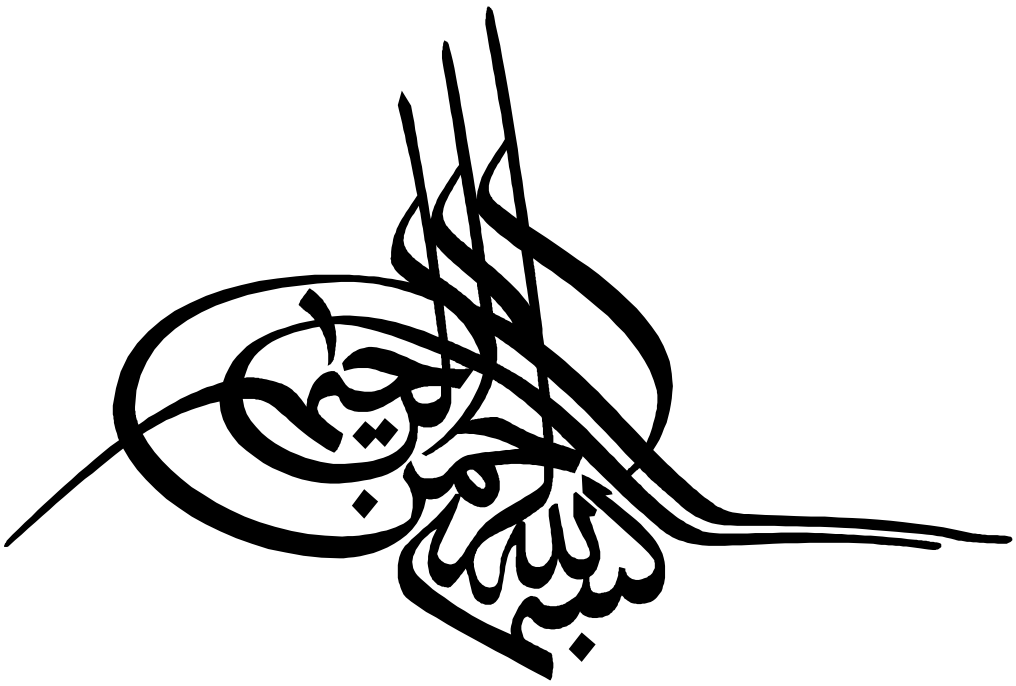

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت راه وترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
پژوهشکده حمل‌ونقل

سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - پژوهشکده حمل‌ونقل

عنوان : **سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی**
بخش پژوهشی : **مدیریت و برنامه‌ریزی**
مجری : **شرکت مهندسی اندیشه راهیان گسترش (ارگ)- احمد سالاری**
ناظر : **منوچهر وزیری، اسدا... نجفی**
مسئول پروژه : **امیر جعفرپور، سید محمدسادات حسینی**
طرح جلد : **لیلا سلوکی**
کد انتشار : **84/BWRM/151**
نوبت چاپ : **اول**
تاریخ انتشار : **پاییز ۸٤**
شمارگان : **۵۰۰ نسخه**
قیمت : **۲۰۰۰ تومان**
لیتوگرافی، چاپ و صحافی : **مرکز چاپ و انتشار موسسه عالی آموزش و پژوهش سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی**
نشانی : **میدان آرژانتین- ابتدای بزرگراه آفریقا- اراضی عباس‌آباد- ساختمان شهید دادمان- وزارت راه و ترابری- طبقه سیزدهم شمالی- واحد اطلاع‌رسانی و نشر پژوهش‌ها**
تلفکس ۸۲۲٤٤۱٦٤ Web:www.rahiran.ir
وب سایت فروش نشریات http://shop.rahiran.ir

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است

بسمه تعالی

جایگاه و نقش حمل‌ونقل در ابعاد مختلف اقتصادی، سیاسی و اجتماعی جوامع امروزی بر کسی پوشیده نیست. حمل‌ونقل یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار و متوازن در جوامع بشری محسوب شده و در واقع شبکه‌های حمل‌ونقل با مولفه‌های مهمی همچون اقتصاد، امنیت و عدالت اجتماعی ارتباط تنگاتنگ دارند. در فرآیند توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها، همبستگی مستقیم میان گسترش حمل‌ونقل و دستیابی به نرخ رشد اقتصادی بیشتر وجود دارد. به عبارت دیگر همراه با افزایش تولید ناخالص داخلی، میزان ارزش افزوده بخش حمل‌ونقل نیز افزایش می‌یابد و به همین دلیل است که توسعه و رشد اقتصادی وابسته به توسعه بخش حمل‌ونقل است و فعالیتهای حمل‌ونقل از جمله فعالیتهای اساسی و زیربنایی برای رشد و تحول اقتصاد به حساب می‌آید.

طی سالهای اخیر استفاده از نتایج تحقیقات و مطالعات انجام شده در دنیا به افزایش بهره‌وری و ارتقاء کیفیت در اجرا، بهره‌برداری و نگهداری بهینه از طرحها و پروژه‌های حمل‌ونقل منجر شده و افق‌های جدیدی را به‌منظور ارائه راهکارها و راهبردهای نوین در عرصه حمل‌ونقل گشوده است. به‌همین دلیل اطلاع‌رسانی در این زمینه به‌منظور ایجاد ارتباط بین حوزه‌های مختلف یک ضرورت اجتناب ناپذیر می‌باشد. معاونت آموزش تحقیقات و فناوری در راستای ایفای تعهدات و وظایف خویش در امر اطلاع‌رسانی و بسترسازی علمی در زمینه‌های مرتبط با حمل‌ونقل می‌کوشد تا با عرضه نتایج مطالعات و تحقیقات انجام شده در این معاونت، در ایجاد تعامل و تبادل اطلاعات مابین محققان و متخصصان این رشته نقش مفید و موثری ایفا نماید. امید آن است تا در این رهرو بتوانیم خدمتی شایسته و در خور به انجام رسانیم و در مسیر سازندگی و بالندگی ایران اسلامی و سرافرازی کشورمان از طریق رشد علمی فرزندان این آب و خاک حرکت نمائیم.

در این مجموعه ضمن معرفی و طبقه‌بندی سیستمهای هوشمند در حمل‌ونقل ریلی به بررسی ضرورت بکارگیری این سیستمها پرداخته شده‌است. همچنین مطالعات و تجربیات کشورهای توسعه یافته در مورد سیستمهای هوشمند ریلی و پروژه‌های هوشمندسازی بیان شده و سپس چشم‌انداز استفاده از این سیستمها در ایران مورد بررسی قرار گرفته است. بی‌شک نقایص نوشتاری و محتوایی این کتاب از چشم تیزبین اساتید، صاحب نظران و متخصصان پوشیده نخواهدماند و ما را از راهنمایی‌ها و ارشادهای خویش بهره‌مند خواهند نمود.

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه وترابری به این وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به کلیه اعضاء گروه تهیه کننده آقای **احمد سالاری**/ مدیر پروژه و همکاران وی آقایان **حسن عبدوس**، **امیر شهرام صفوی**، **حامد وطن دوست** و آقایان **منوچهر وزیری**، **اسدا... نجفی**/ ناظرین و آقای **امیر جعفرپور**/ رئیس بخش برنامه‌ریزی و مدیریت ابراز می‌دارد. از کلیه بخشها، سازمانها و مؤسساتی که درمراحل تهیه و نظرخواهی این مجموعه همکاری نمودند، سپاسگزاری می‌گردد.

محمد جعفر اکرام جعفری

معاون آموزش، تحقیقات و فناوری

پیشگفتار

در مواجهه با روند افزایش سریع تقاضا برای "سرعت و چگالی (ظرفیت) بالا"در حمل‌ونقل ریلی، این صنعت ناچار است به سمت هوشمند سازی سیستم‌های ریلی گام بردارد. زیرا در طول دهه‌های اخیر با توسعه و گسترش زیرساختهای ریلی و مراحل پایه‌ای بکارگیری انفورماتیک، تقریباً حداکثر بهره برداری ممکن با استفاده از روشهای سنتی حاصل شده است. در کشورهای توسعه یافته، فرآیند اطلاع‌رسانی و نظارت در حمل‌ونقل ریلی به طور کامل پایان یافته است. بر این اساس، فرآیند هوشمند سازی در حال حاضر با هدف افزایش سرعت و کارایی بالا روبه پیشرفت است. تبدیل حمل‌ونقل ریلی به سیستم حمل‌ونقل هوشمند ریلی از طریق هوشمند سازی صنایع ریلی، استراتژی اصلی جهت بهبود رقابت پذیری حمل‌ونقل ریلی نسبت به سایر وسایل عمومی حمل‌ونقل در قرن بیست و یکم خواهد بود. یافته‌های فراوان و پیشرفت سریع تکنولوژیهای جدید نظیر سیستم‌های هوشمند، ارتباطات و نرم افزارها یا سخت افزارهای محاسباتی در زمینه‌های مربوطه و توسعه تکنولوژیکی صنایع راه‌آهن، این امکان را فراهم آورده که توسعه حمل‌ونقل ریلی با سرعت بالاتر و عملکرد بهتر احتیاجات جامعه برای "حمل‌ونقل ریلی نوین و مدرن" را برآورده سازد.

علیرغم آنکه بیش از ۱۲۰ سال از ساخت اولین خط ریلی به طول هشت کیلومتر در حد فاصل شهرهای تهران و شهر ری در کشور میگذرد، متاسفانه رشد زیرساختها و سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی متناسب با شروع این صنعت در کشور پیش نرفته است. عموماً تکنولوژی مورد استفاده در حمل‌ونقل ریلی کشور مربوط به تکنولوژیهای سنتی و ابتدایی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی می‌باشد که این امر خود باعث عدم بهره برداری بهینه از زیرساختهای موجود و کاهش بهره‌وری در سیستم حمل‌ونقل ریلی شده است. اگرچه بحث مربوط به هوشمندسازی حمل‌ونقل، بحثی فرابخشی است که باید جهت تدوین اصول و راهبردهای دسترسی به آن، گونه‌های مختلف حمل‌ونقل با توجه به شرایط منطقه‌ای کشور مدنظر قرار گیرد، اما توصیف و بسط این موضوع که به طور کلی چارچوب برنامه هوشمندسازی به ویژه در بحث حمل‌ونقل ریلی مربوط به چه مواردی می‌باشد، از اهداف اصلی این گزارش می‌باشد.

در خاتمه از پژوهشکده حمل ونقل وزارت راه و ترابری، که این امکان را فراهم نمودند تا این اثر تهیه گردد و همچنین از کلیه صاحب نظرانی که به نحوی در بررسی، اظهار نظر و انتشار این مجموعه سهیم بوده‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

احمد سالاری

شرکت مهندسی اندیشه راهیان گسترش (ارگ)

سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی

فهرست مطالب صفحه

فصل ۱- کلیات

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- اهداف مطالعه ۴

۱-۲-۱- ایجاد سفرهای ایمن، مطمئن، کارا، حافظ محیط‌زیست و روان ۵

۱-۲-۲- جذب مشتری بیشتر با استفاده از بهبود خدمات و اطلاع‌رسانی به مسافران ۵

۱-۲-۳- ترکیب اطلاعات در خصوص شبکه‌های مختلف حمل‌ونقل ۶

۱-۲-۴- افزایش خدمات مؤثر از طریق استفاده بیشتر و بهتر از کریدورهای مشترک ۶

۱-۲-۵- افزایش و بهبود سفرهای پیوسته از طریق اطلاع‌رسانی به مشتریان ۶

۱-۲-۶- کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ۷

۱-۳- محدودیت‌ها و فرضیات مطالعاتی ۹

۱-۴- متدولوژی و ساختار پژوهش ۱۰

فصل ۲- بررسی ضرورت بکارگیری سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی

۲-۱- بهبود ایمنی و بازدهی سیستم حمل‌ونقل ۱۵

۲-۲- بازار سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ۱۵

۲-۳- جلوگیری از تکرار سرمایه‌گذاری‌های آتی ۱۶

۲-۴- مقتضیات فراملی بودن حمل‌ونقل ۱۶

۲-۵- سایر موارد ۱۷

فصل ۳- معرفی و طبقه‌بندی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی و ریلی- جاده‌ای

۳-۱- سیستم‌های حفاظت از قطار ۲۰

۳-۱-۱- سیستم اخطار خودکار (AWS) ۲۱

۳-۱-۲- سیستم تذکر به راننده (DRA) ۲۱

۳-۱-۳- حفاظت اتوماتیک قطار (ATP) ۲۱

۳-۱-۴- حفاظت قطار و سیستم هشدار دهنده (TPWS) ۲۲

عنوان **صفحه**

۳-۱-۵- کنترل اتوماتیک قطار (ATO) ۲۴
۳-۱-۶- سیگنالینگ از کابین راننده..... ۲۴
۳-۲- تشخیص اتوماتیک عیوب واگنها..... ۲۵
۳-۳- راهبند هوشمند..... ۳۰
۳-۴- سیستم تشخیص اتوماتیک خروج از خط و انفصال قطار..... ۳۴
۳-۵- سیستم اعلان خطر خودکار به اکیپهای نگهداری خط..... ۳۷
۳-۶- سیستم شناسایی خودکار وسایل‌نقلیه..... ۴۰
۳-۶-۱- سیستم‌های مبتنی بر امواج نوری..... ۴۱
۳-۶-۲- مبتنی بر امواج رادیویی (RFID L/H) ۴۲
۳-۶-۳- استفاده از امواج دریایی در فرکانس بالا..... ۴۲
۳-۷- سیستم‌های کنترلی نوین..... ۴۴

فصل ۴- بررسی مطالعات انجام شده و تجارب کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در بخش حمل‌ونقل ریلی

۴-۱- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی در کشور چین..... ۵۱
۴-۱-۱- مقدمه..... ۵۱
۴-۱-۲- اهداف سیستم هوشمند ریلی در حمل‌ونقل ملی چین..... ۵۲
۴-۱-۳- ساختار سیستم..... ۵۳
۴-۱-۴- خدمات به استفاده کنندگان سیستم هوشمند ریلی..... ۵۳
۴-۱-۴-۱- سیستم هدایت هوشمند مسافر (IPNS)..... ۵۳
۴-۱-۴-۲- سیستم امنیت و مدیریت اورژانس (EMSS)..... ۵۳
۴-۱-۴-۳- سیستم مخابره و کنترل هوشمند قطارها (ITCDS)..... ۵۴
۴-۱-۴-۴- سیستم مدیریت عملکرد پیشرفته (AOMS)..... ۵۴
۴-۱-۴-۵- سیستم مدیریت منابع راه‌آهن (RRMS)..... ۵۴
۴-۱-۴-۶- سیستم تجارت در راه‌آهن (RES)..... ۵۴
۴-۱-۴-۷- سیستم حمل‌ونقل ترکیبی (ITS) ۵۴

عنوان **صفحه**

۴-۱-۵- ساختار منطقی پیشرفته ۵۵
۴-۱-۶- ساختار فیزیکی در سطح پیشرفته ۵۶
۴-۲- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی در ژاپن ۵۷
۴-۲-۱- موسسه تحقیقات تکنولوژی راه‌آهن (RTRI) ۵۷
۴-۲-۲- پروژه‌های آینده راه‌آهن ژاپن ۵۸
۴-۳- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی در اروپا ۵۹
۴-۳-۱- تعریف ERTMS/ETCS ۶۱
۴-۳-۲- ارتباطات GSM-R ۶۱
۴-۳-۳- معماری عمومی ERTMS ۶۴
۴-۳-۴- آمار توسعه ERTMS/ETCS در اروپا ۶۴
۴-۳-۵- اجرای آزمایشی سیستم‌های ردیابی ERTMS/ETCS در انگلستان ۶۵
۴-۳-۶- اجرای آزمایشی سیستم‌های ERTMS/ETCS در فرانسه ۶۷
۴-۳-۷- اجرای آزمایشی سیستم‌های ERTMS در هلند ۶۹
۴-۳-۸- اجرای آزمایشی سیستم‌های ERTMS در ایتالیا ۷۰
۴-۳-۹- سایر کشورهای اروپایی ۷۱
۴-۴- استفاده از سیستم‌های اطلاع‌رسانی هوشمند ریلی در هند ۷۱
۴-۵- حمل‌ونقل ریلی در کره ۷۴

فصل ۵- بررسی پروژه‌های هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی درکشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه

۵-۱- حمایت، کنترل و ارسال فرامین به قطارها براساس کنترل ماهواره‌ای ۷۶
۵-۱-۱- اهداف سیستم مکان‌یابی ماهواره‌ای (LOCOPROL) ۷۷
۵-۱-۲- تازه‌های سیستم ۷۸
۵-۱-۳- منافع ۷۸
۵-۲- مکان‌یابی ماهواره‌ای نقاط ایمن و فاقد ایمنی ۷۹
۵-۳- برنامه‌های پرداخت کرایه الکترونیکی ۸۰
۵-۴- تکنولوژی ITS در تقاطع‌های جاده - ریل ۸۱

عنوان **صفحه**

۵-۴-۱- نحوه عملکرد این سیستم‌ها ۸۲
۵-۴-۲- هدف از سیستم ITS در تقاطع ریل- جاده ۸۳
۵-۵- مدیریت فروش و دریافت بلیط ۸۵
۵-۶- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ترانزیت ریلی ۸۶
۵-۶-۱- برنامه تکمیلی ترانزیت ریلی ۸۷
۵-۶-۲- عملکرد عملیاتی کریدورهای ریلی پیچیده ۸۷
۵-۶-۳- مراکز مدیریت اطلاعات ترکیبی ۸۷
۵-۷- اصول و قواعد تعیین موقعیت قطار در سیستم ETSC ۸۷
۵-۸- هوشمند سازی راه‌آهن ۸۹
۵-۸-۱- سیستم اینترلاکینگ الکترونیکی ۸۹
۵-۸-۲- مراکز کنترل عملیات راه‌آهن ۸۹
۵-۸-۳- سیستم‌های کنترل اتوماتیک قطار ۹۰
۵-۸-۴- عملکرد تمام اتوماتیک قطار ۹۰
۵-۸-۵- حمل کننده‌های بار با وسایل نقلیه (قطارهای) تمام اتوماتیک ۹۰

فصل ۶- معرفی شاخص‌های ارزیابی پروژه‌های هوشمندسازی در حمل‌ونقل ریلی

۶-۱- مراحل ارزیابی پروژه‌های ITS ریلی ۹۲
۶-۲- نتایج ارزیابی ۹۳
۶-۲-۱- منافع ۹۳
۶-۲-۱-۱- منافع ایمنی ۹۳
۶-۲-۱-۲- منافع کارایی (بازدهی) ۹۴
۶-۳-۱-۳- منافع ثمربخشی (بازدهی) و کاهش هزینه ۹۵
۶-۲-۱-۴- منافع زیست محیطی ۹۵
۶-۲-۲- هزینه‌ها ۹۶
۶-۲-۲-۱- تحلیل هزینه مؤثر ۹۶
۶-۲-۳- تحلیل منفعت به هزینه ۹۷
۶-۲-۴- ارائه نمونه اهداف برنامه‌ریزی شده از بکارگیری ITS ریلی ۹۸

عنوان **صفحه**

فصل ۷- چشم انداز کلان سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی در ایران

۷-۱- بررسی سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی موجود درکشور و مشکلات توسعه سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی در ایران ۱۰۰

۷-۱-۱- مقدمه..... ۱۰۰

۷-۱-۲- مختصری ازتاریخچه احداث راه‌آهن در ایران ۱۰۱

۷-۱-۳- امکانات راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران..... ۱۰۳

۷-۱-۴- معرفی کریدورهای ترانزیت مستقیم از طریق راه‌آهن ایران..... ۱۰۵

۷-۱-۵- کریدورهای ترانزیت دریایی – ریلی در ایران..... ۱۰۵

۷-۱-۶- کریدور ترانزیت دریا - ریل - جاده – ریل..... ۱۰۹

۷-۱-۷- معرفی و بررسی سیستم‌های هوشمند در راه‌آهن ایران..... ۱۱۰

۷-۱-۷-۱- سیستم کنترل ایستگاه راه‌آهن (اینترلاکینگ الکترونیکی) ۱۱۰

۷-۱-۷-۲- نرم‌افزارنظارت‌بربهره‌برداری، تعمیرونگهداری ماشین‌آلات مکانیزه ریلی ۱۱۶

۷-۱-۷-۳- دستگاه اندازه‌گیر پارامترهای خط و ثبت کامپیوتری گرافهای مربوطه ۱۲۰

۷-۱-۷-۴- مدار خط ۱۲۳

۷-۲- بررسی و تبیین نقش و تعامل سازمان‌هاو دستگاه‌های مختلف درتوسعه سامانه‌های حمل ونقل هوشمند ریلی درایران..... ۱۳۲

۷-۲-۱- ساختار تشکیلاتی و تعامل سازمان‌های حمل‌ونقل ریلی در ایران ۱۳۶

۷-۲-۲- اهداف بررسی ساختار تشکیلاتی راه اندازی ITS ریلی ۱۳۸

۷-۲-۳- بخش دولتی ۱۳۹

۷-۲-۳-۱- وزارت راه وترابری ۱۴۰

۷-۲-۳-۲- وزارت پست، تلگراف و تلفن ۱۴۴

۷-۲-۳-۳- وزارت صنایع ۱۴۸

۷-۲-۳-۴- وزارت بازرگانی ۱۴۸

۷-۲-۳-۵- وزارت فرهنگ و آموزش عالی و فن آوری اطلاعات ۱۴۹

۷-۲-۳-۶- رسانه ها، صدا و سیمای ایران ۱۴۹

۷-۲-۳-۷- رتباط تجارت الکترونیکی در ITS ۱۴۹

عنوان **صفحه**

۷-۲-۳-۸- سازمان محیط زیست کشور ۱۵۰
۷-۲-۳-۹- نقش اداره کل ارتباطات و علائم جهت نگهداری و استفاده از سیستم‌های هوشمند..... ۱۵۱
۷-۲-۴- بخش خصوصی ۱۵۱
۷-۳- معرفی پروژه‌های سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی قابل اجرا در ایران و تدوین ارتباط پیش‌نیازی و اولویت‌های پروژه‌های قابل تعریف در این زمینه..... ۱۵۳
۷-۳-۱- معرفی پروژه‌های سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی در ایران..... ۱۵۴
۷-۳-۱-۱- تشخیص آلات ناقله با استفاده از روش پردازش تصاویر ۱۵۵
۷-۳-۱-۲- استفاده عملی از سیستم موقعیت‌یابی ماهواره‌ای ۱۵۶
۷-۳-۱-۳- استفاده از کانالهای استیجاری GSM ۱۵۶
۷-۳-۱-۴- سیستم‌های مورد نیاز برای سیگنالینگ (ارسال علائم) قطارهای سریع‌السیر..... ۱۵۷
۷-۳-۱-۵- مانیتورینگ ماشین سوزن تک‌فاز ۱۵۷
۷-۳-۱-۶- سیستم بی‌سیم سراسری ۱۵۷
۷-۳-۱-۷- اجرای عملی کنترل اتوماتیک غیرفعال قطار به کمک GPS PATC ۱۵۹
۷-۳-۱-۸- سیستم اتوماسیون اداری و مناقصات الکتریکی ۱۵۹
۷-۳-۲- سیستم‌های پیشنهادی هوشمند حمل‌ونقل ریلی قابل اجرا در ایران به ترتیب اولویت..... ۱۶۲
۷-۳-۲-۱- سیستم شناسایی اتوماتیک قطار ۱۶۴
۷-۳-۲-۲- اندازه‌گیری تیز شدن لبه چرخ ۱۶۷
۷-۳-۲-۳- سیستم داغی چرخ و محور ۱۶۹
۷-۳-۲-۴- سیستم تشخیص بریدگی چرخ وبررسی وضعیت ترمز ۱۷۱
۷-۳-۲-۵- سیستم اندازه‌گیری وزن واگن در حال حرکت ۱۷۲
۷-۳-۲-۶- سیستم تشخیص کاهش فشار ترمز ۱۷۳
۷-۳-۲-۷- سیستم رهگیری بار ۱۷۵
۷-۳-۲-۸- سیستم کنترل وضعیت خودکار قطار ۱۸۰
۷-۳-۲-۹- سیستم کنترل وضعیت در ایستگاه‌های تخلیه بار ۱۸۱
۷-۳-۲-۱۰- بلیط‌های هوشمند ۱۸۲
۷-۳-۲-۱۱- سیستم تابلوهای اطلاع‌رسانی پیام متغییر ۱۸۴

عنوان **صفحه**

۷-۳-۲-۱۲- استفاده از دوربین‌های مدار بسته ۱۸۵
۷-۳-۲-۱۳- سیستم هشدار شخصی و اتوماتیک ۱۸۷
۷-۳-۲-۱۴- مرکز تلفن بصورت بی‌سیم و انتقال داده در واگن‌های مسافری ۱۸۸
۷-۳-۲-۱۵- استفاده‌ازنرم‌افزارهای GIS ۱۸۹
۷-۳-۲-۱۶- سیستم ثبت وقایع ۱۹۱
۷-۳-۲-۱۷- سیستم‌اندازه‌گیرسایبدگی قسمت لغزنده پانتوگراف ۱۹۳
۷-۴- ارائه‌برنامه‌کاری بخش برنامه‌ریزی و مدیریت در ارتباط با پروژه‌های تحقیقاتی ITS ریلی..... ۱۹۴
۷-۴-۱- مقدمه..... ۱۹۴
۷-۴-۲- فعالیت‌های تحقیقاتی و مطالعاتی پیشنهادی برای توسعه ITS ریلی در ایران ۱۹۵
۷-۴-۲-۱- شناخت بخش‌های مرتبط با هوشمندسازی حمل ونقل ریلی در سطح کلان و بررسی برنامه‌های آنها با نظر به تجارب سایر کشورها ۱۹۶
۷-۴-۲-۲- بررسی و ارزیابی فرآیندهای کاری ITS ۱۹۷
۷-۴-۲-۳- شناخت جایگاه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به ITS در سطح کلان ۱۹۸
۷-۴-۲-۴- تعیین استراتژی‌های توسعه ITS در بخش حمل ونقل ریلی ۱۹۹
۷-۴-۲-۵- اجرای مطالعات اولیه پروژه‌های نمونه با نظر به استراتژی‌های بلندمدت در توسعه ITS در بخش حمل ونقل ریلی ۱۹۹
۷-۴-۲-۶- ارزیابی آمادگی راه‌آهن برای تغییر از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب ۲۰۱
۷-۴-۲-۷- فعالیتهای مربوط به توسعه ITS در بعد فرآیندها و سیستم‌های راه‌آهن ۲۰۱
۷-۴-۲-۸- بررسی و مطالعه استانداردهای مورد قبول و مناسب برای ITS ریلی ایران ۲۰۲
۷-۴-۲-۹- تدوین معماری فیزیکی و منطقی سیستم‌ها و اطلاعات در ITS ریلی ۲۰۲
۷-۴-۲-۱۰- تدوین برنامه اجرایی و عملیاتی توسعه ITS ریلی در ایران ۲۰۳
۷-۴-۲-۱۱- تدوین برنامه آموزش و انتقال دانش فنی در حمل ونقل ریلی هوشمند ۲۰۳
۷-۴-۲-۱۲- اقدامات ضروری برای ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در مطالعات مشابه در حوزه‌های حمل ونقل ۲۰۴
مراجع..... **۲۰۵**
فهرست واژگان..... **۲۰۸**

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

۷-۱-۱- عناوین مسیرهای ارتباطی ایران با کشورهای همسایه..... ۱۰۱

۷-۳-۱- وضعیت موجود تجهیزات ارتباطی به تفکیک خطوط انتقال در سال ۱۳۸۱(کیلومتر)..... ۱۵۵

۷-۳-۲- میزان استفاده از سیستم اتوماسیون اداری مهرماه ۱۳۸۲..... ۱۶۲

۷-۳-۳- اولویت‌بندی سیستم‌های پیشنهادی حمل ونقل ریلی..... ۱۶۳

۷-۳-۴- نتایج استفاده از سیستم بازبینی..... ۱۷۱

۷-۳-۵- کاربردهای استفاده از نرم افزارهای GIS..... ۱۹۰

۷-۴-۱- چارچوب پیشنهادی جهت تدوین برنامه هماهنگ و یکپارچه در مطالعات هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در ایران ۱۹۵

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

۱-۱- کاربردهای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در گونه‌های مختلف حمل‌ونقل ۳
۳-۱- منحنی ترمز و فاصله ایمن قطارها ۲۲
۳-۲- محل نصب بیکن‌ها قبل از سیگنال در سیستم TPWS ۲۳
۳-۳- ارتباط قطار با سیستم کنترل از طریق شبکه رادیویی ۲۴
۳-۴- سیستم تشخیص داغی محور ۲۵
۳-۵- دیاگرام ارتباطات سیستم تشخیص بریدگی چرخ ۲۷
۳-۶- نمونه‌ای از سیستم تشخیص بریدگی چرخ ۲۷
۳-۷- نحوه قرارگیری سنسورهای لیزری تشخیص بریدگی چرخ ۲۸
۳-۸- سیستم لیزری تشخیص بریدگی چرخ ۲۹
۳-۹- تجهیزات تشخیص قطار و وسایل‌نقلیه جاده‌ای برای تقاطع‌های هوشمند ۳۱
۳-۱۰- یک نمونه راهبند هوشمند و تجهیزات مربوطه برای قطارهای سریع‌السیر ۳۳
۳-۱۱- نمایی از یک راهبند هوشمند در شب ۳۳
۳-۱۲- نمونه ای از تجهیزات تشخیص انفصال و هشدار به راننده ۳۶
۳-۱۳- نمونه تجهیزات مکانیکی تشخیص خروج از خط ۳۶
۳-۱۴- نمای شماتیک استقرار تجهیزات هشدار اتوماتیک در یک سیستم نمونه در راه‌آهن یک خطه ۳۸
۳-۱۵- نمای شماتیک استقرار تجهیزات هشدار اتوماتیک در یک سیستم نمونه در راه‌آهن دو خطه ۳۸
۳-۱۶- یک نمونه از تجهیزات هشدار خودکار ۳۹
۳-۱۷- نمای شماتیک یک سیستم شناسایی واگن ۴۱
۳-۱۸- ترازهای اجرای ERTMS در اروپا ۴۶
۳-۱۹- اجرای مرحله اول از تراز ۱ ERTMS در اروپا ۴۷
۳-۲۰- اجرای تراز ۲ از پروژه ERTMS در اروپا ۴۸
۳-۲۱- اجرای تراز ۳ از پروژه ERTMS در اروپا ۴۹

عنوان **صفحه**

۴-۱- ساختار منطقی پیشرفتهٔ حمل‌ونقل هوشمند ریلی چین ۵۵
۴-۲- ساختار فیزیکی پیشرفتهٔ حمل‌ونقل هوشمند ریلی چین ۵۶
۴-۳- تکنولوژی‌ها و رویکردهای کلیدی حمل‌ونقل ریلی ژاپن در آینده ۵۸
۴-۴- انواع سیستم‌های فعلی در اروپا ۶۰
۴-۵- نحوه عملکرد سیستم GSM-R در شبکه ریلی اروپا ۶۳
۴-۶- مسیرهای آزمایشی و پروژه‌های اجرایی ERTMS در اروپا ۶۴
۴-۷- توسعه برنامه ERTMS در اروپا در ترازهای ۱ و۲ برنامه ۶۵
۴-۸- پلان پروژه نمونه برای ERTMS در انگلستان ۶۶
۴-۹- نقشه مسیرهای انتخاب شده در فرانسه ۶۷
۴-۱۰- نقشه مسیرهای منتخب هلند ۶۹
۴-۱۱- سیستم حمل‌ونقل ریلی شهر سئول ۷۵
۵-۱- اجزای سیستم LOCOPROL ۷۷
۵-۲- سهم بخش‌های مختلف در اجرای برنامهLOCOPROL ۷۸
۵-۳- برنامه زمانی پیشرفت برنامه های LOCOPROL ۸۰
۵-۴- اجزای پرداخت الکترونیکی کرایه ۸۱
۵-۵- سیستمهای تقاطع ریل- راه‌آهن ۸۳
۵-۶- رده بندی سیستمهای تقاطع ریل- جاده ۸۴
۵-۷- مدیریت کنترل بلیط در قطارهای هوشمند ۸۶
۵-۸- سیستم تعیین موقعیت قطار در سیستم ETCS ۸۸
۷-۱-۱- نقشه شبکه راه آهن ایران در سال ۱۳۸۴ ..... ۱۰۶
۷-۱-۲- نمودار روندی طول خطوط اصلی در ده سال اخیر ۱۰۷
۷-۱-۳- نمودار روندی تعداد لکو موتیودرسرویس در ده‌سال اخیر ۱۰۷
۷-۱-۴- نمودار روندی نفر کیلو متر مسافر در ده‌سال اخیر ۱۰۷
۷-۱-۵- نمودار روندی تعداد وا گن های مسا فری در سر ویس و ذخیره ده‌سال اخیر ۱۰۸
۷-۱-۶- نمودار روندی تن کیلومتر بار خالص در ده‌سال اخیر ۱۰۸

عنوان **صفحه**

۷-۱-۷- نمودار روندی تعداد واگن‌های باری در گردش در ده‌سال اخیر ۱۰۸
۷-۱-۸- کاربرد سیستم اینترلاکینگ در سطح ۱ ..... ۱۱۲
۷-۱-۹- کاربرد سیستم اینترلاکینگ در سطح ۲ ..... ۱۱۲
۷-۱-۱۰- کاربرد سیستم اینترلاکینگ در سطح ۳ ..... ۱۱۲
۷-۱-۱۱- سخت افزار رابط سیستم اینترلاکینگ با اپراتور ۱۱۳
۷-۱-۱۲- تجهیزات ساخته شده مربوط به سیستم توکنلس ۱۱۳
۷-۱-۱۳- نمونه ای از سنسورها و راک سیستم محور شمار ۱۱۴
۷-۱-۱۴- نمونه‌ای از تجهیزات تشخیص عبور کامل قطار از محدوده مشخص ۱۱۴
۷-۱-۱۵- نمونه‌ای از صفحه نمایش اطلاعات مر بوط به سیستم اینترلاکینگ ۱۱۵
۷-۱-۱۶- منوهای نرم افزار تعمیر و نگهداری ۱۱۹
۷-۱-۱۷- منوی مربوط به گزارش‌گیری از عملکرد ماشین آلات ۱۱۹
۷-۱-۱۸- یکی از منوهای اصلی برنامه ۱۲۰
۷-۱-۱۹- منوی اصلی ورود اطلاعات ۱۲۰
۷-۱-۲۰- یک نمونه از دستگاه اندازه‌گیری خط با سرعت پایین ۱۲۳
۷-۱-۲۱- یک نمونه دستگاه اندازگیر پارامتر خط با سرعت بالا ۱۲۳
۷-۱-۲۲- تشخیص حضور قطار در یک ناحیه مشخص مسیر ریلی ۱۲۵
۷-۱-۲۳- تبادل اطلاعات با قطار ۱۲۶
۷-۱-۲۴- تشخیص شکستگی ریل ۱۲۷
۷-۱-۲۵- مدار خط DC ۱۲۹
۷-۱-۲۶- مدار فرکانسی با روش ایجاد ناحیه جداسازی فرکانسی ۱۳۰
۷-۱-۲۷- جزئیات اتصال کابل‌ها و ریل ۱۳۰
۷-۱-۲۸- زیر ساخت‌های ارتباطی راه‌آهن ایران ۱۳۳
۷-۱-۲۹- نقش علائمی راه‌آهن ایران ۱۳۴
۷-۱-۳۰- کانال‌های ارتباطی راه‌آهن ایران ۱۳۵

عنوان **صفحه**

۷-۲-۱- نمودار سازمانی مصوب راه‌آهن ایران ۱۳۷
۷-۲-۲- ساختار سازمانی پیشنهادی برای ITS ریلی در ایران ۱۵۳
۷-۳-۱- پروسه نامه‌نگاری و چرخه نامه در سیستم اتوماسیون اداری ۱۶۲
۷-۳-۲- گیرنده اطلاعات نصب شده در زیر دیزل ۱۶۵
۷-۳-۳- سنسور فرستنده اطلاعات AVI نصب شده در وسط خط ۱۶۵
۷-۳-۴- سیستم نصب شده در وسط خط ۱۶۵
۷-۳-۵- سنسور شناسایی واگن نصب شده کنار خط ۱۶۵
۷-۳-۶- سیستم تشخیص بریدگی و تیزی چرخ ۱۷۲
۷-۳-۷-یک واگن در حال حرکت که توسط سیستم وزن می‌شود ۱۷۳
۷-۳-۸- تجهیزات مخصوص جهت توزین دینامیک ۱۷۳
۷-۳-۹- تجهیزات مخصوص جهت توزین دینامیک ۱۷۳
۷-۳-۱۰- تجهیزات تشخیص کاهش فشار تر مزو انتقال به کابین راننده به همراه پانل ۱۷۵
۷-۳-۱۱- نمونه ای از گیت های نصب شده در مترو ۱۸۳
۷-۳-۱۲- دستگاه حسگر کارتهای غیر تماسی ۱۸۳
۷-۳-۱۳- محل عبور معلولین از گیت مربوطه ۶۹ ..... ۱۸۳
۷-۳-۱۴- نمونه ای از گیت‌های مجهز به کارت غیرتماسی ۱۸۳
۷-۳-۱۵- کارت غیرتماسی ۱۸۳
۷-۳-۱۶- سیستم تابلوی اطلاع‌رسانی پیام‌تغییر ۱۸۳
۷-۳-۱۷- نمایی از تابلوهای رنگی قابل تغییر، جهت نصب روی سکو و کنار خط ۱۸۵
۷-۳-۱۸- نمونه‌ای از دوربین مدار بسته نصب شده در داخل قطار ۱۸۶
۷-۳-۱۹- سیستم شبکه بالاسری و دوربین‌های نصب شده روی قطار برای اندازه‌گیری پارامترهای پانتوگراف ۱۹۳

فصل ۱

کلیات

۱-۱- مقدمه

در مواجهه با روند افزایش سریع تقاضا برای سرعت و چگالی (ظرفیت) بالا در حمل‌ونقل ریلی، صنعت حمل‌ونقل ریلی ناچار است به سمت هوشمند سازی سیستم‌های ریلی گام بردارد. زیرا در طول دهه‌های اخیر با توسعه و گسترش زیرساخت‌های ریلی و مراحل پایه‌ای بکارگیری انفورماتیک، حداکثر بهره برداری ممکن با استفاده از روشهای سنتی حاصل شده است. در کشورهای توسعه یافته، فرآیند اطلاع‌رسانی و نظارت در حمل‌ونقل ریلی به طور کامل پایان یافته است. بر این اساس، فرآیند هوشمندسازی در حال حاضر با هدف افزایش سرعت و کارایی بالا روبه پیشرفت است. تبدیل حمل‌ونقل ریلی به سیستم حمل‌ونقل هوشمند ریلی از طریق هوشمندسازی صنایع ریلی، استراتژی زیربنایی و اصلی با هدف بهبود رقابت پذیری حمل‌ونقل ریلی با سایر گونه‌های عمومی حمل‌ونقل در قرن بیست و یکم انجام خواهد گرفت. یافته‌های فراوان و پیشرفت سریع تکنولوژیهای نوین نظیر سیستم‌های هوشمند، ارتباطات و نرم افزارها یا سخت افزارهای محاسباتی در زمینه‌های مربوطه و توسعه تکنولوژیکی صنایع راه‌آهن، این امکان را فراهم آورده که توسعه حمل‌ونقل ریلی با سرعت بالاتر و عملکرد بهتر، احتیاجات جامعه را برای " حمل‌ونقل ریلی نوین و مدرن" برآورده سازد.

موقعیت فعلی حمل‌ونقل ریلی در جهان، به ویژه در اروپا، با نوعی ناسازگاری و تناقض همراه است. با وجود آنکه کل تقاضای حمل‌ونقل به طور پیوسته رو به رشد است، آمار حمل‌ونقل ریلی به طور کلی کاهش یافته است، در حالی که سیستم‌های ریلی نسبت به حمل‌ونقل هوایی و جاده‌ای آلودگی کمتری را جهت پاسخگویی به حجم معینی از تقاضا در حمل‌ونقل ایجاد می‌کنند. در میان دلایل کاهش تقاضای حمل‌ونقل ریلی هزینه بالای آن مطرح می‌باشد، که بخشی از آن به علت آن است که همه عوامل هزینه‌ساز در سایر گونه‌های حمل‌ونقلی به درستی مورد محاسبه قرار نمی‌گیرند. هر چند لازم است به این نکته اشاره شود که طی ۵۰ سال گذشته، استفاده از راه حل‌ها و روش‌های تکنیکی سنتی و قدیمی به رغم هزینه‌های رو به رشد آنها در راه‌آهن رواج داشته است. این در حالی است که وارد شدن و گسترش تکنولوژیهای جدید که ارزانتر نیز می‌باشند، امکان تقلیل هزینه‌های عملیاتی را میسر می‌سازد.

این موضوع به ویژه برای خطوط ترافیکی با چگالی و تراکم ترافیکی پائین مطرح می‌باشد که خیلی از آنها به علت هزینه عملیاتی بالا بسته شده و مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. ظرف ۲۰ سال گذشته، راه‌آهن موفق شده که به طور قابل ملاحظه‌ای این روند کاهشی را برعکس کرده و به روش‌ها و تکنیک‌های سریعتر اولویت ببخشد. راه‌آهن‌ها هم اکنون باید این تحول و تغییر را گسترش داده و به داخل شدن تکنولوژی‌های جدید روی خوش نشان دهند، تا از این طریق گامی دیگر نیز به جلو برداشته شده و از روند کاهشی تقاضای حمل‌ونقل ریلی جلوگیری شود.

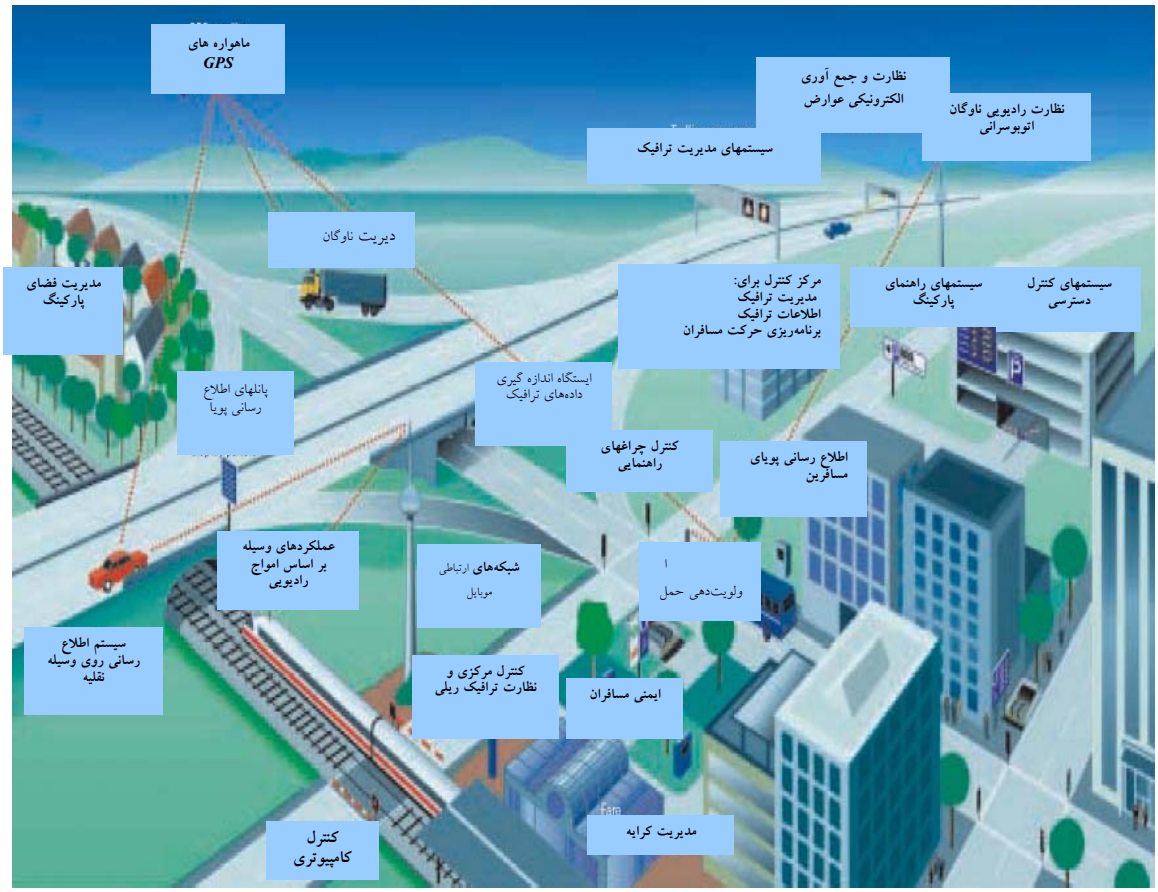
اما سؤالی که به طور قطع در ذهن مطرح می‌شود آن است که هوشمندسازی سیستم‌های حمل‌ونقل به چه معناست. از آنجا که مباحث مربوط به حمل‌ونقل هوشمند بحث جدیدی در میان کشورها است، تاکنون تعاریف مختلفی از آن ارائه شده است. تعاریف بسیار ساده‌ای نظیر "سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند عبارتست از بکارگیری تکنولوژیهای شبکه و اطلاع‌رسانی جهت ارتباط با مردم" یا "سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به معنای شناسایی فرصتها و بهره‌برداری از آنها می‌باشد" از این جمله‌اند. اما شاید بتوان تعریف زیر را به عنوان جامع‌ترین تعریف سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ارائه نمود. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS)[1] به کاربرد ترکیبی پردازش اطلاعات، ارتباطات و تکنولوژی‌های حساس به ساختار حمل‌ونقل و عملکرد آن به منظور دستیابی به حمل‌ونقل روان، کارا و ایمن اطلاق می‌شود.[۹]

این سیستم‌ها بین رانندگان، وسایل نقلیه و زیرساخت‌های حمل‌ونقل (جاده، ریل...) ارتباطی پویا ایجاد کرده تا به تبادل اطلاعات با هم پرداخته و در نتیجه به استراتژی‌های مدیریتی بهتر و استفاده کاراتر از منابع در دسترس منجر شود. این هماهنگی در برقراری ارتباط بین گونه‌های مختلف حمل‌ونقل و مراکز کنترل و

1 - Intelligent Transportation Systems

استفاده کنندگان عمومی بهتر نمود می‌یابد که نمونه‌ای از آن در شکل ۱-۱ آورده شده است.

با توجه به تعریف ارائه شده هدف از هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی، افزایش بهره‌وری و بازدهی ساختار و تجهیزات موجود و دستیابی به اهداف آینده با پذیرش مسؤولیت بیشتر می‌باشد. طرح حمل‌ونقل هوشمند یک تعریف مشخص و پشتیبانی مطمئن را جهت توسعه کاربرد و هماهنگی تکنولوژیهای ITS، با هدف تبدیل سیستم‌های حمل‌ونقل چند وسیله ای به نوع ایمن، کارا، پایدار و هماهنگ ارائه می‌دهد.



شکل ۱-۱- کاربردهای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در گونه‌های مختلف حمل‌ونقل [۲۵]

اکثر تازه‌ها و ابداعات ITS شامل ترکیب محصولات فن‌آوری است که بر روی هر یک به طور جداگانه تحقیقات فراوانی صورت گرفته است. مؤلفه‌های تکنولوژیکی ITS نظیر : کامپیوترها، تکنولوژی‌های ارتباطی مثل کابل‌های فیبرنوری، پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم (ارتباطات کوتاه مدت) و سنسورها (مثل میکروویو) همگی توسعه یافته و برای استفاده در مقاصد دیگر نیز کامل شده‌اند. در نتیجه، اکثر تحقیقات ITS در جهت ایجاد تمرکز بر روی یک سیستم جدید یا کاربرد توأم و ایجاد محصولات مرکب می‌باشد تا به طور کارا با هم ارتباط برقرار کنند و به خوبی به عنوان یک سیستم واحد در کنار هم مورد استفاده قرار گیرند.

امروزه برای بکارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در زمینه‌های مختلف از قبیل: حمل‌ونقل شهری،

ایمنی، امنیت و ایجاد امکانات و تسهیلات تجاری، موضوعات زیست محیطی و بسترسازی انجام ابداعات و نوآوری، سرمایه گذاریهای کلانی صورت گرفته است.

۱-۲- اهداف مطالعه

صنعت حمل‌ونقل در واقع به عنوان یکی از عناصر اصلی در توسعه اقتصادی هر کشور از مهمترین زیرساخت‌های هر جامعه می‌باشد. در مورد کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی آن که در منطقه‌ای واقع شده است که پتانسیل بسیار مناسبی در زمینه حمل‌ونقل ترانزیت در آن وجود دارد، توجه به مسأله حمل‌ونقل بیش از پیش باید مورد توجه قرار گیرد. متأسفانه در ایران به دلایل مختلف از جمله نیاز به حجم بالای سرمایه‌گذاری و عدم توجه به توسعه راه‌آهن به عنوان یکی از اصلی‌ترین گونه‌های حمل‌ونقل، حمل‌ونقل ریلی به صورت مناسب چه در بخش شهری و چه در بخش بین‌شهری مورد توجه قرار نگرفته است. ضمن آنکه به دلیل بالا بودن هزینه‌های اولیه راه‌اندازی سیستم‌های ریلی و عدم توجه به مزایای بهره‌برداری از این سیستم‌ها، حمل‌ونقل ریلی در بسیاری از موارد غیراقتصادی معرفی شده و در این خصوص برنامه‌ریزی مناسبی در کشور انجام نشده است.

این در حالی است که با پیشرفت تقاضا در خصوص افزایش سرعت و حجم بالای جابجایی در حمل‌ونقل، از مدت‌ها قبل کشورهای مختلف را به فکر واداشته تا با ایجاد زیرساخت‌ها و تجهیزات مناسب، حجم جابجایی‌ها تا میزان قابل توجهی افزایش یابد.

واقعیت آن است که علی‌رغم افزایش زیرساخت‌ها در حمل‌ونقل، رشد تقاضا متناسب با آن پیش نرفته و در بسیاری از موارد زیرساخت‌های موجود جوابگوی نیاز حمل‌ونقل نبوده یا اینکه در برخی از موارد نگهداری و حفظ برخی از زیرساخت‌ها و مسیرهای موجود با در نظر گرفتن میزان تقاضا در آن مسیر از نظر اقتصادی به هیچ عنوان مقرون به صرفه نمی‌باشد. به همین دلیل در دهه‌های اخیر بکارگیری تکنولوژی به منظور افزایش بهره‌وری مد نظر مدیران قرار گرفته است. در کشورهای توسعه یافته با استفاده از فن‌آوری روز در طی دهه‌های اخیر توانسته‌اند ضمن ارتقای سطح ایمنی و کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی، ظرفیت بهره‌وری از زیرساخت‌های موجود را به میزان قابل توجهی افزایش دهند. امروزه این کشورها سعی دارند تا با هماهنگ ساختن و یکپارچگی این سیستم‌ها حداکثر بهره‌برداری از زیرساخت‌ها را نموده و هزینه‌های مربوط به حمل‌ونقل ریلی را به حداقل میزان ممکن کاهش دهند. مهمترین اهداف مورد نظر در خصوص هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی عبارتند از:

۱-۲-۱- ایجاد سفرهای ایمن، مطمئن، کارا، حافظ محیط‌زیست و روان

علی‌رغم سرمایه‌گذارهای کلان و ایجاد زیرساخت‌های جدید، تجربه نشان داده است که روش‌های سنتی در بسیاری از موارد پاسخگوی تمامی مسایل و مشکلات حمل‌ونقل نبوده است. مشکلاتی از قبیل: تراکم، حوادث (تصادفات)، آلودگی‌های زیست‌محیطی و ... همواره رو به افزایش است. از طرف دیگر برنامه‌های دولت در خصوص توسعه اقتصادی، ضرورت وجود حملی و نقلی منظم، کارا، ایمن و سریع را بیش از پیش اجتناب ناپذیر می‌سازد. باید توجه داشت که نمی‌توان به نقش بخش حمل‌ونقل در مجموعه فعالیتهای اقتصادی کشور توجه داشت، ولی برای نظم بخشیدن و ساماندهی عبور و مرور بهای کمی پرداخت. واقعیت‌های موجود در تحلیل وضعیت حمل‌ونقل کشور نشان می‌دهد که مشکلات و ناهنجاری‌ها موجود در سیستم حمل‌ونقل آنقدر عمیق است که رفع آنها و دستیابی به حمل‌ونقلی ایمن و سریع نیازمند مطالعات گسترده و صرف هزینه زیادی می‌باشد، که با توجه به واقعیتهای امروز جامعه، به طور قطع کنترل عوامل مؤثر در این نابسامانی‌ها با استفاده از روشهای سنتی میسر نخواهد بود. بررسی وضعیت حمل‌ونقل جاده‌ای نشان‌دهنده این واقعیت است که تلاش‌ها و اقدامات انجام شده از طرف مسؤولین و دست اندرکاران حمل‌ونقل کشور، سرعت کمی در داشته و نتایج مورد انتظار به دست نیامده است. واقعیت‌های موجود در این بررسی‌ها مشخص کرده است که روشهای اجرایی موجود در مدیریت، بهره‌برداری، نگهداری، نظارت و سایر عوامل مرتبط با حمل‌ونقل ریلی باید مورد بازنگری جدی قرار گیرد، بطوریکه شیوه‌های موجود در بسیاری موارد بازدهی لازم را ندارد. مطالعات کشورهای توسعه یافته نشان داده است، استفاده از تکنولوژی‌های جدید در ساماندهی وضعیت حمل‌ونقل، افزایش سطح ایمنی، کاهش حوادث، افزایش بهره‌وری خطوط، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، بهبود مدیریت ناوگان و ... نقش بسیار موثری دارد[۲۶]. بنابراین از موضوعات مورد نظر در بکارگیری سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل می‌توان به غلبه بر مشکلات اساسی حمل‌ونقل از قبیل تصادفات، آلودگی‌های زیست‌محیطی، تراکم و ... اشاره نمود.

۱-۲-۲- جذب مشتری بیشتر با استفاده از بهبود خدمات و اطلاع‌رسانی به مسافران

یکی از مهمترین موضوعاتی که اغلب در خصوص حمل‌ونقل ریلی به آن اشاره می‌شود، غیراقتصادی بودن این سیستم می‌باشد. متأسفانه در برخی از موارد بدون توجه به همه جوانب و مزایای بکارگیری سیستم حمل‌ونقل ریلی، این روش حمل‌ونقل روشی گران و غیراقتصادی معرفی می‌شود. این در حالی است که می‌توان با استفاده از سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی علاوه بر افزایش بهره‌وری، با استفاده از سیستم‌های مدیریت تعیین مسیر و سیستم‌های اطلاع‌رسانی مناسب، نقش بخش حمل‌ونقل ریلی را در میزان جابجایی مسافر و بار افزایش داد و با توجه به ضریب بالای ایمنی تردد در این روش حمل‌ونقل، بسیاری از

معضلات موجود در سایر بخش‌های حمل‌ونقل را نیز مرتفع نمود. از جمله خدمات قابل ارائه در این خصوص می‌توان به مواردی نظیر: اطلاع‌رسانی به مسافرین در مورد ساعات دقیق ورود و خروج به و از مبادی و مقاصد مورد نظر، سیستم راهنمای تعیین مسیر، سیستم‌های ارتباطی مناسب در طول سفر و ... اشاره نمود.

۱-۲-۳- ترکیب اطلاعات در خصوص شبکه‌های مختلف حمل‌ونقل

یکی از مهمترین مواردی که در جذب سفر در سیستم‌های ریلی تأثیرگذار خواهد بود، تنظیم برنامه زمان‌بندی ورود و خروج قطارها با سایر روش‌های حمل‌ونقل و ترکیب اطلاعات مربوطه برای کاربران حمل‌ونقل ریلی می‌باشد. در این حالت کاربران حمل‌ونقل ریلی قادر خواهند بود علاوه بر تعیین مسیر مربوطه، میزان زمان توقف خود در ایستگاههای میانی را تعیین یا در ایستگاههای مورد نظر قادر به تغییر روش جابجایی از ریلی به اتوبوسرانی، تاکسیرانی و ... باشند. این روش باعث افزایش میزان جذابیت حمل‌ونقل ریلی به دلیل امکان کمتر در ایجاد تأخیر نسبت به حمل‌ونقل جاده‌ای خواهد شد.

۱-۲-۴- افزایش خدمات مؤثر از طریق استفاده بیشتر و بهتر از کریدورهای مشترک

از آنجاکه ایجاد زیرساخت‌های حمل‌ونقل ریلی بسیار پرهزینه و زمان‌بر می‌باشد، هر چه بتوان از این تجهیزات بیشتر استفاده نمود، بهره‌وری این خطوط افزایش خواهد یافت. با توجه به اهمیت بسیار بالای تأمین ایمنی قطارها، لازم است افزایش میزان بهره‌وری با استفاده از تجهیزات مناسب مدیریت خطوط در راه‌آهن انجام شود، تا مشکلی در ایمنی مسیر ایجاد نشود. با استفاده از سیستم‌های جدید مدیریت خطوط که در ادامه به طور کامل در مورد آن بحث خواهد شد، ضریب بهره‌وری خطوط حمل‌ونقل ریلی به طور مناسبی افزایش خواهد یافت.

۱-۲-۵- افزایش و بهبود سفرهای پیوسته از طریق اطلاع‌رسانی به مشتریان

البته در مورد کشور ما که متأسفانه در بخش زیرساخت‌های ریلی دارای امکانات کامل و مناسبی نمی‌باشد، شاید توجیه ایجاد سفرهای پیوسته در موضوع ریلی – جاده‌ای بیشتر سفرهای پیوسته ریلی مورد توجه باشد. در کشوری مانند ژاپن که شبکه حمل‌ونقل ریلی بسیار گسترده و پیچیده‌ای دارد، در بسیاری از موارد انتخاب مسیر مناسب بدون توجه به اطلاعات ارائه شده توسط خطوط ریلی تقریباً غیرممکن به نظر می‌رسد. لذا ارائه سیستم تعیین مسیر سفر برای مسافران بسیار ضروری و لازم به نظر می‌رسد.

۱-۲-۶- کاهش آلودگی‌های زیست محیطی

محیط زیست مجموعه‌ای بسیار عظیم و پیچیده از عوامل گوناگونی است که بر اثر یک روند و تکامل

تدریجی موجودات زنده و اجزای سازنده سطح زمین به وجود آمده است و در فعالیت‌های انسان تأثیر داشته و از آن متأثر می‌گردد. رابطه انسان با محیط‌زیست همواره به صورت تابعی از رفتار او با پیرامون طبیعی خود بوده است. این رفتار طی قرون متمادی اشکال گوناگونی به خود گرفته و روز به روز بر گستردگی و پیچیدگی آن افزوده می‌شود. جنبه‌های مختلف محیط‌زیست شامل آب، خاک، فاضلاب، هوا، مواد زائد جامد و صدا می‌باشد که تمامی این جنبه‌ها به نحوی محیط زیست انسانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

حمل‌ونقل به عنوان یکی از آلاینده‌های محیط‌زیست، سهم بزرگی در آلودگی آن دارد. به طور کلی سیستم‌های حمل‌ونقل در ایران از آغاز شکل‌گیری آن تاکنون بر اساس استفاده از وسایل‌نقلیه موتوری با سوخت فسیلی و چرخهای لاستیکی بوده است. مطالعات نشان داده است، ۷۷ درصد آلودگی هوای شهر تهران ناشی از تردد خودروها است. در این شهرسالانه بیش از ۲ میلیون و ۲۰۰ هزار تن آلاینده وارد هوا می‌گردد. برخی از این آلاینده‌ها نظیر CO علاوه بر ایجاد آلودگی، به دلیل تأثیر بر سلسله اعصاب راننده، کاهش میدان دید و سرگیجه، عاملی جهت بروز تصادف و ایجاد تراکم و در نتیجه آلودگی بیشتر است. حمل‌ونقل ریلی نیز به مقتضای شرایط و امکانات فیزیکی و کالبدی خود در این آلودگی به خصوص در موارد خاصی از آن نقش دارد. به طور کلی پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از حمل‌ونقل ریلی را می‌توان به شرح زیر تقسیم نمود:[۲۶]

- ایجاد سروصدا و آلودگی صوتی
- تجمع ضایعات
- پخش ذرات
- ایجاد لرزش
- ایجاد دود و آلودگی هوا
- آلودگی شیمیایی محیط
- سایر

تنها با انجام اقداماتی مانند توسعه فضای سبز یا نوسازی قطارها و استفاده از سایر انواع سوخت‌های فسیلی نمی‌توان مانع ایجاد آلودگی شد و نظارت و مدیریت بر حمل‌ونقل ریلی امری ضروری است. اثرات خدمات سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند روی کیفیت هوا و کاهش مصرف انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است. این سیستم‌ها با ایجاد روانی و افزایش سرعت تردد با مسائل مربوط به محیط‌زیست مرتبط و باعث کاهش تولید گاز CO_2 در نتیجه مصرف سوخت‌های فسیلی می‌گردند. سیستم‌های حمل ونقل هوشمند از طریق سیستم‌های بهینه کنترل ترافیک و عملکرد مؤثر خطوط، بهبود وضعیت ایمنی، جابجایی آسان، افزایش بهره‌وری، کاهش تأثیرات نامطلوب ناشی از تراکم و غیره می‌تواند باعث کاهش آلودگی محیط‌زیست شود.

از سایر اهداف مورد نظر در استفاده از سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- امکانات پیوستگی سفرها، و ایجاد سفرهای چند وسیله‌ای برای مسافران ریلی
- ایجاد عملیاتهای مناسب‌تر چند وسیله‌ای توأمان (ریل/ اتوبوس، ریل/ جاده و...)
- ترکیب تکنولوژیهای ITS با عملکرد ترانزیت ریلی و خدمات به مسافران ترانزیت
- ترکیب تکنولوژی‌های پیشرفته ریلی با سایر زمینه‌های کاربرد ITS

علی‌رغم آنکه بیش از ۱۲۰ سال از ساخت اولین خط ریلی به طول هشت کیلومتر حد فاصل شهرهای تهران و شهرری در کشور می‌گذرد، متأسفانه همان‌طور که در بخش‌های قبل نیز به آن اشاره شد، رشد زیرساخت‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی متناسب با شروع این صنعت در کشور پیش نرفته است. در حال حاضر طول کل شبکه حمل‌ونقل ریلی درون و برونشهری کشور در حدود ۶۵۰۰ کیلومتر می‌باشد، در حالیکه تکنولوژی مورد استفاده در حمل‌ونقل ریلی کشور مربوط به روشها و سیستم‌های سنتی و ابتدایی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی می‌باشد که این امر خود باعث عدم بهره‌برداری بهینه از زیرساختهای موجود و کاهش بهره‌وری در سیستم حمل‌ونقل ریلی شده است. تنها ۱۴۰ کیلومتر از طول راه‌آهن کشور به اصطلاح تحت سیستم کنترل الکترونیکی قرار گرفته است. اگرچه بحث مربوط به هوشمندسازی حمل‌ونقل، بحثی فرابخشی است که باید جهت تدوین اصول و راهبردهای دسترسی به آن گونه‌های مختلف حمل‌ونقل با توجه به شرایط منطقه‌ای کشور مدنظر قرار گیرد، اما توصیف و بسط آنکه به طور کلی چارچوب برنامه هوشمندسازی به ویژه در بحث حمل‌ونقل ریلی مربوط به چه مواردی است از اهداف اصلی این گزارش می‌باشد. در این مجموعه به طور کلی اهداف زیر دنبال می‌شود:

- بیان ضرورت هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی
- معرفی زیرسیستم‌های ریلی حمل‌ونقل هوشمند
- معرفی تجارب سایر کشورها در زمینه هوشمند سازی حمل‌ونقل ریلی
- معرفی پروژه‌های اجرا شده یا در دست اجرا در حمل‌ونقل ریلی سایر کشورها
- معرفی و ارائه تاریخچه مختصری از وضعیت هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در کشور
- پیشنهاد برخی از اولویت‌های پروژه‌های هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در کشور

۱-۳- محدودیت‌ها و فرضیات مطالعاتی

مطالعه در زمینه هوشمندسازی حمل‌ونقل از مباحثی است که امروزه بسیار مورد توجه کارشناسان و دست‌اندرکاران حمل‌ونقل کشور ایران قرار گرفته است. اگرچه بکارگیری سیستم‌های هوشمند هنوز در کشور چندان دارای سابقه تجربی و عملی طولانی نمی‌باشد، اما به دلیل اهمیت این موضوع و استفاده از زیرسیستم‌های هوشمند در جامعه، سعی بر آن است تا با تعیین و معرفی معیارهای مناسب به منظور استفاده از سیستم‌های هوشمند، از تکرار این هزینه‌ها در آینده جلوگیری به عمل آید.

شبکه حمل‌ونقل، گستره‌ای از گونه‌های مختلف حمل‌ونقل می‌باشد که به واسطهٔ آن حرکت و ارتباطات در داخل هر کشور با کشورهای مجاور برقرار می‌شود. تصور اینکه اگر در هر استان با توجه به شرایطی که وجود داشته و بدون توجه به استانداردهای طراحی راه، استانداردهای متفاوتی برای طراحی و ساخت راهها و وسایل‌نقلیه بکار رفته باشد، تصویر کننده بستر حمل‌ونقلی خواهد بود که در آن ارتباط کاربران در شهرهای مختلف دچار اشکال شده و در عمل وسایل‌نقلیه موجود در یک استان امکان استفاده از راههای استان مجاور را نخواهند داشت. آنچه امروز توجه کارشناسان حمل‌ونقل را به خود جلب کرده، در واقع نگاهی جامع‌تر و کلی‌تر به همین موضوع می‌باشد. امروزه در کشورهای مختلف اروپایی راه‌آهن با شرایط و استانداردهای مختلف طراحی شده و زمان زیادی در بین کشورها صرف تغییر و تطابق شرایط حمل‌ونقلی برای بهره‌گیری از امکانات کشورهای مجاور می‌شود. ناهماهنگی‌های تکنولوژیکی و ساختاری، علاوه بر آنکه باعث ایجاد محدودیت در بهره‌برداری از امکانات موجود می‌شود، همچنین موجب صرف هزینه‌های اضافی در طراحی و تولید تجهیزات، اتلاف زمان در تطابق استانداردها برای استفاده از زیرساختها (در صورت امکان) و کاهش کارایی و ضریب امنیت در حمل‌ونقل می‌گردد.

جالب اینجاست که در کشوری مثل ایران به دلیل عدم رشد مناسب و هماهنگ در گونه‌های مختلف حمل‌ونقل هوایی، دریایی، ریلی و جاده‌ای، برنامه‌ریزی مشخص و معینی در استفاده از تکنولوژی‌های موجود و فرهنگ استفادهٔ آنها وجود نداشته است. به عنوان مثال شاید استفاده از زیرسیستم‌های هوشمند ابتدایی که در بسیاری از کشورها از سالها پیش مورد استفاده بوده است، در مدیریت حمل‌ونقل ریلی و جاده‌ای ایران به دلیل آنکه در ارتباط با دنیای حمل‌ونقل بیرون از مرزها تقریباً به صورت منزوی فعالیت نموده است، فاصله بسیار بیشتری نسبت به فاصله تکنولوژیکی حمل‌ونقل هوایی و دریایی داشته باشد.

بنابراین اشاره به این نکته بسیار مهم است که از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در چه بستری بحث خواهد شد. در حال حاضر حتی استفاده از ابتدایی‌ترین زیرسیستم‌های هوشمند نیز در ایران عمومیت نیافته است. اگرچه فقدان تجربه بکارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به عنوان یک کاستی در بستر

حمل‌ونقل ریلی و سایر گونه‌های حمل‌ونقل ایران احساس می‌شود، اما واقعیت آن است که به دلایلی نظیر رشد روز افزون تقاضا و معضلات و مشکلات ناشی از آن و هزینهٔ بالا و زمان‌بر بودن ایجاد زیرساخت‌های جدید، توجه زیادی به استفاده از سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در کشور معطوف شده است. نیاز رو به رشد استفاده از تکنولوژی‌های نوین به صورت همگن و یکپارچه در اغلب کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه دنیا که به دنبال استاندارد نمودن سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی می‌باشد، نمایانگر آن است که می‌توان با شناخت و معرفی تجارب سایر کشورها، قبل از بکارگیری سیستم‌های هوشمند به تدوین اصول معماری و استانداردهای بکارگیری یکپارچه این سیستم‌ها پرداخته تا از این طریق از تکرار سرمایه‌گذاری‌ها در این زمینه جلوگیری شود[۹].

در خصوص سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل، اگرچه در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای مطالعات زیادی انجام شده، اما تجربه استفاده از این سیستم‌ها در دنیا به اندازه‌ای محدود می‌باشد که هیچ تجربه مشخص و به اثبات رسیده‌ای در این زمینه در گذشته وجود ندارد. در این گزارش فرض بر آن است که محدودیت منابع در اجرای سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی در کشور وجود ندارد و سیر مطالعه به دنبال آن است که با معرفی انواع سیستم‌ها و زیرسیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، ضمن ارائه تجربه سایر کشورها در زمینه حمل‌ونقل هوشمند ریلی، دورنمای حرکت ساختار حمل‌ونقل ریلی کشور جهت کسب سهمی از بازار حمل‌ونقل ریلی دنیا و اتصال به شبکه حمل‌ونقل ریلی منطقه را فراهم نماید.

منظور از هوشمندسازی حمل‌ونقل در این گزارش به معنای آن نیست که کلیه سیستم‌های معرفی شده نوعی سیستم هوش مصنوعی یا هوشمند می‌باشد که باید از جدیدترین تکنولوژی روز بهره برده باشد. هوشمندسازی در این مطالعه عنوانی است که با نظر به تعریف سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در گونه‌های مختلف حمل‌ونقل که در قسمت اول به اختصار به آن اشاره شد، اقتباس شده است. هوشمندسازی در این مطالعه به معنای استفاده هماهنگ و منسجم از تکنولوژی‌های الکترونیک، کامپیوتر و ارتباطات به منظور بهره‌برداری بهینه از زیرساخت‌های موجود می‌باشد.

۱-۴- متدولوژی و ساختار پژوهش

از آنجا که اصول و مبانی مرتبط با سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در گزارشی تحت عنوان "مقدمه‌ای بر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند" در کمیته IT وزارت راه و ترابری مورد بحث قرار گرفته و در این خصوص اصول و مبانی و تعاریف مربوط به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به طور کامل ارائه شده است، در این مجموعه سعی شده است تا بدون بیان تعاریف اولیه بیشتر به معرفی سیستم‌های هوشمند ریلی پرداخته شود. در این راستا گزارش در دو بخش اصلی تهیه و ارائه شده است.

در بخش اول، شامل فصل‌های اول تا ششم، ضمن تعریف سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، ضرورت استفاده از این سیستم‌ها در حمل‌ونقل ریلی مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجا که سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی، علی‌رغم مدتی که از بکارگیری سیستم‌های جدید می‌گذرد، از جمله مباحث نو در حمل‌ونقل ریلی می‌باشد، در ابتدا سعی شده است که کلیه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند که به نوعی از اجزای سیستم حمل‌ونقل هوشمند ریلی می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته و در قسمت‌های بعدی با مروری بر تجارب سایر کشورها، برخی از مهمترین پروژه‌های در دست اجرا مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند.

شایان ذکر است که وضعیت بکارگیری سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی کشور به گونه‌ای است که خلاء بسیاری در این سیستم‌ها احساس می‌شود. این در حالی است که ITS ریلی در کشورهای توسعه یافته بیشتر به منظور هماهنگ‌سازی سیستم‌های هوشمند موجود مطرح و مورد بحث می‌باشد. بنابراین عدم استفاده گسترده از این سیستم‌ها در کشور را می‌توان از دو جنبه مثبت و منفی مد نظر قرار داد. جنبه مثبت آن است که به دلیل عدم بکارگیری این سیستم‌ها می‌توان ضمن معرفی زیرسیستم‌های هوشمند که با برنامه‌ها و استانداردهای هوشمندسازی در دنیا هماهنگی دارد، از تکرار سرمایه‌گذاری به منظور انسجام این سیستم‌ها جلوگیری کرد. اما جنبه منفی آن است که سیستم حمل‌ونقل سالها از مزایای بکارگیری این سیستم‌ها محروم بوده و تجربه‌ای در بکارگیری این سیستم‌ها وجود نداشته و به طور قطع صنعت و تکنولوژی داخلی در این خصوص دارای ضعف‌های اساسی می‌باشد. در سالهای گذشته به دلیل کاستی‌های موجود در زیرساخت‌های حمل‌ونقل ریلی، اغلب توجهی به تجهیزات هوشمند در بهره‌برداری بهینه از زیرساخت‌های موجود نشده است، اما واقعیت آن است که این دو مقوله علاوه بر آنکه در تضاد نیستند، بلکه لازم است در طرح و ایجاد زیرساخت‌های جدید، در کنار یکدیگر مد نظر قرار گیرند.

به همین دلیل در بخش اول ضمن معرفی تجارب سایر کشورها و پروژه‌های در دست اجرا در آنها، سعی شده است تا با نگاهی به وضعیت موجود حمل‌ونقل ریلی کشور، زیرسیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل نیز معرفی گردد. در انتهای بخش اول با طرح روش ارزیابی، پروژه‌های حمل‌ونقل ریلی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج تجارب برخی از کشورها در این خصوص ارائه شده است.

بخش دوم گزارش مربوط به شناسایی وضعیت استفاده از سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی کشور می‌باشد، در این قسمت ضمن معرفی مختصری از تاریخچه حمل‌ونقل ریلی در ایران و سابقه بکارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، به بررسی نحوه رویکرد به حمل‌ونقل ریلی ایران پرداخته شده است. با توجه به اینکه در این بخش رویکرد به هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در کشور مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد، بسیار مهم است که این رویکرد به صورت جامع در مورد گونه‌های مختلف حمل‌ونقل مد نظر قرار گیرد. در این بخش علاوه بر بحث‌های فنی مربوطه، بررسی زیرساخت‌های سازمانی و تشکیلاتی جهت ساماندهی و

هدایت این برنامه‌ها، با نظر به سیاست‌های کلان حمل‌ونقل زمینی (ریلی و جاده‌ای) در ایران مد نظر قرار می‌گیرد.

همان طور که اشاره شد، موضوع سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند از دو منظر، تازگی زیرسیستم‌های هوشمند در ایران و طرح یکپارچه‌سازی این سیستم‌ها در دنیا مد نظر است. به همین دلیل در پایان بخش دوم نحوه رویکرد به این موضوع از طریق سازمانها و ارگانهای مربوطه ارائه خواهد شد. اصول تدوین شده در پایان فصل دوم نحوه پایه‌ریزی و تدوین ساختار پایه حمل‌ونقل ریلی هوشمند در کشور را مورد بررسی قرار خواهد داد. به طور کلی چارچوب انجام برنامه مطالعاتی مذکور عبارت است از:

- معرفی هوشمندسازی در حمل‌ونقل ریلی (تعاریف و رویکردها)
- ضرورت طرح موضوع هوشمندسازی در حمل‌ونقل ریلی کشور
- معرفی زیرسیستم‌های هوشمند موجود در دنیا
- معرفی رویکرد برخی از کشورها به موضوع هوشمند سازی حمل‌ونقل ریلی و یکپارچه‌سازی سیستم‌های هوشمند
- معرفی نحوه ارزیابی عملکرد سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی
- ارائه تصویر کلی از بکارگیری سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی در کشور
- معرفی ساختار تشکیلاتی موجود حمل‌ونقل ریلی و حمل‌ونقل ریلی، آنگونه که باید باشد
- معرفی برخی از پروژه‌ها و سیستم‌های هوشمند دارای اولویت اجرایی در کشور
- معرفی اصول پایه به منظور حرکت به سوی طرح ساختار هوشمندسازی حمل‌ونقل به خصوص بخش حمل‌ونقل ریلی در کشور

فصل دوم

بررسی ضرورت بکارگیری سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی

امروزه دلایلی از قبیل ارتقای سطح زندگی مردم، بالا رفتن ارزش زمان و مسایل و مشکلات ناشی از افزایش زیرساختهای حمل‌ونقل از قبیل؛ زمان‌بر بودن، هزینه بالا و محدودیتهای منابع و... دولت‌ها در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را بر آن داشته است تا با نگاهی به پیشرفت‌های حاصل در تکنولوژی، به فکر استفاده بهینه از زیرساخت‌های موجود به منظور پاسخگویی بهتر به نیازهای حمل‌ونقلی جامعه خود به عنوان یکی از اساسی‌ترین معیارهای توسعه در جامعه باشند. یکی از تفاوت‌های روند این تغییر در دیدگاه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه آن است که در کشورهای توسعه یافته، استفاده از تکنولوژی‌های مختلف به منظور کارایی بیشتر و استفاده بهینه از زیرساخت‌ها از مدت‌ها قبل آغاز شده و این کشورها امروزه عموماً به دنبال هماهنگ‌سازی زیرسیستم‌های هوشمند و یکپارچه و استاندارد نمودن آن تحت عنوان سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند هستند. اما در کشورهای در حال توسعه، مانند ایران، که استفاده از این سیستم‌ها به صورت کامل و فراگیر آغاز نشده و در مراحل اولیه استفاده از تکنولوژی‌های جدید در بهره‌برداری بهینه از زیرساخت‌ها قرار دارند، پایه‌ریزی مناسب استفاده از تکنولوژی‌های استاندارد هوشمندسازی حمل‌ونقل باعث می‌شود تا از سرمایه‌گذاری مجدد و صرف هزینه‌های تکراری به منظور هماهنگ و استانداردسازی این

سیستم‌ها در آینده جلوگیری شود.

امروزه جامعه حمل‌ونقل به دنبال گسترش و توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در جهت افزایش کارایی و بازدهی حمل‌ونقل ریلی موجود می‌باشد. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند یا ITS با استفاده از تکنولوژی‌های الکترونیکی و اطلاع‌رسانی پیشرفته برای بهبود عملکرد قطارها، خطوط ریلی و سیستم‌های کنترل و نظارتی عمل می‌کنند. ITS گونه‌های مختلف خدمات در شهرهای بزرگ و مناطق برون شهری را ارائه می‌دهد که برخی از آنها در حمل‌ونقل ریلی عبارت است از: [۲۳]

- کنترل چراغ‌های ترافیک ریلی[1]
- مدیریت خط‌آهن
- مدیریت جابجائی و حمل‌ونقل کالا و مسافر
- مدیریت تصادفات و سوانح
- پرداخت الکترونیکی کرایه
- دادن اطلاعات چند وسیله‌ای به مسافران
- مدیریت موارد اضطراری و اورژانس
- کنترل تقاطع‌های همسطح ریلی_ جاده‌ای

علاوه بر مزایای حاصل از هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی، برای آن که سیستم حمل‌ونقل هر کشور بتواند به صورت هماهنگ با کشورهای دیگر پیشرفت نموده و سهم مناسبی از حمل‌ونقل ترانزیت منطقه را به خود اختصاص دهد، لازم است تا وضعیت خدمات‌رسانی و استانداردهای بهره‌برداری از سیستم‌ها را به سطح مورد نظر ارتقا دهد. در غیر این صورت ضمن آنکه توان رقابت در عرصه بازار حمل‌ونقل را نخواهد داشت در عمل از شبکه بین‌المللی حمل‌ونقل ریلی کنار گذاشته خواهد شد. با توجه به موقعیت بسیار مناسب ایران در منطقه به لحاظ حمل‌ونقل ترانزیت، لازم است تا به منظور جذب سهم بیشتری از بازار حمل‌ونقل، برنامه‌ریزی مناسبی برای نیل به این هدف صورت گیرد. چرا که بر اساس مطالعات انجام شده بازار سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به سرعت رو به پیشرفت بوده و حجم مبادلات مربوط به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در سال ۲۰۲۰ میلادی بالغ بر ۴۰۰۰ میلیارد دلار خواهد بود[۲۶]. با توجه به مطالب فوق، دلایل اصلی نیاز به بکارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در ایران را می‌توان در موارد ذکر شده خلاصه نمود:

1 - Signaling

۲-۱- بهبود ایمنی و بازدهی سیستم حمل‌ونقل

همان طور که اشاره شد، یکی از مهمترین اهداف مورد نظر در استفاده از سیستم هوشمند در حمل‌ونقل ریلی، افزایش ایمنی در حمل‌ونقل ریلی می‌باشد. با توجه به هزینه بسیار بالا حوادث ریلی و اهمیت جلوگیری از این گونه حوادث در حمل‌ونقل ریلی، سیستم‌هایی از قبیل: سیستم‌های حفاظت قطار، سیستم‌های هوشمند در تقاطع‌های ریل – جاده، ... ایجاده شده است که امکان بروز حادثه را به شدت کاهش می‌دهد. عموماً بکارگیری چنین سیستم‌هایی نسبت به هزینه حوادث و هزینه ساخت بستر حمل‌ونقل ریلی بسیار ناچیز است. ضمن آنکه در بسیاری از موارد این سیستم‌ها میزان ضریب بهره‌برداری از خطوط را نیز افزایش می‌دهد.

۲-۲- بازار سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل

یکی از جنبه‌های مهم سرمایه‌گذاری در سیستم‌های هوشمند، توجه به بازار آن در سال‌های آتی است. بازار محصولات و خدمات سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در سال‌های گذشته به سرعت رشد کرده است. انتظار می‌رود این رشد همچنان ادامه یابد و حتی شتاب بیشتری نسبت به گذشته داشته باشد. مطالعات انجام شده در ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهد در ۲۰ سال آینده بازار محصولات و خدمات در مجموع تقریباً به ۴۲۰ میلیارد دلار خواهد رسید. مطالعات دیگری در کشور ژاپن، میزان بازار تبادل اطلاعات از طریق سیستمهای حمل‌ونقل هوشمند و صنایع مخابراتی برای دوره زمانی بین سالهای مالی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ را بالغ بر ۴۵۱ میلیارد دلار برآورد نموده است [۲۶].

سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند همچنین می‌تواند فرصتهای شغلی مناسبی را در صنایع اطلاعاتی و مخابراتی کشورها ایجاد نماید. که با توجه به معضل روبه رشد بیکاری در جهان از اهمیت بالایی برخوردار است. برای مثال دولت کشور ژاپن قصد دارد تا از طریق راه‌اندازی و ارائه خدمات سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به مردم، برای حدود ۳۳۰۰۰۰ نفر در سال ۲۰۰۵ و ۱/۰۷ میلیون نفر در سال ۲۰۱۵ ایجاد شغل نماید. ضمن آنکه با توجه به لزوم بکارگیری ITS در حمل‌ونقل، پیش‌بینی می‌شود که سهم عمده‌ای از بازار حمل‌ونقل در سالهای آتی به ITS مربوط خواهد شد. هر کشور برای آنکه بتواند حمل‌ونقل موفقی داشته و بخشی از این بازار عمده را به میزان سهم خود از بازار حمل‌ونقل در اختیار داشته باشد، باید برنامه‌ریزی دقیقی برای کسب بخشی از بازار ITS در دنیا انجام دهد.

کشور ایران نیز به علت موقعیت خاص خود می‌تواند سهم قابل توجهی از این بازار را به خود اختصاص دهد. استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، ضمن رفع بسیاری از مشکلات و معضلات حمل‌ونقل کشور که در حال حاضر از طریق روشهای سنتی قابل حل نیست، می‌تواند بستر مناسبی را برای سرمایه‌گذاری کشورهای دیگر ایجاد نماید. یکی از دلایل اینکه از تکنولوژی در حل مشکلات حمل‌ونقل کمتر استفاده

می‌شود، فقدان بکارگیری نیروی متخصص با دانش کافی در این بخش است. استفاده و بکارگیری سیستم‌های هوشمند قادر است نیروهای متخصص بسیاری را در زمینه‌های مختلف الکترونیک، ترافیک، کامپیوتر، مخابرات، صنایع و ... در سیستمهای پیشرفته ترافیکی مشغول به کار نماید. با توجه به سهم عمده این بازار در اشتغالزایی نیروهای متخصص، یکی از جنبه‌های اصلی این بازار در کشور را می‌توان جذب و پرورش نیروهای متخصص و جلوگیری از خروج این نیروهای مستعد از کشور ذکر کرد.

۲-۳- جلوگیری از تکرار سرمایه‌گذاری‌های آتی

همان طور که در بخشهای قبل نیز اشاره شد، به دلیل آن که در بسیاری از موارد، غلبه بر مشکلات حمل‌ونقل با استفاده از روش‌های سنتی امکان پذیر نمی‌باشد، مسؤولان حمل‌ونقل کشور در بسیاری از موارد ناگزیر به استفاده از سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی هستند. در واقع حتی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، با مواجه با مشکلات امروزی حمل‌ونقل، ارگانهای مرتبط به منظور رفع مشکلات خود تا حدودی به دنبال استفاده از تکنولوژی‌های جدید و زیرسیستمهای هوشمند بوده و بخشی از هزینه‌های حمل‌ونقل بدون برنامه‌ریزی هماهنگ در این بخش هزینه گردیده است. بنابراین توجه هر چه بیشتر به چگونگی صرف هزینه بر اساس برنامه اولویت‌بندی شده پروژه‌های حمل‌ونقل از اهمیت بالایی برخودار است. نکته اینجاست که ممکن است عدم مدیریت متمرکز و مناسب در بهره‌برداری از سیستم‌های هوشمند موجود، منجر به بروز ناهماهنگی‌هایی در سازگاری داخلی این سیستم‌ها گردد. بدین معنی که سیستم‌های مورد نظر قابل اتصال به یکدیگر نبوده و نتوان از سیستم‌های استفاده شده، به عنوان سیستم‌های مکمل در حمل‌ونقل ریلی استفاده نمود. در این صورت لازم است تا جهت بهره‌برداری از سیستم‌های دارای سازگاری داخلی، هزینه‌های گزافی را مجدد متحمل شد.

۲-۴- مقتضیات فراملی بودن حمل‌ونقل

همان طور که حمل‌ونقل هر کشور یک مقوله مستقل و جدا از سایر کشورها نبوده و به نوعی با همه کشورها در ارتباط است. هر کشور به منظور سازگاری نظام حمل‌ونقلی خود با دیگر کشورها ناچار به هماهنگ نمودن زیر ساخت‌های حمل‌ونقلی خود با سایر کشورها می‌باشد. در حال حاضر سیر تغییر و تحول قوانین و مقررات حمل‌ونقل به سوی استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند جهت رفع مشکلات و معضلات این صنعت و جهانی شدن آن در دنیا بسیار سریع می‌باشد. بدیهی است آنچه بیش از هر چیز برای توسعه شبکه و ناوگان ریلی حمل‌ونقل هر کشور اهمیت دارد، توانایی سازگاری آن با تحولات ایجاد شده در سایر کشورهای دنیا است. به عنوان مثال تحولاتی که در اتحادیه اروپا به منظور یکپارچه‌سازی سیستم مدیریت حمل‌ونقل ریلی

در حال اجرا است. ادامه این روند در توسعه صنعت حمل‌ونقل دنیا و عدم هماهنگی سیستم حمل‌ونقل ایران، باعث آن خواهد شد که حمل‌ونقل کشور ما علاوه بر اینکه اجازه و امکان ورود به این فضای ارتباطی را نداشته باشد، دچار انزوای محسوسی در این بازار شود. با توجه به موقعیت مناسب حمل‌ونقل ایران و وجود کریدورهای ترانزیت ریلی و جاده‌ای در کشور، لزوم این هماهنگی بیش از پیش احساس می‌شود.

۲-۵- سایر موارد

نکات فوق از پایه‌های اساسی مربوط به ضرورت طرح هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در هر کشور از جمله ایران می‌باشد. از آنجا که حمل‌ونقل اصولاً تشکیل یافته از مجموعه ناوگان، شبکه ارتباطی و سایر تجهیزات مرتبط می‌باشد و نوع شبکه ارتباطی و ناوگان از یک اصول پایه مشابه پیروی می‌نمایند، مشکلات مرتبط با حمل‌ونقل نیز به طور طبع در اغلب کشورها بسیار مشابه و از منشاء تقریباً یکسانی ناشی می‌شود. بنابراین در موارد فوق مزایای حاصل از بکارگیری سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در همه کشورها مشابه است. اما برخی موارد وجود دارد که توجه به آن در ایران لزوم توجه به ITS را بیش از پیش روشن می‌سازد. از آنجا که پرداخت به این موارد در حوصله این بحث نمی‌گنجد، در ادامه برخی از موارد ضرورت توجه عمیق‌تر به موضوع ITS به صورت فهرست‌وار بیان خواهد شد:

- ایجاد ارتباط و هماهنگی بین زیر سیستم‌های اطلاعاتی هر یک از سیستمهای ITS
- افزایش سطح سرویس دهی برای همه افراد و تأمین عدالت در بخش حمل‌ونقل
- ارتقاء سطح مشارکت بخش حمل‌ونقل در توسعه اقتصاد کشور
- مشارکت ITS در کنار سایر روشهای سنتی و پیشرفته برای حل مشکلات و معضلات اساسی حمل‌ونقل
- ایجاد ارتباط مناسب بین روش‌های مختلف حمل‌ونقل به منظور بهبود کارایی، کیفیت و وضعیت حمل‌ونقل برای جابجایی کالا و مسافر

تجربه نشان داده است که وقتی سیستم‌های ITS در کنار هم کار می‌کنند و بخش‌های مختلف آن دارای سازگاری داخلی هستند و زیرساخت‌های آن با پذیرش استانداردها و بر اساس معماری سیستم ساخته شوند، سود بیشتری از ایجاد سیستم به دست می‌آید. بنابراین برای رسیدن به این مهم مشارکت و همکاری بین دولت، صنایع و استفاده‌کنندگان لازم است.

- جلوگیری از سرمایه‌گذاریهای تکراری در بخش‌های خصوصی و دولتی
- ایجاد هماهنگی بین زیرسیستم‌های اطلاعاتی هر یک از سیستم‌های ITS
- چون حمل‌ونقل مقوله خاص محدود به مرزهای کشور نیست، تغییرات ایجاد شده در همه کشورها

باید هماهنگ با هم باشد تا در این گردونه قادر به ادامه فعالیت باشند

- ساخت راهها بدون توجه به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، علاوه بر افزایش هزینه ساخت و ساز در راهها، تحول و طرح مجدد سیستمهای ITS در این راهها را با مشکل مواجه می‌نماید
- برخی مواقع استفاده از روشهای سنتی برای حل معضلات حمل‌ونقلی ناتوان خواهد بود
- کسب تجربه در بازار تکنولوژی ITS و تقویت بخش خصوصی در این زمینه، موجب آن خواهد شد که بخشی از این بازار در اختیار محققین و مبتکران صنعت در کشور قرار گیرد.

به منظور آشنایی با مزایای حاصل از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، در این قسمت خلاصه‌ای از نتایج مهمی که از کاربرد این سیستم‌ها تاکنون ثبت شده است، مطرح می‌شود. از جمله این مزایا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: کاهش حوادث، بازدهی و کاهش تاخیرها (جلوگیری از اتلاف زمان)، خدمات‌رسانی به مشتریان، ترانزیت، افزایش ظرفیت خطوط، کاهش پراکندگی، کاهش مصرف سوخت و کاهش زمان توقف قطارها و.... همه این مزایا به نتایج حاصل از آغاز بکارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند مربوط می‌شوند که به طور قطع در آینده با گسترش استفاده از این سیستم‌ها و بنا به دلایلی نظیر: پیشرفت روزافزون تکنولوژی، ارزان‌تر شدن تکنولوژی، ارتقای تجربه بکارگیری این تکنولوژی‌ها و... مزایای حاصل از کاربرد این سیستم‌ها افزایش یافته و منافع بیشتری با گستردگی و پراکندگی فراتر پیش‌بینی شده و رویکردهای جدیدی به سوی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند گشوده خواهد شد.

اساسی‌ترین مزایای حاصل از بکارگیری سیستم‌های هوشمند در زیرساخت‌ها که اخیراً توسط سازمانهای حمل‌ونقلی پایه‌گذاری شده است با عنوان "عملیات کاهش تاخیر یا ذخیره زمان" معرفی می‌شود که در کنار سیستم‌های شخصی مورد استفاده قرار گرفته و با انتقال داده‌ها به کل کاربران حمل‌ونقل در گونه‌های مختلف آن، به کاربران کمک خواهد کرد تا تصمیمات بهتری را در انجام سفرهای شخصی اتخاذ کنند. در این موضوع توجه اصلی بر روی بازرسی و نظارت ترافیک خطوط، سیستم‌های کنترل و ارتباطات متمرکز می‌شود.

با مروری بر پروژه‌های انجام شده می‌توان دریافت که سرمایه‌گذاری در زمینه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند منافع زیادی را در ذخیره زمان، پول و کیفیت ارائه خدمات به مشتریان موجب می‌شود. اما واقعیت آن است که به دلیل نوپا بودن این سیستم‌ها در دنیا و تعداد محدود پروژه‌های عملی هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در عمل نتایج موجود از ارزیابی استفادهٔ این سیستم‌ها نیز محدود می‌باشند. در ادامه نمونه‌هایی مطرح می‌شوند که چگونگی بهبود حمل‌ونقل عمومی با بکارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند را بیان کرده و اغلب مربوط به ایالت‌های مختلف کشور آمریکا است که در معرفی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در جهان امروز پیشگام می‌باشد: [۱۴]

نیوجرسی: سیستم اطلاع‌رسانی تلفیقی جهت پاسخگوئی خودکار در مورد حمل‌ونقل عمومی، میزان انتظار تماس‌گیرندگان را از ۸۵ ثانیه به ۲۷ ثانیه تقلیل داده و میزان تماس‌های ماهیانه به ۴۰/۰۰۰ مورد بیشتر از سال قبل افزایش یافته است.

دنور: عملکرد ایمن قطارها در سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی که با استفاده از تجهیزات هشداردهنده صوتی، تجهیزات شنیداری ویژه مسافران و قابلیت پاسخگوئی سریع، احساس امنیت مسافران را به شدت افزایش داده است.

وینستون – سالم: کاهش زمان انتظار مسافران تا ۵۰٪

کانزاس سیتی: زمان پاسخگوئی در مواقع اورژانس و خطر از ۴ دقیقه به ۱ دقیقه کاهش یافته است.

مرینلند: افزایش ۲۳ درصدی در عملکرد به موقع قطارها بر اساس برنامه زمانبندی

همیلتون: استفاده از سیستم‌های مکان‌یابی خودکار وسایل نقلیه نزدیک شونده به تقاطع ریل- جاده، تطابق برنامه‌های زمان‌بندی را از ۷۲٪ به ۸۹٪ افزایش داده است.

نیویورک سیتی: استفاده از سیستم کارت‌های هوشمند میزان ۷۰ میلیون دلار در سال ذخیره مالی و جلوگیری از عدم پرداخت کرایه‌ها را در برداشته و تا حد ۴۹ میلیون دلار به افزایش درآمد حمل‌ونقل ریلی کمک کرده است.

کانزاس سیتی: اجرای یک سیستم مدیریت حمل‌ونقل عمومی که هزینه‌های عملیاتی سالیانه را تا ۴۰۰/۰۰۰ دلار کاهش داده است.

نیوجرسی: صرفه جویی به میزان ۲/۷ میلیون دلار در بودجه سالیانه بر اثر استفاده از کارت‌های هوشمند و کاهش هزینه‌های مربوط به ارائه پول نقد توسط مشتریان.

همچنین مطابق بررسی‌هایی که در سراسر اروپا صورت گرفته، منافع بالقوه حمل‌ونقل هوشمند (ITS) برای صنعت، شهرها، محیط زیست و برای اشخاص استفاده کننده بسیار قابل توجه می‌باشد که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: [۱۴]

- ۱۵٪ میزان نجات بالاتر به علت استفاده از سیستم‌های خودکار تماس اورژانس
- ۵۰٪ کاهش در تلفات مربوط به تصادفات
- ۲۵٪ کاهش در زمان سفرها
- ۵۰٪ کاهش تأخیر در حمل‌ونقل عمومی
- ۲۵٪ هزینه‌های کمتر در مدیریت ناوگان حمل بار
- ۵۰٪ آلودگی هوای کمتر در شهرها

فصل ۳

معرفی و طبقه‌بندی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی و ریلی– جاده‌ای

به منظور آشنایی با سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی و ریلی – جاده‌ای برخی از مهمترین سیستم‌های مورد استفاده در این خصوص به اختصار معرفی خواهند شد:

۳-۱- سیستم‌های حفاظت از قطار

بحث حرکت و ایمنی دو لبه یک قیچی بوده که بدون حضور یکی دیگری معنایی پیدا نمی‌کند، بدین معنی که اگر یکی از آنها مثلاً لبه حرکت بلندتر، از لبه ایمنی باشد احتمال بروز سانحه افزایش یافته و اگر لبه ایمنی آن بلندتر باشد موجب صرف هزینه اضافی شده که در عمل از آن بهره‌برداری نمی‌گردد. ذکر این نکته نیز ضروری است که اگر ایمنی کامل مدنظر باشد، در عمل نباید حرکتی داشته باشیم که این خود ممکن نیست. لذا همواره باید به این نکته توجه داشت که سیستم ایمن مناسب بسته به موقعیت و پارامترهای مختلف انتخاب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده از سیستم‌های حفاظتی قطار دارای ابعاد مختلفی می‌باشد که مهمترین آن ایمنی مسیر، حرکت مسافرین و بارهای آنها می‌باشد. علاوه بر این، نگهداری و حفظ تأسیسات زیربنایی و آالات ناقله (قطارها) در

درجه بعدی اهمیت قرار دارند. بدین ترتیب، با حفظ و آماده نگهداشتن این تأسیسات می‌توان حرکت روان‌تر و ایمن‌تری را انتظار داشت. این امر در نهایت موجب افزایش حمل بار و مسافر و منافع اقتصادی بیشتر گشته که می‌توان از آن استفاده کرده یا در سایر موارد روی آن سرمایه‌گذاری نمود. در ادامه شرح مختصری در مورد هر یک از انواع سیستم‌های ایمنی و حفاظت قطار ارائه می‌شود.

۳-۱-۱- سیستم اخطار (AWS)[1]

این سیستم ابتدایی‌ترین سیستم حفاظت از قطار است که سالیان زیاد به عنوان یک استاندارد در خطوط راه‌آهن به کار می‌رفت.سیستم AWS به عنوان یک سیستم کمکی در کنار راننده به خصوص در محلهایی که راننده دید کافی ندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نحوه عملکرد سیستم بدین گونه است که جهت فعال شدن آن باید آهن‌رباهایی در فاصله حدود ۲۰۰ متری (بسته به سرعت) قبل از سیگنال در بین ریلها نصب شود. چنانچه سیگنال در بعد از آهن‌ربا سبز باشد یک زنگ اخبار در کابین راننده به صدا در می‌آید و اگر زرد یا قرمز باشد زنگ خطر داخل کابین به صدا در می‌آید. چنانچه راننده تا چند ثانیه آمادگی خود را با فشار دکمه‌ای اعلام نکند، ترمزها به طور خودکار فعال می‌شوند. کاربرد این سیستم همانطور که ملاحظه می‌گردد کامل نمی‌باشد. خصوصاً در زمانهای پر ترافیک و در خطوط شلوغ که تعداد چراغ‌ها زیاد می‌باشد، موجب افزایش احتمال خطا می‌گردد.

۳-۱-۲- سیستم تذکر به راننده (DRA)[2]

سیستم اخطار خودکار توسط سیستم تذکر به راننده تکمیل شده است و هنگامی که قطار پشت یک سیگنال قرمز توقف می‌کند، DRA توسط راننده تنظیم می‌شود. همیشه این امکان وجود دارد که راننده قطار بعد از توقف در پشت یک سیگنال قرمز فراموش کند که قبل از حرکت سیگنال را کنترل کند. لذا سیستم DRA از حرکت مجدد قطار جلوگیری می‌نماید و تا هنگامی که راننده دوباره آن را تنظیم نکند در همان حالت می‌ماند. همان طور که ملاحظه گردید کارآیی این سیستم تنها در حال سکون می‌باشد و در حالت حرکت نمی‌تواند عملی انجام دهد.

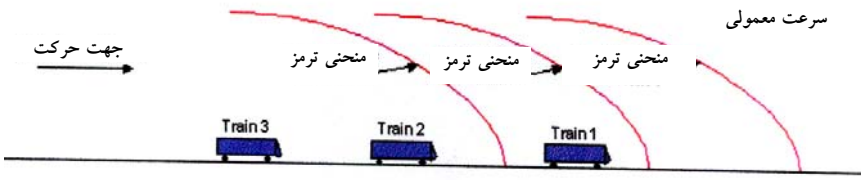
۳-۱-۳- حفاظت اتوماتیک قطار (ATP)[3] : [۸]

با پیشرفت صنعت الکترونیک و افزایش قدرت پردازنده‌های تولیدی، سیستم‌های حفاظت قطار

1- Automatic Warning System.
2- Driver Reminding Alarm
3- Automatic Train Protection

به قدری پیشرفت کردند که از درصد بسیار بالایی از تصادفات ناشی از عدم اطلاع از اخطارها و سیگنال‌ها، از خط خارج شدن قطارها به علت سرعت زیاد و برخورد قطار از جلو به یک مانع، جلوگیری نموده‌اند. در کل به این سیستم‌ها که وظایف فوق را ایفا می‌کنند، سیستم‌های حفاظت اتوماتیک قطار (ATP) می‌گویند.

اصول کار این سیستم‌ها بدین صورت است که در هر مقطع زمانی سرعت قطار را کنترل می کنند و با مقایسه‌ای که بین این سرعت و سرعت مطمئنه انجام می‌دهند و با توجه به پارامترهای فاصله قطار تا سیگنال قرمز، میزان قدرت ترمزها و در نتیجه طول خط ترمز قطار و فاکتورهای دیگر نظیر شیب مسیر حرکت محاسبات خود را انجام داده و می‌توانند قطار را کنترل نمایند. در شکل (۳-۱) نمایی شماتیک از فاصله ایمن قطارها و منحنی ترمز قطارهای مختلف ارائه شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، در مسیرهای مختلف و برای ترن‌های مختلف منحنی ترمز متفاوت می‌باشد.



شکل۳-۱- منحنی ترمز و فاصله ایمن قطارها [۱۲]

در صورتی که سرعت ناشی از این پردازش که بر روی نمایشگر لوکوموتیو نشان داده می‌شود، بیشتر از سرعت دریافتی حرکت قطار باشد، سیستم عملی انجام نمی‌دهد. اما اگر این عدد از سرعت حرکت واقعی کمتر گردد، موجب ارسال خودکار فرمان و فعال شدن ترمز قطار می‌گردد تا بتواند سرعت حرکت را به سرعت مجاز برساند. این سیستم موجب کم شدن تعداد عبورهای خلاف سیگنال (عبور از چراغ قرمز یا Spad) می‌شود. علت آن است که سیستم سرعت قطار را در هنگام رسیدن به سیگنال‌ها بررسی می‌کند و لکوموتیوران هم نمی‌تواند نسبت به این سیستم بی‌اعتنا بوده و یا آن را از کار بیندازد.

۳-۱-۴- حفاظت قطار و سیستم هشدار دهنده (TPWS) [1]

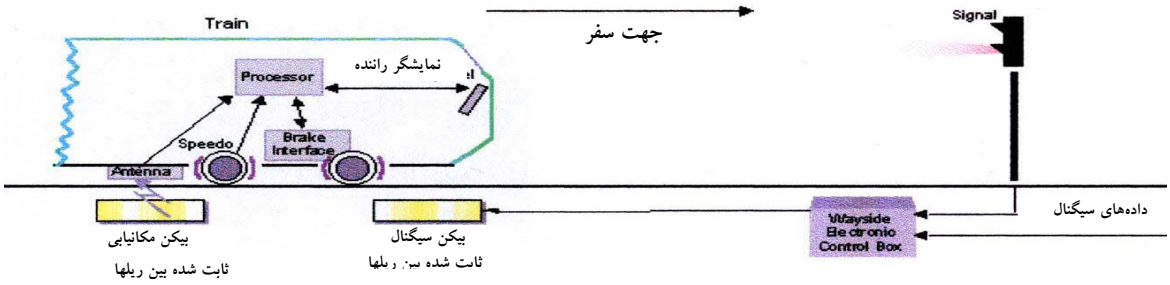
این سیستم شامل سیستم AWS بوده و از نظر حفاظت از قطار در سطح بالاتری عمل می‌کند. از این سیستم در بسیاری از خطوط اصلی شبکه‌های راه‌آهن استفاده می‌گردد. طرح نمونه این سیستم تا پایان سال ۲۰۰۳ میلادی برای بهره‌برداری تکمیل خواهد شد. از جمله تجهیزاتی که برای انتقال اطلاعات در این سیستم

1 - Train Protection & Warning System

استفاده می‌گردد، بیکن‌هایی[1] هستند که در روی خط و بین دو ریل نصب می‌گردند. عملکرد این بیکن‌ها بدین صورت است که در آستانه عبور قطار از سیگنال قرمز و یا به عبارتی بیشتر شدن سرعت وسیله‌نقلیه از حد مجاز، با به کار انداختن ترمزها قطار را متوقف می‌نماید.

این بیکن‌ها که به عنوان ایستگاههای اعمال تغییر سرعت بکار می‌روند در نزدیکی سینگال‌ها نصب می‌شوند تا سرعت قطار را در صورت لزوم کاهش دهند. در صورت نیاز می‌توان این تله‌های سرعت را در نزدیکی ایستگاهها، پیچ‌های تند، نقاط کوهستانی که راننده دید کافی ندارد و خطهای در حال تعمیر نصب نمود. در این حالت برخلاف AWS راننده نمی‌تواند جلوی عمل سیستم را بگیرد. طراحی این سیستم به گونه‌ای است که با خطوط و قطارهای امروزی سازگاری کامل دارد. این سیستم در مقایسه با دو سیستم AWS و DRA تا حد بیشتری از خطر تصادف و خروج از خط قطار جلوگیری می‌نماید، اما با توجه به این که بر روی سرعت قطار نظارت دائمی ندارد، نسبت به سیستم ATP کارآیی کمتری دارد.

در سیستم TPWS هنگامی که راننده سیگنال زرد را نادیده بگیرد و یا با سرعت زیاد به سیگنال قرمز نزدیک گردد، کارآیی بسیار بالایی دارد. لازم به ذکر است که کارآیی این سیستم بستگی به محل قرار گیری بیکن‌ها داشته که آن هم برحسب قدرت ترمز و سرعت تعیین شده قطار تغییر می‌کند. به عبارت دیگر هر چه فاصله بیکن از سیگنال دورتر باشد و یا هر چه سرعت مجاز تعیین شده برای عبور قطار کمتر باشد، ضریب اطمینان سیستم بالاتر می‌رود. در شکل (۳-۲) نمای شماتیک وضعیت قرارگیری و نحوه ارتباط اجزای مختلف این سیستم مشخص شده است.



شکل ۳-۲- محل نصب بیکن‌ها قبل از سیگنال در سیستم TPWS [۱۲]

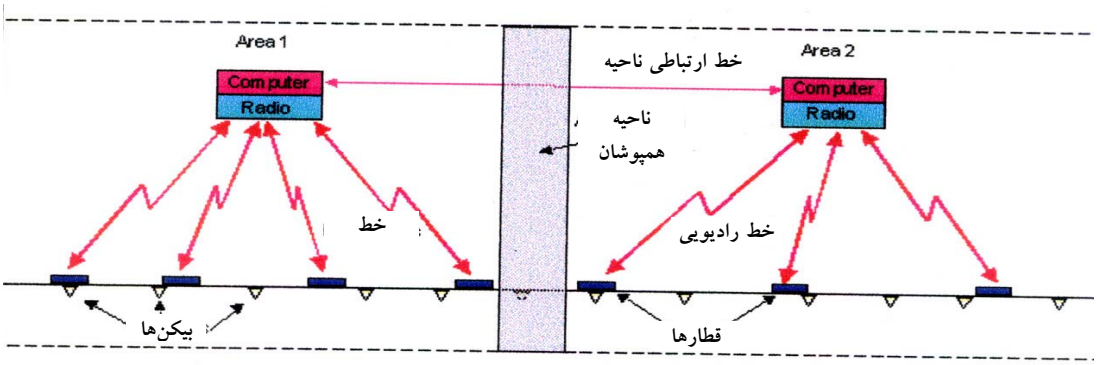
در طراحی و تعیین محل بیکن‌ها و سرعت مجاز، با توجه به متغیر بودن قدرت ترمز قطارهای مختلف، باید دقت خاصی صورت گیرد تا سیستم تنها در صورتی در کار راننده مداخله نماید که شرایط ایمنی نقض شده باشد.

1 - Beacons

مطالعات زیادی در مورد رابطه بین حداکثر ایمنی قطار و بهترین روش بهره‌برداری شبکه راه‌آهن انجام شده است و مطالعات زیادی نیز در حال انجام می‌باشد، اما نتیجه این مطالعات هرچه که باشد بنابر اعتقاد بسیاری از کارشناسان، سیستم TPWS در جلوگیری از عبور از سیگنال‌های قرمز بسیار موفق است.

۳-۱-۵- کنترل اتوماتیک قطار (ATO)[1]

این سیستم نوع کامل‌تر سیستم ATP می‌باشد که در آن حتی نیاز به راننده نیز کاهش یافته است. البته ممکن است نیاز به اپراتوری برای سایر فعالیت‌های سبک نظیر باز و بسته نمودن درب‌ها در هنگام توقف و راه افتادن در ایستگاهها مورد نیاز باشد. در شکل ۳-۳ نحوه ارتباط رادیویی مراکز کنترل قطارها نمایش داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، به منظور پوشش رادیویی کامل قطارها در طول مسیر، عموماً دامنه عملکرد ایستگاههای مجاور با ناحیه پوشش همپوشان در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۳-۳- ارتباط قطار با سیستم کنترل از طریق شبکه رادیویی [۸]

۳-۱-۶- سیگنالینگ از کابین راننده[2]

با توجه به افزایش سرعت قطارها و نیز افزایش خطای انسانی در پاسخگویی به سیگنال‌های کنار خط، به تدریج در سرعت‌های بالا سیگنال‌های کنار خط حذف شده و کلیه اطلاعات مربوطه به داخل واگن راننده انتقال یافته است. این سیستم‌ها دارای قابلیت‌های ATP بوده و جهت انتقال اطلاعات به کابین راننده از امواج رادیوئی (یا بعضاً کابل‌های ارتباطی کنار خط) استفاده گردیده است و سبب به وجود آمدن استانداردهای اروپایی در سطوح مختلف گردیده که در بخش‌های بعدی بیشتر در آن مورد بحث خواهد شد.

در پایان سیستم‌های حفاظت از قطار لازم به ذکر است که با توجه به وجود سیستم ترمز توسط فعال‌کننده مغناطیسی روی خط در داخل لکوموتیوها، لازم است که کلیه مغناطیس‌ها سرویس شده و مورد

1- Automatic Train Operating
2- On Cab Signaling

بهره‌برداری قرار گیرند. به علاوه چون تعدادی از این نوع سیستم‌های مستقر روی لکوموتیو سالم نبوده و یا رانندگان برای راحتی کار خود کلید مربوطه را یکسره متصل می‌نمایند، لذا باید آموزش‌های لازم صورت گرفته و اهمیت سیستم مربوطه به رانندگان گوشزد شود. در ضمن باید دقت شود تا در خرید لکوموتیوهای جدید، تجهیزات به صورتی ساخته شود که امکان ایجاد اشکال و خطا توسط راننده از بین برود و راننده مجبور باشد بعد از هر بار فشار کلید مبنی بر پاسخ آلارم، مجدداً کلید را رها نموده و با آلارم‌های بعدی این کار تکرار شود.

۳-۲- تشخیص اتوماتیک عیوب واگنها

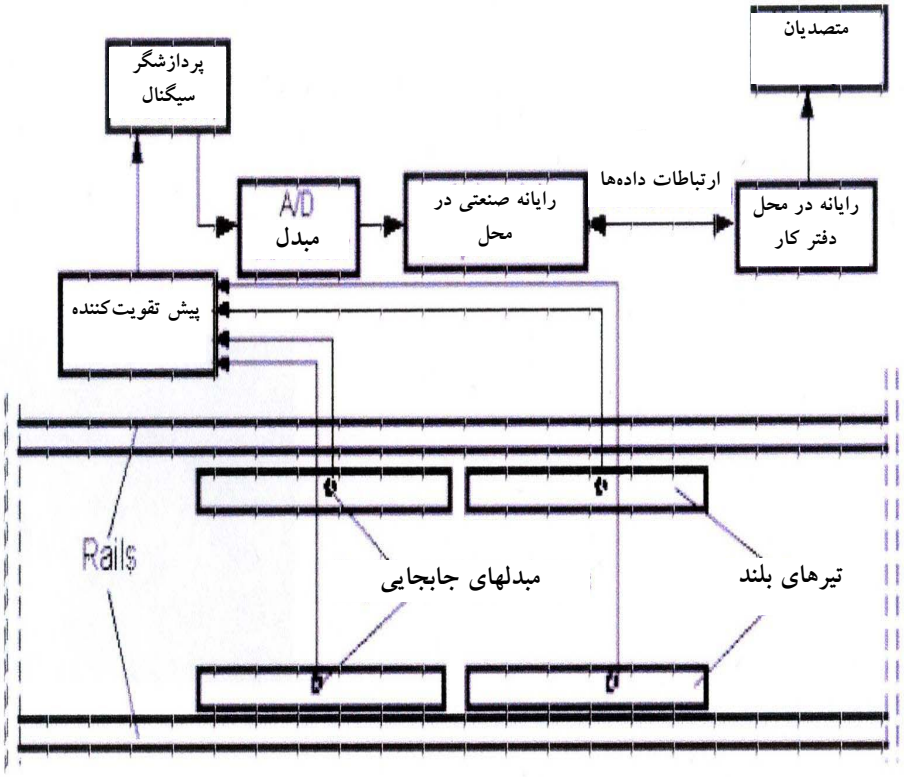
سیستم شناسایی اتوماتیک قادر است که اطلاعات را روی برچسب‌های مخصوص نوشته یا از آن دریافت نماید. این اطلاعات می‌تواند توسط نرم‌افزار مربوطه تعریف و معین گردد. بنابراین اگر اطلاعات از یک سیستم خودکار تشخیص عیوب دریافت شده باشند می‌توانند در محل‌های مخصوص خوانده شده و نسبت به آنها عکس‌العمل مناسبی نشان داده شود.

چنانچه بتوان توسط تجهیزاتی عیوب مختلف مرتبط با یک واگن نظیر داغی محور و بریدگی چرخ، تیزی چرخ، خوردگی لنت‌ها و... را تشخیص داد، می‌توان این اطلاعات را با فرمت‌های مناسب در داخل برچسب‌ها ریخت و اگر عیوب ایجاد شده در حد بحرانی نباشند در ادامه مسیر و در نقاطی که به همین منظور تعبیه شده، واگن معیوب جدا و به تعمیرگاه ارسال می‌گردد و اگر عیب ایجاد شده در حد خطرناک باشد و موجب صدمه به خط و سایر تجهیزات گردد به سرعت از قطار جدا گردد. در شکل(۳-۴) یک نمونه از سیستم‌های تشخیص داغی محور ارائه شده است. در ادامه توضیح مختصری راجع به هر کدام از سیستم‌های تشخیص اتوماتیک عیب واگن‌ها ارائه می‌گردد.

شکل ۳-۴- سیستم تشخیص داغی محور [۲۶]

از آنجا که افزایش بیش از حد دمای محور واگن‌ها در اثر اصطکاک، می‌تواند عواقب نامطلوبی را به دنبال داشته باشد، تلاش‌هایی برای کنترل سر محور به کمک سیستم‌های آنالوگ و دیجیتال صورت گرفته است. یک دستگاه محور کامل از قسمت‌هایی چون میله محور، هسته و بانداژ (طوقه) تشکیل شده است. میله محور از جنس فولاد ساخته شده و در دو سمت آن نقاطی جهت نصب هسته‌ها پیش‌بینی شده و در طرفین میله یک موضع صیقلی جهت نصب رولبرینگ ایجاد می‌گردد. در دو طرف محور هسته قرار گرفته و بر روی آن بانداژ نصب می‌گردد. بانداژ حلقه‌ای است با قطرهای داخلی و خارجی مختلف با پهنایی حدود ۱۳۵ میلی‌متر که به طریق گرم کردن و ایجاد انبساط در هسته جا زده می‌شود. قطعهٔ دیگری که روی سر محور نصب می‌گردد جعبه اصلی سر محور می‌باشد. لازم به ذکر است درب جعبه را بعد از تزریق گریس به میزان معین و تعریف شده توسط پیچهایی به جعبه یاتاقان متصل می‌کنند.

در اثر نامرغوب و غیراستاندارد بودن گریس مصرفی، کاهش و افزایش بیش از حد گریس در محل رولبرینگها و جعبه یاتاقان، شستشو و از بین رفتن گریس سرمحور به دلایل مختلف از جمله: روغن‌ریزی جعبه دنده‌ها (گیربکس‌ها)، نفوذ و ورود آب و برف و باران داخل گریس و از بین رفتن غلظت آن، کچلی غلتک‌ها، سائیدگی قسمت‌هایی از محفظه رولبرینگ، خرابی و شکستگی هادی غلتک‌های رولبرینگ، معیوب بودن قسمت درونی جعبه یاتاقان، وجود پلیسه، شکستگی هر یک از قطعات، زدگی شدید سطح خارجی محور بانداژ، افزایش فشار نامتعارف و اصطکاک ناشی از نامیزان بودن اهرم‌بندی ترمزها، دمای جعبه یاتاقان و سرمحور افزایش می‌یابد. این موارد از مهمترین دلایلی است که موجب خارج شدن قطار از خط می‌گردد. برای تشخیص میزان داغی این اجزاء سیستم‌هایی متناسب با افزایش سرعت قطارها توسعه یافته‌اند. هزینه نصب این سیستم‌ها در قیاس با خسارات ناشی از خروج از خط قطار در اثر داغ شدن یاتاقآنها بسیار ناچیز می‌باشد. این تجهیزات معمولاً از طریق اندازه‌گیری انرژی مادون قرمز و به کمک تابش‌سنجهایی که در طول خط و نقاط مناسب نصب می‌شوند. میزان دمای اضافی جعبه یاتاقآنها، لنت ترمزها و چرخ‌ها را می‌سنجند. در شکل(۳-۵) دیاگرام مراحل مختلف تشخیص بریدگی چرخ در قطار نمایش داده شده است، ضمن آنکه تصویری از سنسور مورد استفاده جهت تشخیص بریدگی چرخ نیز در شکل(۳-۶) ارائه شده است.



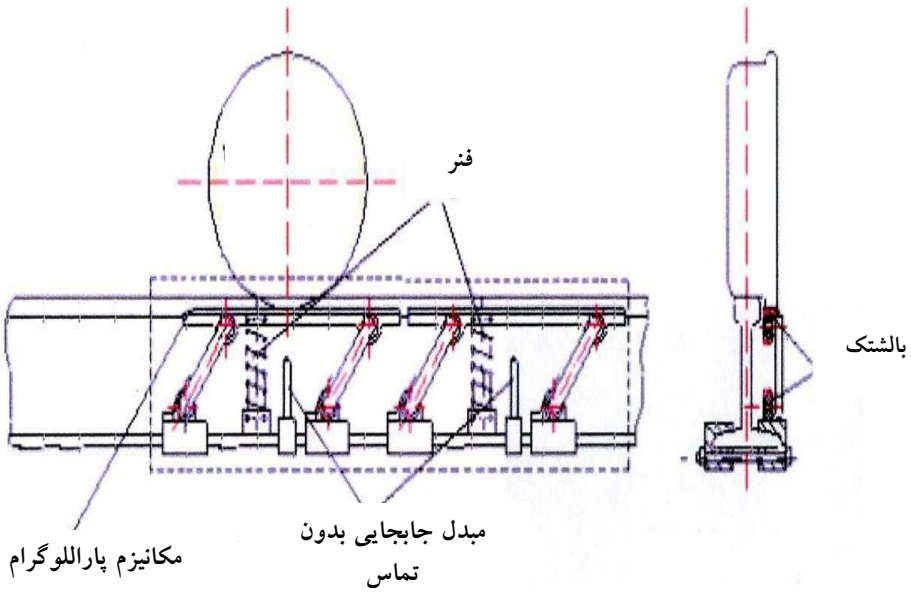
شکل ۳-۵- دیاگرام ارتباطات سیستم تشخیص بریدگی چرخ [۲۶]

۳-۶- نمونه‌ای از سیستم تشخیص بریدگی چرخ [۲۶]

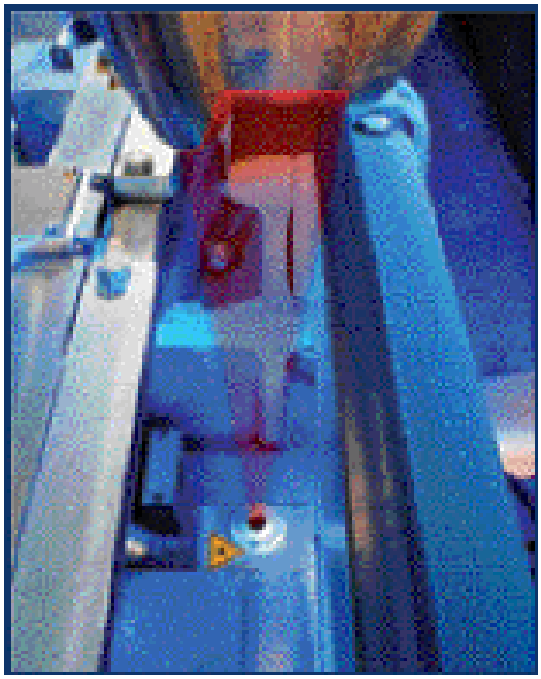
در اثر ترمزهای شدید و گاهی گریپاژ نمودن محور چرخ، سطح طوقه دچار سائیدگی می‌گردد. به علت این سائیدگی و در طول حرکت قطار ضرباتی از طرف چرخ به ریل منتقل می‌گردد که باعث خرابی و از بین

رفتن ریل و سایر آلات ناقله می‌گردد. لذا با اندازه‌گیری فرکانس‌های ناشی از عبور چرخ از روی خط و میزان این ضربات می‌توان میزان این اشکال را نیز در چرخ بدست آورد.

سیستم‌های مختلفی برای بازدید چرخ قطار طراحی شده‌اند که هر یک با شیوه‌ای خاص، خصوصیات و مواضع ویژه‌ای از چرخ را بازدید می‌کنند. این تجهیزات می‌توانند به صورت مکانیکی یا الکترونیکی عمل نمایند. دستگاههایی نیز وجود دارند که با ارسال اشعه لیزر بر سطح مقطع چرخ و گاه توسط تهیه تصاویر کامپیوتری و پردازش دیجیتالی آنها با پروفیل‌های سالم وجود عیب نظیر تیزی چرخ را تشخیص می‌دهند. در انواعی از این سیستم‌ها این عمل در حین حرکت صورت می‌گیرد. با توجه به این مسأله و عدم نیاز به کاربرد آن در این سیستم‌ها می‌توان به طور دائمی از آنها استفاده نمود. در شکلهای(۳-۷)و(۳-۸) به ترتیب نحوه قرارگیری سنسورهای لیزری برای تشخیص بریدگی چرخ و تصویری از تشخیص بریدگی چرخ توسط این سنسورها نمایش داده شده است.



شکل ۳-۷- نحوه قرارگیری سنسورهای لیزری تشخیص بریدگی چرخ [۲۶]



شکل ۳-۸- سیستم لیزری تشخیص بریدگی چرخ [۲۶]

آزمایشگرهای نمایش چرخ و اندازه‌گیری وزن در حال حرکت، برای اندازه‌گیری فشارهای چرخ (حاصل از سیستم‌های ترمزگیری معیوب و یا چرخ‌های صاف) فشار بوژی‌های کج و نیز میزان نیروی وارد بر ریل به کار می‌روند. چنانچه وزن وسایل‌نقلیه از میزان مجاز بیشتر باشد، باعث خرابی زیرساخت خطوط و در بدترین شرایط سبب از خط خارج شدن قطار می‌گردد. به علاوه در بسیاری از موارد که واگن‌ها جهت تعمیرات به تعمیرگاه اعزام می‌شوند به علت تغییراتی که در آنها داده می‌شود وزن آنها تغییر می‌نماید. این مسأله هنگامی آشکار می‌شود که با این واگن‌ها بارهای ارزشمند حمل شود. این اختلاف وزن موجب بروز مشکلات زیاد و در نتیجه از دست رفتن بار و منبع درآمد می‌گردد. لذا می‌توان هر واگن بعد از خروج از تعمیرگاه را با باسکول وزن نمود و روی برچسب و پایگاه اطلاعات کامپیوتری واگن مربوطه ثبت نمود. این عمل موجب می‌گردد تا همیشه وزن واگن دارای بالاترین دقت باشد و بتوان آن را در شبکه راه‌آهن (و اینترنت در صورت نیاز) ردگیری نمود.

برای اندازه‌گیری بارها و به خصوص بارهای عمودی از وسایل اندازه‌گیری کرنش[1] استفاده می‌گردد. این وسایل از طریق رابط خود به سیستم اصلی متصل شده و اطلاعات آنها در سرعت‌های مختلف نمونه‌گیری شده و بعد از فیلتر شدن با سیگنال اصلی مقایسه می‌گردد. با اندازه‌گیری نیروهای جانبی وارده بر خطوط می‌توان بوژی‌های کج شده را شناسایی نمود.

1- Strain gauges

جهت مکانیزه نمودن بازدید لنت ترمز، روش‌های گوناگونی وجود دارد و دستگاه‌های مختلفی برای این منظور طراحی و ساخته شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش بررسی میزان گرمای لنت بعد از ترمزگیری و نیز بررسی صحت عملکرد ترمز به روش ضبط صدای حاصل از ترمزگیری و مقایسه آن با صوت یک لنت سالم اشاره نمود. اما شاید بتوان گفت بهترین روش، استفاده از فن‌آوری پردازش تصویر باشد. در این روش و در هنگام عبور قطار از محل بازدید لنت، دوربین‌های ویژه‌ای که از سرعت و دقت لازم برخوردار می‌باشند شروع به گرفتن تصویر لنت ترمزها کرده و پس از ذخیره‌سازی تصویر و مقایسه آنها با الگوهای استاندارد تعداد لنت‌های معیوب به همراه اطلاعات مهمی در خصوص میزان فرسودگی و موقعیت لنت بر روی صفحه کامپیوتر درج می‌گردد. با توجه به دقت بالاتر از استاندارد و موقعیت دوربین‌های تعبیه شده می‌توان از این روش استفاده نمود. علاوه بر خطای کمتر، سرعت بیشتر و دقت مناسب سیستم‌های بینایی ماشین، استفاده از این دستگاه‌ها می‌تواند مزایای زیادی به همراه داشته باشد.

با توجه به رقابت شدید در عرصهٔ حمل‌ونقل و افزایش رویکرد سیستم‌های پیشرفته تعمیر و نگهداری و نیز دستیابی به فن‌آوری‌های پیشرفته، تشخیص عیوب قطار می‌تواند قدرت رقابت حمل‌ونقل ریلی را در برابر دیگر گزینه‌های سفر تا حد زیادی افزایش دهد. استفاده از فن‌آوری‌ها علاوه بر افزایش سطح ایمنی سفر با قطار، بسیاری از هزینه‌های احتمالی سوانح که از بروز خرابی در اجزاء حساس ناشی می‌شوند را حذف نموده و بهره‌وری را در صنعت حمل‌ونقل ریلی افزایش می‌دهد. اگرچه تعدادی از این تجهیزات نظیر تشخیص داغی چرخ و محور و بریدگی چرخ در سالیان گذشته توسط راه‌آهن تهیه گردیده است، اما متأسفانه تاکنون به مرحله نصب و راه‌اندازی و بهره‌برداری نرسیده‌اند. همچنین موارد دیگری نظیر تشخیص تیزی چرخ و خوردگی لنت نیز به صورت پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده یا در حال انجام می‌باشند و به نظر می رسد رسیدن به مراحل اجرایی و کاربردی از این پروژه‌ها نیازمند توجه بیشتر، سرمایه‌گذاری مناسب‌تر و همت و تلاش بیشتر باشد.

۳-۳- راهبند هوشمند[1]

در ساخت خطوط ریلی ناگزیر به محل‌هایی برخورد می‌شود که مسیر وسایل‌نقلیه ریلی با سایر معابر تلاقی می‌نماید. این مشکل بیشتر در محل ورود مسیرهای ریلی به محدوده شهرها و ایستگاهها نمایان می‌سازد با توجه به سرعت قطارها و ضرورت افزایش آن، این محل‌ها می‌توانند علاوه بر تأثیر منفی بر روی سرعت، موجب افزایش خطر برخورد قطار با سایر وسایل‌نقلیه گردند. در راستای افزایش ایمنی تردد قطارهای سریع‌السیر به خصوص در محدوده‌های شهری احتیاج به تدابیر خاصی است که در این راستا از دو روش می‌توان به این هدف دست یافت.

1 - Intelligent Level Crossing

در روش اول می‌توان محل تقاطع مسیرهای مختلف را به صورت غیرهمسطح ساخت تا به این ترتیب مسیر عبور هر یک از وسایل نقلیه از هم جدا شود. با توجه به اینکه دو مسیر در این حالت از یکدیگر جدا هستند، لذا تأثیری بر یکدیگر ندارند. اما این روش دارای محدودیت‌هایی از قبیل: هزینه بالا، زمان بر بودن، محدودیت فضایی برای اجرای تقاطع غیرهمسطح و... دارد. در حالت دوم به منظور تأمین ایمنی وسیله نقلیه عبوری از تجهیزاتی استفاده می‌گردد که وجود قطار یا ماشین‌ها را تشخیص داده و عملکرد مناسب از خود نشان می‌دهند. این روش موضوع مورد نظر در استفاده از ITS در تقاطع‌های ریلی– جاده‌ای می‌باشد.

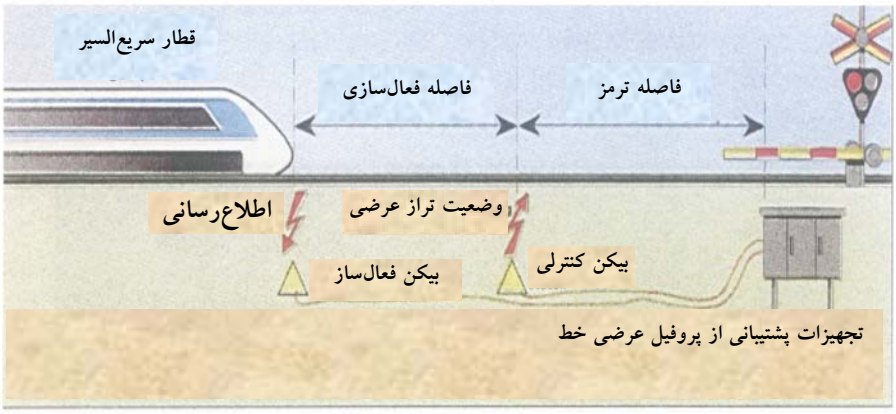
سیستم‌های راه‌بند هوشمند معمولاً در تقاطع‌هایی استفاده می‌گردد که حجم ترافیک جاده‌ای در آنها خیلی زیاد نباشد، چرا که در غیراین صورت، معمولاً گذرگاه را به صورت غیرهمسطح تبدیل می‌نمایند. در واقع تقاطع‌ها از نقاط بحرانی و خطرساز در مسیر ریلی به شمار می‌روند. چنانچه بتوان قبل از ورود وسایل‌نقلیه جاده‌ای و ریلی به محل تقاطع، اطلاعات کافی و لازم را به رانندگان اعلام نمود، می‌توان تا حد زیادی از خطرهای موجود در این نقاط کاست. این اطلاع‌رسانی توسط چراغ، زنگ، تجهیزات مکانیکی و... قابل اجرا است و در هر سیستمی برخی از این تجهیزات استفاده می‌شود.

به طور کلی هر سیستم راه‌بند هوشمند از اجزای مختلفی نظیر موارد زیر تشکیل شده است:

- **واحد کنترل مرکزی:** این واحد مغز متفکر سیستم می‌باشد. وظیفه این قسمت کنترل و نظارت خودکار بر سایر اجزاء و سیستم می‌باشد. کلیه داده‌های خروجی سنسورها توسط سیستم دریافت شده و براساس این اطلاعات در هر لحظه، پردازش لازم صورت گرفته و متناسب با آن، فرامین لازم به سایر قسمت‌ها اعمال می‌شود. در شکل(۳-۹) تصویر برخی از اجزای سیستم راه‌بند هوشمند ارائه شده‌است و در ادامه به شرح مختصر هر یک از روش‌ها و اجزای راههای هوشمند پرداخته خواهد شد.

شکل ۳-۹- تجهیزات تشخیص قطار و وسایل‌نقلیه جاده‌ای برای تقاطع‌های هوشمند[۲۶]

- **بازوهای مکانیکی**: جهت جلوگیری از عبور اتومبیل‌ها هنگام گذر قطار، باید توسط عوامل مکانیکی مختلف جلوی عبور اتومبیل‌ها گرفته شود این بازوها در انواع مختلف طراحی و ساخته می‌شوند که می‌توان به بوم‌های ساده، بوم‌های لولایی، دروازه‌های افقی و دروازه‌های عمودی اشاره نمود که هر مدل بسته به ساختار فیزیکی به نحوی جلوی اتومبیل‌ها را سد می‌نماید.
- **واحدهای تشخیص نزدیکی و حضور قطار در گذرگاه:** به منظور تشخیص نزدیک شدن و حضور قطار در نزدیکی و محدوده گذرگاه، سنسورهایی در فواصل تعیین شده قبل از ورودی تقاطع نصب شده و توسط آن سرعت وسایر پارامترها به قطار ارسال و از آن دریافت شده و حضور قطار در محدوده، تحت نظارت می‌باشد. تا زمانی که سنسورهای حضور قطار فعال هستند، تقاطع اشغال فرض شده و اجازه تردد به اتومبیل‌ها داده نمی‌شود و بعد از آزادشدن محدوده تقاطع، مجوز تردد جاده‌ای صادر می‌گردد. جهت تعیین حضور قطار در محدوده تقاطع، می‌توان توسط سیستم محورشمار محورهای قطار را شمارش و در خروجی نیز این عمل تکرار شود و در صورت خارج شدن کلیه محورهای قطار از محدوده تقاطع و برقرار شدن شرایط ایمن، فرمان بازشدن مسیر اتومبیل‌ها صادر گردد. ذکر این نکته مهم است که با توجه به توالی فعال شدن سنسورها، جهت حرکت قطار نیز مشخص شده و چراغ‌های مربوطه فعال می‌شوند.
- **چراغ‌های جاده‌ای:** این چراغ‌ها وظیفه هشدار به رانندگان وسایل‌نقلیه را بر عهده دارند که در هر کشور به یک صورت فعال می‌شوند. به عنوان مثال می‌توان از یک چراغ ۲ یا ۳ نمای قرمز چشمک‌زن جهت طرفین تقاطع استفاده نمود. در صورتی که قطار وارد محدوده گذرگاه شود، چراغها به صورت قرمز ثابت در می آیند.
- **سنسور آشکار ساز خودرو:** چنانچه به هر دلیل یک یا چند وسیله نقلیه بر روی خط راه‌آهن متوقف شوند و قطار نیز در حال نزدیک شدن به گذرگاه باشد این وضعیت باید توسط سیستم تشخیص داده شده و به اطلاع راننده قطار برسد تا بتواند قطار را متوقف نماید. این عمل می‌تواند توسط سنسورهای التراسونیک که به موازات خطوط ریلی قرار می‌گیرند یا حلقه‌های مغناطیسی که در زیر روسازی جاده، در مسیر عبور وسایل‌نقلیه قرار می‌گیرند، انجام شود. در این صورت اگر وسیله‌نقلیه‌ای در منطقه خطر توقف کند، حلقه‌ها حضور وسیله‌نقلیه را تشخیص داده و آن را به واحد کنترل مرکزی جهت اتخاذ تصمیم‌های لازم اعلام می‌نماید. در شکل‌های(۳-۱۰) و (۳-۱۱) به ترتیب نمای شماتیک یک راه‌بند هوشمند در مسیر قطار سریع‌السیر و وضعیت یک راه‌بند هوشمند در شب ارائه شده است.



شکل ۳-۱۰- یک نمونه راهبند هوشمند و تجهیزات مربوطه برای قطارهای سریع‌السیر [۲۲]

شکل ۳-۱۱- نمایی از یک راهبند هوشمند در شب [۲۴]

- **چراغهای سمت قطار:** جهت اطلاع به راننده قطار مبنی بر ورود و نزدیک شدن به تقاطع و نیز اطلاع‌رسانی در مورد وضعیت تقاطع در طرفین محدوده، با فواصل مناسب دو سری چراغ نصب می‌شود. چراغ اول جهت اعلام محدوده تقاطع و اطلاع از چراغ بعدی به کار می‌رود و چراغ دوم جهت اطلاع از مسدود یا آزاد بودن تقاطع به کار می‌رود.

- **آژیر جاده‌ای:** جهت اطلاع‌رسانی بهتر به رانندگان جاده‌ای معمولاً در تقاطع آژیر و یا زنگی وجود دارد که هنگام ورود قطار به منطقه گذرگاه، برای مدت زمان معینی به صدا در می‌آید. توسط این آژیر، حتی در صورت عدم توجه راننده به چراغ‌های جاده‌ای، نزدیک شدن قطار به راننده هشدار داده شده و راننده قبل از پائین آمدن بازو توقف می‌نماید.

با توجه به وجود تقاطع‌های زیاد در شبکه ریلی ایران و به خصوص اطراف تهران و نظر به اینکه هزینه غیرهمسطح سازی هر تقاطع نیاز به صرف هزینه و زمان زیادی دارد و با نظر به اینکه در برخی از تقاطع‌ها امکان غیرهمسطح سازی مقدور نمی‌باشد و بسیاری از تقاطع‌ها دارای بار ترافیکی خیلی زیاد نبوده و غیرهمسطح سازی توجیه اقتصادی لازم را ندارد، بهتر است به صورت آزمایشی و با انجام پروژه به طور نمونه در یک تقاطع کم ترافیک سیستم مورد بررسی قرار گرفته و با رفع اشکالات احتمالی، برای سایر تقاطع‌ها نیز از آن استفاده گردد. لازم به ذکر است که این برنامه در ایران در حال اجرا می‌باشد و برای سرویس آزمایشی و تدوین مقررات سیر و حرکت در حال بررسی می‌باشد.

۳-۴- سیستم تشخیص اتوماتیک خروج از خط و انفصال قطار[1]

هر ساله در بسیاری از اخبار خروج قطار یا واگن‌هایی از یک قطار شنیده می‌شود که موجب بروز سوانح و وارد آمدن خسارت‌های جانی و مالی زیاد می‌گردد. نقش ایمنی و افزایش آن در تردد مسافرین و حمل‌ونقل ریلی بسیار اهمیت داشته و باید به هر طریق ممکن امکان ارتقای آن را فراهم نمود.

اگر بتوان با استفاده از تجهیزاتی در کمترین زمان ممکن، خروج واگن از خط و یا انفصال یک یا چند واگن از قطار را به راننده اطلاع داد، راننده نیز می‌تواند در کمترین زمان قطار را متوقف نموده و موضوع را به مراکز مرتبط اطلاع داده تا جلوی سانحه گرفته شود. بدین صورت هم امنیت تردد بیشتر شده و هم از صرف هزینه‌های اضافی، ناشی از بازسازی خطوط و روسازی آنها که توسط قطار خارج شده از خط تخریب شده و نیز هزینه بازسازی ناوگان مربوطه پیشگیری نمود تا موجب مسدود شدن ناشی از آن نیز نگردد.

بر اثر عوامل مختلف این احتمال وجود دارد که یک یا دو محور از یک واگن از روی ریل خارج شده و در نتیجهٔ آن در طول مسیر و هنگام حرکت، تمامی تراورس‌ها، پابندها، پیچ‌ها و... را از بین برده و خسارت شدیدی را به خط وارد کند. لذا در صورتی که محور خارج شده از روی ریل به ورودی یک سوزن برسد، در اثر ساختار فیزیکی سوزن می‌تواند موجب خروج از خط واگن‌ها، ایجاد سانحه و در نتیجه خسارت شدید به راه‌آهن شود. در این راستا سیستم‌هایی بر روی قطار وصل شده که می‌توانند شتاب واگن را در راستای عمودی اندازه‌گیری نمایند و در صورتی که احساس شود در یک لحظه شتاب عمودی واگن از حد تعریف شده طبیعی

1 - De-railment system and disconnecting

بیشتر شده، با توجه به اینکه شیر هوای ترمز نیز به آن متصل شده است، موجب بازشدن آن و در نتیجه متوقف شدن قطار گردند. این سیستم از تجهیزاتی است که می‌تواند از بروز سانحه جلوگیری نماید. از این سیستم بر روی بسیاری از واگن‌ها در کشورهای مختلف نصب گردیده و در حال بهره‌برداری می‌باشد. نوع دیگری از این سنسورها، فرکانس ضربات وارد بر ریل را اندازه‌گیری می‌کنند و با توجه به آن تشخیص می‌دهند که قطار بر روی ریل حرکت می‌کند یا از آن خارج شده است. بدین ترتیب که در صورت خروج از خط یک محور، با توجه به فاصله تراورس‌ها و سرعت قطار، فرکانس‌های وارده با حالتی که قطار بر روی ریل راه می‌رود، دارای اختلاف می‌باشند. این سیستم نیز با ارسال فرمان، ترمز اضطراری را فعال می‌کند.

این نکته نباید فراموش گردد که استفاده از این سیستم‌ها برای کلیه قطارها به خصوص قطارهای مسافری توصیه نگردیده است. زیرا این احتمال وجود دارد که در صورت تشخیص خروج از خط قطار، دستگاه به طور خودکار ترمز را فعال نماید و بخشی یا کل قطار را در داخل یک تونل متوقف نماید. البته احتمال وقوع چنین حالتی زیاد نمی‌باشد، اما نمی‌توان آن را نادیده گرفت چون در این صورت می‌تواند باعث ترس و وحشت مسافران و ایجاد خطر جانی برای آنها گردد. بنابراین سعی شده است سیستم‌هایی تولید شوند که بعد از تشخیص عیب به سرعت به راننده هشدار داده تا او بتواند عکس‌العمل مناسب نشان دهد. به همین منظور سیستم‌هایی تولید و ساخته شده‌اند که این کار را توسط امواج رادیویی انجام می‌دهند. برای انجام چنین کاری سنسورهای خاصی در محل‌های مورد نیاز و معمولاً نقاط حادثه‌خیز و قبل از ورودی سوزن‌ها با فاصله مناسب نصب گردیده‌اند.

در صورتی که محوری از قطار از روی ریل خارج شود، در اثر برخورد به سنسورهای سیستم، موجب فعال شدن مدار الکترونیکی آن شده و این مدار با ارسال پیام‌هایی موقعیت مذکور را گزارش می‌نماید. در انتهای قطار یک فرستنده–گیرنده رادیویی وجود دارد که پیام‌های مذکور را دریافت و آنها را به گیرنده مستقر در داخل کابین راننده منتقل می‌نماید، راننده نیز برحسب موقعیت خط و محل قرارگیری قطار، می‌تواند تصمیم لازم را اتخاذ و در صورت صلاحدید قطار را متوقف کرده، یا صبر کند تا به محل ایمن رسیده و سپس قطار را متوقف نماید و سپس عیب مذکور را با اطلاع به مأموران مربوطه مرتفع نماید. برد سیستم فرستنده این سنسورها معمولاً در حدود ۳۰ متر می‌باشد، لذا ضروری است تا واگن آخر قطار به محدوده مذکور وارد گردد. در صورت نیاز می‌توان برد فرستنده را تا حدود ۲۰۰۰ متر افزایش داد. در این حالت فرستنده می‌تواند به طور مستقیم و در کمتر از دو ثانیه راننده را از مشکل به وجود آمده مطلع نماید.

ساختار الکترونیکی این سنسورها به گونه‌ای است که به محض فعال شدن اولیه به خاطر وجود باطری داخلی برای مدت تقریبی ۳۰ دقیقه به طور دائم پیغام خطا را ارسال می‌نمایند. برای جلوگیری از مصرف زیاد انرژی سنسور، راننده باید آن را به حالت اولیه بازگرداند. از آنجا که احتمال تخریب سنسورها توسط برخورد

با چرخ خارج شده از خط وجود دارد مسأله تأمین یدکی نیز در عمل باید در نظر گرفته شود. در شکل ۳-۱۲ اجزای سیستم فرستنده و گیرنده در قطار و داخل کابین راننده و در شکل ۳-۱۳ یک نمونه تجهیزات مکانیکی روی ریل برای مشخص کردن خروج از خط ارائه شده است.

گیرنده داخل کابین قطار جهت آگاهی دادن انفصال به راننده

فرستنده انتهای قطار جهت تشخیص و ارسال آلارم انفصال

شکل ۳-۱۲- نمونه‌ای از تجهیزات تشخیص انفصال و هشدار به راننده [۲۶]

شکل ۳-۱۳- نمونه تجهیزات مکانیکی تشخیص خروج از خط[۲۶]

در کنار سیستم فوق می‌توان از یک سیستم دیگر که آن هم به صورت رادیویی کار کرده و جدا شدن واگن را تشخیص می‌دهد، استفاده نمود. این سیستم نیز دارای یک فرستنده می‌باشد که در انتهای قطار وصل شده و شیلنگ باد انتهای قطار نیز به آن متصل می‌گردد. گیرنده این سیستم نیز در واگن ابتدایی راننده (لکوموتیو) نصب می‌گردد. اصول کار این سیستم مبتنی بر کاهش فشار بار داخل مسیر باد می‌باشد. به این ترتیب، چنانچه یک یا چند واگن از قطار جدا شوند، به علت باز شدن مسیر هوا افت فشار در آن ایجاد می‌شود. سنسوری که در فرستنده انتهایی قطار وجود دارد این وضعیت را شناسایی کرده و با ارسال پیغام رادیویی بر روی صفحه گیرنده داخل لوکوموتیو، پیام مذکور ظاهر می‌گردد.

از این سیستم می‌توان به عنوان کنترل‌کننده فشار باد نیز استفاده نمود. از آنجا که ترمزهای قطار با فشار باد کار می‌کنند، این دستگاه در هر دو حالت (چه انفصال قطار و چه افت فشار ترمز) زنگ هشدار مربوطه را فعال نموده و پیغام هشدار را برای راننده ارسال می‌نماید. با توجه به مشخصات سیستم‌های فوق ملاحظه می‌گردد که برای اطلاع از انفصال قطار و افت فشار ترمز و قابل حمل بودن تجهیزات رادیویی کافی است به تعداد قطارهای در حال سیر (و نه کل قطارها) از این سیستم تهیه کرده و از آن بهره‌برداری نمود. به علاوه با توجه به سرعت قطارها و حداقل فاصله ایمنی قطار بعد از ترمز، می‌توان سنسورهای خروج از خط را قبل از ورودی سوزن‌ها و نقاط حساس نصب نمود. از آنجاکه راه‌آهن در فکر حذف واگنهای کابوس انتهای قطار است و با حذف آن ترمزبان انتهای قطار نیز حذف می‌گردد و نظر به اینکه یکی از وظائف آن نیز تشخیص انفصال قطار است، لذا می‌توان از این سیستم در راستای آن هدف نیز استفاده نمود. در حال حاضر بررسی حذف واگن کابوس به عنوان یک پروژه با یک شرکت خصوصی در شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران در حال جریان می‌باشد.

۳-۵- سیستم اعلان خطر خودکار به اکیپهای نگهداری خط[1]

از آنجاکه سلامت اکیپ‌های عملیاتی دارای اهمیت ویژه‌ای است، لذا استفاده از تجهیزات نوین برای افزایش ایمنی این پرسنل، مدنظر مدیران و اکیپ‌های مربوطه می‌باشد. یکی از سیستم‌های کارآمد در این راه استفاده از سیستم‌های اعلان خطر اتوماتیک به اکیپ‌های نگهداری خط می‌باشد. با توجه به لزوم مسدود نمودن خط در مدت زمان معینی از طول روز برای انجام تعمیرات موضعی و کلی و خطرات بالقوه ناشی از برخورد قطارهای عبوری در سیستم‌های دو خطه با این اکیپ‌ها، ضرورت استفاده از سیستم‌های هوشمند اتوماتیک در این خصوص بیشتر نمود پیدا می‌کند.

اهداف اصلی استفاده از این سیستم عبارتند از:

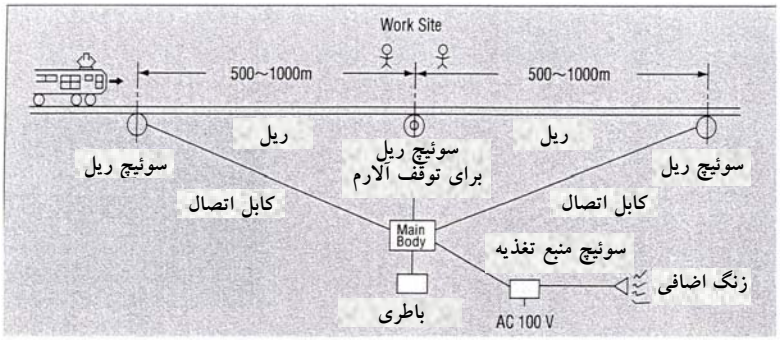
- هشدار نزدیک شدن وسیله نقلیه ریلی به پرسنل مشغول به کار در خطوط مجاور
- کاهش پرسنل مورد نیاز جهت هشدار به اکیپ‌های عملیاتی
- افزایش دقت و امنیت و کاهش خطای انسانی به علت استفاده از ابزار دقیق

به طور کلی این سیستم باید از یک قسمت اعلان و یک قسمت هشدار تشکیل شود، به نحوی که هر یک از این قسمت‌ها بتواند به صورت مجزا عمل نماید. قسمت اعلان وسایل‌نقلیه ریلی را که به محل عملیات پرسنل نزدیک می‌شوند، شناسایی نموده و نزدیک شدن آنها را اعلان می‌نماید. وسایل‌نقلیه ریلی به وسیله آشکارسازها شناسایی شده و پیام‌های مربوطه توسط فرستنده اعلان به گیرنده آن از طریق بی‌سیم و یا با استفاده

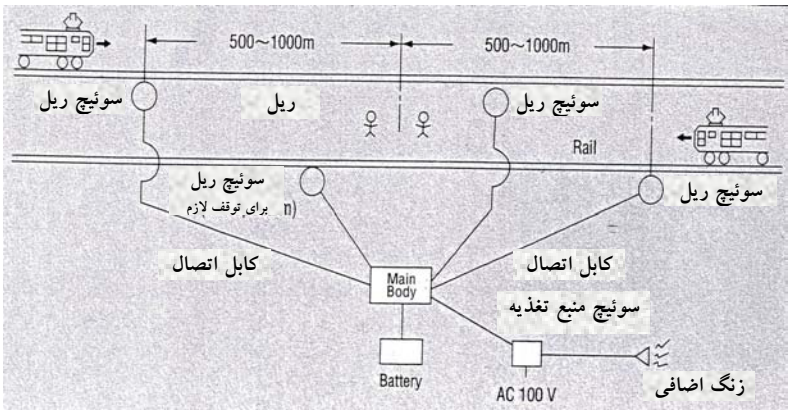
1 - Automatic warning of track maintenance gonge

از کابل گزارش می‌شوند. لازم به ذکر است در صورت استفاده از کابل برای ارسال پیام‌ها برخی از تجهیزات مورد نیاز نمی‌باشد. بعد از آن توسط قسمت هشدار به پرسنل در معرض خطر، هشدار داده می‌شود. از این سیستم‌ها می‌توان در دو حالت سایت متحرک و ثابت کاری در محل‌های زیر استفاده نمود:

- خطوط یک خطه با ترافیک دو طرفه (شکل ۳-۱۴)
- خطوط دو خطه که هر خط می‌تواند ترافیک یک یا دو طرفه داشته باشد (شکل ۳-۱۵)
- خطوطی که به موازات خطوط برقی حرکت می‌کنند.



شکل ۳-۱۴- نمای شماتیک استقرار تجهیزات هشدار اتوماتیک در یک سیستم نمونه در راه‌آهن یک خطه[۲۰]



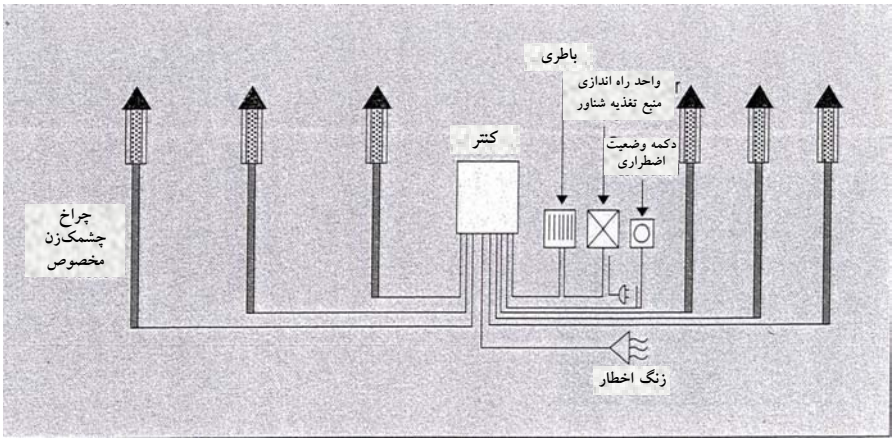
شکل ۳-۱۵- نمای شماتیک استقرار تجهیزات هشدار اتوماتیک در یک سیستم نمونه در راه‌آهن دو خطه [۲۰]

از آنجا که این سیستم باید قادر به تشخیص جهت حرکت وسیله‌نقلیه نیز باشد، لذا ضروری است تا در دو طرف محل مورد نظر، سنسورها نصب گردند. بعد از تشخیص وجود وسیله‌نقلیه، هشدار لازم توسط فعال نمودن آلارم‌های صوتی و نوری اعلام می‌گردد. به همراه سیگنال صوتی، معمولاً سیگنال نوری به صورت ثابت روشن می‌شود و این هشدار هنگامی که آخرین واگن وسیله نقلیه ریلی از حوزه عملکرد سیستم خارج گردد

خاموش می‌شود. در فاصله ورود اولین وسیله‌نقلیه تا نقطه اعلام وضعیت عادی، سیستم می‌تواند حداقل وجود چهار وسیله‌نقلیه را تشخیص دهد. در صورت خرابی منبع تغذیه یا یکی از اجزای سیستم، باید سیگنالی برای نشان دادن این اشکال فعال گردد تا بتوان به طور موقت توسط پرسنل و به صورت دستی عملیات هشدار را انجام داد. با توجه به اینکه محل نصب سنسورها ارتباط مستقیم با سرعت حرکت قطار و زمان لازم برای هشدار به اکیپ‌ها دارد، لذا مکان‌یابی و فاصله سنسورها از یکدیگر دارای اهمیت خاصی می‌باشد.

سنسورهای به کار رفته برای تشخیص قطار می‌توانند از انواع مختلف نظیر الکترومکانیکی، التراسونیک، نوری و... باشند که هر کدام از آنها دارای کاربرد خاص و محل استفاده ویژه خود می‌باشند. در سیستم‌های نوری و لیزری برای جلوگیری از بروز خطا در تشخیص گیرنده‌ها، از گیرنده‌های سه‌گانه استفاده می‌گردد. این گیرنده‌ها با توجه به ابعاد وسایل‌نقلیه عبوری، محل و فاصله سنسورها محاسبه و نصب می‌گردند. شکل(۳-۱۶) یک نمونه از سنسورهای فرستنده و گیرنده مربوط به سیستم شناسایی خودکار را نشان می‌دهد که فواصل سنسورها با توجه به ابعاد قطارها حدود ۷۵ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. هشدارهای بصری که توسط یک چراغ سه‌نما ایجاد می‌گردد در کنار هشدارهای صوتی نقش مؤثری در ایمنی بیشتر ایفا می‌کند. می‌توان ترکیب چراغ‌ها را به همراه آژیر به صورت زیر در نظر گرفت:

- خطر: قطار نزدیک است، چراغ قرمز و آژیر ممتد
- احتیاط: قطار در حال نزدیک شدن است، چراغ زرد و آژیر موج‌دار
- بی‌خطر: مسیر ایمن است، چراغ سبز بدون آژیر



شکل ۳-۱۶- یک نمونه از تجهیزات هشدار خودکار [۲۰]

استفاده از این سیستم‌ها تاکنون در راه‌آهن ایران مورد توجه نبوده که به همین دلیل موجب بروز سانحه‌هایی نیز گردیده است. اما اخیراً با هماهنگی‌ها و بازدیدهایی که از مرکز UIC توسط مدیران راه‌آهن به عمل آمده و با توجه به فیشهای استاندارد ارائه شده توسط کمیته‌های مربوطه، استفاده و اجرای این سیستم‌ها در برنامه‌های راه‌آهن ایران قرار گرفته است. به این منظور لازم است با برگزاری سمینارهایی مزایای سیستم مورد نظر ارائه شده و با اجرای یک پروژه به صورت نمونه، سیستم را عیب‌یابی و بعد از رفع اشکالات سیستم مذکور با برآورد مهندسی تعداد مورد نیاز از آن را با ذکر مشخصات تهیه کرده و در اختیار اکیپ‌ها قرار داد.

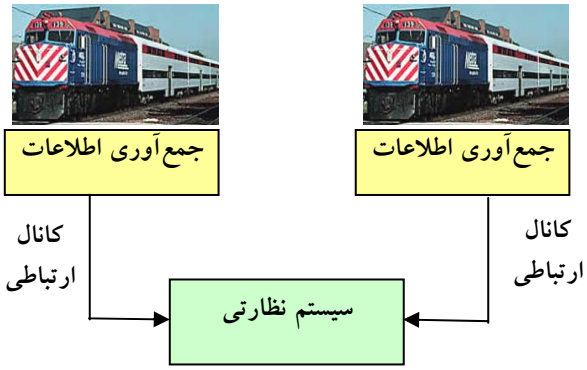
۳-۶- سیستم شناسایی خودکار وسایل‌نقلیه[1]

هرکارخانه یا شرکت خدماتی و تولیدی خواستار افزایش سود می‌باشد. در این راه ارائه خدمات و محصولات بهتر می‌تواند نقش مهمی را ایفا نماید. به این منظور و در جهت ردیابی کالاها و محصولات، می‌توان در صورت وجود هرگونه ایراد، با توجه به کد مربوطه وسایل‌نقلیه را عیب یابی نموده و از مبداء جلوی آن را گرفت. در سیستم حمل‌ونقل ریلی نیز این مطلب صادق است، با این تفاوت که چیزهایی که باید ره‌گیری شوند واگن‌های هرکدام از قطارها می‌باشند. اساس کار این سیستم‌ها به این صورت است که برای هر واگن یک شماره شناسایی[2] در نظر گرفته می‌شود و اطلاعات مربوط به واگن داخل آن شماره نوشته می‌شود.

تا سالهای اخیر عمل ثبت اطلاعات توسط نیروهای انسانی و یا ترکیبی از نیروی انسانی و واردکردن اطلاعات آن در رایانه به طور دستی صورت می‌گرفته است. با پیشرفت تکنولوژی در زمینه الکترونیک و مخابرات و امکان حذف نیروی انسانی و در نتیجه کاهش خطاهای خواسته و ناخواسته، همچنین افزایش سرعت عمل و امکان شناسایی و کنترل عوامل متعدد، از سیستم‌های شناسایی اشیاء با روشهای مختلف استفاده شده است. در این راستا به منظور کاهش هزینه و افزایش سرعت و کنترل و نظارت دقیق‌تر بر رفت و آمد واگن‌ها، در کشورهای پیشرفته از سیستم‌های اتوماتیک شناسایی استفاده شده است. این گونه سیستم‌ها برای شبکه‌های بزرگ بسیار هزینه‌بر می‌باشند، ولی به جهت کارآیی آنها در شبکه‌های مذکور، استفاده از آنها توجیه اقتصادی پیدا می‌کند.

اساس کار این سیستم امواج رادیویی در فرکانسهای مختلف می‌باشد. سیستم‌هایی نیز به طریق مغناطیسی که صورت دیگر انتقال امواج رادیویی با فرکانسهای خیلی پایین است و سیستم بارکد یا کدهای میله‌ای نیز ساخته شده‌اند. نمای کلی یک سیستم شناسایی واگن در شکل(۳-۱۷) نشان داده شده است.

1 - Automatic Vehicle Identification (AVI)
2 - ID CODE



شکل ۳-۱۷- نمای شماتیک یک سیستم شناسایی واگن

همانطور که مشاهده می‌شود در یک سیستم شناسایی واگن اطلاعات واگن‌های مختلف در نقاط مختلف جمع‌آوری شده و از طریق بستر ارتباطی که می‌تواند خط تلفن، فیبرنوری یا... باشد به سیستم نظارت مرکزی انتقال می‌یابد. در این سیستم، با توجه به نیازهای موجود، توسط نرم‌افزار مربوطه اطلاعات پردازش شده و نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد. با استفاده از این سیستم می‌توان قطارها را در کل مجموعه ریلی ردیابی و تعقیب نمود. سیستم‌های مختلف جمع آوری اطلاعات در مجموعه ریلی را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم نمود:

۳-۶-۱- سیستم‌های مبتنی بر امواج نوری

در این روش با تاباندن اشعه لیزر از تجهیزات کنار خط به یک برچسب که اطلاعات ثابت مربوط به واگن روی آن نوشته شده است، پس از انعکاس، اطلاعات لازم از برچسب دریافت می‌شود. این عمل توسط سیستم‌های بارکدخوان انجام می‌شود. نوع دیگر استفاده از امواج نوری در دوربین‌های فیلمبرداری است. در این روش حداکثر فاصله دوربین و اسکنر لیزری از بارکد نصب شده روی واگن ۳ متر می‌باشد.

از جمله مزایای این سیستم می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- قیمت پائین تجهیزات روی واگن
- بازدهی بالای مصرفی و عدم نیاز به توان بالا
- سادگی تجهیزات و نصب برچسب

معایب این روش نیز عبارتند از :

- نیاز به دید مستقیم برچسب توسط اسکنر
- وارداتی بودن کلیه تجهیزات
- حساسیت به شرایط محیطی
- قیمت بالای تجهیزات کنار خط
- نیاز به تشخیص محل دقیق برچسب

- حساسیت در مقابل آلودگی روی کارت‌ها
- ثابت بودن اطلاعات برچسب‌ها

۳-۶-۲- مبتنی بر امواج رادیویی (RFID L/H)

در این روش با پخش توان الکتریکی به صورت امواج رادیویی با فرکانس‌های پائین در یک استاندارد و با فرکانس‌های بالا در استاندارد دیگر، برچسب‌های سازگار را فعال نموده و اطلاعات آنها را شناسایی می‌کنند. این اطلاعات در واقع کدهایی هستند که توسط برچسب‌ها ساخته می‌شوند و در بعضی ثابت و در بعضی دیگر قابل تغییر می‌باشند. در روش RF از امواج مغناطیسی در محدوده ۱۰ کیلو هرتز تا ۱۰ گیگا هرتز استفاده می‌شود. چنانچه فرکانس ارسال اطلاعات پائین باشد (در حد ۱۰۰ کیلو هرتز) به این روش RFID LF می‌گویند، که به روش تزویج مغناطیس به منظور شناسایی آلات ناقله معروف است. از این نوع به علت پائین بودن نرخ ارسال اطلاعات و نیز محدود شدن سرعت جسم متحرک از مقابل دستگاه برچسب‌خوان[1]، معمولاً در خطوط تولید کارخانجات و یا مبادی ورودی و خروجی که سرعت پائینی مورد نیاز است استفاده می‌شود.

