



مهندسين
مشاور پژوهش

فصلنامه تخصصی قطار شهر

شماره ۵ - بهار و تابستان ۱۴۰۳



مهندسين
مشاور پژوهش



پژوهشگران

مهندس نیما سلحشور (قائم مقام مدیر عامل)

دکتر سید حسام موسوی (مدیر دپارتمان ناوگان و تجهیزات)

مهندس سید نوید قائمی (مدیر دپارتمان سازه)

مهندس محمد نوری (مدیر پروژه)

مهندس لیلا توانا (مدیر دپارتمان شهرسازی)

مهندس کامیار علی مقدم (مدیر پروژه)

دکتر صادق آمون (کارشناس دپارتمان سازه)

مهندس رضا آل خمیس (کارشناس دپارتمان سازه)

طراحی گرافیک و صفحه آرایی

مهندس سجاد محمودی (کارشناس دپارتمان ناوگان و تجهیزات)

ویراستار

سرکار خانم زهره استادولی



غلامرضا منیری تکمه داش
مدیر عامل



پیشگفتار

مهندسین مشاور پژوهش قصد دارد تجارب و دانش بدست آمده در خلال پروژه‌های در دست کار خود را در قالب این فصلنامه‌ها در اختیار همکاران و جامعه مهندسین کشور قرار دهد. ارائه تجربیات و نقد صادقانه آن‌ها، همچنین خلاصه و مفید بودن مطالب از اهداف اصلی در نگارش متون است و امید است مورد توجه خواننده قرار گیرد. ما را از نظرات خود با خبر سازید.

info@pajoohesh.ir

فهرست مطالب

۱ مقالات

- ۲ معرفی تکنولوژی ناوگان استفاده شده در خطوط انبوه‌بر شهری با قابلیت خدمات‌رسانی به حومه (خطوط اکسپرس شهری)
- ۱۳ قراردادهای فیدیک
- ۱۹ کارآمدی مجتمع‌های ایستگاهی در توسعه حمل و نقل محور
- ۳۳ فرم و فضای معماری سکو
- ۳۸ ارزیابی عملکرد دستگاه EPB-TBM در زمین‌های نرم

۵۵ معرفی پروژه‌ها

- ۵۶ بررسی روش‌های اجرا شده حلقه آب‌بند و محفظه نگهدارنده گروت (ایستگاه امام حسین^(ع) - خط دو قطار شهری اصفهان)

۶۳ تجربه‌های پیشین

- ۶۴ معرفی دیپوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد

۷۹ تدوین ضوابط

- ۸۰ ضابطه شماره ۲- ۸۰۵ - ضوابط طراحی خطوط قطار شهری و حومه (جلد دوم- ضوابط طراحی سازه مسیر)

۸۳ اخبار پروژه



از اهداف دپارتمان تحقیق و توسعه در مهندسين مشاور پژوهش، حمايت از پروژه‌ها و تحقيقات بروز در زمينه‌هاي مرتبط با فعاليت‌هاي شرکت است. در اين راستا بسياري از همکاران علاوه بر فعاليت در بخش تخصصي مربوطه با حمايت شرکت، حضورى فعال در عرصه‌هاي تحقيقاتي و آزمایشگاهی دارند.

از دستاوردهاي دپارتمان تحقیق و توسعه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- همکاري با سازمان برنامه و بودجه کشور در راستای تدوين نشریات تخصصي؛
- حمايت از کنگره‌ها و جلسات تخصصي؛
- چاپ کتاب در زمينه‌هاي تخصصي؛
- چاپ مقاله در مجلات معتبر بين المللی و يا کنفرانس‌هاي معتبر خارجي و داخلي.

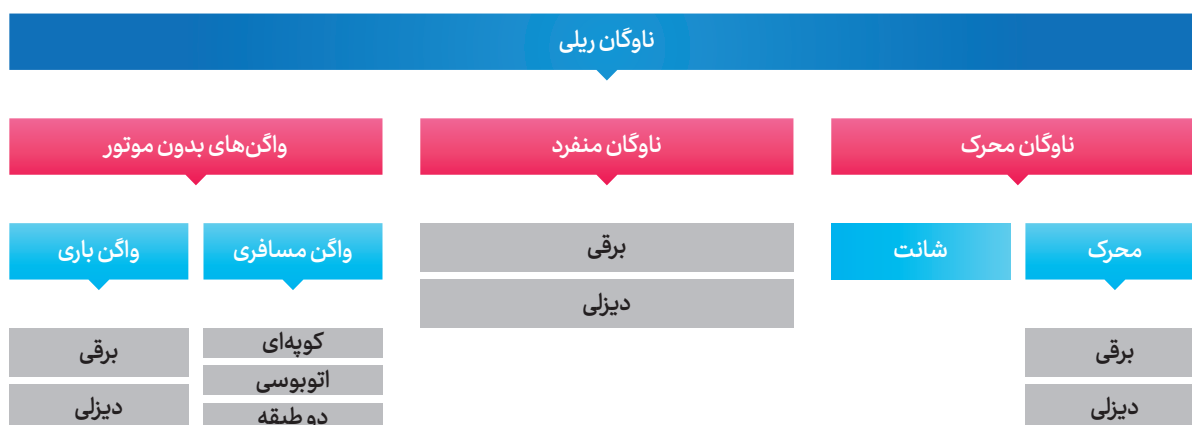


معرفی تکنولوژی ناوگان استفاده شده در خطوط انبوه‌بر شهری با قابلیت خدمات‌رسانی به حومه (خطوط اکسپرس شهری) دکتر سید حسام موسوی

۱- مقدمه

در فصلنامه شماره ۱ مهندسین مشاور پژوهش که در پاییز سال ۱۴۰۱ به انتشار رسیده است، مطالبی در خصوص معرفی و طبقه‌بندی مدهای حمل و نقل ریلی و اصول انتخاب مَد مناسب ارائه گردید که از خوانندگان محترم دعوت می‌گردد به جهت ایجاد پیوستگی مطالب در صورت تمایل نسبت به مطالعه مجدد مقاله مذکور پیش از مطالعه مقاله حاضر اقدام نمایند؛ در این مقاله به انواع سیستم‌های انبوه‌بر شهری/حومه‌ای با رویکرد تکنولوژیک بر ناوگان مورد استفاده در خطوط اکسپرس شهری مطالبی عنوان شده است.

۲- مقایسه کلیه ناوگان‌های قابل استفاده با توجه به ویژگی‌های مکانی جانمایی سامانه ریلی در مطالعات شهری
ناوگان اصطلاحی است که برای توصیف همه وسایل نقلیه ریلی اعم از محرک^۱، متحرک^۲ و یا ماشین‌آلات ویژه ریلی استفاده می‌شود. در (شکل ۱) طبقه‌بندی انواع ناوگان نشان داده شده است.



۲

شکل ۱- تقسیم‌بندی ناوگان ریلی

- وسایل نقلیه ریلی محرک، خودکشش بوده به این معنی که مجهز به موتورهای کششی هستند. این وسایل نقلیه ممکن است:
- تنها به منظور جابجایی و کشش وسایل نقلیه متحرک طراحی و ساخته شده باشند و لذا به آنها «لوکوموتیو» یا «واحدهای کشنده»^۳ گفته می‌شود.
 - به منظور جابجایی مسافران ساخته شده باشند و بنابراین به آنها «واگن منفرد»^۴ (که در یک سمت یا هر دو سمت دارای کابین راهبری هستند) یا «واگن موتوردار»^۵ گفته می‌شود.
 - برای استفاده در شانت طراحی و ساخته شده باشند و در نتیجه به آنها «لوکوموتیو شانت»^۶ گفته می‌شود.

امروزه، بسته به منبع تأمین نیروی کشش، لوکوموتیوها و واگن‌های منفرد به دو دسته دیزلی^۷ و برقی^۸ تقسیم‌بندی می‌شوند. واگن‌های متحرک (بدون موتور) قابلیت سیر به تنهایی را ندارند و عموماً برای حمل بار یا جابجایی مسافرین مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ترکیبی از یک لوکوموتیو و تعدادی واگن مسافری متحرک تشکیل یک رام قطار مسافری را می‌دهد که توسط لوکوموتیو کشیده شده و قابلیت سیر دارد. هنگامی که دو واحد کشنده در تشکیل یک رام قطار گنجانده شوند، به قطار به وجود آمده (قطار با دوبله لوکوموتیو) گفته می‌شود.

ترکیبی از واگن‌های منفرد، واگن‌های موتوردار و/ یا واگن‌های متحرک تشکیل یک قطار یا وسیله نقلیه ریلی را می‌دهند. در (شکل ۲) طبقه‌بندی قطارهای مسافری نشان داده شده است.

^۱Powered ^۲Single railcar ^۳EMU (Electrical Multiple)
^۴Trailer ^۵Motor car
^۶Traction units ^۷DMU (Diesel Multiple Unit)

قطارهای مسافری

قطارهای خودکشش	قطارهای دوسر	قطارهای لوکوموتیودار
سریع‌السير	عادی	سریع‌السير
عادی		عادی
حومه‌ای		

شکل ۲- انواع قطارهای مسافری

قطارهای خودکشش - به دلیل وجود کابین راهبری در هر دو سمت - می‌توانند بدون نیاز به لوکوموتیو شانت در هر دو جهت حرکت کنند؛ این در حالی است که قطارهای مسافری که به کمک لوکوموتیو جابجا می‌شوند برای این منظور نیاز به لوکوموتیو شانت دارند تا جبهه حرکت قطار را تغییر دهند.

قطارهای خودکشش (MU) به قطارهای خودکشش دیزلی (DMU) یا خودکشش برقی (EMU) تقسیم‌بندی می‌شوند که دارای مشخصات زیر هستند:

- این قطارها از واگن‌های محرک کابین‌دار، واگن‌های محرک و / یا واگن‌های متحرک (بدون موتور) که به صورت نیمه دائمی کوپل شده‌اند، تشکیل می‌شود؛
- در هر دو انتهای قطار کابین راهبری در نظر گرفته شده است؛ و راهبران تنها لازم است کابین فعال را در ایستگاه‌های پایانه‌ای تغییر دهند؛
- در صورت در نظر گرفتن در طراحی سازنده، طول قطار را می‌توان با افزودن یا کم کردن تعداد واگن‌های میانی تغییر داد؛
- تجهیزات تولید نیروی محرکه در کل طول قطار توزیع می‌شوند (فقط واگن‌های محرک کابین‌دار و واگن‌های محرک دارای این تجهیزات هستند).

آرایش‌های زیر به عنوان نمونه از یک قطار ارائه شده است:

SR + TC + SR + SR + TC + SR یا SR + MC + MC + SR یا SR + SR + SR + SR

که در این آرایش، حروف اختصاری عبارتند از:

- SR: واگن محرک کابین‌دار^۸
- TC: واگن متحرک (بدون موتور)^۹
- MC: واگن محرک (موتوردار)^{۱۰}



شکل ۳- قطار خودکشش پردیس (DMU) / طراحی شرکت زیمنس

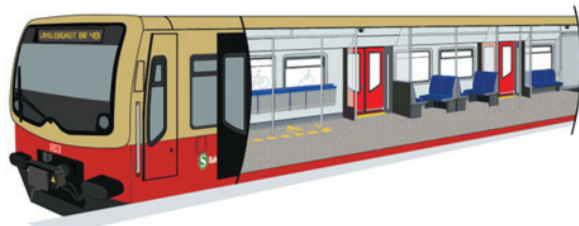


شکل ۴- قطار خودکشش ارم (DMU) / طراحی شرکت روتم

^۸Single Railcar (with cabin)

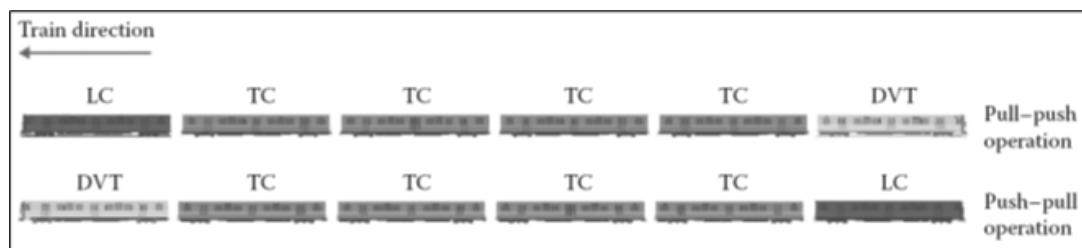
^۹Trailer Car

^{۱۰}Motor Car



شکل ۵- قطار خودکشش در شبکه مترو برلین (EMU) / طراحی شرکت زیمنس-اشتادلر

- قطارهای دو سر^{۱۱} نوعی از قطار مسافری است که ویژگی‌های زیر در آنها دیده می‌شود:
- یک لوکوموتیو در جلوی قطار و یک لوکوموتیو در انتهای قطار قرار دارد؛
- یک واگن بدون موتور اما مجهز به کابین راهبری در انتها یا در ابتدای قطار وجود دارد و این امکان را به وجود می‌آورد تا قطار از هر دو سمت امکان حرکت را داشته باشد^{۱۲}؛
- تعدادی واگن مسافری بدون موتور در میانه قطار.
- در (شکل ۶) که نمای شماتیکی از قطارهای دو سر است، علائم اختصاری عبارتند از:
- DVT: واگن متحرک کابین‌دار^{۱۳}
- TC: واگن متحرک^{۱۴}
- LC: لوکوموتیو^{۱۵}



شکل ۶- عملکرد یک قطار دو سر

این نوع از قطارها قابلیت سیر در هر دو جهت را بدون نیاز به لوکوموتیو شانت دارا هستند (شکل ۷ و ۸). هنگامی که واگن متحرک کابین‌دار در جلوی قطار باشد، لوکوموتیو به صورت کنترل از راه دور توسط یک کابل که در سرتاسر قطار امتداد یافته است کنترل می‌شود.



شکل ۷- نمونه‌ای از قطار دو سر

^{۱۱}Push-Pull

^{۱۲}Driving Van Trailer

^{۱۳}Driving Van Trailer

^{۱۴}Trailer Car

^{۱۵}Locomotive



شکل ۸- قطار دوسر دو طبقه خط ۵ متروی تهران (Push-Pull) / طراحی شرکت چینی

۱-۲- دسته‌بندی سیستم‌های ریلی بر اساس کاربرد

اصطلاح «وسایل حمل و نقل ریلی» ممکن است شامل کلیه وسایل حمل و نقلی باشد که سیستم حرکتی آنها حداقل شامل یک جزء فولادی باشد (چرخ فولادی بر روی ریل فولادی یا چرخ لاستیکی بر روی یک بستر بتنی). در (شکل ۹) دسته‌بندی انواع مدهای حمل و نقل ریلی نشان داده شده است.



شکل ۹- دسته‌بندی انواع مدهای حمل و نقل ریلی

سیستم‌های ریلی بر اساس محیط جغرافیایی/شهری که در آن فعالیت می‌کنند و به‌طور کلی بر اساس عملکردشان، به موارد زیر تقسیم می‌شوند:

- راه‌آهن بین شهری
- راه‌آهن حومه‌ای / مسافری (راه‌آهن شهری) / منطقه‌ای
- راه‌آهن شهری

۲-۲- معرفی تکنولوژیک ناوگان متناسب با خطوط اکسپرس شهری با امکان سیر به حومه

ناوگان حمل و نقل ریلی انبوه‌بر می‌توانند در آرایش‌های بسیار متنوعی عرضه شوند. در خطوط انبوه‌بر ریلی که عمدتاً در داخل شهرها در تردد می‌باشند و فاصله ایستگاه‌ها نسبتاً نزدیک می‌باشد (کمتر از ۲ کیلومتر) به منظور تسریع در امر سوار و پیاده شدن مسافری، واگن‌ها اغلب دارای تعداد زیادی درب (۴ در هر واگن در طول متداول حدود ۲۰ متر برای هر واگن) هستند و فضاهای مربوط به مسافرین ایستاده در آنها به‌منظور جادادن تعداد زیادی مسافر ایستاده افزایش یافته است. از مترو سبک بیشتر برای سفرهای کوتاه استفاده می‌شود (فاصله ایستگاه‌ها در حدود ۱ کیلومتر است)، درحالی‌که مترو سنگین اساساً برای سفرهای طولانی‌تر مناسب است؛ با این حال دو سیستم می‌توانند در شرایط خاص با یکدیگر ادغام شوند. قطارهای متروی سنگین به نسبت درب کمتری دارند و تعداد صندلی‌ها در آن‌ها بیشتر است. قطار مترو حداکثر تا سرعت طراحی ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت در خطوط با شیب صفر تا حداکثر ۵٪ مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. در عمل، حداکثر سرعت بهره‌برداری در حدود حداکثر ۹۰ کیلومتر بر ساعت امکان‌پذیر و تجربه متداول می‌باشد که در مرحله طراحی بر اساس فواصل متوسط بین ایستگاهی و پلان و پروفیل خط، سرعت سیر ماکزیمم تعیین و مبنای طراحی سیستم رانش قطار قرار خواهد گرفت. همچنین مشخصات شتاب این نوع از قطارها در مقایسه با هر کدام از مدهای حمل و نقل دیگر بسیار خوب است.

طول واگن‌های انبوه‌بر شهری با بدنه صلب^{۱۵} در حدود ۱۸ تا ۲۵ متر است که این مقدار برای مجموعه‌های با دو واگن مفصلی^{۱۶} از ۲۵ تا ۳۰ متر افزایش می‌یابد. قطارهای این سیستم به‌طور معمول با آرایش ۴ تا ۱۰ واگن تشکیل می‌شوند.

عرض واگن‌ها از ۲٫۶ متر تا ۳٫۳ متر متغیر است. ناوگان با عرض کمتر (تا ۳٫۰ متر) بیشتر برای بهره‌برداری در تونل‌ها مناسب‌تر هستند زیرا هزینه حفاری تونل در محدوده شهری اقتصادی باقی خواهد ماند. ارتفاع آنها در واگن‌های یک طبقه بین ۳٫۶ متر تا حدود ۴٫۲ متر (از تاج ریل^{۱۷}) است که استفاده از ریل سوم به جای پانتوگراف برای تأمین نیروی محرکه قطار، باعث کاهش ارتفاع واگن می‌شود.

اغلب قطارهای مورد استفاده در این سیستم انبوه‌ر شهری دارای ارتفاع کف واگن در حدود ۱٫۰ متر است و این بدین معنا است که برای سوار و پیاده شدن مسافران نیاز به احداث سکو است.

ناوگان انبوه‌بر شهری ممکن است دو طبقه باشند؛ با این وجود تجربه استفاده از واگن‌های یک طبقه برای سیستم‌هایی که عمده سیر آنها و سرویس‌دهی در محدوده شهری و حومه‌های بسیار نزدیک به شهر مادر می‌باشد در دنیا مرسوم‌تر بوده و بیشتر مشاهده می‌شود.

سیستم‌های مترو بر اساس حجم مسافرینی که به آنها خدمت‌رسانی می‌کنند به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- مترو سنگین^{۱۸}
- مترو سبک^{۱۹}

مترو سبک، یک راه حل ترکیبی و میانه بین مترو سنگین و قطار سبک شهری است.

در مقایسه با مترو سنگین، مترو سبک با ظرفیت حمل‌ونقل (جابجایی مسافر) کمتر، ناوگان سبک‌تر و فاصله کمتری بین ایستگاه‌ها (با فاصله ایستگاه‌هایی در حدود ۱ کیلومتر) شناخته می‌شود. از این سامانه عموماً برای جابجایی مسافرین در شهرهایی با جمعیت بین ۵۰۰,۰۰۰ تا ۵,۰۰۰,۰۰۰ نفر بهره برده می‌شود و در مقابل احداث مترو سنگین برای شهرهای با جمعیت بیشتر از ۵,۰۰۰,۰۰۰ نفر مناسب‌تر است.

۲-۲-۱- درجه اتوماسیون بهره‌برداری

بر اساس درجه اتوماسیون بهره‌برداری - که به اختصار GoA^* نامیده می‌شود- سیستم‌های انبوه‌بر شهری در چهار دسته کلی طبقه‌بندی می‌شوند. (شکل ۱۰) این چهار دسته را به‌خوبی نشان می‌دهد و شاخصه‌های بهره‌برداری هر گروه که تعیین‌کننده GoA است را ارائه می‌دهد.

GRADE OF AUTOMATION	TRAIN OPERATION	SETTING TRAIN IN MOTION	DRIVING AND STOPPING	DOOR CLOSURE	OPERATION IN EVENT OF DISRUPTION
GoA 1 	Automatic Train Protection with Driver			Driver	
GoA 2 	Automatic Train Protection + Automatic Train Operation with Driver				
GoA 3 	Driverless Train Operation	Automatic		Attendant	
GoA 4 	Unattended Train Operation				

شکل ۱۰- طبقه‌بندی سیستم‌های مترو بر اساس درجه اتوماسیون و نحوه بهره‌برداری آنها

¹⁵Rigid body

¹⁹Two car articulated sets

¹⁹TOR (Top of Rail)^{1A}Heavy Metro¹⁹Light Metro²Grade of Automation

GoA1 (راهبری توسط راهبر): راهبر قطار به طور کامل و مؤثر در تمامی فعالیت های راهبری قطار نقش دارد. در این سطح از اتوماسیون، تنها سامانه کنترلی، سامانه حفاظت اتوماتیک قطار یا همان ATP^{۲۱} است.

GoA2 (بهره برداری نیمه اتوماتیک - STO^{۲۲}): در این سطح از اتوماسیون، راهبر به عنوان یک ناظر در کابین راهبری حضور دارد تا در صورت بروز خرابی یا هر اشکالی در سیستم، عملیات راهبری را بر عهده گیرد و البته راهبر مسئولیت بازکردن و بستن درب ها را نیز بر عهده دارد. این قطارها علاوه بر سامانه حفاظت اتوماتیک قطار یا همان ATP مجهز به سیستم بهره برداری اتوماتیک قطار یا ATO^{۲۳} است.

GoA3 (بهره برداری بدون راهبر): در این نوع از قطارها، راهبر حضور نداشته و حرکت قطار بدون راهبر است. به منظور باز و بسته کردن درب ها و نیز انجام اقدامات اصلاحی در حین بروز خطاهای احتمالی در سیستم راهبری، فردی به عنوان ناظر در قطار حضور دارد. این قطارها نیز مانند حالت GoA2 مجهز به سیستم های ATP و ATO هستند.

GoA4 (بهره برداری بدون حضور ناظر): در این قطارها که مجهز به سیستم های ATP و ATO هستند، عملیات راهبری بدون حضور راهبر یا هرگونه ناظری و به صورت کاملاً اتوماتیک انجام می پذیرد. به طور کلی، عملکرد قطار زمانی که قطارها بدون راهبر (driverless) باشند (یعنی سطوح GoA3 و GoA4) به صورت اتوماتیک در نظر گرفته می شود.

دو سطح اخیر GoA باید با نصب درب های اتوماتیک سکو یا PSD^{۲۴} همراه باشد تا ضریب ایمنی مسافری افزایش یابد.



شکل ۱۱- حضور ناظر در قطار با سطح اتوماسیون GoA3

۲-۲-۲- سایر دسته های طبقه بندی

بر اساس موقعیت سیر قطارهای انبوه بر شهری در رابطه با سطح زمین، سیستم های شهری به شرح زیر طبقه بندی می شوند:

- زیرزمینی
- سطحی
- رو سطحی

سرانجام، بر اساس شکل خطوط شبکه، سیستم های انبوه بر شهری به سیستم های زیر طبقه بندی می شوند:

- شعاعی
- خطی با و یا بدون انشعاب
- شبکه ای

۲-۲-۳- زیرساخت

سیستم مترو از لحاظ الزامات زیرساختی، تشابه زیادی با راه آهن منطقه ای از منظر حق تقدم کاملاً تفکیک شده (مسیر سیر کاملاً مجزا)، خطوط ریلی فولادی با گج خط استاندارد و لزوم احداث سکوها مسافری دارد. با این وجود در مقایسه با انبوه بر منطقه ای^{۲۵}، در بخش زیرساخت مورد نیاز، صرفه جویی هایی در هزینه وجود دارد.

سطوح بالاتر اتوماسیون در متروها به این معنی است که می توان از ایستگاه ها، بدون پرسنل بهره برداری کرد و همچنین می توان سکوها کوچک تری احداث کرد؛ چرا که ورود و خروج قطارها به ایستگاه با تناوب بیشتر به معنای کاهش زمان انتظار مسافران است. طول سکوها در متروها به طور نرمال در حدود ۱۰۰ تا ۱۶۰ متر است.

^{۲۱}Automatic Train Protection

^{۲۲}Platform Screen Door

^{۲۳}Semi-Automatic Train Operation

^{۲۴}Regional Rail

^{۲۵}Automatic Train Operation

۳-۲- طبقه‌بندی انواع ناوگان ریلی

۳-۲-۱- تعریف و انتخاب سطح سرویس‌دهی مناسب ناوگان

مطلوبیت یک سیستم حمل‌ونقل ریلی از نظر مسافری به عوامل متعددی بستگی دارد. یک سفر با استفاده از وسایل نقلیه ریلی، از لحظه ورود به ایستگاه یا محل توقف قطار آغاز شده و با خروج مسافر از ایستگاه پایان می‌یابد. میزان رضایت مسافری از سفر، به محیط ایستگاه‌ها، دسترسی آسان به آنها، نحوه تهیه بلیت و خدمات مسافری، دسترسی به قطار، میزان روشنایی و نور ایستگاه‌ها و قطار، علائم و سامانه‌های آدرس‌دهی و بسیاری مشخصه‌های دیگر بستگی دارد. برخی از عوامل فوق مربوط به نوع سیستم ناوگان بوده و عموماً در قالب «راحتی سیر و حرکت» مورد بحث قرار می‌گیرند. از جمله این موارد، عبارتند از:

- شتاب شروع به حرکت قطار (شتاب در هنگام رانش)؛
- شتاب ترمزی قطار (شتاب در هنگام ترمزگیری)؛
- نوسانات عمودی و جانبی وارد بر مسافر؛
- نرخ تغییرات شتاب (جرک)؛
- میزان نویز یا آلودگی صوتی داخل قطار (تأثیر بر روی مسافری سوار بر قطار)؛
- میزان نویز خارج از قطار که در اثر حرکت و کارکرد سیستم‌های مختلف از جمله ترمز و تهویه حاصل می‌شود. (تأثیر بر مسافری منتظر در سکوها و یا محیط‌های شهری که قطار از آنها عبور می‌کند)؛
- سطح روشنایی و نوع نور (گرم و سرد) داخل قطار؛
- دمای محیط و میزان هوای تازه و در گردش؛
- وضعیت صندلی‌ها، فرم و اندازه آنها؛
- سیستم‌های آدرس‌دهی و اعلان صوتی و بصری به مسافران؛
- تعداد صندلی‌ها و به عبارتی نسبت ظرفیت صندلی‌ها به مسافری ایستاده؛
- تعداد درب‌ها؛
- فاصله قطار از لبه سکو.

موارد فوق در طراحی ناوگان مؤثر بوده و به تفصیل در موقعیت مناسب بر اساس حدود پذیرش مطرح شده در استانداردها مورد بررسی قرار می‌گیرند. آنچه در این بخش به آن پرداخته می‌شود تعاریف مربوط به سطح سرویس‌دهی و ظرفیت ناوگان بر اساس مسافری نشسته و ایستاده است که بر روی ظرفیت جابجایی حداکثر یک سیستم حمل‌ونقل ریلی تأثیر مستقیم داشته و در برآورده کردن میزان مسافر جابجا شده در یک ساعت و در یک جهت (PPHPD) نقش کلیدی دارد.

از آنجا که سفرهای درون شهری عموماً در مسافت‌های کوتاه صورت می‌گیرد و فاصله ایستگاه‌ها از یکدیگر نسبت به قطارهای حومه‌ای، منطقه‌ای و بین شهری کمتر است لذا زمان سفر معمولاً کوتاه است؛ از طرفی میزان سوار و پیاده شدن مسافری در ایستگاه‌ها نسبت به دیگر مدهای حمل‌ونقل به مراتب بیشتر است. لذا پائین تر بودن نسبت ظرفیت صندلی‌ها به مسافری ایستاده از مطلوبیت آنها نمی‌کاهد و در عوض کاهش معقولانه تعداد صندلی‌ها و افزودن به فضای مفید برای مسافری ایستاده، باعث افزایش ظرفیت ناوگان شده و زمان‌های انتظار و در پی آن زمان سفر را کاهش می‌دهد. لازم به ذکر است که نهایتاً ملاک اصلی تصمیم‌گیری کل زمان سفر تجربه شده توسط مسافری و تحمل شتاب‌های جانبی و تکان‌ها در طول سفر است. به عنوان مثال ممکن است برای اتصال یک شهر حومه‌ای از شهر مادر، قطار برقی در نظر گرفته شده باشد که کل زمان سفر ۲۰ دقیقه بیشتر نبوده و میزان قوس و فرازهای مسیر نیز با ملایمت همراه بوده و مسافران ایستاده در حین زمان محدود سفر در قطار احساس ناخوشایندی نداشته باشند. لذا در این مورد افزایش تعداد مسافران نشسته نسبت به ایستاده مناسب‌ترین تصمیم نبوده و این انتخاب صرفاً سبب افزایش هزینه‌های تأمین اولیه و نگهداری و تعمیرات ناوگان و تجهیزات ثابت و همچنین مصرف انرژی مضاعف در دوره بهره‌برداری از این خط ریلی خواهد بود. همچنین به دلیل نوع ماهیت این سفرها، لزومی به در نظر گرفتن فضای اضافه برای بار همراه مسافر نیز وجود ندارد.

برای مشخص کردن ظرفیت حمل مسافر یک واگن یا یک قطار لازم است تا تعداد صندلی‌ها و فضای مفید برای جای دادن مسافری ایستاده در دسترس باشد. اما اینکه «چه تعداد مسافر ایستاده در هر مترمربع جای بگیرند؟» پرسشی است که پاسخ به آن سطح سرویس مناسب ناوگان را تعیین می‌کند. بدیهی است که هر چه تعداد مسافر ایستاده در هر مترمربع کمتر باشد، مسافری، آسایش بیشتری داشته اما ظرفیت ناوگان کاهش و تعداد ناوگان مورد نیاز برای تأمین تقاضای سفر افزایش می‌یابد. بالعکس با افزایش تعداد مسافری در هر مترمربع، از آسایش مسافری کاسته شده اما ظرفیت ناوگان افزایش و تعداد ناوگان کاهش می‌یابد. این موضوع بر هزینه‌های تأمین ناوگان و سرفاصله زمانی حرکت قطارها نیز تأثیرگذار است.

۲-۳-۲- بررسی و تعیین روش برق‌رسانی به ناوگان

برای انتقال انرژی الکتریکی از پست‌های ترکشن به قطار، نیاز به یک شبکه تماس الکتریکی است. این شبکه انتقال قدرت، در طول مسیر حرکتی قطارها گسترده شده و می‌تواند به صورت شبکه بالاسری در ارتفاع مناسبی از سطح زمین و یا به صورت ریل سوم در سطح زمین انجام شود.

در شبکه بالاسری، یک یا دو سیم هادی، وظیفه تغذیه و انتقال جریان الکتریکی به قطار را بر عهده دارند. این شبکه معمولاً در ارتفاع حدود ۴٫۲ تا ۵ متر در داخل تونل و یا مسیر روباز اجرا می‌شود. عمومی‌ترین نوع شبکه هم‌سطح زمین نیز استفاده از هادی دیگری غیر از ریل‌های اصلی است که در طول خط و کنار ریل‌های حرکتی کشیده شده است. به این هادی، ریل سوم می‌گویند. در این سیستم، جریان الکتریکی توسط یک ریل کمکی در کنار دو ریل حرکت فراهم می‌شود. این ریل می‌تواند در کنار دو ریل دیگر و در سطحی بالاتر از ریل حرکت قرار گرفته و توسط ایزولاتورهایی از سطح زمین عایق شود.

در طول مسیر حرکت، وسیله نقلیه ریلی به صورت مداوم، توان الکتریکی را از طریق وسایل فوق دریافت می‌کند و به حرکت خود ادامه می‌دهد. در عین حال، مسیر برگشت جریان نیز از طریق ریل‌های حرکتی یا سیم هادی دیگری برقرار می‌شود. انتخاب ریل حرکت یا سیم حامل جریان برگشت به عنوان مسیر برگشت، بستگی به چگونگی انتخاب پست‌های تراکشن خواهد داشت. انتخاب سیستم انتقال توان به قطارها همواره یکی از مسائل مهم طراحان راه آهن برقی است. عوامل فراوانی در این انتخاب تأثیر دارند. در این بخش سعی شده محاسن و مشکلات دو نوع متداول سیستم‌های انتقال توان به صورت خلاصه بررسی شود. معیارهای اساسی در انتخاب نوع شبکه تغذیه عبارتند از:

- ایمنی و قابلیت اطمینان بالا؛
- اقتصادی بودن؛
- تعمیر و نگهداری آسان؛
- نصب سریع؛
- سازگاری با سایر خطوط؛
- برنامه‌های توسعه و...؛
- هماهنگی تجهیزاتی با سایر خطوط.

در این میان، قابلیت انتقال قطارها بین خطوط مختلف همواره یکی از عوامل مهم مدنظر کارفرمایان قطار شهری‌ها است. به هرحال این عامل، محدودکننده انتخاب سطح ولتاژ و نوع سیستم تغذیه است. محاسن شبکه تغذیه بالاسری شامل موارد ذیل است:

- شبکه بالاسری به این علت که در سطحی بالاتر از قطار و در ارتفاعی در حدود ۵ متر از سطح ریل حرکتی قرار می‌گیرد، دور از دسترس پرسنل و مسافران بوده، لذا به لحاظ مسائل امنیتی و ایمنی دارای ارجحیت بوده و احتمال خطرات جانبی آن در مجموع کمتر است؛
- به علت خاصیت انعطاف‌پذیری شبکه بالاسری، سرعت حرکتی قطارها می‌تواند بالا باشد. هرچند نوع سیستم برق‌رسانی، عامل محدودکننده سرعت قطارها نیست.
- معایب شبکه تغذیه بالاسری نیز به شرح زیر است:
- خطر پارگی و افتادگی سیم‌های تماس و حامل جریان و نیز مسائل خمش سیم تماس و اتصال کوتاه‌های ناخواسته در این سیستم تا حد زیادی وجود دارد؛
- به علت قرارگیری در بالای قطار، باعث افزایش ابعاد تونل می‌شود. این امر مستلزم هزینه‌های بیشتری در احداث تونل با قطر بیشتر می‌شود؛
- برای نصب و احداث شبکه بالاسری نیاز به زمان بیشتر و ماشین‌آلات خاص بوده که خود موجب افزایش هزینه‌ها می‌شود؛
- در هنگام بروز سوانح، زمان بیشتری برای رفع عیب و بازرایی سیستم مورد نیاز است و برای نگهداری و تعمیرات نیز به ابزار و تجهیزات خاص نیاز داشته و به‌طور کلی هزینه‌های تعمیرات و نگهداری در این سیستم‌ها بالا و زمان‌بر است.

محاسن سیستم ریل سوم را می‌توان شامل موارد ذیل عنوان نمود:

- به علت سادگی سیستم، طراحی و نصب آن سریعتر، ساده‌تر و ارزان‌تر است؛
- نسبت به شرایط محیطی کمتر صدمه می‌بیند؛
- به علت قرارگیری در فاصله بین دو مسیر رفت و برگشت قطارها، فضای کمتری را اشغال می‌کند؛ لذا باعث کاهش سطح مقطع تونل‌ها و پل‌ها می‌شود. این موضوع از آنجا که موجب کاهش هزینه‌های احداث تونل می‌شود، بیشتر مورد توجه مهندسين طراح تونل است؛
- به واسطه سادگی نوع سیستم، به حداقل بازدیدها و تعمیرات دوره‌ای نیاز دارد و باعث کاهش هزینه‌های بهره‌برداری می‌شود.

معایب سیستم ریل سوم نیز شامل موارد ذیل است:

- به علت در دسترس بودن ریل سوم، امکان تماس افراد و یا جانداران در صورت عدم رعایت نکات ایمنی وجود دارد. ایجاد تماس باعث اتصال کوتاه در شبکه تraction شده و منجر به قطع برق سیستم می‌شود؛
- به علت قرار گرفتن هادی‌های ریل سوم در مجاورت زمین و همچنین در معرض تماس پرسنل، امکان افزایش ولتاژ به مقادیر بالاتر از حد معینی وجود ندارد؛ این محدودیت ولتاژ، باعث ایجاد محدودیت‌های فنی دیگری می‌شود؛
- به علت غیر پیوسته بودن و همچنین وجود اصطکاک زیاد بین ریل سوم و کفشک جریان قطار، سرعت قطار محدودتر می‌شود.

۲-۳-۳- بررسی و تعیین نوع و سطح ولتاژ مناسب

در خطوط قطار شهری که عمدتاً روباز بوده و امکان ایجاد مسیر اختصاصی برای آن مقدور نباشد، برای افزایش ایمنی افراد در مقابل خطر برق‌گرفتگی، استفاده از شبکه بالاسری ضرورت می‌یابد. در خطوط با ظرفیت ترافیکی بالا که در بخش‌هایی از آن فاصله ایستگاه‌ها زیاد باشد، برای تأمین ظرفیت کافی، نیاز به افزایش سرعت قطار به بیش از ۸۰ یا ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت است. در این نوع خطوط، استفاده از شبکه بالاسری ضرورت می‌یابد؛ چرا که سیستم ریل سوم به‌طور معمول سرعت را به کمتر از ۹۰ کیلومتر بر ساعت محدود می‌کند.

در خطوط انبوه‌بر حومه نزدیک به شهر مادر و یا خطوط انبوه‌بر درون‌شهری که به خطوط لینک حومه شهری متصل می‌گردند، تعداد پست‌های ترانزیشن نقش پررنگی در هزینه‌های آن ایفا می‌کند. برای کاهش تعداد پست‌ها، افزایش ولتاژ تغذیه به ۱۵۰۰ VDC یا بیشتر و برای این سطوح ولتاژ نیز به لحاظ ایمنی استفاده از شبکه بالاسری ضرورت پیدا می‌کند.

اگر چه نوع و سطح ولتاژ تغذیه می‌بایست بر اساس موقعیت و مشخصات خط مسیر پروژه (پلان و پروفیل مسیر) و امکانات موجود انتخاب شود، ولی امروزه اکثر کشورها برای کاهش تنوع و بر اساس توصیه‌های مؤسسات بین‌المللی سیاست‌گذار در زمینه راه‌آهن و مترو، نوع و سطح ولتاژهای خاصی را به کار می‌برند.

همان‌طور که انتظار می‌رود سیستم شبکه بالاسری برای خطوط متروی شهری متصل به خطوط لینک حومه شهری و خطوط حومه شهری و بین‌شهری توجیه بیشتری دارد و برای خطوط رایج قطار شهری داخلی به‌ویژه از نوع زیرزمینی، سیستم ریل سوم نیز استفاده شده است.

در خطوط بین‌شهری از ولتاژهای متناوب استفاده می‌شود. در این خطوط نیاز به شتاب اولیه و سرعت گرفتن سریع قطار نیست، لذا هر واگن لزوماً دارای موتور تraction نبوده و کل واگن‌ها به کمک یک سیستم تraction که بر روی لوکوموتیو قرار دارد، کشیده/هل داده می‌شوند.

در خطوط برقی ریلی درون‌شهری به علت سادگی بیشتر در طراحی و بهره‌برداری، عموماً از ولتاژهای جریان مستقیم ۷۵۰ ولت و ۱۵۰۰ ولت استفاده می‌شود. در خطوط برقی ریلی حومه شهری در فواصل طولانی‌تر با فواصل متوسط بین ایستگاهی بیش از ۴ کیلومتر نیز عموماً از ولتاژهای جریان مستقیم ۱۵۰۰ ولت و ۳۰۰۰ ولت و یا ولتاژهای متناوب ۲۵ کیلوولت استفاده می‌شود. در جدول صفحه بعد اطلاعاتی در خصوص سیستم‌های تأمین توان و برق‌رسانی به ناوگان در برخی از شهرهای ایران ارائه شده است.

