

# تعیین ظرفیت شبکه ریلی ایران با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS)

بهرام مرادی سلووشی<sup>۱</sup>، علیرضا وفايي نژاد<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی - دفتر آمار و فناوری اطلاعات راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
b\_moradi5971@yahoo.com

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی سازه و ژئوتکنیک - دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست - دانشگاه شهید بهشتی  
a\_vafaei@sbu.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۵، تاریخ تصویب آبان ۱۳۹۵)

## چکیده

سیستم حمل‌ونقل ریلی از تعامل مجموعه‌ای از تجهیزات و عملیات تشکیل شده است که توانایی و ظرفیت یک سیستم ریلی در حمل‌ونقل بار و مسافر را تعیین می‌کند. بدین منظور محاسبه ظرفیت و تحلیل نحوه تغییرات کلیه عوامل مؤثر بر آن مهم و شناخت آن‌ها کمک شایانی در ارتقاء سطح بهره‌برداری شبکه ریلی دارد. روش‌های مختلفی برای محاسبه ظرفیت وجود دارد که با توجه به نوع شبکه و نحوه استفاده از آن می‌توان از آن‌ها بهره گرفت که در حال حاضر در کشور ایران، به دلیل اینکه شبکه ریلی دارای تنوع استفاده به صورت باری، مسافری و یا ترکیبی (باری و مسافری) است، از روش محاسبه ظرفیت راه‌آهن که به رابطه ظرفیت عملی مشهور است (رابطه Scott) استفاده می‌شود. در این زمینه، هدف تحقیق حاضر که برای اولین بار صورت می‌پذیرد، این است که برای محاسبه ظرفیت از توانمندی‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی بهره جسته و با طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم اطلاعات مکانی تحت وب، وضعیت ظرفیتی عملیاتی شبکه ریلی را به صورتی نوین و با کارایی بیشتر نسبت به روش‌های متداول تعیین نماید. بدین منظور محیطی GIS مینا طراحی گردید که به پایگاه داده‌های مختلف شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران از جمله پایگاه سیر و حرکت متصل شده و ضمن مشاهده وضعیت فعلی ظرفیتی شبکه، راهکارهایی برای استفاده از ظرفیت خالی، بالا بردن ظرفیت شبکه و همچنین رفع گلوگاه‌های ظرفیتی شبکه ریلی مطرح می‌کند. استفاده از این شیوه، نه تنها باعث افزایش سرعت و دقت محاسبه ظرفیت شبکه شد، بلکه باعث بهبود تصمیم‌گیری مدیریتی جهت استفاده از ظرفیت خالی شبکه به منظور فروش این ظرفیت به شرکت‌های متقاضی و کسب درآمد برای شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران نیز گردید تا جایی که قبل از شروع هر فصل یا سال، می‌توان قراردادهای مناسبی برای تقاضای صاحبان بار و مسافر در شبکه ریلی منعقد نمود.

**واژگان کلیدی:** سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، ظرفیت شبکه ریلی، پایگاه داده گراف، سرویس تحت وب

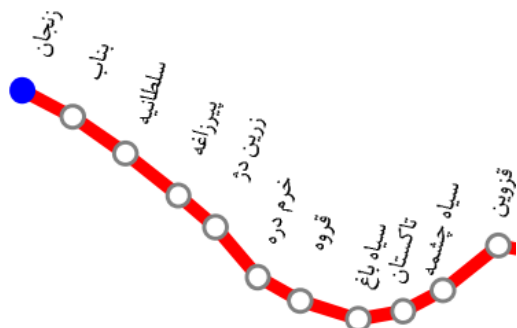
\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

زمانی مسیر قطارها مشخص می‌شود که دو قطار باهم اجازه ندارند در یک بلاک باشند [۳].

قطار به مجموع لوکوموتیو و چند واگن متصل به هم که در یک مسیر مشخص حرکت می‌کنند گفته می‌شود [۳]. مسیر نیز، مجموع گره‌ها و خطوط پشت سرهم بین مبدأ و مقصد مشخص می‌باشد [۱].

در شبکه ریلی برای محاسبه ظرفیت نیاز به مشخص شدن یک مبدأ و یک مقصد برای تعیین ظرفیت داریم. اگر یک مسیر از  $n$  ایستگاه تشکیل شده باشد آنگاه  $n-1$  بلاک در مسیر داریم که برای تعیین ظرفیت باید ظرفیت تک تک بلاکها را بدست آورده و ظرفیت بلاک بحرانی را به عنوان ظرفیت مسیر در نظر بگیریم.



شکل ۱- نمایی از بلاکها و ایستگاهها (مسیر قزوین - زنجان)

مطابق شکل (۱) در مسیر قزوین زنجان، ۱۱ ایستگاه با نامهای قزوین، سیاه چشمه و ... وجود دارد که همان گره‌ها هستند. همچنین براساس تعاریف مطرح شده، در این مسیر ۱۰ بلاک وجود دارد که نامهای آنها عبارتند از بلاک قزوین- سیاه چشمه، بلاک سیاه چشمه - تاکستان و ...

