# تونل

نشریه انجمن تونل ایران

# Tunnel

شماره ۱۲، پاییز ۸۹

Iranian Tunnelling Association Magazine

www.irta.ir

www.irta.ir www.irta.ir www.irta

# تونل

نشریه انجمن تونل ایران

شماره ۱۲- پاییز ۸۹


بسمه تعالی

- سرمقاله ..... ۲
- اخبار ..... ۳
- مطالعه روش‌های محاسبه نشست زمین در اثر ساخت تونل‌ها - مطالعه موردی؛ خط ۷ متروی تهران ..... ۱۶
- بررسی شیوه‌های کارآمد در تعیین ساختار تقسیم‌بندی کار (WBS) پروژه‌های تونلسازی ..... ۲۲
- تحلیل سه بعدی سیستم تهویه طولی با استفاده از سقفی (مطالعه موردی: گالری بهمن‌گیر امام زاده هاشم) ..... ۲۹
- معرفی کتاب ..... ۳۶
- چکیده‌مقالات‌منتخب‌نشریات ..... ۳۸
- رویدادهای تونلی ..... ۴۰


**شـرح روی جلد: خط یک متروی تهران**

| | |
|---|---|
| انجمن تونل ایران | **صاحب امتیاز** |
| دکتر مرتضی قارونی‌نیک | **مدیر مسئول** |
| دکتر سیامک‌هاشمی | **سر دبیر** |
| هیئت مدیره انجمن تونل ایران | **زیر نظر** |
| مهندس مرتضی همزه ابیازنی | **مدیر داخلی** |
| دکتر محمد جواد جعفری، دکتر حسین سالاری‌راد، دکتر مصطفی شریف‌زاده، دکتر محمد حسین صدقیانی، دکتر اورنگ فرزانه، دکتر احمد فهیمی‌فر، دکتر مرتضی قارونی‌نیک، دکتر حسین کنعانی‌مقدم، مهندس ابوالقاسم مظفری شمس، دکتر سیامک‌هاشمی، دکتر علی یساقی مهندس امیر عبداله ایران‌زاده، مهندس محمد خسروتاش | **هیئت تحریریه** |
| | **همکاران این شماره** |
| نشرفن | **امور اجرایی** |
| معصومه قره داغی | **تبلیغات** |
| الهه لطفی | **صفحه آرایی و طراحی جلد** |


**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 نمی‌شود.
- 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.


**نشـانی: خیابان کارگر شمالی- بالاتر از بیمارستان قلب- بعد از خیابان دوم- ساختمان ۴۶۷- طبقه ۵- واحد۴۱- انجمن تونل ایران**

**تلفن : ۶ - ۸۸۶۳۰۴۹۵ نمابر: ۸۸۰۰۸۷۵۴**

**Website:www.irta.ir Email:info@irta.ir**



www.irta.ir

# نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل ایران

صنعت ساخت تونل تنها یک رشته علمی را در بر نمی‌گیرد، بلکه شامل زمینه‌هایی مانند معدن، عمران، زمین‌شناسی، و بسیاری دیگر از رشته‌ها و تخصص‌ها می‌شود. پیشرفت‌های چند دهه اخیر در زمینه تونلسازی در کشور ناشی از تحقیقات گسترده و ارتباط مراکز پژوهشی و اجرایی بوده است و وضعیت کنونی صنعت ساخت تونل نشان‌دهنده پیشرفت کشور در علوم و فنون یاد شده است.

البته بازار صنعت ساخت تونل ایران محدود به نیازهای داخلی نیست و هم اکنون طرح‌های متعددی در خارج از کشور نیز توسط شرکت‌های ایرانی در حال اجراست. فعالیت‌های گسترده‌ای که در زمینه سازه‌های زیرزمینی انجام می‌شود و نیز ارتباط مشاوران و پیمانکاران این صنعت در داخل و خارج کشور، انجمن تونل ایران را بر آن داشت که یک همایش علمی‌و تخصصی در سطح آسیایی برگزار نماید. هماهنگی‌های لازم در این ارتباط انجام شده‌اند و نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل ایران در آبان‌ماه ۱۳۹۰ با همکاری انجمن بین‌المللی تونل (ITA) و با عنوان "فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار" در تهران برگزار خواهد شد.

رشد اقتصادی و حرکت به سوی یک اقتصاد مولد و مورد اعتماد یکی از مهمترین اهداف توسعه پایدار است. این واژه به تغییر پایدار اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیطی برای تامین رفاه بلند مدت در جامعه اطلاق می‌شود که هم بر رونق اقتصاد و تجارت و صنعت تاکید می‌ورزد، و هم از محیط زیست و همزیستی با طبیعت حمایت می‌کند. دستیابی به توسعه پایدار نیازمند رعایت اصول ایمنی و حفاظت محیط زیست در بهره‌برداری از زمین و صرفه جویی در مصرف انرژی می‌باشد. سازه‌های زیرزمینی از جمله سازه‌های اساسی در توسعه زیرساخت‌های بخش‌های مختلف مانند تولید انرژی و شبکه‌های انتقال انرژی و سوخت، توسعه فضاهای شهری، شبکه‌های حمل و نقل، تونل‌های اکتشافی و معدنی و غیره می‌باشد.

با توجه به اینکه بهره‌گیری از آخرین فن‌آوری‌های ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی، نیاز امروز کشورها به منظور دست‌یابی به توسعه پایدار می‌باشد، انجمن تونل ایران با تجربه برگزاری چندین کنفرانس علمی و ارتباطات با مجامع صنعتی تونل از تمامی دانشمندان، متخصصان و نخبگان علمی، اساتید، دانشجویان و پژوهشگران و دست‌اندرکاران صنعت تونل برای شرکت در نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل ایران، دعوت به عمل می‌آورد.

برنامه این همایش سه روزه شامل نشست‌ها و جلسات فنی، بازدید و آشنایی با پروژه‌های در دست اقدام، و برگزاری نمایشگاه تخصصی می‌باشد. محورهای اصلی این همایش طراحی، ساخت و بهره‌برداری و تأکید بر نقش کلیدی این موارد در توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست است. این همایش فرصت مناسبی جهت تبادل اطلاعات و دانش روز، آشنایی با فن‌آوری های جدید صنعت تونل، و تجربیات سایر کشورها را فراهم می‌سازد. بدون شک حضور فعال دست‌اندرکاران صنعت تونل در کنار اساتید محترم دانشگاه و صاحب‌نظران بین‌اللملی، موجب شکوفایی و ارتقای دانش تونلسازی، ودستیابی به فن‌آوری‌های نوین ساخت و طراحی در ایران خواهد بود.

## ساخت تونل‌های انحرافی سد مخزنی هراز آغاز شد

عملیات احداث تونل‌های انحرافی آب، جاده و تونل آبیاری سد مخزنی هراز آغاز شد. مدیر اجرایی سد هراز در حاشیه آغاز اجرای این عملیات در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در آمل با اعلام اینکه پس از اجرای تونل‌ها تمام خودروهای مسیر هراز از داخل تونل عبور داده خواهند شد، افزود: مدت اجرای این تونل‌ها ۲۴ ماه است که با روند خوب پیشرفت فیزیکی پروژه به نظر می‌رسد سریع‌تر از موعد مقرر به اتمام برسد. وی با اشاره به اینکه پس از احداث تونل‌ها، احداث بدنه سد و نیروگاه آن آغاز می‌شود، افزود: تونل انحرافی به دو منظور جاده و سرریز احداث می‌شود. حسن احمدپور با تأکید بر اینکه با اجرای این تونل و انحراف جاده و آب، محیط برای احداث سد آماده می‌شود، گفت: این تونل ۱۵ کیلومتر جاده اصلی هراز را منحرف کرده و در کنار رودخانه به صورت موقت جاده‌ای احداث می‌شود تا عملیات احداث تونل سرعت بیشتری داشته باشد. وی با اعلام اینکه در حال حاضر پیشرفت فیزیکی احداث سد مخزنی هراز ۱۵ درصد است، یادآور شد: این پروژه از اوایل خردادماه سال جاری آغاز شده و عملیات اجرایی آن توسط قرارگاه خاتم‌الانبیا و مؤسسه سیدالشهدای مازندران انجام می‌شود. احمدپور با بیان اینکه احداث سد و ساختمان نیروگاه این سد احتمالاً از اواخر سال جاری آغاز می‌شود، گفت: قرارگاه خاتم‌الانبیا این پروژه را به صورت طرح و ساخت انجام خواهد داد. وی با اشاره به اینکه برای احداث تونل‌های انحرافی ۳۰ میلیارد تومان هزینه پیش‌بینی شده است، تصریح کرد: کل مجموعه سد ۲۰۰ میلیارد تومان هزینه دارد که باید در مراحل عملیات احداث به صورت واقعی برآورد شود. احمدپور با بیان اینکه با احداث این سد ۱۳ کیلومتر از جاده اصلی هراز و بیش از ۱۰ کیلومتر جاده روستایی زیر آب می‌رود، افزود: عملیات راه‌سازی این مجموعه همزمان با عملیات اجرای سد صورت خواهد گرفت. سد هراز در ۲۰ کیلومتری جنوب آمل و بر روی رودخانه هراز احداث می‌شود و مطالعات مرحله اول در سال ۱۳۷۶، مطالعات تکمیلی مرحله اول در سال ۱۳۸۵ و شروع عملیات ژئوتکنیک آن شهریور ۱۳۸۵ بوده است. کلنگ آغاز عملیات اجرایی این سد توسط معاون اول رئیس جمهور در ۳۰ مهرماه سال گذشته به زمین زده شد.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۷/۰۱

## بارهای اضافی روی تونل بلیتی باید برداشته شود

معاون امور آب سازمان آب و برق خوزستان گفت: بارهای اضافی روی تونل بلیتی باعث شده است تا تخریب این تونل تاریخی اتفاق بیفتد. به گزارش خبرگزاری فارس از شوشتر، فتح‌الله دهکردی در جلسه بررسی مشکلات آب شهرستان شوشتر اظهار داشت: تونل بلیتی تنها یک تونل آب بر است و باید برای کاهش بارهای اضافی روی آن برنامه‌ریزی شود. وی با اشاره به ریزش تونل بلیتی در سال‌های گذشته، گفت: بارهای اضافی روی این تونل باعث می‌شود تا مشکلات زیادی برای مردم به وجود آید به نحوی که خطر ریزش این تونل هر لحظه مردم شوشتر را تهدید می‌کند. این مقام مسئول با اشاره به اینکه باید برای کاهش بارهای اضافی روی این تونل تاریخی برنامه‌ریزی کرد، گفت: باید برای کاهش بارهای اضافی روی تونل بلیتی برنامه‌ریزی کرد و بهترین راه برای این امر تملک و تخریب منازل روی این تونل تاریخی است. همچنین در این جلسه فرماندار شوشتر اظهار داشت: مقداری از تونل بلیتی زیر میدان۱۵ خرداد و جاده خروجی شوشتر به سمت مسجدسلیمان است و احتمال تخریب این تونل هر لحظه جان مردم شوشتر را تهدید می‌کند. محمدرضا آملازاده با اشاره به اینکه پل گرگر شوشتر در وضعیت بسیار نابسامانی است، گفت: پل گرگر شوشتر در وضعیت بسیار نابسامانی است و باید برای رفع مشکل این پل برنامه زمان‌بندی تحویل شود. وی تاکید کرد: عدم انعقاد قرار داد با پیمانکار، عدم تخصیص اعتبار به پیمانکار، برداشت‌های سلیقه‌ای از امور و اختلافات درون سازمانی در میراث فرهنگی باعث شده است تا پروژه پل گرگر شوشتر در وضعیت نابسامانی قرار گیرد. فرماندار شوشتر تاکید کرد: شهرستان شوشتر آثار تاریخی بسیار زیادی دارد ولی عدم توجه به این آثار باعث شده است تا در وضعیت بسیار بدی قرار بگیرند.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۷/۰۴

## آغاز مطالعه طرح جامع تونل مشترک گرگان برای عبور تاسیسات شهری

رئیس کمیسیون توسعه و عمران شورای اسلامی شهر گرگان از آغاز مطالعه طرح جامع تونل مشترک برای عبور تاسیسات شهری خبر داد. به گزارش خبرگزاری فارس از گرگان به نقل از روابط عمومی شورای اسلامی شهر گرگان، حسین ربیعی در جلسه این کمیسیون اظهار داشت: به منظور جلوگیری از حفر کانال‌های مختلف در معابر شهری، مطالعه طرح جامع تونل مشترک برای عبور تاسیسات شهری به تصویب این کمیسیون رسید. وی تصریح کرد: طرح احداث تونل مشترک از مصوبات مجلس شورای اسلامی بوده و از سوی استانداری‌ها به شهرستان‌های تابعه ابلاغ شده است. این عضو شورای شهرگرگان افزود: با احداث این تونل تمام تاسیسات شهری از جمله شبکه‌های آب‌رسانی، برق‌رسانی، تلفن و گاز از این تونل عبور می‌کنند.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۷/۰۸

## طولانی‌ترین تونل جهان از آخرین مانع در کوه‌های آلپ سوئیس گذشت

یک ماشین حفاری غول‌آسا آخرین بخش مسیرش در زیر کوه‌های آلپ را در روز جمعه ۱۵ اکتبر پیمود و به این ترتیب طولانی‌ترین تونل جهان پس از ۱۵ سال کار، گشوده شد. به گزارش خبرگزاری فرانسه در آخرین مرحله تکمیل تونل که در طی مراسمی که حدود ۲۰۰ نفر از مقامات در ۳۰ کیلومتری درون تونل حضور داشتند و به طور زنده از تلویزیون سوئیس پخش می‌شد، مهندسان از دو طرف تونل پس از آنکه آخرین ۱/۵ متر تونل حفر شد، به دست زدن پرداختند. وزیر حمل و نقل سوئیس، موریتس لونبرگر گفت: "در اینجا، در قلب کوه‌های آلپ سوئیس، یکی از بزرگترین طرح‌های زیست‌محیطی قاره اروپا به تحقق پیوست".

کارگران تونل به همکارانشان که در طول ساخت این تونل جان خود را از دست دادند، در حالیکه نام‌های هشت نفر از این قربانیان در طول این مراسم احساسی خوانده می‌شد، با یک دقیقه سکوت ادای احترام کردند. لوزی گروبر، از شرکت ساختمانی Implenia گفت: "کارگران، متشکرم، متشکرم. ما تنها یک تونل نساخته‌ایم، ما تاریخ را نوشته‌ایم". این تونل ۵۷ کیلومتری برای راه‌آهن سریع‌السیر، که در سال ۲۰۱۷ گشایش خواهد یافت، محور اصلی یک شبکه راه‌آهن جدید بین اروپای شمالی و اروپای جنوب‌شرقی را تشکیل خواهد داد و به برطرف کردن ازدحام ترافیکی و آلودگی در آلپ سوئیس کمک خواهد کرد.

این تونل سومین تونلی است که در منطقه برفی "سن گوتارد" سوئیس ساخته می‌شود، اما بسیار طولانی‌تر از دو تونل دیگر است و سه کیلومتر طولانی تر از تونل راه‌آهن میان دو جزیره ژاپنی است که رکورددار طولانی‌ترین تونل با دارازای ۵۳/۸ کیلومتر بود.

پیتر فوگلیستر، رئیس اداره حمل و نقل فدرال سوئیس، به روزنامه‌نگارانی که در این مراسم جمع شده بودند، گفت: "اسطوره گوتارد برای بار سوم شکسته شد. نیاکان ما از سده‌های میانه به بعد تلاش کردند تا این کوه‌ها را قابل‌عبور کنند".

مسافران نهایتا خواهد توانست از شهر ایتالیایی میلان تا زوریخ در سوئیس را در کمتر از سه ساعت بپیمایند و بعد به سوی شمال به آلمان بروند، و زمان مسافرت حدود یک ساعت کوتاه می‌شود. اما این تونل ۷ میلیارد یورویی که ۹/۵ متر قطر دارد، همچنین نتیجه نگرانی‌های عمومی‌زیست‌محیطی در مورد آلودگی در کوه‌های آلپ سوئیس است.

سوئیس در تلاش بوده است که حمایت همسایه‌های مردد اروپایی‌اش برای حمایت از طرح‌های گران‌قیمت راه‌آهن‌های زیرآلپ جلب کند.

اما این طرح هنگامی‌توانست حمایت بیشتری را جلب کند که در رفراندوم سال ۱۹۹۴ سوئیسی‌ها از یک اقدام بوم‌شناختی برای توقف حرکت کامیون‌های سنگین از آلپ- از جمله جریان در حال گسترش ترافیک ترانزیت کالاهای اتحادیه اروپا- حمایت کردند.

در سال‌های اخیر، اتریش، فرانسه و ایتالیا نیز دو طرح تونل راه‌آهن از طریق بخش‌های غربی و شرقی کوه‌های آلپ را در دست اجرا داشته‌اند که هر دوی آنها با طول‌های بیش از ۵۰ کیلومتری در دهه ۲۰۲۰ گشایش خواهند یافت. تونل‌های دوگانه گوتارد پس از تکمیل می‌تواند محل عبور قطارهای مسافری با سرعتی بیش از ۲۵۰ کیلومتر در هر ساعت باشد. جدا از تاثیرات اقتصادی و زیست‌محیطی این تونل، مسئله مورد توجه دیگر تلاش بیش از ۲۰۰۰ کارگر تونل است.

این کارگران، که بیش از ۱۳ میلیون متر مکعب سنگ را منفجر و سوراخ کردند، در دهکده "سدرون" درست در بالای به هم رسیدن دو طرف تونل جشن گرفتند.

همشهری آنلاین
۱۳۸۹/۰۷/۲۴

## تونل انحرافی سد نازلوی ارومیه به بهره برداری رسید

تونل انحرافی سد نازلوی ارومیه با حضور مدیرعامل شرکت مدیریت منابع آب ایران به بهره برداری رسید. با بهره‌برداری از این تونل و با انحراف رودخانه نازلو به آن، عملیات اجرایی بدنه اصلی سد نازلو با حضور مقامات وزارت نیرو و مدیران استانی آغاز شد.

سد نازلو بر روی رودخانه نازلوی ارومیه احداث می‌شود و قادر به تنظیم ۲۷۳ میلیون مترمکعب آب برای آبیاری ۴۵ هزار و ۵۰۰ هکتار از اراضی دشت‌های نازلو، روضه، کهریز و قوشچی و کنترل سیلاب‌های رودخانه نازلو برای جلوگیری از خسارات ناشی از سیل و تامین آب آشامیدنی و صنعت شهرک‌های شمالی دشت ارومیه به میزان ۳۸ میلیون مترمکعب است.

درحال حاضر سد نازلوی ارومیه ۲۲ درصد پیشرفت فیزیکی دارد و بر اساس اظهار مسوولان آب منطقه ای آذربایجان غربی برای اجرای آن، یکهزار و ۳۰۰ میلیارد ریال اعتبار سرمایه گذاری می‌شود. اعتبار اختصاص یافته برای اجرای شبکه آبیاری تحت پوشش این سد نیز یک هزارمیلیارد ریال است و پیش‌بینی می‌شود ساخت آن تا پنج سال آینده پایان یابد. با بهره برداری از این سد ۱۴۵ روستای منطقه از مزایای این طرح بهره‌مند می‌شوند. سد نازلوی ارومیه با حجم مخزن ۱۷۰ میلیون مترمکعب و ارتفاع یکصد متر در ۲۵ کیلومتری شمالغرب ارومیه در حال احداث است.

خبرگزاری ایرنا
۱۳۸۹/۰۷/۲۹

## تونل ورودی زندان سلیمان در آذربایجان غربی بازسازی می‌شود

مشاور رئیس سازمان میراث فرهنگی و گردشگری در امور پایگاه‌ها از آواربرداری و بازسازی تونل ورودی زندان سلیمان خبر داد. به گزارش خبرنگار مهر در تکاب، پرویز سعادتی در جریان بازدید از پایگاه تاریخی و پژوهشی میراث جهانی تخت سلیمان تکاب، افزود: همگام با مطالعه و بررسی محور فرهنگی، تاریخی و گردشگری تخت سلیمان، در آینده نزدیک بخشی از تونل کوه زندان به منظور بازدید گردشگران آواربرداری و بازسازی خواهد شد.

این تونل توسط هیئت آلمانی در حدود ۴۰ سال پیش با هدف مطالعه، پژوهش و بررسی کف گودال زندان سلیمان به عمق ۱۷۰ متر حفر شد که بعد از گذشته چند دهه بخشی از تونل دچار ریزش شده که نیازمند بازگشایی، ایمن‌سازی و فراهم کردن بستر مناسب برای بازدید گردشگران داخلی و خارجی از داخل گودال است.

وی با بیان اینکه مجموعه میراث جهانی تخت سلیمان به دلیل تهیه و تدوین پلان مدیریت حفاظت و مرمت در ردیف نخستین پایگاه‌های کشور قرار گرفت، بیان داشت: این مجموعه جزو نخستین پایگاه‌هایی است که دارای برنامه هدفمند بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت در زمینه‌های مختلف مدیریتی بوده و بر اساس آن می‌تواند به طور صحیح و علمی‌هدایت شود.

این مقام مسئول با اشاره به برگزاری جلسه‌ای با حضور مدیر پایگاه پژوهشی میراث جهانی تخت سلیمان تکاب، خاطر نشان کرد: مطالعه و بررسی پوشش مناسب برای آتشکده آذرگشسب، اجرای محور هدایت گردشگر در محوطه مجموعه، طراحی و اجرای مبلمان محیطی و تغییر کاربری تالار شورا به محل نمایش آثار از جمله مصوبات این جلسه مشترک بود.

مجموعه فرهنگی- تاریخی تخت سلیمان تکاب به عنوان چهارمین اثر ثبت شده ایران در فهرست میراث جهانی یونسکو دارای ۱۲۴ هزار مترمربع مساحت بوده که در ادوار مختلف محل سکونت مادها، اشکانیان، ساسانیان و مغولها روایت شده و به روایتی محل تولد زرتشت پیامبر است.

قلعه تاریخی تخت سلیمان بازمانده از دوره ساسانیان با بخش‌های مختلفی همچون آتشکده آذرگشسب به عنوان یکی از مهمترین آتشکده‌های دوره ساسانی، آتشکده شاهی و جنگ آوران، ایوان خسرو، معبد آناهیتا، آتشگاه‌های کوچک و دروازه‌ها و دیوارهای مستحکمش از بناهای مهم تاریخی جهان به شمار می‌رود. مجموعه باستانی تخت سلیمان قبل از اسلام به عنوان بزرگترین مرکز آموزشی، مذهبی، اجتماعی و عبادتگاه ایرانیان به شمار می‌رفت اما در سال ۶۲۴ میلادی و در حمله هراکلیوس، امپراطور رومیان به ایران تخریب شد. به-کارگیری سنگ‌های تراشدار و آجرهای بزرگ در ساخت این بنای تاریخی و واقع شدن دریاچه عجیب و همیشه جوشانی به عمق ۱۱۲ متر در وسط این مجموعه جلوه زیبا و خاصی به این مکان تاریخی بخشیده است.

