها تعویض می‌شوند.
مطالعات نشان می‌دهند که خرابی توسط قارچها مهمترین عامل خرابی بوده و بیش از ۵۰ ٪ تراورس‌ها از این طریق پوسیده می‌شوند[۳] . دومین عامل خرابی، شکسته شدن تراورس می‌باشد. سایر عوامل خرابی به ندرت رخ می‌دهند. تراورس های بتنی در طول عمر مفید زیاد خود کمتر دچار خرابی می‌شوند، در حال حاضر، تراورس‌های بتنی به طور عمده بعلت آسیب‌هایی که در اثر تصادفات و اتفاقات رخ می‌دهد تعویض می‌شوند. محتمل ترین نوع خرابی در این تراورس‌ها، ترک خوردگی آنها می باشد که بیشتر به علت نامناسب بودن محل تکیه گاه رخ می‌دهد. مطالعات انجام شده نشان داده است که فرسایش لبهٔ پایینی و دو طرف کناری تراورس‌های بتنی عمده‌ترین دلیل خرابی این نوع تراورس‌ها است[۴] .

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

سطح زیر صفحات زیر ریل می تواند باعث خرابی تراورس‌های بتنی شود. زیرا در اثر وارد شدن ذرات ریز و گرد و غبار و رطوبت، این سطح دچار پوسیدگی می‌شود. و در نتیجه صفحه زیر ریل نشست کرده و پابندها شل می‌شوند. آزمایشات انجام شده در ایالات متحده نشان داده است که عبور ۵۱ مگاتن ترافیک باعث ایجاد نشست بیش از ۲ میلی متر می‌شود. و در این میان صفحات زیر ریل سخت تر، فرسایش و نشست بیشتری را باعث می‌شوند.
به استثناء برخی ترک های خستگی، مشکل خاصی در مورد تراورس‌های فلزی گزارش نشده است. تراورسهای فلزی بدون هیچگونه مشکل مهمی ۵۵۰ مگاتن تناژ عبوری را تحمل می‌کنند[۵].
به نظر می‌رسد پوسیدگی غالب ترین عامل خرابی تراورس‌ها باشد. پایه تراورس به درون بالاست فرو رفته و در اثر بارهای تکراری فرسوده می‌شود، بالاست نیز به درون تراورس فشرده شده و باعث نشست خط می‌شود. مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که زبری دانه‌های بالاست تأثیر زیادی در این پدیده دارد[۵] . مشکلات دیگری نیز در مورد استفاده از تراورس‌های فلزی در مابین تراورس‌های چوبی از قبیل آویزان شدن تراورس‌های فلزی مشاهده شده است که علت آن متفاوت بودن شرایط اتکایی تراورس‌های چوبی با تراورس‌های فلزی است.

خرابی‌های بالاست

آلودگی بالاست یکی از عوامل اصلی خرابی بالاست می باشد. در این پدیده، فضای خالی بین دانه‌های بالاست به وسیله ذرات ریز ناشی از خود بالاست یا مواد خارجی که توسط باد آورده می‌شوند یا از مواد ریخته شده از واگنهای قطار و یا مواد ریزی که از لایه‌های پایین (سابگرید) به داخل بالاست وارد می‌شوند، پر می‌شود. تحقیقات زیادی نشان داده است که اغلب آلودگی از خود بالاست ناشی می‌شود و علت آن، سایش، تراکم و تأثیرات شرایط جوی بر روی بالاست است[۶] .
بارهای وارده، توزیع اندازه دانه‌های بالاست، شکل دانه‌ها و مشخصات سطحی دانه‌ها در میزان آلودگی مؤثر است، زمانی بالاست دچار آلودگی می‌شود که مقدار ذرات ریز (قطر کمتر از ۰/۰۷۵ میلی متر) به بیش از ۱۰ درصد حجم بالاست برسد. اگر تمامی فضای خالی بالاست با ذرات ریز پر شود، بالاست در اثر رطوبت تغییر شکل داده و در زمانی که خشک باشد سخت می‌شود (و یا در مناطق سردسیر دچار یخ زدگی می‌شود) و عملکرد ارتجاعی و مناسب خط را از بین می برد.
خرابی مصالح سنگی یکی دیگر از عوامل عمده خرابی بالاست است. فرآیند این نوع خرابی به مقدار زیادی به ویژگی‌های خود مصالح سنگی وابسته است که این ویژگی‌ها از طریق انجام آزمایشات مختلف همانند آزمایش سایش لوس آنجلس(LAA)، و یا آزمایش (MILL ABRASION) و یا عدد سایش (AN) قابل تعیین است با این وجود در این آزمایشات خوردگی شیمیایی به حساب آورده نمی‌شود[۷] .

