

بررسی شبکه راه آهن برقی جهت شبیه‌سازی کامپیوتری با قدرت تجزیه و تحلیل در فاصله زمانی تعداد قطار

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷

کد مقاله: ۱۶۵۶۰

قاسم رضائی^{۱*}، مصطفی حدادی^۲، علی محمدزارع^۳

محمدجواد عظیمی موصولو^۴

چکیده

راه آهن به عنوان یک گونه حمل و نقل سازگار با محیط و مقرون به صرفه از نظر اقتصادی، در بسیاری از کشورها مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. یکی از مشکلات اصلی سیستم حمل و نقل ریلی در بیشتر شبکه های راه آهن دنیا کمبود ظرفیت در شبکه است. هدف از انجام این تحقیق بررسی شبکه راه آهن برقی جهت شبیه سازی کامپیوتری با قدرت تجزیه و تحلیل در فاصله زمانی تعداد قطار می باشد. این تحقیق از نوع توصیفی-تحلیلی می باشد. نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق نرم افزار متلب می باشد. محاسبه توان قطار در هر لحظه پارامترهای نیروی کشش و نیروی ترمزی مورد نیاز است. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه نیروی کشش سطح مقطع جلوی قطار، وزن واگن های موتور دار و بدون موتور ممان اینرسی جرم های دوار در واگن و سرعت قطار در هر لحظه می باشد. نتایج تحقیق نشان می دهد که با کاهش فاصله زمانی میزان بارپذیری شبکه خیلی سریع تر کاهش می یابد و این به خاطر آن است که علاوه بر افزایش بار باس ها در اثر کاهش فاصله زمانی زمان فروپاشی ولتاژ نیز کاهش می یابد.

واژگان کلیدی: شبکه راه آهن برقی، شبیه سازی کامپیوتری، قدرت تجزیه و تحلیل، فاصله زمانی تعداد قطار

Rezaeesalman38@gmail.com

۱- دانشجوی دانشگاه آزاداسلامی واحد زرقان

۲- دانشجوی دانشگاه آزاداسلامی واحد زرقان

۳- دانشجوی دانشگاه آزاداسلامی واحد زرقان

۴- دانشجوی دانشگاه آزاد واحد زادشهر

راه آهن به عنوان یک گونه حمل و نقل سازگار با محیط و مقرون به صرفه از نظر اقتصادی، در بسیاری از کشورها مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. یکی از مشکلات اصلی سیستم حمل و نقل ریلی در بیشتر شبکه های راه آهن دنیا کمبود ظرفیت در شبکه است. این مشکل در شبکه راه آهن ایران نیز یکی از مسائل اصلی و جدی محسوب می شود و در آینده نزدیک با افزایش ناگزیر تقاضای حمل و نقل ریلی، به صورتی مضاعف رخ می نماید که تمهیدات اساسی برای رفع آن نیاز است. (Tahmasebi, 2016) این مسئله اهمیت زیادی دارد به لحاظ این که ایران در مسیر کریدورهای مهم بین المللی قرار دارد و افزایش قابلیت حمل تقاضای ریلی می تواند نقش کلیدی در کاهش هزینه های تحمیلی توسط سیستم جادهای و در نتیجه، افزایش رشد اقتصادی کشور ایفا نماید. یکی از راهکارهای مناسب برای رفع گلوگاه های ظرفیتی شبکه ریلی برقی سازی است. این راهکار در بسیاری از شبکه های ریلی دنیا برای حمل و نقل مسافر و بار در سطح وسیعی استفاده شده است. راه آهن برقی تاثیر زیادی بر افزایش ظرفیت شبکه ریلی و در نتیجه، صرفه جویی در هزینه انرژی، افزایش ایمنی و کاهش آلاینده های زیست محیطی دارد. با این حال، میزان تاثیرگذاری اعمال این راهکار در افزایش جذب تقاضای ریلی و بهبود مطلوبیت حمل و نقل ریلی نسبت به گزینه های رقیب همچون حمل و نقل جاده ای تابعی از میزان تقاضای مبادی و مقاصد مختلف، ظرفیت سیرگاه ها و نیز موقعیت گلوگاه های شبکه است. (Abtahi, 2017) به عبارت دیگر نمی توان بدون فراهم نمودن زیرساخت های لازم در نقاط مختلف شبکه، انتظار داشت که برقی سازی یک محور به صورت مجزا، به تنهایی قادر به جذب تقاضای ریلی قابل توجه به شبکه و افزایش منافع اقتصادی باشد. هدف از این تحقیق بررسی شبکه راه آهن برقی جهت شبیه سازی کامپیوتری با قدرت تجزیه و تحلیل در فاصله زمانی تعداد قطار می باشد. صدافتی (۱۴۰۱) مدل سازی شبکه تغذیه قدرت راه آهن برقی پرسرعت امروزه قطارهای تندرو و پرسرعت در کشورهای مختلف در حال جابجایی میلیون ها نفر هستند. توسعه تکنولوژی، ایمنی و توزیع سیستم های برق رسانی از عوامل مهم و تاثیرگذار در پیشرفت حوزه حمل و نقل برقی می باشد. سیستم شبکه تغذیه راه آهن برقی به دو روش عمده (ریل سوم) و (شبکه بالاسری) اجرا می شود. امروزه مطالعات بسیاری در حوزه بهینه سازی مصرف انرژی قطار در شبکه تغذیه راه آهن برقی ارائه شده است که بیشتر تمرکز مطالعات اخیر بر روی راه آهن برقی معمولی بوده است و در خصوص بررسی بهینه سازی انرژی مصرفی در قطارهای پرسرعت، تحقیقات اندکی ارائه شده است. اخیرا رویکرد اکثر مطالعات برای بهینه سازی انرژی قطار، تاکید بر شناسایی عوامل موثر بر انرژی احیاکننده بوده است که از رویکردی کلاسیک برای شناسایی عوامل اثر گذار بر انرژی احیا کننده و سپس بهینه سازی انرژی برخوردار است. (Tamannaei, 2016)

