ارزیابی ایمنی کاربران در حین اندازه گیری پروفیل چرخ در آیین‌نامه موجود راه‌آهن ایران

حسین شریفی[۱]، علی اسدی لاری[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی ایمنی در راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران ۱۶۸۴۶
[۲]استادیار دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران ۱۶۸۴۶، asadi_l@iust.ac.ir

چکیده :

هدف اصلی این مقاله، بررسی سطح ایمنی کاربرانی است که در ایستگاه راه آهن موظف به پایش وضعیت وسیله نقلیه ریلی می باشند. برای دستیابی به این هدف لازم است که با توجه به دستورالعمل‌های ایمنی موجود در راه آهن تمام خطرات شناسایی و طبقه بندی شود. همچنین علل و عواقب این خطرات از طریق روش تحلیل درخت خطا بررسی و برای هر کدام آنها راه حلی ارائه خواهد شد. درمرحله بعدی ارزیابی ریسک انجام خواهد گرفت. برای کاهش ریسک خطرات مرتبط با فرآیند اندازه گیری پروفیل چرخ، چندین اقدام اصلاحی ارائه خواهد شد. در پایان نتایج حاصل از به کارگیری این اقدامات مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

کلمات کلیدی: سایش چرخ، دستورالعمل‌های ایمنی راه آهن، ارزیابی ریسک، درخت خطا.

مقدمه :

امروزه سیر ایمن وسایل نقلیه ریلی در شبکه خطوط از مهم ترین اهداف هر کشور در زمینه ریلی می باشد. بدین منظور استانداردهایی از سوی اتحادیه بین المللی راه آهنها[۱] و نیز شرکتهای راهبری ریلی تهیه شده است. از جمله این موارد، استانداردی مرتبط با پارامترهای پروفیل چرخ فولادی می باشد[1]. این استاندارد محدوده ایمن پارامترهای سایشی پروفیل چرخ را مشخص می کند. برای این منظور راه آهن ایران دستورالعمل‌های فنی وضع کرده تا به کمک آن ماموران بازدید بتوانند وسایل نقلیه ریلی را تحت کنترل فنی قرار دهند[2]. به موجب این دستورالعمل‌ها ماموران موظف باید در پست‌های بازدید نسبت به کنترل وسایل نقلیه ریلی اقدام نمایند. پایش پروفیل چرخ فولادی به دو منظور انجام می شود: الف) کنترل ابعادی پارامترهای سایشی، ب) تصمیم گیری برای اجازه ادامه سیر یا دستور توقف وسیله نقلیه قبل از بروز مشکل در سیرهای آتی. درابتدا ماموران موظف برای کنترل ابعادی پروفیل چرخ از شیوه بازدید چشمی در پست‌های بازدید استفاده می کنند. بر اساس تجربه ماموران اگر پروفیل چرخی مشکوک به نظر برسد به کمک شابلون و یا کولیس مرکب مجددا پروفیل چرخ مورد اندازه گیری قرار می گیرد. برای انجام مطالعات میدانی و کسب اطلاعات واقعی از روند سایشی پروفیل چرخ، محققان ترجیح می دهند تا از ابزارهای دقیق تری مانند پروفیل نگار[۲] استفاده کنند [3]. شایان ذکر است که به کارگیری هر یک از

[1] UIC

[2] Miniprof

Archive of SID
www.SID.ir

ابزارهای اشاره شده دارای مزایا و معایبی می باشند. روش مربوط به حالت (الف) در مدت زمان کوتاه قابل اجرا می باشد ولی دارای دقت کمتری نسبت به حالت (ب) می باشد. همچنین در مقایسه ای که بین این ابزارها انجام گرفته، صحت اندازه گیری کولیس برابر با ۰,۱ میلیمتر و صحت اندازه گیری پروفیل نگار در حدود ۵ میکرون در ۸۰ میلیمتر طول گزارش شده است [4]. برای اندازه گیری پروفیل چرخ فولادی در حالات مذکور ابزارهای اشاره شده باید در حالت سکون واگن به چرخ متصل گردند. بنابراین ابزارها از نوع تماسی می باشند. اخیرا تلاش‌هایی صورت پذیرفته تا اندازه گیری پروفیل چرخ‌ها به صورت غیر تماسی انجام گیرد. این روشها بر پایه پردازش تصویر می باشند که تاکنون نمونه‌هایی نیز ارائه شده است[5]و[6]. از ویژگی‌های مهم این روش سرعت بالای اندازه گیری برای تعداد انبوه چرخ می باشد. در مقایسه با ابزارهای دیگر اندازه گیری، این روش گران است، ولی با توجه به افزایش روزافزون خطوط ریلی و حجم ترافیک عبوری، سرمایه گذاری برای استفاده از این شیوه اندازه گیری در دراز مدت به نفع راه آهن می باشد.

