بررسی ضرورت پیاده‌سازی روش‌های نوین رهگیری واگن و تعیین روش مناسب با رویکرد تحلیل همایی برای واگن‌های شبکه راه آهن ج.ا.ا

علمی –پژوهشی

رامین رازانی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
رضا محمدحسنی*، استادیار، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rmhasany@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۷– پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۵
صفحه ۸۶-۶۹

چکیده

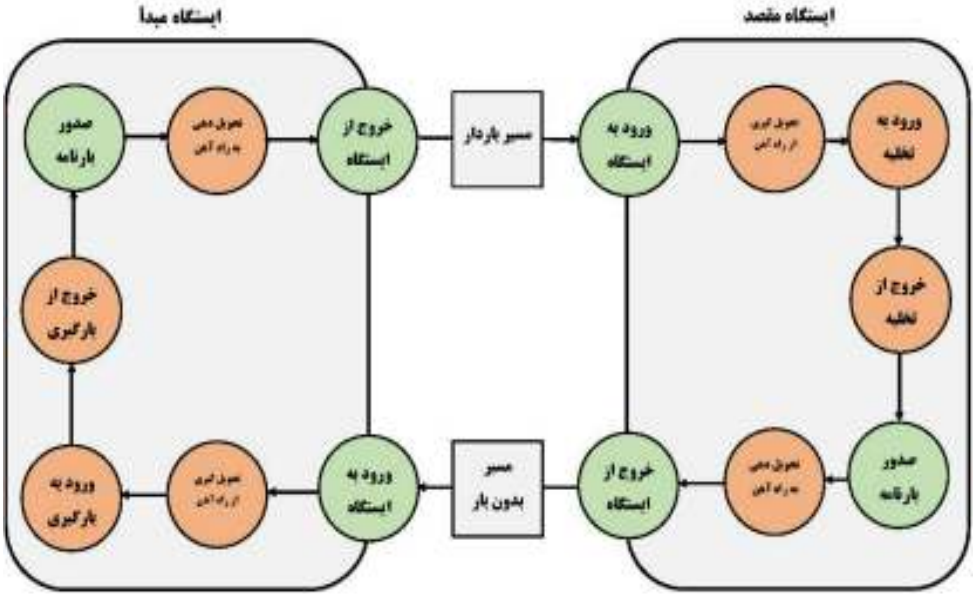
واگن‌ها به عنوان یکی از دارایی‌های پرارزش شبکه ریلی محسوب می‌گردند. رهگیری موقعیت دقیق این دارایی با افزایش سرعت بازرگانی، از یک طرف به بهبود رضایت مشتریان زنجیره تامین و از طرف دیگر به کاهش خواب سرمایه و افزایش بهره‌وری شبکه ریلی منجر می‌گردد و سرمایه‌گذاری در صنعت حمل‌ونقل ریلی را اقتصادی می‌نماید. در این پژوهش قصد داریم ضمن معرفی فرآیند موجود در زمینه شناسایی آلات ناقله ریلی و بیان مزایا و معایب روش‌ها، به ارایه برآوردی از هزینه و خطای انسانی وضع موجود و همچنین ضرورت به کارگیری روش‌های نوین پرداخته و در نهایت به کمک رویکرد تحلیل همایی، روش مناسبی برای شناسایی و ردیابی واگن‌های شبکه ریلی کشور را تعیین نماییم. لازم به ذکر است که تاکنون در کشور چنین پژوهشی بر روی روش‌های شناسایی آلات ناقله ریلی صورت نگرفته و پژوهش اخیر بدیع می‌باشد. نتایج بررسی‌های به عمل آمده با ارزیابی ۵ گزینه در ۱۲ شاخص، بیانگر آن است که روش نصب GPS بر روی واگن‌ها بهترین روش برای رهگیری واگن‌های شبکه است.

واژه‌های کلیدی: روش‌های رهگیری و شناسایی آلات ناقله، تحلیل همایی، سرعت بازرگانی، حمل‌ونقل ریلی

۱- مقدمه

یکی از قوی‌ترین اهرم‌های رشد و توسعه اقتصادی هر کشوری، حمل‌ونقل تلقی می‌شود که همواره به عنوان یکی از ارکان کسب‌وکار و تبادلات تجاری و اقتصادی در طول تمدن بشری مطرح بوده است. در اقتصاد نوین جهانی نیز حمل‌ونقل از ویژگی‌هایی منحصربفرد برخوردار می‌باشد و با توجه به شبکه‌ای شدن اقتصاد و گسترش زنجیره‌های تامین و مصرف، اصول ویژه‌ای بر آن حاکم شده است. بنابراین هرگونه برنامه‌ریزی به منظور توسعه اقتصادی و اجتماعی، نیازمند توجه و برنامه‌ریزی لازم در صنعت حمل‌ونقل خصوصاً حمل‌ونقل ریلی خواهد بود. امروزه با توجه به پیشرفت روزافزون فناوری‌های نوین، افزایش چشمگیر سرعت توسعه فرآیندها از یک سو و گسترش ارتباطات، دسترسی به اطلاعات بازار در سطوح گسترده و افزایش رقابت از سوی دیگر، موجب تغییر دیدگاه و جهت‌گیری سازمان‌های فعال در این عرصه به سمت نگرش فرآیندی و فراتر از آن، مدیریت زنجیره تامین گردیده است. آنچه که بیش از هر چیز برای مدیران ارشد زنجیره تامین اهمیت دارد، شفافیت مطلوب فرآیندها و عملیات و دسترسی به هنگام به اطلاعات صحیح و دقیق جهت پشتیبانی از تصمیمات بهینه می‌باشد. حمل‌ونقل ریلی مزایا و برجستگی‌هایی دارد که در دیگر شقوق کمتر دیده می‌شود. بر اساس گزارشات هر تن–کیلومتر جا به جایی بار با شبکه راه آهن صرفه جویی معادل ۸۱۰ ریال دارد (Shafinaderi et al., 2017). از دهه ۱۹۳۰، صنعت ریلی به عنوان یکی از موثرترین وسایل حمل‌ونقل در جابجایی مسافر و کالا شناخته شده است. از آن پس همواره در بهبود و توسعه فناوری آن، تلاش‌های بسیاری صورت گرفته است. اکنون آمیخته‌ای از

روش‌های قدیمی و توسعه یافته در شبکه‌های ریلی مشاهده می‌شود. در شبکه‌های ریلی توسعه یافته، کالا در ایستگاه‌های مدرن و به روشی کارآمد تخلیه می‌شود. در عین حال هنوز شبکه‌های قدیمی مشاهده می‌شود که در ایستگاه‌های آن‌ها، کالا بدون امکانات لازم و به روشی ناکارآمد و با تاخیرات زمانی بسیار تخلیه می‌شود. با پیشرفت فناوری و افزایش انتظارات مشتریان، اکنون در شبکه‌های ریلی گسترده توسعه نیافته، چالش‌های بسیاری در برنامه زمان‌بندی و توزیع واگن وجود دارد که کاهش شدید عملکرد را به‌دنبال داشته است. این موضوع سبب شده که مشتریان حمل‌ونقل ریلی را موثر و اقتصادی ندانند و حتی دیگر وسایل حمل‌ونقل را جایگزین آن کنند. بر اساس سند چشم انداز، راه آهن ج.ا.ا می‌بایست در سال ۱۴۰۰ (انتهای سال برنامه ششم توسعه) به سهم ۳۰ درصدی از حمل‌ونقل زمینی کشور دست یابد. بر اساس سالنامه منتشر شده در سال ۹۶ در بخش حمل داخلی میزان ۴۱,۹ میلیون تن بار با شبکه ریلی حمل شده است(Annual Report of RAI 2018) این درحالی است که در مدت مشابه، با شبکه راه‌های جاده ای کشور رقم ۴۲۸ میلیون تن حمل شده است (سهم ۹٪) (Annual Report of Road Organization, 2018). در کشور ما بر اساس اصل ٤٤ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران و به موجب قانون دسترسی آزاد به شبکه ریلی، راه آهن ج.ا.ا در سال ۱۳۸٤ اقدام به واگذاری حوزه تصدی‌گری به بخش خصوصی نمود که بر این مبنا، مالکیت کلیه واگن‌های راه آهن کشور به شرکت‌های خصوصی حمل‌ونقل ریلی واگذار گردید و مالکیت زیربنا (و مسئولیت سیروحرکت قطارها) بر عهده شرکت راه آهن قرار گرفت. با عنایت به این موضوع و با توجه به آیین نامه‌ها و دستور العمل‌های داخلی، وظیفه بازاریابی جذب بار، انعقاد قرارداد، تعیین نرخ توافقی حمل، تخلیه و بارگیری بر عهده شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی است. از زمانی که واگن بارگیری و تحویل راه آهن گردید، کلیه مسئولیت‌ها اعم از سیر منظم و روان، سالم بودن واگن و کسری بار بر عهده شرکت راه آهن است و هنگام رسیدن به ایستگاه، مسئولیت راه آهن اتمام و شرکت حمل‌ونقل ریلی موظف به اعلام جهت انتقال واگن به خط تخلیه/بارگیری، انجام عملیات تخلیه/بارگیری و اعلام انتقال مجدد آن به خط اصلی ایستگاه جهت ادامه سیر می‌باشد. صاحبان بار نیز موظف هستند در صورت مهیا بودن واگن در خطوط تخلیه (یا بارگیری)، شرایط مورد نظر را جهت تخلیه (یا بارگیری) تامین نماید. پر واضح است که کم کاری و عدم اقدام به موقع هرکدام از ذی‌نفعان (راه آهن، شرکت حمل‌ونقل ریلی و صاحبان بار) در این سیکل (بارگیری واگن، سیر باردار واگن، تخلیه واگن، سیر واگن خالی و بارگیری مجدد) منجر به کاهش دوره گردش واگن‌ها و به تبع آن به کاهش بهره‌وری کل سیستم و نهایتا کاهش سهم منتج می‌شود (Internal Marketing Office of RAI, 2016). سیکل یا به عبارتی فرآیند دوره گردش واگن در شکل ۱ نمایش داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، فرآیندهای متعددی بر روی واگن صورت می‌گیرد که هریک به نحوی بر کارایی شبکه موثر می‌باشد.



