تحلیل بکارگیری سیستم تشخیص موانع (Obstacle Detection System) در خطوط راه آهن شهری – مطالعه موردی متروی تهران

محمد علی صندید زاده [۱]، منیره عزیزی [۲]

[۱] عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران ، نارمک، خیابان هنگام، دانشگاه علم و صنعت ایران ؛ sandidzadeh@iust.ac.ir

[۲] کارشناس مهندسی حمل و نقل ریلی ، دانشگاه علم و صنعت ایران ؛ m.azizi.3000@gmail.com

چکیده

خطوط راه آهن شهری برای حرکت ایمن و سرویس بهینه ، به سیستمهای کنترل و علائم پیشرفته نظیر اینترلاکینگ، حفاظت اتوماتیک ، مدارهای راه ، ماشین سوزن و غیره مجهز می شوند و در نتیجه از بروز تصادم و سرعت غیر مجاز جلوگیری می گردد. با این حال موانعی نیز وجود دارند که در سیستمهای کنترل و علائم مرسوم قابل تشخیص و حفاظت نیستند که نمونه آنها عبور افراد و یا جا گذاشتن وسایل تعمیر ونگهداری گروههای کاری و غیره در خط می باشند. طبیعی است که به علت ایجاد ریسک ، تشخیص آنها و کنترل قطار از اهمیت بالایی برخوردار است. برای تشخیص این موانع و کاهش ریسک، نیازمند سیستمهای تشخیص دهنده دیگری هستیم که متفاوت از سیستم های علائم بکار رفته مرسوم است؛ ولیکن مساله انطباق و سازگاری با سیستهای موجود در آنها وجود دارد.بدین منظور، در این تحقیق سیستم های مختلف تشخیص موانع در خط معرفی می شوند.شرکت های مترو بسته به نیازها و انتظاراتی که از یک سیستم تشخیص موانع دارند، نوع طراحی خطوط مترو و نیز بودجه در اختیارشان می توانند هر یک از آن ها را به دلخواه انتخاب کنند.

در این مقاله ابتدا به تحلیل و معرفی انواع روشهای تشخیص متناسب با خطوط متروی تهران پرداخته شده و سپس با در نظر گرفتن داده های خطوط متروی تهران و عملیات و سیستم های علائم موجودآن ، توجیه استفاده از چنین سیستم هایی در خطوط راه آهن شهری تهران بررسی می شود.

کلمات کلیدی: خطوط راه آهن شهری، سیستمهای کنترل و علائم پیشرفته، سیستم تشخیص موانع

مقدمه

امروزه با پیشرفت روزافزون صنعت حمل و نقل ریلی، مساله تامین امنیت قطار در طول حرکت و در مکانهای ویژه که دامنه دید کمتر است یا با طراحی خاص آن مانند خطوط پارکینگ اهمیت خود رابیشتر نشان می دهد.برای تامین ایمنی لازم علاوه بر سیستم های علائمی موجود در خط، سیستم های دیگری وجود دارند که با ابزارهای ویژه موانع احتمالی موجود در روی خط را شناسایی کرده و به مرکز کنترل برای اقدامات بعدی جهت پاکسازی خط از این موانع گزارش می کنند.این مساله بیشتر در خطوط پارکینگ، جایی که قطار برای دور زدن، بایستی از روی خط شانتینگ عبور کرده و وارد خط دیگر شود مطرح می شود. در قطارهایی که دارای سیستم هدایت اتوماتیک قطار هستند هنگامی که قطار مسیر شانتینگ را طی می کند به دلیل اینکه راهبر در قطار حضور ندارد احتمال بروز حادثه در اثر وجود موانعی نظیر ابزارهای جامانده توسط گروه های کاری وجود دارد. برای کاهش چنین ریسکی در این مقاله ،سیستم هایی ارائه می شود که قادر به شناسایی این گونه خطرات هستند.

