

ردیابی ناوگان ریلی به کمک سامانه رادیویی¹ RFID

غلامعلی شفا بخش^۲، محمدرضارضائیان^۳، میعاد صابری^۴

۲- استادیار، دانشگاه سمنان

۳- دانشجو، دانشگاه سمنان

۴- کارشناس عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

mohamadrezarezaeian@yahoo.com

خلاصه

در سامانه کنونی راه آهن ایران کلیه اطلاعات مربوط به قطار همچون راننده، مشخصات واگن ها و مشخصات بار همگی به صورت دستی توسط نیروی انسانی در هر ایستگاه/واحد ثبت و به سایر مراکز ارسال می شود. درصد خطای بالا در ثبت اطلاعات بدلیل کثرت اطلاعات، زمان نسبتاً زیاد لازم جهت ارسال اطلاعات به مراکز و مشکل گلوگاه های سامانه ریلی بدلیل توقف های بی مورد و ... از جمله مهم ترین مشکلات سامانه کنونی راه آهن ایران است. نصب تجهیزات ماهواره ای همچون ردیاب های GPS بر روی واگن ها و به طور کل استفاده از سامانه ردیابی ماهواره ای هزینه زیادی را به همراه دارد. از این رو استفاده از سامانه های رادیویی همچون RFID که به ردیابی ناوگان ریلی البته نه در تمامی طول مسیر بلکه تنها در ورودی و خروجی ایستگاه ها/واحد ها می پردازد می تواند کمک بسیار شایسته ای به مدیریت ترافیک ریلی و مانیتورینگ موجودی واگن ها و وضعیت هر قطار در هر ایستگاه باشد.

مرور کلی فناوری تشخیص رادیویی RFID

RFID یک فناوری است که امکان برچسب گذاری الکترونیکی و تعیین هویت اشیاء را بوسیله ارتباطات رادیویی از راه دور ممکن می سازد. RFID همچنین بخش وسیعی از فناوری های تشخیص خودکار و گردآوری داده (AIDC)^۵ را نیز شامل می شود. که این فناوری ها عمدتاً عبارتند از تشخیص علائم میله ای (بارکد)، تشخیص نوری حروف (OCR) و تشخیص مادون قرمز [۱].

از جنبه عملی، یک سامانه RFID شامل سه قسمت است :

- برچسب (Tag) که در آن داده های شناسایی قرار می گیرند. برچسب ها موجب شناسایی اشیایی می شوند که بر روی آن ها نصب هستند. برچسب های RFID را همچنین فرستنده/گیرنده (Transponder) یا به طور کلی حامل داده غیر تماسی (Contactless Data Carrier) می گویند.
 - قرائت گر (Reader) که ارتباط بدون سیم را با برچسب برقرار می کند.
 - نرم افزار کاربردی (Backend Software) که خواندن و یا نوشتن داده های برچسب را به کمک قرائت گر انجام می دهد.
- نرم افزارهای کاربردی مقدمات ارتباطات بین قرائت گر و برچسب را فراهم می کنند. هم قرائت گر و هم برچسب ها مجهز به آنتن هایی هستند که کار دریافت و انتشار امواج الکترومغناطیسی را انجام می دهند [۲].

قرائت گر های RFID

یک قرائت گر RFID دو کار اصلی را انجام می دهد :

- دریافت فرامین از نرم افزار کاربردی
- ارتباط با برچسب ها

قرائت گر ها می توانند به صورت دستی و یا مستقر در یک جایگاه خاص مورد استفاده واقع شوند. در حالت دستی قرائت گر ها، بخش رایانه ای که نرم افزار کاربردی را اجرا می کند، آنتن و قرائت گر همگی در قالب یک دستگاه قابل حمل بکار برده می شوند. داده های مبادله شده با برچسب ها می توانند ذخیره شده و بسته به کاربرد، در مرحله بعد به یک واحد پردازش اصلی انتقال یابند [۳].

