

## ارزیابی محور راه آهن قزوین-رشت در راستای افزایش ظرفیت راهگذر ریلی روسیه-آذربایجان-ایران

مقاله علمی - پژوهشی

مهدی معظمی گودرزی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

مسعود فتحعلی\*، استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

بابک بالاژاده، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m\_fathali@aut.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

صفحه ۹۰-۷۵

### چکیده

راهگذرهای بین‌المللی با یکپارچه نمودن زیرساخت‌های ترابری در کشورهای حوزه نفوذ، باعث افزایش ارتباطات تجاری و کاهش هزینه و زمان سفر می‌شوند. این راهگذرها شامل شیوه‌های مختلف ترابری (ریلی، جاده ای و دریایی و ...) می‌باشند که با ترکیب آن‌ها، بازدهی و انعطاف پذیری بیشتری برای حمل بار ایجاد می‌گردد. با هدف ایجاد یک جریان روان برای جابجایی بار در یک راهگذر بین‌المللی، هر یک از شیوه‌های ترابری باید در هماهنگی با سایر شیوه‌ها عملکرد متناسبی داشته باشند و تغییر از یک شیوه به شیوه دیگر از لحاظ سرعت حمل و رسوب بار پویا باشد و باعث اختلال در جریان پیوسته ترابری نشود. همچنین باید ظرفیت و سرعت جابجایی بار در یک شیوه متناسب با سایر بخش‌های همان شیوه، در کشورهای مختلف که راهگذر از آن عبور می‌نماید، باشد. با توجه به توافقات صورت گرفته بین ایران و روسیه مقرر شده است راهگذر شمال - جنوب جایگزین مسیر دریایی حمل بار روسیه به مقصد هند شود. این تغییر راهگذر باعث کاهش ۴۰ و ۳۰ درصدی در زمان و هزینه حمل بار خواهد شد. بخش زمینی این راهگذر در ایران، از آستارا تا بندرعباس عبور خواهد نمود که در حال حاضر به جز بخش رشت - آستارا باقی مسیر در دست بهره‌برداری می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی محور راه آهن قزوین - رشت برای عبوردهی ترافیک باری پیش‌بینی شده برای این راهگذر صورت پذیرفته است. با توجه به فرضیات اولیه طراحی راه آهن قزوین-رشت، پیش‌بینی می‌شود برخی بلاک‌های این مسیر برای بار مذکور دارای تنگنای ظرفیتی باشد. در این مطالعه پس از ارزیابی ظرفیت بلاک‌های محور قزوین-رشت، بلاک‌های دارای تنگنای ظرفیتی تعیین شده و راهکارهای افزایش ظرفیت برای آن‌ها ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که رویکردهای ترکیبی افزایش نیروی کشش به‌همراه تراک‌بندی بلاک‌های بحرانی می‌تواند در راستای دستیابی به ظرفیت متصور برای راهگذر ریلی شمال- جنوب موثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت خط، افزایش نیروی کشش، راهگذر ریلی شمال-جنوب، راه آهن قزوین-رشت، تراک‌بندی

### ۱-مقدمه

نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند. از مزایای این راهگذرها می‌توان به تسهیل تجارت، توسعه اقتصادی و یکپارچگی منطقه‌ای، کاهش زمان و هزینه، دسترسی به بازارهای جدید، توسعه روابط سیاسی و اقتصادی، افزایش ثبات و امنیت، توسعه گردشگری،

راهگذرهای بین‌المللی نقش مهمی در تسهیل تجارت و یکپارچگی اقتصادی جهانی دارند. این شبکه‌ها با تسهیل جابجایی بار و مسافر در فرای مرزها، نه تنها مزایای اقتصادی به‌همراه دارند، بلکه چشم‌انداز ژئوپلیتیکی مناطق عبوری خود را

می‌باشد. (Vinokurove, 2022). این راهگذر توسط روسیه، ایران و هند حمایت شده و هدف آن کاهش هزینه‌ها و زمان ترانزیت در مقایسه با مسیرهای سنتی است (Nurlan Oliyev, 2024). ترافیک پیش بینی شده سالانه این راهگذر ۱۵ میلیون تن است و روسیه تمایل خود را برای افزایش آن به حداقل ۳۵ میلیون تن اعلام کرده است. زمان ترانزیت در این راهگذر حمل و نقل چند وجهی بین ۲۵ تا ۳۰ روز است (Caspian Services LLC, 2023).

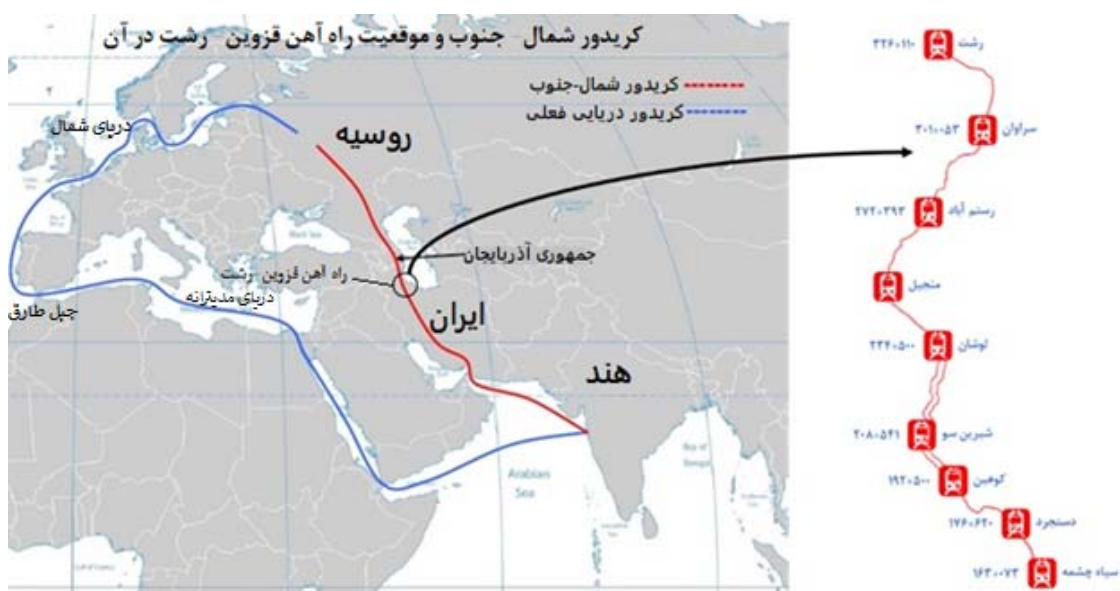
رشد اقتصادی و رشد همکاری‌های بین‌المللی اشاره نمود. در جدول (۱)، مهمترین راهگذرهای بین‌المللی ریلی در منطقه اوراسیا با تاکید بر عنوان، کشورهای حوزه نفوذ، طول مسیر و میانگین زمان سیر معرفی شده‌اند. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، راهگذر شمال-جنوب، روسیه را به سواحل جنوبی اقیانوس هند در ایران متصل می‌کند و شامل مسیرهای دریایی، ریلی و جاده‌ای از طریق هند، ایران، آذربایجان، روسیه و آسیای مرکزی می‌شود. طول تقریبی این راهگذر ۷۲۰۰ کیلومتر است و راه آهن رشت آستارا حلقه مفقوده آن در بخش ریلی

جدول ۱. مروری بر مهمترین راهگذرهای بین‌المللی ریلی در منطقه اوراسیا

عنوان	کشورهای حوزه نفوذ	طول مسیر (کیلومتر)	میانگین زمان سیر (روز)
راهگذر شمالی	چین-روسیه - شمال اروپا	۱۰۰۰۰	۱۴
راهگذر میانی	چین-قزاقستان-آذربایجان-گرجستان-اروپا	۷۰۰۰	۱۳ تا ۲۱
راهگذر شمال-جنوب	روسیه-آذربایجان-ایران-هند	۷۲۰۰	۲۵ تا ۳۰
راهگذر چین-اروپا	چین-قزاقستان-گرجستان-ترکیه-اروپا	۱۰۰۰۰	۱۲-۲۰

مسیر باید قابلیت عبوردهی این بار را داشته باشند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که زیرساخت حاضر راه‌آهن رشت-قزوین برای عبور بار مذکور دارای تنگنای ظرفیتی است که در این تحقیق به جزئیات آن و راه حل رفع این تنگنای ظرفیتی پرداخته شده است. فرآیند انجام تحقیق مطابق چرخه نمایش داده شده در شکل (۲) می‌باشد. برای دستیابی به اهداف تحقیق، در گام نخست اطلاعات هندسی مسیر شامل شیب و فراز پاره خط‌های پروژه، شروع و پایان و شعاع قوس‌ها و تونل‌ها، شیب و فراز و موقعیت ایستگاه‌ها بر مبنای پلان و پروفیل طولی مسیر استخراج و در بانک اطلاعاتی نرم افزار ذخیره می‌گردد. در ادامه آرایش قطار بهره برداری با توجه به توان قلاب‌ها، نیروی کشش انتخاب شده برای کشنده، حداکثر شیب و فراز مسیر و محدودیت‌های هندسی مسیر و با لحاظ نمودن میزان تقاضای محور به عنوان تخمین اولیه انتخاب می‌گردد.