سیستم های سنسور تشخیص موانع در خطوط ریلی متناسب با خطوط متروی تهران

سیستم چند سنسوری

آن چه که ما از سیستم های سنسور انتظار داریم تشخیص همه انواع موانع در خطوط ریلی است ، لذا بسیاری از سیستم های سنسور با این هدف طراحی و راه اندازی می شوند که بتوانند انواع مختلف موانع موجود در خط را شناسایی کنند. اما هیچ سیستم سنسور واحدی وجود ندارد که قادر به برآوردن همه نیازهای ما باشد. هدف اصلی سیستم های چند سنسوری این است که بتواند همه موانع موجود در حیطه تحت نظر خود را با حداقل خطا شناسایی کرده و به این ترتیب ایمنی را افزایش دهد [۱].

همه سیگنالهای سنسورها در واحد مرکزی ترکیب داده ها[1] بر اساس لیستهای مربوطه مورد پردازش قرار می گیرند.در چنین محیط چند سنسوری، واحد ترکیب داده ها قادر است شناسایی مانع که توسط هر سنسور به طور جداگانه انجام شده را از لحاظ صحت بررسی کرده و پارامترهای مربوط به مانع مورد نظر را به طور دقیق برآورد کند و میزان خطا را کاهش دهد. مزیت استفاده از این سنسورهای مختلف، این است که می توان از همه قابلیت های این سنسورها استفاده کرد و هم چنین می توان اطلاعات مشترک بدست

[1] central data fusion unit

Archive of SID
www.SID.ir

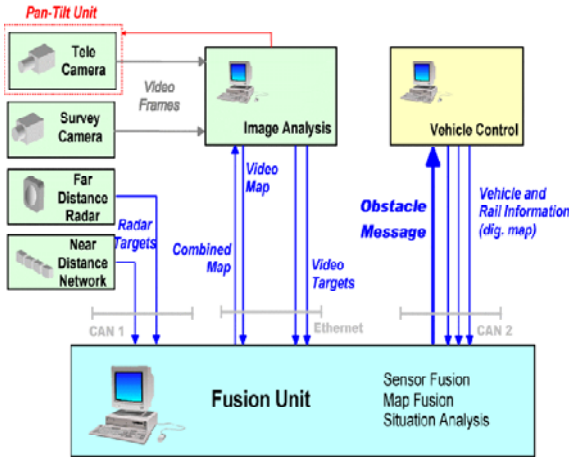
آمده از آنها را در واحد مرکزی ترکیب داده مورد تحلیل و ارزیابی قرار داد.یک ترکیب هوشمند از داده ها، اطلاعات کلی را در اختیار ما قرار می دهد که با معنی تر و قابل اطمینان تر از مجموع اطلاعات حاصل از هر سنسور منفرد می باشد [۱].

سیستم پیشنهادی تشخیص موانع ، شامل چهار سنسور مختلف می شود:

۱. دوربین گردان مخصوص فواصل دور[۲]
۲. سیستم رادار ۷۷گیگاهرتزی مخصوص فواصل دور[۳]
۳. دوربین نقشه برداری[۴]
۴. شبکه رادار ۲۴گیگا هرتزی مخصوص فواصل نزدیک[۵]

در ابتدا سنسورهای مختلف مستقلا منطقه تحت کنترل را نظارت می کنند و موقعیت موانع تشخیص داده شده را تخمین می زنند. علاوه براین، سیستم های رادار سرعت نسبی و سیستم های ویدئویی، اندازه مانع مورد نظر را تعیین می کنند[۳].

نتایج اندازه گیری های انجام شده توسط سنسورهای مختلف با در نظر گرفتن مشخصات مربوطه، در واحد مرکزی ترکیب می شوند.این اطلاعات، مبنایی می شوند برای ارزیابی موقعیت جسم مورد نظر. اگر یک مانع مستقیما بر روی مسیر حرکت قطار قرار گرفته باشد به کامپیوتر کنترل، گزارش می شود تا اقدامات لازم انجام شود [۳].