خرابی سابگرید

خرابی‌های وابسته به ترافیک در مورد سابگرید شامل : گسیختگی کلی برش (نوع اول)، گسیختگی تدریجی برش (نوع دوم) و فرسایش (نوع سوم) می‌باشد.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

خرابی نوع اول غالباً در مقاطعی که دارای خاک ریزی می باشند رخ می‌دهد. و با افزایش میزان رطوبت خاک به ویژه در مواقع بارانی و سیلاب مقاومت خاک بستر پایین می‌آید [۶].
خرابی نوع دوم باعث انحراف پلان و تراز عرض خط به یک طرف می‌شود. خرابی نوع سوم در اثر وجود آب اتفاق می‌افتد و گل ولای ایجاد شده در درون بالاست به طرف بالا پوشیده می‌شود و تا تراز زیر تراورس بالا می‌آید.

مدل سازی خرابی خط

روش های آماری:
. روش آماری شامل آنالیز مشاهدات انجام شده از عملکرد خطوط واقعی و پارامترهای مؤثر بر آن و سپس استفاده از آنالیز رگرسیون و .... برای ایجاد مدل پیش بینی خرابی می‌باشد.

روش های مکانستیک:
در روش مکانستیک مشخصات مکانیکی اجزاء مختلف خط با استفاده از تئوری یا آزمایش تعیین می‌شود. و از مدل-های آنالیز سازهٔ خط برای محاسبهٔ نیروها و تنش ها استفاده می‌شود.
مزیت روش مکانستیک بر روش آماری در ترکیب کردن پاسخ خط با پارامترهای ترافیکی می‌باشد. در روش آماری اشتباه در برداشت و ثبت داده‌ها و تفسیر آن ممکن است باعث نادرست بودن مدل گردد.
مدل های مکانستیک بعلت دارا بودن انعطاف پذیری در بررسی عملکرد خط در انواع ترافیک های عبوری مختلف نسبت به مدل‌های آماری دارای برتری می‌باشند.

مدل سازی سایش ریل :

مدل‌های تجربی برای تخمین میزان سایش سطح ریل بعنوان تابعی از میزان تناژ عبوری ارائه شده است..
در حالت کلی در روابط تجربی ارائه شده تأثیر عواملی همچون، پروفیل ریل، نوع وسایل نقلیه و روغنکاری سطح بین چرخ و ریل به حساب آورده نشده اند[۸] .
پیش بینی کردن فرآیندی که باعث ایجاد سایش می‌شود نسبت به پیش بینی نرخ سایش به دقت بیشتری نیازمند است. یک روش برای این کار استفاده از اندیس سایش می‌باشد که چند پارامتر از قبیل شرایط چرخ و ریل، نیرو یا تنش قائم وارده بر ریل و اصطکاک را با هم ترکیب می‌کند. فرض اولیه این است که نرخ سایش با اندیس سایش ریل متناسب است. زاویه اتکاء چرخ و ریل معمولاً برای تعریف شاخص یا اندیس سایش استفاده می‌شود ولی مدارک موجود نشان دهندهٔ این است که زاویه اتکاء و نیروهای جانبی وارده بر ریل بطور مستقیم در سایش سطح ریل و سایش جانبی ریل مؤثر نیستند[۹] . به این دلیل شاخص سایش، که بر مبنای زاویه اتکاء چرخ و ریل تعریف شده است نمی تواند بطور صحیحی سایش واقعی جانبی ریل را نشان دهد.
سه مدل به همراه توضیحات پارامترهای مورد استفاده در ادامه توضیح داده شده است :