محاسن روش تزویج عبارت است از:

- عدم حساسیت برچسب‌ها به گرد و خاک، لرزش و مایعات روغنی
- امکان ساخت سیستم در داخل کشور و پایین بودن هزینه ساخت آن
- عدم نیاز به دید مستقیم روی برچسب توسط دستگاه برچسب‌خوان
- ظرفیت بیشتر نگهداری اطلاعات (تا ۲ کیلوبایت)
- امکان تغییر و تست اطلاعات داخل برچسب‌ها
- عدم نیاز برچسب‌ها به منبع تغذیه خارجی و اضافه

همچنین معایب آن شامل موارد زیر می‌باشد:

- به علت وجود هسته هوایی و هرز توان الکتریکی، توان مصرفی آن زیاد است.
- بزرگ بودن ابعاد برچسب‌ها و دستگاه برچسب‌خوان آنها
- محدودیت در سرعت واگن (تا ۶۰ km/h)
- محدودیت فاصله برچسب با دستگاه برچسب‌خوان مربوطه (حداکثر ۱ متر)

۳-۶-۳- استفاده از امواج دریایی در فرکانس بالا

شامل امواج با فرکانس ۸۰۰ کیلو هرتز تا ۳ گیگا هرتز که به آن RFID HF می‌گویند. تفاوت اصلی

1 - Reader

این مدل با مدل قبلی در سرعت تبادل اطلاعات و عبور وسیله‌نقلیه از تجهیزات کنار خط با سرعت بیشتر می‌باشد. به علت ویژگی‌هایی نظیر محدوده فرکانسی، عدم نیاز به دید مستقیم، سرعت تردد بیشتر و برد مفید آن که در حدود چند ده متر(تا ۵۵ متر) است، کارت‌های این سیستم‌ها از پر کاربردترین سیستم‌های شناسایی می‌باشند.

کارت‌های این سیستم دارای کد شناسایی انحصاری می‌باشند و برای کارکرد و حفظ اطلاعات خود، احتیاج به یک باطری پشتیبان دارند. برای برنامه‌ریزی این کارت‌ها می‌توان توسط دستگاه‌های خاص برنامه‌ریز محتوای آنها را به صورت ثابت یا پویا تغییر داد. در برچسب‌هایی که دارای باطری پشتیبان هستند، فرستنده داخلی به طور دائم امواج رادیویی را از خود به بیرون می‌فرستد. این امواج به محض ورود وسیله‌نقلیه به داخل ایستگاه توسط دستگاه برچسب‌خوان دریافت و شناسایی می‌شوند. اما در گونه‌های ساده‌تر که امکان پخش امواج را ندارند، به وسیله سیستم‌های تشخیص‌دهنده وجود واگن آشکار شده و بعد از فعال نمودن دستگاه برچسب‌خوان، کارت‌ها امواج ارسالی از دستگاه برچسب خوان را دریافت می‌کنند. سپس دستگاه تغذیه داخلی خود را توسط آن فراهم ساخته و کارت را فعال می‌نماید و اطلاعات داخل کارت نیز خوانده می‌شود.

از جمله مزایای این روش می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- عمر بالای باطری به علت مصرف پایین توان آن
- ظرفیت نگهداری بالای اطلاعات
- نرخ بالای ارسال اطلاعات
- کم وزن بودن کارت‌ها
- سرعت بالای عبور وسیله از مقابل دستگاه برچسب‌خوان
- سهولت برنامه‌ریزی و تغییر اطلاعات در حین حرکت

از معایب آن می‌توان به قیمت بالای تجهیزات و وارداتی بودن بیشتر اجزای آن اشاره نمود. با توجه به مطالب عنوان شده و نظر به شرایط و امکانات موجود و هدف از به کارگیری این سیستم، می‌توان مدل‌های مورد نظر را انتخاب نمود. اما نکته مهم آن است که معمولاً در حمل‌ونقل ریلی از سیستم RFID HF استفاده می‌گردد. اهمیت این مسأله در راه‌آهن ایران هنگامی بیشتر نمود می‌یابد که بدانیم سالانه هزینه هنگفتی صرف پرداخت اجاره واگن‌های خارجی می‌گردد که در طول ایستگاههای راه‌آهن ناپدید شده و در عمل استفاده‌ای از آنها نمی‌گردد. یعنی به علت نبود سیستم ردیابی واگن‌ها محل آنها برای سیستم مدیریت مشخص نمی‌باشد و کرایه آنها به صورت ضرر پرداخت می‌گردد.

اگر خصوصیات مختلفی نظیر سادگی تجهیزات مستقر روی واگن جهت تعمیر و نگهداری، سرعت نصب تجهیزات، بازدهی و توان مصرفی، سرعت بالای حرکت واگن، حساسیت کم به شرایط محیطی، قابلیت

برنامه‌ریزی ساده، حجم و سرعت اطلاعات ارسالی و ظرفیت بالای نگهداری حافظه برچسب‌ها در نظر گرفته شوند، بهترین سیستم برای ایران نوع RFID HF است. لذا در این راستا مرکز تحقیقات راه‌آهن توسط شرکت کد ایران یک نوع از این سیستم را به نام confident انتخاب کرده و با اعمال تغییراتی در آن برای استفاده در تشخیص واگن، به صورت آزمایشی مورد استفاده قرار داده است. این پروژه حدود ۴ سال بعد از تأیید نمونه اولیه مسکوت ماند تا مجدداً توسط دفتر خدمات ماشینی با همکاری اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی فعال گردیده و در حال حاضر نیز در جریان می‌باشد.

با گسترش این سیستم و نصب آن در ایستگاههای تشکیلاتی و مراکز نواحی و با استفاده از خطوط تلفنی و مودم[1] و مرتبط کردن اطلاعات دریافتی از نقاط مختلف با کامپیوتر مراکز کنترل و جمع‌آوری اطلاعات مربوطه، نتایجی از قبیل هزینه‌های مانور و اعزام غلط، پیگیری واگن‌های اجاره‌ای و کاهش هزینهٔ اجاره بهای آنها و سرویس‌دهی منظم‌تر و بهتر به صاحبان کالاها به دست می‌آیند.

۳-۷- سیستم‌های کنترلی نوین

همانطور که در قسمت سیستم‌های حفاظتی قطار ذکر شد، در سراسر دنیا سیستم‌های کنترلی در حال پیشرفت و استاندارد شدن می‌باشند. در اروپا نیز سیستم‌های کنترلی به صورت استاندارد تعریف شده‌اند که برحسب حجم ترافیک و فاصله زمانی قطارهای ارسالی، یکی از آنها انتخاب و اجرا می‌گردد. در ادامه توضیح مختصری راجع به استاندارد مذکور در اروپا ارائه خواهد شد.

جهت هماهنگ‌سازی و امکان تردد قطارهای کشورهای مختلف اروپایی بین یکدیگر و بدون تعویض لکوموتیو و سایر واگن‌ها در بین کشورهای اروپایی، تصمیم گرفته شد که از یک استاندارد واحد جهت کنترل قطارها استفاده گردد. البته این استاندارد بعد از پیشرفت و گسترش در بین سایر کشورهای غیراروپایی نیز راه یافته و اجرا گردیده است. در ادامه به ذکر ویژگیهای این استاندارد و سطوح مختلف آن به همراه اختلافات آنها پرداخته می‌شود. از زمانهای گذشته استفاده از سیستم‌های ارتباط راه دور به منظور کنترل مسیر و حرکت در صنعت ریلی رایج بوده و با گذشت زمان و پیشرفت فن‌آوری و توسعه روزافزون علم الکترونیک و مخابرات، بکارگیری سیستم‌های مدرن‌تر نظیر تله‌ماتیک[2] که از نظر عملکردی نسبت به سیستم‌های قبلی دقیق‌تر می‌باشند، اهمیت بیشتری یافته است. استفاده از این سیستم‌ها در زمینه‌های مختلف، نظیر بررسی مداوم قطارهای سریع‌السیر مطرح می‌باشد. از جمله این موارد می‌توان به پانل نمایش وضعیت قطار و سیستم‌های دیجیتالی نصب شده در کابین راننده اشاره کرد. این پانل دارای اطلاعاتی در زمینه حفاظت و کنترل سرعت می‌باشد.

1 - Modem
2 - telematic

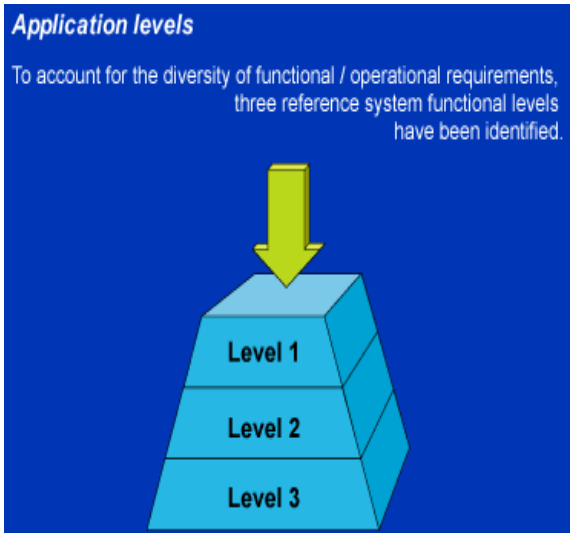
توسط چنین سیستم‌هایی اطلاعاتی در زمینه کنترل، در دسترس بهره‌بردار قرار می‌گیرد که او را قادر می‌سازد در کوتاه‌ترین زمان، تمام فعالیت‌های مدیریتی و تعمیر و نگهداری را به انجام برساند. هدف از کاربرد سیستم تلماتیک، مقایسه دائمی و خودکار بین اهداف از پیش تعیین شده و نتایج عملی آن به عنوان مکانیزم انتقال داده‌ها می‌باشد.

استفاده از سیستم‌های مختلف کنترل سیر و حفاظت در سراسر اروپا، روند تجهیز و بهره برداری از لکوموتیوها، واگن‌ها و به طور کل قطارها را دشوار می‌سازد. تعداد و چندگانگی این سیستم‌ها همچون سدی در برابر یکسان سازی سیستم‌های اروپائی بوده و به نوعی مانع از ایجاد یک بازار با حجم معادلات قابل توجه و شرایط رقابتی مطلوب در اروپا می‌گردد. لذا با حمایت‌های بی‌شائبه کمیسیون اروپا، راه‌آهن‌های اروپایی به همراه صاحبان صنایع تلاش نمودند تا سیستم مدیریت ترافیک ریلی اروپا ERTMS [1] را بنیان گذاردند.

تا چند سال دیگر این تلاش منجر به ایجاد و رشد یک سیستم تلفن متحرک دیجتیال با کارآیی بسیار بالا در آلمان خواهد شد. سیستمی که GPRS [2] تنها یک نمونه کاربرد گسترده آن می‌باشد، دارای کاربردهای بالقوه بسیار متنوع و زیاد در قالب شبکه می‌باشد. ارتباط ساده صوتی بین رانندگان قطار و مراکز کنترل، کنترل حفاظت قطار، ایجاد ارتباط با وسایل‌نقلیه جاده‌ای، ارتباط بی‌سیم با مبداء و مقصدها و به علاوه ایجاد ارتباط بی‌سیم بدون مشکل در داخل تونل‌ها، همه و همه از کاربردهای فراوان آن به شمار می‌آیند.

در سال ۱۹۹۹، یعنی همان سالی که فرکانس‌های رادیویی مربوط به راه‌آهن‌ها تعیین گردید، کمیسیون اروپا فرکانس‌هایی نیز برای بالیزهای اروپایی در نظر گرفت(۲۷,۴ مگاهرتز). این مورد اولین استاندارد موجود برای انتقال اطلاعات بین خط و قطار بوده و تا امروز کاربردهای بسیاری بر اساس آن ایجاد شده است. به عنوان مثال کیلومترنمای الکترونیکی یوروبالیز[3]، احتیاج به هیچ نوع منبع انرژی در کنار خط نداشته و بی‌نیاز از هرگونه کابل‌کشی می‌باشد. امروزه یوروبالیز مانند یک علامت به سادگی بر روی تراورس‌ها نصب می‌شود. با استفاده از سیستم‌های ERTMS/ ETCS یا حداقل با به اجرا گذاشتن بخش اصلی ETCS[4] می‌توان به یک ساختار کارآمد در منطقه‌بندی و محدوده‌سازی حرکت دست یافت.[۶] روند توسعه و تثبیت جایگاه‌های ETCS در اروپا در سه سطح در حال شکل‌گیری است که در ادامه به اختصار در این خصوص بحث خواهد شد. (شکل ۳-۱۸)

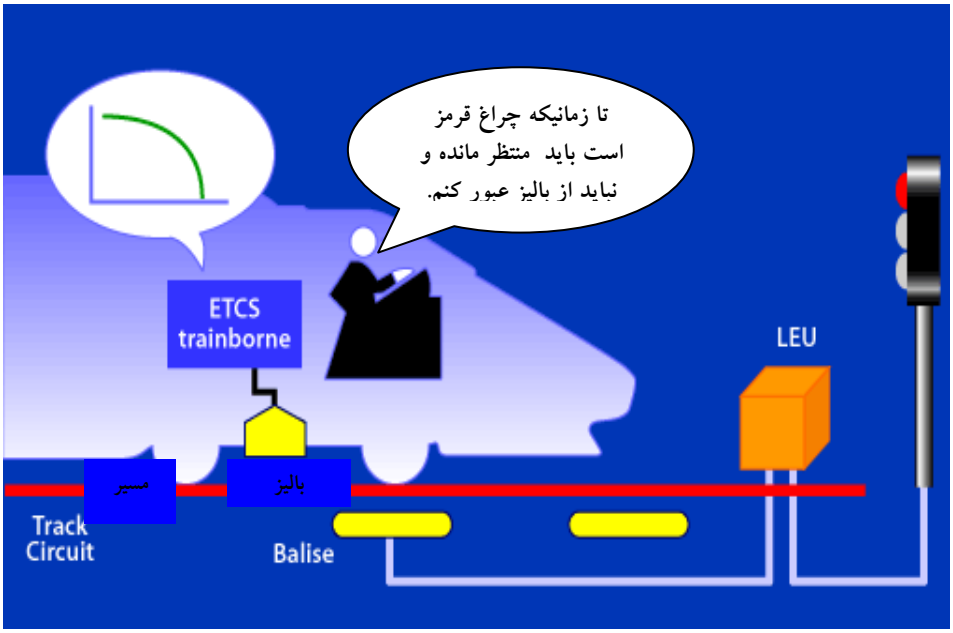
1 - European Rail Transport Management System
2 - Geo
3 - Euro Balise
4- Electronic Train Control System



شکل ۳-۱۸- ترازهای اجرای ERTMS در اروپا [۲۰]

سطح ۱: در این سطح دسته‌ای از علائم که با استفاده از سیستم‌های اینترلاکینگ فعال می‌شوند، حفظ و نگهداری شده و این علائم به صورت محلی به یوروبالیزها متصل می‌شوند. در عین حال از طریق واحدهای الکترونیکی کنار خط (LEU)[1] با یورو بالیزهای نصب شده روی تراورس‌ها ارتباط برقرار می‌کنند. در این حالت یوروبالیزها نه تنها اطلاعات مربوط به مکان فعلی قطار را به سیستم‌های موجود در وسیله‌نقلیه انتقال می‌دهند، بلکه اطلاعات مربوط به وضعیت سیگنال را نیز منتقل می‌نمایند. در شکل(۳-۱۹) شمای کلی عملکرد قطارها در سطح ۱ اجرای ERTMS نمایش داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد در این حالت سیگنال کنار خط مانند قبل وجود داشته و راننده مانند قبل باید با توجه به آن توقف نموده یا به حرکت ادامه دهد.

1- Line side Electronic Unit



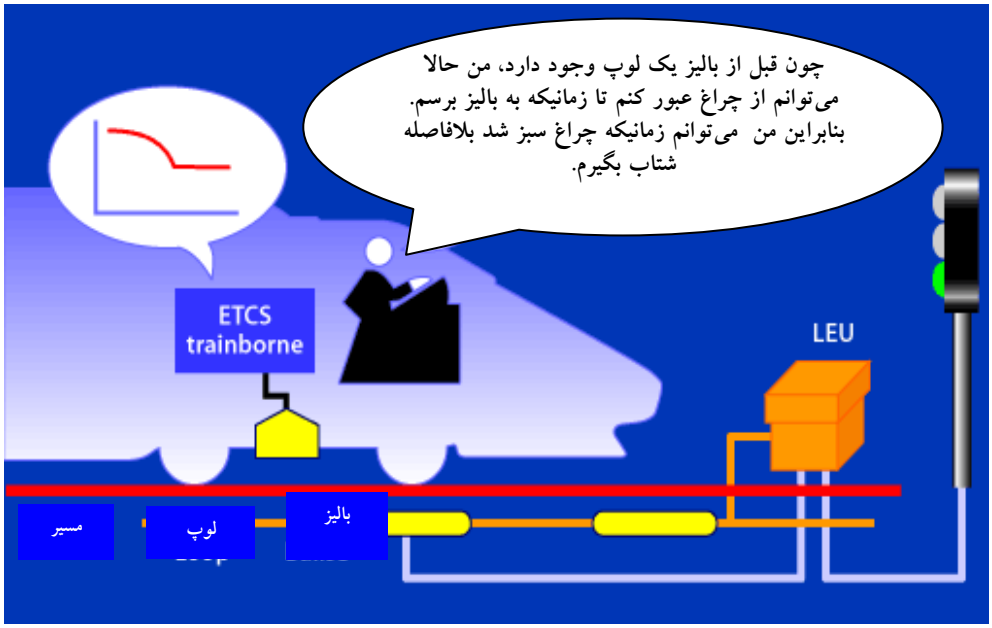
شکل ۳-۱۹- اجرای مرحله اول از تراز ۱ ERTMS در اروپا [۲۰]

سطح ۲: شامل انتقال اطلاعات بدون سیم و با استفاده از GSM-R می‌باشد که در آن قطارها با استفاده از یوروبالیز مکان‌یابی شده و یوروبالیزها بدون هرگونه سیم‌کشی می‌توانند انرژی خود را به کمک امواج صادره از طرف لکوموتیوهای عبوری تأمین نمایند. این موارد از اصول اولیه سطح دوم می‌باشد.

در این سطح وجود بلاک مرکز رادیویی که در کنار خط و در مسیرهایی به طول یکصد تا پانصد کیلومتر نصب می‌گردد، دیگر توجیهی بابت استفاده از سطح یک باقی نمی‌گذارد و آن را به عنصری غیرضروری تبدیل می‌نماید. این امر بدین معنی است که دیگر نیازی به وجود سیگنال در کنار خط نمی‌باشد. در این حالت فاصله ترمز یک مقدار ثابت نمی‌باشد بلکه کمیتی است که با توجه به دینامیک بودن، بسته به شرایط می‌تواند متغییر باشد. در شکل(۳-۲۰) شمای کلی عملکرد قطارها در سطح ۲ اجرای برنامه ارائه شده است. با استفاده از این سطح می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

- امکان تهیه نمودار مختلف سرعت به منظور استفاده مشترک بین قطارهای معمولی و قطارهای تیلتینگ[1]
- پذیرش قطارهای سریع‌السیر در پایانه‌ها
- استفاده از داده‌ها جهت کنترل مستمر، دقیق و قابل اعتماد مسیر قطار

1 - Tilting



شکل ۳-۲۰- اجرای تراز ۲ از پروژه *ERTMS* در اروپا [۲۰]

سطح ۳ : در مقایسه با سطح دوم، در این سطح هیچگونه سیستم نمایان‌گر یا سیگنال برای نشان دادن آزاد بودن یا اشغال بودن بلاک جلویی وجود ندارد. در این حالت فاصله زمانی اعزام قطار را می‌توان یا از طریق شبکه ثابت بلاک‌ها و یا با استفاده از فاصله قطار با انتهای قطار جلویی[1] تعیین نمود.

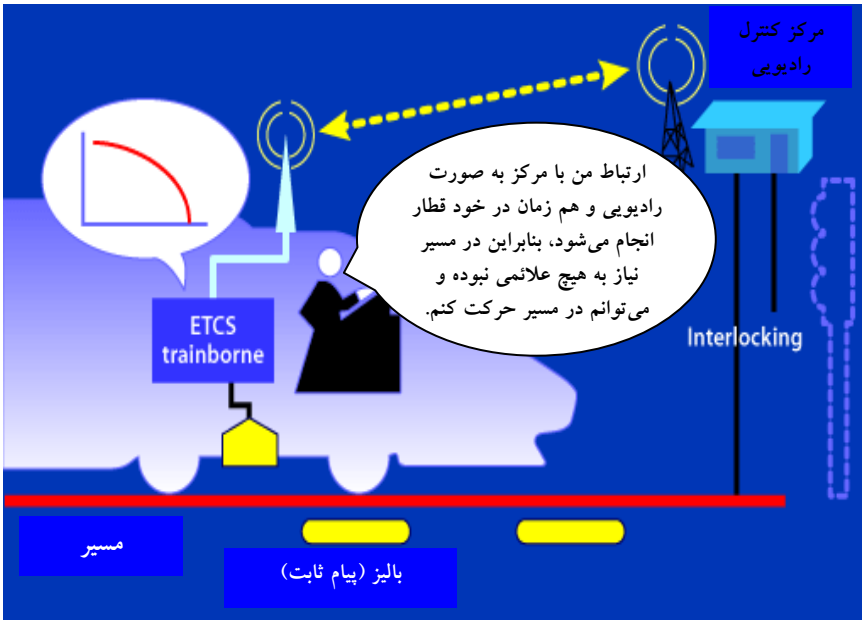
اهداف اصلی استفاده از سطح ۳ عبارتند از:

- بهبود عملکرد
- کاهش هزینه‌های تأسیس خط (ناشی از حذف علائم)

این سطح به شدت وابسته به تکنولوژی روز بوده و احتیاج به ابزاری پویا جهت کنترل مستمر و یکپارچگی و عدم انفصال قطار دارد که می‌توان آن را با استفاده از سایر تجهیزات ارائه شده تأمین نمود. در شکل(۳-۲۱) شمای کلی عملکرد قطارها در سطح ۳ ارائه شده است.

با توجه به برنامه‌های دولت جهت احداث خطوط جدید و نیز ضرورت احداث و ایجاد سیستم‌های کنترلی و علائمی برای این خطوط می‌توان به طور دقیق‌تر سطوح مختلف را مورد بررسی قرار داده و با توجه به سرعت سیر، محل جغرافیایی و سایر موارد سیستم مناسب را انتخاب و اجرا نمود. به عنوان مثال می‌توان به محور مشهد – بافق اشاره نمود که در حال احداث می‌باشد و ظاهراً و در دید اول ETCS سطح ۲ برای آن محور مناسب می‌باشد.

1 - Moving Block



شکل ۳-۲۱- اجرای تراز ۳ از پروژه ERTMS در اروپا [۲۰]

فصل ۴

بررسی مطالعات انجام شده و تجارب کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در بخش حمل‌ونقل ریلی

با توجه به اینکه ضرورت استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی در کشور مورد بررسی قرار گرفته و در خصوص کلیات سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی نیز مباحثی مطرح شد، لازم است در این قسمت اشاره‌ای به تجارب سایر کشورها در زمینه هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی شود. مطالعه روند توسعه و گسترش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در سایر کشورها و مسایل و مشکلات پیش روی آنها می‌تواند منبع اطلاعاتی مناسبی برای تصمیم‌سازی در خصوص چگونگی تعیین راهبردهای لازم به منظور برنامه‌ریزی هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در کشور باشد. به علاوه استفاده از تجربیات سایرین، از صرف هزینه‌های فراوان و زمان طولانی در کسب تجربه‌های مشابه جلوگیری خواهد کرد.

از آنجا که بحث هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در دنیا نیز موضوع جدیدی می‌باشد، اطلاعات مدون در این زمینه اغلب محدود به کشورهای خاص که پیشگام در این زمینه هستند از قبیل ژاپن، آمریکا، چین، هند و... می‌شود. به منظور انتخاب کشورهایی که در نظر است تجارب آنها در زمینه حمل‌ونقل ریلی مورد بررسی قرار گیرد، به کشورهایی پرداخته می‌شود که امکان اتصال حمل‌ونقل ریلی کشور به این کشورها در آینده وجود دارد. به عنوان مثال مطالعه برنامه‌ها و استانداردهای کشورهای اروپایی که در حمل‌ونقل ریلی و جاده‌ای

به نوعی به کشور ما متصل بوده و یا در مورد هند و چین، بررسی ویژگی‌های حمل‌ونقل این کشورها از اهمیت زیادی برخوردار است.

۴-۱- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی در کشور چین [۱۳]

راه‌آهن چین نقش بسیار مهمی را در توسعه اقتصادی این کشور ایفا کرده است. افزایش تقاضا برای سرعت بالاتر، ظرفیت بیشتر، ارتقای سطح ایمنی و خدمات‌رسانی مهمترین گزینه‌های پیش روی مسؤولان حمل‌ونقل ریلی چین بوده است. با توسعه و پیشرفت هوش مصنوعی، ارتباطات، کامپیوتر و تکنولوژی‌های مربوط به آن، تجدید ساختار راه‌آهن قدیمی و سنتی با چنین تکنولوژی‌های پیشرفته در راستای حل مشکلات فوق‌الذکر امکان پذیر شده است. راه‌آهن چنین ساختار اطلاعاتی خود را در موضوعات برنامه‌ریزی حرکت قطارها، مخابره پیام‌ها، اتصال خطوط و حرکت‌ها به هم و سایر زمینه‌های تخصصی از سال ۱۹۸۰ با موفقیت آغاز نموده است. شرایط جهت تبدیل سیستم حمل‌ونقل ریلی به سیستم حمل‌ونقل هوشمند ریلی (RITS) [1] کاملاً فراهم است. تأسیس و ایجاد ساختار سیستم اولین گام در جهت توسعه حمل‌ونقل هوشمند راه‌آهن ملی چین می‌باشد. در ادامه ابتدا شیوه تحقیقات و توسعه اطلاعات و تکنولوژی‌های هوشمند در راه‌آهن چین ارائه می‌شود و پس از آن به بررسی تعاریف و اهداف سیستم‌های هوشمند ریلی چین، نحوه خدمات به استفاده‌کنندگان و ساختار منطقی و فیزیکی این سیستم پرداخته خواهد شد.

۴-۱-۱- مقدمه

در مواجهه با افزایش سریع تقاضای سرعت و چگالی (ظرفیت) بالا در حمل‌ونقل ریلی، صنعت حمل‌ونقل ریلی ناچار به سمت هوشمندسازی روی آورده است. در کشورهای توسعه یافته، فرآیند اطلاعاتی و نظارتی حمل‌ونقل ریلی در مقیاس کامل پایان یافته است. بر این اساس، فرآیند هوشمندسازی در حال حاضر با هدف افزایش سرعت و کارایی بالا رو به پیشرفت است. تبدیل حمل‌ونقل ریلی به سیستم حمل‌ونقل هوشمند ریلی از طریق هوشمند سازی صنایع ریلی، استراتژی هسته‌ای و اصلی، جهت حفظ و بهبود رقابت‌پذیری حمل‌ونقل ریلی با سایر وسایل عمومی حمل‌ونقل در قرن بیست و یکم خواهد بود. یافته‌های فراوان و پیشرفت سریع تکنولوژی‌های نوین نظیر سیستم‌های هوشمند، ارتباطات و نرم‌افزارها یا سخت‌افزارهای محاسباتی در زمینه‌های مربوطه و توسعه تکنولوژیکی صنایع راه‌آهن، این امکان را فراهم آورده که توسعه حمل‌ونقل ریلی با سرعت بالاتر و عملکرد بهتر احتیاجات جامعه برای "حمل‌ونقل ریلی نوین و مدرن" را برآورده سازد. تلاش‌های مستمری در این زمینه‌ها صورت گرفته است که برخی از مهمترین اقدامات

1 - Railway Intelligent Transportation Systems

انجام شده عبارتند از:

- سیستم مدیریت اطلاعات حمل‌ونقل (TMIS) [۱] با هدف توسعه عملکرد مدیریت و خدمت‌رسانی
- سیستم مدیریت اطلاعات مخابراتی (DMIS) [۲]
- سیستم فروش کامپیوتری بلیط راه‌آهن که در سراسر شبکه ریلی چین پوشش داده شده است
- سیستم هدایت مسیر کامپیوتری شده در جهت افزایش ایمنی
- سیستم نظارت اتوماتیک قطارها (ATS) [۳]
- سیستم بستن و انسداد اتوماتیک مسیرها و... که جهت حل مشکلات حمل‌ونقل ریلی از سال ۱۹۸۰ به‌کار گرفته شده‌اند

در دوره زمانی انجام اقدامات فوق، تئوری‌ها و تکنولوژی‌های هوشمند در زمینه کنترل قطار، هدایت واتصال مسیر قطارها و سایر زمینه‌ها با مقایسه روش‌های مختلف به طور موفقیت‌آمیزی هماهنگ و به هنگام شده است و شرایط را جهت تبدیل سیستم حمل‌ونقل ریلی به نوع هوشمند آن (RITS) مهیا کرده است.

۴-۱-۲- اهداف سیستم هوشمند ریلی در حمل‌ونقل ملی چین

سیستم حمل‌ونقل ریلی هوشمند یک سیستم ارتقا یافته است که در آن بسیاری از تکنولوژی‌های مدرن نظیر الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات نوین، فرآیند اطلاع‌رسانی مدرن و تکنولوژی اتوماسیون، مکانیک، مدیریت و تصمیم گیری و... به نحوی با هم ترکیب شده‌اند که رعایت اصولی چون ایمنی، افزایش کارائی ترافیک، بهبود مدیریت عملکرد و افزایش خدمت‌رسانی با کمترین قیمت تضمین گردد. این نتایج با استفاده مؤثر از همه منابع شناور، آماری، زمانی و مردمی که به ترافیک ریلی بسیار نزدیک می‌باشند، براساس واقعی‌سازی با گردآوری، تبدیل، پردازش و مشارکت اطلاعات عملی می‌شوند.

اهداف اصلی توسعه سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی در چین عبارتند از[۱۳] :

- ارتقای مزایای سیستم‌های اطلاع‌رسانی موجود نظیر TMIS، DMIS و... و تعیین استانداردها و تطابق آن برای همه انواع اطلاعات در جهت حصول اطلاعات آزاد و مشترک
- استخراج نمودن قابلیت‌های بالقوه شالوده این سیستم‌ها، افزایش بازدهی عملکرد قطارها و بهبود قابلیت‌های حمل‌ونقل ریلی
- ارتقای هوشمندی، ایمنی و اطمینان‌پذیری حمل‌ونقل ریلی به سطحی جدیدتر و بالاتر
- افزایش حرکت، تسهیلات و راحتی مسافران

1 -Transportation Management Information System
2 - Dispatch management Information System
3 - Automatic Train Supervision

۴-۱-۳- ساختار سیستم

اولین گام در جهت توسعه حمل‌ونقل ریلی هوشمند در چین ایجاد ساختار مناسب برای سیستم می‌باشد. این ساختار مدلی مشترک برای طراحی RITS فراهم می‌کند. همچنین توابعی را تعریف می‌کند که جهت سرویس‌دهی به یک استفاده کننده، باید اجرا شوند. ماهیت فیزیکی این ساختار، تبادل جریان اطلاعات بین سیستم‌های فیزیکی و ملزومات ارتباط بین جریآنهای اطلاعاتی از اصولی هستند که در بطن این توابع جای می‌گیرند. به علاوه ساختار این سیستم، ملزومات دسترسی به استانداردهای مورد نیاز جهت حمایت از عملیاتی بودن ملی و منطقه‌ای این سیستم را تعریف و تعیین کرده، در کنار آن استانداردهای مورد نیاز جهت حمایت اقتصادی از طریق محدودکردن گستره عملیاتی را نیز ایجاد می‌کند.

۴-۱-۴- خدمات به استفاده کنندگان سیستم هوشمند ریلی

در مطالعات ساختار سیستم هوشمند ریلی، استفاده‌کنندگان شامل اپراتورهای راه‌آهن، مسافران، صاحبان و فروشندگان کالا، مسؤولین خدمات اطلاع‌رسانی، اپراتورهای سیستم‌های حمل‌ونقل غیر از ریل و مرتبط با آن و... می‌باشند. خدماتی که به استفاده‌کنندگان سیستم هوشمند حمل‌ونقل ریلی ارائه می‌شود، در هفت مورد زیر خلاصه می‌شود:

۴-۱-۴-۱- سیستم هدایت هوشمند مسافر (IPNS) [1]

یافته‌های فراوان در تکنولوژی‌های کامپیوتر و ارتباطات امکان خدمات‌رسانی فوق‌العاده پیچیده به مسافران را فراهم آورده است. این نوع خدمات کاربر برای کمک به مسافر یا صاحب کالا جهت برنامه‌ریزی سفر یا فرستادن کالا استفاده می‌شود. همچنین اطلاعات مربوط به حمل‌ونقل ریلی نظیر جدول زمانبندی حرکت قطارها، قیمت بلیط و آخرین شرایط عملکرد قطار را در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

۴-۱-۴-۲- سیستم امنیت و مدیریت اورژانس (EMSS) [2]

هدف اصلی این سیستم خدمات رسانی به کاربران از طریق هشدار به قطارهای کناری و سازمانهای عملیات نجات خودکار در مواقع اضطراری می‌باشد. همچنین برای تشخیص آخرین وضعیت زیرسازی خط و کمک به تصمیم‌گیری برای ترمیم زیرسازی با هدف تضمین ایمنی بستر خط در شرایط عادی به کار می‌رود.

1 - Intelligent personal Navigation System
2 - Emergency Management and Security System

۴-۱-۴-۳- سیستم مخابره و کنترل هوشمند قطارها (ITCDS)[1]

این سیستم جهت تشخیص خصوصیات پیشرفته بیشتر سیستم‌های کنترل قطار بر مبنای ارتباط و براساس موقعیت قطارها و نیز سیستم تکمیل شده ارسال پیام با همه منابع حمل‌ونقل مورد نظر شامل اتومبیل، همه نوع وسایل روی خط آهن، مسیر، منابع انرژی و... می‌باشد. این نوع خدمت قابلیت‌های بالقوه ساختار سیستم را ریشه‌یابی می‌کند.

۴-۱-۴-۴- سیستم مدیریت عملکرد پیشرفته (AOMS)[2]

این خدمت جهت بهینه‌سازی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل مطابق با نیازهای استفاده‌کنندگان بکار می‌رود تا در مواقع بی‌نظمی و اختلال، برنامه حرکت قطارها را هرچه سریع‌تر تنظیم کند. این بخش شامل مدیریت جابجائی مسافر، مدیریت جابجائی کالا، مدیریت حمل کانتینری و سیستم‌های مدیریت نظم‌دهی و مرتب‌سازی می‌شود.

۴-۱-۴-۵- سیستم مدیریت منابع راه‌آهن (RRMS)[3]

این بخش جهت مدیریت همه منابع انسانی و مالی، سرمایه شناور و آماری بکار می‌رود، که شامل سیستم مدیریت منابع انسانی، سیستم مدیریت منابع مالی و سیستم مدیریت سازمانی می‌باشد. هدف اصلی این بخش تصمیم‌گیری صحیح درباره شکل‌گیری و مدیریت منابع با روش‌های بهینه توسط تکنولوژی می‌باشد.

۴-۱-۴-۶- سیستم تجارت در راه‌آهن (RES)[4]

این بخش به منظور توسعه تجارت راه‌آهن ملی چین در نظر گرفته شده و در برگیرنده تجارت حمل‌ونقل مسافر از طریق رزرو و جمع آوری عوارض بلیط، هتل و خدمات مربوط به راه‌آهن به شکل‌های پرداخت الکترونیکی از طریق اینترنت یا سایر روش‌ها و تجارت حمل‌ونقل کالا می‌باشد.

۴-۱-۴-۷- سیستم حمل‌ونقل ترکیبی (ITS)[5]

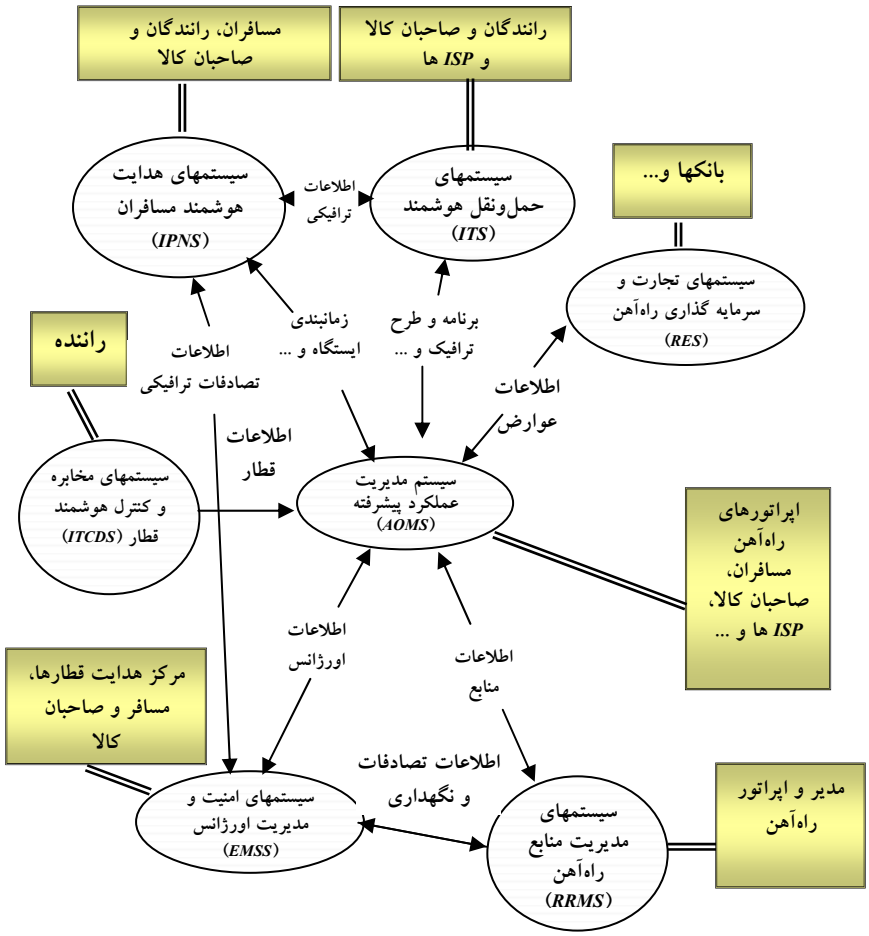
این قسمت جهت تبادل اطلاعات در میان سیستم‌های حمل‌ونقل چند وسیله‌ای شامل: جاده‌ای، هوائی و دریائی بکار رفته و به مسافر یا صاحب کالا کمک می‌کند تا با یاری گرفتن از تکنولوژی‌های تصمیم‌گیر هوشمند، برای تغییر وسیله سفر خود تصمیم‌گیری کند.

---

1 - Intelligent Train Control and Dispatching S ystem
2 - Advanced Operation Management System
3- Railway Resource Management System
4 - Railway E- business System
5 - Inter modal Transportation System

۴-۱-۵- ساختار منطقی پیشرفته

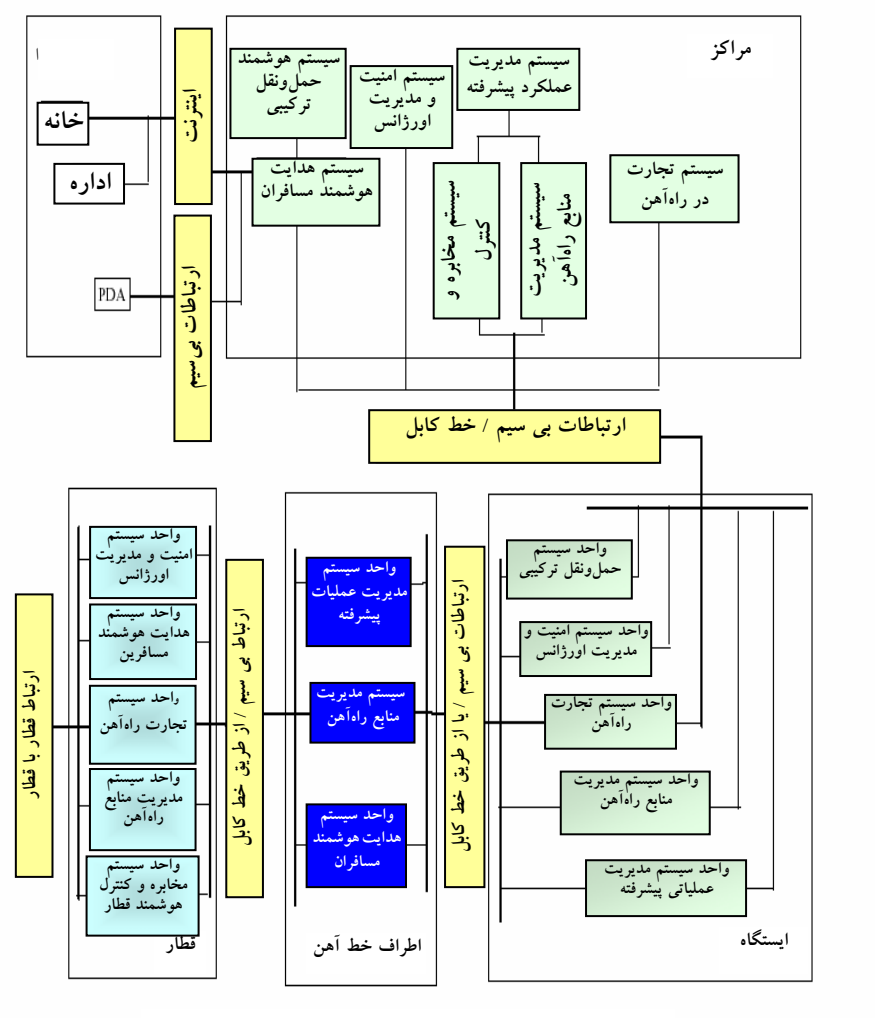
این ساختار یک نگرش تابعی (عملکردی) از ارائه خدمات به کاربران سیستم‌های هوشمند ریلی را ارائه می‌دهد. این ساختار، توابع مورد نیاز در خصوص نحوه ارائه خدمات به کاربران سیستم‌های هوشمند ریلی، همچنین اطلاعات مورد نیاز که بین توابع مذکور مبادله می‌شوند را تعریف می‌کند. یک ساختار منطقی ساده شده سیستم‌های هوشمند ریلی توسط دیاگرام جریان داده‌ها در شکل(٤-١) نشان داده شده است.



شکل ٤-١- ساختار منطقی پیشرفتهٔ حمل‌ونقل هوشمند ریلی چین [۱۳] (*RITS*)

۴-۱-۶- ساختار فیزیکی در سطح پیشرفته

این ساختار، توابع تعریف شده توسط ساختار منطقی را به دو گروه سیستم‌ها و زیرسیستم‌ها براساس شباهت توابع و عملکرد آنها تقسیم می‌کند. یک دیاگرام از ساختار فیزیکی پیشرفته در شکل (٤-٢) نشان داده شده است. این ساختار برای حمل‌ونقل هوشمند ریلی چین شامل پنج سیستم: (سیستم کاربران، سیستم مراکز کنترل، سیستم‌های اطراف خط، سیستم قطار و سیستم ایستگاه) می‌شود.



شکل٤-٢- ساختار فیزیکی پیشرفتهٔ حمل‌ونقل هوشمند ریلی چین[۱۳]

شایان ذکر است که مرکز تحقیقات سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی چین تحت نظارت وزارت راه‌آهن چین در سال ۲۰۰۱ با مسؤولیت تحقیق و توسعه تکنولوژی‌های مربوط به نقش ITS در راه‌آهن، تأسیس شده است. علاوه بر پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی، پروژه‌های دیگری نیز در حال انجام است که این پروژه‌ها به توسعه و پیشبرد سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل راه‌آهن ملی چین شتاب می بخشند نظیر پروژه

ارتباطات بی سیم با هدف حل انتقال و تبادل داده‌ها بین قطار و زمین، پروژه سیستم اطلاعات جغرافیائی ریل که به عنوان یک سکوی جهانی بر حمل‌ونقل هوشمند ریلی عمل می‌کند، پروژه سیستم اطلاعات ایمنی و ... .

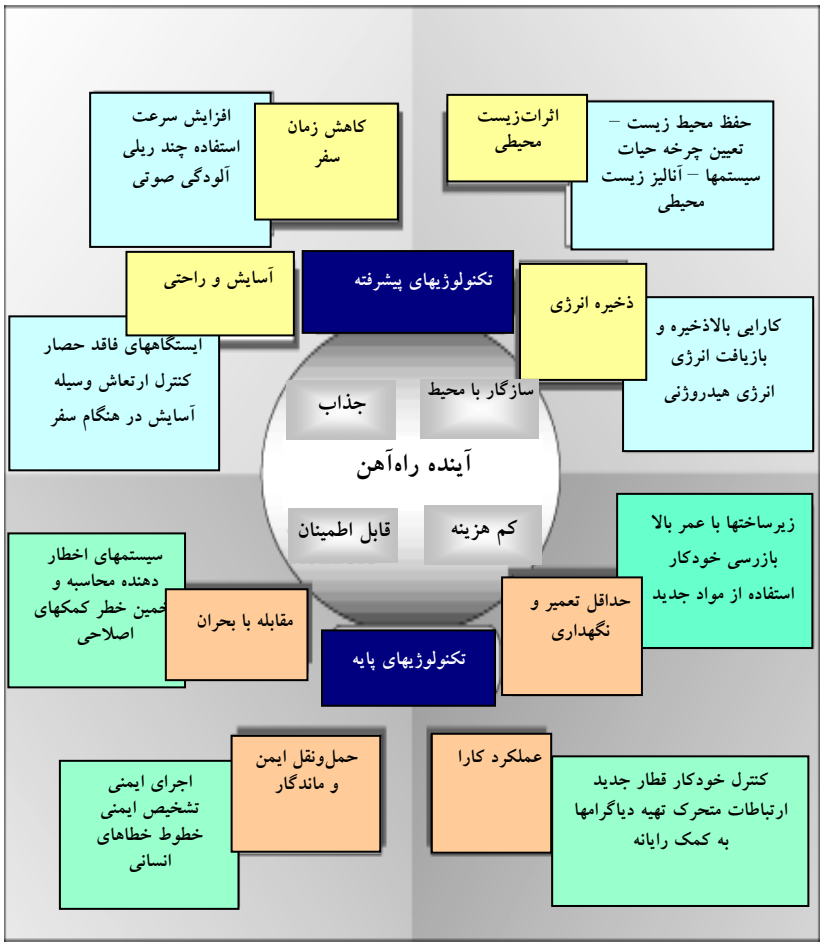
۴-۲- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی در ژاپن [۱۲]

راه‌آهن بالغ بر ۱۵۰ سال در جهان و ۱۲۰ سال در ژاپن در حال سرویس دهی به مردم بوده است. در طول این دوره ۱۲۰ ساله تاریخ راه‌آهن در ژاپن، روش‌های تکنولوژیکی از مهندسی عمران به مکانیک، از مکانیک به الکترونیک، سپس به سیستم اطلاع‌رسانی و اخیراً به مهندسی محیط‌زیست انتقال داده شده است. حمل‌ونقل ریلی هم اکنون در دوره جدیدی قرار دارد که در آن، برگرداندن و تعویض سیستم‌های قبلی به یک نیاز واقعی بدل شده است. صرفه‌جوئی در هزینه‌ها هنوز به عنوان مهمترین عامل در صنایع راه‌آهن نقش ایفا می‌کند. استفاده مؤثر از وسایل‌نقلیه ریلی و مسیرها جهت افزایش دسترسی آنها، بی‌شک نیازمند کاهش هزینه‌ها می‌باشد. جهت بهینه‌سازی ساختار و پایه‌های موجود برای عملکرد قطارهای سریع‌السیر، یک سیستم جدید کنترل ترافیک مورد نیاز است که به افزایش ایمنی نیز کمک می‌کند. لذا عصر جدید راه‌آهن در ژاپن، تحت عنوان قطارهای هوشمند بر روی مسیرهای هوشمند معرفی شده است. در واقع مسیرهای هوشمند عبارتست از استفاده کامپیوترها و وسایل ارتباطی دیجیتالی به منظور جمع‌آوری، پردازش و ارائه اطلاعات که ساختار اصلی حمل‌ونقل هوشمند ریلی ژاپن را تشکیل می‌دهد.

۴-۲-۱- موسسه تحقیقات تکنولوژی راه‌آهن (RTRI)[1]

مؤسسه تحقیقات و توسعه اطلاعات فعالیت خود را در زمینه هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی برای دوره‌ای ۵ ساله، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴، تحت یک طرح مطالعاتی مدیریت پایه آغاز کرده است. همانطور که در شکل(٤-۳) نشان داده شده است هدف این مطالعات یافتن سیستم‌هائی در راه‌آهن می‌باشد که بسیار قابل اعتماد، کم هزینه، جاذب سفر و سازگار با محیط زیست باشند. ضمن آن که این مطالعات را تحت عنوان "پروژه‌های آینده راه‌آهن" مورد بررسی قرار داده‌اند. این پروژه‌ها در زمینه تحقیقات و توسعه آینده راه‌آهن، گسترش عملی، تحقیقات پایه بر روی راه‌آهن و توسعه تکنیکی و تکنولوژیکی خلاصه می‌شوند. سرمایه‌گذاری صورت گرفته در این زمینه به اندازه ۳ میلیارد ین شامل تأمین اعتبار دولتی برای سال محاسباتی ۲۰۰۱ و ۱۲/۶ میلیارد ین در کل دوره ۵ ساله می‌باشد که به تحقیقات مربوط به کاربرد سیستم‌های هوشمند راه‌آهن اختصاص یافته است. [۱۲]

1-Railway Technical Research Institute



شکل ۴-۳- تکنولوژی‌ها و رویکردهای کلیدی حمل‌ونقل ریلی ژاپن در آینده [۱۲]

۴-۲-۲- پروژه‌های آینده راه‌آهن ژاپن

این پروژه‌ها تحت عنوان توسعه‌های تکنولوژیکی که به توسعه سیستم‌های راه‌آهن در آینده کمک خواهند کرد، تعریف می‌شوند. هدف از این پروژه‌ها تکمیل طرح در طی ۵ الی ۱۰ سال و بررسی مسائلی که حل نشده باقی مانده‌اند، می‌باشد. در انتخاب پروژه‌های مربوط به آینده، RTRI نیازهای شرکت JR، مشتریان و سایر شرکت‌های راه‌آهن را اولویت‌بندی کرده است. براین اساس برخی از تکنولوژی‌های کلیدی پیرامون آینده راه‌آهن به اختصار در ادامه آورده شده است:

- **راه‌آهن با قابلیت اطمینان بالا**

– توسعه ضوابط طراحی و نگهداری وسایل‌نقلیه ریلی، مسیر و سازه‌های ریلی از نقطه نظر پایداری وسیله در حال حرکت

– محاسبه واندازه‌گیری کاهش نیروهای آیرودینامیکی برروی وسیله‌نقلیه ریلی تحت شرایط وزش باد شدید

- کنترل هوشمند قطار.
- کنترل ایمن جهت بازتاب فاکتورهای انسانی

- **راه‌آهن کم‌هزینه**

- ارزیابی مقاومت مسیر و اندازه‌گیری آن در جهت کاهش فعالیت‌های نگهداری و تعمیر

- **راه‌آهن جاذب**

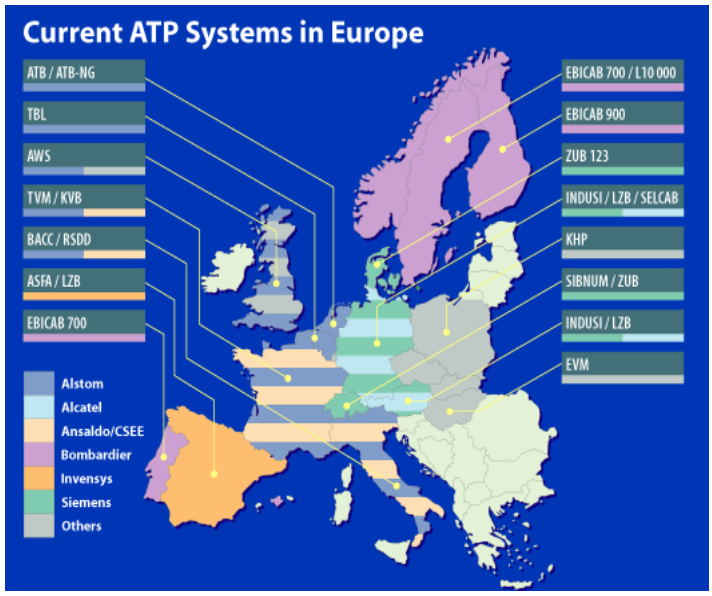
- طرح جهانی و ضوابط آن برای ارزیابی میزان راحتی
- وسایل پرسرعت و انعطاف‌پذیر

- **سازگاری راه‌آهن با محیط زیست**

- ارزیابی پیشرفته عوارض زیست محیطی سیستم‌های ریلی
- آنالیز منابع صوتی واندازه‌گیری آن، جهت کاهش صدای خطوط نزدیک به هم
- پیش‌بینی و روشن‌سازی منابع صوتی آیرودینامیکی
- ذخیره انرژی در ایستگاههای میانی (فرعی)
- بازیافت انرژی
- وسایل حمل سوخت
- دمای زیاد و قابلیت هدایت گرمائی فوق‌العاده

۴-۳- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی در اروپا [۶]

در حال حاضر اروپا با گونه‌های متنوعی از سیستم‌های کنترل قطار روبروست که اغلب به جای افزایش جریان وروانی ترافیک ریلی، مانع از آن می‌شوند. امروزه قطارها در اروپا به بیش از ۶ سیستم ناوبری متفاوت مجهز شده‌اند. در شکل(۴-۴) این سیستم‌ها در نواحی مختلف اروپا نشان داده شده است. ایجاد هر یک از این سیستم‌ها هزینه‌های بسیاری را در برداشته و فضای زیادی را در ایستگاهها اشغال نموده است. قطاری که در حال عبور از یک کشور اروپایی به کشور دیگر می‌باشد باید استانداردهای عملیاتی را برای عبور از مرز تبدیل نماید. همه این موارد باعث می‌شود تا زمان سفر و هزینه‌های عملیاتی و نگهداری سیستم‌ها افزایش یابد.



در آینده کلیه این سیستمها با ERTMS/ETCS جایگزین خواهند شد

شکل ۴-۴- انواع سیستم‌های ATP فعلی در اروپا [۲۰]

با توجه به روندی که برای خصوصی نمودن سوخت‌گیری دولتی به علت مسایل مالی آن مطرح می‌باشد، اکنون بیش از هر زمانی، مؤسسان این سیستم‌ها باید نسبت به رقابتی نمودن قیمت‌ها اقدام کنند. لذا شرکت‌های راه‌آهن نه تنها برای قطارهای سریع‌السیر بلکه برای همه قطارهای موجود در خطوط اصلی، نیاز به افزایش سرعت و راحتی حمل‌ونقل بار و مسافر خواهند داشت. پیرو تصمیم اتخاذ شده به وسیله وزیر حمل‌ونقل اروپا در دسامبر سال ۱۹۸۹، اتحادیه اروپا بر آن شد تا در قالب پروژهایی نسبت به تحلیل مسائل و مشکلات مربوط به علائم[1] و کنترل قطارها اقدام نماید. در پایان سال ۱۹۹۰، اتحادیه اروپا یک گروه متشکل از متخصصین راه‌آهن (A200) را برای توسعه و گسترش ملزومات ETCS ایجاد نمود.

در ژوئن ۱۹۹۱ بخش صنعت اروپا (در قالبEUROSI) و گروه‌های مرتبط با شرکت‌های راه‌آهن (ERRI A200, UIC) در مورد زمینه‌های همکاری به منظور ایجاد و بسط ملزومات توسعه صنعتی بخش ریلی به توافق رسیدند. چارچوب پروژه شامل یک سری تجهیزات جدید نصب شونده روی قطارها، بر اساس معماری کامپیوتر باز[2]، یک سیستم غیرپیوسته برای انتقال داده‌ها[3] و یک سیستم انتقال پیوسته جدید[4] بود. در پایان سال ۱۹۹۳ کمیسیون اتحادیه اروپا یک دستورالعمل جدید به منظور ایجاد سازگاری داخلی[5] بین سیستم‌ها صادر کرد که در آن تصمیم گرفته شده بود تا نسبت به ایجاد یک ساختار تعریف شده برای تعیین خصوصیات فنی به منظور سازگاری داخلی سیستم‌ها اقدام شود.

1 - Signalling
2 - EUROCAB
3 - EUROBALIS
4 - EURO RADIO
5 - INTERO PERABILITY DIRECTIVE

در آغاز برنامه چهارم در سال۱۹۹۵، اتحادیه اروپا یک استراتژی کلی را برای گسترش بیشترERTMS با هدف آماده سازی بستر ایجاد شبکه ریلی واحد اروپایی در آینده تعریف نمود. این استراتژی کلی در قالب "اقدامات طرح جامع" شرح داده شده بود که شامل فاز توسعه و تأیید بود. هدف از فاز تأیید این بود که برای اجرای کامل طرح آزمایش‌هایی روی سایت‌های تعیین‌شده در کشورهای مختلف مثل فرانسه، آلمان و ایتالیا طرح به صورت نمونه جهت تأیید نهایی انجام شود. در تابستان ۱۹۹۸، یونیسینگ[1] شامل شرکتهای علامتگذاری اروپایی، برای نهایی کردن ویژگی‌های مورد نظر طرح یکپارچه‌سازی سیستم علامتگذاری در اروپا تشکیل شد. در آوریل ۱۹۹۹ طرح پیشنهادی یونیسینگ ارائه گردید و با تایید نهایی خصوصیات تعیین شده در این طرح در آوریل ۲۰۰۰، سرانجام ERTMS وارد مرحله اجرایی در سطوح مختلف برای راه‌آهن اروپا رسید. در طرح‌های آزمایشی اجرا شده از جمله در مسیر آزمایشی وین-بوداپست و بررسی وضعیت سازگاری داخلی سیستم‌ها موفقیت قابل توجهی به دست آمد.

در ایتالیا نیز مسیر آزمایشی در سال ۲۰۰۱ به اجرا درآمد. و سرانجام خصوصیات بازبینی شده مربوط به دستورالعمل سازگاری داخلی با نظر به طرح‌های آزمایشی پیاده شده، در فوریه سال ۲۰۰۲ به تصویب رسید. پس از آن تعدادی پروژه‌های مختلف در کشورهای اتحادیه اروپا از قبیل هلند، یونان، فرانسه، آلمان و... نیز در جریان است که توسط کمیسیون اتحادیه اروپا تأمین مالی شده‌اند.

۴-۳-۱- تعریف ERTMS/ETCS

در واقع می‌توان ERTMS را در یک عبارت ساده ریاضی به صورت ERTMS=ETCS+GSMR تعریف کرد. در این عبارت منظور از ETCS یک سیستم کنترلی جدید برای قطارها بوده و GSM-R نیز یک سیستم رادیویی جدید است که بر اساس صدا و ارتباطات داده‌ها عمل می‌نماید. این دو سیستم در کنار یکدیگر ERTMS را تشکیل می‌دهند. سیستم ERTMS عبارت است از سیستم مدیریت و علامتگذاری جدید برای اروپا که باعث ایجاد یک پیوستگی و سازگاری داخلی در میان شبکه ریلی اروپا می‌شود.

۴-۳-۲- ارتباطات GSM-R [۶]

استفاده از موبایل‌های اطلاعاتی- ارتباطی در سیستم ETCS منجر به ایجاد یک سیستم رادیوئی دیجیتالی در آینده می‌شود که با تقاضای موجود راه‌آهن مطابقت داشته و یا با هر تقاضای جدیدی که ممکن است از نهادینه کردن ترافیک، مقرون به صرفه بودن و یا بالا بودن کیفیت خدمات ناشی شود، سازگار باشد.

1 - UNISING. Including: Alstom, Alcatel, Ansaldo, Bombardier, Invensys, Siemens, Other companies.

این سیستم خدماتی کاربردی برای تمام اپراتورها، شامل خدمات مخابراتی، کنترل قطار، دریافت خودکار بلیط، مسیریابی بارها و سیستم اطلاع‌رسانی مسافرین ارائه می‌دهد. این سیستم همچنین طیف وسیعی از اطلاعات مورد نیاز برای برنامه‌ریزی شبکه‌های ریلی، مدیریت و سایر خدمات مربوطه را در اختیار برنامه‌ریزان قرار خواهد داد. از مزایای این سیستم در قالب شبکه‌های GSM-R می‌توان به عمر طولانی آن، از مرحله طراحی تا اجرا و عملیات، اشاره نمود. نتیجه آن که استفاده از سیستم ارتباطی یکسان توسط همه راه‌آهن‌ها پیش شرط نهایی برای عملکرد بین‌المللی ترافیک ریلی بدون جایگزینی هیچ تجهیزاتی می‌باشد.

این سیستم سکوها را برای سفرهای سر به سر، ویژه ارتباط بین راه‌آهن‌ها و نیز کنترل قطارها در یک محیط بین‌المللی مهیا می‌کند. به منظور بررسی ویژگی‌های این سیستم اولین بار پروژه‌های ایرن[1] و مورن[2] به صورت آزمایشی برای تعیین سازگاری سیستم با انواع سیستم‌های رادیویی جدید در راه‌آهن تعریف شد و در این دو پروژه موارد زیر مورد بررسی قرار گرفت:

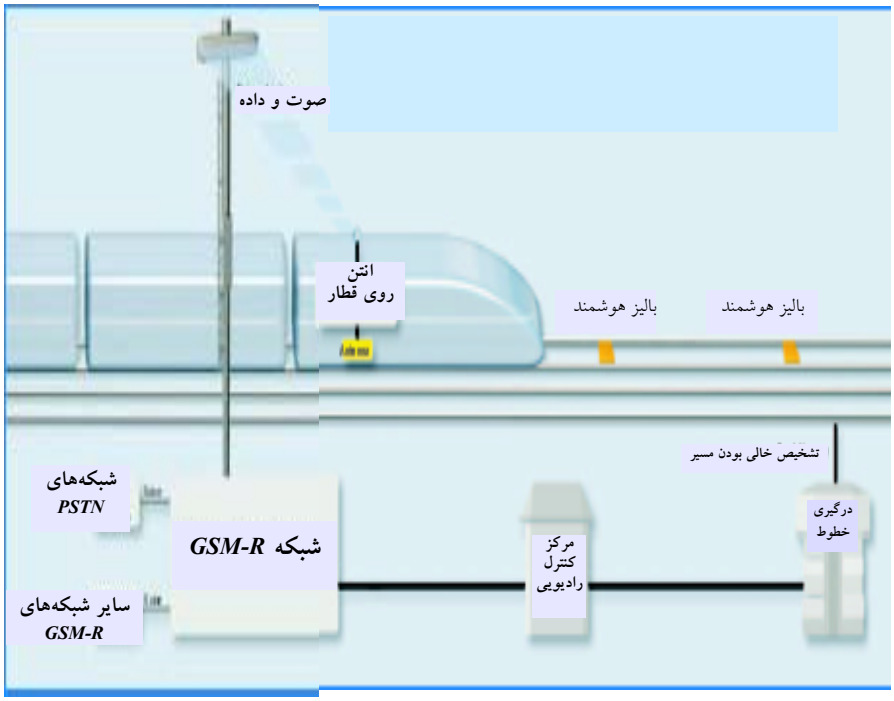
- ارتباطات عملیاتی راننده – ایستگاه کنترل
- کنترل خودکار قطار
- کنترل خطوط فرعی
- کنترل از راه دور
- اصلاع‌رسانی در موارد اضطراری
- ارتباطات پشتیبانی قطار
- ارتباطات محلی در ایستگاهها و انبارها
- خدمات مسافری

با توجه به پروژه‌های آزمایشی اجرا شده و استانداردهای سیستم GSM-R، استفاده از این سیستم در حال حاضر به طور کامل تأیید شده است. این بدان معنی است که سکوهای GSM-R در ایستگاهها به طور کامل با هر گونه پیشرفت‌های آتی در تکنولوژی GSM سازگار طراحی شده است. علاوه بر خدماتی که به آن اشاره شد، این سیستم بر اساس استانداردهای GSM قادر است امکاناتی را مهیا کند که در آن، اپراتورهای راه‌آهن قادر به استفاده از امکاناتی نظیر شناسایی موقعیت قطار، محاسبه کارکرد عملی قطارها و تلفن‌های اضطراری خواهند بود. بنابراین این سیستم همه نیازهای ارتباطی یک سیستم ریلی مدرن را برآورده می‌سازد. سیستم GSM-R به عنوان گردآورنده داده‌ها برای استاندارد نمودن سیستم‌های مخابره ETCS نیز انتخاب شده است. در نتیجه این انتخاب، لازم است تا یک رایانه داخل قطار مهیا شود که در آن یک سری داده ورودی به

1 -Eirene
2 -Morane

صورت پیوسته وارد شده و این سیستم سرعت و پروفیل ترمزگیری قطار را بـه صـورت پیوسـته محاسـبه و در اختیار قرار می‌دهد. این بدان مفهوم است که سیستم مذکور یک سیستم رادیویی دیجتـالی اسـت کـه جـایگزین همه سیستم‌های ارتباطی موجود شده و باعث کاهش هزینه‌ها، بهبود عملکرد قطارها و ایمنی می‌شود. [۸]

در وضعیت اورژانس و اضطرار، عملیات انتقال و دریافت تلفن‌ها توسط یک مرکز ثبـت و تأییـد شـده و پس از آن آنالیز نهایی مسأله ارائه می‌شود. در این بین سیستم رادیـویی GSM-R نقشـی حیـاتی ایفـا مـی‌کنـد. استفاده از این سیستم عملکرد ایمن، آسان و مؤثر را در هر شبکه ریلی مجهز به GSM-R میسر می‌سازد. همان طور که در قسمتهای قبلی نیز اشاره شد در حال حاضر دو نسـخه از ایـن سیسـتم وجـود دارد: صـدای تنهـا و ترکیب صدا و داده. استفاده از نسخه صدا و داده یک کانال ایمن و قابل اطمینان از جابجایی و انتقـال داده‌هـا را در سیستم حفاظتی قطار فراهم می‌کند. کلیاتی از عملکرد سیستم ارتباطی GSM-R در شـکل(۴-۵) نشـان داده شده است.



شکل ۴-۵- نحوه عملکرد سیستم GSM-R در شبکه ریلی اروپا[۶]

سیستم GSM-R در واقع یک باند بـا فرکـانس ۴ مگـاهرتـز بـرای ورود و خـروج ارتباطـات رادیـویی GSM (900 MHZ) مخصوص صنعت راه‌آهن می‌باشد. این سیستم در واقع موجب ایجاد سازگاری داخلی در شبکه‌های راه‌آهن بوده و با کارایی بالاتر و هزینه‌های عملیاتی پایین‌تر، پوشـش و دسترسـی بیشـتری را از نظـر مخابراتی در دسترس قرار می‌دهد. این سیستم در حال حاضر در سوئد، آلمان، فرانسه، ایتالیـا و بخـش‌هـایی از انگلستان مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

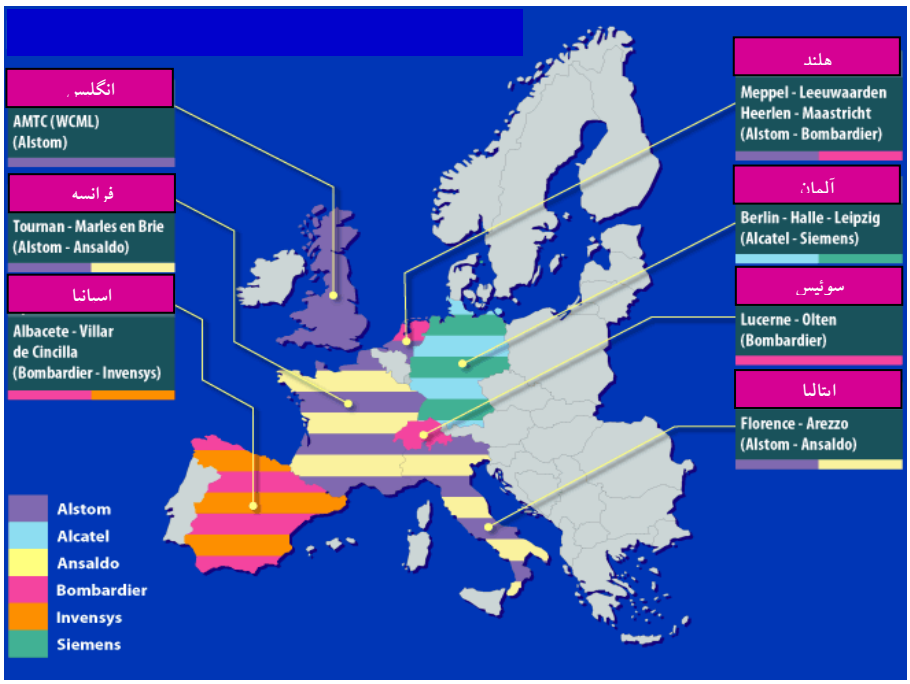
۴-۳-۳- معماری عمومی ERTMS [۲۰]

منظور از معماری ERTMS چیدمان زیر سیستم‌های مربوطه جهت حصول نتایج دلخواه می‌باشد. زیر سیستم‌های ERTMS را به سه زیر بخش اصلی زیر می‌توان تقسیم نمود:

- تجهیزات کنار مسیر
- ارتباطات رادیویی یورو بالیز، یورو رادیو[1] و REC
- تجهیزات روی قطارها

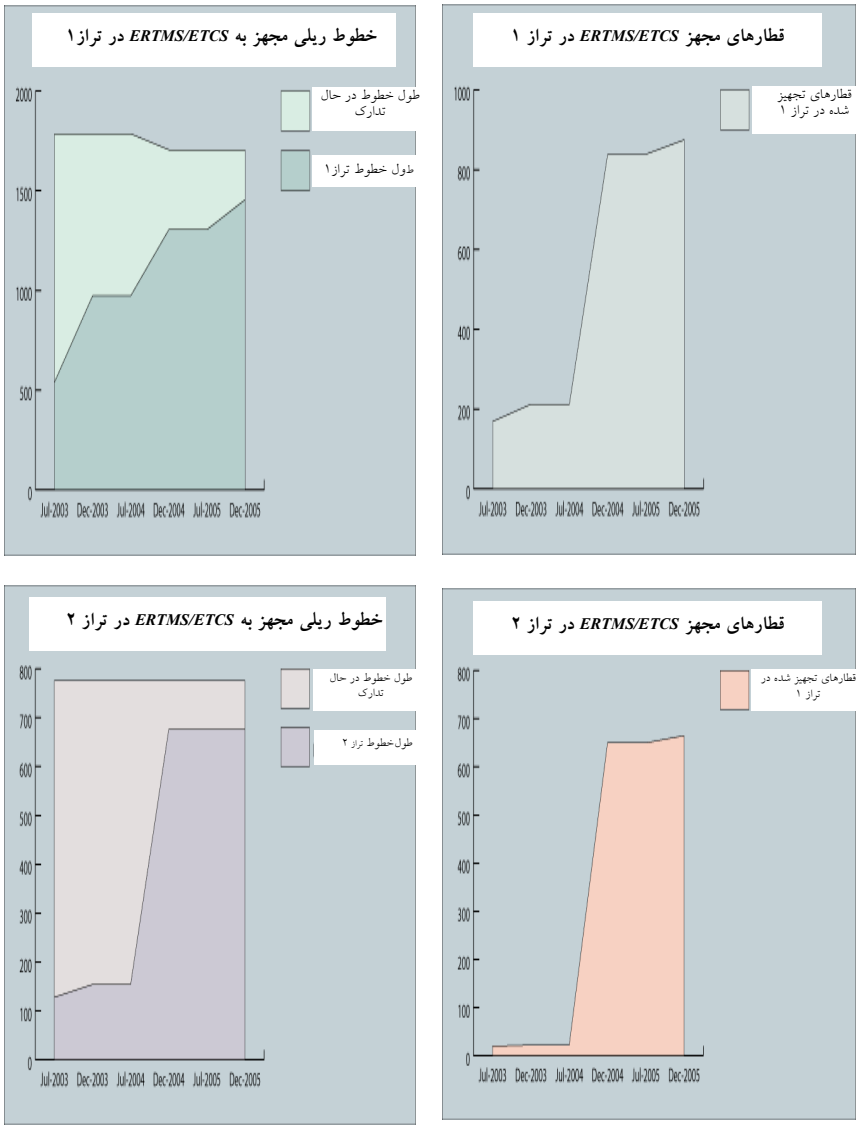
۴-۳-۴- آمار توسعه ERTMS/ETCS در اروپا [۸]

در این قسمت آمار مربوط به توسعه ERTMS/ETCS و خطوط و قطارهایی که تا کنون به این سیستم مجهز شده یا در حال تجهیز با این سیستم هستند ارائه خواهد شد. اطلاعات ارائه شده شامل کلیه پروژه‌های مربوطه اعم از خطوط ریلی نمونه و پروژه‌هایی که به مرحله بهره‌برداری نهایی رسیده می‌باشد. در شکل(۴-۶) پروژه‌های نمونه مربوط به کشورهای مختلف اتحادیه اروپا و شرکت‌های مجری طرح‌های مذکور (اعضای یونیسینگ) نشان داده شده است. شکل(۴-۷) نیز در ۴ نمودار مجزا میزان خطوط ریلی و قطارهای مجهز شده به تجهیزات ERTMS/ETCS را در دو سطح ۱ و ۲ برنامه نشان می‌دهد. در ادامه به برخی از مهمترین برنامه‌های و پروژه‌های اجرا شده و در دست اجرا در کشورهای عضو اتحادیه اروپا اشاره خواهد شد.



شکل ۴-۶- مسیرهای آزمایشی و پروژه‌های اجرایی ERTMS در اروپا[۲۰]

1 - EURORADIO, EUROBALISE

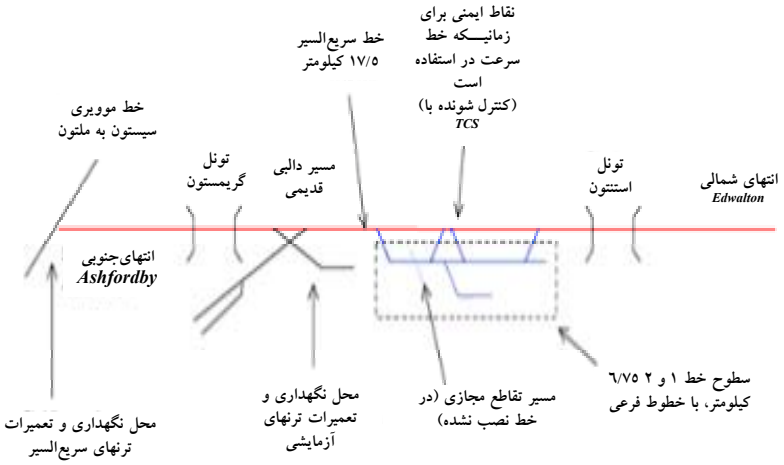


شکل ۴-۷- توسعه برنامه ERTMS در اروپا در ترازهای۱ و۲ برنامه[۲۰]

۴-۳-۵- اجرای آزمایشی سیستم‌های ردیابی ERTMS/ETCS در انگلستان

برای اجرای سیستم‌های هوشمند در خطوط راه‌آهن، مرکز تست و کنترل آلستوم برای راه اندازی سیستم‌های موصوف در خطوط اصلی راه‌آهن انگلستان واقع در سواحل غربی تأسیس گردید. مرکز مورد اشاره در انگلستان تنها مرکز آزمایشی برای اجرای سیستم‌های هوشمند ریلی می‌باشد که نواحی ناتیگهام را در حاشیه قسمت مرکزی انگلستان تحت پوشش دارد. محدوده مورد آزمایش در انگلستان از کلیه استثناهای قوانین و محدودیت‌هایی که قبلاً برای خطوط ریلی و تقاطع‌های خطوط راه‌آهن و جاده در آن قسمت‌ها اعمال می‌گردید، به طور کامل جدا و با شرایط جدید مورد نظر در سیستم‌های هوشمند مورد بررسی و آزمایش قرار گرفت.

سطح سرویس محدوده مورد مطالعه برای عبور ترن‌های برقی به سرعت ۲۰۰ کیلومتر در ساعت ارتقا یافت و به منظور انجام آزمایشات سیستم‌های ردیابی هوشمند در مجموع طول ۶/۵۷ km از تقاطع‌ها به صورت دوگانه ساخته شد. کارگاه پروژه و تجهیزات و تاسیسات تعمیر و نگهداری و سرویس‌دهی در منطقه دالی قدیم واقع شده است و ساختمان مرکز کنترل در جنوب محدوده مطالعاتی در آنسعور دبی قرار دارد. همچنین کارگاهی شامل تأسیسات و تجهیزات اصلی تعمیر و نگهداری سرویس‌دهی واگن برقی مورد استفاده در این پروژه آزمایش در کنار مرکز کنترل قرار دارد. (شکل۴-۸)



شکل ۴-۸- پلان پروژه نمونه برای ERTMS در انگلستان [۲۰]
(سایت آزمایشی در مسیر قدیمی دالبی)

مقاطعی که سیستم‌های هوشمند نصب گردیده‌اند، از شمال دالبی قدیم شروع شده و تا ابتدای تونل استانتون گسترش پیدا می‌کند. در واقع محدوده بین دهانه شمالی گریمنستون و دهانه جنوبی تونل استانتون تحت عنوان مقاطع دوگانه تعریف می‌گردد. در این محدوده که به طول ۶/۵۷ km می‌باشد آزمایشات سیستم‌های هوشمند در سطوح مختلف ۱و۲ انجام می‌گیرد. تمام محدوده مطالعاتی طرح شامل ۱۷/۵ کیلومتر از مقطع یک خط و ۶/۷۵ کیلومتر از مقاطع آزمایش دوگانه و همچنین کلیه تأسیسات و تجهیزات جانبی طرح با برق با ولتاژ ۲۵ کیلوولت تغذیه می‌گردند.

برنامه زمانی اجرای پروژه ERTMS در انگلستان به شرح زیر می‌باشد:

- اتمام زیر ساخت‌ها ی لازم برای انجام پروژه تا آوریل ۲۰۰۱
- تکمیل نصب تجهیزات مربوط به سطح ۱ پروژه ERTMS جون ۲۰۰۱
- یکپارچگی و هماهنگی بین عناصر مختلف در سطح ۱ پروژه از جون تا دسامبر ۲۰۰۱

- انجام آزمایش‌های کاربردی در سطح ۱ پروژه از ژانویه تا جولای ۲۰۰۱
- تکمیل نصب تجهیزات مربوط به سطح ۲ پروژه ERTMS تا دسامبر ۲۰۰۱
- یکپارچگی و هماهنگی بین عناصر مختلف در سطح ۲ پروژه از دسامبر ۲۰۰۱ تا جون ۲۰۰۲
- انجام آزمایش‌های کاربردی و عملیاتی در سطح ۲ پروژه از جون ۲۰۰۲ تا آوریل ۲۰۰۳

یکی از سیستم‌هایی که در این پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد، سیستم TASS [1] می‌باشد. ترن‌های تازه وارد به ناوگان ریلی در دو سیستم مختلف نام‌گذاری می‌شوند. یکی از طرف مرکز آلستوم به منظور تعریف در شبکه ناوگان سریع‌السیر و دوم از طرف شرکت بامباردیر که به منظور استفاده در تقاطع‌های بین‌المللی خطوط راه‌آهن کشورهای مختلف تعریف می‌شود. این ترن‌ها با سیستم TASS مجهز می‌شوند و توسط مرکز آلستوم به منظور کنترل عنوان و نام و همچنین کنترل و نظارت بر سرعت در قوس‌ها حمایت می‌شوند.

۴-۳-۶- اجرای آزمایشی سیستم‌های ERTMS/ETCS در فرانسه:[۶ و ۱۱]

به منظور اجرای آزمایشی سیستم‌های ردیابی هوشمند در فرانسه دو خط راه‌آهن واقع در شمال‌شرقی پاریس که به یکدیگر متصل می‌باشند، به شرح ذیل انتخاب شده‌اند. (شکل۴-۹)

شکل ۴-۹- نقشه مسیرهای انتخاب شده در فرانسه[۱۱]

- خط راه‌آهن سریع‌السیر به منظور اجرای آزمایشات سطح ۲ در سرعت بیشتر از ۳۵۰ KM/h (خط راه‌آهن در کمربندی پاریس)
- خط راه‌آهن حومه شهری (خط ترنان_مارل_ان_برس[2]) به منظور اجرای آزمایشات سطح ۱ که

1- Tilt Authorization and Speed Supervision system
2- Tournan - Marle-en-Brie line

محدوده مورد نظر به طول ۳۰ کیلومتر از خطوط سریع‌السیر بوده و به صورت دو خط دو طرفه می‌باشد. برق با ولتاژ ۲۵ کیلوولت و فرکانس ۵۰ هرتز تغذیه‌کننده این خط بوده و برای انجام آزمایشات ردیابی در تقاطع خطوط گابلین[1] و نموتر[2] مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این خطوط به دستگاه‌های تقویت نیروی برق و تلگراف در محل تقاطع‌ها (دستگاه‌های تقویت) مجهز شده است. همچنین دستگاه‌های اتوماتیک حفاظت ترن‌ها نیز در این خطوط به کار گرفته می‌شود و جابجایی ترنها از طریق سیستم‌های tvm۴۳۰ قابل ردیابی می‌باشد. محدوده تونل‌ها در این مسیر به وسیله آنتن‌های مختلف پوشش داده می‌شود. هدف اصلی از اجرای آزمایشی این طرح، بررسی آزمایشی و تأیید کاربرد و استفاده از سیستم‌های TGV می‌باشد. در واقع بررسی و ارزیابی قابلیت انطباق و سازگاری سیستم‌های ERTMS با سیستم‌های KVB و TVN هدف اصلی اجرای آزمایشی این طرح در فرانسه می‌باشد.