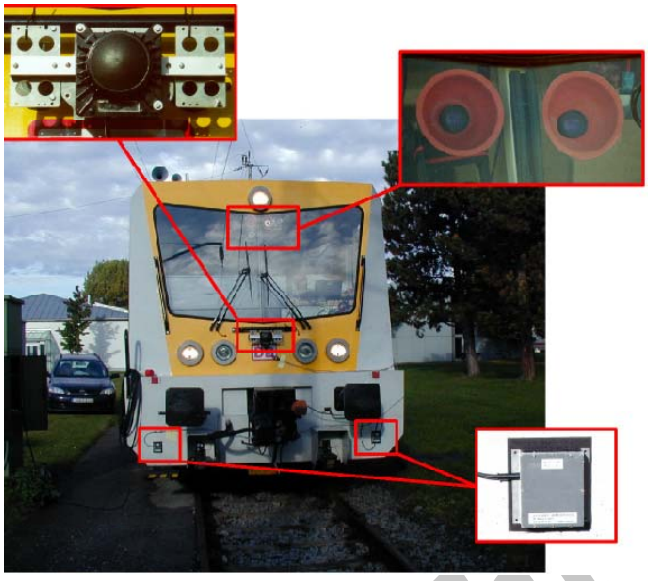


شکل ۱: دیاگرام بلاک یک سیستم کامل سنسور

هر یک از سنسورها، مقادیر اندازه گیری شده خود را به صورت یک لیست به واحد مرکزی ترکیب داده ها منتقل می کند. به دلیل زمانهای سیکل متفاوت، این داده ها هم زمان نمی رسند. به محض اینکه لیست داده ی جدیدی برسد بعد از پردازش آن، با اطلاعات قبلی ترکیب می شود[۳].

نتایج تجربی

یک واگن ریلی به طور کامل به سیستم چند سنسوری شامل دوربین[۶]، راداری که برای فواصل دور استفاده می شود[۷] ، دوربین نقشه برداری و یک شبکه رادار مخصوص فواصل نزدیک جهت آزمایشهای عملی، مجهز شد [۴].



شکل ۲: واگن ریلی مجهز به سیستم چند سنسوری

سنسورهای رادار در ارتفاع نسبتا کمی از سطح زمین بر روی واگن نصب می شوند ؛ به نحوی که بتوانند ناحیه مقابل واگن را مورد ارزیابی قرار دهند. رادار مخصوص فواصل دور نیز در قسمت وسط، بالای کوپلینگ و رادارهای مخصوص فواصل نزدیک،در نزدیکی لبه های خارجی نصب می شوند.

دو دوربین ویدئویی نیز برای اینکه از تاثیرات آب و هوایی مصون بمانند، در پشت شیشه جلو واگن قرار داده می شوند. چنین ارتفاع زیادی گستره وسیعی از ناحیه تحت نظر را در اختیار قرار می دهد [۴].

شکل زیر نشان می دهد که چگونه فردی که در حال حرکت در مسیر حرکت قطار است، توسط سیستم های ویدئویی شناسایی می شود [۴].