جدول ۱- سیستم‌های تأمین توان و برق‌رسانی به ناوگان در برخی از شهرهای ایران

نام شهر	نوع سیستم انتقال	خطوط مترو / حومه
تهران	ریل سوم با سطح ولتاژ ۷۵۰ ولت DC	خطوط ۱ تا ۷ مترو که در دست تکمیل و بهره‌برداری هستند
		خطوط ۸ تا ۱۱ متروی تهران
		توسعه خط ۱ تا شهر پزند که حومه نسبتاً دور محسوب می‌شود
	شبکه بالاسری با سطح ولتاژ ۲۵ کیلوولت AC	خط ۵ که حومه نسبتاً دور یا بین شهری (تهران-کرج) محسوب می‌شود
		قطار سبک شهری تهران در مرحله مطالعات امکان‌سنجی است
مشهد	ریل سوم با سطح ولتاژ ۷۵۰ ولت DC	خط ۲ که در حال بهره‌برداری است
		خط ۳ که در دست ساخت و در آستانه بهره‌برداری است
		خط ۴ که در دست مطالعات است
	شبکه بالاسری با سطح ولتاژ ۷۵۰ ولت DC	خط ۱ قطار شهری مشهد که در حال بهره‌برداری است
قم	ریل سوم با سطح ولتاژ ۷۵۰ ولت DC	خط A قم که در دست ساخت است
		خط B قم که در دست مطالعات است
کرج	ریل سوم با سطح ولتاژ ۷۵۰ ولت DC	خط ۲ کرج که در دست ساخت است
اصفهان	شبکه بالاسری با سطح ولتاژ ۱۵۰۰ کیلوولت DC	خط ۱ متروی اصفهان که در حال بهره‌برداری است
		خط ۲ متروی اصفهان که در دست ساخت است
		خط ۳ متروی اصفهان که در وضعیت انتخاب پیمانکار است
شیراز	شبکه بالاسری با سطح ولتاژ ۱۵۰۰ ولت DC	خط ۱ متروی شیراز که در حال بهره‌برداری است
		خط ۲ متروی شیراز که در حال بهره‌برداری موقت است
		خط ۳ و ۴ متروی شیراز که در دست مطالعات است
تبریز	شبکه بالاسری با سطح ولتاژ ۱۵۰۰ ولت DC	خط ۱ متروی تبریز که در حال بهره‌برداری است
		خط ۲ متروی تبریز که در دست ساخت است
		خط ۳ متروی تبریز که در دست مطالعات است
		خط ۴ تراموای تبریز در دست مطالعات است
اهواز	شبکه بالاسری با سطح ولتاژ ۱۵۰۰ ولت DC	خط ۱ متروی اهواز که در دست ساخت است
کرمانشاه	ریل سوم با سطح ولتاژ ۷۵۰ ولت DC	خط ۱ قطار سبک شهری کرمانشاه که در دست ساخت است
رشت	شبکه بالاسری با سطح ولتاژ ۷۵۰ ولت DC	تراموای رشت که در دست مطالعات است

۳- جمع‌بندی

از آنجاکه مسیر سیر ناوگان سیستم‌های انبوه‌بر شهری منحصربه‌فرد بوده و از ترافیک دیگر مُدهای حمل‌ونقل و عابرین پیاده جدا می‌باشد و از طرفی طول قابل‌توجهی از مسیر در تونل خواهد بود، لذا بهره‌گیری از سیستم تأمین توان ۷۵۰ ولت DC با ریل سوم بویژه برای فواصل بین ایستگاهی نسبتاً نزدیک (در حدود ۱ کیلومتر) در دنیا تجربه مرسوم بوده است. استفاده از این گزینه امکان ساخت تونل‌هایی با حداقل قطر را فراهم می‌کند. در صورتی که نیاز به یک تکنولوژی مشترک برای هر دو مسیر سامانه‌های حمل‌ونقل منطقه‌ای و شهری باشد (مشابه رفتار یک خط اکسپرس)، به نظر می‌رسد استفاده از شبکه برق بالاسری با تغذیه بصورت AC یا DC (وابسته به حداکثر فواصل بین ایستگاهی و نوع حومه تحت خدمات‌رسانی) مناسب‌ترین انتخاب برای شهری بوده که موضوع تیپ‌سازی ناوگان و نوع تغذیه و استفاده از مزایای بدست آمده برای سیاست‌گذار کمتر دارای اهمیت می‌باشد. بدیهی است انتخاب این روش بر ارتفاع نهایی تونل بویژه در روش‌های غیرمکانیزه تأثیر می‌گذارد و تصمیم در این خصوص بسیار وابسته به موردی است که لازم است در آن خصوص این انتخاب انجام شود. معیارهای قابل در نظر گرفتن در خصوص این انتخاب عبارتند از:

- امکان تیپ‌سازی ناوگان و زیرساخت تجهیزات تأمین توان با وضعیت شبکه موجود حمل و نقل عمومی ریلی در شهر مادر؛
- پیش‌بینی امکان استفاده از زیرساخت تعمیراتی و دیوهای شبکه شهر مادر و کاهش هزینه‌های تملک، هزینه‌های تجهیزات تعمیرگاهی و هزینه‌های کارهای عمرانی و امکان استفاده از کارکنان مجرب و آموزش دیده مشغول بکار در دیوهای جامع شبکه ریلی در شهر مادر؛
- میزان فاصله حومه از شهر مادر؛
- متوسط فاصله بین ایستگاهی در کل خط؛
- حداکثر فاصله بین ایستگاهی در کل خط و تعیین تعداد مواردی که فاصله آنها بیش از ۴ کیلومتر می‌باشد؛
- میزان گسترش خط در شهر مادر و نسبت طولی و ایستگاهی آن به توسعه صورت گرفته تا حومه؛
- بررسی امکان پیش‌بینی پست‌های برق میان‌راهی در طول مسیر در گزینه‌هایی که سطح ولتاژ کاهش یافته و نوع تغذیه جریان مستقیم می‌باشد؛
- مقایسه اقتصادی انواع روش تغذیه در انتخاب سطح ولتاژ و تکنولوژی ناوگان از منظر هزینه تجهیزات تأمین توان، ناوگان و کارهای ساختمانی؛
- پیش‌بینی امکان استفاده از قطار قرضی در شروع بهره‌برداری.



فیدیک (FIDIC) یا فدراسیون بین‌المللی مهندسان مشاور (Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils) نهادی بین‌المللی است که قراردادهای صنعت ساخت و ساز را در سطح بین‌الملل تدوین می‌نماید.

۱- تاریخچه فیدیک

بیشتر از یک قرن قبل که کشورهای اروپایی صنعتی شده بودند، قراردادهای منعقد بین کارفرمایان و پیمانکاران و یا مشاوران در پروژه‌های صنعتی، دارای متون متفاوت با زبان‌های گوناگون و بعضاً سلیقه‌ای بود که مشکلات زیادی را در اجراء و به‌ویژه در تفسیر و مفاهیم شرایط آنها به وجود می‌آورد. از طرف دیگر، اعمال شرایط قراردادی به نفع کشورهای پیشرفته و به زیان کشورهای کمتر توسعه‌یافته و یا در حال توسعه، فقدان تسلط بر زبان خارجی و عدم شفافیت متون قرارداد به بروز اختلافات بسیاری بین طرفین قرارداد منجر می‌شد. لذا، به‌منظور رفع این مشکلات، نیاز جدی به قراردادهای با مدل یکپارچه که در پروژه‌های صنعتی استفاده شود، احساس می‌شد. بدین منظور و احساس نیاز یاد شده، در جلسه افتتاحیه در نمایشگاه جهانی در گنت، بلژیک، در ماه ژوئیه سال ۱۹۱۳، ۵۹ شرکت‌کننده در جلسه یاد شده به بحث در مورد امکان تشکیل یک فدراسیون جهانی مهندسين مشاور پرداختند. از شرکت‌کنندگان، ۱۹ نماینده رسمی از بلژیک، دانمارک، فرانسه، آلمان، هلند، سوئیس و ایالات متحده آمریکا و مابقی از اتریش، مجارستان، کانادا، روسیه و انگلستان بودند و در تاریخ ۲۲ ژوئیه ۱۹۱۳ بر ایجاد یک قانون اساسی رسمی FIDIC توافق حاصل شد. نام فیدیک برگرفته از سرواژه‌های عبارت (International Federation of Consulting Engineers) است که معادل فارسی آن فدراسیون بین‌المللی مهندسان مشاور می‌باشد.

۲- مهندس مشاور به چه کسی می‌گویند؟

مهندس مشاور حرفه‌ای است که در آن خدمات مهندسی و علمی مورد نیاز در حوزه‌های صنعت و ساخت و ساز به بخش‌های خصوصی و دولتی ارائه می‌گردد. به عبارت دیگر کسب و کار اصلی یک مهندس مشاور، مهندسی می‌باشد و بر همین اساس خدمات کلیدی یک مهندس مشاور شامل طراحی (به عنوان سرویس اصلی) و مطالعات محیطی، مطالعات امکان‌سنجی، نظارت بر ساخت و ساز، بازرسی، مشاوره و همکاری فنی خواهد بود. امروزه مهندسی مشاور علاوه بر یک حرفه به یک صنعت کلیدی در اکثر کشورها تبدیل شده است.

۳- ساختار سازمانی فیدیک به چه صورت است؟

در ساختار سازمانی و تشکیلات فیدیک ۱۲ کمیته وجود دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- ۱- مجمع عمومی (با حضور ۲ تا ۶ نماینده از هر عضو فیدیک)
- ۲- هیأت رئیسه (با ۹ عضو که معمولاً یک رئیس دارد که برای مدت ۲ سال انتخاب می‌شود)
- ۳- دبیرخانه (شامل ۹ نفر پرسنل که توسط مدیرعامل اداره می‌شود)
- ۴- کمیته‌ها (که کمیته اجرائی، کمیته قراردادهای، کمیته مدیریت ریسک، کمیته توسعه پایدار و کمیته ارزیابی داوران را می‌توان نام برد)
- ۵- کارگروه‌ها

۴- فعالیت‌های فیدیک در چه زمینه‌ای می‌باشد؟

مهم‌ترین فعالیت فیدیک را می‌توان تهیه و انتشار متن الگوی قرارداد دانست. فیدیک از سال ۱۹۵۷ متون قراردادی را که توسط کارفرمایان و مشاوران بین‌المللی استفاده می‌شود تهیه و منتشر نموده است. این قراردادها به زبان انگلیسی به عنوان زبان معتبر نوشته شده و توسط کارفرمایان به نمایندگی از دولت‌ها و یا بخش‌های خصوصی در سراسر جهان به صورت بین‌المللی و داخلی بکار گرفته شده است.

فیدیک همچنین آئین‌نامه‌هایی مربوط به خدمات مهندسی با توجه به مسائلی نظیر انرژی و توسعه پایدار یا مسئولیت اجتماعی نظیر شرافت حرفه‌ای تهیه می‌کند. در حال حاضر ۹۴ انجمن ملی کشورهای مختلف در فیدیک عضویت دارند. در ایران، انجمن مهندسين مشاور یکی از دو ارگان پایه‌گذار جامعه مهندسان مشاور ایران و اولین انجمن حرفه‌ای بود که در سال ۱۳۵۲ به عضویت فیدیک درآمد.

۵- بخش‌های قرارداد فیدیک

قراردادهای فیدیک از سه بخش زیر تشکیل شده است:

• موافقت‌نامه قرارداد Contract Agreement

این بخش معمولاً کوتاه بوده و تکمیل آن به عهده تهیه‌کننده پیش‌نویس قرارداد است.

• شرایط عمومی General Condition

این بخش که بسیار مفصل است کلیه شرایطی که بایستی برای پروژه در نظر گرفت را شامل می‌شود. از جمله شرایط مالی، تأخیرات، تعلیق، خاتمه قرارداد، شرایط استثنایی و غیر منتظره، حد مسئولیت، مصونیت و غیره.

• شرایط خصوصی Particular Condition

در شرایط خصوصی اطلاعاتی بسته به نوع قرارداد ذکر می‌شود که با توجه به مفاد شرایط عمومی آن را بایستی تکمیل نمود. بعنوان مثال قانون حاکم بر قرارداد، محل پروژه، نحوه پرداخت‌ها و غیره.

۶- اهداف فیدیک

فیدیک در راستای دستیابی به اهداف خود، نمونه‌های استاندارد قراردادهای مرتبط با انواع پیمان‌ها، فعالیت‌های مشاوره، نمایندگی و فعالیت‌های مبتنی بر سرمایه‌گذاری مشترک را منتشر می‌نماید. همچنین فیدیک به صورت سالیانه کنفرانس جهانی مهندسان مشاور فیدیک را برگزار می‌کند. هدف اصلی فیدیک به عنوان یک فدراسیون بین‌المللی، حمایت از حقوق تشکلهای حرفه‌ای صنعت مهندسی مشاور در دنیا است.

در فیدیک یک میلیون کارشناس حرفه‌ای در زمینه‌های مختلف از جمله قراردادهای حقوق، حل و فصل دعاوی (Dispute Settlement)، بیمه، معاملات بانکی در کشورهای عضو مشغول به فعالیت هستند که خدمات مشاوره‌ای ارائه می‌دهند.

نشریات فیدیک برای ایجاد زبان مشترک بین کارفرمایان، مشاوران طراحی، مشاوران نظارت، پیمانکاران، پیمانکاران فرعی، هیئت‌های داور، موسسات مالی، بانک‌های تأمین‌کننده سرمایه، شرکت‌های بیمه و در جهت تبیین وظایف این گروه‌ها و شخصیت‌های حقوقی و حقیقی در قالب‌های واحد برای یکسان‌سازی و تطابق با قوانین کشورهای مختلف و تشریح مسئولیت‌های ارکان پروژه به منظور توجه به نکات کوچک و بزرگی که ممکن است در قراردادهای بین‌المللی محل اختلاف‌های بعدی بین ارکان پروژه گردد، تألیف گردیده و با تشریح زوایای پیدا و پنهان قراردادهای مختلف سعی در شفاف‌سازی این قراردادها به منظور کاهش دعاوی احتمالی آتی دارد و به همین دلیل امکان خصوصی‌سازی برای شرایط و قوانین کشورهای مختلف را مجاز می‌داند. با توجه به اینکه قوانین و شکل ارتباطات بین ارکان پروژه در کشورهای مختلف و نیز قوانین و شکل ارتباطات مالی بین ایشان متفاوت می‌باشد نگاه دقیق به این گونه مراودات و خصوصی‌سازی شرایط فیدیک قبل از عقد پیمان طبق فیدیک بسیار با اهمیت است.

مأموریت فیدیک بهبود بخشیدن فضای کسب و کار و گسترش منافع شرکت‌های مهندسين مشاور چه داخلی و چه جهانی منطبق با مسئولیت‌ها جهت تأمین کیفیت خدمات مهندسی و بهره‌مندی اجتماعی و حفظ محیط زیست است.

فیدیک همواره توصیه می‌نماید که حتی‌الامکان در متون شرایط عمومی تغییری انجام نپذیرد اما در عمل و به لحاظ تأمین نظرات کارفرما این امر عملی نیست ولی به هر حال می‌توان ساختار و شرایط بسیاری از قراردادها را حفظ نمود.

عمده شهرت و اعتبار فیدیک به واسطه فعالیت در زمینه تبیین و تعریف قراردادهای صنعت ساخت و ساز در سطح بین‌الملل می‌باشد.

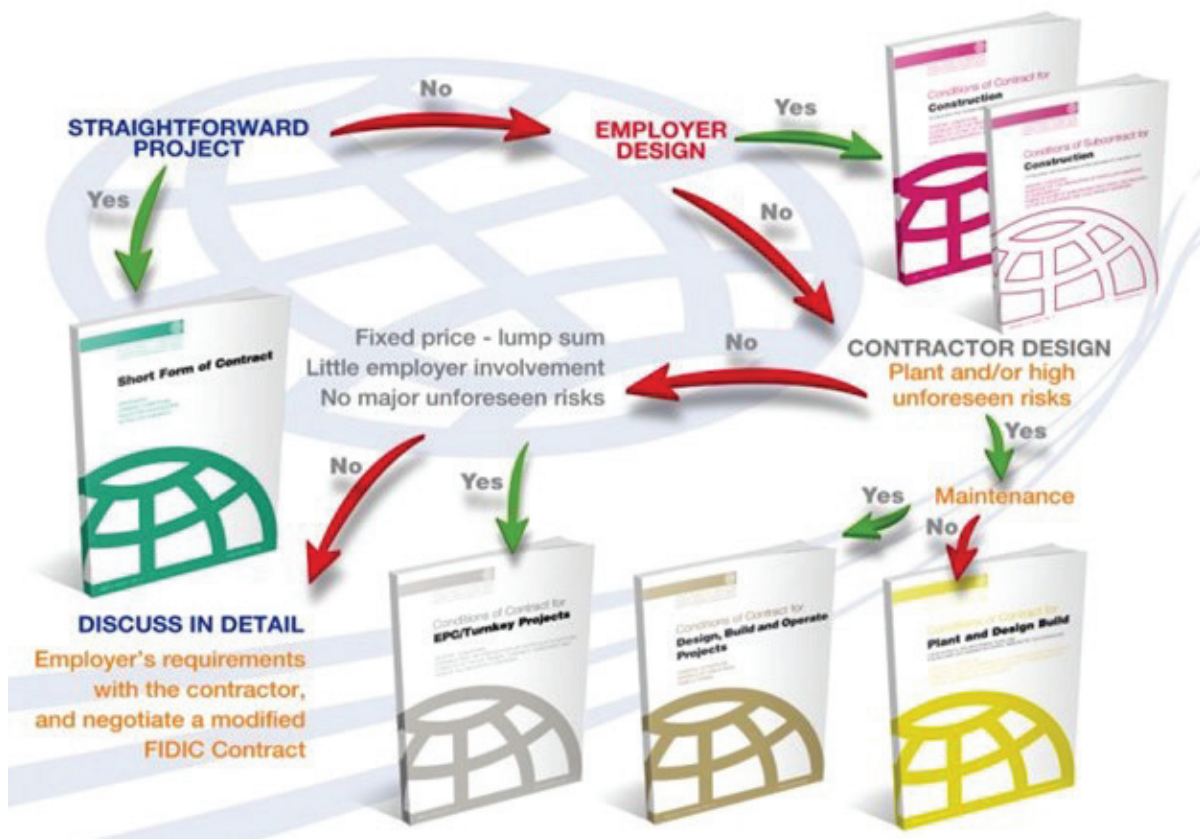
اصل بنیادین در قراردادهای فیدیک، بهره‌گیری از موارد تجربه‌شده در هزاران پروژه عمرانی و صنعتی سراسر جهان است.

۷- ویژگی‌های قراردادهای فیدیک

قراردادهای فیدیک چندین سال است که به عنوان متون بین‌المللی در حوزه صنعت و احداث مورد استفاده در پروژه‌ها می‌باشند. این قراردادها به طور وسیعی در نظامات حقوقی در گونه‌های متعدد پروژه‌ها شناخته شده و مورد استفاده می‌باشند. دلیل موفقیت این نمونه قراردادها در رویکرد صحیح آنها به مسئولیت طرفین قرارداد و مدیریت ریسک می‌باشد. ویژگی‌های مهم قراردادهای فیدیک شامل تعادل در وظایف و تعهدات طرفین و تعادل در ریسک می‌باشد. همچنین از آنجایی که این قراردادها به صورت گسترده در سراسر جهان برای پروژه‌های صنعتی بکار گرفته می‌شود، بانک جهانی و بانک‌های توسعه، نهادهای مالی جهت دادن اعتبار و وام، استفاده از چنین قراردادهایی را لازم می‌دانند. قراردادهای فیدیک در مراکز مهم دآوری و دادگاه‌ها کاملاً شناخته شده است و فرآیند رسیدگی به دعاوی را تسهیل می‌کند. ویژگی مهم دیگر این قراردادها این است که شفاف بودن متون، بکارگیری واژگان حقوقی و فنی که در تمام قراردادهای مدل فیدیک تکرار شده است استفاده از آنها و تعبیر متون را آسان می‌سازد.

۸- ارتباط قراردادهای فیدیک با قراردادهای پیمانکاری در ایران

قراردادهای پیمانکاری، قراردادهایی است که اجرای تعهدات آن به نحو مستمر مطلوب طرفین می‌باشد و همین ویژگی است که سبب می‌شود تا طرفین در برخورد با پاره‌ای از مسائل نظیر تغییر در شرایط و اوضاع و احوال قراردادی یا تغییر قیمت مصالح، ماشین‌آلات و نیروی انسانی که منجر به برهم خوردن توازن و تعادل مالی قرارداد و سخت و دشوار نمودن اتمام پروژه یا انجام عملیات پیمانکاری می‌گردد، برای تضمین اجرای منصفانه و عادلانه تعهدات، اقدام به تدوین شیوه‌هایی نمایند. در حقوق ایران، شرایط عمومی پیمان مبنای تنظیم قراردادهای پیمانکاری قرار گرفته است که نمونه خارجی آن، قرارداد فیدیک است. در نمونه قراردادهای فیدیک با توجه به این‌که سازمان فیدیک یک سازمان خصوصی است و به طور کلی در شرایط اختصاصی پیمان، طرفین می‌توانند مفاد شرایط عمومی را تغییر، اصلاح و یا حذف کنند، اصل آزادی قراردادی به شرط رعایت اصل اجرای با حسن نیت در قرارداد پیمانکاری پذیرفته شده است و طرفین می‌توانند با توافق در شرایط اختصاصی پیمان، در مورد هر یک از انواع تغییر توافق کنند. در حالی که در قراردادهای منعقد شده در ایران، شرایط عمومی پیمان غیر قابل تغییر بوده و شرایط خصوصی پیمان فقط با توجه به نوع کاری که پیمان برای آن منعقد می‌شود با توجه به شرایط خاص هر پیمان و متناسب با آن و با امکان تغییر جزئی در بخشی از مفاد شرایط عمومی پیمان، تدوین می‌شود.



شکل ۱- انواع قالب‌های قراردادهای فیدیک برای کارهای متفاوت

۹- قالب قراردادهای فیدیک

- فیدیک بیشتر با فعالیت خود در زمینه تدوین الگوی قراردادهای صنعت ساخت و ساز در جهان، به خصوص پروژه‌هایی با مبلغ پیمان بالا که با مشارکت بانک‌های توسعه جهانی تأمین اعتبار می‌شود، شناخته شده است.
- هدف این قالب‌های قراردادی، تعریف روابط طرفین قرارداد و تقسیم ریسک بین کارفرما و پیمانکار می‌باشد. فیدیک اظهار می‌کند که در قراردادهای ایشان ریسک‌ها را به صورتی منصفانه به طرفی از طرفین قرارداد تخصیص می‌دهد که توانایی و ظرفیت تحمل و کنترل آن را دارا باشد.
- نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که قالب‌های قراردادی فیدیک نقطه شروع یک قرارداد ساخت را مهیا می‌سازد. به طور معمول با توجه به مشخصات ویژه هر پروژه و همچنین نیاز طرفین قرارداد، شرایط قراردادهای فیدیک ممکن است اصلاح گردد.

قالب‌های قراردادی فیدیک برای بازه وسیعی از انواع پروژه‌ها پیش‌نویس شده‌اند. قالب‌های اصلی با توجه به رنگ پوشش کتاب مربوطه متمایز شده‌اند. انتخاب قالب بستگی به نوع پروژه خواهد داشت. به طور خلاصه:

- **کتاب سبز** - طراحی از پیمانکار یا کارفرما (پروژه‌های ارزان یا سریع و کوتاه مدت)
- **کتاب قرمز** - طراحی از جانب کارفرما (پروژه‌های مرسوم)
- **کتاب صورتی** - طراحی از جانب کارفرما (تأمین سرمایه از سوی بانک‌های توسعه چندجانبه)
- **کتاب زرد** - طراحی از جانب پیمانکار (پروژه‌های مرسوم)
- **کتاب نقره‌ای** - طراحی از جانب پیمانکار (پروژه‌های EPC / کلید در دست)
- **کتاب طلایی** - پروژه‌های طراحی، ساخت و بهره‌برداری
- **کتاب آبی** - طراحی از جانب پیمانکار یا کارفرما (شرایط قراردادهای احیای زمین)
- **کتاب سفید** - قرارداد خدمات مشاور
- **شرایط قراردادهای فرعی عملیات عمرانی**

۱-۹- کتاب سبز - طراحی از پیمانکار یا کارفرما (پروژه‌های ارزان یا سریع و کوتاه مدت)

این کتاب حاوی قالب پیشنهادی برای قراردادهای مهندسی و ساخت در پروژه‌هایی است که مبلغ یا مدت قرارداد آن کم می‌باشد. فیدیک سبز، راهنمایی را تدوین کرده که می‌تواند برای قراردادهای با مبلغ کمتر از ۵۰۰,۰۰۰ دلار و یا مدت پیمان کمتر از ۶ ماه بکار رود. به هر حال کتاب سبز می‌تواند برای قراردادهای با کار ساده و یا تکراری مناسب باشد. اگر چه در این نوع از قراردادهای پیمانکار آنچه که از سوی کارفرما طراحی گردیده را اجرا می‌کند، اما بدلیل کوچک بودن پروژه در این گونه از قراردادهای این مورد که طراحی توسط کارفرما یا پیمانکار انجام شود اهمیتی ندارد.

۲-۹- کتاب قرمز - طراحی از کارفرما (شرایط قراردادهای ساخت و کارهای مهندسی)

در سال ۱۹۵۷ اولین نسخه از قالب اصلی کتاب قرمز منتشر گردید. این مجلد در چهار نسخه مورد ویرایش و اصلاح قرار گرفت. سپس در سال ۱۹۹۹ فیدیک مجموعه‌ای جدید از قالب‌های قراردادی از جمله نسخه جدید کتاب قرمز، که جایگزین نسخه اصلی آن گردید، منتشر کرد. کتاب قرمز قالب پیشنهادی فیدیک است برای قراردادهای ساخت و مهندسی که کارفرما مسئول طراحی آن است. در واقع فیدیک مدعی است که کتاب قرمز بیشترین استفاده را در سطح جهان برای قراردادهای بین‌المللی دارد. ویژگی کلیدی شرایط قراردادی در کتاب قرمز آن است که پرداخت‌ها بر اساس صورت وضعیت (مستندی که مصالح، کار انجام شده و دیگر هزینه‌ها فهرست می‌شود) انجام می‌شود؛ اگرچه پرداخت‌ها می‌تواند بر اساس مبلغ ثابت (Lump Sum) نیز صورت پذیرد. در قراردادی که بر پایه کتاب قرمز تهیه می‌شود متن قرارداد توسط گروه مهندسی مشاور (شخص سوم) تهیه شده و بدنه کارفرما یا پیمانکار در تنظیم متن مشارکت ندارند و در نهایت کارشناسان مهندسی مشاور مسئول پایش پروژه‌های عمرانی (مطلع ساختن کارفرما از شرایط کارگاه و تغییر رویه کار به صلاحدید کارفرما) و بررسی پرداخت‌ها و صورت وضعیت‌ها می‌باشند.

۹-۳- کتاب صورتی - طراحی از کارفرما (تامین سرمایه از سوی بانک‌های توسعه چندجانبه)

این کتاب نسخه دیگری از کتاب قرمز است. پیش‌نویس این کتاب جهت کاربرد در پروژه‌هایی که توسط بانک‌های توسعه چندجانبه تأمین اعتبار می‌شود، تهیه شده است. این بانک‌ها مؤسسات فراملی از جمله بانک جهانی می‌باشند. نکته قابل توجه این است که در زمانی که پروژه توسط یکی از این مؤسسات تأمین اعتبار می‌شود ولی کارفرما مسئولیتی در قبال طراحی ندارد، طرفین قرارداد نمی‌توانند از کتاب صورتی استفاده کنند و باید یکی دیگر از فرم‌های قراردادی فیدیک را استفاده کنند. پیش از انتشار کتاب قرمز، مؤسسات فوق‌الذکر برای پروژه‌هایی که سرمایه‌گذاری آن را بعهده داشتند، شرایط عمومی فیدیک را مورد اصلاح قرار می‌دادند. نتیجه مذاکره ما بین فیدیک و MDB (Multi-lateral Development Bank)، پیش‌نویس کتاب صورتی بود که از ترکیب شرایط قراردادی فیدیک و اصلاحات اعمال شده از سوی MDB حاصل گردید.

۹-۴- کتاب زرد - طراحی از پیمانکار (شرایط قراردادهای طرح و ساخت پروژه‌های الکتریکال، مکانیکال و ابنیه)

این نوع از قرارداد در پروژه‌هایی استفاده می‌شود که در آن پیمانکار مسئولیت بخش اعظمی از طراحی را بعهده دارد. به بیان دیگر پیمانکار با توجه به مشخصاتی از پروژه که مدنظر کارفرما می‌باشد طراحی با جزئیات را به انجام می‌رساند. کاربرد کتاب زرد در پروژه‌های ابنیه و دیگر کارهای مهندسی بر اساس طرح و ساخت مرسوم است. در کتاب زرد، مبلغ قرارداد پروژه ثابت است که پرداخت‌ها در آن بر اساس مراحل که توسط مهندس مشاور تایید می‌گردد، انجام می‌پذیرد (مانند کتاب قرمز که در آن مهندس مشاور پروژه را نظارت می‌کند). همچنین پیمانکار ضامن حسن انجام کار پروژه می‌باشد.

۹-۵- کتاب نقره‌ای - طراحی از پیمانکار (پروژه‌های EPC / کلید در دست)

کتاب نقره‌ای برای پروژه‌های EPC (مهندسی، تهیه و اجرا) تدوین گردیده است. این پروژه‌ها نیازمند پیمانکاری هستند که تأسیسات یک پروژه را به طور کامل برای بهره‌برداری کارفرما احداث کند (عملاً منظور از کلید در دست، این است که بعد از تکمیل پروژه، کارفرما فقط با چرخاندن یک کلید می‌تواند بهره‌برداری را آغاز نماید). این نوع قراردادهای تمامی مسئولیت‌های طراحی و ساخت پروژه را بر دوش پیمانکار می‌گذارد.

کتاب نقره‌ای در قراردادهایی که اطمینان از مبلغ پیمان و همچنین تاریخ تکمیل پروژه اهمیت دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. کتاب نقره‌ای به کارفرما اجازه می‌دهد اطمینان بیشتری از هزینه‌های پروژه (از جمله زمان و ریسک هزینه‌های مفروض از سوی پیمانکار)، نسبت به قرارداد کتاب زرد، حاصل کند.

کتاب نقره‌ای همچنین ممکن است برای پروژه‌های BOT (ساخت، بهره‌برداری و واگذاری) با سرمایه‌گذاری بخش خصوصی مورد استفاده قرار گیرد. در این پروژه‌ها، کارفرما مسئولیت طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری را بعهده پیمانکار می‌گذارد. در این مورد نیز مشابه کتاب زرد، پیمانکار ضامن حسن انجام کار پروژه می‌باشد.

۹-۶- کتاب طلایی - پروژه‌های طراحی، ساخت و بهره‌برداری

فیدیک اظهار می‌کند که کتاب طلایی جهت کمینه کردن ریسک تخریب ناگهانی پس از تحویل پروژه، بدلیل طراحی غلط، اجرای ضعیف و یا مصالح بی‌کیفیت تدوین گردیده است. به همین جهت این کتاب در جایی مناسب است که بهره‌برداری و نگهداری طولانی مدت است. پیمانکار می‌بایست بهره‌برداری و نگهداری پروژه تکمیل شده را به نمایندگی از کارفرما برای مدت زمان عمدتاً ۲۰ سال از زمان اخذ گواهی راه‌اندازی، که در پایان پروژه صادر می‌گردد، بعهده گیرد. در طول این ۲۰ سال پیمانکار می‌بایست به اهدافی دست یابد و در پایان این مدت پروژه می‌بایست تحت شرایط مورد توافق طرفین به کارفرما واگذار گردد. در طول این ۲۰ سال کارفرما مالک تمامی تأسیسات، تجهیزات و ابنیه پروژه بوده ولی پیمانکار باریسک خود بهره‌برداری از آن را عهده‌دار است. در هر حال پیمانکار مسئولیتی از بابت سرمایه‌گذاری پروژه و یا تضمین موفقیت آن بعد از ۲۰ سال و در بلند مدت ندارد.

۹-۷- کتاب آبی - طراحی از پیمانکار یا کارفرما (شرایط قراردادهای احیای زمین)

فیدیک اظهار می‌کند که کتاب آبی برای تمامی انواع کارهای احیا و خشک‌اندازی زمین و همچنین ساخت و سازهای جانبی مناسب می‌باشد. معمولاً تحت شرایط چنین قراردادی، پیمانکار پروژه را بر اساس طراحی کارفرما اجرا می‌کند. به هر حال این فرم از قرارداد می‌تواند در پروژه‌هایی که طراحی آن توسط پیمانکار انجام می‌شود نیز به کار برده شود.

۸-۹- کتاب سفید - قرارداد خدمات مشاور

این نوع از قرارداد مستقیماً مربوط به عملیات عمرانی نیست بلکه جهت منصوب کردن مشاور برای ارائه خدماتی چون مطالعات توجیه اقتصادی طرح، نظارت بر پروژه و مدیریت آن بکار می‌رود. کتاب سفید معمولاً اساس توافق بین مشاور و کارفرما، در راستای قراردادهای عملیات عمرانی فیدیک می‌باشد.

۹-۹- شرایط قراردادهای فرعی عملیات عمرانی

برای این نوع از قرارداد، برعکس قراردادهای فوق، رنگی اختصاص نیافته است. این نوع قرارداد از سوی فیدیک برای قراردادهای جنبی پیشنهاد می‌شود که به همراه کتاب‌های قرمز، زرد، نقره‌ای و طلایی (که در بالا شرح آن گفته شد) مورد استفاده قرار می‌گیرد.



چکیده

ورود به دنیای مدرن و رشد سریع جمعیت شهری در کنار پیشرفت تکنولوژی موجب شد تا وسایل نقلیه موتوری به عنوان یک عنصر اساسی وارد زندگی انسان شده و با گسترش شهرها به مرور حضور آن برجسته‌تر شود. این روند پیامدهای منفی مانند ترافیک، آلودگی هوا و نیاز روزافزون به توسعه معابر را در کلان‌شهرها به ارمغان آورد. اولین گام در مهار این امر، انتقال حمل و نقل عمومی به زیرزمین (توسعه مترو) بود تا امکان آزادسازی فضای شهری فراهم گردد. در گام بعدی به منظور ساماندهی حجم انبوه تردد در کلان‌شهرها، توسعه حمل و نقل محور (TOD) و احداث مجتمع‌های ایستگاهی به عنوان یک استراتژی مورد توجه قرار گرفت.

در مقاله حاضر سعی شده است بر اهمیت احداث مجتمع‌های ایستگاهی در توسعه حمل و نقل محور پرداخته و پیامدهای آن بر نظام‌های مختلف شهری شناسایی و معرفی گردد. بدین منظور پس از مرور کلی اهداف و اثرات احداث مجتمع‌های ایستگاهی بر شهر و منطقه شهری پیرامون خود، به واکاوی نمونه‌های موفق جهانی پرداخته شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد؛ مجتمع‌های ایستگاهی در راستای تحقق اهداف توسعه مبتنی بر حمل و نقل، تجربه سفر را بهبود بخشیده و کمک می‌کنند تا شهرها زیست‌پذیرتر شوند.

۱- مقدمه

یکی از مهمترین عوامل موثر بر توسعه و دگرگونی شهری، سیستم حمل و نقل شهری است که در شهرهای امروزی بویژه کلان‌شهرها، اهمیت فزاینده‌ای یافته است. اصولاً حمل و نقل شهری در سه گروه عمده تعریف می‌شود که عبارت است از: حمل‌ونقل همگانی، حمل و نقل شخصی و حمل‌ونقل کالا. در این بین حمل‌ونقل عمومی به دلیل حجم و ظرفیت کارکردی گسترده خود، می‌تواند در مقیاسی وسیع‌تر کلیت شهرها و سایر عناصر مرتبط با شهر را دستخوش تغییر و دگرگونی نماید. هدف از حمل‌ونقل همگانی، تحرک و دسترسی عموم جامعه به بخش‌های مختلف از شهر است. کارایی این شکل از حمل و نقل نیز به دلیل تعداد زیاد افرادی است که جابجا می‌کند.

با توسعه حمل‌ونقل عمومی ابعاد مختلف عملکردی، کالبدی، اجتماعی و اقتصادی شهر دچار تغییر و دگرگونی می‌شوند که از میان آنها نظام عملکردی بیشترین و بارزترین تأثیرات را از سیستم حمل‌ونقل شهر، بویژه سیستم حمل‌ونقل عمومی پذیرا می‌باشد. بین کاربری اراضی و حمل و نقل ارتباطی متقابل وجود دارد و دو جزء جدایی‌ناپذیر، اصلی و مکمل در توسعه شهری محسوب می‌شوند. برنامه‌ریزی حمل و نقل از اهداف کاربری زمین حمایت کرده و نیز تصمیمات کاربری زمین، اهداف بخش حمل‌ونقل را محقق می‌سازد. به عبارتی، کاربری اراضی موجب تولید سفر می‌شود و حمل‌ونقل نیز با فراهم کردن و هدایت جریان حرکت، دسترسی به کاربری‌های موردنظر را تسهیل نموده و ارزش زمین‌های مجاور را ارتقا می‌دهد.

شبکه‌های انبوه‌بر حمل‌ونقل عمومی بطور عام و مترو بطور خاص، پتانسیل عمده‌ای برای توسعه و پویایی مناطق شهری محسوب می‌شوند. مترو ضمن جابجایی مسافر و ساماندهی تردهای پرجمع شهری با انتقال حمل و نقل عمومی به زیر زمین امکان آزادسازی فضاهای شهری را فراهم می‌نماید، ترافیک شهری را کاهش داده و بر جذب جمعیت و فعالیت نیز موثر است. امری که بر توسعه زمین به صورت نقطه‌ای و در محل اتصال شبکه با سطح زمین (ایستگاه) نمود پیدا می‌کند. در چارچوب چنین نگاهی، فضاهای شهری پیرامون مترو همزمان نقشی دومانظوره ایفا می‌کنند؛ هم به عنوان نقاط حمل و نقل شهری و هم مکان شهری.

توسعه شهرها با بهره‌گیری از پتانسیل‌های عناصر ترابری شهری همواره در طول تاریخ مورد توجه بوده است و آنچه امروزه بر آن تأکید می‌شود توسعه مبتنی بر حمل و نقل عمومی (TOD) است. هدف کلان توسعه شهری مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی، تأکید بر ایجاد یکپارچگی میان «توسعه شهری» با «حمل‌ونقل همگانی» است که منجر به ارتقای قابلیت زیست‌پذیری شهرها و کیفیت زندگی شهروندان می‌شود. توسعه با محوریت حمل‌ونقل عمومی پیرامون مراکز و ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی شکل می‌گیرد و به دنبال تلفیق کاربری زمین و حمل و نقل عمومی است.

در این نوع توسعه، امکان زندگی و فعالیت در محیطی متراکم با کاربری‌های متنوع و دارای گزینه‌های متعدد جابجایی فراهم آمده که سبب اختصاص زمان کمتر به رانندگی و نیز کاهش تقاضای سفر با اتومبیل شخصی خواهد شد. از این طریق صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش آلودگی هوا، ترافیک و هزینه‌های حمل‌ونقل نیز تحقق می‌یابد. توسعه بر مبنای حمل‌ونقل عمومی نقطه پایانی بر مشکلات شهرهای امروزی نیست لیکن می‌تواند آغازی بر بهبود وضعیت کنونی شهرها باشد. ایستگاه‌های مترو بواسطه برخورداری از امکان حمل‌ونقل سریع یکی از نقاط جاذب جمعیت و سفر در شهرهای بزرگ هستند که تأثیر بسزایی در توسعه شهری در سطوح خرد و کلان دارند. در نگاه کلان ایستگاه‌های مترو با پیوند نقاط مختلف شهر به یکدیگر ساختار ارتباطی شهر را تقویت می‌کنند و در نگاه خرد، ایستگاه‌های مترو می‌توانند ضمن ارتقای سطح دسترسی هر بخش، با تغییر در الگوی کاربری اراضی پیرامونی خود و خلق فضای مناسب شهری، در بهبود کیفیت زندگی شهروندان موثر باشند. در راستای نیل به این هدف، توسعه مجتمع‌های ایستگاهی از اهمیت بسزایی برخوردار است. مجتمع‌های ایستگاهی به عنوان مراکز حمل و نقل عمومی، نه تنها به عنوان نقاط اتصال بین انواع مختلف حمل‌ونقل عمل می‌کنند، بلکه به عنوان فضاهای اجتماعی و اقتصادی نیز شناخته می‌شوند.