درجه حرارت آب این دریاچه در تابستان و زمستان یکسان و در حدود ۲۱ درجه است و همین موضوع ثابت می‌کند که آب آن از سفره‌ای زیر زمینی در عمق بسیار زیاد تامین می‌شود. این مکان تاریخی در زمان ایلخانیان و در دوره حکمرانی آقاخان در قرن هفتم هجری به عنوان تفرجگاه تابستانی مورد استفاده قرار گرفت. این حکمران مغول با احداث بناهای مختلفی همچون سالن شورا، ایوان شرقی و ساختمان‌های ۸ و ۱۲ ضلعی یکبار دیگر جان تازه‌ای به مجموعه تاریخی تخت سلیمان تکاب بخشید.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۹/۰۸/۰۱

## سیستم هوشمند تونل توحید تا زمستان بهره‌برداری می‌شود

معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران گفت: هوشمندسازی سیستم تهویه تونل توحید هم اکنون مراحل اجرایی را می‌گذراند و تلاش می‌کنیم تا فصل زمستان سیستم هوشمند تونل به بهره‌برداری برسد. به گزارش خبرگزاری فارس، مازیار حسینی با اشاره به اینکه در حال حاضر همه سیستم تهویه تونل توحید آمادگی زیربار رفتن را دارد، اظهار داشت: تعداد جت‌فن‌های فعال تونل در حدود ۴۰ دستگاه بود که از چندی پیش به ۶۳ دستگاه فعال رسید که میزان آلودگی هوا در تونل را کاهش داده و به حد استاندارد رسانده است. وی ادامه داد: همه جت‌فن‌های تونل ۷۰ دستگاه است که این تعداد برای ساعات اوج مصرف در نظر گرفته شده است. معاون فنی و عمران شهرداری با اشاره به خصوصیات سیستم تهویه تونل توحید نیز گفت: تهویه تونل‌ها یا به صورت عرضی است و یا به صورت طولی، اما در تونل توحید هر دو سیستم به کار گرفته شده است. حسینی افزود: اکسیال فن‌ها نیز دمنده‌های هوای تازه به داخل تونل و مکنده هوای آلوده تونل هستند که به زیر مدار آمده و هوشمندسازی آن دنبال می‌شود. وی خاطرنشان کرد: وضعیت جت فن‌های فعال و میزان مونوکسیدکربن موجود در هوای تونل به صورت روزانه و در چندین نوبت، مورد بررسی و رصد قرار می‌گیرد که این بررسی‌ها نشان دهنده کاهش میزان آلودگی هوای تونل نسبت به گذشته است.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۰۱

## بهره‌برداری از فاز نخست تونل فاضلاب‌رو شرق تهران آغاز شد

مدیرعامل شرکت فاضلاب تهران گفت: با اتمام پوشش اصلی زوج لوله شرقی و قطعه صفر تونل فاضلابرو شرق تهران، بهره‌برداری از فاز نخست این تونل آغاز شد. به گزارش خبرنگار اقتصادی خبرگزاری فارس، اصغر ریاضتی افزود: به منظور افزایش طول عمر تونل و افزایش مقاومت در برابر گازهای خورنده ناشی از فاضلاب، عملیات پوشش داخلی تونل با استفاده از ترکیبات پلی‌اوره به قطر ۲۴۰۰ میلی‌متر شامل ۱۸۰۰ متر از زوج‌لوله شرقی و ۷۶۴ متر از قطعه صفر در مدت شش‌ماه به پایان رسید و پوشش داخلی زوج‌لوله غربی نیز به طول ۱۸۰۰ متر تا هفته اول مهرماه پایان می‌یابد. وی ادامه داد: با اتمام این مرحله در مجموع چهارهزار و ۳۶۴ متر از تونل شرقی قابل بهره‌برداری است و در حال حاضر قطعات صفر و زوج‌لوله شرقی فاضلاب‌های منطقه سه‌راه معلم شهرری به قطر ۶۰۰ میلی‌متر را به تصفیه‌خانه جنوب هدایت می‌کند. وی با اشاره به طول ۲۴ کیلومتری تونل فاضلابرو شرق تهران گفت: عملیات اجرای زوج‌لوله، قطعات صفر، یک، ۲ و ۳ به طول ۱۲ هزار و۷۶۴ متر به پایان رسیده و قطعه ۴ نیز در دست تکمیل است.

مدیرعامل شرکت فاضلاب تهران اضافه کرد: تونل فاضلاب شرق با ظرفیت نهایی ۵/۲۰ مترمکعب در ثانیه بزرگ‌ترین تونل تاسیساتی فاضلاب در سطح کشور و از نمونه‌های منحصر به فرد در سطح خاورمیانه است که توسط متخصصان و پیمانکاران داخلی انجام شده است.

ریاضتی همچنین اشاره به ادامه لوله‌گذاری و رفع انفصالات شبکه فاضلاب در منطقه ۱۳ تهران،خاطرنشان ساخت: ۱۴۲ کیلومتر شبکه فاضلاب در این منطقه آماده بهره‌برداری شده‌است.

وی خاطر نشان کرد: منطقه ۱۳ شهرداری تهران نیاز به حدود ۱۷۴ کیلومتر شبکه جمع‌آوری فاضلاب دارد که عملیات لوله‌گذاری آن از سال ۱۳۸۳ آغاز شده‌است و تاکنون ۱۴۲ کیلومتر شبکه در اقطار ۲۵۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر آماده بهره‌برداری است که از این متراژ ۱۷ کیلومتر در شش ماهه نخست سال جاری به اتمام رسیده است. مدیرعامل شرکت فاضلاب تهران همچنین در خصوص نصب انشعاب در این منطقه نیز اعلام کرد: این عملیات از بهمن ماه سال گذشته آغاز و از حدود ۲۸ هزار رشته انشعاب قابل نصب، تاکنون انشعاب ۸۱۰۰ نفر از ساکنان نصب و به شبکه متصل شده‌است.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۰۲

## نیمی از طرح ملی تونل دوم گردنه رخ در محور ارتباطی اصفهان– شهر کرد اجرا شد

معاون راهسازی اداره کل راه و ترابری چهارمحال و بختیاری از پیشرفت ۵۰ درصدی عملیات اجرایی طرح ملی تونل دوم گردنه رخ در محور ارتباطی شهرکرد- اصفهان خبر داد. کامران رهی در گفتگو با خبرنگار ایرنا با بیان اینکه عملیات احداث راه‌های دسترسی به این طرح نیز حدود ۷۰ درصد پیشرفت فیزیکی داشته است، افزود: این تونل یک هزار و ۴۵۰ متر طول دارد که تاکنون حدود یک هزار و ۲۰۰ متر از آن حفاری شده است.

وی هزینه برآورد شده این طرح را ۱۵۶ میلیارد ریال عنوان کرد و اظهار داشت: تاکنون حدود ۵۰ میلیارد ریال در این طرح هزینه شده است. رهی کاهش تصادفات و ایمنی تردد را از مزایای اجرای این پروژه راهسازی عنوان کرد و افزود: در صورت تامین اعتبار لازم این تونل در اواخر سال آینده به بهره‌برداری می‌رسد.

با حفر تونل اول گردنه رخ حدود ضمن کاهش هفت کیلومتری این مسیر، حدود ۱۰۰ پیچ تند وحادثه خیز آن نیز حذف شد. هم اینک تردد از مسیر پرترافیک اصفهان - شهرکرد ازطریق تونل اول به صورت رفت و برگشت انجام می‌گیرد که به لحاظ ترافیک این محور، تسریع در اجرای تونل دوم با هدف ایمن‌سازی و تسهیل تردد از این مسیر بیش از پیش ضروری است.

شهرکرد در۱۰۰کیلومتری اصفهان واقع شده است و پیش از این مسافران این مسیر بایستی از گردنه سخت گذر و حادثه ساز "رخ" عبور می‌کردند که با احداث تونل در این مسیر، این نقطه حادثه ساز حذف شد.

خبرگزاری ایرنا
۱۳۸۹/۰۸/۰۲

## عملیات احداث تونل انتقال آب به دریاچه ارومیه آغاز شد

استاندار آذربایجان غربی از آغاز اجرای عملیات احداث تونل انتقال ۶۰۰ میلیون متر مکعب آب به دریاچه ارومیه خبر داد.

به گزارش خبرنگار مهر در ارومیه، وحید جلال‌زاده در گفتگو با خبرنگاران از آغاز عملیات احداث تونل پنج هزار و ۶۰۰ میلیارد ریالی برای انتقال ۶۰۰ میلیون متر مکعب آب از حوزه همجوار به دریاچه ارومیه خبر داد.

وی در ادامه بیان داشت: طرح باروری ابرها برای نخستین بار در این استان اجرا شده، تا شاهد افزایش ۲۰ درصدی نزولات آسمانی در حوزه دریاچه ارومیه باشیم.

استاندار آذربایجان غربی تخصیص ۸۰۰ میلیارد ریال برای اجرا و توسعه طرح‌های آبیاری تحت فشار در استان را ناکافی دانست و گفت: هم اکنون ۱۰ سد ملی و پنج سد استانی در سطح استان در حال احداث بوده که با بهره‌برداری از آنها ظرفیت ذخیره سازی سدهای استان به چهار میلیارد متر مکعب افزایش می‌یابد.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۹/۰۸/۰۳

## نخستین تونل مکانیزه انتقال آب ساخت ایران در سوریه به بهره‌برداری رسید

نخستین تونل بزرگ مکانیزه انتقال آب در سوریه که ساخت آن سه سال به طول انجامید، از سوی یک شرکت ایرانی به بهره‌برداری رسید.
به گزارش خبرنگار اعزامی ایرنا به سوریه، حمید عزیزی مدیر پروژه شرکت سابیر بین الملل در سوریه در جمع خبرنگاران اعزامی گفت: این تونل ۵ هزار و چهارصد متر طول دارد و دارای دو کانال فرعی ۵۰۰ متری است که آب سد فرات (حافظ اسد) واقع در شهر 'الثوره' در ۱۵۰ کیلومتری حلب را به دشت جنوبی حلب منتقل می‌کند. عزیزی مبلغ قرارداد ساخت این تونل و کانال‌های آن را ۲۸ میلیون دلار و مدت زمان اجرای آن را ۳ سال اعلام کرد و گفت : پروژه مزبور از سال ۲۰۰۵ کلید خورد و سال ۲۰۰۸ ساخت آن به اتمام رسید. وی ساخت این تونل و کانال‌های مربوطه را بخشی از سرمایه‌گذاری سوریه در توسعه کشاورزی این کشور برشمرد و افزود: با راه‌اندازی کانال انتقال آب به دشت جنوبی حلب که تا ۶ ماه آینده قطعی خواهد شد، آب ۶۵ هزار هکتار اراضی دشت حلب تامین می‌شود. عزیزی با بیان اینکه قیمت پیشنهادی شرکت ایرانی نصف قیمت پیشنهادی سایر شرکت‌های بین‌المللی بود، افزود: انجام این پروژه با وجود تمام مشکلات و سختی‌ها در مدت زمان مشخص، باعث سربلندی شرکت‌های ایرانی در خارج از کشور شده، به طوری که هم اکنون پروژه دیگری نیز به این شرکت پیشنهاد شده است.
وی ساخت دو تصفیه خانه در بندر 'لاذقیه' را از جمله این پروژه‌ها اعلام کرد و گفت: احداث تونل، جاده، خط لوله نفت و گاز، پل، تصفیه خانه، تاسیسات و سدسازی از جمله فعالیت‌های این شرکت در داخل و خارج از کشور است. عزیزی با بیان اینکه دو سال از اتمام ساخت تونل و کانال‌های مربوط می‌گذرد، تصریح کرد: طی دو سال گذشته پروژه و کار شرکت ایرانی به طور کامل تحویل شده و آخرین روزهای دوره گارانتی خود را می‌گذراند.
مدیر این شرکت ایرانی، حجم آب خروجی تونل را ۵۰ مترمکعب در ثانیه عنوان کرد و گفت: با توجه به باقیماندن بخشی از کانال‌کشی مسیر از سوی شرکت سوری، این پروژه در ۶ ماه آینده به طور نهایی عملیاتی شده و به بهره‌برداری خواهد رسید.
خبرگزاری ایرنا
۱۳۸۹/۰۸/۰۴

## حفاری تونل‌های خط یک قطار شهری شیراز به پایان رسید

پس از یک دهه انتظار و صبر و شکیبایی شهروندان شیرازی، حفاری تونل‌های مسیر ۲۴ کیلومتری خط یک قطار شهری شیراز به پایان رسید. به گزارش خبرگزاری فارس از شیراز، مدیر روابط عمومی سازمان قطار شهری شیراز و حومه در حاشیه مراسم اتمام حفر تونل‌های مسیر ۲۴ کیلومتری خط یک قطار شهری شیراز در جمع خبرنگاران با تشریح تلاش‌های صورت گرفته در طول سال‌های گذشته اظهار داشت: عملیات اجرایی تونل‌های قطار شهری شیراز از سال ۱۳۸۰ آغاز شد. علیرضا دیهیمی تصریح کرد: کنترل هندسه تونل یکی از نقش‌های مهم در انتخاب مسیر را ایفا کرده و اختلاف محور تونل و محور خط آهن در تونل‌های مترو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وی افزود: در بخش‌های مستقیم تونل این دو محور برهم منطبق هستند اما به علت فاصله آزاد لازم در طرفین خط در قسمت‌های منحنی مسیر این دو از یکدیگر فاصله می‌گیرند که این امر همواره در محور تونل برای کنترل مسیر تونل در نظر گرفته شده است.
دیهیمی در تشریح مشخصات عملیات صورت گرفته در خط یک قطار شهری شیراز بیان داشت: حداقل شعاع انحنای تونل‌های مترو، تابع سرعت ماکزیمم پیش‌بینی شده برای قطارها است و همین ابعاد تونل‌های مترو بستگی به نوع قطارها دارد. وی افزود: اختلاف این دو محور و مؤلفه‌های افقی و قائم این اختلاف در نقاط مختلف تونل متفاوت است و برای اینکه اجرای تونل عملی باشد با استفاده از برنامه‌های کامپیوتری تونل‌ها به قسمت‌های متفاوتی تقسیم شده است.
مدیر روابط عمومی سازمان قطار شهری شیراز ادامه داد: در تقسیمات صورت گرفته، قطعاتی به طول تقریبی ۱/۵ متر به وجود آمده است و در مورد هر قطعه مختصات ارتفاع، شیب و آزیموت خط مماس بر منحنی محور تونل را مشخص کرده است.
دیهیمی تصریح کرد: از نکات مهم دیگر در طراحی تونل‌های مترو، نگرش کامل به موضوعات تهویه تونل، آب‌های سطحی و سایر موارد مرتبط با حفاری در تونل‌های مترو بوده است.
دیهیمی گفت: به دلایلی که مطرح شد، در بولوار مدرس و کریم‌خان زند، احداث تونل عمیق با ماشین‌های حفاری تمام مقطع T.B.M پیشنهاد و اجرا شد و در سایر مسیرها مانند خیابان قصرالدشت و بولوار معالی‌آباد از تونل‌های نیمه عمیق با دو روش N.A.T.M و کند و پوش استفاده شده است.
خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۰۶

## پیشرفت ۹۶ درصدی تونل تنگ‌زاغ

مدیرکل راه و ترابری هرمزگان از پیشرفت فیزیکی ۹۶ درصدی تونل تنگ‌زاغ در محور بندرعباس سیرجان خبر داد. خداداد مقبلی در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در بندرعباس با اشاره به اینکه محور بندرعباس سیرجان به عنوان بخشی از کریدور حمل و نقلی شمال به جنوب و به عنوان مهم‌ترین و عمده‌ترین محور ارتباطی استان و کشور است، اظهار داشت: تقریبا بخش زیادی از کالاهای وارده به کشور و محصولات صادراتی از بنادر مهم شهید رجایی و باهنر در استان هرمزگان از طریق این محور مهم ملی حمل می‌شود. همچنین حمل و نقل ۶۰ درصد از کالاهای ترانزیتی نیز از طریق این محور صورت می‌گیرد. وی افزود: براساس آمار، روزانه قریب به ۳۵ هزار وسیله نقلیه معادل سواری از این محور تردد می‌کنند. این مسئول در ادامه با بیان اینکه عملیات اجرایی احداث باند دوم این محور به طول ۳۰۰ کیلومتر از ابتدای سفر اول ریاست محترم جمهور به استان هرمزگان آغاز شده، اعلام داشت: تاکنون ۲۱۰ کیلومتر از کل محور عملیات اجرایی آن به بهره‌برداری رسیده است. مقبلی به وضعیت جغرافیایی محور اشاره و تصریح کرد: در کیلومتر ۴۰ محور از سمت بندرعباس، تونل سرزه به طول ۱۸۰ متر به طور کامل انجام شده و آماده بهره‌برداری است و در کیلومتر ۱۰۵ محور تونل یک‌هزار و ۲۴۰ متری تنگ زاغ ۹۶ درصدی پیشرفت فیزیکی داشته و راه‌های طرفین نیز به طول چهار کیلومتر به دلیل موقعیت توپوگرافی، وجود دره و ارتفاعات در ورودی و خروجی تونل، انجام عملیات خاکبرداری و خاکریزی نسبتا زیادی را به پروژه تحمیل کرده که عملیات اجرایی را کمی زمان‌بر کرده است. مدیر کل راه و ترابری هرمزگان اضافه کرد: این عملیات توسط پیمانکار در حال انجام است و برابر برنامه زمانبندی تنظیم شده چنانچه مشکل خاص اجرایی پیش نیاید تا پایان سال‌جاری تونل و راه‌های طرفین آن به اتمام و بهره‌برداری می‌رسد. وی به مشکلات ترافیکی محور اشاره و بیان کرد: با بهره‌برداری از این تونل مشکل کندی ترافیک در این نقطه برطرف می‌شود و با توجه به اینکه ۲۱۰ کیلومتر محور فعلی دوبانده است در حال حاضر هیچ مشکل ترافیکی برای عبور و مرور وسایل نقلیه وجود ندارد. مقبلی در پایان افزود: همچنین قریب به ۹۰ کیلومتر از کل مسیر ۳۰۰ کیلومتری باقی مانده است که عملیات اجرایی این بخش نیز بالای ۷۵ درصد است.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۰۱

## بند انحرافی خرم‌آباد تا پایان امسال به بهره‌برداری می‌رسد

سرپرست شرکت آب منطقه‌ای لرستان گفت: بند انحرافی و تونل انتقال آب کاکارضا خرم‌آباد تا پایان امسال تکمیل و به بهره‌برداری می‌رسد. به گزارش خبرگزاری فارس از خرم‌آباد، علی‌امید سیفی در جمع خبرنگاران در خرم‌آباد اظهار داشت: این طرح در چهار مرحله اجرا می‌شود، در مرحله نخست عملیات اجرایی بند انحرافی و حوضچه رسوب و سامانه انتقال آب از سال ۸۳ آغاز شده و شامل بند انحرافی و تونل انتقال آب به طول ۳ هزار و ۱۱۱ متر و قطر تمام شده ۳/۷ متر با ظرفیت حداکثر ۱۵ مترمکعب در ثانیه است. وی افزود: مرحله دوم این طرح، سامانه انتقال و احداث کانال آبرسان به طول ۶ هزار و ۵۸۷ متر و عرض کف ۲/۲ مترکه با مقطع ذوزنقه‌ای همراه با ابنیه آن اجرا می‌شود و مرحله سوم نیز عملیات اجرایی دو سد سراب تلخ و مخمل‌کوه در حوضه خرم‌آباد در دستور کار قرار گرفته است. سرپرست شرکت آب منطقه‌ای لرستان گفت: با احداث سد مخزنی و بندهای انحرافی در بستر و مسیر رودخانه کاکارضا ـ خرم‌آباد علاوه بر تامین ۵۶ میلیون متر مکعب آب مصرفی خانگی و صنعتی خرم‌آباد، بخش عمده‌ای از اراضی کشاورزی دیم شهرستان خرم‌آباد به کشت آبی تبدیل می‌شود. سیفی خاطرنشان کرد: طرح سیستم انتقال آب کاکارضا علاوه بر دستاوردهای بزرگ در حوضه کشاورزی و آب می‌تواند به یک جاذبه مهم گردشگری در منطقه تبدیل شود و با انتقال آب این رودخانه به دشت‌ها و اراضی پایین دست، ظرفیت مناسبی برای اجرای طرح‌های بزرگ مزارع پرورش ماهی در منطقه فراهم شود. وی تصریح کرد: اجرای طرح انتقال آب این رودخانه موجب توسعه ۲ هزار هکتار زمین زراعی انتقال و همچنین توسعه یک هزار و ۶۰۰ هکتار اراضی کشاورزی از جریان‌های تنظیمی سد مخزنی می‌شود. سیفی گفت: اجرای طرح سد و بند انحرافی رودخانه کاکارضا یکی از برنامه‌های جدی و محوری شرکت آب منطقه‌ای لرستان است و بر اساس برنامه‌ریزی انجام شده بند انحرافی و تونل این طرح تا پایان سال‌جاری تکمیل و به بهره‌برداری می‌رسد. سرپرست شرکت آب منطقه‌ای لرستان گفت: با اجرای این سد و شبکه آبیاری مناطق پایین دست، حدود ۸ هزار هکتار اراضی دیم دشت‌های بادیه، ده پیر، قلعه جغد و کمالوند خرم‌آباد به کشت آبی تبدیل می‌شوند.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۱۰

## بهره‌برداری از ۲۷۰ کیلومتر تونل جمع‌آوری آب‌سطحی تهران تا دو سال آینده

سخنگوی شهرداری تهران گفت: جمع‌آوری و هدایت آبهای سطحی تهران به ۷۰۰ کیلومتر تونل و لوله گذاری نیاز دارد که تا امروز ۴۳۰ کیلومتر از آن بهره‌برداری شده و امیدواریم ۲۷۰ کیلومتر باقی مانده هم تا دو سال آینده بهره‌برداری شود. محمدهادی ایازی در گفت‌وگو با خبرنگار اجتماعی فارس با اشاره به اینکه بر اساس تصاویر مرکز کنترل ترافیک، حدود ۷۷ نقطه در تهران دارای آبگرفتگی جدی بودند، از جمع آوری اطلاعات تمام آنها طی ماه‌های اخیر خبر داد و گفت: حدوداً ۲۵۰ خیابان فرعی در تهران مشکل آبگرفتگی دارند که تا پایان سال اقدامات لازم در خصوص حل این مشکل انجام می‌گیرد. ایازی ادامه داد: باید به این نکته توجه داشت که تنها ۱۰ مورد از این میزان با مشکل اساسی روبرو هستند و مابقی به موضوع نگه داشت و جوی‌ها مربوط می‌شوند. سخنگوی شهرداری تهران در ادامه با اشاره به اینکه مهار هفت رودره تهران یکی از برنامه‌های مهم مدیریت شهری برای جمع آوری و هدایت آبهای سطحی بود، به این موضوع اشاره کرد که از سال ۸۵ تا امروز حدود ۹۷ کیلومتر تونل و لوله گذاری انجام و با این روش مشکل اکثر نقاط آب گرفته را حل شده است. ایازی تأکید کرد: آمار و ارقام موجود حکایت از آن دارد که در سال ۸۴ حدود ۷۵۰ تا ۷۶۰ نقطه آبگیر در تهران وجود داشت که این میزان تا سال قبل به ۲۰۰ مورد کاهش یافت و امسال در شرایط خاص بارندگی شدید، به حدود ۱۰۰ نقطه می‌رسد. سخنگوی شهرداری تهران در پایان با اشاره به اینکه بخشی از مشکلات آبگیری در تهران مربوط به بی‌توجهی شهروندان می‌شود، گفت: متاسفانه بعضی از سهل‌انگاری‌ها مانند ریختن زباله‌ها در جوی آب باعث می‌شود تا در مواقع بارندگی شدید مشکلاتی در خصوص آبگرفتگی به وجود آید و بخشی از شهر را دچار مشکل کند که امیدواریم با فرهنگ‌سازی توسط رسانه‌ها این موضوع کاهش یابد.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۱۱

## عملیات اجرایی تونل محور چهار خطه هراز آغاز شد

معاون راهسازی اداره و ترابری مازندران از شروع عملیات اجرایی احداث تونل در مسیر چهارخطه محور ارتباطی و تاریخی هراز خبر داد. به گزارش خبرگزاری مهر، سیاوش کاملی اظهار داشت: محور ارتباطی هراز به عنوان یکی از شریانهای اصلی این استان بوده که مازندران را به پایتخت کشور متصل کرده که با توجه به حجم بالای ترافیک این محور عملیات اجرایی چهارخطه کردن آن در مصوبات سفر اول ریاست محترم جمهوری قرار گرفت و از سال ۸۶ با یک برنامه ریزی مدون توسط این اداره کل عملیات اجرایی آن آغاز شد. وی خاطرنشان کرد: در حال حاضر بیش از ۱۲ پیمانکار در قطعات مختلف در حال انجام کار تعریض محور بوده که در این میان و با توجه به مطالعات انجام یافته احداث یک دستگاه تونل در قطعه سوم در دستورکار قرار گرفت. معاون راهسازی راه و ترابری مازندران افزود: احداث این تونل در کیلومتر ۵۲ در منطقه کهرود است که حفاری بیش از ۱۵ متراژ تونل انجام شده است. کاملی افزود: براساس طراحی‌های از پیش تعیین شده در نظر است به دلیل سقوط سنگ و ارتقاء ایمنی محور گالریهایی به طول ۷۲ و ۷۵ متر در ورودی و خروجی‌های تونل مذکور احداث شود. وی اظهار داشت: با توجه به برنامه ریزی‌های اداره کل در نظراست تا پایان بهمن ماه سال جاری حفاری تونل به اتمام برسد.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۹/۰۸/۱۱

## آزاد راه خرم آباد – پل زال با حضور رییس جمهور افتتاح شد

آزادراه خرم‌آباد - پل زال که عملیات اجرایی آن از سال ۸۴ آغاز شده بود، با حضور محمود احمدی نژاد رییس جمهوری به طور رسمی افتتاح شد. به گزارش خبرنگار اعزامی ایرنا، این آزادراه ۱۰۴ کیلومتر و دارای ۱۴ پل بزرگ و ۲۷۰ پل کوچک و نیز تعداد ۱۴ دستگاه تونل دوقلو به طول ۲۵ کیلومتر وجود دارد. آزادراه خرم آباد - پل زال قسمتی از بزرگراه آسیایی"AH۸" محسوب می‌شود و مهمترین هدف از ساخت آن تکمیل بخشی از کریدور شمال - جنوب می‌باشد. با بهره برداری از این آزادراه مسافت تهران تا بندر امام خمینی(ره) حدود ۶۰ کیلومتر کوتاه‌تر می‌شود. احداث این آزادراه علاوه بر تسهیل ترافیک و تامین ایمنی رفت و آمد وسایل نقلیه، به دلیل کوتاه شدن راه به طول ۶۰ کیلومتر و افزایش مشخصات

هندسی راه، صرفه‌جویی‌های قابل توجهی به وجود می‌آورد. راه فعلی خرم آباد - پل زال به طول حدود ۱۶۵ کیلومتر یکی از گلوگاه‌های ارتباطی شمال- جنوب یعنی راه ارتباطی تهران- بندرامام می‌باشد.