شکل ۱ . فرآیند یک سیکل گردش واگن

۲- پیشینه تحقیق

اهمیت سرعت بازرگانی (مدت زمانی که طول می‌کشد تا کالا از فروشنده به خریدار برسد) در مبادلات تجاری به قدری بالاست که بر انتخاب نوع حمل‌ونقل توسط مشتری و افزایش مطلوبیت نهایی تاثیر شگرفی دارد. در شیوه حمل‌ونقل ریلی نیز به منظور افزایش سرعت تجاری از دید مشتری لازم است دوره گردش واگن (بارگیری در مبدا تا بارگیری مجدد) کاهش یافته تا بدین ترتیب مسافت حمل در زمان کم‌تری طی شده و کالا با سرعت تجاری بیش‌تری به دست مصرف‌کننده نهایی برسد. بنابراین، توسعه حمل‌ونقل ریلی ضرورت برنامه‌ریزی و اجرای دقیق امور تخصیص بهینه ناوگان و استفاده حداکثر از ظرفیت‌های موجود و اطلاع رسانی پیوسته به صاحبان کالا را بیش از پیش آشکار ساخته است. برای انجام این مهم، می‌بایست اطلاعات به روز و جامعی از وضعیت واگن‌ها (محل قرارگیری، پر یا خالی بودن، اطلاع از نوع و مقدار بار و ...) در اختیار باشد. در حال حاضر اطلاعات مربوط به واگن‌ها به صورت پراکنده، پرخطا و ناقص موجود است و امکان ردگیری دقیق واگن از مبدا تا مقصد وجود ندارد. داشتن مختصات دقیق هر متحرک در یک محدوده جغرافیایی، از مهم‌ترین پارامترهای حمل‌ونقلی محسوب می‌گردد. از مسائل اصلی که در شبکه‌های حمل‌ونقل ریلی وجود دارد، یکی ناپدید شدن واگن‌ها در شبکه از دید مدیر سیستم و دیگری اشتباهات اپراتورها در ثبت اطلاعات واگن و ورود اطلاعات به نرم افزار می‌باشد. به دلیل تعداد زیاد واگن‌ها، همیشه تعدادی از آن‌ها در محل نامعلومی از شبکه ریلی قرار دارند که از این مساله به ناپدید شدن تعبیر می‌کنیم. بدیهی است که مدیر سیستم نمی‌تواند واگن‌های ناپدید را در برنامه‌ریزی حمل بار در نظر بگیرد و بنابراین راندمان کاری کاهش می‌یابد. استفاده از سیستم‌های نوین برای ردیابی واگن منجر به ردیابی دقیق واگن‌ها در شبکه می‌شود. این مساله باعث افزایش بهره‌وری شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی می‌گردد که بازگشت سرمایه قابل قبولی به دنبال دارد. بدین منظور روش‌های رهگیری متفاوتی ابداع گردیده است که هرکدام مزایا و معایب خاص خود را داشته‌اند. برخی هم اکنون منسوخ شده و برخی هنوز در بسیاری کشورها مورد استفاده می‌باشد. به طور کلی انواع سیستم‌های ردگیری شامل سیستم ثبت دستی، سیستم پردازش تصویر، سیستم ردیابی ماهواره‌ای و سیستم شناسایی با استفاده از امواج رادیویی می‌باشد (Abdolvand et al., 2008).

بعضاً پیش آمده است که با توجه به گستردگی شبکه خطوط ریلی در پهنه کشور اطلاعی از موقعیت مکانی واگن در دسترس نباشد. بنابراین، لازم است با گذار از روش‌های سنتی رهگیری با هوشمندسازی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی در بخش رهگیری واگن‌های شبکه (ثبت اطلاعات مکانی و زمانی واگن‌ها) بتوان با شفاف‌سازی اطلاعات و شناسایی گلوگاه‌های کاهش سرعت بازرگانی، به آثار مثبت در بهبود بهره‌وری، افزایش درآمد شرکت‌های ریلی و رفع تعارضات مالی فیمابین دست یافت و پاسخگویی به مشتریان را سرلوحه امور قرارداد. در جدول ۱ مزایا و معایب روش‌های مختلف ردگیری واگن ذکر شده است. (Pourreza,2006) (Habibpour and Nikzad, 2016) (Hricová, 2016) (Ravichandra, 2017 Mounika and Ushakov) (and Łukasik, 2017 Rosová, Balog and) (Šimeková, 2013 Srivastava, Mathur and Teo,) (2008 Signaling and Communication Office) (of RAI, 2008).

جدول ۱. مزایا و معایب روش‌های مختلف رهگیری واگن

روش	مزایا	معایب
دستی	✓ اجرای آسان، کم‌هزینه و بدون تغییر در وضع موجود ✓ امکان توسعه با استفاده از تجهیزات hand-held (در این حالت نیاز به آموزش کارکنان ضروری است) ✓ ریسک پایین خرابی روش	• عدم پاسخ‌گویی در حجم بالای ثبت داده • خستگی و استرس نیروی کار • بروز خطار در سیستم‌های اطلاعاتی مانند ثبت اشتباه، ورود ناقص و گم شدن داده به خصوص در شرایط بد

		آب‌وهوایی • تاخیر در ارسال اطلاعات و عدم به‌روز بودن سیستم • قابلیت رهگیری صرفا در نقاط از پیش تعیین شده (رهگیری گسسته) • عدم امکان قابلیت توسعه روش برای کاربردهای دیگر
ترکیبی اطلاعات GPS لکوموتیوها با روش دستی	✓ اجرای کم‌هزینه و بدون تغییر زیاد در وضع موجود ✓ تدقیق روش دستی	• همچنان به ثبت دستی نیازمند است. • میزان خطا همچنان بالا است. • نیاز به نرم‌افزار قوی جهت یکپارچگی اطلاعات
بارکد	✓ هزینه پایین ✓ مناسب در خدمات پستی و گروپاژی به دلیل سایز محدود و استاندارد بودن مرسولات	• زمان‌بر بودن انجام اسکن • عدم کارکرد در حالت سیر وسیله نقلیه • عدم کارکرد در شرایط نامطلوب آب‌وهوایی مانند گردوغبار، مه، نور مستقیم آفتاب و سطوح آلوده • فاصله خوانش کوتاه و عدم امکان خوانش از راه دور • عدم فضای کافی جهت ذخیره (ظرفیت پایین) و عدم امکان قابلیت برنامه نویسی شدن بارکدها • عدم امکان خوانش کدهای آسیب دیده و محو شده • رهگیری گسسته
پردازش تصویری	✓ هزینه متوسط ✓ اجرای نسبتاً آسان (به دلیل عدم نیاز به نصب تجهیزات بر روی واگن) ✓ امکان خواندن چشمی داده‌ها هنگام اضطرار ✓ قابلیت توسعه روش برای کاربردهای دیگر نظیر پایش وضعیت مسیر، چرخ و محور	• بعضاً نیازمند به دخالت انسان است. • امکان خطا به دلیل آلودگی وسیله نقلیه و لنز دوربین • امکان سرقت آسان تجهیزات
شناسایی با امواج رادیویی	✓ در سخت‌ترین شرایط محیطی و در کلیه فصول سال پاسخ‌گو است و آلودگی موجود در محیط بر عملکرد برچسب‌ها تاثیری ندارد. ✓ برد خوانش بالا در کنار قابلیت خوانش در سرعت بالای سیر ✓ امکان استفاده از امواج رادیویی مرسوم در تمامی مناطق جغرافیایی ✓ طول عمر بالا و امکان کاهش مصرف برق ✓ ظرفیت بالای ذخیره داده به دلیل قابلیت مدار مجتمع ✓ امکان استفاده از سنورهای مختلف دما، وزن و ارتعاش ✓ می‌تواند به صورت خواندنی/ نوشتنی یا فقط خواندنی استفاده کرد ✓ اتوماتیک بودن و عدم نیاز به دخالت انسان ✓ ایجاد دانش فنی و قابلیت توسعه روش برای کاربردهای دیگر نظیر توزین واگن، پایش وضعیت مسیر، کنترل سرعت قطار، فروش بلیط، ایجاد شناسه الکترونیکی آلات ناقله، پایش وضعیت چرخ، محور و واگن	• احتمال Overload سیستم به دلیل حجم بالای داده • تداخل امواج و محدودیت ارسال امواج فرکانسی به دلیل وجود فلزات و سیستم‌های مختلف در محیط • به دلیل فقدان پروتکل‌های امنیتی و بدون آشکار شدن فیزیکی، برچسب‌ها توسط هر کسی خوانده می‌شود. • رهگیری گسسته • ایجاد تعارض بین بخش‌های مختلف سازمان به دلیل تجهیزات نصب شده روی واگن و تجهیزات کنار خط

سیستم موقعیت جغرافیایی	✓استقلال روش و امکان یکپارچگی راحت و انعطاف بالا ✓امکان ثبت جهت حرکت و سرعت ✓رهگیری Real-Time و جریان آنلاین و پیوسته عدم نیاز به دخالت انسان ✓سادگی در حمل‌ونقل ترکیبی و توسعه لجستیک به علت یکپارچه‌سازی داده‌ها بین ذی‌نفعان	• عدم کارکرد در تونل، جنگل و مناطق شهری به دلیل قطع شدن سیگنال GSM • قیمت زیاد • مصرف برق بالا در حالت Online • پیاده‌سازی دشوار به دلیل حساسیت و عمر محدود GPS
ترکیب RFID با GPS	✓ پایین آوردن هزینه به کارگیری GPS با کاهش هزینه‌های ارتباطی ✓ گزارش‌دهی به شکل Real-Time ✓ کاهش هزینه نصب و تجهیز به دلیل کاهش تعداد قرائتگرها	• عدم فراگیری روش و جدید بودن آن • کاربرد محدود (در حمل کانتینری و انبارداری کاربرد دارد)

۳- ضرورت پژوهش

در این بخش، پیش از ورود به نحوه انتخاب بهترین روش تکنولوژیک رهگیری، چرایی و ضرورت ایجاد کارآمد برای شناسایی واگن‌های شبکه را بررسی می‌نماییم.