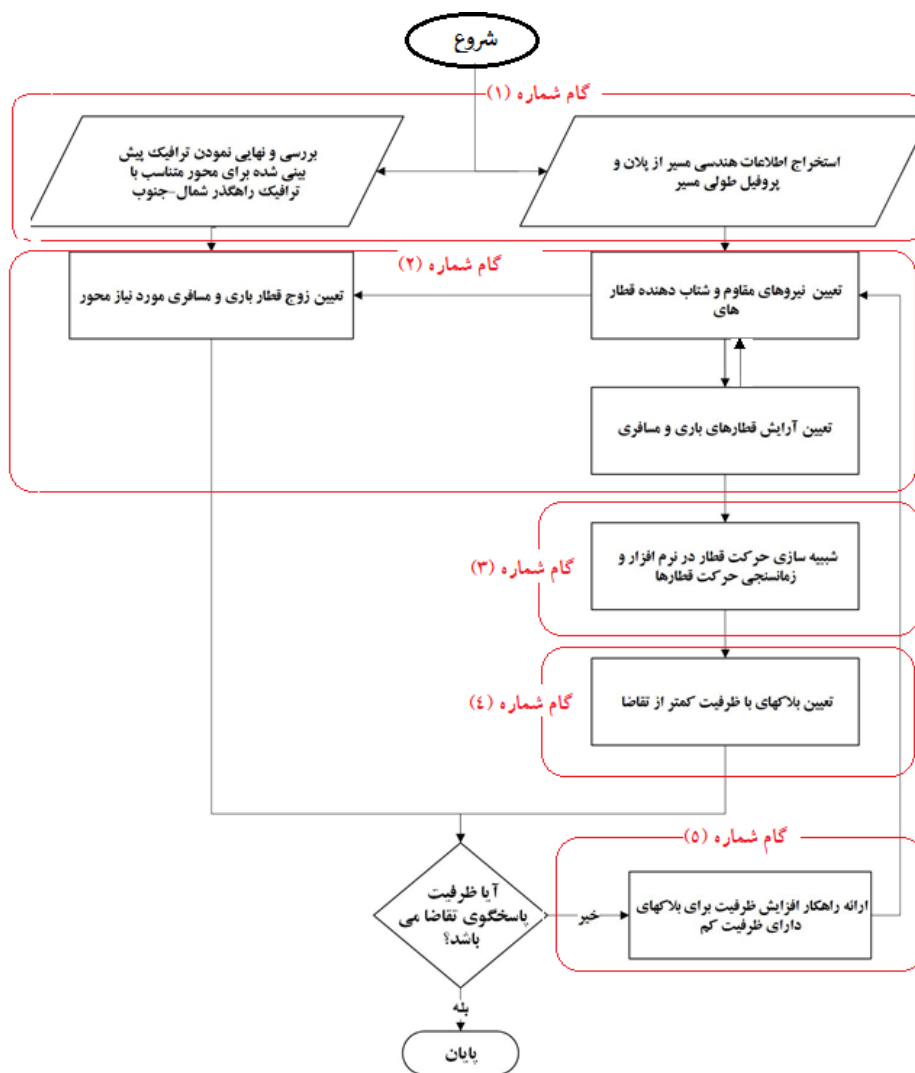
مطابق شکل (۱)، راهگذر عبوری شمال- جنوب جایگزین مسیر دریایی حمل بار کشور روسیه به مقصد کشور هند است. این تغییر راهگذر باعث کاهش ۴۰ درصدی در زمان و ۳۰ درصدی در هزینه حمل بار خواهد شد (Shoab Khan, 2021). طول این راهگذر ۷۲۰۰ می‌باشد و بخش زمینی این راهگذر در ایران، از مسیر ریلی آستارا تا بندرعباس عبور خواهد نمود که در حال حاضر به جز بخش رشت - آستارا (که عملیات اجرایی آن در دست انجام می‌باشد)، باقی مسیر ریلی احداث شده و در دست بهره‌برداری است. چنانچه بخش ریلی رشت - آستارا به طول تقریبی ۱۶۰ کیلومتر تکمیل شود، جریان بار در این راهگذر روان و بدون تغییر شیوه از ریل به جاده، باعث بهینه‌تر شدن جریان بار خواهد شد. در ادامه مسیر راه آهن در دست بهره‌برداری رشت-قزوین به طول ۱۶۳ کیلومتر قرارداد. با توجه به اینکه بار پیش بینی شده برای مسیر ریلی این راهگذر در مرحله اول ۱۵ میلیون تن تعیین شده است همه بخش‌های



شکل ۱. راهگذر شمال-جنوب و موقعیت راه آهن قزوین-رشت

هندسی مسیر مراحل شبیه‌سازی و تعیین زمان سیر قطار در بلاک‌های مختلف و در مسیر رفت و برگشت محاسبه شده و بلاک بحرانی محور مشخص می‌گردد. همچنین با داشتن زمان سیر قطارها در هر بلاک می‌توان قابلیت عبوردهی هر بلاک را تعیین نمود. این میزان با تقاضای ترافیک محور در دو جهت مقایسه شده و بلاک‌های دارای قابلیت عبوردهی کمتر از میزان مذکور تعیین می‌گردد و برای این بلاک‌ها راهکارهای افزایش ظرفیت بررسی می‌گردد. روند مذکور در فلوگرام ارائه شده در شکل (۲) نمایش داده شده است. جزئیات مربوط به هر مرحله در بخش‌های بعدی ذکر شده است.

داده‌های ترافیکی پیش بینی شده برای راهگذر بررسی و متناسب با آن و با توجه به آرایش قطار باری تعیین شده، زوج قطار لازم برای عبور دهی آن از محور راه آهن قزوین-رشت تعیین می‌گردد. تناژ ناخالص قطار و تعداد لکوموتیو از جمله ورودی‌های مهم و تاثیرگذاری است که در شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در انتخاب تناژ ناخالص قطار فراز غالب مسیر، شرایط فنی کشنده‌ها، سازگاری بین ظرفیت و تقاضای محور، نوع و رژیم بار، ضریب چسبندگی بین چرخ و ریل دخیل می‌باشند. در مرحله بعدی نیروهای شتاب دهنده و مقاوم قطارها مشخص می‌گردد. با ترکیب نیروهای شتاب دهنده و مشخصات



شکل ۲. فرآیند انجام پژوهش

## ۲- گام‌های انجام پژوهش

انجام این پژوهش شامل دو مرحله اصلی گردآوری اطلاعات و انجام محاسبات مربوط به ظرفیت سنجی می‌باشد. در ادامه توضیحات مراحل انجام مطالعه بر اساس فلوگرام ارائه شده در شکل (۲) ارائه شده است.

شامل شیب و فرازاها، قوس‌ها، تونل‌ها از روی پلان و پروفیل طولی مسیر استخراج می‌گردد و به عنوان داده ورودی نرم افزار ثبت می‌گردد. بر اساس برخی اطلاعات حاصل شده در این بخش و همچنین ضوابط درج شده در مقررات عمومی سیر و حرکت و مشخصات ناوگان ریلی و روابط حرکتی نیوتن آرایش اولیه قطار باری در این مرحله تعیین می‌گردد.

**ب- دسته دوم:** اطلاعات مربوط به ترافیک پیش بینی شده برای محور می‌باشد. این اطلاعات در ترکیب با نتایج زمان سنجی حرکت قطارها مبنای محاسبه تعداد زوج قطار لازم برای حمل ترافیک مورد نظر می‌باشد.

