سنجش از دور و GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۸
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.11, No. 3, Autumn 2019

۹۷-۱۱۲

مدیریت ظرفیت شبکه ریلی بر مبنای پارامترهای تأثیرگذار مکانی و عملیاتی با رویکرد سرویس گرا

بهرام مرادی سلوشی[۱]، علیرضا وفایی نژاد[۲]، حسین آقامحمدی زنجیرآباد[۳*]، علی اصغر آل شیخ[۴]

۱.دانشجوی دکتری، دانشگاه آزد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست،گروه سنجش از دور و GIS، تهران، ایران

۲.دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳.استادیار، دانشگاه آزد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، گروه سنجش از دور و GIS، تهران، ایران

۴.استاد، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۲۳

چکیده

ظرفیت حمل بار و مسافر در یک شبکه ریلی، تابعی از پارامترهای مختلف است. با توجه به هزینه بسیار بالای احداث خطوط ریلی، استفاده بهینه از ظرفیت شبکه ریلی می‌تواند کمک شایانی به ارتقاء سطح بهره‌برداری شبکه کند. بنابراین هدف از این پژوهش، محاسبه مکان‌مند ظرفیت شبکه ریلی کشور، بر مبنای پارامترهای تأثیرگذار است. در این مقاله، با استفاده از داده‌های سیر و حرکتی قطارها، اقدام به طراحی و تولید نرم‌افزار مکان‌مند محاسبه ظرفیت خطوط شد؛ سپس خروجی‌های حاصل، با داده‌های روزانه و برخط عملکرد قطارهای باری ارزیابی و مقایسه شد. در ادامه، میزان استفاده از ظرفیت هر مسیر و میزان ظرفیت باقی‌مانده در هر بلاک و مسیر نیز مشخص شد. بر اساس تحلیل‌ها، کمیت ظرفیت در مسیرهای منتخب دو خطه مسافری سمنان-شاهرود، تک خطه باری یزد-بافق و تک خطه ترکیبی اراک-دورود به ترتیب ۲.۶ برای مسیر رفت و ۲.۹ برای برگشت، ۱۳.۶ و ۱۲.۷ زوج قطار محاسبه شدند. با توجه به روال فعلی محاسبات، محاسبه برخط، با اتصال به پایگاه داده‌های مرتبط، انجام محاسبات مکان‌مند و امکان تبادل وب سرویس مکانی با نرم‌افزارهای مختلف، می‌تواند باعث افزایش سرعت و دقت در محاسبه ظرفیت شبکه ریلی شود. از طرفی، در معادله محاسبه ظرفیت (معادله اسکات) که درایران استفاده می‌شود، تاکنون مرسوم بوده است ضریب تعدیل قطار مسافری توسط متخصصان سیر و حرکت تعیین شود، در حالی‌که در این مقاله، از آنجا که اطلاعات هر مسیر، قابل دسترس است، این ضریب از نسبت تعداد قطارهای مسافری به حداکثر تعداد آن در طول دوره مورد نظر محاسبه می‌شود. ضریب به دست آمده، با ضریب تعیین شده توسط کارشناسان، مقایسه شده و نتیجه قابل قبول بود. در نهایت با دسترسی به خروجی‌ها در محیط GIS، راهکارهای مدیریتی جهت استفاده بهینه از ظرفیت باقیمانده، ارتقاء ظرفیت بخش‌هایی از شبکه و رفع گلوگاه‌های شبکه ریلی پیشنهاد شد.

کلید واژه‌ها: حمل و نقل ریلی، ظرفیت شبکه، GIS، راه‌آهن‌ایران.

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: تهران، انتهای بزرگراه شهید ستاری - میدان دانشگاه - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات – دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست
Email: aghamohammadi@srbiau.ac.ir

۱. مقدمه

سیستم حمل و نقل ریلی، از تعامل مجموعه‌ای از تجهیزات و عملیات تشکیل شده است که توانایی و ظرفیت یک سیستم ریلی در حمل و نقل بار و مسافر را تعیین می کند؛ به همین جهت، تعریف و محاسبه ظرفیت یک سیستم ریلی، همواره از موضوعات مطرح در عرصه حمل ونقل ریلی است. آنچه به عنوان ظرفیت[1] شناخته می‌شود، در اصل توانایی یک مسیر در عبور دادن تعداد مشخصی از وسایل حمل و نقل است که در روش‌های مختلف حمل و نقلی به گونه‌های مختلف محاسبه می شود(Landex et al, 2006). مدیران رده‌بالای شبکه ریلی، به‌منظور برنامه‌ریزی‌های کلان آتی و مدیران عملیاتی جهت برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت خود، به میزان امکان استفاده از شبکه و ظرفیت عبور ناوگان در شبکه ریلی نیازمند هستند. به همین دلیل، محاسبه ظرفیت و تحلیل نحوه تغییرات همه عوامل موثر بر آن، مهم بوده و شناخت آنها کمک شایانی در ارتقاء سطح بهره برداری شبکه ریلی دارد. از آنجا که هزینه احداث خطوط ریلی بسیار بالاست، استفاده بهینه از ظرفیت خطوط ریلی موجود، در اولویت قرار دارد. با توجه به عوامل تاثیرگذار در ظرفیت، می‌توان گفت ظرفیت شبکه، بستگی به زیرساخت، ناوگان و برنامه زمان‌بندی حرکت قطارها دارد. بنابراین محاسبه ظرفیت راه‌آهن، پیچیده‌تر از محاسبه ظرفیت سایر شیوه‌های حمل و نقل است. در حال حاضر در کشور ایران، به دلیل اینکه شبکه ریلی دارای تنوع استفاده به صورت باری، مسافری و یا ترکیبی است، از روش محاسبه ظرفیت راه‌آهن که به رابطه ظرفیت عملی، رابطه Scott، استفاده می‌شود. اکثر پارامترهایی که برای محاسبه و افزایش ظرفیت شبکه ریلی پیشنهاد می‌شود، ماهیت مکان‌مبنا دارند؛ به همین دلیل، پیاده‌سازی‌ها در محیط‌های مکان‌مبنا، بسیار کاراتر و نتیجه را ملموس‌تر خواهد کرد. بنابراین تهیه نرم‌افزاری که بتواند داده‌های مرتبط با ناوگان و شرایط هندسی مسیر را جمع آوری و تاثیر آنها را بر روی بلاک‌ها دیده و ظرفیت را محاسبه نماید، همواره از اولویت برخوردار است. لذا هدف این است تا بتوانیم وضعیت ظرفیت عملیاتی شبکه ریلی را در یک سرویس مکانی محاسبه و راهکاری برای استفاده از ظرفیت خالی و همچنین پیشنهاداتی برای بالابردن ظرفیت قسمت‌هایی از شبکه ریلی مطرح کنیم.

نکته‌ای که درباره اطلاعات مکانی مورد نیاز در شرکت راه‌آهن وجود دارد، این است که با توجه به تنوع کمی‌وکیفی بانک‌ها و سامانه‌های اطلاعات مکانی، بیشتر داده‌های مکان‌مبنا به عنوان یک آرشیو اطلاعات رقومی‌ذخیره شده است و در مواقع لزوم به دلیل عدم اطلاع و عدم نگرش مکانی به داده‌ها، بی‌اطلاعی و عدم دسترسی، لزوم استفاده از آنها احساس نمی‌شود. از این رو، سطح بالاتری از مدیریت داده‌های مکانی را می‌توان ایجاد زیرساخت برای اشتراک‌گذاری و جست و جوی سریع داده‌های مکانی موجود در سازمان دانست. در فناوری GIS[2]، این زیرساخت داده مکانی با عنوان SDI[3] شناخته می‌شود و شرط لازم برای موفقیت سازمان‌هایی است که با هدف بهره‌گیری از فناوری GIS، اقدام به توسعه بانک‌ها و سامانه‌های اطلاعات مکانی کرده‌اند و از سرویس‌های مکانی در سطوح مختلف کارشناسی تا مدیریتی استفاده می‌کنند.