معاون شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور در خصوص این طرح ملی به خبرنگار ایرنا گفت: از نظر فنی، اجرا و بهره برداری از آزاد راه خرم آباد - پل زال حدود ۴۵ درصد ارزانتر در مقایسه با دیگر آزاد راههای مشابه در خارج از کشور تمام شده است. مسعود رهنما افزود: همچنین بهره برداری از طرح ملی آزادراه خرم آباد - پل زال موجب ارتقای ضریب ایمنی ترافیک این محور از ۳۵ به ۸۵ درصد می‌شود. وی با اشاره به وجود ۶۰ کیلومتر تونل در سطح آزادراههای کشور گفت: بهره برداری از آزادراه خرم آباد به پل زال همچنین ۲۵ کیلومتر به ظرفیت تونل‌های موجود کشور اضافه خواهد کرد. رهنما اظهار داشت : عبور از کوههای البرز و زاگرس یکی از آرزوهای دیرینه مردم بوده که با بهره برداری از این آزاد راه در مسیر ارتباطی تهران به جنوب، این آرزو برآورده شده است. معاون شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور افزود: برای اجرا و بهره برداری از این آزادراه، به غیر از تاسیسات روشنایی، حدود هفت هزار میلیارد ریال هزینه شده است.

مدیرکل حمل و نقل و پایانه‌های استان لرستان نیز گفت: با بهره برداری از محور آزادراه خرم آباد - پل زال درشمال خوزستان میزان مصرف سوخت خودروهای عبوری از این محور در مقایسه با محور فعلی سالانه ۴۰۰ میلیارد ریال کاهش پیدا می‌کند. نصرت الله حیدری افزود: کاهش ۶۰ کیلومتری طول آزادراه نسبت به مسیر فعلی، کاهش چشمگیر بار ترافیکی و افزایش سرعت مطمئنه در این محور چهارخطه عوامل اصلی میزان کاهش مصرف سوخت خودروهای عبوری از محور جدید است. حیدری اظهار داشت: همچنین میزان صرفه جویی ناشی از کاهش زمان سفر در محور آزادراه خرم آباد - پل زال نسبت به محور قدیمی سالانه حدود ۹۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است.

خبرگزاری ایرنا
۱۳۸۹/۰۸/۱۱

# نشت لوله‌های آب شرب در تونل توحید

معاون فنی عمران شهرداری تهران از نشت لوله‌های آب شرب بالای تونل توحید خبر داد و گفت: رایزنی‌ها با اداره آب و فاضلاب برای رفع این مشکل صورت گرفته است.

مازیار حسینی در گفت‌وگو با خبرنگار اجتماعی فارس در پاسخ به این پرسش که در بخشی از تونل توحید آب به مقدار زیادی نشت می‌کند، گفت: این نشت آب مربوط به تونل توحید نیست، نشت لوله‌های آب و فاضلاب است.

به گفته حسینی، تمامی قنات‌ها در مسیر تونل توحید شناسایی شده و آنها را هدایت کرده‌ایم. معاون فنی عمران شهرداری تهران با بیان اینکه قنات‌ها در تهران بحث مفصلی دارند گفت: قنوات یا فعال هستند یا غیرفعال و قنات‌های فعال، دائمی یا فصلی هستند.

حسینی به موضوع خیابان آزادی تا جمهوری و نشست بخشی از بزرگراه نواب اشاره کرد و گفت: بعد از این امر چندین بار دستگاه‌هایی آوردیم تا حفرات را شناسایی و پرکنند و برنامه منظم تزریق داشتیم.

معاون فنی عمران شهرداری تهران به خطوط بی.آر.تی. در بزرگراه چمران اشاره کرد و گفت: برای راه‌اندازی این خطوط نیز بررسی‌های لازم صورت گرفت و حتی بخش‌هایی از زمین را باز کرده و تزریق انجام دادیم؛ تا زمانی که فشار تزریق به حد معینی نرسید کار را رها نکردیم.

حسینی تصریح کرد: سعی کردیم تمام مغارهایی که وجود دارد را شناسایی و پرکنیم تا مشکل نشتی وجود نداشته باشد. وی با بیان اینکه هنگامی که پروژه‌ای با عمق ۳۰ تا ۴۰ متر ساخته می‌شود جریان‌های هیدرولیکی به سمتش هدایت می‌شود، گفت: طراحان تونل با تأسیس یک داتک سعی کردند تا جریاناتی را که به صورت اتوماتیک به سمت تونل می‌آمد را هدایت و به فضای مناسبی انتقال دهند. به گفته معاون فنی عمران شهرداری تهران، نشت و تراوشات تونل تا مدتی طبیعی است و اگر بیش از اندازه باشد مربوط به خطوط انتقال آب است. حسینی ادامه داد: رایزنی‌هایی با شرکت آب و فاضلاب انجام داده‌ایم تا این مشکل را برطرف کند. وی با بیان اینکه آب برای بتن خطرناک نیست، گفت: مردم از نشتی آب تونل نترسند من نمی‌گویم که آنجا باید یک دوش آب باز باشد اصلاً این‌طور نیست حتما به این موضوع رسیدگی می‌کنیم تا مشکل برطرف شود.

معاون فنی عمران شهرداری تهران ادامه داد: اگر پیمانکار نقص داشته باشد و یا شرکت آب و فاضلاب نشتی در آنجا داشته باشند باید آن را برطرف کنند. حسینی به شهروندان قول داد که موضوع را دنبال و مشکل را برطرف کند.

معاون فنی عمران شهرداری تهران با تأکید بر این موضوع که آب برای بتن خوب است، ادامه داد: البته نه هر آبی؛ مثلا آب فاضلاب برای بتن خوب نیست ولی آب شرب و آب باران برای بتن خوب است. حسینی اظهار داشت: البته حرف من دال بر این نیست که ما اجازه دهیم همیشه جریان آب وجود داشته باشد بلکه در تلاشیم تا مشکل را برطرف کنیم.

وی در پاسخ به این پرسش که آبی که در داخل تونل سرازیر شده آب فاضلاب است یا شرب، گفت: آب شرب است؛ دو تا سه بار آزمایش انجام داده‌ایم و مشخص شده که این آب، شرب است. معاون فنی عمران شهرداری تهران ادامه داد: کیفیت آب شرب، چاه و فاضلاب با انجام آزمایشات قابل اندازه‌گیری است. وی افزود: اختلاف نظری بین سازمان آب و شهرداری تهران بر سر این موضوع وجود دارد؛ شهرداری معتقد است منشأ این نشتی آب شرب است و دوستان اعلام می‌کنند آب

فاضلاب است. حسینی به سیستم شبکه آب و فاضلاب تهران اشاره کرد و گفت: عمر برخی از این سیستم‌ها حدود ۵۰ سال است و واقعاً نیاز به بازسازی دارد.
وی تصریح کرد: تونل توحید تا ۵ سال توسط شرکت سازنده تضمین شده است.
خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۱۷

## تونل هرمز و ۱۱/۵ کیلومتر راه محور بندرعباس – سیرجان گشایش یافت

تونل هرمز و ۱۱/۵ کیلومتر راه در محور بزرگ راه بندرعباس به سیرجان با حضور معاون وزیر راه وترابری افتتاح وبه بهره‌برداری رسید.
به گزارش ایرنا، مدیرکل راه وترابری هرمزگان درآیین بهره‌برداری از این تونل گفت: تونل هرمز به طول ۱۷۲متر به همراه ۱۱/۵کیلومتر بزرگراه در دو قطعه پنج و نیم و شش کیلومتر، دو دستگاه پل با اعتبار ۳۸میلیارد ریال به بهره‌برداری رسید.
خدادداد مقبلی افزود: ساخت بزرگراه بندرعباس به سیرجان که از چند سال پیش آغاز شده به تدریج تا پایان امسال تکمیل و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.
وی تصریح کرد: مسیر بندرعباس به سیرجان یکی از مهمترین محورهای مواصلاتی، ترانزینی و حیاتی کشور است که شاهد بار ترافیکی زیادی بر روی آن هستیم.
مدیرکل منطقه هشت شرکت ساخت و توسعه هم گفت: قطعه ۱/الف باند دوم بزرگراه بندرعباس‌سیرجان که یکی از حساس‌ترین و پرترافیک‌ترین محورهای مواصلاتی منطقه و حتی کشور است مورد بهره‌برداری قرار گرفت.
علی اکبر محمدی افزود: حدود ۸۸ درصد از کالاهای غیر نفتی از این محور به سایر نقاط کشور و کشورهای آسیای میانه حمل می‌شود.
وی خاطر نشان کرد: تاکنون ۲۱۰ کیلومتر از این محور ۳۲۴ کیلومتری زیر عبور قرار گرفته است که هم اکنون قطعه ۱/الف از باند دوم این بزرگراه با مشخصات راه اصلی درجه یک با عرض ۱۱ متر و به طول ۵/۵ کیلومتر به بهره‌برداری رسید.
مدیر کل منطقه هشت شرکت زیر ساخت با اشاره به مشخصات این قطعه ادامه داد: در این قطعه یک دستگاه تونل به طول ۱۷۲ متر و همچنین یک دستگاه پل بزرگ به طول ۵۸ متر و ۱۶ دستگاه پل کوچک با دهانه کمتر از ۱۰ متر به طول ۱۲۳ متر هم بهره‌برداری شد.
معاون وزیر راه وترابری ومدیرعامل شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل ونقل کشور هم گفت: در شبانه روز ۴۰هزار دستگاه خودرو در مسیر بندرعباس به سیرجان تردد می‌کنند که ازاین تعداد ۱۰هزار دستگاه آن خودرو سنگین است.
احمد مجیدی اظهار امیدواری کرد: با تکمیل بزرگراه بندرعباس به سیرجان،۸۰ درصد تصادف‌ها و ۹۰ درصد تلفات انسانی در این محور کاهش می‌یابد. وی ادامه داد: از دوماه پیش ۱۰۰درصد اعتبار تونل دیگر این محور موسوم به "تنگ زاغ" تخصیص داده شده که تا پایان امسال به بهره-برداری می‌رسد. وی با اشاره به اینکه یکهزارو ۵۰۰میلیارد ریال اعتبار دربخش حمل ونقل استان هرمزگان هزینه شده یادآور شد: محور بندرعباس - سیرجان به انار مهمترین محور مواصلاتی کشور بوده که بیش از ۳۸۳کیلومتر آن احداث و بهره‌برداری شده است.
خبرگزاری ایرنا
۱۳۸۹/۰۸/۲۰

## تونل امیرکبیر پایان سال ۹۰ افتتاح می‌شود

مدیر عامل سازمان مهندسی و عمران شهر تهران گفت: تونل امیرکبیر واقع در ضلع شرقی سه راه امین حضور و بازار، تا انتهای سال ۹۰ به بهره‌برداری می‌رسد. به گزارش خبرگزاری فارس، علی اصغر مونسان با بیان این مطلب و با تأکید براینکه این تونل توزیع ترافیکی خوبی خواهد داشت، افزود: تونل امیرکبیر، ورودی مسیر شمال به جنوب بزرگراه امام علی (ع) به بازار را با توزیع خوب ترافیکی انجام می‌دهد همچنین در قسمت برگشت بار ترافیکی از بازار به سمت بزرگراه امام علی (ع)، از طریق این تونل توزیع خواهد شد. وی طول تونل امیر کبیر را ۲۵۰۰ متر اعلام کرد و ادامه داد: این تونل با عبور از زیر خیابان ۱۷ شهریور و شکوفه خود را به میدان کلانتری می‌رساند، در میدان کلانتری نیز دو شاخه شده که هر کدام به سمت جنوب و شمال ادامه مسیر می‌دهند. مونسان اظهار داشت: شاخه شمالی این تونل از میدان کلانتری، به سمت خیابان درودیان ادامه یافته و در واقع حرکت ترافیکی شرق به غرب را تامین می‌کند، شاخه جنوبی نیز از میدان کلانتری خود را به خیابان کرمان خواهد رساند و خروجی بازار از غرب به شرق را تامین می‌کند. مدیرعامل سازمان مهندسی و عمران شهر تهران با اشاره به پیشرفت ۱۷ درصدی عملیات احداث تونل امیرکبیر تصریح کرد: تلاش خواهیم کرد با توجه به تاکید شهردار تهران در خصوص عبور دادن بار ترافیکی از مسیرهای ممکن، شاخه شمالی این تونل را با توجه به اهمیت ترافیکی آن، زودتر از موعد بهره‌برداری کامل تونل، برای عبور خودروها بازگشایی کنیم.
خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۲۹

## احداث ۶ تونل در محور اردل دوپلان

فرماندار شهرستان اردل از احداث شش تونل در طول محور اردل - دوپلان خبر داد. به گزارش خبرگزاری فارس از شهرکرد، فیروز خسروی در جریان بازدید از محور اردل - دوپلان اظهار داشت: با وجود ترافیک بسیار بالای محور شهرکرد - لردگان - خوزستان احداث این محور بسیار مهم و ضروری است. وی با بیان اینکه با احداث این محور فاصله دو استان چهارمحال و بختیاری و خوزستان ۱۵ کیلومتر کاهش می‌یابد، گفت: با توجه به برنامه‌ریزی‌های در نظر گرفته شده شش تونل به طول ۲/۵ کیلومتر در این مسیر احداث می‌شود. خسروی با اشاره به میزان اعتبارات هزینه شده برای این پروژه گفت: برای تکمیل این پروژه تاکنون بیش از ۳۰ میلیارد ریال اعتبار پیش‌بینی شده است که به طور سالانه از اعتبارات ملی اختصاص خواهد یافت.

وی خاطرنشان کرد: تا کنون پنج کیلومتر از این جاده زیرسازی و آماده آسفالت شده است. فرماندار اردل حذف گردنه باجگیران به عنوان یکی از نقاط پرحادثه‌خیز استان را از دلایل اصلی احداث این محور عنوان کرد و گفت: این در حالی‌ست که با احداث این محور شهر اردل به دوپلان ۳۳ کیلومتر و اردل به منطقه میانکوه و مشایخ ۱۵ کیلومتر کاهش می‌یابد. وی با بیان اینکه توپوگرافی منطقه و وجود مقدار زیادی نقاط پرحادثه در این محور لزوم ارتقای و بهسازی این جاده را دو چندان کرده است، افزود: به همین دلیل بهسازی این مسیر برای ساخت و مهیا کردن جاده‌ای با تردد و ترافیک روان و آرام و ازدیاد ایمنی از اولویت‌های کاری مدیریت این شهرستان قرار گرفته است. خسروی با تأکید بر اینکه نیل به این هدف موجب ایجاد تحول در توسعه شبکه حمل و نقل استان خواهد شد، افزود: راه ارتباطی مناسب یکی از شاخص‌های مهم توسعه هر منطقه به شمار می‌رود که می‌تواند زمینه ساز رشد و توسعه اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی آن منطقه شود.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۳۰

## آزادراه زنجان – تبریز با افتتاح تونل‌های «شبلی» به بهره‌برداری می‌رسد

معاون عمرانی استانداری آذربایجان شرقی گفت: آزادراه پیامبر اعظم (زنجان ـ تبریز) با افتتاح تونل‌های دو قلوی «شبلی» با هزینه ۲ هزار میلیارد ریال به بهره‌برداری کامل می‌رسد.

به گزارش خبرگزاری فارس از بستان‌آباد، محمد اشرف‌نیا در جلسه بررسی مشکلات آزاد راه زنجان- تبریز با اشاره به اینکه بارها قول داده شده که افتتاح این پروژه به زودی است و تقریبا چهار بار از طریق رسانه‌ها افتتاح به عقب افتاده شده است، افزود: ما از سال ۸۴ به بعد با پشتکار توانسته‌ایم کارها را به جلو ببریم و حتی در بحث یکی از تونل‌ها ۱۶ماه از جدول زمان‌بندی جلوتر هستیم و سعی می‌کنیم بر حسب نیاز ترافیکی منطقه پروژه‌ها را آماده بهره‌برداری کنیم و می‌توانیم عبور و مرور را تا آخر آبان ماه به اجرا درآوریم. وی در ادامه اظهار داشت: چون در آخر کارهای پروژه هستیم تلاش می‌کنیم به علت ایمنی تونل دوم نیز آماده شود و از لحاظ ایمنی پروژه بتواند جوابگو باشد. معاون عمرانی استانداری آذربایجان شرقی هزینه‌های این پروژه را ۲۰۰ میلیارد تومان اعلام کرد و گفت: این پروژه در ترانزیت کشور به ویژه شمال‌غرب کشور تاثیر بسزایی می‌تواند ایفا کند.

گزارش فارس حاکی است، تونل‌های دوقلوی شبلی در انتهای آزاد راه پیامبر اعظم و در ۲۵ کیلومتری تبریز احداث می‌شود. طول هر یک از این تونل‌ها ۲/۵ کیلومتر، عرض آنها ۱۱ متر است. آزاد راه «زنجان ـ تبریز» که بعدها به پیامبر اعظم تغییر نام یافت، قسمتی از آزاد راه سراسری تهران، قزوین، زنجان، تبریز، بازرگان و همچنین بخشی از راه ابریشم محسوب می‌شود که عملیات احداث آن از سال ۷۵ آغاز شده است. این آزاد راه به طول ۲۸۵ کیلومتر نخستین آزاد راه کوهستانی و یکی از عظیم‌ترین طرح‌های راهسازی کشور است. مرحله نخست این آزاد راه به طول ۸۱ کیلومتر در سال ۸۳ و مرحله دوم به طول ۱۷۳ کیلومتر در سال ۸۵ به بهره‌برداری رسید و مرحله سوم آن به طول ۳۱ کیلومتر از بستان آباد به تبریز در حال ساخت است. با اتمام ساخت تونل‌های دوقلوی شبلی، آزاد راه پیامبر اعظم به بهره برداری کامل می‌رسد.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۸/۳۰

## عملیات احداث تونل نیایش به‌زودی آغاز می‌شود

مدیر عامل سازمان مهندسی و عمران شهر تهران گفت: حفر تونل‌های دسترسی به تونل اصلی نیایش پایان یافته و به زودی عملیات احداث تونل اصلی در ۵ جبهه کاری آغاز می‌شود.

به گزارش خبرگزاری فارس، علی اصغر مونسان با اشاره به اینکه برای احداث این تونل ۵ جبهه کاری در نظرگرفته شده تا عملیات احداث با سرعت بیشتری انجام شود، اظهار کرد: کارگاه نیایش واقع در بزرگراه نیایش حد فاصل بزرگراه کردستان و خیابان سئول، کارگاه کردستان واقع در تقاطع بزرگراه کردستان با بزرگراه نیایش، کارگاه ولی عصر(عج) واقع در حاشیه غربی خیابان ولی عصر (عج)، کارگاه

گلشهر واقع در بلوار آفریقا و کارگاه صدر واقع در تقاطع بزرگراه شهید مدرس و صدر جبهه‌های کاری تعیین شده برای احداث این تونل است.

وی تونل نیایش را دو رشته تونل مجزا جهت ارتباط بین بزرگراه‌های نیایش - صدر و همچنین تامین دسترسی به بزرگراه کردستان خواند و افزود: طول این تونل ۶ هزار و ۶۳۷ مترشامل تونل‌های اصلی و دسترسی است همچنین سطح مقطع حفاری در اکثر مسیر ۱۳۶ متر مربع است که در مقاطعی از تونل سطح مقطع حفاری به ۴۰۷ مترمربع می‌رسد که در این بخش،ارتفاع تونل به اندازه یک ساختمان ۶ طبقه خواهد بود. مدیرعامل سازمان مهندسی و عمران اظهار داشت: اجرای چنین سطح مقطعی در دنیا بی نظیر است و در طراحی آن سعی شده با استفاده از روش‌های نوین طراحی، ضخامت تحکیمات اولیه به حداقل برسد.

مونسان ادامه داد: در زمان ساخت تونل نیایش تمامی حرکات تونل قبل از حفاری، حین حفاری و پس از آن کنترل می‌شود و با توجه به عبور تونل از مجاورت ساختمان‌ها سعی شده حرکات زمین ناشی از حفر تونل با دقت بالایی ثبت و بررسی شود تا با استفاده از تمهیداتی، اثر ساخت تونل بر ساختمان‌ها به کمترین میزان خود برسد.

وی به استفاده از سیستم‌های استاندارد اروپا در این تونل اشاره کرد و گفت: استانداردهای اروپا در مسایل ایمنی و تهویه این تونل رعایت شده و سعی شده است از آخرین تکنولوژی‌های روز دنیا در جلوگیری و کنترل حریق و نیز تهویه و تخلیه هوای تونل استفاده شود. به گفته مدیرعامل سازمان مهندسی و عمران شهر تهران با احداث این تونل بخش قابل توجهی از بار ترافیکی بزرگراه‌های شهید همت و حکیم جذب این مسیر شده و امکان دسترسی از منتهی الیه شرقی تهران به شمال غرب فراهم خواهد شد.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۹/۰۶

## سال آینده آب کشت بهاره توسط تونل سوم کوهرنگ منتقل می‌شود

مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای اصفهان با بیان اینکه در صورت افتتاح فاز نخست تونل سوم کوهرنگ، در شرایط متوسط امکان انتقال ۱۰۰ میلیون مترمکعب آب در سال فراهم می‌شود، گفت: برنامه این بود که این تونل اوایل سال آینده آب بهاره را منتقل کند. محمدعلی طرفه در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در اصفهان با اشاره به اینکه تونل کوهرنگ همچنان در حال فعالیت است، اظهار داشت: قسمت باقیمانده این تونل داخل گسل قرار دارد و سبب مشکلاتی در ادامه مسیر شده است. وی با بیان اینکه ۱۹۰ متر دیگر از این تونل باقی مانده است، اضافه کرد: این میزان باقی مانده از ۲۴ کیلومتر کل طول این تونل محسوب می‌شود. مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان تصریح کرد: این قسمت باقیمانده ناچیز به شمار می‌رود و زیر حدود ۷۰۰ متر ارتفاع شدیدتر از قسمت‌های قبلی با ریزش‌هایی مواجه بوده است. وی به کنترل ریزش‌ها برای ادامه فعالیت ساخت تونل اشاره کرد و افزود: به دلیل ریزش‌های متعدد و سخت، شرایط دشواری برای حفاری تونل ایجاد شده است. طرفه با اشاره به اینکه فعالان در احداث تونل سوم کوهرنگ، به صورت ۲۴ ساعته و دو شیفت کاری در دو جبهه برای پایان دادن به حفاری تونل سوم کوهرنگ در حال فعالیت هستند، بیان داشت: برنامه این بوده است که این تونل اوایل سال آینده آب بهاره را منتقل کند. وی با بیان اینکه در صورت افتتاح فاز نخست تونل کوهرنگ، در شرایط متوسط ۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال امکان انتقال آب وجود خواهد داشت، اضافه کرد: این میزان می‌تواند راهگشایی برای برطرف شدن بخشی از مشکلات آب اصفهان باشد. مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان حجم کنونی سد زاینده‌رود را ۲۵۹ میلیون مترمکعب دانست و تاکید کرد: این مقدار بخشی از رسوبات و حجم مرده سد است و حجم آب مورد استفاده نیازهای شرب زیردست سد زاینده‌رود را تامین می‌کند. وی همچنین در ارتباط با برگزاری دوازدهمین همایش مدیران ارشد صنعت برق و آب کشور گفت: شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان موفق به کسب رتبه نخست ارزیابی عملکرد سال ۱۳۸۸ وزارت نیرو شد. طرفه ادامه داد: این همایش به منظور تبیین اهداف کلان در راستای سیاست‌های وزارت نیرو و ایجاد هماهنگی بین واحدهای مربوطه انجام شد، تصریح کرد: همچنین تبادل تجربه در میان مدیران سطوح مختلف برای عملکرد بهتر از دیگر اهداف این همایش بود.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۹/۰۶

## پیشرفت ۹۸ درصدی قطعه آخر آزادراه تبریز - زنجان / اتمام مراحل اصلی تونل‌های دوقلو

استاندار آذربایجان شرقی اعلام کرد: آزادراه تبریز - زنجان در زمان حاضر از ۹۸ درصد پیشرفت برخوردار است. به گزارش خبرنگار مهر در تبریز، احمد علیرضا بیگی در بازدید از عملیات اجرایی قطعه پایانی آزاد راه تبریز - زنجان به خبرنگاران اظهار داشت: تا ۲۵ آذر عملیات اجرایی قطعه پایانی این آزاد راه به اتمام خواهد رسید. وی با بیان اینکه دو هزار میلیارد ریال برای احداث این قطعه هزینه شده، خاطر نشان کرد: طول این قطعه ۱۶ کیلومتر بوده که پنج کیلومتر آن را دو تونل دوقلو تشکیل می‌دهد. وی درباره تونل‌های دوقلوی این آزاد راه نیز گفت: هزینه احداث هرکدام از تونل‌ها ۵۰۰ میلیارد ریال بوده است. بیگی خاطر نشان کرد: مراحل اصلی پروژه به اتمام رسیده و تا ۱۵ روز آینده بقیه موارد مانند روشنایی تونل و آسفالت‌ریزی برخی مسیرهای باقی‌مانده انجام می‌شود. استاندار آذربایجان شرقی مدعی شد: پروژه آزاد راه تبریز - زنجان به جهت استحکام سازه‌ها، شرایط اجرایی پروژه و سرعت زیاد اجرای آن در کشور بی نظیر است.