نویسندگان این مقاله با انجام مطالعات میدانی در محل واگن خانه شرکت رجا، از روش غیر تماسی برای اندازه گیری پروفیل چرخ فولادی استفاده کردند. در این شیوه پروفیل چرخ فولادی به همراه پارامترهای سایش با شیوه پردازش تصویر استخراج شد. از مزایای این روش می توان به حفظ ایمنی کاربر در حین اندازه گیری اشاره کرد. به کمک مطالعات میدانی انجام شده خطرات مربوط به اندازه گیری با شیوه تماسی شناسایی شده و ارزیابی ریسک انجام می شود. همچنین در ادامه مقاله خطرات اولویت بندی شده و سپس تحلیل عوامل ایجاد خطر به کمک روش درخت خطا[1] و تحلیل عواقب و نهایتا ارزیابی ریسک انجام می شود. در بخش پایانی مقاله نیز برای کاهش ریسک خطرات از اقدامات اصلاحی استفاده خواهد شد.

۱. شناسایی خطرات بالقوه

اولین مرحله ارزیابی ایمنی کاربران شناسایی خطرات بالقوه و همچنین طبقه بندی آنها می باشد[7]و[8]. طبقه بندی خطرات بر اساس میزان احتمال[2] و شدت[3] آنها انجام می گیرد. پیش از شناسایی خطرات ابتدا باید واژه خطر تعریف شود. به هر گونه شرایط، حالت یا رویدادی که در صورت فقدان روش‌های کنترلی مطلوب ممکن است منجر به سانحه گردد، خطر اطلاق می شود. به عبارت دیگر در بروز خطرات دو عامل اساسی نقش دارد: الف)عملکرد ناایمن[4]، ب)شرایط نا ایمن[5] [7]و[8].

در بخش شناسایی خطرات برای پرهیز از انجام مطالعات تفصیلی خطراتی که از اولویت پایینی برخوردار هستند، به کمک یک ارزیابی مقدماتی دسته بندی شده تا از صرف زمان بر روی آنها پرهیز شود. این ارزیابی به کمک جداول ۱ و ۲ انجام می شود:

[1] Fault Tree Analysis
[2] Likelihood
[3] Severity
[4] Unsafe Acts
[5] Unsafe Conditions

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- گروه‌های فراوانی برای طبقه بندی خطراتی

فراوانی	شدت	بسیار ناچیز (۱)	جراحت جزیی (۲)	جراحت عمده (۳)	یک کشته (۴)	بیش از یک کشته (۵)
		بسیار کم ونادر			۱	
		سالانه			۲	
		ماهانه			۳	
روزانه (۵)		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
هفتگی (۴)		۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰
ماهانه (۳)		۳	۶	۹	۱۲	۱۵
سالانه (۲)		۲	۴	۶	۸	۱۰
بسیارکم ونادر (۱)		۱	۲	۳	۴	۵

جدول ۲- میزان شدت برای طبقه بندی مقدماتی خطرات

پس از تخصیص میزان شدت و فراوانی به خطرات ،اولویت آنها توسط جدول ۳ تعیین می شود:

جدول ۳- اولویت بندی مقدماتی خطرات

مراحل کامل ارزیابی ریسک مورد اشاره واقع نشده است [3].

تعریف معادل بر اساس خسارت جانی	میزان شدت
بسیار ناچیز	۱
حداکثر یک جراحت جزیی	۲
حداکثر یک جراحت عمده	۳
حداکثر یک کشته	۴
بیش از یک کشته	۵

در جدول اولویت بندی خطرات، خطراتی که رتبه آنها با رنگ تیره مشخص شده غیر قابل قبول می باشد و باید بررسی شود. در حالی که سایرخطرات از اولویت پایین تری برخوردار می باشد.

شناسایی خطرات مربوط به کاربران در حین اندازه گیری پروفیل چرخ فولادی طی یک مطالعه موردی در محل واگن خانه و ایستگاه و کارخانجات راه آهن انجام شده، لیکن با در نظر گرفتن تعریف خطر، در جدول ۴ فهرستی از خطراتی که کاربران را در حین اندازه گیری پروفیل چرخ فولادی تهدید می کند، آورده شده است. این خطرات به دو دسته شرایط نا ایمن و عملکرد نا ایمن تقسیم بندی می شود. پس از فهرست کردن تمام خطرات بالقوه، بر اساس گروه فراوانی و میزان شدت اولویت بندی می شود و خطری

Archive of SID

www.SID.ir

که نسبت به سایرین از اولویت بالاتری برخوردار باشد، مورد تحلیل قرار می گیرد.