در این راستا در پژوهشی که توسط Hakan Guler و همکارانش در ترکیه انجام شد، شبکه ریلی در محیط GIS مدل‌سازی شده و پارامترهای مختلف از جمله پارامترهای مکانی مورد بررسی قرار گرفتند (Guler et al, 2004). در تحقیقی دیگر که توسط M. Abril و همکارانش (Abril et al, 2008) در بخش سیستم‌های اطلاعات و محاسبات دانشگاه فنی والنسیا انجام گرفته است، روش‌های اصلی برای تجزیه و تحلیل ظرفیت، بررسی شده و همچنین عوامل اصلی که ظرفیت راه‌آهن را تحت تاثیر قرار می‌دهد، مورد بررسی قرار گرفته

1. Capacity
2. Geographic Information System
3. Spatial Data InfraStructure

و نشان می‌دهد که چگونه ظرفیت با تغییر این عوامل، تغییر خواهد کرد. در پژوهش دیگری که توسط دکتر منصوریان و همکارانش (Mansourian et al, 2011) از دانشگاه صنعتی خواجه نصیر و دانشگاه Lund سوئد ارائه شده اشاره به اینکه سطح بالاتری از مدیریت داده‌های مکانی را می‌توان ایجاد زیرساختی برای اشتراک گذاری و جست و جوی سریع انواع داده‌های مکانی موجود در سازمان دانست. Alireza Ermagun و همکارانش از دانشگاه Minnesota ایالات متحده (Ermagun et al, 2017) درباره سرویس‌های مکانی مبتنی بر وب، تحقیقی انجام دادند که اشاره به این دارد که ارائه خدمات داده‌ای و تحلیلی بر پایه اطلاعات مکان محور، نقش مهمی در تولید وب سایت‌ها و برنامه‌های کاربردی دارند.

نوآوری‌های مقاله را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- ارائه محاسبه مستقیم ظرفیت، براساس داده‌های سیر و حرکت از طریق وب سرویس و اتصال به سرویس وب GIS برای نخستین بار به‌منظور دسترسی به شبکه بلاکها و ایستگاهها
- تعیین ضریب تعدیل قطارهای مسافری برای راه‌آهن ایران بصورت اتوماتیک در هر مسیر
- ارائه رویکردی جدید به موضوع محاسبه ظرفیت با نگاه مکانی

سازماندهی مقاله بدین صورت است که در بخش اول مروری بر ادبیات و پیشینه موضوع انجام می‌شود. روش‌شناسی تحقیق در بخش دوم، تجزیه و تحلیل ظرفیت مسیرهای ریلی منتخب در بخش سوم و نتیجه‌گیری و جمع‌بندی مطالب در بخش چهارم ارائه می‌شود.

در این بخش به تعریف مفاهیم مربوط به راه‌آهن از جمله شبکه ریلی، مسیر، گره، خطوط راه‌آهن، بلاک، زمان اشغالی بلاک‌ها و... پرداخته شده و تعاریف مختلف ظرفیت ارائه شده است. یک گره، صرفا یک نقطه اتصالی است که در آن قطار می‌تواند از یک خط به خطی دیگر برود. برخی از گره‌ها، ایستگاه‌ها را تشکیل می‌دهند که در آنها عملیات سبقت، تلاقی یا تغییر جهت قطارها انجام می‌شود. یک ایستگاه، مجموعه ای از تجهیزاتی است که به عنوان نقاط پایانی یا نقاط میانی مسیرها، به منظور تشکیل و تفکیک قطارها مورد استفاده قرار می گیرد. سیرگاه فاصله بین دو نقطه جدایی در خطوط راه‌آهن است که فقط یک ناوگان می تواند در آن قرار گیرد. نقاط جدایی می توانند شامل ایستگاهها، چراغهای راهنما و ایستگاه‌های اضطراری باشد (Nikou, 2011).

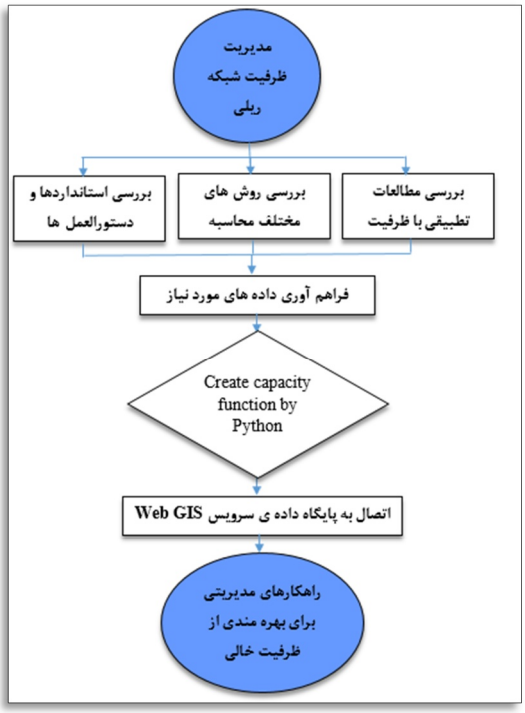
یک شبکه ریلی در اصطلاح UIC، شامل یکسری گره است که به‌وسیله یکسری پیوند به هم مرتبط شده اند. پیوندهای بین گره‌ها، خط نامیده می شوند. در شبکه راه‌آهن، فاصله بین دو ایستگاه بزرگ، خط نامیده می شود. معمولاً بین این دو ایستگاه بزرگ، چندین ایستگاه جهت عملیات تلاقی و سبقت قطارها، سوار و پیاده شدن مسافرها، تخلیه و بارگیری واگن‌ها قرار دارد. خطی که مستقیما در امتداد خط بین دو ایستگاه طرفین واقع شده باشد خط اصلی است. مجموع گره‌ها و خطوط پشت سر هم بین مبداء و مقصد مشخص، مسیر نامیده می شوند. ایستگاه، محوطه‌ای است که مجموعه‌ای از خطوط و سوزن‌های به هم پیوسته و ساختمان اداری و مسکونی و سکوهای بار ومسافر در آن قرار دارد و محل توقف تنظیم قبول اعزام عملیات مانور و سبقت و تلاقی قطارها و سایر وسائط نقلیه ریلی است و همچنین در آن امور مربوط به قبول تحویل بار و توشه سوار و پیاده شدن مسافر انجام می گیرد. بلاک، خطی است بین دو ایستگاه مجاور که برای تنظیم فاصله زمانی مسیر قطارها مشخص می شود که دو قطار باهم اجازه ندارند در یک بلاک باشند. مجموع لوکوموتیو و چند واگن متصل به‌هم را که در یک مسیر مشخص حرکت می کنند، قطار گویند. زوج قطار

اصطلاحاً به مجموع یک رفت و برگشت قطار اطلاق می‌شود. سرفاصله زمانی به کمترین فاصله زمانی بین دو قطار متوالی، سرفاصله زمانی گفته می‌شود (آیین نامه طرح هندسی راه‌آهن، ۱۳۹۶).