در این زمینه، بلاک بحرانی، بلاکی است که دارای بیشترین زمان سیر است. برای شناسایی بلاک بحرانی، به این صورت عمل می‌شود که مجموع زمان سیر قطارهای مسیرهای رفت و برگشت در هر یک از بلاک‌های مسیر، محاسبه گردیده و بزرگ‌ترین زمان سیر به عنوان بلاک بحرانی انتخاب می‌گردد. پس از شناسایی بلاک بحرانی مسیر، ظرفیت برای این بلاک بحرانی محاسبه می‌گردد [۴] و [۵]. جدول ۱، مقایسه‌ای از روش‌های محاسبه ظرفیت در راه آهن را نشان می‌دهد.

در این راستا و همان‌گونه که در جدول ۱، مشاهده می‌شود، روش‌های محاسبه ظرفیت در راه آهن را می‌توان به چهار دسته شبیه‌سازی، پارامتریک، بهینه‌سازی و تحلیل تقسیم‌بندی نمود.

در شبکه راه آهن، احداث خطوط جدید بخش عظیمی از هزینه‌ها را در برمی‌گیرد، لذا باید سعی شود تا از خطوط موجود بهره‌برداری مناسب به عمل آید تا صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌ها صورت پذیرد. براین اساس، در تحقیق حاضر سعی شده روش‌های مختلف تعیین ظرفیت که برای نوع عملکرد شبکه ریلی ایران مناسب هستند، بررسی شده و سپس براساس آنها، روشی که هم‌اکنون برای تعیین ظرفیت در شبکه ریلی ایران استفاده می‌شود، به صورت مکانیزه، مکان مبنا و برخط بهبود داده شود.

در این راستا، آنچه به عنوان ظرفیت شناخته می‌شود، در اصل توانایی یک مسیر در عبور دادن تعداد مشخصی از وسیله حمل و نقل است. ظرفیتی که در این تحقیق به آن پرداخته می‌شود، ظرفیت عملی یا به عبارتی ظرفیتی است که تحت شرایط واقعی بهره‌برداری حاصل می‌شود که قبل از پرداختن به آن، لازم است به چند اصطلاح و تشریح زیر عنایت شود.

یک شبکه ریلی در اتحادیه بین‌المللی راه آهن‌ها (UIC) شامل مجموعه‌ای گره است که به وسیله مجموعه‌ای پیوند، به هم مرتبط شده‌اند که به آن خط نیز گفته می‌شود [۱].

در ساده‌ترین شکل یک گره صرفاً یک نقطه‌ی 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 می‌گیرد [۱].

ایستگاه محوطه‌ای است که مجموعه‌ای از خطوط و سوزن‌های به هم پیوسته و ساختمان اداری و مسکونی و سکوه‌ای بار و مسافر در آن قرار دارد و محل توقف تنظیم قبول اعزام عملیات مانور و سبقت و تلاقی قطارها و سایر وسایط نقلیه ریلی است و همچنین در آن امور مربوط به قبول تحویل بار و توشه سوار و پیاده شدن مسافر انجام می‌گیرد [۲]. معمولاً ایستگاه‌ها در دو طرف پاره‌خط بلاک قرار دارند.

بلاک فاصله بین دونقطه جدایی در خطوط راه آهن است که فقط یک ناوگان می‌تواند، در آن قرار گیرد. نقاط جدایی می‌توانند شامل ایستگاه‌ها، چراغ‌های راهنما، ایستگاه‌های اضطراری و ... باشند. یا به عبارت دیگر بلاک خطی است بین دو ایستگاه مجاور که برای تنظیم فاصله

جدول ۱- مقایسه روش های محاسبه ظرفیت در راه آهن

معیار	روش تحلیلی	روش بهینه سازی	روش پارامتریک	روش شبیه سازی
ورودی کم	کم	متوسط	کم - متوسط	زیاد
دقت	متوسط	متوسط	متوسط	بالا
کاربرد	تحلیل استراتژیک	طراحی جدول زمانبندی	تحلیل استراتژیک	اعتبار سنجی جدول زمانبندی
هزینه	کم	متوسط	متوسط - بالا	بالا
مدل سازی	آسان	نسبتا سخت	متوسط	سخت

در راه آهن ایران نیز، از روش تحلیلی و با استفاده از رابطه Scott ظرفیت مسیره های شبکه ریلی محاسبه می شود. رابطه Scott بر مبنای زمان سیر قطار در هر بلاک، ظرفیت را محاسبه می کند. در این راستا و در حال حاضر، برای محاسبه ظرفیت که به صورت دستی صورت می گیرد، اطلاعات سیر و حرکتی مسیره های مختلف را از پایگاه داده سیر و حرکت به محیط اکسل وارد کرده و اپراتورها، بلاک بحرانی را تشخیص داده و ظرفیت را محاسبه می کنند.