۲- مجتمع‌های ایستگاهی

مجتمع‌های ایستگاهی به عنوان مراکز فعالیتی مدرن، محدوده‌هایی از پهنه‌های کار و فعالیت شهر هستند که به منظور تسهیل دسترسی مسافران به خدمات مختلف طراحی شده‌اند و می‌توانند با ترکیبی صحیح از کاربری‌های تجاری خدماتی، ضمن پایین آوردن حجم سفرهای شهری، نقشی تعیین کننده در توسعه، نظام بخشی و اصلاح ساختار شهر و سیستم حمل و نقل ایفا کنند. در چارچوب چنین نگاهی، با توسعه و گسترش سیستم حمل‌ونقل، نقاط با ظرفیت‌های خاص در مجاورت ایستگاه یک یا چند خط اصلی مترو، مکان‌یابی و به نحوی بارگذاری می‌شوند که قابلیت جذب حداکثری مسافران را داشته باشند. اهداف احداث مجتمع‌های ایستگاهی مترو عبارتند از:

- اصلاح و بهبود ساختار فضاهای موجود در اطراف ایستگاه‌های مترو و جهت‌دهی صحیح و پایدار به توسعه شهری و پدید آوردن فضاهای شهری با کیفیت و جذابیت بالا؛
- استفاده از ارزش افزوده و امکانات حاصل از احداث ایستگاه‌های مترو در اراضی و بناهای اطراف آنها در جهت فراهم آوردن منابع مورد نیاز توسعه مترو (مشارکت مردم، بخش خصوصی، سرمایه‌گذاری خارجی)؛
- اصلاح ساختار شهری و تغییر معماری شهرها از شکل سنتی به مدرن و ایجاد مناطق جذاب و پرتحرک؛
- ترکیب صحیح کاربری‌ها، پایین آوردن حجم سفرهای درون شهری و ایفای نقش تعیین کننده در توسعه شهرها؛
- تحقق اشتغال بر پایه زمین؛
- فراهم آوردن امکان جذب سفرهای درون شهری که با وسایل نقلیه شخصی انجام می‌شود؛
- هدایت سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی و دولت به سمت توسعه خطوط و ایستگاه‌های مترو.

در واقع احداث مجتمع‌های ایستگاهی مترو شیوه‌ای نوین برای هدایت ساخت و ساز در جهت مدیریت جامع شهر است. در بسیاری از شهرهای پرجمعیت جهان به منظور افزایش امکان برنامه‌ریزی و در دسترس بودن ادارات دولتی، مراکز خرید، امکانات تفریحی و خدماتی و... به احداث مجتمع‌های ایستگاهی روی آورده‌اند بطوری که احداث این مجتمع‌ها را جزء استراتژی‌های پراهمیت برنامه جامع توسعه شهری خود قرار داده‌اند. این مجتمع‌ها به منظور تسهیل دسترسی مسافران به خدمات مختلف طراحی شده‌اند و در طراحی آنها، توزیع متناسب کاربری‌ها از اهمیت فراوانی برخوردار است. این کاربری‌ها بطور مستقیم و غیر مستقیم بر اثرگذاری و اثرپذیری مجتمع‌های ایستگاهی نقش دارند و و می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

- پارک‌سوار (تاکسی، اتوبوس)؛
- فضای اداری مانند فضاهای خدمات بانکی؛
- فضای نمایشگاهی؛
- اماکن تجاری شامل فروشگاه‌های خرده فروشی، سوپرمارکت‌ها، رستوران‌ها و کافه‌ها؛
- مراکز درمانی شامل داروخانه یا مراکز بهداشتی که به مسافران خدمات بهداشتی ارائه می‌دهند؛
- خدمات حمل و نقل شامل خدمات کرایه خودرو که به مسافران کمک می‌کند به مقصد برسند و همچنین پارکینگ عمومی خودرو مسافران مترو.

۲-۱- مزایا و معایب مجتمع‌های ایستگاهی

مجتمع ایستگاهی نیز همانند هر پروژه دیگری، مزایایی به همراه دارد و محدودیت‌هایی را نیز می‌تواند ایجاد کند. بطور کلی منافع حاصل از احداث این مجتمع‌ها به ۴ دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- منافع اقتصادی؛
- منافع اجتماعی؛
- منافع شهرسازی؛
- منافع زیست محیطی.

منافع اقتصادی حاصل از احداث این مجتمع‌ها عبارتند از رشد ارزش زمین در منطقه مربوطه و منافع حاصل از فروش و یا اجاره واحدها با کاربری‌های مختلف در مجتمع‌های ایستگاهی. همچنین از دیگر پیامدهای اقتصادی آن درآمدزایی در راستای ایجاد و توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی انبوه‌بر می‌باشد، ایجاد مجتمع‌های ایستگاهی می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای را در جلب سرمایه‌های مردم و بخش خصوصی در توسعه و عمران شهری به عهده گرفته و زمینه مشارکت آن‌ها را در توسعه و عمران شهر به وجود آورد. در صورتی‌که بتوان به روش درست، ارزش افزوده به دست آمده از احداث مجتمع‌های ایستگاهی را در راستای منافع شهری و شهروندان قرار داد، می‌توان به تأمین منابع مربوط به عمران شهری و به ویژه ایجاد و توسعه خطوط و ایستگاه‌های مترو کمک نمود.

در رابطه با منافع اجتماعی احداث این مجتمع‌ها می‌توان به اشتغال‌زایی و در نتیجه افزایش سطح رفاه اجتماعی اشاره نمود. علاوه بر این احداث مجتمع‌های ایستگاهی با ترکیبی مناسب از کاربری‌های شهری، موجب فعال نگاه‌داشتن ایستگاه‌های مترو در ساعات مختلف شده، امری که امنیت اجتماعی و سرزندگی حوزه پیرامونی ایستگاه‌های مترو را فزونی می‌بخشد.

در رابطه با منافع شهرسازی نیز می‌توان به امکان نوسازی بافت‌های شهری و تجمیع بافت‌های ریزدانه فرسوده، بهبود و زیباسازی سیمای شهری و همچنین ایجاد فرصت‌های مناسب توسعه شهری با کاربری‌های مختلف اشاره نمود. مجتمع‌های ایستگاهی با ترکیب بندی مناسب کاربری‌ها، یک فضای شهری جذاب، سرزنده و پرتحرک در شهر تولید می‌کنند و تمایل به استفاده از حمل‌ونقل عمومی را شدت می‌دهند. کاهش سفر با وسایل نقلیه شخصی، موجب صرفه‌جویی در سطح اراضی مربوط به خیابان‌ها و پارکینگ‌ها و اختصاص این اراضی به دیگر کاربری‌های شهری خواهد شد.

از طرف دیگر مجتمع‌های ایستگاهی با تأمین نیازهای شهروندان، باعث کاهش طول سفرهای روزانه شده، ضمن اینکه باعث افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی و مطلوبیت استفاده از آن در سفرهای روزانه درون شهری می‌گردد که نتایجی چون کاهش حجم ترافیک معابر، کاهش مصرف سوخت، کاهش زمان سفر و کاهش آلودگی هوا را در پی دارد. احداث مجتمع‌های ایستگاهی با تعبیه فضاهای شهری مورد نیاز در مجاورت یکدیگر، میزان دسترسی‌های پیاده و دوچرخه در شهر را افزایش داده و به غنای عملکردی و افزایش زیست‌پذیری شهری منتج می‌گردد.

لازم به ذکر است که این نتایج زمانی حاصل خواهد شد که شبکه گسترده حمل‌ونقل ریلی (مترو) با شاخص دسترسی مناسب از نظر مسافت پیاده‌روی وجود داشته باشد و شهروندان بتوانند با تغییر خط به مقصد خود برسند. علاوه بر این نوع کاربری‌های موجود در مجتمع‌ها و جانمایی محل احداث آنها نیز حائز اهمیت است و با وجود تمام مزیت‌های احداث مجتمع‌های ایستگاهی، اگر این مجتمع‌ها بدون توجه به زمینه استقرار خود و صرفاً با احتساب منافع شخصی احداث گردد، می‌تواند بر کیفیت زندگی ساکنان حوزه پیرامونی تأثیرات منفی گذاشته و به کسب و کارهای محلی (خرده‌فروشی‌ها) آسیب بزند.

۳- نمونه کاوی (تجارب جهانی)

مجتمع‌های ایستگاهی در سطح جهانی نمونه‌های موفق دارند که به عنوان الگوهایی برای طراحی و توسعه این نوع فضاها شناخته می‌شوند. در ادامه به برخی از معروفترین آنها اشاره شده است.

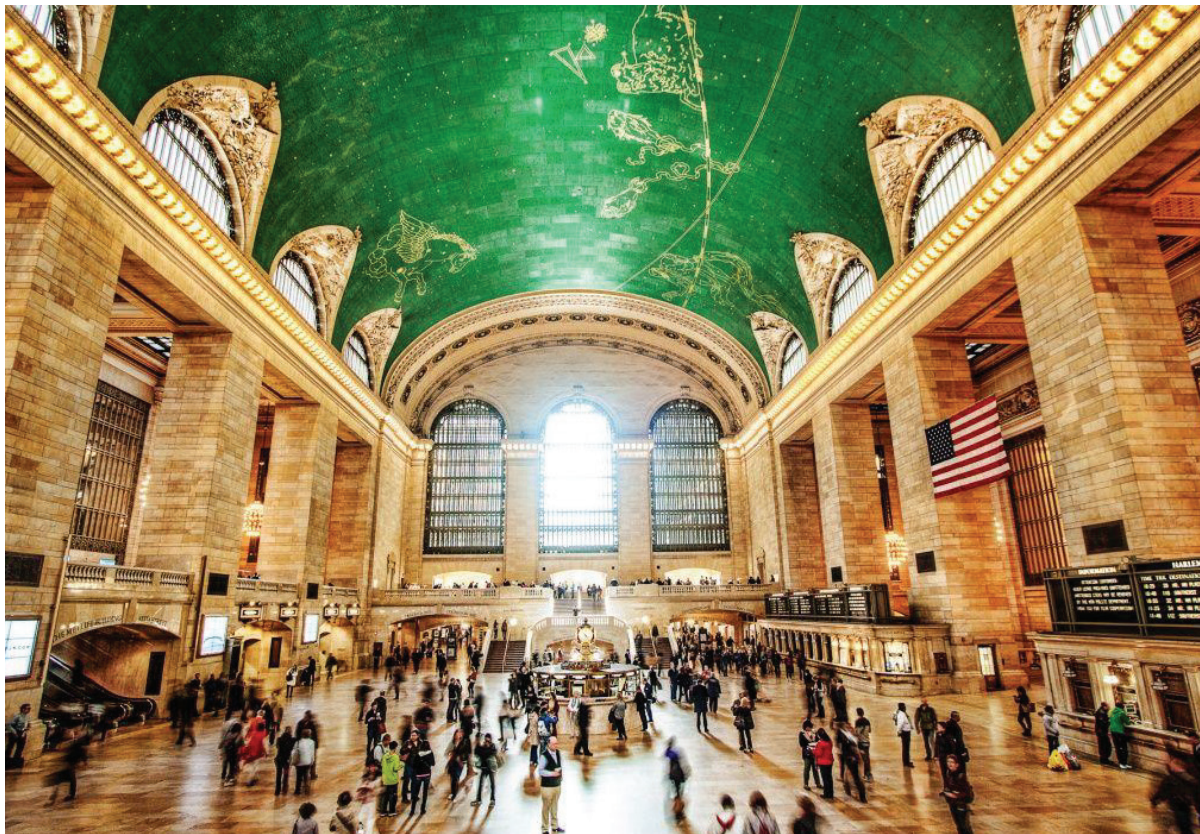
۳-۱- Grand Central Terminal - نیویورک، آمریکا

ایستگاه بزرگ مرکزی یکی از معروف‌ترین ایستگاه‌های قطار در جهان است که در قلب شهر نیویورک واقع شده است. این ایستگاه نه تنها یک مرکز حمل و نقل مهم است، بلکه به عنوان یک نماد فرهنگی و تاریخی نیز شناخته می‌شود و از امکانات متنوع شامل فروشگاه‌ها، رستوران‌ها و فضاهای عمومی برخوردار است که به مسافران و بازدیدکنندگان خدمات ارائه می‌دهند. طراحی خاص و تاریخی این ایستگاه نیز به شهرت و جذابیت آن افزوده است.

ایستگاه مرکزی نیویورک در سال ۱۹۱۳ افتتاح و جایگزین ایستگاه قبلی شد که در سال ۱۹۰۰ بر انبار مرکزی نیویورک (Grand Central Depot-1871) تأسیس شده بود. ایستگاه اولیه تا پس از جنگ جهانی دوم فعال بود، اما طی دهه ۵۰ با رایج شدن سفرهای هوایی و کاهش تقاضا برای سفر با قطار، افول یافته و حتی پیشنهادهای مبنی بر تخریب ایستگاه مطرح شد که نتیجه‌ای در پی نداشت. در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی اصلاحاتی جزئی در ایستگاه رخ داد و نهایتاً در اواخر دهه ۹۰ اقدامات جدی در زمینه توانبخشی مجدد ایستگاه انجام پذیرفت.

۱-۱-۳- ویژگی‌های معماری

- **طراحی داخلی:** طراحی داخلی ایستگاه شامل سقف بلند و منقش است که به عنوان یکی از ویژگی‌های بارز آن شناخته می‌شود.



شکل ۱- طراحی داخلی Grand Central Terminal

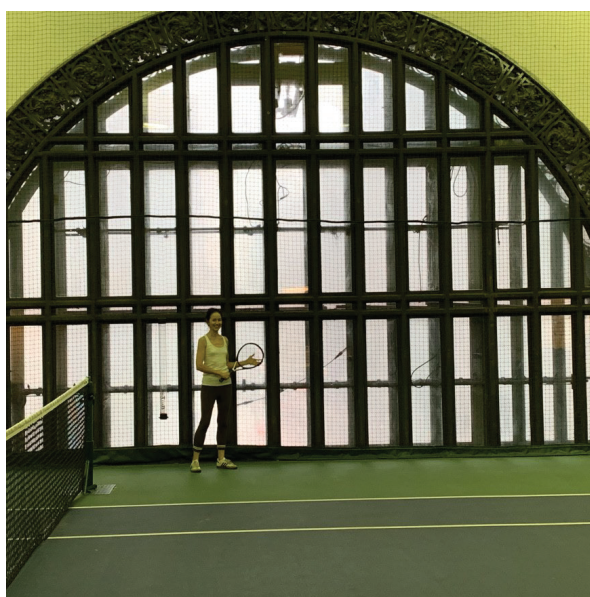
- **سالن اصلی:** سالن اصلی ایستگاه با ابعاد وسیع و طراحی متفاوت، یکی از جذاب‌ترین بخش‌های ایستگاه است. این سالن به عنوان یک مکان عمومی و اجتماعی نیز عمل می‌کند و با وجود پنجره‌های بزرگ از نور طبیعی برخوردار است. ساعت بزرگ برنزی در مرکز سالن اصلی یکی از نمادهای ایستگاه است و به عنوان نقطه‌ای برای ملاقات و دیدار مسافران شناخته می‌شود.



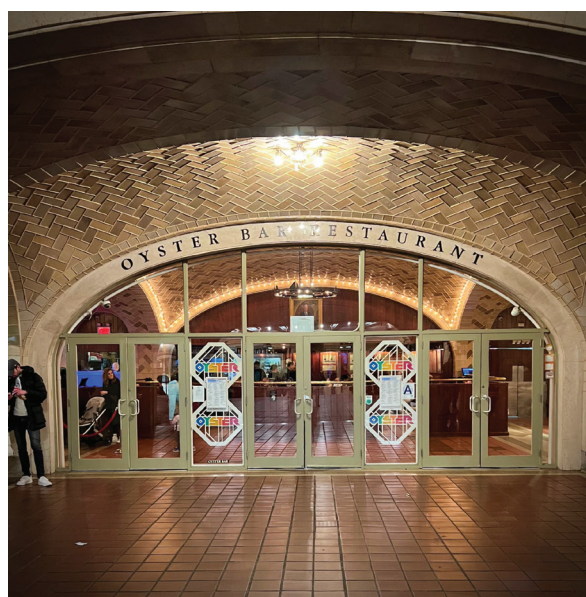
شکل ۲- سالن اصلی Grand Central Terminal

۳-۱-۲- امکانات و خدمات

- **فضاهای تجاری خدماتی:** ایستگاه مرکزی نیویورک دارای تعدادی فروشگاه، رستوران و کافه و زمین تنیس است که به مسافران و بازدیدکنندگان خدمات ارائه می‌دهند. علاوه بر این ایستگاه مرکزی نیویورک به عنوان یک مکان برای برگزاری رویدادهای فرهنگی و اجتماعی شناخته می‌شود و میزبان نمایشگاه‌ها و کنسرت‌ها نیز بوده است.



شکل ۴- زمین تنیس در Grand Central Terminal



شکل ۳- گالری نجوا و رستوران اویستر در Grand Central Terminal

- **دسترسی:** ایستگاه مرکزی نیویورک به خطوط مختلف مترو، اتوبوسرانی و قطارهای حومه‌ای متصل است و به عنوان یک مرکز حمل و نقل کلیدی در نیویورک عمل می‌کند. دسترسی به خدمات تاکسی در مقابل ایستگاه میسر است، همچنین ایستگاه دسترسی مناسبی به مسیرهای پیاده‌روی دارد و امکانات لازم برای پارک دوچرخه را فراهم نموده است.

۳-۲- King's Cross Station - لندن، انگلستان

King's Cross Station یکی از مهم‌ترین و معروف‌ترین ایستگاه‌های قطار در لندن است. این ایستگاه به عنوان یک مرکز حمل و نقل کلیدی در شبکه ریلی بریتانیا شناخته می‌شود، همچنین به دلیل طراحی معماری و تاریخچه غنی‌اش، یک جاذبه گردشگری محسوب می‌گردد. این ایستگاه پس از بازسازی‌های گسترده، به یک مجتمع ایستگاهی مدرن تبدیل شده است و در کنار خدمات حمل و نقل، به فروشگاه‌ها، رستوران‌ها و فضاهای عمومی تجهیز شده است که می‌توانند ضمن تأمین نیازهای روزمره مسافران، خاستگاه تعاملات اجتماعی و فرهنگی باشند.

ایستگاه کینگز کراس در سال ۱۸۵۲ افتتاح شد و به عنوان یکی از اولین ایستگاه‌های بزرگ در لندن شناخته می‌شود. این ایستگاه به منظور تسهیل سفرهای ریلی به شمال انگلستان طراحی شده بود که پس از جنگ جهانی دوم و با اجرای قانون ملی شدن حمل و نقل انبوه سال ۱۹۴۸^۲، رو به زوال گذاشت تا حدی که زیست‌بی‌کیفیت آن طی دهه ۹۰ سبب اتخاذ تصمیم مالکان مبنی بر تخریب ایستگاه شد، ولیکن تشکل‌های مردمی مانع از اینکار شدند. در طول سال‌های بعد، ایستگاه چندین بار مورد بازسازی و توسعه قرار گرفت. یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌های بازسازی ایستگاه، در سال ۲۰۱۲ به پایان رسید که شامل بهبود فضاهای عمومی و تجهیز امکانات ایستگاه می‌شد.

۳-۲-۱- ویژگی‌های معماری

- **طراحی داخلی:** طراحی ایستگاه به سبک ویکتوریایی است و سالن اصلی دارای سقفی بلند و فضاهای وسیع است که مسافران را به خوبی از دیگر فضاها تفکیک می‌کند و بر احساس حرکت و سفر تأکید دارد. علاوه بر این طراحی جذاب و نور طبیعی سالن اصلی، فضایی دلپذیر برای مسافران فراهم نموده است.



شکل ۵- طراحی داخلی King's Cross Station

- **نمای خارجی:** نمای ایستگاه از آجر ساخته شده است که به آن جلوه‌ای تاریخی بخشیده است. از دیگر ویژگی‌های بارز ایستگاه، ساعت بزرگ آن است که در بالای ورودی اصلی قرار دارد و به عنوان نماد ایستگاه شناخته می‌شود.

^۲قانون حمل و نقل ۱۹۴۷ تقریباً تمام اشکال حمل و نقل انبوه را در بریتانیای کبیر ملی کرد و در ۱ ژانویه ۱۹۴۸ لازم‌الاجرا شد.



شکل ۶- ورودی اصلی King's Cross Station

۳-۲-۲- امکانات و خدمات

- **فضاهای تجاری خدماتی:** ایستگاه کینگز کراس دارای واحدهای فروشگاهی، کافه و رستوران است که به مسافران و بازدیدکنندگان خدمات ارائه می‌دهند. این امکانات به مسافران اجازه می‌دهد تا قبل یا بعد از سفرشان از خدمات مختلف بهره‌مند شوند. علاوه بر این ایستگاه کینگز کراس به عنوان یک مکان برای برگزاری رویدادهای فرهنگی و اجتماعی شناخته شده است.



شکل ۷- واحدهای تجاری در King's Cross Station

- **دسترسی:** این ایستگاه به خطوط مترو و قطارهای حومه‌ای متصل است و به عنوان یک مرکز حمل و نقل کلیدی در لندن عمل می‌کند. ایستگاه اتوبوس در مجاورت آن قرار دارد و امکان دسترسی به تاکسی نیز میسر است. همچنین ایستگاه دارای امکان پارک دوچرخه است و مسیرهای پیاده‌روی مناسبی به مناطق پیرامون خود دارد.

۳-۳- Tokyo Station - توکیو، ژاپن

ایستگاه توکیو یکی از شلوغ‌ترین ایستگاه‌های جهان است و به عنوان یک مجتمع ایستگاهی با امکانات متنوع شناخته می‌شود. این ایستگاه پررفت‌وآمدترین ایستگاه قطار از نظر تعداد توقف قطارها در ژاپن است. هر روز بیش از ۳۰۰۰ قطار در این ایستگاه توقف دارند. ایستگاه برخوردار از فروشگاه و رستوران است و به عنوان یک مرکز تجاری فرهنگی نیز عمل می‌کند. علاوه بر این، طراحی معماری و تاریخچه غنی‌اش آن را به یک جاذبه گردشگری تبدیل نموده است.

ایستگاه توکیو در سال ۱۹۱۴ با چهار سکو افتتاح شد. این ایستگاه به عنوان یک نماد از دوره مدرنیزاسیون ژاپن شناخته می‌شود و طراح، با الهام از آموزه‌های خود در اروپا، آن را طراحی نموده است. ایستگاه در طول سال‌ها چندین بار مورد بازسازی و بهبود قرار گرفته و یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌های بازسازی آن در سال ۲۰۱۲ به پایان رسیده است که شامل بازسازی نمای خارجی و فضاهای داخلی ایستگاه می‌باشد. ایستگاه در حال حاضر دارای ۲۸ سکو است و از طریق مسیرهای پیاده زیرزمینی با مراکز خرید بزرگ شهر در ارتباط می‌باشد.

۳-۳-۱- ویژگی‌های معماری

- **طراحی رنسانس:** طراحی ایستگاه به سبک رنسانس اروپایی است و نمای آجری قرمز رنگ و سقف‌های بلند دارد. این طراحی به ایستگاه ظاهری کلاسیک و تاریخی بخشیده است.



شکل ۸- سبک معماری و نمای آجری Tokyo Station

- **سالن اصلی:** سالن اصلی ایستگاه با ابعاد بزرگ و طراحی خاص، یکی از جذاب‌ترین بخش‌های ایستگاه است. گنبد مرکزی بزرگ، تالار و پلکان زیبا و پنجره‌های بزرگی که نور طبیعی را به داخل ساختمان هدایت می‌کنند، بر جلوه‌های بصری ایستگاه افزوده‌اند.



شکل ۹- سالن اصلی Tokyo Station

۳-۲-۳- امکانات و خدمات

- **فضاهای تجاری خدماتی:** ایستگاه توکیو دارای تعدادی فروشگاه، رستوران و کافه است که به مسافران و بازدیدکنندگان خدمات ارائه می‌دهند. این امکانات شامل فروشگاه‌های مختلف، رستوران‌های سنتی ژاپنی و کافه‌های مدرن می‌باشد که نیازهای مختلف مسافران را تأمین می‌نماید. همچنین ایستگاه دارای اتاق‌های استراحت و تسهیلات برای افراد معلول است. علاوه بر موارد مذکور، ایستگاه توکیو دارای فضاهای فرهنگی است که تاریخ و فرهنگ ژاپن را به نمایش می‌گذارد و به عنوان مکانی برای برگزاری رویدادهای هنری مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۱۰- واحدهای تجاری در Tokyo Station

- **دسترسی:** این ایستگاه به خطوط مختلف قطارهای سریع السیر، خطوط مترو و قطارهای حومه‌ای متصل است و به عنوان یک مرکز حمل و نقل کلیدی در توکیو عمل می‌کند. همچنین ایستگاه دسترسی مناسبی به ایستگاه اتوبوس دارد.

۳-۴- Antwerp Central Station - بلژیک

ایستگاه آنتورپ سنترال یکی از شاخص‌ترین ایستگاه‌های قطار در بلژیک و اروپا است که در شهر آنتورپ واقع شده است. این ایستگاه به عنوان یک مرکز حمل و نقل کلیدی در شبکه ریلی بلژیک شناخته می‌شود و به دلیل طراحی معماری خاصش، به یکی از جاذبه‌های گردشگری شهر تبدیل شده است. این ایستگاه به شبکه راه‌آهن بلژیک و کشورهای همسایه متصل است. مجتمع ایستگاهی آن نیز شامل فروشگاه‌ها، رستوران‌ها و فضاهای عمومی است که به مسافران خدمات ارائه می‌دهند. ایستگاه آنتورپ سنترال در سال ۱۸۳۶ در قالب یک ایستگاه کوچک افتتاح شد؛ اما طی دهه‌های بعدی به دلیل افزایش ترافیک ریلی و نیاز به فضای بیشتر، چندین بار بازسازی و توسعه یافت تا اینکه توسعه نهایی آن در سال ۱۹۰۵ به پایان رسید.

۳-۴-۱- ویژگی‌های معماری

- **سبک معماری:** ایستگاه آنتورپ سنترال به سبک نئورمانسک و با تأثیرات نئوکلاسیک و باروک طراحی شده است که به آن جلوه‌های مجلل و تاریخی بخشیده است. نمای بیرونی ایستگاه با سنگ‌های طبیعی و جزئیات تزئینی، جلوه‌ای باشکوه دارد.



شکل ۱۱- معماری و نمای سنگی Antwerp Central Station

- **سالن اصلی و گنبد بزرگ:** سالن اصلی ایستگاه با سقف بلند و گنبدی بزرگ (با ارتفاع حدود ۷۰ متر)، یکی از جذاب‌ترین بخش‌های آن است. این سالن دارای ستون‌های بزرگ و پنجره‌های شیشه‌ای است که نور طبیعی را به داخل می‌آورد. جزئیات تزئینی دیوارها و سقف به جلوه‌های بصری ایستگاه افزوده است.



شکل ۱۲- سالن اصلی Antwerp Central Station

۳-۴-۲- امکانات و خدمات

- **فروشگاه‌ها و رستوران‌ها:** ایستگاه آنتورپ سنترال دارای تعدادی فروشگاه، کافه و رستوران است که به مسافران و بازدیدکنندگان خدمات ارائه می‌دهند. فروشگاه‌ها شامل برندهای محلی و بین‌المللی و نیز کیوسک‌های فروش سوغاتی و محصولات محلی می‌شود. رستوران‌های محلی و کافه‌های زنجیره‌ای از دیگر امکانات مجتمع ایستگاهی است. علاوه بر این از سالن اصلی ایستگاه به عنوان مکان برگزاری رویدادهای فرهنگی هنری نیز استفاده می‌شود.

- **دسترسی:** ایستگاه به خطوط مختلف قطارهای بین‌شهری و بین‌المللی متصل است و به عنوان یک مرکز حمل و نقل کلیدی در بلژیک عمل می‌کند. سیستم تراموای شهر به ایستگاه متصل است. همچنین دسترسی به شبکه اتوبوسرانی شهر در نزدیکی ایستگاه میسر می‌باشد و در مجاورت در ورودی، ایستگاه تاکسی قرار دارد. علاوه بر این، مجموعه به ایستگاه دوچرخه نیز تجهیز شده است و با توجه به موقعیت مکانی آن در مرکز شهر، دسترسی پیاده به سهولت امکان‌پذیر است. تمامی این امکانات باعث شده تا ایستگاه مرکزی آنتورپ به نقطه کانونی برای مسافران و گردشگران تبدیل شود.



شکل ۱۳- فضای داخلی Antwerp Central Station

۳-۵- مجموعه Parc Central - چین

پارک سنترال، اولین مرکز خرید مدرن و توسعه یافته در جنوب چین است که در طراحی آن، ترکیبی از فضاهای متنوع شهری شامل فضای سبز و باز، مراکز خرید، رستوران و کافه، مراکز فرهنگی تفریحی و گذران اوقات فراغت با حمل و نقل شهری ادغام شده است.

این مجموعه در سال ۲۰۱۶ و در زمینی با وسعت حدود ۵۲۰۰۰ مترمربع در شهر گوانگژو چین طراحی شده است. پروژه با ارتفاعی حدود ۲۴ متر در پیرامون یک پارک طراحی شده است و دو سطح بر روی زمین و سه سطح در زیر زمین را شامل می‌شود.

۳-۵-۱- ویژگی‌های معماری

- **سازگاری با محیط زیست:** تلفیق منحصر بفرد مرکز خرید مدرن با پارک و محوطه‌سازی وسیع از ویژگی‌های شاخص این مجموعه است. در طراحی مجموعه تمامی ابعاد توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) مورد توجه بوده و پارک مرکزی با طراحی منحصر بفرد سازگار با محیط زیست، گواهینامه طلایی LEED صادر شده توسط U.S. Green Building Council (USGBC) را دریافت نموده است.

- **معماری نمادین:** طرح مجموعه متشکل از دو ساختمان اصلی به شکل ماهی است. ماهی (کپور) در فرهنگ چینی نمادی از صلح و ثروت به حساب می‌آید و استفاده از آن در طراحی مجموعه دلالت بر رونق شهر دارد.



شکل ۱۴- طراحی سمبلیک Parc Central

۳-۵-۲- امکانات و خدمات

- **فروشگاه‌ها، رستوران‌ها و فضاهای تفریحی:** مجموعه ترکیبی از تجاری‌های خرد، فروشگاه‌های برند بین‌المللی، رستوران و کافه، مراکز تفریح و سرگرمی در کنار قلمروهای عمومی شهری پدید آورده است که در مجموع مکانی سرزنده و مفرح را برای شهروندان و گردشگران مهیا ساخته‌اند.



شکل ۱۵- مراکز خرید در Parc Central

- **دسترسی:** مجتمع ایستگاهی به شبکه مترو (در ترازهای زیرین پروژه) و اتوبوسرانی شهر متصل است.

۴- نتیجه‌گیری

بنا بر تجارب جهانی، مجتمع‌های ایستگاهی تأثیرات قابل توجهی بر روی شهرها و جوامع محلی دارند. این تأثیرات در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فرهنگی به شرح ذیل مشاهده شده است:

- مجتمع‌های ایستگاهی نه تنها به عنوان نقاط کلیدی حمل‌ونقل در شهر عمل می‌کنند، بلکه نشانگر پیشرفت و توسعه زیرساخت‌های شهری هستند. این مجتمع‌ها می‌توانند به عنوان نمادهای شهری عمل کنند و هویت خاصی برای شهر ایجاد نمایند. توجه به ویژگی‌های تاریخی و فرهنگی منطقه در طراحی ابنیه و تلفیق آن با فضای سبز و باز، منجر به شکل‌گیری جذابیت‌های بصری و گردشگری مجتمع‌های ایستگاهی می‌گردد.
- مجتمع‌های ایستگاهی عمدتاً شامل فروشگاه‌ها، رستوران‌ها و خدمات تفریحی فرهنگی هستند. بدین ترتیب می‌توانند علاوه بر جذب سرمایه با ایجاد شغل‌های جدید به اقتصاد منطقه کمک کنند. همچنین با تأمین نیازهای مسافران و کاهش تعداد سفرهای روزانه، هزینه‌های زندگی شهری را کاهش می‌دهند.
- مجتمع‌های ایستگاهی می‌توانند به عنوان مکانی برای تعاملات اجتماعی عمل کنند، جایی که مردم می‌توانند با یکدیگر دیدار نموده و ارتباط برقرار کنند. علاوه بر این طبق واکاوی‌های انجام شده، فضای مجتمع‌های ایستگاهی غالباً برای برپایی نمایشگاه‌ها یا رویدادهای فرهنگی نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند.
- و در آخر اینکه مجتمع‌های ایستگاهی با ارائه خدمات مختلف، موجب تشویق مردم به استفاده از حمل‌ونقل عمومی شده، امری که می‌تواند به کاهش ترافیک و آلودگی هوا منجر گردد. بدین ترتیب به کاهش مشکلات ترافیکی کمک نموده، تجربه سفر را بهبود بخشیده و کیفیت زیست شهری را ارتقا می‌دهند.

۵- منابع

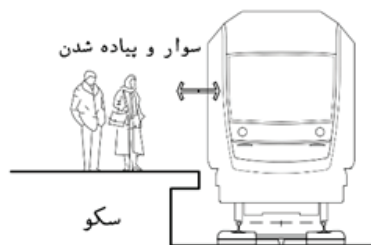
- [۱]- نقش کارآمد مجتمع‌های ایستگاهی مترو در توسعه اقتصادی اجتماعی شهر تهران، راهنورد. بابک، ۱۳۸۵، همایش حمل و نقل ریلی.
- [۲]- نقش مجتمع‌های ایستگاهی در توسعه حمل و نقل محور (TOD) با رویکرد توسعه پایدار در شهر تهران (مطالعه موردی ایستگاه صادقیه)، حمزه‌لو. سارا، خامه. معصومه، ۱۳۹۲، اولین همایش ملی شهرسازی و معماری در گذر زمان.
- [3]-Analysing Urban Form on Transit Oriented Development (TOD) Principles, Rahul Tiwari, Antonio Nigro, and Murthy VA Bondada, 2022, International Review for Spatial Planning and Sustainable Development journal.
- [4]-The Impact of Transit on Sustainable Urban Form, Ihsan Abbas Jasim*, Sabeeh Lafta Farhan, Haider Majid Hasan, 2021, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- [5]-<https://grandcentralterminal.com>
- [6]-<https://www.networkrail.co.uk/communities/passengers/our-stations/london-kings-cross>
- [7]-<https://www.tokyostationcity.com>
- [8]-<https://www.nsinternational.com/en/stations/antwerp-central-station>
- [9]-<https://www.parccentral.com.hk/en/aboutU>



فرم و فضای معماری سکو، اولین عامل شناخت ایستگاه از دید ناظر داخل قطار است. مسافران داخل قطار در طی مسیر از طریق آن می‌توانند هویت ایستگاه را تشخیص دهند و ایستگاه مورد نظر خود را به خاطر بسپارند. از این روی طرح معماری سکوها ایستگاه‌های متوالی با داشتن اجزا و المان‌های مشترک می‌توانند تعلق خود را به یک خط قطار شهری مشخص کنند و علاوه بر آن با داشتن مشخصه‌های فردی، جایگاه و هویت هر ایستگاه در طول یک خط قطار شهری را برجسته نمایند. سکوی ایستگاه‌های قطار شهری بصورت ساختاری به دو دسته کلی سکوهای جزیره‌ای و سکوهای کناری تقسیم می‌شوند که هر کدام امکانات و ویژگی‌های خاص خود را دارند. همچنین در ایستگاه‌های ویژه با ترکیب و چیدمان این دو گروه کلی، امکاناتی متناسب با ویژگی‌های خاص ایستگاه مورد نظر قابل طرح است. در ادامه به شرح دو نوع اصلی سکو و نمونه‌هایی از طرح‌های تعمیم یافته با ترکیبی از دو نوع سکو اصلی می‌پردازیم.

۱- سکوی کناری

سکوهای کناری دسترسی به قطارها را در امتداد یک طرف خط فراهم می‌کنند در این حالت مسافران قبل از ورود به تراز سکو بر اساس جهت سفر خود سکوی مناسب را انتخاب می‌کنند (شکل ۱).



شکل ۱- سکوی کناری

معایب سکو کناری

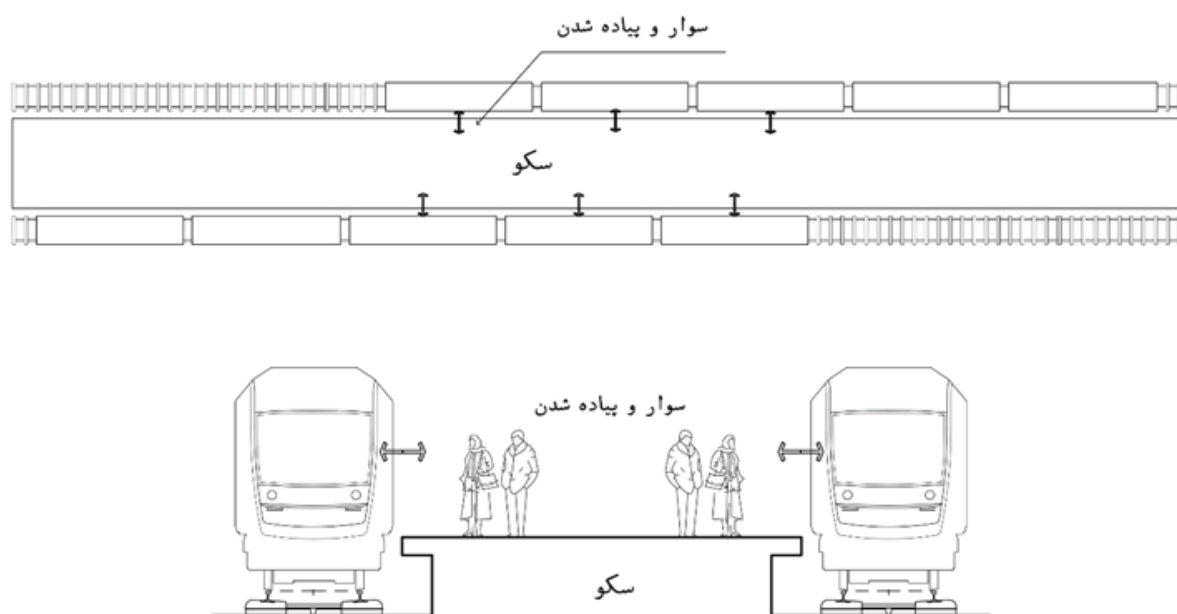
- نیاز به تصمیم‌گیری جهت انتخاب سکوی مناسب قبل از دسترسی به تراز سکو که ممکن است با انتخاب سکوی اشتباه مسافران دچار سردرگمی شوند؛
- نیاز به ارائه تابلوها و علائم بیشتر و خواناتر برای هدایت مسافران به سکوی مناسب؛
- نیاز به تغییر طبقه برای دسترسی به سکوی جهت مخالف؛
- افزایش عرض ایستگاه به دلیل بهره‌وری کمتر از فضا در صورت تفاوت میان تعداد مسافران هر سکو؛
- افزایش تعداد عناصر عمودی دسترسی به سکوها (در مجموع دو سکو).

مزایای سکو کناری

- افزایش انعطاف‌پذیری و امکانات بیشتر برای جانمایی دسترسی‌های ورود و خروج به سکو و خروج اضطراری؛
- قابلیت جایجایی شمار بالای مسافران در دو جهت بدون ایجاد اختلال در حرکت؛
- فراهم آوردن امکانات بیشتر برای ناحیه انتظار در مقابل المان‌های حرکتی ورودی و خروجی از سکو؛
- انعطاف‌پذیری بیشتر برای توسعه‌های آتی.

۲- سکوی جزیره‌ای

سکوهای جزیره‌ای در بخش میانی ایستگاه بین دو خط قطار قرار می‌گیرند و از هر دو طرف می‌توانند به قطار سرویس‌دهی کنند. در این سکوها مسافران ورودی و خروجی در هر دو جهت حرکتی قطار رفت و آمد می‌کنند (شکل ۲).