آزاد راه "زنجان ـ تبریز" قسمتی از آزاد راه سراسری تهران - قزوین - زنجان - تبریز - بازرگان و همچنین بخشی از جاده ابریشم محسوب می‌شود. این آزاد راه که عملیات احداث آن از سال ۷۵ آغاز شده است به طول

۲۸۵ کیلومتر نخستین آزاد راه کوهستانی و یکی از عظیم‌ترین طرحهای راهسازی کشور است. تونلهای دوقلوی شیبلی نیز در انتهای این آزاد راه و در ۲۵ کیلومتری تبریز احداث می‌شود که هر یک از آن‌ها دوونیم کیلومتر طول و ۱۱متر عرض دارد.

خبرگزاری‌مهر
۱۳۸۹/۰۹/۰۹

## عملیات اجرایی جاده دسترسی تونل کبیرکوه ایلام آغاز شد

در مراسمی‌با حضور مسئولان عملیات اجرایی جاده دسترسی تونل بزرگ کبیر کوه واقع در شهرستان آبدانان آغاز شد. به گزارش خبرنگار مهر در ایلام، در این مراسم که با حضور جمعی از مسئولان حضور برگزار شد، مردم با اجرای ویژه برنامه‌های آغاز عملیات این طرح بزرگ را جشن گرفتند. عزتی نماینده مردم آبدانان، دهلران و دره شهر در مجلس اعتبار اولیه این طرح را ۱۰۰ میلیارد ریال اعلام کرد و گفت: با اجرایی شدن جاده دسترسی به این طرح عملیات ساخت تونل آغاز می‌شود. کوثری فرماندار آبدانان هم در این مراسم ساخت تونل کبیر کوه را از آرزوها و خواسته‌های دیرینه مردم این منطقه دانست و گفت: امروز مردم آبدانان در سایه تلاش مسئولان شاهد تحقق و اجرای این طرح بزرگ هستند. جاده دسترسی به طرح ساخت تونل کبیر کوه ۶ کیلومتر طول دارد که ۳ کیلومتر آن به پیمانکار واگذارشده است.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۹/۰۹/۱۵

## عملیات احداث خط انتقال فاضلاب در خیابان میرداماد آغاز شد

با اجرای خط انتقال فاضلاب خیابان میرداماد به طول ۴,۵ کیلومتر، مازاد فاضلاب خط اصلی فاضلاب غرب از خیابان ولی‌عصر به تونل فاضلاب‌رو شرق هدایت می‌شود. به گزارش فارس به نقل از روابط عمومی شرکت آب و فاضلاب استان تهران، مدیر اجرای کارگاه میکروتونلینگ شرکت فاضلاب تهران با اعلام این خبر گفت: این خط انتقال به عنوان خط بالانس فاضلاب غرب و شرق تهران از تقاطع ولی‌عصر و میرداماد با قطر ۱۴۰۰ میلی‌متر آغاز و از مسیر خیابان شریعتی با قطر لوله ۱۶۰۰ میلی‌متر و خیابان خواجه عبدالله انصاری به قطر ۱۸۰۰ میلی‌متر به تونل فاضلاب‌رو شرق سرریز می‌شود. احمد احمدیان افزود: با توجه به موقعیت خاص خیابان میرداماد به لحاظ حجم ترافیک و تاسیسات شهری متعدد، تلاقی با قنوات، کانال‌های آب و برخورد با ایستگاه مترو و همچنین گذر از بزرگراه مدرس، اجرای این عملیات مختصات فنی ویژه‌ای را طلب می‌کند که تلاش داریم این پروژه را در موعد مقرر تکمیل کنیم. مدیر اجرایی کارگاه میکروتونلینگ شرکت فاضلاب تهران همچنین ادامه داد: اجرای پروژه با بهره‌گیری از جدیدترین فناوری روز دنیا به روش لوله‌رانی (Pipe Jacking) با تامین تجهیزات روز پس از برگزاری مناقصه به یک شرکت ایرانی واگذار شد و در حال حاضر با احداث شفت، ورود و نصب دستگاه آماده اجرای این پروژه حساس هستیم.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۹/۰۹/۱۶

## بزرگترین کارخانه تولید قطعات مترو در اهواز راه‌اندازی شد

مدیرعامل سازمان قطار شهری اهواز از راه‌اندازی بزرگترین کارخانه تولید سگمنت ویژه قطعات مترو در پروژه قطارشهری کشور در شهرستان اهواز خبر داد.

به گزارش خبرگزاری مهر در اهواز، عباس هلاکویی اظهار داشت: بزرگترین کارخانه تولید قطعات پیش ساخته بتنی پوشش داخلی تونل(سگمنت) قطار شهری در اهواز

راه‌اندازی و به دنبال آن قالب‌های مخصوص این قطعات پیش ساخته از گمرک بندر امام خمینی ترخیص و به کارخانه تولید سگمنت منتقل شد.

وی افزود: با توجه به برنامه زمانبندی احداث خط یک قطار شهری اهواز، ۲۰ مجموعه از قالب‌های مخصوص تولید قطعات پیش ساخته از کشور فرانسه خریداری شده است.

هلاکویی ادامه داد: هر مجموعه قالب کارخانه سگمنت شامل ۶ قالب است و در مجموع یک رینگ تونل با قطر ۹۰/۵ متر و طول ۱/۵ متر را تشکیل می‌دهد و بر این مبنا کارخانه سگمنت پروژه قطارشهری اهواز از لحاظ تعداد قالب‌های خریداری شده در حال حاضر بزرگ‌ترین کارخانه تولید سگمنت برای احداث تونل در کشور است. مدیر عامل سازمان قطار شهری اهواز با تاکید بر لزوم رعایت استانداردهای لازم، گفت: با توجه به حساسیت بسیار در نصب سگمنت‌ها توسط دستگاه‌های حفاری تونل (TBM)، قالب‌ها با دقت بسیار زیادی ساخته شده‌اند تا از هر گونه خطا و انحراف در داخل تونل جلوگیری به عمل آید.

وی تصریح کرد: پس از تخلیه کامل قالب‌های یاد شده در کارخانه تولید سگمنت و حضور کارشناسان شرکت سازنده از کشور فرانسه، عملیات نصب و راه‌اندازی وآموزش چگونگی استفاده از تجهیزات جانبی آغاز و قطعات بتنی پیش ساخته برای حفر تونل پروژه قطار شهری تولید می‌شود.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۹/۰۹/۲۲

# ظرفیت مترو تهران در سفرهای روزانه دو برابر می‌شود

معاون حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران از تامین ۴۳۰ میلیون یورو اعتبار در قالب گشایش ال سی برای خرید واگنهای جدید مترو خبر داد و گفت: با ورود واگنهای جدید مترو و تامین منابع مالی مورد نیاز آن تا پایان سال ۹۰ ظرفیت مترو پایتخت به بیش از دو برابر می‌رسد. به گزارش خبرگزاری مهر، مهندس سیدجعفر تشکری‌هاشمی‌با اشاره به ۲۶ آذر روز ملی حمل و نقل، گفت: امسال در حالی در غبار آلودگی هوای تهران و مسائل و مشکلات ناشی از آن گم شد که اگر حمل و نقل عمومی‌مورد توجه لازم قرار گرفته بود معضل آلودگی هوا هرگز به این مرحله نمی‌رسید. وی با تاکید بر اهمیت حمل و نقل شهری در حیات اقتصادی و اجتماعی شهرها، گفت: زندگی شهری بدون امکانی به نام حمل و نقل غیر قابل تصور است و از این رو، هر روز در تهران روز حمل و نقل است. تشکری‌هاشمی‌از حمل و نقل به عنوان دغدغه اول مسئولان شهر و شهروندان نام برد و اظهار کرد: حمل و نقل در تهران از چنان درجه‌ای از اهمیت برخوردار است که امسال مدیریت شهری ۶۰ درصد از مجموع اعتبارات سالیانه خود را صرف این حوزه کرده است.

معاون شهردار تهران در ادامه از مترو به عنوان محور حمل و نقل شهری نام برد و تصریح کرد: توسعه مترو و گسترش سایر امکانات حمل و نقلی در کلان شهرها و شهرهای کشور می‌بایست بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

تشکری‌هاشمی‌افزود: در سالهای گذشته میانگین تونل‌سازی مترو در داخل شهر تهران سالی ۲/۵ کیلومتر بود، در صورتی که در دو سال اخیر این رقم به سالی ۱۵ کیلومتر رسیده و البته برای سالی ۳۰ کیلومتر نیز برنامه‌ریزی نموده‌ایم.

وی اظهار کرد: ابلاغ مصوبه نمایندگان مجلس در خصوص اختصاص اعتبار دو میلیارد دلاری به متروی تهران و سایر کلان‌شهرهای کشور، می‌تواند جهش بزرگی را نه تنها برای تهران بلکه برای تمام کلان شهرهای کشورمان رقم بزند.

معاون شهردار تهران تصریح کرد: از مجموع ۴۴۵ میلیارد تومان اعتبار مصوب سالانه توسعه مترو، ۱۶۰ میلیارد تومان اختصاص پیدا کرده و امیدواریم در سه ماه باقی مانده سال مابقی این بودجه پرداخت شود.

تشکری‌هاشمی‌افزود: از یارانه ۶۰ میلیارد تومانی بلیت متروی تهران و یارانه ۲۰۰ میلیارد تومانی بلیت اتوبوسرانی‌های سراسر کشور ۱/۵ میلیارد تومان برای اتوبوسرانی و ۱/۵ میلیارد تومان برای مترو تحویل گرفته‌ایم که امیدواریم در سه ماه پایانی سال با پرداخت یارانه بلیت، این دو مجموعه تقویت شوند تا بتوانند به خوبی مأموریت‌هایشان را انجام دهند.

وی اظهار کرد: در ابتدای سا ل۸۴ تنها ۷۹ کیلومتر خط مترو داشتیم، در صورتی که با افزایش ۴۶ کیلومتر خطوط جدید امروز ۱۲۵ کیلومتر خط مترو داریم و ظرف ۵ سال خطوط مترو ۵۸ درصد افزایش پیدا کرده و علاوه بر این در اوایل سال ۸۴ فقط ۳۶ ایستگاه مترو داشتیم که با افزایش ۳۷ ایستگاه جدید و رشد بیش از صد در صدی در حال حاضر ۷۳ ایستگاه مترو داریم. معاون شهردار تهران تصریح کرد: تعداد جابه‌جایی مترو در سال ۸۳ بالغ بر ۲۱۴ میلیون نفر بود که پیش‌بینی می‌شود این تعداد امسال با رشد ۲۲۹ درصدی به رکورد ۵۰۰ میلیون جابجایی برسد. ضمن اینکه از سال ۸۴ تا کنون با ۲۸۵ درصد افزایش تعداد ۴۹۳ دستگاه واگن مترو به تهران افزوده شده است.

تشکری‌هاشمی‌افزود: در زمینه توسعه مترو برای آینده خیز بلندی بر داشته‌ایم، چنانچه در حال حاضر سه دستگاه اتوماتیک حفار مترو موسوم به TBM نصب شده و دستگاه چهارم در حال حمل به کشورمان است که با این ۴ دستگاه می‌توانیم سالانه ۲۰ تا ۲۴ کیلومتر تونل مترو را به صورت اتوماتیک حفر کنیم.

وی اظهار کرد: با موافقت شهردار تهران ۴۳۰ میلیون یورو برای خرید واگنهای جدید مترو گشایش اِل سی شده و در حال حاضر اجناس و لوازم مربوط به واگنها در حال بارگیری از مبدأ چین به مقصد کشورمان است که بخشی از آن در اواخر سال جاری و بخشی از آن نیز در اوایل سال آینده به تهران خواهد رسید. معاون شهردار تهران تصریح کرد: با ورود واگن‌های جدید مترو و تامین منابع مالی مورد نیاز آن تا پایان سال ۹۰ ظرفیت مترو تهران بیش از دو برابر شده و به روزی ۴ میلیون نفر می‌رسد، ضمن این که با رسیدن واگنهای جدید و راه‌اندازی خطوطی که در آستانه بهره برداری هستند تا پایان امسال نیز بر ظرفیت مترو اضافه می‌شود. تشکری‌هاشمی‌افزود: برنامه ویژه‌ای برای توسعه مترو داریم و تا پایان امسال هر ماه یک ایستگاه جدید مترو به ایستگاه‌های موجود افزوده شود و با ظرفیت گسترده‌ای که در مترو تهران ایجاد شده، هر قدر اعتبار در اختیارمان قرار دهند می‌توانیم همان قدر مترو بسازیم و آن را در اختیار مردم عزیزمان قرار دهیم.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۹/۰۹/۲۶

# مطالعه روش‌های محاسبه نشست زمین در اثر ساخت تونل‌ها مطالعهٔ موردی: خط ۷ متروی تهران

**سینا رستم‌آبادی[۱]، علیرضا رستمی[۲]، نوید حسینی[۳]**

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن، دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد تهران جنوب.
sina.rostamabadi@gmail.com

۲ - کارشناس مهندسی استخراج معدن، دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد تهران جنوب

۳ - عضو هیئت علمی‌دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد تهران جنوب، گروه مهندسی معدن

**چکیده**

*کنترل زمین و محاسبه میزان نشست ناشی از ساخت تونل‌ها، از حساس‌ترین بخش‌های صنعت تونل‌سازی به شمار می‌آید. در حقیقت کاهش حجم خاک و نفوذ آن به داخل تونل باعث بروز پدیده نشست می‌گردد. در این مقاله روش‌های مرسوم تجربی مانند روش پک، روش تحلیلی بابت و روش‌های عددی، ارائه شده‌اند، سپس توسط هر یک از روش‌های یاد شده میزان نشست در گمانه $M_{۷}$ خط ۷ متروی تهران برآورد و نتایج روش‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند. به نظر می‌رسد روش‌های عددی از بالاترین دقت و اطمینان برخوردارند. اما این موضوع باعث عدم استفاده از روش‌های تجربی و تحلیلی نمی‌شود، بلکه برای حصول اطمینان بیشتر می‌بایست نتایج حاصل از روش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شوند.*

**واژگان کلیدی:** تونل، نشست زمین، روش تجربی، روش بابت، خط ۷ متروی تهران، PLAXIS 3D Tunnel

## ۱ - مقدمه

یکی از مهم ترین مسائل در ساخت تونل، نشست سطح زمین در اثر حفاری و کاهش حجم خاک است. عدم توجه به ساختار محیط (سنگ، خاک) و شیوه حفاری، باعث بروز نشست در سطح زمین شده و می‌تواند خسارات جبران ناپذیری را در پی داشته باشد. در حقیقت، کاهش حجم توده سنگ (یا خاک) اطراف تونل در اثر حفاری و راه یافتن آن به داخل تونل و گسترش آن تا سطح زمین و هجوم آب‌های زیرزمینی به محیط حفاری و شسته شدن خاک از جمله عوامل بروز نشست به حساب می‌آیند. وقوع نشست وضعیت پایداری سازه های سطحی نظیر ساختمان‌های با درجه اهمیت بالا، پل‌ها، زیرگذرها، خیابان‌ها و غیره را به مخاطره می‌اندازد. بنابراین مطالعه وضعیت نشست ناشی از حفر تونل، به ویژه تونل‌های خطوط مترو، انتقال آب و نیز تونل‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب‌های شهری، که در محیط‌های شهری ایجاد شده و از عمق کمی‌برخوردار هستند، از اهمیت بالایی برخوردار است. معمولا ساخت تونل در زمین‌های نرم نشست را به همراه دارد و بنابراین می‌بایست با توجه به پایداری، جابجایی‌های زمین و عملکرد پوشش تونل، طراحی مهندسی مناسب صورت گیرد. در این مقاله به شرح و بررسی روش‌های مرسوم محاسبه نشست سطح زمین در اثر ساخت تونل‌ها پرداخته شده است.

## ۲ - نشست زمین در اثر حفر تونل

در اثر حفر تونل، توده دربرگیرنده اطراف تونل کاهش حجم پیدا کرده و با راه یافتن به داخل تونل باعث نشست در سطح زمین می‌شود. پدیده نشست در ساخت تونل‌ها بسیار حائز اهمیت است، به ویژه زمانی که تونل‌های مترو در مجاورت مناطق مسکونی واقع می‌شوند.

مهم‌ترین عوامل موثر در نشست زمین در اثر حفر تونل عبارتند از [۱]:

- نشست طبیعی رسوبات جوان.
- شکل‌گیری و آرایش مجدد رس در اثر حفر تونل که باعث بروز سیکل جدید تحکیم در رس می‌شود.
- پایین بردن سطح آب زیرزمینی از طریق حفر شبکه چاه‌های زهکش.
- عملکرد تونل به صورت زهکش آب‌های موجود در زمین.
- حرکت زمین به سمت جبهه کار و دیواره‌های حفاری شده تونل.
- سست شدن توده خاک و تزریق ناقص در حین عملیات ساختمانی.
- تغییر شکل و انحنای قطعات بتنی پوشش تونل برای بسیج مقاومت غیرفعال خاک.

همچنین، مهم‌ترین روش‌های کنترل نشست عبارتند از:

- جلوگیری از نفوذ آب و سست شدن توده خاک.
- به حداقل رساندن ترک‌ها و حفره‌های موجود در اطراف تونل و ناحیه حفاری شده.
- تزریق کافی و تحکیم خاک.
- انجام مهاربندی مناسب و یکپارچه سینه کار و دیواره‌های تونل.
- افزایش سرعت احداث تونل.

به طور کلی حفر تونل در هر عمق از خاک منجر به تغییر سیستم توزیع تنش شده و موجب همگرایی دهانه تونل و نیز به وجود آمدن تغییر

شکل‌هایی در سطح زمین می‌شود. این همگرایی قبل از رسیدن جبهه کار به مقطع مورد نظر آغاز می‌شود؛ شروع این تاثیر از فاصله‌ای در حدود شعاع تونل از جبهه کار بوده و در فاصله‌ای در حدود دو برابر قطر تونل محو می‌شود. پس از عبور جبهه کار از مقطع مورد نظر تغییر مکان‌ها زیاد می‌شود. از آنجا که حفر تونل در خاک معمولا در اعماق کم صورت می‌گیرد، تاثیر آن می‌تواند تا سطح زمین گسترش یابد و یک فرورفتگی به نام نشست را در سطح زمین ایجاد نماید. این نشست برای سازه‌های موجود خطراتی را به همراه دارد. چگونگی و کمیت این تاثیر به عوامل مختلفی از جمله شرایط خاک، آب زیرزمینی، موقعیت تونل و غیره بستگی دارد [۲].

### ۳ - روش‌های محاسبه نشست

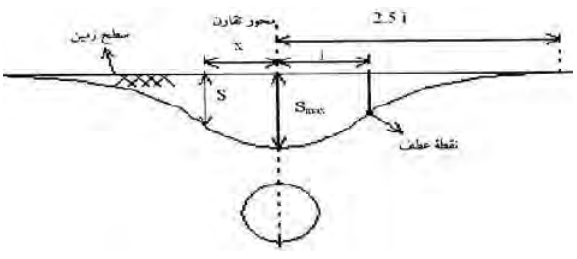
به طور کلی، روش‌های محاسبه نشست به انواع تجربی، تحلیلی و عددی تقسیم می‌شوند که در ادامه شرح داده شده‌اند.

### ۳-۱ - روش تجربی اشمیت[۱] و پک[۲] (۱۹۶۹)

طی سال‌های اخیر توصیه‌های پک در گزارش وی به کنفرانس مکانیک خاک و پی‌سازی در مکزیکوسیتی، اساس محاسبات تونل‌ها در زمین‌های نرم قرار گرفته است [۱]. نتایج پک مبنی بر تجزیه و تحلیل مشاهدات عملی در تونل‌های ساخته شده می‌باشد. اشمیت و پک و همچنین بعدها محققان زیادی نشان دادند که مقطع گود نشست حاصل از حفر تونل به خوبی به صورت یک منحنی توزیع نرمال گوسی[۳] با رابطه (۱) قابل بیان است:

$$S_V = S_{max}\, exp\left(\frac{-x^2}{2i^2}\right) \qquad (1)$$

که در این رابطه نشست زمین، ماکزیمم نشست روی محور مرکزی تونل، فاصله افقی از محور مرکزی تونل و فاصله افقی نقطه عطف منحنی نشست تا محور مرکزی تونل می‌باشد. در محل نقطه، نشستی در حدود ۶۰% نشست بیشینه رخ می‌دهد (شکل (۱)).




**شکل ۱: منحنی توزیع گوسی جهت توصیف مقطع عرضی گود نشست [۶]**

بدین‌ترتیب حجم گودال ایجاد شده، بر حسب یک متر از طول تونل، با انتگرال گیری از رابطه (۱) بدست می‌آید؛ بنابراین خواهیم داشت [۳]:

$$V_S = \sqrt{2\pi}\, i\, S_{max} \qquad (2)$$

در خاک‌های رسی اشباع، با توجه به شرایط زهکشی نشده و حجم ثابت، مقدار کاهش حجم خاک معمولا برابر با حجم گود نشست است. اما در خاک‌های ماسه‌ای و شرایط زهکشی شده، به ویژه در ماسه متراکم به دلیل پدیده اتساع[۴] و افزایش حجم خاک، حجم گود نشست کمتر از کاهش حجم خاک می‌شود. همچنین امکان دارد حجم گود نشست بیش از کاهش حجم خاک باشد. این پدیده هنگامی‌رخ می‌دهد که خاک به علتی مانند عملیات تحکیم فشرده شود [۴]. معمولا در عمل، به غیر از شرایطی که خاک رفتار شدید انبساطی یا انقباضی از خود نشان می‌دهد، می‌توان این دو مقدار را برابر فرض کرد و حجم از دست رفته در هر متر طول تونل را به صورت درصدی از سطح مقطع آن بیان نمود. یعنی [۳]:

$$V_S = V_L\left(\frac{\pi D^2}{4}\right) \qquad (3)$$

همچنین پک رابطه (۴) را برای محاسبه ارائه نموده است [۵]:

$$i = R\left(\frac{Z}{D}\right)^{0.8} \qquad (4)$$

در این روابط درصد کاهش حجم خاک، شعاع تونل، قطر تونل و عمق محور تونل می‌باشد. با توجه به رابطه ارائه شده توسط پک (رابطه (۴)) واضح است که فاصله افقی نقطه عطف منحنی نشست تا محور مرکزی تونل، تابعی از ابعاد و عمق تونل است.

تاکنون پژوهشگران زیادی فرمول‌های گوناگونی را برای محاسبه پارامتر ارائه نموده‌اند. رایلی و نیو[۵] در سال ۱۹۸۲، رابطه (۵) را پیشنهاد دادند [۴]:

$$i = K.Z \qquad (5)$$

که در آن پارامتر عرض گود بوده و برای تونل‌های ساخته شده در رس برابر ۰,۵ و در خاک‌های شن و ماسه‌ای برابر ۰,۲۵ پیشنهاد شده است. همچنین رابطه دیگری توسط پک ارائه شده است، که نسبت بین میزان نشست سطحی و حرکت در راستای قائم تاج تونل را بیان می‌نماید. این رابطه عبارت است از:

$$\left(\frac{S_S}{S_C}\right) = 1 - \beta.\left(\frac{Z}{D}\right) \qquad (6)$$

در رابطه (۶) داریم: نشست سطح زمین، نشست تاج تونل و ضریب ثابتی است که وابسته به خاک اطراف تونل و کرنش حجمی‌آن می‌باشد. ضریب برای ماسه‌های متراکم در تنش‌های کم ۰/۵۷، ماسه‌های سست یا متراکم در تنش‌های زیاد ۰/۴ و در خاک رس پیش تحکیم یافته ۰/۱۳ می‌باشد [۴،۵].

با ترکیب روابط (۲) و (۳) و در نظر گرفتن رابطه (۵) می‌توان رابطه زیر را برای نتیجه گرفت [۶]:

$$S_{max} = \frac{0.313 V_L D^2}{KZ} \quad (۷)$$

در رابطه (۵) پارامتر تابعی تقریبا خطی از عمق تونل بوده و مستقل از روش ساخت و قطر تونل (در صورت بیشتر بودن ضخامت سربار تونل از قطر آن) است [۴]. میزان کاهش حجم برای خاک‌ها و روش‌های مختلف حفاری در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است.

**جدول ۱: کاهش حجم برای خاک‌ها و روش‌های حفاری مختلف [۶]**

| روش ساخت | خاک | $V_l$ | |
|---|---|---|---|
| | | حداقل | حداکثر |
| EPB/Slurry TBM | ماسه نرم شل | ۰,۲ | ۱,۳ |
| | رس نرم | ۱ | ۲ |
| | رس ماسه دار سخت | ۰,۰۳ | ۱ |
| | ماسه شل | ۰,۲ | ۱ |
| TBM | رس سخت | ۱ | ۲ |
| NATM | رس لندن | ۰,۵ | ۰,۵ |

### ۳-۲ - رابطه رانکین[۶] (۱۹۸۸)

از جمله پارامترهای مهم در محاسبات مربوط به نشست، مقدار بیشینه نشست می‌باشد که برای تخمین جابجایی‌های زمین ضروریست. رانکین در سال ۱۹۸۸ رابطه (۸) را برای محاسبه بیشینه نشست ارائه نمود [۴]:

$$S_{max} = 0.0126\, V_l \left(\frac{R^2}{i}\right) \quad (۸)$$

که در رابطه فوق کاهش حجم تونل و شعاع تونل می‌باشد.