در این روش که اکنون استفاده می شود، خروجی بصورت آفلاین در یک جدول اکسل ذخیره شده و برای نمایش گرافیکی ظرفیت در محیط نرم افزار Paint یا Photoshop، بر روی عکس شبکه ریلی، با رنگهای مختلف و با نوشتن عدد ظرفیتی، ظرفیت و گلوگاه های کل شبکه را نمایش می دهند.

در روش فوق علاوه بر زمان بر بودن، در صورت نیاز به تغییر اطلاعات اولیه، نیروی انسانی بایستی تمامی مراحل را بازبینی کند. حتی در برخی موارد، خطای نیروی انسانی وارد محاسبات می شود که باعث بروز نتایج نادرست می شود. این روش در نمایش اطلاعات بصورت گرافیکی و نقشه مبنا نیز، توانمندی پایین و نامناسبی دارد.

لذا برای رفع مشکلات یاد شده، تحقیق حاضر صورت پذیرفت که براساس آن، کار اپراتوری حداقل شده و اینکار باعث افزایش سرعت و نیز کاهش چشمگیر خطاهای انسانی می شود. علاوه بر این، تحقیق حاضر با بهره گیری از سرویس های تحت وب در اتصال به پایگاه داده سیر و حرکتی و پایگاه داده مکانی، دقت بالاتری را برای محاسبه ظرفیت همه بلاکهای یک مسیر در دوره های زمانی روز، ماه، فصل و سال ارائه نموده و ظرفیت را در بستر نقشه و به صورت مکان مبنا ارائه می دهد.

از طرف دیگر، با امکان اتصال اطلاعات ظرفیتی به نقشه ریلی و همچنین با استفاده از توانمندی های سیستم

در روش شبیه سازی تقلید عملیات یک فرآیند یا سیستم در دنیای واقعی باگذشت زمان است و نشان دهنده رفتار پویای یک سیستم با حرکت از یک حالت به حالت دیگر طبق قوانین تعریف شده است. روش های شبیه سازی مدلی را فراهم می کنند که تا حد زیادی به واقعیت نزدیک می باشند [۶]. این روش به دلیل نیاز به اطلاعات جزئی نظیر مقاومت قطار، مقاومت شیب و فراز، مقاومت دیویس و... در تحقیق حاضر مورد استفاده واقع نگردید.

در روش پارامتریک ظرفیت یک خط را می توان در قالب نمودار زمان تأخیرات بیان کرد. این نمودار میانگین تأخیرات هر قطار را به صورت تابعی از تعداد قطارها نشان می دهد. این روش در حقیقت خروجی روش شبیه سازی بوده و نیازمند ارائه نرم افزار الگو می باشد. به همین دلیل، این روش در تحقیق حاضر به عنوان گزینه مناسب اجرا انتخاب نگردید.

در روش بهینه سازی هدف به دست آوردن جدول زمان بندی حرکت قطارهای بهینه است که با استفاده از مدل های ریاضی، به محاسبه حداکثر تعداد قطارها می پردازند و بنابراین ارتباط تنگاتنگی با مسئله زمان بندی حرکت قطارها دارد. این روش نیز نیاز به برنامه اولیه قطار و مشخصات کامل قطارها به منظور اصلاح جدول زمان بندی و ماکزیمم کردن قطار خروجی داشت، و از آنجا که هزینه و زمان زیادی را طلب می نمود، برای اجرای این تحقیق، انتخاب نگردید.

اما در روش تحلیلی بر اساس روابط محاسباتی و با استفاده از داده های خط و برنامه حرکت قطارها به محاسبه ظرفیت پرداخته می شود [۷]؛ که این روش، به عنوان روش مناسب اجرای تحقیق انتخاب گردید. انتخاب یاد شده به این دلیل بود که در این روش، با دسترسی به پایگاه داده گراف با طراحی سرویس تحت وب، نیاز مجموعه در کمترین زمان با توجه به اهداف تعیین شده مرتفع می شد.

بر مبنای جریان چند کالایی جهت مدل‌سازی شبکه ریلی ارائه شده است که ورودی‌های مدل، خصوصیات شبکه ریلی و نوع قطارها هستند [۱۲].

اما در تحقیق حاضر که برای اولین بار صورت پذیرفته، مسائلی مورد توجه قرار گرفته که تاکنون مدنظر واقع نشده‌اند. در این راستا، روشی مورد استفاده واقع شده که در آن امکان استفاده از کلیه رابطه‌های روش تحلیلی برای محاسبه ظرفیت وجود داشته و در آن، از طریق سرویس‌های تحت وب می‌توان یک مسیر را انتخاب کرده، یا مسیر جدیدی را تعریف نموده و در آن ظرفیت را به روش‌های مختلف محاسبه و مقایسه کرده و خروجی را در روی نقشه و بصورت گرافیکی نمایش داد.

