

# تونل

نشریه انجمن تونل ایران

# Tunnel

شماره ۱۷، زمستان ۹۰

Iranian Tunnelling Association Magazine



[www.irta.ir](http://www.irta.ir)

[www.irta.ir](http://www.irta.ir) [www.irta.ir](http://www.irta.ir) [www.irta.ir](http://www.irta.ir)



- سرمقاله..... ۲
- اخبار..... ۳
- مروری بر روش‌های ارزیابی نشست در اثر حفر تونل‌های کم عمق..... ۱۱
- مروری بر سازه‌های زیرزمینی جهان..... ۱۹
- مساجد زیرزمینی در ایران..... ۲۷
- چکیده مقالات منتخب نشریات..... ۳۲
- معرفی کتاب..... ۳۳
- رویدادهای تونلی..... ۳۴



### شرح روی جلد: تونل شماره ۲ دلیچای جاده تهران-فیروزکوه

صاحب امتیاز  
مدیر مسئول  
سر دبیر  
زیر نظر

هیئت تحریریه  
هیئت تحریریه

انجمن تونل ایران

دکتر مرتضی قارونی نیک

دکتر سیامک هاشمی

هیئت مدیره انجمن تونل ایران

دکتر محمد جواد جعفری، دکتر حسین سالاری راد، دکتر مصطفی شریف زاده، دکتر

محمد حسین صدقیانی، دکتر اورنگ فرزانه، دکتر احمد فهیمی فر،

دکتر مرتضی قارونی نیک، دکتر حسین کنعانی مقدم،

مهندس ابوالقاسم مظفری شمس، دکتر سیامک هاشمی، دکتر علی یساقی

همکاران این شماره

مهندس محمد خسرو تاش

امور اجرایی  
تبلیغات

صفحه آرای و طراحی جلد

نشرین

معصومه قره داغی

الهه لطفی

ضمن استقبال و تشکر از علاقمندان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای این نشریه می باشند، خواهشمند است به نکات زیر توجه شود:

- موضوع مقاله در ارتباط با اهداف نشریه باشد.
- مطالب و مقاله‌های دریافتی بازگردانده نمی شود.
- مقاله تألیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر باشد.
- ارسال اصل مطالب ترجمه شده الزامی است.
- مسئولیت صحت علمی و محتوای مطالب بر عهده نویسندگان یا مترجمان است.
- نظرات نویسندگان به منزله دیدگاه و نظریه‌های نشریه نیست.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، اصلاح یا ویرایش مطالب آزاد است.
- نقل مطالب نشریه با ذکر مأخذ بلامانع است.

● نشانی: خیابان کارگر شمالی - بالاتر از بیمارستان قلب، بعد از خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه ۵، واحد ۴۱، انجمن تونل ایران

تلفن: ۰۶-۸۸۶۳۰۴۹۵      نامبر: ۰۸۸۰۰۸۷۵۴

Website: www.irta.ir

Email: info@irta.ir



## کتابخانه انجمن تونل ایران

مرور منابع علمی عبارت از مطالعه جامع و تفسیر منابع مربوط به یک عنوان خاص است که مربوط به یک پرسش و موضوع مشخص بوده تا با جستجو و تجزیه و تحلیل منابع علمی موجود پاسخی برای آن یافت شود. تعیین و مشخص کردن آنچه قبلاً در مورد یک موضوع خاص شناخته و مشخص شده است می‌تواند به تشخیص خلأ در پایه این اطلاعات منجر شود. همچنین مرور منابع می‌تواند به شناسایی روش‌های پژوهشی به کار گرفته شده توسط پژوهشگران قبلی در این زمینه کمک نماید و با این کار نقاط قوت و ضعف کارهای انجام شده پیشین را ارزیابی نمود و برای شکل دهی و طراحی مطالعات آتی از آنها بهره گرفت. ممکن است مرور منابع به عنوان یک ارزیابی اولیه و قبل از جمع‌آوری داده‌های لازم برای تحقیق جدید انجام شود. مسلم این است که هر تحقیقی نیازمند گردآوری اطلاعات است. نوآوری، دقت و جامعیت هر تحقیقی به وسعت و دقت اطلاعات گردآوری شده برای آن منظور بستگی دارد، زیرا هر پژوهش جدیدی بر پایه پژوهش‌های پیشین بنا می‌شود و تا پژوهشگر پیشینه‌ی موضوع و کارهای انجام شده در آن محدوده را نداند، در پژوهش جدید توفیق نمی‌یابد. دسترسی به منابع علمی در هر موضوع مزایایی همچون صرفه‌جویی در هزینه و وقت پژوهشگران برای دسترسی به اطلاعات کافی، آماده و منظم و و نیز امکان ارزیابی دقیق‌تر پژوهش‌ها می‌باشد. هرچه اطلاعات و داده‌های کامل‌تر و منابع بیشتری در دسترس باشند، امکان تجزیه و تحلیل و ایجاد خلاقیت و نوآوری نیز بیشتر می‌شود.

با توجه به نکات فوق انجمن تونل ایران در سال‌های اخیر اقدام به جمع‌آوری منابع متعددی در رشته‌ها و زمینه‌های مختلف مرتبط با تونل و تونلسازی همچون معدن، عمران، مکانیک سنگ، مکانیک خاک، بتن، سازه، زمین‌شناسی، زلزله، نقشه‌برداری و غیره نموده است. این منابع شامل موارد زیر می‌باشد:

کتاب‌های تالیف و ترجمه شده داخلی و خارجی، مجموعه مقالات کنفرانس‌های داخلی و خارجی، مجموعه نشریات داخلی و خارجی، دستورالعمل‌ها و استانداردهای ملی و بین‌المللی، برشور و کاتالوگ ماشین‌آلات مختلف مورد استفاده در صنعت تونل، اطلاعات مربوط به شرکت‌های فعال در زمینه تونلسازی، فیلم کارگاه‌های آموزشی و سخنرانی‌های علمی-کاربردی برگزار شده توسط انجمن تونل ایران، و فیلم مراحل ساخت و اجرای پروژه‌های مختلف تونلسازی داخلی و خارجی.

انجمن تونل ایران در حال حاضر اقدام به جمع‌آوری پایان‌نامه‌های مرتبط با صنعت تونل در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری برای تکمیل منابع موجود در کتابخانه نموده است و بدین وسیله از تمامی اساتید محترم و دانشجویان علاقمند به این رشته دعوت می‌شود تا با ارسال یک نسخه از پایان‌نامه نهایی تکمیل و تایید شده خود انجمن را یاری دهند. همچنین در پی تصمیم هیئت مدیره این انجمن به منظور حمایت و تشویق هر چه بیشتر دانشجویان در فعالیت‌های علمی و تحقیقاتی در زمینه تونل، پایان‌نامه‌های مقاطع تحصیلی مذکور در پایان هر سال توسط داوران و کمیته‌های تخصصی بررسی شده و به پایان‌نامه‌های برتر جوایزی اعطا خواهد شد. پیشاپیش از همکاری همه اساتید و دانشجویان در این زمینه سپاس‌گذاری می‌شود.



## طراحی تونل ۹ کیلومتری شهید صیاد شیرازی از میدان سپاه تا آزادگان



معاون فنی عمران شهرداری تهران گفت: هم اکنون در حال طراحی تونل شهید صیاد شیرازی به طول ۹ کیلومتر از میدان سپاه تا بزرگراه آزادگان هستیم. به گزارش خبرگزاری فارس، مازیار حسینی در حاشیه بازدید اعضای شورای شهر از پروژه تونل نیایش و دو طبقه شدن بزرگراه صدر اظهار کرد: در مجموعه شهرداری هم اکنون پروژه‌های عمرانی با رویکرد ارتقای سطح زندگی و نگاه فرهنگی به انجام می‌رسد. وی ادامه داد: یکی از مواردی که با توصیه شهردار سعی کردیم دنبال کنیم این است که تنها به فیزیک و جسم پروژه توجه نکرده بلکه هم به عملکرد و کارکرد آن و هم به آراستگی شهر و فرهنگ سازی اسلامی - ایرانی توجهات لازم مبذول شود. معاون فنی عمران شهرداری تهران

## آماده‌سازی شفت ورودی دستگاه حفار در پروژه تونل کمکی ابودر

مدیر عامل شرکت خاکریزآب (مجری طرح‌های جمع‌آوری و هدایت آبهای سطحی شهر تهران)، از مراحل نهایی آماده‌سازی شفت ورودی دستگاه حفار TBM در پروژه احداث تونل کمکی کانال ابودر خبر داد. به گزارش آریا به نقل از روابط عمومی شهرداری تهران، امیرعباس بهاری ضمن اعلام خبر فوق، با اشاره به اجرای بالغ‌بر ۲۰ هزار مترمکعب عملیات خاکی در این بخش از پروژه، افزود: مراحل نهایی عملیات مربوط به احداث رمپ و کف‌سازی‌های بتنی در حال انجام بوده و ریل‌گذاری دستگاه حفار TBM نیز آغاز شده است.

وی همچنین با اشاره به انجام آخرین مراحل آماده‌سازی دستگاه حفار TBM، از انجام موفقیت‌آمیز تست‌سرد دستگاه خبر داد و گفت: جداسازی قطعات این دستگاه برای حمل به محل شفت در حال انجام است تا مونتاژ نهایی آن ظرف دو هفته آینده در محل اصلی حفاری آغاز شود. مدیرعامل شرکت خاکریزآب با ادامه تلاش‌ها برای تولید سگمنت‌های موردنیاز در پروژه احداث تونل کمکی ابودر، از دی‌پوی حدود ۳۰۰ حلقه سگمنت خبر داد و گفت: این میزان تولید سگمنت به‌طور روزانه در حال افزایش است و البته با همین میزان سگمنت تولیدشده، پروژه ۲ ماه کمبودی از این جهت نخواهد داشت. تونل کمکی کانال ابودر، تونلی به طول ۴۴۰۰ متر است که ظرفیت انتقال ۴۲ مترمکعب آب در ثانیه را خواهد داشت. این تونل از مقابل بیمارستان نیروی هوایی ارتش در شرق بزرگراه بسیج آغاز و تا جنوب میدان بسیج ادامه می‌یابد.

۱۳۹۰/۱۰/۲۵

خبرگزاری آریا

## محور جدید کازرون - بوشهر، منطقه را از بن بست خارج می‌کند

شیراز - معاون وزیر راه و شهرسازی در امور توسعه راه‌های کشور گفت: محور جدید کازرون به بوشهر و اتمام عملیات احداث تونل محرم در این محور، علاوه بر این که در رونق اقتصادی شهرستان کازرون موثر است این منطقه جنوب کشور را از بن بست خارج می‌کند. به گزارش ایرنا، مهندس خیرالله خادم در جریان بازدید از چگونگی ساخت و پیشرفت فیزیکی تونل محرم در محور کازرون به بوشهر، اظهار داشت: با توجه به اثرات مثبت و موثر این محور، تلاش می‌کنیم که این پروژه هر چه سریع‌تر به انجام رسد. مدیر منطقه هفت راه‌های جنوب کشور هم در این بازدید گفت: این محور به ۱۵۰ میلیارد ریال اعتبار نیاز دارد که پس از مصوب شدن، این اعتبار در سال جاری اختصاص خواهد یافت. فیروز تکاور، بیان کرد: پیش‌بینی می‌شود که این محور تا پایان سال ۹۱ و یا تا نیمه نخست سال ۹۲ به اتمام رسد. مدیر پروژه محور کازرون - بوشهر هم در این بازدید بیان داشت: هم‌اینک میزان پیشرفت کار در این محور و در قسمت حفاری تونل هشت درصد است و کل محور که طول آن ۲۱ کیلومتر است تا کنون ۲۰ درصد پیشرفت فیزیکی دارد.

شهرستان کازرون در فاصله ۱۲۰ کیلومتری غرب شیراز، واقع شده است.

۱۳۹۰/۱۰/۱۵

خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران

## رکورد بی سابقه احداث تونل در خط ۷ متروی تهران

رکورد احداث تونل با احداث ۴۰/۵۰ متر تونل در یک شبانه روز در خط ۷ متروی تهران شکسته شد. به گزارش آریا، تونل‌های این خط با استفاده همزمان از دو دستگاه حفار تونل (TBM) با قطر ۹/۱۵ متر در حال احداث است که هر دو دستگاه از یک شفت احداث شده به عمق ۳۰ متر در تقاطع نواب - قزوین نصب و راه اندازی شده است. براساس این گزارش دستگاه اول به سمت شمال و دومین دستگاه در جهت شرق در حال ساخت تونل است. در روز دوشنبه ۱۰ بهمن ماه، دستگاه اول با حفاری و نصب ۱۹ حلقه سگمنت ۱/۵ متری، ۲۸/۵ متر پیشروی کرد که به تنهایی رکوردی در احداث تونل با این قطر در کشور به حساب می‌آید. در همان تاریخ دستگاه TBM غربی - شرقی نیز ۸ حلقه سگمنت ۱/۵ متری به طول ۱۲ متر نصب کرد. بدین ترتیب جمعاً ۴۰/۵ متر تونل در یک شبانه روز در خط ۷ متروی تهران احداث شد. اکنون دستگاه شمالی نیز با احداث ۴۳۵/۷۵ متر در نزدیکی منطقه گیشا قرار دارد و دستگاه شرقی با احداث ۱۲۲/۵ متر در محدوده میدان رازی است. به گزارش تهران سما، با روند پیشرفت کنونی در صورت مساعدت بیشتر و تامین منابع مالی، از سال ۱۳۹۲ قسمت‌هایی از خط ۷ به بهره‌برداری خواهد رسید.

خط ۷ مترو به طول ۲۷ کیلومتر مناطق مهم شمال غرب تهران شامل سعادت‌آباد و شهرک قدس را با عبور از محدوده بزرگراه شهید چمران، گیشا و بزرگراه نواب پس از اتصال به خطوط در حال بهره‌برداری ۴ و ۲ از طریق خیابان‌های هلال احمر و مولوی به محدوده بازار تهران می‌رساند. در ضمن در ادامه با خطوط ۱، ۳ و ۶، محدوده منطقه ۱۴ را پوشش داده و به ورزشگاه تختی در شرق بزرگراه افسریه منتهی می‌شود.

۱۳۹۰/۱۱/۱۵

خبرگزاری آریا

## حفاری تونل نیروگاه سد خرسان ۳ در چهارمحال و بختیاری خاتمه یافت

مجری طرح سد و نیروگاه "خرسان ۳" در استان چهارمحال و بختیاری گفت: عملیات حفاری تونل انحراف آب سد و نیروگاه "خرسان ۳" به طول ۷۶۹ متر و قطر ۱۴/۵ متر به پایان رسید. رامین شیروی اظهار داشت: اجرای این عملیات در سالجاری، موفقیت بزرگی برای صنعت سد سازی کشور محسوب می‌شود. وی با بیان اینکه در این تونل بیش از ۳۰ هزار مترمکعب حفاری انجام شده است، افزود: به دلیل برخی تشابهات این طرح با سد "کارون ۴" و بر اساس موافقت انجام شده، برخی تجهیزات مهم کارگاهی طرح کارون ۴ به خرسان ۳ منتقل می‌شود. وی تولید انرژی برق آبی به میزان یکهزار و ۱۰۰ گیگاوات ساعت، افزایش ظرفیت تولید و ذخیره انرژی در سدهای پایین دست، افزایش جاذبه‌های گردشگری، افزایش اشتغال در منطقه و رونق پرورش آبیان در چهارمحال و بختیاری را از اهداف اجرای این طرح برشمرد.

شیروی یادآور شد: سد خرسان ۳ در منطقه‌ای صعب‌العبور و بن بست قرار دارد و مردم منطقه با احداث این سد از محرومیت خارج می‌شوند. وی اظهار داشت: سد بتنی دوقوسی خرسان ۳ با ارتفاع ۱۹۵ متر، دریاچه‌ای به حجم ۱،۲ میلیارد مترمکعب خواهد داشت و نیروگاه ۴۰۰ مگاواتی آن دارای چهار واحد ۱۰۰ مگاواتی است.

عملیات احداث سد و نیروگاه خرسان ۳ بر روی رودخانه خرسان در فاصله تقریبی ۵۰ کیلومتری از مرکز شهرستان لردگان در چهارمحال و بختیاری در دست اجراست.

۱۳۹۰/۱۱/۰۶

خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران

با بیان اینکه در حال حاضر در تمام پروژه‌های منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای توجه به موضوع معماری ایرانی و اسلامی مورد توجه قرار می‌گیرد، خاطرنشان کرد: هم‌اکنون در مناطق جنوبی و شرق تهران در حال اجرای پروژه‌های بزرگ عمرانی هستیم.

در عین حال نیازهای مناطق شمال و غرب شهر نیز در نظر گرفته شده است. حسینی خاطرنشان کرد: با اجرای این پروژه‌ها بخش قابل توجهی از طرح جامع شهر تهران به ظهور می‌رسد و در این راستا اصرار ما پیش از آغاز اجرای پروژه‌های جدید، به اتمام رساندن پروژه‌های نیمه تمام است.

وی با بیان اینکه همزمان با اجرای پروژه‌های شهری در حال طراحی پروژه‌هایی همچون پروژه تونل صیاد شیرازی هستیم که از میدان سپاه آغاز و تا بزرگراه آزادگان با طول بیش از ۹ کیلومتر ادامه می‌یابد، افزود: در حال حاضر در اجرای دو طبقه کردن بزرگراه صدر ۱۰ کیلومتر در زیر زمین و ۱۰ کیلومتر روی زمین اقدامات در حال اجراست هر چند هم‌اکنون با مشکلات ترافیکی مواجه هستیم اما کارها با سرعت در حال پیشروی است تا هر چه سریعتر این پروژه به اتمام برسد و ترافیک این محدوده روان شود.

معاون فنی عمران شهرداری تهران در ادامه با بیان این که در دهه فجر سال آینده پروژه صدر - نیایش به اتمام می‌رسد، عنوان کرد: در حال حاضر نسبت به برنامه زمان‌بندی شده جلوتر هستیم و برای احداث این پروژه از تجاربمان در احداث تونل توحید و پروژه‌های دیگر شهری بهره لازم را می‌بریم.

۱۳۹۰/۱۱/۲۸

خبرگزاری فارس

## دومین دستگاه تونل‌زنی به اهواز رسید



به گزارش خبرگزاری فارس از اهواز به نقل از روابط عمومی سازمان قطار شهری اهواز، دومین دستگاه تونل‌زنی (TBM) متروی اهواز به نام «کرخه» آغاز به کار کرد.

مدیر عامل سازمان قطار شهری اهواز در این باره گفت: دستگاه حفاری شماره ۲ با نام کرخه، پس از مونتاژ و آماده‌سازی وارد ایستگاه فرودگاه شده است.

عباس هلاکویی افزود: پس از ورود TBM شماره یک (به نام کارون) به ایستگاه فرودگاه، عملیات مونتاژ و آماده‌سازی برای آغاز به کار TBM شماره ۲ (کرخه) آغاز و در ۲۹ دی ماه ۱۳۹۰، دستگاه وارد زمین شده و کار حفاری را آغاز کرد.

وی با بیان اینکه هر دو دستگاه حفار تونل در طول مسیر ۲۳ کیلومتری خط یک مترو اهواز، به موازات هم حرکت خواهند کرد، اظهار داشت: خط یک قطار شهری اهواز دارای دو دستگاه حفاری تونل است که دستگاه اول با طی مسافت ۲۵۰ متری از محل مونتاژ تا ایستگاه فرودگاه، اکنون در این ایستگاه بوده و دستگاه دوم نیز با طی همین مسافت به ایستگاه فرودگاه رسیده است.

## با بهره‌برداری از تونل زره مسیر شهر کرد - ناغان ۱۳ کیلومتر کوتاه‌تر می‌شود



با بیان اینکه تونل زره مهم‌ترین جاده اتصالی استان‌های فلات مرکزی ایران به استان‌های جنوبی از طریق چهارمحال و بختیاری است، گفت: به منظور تسریع در تکمیل و بهره‌برداری از این محور ارتباطی، این طرح از سال آینده جزو پروژه‌های اولویت‌دار در اختصاص بودجه راه و ترابری قرار خواهد گرفت. وی خاطرنشان کرد: با اجرای این طرح مسیر ارتباطی شهرکرد، شلمزار، ناغان ۱۳ کیلومتر مسیر کوتاه‌تر می‌شود. علی‌حالی‌خاطر نشان کرد: اصول توسعه و پیشرفت‌هایی که در بخش حمل و نقل انجام می‌گیرد، توسعه‌ای پایدار و همیشگی بوده و پایه‌گذار توسعه همه جانبه بخش‌های دیگر است.

وی با بیان اینکه اتصال این استان به بزرگراه‌های اصلی توسعه بیشتری را برای این نقطه به همراه خواهد داشت، افزود: ارائه خدمات در سایر بخش‌ها به داشتن راه‌های ارتباطی مناسب و سالم بستگی دارد.

۱۳۹۰/۱۱/۲۶

خبرگزاری فارس

مدیرکل راه و ترابری چهارمحال و بختیاری گفت: با تکمیل و بهره‌برداری از تونل زره مسیر ارتباطی شهرکرد - شلمزار - ناغان ۱۳ کیلومتر مسیر کوتاه‌تر می‌شود. علی‌حالی‌خانی در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در شهرکرد، اظهار داشت: عملیات اجرایی تونل زره با اختصاص اعتبارات استانی آغاز و با صدور مجوز کمیسیون ماده ۲۱۵ و اختصاص اعتبارات ویژه تسریع یافت.

وی با بیان اینکه تونل زره یکی از تونل‌های مهم در مسیر ارتباطی چهارمحال و بختیاری به استان خوزستان است، گفت: با بهره‌برداری از این طرح فاصله مرکز بخش ناغان با شهر شلمزار در مسیر ارتباطی چهارمحال و بختیاری به استان خوزستان ۲۲ کیلومتر کاهش می‌یابد. علی‌حالی‌خانی طول مسیر تونل زره را یک‌هزار و ۴۹۹ متر اعلام کرد و گفت: این طرح یکی از پروژه‌های مصوب دور دوم سفرهای ریاست جمهوری به استان چهارمحال و بختیاری است.