[2] Turnable tele camera

[3] 77 GHz far distance radar system

[4] Survey camera

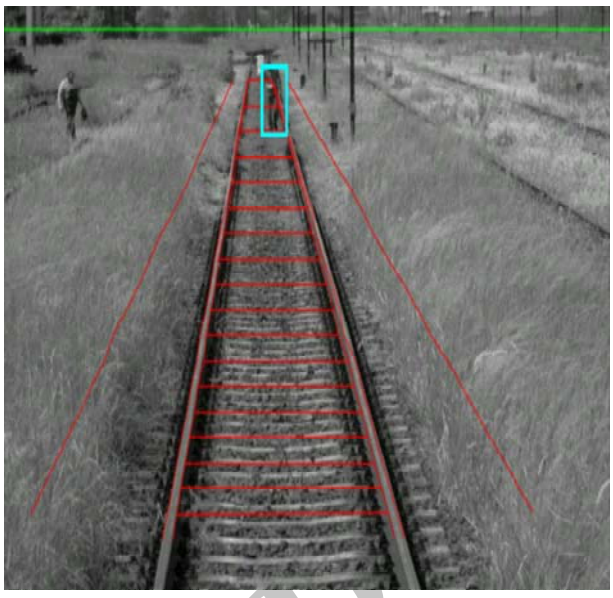
[5] 24 GHz near distance radar-network

[6] tele camera

[7] far distance radar

Archive of SID

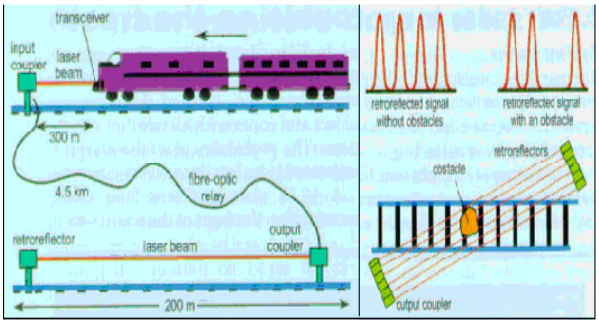
www.SID.ir



شکل ۳ : تصویر ویدئویی از شخصی که در مسیر حرکت قطار شناسایی شده است

سیستم تشخیص نوری۸

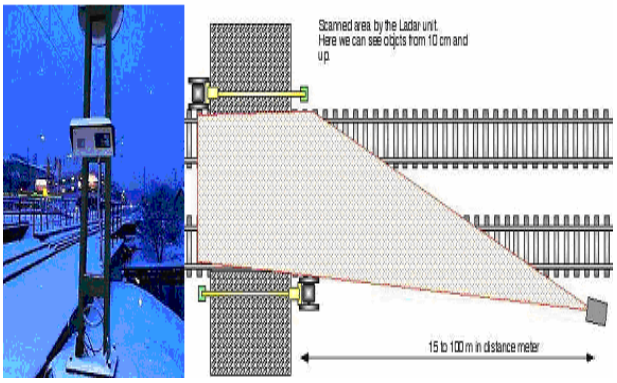
این سیستم با استفاده از fiber optic-relayed laser radar تشخیص موانع را انجام می دهد. همانطور که در شکل زیر مشاهده می شود، دستگاه بی سیم (فرستنده گیرنده) لوکوموتیو، یک پالس لیزر راکه با یک کوپلر ورودی کنار خط[۹] تقویت و بازپخش شده به یک کوپلر خروجی[۱۰] که چند مایل پایین تر از منطقه تحت کنترل می باشد می فرستد. سپس این سیگنال جهت تشخیص مانع مورد نظر، بوسیله یک دستگاه بازتابش در طول خط منعکس می شود و بعد، از طریق کوپلرها به دستگاه بی سیم لوکوموتیو برگردانده می شود. شکست و قطع شدنی که در سیگنال اتفاق بیفتد بیانگر وجود مانع است. شرکت سازنده این سیستم[۱۱] ادعا می کند که سیستم فوق از خطای صفر و تشخیص مانع جامع و کاملی برخوردار است [۱۶][۱۷].



شکل ۴: سیستم تشخیص نوری ODOS

سیستم رادار لیزری۱۲ برای تشخیص موانع

این سیستم که عموما با عنوان لادار[۱۳] ، شناخته می شود توسط یک شرکت سوئدی به نام لیزر آپترونیکس[۱۴] توسعه داده شد و بر روی یک تقاطع یک خطه نصب شد. این سیستم قادر است موانعی را که در فاصله بیشتر از ۱۰۰متری قرار گرفته اند را تشخیص دهد و تصویری از آنها را برای لوکوموتیوی که به سوی آن در حرکت است بفرستد. هم چنین می تواند میان وسایل نقلیه و اشیای کوچکتر و نیز افراد پیاده روی خط تفاوت قائل شود. شکل زیر تصویری از اسکنرلادار را که بر روی یک میله نصب شده به همراه دیاگرام طرح نصب آن بر روی تقاطع را نشان می دهد [۶].