## ۲- مندولوژی اجرا

در تحقیق حاضر، قابلیت و ظرفیت حمل بار و مسافر در یک شبکه ریلی تابعی از پارامترهای مختلف در مسیر حرکت ناوگان در نظر گرفته شده که این پارامترها شامل زیرساخت، ناوگان و ترافیک می‌شود. در بخش زیرساخت، داده‌های مکانی بلاک‌ها و ایستگاه‌ها مورد توجه قرار گرفته، در بخش ناوگان انواع قطارهای باری و مسافری و در بخش ترافیک زمان‌بندی حرکت قطارها و گراف مورد توجه واقع شده‌اند.

### ۲-۱- مراحل محاسبه ظرفیت

برای محاسبه ظرفیت، ۴ مرحله زیر مدنظر قرار می‌گیرد

- انتخاب روش محاسبه ظرفیت
  - انتخاب مسیر، متشکل از یک یا چند بلاک
  - انتخاب تاریخ (روز، ماه، بازه)
  - ورود پارامترهای ثابت نظیر زمان مسدودی و...
- سپس، با اتصال به پایگاه داده سیر و حرکت، زمان سیر در کلیه بلاکهای مسیر مشخص شده و با توجه به روش محاسبه ظرفیت برای تک تک بلاکهای مسیر، ظرفیت محاسبه می‌گردد. سپس با تعیین بلاک بحرانی، ظرفیت مسیر مشخص می‌شود.

### ۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

در شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، تمام اطلاعاتی که به‌نوعی به ظرفیت مرتبط هستند به‌صورت توصیفی و در قالب جداول پایگاه داده موجود بوده و

اطلاعات مکانی، بهره‌برداری از ظرفیت موجود شبکه با کارایی بیشتری صورت می‌پذیرد، تا جایی که اگر قبل از شروع سال، وضعیت عملکرد ظرفیتی شبکه در سال گذشته مشخص باشد، می‌توان برنامه‌ریزی معتبری برای حمل‌میزان مشخصی بار از شرکت‌های مختلف صورت داد و در زمان‌های قابل قبول بارهای موردنظر را به مقاصد خود حمل کرد و بدین ترتیب از بلا استفاده ماندن ظرفیت در شبکه، جلوگیری نمود.

در این راستا، در تحقیقاتی که تاکنون برای ظرفیت-سنجی صورت پذیرفته، تنها تعیین بهترین روش برای محاسبه ظرفیت و یا افزایش ظرفیت در گلوگاه‌های شبکه ریلی مدنظر واقع شده‌اند. به عنوان مثال برای محور لرستان که باری است، دالوند (۱۳۸۷) نشان داد که فرمول UIC405<sup>۱</sup>، نتایج بهتر و نزدیک‌تر به واقعیتی را در مقایسه با فرمول راه‌آهن ارائه می‌نماید [۸].

یقینی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از مدل بهینه‌سازی بر مبنای جریان چند کالایی به مدل‌سازی شبکه ریلی پرداخته و مدلی برای محاسبه ظرفیت و تولید جدول زمان‌بندی حرکت قطارها به‌صورت هم‌زمان در شبکه راه‌آهن ارائه نموده‌اند [۹].

یقینی و همکاران (۱۳۹۱) نحوه تعیین نقاط فشرده-سازی برنامه حرکت قطارها در راه‌آهن ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. ایشان به‌عنوان مطالعه موردی ظرفیت استفاده‌شده و بهینه در مسیر تهران-مشهد را محاسبه و نتایج به‌دست‌آمده را ارائه نموده‌اند [۱۰].

عراقی (۱۳۹۱) به ارائه روش تلفیقی تعیین ظرفیت خط در سیستم حمل‌ونقل ریلی پرداخته‌اند. در این مقاله مدلی بر اساس تلفیق روش UIC405 و UIC406<sup>۲</sup> ارائه شده است [۱۱].

یقینی و همکاران (۱۳۹۱) روشی برای بررسی راهکارهای مناسب جهت افزایش ظرفیت گلوگاه‌های ریلی ارائه نموده‌اند. در این مطالعه، یک مدل بهینه‌سازی جدید

۱ در روش UIC405 با دسته‌بندی انواع قطارهای عبوری و تعیین سرفاصله زمانی میانگین قطارها و منظور نمودن تعداد بلاک‌های واقع در مسیر، ظرفیت قطار براساس ترافیک معادل محاسبه شده و خروجی آن تعداد قطار روزانه است.

۲ در روش UIC406 نیز همانند روش UIC405 براساس ترافیک و سرفاصله زمانی، میانگین ظرفیت را بر مبنای درصد اشغال تعیین می‌نماید و خروجی آن درصد اشغالی است.

