

# استفاده از نرم افزار GISBase برای تعیین ظرفیت در شبکه ریلی ایران

بهرام مرادی سلووشی، محمود رضا کی منش، علی اصغر آل شیخ

1. کارشناسی ارشد، عمران راه و ترابری، رئیس گروه GIS شرکت راه آهن ج.ا.

[b\\_moradi5971@yahoo.com](mailto:b_moradi5971@yahoo.com)

2. استادیار گروه مهندسی عمران دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه پیام نور

[drkeymanesh@yahoo.com](mailto:drkeymanesh@yahoo.com)

3. استاد، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

[alesheikh@kntu.ac.ir](mailto:alesheikh@kntu.ac.ir)

و ...

## چکیده

سیستم های مکانیزه اطلاعاتی، به دلیل ویژگی هایی چون سرعت، دقت، سهولت و گستردگی، به صورت روز افزونی مورد توجه و استفاده وزارتخانه ها، سازمان ها و شرکت ها قرار می گیرند. رویارویی با حجم وسیع اطلاعات از یک سو و لزوم به اشتراک گذاری، همراه با نیاز به سرعت بالای تبادل اطلاعات از سوی دیگر هر روز ارگان های بیشتری را ناگزیر به طرح و بررسی راه حل های مکانیزه برای سیستم های مدیریت اطلاعات می کند. در این راستا، سیستم های اطلاعات مکانی (Geospatial Information Systems) پاسخی به نیاز اساسی استفاده کنندگان از اطلاعات مکانی و راه حلی در رفع تنگناهای ذخیره سازی، بازیابی و به اشتراک گذاری این گونه اطلاعات هستند.

سیستم حمل و نقل ریلی از تعامل مجموعه ای 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. بدین منظور محاسبه ظرفیت و تحلیل نحوه تغییرات کلیه عوامل موثر بر آن مهم و شناخت آنها کمک شایانی در ارتقاء سطح بهره برداری شبکه ریلی داد. روشهای مختلفی برای محاسبه ظرفیت وجود دارد که با توجه به نوع شبکه و نحوه استفاده از آن می توان از آنها بهره گرفت با توجه به اینکه شبکه ریلی ایران دارای تنوع نوع استفاده به صورت باری، مسافری و یا ترکیبی (باری و مسافری) می باشد در حال حاضر از روش محاسبه ظرفیت راه آهن ایران که به رابطه ظرفیت عملی مشهور است (رابطه اسکات) استفاده می شود. در این تحقیق که برای اولین بار پیشنهاد گردیده هدف این است که بتوانیم وضعیت ظرفیتی عملیاتی شبکه ریلی را با استفاده از اتصال به دیتا بیس سیر و حرکت و بدون ورود دستی داده در یک سامانه مکانی بصورت گرافیکی نمایش داده و ضمن مشاهده وضعیت فعلی ظرفیتی شبکه راهکاری برای استفاده از ظرفیت خالی و همچنین پیشنهاداتی برای بالابردن ظرفیت قسمتهایی از شبکه و همچنین رفع گلوگاههای ظرفیتی شبکه ریلی مطرح نماییم.

واژه های کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، ظرفیت شبکه ریلی، پایگاه داده گراف، نرم افزار.

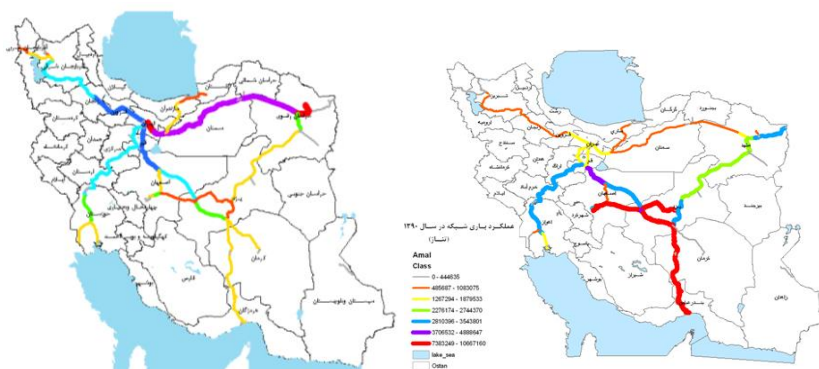
## 1- مقدمه

ظرفیت در حمل و نقل ریلی ساختاری متفاوت با سایر روش های حمل و نقل به خصوص حمل و نقل جاده ای دارد پارامترهای موثر در ظرفیت حمل و نقل ریلی بسیار گسترده هستند. این پارامترها بسته به نوع مسیر از لحاظ هندسه مسیر تا تکنولوژی های به کار برده شده در بهره برداری آن مانند نوع سیستم علائم بکاررفته در آنها تغییر می کند.

