بررسی نقش نگهداری و تعمیرات خطوط بر راندمان صنعت حمل ونقل ریلی

سید مسعود نصر آزادانی[1]

عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

nasr@ririrw.com

چکیده

توسعه زیر ساختهای حمل و نقل یکی از نیازهای اساسی کشور می باشد .معیار هایی از قبیل سرعت ،راحتی ،ایمنی و قابلیت اعتماد و آماده به کاری سیستم حمل و نقل از شاخصهای مهم ارزیابی سیستم ها توسط مسافرین و صاحبان کالا جهت انتخاب حمل و نقل مناسب می باشد .دستیابی به شاخصهای فوق و جلب نظر مشتریان مستلزم داشتن برنامه جامع نگهداری وتعمیرات در شبکه ریلی ونظارت و کنترل مستمر بر عملکرد و وضعیت موجود شبکه می باشد .نگهداری و تعمیرات به موقع و مؤثر نقش به سزایی در حفظ ظرفیت مسیربا جذابیت سیستم حمل ونقل ریلی و کاهش هزینه های بهره برداری و همچنین افزایش ایمنی سیر و حرکت ناوگان دارد.

واژه های کلیدی :نگهداری و تعمیرات - حمل و نقل ریلی - ظرفیت شبکه - هزینه بهره برداری

۱- مقدمه

حمل و نقل ریلی به دلیل دارابودن مزیتها و پتانسیل های ویژه در ابعاد ایمنی ، زیست محیطی، حمل انبوه وهزینه های حمل نسبت به سایر سیستم های حمل و نقل مورد توجه دولتمردان ومسئولین حمل و نقل کشورها بوده است . در همین راستا توسعه حمل و نقل ریلی در صدر سیاستهای کلان نظام جمهوری اسلامی ایران در خصوص توسعه سیستمهای حمل و نقل به تصویب رسیده است و بر اساس برنامه ۵ سال توسعه کشوربایستی سالیانه حدود ۴۰۰ کیلو متر شبکه موجود توسعه یابد . شبکه ریلی کشور در حال حاضر دارای حدود ۸۰۰۰ کیلو مترخط اصلی وحدود ۲۰۰۰ کیلو متر خط فرعی صنعتی بوده که بنادر و معادن و همچنین شهرهای مهم کشور را به یکدیگر و همچنین به کریدورهای بین المللی متصل نموده است. ساخت راه آهن در همه کشورها یکی از پروژه های گران قیمت بوده و درحال حاضر در کشور ایران بر حسب موقعیت جغرافیائی و همچنین مشخصات فنی

---

۱ - دکترای مهندسی عمران (راه و ترابری) و مدیر دفتر تحقیق و توسعه شرکت خدمات خط وابنیه فنی

خطوط هزینه ای حدود ۴۰۰۰ تا۷۰۰۰ میلیون ریال برای ساخت یک کیلو مترخط پرداخت می شود . حفظ این سرمایه عظیم و آماده به کاری آن مستلزم داشتن برنامه جامع تعمیر و نگهداری در زیر بنا و ناوگان و همچنین کنترل و نظارت بر روشهای بهره برداری از شبکه می باشد. تجربه نشان داده است که بهترین خطوط راه آهن که با مرغوب ترین مصالح نیز ساخته شده اند به علت بهره برداری نامناسب وعدم وجود سیستم مناسب نگهداری در مدت زمان اندکی تبدیل به مسیری با حداقل کیفیت فنی شده است. در این مقاله ضمن معرفی مختصر روشهای موجود تعمیر ونگهداری خطوط به بررسی نقش این عملیات در جذب ترافیک وافزایش راندمان سیستم حمل ونقل ریلی کشور پرداخته می شود .