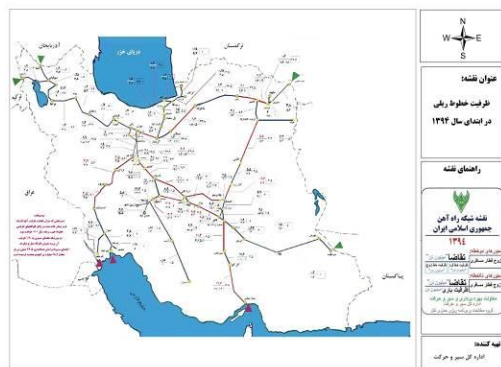
در این تحقیق از طریق سرویس تحت وب، این اطلاعات به بلاک‌های شبکه ریلی که عوارض مکانی هستند، منتسب گردید. در این حالت شاهد بروز کمترین خطا در بخش ورود داده در سامانه به علت مکانیزه بودن داده‌های ورودی به محاسبات ظرفیت خواهیم بود. علاوه بر این، امکان نمایش اطلاعات ظرفیتی شبکه در کنار اطلاعات مکانی شبکه ریلی وجود خواهد داشت و براین اساس می‌توان اطلاعات ظرفیتی شبکه را با رنگ‌ها و سمبل‌های مشخص در روی نقشه نمایش داد (اشکال ۵، ۶ و ۷). 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 نمایند.



شکل ۵- نمایش وضعیت مسافری شبکه بر روی نقشه



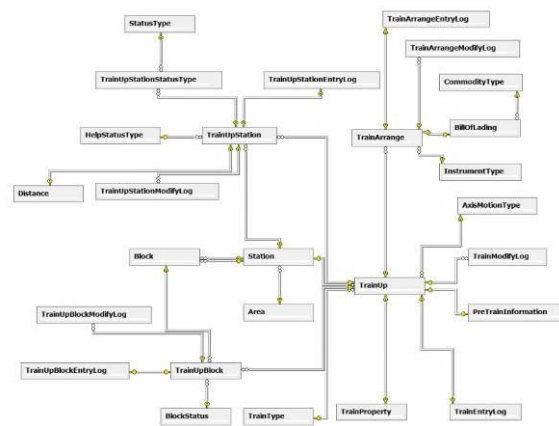
شکل ۶- نمایش وضعیت باری شبکه بر روی نقشه



شکل ۷- نمایش وضعیت ظرفیتی شبکه بر روی نقشه

نرم‌افزارهایی در این شرکت طراحی شده‌اند که به پایگاه داده موجود متصل شده و گزارش‌های موردنیاز مدیران را از آن‌ها استخراج می‌کنند که تحقیق حاضر قصد دارد تا روشی که هم‌اکنون برای تعیین ظرفیت در شبکه ریلی ایران استفاده می‌شود را، به‌صورت مکانیزه، مکان‌مبنا و برخط بهبود دهد.

در این زمینه، اصلی‌ترین پایگاه داده‌ای که در بحث ظرفیت با آن سر و کار داریم، پایگاه داده سیر و حرکت است (شکل ۲) که جداول تشکیل قطار (شکل ۳)، آرایش قطار (شکل ۴)، حرکت قطار و جداول بلاکها و ایستگاهها در آن وجود دارد.



شکل ۲- نمونه‌ای از روابط بین جداول در پایگاه داده سیر و حرکت

سمیستر سیر و حرکت تحت وب			
جدول F15 .... تشکیل قطار			
PK	نام فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
	F1501	int	شماره قطار
	F1502	char	تاریخ تشکیل قطار
PK	F1503	char	زمان تشکیل قطار
	F1504	int	کد نوع قطار
	F1505	int	کد ایستگاه مبدأ قطار
	F1506	int	کد ایستگاه مقصد قطار
	F1507	int	کد اجزای ایستگاه
	F1508	int	کد ایستگاه بعدی
	F1509	int	وزن جابجایی قطار
	F1510	int	وزن قطار
	F1511	int	تعداد واگنهای قطار
	F1512	int	تعداد ترمز قطار
	F1513	int	طول قطار
	F1514	int	کد ایستگاه مقصد
	F1515	int	تاریخ تشکیل شد
	F1516	char	تاریخ جاری
	F1517	char	تاریخ جاری

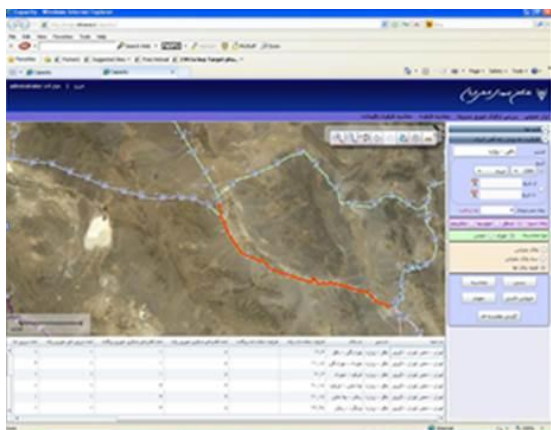
شکل ۳- نمونه‌ای از جداول تشکیل قطار در پایگاه داده سیر و حرکت