۳-۱- خطای اطلاعاتی روش ثبت دستی کنونی

با بررسی اطلاعات دستی ثبت شده در پایگاه داده رهگیری واگن‌ها و با استفاده از روش‌های داده‌کاوی و تحلیل داده، مجموعه‌ای از خطاهای واضح و غیرمنطقی در روش کنونی ثبت موقیت واگن‌ها در شبکه راه آهن ج.ا.ا متصور می‌باشد که در جدول ۲ اشاره و محاسبه می‌گردد. لازم به ذکر است که برخی از خطاها بر اساس منطق شهودی و برخی دیگر بر اساس قوانین سیر و حرکتی محاسبه شده است. با این وجود، علاوه بر خطاهای ذکر شده، قطعا سایر خطاهای عوامل انسانی (خستگی، ثبت اشتباه زمان، کوتاهی در ثبت، بی‌دقتی و ملاحظی و ...) در محاسابات همچنان مستتر خواهد ماند.

بر اساس اصول منطقی و عقلانی، تاریخ رسیدن یک واگن به مقصد آن نمی‌تواند از زمان حرکت آن از مبداء بارگیری کوچک‌تر باشد. همچنین تاریخ صدور بارنامه بعدی یک واگن، نمی‌تواند از تاریخ رسیدن همان واگن به مقصد بارنامه قبلی کم‌تر گردد. به همین ترتیب، تاریخ حرکت و اعزام واگن از مبداء بارگیری نمی‌تواند از تاریخ صدور بارنامه زودتر باشد چرا که تا برای واگن بارنامه صادر نشود، امکان سیر آن میسر نیست. بر اساس قوانین سیروحرکت راه آهن ج.ا.ا، با توجه به شرایط مسیر خطوط ریلی و مشخصات فنی واگن‌ها، امکان سرعت بالای ۹۰ کیلومتر بر ساعت در بلاک‌ها برای واگن میسر نمی‌باشد. بنابراین اطلاعات زمان سیر در سیکل‌هایی که سرعت سیر آن‌ها از رقم مذکور بیشتر است، اشتباه ثبت شده است (BOL and Nafis System of RAI, 2018 and 2019).

جدول ۲. محاسبه کمی خطاهای موجود روش فعلی ثبت موقعیت واگن‌ها

ردیف	عنوان خطا	سال ۹۶		سال ۹۷	
		تعداد رکوردها	درصد خطا	تعداد رکوردها	درصد خطا
۱	زمان رسیدن زودتر از زمان اعزام از مبداء است	۱۳,۵۰۴	٪۱	۹,۶۳۰	٪۰/۷
۲	زمان صدور بارنامه بعدی واگن زودتر از رسیدنش به مقصد است	۶,۳۱۷	٪۰/۵	۱۴,۸۲۲	٪۱/۱
۳	زمان اعزام واگن زودتر از زمان صدور بارنامه است	۱,۶۶۱	٪۰/۱	۱۰,۱۰۳	٪۰/۷
۴	اطلاعات زمان حرکت و رسیدن به مقصد ثبت نشده است	۱۴۵,۳۹۱	٪۱۱,۱	۲۸۶,۳۸۷	٪۲۰/۷
۵	سرعت سیر واگن باردار در بلاک بیشتر از ۹۰ کیلومتر بر ساعت	۷,۹۲۹	٪۰/۶	۸,۴۱۱	٪۰/۶
۶	سرعت سیر واگن خالی در بلاک بیشتر از ۹۰ کیلومتر بر ساعت	۱۹,۸۹۰	٪۱/۵	۲,۸۴۴	٪۱/۶
	مجموع	۱۹۴,۶۹۲	٪۱۴/۸	۱۹۷,۳۵۱	٪۲۵/۴

تعداد کل بارنامه‌های صادر شده (رکوردها) در سال ۹۶ عدد ۱,۳۱۱,۹۱۸ و در سال ۹۷ عدد ۱,۳۸۲,۱۶۹ بوده است.

علاوه بر خطاهای گفته شده، که به شکل کمی قابل محاسبه بوده است، خطاهای دیگری در بررسی بر روی داده‌های سیر واگن‌ها مشاهده شده است که در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود. تعیین این خطاها، خروجی مصاحبه با کارشناسان شاغل در بخش‌های سیر و حرکت، بازرگانی و شرکت‌های حمل‌ونقل می‌باشد:

-به دلیلی اشتباه در ثبت دستی واگن‌ها بعضاً حسب اظهارات مالکان واگن رویت شده است که واگن در ایستگاه طول مسیر منفصل شده است (به عنوان نمونه واقعی ایستگاه اندیمشک) ولی اطلاعات ثبت شده بیانگر رسیدن واگن به مقصد می‌باشد (ایستگاه ماهشهر)

-به هنگام انفصال واگن‌ها دلیل آن ذکر نمی‌شود و بنابراین مشخص نیست که واگن منفصل شده به خط تعمیرات رفته، به دلیل تغییر ارایش در ایستگاه مانده، اضافه بار داشته و ...

-زمان ورود و خروج واگن‌ها به خطوط تخلیه و بارگیری طی فرم‌های مشخص ب۱۷۱۲ تعیین می‌شود. این فرم‌ها توسط نماینده شرکت‌های حمل‌ونقل تکمیل و توسط نماینده بازرگانی ادارات کل مناطق تایید می‌شود. به دلیل ثبت دستی، زمان واقعی و قطعی تحویل‌گیری و تحویل‌دهی واگن، پر ابهام است.

- طبق مقررات راه آهن برای هر واگن می‌بایست بارنامه جداگانه صادر شود. ولی بعضا دیده شده است که چندین واگن با یک بارنامه سیر داده می‌شود.

-بعضاً دیده شده است که مقصد یک بارنامه با مقصد واقعی رسیدن آن متفاوت است. مثلاً واگن‌ها از ایستگاه میاندشت به مقصد ایستگاه چادرملو بارگیری شده بوده ولی در طول سیر مسیر واگن به مقصد دیگری مثلاً ایستگاه بافق رسیده است.

- ایستگاه‌های ثبت شده در سامانه سیروحرکت با سامانه بارنامه مغایرت دارد. مثلاً مقصد واگن بر اساس مندرجات بارنامه، ایستگاه مانوری بندرعباس است ولی در سامانه سیروحرکت ایستگاه انشعاب بندعباس لحاظ می‌شود. لازم به ذکر است که سیر واگن از انشعاب تا مانوری به دلیل ازدحام واگن‌ها بعضاً سه روز معطلی دارد.

-بر اساس مقررات راه‌آهن برای سیر واگن‌ها صدور بارنامه الزامی می‌باشد. ولی بسیار دیده شده است که واگن بدون بارنامه سیر داده شده است و باعث ایجاد خطا در موقعیت اصلی واگن می‌شود. بعضا پیش امده است که به تاخیر در صدور بارنامه به دلیل قطع سیستم یا بدهی شرکت حمل‌ونقلی، واگن سیر داده شده است تا بعدا بارنامه آن صادر و ارسال شود.

-بعضاً مشاهده شده است که در موارد نیاز به اصلاح بارنامه، به دلیلی سهل‌انگاری کارکنان و نبود نرم افزار لازم در ایستگاه مورد نظر، بارنامه اصلاح نشده در سیستم باقی می‌ماند (مثلاً برای تخلیه بالاست و کوپلاژ یا در ایستگاه چغارت).

-پیش آمده است که برخی ادارات کل مناطق واگن‌ها را بارگیری کرده ولی از ارسال و صدور بارنامه برای آن ممانعت به عمل می‌آورند که این موضوع منجر به طولانی شدن زمان توقف واگن در مرحله بارگیری تا صدور بارنامه می‌شود. دلیل آن معمولا اهمال شماره‌بردار واگن یا مدیران نواحی به جهت زیرسوال نرفتن به علت عملکرد پایین روزانه (انتقال آمار عملکرد آن به روزهای بعد) است (Interview, 2019).

۳-۲- ضرورت بهبود سیکل گردش واگن‌ها

بهبود سیستم رهگیری به نحوی آنلاین که بتواند مدت زمان سیکل واگن را کاهش دهد و جلوی توقف طولانی مدت واگن را بگیرد، در ایجاد مزیت رقابتی برای حمل ریلی مثمرثمر خواهد بود. در جدول ۳ مدت زمانی که یک واگن در یک سیکل رفت و برگشتی درگیر بوده است، به تفکیک بخش‌های مختلف تشکیل دهنده فرآیند، ارایه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، در سال ۹۷ مدت زمان یک سیکل رفت و برگشتی واگن، با زمان عملیات تخلیه و بارگیری و سیر در مسیر رفت و برگشت، به طور متوسط ۱٤/۳ روز بوده است. عملا در یک سال یک واگن به طور متوسط می‌تواند تقریباً ۲۵ بار سیکل رفت و برگشتی داشته باشد که این عدد مستقیماً با درآمد آن و ایجاد صرفه اقتصادی برای حمل ریلی در ارتباط می‌باشد. به عبارتی ٪٦٤ مواقع، واگن خارج از سیر بوده و زمان آن در مراحل تخلیه و بارگیری تلف شده است (BOL and Nafis System of RAI, 2018 and 2019).

جدول ۳. متوسط مدت زمان سپری شده در سیکل گردشی هر واگن بر حسب روز

شرح وضعیت	سال	
	۹٦	۹۷
صدور بارنامه پر تا خروج از ایستگاه	۱/۳۹	۱/۲۵
خروج از ایستگاه مبداء تا رسیدن به ایستگاه مقصد	۲/۹۹	۲/۹٦
رسیدن به ایستگاه مقصد تا صدور بارنامه خالی بعدی	۲/۵٤	۳/۰۹
زمان صدور بارنامه خالی تا خروج از ایستگاه مقصد	۰/۹٦	۰/۹۳
خروج از ایستگاه مقصد تا رسیدن به ایستگاه مبداء	۲/٤۷	۲/۲٤
رسیدن به مبداء تا صدور بارنامه پر بعدی	۳/۳٤	۳/۸٤
مجموع	۱۳/٦۹	۱٤/۳۱

٤- مزایای مستقیم و غیرمستقیم رهگیری تکنولوژیک واگن

در این قسمت سعی بر آن داریم تا با ارایه حقایقی مستند، مزایای حاصل از مکانیزه نمودن رهگیری واگن‌ها را ارایه نمایم.