مدیرکل راه و ترابری چهارمحال و بختیاری

# آخرین جزئیات زیرزمین



هلاکویی با اشاره به اینکه سرعت حفاری هر دو TBM، پانزده متر در شبانه روز است گفت: نظر به اینکه حجم عملیات دو دستگاه TBM همزمان بسیار زیاد خواهد بود، لذا پیش بینی می شود با شروع حرکت دستگاه TBM شماره ۲، عمده فعالیت پروژه به حفاری تونل متمایل شود، زیرا پشتیبانی دو دستگاه حفار تونل بسیار زیاد بوده و موجب تحت الشعاع قرار گرفتن سایر فعالیت های پروژه می شود.

برای اجرای تونل های دوقلو خط یک متروی اهواز سفارش ساخت دو دستگاه تونل زنی (TBM) جمعاً به مبلغ ۲۰ میلیون دلار داده شد که در حال حاضر مراحل بارگیری را در چین می گذرانند. سفارش خرید دو دستگاه TBM دیگر به شرکت آلمانی داده شده بود که به دلیل مشکلات بین المللی در مرحله عقد قرارداد متوقف ماند.

قرار بود دو دستگاه تونل زن تا پایان ۸۸ وارد ایران شده و حفاری در تیرماه آغاز شود که به دلایلی این مسئله نیز با تاخیر روبه رو شد.

البته با توجه به تحریم ها به نظر می آید متروی اهواز به ناچار با دو دستگاه TBM کار خود را ادامه دهد که در این صورت به دو برابر زمان برای عملیات اجرایی نیاز دارد و حدود یکسال دیگر بهره برداری تاخیر می افتد.

۱۳۹۰/۱۱/۲۹

خبرگزاری فارس

معاون وزیر راه و شهرسازی ضمن بیان اینکه تا پایان امسال جمعاً ۱۶۰ میلیارد تومان در پروژه انتقال خط آهن تهران- تبریز به زیر زمین در مناطق ۱۷ و ۱۸ هزینه می شود، گفت: این تونل تا پایان سال ۹۱ به اتمام می رسد. عبدالعلی صاحب محمدی در گفت و گو با خبرنگار اقتصادی باشگاه خبری فارس در خصوص میزان پیشرفت پروژه انتقال خط آهن تهران- تبریز در مناطق ۱۷ و ۱۸ تهران به زیر زمین اظهار داشت: این پروژه یکی از پروژه های بزرگ و مهم شهری است که براساس دستور رئیس جمهور در پاسخ به درخواست مردم ساکن این مناطق اجرا می شود. وی ادامه داد: به دلیل عبور خط آهن و تردد قطارها در مناطق ۱۷ و ۱۸، مردم ساکن این منطقه با مشکلاتی مواجه بودند؛ آلودگی های صوتی، آلودگی های بصری، ترافیک بین دو منطقه، وجود خیابان های کم عرض و آلودگی های زیست محیطی از دلایلی بود که موجب شد شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران تصمیم بگیرد، مسیر قطار در این دو منطقه را به زیر زمین منتقل کند.

معاون وزیر راه و شهرسازی با بیان اینکه این پروژه به طول ۱۰ کیلومتر شامل دو کیلومتر رمپ در ابتدا و انتها و ۸ کیلومتر تونل است، گفت: این پروژه به روش "پوش و کند" اجرا می شود بدین ترتیب که پس از آنکه شمع گذاری انجام شد، سقف ایجاد می شود و پس از ساخت سقف ها زیر آنها خالی می شود.

معاون وزیر راه و شهرسازی با اشاره به اینکه این پروژه طوری طراحی شده است که از لحاظ مشخصات فنی می تواند چهار خط قطار از خود عبور دهد، اضافه کرد: مسیر از نظر اندازه ابعاد (طول، عرض و ارتفاع) طوری طراحی شده است که هم برای قطارهای معمولی و هم برای قطارهای برقی قابلیت استفاده را دارد.

صاحب محمدی با بیان اینکه شیب این تونل طبق آخرین استانداردهای جهانی ساخته شده است، اظهار داشت: تجهیزات تهویه نوینی که برای تونل مذکور در نظر گرفته ایم به خوبی عملیات تهویه را انجام می دهد.

معاون وزیر راه و شهرسازی با بیان اینکه در این پروژه عملیات عایق سازی، بتن ریزی و خاک برداری به صورت تخصصی در سطح عالی اجرا شد، خاطر نشان کرد: این پروژه تنها ۳/۵ میلیون مترمکعب (سه میلیون و ۵۰۰ هزار متر مکعب) خاک برداری دارد ضمن آنکه ۵۳۰ هزار متر مکعب نیز بتن ریزی در این پروژه صورت گرفته است.

مدیرعامل شرکت راه آهن ادامه داد: جدارهای تونل دیوار نمایی است و کف تونل یک دال ۵۰ سانتی متری اجرا می شود که مقاومت لازم را برای عبور قطارها ایجاد می کند. صاحب محمدی خاطر نشان کرد: همچنین سیستم های اضطراری مربوط به آتش سوزی، تهویه، پلکان اضطراری و از این قبیل در این تونل مطابق با استانداردهای روز تعبیه شده است. معاون وزیر راه و شهرسازی ادامه داد: در این پروژه ۸ هزار و ۸۰۰ شمع (که به صورت درجا و در یک حفاری نصب و بتن ریزی می شود) به ارتفاع ۲۰ متر نصب شده است، البته از این ارتفاع، مقداری از آن داخل زمین است که این کار برای ایجاد پایداری و مقاومت انجام می شود؛ اجرای این قسمت از پروژه فعالیت بسیار عظیمی بود. مدیرعامل راه آهن با بیان اینکه این پروژه با معارضات فراوانی مواجه بود، خاطر نشان کرد: وجود خطوط برق، مخابرات، لوله های گاز، فاضلاب، لوله های آب آشامیدنی و از این قبیل اجرای این پروژه را تا حدی زمان بر کرده بود اما برای اجرای این پروژه مسایل فنی خاصی

# توسعه راه آهن در تهران

## توسعه راه آهن در تهران



یادآور شد: با ایجاد فضاهای عمومی شرایط زیست محیطی منطقه بسیار مناسب شده ضمن آنکه فضای تفریحات سالم و اوقات فراغت فراهم می‌شود. مدیرعامل شرکت راه آهن خاطرنشان کرد: در سال جاری حدود ۸۱ میلیارد تومان و در سال گذشته حدود ۳۵ میلیارد تومان به این پروژه اختصاص یافت. صاحب‌محمدی تصریح کرد: در کل تا پایان سال جاری با توجه به منابع در اختیار و هزینه‌های انجام شده حدود ۱۶۰ میلیارد تومان برای این پروژه هزینه می‌شود. معاون وزیر راه و شهرسازی یادآور شد: امید است با تلاش مطلوب و فعالیت مناسب این پروژه در پایان سال ۹۱ آماده بهره‌برداری باشد.

۱۳۹۰/۱۲/۰۱

خبرگزاری فارس

مدیرعامل شرکت راه آهن ادامه داد: در این راستا لازم است با شهرداری موارد مورد بررسی قرار گیرد تا در قالب طرحی مشارکتی قسمت آزاد شده توسعه یابد. معاون وزیر راه و شهرسازی یادآور شد: این منطقه ۳۰ هکتاری آزاد شده برای ایجاد فضای سبز، فضای ورزشی، مجموعه‌های تجاری، مجموعه‌های بهداشت و درمان و از این قبیل آماده خواهد شد. صاحب‌محمدی ادامه داد: این مسیر از بازار میل یافت‌آباد و بازار آهن و آلومینیوم عبور می‌کند و موقعیت تجاری مناسبی دارد که مزایای مناسبی برای مردم منطقه ۱۷ و ۱۸ خواهد داشت. مدیرعامل راه آهن با بیان اینکه پس از آزادسازی اراضی تردد مردم منطقه قسمت شمالی و جنوبی تسهیل می‌شود،

در نظر گرفته شد و رفع معارضات تا حدی صورت گرفت.

صاحب‌محمدی اضافه کرد: پس از اتمام این پروژه فضای بالای تونل به مساحت ۳۰ هکتار آزاد می‌شود که آماده کاربری‌های شهری است بدین ترتیب که جایی که مسیر عبور و حرکت قطارها بود با هدایت ریل به زیرزمین، آزاد می‌شود.

معاون وزیر راه و شهرسازی با بیان اینکه ۳۰ هکتار آزاد شده متعلق به شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران است، اظهار داشت: در این راستا پیشنهادی به شهرداری تهران ارائه دادیم بدین ترتیب که مشاور کاربری‌های قسمت آزاد شده را تعیین کرده و متناسب با نیاز منطقه، مواردی در نظر گرفته شده است.



## پایان حفاری‌ها در بخش فوقانی تونل امیرکبیر



به گزارش خبرگزاری فارس، جانشین مجری طرح‌های تونلی سازمان مهندسی و عمران شهر تهران با اعلام این خبر گفت: با اتصال شرق و غرب تونل T4 (تونل حدفاصل میدان کلانتری تا بزرگراه امام‌علی(ع)) در نقطه‌ای زیر خیابان درودیان، عملیات حفاری بخش فوقانی در تونل امیرکبیر از سه‌راه امین حضور تا بزرگراه امام‌علی(ع) به پایان می‌رسد و در نتیجه تمام جبهه‌های کاری در این تونل حمل و نقلی به یکدیگر مرتبط می‌شوند. سیدمهدی پورهاشمی با بیان اینکه زمان اتمام عملیات حفاری در بخش فوقانی تونل امیرکبیر طبق برنامه زمان‌بندی ۲۵ اسفندماه سال جاری بوده است، اظهار داشت: این عملیات با پیشرفت مناسب حفاری‌ها، ۲ هفته زودتر از موعد مقرر به پایان رسیده است. گفتنی است پروژه تونل امیرکبیر یک معبر شریانی مهم در جهت کاهش بار ترافیکی یکی از پررفت و آمدترین مناطق تهران (منطقه بازار) است که ساخت یک پارکینگ طبقاتی و مجتمع تجاری در بخش حدفاصل شرق خیابان هفده شهریور تا غرب خیابان شکوفه در این طرح دیده شده است.

۱۳۹۰/۱۲/۱۴

خبرگزاری فارس

## استفاده از خاک تونل‌های مترو در توسعه فضای سبز جنوب تهران



یک سال زمان برده، انجام می‌شود. فیاض با تاکید بر این نکته که نسبت به پخش خاک‌های به جا مانده از عملیات خاک‌برداری تونل‌های مترو در حجمی معادل ۵۰ هزار سرویس بر روی زباله‌های ۳۰ ساله تهران اقدام شده است، افزود: ارتفاع خاک‌هایی که بر روی زباله‌ها پخش شده‌اند به چهار متر می‌رسد.

مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند با اشاره به اینکه مترو به عنوان یک وسیله حمل و نقل پاک است، بیان داشت: علاوه بر این که مترو پس از احداث به صورت مستقیم در حفظ محیط زیست شهری بسیار اثرگذار است، عملیات ساخت آن نیز که این روزها بدون کم‌ترین مزاحمت برای شهروندان در حال اجراست، به صورت غیرمستقیم در توسعه فضای سبز و حفظ محیط زیست موثر است.

۱۳۹۰/۱۲/۲۱

خبرگزاری فارس

مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند از توسعه فضای سبز تهران گفت: خاک تونل‌های مترو در توسعه فضای سبز جنوب تهران استفاده می‌شود. به گزارش خبرگزاری فارس از جنوب استان تهران به نقل از روابط عمومی حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، محمد فیاض از استفاده از خاک‌های تونل‌های مترو پایتخت برای ایجاد فضای سبز خبر داد.

مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند از توسعه فضای سبز تهران در مراسم جشن درختکاری در مجتمع پردازش و دفع مواد آزادکوه گفت: محل دفن زباله‌های سی ساله تهران به کمک خاک ناشی از عملیات خاک‌برداری تونل‌های مترو درختکاری می‌شود.

وی در ادامه با اعلام آغاز پروژه‌های کاشت ۸۰ هزار اصله درخت در ۲۰۰ هکتار از اراضی جنوب شهر اظهار داشت: بخش عمده‌ای از این درختکاری‌ها در محل قدیمی دفن زباله‌های تهران که عملیات آماده‌سازی آن بیش از

## اتمام عملیات اجرایی بخش جنوبی تونل غیاثوند

عملیات اجرایی پروژه احداث تونل کمکی کانال غیاثوند در بخش جنوبی بزرگراه همت پایان یافت. به گزارش خبرگزاری آریا به نقل از پایگاه خبری معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران، مدیر عامل شرکت خاکریزآب ضمن اعلام خبر فوق افزود: تکمیل تونل غیاثوند حدفاصل بزرگراه همت تا خیابان خواجه عبدالله انصاری به طول حدود ۲ هزار متر براساس اولویتهای تعیین شده به منظور رفع نقاط آنگیر انجام گرفته و کلیه عملیات مربوط به آرماتوربندی، قالببندی و اجرای پوششبتنی نهایی آن در شش ماهه دوم سال جاری به اتمام رسیده است.

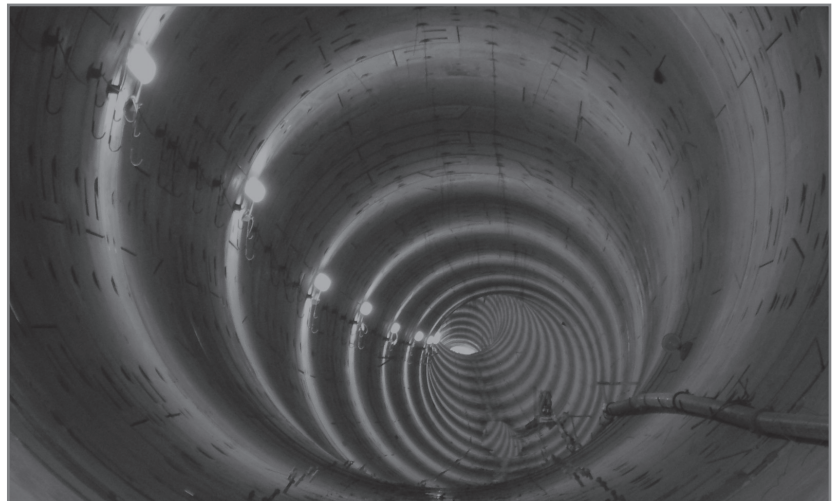
مهندس امیرعباس بهاری بهره‌بردار از تونل غیاثوند را سبب کمک به رفع نقاط آنگیر غرب منطقه ۴ شهرداری تهران ذکر و اضافه کرد: با به‌کارگیری تجهیزات مهارسرعیت آب در طول تونل، آبهای سطحی جمع‌آوری شده در بالا دست با سرعت مناسبی به کانال مهران در خیابان خواجه عبدالله انصاری هدایت می‌شوند. به گفته مدیر عامل شرکت خاکریز آب، با بهره‌برداری از بخش جنوبی تونل غیاثوند، بخش باقی مانده از این پروژه شامل مسیر حدفاصل خیابان پاسداران تا غرب میدان اختیاریه خواهد بود که در سال آینده اجرا خواهد شد.

گفتنی است تونل کمکی کانال غیاثوند یک تونل ۵۳۷۰ متری است که در دو سطح مقطع مختلف، از خیابان عابدینی در غرب میدان اختیاریه آغاز شده و پس از عبور از بخش غربی خیابان پاسداران و زیر بزرگراه همت، در خیابان خواجه عبدالله انصاری به کانال مهران متصل می‌شود که احداث بخش جنوبی این تونل باعث افزایش سطح مقطع کانال غیاثوند به عنوان یکی از کانال‌های قدیمی جمع‌آوری و هدایت آبهای سطحی شهر تهران شده است.

۱۳۹۰/۱۲/۲۳

خبرگزاری آریا

## حفاری ۱۰ هزار متری تونل نیایش در نقاط آبرفتی / تهیه شناسنامه فنی برای بزرگراهها



تعمیر و نگهداری اشاره کرد و گفت: در طرح استقبال از بهار موضوع نگهداری در دستور کار قرار گرفته که یکی از حلقه‌های مفقوده در معاونت فنی - عمران بوده است. معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران از تشکیل اساسنامه سازمان نگهداری در حوزه عمران خبر داد و گفت: ۷۴ کیلومتر معارضه تأسیساتی امسال رفع شده است.

وی ادامه داد: همچنین دستورالعمل فنی آماده و فهرست بهای شهری نیز تهیه شده است. به گفته حسینی نظام‌مند کردن پیمانکاران و مشاوران از جمله اقدامات بوده است. معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران از تهیه شناسنامه فنی برای تمام بزرگراه‌های تهران خبر داد. وی در بخش دیگر سخنانش در خصوص موضوع کاهش هزینه‌ها و مهندسی ارزش در معاونت گفت: در تونل نیایش بالغ بر ۲۰ میلیارد تومان صرفه‌جویی کرده‌ایم. معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران در بخش دیگر سخنانش به موضوع چاله‌های شهر تهران اشاره کرد و گفت: سابقه تاریخی از چاله و موضوع بی‌کیفیتی آسفالت وجود دارد. براساس برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته در سال آینده این مشکل برطرف می‌شود.

۱۳۹۰/۱۲/۲۲

خبرگزاری فارس

معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران گفت: بیش از ۱۰ هزار و دویست متر حفاری در تونل نیایش انجام شده است. به گزارش خبرنگار اجتماعی فارس؛ سید مازیار حسینی با اشاره به ساخت تونل صدر - نیایش گفت: در حال حاضر حدود ۶ هزار نفر در این تونل کار می‌کنند و زمانی که کارخانه سگمنت‌سازی ۲ نیز راه‌اندازی شود فقط هزار و ۸۰۰ نفر در این کارخانه فعالیت می‌کنند. وی با تأکید بر این موضوع که بهره‌برداری از تونل صدر - نیایش در سال آینده انجام می‌شود، گفت: پروژه بالغ بر ۶۰ درصد پیشرفت فیزیکی داشته و همچنین در بحث عملیات حفاری به مرز ۹۷ درصد رسیده‌ایم.

معاون فنی عمران شهرداری تهران با اشاره به اینکه بیش از ۱۰ هزار و دویست متر حفاری انجام شده است، گفت: در ابتدای سال ۶ درصد کار انجام شده بود ولی در حال حاضر به بالغ بر ۶۰ درصد کار انجام شده است. وی با بیان اینکه خاک در این نقاط آبرفتی بوده است گفت: حفاری در این نقاط شرایط متفاوتی دارد زمان پایداری در برخی مواقع یک تا دو ساعت است و باید پوشش اولیه گذاشته شود چرا که احتمال نشست وجود دارد. به گفته حسینی، بیش از ۱۰ هزار متر مربع در آبرفت عملیات حفاری انجام شده است. وی در بخش دیگر سخنانش به موضوع

## سال آینده تونل امامزاده هاشم دماوند راه اندازی می شود



معاون عمرانی استاندار تهران از راه اندازی تونل امامزاده هاشم (ع) دماوند در سال آینده خبر داد. محمدرضا محمودی در حاشیه آیین بهره برداری از ۴ هزار واحد مسکن مهر شهر جدید پردیس که با حضور مسئولان انجام شد، در گفت و گو با خبرنگار فارس در شرق استان تهران اظهار کرد: تونل امامزاده هاشم (ع) یکی از طرح های راه سازی بزرگ در استان تهران محسوب می شود.

وی ادامه داد: با اجرای این طرح، گردنه خطر ساز و کولاک خیز امامزاده هاشم (ع) عملاً حذف می شود و رفت و آمد مسافران از طریق این تونل انجام می گیرد. محمودی درباره میزان بودجه عمرانی سال ۹۱ استانداری تهران تصریح کرد: بودجه سال ۹۰ استانداری تهران اعتباری بالغ بر ۸۰۰ میلیارد تومان بود. معاون عمرانی استاندار تهران بیان کرد: این بودجه در سال ۹۱ و با احتساب افزایش ۲۰ درصدی به نزدیک یک هزار میلیارد تومان می رسد.

۱۳۹۰/۱۲/۲۹

خبرگزاری فارس

## خرید و ورود دستگاه حفاری تونل های خط دوم قطار شهری تبریز



شهردار تبریز همچنین با اشاره به اهداف اصلی اجرای خط دوم مترو تبریز افزود: افزایش سهم حمل و نقل ریلی تبریز در جابجایی مسافر، کاهش ترافیک، کاهش هزینه های سفرهای درون شهری، کاهش آلودگی هوا، تکمیل و توسعه ناوگان حمل و نقل درون شهری، ارتقای سطح رفاه و آسایش شهروندان، اتصال شرقی ترین نقطه شهر به غربی ترین نقطه تبریز و تحقق هدف سامانه حمل و نقل ترکیبی از جمله اهداف مورد نظر مدیریت شهری در اجرای این خط به شمار می رود. نوین در ادامه از خرید و ورود دستگاه حفاری تونل های خط دوم مترو به تبریز خبر داد و تصریح کرد: مقدمات و اقدامات لازم برای خرید دومین دستگاه حفاری نیز فراهم شده و پیش بینی می شود اجرای خط دوم سریع تر از خط اول انجام گیرد.

نوین در عین حال گفت: بستری های لازم برای اجرای سریع و با برنامه خط دوم مترو فراهم گردیده و با روحیه جهادی که از قرارگاه خاتم الانبیا (ص) سراغ داریم قطعاً این طرح با سرعت اجرا خواهد شد. شهردار تبریز در خاتمه ابراز امیدواری کرد سهم مترو در حمل و نقل درون شهری از ۱۰ درصد به ۲۰ درصد افزایش یابد.

۱۳۹۰/۱۲/۲۵

خبرگزاری فارس

شهردار تبریز از خرید و ورود دستگاه حفاری تونل های خط دوم قطار شهری به تبریز خبر داد. به گزارش خبرنگار فارس از تبریز، علیرضا نوین در آیین امضا و ابلاغ قرارداد اجرایی خط دوم مترو تبریز لازمه تحقق این امر را توسعه زیرساخت های حمل و نقل درون شهری در بخش هایی چون تاکسیرانی، اتوبوسرانی، خطوط مترو و نیز احداث سامانه های جدیدی چون منوریل و تراموا اعلام کرد و از برنامه ریزی کلان شهرداری تبریز در این بخش خبر داد. شهردار تبریز در این مراسم همچنین با ابراز خرسندی از نهایی شدن موضوع قرارداد اجرایی خط دوم مترو تبریز گفت: امروز، روزی مهم و بزرگ برای مدیریت شهری تبریز به شمار می رود چرا که در ادامه موفقیت های حاصله طی سال های اخیر، شاهد آغاز مراحل اجرایی بخشی خط دو مترو هستیم.