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

۱- مدل تجربی ارائه شده دانشگاه ایلی نویز[۱۰] :

$$W_a = W_t(1 + K_w D_c)T$$

که در آن :

w_a = سایش سطح ریل بر حسب mm^2 در تناژ عبوری T

w_t = سایش مماسی سر ریل بر حسب mm^2/ MGT

kc= فاکتور سایش قوس

Dc = درجه قوس (درجه)

T = رشد تناژ عبوری

w_t وKw براساس داده های صحرایی ثبت شده، در آمریکا قابل تعیین است.

محدودیت‌ها :

- ریل هایی که دارای وزنی غیر از ۵۷ و ۶۶ کیلوگرم بر متر می باشند شامل این مدل نمی شوند.
- در این مدل تأثیر بار محوری و نوع وسیله در نظر گرفته نشده است.

۲- مدل تجربی AREA : [11]

$$T = \frac{1.943 K_c K_g K_r M_r T_a^{0.565}}{\sum_1^n \left[\frac{1.102 T_i}{K_{vi} K_{ai} K_{si}}\right]}$$

که در آن :

T = عمر ریل در مقابل سایش برحسب مگاتن

Kc = ضرایب انحنا خط و روغنکاری سطح ریل

Kg = ضریب شیب خط

kr = ضریب ریل : اندازه، مقاومت و نوع اتصالات

Mr= نوع ریل برحسب کیلوگرم بر متر طول

Ta = میزان افزایش تناژ عبوری برحسب مگاتن در سال

n= تعداد انواع مختلف ترافیک عبوری در مدت زمان رشد ترافیک

Ti= تناژ عبور ی برای ترافیک کلاس i ام (سرعت، بار محوری و نوع سرویس)

Ksi, Kai, Kvi= ضریب نوع ترافیک (کلاس عبوری) مربوط به سرعت و بار محوری و نوع سرویس می باشد.

محدودیت های این مدل عبارت است از :

- این مدل براساس مدل (AREA 1957)استوار است و وزن ریل ها در محدودهٔ (۶۱-۵۵) کیلوگرم می‌باشد.
- این مدل تنها شامل یک نوع ریل پر مقاومت است.
- تأثیر روغنکاری در میزان سایش در نظر گرفته نشده است.

سیویلیکا: مرجع دانش www.civilica.com

۳- مدل تجربی West Rail [13] :

$$T = 35.6 \times M_r^{3.96}$$

T= عمر ریل بر حسب مگاتن

این رابطه بر مبنای رابطهٔ Area بوده و در آن تأثیرات انحناء و نوع ریل و ...آورده نشده است.

خرابی های خستگی ریل

در مدل سازی خرابی‌های خستگی ریل غالباً از تکنیک های احتمال تجمعی استفاده می‌شود. احتمال ایجاد خرابی در ریل بصورت تابعی از تناژ عبوری در نظر گرفته می‌شود.
محققان استرالیایی مدل‌های مکانستیک برای خستگی ریل ارائه کرده‌اند. یک مدل آنالیزی برای پیش بینی رشد خستگی بر پایه مکانیک شکست اولین بار توسط Chipperfield and Skinner در سال (1981) ارائه گردید[۱۴] . این مدل براساس شدت تنش‌های اعمالی که بطور عمده تابع قطر سطح اتکاء چرخ می‌باشد استوار است. این مدل بعداً با استفاده از تابع توزیع Weibull به مدل عمومی برای پیش بینی خستگی تبدیل شد.

