



# راه آهن دورود - خرم آباد

بزرگترین دهانه پل راه آهن ایران  
طول‌ترین تونل راه آهن ایران

## پرونده نظری

عصر نوین مهندسی، پیشگامان تحول

نگاهی به هوش مصنوعی، بلاک چین و مباحث نو در  
ساخت‌وساز و حمل‌ونقل

## پرونده اجرایی

پروژه راه آهن دورود-خرم‌آباد

نگاهی به روند فنی اجرای پروژه همراه با بررسی  
چالش‌ها و مشکلات پیشبرد آن

در گفت‌وگوهای با

مهندس فاضلیان: مجری طرح

مهندس ونکی: مدیر پیمانکار

مهندس پازوکی: مدیر نظارت

دکتر حیدری: مدیر مطالعات و طراحی

## جستارهایی با موضوع

بررسی تأثیر شبکه ژئواسکرپ بر  
پارامترهای مقاومت برشی

کاهش صدای محیطی و بهینه‌سازی صوتی  
در درون ساختمان از طریق پانل‌های نما







بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





# شرکت مهندسين مشاور توسعه راه آهن ايران (مترا)

با ۴۰ سال سابقه درخشان در زمینه ارائه خدمات  
مطالعات و طراحی، نظارت و مدیریت طرح در  
حوزه های حمل و نقل، ابنیه و ساختمان



صاحب امتیاز: شرکت مهندسين مشاور توسعه راه آهن ايران (مترا)

مدیرمسئول: اصغر مخلوقی

سردبیر: امیر قاسمی

دبیر بخش پرونده نظری: امیر محدثزاده

دبیر بخش پرونده اجرایی: حبیب الله حیدری رنانی و حامد پازوکی

گرافیکست و صفحه آرا: علی یار میزبان

تایپوگرافی: مهسا رشید

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول: پاییز ۱۴۰۳

باتشکر از: زینب نوراللهزاده، پریسا نجفی، شیما نظری، آناهید فضلی، مهدی شیراحمد، علی انصاری، سکینه کرمشاهی،

روزبه فیروزکوهی، سارا درویشی، سامان قادری، سمیه رنجبر، علی سجادی نیا، بهراد گودرزی و حجت الله احمدی

با سپاس ویژه از: محمد احمدی بافنده و لیلی برزگر رودکی

شماره تماس: ۰۹۱۰۶۶۲۸۳۳۸ (پویا بهارلو محمدزاده، مدیر روابط عمومی)

آدرس سایت: [www.Metraconsultant.com](http://www.Metraconsultant.com)

ایمیل: [info@metraconsultant.com](mailto:info@metraconsultant.com)

آدرس اینستاگرام: [www.instagram.com/metra.consultant](https://www.instagram.com/metra.consultant)

نشانی: تهران، خیابان سعادت آباد، بالاتر از میدان شهید طهرانی مقدم (کاج)، خیابان ششم، پلاک ۲۳، ساختمان برلیان



|   |                      |
|---|----------------------|
| ۶ | ..... ساختار فصلنامه |
|---|----------------------|

## فصل اول: مقدمه

|    |                        |
|----|------------------------|
| ۱۰ | ..... سرمقاله          |
| ۱۲ | ..... معرفی شرکت       |
| ۲۴ | ..... اخبار و رویدادها |

## فصل دوم: پرونده نظری

|    |                                                                                              |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳۰ | ..... عصر نوین مهندسی<br>پیشگامان تحول در ساخت و ساز و حمل و نقل                             |
| ۳۲ | ..... تأثیر هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر بر صنعت ساخت و ساز                                  |
| ۳۶ | ..... جاده‌های هوشمند و زیرساخت‌های هوشمند<br>نگاهی جامع به آینده حمل و نقل                  |
| ۴۴ | ..... ساخت شهرهای تاب‌آور<br>چهارچوبی برای تاب‌آوری شهری                                     |
| ۴۸ | ..... دیدگاه تحلیلی بر پذیرش موارد استفاده از هوش مصنوعی بر اساس<br>سطح بلوغ در صنعت راه‌آهن |
| ۵۴ | ..... نقش بلاک‌چین در تحول صنعت حمل و نقل و لجستیک                                           |

## فصل سوم: پرونده اجرایی

|     |                                                                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۶۴  | ..... راه‌آهن دورود- خرم‌آباد<br>نگاهی بر پروژه در ابعاد مختلف                                                                         |
| ۱۰۲ | ..... راه‌آهن دورود- خرم‌آباد، به مثابه یک دانشگاه عملی<br>در گفت‌وگو با مهندس فاضلیان، مجری طرح بزرگ راه‌آهن دورود- خرم‌آباد- اندیمشک |
| ۱۰۳ | ..... راه‌آهن دورود- خرم‌آباد، بزرگترین تونل ریلی خاورمیانه<br>در گفت‌وگو با مهندس ونکی، مدیر پروژه پیمانکار راه‌آهن دورود- خرم‌آباد   |
| ۱۰۴ | ..... ابر پروژه راه‌آهن دورود- خرم‌آباد؛ عبور از مسیرهای صعب‌العبور<br>در گفت‌وگو با مهندس پازوکی، مدیر نظارت راه‌آهن دورود- خرم‌آباد  |
| ۱۰۸ | ..... راه‌آهن دورود- خرم‌آباد؛ نقطه تلاقی دانش و تجربه<br>در گفت‌وگو با دکتر حیدری، مدیر مطالعات و طراحی راه‌آهن دورود- خرم‌آباد       |

## فصل چهارم: جستار

|     |                                                                                                                              |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۱۴ | ..... بررسی تأثیر شبکه ژئواسکرپ بر پارامترهای مقاومت برشی بالاست<br>سنگی به کمک آزمایش برش مستقیم بزرگ‌مقیاس                 |
| ۱۱۶ | ..... بررسی تأثیر شبکه ژئواسکرپ بر پارامترهای مقاومت برشی ترکیب<br>بلاست سنگی- سرباره‌ای به کمک آزمایش برش مستقیم بزرگ‌مقیاس |
| ۱۱۸ | ..... کاهش صدای محیطی و بهینه‌سازی صوتی در درون ساختمان از<br>طریق پانل‌های نما                                              |

## ساختار فصلنامه

ساختار «فصلنامه علمی-تخصصی مهندسين مشاور مترا»، بر پایه چهار فصل اصلی با عناوین «مقدمه»، «پرونده نظری»، «پرونده اجرایی» و «جستار» شکل گرفته است که هر فصل، اهداف و بخش‌های متفاوتی را دربرمی‌گیرد. فصل مقدمه شامل سه بخش سرمقاله، معرفی شرکت، اخبار و رویدادها می‌شود. سرمقاله، نوشتاری از مدیرمسئول فصلنامه است که به موضوعات روز، رویکردها و سیاست‌های شرکت و شماره کنونی می‌پردازد. در بخش معرفی شرکت، گروه و دپارتمان‌های تخصصی، رتبه‌ها و گواهی‌های صلاحیت و نیز پروژه‌های شرکت ارائه می‌گردد؛ و نهایتاً در بخش اخبار، مهم‌ترین و به‌روزترین خبرهای مربوط به شرکت پوشش داده می‌شود. در فصل پرونده نظری، در هر شماره یکی از موضوعات مربوط به پروژه‌های شرکت با جستارهای نظری و یادداشت‌های علمی مختلف مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. در این شماره خوانشی بر موضوع "عصر نوین مهندسی" صورت گرفته است.

در فصل پرونده اجرایی، در هر شماره گزارشاتی فنی پیرامون یکی از شاخص‌ترین پروژه‌های شرکت ارائه شده و در تعامل با مدیران پروژه تلاش می‌شود مهم‌ترین نتایج، دستاوردها، نوآوری‌ها و مهندسی ارزش مربوط به آن پروژه تشریح گردد. در این شماره، موضوع "پروژه راه‌آهن دورود-خرم‌آباد" مورد بررسی کارشناسان فنی شرکت مهندسين مشاور مترا قرار گرفته است.

در فصل جستار نیز که از این شماره به فصلنامه علمی-تخصصی شرکت مترا اضافه گردیده است، چکیده تعدادی از مقالات کارکنان و اعضای این شرکت ارائه شده است.







# فصل اول

## مقدمه



سرمقاله

۱

معرفی شرکت

۲

اخبار و رویدادها

۳

## سرمقاله

فصلنامه مترا: عرصه پیوند علم و عمل

### اصغر مخلوقی

مدیر عامل و رئیس هیئت مدیره



در فصل جدیدی که از این شماره به ساختار نشریه اضافه شده، مجموعه‌ای از مقالات، جستارها و متون علمی که توسط متخصصین شرکت مترا تهیه شده است را گردهم آورده‌ایم. محتوای این فصل، منبعی غنی از دانش و اطلاعات به‌روز و نوآورانه را در اختیار علاقه‌مندان حوزه‌های مرتبط قرار خواهد داد.

تمام آنچه گفته شد را انجام دادیم و امید داریم تا این شماره از فصلنامه علمی-تخصصی مهندسی مشاور مترا که ثمره تلاش‌های بی‌وقفه هیئت تحریریه و جمعی از کارکنان، متخصصین و مدیران خانواده بزرگ این شرکت بوده است، مورد استقبال شما مخاطبان بزرگوار و اهل اندیشه و یادگیری قرار گیرد. هدف ما از انتشار این فصلنامه، گام نهادن در مسیر اشتراک‌گذاری دانش، ارتقای سطح علمی و فنی جامعه مهندسی کشور و در نهایت، مشارکت در مسیر پیشرفت و توسعه میهن عزیزمان است و در این مسیر مهم، از هیچ تلاشی دریغ نخواهیم کرد...

از توجه شما سپاس‌گزاریم و مشتاقانه پذیرای نظرات و پیشنهادات ارزشمندتان هستیم.

در آستانه پاییز ۱۴۰۳، با افتخار شماره جدیدی از فصلنامه علمی-تخصصی شرکت مهندسی مشاور توسعه راه‌آهن ایران را تقدیم حضورتان می‌کنیم. این شماره، حاصل همت والای جمع کثیری از همکاران متعهد ماست که با هدف اشتراک‌گذاری دانش و تجربیات ارزشمند حاصل از پروژه‌های مختلف شرکت تدوین شده است. به بیان دیگر، نشر تجارب حاصل از اجرای پروژه‌ها، عرصه‌ای را فراهم می‌آورد برای پیوند علم و عمل.

در این شماره، چهار فصل پربار را به شما عزیزان تقدیم می‌داریم. در فصل نخست همچون گذشته، به‌صورت مختصر به معرفی شرکت و بعضی از پروژه‌های آن برای مخاطبان تازه پرداخته‌ایم. در فصل پرونده نظری، به کاوش در عرصه‌های نوین مهندسی همچون هوش مصنوعی و بلاک‌چین پرداخته شده است. این مباحث، افق‌های تازه‌ای را در زمینه نوآوری و خلاقیت در عرصه مهندسی پیش روی ما قرار می‌دهند.

در فصل پرونده اجرایی، پروژه راه‌آهن دورود-خرم‌آباد را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین طرح‌های عمرانی کشور در حوزه حمل‌ونقل ریلی، مورد بررسی دقیق قرار داده‌ایم. دستاوردها و تجربیات ارزشمند مهندسی مشاور مترا در این پروژه، با نگاهی موشکافانه و از منظر مهندسی ارزش، واکاوی شده است.





شرکت مهندسين مشاور توسعه راه‌آهن ايران (مترا) با هدف ارائه خدمات مهندسی و تولید دانش در حوزه حمل‌ونقل، زیرساخت و سایر صنایع در تاریخ ۱۸ آذرماه ۱۳۶۳ در میانه جنگ تحمیلی، توسط وزارت راه و شهرسازی با مشارکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران تأسیس شد.

این شرکت به‌منظور پر کردن خلاء پیش آمده از خروج مهندسين و مشاوران خارجی که قبل از انقلاب اسلامی ايران در این کشور فعال بودند، فعالیت خود را آغاز کرد و در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۸ جهت اجرای سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی به بخش غیر دولتی واگذار شد. پس از آن در سال ۱۳۹۸ و در راستای هم‌افزایی توانمندی‌ها و تخصص‌ها، شرکت "مهندسين مشاور طرح و اندیشه شیوا اطلس" در مجموعه ادغام گردید و از آن پس انجام مطالعات، طراحی و نظارت بر پروژه‌های ابنیه و ساختمان به تخصص‌های قبلی افزوده شد تا روند توسعه خود را پرشتاب‌تر ادامه دهد.

این مجموعه با سابقه‌ای ۴۰ ساله به‌نوعی اولین مهندسين مشاور ایرانی در حوزه مهندسی راه و راه‌آهن است که این خود اعتبار و موقعیت ویژه‌ای را برای شرکت مترا در بین سایر رقبا به ارمغان می‌آورد. باتوجه به این‌که قدمت و اصالت مولفه‌های مهم و تأثیرگذار در بین شرکت‌ها است، اکنون پس از گذشت چهار دهه و انجام نزدیک به ۴۵۰ پروژه ملی و کسب اندوخته‌های ارزشمند از دانش و تجربه، با تکیه بر روش‌های نو، مدیریت دانش بنیان، نوآوری در زمینه‌های فعالیت، گسترش حوزه‌های خدماتی و گواهی‌های صلاحیت، شرکت مترا به‌عنوان یکی از شرکت‌های تراز اول در ایران شناخته شده‌است که ردپای مهندسان و متخصصان آن در جای‌جای کشور عزیزمان دیده می‌شود.



## گواهی‌های صلاحیت مهندسین مشاور توسعه راه‌آهن ایران (مترا)

راه‌آهن ..... پایه یک 

تکرار راه‌آهن ..... پایه یک 

ترافیک و حمل‌ونقل ..... پایه یک 

ساختمان ..... پایه یک 

راه‌سازی ..... پایه دو 

معماری داخلی ..... پایه دو 

شهرداری ..... پایه سه 

سازه و مقاوم‌سازی ..... پایه سه 

فرودگاه ..... پایه سه 

بندرسازی و سازه‌های دریایی ..... پایه سه 

تأسیسات آب و فاضلاب ..... پایه سه 

تأسیسات برق و مکانیک ..... پایه سه 

نقشه برداری زمینی ..... پایه سه 

ایمنی و کاهش خطرات ..... پایه سه 

خدمات مدیریت طرح در تخصص‌های راه‌آهن، ترافیک و حمل‌ونقل، ساختمان، راه‌سازی و معماری داخلی



# تخصص‌های شرکت مهندسين مشاور مترا

شهرداری (برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، طراحی شهری، اقتصاد و حمل‌ونقل شهری)  
مطالعات فاز صفر و یک تأسیسات زیربنایی شهری  
معماری ساختمان‌های مسکونی، تجاری، اداری و بزرگ‌مقیاس  
معماری داخلی ساختمان‌های مسکونی، تجاری، اداری و بزرگ‌مقیاس  
طراحی نما  
طراحی سازه ساختمان‌های بلندمرتبه  
سیستم‌های نوین اعم از میراگرها و جداگرها  
آنالیز مطالعات تونل باد  
طراحی بر اساس عملکرد  
ارزیابی سازه‌های موجود و مقاوم‌سازی  
سازه‌ها و ادوات الحاقی  
فاز صفر، یک و دو تأسیسات مکانیکی و برقی  
سیستم‌های اطفاء و اعلام حریق  
سیستم‌های تهویه مطبوع  
سیستم‌های کنترل و تخلیه دود  
هوشمندسازی و سیستم‌های جریان ضعیف  
سیستم مدیریت ساختمان BMS  
سیستم مدیریت انرژی EMS  
سیستم اتوماسیون پارکینگ PMS  
منابع انرژی نوین  
مدل‌سازی اطلاعات پروژه‌های ساختمانی (BIM)





# تخصص‌های شرکت مهندسين مشاور مترا

طراحی مسیر

روسازی راه و راه‌آهن

زیرسازی راه و راه‌آهن

سازه‌های زیرزمینی شامل تونل‌های راه، راه‌آهن، مترو، تأسیسات  
و انتقال آب و ایستگاه‌های مترو

معماری ابنیه فنی شامل پل، تونل و ایستگاه‌های مترو و راه‌آهن  
سازه پل‌های راه و راه‌آهن

بهره‌برداری قطار شهری، مترو، راه‌آهن

ناوگان قطار شهری، مترو، راه‌آهن

مهندسی ترافیک، حمل و نقل و ترانزیت

تهویه تونل

سیگنالینگ، مخابرات و برق‌رسانی (تجهیزات ویژه)

برق و مکانیک و روشنایی (تأسیسات ناویژه)

اعلام و اطفاء حریق

معماری منظر

بهداشت، ایمنی، امنیت و محیط‌زیست (HSSE)

لجستیک

آب‌های زیرزمینی (هیدروژئولوژی)

آب‌های سطحی (هیدرولوژی)

زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک

مکانیک سنگ / خاک

بهسازی خاک و سنگ

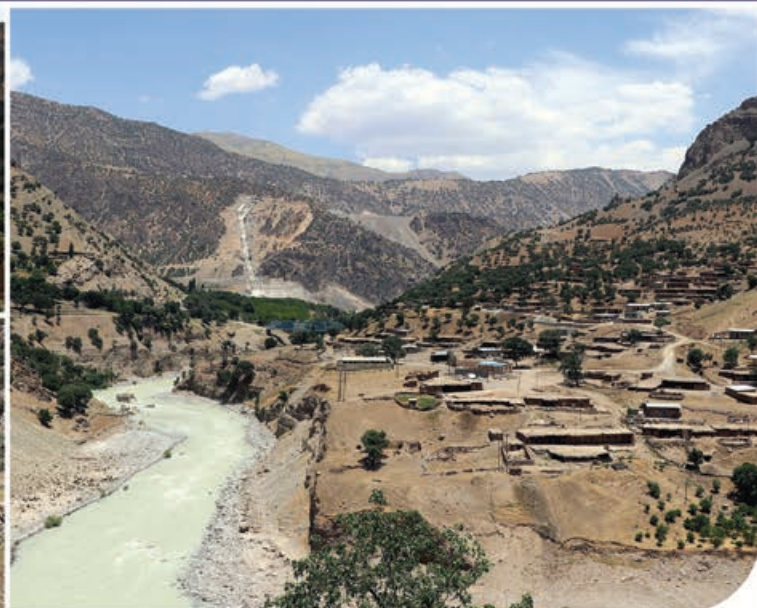
معادن روباز و زیرزمینی



## پروژه‌های جاری شرکت



• عنوان قرارداد: مقبره شهدای گمنام جزیره قشم  
کارفرما: سازمان منطقه آزاد تجاری - صنعتی قشم  
حوزه فعالیت مترا: مطالعات و طراحی



• عنوان قرارداد: قطعه ۲ راه الیگودرز-مسجد سلیمان  
کارفرما: شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور  
حوزه فعالیت مترا: نظارت

### پروژه های جاری شرکت:

- طراحی ساختمان امام خمینی
- طراحی ساختمان سوله فرودگاه سنندج
- **مقبره شهدای گمنام جزیره قشم**
- مطالعات طراحی شعبه رضوان شهر
- طراحی معماری مصلاي مسجد قشم
- نظارت عالیّه سنگر-سیاهکل قطعه ۲
- مطالعات اتصال ایلام به شبکه ریلی
- نظارت بهسازی راه اصلی منجیل-سه راه طارم
- ادامه نظارت احداث پل سفیدرود
- **قطعه ۲ راه الیگودرز-مسجد سلیمان**





• عنوان قرارداد: بلوک های مسکونی نمک آبرود  
کارفرما: شرکت عمران اطلس ایرانیان  
حوزه فعالیت مترا: مطالعات و طراحی



• عنوان قرارداد: احداث راه باند دوم راه اردکان-چوپانان  
کارفرما: شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور  
حوزه فعالیت مترا: مطالعات و طراحی

- مشاور منوریل قم
- نظارت قطار برقی گلشهر-هشتگرد
- نظارت پروژه های سازمان مهندسی و عمران شهر تهران
- احداث راه باند دوم راه اردکان-چوپانان

- نظارت راه آهن مراغه-ارومیه
- نظارت احداث باند دوم خمین-الیگودرز
- بلوک های مسکونی نمک آبرود
- ادامه نظارت راه آهن میانه تبریز





- عنوان قرارداد: مجتمع چند منظوره فرمانیه
- کارفرما: شرکت توسعه عمران پارس آتیه
- حوزه فعالیت مترا: طراحی و نظارت



- عنوان قرارداد: روسازی راه آهن میانه - بستان اباد - تبریز
- کارفرما: شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور
- حوزه فعالیت مترا: نظارت

#### پروژه های جاری شرکت:

- طراحی منظر بوستان هرمز
- مجتمع چند منظوره فرمانیه
- مطالعات حنا - قدمگاه - زمان کهریز
- مطالعات ترافیک بوشهر
- نظارت قطعه ۱ راه آهن اسفراین - بجنورد
- مطالعات ریلی فولاد جهان آرا اروند
- طراحی خط ۷ متروی تهران
- مطالعات راه آهن اراک - اصفهان
- مطالعات قطعه ۲ اسفراین - بجنورد
- روسازی راه آهن میانه - بستان اباد - تبریز





• عنوان قرارداد: راه اصلی سنگر-سیاهکل  
کارفرما: اداره کل راه و شهرسازی استان گیلان  
حوزه فعالیت متر: طراحی و نظارت



• عنوان قرارداد: مقاوم سازی ساختمان امام خمینی بانک سپه  
کارفرما: اداره کل ساختمان بانک سپه  
حوزه فعالیت متر: طراحی



- نظارت کارگاهی و عالیه راه آهن دورود- خرم آباد
- مقاوم سازی ساختمان امام خمینی بانک سپه
- نظارت زیرسازی راه آهن سبزوار
- زیرسازی راه آهن سبزوار
- نظارت روسازی اتصال ریلی پارس فولاد سبزوار

- نظارت راه اصلی سنگر-سیاهکل
- مطالعات راه آهن دورود- خرم آباد
- مطالعات محور فرخ شهر
- مطالعات برقی سازی گرمسار- اینچه برون





• عنوان قرارداد: مجتمع اداری و تجاری اطلس مال  
کارفرما: شرکت باغ فردوس ایرانیان  
حوزه فعالیت مترا: طراحی و نظارت



• عنوان قرارداد: روسازی راه آهن خواف-هرات  
کارفرما: مجری طرح های برون مرزی وزارت راه و شهرسازی  
حوزه فعالیت مترا: نظارت

#### پروژه های جاری شرکت:

- روسازی راه آهن خواف-هرات
- مطالعات استاندارد های مراکز لجستیک
- نظارت محور بن-شیخ شبن-داران
- طراحی ساختمان طالقانی بجنورد
- مجتمع اداری و تجاری اطلس مال

- نظارت روسازی راه آهن سبزوار
- ادامه نظارت دورود-خرم آباد
- مشاور کارفرما راه تونل گلستان-چشمه خان
- مطالعات شعبه بازار تهران
- مدیریت طرح راه آهن تهران-تبریز مناطق IV و ۱۸





- عنوان قرارداد: زیرسازی و روسازی اتصال پارس فولاد سبزوار به شبکه ریلی
- کارفرما: شرکت پارس فولاد سبزوار
- حوزه فعالیت مترا: مشاور کارفرما



- عنوان قرارداد: تونل مکانیزه مترو اسلامشهر
- کارفرما: شهرداری اسلامشهر
- حوزه فعالیت مترا: نظارت

- نظارت فنس کشی فرودگاه داراب
- مطالعات برج های مراقبت فرودگاه های مهرآباد، مشهد، تبریز، اصفهان
- نظارت زیرسازی راه آهن دورود- ملایر
- نظارت مقاوم سازی شعبه عسلویه بانک ملی
- زیرسازی و روسازی اتصال پارس فولاد سبزوار به شبکه ریلی

- نظارت قطعه ۵ باند دوم زاهدان- خاش
- تونل مکانیزه مترو اسلامشهر
- نظارت ساختمان شماره دو شهرداری تهران
- نظارت ساختمان مدیریت بحران شهرداری
- مطالعات ساختمان های فرودگاه تبریز



• عنوان قرارداد: ایستگاه مترو چهاردانگه (تهران)  
کارفرما: شهرداری چهاردانگه  
حوزه فعالیت مترا: طراحی و نظارت



• عنوان قرارداد: قطار برقی گلشهر-هشتگرد  
کارفرما: شرکت عمران شهر جدید هشتگرد  
حوزه فعالیت مترا: نظارت

#### پروژه های جاری شرکت:

- مطالعات ایستگاه S1، خط ۲ قطار شهری تبریز
- خدمات مشاور کارفرما شلمچه
- مطالعات ترافیکی شهرداری تبریز مناطق ۳ و ۵
- مطالعات روسازی سفیدآبه-بیرجند
- نظارت بهسازی دامغان-گلوگاه

- نظارت ایستگاه مترو چهاردانگه (تهران)
- مطالعات راه زاهدان-خاش
- مطالعات تونل های الیگودرز-مسجد سلیمان
- قطار برقی گلشهر-هشتگرد
- تهیه اسناد فنی فولاد خراسان





- عنوان قرارداد: نظارت قطعه ۳ و ۵ باند دوم راه زاهدان-خاش
- کارفرما: شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور
- حوزه فعالیت مترا: طراحی و نظارت



- عنوان قرارداد: شهرک مسکونی نخل شهر ارگ جدید
- کارفرما: شرکت عمران ارگ جدید
- حوزه فعالیت مترا: مطالعات و طراحی

- شهرک مسکونی نخل شهر ارگ جدید
- مطالعات سند ترانزیت کشور
- نظارت قطعه ۳ و ۵ باند دوم راه زاهدان-خاش
- نظارت محور فرخ شهر

- مشاور زیرسازی اتصال ریلی پارس فولادسبزوار
- ادامه نظارت تونل اتریشی اسلامشهر
- مشاور راه آهن شلمچه-بصره
- پل های باند دوم اردکان-چوپانان

## بازدید مدیرعامل محترم گروه شرکت‌های ایرانیان اطلس از شرکت مترا

در مرداد ماه ۱۴۰۳ جناب آقای دکتر قربانی، مدیرعامل محترم گروه شرکت‌های ایرانیان اطلس به همراه دکتر فرهادی‌نیا، عضو محترم هیئت‌مدیره این شرکت، از مهندسین مشاور توسعه راه‌آهن ایران بازدید به عمل آوردند.

گروه شرکت‌های ایرانیان اطلس که در سال ۱۳۶۵ تأسیس شد، از سال ۱۳۸۴ به صورت رسمی خود را به عنوان یک گروه سرمایه‌گذاری و اجرایی در صنعت ساختمان کشور معرفی کرد و تا امروز در این عرصه حضوری جدی و مستمر داشته است. این گروه به عنوان زیرمجموعه گروه مالی سپه، سهام‌دار عمده شرکت مترا نیز می‌باشد.

طی این بازدید، گروه‌های مختلف شرکت مترا توسط مدیرعامل شرکت معرفی شده و عملکرد و دستاوردهای شرکت از جمله داشبوردهای طراحی و بومی‌سازی شده، فصلنامه تخصصی، کاتالوگ معرفی پروژه‌ها و کیفیت و کمیت نیروی انسانی متخصص مورد بررسی قرار گرفت.

از اهم موضوعات این بازدید می‌توان به بررسی راهکارهای ایجاد زنجیره ارزش در راستای هم‌افزایی سرمایه‌های انسانی و اقتصادی شرکت‌های تابعه گروه ایرانیان اطلس اشاره نمود.



بازدید مدیرعامل محترم گروه شرکت‌های ایرانیان اطلس از شرکت مترا



## بازدید رئیس محترم هیئت مدیره هلدینگ کیسون از شرکت مترا

در تیر ماه ۱۴۰۳ مهندس محمدرضا انصاری، رئیس هیئت مدیره هلدینگ کیسون و هیئت همراه، به دعوت دکتر اصغر مخلوقی، مدیرعامل محترم مهندسين مشاور توسعه راه آهن ایران، جهت بازدید از دستاوردهای این شرکت و عقد تفاهم نامه همکاری مشترک حضور بهم رساندند.

محمدرضا انصاری به عنوان بنیان گذار هلدینگ کیسون در سال ۱۳۵۴ و مهندس برتر کشور به انتخاب مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۹۲، از مدیران صاحب نظر در زمینه های عمرانی است و پروژه های متعددی را در ایران و کشورهای خارجی به ثمر رسانده است. در این جلسه که با حضور مدیران ارشد شرکت مترا همراه بود، پس از معرفی اجمالی شرکت، پروژه های جاری و دستاوردهای آن همچون داشبوردهای مدیریتی، عملکرد پروژه ها، منابع انسانی و کنترل پروژه، زمینه های همکاری مشترک دو شرکت مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مدیران هلدینگ کیسون از بخش های مختلف شرکت مترا بازدید به عمل آوردند. در پایان مقرر گردید همکاری دو شرکت جهت هم افزایی هرچه بیشتر توان فنی و مهندسی در زمینه های مختلف فزونی یابد.



بازدید رئیس محترم هیئت مدیره هلدینگ کیسون از شرکت مترا

## آغاز عملیات خاک برداری مجموعه مسکونی نخلشهر ارگ جدید

با اتمام مطالعات پروژه خدمات آماده سازی و تاسیسات زیرساختی مجموعه مسکونی نخلشهر ارگ جدید توسط شرکت مترا و تحویل و ارائه تمامی مطالعات مربوط به بخش های مختلف پروژه، عملیات خاکی ساخت این مجموعه مسکونی و در عین حال خدماتی گردشگری توسط پیمانکار منتخب و زیر نظر شرکت عمران ارگ جدید آغاز گردیده است.

مطالعات آماده سازی و تاسیسات زیربنایی مجموعه مسکونی نخلشهر ارگ جدید در مهرماه سال ۱۴۰۲ توسط شرکت مترا به عنوان مشاور و با توافق بین این شرکت و شرکت عمران ارگ جدید به عنوان کارفرما آغاز گردید و در شهریور ماه سال ۱۴۰۳ به اتمام رسید. در این مدت، شرکت مترا تمامی مطالعات مربوط به بخش های منظر و شهرسازی، معماری، معماری داخلی، سیویل، سازه، هیدرولوژی و ژئوهیدرولوژی، زمین شناسی و ژئوتکنیک، تاسیسات مکانیکی، تاسیسات الکتریکی، دریاچه، پدافند غیرعامل و دیگر بخش های پروژه را در نهایت دقت و کیفیت پیش برده و مدارک مورد نیاز پروژه را متناسب با شرح خدمات آن در سریع ترین زمان ممکن تحویل کارفرما داد. در مدت زمان پیشبرد پروژه، بیش از ده ها جلسه و نشست میان مشاور و کارفرمای پروژه به منظور ارائه و بازنگری مطالعات در منطقه ویژه ارگ جدید و یا شهر تهران برگزار گردید که ماحصل آن، تدقیق مطالعات، گزارشات، نقشه ها و دیگر اسناد و مدارک پروژه بود و نهایتاً شرکت عمران ارگ جدید در شهریورماه سال جاری، تمامی مطالعات شرکت مترا بر روی این پروژه را تایید و بخش های مختلف مطالعات را به واحدها و ادارات مربوطه ارجاع داد.

لازم به ذکر است که در پلان پیشنهادی شرکت مترا برای ساخت این مجموعه مسکونی، ضمن طراحی یک محور مرکزی پیاده راه و دارای مسیر آب، عناصری برای دستیابی به یک مجموعه مسکونی پایدار و درعین حال هوشمند نظیر ایستگاه شارژ خودروهای برقی، فضاهای پارک خودرو مسقف به پنل خورشیدی و نظایر آن جانمایی شده است.

در آخر، امید است هرچه زودتر ساخت این مجموعه مسکونی بسیار زیبا و لوکس و درعین حال خدماتی-تفریحی، منطبق با مطالعات شرکت مترا به اتمام رسیده و نقطه عطفی در منطقه ویژه ارگ جدید و استان کرمان تلقی گردد.



طراحی سه بعدی نخلشهر ارگ جدید توسط شرکت مترا







فصل دوم  
پرونده نظری



**مقدمه**  
**عصر نوین مهندسی**  
پیشگامان تحول در ساخت و ساز و حمل و نقل

تأثیر هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر بر صنعت ساخت و ساز

۱

جاده‌های هوشمند و زیرساخت‌های هوشمند  
نگاهی جامع به آینده حمل و نقل

۲

ساخت شهرهای تاب‌آور  
چهارچوبی برای تاب‌آوری شهری

۳

دیدگاه تحلیلی بر پذیرش موارد استفاده از هوش مصنوعی بر اساس  
سطح بلوغ در صنعت راه‌آهن

۴

نقش بلاک‌چین در تحول صنعت حمل و نقل و لجستیک

۵



## عصر نوین مهندسی

پیشگامان تحول در ساخت‌وساز و حمل‌ونقل



و زیرساخت‌های به هم پیوسته، راه را برای شهرهای هوشمند آینده هموار می‌سازند. همزمان، پیشرفت‌های صنعت ریلی نشان می‌دهد که چگونه فناوری‌های نوین می‌توانند یکی از قدیمی‌ترین شیوه‌های حمل‌ونقل را به سیستمی مدرن و کارآمد تبدیل کنند. مفهوم تاب‌آوری شهری، نقطه تلاقی مهمی میان شهرسازی و حمل‌ونقل است. شهرهای تاب‌آور نه تنها به زیرساخت‌های استوار نیاز دارند، بلکه باید از سامانه‌های حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر و پایدار نیز بهره‌مند باشند. این نگرش جامع به توسعه شهری، بر اهمیت همکاری تنگاتنگ میان متخصصان هر دو صنعت تأکید دارد. در نهایت، بررسی نقش بلاک‌چین در حمل‌ونقل و لجستیک، چشم‌اندازی از آینده‌ای را ترسیم می‌کند که در آن، مدیریت زنجیره تأمین و جریان کالاها با شفافیت و کارایی بیشتری صورت می‌گیرد، که این امر بر تمامی صنایع تأثیرگذار خواهد بود.

امید است این مجموعه مقالات، الهام‌بخش متخصصان، مهندسان و تصمیم‌سازان باشد تا با آغوش باز به استقبال این نوآوری‌ها بروند و از آن‌ها در جهت ساخت آینده‌ای بهتر، پایدارتر و هوشمندتر بهره‌جویند. با همکاری و هم‌افزایی می‌توانیم زیرساخت‌هایی را شکل دهیم که نه تنها پاسخگوی نیازهای امروز باشند، بلکه برای رویارویی با چالش‌های فردا نیز آمادگی داشته باشند. این شماره از نشریه، گامی است در مسیر ترسیم آینده‌ای که در آن، فناوری، شهرسازی، صنعت ساختمان و حمل‌ونقل، دوشادوش یکدیگر، جهانی پایدارتر، کارآمدتر و هوشمندتر را رقم می‌زنند.

در دنیای امروز که فناوری با گام‌های بلند به پیش می‌تازد، صنایع ساخت‌وساز و حمل‌ونقل نیز در آستانه دگرگونی عظیمی قرار گرفته‌اند. این دو حوزه که از دیرباز نقشی حیاتی در پیشرفت جوامع داشته‌اند، اکنون شاهد ظهور نوآوری‌هایی هستند که نه تنها روش‌های سنتی را دستخوش تغییر می‌کنند، بلکه مسیرهای نوینی را برای خلق زیرساخت‌های هوشمند، پایا و بهره‌ور می‌گشایند.

در این شماره، پنج محور اصلی که آینده این صنایع را رقم می‌زنند، مورد کنکاش قرار می‌گیرند:

۱. تأثیر ژرف هوش مصنوعی و بینایی ماشین بر فرآیندهای ساخت

۲. مفهوم نوظهور جاده‌های هوشمند

۳. کاربردهای بدیع هوش مصنوعی در صنعت ریلی

۴. رهیافت‌های نو در ایجاد شهرهای تاب‌آور

۵. نقش تحول‌آفرین فناوری بلاک‌چین در عرصه حمل‌ونقل و لجستیک

هر مقاله، نگاهی ژرف و همه‌جانبه به چگونگی تحول این حوزه‌ها توسط فناوری‌های پیشرفته ارائه می‌دهد.

همگرایی شهرسازی، صنعت ساختمان و حمل‌ونقل در عصر دیجیتال، افق‌های تازه‌ای را برای نوآوری و افزایش کارایی گشوده است. هوش مصنوعی و بینایی ماشین، علاوه بر بهینه‌سازی فرآیندهای ساخت، در طراحی و مدیریت سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند نیز نقش‌آفرینی می‌کنند. جاده‌های هوشمند









## تأثیر هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر بر صنعت ساخت و ساز

صنعت ساخت و ساز در حال تجربه یک تغییر پارادایم است که توسط ادغام فناوری‌های هوش مصنوعی (AI) و بینایی کامپیوتر هدایت می‌شود. این سیستم‌های محاسباتی پیشرفته در حال انقلاب در شیوه‌های سنتی، افزایش کارایی و گشودن مسیرهای جدیدی برای نوآوری در سراسر چرخه عمر ساخت و ساز هستند. این مقاله قصد دارد مروری جامع بر فناوری‌های هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر و تأثیر عمیق آن‌ها بر بخش ساخت و ساز ارائه دهد.