۲- روش های تعمیر و نگهداری خطوط راه آهن ایران

عملیات تعمیر و نگهداری خطوط راه آهن به دو گروه عمده جاری و دوره ای تقسیم می گردد. خطوط راه آهن از بدو شروع بهره برداری نیاز به نگهداری داشته و این عملیات تحت عنوان نگهداری جاری در راه آ هن ها برنامه ریزی میگردد. در گذشته به دلیل استفاده از ریلهای سبکAII وAIII و همچنین ریل U33 به همراه تراورس های چوبی و فلزی و همچنین کوتاه بودن طول ریلها که بین ۱۲تا ۱۸ متر بوده ،نگهداری جاری به صورت دستی و توسط گروه های کارگری انجام می گرفته است .در حال حاضر با توجه به افزایش سرعت و ترافیک در روسازی راه آهن از ریلهای سنگین UIC60 و تراورسهای بتنی و همچنین جوش ریل جهت اتصال ریلها استفاده می گردد که امکان نگهداری دستی را بسیار سخت می نماید و لازم است از ماشین آلات مکانیزه سبک در این زمینه استفاده شود. عملیات تعمیر و نگهداری دوره ای نیز خود به دو نوع بهسازی و بازسازی تقسیم می شوند . این عملیات عموما توسط ماشین آلات مکانیزه سنگین به همراه گروه های کارگری انجام می پذیرد.

بر حسب میزان ترافیک و طبقه بندی خطوط و همچنین شرایط اقلیمی و کیفیت مصالح استفاده شده در ساخت خطوط معمولا هر ده سال یک بار عملیات بهسازی و هر سی سال یک بار عملیات بازسازی خطوط انجام می پذیرد. در عملیات بهسازی حدود ۳۰ تا۵۰ در صد مصالح روسازی تعویض گردیده و مشخصات هندسی خط اصلاح می گردد.در عملیات بازسازی علاوه بر تعویض کل رو سازی ،بستر خط نیز تقویت و تر میم می گردد.

کیفیت و نحوه انجام عملیات های فوق الذکر و همچنین زمان اجرای آنها تاثیر بسزایی در عملکرد راه آهن و هزینه های اجرایی آن دارد .در ادامه به بررسی این آثار پرداخته می شود.

۳- نقش تعمیر و نگهداری خطوط بر راندمان حمل و نقل ریلی

سرعت، راحتی، ایمنی، ارزانی و آماده بکاربودن سیستم از شاخصه های اصلی انتخاب یک سیستم حمل و نقل مناسب توسط صاحبان کالا و یا مسافرین می باشد . دستیابی به شاخص های فوق برای جذب مسافرین و صاحبان کالا و افزایش سهم حمل و نقل ریلی در کشور تحت تاثیر روشها و برنامه عملیات تعمیرو نگهداری خطوط راه آهن می باشد.بطور کلی تعمیر و نگهداری مسیر راه آهن بر فاکتورهای زیر تاثیر گذار می باشد:

- ظرفیت شبکه حمل و نقل ریلی
- جذابیت سیستم حمل و نقل ریلی
- هزینه های بهره برداری حمل و نقل
- ایمنی حمل و نقل

در ادامه به بررسی آثار فوق پرداخته می شود.

۱-۳ آثار تعمیر و نگهداری بر ظرفیت حمل ونقل شبکه

ظرفیت یک محور در راه آهن بر اساس حد اکثر تعداد قطارهایی که در یک شبانه روز از یک محور میتوانند عبور نمایند از رابطه زیر محاسبه میگردد:

$$N = \frac{1440 - (60n)}{T} \qquad (1)$$

N: تعداد زوج قطار در شبانه روز

n: مدت نگهداری خط در شبانه روز به دقیقه

T: مجموع مدت زمان رفت و بر گشت قطار در بلاک بحرانی مسیر برحسب دقیقه

قابل ذکر است که یک محور راه آهن توسط ایستگاه ها به بلاک هایی تقسیم می گردد که بر حسب طول و یا شرایط جغرافیایی مسیر معمولا بلاکی که مجموع زمان رفت و بر گشت قطار در آن از سایر بلاک ها بیشتر باشد ، بلاک بحرانی نامیده شده و مبنای محاسبه ظرفیت قرار می گیرد.

همچنین معمولا شش ساعت در شبانه روز به نگهداری خط اختصاص می یابد که عموما بدلیل نیاز ترافیکی مسیر، تخصیص این مدت زمان مشکل بوده و کوتاه نمودن آن با استفاده از روشهای مکانیزه جهت افزایش سرعت عملیات نگهداری مطلوب نظر مدیران بهره برداری می باشد .