کاریوگیشن ریل

کاریوگیشن ریل با افزایش نیروهای دینامیکی باعث ایجاد خسارت به خط می‌شود، ولی هیچ رابطه‌ای برای ارتباط دادن عمق و طول موج ها با پارامترهای ترافیکی وجود ندارد. در مدل‌های بررسی خرابی خط عموماً از متوسط تنش تماسی بین چرخ و ریل برای پیش بینی پدیده کاریوگیشن استفاده می‌شود. برای خطوط مستقیم محدودهٔ مجاز تنش های وارده برای انواع مختلف ریل‌ها جهت جلوگیری از پدیده کاریوگیشن در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۲ – متوسط تنش تماسی وارده برای خطوط مستقیم

نوع ریل	محدوده متوسط تنش تماس وارده
فولاد کربن دار (ex Pt Kembla)	- در تنش بزرگتر از 690 MPa، کاریوگیشن ایجاد می‌شود. - در تنش کمتر از 657 MPa، کاریوگیشن رخ نمی‌دهد.
فولاد کربن دار (ex Whyalla)	- در تنش بزرگتر از , 1035 MPa، کاریوگیشن ایجاد می‌شود. - در تنش کمتر از 985MPa، کاریوگیشن رخ نمی‌دهد.
فولادهای سخت	- در تنش بزرگتر از 1350MPa، کاریوگیشن ایجاد می‌شود. - در تنش کمتر از 1350 MPa، کاریوگیشن رخ نمی‌دهد.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

تحلیل عمر مفید تراورس های چوبی

توزیع آماری عمر مفید تراورسها در استراتژی‌ها و برنامه‌های تعویض تراورس‌ها استفاده می‌شود. درصد تراورس‌هایی که نیاز به تعویض دارند با درصد متوسط عمر مفید تراورس‌ها متناسب است.

در حالت کلی آنالیزهای آماری نیازمند داده‌های نسبتاً زیادی هستند. با این حال در آنالیزهای با مقیاس بزرگ، استفاده از روشهای آماری مناسب می باشد.

مطالعاتی در مورد ارتباط دادن عمر مفید تراورس‌های چوبی با تنش‌های وارده بر آنها با استفاده از روش مکانستیک انجام شده است[۱۵] . فرض براین است که هر بار عبور چرخ استاندارد از روی خط خرابی ثابتی در تراورس‌ها ایجاد می‌کند. بنابراین در یک مقطع از خط تعویض کل تراورس ها در یک دورهٔ زمانی مشخص با تعداد سیکلهای بارگذاری متناسب است.

مزیت این روش این است که آنالیز به تاریخچه ثبت داده ها و طول مقطع خط مورد نظر وابسته نیست.

برای تراورس های بتنی یا فولادی مدلی برای تعیین نرخ خرابی با تناژ عبوری یا زمان و یا شرایط محیطی ارائه نشده است.

بالاست

ارائه مدلی ریاضی برای تعیین رفتار بالاست کار مشکلی است و در عمل از مدل‌های فیزیکی در آزمایشگاه و یا مطالعات صحرایی می‌توان برای یافتن مدل رفتاری بالاست استفاده کرد.

پیش بینی پتانسیل آلودگی و نرخ کاهش نفوذپذیری بالاست وابسته به عواملی همانند، بارگذاری، شرایط محیطی اندازه ذرات بالاست، نوع کانی‌ها و بافت سنگ بالاست، سختی، زبری و خواص شیمیایی آن می‌باشد. به این جهت ارائه رابطه‌ای ساده که در برگیرندهٔ همه عوامل فوق باشد غیرممکن است. و تنها در این زمینه می‌توان از تست‌های آزمایشگاهی استفاده کرد.