قابلیت و ظرفیت حمل بار و مسافر در یک شبکه ریلی تابعی از پارامترهای مختلف در مسیر حرکت ناوگان است این پارامترها شامل خصوصیات مسیر (مانند شیب و فراز ، قوس ، سیستم علائم الکتریکی ، محدودیتهای سرعت در مسیر، وجود تونل و غیره و ویژگی های ناوگان (از جمله سرعت لکوموتیو ، وزن ، نوع نیروی کشش ، نوع واگن ها و غیره ) از ویژگی های و خصوصیات عملیات در ایستگاه (مانند سیستم تخلیه و بارگیری محوطه های گروه بندی تشکیل قطار و تجهیزات ایستگاه ) و نیز نحوه بهره برداری و زمانبندی حرکت در شبکه ریلی (مانند سرعت سیر ، نوع قطارهای شبکه ) و مواردی نظیر ساخت و یا بازگشایی ایستگاه و یا تراکمندی است. مجموعه عوامل مذکور ظرفیت یک شبکه ریلی را تعریف می کند و تحلیل آنها نقاط و گره های بهره برداری از شبکه را نشان خواهد داد. روشهای محاسبه ظرفیت و فیش های UIC ترجمه شده وجود دارد که برای محاسبه ظرفیت می توان از آنها استفاده نمود ولی عملاً کلیه تحقیقات و پروژه هایی که برای محاسبه ظرفیت در راه آهن پیشنهاد شده در حد تحقیقات بود و کمتر به صورت عملیاتی استفاده گردیده است. لذا هدف این است که بتوانیم وضعیت ظرفیتی عملیاتی شبکه ریلی را در یک سامانه مکانی بصورت گرافیکی نمایش داده و راهکاری برای استفاده از ظرفیت خالی و همچنین پیشنهاداتی برای بالابردن ظرفیت قسمتهایی از شبکه و همچنین رفع گلوگاههای ظرفیتی شبکه ریلی مطرح نماییم .

## 2- بیان مسئله

این مطالعات با هدف مکانیزه کردن محاسبه ظرفیت در گسترده شبکه ریلی با روش راه آهن ایران و تعیین گلوگاه های آن در یک محیط GISBase انجام می شود. بدین منظور ابتدا ضمن بررسی روشهای مختلف محاسبه ظرفیت و زمان سنجی روشی که در راه آهن ایران بصورت دستی برای محاسبه ظرفیت استفاده می شود مکانیزه شده و بصورت گرافیکی در محیط نقشه و GIS و برای اولین بار نمایش داده می شود.

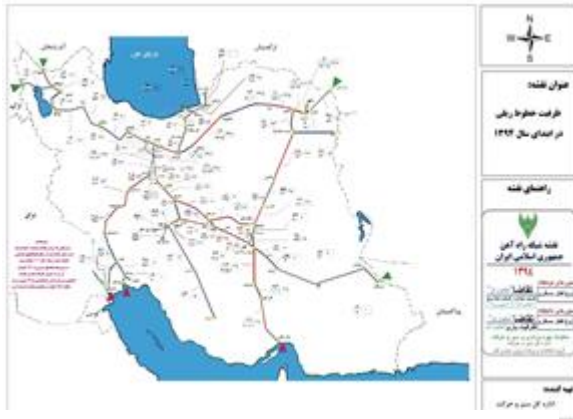


شکل 2. وضعیت ترافیک باری شبکه

شکل 1. وضعیت ترافیک مسافری شبکه

### 3- اهداف

تعیین ظرفیت شبکه ریلی بصورت محاسباتی و عملیاتی و نمایش بر روی نقشه بصورت گرافیکی و تعیین بلاکهای بحرانی و امکان استفاده از ظرفیتهای خالی می باشد. و همچنین در آینده بتوان با تغییر پارامترهای تاثیر گذار بر ظرفیت خطوط نظیر بازگشایی ایستگاه، تراکمندی، دو خطه کردن و... بتوان بصورت آنلاین تاثیر را مشاهده نمود و تصمیم گیری و الویت بندی انجام داد.