بر اساس تعریف ارائه شده در گزارش UIC 406، ظرفیت، واژه ای مشخص و قابل اندازه‌گیری نیست و نیازمند تعیین شرایط و محاسبات بر اساس شرایط ذکر شده است. دلیل دشواری تعریف ظرفیت، تعدد پارامترهایی است که بر روی ظرفیت تأثیرگذارند و باید اندازه گیری شوند(International Union of Railways, 2004). بنابراین برای شناخت ظرفیت، ارایه تعاریف مختلف ظرفیت، بنا به کاربرد مورد نیاز است. ظرفیت فیزیکی به صورت حداکثر تعداد قطارهایی بیان می شود که عبور آنها به صورت تئوری از یک مسیر مشخص، امکان پذیر باشد(Landex, 2008). ظرفیت فیزیکی یا ظرفیت حداکثری به منظور مقایسه و بررسی سطح عملکرد سامانه با سامانه‌های مشابه قابل استفاده است. این ظرفیت برای هیچ خطی قابل دستیابی نیست. بنابراین به‌جای مفهوم ظرفیت فیزیکی از ظرفیت بهینه استفاده می‌شود که حداکثر تعداد قطارهایی است که می‌توانند با سطحی از تأخیر یا کیفیت بهره‌برداری قابل قبول از یک خط راه‌آهن بگذرند(Yaghini et al, 2010). در خصوص انواع دیگیر ظرفیت نظیر ظرفیت عملی و ظرفیت واقعی در بخشهای بعدی توضیحات لازم ارائه گردیده است.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش، پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ورودی و خروجی، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های محاسبه ظرفیت و بررسی مطالعات انجام گرفته و تولید جداول توصیفی و ایجاد لایه‌های بلاکها و ایستگاه‌های راه‌آهن، به محاسبه ظرفیت با فانکشن تولیدی با زبان برنامه‌نویسی پایتون در محیط نرم‌افزار ArcMap می‌پردازیم. سپس بین خروجی نتایج به‌صورت ژئودیتابیس و پایگاه داده سرویس وب GIS راه‌آهن، اتصال برقرار می‌شود. روش کلی تحقیق در شکل زیر آمده است.



شکل۱. روش شناسی پژوهش

مروری بر سامانه محاسبه ظرفیت بر مبنای GIS در راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران

بنابر نیازهای عملیاتی شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، نرم‌افزاری تحت عنوان "سامانه ظرفیت" با هدف مکانیزه‌کردن فرآیندها، در بستر تحت وب و مکان مبنا راه‌اندازی شد. با استفاده از این سامانه، شاهد بروز کمترین خطا در بخش ورود داده در سامانه به علت مکانیزه بودن داده‌های ورودی به محاسبات ظرفیت هستیم. علاوه بر این، دراین سامانه امکان نمایش اطلاعات ظرفیتی شبکه در کنار اطلاعات مکانی شبکه ریلی وجود دارد و بر این اساس اطلاعات ظرفیتی شبکه، با رنگ‌ها و سمبل‌های مشخص در روی نقشه

نمایش داده می‌شوند. نمایش گرافیکی یاد شده، این امکان را به مدیران مجموعه می‌دهد که بتوانند از ظرفیت موجود به بهترین شکل استفاده کرده و راهکارهایی برای بالا بردن ظرفیت و رفع گلوگاه‌های ظرفیتی شبکه در محیط GIS تعیین کنند. سامانه راه‌اندازی شده در راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران شامل چهار منو است که شامل ابزارهای عمومی، ایستگاههای هر مسیر و امکان تعریف مسیر جدید، امکان پرینت گرفتن از نقشه و امکان تعریف کاربران و خروج از سیستم وجود دارد، بررسی ترافیک عبوری: در این منو بار از دیتا بیس سیر و حرکت اطلاعات ذیل واکشی می‌شود.

- خصوصیات قطار در هر مسیر شامل: نوع قطار، شماره قطار، ساعت تشکیل، وزن، فشار ترمز، طول قطار و...
- تعداد قطار عبوری به صورت کلی و بر حسب نوع که خروجی آن بر حسب نوع و تعداد است.
- سرعت قطار که شامل سرعت و زمان سیر رفت و برگشت در بلاکهای آن مسیر است.
- محاسبه زمان سیر به صورت کلی و بر حسب نوع که شامل نوع قطار، شماره قطار، تاریخ و زمان سیر است.
- دلایل تاخیر که شامل نام مسیر، نوع قطار، ساعت تشکیل، نام ایستگاه، زمان ورود و خروج، زمان تاخیر و علت تاخیر است.

یکی از مهمترین کاربردهای نرم‌افزار، تعریف مسیر است که قرار است ظرفیت در آن مسیر محاسبه شود، در اینجا مسیر از یک یا چند بلاک تشکیل شده است که با انتخاب ایستگاه مبدا و مقصد هر بلاک تعریف می شود. یکی دیگر از قابلیت‌های مهم این سرویس واکشی داده‌ها از دیتا بیس سیر و حرکت و نمایش آن در قالب جداول و گزارشات به‌منظور تصمیم گیری‌های بهتر و تحلیل شبکه است. در این سرویس با انتخاب مسیر و تاریخ، نوع قطار، شماره قطار، تاریخ و زمان سیر مشخص می‌شود.

شکل۲. نمایی کلی از محیط برنامه و منوی محاسبه ظرفیت

محاسبه ظرفیت به روش راه‌آهن ایران

در شبکه ریلی ایران به،منظور تعیین ظرفیت خط از رابطه (۱) که به نام رابطه ظرفیت عملی مشهور است، برای خطوط دو جهته و تک جهته استفاده می شود. جهت تعیین ظرفیت هر خط در این روش، ابتدا سیرگاهی که مجموع زمان‌های رفت و برگشت در آن بیشترین مقدار است، تعیین شده و سپس زمان عادی مورد نیاز بین ورود و خروج قطارها هنگام تلاقی تعیین می شود. پس از تعیین دو زمان مذکور، با استفاده از رابطه عملی خط، تعداد زوج قطارهای قابل عبور در یک شبانه روز محاسبه می‌شود. ظرفیت مسیر برای محورهای مختلف بهره‌برداری با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

ظرفیت خط ریلی، برای یک مسیر راه‌آهن با دو ایستگاه ابتدایی و انتهایی که بیش از یک ایستگاه میانی بین آنها قرار داشته باشد، تعریف می‌شود. ظرفیت خط به‌صورت حداکثر تعداد قطارهایی بیان می‌شود که عبور آنها از یک مسیر مشخص بدون تحمیل تاخیر برای قطارهای دیگر امکان پذیر است(Erbil et al, 2004). ظرفیت خط را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱- ظرفیت فیزیکی: بیشترین تعداد قطاری که از یک محور بدون در نظر گرفتن زمان‌های تشکیل قطار، محدودیت‌های بهره‌برداری و اجرای طرح‌های مختلف می‌تواند عبور نماید را ظرفیت فیزیکی خط گویند.

۲- ظرفیت عملی: بیشترین تعداد قطار با در نظر گرفتن محدودیت‌های عملی از قبیل میزان تاخیر و کیفیت بهره‌برداری که بتواند از مسیر عبور نماید را ظرفیت عملی میگویند و ۳- ظرفیت واقعی: ظرفیت واقعی درصدی از ظرفیت عملی است که مورد اجرا در می‌آید. بدین معنی که، به دلایل گوناگون از ظرفیت عملی خط به‌طور کامل استفاده نمی‌شود.

$$N=\frac{1440-60.n}{T+t}-\varepsilon.\left(N_p+N_d\right)$$

رابطه (۱)

International Union of Railways, 1989a, (1989b, 2004)

در این رابطه N، تعداد زوج قطارهای باری است که در یک شبانه روز از بلاک بحرانی عبور می‌نماید. عدد ۱۴۴۰ معرف تعداد دقیقه در شبانه روز است. N تعداد ساعات مسدودی خط است که جهت استفاده در عملیات نگهداری و تعمیر و سایر عملیات پشتیبانی مورد نیاز منظور می‌شود. در صورت فرض راندمان ۷۵ درصد، عدد n=6 بدست می‌آید. T نشان‌دهنده مدت زمان سیر(دقیقه) رفت و برگشت بین دو ایستگاه است و t زمان مورد نیازی است (دقیقه) که قطار در ایستگاه جهت عملیاتی چون مبادله واگن، لکوموتیو، خدمه قطار و سبقت و تلاقی صرف می‌کند. € ضریب بزرگتر از واحد است که ضریب تعدیل قطارهای مسافری نام دارد. علت استفاده از این ضریب آن است که تردد قطارهای مسافری(دارای بالاترین اولویت) باعث برهم زدن نظم حرکت قطارها شده و ظرفیت را کاهش می‌دهد. مقدار ضریب تعدیل برای خطوط ریلی برابر 1.5 در نظر گرفته می‌شود. (در این تحقیق € نسبت متوسط تعداد قطار مسافری به ماکزیمم قطار مسافری در نظر گرفته شده است). N_p نشان دهنده تعداد قطارهای مسافری خط بوده و N_d معرف تعداد قطارهای عملیاتی خط است. براساس این فرمول، هرچه سرعت قطار بیشتر باشد (به عبارت دیگر مدت زمان سیر بین دو ایستگاه کمتر باشد)، ظرفیت (تعداد زوج قطارهای قابل عبور در یک شبانه روز) بیشتر خواهد شد.