روشهای معمول برای تعیین عمر مفید بالاست و تعیین زمان تعویض بالاست وجود دارد که عبارتند از روش میزان پر شدگی فضای خالی بین ذرات بالاست و روش قطر متوسط دانه‌های بالاست[۵و۱۶] . روشهای فوق برای تعیین میزان تناژ عبوری که در آن زمان باید بالاست تعویض شود بکار می‌روند روش اول زمانی که فضای خالی بین دانه های بالاست با ذرات ریز پر می‌شود را زمان پایان عمر بالاست معرفی می‌کند. و در روش دوم زمانی که قطر متوسط دانه‌های بالاست به ۱۰ میلیمتر برسد عمر بالاست خاتمه یافته است. براساس تجربیات بعمل آمده روش دوم محافظه کارانه تر است.

صفحات زیر ریل و پابندها به ندرت به تنهایی مدل سازی می‌شوند بلکه بعنوان پارامترهایی در مدل سازی ریل و یا تراورس بکار می‌روند.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

مدل خرابی کلی خط

شاید پیش‌بینی خرابی خط نیازمند برداشت داده‌های بسیار دقیقی از رفتار هر جزء خط و یا مهمتر از آن، دانستن اندرکنش بین انواع حالات خرابی خط باشد. در حال حاضر تحقیقات زیادی بایستی در این زمینه و براساس روابط مکانستیک صورت گیرد.

درحال حاضر مدل جامعی که برای پیش بینی انواع خرابی‌های خط بکار رود وجود ندارد. اغلب مدل‌های خراجی موجود مدل‌های بسیار ساده شده‌ای برای یک یا چند حالت خاص می‌باشند. علاوه بر آن بررسی اندرکنش بین انواع خرابی‌ها به ندرت مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است.

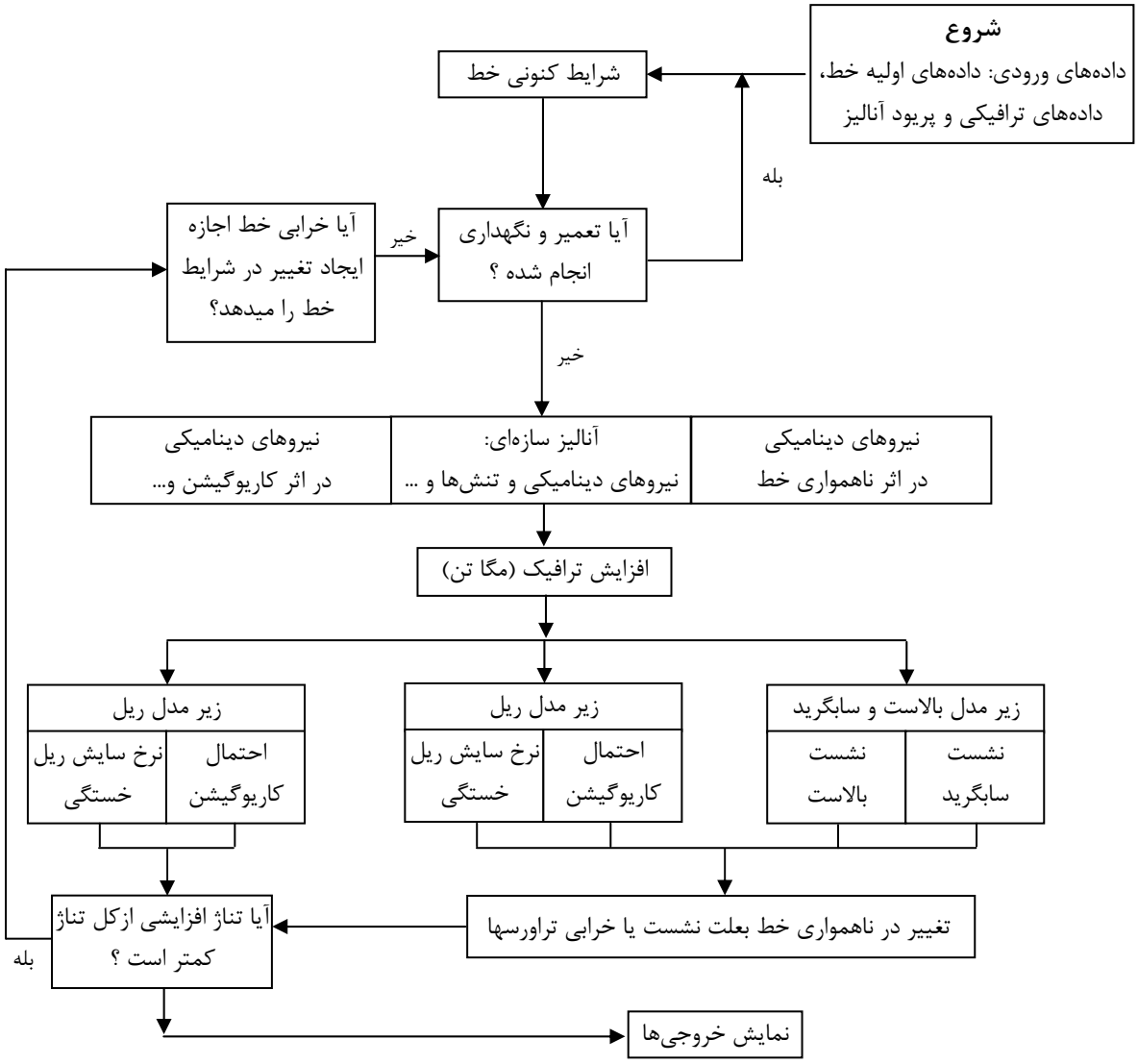
پیش بینی خرابی بر اساس روابط مکانستیک امکان ترکیب شدن نتایج و تکنولوژی جدید را با مدلهای موجود فراهم می‌آورد. مدل کلی خرابی خط که در این بخش طراحی می‌شود، تمامی فاکتورهای اصلی مؤثر در عمر مفید اجزاء خط را در بر می‌گیرد. و تا آنجایی که امکان دارد برای آنالیز خرابی اجزاء مختلف خط از روابط مکانستیک استفاده می‌شود. در شکل (۲) چهارچوب کلی مدل مورد نظر نشان داده شده است.