یکی از راه های بهینه سازی پویا که برای حل اکثر مسائل سخت و پیچیده بکار گرفته می شود، روش های بهینه سازی فراتکاملی می باشد، اساس و ماهیت این روش ها مبنی بر تولید راه حل های مختلف برای مسئله ای خاص سپس کشف و کنکاش در میان راه حل های متنوع تولید شده و در نهایت بروزرسانی هر یک از راه حل های تولید شده براساس سوق دادن راه حل ها به سمت راه حل های بهینه می باشد تا در نهایت پاسخی بهینه برای مسئله بیاید. یکی از روش های نسبتا جدید بهینه سازی که ماهیتی پویا دارد و برای بهینه سازی مسائل بکار می رود و در عین سادگی و زمان اجرای کم، قدرت برقراری تعادل میان قابلیت های کشف و بهره وری در بهینه سازی دارد، روش جایا می باشد. از روش بهینه سازی جایا برای بهینه سازی مصرف انرژی قطار برقی پرسرعت استفاده می شود. در این راستا، ابتدا معادلات دینامیکی قطار برقی و ریل فرموله می شود سپس با شناسایی عوامل موثر بر انرژی احیا کننده و تنظیم بهینه برخی از پارامترهای موردنیاز در محاسبه انرژی قطار، به بهینه سازی مصرف انرژی در قطار پرداخته می شود. یافته های حاصل از آزمایش های انجام شده نشان از راندمان با دقت بالای الگوریتم جایا در بهینه سازی مصرف انرژی قطار برقی پرسرعت دارد (Shafiepour, 2016) ظرفیت یک خط در سیستم ریلی عبارتست از بیشینه تعداد قطار قابل عبور در بازه زمانی مشخص و ظرفیت شبکه بستگی به زیرساخت، ناوگان و برنامه زمان بندی حرکت قطارها دارد. بنابراین محاسبه ظرفیت راه آهن، پیچیده تر از محاسبه ظرفیت سایر شیوه های حمل و نقل است. روش های مختلفی برای افزایش ظرفیت در سیستم ریلی ذکر شده اند که از آن جمله می توان به دوخطه کردن مسیر ریلی، تراک بندی، برقی کردن، افزایش بار محوری، بهبود زیرسازی به منظور افزایش بیشینه تناژ قابل تحمل هر محور چرخ به دلیل عبور تناژ بیشتر قطار، بازگشایی ایستگاه های بسته (کاهش طول سیرگاه ها) اشاره کرد. از جمله راه کارهای اساسی برای افزایش ظرفیت یک مسیر ریلی برقی سازی است. در این راهکار نوع لوکوموتیوهای مورد استفاده و نیز چگونگی تأمین نیروی محرکه قطار دارای تفاوت های اساسی با سیستم قطار غیر برقی است. کشنده های برقی دارای قدرت بسیار بیشتر از کشنده های دیزلی بوده تا حدود ۹ برابر و می توان با این کشنده ها بار بیشتری را با سرعت بالاتر حمل نمود. (Oskoonejad, 2016) کشنده برقی انرژی خود را از طریق شبکه بالا سری یا ریل هادی تأمین می نمایند. لوکوموتیوهای برقی انرژی الکتریکی موردنیاز تراکشن موتورهای خود را مستقیماً از طریق شبکه الکتریکی تأمین می کنند، که این شبکه الکتریکی خود به صورت های شبکه بالا سری و ریل سوم تأمین

می شود. بدین منظور تحقیق حاضر به دنبال بررسی شبکه راه آهن برقی جهت شبیه سازی کامپیوتری با قدرت تجزیه و تحلیل در فاصله زمانی تعداد قطار بود.

۲- روش و طرح تحقیق

این تحقیق از نوع توصیفی-تحلیلی می باشد. نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق نرم افزار متلب می باشد. محاسبه توان قطار در هر لحظه پارامترهای نیروی کشش و نیروی ترمزی مورد نیاز است. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه نیروی کشش سطح مقطع جلوی قطار، وزن واگن های موتور دار و بدون موتور ممان اینرسی جرم های دوار در واگن و سرعت قطار در هر لحظه می باشد. طراحی برنامه بر این مبنا بوده است که توان مصرفی قطار بر اساس شیب مسیر حرکت محاسبه شود. با استفاده از رابط گرافیکی GUI در نرم افزار متلب قابل مشاهده در این رابط گرافیکی با تغییر پارامترهای ورودی امکان دستیابی به هر نوع پارامتر خروجی و تحلیل نتایج به سهولت امکان پذیر می باشد. شبکه با استفاده از مشخصات اولیه ی قطار و مسیر حرکت، نیروهای وارده بر قطار محاسبه شده و با استفاده از معادلات حرکت و نیروی کششی قطار، توان مصرفی در هر لحظه بدست می آید با مشخص کردن فاصله زمانی قطار میزان بار هرباس در هر لحظه در زمان شبیه سازی با این فرض که توان هر قطار در حال حرکت روی باس قبلی قرار می گیرد تعیین می شود. فروپاشی ولتاژ برای ضعیف ترین باس مشخص شده با شاخص های پایداری ولتاژ، در دو سیستم شعاعی و از دو سو تغذیه انجام گرفته است با استفاده از رابط گرافیکی GUI برنامه نوشته شده می توان با کاهش فاصله زمانی نمودارهای، سرعت، گراف، توان ولتاژ، شبکه لحظه ی فروپاشی ولتاژ و ... را به آسانی مشاهده کرد با استفاده از رابط گرافیکی GUI این حد بار پذیری به سهولت انجام می گیرد.