### ۳-۳ - روش تجربی برای تونل‌های مجاور (دو قلو)

در مورد تونل‌های مجاور، پیش‌بینی به دلیل رفتار بر هم کنشی تا حدی مشکل‌تر است. اما روش ساده‌ای برای این منظور وجود دارد. در مورد تونل‌های موازی با فاصله‌ای بیش از دو قطر، با اضافه کردن منحنی‌های نشست مربوط به هر تونل، به ویژه در شرایط زمین مناسب و اجرای خوب، معمولا تقریب موثری از نشست کل به دست می‌آید. هنگامی‌که فاصله تونل‌ها نزدیکتر از دو برابر قطر است، باز هم می‌توان این روش را به کار برد. با این تفاوت که باید کاهش حجم بیشتری برای تونل دوم در نظر گرفت. رابطه تجربی برای این حالت عبارت است از [۴]:

$$S_{\max 2} = 1.5 \left(\frac{z}{d}\right)^{0.3} S_{\max 1} \quad (۹)$$

در رابطه (۹) داریم: فاصله جدار تونل‌ها، نشست بیشینه تونل تنها و نشست بیشینه کل می‌باشد. مطالعات انجام شده توسط نیو و رایلی (۱۹۹۱) [۴] نشان می‌دهد که فرض منحنی گوسی برای نشست عرضی، در شرایط حجم ثابت، منتهی به شکل تابع احتمال تجمعی برای نیم‌رخ نشست طولی می‌شود. البته این فرضیات بیشتر در خاک‌های رسی صادق است و درستی آن توسط اتول و وودمن[۷] (۱۹۸۲) بررسی شده است. همچنین آنها مشاهده کردند که مقدار نشست، درست بالای سینه تونل بدون حفاظت (عدم استفاده از سپر تعادلی زمین)، حدود نصف بیشینه نشست است. در تونل‌سازی به روش‌هایی که سینه تونل تحت فشار قرار می‌گیرد، این مقدار کمتر بوده و در سپرها عمده نشست، ناشی از فضای خالی پشت سگمنت‌ها و عدم توانایی در پر کردن سریع آن است [۴].

### ۳-۴ - نقطه عطف منحنی نشست

جهت رسم نیم‌رخ نشست سطح زمین، می‌بایست پارامتر که بیانگر فاصله افقی نقطه عطف منحنی نشست تا محور مرکزی تونل می‌باشد را در اختیار داشته باشیم.

برای محاسبه این پارامتر افراد مختلفی روابط متعددی را بیان کرده‌اند که در جدول (۲) به برخی از آنها اشاره شده است.

این روابط همگی تجربی بوده و به رفتار تنش- کرنش خاک و ساخت تونل وابسته می‌باشند. برای مثال در رابطه ارائه شده توسط لیچ[۸] (۱۹۸۵)، اطلاعات مربوط به ۲۳ تونل با روش‌های مختلف ارزیابی شده و روابط ارائه شده است. رابطه دوم لیچ در جایی که نشست تحکیمی‌مطرح باشد قابل استفاده است [۱].

**جدول ۲: روابط محاسبه مقدار به روش‌های تجربی [۷]**

| رابطه | ارائه دهنده |
|---|---|
| $\frac{i}{R} = \left(\frac{Z_0}{2R}\right)^n ; n = 0.8 - 1$ | Peak, 1969 |
| $i = 0.5 Z_0$ | Mail, 1983 |
| $i = 0.57 + 0.45(Z_0 - Z) \pm 1.01$<br>$i = 0.64 + 0.48Z \pm 0.91$ | Leach, 1985 |
| $i = 0.386 Z_0 + 2.84$<br>$i = 1.392\, R \left(\frac{Z_0}{D}\right)^{0.704}$ | Arioglu, 1992 |
| $\frac{i}{R} = 0.58\left(\frac{Z_0}{2R}\right) + 1.0$ | Lee, 1999 |

### ۴ - روش تحلیلی بابت[۹] (۲۰۰۱)

روش تحلیلی بابت برای بررسی نشست و تغییر شکل‌های زمین در اثر حفر تونل در مناطق کم عمقی که نسبت عمق به شعاع بیش از ۵/۱ است، اعتبار دارد [۷].

در این روش تونل‌های کم عمق در زمین‌های خشک، تونل‌های کم عمق در زمین‌های اشباع و تونل‌های کم عمق در زمین‌های اشباع با اعمال هوای فشرده، مورد بررسی قرار گرفته اند [۸]:

• تونل‌های کم عمق در زمین‌های خشک

(۱۰)

$$\delta_{max} = -\frac{wr_o}{h} + \frac{1+\nu}{E}\left\{\gamma r_o^2\left[\frac{1}{8}\left(k-\frac{\nu}{1-\nu}\right)\left(\frac{r_o}{h}\right)^2 - \frac{1}{2}\frac{3-4\nu}{1-\nu}\ln h\right] + \gamma h(1-k)r_o\left[-2(1-\nu)\frac{r_o}{h} + \frac{1}{8}(9-4\nu)\left(\frac{r_o}{h}\right)^3 - \frac{1}{4}\left(\frac{r_o}{h}\right)^5\right]\right\}$$

رابطه (۱۰) میزان بیشینه نشست در سطح زمین برای تونلی با پوشش نگهداری انعطاف پذیر و غیر قابل تراکم را برای حفاری بدون اعمال هوای فشرده محاسبه می‌نماید.

• تونل‌های کم عمق در زمین‌های اشباع

در این بررسی آنالیز در دو حالت کوتاه مدت و بلند مدت صورت گرفته که به ترتیب بیشینه نشست سطح زمین برای هر حالت در روابط (۱۱) و (۱۲) ارائه شده است:

(۱۱)

$$\delta_{max} = -\frac{wr_o}{h} + \frac{1+\nu}{E}\left\{-\frac{1}{2}\gamma r_o^2\ln h + \gamma_b h(1-k)r_o.\left[-\frac{r_0}{h} + \frac{3}{4}\left(\frac{r_o}{h}\right)^3 - \frac{1}{4}\left(\frac{r_o}{h}\right)^5\right]\right\}$$

(۱۲)

$$\delta_{max} = -\frac{wr_o}{h} + \frac{1+\nu}{E}\left\{\gamma r_o^2\left[k - \frac{\nu}{1-\nu}\left(\frac{r_o}{h}\right)^2 - \frac{1}{4}\frac{3-4\nu}{1-\nu}\ln h\right] + \frac{1}{8}\gamma_w(1-k)\frac{r_o^4}{h^2} + \gamma_b h(1-k)r_o.\left[-2(1-\nu)\frac{r_o}{h} + \frac{1}{8}(9-4\nu)\left(\frac{r_o}{h}\right)^3 - \frac{1}{4}\left(\frac{r_o}{h}\right)^5\right]\right\}$$

• تونل‌های کم عمق در زمین‌های اشباع با اعمال هوای فشرده

در این حالت تنش‌ها و جابجایی‌های زمین با توجه به فرآیند ساخت تونل محاسبه می‌شوند. فرآیند ساخت تونل به سه مرحله زیر تقسیم می‌شود:

۱ - حفاری تونل تحت اعمال هوای فشرده.

۲ - نصب سیستم نگهداری و آزاد شدن هوای فشرده.

۳ - افزایش فشار منفذی در مدت ساخت.

بیشینه نشست سطح زمین در مراحل دوم و سوم ساخت مورد محاسبه قرار گرفته که به ترتیب در روابط (۱۳) و (۱۴) ارائه شده است.

(۱۳)

$$\delta_{max} = -\frac{wr_o}{h} + \frac{1+\nu}{E}\left\{-\frac{1}{2}[\gamma r_o^2\ln h + \gamma_b(3-k)r_o^2] + \gamma_b h(1-k)r_o\left[\frac{3}{4}\left(\frac{r_o}{h}\right)^3 - \frac{1}{4}\left(\frac{r_o}{h}\right)^5\right] + \gamma_w hr_o\left(\frac{r_o}{h}\right)^2\right\}$$

(۱۴)

$$\delta_{max} = -\frac{wr_o}{h} + \frac{1+\nu}{E}\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{3-4\nu}{2(1-\nu)}\gamma r_o^2\ln h + \gamma_b(1+k)r_o^2\right] + \frac{1}{8}\frac{1-2\nu}{1-\nu}\gamma hr_o\left(\frac{r_o}{h}\right)^3 + \gamma_b h(1-k)r_o\left[-2(1-\nu)\frac{r_o}{h} + \frac{2-\nu}{2}\left(\frac{r_o}{h}\right)^3 - \frac{1}{4}\left(\frac{r_o}{h}\right)^5\right] + \gamma_w hr_o\left(\frac{r_o}{h}\right)^2\right\}$$

در روابط (۱۰) تا (۱۴) داریم: بیشینه نشست سطح زمین، میزان گپ بین زمین و پوشش[۱۰]، شعاع تونل، مدول الاستیسیته خاک، وزن مخصوص کل خاک، وزن مخصوص غوطه‌ور، وزن مخصوص آب، عمق تونل و ضریب فشار زمین در حالت سکون (نسبت تنش افقی به قائم).

پارامتر گپ می‌تواند با استفاده از یک شیوه تئوریکی ارائه شده توسط لی[۱۱] و همکارانش در سال ۱۹۹۲، زمانی که جزئیات سیستم نگهداری ماشین تونلزنی و پارامترهای خاک معلوم باشند، برآورد شود [۷]. پارامتر گپ در رابطه (۱۵) معرفی شده است:

$$w = G_P + U_{3D} + \omega \qquad (۱۵)$$

در رابطه (۱۵) داریم: گپ فیزیکی معرف فاصله هندسی بین پوسته خارجی سپر و آستر کاری، تغییر شکل الاستوپلاستیک معادل سه بعدی در سینه کار تونل و مقداری است که بر اساس کیفیت مهارت کارکنان تعیین می‌شود.

بر اساس نظر لی و همکارانش (۱۹۹۲) با کاربرد مناسب ساخت (نظیر استفاده از سپر فشار تعادلی زمین)، حرکت سه بعدی جلوی سینه کار می‌تواند کنترل شود، به عبارت دیگر اگر هیچ آزادشدگی تنشی در سینه کار وجود نداشته باشد میزان این پارامتر صفر خواهد شد [۷].

همچنین بابت (۲۰۰۱) رابطه (۱۶) را جهت محاسبه گپ ارائه نموده است [۸]:

$$w = \frac{ground\ loss\ (\%)}{100}\frac{\pi r_o^2}{2\pi r_o} = \frac{ground\ loss\ (\%)}{200}r_o \qquad (۱۶)$$

## ۵ - روش‌های عددی

امروزه با پیشرفت علم و توسعه نرم‌افزارهای مهندسی، تحلیل پروژه‌ها توسط کامپیوتر به امری آسان مبدل شده است. این نرم‌افزارها قادر هستند مسائل پیچیده مهندسی را توسط روش‌های عددی به دقت تحلیل نموده و نتایج را همراه با نمودار و تصاویر مختلف در اختیار کاربر قرار دهند.

معروف‌ترین این نرم‌افزارها در زمینه تحلیل محیط‌های خاکی و سنگی عبارتند از: FLAC، 3DEC، UDEC، PLAXIS و FLAC3D. در حقیقت روش‌های تجربی فقط تنش و تغییر شکل را در سازه بررسی می‌کنند و اثرات آن‌را در محیط اطراف و سازه‌های پیرامون در نظر نمی‌گیرند، در حالی‌که روش‌های عددی جزئیات را نیز در نظر گرفته و نتایج واقع‌گرایانه‌تری ارائه می‌دهند.

بنابراین جهت تحلیل صحیح از شرایط موجود، می‌بایست نرم‌افزار مناسبی در اختیار داشته باشیم تا چنانچه محاسبات با روابط تجربی صورت گرفته است، نتایج آن با تحلیل‌های عددی نیز مقایسه شده تا صحت نتایج اعتبارسنجی شود.

انواع روش‌های عددی عبارتند از: روش تفاضل محدود، روش اجزای محدود، روش اجزای مرزی، روش اجزای مجزا و روش تیر با تکیه‌گاه الاستیک که هریک با توجه به شرایط و محدودیت‌های پروژه باید برای یک مدل خاص در نظر گرفته شوند.

برنامه FLAC[۱۲]، یک نرم‌افزار تفاضل محدود [۱۳] می‌باشد که قدرت تحلیل محیط‌های خاکی، سنگی و موادی که وقتی به حد تسلیم برسند دچار جریان خمیری می‌شوند را داراست.

این نرم افزار بر اساس محاسبات لاگرانژی عمل نموده و با استفاده از روش عددی تفاضل محدود صریح، معادلات حرکت حاکم بر مدل را طی گام‌های زمانی متوالی حل می‌کند. نرم افزار مذکور شامل نسخه دو بعدی، سه بعدی و نسخه مربوط به پایداری شیب می‌باشد، همچنین در دو حالت دستوری و گرافیکی در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. [۹].

برنامه UDEC[۱۴]، یک نرم افزار المان مجزا[۱۵] می‌باشد که قابلیت شبیه سازی محیط‌های ناپیوسته (دارای درزه و شکاف) را در حالات استاتیکی و دینامیکی دارا می‌باشد.

این نرم افزار همانند نرم افزار FLAC بر اساس محاسبات لاگرانژی عمل نموده و نتایج تحلیل را با توجه به داده‌های ورودی در غالب پلات‌هایی به کاربر ارائه می‌نمایند.

نرم افزار مذکور نیز در دو حالت دو بعدی و سه بعدی بوده و به صورت دستوری و گرافیکی در دسترس می‌باشد [۱۰]. برنامه PLAXIS، یک نرم‌افزار عددی بسیار قوی است که قابلیت مدل کردن سازه‌های زیرزمینی در خاک و سنگ را دارا می‌باشد.

همچنین این نرم افزار می‌تواند مسائل مربوط به آب زیرزمینی را به خوبی بر مدل اعمال نماید. این نرم افزار از روش المان محدود[۱۶] جهت تحلیل مسائل استفاده می‌نماید و شامل نسخه سه بعدی جهت تحلیل تونل‌ها می‌باشد[۱۱].

## ۶ - مطالعه موردی

در این تحقیق جهت مقایسه روابط ارائه شده با یکدیگر از مشخصات گمانه $M_۷$ خط ۷ متروی تهران استفاده شده است. عمق تونل در این گمانه ۲۸/۴ متر، عمق متوسط آب زیرزمینی ۱۲/۲ متر، وزن مخصوص کل خاک ۱/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب و نسبت تنش افقی به قائم یک می‌باشد، همچنین مواد ریز دانه سیلتی و رسی در این ناحیه وجود دارد و جهت حفاری از دستگاه سپر تعادلی زمین (EPB) استفاده می‌شود[۷]. مشخصات ژئومکانیکی در گمانه مد نظر مطابق با جدول (۳) می‌باشد.

**جدول ۳: مشخصات ژئومکانیکی در گمانه $M_۷$ خط ۷ متروی تهران [۷]**

| زاویه اصطکاک داخلی (درجه) | چسبندگی (Pa) | نسبت پواسون | مدول الاستیسیته (Pa) | وزن واحد حجم خاک ($gr/cm^۳$) | خواص / خاک محل |
|---|---|---|---|---|---|
| ۳۰،۷ | ۳۱۲۶۸،۷ | ۰،۳۱ | ۱۰^۷×۵،۲۸۱ | ۱،۶ | بالای سطح آب |
| ۲۸ | ۳۷۰۷۶ | ۰،۳۴ | ۱۰^۷×۳،۵۶۶ | ۲ | زیر سطح آب |

از آنجایی که قطر حفاری در خط ۷ متروی تهران ۹/۱۴ متر و قطر خارجی پوشش بتنی (سگمنت پیش ساخته به ضخامت ۳۵ سانتیمتر) ۸/۸۵ متر می‌باشد، اندازه $G_p$ در قسمت طاق تونل برابر ۲۹۰ میلیمتر خواهد بود، همچنین با فرض عدم ترخیص تنش در جبهه کار تونل و مهارت کارکنان، میزان پارامتر گپ با توجه به رابطه (۱۵) برابر ۲۹۰ میلیمتر محاسبه شده است.

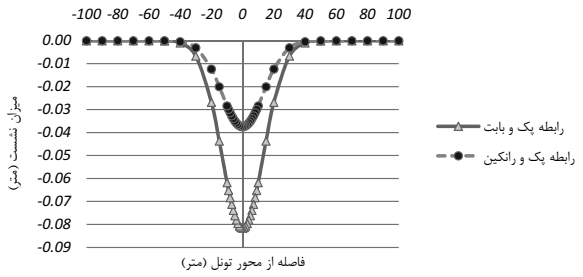
همچنین میزان پارمتر **i** (نقطه عطف منحنی نشست) با توجه به روابط ارائه شده در جدول (۲) برابر با ۱۳،۴۱۵ محاسبه شده است.

با استفاده از روش تحلیلی بابت (رابطه (۱۱)) و رابطه رانکین، میزان نشست بیشینه محاسبه شده و در رابطه پک جهت ترسیم پروفیل عرضی نشست قرار داده شده است.

نتایج بدست آمده از هر روش در جدول (۴) ارائه شده، همچنین پروفیل نشست عرضی با توجه به رابطه پک و استفاده از روابط رانکین و بابت در شکل (۲) نشان داده شده است.

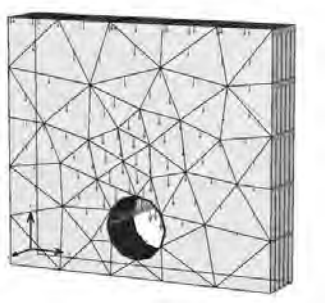
**جدول ۴: نتایج بدست آمده از روش‌های تجربی، تحلیلی و عددی**

| نشست بیشینه؛ روش رانکین (سانتیمتر) | نشست بیشینه؛ روش تحلیلی بابت رابطه (۱۱) (سانتیمتر) | روش عددی؛ نرم‌افزار PLAXIS 3D Tunnel (سانتیمتر) |
|---|---|---|
| -۳،۷۵ | -۸،۱۶ | -۶،۵۹ |

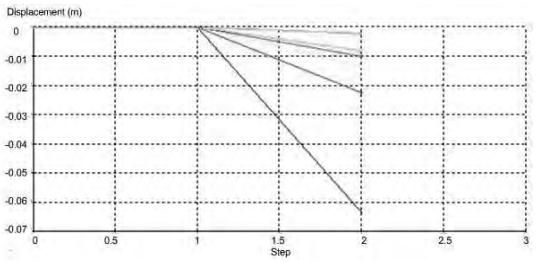



**شکل۲: پروفیل نشست عرضی در گمانه $M_۷$ توسط رابطه تجربی پک**

شکل (۳) مدل ساخته شده در نرم افزار PLAXIS 3DTunnel را نشان می‌دهد. نشست بیشینه محاسبه شده توسط نرم افزار در راستای عمودی ۶،۵۹ سانتیمتر می‌باشد. همچنین میزان جابجایی نقاط کنترلی سطح زمین در شکل (۴) ارائه شده است.



**شکل ۳: مدل ساخته شده در نرم افزار PLAXIS 3D Tunnel**




**شکل ۴: میزان جابجایی نقاط کنترلی سطح زمین**

### ۷ - نتیجه گیری

در این مقاله نمای مختصری از روش‌های تجربی، تحلیلی و عددی برای محاسبه نشست ارائه شد. بی شک روش‌های تجربی مبنای شکل‌گیری و ایجاد روش‌های تحلیلی می‌باشند و شالوده محاسبات مربوط به نشست را تشکیل می‌دهند. روش‌های تجربی فقط در حالات خاصی قابل استفاده بوده و معمولاً برای تخمین اولیه مناسب می‌باشند. روش‌های تحلیلی مانند روش بابت، از انعطاف‌پذیری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و می‌توان گفت جزئیات بیشتری را از وضعیت محیط در نظر می‌گیرند و همان‌گونه که از معادلات آن‌ها مشخص است، حالات مختلفی را مورد تحلیل قرار می‌دهند. اما در حالت کلی می‌توان گفت روش‌های عددی از بیشترین انعطاف‌پذیری برخوردار بوده و شرایط مدل را با در نظر گرفتن المان‌های متعددی به شرایط محیط نزدیک ساخته و نتایج دقیق‌تر و واقع گرایانه‌تری را نسبت به سایر روش‌ها ارائه می‌دهند. با این وجود نمی‌توان استفاده از روش‌های تجربی و تحلیلی را به طور کامل رد نمود. اما به نگاهی به جدول (۴) می‌توان دریافت نتایج روش‌های تحلیلی و عددی تطابق بیشتری با یکدیگر داشته و می‌توان از آنها جهت پیش‌بینی نشست سطح زمین و طراحی پروژه استفاده نمود. از دیدگاه مهندسی می‌بایست محاسبات با هریک از روش‌ها بررسی شود و سپس نتیجه حاصل از مقایسه روش‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

### منابع

[۱] شریعتمداری، ن، فرزانه، ا، (۱۳۸۰). "بررسی نشست سطح زمین در اثر حفر تونل مترو در تهران". مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس تونل ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۷-۹ آبان‌ماه.

[۲] جعفرپیشه، ش، وفائیان، م، (۱۳۸۲). "بررسی ویژگی‌های نشست‌های زمانی خاک در اثر حفر تونل‌های کم عمق". مجموعه مقالات ششمین کنفرانس تونل ایران، تهران، بهمن‌ماه.

[3] Mair, R.J. “Geotechnical Aspect of Design Criteria for Bored Tunneling in Soft Ground”, Proceedings Tunnels and Metropolises, Sao Paulo, Balkema, 1998, pp.183-199.

[۴] صدقیانی، م، علیاری، ی، (۱۳۸۷). "بررسی اندرکنش خاک و تونل در مراحل حفاری به روش EPB و اثر آنها در نشست سطح زمین، مورد مطالعه: تونل‌های قطار شهری تبریز". نشریه انجمن تونل ایران، شماره ۳، تابستان ۸۷. صفحات ۱۳-۲۱.

[5] Peck, R.B. “Deep Excavation and Tunneling in Soft Ground”, Proceedings 7th Int’l Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexico City, State of Art Volume, 1969, pp. 225-290.

[۶] پاکباز، م، حیدری‌زاده، س، (۱۳۸۷). "بررسی نشست خاک در اثر حفر تونل شهری اهواز". چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران، اردیبهشت ماه.

[۷] ستاری، ق، اسدی، ا، شهریار، ک، زمانی، ح، (۱۳۸۸). "برآورد عددی و تحلیلی نشست سطح زمین ناشی از تونلسازی با سپر تعادلی، مطالعه موردی؛ خط هفت متروی تهران". مجموعه مقالات هشتمین کنفرانس تونل ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، ۲۹-۳۱ اردیبهشت‌ماه. صفحات ۱۲۳-۱۲۹.

[8] Bobet, A. (2001). “Analytical Solutions for Shallow Tunnels in Saturated Ground”, J. Eng. Mech. Div. ASCE 127 (12), pp. 1258-1266.

[9] Itasca Consulting Group. FLAC Code Version 5.0, Minneapolis, 2005.

[10] Itasca Consulting Group. UDEC Code Version 4.0, Minneapolis, 2004.

[11] Manual of PLAXIS 3D Tunnel.

1. Schmidt
2. Peck
3. Gaussian
4. Dilation
5. Reilly and New
6. Rankin
7. Attwell and Woodman
8. Leach
9. Bobet
10. Lining
11. Lee
12. Fast Lagrangian Analysis of Continua
13. Finite Difference
14. Universal Distinct Element Code
15. Distinct Element
16. Finite Element

# بررسی شیوه‌های کارآمد در تعیین ساختار تقسیم‌بندی کار (WBS) پروژه‌های تونلسازی

مصطفی شریف‌زاده، مجید عطایی‌پور، الناز صیامی ایردموسی
استادیار دانشکده معدن، گروه مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، sharifzadeh@aut.ac.ir
استادیار دانشکده معدن، گروه استخراج، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، map۶۰@aut.ac.ir
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، گروه مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، elnazsiami@gmail.com

**چکیده**
ساختار تقسیم‌بندی کار (WBS)، یکی از اساسی‌ترین مفاهیم مدیریت پروژه است که پایه و اساسی را برای تعریف محدوده کار پروژه فراهم کرده و با انسجام دادن به آن دقت برآوردهای هزینه و زمان را بهبود می‌بخشد. ازآنجاکه شرایط و متغیرهای متعددی در مدیریت پروژه‌های تونلسازی مؤثرند، برای تعیین WBS باید از شیوه دقیق و مشخصی استفاده شود. دراین مقاله با توجه به رابطه میان ویژگی‌های پروژه‌های تونلسازی و WBS، شیوه‌های کارآمد در تعیین WBS پروژه بررسی شده‌اند. مناسب‌ترین سیستم‌های موجود معرفی شده، و مزایا، معایب و دامنه کاربرد هریک به‌صورت جدول ارائه شده است. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که شناخت کامل رابطه یادشده نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. از طرفی شیوه‌های بررسی شده نشان می‌دهند، ظرفیت مناسبی برای کاهش قابل توجه زمان و هزینه‌های تونلسازی وجود دارد.