در ابتدا داده‌های اولیه شرایط کنونی، پارامترهای ترافیکی و دوره آنالیز وارد مدل می‌شود. مدل بر اساس داده‌های ورودی استفاده کننده مدل را به روز می‌کند. مدل بر اساس شرایط خط و با افزایش تناژ عبوری به صورت ۵ تا ۱۰ مگاتن در هر سیکل خط را شبیه سازی می‌کند. اگر عملیات تعمیر و نگهداری در این مدت انجام شده باشد مدل بطور اتوماتیک شرایط خط را به روز می‌کند. در غیر اینصورت نیروهای دینامیکی محاسبه و سپس تنشها با استفاده از یک زیر برنامه حساب می‌شوند. مدل شامل زیر مدلهایی از قبیل : ریل، تراورس، بالاست و سابگرید می‌باشد. پابندها و صفحات زیر ریلی در زیر مدل تراورس گنجانده شده‌اند.

در پایان هر سیکل مقدار تناژ مورد نظر با کل تناژ عبوری مقایسه می‌شود اگر مقدار تناژ بیش از کل تناژ دورهٔ آنالیز نباشد، خروجی‌های زیر مدل‌های خرابی مشخص خواهند کرد که آیا اجازه تغییر شرایط خط وجود دارد یا نه.

اگر خرابی خط قابل ملاحظه باشد، شرایط خط به روز خواهد شد. در غیر اینصورت ورودی مستقیماً به سیکل بعدی منتقل می شود تا تخمین خرابی صورت گیرد.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