شکل ۲- سکوی جزیره‌ای

معایب سکوی جزیره‌ای

- امکان تداخل فضای انتظار مقابل عناصر دسترسی عمودی ورود و خروج به سکو با ناحیه انتظار مسافران؛
- گزینه‌های محدود برای جانمایی آسانسور نسبت به سکوی کناری (از آنجا که آسانسورها باید در بخش میانی سکو جانمایی شوند)؛
- سطح دیوار کمتر برای جانمایی علائم، تابلوهای تبلیغاتی و هنری؛
- انعطاف‌پذیری کمتر برای توسعه‌های آتی؛
- قابلیت کمتر برای پاسخگویی به تقاضای مسافران در عناصر دسترسی عمودی به سکو.

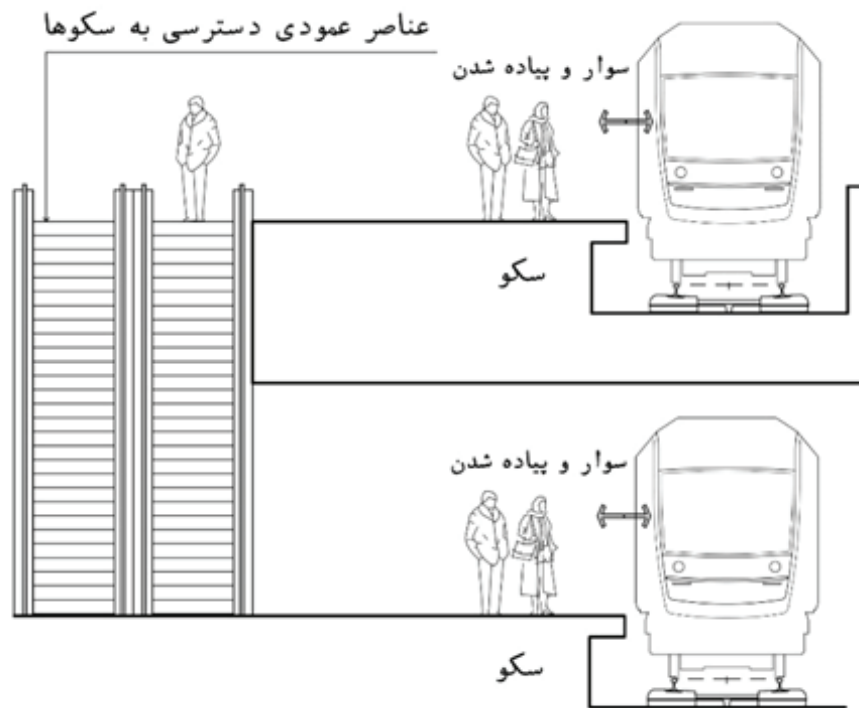
مزایای سکوی جزیره‌ای

- عدم نیاز به تصمیم‌گیری برای انتخاب سکوی مناسب قبل از دسترسی به تراز سکو که باعث تسهیل جهت‌یابی، جریان عبوری آزادتر و عدم نیاز به تغییر طبقه برای تغییر دادن سکو می‌شود؛
- استفاده کارآمدتر از فضا و امان‌های دسترسی عمودی (از آنجا که مسافران در هر دو جهت سفر از یک سکو استفاده می‌کنند)؛
- امکان کاهش عرض سکو نسبت به مجموع عرض سکوهای کناری و در نتیجه کمتر شدن عرض ایستگاه و اقتصادی‌تر بودن؛
- نیاز به تعداد آسانسور کمتر برای فراهم آوردن دسترسی به سکو؛
- امکان کاهش تعداد عناصر دسترسی عمودی؛
- افزایش توانایی مسافران برای استفاده از قطارها در جهت‌های حرکتی مختلف بدون نیاز به تغییر تراز ارتفاعی.

۳- سایر چیدمان‌های سکو

چنانچه اشاره شد انواع سکوها در واقع مدل‌های ترکیبی یا تعمیم یافته‌ای از دو گونه کناری و جزیره‌ای هستند. در ادامه شرح مختصری از این چیدمان‌ها ارائه می‌شود:

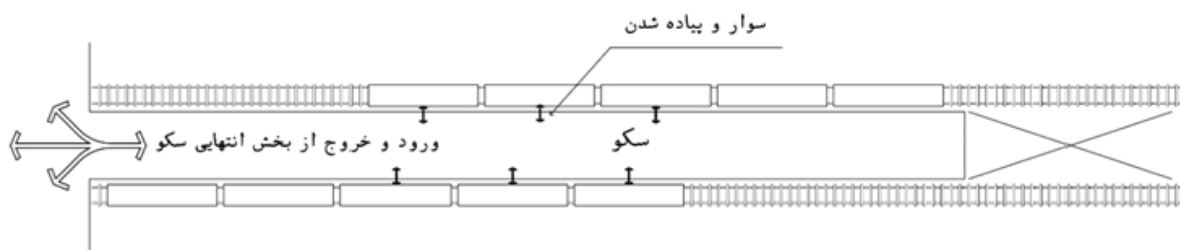
۳-۱- سکوها در دو تراز متفاوت



شکل ۳- سکوها در دو تراز متفاوت

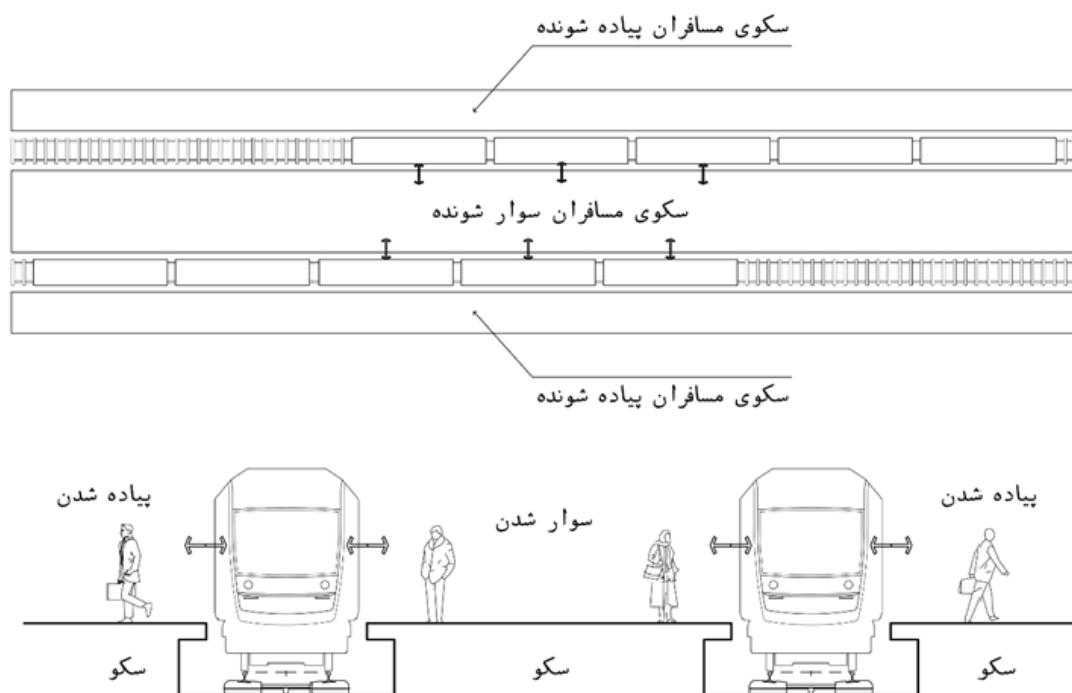
این دسته سکوها در اصل از نوع کناری بوده و غالباً بنا به دلایلی مانند محدودیت‌های سایت یا کم بودن عرض معبر، خطوط قطار در دو تراز ارتفاعی مختلف جانمایی می‌شوند. ملاحظات طراحی این گونه سکوها همانند سکوهای کناری است. باید توجه شود که در طرح‌ریزی این سکوها از یک سکو نباید به عنوان مسیر دسترسی به سکوی دیگر استفاده شود (شکل ۳).

۳-۲- سکوی ایستگاه‌های انتهایی خط



شکل ۴- سکوی ایستگاه‌های انتهایی خط

در ایستگاه‌های پایانه‌ای سکوهای کناری، جزیره‌ای یا ترکیبی از این دو نوع سکو طراحی می‌شود اما از آنجا که خط به پایان می‌رسد امکان دسترسی به سکو از بخش انتهایی آن نیز وجود دارد. این سکوها بسته به نوع چیدمان سکو مزایا و معایبی همسان با سکوهای کناری و جزیره‌ای دارند. تنها مزیتی که به طور خاص نسبت به سکوهای کناری و جزیره‌ای دارند امکان خروج شمار بالای مسافران از بخش انتهایی سکو است که آن‌ها را برای جریان‌های عبوری بالا در ایستگاه‌های پایان خط مناسب می‌سازد (شکل ۴).



شکل ۵- سکوهای مجزای سوار و پیاده شدن

این نوع سکوها باعث تسهیل و تسریع در جریان عبوری مسافران و سوار و پیاده شدن آن‌ها می‌شود در نتیجه زمان مورد نیاز برای توقف قطار در سکو نیز کاهش می‌یابد. این نوع از سکوها به‌طور معمول به علت هزینه ساخت بیشتر بکار گرفته نمی‌شوند، اما در ایستگاه‌هایی که شمار مسافران زیاد باشد یا مسافران ویژگی خاصی نظیر در صد بالای حمل چمدان داشته باشند می‌تواند مورد توجه طراح قرار گیرد (شکل ۵).

۴- ملاحظات در طرح‌ریزی سکو

۴-۱- عوامل تاثیرگذار در انتخاب سکوی جزیره‌ای یا کناری

در بخش قبل امکانات و ویژگی‌های انواع رایج در طرح‌ریزی سکوها عنوان شد که می‌تواند مورد توجه طراح قرار گیرد. گذشته از موارد ذکر شده دو عامل اصلی در طرح‌ریزی نوع سکو حاکم می‌باشند؛ یکی از عوامل نوع و روش ساخت تونل بصورت تک یا دو تونل مجزای رفت و برگشت قطار و دیگری پیش‌بینی تقاضای سفر در ایستگاه می‌باشد. عامل اول که خود متأثر از طرح سازه مسیر و طرح بهره‌برداری از خط می‌باشد، تعیین می‌کند که قطارها قبل از ورود به ایستگاه نسبت به هم فاصله دارند یا هر دو قطار جهت رفت و برگشت در کنار هم وارد ایستگاه می‌شوند که به تبع آن در صورت استفاده از تونل تک برای هر جهت قطار، سکو بصورت جزیره‌ای و در صورت قرارگیری هر دو جهت حرکت قطار در یک تونل، سکو بصورت کناری قابل طرح است. عامل دوم انتخاب نوع سکو، اختلاف بین مسافران ورودی و خروجی در دو جهت حرکتی می‌باشد. در صورتیکه تعداد مسافران سکو (سواره و پیاده شده) در دو جهت حرکت قطار تقریباً با هم برابر باشد، استفاده از سکوی کناری مناسب است؛ اما در پاره‌ای مواقع بین تعداد مسافران در دو جهت حرکتی در یک ایستگاه اختلاف زیادی وجود دارد؛ در این صورت اگر از سکوی کناری (دو طرفه) استفاده شود با توجه به اینکه عرض هر دو سکو باید با هم برابر باشند، ابعاد هر دو سکو براساس مسافران جهت غالب حرکتی طراحی می‌شود که توجیه‌پذیر نیست. در این مواقع استفاده از سکوها جزیره‌ای مناسب‌تر است. زیرا عرض این سکوها در هر حال براساس مجموع مسافران دو جهت محاسبه می‌گردد.

بطور معمول در ایستگاه‌های میانی یک کریدور قطار شهری، تعداد مسافران در دو جهت حرکت قطار با هم برابر است؛ لذا در این ایستگاه‌ها استفاده از سکوها کناری مناسب‌تر است. اما در ایستگاه‌های ابتدا و انتهای کریدور اغلب تعداد مسافران یکی از جهت‌های حرکت قطار (جهت حرکتی به سمت مرکز شهر) بیشتر می‌باشد. به این سبب در این ایستگاه‌ها استفاده از سکوی جزیره‌ای توصیه می‌گردد. البته این موضوع براساس نوع شهر و شکل جریان‌های حرکتی در آن قابل تغییر است. عامل اصلی در انتخاب نوع سکو همان‌طور که عنوان گردید نسبت میان مسافران دو جهت حرکت قطار می‌باشد.

^۱در ساعات اوج صبح جهت حرکتی از حومه به سمت مرکز شهر غالب است و در هنگام عصر جهت حرکتی از مرکز به سمت حومه غالب می‌شود.

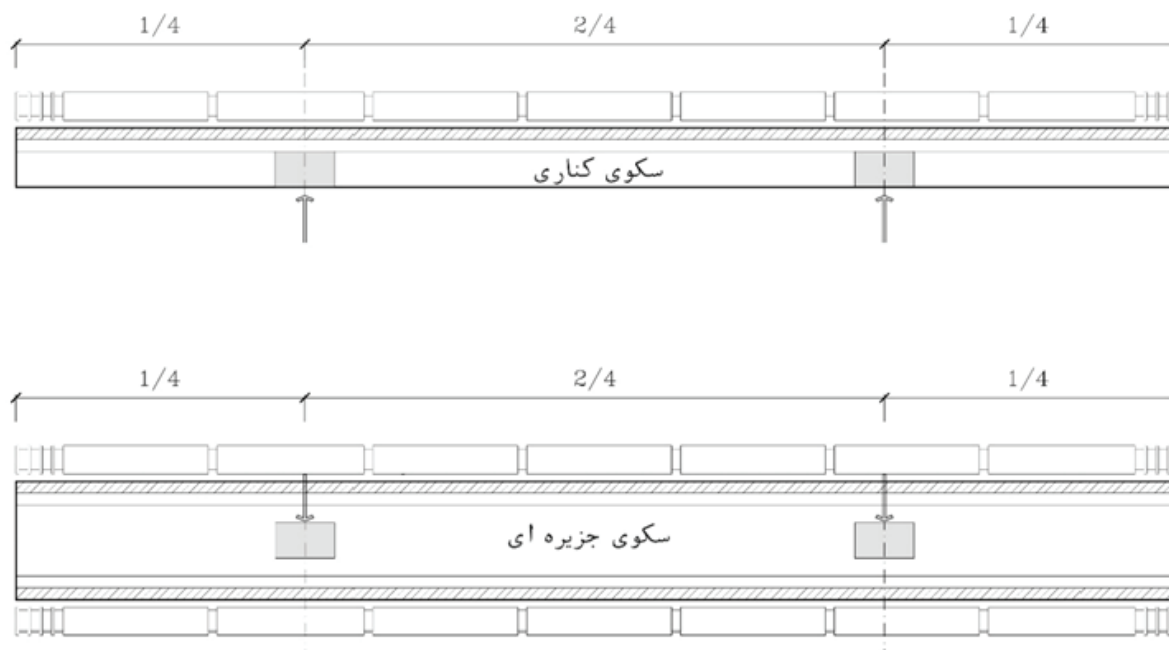
در طرح‌ریزی سکوی و تعیین ظرفیت و سرانه سطح اختصاص یافته به هر نفر باید توجه داشت که مخاطرات احتمالی که موجب آسیب جسمی به مسافر ایستگاه می‌شود در سکوها بیشتر از هر موقعیت دیگر در ایستگاه می‌باشد. احتمال سقوط مسافر به بخش عبوری قطارها خطرناک‌ترین حادثه در ایستگاه می‌باشد که در تراز سکوی محتمل می‌باشد؛ لذا استانداردهای تعیین ابعاد سکوی بیشترین سرانه فضا را در این تراز به مسافر اختصاص می‌دهند. تراز سرویس‌دهی در سکوها "LOS C" در نظر گرفته می‌شود؛ البته در سکوهایی با یک جهت حرکتی (نظیر ایستگاه‌های پایانی) در نظر گرفتن "LOS D" نیز مجاز دانسته شده است.

۲-۴- بکارگیری درب‌های لبه سکوی (PSD)

درب‌های لبه سکوی با دو هدف در ایستگاه‌ها استفاده می‌شود. در نوع اول در ایستگاه‌هایی که به دلیل شرایط اقلیمی حاکم بر شهر، فضای سکوی خنک‌کاری می‌شود که به دلیل کاهش پرت هوای خنک شده از درب‌های لبه سکوی سرتاسری استفاده می‌شود تا بین هوای مسیر عبور قطار و سکوی حائل ایجاد شود. این درها با توجه به نوع طراحی آنها از کف تا سقف سکوی را پوشش می‌دهند و یک مانع سرتاسری در لبه سکوی ایجاد می‌کنند.

در نوع دوم هدف از استفاده از درب‌های لبه سکوی ایجاد ایمنی بیشتر در سکوی و ممانعت از سقوط مسافران در مسیر عبور قطار است. این درها صرفاً تا ارتفاعی که مانع از سقوط مسافران شوند طرح‌ریزی می‌شود و نیازی به پوشش سرتاسری لبه سکوی از کف تا سقف نمی‌باشد. متأسفانه در خطوط قطار شهری کشور تاکنون این نوع از درها که می‌توانند در ایستگاه‌های شلوغ ایمنی بیشتری فراهم کند، بکار گرفته نشده است. همانطور که عنوان شد نیازی به نصب این درها در تمامی ایستگاه‌های در حال بهره‌برداری در طول یک خط نیست و می‌توان صرفاً در ایستگاه‌های پر رفت و آمد جهت افزایش ایمنی مسافران این درها را بکار گرفت.

- در طرح‌ریزی نظام حرکتی ایستگاه همواره باید توجه داشت که سکوها بعنوان نقاط مقصد نهایی در نظام حرکتی در نظر گرفته شوند و هیچگاه نباید بخشی از سکوی بعنوان راهرو جهت دسترسی به بخش‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد. در صورتی که در نظام حرکتی ایستگاه عبور از یک سکوی برای دسترسی به فضاهای دیگر ناگزیر باشد تعبیه فضاهای عبوری در پشت سکوی ضروری است تا مسیرهای حرکتی خارج از سکوی به این راهروها منتقل شود. نکته لازم دیگر در نظام حرکتی ایستگاه توزیع متناسب مسافران در طول سکوی می‌باشد که مستلزم تعبیه ورودی‌های سکوی در فواصل مناسب نسبت به یکدیگر است. عدم توزیع مناسب در یک سکوی می‌تواند بار مسافران در واگن‌های قطار را نامتوازن سازد و این موضوع سکوهایی ایستگاه‌های دیگر خط را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد.



شکل ۶- توزیع متوازن ورودی‌ها در طول سکوی

در این بخش به نکات اصلی در طراحی سکوی ایستگاه پرداخته شده است. برای شناخت سایر عوامل تاثیرگذار بر طرح سکوی نظیر نحوه محاسبه عرض سکوی، الزامات معماری طرح‌ریزی سکوی، مبلمان سکوی و... به ضابطه ۱-۸۰ سازمان برنامه و بودجه کشور مراجعه شود.

^۲Level of Service



چکیده

در تونل‌سازی مکانیزه یکی از معیارهای بسیار مهم در ارزیابی راندمان اجرایی، میزان پیشروی عملیات حفاری می‌باشد تا پروژه در حداقل زمان ممکن و در نتیجه آن با کم‌ترین هزینه به پایان برسد. برای دستیابی به این اهداف باید یک سری پارامترها و اطلاعات که در پیشروی و اجرای پروژه اهمیت خاصی دارند شناسایی، استخراج و تحلیل شوند تا امکان ارائه راهکارهای مناسب برای بهبود و بالابردن راندمان کار فراهم شود. علی‌رغم نیازها و ضرورت‌ها در زمینه بررسی عملکرد ماشین‌های EPB-TBM، به‌منظور افزایش بازدهی و راندمان حفاری، تا کنون یک منبع با عنوان "راهنمای ارزیابی عملکرد ماشین‌های EPB-TBM در تونل‌سازی مکانیزه شهری" در سال ۱۳۹۶ به انتشار رسیده است که می‌تواند به عنوان راهنمایی مفید در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد.

با این مقدمه، بحث ارزیابی عملکرد ماشین‌های حفر تونل در محیط‌های شهری بیش از پیش احساس می‌شود؛ به‌طوری‌که نقش اساسی در موفقیت چنین پروژه‌هایی دارد. از این‌رو در این مقاله به معرفی انواع پارامترهای مختلف مؤثر در ارزیابی عملکرد دستگاه‌های EPB-TBM در زمین‌های نرم پرداخته شده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به پارامترهای زمین‌شناسی شامل دانه بندی مصالح حفاری، شرایط آب زیرزمینی و انواع مخاطرات زمین‌شناسی و پارامترهای راهبری شامل فشار جبهه‌کار، نیروی تراست، گشتاور کاترهد، سرعت چرخش ماشین، نرخ نفوذ، عمل‌آوری مصالح حفاری، وزن مصالح حفاری، ضریب بهره‌وری و ... اشاره نمود.

۱- مقدمه

جمع‌آوری و مدیریت داده‌ها و اطلاعات در هر پروژه از حیاتی‌ترین و مهم‌ترین کارهایی است که برای مدیریت آن پروژه چه از دیدگاه فنی و کارشناسی و چه از منظر اقتصادی و زمان‌بندی الزامی می‌باشد. در پروژه‌های مکانیزه به‌دلیل امکان جمع‌آوری اطلاعات حفاری و ساخت تونل توسط خود ماشین، با بررسی و تحلیل این داده‌ها می‌توان پروژه را به نحو فنی و کارشناسی مدیریت کرده و با شناسایی سیستماتیک نقاط ضعف پروژه، عملکرد اجرای آن را بهبود بخشید. این امر در پروژه‌های درون‌شهری به‌دلیل حساسیت و اهمیت تونل‌سازی و کم کردن اثر حفاری تونل بر تأسیسات سطحی و زیر سطحی اهمیت مضاعف دارد. به‌همین دلیل در هر پروژه تونل‌سازی مکانیزه، شناسایی و نظارت بر یک سری پارامترهای اساسی که شاخص کنترلی اجرای آن می‌باشد ضروری به‌نظر می‌رسد. برای انجام این کار، ماشین‌های EPB-TBM به سیستم‌های پیچیده پایش و هدایت مجهز شده‌اند که بیش از ۵۰۰ نوع داده مختلف مرتبط با تمام جنبه‌های عملکرد TBM را ثبت و ضبط می‌کنند.

داده‌های ثبت شده شامل تمامی اجزای الکتریکی و ماشین بوده و برای کنترل عملکرد صحیح TBM و برنامه‌ریزی برای نگهداری منظم مورد استفاده قرار می‌گیرند، بدین طریق قابلیت دسترسی TBM (آماده استفاده بودن) به حداکثر می‌رسد. ثبت اطلاعات معمولاً در هر ۲۰ میلی‌متر پیشروی یا در بازه‌های ۵ ثانیه، ۱۰ ثانیه و یا ۱ دقیقه انجام می‌شود که با بررسی روزانه این پارامترها، نقاط ضعف و قوت اجرای تونل مشخص شده و با ارائه راهکار مناسب می‌توان عملکرد اجرایی تونل را بهبود بخشید.

۲- فاکتورهای مورد سنجش

پایش پیوسته داده‌ها برای هر سیکل پیشروی ماشین در طول مدت فرآیند حفاری باید حداقل شامل فاکتورهای زمین، فاکتورهای ماشین، فاکتورهای بهسازی خاک، فاکتورهای کنترل جبهه‌کار و فاکتورهای تزریق دوغاب پشت سگمنت باشد که به طور کلی می‌توان فاکتورهای مورد سنجش را به دو گروه فاکتورهای مستقل و فاکتورهای وابسته تقسیم‌بندی نمود. فاکتورهای مستقل شامل فاکتورهای زمین از قبیل دانه‌بندی مصالح، شرایط آب زیرزمینی، درصد قطعات سنگی کوبل و بولدر و پتانسیل ساینده دانه‌ها هستند و فاکتورهای وابسته نیز شامل فاکتورهای ماشین، فاکتورهای بهسازی مصالح، فاکتورهای کنترل فشار جبهه‌کار و فاکتورهای تزریق دوغاب پشت سگمنت می‌باشند که تحت تأثیر عوامل مختلف تغییر می‌کنند.

با تهیه فرم‌های ثبت روزانه فاکتورهای مذکور و تحلیل هر کدام از آنها، می‌توان عملکرد ماشین و تیم اجرایی تونل را به‌صورت کارشناسی و مدیریتی کنترل نموده و بهینه کرد. فاکتورهای مورد سنجش در ارزیابی عملکرد ماشین‌های EPB-TBM در (شکل ۱) نشان داده شده است.

فاکتورهای مورد سنجش

فاکتورهای زمین‌شناسی				فاکتورهای اپراتوری ماشین			
فاکتورهای ماشین				فاکتورهای بهسازی خاک			
فاکتورهای کنترل فشار				فاکتورهای تزریق دوغاب			
فاکتورهای تزریق دوغاب				پشت سگمنت			
• دانه‌بندی مصالح دربرگیرنده تونل؛	• شرایط آب‌های زیرزمینی؛	• مخاطرات زمین‌شناسی از قبیل ساینگی، فقدان ریزدانه، کویل و بولدز، جبهه‌کار مختلف و لنزهای ماسه‌ای و....	• نیروی تراست جک‌ها؛	• غلظت ماده کف‌ساز؛	• فشار سنسورهای موجود در چمبر؛	• فشار سنسورهای موجود در نقاله ماریپیج؛	• احجام تزریق دوغاب؛
• گشتاور کاترهد؛	• نرخ نفوذ ماشین؛	• سرعت چرخش کارترهد.	• نسبت انبساط فوم؛	• نسبت تزریق فوم.	• فشار سنسورهای موجود در نقاله ماریپیج؛	• سرعت چرخش نقاله ماریپیج؛	• فشار تزریق دوغاب؛
					• میزان بازشدگی دریچه نقاله ماریپیج؛	• حجم و وزن مصالح حفاری.	

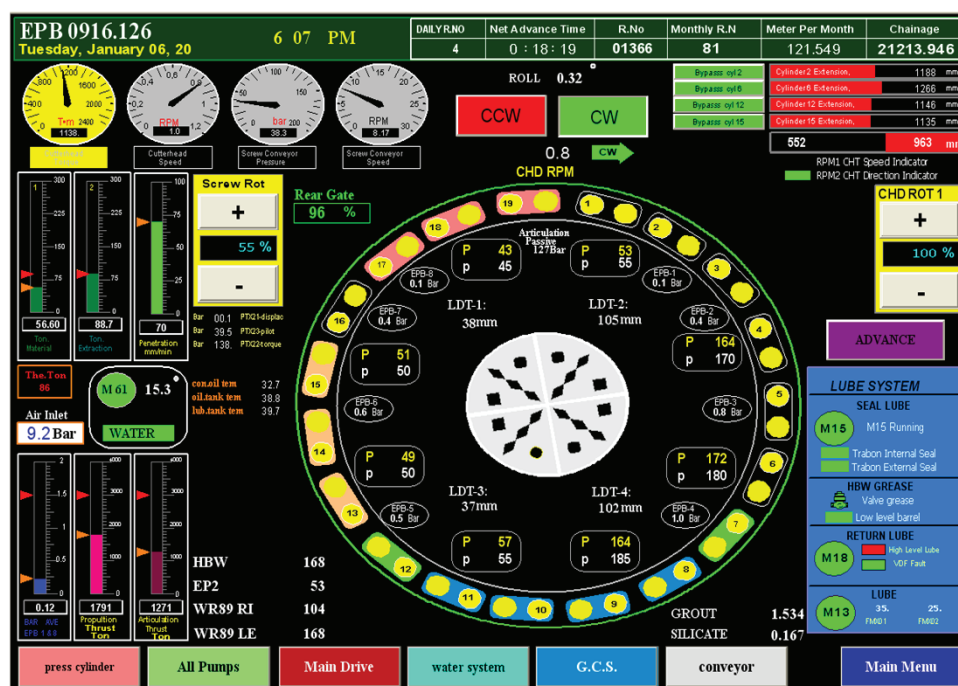
شکل ۱- فاکتورهای مورد سنجش در ارزیابی عملکرد ماشین

۳- پایش و ثبت داده‌های اجرایی تونل

معیار غالب در راندمان یک ماشین EPB-TBM توانایی در کنترل جابجایی‌های خاک و رسیدن به نرخ‌های پیشروی بهینه در مدت طول حفر تونل می‌باشد. در این بخش به روش‌های جمع‌آوری داده‌های کلیدی ارزیابی عملکرد ماشین EPB-TBM پرداخته می‌شود. برای تحلیل مفید عملکرد یک TBM، داده‌های مناسب و کافی باید در سرتاسر مدت حفاری جمع‌آوری و ارزیابی گردند. برای انجام این کار، پیشرفته‌ترین EPB-TBM ها به سیستم‌های پیچیده پایش و هدایت مجهز شده‌اند که بیش از صدها نوع داده از قسمت‌های مختلف TBM، از قبیل بخش‌های الکتریکی، مکانیکی و هیدرولیکی را ثبت و ضبط می‌کنند. پایش پیوسته داده‌ها برای هر سیکل پیشروی ماشین در طول فرآیند حفاری باید به صورت منظم و هدف‌دار انجام شود. این داده‌ها که توسط اپراتور ماشین ثبت می‌شوند باید حداقل شامل موارد زیر باشند:

- تاریخ، زمان و کیلومتر از حفاری؛
- نیروی تراست و گشتاور کاترهد؛
- فشار سنسورها در چمبر؛
- نرخ نفوذ و سرعت چرخش کاترهد؛
- مقادیر فاکتورهای بهسازی خاک؛
- وزن مصالح خروجی؛
- سرعت چرخش و فشار سنسورهای نقاله ماریپیج؛
- شیب، انحراف و موقعیت ماشین.

پارامترهای ثبت شده در تصاویر گرافیکی (شکل ۲)، ابزاری سودمند برای تحلیل فوری عملکرد TBM در طول حفاری می‌باشد. این اطلاعات را می‌توان به عنوان یک مبنا برای از پیش تنظیم کردن پارامترهای اپراتوری در مناطقی که شرایط خاک مشابه پیش‌بینی می‌شود به کار برد که نهایتاً منجر به بازدهی بیشتر و به حداقل رساندن تأثیر روی سازه‌های رو و زیرزمینی مجاور می‌شود.



شکل ۲- نمایش گرافیکی از پارامترهای حفاری ماشین

عملیات اجرایی تونل به مجموعه فعالیت‌های صورت گرفته در راستای پیشروی تونل گفته می‌شود. این اقدامات شامل عملیات رینگ‌گذاری، تزریق دوغاب پشت سگمنت، بازدید از چمبر و تعویض ابزارهای برشی، تعویض براش، آپارات نوار نقاله، تمیزکاری مسیر تونل، نقشه‌برداری مسیر تونل و ... می‌باشد. اطلاعات و زمان مورد نیاز برای اجرای هر یک از موارد فوق‌الذکر در پیشرفت پروژه بسیار حائز اهمیت است؛ به همین خاطر به منظور ارزیابی عملکرد پروژه و بهینه کردن زمان اجرای هر یک از آنها، ثبت و بایگانی اطلاعات مذکور در فرم‌های مشخص ضروری می‌باشد.

۴- ارزیابی شرایط زمین‌شناسی مهندسی مسیر

شرایط زمین‌شناسی مسیر تونل کنترل‌کننده شرایط حفاری و تمامی پارامترهای مربوط به ماشین می‌باشد. جنس و نوع خاک، وجود کوبل و بولدرها، تراز آب زیرزمینی و دیگر عوامل مربوط به جنس مصالح مقطع حفاری، پارامترهای اجرایی (اپراتوری) ماشین را تحت تأثیر قرار داده و به نوعی تعیین‌کننده شرایط حفاری و پیشروی می‌باشد. به طور خلاصه، شرایط زمین‌شناسی مهندسی مسیر دربرگیرنده تونل، در پارامترهای زیر که عملکرد ماشین و شرایط حفاری را تعیین می‌کنند دخیل می‌باشد:

- مقدار فشار جبهه‌کار؛
- مقادیر پارامترهای بهسازی مصالح حفاری؛
- نشست‌ها و جابجایی‌های سطح زمین؛
- میزان سایش ابزارهای برشی و بدنه ماشین؛
- شرایط تخلیه مصالح حفاری؛
- نرخ پیشروی ماشین با تأثیر بر مقادیر پارامترهای اپراتوری مخصوصاً گشتاور کاترهد.

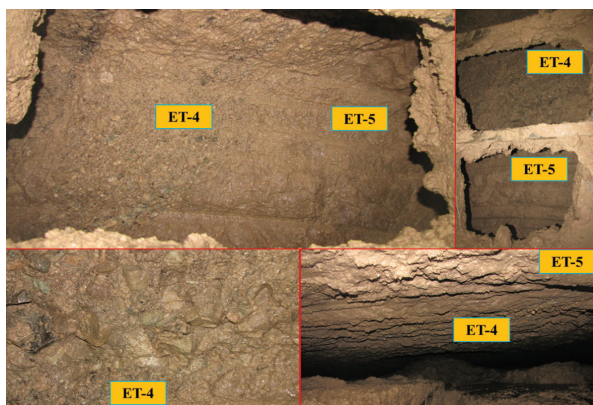
به منظور تحلیل مناسب از عملکرد ماشین در محدوده‌های حفاری شده و پیش‌رو، می‌بایست شرایط زمین‌شناسی مهندسی مسیر تونل مورد ارزیابی قرار گرفته و همچنین شرایط زمین پیش‌رو تشریح شود.

در این راستا می‌بایست شرایط زمین‌شناسی و علی‌الخصوص دانه‌بندی مسیر تونل در هر دوره (به طور مثال برای یک ماه و یا به عبارت دیگر محدوده رینگ‌های حفاری شده A تا B به صورت روزانه) بررسی شده و در فرم ازبیلت زمین‌شناسی روزانه ثبت گردد. علاوه بر این در فواصل منظم از مسیر تونل و در نقاطی از مسیر که جنس خاک بر اساس مطالعات اولیه زمین‌شناسی تغییر می‌یابد از مصالح حفاری شده نمونه‌برداری شده و با آزمایش دانه‌بندی و یا با استفاده از راهنمای Engineering Geological Field Manual جنس خاک تدقیق شود. در (شکل ۳) نمونه‌ای از فرم ازبیلت زمین‌شناسی و در (اشکال ۴ و ۵) نیز نمونه‌ای ازبیلت مصالح بر روی نوار نقاله و بازدید جبهه‌کار تونل نشان داده شده است.

FIELD DATA SHEET FOR VISUAL SOIL CLASSIFICATION- GEOLOGICAL ASBUILT

Date		☐ Chamber		☐ Conveyer		☐ Depot	
Chainage		Ring		☐ Face		☐	
				Sample No			
Geology	Geologic source	☐ Debris	☐ Eolian	☐ Residual	☐ Alluvium	☐ Colluvial	
	Alluvium	☐ Fluvial	☐ Terrace	☐ Alluvial fan	☐ Flood plain dep		
	Groundwater table (m)	☐ V. high (>50)	☐ High (20-50)	☐ Moderate (10-20)	☐ Low (5.-10)	☐ V. Low (<5)	
Description of the Physical Properties of Soil	Color	Odor		Texture			
	Approx. % by weight & Type	Boulder >30 cm	Cobble 7.5-30 cm	Gravel 4.75-75 mm	Sand 0.076-4.75 mm	Fines <0.076 mm	
	Consistency	☐ Very soft	☐ Soft	☐ Firm	☐ Hard	☐ Very Hard	
	Cementation	☐ Weak	☐ Moderate	☐ Strong	☐ Very Strong		
	Structure (Fabric)	☐ Stratified	☐ Laminated	☐ Fissured	☐ Slickensided	☐ Blocky	
		☐ Lenses	☐ Homogeneous				
Moisture Condition	☐ Dry	☐ Moist	☐ Wet				
Soil conditioning	☐ Cf%	☐ FER	☐ FIR	☐ Slump			
	Plasticity	☐ Nonplastic	☐ Low	☐ Medium	☐ High		
coarse grained	Particle Angularity	☐ Angular	☐ Subangular	☐ Subrounded	☐ Rounded		
	Particle Shape	☐ Flat	☐ Elongate	☐ Flat & Elongate	☐ Semi-spherical	☐	
Soil Description & Soil Type							
Picture or Face Condition				Additional Description			
				Presence of roots or root holes			
				Presence of mica, gypsum, ect			
				Surface coatings			
				Estimated Engineering Properties			
				SPT Range			
				Dry strength (kPa)			
				Permeability (m/sec)			
				Stability in Face			
				Cu (kPa)			
				Phi			

شکل ۳- فرم ارزیابی روزانه زمین‌شناسی



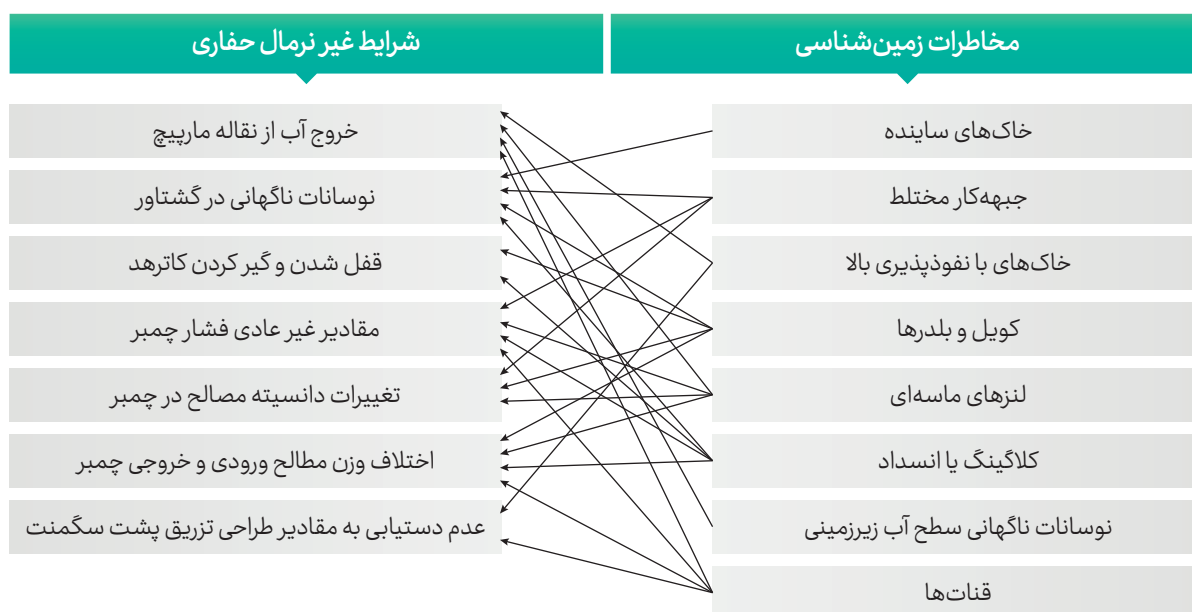
شکل ۵- عملیات بازدید جبهه کار تونل



شکل ۴- عملیات ازیلت بصری مصالح بر روی نوار نقاله

اغلب شرایط نامساعد زمین‌شناسی و سایر مخاطرات منجر به اختلال در پارامترهای اساسی حفاری مانند گشتاور کاترهد و فشار جبهه کار می‌گردند که به عنوان شرایط غیر نرمال حفاری شناخته می‌شوند و به شدت بر روی عملکرد ماشین EPB-TBM تأثیرگذار خواهند بود. در (شکل ۶) ارتباط و تأثیر مخاطرات زمین‌شناسی با شرایط غیر نرمال حفاری نشان داده شده است.