از آنجا که یک ترن دو موتوره ویژه به تجهیزات سیستم ERTMS مجهز شده است، یک موتور مورد قبول تجهیزات الستوم (Atlas TM 100.200) بوده و موتور دیگر با تجهیزات انسالودو ارتباط برقرار می‌کند. خط برون‌شهری مورد مطالعه در پروژه به طول ۱۰ کیلومتر بوده و در شمال‌شرقی پاریس بین تورنان[3] و مارلس[4] واقع شده است. حداکثر سرعت حرکت ترن‌ها برروی این خط ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت است. محیط پیرامون این خط محدوده برون‌شهری پاریس بوده که دو ایستگاه بزرگ نیز در اطراف آن وجود دارد. این ایستگاهها به تجهیزات و تأسیسات تقویت‌کننده برق از دو نوع PRS و PRC مجهز می‌باشد. سیستم‌های سطح ۱ ERTMS برای حرکت ترن‌ها در دو جهت به همراه سیگنال‌های کناری خطوط مسدود شده مناسب می‌باشند. تجهیزات دوگانه KVB و سطح ۱ ERTMS خطوط مذکور را مجهز می کنند.

برای اجرای آزمایشی پروژه ERTMS، مرکز آلستوم وظایف ذیل را عهده‌دار خواهد بود:

- جهت تجهیزات ثابت در کنار خطوط راه‌آهن
- کد گذاری دوگانه (قابل فهم برای دو سیستم مختلف)
- متصدی جداگانه برای هدایت و کنترل دو سیستم و تعمیر و نگهداری آنها
- تدارک ابزار و لوازم آماده‌سازی اطلاعات برای انجام آزمایش‌های سطح ۱
- مسؤولیت خطوط برون‌شهری و خطوط سریع‌السیر
- تدارک ابزار و وسایل و اطلاعات برای RBC
- برای تجهیزات متحرک قابل نصب برروی ترن‌ها

1 - gabelhne
2 - Neumouther
3 - Tournan
4 - Murles

تدارک و نصب رایانه‌های لازم بر روی ترن‌ها، شامل: جعبه سیاه (به منظور ثبت اطلاعات که تحت عنوان EVC تعریف می‌گردد)، MMI، سنسورهای ثبت و اندازگیری سرعت، VSTM-KVB.

۴-۳-۷- اجرای آزمایشی سیستم‌های ERTMS در هلند [۶]

در کشور هلند، زیر ساخت‌های شبکه ریلی (NS–IRB) در مرکز آلستوم واقع در ناحیه ماستریخ[1] هلند تحت آزمایش‌های سیستم‌های هوشمند قرار گرفته است. در این پروژه، سیستم‌های ERTMS در تقاطع‌های جدید ساخته شده در شبکه ریلی هلند مورد استفاده قرار گرفته است. پروژه BEV21 که آن را تحت عنوان پشتیبانی قطارها در قرن ۲۱ نیز عنوان می‌نمایند، در مراحل مختلفی شکل گرفته است که همگی آنها در راستای مرتفع نمودن نیازمندی‌هایی از قبیل قابلیت سیگنالینگ دو گانه (به منظور پوشش دو سیستم مختلف)، تطبیق شرایط ترن‌ها با شرایط محلی به صورت خودکار، کاهش تنوع رفتارهای عملکردی ترن‌ها، کنترل عملکرد ریل‌های سبک و غیره می‌باشد. در شکل ۴-۱۰ نقشه مسیرهایی که برنامه ERTMS در آنها اجرا می‌شود، نمایش داده شده است.

شکل ۴-۱۰- نقشه مسیرهای منتخب هلند [۶]

1 - Maastricht

۴-۳-۸- اجرای آزمایشی سیستم‌های ERTMS در ایتالیا [۶]

سایت آزمایشی ایتالیا در RFI [1] و FS [2] در خطوط سریع‌السیر فلورانس و رم قرار گرفته است. این خط یکی از شلوغ‌ترین خطوط در ایتالیا می‌باشد. سیستم ERTMS در واقع با تجهیزات رله مخابراتی تغییر خطوط موجود که در حال حاضر نیز در حال بهره‌برداری است، فعالیت خواهد نمود. طول این خط ۸۵ کیلومتر است و بین فلورانس و آرزو کشیده شده است. توپوگرافی منطقه به صورت تپه‌ماهور و شامل تونل‌های بزرگ (حداکثر به طول ۱۱ کیلومتر) می‌باشد و تعداد زیادی پل در مسیر وجود دارد. ایستگاه مرکزی ملورانی در پروژه آزمایشی مد نظرقرار گرفته است. خطوط پر سرعت تعبیه شده بین ناپل و روم به صورتی طراحی شده است که اجازه حرکت قطار با سرعت ۶۲۰ کیلومتر در ساعت را می‌دهد. سیستم اصلی در سطح ۲ سیستم‌های ERTMS به بهره‌برداری می‌رسد، اما سیستم پشتیبان در تراز ۱ سیستم ERTMS قرار خواهد گرفت. هدف از مسیر آزمایشی ایتالیا آن است که ترازهای ۱ و ۲ سیستم ERTMS را با اولین آزمایش روی سایت RBC (مرکز مخابره رادیویی) که به شبکه GSM راه‌آهن متصل می‌شود، مورد آزمایش قرار دهند.

سیستم رادیویی توسط شرکت ALSTOM ارائه می‌شود که این طرح را به عنوان یک سیستم آزمایشی برای قرارداد اصلی انجام خواهد داد. سیستم رادیویی کنار مسیر در پروژه مورن[3] انجام خواهد شد. پوشش تونل‌ها با آنتن‌ها و ایستگاههای تقویت‌کننده تأمین خواهد شد. در ایتالیا محصولات RFI (GSM-R, ETCS) و FS در خطوط سریع‌السیر بین فلورانس و آرزو نصب شده‌اند. سیستم علامتگذاری جدید در اروپا با یک مرکز مخابره رادیویی که به شبکه GSM-R متصل شده و قطارها را فقط از طریق عملیات رادیویی کنترل می‌کند، به نمایش گذاشته شده است. در مسیر آزمایشی ایتالیا، شرکت ALSTOM موارد ذیل را ارائه و مورد آزمایش قرار خواهد داد:

- ۶۶ واحد الکتریکی کنار مسیر (LEV)
- ۲۵۰ بالیز هوشمند
- زیر سیستم‌های کنار مسیر ATLAS۲۰۰ X۳۰۰ ، شامل ۲ ایستگاه RBC
- تجهیزات ترن ۱۱ مورد در ۱۰۰/۲۰۰/۳۰۰ ATLAS
- ۱۱ مدول انتقال خاص RSDD

1- Italian Railways Infrastructure Owner
2- Italian State Railways Operator
3- Morane

- ۷ ترن مجهز شده با ATLAS

۴-۳-۹- سایرکشورهای اروپایی [۶]

اسپانیا: در سال ۲۰۰۰، پروژه GSM-R در طول ۵۳۰ کیلومتر و در مسیر سریع‌السیر بین مادرید و لی‌آیدا[1] اجرا شده است. این سیستم به تدریج در شبکه‌های ریلی اسپانیا گسترش خواهد یافت.

سوئد: فاز یک و دو راه‌اندازی شبکه بنورکت[2] در مسیری به طول ۷۵۰۰ کیلومتر انجام شده است. همچنین بر اساس برنامه‌ریزی‌های انجام شده در مراحل بعدی سیستم‌های ETCS اجرا خواهند شد. در فاز یک، تقریباً ۳۰٪ شبکه که قبلاً مورد بهره‌برداری قرار داشته را پوشش می‌دهد، در حالی که فاز دو هم اکنون در حال ایجاد می‌باشد. فازهای نهایی سه و چهار تا پایان سال ۲۰۰۳ کامل خواهند شد.

آلمان: اجرای آزمایشی سیستم‌های ردیابی ERTMS/ETCS در آلمان، در خط راه‌آهن برلین- هال به منظور اجرای سیستم ERTMS در نظر گرفته شده است. این خط به طول ۴۰ کیلومتر بوده و ترن‌ها با سرعت حداکثر ۲۰۰ کیلومتر در ساعت در دو جهت مختلف عبور می‌نمایند. در طول این خط ۵ ایستگاه وجود دارد که ترافیک خطوط دیگر در این محدوده با هم مرز مشترک دارند. عملکرد سطوح ۱، ۲ و ۳ سیستم ERTMS در این کشور مورد آزمایش قرار گرفته و براساس نتایج به دست آمده، استفاده عملکردی از سطح ۲ سیتم ERTMS مورد تأیید قرار گرفته است.

۴-۴- استفاده از سیستم‌های اطلاع‌رسانی هوشمند ریلی در هند [۳]

در کشور هند، به علت وسعت و پیچیدگی شبکه‌های ریلی، یک مسأله اساسی، یافتن مسیرهایی است که دو ایستگاه را به هم متصل کنند. با استفاده از سیستم RIS[3] می‌توان مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم بین ایستگاهها را شناسایی کرده و بهترین آنها را براساس اندازه‌گیری کیفیت به دست آمده از اولویت‌های استفاده‌کنندگان مختلف انتخاب کرد. علاوه بر پیچیدگی مسیرها و عدم وجود مسیرهای مستقیم بین بسیاری از ایستگاهها، مشکل انتخاب مشتریان و مسافران نیز اضافه شده است. انتخاب، زمان سفر، ایستگاههای میانی، هزینه و... مد نظر قرار گرفته و تنها مسیرهایی انتخاب خواهند شد که این محدودیت‌ها را ارضا کنند. هر چند که سیستم‌های قبلی مسیرهای مستقیم و خالی از قطار را شناسایی می‌کردند، اما قابلیت تعیین مسیرهای غیرمستقیم و در نظر گرفتن اولویت‌های مسافران به هنگام انتخاب مسیر را نداشته‌اند. اما استفاده از RIS از

1- Lleida
2- Banverket
3- Railway Information Systems

طریق اینترنت و توسط مشتریان، نه تنها مسیرهای غیرمستقیم را علاوه بر مستقیم پیدا می‌کند، بلکه انتخاب نظر مشتریان در انتخاب زمان ورود و خروج قطار، کلاس قطار، بازده زمانی انتظار جهت تعویض قطار، تعداد ایستگاههای میانی و... را نیز در تعیین مسیر اعمال می‌کند.

سیستم RIS از دو مدل اصلی زیر تشکیل یافته است:

سیستم مدیریت اطلاعات پایه: این سیستم امکان نگهداری داده و به هنگام سازی آنها را بر عهده دارد. این سیستم به صورت غیر هم‌زمان[1] عمل کرده و به صورتی است که امنیت داده‌ها حفظ شده و اجازه تغییرات غیرقانونی در آن داده نمی‌شود.

سیستم جستجوگر: این سیستم امکان جستجوی مسیر را با استفاده از داده‌های به دست آمده از اطلاعات پایهٔ استفاده‌کنندگان، فراهم می‌کند. کاربرد آن به صورت یک شبکه جهانی در اختیار بوده و استفاده‌کنندگان می‌توانند از طریق اینترنت و بدون نیاز به نصب برنامه از خدمات انتخاب مسیر بهره‌مند شوند.

طراحی اطلاعات مبنا: اطلاعات پایه RIS شامل اطلاعات محدودهٔ شهرها، ایستگاهها و قطارها می‌باشد که قادر به استفاده از آن در تولید مسیر بین ایستگاهها و همچنین دستیابی به اطلاعات هزینه و مسافت‌های مختلف می‌باشد. طرح داده‌های پایه در قالب هر شهر، هر ایستگاه و هر قطار طبقه‌بندی می‌شود.

سیستم مدیریت اطلاعات پایه: این سیستم امکان جمع آوری و دریافت اطلاعات، اضافه، اصلاح یا حذف اطلاعات، با قابلیت مراقبت کامل را برای ادارات راه‌آهن فراهم می‌نماید. امکانات دیگر این سیستم به هنگام کردن اطلاعات هر قطار و تحلیل و مرتب کردن آن به صورت مورد نظر و از طریق اینترنت می‌باشد.

از آنجا که این سیستم به صورت غیرهمزمان کار می‌کند، هیچ مرز عبوری برای دسترسی به آن تهیه نشده است. این اطلاعات هر زمان که برنامه حرکت یک قطار تغییر کند، یا یک قطار جدید وارد شبکه شود، به هنگام می‌شود. از مزایای این سیستم آن است که هیچ نیازی به مداخله انسان نمی‌باشد. حتی وارد نمودن شماره قطارها نیز می‌تواند به صورت اتوماتیک صورت گرفته و مسؤولین نگهداری داده‌ها را از هر مسؤولیتی برهاند.

محاسبه برای ایستگاههای مهم: در روش‌های پیشین اگر برای دو ایستگاه، قطار مشترکی پیدا نشود، ایستگاههای مهم‌تر کنترل شده تا آیا قطاری وجود دارد تا آنها را به ایستگاه مهم‌تر متصل کند. این روش تضمین نمی‌کند که در صورت وجود یک مسیر غیرمستقیم، آن را معرفی نماید. چرا که تنها ایستگاههای مهم را کنترل می‌کند و همچنین ممکن است که ایستگاه مشترک متعلق به مجموعه ایستگاههای مورد نظر نباشد. در این سیستم، مجموعه ایستگاههای مهم برای هر ایستگاه طوری در نظر گرفته می‌شوند که در اتصال به ایستگاه

1 -Off line
2 -On - line

دارای شعاع جغرافیایی مشخص و مسیرشان طول زیادی نداشته باشد.

سیستم جستجوگر (کاوشگر): این سیستم به صورت همزمان[1] بوده و امکاناتی را در اختیار استفاده‌کنندگان قرار می‌دهد. این سیستم امکان چاپ مسیرهای قطار را به عنوان جدول زمانبندی راه‌آهن هند در اختیار قرار داده و جهت جستجوی بهترین مسیر، مبادی و مقاصد و برخی اولویت‌های استفاده‌کنندگان و برای محاسبه کرایه بین دو ایستگاه به کار می‌رود. در مرحله جستجوی مسیر، برخی از اولویت‌های استفاده‌کنندگان به حساب می آید که عبارتند از :

- ایستگاههای اصلی: مسیر تعیین شده باید از این ایستگاهها بگذرد.
- توقفگاه‌های بین‌راهی: تغییر قطار در این ایستگاهها باید صورت پذیرد.
- حداقل زمان توقف: این بازه زمانی حداقل باید بین دو قطار در یک توقفگاه میانی باشد.
- حداکثر زمان لازم در توقف: این بازه حداکثر بین رسیدن و حرکت قطارها در یک توقف‌گاه میانی وجود داشته باشد.
- حداکثر تعداد نتایج: این مقدار پس از جستجوی مسیر باید نمایش داده شود.
- زمان انتخابی جهت عزیمت: زمانی از روز که مسافر ترجیح می‌دهد در آن زمان مبدا را ترک کند.
- زمان دلخواه رسیدن قطار: زمانی از روز که مسافر ترجیح می‌دهد، در آن زمان وارد مقصد شود.
- زمان دلخواه تغییر قطار: زمانی از روز که مسافر ترجیح می‌دهد وارد یک توقف‌گاه میانی شود، جایی که وی باید پیاده شده و منتظر قطار بعدی شود.
- وزن دهی به این معیارها جهت محاسبه بهترین مسیر: اولویت‌های مسافران با توجه به بهینه بودن مسیرها در قالب وزن‌دهی به ضوابط مختلفی تخصیص یافته و جهت تصمیم به بهینه بودن یک مسیر استفاده می‌شوند.

براساس این اولویتها معیارهای بهینه بودن[2] که در سیستم RIS به کار می‌روند به قرار زیر هستند: [۳و۲۰]

- کل زمان سفر
- کل مسافت پیموده شده
- کل زمان انتظار
- کل هزینه

---

2 - Optimality Criteria

- تعداد کل توقفگاههای میانی
- تعداد کل ایستگاهها در یک مسیر
- زمان توقف (تاخیر) در هنگام سوار و پیاده شدن
- انحراف از زمان تغییر قطار دلخواه مسافران
- انحراف از زمان رسیدن دلخواه مسافران
- انحراف از زمان عزیمت دلخواه مسافران

سیستم جستجوگر RIS، همچنین امکان برآورد هزینهٔ سفر را از طریق یک قطار خاص با درجه و کلاس معین از یک مبداء مشخص به یک مقصد مشخص فراهم می‌کند. این سیستم ورودی مسافر اعم از شماره و نام قطار، درجه سفر و نام ایستگاه مبداء و مقصد را دریافت کرده، کرایه و هزینه وی را با استفاده از جدول مسافت- کرایه راه‌آهن هند (تهیه شده در سال ۱۹۹۹) محاسبه می‌نماید. از مزایای دیگر این سیستم آسانی استفاده برای مسافران می‌باشد.

۴-۵- حمل‌ونقل ریلی در کره [۷]

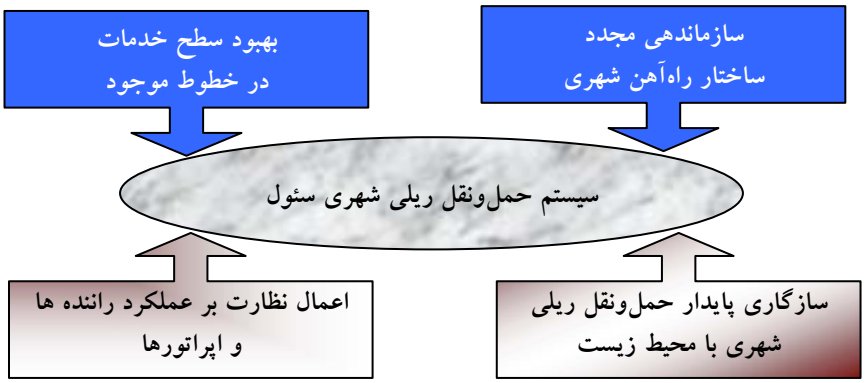
سیستم‌های راه‌آهن سئول توسط دولت ساخته و اداره می‌شود. اگرچه با توجه به تأسیس راه‌آهن شهری سئول در سال ۱۹۷۴ تاریخچه کوتاهی از این راه‌آهن در دست است، اما به عنوان یک حمل‌ونقل کلیدی همواره در این کشور مد نظر بوده و ۳۵٪ سفرهای درون شهری تا سال ۱۹۹۶ توسط این گونه از حمل‌ونقل صورت گرفته است. پس از تکمیل فاز دو شبکه ریلی شهری، کل مسیر به ۲۷۸ کیلومتر گسترش یافته و قابلیت جابجائی ۴۲٪ از مسافران را برعهده داشته است. پیش از این پیشنهاد شده بود تا با جلب مشارکت مردم، در مناطق شهری، ظرفیت خطوط حمل‌ونقل ریلی تا ۷۰٪ اضافه شود، اما با جایگزینی سیستم‌های SMG برنامه شبکه ریلی جدیدی در سال ۱۹۹۶ پایه‌ریزی شد. طرح این شبکه از ۷ خط تشکیل شده است که سرویس‌های سریع‌السیر و سیستم ریلی سبک را شامل می‌شود. استفاده از این سیستم‌ها با هدف تأمین تقاضا و بهبود کارایی سیستم‌های ریلی در مناطق شهری بزرگ صورت گرفته است. با استفاده از این سیستم‌ها میزان جابجایی به وسیله حمل‌ونقل ریلی به روزانه ۴/۵ میلیون نفر در سال ۱۹۹۷ رسید. لذا به علت افزایش میزان مسافران، از امکانات و تجهیزاتی جهت بهبود عملکرد این سیستم استفاده شده است.

جهت بهبود ایمنی در سیستم حمل‌ونقل ریلی شهر سئول، از مانیتورهای رنگی و هشدارهای اتوماتیک در هر سکو که به این طریق مسافران از ورود و خروج قطارها اطلاع حاصل کنند، استفاده شده است.

جهت بهبود راحتی مسافران اقدام به بازسازی ایستگاهها و استفاده از قطارهای جدید با سیستم تهویه مناسب و حذف موانع موجود در مسیر تردد مسافران تا رسیدن به قطار شده است.

جهت بهره‌وری از حمل‌ونقل ترکیبی ایستگاههای ریلی به محوطه پارکینگ و خطوط اتوبوسرانی شهری مجهز شده است.

در سئول اولین برنامه‌ریزی حمل‌ونقل ریلی شهری در سال ۱۹۹۶ پایه‌ریزی شد. اما با زیرزمینی کردن خطوط و رشد امکانات ماهواره‌ای تقاضای استفاده از سرویس‌های سریع‌السیر افزایش یافته و به همین علت فاصله بین ایستگاه تا ۲ کیلومتر و بیشتر افزایش یافته است. چهار معیاری که در سیستم، نقش اساسی در حمل‌ونقل ریلی شهری دارند در شکل(۴-۱۱) آورده شده است که باید با طرح توسعه حمل‌ونقل ریلی سئول هماهنگ شوند.



شکل۴-۱۱- سیستم حمل‌ونقل ریلی شهر سئول [۷]

پیش بینی می‌شود به کمک این سیستم تا پایان سال ۲۰۲۶، ۵۳/۳٪ مسافران شهرهای بزرگ کره، توسط راه‌آهن شهری جابجا شوند. جهت دستیابی به این هدف، ساخت خطوط جدید، به خصوص خطوط ریلی سبک LRT[1] برای کاهش هزینه‌های ساخت و هزینه‌های عملیاتی در راستای برنامه‌های اجرایی قرار داده شده است.

1 - Light Rail Transit

فصل ۵

بررسی پروژه‌های هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه

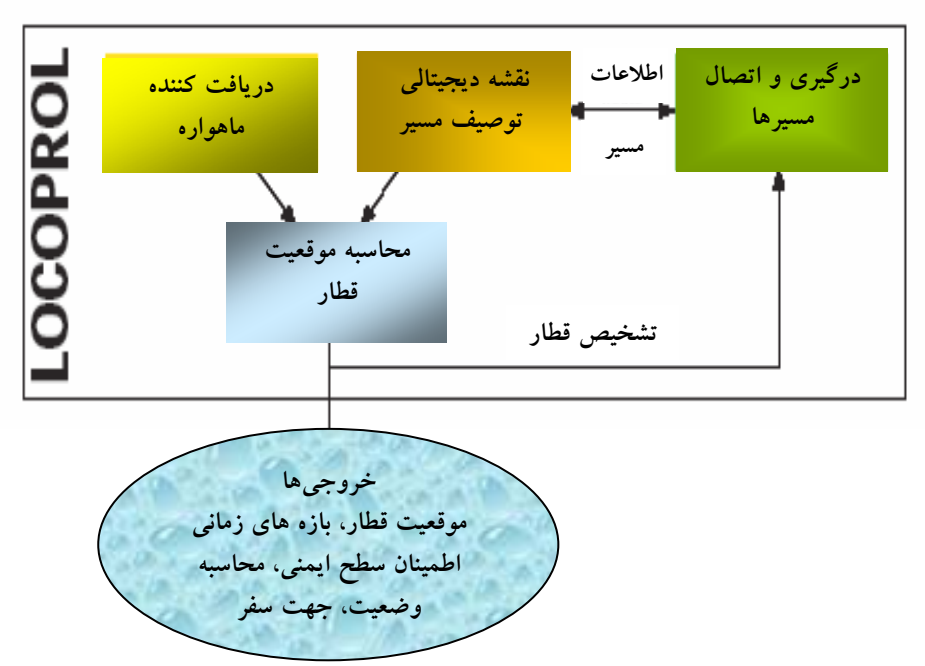
در این قسمت به بررسی برخی از پروژه‌های هوشمندسازی اجرا شده در کشورهای مختلف پرداخته خواهد شد. تفاوت فصل قبل با این فصل در این است که در این قسمت پروژه‌های مختلف که ممکن است در چندین کشور نیز به اجرا درآمده باشد، معرفی خواهد شد و توجه به سیاست‌ها و برنامه‌های کلان هیچ کشوری نشده است.

۵-۱- حمایت، کنترل و ارسال فرامین به قطارها براساس کنترل ماهواره‌ای [۲۴]

سیستم‌های کنونی کنترل و فرمان موجود که برای خطوط با چگالی ترافیکی متوسط طراحی و هماهنگ شده‌اند، به علاوه سیستم‌های جدید کنترل و مدیریت قطار و ترافیک ریلی در اروپا (ERTMS/ETCS)[1]، جهت استفاده آنها در خطوط راه‌آهن با چگالی ترافیکی پائین و خیلی پایین، خیلی پرهزینه هستند. به همین دلیل است که بسیاری از خطوط ترافیکی با چگالی پائین (LDTL)[2] در سراسر جهان هنوز توسط تجهیزات ایمنی قدیمی و تاریخ گذشته یا وسایل کنترل انسانی هدایت می‌شوند. لذا نیاز به یک سیستم جدید با صرف

1 - European Rail Traffic Management Systems
2 - Low-density Traffic Lines

هزینه مؤثر برای این خطوط که از طریق تکنولوژی‌های جدید موجود نظیر مکان‌یابی ماهواره‌ای عمل می‌کند، بسیار ضروری است. استفاده از این روش‌ها ضمن مقرون به صرفه بودن، سطح قابل قبولی از ایمنی را مشابه خطوط با چگالی بالا برای خطوط خلوت فراهم می‌سازد. در نتیجه بازدهی این خطوط افزایش یافته و هزینه‌های عملیاتی و نگهداری آن کاهش می‌یابد و به جذابیت بیشتر حمل‌ونقل ریلی کمک می‌کند. در شکل ۵-۱ اجزای سیستم LOCOPROL به همراه خروجی‌های حاصل از آن ارائه شده است.



شکل ۵-۱- اجزای سیستم *LOCOPROL* [۲۴]

۵-۱-۱- اهداف سیستم مکان‌یابی ماهواره‌ای (LOCOPROL)

سیستم‌های کم هزینهٔ مکان‌یابی ماهواره‌ای قطارها که برای زمان‌بندی چراغ‌ها و هدایت قطارها درخطوط ریلی با چگالی کم استفاده می‌شوند، توسط کمیسیون اروپایی به عنوان بخشی از چارچوب برنامه ریلی پشتیبانی می‌شوند. این پروژه به منظور کاربرد کوتاه مدت خطوط ریلی با چگالی پائین ایجاد شده و اهداف چهارگانه زیر را که به هم مرتبط هستند را دنبال می‌کند:

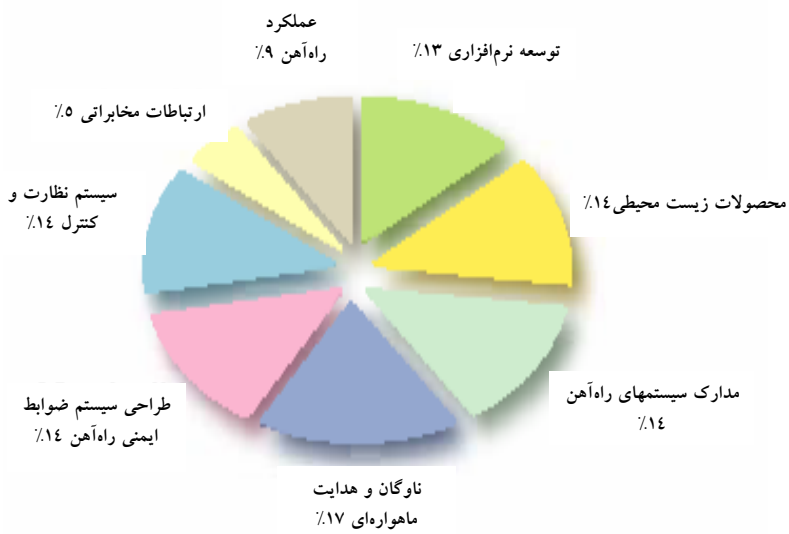
- تعریف یک سیستم مکان‌یابی با استفاده از چند تکنولوژی
- مطالعه و اثبات قابلیت کاربرد این سیستم در خطوط ریلی با چگالی کم
- مطالعه و اثبات کاربرد آن جهت حمایت و ایمنی کارگران
- مطالعه کاربرد آن در سیستم‌های ERTMS/ETCS

۵-۱-۲- تازه‌های سیستم

مهمترین نوآوری این سیستم‌ها، توسعه یک سیستم کم‌هزینه و ایمن جهت مکان‌یابی ماهواره‌ای قطارها می‌باشد. پیشرفت‌های مربوطه، اثر کاربرد ترکیبی این سیستم را در سیستم کنترل مؤثر قطار برای خطوط ریلی کم چگال مورد آزمایش قرار می‌دهد که شامل موارد ذیل می‌شود:

- یک تابع توزیع جدید که بر استفاده از مراکز هوشمند استوار است (نظیر برخی توابع اینترلاکینگ) که عملکرد مستقل قطار را افزایش می‌دهد
- یک ترمینال تأمین ایمنی کاربران که ایمنی کارگرانی که در حال فعالیت روی خط راه‌آهن هستند را افزایش می‌دهد
- یک زیرسیستم مربوط به صحت عملکرد قطار براساس ارتباط قطار با تجهیزات زمینی کنار خط
- ارائه اطلاعات مربوط به مسافران و بارها به کاربران

سهم بخش‌های مختلف در برنامه LOCOPROL در شکل ۵-۲ ارائه شده است.



شکل ۵-۲- سهم بخش‌های مختلف در اجرای برنامه *LOCOPROL* [۲۴]

۵-۱-۳- منافع

نوآوری‌ها و اقدامات پیشنهادی باعث کاهش قابل توجه هزینه‌ها (مثل هزینه مالکیت، نگهداری، عملیات و بهره‌برداری) بدون هیچگونه محدودیت خدمات‌رسانی به استفاده‌کنندگان می‌شود. این تقلیل هزینه‌ها از روش‌های زیر ممکن می‌شود:

- کاهش نیاز به تجهیزات در طول مسیر (تنها تجهیزات تقاطع نقطه‌ای و همسطح)
- حذف نیاز به کیلومترشمارهای اضافی و گران قیمت، که برای این کار به سنسورهای واقع در محل

نیاز است (تنها مکانی‌یابی ماهواره‌ای)

- حذف کردن تجهیزات متمرکز تعیین ایمنی (تنها توابع غیرامنی چون کنترل و نظارت بر ترافیک که متمرکز نگه داشته شده‌اند)
- کاهش ارتباطات رادیویی، هم از نظر مقدار و هم زمان، جهت اطلاعات حیاطی و غیرحیاطی
- امکان پذیر نمودن عملکرد یک قطار ERTMS در خطوط مجهز به LOCOPROL

۵-۲- مکان‌یابی ماهواره‌ای نقاط ایمن و فاقد ایمنی

برخلاف روشهای کلاسیک، LOCOPROL موقعیت قطارها را با استفاده از علائم ماهوره‌ای خام که تحت تأثیر واقع نشده‌اند، محاسبه می‌کند. به عنوان مثال، فاصله بین قطار و ماهواره قبل از مختصات قطار، پس از انجام محاسبات درونی. سپس این اطلاعات جهت مکان‌یابی نقاط ایمن و ناامن پردازش می‌شوند. سیستم جدید و موقعیت‌یابی LOCOPROL براساس استفاده همزمان از اطلاعاتی که در بدو امر از سه زیرمجموعه زیر تأمین می‌شوند، عمل می‌کند:

- تهیه نقشه‌های مسیرها و نقاط امن و ناامن آنها (با ارائه دو معادله یک قطعه خط را تعریف می‌کند)
- توابع اتصال خطوط ایمن و ناامن (قطعه خط را به یک خط کامل متصل می‌کند)
- مکان‌یابی ماهواره‌ای (تعیین موقعیت قطار بر روی خط کامل)

این سیستم مورد توجه و علاقه مراکز زیر قرار گرفته است:

- **شرکت‌های راه‌آهن در سراسر جهان**

که به دنبال راه حل‌های سودمند و ایمن و تغییر تجهیزات ایمنی قدیمی خود در سیستم خطوط ریلی کم چگال می‌باشند. اهداف اصلی اروپا افزایش ظرفیت بر روی این خطوط بدون سرمایه‌گذاری پرهزینه در کلیه ساختارهای بنیادین ریلی و همچنین پیشگیری از بستن و حتی افتتاح مجدد خطوط ثانویه می‌باشد که با وجود سیستم‌ها یا عملیات‌های فعلی نمی‌تواند سودبخش باشد.

- **مقامات اتحادیه اروپا**

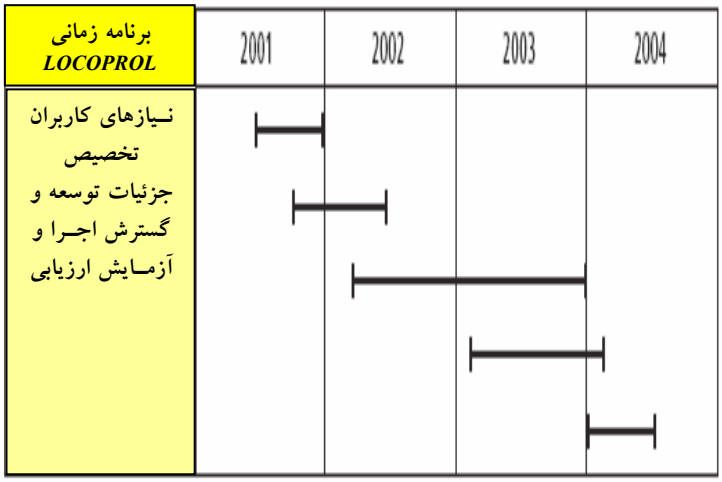
که بدنبال یک فرصت در جهت افزایش ظرفیت بسیاری از خطوط ریلی بدون نیاز به هزینه‌های پایه‌ای گران قیمت می‌باشند. بنابراین تخفیف و کاهش گرایش عمومی بر استفاده از جاده‌ها از طریق انتقال بخشی از حمل‌ونقل بار و مسافر به خطوط ریلی موجود از اهداف این اتحادیه است. این تکنیک همچنین به کاهش آلودگی هوا نیز کمک می‌کند.

- **تولیدکنندگان اروپایی**

تولیدکننده‌های سیستم‌های ایمنی و محصولات علائم و چراغ‌های هشدار و اخطار و نیز شرکت‌های مهندسی با تخصص در زمینه کنترل و نظارت راه‌آهن بازار بزرگی برای سیستم‌های ماهواره‌ای کنترل و حفاظت قطار بر خط‌های ریلی کم چگال، نه تنها در اروپا و اروپای شرقی، بلکه تقریباً در اکثر بازارهای بزرگ جهانی فراهم آورده‌اند.

- **سازندگان سیستم‌های ماهواره‌ای (GALILEO) و کاربران ارتباطات با ماهواره‌ها**

این دسته نیز از این بازار بزرگ بسیار سود می‌برند. بر اساس برنامه زمانبندی انجام شده مراحل اجرای آزمایشی طرح LOCOPROL از اوایل سال ۲۰۰۲ آغاز شده و تا اوایل سال ۲۰۰۴ ادامه خواهد داشت و نتایج ارزیابی آن تا پایان سال ۲۰۰۴ ارائه خواهد شد. (شکل ۵-۳)



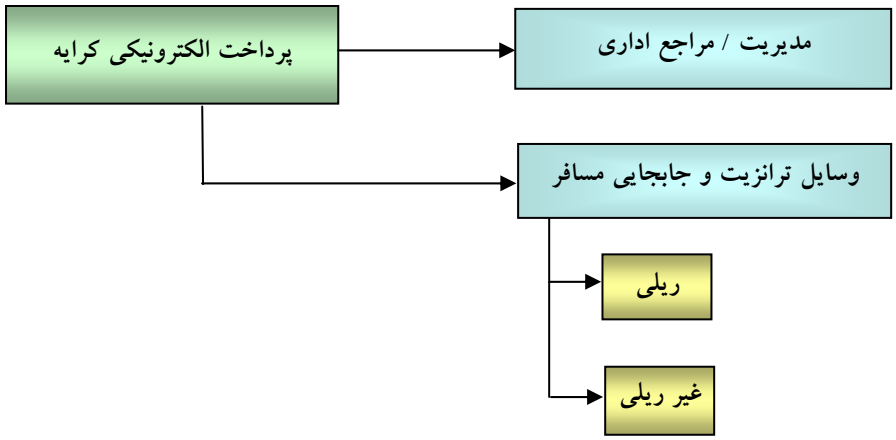
شکل ۵-۳- برنامه زمانی پیشرفت برنامه‌های LOCOPROL [۲۴]

۵-۳- برنامه‌های پرداخت کرایه الکترونیکی[۱]

پرداخت کرایه الکترونیکی یکی دیگر از زمینه‌های برنامه ITS می‌باشد که با در دست داشتن اطلاعات مفید و کمی قابل اجرا است. طرح‌های آزمایشی پرداخت الکترونیکی کرایه هم در سیستم ریلی و هم اتوبوس‌رانی در بسیاری از کشورها در حال انجام است که راحتی و امنیت مشتریان را به دنبال دارد. در این قسمت برخی از ویژگی‌های کلی این پروژه ارائه خواهد شد. در شکل (۵-۴) اجزای کلی پرداخت الکترونیکی کرایه نشان داده شده است.

در کالیفرنیا، با آزمایش‌هایی که بر روی تکنولوژی‌های مختلف کارتها انجام شده، کارت‌های نوع RF مطمئن‌ترین نوع شناسایی شده‌اند. آزمایشی نیز در شهر مارسی فرانسه به عنوان یک شهر بسیار پرجمعیت

تکنولوژی‌های RF و IR را با هم مقایسه کرده که به هر مشتری اجازه می‌دهد از کارت انتخابی خودش جهت پرداخت هزینه جابجایی استفاده کند (نظیر کارتهای اعتباری، کارتهای حساب بانکی، بلیط‌های عبور ماهیانه و...)، به صورتی که ظرف کمتر از یک ثانیه عمل دریافت کرایه را پردازش می‌کند. استفاده از تکنولوژی‌های پرداخت کرایه الکترونیکی از سال ۱۹۹۱ آغاز شده و تا سال ۱۹۹۶، ۱۹۰ شرکت در این سیستم با مجموع ۳۵۰۰۰ کارت در حال استفاده، مشغول به کار شده‌اند.



شکل ۵-۴- اجزای پرداخت الکترونیکی کرایه [۱۱]

در حالی که بسیاری از متون تحقیقاتی در زمینه پرداخت الکترونیکی کرایه و حصول به قابلیت‌های تکنیکی و راحتی مشتریان پرداخته‌اند، در برخی از موارد منافع خاصی در زمینه حمل‌ونقل مدنظر قرار گرفته است. کاهش محدوده هزینه‌های جمع‌آوری داده‌ها به میزان ۱/۵ میلیون دلار در منچستر انگلستان و ۵ میلیون دلار در ونتوار، کالیفرنیا، به انضمام افزایش حاصله در درستی و صحت داده‌ها را می‌توان از این موارد نام برد. در نیویورک ارزش افزایش میزان جابجائی و سفر مسافران به علت استفاده از پرداخت الکترونیکی کرایه بالغ بر ۴۹ میلیون دلار ارزیابی شده است. کاهش هزینه‌های سالیانه در نیوجرسی در زمینه رد و بدل نمودن پول نقد برای کرایه تا ۲/۷ میلیون دلار برآورده شده است، در حالی که در آتلانتا این میزان صرفه جوئی تا ۲ میلیون دلار اعلام شده است.

۵-۴- تکنولوژی ITS در تقاطع‌های جاده - ریل [۱]

آخرین تحقیقات انجام شده در اداره برنامه‌ریزی ITS وابسته به FHWA [1] در زمینه ایمنی تقاطع‌های ریلی- جاده‌ای در بخش پیشگیری از این گونه تصادفات انجام شده و شامل مراحل ذکر شده می‌باشد:

1 - Federal Highway Administration

- ارزیابی کاربرد ITS در HRI
- آنالیز منفعت به هزینه
- آزمایش تکنولوژی
- انتشار اطلاعات ITS/HRI از طریق نمایش در سایت‌های ملی

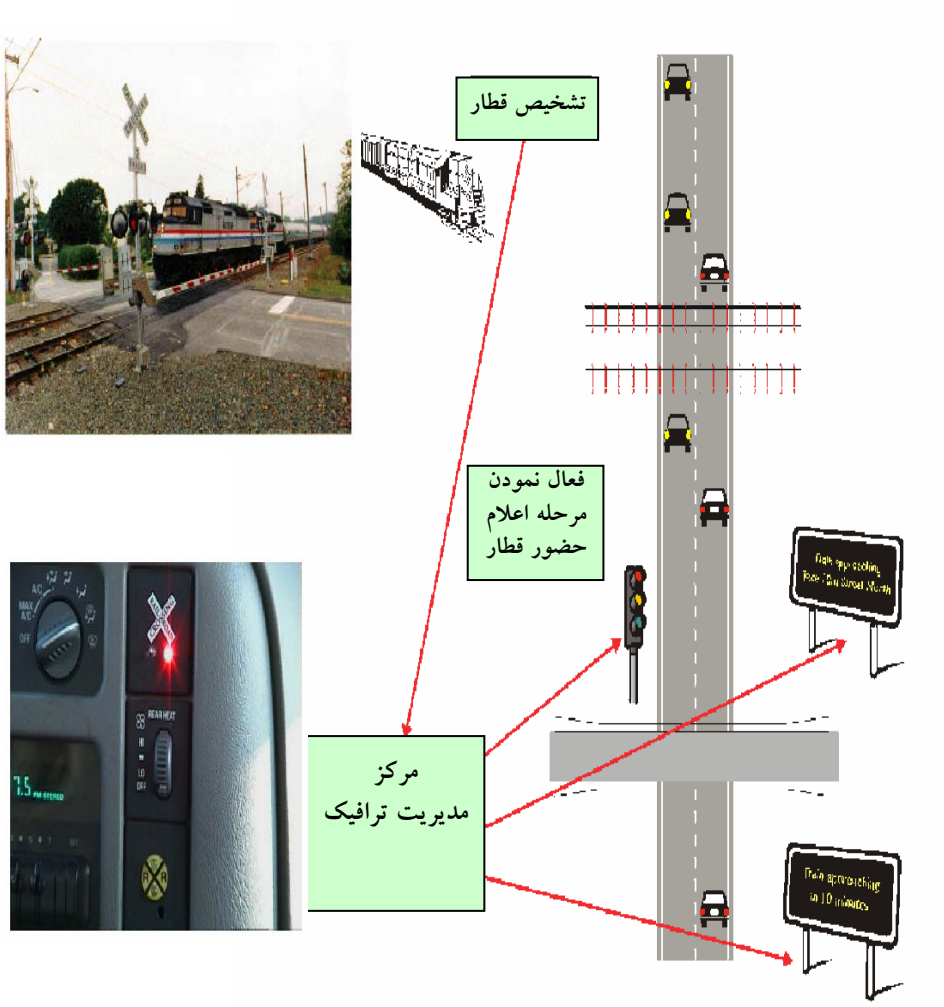
در طول هفت سال اولیه برنامه ITS ملی، چندین آزمایش روی تکنولوژی‌های ITS جهت بهبود ایمنی در تقاطع‌های HRI انجام شده است. به همراه توسعه "خدمات استفاده کننده شماره ۳۰" در طرح برنامه‌ریزی HRI ها، ارتباط ایمنی در HRI ها و تشخیص اینکه نیاز به کاربرد ITS در این محل‌ها به علت پتانسیل اثرگذاری که در ایمنی دارد، منجر به ایجاد خدمات شماره ۳۰ گردید. تحت این خدمات، HRI ها به عنوان بخشی از خدمات مدیریت سفر و ترافیک ITS تلقی شده و با ساختار کلی ITS در سال ۱۹۹۷ ترکیب شده‌اند. این سیستم‌ها همچنین کنترل ترافیک پیشرفته جاده و ریل را از طریق تبادل داده‌های زمان واقعی در اختیار قرار می‌دهد.

۵-۴-۱- نحوه عملکرد این سیستم‌ها

این سیستم با چراغ‌های ترافیکی بزرگراه و تنظیم آنها در محل تقاطع همسطح در تماس بوده و در زمان عدم حضور قطار چراغ‌های ترافیکی را به سبز تغییر داده تا ترافیک بزرگراه از تقاطع همسطح ریل – جاده عبور نمایند و هرگونه صف ترافیکی در پشت ریل تخلیه شود. این سیستم همچنین یک پیام ایمنی و امنیتی را به قطار نزدیک شونده به تقاطع داده تا در صورت نیاز قطار متوقف شود. تقاطع همسطح هوشمند زمان پائین بودن راه‌بند[1] را حداقل کرده و اطمینان از عملکرد سیستم چراغ‌ها را برای استفاده‌کنندگان عمومی بالا می‌برد. این بهینه‌سازی عملکرد چراغ‌های تقاطع همسطح، بازدهی فوق‌العاده‌ای برای ترافیک بزرگراه از طریق کاهش ازدحام از طریق کاهش عملیات غیرضروری ایجاد مانع، به دنبال خواهد داشت. تقاطع هوشمند علائم و پیام‌های متغیری را برای بزرگراه تدارک دیده تا همراه با پیام‌هایی که به رانندگان نمایش داده می‌شوند نظیر : "قطار در ایستگاه"، "قطار دیگری نزدیک می‌شود"، "وارد تقاطع نشوید – خروجی بسته است"و ... اجازه می‌دهد اطلاعات خط آهن به رانندگان وسایل‌نقلیه منتقل شده و پتانسیل مشکلات مربوط به راننده را کاهش دهد.

بخش حمل‌ونقل ایالت نیویورک یک برنامه ارزیابی را در سال ۱۹۹۹ انجام داده است. برخی اجزای این سیستم در سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۰ نصب و آزمایش شده است. یک نمونه از این نوع سیستم در شکل(۵-۵) نمایش داده شده است.

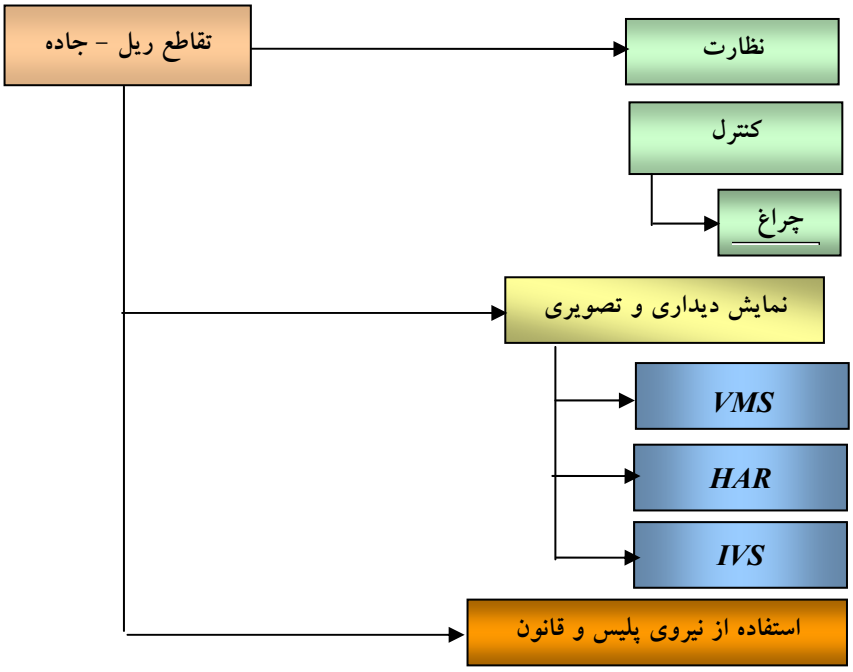
1 - Gate



شکل ۵-۵- سیستم‌های تقاطع ریل- راه‌آهن [۱۰ و ۲۲]

۵-۴-۲- هدف از سیستم ITS در تقاطع ریل- جاده

اولین و مهمترین ضرورت بکارگیری این سیستم تأمین ایمنی از طریق هشدار به رانندگان وسایل‌نقلیه و عابرین در خصوص وضعیت بحرانی و خطرناک مربوط به قطار در حال عبور از محل تقاطع می‌باشد. متن‌ها و علائم گرافیکی متنوعی در این سیستم‌ها مورد مطالعه قرار گرفته و انتخاب و آزمایش شده‌اند. برای اجرای برنامه هوشمندسازی تقاطع‌ها لازم است تا برنامه هوشمندسازی تقاطع با توجه به برنامه‌های کلان اجرای ITS در آن کشور پیاده شود. شکل(۵-۶) قسمت‌های اصلی سیستم‌های مربوط به تقاطع ریل-جاده را به منظور تعیین چهارچوب لازم جهت طراحی و ساخت این سیستم ارائه نموده است. در این قسمت نمونه‌ای از برنامه‌های اجرا شده در آمریکا به منظور اجرای هوشمندسازی تقاطع‌ها تحت یک برنامه زمانی مشخص ارائه شده است.



شکل ۵-۶- رده‌بندی سیستم‌های تقاطع ریل– جاده [۱و۱۸ و ۲۲]

برنامه‌های توسعه و تکامل این سیستم در تقاطع‌های ریلی- جاده‌ای:

فاز ۵ ساله اول

- برخی از تقاطع‌ها توسط چراغ‌های ترافیکی بزرگراهها به هم متصل شوند
- تحقیقات مستمر بر روی علائم جدید و وسایل هشداردهنده انجام شود
- برآورد تعداد تقاطع‌های HRI برای گزارش مشکلات آنها

فاز ۱۰ ساله اول

- داده‌های آماری در دسترس قرار گیرد و تبادل آن بین خط آهن و مرکز کنترل انجام شود
- معمول و عادی شدن وسایل هوشمند در نزد مردم
- تحقیقات و آزمایش برای علائم داخل وسیله‌نقلیه انجام شود
- جلوگیری از بروز حادثه برای تقاطع‌های در حال استفاده
- وسایل و علائم هشدار پیشرفته در کریدور ریلی پرسرعت توسعه یابند
- اتصال و هماهنگی چراغ‌های ریل و جاده
- بررسی گیر افتادن وسیله در محل کریدورهای ریلی پرسرعت
- علائم هشدار به رانندگان بهبود یافته و استاندارد شوند
- وجود یک سیستم حفاظتی کمک رسانی برای اورژانس‌ها و جلوگیری اتوماتیک تصادفات
- تعیین شماره تقاطع‌ها به صورت سراسری و گزارش مشکلات آنها برای خطوط بین المللی

فاز ۱۰ ساله دوم

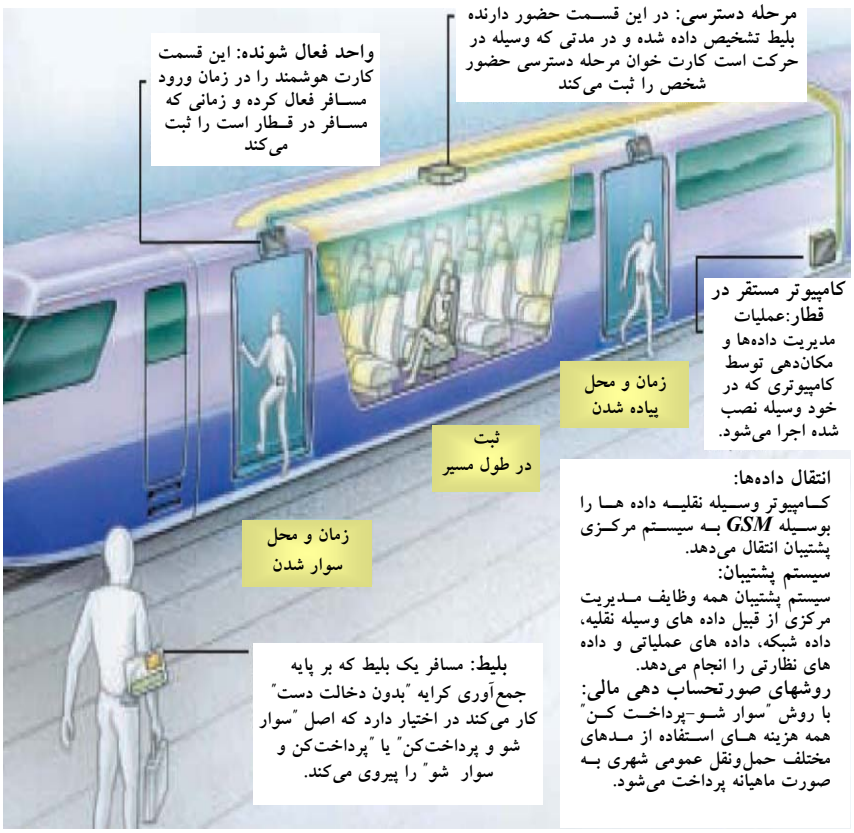
- برقراری هماهنگی بین مراکز کنترل، خط آهن، مرکز مدیریت ترافیک و مراکز کنترل قطار
- این هماهنگی تبادل داده‌های زمان واقعی را میسر می‌کند
- تکنولوژی‌های پیشرفته منجر به استفاده از قطارهای سریع‌السیر در برخی کریدورها می‌شود

۵-۵- مدیریت فروش و دریافت بلیط [۲۵]

علی‌رغم پیدایش تکنولوژی‌های مدرن تراشه‌های کامپیوتری، مسافران حمل‌ونقل ریلی و اتوبوس هنوز مجبور به پیش خرید بلیط هستند. شرکت زیمنس روش کاملاً جدیدی را تحت عنوان سیستم ACCESS 2000 ارائه داده است که این سیستم از بلیط‌های فصلی و سالیانه با عنوان «سوار شو برو» [1] با قیمت پایه سفر برای مسافران استفاده می‌کند. کمترین کرایه محاسبه و به طور اتوماتیک از مسافر دریافت می‌شود، بدون اینکه مسافر مجبور به انجام هر اقدام اضافی باشد. چنین امکانات مناسبی سفرهای اندک و اتفاقی مسافران را کاهش داده و امکان معرفی و ارائه ساختارهای جذب مسافر جهت دریافت کرایه را فراهم می‌کند.

این سیستم اولین سیستم خودکار کاملی است که به هیچ نوع از مداخله استفاده‌کنندگان نیاز نداشته و برای اپراتورهای حمل ونقلی میزان درآمد را ارتقا داده و درجه اتوماسیون را افزایش می‌دهد. به دست آوردن اتوماتیک داده‌های سفر امکان تقسیم معین درآمدها میان انواع گونه‌های حمل‌ونقل مطابق با خدمات واقعی عرضه شده را فراهم می‌کند. از روش‌های پیشتاز برای مسافران موقتی، کارت‌های آماده برای خرید بلیط است که در کیوسک‌های مطبوعاتی نیز قابل عرضه می‌باشند. امکان خرید بلیط از طریق باجه‌ها و فروش بلیط با استفاده از آنتن‌های موبایل در این سیستم مهیا شده و همچنین امکان نظارت بر سفرهای انجام شده توسط بلیط‌های حق اشتراکی نیز میسر می‌شود. در ادامه اجزای این سیستم به اختصار معرفی شده است. شکل(۵-۷) به طور کلی نمایانگر اجزای این سیستم می‌باشد.

1- Board & go



شکل ۵-۷- مدیریت کنترل بلیط در قطارهای هوشمند[۲۵]

جابجایی داده‌ها: کامپیوتر نصب شده در قطار داده‌ها را توسط GSM به سیستم مرکزی منتقل می‌کند.

سیستم مرکزی: این سیستم همه فعالیت‌های مدیریت مرکزی را برای بخش‌هائی نظیر داده‌های وسیله‌نقلیه، داده‌های شبکه، داده‌های عملکردی و داده‌های عملیاتی انجام می‌دهد.

فرآیند پرداخت: از طریق اصل «سوار شو و پرداخت کن» همه سفرها با وسایل حمل‌ونقل شهری به طور ماهیانه کرایه‌های خود را دریافت می‌کنند.

۵-۶- سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ترانزیت ریلی [۲۵]

سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ترانزیت در ابتدا به منظور بهبود عملکرد اتوبوس‌ها طراحی و ارائه شده است. اما پس از آن، برنامه‌های ITS ترانزیت ریلی ایجاد شد. این سیستم‌ها می‌توانند جهت بهبود عملکرد ترانزیت ریلی شهری به کار روند. سیستم‌های ITS می‌تواند ارتباط بین حمل‌ونقل ریلی و جاده‌ای را افزایش داده، اطلاعات زمان واقعی رسیدن قطارها را فراهم کرده و ایمنی تقاطع‌های همسطح جاده و ریل را بهبود بخشد.

برنامه ITS ترانزیت (جابجایی) ریلی بر سه موضوع زیر تاکید می‌کند:
- ترکیب و تکامل ترانزیت ریلی.
- عملیات‌های کریدور ریلی پیچیده و مرکب.
- مراکز مدیریت اطلاعات چند وسیله‌ای.

۵-۶-۱- برنامه تکمیلی ترانزیت ریلی

شامل ترکیب حمل‌ونقل چند وسیله‌ای و تهیه اطلاعات زمان واقعی ویژه مسافران داخل وسیله‌نقلیه، داخل ایستگاه و وسایل ارتباطی معین می‌باشد. این سیستم همچنین شامل افزایش ارتباطات چند وسیله‌ای، پرداخت کرایه الکترونیکی و سیستم‌های اولویت‌بندی علائم و چراغ‌ها نیز می‌باشد. ایمنی و امنیت تقاطع‌های جاده - ریل، متوقف کردن و جای‌دهی صحیح قطارها و سیستم‌های نظارت تصویری و پاسخ اضطراری در این سیستم مد نظر قرار می‌گیرند.

۵-۶-۲- عملکرد عملیاتی کریدورهای ریلی پیچیده

افزایش عملیات‌ها از طریق افزایش سیستم‌های جامع ریلی، افزایش تناوب تردد قطارها و فاصله زمانی کمتر را عملکرد عملیاتی پیچیده خطوط ریلی می‌نامند. همچنین تکنولوژی‌های ITS که می‌توانند فرصت‌های استفاده از مسیر مشترک با مسیرهای ویژه بار را افزایش دهند در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرند. برخی از این تکنولوژی‌ها عبارت است از : کنترل قطار براساس سیستم‌های ارتباطی، کنترل قطار و سایر تکنولوژی‌های هدایت ناوگان ریلی.

۵-۶-۳- مراکز مدیریت اطلاعات ترکیبی

مراکز مدیریت اطلاعات ترکیبی، کلیه اطلاعات مربوط به امکانات و تسهیلات متمرکز و پراکنده را به همراه اطلاعاتی در مورد عملیات‌های همه قطارهای یک منطقه در اختیار کاربران قرار می‌دهد. این مراکز مدیریت می‌توانند فعالیت‌های قطارهای مسافری و باری را مورد نظارت قرار داده و همچنین تقاطع‌های همسطح و ارتباطات چند وسیله‌ای را تنظیم و هماهنگ نمایند.

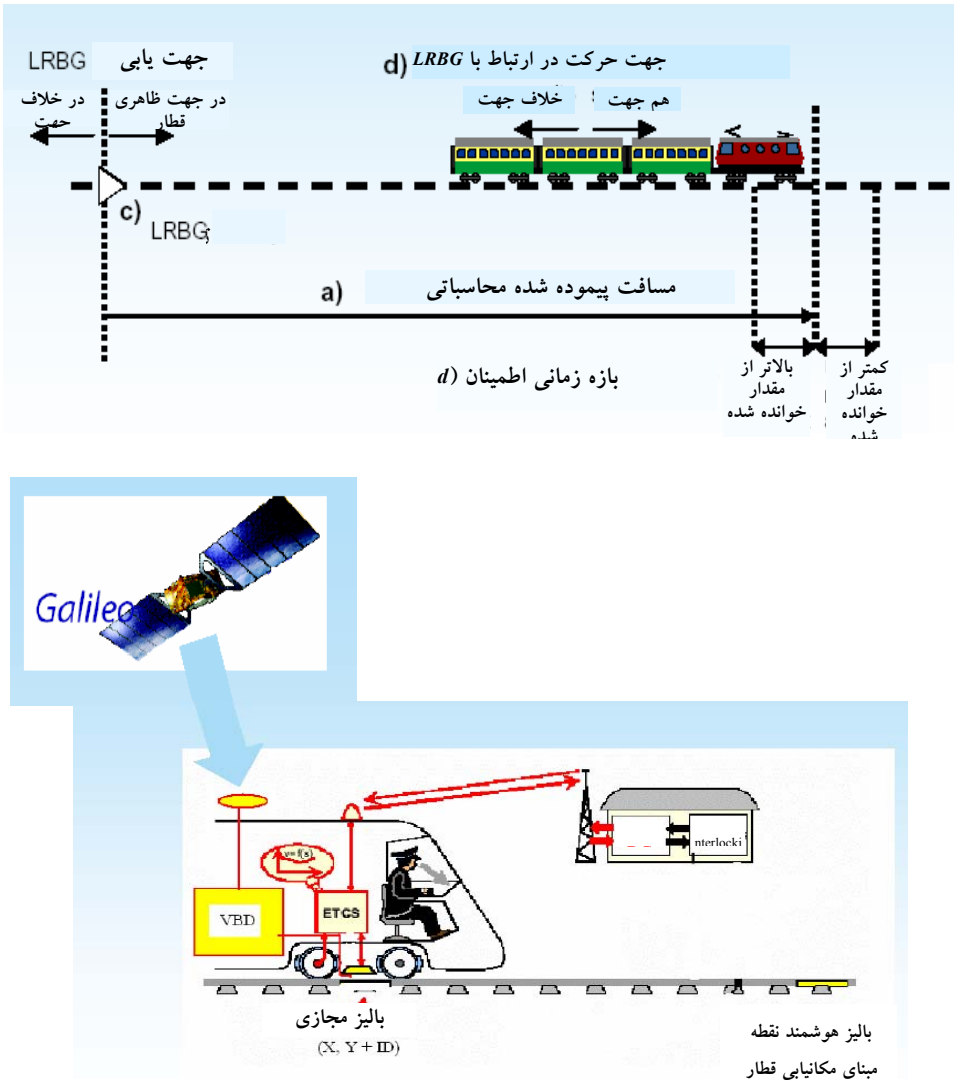
۵-۷- اصول و قواعد تعیین موقعیت قطار در سیستم ETSC [۵]

در سیستم ETCS ایستگاههای هدایت امواج رادیوئی با دامنه کوتاه درطول مسیر به عنوان نقاط مبنا مدنظر می‌باشند که به یورو بالیز[1] یا بالیز هوشمند موسومند. بین دو یورو بالایز قطار مسیر خود را با کیلومتر

1 - eurobalise

شمار نصب شده روی ترن محاسبه می‌کند. سیستم تعیین مختصات در پروژه ETSC برحسب "قطار- کیلومتر" می‌باشد. در شکل ۵-۸ طرح کلی تعیین موقعیت قطار در سیستم ETCS ارائه شده است.

در این سیستم بالیز مسیر با یک بالیز مجازی جایگزین می‌شود. هنگامی که مختصات قطار با بالیز مجازی یکی می‌شود، وسایل و تجهیزات نصب شده داخل ترن VBD[1] پیام یکسانی را به عنوان بالیز هوشمند تولید و ارسال می‌کنند. در این سیستم شبیه‌سازهای ETCS جهت دریافت و پردازش پیام بالیزهای مجازی تنظیم می‌شوند.



شکل ۵-۸- سیستم تعیین موقعیت قطار در سیستم *ETCS* [۵]

1 - Virtual balise Devices

۵-۸- هوشمند سازی راه‌آهن [۱۵]

همان طور که در ابتدا اشاره شد، موضوع هوشمندسازی به طور کلی یکی از مباحث جدید حمل‌ونقل در سراسر دنیا بوده و اصول و مبنای اولیه آن هنوز در حال شکل‌گیری و تکامل است. با توجه به ویژگی‌های حمل‌ونقل جاده‌ای، در اغلب کشورهای دنیا موضوع حمل‌ونقل هوشمند متأثر از حمل‌ونقل جاده‌ای شکل گرفته است، به همین دلیل در خصوص حمل‌ونقل ریلی این تازگی بیش از حمل‌ونقل جاده‌ای احساس می‌شود. اگرچه در این مطالعه سعی شده است تا با نیم نگاهی به کلیه سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی، نسبت به معرفی سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی اقدام شود، اما واقعیت آن است که منظور از حمل‌ونقل هوشمند، مقوله‌ای فراتر از مبحث سیستم هوشمند در حمل‌ونقل می‌باشد. این نکته در فصل‌های گذشته به ظرافت مورد اشاره قرار گرفته است که به عنوان مثال اگرچه در اتحادیه اروپا وجود سیستم‌های هوشمند مدیریت ترافیک ریلی از سال‌ها پیش وجود داشته است، اما عدم وجود یک ساختار یکپارچه و هماهنگ در کشورهای مختلف باعث شده است تا هزینه‌هایی بر حمل‌ونقل ریلی در این کشورها تحمیل گردد. در پایان این فصل با نظر به بحث اصلی مطرح شده در خصوص معرفی سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی، با تفکیک عملیات مختلف در حمل‌ونقل ریلی، بار دیگر به معرفی عناوین سیستم‌های هوشمند که ممکن است در گزارش به آن اشاره نشده باشد، پرداخته خواهد شد:

۵-۸-۱- سیستم اینترلاکینگ الکترونیکی

وظایف عملیاتی این سیستم به صورت کلی به شرح زیر می‌باشد:

- سیستم اینترلاکینگ الکترونیکی، مسیرهای ایمن قطار را محاسبه کرده، سوزن‌ها را به طور اتوماتیک انداخته و چراغ‌ها و علائم را تنظیم می‌کند.
- داده‌های به دست آمده، توسط سیستم‌های تشخیص خالی بودن مسیر، پردازش شده و موقعیت نصب و قرارگیری تجهیزات تعیین می‌شود.
- اطلاعات پیرامون سیستم‌های ATC را در همه مقاطع مسیر و در ناحیه کنترل آنها تهیه می‌کند.

۵-۸-۲- مراکز کنترل عملیات راه‌آهن

- حرکات همه قطارها را به طور اتوماتیک نظارت کرده و قطارها را به مقاصد مورد نظر اعزام می‌کند.
- امکان هماهنگی و عملیات در وقایع برنامه‌ریزی نشده را برای اپراتورها فراهم می‌نماید.
- عملیات درگیرنمودن خطوط از راه دور و از این محل کنترل می‌شود.
- انتقال کدبندی شده اطلاعات را از طریق سازمانهای مخابراتی و کنترل از راه دور ممکن می‌سازد.

۵-۸-۳- سیستم‌های کنترل اتوماتیک قطار

- سرعت مجاز و ترمزگیری اولیه و توقف را هر وقت که ضروری باشد محاسبه می‌کند.
- سیستم‌های ارتباطی موبایل GSM-R به طور قابل اطمینانی اطلاعات را به قطار منتقل می‌کند.

۵-۸-۴- عملکرد تمام اتوماتیک قطار

- کامپیوتر مستقر در قطار به طور پیوسته بر حرکات قطار نظارت می‌کند.
- شتاب‌گیری، ترمزگیری یا توقف قطار را راه‌اندازی و آغاز می‌کند.
- همه عملیات‌های قطارهای زیرزمینی در مرکز کنترل نظارت و کنترل می‌شود.
- سیستم‌های مخابراتی با قابلیت عملکرد بالا ارتباط بین سیستم‌های حفاظتی دو طرفه را برقرار می‌سازند.

۵-۸-۵- حمل کننده‌های بار با وسایل نقلیه (قطارهای) تمام اتوماتیک

- این قطارها با ظرفیتی معادل دو کامیون تجاری برای هر واگن با مصرف انرژی کمتر، نسبت به جابجایی اقدام می‌نمایند.
- با سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی درگیر شده و به طور اتوماتیک مقصد خود را براساس نقشه‌های مسیر از پیش برنامه‌ریزی شده پیدا می‌کنند.
- توسعه ترکیب تکنولوژی لیزر، رادار و ویدئو دستیابی به هدف برنامه را تضیمن می‌کند.
- از طریق سیستم اعزام قطار مقاصد را وارد برنامه می‌کنند.

فصل ۶

معرفی شاخص‌های ارزیابی پروژه‌های هوشمندسازی در حمل‌ونقل ریلی[۴]

در طول دهه گذشته، صدها تست عملکردی در زمینه کاربردهای ITS ریلی در سراسر جهان انجام شده است. بسیاری از این آزمایش‌ها با دقت ارزیابی شده و روند رو به گسترش در انجام محاسبات هزینه‌ها و منافع سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی صورت گرفته است. نتیجه این ارزیابی‌ها در منافع استفاده از ITS، نظیر ایمنی، کارایی، بازدهی و بهبود سازگاری با محیط زیست نمود پیدا کرده و با تخمین هزینه‌های ایجاد خدمات ITS در برنامه‌های با گستره شهری و ملی، در اغلب کشورها دنبال می‌شوند. بنابراین، مقایسه ITS با سایر گزینه‌های حمل‌ونقل ریلی از طریق روش هزینه مؤثر یا منفعت به هزینه میسر خواهد بود. هر چند که، تطابقی محتاطانه و دقیق در استفاده از داده‌های منفعت – هزینه که از آزمایش‌های عملیاتی یا از نتایج مطالعات سایر مناطق به دست می‌آیند، باید صورت پذیرد تا برنامه‌ریزی حمل‌ونقل ریلی محلی و تصمیم‌های سرمایه‌گذاری را حمایت کند.

۶-۱- مراحل ارزیابی پروژه‌های ITS ریلی

مراحل ارزیابی پروژه‌های ITS را می‌توان به صورت خلاصه در مراحل زیر عنوان نمود:

- ایجاد یک سناریوی پایه و اولیه جهت مقایسه نتایج
- به منظور ارزیابی دقیق، قواعد طرح‌های آزمایشی، نظیر مقایسه عملکرد گروه‌های کنترل و گروه‌های آزمایشی، باید مورد استفاده قرار گیرند.
- به اثرات جانبی ناخواسته، نظیر اثر اولویت حمل‌ونقل عمومی برخصوصی، باید توجه شود.
- از روش‌های عملی و مرکب جهت تأیید نتایج آزمایش‌ها باید استفاده شود.
- از سایت آزمایش‌های عملی و مرکب جهت مقایسه نتایج آزمایش‌ها باید استفاده شود.
- نتایج آزمایش‌ها و منافع به علت ضرورت می‌تواند در مقیاس وسیع محاسبه شوند، اما باید از داده‌های تجربی به دقت استنتاج و برون‌یابی شوند.
- محاسبات منفعت- هزینه تا حد ممکن باید براساس داده‌های تجربی پایه‌ریزی شده و باید به نحوی ارائه شوند که برای استفاده‌کنندگان و تصمیم‌گیرندگان معنی‌دار و قابل فهم باشد.
- هم نتایج منفی و هم مثبت، هر دو باید گزارش شوند تا به عنوان داده‌های مفید و تجربه‌های آموخته شده به کار گرفته شوند.
- بررسی نظرات عموم مردم در رابطه با ITS و قبول خدمات آن باید انجام شود، اما لازم نیست که این نظرات در تعیین رفتار واقعی کاربران مثلاً انتخاب نوع وسیله سفر دخالت داده شود.

براساس مراحل فوق الذکر سه گونه جامع از روشهای ارزیابی در حال حاضر استفاده می‌شوند:

- **اندازه‌گیری:** استفاده از نتایج تجربی که از اندازه‌گیری ناحیه‌ای به دست آمده، بسیار قانع کننده هستند.
- **استناد به تجارب موجود:** محاسبه‌ها توسط اشخاصی که به طور مستقیم در پروژه‌های ناحیه‌ای درگیر هستند، انجام می‌شود. این روش نیز جواب‌گو می‌باشد اما اطمینان‌پذیری آن کمتر از خروجی‌های روش اندازه‌گیری بوده و از کمیت چندانی برخوردار نیستند.
- **پیش‌بینی:** هنگامی که آزمایش‌های منطقه‌ای در دسترس نباشند، نتایج به دست آمده از آنالیز و شبیه‌سازی می‌توانند ابزار مفیدی جهت محاسبه اثرگذاری یک سیستم باشد. یا وقتی که پروژه‌های دارای گسترهٔ کافی جهت تعیین اثر سیستم وجود نداشته باشد.

هنگامی که بیش از یک گونه ارزیابی منفعت- هزینه استفاده شود، نتایج اثبات کننده با هم ترکیب می‌شوند. رضایت مشتریان، بطور میدانی از طریق مصاحبه و تمرکز بر بحث‌های گروهی ارزیابی می‌شود. هرچند که، تحقیقات بررسی کمی و مشاهدات رفتاری (مثل درصد مسافرانی که به استفاده از راهنمای هوشمند

برنامه حرکت قطارها پاسخ مثبت داده‌اند) نیز مکرراً جهت انجام ارزیابی‌های معنی‌دار آماری به کار می‌روند.

۶-۲- نتایج ارزیابی

کاملاً واضح است که یک راه‌آهن با ترافیک سنگین و کنترل کمتر منافع بیشتری را به واسطه کاربرد ITS در پی دارد نسبت به راه‌آهنی با ترافیک سبک که تا پیش از این از یک سیستم کنترل مدرن بهره‌مند بوده است. صرفه‌جوئی در طول زمان نیز به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. البته در صورتی که اکثر قطارهای شبکه ریلی از یک نوع سیستم استفاده کنند. ضمن آنکه باید توجه داشت منفعت مالی، ذخیره زمانی به ارزش زمان بستگی داشته که از کشوری به کشور دیگر بسیار متفاوت می‌باشد. داده‌های هزینه که از آزمایشهای عملیاتی و با استفاده از نمونه‌های اولیه و آزمایشی به دست می‌آیند، برای تصمیم‌گیری‌های تجربی چندان معنی دار نبوده و باید براساس هزینه‌های واحد تجهیزات در بازارها و تحت تولیدات انبوه پایه‌ریزی شوند.

دلایل فراوان دیگری نیز وجود دارند که در تشریح نتایج ارزیابی‌ها باید به دقت بررسی شوند. با همه این اوصاف، امروزه شواهد کافی از آزمایش‌های عملیاتی در سراسر جهان وجود دارد که تضمین می‌کند سرمایه‌گذاری در زمینه ITS ریلی تفاوت قابل توجهی را نسبت به سایر گزینه‌های حمل‌ونقل ریلی موجب می‌شود. در ارزیابی‌ها محدوده مزایا معمولاً به صورت یک بازه عددی ارائه می‌شوند و سعی می‌شود از ارائه اعداد به صورت یک عدد دقیق خودداری شود. بخشی از آن به علت دستیابی به نتایج آزمایش‌های چندگانه تحت شرایط آزمایش متفاوت و بخشی به علت عدم اطمینان در اندازه‌گیری‌ها می‌باشد. از مهمترین نتایج ارزیابی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی موجود می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود [۲]:

۶-۲-۱- منافع

منافع مطابق با معیارهای بازدهی به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

۶-۲-۱-۱- منافع ایمنی

دو عامل بسیار مهم که در مسأله بهبود ایمنی مطرح می‌شوند و از منافع کاربرد ITS به شمار می‌آیند، کاهش درصد تصادفات و درصد کاهش زمان نجات می‌باشند. ایمنی به شکل مستقیم محاسبه می‌شود، بنابراین به دست آوردن آن از آزمایشات عملیاتی بسیار دشوار است، زیرا تصادفات واقعی به ندرت و نامتناوب اتفاق می‌افتند. هرچند که روش‌های دراز مدت چند ساله[1] اثر قبل و بعد کاربرد ITS را در نرخ تصادفات به صورت قابل اطمینان در اختیار قرار می دهند. معمولاً محدوده‌ای از نتایج عددی توسط روش‌های شبیه‌سازی یا

1 - Multiyear Longitudinal Methods

مدل‌سازی با کامپیوتر ایجاد می‌شوند که پارامترهای آنها می‌توانند مطابق با آزمایش‌های عملیاتی کالیبره شوند.

از جمله سیستم‌هایی که در زمینه ایمنی ITS به کار می‌روند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کنترل علائم و پیام‌ها
- کنترل سرعت
- کنترل خالی بودن خط
- بررسی وضعیت آب و هوا
- نظارت بر عملکرد راننده
- سیستم‌های هدایت مسیر
- سیستم‌های مدیریت اورژانس و کمک‌رسانی
- سیستم‌های پیشگیری از برخورد (CAS)[1]

۶-۲-۱-۲- منافع کارایی (بازدهی)

کاهش در زمان سفر و تأخیر، به معنی کاهش در زمان به هدر رفته مسافران می‌باشد و این به معنای بهبود و افزایش کارایی از نقطه نظر مسافران می‌باشد. بهبود کارایی یکی از مهمترین اهداف همه برنامه‌های ITS در سراسر جهان می‌باشد. منافعی که شامل سفرهای بلندتر می‌شود، هم به طور مطلق و هم نسبی بیش از سفرهای کوتاه می‌باشد. همچنین وسایل جاده‌ای نیز از این سیستم‌ها در جهت کاهش زمان تلف شونده پشت تقاطع‌های همسطح ریلی- جاده‌ای سود می‌برند. با این بهبودها و افزایش کارایی، احتیاجات حرکت و جابجایی با کاهش نیاز به ساخت یا توسعه امکانات جدید برآورده می‌شوند. بهبود کارایی در قالب افزایش در تعداد مسافران، تعداد قطارها و میزان بارهای حمل شونده در واحد زمان با حفظ یا بهبود سطح سرویس‌دهی مطرح می‌شود. عنوان برخی از سیستم‌هایی که در بخش بازدهی نقش ایفا می‌کنند، به قرار زیر است:

- علائم و پیام‌های متغییر (VMS)[2]
- تغییر مسیر از طریق VMSها
- کنترل علائم ترافیک ریلی
- اولویت‌بندی ارسال پیام‌ها
- مدیریت ناوگان ریلی
- تعیین مسیر از داخل قطار
- مدیریت ترافیک مرکب جاده‌ای- ریلی

1- Crash Avoidance Systems
2 - Variable Message Sign

۶-۲-۱-۳- منافع ثمربخشی (بازدهی) و کاهش هزینه

در شرایطی که کاهش هزینه سفر مورد توجه و علاقه همه استفاده کنندگان ریلی است، منافع یاد شده با سازمان راه‌آهن و ناوگان ریلی بسیار ملموس می‌باشند. به همین علت، منافع ثمربخشی ITS از دیدگاه مدیران ناوگان، مقامات حمل‌ونقل ریلی و آژانسهای فروش بلیط تشخیص داده می‌شود.

سیستم‌هائی که در زمینه فوق به کار می‌روند شامل موارد زیر هستند:

- سیستم‌های مدیریت ناوگان
- سیستم‌های مکان‌یابی موقعیت قطار
- سیستم‌های اعزام و فرستادن قطار به کمک کامپیوتر
- ساختار ITS در حمل‌ونقل ریلی
- جمع‌آوری الکترونیکی بلیط‌ها
- نظارت بر عملکرد راننده

۶-۲-۱-۴- منافع زیست محیطی

در بسیاری از مواقع، منافع زیست محیطی یک پروژه تعیین شده، تنها از طریق آنالیز و شبیه سازی می‌توانند محاسبه شوند. اندازه‌گیری و محاسبه آثار محیط‌زیست در کل یک منطقه به علت تعداد زیاد متغیرهای ناهمگون، شامل آب و هوا، کمک گرفتن از منابع ثابت و رشد تدریجی آلودگی لایه ازن و... بسیار دشوار است. در برخی حالات، اندازه‌گیری مستقیم عوارض زیست‌محیطی از طریق تمرکز بر اندازه‌گیری‌های محلی و ناحیه‌ای، نظیر کیفیت هوا، پوشش گیاهی اطراف خط و... عملی می‌باشد. هر چند که، چنین نتایج ارزیابی به شدت وابسته به وضعیت توپوگرافی محل و هندسه خط‌آهن داشته و بنابراین عمومیت بخشیدن به آن بسیار مشکل خواهد بود. به همین علت، منافع زیست‌محیطی معمولاً تحت عنوان کاهش آسیب‌دیدگی محیط‌زیست به جای کیفیت محیط‌زیست اندازه‌گیری می‌شوند. کاهش مصرف سوخت معمولاً با منافع زیست‌محیطی یکپارچه شده و تحت عنوان درصد کاهش در مصرف سوخت مطرح می‌شود. همه منافع زیست‌محیطی با این فرض ارزیابی می‌شوند که کاربرد ITS کل مسافت پیموده شده قطار را تغییر نخواهد داد.