٤-۱- نقش رهگیری در ارتقاء شاخص عملکرد لجستیکی

شاخص عملکرد لجستیکی، شاخصی چندبعدی است که عملکرد بخش لجستیک یک کشور را ارزیابی می‌نماید و از سال ۲۰۰۷ به صورت دوسالانه توسط بانک جهانی با همکاری تامین‌کنندگان لجستیک و صاحب‌نظران دانشگاهی تهیه می‌گردد. هدف از تدوین این گزارش کمک به کشورها برای شناسایی فرصت‌ها و تنگناهای خود در حوزه لجستیک تجاری و نیز توضیح هزینه‌های ناشی از عملکرد ضعیف آن‌ها می‌باشد. این شاخص، عملکرد هر کشور را در شش حوزه که مهمترین ابعاد صنعت لجستیک کنونی را شکل می‌دهد، اندازه‌گیری می‌نماید. این شش حوزه لجستیکی عبارتست از کارایی فرایندهای ترخیص کالا، کیفیت زیرساخت‌های تجاری و جابه‌جایی، سهولت دسترسی به کالاهای مختلف با قیمت رقابتی، کفایت و کیفیت خدمات لجستیکی، توانایی در تعقیب و ردیابی کالاهای ارسالی، مناسب بودن زمان تحویل محموله‌ها به مشتری در زمان برنامه‌ریزی شده یا زمان مورد انتظار. همانگونه که ملاحظه می‌شود شاخص ردیابی و رهگیری از مولفه‌های کلیدی در عملکرد لجستیکی کشورها می‌باشد.

در تعریف این شاخص آمده است: اندازه‌گیری سطح رهگیری محمولات از لحاظ شناسایی دقیق مکان و مسیر محمولات تا تحویل به مصرف کننده نهایی پراهمیت می‌باشد. تمامی ذینفعان زنجیره تامین کالا در این شاخص دخیل می‌باشند و متعاقباً سطح رهگیری نتیجه فعالیت تمامی بخش‌های زنجیره می‌باشد. لازم به ذکر است که در سال ۲۰۱۸ در میان ۱٦۰ کشور، رتبه ایران در این شاخص جایگاه ٦٤ و در زیر شاخص رهگیری جایگاه ۸٤ بوده است (World Bank Report, 2018).

٤-۲- افزایش بهره‌وری نیروی انسانی

در حال حاضر در شرکت راه آهن ج.ا.ا دو گروه از کارکنان در امر ثبت اطلاعات زمان سیکل واگن‌ها دخیل هستند. گروه اول، کارکنانی تحت عنوان نیروهای ناظر بر تخلیه و بارگیری هستند که در زمینه ثبت زمان‌های ورود و خروج واگن‌ها به خطوط تخلیه و بارگیری با همکاری پرسنل شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی در حال فعالیت می‌باشند و وظیفه آن‌ها، نظارت و پیگیری عملیات تخلیه و بارگیری و بررسی صحت و سقم آن است. در حال حاضر حدود ۱٤۰ نفر در سطح شبکه اشتغال به کار دارند. این تعداد به غیر از نیروهای شاغل در شرکت‌های خصوصی است که مسئولیت کنترل و رهگیری دستی واگن‌های شرکت‌های مربوطه علی‌الخصوص هنگام تحویل وتحول در خطوط تخلیه و بارگیری را برعهده دارند. گروه دوم، کارکنانی تحت عنوان مسئول ایستگاه (متصدی

ترافیک) (در ایستگاه‌های بین‌راهی) یا شماره‌بردار (در ایستگاه‌های تشکیلاتی) هستند که در زمینه ثبت اطلاعات ورود و خروج واگن‌ها از/به ایستگاه‌ها به سیستم‌های مربوطه اقدام می‌کنند. بدین صورت که ابتدا کنترل ناحیه برای قطار تعریف شده، شماره تعیین نموده و در هر ایستگاه، با ورود و خروج قطار، مسئول ایستگاه شماره واگن‌ها را برای کنترلر (پانچیست) مستقر در مرکز کنترل ناحیه خوانده و پانچیست نیز اطلاعات ساعت و شماره واگن‌ها را در سیستم ثبت و ضبط می‌کند. در حال حاضر حدود ۱۸۰ نفر نیروی کنترلر در شبکه راه آهن کشور در حال فعالیت می‌باشد. لازم به ذکر است که به دلیلی شرایط بد آب و هوایی در برخی از ایستگاه‌های طول مسیر (گرما، سرما، طوفان و ....) و محیط‌های سخت کاری راه آهن (معادن، مخازن نفتی و ...) امکان حضور همیشگی نیروی انسانی میسر نیست.

با توجه به توضیحات فوق، با مکانیزه نمودن و ثبت خودکار اطلاعات ورود و خروج واگن‌ها به خطوط تخلیه و بارگیری می‌توان سطح نیروهای انسانی را کاهش داد یا در راستای ارتقاء بهره‌وری در بخش‌های دیگر به کار گرفت. در صورتی که حقوق ماهیانه هر یک از این افراد را به طور متوسط ۳ میلیون تومان فرض کنیم، صرفه‌جویی حاصل از حذف نیروی انسانی با اتوماتیک نمودن ثبت اطلاعات موقعیت واگن‌ها ۹٦۰ میلیون تومان می‌باشد.

٤-۳- هزینه فرصت (درآمد از دست رفته) ناشی از خواب سرمایه واگن

به دلیل تفاوت در نوع بارنامه و تعرفه‌های حمل داخلی و بین‌المللی، صرفه‌جویی حاصل از کاهش زمان بیکار بودن واگن با اتوماتیک نمودن شناسایی آلات ناقله متفاوت می‌باشد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. (NSW government, 2018).

٤-۳-۱ در بخش حمل‌ونقل داخلی

در سال ۹۷ حدود ۲۵۵۰۰ واگن درآمدی ۲۱۰۰ میلیارد تومانی کسب کرده‌اند (به طور متوسط هر واگن-روز ۲۳۰ هزار تومان). با توجه به اینکه کنترل دقیق موقعیت واگن منجر به افزایش تعداد سیر آن می‌گردد و با فرض افزایش ۱٪ در درآمد بخش حمل‌ونقل داخلی، از طریق پیاده‌سازی شناسایی خودکار، ۲۱ میلیارد تومان افزایش درآمد حمل ریلی خواهیم داشت. از طرف دیگر بر اساس اطلاعات ثبت شده در سال ۹۷، مبلغ حق پارکینگ اخذ شده توسط شرکت راه آهن ج.ا.ا از توقف بی‌مورد واگن‌های شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی، معادل ٤/۱ میلیارد تومان می‌باشد. به دلیل دستی بودن ثبت اطلاعات توقف واگن‌ها، بسیاری از موارد عملاً یا ثبت نمی‌شود یا با خطا ثبت شده است. بنابراین، بر اساس نظر کارشناسان این حوزه، در بدترین حالت می‌توان رقم مذکور را دو برابر نمود. (Internal Marketing Office of RAI, 2018)

٤-۲-۳- در بخش حمل‌ونقل بین المللی

در سال ۹۷ حدود ۲۵۸۰۰ واگن درآمدی ٤۱۰۰ میلیارد تومانی کسب کرده‌اند (به طور متوسط هر واگن-روز ٤۳۵ هزار تومان). مشابه بخش قبل، با فرض افزایش ۱٪ درآمد بخش حمل‌ونقل بین‌المللی از طریق پیاده‌سازی شناسایی خودکار، ٤۱ میلیارد تومان افزایش درآمد حمل ریلی خواهیم داشت. همچنین در بخش حمل‌ونقل بین‌المللی بابت استفاده از واگن و بوژی کشورهای خارجی در داخل کشور، مبلغی تحت عنوان ردووانس پرداخت می‌گردد. بر اساس اطلاعات سال ۹۸، به طور متوسط هر واگن یا بوژی ۱۵ روز در کشور حضور داشته که بر اساس تعرفه‌های مربوطه، معادل ۲۸٦ فرانک به ازای هر واگن یا بوژی است. کل رقم پرداخت شده ٦ میلیون فرانک می‌باشد. با فرض ۱۰ درصد کاهش در رقم پرداختی بابت حق استفاده از واگن و بوژی به کشورهای خارجی و با فرض نرخ تسعیر فرانک ۱٦۰۰۰ تومانی، ۹/٦ میلیارد تومان صرفه‌جویی صورت می‌پذیرد (International Marketing Office of RAI, 2018).

٤-٤- نتایج و تجربیات حاصل از اجرای پروژه‌های مشابه

موارد زیر، نتیجه پیاده‌سازی سامانه‌های مختلف رهگیری آنلاین در کشورهای مختلف جهان در زمینه حمل‌ونقل ریلی می‌باشد.

-قابلیت استفاده در شرایط سخت آب وهوایی و در محیط آلوده، باران، برف و مه

-بهره‌وری در امور پرسنل با حذف بخشی از امور محوطه با اتوماتیک نمودن بسیاری از فعالیت‌های خسته‌کننده و استرس‌زای کارکنان

-حذف خطا از سیستم عملیات باری و تاخیر درفرآیند رهگیری به کمک رهگیری خودکار و صرفه‌جویی در زمان و هزینه

-نیاز به رهگیری دقیق واگن‌های باری به دلایلی مانند رقابت شدید کامیون‌ها، سیستم‌های JIT کنترل موجودی، نیاز شرکت‌های اجاره‌دهنده واگن به اطلاعات آنلاین از دارایی خود، تضمین ترانزیت تایم برای مشتریان، تغییر از سازمانی خدماتی عمومی به سمت سازمان تجاری-اجتماعی

-دشواری در هر گونه افزایش در ظرفیت فیزیکی و بنابراین روش‌های جدید و کارا به منظور ارتقاء بهره‌وری واگن‌های موجود مورد نیاز است (پایش دقیق جابه‌جایی واگن با هدف کاهش دور گردش آن).

-بهبود مدیریت دارایی: رهگیری تجهیزات و واگن‌ها در حال سیر با جهت حداکثرسازی بهره‌برداری از دارایی شبکه، جلوگیری از سرقت و دستکاری واگن‌ها

-بلیط فروشی موثر: رضایت مشتری با ارایه اطلاعات به‌هنگام در خصوص موقعیت قطار و نمایش آن در پایانه‌ها و ایستگاه‌های مسافری، افزایش کارایی با جمع‌آوری خودکار کرایه، کاهش ایجاد صف و بهبود زمان سفر

-بهبود سطح کیفی تعمیر و نگه‌داری: ثبت تاریخچه و مستندسازی سرویس و تعمیر واگن به جهت پیشگیری از بروز مشکلات فنی و تشخیص زمان تعمیری شدن واگن، شناسایی واگن‌هایی که زمان اضافی در دپوهای تعمیراتی گذرانده، برنامه‌ریزی تعمیرات پیشگیرانه (بر اساس خستگی تجهیزات، زمان و تن-کیلومتر طی شده توسط واگن)، سازماندهی تعمیرات اصلاحی به هنگام آسیب به واگن.