ارتباط مخاطرات زمین‌شناسی با شرایط غیر نرمال حفاری



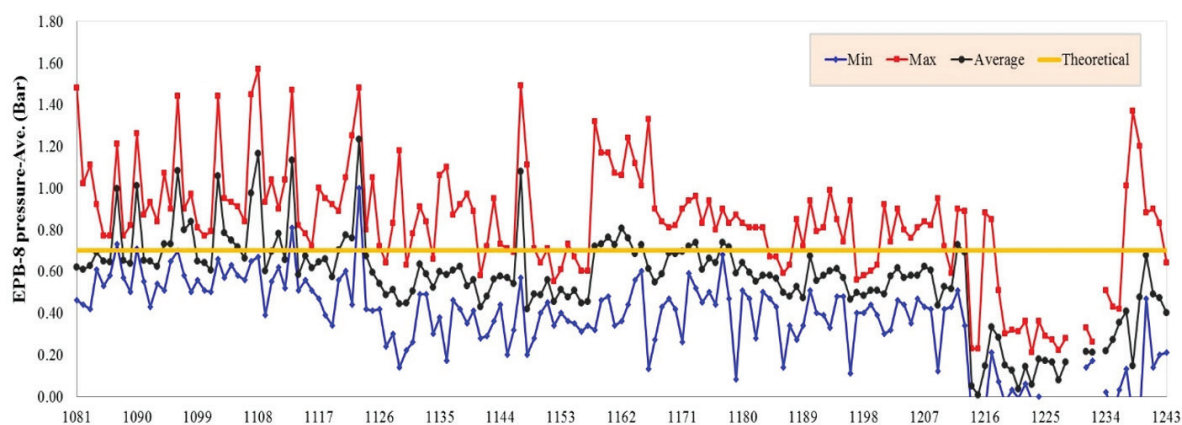
شکل ۶- ارتباط مخاطرات زمین‌شناسی و شرایط غیر نرمال حفاری

۵- بررسی و تحلیل پارامترهای مؤثر بر راهبری ماشین

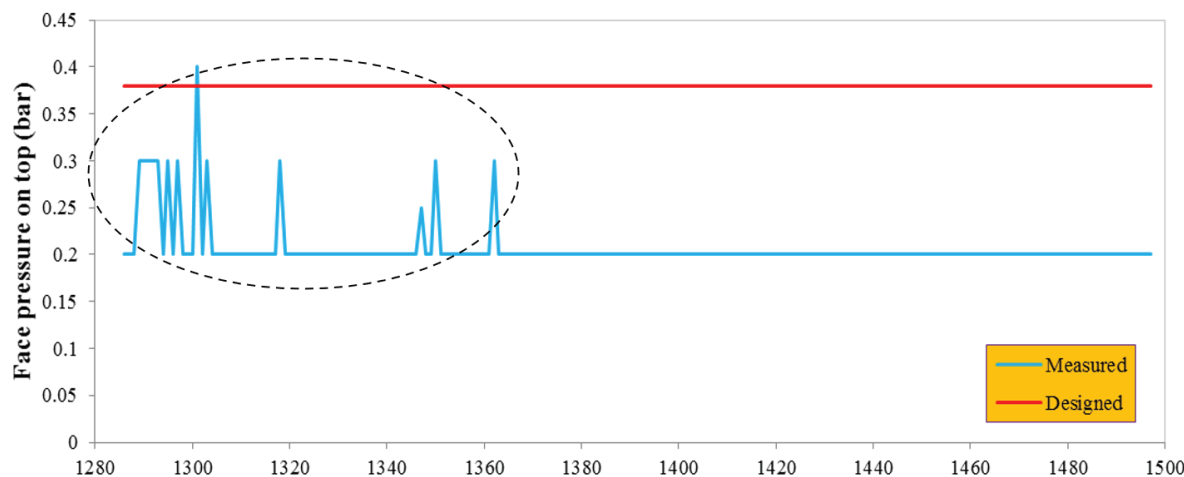
پایش پیوسته داده‌ها برای هر سیکل پیشروی ماشین در طول مدت فرآیند حفاری باید حداقل شامل فاکتورهای فشار جبهه کار، نیروی تراست جک‌ها، گشتاور کاترهد، نرخ نفوذ ماشین، سرعت چرخش کاترهد، فاکتورهای بهسازی مصالح حفاری، احجام تخلیه مصالح و فاکتورهای تزریق دوغاب پشت سگمنت باشد که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود. در این بخش سعی شده است که با ارائه نمودارهای تغییرات فاکتورهای مذکور، درک بیشتری از نحوه تغییرات آنها در شرایط مختلف ایجاد کرد.

۱-۵- فشار جبهه‌کار

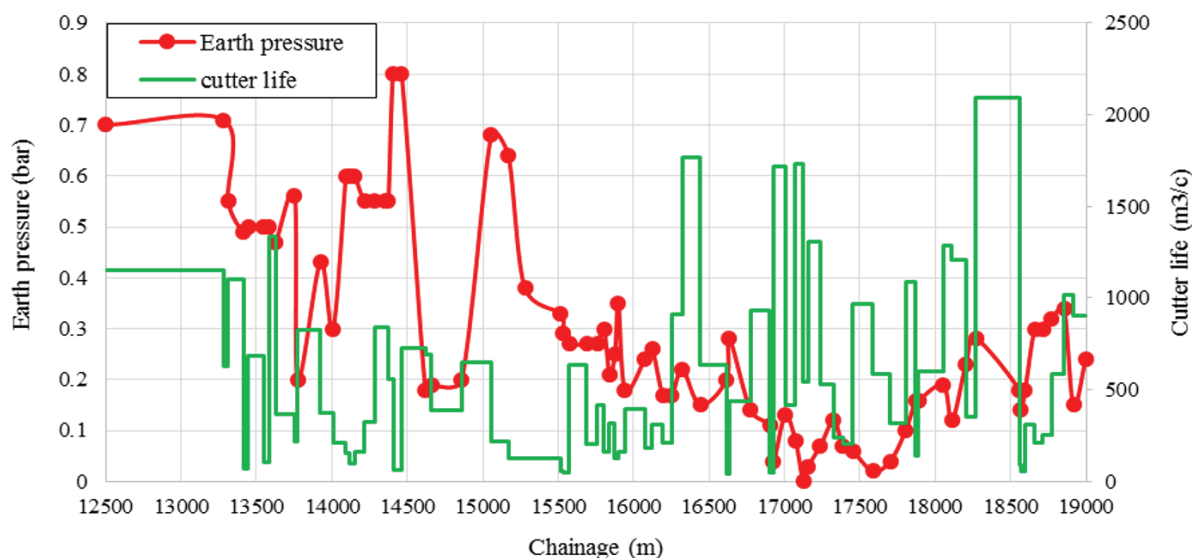
مقدار فشار جبهه‌کار عملاً به وسیله تنظیم سرعت چرخش نقاله ماریپیج و در حین حفاری توسط اپراتور ماشین EPB-TBM تنظیم می‌شود؛ ولی به فاکتورهای دیگری مانند سرعت پیشروی، مقدار فوم مصرفی نیز بستگی دارد. فشار اعمالی بر جبهه‌کار تونل که یک TBM نوع EPB در خاک‌های نرم اعمال می‌کند، مستقیماً حجم یا درصد ریزش خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به اهمیت فاکتور فشار جبهه‌کار در راهبری ماشین، رعایت مقادیر طراحی شده توسط اپراتور ماشین از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. همچنین به منظور راهبری صحیح ماشین و کنترل مقدار گشتاور کاترهد، رعایت دامنه تغییرات فشار جبهه‌کار در طول حفاری ضروری است که بر اساس استانداردهای تونل‌سازی، مقدار معمول و متعارف دامنه تغییرات فشار جبهه‌کار در طول مدت حفاری ۰/۲ بار (۲۰ کیلوپاسکال) می‌باشد. در (اشکال ۷ و ۸) نمونه‌هایی از توزیع مقادیر فشار جبهه‌کار در طول حفاری و عدم رعایت مقادیر طراحی در پروژه‌های مختلف ارائه شده است.



شکل ۷- مقایسه مقادیر فشار تئوریک با فشار اعمالی در محدوده رینگ‌های ۱۰۸۱ تا ۱۲۴۳



شکل ۸- مقایسه مقادیر فشار تئوریک با فشار اعمالی در محدوده رینگ‌های ۱۲۸۰ تا ۱۵۰۰

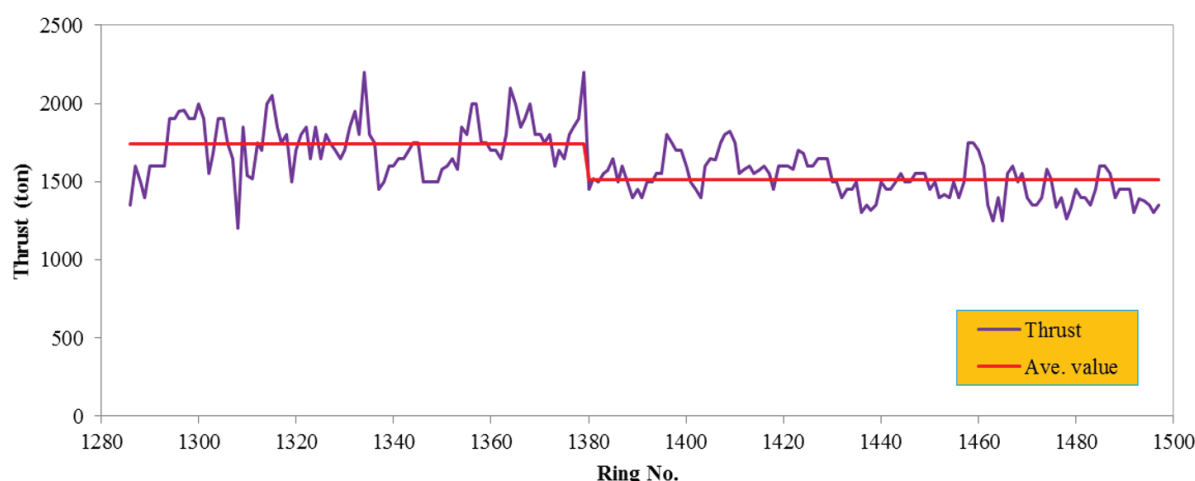


شکل ۹- تغییرات فشار جبهه کار و عمر ابزار برش در طول ۶۵۰۰ متر از مسیر حفر شده تونل

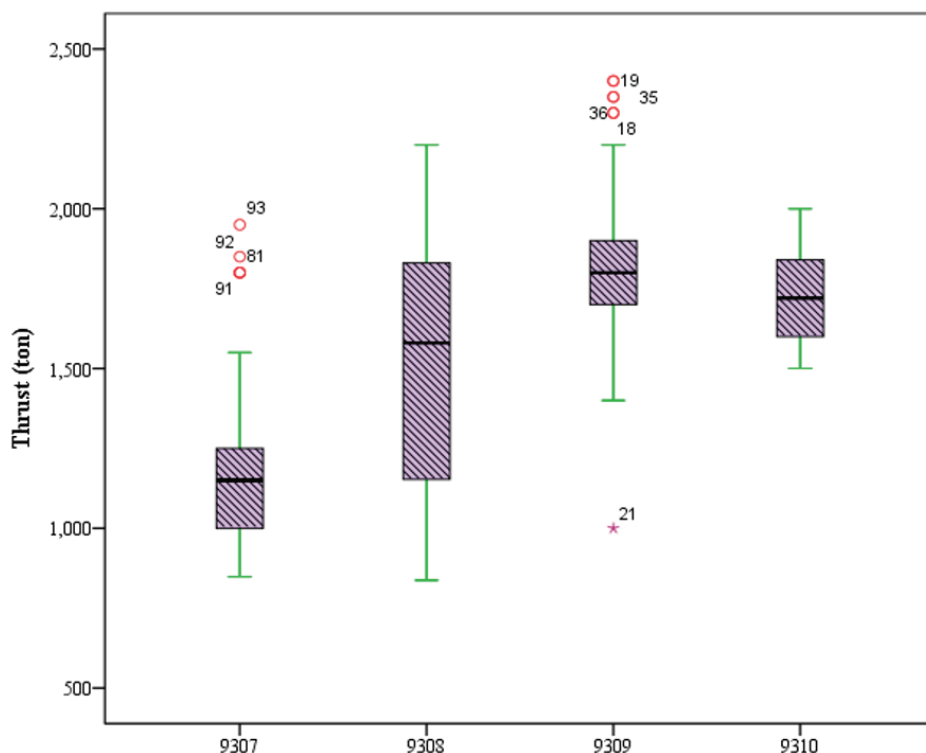
۲-۵- نیروی تراست و گشتاور کاترهد

نیروی تراست از جمله فاکتورهایی است که مقدار آن در حین حفاری توسط اپراتور برای هدایت ماشین و غلبه بر فشار زمین (نفوذ به زمین)، مقاومت اصطکاکی بین ماشین و زمین، مقاومت اصطکاکی بین سپر دنباله و سطح خارجی سگمنت‌ها و کشیدن سیستم پشتیبانی ماشین تنظیم می‌شود. در راهنمای مشخصات ماشین‌های EPB-TBM که توسط شرکت سازنده ارائه می‌شود، حداکثر نیروی تراست ماشین تعیین می‌شود که مقدار نیروی تراست در حین حفاری نباید از این مقدار تجاوز کند. یکی دیگر از فاکتورهای اساسی برای بررسی عملکرد ماشین، گشتاور کاترهد می‌باشد. گشتاور کاترهد وظیفه چرخاندن کاترهد برای برش زمین و انتقال مواد حفر شده به چمبر را برعهده دارد. همچنین گشتاور کاترهد رابطه مستقیمی با نیروی تراست دارد و از جمله فاکتورهایی است که مقدار آن در حین حفاری مستقیماً توسط اپراتور ماشین تنظیم نمی‌شود؛ بلکه تابعی از فاکتورهای دیگر است.

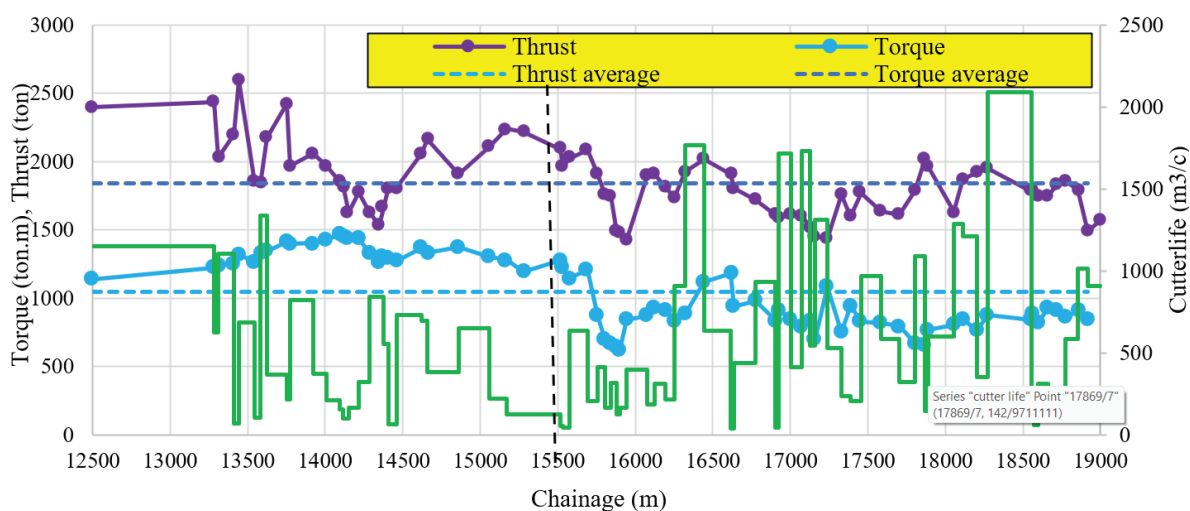
در (اشکال ۱۰ تا ۱۲) نمونه‌ای از تغییرات نیروی تراست و گشتاور کاترهد در پروژه‌های تونل‌سازی مکانیزه در محیط‌های شهری نشان داده شده است.



شکل ۱۰- تغییرات نیروی تراست در محدوده رینگ‌های ۱۲۸۰ تا ۱۵۰۰



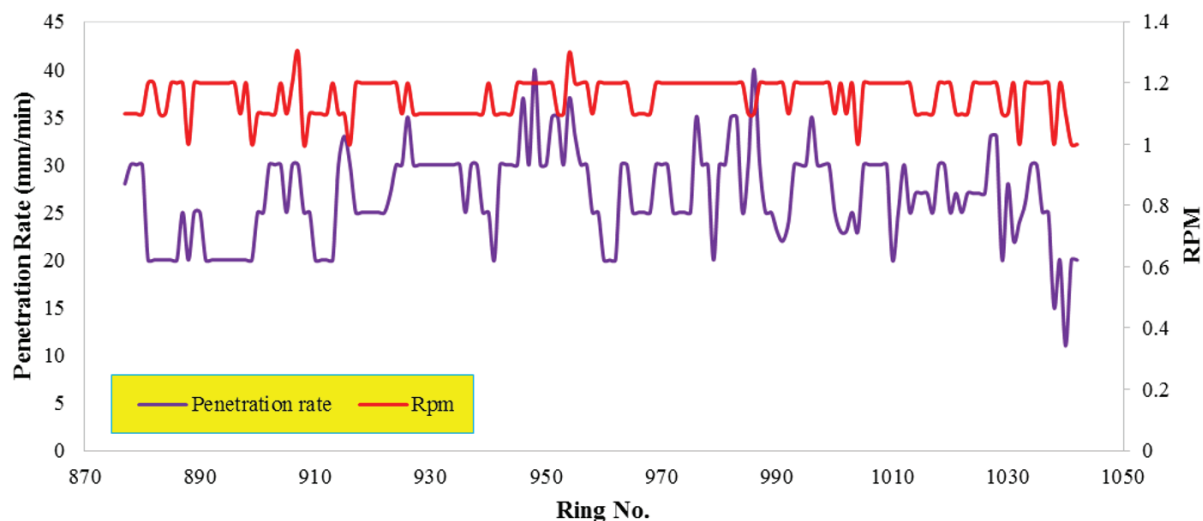
شکل ۱۱- نمودار جعبه‌ای تغییرات نیروی تراست در دوره‌های مختلف



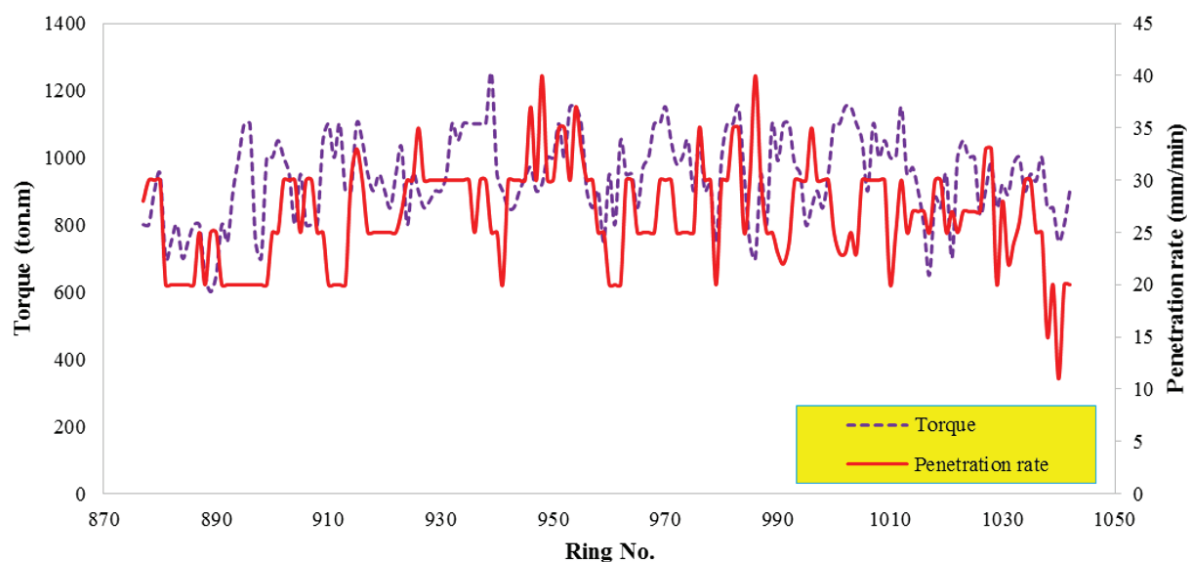
شکل ۱۲- تغییرات مقادیر گشتاور و نیروی پیشران در طول ۶۵۰۰ متر از مسیر حفر شده تونل

۳-۵- سرعت چرخش کاترهد و نرخ نفوذ ماشین

از دیگر عوامل مؤثر بر ارزیابی عملکرد ماشین‌های EPB-TBM، نرخ نفوذ و سرعت چرخش کاترهد می‌باشد و از جمله فاکتورهایی هستند که توسط اپراتور کنترل می‌شوند. حداکثر مقدار هر کدام از فاکتورهای مذکور توسط شرکت سازنده ماشین تعیین می‌شوند که عدم تجاوز از این مقادیر برای راهبری صحیح ماشین الزامی می‌باشد. در (اشکال ۱۳ و ۱۴) به ترتیب تغییرات نرخ نفوذ و سرعت چرخش کاترهد و تأثیر گشتاور کاترهد بر روی نرخ نفوذ ماشین نشان داده شده است.



شکل ۱۳- تغییرات نرخ نفوذ و سرعت چرخش کاترهد در محدوده رینگ‌های ۸۷۰ تا ۱۰۵۰



شکل ۱۴- نمونه‌ای از تغییرات نرخ نفوذ و گشتاور کاترهد در محدوده رینگ‌های ۸۷۰ تا ۱۰۵۰

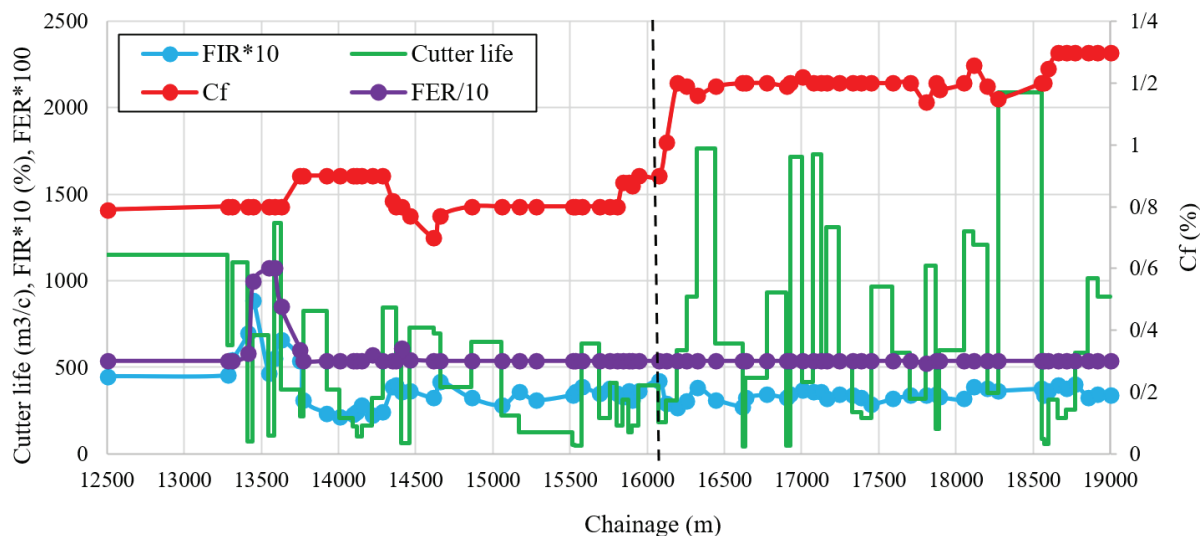
۴-۵- عمل‌آوری مصالح حفاری

تعیین نوع مواد افزودنی و همچنین برآورد مقدار فاکتورهای مهم بهسازی از قبیل غلظت ماده کف‌ساز در محلول فوم، نسبت انبساط فوم و نسبت تزریق فوم همواره یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های طراحان و سازندگان تونل‌های مکانیزه در زمین‌های خاکی و نرم می‌باشد. یکی از راه‌های کنترل بهسازی مناسب خاک، آزمایش اسلامپ می‌باشد. مقادیر اسلامپ در پروژه‌های مختلف، متفاوت است. با این وجود تحقیقاتی که در سال‌های اخیر بر روی کارپذیری مصالح حفاری شده انجام شده است حاکی از مقدار مناسب ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتری برای اسلامپ می‌باشد. در (شکل ۱۵) مصالح بهسازی شده در رینگ‌های مختلف بر روی نوار نقاله ارائه شده است.

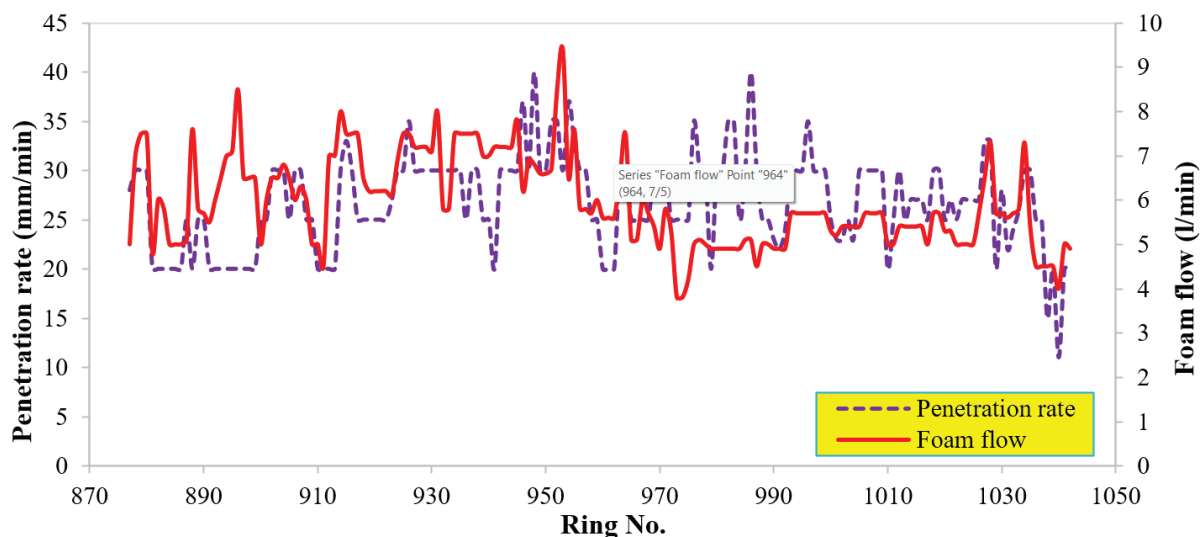


شکل ۱۵- مصالح بهسازی شده در حین حمل بر روی نوار نقاله

در (اشکال ۱۶ و ۱۷) نیز نمونه‌هایی از تغییرات عمر ابزارهای برشی در برابر پارامترهای عمل‌آوری مصالح و تغییرات دبی فوم در برابر نرخ نفوذ نشان داده شده است.



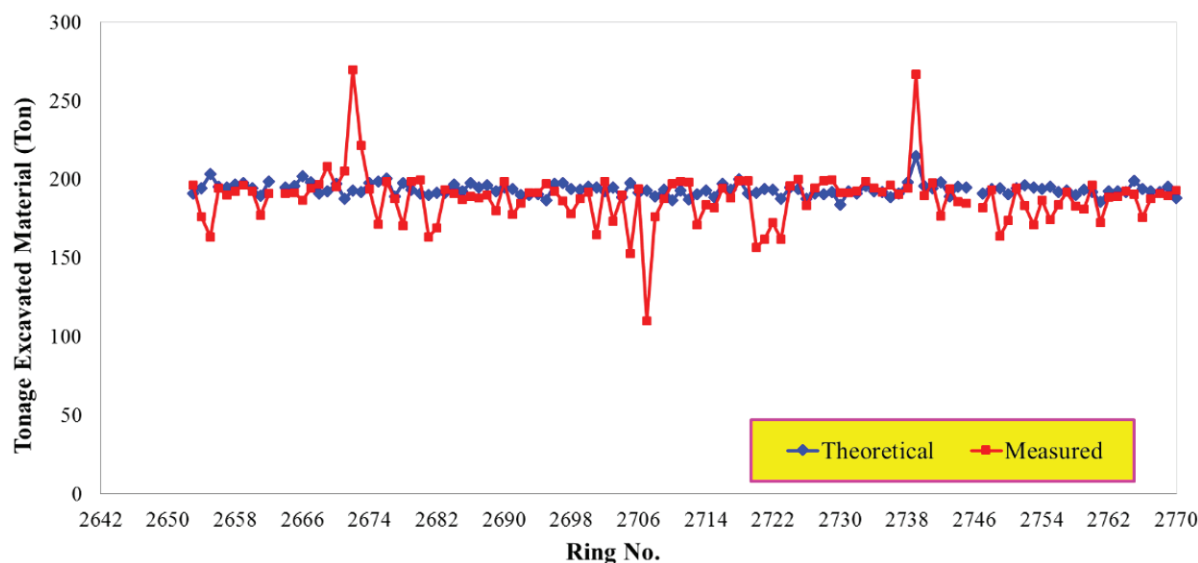
شکل ۱۶- تغییرات فاکتورهای بهسازی خاک و عمر ابزار برش در طول ۶۵۰۰ متر از مسیر



شکل ۱۷- تأثیر میزان فوم مصرفی بر روی نرخ نفوذ ماشین

۵-۵- تخلیه مصالح حفاری و تعادل فشار زمین با فشار مصالح داخل چمبر

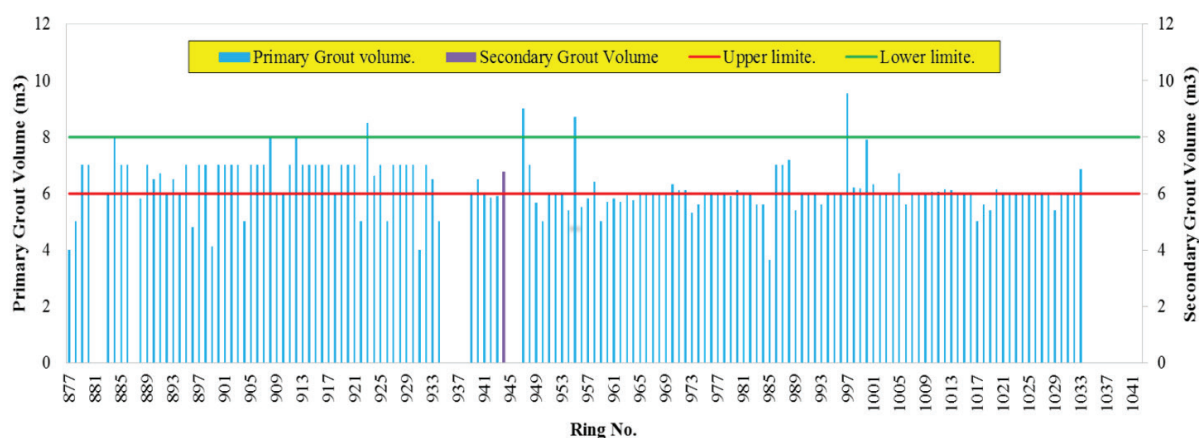
در ماشین‌های EPB-TBM، فشار حفاری مهم‌ترین فاکتور در عملیات پیشروی ایمن و سالم می‌باشد که با ایجاد توازن بین حجم مصالح حفاری شده و مصالح تخلیه شده کنترل می‌شود. در صورتیکه حجم مصالح تخلیه شده کمتر از حجم مصالح حفاری شده باشد، زون پلاستیک در جلوی جبهه کار گسترش یافته و فشار حفاری (داخل چمبر) افزایش می‌یابد؛ در این صورت میزان نرخ نفوذ کاهش یافته و گشتاور ماشین افزایش پیدا می‌کند. اما در شرایطی که حجم مصالح تخلیه شده بیشتر از حجم مصالح حفاری شده باشد، فشار داخل چمبر کاهش یافته و موجب تغییر شکل و نشست در جلوی جبهه کار خواهد شد. در (شکل ۱۸) نمونه‌ای از تغییرات سیستم توزین مصالح نشان داده شده است.



شکل ۱۸- مقایسه مقادیر تئوریک و اندازه‌گیری شده مصالح حفاری

۵-۶- تزریق پشت سگمنت

با توجه به اختلاف قطر حفاری و قطر بیرونی سگمنت، یک فضای خالی بین سگمنت و زمین بوجود می‌آید که می‌بایست بلافاصله پس از عبور سپر با مصالح مناسبی پر شود. میزان حجم تئوریک فضای خالی پشت سگمنت‌ها بر اساس مقدار قطر حفاری و قطر بیرونی سگمنت محاسبه می‌شود. بر اساس استانداردهای تونل‌سازی (تونل‌سازی ژاپن و انجمن تونل‌سازی انگلیس)، مقدار ۹۰ تا ۱۲۰ درصد حجم تئوریک فضای خالی پشت هر رینگ می‌بایست بوسیله دوغاب پر شود. همچنین، فشار تزریق باید متناسب با فشار زمین پیرامون باشد و به‌طور پیوسته کنترل شود. قاعده کلی موجود در این مورد بیانگر آن است که مقدار فشار تزریق باید بین ۵/۰ تا ۱ بار بیشتر از فشار سنسورهای داخل چمبر در نظر گرفته شود. در (شکل ۱۹) نمونه‌ای از تغییرات احجام تزریق دوغاب پشت سگمنت نشان داده شده است. (شکل ۲۰) نیز نمایی از عملیات نمونه‌گیری از داخل سگمنت را نشان می‌دهد.



شکل ۱۹- نمایی از احجام تزریق دوغاب پشت سگمنت



شکل ۲۰- نمایی از عملیات نمونه‌گیری از داخل سگمنت

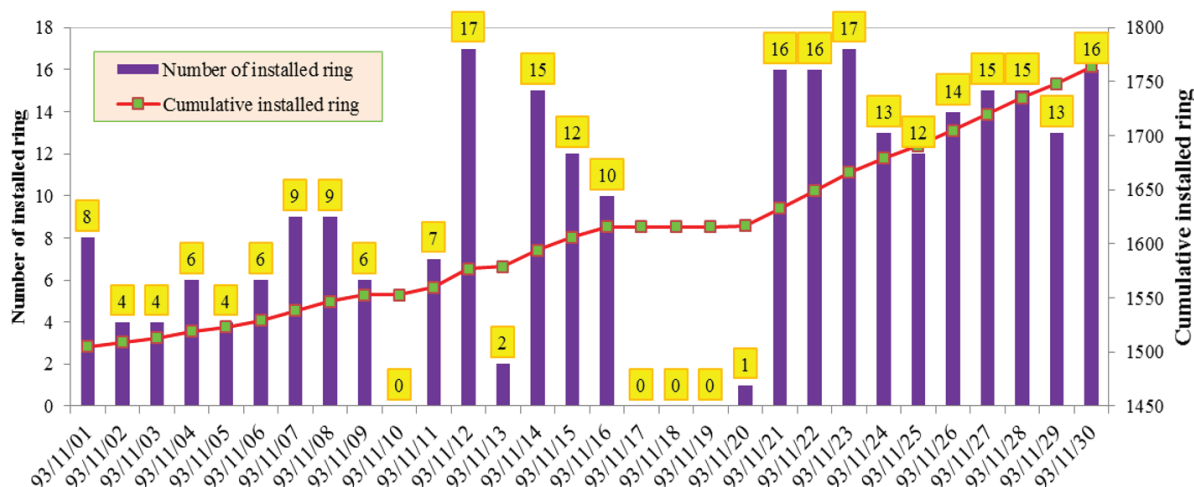
۵-۷- ضریب بهره‌وری ماشین

یکی از فاکتورهای اصلی در ارزیابی عملکرد ماشین، ضریب بهره‌وری ماشین می‌باشد. میزان ضریب بهره‌وری، مربوط به زمانی از عملیات می‌باشد که صرفاً برای عملیات حفاری بوسیله ماشین صرف شده است. ضریب بهره‌وری ماشین EPB-TBM بر اساس روند پیشروی ماشین، شرایط زمین‌شناسی، توقفات و تأخیرات محاسبه می‌شود. زمان نصب رینگ‌های سگمنتی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده ضریب بهره‌وری در ماشین‌های تک سپره مانند ماشین‌های EPB-TBM است. شرایط نامناسب زمین و وجود معارضین و موانعی که عبور از آنها نیازمند اقدامات ویژه است، مانند قنات‌ها، تقاطع با سایر تونل‌ها و خدمات شهری، عبور از زیر ساختمان‌های مهم و حساس، حفر تونل با روباره کم، حفاری در خاک‌های بولدر دار، جبهه‌کارهای مختلط، شرایط پیش‌بینی نشده زمین، برخورد با مخازن فاضلاب یا حفره‌های مصنوعی و طبیعی مدفون و مواردی از این قبیل نیز به شدت بر بهره‌وری ماشین مؤثر بوده و باعث کاهش آن می‌شود. علاوه بر این، مدیریت و پشتیبانی مناسب کارگاه و تجربه تیم حفاری و برخی قابلیت‌ها و امکانات ماشین برای حفاری در شرایط غیر طبیعی نیز از جمله موارد تأثیرگذار بر ضریب بهره‌وری ماشین است. در نظر گرفتن یک سری از فاکتورها می‌تواند به بیشتر شدن ضریب بهره‌وری کمک کند که برخی از آنها به شرح زیر می‌باشند:

- برنامه‌ریزی منظم و درست جهت انجام تعمیرات؛ این کار می‌تواند با شناسایی فضاهای مناسب که در آن احتمال ریزش‌های سطحی کمتر بوده و عملیات تعمیر یا نگهداری ماشین ایمن باشد انجام شود. البته بایستی توجه شود که انتخاب این فواصل باید بطور بهینه باشد. بعنوان مثال طولانی بودن ایستگاه‌های تعمیر نباید منجر به سایش بیش از حد ابزارهای برشی و یا حتی خود کاترهد شود؛
- استفاده از ابزارهای برش با جنس مناسب که طول عمر بیشتری داشته باشد؛
- امکان تعویض ابزارهای برشی در حداقل زمان ممکن؛
- همزمان نمودن چندین عملیات تعمیر و نگهداری با تقسیم وظایف؛
- بهینه کردن سیستم بهسازی مصالح که در کنترل گشتاور ماشین، سرعت خروج مصالح و در مجموع نرخ نفوذ ماشین بسیار مهم می‌باشد.

(شکل ۲۱) نمونه‌ای از تغییرات ضریب بهره‌وری را در طول یک دوره نشان می‌دهد.

ارزیابی تعداد رینگ‌های نصب شده در هر روز، به منظور بررسی عملکرد هر یک از شیفت‌های اجرایی و شناخت نقاط ضعف جهت رفع آنها یکی دیگر از اقدامات مهم در جهت بهبود عملکرد حفاری می‌باشد. بطور مثال در (شکل ۲۲) تعداد رینگ‌های نصب شده در یک دوره نشان داده شده است.



شکل ۲۳- تعداد رینگ‌های نصب شده به همراه منحنی تجمعی حفاری در یک دوره

۶- جمع‌بندی مطالب

برای تحلیل مناسب عملکرد ماشین EPB-TBM، بایستی داده‌های مناسب و کافی در طول مدت حفاری جمع‌آوری و ارزیابی گردند. داده‌های ثبت شده از اجزای الکتریکی و مکانیکی برای کنترل عملکرد صحیح ماشین و برنامه‌ریزی برای تعمیر و نگهداری منظم مورد استفاده قرار می‌گیرد. بررسی و تحلیل داده‌ها باعث شناسایی نقاط ضعف ماشین و تیم اجرایی شده و با ارائه راهکارهای مناسب، بهبود عملکرد را به همراه خواهد داشت.

پایش پیوسته داده‌ها برای هر سیکل پیشروی ماشین در طول مدت فرآیند حفاری باید حداقل شامل فاکتورهای فشار جبهه‌کار، نیروی تراست جک‌ها، گشتاور کاترهد، نرخ نفوذ ماشین، سرعت چرخش کاترهد، فاکتورهای بهسازی مصالح حفاری، احجام تخلیه مصالح و فاکتورهای تزریق دوغاب پشت سگمنت باشد که در این مقاله بطور مفصل به آنها پرداخته شده است. در این مقاله سعی شده است که با ارائه نمودارهای تغییرات فاکتورهای مذکور، درک بیشتری از نحوه تغییرات آنها در شرایط مختلف ایجاد کرد.