شکل 4. نقشه نسبت تقاضا به ظرفیت در سال 94



شکل 3. نقشه توسعه خطوط راه آهن

### 4- مفاهیم

4-1 شبکه ریلی: یک شبکه ریلی در اصطلاح UIC، شامل یکسری گره است که بوسیله یکسری پیوند به هم مرتبط شده اند .

4-2 مسیر: مجموع گره ها و خطوط پشت سرهم بین مبدا و مقصد مشخص، مسیر نامیده می شوند.

4-3 ایستگاه: ایستگاه محوطه ای است که مجموعه ای از خطوط و سوزنهای به هم پیوسته و ساختمان اداری و مسکونی و سکوهایی بار و مسافر در آن قرار دارد و محل توقف تنظیم قبول اعزام عملیات مانور و سبقت و تلاقی قطارها و سایر وسائط نقلیه ریلی می باشد و همچنین در آن امور مربوط به قبول تحویل بار و توشه سوار و پیاده شدن مسافر انجام می گیرد .

4-4 بلاک: فاصله بین دو نقطه جدایی در خطوط راه آهن که فقط یک ناوگان می تواند، در آن قرار گیرد، بلاک نام دارد. نقاط جدایی می تواند شامل ایستگاه ها، چراغ های راهنما، ایستگاه های اضطراری و ... باشد. به عبارت دیگر بلاک خطی است بین دو ایستگاه مجاور که برای تنظیم فاصله زمانی مسیر قطارها مشخص می شود که دو قطار با هم اجازه ندارند در یک بلاک باشند.

4-5 گراف حرکت قطارها: نمایش حرکت قطارها را بر روی دو محور مختصات نمودار حرکت قطارها می نامند. محور افقی آن زمان می باشد که عبارت از یک روز شمسی است و محور قائم که به مسافت اختصاص یافته، ایستگاههای واقع در مسیر خط بین مبدا و مقصد را نسبت به اختلاف مسافت نشان می دهد.

4-6 ظرفیت در راه آهن: آنچه به عنوان ظرفیت شناخته می شود در اصل توانایی یک مسیر در عبور دادن تعداد مشخصی از وسیله حمل و نقل است که در روش های مختلف حمل و نقلی به گونه های مختلف محاسبه می گردد.

7-4 دیتا بیس سیر و حرکت: این دیتابیس SQLServer بوده و اطلاعات گراف حرکت قطار در این دیتابیس ذخیره می شود و شامل جداول تشکیل قطار، حرکت قطار، آرایش قطار و جداول پایه شامل ناحیه، ایستگاه، بلاک و انواع قطار می باشد.

### 5- محاسبه ظرفیت به روش راه آهن ایران:

جهت تعیین ظرفیت هر خط در این روش، ابتدا سیرگاهی که مجموع زمان های رفت و برگشت در آن بیشترین مقدار می باشد، تعیین شده و سپس زمان عادی مورد نیاز بین ورود و خروج قطارها هنگام تلاقی تعیین می گردد. پس از تعیین دو زمان مذکور، با استفاده از رابطه عملی خط، تعداد زوج قطارهای قابل عبور در یک شبانه روز محاسبه می گردد. بدین ترتیب تعداد زوج قطارهایی که در یک شبانه روز از مسیر می توانند عبور نمایند، ظرفیت نامیده می شود.

#### 5-1- تعیین ظرفیت در شبکه ریلی ایران:

در شبکه ریلی ایران به منظور تعیین ظرفیت خط از رابطه های زیر که به نام رابطه ظرفیت عملی مشهور است، برای خطوط دو جهته و تک جهته استفاده می شود.