وی در بخش دیگری از سخنان خود از خط دوم مترو تبریز به عنوان طولانی ترین خط از خطوط چهارگانه مترو یاد و خاطرنشان کرد: خط دو مترو تبریز به طول ۲۲ کیلومتر و ۴۰۰ متر با پیش بینی ۲۰ ایستگاه طراحی شده و برای اجرای آن طی هفت سال برنامه زمان بندی شده، بالغ بر ۱۲ هزار میلیارد ریال هزینه خواهد شد.

# مروری بر روش‌های ارزیابی نشست در اثر حفر تونل‌های کم عمق

محمد عفیفی پور ۱؛ مصطفی شریف‌زاده ۲؛ کوروش شه‌ریار ۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ afffipour@aut.ac.ir

۲- استادیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ sharifzade@aut.ac.ir

۳- استاد دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران؛ k.shahriar@aut.ac.ir

## چکیده

بدلیل رشد روزافزون جمعیت در مناطق شهری، نیاز به توسعه سیستم‌های خدمات رسانی زیرزمینی بیشتر احساس می‌شود. در همین راستا حفر تونل‌های کم عمق شهری با دسترسی آسانتر، توجه خاصی پیدا کرده است. درک و پیش‌بینی حرکت زمین در اثر حفاری تونل، متاثر از پارامترهای متعددی از جمله روش اجرای حفاریه، خواص ژئوتکنیکی زمین و ابعاد حفاریه می‌باشد. به طور کلی روش‌های ارزیابی نشست به ۴ دسته، روش‌های تجربی، روش‌های تحلیلی، روش‌های عددی و مدل‌های آزمایشگاهی و فیزیکی تقسیم‌بندی می‌شود. در این مقاله هدف بررسی روش‌های تجربی و تحلیلی است و در هر روش به بیان مزایا و معایب پرداخته می‌شود. تفاوت در روش‌های تحلیلی مربوط به نوع مد حرکتی تونل می‌باشد که به عنوان شرایط مرزی مساله وارد می‌شود. مبنای روابط تجربی ارائه شده بیشتر براساس نتایج برجا می‌باشد و از این حیث بیشتر برای یک دسته محیط‌های خاص مناسب می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که برای تعیین یک رابطه مناسب، در پارامترهای اصلی دخیل در گودی نشست مانند پهنای گودی نشست، پارامترهای ژئوتکنیکی خاک نیز جایگزین شود تا از این طریق بتوان برای تمامی محیط‌ها یک تقریب قابل قبولی بدست آورد. در مورد روابط تحلیلی نیز نوع مد حرکتی تونل باید براساس جنس زمین تعیین شود.

**کلمات کلیدی:** تخمین نشست، تونل‌های کم عمق، روابط تحلیلی و تجربی.

## ۱- مقدمه

می‌کنند. اصلی ترین دغدغه در این زمین‌ها، انتقال سریع جابجایی‌های ناشی از حفر تونل به سطح زمین می‌باشد. اگر در این بازه، سازه‌های سطحی - زیرسطحی یا پی‌های عمیق یا کم عمق حضور داشته باشند، تحت تاثیر این عملیات ممکن است دچار آسیب شوند. با توجه به این نکته که اغلب این سازه‌ها از تیپ سازه‌های عمرانی می‌باشند و تغییرشکل پلاستیک را به هیچ عنوان تحمل نمی‌کنند و همچنین مقاومت کششی پائینی دارند، حتی میزان اندک نشست نیز موجب آسیب احتمالی به آنها می‌شود. در جدول ۱ مقادیر مجاز نشست برای بعضی سازه‌ها طبق استاندارد ارتش آمریکا آورده شده است [۲].

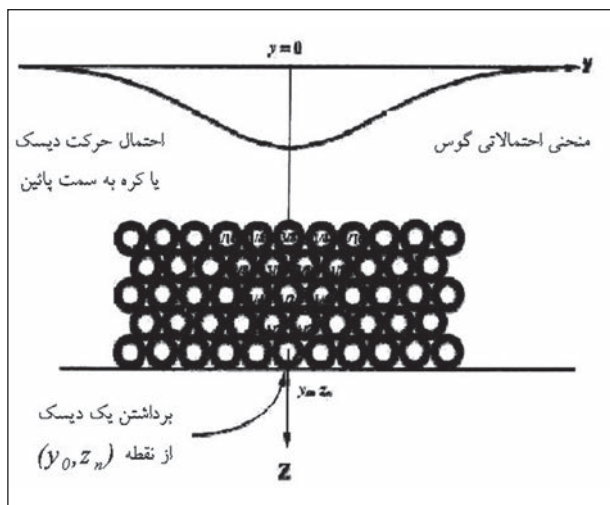
مقدار بزرگی نشست حاصل از حفاری تونل به پارامترهای متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها را می‌توان روش اجرای حفاریه، خواص ژئوتکنیکی محیط، عمق و ابعاد حفاریه زیرزمین عنوان کرد. پس با این تفاسیر تعیین میزان نشست در محیط‌های

امروزه در تامین زیرساخت‌های مناسب برای حمل‌ونقل و تاسیسات خدمات رسانی در مناطق شهری پرجمعیت، توجه خاصی به امر تونلسازی شده است. اصلی ترین دلیل آن را می‌توان به مقوله محیطی و اشغال فضا عنوان کرد. معمولاً پروژه‌های تونلسازی از نظر بعد اقتصادی نیز جایگزین مناسبی برای تاسیسات سطحی می‌باشد، که این جزء با انجام بررسی همه جانبه موضوع و ریسک پذیری آن در محیط‌های شهری امکان‌پذیر نخواهد بود. بعد از حفر اولین تونل مترو در سال ۱۸۹۷ در لندن، امروزه در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا خطوط مترو در حال بهره‌برداری می‌باشد [۱].

شهرها معمولاً در مناطقی قرار دارند که جنس محیط اغلب خاک‌های آبرفتی و ساحلی از جنس رس‌ها، سیلت‌ها و ماسه‌ها می‌باشد که در عمل ممکن است تلفیقی از این مواد را شامل شود. اصولاً این محیط‌ها را جزء محیط‌های سست طبقه‌بندی

چندان از آن استفاده نمی‌شود.

$$\delta_{v(y,z)} = \frac{0.8t}{K_a} \left( \frac{z_0 - z}{2a} \right)^{-n} \exp \left[ -0.5 \left( \frac{y}{aK_a} \right)^2 \left( \frac{z_0 - z}{2a} \right)^{-2n} \right] \quad (1)$$



شکل (۱): فرایند نشست براساس مفهوم آماری Litwinniszyn [۷].

این فرمول نشست ناشی از یک حفیره نازک مستطیلی به طول  $2a$  و ارتفاع  $t$ ، و در عمق  $Z_0$  می‌باشد.  $K_a$  و  $n$  ضرایب تجربی هستند و  $Z$  نیز جهت قائم محور مختصات را نشان می‌دهد [۷].

## ۲-۲- روش Peck (1968)

این رابطه، کاملاً یک رابطه تجربی است و براساس مشاهدات بدست آمده از پروژه‌های تونلسازی تعیین شده است. نکته قابل ذکر این است که این رابطه بیشتر در زمین‌های رسی و چسبنده، قابل استفاده است و در زمین‌های ماسه‌ای و غیرچسبنده گودی نشست را به درستی نشان نمی‌دهد. رابطه ۲ برای این روش ارائه شده است.

$$S_v = S_{v,max} \exp \left[ -\frac{y^2}{2t^2} \right] \quad (2)$$

در این رابطه  $t$ ، مختصات نقطه عطف گودی نشست نسبت به محور تونل است که روابط متعددی برای آن ارائه شده است [۶].  $y$  فاصله از محور تونل (m)،  $S_{v,max}$  مقدار نشست ماکزیمم است که از رابطه ۳ بدست می‌آید:

$$S_{v,max} = V_s / \sqrt{2\pi} i = \int_{-\infty}^{+\infty} S_v dx / \sqrt{2\pi} \pi i \quad (3)$$

سست و بویژه در محیط‌های شهری که شامل سازه‌های سطحی و زیرسطحی می‌باشند، اهمیت خاصی پیدا می‌کند. به طور کلی برای تخمین نشست ناشی از حفر تونل ۴ دسته روش وجود دارد که عبارتند از: روش‌های تجربی، روش‌های تحلیلی، روش‌های عددی و مدل‌های فیزیکی. روش‌های عددی به طور کلی با توجه به قابلیت بالا در مدل کردن مسائل پیچیده و غیرخطی ابزار مناسبی می‌باشند. به طوری که در این روش‌ها می‌توان اکثر پارامترهای تاثیرگذار در نشست را در نظر گرفت.

جدول (۱): مقادیر مجاز نشست برای سازه‌های مختلف [۲]

نوع سازه	مقدار مجاز نشست (cm)
سازه‌های آجری	۳
سازه‌های اسکلت فلزی	۴
ساختمان‌های آجری یا بتنی مسلح	۶
پل‌ها و برج‌ها	۱۲

البته نکته مهم، دادن خواص واقعی به مدل و همچنین اعمال یک مدل رفتاری مناسب برای نشان دادن پاسخ زمین در مقابل حفر یک تونل کم عمق می‌باشد که این موارد جزء نقاط ضعف روش‌های عددی می‌باشد. بعنوان مثال در مدل رفتاری موهر-کولمب به دلیل عدم توانایی در مدل کردن واقعی فرایند باربرداری، بعد از حفر، کف تونل به میزان غیرمعقولی بالا زدگی دارد که این پدیده در تونل‌های کم عمق و در محیط‌های سست امری غیرعادی می‌باشد [۱۴]. هدف از ساخت مدل‌های فیزیکی بیشتر تعیین مکانیزم حرکتی و پاسخ زمین در مقابل حفاری می‌باشد و بدلیل پیچیدگی زیاد در ابزاربندی و تعیین مصالح آنها، اکثراً در پروژه‌های بسیار مهم انجام می‌شود. در این مقاله هدف بر این است که روش‌های تحلیلی و تجربی را مورد ارزیابی قرار داده و نقاط ضعف و قوت آنها بررسی شود و پیشنهادهای برای هرچه بهتر شدن این روابط ارائه داد. این روش‌ها در طراحی‌های اولیه استفاده فراوانی دارد، کمالاتی که در مراحل طراحی نهایی اصلی‌ترین روش، روش‌های عددی خواهد بود.

## ۲- روش‌های تجربی و آماری

### ۲-۱- روش Litwinniszyn (1956)

مبنای کار در این روش، استفاده از تعریف آماری برای پیش‌بینی جابجایی احتمالی کره‌ها در اثر برداشتن یک کره از کف یک مجموعه می‌باشد. روند کلی این تکنیک در شکل ۱ آورده شده است. این اولین روش ارائه شده برای نشست بوده که فقط از نظر شکل ظاهری نزدیکی با گودی نشست دارد و در مسائل عملی

$$\lambda_b(\bar{X}) = \left( 0.0083 - 0.0014 \frac{Z_0}{H} \right) (\sigma_h - p) F(\bar{X}) (Z_0 + D) \frac{\mathcal{E}_f}{\sigma_f} \quad (6)$$

مقدار نشست در مقطع B-B (شکل ۲) ناشی از عبور جبهه کار تونل از مقطع A-A تا B-B می‌باشد. در این رابطه  $Z_0$ ، فاصله بین محور تونل تا سطح زمین، H، فاصله تاج تونل تا سطح زمین، D، قطر تونل،  $\sigma_h$  تنش افقی در محور تونل، p فشار اعمال شده به جبهه کار تونل،  $\sigma_f$  مقدار تنش متوسط از سطح زمین تا کف تونل،  $\mathcal{E}_f$  متوسط مقدار کرنش در لحظه شکست مواد از سطح زمین تا کف تونل و  $F(\bar{X})$  تابعی است که به فاصله بین مقطع A-A و B-B مربوط می‌شود [۱۵].

۲-۵- روش Attewell & Woodman(1982)

این محققین با استفاده از معادله اصلاح شده توزیع احتمالاتی نرمال، راه حل تجربی را برای نشست طولی سطح پیشنهاد کردند و رابطه‌ای به صورت زیر برای آن ارائه شد:

$$\delta = \frac{V}{\sqrt{2\pi}i^2} \exp\left[-\frac{y^2}{2i^2}\right] \left\{ G\left(\frac{x-x_i}{i}\right) - G\left(\frac{x-x_f}{i}\right) \right\} \quad (7)$$

که در آن:

(G)، یک تابع احتمال که در شرایط مرزی زیر برای آن صادق است:

$$G(0) = 0.5, G(\infty) = 0$$

V، حجم افت زمین که به صورت درصد بیان می‌شود.

i، فاصله افقی عرضی بین نقطه ماکزیمم نشست تا نقطه عطف و z، عمق محور تونل می‌باشد [۱۲].

پارامتر اصلی در این رابطه "i" می‌باشد که تعیین کننده نقطه عطف گودی نشست و جداکننده مناطق تحدب و تقعر است. این پارامتر در ارزیابی میزان خسارت برسازه‌های سطحی بسیار مهم می‌باشد [۱].

۲-۳- روش Oteo(1979)

این روش، یک روش نیمه تجربی است که امکان تخمین نشست در امتداد عمود بر محور تونل را می‌دهد. به طور کلی این روش اصلاح شده روش پیک می‌باشد که در آن پارامترهای بیشتری از تونل و توده دربرگیرنده بکار گرفته شده است. رابطه ارائه شده به صورت زیر می‌باشد:

$$w(y) = \Psi \frac{\gamma(2a_0)^2}{E} (0.85 - \nu) e^{\left(\frac{-y^2}{2i^2}\right)} \quad (4)$$

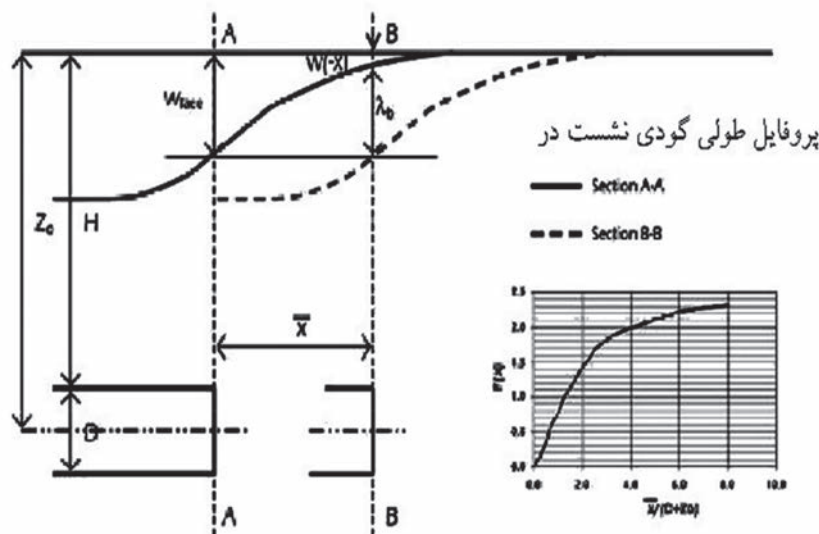
در این رابطه، E مدول یانگ خاک،  $a_0$  شعاع تونل و  $\nu$  ضریب پواسون،  $\Psi$  ثابت تجربی و i، موقعیت نقطه عطف منحنی گودی نشست می‌باشد که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$i = a_0 \eta \left( 1.05 \frac{Z_0}{a_0} - 0.42 \right) \quad (5)$$

در این رابطه  $\eta$  ثابت تجربی و  $Z_0$  عمق تونل است [۱۰].

۲-۴- روش Romo-Diaz (1981)

رومو و دیاز رابطه تجربی ارائه کردند که از تحلیل‌های پارامتری اجزاء محدود بدست آمده بود و برای تخمین نشست طولی در امتداد محور تونل مورد استفاده قرار می‌گرفت:



شکل (۲): شرایط هندسی و مقادیر تابع F در روش رومو-دیاز [۱۵].

این رابطه فقط مد حرکتی شعاعی یکنواخت در نظر گرفته شده بود [۷، ۱۰].

### ۳-۲-۳ روش Verruijt and Booker (1996)

این روش در اصل تعمیم یافته روش ساگاستا است که فقط برای محیط‌های تراکم‌ناپذیر صادق بود. البته نکته مهم دیگر در این رابطه تعمیم یافته، استفاده از مد حرکتی بیضی‌شدن است که در رابطه ساگاستا در نظر گرفته نشده بود. البته لازم به ذکر است که در عمل، گودی نشست حاصل از این رابطه پهن‌تر از حد معمول بدست می‌آید. رابطه ۱۰ برای تخمین میدان جابجائی قائم در سطح زمین ارائه شد:

$$W(y) = 4\varepsilon a_0^2 (1 - \nu) \frac{Z_0}{y^2 + Z_0^2} - 2 \delta a_0^2 Z_0 \frac{y^2 - Z_0^2}{(y^2 + Z_0^2)^2} \quad (10)$$

در این رابطه،  $\varepsilon$ ،  $\delta$ ، نشان دهنده جابجائی نسبی سطح تونل به حالت جابجائی شعاعی یکنواخت ( $\varepsilon$ ) و حالت حرکت بیضی‌شکل ( $\delta$ )،  $\nu$  نسبت پواسون خاک؛  $Z_0$  و  $a_0$  به ترتیب شعاع تونل و عمق محور تونل است [۱۸و۱۶].

### ۳-۳ روش Loganatan and Polus (1998)

این محققین بر این عقیده بوده‌اند که مقدار پارامتر افت زمین طبق تعریف گفته شده (نسبت حجم گودی نشست به سطح مقطع تونل در واحد پیشروی) دقیق نمی‌باشد و تاثیر روش اجرا و ابعاد حفیره را در نظر نمی‌گیرد و با استفاده از پارامتر دیگری تحت عنوان گپ این مفهوم را تعریف کردند و همچنین مد حرکتی بیضی‌شدن را به رابطه خود اضافه کردند.

$$W(y) = 4(1-\nu)a_0^2 \frac{Z_0}{Z_0^2 + y^2} \frac{4ga_0 + g^2}{4a_0^2} \exp\left(-\frac{1.38y^2}{(Z_0 + a_0)^2}\right) \quad (11)$$

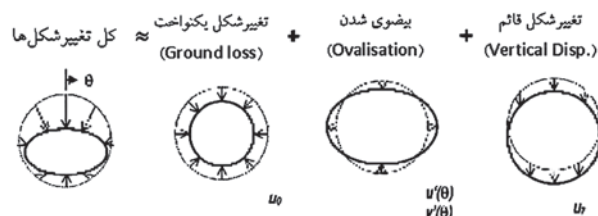
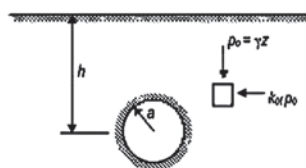
در این رابطه،  $g$ ، پارامتر گپ می‌باشد که مقدار آن برابر است با  $g = G_p + U_{3D}^* + \omega$  که در آن،  $G_p$ ، یک فاصله (گپ) فیزیکی است که بیانگر فضای خالی پیوسته سپر و لاینینگ است. پارامتر  $U_{3D}^*$ ، معادل تغییر شکل الاستو-پلاستیک سه بعدی در جبهه کار تونل است. در این رابطه  $\omega$  به عنوان پارامتر مربوط به مهارت و ظرافت اجرای کار در نظر گرفته می‌شود که به عنوان مقدار مینیمم بین  $0.6G_p$  و جابجائی شعاعی در تاج تونل در نظر گرفته می‌شود [۳و۶].

### ۳-۴ روش Sagaseta and Gonzales (2001)

در سال ۲۰۰۱، ساگاستا و گونزالس رابطه قبلی خود را تعمیم داده و تاثیر پارامترهای افت زمین،  $\varepsilon_0$ ، بیضی‌شدن،  $\rho$ ، و

### ۳-روش‌های تحلیلی

مبنای کار در این روش‌ها، تعیین مد حرکتی تونل بوده است. در اصل این حالت حرکتی به عنوان شرایط مرزی در مرز داخلی تونل در نظر گرفته می‌شود. برای حل معادلات دیفرانسیل حاکم، به این شرایط مرزی نیاز می‌باشد. به طور کلی مطابق شکل ۳ مولفه‌های مد حرکتی تونل نشان داده شده است و محققین در روابط خود یک یا چند مد حرکتی را استفاده کرده‌اند. البته استفاده از هر مد رفتاری در هر محیط قابل قبول نیست و پارامترهای دیگری علاوه بر جنس زمین نیز در تعیین مد رفتاری تونل تاثیرگذار می‌باشند. در ادامه روش‌های تحلیلی ارائه شده براساس مدهای حرکتی مختلف شرح داده می‌شود.



شکل (۳): مولفه‌های تغییر شکل تونل [۸]

### ۳-۱-۳ روش Sagaseta (1987)

این محقق یک راحل فرم بسته را برای تعیین میدان کرنش در یک محیط ایزوتروپ و تراکم‌ناپذیر (ثابت بودن ضریب پواسون) ارائه کرد. در این رابطه فقط مد حرکتی شعاعی یکنواخت در مرز تونل در نظر گرفته شده بود. رابطه پیشنهادی به صورت زیر تعریف شد:

$$W(y) = \frac{V_s}{\pi} \frac{Z_0}{y^2 + Z_0^2} \quad (8)$$

$$W(y) = \frac{V_s}{\pi} \frac{Z_0}{y^2 + Z_0^2} \quad (9)$$

در این روابط  $V_s$ ، افت حجمی زمین (نسبت حجم گودی نشست در واحد متر به مساحت سطح حفیره)،  $Z_0$  عمق محور تونل و  $y$ ،  $x$  مختصات افقی و قائم محور تونل است. در

## ۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

نکته اصلی در مورد روابط تجربی و تحلیلی ارائه شده، محدود بودن آنها به زمین های خاص می باشد. مناسبترین رابطه برای تخمین نشست رابطه ای خواهد بود که، در عین سادگی، شامل اصلی ترین پارامترهای تاثیرگذار باشد.