شکل ۵: سیستم رادار لیزری برای تشخیص موانع

این شرکت علاوه براین، سیستم دیگری با عنوان فنس گربر[۱۵] به بازار ارائه کرد که هدف آن ایجاد حصارهای مجازی با استفاده از لیزر است. کاربرد این سیستم، برای محافظت از ورود غیر مجاز یا مکانهایی که نمی توان هیچ محافظ مکانیکی در آنجا به کار برد- مثل بالای سطح آب یا باطلاقها- می باشد. نحوه عملکرد این سیستم بدین صورت است که به محض ضربه خوردن هر یک از اشعه های لیزر حسگرها، زنگ خطر به صدا در می آید. یک سیستم دوربین ویدیویی نیز با سیستم فنس گربر اتصال دارد و با تقویت تصویر دیجیتالی به همراه سیگنال خطر آن را به ایستگاه نظارت و کنترل ارسال می کند [۷].

[8] ODOS :Optical Detection of Obstacles System
[9] wayside input coupler
[10] output coupler
[11] Aspen Systems, Inc
[12] Laser Radar
[13] Laser Detection and Range
[14] LaserOptronix
[15] FenceGrabber

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۶: سیستم فنس گربر

مطالعه موردی در سیستم علائم متروی تهران برای انطباق با سیستم تشخیص موانع

ایمنی و دقت در سیستم حمل ونقل ریلی از مهمترین خواسته ها می باشند. جهت بر آورده کردن این خواسته ها ، هر قطار می بایست توسط سیستمهای علائم و کنترل کنار خط در طول مسیر تعقیب و نظارت شود تا فاصله و بازه زمانی ایمن آن با سایر قطارها تضمین شود. برای این منظور یکی از قسمتهای اساسی قطار سیستم تبادل اطلاعات بین آن و کنترل کننده های کنار خط می باشد. فرمانهای سیستم علائم بسته به روش بکار گرفته شده و انتخاب تجهیزات با یکدیگر متفاوت بوده ولی معمولا شامل کدهای سرعت، مسافت هدف ، شیب هدف، و استراتژیهای بهره برداری است که از کنار خط به کابین قطار ارسال می شوند. قطار دستورات کنار خط را رمزگشایی کرده و هشدارهای مربوطه را برای راننده فراهم می کند و نیز بسته به نیاز سیستم ترمز، کنترل دربها و مدار قطع سیستم تراکشن را فعال می نماید. در قطارهای بدون راننده هدایت قطار نیز براساس دستورات دریافتی از کنار خط صورت می پذیرد . روشهای مختلفی در انتقال و ارسال دستورات از کنارخط به قطار وجود دارد. در این میان، مدارهای راه کد شده فرکانس صوتی در راه آهن کاربردهای زیادی پیدا کرده است [۵].