**کلمات کلیدی**: ساختار تقسیم بندی کار، WBS، تونلسازی

۱ -مقدمه
تعیین ساختار تقسیم بندی کار (WBS)[۱] یکی از مهمترین مراحل برنامه‌ریزی در مدیریت پروژه است که پایه و اساس اقدامات بعدی مانند تهیه برنامه زمان‌بندی، کنترل پروژه و واگذاری مسئولیت‌ها را تشکیل می‌دهد[۱]. در واقع WBS یا لیست فعالیت‌ها مانند قلب پروژه است و از قلم افتادن یک وظیفه ساده ممکن است پیامدهای جبران‌ناپذیری داشته باشد[۲].
مدیریت پروژه‌های تونلسازی با شرایط، ورودی‌ها و متغیرهای متعددی مواجه است. تونلها در شرایط متفاوتی به لحاظ محل پروژه، تجهیزات مورد استفاده و پیشامدهای غیرمنتظره‌ای که ممکن است در طول اجرا رخ دهند ساخته می‌شوند. ازطرف‌دیگر، امروزه استانداردهای طراحی عالی‌تر، مطالبات کیفیتی بهتر، تأکید بیشتر بر ایمنی و تعاریف بهتری از ملاحظات زیست محیطی وجود دارد که باعث افزایش پیچیدگی می-گردد [۴، ۳]. بنابراین ناچاریم برای تعیین WBS شیوه دقیق و مشخصی داشته باشیم.

با وجود اهمیت WBS تحقیقات اندکی در مورد شیوه تعیین ساختار تقسیم بندی کار یک پروژه انجام شده است. در سال‌های اخیر با گسترش کاربرد هوش مصنوعی (AI)[۲] در حیطه‌های مختلف مدیریت پروژه زمینه تحقیقات بیشتری فراهم شده است. بطور کلی شیوه‌های جدید را می‌توان در قالب سه رویکرد استدلال موردی (CBR)[۳]، شبکه‌های عصبی[۴]، و تئوری فازی[۵]درنظرگرفت، که در بخش‌های بعدی بررسی شده‌اند.
در این مقاله رابطه میان ویژگی‌های پروژه‌های تونلسازی و WBS تحلیل شده است. سپس با توجه به نتایج این تحلیل، شیوه‌های کارآمد در تعیین WBS پروژه‌های تونلسازی بررسی شده و مناسب‌ترین سیستم‌های موجود معرفی شده‌اند. در نهایت مقایسه‌ای با ذکر مزایا، معایب و دامنه کاربرد آنها به‌صورت جدول انجام شده است.

## ۲ - ساختار تقسیم بندی کار(WBS) در پروژه‌های تونلسازی
ساختار تقسیم‌بندی کار، یکی از اساسی‌ترین مفاهیم مدیریت پروژه است، که با استفاده ازآن پروژه به مؤلفه‌های کوچکتر و قابل مدیریت‌تر تقسیم می‌گردد. در هنگام تعیین ساختار تقسیم بندی کار یک پروژه کلیه عناصر آن، از بالا به پایین و از کلیات به جزئیات، تفکیک و تقسیم می‌شوند و به‌طورکلی یک روش تفکیک سلسله مراتبی می‌باشد. ابتدا کل یک پروژه (یا سطح اول) به چندین بخش عمده (یا عناصر سطح دوم) تقسیم می‌شود. سپس، هر یک از عناصر سطح دوم، به نوبه خود، به چندین کار دیگر (عناصر سطح سوم) تفکیک می‌شوند. این تقسیم‌بندی تا حدی ادامه

می‌یابد که آخرین فعالیت‌ها دارای معنی و مفهوم اجرایی و عملیاتی باشد [۵]. شکل ۱ سطوح مختلف تقسیم و تفکیک یک پروژه تونل قطار شهری را نشان می‌دهد.

WBS مانند قلب پروژه است، زیرا با فراهم کردن چارچوبی برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه انجام اقدامات مهمی مانند موارد زیر را ممکن می‌سازد [۲]:

- واگذاری صریح مسئولیت‌ها
- زمان‌بندی کار پروژه
- برآورد هزینه و منابع
- آمادگی در برابر ریسکهای پروژه
- کنترل پروژه

### ۲-۱ -ویژگی‌های تونلسازی از دیدگاه مدیریت پروژه

به‌دلایلی،که ظاهراً شناخته‌شده نیستند و فقط با توجه به اینکه بسیاری از پروژه‌ها با مشکلات عمده مواجه می‌شوند، معمولاً مدیریت پروژه‌های تونلسازی مشکل است. تونل‌ها در شرایط متفاوتی به‌لحاظ محل پروژه (زمین)، تجهیزات مورداستفاده، اتفاقات غیر منتظره مانند پدیده‌های زمین‌شناسی مختلف و پیچیدگی اجرای وظایف که نتیجه همه این شرایط است، ساخته می‌شوند. عوامل بالا باعث پیچیدگی و عدم قطعیت عملیات ساخت می‌شود و معمولاً منجر به انحراف از برنامه جامع می‌گردد[۳]. در ذیل به برخی ویژگی‌های مهم و مؤثر در پیچیدگی یادشده اشاره می‌شود [۴]:

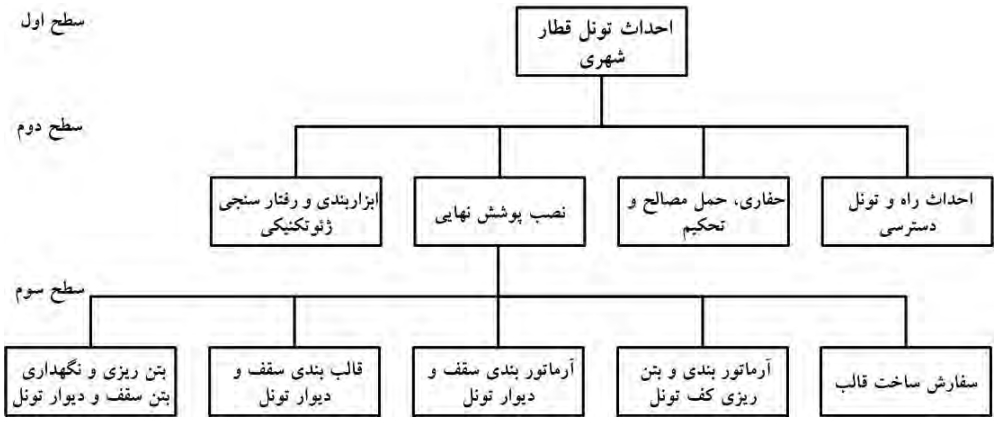
الف- اهمیت پروژه: پروژه‌های تونلسازی در اکثر کشورها معمولاً بسیار مهم هستند. این باعث می‌شود عوامل و محدودیت‌های بیشتری در مدیریت آنها مطرح گردد.

ب- محل پروژه: تونل‌ها در شرایط مختلف زمین شناسی از خاک تا سنگ سخت، ساخته می‌شوند که معمولاً این محیط ناشناخته و عکس‌العمل‌های آن غیرمنتظره خواهد بود و منجر به محدودیتهای متعددی می‌شود.

ج-هزینه: یکی از ویژگی‌های پروژه‌های تونلسازی هزینه سرمایه‌ای هنگفت ساخت آنها می‌باشد، بنابراین به‌دست‌آوردن و حفظ منابع مالی مشکل است.

د-زمان: برنامه‌های تونلسازی زمان‌بر بوده، به‌همین‌دلیل مطالبات و اولویت‌ها تغییر می‌کنند.

ه- سیاستگذاری‌های ملی و محلی تونلسازی: سیاست یا خط مشی‌ها را قانونگذاران به‌منظور ایجاد قوانین و مقررات تعیین می‌نمایند. ممکن است درک خط مشی‌ها و مسائل غیر ملموس مربوط به آن، برای برنامه‌ریزان مشکل باشد. این مسائل اغلب بحث‌انگیز بوده و توجه شدید رسانه‌های گروهی را جلب می‌نماید، که گاهی نتایج منفی (مانند اختلاف و مرافعه، تأخیر و یا توقف پروژه) به‌همراه دارد. بنابراین مروری بر این مسائل برای سازماندهی، برنامه‌ریزی، و مدیریت بهتر پروژه ضروری است.




**شکل۱- ساختار تقسیم بندی کار (WBS) یک پروژه تونل قطار شهری**

و- رویکرد مدیریتی: مدیریت پروژه‌های تونلسازی با ورودی‌ها، شرایط و متغیرهای متعددی مواجه است. به‌طورکلی در انتخاب رویکرد مدیریتی باید عوامل مهم زیر را در نظر گرفت:

- پروژه در زمان مقرر تکمیل خواهد شد.
- پروژه مطابق با بودجه تکمیل خواهد شد.
- کاربری موردنظر حاصل خواهد شد.
- تمام افراد درگیر در پروژه و ذینفعان از پروژه راضی خواهند بود.

### ۲-۲ - ویژگی‌های WBS در پروژه‌های تونلسازی

با شناخت ویژگی‌های مهم WBS می‌توان به سئوالات اساسی که در هنگام تهیه آن مطرح می‌شود پاسخ داد و در بخش های بعدی از درک و شناخت حاصل برای انتخاب شیوه‌های کارآمد در تعیین WBS یک پروژه تونلسازی استفاده نمود. در ادامه برخی ویژگی‌های مهم تشریح می‌شود.

#### ۲-۱-۲ محوریت عناصر WBS

مهمترین سئوالی که باید در هنگام تعیین WBS به آن پاسخ داد، انتخاب محوریت عناصر آن و یا بعبارتی ساختار آن است. با توجه به رویکردهایی که در مراجع مختلف مطرح شده است، سئوال اساسی این است که WBS پروژه باید فرآیندگرا[۶] باشد یا دستاوردگرا[۷]؟

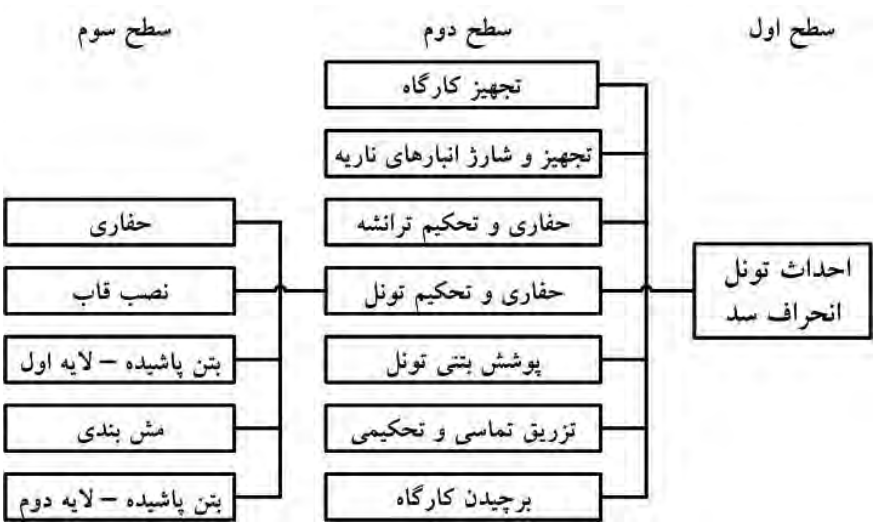
در ساختارهای فرآیندگرا، پروژه را بر اساس عملیات، اقدامات، مراحل و وظایفی که دستاوردهای پروژه را ایجاد می‌نمایند تفکیک می‌کنند. اما در ساختارهای دستاوردگرا، تفکیک بر اساس دستاوردهای پروژه انجام می‌شود[۸]. به‌عنوان مثال WBS نشان داده شده در شکل۱، ساختار فرآیندگرا دارد و سطح دوم آن بر اساس مراحل چرخه حیات پروژه تفکیک شده است.

مراجع مختلف نظر متفاوتی در ترجیح هر یک از ساختارهای بالا دارند، اما در سال‌های اخیر تأکید بر ساختارهای دستاوردگرا است. در راهنمای PMBOK [۹]، دستاوردگرایی به عنوان یکی از مهمترین خصوصیات اصلی یک «WBS با کیفیت بالا» مطرح می‌شود. ازطرف‌دیگر، این استاندارد در تشریح چگونگی تهیه WBS، مراحل چرخه حیات پروژه را به عنوان عناصر مؤثری در ایجاد سطح دوم ساختار تقسیم بندی کار معرفی می‌نماید. به‌هرحال رویکرد فرآیندگرا هنوز در بسیاری از پروژه‌ها استفاده شده و نتایج مطلوبی نیز به‌همراه دارد [۸]. در پروژه‌های تونلسازی به دلیل ویژگی ب (محل پروژه) استفاده از ساختار فرآیندگرا ترجیح دارد. زیرا زمین تقریباً ناشناخته است و ممکن است پیشامدهای غیرمنتظره‌ای مسیر از پیش برنامه‌ریزی شده و دستاوردها را تغییر دهند. در این حالت با بازنگری یک WBS فرآیندگرا (برای مثال افزودن یا حذف یک فعالیت) کل ساختار WBS درهم‌نریخته و کیفیت آن تحت‌الشعاع قرار نمی‌گیرد.

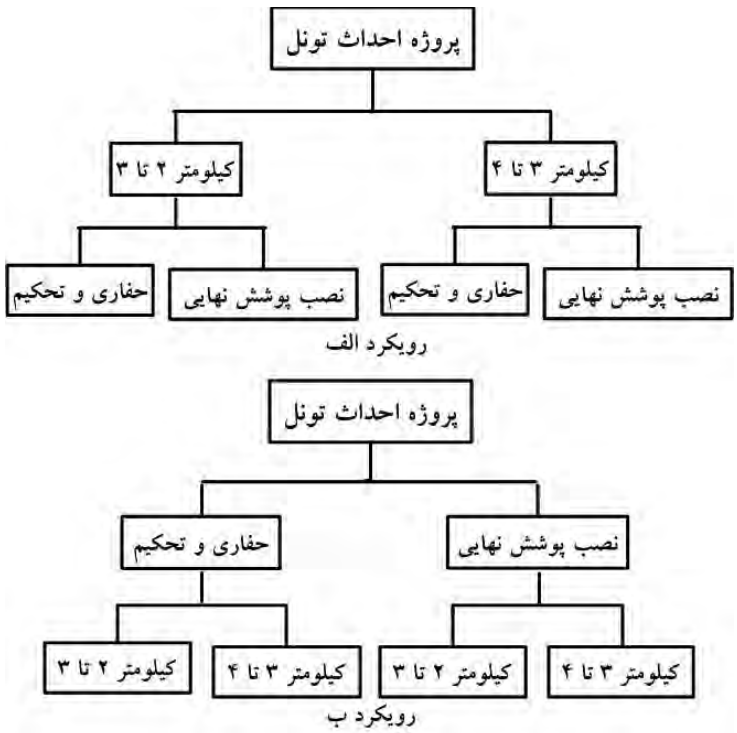
برای مثال در یک WBS دستاوردگرا اگر یکی از دستاوردها طول حفاری شده معینی از تونل بوسیله ماشین حفر تونل (TBM) تعریف شده باشد، در صورت گیرافتادن TBM دستاورد جدید بیرون آوردن آن است که نیاز به بررسی دلایل، ارائه راهکارها و تمهیدات دیگری دارد. زمان دستیابی به این دستاورد اصلی طولانی بوده و زیر دستاوردهای متعددی مطرح می‌شوند، به‌این‌ترتیب کل ساختار WBS درهم‌ریخته و یک «WBS باکیفیت بالا» نخواهد بود.

#### ۲-۲-۲ تعداد سطوح تفکیک

معمولاً پروژه‌ها دارای ۶ سطح تفکیک می‌باشند. هرچند در یک پروژه بسیار پیچیده نباید محدودیت ۶ سطح را رعایت نمود و موارد دیگر نیز ممکن است [۱۰]. به‌عنوان مثال WBS نشان داده شده در شکل۲، دارای ۳ سطح تفکیک است. طبق دومین ویرایش استانداردهای عملی WBS، در یک «WBS باکیفیت بالا» تعداد سطوح تفکیک به نیازهای یک پروژه و رویکرد مدیریتی که مدیر پروژه اتخاذ می‌کند بستگی دارد[۷]. با توجه به شرایط متفاوت ساخت تونل‌ها نمی‌توان تعداد سطوح معینی را بیان نمود که در همه پروژه‌ها قابل استناد باشد.




**شکل۲- ساختار تقسیم بندی کار (WBS) یک پروژه تونل انحراف سد**




**شکل ۳-نحموه اعمال رویکردهای مختلف مدیریتی در سطح دوم WBS**

### ۲-۳-۲ روش تفکیک و تقسیم کارها

روش تفکیک کارها را نباید با شیوه تعیین WBS یکسان فرض کرد. منظور از روش تفکیک، منطق یا موضوعی است که سطوح WBS بر اساس آن تفکیک می‌شوند. برای مثال WBS نشان داده شده در شکل ۱، بدون هیچ شیوه مشخصی و باتکیه بر تجربیات برنامه‌ریز تعیین شده است و روش تفکیک کارها بر اساس مراحل است. به‌هرحال منطق تقسیم کارها نیز به ویژگی‌های پروژه مورد نظر بستگی دارد [۷].

### ۲-۴-۲ رویکرد مدیریتی

ویژگی‌های WBS باید با رویکرد مدیریتی که مدیر پروژه انتخاب می‌کند متناسب باشد[۷]. شکل ۳ دو رویکرد مدیریتی مختلف الف و ب و تأثیر آنها در WBS را برای یک پروژه نشان می‌دهد. مدیریت پروژه‌های تونلسازی با متغیرهای متعددی که مهمترین آنها در بندهای الف تا ه بخش ۲-۱ شرح داده شد، سروکار دارد. رویکردهای سازمانی، تکنیک ها و فرآیندهای متفاوتی بکاررفته است، اما قطعیت موفقیت همچنان غیر قابل پیش‌بینی باقی است. یک رویکرد مدیریتی خاص ممکن است برای پروژه‌ای بسیار موفق بوده، درحالی‌که برای دیگری به‌طورکل قابل کاربرد نباشد[۴]. بنابراین شناخت رابطه رویکردهای مدیریتی مختلف با ویژگی‌های پروژه‌های تونلسازی نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

## ۳- شیوه‌های کارآمد در تعیین ساختار تقسیم‌بندی کار (WBS) پروژه‌های تونلسازی

برنامه‌ریزی پروژه‌های تونلسازی به دلایلی که برخی از آنها در بخش ۲-۱ ارائه شد، معمولاً مشکل است. بنابراین ناچاریم برای تعیین ساختار تقسیم بندی کار شیوه دقیق و مشخصی داشته باشیم. در هنگام تعیین WBS امکان کاربرد هریک از روشهای فهرست‌بندی و گروه‌بندی فعالیت‌ها و وظایف وجود دارد. اما هدف اصلی، بکارگیری هر یک از این روشها در چارچوب یک شیوه مشخص به‌منظور تعیین بهترین WBS از میان ساختارهای ممکن است. بهترین WBS در پروژه‌های تونلسازی، ساختار تقسیم‌بندی کاری است که ویژگی‌های یک «WBS باکیفت بالا» را داشته باشد و با ویژگی‌های پروژه نیز متناسب باشد. بنابراین شیوه کارآمد در این زمینه باید قادر به شناسایی و مدلسازی رابطه میان ویژگی‌های WBS و ویژگی‌های پروژه باشد.

همانطور که در بخش قبل ملاحظه شد، شناخت کامل رابطه یادشده نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد و شاید موضوع بسیاری از تحقیقات آتی باشد. اما نکته مهم در حل مسأله توجه به این موضوع است که در بسیاری از پروژه‌های تونلسازی «WBS با کیفیت بالا» تعیین شده و نتیجه موردنظر به‌دست‌آمده است. بنابراین دانش مربوط به رابطه بالا، هرچند به‌صورت اکتشافی[۹] و نامطمئن، در این پروژه‌ها اندوخته شده و امکان استفاده از آنها وجود دارد. این دانش دانش مبتنی بر تجربه است که دانش تجربی[۱۰] نیز نامیده می‌شود. به‌عبارتی دانش فرد خبره (برنامه‌ریز) بیشتر یک روش

سعی و خطایی بوده تا یک روش مبتنی بر منطق و الگوریتم. برای حل مسائلی که هیچ الگوریتم مشخصی ندارند و امکان حل آنها با روشهای سنتی و روشهای متداول برنامه‌نویسی وجود ندارد، بهترین راه‌حل استفاده از روشهای غیرمتداول مانند هوش مصنوعی است. به‌طور کلی هوش مصنوعی را بصورت زیر می‌توان تعریف نمود [۱۱]:

«فرآیندهای کامپیوتری که سعی دارند فرآیندهای تفکر انسان را تقلید نمایند، این فرآیندها با فعالیت‌هایی که نیاز به استفاده از هوش دارند در ارتباطند»

زیرمجموعه سیستم‌های خبره (ES) [۱۱] یکی از موفق‌ترین راه‌حل‌های تقریبی برای مسائل کلاسیک هوش مصنوعی (AI) [۱۲] است. ES و AI کاربرد زیادی در زمینه‌های مختلف مدیریت پروژه مانند زمان‌بندی، کنترل پروژه و ارزیابی ریسک داشته‌اند [۱۲]. با وجود اهمیت مرحله برنامه‌ریزی بخصوص تعیین WBS، تحقیقات اندکی در این زمینه انجام شده است. اما به‌طورکلی، شیوه‌های ارائه شده در سالهای اخیر را می‌توان در قالب سه رویکرد استدلال موردی (CBR)، شبکه‌های عصبی و تئوری فازی درنظرگرفت. در ادامه این بخش تحلیل و بررسی سه رویکرد یادشده ارائه می‌شود.

### ۳-۱ - استدلال موردی (CBR)

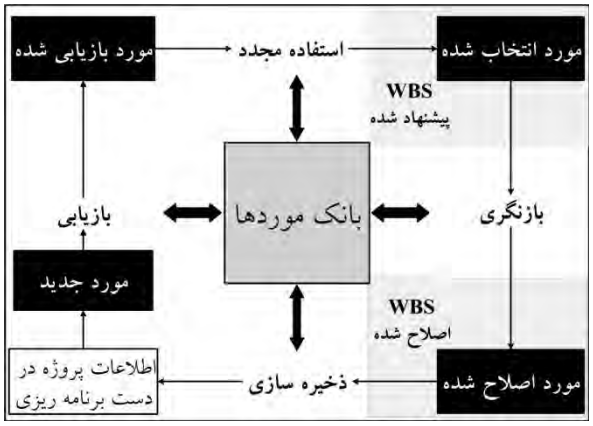
استدلال یک تکنیک عمومی است که سیستم‌های خبره به کمک آن مسائل را حل می‌کنند. امروزه استدلال موردی (CBR) به دلیل توانایی آن در تفسیر یک شرایط جدید با توجه به موارد قبلی، رویکردی کارآمد در استفاده از دانش برنامه‌ریزی موجود در پروژه‌های پیشین به شمار می‌رود[۱۳].

در سه دهه اخیر برنامه‌های کامپیوتری هوشمندی با استفاده از روش استدلال موردی (CBR) و دانش موجود به‌منظور برنامه‌ریزی فعالیت‌ها و تعیین WBS پروژه ارائه شده‌اند. این سیستم‌های خبره، موردی و یا ترکیبی از CBR و دیگر روش‌های استدلال می‌باشند. صرف‌نظر از تفاوت دانش ذخیره شده در سیستم‌های موجود و دامنه کاربرد آنها، شیوه اصلی در همه سیستم‌ها فرآیند چرخه‌ای CBR است که شامل چهار عمل «بازیابی[۱۳]، استفاده مجدد[۱۴]، بازنگری[۱۵]، ذخیره‌سازی[۱۶]» است[۱۴]. طی این فرآیند همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، با وارد کردن اطلاعات یا ویژگی‌های پروژه در دست برنامه‌ریزی (مورد جدید) شبیه‌ترین موارد از بین پروژه‌های ذخیره شده در بانک موردها بازیابی می‌شود.

بعد از آن شبیه‌ترین مورد انتخاب شده و از آن استفاده مجدد می‌شود. اگر مشخصات مورد بازیابی شده دقیقاً منطبق با ویژگی‌های مورد جدید نباشد، در مرحله بازنگری اصلاحاتی مانند افزودن یا حذف فعالیت اعمال می‌شود. در نهایت بعد از تعیین WBS پروژه و برنامه‌ریزی، مورد جدید خود در بانک موردها ذخیره می‌گردد.