با توجه به مطالب گفته شده، کاملترین رابطه برای تخمین نشست می تواند تابعی به فرم  $\delta = \delta(E, Z, R)$  باشد که در آن  $\delta$  مقدار نشست می باشد که به عنوان تابعی از پارامترهای مستقل عمق  $Z$ ، قطر تونل  $R$  و مدول دگرشکلی  $E$  تعریف می شود.

در اکثر روابط بیان شده، این سه پارامتر با هم در نظر گرفته نشده اند. مهمترین پارامتر مدول دگرشکلی می باشد که قابلیت تغییر شکل محیط را در مقابل تغییرات اعمالی مانند حفاری نشان می دهد و در مقدار نشست ماکزیمم و پهنای گودی نشست بسیار تاثیرگذار می باشد.

تاثیر پارامترهای اجرا که در میزان نشست موثر هستند به نوعی در روابط تاثیر داده نشده است و می طلبد که این پارامترها در روابط آورده شود. البته به منظور اعتماد بخشی به روش ها می بایست در هنگام اجرا و با استفاده از داده های حاصل از ابزاربندی به نوعی روابط و به ویژه پارامترهایی از جمله مختصات نقطه عطف را اصلاح کرد.

از جمله پارامترهای تاثیرگذار در میزان نشست، تغییرات فشار جبهه کار و فشار تزریق در حفاری سپری و همچنین حفاری مرحله ای و نصب نگهداری سریع و فعال در روش اتریشی می باشد که ایجاب می کند فرمول ها را برای روش های مختلف تعمیم داده شوند.

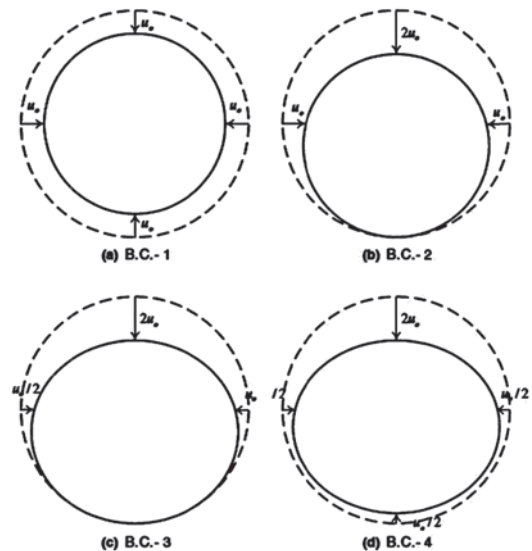
در نظر گرفتن مدحرکتی مناسب در روابط تحلیلی و بسط یک مدل مناسب و کلی و همچنین در نظر گرفتن پارامترهای روش اجرا، مواردی هستند که باید در این روابط تاثیر داده شوند. در پایان به طور خلاصه روابط تجربی و تحلیلی و نقاط ضعف و قوت آنها در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

تراکم پذیری حجمی،  $\alpha$  را به صورت همزمان در آن اعمال کردند. عبارت عمومی نشست قائم ارائه شده توسط این محققین به صورت زیر است [۱۰]:

$$W(y) = 2\epsilon a_0 \left(\frac{a_0}{Z_0}\right)^{2\alpha-1} \frac{1}{(1+y'^2)} \left(1 + \rho \frac{1-y'^2}{1+y'^2}\right) \quad (12)$$

## ۳-۵- روش Park(2005)

در اصل این روش تغییر یافته روش الاستیک وروپجیت و بوکر (۱۹۹۶) می باشد که برای تخمین تغییرشکل در اثر حفاری تونل در زمین های رسی ارائه شده بود. مبنای کار این محقق همان رابطه وروپجیت و بوکر بوده و برای اعتباربخشی به آن الگوی تغییرشکل بیضوی به عنوان شرایط مرزی به مرز حفیره اعمال کرده است. بدین منظور ۴ الگوی تغییرشکل مختلف مطابق شکل ۴ برای دهانه حفیره در نظر گرفته شد و در زمین های مختلف این الگوهای تغییرشکل مورد ارزیابی قرار گرفت. مطالعات انجام شده نشان داد که شرایط مرزی شماره ۲ (B.C-2) در شکل ۴ نزدیکی خوبی با الگوی تغییرشکل در زمین های رسی دارد [۶].



$$\text{B.C.-1 : } u_r(r=a) = -u_0$$

$$\text{B.C.-2 : } u_r(r=a) = -u_0(1 + \sin \theta)$$

$$\text{B.C.-3 : } u_r(r=a) = -u_0\left(1 + \sin \theta - \frac{1}{2}\cos^2 \theta\right)$$

$$\text{B.C.-4 : } u_r(r=a) = -\frac{u_0}{4}\left(5 + 3\sin \theta - 3\cos^2 \theta\right)$$

شکل (۴): شرایط مرزی به عنوان الگوی تغییرشکل حفیره [۶]



جدول (۲): مقایسه روش‌های تجربی

محققین	رابطه ارائه شده	خصوصیات	بررسی و مقایسه
Litwinniszyn (1956)	$\delta_{v(y,z)} = \frac{0.8t}{K_a} \left( \frac{z_0 - z}{2a} \right)^{-n} \exp \left[ -0.5 \left( \frac{y}{aK_a} \right)^2 \left( \frac{z_0 - z}{2a} \right)^{-2n} \right]$	براساس یک مفهوم آماری بنا شده است و رابطه تنش- کرنش در آن دخیل نمی‌باشد.	جزء اولین روابط، هدف آن بیان واضحی از شکل گودی نشست، اعتبار کم در پروژه‌های عملی
Peck(1969)	$\delta = \delta_{\max} \exp \left[ -\frac{y^2}{2i^2} \right]$	رابطه کاملاً تجربی و براساس داده‌های بدست آمده از پروژه‌های تونلسازی	تطابق خوبی با گودی نشست واقعی دارد، منوط به اینکه سطح زمین بدون سازه و مقدار آن به درستی انتخاب شود.
Oteo(1979)	$w(y) = \Psi \frac{\gamma(2a_0)^2}{E} (0.85 - \nu) e^{\left( \frac{y^2}{2i^2} \right)}$ $i = a_0 \eta (1.05 \frac{z_0}{a_0} - 0.42)$	الگوی اولیه آن براساس رابطه پک می‌باشد و در اصل اصلاح شده آن می‌باشد و شامل پارامترهای بیشتری است.	نسبت به روابط قبلی، شامل پارامترهای تاثیرگذار بیشتری است، بویژه مدول دگرشکلی زمین، ولی اعتبار رابطه پک را ندارد.
Romo-Diaz (1981)	$\lambda_b(\bar{X}) = \left( 0.0083 - 0.0014 \frac{Z_0}{H} \right) (\sigma_h - p) F(\bar{X}) (Z_0 + D) \frac{\epsilon_f}{\sigma_f}$	رابطه برای تعیین نشست طولی در امتداد تونل	در نظر گرفتن پارامترهای بیشتر در تخمین نشست و همچنین داشتن دید سه بعدی در تحلیل (اعمال فشار جبهه کار)
Attewell and Woodman (1982)	$\delta = \frac{V}{\sqrt{2\pi}i^2} \exp \left[ \frac{-y^2}{2i^2} \right] \left\{ G \left( \frac{x - x_i}{i} \right) - G \left( \frac{x - x_f}{i} \right) \right\}$	رابطه برای تعیین نشست طولی در امتداد تونل	تعیین مقدار جابجائی طولی در جبهه کار- توانمندی رابطه در زمین‌های رسی

جدول (۳): مقایسه روش‌های تحلیلی و فرم بسته

محققین	رابطه ارائه شده	خصوصیات	بررسی و مقایسه
Sagaseta (1987)	$W(y) = \frac{V_s}{\pi} \frac{Z_0}{y^2 + Z_0^2}$ $W(x) + \frac{V_s}{2\pi Z_0} \left( 1 + \frac{x}{\sqrt{x^2 + Z_0^2}} \right)$	رابطه الاستیک برای محیط‌های تراکم‌ناپذیر و مد تغییر شکل به صورت شعاعی یکنواخت	ضریب پواسون ثابت فرض شده (۰/۵) و مد تغییر شکل واقعی تونل را نشان نمی‌دهد.
Verruijt and Booker (1996)	$W(y) = 4\varepsilon a_0^2 (1-\nu) \frac{Z_0}{y^2 + Z_0^2} - 2\delta a_0^2 Z_0 \frac{y^2 - Z_0^2}{(y^2 + Z_0^2)}$	تعمیم یافته مدل ساگاستا است به صورتی که محیط تراکم‌پذیر و مد تغییر شکل بیضوی می‌باشد.	توانائی ارائه و مقدار نشست در اعماق مختلف و سطح زمین
Loganathan-Poulos	$W(y) = 4(1-\nu)a_0^2 \frac{Z_0}{Z_0^2 + y^2} \frac{4ga_0 + g^2}{4a_0^2} \exp\left(-\frac{1.38y^2}{(Z_0 + a_0)^2}\right)$	تعمیم رابطه فروبیجیت و بوکر و بیات دقیق‌تر از میزان افت زمین (تغییر شکل شعاعی)	با توجه به تعریف پارامتر گپ به نوعی روش اجرا نیز در محاسبه دخالت داده شده است.
Sagaseta Gonzales (2001)	$W(y) = 2\varepsilon a_0 \left(\frac{a_0}{Z_0}\right)^{2\alpha-1} \frac{1}{(1+y'^2)} \left(1 + \rho \frac{1-y'^2}{1+y'^2}\right)$	مد حرکتی بیضوی را به رابطه قبلی خود اضافه کرده‌اند.	الگوی تغییر شکل تقویت شده ولی تاثیر روش اجرا مد نظر قرار نگرفته است.
Park(2005)	رابطه ارائه شده همان رابطه وروبیجیت و بوکر (۱۹۹۶) می‌باشد، با این تفاوت که مدل‌های مختلف تغییر شکل تونل (۴ مد) را برای این رابطه در نظر گرفته است و بسته به جنس زمین هر کدام از این مدهای حرکتی، قابل استفاده است. مثلاً شرایط مرزی دوم در متن برای زمین‌های رسی مناسب بود.		نکته مهم در روابط تحلیلی، الگوی مناسب از حرکت زمین در مرز حفریه می‌باشد که این محقق مدهای مختلفی را ارائه کرده است.

## ۵-منابع

- [11] ITA/AITES Report 2006." Settlement induced by tunneling in soft ground". Tunneling & Underground Space Technology .22(2007) 119-149.
- [12] Chou WI, Bobet A. "Prediction of ground deformations in shallow tunnels in clay". Journal of Tunneling and Underground Space Technology. 2002; 17:3-19.
- [13] Whittaker, B.N., Frith, R.C., 1990. "Tunnelling-Design, Stability and Construction". The Institution of Mining and Metallurgy, London,p. 460.
- [14] A.Vermmer and R. Brinkgreve." Plaxis User's Manuals" .Rotterdam, a. a. balkema edition, 1993.
- [15] Romo MP, Diaz CM." Face stability and ground settlements in shield tunneling". In: Proc 10th int conf on soil mechanics and foundation engineering, vol. 1, Stockholm, 1981. pp 357-60.
- [16] Lee, K. M., Rowe, R. K., and Lo. K. Y. (1992). "Subsidence owing to Tunneling. I: Estimating the Gap Parameter". Canadian Geotech. Journal, Vol. 29, pp. 929-940.
- [17] D. Kolymbas. "Tunneling and Tunnel mechanics". Springle-Verlag, 2005.
- [18] Loganathan N, Poulos HG. "Analytical prediction for tunneling-induced ground movements in clays". Journal of Geotechnic & Geoenvironmenta. Engineering. ASCE 1998; 124(9):846-56.
- [1] Jan Nikolas Franzius;" Behavior of building due to tunnel induced settlement". PHD thesis, Imperial College of Science, Technology and Medicine, 2003
- [2] U.S. Army publication, 1990." Settlement Analysis". Engineer Manual 1110-1-1904.
- [3] Bobet A. "Analytical solutions for shallow tunnels in saturated ground". Journal of Eng. Mech. Div. ASCE
- [4] Mroueh H, Shahrour I. "A simplified 3D model for tunnel construction using tunnel boring machines". Journal of Tunneling and Underground Space Technology, in press, doi: 10.1016/j.tust.2006.11.008.
- [5] Suwansawat S, Einstein HH. "Artificial neural network for predicting the maximum surface settlements caused by EPB shield tunneling". Journal of Tunneling and Underground Space Technology. 2006; 21:133-55.
- [6] Park KH. "Analytical solution for tunneling-induced ground movements in clays". Journal of Tunnelling and Underground Space Technology. 2005;20:249-61
- [7] Suchatvee Suwansawat."Earth Pressure Balance (EPB) Shield Tunneling in Bangkok: Ground Response and Prediction of Surface Settlements Using Artificial Neural Networks". PHD thesis, MIT University, 2002.
- [8] C. Gonzales, C. Sagaseta." Pattern of soil deformation around tunnels: Application to the extention of Madrid Metro". Journal of Computers and Geotechnics 28 (2001) 445-468.
- [9] S.G. Ercelebi et al." Surface settlement prediction for Istanbul metro tunnels via 3D FE and empirical methods". Taylor & Francis Group,London, 2005.
- [10] M. Migliazza et al."Comparison of analytical method, 3D FEM with experimental Subsidence mearsurments resulting from the extension of the Milan undergroud". Journal of Computers and Geotechnics 36 (2009) 113-124.

## مروری بر سازه های زیرزمینی در جهان

ترجمه و گردآوری: ابوالقاسم مظفری (انجمن تونل ایران و عضو هیئت علمی دانشگاه امام حسین (ع))

### چکیده

تاریخ استفاده از سازه های زیرزمینی در اقصی نقاط جهان به هزاران سال پیش برمی گردد و انسان از گذشته های دور به منظور تامین نیازهای خود و بهبود شرایط زندگی اقدام به ساخت و استفاده از فضاهای زیر زمینی نموده است. با گذشت زمان روش های طراحی و اجرای این فضاها تغییر نموده و پیشرفت کرده است. در متن حاضر پس از مرور کوتاهی بر سازه های زیرزمینی در جهان تعدادی از سازه های نوین کشور فنلاند که در زیر زمین ساخته شده اند معرفی می شوند.

### ۱- مقدمه

غارها و فضاهای زیرزمینی که به طور طبیعی شکل گرفته بودند، منزلگاه دائمی بشر ماقبل تاریخ بودند. مطالعات صورت گرفته در ارتباط با محل اسکان انسان های اولیه، بیانگر این مطلب است که ۲۵۰,۰۰۰ سال قبل وی در غارهایی زندگی می کرده است و آنها را مطابق با سلیقه خود شکل می داده است.

هنر مهندسی سنگ، در آن زمان برش سنگ های آهکی نرم توسط یک تکه از سنگ سخت خارا بود. قدیمی ترین اثرهای هنری، مربوط به نقاشی های داخل غار در فرانسه و اسپانیا است. غارهایی که این نقاشی ها در آنها ترسیم شده است. از نقطه نظر مهندسی سنگ نیز قابل توجهند، چون دارای تونل هایی با قدمت بیش از ۱۲۰۰۰ سال هستند که به دست بشر ساخته شده است. آغاز عصر برنز که قدمت آن به ۶۰۰۰ سال قبل برمی گردد، پیش درآمدی برای کارهای معدنی و صنعت معدن در منطقه خاورمیانه بود. از آن زمان تاکنون همواره معادن برای بشر وجود داشته است.

روش به کار گرفته شده برای خرد کردن سنگ ها، توسط معدنکاران نخستین، استفاده از گوه، چکش و نیز داغ کردن سنگ ها با آتش و سپس ریختن آب روی آنها بود.

معابد سنگی و اهرام مصر باستان، شامل کارهای زیرزمینی گسترده ای بوده است. چینی ها، ایرانیان و یونانیان جهت آبرسانی و عبور لوله های انتقال آب در ۲۵۰۰ سال پیش تونل حفر می نمودند.

در طول حکمروایی سلسله هان (Han) در چین، حدود ۲۰۰۰ سال قبل، ۱۰۰۰۰ سرباز چینی تونلی به طول ۳/۵ کیلومتر برای عبور قسمتی از کانال Long Shou از میان منطقه کوهستانی حفر نمودند.

در خلال سالهای امپراطوری روم و مدت ها بعد از آن، دفاع از شهرها توسط تونلی که در زیر دیوار خارجی شهر حفر می شد، انجام می گرفت. مدافعان این شهرها اولین روش های ژئوفیزیکی را جهت اندازه گیری ارتعاشات فضاهای حفر شده توسعه دادند که این موضوع کوششی برای کشف تونل های دشمنان محسوب می شد.

بودائیان معابد خود را در ۲۳۰۰ سال قبل در دل سنگ می ساختند که بعضی از آنها، به خصوص در اطراف جاده ابریشم در هند و چین هنوز باقی مانده اند، در کنار برخی دلائل مذهبی، تصمیم بر اینکه معابد را در سنگ بنا کنند، گرمایش و سرمایش آنها هم می تواند مطرح باشد، چون فضاهای سنگی نسبت به محیط بیرونی خود عموماً در تابستانها خنک تر و در زمستانها گرمتر هستند.

مسیحیان اماکن مسکونی، صومعه ها و معابد زیادی را دور تا دور دریای مدیترانه در ۱۷ قرن تمدن خود، در دل سنگ بنا کردند. آنها به محلهایی که دسترسی به آنها دشوار بود، نیاز داشتند تا از تعقیب و محاکمه توسط مخالفان در امان باشند. ساختمان های سنگی در دل کوه ها می توانست تا حدی پاسخگوی این مطلب باشد چون از قابلیت دفاع بیشتری برخوردار بودند.

اکثراً در زیرزمین و در نزدیکی استفاده‌کنندگان از آن، نصب و یا ساخته می‌شوند.

ترافیک رو به فزونی مراکز پرجمعیت، باعث استفاده از تونل‌های زیرزمینی برای عبور و مرور و نیز پارکینگ‌های زیرزمینی شده است. مسائل زیست‌محیطی و جلوگیری از رانش زمینها دیگر دلایل استفاده از فضاهای زیرزمینی قلمداد می‌گردد.

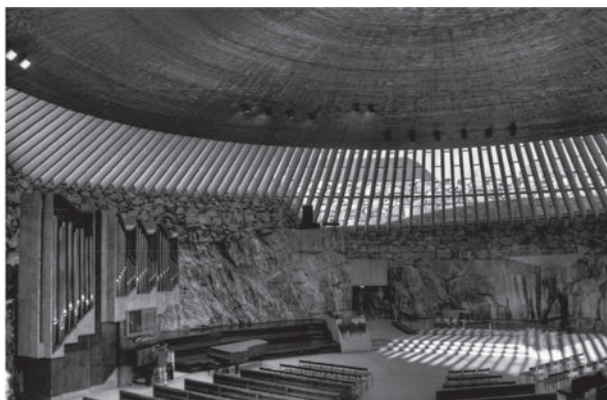
ساخت مترو مسکو، لنینگراد و استکهلم نخستین گام در معماری زیرزمینی تلقی می‌شود. استفاده از فضاهای زیرزمینی، برای احداث کارخانجات صنعتی، مراکز تجاری، تسهیلات رفاهی و ورزشی باعث نقش آفرینی موثر آرشیتکت‌ها در طراحی و ساخت این فضاها شده است. در ادامه به معرفی برخی از فضاهای زیرزمینی نوین فنلاند پرداخته می‌شود.

#### فضاهای زیرزمینی در فنلاند

الف - فضاهای زیرزمینی کشور فنلاند: این کشور بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ مترمکعب فضای زیرزمینی شامل پارکینگ، سالن ورزشی، انبارهای نفت و ذغالسنگ، مترو و غیره دارد به طوری که به ازای هر ۱۰۰ مترمربع فضا در سطح زمین یک مترمربع فضای زیرزمینی وجود دارد. تعداد فضاهای زیرزمینی آن بالغ بر ۴۰۰ مورد است [۱]، که در ادامه به تعدادی از این فضاها اشاره می‌شود [۲].

#### ۱- کلیسای Tempelaukio

یکی از مشهورترین ساختمانهای ساخته شده در سنگ، ساختمان کلیسای Tempelaukio (میدان معبد) در شهر هلسینکی فنلاند است. (شکل ۱)



شکل ۱- محراب کلیسا که در داخل سنگ قرار گرفته است

این کلیسا دارای یک گنبد سیمانی مسلح است و توسط تعداد زیادی پنجره که در زیر سقف قرار دارد، از نور طبیعی استفاده می‌کند. ساخت آن، از فوریه سال ۱۹۶۸ آغاز شد و در سپتامبر

اگر چه حدود ۶۰۰ سال قبل، باروت در اروپا اختراع شد ولی این کشف باعث تحول در فضاهای سنگی نگردید، چون برای احداث این فضاها، علاوه بر مواد منفجره، به فن حفاری و مواد دیگر نیز احتیاج بود که تا عصر صنعتی تغییر چندانی در آن بوجود نیامد.

برای نخستین بار بود که لئونارد داوینچی امکان احداث یک کانال بین رودخانه‌های Aube و Garonne در فرانسه را بررسی کرد و این مطلب تا تکمیل کانال Langudoc در سال ۱۹۶۹ ناشناخته باقی ماند. برای اولین بار بود که در حفر تونل این کانال از باروت استفاده شد.

تونلسازی مدرن در ارتباط با سیستم راه‌آهن بریتانیا و اروپای مرکزی در خلال سالهای ۱۹۵۰-۱۹۴۰ آغاز شد. این ایام با برداشتن گام‌های بلند و اقدامات موثر در فن حفاری و مهندسی تونل، مصادف بود.

در قرن نوزدهم، مشهورترین تونل جهان یعنی تونل Rotherhite در زیر رودخانه Thames لندن حفاری شد. این تونل خلال سالهای ۱۸۴۸-۱۸۲۷ ساخته شد.

تونل شناخته شده دیگری که ایده آن از زمان ناپلئون مطرح شد، تونل مانس بین فرانسه و انگلستان بود که عملاً تا دهه ۱۸۸۰ کاری روی آن صورت نگرفت. اما پیش‌بینی می‌شد قبل از سال ۲۰۰۰ این رویا محقق شود.