جدول ۴- فهرست خطرات بالقوه اولویت بندی شده

ردیف	شرح خطرات بالقوه	تخمین فراوانی	تخمین شدت	رتبه خطر	توضیحات
۱	کارکرد نامناسب تجهیزات اندازه گیری	۳	۱	۳	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۲	لیزبودن محوطه اندازه گیری	۴	۲	۸	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۳	اتمام شارژ باتری تجهیزات اندازه گیری	۴	۱	۴	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۴	وجود کابل‌های برق سه فاز بدون حفاظ در محوطه اندازه گیری	۲	۴	۸	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۵	وجود چاله‌های پنهان درمحوطه واگن خانه	۴	۲	۸	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۶	آلودگی قاب بوژی وحاشیه خط براثر فضولات انسانی	۵	۱	۵	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۷	وجود موش در محوطه (به لحاظ آلودگی)	۴	۱	۴	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۸	وجود گازهای سمی و مضر در محوطه	۴	۲	۸	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۹	آلودگی صوتی محوطه اندازه گیری	۵	۱	۵	شرایط نا ایمن-غیرقابل بررسی
۱۰	قرار ندادن تابلوی هشدار در قسمت جلوی واگن‌های تحت اندازه گیری	۳	۳	۹	عملکرد ناایمن- مهم
۱۱	اندازه گیری بدون اطلاع قبلی سایرماموران موظف	۳	۳	۹	عملکرد ناایمن- مهم
۱۲	حرکت وسیله نقلیه ریلی درحین اندازه گیری پروفیل چرخ	۲	۵	۱۰	عملکرد ناایمن- قابل بررسی
۱۳	برخورد با وسیله نقلیه در حال حرکت در سایر خطوط محوطه	۳	۳	۹	عملکرد ناایمن- مهم
۱۴	خطا در قرائت صحیح اندازه ها	۵	۱	۵	عملکردناایمن-غیرقابل بررسی

پس از بررسی‌هایی که در محوطه اندازه گیری پروفیل چرخ برای شناسایی خطرات بالقوه برای کاربر انجام شد، نهایتا خطر موجود در ردیف ۱۲ جدول خطرات نسبت به سایرین از اولویت بالاتری برخوردارشد. لذا در ادامه ارزیابی ایمنی به کمک روش تحلیلی درخت خطا، علل به وجود آورنده این خطر بررسی می شود.

Archive of SID

www.SID.ir

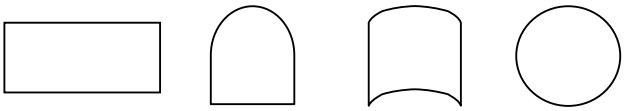
۲. تحلیل علل وعوامل

برای تعیین علل وعوامل به وجود آورنده خطرات از روش تجزیه وتحلیل درخت خطا استفاده می شود. این روش تحلیل علل یک روش ازبالا به پایین[1] می باشد که طی آن علل هر رویداد تا پایین ترین سطح رویداد (به نام رویداد پایه)[2] بیان می شود[3]. برای بیان این روند از یک سری نشانه‌های منطقی استفاده می شود که در شکل ۱ چند نوع متداول از آن نشان داده شده است:

Archive of SID

[1] Top Down Process
[2] Base Event

www.SID.ir



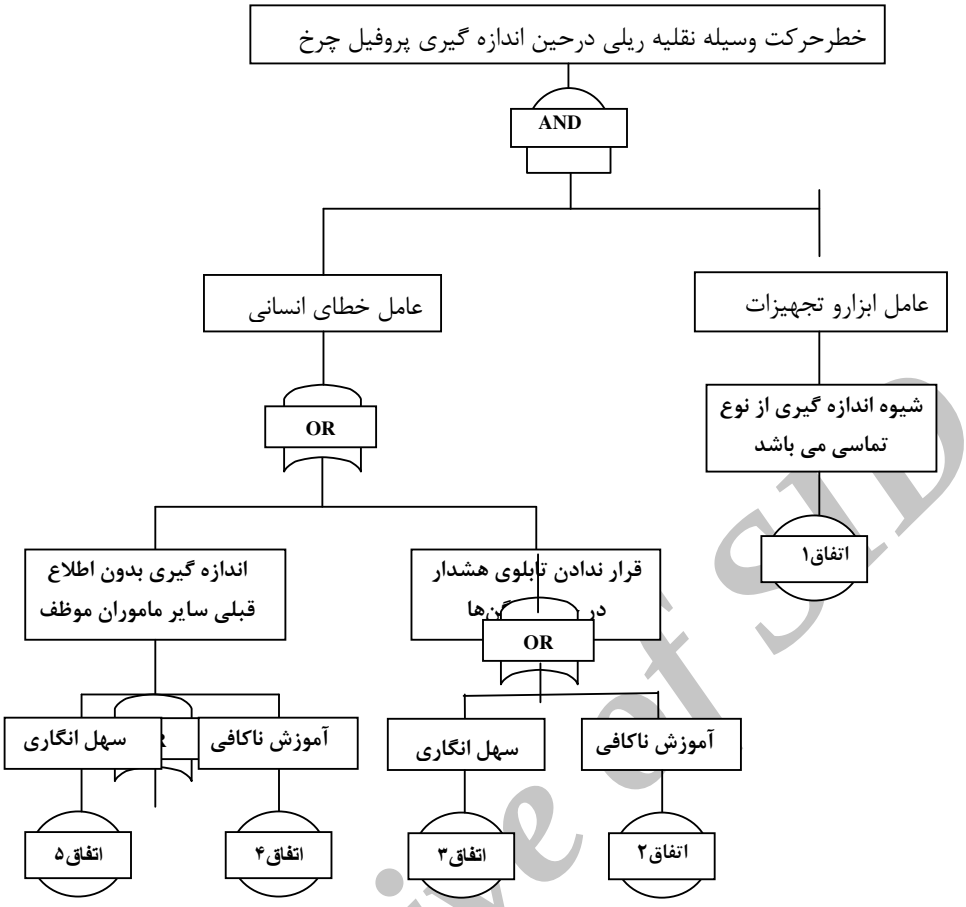
شکل ۱- نشانه‌های متداول در تحلیل درخت خطا