¹ Radio Frequency Identification

² استادیار دانشکده عمران دانشگاه سمنان

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری دانشگاه سمنان

^۳ کارشناس مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

⁵ Automatic Identification and Data Capture

یک قرائت گر RFID عملاً به صورت یک پل ارتباطی بین نرم افزار کاربردی و آنتن، که وظیفه انتشار امواج رادیویی به سمت برچسب ها را بعهده دارد، عمل می کند. امواج رادیویی که بوسیله آنتن انتشار می یابد در فضای اطراف پخش می گردد. در نتیجه داده ها بطریق بی سیم به سمت برچسب ها که در نزدیکی آنتن قرار دارند انتقال پیدا می کنند [۳].

برچسب های RFID

برچسب های RFID اجزایی هستند که از یک مدار الکترونیکی و یک آنتن تشکیل شده اند و به صورت یکپارچه عرضه می شوند. مدار الکترونیکی یک برچسب RFID بطور کلی شامل یک حافظه است که داده ها را در خود جای می دهد. این حافظه بصورت فیزیکی و منطقی به زیربخش هایی تقسیم می شود. بعضی از این زیربخش ها داده هایی را در خود نگه می دارند که صرفاً قابل خواندن هستند، مانند شماره واحدی که در مرحله ساخت بروی حافظه نوشته می شود و این شماره می تواند برای تعیین هویت برچسب بکار رود. سایر زیربخش های حافظه یک برچسب RFID برای خواندن و نوشتن مکرر داده ها در نظر گرفته می شوند [۴].

برچسب های RFID بسته به نحوه تغذیه مدار الکترونیک آن ها به انواع فعال (Active) و غیرفعال (Passive) تقسیم می شوند.

- برچسب های فعال توان مصرفی قرائت گر را کاهش داده و می توانند اطلاعات را تا فاصله دورتری انتقال دهند. این برچسب ها دارای باتری هایی هستند که از دو تا ده سال عمر می کنند. برچسب های RFID توابع بیشتری را نیز می توانند اجرا کنند (مثلاً اینکه امکان گزارش دمای محیط را داشته باشند) که در این صورت بر پیچیدگی آن ها افزوده شده و در نتیجه اندازه و قیمت آن ها افزایش خواهد یافت.
 - برچسب های غیرفعال نسبت به برچسب های فعال از پیچیدگی کمتری برخوردار هستند. چرا که قرائت گر توان اجرایی آن ها را ایجاد می کند. این برچسب ها کوچک، سبک و ارزان بوده و تا حدود بیست سال قابل استفاده هستند. محدوده انتقال داده توسط این برچسب ها نسبتاً کوتاه است و سامانه های RFID مجهز به برچسب های غیرفعال به قرائت گرهایی با توان بالاتر احتیاج دارند.
 - برچسب های RFID غالباً به عنوان نسل بعدی بارکدها در نظر گرفته می شوند. قرائت آن ها به یک دید مستقیم یا تماس نیاز ندارد. به علت قابلیت های مدار مجتمع، برچسب RFID می تواند حجم بیشتری از اطلاعات را نسبت به بارکدهای متداول ذخیره کند.
- از دیدگاه مخابراتی برچسب ها می توانند به سه صورت زیر عمل کنند :

- همواره تحت یک زمان بندی معین سیگنال خود (شناسه خود) را به محیط ارسال نمایند. این نوع برچسب ها TTF یا Tag Talks First نامیده می شوند.
 - تگ همواره مانند یک گوش شنوا به محیط گوش دهد و پس از دریافت سیگنال مجازی که به مفهوم بیدارباش کامل از طرف قرائت گر ارسال شده باشد، به محیط پاسخ دهد. به این نوع برچسب ها RTF یا Reader Talks First گفته می شود.
 - تگ مانند یک آینه خاص به صورت Reflection Back Scatter به محیط پاسخ گوید.
- اما آن چه در میان همه انواع برچسب ها در سامانه های ردگیری و ردیابی مهم به نظر می آید این است که این قطعه کوچک فرستنده و گیرنده یک شماره شناسایی (Identification Number) واحد را به طرف مقابل خود ارسال می کند. شاید بتوان این شاخصه را مهم ترین نقش برچسب در یک سامانه شناسایی خودکار نام برد [۵].