### ۲-۱- گام شماره (۱) گردآوری اطلاعات

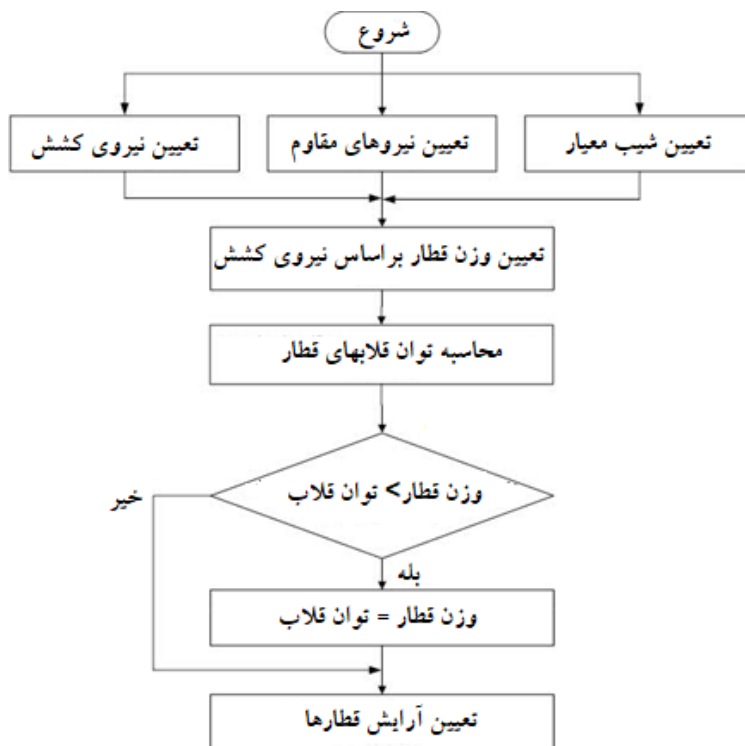
دو دسته داده ورودی برای انجام مطالعات این پژوهش نیاز می‌باشد.

**الف- دسته اول:** اطلاعات مربوط به مشخصات هندسی مسیر راه آهن قزوین-رشت می‌باشد. همانگونه که در مقدمه ذکر شد و مطابق فلوگرام ترسیم شده در شکل (۲)، ابتدا اطلاعات مسیر

## ۲-۲- گام شماره (۲) محاسبه نیروها و تعیین آرایش قطارها

بر اساس اطلاعات استخراج شده از پلان و پروفیل طولی مسیر و پس از انتخاب ناوگان و تعیین نیروهای مقاوم و نیروی کشش آرایش قطارها طبق مراحل مشخص شده در فلوگرام مشخص

شده در شکل (۳) تعیین می‌گردد. برای محاسبه نیروهای مقاوم و محرک در قطار از روابط مربوط به شبیه‌سازی حرکت قطارها مبتنی بر قوانین حرکتی نیوتن استفاده می‌شود. (پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۶).  
شکل عمومی این رابطه مطابق رابطه (۱) می‌باشد.



شکل ۳. فرآیند تعیین آرایش قطارها

$$\sum F_{Traction} - \sum F_{Resistance} = m_{train} \times a_{train} \quad (1)$$

$a_{train}$  (متر بر مجذر ثانیه) برابر شتاب قطار می‌باشد که جهت محاسبه پروفیل سرعت مد نظر قرار می‌گیرد. (آذری، ۱۳۹۷). جهت محاسبه مقاومت‌های همیشگی که شامل نیروی اصطکاک هوا، اصطکاک بین چرخ‌ها و ریل‌ها و اصطکاک بین یاتاقان‌ها و سر محورها و ضربه چرخ‌ها در درز ریل‌ها می‌باشد از رابطه دیویس اصلاح شده استفاده شده است: (Rochard,2000) و (Esvelad,2015).

در رابطه فوق  $\sum F_{Traction}$  (به کیلوگرم نیرو) مجموع نیروهای محرک قطار می‌باشد که در حالت شبیه‌سازی این تحقیق، توسط سه لکوموتیو دیزل الکتریک تامین می‌گردد. از سوی دیگر  $\sum F_{Resistance}$  (به کیلوگرم نیرو) برابر مجموع نیروی مقاوم می‌باشد. نیروهای مقاوم عبارتند از مقاومت هندسی مسیر (شیب و فراز، قوس و تونل) و مقاومت‌های همیشگی قطار (نیروهای اصطکاک و آیرودینامیکی) که در شبیه‌سازی لحاظ گردیده است. همچنین  $m_{train}$  (تن) برابر تناژ ناخالص قطار و

$$R = A + \frac{B}{W} + CV + \frac{Dv^2}{Wn}$$

(۲)

ناشی از گرادیان مسیر می‌باشد. این نیرو با توجه به جهت حرکت قطار می‌تواند به صورت محرک و یا مقاوم عمل نماید. شکل (۴) حرکت وسیله نقلیه به وزن  $W$  روی سطح شیب‌داری که با سطح افق زاویه  $\theta$  می‌سازد نشان می‌دهد. مولفه‌های نیروی وزن در امتداد عمود بر سطح و در امتداد سطح به ترتیب با  $R$  و  $F$  نشان داده شده است.

$$F = W \cos(\pi/2 - \theta) = W \sin \theta$$

مطابق رابطه (۴) محاسبه و در مدلسازی مورد استفاده قرار گرفته است (Esvelad,2018).

در رابطه (۴)، شعاع قوس بر حسب متر و  $r_c$  مقدار مقاومت قوس بر حسب کیلوگرم می‌باشد.

$$r_c = \frac{650}{r-55}$$

(۴)

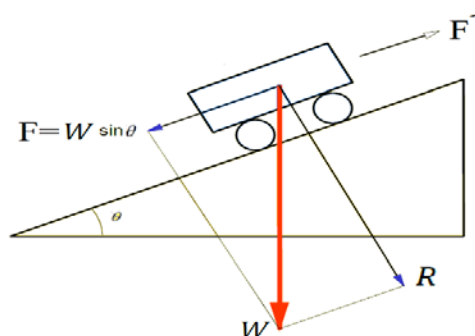
در رابطه (۲)،  $R$  نیروی مقاوم همیشگی بر حسب کیلوگرم نیرو بر تن،  $V$  سرعت بر حسب کیلومتر بر ساعت،  $W$  بار محوری بر حسب تن،  $n$  تعداد محور و پارامتر  $a$  سطح پیشانی وسیله نقلیه بر حسب متر مربع می‌باشد. ضرایب ثابت  $A, B, C, D$  مورد استفاده در رابطه (۲) بر حسب نوع وسیله نقلیه در جدول (۲) ذکر گردیده است. مهمترین نیروی دینامیکی وارده بر قطارها

(۳)

مطابق رابطه (۳) و برای زوایای کوچک به ازای هر یک هزارم فراز و به ازای هر تن وزن قطار، یک کیلوگرم نیروی مقاوم وارد در برابر حرکت می‌گردد. در صورت وجود شیب نیروی فوق به نیروی محرک تبدیل می‌گردد. همچنین میزان مقاومت قوس

جدول ۲. معرفی ثابت‌های استفاده شده در رابطه دیویس اصلاح شده

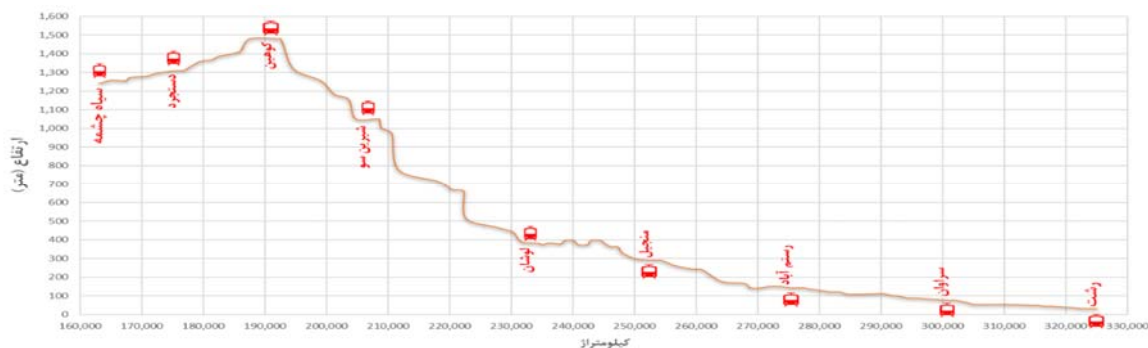
نوع وسیله	A	B	C	D	a
لکوموتیو	0.65	13.2	0.00931	0.00453	12.3
واگن باری	0.65	13.2	0.01395	0.000944	8.6