به کمک روش آنالیزدرخت خطا عوامل موثر در ایجاد خطر در قالب یک دیاگرام منطقی نمایش داده می شود. در این دیاگرام برای هر پیامد یک فراوانی در نظر گرفته می شود که به عنوان احتمال وقوع آن رویداد منظور می شود. پس از اینکه احتمال وقوع تمام رویدادها مشخص گردید، می توان احتمال وقوع خطر را به کمک روابط منطقی بین رویدادها محاسبه نمود. به طور کلی عواملی که در ایجاد خطر نقش دارند به ۳ دسته تقسیم بندی می شوند: الف) خطای انسانی[1]، ب) خطای ناشی ازتجهیزات و ابزارها، ج) شرایط محیطی[3]. بنابراین برای تحلیل خطر"حرکت وسیله نقلیه در حین اندازه گیری پروفیل چرخ" ازعوامل بالا استفاده می شود. در شکل ۲ نمودار درخت خطا برای این خطر نمایش داده شده است:

[1] Human Factors

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- نمودار درخت خطا مربوط به اندازه گیری پروفیل چرخ

در تحلیل خطر "حرکت وسیله نقلیه ریلی در حین اندازه گیری پروفیل چرخ" ۲ عامل انسانی و ابزار مورد استفاده نقش کلیدی دارند. ابزار مورد استفاده در صورتی که از نوع تماسی با چرخ باشد می تواند ایمنی کاربر را در صورتی که وسیله به حرکت در آید، تهدید کند. ارتباط عامل خطای انسانی با عامل ابزار به صورت "و" منطقی می باشد. اگر خطای انسانی رخ دهد و ابزار نیز از نوع تماسی باشد آنگاه خطر حرکت وسیله نقلیه ریلی می تواند ایمنی کاربران را مورد تهدید قرار دهد. در حین استفاده از ابزارهای متعارف پتانسیل ایجاد حادثه برای کاربر وجود دارد. تنها در مواردی که کاربر از راه مشاهده چشمی[1] و یا تجهیزات غیر تماسی نوری برای اندازه گیری استفاده می کند، پتانسیل ایجاد خطراز بین می رود. لیکن محققانی که برای انجام مطالعات میدانی از ابزارهای تماسی مانند کولیس مرکب ویا پروفیل نگار استفاده می کنند، بیشتر در معرض خطر می باشند. برای تخصیص یک مقدار فراوانی برای اتفاق ۱ در رابطه با کاربرانی که در پست بازدید فعالیت می کنند، می توان فرض کرد که این افراد غالبا بر اساس تجربه شخصی خودشان پارامترهای سایشی را به روش بازرسی چشمی بررسی می

[1] Visual Inspection

Archive of SID

www.SID.ir

کنند، مگر در مواقعی که حدود پارامترها قابل تشخیص به روش چشمی نباشد که در این صورت از ابزار استفاده می کنند. می توان فرض کرد که به طور متوسط از هر ۱۰۰ چرخ تحت بازدید، ۵ چرخ مشکوک با استفاده از ابزار اندازه گیری می شود. از طرفی نقش خطای انسانی در ایجاد این خطر مهم و تاثیر گذار می باشد. خطای انسانی مرتبط بااین خطرشامل دو عامل "قرار ندادن تابلوی هشداردهنده در جلوی واگن‌ها در حین اندازه گیری پروفیل چرخ" وهمچنین "ناهماهنگی با سایر ماموران موظف" در ارتباط با اینکه تیم اندازه گیری مشغول فعالیت می باشد، است. ریشه یابی این دو عامل نشان می دهد که عوامل "آموزش ناکافی" و"سهل انگاری" موجب بروز این خطاها می شود. با توجه به اینکه ماموران موظف برای انجام بازدید واندازه گیری پروفیل چرخ آموزش می بینند، لذا می توان اینگونه استنباط کرد که عامل "سهل انگاری" سهم عمده فراوانی این خطا را بر عهده دارد. برای اندازه گیری پروفیل چرخ معمولا با سایر ماموران موظف هماهنگی انجام می شود، مگر در مواردی که اشاره شده

P(خطر) = P(۱ اتفاق) * P[({۲ اتفاق} U {۳ اتفاق}) U ({۴ اتفاق} U {۵ اتفاق})]۰،۰۵ = {([0.02+0.05 – 0.001]+[0.02+0.03 – 0.0006]) - ([0.02+0.05 – 0.001]*[0.02+0.03 – 0.0006])}=0.05*{(0.069+0.049) - (0.069*0.049)}=0.05*0.114=0.00573