جهت محاسبه ظرفیت هر محور، ابتدا باید زمان سیر سیرگاههای تشکیل دهنده هر محور بر اساس شبیه سازی رایانه‌ای و یا برنامه حرکت قطار، محاسبه و زمان سیر در سیرگاه بحرانی تعیین و در فانکشن جای‌گذاری شود. از این طریق می توان ظرفیت مسیر براساس تناژ بار قابل حمل، مسافر عبوری و یا زمان سیر هر قطار در سیرگاه را محاسبه نمود. با محاسبه ظرفیت مسیر، حداکثر تناژ عبوری بار از هر مسیر مشخص می شود. پریود واقعی حرکت قطارها برحسب دقیقه، بر اساس شبیه سازی رایانه‌ای و یا بر اساس برنامه بهره برداری قطارها محاسبه می‌شود. زمان سیر، مربوط به زمان سیر در سیرگاه است که معادل بیشترین زمان سیر در سیرگاه‌ها با اضافه کردن زمان حاشیه ای است.

پارامترهای مسئله

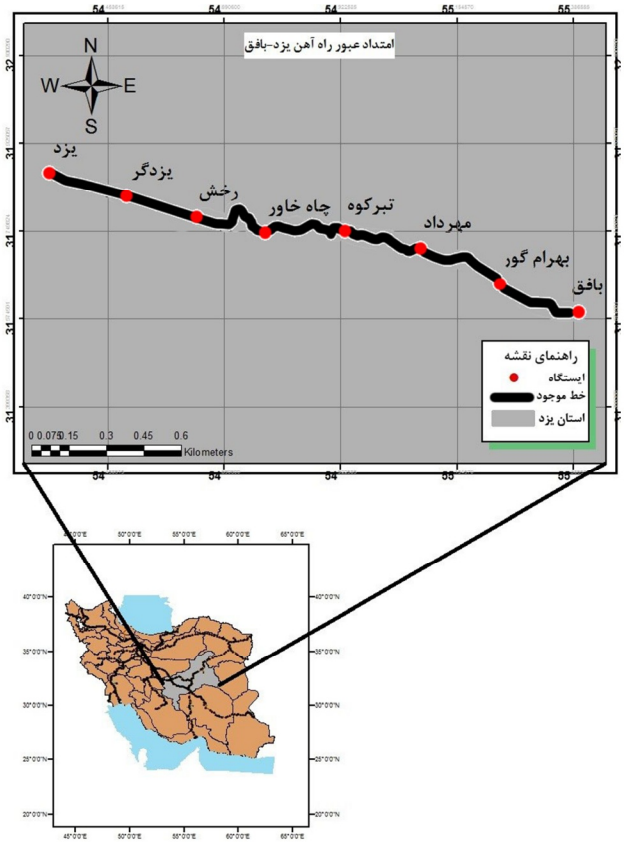
از مهم‌ترین ورودی‌های این تحقیق، زمان‌بندی حرکت قطارها است. از جمله میانگین زمان رفت و برگشت، زمان مسدودی و مجموع زمان سیر باری. دیگر پارامترها شامل ضریب تاثیر بار و مسافر، زوج قطار عملیاتی و زوج قطار مسافری روزانه که تمامی پارامترهای مذکور در پایگاه داده‌های سیر و حرکت راه‌آهن ج.ا.ا موجود است. محاسبات انجام گرفته در این تحقیق، طبق آمار و اطلاعات شش ماهه اول سال ۱۳۹۶ که در جدول(۱) تا (۳) موجود هستند، محاسبه شدند.

۳- مطالعه موردی

این مطالعه، یک مطالعه موردی است. موارد مطالعاتی، خطوط ریلی پرتردد منتخب اراک-دورود، یزد-بافق و سمنان-شاهرود است.

طبق آمار و اطلاعات مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن و پژوهشکده حمل و نقل دانشگاه صنعتی اصفهان (گزارش مدیریتی پروژه مشاوره‌ای تحلیل تقاضای حمل و نقل بار و ظرفیت محورهای اصلی شبکه راه‌آهن کشور، (۱۳۹۶) محورهای شبکه راه‌آهن به پنج دسته کلی قابل تقسیم هستند که عملکرد سیر و حرکت قطارها در آنها متفاوت است:

- دسته اول محورهایی هستند که تعداد و وزن بار عبوری قطارهای باری آنها زیاد است و در مسیر مبدا مقصدهای عمده بار قرار دارند ولی تعداد قطارهای مسافری آنها زیاد نیست و قطارهای مسافری کمی از این مسیر عبور می کنند، یزد-بافق، شکل(۳).



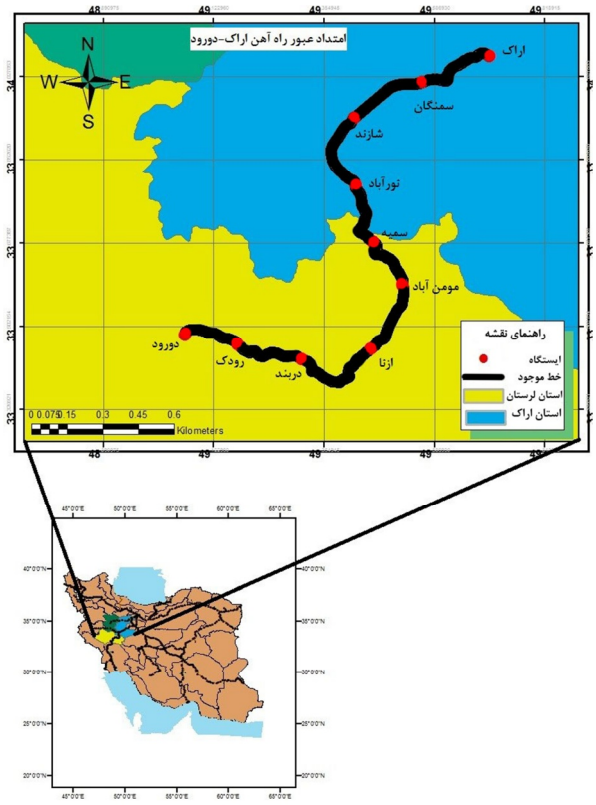
شکل ۳. مسیر ریلی یزد-بافق

اداره کل راه‌آهن یزد به دلیل قرار گرفتن در منطقه معدنی و مسیر ترانزیتی، نقش استراتژیکی مهمی در راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ایفا می کند. اهمیت اقتصادی راه‌آهن یزد به دلیل حمل مواد اولیه کارخانه ذوب آهن اصفهان، فولاد مبارکه و گندله سازی است که قسمتی اعظم سنگ آهن آن از معادن سنگ آهن چادرملو و چغارت تامین می شود. طول مسیر ۱۱۷ کیلومتر است.