✓افزایش ایمنی: افزایش ایمنی کارکنان کنار خط، افزایش ایمنی واگن‌ها با پایش دمای جعبه یاتاقان و شناسایی عیوب چرخ و پانتوگراف و عدم تعادل بارگیری، باز شدن درب واگن‌های مسافری در زمان مناسب.

✓ایجاد بهره‌وری عملیاتی: مانور صحیح واگن و تسهیل تشکیل قطار، پایش سرعت قطار، پایش جابه‌جایی واگن در سطح شبکه، کاهش هزینه‌های عملیاتی مانند هزینه‌های پست، بایگانی، اداری و اسنادی، صرفه‌جویی در نیروی کار، تسریع و تسهیل در گزارش‌گیری از واحدهای حمل، ارایه مستندات مستدل در خصوص قطار و واگن، پایش محموله، امکان استفاده از بارنامه الکترونیکی و سبز، کسب اطلاعات دما، سرعت، رطوبت، گرد و غبار و فشار با سنسورهای خاص، تحلیل بهتر بر توزیع واگن‌ها، برنامه‌ریزی بهتر برای کاهش زمان بیکاری و افزایش زمان در دسترس بودن واگن.

-کنترل موجودی و رسوب واگن در هر ایستگاه: هر لحظه می‌توان موجودی هر ایستگاه و تعداد واگن‌های موجود بین ایستگاه‌های تحت پوشش این سیستم را در شبکه ریلی تعیین کرد. بدیهی است که با ورود و خروج قطار به ایستگاه در همان لحظه، لیست واگن‌های موجود در ایستگاه و بلاک مجاور قابل محاسبه خواهد بود.

-تعیین وضعیت واگن‌ها: با تشخیص واگن‌ها در ایستگاه‌ها و انتقال اطلاعات آن به مرکز کنترل و مقایسه با شماره واگن در بانک اطلاعاتی بارنامه، وضعیت واگن‌ها از نظر پر یا خالی بودن تعیین می‌گردد. هر چند با استفاده از برچسب‌های قابل خواندن و نوشتن در مبادی بارگیری و تخلیه، می‌توان حتی اطلاعات بارنامه را بر روی برچسب شناسایی نوشت.

-تشخیص آرایش قطار: تشخیص آرایش قطار از مواردی است که هم در قطارهای مسافری هم در قطارهای باری همواره مورد توجه بوده است. اگر کلیه واگن‌ها دارای برچسب شناسایی باشند با ورود و خروج به ایستگاه، آرایش قطارها به طور اتوماتیک مشخص خواهد شد. آرایش قطارها ارتباط مستقیم با نحوه سائیدگی چرخ‌ها دارد اما در قطارهای باری علاوه بر مساله سائیدگی، آرایش قطار برای ایستگاه‌های تشکیلاتی که دارای عملیات اتصال و انفصال هستند با دانستن محل دقیق واگن‌ها در آرایش قطار مهم است، کاربرد دیگر آرایش قطار در مبادی تعویض بوژی می‌باشد.

-استفاده بهینه از نیروی کشش: با دانستن آرایش قطارها و وضعیت بارگیری آن‌ها، می‌توان انتخاب بهتری برای نیروی کشش انجام داد و به محض تشکیل قطار اطلاعات لازم برای تصمیم گیری در مورد نیروی کشش مورد نیاز برای حمل قطار را به دست آورد و سیستم می‌تواند با یک پردازش ساده نیروی کشش لازم را ارایه نماید که این موضوع به سرعت سیر قطار و بالطبع سرعت سیر واگن باری کمک خواهد کرد.

-امکان ترکیب سیستم شناسایی اتوماتیک با سیستم توزین واگن‌ها، سیستم‌های نظارتی تعمیر نگه داری (گرمای چرخ و

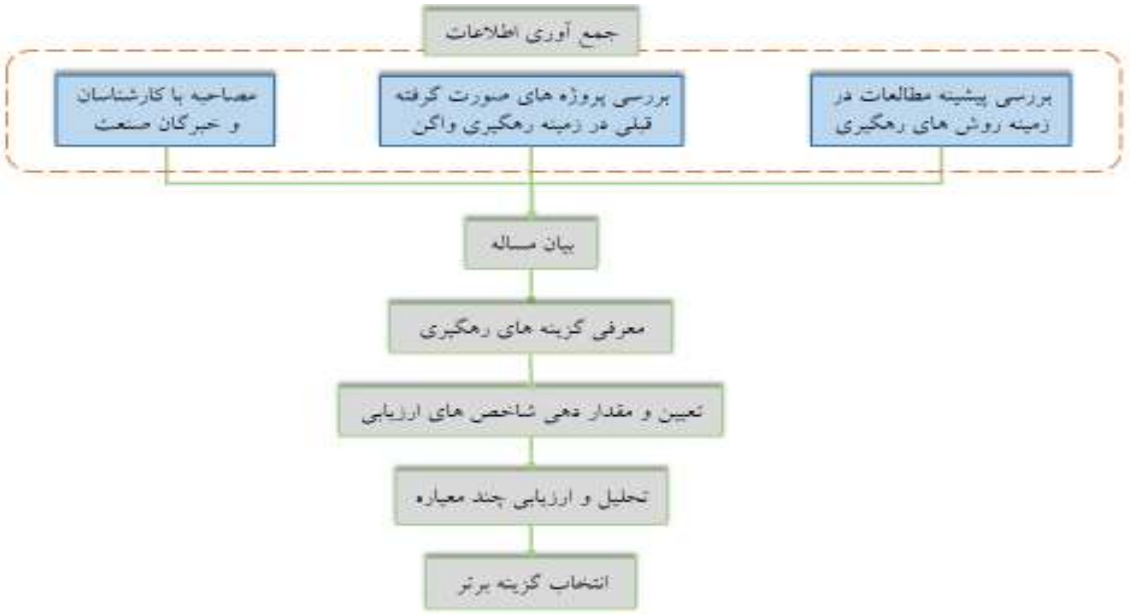
محور و تشخیص شکستگی و سائیدگی چرخ‌ها) و کنترل کارکنان.

-ایجاد شناسنامه الکترونیکی برای هر واگن: با استفاده تجهیزات شناسایی می‌توان کلیه ویژگی‌های یک واگن را بر روی آن ذخیره کرد. مثلا می‌توان کلیه تعمیرات انجام شده در یک تعمیر را بر روی آن نوشت یا در مبادی بارگیری نوع بار همراه واگن را یاداشت کرد و هر آنچه که برای یک واگن نقش اساسی دارد را بر روی آن ذخیره نمود. (Jadac Wang and Potter,) (Company Report, 2018 Malakar) (Kandel and Klumpp 2012) (2007 Mašekm, Kolarovszki and) (and Roym, 2014 (Čamaj, 2016

عناوین ذکر شده در بالا کلیاتی از مزایا و قابلیت‌های پیاده‌سازی رهگیری آنلاین آلات ناقله در شبکه ریلی است. لازم به ذکر است که بر اساس مطالعه ای که در بازار خرده فروشی‌ها در سال ۲۰۱۸ صورت گرفته است (Accenture Company Report, 2018)، شرکت‌های خرده فروشی که در مرحله اجرای آزمایشی طرح می‌باشد، به طور متوسط به نرخ بازگشت سرمایه ٦/٨٪ و شرکت‌های که رهگیری را به طور کامل پیاده کرده‌اند، به نرخ ۹/۲٪ دست یافته‌اند (متوسط نرخ تورم در جهان ٤٪ است).

۵- روش انجام تحقیق

در بخش‌های قبلی بر روش‌های رهگیری و شناسایی خودکار و ضرورت پیاده‌سازی آن برای شبکه ریلی کشور تاکید گردید. همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در این بخش به دنبال انتخاب بهترین روش از میان سیستم‌های قابل استفاده می‌باشیم.



شکل ۲ . مراحل انتخاب گزینه برترِ رهگیری واگن‌های شبکه راه آهن ج.ا.ا

۵-۱- مدل ریاضی

مساله‌ای که در این پژوهش به آن پرداخته شده، یک مساله انتخاب روش تکنولوژیک رهگیری است. در مساله‌ای که ضابطه تصمیم‌گیری چندگانه باشد به طوری که نتوان معیارها را به یکدیگر تبدیل کرد، از روش‌های حل مساله چندضابطه‌ای استفاده می‌شود. از این رو لازم است در انتخاب روش‌های رهگیری از روش‌های ارزیابی چندمعیاره استفاده گردد. از نظر ریاضی این روش را می‌توان به صورت مساله بهینه‌سازی به شکل رابطه ۱ نوشت.

$$Max\ Z(x_1 ... x_p) = [z_1(x_1 ... x_n), ..., z_p(x_1 ... x_n)] \quad (1)$$

$$s.t:$$

$$g_i(x_1 ... x_n) \le 0 \quad , \ i = 1, ..., m \quad (2)$$

$$x_j \ge 0 \quad , \ j = 1, ..., n \quad (3)$$

Z : بردار تابع هدف‌های Z_1 و ... Z_p

g_i: محدودیت i ام

X_j : متغیر تصمیم گیری j ام است.

در روش‌های چندمعیاره، هدف، یافتن مجموعه بهترین‌های ممکن است. به این معنی که دیگر جواب‌ها به هدف‌های مساله کمتر از بهترین جواب‌های ممکن دست می‌یابند و در خود مجموعه بهترین جواب‌های ممکن، نمی‌توان یک گزینه را بر دیگری ترجیح داد. به طور کلی روش‌های تحلیل چند معیاره متنوعی برای ارزیابی گزینه‌ها وجود دارد که یکی از این روش‌ها روش تحلیل همایی است که برتری یک گزینه نسبت به سایر گزینه‌ها و عدم برتری سایر گزینه‌ها نسبت به یک گزینه را مورد تحقیق قرار می‌دهد.