ارسال دستورات قسمتی از سیستم علائم بوده که حرکت ایمن و بهینه قطار را در طول خط تضمین می نماید. سیستم علائم از نقطه نظر روشهای ارسال به دو سیستم عمده بلوک ثابت و بلوک متحرک تقسیم می شود. در سیستم بلوک ثابت ، ارسال بصورت یک طرفه از کنار خط به قطار بوده و در آن مسیر به چندین بخش با طول ثابت که شامل فرستنده وگیرنده ، ریل و دیگر ملحقات است تقسیم شده است. در سیستم بلوک متحرک مرزی برای بلوکها وجود نداشته و ارسال معمولا از طریق کابلهای القایی که بین دو ریل نصب می شوند انجام می گیرد. هر دو روش در سیستم های مدرن کنترل قطارها مورد استفاده قرار گرفته؛ هرچند که استفاده وکاربرد سیستمهای بلوک ثابت بیشتر بوده است.. بنابراین به دلیل استفاده وسیع ، تمرکز این مقاله بر روی سیستمهای بلوک ثابت می باشد. بسته به خواسته های بهره برداری ، روشهای مختلفی برای ارسال دستورات در سیستم بلوک ثابت وجود دارد. در راه آهن حومه و بین شهری، با توجه به اینکه سرفاصله زمانی بین اعزام قطارها زیاد است، درجه پیچیدگی سیستم کنترل کاهش یافته و در نتیجه ارسال منقطع اطلاعات در فواصل مشخصی از طریق ادواتی به نام بی کان و یا بالیس که به فواصلی نظیر هر ۶۰۰ متر در بین دو ریل نصب می گردند انجام می گردد. با عبور قطارها از روی این فرستنده ها، دستورات کنترلی ارسال می گردند. با کوتاه کردن سرفاصله زمانی، کنترل قطارها می بایست با انعطاف بیشتری انجام پذیرد. برای این منظور، دستورات کنترلی می بایست به صورت پیوسته در طول خط از طریق مدار راه ارسال گردد. در مدار راه، ریل به بلوکهایی با طول ۵۰ متر تا ۶۰۰ متر تقسیم شده که هر بخش دارای یک فرستنده و یک گیرنده است که از طریق کابل به ریلها متصل هستند. کل بلوک شامل ریل، فرستنده ،گیرنده ، کابلهاو سایر ملحقات، مدار راه نامیده می شود. مدارهای راه دارای انواع مختلفی هستند. نوع قدیمی آن مدار راه DC نامیده می شود که با ولتاژ DCکار می کرد و به سرعت با مدار راه AC جایگزین گردید تا مسئله افت ولتاژ در آن حل شود. مدارهای راه AC و DC قادر به ارسال دستورات به قطار نیستند و صرفا جهت تشخیص حضور قطار بکار می روند. متعاقبا تکنیکهای پیشرفته مخابرات بکار گرفته شد و انواع مختلف مدارهای راه مدرن تولید شدند که در نتیجه ارسال اطلاعات به قطار را نیز ممکن ساخت. این مدارهای راه معمولا با فرکانسهایی در محدوده فرکانسهای صوتی کار می کنند. مدارهای راه فرکانس صوتی دارای دو مسئولیت می باشند که عبارتند از تشخیص حضور قطار در بلوک و ارسال اطلاعات به گیرنده قطار [۵].

برای تشخیص حضور قطار، فرستنده جریانی را با فرکانس و مدلاسیون مشخص به ریل می فرستد. جهت حرکت قطار بر خلاف جریان ریل می باشد. زمانی که قطار در بلوک حضور ندارد، جریان از فرستنده می تواند به گیرنده که در انتهای دیگر بلوک قراردارد برسد و رله مخصوصی را دارای انرژی نماید. حضور قطار در بلوک باعث ایجاد اتصال کوتاه شده و در نتیجه جریان لازم به گیرنده انتهای دیگر نرسیده و لذا رله عمل کرده و وضعیت آن تغییر می کند. با تشخیص حضور قطار اطلاعات متناظر با دستورات کنترلی به ریل ارسال می گردد. قطار می تواند این اطلاعات را دریافت نماید [۵].

یکی از انواع مشهور مدارهای راه فرکانس صوتی که قبلا مدلسازی و شبیه سازی شده ، از دو فرکانس حامل (یکی برای تشخیص و دیگری برای ارسال فرمان) در هر بلوک استفاده می کند. به طور معمول، مدارهای راه مجاور دارای فرکانسهای تشخیص متفاوتی هستند تا از تداخل و همپوشانی جلوگیری نماید .به علت اینکه در هر مدار راه، دستورات مختلفی به قطار می بایست ارسال

Archive of SID

www.SID.ir

شود، لذا فرکانسهای مدولاسیون مختلفی در این نوع مدارهای راه مورد استفاده قرارگرفته است[۵].

نوع دیگر مدارهای راه فرکانس صوتی، مدارهای راه کد شده هستند که در آنها تنها یک فرکانس حامل مورد استفاده قرار میگیرد. این فرکانس برای هر دو منظور آشکارسازی حضور قطار و نیز ارسال اطلاعات به آن بکار می رود. داده های مورد نیاز کنترلی ، از کنترل کننده های کنار خط به صورت داده های سری به فرستنده وارد می شوند. هنگامی که حضور قطار آشکارسازی شد این داده ها با فرکانس مدولاسیون ۱۰۰ هرتز ، فرکانس حامل را مدوله می نمایند. در حالیکه مدار راه آزاد باشد فرکانس مدولاسیون ۲۰ هرتز خواهد بود . [۵].