به استثنای حالت مدیریت تقاضا برخی از سیستم‌هایی که در این زمینه فعالیت دارند شامل موارد زیر هستند:

- کنترل دسترسی و مدیریت تقاضا
- کنترل ترافیک ریلی
- هدایت مسیر از داخل قطار

- بهینه‌سازی ارسال پیام‌ها
- تغییر مسیر از طریق VMS
- تغییر مسیر از طریق ارتباط تلفنی درون قطار

۶-۲-۲- هزینه‌ها

داده‌های هزینه در رابطه با نصب و راه‌اندازی ITS بسیار پراکنده هستند. هزینهٔ آزمایش‌های عملی ITS معرف هزینه‌های عملیITS در مقیاس وسیع و جهانی نمی‌باشد. بهترین و قابل دسترس‌ترین اطلاعات هزینه برای اهداف برنامه‌ریزی در مدارک معماری در ساختار ITS ملی آمریکا (USDOT 1997b) ارائه شده است. برای هر محصول یا خدمات مربوط به ITS، هزینه واحد به مولفه‌های راه‌اندازی اولیه و هزینه‌های عملیاتی و نگهداری سیستم تقسیم می‌شود. هزینه‌های اصلی فقط در یک دوره جهت خرید تجهیزات و راه‌اندازی اولیه سیستم و با اختصاص بودجه در یک زمان خاص پرداخت می‌شوند، اما هزینه‌های عملیات و نگهداری به صورت سالیانه تخصیص بودجه شده و هر ساله تکرار می‌شود. نکته اینکه هزینه‌های عملیات و نگهداری تقریباً ۱۰ درصد هزینه‌های اصلی می‌باشند. این اطلاعات هزینه، محور اساسی ارزیابی هزینه پروژه‌های ITS را تشکیل می‌دهند. از طرفی با به کاربردن اجزاء سیستم ITS، هزینه‌های پایه کاهش می‌یابند. برخی از هزینه‌های مربوط به استفاده از ITS در حمل‌ونقل ریلی عبارتند از :

- هزینه حمل بارهای بین‌شهری
- هزینه خالی کردن الکترونیکی خطوط
- بازرسی اطراف خط
- هزینه اطلاع‌رسانی به مسافران
- مدیریت ترافیک ریلی
- مدیریت تقاضا
- هزینه ایجاد ITS در شهرهای کوچک و بزرگ

۶-۲-۲-۱- تحلیل هزینه مؤثر

هدف از تحلیل هزینه مؤثر، مقایسه هزینه پروژه‌های با سطح اثربخشی یکسان می‌باشند. یکی از مزایای تحلیل هزینه مؤثر به آنالیز منفعت به هزینه، احاطه به مسائل و مشکلات در تخصیص بودجه نسبت به طرح‌هایی است که منافع آن نظیر ایمنی قطار بسیار قابل توجه می‌باشند. در روش هزینه مؤثر، هزینهٔ ساخت خط به روش‌های سنتی، به منظور پاسخگویی به نیاز آینده با هزینهٔ ساخت خط با استفاده از گزینه‌های ITS با

همان تقاضا مورد مقایسه قرار می‌گیرد. از مواردی که هزینهٔ آنها در هر دو حالت قیاس می‌شود، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- هزینه‌های ساخت و ایجاد ساختار ITS ریلی
- افزایش ورودی‌ها جهت پردازش
- هزینه ساخت هر کیلومتر خط‌آهن
- هزینهٔ اصلی ۱۰ سالهٔ خط‌آهن
- هزینهٔ سالیانهٔ عملیات و نگهداری به ازاء هر کیلومتر خط‌آهن
- هزینه‌های عملیات و نگهداری ۲۰ ساله

۶-۲-۳- تحلیل منفعت به هزینه

نسبت منفعت به هزینه (B/C) در اصطلاحات مالی و اقتصادی، معیار کلاسیک تحلیل سرمایه‌گذاری می‌باشد. در بسیاری کشورها، تحلیل منفعت به هزینه به عنوان یک استاندارد پایه جهت مقایسه گزینه‌های مختلف در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل تبدیل شده است. لذا بسیار اهمیت دارد که پروژه‌های حمل‌ونقلی که شامل ITS می‌شوند، بر همین اساس ارزیابی شوند. به ویژه اگر ITS در جریان اصلی برنامه‌های حمل‌ونقل ریلی برای ملاحظات سرمایه‌گذاری قرار داشته باشد. تحقیقات فراوانی پیرامون منافع و هزینه‌های استفاده از ITS ریلی در سطح وسیعی انجام شده که هم در قالب کاربرد خود تجهیزات ITS و هم اثر مشترک آن در چارچوب ساختار شبکه ریلی تشخیص داده شده‌اند. در این راستا شش قسم از این تکنولوژی منظور شده است که به آن اشاره می‌شود:

- خطوط (راههای) ارتباطی
- پردازشگرها
- وسایل ذخیره اطلاعات درون قطار
- سنسورها
- مؤلفه‌های تداخل عملکرد انسان و راه‌آهن(قطار)
- فرستنده و تقویت کننده سیگنال‌های صوتی

این مطالعات براساس تعیین استراتژیهائی می‌باشد که راهکارهای گسترده‌ای را پیرامون منافع و هزینه‌های مرتبط با جامعه، در اختیار قرار می‌دهند. روشی که استفاده می‌شود جهت تعیین اجرای مفهومی هر یک از کاربردهای ITS در یک محل خاص می‌باشد و سپس محاسبه هزینه‌ها و منافع مربوطه صورت می‌گیرد. آن‌گاه تعریف یک سناریوی مناسب برای هر یک از مؤلفه‌های ITS، تعداد انبوهی از فرضیات را با توجه به

مشخصات سیستم، مقیاس اجرای طرح، ماهیت و مقیاس آثار آن ایجاد می‌کند. سپس نسبت منفعت به هزینه هر مؤلفه محاسبه شده و این محاسبات با فرض آنکه ساختار ارتباطی مربوطه شکل بگیرد، تکرار می‌شوند. فایده تکرار محاسبات منفعت و هزینه در موارد ذیل خلاصه می‌گردد:

- برخی از مؤلفه‌ها و تجهیزات کاربردی را که قبلاً سوددهی نداشتند در مرحله سودرسانی قرار می‌دهد.
- سودبخشی برخی از مؤلفه‌های ITS را نسبت به قبل افزایش می‌دهد.
- کاربرد برخی از مؤلفه‌ها را که دیگر چندان ضروری نیستند و در بطن سایر مؤلفه‌های انجام می‌شوند را حذف می‌کند.
- برای برخی از مؤلفه‌ها نیز تغییراتی اعمال نمی‌کند.

در مجموع انجام همه این ارزیابی‌ها جهت اطمینان از پیشرفت به سوی ترکیب حمل‌ونقل ریلی با ITS در دستیابی به اهداف تجربی همچنین برای تعیین ارزش، کارایی و اثر استفاده از برنامه‌های ITS ملی ضروری و لازم الاجرا می‌باشد.

۶-۲-۴- ارائه نمونه اهداف برنامه‌ریزی شده از بکارگیری ITS ریلی

به منظور ارائه تصویری از مزایای بکارگیری سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی، در این قسمت نتایج حاصل از اجرای طرح برنامه‌ریزی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ملی در آمریکا ارائه خواهد شد. در این طرح که به صورت یک مطالعه و بررسی ۱۰ ساله می‌باشد، محدوده منافع و اهداف مربوطه را مشخص کرده و در مقابل آن میزان تغییرات و پیشرفت کار قابل اندازه‌گیری خواهد بود. این اهداف راهبردهائی را برای تشخیص کامل فرصت‌هائی که تکنولوژی ITS قادر به افزایش عملکرد سیستم‌های حمل‌ونقل ملی می‌باشد، را فراهم می‌کنند که بیانگر بهبود کیفیت زندگی برای همه شهروندان و افزایش رضایت استفاده‌کنندگان برای سفرهای تجاری و شخصی می‌باشد. این اهداف شامل موارد زیر هستند: [۲، ۳، ۲۳]

- **ایمنی**: هدف کاهش سالیانه کشته‌ها و مجروحین مربوط به حمل‌ونقل به میزان ۱۵٪ تا سال ۲۰۱۱ و حفظ جان ۵۰۰۰ الی ۷۰۰۰ نفر در سال می‌باشد.
- **امنیت**: یکی از اهداف اصلی یک سیستم حمل‌ونقلی آن است که در مقابل حملات و سرقت‌ها به خوبی محافظت شود و به طور مؤثر به تهدیدها و حوادث طبیعی و ساخت دست انسان پاسخ دهد. همچنین قادر به حرکت و انتقال پیوسته مسافران و بارها حتی در زمانهای بحرانی باشد.
- **کارائی و بازدهی اقتصادی**: هدف صرفه‌جویی به میزان حداقل ۲۰ میلیارد دلار در سال از طریق افزایش ظرفیت و کاهش زمان تلف شده با استفاده از اطلاع‌رسانی بهتر، مدیریت سیستم و جلوگیری از ایجاد ازدحام و شلوغی می‌باشد که یکی از عمده‌ترین روش‌های دستیابی به آن ارتقای خدمات‌رسانی

در حمل‌ونقل مؤثر مسافر و کالا به صورت پیوسته[1] و هماهنگی در بکارگیری حمل‌ونقل ترکیبی سریع و پیوسته می‌باشد.

- **حرکت/ دسترسی**: هدف ارائه اطلاعات قابل دسترس در سطح جهانی می‌باشد که انتخاب سفرهای پیوسته را برای همه استفاده کنندگان سیستم حمل‌ونقل حمایت می‌کند.
- **انرژی/ محیط زیست**: هدف ذخیره حداقل یک میلیارد گالن گازوئیل در هر سال و کاهش آلودگی‌های محیط زیستی حداقل به عنوان سهمی از این صرفه‌جوئی در سوخت می‌باشد.
- به طور خلاصه توسعه و پیشرفت مسیر به سمت برنامه ملی ITS با اهداف زیر همراه می‌باشد:
- **ایمنی** (جلوگیری از تصادفات فوتی و جرحی)
- **حرکت** (کاهش تأخیر، جلب رضایت مشتریان)
- **کارائی**: (کالاها و مسافران در واحد زمان جابجا می‌شوند)
- **بازدهی بالا**: (کاهش هزینه)
- **انرژی و محیط‌زیست**: (مصرف سوخت، کاهش زیانهای زیست‌محیطی)

1 - End to End Movement

فصل ۷

چشم‌انداز کلان سیستم‌های هوشمندحمل‌ونقل ریلی در ایران

۷-۱- بررسی سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی موجود درکشور و مشکلات توسعه سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی در ایران

۷-۱-۱- مقدمه

قبل از طرح موضوع سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی در کشور، لازم است تا وضعیت راه‌آهن ایران به صورت کلی تبیین گردد. کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع و بیش از ۶۰ میلیون نفر جمعیت و به دلیل موقعیت استراتژیک و ویژه خود، همیشه از اهمیت جهانی برخوردار بوده است. طی قرن‌های گذشته ایران پلی ارتباطی میان شرق و غرب بوده و کالاها از طریق جاده‌های معروفی از قبیل: جاده ابریشم و جاده مروارید و نیز جاده‌های هندوستان انتقال داده می‌شدند.در حال حاضر به واسطه فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی و ظهور کشورهای تازه استقلال یافته در مرز شمالی ایران و تلاش آنان برای یافتن جاده‌ها و مسیرهای صادرات- واردات و عدم وابستگی به روسیه، نقش ایران به عنوان رابط و واسط مناسب در منطقه احیاء شده و به زودی نقش همیشگی خود در حمل‌ونقل منطقه را دوباره به دست خواهد آورد. به این منظور توجه به عوامل مهمی مثل ایمنی، هزینه پایین و زمان کوتاه‌تر در حمل‌ونقل باید در سرلوحه برنامه‌ریزان حمل‌ونقل کشور قرار گیرد. در این راستا می‌توان به ساخت راه‌آهن مشهد- سرخس برای ایجاد مسیر ارتباط ریلی بین قاره‌ای، که

آسیا را به اروپا متصل می‌کند، اشاره نمود. همچنین ساخت راه‌آهن امیرآباد (بندری در نزدیکی دریای خزر) آن را به اولین بندر مهم ایران که به شبکه راه‌آهن متصل شده، تبدیل کرده است. نمونه دیگر ساخت خط آهن کرمان – زاهدان می‌باشد که راه‌آهن سرتاسری آسیا از طریق آن و نیز از طریق خط زاهدان – میرجاوه (تفتان) و کویته (پاکستان) به اروپا و خاورمیانه متصل خواهد شد. خلاصه مسیرهای بین‌المللی ریلی ایران را می‌توان در جدول (۷-۱-۱) ملاحظه نمود.

با توجه به توسعه روز افزون راه‌آهن ایران و اتصال شبکه راه‌آهن ایران با سایر شبکه‌ها مطابق جدول (۷-۱-۱) می‌توان نتیجه گرفت، که با استفاده درست از زیر ساخت و امکانات و تسهیلات حمل‌ونقل موجود مثل بنادر، ترمینال‌های دریایی حمل‌ونقل کانتینر، مناطق آزاد تجاری و حمل‌ونقل کالا به اروپا، شمال اروپا، جمهوری‌های آسیایی مرکزی، خاور دور و کشورهای حوزه خلیج‌فارس، امکانات گسترده‌ای برای توسعه راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران وجود دارد. در ادامه به اختصار برخی امکانات و تسهیلات و کریدورهای راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران معرفی خواهد شد.

جدول ۷-۱-۱- عناوین مسیرهای ارتباطی ایران با کشورهای *همسایه*[۲۸]

اتصال خط راه‌آهن ایران	از طریق
شبکه راه‌آهن خاورمیانه	خط آهن ترکیه در مرز کاپیکوی
قفقاز	خط راه‌آهن آذربایجان در مرز جلفا
راه‌آهن ترکمنستان	مرز سرخس
راه‌آهن پاکستان	مرز میر جلوه (تفتان)

۷-۱-۲- مختصری ازتاریخچه احداث راه‌آهن در ایران[۲۸]

- **راه‌آهن غیردولتی**

- **راه‌آهن حضرت عبدالعظیم (ع)**

در سال ۱۲۶۱ شمسی خط‌آهنی در حدود هشت کیلومتر و به عرض ۱۰۰۰ میلیمتر از تهران به شهر ری به وسیله موسیوبواتال فرانسوی کشیده شد که بعدها امتیاز آن به یک کمپانی بلژیکی واگذار گردید.

- **راه‌آهن شرکت نفت**

شرکت سابق نفت نیز برای رفع نیازهای خود در محوطه تأسیسات نفت جنوب، اقدام به احداث راه‌آهنی نمود که طول آن حدود ۱۶۵ کیلومتر و عرض آن بین خزیمه و مسجد سلیمان ۷۶۰ میلیمتر و در آبادان به ۹۲۰ میلیمتر می‌رسید. از ویژگی‌های لکوموتیوهای این راه‌آهن آن بود که در موقع سوختن و کار جرقه تولید نمی‌کردند.

- راه‌آهن دولتی

- **راه‌آهن سراسری**

ایجاد راه‌آهن در ایران همواره یکی از آرزوهای بزرگ و ملی محسوب می‌گردید. با اینکه در حدود نیم قرن کوشش‌هایی از طرف اولیاء امور در انجام این امر مهم به عمل می‌آمد، تحقق این آرزوی ملی تا سال ۱۳۰۶ به طول انجامید. در ۲۳ مهرماه ۱۳۰۶، اولین کلنگ ساختمان سراسری در محل فعلی ایستگاه تهران برزمین زده شد و از همان وقت به طور رسمی ساختمان راه‌آهن از سه نقطه جنوب، مرکز و شمال آغاز گردید. برای اینکه این امر مهم با سرمایه داخلی و بدون استمداد از بیگانگان انجام یابد و از طرفی تحمل هزینه آن برای ملت ایران طاقت‌فرسا نباشد، قبل از شروع به ساختن راه‌آهن، بنابر فرمان دولت وقت قانون انحصار قند و شکر و چای وضع شده و در نهم خرداد ۱۳۰۴ به تصویب مجلس شورای ملی رسید. راه‌آهن سراسری در ۲۷ مردادماه ۱۳۱۷ به پایان رسیده و دو خط شمال و جنوب در ایستگاه سمیه به یکدیگر متصل و در روز سوم شهریور ماه ۱۳۱۷ این‌خط باتشریفات خاصی افتتاح شده و بهره‌برداری از آن به طور رسمی شروع شد.

- **راه‌آهن گرمسار- مشهد**

زمانی که راه‌آهن سراسری در شرف اتمام بود، وزارت راه مأمور ساختن سایر خطوط گردید و اولین خطی که پس از خط سراسری ساخت آن آغاز گردید، خط گرمسار _ مشهد بود. ساختن خط مذکور از روز ۲۴ اسفند ۱۳۱۶ آغاز و زیرسازی و ریل‌گذاری آن تا ایستگاه شاهرود به طول ۳۱۵ کیلومتر تا سال ۱۳۲۰ به اتمام رسید و بهره‌برداری از آن شروع شد. لیکن عملیات ساخت‌خط از شاهرود به بعد به علت جنگ جهانی دوم متوقف گردید تا اینکه بعد از پایان جنگ و رفع معضلات دوباره عملیات ساخت آن از سال ۱۳۲۶ به وسیله وزارت راه از اعتبارات سازمان برنامه آغاز گردید. پس از پیشرفت عملیات ساخت خط، از اسفند ماه ۱۳۳۳ ریل‌گذاری آن به وسیله اداره ساختمان وزارت راه و از هفدهم دیماه ۱۳۳۴ توسط راه‌آهن دولتی ایران آغاز و در هفدهم دیماه ۱۳۳۵ خاتمه یافت و از همان تاریخ حمل کالا از همه نقاط راه‌آهن جذب این خط گردید.

- **راه‌آهن تهران _ تبریز**

دومین‌خطی که پس از تکمیل راه‌آهن سراسری ساخت آن آغاز شد، خط تهران - تبریز بود. ساخت این خط روز هیجدهم آبانماه ۱۳۱۷ از تهران شروع و تا روز چهاردهم آبانماه ۱۳۲۱ ساختمان و ریل‌گذاری آن تا میانه خاتمه‌یافت و بلافاصله بهره‌برداری از آن شروع گردید. لکن به علت بروز جنگ دوم جهانی عملیات این خط نیز متوقف و پس از پایان جنگ مانند خط گرمسار – مشهد عملیات بهره‌برداری از آن به وسیله

وزارت راه شروع و ریل‌گذاری آن از میانه شروع و روز ۲۹ مهر۱۳۳۵ به ایستگاه مراغه رسیده و از دهم دیماه ۱۳۳۵ بهره‌برداری از تهران تا مراغه آغاز گردید.

- **راه‌آهن قم ـ یزد**

ساختمان این خط از نهم آذر ماه ۱۳۱۷ از قم شروع و پیش‌بینی شده بود که در سال ۱۳۲۱ خاتمه یابد. لیکن پس از وقایع ۱۳۲۰، عملیات خط مذکور نیز متوقف‌گردید. چون قسمتی از زیرسازی این خط حاضر و برای ریل‌گذاری آماده بود، در تاریخ ۲۹ فروردین ۱۳۲۶ راه‌آهن دولتی در خرداد ماه اقدام به ریل‌گذاری از قم به کاشان نمود و در تاریخ ۲۶ اردیبهشت ماه ۱۳۲۸ عملیات ریل‌گذاری آن خاتمه یافت و از روز ۱۹ خرداد ماه ۱۳۲۸ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. اما با گذشت کمتر از ۸۰ سال از احداث اولین خط ریلی، شبکه‌خطوط ریلی، اعم از دوخطه و یک‌خطه ونیز ترانزیت، تقریبا" تمام مراکز مهم تجاری، صنعتی و پرجمعیت کشور را پوشش‌داده و نقاط حساس مرزی و خطوط بین المللی را به هم متصل‌می‌کند. نقشه شبکه ریلی کشور تا سال ۱۳۸۴ همه خطوط مورد بهره‌برداری و در دست احداث را در شکل(۷-۱-۱) نشان می‌دهد.

۷-۱-۳- امکانات راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

دراین قسمت به منظور تصویرسازی از وضعیت کلی سخت‌افزار و نرم‌افزارموجود در راه‌آهن اشاره‌ای به امکانات راه‌آهن ایران خواهد شد.

- طول خطوط اصلی: ۷۰۶۶ کیلومتر با عرض ریل استاندارد و ۹۴ کیلومتر با عرض ریل پهن
- طول خطوط ثانویه تجاری و صنعتی: ۲۰۹۷ کیلومتر
- طول خطوط برقی: (جلفا - تبریز) ۱۴۸ کیلومتر
- طول خطوط دوریلی: ۱۰۸۲ کیلومتر
- تأسیسات تعویض بوژی واقع در ایستگاه مرزی بین المللی جلفا و سرخس که برای ترانزیت بار و یا واگن‌های خالی به کار می‌رودکه در هر ۲۴ ساعت و در دو شیفت کاری می‌تواند حدود ۲۰۰ بوژی را تعویض کند
- ترمینال‌های حمل کانتینر با تجهیزات بلند کردن و جابجا کردن واقع در ترمینال‌های بندرامام و بندرعباس و ایستگاهای راه‌آهن در مهرآباد، جلفا، سهلان و غیره
- ۱۶۳۳۰ واگن از همه انواع: سرپوشیده، دیواره کوتاه، دیواره‌بلند، کفی، مخزن‌دار، بالاست، گاز، جرثقیل و غیره
- ۱۱۹۲ کوپه (واگن) از همه انواع
- ۵۶۵ لوکوموتیو: دیزلی - برقی، برقی و مانوری

- ۳۶۳ ایستگاه اصلی در شبکه
- ایستگاههای بین المللی آزاد: سهلان، تبریز، جلفا، نیک‌پسندی، مهر آباد، تهران، اصفهان، بندرعباس، سرخس، مشهد (از مرز رازی). توضیح آن که بر طبق تعرفه آسیا - اروپا ایستگاههای فوق‌الذکر جزء ایستگاههای راه‌آهن اصلی هستند.
- برای به حداقل رساندن زمان ترانزیت، قطارهای باری زمان‌بندی شده در مسیر بندرعباس - سرخس حرکت کرده و ظرف ۳ روز مسیر ۲۴۴۰ کیلومتری را طی می‌کنند. در حال حاضر ۳ قطار در این کریدور رفت و آمد می‌کنند و تعداد آنها در آینده تا ۷ قطار افزایش پیدا خواهد کرد.
- به منظور آشنایی بیشتر با میزان تغییرات امکانات و تجهیزات راه‌آهن طی سالهای گذشته، نمودار روند رشد یا کاهش در موارد مختلف عملکرد راه‌آهن ایران در اشکال(۷-۱-۲) الی(۷-۱-۷) آورده شده است.

مطابق شکل(۷-۱-۲) هر ساله خطوط جدیدی به شبکه ریلی کشور افزوده شده است. افزایش خطی و منظم سیر رشد آن را می‌توان بودجه ثابتی دانست که هر ساله توسط دولت به این موضوع اختصاص یافته است. از مجموع اشکال(۷-۱-۴) و(۷-۱-۵) این‌طور برداشت می‌شود که بنا به دلایلی نظیر پایین بودن سطح خدمات، بی‌نظمی در برنامه زمان‌بندی قطارها، افزایش تأخیرها و هزینه‌های تحمیلی و... در مقایسه با افزایش طول خطوط ریلی، از تعداد مسافران راه‌آهن در اواسط دهه ۷۰ کاسته شده و بسته به کاهش تقاضا، در تعداد واگن‌های مسافری سرویس و ذخیره نیز کاهش ایجاد شده است. سیر افزایشی هر دو مورد ذکر شده در اواخر دهه ۷۰ نیز به علت ساخت واگن‌های جدیدتر و ارایه خدمات بهتر می‌باشد.

در اشکال(۷-۱-۶) و (۷-۱-۷) به علت حساسیت کمتر نوع خدمات و درجه قطارها، همواره با افزایش تقاضای حمل بار توسط حمل‌ونقل ریلی مواجه بوده، در حالی که در تعداد واگن‌های باری شاهد رشد چندانی نبوده است، که خود نشانگر ضعف عرضه لازم در برابر تقاضای رو به رشد بار می‌باشد.

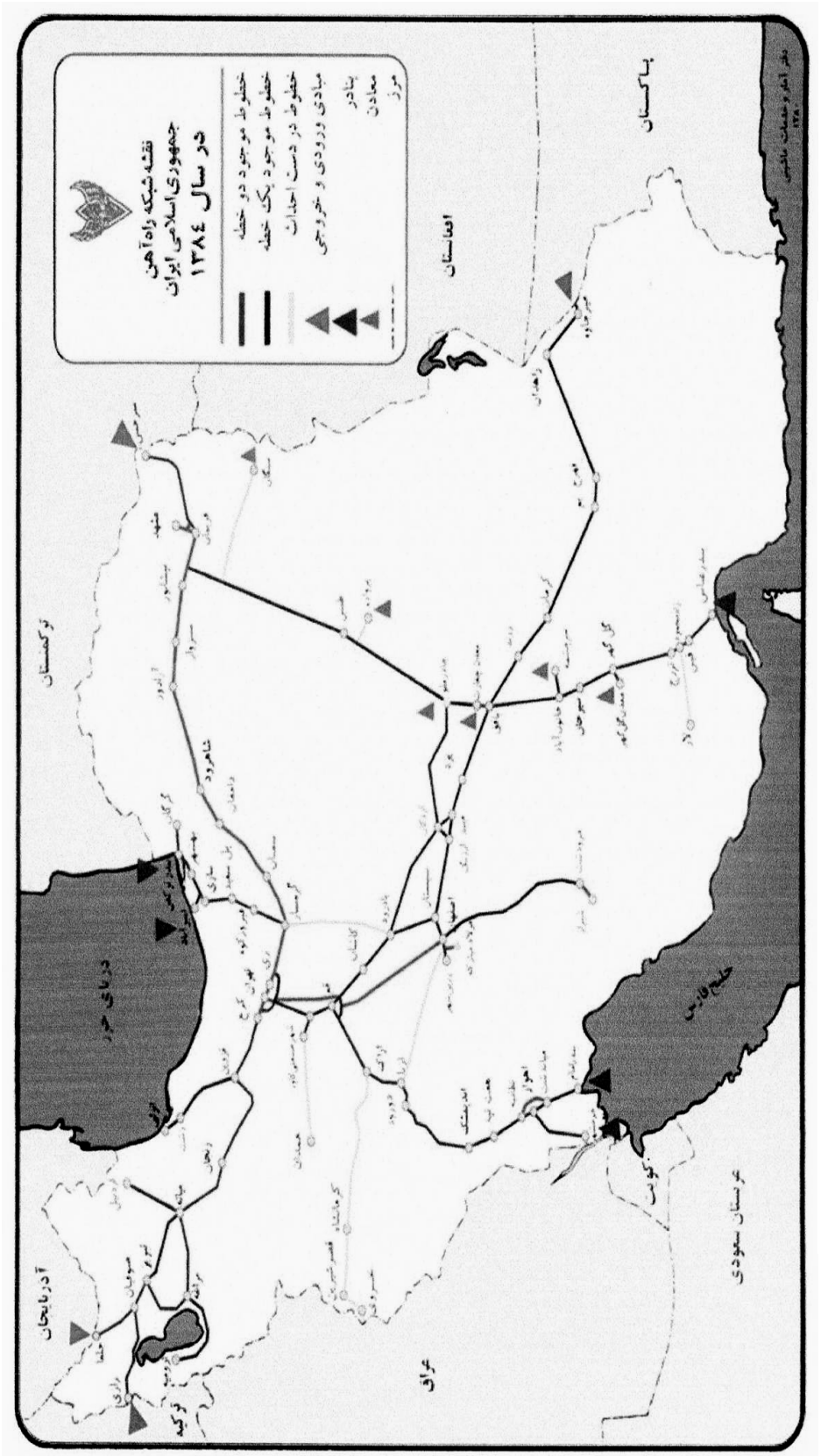
در شکل(۷-۱-۳) اغلب سیر صعودی در تعداد لکوموتیوها مشاهده می‌شود. به ویژه در اواسط دهه ۷۰ که شیب نمودار افزایش بیشتری را نشان می‌دهد. این در حالی است که با استناد به شکل(۷-۱-۵) در اواسط دهه ۷۰، با کاهش شدید تقاضا برای واگن‌های مسافری مواجه بوده و با توجه به شکل(۷-۱-۷) روند تغییرات تعداد واگن‌های باری در گردش نیز ثابت است. نتیجه آن که ضعف مدیریت در تخصیص سرمایه نسبت به خرید یا ساخت لکوموتیوهای اضافی در زمان کمبود یا ثبات تقاضای مسافر و کالا، به روشنی نمایان می‌باشد. حال آن که این ضعف‌ها و کاستی‌ها در سیستم‌های کنترل ومدیریت سرمایه، با بهره‌گیری از سیستم‌های پیشرفته کنترل و مدیریت و هوشمندسازی آن در عرصه راه‌آهن، منجر به ذخیره‌سازی و استفاده به جا از آن خواهد شد.

۷-۱-۴- معرفی کریدورهای ترانزیت مستقیم از طریق راه‌آهن ایران

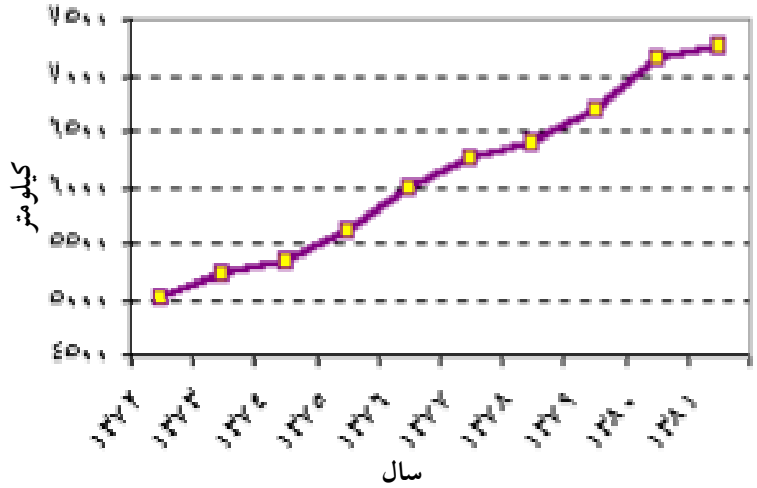
- کریدور رازی – سرخس: از طریق رازی، تبزیز، زنجان، تهران، شاهرود، فریمان (مشهد) سرخس و بالعکس به طول ۲۰۱۳ کیلومتر با ظرفیت ۲ میلیون تن در سال.
- کریدورجلفا – سرخس: از طریق جلفا، تبریز، زنجان، تهران، شاهرود، فریمان (مشهد) سرخس و بالعکس به طول ۱۹۳۷ کیلومتر با ظرفیت ۲ میلیون تن در سال.

۷-۱-۵-کریدورهای ترانزیت دریایی – ریلی در ایران

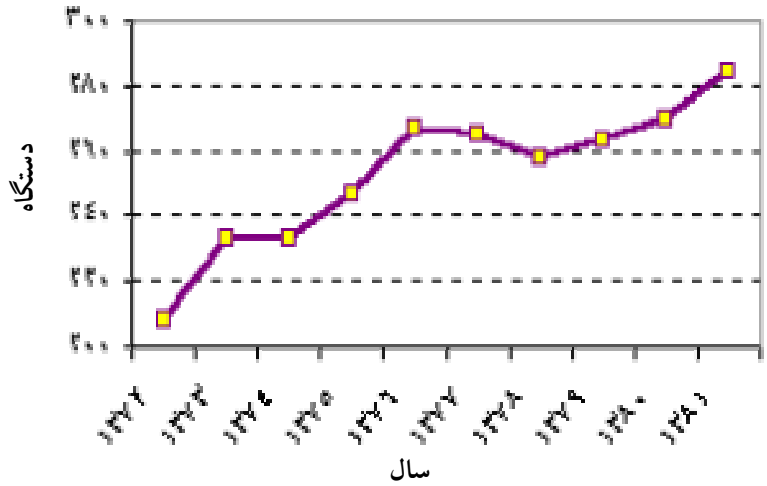
- کریدور بندر عباس – سرخس: از طریق بندرعباس، سیرجان، بافق، یزد، قم، تهران، شاهرود، فریمان (مشهد) سرخس و بالعکس به طول ۲۵۴۰ کیلومتر و ظرفیت ۳ میلیون تن درسال
- کریدور بندر امام – سرخس: از طریق بندر امام، اهواز، تهران، شاهرود، فریمان (مشهد) سرخس و بالعکس به طول ۱۹۸۰ کیلومتر و ظرفیت ۲ میلیون تن در سال
- کریدور بندر عباس – بنادر شمالی (ترکمن – امیر آباد): از طریق بندرعباس، سیرجان، بافق، یزد، تهران، گرمسار، قائم شهر، امیرآباد و یا بنادر ترکمن و بالعکس به طول ۱۸۷۸ و ۱۹۴۷ کیلومتر و ظرفیت یک میلیون تن در سال
- کریدور بندر امام – بنادر شمالی (بنادر امیرآباد و ترکمن): از طریق بندر امام، اهواز، قم، تهران، گرمسار، قائم‌شهر، بنادر ترکمن و بالعکس به طول ۱۳۱۹ و ۱۳۸۸ کیلومتر و ظرفیت یک میلیون تن در سال



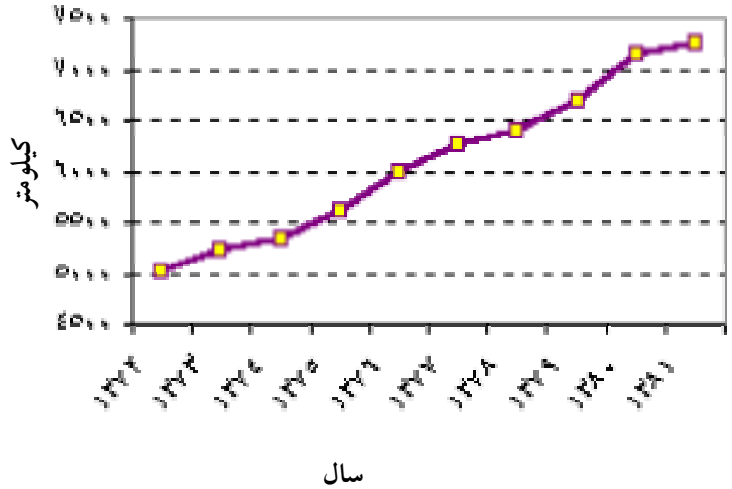
شکل ۷-۱-۱- نقشه شبکه راه آهن ایران در سال ۱۳۸۴ [۵۴]



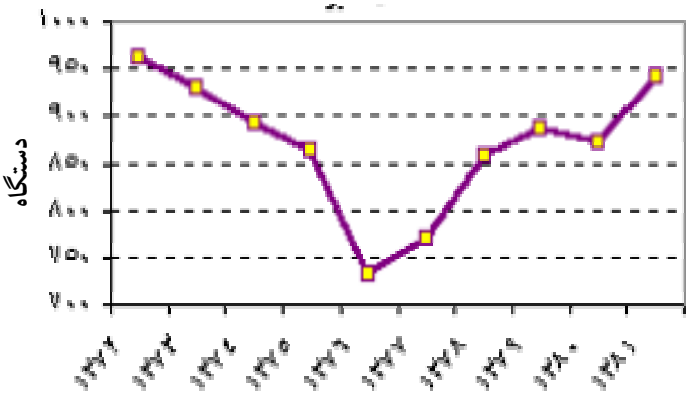
شکل ۷-۱-۲- نمودار روندی طول خطوط اصلی در ده سال اخیر[۵۴]



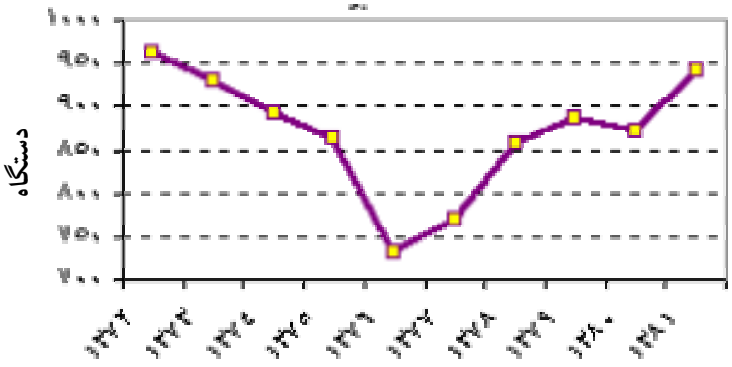
شکل ۷-۱-۳- نمودار روندی تعداد لکوموتیودرسرویس در ده‌سال اخیر[۵۴]



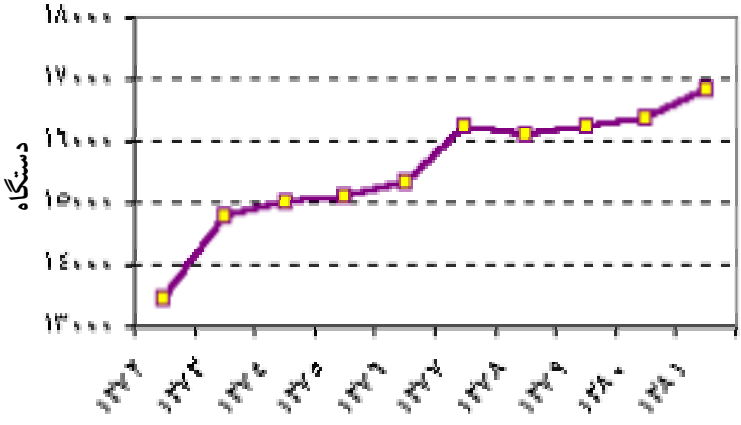
شکل ۷-۱-۴- نمودار روندی نفر کیلومتر مسافر در ده‌سال اخیر[۵۴]



شکل ۷-۱-۵- نمودار روندی تعداد واگن‌های مسافری
در سرویس و ذخیره ده‌سال اخیر[۵۴]



شکل ۷-۱-۶- نمودار روندی تن‌کیلومتر بار خالص در ده‌سال اخیر[۵۴]



شکل ۷-۱-۷- نمودار روندی تعداد واگن‌های باری
در گردش در ده‌سال اخیر[۵۴]

- کریدور بندرعباس- رازی: از طریق بندرعباس، سیرجان، بافق، یزد، تهران، تبریز، رازی، جلفا و بالعکس به طول ۲۴۴۶ کیلومتر و ظرفیت ۲ میلیون تن در سال
- کریدور بندرعباس- جلفا: از طریق بندرعباس، سیرجان، بافق، یزد، تهران، تبریز، رازی و بالعکس به طول ۲۳۷۰ کیلومتر و ظرفیت۲ میلیون تن درسال
- کریدور بندرامام- جلفا: از طریق بندر امام، اهواز، قم، تهران، تبریز، رازی و بالعکس به طول ۱۸۸۷ کیلومتر و ظرفیت ۲ میلیون تن در سال
- کریدور رازی- بنادرشمالی (بنادر امیرآباد و ترکمن): از طریق رازی، تبریز، تهران، گرمسار، قائم‌شهر، بنادر امیرآباد یا ترکمن و بالعکس به طول ۱۳۵۲ و ۱۴۲۱ کیلومتر و ظرفیت ۱ میلیون تن در سال
- کریدور جلفا - بنادرشمالی (امیرآباد و ترکمن): از طریق جلفا، تبریز، تهران، گرمسار، قائم‌شهر، بنادر امیرآباد یا ترکمن و بالعکس به طول ۱۲۷۶ و ۱۳۴۵ کیلومتر و ظرفیت ۱ میلیون تن درسال

۷-۱-۶- کریدور ترانزیت دریا - ریل - جاده - ریل

- کریدور بنادر شمالی (امیرآباد و ترکمن)- کرمان- زاهدان (میرجاوه): از طریق بنادرشمالی (امیرآباد و ترکمن)، تهران، یزد، کرمان، زاهدان، میرجاوه و بالعکس به طول ۲۰۸۸ و ۲۱۵۷ کیلومتر و ظرفیت ۲ میلیون تن درسال
- کریدور جلفا - کرمان - زاهدان (میرجاوه): از طریق جلفا، تبریز، تهران، یزد، بافق، کرمان، زاهدان (میرجاوه) و بالعکس به طول ۲۵۸۰ کیلومتر و ظرفیت ۳ میلیون تن در سال
- کریدور رازی - کرمان - زاهدان (میرجاوه): از طریق رازی، تبریز، یزد، بافق، کرمان، زاهدان (میرجاوه) و بالعکس به طول ۲۶۵۶ کیلومتر و ظرفیت ۳ میلیون تن در سال
- کریدور سرخس - کرمان - زاهدان (میرجاوه): از طریق سرخس، فریمان، تهران، یزد، کرمان، زاهدان، (میرجاوه) و بالعکس به طول ۲۷۴۹ کیلومتر و ظرفیت ۱/۵ میلیون‌تن درسال

بنابراین، همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، راه‌آهن جمهوری‌اسلامی‌ایران می‌تواند پل ارتباطی ایمنی بین آسیای مرکزی، دریای‌سیاه، قفقاز، اروپا، کشورهای حوزه خلیج‌فارس، خاورمیانه و خاوردور بوده و ایمن‌ترین و اقتصادی‌ترین (مقرون به صرفه‌ترین) راه ارتباطی را با کمترین درصد اتلاف و خسارت از طریق روش‌های مختلف حمل‌ونقل (دریا - ریل) ارایه می‌دهد.

۷-۱-۷- معرفی و بررسی سیستم‌های هوشمند در راه‌آهن ایران

۷-۱-۷-۱- سیستم کنترل ایستگاه راه‌آهن (اینترلاکینگ الکترونیکی) [۴۵و۵۹]

در خرداد ماه سال ۱۳۶۹ مطالعات و تحقیقات پروژه سیستم کنترل علائم ایستگاه راه‌آهن آغاز گردید و به دنبال آن نمونه مقدماتی این دستگاه در مرداد ماه ۱۳۷۱ ارایه شد و پس از آن نمونه ساخته شده جهت آزمایش در یکی از ایستگاهها نصب گردید. پس از موفقیت آزمایش فوق، نمونه صنعتی آن در قالب یک دستگاه بزرگ مانوری در شبکه راه‌آهن نصب و مورد بهره‌برداری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران قرار گرفت.

معرفی سیستم

در کنترل هرایستگاه عملیات ورود، خروج، جابجایی و مانور قطار توسط سیستم اینترلاکینگ که اساسی‌ترین بخش سیستم علائم الکتریکی است، انجام می‌گیرد. به طور کلی سیستم کنترل ایستگاه یا اینترلاکینگ دارای وظایف ذیل می‌باشد:

- دریافت فرامین اپراتور از طریق تابلوی کنترل
- تعویض اتوماتیک خطوط ایستگاه توسط ماشین‌های سوزن
- اجازه تردد در مسیر تعیین شده به راننده لوکوموتیو از طریق چراغهای علائمی کنار خطوط
- شناسائی مسیرهایی که در اشغال قطار هستند
- انعکاس اطلاعات ایستگاه بر روی تابلوی کنترل
- رعایت کلیه موارد ایمنی در اجرای عملیات

در این سیستم اجزاء باید با هماهنگی کامل فعالیت نمایند تا سیستم قابل اطمینانی حاصل‌شود. با توجه به ارتباط گسترده این سیستم با دستگاه‌های جانبی، می‌توان وظایف آن را در واحدهای مختلف به صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

- واحد دریافت اطلاعات از محوطه و بلاک‌ها
- واحد دریافت فرامین اپراتور
- واحد پردازشگر مرکزی که مهمترین بخش سیستم اینترلاکینگ به شمار می‌رود و باید با تکنیک‌های خاص ساخته شده و عاری از خطا باشد
- تشخیص خرابی‌ها و ارسال آن به دستگاههای محوطه و بلاک‌ها
- واحد نمایش وضعیت ایستگاه توسط صفحه‌مانیتور
- واحد تغذیه سیستم که ویژگی بارز آن تثبیت ولتاژهای مورد نیاز سیستم و عدم تأثیر آن از اغتشاشات الکتریکی و مغناطیسی محیط است

- واحدهایی جهت جداسازی ورودی‌ها و خروجی‌ها[1] از سیستم که از ورود علائم و پیام‌های ناخواسته جلوگیری می‌نماید.
- سیستم عیب‌یاب[2] که به محض اختلال در هر قسمت باعث قطع سیستم و اعلام عیب به اپراتور می‌گردد.
- بخش‌عمده وظایف سیستم اینترلاکینگ الکتریکی بر عهده نرم‌افزار سیستم است که توسط آن ارتباط واحدهای مختلف با پردازشگر مرکزی جهت مبادله اطلاعات فراهم می‌شود. همچنین خروجی‌های آن متناسب با کنترل عملکرد سیستم بوده و در صورت لزوم اعلام خطا می‌نماید. فرمان‌های اپراتوری در این سیستم به صورت عادی توسط صفحه‌کلید[3] اعمال می‌شود و اپراتور این امکان را دارد که با فشردن کلیدی این کنترل را به پانل ایستگاه منتقل نماید (شکل ۷-۱-۱۱). پس از آن سیستم الکتریکی دستورات را به همان صورتی که در سیستم رله‌ای اعمال می‌شود دریافت و شناسایی‌می‌نماید. در سیستم اینترلاکینگ الکترونیکوضعیت سوزن‌ها، تراک‌ها، توکنلس بلاک‌ها[4] و تل‌چک‌ها[5] نیز که به عنوان ورودی‌های سیستم رله‌ای می‌باشند، نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد سیستم اینترلاکینگ در اشکال(۷-۱-۸)، (۸-۱-۹) و (۷-۱-۱۰) نشان داده شده است.[۲۷]

- **سیستم ارسال و دریافت پیام‌های ترافیکی**

فعالیت تحقیقاتی پروژه ساخت توکنلس در سال ۱۳۶۷ آغاز شده و مدت یک سال به طول انجامید. نمونه آزمایشی این دستگاه به مدت ۸ ماه در ایستگاه کرج مورد بهره‌برداری قرار گرفت و پس از موفقیت مرحله آزمایشی، تولید انبوه آن به تعداد ۶۰ دستگاه رسید که بعد از ساخت، دستگاه‌های فوق‌الذکر، در نواحی مختلف راه‌آهن نصب و راه‌اندازی شدند.

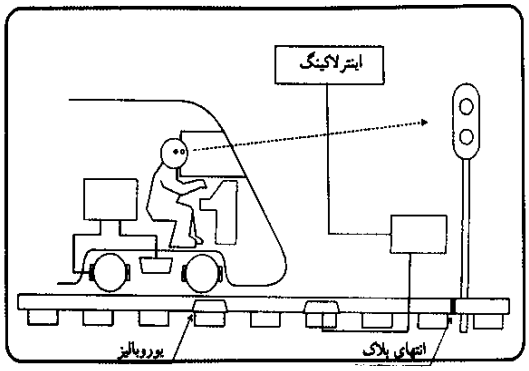
- معرفی و بیان مشخصات دستگاه توکنلس

برای هماهنگی لازم در کنترل تردد قطارها بین ایستگاههای مجاور نیاز به یک واحد ارتباطی احساس می‌شد که توسط آن، با مخابره و دریافت علائم حاوی اطلاعات، امکان برقراری پیام‌های ترافیکی با ایستگاههای مجاور فراهم شود. دستگاه توکنلس که تجهیزات مر بوط به آن در شکل(۷-۱-۱۲) نشان داده شده، قادر است چهار پیام احضار، موافقت ورود و ابطال[6] را از یک ایستگاه به ایستگاه مجاور ارسال و در مقابل نیز

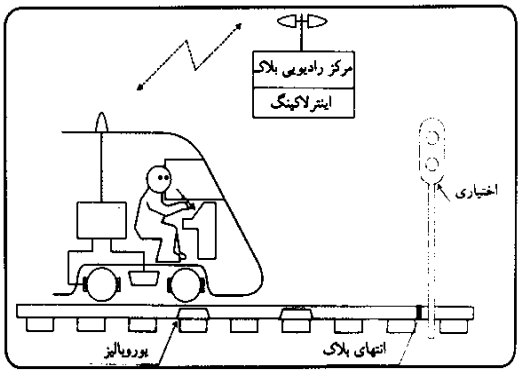
1- Isolation of Inputs & Output
2- Diagnostic
3- Key board
4- Tokenless block
5- Tel Checks
6- Call ,Accept ,Arrive & Cancel Signal

این چهار پیام را از ایستگاه مجاور دریافت نماید. برای ارسال هر یک از این چهار پیام اپراتور، باید دکمه خاصی را بر روی پانل فرماندهی فشار دهد. در صورتی که به تشخیص سیستم اینترلاکینگ ارسال هر یک از این پیام‌ها به ایستگاه مجاور مجاز باشد، رله خاصی در دستگاه توکنلس جذب شده و فرکانس خاصی که مکرر تولید می‌شود، به ایستگاه مجاور ارسال می‌گردد. در دستگاه توکنلس، ایستگاه مجاور با دریافت هر یک از این چهار پیام، یک یا دو تماس را جذب کرده و پیام دریافت شده به سیستم اینترلاکینگ اطلاع داده می‌شود.

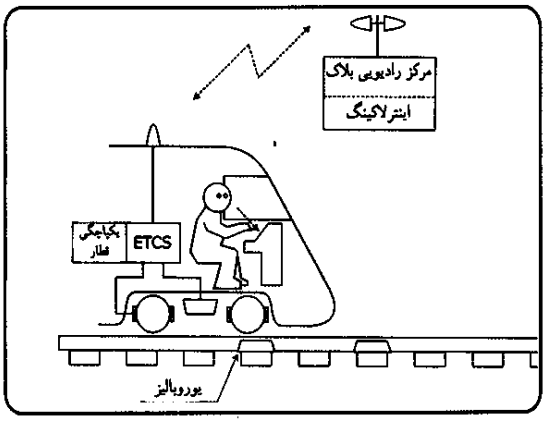
در این نوع دستگاه توکنلس، برای ارسال پیام از سه فرکانس مجزا استفاده می‌شود. این سه فرکانس مربوط به پیام‌های احضار، موافقت و ورود می‌باشد و برای ارسال پیام چهارم (ابطال) دو فرکانس احضار و ورود به طور همزمان ارسال می‌گردند. این سیستم از قابلیت‌های بسیار بالایی در مقابل تأثیرات محیط و القای احتمالی خط برخوردار است که خود باعث ایجاد ضریب اطمینان و ایمنی بیشتر سیستم می‌گردد. ضمن اینکه به دلیل استفاده از تکنیک‌های پیشرفته، این سیستم دارای قابلیت اطمینان بیشتری نیز خواهد بود.



شکل ۷-۱-۸- کاربرد سیستم اینتر لاکینگ در سطح ۱



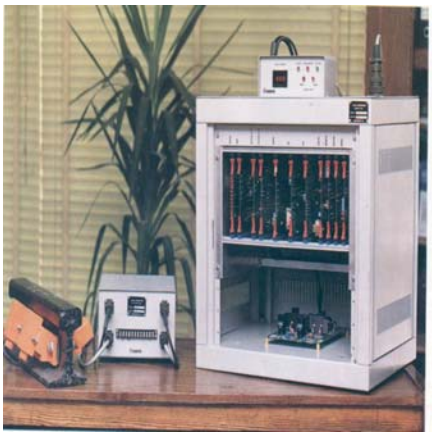
شکل ۷-۱-۹- کاربرد سیستم اینترلاکینگ در سطح ۲



شکل ۷-۱-۱۰- کاربرد سیستم اینترلاکینگ در سطح ۳

شکل ۷-۱-۱۱- سخت‌افزار رابط سیستم اینترلاکینگ با اپراتور[۲۸]

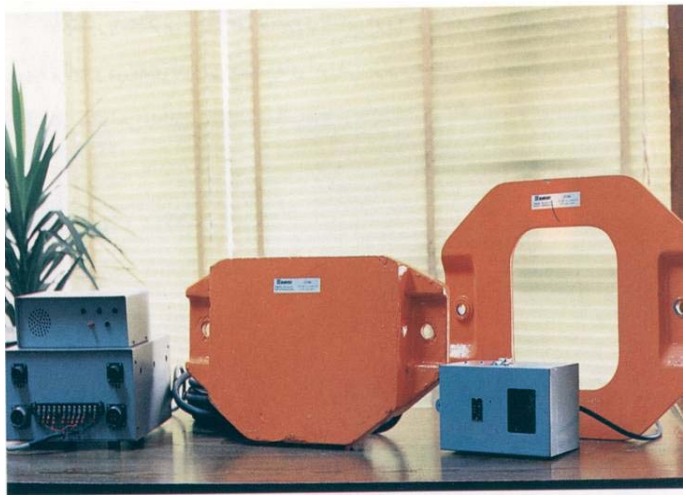
شکل ۷-۱-۱۲- تجهیزات ساخته شده مربوط به سیستم توکنلس[۲۸]



شکل ۷-۱-۱۳- نمونه‌ای از سنسورها و راک سیستم محور شمار[۲۸]

- **محور شمار**[1]

فعالیت‌های اولیه تحقیقاتی پروژه محور شمار از سال ۱۳۶۷ آغاز و به مدت یک سال به طول انجامید. تست نمونه آزمایشی این پروژه به مدت ده ماه در دو ایستگاه شبکه راه‌آهن انجام شد که پس از موفقیت آزمایش مزبور در سال ۱۳۶۹ تولید انبوه آن به تعداد ۱۶۰ دستگاه آغاز گردید. پس از ساخت دستگاه‌های مذکور، عملیات نصب آنها در محور جنوب‌شرق صورت گرفته و به سرویس قطعی گذاشته شدند. راه‌آهن‌جمهوری‌اسلامی‌ایران استفاده از دستگاه محور شمار را در نواحی تهران و شمال‌شرقی نیز در برنامه خود قرار داده است.



شکل ۷-۱-۱۴- نمونه‌ای ازتجهیزات تشخیص عبور کامل قطار از محدوده مشخص

1- Axel Counter

شکل ۷-۱-۱۵- نمونه‌ای از صفحه نمایش اطلاعات مربوط به سیستم اینترلاکینگ

- معرفی دستگاه

با استفاده از دستگاه محورشمار که در شکل(۷-۱-۱۳) مشاهده می‌شود، امکان تشخیص حضور یا عدم حضور قطار در حد فاصل بین دو ایستگاه فراهم می‌گردد. بدین ترتیب که با عبور چرخ قطار از مقابل دو جفت فرستنده- گیرنده که در کنار ریل نصب می‌گردد، یک مدار الکتریکی، عبور چرخ و جهت حرکت و در صورت نیاز، سرعت آن را مشخص و تعیین نموده و اطلاعات را جهت پردازش به واحد اصلی ارسال می‌کند. مشابه این واحد در ایستگاه دوم نیز نصب گردیده است که می‌تواند اطلاعات خود را در فاصله چند ده کیلومتری ارسال نماید. در این وضعیت تابلوی کنترل اصلی، اطلاعات را از دو واحد فوق دریافت داشته و بر اساس جهت حرکت و تعداد چرخ‌ها، شمارش صعودی یا معکوس را انجام می‌دهد.

به این ترتیب نمایش عدد صفر در شمارنده به مفهوم عدم حضور قطار در طول مسیر بین دو ایستگاه یا به عبارت دیگر آزاد بودن مسیر می‌باشد و نمایش اعداد غیر از صفر حکایت از وجود وسیله نقلیه ریلی در بلاک و در نهایت مسدود بودن خط دارد.

- مزایای دستگاه

- قابلیت شمارش حداکثر تا ۹۹۹ محور
- دارای مدار عیب یاب داخلی و تشخیص خرابی ناشی از قطع و وصل برق، قطع خطوط ارتباطی و اشکال در مدارات الکترونیکی مستقیم می‌باشد
- مقاومت بالاست در سیستم اثری نداشته و در هر گونه شرایط آب و هوائی قابل استفاده است و

نیزمستقل از وسیله ریلی در حال حرکت، عمل می‌نماید
- از مشخصات ویژه این دستگاه عدم نیاز به نصب وسایل اضافی بر روی قطار است

- **نشانگر عبور کامل قطار**

کار تحقیقاتی ساخت دستگاه دریافت‌گرتل چک[1] با همکاری دانشگاه صنعتی شریف در نیمه دوم سال ۱۳۶۶ انجام شده است. نمونه آزمایشی این دستگاه در اوایل سال ۱۳۶۷ به مدت شش ماه در یکی از ایستگاههای شبکه استفاده شد که پس از موفقیت آزمایش مزبور، در سال ۱۳۶۸ تولید انبوه آن در حدود ۱۰۰ دستگاه انجام شد. دستگاه‌های مذکور در تمامی خطوط، مجهز به سیستم علائمی CTC[2] و RC[3] بوده که به منظور جایگزینی با دستگاه‌های معیوب خارجی، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. لذا برای بهره‌وری و ایمنی بیشتر در سایر محورها یا ایستگاهها از این سیستم که در شکل(۷-۱-۱۴) نمایش داده شده استفاده می‌کنیم.

- معرفی دستگاه

دستگاه نشانگر عبور قطار وظیفه تشخیص ورود کامل قطار به ایستگاه را به صورتی که در شکل (۷-۱-۱۵) نشان داده شده برعهده دارد. در این سیستم یک بوبین در زیر آخرین واگن قطار معروف به واگن تل چک و یک بوبین ثابت در بخش ورودی ایستگاه بین دو ریل نصب می‌گردد. با عبور بوبین متحرک از روی بوبین ثابت، یک مدار الکتریکی حساس گردیده و پس از بررسی مشخصات الکتریکی پیام و حذف پارازیت‌های احتمالی، سیستم ورود کامل قطار را به اتاق کنترل اعلام می‌کند.

۷-۱-۷-۲- نرم‌افزار نظارت بر بهره‌برداری، تعمیرو نگهداری ماشین‌آلات مکانیزه ریلی[۲۹]

ماشین‌آلات مکانیزه ریلی آن دسته از ماشین‌آلاتی هستند که توسط آنها عملیات تعمیر و نگهداری خطوط ریلی شامل بازسازی و نگهداری کلی، ساده و جزیی خطوط انجام می‌شود. این ماشین‌ها عملیات سرند بالاست را انجام داده و عرض خط، دور (بربلندی)[4]، خیز (شیب طولی)[5]، تراز طولی و عرضی پیچش آن را اندازه‌گیری و تصحیح می‌نمایند تا آلات ناقله بتوانند در بالاترین سطح اطمینان و کمترین لرزش و سرو صدا، حرکت نمایند. نظر به ارزبری بالای این ماشین‌ها و اهمیت کاربرد عملیاتی آنها که همواره با افزایش سرعت حرکت، بار محوری و ترافیک خط، همراه می‌باشند، هر اقدامی در زمینه بالا بردن بهره‌برداری از آنها،تأثیر به سزایی در پایین آوردن هزینه‌ها و افزایش کیفیت تعمیر و نگهداری خطوط ریلی خواهد داشت.

1- Tel check Reciver
2- Central Traffic Control
3- Remote Control
4- Super Elevation
5- Longihtudinal Slope

نتیجه این کار صرفه‌جویی ارزی و ریالی فوق‌العاده در سیستم خواهد بود. در این راستا، استفاده از یک سیستم اطلاعاتی کارآمد به منظور تعیین وضعیت بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات مکانیزه ریلی می‌تواند در رسیدن به اهداف فوق الذکر مثمر ثمر باشد. به همین منظور نرم‌افزاری جهت نظارت بر بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات مکانیزه ریلی توسط گروه ماشین‌آلات‌دفترمهندسی و نظارت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران طراحی و اجرا گردیده است که این نرم‌افزار علاوه بر بعد نظارتی، دارای ابعاد تحقیقاتی و کاربردی نیز می‌باشد. در حال حاضر برنامه خام نرم‌افزار به اتمام رسیده و تنها یک فاز تا مرحله بهره‌برداری از آن باقی است. پروژه این نرم‌افزار از نیمه دوم سال ۱۳۷۹ آغاز شد و پس از حدود دو سال با همکاری دفتر آمار و خدمات ماشینی راه‌آهن ایران به اتمام رسید. فاز نهایی نرم‌افزار، عبارت از وارد کردن اطلاعات پایه[1] به برنامه است، تا بتوان از این اطلاعات جهت اقدامات بعدی استفاده نمود. اطلاعات پایه مورد نیاز به طور تخمینی حجمی حدود ۱۵۰۰ صفحه را دارا می‌باشد و شامل مشخصات زیر است:

- مشخصات هندسی خطوط کشور و اطلاعات ایستگاهها
- مشخصات روسازی و زیر سازی خطوط کشور
- مشخصات ماشین‌آلات مکانیزه ریلی
- مشخصات قطعات و مواد پر مصرف ماشین‌آلات مکانیزه ریلی
- چک لیست‌های سرویس، نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات مکانیزه ریلی

- **قابلیتها و بخشهای مختلف نرم‌افزار**

ورودی نرم‌افزار عموماً، اطلاعات وضعیت روزانه ماشین‌آلات بوده که شامل کارکرد ماشین‌ها، زمان بی‌کاری و توقف، زمان کار مفید، علل توقف، سرویس‌ها، تعمیرات جاری و .... می‌باشد. خروجی نرم‌افزار می‌تواند به صورت‌های مختلف از قبیل گزارش کارکرد ماشین‌آلات و راندمان بهره‌برداری، گزارش سرویس‌های انجام شده، گزارش تعمیرات جاری و گزارش علل عدم کارکرد آنها ارایه گردد.

نکته جالب این است که این نرم‌افزار می‌تواند در بعضی موارد خودش را بهینه نماید. به عنوان مثال قطعات یا مواد پرمصرف و یا راندمان واقعی را می‌تواند از خروجی نرم‌افزار در زمانهای متفاوت گرفته و در برنامه پایه آنها تغییر دهد. به این صورت با گذشت زمان و بالا رفتن تجربه نرم‌افزار از ماشین‌آلات، برنامه آن بهینه می‌شود. یکی دیگر از مزایای این برنامه، انعطاف‌پذیری آن است. به این ترتیب که در صورت ایجاد تغییرات در تعداد یا نوع ماشین‌های مکانیزه ریلی، تغییرات برنامه سرویس‌ها و تعمیرات جاری قطعات یا مواد پرمصرف، همچنین وقوع هر گونه تغییرات در برنامه ایستگاهها یا خطوط ریلی و مشخصات هندسی و

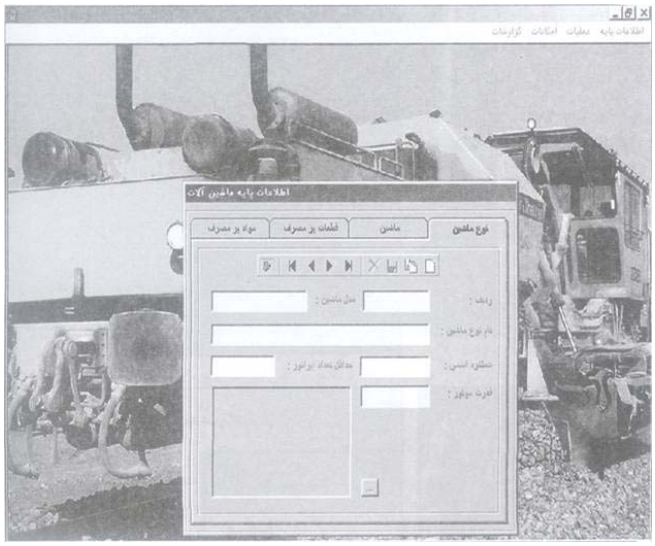
3- Data Base

ساختمانی آنها، علل توقف، انواع خرابی‌ها و....، نرم‌افزار قابلیت تغییر و به روز شدن را دارد.در صورتی که برخی از اطلاعات ماشین‌آلات مکانیزه ریلی مانند تعمیرات جاری و یا راندمان واقعی در هر زمان قابل دسترس نبوده و یا به صورت ناقص در دسترس باشد، نرم‌افزار با گذشت زمان و کسب تجربه و اطلاعات از ماشین‌آلات، می‌تواند فهرستی از این موارد را مشخص کرده و دوباره آنها را به اطلاعات پایه اضافه نماید. همچنین در صورت نیاز امکان اضافه کردن زمینه‌ها و بخش‌های مختلف به نرم‌افزار تا یک حد مجاز وجود خواهد داشت.

جهت بهره‌برداری بهینه می‌توان کاربران نرم‌افزار را برای آن تعریف نمود. هر کاربری مجاز به دسترسی به تمام اطلاعات نرم‌افزار نیست و فقط می‌تواند آن دسته از اطلاعاتی را که برای آن کاربر خاص تعریف گردیده است، تغییرداده یا وارد نماید. در این صورت، نام کاربر مورد نظر به طور خودکار مانع از انجام این عمل خواهد شد. در صورتی که کاربر در حین وارد کردن اطلاعات روزانه ماشین‌آلات، سرویس‌ها و تعمیرات انجام شده بر روی ماشین‌ها برخی داده‌ها را وارد نکند، برنامه ضمن هشدار به کاربر، منوی مربوطه را در صفحه مانیتور باز خواهد نمود.

این برنامه توانایی اجرا تحت شبکه را دارا می‌باشد و شامل منوهای مختلف نظیر نواحی، ایستگاهها و بلاکها واحد کارکرد ماشین‌آلات، دلایل توقف، ماشین‌آلات و سرویس‌ها می‌باشد:

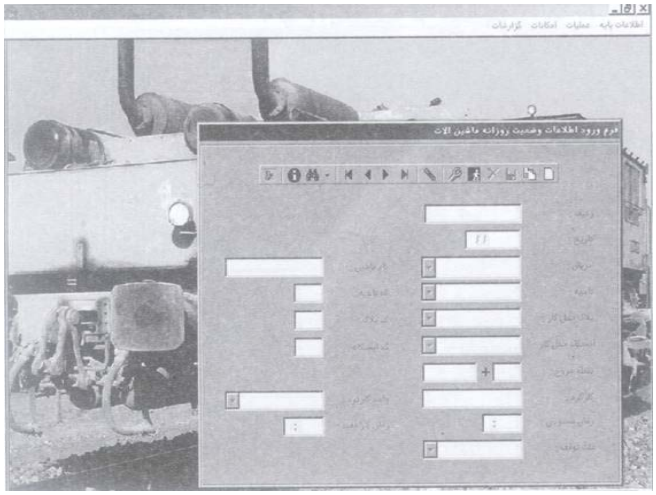
- درمنوی نواحی، ایستگاهها و بلاک‌ها اطلاعات ورودی شامل: مشخصات خطوط کشور، نواحی، ایستگاهها و بلاک‌ها تعریف می‌شوند.
- در منوی اطلاعات پایه واحد کارکرد ماشین‌آلات، دلایل احتمالی توقف برای نرم‌افزار تعریف‌می‌شود.
- در منوی اطلاعات پایهٔ دلایل توقف، دلایل احتمالی توقف برای نرم‌افزار تعریف می‌شود.
- در منوی اطلاعات پایه ماشین‌آلات، ماشین‌آلات مکانیزه ریلی، مدل، سریال و مشخصات ماشین‌ها، قطعات و مواد پرمصرف، تصویر ماشین‌ها و بقیه موارد برای استفاده نرم‌افزار تعریف می‌گردد.
- درمنوی اطلاعات پایهٔ سرویس‌ها، سرویس‌ها، قطعات و موارد مورد نیاز جهت تک تک ماشین‌ها تعریف می‌شوند.
- در منوی عملیات، اطلاعات وضعیت روزانهٔ ماشین‌آلات، گزارشات روزانهٔ ماشین‌آلات شامل کارکرد، محل‌کار، زمان بیکاری یا توقف، زمان کار مفید، علل عدم کارکرد، سرویس‌ها و تعمیرات ماشین‌آلات وارد می‌شود.
- درمنوی گزارشات، گزارش کارکرد ماشین‌آلات، گزارش سرویس‌های انجام شده، گزارش تعمیرات جاری و گزارش علل عدم کارکرد ماشین‌آلات تعریف می‌شود. در اشکال(۷-۱-۱۶) تا (۷-۱-۱۹) منوهای مربوط به نرم‌افزار تعمیر ونگهداری نشان داده شده است.



شکل ۷-۱-۱۶- منوهای نرم افزار تعمیر و نگهداری[۲۹]

شکل ۷-۱-۱۷- منوی مربوط به گزارش‌گیری از عملکرد ماشین‌آلات[۲۹]

شکل ۷-۱-۱۸- یکی از منوهای اصلی برنامه[۲۹]



شکل ۷-۱-۱۹- منوی اصلی ورود اطلاعات[۲۹]

۷-۱-۷-۳- دستگاه اندازه‌گیر پارامترهای خط و ثبت کامپیوتری گرافهای مربوطه [۳۰]

امروزه با افزایش روز افزون سرعت حرکت قطارهای مسافری به منظور کاهش زمان سفر و فراهم شدن زمینه رقابت با مسافرت‌های هوایی و نیز افزایش بار محوری و تناژ قطارهای باری از طرف دیگر، انجام تعمیرات خطوط به طریقه دستی و نیروی انسانی جوابگوی نیازهای فنی بهره‌برداری از خطوط نمی‌باشد،

از این‌رو روش‌های سنتی تعمیرات دستی خطوط منسوخ گردیده است. در حال حاضر به علت صرفه اقتصادی و کیفیت بالا در کلیه ممالک دنیا تعمیرات خطوط به روش کاملاً مکانیزه با استفاده ازماشین‌آلات سبک و سنگین مختلف انجام می‌پذیرد. بدیهی است بررسی نتایج عملکرد تعمیرات ماشین‌آلات مکانیزه نیز مستلزم بازرسی فنی و کنترل می‌باشد تا از عملکرد صحیح ومطلوب ماشین‌آلات تعمیراتی و بهره‌برداری ایمن از خطوط اطمینان حاصل گردد.

ماشین‌آلات اندازه‌گیر خطوط به منظور ارزیابی و بازرسی مشخصات هندسی خط در انواع مختلف تولید و به بازار عرضه گردیده‌اند. راه‌آهن‌های دنیا متناسب با کلاس خطوط و سرعت و بار محوری مورد نظر، نوعی از آنها را انتخاب و خریداری نموده و در سرویس اندازه‌گیری شبکه خطوط مورد بهره‌برداری قرار داده‌اند.

اولین ماشین اندازه‌گیری خطوط راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران از نوع MATISA PV6 می‌باشد، که وظیفه آن اندازه‌گیری مشخصات هندسی‌خط با سرعت ماکزیمم ۳۰ کیلومتر بر ساعت و بار محوری ۶ تن بوده و به صورت مکانیکی کار می‌نماید. البته تعداد خریداری شده از این مدل سه دستگاه بوده که دو دستگاه آن به طور کامل از رده خارج گردیده و از قطعات آنها به عنوان قطعه یدکی برای سومین دستگاه استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که دستگاه سوم نیز به علت فرسودگی در حال از بین رفتن کامل می‌باشد. شکل(۷-۱-۲۰) یک نمونه از دستگاه اندازه‌گیری خط با سرعت پایین است.

در سال ۱۳۵۵ دومین سری ماشین اندازه‌گیری خط از نوع MATISA M422 خریداری گردید. به دلیل مشکلات فنی متعددی که ایجاد شد، امکان استفاده و بهره‌برداری از ماشین مزبور در طی این مدت فراهم نگردید. لذا حدود ۲۱ سال کاربرد این ماشین راکد و متوقف ماند. در این مدت یک بار برای آزمایش، ماشین مربوطه به محور جنوب اعزام و حدود چند صد کیلومتر نواربرداری انجام گردید. لیکن به دلیل اشکالات طراحی از جمله کم بودن قدرت موتور محرک و سیستم تهویه و ژنراتور برق و سیستم کامپیوتری، سیستم متوقف شده و دیگر مورد بهره‌برداری قرار نگرفت. بعد از مکاتبات طولانی با کشور سازنده، گروهی جهت تعمیر اعزام شده و تغییرات اساسی در ساختمان ماشین انجام گردید. از آن جمله می‌توان به بریدن طاق موتورخانه، بالا بردن سقف آن، تعویض کابل‌های اطلاعاتی کامپیوتر (به علت موش‌خوردگی کابل) اشاره نمود.

همچنین لازم بود سیستم کامپیوتری جدیدی نیز بر روی دستگاه نصب گردد. تولیدکننده جهت انجام این امور هزینه‌ای را درخواست نمود که به دلیل پرداخت نشدن آن، ادامه کار متوقف شده و کامپیوتر جدید در ماشین نصب نگردید. توقف چندین ساله ماشین باعث صدمه دیدن و زنگ‌زدن بخش‌های مکانیکی و موش‌خوردگی کابل‌ها و سیستم‌های الکتریکی شد. به گونه‌ای که کل سیستم الکترونیک و شاریوهای اندازه‌گیری کاملاً از کار افتادند.

در این مدت گروه‌های کارشناسی متعددی نیز برای راه‌اندازی ماشین تلاش نمودند که متأسفانه به علت عدم آشنایی کامل با عملکرد آن به موفقیتی نائل نگردیدند. سرانجام در دی‌ماه ۱۳۷۵ گروهی متشکل از مهندسین و کاشناسان بخش الکترونیک دفتر مهندسی و نظارت بخش زیربنایی و کارخانجات موتوری اداره کل خط و ابنیه ظرف مدت بیست (۲۰) ماه با انجام کار مستمر و بعد از چند سری آزمایشات اولیه، سرانجام در مردادماه ۱۳۷۷ این ماشین را در مسیر تهران – مشهد امتحان کردند. در این آزمایش اکثر قسمت‌های مکانیکی ماشین نتیجه رضایت‌بخشی داشته و سیستم کامپیوتر صنعتی آن، ۷ پارامتر خط را اندازه‌گیری نمود که توسط دستگاه رسام بر روی کاغذ مربوطه با توجه به کیلومتر مسیر رسم گردید.

لازم به ذکر است که ماشین مذکور در حال حاضر قادر است با سرعت بیش از ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت حرکت نموده و ۷ پارامتر را اندازه‌گیری نماید. بار محوری این ماشین ۱۱/۵ تن می‌باشد که این امر سبب می‌شود اندازه‌گیری واقعی با اعمال بار بر محور صورت گیرد. امروزه ماشین‌آلات مدرن جدید اندازه‌گیر خط، دارای سرعت‌هایی معادل ۱۶۰ تا ۲۸۰ کیلومتر در ساعت می‌باشند که قادرند مدل نیروهای دینامیکی قطارها را بر روی خط اعمال نموده و اندازه‌گیری نمایند. شکل(۷-۱-۲۱) یک نمونه دستگاه اندازه‌گیر پارامتر خط با سرعت بالا است.

توضیح آن که در این ماشین‌ها حسگرهای اندازه‌گیری مکانیکی نبوده و هیچ گونه تماسی با ریل نداشته و از تکنیک شتاب‌سنج به همراه سیستم لیزری استفاده می‌گردد. در این راستا و با توجه به افزایش سرعت سیر قطارهای مسافری در مسیرهای مختلف نظیر تهران- مشهد، راه‌آهن جمهوری اسلامی در صدد خرید یک دستگاه جدید اندازه‌گیری می‌باشد. دستگاه جدید که مراحل تدوین مشخصات فنی و تصمیم‌گیری در مورد آن انجام شده است، در حال طی کردن تشریفات اداری و خرید می‌باشد. با استفاده از این دستگاه می‌توان با سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت کلیه پارامترهای مهم خط را اندازه‌گیری و بر روی گراف رسم نمود.

به علاوه پردازشگر مرکزی این دستگاه قادر است تا اطلاعات دریافتی را که به صورت دیجیتالی بر روی حافظه آن ثبت شده است، دریافت نموده و شاخص کیفیت خط را بر حسب طول مورد نظر بدست آورد. این اطلاعات توسط دیسکت به دستگاه زیرکوب خط منتقل شده و آن دستگاه نیز به طور اتوماتیک نسبت به اصلاح خط اقدام خواهد نمود که ضمن افزایش سرعت کار، دقت نیز در حد زیادی افزایش می‌یابد.

شکل ۷-۱-۲۰ یک نمونه از دستگاه اندازه‌گیری خط با سرعت پایین[۳۱]

شکل ۷-۱-۲۱ یک نمونه دستگاه اندازگیر پارامتر خط با سرعت بالا [۳۱]

۷-۱-۷-۴- مدار خط [۳۲]

برای‌تشخیص‌حضور وسیله نقلیه ریلی در قسمت خاصی از یک خط از مداراتی به نام مدار خط استفاده می‌گردد.

- **تاریخچه مدارات خط**

از زمان اختراع مدار خط در سال ۱۸۷۲ در آمریکا تاکنون تحولات زیادی در این سیستم به وقوع پیوسته است. این مدارت توانسته‌اند نقش خود را در پیشگیری از سوانح و حوادث ریلی به خوبی ایفاء نمایند. امروزه نیز در راه‌آهن‌های سراسر جهان و از جمله ایران، مدارات خط متفاوتی طراحی و ساخته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

اولین مدار خط ژاپن یک نوع مدار خط DC[1] برای علائم اتوماتیک بود که توسط راه‌آهن کوبو در سال ۱۹۵۰ نصب گردید. این مدار خط پس از اینکه ریل‌ها به عنوان حامل جریان برگشت وسایل‌نقلیه برقی مورد استفاده قرارگرفتند، به مدار خط AC[2] با فرکانس برق شهر تبدیل شد. در همان اوایل چندین نوع مدار خط جدید ساخته شدند تا اثرات تداخل جریان وسایل‌نقلیه AC را به حداقل برسانند. از جمله این مدارهای خط به موارد زیر اشاره می‌شود:

- مدارخط ۸۳/۱۰۰ هرتز با ژنراتور مبدل نوع Af الکترونیکی با فرکانس بالا و در حد چند صد هرتز
- مدارهای خط‌های ضرب و تقسیم‌کننده فرکانسی که فرکانس‌ها را دو برابر یا نصف می‌کنند
- مدار خط SSB-AF با منبع تغذیه سنکرون که یک مدار خط جدید می‌باشد.

تمام مدارهای فوق به منظورحداقل نمودن اثرات جریآنهای قوی ساخته شده‌اند. روش‌های نصب تجهیزات مدار خط تاکنون دچار تغییرات بسیار زیادی شده‌اند. در ابتدا رله‌های خط، ترانس‌های خط و مقاومت‌های محدودکننده جریان، در جعبه ابزار قرار داشته وترمینال‌ها از طریق سیم برق متصل می‌شدند. اما در اواسط دهه هفتاد بود که روش‌های امروزی نصب به کار رفت و این کار به صورت نقطه‌ای (واحدی) و یکپارچه انجام گرفت.

از همان آغاز، سیستم مدار خط عبارت بود از یک سری رله‌های DC و باتری‌های مقاومت برای محدود کردن جریان، اما به تدریج رله خط AC، ترانس خط، امپدانس باند و وسایل مختلف دیگر وارد کار شدند. سابقه کاربرد ریزپردازنده‌ها در مدارات خط نسبتاً کوتاه بوده و اولین نمونه آن در سال ۱۹۹۰ و برای رله خط‌های الکترونیکی AC بکار رفته است.

شکی نیست که از مدارخط درمواردگسترده‌ای استفاده شده و خواهد شد، اما با پیشرفت‌های تکنولوژی، ضرورت بهبود و تکامل مدار خط‌های فعلی به و ضوح احساس می‌شود. به عنوان مثال سبک شدن وسایل‌نقلیه نیازمند حساسیت بیشتری نسبت به اتصال کوتاه بین ریل‌ها می‌باشد، در حالی که مدل‌های جدید و بزرگتر وسایل‌نقلیه برقی، نیازمند مقاومت بیشتر در مقابل نویزهای گوناگون از جمله نویز برق شبکه تراشکن می‌باشند. دور از انتظار نیست که شاهد حضور مدار خط‌هایی مقاوم در مقابل نوسان ولتاژ حتی در صورت خیسی خط به واسطه باران بوده و یا مدارهای خطی که بتوانند اتفاقات غیرعادی را پیش‌بینی نمایند.

1- Direct Current
2- Alternative Current

وظائف مدار TCR [1]

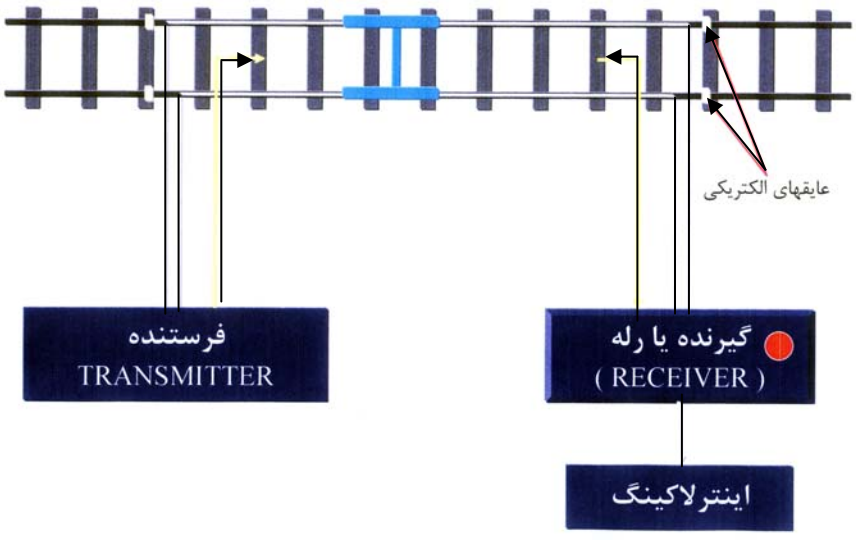
وظایف یک مدار خط را صرف نظر از نوع آن می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

- **تشخیص حضور قطار در یک ناحیه مشخص ازمسیر ریلی[۳۲]**

جهت آگاهی از وجود ایمنی، قبل از تغییر وضعیت دستگاه سوزن یا تغییر نمای علامت به حالتی غیر از خطر ایست، باید از عدم حضور قطار در یک فاصله معین آگاهی یافت. یکی از وظائف مدار خط، تشخیص قطار بر اساس اتصال کوتاه دو ریل توسط محور قطار می‌باشد. هنگامی که محور قطار ریل‌ها را به یکدیگر اتصال کوتاه می‌دهد، برق ورودی از یک سر به سر دیگر رسیده و نشانه وجود قطار می‌باشد.

همچنین مدار خط باید طوری طراحی شود که خاصیت ایمن در مقابل خرابی (Fail safe) داشته باشد. بدین صورت که اگر در مدار در جایی قطع شود، سیستم به صورت قطع در حالت ایمن (یا وجود قطار) قرار بگیرد. در شکل(۷-۱-۲۲) اجزای مختلف مدار خط به منظور تشخیص حضور قطار در یک ناحیه مشخص از مسیر ریلی نشان داده شده است.

با توجه به این شکل در دوطرف از قطعه‌ای که به آن تراک گفته می‌شود فرستنده وگیرنده قرار می‌گیرند. در حالت عادی که در مسیر وسیله‌ای وجود ندارد سیگنال ارسالی توسط فرستنده ارسال شده و به‌وسیله گیرنده دریافت می‌گردد ودر صورتی‌که وسیله‌ای بر روی مسیر قرار بگیرد یا اتصالی بین خطوط ایجاد شود سیگنال دریافتی گیرنده تغییر کرده و موجب اشغال مسیر در نظر گرفته، می‌شود.



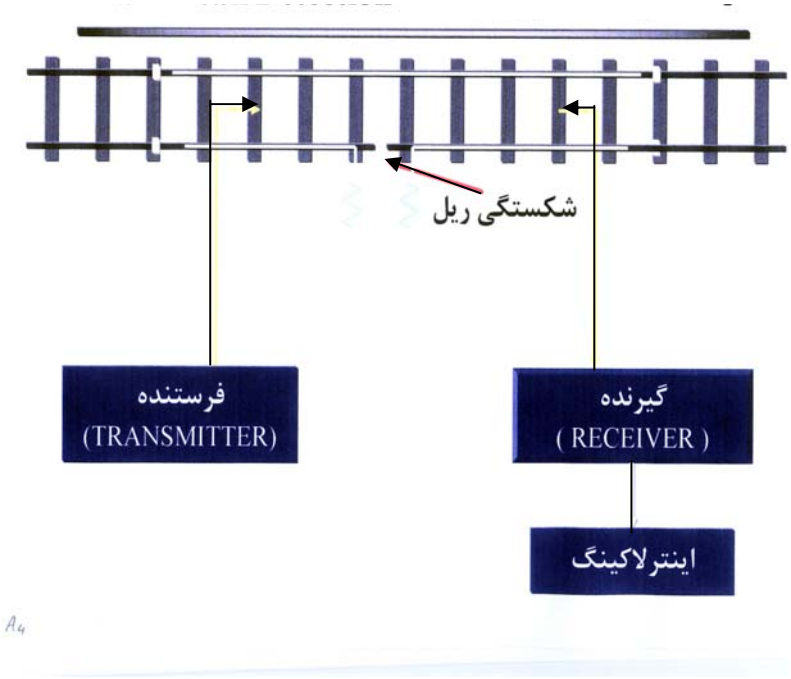
شکل ۷-۱-۲۲-تشخیص حضور قطار در یک ناحیه مشخص مسیر ریلی[۳۲]

1- Track Circuit Responsibility

- **انتقال اطلاعات سیگنال TCR [۱] [۶]**

این مورد معمولاً در سیستم‌های ATC،ATP مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالتی که از سیستم بلاک اتوماتیک استفاده می‌گردد نمای سیگنال‌های بعدی را با تغییر نوع جریان ارسالی به مدار خط تغییر می‌دهد. در هنگامی که نیاز به ارسال اطلاعات به کابین راننده می‌باشد، سیگنال‌ها توسط جریان مدار خط به کابین راننده ارسال می‌شوند. بنابراین ارسال اطلاعات علائم به محل‌های دیگر را می‌توان توسط سیستم مدار خط انجام داد.