**شکل ۴- فرآیند چرخه‌ای CBR**

یکی از تحقیقات کلیدی در این رویکرد سیستم خبره‌ای به‌نام FASTRAK_APT است. در این شیوه یک سیستم خبره مبتنی بر محدودیت و موردی برای برنامه‌ریزی پروژه‌های ساخت آپارتمان ارائه شده است[۱۵]. در سال ۲۰۰۴ سیستم خبره موردی دیگری به‌نام CasePlan برای برنامه‌ریزی پروژه ساخت نیروگاه برق ارائه شد. این شیوه بر مبنای مدل ذاتی[۱۸] محصولی است که برای توصیف موردهای پیشین و پروژه جدید توسعه داده شده است[۱۶]. با توجه به محدودیت دامنه کاربرد دو سیستم بالا، سیستم خبره موردی‌ای به‌نام CONPLA-CBR برای برنامه‌ریزی انواع مختلف پروژه‌های ساخت ارائه شده است[۱۳].




**شکل ۴- فرآیند چرخه‌ای CBR**

علاوه بر دامنه کاربرد گسترده‌تر، تسهیل بازیابی مورد مشابه به‌دلیل استفاده از رویکرد موردی پویا (DCA) [۱۹] (که باعث افزایش تعداد موردها می‌شود) و یک انبار اختصاصی داده‌های زمان‌بندی ساخت (CSDM) [۲۰] (که امکان مقایسه تعداد بیشتری از ویژگی‌های دو مورد را فراهم می‌کند) مزایای دیگر این شیوه هستند. مانند دو سیستم بالا، برای بکارگیری و همچنین ارزیابی این روش نرم افزاری ارائه شده است. در هر سه سیستم ورودی نرم افزار ویژگی‌های پروژه است. در خروجی WBS و در برخی موارد برنامه زمان‌بندی، هزینه و زمان پروژه توسط نرم افزار تهیه می‌شود. بدیهی است با توجه به دامنه کاربرد سه سیستم، مناسبترین روش برای تهیه WBS در پروژه‌های تونلسازی استفاده از متدلوژی ارائه شده در سیستم CONPLA-CBR می‌باشد. هرچند تهیه چنین سیستمی‌برای تعیین WBS پروژه‌های تونلسازی، مستلزم وجود تعداد کافی از WBS پروژه‌های پیشین و اعتبار آنها است. از طرفی علیرغم کارایی این شاخه از هوش مصنوعی در مدلسازی ارتباط ویژگیهای پروژه‌های تونلسازی و WBS، انجام مراحل چرخه فرآیند CBR کار مشکل و زمان‌بری است. زیرا همانطور که گفته شد دانش اندوخته شده در این پروژه‌ها بصورت قطعی تجربی می‌باشد. در بخش بعدی به حل این مشکل پرداخته می‌شود.

### ۳-۲ - شبکه‌های عصبی

اغلب افراد خبره نمی‌توانند توضیح دهند که چگونه مسائل را حل می‌کنند و تنها می‌گویند که پاسخ به ذهنشان می‌رسد، در چنین شرایطی نمی‌توان

دانش موجود را در سیستم خبره‌ای که با دانش صریح کار می‌کند وارد کرد. در این حالت تنها راه ممکن استفاده از برنامه‌هایی است که خودشان با تقلید از افراد خبره یادگیری می‌کنند. این برنامه‌ها بر اساس القا و شبکه‌های عصبی مصنوعی پایه‌گذاری شده‌اند [۱۱]. به‌طورکلی شبکه‌های عصبی نوعی فناوری پردازشی است که مبنای آن، اقتباس و بازسازی رویه شناخته‌شده مغز در پردازش و بازشناسی موضوعات می‌باشد [۱۷].

یکی از تحقیقات اخیر در این رویکرد شیوه‌ای است که برای تعیین WBS پروژه‌هایی با دامنه محدودی از موضوعات و اقلام مطرح شده در آن، بر مبنای شبکه‌های عصبی پیمانه‌ای (MNN) [۲۱] ارائه شده است[۱۷]. ورودی اصلی چارچوب ارائه شده مجموعه ویژگی‌های پروژه است که از شبکه‌های عصبی برای مدلسازی تأثیر آن در ساختار تقسیم‌بندی پروژه استفاده شده است.

### ۳-۳ - تئوری فازی

همانطور که اشاره شد، شرایط متفاوت پروژه‌های تونلسازی باعث پیچیدگی و عدم قطعیت عملیات ساخت آنها می‌شود. عدم قطعیت را می‌توان فقدان اطلاعات کافی جهت تصمیم‌گیری درنظرگرفت. قبل از طرح تئوری مجموعه‌های فازی، تنها ابزار ریاضی در حل مسائل عدم قطعیت، تئوری احتمالات بود. مفهوم مجموعه‌های فازی یک چارچوب اصولی بر پایه ریاضیات را برای مواجهه با ابهام فراهم می‌سازد. این تئوری به‌عنوان ابزار جذابی برای مواجهه با عدم قطعیت مطرح شده است [۱۱].

در دو رویکرد تشریح شده عدم قطعیت ناشی از ویژگی‌های پروژه درنظرگرفته نشده است. اخیراً از تئوری فازی در طراحی یک سیستم پشتیبانی تصمیم به‌نام TUNNEL_SIM برای برنامه‌ریزی پروژه‌های تونلسازی استفاده شده است [۳]. ورودی سیستم ویژگی‌های پروژه و دانش مربوط به پنج روش اجرایی (در ساخت تونل‌های مستطیلی و دایره‌ای) می‌باشد. در شیوه TUNNEL_SIM، فعالیت‌های پروژه با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروه فازی تعیین می‌شوند.

به‌این‌ترتیب سعی شده است که عدم قطعیت مربوط به عملیات ساخت درنظرگرفته شود.

در پایان مزایا و معایب و دامنه کاربرد شیوه‌ها و سیستم‌های مورد بررسی به‌طورخلاصه در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول۱: مزایا و معایب و حیطه کاربرد سیستم‌های تعیین ساختار تقسیم بندی کار**

| سیستم یا متدولوژی | مزایا | معایب | دامنه کاربرد |
|---|---|---|---|
| سیستم FASTRAK_APT Lee و همکاران، ۱۹۹۸ [۱۵] | ۱ - روشی موفق، بزرگ مقیاس، و قابل اجرا در شرایط واقعی.<br>۲ -کاهش زمان مورد نیاز برنامه ریزی | محدودیت کاربرد | پروژه‌هایی که دانش ساخت‌یافته و داده‌های کافی موجود باشد، مانند ساخت آپارتمان |
| سیستم CasePlan Tommelein ، Dzeng و 2004 [16] | ۱- استفاده از چندین استاندارد اندازه‌گیری مشابهت به منظور یافتن شبیه ترین مورد | موفقیت مشروط به وجود موردهایی با شبکه پروژه و فرمول‌هایی صحیح می‌باشد. | پروژه هایی با اجزاء ناپیوسته (تونلسازی اجزاء پیوسته دارد)، و محدود به ساخت نیروگاه برقی |
| سیستم CONPLA-CBR Park،2007 و Lee و Ryu [13] | ۱ - دامنه کاربرد گسترده‌تر. ۲- تسهیل بازیابی با رویکرد DCA و یک انبار اختصاصی داده های زمان بندی ساخت (CSDM) | وجود داده‌های کافی لازمه این سیستم می باشد. | انواع پروژه‌های ساخت |
| طراحی ساختار تقسیم بندی کار (WBS) با استفاده از شبکه‌های عصبی، هاشمی و امامی‌زاده،۲۰۰۷ [۱۷] | ۱- عدم وابستگی به دامنه موضوعات و اقلام مطرح شده در پروژه | ۱ - تأثیر غیر قابل پیش‌بینی افزایش تنوع عناوین پروژه‌های دامنه مورد نظر، بر روی حجم دادگان مورد نیاز | پروژه‌هایی با دامنه محدودی از موضوعات و اقلام مطرح شده |
| سیستم TUNNEL_SIM Marzok و همکاران، ۲۰۰۸ [۳] | ۱ - محسوب نمودن عدم قطعیت عملیات ساخت | محدودیت کاربرد | تونل‌هایی با سطح مقطع مستطیلی و دایره‌ای |

**۴ - نتیجه‌گیری**

در این مقاله ارتباط ویژگی‌های پروژه‌های تونلسازی با ساختار تقسیم بندی کار، و شیوه‌های تعیین WBS مورد بحث و بررسی قرار گرفت؛ به‌طور خلاصه می‌توان عنوان داشت در پروژه‌های تونلسازی برای تعیین بهترین WBS باید از یک شیوه کارآمداستفاده شود. ارتباط ویژگی‌های پروژه‌های تونلسازی و WBS هنوز مجهول است و ممکن است موضوع بسیاری از تحقیقات آتی باشد. از طرفی امکان استفاده از دانش اندوخته‌شده در پروژه‌های پیشین به‌منظور شناخت رابطه یادشده وجود دارد. بنابراین استفاده از دانش موجود برای مدیریت تصمیمات آتی به‌عنوان یک راهنمای کلی در تعیین WBS پیشنهاد می گردد. همچنین بررسی شیوه‌های جدید نشان می‌دهد که ظرفیت مناسبی برای کاهش قابل‌توجه زمان و هزینه‌های تونلسازی، با استفاده از دانش موجود فراهم شده است.

مراجع

[1].(Project management institute) A guide to project management body of knowledge. USA: PMI Standards Committee, 2nd edition, 2000.

[2].(Milosevic, D.Z.) Project management toolbox. John Wiley & Sons, pp 165-167 ,2003.

[3].(Marzok, Mohamed; Abdallah, Moatassem; El-Said, Moheeb). "TUNNEL_SIM: Decision support tool for planning tunnel construction using computer simulation". Proceedings of simulation conference. pp 2504-2511, 2008.

[4].(Reilly, J.J.). "The management process for complex underground and tunneling projects". Tunneling and Underground Space Technology. Vol.15, No.1, pp.31-44, 2000.

[۵].(نادری پور، محمود) برنامه ریزی و کنترل پروژه. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ص‌ص۷۵-۷۷، ۱۳۸۵.

[6].(Project management institute) Practice standard for work breakdown structures. USA: PMI Standards Committee, 2nd edition, 2006.

[7].(Norman, E.S.; Bortherton, SH.A.; Fried, R.T.) Work breakdown structures: The foundation for project management excellence. Jhon Wiley & sons, pp 1-25, 2008.

[8].(Pritchard, C.L.) Nuts and Bolts Series 1: How to build a Work Breakdown Structure. ESI International, Ist edition, 1999.

[9].(Project management institute) A guide to project management body of knowledge. USA: PMI Standards Committee, 3th edition, 2004.

[10].(Baker, S.; Baker, K.) On Time/On Budget. Prentice hall, 1992.

[۱۱].(غضنفری، مهدی؛ کاظمی، زهره) اصول و مبانی سیستمهای خبره. مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۷.

[12].(Iranmanesh, H.; Madadi, M.). "Anintelligent system framework for generating activity list of a project using WBS mind map and semantic network". Proceedings of World Academy of Science Engineering and Technology. pp 338-345, 2008.

[13].(Ryu, Han-Guk; Lee, Hyun-Soo; Park, Moonseo). "Construction planning method using case-based reasoning (CONPLA-CBR)". Journal of computing in civil engineering. Vol. 21, No. 6, pp.410-422, 2007.

[14].(Aamodt, A.; Plaza, P.). "Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches". AI comm, Vol.7, No.1, pp.39–59, 1994.

[15].(Lee, Kyoung Jun; Kim, Hyun Woo; Lee, Jae Kyu; Kim, Tae Hwan). "Case-and constraint-based project planning for apartment construction". AI magazine, Vol.19, No.1, pp.13–24, 1998.

[16].(Dzeng, R.J.; Tommelein, I. D.). "Product modeling to support case-based construction planning and scheduling". Automation in Construction. Vol.13, No.3, pp.341–360, 2004.

[17].(Hashemi Golpayegani S.A.; Emamaizadeh, B.) "Designing work breakdown structures using modular neural network". Decision support systems. Vol.44, No.1, pp.202-222, 2007

1- Work Breakdown Structure
2- Artificial Intelligence (AI)
3- Case-Based Reasoning
4- Neural Networks
5- Fuzzy Theory
6- Process-Oriented
7- Deliverable-Oriented
8 - Project Management Body of Knowledge
9- Heuristic Knowledge
10- Experiential Knowledge
11- Expert Systems
12- Artificial Intelligence
13- Retrieve
14- Reuse
15- Revise
16- Retain
17- Case- and Constraint-Based Project Planning
18- Generic
19- Dynamic Case Approach
20- Construction Schedule Data Mart
21- Modular Neural Network

# تحلیل سه بعدی سیستم تهویه طولی با استفاده از بادبزن سقفی (مطالعه موردی: گالری بهمن گیر امام‌زاده هاشم)

**بهزاد نیکنام[1]، حسن مدنی[2]**
**۱ - فارغ التحصیل کارشناسی ارشد استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیر کبیر**
**Behzadniknam@aut.ac.ir**
**۲ - استادیار دانشکده معدن و متالورژی دانشگاه صنعتی امیر کبیر**

چکیده
سیستم تهویه تونل در تامین ایمنی درون تونل های جاده ای در شرایط عادی و اضطرار سهم به سزایی دارد. در حالت عادی سیستم تهویه وظیفه تامین هوای تازه و برطرف کردن آلودگی های ناشی از کار ماشین آلات را بر عهده دارد . در حالت اضطرار، برای انجام عملیات نجات و خروج کاربران از تونل وظیفه کنترل یا خارج کردن دود را عهده دار است. تهویه طولی یکی از روش های مرسوم تهویه تونل است دراین سیستم برای کنترل دود یا آلودگی های درون تونل، بادبزن هایی درون تونل (معمولا سقف تونل) نصب می‌شود . این روش برای تونل های با جریان یک طرفه ترافیک کارایی بسیار مناسبی دارد.
هدف اصلی این مقاله،طراحی سیستم تهویه طولی گالری بهمن گیر امام زاده هاشم،که برای تهویه آن ۳۶۰ متر مکعب در ثانیه هوا لازم است،می‌باشد . بدین منظور،با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی سیستم تهویه طولی گالری امام زاده هاشم طراحی شد . مدل سه بعدی گالری امام زاده هاشم به طول ۸۰۰ متر توسط نرم افزار ساخته شد . برای مدل سازی جریان مغشوش سیال در اطراف بادبزن و دیواره تونل، از مدل استاندارد و معادلات ناویر استوکس سه بعدی برای حل روابط حاکم بر جریان سیال ناپایدار استفاده شد مش بندی مدل توسط مش با اندازه ۱۰ و ۴۰ سانتی متر به ترتیب در ناحیه تاثیر بادبزن و بقیه گالری انجام گرفت .
نتایج حاصل از مدل سازی اعتبار سنجی شد و برای تهویه گالری امام زاده هاشم سه بادبزن با قطر۱۱۲۸ میلی متر و شدت جریان خروجی ۱۸ متر مکعب در ثانیه با فاصله ۲۰۰ متری از هم توسط نرم افزار پیشنهاد شد . این انتخاب هم خوانی مطلوبی با روابط تجربی ارائه شده برای تهویه طولی گالری امام زاده هاشم دارد.
**کلمات کلیدی:** گالری امام زاده هاشم، تهویه طولی، دینامیک سیالات محاسباتی، نرم افزار Fluent

**۱. مقدمه**

با توجه به جریان ترافیک و مشخصات تونل، امروزه روش های مختلفی برای تهویه تونل های جاده ای به کار می رود[۲و۱].تهویه عرضی و طولی در تونل های جاده ای بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. سیستم تهویه عرضی با استفاده از کانال های تعبیه شده در سازه تونل به تامین هوای تازه و خارج کردن آلودگی های درون تونل می پردازد این روش معمولا برای تونل های جاده ای طویل با جریان ترافیک دو طرفه مناسب است.

درسیستم تهویه طولی برای کنترل دود یا آلودگی های درون تونل، بادبزن های درون تونل (معمولا سقف تونل) نصب می شود. این روش برای تونل های با جریان یک طرفه ترافیک کارایی بسیار مناسبی دارد. در این روش سرعت طولی حرکت هوا به حدی بالا است که مانع گسترش دود در بالادست محل آتش‌سوزی شود. گسترش دود در خلاف جهت جریان، عقب‌زدگی دود نامیده می شود. برای جلوگیری از پدیده عقب زدگی دود باید سرعت طولی جریان هوا در امتداد طولی، از حد سرعت بحرانی بیشتر باشد [۳و۶].

چندین روش برای طراحی سیستم تهویه تونل وجود دارد.

آزمایش های برجا، معمولا در تونل های جاده‌ای متروکه انجام می شود، این روش هزینه براست اما پایگاه داده‌ایی بسیار مناسبی را ایجاد می کنند به عنوان مثال می توان به برنامه آزمایشی تونل تاریخی در آمریکا [۷] و تونل فارتن [۸]اشاره کرد.به دلیل بالا بودن هزینه، تنها تعداد محدودی آزمایش برجا می توان انجام داد. بعضی از محققین برای نشان دادن برنامه تهویه اقدام به ساخت مدل های آزمایشگاهی می کنند. تعمیم نتایج حاصل از این روش به شرایط واقعی بسیار دشوار است و دقت این روش برخلاف روش برجا مناسب نیست.

سیستم تهویه تونل را می‌توان با استفاده از شبیه‌سازی عددی نیز طراحی کرد.در این حالت، طراح با شبکه های تهویه بسیار پیچیده، موانع موجود در شبکه و شرایط مرز ی متغیر مواجه است. به عبارت دیگر بمنظور مدلسازی باید حالات مختلفی را از ساده‌ترین حالت(جریان پایدار هوا درون تونل) تا پیچیده ترین حالت(سیستم تهویه تونل حین آتش‌سوزی)، بررسی نمود.

در سال های اخیر مدل سازی براساس دینامیک سیالات محاسباتی در دو بعد و سه بعد بسیار رواج یافته است.

دینامیک سیالات محاسباتی امکان بررسی رفتار جریان سیال در نزدیکی دیواره تونل، بادبزن تهویه و موانع موجود در تونل را فراهم می‌آورد. در این مقاله، بااستفاده از دینامیک سیالات محاسباتی سیستم تهویه گالری امامزاده هاشم طراحی می گردد به طوری که ۳۶۰ متر مکعب در ثانیه هوای تازه درون تونل به جریان افتد.

گالری بهمن گیر امام زاده هاشم در ۶۰ کیلومتری سه راه تهران پارس و در جاده هراز واقع شده است. دهانه جنوبی این گالری دارای طول جغرافیایی ۵۲ درجه و دو دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی است. گالری امام زاده‌هاشم ۱۳۵۴ مترطول، ۱۰/۴ متر عرض مفید، ۵/۷ارتفاع و ارتفاع مجاز در تمام طول جاده هراز از جمله گالری امام‌زاده هاشم ۴/۵ متر است. سطح مقطع گالری ۵۳ متر مربع و محیط آن ۲۹ متر و شیب طولی آن به سمت شمال حدود ۴/۷درصد است.در شکل۱ مشخصات مقطع عرضی گالری ارائه شده است[۱۰].

**۲. تئوری مسئله**

برای طراحی سیستم تهویه طولی، ابتدا با توجه به وضعیت تونل های مشابه، تعدادی بادبزن برای تهویه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین طول قسمتی از تونل که مربوط به هر بادبزن است، از تقسیم طول تونل بر تعداد بادبزن‌ها به دست می‌آید سپس شدت جریان هوایی که در اثر نصب مجموعه بادبزن‌ها در تونل به جریان می‌افتد از روابط تجربی محاسبه می‌شود. یکی از این روابط تجربی، رابطه گومینوگ به شرح زیر می‌باشد.

$$Q_t = Q_f \sqrt{\frac{A}{a\left(8.2RA^2+1\right)}} \qquad (۱)$$

که در آن:

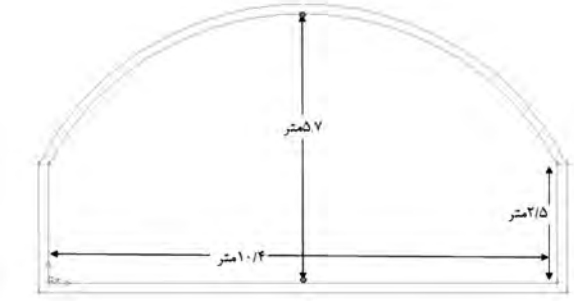
: شدت جریان هوایی که در تونل به جریان می‌افتد (متر مکعب در ثانیه)

: شدت جریان هوایی که از بادبزن خارج می‌شود (متر مکعب در ثانیه)

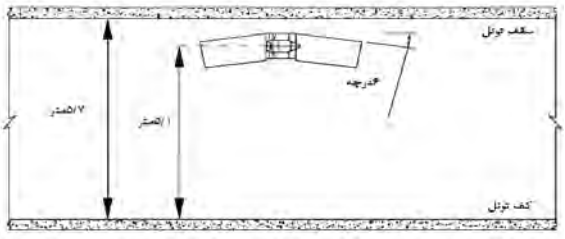
: سطح مقطع تونل برحسب متر مربع

: سطح مقطع خروجی بادبزن یا لوله کوتاه وصل شده به آن (متر مربع)

: مقاومت قسمتی از تونل که تهویه آن به عهده یک بادبزن است (کیلو مورگ)




**شکل ۱. سطح مقطع گالری امام زاده هاشم [۱۰]**




**شکل ۲. بادبزن نصب شده در سقف گالری امام زاده هاشم**

گومینوک همچنین شرایطی را که طی آن می‌توان از بادبزن سقفی استفاده کرد، تعیین کرده است. براساس مطالعات وی، هر گاه مقاومت قسمتی از تونل که بادبزن برای آن کار می‌کند از مقاومت حد،کمترباشد از این روش می‌توان استفاده کرد و اگر مقاومت بیش از این مقدار شود، باید روش‌های دیگر را به کار برد. مقاومت حد از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_c = \frac{.122}{A}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{A}\right) \qquad (۲)$$

Rc: مقاومت حد

برای تعیین یعنی مقدار هوایی که توسط بادبزن سقفی تولید می‌شود، ابتدا بایستی منحنی مشخصه کلی بادبزن را نسبت به تغییرات مجموعه فشارهای استاتیکی و دینامیکی هوای خروجی از بادبزن، نسبت به تغییرات شدت جریان رسم کرد. برای این کار،پس از رسم منحنی مشخصه خود بادبزن، تعدادی خطوط قایم در همان دستگاه مختصات رسم و مختصات نقاط برخورد آن‌ها با منحنی مشخصه یعنی و را قرائت می‌کنند. سپس در هر حالت، به کمک رابطه زیر، فشار دینامیکی هوا را به دست می‌آورند:

$$P_{vi} = \gamma \frac{\left(\frac{Q_i}{a}\right)^2}{2g} \qquad (۳)$$

که درآن وزن مخصوص هواست. سپس با افزودن به ارتفاع هر یک از نقاط برخورد، نقاط جدیدی به دست می‌آید که از وصل آنها به هم، منحنی مشخصه کلی بادبزن حاصل می‌شود.

پس از رسم منحنی مشخصه کلی، در همان دستگاه مختصات، منحنی مشخصه لوله کوتاهی را که درجلوی بادبزن تعبیه می‌شود نیز رسم می‌شود. این منحنی به صورت سهمی با معادله است که از مبدا مختصات می‌گذرد. برای تعیین در این رابطه، می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد.

$$R_1 = \frac{0.0612\xi}{a^2} \qquad (۴)$$

که درآن ضریب افت موضعی در نتیجه گشاد شدن ناگهانی مقطع است. برای محاسبه این ضریب می‌توان از رابطه خاروف به شرح زیر استفاده کرد.

$$\xi = k\left(1 + \frac{\alpha}{0.001}\right) \qquad (۵)$$

که درآن ضریب اصطکاک تونل و ضریبی است که مقدار آن را در هر حالت می‌توان از جدول ۱ به دست آورد.

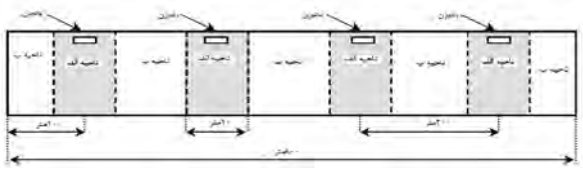
**جدول ۱: مقادیر ضریب K برای استفاده در رابطه۵[۱۱]**

| نسبت a/A | ۰ | ۱/۰ | ۲/۰ | ۳/۰ |
|---|---|---|---|---|
| k | ۹۵/۰ | ۸۵/۰ | ۶۸/۰ | ۵۲/۰ |

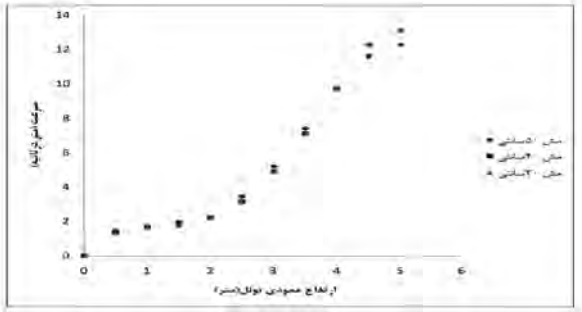
بدین ترتیب به کمک این اطلاعات، می‌توان منحنی را رسم کرد. طول نقطه تلاقی این منحنی با منحنی مشخصه کلی بادبزن، را به دست خواهد آمد. پس از محاسبه، در صورتی که شدت جریانی که از رابطه ۱ به دست می‌آید، کمتر از میزان مورد نظر باشد، بایستی از بادبزن بزرگتر استفاده کرد و یا اینکه فاصله بادبزن هارا کمتر در نظر گرفت.