سمیستر سیر و حرکت تحت وب			
جدول F46 ..... آرایش قطار			
PK	نام فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
	F4601	int	کد نوع وسیله
PK	F4602	numeric	شماره وسیله نقلیه
PK	F4603	int	شماره قطار
	F4604	char	تاریخ تشکیل قطار
PK	F4605	char	زمان تشکیل قطار
	F4606	int	ردیف در قطار
	F4607	int	کد نوع کلاس
	F4608	int	شماره پوزیسیون
	F4609	int	کد ایستگاه انحصار
	F4610	int	کد ایستگاه انحصار
	F4611	int	کد ایستگاه مبدأ بار
	F4612	int	کد ایستگاه مقصد بار
	F4613	char	تاریخ انحصار
	F4614	char	تاریخ انحصار
	F4615	char	تاریخ انحصار
	F4616	char	تاریخ انحصار
	F4617	int	ایستگاه مقصد نهایی
	F4618	int	انجام شد
	F4619	char	تاریخ جاری
	F4620	char	تاریخ جاری

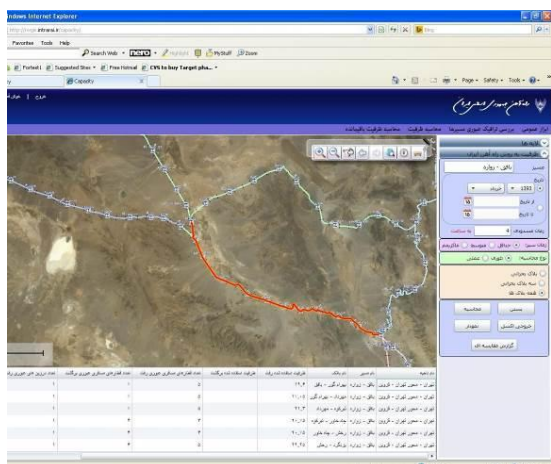
شکل ۴- نمونه‌ای از جداول آرایش قطار در پایگاه داده سیر و حرکت



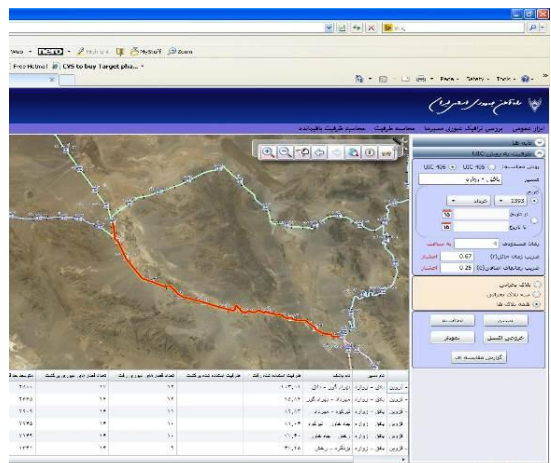
اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه ظرفیت بر روی هر بلاکی مشخص بوده و به روش راه آهن ایران (شکل ۹)، UIC405 (شکل ۱۰) و UIC406 (شکل ۱۱) ظرفیت تک تک بلاکها محاسبه شده و ظرفیت یکی از این بلاکها به عنوان ظرفیت مسیر شناخته می شود که این بلاک، همان بلاک بحرانی در آن مسیر است که طولانی ترین زمان سیر را نیز دارا می باشد.



شکل ۹- محاسبه ظرفیت به روش راه آهن ایران در یک مسیر



شکل ۱۰- محاسبه ظرفیت به روش UIC405 در یک مسیر

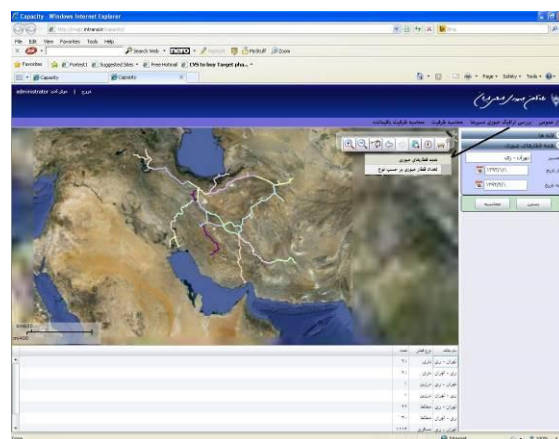


شکل ۱۱- محاسبه ظرفیت به روش UIC406 در یک مسیر

از دیگر مزایای اتصال پایگاه داده سیر و حرکت به نقشه با استفاده از سرویس تحت وب، پویایی آن در تعریف مسیر برای محاسبه ظرفیت است. بدین ترتیب که از روی نقشه، مبدأ و مقصد و تمامی ایستگاه های بین آن مشخص بوده و به راحتی می توان مسیر مورد نظر خود را از روی نقشه انتخاب کرده و در پایگاه داده ذخیره نمود.