## درک هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر در زمینه ساخت و ساز

هوش مصنوعی طیف گسترده‌ای از تکنیک‌های محاسباتی را شامل می‌شود که به ماشین‌ها امکان می‌دهد عملکردهای شناختی انسان مانند یادگیری، حل مسئله و تصمیم‌گیری را تقلید کنند. در صنعت ساخت و ساز، هوش مصنوعی به اشکال مختلفی از جمله الگوریتم‌های یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی، سیستم‌های یادگیری تقویتی و خودیادگیرنده خیره ظاهر می‌شود.

بینایی کامپیوتر، شاخه‌ای تخصصی از هوش مصنوعی، بر توانمندسازی ماشین‌ها برای تفسیر و تحلیل داده‌های بصری از جهان تمرکز دارد. این فناوری از الگوریتم‌های پیشرفته پردازش تصویر و مدل‌های یادگیری عمیق برای استخراج اطلاعات معنادار از تصاویر و ویدئوهای دیجیتال، مشابه سیستم بینایی انسان، استفاده می‌کند.

### کاربردها در ساخت و ساز

ادغام هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر در ساخت و ساز چندوجهی است و جنبه‌های مختلف صنعت را در بر می‌گیرد:

#### ۱. طراحی و برنامه‌ریزی

الگوریتم‌های هوش مصنوعی در حال انقلاب در فرآیند طراحی معماری و مهندسی هستند. با تحلیل مجموعه داده‌های وسیع شامل اطلاعات پروژه‌های تاریخی، عوامل محیطی، قوانین ساختمانی و معیارهای عملکرد، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند طرح‌های بهینه‌ای تولید کنند که تعادل بین زیبایی‌شناسی، کارایی و پایداری را برقرار می‌کنند. این سیستم‌ها می‌توانند به سرعت هزاران امکان طراحی را با در نظر گرفتن عواملی مانند بهره‌وری انرژی، مقرون به صرفه بودن و یکپارچگی ساختاری تکرار کنند.

علاوه بر این، ابزارهای طراحی مولد مبتنی بر هوش مصنوعی به معماران و مهندسان امکان می‌دهند تا فرم‌های ساختاری نوآورانه و ترکیبات مصالح را که ممکن است از طریق روش‌های طراحی سنتی بلافاصله آشکار نشوند، کشف کنند.

#### ۲. نظارت بر ایمنی و مدیریت ریسک

سیستم‌های بینایی کامپیوتر، همراه با الگوریتم‌های هوش مصنوعی، در حال تغییر پروتکل‌های ایمنی کارگاه هستند. این سیستم‌ها می‌توانند به طور مداوم کارگاه‌های ساختمانی را از

طریق دوربین‌ها و دستگاه‌های پوشیدنی قرار داده شده به صورت استراتژیک نظارت کنند و خطرات ایمنی بالقوه را در زمان واقعی شناسایی کنند. در ادامه به چند نمونه اشاره شده است:

- تشخیص زمانی که کارگران از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) مناسب استفاده نمی‌کنند
- شناسایی عملکرد نایمن ماشین‌آلات یا تجهیزات
- تشخیص خطرات سقوط یا سازه‌های ناپایدار
- نظارت بر سطح خستگی و استرس کارگران

علاوه بر این، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند داده‌های حوادث تاریخی و شرایط فعلی کارگاه را تحلیل کرده تا خطرات ایمنی بالقوه را پیش‌بینی و امکان استراتژی‌های کاهش پیشگیرانه را فراهم کنند.

#### ۳. پیگیری پیشرفت و مدیریت پروژه

پهپادهای مجهز به هوش مصنوعی با دوربین‌های با وضوح بالا و سنسورهای LiDAR در حال انقلاب در نظارت بر پروژه هستند. این سیستم‌های خودمختار می‌توانند بررسی‌های منظم کارگاه را انجام دهند و مدل‌های سه‌بعدی دقیقی از پیشرفت ساخت و ساز ایجاد کنند. سپس الگوریتم‌های هوش مصنوعی این مدل‌ها را با داده‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و برنامه‌های پروژه مقایسه کرده و پیگیری پیشرفت دقیق و در زمان واقعی را ارائه می‌دهند.

این فناوری به مدیران پروژه امکان می‌دهد:

- انحرافات برنامه را در اوایل کار شناسایی کنند
- تخصیص منابع را بهینه کنند
- ارتباط بین ذی‌نفعان را بهبود بخشند
- شفافیت کلی پروژه را افزایش دهند

#### ۴. کنترل کیفیت و تشخیص نقص

سیستم‌های بینایی کامپیوتر استانداردهای جدیدی را در تضمین کیفیت تعیین می‌کنند. این سیستم‌ها می‌توانند:

- تجهیزات و مصالح را هنگام تحویل برای نقص یا انحراف از مشخصات بازرسی کنند
- بر فرآیندهای نصب نظارت کرده تا از پیروی از بهترین شیوه‌ها اطمینان حاصل شود
- بازرسی‌های پس از ساخت را انجام داده تا مشکلات بالقوه مانند ترک‌ها، نشست‌ها یا ناهنجاری‌های ساختاری را شناسایی کنند



هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد.

## ۶. بهینه‌سازی منابع و کاهش پرت

سیستم‌های هوش مصنوعی نقش مهمی در بهینه‌سازی استفاده از منابع در کارگاه‌های ساختمانی ایفا می‌کنند. با تحلیل عواملی مانند موجودی مصالح، استفاده از تجهیزات و بهره‌وری نیروی کار، این سیستم‌ها می‌توانند:

- سفارش مصالح و برنامه‌های تحویل را بهینه کنند
- نرخ استفاده از تجهیزات را بهبود بخشند
- زمان‌بندی نیروی کار و تخصیص وظایف را بهبود دهند

این رویکرد مبتنی بر داده منجر به کاهش پرت، کاهش هزینه‌ها و بهبود کلی کارایی پروژه می‌شود.

## مزایا و چالش‌های هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر در ساخت‌وساز

ادغام این فناوری‌ها مزایای متعددی را برای صنعت ساخت‌وساز به همراه دارد:

الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند این داده‌های بصری را همراه با سایر ورودی‌های سنسورهای دیگر تحلیل کنند تا یک ارزیابی کیفی جامع ارائه دهند، خطای انسانی را کاهش داده و کیفیت کلی ساخت را افزایش دهند.

## ۵. نگهداری پیش‌بینانه و مدیریت دارایی

ادغام هوش مصنوعی با سنسورهای اینترنت اشیا (IoT) در حال تغییر نحوه رویکرد ما به نگهداری ساختمان است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند داده‌های سنسورهای جاسازی شده را تحلیل کنند تا:

- پیش‌بینی کنند چه زمانی، تعمیرات و نگهداری برای سیستم‌های مختلف ساختمان مورد نیاز خواهد بود
- مصرف انرژی را بر اساس الگوهای استفاده، بهینه کنند
- ناهنجاری‌هایی را که ممکن است نشان‌دهنده خرابی‌های بالقوه باشند، تشخیص دهند

این رویکرد پیشگیرانه به نگهداری می‌تواند طول عمر ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها را به طور قابل توجهی افزایش و در عین حال





- **افزایش خودکارسازی وظایف تکراری**، که کارگران انسانی را برای فعالیت‌های پیچیده‌تر و با ارزش افزوده بیشتر آزاد می‌کند
- مدل‌های پیش‌بینی پیچیده‌تر برای برنامه‌ریزی پروژه و ارزیابی ریسک
- دغام هوش مصنوعی با واقعیت افزوده و مجازی برای تجربیات همه‌جانبه طراحی و آموزش
- توسعه ربات‌های ساختمانی خودمختار برای وظایف خطرناک یا تکراری
- همکاری پیشرفته بین کارگران انسانی و سیستم‌های هوش مصنوعی، که منجر به فرآیندهای تصمیم‌گیری ترکیبی می‌شود
- برای متخصصان ساخت‌وساز، پذیرش این فناوری‌ها برای حفظ رقابت در صنعتی که به طور فزاینده‌ای دیجیتالی می‌شود، ضروری خواهد بود. این شامل موارد زیر است:
- سرمایه‌گذاری در آموزش و تعلیم مداوم برای توسعه سواد هوش مصنوعی
- ایجاد فرهنگ نوآوری و پذیرش دیجیتال در سازمان‌ها
- همکاری با ارائه‌دهندگان فناوری برای توسعه راه‌حل‌های هوش مصنوعی خاص صنعت
- مشارکت در توسعه استانداردها و بهترین شیوه‌ها برای استفاده از هوش مصنوعی در ساخت‌وساز

## نتیجه‌گیری

ادغام هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر در صنعت ساخت‌وساز نیرویی تحول‌آفرین است که در حال تغییر شکل نحوه رویکرد ما به محیط ساخته شده است. با پذیرش این فناوری‌ها، متخصصان ساخت‌وساز می‌توانند سطوح جدیدی از کارایی، ایمنی و نوآوری را آزاد کنند. با این حال، پذیرش موفق نیازمند رویکردی استراتژیک است که قابلیت‌های فناوری را با تخصص انسانی و ملاحظات اخلاقی متعادل کند.

در حرکت به جلو، صنعت ساخت‌وساز باید به طور فعال با این فناوری‌های نوظهور درگیر شود و توسعه آن‌ها را برای پرداختن به چالش‌ها و فرصت‌های منحصر به فردی که محیط ساخته شده ارائه می‌دهد، شکل دهد. با انجام این کار، می‌توانیم آینده‌ای را بسازیم که در آن ساختارهای ما نه تنها هوشمندتر و پایدارتر هستند، بلکه پاسخگوی نیازهای در حال تکامل جامعه هستند.

- **افزایش ایمنی:** نظارت در زمان واقعی و تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده به طور قابل توجهی حوادث محل کار را کاهش می‌دهد.
- **افزایش بهره‌وری:** خودکارسازی وظایف روتین و تخصیص بهینه منابع منجر به تکمیل سریع‌تر پروژه می‌شود.
- **بهبود کنترل کیفیت:** بازرسی‌های مداوم و دقیق، کیفیت ساخت بالاتر و کاهش دوباره‌کاری را تضمین می‌کند.
- **تصمیم‌گیری مبتنی بر داده:** دسترسی به داده‌های جامع و در زمان واقعی امکان تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر را در تمام سطوح فراهم می‌کند.
- **کاهش هزینه:** فرآیندهای بهینه شده، کاهش پرت و بهبود کارایی به صرفه‌جویی کلی در هزینه‌ها کمک می‌کند.
- **پایداری:** طراحی و عملیات مبتنی بر هوش مصنوعی به ساختارهای کارآمدتر از نظر انرژی و سازگار با محیط‌زیست کمک می‌کند.
- با این حال، پذیرش هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر در ساخت‌وساز چندین چالش را نیز به همراه دارد:
- **هزینه‌های اولیه پیاده‌سازی:** سرمایه‌گذاری اولیه در سخت‌افزار، نرم‌افزار و آموزش می‌تواند قابل توجه باشد.
- **تخصص فنی:** نیاز روزافزونی به متخصصان ساخت‌وساز با مهارت‌های تخصصی در علوم داده و فناوری‌های هوش مصنوعی وجود دارد.

- **حریم خصوصی و امنیت داده‌ها:** جمع‌آوری و تحلیل حجم زیادی از داده‌های پروژه، نگرانی‌هایی را در مورد حفاظت از داده‌ها و امنیت سایبری ایجاد می‌کند.
- **انطباق با مقررات:** استفاده از هوش مصنوعی در طراحی و ساخت باید با قوانین ساختمانی و مقررات در حال تکامل مطابقت داشته باشد.
- **جابجایی بالقوه شغلی:** در حالی که فرصت‌های جدیدی ایجاد می‌کند، هوش مصنوعی ممکن است منجر به تغییر نقش‌های سنتی ساخت‌وساز شود.
- **ملاحظات اخلاقی:** استفاده از هوش مصنوعی در فرآیندهای تصمیم‌گیری سؤالاتی را در مورد مسئولیت‌پذیری و سوگیری مطرح می‌کند.

## چشم‌انداز آینده و پیامدهای استراتژی

با ادامه تکامل فناوری‌های هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتر، انتظار می‌رود تأثیر آن‌ها بر صنعت ساخت‌وساز به طور نمایی افزایش یابد. ما انتظار داریم شاهد موارد زیر باشیم:

# ۲

## جاده‌های هوشمند و زیرساخت‌های هوشمند

نگاهی جامع به آینده حمل‌ونقل

صنعت حمل‌ونقل در حال تجربه یک انقلاب فناوری است که توسط همگرایی اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI) و سایر ابزارهای دیجیتال پیشرفته هدایت می‌شود. در قلب این تحول، مفهوم "جاده‌های هوشمند" و "زیرساخت‌های هوشمند" قرار دارد که وعده بازتعریف نحوه جابجایی افراد، کالاها و خدمات را می‌دهند. با افزایش جمعیت شهری و تشدید چالش‌های جابجایی جهانی، توسعه این سیستم‌های هوشمند برای ایجاد شبکه‌های حمل‌ونقل ایمن‌تر، کارآمدتر و پایدارتر ضروری است. در این مقاله، ما به بررسی فناوری‌های کلیدی پشت جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند، مزایای آن‌ها و کاربردهای بالقوه آن‌ها فراتر از محیط‌های شهری خواهیم پرداخت.





## جاده‌های هوشمند و زیرساخت‌های هوشمند چیست؟

جاده‌های هوشمند سیستم‌های حمل‌ونقلی هستند که فناوری‌های دیجیتال پیشرفته مانند سنسورها، اتصال و تجزیه‌وتحلیل داده‌های بلادرنگ را برای بهبود عملکرد شبکه جاده‌ای ترکیب می‌کنند. این جاده‌ها برای بهبود ایمنی، کارایی و پایداری طراحی شده‌اند و به وسایل نقلیه، کاربران جاده و زیرساخت‌ها اجازه می‌دهند تا به طور یکپارچه ارتباط برقرار کرده و تعامل داشته باشند.

از سوی دیگر، زیرساخت هوشمند شامل تمام اشکال زیرساخت‌های مهندسی عمران - پل‌ها، تونل‌ها، راه‌آهن و فرودگاه‌ها - است که مجهز به فناوری‌هایی هستند که به آن‌ها اجازه می‌دهد عملکرد خود را به صورت خودکار یا نیمه خودکار نظارت، تجزیه‌وتحلیل و بهینه‌سازی کنند. هدف ایجاد یک شبکه پاسخگو و به هم پیوسته است که با شرایط بلادرنگ سازگار می‌شود.

در کنار هم، جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند نماینده آینده سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) هستند که هدف آن‌ها کاهش تصادفات، کاهش ازدحام، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود کلی تجربیات سفر است.

## فناوری‌های کلیدی پیشران جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند

### ۱. سنسورهای اینترنت اشیا و اتصال

در پایه جاده‌های هوشمند، دستگاه‌های اینترنت اشیا قرار دارند که می‌توانند حجم زیادی از داده‌ها را از وسایل نقلیه، زیرساخت‌ها و محیط جمع‌آوری کنند. این سنسورها در جاده‌ها، چراغ‌های خیابان، چراغ‌های راهنمایی و خود وسایل نقلیه جاسازی می‌شوند تا داده‌هایی در مورد جریان ترافیک، شرایط آب و هوایی، کیفیت هوا و شرایط سطح جاده جمع‌آوری کنند. جاده‌های هوشمند مجهز به اینترنت اشیا می‌توانند مشکلات بلادرنگ مانند چاله‌ها، تشکیل یخ یا تصادفات را تشخیص داده و این اطلاعات را به رانندگان و مراکز کنترل ترافیک منتقل کنند.

**ارتباط V2X:** ارتباط وسیله نقلیه با همه چیز (V2X) در اکوسیستم‌های جاده هوشمند بسیار مهم است. این فناوری به وسایل نقلیه اجازه می‌دهد تا با سایر وسایل نقلیه (V2V)، زیرساخت‌ها (V2I) و عابران پیاده (V2P) ارتباط برقرار کنند و

ایمنی و هماهنگی جاده را بهبود بخشند. از طریق V2X، وسایل نقلیه می‌توانند هشدارهایی در مورد خطرات بالقوه دریافت کنند، سرعت خود را به صورت پویا برای جلوگیری از تصادف تنظیم کنند یا برای جلوگیری از ازدحام ترافیک مسیر خود را تغییر دهند.

**شبکه‌های بی‌سیم:** برای پشتیبانی از جریان مداوم داده‌ها بین سنسورهای اینترنت اشیا و مراکز کنترل، شبکه‌های بی‌سیم قوی مانند 5G ضروری هستند. شبکه‌های پرسرعت و با تاخیر کم امکان انتقال سریع داده‌ها را فراهم می‌کنند که برای تصمیم‌گیری بلادرنگ در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند کلیدی است.

### ۲. هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشین (ML)

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین نقش محوری در پردازش مجموعه داده‌های عظیم جمع‌آوری شده توسط دستگاه‌های اینترنت اشیا دارند. با استفاده از الگوریتم‌های پیش‌بینی‌کننده، هوش مصنوعی می‌تواند الگوهای ترافیکی را پیش‌بینی، چراغ‌های راهنمایی را بهینه و مدیریت کلی حمل‌ونقل را بهبود بخشد. در زمینه وسایل نقلیه خودران، سیستم‌های هوش مصنوعی داده‌های سنسورهای وسایل نقلیه را برای تصمیم‌گیری رانندگی در زمان واقعی پردازش می‌کنند و خطای انسانی را کاهش داده و ایمنی را بهبود می‌بخشند.

پیش‌بینی و مدیریت ترافیک: سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی از داده‌های بلادرنگ و تاریخی برای پیش‌بینی الگوهای ترافیکی

جاده‌های هوشمند سیستم‌های حمل‌ونقلی هستند که فناوری‌های دیجیتال پیشرفته مانند سنسورها، اتصال و تجزیه و تحلیل داده‌های بلادرنگ را برای بهبود عملکرد شبکه جاده‌ای ترکیب می‌کنند. این جاده‌ها برای بهبود ایمنی، کارایی و پایداری طراحی شده‌اند و به وسایل نقلیه، کاربران جاده و زیرساخت‌ها اجازه می‌دهند تا به طور یکپارچه ارتباط برقرار کرده و تعامل داشته باشند.

جاده‌ها را تشخیص دهد و قبل از وقوع یک خرابی فاجعه‌بار به مهندسان اطلاع دهد.

برنامه‌ریزی شهری هوشمند: داده‌های جمع‌آوری شده از زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند برنامه‌ریزان شهری را در مورد روندهای استفاده از جاده مطلع کند و به آن‌ها در طراحی شبکه‌های حمل‌ونقل کارآمدتر و بهبود تحرک شهری کمک کند. این داده‌ها همچنین می‌توانند توسعه مسیرهای حمل‌ونقل عمومی را هدایت کنند یا از اجرای مدل‌های قیمت‌گذاری پویا برای جاده‌های عوارضی یا مناطق پرازدحام پشتیبانی کنند.

#### ۴. یکپارچه‌سازی انرژی پایدار

یکی از پیشرفت‌های قابل توجه در زیرساخت‌های هوشمند، یکپارچه‌سازی منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی در سیستم‌های جاده‌ای است. جاده‌های هوشمند می‌توانند پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و سایر فناوری‌های برداشت انرژی را برای تولید برق برای چراغ‌های خیابان، چراغ‌های راهنمایی یا حتی ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه الکتریکی ترکیب کنند.

زیرساخت وسایل نقلیه الکتریکی (EV): جاده‌های هوشمند برای سازگاری با استفاده رو به رشد از وسایل نقلیه الکتریکی طراحی شده‌اند. جاده‌های مجهز به فناوری شارژ القایی می‌توانند وسایل نقلیه الکتریکی را در حین رانندگی به صورت بی‌سیم شارژ کنند و نیاز به ایستگاه‌های شارژ ثابت را کاهش داده و محدوده EV ها را افزایش دهند.

و بهینه‌سازی استفاده از جاده استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، هوش مصنوعی می‌تواند زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی را به صورت پویا تنظیم کند تا از ازدحام جلوگیری کند و هم زمان سفر و هم انتشار گازهای گلخانه‌ای وسایل نقلیه را کاهش دهد. وسایل نقلیه خودران و متصل: یکپارچه‌سازی جاده‌های هوشمند و هوش مصنوعی برای آینده وسایل نقلیه خودران بسیار مهم است. خودروهای متصل برای پردازش اطلاعات از سنسورهای اینترنت اشیا، ارتباط V2X<sup>۱</sup> و داده‌های ترافیکی برای هدایت ایمن جاده‌ها به هوش مصنوعی متکی هستند. هوش مصنوعی همچنین به خودروهای خودران امکان می‌دهد تا با چراغ‌های راهنمایی و سایر وسایل نقلیه هماهنگ شوند و خطر تصادف را کاهش داده و جریان ترافیک را بهبود بخشند.

#### ۳. کلان‌داده و تحلیل

حجم عظیم داده‌های تولید شده توسط جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند نیاز به تجزیه و تحلیل داده‌های پیشرفته برای استخراج بینش‌های معنی‌دار دارد. تجزیه و تحلیل کلان‌داده به سازمان‌های حمل‌ونقل کمک می‌کند تا در مورد نگهداری، استفاده از جاده و مدیریت ترافیک تصمیمات مبتنی بر داده بگیرند.

نگهداری پیشگویانه: با تجزیه و تحلیل داده‌های سنسور در مورد فرسودگی جاده، مقامات می‌توانند پیش‌بینی کنند که چه زمانی نگهداری مورد نیاز است و هزینه تعمیرات را کاهش داده و اختلالات را به حداقل برسانند. به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند علائم اولیه خرابی در پل‌ها یا

#### ۱- vehicle-to-everything





## ۵. مدیریت ترافیک هوشمند

یکپارچه‌سازی هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در سیستم‌های جاده هوشمند امکان راه‌حل‌های مدیریت ترافیک بلادرنگ را فراهم می‌کند. شهرها در حال استقرار چراغ‌های راهنمایی هوشمند هستند که با شرایط متغیر ترافیک سازگار می‌شوند. این سیستم‌ها از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای تنظیم زمان بندی چراغ‌ها بر اساس جریان ترافیک استفاده می‌کنند و به کاهش ازدحام و جلوگیری از تصادفات کمک می‌کنند.

مدیریت خط پویا: زیرساخت هوشمند امکان سیستم‌های مدیریت خط پویا را فراهم می‌کند که در آن جهت یا هدف خطوط می‌تواند بر اساس شرایط ترافیکی در زمان واقعی تغییر کند. به عنوان مثال، در ساعات اوج ترافیک، خطوط بیشتری می‌توانند برای ترافیک ورودی در صبح و ترافیک خروجی در عصر اختصاص داده شوند.

## ۶. روسازی و مصالح جاده‌ای هوشمند

نوآوری‌ها در مصالح جاده‌ای نیز در حال شکل دادن به آینده جاده‌های هوشمند هستند. به عنوان مثال، روسازی‌های هوشمند از موادی ساخته شده‌اند که می‌توانند اطلاعات مربوط به شرایط جاده را حس کرده و منتقل کنند. برخی مواد دارای سنسورهای داخلی برای تشخیص فرسایش سطح جاده، تغییرات دما یا حتی مسائل یکپارچگی ساختاری هستند. مواد دیگر می‌توانند آب را جذب کنند تا از سیل در هنگام بارندگی شدید یا برف جلوگیری کنند.

علاوه بر این، مواد خود ترمیم‌شونده که به طور خودکار ترک‌ها و چاله‌ها را تعمیر می‌کنند، می‌توانند طول عمر جاده‌ها را افزایش داده و نیاز به تعمیرات پرهزینه و مخرب را کاهش دهند.

## مزایای جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند

### ۱. افزایش ایمنی جاده

یکی از مزایای اصلی جاده‌های هوشمند، بهبود ایمنی است. ارتباط بلادرنگ بین وسایل نقلیه و زیرساخت‌ها احتمال تصادفات را با ارائه بازخورد فوری به رانندگان در مورد شرایط جاده، موانع یا وسایل نقلیه نزدیک کاهش می‌دهد. وسایل نقلیه خودران، همراه با زیرساخت هوشمند، می‌توانند خطای انسانی را که مسئول درصد بالایی از تصادفات ترافیکی است، به طور قابل توجهی کاهش دهند.

## ۲. کاهش ازدحام ترافیک

سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند، جریان ترافیک را در زمان واقعی بهینه می‌کنند و ازدحام را در مناطق شهری کاهش می‌دهند. با پیش‌بینی الگوهای ترافیکی و تنظیم چراغ‌های راهنمایی یا استفاده از خطوط ویژه در مواقع خاص، جاده‌های هوشمند زمان سفر را کاهش داده و از گلوگاه‌ها ترافیکی جلوگیری می‌کنند.

## ۳. پایداری و تأثیر زیست‌محیطی

زیرساخت هوشمند با کاهش انتشار کربن از طریق مدیریت بهتر ترافیک و یکپارچه‌سازی منابع انرژی تجدیدپذیر به پایداری زیست‌محیطی کمک می‌کند. سیستم‌های مدیریت ترافیک مبتنی بر اینترنت اشیا مدت زمانی را که وسایل نقلیه در ترافیک در حالت درجا کار می‌کنند کاهش می‌دهند و مصرف سوخت و آلودگی هوا را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، جاده‌های هوشمند طراحی شده با قابلیت‌های شارژ EV استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی را تشویق می‌کنند و انتشار گازهای گلخانه‌ای را بیشتر کاهش می‌دهند.

## ۴. صرفه‌جویی در هزینه

از طریق نگهداری پیشگویانه و استفاده کارآمدتر از منابع، زیرساخت هوشمند نیاز به تعمیرات گران‌قیمت را کاهش داده و طول عمر دارایی‌های حمل‌ونقل را بهبود می‌بخشد. مواد خود ترمیم‌شونده، به عنوان مثال، می‌توانند تناوب تعمیرات جاده را به طور قابل توجهی کاهش دهند و منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌های بلندمدت برای شهرداری‌ها شوند.

## ۵. بهبود تجربه کاربر

جاده‌های هوشمند تجربه سفر راحت‌تری را برای رانندگان فراهم می‌کنند. ویژگی‌هایی مانند قیمت‌گذاری پویای عوارض، به‌روزرسانی‌های ترافیکی بلادرنگ و پشتیبانی از وسایل نقلیه خودران، سفرها را سریع‌تر و قابل پیش‌بینی‌تر می‌کنند. علاوه بر این، زیرساخت هوشمند کیفیت کلی زندگی در مناطق شهری را با کاهش ازدحام، بهبود کیفیت هوا و دسترسی‌پذیرتر و قابل اعتمادتر کردن حمل‌ونقل بهبود می‌بخشد.



## کاربردهای فراتر از محیط‌های شهری

در حالی که فناوری‌های جاده هوشمند اغلب با محیط‌های شهری مرتبط هستند، آن‌ها کاربردهای گسترده‌تری در انواع مختلف زیرساخت‌های حمل‌ونقل دارند.

**بزرگراه‌ها:** بزرگراه‌های هوشمند می‌توانند از سنسورها برای نظارت بر شرایط ترافیکی، تشخیص تصادفات و ارائه به‌روزرسانی‌های بلادرنگ به رانندگان استفاده کنند. این بزرگراه‌ها همچنین می‌توانند خطوط شارژ القایی برای وسایل نقلیه الکتریکی را شامل شوند و سفر بدون وقفه برای مسافت‌های طولانی را تضمین کنند.

**پل‌ها و تونل‌ها:** فناوری‌های زیرساخت هوشمند برای نظارت بر سلامت پل‌ها و تونل‌ها، به ویژه در مناطق مستعد بلایای طبیعی یا ترافیک سنگین، بسیار مهم هستند. سنسورهای اینترنت اشیا می‌توانند ضعف‌های ساختاری را تشخیص داده و قبل از وقوع خرابی‌های بحرانی هشدارهایی برای نگهداری ارسال کنند.

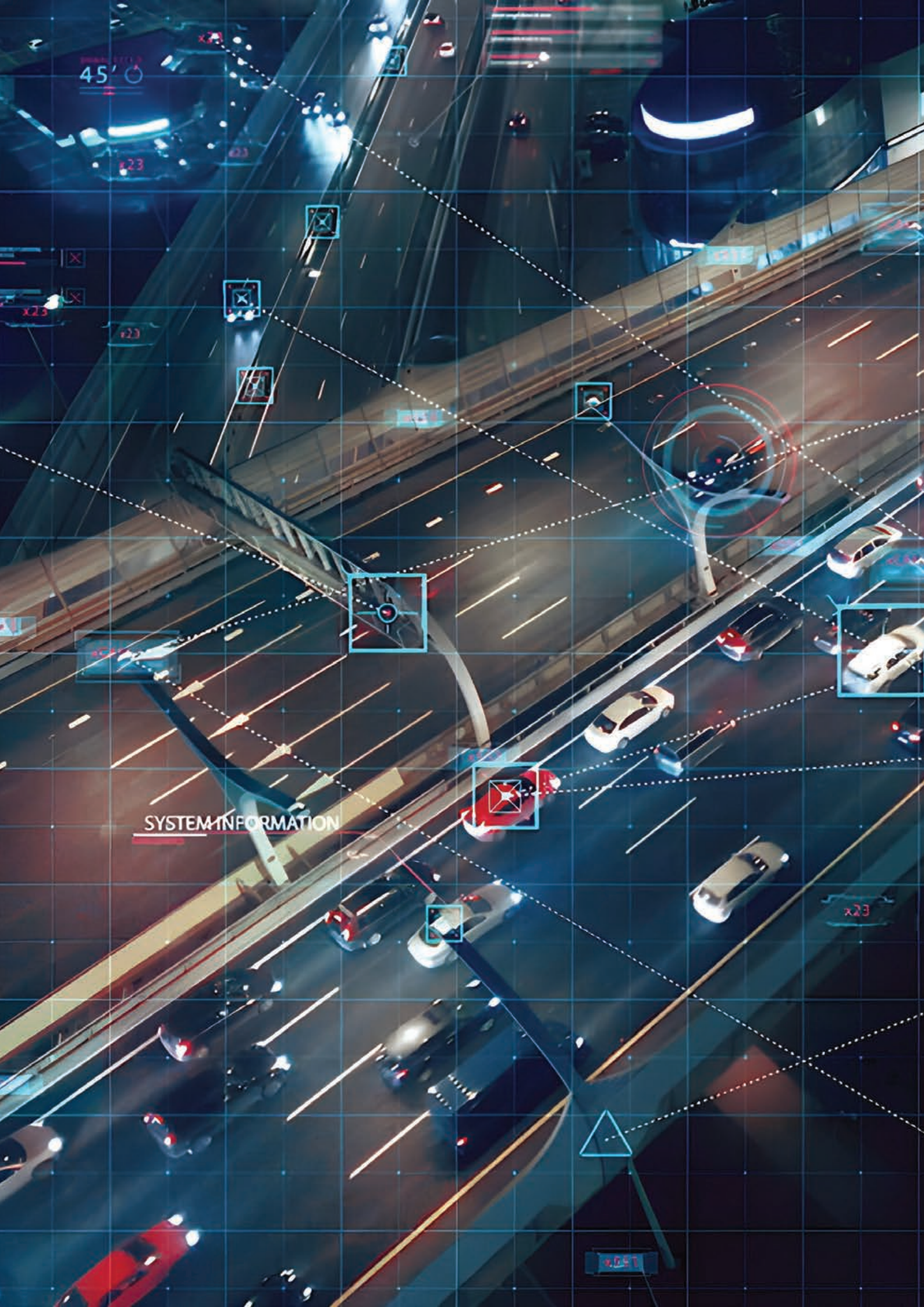
## چالش‌ها و راه پیش رو

با وجود پتانسیل عظیم جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند، چندین چالش باید مورد توجه قرار گیرد. استقرار چنین سیستم‌هایی نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجهی در فناوری و همچنین نگهداری و به‌روزرسانی‌های مداوم دارد. علاوه بر این، نگرانی‌های مربوط به امنیت سایبری، حریم خصوصی داده‌ها و قابلیت همکاری بین سیستم‌های مختلف باید در نظر گرفته شود.

علاوه بر این، محیط نظارتی اطراف وسایل نقلیه خودران و زیرساخت هوشمند همچنان در حال تکامل است. دولت‌ها و سازمان‌های حمل‌ونقل باید به طور نزدیک با ارائه‌دهندگان فناوری همکاری کنند تا استانداردها، پروتکل‌های ایمنی و چهارچوب‌های حاکمیت داده را ایجاد کنند.

با این حال، مزایای بالقوه جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند بسیار بیشتر از چالش‌هاست. با استفاده از اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و سایر ابزارهای دیجیتال، سیستم‌های حمل‌ونقل می‌توانند کارآمدتر، پایدارتر و پاسخگوتر به نیازهای جامعه مدرن شوند.





45' 0

x23

x23

x23

x23

x23

x23

x23

SYSTEM INFORMATION

x23

x23







## نتیجه‌گیری

جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند نماینده آینده حمل‌ونقل هستند. با یکپارچه‌سازی اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و کلان‌داده، این سیستم‌ها می‌توانند نحوه سفر ما را متحول کنند و حمل‌ونقل را ایمن‌تر، کارآمدتر و سازگار با محیط‌زیست کنند. در حالی که چالش‌هایی وجود دارد، پیشرفت‌های مداوم در فناوری و همکاری بین بخش‌های دولتی و خصوصی راه را برای شبکه‌های زیرساختی هوشمندتر و متصل‌تر هموار خواهد کرد که هم به جوامع شهری و هم روستایی سود می‌رساند. آینده حمل‌ونقل فقط در مورد حرکت سریع‌تر نیست - بلکه در مورد حرکت هوشمندانه‌تر است.

جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند نه تنها کارایی و ایمنی را بهبود می‌بخشند، بلکه پتانسیل تغییر شکل شهرها و جوامع ما را نیز دارند. با کاهش ازدحام و آلودگی، این فناوری‌ها می‌توانند به ایجاد محیط‌های شهری سالم‌تر و قابل زندگی‌تر کمک کنند. آن‌ها همچنین می‌توانند دسترسی به حمل‌ونقل را برای جمعیت‌های کم‌برخوردار بهبود بخشند و فرصت‌های اقتصادی جدیدی را از طریق بهبود اتصال ایجاد کنند.

علاوه بر این، با پیشرفت فناوری، ما می‌توانیم انتظار نوآوری‌های بیشتری در این زمینه را داشته باشیم. مفاهیمی مانند جاده‌های تولیدکننده انرژی که می‌توانند انرژی خورشیدی را جمع‌آوری کنند، یا سیستم‌های حمل‌ونقل یکپارچه که به طور یکپارچه حمل‌ونقل عمومی، اشتراک دوچرخه و وسایل نقلیه خودران را مدیریت می‌کنند، ممکن است در آینده نزدیک به واقعیت تبدیل شوند.

با این حال، برای تحقق کامل پتانسیل جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند، همکاری بین دولت‌ها، شرکت‌های فناوری، مهندسان و برنامه‌ریزان شهری ضروری است. ما باید اطمینان حاصل کنیم که این سیستم‌ها نه تنها از نظر فنی پیشرفته هستند، بلکه همچنین به طور عادلانه طراحی و اجرا می‌شوند تا به نفع همه اعضای جامعه باشند.

در پایان، جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند بیش از یک پیشرفت فنی هستند - آن‌ها فرصتی برای بازاندیشی در مورد نحوه طراحی، ساخت و تعامل ما با محیط‌های ساخته شده ما هستند. با پذیرش این فناوری‌ها و کار برای غلبه بر چالش‌های پیش‌رو، ما می‌توانیم به سمت آینده‌ای حرکت کنیم که در آن سیستم‌های حمل‌ونقل ما نه تنها کارآمدتر و ایمن‌تر، بلکه پایدارتر و فراگیرتر نیز هستند.