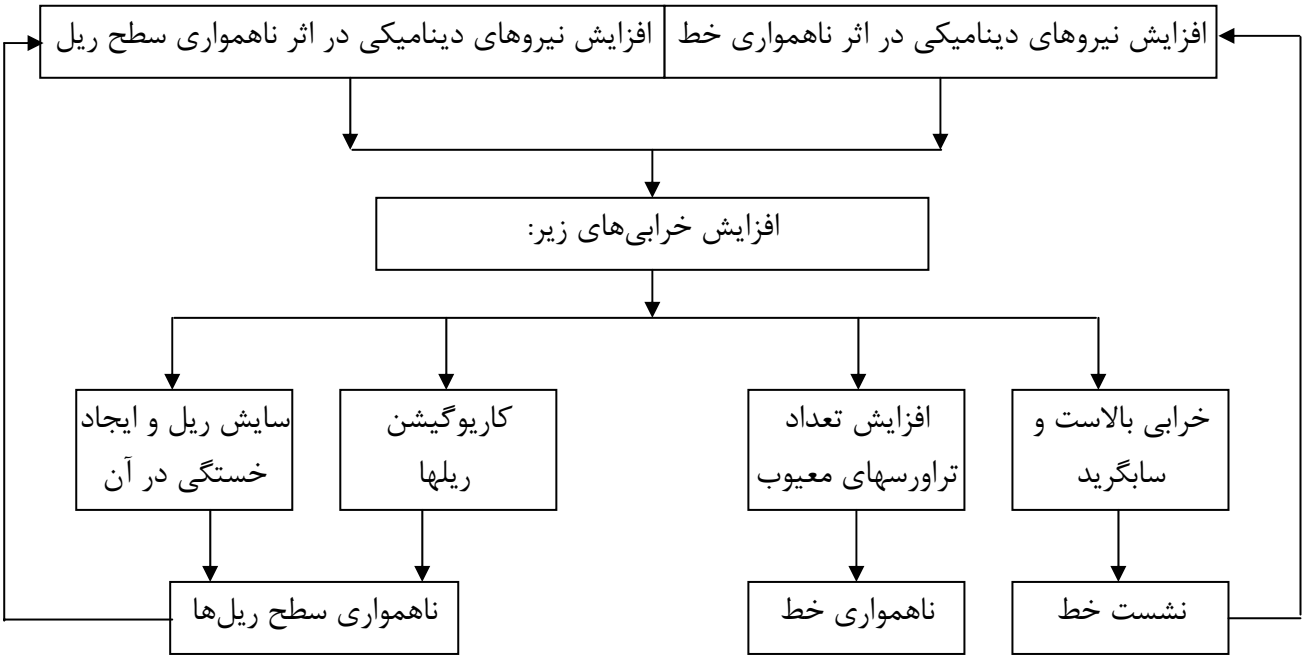


شکل شماره (۲)

ارتباط بین انواع مؤلفه‌های خرابی خط

اندرکنش بین انواع خرابی‌های خط بطور شماتیک در شکل شماره (۳) نشان داده شده است. تأثیر خرابی انواع مؤلفه‌های خط بطور ویژه در میزان نیروهای دینامیکی نمایان می‌شود. خرابی ریل باعث ناصاف شدن سطح ریل و در نتیجه افزایش نیروهای دینامیکی می‌شود. وجود پدیده کاریوگیشن مقدار نیروهای دینامیکی را افزایش می‌دهد. خرابی تراورس‌ها، بالاست و سابگرید در ناهمواری تراز خط تأثیر دارند و ناهمواری تراز خط یکی از عوامل ایجاد نیروهای دینامیکی است. اگر چه هنوز رابطه‌ای مابین ناهمواری خط و خرابی تراورسها ارائه نشده است ولی مسلم است که خرابی تراورس‌ها ناهمواری خط را می‌افزاید.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com



شکل شماره (۳)

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله انواع مدل‌های مختلف برای تخمین خرابی خط از نقطه نظر انواع اجزاء خط مورد بررسی قرار گرفتند. و مشاهده گردید که مدل کاملی که بتواند بعنوان ابزاری برای آنالیز خرابی تمامی خطوط مورد استفاده قرار گیرد وجود ندارد. اغلب مدل‌های موجود، روابط ساده شده‌ای برای تخمین خرابی خط برای یک یا چند خط بخصوص می‌باشند. شاید پیش بینی خرابی خط نیازمند داشتن داده‌های کیفی دقیق و مهمتر از آن داشتن یک فهم و برداشت صحیح از رفتار خط و اندرکنش بین انواع خرابی‌ها می‌باشد.