عدد فوق نشان دهنده ۰،۵۷ درصداحتمال بروز این خطر می باشد، لذا برای اینکه پیامدهای حاصل از وقوع این خطرمورد تحلیل قرار گیرد لازم است که از مدل تحلیل عواقب استفاده شود. به کمک این روش می توان سناریوهای پس از وقوع

است. همچنین در اکثر مواقع تابلوی هشدار در جلوی واگن‌ها و بین دو ریل قرار می گیرد تا مانع از حرکت دادن وسیله نقلیه ریلی توسط لکوموتیو مانوری در هنگام بازدید فنی شود [2]. لیکن ممکن است افراد ثالثی با سهل انگاری تابلو را از جای خود حرکت دهند که این امر پتانسیل وقوع خطر را افزایش می دهد. تعیین فراوانی‌ها در این موارد به صورت تجربی انجام می شود. با انجام مطالعات میدانی در شرکت رجا در مورد چگونگی اجرای این موارد که مرتبط با دستور العمل‌های ایمنی نیز می باشد، تجربیاتی به دست آمد که به کمک آنها می توان فراوانی‌های مربوط به اتفاق‌های ۲ تا ۵ را برآورد نمود. برای اتفاق ۲ برآورد ۲ درصد، اتفاق ۳ برآورد ۵ درصد، اتفاق ۴ برآورد ۲ درصد و برای اتفاق ۵ برآورد ۳ درصد درنظر گرفته می شود. با در اختیار داشتن مقادیر فراوانی‌های مربوط به هر یک از رویدادهای پایه می توان فراوانی مربوط به خطر اصلی را از طریق روابط منطقی به دست آورد. احتمال وقوع خطر از روابط زیر محاسبه می شود[8]:

خطر را مدل کرد. این شیوه یک روش تحلیل از پایین به بالا می باشد.

۳. تحلیل عواقب

پیش از تحلیل عواقب، لازم است یکسری از پیامدهای ناشی از وقوع خطر بیان شود. فهرست پیامدها درجدول۵ آمده است [8]:

جدول ۵- طبقه بندی انواع پیامدها

Archive of SID

www.SID.ir

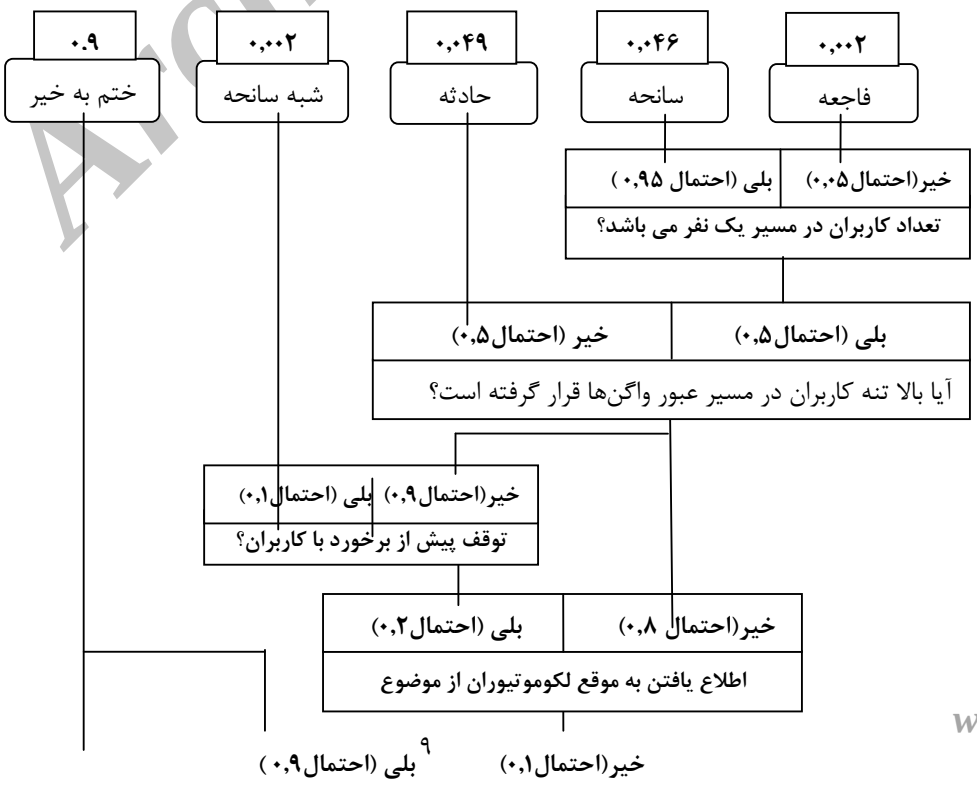
انواع پیامدهای ناشی از وقوع خطر
ختم به خیر
شبه حادثه
حادثه
سانحه
فاجعه

۳-۱ حالت ختم به خیر پیامدی است که در طی آن خطر رخ داده، ولی موانع موجود درسیستم باعث شده هیچگونه خسارتی به وجود نیاید.