شکل ۴. نمایش نیروی گرادیان مسیر

اساس مقررات مربوطه محاسبه و در نرم افزار وارد شده است (مقررات عمومی سیروحرکت، ۱۳۹۷). مشخصات هندسی طبق پلان و پروفیل طولی نهایی مسیر استخراج و تمامی عوارض هندسی در محاسبات شبیه‌سازی در مسیر رفت و برگشت لحاظ گردیده است. مسیر راه آهن قزوین-رشت دارای عوارض طبیعی سخت می باشد و بیشترین مقدار اختلاف ارتفاعی آن در محدوده بلاک کوهین-شیرین سو- لوشان می باشد. اختلاف ارتفاع ایستگاه‌های محور در شکل (۵) نمایش داده شده است. در جدول (۳) مشخصات بلاک‌های راه آهن محور قزوین-رشت و ایستگاه‌های آن ارائه شده است.

محور راه آهن قزوین-رشت دارای ۵۱ دستگاه تونل و گالری با طول مجموع ۲۵,۶ کیلومتر می‌باشد. بزرگترین تونل محور در بلاک شماره ۴ قرار دارد و طول آن ۲۰۴۷ متر می‌باشد. ۱۱ دستگاه تونل با طول بالای ۷۰۰ متر در این محور موجود می باشد. مقاومت معادل این تونل‌ها نیز بر اساس ضوابط مربوطه در محاسبات لحاظ گردیده است (ضابطه ۲۸۸، ۱۴۰۱). از سوی دیگر نیروی محرک بر اساس نمودار نیروی کشش لکوموتیو AD43C آلستوم استخراج گردیده است. محدودیت سرعت حرکت برای فاصله توقف ۷۰۰ متر در نظر گرفته شده است و نسبت ترمز ۵۰ درصد برای تمامی پاره خط‌های مسیر بر



شکل ۵. پروفیل طولی محور راه آهن قزوین- رشت

جدول ۳. مشخصات ایستگاه‌های محور راه آهن قزوین-رشت

نام ایستگاه	کیلومتر محور	طول بلاک (کیلومتر)	ارتفاع ایستگاه (متر)	اختلاف ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه
سیاه چشمه	۰۷۳+۱۶۳	-	۱۲۴۲	-	-
دستجرد	۶۲۰+۱۷۶	۱۳,۵۴۷	۱۳۱۳	۷۰	۳
کوهین	۵۰۰+۱۹۲	۱۵,۸۸۰	۱۴۸۴	۱۷۱	۳
شیرین سو	۵۴۱+۲۰۸	۱۶,۰۴۱	۱۰۵۵	-۴۲۹	۳
لوشان	۵۰۰+۲۳۴	۲۵,۹۵۹	۳۸۵	-۶۷۰	۲
منجیل	۰۷۳+۲۵۴	۱۹,۵۷۳	۲۹۴	-۹۱	۲
رستم آباد	۴۰۰+۲۷۷	۲۳,۳۲۷	۱۴۶	-۱۴۸	۳
امام زاده هاشم	۰۵۳+۳۰۱	۲۳,۶۵۳	۸۱	-۶۵	۲
رشت	۱۱۰+۳۲۶	۲۵,۰۵۷	۲۵	-۵۶	تشکیلاتی

۳۰ در هزار در بلاک‌های ۳ و ۴ می‌باشد. مشخصات قطار استفاده شده در شبیه‌سازی در جدول (۴) ذکر گردیده است. وزن قطار بر اساس توان لکوموتیو و همچنین شیب غالب مسیر و ضوابط مربوطه تعیین می‌گردد. (ضابطه ۲۸۸، ۱۴۰۱) و (مقررات عمومی سیروحرکت، ۱۳۹۷)

مهمترین عامل محدود کننده سرعت حرکت قطارهای باری شیب و فراز مسیر می‌باشد. ۷۱ کیلومتر از مسیر ۱۶۳ کیلومتری محور دارای شیب و فراز کمتر از ۵ در هزار ۲۳ کیلومتر بین ۵ تا در ۱۰ در هزار ۳۱ کیلومتر بین ۱۰ تا ۱۵ و ۳۸ کیلومتر بالای ۱۵ در هزار می‌باشند. حداکثر شیب و فراز در این محور

### ۳-۲- گام شماره (۳) شبیه‌سازی حرکت قطار و زمان سنجی

با تشکیل معادلات حرکت و محاسبه نیروی‌های محرک، مقاوم و شتاب؛ سرعت و موقعیت لحظه‌ای قطار در هر گام زمانی (i) بر اساس روابط (۵) و (۶) توسط نرم افزار توسعه داده شده محاسبه گردیده و موقعیت جدید قطار مشخص می‌گردد. روند انجام محاسبات تا زمان رسیدن قطار به ایستگاه و توقف کامل ادامه خواهد یافت.

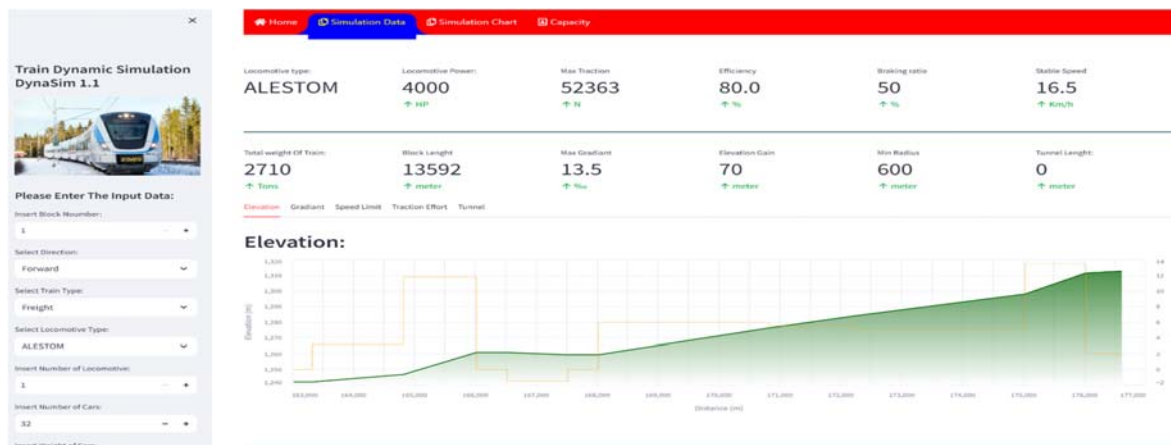
در این مطالعه شبیه‌سازی حرکت قطار با وب اپلیکیشن Dyna Sim انجام شده است. این وب اپلیکیشن با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون و رابط کاربری استریم لیت ایجاد گردیده است. استریم لیت یک چارچوب متن باز به زبان پایتون، برای ساخت سریع وب اپلیکیشن‌ها در حوزه یادگیری ماشین و علم داده می‌باشد که قابلیت اشتراک‌گذاری آنلاین اپلیکیشن را نیز دارا می‌باشد. شکل (۶) محیط نرم افزار را نمایش می‌دهد. در حالت حرکت شتابدار

$$\begin{aligned} v_i &= a_i t + v_{i-1} \\ x_i &= \frac{1}{2} a_i t^2 + v_i t + x_{i-1} \\ v_i^2 - v_{i-1}^2 &= 2 a_i d \end{aligned} \quad (5)$$