فرکانس کاری

یک عامل مهم در بررسی قابلیت های یک سامانه RFID فرکانس کاری آن برای فعال سازی قرائت گر جهت ارتباط با برچسب است. چندین باند فرکانسی قابل دسترس برای کاربرد های ویژه یک سامانه RFID وجود دارد. به طور کلی سامانه های RFID به سامانه های فرکانس بالا و فرکانس پایین تقسیم و دسته بندی می شوند. انتخاب فرکانس کاری بروی فاصله قرائت، تداخل با سایر سامانه های رادیویی، سرعت تبادل داده و اندازه آنتن اثر می گذارد. سامانه های فرکانس پایین معمولاً از برچسب های غیرفعال استفاده می کنند در حالیکه سامانه های فرکانس بالا با برچسب های فعال کار می کنند [۶].

به عنوان یک قاعده کلی در فرکانس های پایین تر برچسب های غیرفعال به دلیل محدودیت های توان قادر به انتقال داده های خود برای فواصل بیش از یک یا دو متر نیستند. البته ارتباط بی سیم بین قرائت گر و برچسب می تواند از مسیری که دید مستقیم نباشد انجام شود مانند این که امواج از میان موانعی با جنس های مختلف بگذرند. البته برای برخی مواد با مسئله تضعیف امواج عبوری مواجه خواهیم بود.

برای مثال برچسب های غیرفعال نمی توانند روی یک سطح فلزی قرار گیرند. چرا که فلزات به طور اساسی جریان میدان مغناطیسی را کاهش می دهند. در نتیجه این برچسب ها در چنین شرایطی حداقل توان لازم برای شروع کار خود را دریافت نمی کنند.

در فرکانس های بالاتر فاصله قرائت بین برچسب های فعال که از باتری داخلی استفاده می کنند و قرائت گر به طور کلی افزایش می یابد. سیگنال های الکترومغناطیسی با فرکانس بالاتر وقتی برچسب بوسیله آب یا یخ پوشیده می شود، تضعیف بیشتری را متحمل می شوند. در بدترین حالت، برچسبی که توسط یک لایه فلزی پوشانیده شده باشد، توسط هیچ قرائت گری در خارج از لایه قابل قرائت نیست. در فرکانس های بالا ماهیت الکترومغناطیسی امواج مشابهت زیادی با نور پیدا می کند که نمی تواند از لایه های غیرشفاف عبور نماید. [۴] و [۶].

البته فاصله قرائت تنها عاملی نیست که بر روی فرکانس تاثیر می گذارد بلکه عوامل دیگری مانند تداخل الکتریکی با سیستم های موجود و نرخ تبادل داده بین قرائت گر و برچسب نیز مطرح هستند. اگر تداخل الکتریکی زیاد باشد آنگاه قرائت گرها باید تا حد خوبی از یکدیگر دور باشند و منابع نویز (Noise) می توانند ارتباط بین قرائت گر و برچسب را مختل سازند. اگر نرخ تبادل داده پایین باشد، مقدار داده ای که می تواند بین قرائت گر و برچسب در یک فاصله زمانی ثابت انتقال یابد ممکن است برای کاربرد خاص رضایت بخش نباشد.

اندازه آنتن مورد استفاده برای انتقال داده معمولا با طول موج امواج الکترومغناطیسی رابطه معکوس دارد. به این معنی که اندازه بزرگ برای فرکانس های پایین و اندازه کوچک برای فرکانس های بالا بکار می رود. این واقعیت فیزیکی بیان می دارد که ابعاد یک آنتن RFID در فرکانس های پایین می تواند از مرتبه متر مربع باشد [۷].