- دسته دوم محورهایی هستند که همزمان بااینکه تعداد و وزن بار عبوری قطارهای باری آنها زیاد است، تعداد قطارهای مسافری زیادی هم از خود عبور می‌دهند. در این محورها، به دلیل حجم بالای قطارهای مسافری و اولویت حرکت آنها، عبور قطارهای باری با تأخیر زیادی مواجه می شود، اراک-دورود، شکل(۴). طول مسیر ۱۴۷ کیلومتر است.

جدول۱. پارامترهای محاسبه ظرفیت مسیر یزد-بافق (راه‌آهن ج.ا.ا، ۱۳۹۶).

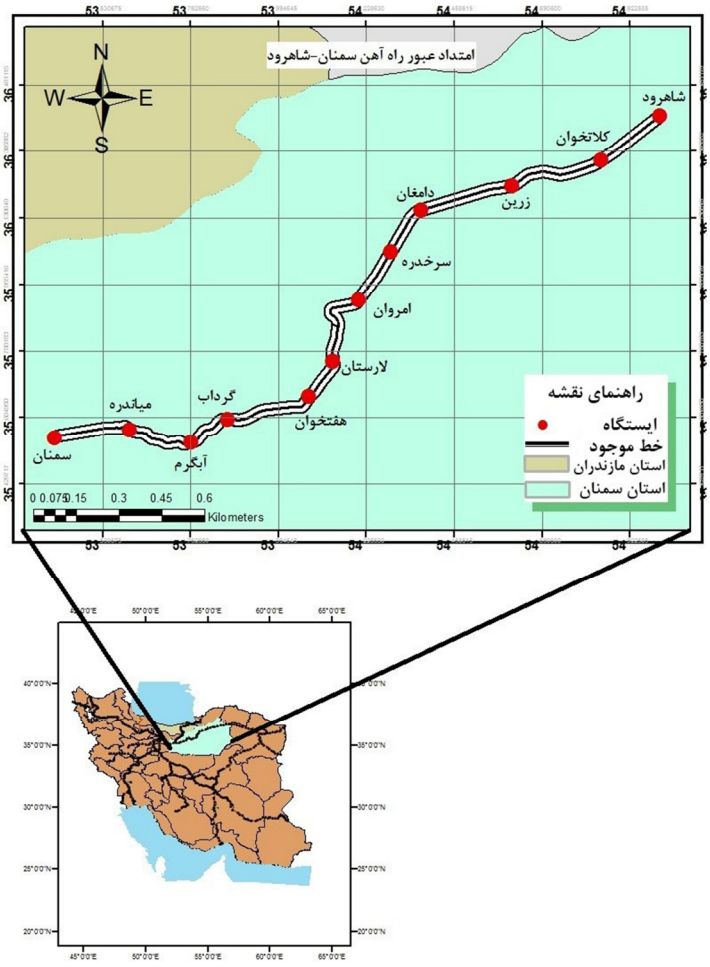
نام بلاک	طول بلاک	ضریب ناخالصی به خالص	مجموع زمان سیر باری (دقیقه)	میانگین زمان رفت	میانگین زمان برگشت	زمان مسدودی (دقیقه)	زوج قطار مسافری روزانه	زوج قطار عملیاتی
یزد_یزدگرد	۱۵	۰.۶۳	۴۳.۶	۲۱.۴	۲۲.۲	۱۸۰	۶.۰	۰
یزدگرد_رخش	۱۴	۰.۶۳	۳۵.۰	۱۷.۶	۱۷.۴	۱۸۰	۶.۰	۰
رخش_چاه خاور	۱۹	۰.۶۳	۵۵.۰	۳۰.۵	۲۴.۵	۱۸۰	۶.۰	۰
چاه خاور_تبرکوه	۱۸	۰.۶۳	۵۲.۴	۲۱.۴	۳۱.۰	۱۸۰	۶.۰	۰
تبرکوه_مهرداد	۱۶	۰.۶۳	۵۲.۵	۲۱.۱	۳۱.۴	۱۸۰	۶.۰	۰
مهرداد_بهرام گور	۱۸	۰.۶۳	۵۵.۷	۲۱.۶	۳۴.۲	۱۸۰	۶.۰	۰
بهرام گور_بافق	۱۷	۰.۶۳	۵۰.۸	۲۵.۵	۲۵.۳	۱۸۰	۶.۰	۰



شکل۴. مسیر ریلی دورود-اراک

جدول۲. پارامترهای محاسبه ظرفیت مسیر اراک-دورود (راه‌آهن ج.ا.ا، ۱۳۹۶).

نام بلاک	طول بلاک	ضریب ناخالص به خالص	مجموع زمان سیر باری	میانگین زمان رفت	میانگین زمان برگشت	زمان مسدودی	زوج قطار مسافری روزانه	زوج عملیاتی
اراک_سمنگان	۱۷	۰.۶۱	۵۱.۸	۲۸.۷	۲۳.۱	۲۴۰	۴.۸	۱
سمنگان_شازند	۱۷	۰.۶۱	۴۵.۱	۲۲.۱	۲۳.۰	۲۴۰	۳.۸	۱
شازند_نوراباد	۱۸	۰.۶۱	۶۳.۰	۳۸.۲	۲۴.۸	۲۴۰	۳.۸	۱
نوراباد_سمیه	۱۷	۰.۶۱	۴۹.۱	۲۳.۴	۲۵.۷	۲۴۰	۳.۸	۱
سمیه_مامون	۱۳	۰.۶۱	۴۰.۴	۱۸.۵	۲۱.۹	۲۴۰	۳.۸	۱
مامون_ازنا	۱۷	۰.۶۱	۴۲.۲	۲۱.۳	۲۰.۹	۲۴۰	۳.۸	۱
ازنا_دربند	۲۱	۰.۶۱	۵۵.۵	۲۶.۸	۲۸.۷	۲۴۰	۳.۸	۱
دربند_رودک	۱۵	۰.۶۱	۴۰.۳	۱۸.۹	۲۱.۴	۲۴۰	۳.۸	۱
رودک_دورود	۱۲	۰.۶۱	۳۵.۹	۱۷.۲	۱۸.۸	۲۴۰	۳.۸	۱



شکل ۵. مسیر ریلی سمنان-شاهرود

- دسته سوم محورهایی هستند که نوع غالب قطارهای عبوری از آنها قطارهای مسافری است. دراین محورها تعداد قطارهای باری زیاد نیست ولی به دلیل اولویت حرکت قطارهای مسافری، عبور قطارهای باری با تأخیر زیادی مواجه می‌شود، *سمنان-شاهرود*، شکل (۵). طول مسیر ۲۰۱ کیلومتر است.
- دسته چهارم محورهایی هستند که تعداد متوسطی از قطارهای باری و قطارهای مسافری را از خود عبور می دهند و سیر و حرکت دراین محورهای به صورت عادی در جریان است.
- دسته پنجم در طول سال تعداد قطار باری و قطار مسافری بسیار کمی از خود عبور می دهند و در عمل از ظرفیت آنها استفاده نمی شود.