رویکرد تحلیل همایی، طی تکرار محاسبات براساس سیستم‌های وزن‌دهی متفاوت، گزینه‌ای که برتری بیش‌تری و نواقص کم‌تری نسبت به سایر گزینه‌ها دارد، انتخاب می‌کند. در این روش هر یک از اهداف دارای وزنی است که این وزن‌ها را می‌توان از افراد کارشناس یا سازمان‌های مختلف به دست آورد. برای هر سیستم و ساختار وزن‌دهی روی اهداف مختلف می‌توان دو شاخص همایی (نشان‌دهنده میزان برتری یک گزینه بر گزینه‌های دیگر است) و شاخص ناهمایی (نشان‌دهنده تسلط دیگر گزینه‌ها بر گزینه موردنظر است) را محاسبه کرد. با استفاده از این دو، شاخص تسلط ساخته می‌شود که در تعیین میزان برتری هر یک از گزینه‌های مورد استفاده قرار میگیرد. گزینه‌هایی که از متوسط بهتر عمل کنند، گزینه‌های مسلط نامیده می‌شوند.

۵-۲- مدل تحلیل همایی

اگر Z_{ij} مقدار تابع هدف j برای گزینه i باشد، در آن صورت برای هدف‌هایی که بیشینه آن مدنظر است، داریم.

$$r_{ij} = \frac{Z_{ij}}{\max_k Z_{kj}} \quad (4)$$

و برای هدف‌های که کمینه آن مدنظر است، داریم:

$$r_{ij} = 1 - \frac{Z_{ij}}{\max_k Z_{kj}} \quad (5)$$

بنابراین، مقدار بیشتر r_{ij} مطلوب است.

مجموعه‌های همایی ($C_{ii'}$) و مجموعه ناهمایی ($D_{ii'}$) به شرح ذیل تعریف می‌شوند:

$$C_{ii'} = \{j \mid r_{ij} \ge r_{ij}\} \quad (6)$$

$$D_{ii'} = \{j \mid r_{ij} \le r_{ij}\} \quad (7)$$

$$C_{ii'} \cap D_{ii'} = \{j \mid r_{ij} = r_{ij}\} \quad (8)$$

بدیهی است که $C_{ii'}$ و $D_{ii'}$ تابعی از اوزان تخصیص داده شده به اهداف نمی‌باشند. شاخص همایی عبارت است از:

$$CI_{ii'} = \sum_{j \in C_{ii'}} W_j \quad \text{و} \quad i \ne i' \quad (9)$$

که در آن W_j وزن اعمال شده برای هدف j از دیدگاه تصمیم‌گیر می‌باشد. شاخص ناهمایی نیز عبارت است از:

$$DI_{ii'} = \sum_{j \in D_{ii'}} \left\{ \frac{W_j \ |r_{ij} - r_{ij}|}{d^{\max}} \right\} / m \quad (10)$$

$$d^{\max} = \max_{i,i'} \max_j \ W_j \ |r_{ij} - r_{ij}| \quad (11)$$

$$m = \max_{i,i'} \ \{|D_{ii'}|\} \quad (12)$$

که $|D_{ii'}|$ تعداد عناصر مجموعه $D_{ii'}$ می‌باشد. با توجه به تعاریف فوق مشاهده می‌شود که $0 \le D_{ii'} \le 1$ می‌باشد. جداول شاخص‌های همایی و ناهمایی اطلاعات با ارزشی را همچون مقدار خالص شاخص همایی (NCI_i) و مقدار شاخص ناهمایی (NDI_i) به شرح زیر برای تحلیل‌گر ارایه می‌کند.

$$NCI_i = \sum_{i \ne i'} CI_{ii'} - \sum_{i \ne i'} CI_{ij} \quad (13)$$

$$NDI_i = \sum_{i \ne i'} DI_{ii'} - \sum_{i \ne i'} DI_{ij} \quad (14)$$

در دو رابطه $NCI_i > 0$ و $NDI_i < 0$ صدق می‌کنند، مجموعه گزینه‌های مسلط را تشکیل می‌دهند. گزینه‌های مسلط، به مجموعه گزینه‌هایی گفته می شود که برای یک سیستم

وزن‌دهی مشخص (W_j) بهتر از متوسط عمل می‌کنند.

با تغییر سیستم وزن‌دهی، مجموعه گزینه‌های مسلط نیز تغییر پیدا می‌کند.

گزینه‌های مشترک در مجموعه گزینه‌های مسلط را می‌توان در یک مجموعه جای داد و آن‌ها را مجموعه گزینه‌های رقیب نامید. این مجموعه، مجموعه‌ای است که به ازای هر سیستم وزن‌دهی، بهتر از متوسط عمل می‌کنند (Giuliano, 1985).

۵-۳- پیاده‌سازی روش

در این بخش برای انطباق با پارامترهای روش تحلیل همایی، به تشریح کامل معیارها، گزینه‌های مدنظر و خروجی مدل خواهیم پرداخت.

۵-۳-۱- معرفی معیارهای ارزیابی

معیارهای ارزیابی گزینه‌ها، مشتمل بر ۱۲ آیتم می‌باشد که در قالب چهار گروه فنی، اقتصادی، عملیاتی و مدیریتی قابل دسته‌بندی می‌باشند. (Allahviranlou, 2015) همانند بسیاری از پروژه‌های مشابه، برخی از معیارهای ارزیابی در این پژوهش از نوع کمی و برخی دیگر از نوع معیارهای کیفی هستند. ابزار مقایسه در معیارهای کمی به عنوان مثال هزینه اجرایی گزینه‌های مختلف، کمیت عددی معیار در گزینه‌ها می‌باشد. در مورد معیارهای کمی نیز از جدول ٤ و به روش مقیاس لیکرت برای تعیین سطح عملکرد گزینه‌ها در هریک از معیارها استفاده می‌شود.

جدول ٤. سیستم امتیاز دهی به گزینه‌ها و معیارهای کیفی

سطح عملکرد	امتیاز
بسیار زیاد	۱۰
زیاد	۸
متوسط	۵
کم	۳
بسیار کم	۱

لازم به ذکر است که به منظور امتیازدهی معیارهای کیفی به هر یک از گزینه‌ها، امتیازهای اخذ شده از مجموعه کارشناسان، مدیران و هیات‌های علمی میانگین‌گیری شده است. همچنین تاکید می‌گردد که شاخص منفی، شاخصی است که اختصاص عدد بالاتر به آن به معنای نامطلوب بودن آن شاخص است و شاخص مثبت، شاخصی است که تخصیص عدد بیشتر به آن به منظور مطلوب بودن شاخص مربوطه است.

این معیارها در ابتدا از طریق مطالعات قبلی صورت گرفته و نیازمندی‌های مطرح شده در پروژه‌های قبلی استخراج شد. سپس پرسشنامه در اختیار تعدادی از کارشناسان جهت تکمیل قرار گرفت. بنابراین جهت تایید روایی پرسشنامه، بازخوردهای حاصل از آن و تایید تعدادی از هیئت‌های علمی بر شاخص‌ها اعمال گردید. در نهایت معیارهای نهایی به شرح که در ادامه آورده می‌شود، نهایی شده است: (Rostami, isayi and Pourreza,2007)

معیارهای اقتصادی

عناصر هزینه، راحتی تامین و خرید تجهیزات، راحتی تامین و خرید تجهیزات در دسته معیارهای اقتصادی گنجانده شده‌اند.

-هزینه: هزینه گزینه‌ها شامل هزینه خرید تجهیزات و قطعات مورد نیاز جهت پیاده سازی روش‌ها، هزینه‌های طول دوره بهره برداری و تعمیرات دوره‌ای آن می‌باشد. بسته به مولفه‌های هر روش به طور تقریبی و کمی در محاسبات آورده شده است.

-راحتی تامین و خرید تجهیزات: منظور از این شاخص سهولت در انتخاب فروشنده‌ها، ثبت سفارش تامین قطعات خارجی، پرداخت هزینه مالی و سهولت تامین تجهیزات و قطعات مورد نیاز روش‌ها می‌باشد.

معیارهای فنی

از دیدگاه فنی چهار معیار حائز اهمیت اند که عبارت اند از شاخص کارایی فنی و دقت ذاتی، احتمال خرابکاری عامدانه، سهولت نصب و راه اندازی روش، سهولت تداوم رهگیری در هنگام بروز خرابی در سیستم.

-کارایی فنی و دقت ذاتی: ظرفیت روش در ثبت، ذخیره سازی و انتقال داده‌ها، دقت فنی و ذاتی روش، پایین‌بودن خطای عملکردی طبیعی روش که کاملاً به مشخصه‌های فرآیند تولید تجهیزات در کارخانه سازنده برمی‌گردد.

-احتمال خرابکاری عامدانه: با چه احتمال و شدتی می‌توان سیستم را از کار انداخت. در این خصوص عواملی مانند سرقت تجهیزات، ارزش تجهیزات مسروقه، سهولت آسیب رساندن

عامدانه به تجهیزات روی واگن، کنار خط و سرورهای مرکزی را مدنظر قرار می‌گیرد.

-سهولت نصب و راه اندازی روش: امور فنی و تاسیساتی مورد نیاز هنگام نصب و پیاده‌سازی روش می‌باشد. مسائلی مانند مکان نصب تجهیزات، نحوه استقرار و ثابت نمودن تجهیزات، سهولت کابل کشی و ...

-سهولت تداوم رهگیری در هنگام بروز خرابی در سیستم: در صورت بروز خرابی در روش مورد نظر، تا چه حد امکان ادامه فرآیند رهگیری با خطای کمتر میسر می‌باشد.

معیارهای عملیاتی

از نظر کارشناس عملیات که به طور مستقیم با سیر و حرکت واگن‌ها سروکار دارد، شاخص‌های رهگیری پیوسته واگن، قابلیت اطمینان در تشخیص صحیح واگن، عملکرد مناسب در شرایط آب و هوایی و محیطی راه آهن مورد نظر می‌باشند.

-رهگیری پیوسته واگن: منظور ارسال غیر گسسته و لحظه به لحظه اطلاعات می‌باشد. ممکن است برخی از روش‌ها اطلاعات را به شکل گسسته و صرفا در برخی نقاط اطلاعات از پیش تعیین شده (ایستگاه‌ها) ارسال کنند و برخی دیگر دائما و در هر مکانی (ایستگاه، بلاک و حتی خط قرارگیری واگن) به شکل آنلاین اطلاعات موقعیت را ارسال نمایند.