واحدهای مختلفی در برقراری ارتباط بین مبدا، قطار، مسیر و مقصد فعال هستند در شکل(۷-۱-۲۳) نمایش داده شده‌اند. در بعضی از سیستم‌های مدار خط می‌توان از مدار خط به عنوان سیستم ارتباطی با قطار استفاده نمود که با ارسال سیگنال‌های خاص می‌توان اطلاعات مختلف نظیر وضعیت چراغ‌ها را به قطار ارسال نمود.



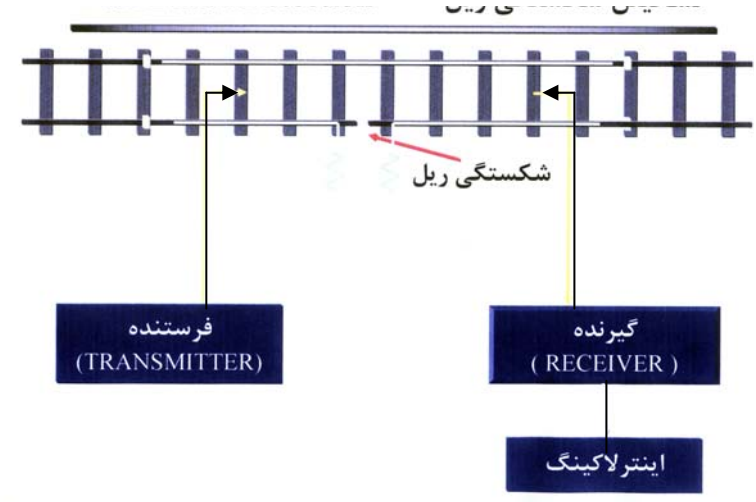
شکل ۷-۱-۲۳- تبادل اطلاعات با قطار[۳۲]

1- Transmission of Signal Information

- **تشخیص شکستگی ریل [1] RBD[۳۲]**

در خطوط جوشکاری شده پیوسته امکان شکسته شدن جوش وجود دارد. این امر می‌تواند موجب بروز سانحه و خروج قطار از خط گردد. یکی از وظایف مدارات خط تشخیص این پدیده می‌باشد. البته باید توجه داشت که تمامی انواع مدارهای خط توانایی این کار را نداشته و تنها بعضی مدل‌ها دارای این قابلیت هستند. در این حالت مدار داخلی باید به گونه‌ای باشد که ریل‌ها در مسیر جریان قرار گیرند. در شکل(۷-۱-۲۴) شکل مدار و عناصر مختلف که در تشخیص آن مؤثرند به نمایش گذارده شده است.

همانطوریکه در شکل زیر مشخص است در صورتیکه خط سالم باشد هنگام آزاد بودن تراک فرکانس سیگنال مورد نظر که توسط فرستنده ارسال شده به گیرنده رسیده وسیستم متوجه آزادی مسیر مورد نظر می‌گردد. در صورتیکه تراک توسط وسیله نقلیه اشغال گردد تعادل خط از نظر امپدانس بر هم خورده و گیرنده متوجه اشغال شدن تراک می‌گردد. در صورتیکه در حالت آزادبودن تراک قطعه‌ای از خط دچار شکستگی واشکال گردد به علت آنکه سیگنال ارسالی توسط فرستنده به گیرنده نمی‌رسد سیستم تراک را اشغال کرده و این امر موجب جلوگیری از سانحه می‌گردد.



شکل ۷-۱-۲۴- تشخیص شکستگی ریل [۳۰- ۳۵]

1- Rail Break Detection

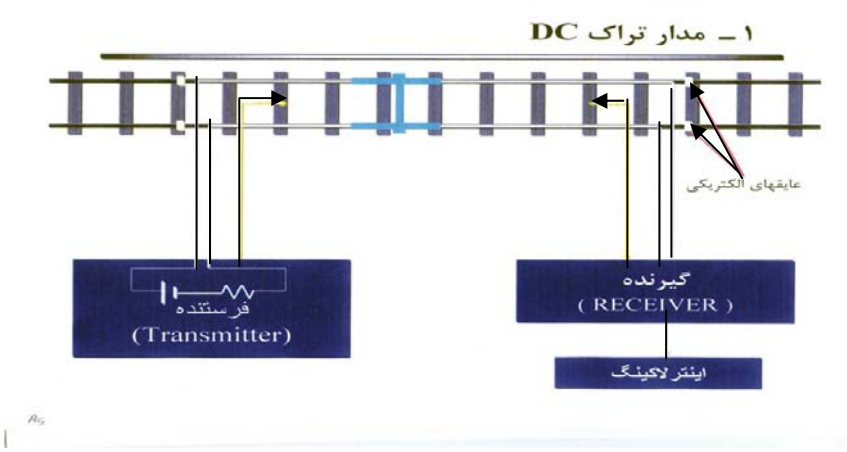
- **ساختار مدارهای خط[۳۲]**

به منظور آشنایی بیشتر با ساختار و نحوه عملکرد مدار های خط، در قالب دو نوع DC، AC به توضیح آنها پرداخته می‌شود.

مدار تراک DC: مدار خط‌های DC سابقه‌ای طولانی در خطوط ریلی داشته و جزء اولین مدارهای خطی هستند که در ایران مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. این مدارها امروزه به‌صورت گسترده‌ای در کنترل بلاک یا تقاطع خطوط غیربرقی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با وجود پیکربندی ساده‌ای که این مدارها داشته و عملیات را بدون انقطاع انجام می‌دهند. ضروری است مراقبت‌های خاصی از آنها صورت گیرد تا از ورود جریانهای DC خارجی در یک قطعه برقی با جریان DC جلوگیری گردد. در این مدارات ریل به عنوان قطعه‌ای از مدار به کار رفته که توسط محور عبوری قطار دو ریل به یکدیگر اتصال کوتاه پیدا کرده و موجب فعال یا غیرفعال نمودن رله مرتبط به آن مسیر می‌شود. از ویژگی‌های این مدار می‌توان به کنترل حدود ۸۰۰ متر و حساسیت اتصال کوتاه و مقاومت ۱ اهم اشاره‌نمود.

در مسیرهای کم رفت و آمد که آلودگی هوا و ناخالصی‌های دیگر بر روی سطح ریل لایه‌ای نیمه هادی تشکیل می‌دهند، برای تقویت حساسیت تشخیص قطار از ولتاژ ارسالی ۴/۵ ولت و مقاومت‌های سری در رله دریافت، استفاده می‌شود. در این حالت برای جدا نمودن نواحی مختلف از یکدیگر، نیاز به استفاده از عایق در بین قطعات مختلف خط می‌باشد. محل قرارگیری فرستنده و عایق‌ها و نیز بخش‌های فعال در سیستم مدار خط DC در شکل(۷-۱-۲۵) آورده شده است. علی‌رغم سادگی مدار و به طبع قیمت پائین آن در خطوط برقی و تقاطع‌ها با خطوط برقی، به علت عملکرد ریل به عنوان مسیر برگشت جریان، امکان عایق‌بندی خط وجود نداشته و نمی‌توان از آن استفاده نمود.

به علاوه در خطوط برقی و در شرایط خاص امکان ایجاد ولتاژ بین دو ریل و وارد آمدن صدمه به سیستم وجود دارد. از آنجا که مسیر عبور قطار بر روی ریل همواره از نظر الکتریکی پیوسته بوده وسیستم‌های ارسال و دریافت علائم مجاز به عایق نمودن ریل‌ها را از یکدیگر نیستند. به علاوه سیستم تراکشن اغتشاشات الکتریکی زیادی ایجادکرده که بر روی مدار خط تاثیر می‌گذارد و امکان ایجاد ولتاژ بین دو ریل در آن وجود دارد لذا استفاده از مدارهای خطی دیگری نظیر مدار خط فرکانسی، به روش ایجاد ناحیه جداسازی فرکانسی مطرح می‌گردد.

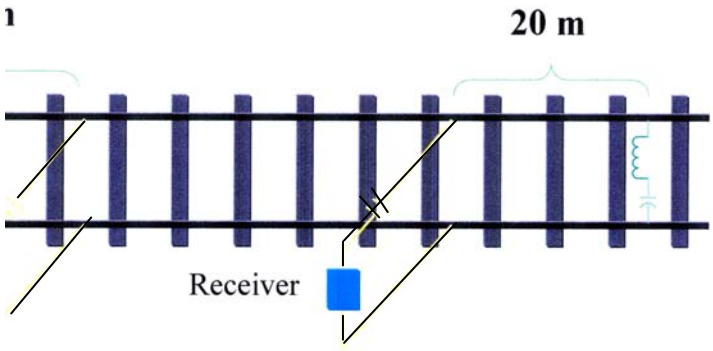


شکل ۷-۱-۲۵- مدار خط DC [۳۲]

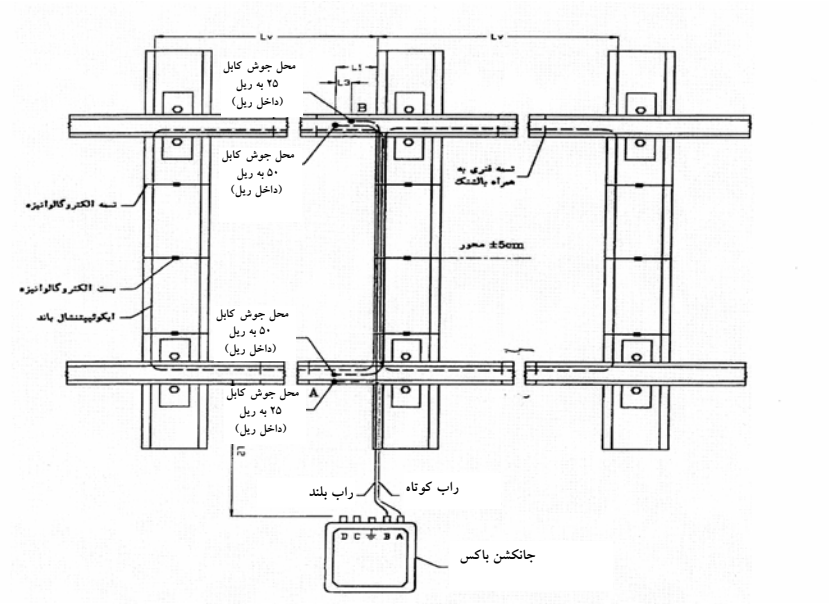
مدار خط فرکانسیAC: با توجه به کاستی‌های مدارهای خط DC در خطوط برقی استفاده از مدارهای خط فرکانسی بیشتر گردید. این مدارها ابتدا توسط شرکت زیمنس به ایران وارد شد. سپس با گذشت زمان از این مدل کپی‌برداری شده و در داخل ایران نیز ساخته شدند. دراین نوع برای هر مدار خط یک کد و فرکانس انحصاری وجود دارد. هر علامت در مسیر توسط فرستنده و به روش مدل‌سازی FSK[1] به محوطه ارسال می‌شود. علائم دریافتی از محیط بعد از فیلتر شدن به گیرنده رسیده ودر مدار پردازش می‌شوند.

مدار پردازشگر ابتدا انرژی علامت را مورد ارزیابی قرار داده و پس کد آن را از لحاظ مرتبط بودن با کد انحصاری خط مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نحوه جداسازی ناحیه‌ای در مدار خط فرکانسی و محل قرارگیری شبکه مدارهای متناسب در شکل(۷-۱-۲۶) نمایش داده شده است. همچنین جزئیات اتصال کابل‌ها و ریل در شکل(۷-۱-۲۷) قابل مشاهده است.

1- Frequency Shift Keying



شکل ۷-۱-۲۶- مدار فرکانسی با روش ایجاد ناحیه جدا سازی فرکانسی [۳۲]



شکل ۷-۱-۲۷- جزئیات اتصال کابل‌ها و ریل [۳۲]

شرایط آزادسازی تراک عبارتند از:

- فرکانس علامت دریافتی با فرکانس در نظر گرفته شده برای مدار خط مطابقت داشته باشد
- انرژی علامت دریافتی در سطح مناسبی باشد
- کد استخراج شده از علامت دریافتی با کد در نظر گرفته شده برای مدار خط یکسان باشد

- **مزایای سیستم**

ازجمله مزایای این سیستم می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- قابلیت اجرای مسیرهای بلند
- امکان شبیه‌سازی کامل کامپیوتری
- حذف عایق‌های فیزیکی

- سادگی مدارات کنار خط
- امکان جداسازی منابع فرستنده و گیرنده از واحدهای کنار خط
- سادگی نصب و راندازی
- امکان ارسال و دریافت پیغام از قطار

- **معایب سیستم**

معایب این سیستم نیز عبارتند از:

- مشخص نبودن مرز دقیق مسیر [1] مانند تمام مسیرهای فرکانسی دیگر
- احتیاج به ناحیه ۲۰ متری در ناحیه مشترک دو تراک مسیر

با توجه به جمیع موارد فوق پیشنهاد می‌گردد ضمن یک بررسی دقیق، کلیه خطوط تازه ساخت و مشخص شوند بدین ترتیب مکآنهایی که در برنامه برقی کردن قرار ندارند، با توجه به اختلاف هزینه دو سیستم DC و فرکانسی، باید تحت پوشش مدار خط DC قرار گیرند و در مسیرهایی که در برنامه برقی‌نمودن قراردارند، از مدار خط فرکانسی استفاده گردد. بعلاوه جهت کاهش هزینه تعمیر و نگهداری تجهیزات و ارایه خدمات قابل دسترس بودن تجهیزات و قطعات اولیه هر دو نوع مدار DC، AC در اهمیت نخست قرار دارد.

در اشکال(۷-۱-۲۸)، (۷-۱-۲۹)، (۷-۱-۳۰)، به ترتیب زیرساخت‌های ارتباطی ایران شامل خطوطی که تجهیزات هوشمند یاد شده در آنها به‌کار رفته‌اند، سیستم‌های به‌کاررفته در شبکه ریلی کشور شامل: سیستم‌های اینترلاکینگ CTC، RC، تک ایستگاهی و سیستم‌های دستی و نحوه توزیع در طول مسیرهای یاد شده شامل اجزاء نشان داده شده روی شکل نمایش داده شده‌اند.

علی‌رغم برگزاری سمینارها و تشکیل کمیته‌های مختلف و انجام فعالیت‌های جداگانه در بررسی سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی موجود در کشور، هنوز سیاست یکپارچه‌ای در این زمینه وجود ندارد. علت این امر را می‌توان در عدم اطلاع‌رسانی مناسب و داشتن اطلاعات کافی از سایر پروژه‌های مرتبط دانست. بنابراین برای استفاده اصولی و صحیح از امکانات ITS رعایت این امر ضروری است.

- **مشکلات توسعه سیستم‌های هوشمند**

همانطور که اشاره شد هنگامی می‌توان از امکانات و توانایی‌های یک سیستم هوشمند به‌طور کامل استفاده نمود که ارتباط بین اجزای مختلف آن به درستی تعریف و برقرار شده باشد. لذا ضروری است که مسیر انتقال اطلاعات و دسترسی به آنها قبل از ایجاد هر کدام از زیر بخش‌ها به نحو مناسب ایجاد شده باشد. به این منظور لازم است که از بسترهای پرسرعت به همراه تجهیزات استفاده از آنها نظیر سویچ‌ها، مودم‌ها و ... استفاده

1- Fuzzy Boarder

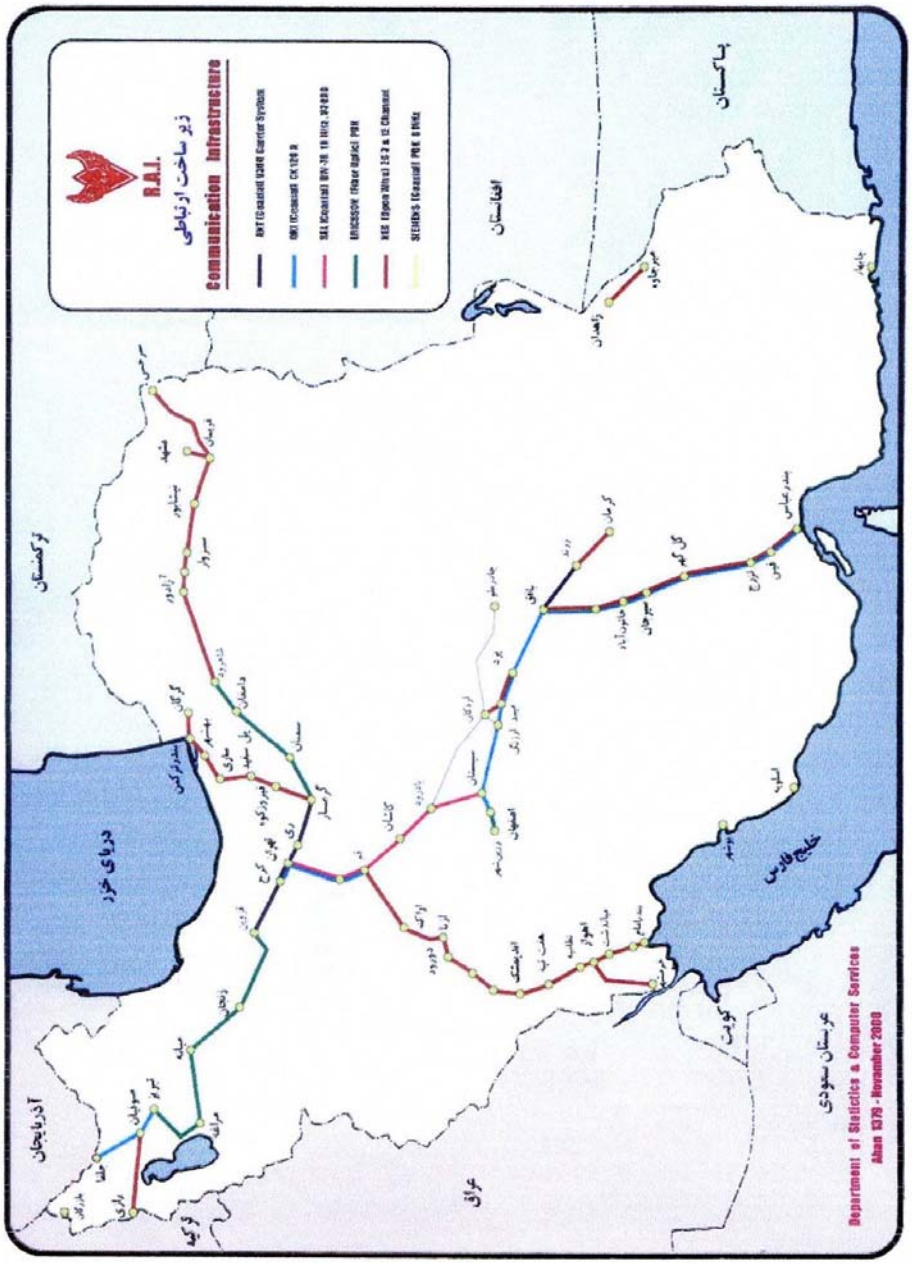
نمود. بستر مناسب جهت تأمین این نیاز می‌تواند فیبر نوری باشد که با توجه به متراژ کلیه خطوط و مسیرهایی که از این خطوط استفاده نموده‌اند یا مسیرهایی که این بستر در آن اجرا گردیده است به حجم مورد نیاز و سرمایه‌گذاری لازم جهت راه‌اندازی آن پی برد.

به علاوه در صورتی که این مسیرها بنا بر هر دلیل دچار اشکال شوند ارتباط بین نقاط مختلف از بین می‌رود که ضروری است جهت جلوگیری از این مشکل از بسترهای پشتیبان دیگر یا از بستر موجود به صورت رزرو استفاده نمود. این امر خود موجب افزایش سرمایه‌گذاری اولیه در آن می‌گردد. بعد از مرتفع نمودن این مشکل و با توجه به اینکه تا کنون هیچ معماری خاصی جهت گنجانیدن سیتم های ITS در آن چهار چوب وجود ندارد تنها به‌صورت مجزا و جزیره‌مانند پروژه‌های مختلفی در سطوح محل‌های مختلف در قسمت‌های راه‌آهن اجرا گردیده است. به منظور یکپارچه‌سازی این سیستم‌ها و رفع مشکل، به علت فقدان استاندارد یکسان در سیستم‌های موجود، نیاز به رابطه‌های خاص جهت هماهنگ نمودن زیر سیستم‌ها با یکدیگر و گاهاً تعویض بعضی از آنها می‌باشد.

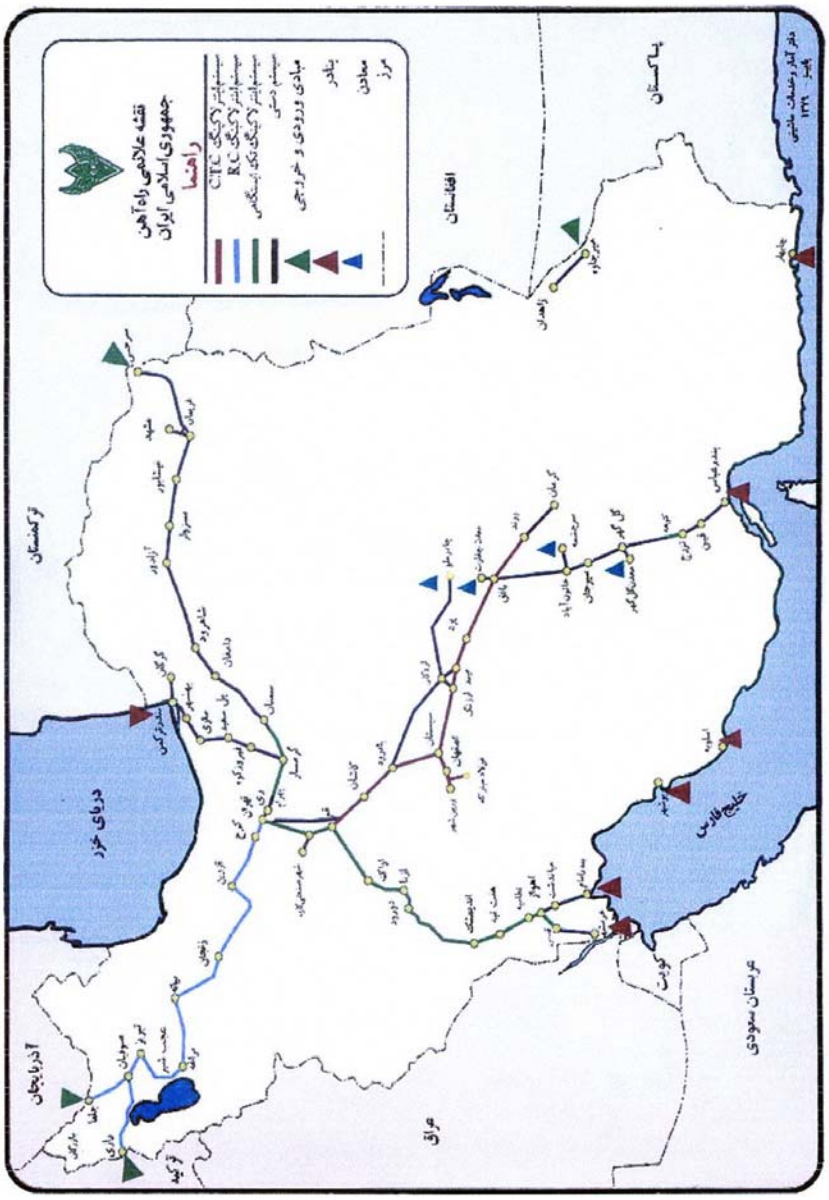
این تغییرات به دلیل تکرار سرمایه‌گذاری، موجب صرف هزینه و زمان در اجرای این سیستم‌ها می‌گردد. با توجه به اینکه سیستم‌های ITS هنوز متولی خاص و کاملاً مشخصی ندارند، عدم مدیریت متمرکز موجب تعدد سیستم‌ها و اعمال سلایق شخصی مدیران مختلف در راستای عملی شدن آنها گردیده است. ذکر این نکته ضروری است که اکثر تجهیزات مورد نیاز این سیستم‌ها به‌صورت وارداتی بوده و مستلزم پرداخت هزینه ارزی می‌باشد لذا سرمایه‌گذاری اولیه در آنها نسبتاً زیاد و موجب کند شدن سرعت آن می‌باشد.

۷-۲- بررسی وتبیین نقش وتعامل سازمان‌هاودستگاه‌های مختلف درتوسعه سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی درایران

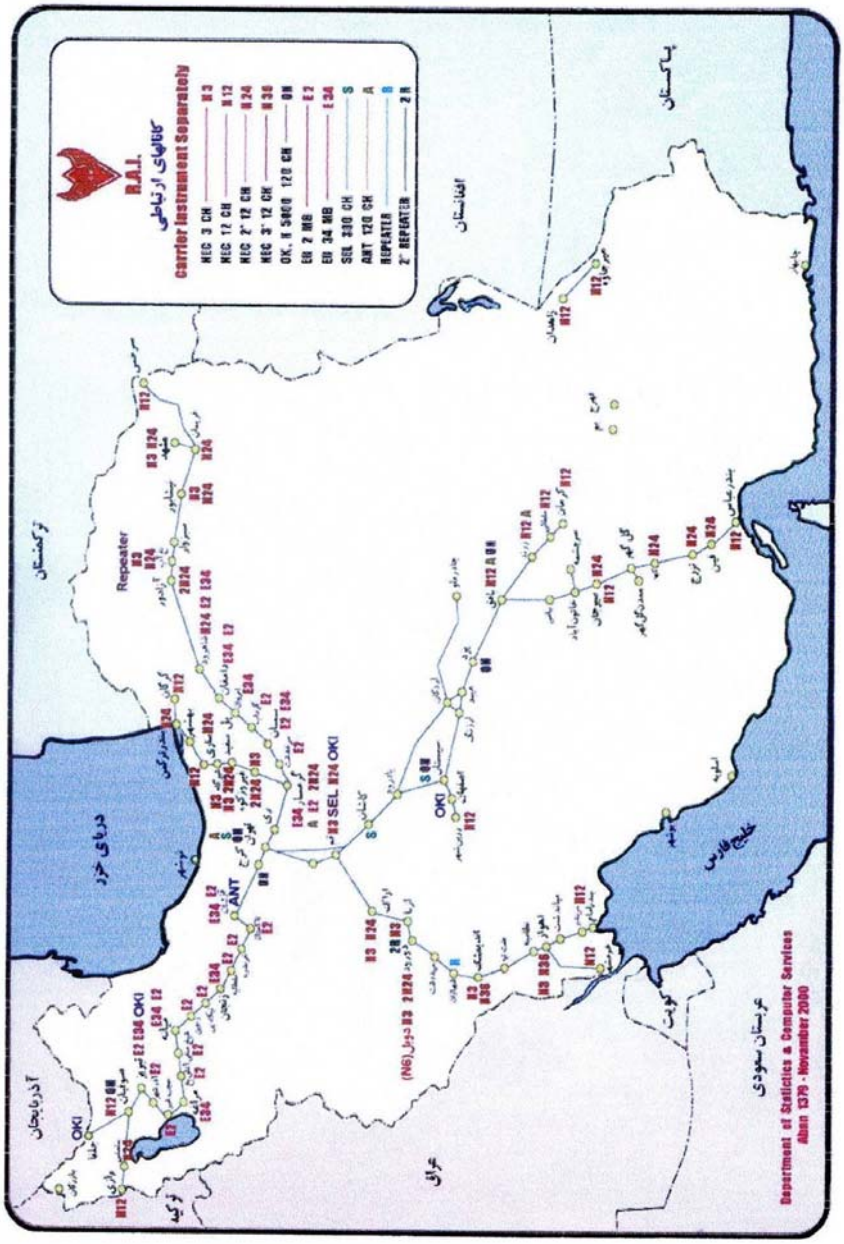
یکی از مؤلفه‌های مهم در تدوین سیاست‌های کلی ایران در برنامه سوم توسعه، افزایش سهم راه‌آهن و اولویت دادن به حمل‌ونقل ریلی به عنوان یکی از شاخه‌های مهم حمل‌ونقل کشور می‌باشد. رشد و توسعه سرمایه‌گذاری در شبکه حمل‌ونقل ریلی و در نتیجه افزایش حجم ترافیک و سرعت حرکت قطارها، ضرورت دستیابی به سیستم‌های مخابراتی پیشرفته و تجهیزات کنترلی دقیق به ویژه سیستم‌های هوشمند مرتبط با حمل‌ونقل ریلی در راه‌آهن را اجتناب ناپذیر می‌کند. ادارت موجود در راه‌آهن نیز به منظور تحقق اهداف حمل‌ونقل ریلی از جمله افزایش ایمنی، بالا بردن حجم تردد و افزایش سرعت، تعریف و ایجاد گردیده‌اند. اما آنچه بیش از هر چیز در این خصوص دارای اهمیت است، هماهنگی و تعامل این بخش‌ها در اجرای برنامه‌ها و اقدامات لازم جهت پیشبرد برنامه‌های ITS ریلی می‌باشد. در این قسمت ضمن بررسی ساختار سازمانی فعلی در راه‌آهن، نحوه رویکرد ساختاری و تشکیلاتی جهت اجرای برنامه‌های ITS ریلی در کشور ارایه خواهد شد.



شکل ۷-۱-۲۸- زیرساختهای ارتباطی راه‌آهن ایران [۵۴]



شکل ۷-۱-۲۹- نقش علائمی راه‌آهن ایران [۵۴]



شکل ۷-۱-۳۰- کانال‌های ارتباطی راه‌آهن ایران [۵۴]

۷-۲-۱- ساختار تشکیلاتی و تعامل سازمان‌های حمل‌ونقل ریلی در ایران[۳۳]

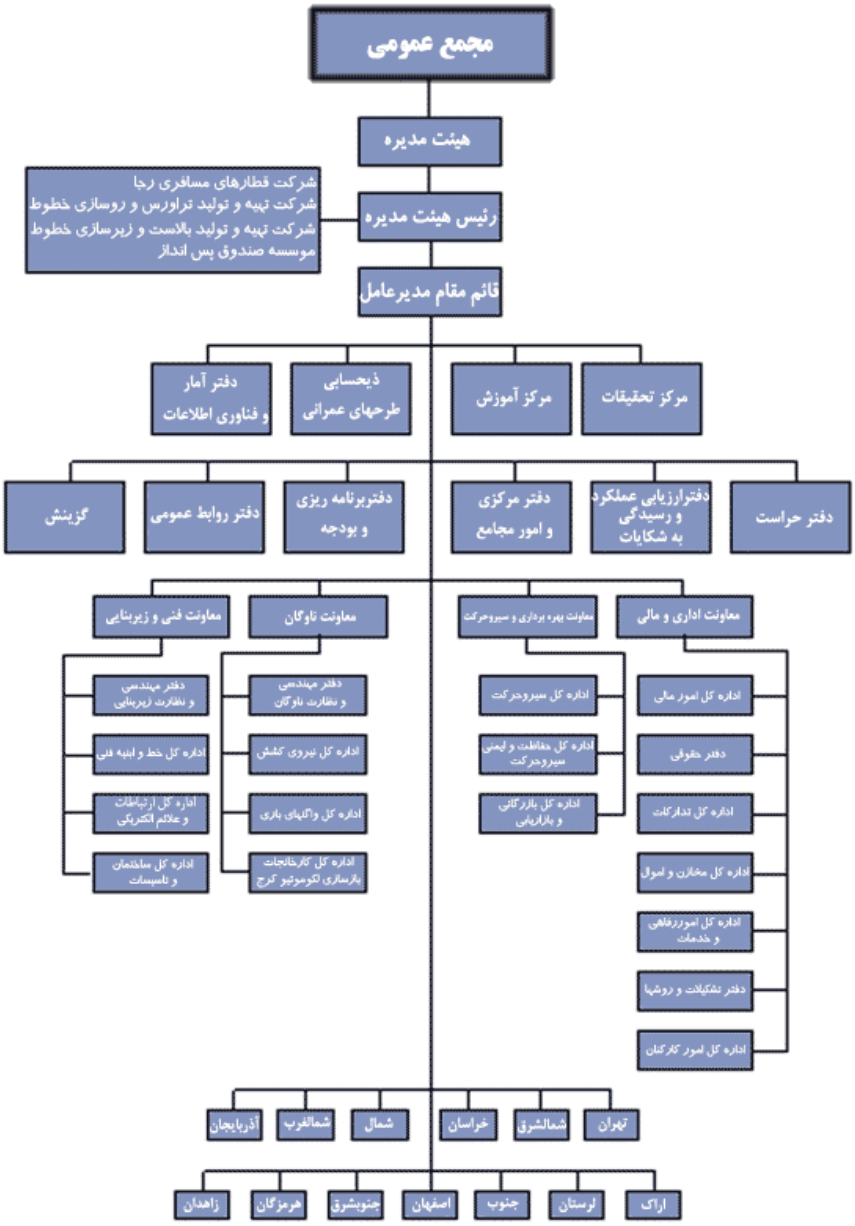
شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران از جمله بزرگترین و مهمترین کانون‌های صنعتی و اشتغال در کشور می‌باشد. در پی تدوین برنامه سوم توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، با توجه به اولویت‌بخشی به توسعه و تجهیز ناوگان حمل‌ونقل ریلی در زیر مجموعه صنعت حمل‌ونقل کشور، گامی مهم در راستای توسعه پایدار سرزمین ایران برداشته شده و فصلی نوین در حیات و توسعه راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران آغاز گردیده است.

همگام با تغییرات شدید و توسعه تکنولوژی، گردش چرخ‌های عظیم ناوگان حمل‌ونقل ریلی کشور تنها در پرتو برنامه‌ریزی‌های جامع و اصولی و اطلاع‌رسانی مناسب و نیز با استفاده از روش‌ها و تکنولوژی نوین و سیستم‌های یکپارچه و در عین حال گسترده، ممکن و مسیر خواهد شد. از آنجا که حمل‌ونقل و ارتباط به عنوان عناصر کلیدی، آغازگر، پیش نیاز و مقدم بر توسعه اقتصادی می‌باشند و این امر نیز احتیاج به نوگرایی و استفاده روش‌ها و سیستم‌های جدید دارد، اهمیت به راه‌آهن و راهکارهای نوین در این باره مسأله مهمی می‌باشد.

همان‌طور که ذکر گردید به منظور بهره‌برداری از حداکثر ظرفیت ناوگان با توجه به توسعه خطوط در سال ۱۳۸۴ و ظرفیت‌های جدید ایجاد شده، استفاده از یک مدیریت منسجم که دارای ابزار نظارتی، کنترلی، ارتباطی و اطلاع‌رسانی مناسبی باشد، امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. این موضوع باید در کلیه قسمت‌های راه‌آهن مد نظر قرار گیرد، چرا که در صورت توسعه در یک قسمت از این سازمان و عقب‌ماندگی سایر قسمت‌های آن، نه تنها مشکلات مرتفع نمی‌گردد، بلکه موجب ایجاد گلوگاه در شبکه نیز خواهد شد. به منظور معرفی ساختار تشکیلاتی سازمان راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران نمودار درختی و سلسله مراتب بخش‌ها و مسؤولیت‌های مختلف در شکل (۷-۲-۱) ارایه شده است.در حال حاضر نمودار سازمانی راه آهن دچار تغییر شده ولی هنوز کاملا" مورد تأیید و تصویب قرار نگرفته ودر حال بررسی است.

مهمترین فایده آشنایی با هر یک از این شاخه‌ها، هنگامی است که طرح اجرای یک پروژه جدید و راه‌اندازی یک سیستم تازه به میان می‌آید. با شناختی کامل از همه قسمت‌های مدیریتی و اجرایی و حیطهٔ وظایف آنها، تقسیم مسؤلیت‌ها در مراحل مختلف تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، مدیریت تهیه، نصب و بهره‌برداری از سیستم‌ها، بسیار دقیق‌تر و حساب شده‌تر صورت خواهد گرفت. در واقع با بررسی موشکافانه در پیکره سازمانی راه‌آهن با هدف اجرای یک پروژه (نظیر سیستم‌های هوشمند ریلی)، ممکن است مسؤولیت‌های جدیدی ایجاد شود که نتوان آن را در قالب وظایف و عملکرد یکی از معاونت‌ها یا زیربخش‌های آن قرار داد. ضمن اینکه نقش بخش خصوصی را در انجام بخشی یا حتی تمام پروژه، با نظارت و مدیریت بخش دولتی نمی‌توان نادیده گرفت در نتیجه، به نظر می‌رسد حتی با تخصص پروژه هوشمندسازی ریلی به بخش دولتی و

برخی از معاونت‌های آن، تشکیل یک مجموعه عملکرد مستقل در رده زیربخش‌های ارایه شده روی نمودار درختی ضروری باشد. لذا در بخش بعدی به توضیح بیشتر در مورد ساختار پیشنهادی ITS ریلی، وظایف و نحوه اتصال آن به ساختار سازمانی موجود پرداخته می‌شود.



شکل ۷-۲-۱- نمودار سازمانی مصوب راه‌آهن ایران[۵۴]

۷-۲-۲- اهداف بررسی ساختار تشکیلاتی راه‌اندازی ITS ریلی[۳۳]

به منظور هماهنگی و همکاری ارگانهای مرتبط با حمل‌ونقل ریلی و استفاده از قابلیت‌ها و پتانسیل‌های موجود بخش‌های دولتی و خصوصی در راه‌اندازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) و برای هدایت متمرکز فعالیت‌های مرتبط با آن، لازم است تا مجموعه‌ای با هدف اجرای مناسب سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی در ایران تشکیل شود. در واقع این مجموعه باید بخشی از دولت باشد که برای گسترش زمینه‌های ITS و برقراری ارتباط مناسب بین بخش‌های دولتی و خصوصی ایجاد شده و ارتباطات لازم بین کلیه بخش‌های مرتبط از قبیل دولت، صنعت، مراکز علمی و تحقیقاتی و مراکز مرتبط در سایر کشورها را تأمین نماید. برخی از مهمترین دلایل نیاز به تشکیل این مجموعه در ساختار دولت ایران به شرح ذیل می‌باشد:

- طرح دیدگاه‌ها ونقطه‌نظرات مختلف از بخش‌های مختلف مرتبط با حمل‌ونقل ریلی، تعیین خط‌مشی‌ها در سیاست‌گذاری‌های دولت و تدوین برنامه‌های کشور در خصوص ITS ریلی
- انسجام و هماهنگی کلیه بخش‌های خصوصی و دولتی که برای ایجاد و توسعه ITS ریلی فعالیت می‌کنند
- ارتباط با سایر سازمان‌ها و ارگانهای فعال در زمینه ITS در سطح بین‌المللی و جلب مشارکت و همکاری آنها به منظور افزایش و بهبود تبادل تجارب فنی و تکنولوژیکی
- جلوگیری از سرمایه‌گذاری‌های تکراری در پروژه‌های توسعه ITS از طریق ایجاد ارتباط بین بخش‌های دولتی و خصوصی و معرفی پروژه‌های در دست اقدام و موجود
- جلب مشارکت بخشهای مختلف درگیر در موضوعات ITS ریلی به منظور استفاده از امکان سرمایه‌گذاری مشترک برای اجرای پروژه‌ها
- ایفای نقش اصلی به عنوان نماینده و مسؤول ITS ایران در سطح ملی و بین‌المللی
- تهیه و تدوین یک استراتژی ملی برای توسعه ITS ریلی ایران تا سرانجام همه بخشهای جامعه از فواید ایجاد و توسعه این سیستم بهره‌مند شوند

با توجه به اهداف فوق و قبل از آنکه ساختار پیشنهادی ITS ریلی برای ایران ارایه گردد، لازم است تا به وظایف سازمان‌ها و ارگانهای موجود در کشور در توسعه ITS ریلی اشاره شده تا جایگاه هر ارگان در تشکیل ساختار سیستم‌های هوشمند ریلی کشور روشن شود.

فعالیت‌های عملکردی ITS اغلب به دو بخش اصلی: بخش دولتی و بخش خصوصی تقسیم می‌شود. البته در برخی از موارد فعالیت‌های مرتبط با ITS را در این دو بخش به فعالیت‌های دولت، مراکز علمی و تحقیقاتی و صنایع تفکیک می‌کنند. لذا در ادامه به وظایف بخش‌های مرتبط با توسعه در چارچوب دو بخش دولتی و خصوصی پرداخته و نقش سازمان‌ها و ارگانهای مرتبط با موضوع پروژه تشریح می‌شود.

۷-۲-۳- بخش دولتی[۳۳]

به طور کلی می‌توان وظایف اصلی بخش دولتی در ساختارITS را با عناوین "ایجاد طرحهای ملی و سیاست‌های مشارکتی در توسعه ITS، تدوین قوانین و مقررات جهت تسهیل توسعهITS در کشور، تدوین اصول و استراتژیهای کلیدی توسعه ITS ایران، تهیه و تدوین اصول معماری ITS در کشور، استانداردکردن فعالیت‌های اجرایی ITS، تهیه و تامین زیر ساختهای پایه توسعه ITS در کشور طرح نمود. اما اگر بخواهیم اشاره‌ای به وظایف هر یک از اجزای دولت در این خصوص داشته باشیم، برخی از مهمترین موارد به شرح ذیل می‌باشد (البته لازم به توضیح است که وظایف پیشنهادی ذیل با در نظر گرفتن این است که یک سری از وظایف توسط مجموعه ساختار ITS ایران که در ادامه به آن اشاره می‌شود، انجام خواهد شد):

سیاست‌های لازمه دولت در ارتباط با ITS

- جلوگیری از توسعه کمی تشکیلات و مؤسسات دولتی و کاهش تصدی‌های دولت و واگذاری تصدی‌های اقتصادی و اجتماعی به بخش غیر دولتی
- توسعه ارایه خدمات اجتماعی دولت از طریق بخش غیردولتی با استفاده از روش‌های پیش‌بینی شده در ماده ۸۸ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت به شرح زیر است:
- کاهش سطوح سازمانی (سلسله مراتب اداری) به منظور تسهیل در امر تصمیم‌گیری
- تجمیع واحدهای سازمانی و کاهش تعداد پست‌های مدیریتی به میزان ۲۰٪ وضعیت موجود
- حذف واحدهای غیر ضروری از ساختار تشکیلاتی مؤسسات دولتی
- واگذاری امور عمومی و خدماتی به بخش غیردولتی و حذف پست‌های مربوط به فعالیت‌های مذکور
- عدم افزایش پست‌های سازمانی، جز در مواردی که به موجب قوانین و مقررات ترتیب دیگری مقرر شده باشد

ضوابط طبقه‌بندی مؤسسات دولتی:

معیارهای طبقه بندی موسسات دولتی به شرح زیر است:

- مجری قانون خاص به صورت فراگیر در پهنه جغرافیایی کشور باشد
- ایفای وظایف مؤسسه، تابعی از وضعیت و شرایط اجتماعی، اقتصادی یا سیاسی کشور باشد
- در سطح ملی به عنوان دستگاه مرجع شناخته شوند
- انجام یک یا چند امر حاکمیتی در کشور را عهده‌دار باشند
- حداقل در یک موسسه معتبر بین‌المللی، عضویت داشته باشند

- حائز موقعیت راهبردی، هدایت‌گر و جهت‌دهنده باشند
- گستره جغرافیایی فعالیت‌ها در سطح کشور باشد
- معیارهای فوق الذکرباید بر اساس قوانین و مقررات تأسیس مؤسسات دولتی تعیین شوند

۷-۲-۳-۱- وزارت راه و ترابری[۳۳]

وزارت راه و ترابری نقش اساسی در هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی دارد. در واقع سیستم حمل‌ونقل ریلی به پشتیبانی وزارت راه وترابری جهت مکانیزه شدن نیاز داشته تا با تکیه بر طراحی معماری مطلوب به یک سیستم یکپارچه سازمانی برسیم واین امر مستلزم هماهنگی و همکاری این دوسازمان وسازمان‌های دیگر می‌باشد تا از هزینه‌های تکراری، اتلاف زمان و نیروی انسانی جهت مکانیزه شدن سیستم حمل‌ونقل ریلی برسیم. در این وزارتخانه ۶ مرحله زیر برای طراحی اساسی ITS ریلی بیان می‌شود که به هر یک از آنها به اختصار پرداخته می‌شود:

مرحله اول: برپایی و چهار چوب انجام کار[۱]

- در این مرحله فعالیت‌های ذیل انجام می‌گیرند:
- جمع آوری و مطالعه طرح‌های استراتژیک موجود
- تعریف اهداف کلان وزارت راه، سازمان‌های وابسته و مأموریت سازمانی آنها
- تعریف چشم انداز، حوزه عملکرد و مأموریت طرح جامع هوشمند ریلی[۲]
- تعریف ساختار و مدیریت پروژه
- برنامه‌ریزی جهت انجام مراحل بعدی پروژه

مرحله دوم: تشریح وضعیت موجود و تحلیل نیازها

در این مرحله وضعیت موجود وزارت راه وترابری و سازمان‌های اصلی تابعه از چهار دیدگاه مورد بررسی قرار می‌گیرند، در هر دیدگاه، سطح مأموریت‌های مربوطه و فرآیندهای اصلی سازمانی تشریح می‌شود.

- **دیدگاه معماری انجام کار**[۳]:

فرآیندهای انجام کار[٤] در این دیدگاه موارد ذیل بررسی می‌شوند:

- مستندسازی و مدل‌سازی فرآیندهای اصلی انجام کار

1- Initiation Scope Definition
2- It Master Plan
3- Business Architecture Point View
4- Core Business Process

- اطلاعات و مستندات در گردش مربوطه به فرآیندها
- بررسی و ارایه کارکردها و شرح وظایف سازمان

- **دیدگاه معماری سیستم‌های کاربردی**[1]:

در این دیدگاه معماری سیستم‌های کاربردی با توجه موضوعات ذیل مستند سازی می‌گردد:

- مستند سازی سیستم‌های اصلی و پشتیبانی موجود در حوزه عملکرد پروژه
- لایه‌بندی سیستم‌های کاربردی از نظر هرم سیستم‌های اطلاعاتی (سیستم‌های عملیاتی، اطلاعات مدیریت و تصمیم سازی)
- مستند سازی تعامل میان سیستم‌های شناسایی شده (کارکرد - داده)

- **دیدگاه معماری داده / اطلاعات**

در این دیدگاه داده‌ها و اطلاعات وضعیت موجود سازمان مستند شده و مدل‌سازی می‌گردند.

- **دیدگاه زیر ساخت‌های تکنولوژی موجود**

در این دیدگاه مؤلفه‌های تکنولوژی اطلاعات موجود در سازمان مانند WAN/ LAN/ OS یا DBMS شناسایی و مستند می‌گردند.

تعریف نیازهای مرحله دوم

با شناخت وضعیت مطلوب، نیازها و کمبودهای سازمان با توجه به وضعیت موجود آن مستند می‌گردد. آنگاه وضعیت مطلوب به گونه‌ای طراحی می‌گردد که پاسخگوی این نیازها باشد.

تعریف محدودیت‌های مرحله دوم

محدودیت‌های موجود درون سازمانی و یا برون سازمانی مانند محدودیت‌های مالی، زمانی، منابع و غیره در این مرحله شناخته و تعریف می‌شوند.

مرحله سوم: طراحی معماری مطلوب

به منظور ارایه معماری مطلوب برای ایجاد و راه‌اندازی سیستم‌های هوشمند ریلی، از سوی وزارت راه راهکارهایی تعیین شده که به صورت مرحله‌ای اجرا می‌شوند. این خط مشی‌ها به ترتیب گام‌های زیر می‌باشد:

1- Application Architecture

گام اول:

شناخت تحولات جهانی در نظام‌های حمل‌ونقل ریلی و کاربرد تکنولوژی اطلاعات در نظام‌های مزبور.

گام دوم:

شناخت و مستندسازی یک معماری ایده‌آل و کامل شامل تمامی مؤلفه‌ها و سرویس‌های مربوط به حمل‌ونقل ریلی.

گام سوم:

طراحی نحوه انجام کار [1]در وزارت راه و ترابری و سازمان‌های تابعه اصلی در وضعیت مطلوب از سه دیدگاه ذیل بررسی می‌شود:

- طراحی معماری مطلوب فعالیت

از این دیدگاه سازمان انجام کار، کارکردها، فرآیندها و شرح وظایف در وضعیت مطلوب طراحی می‌گردند. در این مرحله از سناریوهای مختلف انجام کار استفاده می‌شود.

- معماری سیستم‌های کاربردی

از این دیدگاه سیستم‌های کاربردی مورد نیاز، حوزه فعالیت آنها، لایه‌بندی و نیز تعامل‌های لازم (کارکرد _ داده)[2] میان آنها، در وضعیت مطلوب مستند می‌گردند.

- معماری داده / اطلاعات

در این دیدگاه داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز سیستم‌ها در وضعیت مطلوب مدل‌سازی می‌گردند.

گام چهارم:

معماری تکنولوژی در وضعیت مطلوب می‌باشد. در این فاز فعالیت‌های ذیل انجام می‌گیرند:

- تهیه آن دسته از فهرست مؤلفه ها و سنگ بناهای موجود[3] که باید مورد استفاده مجدد قرار گیرند. مانند شبکه‌ها، منابع سخت‌افزاری و نرم‌افزاری داده‌ها و غیره
- تهیه فهرست مؤلفه‌ها و سنگ بناهای مورد نیاز با توجه به معماری مطلوب
- تهیه فهرست مؤلفه‌ها و سنگ بناها و سرویس‌های معماری کامل و مطلوب
- مستندسازی معیارهای انتخاب مؤلفه و سنگ بناها و سرویس‌ها
- تعریف استانداردهای پیاده‌سازی طرح

1- Enter Prise Architecture
2- Operation –Data Interaction
3- Existance Block Components

- طراحی معماری تکنولوژی اطلاعات در وضعیت مطلوب با استناد به نتایج فوق
- ارزیابی معماری پیشنهادی از دیدگاه‌های صاحبان منافع مختلف (مدیران، استفاده‌کنندگان، سازمان‌های همجوار و غیره)
- آنالیزجامعیت طرح تهیه شده
- مستندسازی معماری مطلوب [1]

مرحله چهارم: برنامه‌ریزی حرکت به سوی معماری مطلوب[2]

فعالیت‌های این مرحله عبارتند از:

- شناخت راه‌حل‌ها و موقعیت‌های بالقوه برای عبور از وضع موجود به وضع مطلوب
- تقسیم طرح به پروژه‌هایی مستقل با اهداف مشخص و تشخیص وابستگی آنها
- تعیین اولولیت اجرایی پروژه‌های مورد نیاز برای استقرار معماری مطلوب

مرحله پنجم: تهیه طرح اجرایی[3]

در این مرحله، طرح کلان پیاده‌سازی هر یک از پروژه‌های تعریف شده در مرحله قبل، شامل: اهداف، حوزه پروژه، زمان‌بندی، منابع لازم، مراحل اجرایی،فعالیت‌ها، ریسک‌ها، معیارها واستانداردهای کیفیت و مقبولیت تهیه می‌گردند.

مرحله ششم: نگهداری از طرح اصلی [4]

در این مرحله مقررات، روش‌ها و اقدامات سازمانی لازم برای به روز نگه داشتن معماری تکنولوژی اطلاعات و طرح مدیریت نگهداری سیستم‌های هوشمند، تهیه و تدوین می‌گردند.

مراحل ذکر شده از کلیات سازمانی وزارت راه و ترابری در خصوص اجرای یک طرح یا پروژه در سطح کلان حمل‌ونقلی کشور می‌باشند که به طبع درباره به‌کارگیری حمل‌ونقل هوشمند نیز مصداق دارند. منتهی آنچه در مقوله معماری ITS ریلی می‌گنجد، خود فصلی است مجمل، که در شکل جزئیات یک طرح خاص نمی‌توان آن را باز نمود. لیکن بر اساس الگوهای معماری یاد شده و الهام گرفتن از آنها می‌توان به ساختار مستقل و جدیدی دست یافت که هم اهداف کلان وزارتخانه را ارضا نموده و هم مراحل تصویب و اجرای ITS ریلی به بهترین شکل ممکن طی شود. در پایان مبحث نقش وزارت راه وترابری، به اهم وظایف این سازمان که در خصوص ITS ریلی عهده‌دار می‌باشد، اشاره می‌شود:

1- Gap Analysis
2- Migration Plan
3- Implemetational
4- Architectural Maintenance

- افزایش کارایی و ایمنی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی با استفاده از ITS به عنوان مثال استفاده از سیستم‌های هوشمند که در فصل‌های قبل به آنها اشاره شد
- انجام پروژه‌های تحقیقاتی و توسعه در بخش ITS ریلی
- تعیین نیازها و اولویت‌بندی آن به منظور راه‌اندازی ITS ریلی
- اجرای پروژه‌های خاص ITS با همکاری سایر ارگانهای مرتبط

۷-۲-۳-۲- وزارت پست، تلگراف و تلفن[۳۳]

مخابرات در راه‌آهن جایگاه ویژه‌ای داشته و در حقیقت بستر لازم جهت ایجاد سایر موارد بوده و در واقع پیش نیاز انواع خدمات و سرویس‌های مخابراتی که لازمه استفاده از سیستم‌های هوشمند است، می‌باشد. شبکه مخابراتی راه‌آهن که در سطح کل شبکه ریلی کشور گسترش و توسعه پیدا کرده است، ارتباطات شبکه را تأمین نموده و روزانه هزاران پیام و دستور فنی و اداری را از طریق شبکه کابلی، رادیویی و ماهواره‌ای در سراسر شبکه راه‌آهن مبادله می‌نماید. بخش ارتباطات راه‌آهن با برخورداری از ۱۴۴۳ کیلومتر فیبرنوری، ۲۰۹۰ کیلومتر کابل کواکسیال، ۲۷۴۵ کیلومتر خط هوایی و همچنین شبکه رادیویی سیار، بعد از شرکت مخابرات یکی از بزرگترین و گسترده‌ترین شبکه‌های مخابراتی در کل کشور بوده که در این وسعت فعالیت می‌نماید.

هدف عمده و اصلی ارتباطات در راه‌آهن ایجاد قابلیت انتقال اطلاعات واحدهای مختلف شبکه ریلی به صورت مطمئن می‌باشد. به منظور تحقق این امر و با توجه به تنوع کابران و سرویس‌های مورد نیاز هر کاربر، ارتباطات در راه‌آهن با مخابرات کلی کشور، متفاوت می‌باشد. جدا از تقسیم‌بندی متعارف در خدمات مخابراتی نظیر صوت، تصویر ثابت و متحرک بودن مشترکین، دسته‌بندی‌های دیگری نیز وجود دارد که به آنها اطلاعات حیاتی و غیرحیاتی گفته می‌شود.

اطلاعات حیاتی بخشی از خدمات مخابراتی است که در صورت ایجاد وقفه در آنها، بهره‌برداری شبکه راه‌آهن دچار اختلال خواهد شد و عمده کاربران این قسمت مربوط به واحد بهره‌برداری می‌باشند. ارتباطات در راه‌آهن با استفاده از آخرین دستاوردهای تکنولوژی در زمینه مخابرات، بستر و زیرساخت مناسبی را جهت انتقال صحیح و مطمئن اطلاعات از مراکز کنترل به ایستگاهها، قطار و بالعکس به منظور افزایش ایمنی، سرعت و تردد قطارها فراهم می‌نماید. از نظر ساختاری در شبکه ارتباطی راه‌آهن می‌توان دو بخش اصلی را تعریف نمود.

شبکه انتقال[1]

شامل تجهیزات سالنی پلکس دیجیتال یا آنالوگ ، خطوط انتقال نظیر خطوط هوایی، کابل کواکسیال، فیبرنوری و محیط انتقال رادیویی و بی‌سیم (Wireless) می‌باشد.

شبکه دستیابی[2]

شامل تجهیزات سوئیچ و توزیع اطلاعات بین کاربران می‌باشد. با توجه به تردد ادوات نقلیه بر روی خطوط راه‌آهن در جهت‌های مختلف و شبکه‌های متفاوت تک خطه یا دو خطه، تفاوت سرعت‌های سیر واولویت‌های بین حرکت قطارها ضروری است. در مواردی نظیر ارسال پیام‌های سبقت آلات نقلیه تندرو از کندرو، توقف، تلاقی و...، مسؤولین ترافیک با استفاده از این اطلاعات نسبت به انتخاب اولویت‌ها و تصمیم‌گیری مناسب اقدام می‌نمایند.

از دیگر وظایف بخش مخابرات در راه‌آهن کنترل علائم الکتریکی به عنوان یک بخش اساسی سیستم‌های هوشمند ریلی می‌باشد. علائم الکتریکی با استفاده از سیستم‌های نوین الکترونیکی و کامپیوتری و کنترلی نظیر اینترلاکینگ، مدار خط[3] ماشین سوزن الکتریکیEPM[4] و هیدرولیکی، محور شمار و... وظایف زیر را بر عهده دارد:

- ارتقاء سطح ایمنی تردد آلات نقلیه ریلی
- بالا بردن سرعت متوسط سیر و حرکت قطار
- فراهم آوردن روانی سیر و حرکت با تقلیل نیروی انسانی
- تمرکز مراکز تصمیم‌گیری
- افزایش دقت

به عبارت دیگر علائم الکتریکی با بهره‌گیری از انتقال فرمان‌ها از یک مقر فرماندهی، دریافت اطلاعات از وضعیت موجود ایستگاه وایستگاههای طرفین، عبور کلیه فرمان‌های اپراتور از فیلتر مقررات سیر وحرکت در مغز الکترونیکی اینترلاگنیک تعبیه شده در ایستگاه، اهداف زیر را فراهم می‌آورد:

- تقلیل تعداد پرسنل شاغل در ایستگاهها و کاهش بروز اشتباهات انسانی در مراکز تصمیم‌گیری
- اخذ اطلاعات دقیق و یکسان از وضعیت موجود در ایستگاههای طرفین
- دریافت متمرکز و صحیح فرمان‌های مورد نیاز توسط اپراتور
- اعمال فرمان‌های ارسالی مطابق با مقررات به محوطه ازطریق فیلتر اینترلاگینک

1- Transfering Network
2- Access Network
3- Track circuit
4- Electrical Point Machine

– انتقال اطلاعات صحیح به رانندگان آلات نقلیه ریلی از طریق علائم از فواصل دور و زیاد بدون تقلیل سرعت، ترمزگیری و شتاب مجدد و در نتیجه مصرف سوخت کمتر

همچنین با بهره‌گیری از سیستم‌های انتقال مخابراتی کنترل دو یا چند ایستگاه، از یک محل، با سیستم کنترل از راه دور RC [1] و کنترل مرکزی ترافیک CTC امکان خواهد داشت. این امر با مد نظر قرار دادن کاهش نیروی انسانی، مراکز تصمیم‌گیری را محدود کرده ودقت و سرعت را افزایش می‌دهد. از مزایای دیگر کاربرد سیستم‌های مخابراتی در راه‌آهن آن است که هر چه این سیستم‌ها متمرکزتر باشند، امکان عیب‌یابی و تعمیر و نگهداری آنها ساده‌تر می‌باشد. تعدد و پراکندگی آنها نیز موجب افزایش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری می‌باشد.

نقش صنایع مخابراتی راه دور ایران ITI در راه‌اندازی ITS ریلی

صنایع مخابراتی راه دور ایران با نام صنایع الکترونیکی ایران و نپتون در سال ۱۳۵۰ تأسیس شد. و از سال ۱۳۵۲ آغاز به کار کرد. اهداف اولیه تأسیس شرکت، تولید و تعمیر تجهیزات شبکه مخابراتی کشور در بخش انتقال بوده است. در سال‌های قبل از پیروزی انقلاب اسلامی تجهیزات ساخته شده وارداتی عیناً به شرکت مخابرات ایران تحویل شده است. پس از پیروزی انقلاب شکوهمند اسلامی، انگیزه لازم در صاحبان سهام و هیأت مدیره و کارکنان شرکت برای گسترش فعالیت‌های مختلف در ابعاد فنی، تولیدی، بازرگانی و رشد کمی و کیفی نیروی انسانی را ایجاد کرد. طی سال‌های بعد با تغییر در ترکیب و تعداد سهامداران اولیه، در نهایت فعالیت‌های شرکت با سهام متعلق به شرکت مخابرات ایران، بانک صنعت و معدن و شرکت NEC ژاپن تداوم یافته است.

شایان ذکر است که همزمان با تأمین تجهیزات انتقال مورد لزوم شبکه مخابراتی کشور در مقاطع گوناگون ضمن همکاری با شرکت‌های نفت، گاز و راه‌آهن، اقدام لازم در زمینه تأمین یا تکمیل تجهیزات مورد استفاده در شبکه‌های اختصاصی مخابراتی، به عمل آمده است. در شرایط حاضر با توجه به تشکیل شرکت‌های مخابرات استانی در سراسر کشور، این صنایع کماکان آمادگی کامل در زمینه تأمین تجهیزات مخابراتی شبکه اصلی مخابرات کشور و سایر وزارتخانه‌ها و مؤسسات دولتی وابسته و خصوصی را با بهره‌گیری از ره‌آوردهای فن‌آوری صنعت مخابرات اعلام کرده، در کنار آن خدمات پس از فروش و به ویژه خدمات تعمیر و نگهداری را ارایه می‌کند. از طرف دیگر با توجه به شرایط ویژه اقتصادی کشور، آمادگی لازم در همهٔ سطوح شرکت برای جذب سرمایه‌گذاری خارجی و نفوذ و حضور بر بازارهای بین‌المللی، ایجاد شده است.

1- Remote Control

بخشهای مختلف صنایع مخابراتی راه دور ایران عبارتند از:

- معاونت تولید
- معاونت فنی و انتقال فن‌آوری و پژوهش
- معاونت تدارکاتی و فروش
- مدیریت امور مالی
- مدیریت امور اداری
- مدیریت کنترل کیفی
- مدیریت برنامه‌ریزی و آینده نگری
- مرکز خدمات مهندسی

از انواع تولیدات و خدمات فنی و مهندسی صنایع مخابراتی که در بخش حمل‌ونقل ریلی نیز استفاده شده‌اند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- سیستم‌های مالتی پلکس دیجیتال (PDH) در ظرفیتهای مختلف ۳۰ الی ۱۹۰۰ کانال. (ماکس ۲ مگابیت، ۸ مگابیت، ۳۴ مگابیت بر ثانیه و ۱۴۰ مگابیت برثانیه)

۲- سیستم‌های مالتی پلکس دیجیتال (SDH) و ترمینالهای نوری مربوطه با ظرفیتهای ۱۹۲۰، ۷۶۸۰، ۳۰۷۲۰ کانال

۳- لاین ترمینالهای نوری تا ظرفیت ۱۹۲۰ کانال و لاین ترمینال کابل مسی تا ظرفیت ۳۰ کانال

۴- مراکز سوئیچ دیجیتال کم ظرفیت ۲۵۶ شماره‌ای، ۱۰۲۴ شماره‌ای ITIX و پرظرفیت ۴۰۰۰ شماره‌ای DRX4

۵- سیستم‌های کاربر ۳ و ۱۲ کاناله (Openwire) و کاربرهای نقطه به نقطه SCS ویژه ایستگاههای راه‌آهن

۶- انواع منابع تغذیه با ولتاژهای ۱۳/۸، ۲۴، ۴۸ و ۶۰ با آمپراژهای تا ۵۰۰ آمپر

۷- انواع بیسیم‌های دستی، سیار، ثابت و میکرو کامپیوتر کنترل مورد استفاده در قطار، ایستگاهها، مراکز کنترل و گروههای تعمیر و نگهداری

۸- شارژ کنترلر خورشیدی

۹- سیستم تلفن تلکس ۱ و ۲ و ۵ کاناله

۱۰- انواع تبدیل‌ها، (Ups Inrentors)

با توجه به سوابق صنایع مخابراتی راه دور در زمینه فراهم نمودن و اجرای سیستم‌های مخابراتی به‌کار رفته در حمل‌ونقل، یکی از بهترین گزینه‌های زیرمجموعه مخابراتی کشور می‌باشد که در زمینه راه‌اندازی

سیستم‌های انتقال داده و ارتباطی فعالیت داشته و لذا می‌تواند عملکرد مناسبی در تهیه، نصب، راه‌اندازی و مدیریت نگهداری سیستم‌های مخابراتی مرتبط با راه‌آهن داشته باشد. در خاتمه وظایف وزارت پست و تلگراف و تلفن، می‌توان اهداف کلی که باید توسط این بخش در پروژه هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی مد نظر قرار گیرند را در بندهای زیر جستجو کرد.

- استاندارد کردن سیستم اطلاع‌رسانی و ارتباطات در نواحی مختلف کشور
- توسعه تکنولوژی‌های پردازش اطلاعات همزمان و سیستم اطلاع‌رسانی مربوط به آن
- هدایت بخش تحقیقات در خصوص تأمین شبکه ارتباطی سریع برای توسعه ITS در کشور

۷-۲-۳-۳- وزارت صنایع[۳۳]

برخی از مهمترین اهدافی که از سوی وزارت صنایع در طرح و اجرای این پروژه دنبال می‌شوند، به قرار زیر است:

- توسعه و ترویج تکنولوژی تولید قطار و واگن‌های هماهنگ با توسعه ITS در کشور
- انجام امور تحقیقات و توسعه در استفاده از سیستم‌های هوشمند در قطار
- .بررسی وضعیت ناوگان ریلی موجود از جهت نصب سیستم‌های هوشمند بر روی آنها
- افزایش کیفیت ساخت و سرویس دهی قطارهایی که مجهز به سیستم‌های هوشمند خواهند شد متناسب با کلاس و درجه آنها
- تشویق و حمایت صنایع بزرگ و کوچک در خصوص سیستم‌های نوین سیستم‌های هوشمند
- برنامه‌ریزی در خصوص انتقال تکنولوژی جدید توسعه سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی

۷-۲-۳-۴- وزارت بازرگانی[۳۳]

اهداف این وزارت نیز در بندهای زیر تشریح می‌شود:

- شناسایی بازارهای مرتبط با ITS ریلی و معرفی آنها به دولت و بخش خصوصی
- ترغیب بخشهای خصوصی و دولتی در کسب بخشی از بازار ITS ریلی در دنیا
- جلب سرمایه‌های داخلی و خارجی در توسعه سیاست‌های هوشمند راه‌آهن ایران با توجه به منافع و مزایای فراوان آن
- حمایت تجاری از شرکت‌هایی که در انجام این گونه پروژه‌ها دارای سابقه هستند و قصد فعالیت در این زمینه را ندارند از طریق ارایه تسهیلات، پرداخت وام، کاهش تعرفه های مالیاتی و...

۷-۲-۳-۵- وزارت فرهنگ و آموزش عالی و فن آوری اطلاعات[۳۳]

از جمله تلاش‌های که توسط وزارت فرهنگ و آموزش عالی که در خصوص پیشبرد پروژه می‌تواند مثمرثمر واقع شود، موارد ذیل ذکر می‌شوند:

- آموزش نیروی متخصص لازم به منظور توسعه ITS در کشور
- منظور نمودن رشته‌ای خاص مرتبط با ITS در برنامه‌های درسی دانشگاههای صنعتی
- مشارکت در فعالیت‌های مطالعاتی و تحقیقاتی مرتبط با ITS توسط به‌کارگیری نیروهای متخصص و هیئت‌های عملی دانشگاهها
- برقراری ارتباط با سایر دانشگاهها و مراکز عملی معتبر جهان و استفاده از تجارب مفید آنها در زمینه پیاده‌سازی ITS در راه‌آهن کشور
- جمع‌آوری و تدوین مطالب مستند و عملی برگرفته از تحقیقات و پایان نامه‌های دانشجویی به منظور استفاده از بخش حمل‌ونقل ریلی

۷-۲-۳-۶- رسانه‌ها، صدا و سیمای ایران[۳۳]

حتی رسانه‌های گروهی صدا وسیما کشور نیز می‌تواند در راه‌اندازی و توسعه چشم‌گیر استفاده از سیستم‌های هوشمند در راه‌آهن، نقشی مؤثر ایفا کنند. در ادامه به برخی از وظایف و کمک‌های صدا و سیما در این خصوص اشاره می‌گردد:

- بیان خصوصیات و مزایای سیستم‌های ITS ریلی برای مردم
- فراهم کردن بستر مناسب برای سرمایه گذاری بخش دولتی با تبلیغات مؤثر
- ارایه آموزش همگانی استفاده از سیستم‌های هوشمند ریلی مرتبط با مشتریان مانند نحوه استفاده از بلیط‌های هوشمند، طریقه کسب اطلاع از برنامه زمان بندی قطارها، رزرو بلیط از طریق اینترنت، استخراج زمان تخمینی سفر از خانه به راه‌آهن بر اساس مبدا، مسیر و نوع وسیله نقلیه مورد استفاده مسافر با توجه به ترافیک شهری آن ساعت از طریق اینترنت و...

۷-۲-۳-۷- ارتباط تجارت الکترونیکی در ITS [۳۳]

تجارت الکترونیکی در ITS اهداف زیر را دنبال می‌کند:

- بهره‌گیری از بهترین شیوه تجارت الکترونیکی، به منظور تسهیل تبادل تجربیات و ارتباطات بین اعضاء
- ارایه تعاریفی از استانداردها و پیروی از آنها در بخش حمل‌ونقل ریلی
- اجرای فن‌آوری‌های جدید برای اعضای راه‌آهن

۷-۲-۳-۸- سازمان محیط زیست کشور [۷]

باور عمومی بر این است که سیستم‌های حمل‌ونقل و محیط زیست بر روی هم اثر متقابلی دارند، به این معنی که حمل‌ونقل یکی از منابع مهم آلوده‌کننده محیط زیست بوده و می‌توان گفت در این میان بیشترین سهم را به خود اختصاص داده، در حالیکه برخلاف سایر صنایع، روش کنترل آن بسیار پیچیده است. اثرات زیست محیطی حمل‌ونقل به دو بخش زیر تقسیم می‌شوند:

- آلودگی هوا توسط گازهای زیان آور (گلخانه)
- اثرات روانی ناشی از عملکرد حمل‌ونقل نظیر سرو صدا، تجاوز به اراضی و املاک طبیعی و سایر آسیب‌های زیست محیطی

البته سهم حمل‌ونقل ریلی در نوع اول خیلی کمتر از جاده‌ای می‌باشد، اما به طور کلی راه‌حل‌های جلوگیری از آلودگی را می‌توان به چهار دسته تقسیم نمود:

- راه‌حل‌های فنی شامل کاهش آلودگی از طریق افزایش کارایی و تکنولوژی، کاهش آلودگی از طریق جایگزینی سوخت‌های پاکیزه
- بررسی نقش عملکردی اپراتورها، لوکوموتیوران، مسافران و نوع حمل بار در کاهش آلودگی
- سیاست‌های برنامه‌ریزی حمل‌ونقل ریلی
- سیاست‌های قیمت‌گذاری انرژی

از آن جهت که حمل‌ونقل ریلی در مقایسه با جاده‌ای از جهات مختلفی نظیر میزان آلودگی جوی، هزینه رفع و کاهش آلودگی‌ها، مصرف انرژی، ایمنی، آلودگی صوتی و استفاده از زمین بسیار هماهنگ‌تر با محیط زیست بوده و عوارض زیست‌محیطی آن کمتر می‌باشد، سرمایه‌گذاری در این بخش را ضروری‌تر از گذشته می‌سازد. با توجه به سیاست‌های برنامه پنج ساله سوم باید سعی شود در برنامه چهارم، سرمایه‌های سرگردان به این بخش سوق پیدا کند. در این میان توجه به سیستم‌های هوشمند ریلی که در راستای راه‌حل اول (افزایش کارایی و تکنولوژی) و سیاست‌های دولت (گرایش به حمل‌ونقل ریلی) باعث کاهش چشمگیر عوارض بخش حمل‌ونقل ریلی به محیط‌زیست می‌شود، باید مورد عنایت سازمان محیط‌زیست کشور قرار گرفته و حمایت و پشتیبانی آن را از راه‌اندازی این سیستم‌ها جلب کند. در این موضوع به اهم اهداف و حیطه عملکرد این سازمان در این پروژه اشاره می‌شود:

- معرفی و منظور نمودن فواید زیست محیطی استفاده از سیستم‌های هوشمند در حمل‌ونقل ریلی و قرار دادن آن در اولویت‌های سازمان محیط زیست کشور
- جلب حمایت انجمن‌ها، شرکت‌ها و مؤسسات مرتبط با حفظ محیط زیست در داخل و خارج کشور
- تخصیص بودجه‌ای خاص از منابع اعتباری سازمان در راه‌اندازی این سیستم‌ها به منظور کاهش

عوارض زیست محیطی سیستم‌های پیشین

- ارزیابی میزان کاهش عوارض خسارات داده به محیط زیست اطراف خط پس از بهره‌برداری از این سیستم‌ها

۷-۲-۳-۹- نقش اداره کل ارتباطات و علائم جهت نگهداری و استفاده از سیستم‌های هوشمند[۳۴]

اهم وظایف اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی جهت کمک به اجرای این پروژه به شرح زیر می‌باشد:

- نگهداری و تعمیر تجهیزات و سیستم‌های ارتباطی و علایم الکتریکی موجود در شبکه راه‌آهن
- مطالعه، برنامه‌ریزی و ارایه طرح‌های توسعه و تجهیز شبکه ارتباطات و علایم الکتریکی
- نظارت بر اجرای طرح‌های توسعه‌ای در خطوط ریلی جدید
- جایگزینی شبکه‌های قدیمی با سیستم‌های جدید مخابراتی و علایم الکتریکی
- ایجاد بستر لازم و مناسب جهت انتقال وظایف مذکور به بخش خصوصی

۷-۲-۴- بخش خصوصی[۳۳]

در ابتدا دو گونه از وظایف اساسی و کلی در بخش مسؤولیت‌ها و رسالت‌های شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران در زمینه حمل‌ونقل ریلی مشاهده می‌شود:

- وظایف حاکمیتی و سیاست‌گذاری در بخش حمل‌ونقل بار و مسافر در سطح کشور
- وظایف و مسؤلیت‌های اجرایی مربوط به حمل‌ونقل ریلی در سطح کشور

با در نظر گرفتن قوانین وبرنامه‌های کلی کشور و بافت وظایف فوق ضرورت دارد که وظایف و مسؤلیت‌های امور حاکمیتی تحت تملک دولت بماند. چرا که با واگذاری آنها به بخش غیردولتی، حاکمیت دولت در جامعه کاهش می‌یابد و در نهایت ممکن است در اداره جامعه با مشکلات اساسی مواجه شود. اما وظایف و مسؤلیت‌های بخش اجرایی نظیر ارایه خدمات و سرویس و اجرای پروژه‌ها را می‌توان به بخش خصوصی واگذار نمود و از طریق دولت عملکرد آنها را کنترل نمود. لذا عملکرد ترکیبی دولت و بخش خصوصی در انجام پروژه‌های راه‌آهن توصیه می‌گردد.

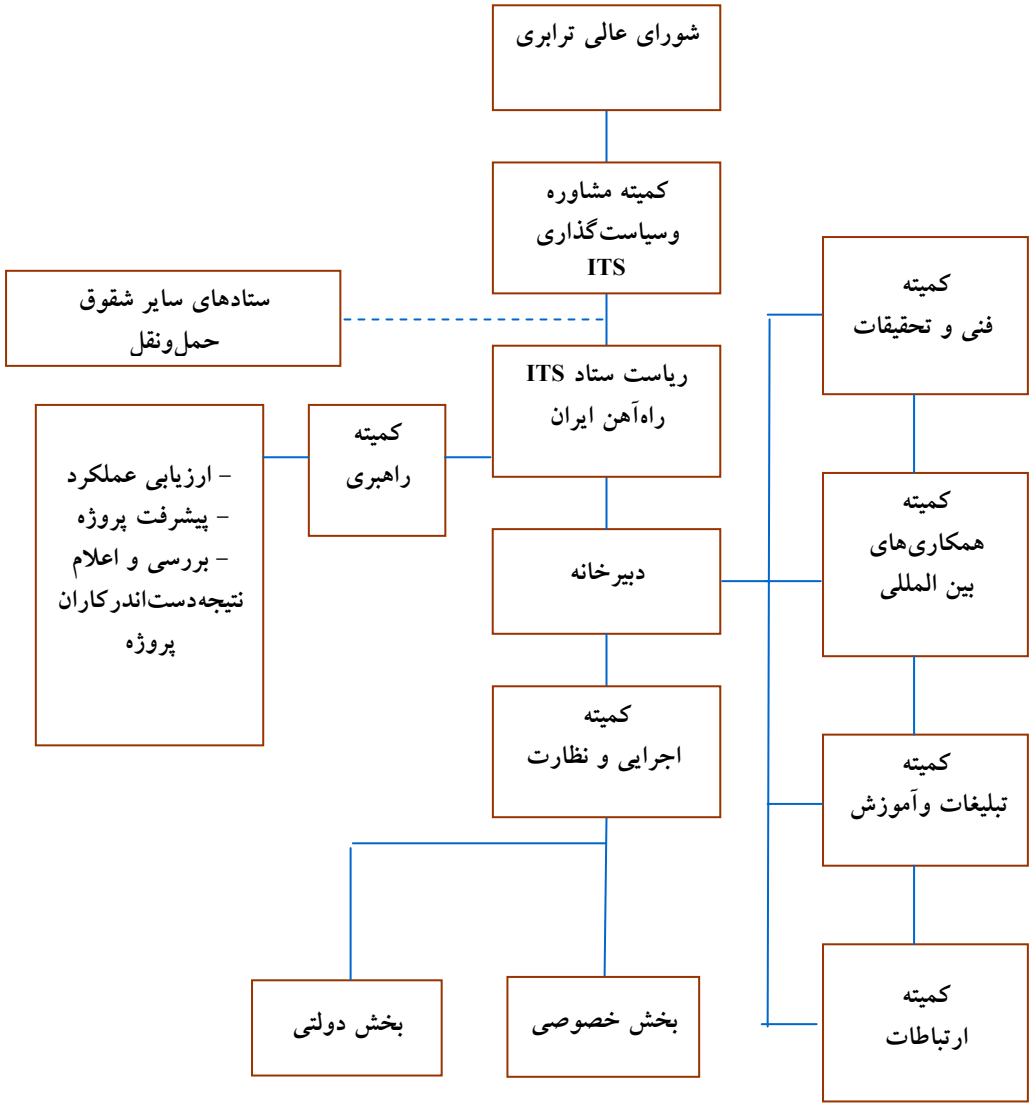
تا حد امکان سعی بر این است که ساختار پیشنهادی راه‌آهن در به ثمر رساندن پروژه‌های جدید (نظیر ITS ریلی)، طوری طراحی شود که با شرایط سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور سازگاری داشته و همچنین با برنامه‌های آتی دولت سازگاری داشته باشد (برنامه چهارم توسعه) و به طور خلاصه ساختاری متناسب با هدف‌ها و مأموریت‌های قانون اساسی کشور داشته و به خصوص باعث عملکرد تلفیقی در بخش طراحی

(مطابق اصل ۴۴ قانون اساسی) گردد. آنچه امروزه در زمینه خصوصی‌سازی اجرای پروژه‌های راه‌آهن در کشورهای عضو اتحادیه اروپا صورت می‌گیرد، این است که راه‌آهن به دو شرکت اصلی تقسیم می‌شود. یکی مسؤول مدیریت بر شبکه راه‌آهن ملی می‌باشد. سایر شرکت‌های خصوصی در ازای پرداخت هزینه اجاره خطوط اجازه بهره‌برداری خواهند داشت. هر چند که شبکه ریلی و مدیریت بر آن، همچنان در دست بخش دولتی و به صورت ملی خواهد بود.

اما در ایران بخش خصوصی در واقع مجری پروژه‌های ITS در مرحله اجرایی بوده و از بستر ایجاد شده برای توسعه سیستم‌های ITS به منظور افزایش خدمات قابل ارایه به کاربران استفاده می‌کند. در صورت معرفی صحیح بازار داخلی و خارجی، بخش خصوصی می‌تواند ضمن اجرای پروژه‌های ITS ریلی، ضمن تقویت و ارتقاء سطح خدمات‌رسانی در جامعهوضعیت حمل‌ونقل ریلی را با انجام پروژه‌های جدید و مشارکت در اجرای برخی از پروژه‌های ملی با دولت، بهبود بخشد. برخی از فعالیت‌هایی که بخش خصوصی می‌تواند در آن به نوعی دخالت داشته باشد عبارتند از: مدیریت حمل بار و ناوگان ریلی، خدمات اطلاع‌رسانی حمل‌ونقل ریلی به مسافران، خدمات راهنمایی مسیر و زمان بندی سفرها، سیستم رهگیر ریلی و...ضمن اینکه هر یک از این شرکت‌ها با شرکت در مناقصات می‌توانند تهیه انبوه واردات، نصب و راه‌اندازی سیستم‌های هوشمند ریلی را عهده‌دار شده و حتی مدیریت تعمیر و نگهداری آنها را نیز بر عهده گیرند.