همچنان که اشاره شد مدت زمان سیر، تاثیر مستقیم بر ظرفیت مسیر دارد . هر چه کیفیت روسازی خط به شرایط استاندارد و طراحی مسیر نزدیک تر باشد امکان حرکت قطار با سرعتهای تعیین شده و دستیابی به ظرفیت مورد نظر میسر می گردد. در غیر اینصورت ایجاد محدودیت سرعت و یا مسدودی خط به دلیل کاهش کیفیت خط و یا خرابی خط موجب افزایش زمان سیر و بالطبع کاهش ظرفیت مسیر می گردد. با توجه به ظرفیت حمل بار هر قطار که به طور متوسط ۲۰۰۰ تن می باشد و همچنین سرعت متوسط قطارهای باری که حدود ۵۰ کیلو متر در ساعت می باشد خسارت ناشی از افزایش زمان سیر قطار به دلیل توقف و یا خرابی خط به میزان یک ساعت با فرض کرایه هر تن کیلو متر حمل بار ۱۵۰ ریال از قرار زیر است:

۱۵۰× ۲۰۰۰ × ۵۰ =۱۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال

قابل توجه می باشد که باتوجه به این که حداکثر شیب و فراز بخش اعظم شبکه راه آهن کمتر از ۱۲/۵ در هزار می باشد عملا تناژ قطارها بیش از ۲۰۰۰ تن بوده و معمولا قطارها با ۲ لکوموتیو حرکت کرده و تناژ آن حدود ۴۰۰۰ تن می باشد . همچنین به دلیل محدودیت دسترسی به خطوط از طریق جاده در مناطق کوهستانی و یا زمان بر بودن رفع خرابی ها و محدودیت ادوات معمولا تقلیل سرعت در مسیرها و یا مدت زمان مسدودی خط طولانی بوده و بعضا به بیش از یک یا دو روز نیز می رسد . بنابراین هزینه ۱/۵ میلیون تومان خسارت، هزینه واحد تاخیر بر حسب ساعت بوده و عملا خسارات هنگفتی سالیانه بر سیستم حمل و نقل ریلی تحمیل می گردد.

۳-۲ تاثیر تعمیر و نگهداری بر میزان جذابیت حمل ونقل ریلی

همانگونه که اشاره شد سرعت،راحتی ،ایمنی از معیارهای اصلی انتخاب سیستم حمل و نقل توسط مسافرین و صاحبان کالا می باشد . عدم تعمیر و نگهداری به موقع خطوط نه تنها باعث تقلیل سرعت و افزایش زمان سیر میگردد بلکه به دلیل ایجاد ارتعاشات و آلودگیهای صوتی باعث عدم رضایت مشتریان گردیده و آنها را به سوی سایر سیستم ها هدایت می نماید .همچنین تعمیر و نگهداری به موقع و مناسب خطوط نقش بسزایی در تامین ایمنی سیر و حرکت دارد . وقوع حوادث نه تنها از ابعاد مالی و زیست محیطی خساراتی را ایجاد می نماید بلکه به دلیل جراحات و تلفات انسانی بعضا باعث بروز خسارات اجتماعی و سیاسی نیز می گردد که بر آورد ریالی آن به سادگی امکان پذیر نمی باشد . یادآوری حادثه نیشابور و آثار متعلقه بایستی همیشه مد توجه قرار گیرد .

۳-۳ تاثیر تعمیر و نگهداری برهزینه های بهره برداری راه آهن

هزینه های بهره برداری راه آهن به طور کلی شامل :

- هزینه تعمیر و نگهداری تاسیسات زیر بنایی
- هزینه تعمیر و نگهداری ناوگان
- هزینه های نیروی انسانی و مدیریت و بهره برداری سیستم

هزینه های تعمیر و نگهداری ناوگان و همچنین نیروی انسانی موضوع این مقاله نبوده و صرفا یادآوری می شود که عدم نگهداری صحیح خطوط و زیر بنای حرکت قطارها میتواند باعث بروز خرابی ناوگان و یا تشدید خرابی در ناوگان گردد. عدم تامین بستر مناسب حرکت باعث بروز ضربات و تکانهای شدید در ناوگان گردیده که این امر به تدریج باعث استهلاک زود رس و خرابی ناوگان می گردد.

در بخش خطوط و زیر بنا عمر قطعات و اجزا روسازی و همچنین حفظ مشخصات هندسی خط از قبیل عرض خط، ناهمواریهای طولی و جانبی بستگی زیادی به روش نگهداری و برنامه ریزی مدیریت نگهداری شبکه دارد. البته فاکتورهایی از قبیل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، هماهنگی شرایط فعلی بهره برداری با طراحی های انجام گرفته، کیفیت ساخت و اجرای خطوط و همچنین جنس مصالح و مواد اولیه مصرفی در روسازی و در نهایت رژیم بهره برداری از عوامل بسیار مهم بر هزینه های

نگهداری خطوط می باشد که اگر نسبت به آنها بی توجهی شده باشد عموما باعث بروز خرابی های زودرس و افزایش هزینه های نگهداری می گردند.