از طرف دیگر، از آنجائیکه تمامی اطلاعات بلاک هایی که مسیر را تشکیل می دهند، از نظر اینکه چه قطارهایی از آن عبور کرده و زمان سیر هر کدام از آنها چقدر است، در پایگاه داده سیر و حرکت وجود دارد و نیز امکان تعریف کد مشترک بین ایستگاه ها و بلاک های موجود در GIS و بلاک ها و ایستگاه های موجود در پایگاه داده سیر و حرکت وجود دارد، می توان ارتباط دیگری را بین نقشه و پایگاه سیر و حرکت برقرار نمود. بعد از برقراری این ارتباط، با توجه به زمان سیر هر بلاک، می توان بلاک بحرانی را تشخیص داده و ذخیره نمود، آنگاه از این زمان برای محاسبه ظرفیت به روش های مختلف استفاده کرد.

علاوه بر موارد یاد شده، با توجه به مکانی بودن مسیر، با انتخاب آن از روی نقشه و اتصال آن به پایگاه داده سیر و حرکت، اطلاعات مرتبط با خصوصیات قطار، تعداد قطار عبوری (شکل ۸)، سرعت قطار و زمان سیر رفت و برگشت در بلاک و دلایل تأخیر آن بر روی نقشه قابل ارائه خواهد بود.



شکل ۸- نمایش قطارهای عبوری یک مسیر بصورت مکان مبنا

### ۳-۱- محاسبه ظرفیت برای یک مسیر انتخابی از روی نقشه

در این حالت علاوه بر اینکه مسیری که قطار از آنها عبور کرده مشخص می باشند، برای تحلیل های ظرفیتی می توان مسیر جدیدی را تعریف نمود. از آنجائیکه مسیر تعریف شده از تعدادی بلاک تشکیل می شود، بنابراین

#### ۴- نتایج و پیشنهادها

این تحقیق، برای محاسبه ظرفیت شبکه ریلی ایران از توانمندی‌های GIS بهره جسته و با طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم اطلاعات مکانی تحت وب و اتصال آن به پایگاه داده سیر و حرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، وضعیت ظرفیتی عملیاتی شبکه ریلی را به صورتی مکان‌مبنا و با کارایی بیشتر نسبت به روش‌های متداول تعیین نمود.

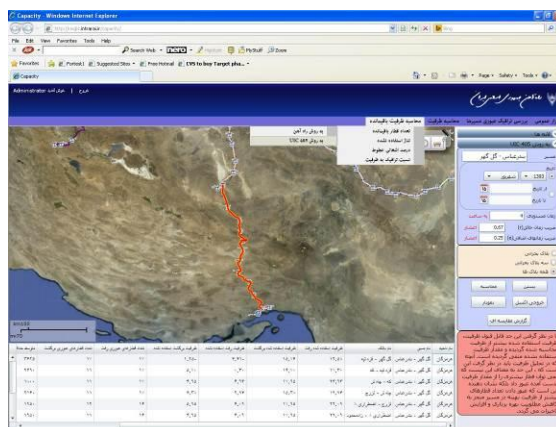
در این تحقیق، از ظرفیت عملکردی راه‌آهن برای بررسی وضعیت شبکه ریلی از لحاظ ظرفیت موجود، ظرفیت مورد استفاده، ظرفیت باقیمانده، گلوگاه‌ها و استفاده بهینه از شبکه موجود به‌منظور تعهد تقاضا به صاحبان بار استفاده شد. این تحقیق برای اولین بار در یک محیط GIS مبنا و بر روی نقشه شبکه ریلی ایران، امکان محاسبه و نمایش ظرفیت عملکردی راه‌آهن بدون ورود دستی اطلاعات را فراهم نمود.

علاوه بر موارد یاد شده، در سامانه مکان‌مبنای پیشنهاد شده، می‌توان به سئوالاتی مانند: با ایجاد ایستگاه یا بازگشایی ایستگاه‌های بسته وضعیت ظرفیتی چه تغییری خواهد کرد؛ با احداث خطوط جدید، دوخطه، سه خطه و یا بیشتر کردن خطوط موجود، ظرفیت چه تغییری خواهد کرد؛ تراکبندی و شکستن یک بلاک به چند بلاک، چه تأثیری بر روی ظرفیت داشته و چگونه در روی نقشه قابل مشاهده و تصمیم‌گیری است؛ با استفاده از پارامترهای افزایش ظرفیت محل گلوگاه‌ها چه تغییری کرده و راهکار حذف آن چه خواهد بود؛ با شبکه موجود و یا تغییر شبکه چگونه می‌توان از چشمه‌های بار بهره‌مند شد؛ و یا چگونه می‌توان برای استفاده بهینه از ظرفیت شبکه از حمل‌ونقل ترکیبی استفاده نمود، پاسخ داد.

جهت ادامه فعالیت‌های انجام شده در تحقیق حاضر و توسعه آنها، پیشنهاد می‌شود سایر محققین، تحقیق حاضر را در بستر زیرساخت داده‌های مکانی (SDI)، پیاده‌سازی نمایند. بدین ترتیب قابلیت به‌اشتراک‌گذاری، تعامل مکانی و سرویس‌گرایی بیشتری به خروجی‌های تحقیق حاضر اضافه شده و اینکار، باعث افزایش کارایی و کاربردی‌تر شدن فعالیت‌های انجام شده در تحقیق حاضر خواهد شد.