۷-منابع و مراجع

- [1] آمون، صادق؛ ۱۳۹۶. راهنمای ارزیابی عملکرد ماشین-های EPB-TBM در تونل‌سازی مکانیزه شهری، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء.
- [2] آمون، صادق؛ شهریار، کورش؛ شریف‌زاده، مصطفی؛ تابش، محمود. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر پارامترهای اجرایی ماشین EPB-TBM بر عمر ابزارهای حفاری، خط ۷ متروی تهران. دومین کنفرانس منطقه‌ای و یازدهمین کنفرانس تونل، ایران.
- [3] Guglielmetti, V., Grasso, P., Mahtab, M., Xu, S., 2007. Mechanized Tunneling in Urban Areas: Design Methodology and Construction Control. Taylor & Francis/Balkema, Leiden (507 pp.).
- [4] O'Carroll, J.B., 2005. A Guide to Planning, Constructing and Supervising Earth Pressure Balance TBM Tunneling. Parsons Brinckerhoff Publishing, New York (142 pp.).
- [5] EFNARC, 2005. Specification and Guidelines for the Use of Specialist Products for Mechanized tunneling (TBM) in Soft Ground and Hard Rock, April.
- [6] BTS, 2005. Closed-Face Tunneling Machines and Ground Stability. British Tunneling Society (Closed-Face Working Group) in association with the Institution of Civil Engineers: Thomas Telford Publishing, London (77 pp.).
- [7] Amoun, S., Sharifzadeh, M., Azali, S., Tabesh, M., 2015. EPB-TBM tunneling in abrasive soil, Tehran metro tunnel line 7, Iran. 11th Iranian and 2nd Regional Tunnelling Conference, Tehran, 2-5 November.
- [8] Amoun, S., Sharifzadeh, M., Kourosh, SH., Rostami, J., 2015. Soil abrasiveness for EPB-TBM along Tehran metro tunnel line 7, Iran. ITA-AITES World Tunnel Congress (WTC), Lacroma Valamar Congress Center, Dubrovnik, Croatia.
- [9] Amoun, S., Sharifzadeh, M., Kourosh, SH., Rostami, J., Azali, S., 2016. Evaluation of tool wear in EPB tunneling of Tehran Metro, Line 7 Expansion. Tunnelling and Underground Space Technology 61, 233-246.
- [10] Alavi Gharahbagh, E., Rostami, J., Talebi, K., Ibarra, J., 2013. Experimental and practical study of impact of soil conditioning on soil abrasion and cutter wear of EPB TBMs. In: RETC Conference June 23-26, Washington, DC.
- [11] Alavi Gharahbagh, E., Rostami, J., Talebi, K., 2014. Experimental study of the effect of conditioning on abrasive wear and torque requirement of full face tunneling machines. Tunnelling and Underground Space Technology 41, 127-136.
- [12] LCPC, 1990. LCPC Abrasivimeter Standard. Normalisation Francaise P18-579.
- [13] Peila, D., Picchio, A., Chierigato, A., Barbero, M., Dal, Negro, E., Boscaro, A., 2012. Test Procedure for Assessing the Influence of Soil Conditioning for EPB tunneling on the Tool Wear. World Tunneling Congress, Bangkok, Thailand.
- [14] Tarigh Azali, S., Ghafoori, M., Lashkaripour, Gh.R., Hassanpour, J., 2013. Engineering geological investigations of mechanized tunneling in soft ground. Engineering Geology 166 (8), 170-185.
- [15] Thuro, K., Käsling, H., 2009. Classification of the abrasiveness of soil and rock. Geomechanics and Tunneling 2 (2), 179-188.
- [16] Cerchar., 1986. The Cerchar Abrasiveness Index. Centre d' Etudes et Recherches de Charbonnages de France: Verneuil.
- [17] ASTM D7625-10, 2010. Standard Test Method for Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method.
- [18] AFNOR: NF P 94-430-1, 2000. Roches Détermination du pouvoir abrasif d'une roche Partie 1: Essai de rayure avec une pointe.
- [19] Bell, F.G., 2000. Engineering Properties of Soils and Rocks. Blackwell Science Ltd., Oxford, (482 pp.).
- [20] Venkatramaiah, C., 2006. Geotechnical Engineering. New Age International Publishers, New Delhi, India (926 pp.).

- [21] Heuer, R.E., Virgens, D.L., 1987. Anticipated behavior of silty sands in tunneling. In: Jacobs, J.M., Hendricks, R.S. (Eds.), Rapid Excavation and Tunneling Conference (RETC), New Orleans, USA, Proceedings, vol. 1, pp. 221-237.
- [22] Erickson, L., Raleigh, P., Romero, V., 2008. Geotechnical conditions and TBM selection for the bay tunnel. In: Roach, M.F., Ofiara, D., Townsend, B.F., Kritzer, M.R. (Eds.), North American Tunneling Conference (NAT), San Francisco, USA, pp. 389-398.
- [23] Marinos, P.G., Novack, M., Benissi, M., Stoumpos, G., Papouli, D., Panteliadou, M., Marinos, V., Boronkay, K., Korkaris, K., 2009. Assessment of ground conditions with respect to mechanized tunneling for the construction of extension of the Athens Metro to the city of Piraeus. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 68 (1), 17-26.
- [24] Thewes, M., Burger, W., 2004. Clogging risks for TBM drives in clay. *Tunnels & Tunneling International* 28-31 (June).
- [25] Thompson, J., Chai, J., Biggart, A., Young, D., 2008. Earth pressure balance machines for the Silicon Valley rapid transit project—basis of design. In: Roach, M.F., Ofiara, D., Townsend, B.F., Kritzer, M.R. (Eds.), North American Tunneling Conference (NAT), San Francisco, USA, pp. 168-176.
- [26] Langmaack, L., 2002. Soil conditioning for TBM—chances and limits. *Journé'es d'Etudes Internationales de Toulouse—Underground Works, Living Structures*. Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES).
- [27] Langmaack, L., Feng, Q., 2005. Soil conditioning for EPB machines: balance of functional and ecological properties. In: Erdem, Y., Solak, T. (Eds.), ITA-AITES World Tunnel Congress (WTC), Istanbul, Turkey, pp. 729-735.
- [28] Marinos, P.G., Novack, M., Benissi, M., Stoumpos, G., Papouli, D., Panteliadou, M., Marinos, V., Boronkay, K., Korkaris, K., 2009. Assessment of ground conditions with respect to mechanized tunneling for the construction of extension of the Athens Metro to the city of Piraeus. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 68 (1), 17-26.
- [29] Rieker, K., 2005. Comparison of face pressurized shield methods in various soil conditions. In: Hutton, J.D., Rogstad, D. (Eds.), Rapid Excavation and Tunneling Conference (RETC), Seattle, USA, pp. 307-317.
- [30] Sass, I., Burbaum, U., 2008. A method for assessing adhesion of clays to tunneling machines. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 68 (1), 27-34.
- [31] DiPonio, M.A., Chapman, D., Bournes, C., 2007. EPB tunnel boring machine design for boulder conditions. In: Traylor, M.T., Townsend, J.W. (Eds.), Rapid Excavation and Tunneling Conference (RETC), Toronto, Canada, pp. 215-228.
- [32] Dowden, P.B., Robinson, R.A., 2001. Coping with boulders in soft ground tunneling. In: Hansmire, W.H., Gworing, I.M. (Eds.), Proceedings Rapid Excavation and Tunneling Conference (RETC), San Diego, USA, pp. 961-977.
- [33] Hassanpour, J., Rostami, J., Tarigh Azali, S., 2013. Engineering geological characterizing of alluvial sediments along the Line A of Qom metro project, Iran. In: Anagnostou, G., Ehrbar, H. (Eds.), ITA-AITES World Tunnel Congress (WTC), Geneva, Switzerland, pp. 1047-1054.

در این بخش در هر شماره از فصلنامه از تعدادی از پروژه های در دست کار مهندسین مشاور پژوهش معرفی و ویژگی تجربیات و دست آوردهای آن ارائه می گردد.



بررسی روش‌های اجرا شده حلقه آب‌بند و محفظه نگهدارنده گروت (ایستگاه امام حسین^(ع) - خط دو قطار شهری اصفهان) مهندس محمد نوری / مهندس رضا آل خمیس

چکیده

عملیات ساخت تونل‌های قطار شهری بدلیل شرایط خاص زمین‌شناسی و بافت متراکم و فرسوده شهری و علی‌الرغم بهره‌گیری از دستگاه‌های حفار پیشرفته (Earth Pressure Balance) همواره با چالش‌هایی مواجه بوده است. از جمله این چالش‌ها، عدم اعمال پارامترهای صحیح راهبری، بویژه در نواحی ورود و خروج ایستگاه‌های از پیش ساخته شده و شفت‌های تغذیه (Launching Shaft) بدلیل عدم اتخاذ تمهیدات مناسب آب‌بندی می‌باشد. خط دو قطار شهری اصفهان بطول ۲۴/۷ کیلومتر و شامل ۲۳ ایستگاه می‌باشد که با توجه به تراز حفاری، بخش‌هایی از این مسیر در زیر سطح آب زیرزمینی واقع گردیده است. در این گزارش به روش‌های آب‌بندی اجرا شده در زمان ورود و خروج دستگاه حفار در ایستگاه امام حسین^(ع) که در زیر سطح آب زیرزمینی احداث گردیده، و نتایج حاصله اشاره شده است.

مقدمه

با توسعه شهرهای بزرگ و افزایش روزافزون جمعیت عملیات ساخت و اجرای خطوط قطار شهری رو به گسترش است. روش‌های تونل‌سازی مکانیزه دارای مزایایی از جمله کاهش زمان ساخت، کاهش هزینه و ایمنی بالا است. در محیط‌های شهری به دلیل وجود سازه‌های گوناگون از جمله ساختمان‌ها، تأسیسات و خیابان‌ها محدودیت‌های زیادی برای میزان نشست ناشی از حفاری تونل‌ها وجود دارد. تونل‌های قطار شهری به علت نزدیک بودن به سطح زمین در اکثر موارد در بستر خاکی و زیر سطح آب زیرزمینی حفر می‌شوند. در چنین شرایطی پایداری جبهه‌کار و پرکردن فضاهای خالی ناشی از حفاری، یکی از مهم‌ترین عوامل است. در اواخر دهه ۱۹۷۰ حفاری تونل‌های کم عمق در مناطق شهری و خصوصاً در شرایط خاص زمین‌شناسی همچون خاک‌های نرم و محیط‌های اشباع با استفاده از دستگاه‌های حفار مکانیزه و از طریق کنترل کامل جبهه‌کار، پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای نمود. اعمال صحیح پارامترهای راهبری دستگاه حفار همچون رعایت فشار تعادلی زمین در بازه‌های طراحی شده، اعمال صحیح فشار و حجم گروت پرکننده تزریق شده و غیره، از موارد ضروری جهت اجرای حفاری ایمن می‌باشد. عدم اتخاذ تمهیدات آب‌بندی مناسب در زمان ورود و خروج دستگاه حفار در ایستگاه‌های از پیش حفاری شده، بویژه در زیر سطح آب زیرزمینی و با توجه به خصوصیات فنی و هندسی دستگاه‌های حفار می‌تواند منجر به عدم اعمال صحیح پارامترهای راهبری همچون فشار تعادلی زمین و تزریق حجم مورد نیاز گروت پرکننده در همان رینگ‌های ابتدایی گردیده و نهایتاً منجر به بروز نشست‌های سطحی مخاطره‌آمیز، بویژه در محدوده سازه‌های مجاور ایستگاه‌ها در بافت‌های متراکم شهری گردد. در این گزارش به انواع روش‌های مناسب جهت ورود و خروج ایمن دستگاه‌های حفار در محدوده ایستگاه‌ها اشاره گردیده است.

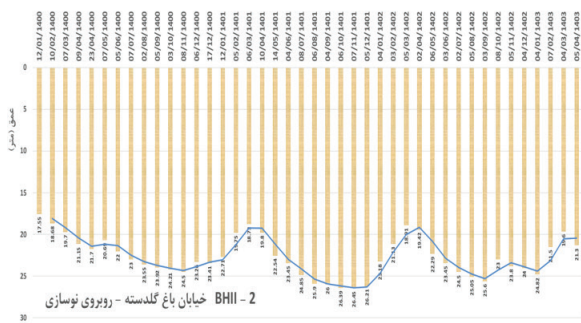
۱- زمین‌شناسی

محدوده مورد نظر در شمال رودخانه زاینده رود و در رسوبات دشت سیلابی واقع شده است. به طور کلی این رسوبات به سه لایه زیر قابل تفکیک هستند:

- ۱- رسوبات ریزدانه فوقانی
- ۲- رسوبات درشت‌دانه رودخانه‌ای
- ۳- رسوبات ریزدانه زیرین

۲- وضعیت آب زیرزمینی

لایه آب‌دار شمال شهر اصفهان در رسوبات درشت‌دانه رودخانه‌ای قرار گرفته، که بین دو لایه ریزدانه فوقانی و تحتانی بوده و جهت عمومی این جریان‌ات زیرزمینی به سمت شمال و شمال شرق اصفهان می‌باشد. این لایه آبدار متأثر از رودخانه زاینده رود، بارندگی‌های فصلی، آب‌های نفوذی سطحی، میزان برداشت توسط چاه‌های موجود و غیره است. با توجه به اینکه منبع اصلی تغذیه آبخوان شهر اصفهان رودخانه زاینده رود است، در زمان‌های بازگشایی سد زاینده رود و جریان آب در رودخانه، سطح آب زیرزمینی بدلیل تغذیه سفره زیرزمینی به سرعت بالا آمده (شکل ۱)، بگونه‌ای که تونل و ایستگاه‌های واقع شده در بخش‌های عمیق‌تر خط دو قطار شهری اصفهان، کاملاً در زیر سطح آب زیرزمینی قرار می‌گیرد، و این موضوع همواره چالش‌هایی را در زمان احداث تونل و ایستگاه‌ها به همراه داشته است.



شکل ۱- تغییرات سطح آب زیرزمینی در دوره‌های زمانی مختلف (گمانه محدوده مورد مطالعه: BHII - 2)

۳- انواع روش‌های آب‌بندی

در ایستگاه‌های واقع شده در بافت متراکم شهری و زیر سطح آب زیرزمینی که حدود نشست مجاز سازه‌های حساس در محدوده ورود و خروج TBM ناچیز می‌باشد، ضروری است به هنگام ورود و خروج دستگاه حفار تمهیدات لازم به منظور آب‌بندی اتخاذ گردیده تا شرایط اعمال صحیح پارامترهای راهبری طراحی شده با توجه به خصوصیات فنی و هندسی دستگاه حفار (طول سپر دنباله، و...) در همان حفاری‌های ابتدایی مهیا گردد. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۳-۱- انجماد خاک (Ground Freezing)

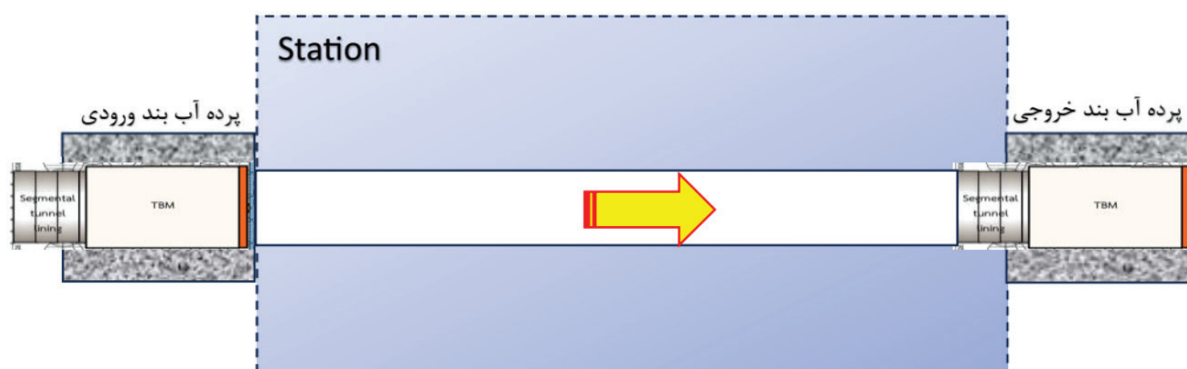
یکی از روش‌های تثبیت و آب‌بندی، بهسازی خاک از طریق انجماد آن می‌باشد. در این روش، از طریق یک لوله مرکزی جریان آب نمک فوق سرد (معمولاً از ۵۲- تا ۳- درجه سانتیگراد) و یا نیتروژن مایع به پایین هدایت می‌شود. این جریان، گرما را از خاک اطراف خود گرفته و باعث یخ زدن خاک پیرامون تونل می‌گردد. از جمله مزایای این روش می‌توان به بهبود پایداری خاک، جلوگیری از جریان و هجوم آب زیرزمینی و نهایتاً عدم شسته شدن مصالح پیرامون تونل مادامیکه سپر دنباله (Shield) کاملاً درون زمین قرار گیرد، اشاره کرد. لازم بذکر است در این روش و تا زمان ورود کامل سپر دنباله درون زمین، امکان اعمال فشار تعادلی زمین (در صورت نیاز و متناسب با ابعاد زون منجمد شده) بدلیل نشست سیال و مصالح حفاری از گپ ناشی از مخروطی بودن سپر دنباله وجود ندارد و این موضوع می‌تواند یکی از موانع بزرگ در استفاده از این روش باشد (شکل ۲).



شکل ۲- انجماد خاک

۲-۳- پرده آب‌بند به روش شمع یا جت گروتینگ (Jet Grouting)

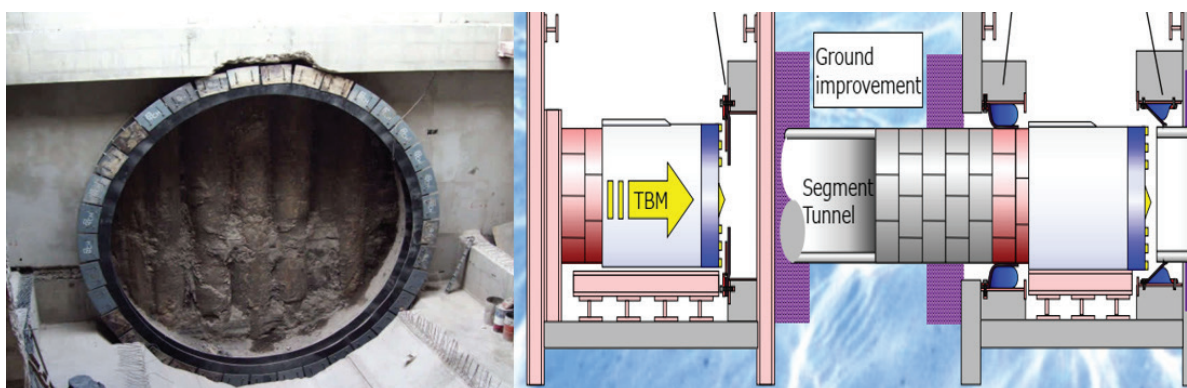
در این روش و به موازات عملیات اجرایی ساخت ایستگاه در محدوده ورود و خروج دستگاه حفار پرده آب‌بندی به روش‌های حفر شمع یا جت گروتینگ احداث می‌گردد. طول و عرض این پرده متناسب با قطر کاترهد و طول سپر دنباله مشخص گردیده و می‌بایست بگونه‌ای طراحی گردد که سپر و رینگ دنباله به شکل کامل و قبل از حفاری زمین اشباع درون آن قرار گیرد. از جمله مزایای این روش می‌توان به بهبود پایداری خاک، جلوگیری از هجوم آب زیرزمینی و نهایتاً عدم شسته شدن مصالح پیرامون تونل مادامیکه سپر دنباله کاملاً درون زمین قرار گیرد، اشاره نمود. لازم بذکر است با توجه به گپ حاصله از مخروطی بودن سپر دنباله احتمال نشت سیال و مصالح حفاری به محدوده درون ایستگاه وجود دارد. همچنین بخشی از عملیات حفاری در مصالح بتنی صورت می‌گیرد که این موضوع می‌تواند منجر به اعمال نیروی تراست بیشتر و تا حدی فرسایش ابزار برشی گردد. همچنین این روش نیاز به فضای بیشتر جهت اجرای پرده آب‌بند دارد که در برخی ایستگاه‌های واقع شده در بافت‌های متراکم شهری، بدلیل وجود سازه‌های سطحی در مجاورت ایستگاه‌ها می‌تواند محدودیت‌هایی را ایجاد نماید (شکل ۳).



شکل ۳- پرده آب‌بند

۳-۳- حلقه آب‌بند (Eye Seal)

در این روش یک حلقه آب‌بند پیرامون محل ورود و خروج دستگاه حفار و بر روی دیوار سازه‌ای ایستگاه نصب می‌گردد. این حلقه متشکل از یک رینگ فلزی، تیوب آب‌بندی مخصوص و پره‌های نگهدارنده تیوب می‌باشد، و پس از عبور کاترهد و محفظه حفار و در ابتدای سپر دنباله در مرحله نخست با فشار مشخصی تیوب منبسط گردیده و با مسدود نمودن فضای ناشی از مخروطی بودن سپر دنباله از نشت سیال و مصالح حفاری به درون ایستگاه جلوگیری بعمل می‌آید. در مرحله بعد و پس از عبور کامل سپر دنباله، با توجه به قطر کوچک‌تر رینگ نصب شده میزان انبساط تیوب با اعمال فشار بیشتر افزایش یافته تا ضمن پوشش کامل محیط خارجی رینگ از نشت گروت پرکننده ممانعت گردد (شکل ۴). از جمله مزایای این روش می‌توان به اعمال فشار تعادل زمین بویژه در هنگام خروج دستگاه حفار از ایستگاه، جلوگیری از نشت سیال حفاری و تزریق مناسب گروت پرکننده اشاره نمود. لازم بذکر است بدلیل اعمال فشار زیاد ناشی از وزن دستگاه حفار، تیوب مورد استفاده می‌بایست دارای مشخصات فنی خاصی باشد، و با توجه به ابعاد حلقه فلزی بویژه در دستگاه‌های حفار با قطر بزرگتر نیاز به بازشوهای مناسب در محدوده نصب حلقه‌ها می‌باشد.

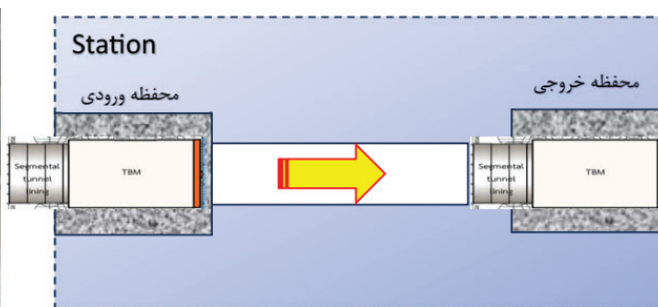


شکل ۴- حلقه آب‌بند

۳-۴- محفظه نگهدارنده گروت (Grout Retaining Chamber)

در این روش با اجرای دیواره‌های بتنی درون محدوده ایستگاه، یک محفظه نگهدارنده گروت ساخته می‌شود، و پس از حرکت دستگاه حفار و قرارگیری کامل سپر دنباله درون این محفظه و اجرای دیواره سربندی محیطی رینگ، حفاری در بخش اصلی زمین شروع می‌گردد. این محفظه می‌تواند به دو صورت مکعب بتنی توپر یا توخالی اجرا گردد (شکل ۵). در صورت اجرای مکعب بتنی توپر، احجام بتن ساخته شده و طول حفاری در محدوده بتن به مراتب افزایش می‌یابد؛ منتهی حجم گروت مصرف شده پیرامون رینگ‌های منفی درون محفظه، در مقایسه با حالت مکعب توخالی کمتر می‌گردد. لازم بذکر است در حالت تراز بالای سطح آب زیرزمینی و سست بودن مصالح پیرامون تونل و به منظور حفظ فشار تعادل، ضروری است با بهره‌گیری از مکعب توپر میزان هجوم آب و مصالح ریزشی بدرون محفظه را به حداقل رساند، در غیر اینصورت اجرای مکعب توخالی با توجه به احجام کمتر بتن، عدم نیاز به حفاری در بخش بتنی، صرف زمان و هزینه کمتر ارجحیت دارد. در این روش امکان حفظ فشار تعادلی زمین و جلوگیری از هجوم آب و مصالح سست وجود دارد و از معایب آن می‌توان به اشغال بخشی از فضای داخلی ایستگاه تا رسیدن دستگاه حفار به ایستگاه بعد اشاره نمود.

با توجه به موارد مذکور مزایا و معایب هر روش در (جدول ۱) خلاصه شده است.



شکل ۵- محفظه نگهدارنده گروت

جدول ۱- مقایسه مزایا و معایب روش‌های آب‌بندی

روش	مزایا	معایب
انجماد خاک	جلوگیری از هجوم آب زیرزمینی و مصالح پیرامون تونل بدرون ایستگاه بهبود پایداری خاک پیرامون تونل	نیاز به تجربه، تکنولوژی و تجهیزات خاص عدم امکان اعمال فشار تعادل در صورت نیاز نیاز به طول زیاد حفاری چال و فضای مناسب در محدوده سطحی ایستگاه نشت حجم زیادی از مصالح حفاری شده بدرون ایستگاه. صرف زمان و هزینه زیاد
پرده آب‌بند	جلوگیری از هجوم آب زیرزمینی و مصالح پیرامون تونل بدرون ایستگاه بهبود پایداری خاک پیرامون تونل	نیاز به فضای سطحی در محدوده کارگاه نشت حجم زیادی از مصالح حفاری شده بدرون ایستگاه حفاری در مصالح نسبتاً سخت و نیاز به ساپورت قوی (پوش فریم یا)
حلقه آب‌بند	جلوگیری از هجوم آب زیرزمینی و مصالح پیرامون تونل بدرون ایستگاه امکان اعمال فشار تعادلی زمین امکان حفاری پیوسته و تزریق گروت پرکننده با فشار مناسب	نیاز به فضای سطحی در محدوده کارگاه نشت حجم زیادی از مصالح حفاری شده بدرون ایستگاه حفاری در مصالح نسبتاً سخت و نیاز به ساپورت قوی (پوش فریم یا)
محفظة نگهدارنده گروت	جلوگیری از هجوم آب زیرزمینی و مصالح پیرامون تونل بدرون ایستگاه امکان اعمال فشار تعادلی زمین امکان حفاری پیوسته و تزریق گروت پرکننده با فشار مناسب اجرای ساده عدم نیاز به نصب ساپورت‌های رینگ‌های منفی	نشت مصالح حفاری شده بدرون ایستگاه در حالت مکعب توپر اشغال بخشی از فضای ایستگاه حفاری بخشی از مقطع بتنی در حالت مکعب توپر حجم بالای تزریق گروت پرکننده در حالت مکعب توخالی

۴- حلقه آب‌بند ایستگاه امام حسین^(۴)

با توجه به موقعیت حساس محدوده ورود دستگاه حفار در این ایستگاه (بافت متراکم و سازه قدیمی)، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در زمان ورود دستگاه حفار (۲ متر پایین‌تر از تاج تونل) و وضعیت خاص زمین‌شناسی محدوده مورد نظر، مقرر گردید به منظور جلوگیری از هجوم آب و مصالح به درون ایستگاه، اجرای کامل گروت پرکننده، حرکت پیوسته دستگاه حفار تا خروج کامل سپر دنباله و به حداقل رساندن نشست‌های سطحی از حلقه آب‌بند در بخش ورودی دستگاه حفار به ایستگاه استفاده گردد (شکل ۶).



شکل ۶- حلقه آب‌بند نصب شده در محدوده ورود دستگاه حفار

در این مرحله پس از عبور محفظه حفاری و منبسط شدن تیوب عملیات تزریق گروت پرکننده در هر مرحله از رینگ‌گذاری و متناسب با پیشروی دستگاه حفار صورت گرفت که ضمن جلوگیری از هجوم آب و مصالح سست بدرون ایستگاه، بخش قابل توجهی از عملیات تزریق گروت پرکننده به شکل مطلوبی صورت پذیرفت.

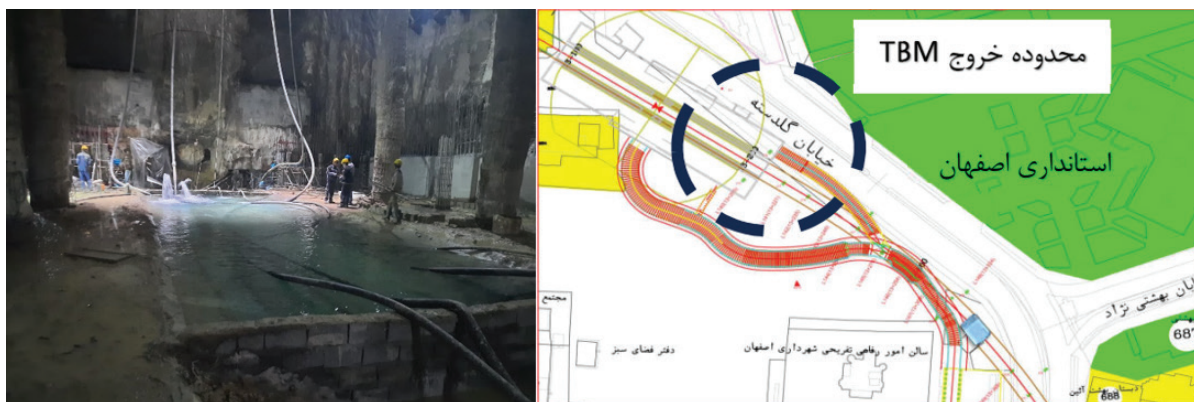
۵- محفظه نگهدارنده گروت ایستگاه امام حسین^(۴)

با توجه به موقعیت حساس محدوده خروج دستگاه حفار در این ایستگاه (بافت متراکم)، بالاتر آمدن سطح آب زیرزمینی در زمان خروج دستگاه حفار (۲ متر بالاتر از تاج تونل)، موقعیت تونل‌های دسترسی ایستگاه و وضعیت خاص زمین‌شناسی محدوده مورد نظر مقرر گردید به منظور به حداقل رساندن جابجایی تونل‌های دسترسی ایستگاه و نشست‌های سطحی (اعمال فشار تعادلی مورد نیاز) و جلوگیری از هجوم آب و مصالح به درون ایستگاه از محفظه نگهدارنده گروت در بخش خروجی استفاده گردد (شکل ۷). از جمله دلایل عدم اتخاذ دیگر روش‌ها نیز می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

روش انجماد خاک: بدلیل عدم تجربه، امکانات و عدم اجرای موارد مشابه در کشور؛

روش پرده آب‌بند: بدلیل وجود سازه‌های حساس در محدوده ایستگاه و عدم فضای کافی بر روی سطح زمین؛

روش حلقه آب‌بند: عدم وجود سازنده تیوب با مشخصات فنی لازم.



شکل ۷- محدوده خروج دستگاه حفار و حوضچه تخلیه آب زیرزمینی از سینه کار - دیواره خروجی

به منظور کاهش تداخلات عملیات اجرایی محفظه با دیگر فعالیت‌های مرتبط با ایستگاه مذکور، و کاهش زمان احداث محفظه از قالب لغزنده استفاده شد. در این مرحله از دو نوع طرح اختلاط بتن استفاده گردید. با توجه به محدودیت‌های نیروی پیشران دستگاه حفار بدلیل وجود رینگ‌های ناقص و به منظور به حداقل رساندن میزان سایش ابزار برشی و زمان حفاری از بتن پلاستیک با رده C5 در بخش مقطع حفاری و رده C25 در دیواره‌های اطراف استفاده گردید. همچنین با کاهش طول مورد نیاز حفاری مقطع بتنی، حجم بتن مصرفی رده C5 به میزان ۷۰٪ و زمان اجرای عملیات به شکل قابل توجهی کاهش یافت (شکل ۸).



شکل ۸- محفظه نگهدارنده گروت

بمنظور سهولت و کاهش زمان اجرای عملیات و با توجه به پرکردن غالب فضای خالی پشت رینگ و دیواره‌های محفظه به شیوه ثقیلی، پس از ورود کامل سپر دنباله به محدوده محفظه نگهدارنده گروت از چیدمان تیر آهن و ورق گالوانیزه در بخش سقف استفاده گردید (شکل ۹).



شکل ۹- مراحل اجرای سقف محفظه نگهدارنده گروت

همزمان با شروع حفاری مقطع بتنی و پیشروی دستگاه حفار و به منظور تسریع در عملیات پر کردن فضای خالی پشت رینگ‌ها با دیواره محفظه نگهدارنده، تزریق گروت از لاین‌های دستگاه حفار، و مخلوط دوغاب و شن از دریچه‌های سقف در هر مرحله پیشروی به شکل کامل صورت پذیرفت (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- پر کردن فضای خالی بین رینگ و دیواره‌های محفظه نگهدارنده گروت

نهایتاً پس از پایان عملیات ساخت محفظه نگهدارنده گروت و عبور دستگاه حفار از محدوده مذکور، مقادیر نشست سطحی با توجه به اجرای محفظه نگهدارنده، اعمال فشار تعادلی زمین مطابق با مقادیر طراحی شده، تزریق مناسب گروت پرکننده با فشار طراحی شده و پیشروی پیوسته دستگاه حفار به کمترین میزان (۶ میلیمتر) و در محدوده مجاز تثبیت شد، و از هجوم مصالح و آب زیرزمینی بدرون ایستگاه نیز ممانعت گردید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- اعمال فشار تعادلی زمین در بازه طراحی شده و نمودار نشست در محدوده رینگ‌های ابتدایی (خروج دستگاه حفار از ایستگاه شماره ۴)

در هر شماره از فصلنامه ضمن معرفی تجربیات پیشین مهندسين مشاور پژوهش در خدمات مدیریت طرح، مشاور کارفرما، مطالعات، طراحی و یا نظارت یکی از پروژه‌هایی که به بهره‌برداری رسیده است معرفی می‌گردد. سعی بر این است که در طی این معرفی ویژگی‌ها، مشکلات و شرایط خاص هر پروژه به صورت خلاصه شرح داده شود.



معرفی دیپوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد دکتر سید حسام موسوی

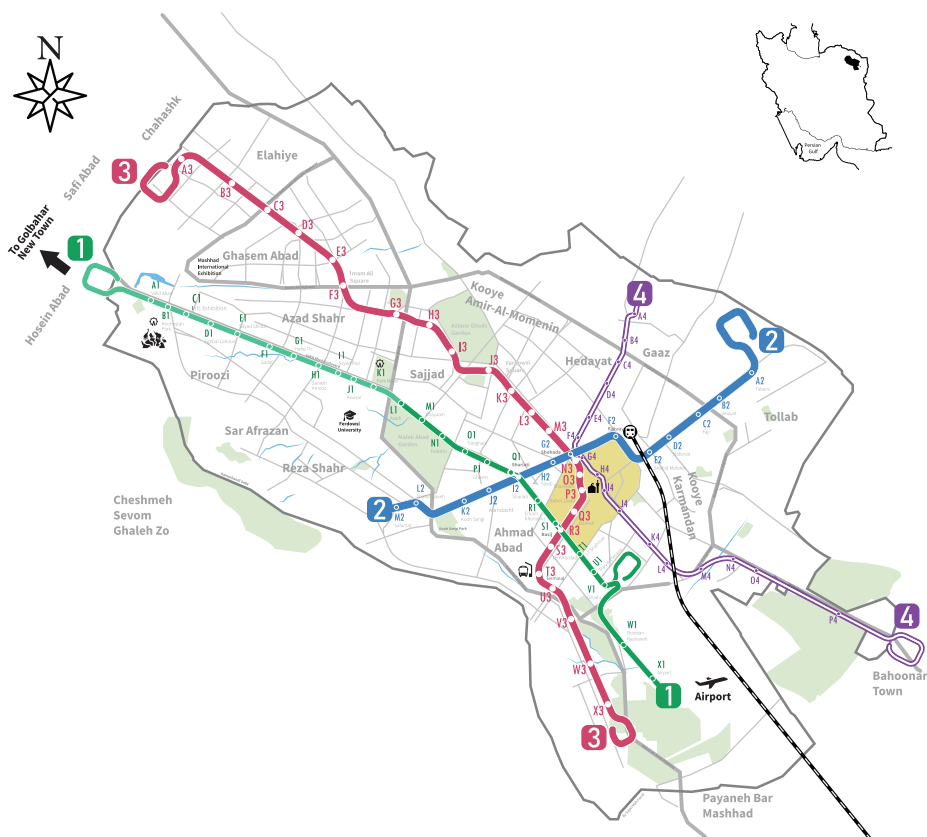
۱- مقدمه

در سال‌های ابتدایی ساخت مترو در کشور انجام امور مهندسی در بخش ناوگان و تجهیزات در مراحل مختلف توسط مشاوران خارجی به انجام رسیده است که در این خصوص به تجربیات مشاوران اروپایی در پروژه‌های مختلف می‌توان اشاره نمود. لیکن با گذشت زمان و افزایش دانش فنی در کشور توان مهندسی در این خصوص افزایش یافته و مهندسین مشاور پژوهش نیز طی ۱۵ سال گذشته در پروژه‌های متعدد تجهیزاتی مشارکت داشته و نسبت به ارائه خدمات مهندسی اقدام کرده است که از آن جمله می‌توان به پروژه‌های ذیل اشاره نمود:

- مطالعات مرحله اول پروژه خط ۲ قطار شهری مشهد با همکاری شرکت Sysstra؛
- مطالعات مرحله اول پروژه خط ۳ قطار شهری شیراز با همکاری شرکت Team Engineering؛
- مطالعات مرحله اول پیشرفته پروژه خط ۳ قطار شهری مشهد؛
- مطالعات شناخت و مرحله اول شهر جدید گلبهار؛
- مطالعات امکان‌سنجی و تکمیلی قطار سبک شهری شهر تهران؛
- مطالعات مرحله اول پروژه خط ۱۱ قطار شهری تهران؛
- مطالعات مرحله اول پروژه خط ۸ قطار شهری تهران با مشارکت مهندسین مشاور رهساز طرح؛
- مطالعات مرحله اول و دوم پروژه خط ۱ قطار سبک شهری کرمانشاه؛
- ارائه خدمات مشاور کارفرما در بخش تجهیزات پروژه‌های خطوط ۲ و ۴ مشهد، خطوط حومه‌ای اصفهان - بهارستان.

بطور کلی چنانچه در یک شهر چندین دیپو تعمیراتی برای یک شبکه ریلی وجود داشته باشد، توصیه می‌شود که برخی از عملیات تعمیراتی که دائمی و به صورت روزمره نمی‌باشد به صورت متمرکز در یک دیپو صورت پذیرد که اصطلاحاً به آن دیپوی جامع می‌گویند. این عملیات نظیر برخی فرآیندهای بازرسی خاص دوره‌ای، تراش چرخ و محور در تعمیرات سنگین، رنگ‌آمیزی بدنه در هنگام وقوع حوادث و یا بعد از نیمه عمر قطار، تعمیرات اصلاحی تجهیزات و زیر سیستم‌های ناوگان که نیازمند تجهیزات و کارکنان متخصص می‌باشند، خواهد بود؛ لذا با این رویکرد نیاز به تأمین برخی تجهیزات گران‌قیمت برای تمامی دیپوها در یک شبکه ریلی شهری منتفی بوده و ضمناً کارکنان متخصص و آموزش دیده صرفاً در یک دیپو با تعدد عملیات کاری و حجم کار مناسب مشغول به کار خواهند شد.

دیپوی خط ۲ قطار شهری مشهد نیز دیپوی جامع شبکه ریلی این شهر در مُد حمل و نقل مترو می‌باشد و علاوه بر انجام تعمیرات کلیه سطوح برای ناوگان خط ۲، انجام تعمیرات سطوح ۴ و ۵ تعمیراتی قطارهای خطوط ۳ و ۴ را نیز شامل خواهد شد. در (شکل ۱) وضعیت شبکه متروی مشهد نمایش داده شده است.



شکل ۱- شبکه متروی شهر مشهد

۲- شناخت ناوگان مورد استفاده در خط ۲ قطار شهری مشهد

شناخت صحیح ناوگان مورد استفاده و مورد نظر، جهت انجام تعمیرات در دیو حائز اهمیت بوده و می بایست قبل از طراحی دیو به این موضوع توجه ویژه ای داشت. قطار مورد استفاده در خط ۲ متروی مشهد از نظر نوع، در طبقه بندی متروی سبک قرار گرفته و ویژگی های ذیل را دارا می باشد:

جدول ۱- مشخصات کلی ناوگان مورد استفاده در خط ۲ قطار شهری مشهد

Parameter	Value	No.
Car length	20 m	1
Train set length	5×20 ≈ 100 m	2
Current collection	3 rd rail	3
Collection Voltage	750 VDC	4
Maximum design speed	90 km/h	5
Maximum operating speed	80 km/h	6
Starting acceleration	≈ 1.00 m/s ²	7
Mean acceleration from 0 to 40% of max operating speed	≈ 1.00 m/s ²	8
Normal service deceleration (max operating speed to 0 km/h)	0.95 m/s ²	9
Minimal Emergency deceleration	1.2 m/s ²	10
Train empty load	185 tons	11
Traction type	Asynchronous	12
Regenerative brake	Yes	13

۳- اهداف تعمیرات و نگهداری در دیپوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد

بنا به تجربه جاری در فعالیت‌های تعمیرات و نگهداری، چهار هدف تعمیرات و نگهداری در طراحی دیپوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد مدنظر بوده است:

- ایمنی؛
- واکنش‌پذیری و در دسترس بودن؛
- بهره‌وری از نظر هزینه‌کرد؛
- چشم‌انداز بلندمدت.