نتیجه‌گیری

در پایان این بخش با نظر به مطالب یاد شده پیرامون سازمان‌های مختلف در گیر در امر هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی و ذکر وظایف هر یک از آنها، ساختار پیشنهادی ITS ریلی در ایران مطابق آنچه در شکل (۷-۲-۲) آمده است ارایه می‌شود. برای پیاده‌سازی و ایجاد یک ساختار مناسب سازمانی ITS ریلی یک سیستم یکپارچه لازم است. لذا جهت شناسایی و نقش بخش های درگیر در ITS بایستی جایگاه آنها را در زیر مجموعه یک خانواده مشخص گردد. با توجه به چارت پیشنهادی که در رأس آنها شورای عالی ترابری قرار دارد نقش اساسی در یکپارچگی سازمانی ITS ایفا می‌کند. پس از آن کمیته مشاور و سیاست‌گذاری ITS مبنای حرکت صحیح به سوی این مهم را فراهم می‌کند. وظیفه این کمیته بیان ارتباطات و نقش سایر قسمت‌های مختلف در هوشمندسازی حمل‌ونقل دریایی، هوایی، جاده‌ای و حمل‌ونقل ریلی که هدف این مطالعات است، می‌باشد. هر بخش برای حرکت اصولی نیاز به رعایت سلسله مراتبی که در راس آنها ریاست قرار دارد، بوده که ITS از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. دبیرخانه به عنوان هسته اصلی ارتباطات بین سازمان‌ها نقش اساسی را در هماهنگی بین کمیته‌ها ایفا کرده و در پیشبرد فعالیت‌های کمیته‌ها به عنوان یک مجموعه در قالب کمیته اجرایی و نظارت به عنوان هسته راهبری دو بخش خصوصی و دولتی مطرح می‌شود.



شکل۷-۲-۲- ساختار سازمانی پیشنهادی برای ITS ریلی در ایران [۳۴]

۷-۳- معرفی‌پروژه‌های‌سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی قابل اجرا در ایران و تدوین ارتباط پیش‌نیازی و اولویت‌های پروژه‌های قابل تعریف در این زمینه

با توجه به توسعه روز افزون سیاست‌های حمل‌ونقل ریلی در جهان و از جمله ایران، بررسی نیازها و اولویت‌بندی به منظور مکانیزه شدن سیستم‌های ریلی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. ضروری است جهت حرکت صحیح و کاهش هزینه، زمان و نیروی انسانی لازم برای اجرای پروژه‌های هوشمندسازی را تعریف و اولویت‌بندی کرده تا بتوان با تشخیص نیازهای سیستم‌های ITS ریلی، مناسب‌ترین و ضروری‌ترین انواع آن اختیار شده و نسبت به تهیه، نصب و بهره‌برداری آنها اقدام گردد.

۷-۳-۱- معرفی پروژه‌های سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی در ایران

در این بخش به معرفی برخی موضوعات مطالعاتی و تحقیقاتی اشاره می‌شود که هر چند هنوز به مرحله بهره برداری کامل نرسیده، ، اما بسیار مناسب و در خور حمل‌ونقل ریلی ایران می‌باشند. در هر موضوع هدف از ارایه آن و نتایجی که با اجرای آن عاید شبکه ریلی و سازمان حمل‌ونقل ریلی می‌شود، مورد بحث قرار می‌گیرد.

با توسعه و گسترش ارتباطات شبکه‌ای که زائیده رشد دانش مخابرات و کامپیوتر می‌باشد شبکه‌های اینترانت و اینترنت به صورتی گسترش یافته که این امر می‌تواند به اطلاع رسانی درون و برون سازمانی کمک بسیار شایانی نماید. همانطور که بیان گردید کیفیت و سرعت انتقال اطلاعات در سراسر شبکه ریلی و خارج از آن وابستگی مستقیم به شبکه‌های مخابراتی نظیر فیبرنوری، کابل کواکسیال، ارتباطات رادیویی و.... داشته که درآخرین آمار گرفته شده مطابق جدول(۷-۳-۱) وضعیت موجود تجهیزات ارتباطی به تفکیک خطوط در سال ۱۳۸۱ مشخص است. لذا با توسعه این سیستم‌ها می‌توان بستر مناسب جهت عملکرد سایر تجهیزات را مهیا نمود.

همچنین باید یادآور شد که در نقشه شبکه مخابراتی راه‌آهن ایران کلیه محورهای ریلی دارای سیستم‌های ارتباطی بوده و در هر ناحیه بر حسب حجم اطلاعات و اهمیت ایستگاه و محور سوئیچ‌های ارتباطی با ظرفیت‌های متفاوت نصب می‌گردند. البته تعدادی از آنها نیاز به افزایش ظرفیت دارند اما نکته مهم در این تنوع بسترهای مخابراتی است که موجب می‌گردد نتوان از حداکثر توان محور به نحو احسن استفاده نمود. برای این منظور بهتر است در صورت امکان از بستر پرظرفیت نظیر فیبرنوری در کلیه محورها استفاده نمود. بعد از آنکه بستر لازم جهت ارتباطات گسترده، یکپارچه و پرسرعت در سراسر مسیرهای ریلی بر قرار گردید می‌توان سایر سیستم‌ها را با استفاده از این بستر مناسب نصب و مورد بهره‌برداری قرارداد که در ادامه تعدادی از سیستم‌های پیشنهادی برای آینده را که می‌توان در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرارداد بیان می‌نمائیم.

جدول ۷-۳-۱- وضعیت موجود تجهیزات ارتباطی به تفکیک خطوط انتقال در سال ۱۳۸۱(کیلومتر) [۳۵]

ادارات کل نواحی	خط هوایی	کابل کواکسیال	کابل فیبرنوری	کابل سی زوجی ژله فیلد	مجموع
جنوب	۳۸۱	۰	۱۹۵	۰	۵۷۶
لرستان	۲۲۴	۰	۱۶۵	۰	۳۸۹
اراک	۲۸۷	۷۸	۱۶۵	۰	۵۳۰
تهران	۰	۴۲۵	۱۹۴	۱۶۰	۷۷۹
شمال	۳۸۳	۰	۰	۰	۳۸۳
شمال شرق	۲۲۶	۰	۳۱۵	۰	۵۴۱
خراسان	۴۲۹	۰	۰	۰	۴۲۹
شمال غرب	۰	۰	٤۶۳	۰	۴۶۳
اذربایجان	۱۹۱	۱۴۹	۱۲۹	۰	۴۶۹
اصفهان	۰	۴۸۸	۷۱	۰	۵۵۹
جنوب شرق	۶۱۱	۳۳۷	۰	۰	۹۴۸
زاهدان	۹۴	۰	۰	۰	۹۴
هرمزگان	۰	۶۳۰	۰	۰	۶۳۰
مجموع	۲۸۲۶	۲۱۰۷	۱۶۹۷	۱۶۰	۶۷۹۰

۷-۳-۱-۱- تشخیص آلات ناقله با استفاده از روش پردازش تصاویر[۳۶و۵۴]

هدف از این سیستم بررسی امکان‌سنجی ساخت دستگاهی است که با استفاده از روش‌های پردازش تصویر قادر به یافتن وخواندن شماره واگن باشد. برای این کار دوربینی در کنار خط نصب می‌شود که به محض ورود قطار از هر واگن یک عکس گرفته و شماره مربوطه را استخراج می‌نماید.

سیستم‌های شناسائی واگن که در مبادی ورودی و خروجی ایستگاهها نصب می‌شوند قادرند تمام واگن‌های مجهز به این سیستم را ره‌گیری نمایند. روش‌ها و سیستم‌های متنوع و مختلفی برای ره‌گیری و شناسایی قطارها استفاده می‌گردد که یکی از انواع کارآمد و هوشمند آنها استفاده از روش‌های تصویربرداری است. این پروژه در سال ۷۹ به‌صورت مشترک بین دانشگاه شریف و مرکز تحقیقات راه‌آهن تعریف و در سال ۷۹ با ساخت نمونه آزمایشی دستگاه به پایان رسید بعد از آن توسط دکتر نایبی و با سرمایه‌گذاری شخصی، اصلاحاتی برروی آن انجام و بعد از ثبت سیستم و با همکاری یک شرکت آمریکایی نمونه صنعتی آن در آمریکا تولید و جهت آزمایش و دریافت گواهی کیفیت در تعدادی از خطوط آمریکا نصب گردید و در حال حاضر نیز در حال بهره برداری می‌باشد. نمونه ساخته شده در ایران نیز درحوالی تهران (شهر ری) نصب و در حال کارکرد می‌باشد. این دستگاه می‌تواند با استفاده از پردازش تصویر، تیزی چرخ ۴ پارامتر آن را اندازه‌گیری

نماید. با توجه به نرم افزار نوشته در روی سیستم این امکان وجود دارد که بتوان اطلاعات سیستم را از طریق خط تلفن دریافت و آنها را در مرکز مورد بررسی قرارداد. همانطورکه گفته شد بهره برداری کامل از این سیستم هنگامی نتیجه خود را نشان می‌دهد که واگن‌ها مجهز به برچسب‌های شناسایی واگن باشند تا بتوان اطلاعات مربوطه را در آنها ذخیره نموده و در ایستگاههای تعمیراتی از آن استفاده کرد و در صورت سرمایه‌گذاری مناسب می‌توان نمونه‌های صنعتی بهتری از سیستم تهیه و در خطوط نصب نمود.

۷-۳-۱-۲- استفاده عملی از سیستم موقعیت‌یابی ماهواره‌ای[۳۷و۵۴]

امروزه روند رو به رشدی در زمینه استفاده از GPS در ساختارهای مختلف صنعتی و زیربنایی بوجود آمده است که راه‌آهن نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. هدف از این پروژه شناخت دقیقی از وضعیت گذشته و حال سیستم و تحولات در نظر گرفته شده برای این GPS سیستم در آینده و نیز قابلیت‌ها و کاربردهای آن در همه زمینه‌ها از جمله حمل‌ونقل ریلی می‌باشد،که نمایی از برقراری ارتباط ماهواره‌ای با قطار در شکل (۷-۳-۴) قابل مشاهده است.

استفاده از GPS در کشور ما علیرغم دغدغه‌های متعددی که در مورد استفاده از آن وجود دارد رو به رشد است و به عنوان راه حل میان‌بری برای رفع معضلات سیستم‌های گوناگون مورد استفاده در کشور به خصوص سیستم‌های حمل‌ونقل مورد استفاده قرار می‌گیرد و نتیجه این پروژه گزارش جامع و به روزی در مورد وضعیت گذشته، حال و آینده و نیز دغدغه‌های کاربران و حاشیه‌های امنیت این سیستم است تا پس از مطالعه این گزارش مدیر یا کارشناسی که در رده تصمیم‌گیری برای استفاده از GPS به عنوان یک زیر ساخت در مجموعه خود ویا کاربردهای موردی و غیربنیادی از این سیستم قرار دارد بتواند با دید گسترده‌تری به انتخاب یا عدم انتخاب آن بنا به کاربرد خاص خویش تصمیم‌گیری نماید.

۷-۳-۱-۳- استفاده از کانالهای استیجاری[1] GSM [۳۷و۵۴]

سنگین بودن هزینه اولیه راه‌اندازی شبکه‌های رادیویی باعث شده تا بسیاری از کشورها به استفاده از امکانات شرکتهای مخابراتی برای استفاده عملیاتی خود روی آورند. هدف این پروژه امکان سنجی این مسأله می‌باشد. در فاز اول میزان پوشش GSM برروی خطوط راه‌آهن کشور بررسی می‌شود. اطلاعات استخراج شده، علاوه بر آنکه می‌تواند مبنای سیاست‌گذاری، جهت بهره‌گیری از شبکه ملی موبایل قرار گیرد، در پروژه‌های دیگر نظیر مسیریابی ناوگان با استفاده از GPS نیز بسیار مفید خواهد بود. استخراج پوشش موبایل در مسیرهای مختلف راه‌آهن در مرحله اول و استفاده از این سیستم جهت رسم گراف واقعی حرکت قطار و سایر موارد در مراحل بعدی از نتایج بارز استفاده از این امکانات می‌باشند.

1- Global Positioning System

۷-۳-۱-۴- سیستم‌های مورد نیاز برای سیگنالینگ (ارسال علائم) قطارهای سریع السیر[۳۷و۵۴]

هدف: یکی از موارد مهم در زمینه افزایش سرعت قطارها بالا بردن قابلیت سیستم‌های علائمی در سطحی متفاوت با سیستم‌های موجود می‌باشد. هدف اصلی از انجام این پروژه بدست آوردن مشخصات سیستم‌های مورد نیاز جهت سیگنالینگ قطارهای سریع است. این مشخصات شامل اطلاعات عمومی و نیز مشخصات فنی همچون نحوه انتقال اطلاعات به راننده، مدار خطهای مورد نیاز، نحوه بکارگیری علائم در خطوط سریع السیر، شبکه رادیویی و گزارشات ارسالی به صفحه ارتباط لکوموتیوران مربوطه، خواهد بود.

نتیجه: با توجه به نیاز کشورمبتنی بر دستیابی به اطلاعات جدید و به روز در خصوص شبکه‌های سریع‌السیر، در این پروژه به جمع آوری اطلاعات این شبکه‌ها پرداخته شده تا در صورت نیاز به انتخاب یک سیستم بهینه، بتوان بر اساس مطالعات انجام شده، تصمیم مناسب را اتخاذ نمود.

۷-۳-۱-۵- مانیتورینگ ماشین سوزن تک‌فاز[۳۷و۵۴]

اهداف:

- مطالعه رفتار ماشین سوزن در حالات مختلف
- سنجش وضعیت نامطلوبی یا بحرانی بودن ماشین سوزن قبل ازخرابی
- عیب یابی ماشین سوزن قبل از بروز سانحه یا از کار افتادن کامل

نتیجه: طراحی و ساخت دستگاهی است که قادر به اندازه‌گیری ولتاژ و جریان لحظه‌ای ماشین سوزن بوده و توان واقعی لحظه‌ای را در طول عملکرد آن محاسبه نماید. به این ترتیب و با کمک نرم‌افزارهای جانبی مربوطه، با انجام مانیتورینگ عملکرد ماشین سوزن و مقایسه منحنی بدست آمده با منحنی ماشین سوزن سالم، می‌توان به سالم بودن و یا به خرابی و مقدار آن پی برد. در نتیجه امکان تشخیص وضعیت نامطلوب کاری و یا حالت بحرانی آن فراهم می‌گردد.

۷-۳-۱-۶- سیستم بی‌سیم سراسری[۳۷و۵۴]

هنگامیکه از قطار به عنوان وسیله نقلیه بین‌شهری و در مسافت‌های نسبتاً طولانی استفاده می‌گردد استفاده از سرویس‌های مختلف مخابراتی و ارتباطی جهت پرسنل و مسافرین امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. همانطور که می‌دانیم سیاست دولت و راه‌آهن بر افزایش سرعت قطارهای باری و مسافرین در محورهای مختلف می‌باشد بدین صورت قطارها می‌توانند جایگاه خود را در حمل مسافرین ساعتی[۱] (که معمولا از شهری‌های کوچک اطراف به مراکز بزرگتر جابجا می‌شوند) ایفا نمایند. با توجه به زمانی که این مسافرین در

۱- مسافرانی که در ساعت خاصی از روز به طور دائم در مسیر های معین و ثابت تردد می کنند.

داخل قطار صرف کرده تا به مقصد برسند ضروریست در این مدت به وسایل ارتباطی مناسب دسترسی داشته باشند تا بتوان ارتباطات کاری و شخصی خود نظیر استفاده از اینترنت، چک کردن نامه‌های اداری، پیگیری محموله‌های ارسالی و دریافتی را انجام دهند. علاوه بر این اطلاعات، ضروریست که اطلاعات مربوط به ساعات ورود و خروج به ایستگاهها، طول مسیر، مسیرهای ترکیبی که می‌توانند با استفاده از سایر قطارها و با وسائل نقلیه دیگر به‌طور ترکیبی به مقصد مورد نظر برسند را در دسترس داشته باشند که متاسفأنه در این مقطع زمانی هنوز هیچگونه امکانات ارتباطی در داخل قطارها وجود ندارد و با توجه به اینکه اکثر مسیرهای راه‌آهن در بین دو شهر به دور از امکانات سرویس‌دهی موبایل است لذا ایجاد یک شبکه ارتباطی که کل مسیر ریلی را تحت پوشش قرار دهد ضروریست که در این راه و با راه‌اندازی سیستم سراسری راه‌آهن که بزودی مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت امکان ارسال و دریافت اطلاعات را مهیا سازد. با توجه به گستردگی این آنت‌ها، لازم است امکانات سخت‌افزاری لازم نیز مهیا و نصب گردد.

از جمله مزایای سیستم بی‌سیم سراسری این است که می‌توان در سراسر خطوط ریلی با یک دستگاه بی‌سیم و با تعویض کانال‌های بی‌سیم می‌توان به راحتی با مرکز مورد نظر ارتباط برقرار نمود که این امر موجب سهولت کارکرد پرسنل، کاهش میزان خطا و افزایش ایمنی می‌گردد.

جهت پیگیری فرامین ارسالی احتمالی توسط بی‌سیم یا تلفن‌های مخصوص ضروریست که این مکالمات و فرامین در محلی ضبط و آرشیو شود. تا در صورت بروز سانحه بتوان آنرا پیگیری و علت سانحه را تشخیص داد. در گذشته این امر توسط دستگاه‌های ضبط صدا و برروی کاست‌های صوتی انجام می‌گرفت که برای کاهش مصرف نوار تنها در مواقعی که دستگاه ارسال و دریافت پیام فعال می‌گردد موجب ضبط صدا می‌شد. اما در دستگاههای جدید که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان در آن واحد چند مکالمه را به‌طور همزمان دریافت کرده و بر روی حافظه الکترونیکی که معمولاً هارد کامپیوتر می‌باشد ضبط نمود. با توجه به سرعت پردازنده و سخت‌افزار مربوطه توانائیهای دستگاه متفاوت خواهد بود. این دستگاه بعد از ضبط اطلاعات، قابلیت بازیافت تک تک مکالمات را بر حسب زمان، تاریخ، شماره و... را داشته و در بعضی مدل‌ها می‌توان در صورت نیاز و از طریق خط تلفن به کامپیوتر مربوطه متصل و با دادن نام کابر و رمز عبور به اطلاعات داخل کامپیوتر از راه دور دسترسی یافت که این قسمت آخر در سیستم‌های مورد بهره‌برداری توسط راه‌آهن فعال نمی‌باشد، لذا بهتر است در آینده ضمن فعال نمودن آن این اطلاعات را به‌طور اتوماتیک و در پریودهای قابل تعیین زمانی به یک مرکز اصلی انتقال داده تا علاوه بر متمرکز بودن اطلاعات نیاز به تعویض و جایگزینی دیسک سخت با یک دیسک سخت جدید نباشد تا همانطورکه قبلاً نیز ذکر گردید این امر مستلزم بستر انتقال مناسب با سرعت کافی می‌باشد.

۷-۳-۱-۷- اجرای عملی کنترل اتوماتیک غیرفعال قطار به کمک GPS[1] PATC [۳۷و۵۴]

هدف: با اجرای این پروژه می‌توان با حداقل امکانات ممکن موقعیت هر قطار را مشخص نموده و سپس با اطلاعات تهیه شده، لکوموتیوران را از موقعیت قطار و همچنین موقعیت مسیری که درحال حرکت روی آن است آگاه نمود. ضمن این که در صورت رعایت نکردن سرعت مجاز در هربلاک، هشدارهای لازم را به او داد. در این سیستم قبل از اینکه قطار دچار مشکلی اساسی شود، لکوموتیوران از آن باخبر خواهد شد.این سیستم به عنوان کمک لکوموتیوران عمل کرده و او را در امر سیر و حرکت و جلوگیری از سوانح یاری می‌کند.

نتیجه: با استفاده از سیستم فوق می‌توان مسیر مقابل لکوموتیوران را از لحاظ وجود عوارض شبیه‌سازی نمود در این صورت لکوموتیوران را قبل از وقوع هر یک از عوارض مطلع نموده و هشدارهای لازم به او داده می‌شود. بدین ترتیب از بروز برخی از سوانح ممانعت به عمل خواهدآمد.

۷-۳-۱-۸- سیستم اتوماسیون اداری و مناقصات الکتریکی [۳۸]

با پیشرفت وضعیت شبکه‌های کامپیوتری داخلی راه‌آهن (intranet) و شبکه‌های جهانی (internet) و امکان دسترسی راحت‌تر به این اطلاعات که در اثر افزایش سرعت سخت‌افزارها می‌باشد استفاده از این امکانات در راستای سرعت دهی بیشتر در امر اطلاع رسانی و حذف مراحل میانی اضافی سرعت بیشتر می‌باشد. با توجه به شبکه‌های ارتباطی بین واحدهای گوناگون در راه‌آهن و سرمایه گذاری بر روی نرم‌افزار مربوطه امروزه این امکان فراهم شده است که کلیه نامه نگاری‌های داخلی سازمان بدون استفاده از کاغذ انجام پذیرد در این سیستم که به اتوماسیون اداری[2] معروف است هر فرد برای خود یک نام کاربر و یک رمز عبور داشته که می‌تواند رمز عبور را در صورت نیاز به دلخواه تغییر دهد. بر اساس رتبه و نیاز کاربر سطح دسترسی به اطلاعات برای هر فرد (یا گروه) کاملا تعریف شده و هر شخص می‌تواند روند پیگیری نامه‌های ارجاعی را نیز مشاهده و در صورت نیاز بر روی نامه دستور ارجاع، تهیه پیش نویس و... را انجام دهد.

برای هر فرد یک تعداد پوشه برای ذخیره نامه‌های مختلف از پیش تعریف شده است که در صورت نیاز شخص می‌تواند پوشه‌های اضافی نیز در آن تعریف نماید. جهت اتصال به سیستم ابتدا باید به شبکه داخلی راه‌آهن متصل شده و بعد از آن با دادن نام و رمز وارد سیستم اصلی گردید. این قابلیت برای سیستم تعریف شده است تا بتوان بدون حضور فیزیکی در محل خدمت و ساختمانهای راه‌آهن از طریق خط تلفن و یک مودم به سایت راه‌آهن متصل و کلیه کارهای لازم را از محل‌های دیگر انجام داد. توسط این سیستم سرعت گردش نامه‌ها بسیار سریع شده و موجب افزایش بهره وری سیستم گردیده است.

1- Passive Automatic Train Control
2- Paperless

سیستم اتوماسیون اداری از ۳ قسمت اصلی تشکیل شده است:

- چرخه ورود و ارجاعات نامه
- چرخه تولیدو صدور نامه
- سیستم مکانیزه دبیر خانه

در شکل(۷-۳-۱) جزئیات مربوط به هر سه قسمت اصلی و مراحل انجام کار با فلش‌های مربوطه مشخص شده است. براساس مصوبه دولت کلیه ارگانها از جمله راه‌آهن موظف به استفاده از سیستم ETS[1] یا مناقصه‌گذاری الکترونیکی شده‌اند، برای این منظور علاوه بر سایت کلی که برای این منظور راه‌اندازی شده است در سایت راه‌آهن نیز قسمتی برای این امر در نظر گرفته شده است کلیه کاربرانی که به سایت راه‌آهن وارد می‌شوند می‌توانند با فشار دادن کلید موس بر روی قسمت مناقصات وارد این قسمت شده و لیست آنها را مشاهده و اطلاعات لازم از قبیل مهلت و شرایط را در آن مشاهده نمایند.

این سیستم در راه آهن جمهوری اسلامی ایران به مرحله اجرا در آمده و نتیجه میزان استفاده از آن در مهرماه ۱۳۸۲ در جدول (۷-۳-۲) قابل مشاهده است. به‌طور کلی کلیه سیستم‌هایی که تحت شبکه‌های کامپیوتری کار می‌کنند به‌علت عدم وابستگی به محل خاص جهت دسترسی به اطلاعاتشان موجب افزایش سرعت می‌شوند که این مساله مورد توجه قرار گرفته است.

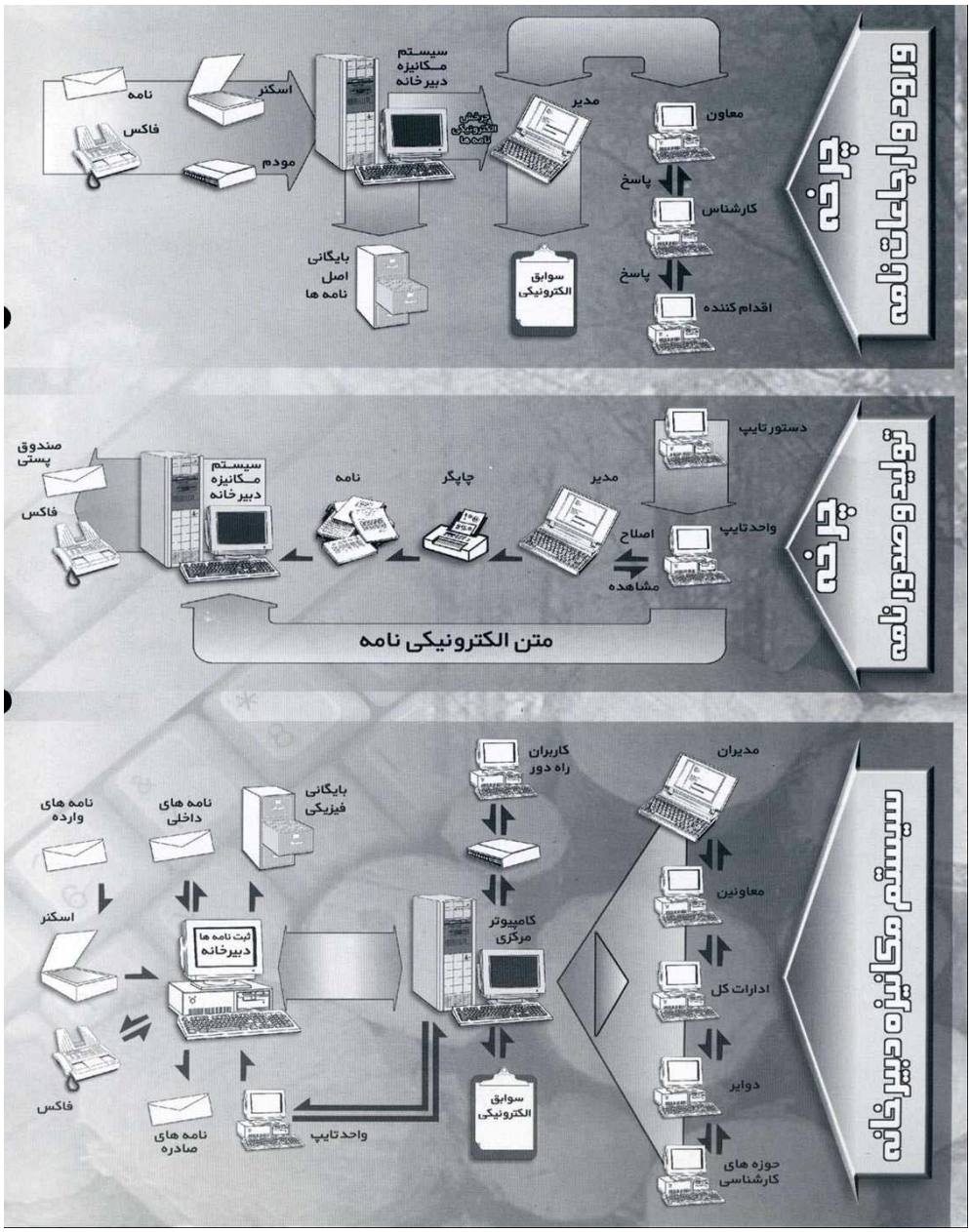
1- Electeronic Tender System

جدول ۷-۳-۲- میزان استفاده از سیستم اتوماسیون اداری مهر ۱۳۸۲[۳۹]

ادارات مرکزی	تعداد کاربران	کل زمان استفاده	متوسط زمان استفاده
اداره کل ارتباط و علائم الکتریکی	۱۲۸	۱۱۲۰/۲۵	۸/۷۵
اداره کل امور کارکنان و منابع انسانی	۶۸	۹۸۱/۲۶	۱۴/۴۳
اداره کل سیر و حرکت	۷۰	۹۷۸/۰۳	۱۳/۹۷
دفتر تشکیلات و روشها	۴۷	۸۷۸/۹۰	۱۸/۷۰
دفتر آمار و فن آوری اطلاعات	۱۰۰	۸۷۴/۳۵	۸/۷۴
اداره کل مخازن و اموال	۸۰	۷۵۲/۳۶	۹/۴۰
دفتر مرکزی و امور مجامع	۵۴	۷۱۶/۹۱	۱۳/۲۷
اداره کل خط و ابنیه فنی	۴۷۳	۶۳۷/۳۱	۱/۳۴
اداره کل بازرگانی و بازاریابی	۵۵	۵۶۹	۱۰/۳۴
اداره کل ساختمان و تأسیسات	۶۰	۵۵۱/۲۱	۹/۱۸
دفتر برنامه‌ریزی و بودجه	۳۹	۴۹۲/۳۱	۱۲/۶۲
اداره کل امور رفاهی و خدمات	۱۴۸	۴۵۴/۱۰	۳/۵۴
اداره کل واگن‌های باری	۱۲۷	۴۱۹/۷۸	۳/۳۰
مرکز تحقیقات	۱۲۰	۳۳۶/۱۳	۲/۸۰
اداره کل امور مالی	۱۲۱	۳۲۴/۲۰	۲/۶۷
دفتر بازرسی و رسیدگی به شکایات	۲۳	۳۰۴/۲۶	۱۳/۲۲
اداره کل نیروی کشش	۱۴۲	۳۰۳	۲/۱۳
دفتر روابط عمومی	۳۸	۱۹۰/۷۰	۵/۰۱
ذی‌حساب طرح‌های عمرانی	۴۵	۱۸۳/۱۱	۴/۰۶
اداره کل حفاظت و ایمنی سیر و حرکت	۳۲	۱۷۷/۲۰	۵/۵۳
اداره کل تدارکات	۶۷	۱۶۸/۵۰	۲/۵۱
دفتر روابط بین‌الملل	۳۸	۱۵۹/۳۱	۴/۱۹۲
دفتر مهندسی و نظارت تأسیسات زیربنایی	۴۹	۱۴۵/۵۰	۲/۹۷
دفتر مهندسی و نظارت ناوگان	۷	۵۳/۳۰	۷/۶۱
دفتر حراست	۵	۳/۱۳	۵/۶۲
دفتر حقوقی	۲۰	–	–
اداره‌کل کارخانجات بازسازی لکوموتیو کرج	۲۱۵	–	–
جمع	**۲۳۷۱**	**۱۱۷۷۴/۱**	**۱۸۵/۹۰۲**

۷-۳-۲- سیستم‌های پیشنهادی هوشمند حمل‌ونقل ریلی قابل اجرا در ایران به ترتیب اولویت

لازم به ذکر است که ۸ پروژه اول زیر سیستم‌های مورد نیاز جهت سیستم ۹ بوده که بدون اجراشدن هر یک از آنها سیستم نهایی (۹) کامل نخواهد بود این ۸ سیستم می‌تواند به موازات یکدیگر اجرا شود ولی مجموعه آنها برای اجرای سیستم ۹ ضروری است.



شکل ۷-۳-۱- پروسه نامه‌نگاری و چرخه نامه در سیستم اتوماسیون اداری [۳۸]

جدول ۷-۳-۳- اولویت‌بندی سیستم‌های پیشنهادی حمل‌ونقل ریلی

شماره	نام سیستم	مهمترین ویژگی مورد نظر در اولویت‌بندی
۱	شناسایی اتوماتیک قطار	در هر زمان موقعیت مکانی واگن را مشخص می‌کند
۲	اندازه‌گیری تیز شدن لبه چرخ	موجب تیز شدن بیش از حد چرخ بوده وبر روی سوزن‌ها موجب سانحه می‌گردد و پروژه تحقیقاتی پردازش تصویر بر روی آن انجام شده است
۳	تشخیص بریدگی چرخ وبررسی وضعیت ترمز	موجب وارد آمدن خسارت بر روسازی خط می گردد لذا برای جلوگیری از وارد آمدن صدمات بایستی این عیب را تشخیص و مرتفع نمود
۴	داغی چرخ وسر محور	جلوگیری از خسارات وارده به خط(از جمله خروج از خط)
۵	اندازه‌گیری وزن واگن در حال حرکت	در حال مطالعه بوده و جهت افزایش سرعت محموله‌های بار شده می‌باشد
۶	تشخیص کاهش فشار ترمز	جلوگیری از سانحه در سرازیری‌ها و هنگام ایجاد مشکلات مربوطه
۷	رهگیری بار	جهت سرویس‌دهی بهتر به مشتریان باری و افزایش درآمد
۸	کنترل وضعیت خودکارقطار	کاهش خطای انسانی و افزایش امنیت
۹	کنترل وضعیت در ایستگاههای تخلیه بار	اتوماتیک نمودن وحذف نیروی انسانی در راستای افزایش امنیت و سرعت سیر
۱۰	بلیط‌های هوشمند	جلوگیری از هدر رفتن هزینه‌های چاپ و کنترل بلیط (نیاز درحمل‌ونقل شهری)
۱۱	تابلوهای اطلاع رسانی پیام متغییر	اطلاع‌رسانی بهتر در راستای افزایش اطمینان به مسافرین
۱۲	استفاده از دوربین‌های مدار بسته	نظارت مستمر وبدون حضور فیزیکی در محل‌های مربوطه
۱۳	هشدار شخصی و اتوماتیک	جلوگیری از سوانح احتمالی جهت اکیپ‌های عملیاتی
۱۴	مرکز تلفن به صورت بیسیم و انتقال داده در واگن‌های مسافری	ارایه خدمات مناسب‌تر در رضایت‌مندی مسافرین
۱۵	استفاده از نرم افزارهای GIS	استفاده از نرم افزار GIS
۱۶	ثبت وقایع	بررسی عملکرد و آموزش لازم به رانندگان
۱۷	اندازه‌گیر ساییدگی قسمت لغزنده پانتوگراف	تعویض به موقع قسمت لغزنده پانتوگراف در شبکه برق بالاسری

سیستم‌های ۱۰تا ۱۶ پروژه‌های مستقل در زمینه‌های مختلف بوده که ارتباط زیادی با یکدیگر ندارند و اولویت زمانی آنچنانی نسبت به یکدیگر ندارند.چرا که با برنامه‌ریزی صحیح و اصولی حمل‌ونقل ریلی می‌توان کار اجرای این پروژه‌ها رابه موازات یکدیگر شروع کرده وبه بهره‌وری سریع وکارا دست یافت . پروژه ۱۷ به‌علت محدود بودن استفاده از این نوع قطارها دارای کاربرد کمتر واولویت پایین‌تری است. سیستم‌های فوق‌الذکر با توجه به سوابق مطالعاتی ، اجرایی ودر راستای معماری تأیید شده تنظیم شده است وقابلیت انعطاف‌پذیری و تغییر برخی گزینه‌ها با توجه به امکانات وشرایط حمل‌ونقل ریلی وجود دارد.

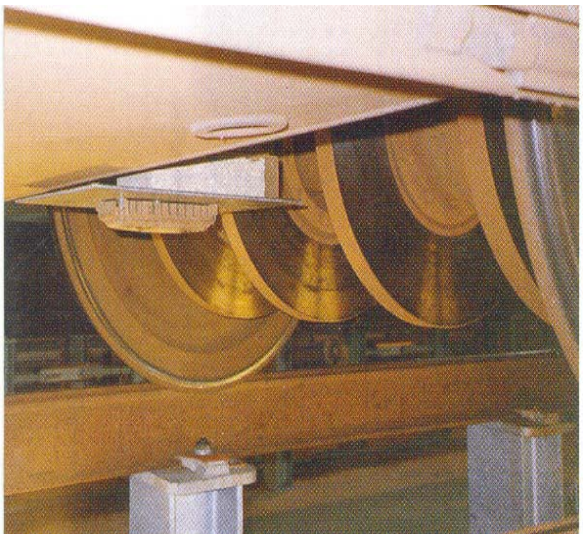
۷-۳-۲-۱- سیستم شناسایی اتوماتیک قطار [۳۷و۴۰و۵۵]

سیستم‌های نظارت و مونیتورینگ وضعیت قطار که قبل از این استفاده می‌شده‌اند دارای سیستم شناسایی اتوماتیک واگن نبوده و با اتصال آنها به سیستم شناسایی می‌توان قابلیت‌های سیستم را چند برابر نمود. شمارش محورها برای شناسایی واگن‌های دارای قطعه یا سیستم معیوب بخصوص در قطارهای طولانی بسیار پیچیده است. سیستم AVI[1]، تشخیص واگن دارای قطعه معیوب و بر طرف ساختن عیب‌های آن را بسیار ساده می‌کند. همچنین به کمک این سیستم می‌توان از طریق یک بانک اطلاعاتی به سوابق قطعات مختلف واگن‌ها دسترسی داشت. فایده دیگر سیستم AVI این است که در هر زمان که لازم باشد موقعیت مکانی واگن را ارایه می‌دهد.

اطلاعات به‌دست آمده از سیستم AVI به سیستم کنترل CTC ارسال می‌شود. وقتی‌که قطار محوطه ایستگاه را ترک می‌کند. اطلاعات همه واگن‌ها توسط سیستم AVI استخراج شده و در بانک اطلاعاتی مشخصات واگن‌ها ضبط می‌شود. در ضمن این اطلاعات به CTC نیز فرستاده می‌شود. با عبور قطار از محل‌های اندازه‌گیری، پارامترهای مورد نظر هر واگن اندازه‌گیری شده و به CTC ارسال می‌شود. به این ترتیب در صورت وجود یک اشکال بحرانی، سیستم CTC راننده قطار را از اشکال مربوطه مطلع نموده و دستورالعمل‌ها و راهنمائی‌های لازم را نیز ارایه می‌دهد.

سیستم AVI به کارکنان خطوط راه‌آهن در استفاده بهتر از سیستم‌های اطلاعاتی در برنامه‌هایی نظیر نمایش وضعیت قطارها کمک می‌کند. از طریق ادغام شماره شناسایی لوکوموتیوها و اتوواگن‌ها با داده‌های وضعیتی می‌توان اطلاعات معتبرتری در زمینه تعمیر و نگهداری لوکوموتیوها و اتوواگن‌ها به دست آورد چرا که این امر سبب می‌گردد تا در صورت لزوم نه صرفاً براساس عواملی همچون دوره زمانی یا مسافت به صرف هزینه جهت آنها پرداخت. در واقع سیستم AVI از آنتن‌های RFID، ردیاب‌های چرخ‌های متصل به پردازنده فاصله AVI که خود متشکل از یک RF دو کاناله، Reader (خواننده)و پردازنده کنترل می‌باشد، تشکیل شده است. سیستم AVI نصب شده بر بستر خط، مطابق شکل(۷-۳-۳) و(۷-۳-۴) به صورت الکترونیکی و از طریق TAG های شناسایی فرکانس رادیویی (RFDI) کلیه لوکوموتیوها و اتوواگن‌های در حال گذر را شناسایی می‌کند. هر لوکوموتیو به صورت جداگانه و منفرد مورد شناسایی قرار می‌گیرد و این کدهای شناسایی تا پایان عمر این وسیله نقلیه حفظ می‌شوند.لازم به ذکر است که سیستم گیرنده شناسایی وسیله نقلیه ریلی در زیر دیزل و مطابق شکل(۷-۳-۲) قرار گرفته است. اما نوع دیگر سنسور شناسایی واگن که در کنار خط نصب می‌شود در شکل(۷-۳-۵) قابل ملاحظه است.

1- Automatic Vehicle Identification



شکل ۷-۳-۲- گیرنده اطلاعات AVI نصب شده در زیر دیزل [۵۵]

شکل ۷-۳-۳- سنسور فرستنده اطلاعات AVI نصب شده در وسط خط[۴۱]

شکل ۷-۳-۴- سیستم نصب شده در وسط خط [۵۵]

شکل۷-۳-۵- سنسور شناسایی واگن نصب شده کنار خط [۵۵]

اثرات مورد انتظار سیستم AVI

- این سیستم باعث افزایش کارایی فعالیت‌های مربوط به کنترل حرکت قطارها و جابجایی واگن‌ها و همچنین نمایش خودکار حرکت قطارها و دیگر ارتباطات مرتبط در ایستگاههای بزرگ و دفاتر کنترل گشته و منجر به استفاده بهینه از دارایی‌ها و وسایل‌نقلیه موجود و بهبود کارایی عملکرد و کیفیت ارایه خدمات به مشتریان می‌گردد.

- انتظار کلی در مورد سیستم AVI این است که بهبود قابل توجهی در نحوه دسترسی به داده‌ها به‌صورت بلادرنگ ایجاد نماید. زیرا همه مراحل جمع‌آوری و ورود داده‌ها که در حال حاضر به طور دستی انجام می‌گیرد به‌صورت خودکار انجام خواهد شد.
- انتظار می‌رود AVI منجر به بهبود بهره‌وری شود.
- انتظار می‌رود بهبود خدمات منجر به افزایش جذب کالاها جهت حمل‌ونقل توسط راه‌آهن شود.
- انتظار می‌رود زمان حمل‌ونقل به طور قابل توجهی کاهش یابد زیرا زمان لازم جهت دسترسی به داده‌ها به صورت دستی، صرف ارتباط با سیستم حمل‌ونقل می‌گردد.
- انتظار می‌رود سطح ایمنی افزایش قابل توجهی بیابد زیرا موقعیت قطارها در هر لحظه قابل تعیین است.
- انتظار می‌رود که از میزان سرقت وسایل‌نقلیه ریلی سیستم حمل‌ونقل کاسته شود چرا که در هر لحظه می‌توان از وضعیت وسایل‌نقلیه ریلی، محموله‌ها و کانتینرها مطلع شد.

بهبود بهره‌وری ناشی از کاهش در موارد زیر می‌باشد:

- کاهش زمان حرکت واگن
- کاهش زمان رهگیری واگن‌ها در پایانه‌ها
- کاهش میانگین تبادل روزانه واگن‌ها
- کاهش زمان ترانزیت
- انتظار می‌رود بهبود سیستم حمل‌ونقل منجر به جذب بار اضافی در راه‌آهن شود. همچنین انتظار می‌رود هزینه‌های بیمه نیز کاهش یابد، زیرا سیستم AVI در کاهش میزان سرقت از وسایل‌نقلیه ریلی نیز موثر است.
- انتظار می‌رود سطح ایمنی به طور قابل توجهی بهبود یابد زیرا موقعیت قطارها در شبکه راه‌آهن به طور خودکار و به صورت بلادرنگ قابل تشخیص است.

مزایای قابل بیان برای حمل کنندگان

- افزایش اطلاعات به موقع در رابطه با موقعیت واگن‌ها و قطار، باعث می‌شود که به میزان تقاضاها از راه‌آهن افزوده شود و بدین ترتیب هزینه‌های حمل‌ونقل برای حمل کنندگان کاهش یابد و همچنین باعث می‌شود حمل کنندگان قادر باشند مدیریت بهتری جهت حمل کالاها اعمال نمایند.
- استفاده از خدمات AVI در کنار سیستم کنترل واگن و قطار به حمل کنندگان اطلاعات فوری در مورد موقعیت محموله یا کانتینر می‌دهد. در نتیجه انتظار می‌رود که حمل کنندگان از مدیریت بهتری در

واحدهای حمل‌ونقل و محموله‌ها برخوردار باشند.

- از آنجا که سیستم AVI اطلاعات را به موقع در رابطه با موقعیت قطارها در اختیار قرار می‌دهد سطح ایمنی در عملیات قطارها افزایش خواهد یافت.
- انتظار می‌رود استفاده از سیستم AVI، در بخش حمل‌ونقل مسافری نیز بهبودهایی ایجاد نماید، در حال حاضر فقط هر چند یکبار درباره موقعیت قطارها گزارش داده می‌شود ولی با استفاده از سیستم AVI، به طور خودکار پیام‌هایی درباره موقعیت قطار به ایستگاه مخابره خواهد شد.
- می‌توان از این تکنولوژی به سادگی و با هزینه‌ای اندک در سیستم‌های خودکار موجود در تقاطع راه‌آهن‌ها تنها بهره گرفت و در نتیجه ایمنی را بهبود داد.

۷-۳-۲-۲- اندازه‌گیری تیز شدن لبه چرخ [۳۷]

تیز شدن لبه چرخ یک واگن، در سرعت‌های مختلف در قوس‌ها و سرسوزن‌ها می‌تواند باعث خارج شدن واگن از خط گردد. خروج از خط واگن علاوه بر وارد آوردن خسارت به واگن و تجهیزات آن باعث صدمه دیدن خط نیز می‌گردد. برطرف کردن سانحه و انسداد به وجود آمده در خط نیز باعث تأخیر در حرکت قطارها و وارد آمدن خسارت مالی به راه‌آهن می‌گردد.

جهت برطرف نمودن این مشکل در مجموعه سیر و حرکتی موجود، راه کار مرسوم بدین صورت است که افراد و پرسنل مسئول در ایستگاههای تعیین شده (عمدتاً تشکیلاتی) نسبت به بازدید چرخ‌ها اقدام می‌نمایند. این بازبینی یا توسط شابلون‌های خاصی که برای این امر تهیه شده انجام می‌گیرد و یا با توجه به مهارت و تجربه شخص به صورت چشمی وتنها با دیدن چرخ نسبت به تشخیص تیزبودن یا نبودن آن اقدام می‌شود. در هر دو روش خطای زیادی به وجود خواهد آمد. چرا که دقت شابلون‌ها با مرور زمان و استفاده مکرر از بین می‌رود و در تخمین چشمی نیز هرگز نمی‌توان به طور کامل تنها به شخص که در وضعیت‌های مختلف محیطی و روانی قرار دارد تکیه کرد. به عنوان مثال کار در شرایط سخت آب وهوایی $^{\circ}C$ ۲۵ زیر صفر یا $^{\circ}C$ ۵۰ بالای صفر باعث افت شدید در بازدهی دقت اندازه‌گیری و بعضاً حتی عدم انجام عمل کنترل از طرف شخص می‌گردد با به‌کارگیری سیستم جدید این اشکلات به مقدار زیاد از بین خواهد رفت.

با توجه به آنچه که گفته شد تلاش می‌گردد از روش‌های نوین که با استفاده از کامپیوتر انجام می‌شود استفاده گردد. در روش پیشنهادی با استفاده از تصاویر چرخ‌ها وپردازش آنها به کمک کامپیوتر ضخامت لبه‌ها[1] محاسبه می‌گردد. در این روش خطای ناشی از سیستم‌های قدیمی به کلی حذف شده و قابلیت‌های فراوانی برای توسعه سیستم جدید در آینده پیش‌بینی شده است که بسیار قابل توجه و مهم است. در ضمن با توجه به

1- Flange

متحرک بودن قطار در زمان تست در سیستم جدید سرعت سیر افزایش یافته و در صورت وجود چرخ معیوب سیستم با نمایش و اعلام وضعیت خطر مسئولین مربوطه را از این امر آگاه می‌کند. اندازه‌گیری ضخامت لبه چرخ بر مبنای پردازش تصاویر دو بعدی گرفته شده از چرخ انجام می‌گردد و در این سیستم پس از تصویربرداری از چرخ و ارسال آن به کامپیوتر، با استفاده از نرم‌افزار تهیه شده نسبت به اندازه‌گیری قطر لبه اقدام می‌گردد. به‌علت عدم تماس فیزیکی بین سیستم اندازه‌گیری و چرخ راه حل ارایه شده در این روش برای اندازه‌گیری مشخصات دیگر تجهیزات ریلی نیز مناسب می‌باشد. در سیستم معرفی شده تمامی مراحل اندازه‌گیری اعلام نتایج و گزارش به صورت اتوماتیک و خودکار انجام می‌شود و در آن هیچ عامل انسانی موثر نمی‌باشد. در نتیجه خطای سیستم بر مبنای دقت سخت‌افزار مربوطه محدود به خود سیستم خواهد شد که مقدار قابل قبولی است.

با عبور هر چرخ از مقابل دوربین، سنسورمادون قرمز فعال شده و فرمان تصویر برداری را صادر می‌کند تصویر برداشته شده به حافظه کامپیوترمنتقل می‌شود. پس از تصویر برداری هر کدام از تصاویر پردازش شده و نتایج به دست آمده به صورت یک گزارش آماده در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. این گزارش قابل چاپ بوده و در صورت لزوم کاربر قابلیت دسترسی به هر کدام از تصاویر قطار عبوری راخواهد داشت. جهت ایجاد یک سیستم بدون تأخیر[1] داشتن یک تصویر با وضوح بالا امری ضروری است در غیر این صورت زمان لازم برای پردازش تصویر بیش از اندازه طولانی شده و موجب پایین آمدن کارایی سیستم خواهد شد (ارایه گزارش زمان بیشتری را لازم خواهد داشت) این موضوع از آن جهت اهمیت می یابد که سیستم بایستی بتواند پیش از خروج قطار از ایستگاه (قبل از چراغ علائم خروجی ایستگاه) گزارشی را از وضعیت چرخهای قطار به کاربر ارایه نماید. تا در صورت وجود چرخ تیز مانع ادامه حرکت قطار در داخل بلاک گردد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود برای به دست آوردن تصویر واضح از چرخ در شرایط مختلف آب و هوایی باند از منابع نور مصنوعی استفاده شود وجود این منابع در کیفیت و نوع تصاویر به دست آمده بسیار موثر و کارآمد است.

- **نتیجه استفاده از سیستم‌های هوشمند تشخیص اتوماتیک عیوب**

استفاده از سیستم‌های هوشمند تشخیص اتوماتیک عیوب باعث بهبود عملکرد اقتصادی راه‌آهن می‌گردد می‌توان به کاهش قابل ملاحظه هزینه‌های تعمیر و نگهداری کاهش تأخیر قطارها و ازهمه مهم‌تر کاهش آمار خروج از خط قطارها نام برد. کاربردهای دیگر مانند تعیین بار مفید واگن و محموله‌های خط نیز حائز اهمیت است فایده مهم دیگر کاهش هزینه انبارداری قطعات یدکی است. امروزه انبارداری قطعات یدکی بر اساس سیستم‌های تعمیر و نگهداری بدون برنامه‌ریزی دقیق انجام می‌شود با به کاربردن سیستم مونیتورینگ خودکار

2- Real Time

نیاز به انبارداری قطعات یدکی اضافی کاهش می‌یابد و لذا می‌توان قطعات را در فواصل زمانی طولانی انجام داد.

۷-۳-۲-۳- سیستم داغی چرخ و محور [۴۲]

به منظور آگاهی از دمای خطرناک، سیستم‌های توزین در حال حرکت بررسی کننده HOT BOX در مکانهایی که قطار ترمز می‌کند در سراشیبی‌ها یا کمی پس از آن نصب گردیده است. حسگرها دقیقاً در کنار خروجی‌های ایستگاه یعنی جایی که قطار از لحاظ کج بودن بوژی‌ها، سنگینی بار یا کاهش بار و فشار چرخ‌ها مورد بازدید قرار می‌گیرند، نصب می‌شوند.

جعبه محورها و ترمزهای داغ شده از جمله دلایل اصلی خارج شدن قطار از خط به شمار می‌روند، لذا با توجه به این مساله، لزوم وجود تجهیزات بازبینی کنار خط در تشخیص سریع این مساله پیش بینی می‌شود. آشکار ساز مجموعه اندازه‌گیری دمای TS91 (TS91 HOT BOX DETECTOR) وسیله‌ای است متناسب با افزایش سرعت قطارها و جهت تضمین دقت و اطمینان و در نتیجه جلوگیری از هشدارهای غلط توسعه یافته است. نصب این دستگاه بسیار اقتصادی می‌باشد، چرا که به کرات دیده شده که آلات ناقله و مسیرهای دائمی در اثر داغ شدن یاتاقانها که سبب خارج شدن قطار از خط شده‌اند، خسارت دیده‌اند.

آشکار سازی به موقع در هنگام گرم شدن، سبب صرفه جویی قابل توجهی در هزینه‌ها می‌گردد. این قابلیت اطمینان به سیستم کمک می‌کند تا از تأخیرات ناشی از هشدارهای نابجا جلوگیری شود و در نتیجه در بازرسی‌های حضوری، پرسنل کمتری مورد نیاز است. آشکارساز(HOT BOX) از طریق اندازه‌گیری انرژی مادون قرمز ساتع شده توسط تابش سنج‌هایی که درطول نصب می‌شوند، میزان دمای اضافی را می‌سنجد. سیستم آشکارساز (HOT BOX) از مؤلفه‌های اصلی ذیل تشکیل شده است:

- اسکنر مادون قرمز: در سرعت‌های متجاوز از ۲۵۰ کیلومتر در ساعت، گرمای ساتع از جعبه محورها، چرخ دیسک‌های ترمز را به علایم الکتریکی تبدیل می‌نماید.
- دستگاه محور شمار: این دستگاه با شمارش چیزی بالغ بر ۱۰۲۴ محور، تهیه مسیر و محاسبه سرعت جهت شناسایی ترن به کاررفته و پس از شمارش آخرین محور، دوباره به حالت آماده باش در می‌آید.
- سیستم‌های الکترونیکی کنار خط: با استفاده از میکرو کامپیوترها، کلیه عملکردهای ایستگاههای اندازه‌گیری را کنترل و مدیریت می‌کند.
- انتقال داده‌ها: توسط ۴ سیستم مجتمع با آمپدانس ۶۰۰ اهم و با کمترین سطح پذیرش ۳۰ dbm
- واحد کنترل و نمایش مرکزی: متشکل از یک PC (کامپیوتر شخصی) استاندارد و یک چاپگر می‌باشد.

- **سیستم‌های فوق مزایای ذیل را در بردارند**

– آگاهی از وضعیت کلی سیستم: ارایه اطلاعاتی در زمینه وضعیت جاری کلیه واحدها، پیام‌های هشدار زمان وقوع وقایع (در صورت وجود)

– آگاهی از وضعیت واحدی خاص: ارایه وضعیت ارتباطی جاری از واحدهای معیوب

– گزارش وقایع سیستم: ارایه تاریخ، زمان و مبدا کلیه وقایع شناسایی شده و یا گزارش شده (تا حدود ۱۰۰۰ واقعه). لازم به ذکر است(HOT BOX) متشکل از بخش‌های شماره بوژی، شماره محور، مکان و نوع یاتاقان می‌باشد

– ارایه گزارش از قطار جاری: گزارش کلیه اطلاعات مربوط به قطار ویژه مورد شناسایی قرار گرفته

– ارایه جداولی از بوژیهای قطار: گزارش اطلاعاتی در موردشماره بوژی، شماره محورها، طبقه بندی وسایل‌نقلیه و نوع یاتاقان. ضمن آنکه در مورد هر قطار، قادر به بررسی بالغ بر ۱۰۲۴ محور می‌باشد

– ارایه آمار ارتباطات واحد اداری

– ارایه آمار تجزیه تحلیل قطار

هر واحد اداره مرکزی قابلیت تطبیق با حدود ۴ واحد زمینی مستقر در طول یک خط را دارا می‌باشد. مسلماً با پیوستن هر اداره مرکزی دیگری به این مجموعه، این قابلیت به صورت مضربی از ۴ افزایش می یابد (یعنی وجود ۲ واحد مرکزی = بررسی ۸ واحد). هر واحدزمینی به طور اتوماتیک به ثبت گزارشاتی همچون دمای محور، سرعت قطار و مسیر قطارها می‌پردازد.

سرعت قطار: بین ۱۵ و ۳۰۰ کیلومتر برساعت

اسکنر: اندازه‌گیری دمای مطلق، زمان پاسخگویی سریع

ظرفیت: ۱۰۲۴ محور

وضعیت‌های نمایش‌دهی: پویشگرها C ۷۰ + تا ۴۰ –

منبع تغذیه: ۲۰٪ – ۱۵٪ + و AC ۵۰ HZ ۲۲۰ v

واحد مرکزی: KVA ۲

واحدزمینی: KVA ۱/۵

سیستم بازبینی از بخش‌های نمایش فشار چرخ، سیستم نمایش وزن در حال حرکت و سیستم شناسایی بوژی‌های کج تشکیل گردیده است و از قابلیت گزارش‌دهی نقایص و معایب، پیش از ایجاد آسیب دیدگی برخوردار می‌باشد. این سیستم، متشکل از پیل‌های اندازه‌گیری چندگانه ، مرکب از استرین گیج

(کرنش‌سنج‌ها) که ریل اندازه‌گیری بارهای عمودی از طریق کرنش برش[1] به کار می‌روند، می‌باشد. این سیگنال‌ها در سرعت‌های بالا نمونه‌گیری شده و پس از تصفیه با سیگنال اصلی مقایسه می‌شوند.

با استفاده از اندازه‌گیری نیروهای جانبی وارده بر خطوط راه‌آهن می‌توان بوژی‌های کج شده را شناسایی نمود. در شبکه‌های راه‌آهنی دارای پیکربندی ویژه، کشش سنجها جهت اندازه‌گیری نیروهای جانبی مستقل از انرژی‌های عمودی به کار می‌روند.در جدول(۷-۳-۴) نتایج استفاده از سیستم بازبینی به صورت جامع بیان شده است.

جدول ۷-۳-۴- نتایج استفاده از سیستم بازبینی [۳۷و۴۳]

مشکلات	دلایل	اثرات	نتایج استفاده از سیستم
فشارهای چرخ	- سیستم‌های ترمزگیری معیوب - فعالیت‌های مربوط به جابجایی داخلی قطار - تعویض خط با ترمزهای فعال - هوای مرطوب - shelling & spalling	- تنش‌های ریلی بالا - جریان بالاست - خرد شدن بالاست - تراورس ترک‌خورده - آلودگی صوتی - استهلاک/ترک‌خوردگی شاسی‌های کناری بوژی‌ها - عدم آسایش مسافرین - افزایش مصرف انرژی	- حمایت از ساختار خط - حمایت از آلات ناقله - افزایش راحتی مسافر
بوژی‌های کج	- قطر چرخ دیفرانسیل - محورهای ناهم تراز - بوژیهای آسیب دیده /شاسیهای جانبی آسیب دیده - سیستم‌های ترمزگیری معیوب	- فلنج تیز - نیروهای بکسواد بالا - فرسودگی سریع چرخ - نسبت‌های بالای L/V - افزایش مصرف انرژی	- افزایش طول عمر چرخ - کاهش تعداد فلنج‌های تیزشده - یافتن کاستی‌ها (کمبودها)
وزن در حال حرکت	- اضافه بار - کاهش بار	- آسیب‌دیدگی زیر ساخت - آسیب‌دیدگی وسایط نقلیه - کاهش درآمد	- افزایش در آمد - ابزار برنامه‌ریزی مدیریت - بهره‌برداری از انرژی

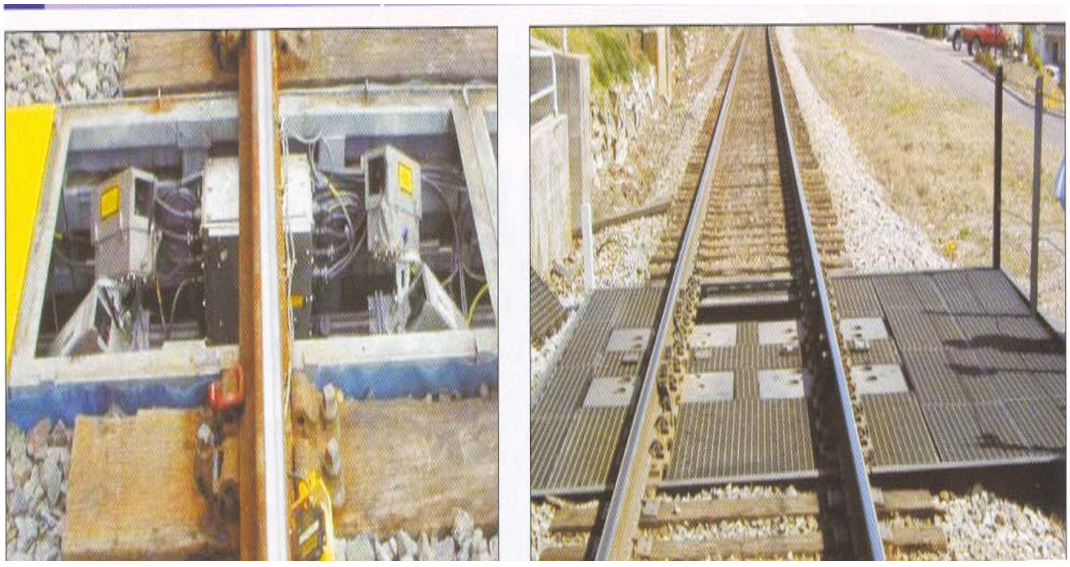
۷-۳-۲-۴- سیستم تشخیص بریدگی چرخ وبررسی وضعیت ترمز[۴۴]

در ایستگاههایی که تردد قطار آنها زیادی می‌باشد دوربین‌های ویدیویی نصب شده (مطابق شکل ۷-۳-۶) در دو طرف خطوجود ترمزهای دستی که هنوز بر واگن در حال حرکت جا مانده‌اند، را بررسی

1- Shear Strain

می‌کنند. از آنجا که هر قطار معمولا از تعداد زیادی واگن تشکیل می‌شود. بازرسی دستی کـه بـه وسـیله مـأمور بازدید واگن انجام می‌شود کاری مشکل و وقت گیر است. به ویژه در شرایط گرمای جنوب و سـرمای کـویر و کوهستان و زمانی که قطار با سرعت ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کند. اگر نرم‌افـزار پـردازش کننـده، متوجه وجود ترمز دستی گردد. تصویر واگن مربوطه به صورت خودکار برای مدیر ناظر ارسال و در ایستگاه بـا یک اعلان صوتی به مدیرناظر خبر داده می‌شود. همزمان تصویر ترمز دستی بروی صفحه نمایش جهت بررسـی دقیق‌تر نمایش داده می‌شود مدیرناظر خطا را با یک ارتباط رادیویی با راننده در جریان گذاشته و قطـار مربوطـه متوقف می‌گردد.

بریدگی چرخ واگن‌های ورودی و خروجی به صورت آکوستیکی به وسیله همان کامپیوتر پردازش کننده تصویر ترمزبازرسی می‌گردد. برای جمع آوری اطلاعات لازم دو میکروفن در دو طرف خط قـرار داده و سـپس داده‌های به دست آمده در دیسک سخت ذخیره می‌گردند. تشخیص درست هر گونه بریدگی چـرخ و نـویز یـا تاقان توسط مأمور بازدید واگن به عواملی چون زمان بازدید، سطح نویز زمینه و میزان خسـتگی مـأمور وابسـته است. در حالی که برای یک سیستم خودکار رایانه‌ای، چنین مشکلی وجود ندارد، در سیستم گفته شده، بریدگی چرخ و نویز یاتاقان با اعمال الگوریتم تبدیل فوریه بر داده‌های ذخیره شده تشخیص داده خواهند شد.



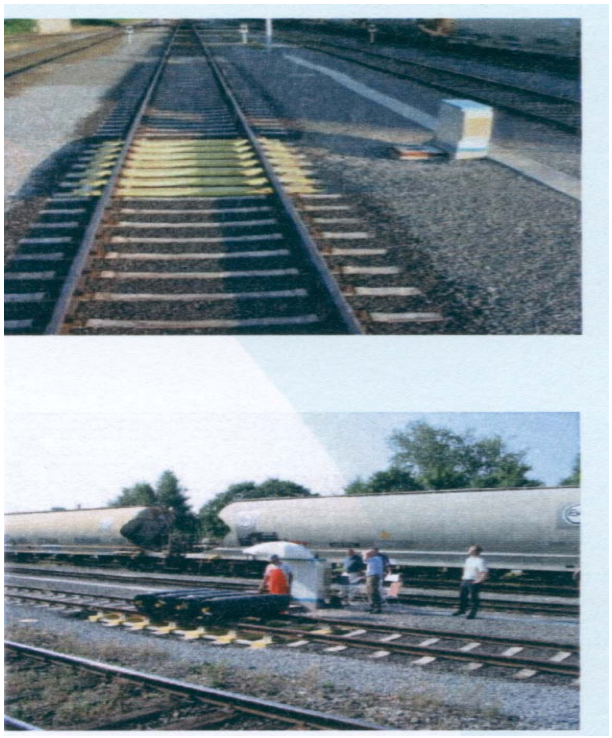
شکل ۷-۳-۶- سیستم تشخیص بریدگی و تیزی چرخ [۵۵]

۷-۳-۲-۵- سیستم اندازه‌گیری وزن واگن در حال حرکت[۴۳]

یکی دیگر از بخش‌های کنترل وضعیت، سیستم اندازه‌گیری وزن برای واگـن‌هـای در حـال حرکـت می‌باشد. این کار به حفظ ساختار خط در برابر خسارت ناشی از بار زیاد یـا عـدم بـارگیری یکنواخـت، کمـک

شایانی می‌کند. این وضعیت برای مسیرهای که در آن قطار سنگین با بار محوری ۲۵ تن تردد می‌کنند اهمیت بیشتری دارد. سیستم اندازه‌گیری وزن راننده را با یک ارتباط رادیویی از بار اضافه واگن‌ها باخبر می‌کند. در این صورت راننده می‌تواند با تنظیم سرعت مانع از خسارت به خط گردد. در شکل(۷-۳-۷) و(۷-۳-۸) و (۷-۳-۹) به ترتیب چگونگی وزن یک واگن در حال حرکت و تجهیزات بخصوص، جهت توزین دینامیکی واگن‌ها قابل مشاهده است.

شکل ۷-۳-۷- یک واگن در حال حرکت که توسط سیستم وزن می‌شود [۴۳]



شکل ۷-۳-۸ و ۷-۳-۹ تجهیزات مخصوص جهت توزین دینامیک [۴۳]

۷-۳-۲-۶- سیستم تشخیص کاهش فشار ترمز[۳۷و۵۶]

همانطورکه در توضیحات اولیه نیز بیان گردید بسیاری از سانحه‌های راه‌آهن ناشی از عدم ترمزگیری مناسب واگن‌ها وقطع واگن‌های قطار از یکدیگر می‌باشد لذا اگر بتوان توسط سیستمی این افت فشار را قبل از رسیدن به مرحله بحرانی تشخیص دهیم خواهیم توانست جلوی بروز سانحه و وارد شدن خسارت مالی و جانی را بگیریم.

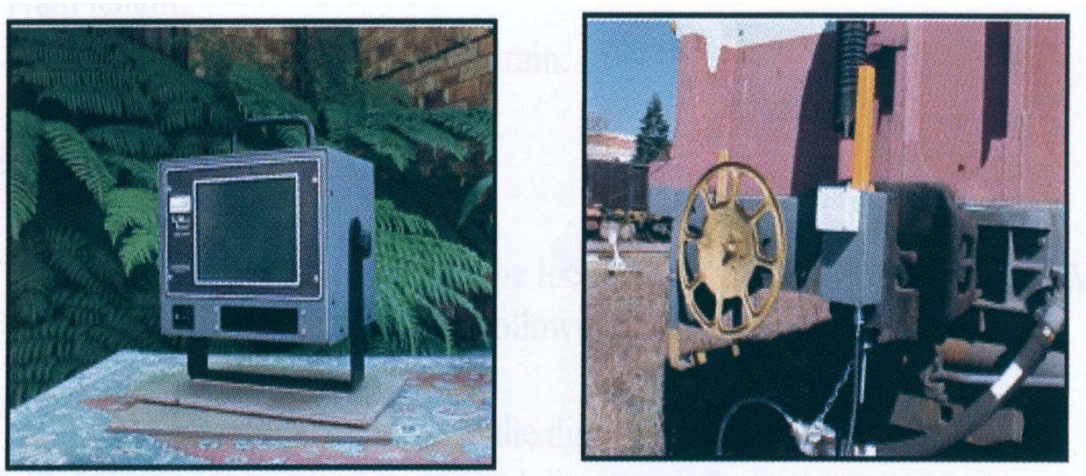
لذا با توجه به مطالب بیان شده قبلی و نیز حرکت صنایع به سمت کاهش نقش انسان در کنترل مستقیم پارامترهای حیاتی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی در کشورهایی نظیر استرالیا، کانادا‌و آمریکا که دارای راه‌آهن باری با ترافیک بالا می‌باشند سیستم تشخیص انتهای قطار به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته و در طول

این مدت نتایج خوب و قابل قبولی چه از نظر کاهش سوانح و چه از نظر کاهش هزینه‌ها در پی داشته است. خوشبختانه امکان ساخت سیستم انتهای قطار در داخل کشور وجود داشته و با توجه به نقش مهمی که این سیستم در کاهش سوانح در راه‌آهن می‌تواند ایفا کند به کارگیری از این سیستم در راه‌آهن کشور پیشنهاد می‌گردد.

از آنجائی که این سیستم هیچگونه اختلالی در ایمنی قطار ایجاد نمی‌کند می‌توان آن را در کنار تجهیزات و آرایش فعلی قطارهای باری تا حصول نتیجه نهایی بکار گرفت تا از وقوع حوادث ناشی از بسته بودن لوله سراسری هوا که طبق آمار سالیانه بیش از دو مورد حادثه سنگین می‌باشد و خسارات زیادی به بار می‌آورد، جلوگیری نمود. ضمناً به کارگیری این سیستم باعث صرفه جویی اقتصادی کلانی چه از نظر تعدیل نیروی انسانی و چه از لحاظ کاهش وسایل و تجهیزات تشکیل دهنده قطارهای باری به لحاظ حذف واگن کابوس از قطار می‌گردد. اگر بخواهیم مزایا و محاسن این سیستم را به صورت فهرست وار خلاصه کنیم، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تشخیص وضعیت فشار لوله سراسری هوا بدون وجود ترمزبان
- امکان اعمال ترمز اضطراری در شیب و فراز و نیز در مواقع بریدگی قطار به منظور جلوگیری از بروز سوانح
- تشخیص سریع بریدگی
- انفصال بیش از ۲۳۰ واگن کابوس از قطارهای باری با توجه به آمار حرکت قطارهای باری کشور
- بالا بردن ضریب اطمینان عملکرد ترمزبان
- اضافه کردن یک واگن باردار به مجموعه قطار و افزایش بار مفید و درآمدزایی بیشتر
- حذف هزینه‌های تهیه قطعات یدکی از نظر نگهداری واگن‌های مورد بحث
- حذف چراغ‌های انتهایی از قطارها و جایگزین کردن سیستم رادیویی و نصب دستگاه ترین‌لینک در انتهای قطارها که مجهز به شبرنگ و فتوسل می‌باشند (فلاشر)
- کاهش پرسنل قطار و حذف هزینه‌های جانبی آن از قبیل صرفه جویی در هزینه انفصال و زمان اتصال واگن کابوس در ایستگاهها

با توجه به مطالب فوق و مزایایی که این سیستم و استفاده از آن می‌تواند داشته باشد به‌نظر می‌رسد سرمایه‌گذاری برای ساخت و یا وارد کردن تجهیزات فوق جهت نصب بر روی واگن‌ها (خصوصا واگن‌های باری) مقرون به صرفه بوده و بتوان توسط آن ضمن کاهش زمان بازرسی واگن‌ها و افزایش ایمنی مسیر خط تجهیزات ناقله، موجب افزایش سود اقتصادی راه‌آهن گردید. در شکل(۷-۳-۱۰) تجهیزات تشخیص کاهش فشار ترمز قابل مشاهده است.



شکل ۷-۳-۱۰- تجهیزات تشخیص کاهش فشار ترمز و انتقال به کابین راننده به همراه پانل [۵۶]

۷-۳-۲-۷- سیستم رهگیری بار[۳۷ و۵۵ و۵۷ و۵۸]

رهگیری ریلی قطعه‌ای از سیستم یکپارچه و در حقیقت یک سیستم عملیاتی ریلی‌کامپیوتری می‌باشد. این‌سیستم‌حرکت‌ترن‌ها، تجهیزات راه‌آهنی، همچون واگن‌ها، کانتینرها و بارها را رهگیری می‌کند. این سیستم جهت پوشش مدیریت حمل‌ونقل زنجیره‌ای، از ۴ بخش مجزا یعنی بندر، راه‌آهن، جاده ، دریاچه و رودخانه تشکیل شده است، قطعاتی که جهت رهگیری مدل‌های مختلف حمل‌ونقل به کار می‌روند به ترتیب عبارتند از:

رهگیر بندری [۱]، رهگیر ریلی[۲]، رهگیر جاده‌ای [۳]، رهگیر آبی [۴]

جزء جالب توجه سیستم عبارت است از BIS یا سیستم استخوان بندی اطلاعات. این بخش در حقیقت مغز سیستم به شمار رفته و به عنوان مرکز توزیع داده‌ها در کلیه سیستم‌های فرعی و کشورها محسوب می‌گردد. این سیستم به شما گزارش می‌کند تا از وضعیت بار یا یکی از تجهیزات مورد نظر، مثلاً در هنگام ترک بندر، حرکت در طی سیستم ریلی و انتقال به سیستم دیگر (مثلا جاده‌ای)، عبور از گذرگاه مرزی و غیره، اطلاع حاصل کنید. استفاده از این سیستم، سبب تسهیل برنامه‌ریزی گردیده و با ارایه هشدارهایی پیش از حرکت بار، آمادگی دریافت در ایستگاه بعدی را فراهم می‌سازد. رهگیر ریلی هم اکنون در بسیاری نقاط آفریقایی و آسیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربران اصلی رهگیر ریلی عبارتند از:

- خطوط کشتیرانی
- آژانس‌های کشتیرانی
- کارگزاران حمل‌ونقل

1- Port Tracker
2- Rail Tracker
3- Road Tracker
4- River/Lake Tracker

- حمل کنندگان اصلی بار

سیستم رهگیر ریلی از قسمت‌های اصلی ذیل تشکیل شده است. ضمن آنکه علاوه بر این قسمت‌های اصلی، برخی قسمت‌های تکنیکی دیگر نیز جهت تامین اهدافی همچون ارتباط از راه دور به منظور تأمین اهداف آموزشی در دسترس می‌باشند. این قسمت‌ها از فایل‌های اصلی یک پایگاه اطلاعاتی مشترک سود برده و توسط برخی نرم‌افزارها و برنامه‌های اجرایی پشتیبانی می‌گردند. نرم‌افزار کاربردی رهگیر ریلی از قدرت تطبیق‌پذیری بالایی با خطوط راه‌آهنی دارای اندازه‌های متفاوت و خصوصاً محیطهای فیزیکی و سازمانی پیچیده برخوردار است. این قسمت‌ها، هسته اصلی رهگیر ریلی را تشکیل داده و همگی در یک بسته نرم‌افزاری منفرد گرد آمده‌اند.

- **قسمت‌های اصلی سیستم رهگیری ریلی**

- ترافیک ریلی: این بخش از مهمترین قسمت‌های رهگیر ریلی به شمار رفته و ضمن رهگیری کلیه آلات ناقله و بارها، عملیات‌های ذیل را ثبت می‌کند: واگن‌ها و لوکوموتیوها، پیوستن و جدا کردن واگن از قطار، صدمات، مراحل تعمیر (بازدید، شناسایی اشکال، تعمیر) و دیگرموارد تکنیکی
- قطارها: ترکیب قطار جدیدورود و خروج به ایستگاه، پایان سفر، ترکیب خدمه، ترکیب قطار پیشرفته
- بارها (کالاهای حمل شده) : بارنامه‌ها، بارنامه راه‌آهنی، شناسایی کانتینرها، اقلام باری (رهگیری اختصاصی اقلام متفاوت در مورد یک بار واحد)، متراکم سازی، بارگیری یا با راه‌اندازی یک واگن
- کلیه عملیات فوق از نظر تاریخ، زمان و ایستگاه مورد نظر نشان گذاری می‌شوند
- پایانه ریلی: این بخش با بازبینی کلیه عملیتهای صورت گرفته در خطوط فرعی، سبب تنظیم برنامه حمل‌ونقل در حال گردش می‌گردد. در این قسمت مراحل زیر انجام می‌شود
- واگن‌های خالی در دسترس مشتری قرار می‌گیرند
- بارگیری و جهت اعزام آماده می‌شوند
- به خطوط فرعی وارد می‌شوند
- تخلیه بار صورت می‌گیرد
- به کلی خالی می‌شوند
- برای استفاده مجدد آماده می‌گردند

این امر سبب بازبینی کلیه تأخیرات و فهرست کردن کلیه واگن‌های پر و خالی که در انتظار استفاده مجددند، می‌گردد. ضمن آنکه قسمت فوق با فراهم ساختن یک ابزار مدیریتی ویژه نقش مهمی را در مدیریت پایانه‌ها(ایستگاه سر خط راه‌آهن / بندر، ایستگاه اصلی یا ایستگاه مانور) ایفا می‌کند.

- تبادل ریلی: حرکات کالاها و تجهیزات در مرزها را مدیریت می‌کند.
- گزارش‌دهی ریلی: شامل یک سری گزارش‌های استاندارد و ویژه می‌باشد که به طور اتوماتیک و یا برحسب تقاضای سرویس گیرنده از پایگاه اطلاعاتی رهگیر ریلی دریافت می‌گردد. کاربر می‌تواند با استفاده از نرم‌افزار به این گزارش‌های ویژه و سفارشی دست یابد.
- بازرگانی ریلی: این سیستم با استفاده از داده‌های فیزیکی و ساختار تعرفه‌های موجود، صورت حسابی از خدمات ارایه شده فراهم آورده و ضمن مدیریت بارنامه‌ها بر اساس تعرفه‌های معتبر، با سیستم‌های دریافت‌کننده حساب‌ها نیز، ارتباط برقرار می‌کند.
- مشتری ریلی: مشتریان را قادر می‌سازد تا از طریق اینترنت یا به طور مستقیم، با پایگاه اطلاعاتی رهگیر ریلی ارتباط برقرار کرده و بدین‌وسیله (با استفاده از سیستمی محرمانه) آنها را از آخرین وضعیت و مکان بارها و واگن‌هایشان در شبکه آگاه می‌سازد.
- تعمیر ریلی: بازبینی عملیات تعمیری بر روی لکوموتیوها و آلات ناقله را بر عهده دارد.

آموزش ریلی ارتباط از راه دور: مجموعه‌ای از خدمات از راه دور می‌باشد که با انتقال داده‌های درون شبکه‌ای و از جمله وسایل نرم‌افزاری خارجی سر و کار دارد این سیستم با استفاده از مجموعه‌ای از راهنماهای کامپیوتری به آموزش کاربران در مورد قسمت‌های بالا می‌پردازد. ضمن آنکه سیستم فوق از مطالب آموزشی جامعی در زمینه کلیه جنبه‌های رهگیر ریلی، چه به لحاظ عملکرد و چه به لحاظ تکنیکی برخوردار است.

سیستم رهگیر ریلی جهت فراهم آوردن اطلاعاتی در مورد بارها، شناسایی و رفع دلایل تأخیر و دیگر مشکلات ضروری به نظر می‌رسد. در حقیقت با وجود این سیستم، بسیاری از عملگرها پشت دیواری از سکوت که حاصل فقدان اطلاعات لازمه جهت دفع و دموکراسی و عدم کارآیی می‌باشد، قرار می‌گیرند. این سیستم یک پایگاه اطلاعاتی وابسته می‌باشد. داده‌ها در مراکز مهم تعیین شده و به طرق مختلف تحت عنوان گزارش پردازش می‌شوند. یکی از مهمترین مزایای این نوع معماری در آن است که داده‌ها بدون نیاز به کاربر جهت اتصال داده‌ها، انواع داده‌ها را در طول ساختارهای فایلی به یکدیگر مرتبط می‌سازند. بنابراین ارتباطات ساده تا پیچیده داده‌ها در ورودی‌های ساده صورت می‌گیرد.

سیستم رهگیر ریلی یک سیستم اطلاعات فراگیر و بلادرنگ می‌باشد که خدمات راه‌آهنی آن عبارتند از:

- اطلاعات بار
- اطلاعات مشتری
- اطلاعات مبدا و مقصد
- نوع وسیله نقلیه (واگن- لکوموتیو و یا غیره)
- بارگیری واگنو از جمله سوار کردن یا نصب یک کانتینر

- باراندازی واگنو از جمله پیاده کردن کانتینر از واگن
- دریافت یک وسیله نقلیه (واگن، لکوموتیو و یا غیره) از یک خط آهن خارجی
- واگذاری یک وسیله نقلیه (واگن، لکوموتیو ویا غیره) به یک خط آهن خارجی
- سپردن واگن به مشتری
- گرفتن واگن از مشتری
- ترکیب قطار اعزامی در نقطه مبدا
- عملیات قطار در راه، از جمله اتصال یا جداسازی یک وسیله از قطار
- ترکیب ایستگاه پایانه در نقطه مقصد
- گزارش وضعیت وسیله نقلیه تعمیر شده یا نیازمند به تعمیر
- حرکات مانور وسیله نقلیه به محل سرویس‌دهی یا تعمیر
- گزارش جریان سوخت‌گیری لکوموتیو دیزلی

مزایای رهگیر ریلی برای خطوط راه‌آهن

- رهگیری به صورت بلادرنگ
- جلوگیری از ناپدید شدن واگن‌ها
- دستیابی به داده‌های معتبر
- کنترل تقاطع‌ها
- به کارگیری بهتر وسایل‌نقلیه ریلی
- مدیریت مقرون به صرفه وسایل‌نقلیه ریلی
- تعیین موقعیت واگن‌ها در شبکه
- تعیین تعداد واگن‌های معیوب
- تعیین واگن‌هایی که برای بیش از ۳ روز (استاندارد) بارگیری شده‌اند
- تعیین واگن‌های موجود در کارگاه دپو
- تعیین واگن‌های خارجی موجود در شبکه
- تهیه گزارشات روزانه
- تهیه آسان گزارشات (هفتگی / ماهیانه) در طول راه‌آهن‌ها و برای سطوح مختلف مدیریتی

این گزارش‌ها در برگیرنده اطلاعاتی همچون موارد زیر می‌باشند:

- تهیه داده‌های بارگیری هفتگی

- عملکرد مشتری / کالا
- عملکرد عرضه / تقاضای کالا
- میانگین بارگیری واگن
- میانگین کیلومتر لکوموتیو
- میزان سوخت‌گیری
- زمان ترانزیت قطار
- بارگیری داخلی / ترانزیت و غیره

نتایج استفاده از سیستم رهگیر ریلی

استفاده از این سیستم باعث افزایش اطلاعات مشتری می‌شود. چرا که در گذشته حدود ۵-۴ روز طول می‌کشید تا مشتری از مکان واکنش مطلع شوند، لکن بدین صورت این اطلاعات، سریعاً در دسترس مشتری قرار می‌گیرند. گزارشات راه‌آهنی داخلی (به صورت روزانه / هفتگی و ماهیانه)، اطلاعاتی را فراهم می‌سازند که جهت عملکرد کارآمد هر خط راه‌آهنی در محیط رقابتی مورد نیاز می‌باشد. شاخص‌های کمی رهگیر ریلی به ترتیب زیر است:

- مدت زمان آماده‌سازی واگن
- مدت زمان در دسترس بودن واگن / یا میانگین زمان تعمیر
- هزینه‌های کرایه واگن
- زمان استفاده از لکوموتیو / یا میانگین زمان تعمیر
- تعداد قطارهایی که هر روز در سیر و حرکت هستند
- زمان اقامت واگن‌ها در محوطه / ایستگاهها
- زمان ترانزیت قطار

نتایج استفاده از سیستم رهگیر ریلی در بعضی کشورها

- سیستم رهگیر ریلی اوگاندا، زمان آماده‌سازی در حمل‌ونقل محلی را تا یک روز و زمان آماده‌سازی در حمل‌ونقل بین المللی را تا ۲/۵ روز بهبود بخشیده است.
- سیستم رهگیر ریلی کنیا ظاهراً سبب ایجاد اجرای سیستم به طور برجسته شده است.
- سیستم‌های رهگیر ریلی تانزانیا بسیار عالی عمل کرده و از اثبات خوبی برخوردار است، ضمن آنکه کاربران نیز به خوبی تحت آزمایش قرار گرفته‌اند. رهگیر ریلی Tazara هزینه‌های کرایه واگن را

تا ۳۰٪ کاهش داده است و رهگیر ریلی TRC نیز زمان اقامت واگن‌ها در مراکز تعمیر را از ۱۵۰ روز توقف به ۸۰ روز کاهش داده است.