۳- شناسایی مدل هوشمند یادگیری جهت ارتقا ایمنی در راه آهن

حمل و نقل ریلی با توجه به مزایای ویژه و سازگاری با محیط زیست، از زیرساخت های مهم توسعه کشور محسوب می شود. امور اقتصادی سیاست های کلی برنامه ی ششم توسعه بر اولویت صنعت حمل و نقل ریلی تأکید شده و امور فناوری اطلاعات و ارتباطات این برنامه به توسعه زیرساخت ارتباطی و هوشمند سازی سامانه ها اشاره دارد. نقش آموزش در راستای تحقق این برنامه ها بسیار پراهمیت است و بررسی طراحی مدل و پیاده سازی سامانه هوشمند یادگیری همچون اهرمی به توسعه یادگیری در حمل و نقل ریلی شتاب خواهد داد. (Zhang, 2017) رسیدن به اهداف سازمان بستگی به توانایی کارکنان در انجام وظایف محوله و انطباق با محیط متغیر دارد. اجرای آموزش و بهسازی نیروی انسانی سبب می شود تا افراد بتوانند متناسب با تغییرات سازمانی و محیط به طور مؤثر فعالیتشان را ادامه داده و بر کارایی خود بیفزایند. پارادایمی که امروزه مطرح است حرکت از آموزش به سمت یادگیری است. تغییر نسبتاً پایدار در احساس، تفکر و رفتار فرد که بر اساس تجربه ایجاد شده باشد را یادگیری می نامند. رفتارگرایی از قبیل جان واتسون و اسکینر سرشت انسان را انعطاف پذیر می دانستند و معتقد بودند که در رشد، یادگیری نقش اصلی را ایفا می کند. مبنای اقتصادی کشور دانش، مهارت و قابلیت های بالقوه مردم است و باید برای آن ارزش قائل شد. برخی از کارشناسان تعلیم و تربیت معتقدند که نظام های آموزشی به جای انتقال یک جانبه اطلاعات و محفوظات، باید برنامه تغییر را آموزش دهند و فراگیران را برای مواجهه با تغییرات آماده کنند. در جوامع با توجه به مشکلات پیچیده یا فرصت های ارزشمندی که به وجود می آید لازم مینماید که به تعریف دقیق وضعیت موجود و مطلوب پیش از سرمایه گذاری مادی و انسانی اقدام شود. از آنجاکه دستگاه ها با هزینه های روز افزون، کاهش درآمدها، افزایش تقاضا برای آموزش عالی، بازار رقابتی، افزایش کارایی و اثربخشی آموزش و تربیت دانشجویانی کارآفرین و متناسب با زمان حاضر که عصر دانایی نام دارد، ایجاب می کند که دستگاه ها، سیاست ها و استراتژی های خاص و نوینی برگزینند. (Khorasani, 2016) در این عصر جدید و با گذر از جامعه صنعتی به جامعه اطلاعاتی، تحقق جامعه دانش محور، امکان پذیر شده و هر فرد از طریق یادگیری قادر به ساختن دانش و تولید آن است. در این زمان به یاری فناوری اطلاعات و ارتباطات می توان یادگیری را تسهیل کرد و امکان ساختن دانش را برای عده بیشتری از افراد فراهم آورد. چراکه یادگیری در یک محیط ثابت و ایستا اتفاق نمی افتد با ورود این فناوری ها به عرصه ی آموزش، تغییرات عمده ای در کلاس های درس، تغییر ساختارهای آموزشی، الگوهای رفتاری درون نظام آموزشی و حتی محتوای آموزشی را به دنبال داشته است. این در حالی است که نظام آموزشی سنتی دیگر قادر به پاسخگویی به نیازهای آموزشی مادام العمر فراگیران نیست و فراگیران را برای جامعه ی صنعتی که بر تولیدات صنعتی تأکید دارد آماده می کند؛ زیرا یادگیری و آموزش تحت تأثیر و خود عامل تغییرات هستند. پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات و تأثیر آن بر علوم یاد دهی و یادگیری فرصت هایی را برای خلق محیط های یادگیری با طراحی خوب، یادگیرنده محور، جالب توجه، تعاملی، کارا، انعطاف پذیر، معنی دار و تسهیل شده فراهم آورده است به کارگیری ابزارهای فناوری اطلاعات راهکارهای نوینی را در بهبود و توسعه ی نظام آموزشی ارائه نموده که یادگیری های

مجازی و از راه دور از نتایج آن می‌باشند. با ظهور این نوع یادگیری‌ها شیوه‌های آموزشی نوپایی چون یادگیری همراه مبتنی بر تلفن همراه به صورتی کارآمد مورد بهره‌گیری قرار می‌گیرد. (Tanrikulu, 2015)