$$x_i = v_i t + x_{i-1} \quad (6)$$

جدول ۴. مشخصات قطار شبیه‌سازی

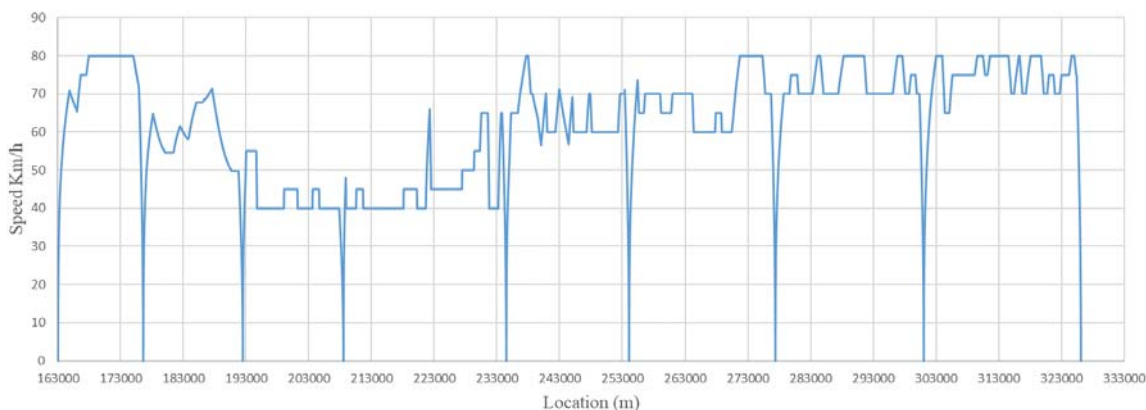
توان لکوموتیو	وزن قطار	طول قطار	تعداد کشنده	تعداد واگن
۴۳۰۰ اسب بخار	۳۲۵۰ تن	۵۸۰ متر	۳	۳۵



شکل ۶. محیط نرم افزار DynaSim

مکان-زمان استخراج گردیده است. به عنوان نمونه خروجی نرم افزار مربوط به پروفیل سرعت قطار باری در طول مسیر رفت محور قزوین-رشت در شکل (۷) نمایش داده شده است. بر این اساس زمان سیر قطارها در مسیر رفت و برگشت در هر بلاک محاسبه گردید. این زمان مبنای محاسبه ظرفیت و قابلیت عبور دهی ترافیک در هر کدام از بلاک‌های محور قرار گرفت. در ادامه محاسبات مربوط به ظرفیت محور ارائه شده است.

همانگونه که ذکر شد تقاضای بار این محور بر اساس توافقات صورت گرفته ۱۵ میلیون تن می‌باشد که ۱۱ میلیون تن آن در جهت شمال - جنوب و ما بقی در مسیر جنوب - شمال پیش بینی شده است (Caspian Services LLC, 2023). شبیه سازی حرکت قطار در مسیر رفت و برگشت محور انجام شده و خروجی‌های نرم افزار شامل زمان رفت و برگشت، سرعت بیشینه و میانگین رفت و برگشت، پروفیل‌های سرعت- زمان،



شکل ۷. پروفیل سرعت قطار باری در مسیر قزوین-رشت

## ۲-۴- گام شماره ۴- ظرفیت سنجی و مقایسه با تقاضا

برای میزان بار تعیین شده در راهگذرسراسری شمال - جنوب دچار تنگنای ظرفیتی می‌باشد و می‌بایست راهکار مناسب افزایش ظرفیت برای بلاک مورد نظر ارائه گردد. همچنین سایر بلاک‌ها از شیرین سو تا رشت برای تقاضای ۱۱ میلیون تن (در مسیر شمال-جنوب) ظرفیت لازم را ندارند که باید در آنها با راهکاری مناسب افزایش ظرفیت ایجاد شود.

ظرفیت خط حداکثر تعداد زوج قطار باری و مسافری است که در یک شبانه روز می‌تواند از روی قطعه (بلاک) بحرانی عبور کند. قابلیت عبور دهی خط حداکثر بار خالص و تعداد مسافری است که در یک سال و در یک جهت می‌تواند جایجا شود (ضابطه ۱۴۰۱،۲۸۸) ظرفیت شبکه بستگی به عوامل مختلف در زیرساخت، ناوگان و برنامه زمان بندی حرکت قطارها دارد. جهت محاسبه ظرفیت خط روش‌های مختلفی در متون علمی مرتبط با راه آهن ارائه شده است. در این مطالعه از شبیه سازی

بر اساس زمان سیر محاسبه شده در گام ۳، ظرفیت هر بلاک تعیین می‌گردد. تعداد زوج قطار باری و مسافری مورد نیاز نیز بر اساس تقاضای بار و مسافر و روابط مربوطه محاسبه شده است. در جدول (۵) خلاصه نتایج مربوط به زمان سنجی حرکت قطار باری و مقایسه تقاضا با ظرفیت هر بلاک محاسبه شده است. بررسی نتایج زمان سنجی به دست آمده بیانگر این مطلب است که بیشترین زمان سیر قطار باری در بلاک شیرین سو- لوشان اتفاق می‌افتد. بنابراین بلاک بحرانی محور راه آهن قزوین-رشت بلاک شماره ۴ می‌باشد که تعیین کننده ظرفیت محور می‌باشد. قابلیت عبوردهی این بلاک ۶،۴ میلیون تن محاسبه گردیده است. بلاک فوق به علت طول زیاد و همچنین قرارگیری در محدوده شیب ۳۰ در هزار باعث ایجاد گلوگاه ظرفیتی برای این محور شده است. اگرچه ظرفیت به دست آمده جوابگوی تقاضای بیش بینی شده در زمان مطالعات محور قزوین -رشت می‌باشد لکن

قطارهای باری و مسافری و ظرفیت سنجی بلاک‌ها از این رابطه استفاده شده است (آذری، ۱۳۹۷) و (Marchenkol, 2023).

رایانه ای برای محاسبه زمان سیر قطارها در خط آهن قزوین - رشت استفاده شده است. همچنین با توجه به نتایج نسبتاً محافظه کارانه رابطه اسکات (تمنایی، ۱۳۹۳) برای محاسبه تعداد

$$N_f = \left[ \frac{(1440 - n_{\text{maintenance}} * 60)}{(T_{go} + T_{\text{return}} + t)} \right] - \mu N_p \quad (7)$$

شده است. همچنین برای محاسبه قابلیت عبوردهی خط (در یک جهت) از رابطه (۸) استفاده شده است. در رابطه (۸)،  $Q$  قابلیت عبوردهی خط در یک جهت در یک سال و  $N_f$  زوج قطارهای باری در یک شبانه‌روز می‌باشد.

در رابطه (۷)،  $N_f$  زوج قطارهای باری در یک شبانه‌روز،  $N_p$  زوج قطارهای مسافری در یک شبانه‌روز،  $\mu$  ضریب تاثیر (یا معادل‌سازی) قطارهای مسافری برابر ۱,۵،  $T_{go}$ : زمان رفت (دقیقه)،  $T_{\text{return}}$  زمان برگشت (دقیقه) و  $t$ : زمان ایمنی به دقیقه می‌باشد که در این مطالعه برابر ۶ دقیقه در نظر گرفته

جدول ۵. خلاصه محاسبات ظرفیت سنجی محور راه آهن قزوین- رشت

نام بلاک	طول بلاک (کیلومتر)	زمان رفت (ثانیه)	زمان برگشت (ثانیه)	مجموع زمان سیر (دقیقه)	تعداد زوج قطار باری	قابلیت عبور دهی بار (میلیون تن)	تقاضای رفت (میلیون تن)	تقاضای برگشت (میلیون تن)
سیاه چشمه-دستجرد	۱۳,۵۹۲	۷۲۴	۷۷۰	۲۵	۳۰	۱۷,۴	✓	✓
دستجرد- کوهین	۱۵,۸۸۰	۱۰۵۵	۹۶۸	۳۴	۲۲	۱۲,۷	✓	✓
کوهین- شیرین سو	۱۶,۰۴۱	۱۴۴۶	۲۳۰۳	۶۲	۱۹	۱۱,۰	✓	✓
شیرین سو- لوشان	۲۵,۹۵۹	۲۱۴۳	۳۵۸۲	۹۵	۱۱	۶,۴	✓	×
لوشان-منجیل	۱۹,۵۷۳	۱۱۶۸	۱۲۵۷	۴۰	۱۸	۱۰,۴	✓	×
منجیل-رستم آباد	۲۳,۳۲۷	۱۳۰۸	۱۴۱۲	۴۵	۱۶	۹,۳	✓	×
رستم آباد- امام زاده هاشم	۲۳,۶۵۳	۱۲۴۲	۱۱۵۹	۴۰	۱۸	۱۰,۴	✓	×
امام زاده هاشم - رشت	۲۵,۰۷۵	۱۲۷۱	۱۲۱۹	۴۲	۱۸	۱۰,۴	✓	×

$$Q = N_f \times 365 \times T_{\text{Gross}} \times \frac{\delta}{\beta} \quad (8)$$

می‌شوند که در این مقاله برابر ۰,۸۵ و ۱,۵ در نظر گرفته می‌شود. زمان‌های رفت و برگشت قطار در یک بلاک از طریق شبیه سازی دینامیکی حرکت قطار به دست می‌آید.