- در آفریقای مرکزی و در خطوط راه‌آهنی کامرون، سیستم‌های دستی، کاملاً جای خود را به سیستم رهگیر ریلی داده‌اند.

استفاده از سیستم شناسایی واگن در محل‌های بارگیری و تخلیه بار

در زمینه تخلیه وبارگیری واگن‌ها می‌توان به این نکته اشاره نمود در صورتی که واگن‌ها مجهز به تک‌های شناسایی باشند می‌توان در مبادی بارگیری، اطلاعات هر واگن نظیر وزن بارگیری ،نوع بار، تاریخ حمل بار و ... را وارد نموده و در صورت نیاز این اطلاعات را در مبادی تخلیه خوانده و جهت محاسبه میزان حق الزحمه وسایر اطلاعات آماری از آن استفاده نمود. در صورت وجود سیستمی برای حمل بارهای کم حجم باتوجه به مشخص شدن مقاصد می‌توان سیستمی برای آن در نظر گرفت وبا توجه به تفکیک مقصد و تخلیه سریع نحوه ترتیب واگن‌ها را در جهت افزایش سرعت مرتب کرد. این سیستم در واقع باید نرم‌افزاری مشابه نرم‌افزار رهگیری بار ویا حتی قسمتی از آن در زمینه تخلیه و بارگیری واگن باشد.

۷-۳-۲-۸- سیستم کنترل وضعیت خودکار قطار[۳۷ و۴۵]

خرابی قطعات یا عملکرد نادرست آنها می‌تواند کارایی قطعات را به‌طور جدی تحت تأثیر قرار دهد، برای نمونه اثرات آن می‌تواند از یک تأخیر جزیی تا یک خروج از خط جدی و پر هزینه را شامل شود. این قطعات با زیر سیستم‌های معیوب ممکن است سبب خرابی سایر تجهیزات موجود در قطار نیز شوند. از طرفی در حال حاضر که رقابت برای حمل‌ونقل روز به روز افزایش می‌یابد. کاهش هزینه‌ها از مهمترین ضروریات است. این مشکلات را می‌توان با نظارت بر وضعیت اجزاء مهم حل نمود. به گونه‌ای که منجر به حذف بسیاری از هزینه‌های مربوط به تأخیر و نگهداری شود. علاوه بر این امروزه در صنعت هر چه نقش عوامل انسانی کاهش یابد، اطمینان از کارآیی سیستم بیشتر خواهد شد استفاده از تکنولوژی اطلاعات در زمینه حمل‌ونقل و بویژه در راه‌آهن می‌تواند خطرات و سوانح ناشی از عدم دقت مأمورین را به نحو چشمگیری کاهش دهد.

یک سیستم کنترل وضعیت خودکار پاسخی است به این نیاز، در یک سیستم کنترل وضعیت با استفاده از سنسورهای مختلف و سپس پردازش اطلاعات این سنسورها، تجهیزات سیستم مورد نظر بازرسی می‌شوند. این سیستم‌ها چند سالی است که در راه‌آهن‌های کشورهای مختلف استفاده می‌گردند. در راه‌آهن کشورمان نیز تابه‌حال چند طرح مانند پروژه تیزی لبه چرخ، بریدگی چرخ و شناسایی خودکار واگن به‌صورت طرح اولیه برای این منظور اجرا شده‌اند. در حال حاضر در چندین کشور مانند استرالیا و آفریقای جنوبی از سیستم‌های

کنترل وضعیت خودکار استفاده می‌گردد. که پیشنهاد می‌گردد جهت حمل‌ونقل ریلی بهتر و با صرفه‌تر در کشورمان از آنها استفاده نمائیم.

۷-۳-۲-۹- سیستم کنترل وضعیت در ایستگاههای تخلیه بار[۳۷و۴۵]

چنانچه واگن‌هایی باشند که در ایستگاههای ورودی بازرسی نشده باشند، می‌توان آنان را در ایستگاههای کنترلی مورد بازرسی قرار داد. پاره‌ای از این موارد به‌صورت زیر می‌باشند:

- ضخامت کفشک ترمز
- وجود کلید نگهدارنده کفشک ترمز
- بررسی وضعیت طوقه چرخ
- قطر چرخ
- وجود کلید نگهدارنده یا کم‌تاقان
- یکپارچگی فنرهای اصلی بوژی
- بیشترین فاصله بین جعبه یاتاقان و قاب فرعی
- اندازه‌گیری پروفیل چرخ
- وضعیت دستگاه کشش و کوپلر
- تشخیص نوری شماره واگن
- در حال حاضر بازرسی ضخامت کفشک‌های ترمز توسط مسئولین بازدید به‌صورت دستی انجام می‌گیرد. چنانچه این عمل توسط سیستم‌های مدرن صورت گیرد، می‌توان روزانه از ده هزار کفشک ترمز با دقت ۰/۵ میلیمتر بازرسی نمود.

سیستم‌های امروزی دارای تجهیزاتی هستند که با استفاده از تصاویر تهیه شده از قطعات سیستم ترمز نسبت به اندازه‌گیری ضخامت کفشک اقدام می‌کنند. برای تصویربرداری بهتر لازم است که از دوربین‌های مخصوص که دارای دقت و سرعت کافی هستند(CCD)[1] استفاده گردد و برای استخراج اطلاعات از متن تصویر از روش‌ها و الگوریتم‌های پردازش تصویر استفاده می‌شود. برای اطمینان از اندازه‌گیری خودکار، مدیر ناظر می‌تواند یک نمونه را به‌طور دستی اندازه‌گیری نماید از آنجا که کفشک‌ها روزانه بازرسی می‌شوند. می‌توان از داده‌های جمع‌آوری شده جهت تحلیل عوامل خارجی که سبب از بین رفتن کفشک ترمز می‌شوند نیز استفاده کرد.

1- Charge Couple Device

قابلیت دیگری که می‌تواند بر روی سیستم نصب گردد نرم‌افزار اندازه‌گیری پروفیل چرخ می‌باشد. این نرم‌افزار قادر به اندازه‌گیری پروفیل چرخ با دقت ۰/۵ میلیمتر می‌باشد، که می‌تواند روزانه نزدیک به ۱۰۰۰ پروفیل را بررسی نماید. آخرین قطعه‌ای که توسط سیستم نمایش داده می‌شود مجموعه کوپلر (قلاب) و ضربه‌گیر قلاب می‌باشد. فاصله بین کوپلر و سرشاسی به تدریج با زمان استفاده از دستگاه کشش افزایش می‌یابد که میزان افزایش وابسته به موقعیت واگن در دنباله واگن‌های یک قطار می‌باشد و اندازه‌گیری خودکار و پردازش تصویر، امکان بررسی دستگاه کشش و شناسایی قطعات خراب را ایجاد می‌نماید.

۷-۳-۲-۱۰- بلیط‌های هوشمند[۴۶]

با توجه به افزایش تعداد مسافرین و استفاده‌کنندگان از حمل‌ونقل ریلی خصوصاً جهت ترددهای درون شهری وحومه شهری استفاده از روش‌های صدور بلیط به ازاء هر بار سفر و ارایه بلیط به مسئول مربوطه تقریباً منسوخ گردیده است. امروزه با تولید بلیط‌ها به‌صورت کارت‌های هوشمند به راحتی و با هزینه‌ای بسیار کمتر در قیاس با بلیط‌های سنتی می‌توان از خدمات حمل‌ونقل ریلی استفاده نمود.

این بلیط‌ها در انواع مختلف تماسی و غیرتماسی ساخته و مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نوع تماسی که به‌صورت اعتباری یا شارژی می‌باشد جهت ورود به محدوده سوار شدن به قطار مورد استفاده قرار می‌گیرند و لازم است که بلیط را به دستگاه وارد و در صورت معتبر بودن آن گیت مربوط به عبور باز شده و شخص می‌تواند به روی سکو وارد و سوار قطار شود. در این حالت دستگاه به‌طور اتوماتیک از اعتبار کارت مذکور کم نموده و کارت را بعد از عبور از گیت به صاحب آن پس می‌دهد. در برخی دیگر از این کارت‌ها هیچگونه مبلغی از کارت کم نشده و فقط اعتبار کارت چک می‌شود و در صورت معتبر بودن گیت عبوری باز می‌شود.

همانطور که ذکر شد همین ورود کارت عبور از گیت و دریافت آن مدت زمانی را صرف می‌کند که خود این امر در مواقع شلوغی موجب ازدحام پشت گیت می‌شود. برای کاهش این زمان جدیداً از کارت‌های اعتباری Contact less یا غیر تماسی استفاده می‌گردد که احتیاجی به وارد شدن آن به دستگاه نبوده و تنها با نزدیک کردن کارت به گیرنده ارتباط برقرار و گیت باز می‌شود. معمولاً از این کارت ها که به‌صورت چند منظوره می‌باشند جهت سایر امور نیز استفاده می‌گردد که خود این امر در کاهش هزینه آن نیز مؤثر می‌باشد و پیشنهاد می‌گردد از این سیستم‌ها خصوصاً جهت استفاده کنندگان مترو و قطارهای شهری استفاده گردد. در اشکال(۷-۳-۱۱) تا(۷-۳-۱۵) انواع گیت‌ها وکارت‌های تماسی و غیر تماسی و گیت مربوط به معلولین قابل مشاهده است.

شکل ۷-۳-۱۱- نمونه‌ای از گیت‌های نصب شده در مترو [۴۶]

شکل ۷-۳-۱۲- دستگاه حسگر کارت‌های غیرتماسی [۴۶]

شکل ۷-۳-۱۳- محل عبور معلولین از گیت مربوطه [۴۶]

شکل۷-۳-۱۴- نمونه‌ای از گیت‌های مجهز به کارت غیرتماسی[۴۶]

شکل ۷-۳-۱۵- کارت غیرتماسی[۴۶]

شکل ۷-۳-۱۶- تابلوی اطلاع رسانی قابل تغییر در محل سالن ایستگاه [۴۸]

۷-۳-۲-۱۱- سیستم تابلوهای اطلاع‌رسانی پیام متغیر [۴۷]

همانطوری که ذکر گردید اطلاع‌رسانی در مورد خدمات قابل ارایه و استفاده از امکانات سایر مراکز خدماتی امری است که در دهه‌های اخیر به سرعت در سطح دنیا رواج یافته است. در چند سال اخیر در ایران و حمل‌ونقل ریلی نیز تغییراتی داشته‌اند. به عنوان مثال می‌توان به تابلوهای اطلاع‌رسانی که در محل‌های مختلف نصب شده و یا شماره تلفن‌های اطلاع‌رسانی و حتی سایت‌هایی که به منظور این امر راه‌اندازی شده‌اند اشاره نمود. اما نباید فراموش کرد که هنوز در این زمینه جای کار بسیار زیاد می‌باشد. اشکال(۷-۳-۱۶) و(۷-۳-۱۷) به ترتیب نمونه‌ای از تابلوهای اطلاع‌رسانی قابل تغییر در محل سالن ایستگاه، روی سکو و کنار خط بوده که به انتخاب صحیح مسافران ریلی جهت سفر خویش کمک شایانی می‌کند. مکان قرارگیری و نحوه اطلاعات بیان کننده توسط تابلو باید به نحوی تعبیه شود که قابل دسترس و درک برای عامه افراد باشد.

لازم به ذکر است که هنوز بر روی ایستگاهها (حتی در ایستگاههای اصلی نظیر تهران) تابلوهای اطلاع‌رسان الکترونیکی قابل تغییر نصب نشده است و یا اطلاع رسانی تلفنی نیز به طور انسانی صورت می‌گیرد و کاملاً اتوماتیک نشده است. اما در ارتباط با سایت‌های ایجاد شده این ضعف کمتر وجود دارد. ولی همیشه باید این مسأله را در نظر داشته باشیم که کلیه افراد در هر سطحی و با هر امکاناتی بتوانند از یکی از این سیستم‌ها بدون وجود محدودیت و اشکال استفاده نمایند و با توجه به رشد کامپیوتر و اینترنت در سطح دنیا تمرکز اصلی جهت برنامه‌ریزی آتی باید بر روی این نقطه صورت گیرد.

شکل ۷-۳-۱۷- نمایی از تابلوهای رنگی قابل تغییر، جهت نصب روی سکو و کنار خط [۴۸]

۷-۳-۲-۱۲- استفاده از دوربین‌های مدار بسته[۴۹]

امروزه در بسیاری از زمینه‌ها و بدون حضور فیزیکی در یک محل می‌توان با استفاده از سیستم‌های دوربین مدار بسته مطابق شکل(۷-۳-۱۸)، اطلاعات را از نقاط مختلف جمع‌آوری و در یک مرکز مشاهده نمود. این اطلاعات می‌تواند تصاویر مرتبط با نقاط حساس و یا بحران خیز و حتی داخل ایستگاه و وضعیت خطوط و نقاط ورودی و خروجی آن باشد. با توجه به اینکه در مسیرهایی که از فیبر نوری استفاده شده تجهیزات مخابراتی نصب شده قابلیت دریافت و ارسال تصاویر را نیز دارا می‌باشند لذا می‌توان به راحتی در مراکز این

اطلاعات را دریافت و به مرکز کنترل و یا هر نقطه دیگری ارسال نمود. با توجه به سیستم‌های جدید و فرمتهای فشرده سازی تصاویر می‌توان اطلاعات مربوط به چند دوربین را ارسال نمود. در این سیستم‌ها از طریق مراکز مخابراتی و سوئیچ های مربوطه تصاویر به مقصد مورد نظر ارسال می‌شوند. از این دوربین ها می‌توان در نقاط حساس و بحران خیز نظیر بعضی ترانشه‌ها و یا تونل‌ها نیز استفاده نمود. با توجه به اینکه این تجهیزات احتیاج به منبع تغذیه دارند لذا می‌توان از طریق انرژی خورشیدی و یا موتور برق این انرژی را تأمین نمود. از جمله اشکلات احتمالی که ممکن است برای سیستم بوجود بیاید قطعی ارتباطی می‌باشد که برای این منظور می‌توان از سیستم‌های پیشتیبانی که از طرق دیگر، مسیر ارتباطی را برقرار می‌نمایند، ارتباط را مجدداً برقرار نمود. یکی از این مسیرها می‌تواند خط تلفن باشد که البته کیفیت و سرعت تصاویر آن بستگی به کیفیت خط تلفن دارد و به‌صورت موقت می‌توان از آن استفاده نمود. از جمله مزایای این سیستم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده از یک خط تلفن برای چند دوربین
- امکان ضبط تصاویر به‌صورت دیجیتالی
- امکان پخش مجدد و بررسی آن در آینده
- امکان کنترل کامل دوربین‌ها از راه دور
- فعال شدن دوربینی که در محدوده آن حرکتی صورت گرفته است.
- قابلیت اجرا تحت شبکه‌های کامپیوتری
- انتقال سیگنال خروجی به‌طور wireless با کیفیت مناسب
- ثبت زمان و تاریخ و ذخیره اطلاعات و امکان سریع بازیابی آنها
- استفاده از باند فرکانسی بالا بدون نویزپذیری از محیط

بعلاوه می‌توان از این سیستم در محیط‌هایی که برای انسان زیان‌بار است (نظیر داخل تونل) و حتی برگزاری جلسات و سمینارها به‌صورت غیر مجتمع و از راه دور که کاربرد زیادی در راه‌آهن دارد نیز اشاره نمود.

شکل ۷-۳-۱۸- نمونه‌ای از دوربین مدار بسته نصب شده در داخل قطار [۵۷]

۷-۳-۲-۱۳- سیستم هشدار شخصی و اتوماتیک[۵۰]

نگهداری، تعمیر و بازسازی خطوط راه‌آهن (اعم از زیرسازی و روسازی) در طول سال و به طور مستمر انجام می‌پذیرد.این عملیات ممکن است در داخل ایستگاهها یادر طول مسیر (بلاک‌ها) و همراه با خطر عبور قطار از روی ریل انجام شود این عملیات معمولاً توسط ماشین‌آلات و بعضاً توسط نیروی انسانی صورت می‌گیرد که سبب استقرار نیروی انسانی در طول خط می‌گردد. برای مواقعی که احتمال عبور قطار در محدوده مذکور وجود دارد از تجهیزات هشدار اتوماتیک عمومی استفاده می‌گردد اما در حال حاضر تجهیزات جدیدی نیز ساخته و ارایه شده‌اند که برای امنیت بیشتر، مخصوصاً برای افرادی که آشنایی با نحوه کار در اکیپ ندارند پیشنهاد می‌گردد و معمولاً برای سرکشی یا بازدید از نحوه کارکرد و پیشرفت به کارگاهها استفاده می‌گردد.

نحوه عملکرد این سیستم بدین صورت است که به موازات سیستم هشدار عمومی ویا با اتصال به همان سیستم کار می‌کند. این سیستم چیزی نیست جز یک آژیر، یک چراغ رنگی و یک دستگاه ویبره که در داخل جلیقه نصب گردیده است و در صورت نزدیک شدن قطار فعال و به شخصی که جلیقه را بر تن کرده این امر را اطلاع می‌دهد. لازم به ذکر است که از این سیستم در کنار هشدار عمومی استفاده می‌گردد و این سیستم به‌جای سیستم عمومی نباید به‌کار رود.

سیستم هشدار اتوماتیک

با افزایش ترافیک حمل‌ونقل ریلی و بالارفتن خواسته‌های مصرف‌کنندگان از این حمل‌ونقل، لزوم تعدد خطوط و افزایش سرعتهای تردد احساس می‌شود. برای بهره‌برداری و نگهداری این ترافیک سنگین ملزوماتی نیاز است که یکی از آنها نگهداری مناسب خطوط ریلی توسط عملیات احداث، بازسازی و بهسازی است. این عملیات توسط اکیپ‌های مختلف صورت می‌پذیرد. برای ایجاد ایمنی کافی (با توجه به سرعت تردد) و کاهش نظرات انسانی مورد نیاز برای هشدار، چنین سیستمی پیش‌بینی شده است.

اهداف سیستم هشدار اتوماتیک

- هشدار به پرسنل مشغول به کار در خطوط (مجاور) در مورد نزدیک شدن وسیله نقلیه ریلی
- تقلیل افراد مورد نیاز برای اکیپ هشدار
- کاهش خطای انسانی (به دلیل بهره‌برداری از ابزار دقیق)

سیستم پیشنهادی

مناسب‌ترین سیستم برای این منظور، استفاده از لیزر نقطه‌ای و چراغ سه نمای متحرک است. در این سیستم آشکارسازهای لیزری (متحرک) تردد وسیله نقلیه ریلی را نشان می‌دهند. با اتصال الکترونیکی (بی‌سیم)

توسط کنتاکت‌های رله‌ای آشکارساز، چراغها و آژیر نزدیک اکیپ را فعال نموده و فاصله ایمنی را نشان می‌دهد.

چراغ سبز: حالت بی‌خطر

چراغ زرد و آژیر موجدار: نزدیک شدن وسیله نقلیه ریلی

چراغ قرمز و آژیر ممتد: خطر

چگونگی اجرای سیستم

با توجه به زمان عکس‌العمل افراد و سرعت تقریبی ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت تردد، هشدار اول به فاصله زمانی یک دقیقه صورت می‌گیرد. هشدار دوم به فاصله زمانی ۴۵ ثانیه صورت می‌گیرد.

ملزومات

- پایه‌های لیزری شامل: حداقل سه فرستنده ، گیرنده لیزری به فاصله۷۵ سانتیمتر از یکدیگر، پایه‌های متحرک مربوطه و باطری
- چراغ سه نما شامل: سه چراغ سبز، زرد و قرمز، دو نوع آژیر موجدار و ممتد، پایه‌های متحرک و باطری
- سیستم فرستنده ـ گیرنده پیام از سنسورهای لیزری به چراغ سه‌نما
- سیستم ایمنی تا اختلال در سیستم رادیویی یا سیستم الکترونیکی را با اعلام آژیر مخصوص اعلام نماید.
- کیسهٔ مخصوص حمل‌ونقل ادوات فوق[1]

۷-۳-۲-۱۴- مرکز تلفن به‌صورت بی‌سیم[2] و انتقال داده در واگن‌های مسافری[۲۷و۴۵]

همانطوریکه در قسمت بررسی وضعیت موجود اشاره گردید در حال حاضر داخل واگن‌های مسافری قطارهای بین شهری فاقد سیستم ارتباطی با محیط خارج از قطار می‌باشد استفاده از سیستم‌های تلفن بی‌سیم داخلی با چند گوشی می‌تواند جوابگوی این نیاز باشد. لذا با توجه به تنوع واگن‌های موجود در مسیر می‌توان در چند سری از آنها به‌طور آزمایشی این پروژه را اجرا نمود. یک رام قطار از نوع پارسی از قطارهای تهران- مشهد به‌صورت آزمایشی نیز به این سیستم مجهز شده که پیشنهاد می‌گردد سایر واگن‌ها نیز به آن سیستم مجهز شوند. علت پیشنهاد این است که مشکلات و نواقصی در سیستم‌های کنونی به چشم می‌خورد که

۱- سیستم هشدار اتوماتیک ذکر شده قابلیت تکمیل و الحاق بعضی از وسایل نظیر کفش خط مغناطیسی برای تقلیل سرعت و جلوگیری از سانحه را دارد.

2- Wire Less

به شرح زیر می‌باشد:

در واگن‌های پارسی: در این واگن‌ها اطلاعات به‌صورت موازی بوده بدین صورت که نیازمند کابل‌کشی جداگانه و همچنین وسایل ارتباطی بخصوص پین و سوکت در هر طرف واگن می‌باشد در اغلب موارد این کابل‌کشی‌ها مشکل‌ساز بوده و دچار قطعی می‌شود این سوکت‌ها در اثر مرور زمان از آب‌بندی خارج شده و در اثر ورود آب باران و برف و نشتی‌های رطوبتی باعث اتصال کوتاه شدن مدارات و ایجاد اشکال در مدار شده و گاه استفاده مسافرین از کابل‌های ارتباطی به عنوان دستگیره در هنگام عبور از واگن‌ها خساراتی را به بار می‌آورد. منفصل‌کردن واگن‌ها که معمولاً بدون هماهنگی صورت می‌گیرد گاه باعث جدا شدن و پارگی کابل‌های ارتباطی شده که برای انجام تعمیرات به زمان قابل توجه نیاز دارد. چنانچه واگنی جایگزین واگن فاقد سیستم و یا معیوب شود باید از نظر سیستم صوتی کنترل شده که خود به زمان قابل ملاحظه‌ای نیاز دارد و اگر مشکلی در آن وجود داشته باشد سالن‌های بعدی آن نیز از نظر سیستم صوتی فاقد کارآیی خواهند بود.

در واگن‌های آلمانی: در قطارهایی که هر واگن یک سیستم دارد باید برای هر دستگاه یک نفر جهت مراقبت از سیستم گمارده شود. در این‌گونه سیستم‌ها ارسال پیام از طریق یک مرکز در قطار به کلیه واگن‌ها میسر نمی‌باشد. اما سیستم صوتی بدون سیم علاوه بر اینکه معایب سیستم‌های موازی را ندارد قابلیت افزایش تجهیزات متداول سیستم‌های روز صنعت و فناوری ارتباطات در ارسال اطلاعات را نیز دارا می‌باشد. به‌طوریکه می‌توان با تکمیل سیستم از صوتی به تصویری امکانات سیستم را افزایش داد یا با بهره‌گیری از امواج رادیوهای سراسری مسافرین می‌توانند از پیام‌ها و سایر برنامه‌ها استفاده نمایند. از آنجائیکه این سیستم دارای یک مرکز فرستنده می‌باشد امکان افزایش بلندی صدا نیز وجود دارد.

۷-۳-۲-۱۵- استفاده از نرم افزارهای GIS[1] [۳۷]

امروزه یکی از مهم‌ترین پرسش‌هایی که برای طراحان، برنامه‌ریزان و مدیران راه‌آهن مطرح می‌باشد این است که آیا سیستم GIS با این سیاست‌ها وامکانات پیش بینی شده، هماهنگی و کارآیی لازم را دارد یا خیر؟ امروزه استفاده از GIS وارد مسائلی شده که حتی تصور آن نیز قبلاً مشکل به نظر می‌رسید. تا مدتی پیش گفته می‌شد هر جا مسائل ما جغرافیایی هستند GIS نیاز داریم ولی اکنون در مسائل اجتماعی و حتی پزشکی نیز ردپائی از GIS به چشم می‌خورد. آنچه مسلم است نمی‌توان کاربردخاصی برای GIS تعریف نمود که مشخص کننده محدوده ومرزی برای استفاده از GIS باشد در GIS اطلاعات تولید نمی‌شوند بلکه ساماندهی می‌شوند.

سازمان‌ها GIS را سیستمی ارزان می‌دانند در حالیکه سیستم گران قیمتی است و تصور می‌کنند سیستم مذکور نیاز به آموزش و تخصص چندانی ندارد در حالیکه سرمایه‌گذاری در این خصوص جهت ایجاد

1- Goographical Information System

کارشناس کارآمد و متخصص ضروری می‌باشد (در تمام سطوح). با داشتن اطلاعات مکانی اندک و آن‌هم غیراستاندارد و با دقت نامناسب، سازمان‌ها انتظار ایجاد GIS کارآمدی را دارند. مدیران تصور می‌کنند این سیستم در راستای توسعه و برنامه‌ریزی نبوده و ابزار کار آمدی برایشان نخواهد بود.درحالیکه عملاً چنین نمی‌باشد. جهت آشنایی بیشتر، مزایا و معایب این سیستم به صورت جداول (۷-۳-۵) می‌باشد.

جدول ۷-۳-۵- کاربردهای استفاده از نرم افزارهای GIS

مزایای استفاده از نرم افزارهای GIS
باعث حذف نیروی انسانی می‌شود در صورتی‌که نیروهای موجود بایستی آموزش دیده و کارآمد شوند
برنامه‌ریزی کلان یعنی موقعیت راه‌آهن در بخش کلان حمل‌ونقل ومسیریابی در مقیاس وسیع‌تر
برنامه‌ریزی بخشی یعنی توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها ومسیرها
مرحله طراحی و اجرا که شامل شناسایی منابع دپو و قرضه بوده ودر فاز طراحی حمل‌ونقل ریلی موثر باشد
مرحله اجرایی کردن کار
مرحله بهره‌برداری و نگهداری که شامل واگذاری بلیط به مسافر تا انتهای سفر، مدیریت نگهداری، خدمات‌رسانی به مسافران، بررسی آماری مشخصات مسافرین مانند سن غالب مسافرین و...
پیدا کردن نزدیکترین شهرو آبادی جذب بار و مسافر و تعیین فاصله آنها از خط آهن، تعیین حجم بار مسافر بالقوه و محاسبه نرخ تعرفه به‌صورت اتوماتیک، تعیین نزدیکترین کارگاه تعمیر خط به منظور بهسازی ونوسازی خطوط ویا اجرای خطوط جدید و...
تعیین موقعیت مناطق پر جمعیت همجوار خطوط و محورهای مختلف با ذکر نام و میزان فاصله خط آهن، حجم بار و مسافر بالقوه، خطوط انتقال نیرو، خطوط لوله و خطوط مخابراتی و تعیین عوارضی که به حریم راه‌آهن تجاوز نموده‌اند
تعیین بهترین محل برای نصب پلهای عابر و راه‌آهن، همچنین مناسبترین محل برای ایستگاه و ساختمان با کاربریهای مختلف و نصب علائم و... که با استفاده از آنالیز مکان‌یابی (Selection Site) در GIS قابل دستیابی است
تعیین بهترین مکان برای تأسیس کارگاههای جدید تولید بالاست و موقعیت قرضه و یا دپو مطلق
بررسی موضوع حریم و مدیریت زمین
موقعیت یابی و شناسایی نقاط کور شبکه مخابراتی راه‌آهن (رادیویی)
موقعیت و نمایش بلادرنگ وضعیت یک متحرک در شبکه در حالیکه دچار عیب شد و یا به‌علت سانحه متوقف گردیده است و مدیریت ترافیک و سانحه به کمک یک سیستم تلفیق یافته از GIS ، GPS
تهیه گراف حرکت قطار و تنظیم برنامه حرکت قطار
مدیریت بر عملکرد فعالیت نیروی انسانی
مدیریت بر تخصیص منابع انسانی (بخصوص در شرایط بحرانی)
ایجاد نمودن ضوابط استاندارد در اطلاعات
یکسان‌سازی فرمت اطلاعات که لازمه وجود یک سیستم اطلاعاتی می‌باشد

ادامه جدول ۷-۳-۵- کاربردهای استفاده از نرم افزارهای GIS

ثبت امکانات و تجهیزات در پایانه‌های بارگیری کشور
مدیریت ماشین‌آلات تعمیر و نگهداری خط
بررسی پراکندگی نیروی انسانی (متخصصین و افراد باتجربه) در شبکه و موقعیت استقرار آنها
موقعیت دفاتر فروش بلیط و سالن‌ها و مراکز مرتبط با راه‌آهن
کمک در امر بازاریابی، فروش و مکان‌یابی مشتریان
اخذ و ارایه گزارش سوانح
ارایه و بررسی راهکارهای ممکن در جمع‌آوری سوانح، کنترل ترافیک و مدیریت خدمات اضطراری پس از وقوع سانحه
ارایه و نمایش اطلاعات توصیفی و مکانی هر نقطه دلخواه به‌صورت آماری، هیستوگرام، جدول، نقشه و تصاویر و...
مشکلات استفاده از نرم افزارهای GIS
عدم مقبولیت سازمانی بعلت کاهش مشاغل و ردیف‌های سازمانی
محدودیت‌های سازمانی، شامل نیاز به توسعه منابع انسانی، توسعه تجهیزات و نیاز به آموزش و ایجاد تخصص‌های جدید
به دلیل اینکه سیستم کارآمد و جامع دیر به بهره‌برداری می‌رسد و اکثر مدیران دوست دارند فعالیت‌هایشان در مدت تصدی سمتشان به بهره‌برداری برسد به همین دلیل از آن حمایت نمی‌کنند
عدم شناخت کافی از این سیستم
عدم وجود نقشه مبنا (نقشه مادر)
عدم دسترسی به سخت‌افزار و نرم‌افزار مناسب در سازمان
عدم سازگاری با سیستم‌های موجود و قدیمی
هماهنگی در تولید و بهره‌برداری و همچنین نیاز سنجی در داخل مجموعه و بسیاری از سازمان‌ها وجود ندارد
محدودیت‌های مالی، مدیریتی، فرهنگی و سازمانی بسیار شایع است
سریعا دچار تغییر و تحول شده و هر روز سیستم‌ها و نرم‌افزار های جدیدی وارد بازار می‌شوند
مشکلات جمع‌آوری اطلاعات، امرآموزش و عدم سرمایه‌گذاری کافی
عدم وجود استاندارد تهیه نقشه و اطلاعات
بدون توجه به مباحث تکنیکی، استفاده از آن به صورت رقابتی و تلاش در متولی آن در سازمان‌ها رایج گردیده است
عدم وجود هماهنگی مابین سازمان‌های مرتبط

۷-۳-۲-۱۶- سیستم ثبت وقایع[۴۰و۵۱]

از آنجا که نظارت بر عملکرد راننده در طول مسیر، هشدار و در صورت لزوم کنترل قطار در صورت وقوع شرایط نامطلوب در جهت تأمین ایمنی بیشتر ضروری به نظر می‌رسد، اهمیت سیستم ثبت وقایع خود را به‌خوبی نشان می‌دهد از طرفی با ثبت سیگنال‌های مهم و تجزیه و تحلیل آنها می‌توان به قابلیت‌هایی چون بررسی عملکرد ادوات لکوموتیو، علت پیدایش عیوب و خرابی در ادوات، بررسی عملکرد راننده در طول مسیر، تحلیل سوانح و... رسید.

امروزه وسایل پیچیده و پر اهمیت صنعتی و ترابری عموماً دارای سیستم‌های نظارت، هشدار، کنترل و ثبت هستند که ضمن نظارت بر عملکرد ادوات و هشدار در صورت بروز خطر و کنترل خودکار سیستم در مواقع ضروری وقایع صورت گرفته را نیز ثبت می‌کند تا در آینده بتوان با تحلیل این اطلاعات ضبط شده وقایع نامطلوب صورت گرفته را تحلیل کرد. نوعی از این سیستم‌ها تنها با قابلیت ذخیره‌سازی اطلاعات و استحکام زیاد ابتدا در ترابری هوایی استفاده گردیده که جعبه سیاه نام گرفت و استفاده آنها از سال ۱۹۶۸ در تمامی هواپیماها اجباری گردید. نوع ساده‌تری از آن تحت نام تاخوگراف در جهت کنترل ترافیک جاده‌ها و وسایل‌نقلیه عمومی بین‌شهری استفاده گردید. با رشد راه‌آهن و افزایش تردد و بالا رفتن سرعت جهت ایجاد ایمنی بیشتر و کسب اطلاعات طول مسیر، این سیستم‌ها وارد راه‌آهن نیز گردید. در راه‌آهن ایران نیز با توجه به تجارب نیاز به این نوع سیستم‌ها احساس می‌گردد.

سنجش پیوسته کمیت‌هایی چون: دما، فشار، جریان ، ولتاژ و سرعت مربوطه به نقاط مختلف و مهم قطار و مقایسه آنها با مقادیر مجاز از قبل تعریف شده، می‌تواند در جلوگیری از بروز حوادث ناگهانی و پیش بینی نشده کمک شایانی نماید. به‌طوریکه اگر این کمیات از مقادیر مجاز از قبل تعریف شده بیشتر شد سیستم می‌تواند وارد عمل شده و ضمن هشدار به راننده سرعت قطار را کاهش داده و در نهایت قطار را نگه دارد. به‌عنوان مثال یکی از اثرات خرابی ریل افزایش لرزش‌های قطار می‌باشد که این پدیده را می‌توان توسط حس‌کننده‌های الکتریک اندازه گرفته و در صورتیکه از یک حد مجاز بیشتر شد به راننده هشدار داده و یا در صورت نیاز ترمز نماید. علاوه بر این در پایان مسیر نیز می‌توان اطلاعات ذخیره شده را تحلیل کرده و به عملکرد قسمت‌های مختلف قطار پی برد با این آنالیز عیوب در صورت وجود مشخص می‌شود و بدین طریق از حوادث آنی جلوگیری می‌گردد. در تحلیل سوانح نیز از اطلاعات ذخیره شده مربوطه به قسمت‌های مختلف که قاعدتاً شرایط قبل از بروز حادثه را نشان می‌دهند می‌توان سود جسته و سانحه رخ داده را علت‌یابی کرد.

روش‌متداول برای علت یابی عیوب ایجاد شده در ادوات بررسی این عیوب و سپس نتیجه‌گیری در مورد علت ایجاد آنها است در بسیاری از موارد این روش درستی نمی‌تواند باشد چرا که پارامترهای قطعه، در زمان کار به درستی مشخص نیست. در این گونه موارد باید پارامتر قطعه و ادوات درگیر با آن و نیز محیط کار قطعه را با یکدیگر تحلیل‌کرد تا بتوان به علت درست عیوب ایجادشده پی‌برد. این سیستم در این‌گونه موارد می‌تواند مفید باشد.

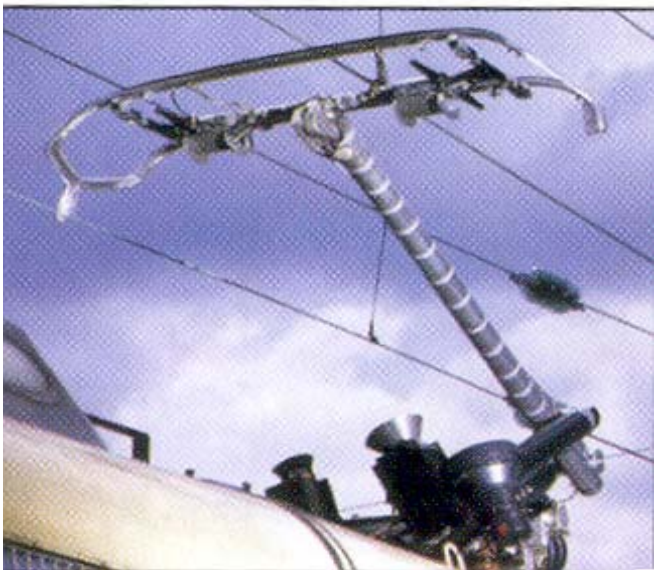
این سیستم می‌تواند وظیفه بعضی از سیستم‌های کنترلی قطار را بر عهده‌گیرد که مهمترین آنها از نظر ایمنی سیستم پدال ایمنی و سیگنال مربوطه می‌باشد این سیستم می‌تواند با نمونه‌گیری از ادواتی که راننده دائماً با آنها درگیر است (مانند دنده گاز _ ترمز دینامیک _ ترمز هوایی و...) دائماً هوشیاری راننده را چک کرده و در صورت عدم هوشیاری، ضمن دادن هشدار، بعد از مدت زمانی معین قطار را نگه دارد با این طرح دیگر نیازی

به فشار متناوب پدال نیست چرا که هوشیاری راننده توسط ادوات فیزیکی درگیر با او چک می‌گردد. بدین طریق راننده از آسایش و آرامش روانی بیشتری برخوردار است. این سیستم از طریق ارتباط سریال قادر است که اطلاعات سیستم GPS (سیستم جهانی موقعیت‌یاب ماهواره‌ای) را گرفته و در حافظه ذخیره نماید. از اطلاعات ذخیره شده می‌توان گراف واقعی مسیر پیموده را به‌دست آورد. این گراف می‌تواند مشخصه سرعت قطار بر حسب زمان، موقعیت قطار نسبت به زمان و یا سرعت بر حسب موقعیت باشد.

۷-۳-۲-۱۷- سیستم اندازه‌گیرساییدگی قسمت لغزنده پانتوگراف[۲۷و۵۲]

مقدار ساییدگی لغزنده پانتوگراف را با استفاده از چندین سنسور التراسونیک در زمانی که وسیله نقلیه وارد دپوی تعمیرات یا ایستگاه می‌شود، می‌توان اندازه‌گیری نمود. در این وضعیت مقدار ساییدگی و یا وجود شکاف‌های احتمالی در روی لغزنده نیز بررسی می‌شود.شکل(۷-۳-۱۹) یک شبکه بالاسری برای اندازه‌گیری این امر است. علاوه بر این سیستم با پیشگویی زمان برای تعویض لغزنده نسبت به کنترل وضعیت آن اقدام خواهدکرد، که در این صورت امکان حذف برخی بازرسی‌ها جهت کاهش زمان کنترل وسیله نقلیه مهیا می‌شود. در این دستگاه برای اندازه‌گیری ضخامت لغزنده پانتوگراف از چندین سنسور التراسونیک استفاده می‌شود. به این ترتیب که با ارسال امواج در زمانهای مختلف فاصله بین سطح رویی لغزنده و سطح نگه دارنده آن اندازه‌گیری می‌شود در مجموع در حدود ۸۰ عدد سنسور التراسونیک در چهار ردیف قرار خواهندگرفت.

با استفاده از این آرایش سنسورها امکان اندازه‌گیری پهنای تمامی طول لغزنده ممکن می‌گردد. این اندازه‌گیری می‌تواند در ۸۰ نقطه و با فاصله ۱۲/۵ mm (در جهت قرار گرفتن تراورس ها یا در عرض ریل‌ها) و در ۸ نقطه با فاصله‌های ۳ mm در جهت حرکت قطار انجام‌شود. حداکثر سرعت در این حالت ۲۵ Km/h و مجموع نقاطی که اندازه‌گیری بر روی آنها انجام می‌شود حدود ۶۴۰ نقطه بوده که دقت اندازه‌گیری برای هر نقطه ۰/۵ mm می‌گردد.



شکل ۷-۳-۱۹- سیستم شبکه بالاسری و دوربین‌های نصب شده روی قطار برای اندازه‌گیری پارامترهای پانتوگراف [۲۷]

۷-۴- ارایه‌برنامه‌کاری بخش برنامه‌ریزی و مدیریت در ارتباط با پروژه‌های تحقیقاتی ITS ریلی

۷-۴-۱- مقدمه

همانطور که در بخش ۷-۲ اشاره شد، برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های ITS در کشور بحثی فراسازمانی است که نیازمند یک ساختار منسجم و هماهنگ جهت هدایت و راهبری آن می‌باشد. این ساختار با استفاده از چهارچوب‌های مقرراتی و اختیارات خود، کلیه پروژه‌های هوشمندسازی را در کشور هدایت نموده و زمینه ایجاد سیستمی یکپارچه و هماهنگ را در کشور ایجاد خواهد نمود. متأسفانه عموماً در کشور وجود سازمان‌های مختلف با شرح وظایف مشابه و عدم روشن‌سازی دقیق محدوده فعالیت‌ها در بسیاری از موارد باعث بروز ناهماهنگی و موازی‌کاری‌هایی در اجرای برنامه‌ها می‌شود. از آنجا که دلیل اصلی طرح سیستم‌های هوشمند تحت عنوان ITS، جلوگیری از همین نوع از ناهماهنگی‌ها می‌باشد، لازم است قبل از هر چیز با نظر به ساختار پیشنهادی ارایه شده در فصل ۷-۲ به دنبال تعریف نحوه رویکرد به ITS ریلی در کشور بود.

اگرچه بخش مدیریت و برنامه‌ریزی به عنوان یکی از بخش‌های فعال در پژوهشکده حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری، متولی اصلی ایجاد ITS در کشور نمی‌باشد، اما می‌تواند به عنوان متولی انجام فعالیت‌های تحقیقاتی و مطالعاتی در زمینهٔ ITS در بخش‌های مختلف حمل‌ونقل کشور، نقطه عطفی در هماهنگی فعالیت‌های تحقیقاتی در این زمینه در کشور باشد.

در ادامه برنامه‌های مطالعاتی پیشنهادی به منظور فعالیت این بخش در توسعه ITS در کشور ارایه خواهد شد. بدیهی است فعالیت‌های تعریف شده در این قسمت با نظر به دو اصل: یکپارچگی سیستم‌های هوشمند در انواع روش‌های حمل‌ونقل جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی و ارایه برنامه‌های مرتبط با حمل‌ونقل ریلی تدوین و ارایه شده است. به منظور ارایه چارچوب و طبقه‌بندی مناسبی از فعالیت‌های تحقیقاتی پیشنهادی برای تدوین برنامه هماهنگ و یکپارچه در مطالعات هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در ایران، جدول (۷-۴-۱) پیشنهاد می‌شود.

جدول ۷-۴-۱- چارچوب پیشنهادی جهت تدوین برنامه هماهنگ و یکپارچه در مطالعات هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در ایران

فعالیت‌های تحقیقاتی و مطالعاتی پیشنهادی برای توسعه ITS ریلی در ایران
شناخت بخش‌های مرتبط با هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در سطح کلان و بررسی برنامه‌های آنها با نظر به تجارب سایر کشورها
بررسی و ارزیابی فرآیندهای کاری ITS
شناخت جایگاه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به ITSدر سطح کلان
تعیین استراتژی‌های توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی
اجرای مطالعات اولیه پروژه‌های نمونه با نظر به استراتژی‌های بلندمدت در توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی
ارزیابی آمادگی راه‌آهن برای تغییر از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب
فعالیت‌های مربوط به توسعه ITS در بعد فرآیندها و سیستم‌های راه‌آهن
بررسی و مطالعه استانداردهای مورد قبول و مناسب برای ITS ریلی ایران
تدوین معماری فیزیکی و منطقی سیستم‌ها و اطلاعات در ITS ریلی
تدوین برنامه اجرایی و عملیاتی توسعه ITS ریلی در ایران
تدوین برنامه آموزش و انتقال دانش فنی در حمل‌ونقل ریلی هوشمند
اقدامات ضروری برای ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در مطالعات مشابه در حوزه‌های حمل‌ونقل

۷-۴-۲- فعالیت‌های تحقیقاتی و مطالعاتی پیشنهادی برای توسعه ITS*S* ریلی در ایران[۵۳]

اگرچه موضوع **ITS** مدتی است که در بخش‌های مختلف حمل‌ونقل در کشور بسیار مورد توجه قرار گرفته است، اما واقعیت آن است که علیرغم تأکید بر یکپارچگی و هماهنگی فعالیت‌ها در این خصوص، تاکنون ساختار منسجم و کاملی برای هدایت و پیشبرد بحث ITS در کشور تشکیل نشده و فعالیت‌هایی در قالب طرح تک‌فاز، کمیته فن‌آوری اطلاعات وزارت راه و ترابری و برخی از بخش‌های اجرایی سازمان‌های وابسته به وزارت راه و ترابری در جریان است که بعضاً هماهنگی لازم در این بین وجود ندارد. در این بخش صرفنظر از اینکه چنین ساختار تشکیلاتی در کشور وجود دارد یا خیر؟ و با فرض آنکه کلیه فعالیت‌های تحقیقاتی و مطالعاتی در این خصوص در بخش برنامه‌ریزی و مدیریت پژوهشکده حمل‌ونقل انجام خواهد شد، پیشنهاد طرح‌های مطالعاتی در قالب موارد زیر ارایه شده است:

۷-۴-۲-۱- شناخت بخش‌های مرتبط با هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی در سطح کلان و بررسی برنامه‌های آنها با نظر به تجارب سایر کشورها [۵۳]

از آنجاکه هدف اصلی از اجرای برنامه‌های ITS، ایجاد بازدهی بیشتر از به‌کارگیری سیستم‌های هوشمند جهت رفع نیازها و مشکلات بخش‌های مختلف در حمل‌ونقل می‌باشد، قبل از هر چیز لازم است تا جایگاه و نیازهای بخش‌های مختلف مرتبط با حمل‌ونقل ریلی در کنار یکدیگر مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در این راستا انجام اقدامات زیر ضروری به نظر می‌رسد:

- مطالعه و بررسی تجارب برخی از کشورهای پیشگام در توسعه ITS و بررسی اهداف کلان، چشم‌اندازها و استراتژی‌های بخش‌های حمل‌ونقل دولتی آنها و شناخت شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد در کشورهای مذکور
- شناسایی و تهیه فهرست کلیه بخش‌های درگیر با حمل‌ونقل ریلی ایران و نیازها و مشکلات هر بخش

یکی از ویژگی‌های اصلی سیستم‌های هوشمند آن است که با استفاده از مسایل طرح شده توسط بخش‌های مختلف مرتبط با یک موضوع خاص، به دنبال ارایه روشی یکپارچه در حل مسایل طرح شده خواهد بود و در این راستا از مساعدت کلیه بخش‌ها نیز بهره‌مند خواهد شد. شناسایی و طرح مسایل مرتبط با حمل‌ونقل ریلی اولین قدم در حل مسایل این بخش می‌باشد.

- مطالعه تطبیقی اهداف کلان و چشم انداز بخش ITS ایران در قیاس با کشورهای الگو و جمع آوری اطلاعات مربوط به عملکرد شاخص‌های حمل‌ونقل در کشور از مطالعات انجام شده قبلی یا جاری و در صورت لزوم انجام مطالعات در حد نیاز
- بررسی و تعیین افراد کلیدی و صاحب نظر برای انجام مصاحبه از مدیران و کارشناسان وزارت و بخش حمل‌ونقل
- برگزاری جلسات اختصاصی با افراد مذکور و استخراج نتایج مصاحبه‌ها حول محورهایی از قبیل: چشم انداز مدیران ارشد تشکیلات راه‌آهن در رابطه با بخش ITS و توسعه آن، استراتژی‌ها و اهداف کلان مورد نظر مدیران ارشد در ارتباط با این بخش، فرآیندهای کلان مورد نظر برای تحقق اهداف و استراتژی‌های فوق‌الذکر، نقاط قوت وضعف و فرصت‌ها و تهدیدات موجود در بخش حمل‌ونقل ریلی، تعیین و دسته‌بندی بخش‌های مختلف بازار و انواع پشتیبانان[۱] سیستم، بررسی و مطالعه بر روی نیازها و انتظارات بازار و هر یک از گروه‌های ذینفع از نوع و کیفیت خدمات این حوزه، تعیین اهداف و انتظارات تعیین شده حمل‌ونقل ریلی در بخش هوشمندسازی راه‌آهن و در نهایت تجزیه و تحلیل کلی

۱- منظور از پشتیبانان سیستم کسانی هستند که به نوعی منافع حاصل از اجرای برنامه‌هایITS متوجه آنها می‌شود و این افراد در واقع پشتیبانان اصلی در این خصوص می‌باشند.

و اولیه از چگونگی عملکرد بخش حمل‌ونقل در توسعه ITS و انتظاراتی که از آن می‌رود.

در صورت اجرای مراحل فوق، انتظار می‌رود در پایان بتوان از خروجی‌های مطالعات انجام شده در قالب موارد زیر بهره‌برداری نمود:

- گزارش توجیهی انتخاب کشورهای الگو
- اهداف کلان، چشم انداز و استراتژی‌ها و شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد بخش ITS در کشورهای الگو
- اهداف کلان، چشم انداز و استراتژی‌ها و شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد بخش ITS در ایران
- گزارش مصاحبه‌های انجام شده با مدیران و کارشناسان و خلاصه نتایج آن
- انتظارات بازار و دیگر پشتیبانان سیستم (به تفکیک) از نوع و کیفیت خدمات و نقاط قوت و ضعف خدمات ارایه شده فعلی
- گزارش تحلیل کلان و مقدماتی از عملکرد بخش ITS با توجه به گزارش عملکرد شاخص‌های کلان داخلی و خارجی

۷-۴-۲-۲- بررسی و ارزیابی فرآیندهای کاری ITS [۵۳]

در انجام هر فعالیت، شناخت رویکردها و فرآیندهای کاری مرتبط با موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است. قبل از آنکه به موضوع ITS پرداخته شود، لازم است تا با نگاهی به تجارب سایر کشورها، به طور کلی با فرآیندهای کاری این سیستم نیز آشنا شد. بدین منظور لازم است تا مطالعاتی با محوریت موارد زیر انجام شود:

- بررسی و مطالعه تطبیقی بر روی ساختار سازمانی و فرآیندهای اصلی بخش تصدی‌گری دولتی در چند کشور الگو
- تعیین و معرفی فرآیندهای اصلی اجرای برنامه
- بررسی و مطالعهٔ تطبیقی بر روی ساختار سازمانی و فرآیندهای اصلی ITS در کشورهای الگو
- تدوین و ترسیم گردش کار فرآیندهای اصلی
- دسته‌بندی و ارزیابی فرآیندهای موجود ITS
- تحلیل و بررسی نتایج فرآیندهای موجود در ITS و استخراج سر فصلهای اطلاعاتی تولیدی و موارد استفاده در فرآیندها

در صورت اجرای مراحل فوق انتظار می‌رود در پایان بتوان از خروجی‌های مطالعات انجام شده در قالب موارد زیر بهره‌برداری نمود:

- معرفی ساختار سازمانی و فرآیندهای اصلی بخش دولتی در کشورهای الگو
- گزارش آنالیز ساختار و کلان فرآیندهای ITS در مقایسه با کشورهای الگو
- فهرست و مشخصات فرآیندهای اصلی ITS و گزارش ارزیابی فرآیندهای موجود
- گزارش ترسیم روند فرآیندها و نمودارهای ارتباطی فرآیندها در ITS
- ماتریس‌های فرآیند- سازمان و فرآیند- سرفصل‌های اطلاعاتی

۷-۴-۲-۳- شناخت جایگاه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به ITS در سطح کلان [۵۳]

با توجه به اینکه موضوع ITS باید در کنار سایر روش‌های حمل‌ونقل مورد توجه قرار گیرد لازم است تا جایگاه ITS در این بخش نسبت به سایر بخش‌های حمل‌ونقل مشخص گردد. در این راستا مهمترین اقداماتی که باید مد نظر قرار گیرد عبارتند از:

- بررسی روند تحولات و ارگانهای اجرایی و تصمیم‌گیر در حوزه ITS ریلی در ایران
- بررسی روند تحولات و ارگانهای اجرایی و تصمیم‌گیر در حوزه ITS در بخش حمل‌ونقل و سازمان‌های متولی آن در سایر کشورها
- انجام مصاحبه با افراد صاحب‌نظر در مورد چشم اندازهای کاربرد ITS در حمل‌ونقل ریلی و ارتباط آن با سایر روش‌های حمل‌ونقل
- بررسی و مطالعه بر روی نیازهای اطلاعاتی بازار به تفکیک هر یک از بخش‌های بازار
- ارزیابی کلان از قابلیت‌های خدمات ارایه شده و نقاط ضعف و قوت در زمینه حمل‌ونقل، بعد از به کارگیری ITS

در صورت اجرای مراحل فوق انتظار می‌رود در پایان بتوان از خروجی‌های مطالعات انجام شده در قالب موارد زیر بهره‌برداری نمود:

- تعیین روند و عوامل مؤثر در تغییرات و چشم‌انداز ITS ریلی در ایران و کشورهای الگو
- گزارشی از خلاصه و جمع‌بندی نظرات مدیران، کارشناسان و صاحب‌نظران ذیربط در مورد کاربردهای ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی در ایران
- گزارش‌آنالیز نیازهای اطلاعاتی بازار به تفکیک هر بخش
- گزارش ارزیابی کلان از قابلیت‌های خدمات ارایه شده و نقاط ضعف و قوت در زمینه حمل‌ونقل، بعد از به کارگیری ITS در ارایه خدمات

۷-۴-۲-۴- تعیین استراتژی‌های توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی [۵۳]

اصولاً استراتژی‌های ITS از استراتژی‌های حمل‌ونقل جاده‌ای می‌باشد. حمل‌ونقل ریلی نیز مانند سایر روش‌های حمل‌ونقل از این قاعده مستثنی نیست. از جمله فعالیت‌هایی که بخش مدیریت و برنامه‌ریزی به عنوان واحد برنامه‌ریزی در وزارت راه و ترابری لازم است تا در این خصوص انجام دهد، می‌توان به تعیین استراتژی‌های توسعه ITS اشاره نمود. در این راستا انجام موارد زیر ضروری است:

- تعیین دورنمای پیشنهادی اجرای ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی
- بررسی و ارزیابی قابلیت‌ها و خدمات ارایه شده در زمینه حمل‌ونقل ریلی و مسایل و مشکلات موجود
- تعیین روش تدوین استراتژی ITS ریلی با هماهنگی بخش‌های مرتبط
- نظرسنجی از مدیران ارشد و کارشناسان بخش حمل‌ونقل ریلی و سایر روش‌های حمل‌ونقل به منظور جمع‌بندی نقطه نظرات در خصوص استراتژی‌های ITS ریلی
- دسته‌بندی، استخراج و تدوین استراتژی‌های پیشنهادی اولیه مجموعه ITS با توجه به نظرات مدیران و مطالعه تطبیقی بر روی اهداف کلان، چشم‌اندازها و استراتژی‌های بخش حمل‌ونقل در کشورهای الگو
- تعیین دورنمای پیشنهادی توسعهITS در بخش حمل‌ونقل ریلی متناسب با سایر بخش‌های حمل‌ونقل
- استخراج استراتژی پیشنهادی اولیه توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی و وزارت راه وترابری
- تدوین استراتژی نهایی ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی
- تدوین سناریوهای مختلف توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی

در صورت اجرای مراحل فوق انتظار می‌رود در پایان بتوان از خروجی‌های مطالعات انجام شده در قالب موارد زیر بهره‌برداری نمود:

- دورنمای ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی وزارت راه وترابری
- ارایه گام‌های تدوین استراتژی ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی
- گزارش تحلیلی از روند تغییرات و عوامل محیطی در زمینه توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی
- گزارش گام‌های تدوین استراتژی توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی
- ارایه سناریوهای مختلف توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی و وزارت راه وترابری

۷-۴-۲-۵- اجرای مطالعات اولیه پروژه‌های نمونه با نظر به استراتژی‌های بلندمدت در توسعه ITS در بخش حمل‌ونقل ریلی [۵۳]

یکی از نکات مورد توجه در به‌کارگیری سیستم‌های هوشمند در ایران آن است که تجربه به‌کارگیری این سیستم‌ها در کشور دارای سابقه طولانی نبوده و عموماً این سیستم‌ها طی یک برنامه‌ریزی مشخص و

مناسب به اجرا در نیامده است. به همین دلیل لازم است تا در هوشمندسازی حمل‌ونقل ریلی کشور، به منظور آشنایی با موانع و مشکلات اجرایی به‌کارگیری تکنولوژی‌های نوین، همانند آنچه که باید در سایر روش‌های حمل‌ونقل اجرا شود، با تعریف مسیر و پروژه‌های نمونه اقدام به پیاده‌سازی ITS نمود. بدین منظور پیشنهاد می‌شود بخش مدیریت و برنامه‌ریزی، پس از دستیابی به چارچوب مناسب و هماهنگی‌های اولیه با بخش‌های مرتبط، نسبت به انجام طرح‌های مطالعاتی در خصوص اجرای پروژه‌های نمونه در خصوص حمل‌ونقل ریلی اقدام نماید. در این راستا موارد زیر مد نظر قرار می‌گیرد:

- تعیین مسیر مورد نظر جهت اجرای طرح نمونه
- تعیین پشتیبانان و سازمان‌های درگیر در اجرای پروژه
- طراحی ساختارسازمانی و اجرایی پروژه، ساختار گروه مجری پروژه، شرح وظایف هر یک از واحدها، چگونگی گردش کار بین واحدهای مذکور، اعضای پیشنهادی (بر اساس نوع تخصص) برای واحدهای پیش بینی شده و...
- تعیین زمانبندی اجرای طرح شامل تعیین فعالیت‌ها و تقدم و تأخر آنها، ارتباط بین فعالیت‌ها و زمان و شناوری هر فعالیت، ترسیم شبکه فعالیت‌ها، برنامه‌ریزی و کنترل پروژهٔ طرح
- برگزاری جلسات توجیهی با تیم‌های تخصصی و نیز کارشناسان کارفرما
- شناسایی، جمع آوری و دسته‌بندی مطالعات و گزارشات موجود
- بررسی، مطالعه و استخراج نتایج کلیدی از مطالعات قبلی
- تشکیل و تجهیز سازمان طراحی شده برای انجام پروژه
- بررسی و مطالعه شرح وظایف، ساختارسازمانی، مأموریتها و اهداف وزارتخانه
- تدوین و ارایه متدلوژی پیشنهادی
- تشکیل کتابخانه و آرشیو فنی طرح
- بررسی سابقه و وضعیت موجود سیستم‌های کاربردی (قابلیت ها / محیط اجرایی/ محدوده پوشش / کاربران / امنیت / یکپارچگی /....)
- بررسی و ارزیابی پروژه‌های ITS (در حال برنامه‌ریزی / پیاده سازی / استقرار /....)
- بررسی و ارزیابی وضعیت محیط سخت‌افزاری / شبکه / مخابرات /...
- بررسی و ارزیابی محیط نرم‌افزاری
- بررسی و ارزیابی وضعیت سازمانی ITS و نقش آن در اتخاذ تصمیمات کلیدی و اصلی
- بررسی و ارزیابی وضعیت نیروی انسانی شاغل در ITS

- بررسی و ارزیابی دانش عمومی کاربران، کارشناسان و مدیران سیستم‌های کاربردی در زمینه استفاده از ITS
- بررسی و ارزیابی فرآیندهای اصلی مرتبط با شکل‌گیری، توسعه و استفاده از ITS در راه‌آهن
- ارزیابی میزان رضایت کابران سیستم‌های کاربردی، علل نارضایتی کاربران (داخل سازمان) و راهکارهای پیشنهادی آنها
- بررسی معماری موجود فن‌آوری اطلاعات و سیستم‌های اطلاعاتی

۷-۴-۲-۶- ارزیابی آمادگی راه‌آهن برای تغییر از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب [۵۳]

تدوین مدل و معیارها و عوامل مهم و کلیدی برای تغییر شامل:

- استخراج محورهای اصلی و جهت‌گیری‌ها و اولویت‌های استراتژیک در انجام مطالعات طرح
- برگزاری جلسات کارشناسی با ستاد راهبری و مدیریت ارشد راه‌آهن به منظور تبادل نظر و نهایی نمودن جهت‌گیری‌ها و اولویت‌های اصلی مطالعات طرح
- تدوین معیارها و محورهای تغییر و عوامل مطرح در هر یک و تأثیراتی که تغییر بر وزارتخانه می‌گذارد (قانونی، فرهنگی، سازمانی و....)
- تدوین روش‌های بررسی و اندازه‌گیری میزان آمادگی برای تغییر در هر یک از معیارهای مشخص شده
- طراحی پرسش‌نامه، تدوین دستورالعمل و... برای بررسی و اندازه‌گیری میزان آمادگی برای تغییر
- بررسی و مطالعه و اندازه‌گیری میزان آمادگی وزارت برای تغییر (در قالب مدل و محورهای تعیین شده)
- بررسی و تجزیه و تحلیل تأثیرات تغییر در راه‌آهن

۷-۴-۲-۷- فعالیت‌های مربوط به توسعه ITS در بعد فرآیندها و سیستم‌های راه‌آهن [۵۳]

- تجزیه و تحلیل چشم‌انداز استراتژی نهایی توسعه ITS و استخراج جهت‌گیری‌های اصلی برای توسعه کاربردها و فرآیندهای جدید
- تدوین و طراحی فهرست سیستم‌ها و نیازهای کاربردی و فرآیندهای جدید وزارتخانه برای پشتیبانی از چشم‌انداز توسعهITS
- تنظیم و تدوین فرآیندها وسیستم‌ها و کاربردهای سازمان (موجود و جدید) که در شرایط توسعه ITS باید دنبال شود. بررسی و تعیین معیارهای اولولیت‌بندی فرآیندهای موجود برای توسعه ITS

در سیستم حمل‌ونقل ریلی
- بررسی و تعیین پارامترهای مؤثر در سازگار کردن سیستم‌های موجود در سیستم حمل‌ونقل ریلی
- تعیین شکاف‌های مطرح در کاربردها و فرآیندهای موجود و مطلوب
- تعیین شکاف‌های مطرح در فن‌آوری موجود و مطلوب
- تعیین شکاف‌های مطرح در سیستم‌های اطلاعاتی موجود و مطلوب

۷-۴-۲-۸- بررسی و مطالعه استانداردهای مورد قبول و مناسب برای ITS ریلی ایران [۵۳]
- بررسی و مطالعه بر روی استانداردها و روش‌های مختلف تأمین امنیت در سیستم‌های اطلاعاتی (با گرایش به سیستم‌های حوزه حمل‌ونقل)
- ارایه سناریوهای مختلف برای تأمین امنیت در سیستم‌های اطلاعاتی و نقطه قوت و ضعف هریک از آنها
- ارایه سناریوهای مختلف تأمین یکپارچگی در سیستم‌های اطلاعاتی و معایب و مزایای هر یک از آنها
- دریافت نقطه نظرات در زمینه هر یک از سناریوهای مطرح شده (به تفکیک سیستم‌ها/سازمان‌ها)
- ارزیابی قابلیت‌ها و امکان‌پذیری سطح امنیت و یکپارچگی مورد انتظار مدیریت حمل‌ونقل ریلی

۷-۴-۲-۹- تدوین معماری فیزیکی و منطقی سیستم‌ها و اطلاعات در ITS ریلی[۵۳]
- تدوین متدلوژی معماری اطلاعات
- طراحی معماری نوین اطلاعات براساس متدلوژی توافق‌شده
- بررسی استراتژی مصوب ITS و استخراج جهت جهت‌گیریهای اصلی ITS
- بررسی و مطالعه و تدوین زیرساخت‌های فن‌آوری ضروری و مورد نیاز برای پشتیبانی از استراتژی کاری و استراتژی ITS حمل‌ونقل
- بررسی و انتخاب معماری فنی و تکنیکی محیط اجرای سیستم‌های اطلاعاتی و کاربردی (سخت‌افزار/ شبکه / نرم‌افزار/...)
- طراحی ساختار سازمانی مناسب برای راهبری و هدایت فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات
- پیش بینی لازم برای روز آمد کردن استراتژی ITS
- تعریف و طراحی فرآیندهای ITS
- تدوین شرح وظایف و طراحی مشاغل کارکنان حوزه ITS ریلی در وزارت راه ترابری
- برنامه‌ریزی آموزشی برای نیروی انسانی حوزه ITS در ستاد وزارت راه وترابری

۷-۴-۲-۱۰- تدوین برنامه اجرایی و عملیاتی توسعه ITS ریلی در ایران [۵۳]

- مشخص کردن اقدامات و مراحلی که باید در ارتباط با پشتیبانی از توسعه سیستم‌ها و شکل‌گیری زیرساخت‌های لازم و انجام تغییر در سازمان دنبال شوند و تعیین نیازهایی که برای انجام این اقدامات وجود دارد
- بازنگری، پالایش و دسته‌بندی نیازها (اعم از نیازهای کابران، تجهیزات و روش‌ها و...)
- تدوین شاخص‌هایی که برای اولویت‌بندی نیازها، اقدامات، پروژه‌ها و سیستم‌ها و تفکیک موارد ضروری و لازم، از مواردی است که وجود آن مفید است
- اولویت‌بندی فهرست اقدامات، سیستم‌ها، تجهیزات و سایر نیازمندی‌ها براساس شاخص‌های تعریف شده
- بررسی و مطالعه روی عرضه‌کنندگان تجهیزات و مشخصات فنی محصولات آنان و تهیه فهرست عرضه‌کنندگان مناسب
- بررسی و مطالعه بر روی ارایه‌کنندگان خدمات سیستمی و موضوعی و تهیه فهرست مناسب آنها
- بررسی و مطالعه و تخمین هزینه و زمان تأمین تجهیزات، نیازها و سیستم‌ها و...
- بررسی و مطالعه و تخمین هزینه و مدت و اقداماتی که برای منطبق کردن سیستم‌های موجود با سیستم‌های جدید ضروری می‌باشند

۷-۴-۲-۱۱- تدوین برنامه آموزش و انتقال دانش فنی در حمل‌ونقل ریلی هوشمند[۵۳]

- تعیین نیازهای آموزشی پرسنل براساس نیازهای برنامه‌های پیش بینی شده و نتایج حاصل از مطالعات شناخت
- تعریف استانداردهای آموزش و پیش نیازها و منابع مورد نیاز
- تدوین دوره‌های آموزشی بر اساس نیازهای آموزشی پیش‌بینی شده
- تعریف اقدامات و فعالیت‌هایی که علاوه بر آموزش برای انتقال دانش فنی در سطح حمل‌ونقل ریلی باید دنبال شوند
- تدوین برنامه عملیاتی آموزش و انتقال دانش فنی

۷-۴-۲-۱۲- اقدامات ضروری برای ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در مطالعات مشابه در حوزه‌های حمل‌ونقل[۵۳]

در این بخش اقدامات لازم برای هدایت و ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در مطالعات مستقلی که در حوزه‌های حمل‌ونقل ریلی برای تدوین برنامه جامع ITS ریلی انجام می‌گردند، دنبال می‌شود. این اقدامات در مراحل مختلف این مطالعات به شرح ذیل می‌باشند:

- فعالیت‌های مربوط به ایجاد استانداردها و شرح خدمات هماهنگ و مشترک
- تدوین دستورالعمل‌های کاری برای تیم‌های مطالعاتی در حوزه‌های تخصصی
- تدوین استانداردهای مورد نیاز انجام کار در حوزه‌های تخصصی
- تدوین جهت گیری و چارچوب انجام مطالعات در حوزه‌های تخصصی شامل: مراحل کلی انجام کار، ساختار کلان سازمان پروژه، سیاست‌های کلان حاکم بر مطالعات، تدوین متدلوژی طراحی استراتژی و معماری اطلاعات
- شناسایی، جمع آوری و دسته‌بندی مطالعات تخصصی انجام شده در سازمان
- دریافت، بررسی و مطالعه شرح وظایف، ساختار سازمانی، اساس‌نامه، اهداف و مأموریت‌های سازمان ITS
- دریافت نقطه نظرات مدیریت سازمان در ارتباط با انتظارات آنان از طرح
- تدوین شرح خدمات و استانداردهای انجام مطالعات در سازمان‌های تابعه
- بررسی اهداف کلان، چشم انداز و مأموریت‌های موجود و آتی و فرآیندهای اصلی سازمان‌های تابعه وزارت راه و مقایسه تطبیقی و کنترل هماهنگی مطالعات انجام شده در آنها با سازمان ITS
- مقایسه تطبیقی و کنترل هماهنگی وضعیت موجود سیستم‌های کاربردی در حمل‌ونقل ریلی حوزه‌های تخصصی
- مقایسه تطبیقی و کنترل هماهنگی وضعیت محیط اجرای سیستم‌های کاربردی (سخت‌افزار/ نرم‌افزار / شبکه / مخابرات / و...) در حمل‌ونقل ریلی
- مقایسه تطبیقی و کنترل هماهنگی وضعیت سازمانی و نیروی انسانی شاغل در حوزه‌های مرتبط با ITS در راه‌آهن کشور
- مقایسه تطبیقی و کنترل هماهنگی سطح دانش عمومی کارشناسان و مدیران در هوشمندسازی سیستم حمل‌ونقل ریلی در زمینه استفاده و به‌کارگیری فن‌آوری اطلاعات

مراجع

1- Anya A. Carrol, (1999) “ITS Technology at Highway-Rail Intersections”, ITS Joint Program Office.

2- A.M. Amendola, L. Impagliazzo, P. Marmo, (1997) “Experimental Evaluation of Computer-Based Railway Control Systems”, Presented at 27th International Symposium on Fault-Tolerant Computing, June 25-27, Seattle.

3- D. Sanghi, (2002) “Intelligent Railway Information System”, Department of Computer Science and Engineering, Indian Institute of Technology.

4- “Definition of ITS Program Assessment/ Evaluation”, (2003) Intelligent Transportation Systems, Joint Problem Office, U.S. Department of Transportation.

5- “ETCS Train Location Project”, (2002) European Rail Research Institute(ERRI).

6- “European Rail Traffic Management System (ERTMS)”, (2000) SIEMENS Company.

7- “Evolution of Urban Railway” (2000) Japan Railway & Transport Review 25.

8- Ian. Mitchell, (2002) “Delivering Capacity Improvement with ERTMS/ ETCS and Intelligent Traffic Control Systems”, Signaling Research and Development, AEA Technology Rail.

9- “Innovation through Partnership Intelligent Transportation Systems” (2003) ITS Office Transport Canada.

10- L. A. Schulz , A. Smadi , (1998) “Application of ITS at Railroad Grade Crossing" , North Dakota State University , Department Publication No.123.

11- Mathieu J. (1995) “Multi-services/Multi-providers Remote Ticketing on the Marseille Metropolitan Area”, Proceeding of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems, France.

12- Norimichi Kumagi, (2001) “Research and Development of the Future of Railways in the RTRI Fundamental Plan”, Research & Development Promotion Division, Japan.

13- Ping LI, Li-Mim JIA, (2002) “Railway Intelligent Transportation Systems Architecture”, China Academy of Railway Sciences, Beijing, China.

14- "What are the BenefITS of the Transit Components of ITS?" (1996) Federal Transportation Administration (FTA).

15- www.aeat.co.uk/rail
16- www.alcatel.com/tas
17- www.ersa-france.com
18- www.fra.dot.gov/o/dev/ITS/hri/a
19- www.ertico.com
20- www.ertms.com
21- www.indianrail.gov.in
22- www.ITS.dot.gov
23- www.ITSa.org
24- www.lorcorpol.org
25- www.siemens.co.uk

۲۶- کمیته فن‌آوری اطلاعات وزارت راه و ترابری "مقدمه‌ای برسیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند"، جلد دوم، سال ۱۳۸۱

۲۷- صدیقی، گاهنامه فنی و تخصصی رجا- سال ۱۳۸۱

۲۸- نشریه تلاش ما- سال ۱۳۷۴

۲۹- ابراهیم زاده، نشریه انجمن مهندسی مکانیک ایران - سال دوم- شماره۲۴- سال ۱۳۸۱

۳۰- صفری و لاجوردی، گزارش راه‌اندازی ماشین اندازه‌گیر خط (دفتر مهندسی و نظارت)- سال ۱۳۷۸

۳۱- کاتالوگ‌های شرکت آلکاتل- سال ۲۰۰۱

۳۲- سمینار شرکت بهین سامانه وجزوه آموزشی مدارات خط ۱۳۷۹

۳۳- گزارش ۴ جلدی مقدمه‌ای بر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند(کمیته فناوری وزارت راه وترابری)

۳۴- بروشور تبلیغاتی ایستگاه علایم و ارتباط راه آهن - سال ۱۳۸۰

۳۵- مقاله منتخب راه‌آهن- شماره ۲۵- سال ۱۳۸۱

۳۶- قلیچ‌خانی، مقاله منتخب راه‌آهن- شماره ۶۳- سال ۱۳۷۸

۳۷- نتایج نظرات و مصاحبات انجام شده با کارشناسان مرکز تحقیقات راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

۳۸- بروشور تبلیغاتی اتوماسیون اداری شرکت بهار- سال ۱۳۸۱

۳۹- دفتر آمارخدمات ماشینی، ماهنامه آمار عملکردی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران - سال پنجم - شماره ۵۲- مهرماه ۱۳۸۲

۴۰- لطفی‌آزاد، مقاله منتخب راه آهن سال سوم - شماره ۶۵ - اردیبهشت ۱۳۷۸

۴۱- مجموعه کاتالوگ‌های شرکت آلکاتل - سال ۲۰۰۱
۴۲- ماهنامه صنعت حمل‌ونقل ریلی- نشریه شماره ۶- سال ۱۳۸۰
۴۳- کاتالوگ‌های تولید کننده قپان‌های‌ریلی Pfister وShenck- سال ۸۱
۴۴- فاطمی و نظری، مقاله منتخب راه‌آهن- سال سوم - شماره ۶۸- اردیبهشت ۱۳۷۸
۴۵- کاشفی،م.وفاطمی،ا.، مقاله منتخب راه‌آهن سال دوم - شماره ۳۸ - آبان ۱۳۷۷
۴۶- مجموعه بروشورگیت‌های شرکت سامسونگ سال ۲۰۰۳
۴۷- مجموعه بروشورهای شرکت زیمنس - سال ۲۰۰۳
۴۸- مجموعه کاتالوگ‌های شرکت DATA - سال ۲۰۰۲
۴۹- جعفری، انتشارات نمونه اندیشه- شماره ۲۹- آذر ۱۳۷۸
۵۰- شرکت مهندسی نوین تراشه البرز- دیماه ۱۳۸۲ودفتر مهندسی ونظارت تأسیسات زیربنایی
۵۱- فصل‌نامه تابستان تازه‌های ترافیک سال ۱۳۸۱
۵۲- خادم، نشریه دانشجویی دانشکده راه‌آهن- سال ۲- شماره ۳- پاییز ۱۳۸۰
۵۳- گزارش برنامه‌ها و عملکردهای فناوری اطلاعات وزارت راه وترابری - سال ۱۳۸۲

54- WWW.IRIRW.COM
55- WWW.ANSYS.CO.ZA
56- WWW.INTELTRACK.CO.ZA
57- WWW.ELSEVIER.COM/LOCATE/TRA
58- WWW. UNCTAD.ORG
59- Magazin Nippon Signal&Railway Road Traffic Signal Division (1989)

فهرست واژگان

Advanced operation management system	سیستم پیشرفته مدیریت عملیات
Automatic Train Operating	سیستم اتوماتیک عملکرد قطار
Automatic Train Protection	سیستم حفاظت اتوماتیک قطار
Automatic Train Supervision	نظارت اتوماتیک قطارها
Automatic Vehicle Identification	شناسایی خودکار وسایل‌نقلیه
Automatic Warning System	سیستم هشدار خودکار
Beacons	بیکن
Crash Avoidance System	سیستم پیشگیری از تصادف
De-railment system and Disconnecting	خروج از خط و انفصال قطار
Driver Reminding Alarm	سیستم هشدار به راننده
Electronic Train Control System	سیستم کنترل خودکار قطار
Emergency Management and Security System	سیستم مدیریت و امنیت اورژانس
End to End Movement	حرکت پیوسته
Euro Balise	یورو بالیز
European Rail Traffic Management Systems	سیستم‌های مدیریت ترافیک ریلی اروپا
European Rail Transport Management System	سیستم مدیریت حمل‌ونقل ریلی اروپا
Federal Highway Administration	اداره راههای دولت فدرال آمریکا
ID Code	کد شناسایی (*ID* کد)
Intelligent Leveling Crossing	راهبند هوشمند
Intelligent personal navigation system	سیستم هوشمند ناوبری شخصی
Intelligent Train Control and Dispatching System	سیستم هوشمند کنترل و توزیع قطار
Intelligent Transportation Systems	سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (*ITS*)
Inter Modal Transportation System	سیستم حمل‌ونقل ترکیبی
Inter Operability	سازگاری داخلی
Italian Railways Infrastructure Owner	مالکیت زیرساخت‌های ریلی ایتالیا *RIRO*
Italian State Railways Operator	اپراتور راه‌آهن ایالتی ایتالیا (*ISRO*)

ترانزیت ریلی سبک	Light Rail Transit
واحد الکترونیکی کنار خط	Line Side Electronic Unit
خطوط ترافیکی کم چگال	Low-density Traffic Lines
سیگنالینگ از کابین راننده	On Cab Signaling
معیار بهینه‌سازی	Optimality Criteria
سیستم تجارت الکترونیکی در راه‌آهن	Railway E-Business System
سیستم اطلاع‌رسانی ریلی	Railway Information System
سیستم حمل‌ونقل هوشمند ریلی	Railway Intelligent Transportation System
سیستم مدیریت منابع راه‌آهن	Railway Resource Management System
مؤسسه تحقیقات فنی راه‌آهن	Railway Technical Research Institute
کارت‌خوان	Reader
علامتگذاری، سیگنالینگ	Signaling
کرنش سنج	Strain Gauges
تله ماتیک، ارتباط از راه دور	Telematic
سیستم مدیریت سرعت و تنظیم دور	Tilt Authorization and Speed Supervision System
دور	Titling
سیستم هشدار و حفاظت از قطار	Train Protection & Warning System
سیستم اطلاع‌رسانی مدیریت حمل و نقل	Transportation Management Information System
تابلوهای متغیر	Variable Message Sign
تجهیزات بالیز مجازی	Virtual Balise Devices

فهرست انتشارات

الف) *پروژه‌های تحقیقاتی*

۱. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن
۲. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوکهای ساختمانی
۳. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها
۴. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه آهن بدون بالاست
۵. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی
۶. راهنمای طراحی واجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن وفرودگاه (و نقشه‌های اجرایی)
۷. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک
۸. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور
۹. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه
۱۰. روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور
۱۱. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها
۱۲. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید
۱۳. سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی

ب) *گزارش‌های تخصصی*

۱. پیشنهاداتی برای آزمایش ژئوتکستایلها
۲. ممیزی ایمنی راه
۳. راهنماییهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه
۴. روشها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های راه
۵. آلودگی ناشی از دی‌اکسید نیتروژن در تونلهای راه
۶. ایمنی در تونلها
۷. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس
۸. گزارش سالانه ژوئیه GRSP ۲۰۰۳
۹. بهینه سازی شبکه‌های موجود بین شهری
۱۰. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک
۱۱. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماعی حمل‌ونقل عمومی
۱۲. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راهها

۱۳. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه
۱۴. قیمت‌های بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوییل)
۱۵. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال ۲۰۱۰
۱۶. مبانی تحلیل اقتصادی
۱۷. انتخاب مصالح و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت
۱۸. راهنمای فیلم‌های IRF
۱۹. راهنمای ممیزی ایمنی راه
۲۰. ارتقاء و بهبود عملکرد داخلی راهها
۲۱. راههای دسترسی به مناطق برون شهری
۲۲. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک‌خوردگی روسازی راه
۲۳. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی
۲۴. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه
۲۵. بازیافت روسازی‌های انعطاف‌پذیر موجود
۲۶. حمل‌ونقل هوشمند
۲۷. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی
۲۸. راهنمای ارزیابی سیستم‌های نگهدارنده خاک
۲۹. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی
۳۰. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیت‌های مهندسی پیش از ساخت
۳۱. تضمین کیفیت در عملیات خاکی
۳۲. طبقه‌بندی تونل‌ها، دستورالعمل‌ها، تجربیات موجود و پیشنهادات
۳۳. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی- اقتصادی در مدیریت راه
۳۴. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته
۳۵. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی
۳۶. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راهها در افریقا
۳۷. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه

ج) کتب

۱. فرهنگ جامع دریایی
۲. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)
۳. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه

د) لوح فشرده

۱. نشریات Austroads (شامل ۱۸۶ عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)
۲. فیلم‌های آموزشی راه IRF (شامل ۱۰۷ فیلم در ۴۲ لوح فشرده)
۳. نشریات SWOV (شامل ۱۳۸ عنوان از نشریات SWOV, DRI, VTI, NCHRP در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)