مدت زمان کارکرد ریل بدون وقوع شکست، سائیدگی و خرابیهای غیرمجاز عمر ریل نام دارد. عمر ریل به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها میزان بار ناخالص عبوری سالیانه، بار محوری عبوری، نحوه نگهداری، حداکثر سرعت عبوری و مقاومت خستگی ریل می باشد. عمر ریل براساس رابطه زیر محاسبه می شود [1] .

$$Y_1 = K\omega / D^{0.435} \qquad (۲)$$

که دراین رابطه:

Y_1 = عمر ریل برحسب سال

ω = وزن واحد طول ریل برحسب پوند بریارد

D= بار ناخالص عبوری سالیانه (برحسب میلیون تن)

K= ضریب مربوط به نوع نگهداری، برای شرایط نگهداری در سطح متوسط و غیر مکانیزه K=0/545 و در صورت شرایط نگهداری با کیفیتی بالا در صورت وجود اتصال ریل درزدار K=0/9538 و برای اتصال جوش درزریل ۱/۳۵۴۴ انتخاب می شود.

همانگونه که در رابطه بالا مشاهده می شود صرفا روش نگهداری خط حدود ٪۵۰ درصد در عمر ریل که مهمترین و گرانترین بخش روسازی محسوب می شود تاثیر داشته و همچنین نقش جوش درزریل نیز روشن و آشکار می گردد بنحوی که می تواند به همراه یک روش نگهداری خوب عمر خط را تا ۳ برابر افزایش دهد.

طی سالهای اخیر بدلیل افزایش تقاضای ترافیک، افزایش سرعت و بار محوری ناوگان مورد توجه جدی قرار گرفته است. تناژ و یا میزان ترافیک، سرعت و بار محوری ناوگان از مولفه های بسی مهم در خرابی و زوال خط بوده و افزایش آنها باعث رشد قابل توجه در هزینه های نگهداری وبالطبع بهره برداری راه آهن دارد. براساس تحقیقات انجام گرفته در اتحادیه بین المللی راه آهنها UIC رابطه زیر جهت محاسبه میزان خرابی خط متناسب با فاکتورهای ترافیک، سرعت و بار محوری ارائه شده است [2] .

$$E = K.T^{\alpha}.P^{\beta}.V^{2} \qquad (۳)$$

E= میزان خرابی

T= تناژ عبوری (میلیون تن در سال)

P= بار محوری (تن)

V= سرعت (کیلومتر برساعت)

K, α, β مقادیر ثابت که برحسب نوع خرابی در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول شماره ۱: مقادیر β,α (ORE D161)

نوع خرابی	α	β	β/α
خستگی ریل	۳	۳	۱
خرابی رویه ریل	۱	۳/۵	۳/۵
خستگی سایراجزا	۱	۳	۳
تغییر کیفیت هندسه خط	۱	۳	۳

با مراجعه به جدول (۱) معلوم می گردد که خرابی از نوع خستگی ریل در اثر افزایش تناژ با توان ۳ افزایش یافته ودرمقایسه با سایر خرابی ها تأثیر بسیار بیشتری بر عملکرد خط و هزینه ها دارد. بطور مثال با ۲ برابر شدن تناژ بار، خرابی ناشی ازخستگی ۸ برابر می شود. در حالیکه سایر خرابی ها به میزان ۲ برابرافزایش می یابند. این خستگی عموما با موجدار شدن سطح ریلی و یا لهیدگی و لجن شدن تاج ریل همراه بوده که درمورد اول باعث ارتعاشات و سر و صدای بسیار زیاد درحرکت ناوگان گردیده و درمورد دوم تیر باعث کم شدن عرض خط و خطر خروج از خط قطار را فراهم می سازد.

همچنین بامراجعه به رابطه (۴) و جدول (۱) مشخص می گردد که بازای افزایش ۲۵٪ بار محوری از ۲۰ تن به ۲۵ تن میزان خرابی ها رشدی معادل ۹۵ درصد یعنی تقریبا ۲ برابر خواهند داشت.

$$\frac{E_{25}}{E_{20}}=\frac{KT^{\beta}}{KT^{\beta}}\times\frac{(1.25P)^3}{P^3}\times\frac{V^2}{V^2}=(1.25)^3\cong 2 \qquad (۴)$$

همچنین با افزایش سرعت، میزان خرابیها نیز با توان ۲ افزایش می یابد بطور مثال با افزایش ۲۵٪ سرعت (از ۱۰۰به ۱۲۵ کیلومتردرساعت) ملاحظه می شود که میزان خرابیها ۵۶٪ افزایش می یابد.