آنتن در سامانه ردگیری و ردیابی نقش دریافت و ارسال سیگنال رادیویی را برعهده دارد. از انواع آنتن ها می توان سه مورد زیر را برشمرد :

- آنتن های تمام جهت Omni-directional که دارای بهره کم اما جهت انتشار یکسان در فضای سه بعدی هستند.
- آنتن های بیضوی Elliptical که دارای زاویه دید محدود و بهره متوسط هستند اما برای مواردی که بهره در پلاریزاسیون افقی و عمودی چندان نگران کننده نباشد کاربرد مناسبی دارند.
- آنتن های خطی Linear که دارای بهره بیشتری نسبت به دو نوع دیگر آنتن می باشند ولی در آن ها جهت یا پلاریزاسیون سیگنال مهم است و زاویه دید محدودتری دارند.

آنتن ها معمولا توسط یک کابل رابط به قرائت گر وصل می شوند. این کابل امواج RF دریافتی از محیط را جهت شناسایی به قرائت گر تحویل می دهد. البته امواج ارسالی از قرائت گر توسط همین کابل به آنتن تحویل و در محیط ارسال می گردد. امواج دریافت شده از آنتن توسط قرائت گر دمدوله و رمزگشایی شده و سپس متناسب با برچسب هایی که در محیط (میدان دید آنتن) قرار دارد یک گزارش از آن رویداد یا یک پیغام که معمولا Event Message گفته می شود، در داخل حافظه قرائت گر ثبت می گردد.

کار قرائت گر ارسال و دریافت سیگنال های RF از طریق آنتن است. ابتدا امواج دریافت شده به اندازه کافی تقویت می شوند. سپس دمدوله شده، آنگاه سیگنال پیغام آن استخراج و کد شناسایی برچسب جهت ارسال از طریق درگاه های خروجی قرائت گر، ثبت می گردد.

قرائت گر علاوه بر ارسال و دریافت امواج RF می تواند قابلیت های اضافی دیگری را هم درون خود داشته باشد، مانند بدست آوردن جهت حرکت برچسب و یا خروجی های چندانگانه TCP/IP, RS232, RS485 که برای ارسال اطلاعات قرائت گر به یک PC یا شبکه مورد استفاده قرار می گیرند. [۴]

بررسی ویژگی ها، مزایا و معایب آنتن (Antenna)

وظیفه آنتن دریافت و ارسال امواج در سامانه RFID است. بر اساس نوع کاربرد، انواع آنتن ها می توانند مورد استفاده قرار گیرند. در چنین سامانه هایی، آنتن ها بر اساس مشخصاتی از قبیل پلاریزاسیون، زاویه دید (یا زاویه رأس) و بهره طبقه بندی می شوند. از آنجائیکه آنتن ها از اجزاء غیرفعال (Passive) سامانه های RFID هستند، هیچ گونه تنظیمی نیاز ندارند و تعمیر و نگهداری آن ها نیز به راحتی قابل انجام است.

- آنتن با پلاریزاسیون بیضوی : این آنتن به دلیل زاویه دید ۱۲۰ درجه، زاویه قرائت وسیعی را مهیا می کند و این مشخصه در مواقعی که لازم است تعداد برچسب های زیادی در یک لحظه قرائت شوند یا در مواقعی که سرعت حرکت برچسب ها بسیار زیاد است، مفید واقع می شود.
- آنتن با پلاریزاسیون خطی : از آنجا که زاویه دید چنین آنتن هایی کوچکتر از نوع قبلی است، برای مواقعی که جمع آوری اطلاعات به صورت انتخابی مدنظر باشد بسیار مناسب هستند. این نوع آنتن ها را می توان به گونه ای قرار داد که دارای پلاریزاسیون عمودی یا افقی باشند. بدیهی است که در هر حالت باید نحوه نصب برچسب متناسب با نوع همان پلاریزاسیون انجام شود. هر چند زاویه دید چنین آنتنی محدودتر است ولی بهره آن بیشتر است، در نتیجه عمق میدان دید آن بیشتر است. (یا گیرندگی آن در طول بیشتر است) [۱].