۳-۱- ایمنی

ایمنی افراد، امکانات و تجهیزات در دیپو در اولویت نخست می‌باشد. فعالیت‌های تعمیرات و نگهداری از نقطه نظر ایمنی، بحرانی محسوب شده زیرا هرگونه مداخله غیر اصولی در امور تعمیرات، ممکن است به ایجاد موقعیت‌های غیرایمن منجر شود.

برای دستیابی به کنترل ایمنی، اصول ذیل مدنظر بوده است:

- ایجاد یک سازمان منسجم و شفاف؛
- کنترل بی‌نقص بر روی اجزاء یک سیستم (مواد اولیه، بسته‌های نرم‌افزاری، نصب و راه‌اندازی)؛
- کنترل کامل بر روی مستندات فنی و رویه‌ها؛
- کنترل کامل بر روی مداخلات تعمیرات و بازخوردهای کاری براساس تجربه؛
- صلاحیت و حرفه‌ای بودن کارکنان مشغول در امور تعمیرات.

۳-۲- واکنش‌پذیری و در دسترس بودن

فعالیت‌های تعمیرات و نگهداری کاملاً وابسته به طراحی تجهیزات می‌باشند. در طراحی‌های مدرن، تجهیزات به گونه‌ای ساخته می‌شوند که در صورت خرابی ممکن است عملکرد در حالت تنزل یافته با مداخله کارکنان بهره‌بردار (اما نه الزاماً) ادامه پیدا کند. فعالیت‌های تعمیرات و نگهداری باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی گردند که اهداف RAMS در سیستم‌های ریلی و زیرساخت‌های عمرانی را برآورده نمایند.

برای رسیدن به الزامات RAMS، عوامل موثر بر روی سیستم‌ها بایستی در طول چرخه عمر تجهیز، نظارت و کنترل شوند.

۳-۳- بهره‌وری از نظر هزینه‌کرد

با توجه به استراتژی‌های تعمیرات و نگهداری، سازمان بهره‌بردار (متصدی امور تعمیرات و نگهداری) می‌بایست با هدف ارائه خدمات با کیفیت و کارایی بالا و با پرداخت کمترین هزینه، به صورت بهینه مشغول به فعالیت باشد. از نقطه نظر هزینه‌کرد، موارد ذیل در نظر بوده است:

- هزینه‌های دستمزد نیروی انسانی؛
- هزینه تامین قطعات یدکی؛
- هزینه‌های تعمیرات و نگهداری برون‌سپاری شده؛
- هزینه ابزارها و تجهیزات آزمایش.

سیاست‌های برون‌سپاری انجام تعمیرات، یکی از پارامترهای مهم در هزینه‌های تعمیرات و نگهداری می‌باشد. با توجه به میزان هزینه و کارایی، می‌بایست بین هزینه‌های انجام تعمیرات بصورت داخلی (انجام در سایت) و هزینه‌های برون‌سپاری تعمیرات، نقطه تعادلی ایجاد گردد و در برهه‌های زمانی متفاوت، سیاست‌گذاری سازمان بهره‌بردار جهت انجام تعمیرات تعیین شود.

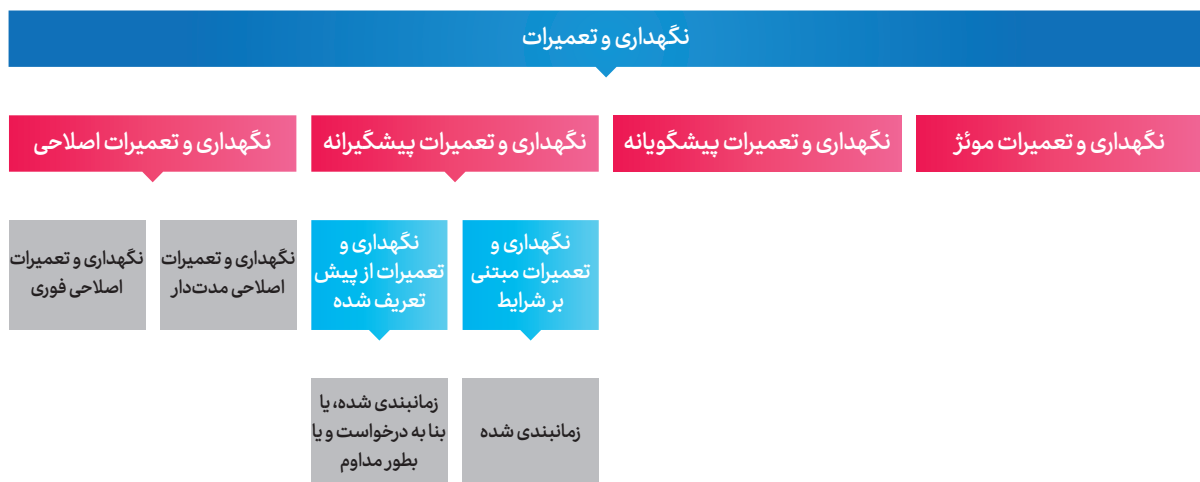
۳-۴- چشم‌انداز بلند مدت

جهت رسیدن به اهداف کارایی دیو در بلند مدت، موارد ذیل مدنظر قرار گرفته است:

- پشتیبانی مهندسی؛
 - دانش کارکنان تعمیرات و نگهداری.
- یک سازمان تعمیرات و نگهداری کارآمد، بایستی توسط گروهی از مهندسين با تجربه در مسئولیت‌ها و فعالیت‌های تعمیراتی سطح بالا، پشتیبانی گردند.
- کارکنان تعمیرات و نگهداری بایستی آموزش دیده و برای فعالیت‌هایشان گواهی صلاحیت داشته باشند.
- به منظور حفظ سطح دانش کارکنان، موارد ذیل مورد نظر بوده است:
- برنامه‌های آموزشی برنامه‌ریزی شده و سازگار با نیازمندی‌های کارکنان نت؛
 - ارتباط کاری منظم بین کارکنان و تیم‌های عملیات اصلاحی و پیشگیرانه؛
 - کنترل منظم سطح دانش کارکنان توسط مرکز آموزش دیو و بصورت سلسله مراتبی.

۴- معرفی انواع عملیات تعمیرات و نگهداری و سطوح آن

سیستم تعمیرات و نگهداری ترکیبی از همه اقدامات فنی، اداری و مدیریتی در طول چرخه عمر یک آیتم به منظور بازگرداندن یا ترمیم وضعیت آن به وضعیتی است که بتواند وظیفه مورد انتظارش را به انجام رساند. در ذیل شماتیکی از اقدامات و عملیاتی تعمیراتی ارائه شده است.

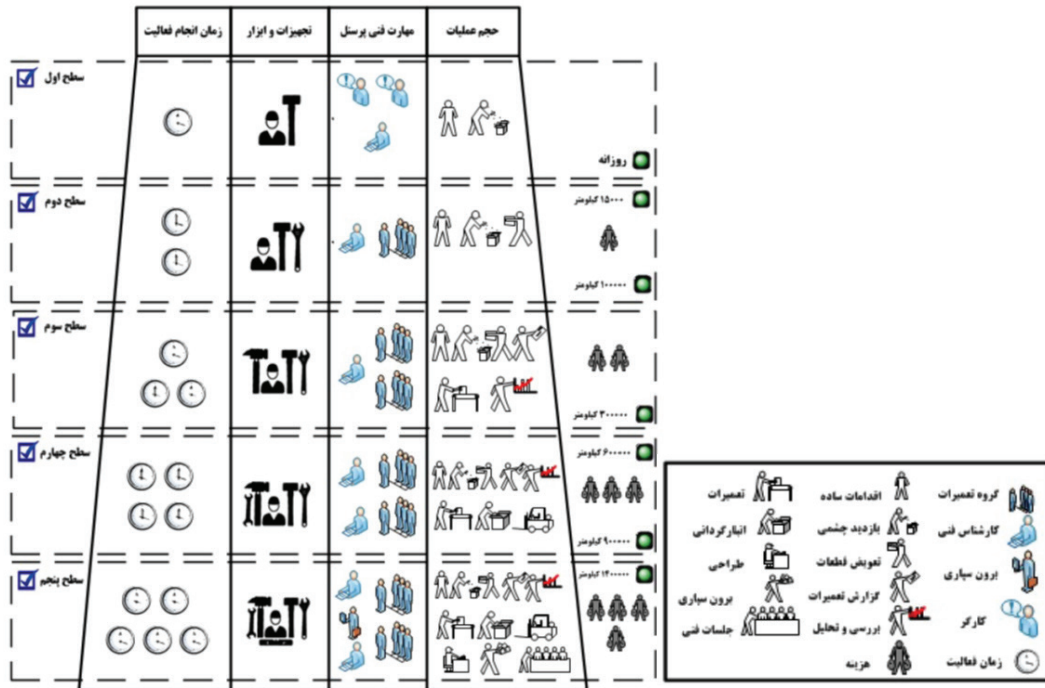


شکل ۲- انواع عملیات تعمیر و نگهداری

بر اساس استاندارد EN 13306 اروپا، استاندارد FD X60-000 فرانسه و قواعد معمول جهانی، پنج سطح نگهداری و تعمیر مناسب برای ناوگان تعریف شده است.

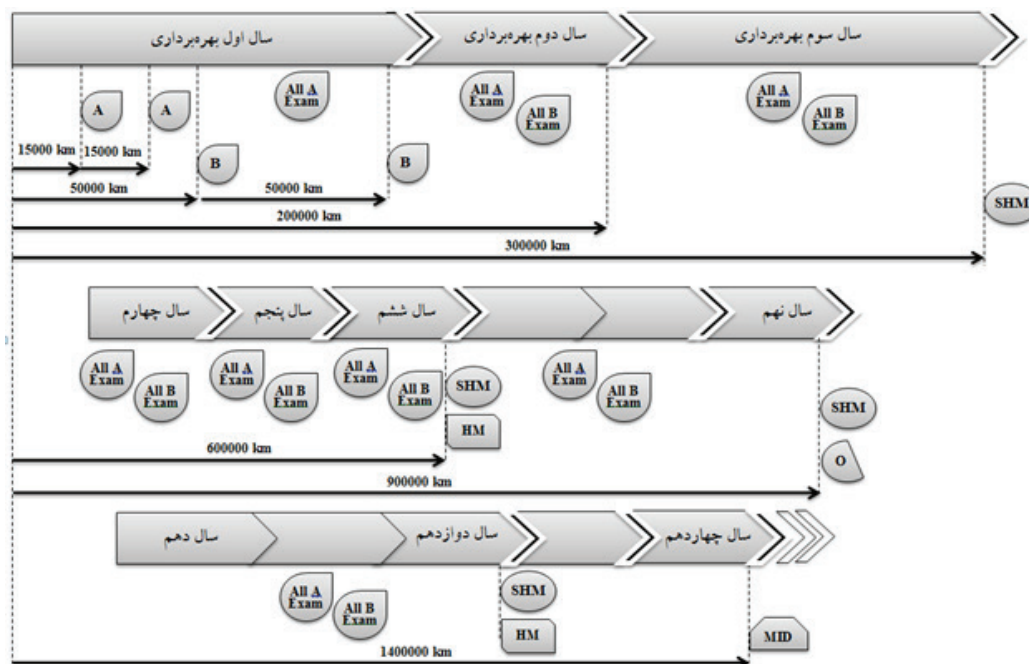
لازم به ذکر است که این سطوح تعمیرات و نگهداری مستقل از زمان برنامه نگهداری (دوره‌ای) می‌باشد. این تقسیم‌بندی بر اساس شرایط ذیل می‌باشد:

- پیچیدگی رویه‌های تعمیرات و نگهداری؛
 - پیچیدگی استفاده از ابزارهای مورد نیاز برای پیاده‌سازی آن رویه‌ها؛
 - مهارت مورد نیاز کارکنان.
- در دیاگرام ذیل این پنج سطح تعمیراتی بصورت شماتیک و خلاصه نمایش داده شده است.



شکل ۳- هرم طبقه‌بندی سطوح مختلف نگهداری و تعمیرات

در دیاگرام شماتیک ذیل تعمیرات در سطوح مختلف در دیوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد نمایش داده شده است.



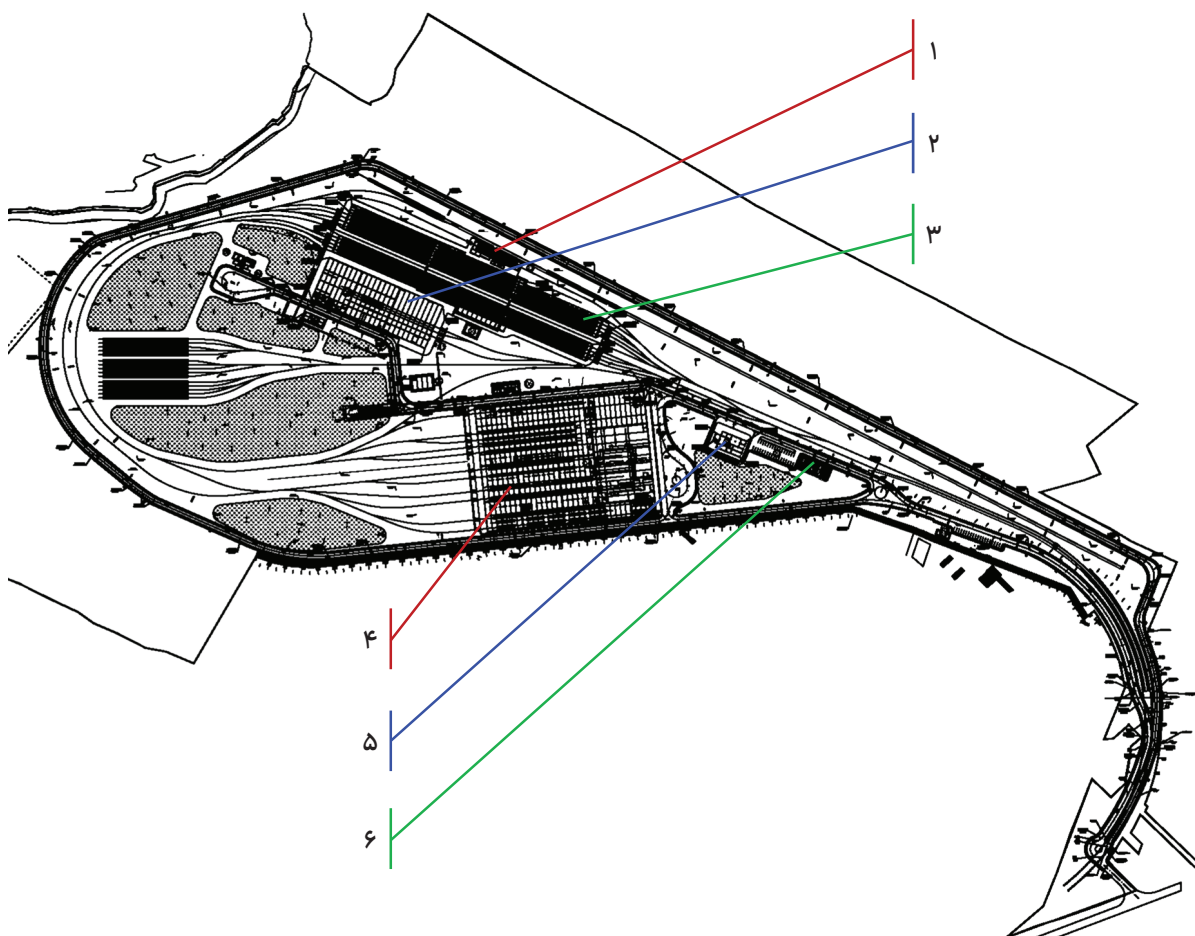
شکل ۴- دیاگرام شماتیک تعمیرات تا نیمه عمر قطار

به منظور درک صحیح از فعالیت‌های اشاره شده در دیاگرام فوق، به راهنمای حروف اختصاری و علامت‌های استفاده شده در این دیاگرام به شرح ذیل رجوع شود:

- | | | | |
|-----|------------------------|-----|------------------------|
| B | بازرسی‌های دوره‌ای دوم | A | بازرسی‌های دوره‌ای اول |
| HM | تعمیرات سنگین | SHM | تعمیرات نیمه سنگین |
| MID | تعمیرات نیمه عمر | O | تعمیرات اساسی |

۵- معرفی دیوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد

این دیو در ابتدای خط ۲ و پیش از ایستگاه A2 (طبرسی) واقع شده و سطح اشغالی حدود ۳۵ هکتار را به خود اختصاص داده است.

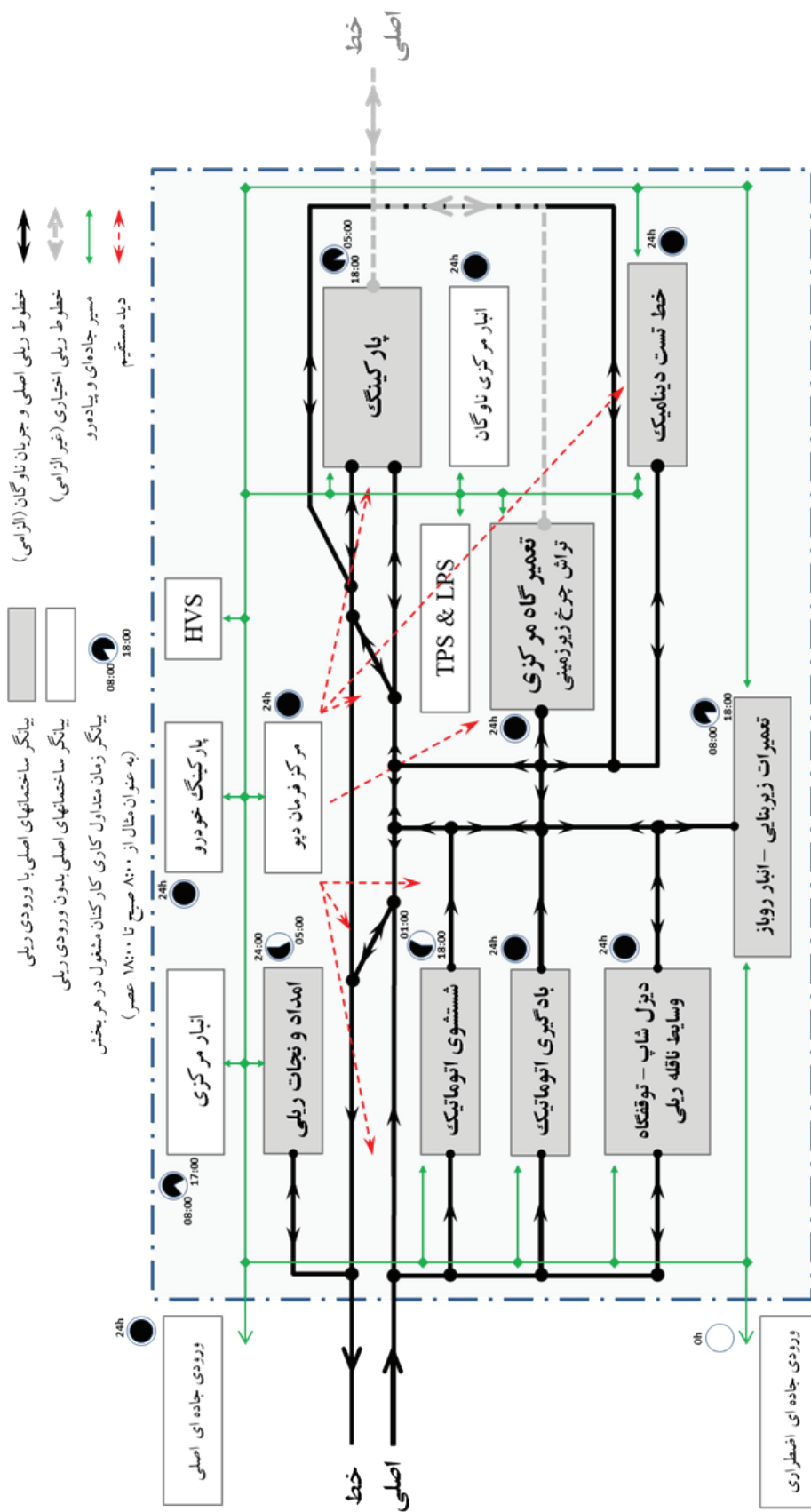


شکل ۵- لی اوت عملکردی و آرایش خطوط ریلی دیوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد

ساختمان اصلی در نظر گرفته شده در این دیو به شرح ذیل می باشد که در ادامه به ارائه توضیحات تکمیلی در خصوص آنها پرداخته شده است.

- ۱- سالن شتسشوی اتوماتیک قطار که با زیربنای حدود ۸۰۰ مترمربع طراحی شده است؛
- ۲- سالن های توقفگاه شامل دو سالن با زیربنای حدود ۱,۷ هکتار که شامل ۸ خط ریلی بوده که در هر خط، ۳ قطار امکان توقف داشته و جمعاً ظرفیت ۲۴ قطار را جهت پارک خواهند داشت؛
- ۳- سالن تعمیرات زیربنایی و تعمیرات آلات ناقله ریلی کمکی با زیربنای حدود ۸۰۰۰ مترمربع که شامل ۳ خط ریلی می باشد؛
- ۴- سالن تعمیرات ناوگان با زیربنای حدود ۳ هکتار که شامل ۱۱ خط ریلی بوده و محل انجام بازرسی های دوره ای، تعمیرات سبک، تعمیرات اضطراری، تعمیرات سنگین، تعمیرات نیمه عمر و بازسازی کامل ناوگان ریلی خط ۲ و ناوگان خطوط ۳ و ۴ متروی مشهد در سطوح چهار و پنج تعمیرات می باشد؛
- ۵- ساختمان اداری و مرکز فرمان دیو که با زیربنای حدودی ۳۰۰۰ مترمربع می باشد؛
- ۶- فضای اختصاص یافته به پست های برق LPS و TPS با زیربنای حدودی ۸۰۰ مترمربع.

اساساً طراحی صحیح دیو و آرایش خطوط ریلی با در نظر گرفتن گردش صحیح قطارها جهت تحقق و انجام سطوح تعمیراتی مختلف برای ناوگان در کوتاه ترین زمان و بدون مانورهای اضافی، مهمترین عامل جهت افزایش بهره وری در یک دیو خواهد بود. پیش بینی مسیرهای دسترسی به دیو و آرایش صحیح خطوط ریلی در ورودی به دیو، نقش موثری بویژه به هنگام تغییر سرفاصله زمانی اعزام در خط اصلی خواهد داشت. در طراحی لی اوت دیوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد الزامات مطرح شده در دیاگرام شماتیک ذیل و تردهای ریلی، جاده ای و پیاده به شرح نمایش داده شده در (شکل ۶) که منطبق با الزامات نشریه ۸۰۳ سازمان برنامه و بودجه کشور می باشد، در طراحی دیوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد مدنظر قرار گرفته است.



شکل ۶- نمودار شماتیک ساده شده از لی‌اوت دپو

۵-۱- سالن شستشوی اتوماتیک قطار

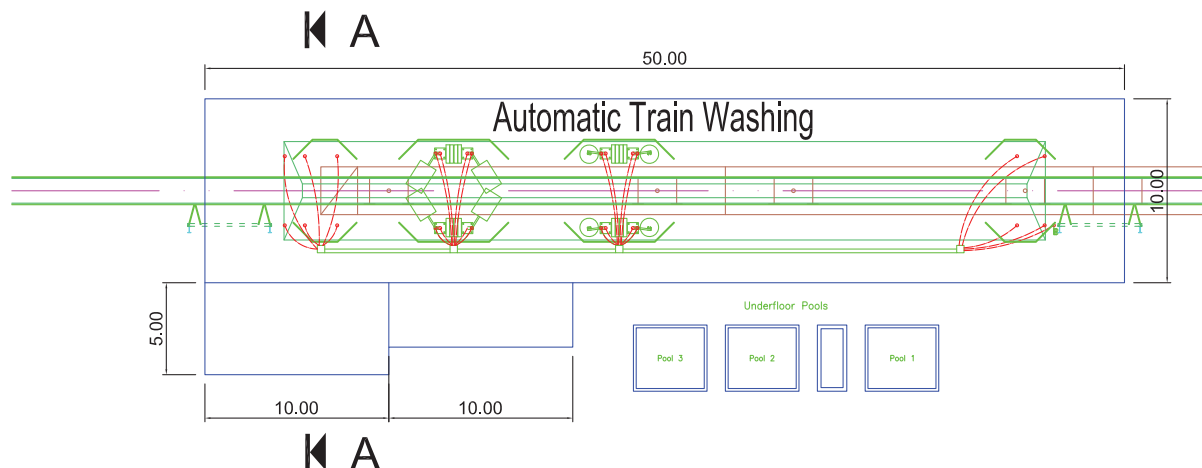
به منظور انجام عملیات شستشوی بیرونی قطار به صورت اتوماتیک یک سالن شستشوی اتوماتیک مشتمل بر یک خط ریلی در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب که قرارگیری یک رام قطار بدون درگیری سوزن‌های ابتدایی و انتهایی خط ریلی ورودی - خروجی به/از این سالن میسر می‌باشد. تمامی المان‌های مربوطه نظیر اتاق پمپ و سایر تجهیزات، اتاق کنترل و اتاق قرارگیری مخازن و تصفیه پس آب شستشو در مجاورت دستگاه پیش‌بینی شده است.

قطارها به منظور انجام فرآیند شستشو، مطابق جدول زمانی به این سالن اعزام می‌شوند.

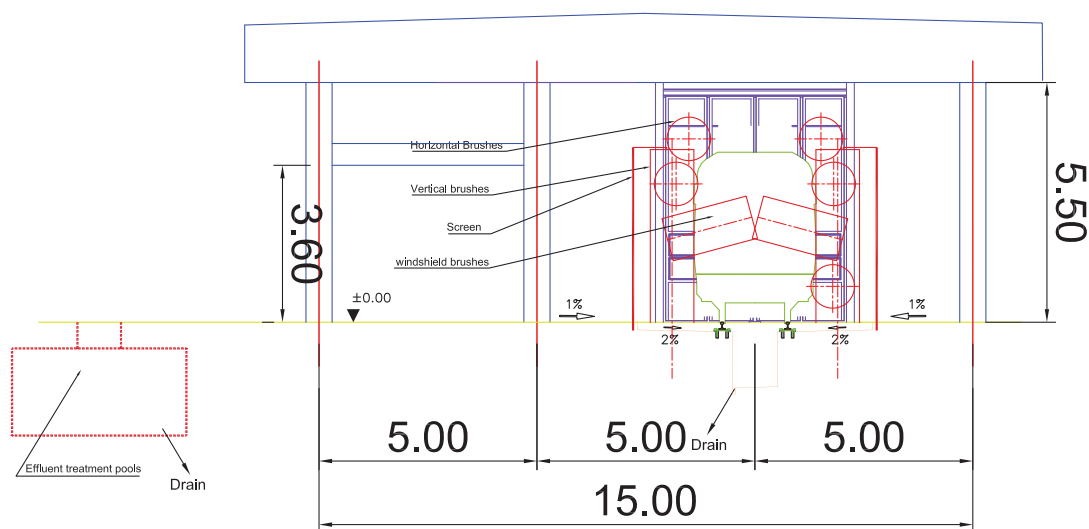
خط ریلی سالن شستشوی اتوماتیک برق‌دار بوده و در وضعیت نرمال بهره‌برداری، قطارها با نیروی رانش خود در این خطوط تردد می‌نمایند. پیش‌بینی کلیدهای ایزولاتور (سکسیونر) ترکشنی در ورود و خروج این سالن به منظور بی‌برق کردن محدوده داخلی سالن پیش‌بینی شده است.

فضاهای در نظر گرفته شده در سالن شستشوی اتوماتیک بطور کلی مشتمل بر فضای کنترلی و عملیات و اداری- مدیریتی می‌باشد. این فضاها بطور معمول به شرح ذیل است:

- سالن شستشوی اتوماتیک؛
- دفتر مدیریت شستشو اتوماتیک؛
- اتاق کنترل شستشو اتوماتیک؛
- اتاق تجهیزات شستشو اتوماتیک؛
- اتاق کنترل و فنی / مخزن زیرزمینی.



Cross section A-A



شکل ۷- پلان و مقطع از سالن شستشوی اتوماتیک قطار

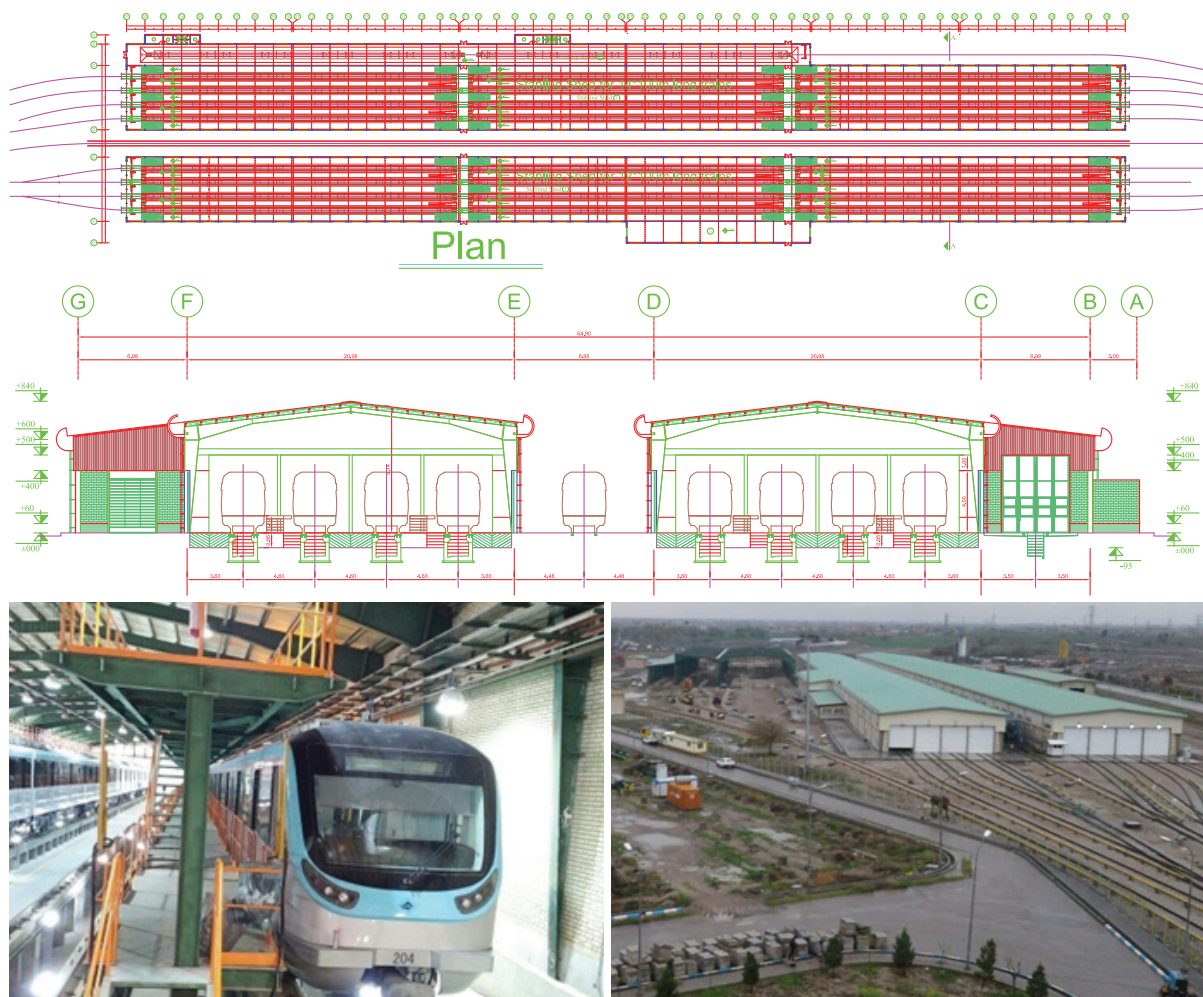
۲-۵- سالن توقفگاه

ساختمان پارکینگ با تمامی الزامات لازم برای توقف، بازدیدهای روزانه درب، تجهیزات داخل و زیر واگن‌ها و نیز نظافت روزانه داخلی (شامل جاروب زدن روزانه کف، تمیزکردن صندلی‌ها و شیشه‌ها) طراحی شده است. در این سالن تمهیداتی نظیر وجود چال سرویس مرکزی و جانبی، سکوهای دسترسی به تراز کف و سقف قطار، امکان تردد وسایط نقلیه بین خطوط (نظیر لیفتراک) و ... پیش‌بینی شده است. فضاهای پشتیبانی این سالن مشتمل بر اتاق استقرار کارکنان نظافت، بازرسی‌های روزانه و انجام برخی از عملیات تعمیراتی جاری، انبار ادوات نظافت، انبار قطعات یدکی مصرفی، فضای اداری، رختکن و سرویس بهداشتی، اتاق حراست، اتاق کمک‌های اولیه و ... می‌باشد.

خطوط ریلی سالن پارکینگ برق‌دار بوده و در وضعیت نرمال بهره‌برداری، قطارها با نیروی رانش خود در این خطوط تردد می‌نمایند. این پارکینگ به نحوی در سایت جانمایی و طراحی شده است که در کوتاه‌ترین زمان و کمترین مانور، امکان اعزام ناوگان به خط اصلی/ خطوط تعمیرگاهی وجود داشته باشد.

در سالن پارکینگ پیش‌بینی سکوهای دسترسی به کف قطار برای تمامی قطارهای پارک شده ضروری بوده و وابسته به تراز کف قطار، ارتفاع سکو (از روی ریل) در وضعیت نرمال بهره‌برداری تعیین شده است. ضرورت وجود این سکو استفاده کارکنان بازرسی روزانه و کارکنان نظافت روزانه قطار و امکان انتقال تجهیزات مورد نیاز به قطار (نظیر جاروبرقی و چرخ دستی جهت حمل ادوات نظافت) می‌باشد.

امکان انجام برخی فعالیت‌های مربوط به بازرسی در سطوح ۱ و ۲ تعمیرات در سالن پارکینگ ممکن بوده و به همین منظور وجود چال سرویس مرکزی جهت بازرسی زیرشاسی و بوژی، و چال کناری جهت امکان بازرسی از طرفین قطار و امکان عبور وسایط نقلیه نظیر لیفتراک و یا سکوهای متحرک دسترسی به تراز سقف قطار، در تمامی خطوط ریلی پارکینگ در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که هدف از تعبیه چال سرویس میانی در سالن پارکینگ، انجام تعمیرات و عملیاتی تخصصی نبوده، بلکه اغلب نظارت چشمی و بازدیدهای دوره‌ای می‌باشد؛ به همین دلیل توصیه می‌شود که تراز ارتفاعی این مسیر به گونه‌ای در نظر گرفته شود که یک شخص با قد نرمال امکان عبور از زیر قطار به صورت آزادانه (بدون سرگیر بودن) را داشته باشد.



شکل ۸- سالن توقفگاه در دپوی خط ۲ قطار شهری مشهد

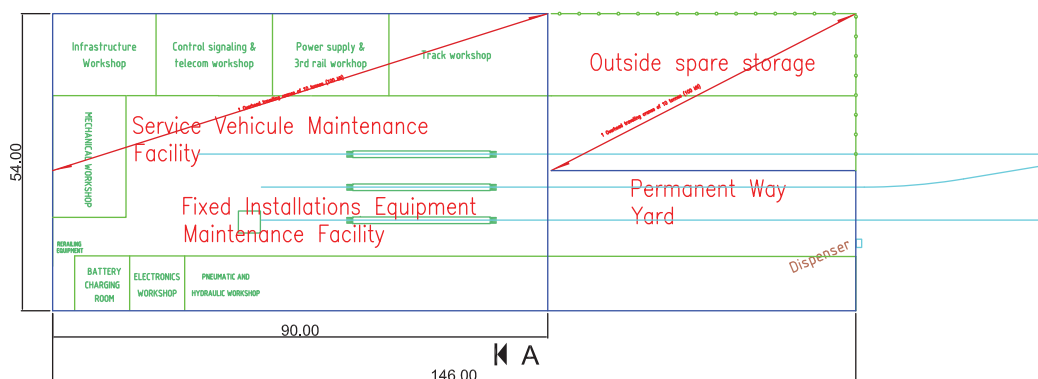
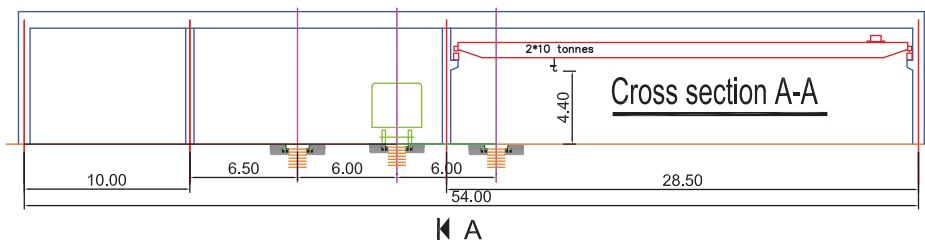
۵-۳- ساختمان تعمیرات زیربنایی

ساختمان تعمیرات زیربنایی / تجهیزات ثابت جهت انجام فعالیت‌هایی نظیر امور تعمیرات و نگهداری ریل‌ها، سوزن‌ها، باکس‌های کنار خط و شبکه برق‌رسانی و نیز جهت سرویس و نگهداری تأسیسات زیربنایی مشتمل بر تجهیزات مرتبط با ایستگاه‌ها نظیر آسانسورها، پله برقی‌ها، سیستم‌های مربوط به علائم و سیگنالینگ و کنترل و مخابرات، ادوات تأمین توان، تأسیسات ثابت و دوار نصب شده در دیو و ایستگاه‌ها (نظیر سیستم‌های روشنایی، تأسیسات مکانیکی، تزئینات و مانند آن) می‌باشد. در نظر گرفتن بخشی از این ساختمان به عنوان پارکینگ و تعمیرگاه سرویس و نگهداری انواع لوکوموتیو، درزین و سایر وسایط نقلیه ریلی یا ریلی-جاده‌ای نیز مدنظر بوده است. فعالیت‌های قابل انجام در این بخش مشتمل بر موارد ذیل است:

- پارک وسایط نقلیه ریلی؛
- سوخت‌گیری درزین‌ها و لوکوموتیوها (در مجاورت و بیرون از ساختمان تعمیرات زیربنایی)؛
- بازدیدها و تعویض روغن، گریس‌کاری و تعویض تمامی فیلترهای روغن، هوا و سوخت وسایط نقلیه ریلی و لیفتراک‌ها؛
- عملیات دمنواژ، تعویض، سرویس و مونتاژ بوژی، چرخ و محور لوکوموتیو؛
- تعمیرات ژنراتور لوکوموتیوها؛
- سرویس، تعمیرات و نگهداری سیستم‌های ترمز، کمپرسور و هوای فشرده؛
- تعمیرات سیستم‌های برق، الکترونیک، کنترل و ارتباطات صوتی وسایط نقلیه ریلی؛
- سرویس و نگهداری ترکشن‌ها و باتری‌های نقلیه ریلی؛
- سرویس و نگهداری موتور دیزل و گیربکس؛
- عملیات ترمیم، اصلاح و رنگ‌آمیزی بدنه و شاسی؛
- تهیه، تدارک و انبارش قطعات یدکی و مصرفی.