نیازهای روزافزون مردم به آموزش، کمبود امکانات اقتصادی کمبود اساتید و آموزش گران مجرب و هزینه‌های زیاد که صرف آموزش می‌شود متخصصان را بر آن داشته است که روش‌های نوینی را برای آموزش ابداع نمایند که هم اقتصادی و باکیفیت باشد و هم بتوان با استفاده از آن به طور همزمان عده‌ی کثیری از فراگیران را تحت آموزش قرار داد و یادگیری همراه را می‌توان ترکیبی از دو شکل یادگیری الکترونیکی و یادگیری از راه دور دانست زیرا در این نوع یادگیری از یکسو، همانند یادگیری از راه دور میان دانش پژوهان و اساتید فاصله وجود دارد و از سوی دیگر این یادگیری نیز همانند یادگیری الکترونیکی از طریق فناوری پیشرفته و با استفاده از ابزارهای الکترونیکی همراه، انجام می‌پذیرد یادگیری همراه موجب تحرک پذیری دانش پژوه می‌شود. به این معنا که فراگیر با فعالیت‌های آموزشی درگیر می‌شود، بدون اینکه در قید موانع و محدودیت‌هایی باشد که یک محیط فیزیکی می‌تواند داشته باشد می‌توان گفت یادگیری همراه رویکرد هیترانژوری دارد. در سال‌های اخیر، حرکت به سمت آموزش‌های الکترونیکی در راه‌آهن آغاز شده که در این راستا، فاز اول سیستم مدیریت پیاده‌سازی یادگیری شد، اما بیشتر بخشی از نیازهای مشاغل ثابت و اداری را تأمین کرده است. (Bagherian Far, 2015) با بررسی تأثیر سیستم تعاملی یادگیری همراه هوشمند بر مؤلفه‌های استاندارد قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی، نگهداشت پذیری، ایمنی می‌توان گام مهمی در تحقق نظام آموزشی اثربخش برداشت. ایمنی به عنوان یک مزیت رقابتی در فضای کسب و کار صنعت حمل و نقل ریلی بشمار می‌رود. با توجه به اهمیت ارتقاء ایمنی در بهره‌برداری راه‌آهن، تجهیزات متعددی در حوزه‌های تأسیسات زیربنایی، ناوگان و سیر و حرکت این وظیفه را بر عهده دارند. مسئله‌ای که با آن روبرو هستیم، ضعف در بهره‌برداری مطمئن از این تجهیزات و نگهداری و تعمیرات نامطلوب ناشی از عدم آموزش اثربخش است که می‌توان به عنوان یکی از عوامل کاهش ایمنی و ایجاد سانحه از آن نام برد.

۴- بررسی اندرکنش طولی خط و پل راه‌آهن

استفاده از خطوط جوشکاری شده طولی از ملزومات خطوط سریع‌السیر است. از مباحث مهم در خطوط جوشکاری شده طولی، اندرکنش طولی خط با سازه‌ی پل بوده و وجود چنین مسأله‌ای می‌تواند بهره‌برداری از خط را با مشکل مواجه کند. (Kang, 2021) اندرکنش بین خط CWR و سازه‌ی پل، نه تنها نیروهای طولی در سازه‌ی زیرین ایجاد می‌کند، بلکه تنش‌های اضافی قابل توجهی نیز در ریل بوجود می‌آورد. این تنش‌ها، می‌تواند منجر به شکست ریل و یا کماتش خط شود. نیروهای طولی در ریل در اثر بار ترمز، تغییردما، سازه تکیه‌گاهی یا خمش عرشه پل ایجاد می‌شوند. دو مورد آخر منجر به تنش طولی قابل توجهی در ریل می‌شوند. بررسی اندرکنش طولی خط-پل، در پل‌های موجود و همچنین در طراحی جاری پل‌های راه‌آهن، امری ضروری است. راه‌آهن ایران جز UIC بوده و فیش UIC 3-774 به بررسی پدیده‌ی اندرکنش خط-پل پرداخته و برای محاسبات پل‌های راه‌آهن با در نظر گرفتن این پدیده پیشنهاداتی ارائه کرده است. بر اساس تئوری اجزاء محدود به منظور مطالعه‌ی ویژگی‌های نیروهای طولی در خط‌آهن جوشکاری شده پیوسته CWR بر روی عرشه‌ی پل قوسی، مدل محاسباتی سیستم اتصال ریل، پل، پایه‌ی پل براساس اصول اندرکنش پل-خط ایجاد شد. (Pan, 2021) از این مدل برای محاسبه‌ی نیروهای ناشی از انبساط حرارتی عرشه، نیروهای ناشی از خمش عرشه زیر بارهای ترافیکی قائم (نیروهای خمشی)، نیروهای اعمالی بر عرشه ناشی از ترمزگیری قطار می‌توان استفاده نمود. تغییرات حرارتی حلقه‌ی قوس بر روی نیروهای طولی CWR اثر زیادی دارد، هنگامی که تغییرات دمایی حلقه‌ی قوس در نظر گرفته می‌شود، نیروی ماکزیمم ناشی از انبساط حرارتی عرشه با ضریب ۳٫۷ افزایش می‌یابد.

۵- اثر حرارت بر رفتار پوشش پل‌های بزرگ راه‌آهن

از زمان پیدایش‌های پل‌ها با توجه به پیچیدگی این نوع سازه‌ها محققان سعی داشته‌اند مجهولات مربوط به این نوع سازه‌ها را تا حدودی تعیین کنند برای شناسایی رفتار کلی پل‌ها و اعضای آن‌ها، بهبود عملکرد و تحلیل و طراحی دقیق و درست این سازه‌ها تحقیقات میدانی آزمایشگاهی و تحلیل نرم‌افزاری متفاوتی تاکنون انجام شده که برای هر یک از آنها بخشی از مسائل مربوط به این نوع سازه‌ها را پرداخته است. نیروی طبیعت به ویژه آب و هوا به گونه‌ای است که مبارزه با آن مشکل و حتی در برخی موارد امکان‌پذیر نیست. باران، یخبندان، طوفان نمک هر کدام به تنهایی می‌توانند در فروپاشی پل نقش بسزایی داشته و تحت یک مجموعه به احتمال بسیار قوی خواهند توانست پل را تخریب کنند. (Abid, 2015) تأمین ایمنی کافی و رعایت اقتصادی یک عضو سازه‌ای اساساً از آن جهت طرح می‌شود که از ایمنی کافی برخوردار باشد. به این مفهوم که در مقابل بارهای وارده و تحت انواع شرایط محتمل از پایداری برخوردار باشد. بدون شک اثر حرارت بر سازه‌ها می‌تواند باعث بروز خسارتهای بزرگی شود که باید برای امنیت انسان‌ها و ساختمان‌های دیگر در نظر گرفته شود تا از تخریب سازه‌های جلوگیری شده و امنیت سازه‌ها و انسان