ایجاد فضاهای بزرگ در دل سنگ در طول سالهای جنگ جهانی دوم آغاز شد. این فضاها نخست در کشورهای فنلاند، نروژ و سوئد جهت ذخیره‌سازی سوخت و پناهگاه طراحی و اجرا شدند.

اولین نیروگاه برقایی زیرزمینی کشورهای اسکاندیناوی در سال ۱۹۱۴ در کشور سوئد تکمیل شد. بزرگترین سطح مقطع این فضا به ۵۰ مترمربع می‌رسد.

از آن زمان تاکنون، نیروگاه‌های برقایی زیادی در کشور سوئد و نروژ در دل سنگ ایجاد شده‌اند.

اولین فضای زیرزمینی برای ذخیره سوخت در کشور فنلاند در شهر Porvoo قرار دارد. مقطع عرضی این مخزن ۶۰۰ مترمربع می‌باشد.

کشورهای اسکاندیناوی بعلاوه داشتن تکنولوژی پیشرفته حفاری در شرایط مساعد زمین، رهبری مهندسی سنگ را در دست دارند. از سالهای ۱۹۵۰ به بعد مهندسی سنگ و استفاده از فضاهای زیرزمینی نقش مهمی را در معماری و مهندسی شهری کشورهای پیشرفته ایفا کرده است.

از زمانیکه رابطه بین نبود بهداشت و گسترش بیماری‌های واگیردار کشف شد، کانال‌های فاضلاب در شهرهای بزرگ به زیرزمین برده شد.

لوله‌ها، کابل‌ها، کانال‌های فاضلاب و کارخانجات تصفیه آب

ساخت این موزه زیرزمینی، یک موفقیت چشمگیر برای استفاده از فضاهای زیرزمینی برای مقاصد عمومی و استقبال مردم از آن محسوب می شود.

### ۳. تئاتر Kannussillanmaki

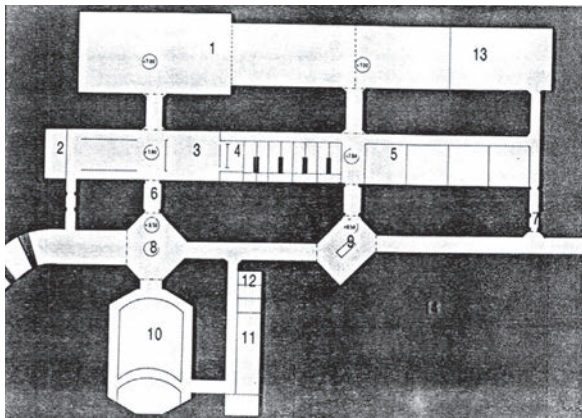
این بنای سنگی ده طبقه، دارای ۸۰۰۰ مترمربع زیربنا است که در مرکز شهر Espoo در نزدیکی شهر هلسینکی قرار گرفته است. فضای طراحی شده برای فعالیتهای ورزشی و تفریحی می باشد و در زمان بحران پناهگاه با حفاظت کلاس S۴ برای اسکان ۲۷۵۰ نفر می باشد.

این ساختمان زیرزمینی دارای اتاقهای متعدد برای تمرین موسیقی و یک تاتر با گنجایش ۲۵۰ صندلی است. (شکل ۳) سالن تئاتر دارای ۱۶/۵ متر عرض و ۹-۸ متر ارتفاع است. این مرکز از زمان کامل شدن بصورت مداوم و هر روزه مورد استفاده است. اگر چه طراحی اولیه آن سینما و تاتر بوده است، لیکن در حال حاضر مورد استفاده افراد بازدید کننده و محل تمرین گروههای آماتور می باشد.

### ۴- مرکز فرهنگی - ورزشی Lauttasaari

این مرکز در زیر پارک تفریحی Mylly Kattio (سنگ آسیا) در جزیره Lauttasaari در نزدیکی شهر هلسینکی قرار دارد. این پارک نسبت به زمینهای اطراف حدود ۲۰ متر بالاتر است و این موضوع به طراحان مرکز امکان داده است، فضای زیرزمینی مناسبی هماهنگ با ساختمانهای اطراف و با استفاده از فضاهای موجود طراحی نمایند.

فضای زیرزمینی طراحی شده، شامل یک سالن کنفرانس با گنجایش ۶۰۰ نفر و یک راهرو برای دسترسی به مرکز ورزشی و فعالیتهای جوانان است که در زمان بحران بعنوان پناهگاه با ظرفیت ۲۴۰۰ نفر می توان از آن استفاده نمود.



شکل ۴- نقشه مرکز فرهنگی ورزشی زیرزمینی لوتاساری واقع در پارک میلی کالیو

سال ۱۹۶۹ به پایان رسید. سالیانه بیش از نیم میلیون نفر از کلیسای Temppeiaulio بازدید می کنند.

### ۲- موزه هنر Retretti

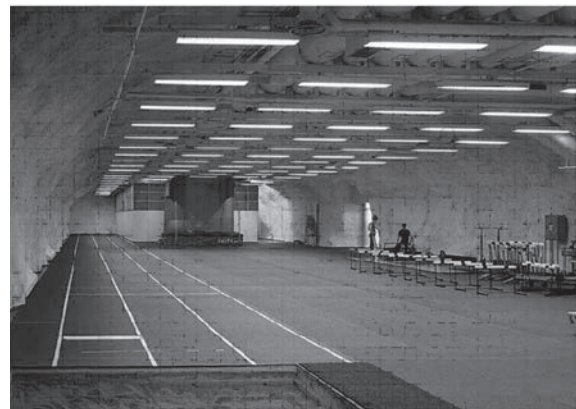
این مرکز هنری در دهکده Pankahariu واقع در شرق کشور وسط دریاچه فنلاند قرار دارد. جلوههای هنری، سطوح سنگی بزرگ در داخل زمین، نورپردازی و وجود جریان آب در آن، زیباییهای این مرکز منحصر بفرد را دو چندان نموده است. اولین مرحله ساخت آن شامل یک نمایشگاه هنر با حجم ۱۶،۰۰۰ متر مکعب بود که در تابستان سال ۱۹۸۴ تکمیل شد.

دومین مرحله ساخت شامل یک سالن کنسرت با حجم ۱۴،۰۰۰ متر مکعب بود که ۵ سال بعد از آن کامل شد. این سالن گنجایش ۱۰۰۰ نفر تماشاگر را دارد و در کنار آن رستوران و تسهیلات رفاهی برای کارکنان وجود دارد. (شکل ۲)



شکل ۲- سالن کنسرت Retretti که در زیر زمین ساخته شده است

مجموعاً ۳۷۰۰ مترمربع فضای زیرزمینی حفاری شده در عمق ۳۰ متری زمین که در نوع خود بی نظیر است به این مورد اختصاص داده شده است.



شکل ۳- فضای فرهنگی-ورزشی زیرزمینی در مرکز شهر Espoo

است و در جنب آن اتاق بدنسازی و یک کافه تریا با ظرفیت ۱۰۰ نفر موجود است. این محل در شرایط اضطرار و بحران بعنوان یک بیمارستان صحرایی عمل می‌کند.

دو محدوده برای پارکینگ در نظر گرفته شده است که مجموعاً می‌تواند ۲۰۰ اتومبیل را در خود جا دهد. این محل‌ها توسط تهویه مرکزی هوادهی می‌شوند. پارکینگ اصلی که ظرفیت ۱۵۰ خودرو دارد، قابل اجاره کردن توسط کتابخانه محلی، همسایگان و کسبه محلی نیز می‌باشد. البته بعد از ساعت اداری مراجعان اصلی این مرکز زیرزمینی می‌توانند از این پارکینگ هم استفاده کنند.

جدول ۱: تخصیص فضای زیرزمینی پارک سبیلیوس

NO.	ITEM	DIMENSIONING	CROSS SECTIONS AREA, m <sup>2</sup>	FLOOR SPACE m <sup>2</sup>	VOLUME m <sup>3</sup>
1	Driveway	width 5—10 m	30	2 200	10 000
2	Road, north	width 4 m	15	600	1 700
3	Car park 2	150 cars	115	3 400	20 000
4	Car park 1	50 cars	115	1 300	7 000
5	Services and storage	500 m <sup>2</sup>	50	600	3 200
6	Main entrance	width 3—4 m	15	500	2 900
7	East wing	300 persons	125	650	4 200
8	Conference hall	800 persons	200	650	5 400
9	West wing	300 persons	115	750	3 700
10	Walkway	width 3—4 m	15	800	2 800
11	Emergency exit Civil defence shelter	height 27 m 4 500 persons	40	— 1,7 m <sup>2</sup> /sp	1 100
Total				11 600	62 000

ورودی اصلی شامل یک پله برقی و یک راهرو پلکانی عادی است. هوای تازه از طریق چاه آسانسور وارد مرکز می‌شود و هوای کثیف توسط دو چاه خارج می‌گردد. چاه‌های خروجی هوا، یکی چاه عمودی است که بعنوان جزئی از ورودی مرکز ساخته شده است و دیگری چاه خروجی اضطراری است که مجهز به آسانسور و پله فولادی مارپیچی است.

#### مطلوبیت محل احداث

محیط پارک، محل مناسبی برای گردهمایی‌ها و دیگر کاربری‌های همگانی است. کتابخانه پارک به ورودی اصلی مرکز مرتبط است و از طریق یک تونل، دسترسی خودروها به پارکینگ میسر می‌شود و با یک راهرو عمودی که در قسمت شرقی پارک واقع شده است، پیاده‌ها می‌توانند به طبقه همکف مرکز برسند.

دسترسی به زمین‌های تنیس از قسمت جنوبی پارک و همچنین دو چاه عمودی که در خیابان Sibeliuksenkatu واقع است فراهم می‌شود، این زمین‌ها توسط تونل‌هایی به دو بیمارستان محلی متصل است.

برای انتقال مراجعین از تراز ۱۶- به +۸ پله برقی وجود دارد که در دو مرحله هر کدام ۱۲ متر استفاده‌کنندگان را بالا

مرکز ورزشی شامل ۲ سالن است، یکی از سالن‌ها که به ورزش‌های توپی تعلق دارد دارای سه قسمت است که پشت سرهم قرار گرفته است. دو تا از قسمت‌ها دارای دهانه ۲۳ متری هستند که برای بسکتبال، والیبال و تنیس استفاده می‌شوند. قسمت سوم عریض‌تر بوده و برای هندبال تیمی مناسب است.

عرض این قسمت ۳۰ متر و ارتفاع آن ۱۲/۵ متر است که قادر است به عنوان یک استادیوم متحرک، ۴۰۰-۳۰۰ نفر تماشاگر را در خود جادهد.

سالن دیگری هم برای تمرینات بدنی مانند ژیمناستیک، پینگ‌پنگ و سایر بازیهای مشابه و همچنین سرویس‌های جانبی وجود دارد که عرض آن ۱۸ متر می‌باشد. این سالن‌ها مجهز به دیواره‌های سبک قابل تعویض جهت تغییر شکل محل است.

مجموعاً در این فضای زیرزمینی، ۴۸۰۰ متر مربع زیربنا ایجاد شده است که ۱۵۰۰ مترمربع آن به فعالیت‌های فرهنگی، ۳۰۰ متر مربع به فعالیت‌های جوانان و ۳۳۰۰ مترمربع به امور ورزشی اختصاص دارد.

#### ۵- سالن‌های تجمع پارک Sibelius

این فضا که در زیر پارک Sibelius واقع شده است، ابتدا بعنوان کلیسا طراحی شده بود، ولی محل مناسبی برای برگزاری کنفرانس‌ها، کنسرت و نمایشگاه نیز می‌باشد. در طراحی این فضا پارکینگ اختصاصی و عمومی و سرویس‌های فنی هم منظور شده است.

این ساختمان زیرزمینی بعنوان پناهگاه نیز قابل استفاده است و ۴۵۰۰ نفر را می‌تواند در خود جا دهد. اگرچه تلفیق موارد استفاده متعدد، باعث افزایش هزینه می‌باشد، لیکن در مجموع، این هزینه‌ها بین بهره‌برداران مختلف تقسیم می‌شود.

بطور مثال در انتهای جنوبی پارک، یک زمین تنیس وجود دارد که با جاده‌ای به سایر قسمت‌ها متصل است و در زمان بحران می‌تواند بعنوان یک بیمارستان صحرایی، به بیمارستان‌های مجاور خدمات ارائه کند.

#### اختصاص فضا:

فضاها در این مرکز زیرزمینی مطابق جدول یک اختصاص داده شده است.

همانطور که ملاحظه می‌شود، اتاق کنفرانس گنجایش ۸۰۰ نفر را دارد و محلی هم بعنوان رزرو برای ۳۰۰-۲۰۰ نفر در نظر گرفته شده است. در کنار آن یک رستوران با ظرفیت ۳۰۰ نفر پیش‌بینی شده است. محل تنیس شامل ده زمین تنیس

و موسیقی قابل استفاده‌اند. بجز چند مورد استثنا از این فضاها بعنوان پناهگاه‌های دفاع عمومی هم پذیرفته شده است. مهمترین فضاها تفریحی زیرزمینی کشور فنلاند در جدول ۲ لیست شده شده‌اند.

جدول ۲ - فضاهای تفریحی زیرزمینی ساخته شده در سنگ

SPACE	COMMISSIONING YEAR
Puijonlaakso sports facilities (4 units), Kuopio	1969—1973
Mikkeli swimming hall	1970
Hervanta swimming hall, Tampere	1978
Kuusankoski sports centre	1981
Kannusillanmäki sports and activity centre, Espoo	1983
Pohjois-Kontula sports centre, Helsinki	1983
Eläintarha sports tunnel, Helsinki	1983
Hervanta ice hockey hall, Tampere	1984
Varissuo ice hockey hall, Turku	1984
Tuulimäki sports and activity centre, Espoo	1984
Mustakallio sports centre, Lahti	1986

تسهیلات تفریحی زیرزمینی که قبلاً ساخته شده و یا طراحی شده‌اند، عبارتند از: ورزشگاه هندبال و تنیس تیم kauniainen سالن شنای Itakeskus در هلسینکی، مرکز ورزشی Maunula در هلسینکی، سالن ورزشی Myllymaki در Hammeenlinna و تسهیلات ورزشی Hakunila و Rajatorppa در وانتا. در کنار این موارد مقدار زیادی پروژه‌های دولتی و خصوصی هم در مراحل برنامه‌ریزی و مقدماتی می‌باشند.

### مطلوبیت فضاهای ورزشی زیرزمینی

از نظر اصولی بسیاری از فعالیتهای ورزشی داخل سالن و بسیاری از فعالیتهای خاص مثل بولینگ، سیبل‌های تیراندازی و تیرکمان، سالن‌های بازی روی یخ می‌توانند در سنگ قرار گیرند. بسیاری از ورزشهای خارج از سالن نیز می‌توانند به زیرزمین انتقال یابند مانند پیست‌های تمرینی اسکیت سرعت و دو میدانی، استخر شنا جهت تمرین قایق سواری و سالن تمرین عمومی برای ورزشکاران.

ایده با ارزش دیگری نیز در زمینه پیست اسکی می‌تواند مورد نظر باشد و آن استفاده از پیست در تمام طول سال می‌باشد. انواع بسیاری از تمرینات فیزیکی مثل ورزشهای آبی، ورزشهای موتوری، همچنین ورزشهای هواوردی نیاز به انبار و کارهای فضا سازی دارند. این امور نیز برای قرار گرفتن در زیرزمین ایده‌ال هستند.

هنگام قرار گیری تسهیلات ورزشی در زیرزمین بدلیل حضور تعداد زیادی تماشاگر مسئله ترافیک و دسترسی راحت به تسهیلات حائز اهمیت است. این موضوع معضلات فنی و سازماندهی زیادی را بوجود می‌آورد که می‌تواند کل پروژه را زیر سوال ببرد.

می‌برند. این پله برقی قادر است ۶۰۰۰ نفر را در هر ساعت در یک جهت جابجا نماید و امکان افزایش ظرفیت تا ۸۰۰ نفر در هر ۱۵ دقیقه وجود دارد.

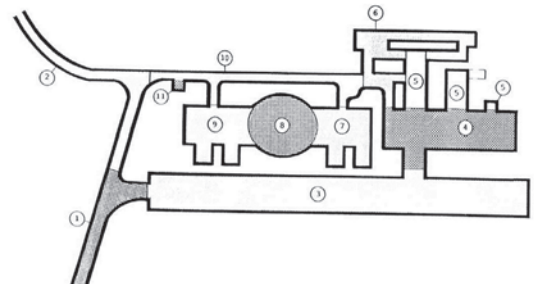
در صورت استفاده از آسانسور به ۶ آسانسور ۱۵ نفره برای جابجایی این تعداد نفرات نیاز می‌باشد.

سنگ بستر در نزدیکی سطح زمین قرار دارد. سالن کنفرانس در زیر بلندترین قسمت سنگی طراحی شده است و تونل دسترسی به آن از ۵ متری زیر خیابان Mechelininkatu عبور می‌کند. سنگ دربر گیرنده آن گرانیات و برای احداث فضاهای طراحی شده بسیار مناسب است.

مالکیت زمین مربوط به شهرداری است و سازمان یا فرد مسئول پروژه بایستی موافقت نامه‌ای جهت مدیریت و استفاده از این فضا یا شهرداری داشته باشد.

### شکل سالن کنفرانس

با در نظر گرفتن مسائل مکانیک سنگ، طراحی سالن بصورت یک بیضی گون انجام شده است که ابعاد آن عبارتند از: طول ۳۵ متر، پهنا ۲۸ متر و ارتفاع ۱۴ متر.



شکل ۵- پلان فضای زیرزمینی پارک سبیلیوس

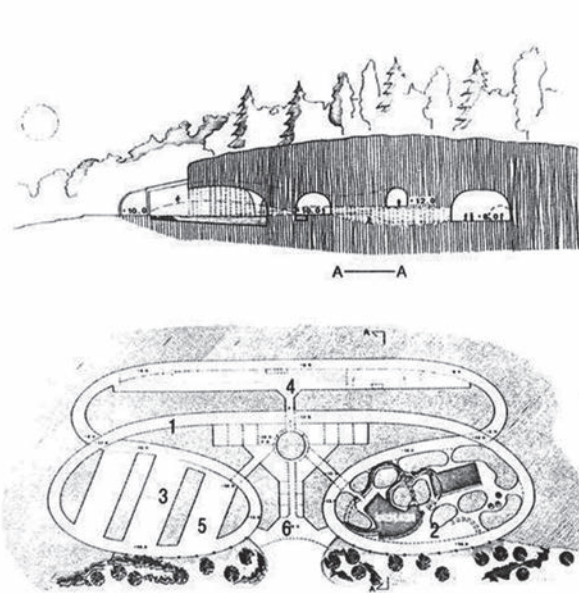
بیشترین ارتفاع بالای سطح زمین ۱۰/۵ متر خواهد بود. بالها و فضای پارکینگ دارای ۱۸ متر پهنا و ۷-۵/۵ متر ارتفاع هستند. یک جاده اصلی جهت دسترسی با پهنای حداقل ۷ متر و بصورت ۲ بانده طرح‌ریزی شده است. محل عبور پیاده‌ها دارای ۴ متر عرض می‌باشد.

### ۸- فضاهای تفریحی زیرزمینی

#### تسهیلات موجود و برنامه‌ریزی شده

تعداد زیادی از فضاهای سنگی زیرزمینی در فنلاند جهت فعالیتهای تفریحی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از فضاهای چند منظوره موجود جهت تمرینات بدنی مختلف ساخته شده‌اند ولی برای سایر فعالیتهای تفریحی هم مانند اتاقهای ملاقات، کارگاه‌های چوب و فلز کاری و تسهیلات تأثیر





شکل شماره ۱۰ - نمایی از یک مرکز فعالیت‌های خانوادگی

مرکزیت داشتن ورودی و تسهیلات رفاهی مثالی از موفقیت‌آمیز بودن استفاده از این فضاها است که از آنجا بازدیدکنندگان تقسیم شوند و به محل‌های مورد علاقه خود بروند. پیست راهپیمایی دور تا دور محوطه قرار دارد و در بعضی از مواقع به سایر قسمت‌ها وصل می‌شود و محوطه استخر شنا، سالن بازیها و محوطه بیرونی از آن پیدا است. از نقطه نظر فنی هر قسمت به عنوان یک واحد مجزا عمل می‌کند، یعنی هر قسمت برای خود تهویه، سیستم الکتریکی و گرمایی مجزا دارد و نیز این امکان وجود دارد که قسمت‌های مختلف در زمان‌های متفاوت مورد استفاده قرار گیرند. از نظر سیستم اطفاء حریق و آتش‌نشانی، بر طبق مقررات ساختمانی، کل محوطه به بخش‌های مختلفی تقسیم شده است. راهروهای خروجی نیازمند به سه تونل یا چاه خروجی به سطح زمین هستند. استفاده موثر و مفید از فضاها و تجهیزات، نیاز به ارتباطات حمل و نقل انعطاف‌پذیر و فضای پارکینگ برای ۲۰۰ خودرو دارد. حجم کل این مرکز ۸۵۰۰۰ متر مکعب برآورد می‌گردد.

#### طراحی و ساخت

فضاهای بزرگ زیرزمینی در سنگ مانند مراکز فعالیت‌های خانوادگی، بدنسازی، مراکز قهرمانی در دو مرحله ساخته می‌شوند. مرحله اول حفاری و تقویت فضاها است و مرحله دوم شامل کارهای ساختمانی رایج و نصب تجهیزات مکانیکی

فضاهای بزرگ زیرزمینی بطور معمول به دو راه با پهنای ۵-۳/۵ متر نیاز دارند که بعنوان راه خروج برای ۹۰۰-۱۳۰۰ نفر مورد استفاده قرار می‌گیرند. تعداد زیادتر تماشاگران، نیاز به راههای خروجی بیشتری دارد که ممکن است از نظر هزینه برای پروژه مهم باشد.



شکل: سالن اسکیت و هاکی روی یخ Petonen در Kuopio که دارای ۲۲ متر عرض و ظرفیت ۲۰۰ تماشاگر را دارد.