بررسی ویژگی ها، مزایا و معایب برچسب (Tag)

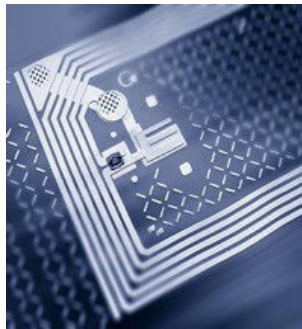
در فناوری ILR محصول شرکت Identec Solutions دو خانواده از برچسب ها مورد استفاده قرار می گیرند :

- برچسب های i-D
- برچسب های i-Q

برچسب i-D2 از خانواده برچسب های i-D

این برچسب دارای یک حافظه ۶۴ بایتی است. سبکی، کوچکی و عمر طولانی (کارکرد حداقل ۶ سال) این نوع برچسب از خصوصیات منحصر بفرد آن می باشد. موارد کاربردی برچسب i-D2 عبارتند از :

- استفاده در سامانه های شناسایی (Identification)
- ردگیری و ردیابی



برچسب های i-Q

این برچسب، کامل تر از نوع i-D2 بوده و دارای ۸ کیلوبایت حافظه برای نوع i-Q8 و 32 کیلوبایت برای نوع i-Q32 است. در برخی نمونه ها دارای یک دیود نور دهنده (LED) برای بازشناسی بصری و دارای یک مدار الکترونیکی جهت گزارش دهی دمای محیط است. این نوع برچسب ها می توانند تا مسافت ۱۰۰ متر برای نوشتن و خواندن مورد استفاده قرار گیرند. موارد استفاده های عملیاتی این نوع برچسب ها عمدتاً عبارتند از :

- ردیابی خودکار وسایل نقلیه در حمل و نقل بار و مسافر
- ردگیری محصول در زنجیره تولید کارخانجات
- انبارداری و مکان یابی کالا
- دریافت مبالغ تعریف شده از خودروهای در حال حرکت

بررسی ویژگی ها، مزایا و معایب قرائت گر (Reader)

یکی از انواع موجود قرائت گر در ایران، قرائت گر (بازپرس یا باجوسی) با برد بلند (ILR) است که اطلاعات برچسب ها را بطریق Real Time جمع آوری می کند. کاربرد های این واحد در موارد ذیل است :

- شناسایی
- ردگیری و ردیابی
- مکان یابی کالا یا افراد

با استفاده از فناوری تشخیص رادیویی در فرکانس کاری UHF ، قرائت گر ساخت شرکت Identec Solutions با نام تجاری i-Port III قادر به تبادل اطلاعات تا مسافت ۶ متر از یک برچسب i-D و تا حدود 100 متر از یک برچسب i-Q است.

قرائت گر i-Port III قابلیت اتصال به چهار آنتن را دارد و می تواند به هر چهار آنتن به صورت هم زمان گوش فرا دهد. سیگنال ارسال شده از برچسب دقیقاً توسط همه آنتن ها در یک لحظه دریافت خواهد شد. بر اساس این امکان که قدرت سیگنال ارسال شده توسط برچسب سنجیده می شود، قرائت گر i-Port III قادر است براساس روش مثلث بندی (triangulation) مکان یابی برچسب را انجام دهد. حداکثر تعداد پیغام های قابل ذخیره سازی در این نوع قرائت گر به اندازه ۲۰۰۰ پیغام است [۹].