همانطور که به سمت این آینده هیجان‌انگیز پیش می‌رویم، مهم است که به یاد داشته باشیم که هدف نهایی فناوری بهبود زندگی انسان‌هاست. جاده‌ها و زیرساخت‌های هوشمند پتانسیل این را دارند که نه تنها نحوه سفر ما را تغییر دهند، بلکه نحوه زندگی، کار و تعامل ما را نیز متحول کنند. با برنامه‌ریزی دقیق، سرمایه‌گذاری هوشمندانه و همکاری مداوم، می‌توانیم آینده‌ای را شکل دهیم که در آن فناوری و پایداری دست در دست هم حرکت می‌کنند، و سیستم حمل‌ونقلی ایجاد کنیم که واقعاً در خدمت نیازهای نسل حاضر و آینده است.



# ۳

## ساخت شهرهای تاب‌آور چهارچوبی برای تاب‌آوری شهری

### تاب‌آوری شهری چیست؟

تاب‌آوری شهری به عنوان توانایی یک شهر برای حفظ عملکردهای اصلی خود و اطمینان از رفاه ساکنانش، به ویژه آسیب‌پذیرترین افراد، حتی در مواجهه با اختلالات تعریف می‌شود. این مفهوم فراتر از مدیریت ریسک سنتی است که معمولاً بر خطرات خاص تمرکز دارد و در عوض رویکردی جامع برای مقابله با طیف گسترده‌ای از خطرات غیرقابل پیش‌بینی و به هم پیوسته اتخاذ می‌کند. چهارچوب **CRI** روشی سیستماتیک برای شهرها فراهم می‌کند تا نقاط قوت و ضعف خود را در ابعاد مختلف ارزیابی کنند و به آن‌ها کمک می‌کند تا آینده‌ای بسازند که در آن بتوانند علی‌رغم عدم قطعیت‌هایی که با آن روبرو هستند، شکوفا شوند.

### ساختار تاب‌آوری شهری

چهارچوب ارزیابی تاب‌آوری شهری حول چهار بعد کلیدی سازمان‌دهی شده است: سلامت و رفاه، اقتصاد و جامعه، زیرساخت و محیط‌زیست و رهبری و استراتژی. این ابعاد جنبه‌های مختلف زندگی شهری را که به تاب‌آوری کلی یک شهر کمک می‌کنند، منعکس می‌کنند و همه چیز را از زیرساخت‌های فیزیکی تا سیستم‌های اجتماعی و حکمرانی پوشش می‌دهند.

#### سلامت و رفاه

این بعد بر اطمینان از دسترسی همه ساکنان به خدمات ضروری مانند مسکن، آب، بهداشت، غذا و مراقبت‌های بهداشتی تمرکز دارد. همچنین بر اهمیت سیستم‌های بهداشت عمومی قوی که می‌توانند در زمان بحران به طور مؤثر پاسخگو باشند، تأکید می‌کند. سلامت و رفاه جمعیت یک شهر پایه و اساس توانایی آن برای عملکرد و بهبود از آشفتگی‌ها است.

با توجه به اینکه شهرها در سراسر جهان با شهرنشینی سریع و چالش‌های فزاینده زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی روبرو هستند، مفهوم تاب‌آوری بیش از هر زمان دیگری اهمیت یافته است. بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷، حوادث ژئوفیزیکی و اقلیمی باعث مرگ ۱.۳ میلیون نفر در سراسر جهان شده، در حالی که ۴.۴ میلیارد نفر دیگر مجروح، آواره یا نیازمند کمک فوری شده‌اند، طبق گزارش‌های سازمان ملل متحد، اکثریت این تلفات ناشی از پدیده‌های ژئوفیزیکی، از زلزله‌ها بوده که بیش از نیمی از تلفات ناشی از بلایای طبیعی را تشکیل می‌دهند. خسارات اقتصادی ناشی از چنین رویدادهایی حیرت‌انگیز بوده و قاره آسیا بار قابل توجهی را متحمل شده است. به طور خاص، کشورهای کمتر توسعه یافته و کشورهای کوچک جزیره‌ای در حال توسعه بیشترین آسیب را متحمل شده‌اند که نشان‌دهنده تأثیر نامتناسب بلایای طبیعی بر مناطق آسیب‌پذیر است. با توجه به اینکه انتظار می‌رود فراوانی بلایا تا سال ۲۰۳۰ به طور قابل توجهی افزایش یابد، شهرهای سراسر جهان باید اولویت خود را بر تاب‌آوری قرار دهند، به ویژه که تغییرات اقلیمی این خطرات را تشدید می‌کند. تاب‌آوری در زمینه شهری به توانایی یک شهر برای جذب، بهبود و شکوفایی در میان استرس‌ها و شوک‌های مختلفی که با آن روبرو می‌شود، اشاره دارد. این چالش‌ها می‌توانند از مسائل مزمن مانند نابرابری اجتماعی و زیرساخت‌های ناکافی تا بحران‌های حاد مانند بلایای طبیعی، همه‌گیری‌ها یا رکودهای اقتصادی متغیر باشند. برای کمک به شهرها در درک و اندازه‌گیری بهتر تاب‌آوری خود، ابزار جامعی به نام شاخص تاب‌آوری شهر (**CRI**) تعریف شده است تا اینکه شهرها چقدر خوب برای مقابله و سازگاری با این فشارها مجهز شده‌اند، را ارزیابی کند.



## اقتصاد و جامعه

یک شهر تاب‌آور نیازمند اقتصادی قوی و متنوع، و همچنین انسجام اجتماعی و اعتماد در میان ساکنانش است. این بعد ارزیابی می‌کند که سیستم‌های اقتصادی یک شهر چقدر خوب فرصت‌های شغلی فراهم، ثبات مالی را تضمین و هماهنگی اجتماعی را تقویت می‌کنند. همچنین به حاکمیت قانون و مکانیسم‌های موجود برای حفظ صلح و امنیت، حتی در زمان‌های تنش، می‌پردازد.

## زیرساخت و محیط‌زیست

شهرها هم به اکوسیستم‌های طبیعی و هم به زیرساخت‌های ساخته شده برای ارائه خدمات حیاتی مانند حمل‌ونقل، انرژی، آب و مدیریت پسماند متکی هستند. این بعد تاب‌آوری زیرساخت‌های یک شهر را ارزیابی می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که می‌تواند در برابر شوک‌ها مقاومت کند و به ارائه خدمات ضروری ادامه دهد. همچنین نقش اکوسیستم‌ها در محافظت از شهرها در برابر خطرات زیست‌محیطی مانند سیل یا موج‌های گرما را در نظر می‌گیرد.

## رهبری و استراتژی

رهبری و حکمرانی مؤثر برای تاب‌آوری یک شهر بسیار مهم است. این بعد بر این تمرکز دارد که رهبران شهر چقدر خوب با ذی‌نفعان تعامل دارند، تصمیمات آگاهانه بر اساس شواهد می‌گیرند و با سایر نهادهای دولتی و بخش‌ها همکاری می‌کنند. همچنین بر اهمیت تصمیم‌گیری فراگیر تأکید می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که همه صداها، به ویژه صدای گروه‌های آسیب‌پذیر، شنیده می‌شود.

## ویژگی‌های کلیدی شهرهای تاب‌آور

علاوه بر این چهار بعد، چندین ویژگی برای ایجاد تاب‌آوری در سیستم‌های شهری ضروری است. این ویژگی‌ها شامل استحکام، افزونگی، انعطاف‌پذیری، ابتکار عمل، فراگیری، یکپارچگی و بازاندیشی است. هر یک از این خصوصیات نقش مهمی در اطمینان از اینکه شهرها می‌توانند به طور مؤثر به چالش‌ها پاسخ دهند و در زمان بحران به عملکرد خود ادامه دهند، ایفا می‌کند.

• **استحکام:** شهرها به زیرساخت‌ها و سیستم‌های قوی و به خوبی نگهداری شده نیاز دارند که بتوانند بدون آسیب قابل توجه در برابر شوک‌ها مقاومت کنند. استحکام اطمینان می‌دهد که شهرها برای شکست‌های احتمالی آماده هستند و می‌توانند خطرات را بدون تحمل عواقب فاجعه‌بار مدیریت کنند.

• **افزونگی:** داشتن سیستم‌های متعدد یا راه‌حل‌های پشتیبان برای خدمات ضروری برای تاب‌آوری بسیار مهم است. افزونگی اطمینان می‌دهد که شهرها ظرفیت اضافی و گزینه‌های جایگزین برای حفظ عملکرد دارند، حتی زمانی که بخشی از سیستم از کار می‌افتد.

• **انعطاف‌پذیری:** شهرها باید بتوانند در پاسخ به شرایط متغیر سازگار شوند و تکامل یابند. انعطاف‌پذیری به شهرها اجازه می‌دهد تا با ظهور خطرات جدید، برنامه‌ها و سیستم‌های خود را تعدیل کنند و به آن‌ها امکان می‌دهد در دنیایی غیرقابل پیش‌بینی تاب‌آور بمانند.

• **ابتکار عمل:** در زمان بحران، ابتکار عمل اطمینان می‌دهد که مردم و نهادها می‌توانند با منابع محدود، راه‌حل‌های نوآورانه‌ای برای رفع نیازهای خود پیدا کنند. این ویژگی برای شهرها حیاتی است تا به سرعت بهبود یابند و عملکردهای حیاتی را در شرایط اضطراری بازیابی کنند.

• **فراگیری:** تاب‌آوری زمانی تقویت می‌شود که همه اعضای جامعه در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مشارکت داشته باشند. فراگیری انسجام اجتماعی را تقویت می‌کند، اعتماد را ایجاد می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که نیازهای جمعیت‌های آسیب‌پذیر در اولویت قرار می‌گیرد.

• **یکپارچگی:** سیستم‌های یکپارچه تصمیم‌گیری سازگار را ترویج می‌دهند و با اتصال بخش‌های مختلف و اطمینان از جریان روان اطلاعات بین آن‌ها، پاسخ‌های سریع‌تر به بحران‌ها را تسهیل می‌کنند.

• **بازاندیشی:** شهرهای تاب‌آور از تجربیات گذشته می‌آموزند و استراتژی‌های خود را بر اساس آن تطبیق می‌دهند. بازاندیشی یادگیری و بهبود مستمر را تشویق می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که شهرها برای چالش‌های آینده بهتر آماده هستند.

## مطالعات موردی: یادگیری از شهرها

چهارچوب اندازه‌گیری تاب‌آوری در چندین شهر در سراسر جهان اعمال شده است و درس‌های ارزشمندی در مورد چگونگی ایجاد و تقویت تاب‌آوری شهری ارائه می‌دهد. دو نمونه قابل توجه، شهرهای سورات در هند و کنسپسیون در شیلی هستند که هر دو در دهه‌های اخیر با چالش‌های قابل توجهی روبرو بوده‌اند.

**سورات، هند:** سورات با طیف وسیعی از بحران‌ها، از سیل‌های ویرانگر تا شیوع طاعون ریوی در سال ۱۹۹۴ مواجه شده است. تجربه این شهر با طاعون، که به دلیل بهداشت ضعیف و زیرساخت‌های نامناسب تشدید شد، باعث تغییر عمده‌ای در رویکرد آن به تاب‌آوری شد. سورات به شدت در بهبود سیستم‌های مدیریت سیل و زیرساخت‌های بهداشت عمومی سرمایه‌گذاری کرد. جامعه تجاری نیز نقش کلیدی در ترویج تاب‌آوری داشت و به انتشار اطلاعات و منابع در طول شرایط اضطراری کمک کرد. امروزه، سورات به لطف برنامه‌ریزی فعال و سرمایه‌گذاری در تاب‌آوری، برای پاسخگویی به بلایای طبیعی و بحران‌های بهداشت عمومی بهتر آماده است.

**کنسپسیون، شیلی:** در سال ۲۰۱۰، کنسپسیون توسط زلزله‌ای عظیم مورد آزمایش قرار گرفت که تاب‌آوری شهر را آزمود. در حالی که زیرساخت‌های فیزیکی، از جمله ساختمان‌ها، به دلیل کدهای ساختمانی سختگیرانه عمدتاً در برابر شوک مقاومت کردند، شبکه‌های ارتباطی به شدت مختل شدند. اختلال در ارتباطات منجر به وحشت، اطلاعات نادرست و ناآرامی اجتماعی شد. با این حال، حس قوی اجتماعی شهر به بازگرداندن نظم کمک کرد، زیرا همسایگان برای محافظت از یکدیگر و حفظ ثبات اجتماعی متحد شدند. این تجربه اهمیت سیستم‌های ارتباطی قوی و انسجام اجتماعی در پاسخ به فجایع را برجسته کرد.

## ایران: نیاز فوری به شهرهای تاب‌آور

در سال‌های اخیر، چندین شهر در ایران به دلیل بلایای طبیعی مختلف، به ویژه سیل و زلزله، آسیب‌های قابل توجهی به زیرساخت‌های شهری دیده‌اند. تخریب تأسیسات شهری مانند جاده‌ها، پل‌ها و ساختمان‌های مسکونی گسترده بوده است. به عنوان مثال، در شیراز، بیش از ۳,۸۵۰ خانه به طور جزئی آسیب دیده و ۲۸۹ خانه کاملاً تخریب شده است. سیستم‌های مخابراتی نیز آسیب قابل توجهی دیده‌اند، از جمله از دست دادن مراکز

ارتباطی، سوئیچ‌ها و شبکه‌های فیبر نوری، که منجر به اختلال گسترده شده است. علاوه بر این، شبکه تأمین برق در چندین منطقه به شدت تحت تأثیر قرار گرفته است، از جمله تخریب بیش از ۵۰ شبکه برق روستایی در استان کرمان. سیستم‌های تأمین آب نیز با چالش‌های جدی روبرو شده‌اند، به طوری که بسیاری از مناطق پس از فاجعه بدون دسترسی به آب تمیز مانده‌اند و منجر به اختلالات قابل توجه در زندگی روزمره شده است.

به طور مشابه، ایران به شدت مستعد زلزله است، با چندین رویداد ویرانگر در تاریخ خود، مانند زلزله بم در سال ۱۳۸۲ که جان بیش از ۳۳,۰۰۰ نفر را گرفت. شهرهایی مانند تهران، کرمان و تبریز با فعالیت‌های لرزه‌ای مکرر روبرو شده‌اند که باعث تلفات شدید و تخریب شده است. به عنوان مثال، در زلزله منجیل در سال ۱۳۶۸، ۳۵,۰۰۰ نفر جان خود را از دست دادند و شهرهای کامل تا آستانه فروپاشی پیش رفتند. آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله نه تنها ناشی از موقعیت جغرافیایی آن‌ها، بلکه به دلیل زیرساخت‌های قدیمی است که نمی‌توانند در برابر چنین شوک‌هایی مقاومت کنند. عدم افزونگی در سیستم‌های ارتباطی، انرژی و تأمین آب تأثیر را تشدید می‌کند و جوامع را در بهبودی طولانی مدت قرار می‌دهد.

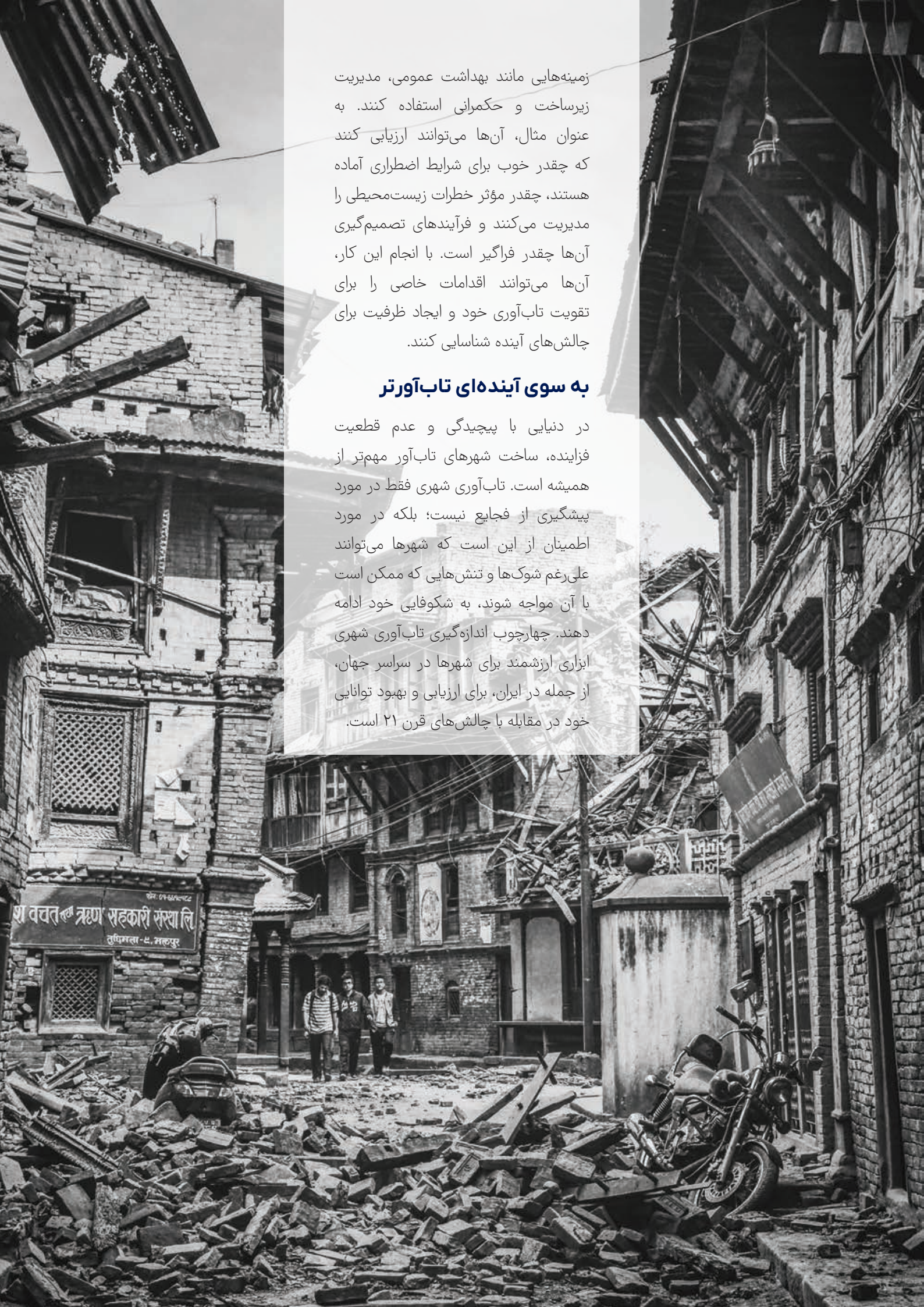
با توجه به این بلایای مکرر، ایران باید فوراً بر ساخت شهرهای تاب‌آور تمرکز کند. با بهبود برنامه‌ریزی شهری، تقویت زیرساخت‌ها و اتخاذ استراتژی‌های جامع مدیریت بحران، شهرهای ایران می‌توانند در برابر بلایای طبیعی آینده بهتر مقاومت کنند. ادغام اصول تاب‌آوری مانند استحکام، انعطاف‌پذیری و فراگیری در توسعه شهری برای اطمینان از رفاه جمعیت ایران و کاهش پیامدهای اجتماعی و اقتصادی این فجایع بسیار مهم است.

## اندازه‌گیری و بهبود تاب‌آوری

شاخص تاب‌آوری شهر ابزاری عملی برای شهرها فراهم می‌کند تا تاب‌آوری خود را اندازه‌گیری کنند و پیشرفت خود را در طول زمان پیگیری کنند. این چهارچوب داده‌های کیفی و کمی را برای ارزیابی عملکرد در ۵۲ شاخص ترکیب می‌کند. با ایجاد یک خط پایه و شناسایی حوزه‌های بهبود، شهرها می‌توانند استراتژی‌های هدفمندی برای افزایش تاب‌آوری خود توسعه دهند. این شاخص همچنین تبادل دانش بین شهرها را تسهیل می‌کند و به آن‌ها اجازه می‌دهد از موفقیت‌ها و چالش‌های یکدیگر بیاموزند.

شهرها می‌توانند از این چهارچوب برای ارزیابی عملکرد خود در





زمینه‌هایی مانند بهداشت عمومی، مدیریت زیرساخت و حکمرانی استفاده کنند. به عنوان مثال، آن‌ها می‌توانند ارزیابی کنند که چقدر خوب برای شرایط اضطراری آماده هستند، چقدر مؤثر خطرات زیست‌محیطی را مدیریت می‌کنند و فرآیندهای تصمیم‌گیری آن‌ها چقدر فراگیر است. با انجام این کار، آن‌ها می‌توانند اقدامات خاصی را برای تقویت تاب‌آوری خود و ایجاد ظرفیت برای چالش‌های آینده شناسایی کنند.

### به سوی آینده‌ای تاب‌آورتر

در دنیایی با پیچیدگی و عدم قطعیت فزاینده، ساخت شهرهای تاب‌آور مهم‌تر از همیشه است. تاب‌آوری شهری فقط در مورد پیشگیری از فجایع نیست؛ بلکه در مورد اطمینان از این است که شهرها می‌توانند علی‌رغم شوک‌ها و تنش‌هایی که ممکن است با آن مواجه شوند، به شکوفایی خود ادامه دهند. چهارچوب اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری ابزاری ارزشمند برای شهرها در سراسر جهان، از جمله در ایران، برای ارزیابی و بهبود توانایی خود در مقابله با چالش‌های قرن ۲۱ است.



# ۴

## دیدگاه تحلیلی بر پذیرش موارد استفاده از هوش مصنوعی بر اساس سطح بلوغ در صنعت راه آهن

ادغام هوش مصنوعی (AI) در صنعت راه آهن به سرعت در حال تکامل است و جنبه های مختلف عملیات و مدیریت را در بر می گیرد. این تحلیل به بررسی بلوغ و پذیرش موارد استفاده از هوش مصنوعی در چهار فعالیت اصلی کسب و کار می پردازد: تعهدات راه آهن، مدیریت زیرساخت، تجربه مسافر و عملکردهای پشتیبانی. با وجود طیف گسترده ای از کاربردهای بالقوه هوش مصنوعی، این صنعت هنوز در مراحل اولیه پیاده سازی در مقیاس بزرگ قرار دارد. حدود ۲۵٪ از شرکت های راه آهن چندین مورد استفاده از هوش مصنوعی را با موفقیت مقیاس بندی کرده اند، در حالی که حدود ۳۵٪ یک یا دو مورد استفاده را مقیاس بندی کرده اند و بقیه در مراحل آزمایشی باقی





## مدیریت زیرساخت

**نگهداری پیش‌بینانه زیرساخت ریلی** به سطح بالایی از بلوغ رسیده و به طور گسترده در صنعت راه‌آهن پذیرفته شده است. مشابه نگهداری ناوگان ریلی، نگهداری پیش‌بینانه مبتنی بر هوش مصنوعی برای زیرساخت، یکپارچگی ریل‌ها و سایر اجزای حیاتی را تضمین می‌کند. این رویکرد پیشگیرانه، خرابی‌های غیرمنتظره را کاهش داده و قابلیت اطمینان کلی شبکه را افزایش می‌دهد و عملیات ایمن‌تر و روان‌تری را تضمین می‌کند.

مفهوم **همزاد دیجیتال زیرساخت شبکه** هنوز در مرحله ابتدایی است و پذیرش اولیه آن در برخی از شرکت‌های راه‌آهن دیده می‌شود. همزادهای دیجیتال، نسخه‌های مجازی زیرساخت فیزیکی هستند. با شبیه‌سازی و تحلیل داده‌های بلادرنگ، هوش مصنوعی می‌تواند مشکلات بالقوه در شبکه را پیش‌بینی و کاهش دهد. این رویکرد پیشگیرانه به مدیریت زیرساخت، امکان برنامه‌ریزی بهتر و کاهش خطر اختلالات را فراهم می‌کند.

**مدیریت بهینه انرژی** حوزه‌ای است که هوش مصنوعی به طور فزاینده‌ای در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. با سطح بالایی از بلوغ، هوش مصنوعی مصرف انرژی را در سراسر شبکه راه‌آهن بهینه می‌کند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین، الگوهای مصرف را تحلیل کرده و عملیات را برای به حداقل رساندن مصرف انرژی تنظیم و به طور قابل توجهی به اهداف پایداری کمک می‌کنند. این نه تنها هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهد، بلکه با تلاش‌های جهانی برای کاهش ردپای کربن همسو است.

## تجربه مسافر

**مدیریت جریان مسافر** یک مورد استفاده نوظهور از هوش مصنوعی در صنعت راه‌آهن است که پذیرش آن در حال افزایش است. هوش مصنوعی با مدیریت جریان افراد در ایستگاه‌ها و قطارها، تجربه مسافر را بهبود می‌بخشد. با پیش‌بینی ازدحام و بهینه‌سازی توزیع جمعیت، این سیستم‌ها ایمنی و راحتی مسافران را بهبود می‌بخشند و سفر را لذت‌بخش‌تر و کارآمدتر می‌کنند.

**مدیریت ترافیک بلادرنگ و تصمیم‌گیری عملیاتی** یک مورد استفاده بلوغ‌یافته و به طور گسترده پذیرفته شده است. هوش مصنوعی در این حوزه تصمیمات عملیاتی می‌گیرد که

برنامه قطارها را بهینه می‌کند، تأخیرها را کاهش می‌دهد و کارایی کلی را افزایش می‌دهد. با تحلیل حجم زیادی از داده‌ها، هوش مصنوعی به طور پویا عملیات را بهینه می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که سیستم راه‌آهن به روانی کار می‌کند و انتظارات مسافران را برآورده می‌سازد.

**برنامه‌ریزی سرویس** یک مورد استفاده نوظهور دیگر است، اگرچه در حال حاضر پذیرش آن محدود است. برنامه‌ریزی سرویس مبتنی بر هوش مصنوعی اطمینان می‌دهد که قطارها سر وقت حرکت می‌کنند و منابع به طور کارآمد تخصیص داده می‌شوند. این امر قابلیت اطمینان خدمات را بهبود می‌بخشد و نیازهای مسافران را به طور مؤثرتری برآورده می‌کند و تجربه سفری قابل اعتمادتر و راحت‌تر را ارائه می‌دهد.

## عملکردهای پشتیبانی

**بهینه‌سازی خدمه و شیفت:** به سطح بالایی از بلوغ رسیده و به طور گسترده در صنعت پذیرفته شده است. هوش مصنوعی برنامه‌های خدمه و شیفت‌ها را بهینه می‌کند تا مدیریت کارآمد نیروی کار را تضمین کند. این نه تنها هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه با هماهنگ کردن برنامه‌ها با نیازهای عملیاتی و ترجیحات شخصی، رضایت کارکنان را افزایش می‌دهد و منجر به نیروی کاری با انگیزه‌تر و مؤثرتر می‌شود.

**امنیت: تشخیص تقلب و رفتار خارج از عرف** حوزه دیگری است که هوش مصنوعی به سطح بالایی از بلوغ و پذیرش گسترده رسیده است. سیستم‌های هوش مصنوعی با تشخیص فعالیت‌های متقلبانه و موارد خارج از عرف و پرخاشگری در زمان واقعی، امنیت را افزایش می‌دهند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین، الگوهای رفتاری را تحلیل کرده و مقامات را از مسائل بالقوه مطلع می‌کنند و بدین ترتیب محیطی امن و ایمن برای مسافران و کارکنان فراهم می‌کنند.

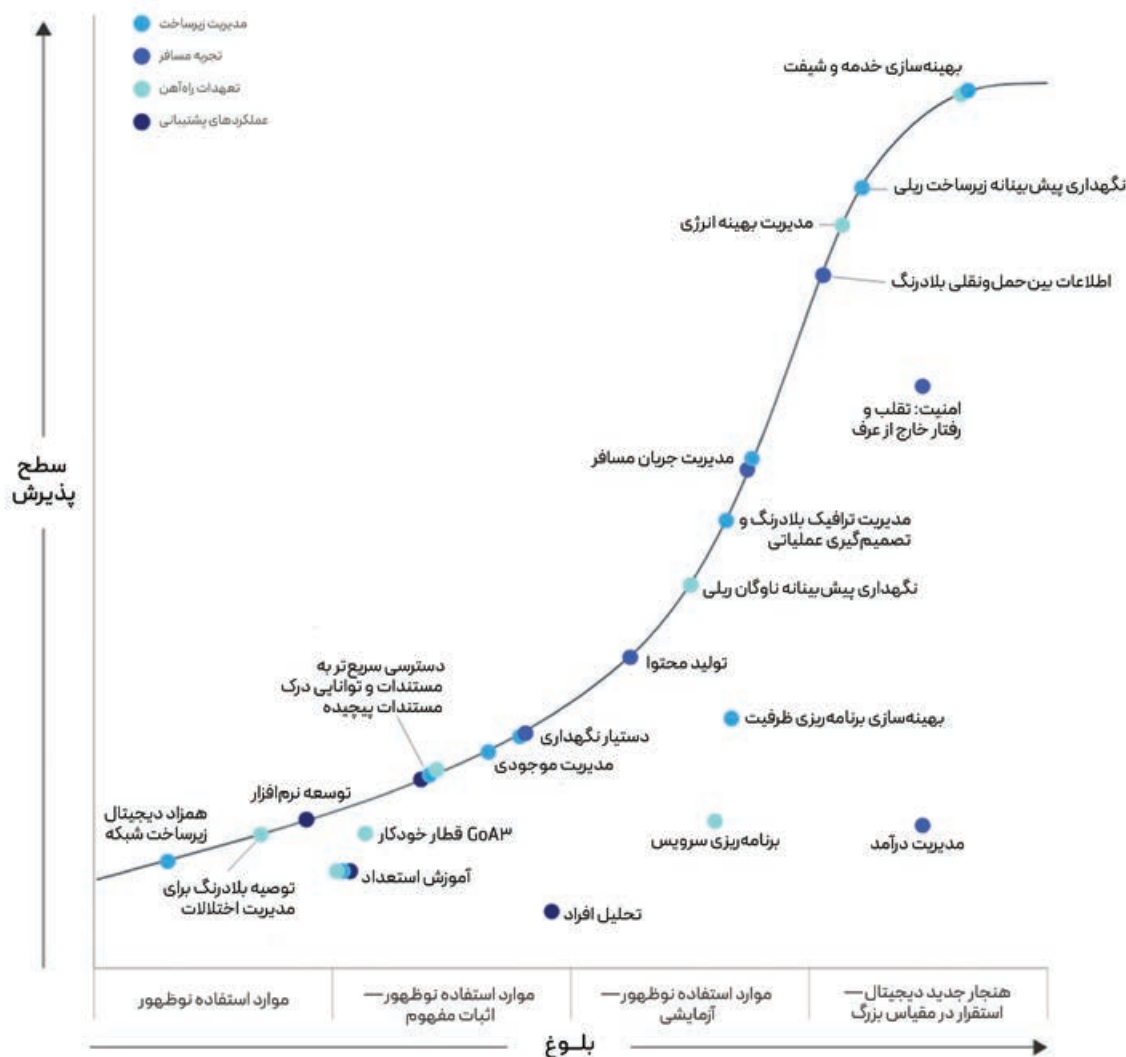
**تحلیل افراد:** یک مورد استفاده نوظهور با پذیرش محدود است. تحلیل افراد مبتنی بر هوش مصنوعی، بینش‌هایی در مورد عملکرد و رفاه نیروی کار ارائه می‌دهد. این امر به تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد آموزش، توسعه و مدیریت کلی منابع انسانی کمک می‌کند. با بهره‌گیری از این بینش‌ها، شرکت‌های راه‌آهن می‌توانند تعامل و بهره‌وری کارکنان را بهبود بخشند و منجر به سازمانی کارآمدتر و مؤثرتر شوند.

حجم ترافیک بالا و اجزای فرسوده را پیش‌بینی کنند. این رویکرد پیشگیرانه، قابلیت اطمینان و ایمنی زیرساخت را افزایش، زمان توقف را کاهش و هزینه‌های عملیاتی را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. علاوه بر این، همزادهای دیجیتال برنامه‌ریزی بهتر برای گسترش‌ها و ارتقاهاى آینده را تسهیل می‌کنند و اطمینان حاصل می‌کنند که شبکه می‌تواند با تقاضاهای رو به رشد و فناوری‌های در حال تکامل سازگار شود.

### نگهداری پیش‌بینانه

نگهداری پیش‌بینانه، هم برای ناوگان ریلی و هم برای زیرساخت، به دلیل توانایی آن در پرداختن پیشگیرانه به مسائل قبل از تبدیل شدن به مشکلات بزرگ، در حال افزایش است. این

مفهوم همزاد دیجیتال برای زیرساخت راه‌آهن یک حوزه نوظهور با پتانسیل قابل توجه است. یک همزاد دیجیتال، مدل مجازی شبکه راه‌آهن را ایجاد می‌کند که داده‌های بلادرنگ را از حسگرهای تعبیه شده در سراسر زیرساخت فیزیکی جمع‌آوری می‌کند. این نسخه دیجیتال به اپراتورهای راه‌آهن امکان می‌دهد سناریوهای مختلف را شبیه‌سازی، خرابی‌های بالقوه را پیش‌بینی و برنامه‌های نگهداری را بهینه کنند. با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی، این شبیه‌سازی‌ها می‌توانند تأثیر عوامل تنش‌زای مختلف بر زیرساخت مانند شرایط آب و هوایی شدید،



نمودار ۱: پذیرش موارد استفاده از هوش مصنوعی بر اساس سطح بلوغ (تصویری)



هوش مصنوعی است. این سیستم‌ها، اگرچه هنوز در مرحله اثبات مفهوم هستند، نوید انقلاب در عملیات راه‌آهن را می‌دهند. قطارهای خودکار مجهز به حسگرهای پیشرفته، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و قابلیت‌های پردازش داده بلادرنگ هستند. آن‌ها می‌توانند بدون دخالت انسان در مسیرها حرکت کنند، سرعت را تنظیم کنند و تصمیم بگیرند و بدین ترتیب ایمنی را افزایش داده و خطای انسانی را کاهش می‌دهند. با بهینه‌سازی برنامه قطارها و بهبود کارایی عملیاتی، قطارهای خودکار می‌توانند ظرفیت و قابلیت اطمینان خدمات راه‌آهن را افزایش دهند. مزایای بالقوه از جمله کاهش هزینه‌های عملیاتی، افزایش ایمنی و استفاده کارآمدتر از زیرساخت راه‌آهن، گسترده است. با بلوغ این سیستم‌ها و کسب تأیید نظارتی، آن‌ها می‌توانند نحوه عملکرد راه‌آهن را متحول کنند و نگاهی به آینده حمل‌ونقل ارائه دهند.

### مدیریت بهینه انرژی

نقش هوش مصنوعی در مدیریت کارایی انرژی در زمینه پایداری و کاهش هزینه بسیار مهم است. با تجزیه و تحلیل الگوهای مصرف و تنظیم عملیات بر اساس آن، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به طور قابل توجهی مصرف انرژی را کاهش دهند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین داده‌ها را از منابع مختلف، مانند کنتورهای انرژی و گزارش‌های عملیاتی، ارزیابی می‌کنند تا ناکارآمدی‌ها را شناسایی کرده و شرایط عملیاتی بهینه را توصیه کنند. به عنوان مثال، هوش مصنوعی می‌تواند سرعت قطارها را تنظیم، سیستم‌های ترمز را بهینه و توزیع برق را مدیریت کند تا هدر رفتن انرژی را به حداقل برساند. این تنظیمات نه تنها هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهد، بلکه به اهداف زیست‌محیطی شرکت‌های راه‌آهن نیز کمک می‌کند. در عصری که پایداری از اهمیت بالایی برخوردار است، مدیریت انرژی مبتنی بر هوش مصنوعی به راه‌آهن‌ها کمک می‌کند تا آلاینده‌گی خود را کاهش داده و با تلاش‌های جهانی برای مبارزه با تغییرات اقلیمی هماهنگ شوند. ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر و فناوری‌های شبکه هوشمند، پتانسیل هوش مصنوعی را در ایجاد یک شبکه راه‌آهن سبزتر و کارآمدتر بیشتر افزایش می‌دهد.

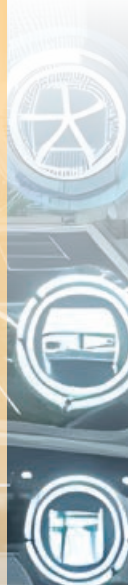
رویکرد بر نظارت مداوم بر وضعیت دارایی‌ها از طریق شبکه‌ای از حسگرها و تجزیه و تحلیل پیشرفته داده‌ها متکی است. سیستم‌های هوش مصنوعی این داده‌ها را برای شناسایی الگوها و ناهنجاری‌هایی که نشان‌دهنده خرابی‌های بالقوه هستند، تحلیل می‌کنند. به عنوان مثال، انحرافات جزئی در قرائت‌های ارتعاش یا دما می‌تواند نشان‌دهنده مراحل اولیه فرسودگی باشد. با پیش‌بینی زمان نیاز به نگهداری، اپراتورهای راه‌آهن می‌توانند مداخلات هدفمند انجام دهند و از خرابی‌های غیرمنتظره جلوگیری کرده و طول عمر تجهیزات را افزایش دهند. این نه تنها کارایی عملیاتی را افزایش می‌دهد، بلکه سطوح بالاتری از ایمنی و قابلیت اطمینان را برای خدمات مسافری و باری تضمین می‌کند. مزایای مالی با صرفه‌جویی قابل توجه در هزینه‌های تعمیر و کاهش زمان توقف سیستم، نیز قابل توجه است.