#### مرکز فعالیت‌های خانوادگی

این مرکز برای بخشی از فعالیت‌های خانوادگی طراحی شده است که شامل موارد زیر است:

- ۱- استخر شنا به ابعاد ۱۲\*۲۵ متر، استخر قایقرانی با امکانات موج‌ساز، سرسره آبی، حمام با کف، فضای آفتابگیری، غار شنا و امکانات تجمع
- ۲- سه سالن بازی برای بسکتبال، والیبال و تنیس
- ۳- فضا برای ورزشهای عمومی، پیست با ۶ خط دو میدانی، امکانات شیرجه، پرش طول و ارتفاع و فضا برای تمرین پرتابه‌ها
- ۴- پیست راهپیمایی به طول ۹۴۰ متر

چنین مرکز خانوادگی به زیربنای ۳-۲/۵ هکتار در دل سنگ نیاز دارد، بعلاوه باید یک پارکینگ سطحی هم در کنار آن ایجاد کرد. فضاهای مخصوص شنا و بازی‌های تویی در سطح زمین قرار می‌گیرند که یک دیوار ۲۰-۱۵ متری حائل آنهاست. این دیوار ممکن است بصورت طبیعی وجود داشته باشد و یا در زمان ایجاد این فضاها، ساخته شود.

و برقی است. پروژه‌های کوچکتر را می‌توان در یک مرحله و تحت یک قرارداد احداث کرد. در این حالت تمام مراحل بطور مجزا در یک قرارداد آورده می‌شود. در پروژه‌های کوچک و مرسوم پیشنهاد می‌شود تمام بخش‌های کار طراحی و به مسئول پروژه ارائه شود تا آن را به مناقصه برده و اقتصادی‌ترین گزینه را انتخاب کند. این روش باعث صرفه‌جویی در هزینه و دارای انعطاف لازم در مقابل تقاضا برای این فضاها و تورم قیمت در حفاری و تسلیح آن می‌باشد.



شکل: استخر شنای Kuopio که به صورت مغاری در سنگ حفر شده است

#### منابع

- 1- Proceedings of the joint HKIE-HKIP conference of planning and development of underground space 23-24 September 2011, Hong Kong, pp.1-9
- 2- Kari SAARI (ed), 1988, "The Rock Engineering Alternative", Published by Finnish Tunnelling Association

## مساجد زیرزمینی در ایران

سیامک هاشمی (انجمن تونل ایران)

### چکیده

بررسی آثار به جای مانده از گذشته، امکان آشنایی با تاریخ هنر و شناخت عقاید دینی گذشتگان را فراهم می‌نماید. شاید ایجاد معماری صخره‌ای در کوه‌ها به دلیل پایداری و قداست آنها در عقاید اقوام قدیم بوده است. پس از ظهور اسلام بسیاری از معابد قدیمی از جمله معابدی که به دلیل نوع اعتقادات در کوه‌ها و در زیرزمین ساخته شده بودند، به مسجد تبدیل شدند. مساجد جدیدتری نیز به اقتضای شرایط محلی در دل کوه ساخته شدند. متن حاضر نمونه‌هایی از مساجد زیرزمینی ایران را به طور خلاصه معرفی می‌شوند.

### مقدمه

گذشتگان بر این عقیده بوده‌اند که کوه نخستین مخلوق خداوند بوده و در برخی فرهنگ‌های باستانی کوه مظهری مقدس و جایگاه ایزدان بوده است. برخی نیز عقیده داشتند که خدایان در آسمان‌ها قرار داشته‌اند و اگر معابد و پرستشگاه‌ها را در جای مرتفع و در کوه‌ها ایجاد کنند به آنها نزدیک‌تر خواهند بود. مهرپرستی از جمله عقاید کهن ایرانیان باستان بوده و پیروان آن معابد خود را در کوه‌ها و به شکل غار می‌ساختند.

پس از ظهور اسلام، بسیاری از معابد قدیمی مهرپرستی، و همچنین نیایشگاه‌های زرتشتیان و بوداییان از فعالیت بازماند. در ابتدای ظهور اسلام در ایران، مسلمانان اشکالی ندیدند که نماز را در معابد نیاکان خود که خدا را با نام دیگری پرستش می‌کردند برگزار کنند و به همین دلیل معابد را تعمیر کردند یا تغییراتی در آنها ایجاد نمودند.

این تغییرات به گونه‌های مختلف از جمله با ساخت دیوار و محراب رو به قبله در چهار طاقی‌ها، که مربوط به آتشکده‌ها و محل استقرار آتش و مراسم دینی بوده است، انجام شد (پیرنیا ۱۳۶۲). به تدریج بسیاری از سازه‌های مذهبی به جای مانده قدیمی به مسجد تبدیل شدند. در دوره اسلامی به ویژه قرون ششم تا هشتم هجری توجه ویژه‌ای به معماری صخره‌ای شد. در این دوره بسیاری عرفا برای عزلت‌گزینی و تهذیب نفس و به تبعیت از غارگزینی پیامبر اکرم (ص)، به غارهای طبیعی یا دست‌ساز روی آوردند. در ادامه تعدادی از مساجد زیرزمینی ایران معرفی می‌شوند.

### مسجد سنگی داراب

مسجد داراب با قدمتی بیش از ۷۵۰ سال از جمله بارزترین سازه‌های صخره‌ای در ایران است (جواهری، ۱۳۸۵). این سازه در حدود ۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر داراب در استان فارس در میانه دشتی به نام هشیوار و در دامنه شرقی کوهی از جنس سنگ آهک، با طرح چلیپایی (صلیبی شکل) ساخته شده است. بخش اصلی این سازه درون تپه حفاری شده و تمامی ستون‌های آن سنگی است.

منطقه داراب که در گذشته دارابگرد نامیده می‌شد، یکی از مراکز مذهبی ساسانیان در فارس بوده است. بنای مسجد سنگی در ابتدا به عنوان آتشکده ساخته شده بود و به نام آتشکده آذرخش نیز شناخته می‌شود.

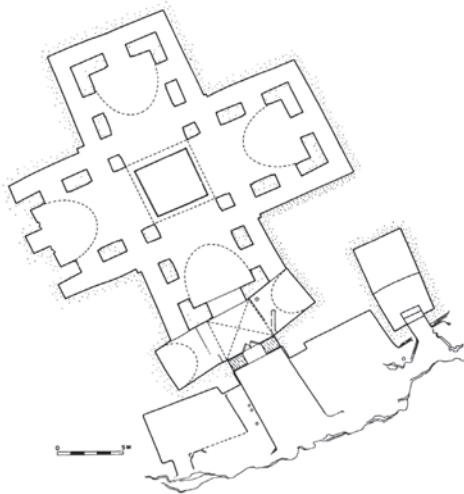
در برخی منابع این بنا به عنوان کلیسای نسطوری قدیمی نیز شناخته شده است. پس از اسلام این معبد تبدیل به مسجد شد و محرابی به سمت قبله در سنگ تراشیده شد (حسینی فسایی، ۱۳۱۱).

سمت جنوبی این تپه سنگی به طور کامل برداشته شده تا سطح صافی در جلوی ورودی بنا ایجاد شود. ورودی مسجد در سمت جنوب شرقی قرار دارد. درگاه بیرونی مسجد سنگی، دارای ۴/۷۰ متر ارتفاع و ۳/۱۵ متر عرض است.

در قسمت ورودی، یک هشتی با سقف قوسی به ابعاد ۲/۷۵×۹/۷۰ متر وجود دارد که به فضای چلیپایی راه دارد. ابعاد این فضا در امتداد بال‌های چلیپا ۱۶/۷۶×۱۵/۸۵ متر می‌باشد. فضای چلیپایی داخل مسجد شامل چهار شاه‌نشین است که



نمای بیرونی مسجدسنگی داراب



پلان مسجد سنگی داراب

### مسجد ایچ

مسجد سنگی ایچ (یا ایگ) که به نام مسجد سنگی اصطهبان نیز شناخته می‌شود در نزدیکی روستای ایچ از توابع اصطهبان و در حدود ۷۵ کیلومتری فسا واقع شده است. این سازه به صورت ایوانی به مساحت ۴ متر مربع در دل کوه کنده شده است. در جلوی مسجد سکویی به طول حدود ۵/۵۰ متر و عرض ۲/۸۰ متر وجود دارد که می‌توان به وسیله چهار پله که در صخره کنده شده‌اند وارد آن شد. این سازه سنگی مشرف به یک چهارطاقی از جنس سنگ و گچ به مساحت ۴/۶۰ متر مربع می‌باشد. در وسط چهارطاقی حوضی وجود دارد که آب چشمه‌ای از سمت غرب به آن وارد و از شمال شرقی آن خارج می‌شود (Bier, 1986).

در اطراف یک محوطه اصلی چهارگوش قرار گرفته‌اند. سقف این قسمت مرکزی به شکل یک شفت قائم با سطح مقطع ۳/۱۰ متر مربع کنده شده و تا سطح کوه ارتفاعی حدود ۳ متر دارد.

این شفت به صورت نورگیر فضای داخلی عمل می‌کند. به نظر می‌رسد که کار کردن سازه مسجد، از بالای این نورگیر شروع شده و به صورت یک چاه با پلان مربع به پایین رفته است. سپس، از چهار سمت دیواره‌های چاه، بازوهای چلیپایی آن کنده شده‌اند. درست در زیر این نورگیر حوض مربع شکل کم عمقی با اضلاعی تقریباً هم‌اندازه با نورگیر در کف مسجد کنده شده است.

راهرویی به عرض حدود ۱ تا ۱/۲۵ متر و ارتفاع ۱/۸۰ متر دور تا دور مسجد ایجاد شده است که از ورودی مسجد قابل دسترسی بوده و به دو سمت محراب ختم می‌شود.

راهروها به وسیله طاق‌های قوسی به ارتفاع ۲/۹۰ متر از شاه‌نشین‌ها (به ارتفاع ۶/۱۵ متر) جدا می‌شوند (Ball, 1986; Bier, 1986). محراب مسجد در دوره اتابکان در شاه نشین جنوبی به ابعاد ۲۹۰ در ۱۸۰ سانتیمتر ساخته شده و طاق نمایی به ارتفاع ۲۳۰ و عرض ۱۲۰ سانتیمتر دارد که عاری از نقوش تزئینی است. حاشیه محراب با کتیبه‌ای سراسری با عرض ۳۰ سانتیمتر و قلم ثلث که در یک سطر نگاشته شده پوشانده شده است.

در میان طاق نما و در ارتفاع ۱۷۰ سانتیمتری نواری کتیبه‌دار به عرض ۲۵ سانتیمتر وجود دارد (میرزا ابوالقاسمی، ۱۳۸۸). به دلیل آسیب زیادی که محراب دیده است متن کتیبه‌ها به طور کامل خوانا نیست ولی طبق کتیبه تاریخ‌دار ورودی مسجد، این محراب را در دوره اتابک ابوبکر حجاری کرده‌اند. میرزا حسن حسینی فسایی متن کتیبه ورودی را در کتاب خود چنین آورده است (حسینی فسایی، ۱۳۱۱): "به فرمان پادشاه زمان، اتابک ابوالمظفر ابوبکر بن اتابک سعد بن زنگی سلغری در ماه رمضان سال ۶۵۲ این محراب ساخته و این خط پرداخته گردید".

در ۷ متری مسجد یک اتاق با سقف مسطح و با ۸ متر طول، ۳/۱۰ متر عرض و ۲/۹۵ متر ارتفاع در کوه کنده شده که احتمالاً محل اقامت نگهبان یا خدمه بوده است.

در نزدیکی سازه، جوی آبرسان مسجد سنگی با برخورد به توده سنگی گردنه ده‌خیر، وارد مسیر یک کاریز می‌شود. آب این کاریز پس از رسیدن به سطح به صورت دو شاخه در دو جوی، که یکی در سنگ کنده شده و دیگری با سنگ و ساروج ساخته شده، جریان می‌یابد تا به آسیاب دوتایی مسجد سنگی، که در فاصله چند ده متری آن قرار دارد، می‌رسد (جواهری، ۱۳۸۵).

در اصل آتشگاهی از دوره ساسانی است که در دوره ملوک شبانکاره که از حکام محلی فارس بوده‌اند، تبدیل به مسجد شده است. فرصت الدوله شیرازی درباره این مسجد می‌نویسد (شیرازی، ۱۳۱۴): "این محل در سابق دارالحکومه شبانکاره بوده و در چهار فرسخی جانب شرقی اصطهبان واقع است ... از آثار دیگر آنجا معبدی است (واقع در کوه فلات آبی) که تقریباً سه ذرع ارتفاع دارد و در کوه از سنگ بریده‌اند و آن هم از آثار سلاطین عجم است که بعدها آن را مسجد قرار داده و محرابی بدان افزوده‌اند و خطوطی بر آن نقر کرده‌اند."

برخی محققان بر این عقیده هستند که هر چند قوس‌های به کار رفته در مسجد ایچ به قوس‌های ساسانی شباهت دارد ولی دارای معماری پیشرفته‌تر و ظرافت بیشتری می‌باشند (احمدی، ۱۳۷۹). علاوه بر این موضوع مسجد صخره‌ای ایچ و محراب آن در جهت قبله کنده شده و به همین دلیل ساخت این اثر به دوره اسلامی نسبت داده می‌شود.

#### امامزاده معصوم و رجوی مراغه

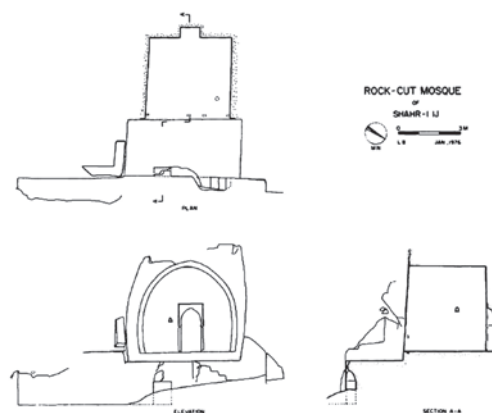
این معبد در ۶ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مراغه و در جنوب روستای ورجوی و در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این بنا که درست روبروی رصدخانه خواجه نصیرالدین طوسی واقع شده و از آنجا قابل مشاهده است با دهانه عرضی در سنگ کنده شده است. طول این معبد زیرزمینی از ابتدای قسمت ورودی تا انتهای مهرباب آن ۳۸ متر است. دو سوی راهروی ورودی را دیوارهای از سنگ طبیعی تشکیل داده است. عرض این راهرو از ۴/۷۰ تا ۷/۲۰ متر تغییر می‌کند. در انتهای راهروی سرپوشیده، یک ورودی مستطیل شکل به عرض ۱/۸۰ متر در سنگ کنده شده است که به محوطه بزرگ تالار مرکزی راه دارد. در سمت چپ راهرو و نرسیده به ورودی تالار، اتاق چهارگوش کوچکی با سقف گنبدی شکل در سنگ کنده شده است. در وسط سقف یک نورگیر تعبیه شده است. این اتاق از جانب شمال شرق به اتاق مربع شکلی به ابعاد ۱۰×۱۰ متر و سقف تخت راه دارد که یک ستون سنگی هشت وجهی به قطر ۵ متر در مرکز آن قرار دارد (شجاع‌دل و علیپور، ۱۳۸۴). این قسمت به احتمال زیاد الحاقی بوده و متعلق به دوران اسلامی است و به نظر می‌رسد که به عنوان اقامتگاه مورد استفاده واقع می‌شده است (شکاری نیری، ۱۳۸۵). تالار مرکزی حدود ۱۲ متر طول و ۶/۳۰ متر عرض دارد. در محوطه داخلی تالار مرکزی در چهار ناحیه از دیوارهای صخره‌ای، آیاتی از قرآن به خط نستعلیق داخل سنگ تراشیده شده است که بخش زیادی از آن به مرور زمان آسیب دیده است. در ضلع شرقی یک فرورفتگی منتهی به اتاقی دایروی متمایل به شمال وجود دارد. در مقابل آن و در وسط ضلع غربی تالار یک فرورفتگی دوزنقه‌ای شکل ایجاد شده که به وسیله راهروی به عرض ۱/۳۰ متر و طول ۳/۱۰ متر به اتاق مدوری به قطر ۵/۲۰ متر و رو به جنوب می‌رسد.

انتهای مسجد دارای مقطع عرضی بیضی شکلی است که در جلو به صورت قوس تیزه‌دار در می‌آید و بیشترین ارتفاع آن حدود ۴/۲۰ متر است. بر دیوار جنوبی ایوان سنگی در اوایل قرن پنجم هجری محرابی ساخته شده و آنرا تبدیل به مسجد کرده است. محراب مسجد به شکل مستطیل با حاشیه و تاقنمایی بلند است. در حاشیه و داخل تاق‌نما هیچ تزئینی وجود ندارد به جز کتیبه‌ای در دو خط که در دیوار جنوبی مسجد داخل تاق‌نمای محراب حک شده است. متن کتیبه حجاری شده عبارت است از: "بسعی الامیر الحاجب دوران بلویه سنه ثلث ثلثین ست مائه" و معنی آن این است که این اثر با کوشش حاکم وقت در سال ۶۳۳ هجری قمری ساخته شده است (احمدی، ۱۳۷۹).

این مسجد بنا به نظر برخی محققان پرستشگاهی بود که پیش از اسلام و در دوران ساسانی در دل کوه تراشیده شده است (میرزا ابوالقاسمی ۱۳۸۸). همچنین گزارش شده که مسجد سنگی ایچ



تصویر مسجد ایچ

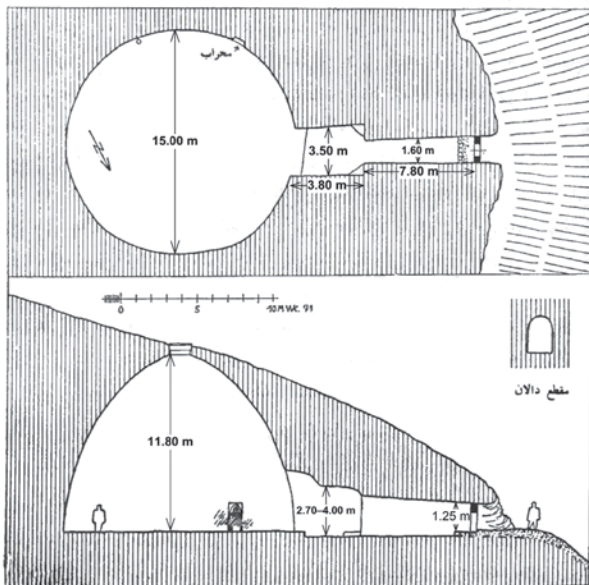


پلان و برش عرضی مسجد ایچ

## مسجد بادامیار

نیایشگاه قدمگاه با فاصله کمی در بالادست گورستان قدیمی قدمگاه، در نزدیکی روستای بادامیار از توابع آذرشهر در استان آذربایجان شرقی درون صخره سنگی ایجاد شده است و با نام مسجد بادامیار نیز شناخته می‌شود. ورودی این نیایشگاه درب چوبی ساده‌ای است که به اتاقی به طول ۲/۵۰ متر، عرض ۱/۷۰ متر و ارتفاع ۱/۲۵ متر باز می‌شود. در انتهای این اتاق، راهرویی به طول ۷/۸۰ متر و عرض ۱/۶۰ متر با سقف قوسی قرار دارد که به اتاق دیگری با ابعاد ۴×۳/۵ متر می‌رسد. در انتهای این فضا و در بالای پله‌ای به عرض ۶۰ سانتیمتر و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر، فضای اصلی معبد قدمگاه قرار دارد که به طور کامل در داخل صخره کنده شده است. این فضای مخروطی شکل دارای قاعده دایره‌ای شکل است که قطر آن بین ۱۵ تا ۱۵/۷۰ متر تغییر می‌کند. ارتفاع این مخروط حدود ۱۱/۸۰ متر و در بالای آن دهانه نوگیری به قطر حدود ۱/۵ متر و ارتفاع ۱/۲ متر حفر شده است. دیواره مخروط از پایین به بالا در سنگ تراشیده شده است (ورجاوند، ۱۳۵۵ و کامبخش فرد، ۱۳۷۳).

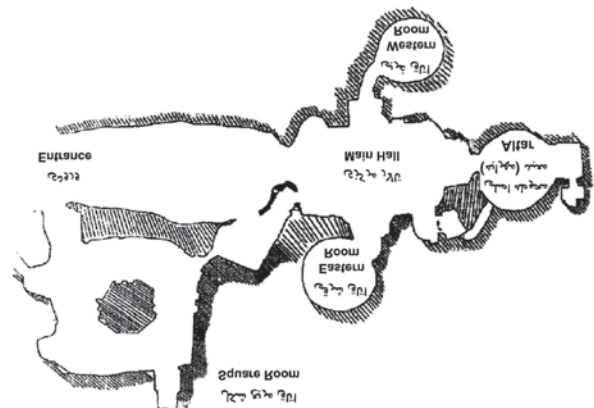
نیایشگاه قدمگاه به احتمال زیاد یک معبد مهری بوده (ورجاوند، ۱۳۵۵) و در قرن هفتم هجری مورد توجه دراویش صوفیه قرار گرفته است. تبدیل آن به خانقاه و مسجد در حدود سال ۶۷۰ هجری قمری صورت گرفته است. این مکان به عنوان عزلتگاه عرفا و مشایخ معروف بوده که قبرستان اسلامی نزدیک آن نیز حکایت از این موضوع دارد. در همان دوره نیز محرابی در سمت راست راهروی ورودی به صورت قاب مستطیل شکل کنده شده که دارای یک قوس تیزه‌دار و سه فرورفتگی به شکل مقرنس می‌باشد و متعلق به دوره ایلخانی است (احمدی، ۱۳۷۹).



پلان و برش طولی مسجد بادامیار

در سمت جنوب فرورفتگی شرقی، راهرویی با قوس نیم‌دایره ایجاد شده که به محوطه اصلی معبد می‌رسد. در ضلع جنوبی تالار مرکزی و در بالای دو پله صفه‌ای با عرض ۲/۱۰ متر و طول ۳/۳۰ متر قرار دارد که آن نیز به محوطه اصلی معبد راه دارد (ورجاوند، ۱۳۵۱). محوطه اصلی این نیایشگاه یک اتاق دایره شکل به قطر ۵/۹۰ متر است که در ضلع جنوبی آن فضایی مستطیل شکل به طول ۲/۶۰ متر و عرض ۲/۳ متر و با سقف هلالی شکل ایجاد شده است. در سمت شرقی این فضا فرورفتگی دیگری به طول ۱ متر و عرض ۶۰ سانتیمتر وجود دارد. سقف قدیمی این فضا یک گنبد سنگی بوده که در گذشته فرورخته و به جای آن گنبدی کم‌خیز و عرق‌چینی از آجر ساخته شده است. در میانه این فضای دایره‌ای شکل قبری مربوط به دوره اسلامی وجود دارد که به قبر امامزاده معصوم و ملا معصوم شهرت دارد. ساختار کلی بنا با توجه به واحدهای مختلف و شکل محراب آن به نیایشگاه‌های مهری شباهت دارد و محراب آن بیشتر به "مهرابه" شبیه است (ورجاوند، ۱۳۵۱). فضاها و سطوح خمیده، سقف‌های گنبدی از جمله ویژگی‌های بناهای دوره اشکانی است. هر سه اتاق دایروی دارای سقف گنبدی شکل می‌باشند که راس آنها دارای هُرنو یا نورگیر می‌باشد.