۴- محاسبه و تحلیل نتایج

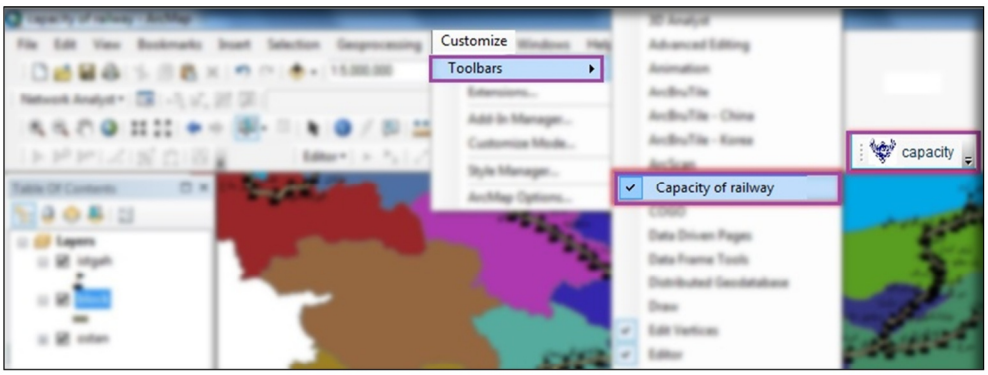
پایتون از جمله زبان‌های برنامه‌نویسی قدرتمندی است که در زمینه علم داده‌ها، یادگیری ماشینی، خودکارسازی سامانه‌ها، توسعه وب، واسطهای برنامه‌نویسی و... به کار گرفته می‌شود. پایتون در مقایسه با زبان‌های برنامه نویسی، یک زبان نسبتاً جدید به شمار می‌رود. پایتون به منظور ارائه راهکار برای نوشتن اسکریپت‌هایی که فرآیند انجام یکسری از کارهای روتین خسته‌کننده را به طور خودکار اجرا کنند یا ساخت برنامه‌های کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از زمانی که برنامه نویسی پایتون در سیستم اطلاعات جغرافیایی گنجانده شده، به قدرت آن افزوده شده است و کاربران می‌توانند به آسانی بسیاری از

جدول۳. پارامترهای محاسبه ظرفیت مسیر سمنان-شاهرود (راه‌آهن ج.ا.ا، ۱۳۹۶).

نام بلاک	طول بلاک	ضریب ناخالص به خالص	مجموع زمان سیر باری	میانگین زمان رفت	میانگین زمان برگشت	زمان مسدودی	زوج قطار مسافری	زوج قطار عملیاتی
سمنان_میاندره	۱۸	۰.۶۱	۳۱.۰	۳۱.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
میاندره_ابگرم	۱۶	۰.۶۱	۲۹.۰	۲۹.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
ابگرم_گرداب	۱۴	۰.۶۱	۲۴.۰	۲۴.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
گرداب_هفتخوان	۲۱	۰.۶۱	۳۴.۳	۳۴.۳	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
هفتخوان_لارستان	۱۳	۰.۶۱	۲۰.۰	۲۰.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
لارستان_امروان	۲۳	۰.۶۱	۳۱.۰	۳۱.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
امروان_سرخده	۱۶	۰.۶۱	۲۲.۰	۲۲.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
سرخده_دامغان	۱۵	۰.۶۱	۲۲.۰	۲۲.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
دامغان_زرین	۲۲	۰.۶۱	۳۰.۰	۳۰.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
زرین_کلاتخوان	۲۴	۰.۶۱	۳۱.۰	۳۱.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
کلاتخوان_شاهرود	۱۹	۰.۶۱	۳۱.۰	۳۱.۰	۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
سمنان_میاندره	۱۸	۰.۵۰	۲۹.۰	۰.۰	۲۹.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
میاندره_ابگرم	۱۶	۰.۵۰	۲۳.۰	۰.۰	۲۳.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
ابگرم_گرداب	۱۴	۰.۵۰	۲۰.۰	۰.۰	۲۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
گرداب_هفتخوان	۲۱	۰.۵۰	۳۲.۱	۰.۰	۳۲.۱	۱۸۰	۳۴.۷	۱
هفتخوان_لارستان	۱۳	۰.۵۰	۲۲.۰	۰.۰	۲۲.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
لارستان_امروان	۲۳	۰.۵۰	۳۸.۶	۰.۰	۳۸.۶	۱۸۰	۳۴.۷	۱
امروان_سرخده	۱۶	۰.۵۰	۲۳.۰	۰.۰	۲۳.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
سرخده_دامغان	۱۵	۰.۵۰	۲۱.۰	۰.۰	۲۱.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
دامغان_زرین	۲۲	۰.۵۰	۳۰.۰	۰.۰	۳۰.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
زرین_کلاتخوان	۲۴	۰.۵۰	۲۹.۰	۰.۰	۲۹.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱
کلاتخوان_شاهرود	۱۹	۰.۵۰	۲۷.۰	۰.۰	۲۷.۰	۱۸۰	۳۴.۷	۱

ایده‌های اجرایی و علمی را از طریق آن بکار گیرند (Etherington،2011). در این پژوهش با زبان برنامه‌نویسی پایتون در Arcmap، اقدام به تولید Function محاسبه ظرفیت نمودیم، شکل(۶). بدین صورت که ابتدا دیتاها آماده ورود به Arcmap شدند و سپس تمامی پارامترها و آرگومان‌های ورودی وارد Arcpy و توابع برای عملکرد محاسبه ظرفیت با زبان Python نوشته شد. ورودی‌های مورد نظر شامل مسیرها، بلاک‌ها، مجموع زمان سیر باری، زمان مسدودی، تعداد قطارهای عملیاتی، ضریب تعدیل در هر مسیر، تعداد زوج قطارهای باری در یک شبانه‌روز از بلاک بحرانی و تعداد قطارهای مسافری خط در مسیرهای اراک-دورود، یزد-بافق و سمنان-شاهرود است و خروجی فانکشن، میزان ظرفیت به زوج قطار باری در هر بلاک است، نتایج محاسبه ظرفیت به تفکیک بلاک و مسیر در جدول (۴) آمده است.

در جدول ۵ میزان استفاده از ظرفیت مسیرهای منتخب با توجه به عملکرد قطار باردار که داده‌های آن به‌صورت روزانه از پایگاه داده سیر و حرکت، قابل دسترس هستند، آمده است. باتوجه به میزان استفاده از ظرفیت هر مسیر، ظرفیت خالی در دسترس خواهد بود.



شکل ۶. نمایی از Function محاسبه ظرفیت در محیط ArcMap

جدول ۴. محاسبه ظرفیت با روش عملی در GIS، توسط Function ساخته شده با Python

نام بلاک	ظرفیت به زوج قطار (باری و مسافری)	ظرفیت به زوج قطار باری (بلاک)	ظرفیت به زوج قطار باری (مسیر)
یزد_یزدگرد	۲۸	۱۹.۹	
یزدگرد_رخش	۳۶	۲۷.۰	
رخش_چاه خاور	۲۲	۱۳.۹	
چاه خاور_تبرکوه	۲۴	۱۵.۱	**۱۳.۶**
تبرکوه_مهرداد	۲۴	۱۵.۰	
مهرداد_بهرام گور	۲۲	۱۳.۶	
بهرام گور_بافق	۲۴	۱۵.۸	
اراک_سمنگان	۲۳	۱۵.۴	
سمنگان_شازند	۲۶	۲۰.۳	
شازند_نوراباد	۱۹	۱۲.۷	
نوراباد_سمیه	۲۴	۱۸.۱	**۱۲.۷**
سمیه_مامون	۲۹	۲۳.۴	

ادامهٔ جدول ۴.