ها تضمین گردد اما گرما چه بلایی سر فلزات می آورد میدانیم که گرما و سرما بر روی فلزات اثر گذاشته و آنها را منبسط و منقبض می کند. با وجود مقدار کم انبساط یا انقباض فلزات در صنعت و تکنولوژی و حتی در امور روزمره ی زندگی ما انسان ها با اهمیت می باشد. برای مثال ریل های راه آهن که تماماً از فولاد یا آهن ساخته می شوند و چرخ های قطار بر روی آن حرکت می کنند این ریل ها در تابستان بدلیل افزایش گرمای هوا منبسط شده و در زمستان بدلیل کاهش دما ممکن است منقبض شوند. اگر این ریل ها را پشت سرهم کار بگذارند ریل ها بدلیل انبساط ممکن است به هم فشار آورده و باعث خارج شدن قطار از ریل بشوند برای جلوگیری از کج شدن ریل ها در تابستان ریل ها را با فاصله ی اندکی از هم کار می گذارند که موقع انبساط باعث کج شدن یا تغییر شکل همدیگر نشوند. (Rajaraman, 2013) فلزات بر اثر حرارت طولشان افزایش پیدا می کند اما افزایش طول هر فلز با فلزات دیگر متفاوت است بدین معنا که اگر دو فلز ناهمسان را در یک حرارت مشخصی قرار دهیم هر دوی آنها افزایش طول می دهند اما این افزایش یکسان نیست و به جنس فلز بستگی دارد و برای فلزات مختلف اعداد متفاوت دارد.

۶- زیرساخت راه آهن بر حجم صادرات کشورهای منتخب

بخش حمل و نقل به عنوان پیش نیاز و زیربنای توسعه، دارای نقش اساسی و کارآمد در باروری امکانات و استعدادهای بالقوه جوامع بوده که از طریق جابه جایی بار و مسافر پیوند ناگسستنی بین عوامل مختلف رشد و توسعه را فراهم می آورد. زیرساخت حمل و نقل در فرآیند تولید، می تواند به عنوان عوامل تولید به صورت مستقیم وارد شود و منجر به بهره وری سایر عوامل تولید موجود شود و همچنین منابع را از نواحی دیگر جذب کرده و منجر به افزایش تولید و رشد اقتصادی گردد. وجود تسهیلات زیربنایی مناسب در هر کشور از عوامل کلیدی برای تقویت توانایی رقابت آن کشور در تجارت بین الملل، رشد و توسعه اقتصادی می باشد. (Hangtian, 2016) چرا که رقابت برای کسب بازارهای جدید صادراتی به شدت به تسهیلات زیربنایی با کیفیت بالا متکی است در این میان راه آهن به عنوان یک بعد از زیرساخت حمل و نقل به دلایلی مانند امکان حمل بار با وزن انبوه به مسافت های دور، امکان بارگیری و تخلیه بارهای انبوه با سرعت زیاد نسبت به وسایل حمل و نقل دیگر، ایمنی بیشتر استهلاک کمتر، هزینه کمتر، آلودگی کمتر و ... در کشورهای صنعتی پیشرفته و در حال توسعه مورد استقبال همگانی قرار گرفته است. سرمایه گذاری دولت در بخش احداث راه آهن می تواند باعث تسریع در حمل و نقل و کاهش هزینه های حمل و نقل کالاها شده و این مسئله می تواند در کاهش قیمت کالایی که به دست مصرف کننده می رسد اثر گذار باشد، بنابراین کاهش قیمت کالا هم منجر به بهبود رقابت پذیری کالا با مشابه خارجی آن می شود. امروزه اهمیت و نقش صادرات در ارزیابی، اشتغال، تولید و رشد اقتصادی ظاهر می شود، از طرفی برای صادرات بایستی تولید مازاد بر مصرف داخلی داشت و این امر مستلزم تولید بیشتر است. در کشورهای کمتر توسعه یافته که روند سرمایه گذاری به کندی انجام می گیرد، لزوم سرمایه گذاری دولت در بخش های زیرساختی اقتصاد کشور برای جذب سایر سرمایه گذاری ها از جمله سرمایه گذاری مستقیم خارجی دیده می شود که این امر منجر به فراهم آمدن زمینه برای تولید و یا تولید بیشتر می شود که به دنبال آن افزایش صادرات می شود یکی از عوامل کلیدی در حمایت از تجارت، بخش زیرساختی فیزیکی می باشد (Tsekeris, 2016) که نقش بسزایی در جابه جایی کالا و خدمات در بین کشورها دارند. حمل و نقل یکی از ارکان رشد و توسعه هر جامعه ای محسوب می شود، از میان شقوق مختلف آن، حمل و نقل ریلی اهمیت زیادی دارد، زیرا از یک طرف سرمایه گذاری زیادی روی آن انجام می گیرد و از طرف دیگر به دلیل پایین بودن هزینه های سوخت و آلودگی محیط زیست و ایمنی بیشتر و ارزیابی آن نسبت به روش های دیگر حمل و نقل در سال های اخیر مورد توجه مسئولین قرار گرفته است. در فرآیند فعلی جهانی شدن، گسترش تجارت خارجی از جمله صادرات از جایگاه ویژه برخوردار است؛ به گونه ای که در سال های اخیر تجارت بین الملل به نحو گسترده ای در دستور کار تمام کشورها به خصوص کشورهای در حال توسعه قرار گرفته است به طوری که در جغرافیای جدید تجارت بین الملل، کشورهای در حال توسعه به تدریج به یکی از قطب های تجارت جهانی تبدیل شده اند. (Farhadi, 2015) لزوم توجه به تقویت صادرات بیشتر برای کشورمان و درآمد ارزی بیشتر نیاز به ایجاد مزیت های رقابتی صادرات کشور همچون ایجاد زیرساخت های اقتصادی از حمل و نقل ریلی می باشد بنابراین توجه سیاست گذاران در ایجاد زیرساخت های ریلی می تواند صادرات کشورها را بهبود دهد.