### اطلاعات حمل‌ونقل چندوجهی بلادرنگ

ارائه اطلاعات حمل‌ونقل چندوجهی بلادرنگ برای بهبود تجربه مسافر و کارایی عملیاتی بسیار مهم است. سیستم‌های هوش مصنوعی داده‌ها را از انواع مختلف حمل‌ونقل، مانند قطارها، اتوبوس‌ها و سواری‌ها را یکپارچه می‌کنند تا اتصال بدون وقفه را برای مسافران فراهم کنند. این سیستم‌ها اطلاعات به‌روز در مورد برنامه‌ها، تأخیرها و مسیرهای بهینه را ارائه می‌دهند و به مسافران امکان می‌دهند تصمیمات آگاهانه بگیرند و زمان کلی سفر را کاهش دهند. با ارائه یک پلتفرم یکپارچه برای همه گزینه‌های حمل‌ونقل، هوش مصنوعی راحتی را افزایش و استفاده از حمل‌ونقل عمومی را تشویق می‌کند. این یکپارچگی نه تنها تجربه کاربر را بهبود می‌بخشد، بلکه به مدیریت بهتر ترافیک و کاهش ازدحام کمک می‌کند. برای اپراتورهای راه‌آهن، اطلاعات حمل‌ونقل چندوجهی بلادرنگ امکان هماهنگی کارآمدتر با سایر ارائه‌دهندگان حمل‌ونقل را فراهم می‌کند و انتقال‌های روان‌تر و به حداقل رساندن اختلالات را تضمین می‌کند.

### عملیات قطار خودکار

توسعه عملیات قطار خودکار گواهی بر پیشرفت‌های فناوری









متعادل کند. این شامل رسیدگی به نگرانی‌های مربوط به امنیت داده‌ها، شفافیت الگوریتمی و تأثیر هوش مصنوعی بر اشتغال در این صنعت است.

پتانسیل تحول‌آفرین هوش مصنوعی فراتر از کارایی‌های عملیاتی است. همچنین می‌تواند مزایای اجتماعی-اقتصادی قابل توجهی را به همراه داشته باشد، از جمله بهبود دسترسی به خدمات ریلی، کاهش تأثیر زیست‌محیطی از طریق استفاده بهینه از انرژی و افزایش ایمنی برای مسافران و پرسنل راه‌آهن. با کاهش هزینه‌های عملیاتی، هوش مصنوعی به شرکت‌های راه‌آهن امکان می‌دهد منابع را به طور مؤثرتری تخصیص دهند که احتمالاً منجر به کاهش قیمت بلیط و خدمات بهتر برای مسافران می‌شود.

علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند یک سیستم راه‌آهن انعطاف‌پذیرتر و سازگارتر ایجاد کند که قادر به پاسخگویی به چالش‌های پیش‌بینی نشده مانند بلایای طبیعی یا همه‌گیری‌ها باشد. از طریق تجزیه و تحلیل پیش‌بینانه و تصمیم‌گیری بلادرنگ، اپراتورهای راه‌آهن می‌توانند به سرعت با شرایط متغیر سازگار شوند و تداوم و قابلیت اطمینان خدمات را در شرایط مختلف حفظ کنند.

در نتیجه، ادغام هوش مصنوعی در صنعت راه‌آهن نشان‌دهنده تغییری عظیم به سمت آینده‌ای هوشمندتر، کارآمدتر و پایدارتر است. مسیر پذیرش گسترده هوش مصنوعی نیازمند تلاش‌های هماهنگ در ابعاد مختلف، از جمله نوآوری فناوری، حمایت نظارتی و سرمایه‌گذاری استراتژیک است. همانطور که صنعت راه‌آهن در این منظر تحول‌آفرین حرکت می‌کند، استقرار موفقیت‌آمیز هوش مصنوعی استانداردهای تعالی عملیاتی، تجربه مسافر و مدیریت زیست‌محیطی را بازتعریف خواهد کرد. پذیرش هوش مصنوعی نه تنها یک ضرورت فناوری بلکه یک ضرورت استراتژیک است که آینده حمل‌ونقل ریلی را شکل خواهد داد و اطمینان می‌دهد که راه‌آهن در سال‌های آینده یک روش حمل‌ونقل حیاتی و پویا باقی می‌ماند.

پذیرش هوش مصنوعی در صنعت راه‌آهن یک سفر تحول‌آفرین با طیف وسیعی از کاربردها در مراحل مختلف بلوغ است. در حالی که برخی موارد استفاده مانند نگهداری پیش‌بینانه و مدیریت ترافیک بلادرنگ در حال تبدیل شدن به امری معمول هستند، موارد دیگری مانند همزادهای دیجیتال و عملیات قطار خودکار هنوز در حال ظهور هستند. کلید موفقیت در ادغام هوش مصنوعی در توانایی مقیاس‌بندی مؤثر این فناوری‌ها نهفته است، به طوری که مزایای ملموسی را در تمام جنبه‌های عملیات راه‌آهن ارائه دهند. مقیاس‌بندی مؤثر نیازمند زیرساخت داده قوی، نوآوری مداوم و تعهد به آموزش و توسعه است.

با تکامل مداوم هوش مصنوعی، پتانسیل آن برای افزایش کارایی، ایمنی و تجربه مسافر در صنعت راه‌آهن همچنان عظیم است. آینده حمل‌ونقل ریلی آماده پیشرفت‌های قابل توجهی است که توسط کاربرد هوشمندانه فناوری‌های هوش مصنوعی هدایت می‌شود. با پذیرش این نوآوری‌ها، شرکت‌های راه‌آهن می‌توانند به سطوح بی‌سابقه‌ای از عملکرد، پایداری و رضایت مشتری دست یابند و در نهایت صنعت را به سمت بهتر شدن متحول کنند.

سفر به سمت ادغام کامل هوش مصنوعی در بخش راه‌آهن همچنین نیازمند یک چشم‌انداز استراتژیک است که پیشرفت‌های فناوری را با اهداف تجاری همسو کند. سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه هوش مصنوعی بسیار مهم است، همانطور که تقویت همکاری با ارائه‌دهندگان فناوری، موسسات دانشگاهی و سایر ذینفعان در اکوسیستم اهمیت دارد. مشارکت‌های عمومی-خصوصی می‌تواند نقش مهمی در تسریع پذیرش هوش مصنوعی ایفا کند و منابع و تخصص لازم برای غلبه بر موانع اولیه را فراهم کند.

علاوه بر این، چهارچوب‌های نظارتی باید همگام با پیشرفت‌های فناوری تکامل یابند تا استقرار ایمن و اخلاقی هوش مصنوعی را تضمین کنند. دولت‌ها و نهادهای نظارتی باید دستورالعمل‌هایی را ایجاد کنند که نوآوری را با ایمنی، حریم خصوصی و عدالت



## نقش بلاک چین در تحول صنعت حمل و نقل و لجستیک

### مقدمه: بلاک چین در حمل و نقل و لجستیک

صنعت حمل و نقل و لجستیک، ستون فقرات اقتصاد جهانی است که اطمینان حاصل می‌کند کالاها به طور کارآمد و قابل اعتماد از تولیدکنندگان به مصرف‌کنندگان منتقل می‌شوند. با گسترش تجارت جهانی و تجارت الکترونیک، سیستم‌های لجستیکی سنتی با چالش‌های قابل توجهی روبرو هستند. فناوری بلاک چین، که در ابتدا برای ارزهای دیجیتال طراحی شده بود، راه‌حلی برای بسیاری از این چالش‌ها ارائه می‌دهد و یک پلتفرم غیرمتمرکز، امن و شفاف برای ثبت تراکنش‌ها و به اشتراک‌گذاری اطلاعات فراهم می‌کند. این فناوری برای صنایعی مانند حمل و نقل و لجستیک که در آن، چندین طرف باید در سراسر مرزها و انواع مختلف حمل و نقل هماهنگ شوند و اطلاعات را تبادل کنند، بسیار مناسب است.

توانایی بلاک چین در ساده‌سازی اشتراک‌گذاری داده‌ها و حذف واسطه‌ها می‌تواند ناکارآمدی‌های موجود در حمل و نقل جاده‌ای و ریلی را برطرف کند. علاوه بر این، بلاک چین بخشی از یک تحول دیجیتالی گسترده‌تر است که شامل فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی (AI) و اینترنت اشیا (IoT) می‌شود و پتانسیل آن را در ایجاد زنجیره‌های تأمین هوشمندتر و یکپارچه‌تر افزایش می‌دهد. این مقاله پتانسیل فناوری بلاک چین در حمل و نقل و لجستیک را بررسی می‌کند و بر توانایی آن در بهبود شفافیت، کارایی و امنیت در حمل و نقل جاده‌ای و ریلی تمرکز دارد. بحث

با برجسته کردن معایب روش‌های سنتی، به دنبال آن مزایای بلاک چین، و در نهایت با یک مطالعه موردی از پلتفرم متوقف شده TradeLens، که روشنگر پتانسیل و محدودیت‌های بلاک چین در بخش لجستیک است، به پایان می‌رسد.

### معایب روش‌های سنتی در حمل و نقل و لجستیک

در حالی که سیستم‌های سنتی برای دهه‌ها از صنعت حمل و نقل و لجستیک پشتیبانی کرده‌اند، آن‌ها به طور فزاینده‌ای برای زنجیره‌های تأمین مدرن و به هم پیوسته نامناسب هستند. این روش‌ها اغلب متمرکز هستند، به واسطه‌ها متکی هستند و مستعد ناکارآمدی‌هایی هستند که فناوری بلاک چین می‌تواند آن‌ها را حل کند.

#### ۱. عدم شفافیت و قابلیت مشاهده

سیستم‌های لجستیکی سنتی به دلیل پایگاه‌های داده و سیستم‌های پراکنده از شفافیت محدودی رنج می‌برند. ذی‌نفعان مختلف، مانند تولیدکنندگان، شرکت‌های حمل و نقل و مقامات گمرکی، هر کدام سوابق خود را نگهداری می‌کنند که می‌تواند منجر به ناهماهنگی‌ها و تأخیرها شود. به عنوان مثال، یک محموله که از یک شرکت کامیونی به یک اپراتور ریلی منتقل می‌شود ممکن است موقعیت یا وضعیت آن در تمام سیستم‌ها به صورت بلادرنگ به‌روزرسانی نشود. این عدم قابلیت مشاهده، تصمیم‌گیری را مختل می‌کند و خطر خطاها و تقلب را افزایش







## ۶. آسیب‌پذیری‌های امنیتی

ماهیت متمرکز سیستم‌های لجستیکی سنتی آن‌ها را نسبت به هک و نقض داده‌ها آسیب‌پذیر می‌کند. یک نقطه شکست در سیستم می‌تواند اطلاعات حساس در مورد محموله‌ها، قراردادهای و تراکنش‌های مالی را در معرض خطر قرار دهد. علاوه بر این، فرآیندهای دستی فرصت‌هایی برای تقلب ایجاد می‌کنند، زیرا اطلاعات می‌توانند بدون تشخیص دستکاری یا جعل شوند.

### مزایای بلاک‌چین در حمل‌ونقل و لجستیک

فناوری بلاک‌چین چندین مزیت نسبت به سیستم‌های لجستیکی سنتی ارائه می‌دهد، به ویژه در افزایش شفافیت، کاهش هزینه‌ها و بهبود امنیت. با ارائه یک دفتر کل غیرمتمرکز که همه طرف‌ها می‌توانند به آن دسترسی داشته باشند، بلاک‌چین بسیاری از ناکارآمدی‌های موجود در سیستم فعلی را برطرف می‌کند.

#### ۱. افزایش شفافیت و قابلیت مشاهده بلادرنگ

بلاک‌چین یک دفتر کل مشترک ایجاد می‌کند که همه شرکت‌کنندگان در یک زنجیره تأمین به داده‌های بلادرنگ دسترسی دارند. این شفافیت به ویژه در حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی ارزشمند است، جایی که کالاها اغلب بین چندین حمل‌کننده منتقل می‌شوند. با بلاک‌چین، هر مرحله از سفر ثبت می‌شود و به ذی‌نفعان اجازه می‌دهد محموله‌ها را ردیابی کنند و وضعیت آن‌ها را بدون اتکا به به‌روزرسانی‌های دستی تأیید کنند. این قابلیت مشاهده، خطاها و پتانسیل تقلب را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال، هنگامی که کالاها از یک شرکت کامیونی به یک اپراتور ریلی منتقل می‌شوند، هر دو طرف می‌توانند تراکنش را در بلاک‌چین تأیید کنند و نیاز به تطبیق دستی را از بین ببرند. این امر سازگاری داده‌ها را در سراسر زنجیره تأمین تضمین می‌کند و تصمیم‌گیری سریع‌تر و آگاهانه‌تر را امکان‌پذیر می‌سازد.

#### ۲. کاهش واسطه‌ها و هزینه‌ها

بلاک‌چین با امکان تراکنش‌های هم‌تا به هم‌تا مستقیماً بین ذی‌نفعان، نیاز به واسطه‌ها را کاهش می‌دهد. قراردادهای هوشمند - قراردادهای خود اجرا با شرایط از پیش تعریف شده - می‌توانند پرداخت‌ها و تأییدها را خودکار کنند و نیاز به نظارت دستی را از بین ببرند. به عنوان مثال، یک قرارداد هوشمند می‌تواند به طور خودکار پرداخت را به یک شرکت کامیونی آزاد کند، زمانی که کالاها به یک پایانه ریلی تحویل داده شده و در بلاک‌چین تأیید شده‌اند. این خودکارسازی هزینه‌های اداری را کاهش می‌دهد و تأخیرها را به حداقل می‌رساند.

## ۲. وابستگی به واسطه‌ها

فرآیندهای لجستیکی اغلب به واسطه‌هایی مانند کارگزاران باربری و نمایندگان گمرکی برای ارتباط بین ذی‌نفعان مختلف وابسته هستند. این واسطه‌ها پیچیدگی و هزینه‌های زنجیره تأمین را افزایش می‌دهند و در عین حال ارتباطات و تصمیم‌گیری را کند می‌کنند. فرآیندهای دستی مورد نیاز توسط واسطه‌ها می‌تواند تأخیرها و خطاها را ایجاد کند و عملیات لجستیکی را پیچیده‌تر کند.

## ۳. پراکندگی و ناهماهنگی داده‌ها

روش‌های مختلف حمل‌ونقل (جاده‌ای، ریلی، دریایی و هوایی) معمولاً از سیستم‌های مختلفی برای ردیابی محموله‌ها و پردازش پرداخت‌ها استفاده می‌کنند. این عدم استانداردسازی منجر به داده‌های ناهماهنگ می‌شود و سناریوهایی را ایجاد می‌کند که در آن ذی‌نفعان مختلف اطلاعات متضادی دارند. به عنوان مثال، کالاهایی که توسط یک حمل‌کننده جاده‌ای تحویل داده می‌شوند ممکن است توسط اپراتور ریلی تأیید نشوند، که منجر به اختلافات پرداخت یا تأخیر در حمل می‌شود.

## ۴. فرآیندهای دستی و مبتنی بر کاغذ

فرآیندهای دستی، به ویژه در تجارت بین‌المللی، همچنان یک معضل قابل توجه هستند. بسیاری از عملیات لجستیکی هنوز به اسناد کاغذی مانند بارنامه‌ها و اظهارنامه‌های گمرکی متکی هستند که باید به صورت فیزیکی مدیریت و به صورت دستی تأیید شوند. این نه تنها خطر خطاها و تأخیرها را افزایش می‌دهد، بلکه سیستم را نسبت به تقلب و دستکاری اسناد آسیب‌پذیرتر می‌کند.

## ۵. عدم وجود داده‌ها و ارتباطات بلادرنگ

سیستم‌های لجستیکی سنتی اغلب به صورت جزیره‌ای عمل می‌کنند، با هر طرف که داده‌های خود را به طور مستقل مدیریت می‌کند. این رویکرد پراکنده، ردیابی و ارتباط بلادرنگ را محدود می‌کند و تشخیص سریع اختلالات یا تغییرات در زنجیره تأمین را دشوار می‌سازد. در صورت تأخیر، ممکن است ذی‌نفعان به موقع مطلع نشوند تا اقدامات مناسب را انجام دهند.



### ۳. بهبود یکپارچگی و سازگاری داده‌ها

با ارائه یک دفتر کل مشترک، بلاک‌چین پراکندگی داده‌ها را از بین می‌برد و اطمینان حاصل می‌کند که همه ذی‌نفعان به اطلاعات یکسانی دسترسی دارند. این امر خطر اختلافات را کاهش می‌دهد و ردیابی کالاها را در انواع مختلف حمل‌ونقل ساده می‌کند. یک دفتر کل غیرمتمرکز اطمینان می‌دهد که هر شرکت‌کننده یک دید دقیق و به‌روز از زنجیره تأمین دارد، که عملیات را کارآمدتر می‌کند.

### ۴. خودکارسازی از طریق قراردادهای هوشمند

قراردادهای هوشمند ابزاری قدرتمند برای خودکارسازی فرآیندهای لجستیکی هستند که در غیر این صورت نیاز به دخالت دستی دارند. این قراردادها می‌توانند انتقال مالکیت، پرداخت‌ها و اطلاع‌رسانی‌ها را هنگام حرکت کالاها در زنجیره تأمین خودکار کنند. به عنوان مثال، وقتی یک محموله به یک پایانه ریلی می‌رسد، یک قرارداد هوشمند می‌تواند به طور خودکار بلاک‌چین را به‌روز کند، طرف‌های مربوطه را مطلع کند و پرداخت برای تحویل را آغاز کند. این خودکارسازی عملیات را سرعت می‌بخشد و احتمال خطای انسانی را کاهش می‌دهد.

### ۵. افزایش امنیت و پیشگیری از تقلب

ماهیت غیرمتمرکز و رمزنگاری شده بلاک‌چین آن را در برابر تقلب و دستکاری بسیار مقاوم می‌کند. هر تراکنش در یک دفتر کل تغییرناپذیر ثبت می‌شود و توسط چندین طرف تأیید می‌شود، که تقریباً غیرممکن است داده‌ها را پس از ورود تغییر داد یا حذف کرد. این امر یکپارچگی زنجیره تأمین را تضمین می‌کند و اطلاعات حساس را از دسترسی غیرمجاز محافظت می‌کند. شفافیت بلاک‌چین همچنین خطر تقلب را کاهش می‌دهد، زیرا همه تراکنش‌ها قابل مشاهده و تأیید هستند.

### ۶. کاهش کاغذبازی و فرآیندهای دستی

بلاک‌چین بسیاری از فرآیندهایی را که در حال حاضر مبتنی بر کاغذ هستند، دیجیتالی و خودکار می‌کند و نیاز به مستندسازی فیزیکی را کاهش می‌دهد. بارنامه‌ها، فاکتورها و اظهارنامه‌های گمرکی می‌توانند در بلاک‌چین ذخیره و به‌روز شوند، که وظایف اداری را ساده می‌کند و خطر خطاها یا تأخیرها را کاهش می‌دهد. این همچنین به جلوگیری از دستکاری اسناد کمک می‌کند و امنیت کلی فرآیند لجستیک را افزایش می‌دهد.

### ۷. بهبود همکاری و اشتراک‌گذاری داده‌ها

بلاک‌چین پلتفرمی برای همکاری بین همه ذی‌نفعان در یک زنجیره تأمین فراهم می‌کند. با امکان اشتراک‌گذاری داده‌های بلادرنگ، نیاز به تطبیق دستی داده‌ها را از بین می‌برد و ارتباط بین شرکت‌های حمل‌ونقل، مقامات گمرکی و سایر ذی‌نفعان را بهبود می‌بخشد. این همکاری افزایش یافته منجر به عملیات لجستیکی کارآمدتر و ساده‌تر می‌شود.



## مطالعه موردی: ظهور و سقوط TradeLens

یکی از نمونه‌های برجسته پتانسیل بلاک‌چین در لجستیک، پلتفرم **TradeLens** است که توسط **IBM** و **Maersk** به طور مشترک توسعه یافته است. **TradeLens** که در سال ۲۰۱۸ راه‌اندازی شد، به دنبال ایجاد یک پلتفرم باز و خنثی برای دیجیتال‌سازی زنجیره‌های تأمین جهانی بود. با ارائه یک فضای مشترک برای همکاری حمل‌کنندگان، بنادر، مقامات گمرکی و فرستندگان، **TradeLens** هدف بهبود قابلیت مشاهده، کاهش تأخیرها و کاهش هزینه‌ها در سراسر زنجیره تأمین را داشت.

علی‌رغم موفقیت اولیه در جذب بیش از ۱۵۰ شرکت و پردازش میلیون‌ها رویداد حمل‌ونقل، **TradeLens** در سال ۲۰۲۲ متوقف شد. چالش‌هایی که منجر به توقف آن شد، درس‌های مهمی در مورد موانع پذیرش بلاک‌چین در لجستیک ارائه می‌دهد.

### ۱. عدم پذیرش گسترده در صنعت

**TradeLens** در دستیابی به پذیرش گسترده صنعت، به ویژه در میان شرکت‌های لجستیکی کوچکتر، با مشکل مواجه شد. بسیاری از شرکت‌ها در به اشتراک‌گذاری داده‌های حساس تردید داشتند و نگران مزیت‌های رقابتی یا نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی داده‌ها بودند. این تردید توانایی پلتفرم را برای رسیدن به مومنتوم بحرانی لازم برای تحقق کامل پتانسیل بلاک‌چین محدود کرد.

### ۲. چالش‌های همکاری

**TradeLens** بر اساس ایده تقویت همکاری در یک صنعت بسیار پراکنده ساخته شده بود. با این حال، دستیابی به این سطح از همکاری دشوار ثابت شد، زیرا بسیاری از ذی‌نفعان تمایلی به اشتراک‌گذاری اطلاعات نداشتند، حتی با وجود اینکه بلاک‌چین می‌توانست دسترسی امن و کنترل شده را فراهم کند. این عدم اعتماد بین شرکت‌کنندگان رشد پلتفرم را مختل کرد و در نهایت به توقف آن کمک کرد.

### ۳. درس‌هایی برای کاربردهای آینده بلاک‌چین

شکست **TradeLens** اهمیت پرداختن به نگرانی‌های همه بازیگران صنعت را برجسته می‌کند. پلتفرم‌های بلاک‌چین باید حریم خصوصی داده‌ها را تضمین کنند، انگیزه‌های روشنی برای مشارکت ارائه دهند و رابط‌های کاربری کاربرپسند برای کاهش پیچیدگی پذیرش فراهم کنند. علاوه بر این، دستیابی به پذیرش گسترده مستلزم ایجاد اعتماد در میان رقبا و تقویت فرهنگ همکاری است.



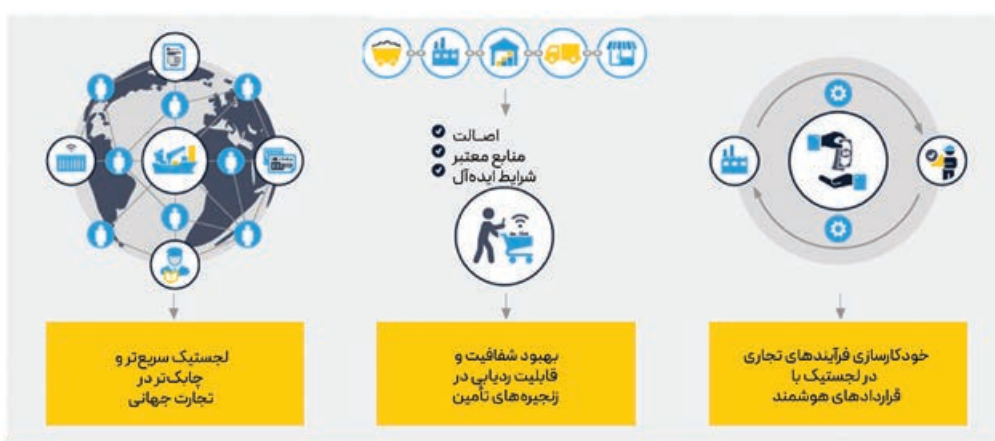


## نتیجه‌گیری

فناوری بلاک‌چین پتانسیل انقلاب در صنعت حمل‌ونقل و لجستیک را با پرداختن به بسیاری از ناکارآمدی‌ها و آسیب‌پذیری‌های سیستم‌های سنتی دارد. توانایی آن در ارائه شفافیت، افزایش همکاری، کاهش هزینه‌ها و بهبود امنیت، آن را به ابزاری قدرتمند برای حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی و زنجیره تأمین گسترده‌تر تبدیل می‌کند. در حالی که توقف TradeLens چالش‌های پیاده‌سازی بلاک‌چین در یک صنعت پراکنده را برجسته می‌کند، همچنین درس‌های ارزشمندی برای تلاش‌های آینده در دیجیتال‌سازی و ساده‌سازی لجستیک جهانی ارائه می‌دهد.

در آینده، بلاک‌چین احتمالاً نقش مهم‌تری در ایجاد زنجیره‌های تأمین کارآمدتر، امن‌تر و شفاف‌تر خواهد داشت. با این حال، دستیابی به پذیرش گسترده مستلزم پرداختن به نگرانی‌های همه ذی‌نفعان و اطمینان از طراحی پلتفرم‌های بلاک‌چین برای برآوردن نیازهای متنوع صنعت لجستیک است. با ادغام بلاک‌چین با سایر فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا، صنعت لجستیک می‌تواند فرصت‌های جدیدی برای نوآوری و رشد باز کند و زنجیره‌های تأمین هوشمندتر و مقاوم‌تری برای آینده ایجاد کند.

## بلاک‌چین در لجستیک



تصویر ۱: موارد استفاده کلیدی بلاک‌چین در لجستیک  
منبع: دی.اچ.ال

## آزادسازی ارزش در لجستیک



تصویر ۲: جریان اطلاعات در تجارت بین‌المللی پیچیده است، شامل طرف‌های متعدد است و مستندات زیادی دارد  
منبع: مکنزی

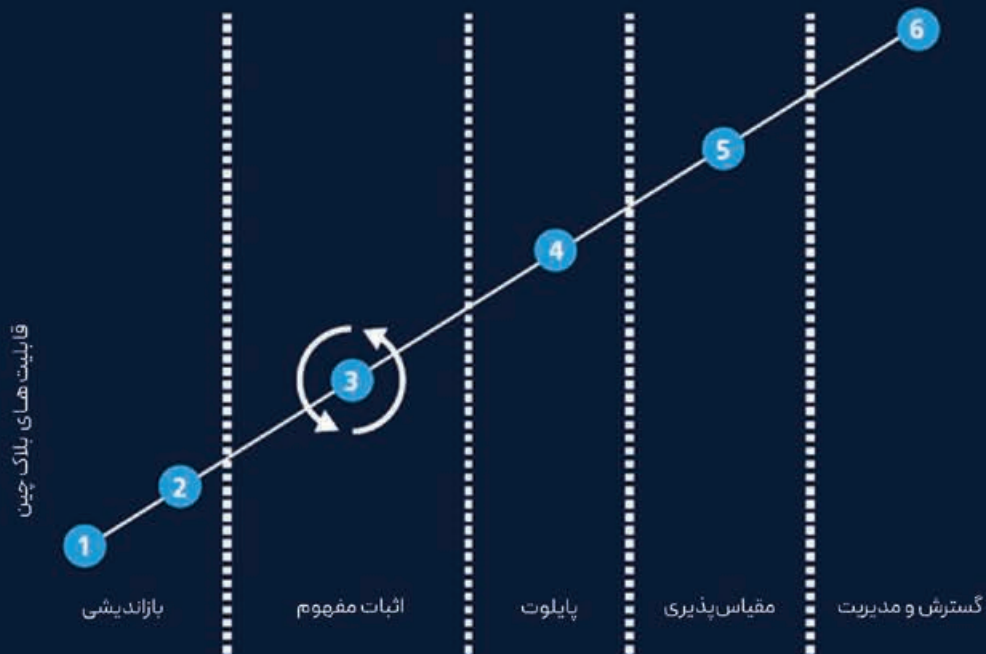
## درخت تصمیم‌گیری ساده‌شده بلاک‌چین



تصویر ۳: درخت تصمیم‌گیری ساده‌شده برای شناسایی موارد استفاده از بلاک‌چین



## شروع کار با بلاک چین



### ۱. استراتژی

چشم انداز را برای چگونگی پشتیبانی بلاک چین از چالش ها با فرصت های تجاری تعیین کنید.

### ۳. اثبات مفهوم

یادگیری کنترل شده فناوری بلاک چین با تمرکز بر یک مورد استفاده انتخاب شده. یافته های مرحله CoP را در پایلوت ادغام کنید.

### ۵. مقیاس پذیری

پیاده سازی کامل یک راه حل مبتنی بر بلاک چین برای چالش های تجاری هدفمند، همسو با استراتژی.

### ۲. توسعه و برنامه ریزی

حوزه های خاص کسب و کار برای ارزش بلاک چین را تعریف کنید. برنامه اجرای CoP (ها) را در زمینه های با ارزش بالا و فرصت ها توسعه دهید.

### ۴. پایلوت

یادگیری مستمر در مورد استفاده مبتنی بر بلاک چین. ارزیابی سطح بالا، طرح کلی و نقشه راه برای انتقال را تکمیل کنید.

### ۶. گسترش و مدیریت

پلتفرم را به واحدهای تجاری اضافی گسترش دهید و بهبودهای مداوم را اجرا کنید.

تصویر ۴: مراحل پیاده سازی بلاک چین

منبع: مکنزی

An aerial photograph of a desert landscape, overlaid with a dark blue tint. The terrain is arid, with sparse vegetation and winding paths. In the lower-left corner, there is a large rectangular solar panel array. Several power lines and pylons are visible across the landscape, particularly in the lower half. The overall scene suggests a focus on renewable energy in a dry environment.

# فصل سوم پرونده اجرایی



## راه آهن دورود-خرم آباد

نگاهی بر پروژه در ابعاد مختلف

۱

## راه آهن دورود-خرم آباد، به مثابه یک دانشگاه عملی

در گفت و گو با مهندس فاصحیان، مجری طرح بزرگ راه آهن دورود-خرم آباد- اندیمشک

۲

## راه آهن دورود-خرم آباد، بزرگترین تونل ریلی خاورمیانه

در گفت و گو با مهندس ونکی، مدیر پروژه دو خطه راه آهن دو رود-خرم آباد

۳

## ابر پروژه راه آهن دورود-خرم آباد؛ عبور از مسیرهای صعب العبور

در گفت و گو با مهندس پازوکی، مدیر پروژه نظارت راه آهن دورود-خرم آباد

۴

## راه آهن دورود-خرم آباد؛ نقطه تلاقی دانش و تجربه

در گفت و گو با دکتر حیدری، مدیر پروژه مطالعات و طراحی راه آهن دورود-خرم آباد

۵







# راه آهن دورود - خرم آباد

نگاه بر پروژه در ابعاد مختلف

عبور از کوه ها و دره ها، چالش های طراحی مسیر

مروری بر مطالعات و طراحی مسیر

جذب ترافیک بار و مسافر؛ نقطه عطف مسیر

معرفی ایستگاه های محور

بلندترین دهانه پل راه آهن کشور

نگاهی بر سازه های پل در مسیر

چالش ها و مخاطرات ژئوتکنیکی، لزوم مدیریت ریسک در پروژه

ارزیابی ملاحظات ژئوتکنیکی محور

اولین و طولی ترین تونل سرویس راه آهن کشور

نگاه ویژه به طراحی تونل های خاص محور

مطالعات و طراحی خاکریزها و ترانشه های بلند

بررسی چالش های طراحی خاکریز و ترانشه ها

بهسازی خاک دشت سیلاخور

مقایسه روش های بهسازی بستر

چالش ها و مشکلات اجرایی پروژه

ناپایداری، زمین لغزش و مخاطرات حین ساخت



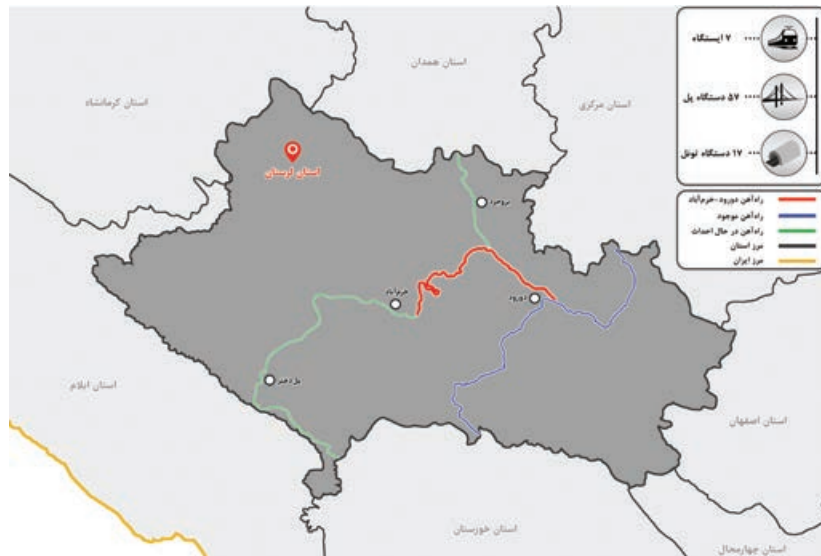
# عبور از کوه‌ها و دره‌ها، چالش‌های طراحی مسیر

بخش اول: مروری بر مطالعات و طراحی مسیر

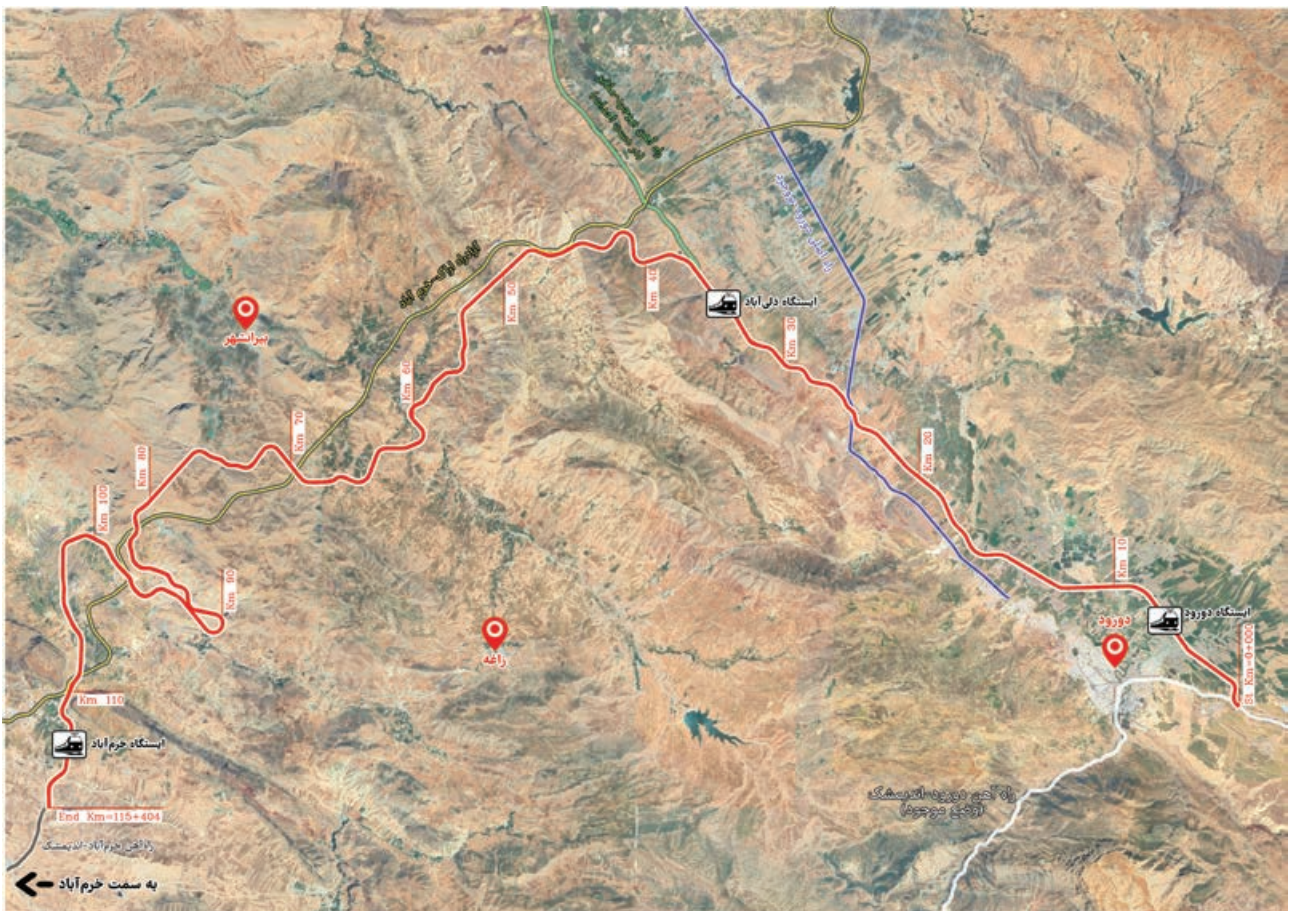




در دنیای امروز حمل و نقل پایدار به عنوان یکی از مولفه‌های مهم تحقق توسعه پایدار در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مطرح می‌باشد. کنترل آلودگی هوا و ترافیک جاده‌ای، کاهش مصرف سوخت و افزایش کارآمدی سیستم حمل و نقل از جمله مهمترین پیامدهای توجه به حمل و نقل پایدار در الگوهای جابجایی بار و مسافر در سطح شهرها می‌باشد. توسعه حمل و نقل ریلی به لحاظ عمومی بودن، استفاده مشترک بار و مسافر، عدم تداخل ترافیکی با سایر شیوه‌های حمل و نقل و نوع سوخت مصرفی، یکی از بهترین الگوهای مورد استفاده در جهت نیل به اهداف توسعه پایدار می‌باشد.