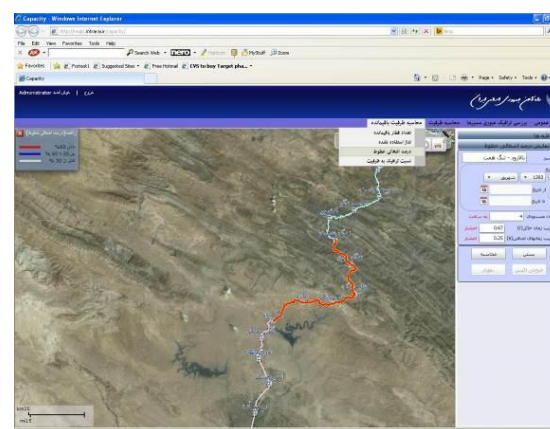
#### ۳-۲- تحلیل ظرفیت باقیمانده برای مسیر انتخابی در روی نقشه

ظرفیت باقیمانده در حقیقت تفاضل ترافیک عبوری و ظرفیت عملکردی است (شکل ۱۲) که از روی آن تعداد قطار باقیمانده و تناژ استفاده نشده نیز قابل استخراج است.

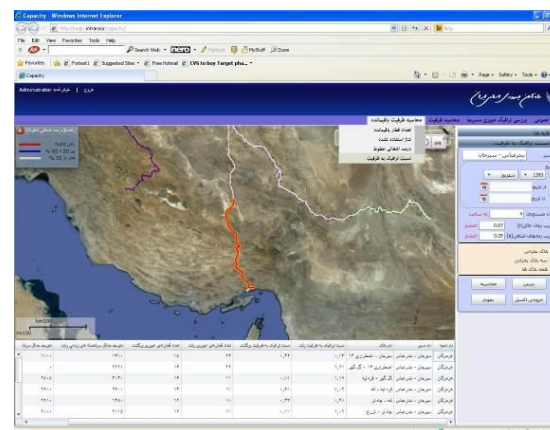


شکل ۱۲- محاسبه ظرفیت باقیمانده به روش UIC405 در یک مسیر

براین اساس، دو پارامتر درصد اشغالی خطوط و نسبت ترافیک به ظرفیت نیز قابل تعیین می‌باشند (اشکال ۱۳ و ۱۴).



شکل ۱۳- تعیین درصد اشغالی خطوط



شکل ۱۴- تعیین نسبت ترافیک به ظرفیت

## سیاسگزاری

راه آهن جمهوری اسلامی ایران که در انجام این تحقیق  
کمکهای فراوانی نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

بدین وسیله نویسندگان مقاله از آقایان دکتر کی‌منش،  
مهندس علی احمدی، مهندس محمودی و نیز شرکت

## مراجع

- [1] "UIC Leaflet 406.Capacity", International Union of Railways, 2004.
- [2] "General principles for mobility of Iran", Railway of Islamic Republic of Iran, 1387.
- [3] "The geometric design of railway regulations", Publication No. 288, the Organization of Management and Planning.
- [4] Hans-Ingo, Masoud Yaghini. "Scheduling and mobility on the railways", Quaid Fanavary Pishro Publications, 1389.
- [5] Azari, Khosrow. "Introduction to Design Railway Station of Iran", Bisheh Publications, 1387.
- [6] Buri, Jean-Daniel. Panos, Tzieropoulos. "Increasing line capacity with constant infrastructure", Swiss Transport Research Conference, 2009.
- [7] M. Abril., F. Barber., L. Ingolotti., M.A. Salido., P. Tormos., A. Lova., "An assessment of railway capacity". Transportation Research, Part E, 44, Pp: 774–806, 2008.
- [8] Dalvand, Reza. "Increasing the capacity of Lorestan axle by improving signaling techniques", University of Science and Technology, Faculty of Railway Engineering, 1387.
- [9] Yaghini, Masoud. Niko, Nariman. Momeni, Mohsen. "The Network-based multi-commodity model and the branching local solution method for calculating the capacity of the rail network", the 8<sup>th</sup> International Conference of Industrial Engineering, Tehran, in Persian date Bahman 1390.
- [10] Yaghini, Masoud. Mafakheri, Zahra. Niko, Nariman. "The calculation of railway capacity utilization in Iran based on UIC406 method case study: The direction of Tehran-Mashhad", Journal of Transportation, Vol. 9, No. 4, 1391.
- [11] Araghi, Morteza. "The comparison of Methods for determining the line capacity in the rail transport system and providing consolidated approach", 4<sup>th</sup> International Conference of Rail Transport, in Persian date Aban 1391.
- [12] Yaghini, Masoud. Niko, Nariman. Tamannayi, Mohammad. "Providing a method to evaluate strategies to increase rail capacity by using optimization method associated with the case study: The direction of Badroud - Ardakan", Transport Engineering, Vol. 3, No. 2, 1390.