با توجه به افزایش مقادیر هزینه های نگهداری ناشی از افزایش سرعت و یا بار محوری لازم است درآمد حاصله از این تجهیزات از طریق بار بیشتر ویا جذب مسافر بیشتر نیز محاسبه و تصمیم لازم اخذ گردد.

۴-۳- نقش تعمیر و نگهداری به ایمن حمل و نقل ریل

خطوط راه آهن براساس اهمیت آنها در شبکه و میزان تناژ، سرعت و بار محوری قطارها در هر محوری به طبقات مختلفی تقسیم می گردند. متناسب با هر طبقه و بنا به حساسیت مقادیر مشخصات هندسی خط، تلرانسهایی را برای هر مولفه از قبیل عرض خط، افتادگی طولی و عرضی، پیچش یا سائیدگی قائم ریل ویا خروج از محوریت خط تعیین می نمائید. نمونه از این حدود رواداری در جدول (۲) ارائه شده است. عدم رعایت رواداریهای فوق زمینه ساز بروز سوانح و خروج از خط قطار می گردد. بدین منظور لازم است مشخصات هندسی فوق بطور مستمر تحت کنترل و اندازه گیری بوده و برنامه ریزی لازم جهت حفظ و نگهداری شاخصها درحدودمجاز بعمل آید.

جدول شماره۲: رواداریهای مجاز و مشخصات هندسی طبقات مختلف خطوط

طبقه		A	B	C	D
مشخصه هندسی	سطح کیفی				
تغییرات عرض خط (mm)	۱	-۱ +-۳	-۱ +۴	-۱ +۵	-۲ +۱۲
	۲	-۲ +۶	-۲ +۸	-۲ +۱۰	-۲ +۱۲
	۳	-۴ +۲۴	-۴ +۲۴	-۴ +۲۴	-۴ +۲۴
	۴	-۶ +۳۵	-۶ +۳۵	-۶ +۳۵	-۶ +۳۵
اختلاف تراز عرضی (mm)	۱	۲±	۲±	۳±	۳±
	۲	۵±	۶±	۸±	۱۰±
	۳	۱۵±	۱۵±	۱۵±	۱۵±
	۴	۲۵±	۲۵±	۳۰±	۳۰±
اختلاف شیب طولی (درهزار)	۱	۱/۲۵	۱/۷	۲/۵	۲/۵
	۲	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
	۳	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲
	۴	۶/۷	۶/۷	۶/۷	۶/۷
افتادگی موضعی (mm)	۱	۶	۸	۱۲	۱۶
	۲	۱۲	۱۶	۱۶	۱۸
	۳	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
	۴	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

خطوط و تأسیسات زیربنائی راه آهن نیز مانند سایر صنایع از بدو امر بهره برداری نیاز به برنامه ریزی منظم برای نگهداری و تعمیرات داشته ولازم است رفتار اجزاء مختلف خط با روشها واستانداردهای مربوطه بطور پیوسته تحت کنترل واندازه گیری دقیق باشد و به محض مشاهده نرخ خرابی غیر معقول تمهیدات لازم جهت کنترل رشد خرابی و حذف عوامل بروز آن و یا پیش بینی لازم جهت تعمیرات بعمل آید. بطور کلی نگهداری شبکه وتعمیرات جاری و دوره ای تاثیر بسزایی در افزایش سهم حمل و نقل

ریلی و کاهش هزینه های بهره برداری و همچنین افزایش ایمنی سیر وحرکت دارد.لازم است بااستفاده از ابزار دقیق و نصب آنها در زیربنا و یا ناوگان قبل از بروز خرابی، مواضع ضعف شناسائی ودر رفع آنها اقدام گردد.

۵- مراجع

[1] اتحادیه بین المللی راه آهنها (UIC)، گزارش فنی شماره D۱۶۱ ، سال ۱۹۸۱
[2] آیین نامه روسازی راه آهن، مهندسین مشاور توسعه راه آهن ایران، ۱۳۸۰