از جمله موثرترین پیامدهای توسعه حمل و نقل در سطح کشور می‌توان به گسترش تجارت داخلی و بین الملل، رونق در صنعت ترانزیت، جلوگیری از تخریب محیط‌زیست، توسعه صنعت توریسم داخلی و خارجی، بهره‌وری سرمایه‌گذاری و دسترسی مناسب و سریع فعالان اقتصادی اشاره نمود. توسعه شبکه حمل و نقل ریلی در استان لرستان نیز اهمیت ویژه‌ای در توسعه متوازن و پایدار آن دارد و می‌تواند با ایفای نقش استراتژیکی در اقتصاد استان موجب رونق گردشگری، رشد تولیدات، اشتغال زایی و... گردد.



## معرفی ابنیه فنی راه‌آهن دورود-خرم‌آباد

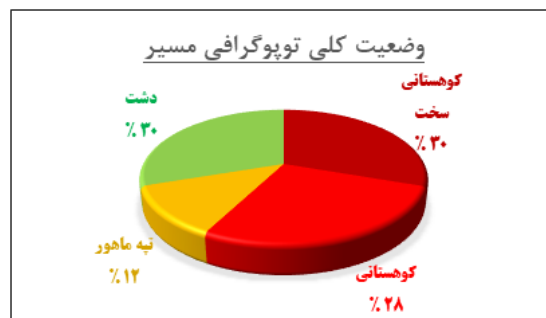
ابنیه فنی نقش مهمی در زیرساخت‌های حمل و نقل ریلی داشته و نقش مهمی در کاهش هزینه‌های ساخت و تامین ایمنی خطوط راه‌آهن ایفا می‌کند. از این رو با توجه به عبور محور راه‌آهن دورود- خرم‌آباد از میان کوه‌ها و دره‌های سخت رشته کوه زاگرس، طراحی و ساخت ابنیه فنی یکی از مهمترین و پرچالش‌ترین بخش‌های این پروژه محسوب می‌گردد؛ بطوری که حدود ۱۹ درصد طول کل مسیر را ابنیه فنی تشکیل می‌دهد که شامل موارد زیر می‌باشد.

۱. ۱۳۰۰ متر پل رودخانه ای
۲. ۲۱۰۰ متر پل دره ای
۳. ۴۸۰ متر پل‌های تقاطعات آزادراهی و بزرگراهی
۴. ۳۲۰ متر پل‌های تقاطعات اصلی و فرعی
۵. ۵۹۵ متر گالری
۶. ۳۲۸۵۱ متر تونل

از ویژگی‌های برجسته پروژه می‌توان به طراحی و ساخت تونل‌های طولی و منحصربفرد و ساخت تونل‌های سرویس آن برای اولین بار در کشور اشاره نمود. تونل کیلومتر ۵۰، بلندترین تونل راه‌آهن خاورمیانه می‌باشد که پیچیدگی‌های متعددی در حوزه‌ی طراحی و اجرا دارد. همچنین پل رودخانه‌ای کیلومتر ۶۱ به طول ۶۹۰ متر از خاص‌ترین ابنیه فنی طراحی شده در این پروژه بوده که هم‌اکنون در حال اجرا می‌باشد.

در طول محور راه‌آهن دورود-خرم‌آباد جمعاً هفت ایستگاه به تناسب جمعیت و موقعیت صنعتی و اقتصادی شهرهای مجاور محور در نظر گرفته شده است که شامل دو ایستگاه درجه یک (دورود جدید و خرم‌آباد)، یک ایستگاه درجه دو (دلی‌آباد) و چهار ایستگاه درجه ۳ (کارخانه قند، پاراپونه، سراب شیخ موسی و گرم آبله) می‌باشد.

راه‌آهن دورود-خرم‌آباد به عنوان یکی از مهم‌ترین مسیرهای ریلی استان لرستان -با هدف اتصال مرکز استان به شبکه ریلی مرکز کشور -در دست ساخت می‌باشد که در ادامه با احداث راه‌آهن خرم‌آباد-اندیمشک برای اتصال به استان خوزستان تکمیل می‌گردد. طول کل مسیر شامل ۱۱۸/۹ کیلومتر خط کلاسیک بوده که بیش از ۵۷ درصد آن از مناطق کوهستانی و دره‌ای سخت عبور می‌کند. تصویر زیر طبقه‌بندی توپوگرافی مسیر را نشان می‌دهد.



عملیات اجرایی این پروژه در سال ۱۳۹۲ توسط پیمانکار آغاز شده و با ۵۱ درصد پیشرفت تا کنون ادامه دارد. در جدول زیر به طور خلاصه مشخصات کلی پروژه آورده شده است.

| ردیف | شرح                                           | مقدار  |
|------|-----------------------------------------------|--------|
| ۱    | طول مسیر (کیلومتر)                            | ۱۱۸/۹  |
| ۲    | عرض خط استاندارد (میلیمتر)                    | ۱۴۳۵   |
| ۳    | سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)                    | ۱۲۰-۸۰ |
| ۴    | عرض زیرسازی (متر)                             | ۷      |
| ۵    | تعداد کل ایستگاهها                            | ۷      |
| ۶    | تعداد پل خاص                                  | ۶۱     |
| ۷    | طول کلی پلها (متر)                            | ۴۲۰۰   |
| ۸    | بلندترین پل رودخانه ای (متر)                  | ۶۹۰    |
| ۹    | تعداد کل تونلهای اصلی                         | ۱۳     |
| ۱۰   | تعداد تونلهای دسترسی اضطراری                  | ۴      |
| ۱۱   | طول کلی تونلها (متر)                          | ۳۲۸۵۱  |
| ۱۲   | بلندترین تونل (متر)                           | ۴۵۸۵   |
| ۱۳   | حداقل شعاع قوس های افقی (متر)                 | ۵۰۰    |
| ۱۴   | حداکثر شیب طولی مجاز خط (در هزار)             | ۱۵     |
| ۱۵   | حداکثر شیب طولی در محدوده ایستگاهها (در هزار) | ۲      |



## چالش های طراحی و اجرای مسیر

مسیر راه آهن دورود خرم آباد را می توان از یک دیدگاه به سه بخش کلی تقسیم نمود:

بخش اول: حد فاصل ابتدای مسیر تا کیلومتر ۳۹+۰۰۰ که در این بخش مسیر در دشت های شمال شهر دورود قرار دارد.

بخش دوم: حد فاصل کیلومتر ۳۹+۰۰۰ تا ۸۹+۰۰۰ که محدوده کوهستانی مسیر می باشد و عمده اینپه و سازه های اصلی را در بر می گیرد.

بخش سوم: حد فاصل کیلومتر ۸۹+۰۰۰ تا انتهای مسیر و اتصال به راه آهن خرم آباد اندیمشک که مسیر مجدداً در توپوگرافی ملایم و دشت های اطراف شهر خرم آباد ادامه سیر می دهد.





راه آهن دورود-خرم آباد-اندیمشک به عنوان بخشی از راه آهن جنوب کشور از شرق شهر دورود و ایستگاه رودک منشعب می شود. سپس با حرکت به سمت شهر بروجرد و عبور از شهرهای خرم آباد، ویسیان و پلدختر در نهایت در ایستگاه اندیمشک به راه آهن موجود متصل می گردد.



## بخش اول

طول مسیر واقع در این بخش به حدود ۳۹۰۰۰ کیلومتر می رسد. در این بخش راه آهن دورود-بروجرد-ملایر نیز در محدوده ۳۵۰۰۰ کیلومتر از ایستگاه دلی آباد منشعب می گردد که عملیات اجرایی این خط نیز در حال حاضر در حال انجام می باشد. این بخش از مسیر از منظر توپوگرافی محدوده ای ملایم بوده و لیکن به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی و جنس خاک بستر، نیازمند فرآیند تثبیت و اصلاح بستر به روش های اجرایی مناسب می باشد.





## بخش دوم

دشواریترین بخش پروژه این بخش بوده که با طولی حدود هشتاد کیلومتر دربرگیرنده بیشتر ابنیه فنی، تونل، تونل طویل، تونلهای اضطراری و پلهای بزرگ می‌باشد. این محدوده کوهستانی با توپوگرافی صعب العبور از رشته کوه زاگرس چالش‌های اجرایی فراوانی را ایجاد نموده و در جبهه‌های کاری مختلفی عملیات اجرایی در آن در حال انجام می‌باشد.



## بخش سوم

با اتمام محدوده کوهستانی، مسیر خط به مرور کاهش ارتفاع داده و از نزدیکی روستای موسوم به گرمابه وارد دشتهای خرم‌آباد می‌گردد. با توجه به حاصلخیز بودن منطقه و رونق کشاورزی، آزادسازی اراضی و رفع معارض را می‌توان از موارد چالش برانگیز در این بخش از مسیر دانست. در انتهای مسیر، خط در دشتهای شرقی خرم‌آباد وارد شده و پس از احداث ایستگاه باری شهر خرم‌آباد (کیلومتر ۴۰۰+۱۱۳)، نهایتاً مسیر راه آهن به ابتدای مسیر پروژه راه آهن خرم‌آباد-اندیمشک متصل خواهد شد.





# جذب ترافیک بار و مسافر؛ نقطه عطف مسیر

بخش دوم: معرفی ایستگاههای محور





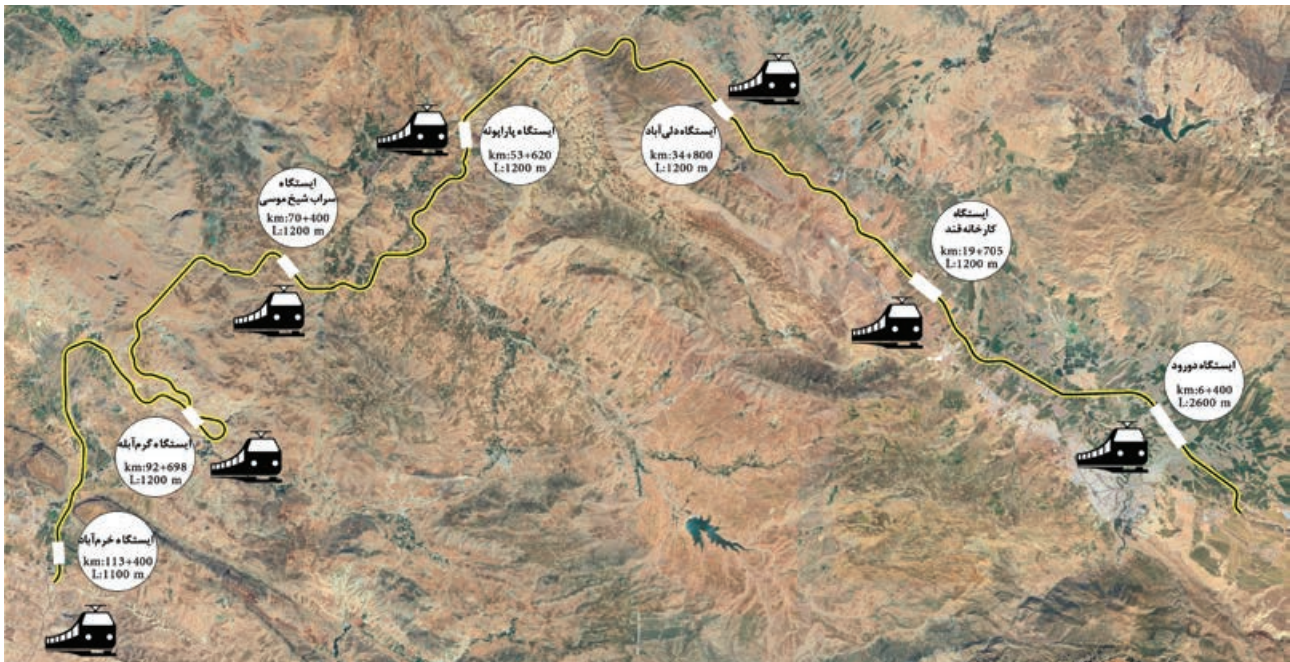
## ایستگاه‌های مسیر

جانمایی ایستگاه حائز اهمیت می‌باشد.

پس از دلی‌آباد ایستگاه‌های پاراپونه، سراب شیخ موسی و گرم‌آبله همگی ایستگاه‌های درجه ۳ محور هستند که به منظور توازن در ظرفیت مسیر، جانمایی شده‌اند. در انتهای مسیر نیز ایستگاه باری-مسافری خرم‌آباد قرار دارد. پس از ایستگاه انتهایی این محور (باری-مسافری خرم‌آباد) به منظور ایجاد دسترسی بهتر برای مسافرین شهر خرم‌آباد، ایستگاه مسافری خرم‌آباد در مجاورت شهر و در محدوده فرودگاه خرم‌آباد جانمایی گردیده است.

محور ریلی مورد مطالعه دارای ۷ ایستگاه و حداقل طول مفید ایستگاهی ۷۵۰ متر، می‌باشد. اولین ایستگاه این محور تحت عنوان ایستگاه دورود جدید در نظر گرفته شده است.

در ادامه مسیر بعد از ایستگاه دورود جدید، ایستگاه بین‌راهی کارخانه قند و ایستگاه درجه ۲ دلی‌آباد قرار دارد. ایستگاه دلی‌آباد در کیلومتر ۳۴+۸۰۰ به عنوان یک ایستگاه سه راهی، محور بروجرد-ملایر را به این محور متصل می‌نماید، که با توجه به جذب ترافیک بار و مسافر نقطه عطف این محور محسوب می‌شود و به لحاظ مطالعات ترافیکی و همچنین طراحی و

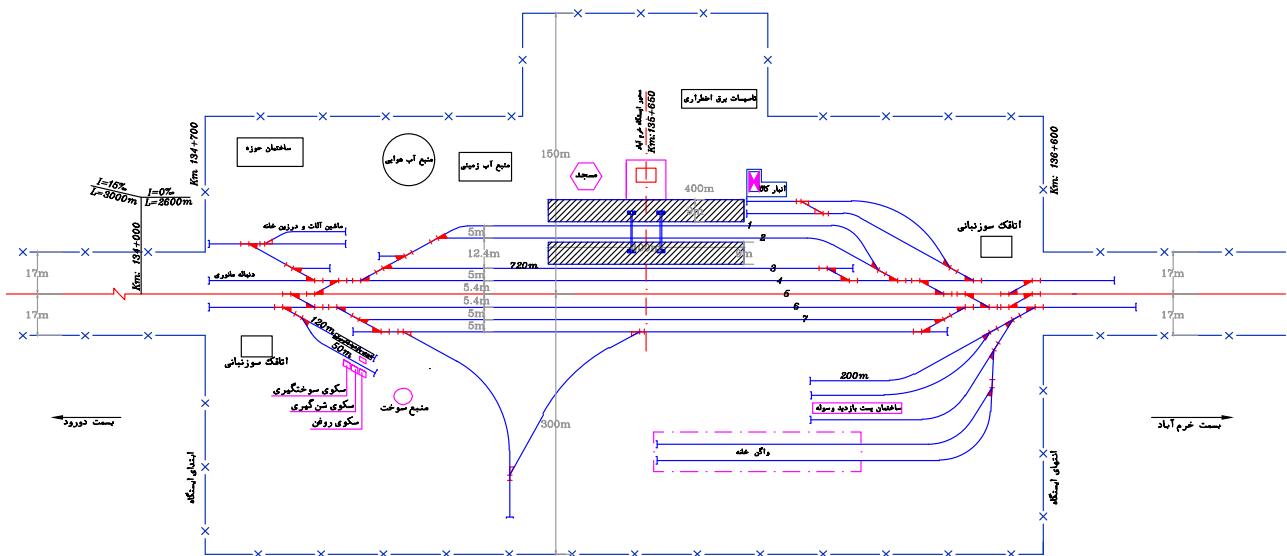


شکل ۱: مسیر و موقعیت ایستگاه‌های ریلی

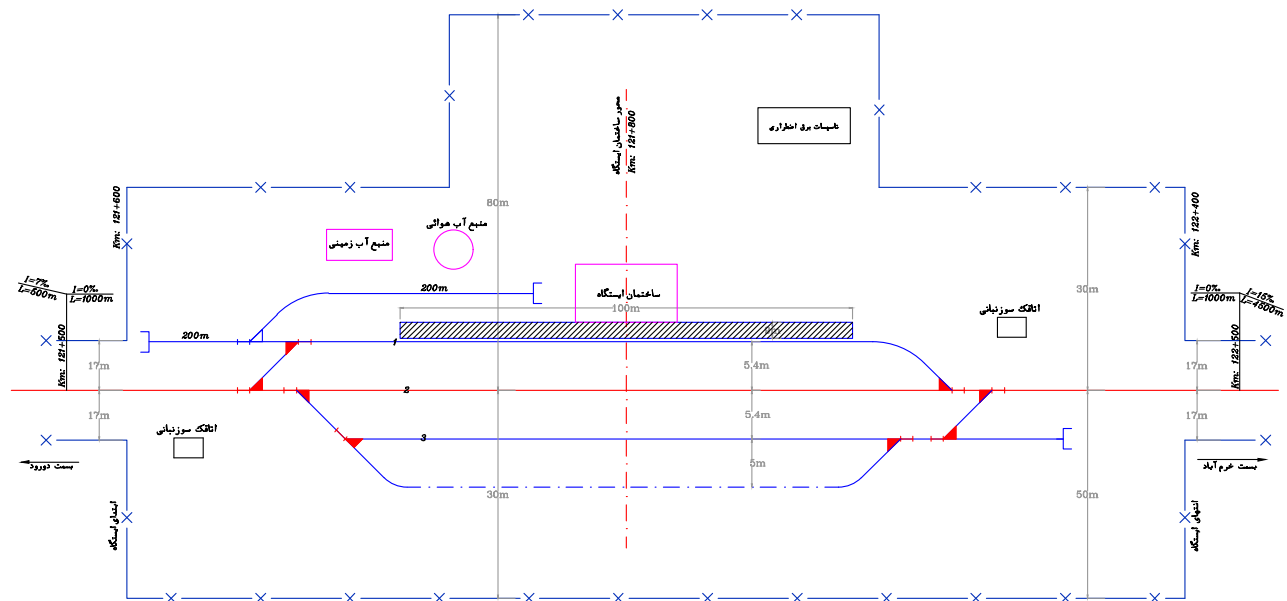
جدول زیر مشخصات کلی ایستگاه‌های این محور را نشان می‌دهد.

| ردیف | نام ایستگاه   | درجه ایستگاه | شیب ایستگاه | کیلومتر آکس ایستگاه |
|------|---------------|--------------|-------------|---------------------|
| ۱    | دورود جدید    | تشکیلاتی     | ۱/۵ در هزار | ۴۰۰+۶               |
| ۲    | کارخانه قند   | سه           | ۱/۵ در هزار | ۷۰۵+۱۹              |
| ۳    | دلی‌آباد      | دو           | ۱/۵ در هزار | ۳۴+۸۰۰              |
| ۴    | پاراپونه      | سه           | صفر در هزار | ۵۳+۶۲۰              |
| ۵    | سراب شیخ موسی | سه           | ۱/۵ در هزار | ۷۰+۴۰۰              |
| ۶    | گرم‌آبله      | سه           | ۱/۵ در هزار | ۹۲+۶۹۸              |
| ۷    | خرم‌آباد      | تشکیلاتی     | صفر در هزار | ۱۱۳+۴۰۰             |

تصویر کروکی ایستگاه‌های خرم‌آباد و پاریپونه طراحی شده توسط این مهندسین مشاور در شکل زیر آورده شده است.



شکل ۲: کروکی ایستگاه خرم‌آباد



شکل ۳: کروکی ایستگاه پاریپونه



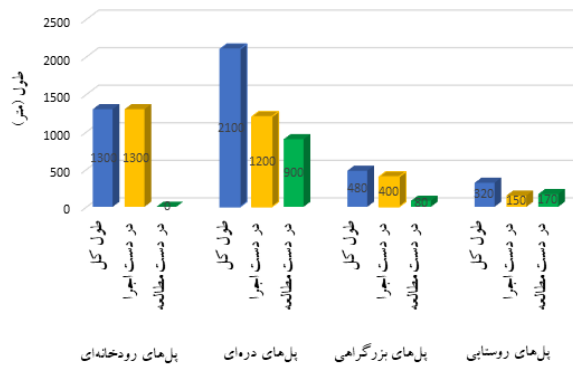
# بلندترین دهانه پل راه آهن کشور

بخش سوم: نگاهی بر سازه های پل در مسیر



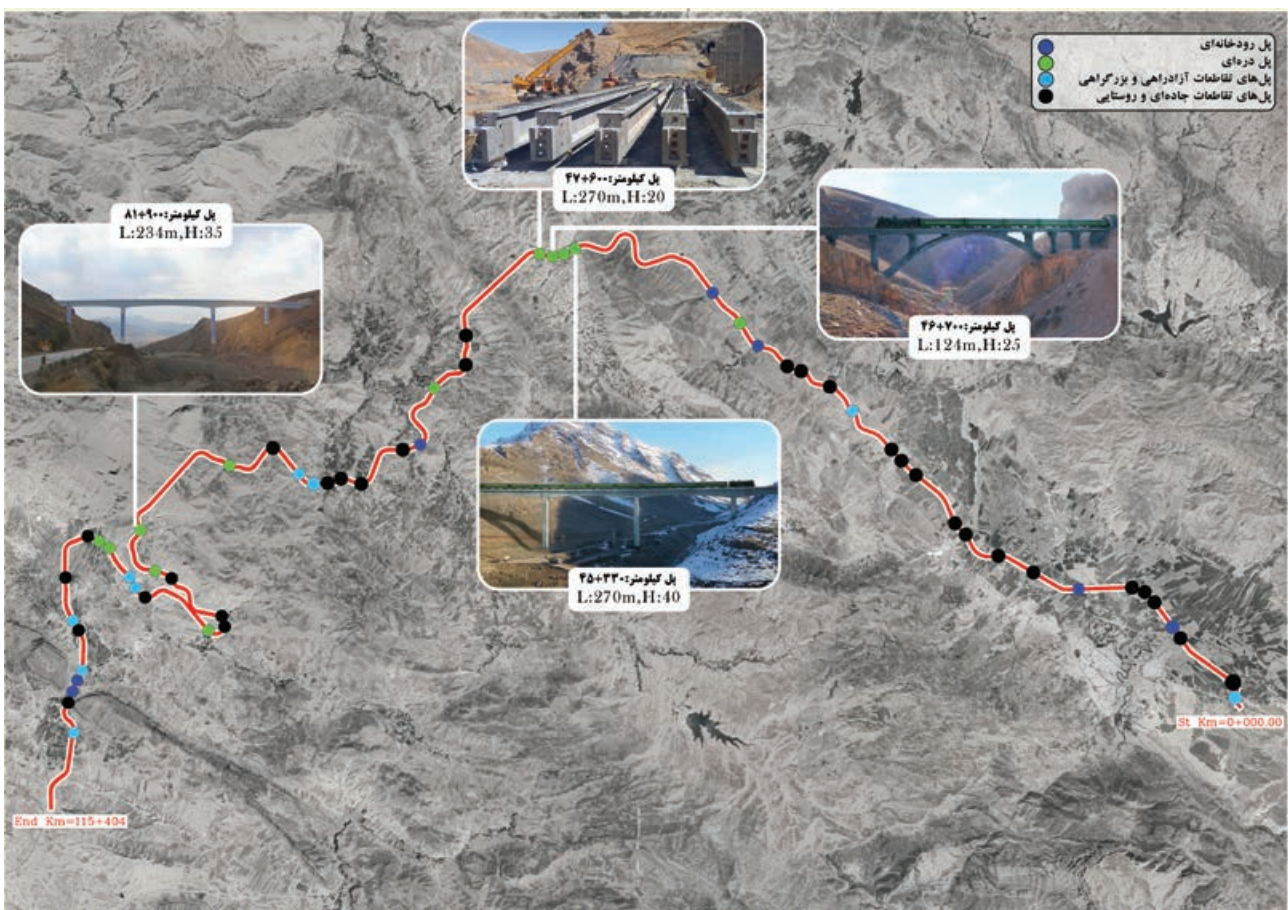


عبور مسیر پروژه از میان رشته کوه های مرتفع زاگرس، دشت‌های وسیع و تپه های ماهور و شرایط توپوگرافی سخت منطقه نیازمند به طراحی انواع مختلف پل همچون سیستم پل‌های دره‌ای بزرگ، پل‌های رودخانه‌ای و پل تقاطع‌های بزرگ و کوچک است. مجموع طول پل‌های طراحی شده در این مسیر بالغ بر ۴۲۰۰ متر می باشد که شامل موارد زیر است:



نمودار ۱: طول انواع سیستم‌های پل در پروژه به تفکیک

۱. ۱۴ دستگاه پل دره ای بزرگ به طول ۲۱۰۰ متر
۲. ۹ دستگاه پل تقاطعی آزادراهی و بزرگراهی به طول ۴۸۰ متر
۳. ۶ دستگاه پل رودخانه ای به طول ۱۳۰۰ متر
۴. ۳۲ دستگاه پل تقاطعی روستایی به طول ۳۲۰ متر

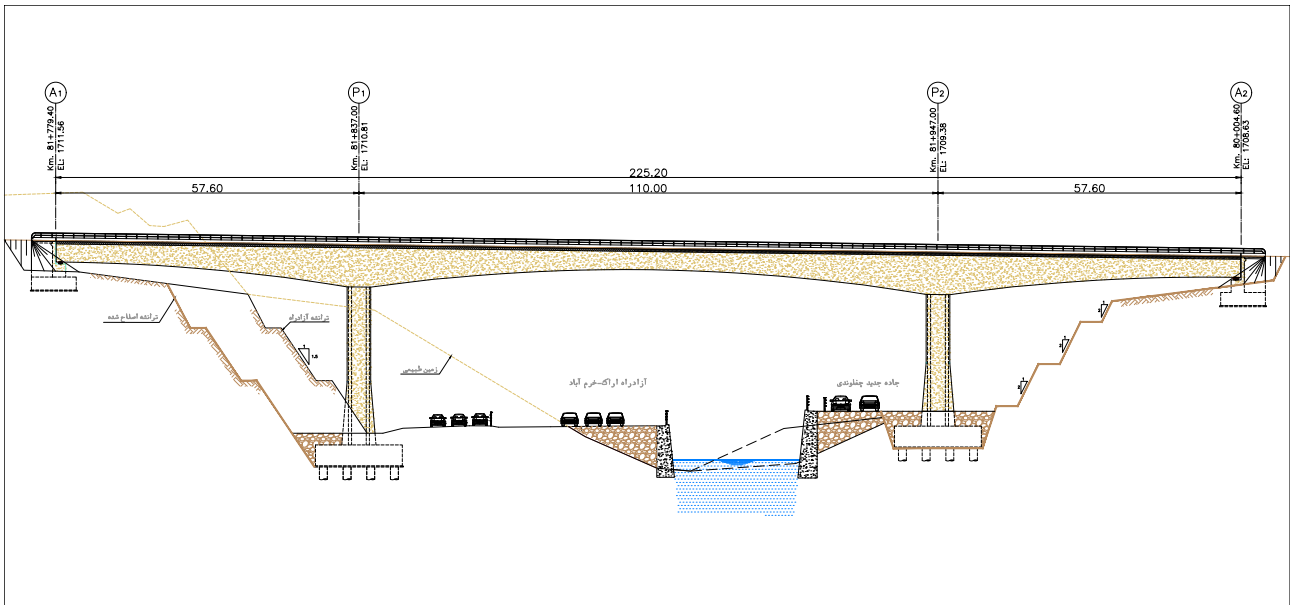


شکل ۱: پلان موقعیت پل‌های مسیر به تفکیک سیستم سازه‌ای

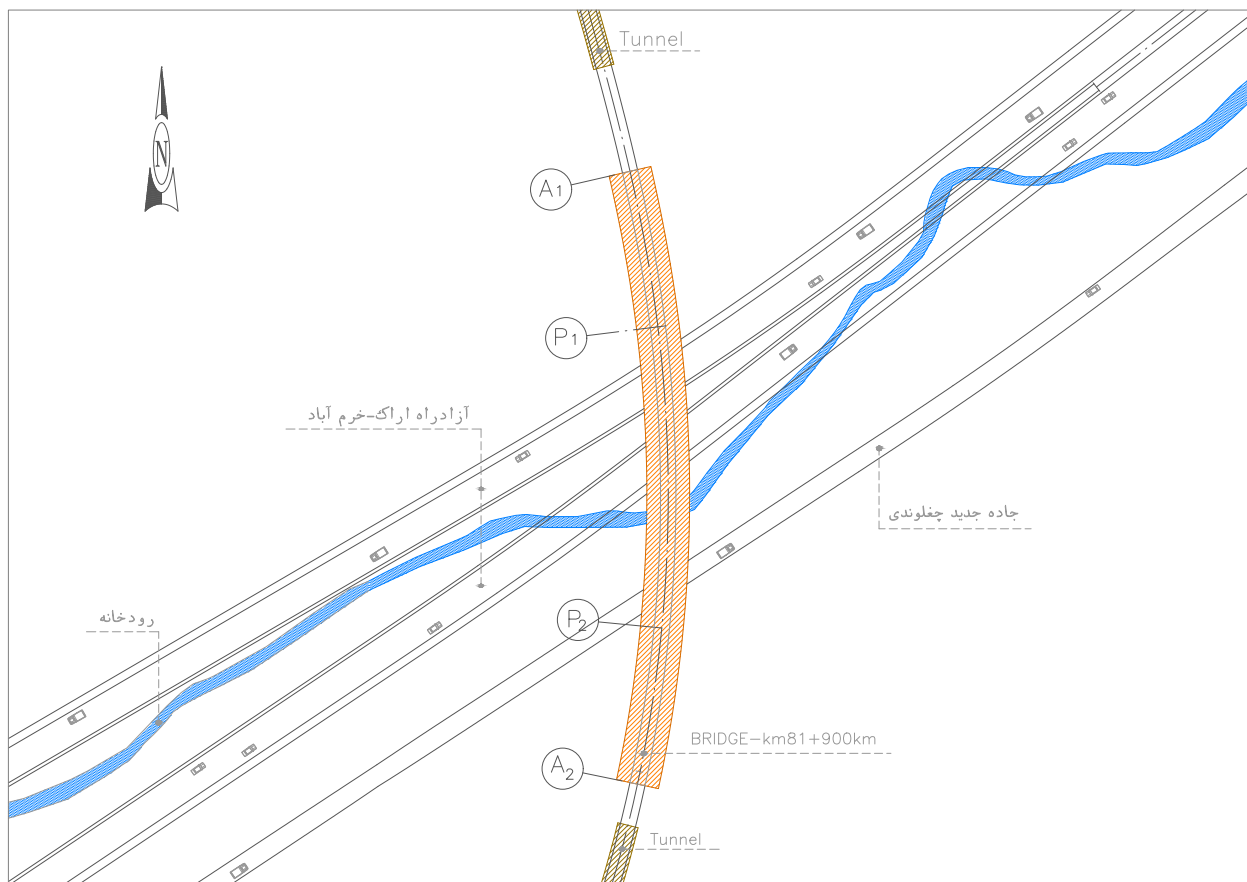


از بین پل‌های طراحی شده در این پروژه، پل کیلومتر ۸۱+۹۰۰ با عبور همزمان از روی آزادراه اراک - خرم‌آباد، جاده چغلوندی و رودخانه میان آن دو دارای شرایط ویژه‌ای از نظر طراحی و ساخت پل می‌باشد. این پل خاص دارای ۲۲۶ متر طول، شامل دو دهانه ۵۸ متری و یک دهانه ۱۱۰ متری می‌باشد که با سیستم عرشه باکس بتنی پیش تنیده درجاریز به روش طره متعادل با استفاده از شاریو طراحی و اجرا خواهد شد.

دهانه میانی ۱۱۰ متری این پل جزء بلندترین دهانه‌های پل‌های راه‌آهن در کشور است.



شکل ۲: پروفیل طولی پل کیلومتر ۸۲



شکل ۳: پلان موقعیت پل کیلومتر ۸۲

از دیگر پل های شاخص مسیر می توان به پل دره ای کیلومتر ۷۰+۴۶ اشاره کرد. این پل به طول ۱۲۴ متر با سیستم قوس بتنی مسلح عبور از بالا می باشد که طول دهانه قوس آن ۷۰ متر و ارتفاع تاج قوس از پایین دره ۲۵ متر می باشد.



شکل ۴: تصویر سه بعدی پل قوس بتنی کیلومتر ۴۶



شکل ۵: پل کیلومتر ۴۵







# چالش‌ها و مخاطرات ژئوتکنیکی، لزوم مدیریت ریسک در پروژه

بخش چهارم: ارزیابی ملاحظات ژئوتکنیکی محور

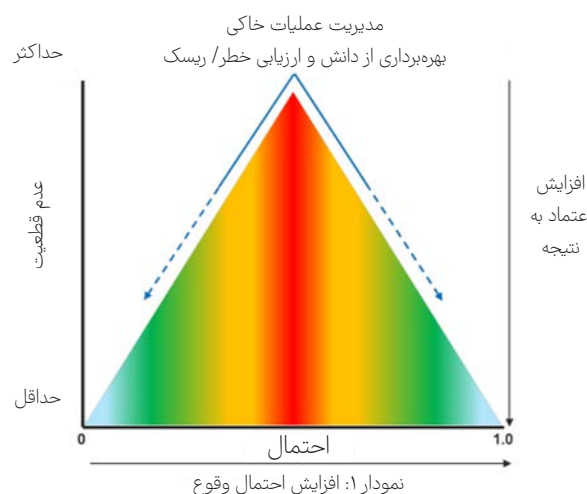




ژئوتکنیک راه‌آهن، به‌ویژه در زمینه تونل‌سازی، خاکریزها و ترانشه‌ها، نقش اساسی در گسترش شبکه‌های مدرن راه‌آهن ایفا می‌کند. در این بخش بر تکنیک‌ها و نوآوری‌های در حال تحول در تونل‌سازی، خاکریزها و ترانشه‌ها، از تحلیل رفتار زمین تا استراتژی‌های کاهش ریسک تمرکز دارد. با توجه به اینکه تونل‌ها به همراه خاکریزها و ترانشه‌ها به اجزاء ضروری سیستم‌های حمل و نقل ریلی تبدیل شده‌اند، مدیریت ریسک و مخاطرات برای تضمین زیرساخت‌های ایمن و قابل اطمینان، حیاتی است.

## مدیریت ریسک

ارتباط خطر، پیامد و ریسک، زمانی که با زیرساخت‌های ژئوتکنیکی مرتبط است می‌تواند بسیار چالش برانگیز باشد. احتمال و عدم قطعیت رخداد گسیختگی در نمودار زیر نشان داده شده است. ممکن است وجود عدم اطمینان در عملکرد زیرساخت‌ها ناخوشایند در نظر گرفته شود. با این حال، عملیات ژئوتکنیکی با ریسک بیش از حد همراه با یک ترکیب ناهمگن مصالح، چالش مهمی را برای راه‌آهن فراهم می‌کند؛ بنابراین عاقلانه نیست که احتمال گسیختگی را صفر (روی نخواهد داد) یا یک (اتفاق خواهد افتاد) در نظر بگیریم.