مطالعه امکانات تعمیراتی در منطقه و بررسی بخشی از فعالیت‌های تعمیراتی به صورت برون‌سپاری و کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری با توجه به امکانات زیرساخت‌های مشابه تجربه متداول بوده، اما اغلب انجام فعالیت‌هایی نظیر بازرسی، سرویس و تعمیرات ریل و سوزن، شبکه برق‌رسانی و پست‌های ترکشن، علائم و سیگنالینگ به دلیل نوع و حجم فعالیت، حفظ قابلیت اطمینان و آماده به کار بودن تجهیزات فوق، توسط سازمان بهره‌بردار صورت می‌گیرد. از طرفی با مطالعه امکانات تعمیراتی در منطقه و بررسی بخشی از فعالیت‌های تعمیراتی نظیر سرویس، تعمیرات و نگهداری تأسیسات زیربنایی مشتمل بر تأسیسات برق، مکانیک و ابنیه دیو، خط و ایستگاه‌ها مشتمل بر آسانسورها، پله برقی‌ها و گیت‌های تردد، قابل واگذاری بوده و برون‌سپاری این فعالیت‌ها به پیمانکاران واجد شرایط، سبب کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری خواهد شد.

لازم به توضیح است، با توجه به اینکه تجهیزات، اکپ‌ها و شرح کار هر یک از فعالیت‌های تعریف شده در تعمیرات و نگهداری تأسیسات زیربنایی در سطح اصلاح، سرویس، نگهداری و تعمیر می‌باشد، ناگزیر فعالیت‌های تخصصی و تعمیرات و بازسازی اساسی ممکن است به سازندگان اصلی تجهیز و یا تعمیرکاران تخصصی برون‌سپاری شود. خطوط ریلی منتهی به ساختمان تعمیرات زیربنایی بی‌نیاز از تغذیه ترکشنی می‌باشند.



شکل ۹- سالن تعمیرات زیربنایی

۴-۵- سالن تعمیرات ناوگان

به منظور انجام فعالیت‌های تعمیرگاهی سطوح ۲ تا ۵ ناوگان، این ساختمان از سه بخش اصلی مشتمل بر سالن تراش چرخ، سالن بازدید دوره‌ای یا تعمیرات سبک و مجموعه تعمیرگاه سنگین طراحی شده و این ساختمان در دست احداث می‌باشد. کلیات فعالیت‌های مورد نیاز تعمیرات و نگهداری در فضاهای تعمیراتی این ساختمان به صورت ذیل دسته‌بندی می‌شوند:

- عملیات دمنواژ، تعویض، تعمیر و مونتاژ بوژی، چرخ و محور و ترمز واگن؛
- تعمیرات المان‌های بدنه و تزئینات داخلی واگن؛
- تعمیرات سیستم‌های برق، الکترونیک، کنترل و ارتباطات صوتی؛
- تعمیرات ترکشن‌ها و باتری‌های واگن؛
- تعمیرات پانتوگراف، شبکه برق بالاسری و تجهیزات وابسته؛
- جوشکاری، تست‌های غیرمخرب بر روی شاسی واگن و بوژی؛
- تعمیرات سیستم‌های سرمایش و گرمایش واگن (تهویه مطبوع)؛
- عملیات ترمیم، اصلاح و رنگ‌آمیزی بدنه؛
- تهیه، تدارک و انبارش قطعات یدکی و مصرفی ناوگان؛
- بازدیدهای دوره‌ای و تعمیرات سبک؛
- تراش چرخ و محور و دیسک ترمز؛
- ...

به منظور انجام تست‌های استاتیک سیستم‌های تهویه مطبوع، برقی، الکترونیکی و مخابراتی و همچنین تست‌های ۸ نقطه‌ای گستردگی بار بر روی محورهای بوژی، در سالن بازدید دوره‌ای حداقل یک خط ریلی به عنوان خط تست استاتیک قطار به همراه تمهیدات مورد نیاز جهت تامین برق قطار در مجاورت سالن‌های تعمیرات سبک و سنگین در نظر گرفته شده است.

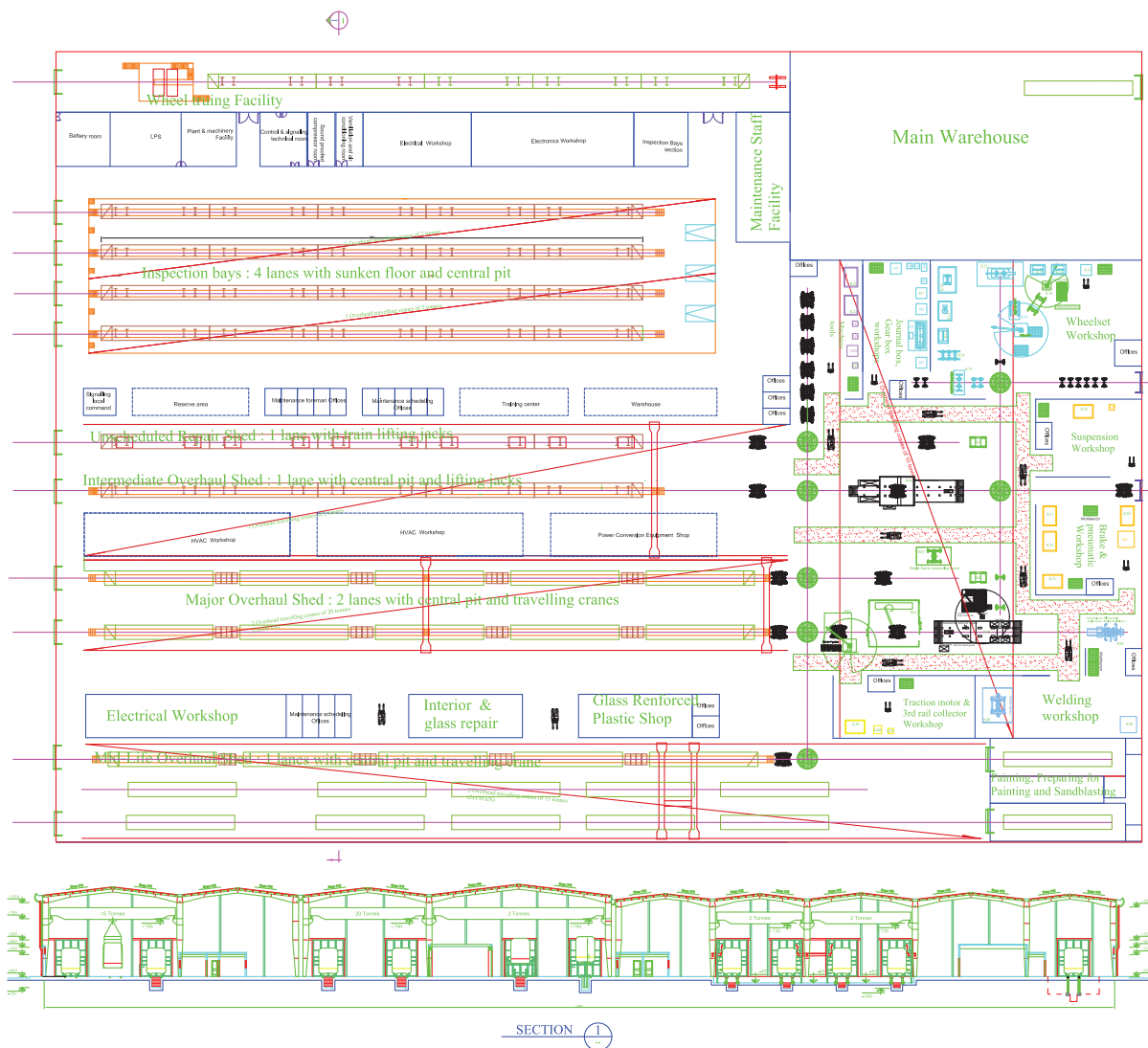
جهت انجام عملیات بازرسی و تعمیراتی، در این سالن تمهیداتی نظیر وجود چال سرویس مرکزی (و برای بازرسی‌های دوره‌ای چال سرویس جانبی)، سکوهای دسترسی به تراز کف و سقف قطار، کانال‌های تأسیساتی مناسب برای عبور لوله‌ها، کابل‌ها، شبکه هوای فشرده و ... پیش‌بینی شده است.

خطوط ریلی مربوط به سالن تعمیرات سبک و بازدیدهای دوره‌ای به شیوه‌های غیردائمی برق‌دار بوده و در وضعیت نرمال بهره‌برداری، قطارها با نیروی رانش خود در این خطوط تردد می‌نمایند. در خطوط تعمیرات سنگین خطوط ریلی بی‌برق بوده و جهت مانور لازم است از شانت‌های ریلی یا ریلی-جاده‌ای استفاده نمایند.

در سالن تعمیرات سبک و بازرسی‌های دوره‌ای، وجود سکویی با تراز دسترسی به سقف قطار ضروری می‌باشد. همچنین برای این خطوط وجود سکوهای دسترسی سراسری به کف قطار در نظر گرفته شده است.

در طراحی سکوهای دسترسی به تراز سقف، معیارهای ذیل جهت طراحی در نظر گرفته شده است:

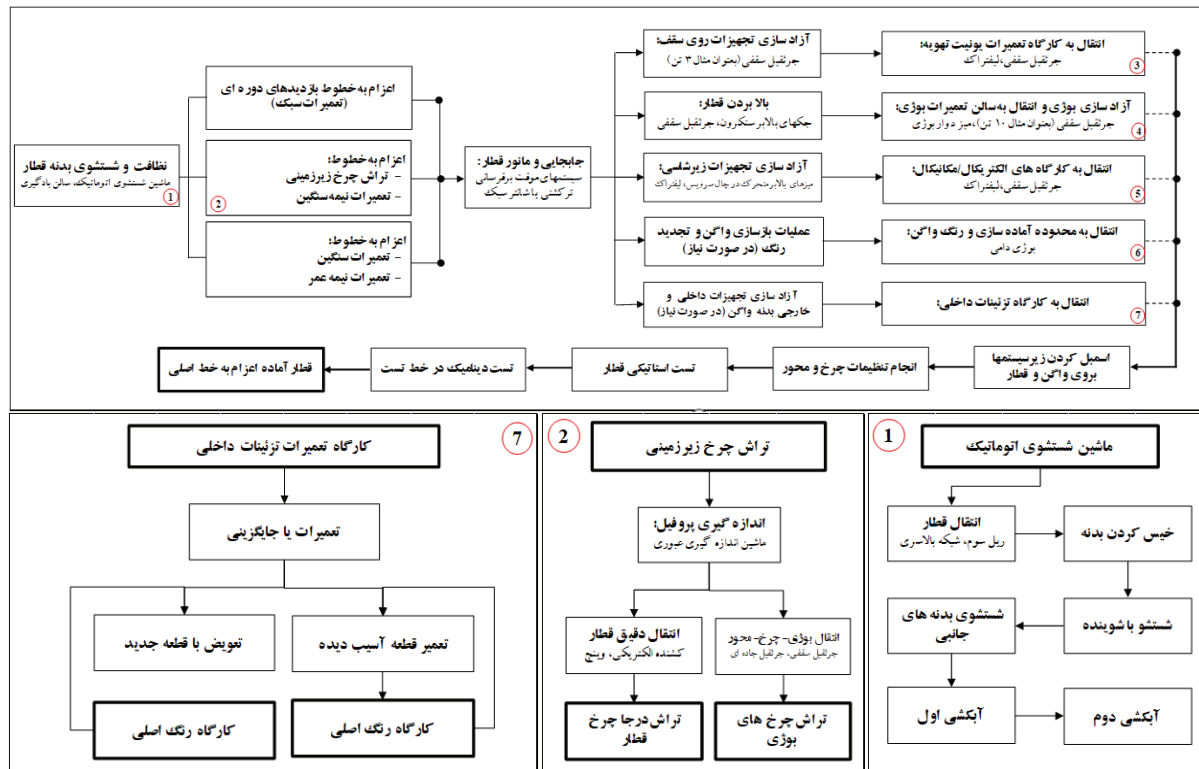
- ارتفاع آزاد مسیر عبور کارکنان از کف سکو ≤ 2 متر
- عرض سکو در محل تردد کارکنان ≤ 0.8 متر
- عرض سکو در موقعیت کاری ≤ 1.2 متر
- فاصله افقی بین لبه سکوی تراز سقف تا بدنه ≥ 0.2 متر
- شرایط نرده‌های محافظ
- به ارتفاع ۱ متر بنحویکه حداقل از ۳ ردیف در موقعیت‌های پایین، میانی و بالایی تشکیل شود و قابلیت تحمل بار افقی حداقلی 500N/m را داشته باشد.
- پله‌هایی با عرض ۱ متر و با شیب ۳۰ درجه
- مسیر دسترسی
- فاصله ایمن هوک جمع شده جرثقیل
- ۰.۵ متر در تمامی جهات نسبت به فضای کاری و موقعیت‌های حضور کارکنان
- (در صورت وجود)



شکل ۱۰- سالن تعمیرات ناوگان

۶- تجهیزات تعمیرگاهی پیش‌بینی شده در دپوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد

به منظور تعیین تجهیزات تعمیرگاهی مورد نیاز در فضاهای کاری و کارگاه‌های تعمیراتی، با شناخت صحیح از عملیات کاری انجام شده در هر فضا و کارگاه و تبیین گردش کاری مشخص از زمان ورود قطار/اجزاء به فضاهای کاری/کارگاه‌های تعمیراتی تا خروج می‌بایست اقدام شود و مشخصاً پس از آن نسبت به انتخاب تجهیزات تعمیرگاهی، ظرفیت و تعداد آنها اقدام لازم صورت پذیرد. بعنوان مثال برای انجام یک عملیات کاری نظیر آزادسازی بوژی، روش‌های متعددی ممکن است وجود داشته باشد (استفاده از جک‌های بالابر سنکرون، چاله آزادسازی بوژی، اربه آزادسازی بوژی و یا استفاده از جرثقیل سقفی) که جهت انتخاب تجهیز مورد نیاز و تمهیدات لازم برای انجام عملیات کاری مورد نیاز، لازم بود که طراح نسبت به ارائه گردش کاری دقیق هر فضا اقدام نماید. در (شکل ۱۱) گردش کاری عملیات تعمیراتی بر روی یک قطار در بخش‌های محدودی ارائه شده است. براین اساس لیست تجهیزات تعمیرگاهی در دپوی جامع خط ۲ قطار شهری مشهد به شرح (جدول ۲) در نظر گرفته شده است.



شکل ۱۱- نمونه گردش کاری تعمیراتی پیش بینی شده در خط ۲ قطار شهری مشهد

جدول ۲- تجهیزات تعمیرگاهی خط ۲ قطار شهری مشهد

No.	Depot Equipment
1	Automatic Train Washing Machine
2	Chassis & bogie washing machine
3	High Pressure Waterjet (hot/cold)
4	Ultrasonic Cleaning Tank
5	Agitated dip tank
6	Small part cleaning plant
7	Degreasing tank
8	Floor Scrubbing, Cleaning & Washing Machine
9	Blow Down Plant
10	Shot blasting cabin
11	Vertical Hub Boring Machine (wheel boring machine)
12	Underfloor Wheel Lathe (including chip crusher and conveyor and smoke aspirator)
13	Axle turning lathe
14	Wheel Press Fitting and Removal
15	Hand operated press
16	Wheel Profile Lathe

No.	Depot Equipment
17	Lathe General Workshop
18	Mobile stairs
19	Audible and Visible Warning Devices
20	Mechanical Workbench
21	Electro mechanical Workbench
22	Storage racks
23	Storage bin
24	Storage cabinet
25	Compartment locker
26	Compartment locker for drivers
27	Bogie Turntable
28	Bogie manipulator
29	Bogie press
30	Compressor and Compressed Air Tank
31	Rerailing equipment
32	Rail road vehicle
33	bogie pusher
34	Cranes (Jib, monorail hoist with slings, overhead)
35	Axle Turntable
36	Temporary Bogie
37	Goods Lifts
38	Travelling Lifting Table
39	Welding Equipment (manual Arc, MIG/MAG, Oxy-acetylene)
40	Painting Equipment (including spray paint cabin, mobile paint station and high pressure or pneumatic spray gun)
41	Synchronized lifting jacks
42	Fork Lift Truck
43	Wheel profile and diameter laser measurement / monitoring device
44	Automatic wheel profile measuring machine
45	Hydraulic Test Bench
46	Ultrasonic flaw detector
47	Axle Shaft Inspection Station
48	Battery charger
49	Mobile battery charger
50	Deep cycle battery charger, with discharge feature (for metro car)
51	Dedicated support for batteries

No.	Depot Equipment
52	Industrial vacuum sweeper
53	Electrical pallet truck
54	Rescue trolley for damaged bogie
55	Mobile elevated platform
56	Manual pallet truck
57	Barrel pump
58	Refrigerant charging equipment
59	Lubrication trolley
60	Waste oil collector
61	Induction heater
62	Pillar drilling machine
63	Pedestal grinder
64	Power hacksaw
65	Gear test stand

بخشی از فعالیت‌های مهندسین مشاور پژوهش به تدوین ضوابط در خطوط
قطارشهری کشور اختصاص دارد که برگرفته از مطالعات و تجربیاتی است که در
پروژه‌ها بدست آمده است. در هر شماره از فصلنامه حاضر یکی از ضوابط ابلاغ
شده یا در دست‌کار معرفی می‌گردد.



ضابطه شماره ۲-۸۰۵ - ضوابط طراحی خطوط قطار شهری و حومه (جلد دوم - ضوابط طراحی سازه مسیر)
مهندس سید نوید قائمی

پس از ابلاغ ضوابط لازم الاجرای ۸۰۴ به منظور ایجاد اولویت‌های بالادستی در طراحی و ساخت ایستگاه‌های قطار شهری، این ضابطه جهت تعیین ضوابط طراحی و ساخت مسیر قطار شهری تدوین شده است. در این شماره، جلد دوم از ضابطه ۸۰۵ که به ضوابط سازه‌ای مسیر اختصاص دارد، معرفی می‌گردد. ضابطه ۸۰۵ در سه جلد ضوابط طراحی هندسی، طراحی سازه و طراحی سیستم تهویه تدوین شده و تمامی جلدها در پی تحقق اهداف تعریف شده و مورد انتظار مسیر قطار شهری در زمینه تخصصی خود می‌باشند.

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

ضوابط طراحی خطوط قطار شهری و حومه
(جلد دوم - ضوابط طراحی سازه مسیر)

۸۰

ضابطه شماره ۲-۸۰۵

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

۱۴۰۱

جلد دوم ضابطه ۸۰۵ که به ضوابط طراحی سازه‌ای مسیر اختصاص دارد در سه فصل تدوین شده است. رئوس این فصول عبارتند از:

فصل اول: کلیات

فصل دوم: تونل‌سازی مکانیزه با دستگاه حفار TBM

فصل سوم: طراحی تونل سنتی

۱- فصل اول: کلیات

در این فصل به بیان حوزه کارکرد این ضابطه پرداخته شده و هماهنگی آن با سایر ضوابط ارائه شده در فرآیند طرح و ساخت خطوط قطار شهری شرح داده شده است.

۲- فصل دوم: تونل سازی مکانیزه با دستگاه حفار TBM

در این فصل ملاحظات طراحی سازه‌ای تونلی اجرا شده با دستگاه TBM مورد بررسی قرار گرفته است. مطالب ارائه شده در این فصل مطابق سرفصل‌های زیر است:

- **انتخاب نوع دستگاه حفار:** در این بخش کلیاتی در خصوص نحوه انتخاب دستگاه حفار ارائه شده است. موارد ارائه شده در این بخش حداقل ملزومات است و در هر پروژه با توجه به شرایط خاص می‌بایست تصمیم‌گیری شود.
- **تعیین الزامات دستگاه حفار TBM:** پس از انتخاب نوع دستگاه TBM، جهت اجرای موفق پروژه و کاهش هزینه‌های حفاری لازم است سایر مشخصات و الزامات TBM متناسب با پروژه انتخاب شوند؛ از این رو در این بخش الزاماتی که لازم است به سازنده دستگاه حفار اعلام شود و یا می‌بایست در انتخاب مشخصات دستگاه در نظر گرفته شود، ارائه شده است.
- **طرح هندسی سگمنت:** منظور از طراحی هندسی، تعیین مناسب شکل و ابعاد هندسی سگمنت شامل، قطر داخلی، ضخامت، عرض، طول، تعداد قطعات سگمنت یک رینگ و چیدمان آنها و همچنین جزئیات مربوط به درزها، سطوح تماس و ادوات اتصال سگمنت‌ها به یکدیگر است که در این بخش ارائه شده است.
- **نوار آب‌بند:** سگمنت‌ها دارای دو سری درزهای طولی و عرضی می‌باشند که از محل این درزها احتمال ورود آب به داخل فضای تونل وجود دارد. این درزها در صورت انتخاب و نصب صحیح نوارهای آب‌بند (گسکت) بسته شده و مانع ورود آب می‌شوند. در این بخش فرآیند طرح این نوارهای آب‌بند مورد بررسی قرار گرفته است.
- **طرح تزریق دوغاب پشت سگمنت:** به دلیل اختلاف قطر حفاری و قطر خارجی پوشش تونل، فضای پیرامون پوشش تونل پس از عبور سپر دستگاه TBM، خالی باقی می‌ماند. عملیات لازم برای پر کردن این فضا، تزریق پرکننده (Backfill grouting) نامیده می‌شود. در این بخش ضوابط طرح این دوغاب مورد بررسی قرار گرفته است.
- **مخاطرات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی:** در این بخش شرایط بالقوه زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی که در رابطه با ماشین‌های EPB-TBM (و حتی ماشین‌های Slurry) وجود دارد بررسی می‌گردد.
- **ثبت و پایش داده‌های ماشین حفار:** در هر پروژه تونل‌سازی مکانیزه، شناسایی و نظارت بر یک سری پارامترهای اساسی که شاخص کنترلی اجرای آن می‌باشد ضروری است. در این بخش فرآیند ثبت و پایش داده‌های ماشین حفار شرح داده شده است.
- **برآورد فشار جبهه‌کار:** در پروسه حفاری مکانیزه در محیط‌های شهری، تخمین فشار جبهه‌کار یکی از پارامترهای مهم اجرایی می‌باشد؛ به طوری که عدم تخمین صحیح مقدار فشار جبهه‌کار موجب وقوع نشست‌های سطحی غیر مجاز و حتی ریزش می‌گردد. در این بخش برآورد فشار جبهه‌کار شرح داده شده است.
- **طراحی سازه سگمنت:** در این بخش مبانی بارگذاری و ضوابط طرح سازه‌ای سگمنت‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- فصل سوم: طراحی تونل سنتی

در این فصل به بررسی عوامل مهم و تأثیرگذار در پارامترهای طراحی تونل‌سازی NATM پرداخته شده است. مطالب ارائه شد در این فصل مطابق سرفصل‌های زیر است:

- **شکل مقطع و ابعاد تونل:** در این بخش شکل هندسی مقطع و ابعاد تونل با توجه به روش ساخت تونل (کند و پوش، سنتی، مکانیزه، تجهیزات حفاری و بارگیری مصالح، قالب نهایی و...)، شرایط زمین‌شناسی و همچنین فضاهای مورد نیاز برای خطوط ترافیک، پیاده‌روی‌های ایمنی، تهویه و تجهیزات مربوطه، چراغ‌ها، سیستم کنترل ترافیک، سیستم‌های برقی، سیستم‌های ایمنی در برابر حریق و... مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- **الگوی حفاری تونل:** به طور کلی الگوی حفاری تونل (تقسیم‌بندی سطح مقطع حفاری و ترتیب و توالی اجرای هر یک از بخش‌ها)، تابعی از ابعاد تونل، شرایط زمین‌شناسی، تحلیل پایداری، تجهیزات (ابعاد ماشین‌آلات و وسایل اجرای تونل)، هزینه و زمان‌بندی پروژه و نیز الزامات و محدودیت‌های تعیین شده (نظیر نشست و جابجایی‌های مجاز) می‌باشد. در این بخش این الگوها مورد بررسی قرار گرفته است.

- **گام پیشروی (طول دهانه بدون نگهداری):** تعیین گام پیشروی یا طول دهانه بدون نگهداری، یکی از مهمترین مسائل در تونل سازی به روش NATM می باشد. بدین منظور می بایست از طبقه بندی های مختلف زمین شناسی برای تخمین اولیه گام (گام ها) پیشروی استفاده نمود. سپس با کمک تحلیل های عددی و کنترل پایداری مقطع و سیستم نگهداری، بایستی مقدار نهایی را تعیین کرد. این دو مرحله در این بخش شرح داده شده است.
- **پایدارسازی پیرامون مقطع تونل و جبهه حفاری:** در زمین های ریزشی و سست، حتی در مقاطع کوچک، ریزش هایی از جبهه کار و محیط پیرامون مقطع رخ می دهد. در این بخش راهکارهایی جهت پایدارسازی یا کاهش خطر نشست این مقاطع ارائه شده است.
- **فواصل بین مراحل حفاری:** فواصل بین مراحل حفاری از نکات مهم در طراحی تونل می باشد. بطور معمول ناحیه تأثیر حفاری در جلو و پشت جبهه کار بعنوان تخمین اولیه از فواصل مراحل حفاری ملاک قرار می گیرد. در عین حال برای تعیین فواصل حفاری، مسائل مربوط به مانور تجهیزات حفاری و بارگیری مصالح نیز باید لحاظ شود که این موارد در این بخش شرح داده شده است.
- **پرتال:** در این بخش الزامات مناسب برای سازه نگهدارنده، روش ساخت، شیب ترانشه ها و شکل مناسب پرتال با لحاظ نمودن ابعاد تونل، توپوگرافی و زمین شناسی منطقه، آب های زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است.
- **مراحل مدل سازی عددی و تحلیل و طراحی سازه نگهدارنده در تونل سازی NATM:** در این بخش روند پیاده سازی مراحل مدل سازی عددی و مبانی و ضوابط طرح سازه ای مورد بررسی قرار گرفته است.

در این بخش رویدادهای مهم خطوط مختلف قطار شهری که این مهندسین مشاور در آنها نقش داشته است، ارائه می‌گردد.

۱- خط ۲ قطار شهری مشهد

- مهندسين مشاور پژوهش در اين پروژه خدمات مشاور کارفرما ارائه می‌دهد.
- عمليات اجرایی جهت تکمیل بخش‌های باقیمانده خط ۲ در ایستگاه‌های سلامت (M2) و الندشت (J2) و همچنین سوله‌های تعمیراتی دیپوی طبرسی در حال انجام می‌باشد و مقرر است تا انتهای سال این بخش‌ها تکمیل و به بهره‌برداری برسند.

۲- خط ۴ قطار شهری مشهد

- مهندسين مشاور پژوهش در اين پروژه خدمات مشاور کارفرما ارائه می‌دهد.
- شرکت در اولین سمینار مدیریت ساخت پروژه‌های حمل و نقل در دانشگاه فردوسی مشهد
- بازدید اعضای معاونت فنی شهرداری مشهد از پروژه خط ۴ در محل شفت ورود دستگاه حفار (مهر مادر)
- تهیه EIR (الزامات اطلاعاتی کارفرما) توسط مشاور کارفرما و ادامه روند پیگیری و تهیه گزارشات مبتنی بر BIM
- شرکت در دوره آموزشی مبانی شناخت BIM در دانشگاه فردوسی به دعوت اساتید گروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد
- عبور دستگاه حفار TBM از بافت پرتراکم خیابان عبادی
- نصب سگمنت‌های بازشودار پس از تدقیق جانمایی پله فرارهای میان تونلی
- دستگاه TBM از مجاورت سازه‌های حساس از جمله پل کابلی میدان امام حسین^(۴) و ساختمان‌های خاص با نصب ابزارهای کنترل نشست و پایش‌های روزانه و با بکارگیری ابزارهای BIM با موفقیت عبور نموده است.

۳- خط ۲ قطار شهری شیراز

- مهندسين مشاور پژوهش در اين بخش از خط ۲ خدمات مشاور کارفرما ارائه می‌دهد.
- ۸ کیلومتر از خط ۲ قطار شهری شیراز در دو سال به ظرفیت حمل‌ونقلی قطار شهری شیراز اضافه گردیده و از فاز نخست خط ۲، تنها ایستگاه استقلال باقی‌مانده که مطابق برنامه تا ۱۵ اردیبهشت سال ۱۴۰۴ به بهره‌برداری می‌رسد.
- در فاز دو خط ۲، خط به طول ۵ کیلومتر از ایستگاه آزادی تا سعدی متشکل از ۴ ایستگاه در دست اجرا قرار دارد، ایستگاه‌ها در مرحله اجرای سازه نگهبان بوده و مجموعاً ۲۳۰۰ متر از تونل این پروژه نیز حفاری شده و مطابق برنامه تا پایان سال ۱۴۰۳ دستگاه TBM شماره یک به ایستگاه سعدی خواهد رسید.

۴- خط ۳ قطار شهری شیراز (توسعه غربی خط یک)

- مهندسين مشاور پژوهش در اين پروژه خدمات طراحی و نظارت تونل و چهار ایستگاه خط را ارائه می‌دهد.
- در ایستگاه میرزای شیرازی سازه نگهبان در حال تکمیل است و بخشی از دال نهایی نیز اجرا شده است.
- در ایستگاه میلاد سازه نگهبان (شمع و ریب) تکمیل و در حال تعریض و خاکبرداری بخش تیکت هال می‌باشد.
- در ایستگاه دکتر حسابی سازه نگهبان (شمع و استرات) و خاکبرداری تکمیل شده و فونداسیون ایستگاه نیز اجرا گردیده است. لازم به ذکر است ایستگاه به عنوان شفت پشتیبان TBM استفاده خواهد شد.
- در ایستگاه گلستان سازه نگهبان (شمع و استرات) و خاکبرداری تکمیل شده و فونداسیون ایستگاه نیز اجرا گردیده است. در حال حاضر این ایستگاه به عنوان شفت ورودی TBM استفاده می‌گردد.
- دستگاه حفار مکانیزه از ایستگاه گلستان به سمت ایستگاه آفرینش حدود ۵۰۰ متر پیشروی داشته و مطابق برنامه تا پایان سال ۱۴۰۳ به ایستگاه آفرینش خواهد رسید.

۵- خط ۴ قطار شهری شیراز

- مهندسين مشاور پژوهش در اين پروژه خدمات طراحی و نظارت ارائه می‌دهد.
- خط ۴ قطار شهری از بلوار رازی تا ایستگاه استقلال خط ۲ در خیابان انقلاب اسلامی به طول ۶ کیلومتر و ۶ ایستگاه تعریف شده است.
- طراحی ایستگاه‌ها و تونل توسط مهندسين مشاور پژوهش در حال انجام می‌باشد.
- برآورد عمليات اجرایی تهیه و مذاکرت با پیمانکار جهت انعقاد قرارداد در حال انجام می‌باشد.

۶- خط ۲ قطار شهری اصفهان

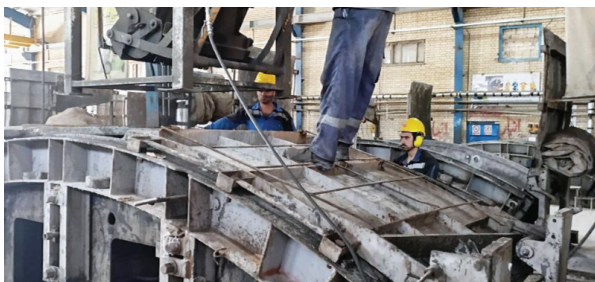
- مهندسین مشاور در این پروژه خدمات طراحی و نظارت بر مسیر در قطعه غربی خط ۲ (در حد فاصل ایستگاه‌های کهنذر تا ابن سینا H2-02)، لینک خط یک و دو، هواکش‌های میان‌تونلی و سایر ابنیه فنی مجاور مسیر را ارائه می‌دهد.
- دستیابی به ۳۵۰۳ متر طول حفاری و پیشروی دستگاه حفار (با احتساب ایستگاه‌ها)
- دستیابی به ۳۰۵۳ متر طول حفاری دستگاه حفار (بدون احتساب ایستگاه‌ها)
- دستیابی به ۲۰۳۷ عدد نصب رینگ در تونل مکانیزه (بدون احتساب ایستگاه‌ها)
- خروج دستگاه حفار مکانیزه از ایستگاه امام حسین^(ع) مورخ ۱۴۰۳/۰۴/۱۴
- عبور موفقیت‌آمیز دستگاه حفار مکانیزه از زیر گالری‌های دسترسی ایستگاه امام حسین^(ع)
- عبور موفقیت‌آمیز دستگاه حفار مکانیزه از زیر کتابخانه مرکزی واقع در خیابان باغ‌گلدسته
- اتمام عملیات حفاری، نصب قاب و تحکیم در ضلع شمالی قسمت فوقانی تونل لینک ارتباطی به مقدار ۱۰۵ متر طول



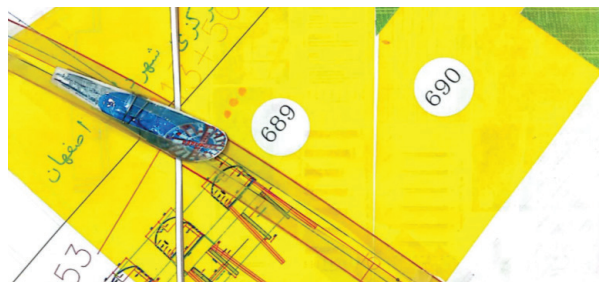
شکل ۲- عملیات نصب رینگ در تونل مکانیزه



شکل ۱- حمل مصالح باطله حاصل حفاری از چال گل



شکل ۴- نمایی از اجرای عملیات بتن‌ریزی سگمنت در کارخانه



شکل ۳- موقعیت دستگاه حفار مکانیزه



شکل ۶- نمایی از دیو شفت ورودی



شکل ۵- نمایی از دیو سگمنت در کارخانه



شکل ۸- عملیات جوشکاری و نصب پایه قاب‌های تونل لینک ارتباطی



شکل ۷- عملیات بتن‌ریزی کف محدوده سهرای تونل لینک ارتباطی

۷- پروژه خط ۳ متروی تهران

- مهندسین مشاور پژوهش در این پروژه خدمات نظارت ارائه می‌دهد.
- افتتاح هواساز RS ایستگاه شهید زین‌الدین (S3)
- تکمیل ورودی شمالی ایستگاه سهروردی (O3)
- آغاز عملیات اجرایی ورودی غربی ایستگاه خواجه عبدالله انصاری (R3)
- آغاز عملیات اجرایی ورودی شرقی ایستگاه شهید زین‌الدین (S3)
- تکمیل هواکش منیریه (F3G3)



شکل ۹- افتتاحیه ورودی شمالی ایستگاه سهروردی خط ۳ متروی تهران

۸- خط ۱۱ متروی تهران

- مهندسین مشاور پژوهش در این پروژه خدمات مشاور کارفرما ارائه می‌دهد.
- با عنایت به ابلاغ خدمات مشاور کارفرمای خط ۱۱ متروی تهران به مهندسین مشاور پژوهش، فعالیت‌های آغازین پروژه به منظور فراهم نمودن واگذاری کار به پیمانکار طرح و ساخت خط ۱۱ در حال انجام می‌باشد. این فعالیت‌های آغازین بطور عمده در حوزه مهندسی و برنامه‌ریزی و فازبندی عملیات اجرایی پروژه شامل موارد زیر در حال انجام می‌باشد:
- بازدید از پروژه با حضور کارفرمای محترم و بررسی مجدد استملاک‌های پیشنهادی در فاز یک
- برگزاری جلسات مستمر با شهرداری مناطق ۲۲، ۲۱، ۲۰ و ۱۶ برای بررسی استملاک‌ها
- برآورد هزینه‌های اجرایی پروژه در بخش‌های ساختمانی و تجهیزاتی
- ارزیابی توان و صلاحیت پیمانکاران معرفی شده از طرف شرکت متروی تهران
- ارزیابی مبانی قرارداد طرح و ساخت بر مبنای کتاب فیدیک نقره‌ای
- تهیه نظام‌نامه کنترل کیفی پروژه طرح و ساخت خط ۱۱

۹- خط ۸ متروی تهران

- مهندسین مشاور پژوهش در این پروژه خدمات مطالعات فاز یک ارائه می‌دهد.
- مطالعات فاز یک خط ۸ متروی تهران توسط مهندسین مشاور پژوهش، رهساز طرح و پارس اسلوب در حال انجام می‌باشد. با توجه به بررسی‌ها و جلسات و بازدیدهای انجام شده، مسیر عبور خط و موقعیت‌های ایستگاه‌ها تثبیت و نهایی شده است. همچنین روش اجرای تونل در بخش‌های مکانیزه و NATM به همراه نقشه‌های مربوطه تهیه و به تأیید رسیده است. در بخش ایستگاه‌ها نیز طراحی‌ها نیمه جنوبی به پایان رسیده و در بخش شمالی در حال انجام می‌باشد. در حوزه تجهیزاتی نیز شبیه‌سازی‌های تهویه و تأمین توان و همچنین مهندسی سایر سامانه‌ها در حال نهایی‌سازی می‌باشد.

۱۰- خط یک قطار شهری کرمانشاه

- مهندسین مشاور پژوهش در این پروژه خدمات مطالعات و طراحی تجهیزات ارائه می‌دهد.
 - براساس مصوبه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور (جلسه یکصد و شش مورخ ۱۳۹۳/۰۳/۱۱) مقرر شده است که خط یک قطار سبک شهری کرمانشاه در مسیر نمایش داده شده در (شکل ۱۰)، احداث شده و مورد بهره‌برداری قرار گیرد. مسیر در شمال شهر از ایستگاه M1 در میدان معلم شروع می‌شود و پس از عبور از سمت شرقی پیاده‌روی بلوار شهید شیروودی (طاق بستان) و عبور از وسط بلوار شهید بهشتی به میدان آزادی می‌رسد که در ادامه از خیابان مدرس و... گذشته و در میدان فردوسی در جنوب شهر ختم می‌شود. این خط دارای ۱۳ ایستگاه می‌باشد. مسیر قطار شهری از ایستگاه M2 تا ایستگاه M6 در حوالی سه راهی ۲۲ بهمن به صورت مرتفع عمدتاً اجرا شده است و پس از این ایستگاه، مسیر از طریق یک رمپ به زیرزمین منتقل می‌شود که تا ایستگاه M13 به صورت زیرزمینی اجرا خواهد شد.
- برای این خط تاکنون پیمانکار تجهیزاتی انتخاب نشده است و اخیراً فراخوان عمومی برای انجام خدمات مشاوره و تهیه اسناد مهندسی خرید در حوزه تجهیزات و متعاقباً تهیه اسناد مناقصه جهت برگزاری مناقصات انتخاب پیمانکار برگزار شده است که برنده این فراخوان شرکت مهندسین مشاور پژوهش بوده است. شرح خدمات مورد انتظار در این قرارداد تهیه مطالعات پایه، اسناد مهندسی خرید، تهیه لیست مقادیر و تهیه بخش حقوقی اسناد مناقصه در تمامی بخش‌های تجهیزاتی می‌باشد. لازم به ذکر است که با توجه به حضور پیمانکار ساختمانی و فعال بودن چند جبهه‌کاری، یکی از مهم‌ترین انتظارات در این قرارداد تهیه مدارک و نقشه‌های اینترفیسی موسوم به ICW (Interface with Civil Work) در ایستگاه‌ها و مسیر اصلی بوده که نظر به عدم وجود پیمانکاران تجهیزاتی چالش‌هایی را به همراه خواهد داشت؛ لیکن با استناد به تجربیات پیشین مهندسین مشاور پژوهش و نیروی انسانی متخصص اختصاص یافته، این بخش از شرح خدمات جهت رفع نیازمندی‌های بخش ساختمانی در حال پیشبرد می‌باشد.
- مطابق برنامه زمانبندی مصوب مدت کل قرارداد ۱۰ ماه شمسی بوده که تاکنون حدود ۱ ماه از ابلاغ قرارداد سپری شده است.



شکل ۱۰- پلان مسیر خط ۱ قطار شهری کرمانشاه

فصلنامه

تخصص قطار شهر | نسخه‌های پیشین

برای دریافت نسخه‌های پیشین این فصلنامه لطفاً به وبسایت مهندسين مشاور پژوهش مراجعه نماييد.





مهندسين
مشاور پژوهش



فصلنامه تخصصی قطار شهر



په
مهندسین
مشاور پژوهش



تهران، خیابان شریعتی، نرسیده به دوراهی قلهک، روبروی بیمارستان ایرانمهر، بن بست مرشدی، پلاک ۲

☎ ۰۲۱-۲۲۹۰۱۸۵۱-۴

📠 ۰۲۱-۲۲۹۰۱۹۳۴

@ info@pajoohesh.ir