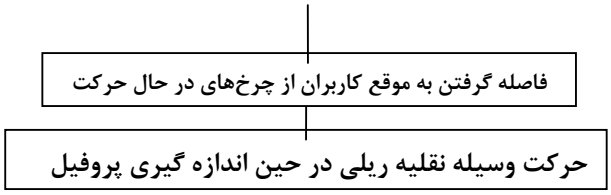
۳-۲ حالت شبه حادثه پیامدی است که خسارت‌های مالی وجانی آن بسیار محدود می باشد و آسیب‌های جانی آن حداکثر معادل با یک جراحت جزیی می باشد.

۳-۳ وضعیت حادثه به گونه ای است که در آن دامنه اثرات خطر به خوبی کنترل نشده ومجموعه ای از خسارات جانی ومالی و زیست محیطی به سیستم تحمیل می شود. حداکثر خسارت جانی قابل تصور در این حالت برابر با یک جراحت عمده می باشد.

۳-۴ برای پیامد سانحه، شرایط به گونه ای می باشد که درآن موانع موجود در سیستم نتوانسته جلوی سناریوی بحرانی را بگیرد. مجموعه ترکیبی از خسارت‌های جانی، مالی ومحیط زیستی به سیستم تحمیل می شود ودر این حالت حداکثر خسارت جانی معادل با یک مورد مرگ ومیر می باشد.



Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- نمودار تحلیل علت ومعلولی

۳-۵ سناریوی فاجعه سخت ترین نوع از پیامد می باشد که طی آن مجموعه شدیدی از خسارت‌های جانی، مالی ومحیط زیستی به سیستم تحمیل می شود و در این سناریو حداقل یک مورد مرگ ومیر به وقوع پیوسته است. در مرحله تحلیل عواقب به کمک مدل علت و معلولی[1] تمام پیامدهای ممکن بر اساس موانعی که می تواند اثر کاهنده بر روی شدت خطر داشته باشد، مورد ارزیابی قرار می گیرد. در شکل ۳ نمودارتحلیل علت و معلولی برای خطر شناسایی شده، ترسیم شده است.

تجزیه وتحلیل عواقب مربوط به سناریوهای مختلف در نهایت منجر به کسب احتمال وقوع هر یک از پیامدها می شود که این مقادیر در شکل ۳ نمایش داده شده است. با در اختیار داشتن این مقادیر می توان تحلیل خسارات را انجام داد.

۴. تحلیل خسارات

انواع خساراتی که وجوددارد شامل الف) خسارات جانی، ب) خسارات مالی، ج) خسارات محیط زیستی می باشد. در این مقاله خسارات جانی به سه دسته اصلی تقسیم بندی می شود: جراحت جزیی، جراحت عمده و مرگ ومیر [8].

۴-۱ جراحت جزیی، عبارت است از آن دسته از صدمات که به شکل سرپایی و مراقبت‌های اولیه یا بستری شدن کوتاه مدت قابل درمان بوده وبر سلامت دراز مدت فرد تاثیر ندارد.

۴-۲ جراحت عمده به آن دسته از جراحات اطلاق می شود که نیازمند رسیدگی‌های ویژه بوده و بر سلامت و عملکرد دراز مدت فرد آسیب دیده اثر دارد.

در این مقاله هر جراحت عمده معادل با ۲۰ جراحت جزیی، و هر مرگ ومیر معادل با ۱۰ جراحت عمده فرض می شود[8]. ازاین فرض برای تبدیل خسارت جانی به مالی استفاده می شود. در تعیین خسارت مربوط به مرگ و میر هزینه‌های جنبی شامل آسیب‌های اجتماعی وخانوادگی نیز باید به رقم موجود در جدول افزوده شود. در جدول ۶ نحوه تبدیل خسارت جانی به خسارت مالی نشان داده شده است

[1] Advanced Cause- Consequence Analysis (ACCA)

Archive of SID

www.SID.ir

:

جدول ۶- معادل مرگ ومیر

ردیف	نوع پیامد	معادل مرگ ومیر	معادل ریالی
۱	جراحت جزیی	۰,۰۰۵	۵۰۰۰۰۰۰
۲	جراحت عمده	۰,۱	۱۰۰۰۰۰۰۰۰
۳	مرگ ومیر	۱	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰

در تعیین خسارت نهایی، خسارات جانی به کمک جدول فوق تبدیل به خسارات مالی خواهد شد و از این رو می توان آن را به سایر خسارات مالی اضافه کرد. اینک با توجه به تعاریف ارائه شده برای انواع پیامدها می توان معادل مالی هر پیامد را تعیین نمود که از آن برای تحلیل خسارات استفاده می شود. در این تحلیل خسارت زیست محیطی ناچیز بوده فلذا تنها خسارات جانی ومالی بررسی خواهدشد.