در رابطه (۸)، دو ضریب  $\delta$  (کوچکتر از یک) و  $\beta$  (بزرگتر از یک) به ترتیب ضریب نوسان روزهای کاری و تناژ ناخالص قطار می‌باشند که جهت محاسبه قابلیت عبوردهی در رابطه وارد

## ۲-۵- گام شماره ۵- ظرفیت سنجی و مقایسه با تقاضا

برای افزایش ظرفیت محور، راهکارهای کلی افزایش ظرفیت و بازدهی حاصل هریک از آنها بررسی و در ادامه تمهیدات اولویت‌دار جهت رفع تنگنای ظرفیتی محور ارائه خواهد شد. میزان افزایش ظرفیت و هزینه هریک از روش‌های افزایش ظرفیت متفاوت می‌باشد (تمنایی، ۱۳۹۳)، (یقینی، ۱۳۹۰) و

برای افزایش ظرفیت محور، راهکارهای کلی افزایش ظرفیت و بازدهی حاصل هریک از آنها بررسی و در ادامه تمهیدات اولویت‌دار جهت رفع تنگنای ظرفیتی محور ارائه خواهد شد. میزان افزایش ظرفیت و هزینه هریک از روش‌های افزایش ظرفیت متفاوت می‌باشد (تمنایی، ۱۳۹۳)، (یقینی، ۱۳۹۰) و

جدول ۶. راهکارهای افزایش ظرفیت و تناسب آنها با محور راه آهن قزوین- رشت

ردیف	راهکار	توضیحات
۱	افزایش تعداد خطوط بلاک	با توجه به دو خطه بودن بخش کوهین- شیرین سو- لوشان و وجود بلاک بحرانی در این محدوده؛ و با عنایت به وجود ابنیه فنی سنگین در آنها احداث خط سوم در این بخش (و خط دوم در سایر بخش ها) به دلیل هزینه های سرسام آور توجیه پذیر نخواهد بود.
۲	برقی کردن محور	به دلیل وجود شیب غالب ۳۰ در هزار می تواند تا حدود زیادی به افزایش ظرفیت کمک نموده و مشکل ظرفیتی محور را مرتفع نماید لکن اجرایی نمودن راهکار حاضر تنها برای بخشی از راهگذر به دلیل عدم یکپارچگی سیستم کشش شبکه ریلی و در شرایط حاضر پیشنهاد نمی گردد. این روش می تواند به عنوان روشی دراز مدت و در صورت برقی شدن کل راهگذر در بخش ایران راهکاری مناسب باشد.
۳	افزایش تعداد و توان کشنده	بررسی پلان و پروفیل طولی مسیر در ایستگاهها و طرفین آنها نشان می دهد با توجه به توپوگرافی منطقه و وجود ابنیه فنی سنگین امکان افزایش طول مفید خطوط ایستگاهی با محدودیت جدی روبرو می باشد. (ایران استن، ۱۳۹۶). بنابراین حداکثر طول قطارهای محور محدود به حداکثر طول مفید خطوط ایستگاهی می شوند و افزایش توان کشش تا حدی که طول مفید خطوط ایستگاهی اجازه می دهد باعث افزایش ظرفیت خواهد شد.
۴	اصلاح طرح هندسی در پلان و پروفیل طولی	با توجه به اتمام احداث پروژه و همچنین توپوگرافی زمین و شرایط خاص ابنیه فنی مسیر، اصلاح در طرح هندسی ممکن نمی باشد.
۵	مدیریت قطارهای مسافری	در صورت عدم کفایت راهکارهای گفته شده می تواند مورد بررسی قرار گیرد.
۶	به کارگیری سیستم مدیریت مکانیزه نگهداری و تعمیرات	با توجه به تناژ عبوری سالیانه محور پیاده سازی سیستم نگهداری مدرن جهت کاهش ساعات مسدودی و افزایش سطح سرویس دهی خط ضروری به نظر می رسد.
۷	اجرای نیم ایستگاه در بلاک های بحرانی	اجرای این روش به دلیل اتمام احداث مسیر و نبود شرایط مناسب طرح هندسی در جانمایی ایستگاه های جدید عملی نمی باشد.
۸	اجرای تراک بندی به همراه سامانه ATC در قطارها	این روش با توجه به شرایط محور مناسب می باشد.
۹	افزایش بار محوری	به دلیل تعدد ابنیه فنی محور و هزینه های بالای اجرایی، اصلاحات زیرساختی مسیر توجیه پذیر نمی باشد.

### ۳- افزایش نیروی کشش

سایر بلاک های محور که دارای فراز حداکثر ۱۵ در هزار می باشد می توان بدون نیاز به افزایش نیروی کشش تعداد واگن های بیشتری به آرایش قطارباری اضافه نمود. چرا که در آرایش قطار با ۳ کشنده و ۳۵ واگن، شرط "توانایی شروع مجدد حرکت قطار در فراز حداکثر" تعیین کننده بوده است. حداقل طول مفید خطوط قبول و اعزام ایستگاه های قزوین- رشت ۶۲۰ متر می باشد که با لحاظ افزایش توان کشنده (با افزودن یک کشنده دیگر) در این شرایط امکان افزایش تعداد واگن ها و تشکیل قطار با ۴۰ واگن میسر خواهد بود که منجر به افزایش حدود ۱۴ درصدی وزن قطار و ظرفیت خط می گردد. با لحاظ تغییرات فوق مجدداً

افزایش نیروی کشش می تواند با اضافه کردن تعداد کشنده ها و یا استفاده از کشنده های با توان بالاتر صورت پذیرد. این راهکار در حالت کلی باعث افزایش توان، افزایش سرعت سیر و افزایش ظرفیت می گردد. لازم به ذکر می باشد در محور قزوین- رشت کشنده اضافه شده صرفاً در بلاک شماره ۴ که دارای فراز ۳۰ در هزار می باشد مورد استفاده قرار خواهد گرفت. بر اساس الزامات بهره برداری برای این بهش از مسیر می باید از کشش دوگانه استفاده شود. (ضابطه ۲۸۸، ۱۴۰۱). در این صورت در

خواهد داشت. با توجه به اینکه گلوگاه اصلی این پروژه بلاک دو خطه حد فاصل ایستگاه‌های لوشان تا کوهین می‌باشد. امکان نصب و بهره برداری از بلاک میانی در این فاصله مورد بررسی قرار گرفت.

طبق مطالعات انجام شده توسط شرکت راه آهن ج.ا.ا، اجرای تراک‌بندی در محورهای دو خطه و یک خطه به ترتیب منجر به افزایش حدود ۹۰ درصد و ۲۰ درصد در ظرفیت خط خواهد شد. (راه آهن ج.ا.ا، ۱۳۸۴). برای بررسی میزان افزایش ظرفیت بلاک‌های شماره ۴ و ۶ این بلاک‌ها به ۶ قسمت هم زمان تقسیم شد. بر این اساس محل نصب شاخص‌های بلاک میانی در این بلاک‌ها مشخص گردید. طول بلاک دو خطه لوشان- شیرین سو، ۲۶ کیلومتر است و نیاز به نصب ۵ چراغ سیگنال در این فاصله می‌باشد. بر اساس نتایج زمان سنجی محل نصب چراغ سیگنال در بلاک لوشان- شیرین سو مطابق شکل (۸) تعیین شد. پس از انجام محاسبات مربوطه، قابلیت عبوردهی بار در بلاک دو خطه شیرین سو- لوشان پس از انجام تراک‌بندی مطابق مندرجات جدول (۸) محاسبه گردید.