## چالش‌های ژئوتکنیکی

شیوه‌های ساخت‌وساز تجربی و فشار برای کاهش تملک زمین در دوران تأسیس مسیرهای ریلی جدید، هر دو عامل ایجاد بسیاری از چالش‌های امروزی هستند. بر خلاف کارهای خاکی راه‌آهن، طراحی خاکریزها و ترانشه‌ها از توسعه مکانیک خاک مدرن و از درک بهتر خاک‌های مورد استفاده در ساخت و ساز بهره می‌برد.

امروزه با طیف وسیعی از چالش‌های فنی روبرو هستیم، از جمله:

۱. افزایش فشار آب منفذی و کاهش تنش موثر در شیب‌ها، کاهش ضریب ایمنی و افزایش احتمال خرابی زیرساخت در دوره‌های طولانی آب و هوای مرطوب
۲. مدیریت زیرساخت در طول کوتاه مدت حوادث شدید آب و هوایی
۳. مشکلات سرویس‌دهی راه‌آهن ناشی از خشک شدن فصلی خاکریزها
۴. فرونشست زمین ناشی از نشست خاک‌های زیرسطحی
۵. وجود جریان‌های شدید آب زیرسطحی و حفرات کارستی در تونل‌ها
۶. عبور از محدوده خردشده ناشی از گسل در تونل‌ها
۷. ناپایداری ساختاری در تونل‌ها
۸. پدیده لهیدگی در تونل‌ها

## داده‌های ژئوتکنیکی

داده‌های ژئوتکنیکی مرتبط با زمین اغلب پر هزینه هستند و در زمان‌های مختلف یک پروژه تولید می‌شوند، از جمله:

۱. بررسی سایت و نتایج آزمایش در محل
۲. نتایج آزمایشگاهی (تست مقاومت و...)
۳. اطلاعات دریافتی از ابزار دقیق زیرسطحی
۴. مرحله طراحی (مدل‌های شکست و ارزیابی)
۵. داده‌های ساخت و ساز (آزمایش‌های مختلف حین ساخت)
۶. اطلاعات چون ساخت (میخکوبی، تورسنگ، خاک - سیمان و...)
۷. نگهداری (تست غیر مخرب و...)

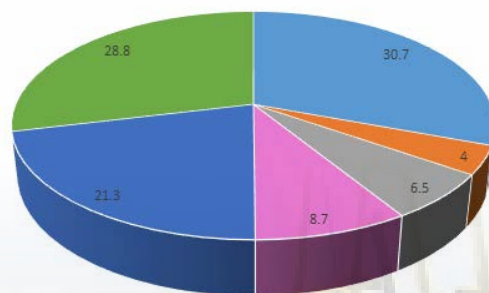
ما می‌دانیم که مدیریت ضعیف داده‌ها باعث ایجاد عدم اطمینان و خطر می‌شود. کمبود در ذخیره‌سازی اطلاعات کافی منجر به مشکلاتی در ارزیابی آینده و ارتباط شرایط و خطرات زمین خواهد شد. در پروژه راه‌آهن دورود-خرم‌آباد سعی شد با در نظر گرفتن کلیه مخاطرات و سطوح ریسک به طراح ابنیه فنی مختلف پرداخته شود.

## ژئوتکنیک راه آهن دورود-خرم آباد

یکی از مصائب اصلی و چالش‌های ژئوتکنیکی مسیر، مرتبط با تعیین داده‌ها و پارامترهای مقاومتی خاک و سنگ می‌باشد. با توجه به اینکه مسیر در یک منطقه کوهستانی با پستی بلندی‌های زیاد قرار گرفته است، دارای تونل، ترانشه و خاکریزهای زیادی است. در شکل زیر درصد طولی ابنیه فنی مسیر و ویژگی‌های منحصر به فرد مسیر نشان داده شده است.



شکل ۱: ویژگی‌های منحصر به فرد پروژه



تونل   ترانشه   ایستگاه   خاکریز   پل   مسیر بدون ابنیه

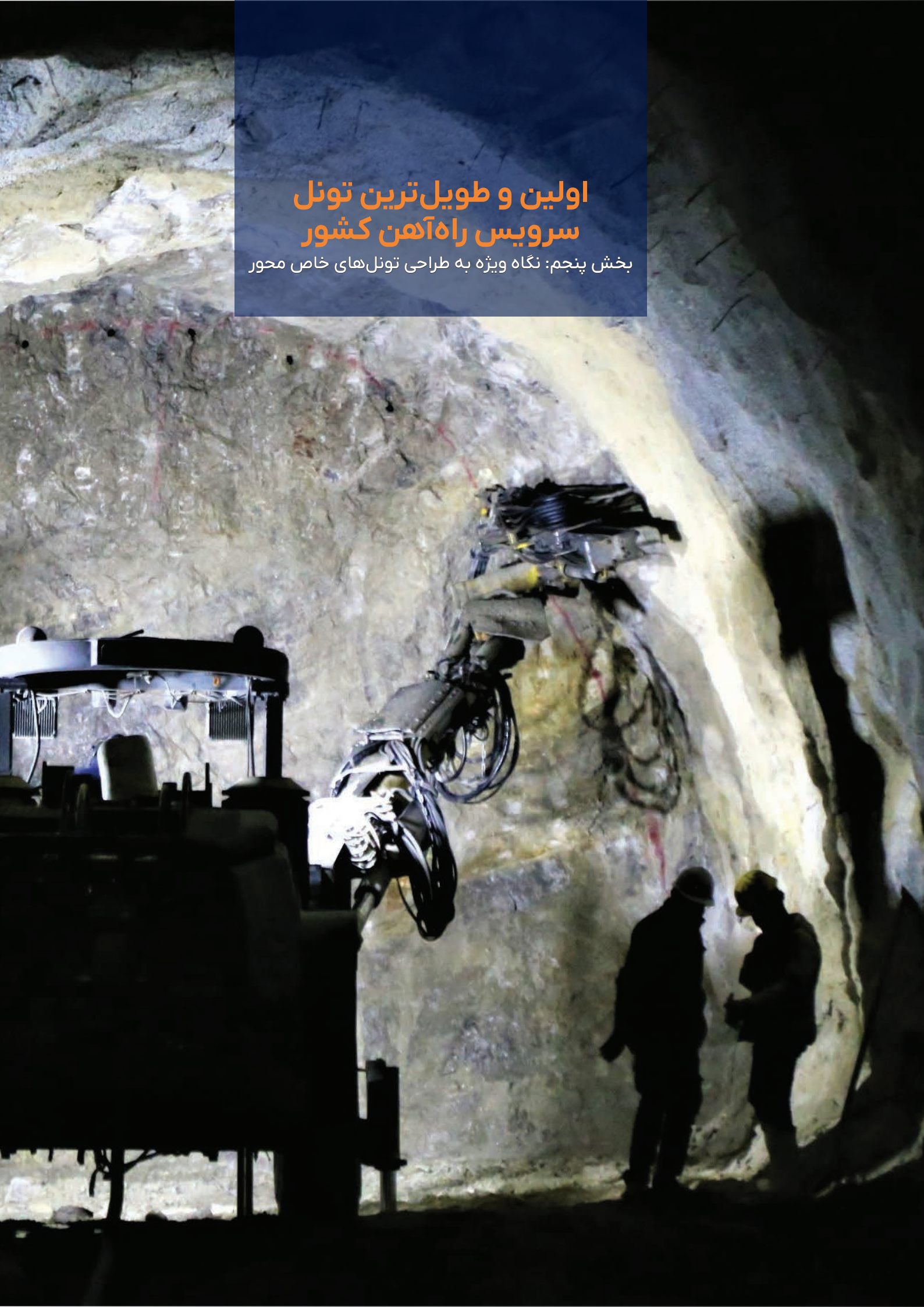
نمودار ۲: درصد طولی ابنیه‌های مسیر





# اولین و طولی ترین تونل سرویس راه آهن کشور

بخش پنجم: نگاه ویژه به طراحی تونل های خاص محور





در این محور مجموعاً ۱۷ دستگاه تونل، طراحی شده و در حال اجرا است. یکی از ویژگی‌های خاص مسیر احداث ۴ دستگاه تونل طولی (طول بیش از ۳ کیلومتر) می‌باشد. تونل‌های طولی، تونل‌های کیلومتر ۴۱، ۴۴، ۴۸ و ۷۸ هستند که طول‌هایی به ترتیب ۳/۷، ۳، ۴/۶ و ۳/۷ کیلومتر دارند، در این بین، تونل کیلومتر ۴۸ بلندترین تونل راه‌آهن کشور می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت تونل‌های مسیر

توپوگرافی، طول و عمق تونل‌ها، مشکلات و هزینه‌های اجرایی، راه‌های دسترسی و... بستگی دارد.

از مزایای روش اول نسبت به دو روش دیگر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. جانمایی صحیح تونل‌های سرویس و ارتباطی در زمان حفر تونل اصلی، می‌تواند کمک شایانی به عملیات عمرانی و افزایش سرعت پیشرفت کار نماید.
۲. در زمان حفر تونل اصلی اگر تونل ارتباطی نیز در نظر گرفته شده باشد، می‌توان عملیات تخلیه و تامین تجهیزات را با سرعت مناسب‌تری انجام داد.
۳. از تونل سرویس می‌توان به عنوان تونل اکتشافی استفاده نمود.
۴. دسترسی مسافران در موقع بهره‌برداری از این نوع خروجی اضطراری بسیار راحت‌تر می‌باشد.
۵. اجرای این روش به دلیل عدم وجود شیب طولی در تونل آسان می‌باشد.

در تونل‌های راه‌آهن با طول کمتر از یک کیلومتر، تونل سرویس و ارتباطی لحاظ نمی‌گردد زیرا احتمال بروز حوادث ریلی بسیار کم و در صورت بروز حوادث نیز امکان کمک رسانی از دو طرف تونل وجود دارد. لیکن در صورت طولی بودن تونل اصلی و نیز الزامات ایمنی و تهویه در حوزه راه‌آهن، دیده شدن این تونل‌ها در طرح اصلی و جانمایی صحیح خروجی‌های سرویس الزامی است. سرویس دهی به تونل‌های طولی می‌تواند به یکی از سه روش زیر میسر شود:

۱. از طریق تونلی موازی با تونل اصلی (Service/ Emergency Egress Tunnel) و استفاده از تونل‌های ارتباطی (Cross Passage) برای اتصال آن به تونل اصلی.
  ۲. از طریق ساخت رمپ و ادیت (Escape Gallery)، که از سطح زمین به تونل اصلی وصل می‌شوند.
  ۳. از طریق چاه‌های فرار (Shaft) که از سطح زمین به تونل اصلی وصل می‌شوند.
- انتخاب هر کدام از این گزینه‌ها به شرایطی از قبیل شرایط



۶. با حفر تونل سرویس، در هزینه و زمان صرفه‌جویی می‌شود.

۷. کابل‌های برق و برخی از تجهیزات را می‌توان از هر دو تونل عبور داد.

۸. وجود تونل‌های ارتباطی (خروجی سرویس - دالان ارتباطی) در طول تونل به منظور بهبود کیفیت عملیات تعمیر و نگهداری و همچنین عدم نیاز به بستن تونل در زمان تعمیرات و بازدید، بسیار مهم و حیاتی می‌باشد.

براساس موارد فوق الذکر، شرایط توپوگرافی، طول و عمق تونل‌ها، مشکلات و هزینه‌های اجرایی و راه‌های دسترسی، اجرای تونل سرویس موازی تونل اصلی و استفاده از تونل‌های ارتباطی جهت اتصال این دو تونل به یکدیگر در این پروژه پیشنهاد و اجرا شده است.



شکل ۲: پرتال ورودی تونل اصلی و سرویس کیلومتر ۷۸

- امکان استفاده از تونل سرویس در آینده و در طرح‌های توسعه‌ای آتی امکان‌پذیر باشد.

در طرح تونل سرویس و تونل‌های ارتباطی موارد ذیل در نظر گرفته می‌شود:

استاندارد NFPA 130، تعداد مورد نیاز تونل ارتباطی را براساس موارد زیر تعیین می‌نماید:

- امکان خروج افراد در هر بخش از تونل در حداقل زمان ممکن (حدود ۱ الی ۲ دقیقه در حال دویدن با سرعت متوسط، بیشترین فاصله از هر تونل ارتباطی ۱۲۵ متر) امکان‌پذیر باشد.

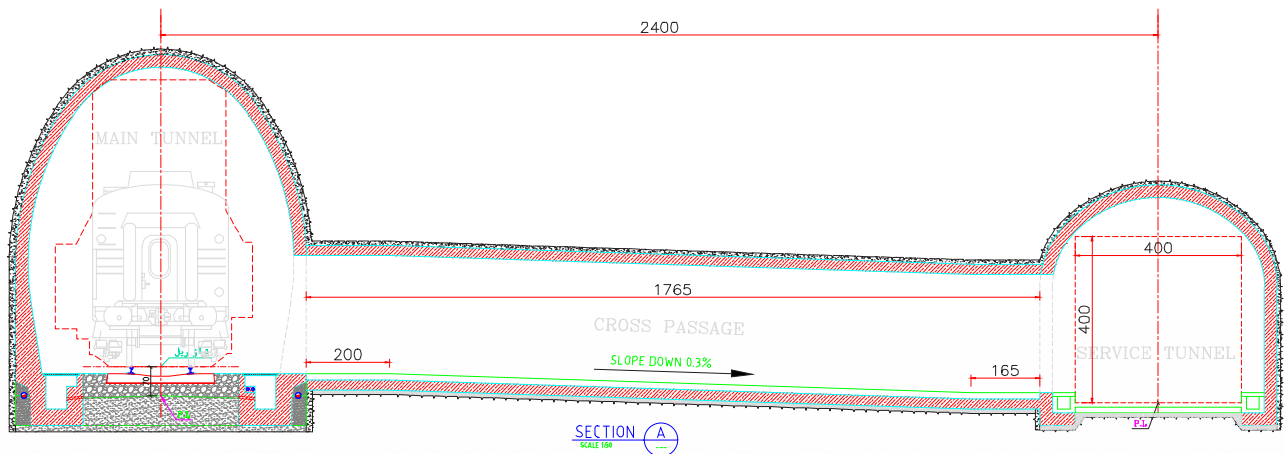
۱. فاصله‌داری تونل ارتباطی نباید از ۸۰۰ feet (حدود ۲۵۰ متر) تجاوز کند تا این امکان را به مسافری بدهد در شرایط آتش سوزی بتواند از طریق نزدیکترین خروجی سرویس جان خود را نجات دهد. تونل ارتباطی مجهز به دو درب بوده که می‌تواند تا ۱/۵ ساعت در برابر آتش سوزی از مسافرین محافظت نماید.

- دود و گرما به تونل‌های ارتباطی (محل امن) به دلیل تمهیدات بکار گرفته شده در تاسیسات تهویه و ایمنی وارد نشود.

۲. حداکثر فاصله‌داری ۸۰۰ feet (حدود ۲۵۰ متر) می‌تواند براساس طراحی و عملکرد آن (تهویه، زهکشی، تردد وسایل نقلیه) بهینه شود و در صورت لزوم بسته به میزان زمان فرار می‌تواند کاهش یابد. بطور کلی برای تونل‌هایی با طول بیش از ۴۰۰ متر باید تونل ارتباطی با فاصله‌داری کمتر از ۳۰۰ متر تعیین گردد.

- حداکثر فاصله بین دو محل امن بگونه‌ای انتخاب شود که امکان حرکت سریع و آسان به محل امن وجود داشته باشد.

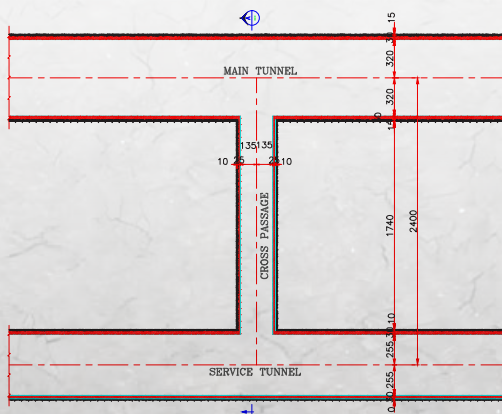
- شکل و ابعاد تونل ارتباطی باید به گونه‌ای باشد تا ماشین‌های آتش‌نشانی و تجهیزات ایمنی، قابلیت تردد در آن را دارا باشند.



شکل ۳: جانمایی تونل اصلی، سرویس و ارتباطی

طبق استاندارد NFPA 130 ابعاد تونل ارتباطی برحسب کاربری آن که، مسیر خروجی اضطراری انسان باشد یا برای تاسیسات یا تردد وسایل نقلیه، متفاوت می‌باشد:

**عرض:** حداقل عرض مفید پیشنهادی برای تونل ارتباطی با کاربری تردد وسایل نقلیه حدود ۶ متر و برای تونل ارتباطی با کاربری عبور انسان، ۲/۲۵ متر می‌باشد. فضای مورد نیاز برای تاسیسات تهویه و زهکشی می‌تواند علاوه بر فضای مفید داخلی، در طراحی عرض تونل ارتباطی لحاظ گردد.



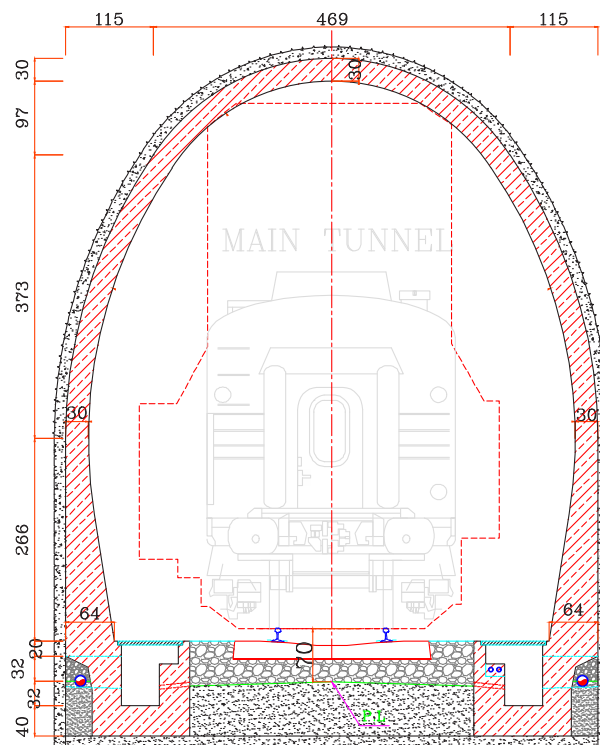
**ارتفاع:** حداقل ارتفاع مورد نیاز برای تونل ارتباطی با کاربری تردد وسایل نقلیه حدود ۵ متر و برای تونل ارتباطی با کاربری عبور انسان، ۲/۲۵ متر می‌باشد.

**درب‌های دسترسی:** حداقل ابعاد برای عرض درب تونل ارتباطی، ۱/۱ متر و برای ارتفاع آن حدود ۲ متر می‌باشد. درب‌ها می‌توانند در هر دوسوی تونل ارتباطی قرار گیرند و باید به سمت داخل باز شوند. درب‌ها با کمی فاصله یکسان از سمت تونل ارتباطی در داخل آن جانمایی می‌گردند.

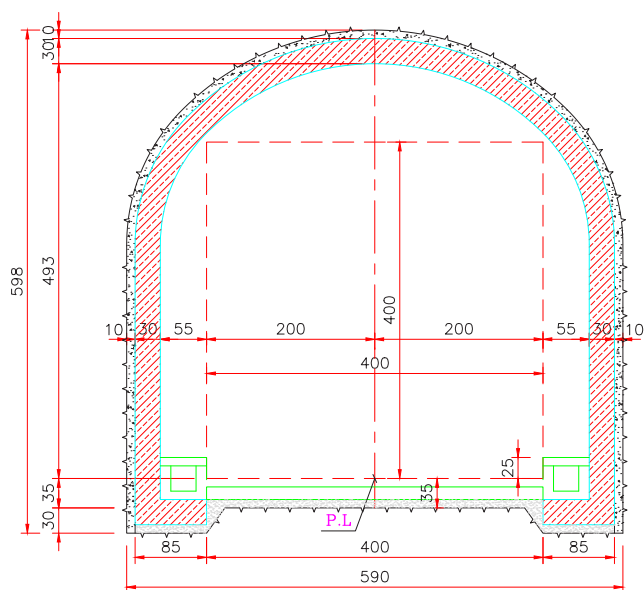
ابعاد تونل اصلی، سرویس، ارتباطی و جانمایی این سه تونل در راه‌آهن دورود-خرم‌آباد مطابق شکل زیر می‌باشد.



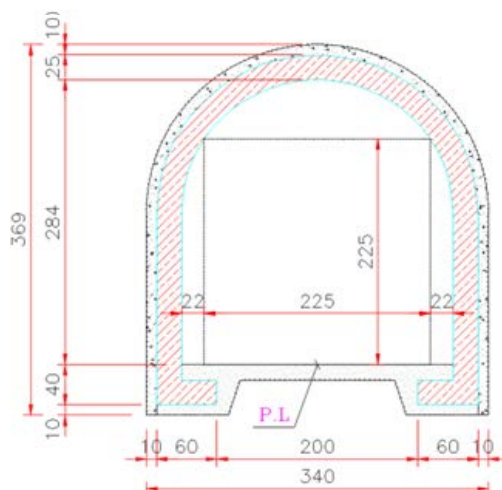




شکل ۴: سطح مقطع تونل اصلی



شکل ۵: سطح مقطع تونل سرویس



شکل ۶: سطح مقطع تونل ارتباطی



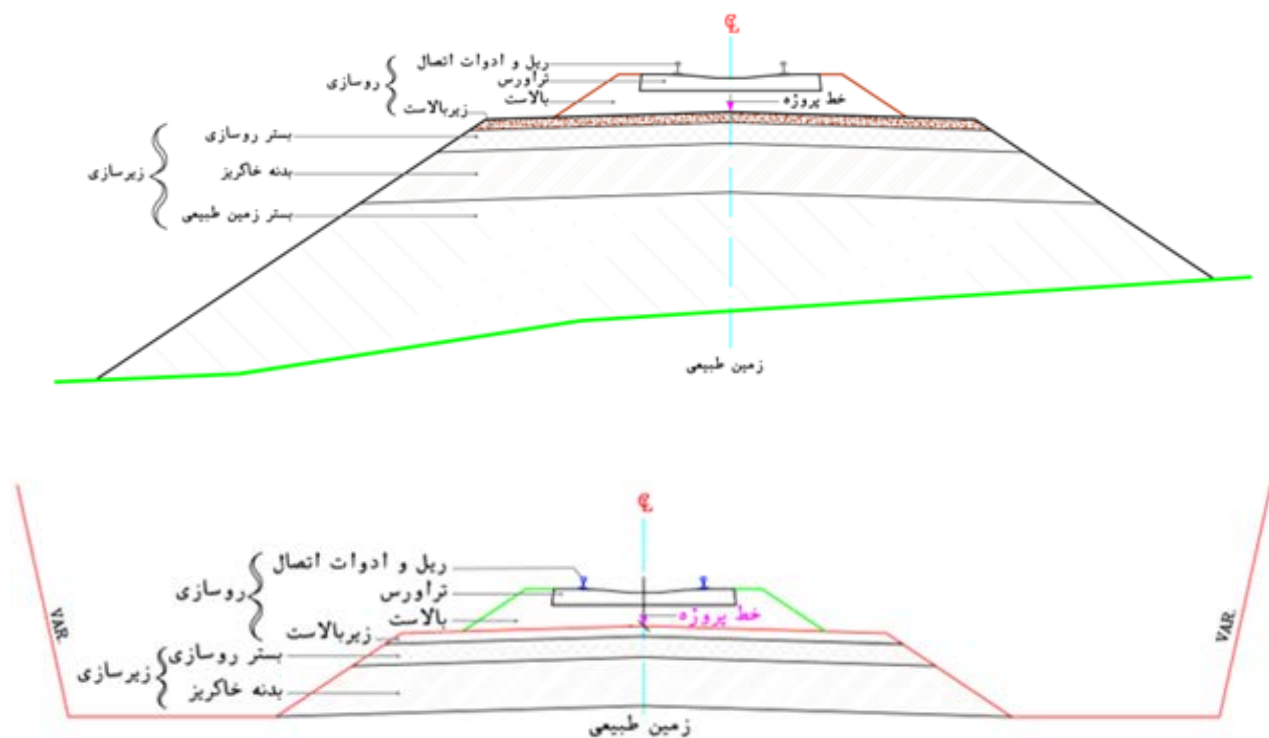
# مطالعات و طراحی خاکریزها و ترانشه‌های بلند

بخش ششم: بررسی چالش‌های طراحی  
خاکریز و ترانشه‌ها





خاکریزها و ترانشه‌ها برای مدیریت ناهواری زمین و فراهم کردن یک بستر پایدار برای خطوط ریلی در ساخت راه‌آهن ضروری هستند. در مناطق کوهستانی یا زمین‌های با توپوگرافی متغیر، خاکریزها به بالا بردن خط آهن در بالای مناطق کم‌ارتفاع کمک می‌کنند، در حالی که ترانشه‌ها از طریق برش ارتفاعات، مسیر مسطحی ایجاد می‌کنند.



شکل ۱: مقطع خاکریزی و ترانشه‌برداری مسیر

لغزش دامنه، نشست بیش از حد و کاهش ظرفیت باربری شود که همگی برای زیرساخت‌های ریلی بحرانی هستند. قرارگیری راه‌آهن در استان لرستان به عنوان یکی از پر بارش‌ترین استان‌های کشور نشان از اهمیت بررسی این موضوع دارد.

**سنگ مارن و خاک‌های حساس به آب:** سنگ مارن و خاک‌هایی که حساسیت بالایی به آب دارند خطرات قابل توجهی را به وجود می‌آورند. این مصالح وقتی در معرض آب قرار می‌گیرند، ضعیف و باعث ناپایداری در خاکریزها و ترانشه‌ها می‌شوند. بنابراین در این شرایط نیاز به ملاحظات دقیق در انتخاب مصالح بدنه خاکریز و سیستم‌های زهکشی ترانشه‌ها وجود دارد. بخش زیادی مسیر از کیلومتر ۸۱ الی ۹۹ در میان توده‌های مارنی شدیداً حساس به آب قرار گرفته است.

**زون‌های خرد شده در ترانشه‌ها:** در بسیاری از ترانشه‌های مسیر وجود زون‌های گسلی که در آن‌ها سنگ به دلیل فعالیت‌های تکتونیکی خرد و ضعیف شده بسیار معمول است. این زون‌ها به‌ویژه در برابر تغییر شکل آسیب‌پذیر بوده و خطراتی برای یکپارچگی سازه‌ای ترانشه ایجاد می‌کنند.

پروژه راه‌آهن دورود-خرم‌آباد، به‌عنوان یک مسیر حمل و نقل مهم، از مناطق با زمین‌های مسئله‌دار عبور می‌کند، که در این حالت خاکریزها و ترانشه‌ها عناصر کلیدی محسوب می‌شوند. این سازه‌ها که برای تثبیت مسیر راه‌آهن طراحی شده‌اند، به دلیل وجود خطرات زمین‌شناسی، محیطی و ارتفاع زیاد، نیازمند ملاحظات دقیق ژئوتکنیکی هستند. شایان ذکر است که بلندترین خاکریز ۲۵ متر و بلندترین ترانشه محور ۴۰ متر ارتفاع دارد.

در این بخش ریسک‌های ژئوتکنیکی و روش‌های بهبود جهت افزایش پایداری و ایمنی خاکریزها و ترانشه‌های این مسیر بررسی می‌شود.

## خطرات و ریسک‌های زمین‌شناسی

ساخت و نگهداری خاکریزها و ترانشه‌ها در مناطقی با شرایط زمین‌شناسی پیچیده با چالش‌های ژئوتکنیکی متعددی همراه است. برخی از مهم‌ترین خطرات و ریسک‌ها عبارتند از:

**مسائل مربوط به آب‌های سطحی و زیرزمینی:** در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا است، خاکریزها و ترانشه‌ها در معرض ناپایداری ناشی از آب قرار می‌گیرند. این امر می‌تواند منجر به



شکل ۲: سقوط سنگ

**خاک‌های ریزدانه در بستر خاکریزها:** نشست بیش از حد یا رفتار انقباض-انبساط بستر خاکریزها، به دلیل رفتار خاک‌های ریزدانه به خصوص در معرض آب، یک چالش جدی است. این خاک‌ها ممکن است نیاز به روش‌های بهسازی، از جمله تقویت یا تعویض برای تضمین پایداری بلندمدت داشته باشند.

**سقوط سنگ:** خطر سقوط سنگ در برخی مناطق نیز به ریسک‌های اضافی برای پایداری ترانشه‌ها تبدیل می‌شود که نیاز به نصب موانع برای کنترل سقوط سنگ‌ها را ایجاد می‌کند.

**زمین لغزش‌های قدیمی:** محور راه‌آهن دورود خرم‌آباد در بخش زیادی در میان زمین لغزش‌های قدیمی قرار گرفته که منجر به طراحی خاص ترانشه‌ها و خاکریزهای این محدوده‌ها شده است.



شکل ۳: تقویت خاکریز با ژئوگریدها

## روش‌های مقابله با مخاطرات

انتخاب روش مناسب در مقابله با مخاطرات بر اساس ارزیابی ریسک می‌باشد.

**تقویت خاکریز با ژئوگریدها:** در مناطقی که خاک‌های ریزدانه یا بسترهای ضعیف وجود دارد، از ژئوگریدها برای تقویت و افزایش ظرفیت باربری خاکریز استفاده می‌شود. این تکنیک نشست را کاهش می‌دهد و اطمینان حاصل می‌کند که خاکریز تحت بار قطار به‌طور پایدار باقی می‌ماند.

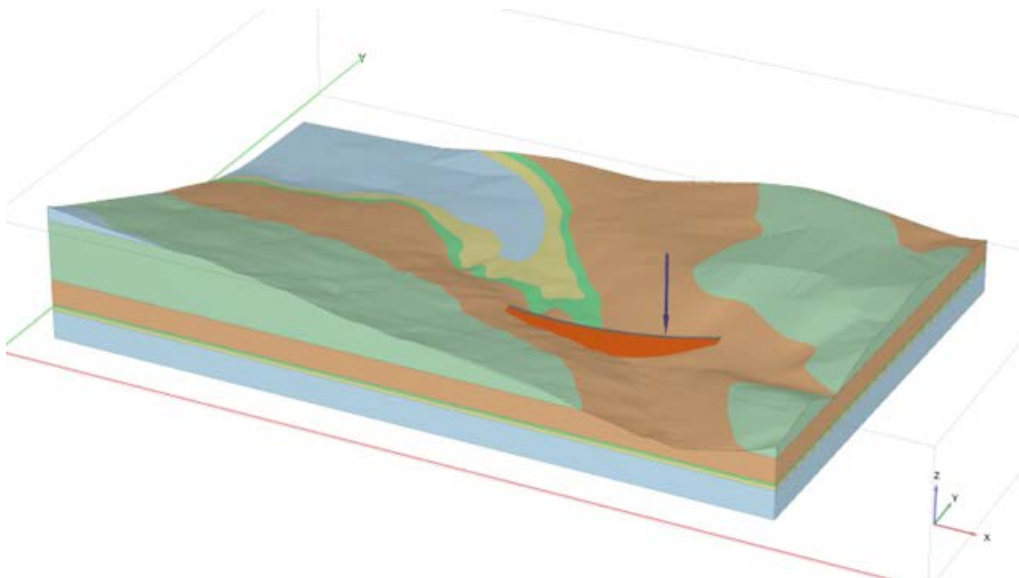
**دیوارهای حائل:** در مناطقی که خاکریزها با شیب‌های تند مواجه هستند یا ترانشه‌ها از زون‌های گسلی عبور می‌کنند، دیوارهای حائل برای پشتیبانی جانبی نصب می‌شوند. بسته به شرایط ژئوتکنیکی، از دیوارهای حائل مسلح و غیر مسلح استفاده می‌شود. این دیوارها به جلوگیری از گسیختگی شیب کمک کرده و اطمینان از یکپارچگی خط راه‌آهن را فراهم می‌کنند.

**موانع سنگ‌ریزش:** در مناطقی که در معرض سقوط سنگ قرار دارند، موانعی نصب می‌شوند تا سنگ‌های افتاده را کنترل کرده و از زیرساخت‌های راه‌آهن محافظت کنند. این موانع لایه‌ای اضافی از حفاظت را فراهم می‌کنند و خطر آسیب یا اختلال در خط راه‌آهن را کاهش می‌دهند.

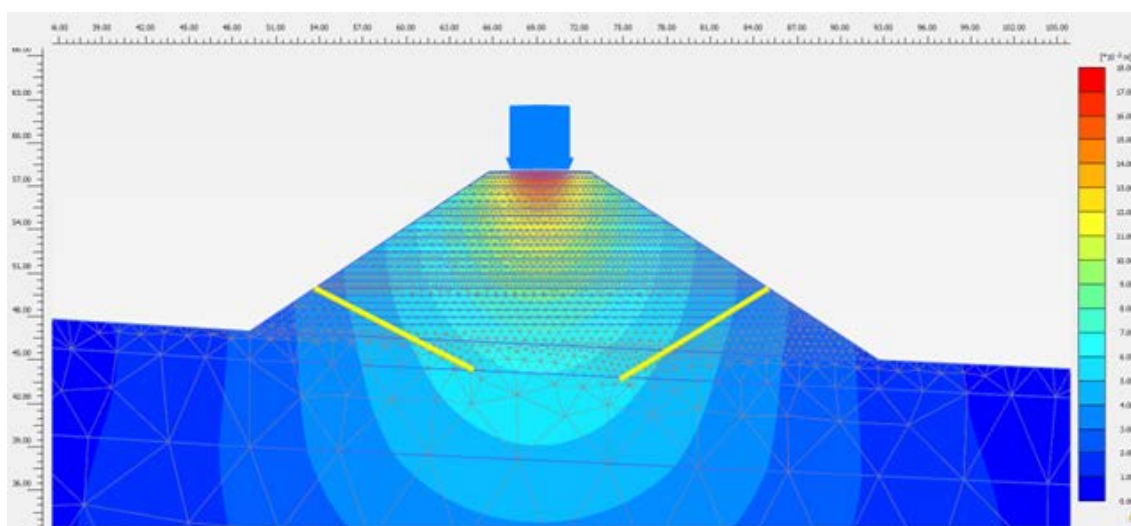
**اجرای خاکریز سنگی:** ساخت خاکریز با مصالح سنگ‌ریزه‌ای سبب پایداری بیشتر می‌گردد. مصالح سنگ‌ریزه‌ای به جلوگیری از تجمع آب در داخل خاکریز کمک کرده و خطر ناپایداری ناشی از نفوذ آب را کاهش می‌دهد.

**آب روها و کانال‌های زهکش:** در مناطق رودخانه‌ای و پر آب، آب‌روها و کانال‌های زهکش به ترتیب در خاکریزها و ترانشه‌ها برای عبور آب اجرا می‌شوند تا از آب‌گرفتگی و آب‌شستگی جلوگیری کنند.

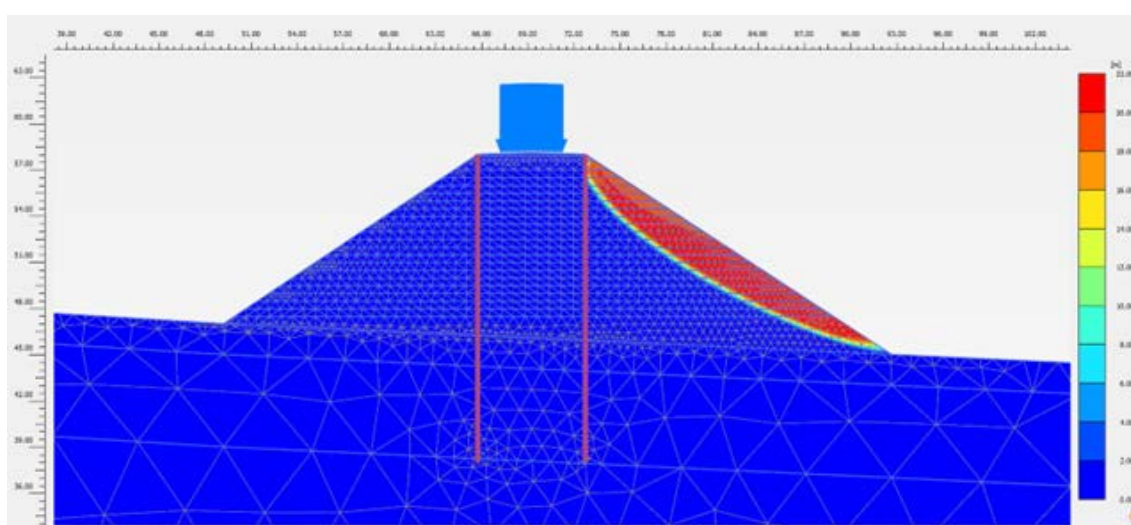




شکل ۴: طراحی سه بعدی خاکریز



شکل ۵: مدل سازی بهسازی خاکریز با نیلینگ



شکل ۶: مدل سازی بهسازی خاکریز با شمع



# بهسازی خاک دشت سیلاخور

بخش هفتم: مقایسه روش‌های بهسازی بستر





برای مقابله با مخاطرات گفته شده، از روش بهسازی خاک با استفاده از ستون‌های خاک-سیمان با تکنیک‌های جت گروتینگ و اختلاط عمیق خاک استفاده شده است. این فرآیند خاک‌های ضعیف را با مواد سیمانی ترکیب کرده و ستون‌های پایداری ایجاد می‌کند که خواص خاک را بهبود می‌بخشد، از روانگرایی جلوگیری و تغییرشکل‌های بیش از حد را کنترل می‌کند.