بررسی نیازهای عملیاتی راه آهن برای استفاده از سامانه RFID

جهت بررسی انطباق تجهیزات سامانه RFID با نیازهای عملیاتی راه آهن شش محور اصلی مورد توجه قرار می گیرد. این شش محور عبارتند از :

- پارامترهای عمومی : این پارامترها عمدتاً یک ارزیابی عمومی و کلی از تجهیزات را در اختیار قرار می دهند، که از آن جمله فرکانس کار، ولتاژ کار، سابقه کار در وسایل نقلیه ریلی و ... را می توان نام برد.
- پارامترهای محیطی : این پارامترها در رابطه با شرایط محیطی تجهیزات از قبیل تگ، قرائت گر و ... محدودیت ها و مشکلات را خاطر نشان می سازد.
- پارامترهای مخابراتی و ارتباطاتی : جهت ارتباط میان قرائت گر و شبکه راه آهن ، امنیت اطلاعات ، سرعت رد و بدل شدن اطلاعات و ... در این قسمت مورد ارزیابی قرار می گیرد.
- پارامترهای اجرایی : دشواری یا آسانی نصب تجهیزات ، ایمنی تجهیزات و ... در این قسمت مورد ارزیابی قرار گرفته می شود.

- پارامترهای مالی : هزینه هر قسمت، هزینه نصب، هزینه های آینده برای تعمیر و نگهداری و دیگر نکات مالی و اقتصادی تجهیزات در این قسمت بررسی شده است [۱۰].

سامانه کنونی راه آهن در ایران

در سامانه موجود و فعلی راه آهن، ایستگاه های مبدا یا ایستگاه های تشکیلاتی^۱، کلیه اطلاعات مربوط به قطار شامل موارد زیر به صورت دستی ثبت می شوند: [۱]

- راننده
 - تعداد واگن
 - شماره واگن
 - وزن بار
 - مبدا و مقصد بار
 - تاریخ بارگیری
- سپس این اطلاعات برای مراکز زیر ارسال می شوند:
- ایستگاه بعد
 - مرکز ناحیه
 - اداره کل سیر و حرکت
 - اداره کل بازرگانی
 - اداره بازاریابی

اطلاعات روزانه سامانه

معمولا اطلاعات روزانه شامل وضعیت ناوگان و بار هر ایستگاه، موجودی واگن های باردار و واگن های خالی به صورت دستی جمع آوری و به مراکز نواحی و ادارات تابعه ارسال می شود. اطلاعات جمع آوری شده سپس توسط مراکز نواحی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد و نسبت به اختصاص واگن خالی از ایستگاه های نزدیک به هر مرکز یا ایستگاهی که درخواست واگن یا قطار می نماید اقدام می شود [۱].

استفاده از اطلاعات ثبت شده

واحدهای نگهداری و تعمیرات که اداره کل نیروی کشش و واگن های باری می باشند، بر اساس اطلاعات جمع آوری شده از کیلومترهای طی شده و بار حمل شده توسط هر واگن، نسبت به سرویس نگهداری و تعمیر قطار اقدامات لازم را برنامه ریزی می نمایند. واحد نگهداری خطوط برای بهسازی و بازسازی خطوط ریلی از اطلاعات جمع آوری شده استفاده می کنند [۱].

امکان سنجی و مطالعه اولیه جهت استفاده از تجهیزات RFID

به منظور پیاده سازی تجهیزات RFID برای ردیابی ناوگان ریلی راه آهن، اقدامات زیر باید مورد توجه قرار گیرند: [۱]

- بررسی محل مناسب جهت نصب
- بررسی محل مناسب نصب آنتن
- بررسی محل مناسب نصب برچسب
- بررسی محل مناسب نصب قرائت گر
- بررسی نحوه تبادل اطلاعات میان هر قرائت گر و ایستگاه و سپس ارسال آن اطلاعات به ایستگاه مرکزی تهران به عنوان اطلاعات پایه جهت ثبت در پایگاه داده مرکزی :

○ از طریق مودم Modem

○ از طریق شبکه بی سیم Wireless Network

○ از طریق ماهواره Satellite

- بررسی انواع واگن های موجود همچنین انواع لکوموتیوها جهت نصب برچسب و ملاحظات عملیاتی دیگر
- اهداف متصور و مورد نیاز برای نرم افزار پایگاه داده شامل :

^۱ ایستگاه تشکیلاتی به ایستگاهی گفته می شود که در آن واگن های قطار به هم متصل و قطار تشکیل می گردد و یا آرایش آن تغییر می یابد.