خطوط دو جهته (تک

خطه)

$$N_C = \left[ \frac{1440 - n \times 60}{T} \right] \times 0.85 - \varepsilon \times N_p - \varepsilon_1 \times N_G$$

خطوط تک جهته (دو خطه)

$$N_C = \left[ \frac{1440 - n \times 60}{I} \right] \times 0.9 - \varepsilon \times N_p - \varepsilon_1 \times N_G$$

که در آن:

$N_C$ : ظرفیت زوج قطارهای باری (تعداد)

$T$ : سرفاصله زمانی بین قطارها، مدت زمان بیشینه سیر رفت و برگشت بین دو ایستگاه،

$I$ : سرفاصله زمانی بین قطارها در حالت دو خطه، تک جهته.

$n$ : میزان ساعت مسدودی خط در طول روز (ساعت).

$N_p$ : تعداد زوج قطار مسافری روزانه.

$N_G$ : تعداد زوج قطار عملیاتی روزانه نظیر درزین.

ضریب تعدیل قطارهای مسافری  $1 < \varepsilon < 2$ .

ضریب تعدیل قطارهای عملیات  $1 < \varepsilon_1 < 2$ .

در رابطه راه آهن ایران سرفاصله زمانی بین قطارها در حالت تک خطه به صورت رفت- برگشت و در حالت دو خطه به صورت رفت- رفت در نظر گرفته می شود. در این حالت :

$$T = t_1 + t_2 + c_1 + c_2$$

$t_1$ : زمان رفت قطار در سیرگاه.

t2 : زمان برگشت قطار در سیرگاه.

c: زمان های حاشیه‌ای ( مانند زمان تلاقی ها یا زمان انتظار برای اخذ مجوز ورود به سیرگاه).

#### 4-4- ارزیابی نتایج

برای مقایسه نتایج، شرایطی که ظرفیت راه آهن ایران برای محاسبه ظرفیت در نظر گرفته شده است، در مدل وارد گردیده است. بر اساس زمان سیر ارائه شده در هر سیرگاه با توجه به هر سیرگاه ظرفیت سیرگاه محاسبه گردید. مشخصات مسیرها و نتایج مدل در جدول زیر نشان داده شده است.

محاسبه نمونه:

|      |                            |
|------|----------------------------|
| 1200 | زمان در دسترس              |
| 0.85 | ضریب                       |
| 1.15 | ضریب مسافری                |
| 99   | مجموع زمان سیر رفت و برگشت |
| 6.4  | زوج قطار مسافری            |
| 3    | روش راه آهن ایران          |

جدول 7- مقایسه نتایج در مسیر نمونه

| سیرگاه    | طول سیرگاه | مجموع زمان سیر رفت و برگشت | سرعت متوسط | ظرفیت سال 89* | نتایج مدل | درصد اختلاف |
|-----------|------------|----------------------------|------------|---------------|-----------|-------------|
| تهران     | 10         |                            |            |               |           |             |
| تهپه سفید | 18         |                            |            |               |           |             |
| آپرین     | 21         | 54                         | 46         | 44            | 44        | 0           |
| رابط ملکی | 16         | 44                         | 43         | 54            | 54        | 0           |
| کرج       | 17         | 41                         | 49         | 29            | 29        | 0           |
| کردان     | 17         | 38                         | 53         | 31            | 31        | 0           |
| هشتگرد    | 17         | 37                         | 55         | 32            | 32        | 0           |
| آبیک      | 17         | 36                         | 56         | 33            | 33        | 0           |
| زیاران    | 18         | 38                         | 56         | 31            | 31        | 0           |

| سیرگاه    | طول سیرگاه | مجموع زمان سیر رفت و برگشت | سرعت متوسط | ظرفیت سال 89* | نتایج مدل | درصد اختلاف |
|-----------|------------|----------------------------|------------|---------------|-----------|-------------|
| کهندهژ    | قزوین      | 45                         | 17         | 45            | 26        | 0           |
| قزوین     | سیاه چشمه  | 43                         | 16         | 44            | 27        | 0           |
| سیاه چشمه | تاکستان    | 40                         | 16         | 48            | 30        | 0           |
| تاکستان   | سیاه باغ   | 36                         | 16         | 53            | 33        | 0           |
| سیاه باغ  | قروه       | 38                         | 16         | 50            | 31        | 0           |
| قروه      | خرم دره    | 36                         | 17         | 56            | 33        | 0           |
| خرم دره   | زرین دژ    | 42                         | 18         | 51            | 28        | 0           |
| زرین دژ   | پیرزاغه    | 38                         | 16         | 50            | 31        | 0           |
| پیرزاغه   | سلطانیه    | 41                         | 20         | 58            | 29        | 0           |
| سلطانیه   | بناب       | 37                         | 17         | 55            | 32        | 0           |
| بناب      | زنجان      | 40                         | 17         | 51            | 30        | 0           |