### ستون‌های خاک-سیمان

ستون‌های خاک-سیمان بر اساس دو الگو بسته به شرایط ژئوتکنیکی خاص منطقه مورد استفاده قرار گرفته‌اند:

**الگوی شبکه‌ای:** الگوی شبکه‌ای با ایجاد خاک محصور شده و کاهش کرنش‌های برشی وارده به خاک حین بارگذاری دینامیکی (زلزله)، خطرات روانگرایی و نرم‌شدگی تناوبی را کاهش می‌دهد و در عین حال با افزایش سختی و ظرفیت باربری خاک، تغییرشکل‌های بزرگ را نیز مهار می‌کند.



شکل ۲: ستون‌های خاک‌سیمان با الگوی شبکه‌ای

**الگوی تک‌ستونی:** در مناطق نیازمند تقویت موضعی، ستون‌های خاک-سیمان به صورت تکی و به‌طور استراتژیک نصب خواهند شد. این الگو برای به حداقل رساندن نشست و کنترل تغییرشکل‌ها در مناطقی که ظرفیت باربری خاک بسیار پایین است، مؤثر می‌باشد.



شکل ۳: ستون‌های خاک‌سیمان با الگوی تک‌ستونی

۲۰ کیلومتر اول راه‌آهن دورود-خرم‌آباد از دشت سیلاخور عبور می‌کند، منطقه‌ای که دارای خاک‌های ضعیفی مانند ماسه رسی، ماسه سیلتی و رس با خاصیت پلاستیسیته کم است. سطح آب زیرزمینی در این منطقه نزدیک به سطح زمین است که مشکلات ژئوتکنیکی متعددی از جمله روانگرایی، نرم‌شدگی تناوبی و تغییرشکل‌های قابل توجهی را ایجاد می‌کند. این مسائل، به‌ویژه در شرایط لرزه‌ای، خطرات جدی برای پایداری زیرساخت‌های راه‌آهن به همراه دارند. در زمین‌لرزه سال ۱۳۸۵ دشت سیلاخور، نشانه‌هایی از روانگرایی به‌صورت جاری شدن ماسه و ناپایداری خاک گزارش شده است که نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بالای خاک‌های این منطقه در برابر زلزله است.



شکل ۱: جوشش ماسه و نشانه‌های وقوع روانگرایی

### مخاطرات زمین‌شناسی و ژئوتکنیک

سه خطر ژئوتکنیکی اصلی دشت سیلاخور عبارتند از:

**روانگرایی:** این پدیده زمانی رخ می‌دهد که ماسه‌های سست اشباع در اثر افزایش فشار آب حفره‌ای در طول زلزله، استحکام خود را از دست داده و منجر به گسیختگی زمین می‌شوند. شواهد تاریخی، به‌ویژه در زلزله ۱۹۰۹، نشان‌دهنده وقوع روانگرایی در این منطقه است.

**نرم‌شدگی تناوبی:** بارگذاری دینامیکی مکرر (مانند زلزله) بر خاک‌های ریزدانه با پلاستیسیته پایین، سبب یک رفتار نرم شونده همراه با تغییرشکل‌های بزرگ، ناپایداری و نشست احتمالی می‌شود.

**تغییرشکل‌های زیاد:** خاک‌های ضعیف این منطقه، تحت بارگذاری استاتیک در معرض تغییرشکل‌های بیش از حد قرار می‌گیرند. این تغییرشکل‌ها می‌توانند منجر به نشست ناهموار خاکریزهای راه‌آهن شده و پایداری سازه‌های راه‌آهن را به خطر بیندازند.

### روش مقابله با مخاطرات دشت سیلاخور



## چالش‌ها و مشکلات اجرای پروژه

بخش هشتم: ناپایداری، زمین‌لغزش و  
مخاطرات حین ساخت





۲۵ کیلومتر ابتدای مسیر در اراضی کشاورزی دشت سیلاخور واقع شده است و از کیلومتر ۲۵ تا انتها از میان ارتفاعات زاگرس عبور می‌کند. به علت قرارگیری بخش قابل توجه مسیر در زون ارتفاعات زاگرس و پیچیده بودن شرایط زمین‌شناسی منطقه مطالعات، طراحی و ساخت این پروژه به امری بسیار پر چالش، زمان‌بر و پرهزینه تبدیل شده است. وجود خاکریزها و ترانشه‌های بلند، تونل‌های طویل، پل‌های خاص و... از جمله چالش‌های اساسی فنی پروژه است که هر کدام نیازمند مطالعات، طراحی و روش‌های اجرای خاص می‌باشد. به طور کلی عمده‌ترین موانع، چالش‌ها و مشکلات پروژه شامل موارد زیر می‌گردد:

۱. چالش‌های مالی، افزایش هزینه‌ها و خارج شدن از بودجه پیش بینی شده

۲. مشکلات تملک اراضی خصوصی واقع شده در طول مسیر

۳. عبور بخش‌هایی از مسیر از اراضی کشاورزی و وجود معارضین محلی

۴. عبور بخش‌هایی از مسیر از مجاورت روستاها، دکل‌های فشار قوی، رودخانه‌ها، تقاطع با جاده‌های روستای و سراسری

۵. ناپایداری و لغزش برخی ترانشه‌ها و چالش‌های فنی مربوط به اجرای عملیات تحکیم و مقاوم‌سازی

۶. پیشنهاد واریانت جدید (تغییر مسیر) در محدوده کیلومتر ۳۸ الی ۴۵ به دلیل برخورد مسیر قبلی به زمین لغزش محدوده کیلومتر ۴۰ الی ۴۱ و اضافه شدن ۶۵۰۰ متر تونل اصلی و ۶۵۰۰ متر تونل اضطراری به پروژه

۷. چالش‌های مربوط به حفر گمانه و انجام آزمایشات مطالعات ژئوتکنیک

۸. مشکلات و چالش‌های طراحی و اجرای ۴ تونل‌های طویل و سرویس در طول مسیر برای اولین بار در ایران

۹. رویارویی با مشکلات تونل‌سازی شامل: ریزشی بودن جداره‌های تونل، برخورد به نقاط آبدار و هجوم آب به درون تونل، لهیدگی، برخورد به زون‌های برشی و

گسل‌خورده، حفرات کارستی، ناپیوستگی‌ها و جز آن

۱۰. اجرای پل‌های طویل و خاص که هر کدام نیازمند مطالعات ژئوتکنیک، مطالعات زمین‌شناسی، طراحی سازه‌ای و شرایط خاص اجرایی می‌باشد

۱۱. عدم دسترسی به معادن قرضه مناسب و نزدیک به محل اجرای پروژه جهت اجرای خاکریزهای مسیر

۱۲. اجرای خاکریزهای بلند به دلیل فقیر بودن منطقه به لحاظ قرضه مناسب و مطابق با مشخصات فنی.

۱۳. طولانی شدن فاصله حمل مصالح خاکریزی و خاکبرداری به دلیل شرایط توپوگرافی منطقه.

۱۴. چالش تامین ماشین‌آلات مورد نیاز و متناسب با جبهه‌های کاری

۱۵. وقفه‌های چند ساله (از سال ۱۳۹۹ تا سال ۱۴۰۱) و چند ماهه (از فروردین ۱۴۰۳ الی مرداد ماه ۱۴۰۳) در عملیات اجرایی.

در ادامه به برخی از مهم‌ترین مشکلات اجرایی که ناشی از مخاطرات زمین‌شناسی می‌باشد اشاره می‌شود.

## زمین لغزش

یکی از مهم‌ترین مشکلات اجرایی پروژه در حین احداث ترانشه‌ها، برخورد به مناطق ناپایدار می‌باشد که باعث وقوع زمین لغزش‌های متعدد در طول مسیر شده است. زمین لغزش‌های رخ داده در طول مسیر شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. زمین لغزش محدوده کیلومتر ۳۰ (تصویر شماره ۱).

۲. زمین لغزش محدوده کیلومتر ۳۴ (تصویر شماره ۲).

۳. زمین لغزش محدوده کیلومتر ۴۰ (که باعث تغییر مسیر و اضافه شدن ۶۵۰۰ متر تونل اصلی به پروژه شد). (تصاویر شماره ۳ الی ۵).

۴. زمین لغزش محدوده کیلومتر ۶۰ (تصاویر شماره ۶ و ۷).

۵. زمین لغزش محدوده کیلومتر ۸۶ (تصاویر شماره ۸ و ۹).



شکل ۲: زمین لغزش محدوده کیلومتر ۳۴



شکل ۱: زمین لغزش محدوده کیلومتر ۳۰



شکل ۴: زمین لغزش رخ داده در محدوده کیلومتر ۴۰



شکل ۳: نمایی از دامنه لغزشی محدوده کیلومتر ۴۰ الی ۴۱





شکل ۶: زمین لغزش محدوده کیلومتر ۶۰



شکل ۵: زمین لغزش رخ داده در محدوده کیلومتر ۴۰



شکل ۸: نمایی از زمین لغزش رخ داده در محدوده کیلومتر ۸۶



شکل ۷: زمین لغزش محدوده کیلومتر ۶۰



شکل ۹: زمین لغزش رخ داده در محدوده کیلومتر ۸۶

## تونل‌های طویل و برخورد به مناطق ریزشی و ناپایدار



به علت کوهستانی بودن منطقه و عبور از مسیر راه‌آهن دورود - خرم‌آباد از میان رشته کوه‌های زاگرس، تونل‌های متعددی در دست اجرا می‌باشد، مجموع تونل‌های پروژه با احتساب تونل‌های اضطراری ۳۲۸۷۱ متر بوده که از این متر، ۱۴۹۰۱ متر طول تونل اضطراری می‌باشد. از بین تونل‌های این مسیر ۴ تونل به شرح ذیل تونل‌های طویل این پروژه هستند که طراحی تونل‌های اضطراری به موازات آن‌ها مورد نیاز است.

۱. تونل کیلومتر ۴۰ با طول ۳۵۰۹ متر

۲. تونل کیلومتر ۴۳ با طول ۳۰۰۵ متر

۳. تونل کیلومتر ۵۰ با طول ۴۵۸۶ متر

۴. تونل کیلومتر ۷۸ با طول ۳۷۴۳ متر

طویل بودن تونل‌های مذکور، محدود بودن سطح مقطع (سطح ۳۰ متر مربعی مقطع فوقانی تونل و سطح ۶۱ متر مربعی آن) و برخورد به مخاطرات زمین‌شناسی متعدد باعث کاهش راندمان و زمان‌بر شدن عملیات حفاری در تونل‌ها شده است. عمده‌ترین مخاطرات زمین‌شناسی تونل‌ها عبارت است از:

۱. برخورد به گسل‌ها، زون‌های تکتونیزه و برشی و گوجه‌ها و... (تصویر شماره ۱۰).
۲. هجوم آب زیرزمینی (تصویر شماره ۱۱).
۳. برخورد به حفرات کارستی (تصویر شماره ۱۲).
۴. گوه‌های ناپایدار و خطر سقوط سنگ (تصویر شماره ۱۳).
۵. برخورد به سنگ‌های سست و خطر لهیدگی، تورم و... (تصویر شماره ۱۴).





شکل ۱۱: هجوم آب زیرزمینی در تونل کیلومتر ۸۰



شکل ۱۰: برخورد به مناطق گسل خورده و بلوک‌های ناپایدار



شکل ۱۳: خطر سقوط سنگ در تونل



شکل ۱۲: برخورد به حفره کارستی در تونل کیلومتر ۷۸





# راه آهن دورود - خرم آباد



## در گفت و گوهای با

### مهندس فاصحیان

مجری طرح بزرگ راه آهن دورود-خرم آباد-اندیمشک

### مهندس ونکی

مدیر پروژه راه آهن دورود-خرم آباد

### مهندس پازوکی

مدیر پروژه نظارت راه آهن دورود-خرم آباد

### دکتر حیدری

مدیر پروژه مطالعات و طراحی راه آهن دورود-خرم آباد



## راه آهن دورود-خرم آباد، به مثابه یک دانشگاه عملی

### در گفت و گو با مهندس فاصحیان

مجری طرح بزرگ راه آهن دورود-خرم آباد-اندیمشک

#### مشکلات و موانع طبیعی پروژه را تشریح کنید.

به دلیل ویژگی های خاص پروژه و عبور این کریدور از رشته کوه های زاگرس، فرایند ساخت این مسیر ریلی با مشکلات ویژه ای از جمله کوهستانی بودن منطقه و تنوع سازندهای زمین شناسی روبه رو بوده و به همین دلیل، انجام مطالعات فاز ۲ با پیگیری بیشتری صورت گرفته است. بخش مطالعات از سال های ابتدای پروژه شروع شده و با وجود چالش ها و مشکلات زمین شناسی، در حال تکمیل می باشد.

#### وضعیت ظرفیت باری این خط چگونه است؟

لازم به ذکر است سهم بار این خط ۲/۵ میلیون تن است که با توجه به بنادری که در جنوب کشور وجود دارد (در مجموع ۵۰ میلیون تن ظرفیت بندری) بسیار اندک به نظر می رسد. امیدواریم با رفع تنگناهای خط قبلی و مطالعات صورت گرفته، بتوانیم این ظرفیت را با توجه به مطالعات ترافیکی انجام شده افزایش دهیم.

#### به عنوان جمع بندی اگر نکته ای است، بفرمایید.

امیدوارم با تخصیص اعتبارات لازم شاهد شروع فعالیت های اجرایی در تمام جبهه های کاری باشیم و برنامه ریزی احداث طرح عظیم راه آهن دورود-خرم آباد-اندیمشک به زودی تکمیل گردد و با توجه به مشخصه های منحصر فرد مهندسی و پیچیدگی های طراحی این پروژه، امیدواریم حساسیت های تجربیات مهندسین و متخصصین آن که شبیه به یک دانشگاه عملی است، در خدمت پژوهشگران و محققین و نیز کنشگران و افراد دخیل در پروژه های بعدی قرار گرفته و در پیشبرد هرچه بهتر، اصولی تر و فنی تر پروژه های آتی راه آهن کشور نقش مؤثری داشته باشد.

#### لطفا پیرامون تاریخچه شروع پروژه راه آهن دورود-خرم آباد-اندیمشک، توضیحاتی ارائه کنید.

پروژه راه آهن دورود-خرم آباد-اندیمشک از سال ۱۳۹۲ با حضور رئیس جمهور وقت کلنگ زنی و عملیات اجرایی بخش راه آهن دورود-خرم آباد از این پروژه به طول ۱۱۴ کیلومتر، شروع گردید. به دلیل ماهیت قرارداد (EPC)، همزمان با شروع عملیات اجرایی پروژه، فرایند مطالعاتی آن نیز در دستور کار قرار گرفت. از سال ۱۳۹۵، مشکلات و چالش های قراردادی متعددی پیش آمد و تا نیمه سال ۱۴۰۱، عملیات اجرایی متوقف گردید که با پیگیری های صورت گرفته، مشکلات قراردادی حل شده و از نیمه سال ۱۴۰۱، عملیات اجرایی پروژه مجدداً از سر گرفته شد.

#### نقش و تاثیرات این پروژه را در شبکه حمل و نقل ریلی کشور تبیین نمایید.

طرح راه آهن دورود-خرم آباد-اندیمشک به طول ۳۳۳ کیلومتر در واقع بخشی از کریدور ریلی شمال به جنوب در غرب کشور تعریف شده است که با تکمیل این محدوده، علاوه بر رفع تنگناهای موجود در خط قبلی، می توان ظرفیت جذب بار برای خط ریلی جدید را در بلند مدت افزایش داد. همچنین این پروژه در کوتاه مدت، اهداف اقتصادی متعددی از جمله ایجاد اشتغال، توسعه اقتصادی منطقه، کاهش مصرف سوخت و نظایر این ها دارد که براساس برنامه زمان بندی شده و در صورت تأمین اعتبار پروژه، در ۴ سال به اتمام می رسد.





## راه آهن دورود-خرم آباد، بزرگترین تونل ریلی خاورمیانه

### در گفت و گو با مهندس ونکی

مدیر پروژه پیمانکار راه آهن دورود-خرم آباد

#### پیشرفت فیزیکی و بودجه ای پروژه تا به امروز را تشریح کنید.

تا پایان مردادماه، پیشرفت فیزیکی کل پروژه، حدود ۵۱ درصد است. ۳۳ درصد احجام هیدینگ تونل ها، ۱۵ درصد احجام بنچینگ و ۱۹ درصد احجام لاینینگ تونل ها انجام شده است. همچنین ۷۷ درصد عملیات خاکبرداری و ۳۰ درصد عملیات خاکریزی در این پروژه به اتمام رسیده است. ۴۸ درصد احجام بتن نیز، اجرایی شده و به اتمام رسیده است. از نظر اجرایی اتفاقی که در سال ۱۴۰۲ برای این پروژه رخ داد، همکاران بنده موفق شدند ۴۷۰۰ متر طول، حفاری تونل داشته باشند که به نوعی رکورد مشارکت ساخت در این سال زده شد. نکته مهم این است که این پروژه تا به امروز، ۱۵۰۰ میلیارد و ۵۱ درصد پیشرفت فیزیکی، صورت وضعیت تعادلی ثبت شده دارد. به قیمت روز، بالغ بر ۱۰ هزار میلیارد تومان بابت ۴۹ درصد کار، هزینه کارهای باقیمانده پروژه است.

#### به عنوان جمع بندی اگر نکته ای است، بفرمایید.

در انتها باید گفت که توجه و همیت ویژه مدیران بالادستی و دیگر کنش گران، ذی نفوذان و مسئولین تصمیم گیر در جهت تأمین نقدینگی هزینه های این پروژه بزرگ، موجب تسریع و تسهیل فرایند پیشبرد پروژه، ارتقای کیفیت اجرا و در نتیجه، کاهش زمان اجرا و بهره برداری از پروژه خواهد شد.

#### لطفا پیرامون تاریخچه عملیات اجرایی پروژه راه آهن دورود-خرم آباد، توضیحاتی ارائه کنید.

عملیات اجرایی پروژه راه آهن دورود-خرم آباد از سال ۱۳۹۲ آغاز گردیده و تا سال ۱۳۹۷ ادامه یافت. بنابر برخی چالش های قراردادی، پروژه در سال ۱۳۹۷ به مدت ۴ سال و ۶ ماه به طور کامل متوقف شد. در سال ۱۴۰۱ پس از اصلاح و ترمیم قرارداد، عملیات اجرایی مجدداً از شهریورماه آغاز گردید.

#### موقعیت، اهمیت و اهداف پروژه را تبیین نمایید.

این پروژه در کریدور اصلی ریلی جنوب به شمال واقع شده است و بندر امام را به بندر انزلی وصل می کند. همچنین، این مسیر یکی از کریدورهای اصلی ریلی سه گانه کشور (چابهار-زاهدان، دورود-خرم آباد، رشت-آستارا) است. از مجموع کیلومتر مسیر، ۳۳ کیلومتر تونل در قالب ۱۷ قطعه و ۱۱۸ کیلومتر پل های خاص در ۲۲ دهنه است. بزرگترین تونل ریلی خاورمیانه به طول ۴۵۸۸ متر در این پروژه واقع شده است. از ۱۷ رشته تونلی که گفته شد، ۸ تای آن، از رشته تونل های طویل (تونل های بالای ۳۰۰۰ متر) به شمار می رود. همچنین این پروژه شامل ۲۱ میلیون متر مکعب عملیات خاکی و ۳۸۰ هزار متر مکعب عملیات بتن ریزی می باشد.



## ابر پروژه راه آهن دورود-خرم آباد؛ عبور از مسیرهای صعب العبور

### در گفت و گو با مهندس پازوکی

مدیر نظارت راه آهن دورود-خرم آباد

کریدور مورد نظر برای توسعه شبکه ریلی کشور، بالاجبار از زون (ناحیه) خرد شده زاگرس عبور می کند، شرایط ویژه و چالش های خاصی را در مطالعات و اجرا به وجود می آورد. با توجه به این شرایط و نیاز به استفاده از دانش به روز مهندسی در این پروژه، احجام بالای عملیات اجرایی، مسائل زیست محیطی و ...، می توان به آن نام ابر پروژه را اطلاق کرد.

شروع فعالیت شرکت مترا در این پروژه از سال ۱۳۸۱ با قراردادی با موضوع اتصال خرم آباد به شبکه ریلی آغاز گردید و مطالعات پروژه در دستور کار این مشاور قرار گرفت و در سال ۱۳۸۵ و پس از تایید توجیه اولیه راه آهن دورود-خرم آباد بود که مقدمات شروع پروژه پیگیری گردید و تا سال ۱۳۸۸-۱۳۸۹ ادامه داشت اما پروژه عملیاتی نشد. در سال ۱۳۹۱، عملیات اجرایی پروژه شروع گردید ولی شرکت مترا فعالیتی در پروژه نداشت. از سال ۱۳۹۵ با توجه به نیاز پروژه، شرکت مترا به عنوان مشاور همکار در پروژه راه آهن دورود-خرم آباد در بخش طراحی و نظارت شروع به فعالیت نمود. از سال ۱۳۹۵ تا کنون تمام مسائل مربوط به طراحی و نظارت پروژه، توسط شرکت مترا انجام می شود و تلاش شده است با تمام توان نسبت به انجام وظایف محوله به نحو احسن اقدام گردد.

### توضیحاتی پیرامون اطلاعات فنی پروژه ارائه نماید.

طول کلی پروژه، ۱۱۴ کیلومتر است. محور ۵۰ پل و تقاطع بزرگ، حدود ۳۳ کیلومتر تونل و خاکیزها و ترانشه های مرتفع دارد. مسیر اصلی آن بین دو شهر دورود و خرم آباد

### لطفا در ارتباط با تاریخچه پروژه دورود-خرم آباد، نقش آن در شبکه ریلی کشور و حضور مشاور مترا در این پروژه توضیحاتی ارائه نمایید.

با گسترش شهرنشینی و رشد کالبدی شهرها، حمل و نقل در سطح جهانی و به تبع آن در سطح کشور، نقشی زیربنایی و اساسی را ایفا می کند. از سویی، بخش ریلی به دلیل مزیت های زیادی که برخوردار است سهم عمده ای در صنعت حمل و نقل امروزی دارد. در کشور ما، این نقش با توجه به موقعیت و شرایط منطقه، میزان بار، همسایگی ها و کریدورهای باری و مسافری موجود، دو چندان شده است. در توسعه خطوط ریلی کشور، پروژه های مختلفی تعریف گردیده است لیکن برخی از این پروژه ها با توجه به ماهیت آن ها، ابر پروژه هستند. این پروژه ها از لحاظ فنی و نیز تأثیرگذاری بر شرایط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی کشور، از اهمیت دو چدانی برخوردار هستند.

یکی از این ابر پروژه ها، پروژه راه آهن دورود-خرم آباد است؛ این پروژه منتج به افزایش چشمگیر حجم تبادلات بین مرکز کشور و جنوب کشور شده و نیز کریدور جنوب کشور را تقویت می کند. در حال حاضر ظرفیت باری و مسافری کریدور موجود، کشش و ظرفیت کافی جهت انتقال بار را نداشته، لیکن با تکمیل این پروژه در آینده نواقص مرتفع و تکمیل خواهد شد و بدیهی است با انتفاع کشور از این طرح، دستیابی به طرح های توسعه ملی نیز بیش از پیش خواهد بود. این پروژه هم در بخش باری و هم در بخش مسافری، از اهمیت بسزایی برخوردار است. با توجه به این موضوع که



است. در این مسیر از عبور در منطقه دشت سیلاخور، منطقه چالان چولان و بخش شیروان وارد تونل طویل کیلومتر ۴۸ شده و بعد از عبور از تونل وارد منطقه بیرانشهر شده و از سمت شمال وارد شهر خرم‌آباد می‌شود در حقیقت بعد از طی ۲۵ کیلومتر دشت سیلاخور پروژه وارد منطقه کوهستانی می‌شود.

## در خصوص نوع قرارداد با توجه به ماهیت EPC پروژه (طرح‌وساخت) و همچنین مزایا و معایب این قرارداد در پروژه توضیحاتی ارائه نمایید.

با توجه به اهمیت پروژه راه‌آهن دورود- خرم‌آباد، سطح احجام کاری، شرایط کوهستانی و مسائل فنی تعریف‌شده، باید از قراردادی استفاده می‌شد که بتواند این پروژه را سریع‌تر به نتیجه نزدیک کند. از این‌رو و با تدبیر و تصمیم درست کارفرما و مجری طرح، به منظور تسریع در امور و اجرای همزمان طراحی و عملیات اجرایی این پروژه به‌صورت طرح‌وساخت تعریف شد. پروژه‌های طرح‌وساخت در کشور ما مشمول مزایا و معایب متعددی می‌باشد. اما در این پروژه از آن جهت که یک پیمانکار با کمک مشاور خود بتواند مسائل اصلی و مسائل مهندسی را به‌طور کامل و به موازات یکدیگر به پیش برد، تجربه مناسبی بوده است؛ چرا که اصولاً پروژه‌های طرح‌وساخت را باید مجموعه‌ای بر عهده گیرد که رتبه لازم را داشته و پیمانکار طرح و ساخت بوده و یا در قالب مشارکت یک پیمانکار و مشاور و تجمیع توانمندا در حوزه‌های تخصصی پروژه را راهبری نمایند. در این پروژه، پیمانکار به‌دلیل اینکه گرید EPC نداشته، گروه مشارکت را با مهندسین مشاور مترا تشکیل داده است. دانش فنی و تخصص مشاور مترا و تجربه و توان پیمانکاری قرارگاه خاتم الانبیاء تلفیق گردید و پیشبرد موضوع پروژه را هدف گذاری کرد. کارفرمای محترم نیز مشاورى را به عنوان مشاور کارفرما جهت هدایت موضوع کلان پروژه به خدمت گرفت که در ابتدای پروژه، مشاور محترم پارس عهده‌دار این کار بود ولیکن در حال حاضر گروه محترم مشاورین ره‌ساز طرح، ره‌اب وگنو این مسئولیت را برعهده گرفته است.

در این نوع پروژه‌ها، طرح‌ها باید سریع نتیجه‌گیری شده تا در برنامه‌ریزی عملیات اجرایی تسریع گردد؛ مسئولیت‌ها می‌بایست سریع مشخص گردد. زمانیکه پروژه EPC باشد، سرگروه مشارکت پروژه را رهبری کرده و مهندسی خودش

را با توجه به شرایط موجود کار و عملیات اجرایی بازسازی می‌کند (در حقیقت در پروژه‌های EPC، مبنا بر این قرارداد شده که پیمانکار مسئولیت بیشتری داشته باشد و کارها را سریع‌تر جلو ببرد). لیکن اگر در پروژه EPC مشاور همکار توانمند وجود نداشته باشد، کارها به‌خوبی پیش نمی‌رود. اما با توجه به اینکه از سویی پیمانکار، هم در سطح کشور و هم در سطح خاورمیانه، به‌عنوان بزرگترین بدنه پیمانکاری مطرح است؛ و هم از سوی دیگر، مشاور مترا هم سابقه فراوانی در این زمینه دارد؛ این اتفاق باعث شده پروژه راه‌آهن دورود- خرم‌آباد، هم از لحاظ مهندسی و هم از لحاظ اجرا، پیشرفت مناسبی داشته باشد. در کل نقطه قوت پروژه‌های EPC، استفاده از پیمانکارها و مشاوران قوی و هدایت موضوع توسط کارفرمای حرفه‌ای و آگاه به ماهیت قرارداد می‌باشد. در نهایت به‌صورت کلی می‌توان گفت در پروژه راه‌آهن دورود- خرم‌آباد، تجربه کارفرمای محترم، مشاور محترم کارفرما و گروه مشارکت به پیشبرد پروژه کمک شایان توجهی کرد.

اما در ارتباط با نقاط منفی قراردادی این پروژه، می‌توان به این نکته اشاره کرد که عمر پروژه‌های EPC در صنعت ساخت و ساز در حدود دو دهه بوده و با توجه به تعداد کم این پروژه‌ها، بدنه کارشناسی، آشنایی کمی با این نوع قرارداد ها دارند و از طرفی با توجه به اینکه اغلب این قرارداد ها در بخش مهندسی به صورت مقطوع بوده، عدم تأمین منابع مالی و نقدینگی کافی، منتج به تطویل زمان پروژه گردیده که ضرر و زیان بخش مهندسی را در پی خواهد داشت. در ضمن با توجه به طولانی شدن پروژه ناشی از این موضوع مزیت سرعت اجرا توام با طراحی نیز که مزیت این شیوه از قرارداد است از بین خواهد رفت.

## تأثیر پروژه در دانش عمرانی کشور به چه شکلی بوده و پیش‌بینی خود از جایگاه این پروژه در سطح شرکت مترا و کشور را ارائه نمایید.

با توجه به اینکه بزرگترین دهانه پل راه‌آهن کشور و نیز بزرگترین تونل راه‌آهن کشور در این پروژه وجود دارد، این موضوع نشان می‌دهد که جایگاه مهمی در سطح علمی و دانشی کشور دارد. شرایطی که این پروژه داشته به‌عنوان یک ابر پروژه و مسائل فنی که در این پروژه وجود داشته از نظر سطح علمی، باعث رشد و شکوفایی کلیه ارکان پروژه شد. از

## رئوس مطالب و درس‌آموخته‌های اجرایی این پروژه تا به امروز را ارائه نمایید.

بزرگترین درس‌آموخته‌کلی این پروژه برای ما، ایجاد طرز برخورد با ابرپروژه‌ها است؛ اینکه به چه شکل وارد ابرپروژه‌ها شویم، به چه شکل هدایت کنیم و از شرایط پروژه ترسی نداشته باشیم. از نظر اینجانب، درس‌آموخته اول، چگونگی مواجهه با پروژه‌های بزرگ و انجام آن‌ها با اعتمادبه‌نفس خوب باتوجه به شرایط ویژه پروژه‌ها است. درس‌آموخته بعدی با افزایش تجربه در انجام این نوع پروژه‌ها متوجه می‌شویم هر پروژه دارای موارد خاص و مخصوص به خود می‌باشد بایستی نقاط بحرانی را تشخیص داده و ضمن رفع آن موارد اجرایی را جلو ببریم همچنین درس‌آموخته دیگر، ایجاد هماهنگی بین تمام ارکان پروژه برای ایجاد بستر مناسب برای پیشرفت و اعتلای پروژه می‌باشد از موارد دیگر در این پروژه بحث حفاری تونل و عملیات اجرایی تونل سازی می‌باشد که با عنایت به روبرو شدن با موارد فراوان اجرایی، به نظر می‌رسد با مرور زمان صبر ما از طبیعت اطرافمان (احداث تونل) بالا رفته و در این زمینه به بلوغ اجرایی لازم می‌رسیم و شوخی با طبیعت را یاد می‌گیریم.

در نهایت این پروژه مانند یک دانشگاه بزرگ عمرانی است که هر کسی به آن وارد شود، تجربه زیادی بدست آورده، رشد ذهنی کرده و یک مدرک تجربی خوب در اینجا دریافت می‌کند و زمانی که این پروژه به اتمام برسد می‌توانیم حرف‌های زیادی برای گفتن داشته باشیم.

## چشم انداز خود در خصوص اتمام پروژه را ارائه نمایید.

از نظر فنی و توانایی انجام کار، شکی در اجرای پروژه مطابق برنامه‌ریزی انجام شده وجود ندارد، ولیکن اجرا و اتمام پروژه‌ها در کشور ما، منوط به تامین منابع مالی و نقدینگی است. در این پروژه نیز، اگر منابع مالی به خوبی تأمین شود، با توجه به قدرت پیمانکار و دانش فنی مشاوران، شاهد پیشرفت خوب و سریع پروژه خواهیم بود.

آن‌جا که شرکت مترا متولی طراحی و نظارت همه این موارد بود و با توجه به اینکه بناها و سازه‌هایی قوی در این پروژه وجود دارد، پیشرفت این پروژه باعث رشد دانش کشور، رشد مشاوران، پیمانکاران و حتی در بدنه کارفرما می‌شود.

## توضیحاتی پیرامون بخشی از پروژه که از مهم‌ترین و بیشترین تأثیر در مباحث اجرایی برخوردار است، ارائه نمایید.

در این پروژه، علم زمین‌شناسی خیلی پررنگ بوده، همچنان نیز پررنگ است و در آینده نیز خواهد بود. باتوجه به اینکه این پروژه از زون خرد شده زاگرس عبور می‌کند و هر پروژه‌ای که بخواهد از این رشته کوه عبور کند، با مسائل زمین‌شناسی خاص و پیچیده‌ای در زمینه سیویل، مسیرگذاری و نظایر آن روبرو خواهد شد. در این پروژه باتوجه به این شرایط زمین‌شناسی، مخاطرات و چالش‌های زیادی به وجود آمد که نیازمند آن است یک مطالعات پایه قوی زمین‌شناسی در این نوع پروژه‌ها انجام شود و در طول پروژه هم حتی ابتدایی‌ترین کارها که مسیرگذاری است، تابعی از مباحث زمین‌شناسی است و زمانی که دید قوی‌تری داشته باشیم بهتر می‌شود پروژه را رهبری کنیم.

## به‌طور خلاصه، چالش‌های خاص اجرایی این پروژه را جمع‌بندی نمایید.

در این پروژه، چندین معضل بزرگ وجود داشته است که اولین و مهمترین معضل، بحث‌های زمین‌شناسی (رانش و ریزش) و دیگری نیز بحث تونل‌های طویل بود که به‌دلیل وجود سازندهای مختلف زمین‌شناسی، مخاطرات و چالش‌های زیادی را به وجود می‌آورد. به نظر بنده، چالش اصلی این پروژه بحث رانش‌ها بوده که در چندین نقطه از جمله در کیلومتر ۴۱ پروژه و همچنین کیلومتر ۸۶ با آن روبرو بوده‌ایم. چالش دیگر، بحث اجرای تونل‌ها است. از طرفی در احداث تونل، یک بخش طراحی و مهندسی و بخش دیگر تجربه است. همچنین از آن‌جا که با ساختار طبیعت سروکار دارد، به تجربه مهندسی نیاز است تا بتوانیم پروژه را پیش ببریم. در کل از لحاظ اجرایی، چالش‌هایی که در این پروژه با آن روبرو بوده‌ایم، یکی بحث رانش و دیگری بحث احداث تونل‌های طویل و مواجهه با شرایط خاص زمین‌شناسی با توجه به طول تونل‌ها بوده است.



## به عنوان جمع‌بندی اگر نکته‌ای است، ارائه نمایید.

با عنایت به بیان موارد فوق و توضیحات ارائه شده در پایان لازم می‌دانم از تمام دوستان و بزرگانی که در این پروژه زحمت می‌کشند، تشکر کنم. به خصوص از مجری محترم و دلسوز طرح، مشاور محترم کارفرما، مدیریت و پرسنل خدوم موسسه راه‌سازه و همچنین از همکاران خودم در حوزه مطالعات و نظارت که طی این سال‌ها خدمات ارزشمندی به این مرز و بوم ارائه نمودند و همچنین از مدیریت محترم عامل شرکت مترا تشکر ویژه دارم.