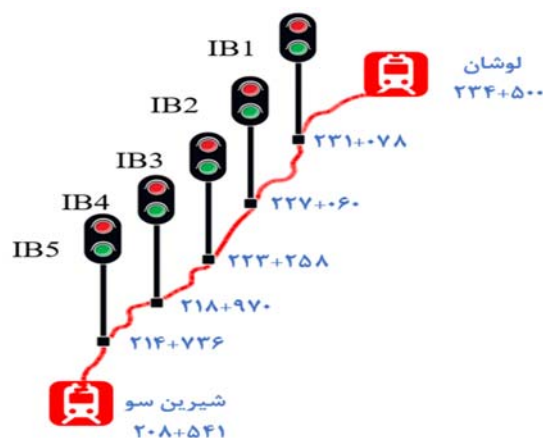
شبیه‌سازی حرکت قطار انجام گرفت که نتایج آن در جدول (۷) ارائه شده است. مطابق نتایج حاصله با افزایش نیروی کشش و امکان افزایش وزن قطار ظرفیت بلاک‌های ۵ و ۷ و ۸ افزایش یافته لکن مشکل ظرفیتی بلاک‌های ۴ و ۶ کماکان پابرجا خواهد بود. لازم به ذکر است استفاده از یک کشنده دیزل-الکترونیک بیشتر در بلاک شماره ۴ به دلیل تعدد تونل‌ها و عدم تهویه مناسب در برخی از تونل‌ها نیازمند پیش‌بینی تمهیدات ویژه تهویه نیز می‌باشد.

### ۳-۱- تراک‌بندی

تراک‌بندی ایجاد مناطق جدایی بدون شبکه خطوط برای افزایش ظرفیت مسیرها مانند چراغ‌های عبوری سیستم بلاک اتوماتیک می‌باشد. تراک‌بندی یکی از راهکارهای نسبتاً کم هزینه‌ای است که معمولاً برای افزایش ظرفیت خصوصاً در مسیرهای دوخطه انجام می‌شود. (آذری، ۱۳۹۳). اجرای راهکار تراک‌بندی نیازمند استقرار سیستم کنترل اتوماتیک قطارها (ATC) در محور بوده و برای بخش دو خطه مسیر بازدهی قابل توجه

جدول ۷. خلاصه محاسبات ظرفیت سنجی محور راه آهن قزوین- رشت با لحاظ یک کشنده بیشتر

ردیف	نام بلاک	طول بلاک (کیلومتر)	مجموع زمان سیر (دقیقه)	تعداد زوج قطار باری	قابلیت عبور دهی بار (میلیون تن)	تقاضای رفت (میلیون تن)	تقاضای برگشت (میلیون تن)
۱	سیاه چشمه-دستجرد	۱۳،۵۹۲	۲۵	۳۰	۱۹،۹	✓	✓
۲	دستجرد-کوهین	۱۵،۸۸۰	۳۶	۲۱	۱۳،۹	✓	✓
۳	کوهین- شیرین سو	۱۶،۰۴۱	۶۷	۱۷	۱۱،۳	✓	✓
۴	شیرین سو- لوشان	۲۵،۹۵۹	۸۸	۱۳	۸،۶	✗	✓
۵	لوشان-منجیل	۱۹،۵۷۳	۴۲	۱۷	۱۱،۳	✓	✓
۶	منجیل-رستم آباد	۲۳،۳۲۷	۴۷	۱۵	۹،۹	✗	✓
۷	رستم آباد- سراوان	۲۳،۶۵۳	۴۰	۱۸	۱۱،۹	✓	✓
۸	سراوان- رشت	۲۵،۰۷۵	۴۲	۱۸	۱۱،۹	✓	✓



شکل ۸. تراک بندی بلاک شیرین سو- لوشان

جدول ۸. نتایج افزایش ظرفیت محور با لحاظ استقرار بلاک میانی

ردیف	نام بلاک	طول بلاک (کیلومتر)	مجموع زمان سیر (دقیقه)	تعداد زوج قطار باری	قابلیت عبور دهی بار (میلیون تن)	میزان افزایش (درصد)
۱	شیرین سو - IB3	۱۴,۷۱۷	۴۴	۲۵	۱۶,۵	۹۲
۲	IB3 - لوشان	۱۱,۲۴۲	۴۴	۲۵	۱۶,۵	

#### ۴- بحث

بنابراین با توجه به مندرجات جدول (۸) با اجرای تراک بندی در بلاک دو خطه شیرین سو - لوشان مشکل ظرفیتی رفع خواهد شد. برای بلاک یک خطه منجیل-رستم آباد نیز با الگوی مشابه تراک بندی، قابلیت عبور دهی بار به ۱۲ میلیون تن خواهد رسید. موقعیت و آرایش چراغ‌های سیگنال از روی نمودار زمان-مکان حاصله از شبیه سازی و همچنین سایر عوامل مشخص می‌گردد. فاصله زمانی عبور قطار از چراغ‌ها برابر می باشد و برای رعایت مسایل ایمنی و سهولت در کنترل ترافیک قطارهای در حال حرکت بایستی حداقل به میزان ۳ بلاک از هم فاصله داشته باشند (آذری، ۱۳۹۳) با توجه به موارد مذکور پس از عبور قطار اعزامی از ایستگاه شیرین سو از سیگنال شماره ۳ امکان اعزام قطار دیگر از ایستگاه شیرین سو به سمت ایستگاه لوشان فراهم می‌گردد.

#### ۵- نتیجه گیری

احداث پروژه‌های ریلی بسیار هزینه بر می‌باشد. بر اساس ضوابط طرح هندسی راه آهن برای مسیریایی که بار ناخالص عبوری سالیانه در سال دهم بهره‌برداری در آنها بیش‌تر از ۱۵ میلیون تن برآورد می‌گردد زیرسازی باید به صورت دو خطه پیش بینی گردد (ضابطه ۲۸۸، ۱۴۰۱). همچنین بار محوری راه آهن ایران ۲۵ تن تعریف شده است (ضابطه ۲۷۹، ۱۳۸۳). در محورهای راه آهنی که بخشی از راهگذرهای بین‌المللی و سراسری شمال - جنوبی یا شرقی-غربی در کشور می‌باشند اهمیت ۲ مولفه فنی بالا شامل یک خطه یا دو خطه بودن محور و همچنین مقدار بار محوری از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. به عنوان یک نتیجه کلی از این مطالعه پیشنهاد می‌شود برای طراحی این گونه محورهای بخش مستقلی در ضابطه ۲۸۸ در نظر گرفت تا بتوان پتانسیل افزایش ظرفیت در بخش زیرساخت را از همان زمان طراحی اولیه اعمال نمود. به گونه‌ای که این محورها به عنوان بخشی از یک راهگذر ریلی سراسری بتوانند قطارهای سنگین و یا قطارهای طولی (مترژی) را عبور دهند.

عبور دهی بار در بلاک مذکور از ۶,۴ میلیون تن به ۸,۶ میلیون تن افزایش می‌یابد. اما، کماکان از میزان تقاضای مورد نظر (۱۱ میلیون تن) کمتر می‌باشد. این تغییر آرایش در سازمان قطار باری باعث می‌شود بتوان ۵ واگن دیگر به قطار باری اضافه نمود (با توجه به شرط امکان حرکت مجدد قطار در صورت توقف در فراز حداکثر). این موضوع باعث می‌شود در کلیه بلاک‌ها قابلیت عبور دهی بار مطابق مندرجات جدول (۷) افزایش یابد. بنابراین، مشکل تنگنای ظرفیتی همه بلاک‌ها به جز بلاک ۴ و ۶ برطرف خواهد شد. برای رفع تنگنای ظرفیتی بلاک شماره ۴ و ۶ راهکار تراک بندی پیشنهاد گردید.

بر اساس نتایج محاسبات زمان سنجی محور، تراک بندی باعث افزایش قابلیت عبوردهی ۹۲ درصدی در بلاک دو خطه شیرین سو-لوشان و افزایش ۲۱ درصدی در بلاک یک خطه منجیل- رستم آباد خواهد شد. بنابراین تامین ظرفیت مورد نیاز محور راه آهن قزوین - رشت در راستای راهگذر شمال - جنوب با بهره گیری همزمان از دو راهکار استفاده از یک کشنده بیشتر در بلاک شماره ۴ و تراک بندی بلاک‌های ۴ و ۶ مقدور می‌گردد. نتایج نهایی مطالعات در جدول (۹) ارائه شده است.