توجیه بکارگیری سیستم تشخیص موانع در خطوط متروی تهران

خطوط ۱ و ۲ متروی تهران شامل سیستم مسیرسازی قطار یا اینترلاکینگ کامپیوتری ، مدارات راه کد شده فرکانس صوتی ، کنترل کننده های اهداف کنار خط، ماشین های سوزن ، سیستم حفاظت اتوماتیک قطار و مرکز کنترل ترافیک می باشد. کلیه وظایف ایمنی از دیدگاه علائم مرسوم توسط سیستم حفاظت اتوماتیک قطار با دریافت اطلاعات از کنار خط با درجه بالایی از ایمنی وسطح یکپارچگی بالا صورت می پذیرد .سیستم هدایت اتوماتیک قطار با اینکه در حال حاضر بکار گرفته نشده ولیکن به عنوان ذخیره، امکان استفاده از آن موجود بوده و با افزودن برخی واحدهای اضافی در کنارخط وداخل قطار این عملکرد امکان پذیر است. خط ۲ متروی تهران هم اکنون با لحاظ توسعه آن از شرق تهران و در حوالی تهرانپارس شروع و تا غرب تهران و ایستگاه صادقیه امتداد دارد. سر فاصله زمانی بین دو قطار در حالت کمینه برابر ۲ دقیقه می باشد . قطار در انتهای مسیر و در ترمینال پیش بینی شده می بایست عمل بازگشت به صورت شانت را انجام دهد. این عمل که در اصطلاح ریلی به برگشت به عقب[۱۶] موسوم است، در متروی تهران به صورت اتوماتیک تعبیه شده و سوزن آخر بعد از ایستگاه به طور اتوماتیک و با برنامه تعبیه شده در مرکز کنترل ترافیک جابجا شده و اجازه تغییر مسیر از رفت به برگشت را برای قطار فراهم می کند. در صورت بکار گیری هدایت اتوماتیک قطار[۱۷] ،قطار می تواند بدون راهبر عمل تغییر مسیر و سپس برگشت به سکوی دیگر ایستگاه را انجام دهد. در حال حاضر راهبر کابین رفت ،می تواند عمل تغییر مسیر را ویاشانت را انجام و پس از رسیدن به مسیر موازی برگشت ، به دو صورت عمل رسیدن به سکوی ایستگاه قابل انجام است. راه اول استفاده از همان کابین مسیر رفت و حرکت آن به صورت معکوس و سرعت پایین حداکثر ۱۰ کیلومتر بر ساعت است. بدیهی است در این حالت چون کابین جهت برگشت ، خالی از راهبر است، دید لازم برای مقابله با موانع ناخواسته که در بخشهای قبلی این مقاله مرور شد ، وجود ندارد و لذا در این حالت بکارگیری سیستم تشخیص موانع توجیه پذیر خواهد بود.

راه حل دیگر استفاده از راهبر دیگر در کابین برگشت است که بتواند با چشم دیداری مراقب موانع باشد. در این حالت هرچند احتمال بروز حادثه ناخواسته کمتر از حالت قبل است ولیکن به صفر نیز نمی رسد و استفاده از سیستم تشخیص موانع که مستقل از دخالت انسان بوده و به طور اتوماتیک عمل فوق را انجام دهد قابل توجیه است .