درحال حاضر جای تحقیق و مطالعهٔ زیادی در زمینه پیش بینی خرابی خط بر اساس روابط مکانستیک وجود دارد. و در نهایت مدل کلی ارائه شده برای خرابی خط بهمراه ریز مدل‌های موجود چهارچوبی را برای در نظر گرفتن اندرکنش بین انواع خرابی‌ها معرفی می‌کند.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

مراجع و منابع :

1-MAIR, R.I., JUPP, R.A and GROENHOUT, R. (1978).The characteristics and control of long pitch rail corrugation at heavy axle loads. *Heavy Haul Railways Conference.* Perth, W.A Australia:(IEAustralasian Institute of Mining & Metallurgy)

2-CLARK, R.A (1984). Slip-Stick vibrations may hold the key to corrugation puzzle. *Railway Gazette International, July.*

3-RUSSELL,A.(1986).Speaking out tie decay-underrated factor. *Railway Track and Structures. Auguste,pp.34-37*

4-POWELL, J.(1989). Investigation into the Wear of PSC Sleepers. QR Report no. EZZMD576.

5-JEEFS, T. (1989). Towards ballast life cycle costing. Proccedings of the forth International Heavy Haul Railway Confrence, pp.439-445. (Brisbane, Australia).

6-SELIGE, E.T. (1985). Ballast for heavy duty track. Track Technology. pp 245-252. (Thomas Telford: London)

7-CHRISMER, S.M. (1988). Recent Development in Predicting Ballast life and Economics.AAR Report No. R-700. (AAR Technical Center: Chicago, III)

8-TEW, G.P., MARICH, S., and MUTTON, P.J (1991). A Review of Track Design Procedures, Volume Rails. (Railways of Australia: melborne).

9-ALLEN, R.A. and JOLLAY, J.P. (1981). The mechanical aspects of wheel/rail wear. Proceedings of FAST Engineering Conference. Report No. FRA/TTC-82/01, pp 217-227.

10-HAY, W.W. (1982). Railroad Engineering, 2nd Edition. Pp 247-251. & 491-544. (John Wiley and Sons: New York)

11-DANZIG, J.C., HAY, W.W. and REINSCHMIDT, A.J. (1976). Procedures for Analysing the Economic Costs of Railroad Roadway for Pricing Purposes. Vol. 1 & 2, TOPS on-Line Services Inc.

12-(1957). Rail life. Report of Assignment 7, Committee 16- Economics of plant, Equipment, and Operations. *Proceedings of AREA, Vol.58, p.360*

13-HOARE, J.F.,and PAYNE, A.F. (1978) Track structure for the Kwinana to Koolyanobbing railway. Heavy Haul Railway Conference. Perth, WA, Australia.

14-CHIPPERFILED, C.G. and SKINNER, D.H. (1981). A study of subsurface fatigeue in rails. Railway Engineering Conference. Sydney, 7-9 Septamber, 1981. (IEAust.: Barton, ACT).

15-LAMSON, S.T. and DOWDALL, B. (1985). Tie Life Model CIGT Report No 84-12. (Canadian Institue of Guided Transport, Queen`s University at Kingstone, Ontario).

16-KTASSEN, M.J., CLIFTON, A.W. and WATTERS, B.R. (1987). Track evaluation and ballast performance specifications. Transportation Research Record 1131, pp 35-44.

17-CAYTON, P. and STEELE, R.K.(1987). Wear Processes at the wheel/ rail Interface. AAR Report No. R-613.

18-TWIDEL, K., TEW, G.P. and SOELEMIMAN, S. (1991). The Enhanced Rail Selection Module for for the railways of Australia. TDAC Report No. 7/2/91. (Railways of Australia: Melbourne).

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

سیویلیکا: مرجع دانش
www.CIVILICA.com