۷- یافته های تحقیق

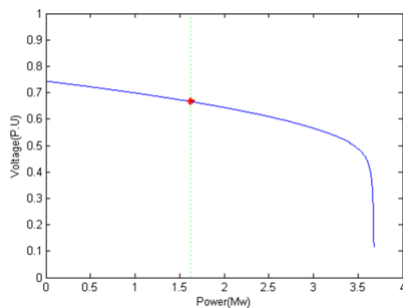
۷-۱- بررسی میزان پایداری ولتاژ شبکه در فاصله زمانی های مختلف

برای بررسی میزان پایداری ولتاژ شبکه ی قطار برقی در فاصله زمانی های متفاوت باید حد بارگذاری روی باس ها مشخص شود. یعنی هر باسی تحمل چه مقدار توان تا فروپاشی ولتاژ دارد برای تعیین این حد بارپذیری به علت متغیر بودن توان قطار فرض بر این است که قطارها در یک فاصله زمانی مشخص از باس اول حرکت کرده و مسیر رفت و برگشت را تا نقطه ی شروع

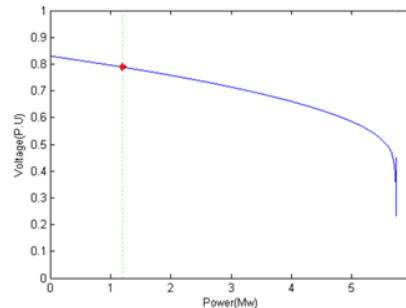
حرکت طی می‌کنند. سپس بار هر باس با سه روش مشخص می‌شود. روش اول که بدترین حالت بارگذاری یعنی لحظه ای که بیشترین توان که روی باس‌ها قرار گرفته است انتخاب شد. به علت این که بار قطار وابسته به سرعت آن می‌باشد و در یک لحظه ی خاص دارای بیشترین مقدار است و ثبات لحظه ای دارد نمی‌توان این روش را برای تعیین حد بار پذیری باس استفاده کرد. در روش دوم یک زمان خاص برای تعیین بار روی هر باس در نظر گرفته شد. با توجه به سلیقه ای بودن انتخاب این زمان نمی‌توان تحلیل‌های واقعی را در این روش داشت. در روش سوم متوسط توان روی هر باس در مدت زمان شبیه سازی در نظر گرفته شد. و بعد از بررسی و تحلیل نتایج مشخص شد که بهترین انتخاب برای تعیین حد پایداری ولتاژ است. بعد از مشخص شدن بار گذاری روی باس‌ها در مدت زمان شبیه سازی بار ضعیف‌ترین باس افزایش داده می‌شود تا در آن باس فروپاشی ولتاژ رخ دهد. با بدست آمدن منحنی ولتاژ بر حسب توان منحنی PV و مشخص کردن مقدار توان آن باس در روی منحنی حد بار پذیری آن باس و شبکه تعیین می‌شود. برای تعیین میزان حد بارپذیری شبکه ابتدا بار متوسط باس هفتم در مدت زمان شبیه سازی رفت و برگشت قطارها در ضریب توان ثابت و فاصله زمانی ۲۱۰ ثانیه مشخص می‌شود با ثابت نگه داشتن بار سایر باس‌ها در مقدار نامی خود و افزایش بار باس هفتم، منحنی PV برای این باس مطابق شکل ۱ بدست می‌آید.

از شکل ۱ مشخص شد که باس هفتم در بار ۵/۸ مگاوات به مرز ناپایداری می‌رسد و در این باس فروپاشی ولتاژ رخ می‌دهد. با توجه به این که مقدار بار نامی این باس ۱/۲ مگاوات می‌باشد نتیجه گرفته می‌شود که میزان بار این باس که ضعیف‌ترین باس مشخص شده است را می‌توان به اندازه ی ۴/۶ مگاوات در فاصله زمانی ۲۱۰ ثانیه افزایش داد، بدون این که فروپاشی ولتاژ رخ دهد و پایداری سیستم تغذیه ی قطار برقی از بین برود. با کاهش فاصله زمانی به ۱۰۰ ثانیه مقدار بار روی باس هفتم افزایش یافته و مطابق شکل ۲ میزان بار پذیری این باس کاهش می‌یابد.

با توجه به شکل ۲ بار نامی باس هفتم در فاصله زمانی ۲۱۰ ثانیه، مقدار ۱/۷ مگاوات در ولتاژ ۰٫۷۵ پرینیت می‌باشد. با افزایش توان اکتیو این باس تا ۳/۷ مگاوات سیستم ناپایدار می‌شود می‌توان نتیجه گرفت که میزان بار پذیری و افزایش بار این باس در فاصله زمانی ۱۵۰ ثانیه ۲ مگاوات است بدون آن که فروپاشی ولتاژ رخ دهد و سیستم ناپایدار شود. با مقایسه ی نتایج بالا مشخص می‌شود که در صورت کاهش فاصله زمانی میزان بارپذیری باس و شبکه کاهش یافته و سیستم تغذیه ی قطار زودتر به مرز ناپایداری پیش می‌رود به طوری که با کاهش فاصله زمانی هم افزایش بار در باس اتفاق می‌افتد و هم با کاهش نقطه ی بحرانی شبکه که فروپاشی ولتاژ را تعیین می‌کند همراه است.