با توجه به شکل ۳ درحالت بروز پیامد ختم به خیر هیچگونه خسارت مالی وجانی تحمیل نخواهد شد. در حالت پیامد شبه حادثه، حداکثر آسیبی که ممکن است به کاربر برسد، یک جراحت جزیی می باشد و ممکن است ابزار اندازه گیری مورد آسیب واقع شود که معادل مالی آن در تحلیل خسارت لحاظ خواهد شد. درحالت وقوع پیامد حادثه، واگن با کاربر برخورد خواهد کرد و کاربر دچاریک جراحت عمده می شود. همچنین در این وضعیت به چرخ و ریل و ابزار اندازه گیری نیز آسیب وارد خواهد شد. در حالت سانحه، امکان مرگ کاربر وجود دارد وخسارت‌های مالی نیز وارد می شود. برای تبدیل معادل مرگ ومیر به معادل مالی از جدول ۶ استفاده می شود. در صورت رخداد پیامد فاجعه، به طورمتوسط ۲ کاربر جان خود را از دست خواهند داد و همچنین خسارات مالی ناشی از آسیب دیدگی واگن و ریل نیز به مجموع خسارات افزوده می شود. درجدول ۷ برآورد خسارت نهایی خطر با جزئیات نمایش داده شده است:

جدول ۷- برآورد خسارت نهایی خطر

ردیف	نوع پیامد	احتمال بروز	معادل خسارت جانی	خسارت مالی (غیر راه آهنی)	خسارت ریل	خسارت واگن	خسارت نهایی
۱	ختم به خیر	۰,۹	۰	۰	۰	۰	۰
۲	شبه حادثه	۰,۰۰۲	۵۰۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۵۱۴۰۰۰
۳	حادثه	۰,۰۴۹	۱۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۱۷۲۴۸۰۰۰
۴	سانحه	۰,۰۴۶	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۵۷۵۹۲۰۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

۵	فاجعه	۰,۰۰۲	۲۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۴۵۰۴۰۰۰
					کل خسارت برآوردی (ریال)		۷۹۸۵۸۰۰۰

پس از محاسبه کل خسارت برآوردی، مقدار ریسک ناشی از این خطرتوسط رابطه زیر محاسبه می شود [8]:

(احتمال وقوع خطر * کل خسارت برآوردی = ریسک کل)

خسارات مالی غیر راه آهنی در جدول فوق عمدتا شامل ارزش ابزارهای آسیب دیده بر اثر پیامدها می باشد. در این جدول ارزش هر ابزار اندازه گیری (پروفیل نگار) برابر با ۲۵۰۰۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است[3]. پس از محاسبات عدد ریسک برابر با۴۵۷۵۸۶ (ریال احتمال) گردیدکه عددبسیاربزرگی می باشد. معنی عدد این است که در هر بار اندازه گیری پروفیل چرخ، هزینه ای معادل با ۴۵۷۵۸۶(ریال احتمال) به سیستم تحمیل می شود. این رقم بسیار فراتر از عدد ریسک مجاز (۱۰۰۰۰) می باشد. ریسک مجاز به احتمال مرگ ومیر کمتر از ۰,۰۰۰۰۰۱(۰,۰۰۱ درصد) برای یک نفردر سال اطلاق می شود. اگر این احتمال در معادل مالی خسارت مربوط به مرگ ومیر ضرب شود، رقم ۱۰۰۰۰ (ریال احتمال) به دست می آید [8]. لذابرای کاهش آن بایدعوامل به وجودآورنده خطر تا حد ممکن کنترل شود.

۵. اقدامات اصلاحی[1]

گزینه‌هایی که برای کاهش ریسک اندازه گیری ارائه شده، به گونه ای عمل می کنند که عوامل ایجاد کننده خطر را حذف ویا کاهش می دهند. با توجه به شکل ۲ ، چون مجموعه علل توسط گیت منطقی "و" با یکدیگر ارتباط دارند، لذا برای حذف خطر تنها کافی است که یکی از عوامل مولد خطر حذف شود، در این صورت احتمال وقوع خطر صفر می گردد.

لذا راهکاری که ارائه می شود مبتنی بر حذف عوامل موثر در ایجاد خطر می باشند. با توجه به اینکه عوامل خطای انسانی به راحتی قابل حذف نمی باشد واصولا در سیستم وجود دارند لذا در این مورد باید خطاهایی ناشی از استعمال ابزارهای اندازه گیری تماسی حذف گردد. امروزه ابزارهای اندازه گیری نوری ولیزری به راحتی قابل بهره برداری می باشند. ازمزایای این قبیل تجهیزات عدم نیاز به دخالت ماموران موظف می باشد، ازطرفی این سامانه قابلیت نصب در محوطه پست بازدید را دارا می باشد و برای شبکه‌های پرترافیک ایده آل می باشد [9]. هزینه لازم برای تهیه یک سامانه مجهز و با نرخ بین المللی در حدود ۲۶۰۰۰۰ دلار می باشد[3]. هرچند که به منظور نشان دادن ضرورت جایگزینی شیوه پایش وضعیت پروفیل چرخ‌ها برای امور مطالعاتی یک پروژه تحقیقاتی توسط نگارندگان برنامه ریزی و در محل شرکت رجا اجرا گردید که بر اساس شیوه پردازش تصویر می باشد. نتایج حاصل از این تحقیق در قیاس با داده های پروفیل نگار انطباق مناسب دارد. با سرمایه گذاری در جهت بهره برداری از این سامانه،در بلند مدت نه تنها ریسک سالانه حذف می شود بلکه صرفه جویی ناشی ازکاهش نیروی انسانی لازم برای اندازه گیری نیز قابل توجه خواهد بود.