نام بلاک	ظرفیت به زوج قطار (باری و مسافری)	ظرفیت به زوج قطار باری (بلاک)	ظرفیت به زوج قطار باری (مسیر)
مامون_ازنا	۲۸	۲۲.۱	
ازنا_دربند	۲۱	۱۵.۱	**۱۲.۷**
دربند_رودک	۲۹	۲۳.۵	
رودک_دورود	۳۳	۲۷.۲	
سمنان_میاندره	۵۲	۷.۷	
میاندره_ابگرم	۵۶	۱۱.۳	
ابگرم_گرداب	۶۸	۲۳.۲	
گرداب_هفتخوان	۴۷	۲.۶	**۲.۶**
هفتخوان_لارستان	۸۲	۳۷.۰	
لارستان_امروان	۵۲	۷.۷	
امروان_سرخده	۷۴	۲۹.۳	
سرخده_دامغان	۷۴	۲۹.۲	
دامغان_زرین	۵۴	۹.۳	
زرین_کلاتخوان	۵۲	۷.۸	
کلاتخوان_شاهرود	۵۲	۷.۸	
سمنان_میاندره	۵۶	۱۷.۰	
میاندره_ابگرم	۷۱	۳۱.۷	
ابگرم_گرداب	۸۱	۴۲.۲	
گرداب_هفتخوان	۵۱	۱۱.۶	
هفتخوان_لارستان	۷۴	۳۴.۹	
لارستان_امروان	۴۲	۲.۸۸	**۲.۹**
امروان_سرخده	۷۱	۳۱.۸	
سرخده_دامغان	۷۷	۳۸.۴	
دامغان_زرین	۵۴	۱۵.۰	
زرین_کلاتخوان	۵۶	۱۶.۹	
کلاتخوان_شاهرود	۶۰	۲۱.۱	

جدول۵. میزان استفاده از ظرفیت مسیرهای منتخب با توجه به عملکرد قطار باردار روزانه

مسیر	بلاک	عملکرد قطار باردار (روزانه)	ظرفیت به زوج قطار باری (بلاک)	ظرفیت به زوج قطار باری (مسیر)	میزان استفاده از ظرفیت مسیر	ظرفیت خالی
یزد_بافق	یزد_یزدگرد	۹.۸	۱۹.۹	۱۳.۶	٪۸۲	**٪۱۸**
	یزدگرد_رخش	۹.۸	۲۷.۰			
	رخش_چاه خاور	۹.۸	۱۳.۹			
	چاه خاور_تبرکوه	۹.۷	۱۵.۱			
	تبرکوه_مهرداد	۹.۷	۱۵.۰			
	مهرداد_بهرام گور	۹.۷	۱۳.۶			
	بهرام گور_بافق	۹.۷	۱۵.۸			

ادامهٔ جدول۵.

مسیر	بلاک	عملکرد قطار باردار (روزانه)	ظرفیت به زوج قطار باری (بلاک)	ظرفیت به زوج قطار باری (مسیر)	میزان استفاده از ظرفیت مسیر	ظرفیت خالی
اراک-دورود	اراک_سمنگان	۷.۴	۱۵.۴	۱۲.۷	٪۷۹	**٪۲۱**
	سمنگان_شازند	۸.۶	۲۰.۳			
	شازند_نوراباد	۸.۷	۱۲.۷			
	نوراباد_سمیه	۸.۶	۱۸.۱			
	سمیه_مامون	۸.۶	۲۳.۴			
	مامون_ازنا	۸.۶	۲۲.۱			
	ازنا_دربند	۸.۷	۱۵.۳			
	دربند_رودک	۸.۷	۲۳.۵			
	رودک_دورود	۸.۷	۲۷.۱			
سمنان-شاهرود	سمنان_میاندره	۱.۸	۷.۷	۲.۶	٪۵۶	**٪۴۴**
	میاندره_ابگرم	۱.۳	۱۱.۳			
	ابگرم_گرداب	۱.۳	۲۳.۲			
	گرداب_هفتخوان	۱.۳	۲.۶			
	هفتخوان_لارستان	۱.۳	۳۷.۰			
	لارستان_امروان	۱.۳	۷.۷			
	امروان_سرخده	۱.۳	۲۹.۳			
	سرخده_دامغان	۱.۳	۲۹.۲			
	دامغان_زرین	۱.۳	۹.۴			
	زرین_کلاتخوان	۱.۳	۷.۸			
	کلاتخوان_شاهرود	۱.۳	۷.۸			
شاهرود-سمنان	سمنان_میاندره	۱.۶	۱۷.۰	۲.۹	٪۶۲	**٪۳۸**
	میاندره_ابگرم	۱.۶	۳۱.۷			
	ابگرم_گرداب	۱.۶	۴۲.۲			
	گرداب_هفتخوان	۱.۶	۱۱.۶			
	هفتخوان_لارستان	۱.۶	۳۴.۹			
	لارستان_امروان	۱.۶	۲.۸۸			
	امروان_سرخده	۱.۶	۳۱.۸			
	سرخده_دامغان	۱.۶	۳۸.۴			
	دامغان_زرین	۱.۶	۱۵.۰			
	زرین_کلاتخوان	۱.۶	۱۶.۹			
	کلاتخوان_شاهرود	۱.۶	۲۱.۱			

۵- نتیجه گیری و جمع بندی

در این تحقیق با استفاده از قابلیت‌های GIS، ظرفیت عملکردی راه‌آهن برای بررسی وضعیت شبکه ریلی از لحاظ ظرفیت موجود، ظرفیت مورد استفاده، ظرفیت باقیمانده،گلوگاه‌ها و استفاده بهینه از شبکه موجود به منظور تعهد تقاضا به صاحبان بار محاسبه شد. سپس

خروجی نرم‌افزار را با دیتاهای روزانه عملکرد قطار باردار که از طریق وب سرویس از پایگاه داده سیر و حرکت راه‌آهن ج.ا.ا در دسترس بودند مقایسه و در نهایت میزان استفاده از ظرفیت هر مسیر و میزان ظرفیت باقی مانده در هر بلاک و نهایتا هر مسیر مشخص شد. طبق تحلیل‌ها میزان ظرفیت در مسیرهای منتخب دوخطه مسافری (سمنان-شاهرود)، تک خطه باری (یزد-بافق) و تک خطه ترکیبی(اراک-دورود) به ترتیب (۲.۶رفت و۲.۹برگشت) ، (۱۳.۶)، (۱۲.۷) زوج قطار، محاسبه شدند، از طرفی با توجه به فرمول محاسباتی ظرفیت به روش راه‌آهن ایران برای محاسبه ضریب تعدیل قطار مسافری که تا به امروز مقدار این ضریب با استفاده از نظرات کارشناسان حوزه سیر و حرکت تعیین می‌شد، ولی با دسترسی به پایگاه داده سیر و حرکت از طریق وب سرویس مقدار این ضریب از نسبت تعداد قطارهای مسافری به ماکزیمم تعداد قطارهای مسافری در بازه زمانی محاسبه ظرفیت تعیین شد و مقدار تعیین‌شده با نظرات کارشناسان مقایسه و نتایج قابل قبولی به‌دست آمد، مقدار این ضریب در مسیر منتخب باری ۱.۵۰ در مسیر منتخب مسافری (رفت ۱.۲۷ و برگشت ۱.۱۱) و در مسیر ترکیبی ۱.۴۰ محاسبه شد، همچنین میزان استفاده از ظرفیت مسیرهای منتخب باری ۸۲ درصد، مسافری(۵۶ درصد رفت و ۶۲ درصد برگشت) وترکیبی ۷۹ درصد بدست آمدند، با توجه به مقایسه نتایج با داده روزانه عملکرد قطار باردار میزان ظرفیت باقی‌مانده در مسیر اراک-دورود ۲۱درصد، در مسیر یزد-بافق ۱۸درصد، در مسیر سمنان-شاهرود ۴۴درصد و در مسیر شاهرود-سمنان ۳۸درصد است. در روش دستی علاوه بر مشکل زمان بر بودن محاسبه ظرفیت، در صورت نیاز به تغییر اطلاعات اولیه، نیروی انسانی بایستی تمامی مراحل را بازبینی کند، حتی در برخی موارد، خطای نیروی انسانی وارد محاسبات می‌شود که باعث بروز نتایج نادرست می‌شود. با روش مکانیزه محاسبه ظرفیت در هر بلاک، بر روی نقشه شبکه ریلی ایران، امکان محاسبه و نمایش ظرفیت عملکردی با استفاده از اتصال مستقیم به پایگاه داده GIS راه‌آهن.ج.ا.ا وجود دارد.