شکل ۲- منحنی PV باس هفتم برای فاصله زمانی ۱۵۰ ثانیه



شکل ۱- منحنی PV باس هفتم برای فاصله زمانی ۲۱۰ ثانیه

۸- نتیجه گیری

حمل و نقل ریلی با توجه به مزایای ویژه و سازگاری با محیط زیست، از زیرساخت‌های مهم توسعه کشور محسوب می‌شود. امور اقتصادی سیاست‌های کلی برنامه ی ششم توسعه بر اولویت صنعت حمل و نقل ریلی تأکید شده و امور فناوری اطلاعات و ارتباطات این برنامه به توسعه زیرساخت ارتباطی و هوشمند سازی سامانه‌ها اشاره دارد. نقش آموزش در راستای تحقق این برنامه‌ها بسیار پراهمیت است و بررسی طراحی مدل و پیاده سازی سامانه هوشمند یادگیری همچون اهمی به توسعه یادگیری در حمل و نقل ریلی شتاب خواهد داد. استفاده از خطوط جوشکاری شده طولی از ملزومات خطوط سریع السیر است. از مباحث مهم در خطوط جوشکاری شده طولی، اندرکنش طولی خط با سازه ی پل بوده و وجود چنین مسأله ای می‌تواند بهره برداری از خط را با مشکل مواجه کند. اندرکنش بین خط CWR و سازه ی پل، نه تنها نیروهای طولی در سازه ی زیرین ایجاد می‌کند، بلکه تنش‌های اضافی قابل توجهی نیز در ریل بوجود می‌آورد. از زمان پیدایش‌های پل‌ها با توجه به پیچیدگی این نوع سازه‌ها محققان سعی داشته‌اند مجهولات مربوط به این نوع سازه‌ها را تا حدودی تعیین کنند برای شناسایی رفتار کلی پل‌ها و اعضای آن‌ها، بهبود عملکرد و تحلیل و طراحی دقیق و درست این سازه‌ها تحقیقات میدانی آزمایشگاهی و تحلیل نرم افزاری متفاوتی تاکنون

انجام شده که برای هر یک از آنها بخشی از مسائل مربوط به این نوع سازه ها را پرداخته است. نیروی طبیعت به ویژه آب و هوا به گونه ای است که مبارزه با آن مشکل و حتی در برخی موارد امکان پذیر نیست. بخش حمل و نقل به عنوان پیش نیاز و زیربنای توسعه، دارای نقش اساسی و کارآمد در باروری امکانات و استعدادهای بالقوه جوامع بوده که از طریق جابه جایی بار و مسافر پیوند ناگسستنی بین عوامل مختلف رشد و توسعه را فراهم می آورد. زیرساخت حمل و نقل در فرآیند تولید، می تواند به عنوان عوامل تولید به صورت مستقیم وارد شود و منجر به بهره وری سایر عوامل تولید موجود شود و همچنین منابع را از نواحی دیگر جذب کرده و منجر به افزایش تولید و رشد اقتصادی گردد. بحث پایداری و ولتاژ و فروپاشی آن در سیستم تغذیه ی قطار برقی در اثر کاهش فاصله زمانی به طوری که فاصله زمانی قطار که فاصله ی زمانی بین دو قطار است به عنوان فاکتوری که می تواند در فروپاشی ولتاژ در اثر کاهش آن و یکی از علل افت ولتاژ و خاموشی شبکه باشد. با کاهش فاصله زمانی تعداد قطارهای در مسیر حرکت بیشتر می شود و باعث افزایش بار در شبکه می گردد و کاهش توان راکتیو را به دنبال دارد و این منجر به فروپاشی ولتاژ با کاهش فاصله زمانی و افزایش تعداد قطارهای در حال حرکت شبکه ی تغذیه ی قطار برقی بار بیشتری را متحمل شده و در صورت کاهش بیشتر فاصله زمانی فروپاشی ولتاژ رخ می دهد. با بررسی لحظه فروپاشی ولتاژ مشخص شد که در سیستم از فاصله زمانی را می توان بیشتر کاهش داد به طوری که فروپاشی ولتاژ و ناپایداری ولتاژ رخ ندهد. در شبکه ی شعاعی با کاهش سرفاصله زمانی به ۱۵۰ ثانیه فروپاشی ولتاژ رخ داد در حالی که سیستم از دوسو تغذیه قطار برقی در فاصله زمانی ۹۷ ثانیه به مرز ناپایداری رسید و فروپاشی ولتاژ در سیستم قدرت اتفاق افتاد. برای بررسی پایداری ولتاژ در شبکه ی قطار برقی از منحنی PV استفاده شد. این منحنی تغییرات ولتاژ باس را در اثر افزایش بار آن باس در سیستم قدرت با توجه به ضریب توان ثابت بار و ثابت نگه داشتن بارهای دیگر باس ها نشان دهد. ضعیف ترین باس که باس هفتم معرفی گردید به عنوان باسی که در آن زودتر فروپاشی ولتاژ رخ می دهد انتخاب گردید. در طول مدت شبیه سازی متوسط باری که روی این باس قرار گرفت به عنوان بار نامی این باس در فاصله زمانی مشخص تعیین گردید و بار دیگر باس ها در این لحظه ی خاص ثابت فرض شد. با افزایش بار در این باس و تعیین ولتاژ آن در هر لحظه در فاصله زمانی ۲۱۰ ثانیه، زمان فروپاشی این باس تعیین گردید و نتیجه گرفته شد که با افزایش بار باس هفتم به میزان ۶/۴ مگاوات این باس به مرز ناپایداری ولتاژ نزدیک می شود و در سیستم قدرت قطار برقی فروپاشی ولتاژ رخ می دهد. در صورت کاهش فاصله زمانی به میزان ۱۵۰ ثانیه نتیجه گرفته شد که میزان بارپذیری این باس به دو مگاوات کاهش می یابد و این باس در زمان کمتری به نقطه بحرانی پایداری ولتاژ نزدیک می شود با تحلیل و بررسی به عمل آمده مشخص شد که با کاهش فاصله زمانی میزان بارپذیری شبکه خیلی سریع تر کاهش می یابد و این به خاطر آن است که علاوه بر افزایش بار باس ها در اثر کاهش فاصله زمانی زمان فروپاشی ولتاژ نیز کاهش می یابد.