این بنا به احتمال زیاد در حدود قرن هشتم هجری دچار تغییراتی شده و از جمله سقف اصلی نیایشگاه مورد دست‌کاری قرار گرفته است. گنبد مهرابه دارای قطاربنندی و نقوش هندسی و گره‌چینی است و به نظر می‌رسد هنگامی که این نیایشگاه مورد استفاده فرقه‌ای از صوفیان دوران اسلامی قرار گرفته، این تزئینات و تغییرات بر جدارهای آن نقش بسته است (شکاری نیری، ۱۳۸۵).



پلان نیایشگاه ورجووی مراغه

## منابع

- فرهنگ معماری ایران، شماره ۲ و ۳، بهار ۱۳۵۵، صص ۴ تا ۱۷.
- [۱] سعید احمدی، ۱۳۷۹، "معماری مساجد صخره‌ای در ایران" نشریه مسجد، شماره ۵۲، دی ۷۹، صص ۳۶ تا ۴۳.
- [۲] محمد کریم پیرنیا، ۱۳۶۲، "معماری مساجد ایران، راهی بسوی ملکوت" فصلنامه هنر، بهار ۱۳۶۲، شماره ۳، صص ۱۳۶ تا ۱۵۱.
- [۳] پرهام جواهری و محسن جواهری، ۱۳۸۵، چاره آب در تاریخ فارس، جلد سوم، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و گنجینه ملی آب ایران.
- [۴] میرزا حسن حسینی فسایی، ۱۳۱۱، فارسنامه ناصری، به تصحیح منصور رستگار فسایی، انتشارات امیرکبیر، جلد دوم، ۱۳۸۲، تهران.
- [۵] نادره شجاع دل و نسیم علیپور، ۱۳۸۴، "پیشینه مهرپرستی و نیایشگاه مهر ورجوی مراغه" فصلنامه تاریخ پژوهی، پاییز و زمستان ۱۳۸۴ - شماره ۲۴ و ۲۵، صص ۴۴ تا ۵۴.
- [۶] جواد شکاری نیری، ۱۳۸۵، "امامزاده معصوم ورجوی مراغه معبد مهر پرستی ایرانی و نشان‌ها در معابد اروپایی"، دو فصلنامه علمی-ترویجی مطالعات ایرانی، پاییز ۱۳۸۵ - شماره ۱۰، صص ۱۰۹ تا ۱۲۶.
- [۷] محمد نصیر فرصت الدوله شیرازی، ۱۳۱۴، آثار عجم (شیرازنامه) - به تصحیح منصور رستگار فسایی، تهران امیرکبیر، ۱۳۷۷.
- [۸] سیفاله کامبخش فرد، ۱۳۷۳، "بررسیهای باستان‌شناسی آذرشهر و مراغه - حرفی دیگر درباره ساختمان چند خانقاه و مسجد"، نشریه میراث فرهنگی، شماره ۱۲، ویژه نامه گردهم‌آیی باستان‌شناسی، تابستان و پاییز ۱۳۷۳، صص ۱۳۹ تا ۱۶۳.
- [۹] محمد صادق میرزا ابوالقاسمی، ۱۳۸۸، "ویژگی‌های محراب‌های مساجد فارس از سده هفتم تا نهم هجری قمری"، فصلنامه تحلیلی-پژوهشی نگره، شماره ۱۰، بهار ۱۳۸۸، صص ۴۳ تا ۵۱.
- [۱۰] پرویز ورجاوند، ۱۳۵۱، "نیایشگاه مهری یا امامزاده معصوم ورجوی دو ماهنامه بررسی‌های تاریخی، آذر و دی ۱۳۵۱ - شماره ۴۲، صص ۸۹ تا ۱۰۰.
- [۱۱] پرویز ورجاوند، ۱۳۵۵، "نیایشگاه قدمگاه، نشانی از یک معبد مهری و شاهکاری از معماری صخره‌ای ایران"، فصلنامه

## چکیده مقالات بین المللی

**تأثیر تعویض دیسک‌های برش با ابزار اسکنه‌ای (chisel tool) در دستگاه TBM در زمین مشکل دار**  
Nuh Bilgin, Hanifi Copur, Cemal Balci, 2012, "Effect of replacing disc cutters with chisel tools on performance of a TBM in difficult ground", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 27, Issue 1, (January 2012), Pages 41-51

**چکیده:** در این مقاله خلاصه تحقیقات دو ساله بر عملکرد یک دستگاه TBM ارائه شده است. سازند ناحیه مورد مطالعه آبرفت همراه با گل‌سنگ، شیل، سنگ آهک و کوارتزیت بوده و مقاومت آن بین نرم تا خیلی سخت متغیر بوده است. به دلیل وجود دایک در سنگ‌های رسوبی ناحیه میزان هوازگی متغیر بوده و وجود درزه و ترک نیز باعث تاخیرات چشمگیری در عملکرد TBM شده است. دیسک‌های برش در یک ناحیه رسی با مقاومت متوسط و با جریان آب ورودی، عملکرد موثر خود را از دست دادند چرا که اصطکاک کافی میان دیسک‌ها و سازند بسیار نرم ناحیه وجود نداشت. به همین دلیل تصمیم گرفته شد که دیسک‌ها با ابزار اسکنه‌ای تعویض گردد. پیش از این تصمیم‌گیری که می‌توانست بر کل روند حفاری تأثیرگذار باشد، بررسی‌های نظری بر اساس نظریه برش Evan با اعمال تغییراتی بر پایه مطالعات و نیز مشخصات ابزار مورد نظر برای تعویض، به منظور پیش‌بینی گشتاور و نیروی رانش مورد نیاز دستگاه TBM انجام گرفت. ارزیابی انجام شده نشان داد که دستگاه TBM با ابزار اسکنه‌ای شرایط عملکرد دستگاه را از لحاظ نظری تأمین می‌نماید. مدل پیشنهادی برای عملکرد دستگاه به وسیله تحلیل‌های آماری نیز تأیید شد. تحقیق حاضر امکان مقایسه عملکرد یک دستگاه با دیسک‌های برش و با ابزار اسکنه‌ای را در زمین‌هایی با شرایط متغیر فراهم آورد. نتایج مطالعات نشان دادند که در سنگ‌های نرم تا سنگ‌های با مقاومت متوسط، ابزار اسکنه‌ای مناسب‌تر از دیسک‌های برش می‌باشند.

**استفاده از شبکه عصبی برای پیش‌بینی همگرایی تونل دایروی پوشش‌دار در توده سنگ الاستو-پلاستیک با تنش‌های ناهمگن**  
Hosein Rafiai, Mahdi Moosavi, 2012, "An approximate ANN-based solution for convergence of lined circular tunnels in elasto-plastic rock masses with anisotropic stresses", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 27, Issue 1, (January 2012), Pages 52-59

**چکیده:** در این تحقیق روشی برای تخمین میزان همگرایی تونل‌های دایروی پوشش‌دار در توده سنگ‌های الاستو-پلاستیک با تنش‌های ناهمگن ارائه می‌شود. روش پیشنهادی بر اساس تابع تقریب ساز و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ایجاد شده است. برای این کار بانک اطلاعاتی حاوی مقادیر ۲۵۰۰ همگرایی سنجی با ترکیب روش‌های آزمایشی و روش تفاضل محدود ایجاد گردید. سپس یک شبکه عصبی مصنوعی با ساختاری بهینه و الگوریتم آموزشی مناسب برای یادگیری این پدیده بر اساس اطلاعات موجود در داده‌ها به کار گرفته شد. شبکه عصبی آموزش دیده قادر به استنباط و ارائه راه حل آشکاری برای محاسبه میزان همگرایی بود. نتایج به دست آمده از روش فوق با نتایج به دست آمده از تحلیل‌های آماری مقایسه شده و در نهایت محدودیت‌های این روش نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

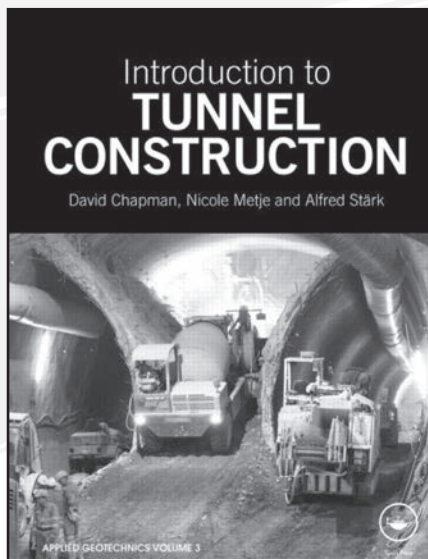
**ارزیابی خدمات مهندسی زیرسطحی برای پروژه‌های بزرگراهی: تحلیل منافع و هزینه‌ها**  
Yeun J. Jung, 2012, "Evaluation of subsurface utility engineering for highway projects: Benefit-cost analysis", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 27, Issue 1, (January 2012), Pages 111-122

**چکیده:** دانستن موقعیت دقیق تاسیسات خدماتی زیربنایی برای صاحبان و مدیران خدماتی، مهندسان، طراحان، و پیمانکارانی که مسئول نصب تاسیسات جدید، تعمیرات، و نگهداری این تاسیسات در پروژه‌های بزرگراهی می‌باشند دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. اطلاعات ناقص و غیردقیق از تاسیسات زیرسطحی می‌تواند منجر به خسارات متدهد، تحمل هزینه‌های اضافی، و صرفات اجتماعی و محیط‌زیستی شود. مهندسی تاسیسات زیرسطحی به تدریج تبدیل به روشی با ارزش برای کاهش ناسازگاری‌های تاسیسات زیرزمینی با پروژه‌ها در مرحله برنامه‌ریزی می‌شود. این روش به طور دقیق موقعیت این سازه‌های تاسیساتی، مشخصات و ویژگی‌های آنها را تعیین کرده و مسیر آنها را در چهار درجه کیفی مشخص می‌نماید. تحقیق حاضر نتایج حاصل از تحلیل مزایا و هزینه‌های این روش را به منظور آشنایی بیشتر با این روش و امتیازات استفاده از آن را ارائه می‌دهد. عوامل متعددی همچون یازده عامل مزیتی و دو عامل هزینه‌ای انتخاب و برای ۲۲ پروژه که از این راهکار استفاده کرده‌اند و ۸ پروژه که از آن استفاده نکرده‌اند (در دپارتمان حمل و نقل ایالات پنسیلوانیای آمریکا) مورد ارزیابی قرار گرفته است. از جمله نتایج این تحقیق ارائه رابطه میان نسبت مزایا و هزینه تاسیسات مدفون می‌باشد.



## معرفی کتاب

**عنوان کتاب:** Introduction to Tunnel Construction  
**نویسندگان:** David Chapman, Nicole Metje, Alfred Stärk  
**ناشر:** Spon Press – an imprint of Taylor & Francis  
**تاریخ انتشار:** ۲۰۱۰



**چکیده:** ساخت تونل یکی از راه‌حل‌های اساسی در بسیاری چالش‌های مهندسی است. تونلسازی یک فرآیند پیچیده است که نیاز به شناخت کامل شرایط زمین و ویژگی‌های سازه‌ای دارد. کتاب حاضر تمامی موارد مورد نیاز برای آشنایی و وارد شدن به صنعت ساخت تونل را ارائه می‌نماید. توضیحات ادرج شده در کتاب تا حد امکان همراه با مطالعات موردی و پروژه‌های واقعی تونلسازی می‌باشد که چگونگی استفاده از مباحث نظری را در عمل تشریح می‌نماید.

مطالب ارائه شده در این کتاب شامل موارد زیر می‌باشد:

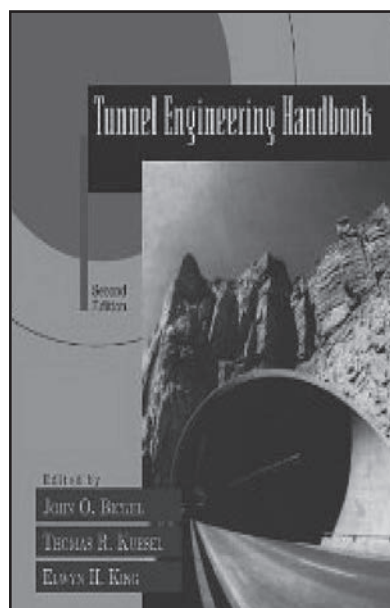
- شرایط زمین در زمین‌های نرم و سنگ‌های سخت
- مطالعات ساختمانی، تعیین پارامتر، ملاحظات طراحی
- روش‌های پایداری سازی، تقویت و بهسازی، و نگهداری
- تشریح روش‌های مختلف تونلسازی
- ملاحظات ایمنی
- رفتارنگاری در حین ساخت تونل

### عنوان کتاب:

**Tunnel Engineering Handbook (2nd Edition)**  
**نویسندگان:** Thomas R. Kuesel, Elwyn H. King, John O. Bickel  
**تاریخ انتشار:** ۲۰۱۱

**چکیده:** ویرایش دوم این کتاب جدیدترین اصول و روش‌های طراحی، ساخت و اجرا، و بهره‌برداری از تونل‌ها را ارائه می‌نماید. این کتاب دسته‌بندی انواع تونل‌ها از جمله تونل‌های ساخته شده در سنگ‌های سخت، زمین‌های نرم، غرقابی، و کند و پوش را ارائه نموده و مزایا و نقاط قوت هر یک و انتخاب گزینه مناسب در پروژه‌های متفاوت را تشریح می‌نماید. همچنین نحوه برنامه‌ریزی و چگونگی اجرای تونل‌ها با در نظر گرفتن شرایط ساختمانی و ویژگی‌های زمین توضیح داده شده است. تغییراتی که نسبت به ویرایش نخست این کتاب صورت گرفته‌اند شامل موارد زیر می‌باشد:

به روز رسانی تمامی فصول موجود در ویرایش نخست؛ اضافه نمودن هفت فصل جدید در رابطه با نگهداری و اجرای پوشش در تونلسازی، تونلسازی در شرایط سخت زمین؛ اجرای شفت و چاه‌های عمیق؛ ایمنی در تونلسازی؛ مباحث قرارداد؛ روش‌های طراحی و اجرایی نوین.



## رویدادهای تونل

### International Symposium on Tunnelling and Underground Space Construction for Sustainable Development (TU-SEOUL 2013)

18- 20 March 2013 | Seoul (Korea)

**Contact:**

Korean Tunnelling and Underground Space Association

General Secretariat

#1411 Seocho Kukge Electronic Center

1445-3 Seocho-dong, Seocho-gu, Seoul 137-728, Korea

Tel : +82-2-3465-3665

Fax : +82-2-3465-3666

Email: tu\_seoul2013@naver.com

### 12th International Conference - Underground Construction Prague 2013

22-24 April 2013 - Prague Czech Republic

The conference program aims to reflect experience with preparation and implementation of all types of underground structures using both conventional and mechanized methods of excavation.

**Thematical Sessions:**

- Urban transport tunnels – design and construction
- Non-urban transport tunnels – design and construction
- Other underground structures – design and construction
- Geotechnical investigation and monitoring for underground construction projects
- Numerical modelling, development and research for underground construction projects
- Equipment, operational safety and maintenance in underground structures
- Risk management, contractual relationships and funding of underground construction projects

**Contact:**

Secretariat of the Preparatory Committee of the Conference:

SATRA, spol. s r. o., Sokolská 32, 120 00 Prague 2, Czech Republic

Tel.: +420 296 337 181

Fax: +420 296 337 189

Email: ps2013@satra.cz

Web: [http://www.ita-aites.cz/en/conference\\_underg\\_constr/conference-uc-2013/](http://www.ita-aites.cz/en/conference_underg_constr/conference-uc-2013/)

### World Tunnel Congress 2013 and 39th ITA General Assembly

May 31 - June 7, 2013 - Geneva (Switzerland)

The theme of the World Tunnel Congress 2013 is "Underground-the way to the future!". The main topics are:

- Underground Development – planning and use of underground space
- Project Planning and Implementation – construction management, risk control, cost estimation and scheduling, contracting practices
- Tunnel Operation – operation, safety, maintenance, rehabilitation, renovation and repair
- Design and Analysis Methods and Considerations
- Construction Technology Developments
- Case Histories – learning from failures, long deep tunnels, underground construction for hydropower

**Contact:**

Swiss Tunnelling Society, Rheinstrasse 4, CH-7320 Sargans, Switzerland

Tel: +41 (0)844 31 05 13

Fax: +41 (0)817 25 31 02

E-mail: [info@wtc2013.ch](mailto:info@wtc2013.ch)

Web: <http://www.wtc2013.ch/>

## IN THE NAME OF GOD

● Editorial.....	2
● News .....	3
● A review of estimation methods of settlements induced by shallow tunnelling.....	11
● Reviewing Underground Structures in the World .....	19
● Underground Mosques in Iran .....	27
● Selected International Paper Abstracts .....	32
● Book Review .....	33
● Tunnelling Events .....	34



**Front Cover:** Delichai No.2 Tunnel on Tehran - Firuzkough Road

Iranian Tunnelling Association

Dr. M. Gharouni Nik

Dr. S. Hashemi

Board of Directors of Iranian Tunnelling Association

Dr. A. Fahimifar, Dr. O. Farzaneh, Dr. M. Gharouni Nik,  
Dr. S. Hashemi, Dr. M. Jafari, Dr. H. Kanani Moghaddam,  
Mr. A. Mozaffari Shams, Dr. M. Sadaghiani,  
Dr. H. Salari Rad, Dr. M. Sharifzadeh, Dr. A. Yasaghi

Mr. M. Khosrotash

Nashr-e-Fan

Proprietor

Director

Chief Editor

Supervised By

Editorial Board

Other Contributors

Executive Producer

## فهرست کتابهای کتابخانه انجمن تونل ایران (بخش ۱ از ۳)

- تونلسازی**
- حسن مدنی، ۱۳۸۳، تونلسازی / ج ۳ - تحلیل پایداری
- حسن مدنی، ۱۳۸۴، تونلسازی / ج ۴ طراحی و اجرای - سیستمهای نگهداری
- سعید قربان بیگی، ۱۳۸۱، محاسبه تونل ها با روش همگرایی - فشردگی
- ۱۳۹۰، کاربرد بتن پاشیده در نگهداری سنگ
- علی حبیبی - محمد حقیقی، ۱۳۹۰، تاندون و مونوبار
- مجتبی قنبریان - سعید خادمی، ۱۳۸۷، روش اجرای حفاری برای ساخت کی وال
- علی حبیبی، ۱۳۸۹، عبور از ناحیه ریزشی آبدار
- مجتبی قنبریان - علی حبیبی، ۱۳۸۷، قالب لغزنده شفت تهویه
- بارلا جووانی، ۱۳۸۳، تونل سازی در سنگهای مجاله شونده
- Coloel Otis Williams، ۱۳۸۸، طراحی و مهندسی تونل و شفت در سنگ
- معدن**
- حسن مدنی، ۱۳۸۲، آبکشی و آبرسانی در معدن
- رحمت اله استوار، ۱۳۸۲، آتش کاری در معادن
- حسن مدنی، ۱۳۸۵، اصول استخراج معادن (جلد ۱ و ۲)
- مرتضی اصلانو، ۱۳۸۰، بازسازی معادن
- سید حسن بصیر، ۱۳۸۲، ترابری در معادن
- مهندس حسن مدنی، ۱۳۸۲، تهویه در معادن / ج ۲
- حسین نعمت الهی، ۱۳۸۴، کانه آرایی - ۲ و ۱
- سید حسن بصیر، ۱۳۷۵، مبانی معدنکاری - هندبوک حفاری
- کاظم اورعی، ۱۳۸۴، روشهای استخراج زیرزمینی (زغال سنگ)
- مکانیک سنگ**
- احمد فهیمی فر و حامد سروش، ۱۳۸۲، آزمایش های مکانیک سنگ
- S.d.priest، ۱۳۷۷، تصاویر استریوگرافی و کاربرد آنها در مکانیک سنگ
- محمود وفائیان، خواص مهندسی سنگها
- ب. سینگ، ر.ک. گوئل، ۱۳۸۲، رده بندی توده سنگ
- پی. آر. شئوری، ۱۳۸۰، معیارهای تجربی گسیختگی در سنگ
- اورت هوک، ۱۳۸۱، مهندسی سنگ
- مکانیک خاک**
- حسین معماریان، ۱۳۸۴، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک
- دی. آر. جی. اون و ای. هینتون، ۱۳۸۱، کاربرد روش اجزاء محدود در نظریه خمیری
- امیرمنصور عبداللهی، ۱۳۸۸، اجرای شمع های درجاریز
- براجا ام. داس، ۱۳۸۴، اصول مهندسی ژئوتکنیک - مکانیک خاک
- براجا ام. اس، ۱۳۷۶، اصول مهندسی ژئوتکنیک - ج ۱ - مکانیک خاک
- براجا ام. اس، ۱۳۷۹، اصول مهندسی ژئوتکنیک - ج ۲ - مهندسی پی
- جوزف ای. بولز، ۱۳۸۴، تحلیل و طراحی پی / ج ۱ و ۲
- براجا ام. اس، ۱۳۷۷، تشریح کامل مسایل / مکانیک خاک
- فرزانه طهموریان، ۱۳۸۳، حل المسائل جامع مهندسی پی
- پرویز پارسی راد، ۱۳۸۲، مباحث ویژه و کاربردی - مهندسی سواحل مکانیک خاک
- سید امیرالدین صدرنژاد، ۱۳۷۹، مبانی نظریه خمیری در خاک
- اردشیر اطمیابی، مکانیک خاک / تئوری و مسائل
- امیر محمد طباطبایی، دکتر کامبیز بهنیا، ۱۳۸۴، مکانیک خاک / ج ۱
- ساسان امیرافشاری، ۱۳۸۵، مکانیک خاک / مجموعه - سوالات کارشناسی ارشد
- ن - سیتویچ، ۱۳۷۸، مکانیک خاک
- زمین شناسی**
- سیروس زرعیان، ۱۳۷۶، پترولوژی دگرگونی
- رضا موسوی حرمی، ۱۳۸۳، رسوب شناسی
- پیتر لیسون، ریچارد لیزلی، ۱۳۷۷، روشهای تصویر کردن استریوگرافی
- حسن مدنی، سیروس شفیقی، ۱۳۸۵، زمین شناسی عمومی
- حسین معماریان، ۱۳۸۵، زمین شناسی برای مهندسی
- حسن مدنی، ۱۳۸۴، زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک
- پری راهن، ۱۳۸۲، زمین شناسی مهندسی / ج ۲
- فریدون سبحانی، ۱۳۸۵، زمین شناسی نفت
- فرانک پرس و ریموند سیو، ۱۳۷۴، زمین و تکنیک صفحه ای
- روژه کک، ۱۳۸۳، ژئومرفولوژی/دینامیک درونی و دینامیک بیرونی / ج ۱
- روژه کک، ۱۳۸۳، ژئومرفولوژی/ژئومرفولوژی اقلیمی / ج ۲
- Francis H.moffit، ۱۳۷۷، فتوگرامتری
- آدریان پی. جونز، فرانسیس وال، سی.تری ویلیامز، ۱۳۸۰، کانیهای خاکهای کمیاب
- بهرام موحد، ۱۳۸۴، مبانی چاه پیمایی / ج ۱
- پی کراک ثل وال. دبلیو. بی هیس، ۱۳۷۸، مبانی دورسنجی
- پل آرولف، ۱۳۸۴، مبانی فتوگرامتری
- ابرتو سرا، ۱۳۷۸، چاه نگاری
- جغرافی**
- دکتر حسین شکوئی، ۱۳۸۳، فلسفه جغرافیا
- نقشه برداری**
- شمس نوبخت، ۱۳۸۴، نقشه برداری
- محمود ذوالفقاری، ۱۳۸۵، نقشه برداری - I - شناخت کلی
- مهندس محمدرضا عاصی، ۱۳۸۴، نقشه برداری عمومی
- قدرت الله تمدنی، روح الله تمدنی، ۱۳۸۳، نقشه برداری مقدماتی
- محمود دیانت خواه، ۱۳۸۴، نقشه برداری مهندسی
- سد سازی**
- جلیل ابریشمی - مهندس ناصر وهاب رجایی، ۱۳۸۴، سدهای بتنی طرح و اجرا
- ب. ژانسلی، ت. والستاد، و. کوهوگ، ۱۳۷۴، سدهای پاره سنگی
- حسن رحیمی، سدهای خاکی
- نعمت حسنی، اردکانی، فرشاد وزین رام، ۱۳۸۲، کنترل پایداری سدهای بتنی