قطارهای متروی تهران با فرضیات فوق ، مستقل از سیستم علائم بکار رفته می توانند مجهز به سیستم تشخیص موانع گردند. در این میان انتخاب تکنولوژی بر اساس نوع، کیفیت و مباحث اقتصادی آن قابل انجام بوده و سیستم تراکشن و ترمز قطار تحت کنترل این سیستم نیز قرار گیرند. از آنجا که سیستم حفاظت اتوماتیک قطار در خطوط ۱ و۲ از شرکت بمباردیه تهیه شده و به عنوان سیستم حیاتی بر سیستم ترمز و نیز تراکشن نظارت دارد ، می توان دستور سیستم تشخیص موانع را با هماهنگی با سازندگان قطار (و هماهنگی با سازنده ترمز و تراکشن) و نیز حفاظت اتوماتیک قطار ترکیب نمود. بدین ترتیب هر یک از عواملی که نیاز به اعمال ترمز و قطع تراکشن در حرکت قطار و به خصوص در هنگام برگشت به عقب[۱۸] دارند ، با یکدیگر به صورت منطقی با هم ترکیب شده ودستور لازم برای حفظ ایمنی قطار صادر می گردد. بکارگیری و ترکیب این سیستم با سیستم علائم مسیر می تواند درجه ایمنی حرکت قطار را بالاتر برده و راهبری مطمئنی را در کل مسیر تضمین نماید. بکار گیری این پیشنهاد نیازمند تعبیه تجهیزات سیستم تشخیص موانع در کنار خط و نیز داخل قطار خواهد بود که انجام آن نیز با برنامه ریزی مناسب امکان پذیر می باشد.

نتیجه گیری و جمع بندی

تشخیص موانع در خطوط ریلی همواره مساله مهمی بوده است. بسیاری از تصادفات و سوانح ریلی به دلیل وجود یک جسم خارجی بر روی خط می باشد. برای جلوگیری از این اتفاقات، روشهای تشخیص این موانع به وسیله سنسورهای مختلف مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت. بدین منظور خط ۱ و ۲ی متروی تهران به عنوان مطالعه موردی، در نظر گرفته شد.

به دلیل اینکه تصادفات راه آهن هر یک به نوعی امنیت را به خطر می اندازند، ابزار تشخیص بایستی همگی از درجه اطمینان بالایی

[16] Turn Back
ATO (Automatic Train Operation)

[18] Turn back

Archive of SID
www.SID.ir

برخوردار باشند؛ به این معنی که احتمال خطای بسیار کمی داشته باشند.این ابزارها باید از تجهیزات اضافی مثل سنسورها و دوربینهای اضافی برای استفاده در مواقعی که تجهیزات اصلی دچار خطا یا خراب می شوند برخوردار باشند.

این سیستم ها بایستی ایمن از خطا باشند ؛ به این معنی که اگر جزئی از سیستم خراب شد به قطاری که در حال نزدیک شدن است اعلام شود. بازرسی های دوره ای باید در ملاحظات قرار گرفته وهمه ی اجزاء سنسورها و ارتباطات، به منظور یافتن خطا چکاپ کامل شوند و در صورت لزوم، اطلاعات مربوط به خطاها و نقص ها به کانالهای مرتبط (قطار، سیستم هشدار کنار خط و مرکز کنترل) ارسال شود.

نتایج تحقیقات این مقاله، برای تصمیم گیری در مورد خطوطی که در ابتدای انتخاب سیستم علائم و یا خطوطی که قبلا سیستم علائم آنها خریداری و راه اندازی شده اند مورد استفاده خواهد بود.

مراجع

[1] Kruse, Frank; Milch, Stefan; Rohling, Hermann: „Multisensorsystem für schienengebundene Fahrzeuge“ Symposium Mobilität und Sicherheit, Wolfsburg 2001

[3] Klotz, Michael; Rohling, Hermann: “24 GHz Radar Sensors for Automotive Applications”, International Conference on Microwaves and Radar, Wroçlaw

[4] Mende, Ralph: “Radarsysteme zur automatischen Abstandsregelung in Automobilen”, PhD thesis, Technical University Braunschweig

[5] Central Metro Office,Tehran; Discription of the signaling of Tehran Metro (line 1&2).

[6] http://www.laseroptronix.se/rail/smartvision.html

[7] http://www.laseroptronix.se/rail/perimeter.html

Archive of SID

www.SID.ir