-قابلیت اطمینان در تشخیص صحیح واگن: ثبت صحیح اطلاعات شناسه و موقعیت واگن به هنگام مانور مکرر در ایستگاه‌ها، اتصال و انفصالات در طول مسیر، تغییرات ساختار قطار و سایر فرآیند سیر و حرکتی که به هر نحوی روش مورد نظر را با چالش ثبت صحیح اطلاعات مواجه خواهد نمود.

-عملکرد مناسب در شرایط آب و هوایی و محیطی راه آهن: منظور از شرایط آب و هوایی در واقع گرما و سرمای شدید ایستگاه‌های راه آهن، بارندگی، وجود نویز در محیط، رطوبت، مناطق دارای عدم پوشش شبکه مثل تونل، گرد، غبار، کثیفی محیط و ... می‌باشد.

معیارهای مدیریتی

معیارهای مدیریتی شامل سهولت رفع تعارضات درون و برون سازمانی، قابلیت به کارگیری در سایر زمینه‌ها و کاربردها، قابلیت توسعه و گسترش در آینده می‌باشد.

-سهولت رفع تعارضات درون و برون‌سازمانی: رفع مقاومت‌ها، تضاد منافع ذی نفعان و چالش‌های مدیریتی و سازمانی بین مدیران واحدهای مختلف ناوگان، علائم و بهره‌بردای و شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی که حتی ممکن است اصل مفید بودن رهگیری خودکار و شفاف‌سازی حاصل از آن را زیر سوال ببرند.

-قابلیت به کارگیری در سایر زمینه‌ها و کاربردها: استفاده از سیستم در کارکردی غیر از رهگیری مانند توزیع مناسب بار در واگن، توزین بار واگن، تشخیص خرابی واگن، اطلاع از جهت حرکت، سنسورهای حرارت و... که می‌تواند به طور یکجا و در یک بسته لحاظ گردد.

-قابلیت توسعه و گسترش در آینده: منظور امکان بهبود، توسعه و تکمیل روش در شرایط محتمل آتی می‌باشد و در واقع این شاخص به نوعی آینده نگری روش‌ها را ارزیابی می‌کند.

۵-۳-۲- وزن‌دهی به شاخص‌ها

به منظور تحلیل گزینه‌ها به روش تحلیل همایی، باید وزن هر شاخص مشخص باشد. بدین منظور نظرات کارشناسان، خبرگان، مجریان، مدیران و هیئت‌های علمی جمع‌آوری گردید. بر اساس نتایج این نظرسنجی، چهار سیستم وزن‌دهی متفاوت بر اساس نظرات چهار گروه مختلف تنظیم شده است که این گروه‌ها عبارتند از:

گروه ۱ : کارشناسان حوزه صنعت ریلی

گروه ۲ : خبرگان فناوری رهگیری

گروه ۳ : مدیران بخش ریلی

گروه٤ : اعضای هیات علمی دانشگاه

مقادیر وزن‌های تخصیص داده شده به معیارها در جدول ۵ نمایش داده شده است.

جدول ٤. مقادیر اوزان تخصیص داده شده به معیارها در گروه‌های مختلف مصاحبه شوندگان

ردیف	عنوان شاخص	نوع شاخص	اوزان از ۱۰۰			
			گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ٤
۱	هزینه	منفی	۹/۷	۹/۲	۱۰/٤	۹/۰
۲	احتمال خرابکاری عامدانه	منفی	۷/۷	۸./۵	۷/۲	۷/۰
۳	رهگیری پیوسته واگن	مثبت	۹/۰	٦/۳	۷/۵	۸/٦
٤	قابلیت توسعه و گسترش در آینده	مثبت	۸/۸	۹/٦	۱۰/٤	۱۰/٤
۵	سهولت نصب و راه اندازی روش	مثبت	٦/٦	۷/۰	۹/٤	۷/۹
٦	قابلیت اطمینان در تشخیص صحیح واگن	مثبت	۱۰/.	۱۰/۳	۱۱/۰	۹/۷
۷	عملکرد مناسب در شرایط آب و هوایی و محیطی راه آهن	مثبت	۱۰/۱	۹/۲	۱۰/٤	۷/۷
۸	سهولت تداوم رهگیری در هنگام بروز خرابی در سیستم	مثبت	٦/۸	۸/۱	٦/۰	۸/۱
۹	سهولت رفع تعارضات درون و برون سازمانی	مثبت	۷/۱	۷/٤	۵/۷	۷/۳
۱۰	کارایی فنی و دقت ذاتی	مثبت	۹/۲	۹/۲	۸/۲	۸/٦
۱۱	راحتی تامین و خرید تجهیزات	مثبت	۷/۹	۷/٤	۸/۲	۹/۷
۱۲	قابلیت به کارگیری در سایر زمینه‌ها و کاربردها	مثبت	۷/۰	۸/۱	۵/۷	۷/۹

۵-۳-۳- معرفی گزینه‌های مدنظر

بر اساس مطالعات قبلی و بررسی‌های به عمل آمده، سیستم‌های اصلی رهگیری واگن‌ها را می‌توان در پنج روش کلی دسته بندی کرد:

۱. روش ثبت دستی

این روش در واقع همان وضع موجود ثبت اطلاعات در شرکت راه آهن ج.ا.ا می‌باشد. بدین شکل که اطلاعات زمانی و مکانی تشکیل قطار، ورود و خروج آن از/ به ایستگاه‌های بین راهی توسط کنترل تهیه و به مسئول (متصدی) ایستگاه اعلام می‌شود. مسئول مربوطه نیز به هنگام ورود و خروج قطار، شناسه شماره واگن‌های هر قطار را در سیستم مربوطه اصطلاحا پانچ می‌کند.

۲. روش نیمه‌خودکار

در این روش اطلاعات ثبت شده مربوطه به رهگیری واگن‌ها به وسیله نرم افزار مناسب با اطلاعات موقعیت مکانی و زمانی کشنده‌ی قطار به دست آمده از GPSهای نصب شده بر روی لکوموتیوها یکپارچه می‌شود تا بدین ترتیب خطای اطلاعات کاهش یابد.

۳. روش پردازش تصویری

منظور از این روش، نصب دوربین‌های ویژه در محل مناسب ورودی و خروجی ایستگاه‌ها جهت خوانش اطلاعات درج شده بر روی بدنه واگن‌ها می‌باشد. بدین ترتیب دوربین‌های مخصوص تصویر شماره استنسیل شده بر روی بدنه واگن‌ها را پردازش و اطلاعات آن را در پایگاه داده ذخیره می‌کند.

٤. روش شناسایی با امواج رادیویی

روش RFID شامل نصب برچسب بر روی بدنه واگن و قرار دادن قرائت‌گر در ورودی و خروجی ایستگاه‌ها است. به هنگام عبور قطار از قرائتگر، اطلاعات ذخیره شده بر روی برچسب‌ها، توسط امواج رادیویی منتقل و به سرورهای مربوطه ارسال می‌شود.

۵. روش سیستم موقعیت جغرافیایی

در این روش بر روی هر واگن دستگاه GPS نصب می‌شود. بدین ترتیب در هر لحظه و مکان قابلیت رهگیری واگن به راحتی میسر می‌باشد. انتقال اطلاعات می‌تواند توسط ماهواره‌ها یا ایستگاه‌های مخابراتی باشد. (Ballis, and Dimitriou, 2010)

۵-۳-٤- خروجی اجرای مدل

با توجه به جزییات ارایه شده درباره تحلیل همایی و مقادیر عددی برای کلیه شاخص‌ها و همچنین مقادیر وزن‌های اختصاص داده شده به هر شاخص طبق نظرات گروه‌های کارشناسان، خبرگان، مدیران و اعضای هیات علمی می‌توان شاخص‌های خالص همایی و ناهمایی هر کدام از گزینه‌ها را در نرم افزار Excel فرموله و محاسبه کرد که این نتایج در جدول ٦ نمایش داده شده است.

جدول ۵. مقادیر شاخص همایی و ناهمایی گزینه‌ها در سیستم‌های مختلف وزن دهی

سیستم وزن دهی / گزینه		ثبت دستی (۱)	نیمه خودکار (۲)	پردازش تصویری (۳)	شناسایی با امواج رادیویی (۴)	سیستم موقعیت جغرافیایی (۵)
گروه یک	شاخص همایی	-۰/۸۵	-۰/۴۰	-۱/۸۶	۰/۸۰	۲/۳۲
	شاخص ناهمایی	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۲۰	-۰/۷۹	-۰/۸۶
گروه دو	شاخص همایی	-۰/۷۸	-۰/۳۸	-۱/۸۸	۰/۷۴	۲/۳۱
	شاخص ناهمایی	۰/۶۹	۰/۷۶	۰/۱۷	-۰/۷۸	-۰/۸۴
گروه سه	شاخص همایی	-۰/۶۴	-۰/۲۹	-۱/۹۶	۰/۷۰	۲/۱۹
	شاخص ناهمایی	۰/۶۱	۰/۷۲	۰/۱۶	-۰/۷۲	-۰/۷۷
گروه چهار	شاخص همایی	-۰/۶۴	-۰/۳۱	-۱/۸۹	۰/۶۸	۲/۱۶
	شاخص ناهمایی	۰/۶۹	۰/۷۴	۰/۲۲	-۰/۷۹	-۰/۸۶

با توجه به اینکه برای گزینه‌های (۴) و (۵) شاخص خالص همایی مثبت و شاخص خالص ناهمایی منفی می‌باشد، این دو گزینه در مجموعه گزینه‌های رقیب قرار می‌گیرند. بنابراین، برای انتخاب گزینه برتر، گزینه‌های که دارای بیشترین تفاوت در مقدار شاخص خالص همایی و مقدار شاخص خالص ناهمایی می‌باشد، به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌گردد (Afsahi el al., 2011). بر این اساس گزینه (۵) یعنی نصب دستگاه GPS بر روی هر واگن گزینه برتر برای رهگیری می‌باشد. لازم به ذکر است که به منظور ارزیابی بهتر و انتخاب گزینه برتر، کلیه گزینه‌ها تحت یک سیستم وزن‌دهی جدید که در آن کلیه معیارها دارای وزن یکسان می‌باشند، مقایسه شد که بر نتیجه بالا صحه می‌گذارد.