\* گروه مطالعات و برنامه ریزی حمل و نقل اداره کل سیر و حرکت

جدول 8- مقایسه نتایج

| نام بلاک | مجموع زمان رفت و برگشت (دقیقه) | زمان مسدودی | ظرفیت به زوج قطار | زوج قطار مسافری | ظرفیت به زوج قطار باری |
|----------|--------------------------------|-------------|-------------------|-----------------|------------------------|
| بادرود   | 99                             | 240         | 12.0              | 6.4             | 3                      |
| زواره    | 99                             | 240         | 12.0              | 6.4             | 3                      |
| سنگی     | 102                            | 240         | 11.0              | 6.4             | 3                      |
| نابین    | 103                            | 240         | 11.0              | 6.4             | 3                      |
| سیاه کوه | 97                             | 240         | 12.0              | 6.4             | 3                      |

جدول 9- مقایسه نتایج

| مسیر          | نام بلاک        | طول بلاک | تعداد قطار | مجموع زمان رفت و برگشت (سال 89 دقیقه) | زمان مسدودی (دقیقه) | ظرفیت به زوج قطار (باری و مسافری) | زوج قطار مسافری 88 | ظرفیت به زوج قطار باری |
|---------------|-----------------|----------|------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------------|
| بادرود-اردکان | بادرود-زواره    | 51       | 3510       | 99                                    | 240                 | 12                                | 6.4                | 3                      |
|               | زواره-سنگی      | 47       | 3510       | 99                                    | 240                 | 12                                | 6.4                | 3                      |
|               | سنگی-نابین      | 50       | 3510       | 102                                   | 240                 | 11                                | 6.4                | 3                      |
|               | نابین-سیاه کوه  | 50       | 3510       | 103                                   | 240                 | 11                                | 6.4                | 3                      |
|               | سیاه کوه-اردکان | 42       | 3510       | 97                                    | 240                 | 12                                | 6.4                | 3                      |

## 6- طراحی و تولید نرم افزار GISBase

در حال حاضر، نرم افزارهای مختلفی در زمینه راه آهن ارائه شده اند. این نرم افزارها، بخشی به ارزیابی ظرفیت پرداخته اند و تعدادی به شبیه سازی همه منظوره مانند VISION، RailSys، MTS و OpenTrack، که هر یک از آنها به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. نرم افزار طراحی شده در بخش سرویس نقشه از Arcgis Server 10 و در بحث پایگاه داده از SQL Server 2008R2 و در برای برنامه نویسی سمت کاربر، از بین گزینه های موجود محصول SilverLight شرکت Microsoft انتخاب گردیده و زبان توسعه آن C# می باشد.

### 6-1- خلاصه ای از منو بارهای نرم افزار

با توجه به توضیحات گفته شده بالا بطور کلی نرم افزار از چهار منو بار تشکیل شده است که بطور جمع بندی شده شامل موارد زیر می باشد:

6-1-1 ابزار عمومی: در این منو بار ایستگاههای هر مسیر و امکان تعریف مسیر جدید امکان پرینت گرفتن از نقشه و امکان تعریف کاربران و خروج از سیستم وجود دارد.

6-2-1 بررسی ترافیک عبوری: در این منو بار از دیتا بیس سیر و حرکت اطلاعات زیر واکشی می شود.

• خصوصیات قطار در هر مسیر(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 می باشد.

• سرعت قطار: شامل سرعت و زمان سیر رفت و برگشت در بلاکهای آن مسیر می باشد.

• محاسبه زمان سیر به صورت کلی و بر حسب

نوع: که شامل نوع قطار، شماره قطار، تاریخ و زمان سیر می باشد

• دلایل تاخیر: که شامل نام مسیر، نوع قطار، ساعت تشکیل، نام ایستگاه، زمان ورود و خروج، زمان تاخیر، علت تاخیر می باشد.