چرا که بعد از احداث، فقط با صرف زمان و هزینه‌های بسیار بالا می‌توان این ۲ مولفه را در یک محور راه آهن ارتقاء داد. در محور راه آهن قزوین - رشت هر چند در زمان طراحی پیش‌بینی‌های لازم برای تامین ظرفیت تقاضا در زمان طراحی آن در نظر گرفته شده است، لکن بار ترانزیتی جدیدی که با توجه به شرایط جهانی و منطقه‌ای به این محور هدایت خواهد شد باعث بروز تنگنای ظرفیتی در آن خواهد شد. نتایج شبیه‌سازی حرکت قطار با آرایش ۳ کشنده با توان ۴۰۰۰ اسب بخار و وزن ۳۲۵۰ تن نشان داد که ۵ بلاک محور قزوین-رشت از شیرین سو تا رشت ظرفیت لازم برای عبور دهی بار ترانزیت پیش بینی شده را ندارند. پس از بررسی راهکارهای افزایش ظرفیت مشخص شد استفاده از راهکارهای ارتقاء مشخصات فنی مسیر و ابنیه فنی در این محور با محدودیتهای زیادی همراه است. بنابراین، فقط راهکارهای افزایش ظرفیت در حوزه بهره برداری می‌تواند راهگشای مساله باشد. در این مطالعه استفاده همزمان از ۲ راهکار در حوزه بهره برداری برای رفع تنگنای ظرفیتی بلاک‌های محور پیشنهاد گردید. راهکار اول شامل افزایش یک کشنده بیشتر به آرایش قطار باری در بلاک لوشان-شیرین سو می‌باشد که دارای شیب ۳۰ در هزار می‌باشد. با این روش قابلیت

جدول ۹. نتایج مقایسه ای قابلیت عبور دهی محور راه آهن قزوین - رشت با اعمال راهکار افزایش ظرفیت

ردیف	نام بلاک	طول بلاک (کیلومتر)	قابلیت عبور دهی بار (میلیون تن)		
			فرض اولیه	با یک کشنده اضافه	با یک کشنده اضافه و تراک بندی بلاک ۴ و ۶
۱	سیاه چشمه-دستجرد	۱۳,۵۹۲	۱۷,۴	۱۹,۹	۱۹,۹
۲	دستجرد- کوهین	۱۵,۸۸۰	۱۲,۷	۱۳,۹	۱۳,۹
۳	کوهین- شیرین سو	۱۶,۰۴۱	۱۱,۰	۱۱,۳	۱۱,۳
۴	شیرین سو- لوشان	۲۵,۹۵۹	۶,۴	۸,۶	۱۶,۵ (تراک)
۵	لوشان-منجیل	۱۹,۵۷۳	۱۰,۴	۱۱,۳	۱۱,۳
۶	منجیل-رستم آباد	۲۳,۳۲۷	۹,۳	۹,۹	۱۲ (تراک)
۷	رستم آباد- امامزاده هاشم آباد	۲۳,۶۵۳	۱۰,۴	۱۱,۹	۱۱,۹
۸	امامزاده هاشم آباد - رشت	۲۵,۰۷۵	۱۰,۴	۱۱,۹	۱۱,۹

## ۶- مراجع

- AREMA-Manual for Railway Engineering-Part2-Train Performance -Ch16. 2015
- B.P Rochard, FSchmid, Mott MacDonald (2000). Limited Railway, A review of methods to measure and calculate train resistance.
- Caspian Services LLC-Employer's Requirements-Rasht-Astara Project- Moscow (2023).
- Esveld, Coenraad, (2018). Modern Railway track, Digital Edition, version 4.0, published by MRT-Productions - Groenwal 25 - NL-5301 JJ Zaltbommel - The Netherlands.
- M. Marchenko1, O. Pokrovskaya1, and E. Rodneval, Emperor Alexander (2023). I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr, 190031 Saint Petersburg, Russian Federation, Methods for calculating and analyzing the capacity of a railway line with mixed traffic, E3S Web of Conferences 383, 01018.
- Nurlan Əliyev, (2024). The International North-South Transport Corridor: Russia's Geoeconomic and Geopolitical Interests.
- Shoaib Khan (2021). INSTC (International North South Transport Corridor) connecting Eurasia and India, *EURAS Journal of Social Sciences* – Vol. 1 Issue 1 – October, 43-60.
- Khadem Sameni, Melody, (2012). Railway Track Capacity: Measuring and Managing, University of Southampton, *Faculty of Engineering and the Environment*.
- Vinokurov, E. (Editor), Ahunbaev, A., Usmanov, N., Zaboev, A. (2022). International North-South Transport Corridor: Investments and Soft Infrastructure. Reports and Working Papers 22/2. Almaty, Moscow, *Eurasian Development Bank*.
- پژوهشکده حمل و نقل (۱۳۸۶). دستورالعمل طراحی و آرایش بهینه خطوط راه آهن، گزارش فاز ۲، ویرایش چهارم.
- آذری، خسرو (۱۳۹۷). راهنمای جامع و کاربردی طراحی و مسیریابی راه آهن.
- سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۴۰۱). ضابطه ۲۸۸، آیین نامه طرح هندسی راه آهن.
- مقررات عمومی سیر و حرکت راه آهن (۱۳۹۷). مرکز تحقیقات و آموزش راه آهن.
- تمنایی، محمد، حق شناس، حسین، کلانتری، هاشم، آذری، خسرو (۱۳۹۳). ارائه روش مناسب محاسبه ظرفیت خطوط راه آهن ایران-فصلنامه مهندسی ترافیک. ۵۴-۴۳.
- یقینی، مسعود، نیکو، ن. و تمنایی، محمد (۱۳۹۰). ارزیابی روشی جهت بررسی راهکارهای افزایش ظرفیت مسیرهای ریلی با استفاده از روش بهینه سازی همراه با مطالعه موردی مسیر بادرود- اردکان. *مهندسی حمل و نقل*، سال دوم، شماره دوم، زمستان، ۱۷۳-۱۵۹.
- مهندسین مشاور ایران استن (۱۳۹۶). گزارش بررسی امکان افزایش طول مفید خطوط ایستگاه‌های محور راه آهن قزوین-رشت-اردبیهشت.
- خسرو آذری (۱۳۹۳). مقدمه‌ای بر طراحی ایستگاه‌های راه آهن، *انتشارات پیشه*.
- معاونت فنی و زیربنایی راه آهن (۱۳۸۴). راهکارهای افزایش ظرفیت محور جنوب.
- سازمان برنامه و بودجه کشور (۱۳۸۳). ضابطه ۲۷۹. مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن.

# Assessment of the Qazvin-Rasht Railway Corridor to Enhance the Capacity of the Russia-Azerbaijan-Iran Rail Transit

*Mehdi Moazami, M.Sc., Grad., Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*Masoud Fathali, Assistant Professor, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, Iran.*

*Babak Balazadeh, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran.*

*E-mail: m\_fathali@aut.ac.ir*

Received: January 2025- Accepted: April 2025

## ABSTRACT

International corridors enhance trade connections and lower travel costs and times by integrating transport infrastructures across the countries within their influence. These corridors involve various modes of transport—such as rail, road, and sea—which, when used together, create greater efficiency and flexibility for cargo transportation. To ensure a smooth flow of cargo movement along an international corridor, each mode of transport must operate effectively in coordination with others. Transitions between modes must be seamless, maintaining transport speed and consistency without disrupting the ongoing flow of goods. Additionally, the capacity and speed of cargo movement within each mode must be consistent across the different countries through which the corridor passes. According to agreements between Iran and Russia, the North-South Corridor will replace the Russian sea route for shipping cargo to India. This new route is expected to reduce freight transportation time by 40% and costs by 30%. The land section of this route in Iran will extend from Astara to Bandar Abbas. While most of the route is already operational, the Rasht-Astara section is still under development. This study aims to evaluate the Qazvin-Rasht railway axis in relation to the freight traffic anticipated for this route. Based on the initial design assumptions of the Qazvin-Rasht railway, it is predicted that certain segments may face capacity bottlenecks for the expected freight volume. This research will analyze the capacity of various blocks along the Qazvin-Rasht axis, identify sections with bottlenecks, and propose solutions to enhance their capacity. The findings indicate that a combination of increased traction force and intermediate block signaling in critical blocks can effectively achieve the necessary capacity for the North-South railway corridor.

**Keywords:** Line Capacity, Traction Increase, North-South Railway Corridor, Qazvin-Rasht Railway, Intermediate Block Signaling