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ضمن توصیف فرآیند عملیاتی سیر واگن‌ها در مبادی و مقاصد تخلیه و بارگیری، روش موجود رهگیری دستی واگن‌های شبکه و مشکلات حاصل از آن را بررسی شد. بر اساس مطالعات قبلی صورت گرفته، مزایا و معایب روش‌های مختلف رهگیری در جهان و فواید حاصل از پیاده‌سازی این روش‌ها بیان گردید. در بیان ضرورت پژوهش، حتی‌المقدور خطاهای روش فعلی محاسبه و سایر خطاهای موجود نیز عنوان گردید. همچنین تحلیل سیگل گردش واگن ارایه شد. فرصت‌های از دست رفته و هزینه‌های متحمل بر سیستم ریلی به دلیل استفاده از رهگیری سنتی را بررسی و منافع مستقیم و غیرمستقیم خودکار نمودن رهگیری واگن را از جنبه‌های ارتقاء شاخص عملکرد لجستیکی، بهره‌وری نیروی انسانی، هزینه فرصت از دست رفته و الگوبرداری از پروژه‌های مشابه تحلیل شد. سپس برای تعیین گزینه مناسب رهگیری در شبکه ریلی به دلیل چندگانه بودن ضابطه تصمیم‌گیری، از رویکرد تحلیل همایی استفاده گردید. نقطه قوت این روش، استفاده از سیستم‌های مختلف وزن‌دهی، جهت محاسبه بهترین گزینه می‌باشد. بدین منظور با کمک مصاحبه‌های تخصصی و پرسشنامه‌ها، گزینه‌های رهگیری شناسایی و معیارهای جامع و شامل انتخاب گردید. در پایان با پیاده‌سازی مدل مشخص گردید که روش نصب GPS بر روی واگن‌ها، مناسب‌ترین روش برای رهگیری واگن‌های شبکه ریلی کشور می‌باشد. مجددا یادآوری می‌گردد که استفاده از روش GPS علی رغم اینکه با چالش‌هایی نظیر نیاز به شارژ مجدد، نصب تجهیزات خاص جهت پیشگیری از سرقت و عدم کارایی در مناطقی مانند جنگل، تونل و و مناطق شهری مواجه است ولی امکان رهگیری پیوسته و real-time داشته، به راحتی جهت و سرعت حرکت واگن را تعیین نموده و نیازمند تغییرات چشمگیری در زیرساخت‌های موجود راه‌آهن جهت پیاده‌سازی نیست.

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Cyclic Time
2. Opportunity Cost
3. Logistic Performance Index
4. Concordance Analysis
5. Manual Method
6. Semi-Manual Method
7. Image Processing Method
8. Radio Frequency Identification
9. Geographical Positioning System

۸- مراجع

-شفیع نادری، ع. و سیف نیا، ف. و کامیاب، م. و کلانتری، ه. و اسماعیلی، م. و اسد بیگی، ا. و جعفرپور، ا. و علیقارداشی، و. و نصیریان، ع. و درودیان، خ.، (۱۳۹۵)، "تعیین مقدار کمی شاخص منفعت اقتصادی جامعه ناشی از حمل کالاهای مناسب سیستم ریلی"، معاونت بازرگانی و بهره‌برداری شرکت راه آهن ج.ا.ا.

-عبدالوند، ن. و مقدم چرکری، ن. و البدوی، ا. و سپهری، م.، (۱۳۸٦)، "بهبود عملیات حمل‌ونقل ریلی با استفاده از AVI/Tag و سیستم‌های اطلاعاتی"، دومین کنفرانس بین المللی RFID، تهران.

-دفتر هوشمندسازی و داده کاوی، (۱۳۹۷)، "سالنامه آماری"، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران.

-دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، (۱۳۹۷)، "سالنامه آماری"، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای.

-اداره کل بازرگانی داخلی، (۱۳۹٤)، "نگاهی به روابط بین راه آهن ج.ا.ا و شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی"، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران ، معاونت بازرگانی و بهره برداری.

-اداره کل سیر و حرکت، (۱۳۹٦ و ۱۳۹۷)، "سامانه گراف نفیس"، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، معاونت بازرگانی و بهره برداری.

-اداره کل بازرگانی داخلی، (۱۳۹٦ و ۱۳۹۷)، "سیستم صورت حساب شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی"، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، معاونت بازرگانی و بهره برداری.

-"مصاحبه‌های تخصصی با کارشناسان صنعت حمل‌ونقل ریلی در بخش‌های بهره‌برداری، علائم و ارتباطات، فناوری اطلاعات و مرکز تحقیقات"، (۱۳۹۸)، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی.

-اداره کل بازرگانی خارجی، (۱۳۹۷)، "سیستم درآمد بین المللی"، شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، معاونت بازرگانی و بهره برداری.

-الهویرنلو، م.، (۱۳۹٤)، "کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در انتخاب بهترین گزینه جانمایی موجشکن بندر انزلی"، نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی، سال اول، شماره۳.

-افصحی، ا. و پورخرسند، ه. و خشایی پور، م. و وثوقی، ر.، (۱۳۹۱)، "بکارگیری روش تحلیل همایی برای تعیین شبکه مناسب قطار شهری (مطالعه موردی: شهر تهران)"، دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک تهران، معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران.

-پوررضا، م.، (۱۳۸۵)، "به کارگیری سیستم مرکب از فناوری‌های RFID و GPS جهت ردیابی کانتینرها در زنجیره حمل‌ونقل ترکیبی"، شرکت مهندسین مشاور مترا.

-رستمی، ح. و عیسایی، م. و پوررضا، م.، (۱۳۸٦)، "مدیریت ناوگان ریلی راه آهن با استفاده از فناوری شناسایی به کمک امواج رادیویی مطالعه موردی: از ارزیابی گزینه‌ها تا اجرای طرح آزمایشی"، دومین کنفرانس بین المللیRFID ، تهران.

-حبیب پور، ح. و نیک‌زاد، (۱۳۹٦)، "شناسایی و ردیابی واگن‌ها مبتنی بر فن آوری RFID"، مرکز آموزش و تحقیقت راه آهن ج.ا.ا.

-اداره کل علائم و ارتباطات، (۱۳۸۸)، "شرح خدمات پروژه نصب GPS بر روی لکوموتیوهای شبکه ریلی کشور"، شرکت راه آهن ج.ا.ا.، معاونت فنی و زیربنایی.

-International Lgistics Performance Index Report, (2018), “the World Bank”, www.lpi.worldbank.org.

-Accenture Company Report, (2018), Transforming modern retail: Findings of the 2018 RFID in Retail Study.

-NSW government, (2018, June), “Principles and Guidelines for Economic Appraisal of Transport Investment and Initiatives”.

-Giuliano, G., (1985), “A multicriteria method for transportation investment planning”, Transportation Research Part A: General, 19(1), pp.29-41.

-JADAC Company Report, (2018), “Building a Smarter World: Ho RFID Can Transform the Rail Industry”, RFID Journal Whitepapers.

-Ballis, A., & Dimitriou, L., (2010), "Issues on railway wagon asset management using advanced information systems", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 18(5), pp.807-820.
-Wang, Y., & Potter, A., (2007), "The application of real time tracking technologies in freight transport", In 2007 Third International IEEE Conference on Signal-Image Technologies and Internet-Based System, IEEE., pp. 298-304.
-Kandel, C., & Klumpp, M., (2012), "Development of Tracking Technologies and its Benefits for Purchasing", In 17th International Working Seminar on Production Economics, pp. 20-24.
-Malakar, B., & Roy, B. K., (2014), "Survey of RFID applications in railway industry", In 2014 First International Conference on Automation, Control, Energy and Systems (ACES), IEEE. pp. 1-6.
-Rosova, A., Balog, M., & Simeková, Z., (2013), "The use of the RFID in rail freight transport in the world as one of the new technologies of identification and communication", Acta Montanistica Slovaca, 18(1), pp.26-32.
-Masek, J., Kolarovszki, P., & Camaj, J. (2016), "Application of RFID technology in railway transport services and logistics chains", Procedia Engineering, 134, pp.231-236.
-Mounika, T., & Ravichandra, K., (2017), "Implementation of RFID Based Train Localization", International Journal of Professional Engineering Studies, Vol. 9, Issue 3.
-Hricova R., (2016), "RFID as a Tool of Competitiveness Increase of Rail Freight", International Scientific Journal about Technologies, Vol. 2, Issue 1, pp.11-14.
-Ushakov, A., & Łukasik, Z., (2017), "Modern container tracking systems on russian railroads: technologies and prospects", Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18.
-Srivastava, S. C., Mathur, S. S., & Teo, T. S. (2008), "Tracking Freight Railcars in Indian Railways: Technology Options and Stakeholder Interests", ICIS 2008 Proceedings, 125.

Necessity of Implementing Wagon Automatic Tracking Systems and Determination of Best one by Concordance Analysis

Ramin Razani, M.Sc., Grad., School of Rail Engineering,
Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.
Reza Mohammad Hasany, Assistant Professor, School of Rail Engineering,
Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.
E-mail: rmhasany@iust.ac.ir

Received: September 2022- Accepted: February 2023

ABSTRACT
Wagons are one of The Valuables Assets in Railway Networks. Boosting Trade Speed which caused by Exact Wagon Tracking, In One Hand Acquire Customer Satisfaction in Supply Chain and in Other Hand Result in Decreasing Capital Cost and Increasing Productivity then Finally Make Railways Investment justified. We Aim to introducing The Current Procedure in Fleet Tracing, Advantage and Disadvantage of Each Methods, Calculate the Cost and Effect of Humane Errors, Necessity of Implementing Modern Methods for Wagon Tracking and Eventually Determine the Best System of Wagon Tracing in IRI Railway Network by means of Concordance Analysis Approach. For This Purpose, We measured Five Options in Twelve Criteria's. It is Necessary to Mention that This Research in Context of Automatic Wagon Identification is Novel in the Country and yet not to be done. The Output of The Study Show That Installing the GPS Module on Each Wagon is the Best Method for Wagon Automatic Identification in Iran Railway Network.

Keywords: Rail Transport, Wagon Tracing, Cycle Time, Concordance Analysis