## راهکارهای خود به منظور بهبود عملکرد چنین پروژه‌هایی در بخش‌های مختلف کارفرمایی، پیمانکاری و نظارت را ارائه نمایید.

در یک کلمه می‌توان گفت ایجاد هماهنگی؛ ما می‌بایست در ذهن خودمان پروژه را مانند فرزند خود در نظر گرفته و برای پیشرفت آن دل بسوزانیم و در همه زمینه‌ها، تمام رکن‌های پروژه (کارفرمایی، مشاور کارفرما، گروه مشارکت) خیلی حرفه‌ای می‌بایست عمل کنند؛ چرا که اگر ذهنیت لازم برای انجام کارهای بزرگ وجود نداشته باشد، به شکست می‌خورند. در این پروژه تمام ارکان، خیلی حرفه‌ای کار کرده و باعث تکمیل یکدیگر شدند. شرایط را بهینه کرده و تأثیر بسزایی در پیشرفت پروژه داشته‌اند.







## راه آهن دورود-خرم آباد؛ نقطه تلاقی دانش و تجربه

### در گفت و گو با دکتر حیدری

مدیر مطالعات و طراحی راه آهن دورود-خرم آباد



**لطفا در ارتباط با تاریخچه پروژه دورود-خرم آباد، نقش آن در شبکه ریلی کشور و حضور مشاور مترا در این پروژه توضیحاتی ارائه نمایید.**

تاریخچه راه آهن در ایران، داستانی پر فراز و نشیب از تلاش برای اتصال نقاط شهری مختلف و توسعه زیرساخت های حمل و نقل کشور است. این داستان از ورود اولین ماشین های بخار به معادن و صنایع ایران آغاز شد. با این حال، ماشین های دودی که در اوایل قرن بیستم به کشور وارد شدند، نخستین گام ها را در جهت بهره برداری از فناوری ریلی در ایران برداشتند.

در ابتدا، خطوط ریلی کوتاه مدتی برای اتصال مراکز صنعتی و معدنی به بنادر و بازارهای مصرف احداث شد. اما آرزوی بزرگ، احداث یک شبکه ریلی سراسری بود که سرانجام در دهه اول ۱۳۰۰ آغاز گردید تا نقطه عطفی در تاریخ حمل و نقل کشور باشد. از آن زمان تاکنون، بیش از ۱۵۰۰۰ کیلومتر راه آهن در سطح کشور احداث شده و خطوط ریلی متعددی با چشم انداز دستیابی به شبکه منسجم از حمل و نقل ریلی در دست مطالعه و احداث است. پروژه های مهمی مانند خطوط ترانزیتی و توسعه شبکه ریلی در مناطق محروم نیز نشان از اهمیت راه آهن در توسعه پایدار کشور دارد. از این رو می توان گفت تاریخچه راه آهن در ایران، حکایت از تلاش مستمر برای ایجاد یک زیرساخت مهم و حیاتی دارد که توانسته است نقش مهمی در توسعه اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و گردشگری کشور ایفا کرده است.

مهندسین مشاور مترا نیز یکی از پیشگامان توسعه راه آهن ایران در این سال ها بوده و به عنوان یکی از بازیگران اصلی در این حوزه، نقش بسیار مهمی در رسیدن به این دستاورد



ایفا کرده است. این شرکت در طول فعالیت ۴۰ ساله خود، با انجام مطالعات، طراحی و نظارت بر اجرای بیش از ۱۰۰۰۰ کیلومتر در پروژه‌های متعدد، کمک شایانی به توسعه شبکه ریلی کشور کرده است.

پس از انقلاب اسلامی، تلاش‌های گسترده‌ای برای توسعه شبکه ریلی کشور صورت گرفت. شرکت مترا نیز با بهره‌گیری از دانش و تجربه خود، در این پروژه‌ها مشارکت فعال داشته است. احداث خطوط جدید، برقی کردن خطوط موجود و افزایش ظرفیت حمل و نقل از جمله اقدامات مهمی بوده که شرکت مترا در انجام آن‌ها مشارکت تاثیرگذاری داشته است. یکی از مهم‌ترین پروژه‌های ریلی جاری کشور پروژه طرح‌وساخت راه‌آهن دورود-خرم‌آباد بوده که تکمیل‌کننده کریدور شمال، جنوب و غرب کشور به مرکز است. در ابتدای کار، مطالعات و طراحی این پروژه در سال ۱۳۸۱ به مهندسين مشاور مترا واگذار شده بود، وليكن با تغييراتی در چارت مشارکتی پروژه، این مسئولیت تا سال ۱۳۹۵ به مهندسين مشاور هرازراه واگذار گردید که مطابق MDR، سی‌درصد پیشرفت مطالعات توسط این شرکت انجام گرفت. در ادامه مجدداً مترا عهده دار انجام باقیمانده مطالعات و طراحی شد که تاکنون بخش قابل توجه آن انجام شده است.

## توضیحاتی پیرامون اطلاعات فنی پروژه ارائه نمایید.

این ابر پروژه ریلی علی‌رغم اینکه طولی کمتر از ۱۲۰ کیلومتر دارد، به دلیل چالش‌ها و ویژگی‌های منحصر به فرد خود به یکی از خاص‌ترین پروژه‌های ریلی کشور از جهت ملاحظات طراحی تبدیل شده است. علاوه بر توپوگرافی منطقه که سبب شده بیش از ۲۵٪ از طول مسیر را ابنیه فنی خاص تشکیل دهد؛ قرارگیری بخش غالب این محور در زون زاگرس خرد شده و منطقه پر بارش کشور-به‌عنوان سومین استان پر بارش کشور- موجب گردید تیم مطالعات حمل‌ونقل مترا با چالش‌های متعددی در طراحی بخش‌های مختلف مسیر روبه‌رو باشند.

از ویژگی‌های برجسته پروژه در ابنیه فنی، طراحی مجموعه ۱۷ دستگاه تونل به طول حدود ۳۰ کیلومتر تونل است که در این بین، ۴ دستگاه تونل با طول بیش از ۳ کیلومتر وجود دارد و بلندترین تونل راه‌آهن کشور به طول حدود ۴/۶ کیلومتر را نیز شامل می‌شود. برای این ۴ تونل طویل، تونل‌های سرویس برای اولین بار در پروژه‌های ریلی کشور



از دیگر مخاطرات، می توان به پدیده های خاص زمین شناسی در تونل های محور از جمله پدیده کارست، زون های شدیداً خرد شده و تکتونیزه، لهیدگی و جز آن اشاره نمود که به دلیل وجود جریانات آب زیرزمینی در تونل های محور، تاثیر قابل توجهی داشته و طراحی خاص و ویژه ای را می طلبد.

## به عنوان جمع بندی اگر نکته ای هست، بفرمایید.

تیم طراحی شرکت مترا، تمام تلاش خود را به کار گرفته تا با گردهم آوردن مجرب ترین و حرفه ای ترین مهندسان و کارشناسان در زمینه های مختلف، با همکاری کارفرمای پروژه، تیم مشاور کارفرما و پیمانکار، از یکی از پرچالش ترین پروژه ریلی کشور سر بلند بیرون آمده و اثر ماندگار دیگری در طراحی صنعت حمل و نقل کشور از خود برجای گذارد و امیدواریم که به لطف خدا و با تلاش مضاعف، این مهم به بهترین شکل محقق گردد.

طراحی شده و در حال اجرا است. طراحی سیستم تهویه این تونل ها دارای پیچیدگی بسیاری بوده که توسط تیم طراحی مترا در حال انجام است.

علاوه بر تونل ها، پل های خاص متعددی در طول محور طراحی شده که منحصربه فردترین پل این محور، پل کیلومتر ۸۲ بوده که از روی آزادراه اراک- خرم آباد و جاده چغلو نندی و رودخانه فی مابین عبور و دارای دهانه میانی ۱۱۰ متری است که آن را به یکی از بزرگترین دهانه های پل راه آهن کشور تبدیل نموده است.

## پیرامون مشکلات و چالش های فنی پروژه، توضیحاتی ارائه نمایید.

همانطور که گفته شد به دلیل میزان بارش سالیانه قابل توجه منطقه و عبور از زون شدیداً خرد شده و تکتونیزه زاگرس مرتفع، علاوه بر چالش های طراحی ابنیه فنی محور، با مخاطرات متعددی در اجرا و بهره برداری از پروژه روبه رو هستیم که اهمیت و حساسیت طراحی را در بخش های مختلف محور تشدید می کند. در ادامه اشاره ای به مهم ترین چالش های پیش روی تیم طراحی به دلیل این مخاطرات می پردازیم.

بخش ابتدایی مسیر حدفاصل کیلومتر صفر تا ۲۰ در میان دشت حاصلخیز سیلاخور قرار گرفته است. عمق آب زیرزمینی در اغلب نقاط این دشت کمتر از ۵ متر است که با توجه به لایه های ماسه ای و گسل های فعال بزرگ در منطقه پتانسیل روانگرایی قابل توجهی دارد. موضوعی که در زمین لرزه سال ۱۳۸۶ چالانچولان در منطقه نیز دیده شد. لذا از این حیث، نیاز به طراحی خاص و بهسازی بستر وجود دارد که در حال مطالعه و انجام است.

به دلیل شرایط خاص زمین شناسی منطقه، وجود زمین لغزش های متعدد و احتمال وقوع مجدد آن ها، یکی از مهمترین موضوعات این پروژه است. علاوه بر عبور مسیر از میان زمین لغزش های بزرگ قدیمی کیلومتر ۴۱ و ۴۴ که هر یک بیش از ۱ کیلومتر طول دارد، شاهد لغزش های متعددی در طول کل محور هستیم به طوری که از کیلومتر ۲۵ الی ۴۵ و کیلومتر ۸۲ الی ۹۹ به دلیل رانندگی های متعدد، وجود واحدهای ضعیف مارنی و سنگ های شدیداً خرد شده و بارندگی های بسیار زیاد در منطقه با پتانسیل زمین لغزش مواجهیم که این موضوع نیز طراحی کلیه ابنیه فنی از جمله تونل، ترانشه، خاکریز و پل ها را تحت تاثیر قرار داده است.







# فصل چهارم جستار



## ۱ بررسی تأثیر شبکه ژئواسکرپ بر پارامترهای مقاومت برشی بالاست سنگی به کمک آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس

سارا درویشی

## ۲ بررسی تأثیر شبکه ژئواسکرپ بر پارامترهای مقاومت برشی ترکیب بالاست سنگی-سرباره‌ای به کمک آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس

سارا درویشی

## ۳ کاهش صدای محیطی و بهینه‌سازی صوتی در درون ساختمان از طریق پانل‌های نما (نمونه موردی: خانه موسیقی تهران)

تیام آرام

# بررسی تأثیر شبکه ژئواسکرپ بر پارامترهای مقاومت برشی بالاست سنگی به کمک آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس



سارا درویشی  
کارشناس روسازی  
دانشجوی دکتری

لینک استناد به مقاله



The utilization of geogrids used to ballast reinforcement has been widely investigated by researchers in the technical literature. This technique aims to enhance the load-bearing capacity of ballast while mitigating its degradation by minimizing breakage and settlement. This research proposes a novel approach to enhancing ballast shear behaviour in a large-scale direct shear test through the use of geogrids composed of waste tire strips, referred to as 'geo-scrap'. In this study, the geo-scrap performance on ballast shear reinforcing was investigated to find the best laying depth in the ballast layer and the optimum aperture size of grids. To this aim, the geo-scrap were positioned at four different depths of the ballast (6, 12, 18, and 24 cm) and then the shear tests were carried out on geo-scrap with three different aperture sizes (5 cm x 5 cm, 10 cm x 10 cm, and 25 cm x 25 cm). All the large-scale shear tests were conducted under normal stresses of 50, 100, and 150 kPa. The findings of laboratory tests indicate that the 5 cm x 5 cm aperture positioned 12 cm from the bottom of the box yields the most desirable results for the ballast in terms of enhancing shear strength, augmenting the internal friction angle, and reducing the dilatancy angle. Compared to the non-reinforced (NR) state, the shear strength and internal friction angle experienced respective increases of 20% and 7%, while the dilatancy angle decreased by 30%. These outcomes show that the geo-scrap appropriately reinforced the ballast in terms of shear behaviour.

تسلیم بالاست به کمک ژئوگریدها یکی از روش‌هایی است که تاکنون در ادبیات فنی برای افزایش باربری همچنین کاهش زوال بالاست از طریق کاهش خردشدگی و نشست مورد بررسی محققین مختلف قرار گرفته است. در این مقاله با معرفی نوع جدیدی از ژئوگریدهای ساخته شده به کمک تسمه‌های لاستیک فرسوده به نام ژئواسکرپ با ابعاد چشمه‌های ۵×۵، ۱۰×۱۰ و ۲۵×۲۵، تأثیر آن‌ها بر رفتار برشی بالاست در آزمایش برش بزرگ مقیاس مورد بررسی قرار داده شده است. در این راستا با قراردادن ژئواسکرپ در تراز-های ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ سانتی‌متر بالاست، آزمایش‌های مختلفی تحت سربارهای قائم ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوپاسکال انجام شده و نتایج در قالب منحنی تنش برشی - کرنش برشی، مقاومت برشی حداکثر، زاویه اصطکاک داخلی و زاویه اتساع ارائه شده است. جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد که چشمه ۵×۵ سانتی‌متر مربع در تراز ۱۲ سانتی‌متر از کف جعبه، مطلوب‌ترین شرایط را از نظر افزایش مقاومت برشی، افزایش زاویه اصطکاک داخلی و کاهش زاویه اتساع، برای بالاست فراهم کرده است. به‌طوری‌که با قرار دادن شبکه ژئواسکرپ با ابعاد چشمه ۵×۵ سانتی‌متر مربع در تراز ۱۲ سانتی‌متر از کف جعبه، در تنش‌های قائم وارده نسبت به حالت بدون تسلیم، مقاومت برشی، زاویه اصطکاک داخلی و زاویه اتساع به طور میانگین به ترتیب ۲۰ درصد افزایش، ۷ درصد افزایش و ۳۰ درصد کاهش یافته است.



شکل زیر، تصاویری از شبکه ژئواسکرپ ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر و نحوه قرارگیری آن در دستگاه تست برش مستقیم را نشان می‌دهد.

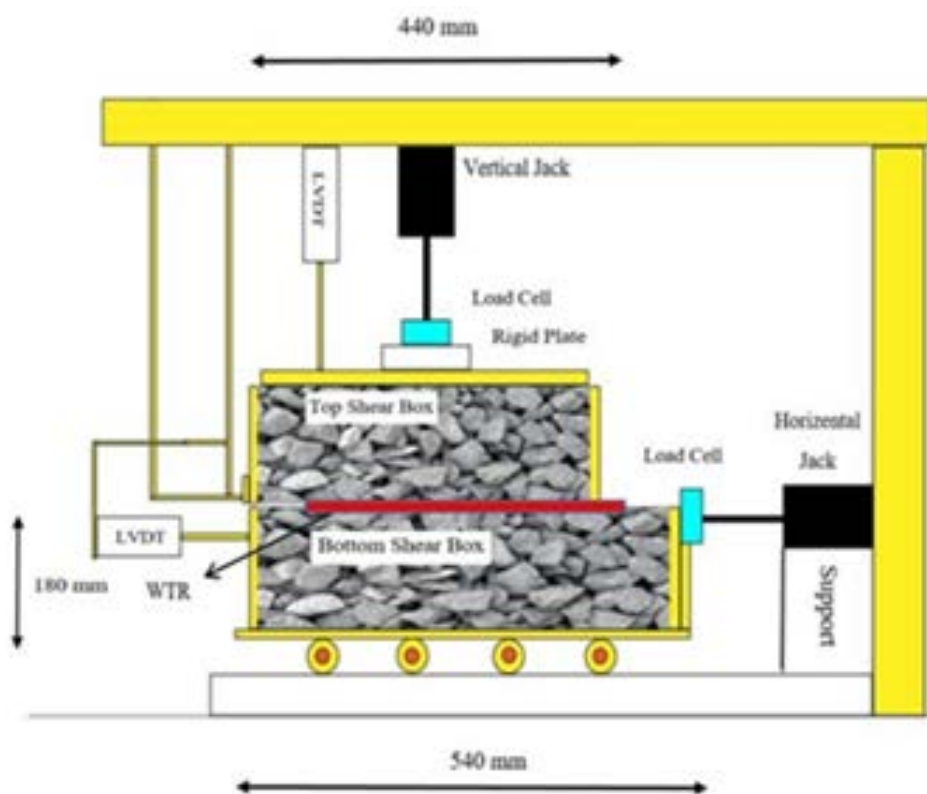


(ب)



(الف)

شکل ۱: تصویر ژئواسکرپ ۲۵×۲۵ سانتیمتر: الف(نمای کلی شبکه با اتصالات پیچی، ب) قرارگیری در جعبه تست برش مستقیم



شکل ۲: شماتیک جانمایی مسلح‌کننده در دستگاه برش مستقیم

## بررسی تأثیر شبکه ژئواسکرپ بر پارامترهای مقاومت برشی ترکیب بالاست سنگی- سرباره‌ای به کمک آزمایش برش مستقیم بزرگ‌مقیاس



سارا درویشی  
کارشناس روسازی  
دانشجوی دکتری

لینک استاندارد به مقاله



Utilizing the ballast layer with more durable and stable characteristics can help avoid significant expenses due to decreased maintenance efforts. Strengthening the ballast layer with different types of reinforcements or substituting the stone aggregates with the appropriate granular materials could potentially help to achieve this goal by reducing the ballast deterioration. One of the exquisite and most effective solutions to eliminate these challenges is to use waste materials such as steel slag aggregates and useless tires. Utilizing these waste materials in the ballasted railway track will contribute to sustainable development, an eco-friendly system, and green infrastructure. So in a state-of-the-art insightful, the ballast aggregates, including a mixture of steel slag and stone aggregates, are reinforced with a novel kind of geo-grid made of waste tire strips known as geo-scraps. This laboratory research tried to explain the shear strength behavior of the introduced mixing slag-stone ballast reinforced with tire geo-scrap. To achieve this goal, a series of large-scale direct shear tests were performed on the ballast which is reinforced by tire geo-scrap and included various combinations of slag and stone aggregates. The concluded results indicate that the optimal mixing ratio is attained by a combination of 75% slag and 25% stone aggregates which is reinforced by tire geo-scrap at a placing level of 120 mm. In this case, the shear strength, internal friction angle, vertical displacement, and dilatancy angle of stone-slag ballast reinforced with geo-scraps exhibited average changes of +28%, +9%, -28%, and -15%, respectively.

استفاده از لایه بالاست با ویژگی دوام و پایداری بیشتر، می‌تواند به جلوگیری از هزینه‌های قابل توجه به دلیل کاهش عملیات نگهداری و تعمیر کمک کند. تقویت لایه بالاست با انواع مختلف مسلح‌کننده‌ها یا جایگزینی سنگدانه‌های سنگی با مصالح دانه‌ای مناسب می‌تواند به طور بالقوه به دستیابی به این هدف از طریق کاهش زوال بالاست کمک کند. یکی از بهترین و موثرترین راه‌حل‌ها برای رفع این چالش‌ها، استفاده از مواد پسماند مانند سنگدانه‌های سرباره فولادی و تایرهای بی‌استفاده است. استفاده از این مواد پسماند در راه‌آهن بالاستی به توسعه پایدار، سیستمی دوستدار محیط‌زیست و زیرساخت‌های سبز کمک می‌کند. بنابراین در یک بینش جدید، سنگدانه‌های بالاست، شامل مخلوطی از از سرباره فولادی و سنگدانه‌های سنگی، با نوع جدیدی از ژئوگرید ساخته شده از نوارهای تایر فرسوده به نام ژئواسکرپ، مسلح می‌شوند. این تحقیق آزمایشگاهی سعی در توضیح رفتار مقاومت برشی بالاست اختلاط سنگ-سرباره مسلح شده با ژئواسکرپ دارد. برای دستیابی به این هدف، یک سری آزمایشات برش مستقیم در مقیاس بزرگ بر روی بالاست انجام شد که با ژئواسکرپ مسلح شده و شامل ترکیبات مختلفی از سنگدانه‌های سرباره و سنگ بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که نسبت اختلاط بهینه با ترکیب ۷۵ درصد سرباره و ۲۵ درصد سنگدانه‌های سنگ به دست می‌آید که با ژئواسکرپ در سطح قرارگیری ۱۲۰ میلی‌متر مسلح می‌شود. در این حالت، مقاومت برشی، زاویه اصطکاک داخلی، جابجایی عمودی، و زاویه اتساع بالاست سنگ-سرباره تقویت شده با ژئواسکرپ به ترتیب، میانگین تغییرات +۲۸، +۹، -۲۸ و -۱۵ درصد را نشان دادند.





(ب)



(الف)

شکل ۱: آزمایش جعبه برشی مستقیم: الف) اختلاط سنگدانه‌های سرباره با ۷۵ درصد سرباره ب) قرار دادن ژئواسکرپ در سطح ۱۲ سانتی متری جعبه بالاست.



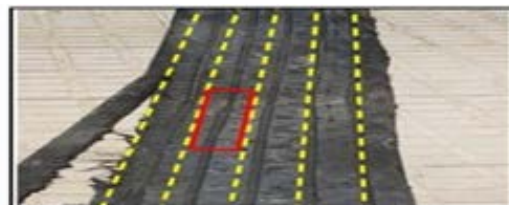
(ب)



(الف)



(د)

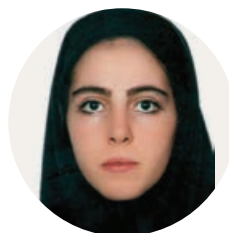


(ج)

شکل ۲: مراحل مختلف تبدیل نوارهای لاستیکی فرسوده به ژئواسکرپ

# کاهش صدای محیطی و بهینه‌سازی صوتی در درون ساختمان از طریق پانل‌های نما

(نمونه موردی: خانه موسیقی تهران)



**تیام آرام**  
کارشناس معماری  
دانشجوی دکتری

لینک استناد به مقاله



## چکیده:

## مقدمه

یکی از مسائل و مشکلات زیست محیطی، مخصوصاً در مناطق شلوغ، سر و صدای محیطی و آلودگی صوتی می‌باشد (۱). در واقع اتحادیه اروپا تخمین می‌زند که در حدود ۲۰ درصد از جمعیت اروپا از قرار گرفتن در معرض آلودگی صوتی رنج می‌برند. علاوه بر این، طبق یک مطالعه انجام شده توسط سازمان بهداشت جهانی، سر و صدای محیطی موجود در شش شهر اروپایی به عنوان دومین عامل استرس زای محیطی که بر سلامت عمومی تأثیر می‌گذارد، معرفی شده‌اند. همچنین پیش بینی شده است که قرار گرفتن در معرض آلودگی صوتی در آینده افزایش می‌یابد (۲). این آلودگی صوتی در اثر منابع مختلفی همچون حمل و نقل (ترافیک جاده‌ای، سر و صدای هواپیما و راه‌آهن)، فعالیت‌ها و رفت و آمدهای انسانی مثل تجارت و خرید و فروش و سرگرمی ایجاد می‌شود (Murray Schafer R, 1977). طبق تحقیقات، آلودگی صوتی ایجاد شده در اثر ترافیک جاده‌ها در مناطق شهری به شدت بر سلامت و زندگی افراد اثرگذار است (Wang H., et al, 2017). در این پژوهش تمرکز بر روی کاهش صدای محیطی در داخل ساختمان خانه موسیقی است، با این هدف که به عملکرد آکوستیکی داخل فضا خدش‌های وارد نکند. اما با این حال خالی از لطف نیست اشاره بکنیم که در مراکز شهرها و در مناطق توریستی شلوغ، که تمرکز فعالیت‌های انسانی نسبتاً زیاد است، سطوح آلودگی صوتی بسیار بالاست و به دلیل فعالیت‌های تفریحی به ویژه در طول شب باعث اختلال خواب برای ساکنین ساختمان‌های مسکونی و در نتیجه ایجاد عواقب جدی در سلامت خواهد داشت (Halperin D., 2014). با استفاده از پرسشنامه‌های آنلاین، ساکنان گزارش کردند که سطح

آلودگی صوتی یکی از عوامل استرس زای محیطی در مناطق شهری، خارج و داخل ساختمان می‌باشد. به ویژه آلودگی صوتی شدید در مناطق مرکزی شهر با فعالیت‌های انسانی شهر قابل ملاحظه می‌باشد که این امر به زندگی درون ساختمان‌ها مخصوصاً خانه موسیقی که آلودگی صوتی می‌تواند عملکرد آن را مخدوش کند، توجه ویژه‌ای را می‌طلبد. پژوهش‌های آکوستیکی انجام شده، روی استفاده از پانل‌های صوتی در درون ساختمان تمرکز شده است. تعداد از پژوهش‌ها هم روی پانل‌های نما کار شده است که البته روی کاهش مزاحمت‌های صوتی در خارج ساختمان (خیابان) تمرکز داشته است. نوآوری این پژوهش این است که اثربخشی پردازش صوتی پانل‌های مدولار نما، در ساختمان خانه موسیقی تهران از طریق شبیه‌سازی و نرم‌افزار، مورد ارزیابی قرار گرفته است. هدف از شبیه‌سازی و تحلیل‌های نرم‌افزاری به حداقل رساندن میزان مزاحمت‌های صوتی محیط بوده است. این پژوهش از نوع کاربردی و روش انجام آن ترکیبی شبیه‌سازی و تحلیلی توصیفی می‌باشد ابزارهای مورد استفاده نرم‌افزار رانو و افزونه گرسه‌پایر بوده است، و نیز برای بهینه‌سازی از افزونه گالاپاگوس و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. نتایج این تحلیل نحوه نصب و زاویه بهینه قرارگیری پانل‌های نما را مشخص می‌کند.

**واژگان کلیدی:** صدای محیطی، پانل‌های نما، خانه موسیقی، آکوستیک



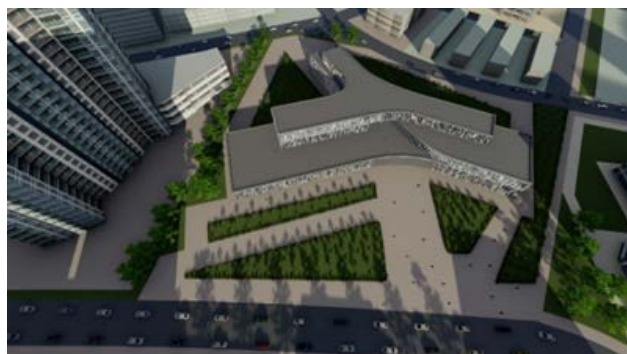
بالای سر و صدای ناشی از فریادها و موسیقی به دلیل رویدادهای بیرونی یا مکان‌های عمومی، بر خواب، زندگی روزمره و سلامت آن‌ها تأثیر می‌گذارد. آن‌ها همچنین نگران استهلاک املاک و هزینه‌های کاهش این مشکل بودند. از سوی دیگر بالستروس و همکاران روشی برای توصیف آلودگی صوتی مناطق تفریحی ایجاد کرد و سه منطقه تفریحی شهر مادرید و شهر کوئینکا در اسپانیا را بررسی کردند (Ballesteros et al, 2014). باتوجه به بررسی‌ها و مطالعات انجام شده، اساساً سه نوع اقدام کاهش برای آلودگی صوتی در مناطق وجود دارد:

- اقدام در منبع تولید صوت با کاهش سطوح انتشار آن.
- اقدام در قسمت گیرنده با تغییر مکان.
- استفاده از راهکارهای کاهش آلودگی صوتی

در قسمت راهکار کاهش آلودگی صوتی، دستگاه‌های ضد نویز و موانع صوتی از رایج‌ترین راه حل هاست (Horoshenkov et al, 2006; Baulac et al, 1999). از آنجایی که موانع نویز برای عملکرد بهتر خود به هندسه و موقعیت آن نسبت به منبع و گیرنده بستگی دارد، مطالعات تجربی اغلب روی بهینه‌سازی شکل مانع برای دستیابی به عملکرد بهینه متمرکز شده‌اند (Watts G.R et al, 1994). در این پژوهش هدف تمرکز بر روی شکل و موقعیت پانل‌های عایق‌سازی نیست، بلکه تمرکز بر روی نحوه قرارگیری و زاویه بهینه در راستای کاهش آلودگی صوتی بوده است. در نتیجه برای رسیدن به هدف اصلی و پیدا کردن زاویه بهینه، از روش شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار راینو و افزونه گرسه‌پایر، استفاده شده است.

## یافته‌ها

جهت انجام پژوهش مدلی در منطقه ۲۲ شهر تهران با کاربری و استانداردهای خانه موسیقی طراحی و مدلسازی شده است. سایت پروژه در نزدیکی دریاچه چیتگر واقع شده است که در شمال خیابان جودانی، در غرب بلوار طبیعت و در جنوب آن بلوار میعاد قرار دارد. این مدل در روند پایان نامه کارشناسی ارشد پژوهشگر طراحی شده است. جداره‌های مربوط به ساختمان طرح به دلیل ملاحظات که در طراحی وجود داشته است بطورت مکعب مستطیل و احجام خالص هندسی نمی‌باشد، جداره‌های طرح بصورت دیواره‌های عمودی است که پانل‌های صوتی روی آن‌ها تعبیه شده است.



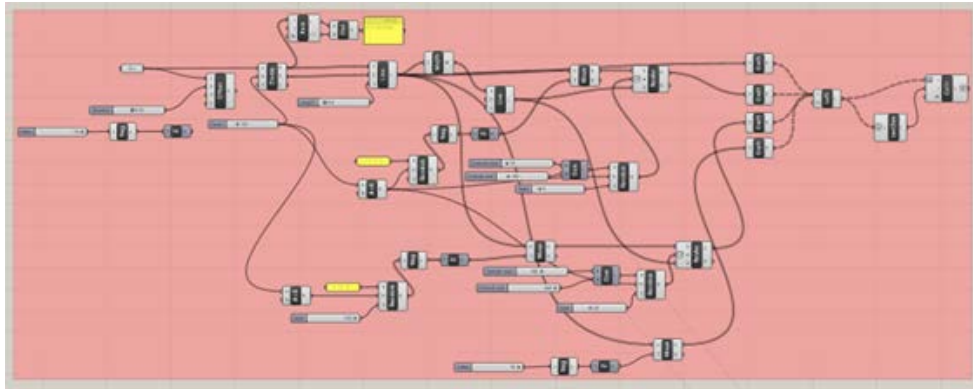
شکل ۱. پرسپکتیو ساختمان طراحی شده خانه موسیقی



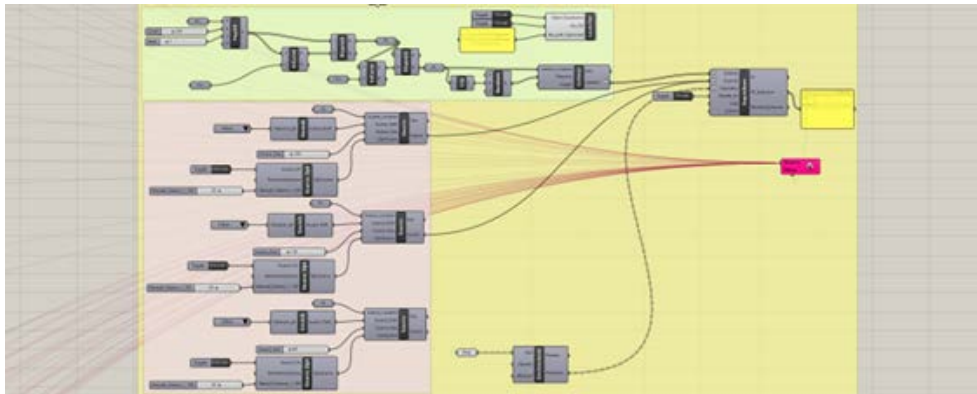
شکل ۲. تصویری از نحوه قرارگیری پانل‌ها روی نما

## بحث و نتیجه‌گیری

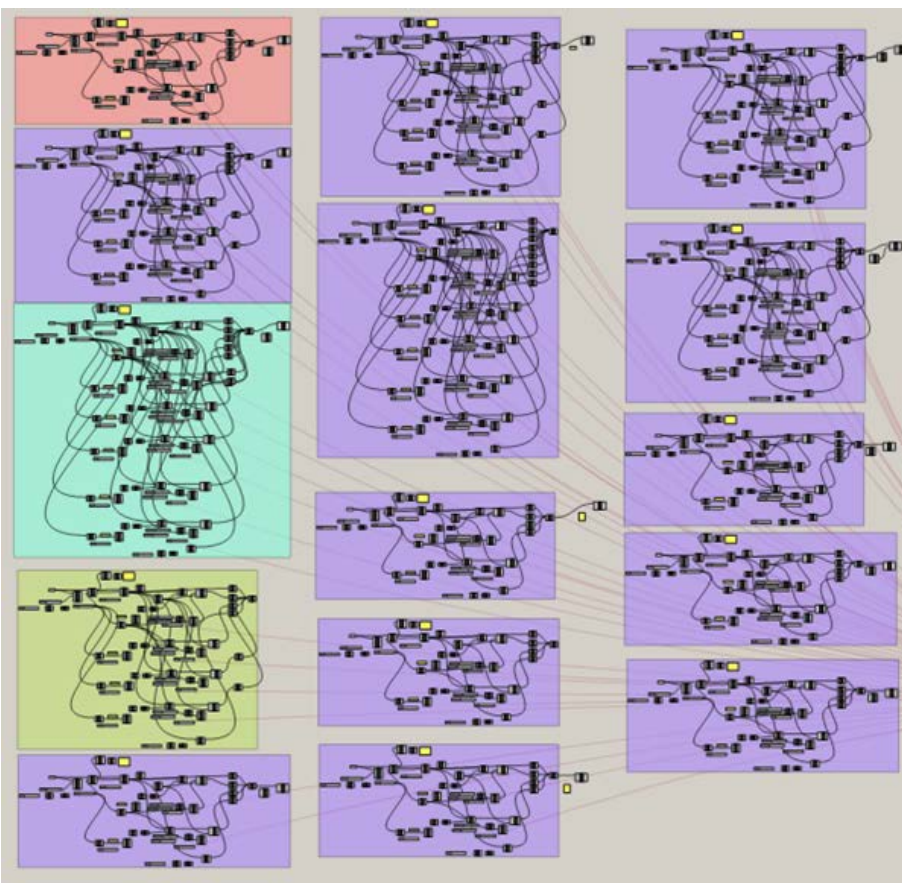
همان طور که ذکر شد، هدف از انجام این پژوهش، بهینه‌سازی فضای داخل خانه موسیقی تهران با هدف کاهش میزان اغتشاشات محیطی بوده است. در نتیجه راندمان کارکرد فضا از لحاظ تعامل کاربر و فضا بیشتر می‌گردد. الگوریتم ژنتیک تکاملی در قسمت بهینه‌سازی فرم طرح مورد استفاده قرار گرفته است. بهینه‌سازی فرم با هدف رسیدن به زاویه بهینه پانل‌های نما می‌باشد، بصورتی که اغتشاشات صوتی محیطی به کمترین میزان خود برسد. برای این منظور الگوریتمی نوشته شده است که در این بخش به آن اشاره شد. قابل ذکر است این الگوریتم قابلیت بسط به ساختمان‌های مختلف در سایت‌های مختلف را دارا می‌باشد. چنانچه که در این پژوهش دیده شد، تمرکز بر روی صداها، نوفه و اغتشاشات محیطی بوده است و برای جلوگیری از ورود این اغتشاشات به فضای داخلی ساختمان، طراحی و آنالیزهایی انجام شد که نتایج در این قسمت ارائه شده است.



شکل ۴. الگوریتم تولید پنل‌ها در نرم‌افزار راینو، پلاگین گرسه‌پایر، مأخذ: نگارندگان



شکل ۵. الگوریتم بهینه‌یابی زاویه قرارگیری پنل‌های نما در نرم‌افزار راینو، پلاگین گرسه‌پایر، کامیوننت گالاپاگوس مأخذ: نگارندگان



طبق تحلیل‌ها و آنالیزهای انجام شده، زاویه بهینه قرارگیری پنل‌ها از صفر تا ۱۸۰ درجه و از ۱۸۰ تا ۳۶۰ درجه در نظر گرفته شده است. پنل‌ها در قسمت‌هایی به حالتی که در تصاویر نشان داده شده است چرخیده‌اند و در نتیجه کمترین میزان اغتشاشات محیطی وارد ساختمان شده است.

شکل ۷. الگوریتم تولید و چیدمان پنل‌ها روی نمای ساختمان، نرم‌افزار راینو، پلاگین گرسه‌پایر، مأخذ: نگارندگان









مهندسین مشاور توسعه راه آهن ایران (مترا)  
۰۲۱۲۶۷۴۰۷۳۱ - ۲۶۷۴۰۷۵۱  
[www.Metraconsultant.com](http://www.Metraconsultant.com)  
[info@metraconsultant.com](mailto:info@metraconsultant.com)  
نشانی: تهران، خیابان سعادت آباد، بالاتر  
از میدان شهید طهرانی مقدم (کاج)،  
خیابان ششم، پلاک ۲۳، ساختمان برلیان