۶. نتیجه گیری

با افزایش روزافزون حجم ترافیک در شبکه ریلی ،شرایط به گونه ای پیش می رود که باید از فناوری‌های نوین برای سیر ایمن قطار وایمنی کاربر در صنعت ریلی استفاده شود. در راه آهن ایران نیز علاوه بر بهبود دستورالعمل‌های فنی بازدید،

[1] Remedial Action

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش ایمنی کاربر مدنظرقرارگرفته است. دراین مقاله فعالیت‌های کاربران مورد تحلیل قرار گرفت تا ریسک عملکردی ایشان درمحوطه پست بازدید محاسبه شود. دراولین گام مجموعه خطرات بالقوه شناسایی و اولویت بندی شد. سپس در گام بعد به کمک روش تحلیلی درخت خطا، عوامل به وجودآورنده خطرات نشان داده شد. این دیاگرام احتمال بروز خطر را برآورد نمود. در فاز بعدی پیامدهای ناشی از وقوع خطر تحلیل شد و بر اساس آن کل خسارت برآوردی مربوط به تمام رویدادها محاسبه شد. در نهایت با در اختیار داشتن کل خسارت واحتمال بروز خطر، میزان ریسک نهایی[1] مشخص شد. همانطور که انتظار می رفت میزان ریسک به دست آمده از مقدار قابل قبول فراتر بود و به ناچار باید برای کنترل آن از اقدامات اصلاحی استفاده می شد. مناسبترین اقدام اصلاحی با توجه به نمودار درخت خطا، اقدامی بود که می توانست احتمال وقوع خطر را در سیستم صفر کند. با توجه به نوع ارتباط بین عوامل که با گیت منطقی "و" به یکدیگر متصل بودند، انتخاب راه کاری که بتواند شیوه اندازه گیری را از حالت تماسی خارج کند، دراولویت انتخاب قرار گرفت. با انتخاب شیوه بهتر اندازه گیری اصولا تماس فیزیکی بین کاربران و واگن برقرار نخواهد شد لذا در صورتی که وسیله نقلیه ریلی بدون هماهنگی قبلی (توسط خطای انسانی) حرکت کند، آسیبی متوجه کاربرنخواهد شد. با توجه به تحلیلی که در این مقاله انجام شد می توان به ضرورت بهره برداری از تجهیزات اندازه گیری غیر تماسی پی برد.

۷. تشکر وقدردانی

نویسندگان این مقاله از همکاری بسیار صمیمانه پرسنل محترم معاونت فنی شرکت رجا و به ویژه واگن خانه (تعمیرات جاری) که باعث تسهیل درانجام مطالعات میدانی برای ارائه این مقاله شد، قدردانی وتشکر می کنند.

۸. مراجع

1. UIC 510-2 Leaflet, Trailing Stock: wheels and wheelsets. Conditions concerning the use of wheels of various diameters, International Union of Railways, 4th edition, May 2004.

۲. مقررات عمومی حرکت، انتشارات راه آهن، ۱۳۸۱.

3. A.Asadi Lari , F.Schmid ,G.R.Latif-shabgahi, ”User Safety During Wheel Wear Measurement Through a Set of Field Tests in Iranian Railways A Case Study”, Railway Engineering Conference, London, July 2004.

4. A.Asadi Lari, A.Fallah, F.Schmid, ” Frequent Wheel Wear Measurements in Enhancing Stability And Safety of Rail Vehicles - A Comparison of Conventional Devices”,14th International Mechanical Engineering Conference, Isfahan , Iran , May 2006.

5. K.Nayebi, J.Shokrollahi, ”An Image Processing Based System for Wheel And Flange Profile Measurement”, World Congress on Railway Research, Tokyo, Japan, 1999.

6. S.Gage, J.Robeda, R.Morgan, ”Evaluation Results for Nayebi Wheel Profile Measurement System”, Technology Digest, 01-024, TTCI,AAR, Jan 2002.

[1] Total Risk

Archive of SID

www.SID.ir

۷. ه.لاهیجانیان، سیستم‌های ایمنی، مرکز انتشارات دانشگاه علم وصنعت، چاپ سوم، ۱۳۸۴.

۸. ع.قاضی حسامی، م.ن.عدالت، مدیریت ریسک (جزوه درسی)، ۱۳۸۵.

۹. http://www.Beenavision.com,5th October 2009.

Archive of SID

www.SID.ir