راهکارهای مدیریتی جهت بهره‌مندی از ظرفیت‌های خالی در محورهای مورد بررسی شامل شناسایی مراکز عمده تولید و جذب بار (معادن، کارخانجات، شهرکهای صنعتی، پالایشگاه‌ها، و سیلوها)، احداث خطوط صنعتی و تجاری به منظور اتصال مرکز بار به شبکه ریلی، اعلام تخفیف در تعرفه حمل ریلی و احداث خطوط اصلی به منظور اتصال به مراکز بار نظیر چابهار یا عسلویه است.

پیشنهاد می‌شود به منظور بررسی وضعیت ظرفیت در مطالعات آینده عواملی چون ایجاد ایستگاه یا بازگشایی ایستگاه‌های بسته، احداث خطوط جدید یا دو خطه و سه خطه و یا بیشتر کردن خطوط موجود، تراک‌بندی و شکستن یک بلاک به چند بلاک، مورد توجه واقع شوند و اثر آنها بر میزان ظرفیت بررسی شود. جهت ادامه فعالیت‌های انجام شده در تحقیق حاضر و توسعه آنها، پیشنهاد می‌شود سایر محققان، تحقیق حاضر را با بررسی تاثیر پارامترهایی نظیر شیب و فراز، هندسه مسیر، وجود قوس، گذرگاه هم سطح و تمامی پارامترهای اثرگذار در میزان سرعت قطار و میانگین زمان سیر قطار با مدل‌سازی وزن‌دهی فازی پیاده سازی نمایند. بدین ترتیب، قابلیت تعامل مکانی بیشتری به خروجی‌های تحقیق حاضر اضافه شده و این‌کار، باعث افزایش کارایی و کاربردی‌تر شدن فعالیت‌های انجام شده در تحقیق حاضر خواهد شد.

۶- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله، از شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران که در انجام این تحقیق کمک‌های فراوانی نموده‌اند و نیز مرکز سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۷- منابع

شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران **آیین نامه طرح هندسی راه آهن**، نشریه شماره ۲۸۸، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران، ایران، ۱۳۹۶.

گزارش مدیریتی پروژه مشاوره‌ای تحلیل تقاضای حمل و نقل بار و ظرفیت محورهای اصلی شبکه راه‌آهن کشور، ۱۳۹۶، مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن و پژوهشکده حمل و نقل دانشگاه صنعتی اصفهان، ص۱۳-۱۴.

مرادی سلوشی، بهرام، ۱۳۹۴، **استفاده از نرم‌افزار GISBase برای تعیین ظرفیت در شبکه ریلی ایران**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور مرکز تهران شمال.

نیکو، نریمان، ۱۳۹۰، **ارایه مدل بهینه سازی برای محاسبه و ارزیابی ظرفیت در شبکه راه‌آهن**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت‌ایران.

یقینی، مسعود و انجمن علمی‌دانشکده مهندسی راه‌آهن(ترجمه)، ۱۳۸۹، **زمانبندی و سیر و حرکت در راه‌آهن**، انتشارات پیشرو فناوری قائد.

یقینی، مسعود و لسان، جواد (۱۳۸۹)، **برنامه ریزی عملیات حمل و نقل ریلی**، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

Abrila, M., Barber, F., Ingolotti, L., Salido, M.A, Tormos, P., Lova, A., 2007, An assessment of railway capacity" Transportation Research Part E 44 (2008) doi:10.1016/j.tre. 2007.04.001.

Ermagun, A., Fan.Y., Wolfson, J., Adomavicius, G. & Das, K., **Real-time trip purpose prediction using online location-based search and discovery services**, 0968-090X/ 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.020.

Etherington, T., 2011, **Python based GIS tools for landscape genetics: visualising genetic relatedness and measuring landscape connectivity**, doi.org/10.1111/j.2041-210X. 2010.00048.x.

Guler, H., Akad, M. & Ergun, M., 2004, **Railway Asset Management System in Turkey: A GIS Application**, FIG Working Week 2004, Athens, Greece, May 22-27, 2004, TS20 SIM Applications.

International Union of Railways, 1989a, **Layout characteristics for lines and used by first passenger trains**, UIC leaflet 703/R, Paris, France.

International Union of Railways, 1989b, **Classification of lines for the purpose of track maintenance**, UIC leaflet 714/R, Paris, France.

International Union of Railways, 2004, Capacity, UIC leaflet 406, Paris, France

International Union of Railways, 2004, UIC Leaflet406 capacity, Int. Nat. Union of Railway

Lande, A., Kaas, A.H. & Hansen, S., 2006, Railway operation, Centre for Traffic and Transport, Technical University of Denmark.

Mansourian, A., Omidi, E., Toomanian, A. & Harrie, L., **Expert system to enhance the functionality of clearinghouse services**, Computers, Environment and Urban Systems (2011) doi:10.1016/j.compenvurbsys. 2010.06.003.

Sangphong, O., Siridhara, S. & Ratanavaraha, V., **Determining Critical Rail Line Blocks and Minimum, Train Headways for Equal and Unequal Block, Lengths and Various Train Speed Scenarios**, ENGINEERING JOURNAL Volume 21 Issue 3, 15 June 2017. DOI:10.4186/ej.2017.21.3.281.

UIC Leaflet 406.Capacity, International Union of Railways, 2004.

سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۸
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.11, No. 3, Autumn 2019

97-112

Managing the capacity of the railway network based on effective spatial and operational parameters using a service-oriented approach

Moradi Solooshi, B.[1], Vafaei Nezhad, A.[2], Aghamohammadi Zanjirabad, H.*[3], Alesheikh, A.[4]

1. Ph.D Student, Faculty of Environment and Natural Resources, Department of Remote Sensing and Geographic Information systems, Science and Research Brach, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Faculty of Environment and Natural Resources, Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems, Science and Research Brach, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Full Professor, Faculty of Surveying Engineering, Khajeh Nasir Tousi University, Tehran, Iran.

Abstract

The capacity of passenger and goods shipment in a railway network is affected by various parameters. Considering the high cost of railway construction, optimum utilization of capacity in a railway network can help to improve the efficiency of network. Therefore, the purpose of this study is spatial calculating the capacity of railway network of Iran based on the effective parameters. In this paper using the transportation data of trains, a spatial software is developed for calculating the capacity of the railway network. Then, the outputs are compared and evaluated with the daily and real time data of the freight trains performance. In the next step, the amount of capacity utilization of each route and the amount of capacity remaining in each route and block is determined. Based on the analysis, the capacities of the selected passenger double-line route from Semnan to Shahrud, freight single-line route from Yazd to Bafgh and combination single-line route from Arak to Dorood were calculated 2.6 for Semnan to Shahrud path and 2.9 for return path, 13.6 and 12.6 (trains pair/day) respectively. Considering the common calculations, the online calculation with ability connection to related databases and the possibility of exchanging spatial web-based services with the different software, can improve the speed and accuracy of the railway network capacity calculation. On the other hand, in the equation of calculating the capacity (Scott equation) used in Iran, it is common that the adjustment coefficient of passenger train is determined by experts of transportation, while in this paper, since the data of each path is accessible, the aforementioned coefficient is calculated by the ratio of passenger trains number to their maximum number during the considered period of time. The outcome coefficient compared with the coefficient determined by experts, and the result was acceptable. Finally, with access to outputs in the GIS environment, the management solutions were proposed for optimum using the remaining capacity, enhancing the capacity in some parts of the network as well as eliminating the bottlenecks of the railway network.

Keywords: Railway transportation, Network Capacity, GIS, Railway of Iran.

Correspondence Address: Science and Research Branch, Daneshgah Blvd, Simon Bulivar Blvd, Tehran Phone Number: 82-44865179 Post Code: 1477893855
Email: aghamohammadi@srbiau.ac.ir