6-3-1-1 منوی محاسبه ظرفیت: این منو شامل موارد زیر است:

برآورد تعداد قطار عبوری (روش راه آهن ایران Uic 405/406)

برآورد تناژ عبوری (روش راه آهن ایران Uic405)

برآورد ظرفیت بهینه روش uic406

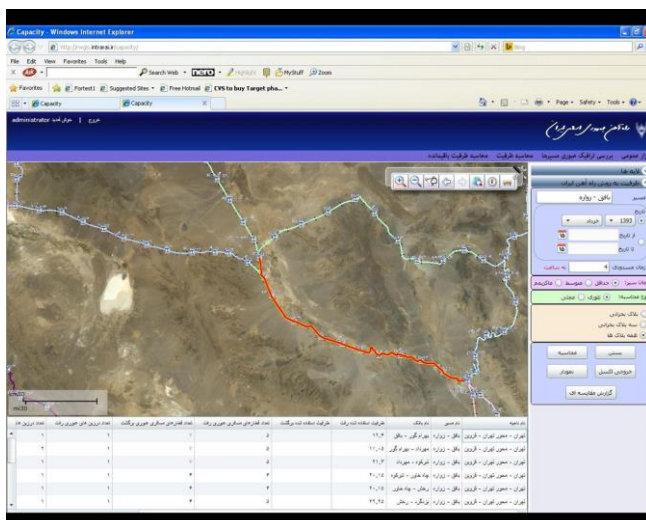
6-4-1-1 محاسبه ظرفیت باقیمانده

تعداد قطار باقیمانده (روش راه آهن ایران، Uic405)

تناژ استفاده نشده (روش راه آهن ایران، Uic)