۸-۱- پیشنهادهای پژوهش

- امکان شبیه سازی شبکه های ریلی بسیار پیچیده که دارای خطوط متعدد و انشعابات بسیار می باشند.
- امکان در نظر گرفتن ترافیک ترکیبی در بهره برداری از خطوط راه آهن برقی.
- در نظر گرفتن عناصر ذخیره سازی جهت ذخیره سازی انرژی ترمزی مازاد بازگشتی به پست کشش و استفاده از آن در شرایط پیک بار شبکه
- بحث پایداری ولتاژ شبکه راه آهن برقی در سیستم های چندسو

منابع

۱. سید معین معصومی قاضی نوری طباطبائی، مسعود جباری، رضا صدقاتی (۱۴۰۱)، مدل سازی شبکه تغذیه قدرت راه آهن برقی پرسرعت، موسسه آموزش عالی زند - شیراز، دانشکده مهندسی
1. Kang, C., Wenner, M., & Marx, S. (2021). Background investigation on the permissible additional rail stresses due to track/bridge interaction. *Engineering Structures*, 228, 111505.
2. Su, M., Yang, Y., & Pan, R. (2021). A comprehensively overall track-bridge interaction study on multi-span simply supported beam bridges with longitudinal continuous ballastless slab track. *Structural Engineering and Mechanics*, 78(2), 163-174.
3. L. Jiang, X. Kang, C. Li, and G. Shao, "Earthquake response of continuous girder bridge for high-speed railway: A shaking table test study," *Engineering Structures*, vol. 180, pp. 249-263, 2019/02/01/ (2019).
4. S. Schneider and S. Marx, "Design of railway bridges for dynamic loads due to high-speed traffic," *Engineering Structures*, vol. 174, pp. 396-406, 2018/11/01/ (2018).

- a. Mahmoudi Moazam, N. Hasani, and M. Yazdani, "Incremental dynamic analysis of small to medium spans plain concrete arch bridges," *Engineering Failure Analysis*, vol. 91, pp. 12-27, 9// (2018).
5. S. Ataei and A. Miri, "Investigating dynamic amplification factor of railway masonry arch bridges through dynamic load tests," *Construction and Building Materials*, vol. 183, pp. 693-705, (2018).
- a. Moazam, N. Hasani, and M. Yazdani, "Three-dimensional modelling for seismic assessment of plain concrete arch bridges," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering*, vol. 0, pp. 1-36, (2018).
6. V. Jahangiri, M. Yazdani, and M. S. Marefat, "Intensity measures for the seismic response assessment of plain concrete arch bridges," *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 16, pp. 4225-4248, 2018/09/01 (2018).
7. K. Liu, Q. Su, P. Ni, C. Zhou, W. Zhao, and F. Yue, "Evaluation on the dynamic performance of bridge approach backfilled with fibre reinforced lightweight concrete under high-speed train loading," *Computers and Geotechnics*, vol. 104, pp. 42-53, 2018/12/01/ (2018).
8. Shafiepour, M., Tamannaee, M. and Abtahi, M., (2017). A Methodology to Prioritize the Construction Projects of New Railway Infrastructures for Privatization in Railway Networks (Case Study: Iran). *International Journal of Transportation Engineering*.
9. Zhang, S. J., & Yu, G. H. (2017). Mobile learning model and process optimization in the era of fragmentation. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(4), 3641-3652.
10. M. Davidian, *Nonlinear models for repeated measurement data*, Routledge, (2017).
11. S.E. Hashemian, Y. Shafahi, Investigating Effect of sand dunes on the quality of rail lines using data measured for railway tracks (Case Study: Kerman-Bam-Bafgh), in: 10th National Congress on Civil Engineering, Tehran, Iran, (2017)
12. Tamannaee, M., Shafiepour, M., Haghshenas, H., Tahmasebi, B., (2016). Two Comprehensive Strategies to Prioritize the Capacity Improvement Solutions in Railway Networks (Case Study: Iran). *International Journal of Railway Research*, 3(1), 9-18.
13. Khorasani, A. (2016). *Mobile learning a new paradigm in virtual learning*, Tehran: Iranian Industrial Training and Research of Iran Press.
14. Haghshenas, H., Tamannaee, M., (2016). Analysis of freight demand and capacity of the main corridors of Iranian railway network, Railway research center, Iran railway association.
15. Shafiepour, M., (2016). Investigating the privatization feasibility for construction of infrastructures in Iranian railway network, Master of science thesis, Isfahan University of Technology, Iran.
16. Oskoonejad, M.M., (2016). *Engineering economics, evaluation of industrial projects*, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
17. Hangtian, X. (2016), "Domestic railroad infrastructure and exports: Evidence from the Silk Route", *China Economic Review*, Vol.41, No.1, pp. 129-147.
18. Tsekeris, Th (2016), "Domestic transport Effects on regional export trade in Greece", *Research in transportation economics*, pp. 1-13.
19. Setirek, A. C., & Tanrikulu, Z. (2015). Significant developmental factors that can affect the social and behavioral sciences, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 2089-2096.
20. Bagherian Far, M. (2015). Heutagogy in adult education. *Journal of Management Study*, 6(3), 115-130.
21. Tayşi, N., & Abid, S. (2015). Temperature distributions and variations in concrete box-girder bridges: experimental and finite element parametric studies. *Advances in structural engineering*, 18(4), 469-486.
22. Farhadi, M., (2015), "Transport Infrastructure and Long- run economic growth in OECD countries, *Transportation Research Part A: Policy and practice*", Vol.74, No.1, pp. 73-90.
23. Sangluaia, C., Haridharan, M. K., Natarajan, C., & Rajaraman, A. (2013). Behaviour of reinforced concrete slab subjected to fire. *International Journal of Computational Engineering Research*, 3, 195- 206.
24. K. Aodsup and T. Kulworawanchpong, "Effect of Train Headway on Voltage Collapse in High Speed AC Railways," *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*. Asia-Pacific, pp. 1-4, (2012).