- تاریخچه واگن ها و دیزل ها
- آخرین وضعیت موجودی در حال حرکت و متوقف واگن ها و دیزل ها
- موجودی هر ایستگاه
- وضعیت واگن های خارجی
- برنامه ریزی حرکت واگن ها
- برنامه تشکیل واگن ها
- آمارگیری روزانه، هفتگی و ماهانه
- تهیه گزارش برای مشتریان

نتیجه گیری

- کلیه امور مربوط به ثبت و جمع آوری اطلاعات توسط نیروی انسانی آن هم به تعداد دفعات زیاد و در قسمت ها، واحدها و ایستگاه های مختلف انجام می پذیرد و احتمال خطا به دلیل تکرر ورود اطلاعات روی برگه های مربوط بالا است و بعضا اطلاعات ثبت شده ضد و نقیض هستند.
- با توجه به نکات زیر، استفاده از تجهیزات RFID تاثیر بسزایی در جلوگیری از خطاها و اتلاف هزینه و انرژی خواهد داشت :
- حذف روش دستی ثبت اطلاعات در مواردی که بتوان اطلاعات را به صورت خودکار ثبت نمود و در نتیجه خطای سامانه کاهش خواهد یافت.
 - ارسال سریع و بروز و لحظه ای اطلاعات مربوط به ورود قطار به هر ایستگاه و خروج آن.
 - آگاهی از وضعیت هر قطار در ایستگاه و ایستگاه بعدی از منظر انفصال و تشکیل
 - مطلع شدن از موجودی واگن های هر ایستگاه و در اختیار قرار دادن آن برای ایستگاه های مجاور در صورت نیاز به واگن خالی جهت تشکیل قطار.
 - در اختیار قرار دادن اطلاعات لحظه به لحظه از مکان بار هر مشتری
 - تصمیم گیری مدیریتی بر اساس اطلاعات به هنگام برای :
 - تعمیر و نگهداری خطوط
 - بهسازی و بازسازی لکوموتیو، واگن ها و ...
 - تصمیم گیری راجع به حل مشکل ناشی از گلوگاه های سامانه (توقف های بی مورد و ...)

منابع

۱. گزارش پروژه نظارت بر کاربرد تجهیزات شناسایی خودکار در ردیابی ناوگان ریلی کشور (مرحله اول)، شرکت مهندسی مشاور مترا وابسته به وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۳

2. Radio Frequency Identification (RFID) Technology, www.spychips.com/DHS-RFID.pdf
3. Technologies for Vehicle, Operator, and Cargo identification, www.civil.gmu.edu/HomelandSecurity/pdf/broncini.pdf
4. Electronic Vehicle Registration, www.transcore.com/pdf/EVR%20Application%20Profile_ITSA03.pdf
5. High Speed Vehicle Identification, www.ipico.com/site/iPico_100/pdf/WP_App_HighSpeedVehicleID.pdf
6. The Application of ITS Technologies to Enforcement and Traffic , www.matc.unl.edu/news/ITSA%202005%20student%20essay_linnaZhang.pdf
7. RFID-based Automatic Area Detection System, www.ntt.co.jp/tr/0511/files/ntr200511065.pdf
8. RFID Basics, www.lowrycomputer.com/webinars/files/RFID.pdf
9. Radio Frequency Identification, www.technology.gov/reports/2005/RFID_April.pdf
10. Active and Passive RFID, www.autoid.org/2002_Documents/sc31_wg4/docs_501-520/520_18000-7_WhitePaper.pdf