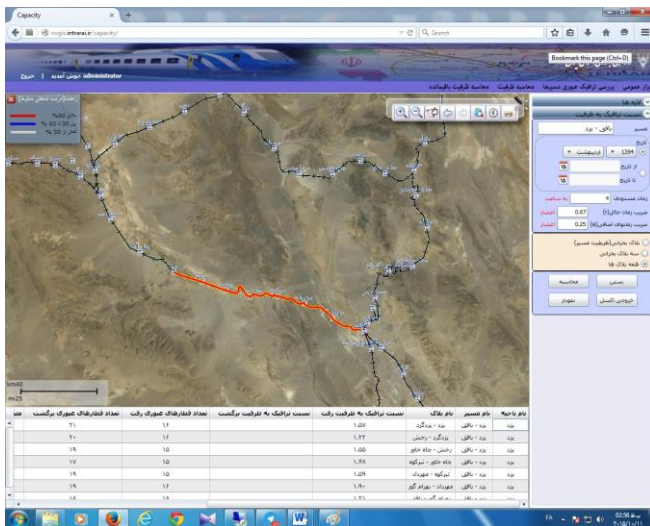


شکل 5. قابلیت های عمومی نرم افزار

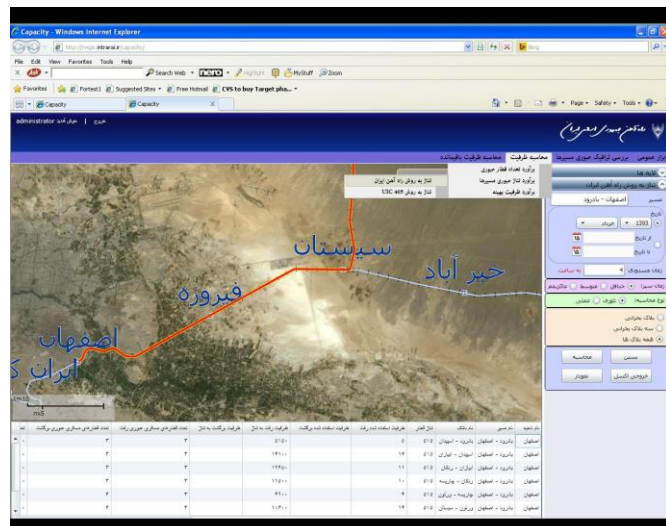


شکل 6. محاسبه ظرفیت به روش راه آهن ایران





شکل 8. نسبت ترافیک به ظرفیت



شکل 7. محاسبه تناژ به روش راه آهن ایران

## 7- نتایج و پیشنهادات

در این مقاله با استفاده از قابلیت‌های سیستم‌های مکان مبنا (GIS) از ظرفیت عملکردی راه آهن 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 استفاده شده است و برای اولین بار در یک محیط GIS ای و بر روی نقشه شبکه ریلی ایران امکان محاسبه و نمایش ظرفیت عملکردی راه آهن بدون کوچکترین ورود اطلاعات و با استفاده از اتصال مستقیم به داده‌های سیستم‌های سیر و حرکتی موجود در راه آهن وجود داشته و با روش‌های موجود در دنیا ظرفیت قابل محاسبه و مقایسه می‌باشد. و همچنین نوع آوری که در این مقاله استفاده شده شامل ارائه رویکردی جدید به موضوع محاسبه ظرفیت با نگاه مکانی، امکان محاسبه ظرفیت عملیاتی راه آهن بدون ورود داده با اتصال مستقیم به پایگاه داده‌های مورد نظر، امکان نمایش وضعیت ظرفیتی و گلوگاهی شبکه ریلی بر روی نقشه با لایه‌های GIS ای بوجود آمده است.

## 8- نتیجه گیری

در نرم افزار طراحی شده علاوه بر دید گرافیکی امکان گسترش سامانه طراحی شده برای پیش بینی تاثیر پارامترهای افزایش ظرفیت خطوط وجود دارد. نظیر با ایجاد ایستگاه یا بازگشایی ایستگاههای بسته وضعیت ظرفیتی چه تغییری خواهد کرد، با احداث خطوط جدید یا دو خطه و سه خطه و یا بیشتر کردن خطوط موجود تاثیر بر روی ظرفیت چگونه است، تراکمندی و شکستن یک بلاک به چند بلاک و تاثیر بر روی ظرفیت در روی نقشه قابل مشاهده و تصمیم گیری است، با استفاده از پارامترهای افزایش ظرفیت محل گلوگاهها چه تغییر کرده و راهکار حذف آن چیست، با شبکه موجود و یا تغییر شبکه چگونه می توانیم از چشمه های بار بهره مند شویم، چگونه برای استفاده بهینه از ظرفیت شبکه از حمل و نقل ترکیبی استفاده کنیم، اتصال این سامانه با سامانه های ، AVL و RFID چگونه برقرار گردد.



## فهرست منابع

منابع و مراجع برای مطالعه بیشتر:

1. یقینی، مسعود و انجمن علمی دانشکده مهندسی راه آهن (ترجمه) (1389) "زمانبندی و سیر و حرکت در راه آهن"، انتشارات پیشرو فناوری قاندا.

2. مطالعات فاز شناخت، تهیه نرم افزار بارگذاری شبکه ریلی کشور و تعیین گلوگاه های آن، مهندسین مشاور تدبیرگران راه و راه آهن، 1389.

3. نیکو نریمان، تجزیه و تحلیل روشهای محاسبه ظرفیت در راه آهن، سیمینار کارشناسی ارشد، 1389

|  |   |
|--|---|
| RAIL TRAFFIC<br>CONTROLLER   | <a href="http://www.berkeleysimulation.com/">http://www.berkeleysimulation.com/</a>   |
| OPENTRACK  | <a href="http://www.opentrack.ch/opentrack/opentrack_e/opentrack_e.html#Events">http://www.opentrack.ch/opentrack/opentrack_e/opentrack_e.html#Events</a>                           |
| RAILSIM  | <a href="http://www.railsim.com/">http://www.railsim.com/</a>   |
| INDIA RAILWAYS<br>GIS-BASED<br>DECISION-SUPPORT<br>SYSTEM                            | <a href="http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc96/to350/pap328/p328.htm">http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc96/to350/pap328/p328.htm</a>                   |
| CANAC  | <a href="http://www.canac.com/index.php?page=products">http://www.canac.com/index.php?page=products</a>   |
| Component based system<br>architecture for railway<br>capacity management<br>systems | <a href="http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&amp;arnumber=1357960">http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&amp;arnumber=1357960</a> |