نوید گنجیان، مرتضی اسدی درباغی، احسان مهدوی صفت و وحید قاسمی، ۱۳۹۰، فن آوری نوین در اجرای جداره‌های زیرزمینی عمیق عباس سعیدی نیا، ابراهیم سالمی، محمدرضا رسولی قهرودی، حسین اکبری و مرتضی اسدی، ۱۳۸۹، ابزار دقیق سدهای خاکی (جلد اول)

### محیط زیست

جی.تی. میلر، ۱۳۸۴، زیستن در محیط زیست

### واژه نامه

علی گلصورت پهلویانی، ۱۳۸۵، فرهنگ مهندسی راه و ساختمان  
قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء، ۱۳۸۴، واژه نامه فنی تونل

### معماری

فریدون قریب، ۱۳۸۰، بررسی تطبیقی نظام‌های شهرسازی محمود توسلی، ۱۳۸۱، ساخت شهر و معماری - در اقلیم گرم و خشک ایران لطف اله کریمی، زبان تخصصی برای دانشجویان معماری محمد کریم پیرنیا - دکتر غلامحسین معماریان، ۱۳۸۳، سبک‌شناسی معماری ایرانی محمدمنصور فلاهکی، ۱۳۸۵، شکل‌گیری معماری در تجارب ایران و غرب سیدحسین بحرینی، ۱۳۸۵، فرآیند طراحی شهری سی.ام. هاریس، ۱۳۸۵، فرهنگ تشریحی معماری و ساختمان اچ.کلارک، مایکل پاوز، ۱۳۸۳، ماهیت معماری ۱۳۸۵، محیطهای پاسخده/راهنمای طراحان روبرت هیلن برند، ۱۳۸۳، معماری اسلامی حسین زمر شیدی، ۱۳۸۴، معماری ایران مصالح شناسی سنتی حسین زمر شیدی، ۱۳۸۴، معماری ایران اجرای ساختمانها مصالح سنتی غلامحسین معماریان، ۱۳۸۴، معماری مسکونی ایرانی - گونه شناسی برونگرا غلامحسین معماریان، ۱۳۷۲، معماری مسکونی ایرانی - گونه شناسی درونگرا رکس میلر، گلن بیکر، ۱۳۸۰، نقاشی و تزیینات ساختمان کوپن لینچ، ۱۳۸۵، سیمای شهر لئوناردو بنه ولو، ۱۳۸۱، مقدمه ای بر تاریخ سبکهای معماری ارنست نویفرت، پیتر نویفرت، ۱۳۸۴، اطلاعات معماری، Neufert ۲۰۰۶ جان لنگ ۱۳۸۳ آفرینش نظریه معماری ماریو سالوادوری، ۱۳۸۵، سازه در معماری گوئن وایت، ۱۳۸۳، پرسپکتیو/راهنمایی برای نقاشان آرشیتکتها و طراحان

### عمومی

یوجین پ. ادوم، ۱۳۷۷، شالوده بوم شناسی رسکوبارنرتز تریل آی، ۱۳۸۹، روابط عمومی به زبان ساده

### مدیریت

تقی هاشمی، ۱۳۸۵، مجموعه قوانین و مقررات مرتبط با امور پیمانکاری علیرضا میلانی زاده، ۱۳۸۰، مهندسی متره کاربرد متره و برآورد سید محمود علمایی - محمد حقیقی جعفر آقا یغمائیان، ۱۳۹۰، کلیات قراردادهای دو عاملی

تقی ابراهیمی، ۱۳۸۹، راهنمای طرح و پیگیری دعاوی محمدرضاربابی - جعفر یغمائیان، ۱۳۸۹، تجارت بین الملل مبتنی بر اعتبارات اسنادی تقی ابراهیمی، ۱۳۸۹، مسئولیت مدیران از منظر قانون سعید رضا مختاری، سید محمود علمایی و محمد حقیقی، ۱۳۸۹، مجموعه کتب قراردادی طرح‌های عمرانی سوالات طبقه بندی شده D. Bryan Morgan، ۱۳۸۹، مدیریت قراردادهای بین المللی ساخت (جلد ۴) قرارگاه سازندگی کربلا - معاونت طرح و برنامه، ۱۳۹۰، دانش فنی و اجرایی (۱) قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء، ۱۳۸۶، مدیریت تجهیز کارگاه و فناوری‌های ساخت محمود علمایی - محمود قطمیر، ۱۳۹۰، دانستنی‌های مهم قراردادی برای مهندس کارگاه ۱۳۸۷، مدیریت طرح‌های عمرانی

### کامپیوتر

ودود قاسمی آقباش، ۱۳۸۳، آموزش گام به گام SDRmap V6,5 جاهد مطلق - نوبان - اشراقی، ۱۳۸۲، اجزاء محدود ANSYS اشرف حبیب الله، ۱۳۷۸، تحلیل سه بعدی پیشرفته از دستگاه‌های ETABS برخورداری، باجی، هاشمی، ۱۳۸۴، تحلیل و طراحی سازه‌های ساختمانی ETABS حسن باجی - جواد هاشمی، ۱۳۸۳، تکنیکهای مدل‌سازی، تحلیل و طراحی کامپیوتری سازه‌ها ۱۳۸۱، خودآموز و راهنمای جامع STAAD/Pro محمدرضا انصاری پور - مهندس فرهاد رحمانیان، ۱۳۸۰، راهنمای کاربردی SAP ۲۰۰۰ ۱۳۸۰، راهنمای کامل SAP ۲۰۰۰ ج ۱ و ۲ ۱۳۸۱، راهنمای کامل ETABS ۲۰۰۰ ج ۱ و ۲ ۱۳۸۵، سامانه اطلاعات جغرافیایی برای همه برخورداری، باجی، هاشمی، ۱۳۸۴، طراحی سازه های بتنی از نرم افزار Etabs ۲۰۰۰ محمد علی برخورداری، مهندسین حسن باجی و جواد هاشمی، ۱۳۸۲، طراحی سازه های فولادی ETAB ۲۰۰۰ مهندس محسن هاشمی، ۱۳۷۹، طراحی و تحلیل مهندسی به کمک NISA محمدرضا مهرگان، ۱۳۸۴، مفاهیم، نکات درسی و حل مسائل پژوهش عملیاتی سیدامیرالدین صدر نژاد، ۱۳۸۰، مقدمه ای بر روش اجزاء محدود وودود قاسمی، هادی واعظی، ۱۳۷۸، نرم افزار SDRmap/ ج ۲

محل الصاق

عکس

بسمه تعالی  
انجمن تونل ایران  
فرم تقاضای عضویت  
(اعضای حقیقی)



۱ - نام خانوادگی:		Surname:		کد عضویت:
۲ - نام:		First Name:		شماره عضویت:
۳ - تاریخ و محل تولد:		۴ - شماره شناسنامه و محل صدور:		
۵ - نشانی	محل کار:	کدپستی:		
	منزل:	کدپستی:		
	پست الکترونیکی (Email):			
۶ - تلفن	محل کار:	دورنگار:		
	منزل:	همراه:		
۷ - سوابق تحصیلی دانشگاهی:				
مدرک	تاریخ اخذ	نام موسسه عالی و محل آموزش	رشته تحصیلی	درجه علمی
۸ - سوابق تجربی و کاری در زمینه تونل و سازه های زیرزمینی:				
تاریخ	سازمان یا شرکت		نام طرح	مسئولیت
۹ - سوابق علمی (تدریس و تحقیق در دانشگاهها و سایر موسسات آموزش عالی):				
سال	عنوان درس یا تحقیق		محل انجام	
۱۰ - آثار علمی، تحقیق، تألیف، ترجمه کتابها و مقالات: (در صورت نیاز برگ اضافه ضمیمه نمایید)				
عنوان		تاریخ و محل نشر		

۱۱- آشنایی و میزان تسلط به زبانهای خارجی		۱۲- عضویت در سازمان ها و کمیته های ملی و جهانی	
زبان	میزان تسلط		
	عالی	خوب	متوسط
تاریخ	نام سازمان، کمیته و .....		
تا	از		
۱۳- داوطلب عضویت: <input type="checkbox"/> پیوسته <input type="checkbox"/> وابسته <input type="checkbox"/> دانشجویی			
۱۴- مدرک لازم	۱- تصویر شناسنامه	حق عضویت	حقوقی ۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال
	۲- دو قطعه عکس ۳*۴		پیوسته ۲۰۰,۰۰۰ ریال
	۳- تصویر آخرین مدرک تحصیلی یا گواهی اشتغال به تحصیل		وابسته ۱۰۰,۰۰۰ ریال
	۴- گواهی سوابق کار بخصوص در صنعت تونل		دانشجویی ۴۰,۰۰۰ ریال
تاریخ تکمیل فرم:		نام و نام خانوادگی / امضاء:	

## آیین نامه عضویت در انجمن

انواع و شرایط عضویت در انجمن عبارتند از:

### عضویت پیوسته

اعضای پیوسته انجمن بایستی حداقل یکی از شرایط زیر باشند.

- ۱ - موسسان انجمن
- ۲ - اشخاص با درجه کارشناسی ارشد و بالاتر در رشته‌های مرتبط با حداقل دو سال سابقه کار مفید در صنعت تونل سازی
- ۳ - اشخاص با درجه کارشناسی ارشد و بالاتر در رشته‌های مرتبط و پایان نامه در زمینه تونل با حداقل یک سال سابقه کار مفید در صنعت تونل سازی
- ۴ - اشخاص با درجه کارشناسی در رشته مرتبط با حداقل ۴ سال سابقه کار مفید در صنعت تونل سازی
- ۵ - اشخاص با درجه کارشناسی در سایر رشته‌ها با حداقل ۵ سال سابقه کار مفید در صنعت تونل سازی

**تبصره ۱:** رشته‌های مرتبط به صنعت تونل سازی شامل: مهندسی عمران - مهندسی معدن - زمین شناسی مهندسی زمین شناسی - مهندسی برق - مهندسی مکانیک - مهندسی نقشه برداری و شاخه‌های وابسته می باشد.

### عضویت وابسته

اشخاصی که دارای سابقه کاری حداقل دو سال در زمینه علم و صنعت تونل سازی بوده ولی شرایط عضویت پیوسته را نداشته باشند می توانند به عضویت وابسته در آیند.

عضویت دانشجویی

کلیه اشخاصی که در رشته‌های مرتبط در دوره کارشناسی یا بالاتر در رشته‌های مرتبط به صنعت تونل سازی به تحصیل مشغول هستند می توانند به عضویت دانشجویی انجمن در آیند.

### عضویت افتخاری

شخصیت‌های ایرانی و خارجی که مقام علمی آنان در زمینه‌های مرتبط با صنعت تونل سازی حایز اهمیت خاص باشد و یا در پیشبرد اهداف انجمن کمک‌های موثر و ارزنده ای نموده باشند می توانند به عضویت افتخاری انجمن، انتخاب شوند.

**تبصره ۲:** اعضاء افتخاری کلیه مزایای اعضاء پیوسته انجمن به جز حق انتخاب شدن به عنوان عضو هیات مدیره را دارا هستند.

لطفاً فرم تکمیل شده را به نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه پنجم، واحد ۴۱، تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار: ۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.

## بسمه تعالی



### انجمن تونل ایران فرم تقاضای عضویت (اعضای حقوقی)

کد عضویت:  
شماره عضویت:

<b>الف - مشخصات :</b>				
نام :		شماره ثبت :	تاریخ ثبت :	
نوع مؤسسه : ۱- سهامی عام <input type="checkbox"/> ۲- سهامی خاص <input type="checkbox"/> ۳- مسئولیت محدود <input type="checkbox"/> ۴- سایر <input type="checkbox"/> .....				
رتبه‌بندی سازمان برنامه و بودجه : ۱- دارد <input type="checkbox"/> رتبه ..... رشته ..... ۲- ندارد <input type="checkbox"/>				
زمینه فعالیت :				
نوع فعالیت : ۱- مهندسی مشاور <input type="checkbox"/> ۲- پیمانکاری <input type="checkbox"/> ۳- تولیدکننده <input type="checkbox"/> ۴- سایر <input type="checkbox"/>				
سوابق پروژه‌ها و فعالیت‌های مؤسسه :				
ردیف	عنوان پروژه	زمان اجراء		محل
		از	تا	
نشانی دفتر مرکزی :				
تلفن :				
دورنگار :				
آدرس الکترونیکی (Email) :				
<b>ب - هیئت مدیره (نام مدیرعامل، رئیس و اعضای هیئت مدیره) :</b>				
ردیف	نام و نام خانوادگی	آخرین مدرک تحصیلی	سمت در مؤسسه	
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
مدارک مورد نیاز :		۱- مدرک ثبت شرکت یا سازمان ۲- سوابق و فعالیت		
نام و امضاء مدیرعامل :		مهر شرکت :		تاریخ:
لطفاً در این قسمت چیزی ننویسید. لطفاً در این قسمت چیزی ننویسید : درخواست عضویت مؤسسه ..... در جلسه هیئت‌مدیره مورخ ..... مطرح و با عضویت آن موافقت / مخالفت بعمل آمد.				
لطفاً فرم تکمیل شده را به نشانی : تهران ، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه پنجم، واحد ۴۱، تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار : ۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.				
E-mail: <a href="mailto:info@irta.ir">info@irta.ir</a>				



## لیست سمینارهای برگزار شده و موجود در قراچین تونل ایران

ردیف	عنوان سمینار	ارائه کننده سمینار	تعداد CD/DVD	هزینه تکثیر (ریال)
۱	مجموعه مقالات کنفرانس اول تا هشتم تونل	.....	۱	۵۰.۰۰۰
۲	ظرفیت - ایمنی - سرعت اجراء، طراحی و ساخت متروی مشاعر مقدسه در مکه	دکتر کاشانی	۲	۴۰.۰۰۰
۳	تونل راه آهن تهران - تبریز در منطقه ۱۷ تهران، تجربه‌ای از تونل‌های کند و پوش در محیط‌های شهری	مهندسین مهدی ملکی و رشید گرانمایه	۲	۴۰.۰۰۰
۴	کارگاه آموزشی یک روزه مهندسی قنات	.....	۸	۲۰۰.۰۰۰
۵	زلزله و سازه‌های زیرزمینی	مهندس مهین راد	۲	۴۰.۰۰۰
۶	تحلیلی عملکرد واقعی TBM با سپر تلسکوپی در حفاری ۱۸ کیلومتر تونل قمروود	دکتر جعفر حسن پور - مهندس مهدی ذوالفقاری	۲	۴۰.۰۰۰
۷	اهمیت رفتارنگاری در ساخت تونل‌های شهری و بهینه سازی روش‌های اجرا - مطالعه موردی متروی کرج	مهندس محمد خسرو تاش و همکاران	۲	۴۰.۰۰۰
۸	لزوم مطالعات ژئوفیزیک در احداث فضاهای زیرزمینی	مهندس علیرضا فراز مند	۲	۴۰.۰۰۰
۹	تأثیر پارامترهای مکانیک سنگ بر روی عملکرد TBM های سنگ سخت	دکتر احمد رمضان زاده	۲	۴۰.۰۰۰
۱۰	روش اجرای تونل‌های غرقابی - مطالعه موردی - تونل مرمره	مهندسین مظفری و همزه ابیازنی	۱	۴۰.۰۰۰
۱۱	نوآوری در صنعت حفاری تونل در ابعاد بزرگ با توجه به وضعیت دشوار زمین شناسی	دکتر رودیگر ارنست	۲	۴۰.۰۰۰
۱۲	مدیریت پروژه های بزرگ - مطالعه موردی مدیریت پروژه خط ۲ متروی مشهد	مهندس علی همتی شعبانی	۲	۴۰.۰۰۰
۱۳	طراحی تونل در زمینهای مجاله شونده	پروفسور اشلایس	۴	۸۰.۰۰۰
۱۴	ایمنی در تونل‌های گازدار (تجربه تونل البرز)	دکتر محمدجواد جعفری	۱	۴۰.۰۰۰
۱۵	استفاده از شاکرتیک بعنوان پوشش نهایی تونلها	مهندس فلاح پیشه	۱	۴۰.۰۰۰
۱۶	بررسی عملکرد TBM در ده کیلومتر ابتدای تونل کرج	مهندس حمیدرضا توکلی	۱	۴۰.۰۰۰
۱۹	کارگاه آموزش تونلسازی در سنگهای درزه دار و محیط‌های شهری	پروفسور نیکولاس بارتون پروفسور والتر ویتکه	۱	۵۰.۰۰۰
۲۰	تجربیات حاصل از حفاری تونل‌های بلند در سازندهای مشکل ساز زاگرس	مهندس خسرو تاش و همکاران	۱	۴۰.۰۰۰
۲۱	روش‌های نوین ساخت ایستگاههای زیرزمینی مترو	دکتر محمدحسین صدقیانی	۱	۴۰.۰۰۰
۲۲	مروری بر عملیات مونتاژ و راه اندازی دستگاههای TBM پروژه قطار شهری شیراز و تجربیات حاصل از آن	مهندس خسرو تاش و همکاران	۵	۱۰۰.۰۰۰
۲۳	روشهای جدید بهسازی، مرمت و آب بندی در فضاهای زیرزمینی	دکتر سید حسن صحرانورد	۲	۴۰.۰۰۰
۲۴	معیارهای جدید ایمنی در تونل‌های شبکه حمل و نقل اروپا	دکتر محمدجواد جعفری	۲	۴۰.۰۰۰
۲۵	علل ریزش دهانه ورودی تونل سعادت شهر (بین مسیر شیراز و اصفهان) و مقایسه روش‌های حفاری و نگهداری این بخش	مهندسین حاج حیدری و مهربانی	۲	۴۰.۰۰۰
۲۶	مدیریت طرح و ساخت تونل‌های بلند و عمیق انتقال آب	مهندسین غلامرضا شمسی و گرشاسب خزانئی	۲	۴۰.۰۰۰
۲۷	ماشین آلات حفر تونل	مهندس مظفری و مهندس مرتضی همزه	۲	۴۰.۰۰۰
۲۸	روش‌های اندازه‌گیری و رفتارسنجی در تونل	دکتر مرتضی قارونی نیک	۲	۳۰.۰۰۰
۲۹	نقش پایگاه‌های اطلاعات ژئوتکنیک در مطالعات اولیه فضاهای زیرزمینی	دکتر کلانتری، دکتر مجتبی کشفی	۲	۳۰.۰۰۰
۳۰	دستاوردهای پروژه تونل کندوان	دکتر صدقیانی	۲	۳۰.۰۰۰
۳۱	مبانی طراحی تونل‌های آزاد راه تهران - شمال	دکتر یساقی و دکتر سالاری راد	۲	۴۰.۰۰۰
۳۲	تعیین پارامترهای اصلی سپرها (شیلدها) برای حفاری تونل	دکتر شکاری یزدی	۲	۴۰.۰۰۰
۳۳	تأثیر اطلاعات ژئوتکنیکی در ریسک پذیری قراردادهای تونل و فضاهای زیرزمینی	دکتر صدقیانی	۲	۳۰.۰۰۰
۳۴	بررسی ویژگیها و مشکلات اجرایی تونل آبرسانی کوهرنگ ۳	دکتر لیتکوهی	۲	۳۰.۰۰۰