## ۳. مدل سازی عددی

مدل سه بعدی گالری امام زاده هاشم با استفاده از کد دینامیک سیالات محاسباتی ساخته شده است..مطابق با هندسه گالری امام زاده هاشم، مدل ساخته شده ۱۰/۴ متر پهنا و ۵/۷ متر ارتفاع، ۸۰۰ متر طول و ۵۳ متر مربع سطع مقطع دارد(شکل۱). به منظور اطمینان از صحت نتایج و کاهش زمان محاسباتی، مدل ارائه‌شده به دو ناحیه الف و ب با مش بندی مختلف تقسیم شده است. شکل۳ ناحیه الف مربوط به مش بندی ناحیه بادبزن به طول ۱۰متر وناحیه ب شامل سایر قسمت‌های مدل می‌باشد. برای مش بندی ناحیه الف مش با ابعاد ۱۰سانتی متر و برای ناحیه ب از مش با اندازه ۵۰،۴۰،۳۰سانتی متر استفاده می‌شود. نیمرخ سرعت در امتداد محور عمودی سطح مقطع تونل در فاصله ۲۰ متری از بادبزن خروجی برای مش‌بندی با اندازه ۵۰،۴۰،۳۰سانتی متر در شکل ۴ آورده شده است با توجه به شکل ۴ نتایج حاصل از مش بندی ۴۰و ۳۰ سانتی متر برای ناحیه ب همپو شانی مناسبی باهم دارند، از این رو بمنظور کاهش زمان محاسبات و رسیدن به یک جواب منطقی مش با اندازه ۴۰ سانتی برای ناحیه ب و ۱۰ سانتی متر برای ناحیه الف انتخاب می گردد.



**شکل ۳. تصویر شماتیک از مدل ساخته شده**



**شکل ۴. نیمرخ سرعت در امتداد محور عمودی سطع مقطع تونل با فاصله ۲۰ متری از دهانه بادبزن برای مش بندی مختلف ناحیه ب**

۳-۱. قوانین حاکم

معادلات حاکم برناحیه جریان ناپایدار و مغشوش سیال، معادلات ناویر استوکس همراه با مدل استاندارد می‌باشد[۱۲،۱۳]. معادلات انتقال ارائه شده برای مدل به صورت زیر است:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right]+p_k+p_b-\rho\varepsilon \qquad (۶)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}\right]+C_{\varepsilon 1}\frac{\varepsilon}{k}p_k-C_{\varepsilon 2}\rho\frac{\varepsilon^2}{k} \qquad (۷)$$

که درآن:

$C_{\varepsilon 1}, C_{\varepsilon 2}$: ضرایب ثابت مدل

$k$: انرژی جنبشی جریان مغشوش $\left(m^2 s^{-2}\right)$

$p_b$ :تولید انرژی در اثر نیروی شناوری $\left(N.M^{-2}.S^{-1}\right)$

$p_k$: تولید انرژی در اثر تنش جریان مغشوش $\left(N.M^{-2}.S^{-1}\right)$

$\varepsilon$: آهنگ زوال انرژی جنبشی جریان مغشوش

$\mu$:ضریب گرانروی دینامیکی $\left(N.M^{-2}.S^{-1}\right)$

$\mu_t$:ضریب گرانروی دینامیکی جریان مغشوش $\left(N.M^{-2}.S^{-1}\right)$

$\rho$:چگالی هوا $\left(kg.m^{-3}\right)$

$\sigma$:عدد پراندل جریان مغشوش(بی بعد)

$t$: زمان $(s)$

### ۳-۲. شرایط مرزی مدل

شرایط مرزی زیر،برای مدل ساخته شده اعمال شده است:

بادبزن تهویه با استفاده از شرایط مرزی سرعت ورودی تعریف شده است. این مرز ۱/۱۲۸ متر قطرهیدرولیکی، ۱۸ متر در ثانیه سرعت خروجی و ۳ درصد شدت توربولانس دارد.

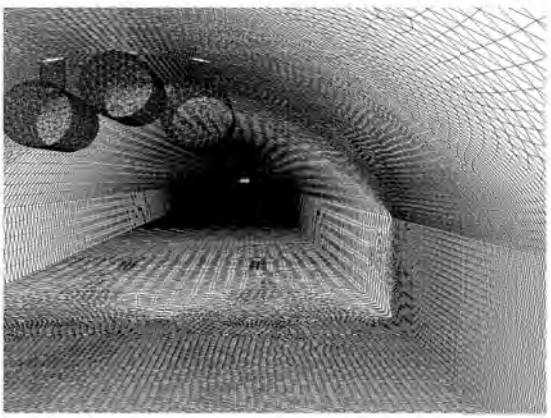
هوای درون تونل ۳۰۰ درجه کلوین دما داشته و از قانون گاز ایده آل پیروی می کند.

زبری دیواره، کف و سقف تونل به ترتیب ۱ و ۳ سانتی متر در نظر گرفته شده است.

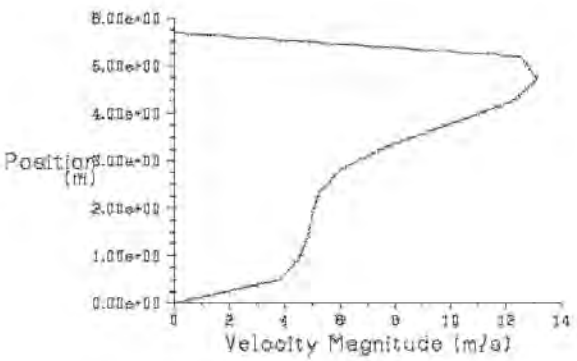
زاویه لبه خروجی بادبزن ۶ درجه و مطابق با شرایط واقعی در نظر گرفته شده است.

### ۴. نتایج حاصل از مدلسازی

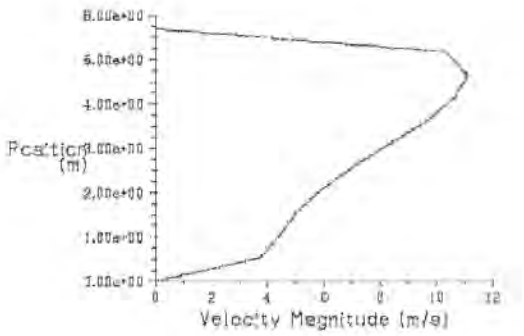
نتایج حاصل از مدل‌سازی در شکل ۶ تا۱۴ در گالری امام زاده‌هاشم ارائه شده است. سه بادبزن در فاصله۲۰۰ متری از هم با شدت جریان ۱۸ متر مکعب در ثانیه و قطر هیدرولیکی ۱/۱۲۸ متر، برای تامین شدت جریان ۳۶۰ متر مگعب در ثانیه کار می کنند. با توجه به شکل ۱۴، نیمرخ سرعت مابین ۶/۸ تا ۷متر در ثانیه قرار دارد لذا این بادبزن‌ها در حالت ترافیک متراکم شدت جریان ۳۶۰متر مکعب در ثانیه را تامین می‌نماید. چنانچه این اشکال نشان می‌دهد، با دور شدن از خروجی بادبزن، سرعت حرکت هوا در امتداد ارتفاع مقطع تونل یکنواخت‌تر می‌شود. به عبارت دیگر از مغشوشیت و ناپایداری جریان هوا کاسته می‌شود.



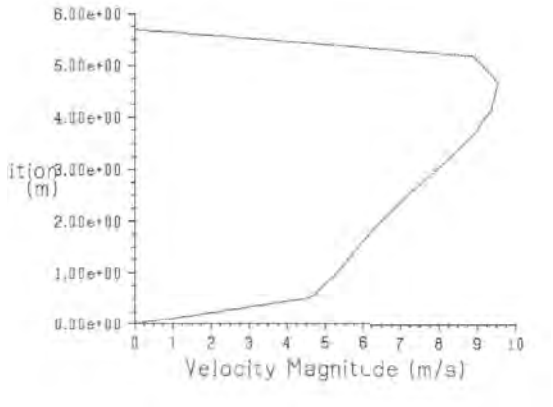
**شکل ۵. مدل ساخته شده از گالری امام زاده هاشم**



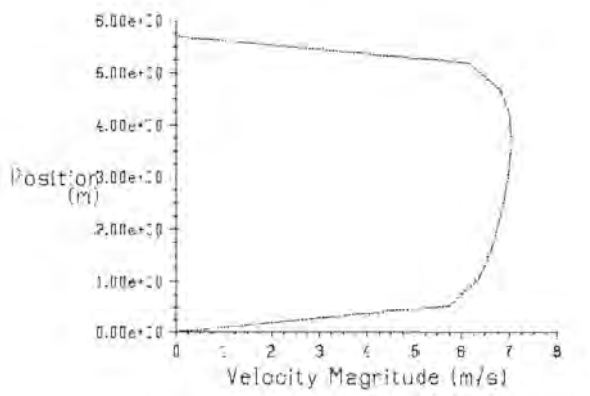

**شکل۶. نیمرخ سرعت در محور عمودی مقطع تونل**
**( فاصله از دهانه بادبزن: ۲۰ متر)**



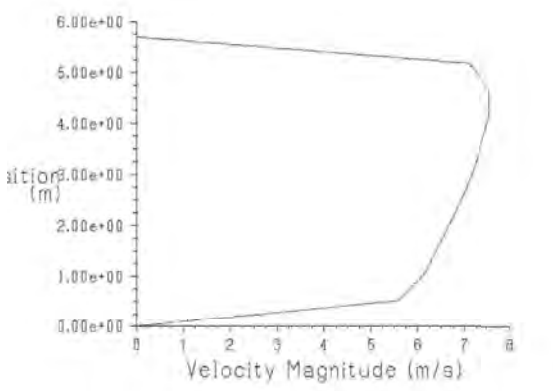

**شکل۷. نیمرخ سرعت در محور عمودی مقطع تونل**
**( فاصله از دهانه بادبزن:۴۰ متر)**



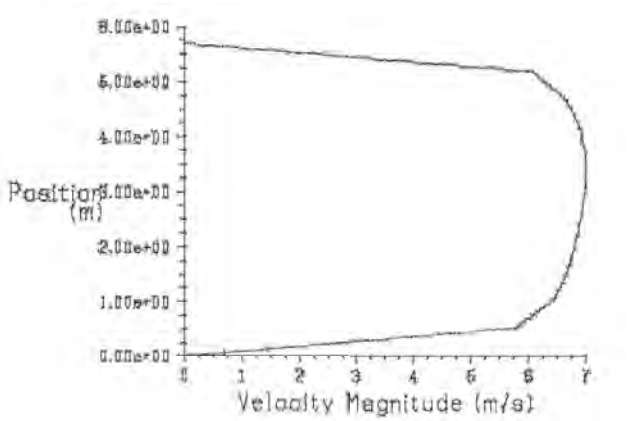

شکل۸. نیمرخ سرعت درمحور عمودی مقطع تونل
( فاصله از دهانه بادبزن: ۸۰ متر )



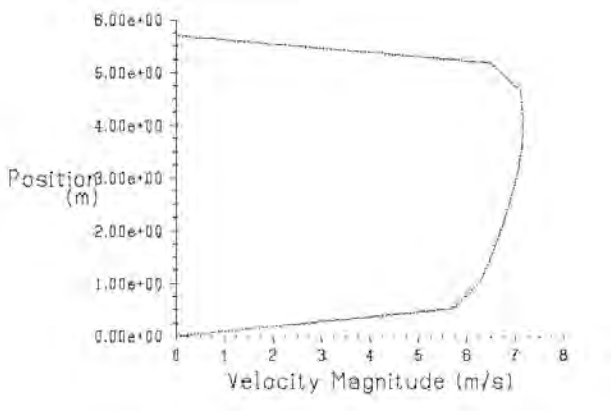

پشکل۱۱. نیمرخ سرعت در محورعمودی مقطع تونل
( فاصله از دهانه بادبزن: ۱۴۰ متر )



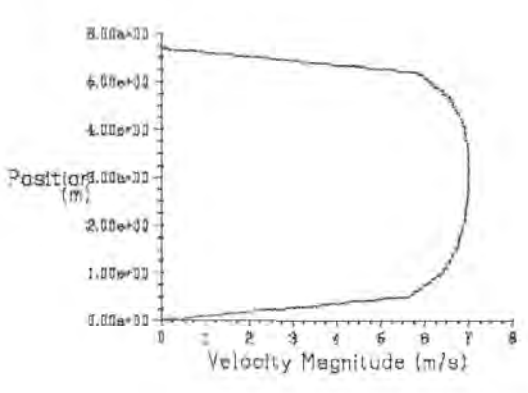

شکل۹. نیمرخ سرعت درمحور عمودی مقطع تونل
( فاصله از دهانه بادبزن: ۱۰۰ متر )



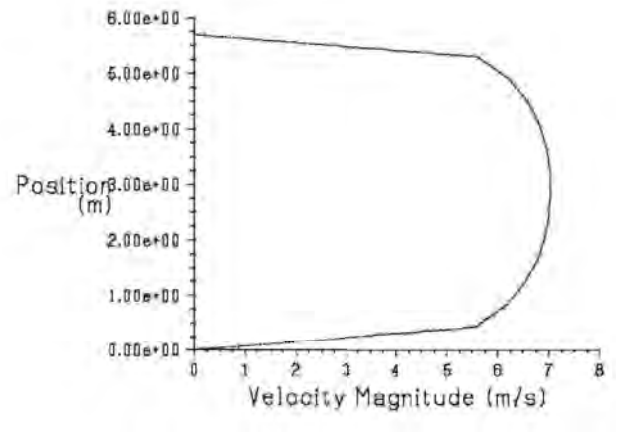

شکل۱۲. نیمرخ سرعت در محور عمودی مقطع تونل
( فاصله از دهانه بادبزن: ۱۶۰ متر )




شکل۱۰. نیمرخ سرعت در محور عمودی مقطع تونل
( فاصله از دهانه بادبزن: ۱۲۰ متر )




شکل۱۳. نیمرخ سرعت در محور عمودی مقطع تونل
( فاصله از دهانه بادبزن: ۱۸۰ متر )




**شکل ۱۴. نیمرخ سرعت درمحور عمودی مقطع تونل**
**( فاصله از دهانه بادبزن: ۲۰۰ متر )**

### ۵. اعتبار سنجی نتایج

برای تهویه گالری بهمن گیر امام زاده هاشم ۳۶۰ متر مکعب در ثانیه هوا لازم است، در زیر به بررسی تامین شدت جریان ۳۶۰ متر مکعب در ثانیه هوا با استفاده از بادبزن سقفی پرداخته شده است.

قطر بادبزن ۱/۱۲۸ میلیمتراست بنابراین مساحت مقطع بادبزن برابر است با:

$$D = 1.126 \rightarrow a = 1m^2 \qquad (۸)$$

فشار دینامیکی بادبزن با توجه به رابطه ۳ برابر است با:

$$P_{vi} = \gamma \frac{\left(\frac{Q}{a}\right)^2}{2g} = 0.051Q^2 \qquad (۹)$$

a: مساحت مقطع بادبزن

همچنین نسبت a/A برابر است با:

$$\frac{a}{A} = \frac{1}{53} = 0/019 \qquad (۱۰)$$

با توجه به جدول۱ و رابطه ۱۰ ضریب K برابر ۰/۹۵ خواهد شد. از طرفی برای تونل‌های که در سنگهای آذرین و دگرگونی حفر می‌شوند ضریب اصطکاک در نظر گرفته می‌شود لذا با توجه به رابطه ۵، ضریب افت موضعی در نتیجه گشاد شدن ناگهانی مقطع برابر است با:

$$\xi = k\left(\frac{\alpha}{./001}+1\right) = /95\left(\frac{17\times10^{-4}}{./001}+1\right) = 2/565 \qquad (۱۱)$$

حال با توجه به رابطه۴، R۱ بصورت زیر بدست می‌آید:

$$R_1 = \frac{./06124\xi}{a^2} = \frac{./0612\times2.565}{1^2} = /156978 \qquad (۱۲)$$

و لذا برابر است با:

$$\Delta P = ./156978Q^2 \qquad (۱۳)$$

با استفاده از محاسبات فوق و داشتن چند نقطه از منحنی مشخصه بادبزن مزبور جدول ۲ تشکیل داده می‌شود.

**جدول ۲: چندین نقطه از منحنی مشخصه بادبزن بازاویه پره ۳۵ درجه[۱۴]**

| شدت جریان (متر مکعب در ثانیه) | فشار استاتیکی بادبزن (میلی متر آب) | فشار کلی بادبزن (میلی متر آب) |
|---|---|---|
| 12/5 | 67 | 75 |
| 14 | 64/22 | 74/22 |
| 16 | 60/14 | 73/2 |
| 18 | 52 | 68/5 |
| 20 | 81/42 | 63/21 |

همان طور که از شکل ۱۵ مشخص است، طول نقطه تلاقی منحنی مشخصه لوله و منحنی مشخصه بادبزن که همان است برابر ۱۸متر مکعب در ثانیه به دست می‌آید. این رقم در حالتی است که بادبزن‌ها به صورت تکی در تونل نصب شود. در حالتی که بادبزن‌ها به صورت سه قلو نصب شوند، عملکرد آن‌ها به صورت موازی خواهد بود، یعنی شدت جریان هوای تولید شده سه برابر می‌شود و فشار بادبزن‌ها تغییری نمی‌کند. برای دستیابی به نقطه عملکرد این بادبزن‌ها قطعا باید منحنی مشخصه لوله‌های متصل به بادبزن‌ها را به صورت موازی در نظر گرفت. طول محل تلاقی دو منحنی جدید، اصلی را به دست خواهد داد که سه برابر اولیه خواهد بود. به همین خاطر، در موارد دیگر با سه برابر کردن مقدار اولیه، نهایی را در محاسبات منظور شده و از رسم مجدد منحنی اجتناب شده است.

مقاومت تونل از رابطه ۱۴ بدست می‌آید.

$$R = \alpha\frac{LP}{A^3} = 1.7\times10^{-4}\frac{26\times L}{53^3} = 2.96\times10^{-8}L \qquad (۱۴)$$

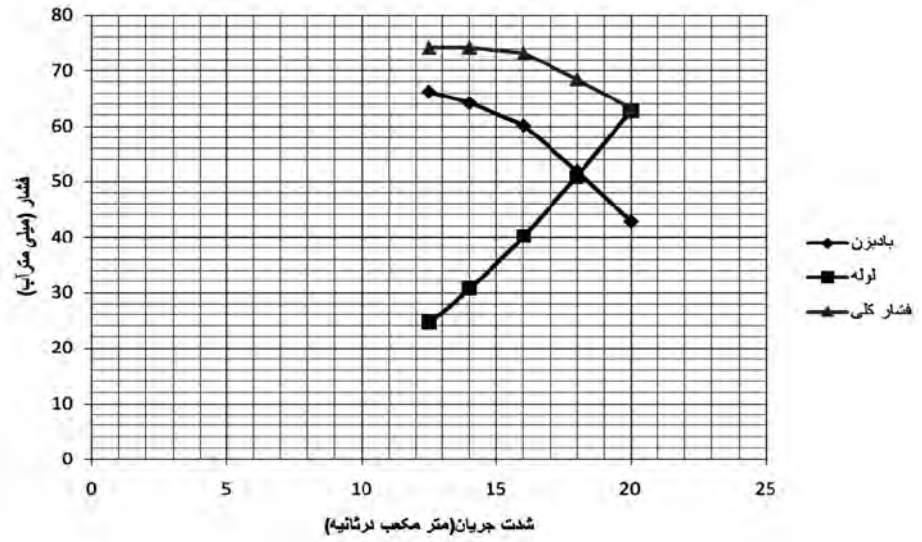
از آنجا که فاصله بادبزن‌ها ۲۰۰ متر در نظرگرفته شده است، طول تونل مربوط به هر بادبزن ۲۰۰ متر بوده و لذا طبق رابطه ۱۴ مقاومت تونل برابر می‌شود با:

$$R = \alpha\frac{LP}{A^3} = 1.7\times10^{-4}\frac{26\times200}{53^3} = 5.93\times10^{-6} \qquad (۱۵)$$

از طرفی با توجه به رابطه ۱۶ مقاومت حد برابرخواهد شد با:

(۱۶)

$$R_c = \frac{./122}{A}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{A}\right) = \frac{.122}{53}\left(\frac{1}{1}-\frac{1}{53}\right) = 2.25\times10^{-3}$$




**شکل ۱۵: منحنی مشخصه بادبزن و لوله کوتاه متصل به آن**

چون $R < R_c$ است پس می توان از فرمول کومینوک استفاده نمود. بنابراین طبق رابطه ۱، شدت جریان هوا برابر می‌شود با:

$$Q_t = Q_f \sqrt{\frac{A}{a\left(8.2RA^2+1\right)}} = 3\times 18 \sqrt{\frac{53}{1\left(8.2\times 5/93\times 10^{-6}\times 53^2+1\right)}} = 368\, m^3/s$$

شدت جریان حاصل بیش از مقدار هوای لازم برای تهویه تونل است، بنابراین قادر به تامین شرایط مطلوب برای تهویه تونل بوده و در صورت استفاده از این بادبزن برای تهویه گالری امام زاده‌هاشم، ۲۱ بادبزن در ۷ ردیف سه تایی لازم می‌باشد.

### ۶. نتیجه گیری

برای تهویه گالری امام زاده‌هاشم ۳۶۰ متر مکعب در ثانیه هوا لازم است برای تامین این شدت جریان موارد زیر پیشنهاد می-گردد.

- استفاده از بادبزن سقفی مدل با دور موتور ۱۴۶۰ دور در دقیقه با زاویه پره ۳۵ درجه
- بادبزن‌ها در فاصله ۲۰۰ متری از هم و در ارتفاع ۵/۱ متری از کف تونل به صورت سه تایی نصب شوند.
- شدت جریان خروجی از بادبزن باید ۱۸ متر مکعب در ثانیه و زاویه لبه بادبزن با سقف تونل باید ۶ درجه باشد.
- تعداد بادبزن مورد نیاز برای تهویه تونل ۲۱ بادبزن در ۷ ردیف سه تایی است.
- با فاصله گرفتن از دهانه خروجی بادبزن‌ها، از مغشوشیت و ناپایداری جریان هوا کاسته می‌شود.

### ۷ - مراجع

[1] F. Vuilleumier، A. Weatherill, B. Crausaz(2002), Safety aspects of railway and road tunnel: example of the Lotschberg railway tunnel and Mont-Blanc road tunnel, Tunn. Undergr. Sp. Technol. pp153–158.

[2] A. Leitner. (2001), The fire catastrophe in the Tauern Tunnel: experience and conclusions
for the Austrian Guidelines, Tunn. Undergr. Sp. Technol pp217–223.

[3] W.H. Hong2004, The progress and controlling situation of Daegu subway firedisaster, in: 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, pp. 28–46.

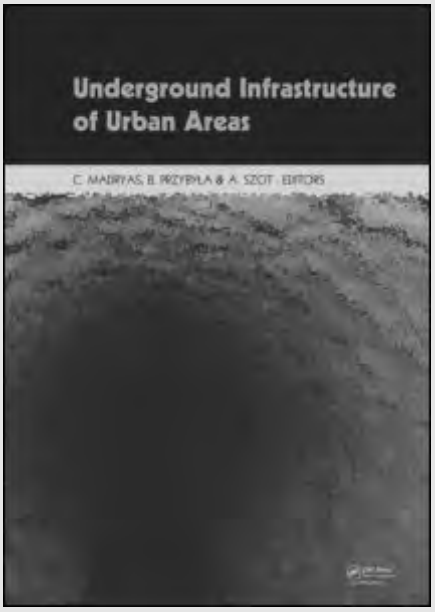
[4] SCMP(2005), Fire engulfs Alpine Tunnel, killing two, South China Morning Post(SCMP), International, p. A15, 6 June.

[5] L.H. Hu, N.K. Fong, L.Z. Yang, W.K. Chow, Y.Z. Li, R. Huo(2007), Modelingfire-induced smoke spread and carbon monoxide transportation in along channel: fire dynamics simulator comparisons with measured data, J.Hazard. Mater. pp293–298.

[6] N.H. Danziger, W.D. Kennedy1982, Longitudinal ventilation analysis for theGlenwood canyon tunnels, in: Proceedings of the Fourth InternationalSymposium Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels,, pp.169–186.
[7] Y. Oka, G.T. Atkinson(1995), Control of smoke flow in tunnel fires, Fire Safety
pp 305–322.
[8] G.B. Grant, S.F. Jagger, C.J. Le(1998) a, Fires in tunnels, Phil. Trans. R. Soc.Theme Issue on Fire Dynamics pp 2873–2906.
[9] G.B. Grant, S.F. Jagger, 2005 Use of tunnel ventilation for fire safety, in: TheHandbook of Tunnel Fire Safety, Thomas Telford, Ltd.
[۱۰]مدنی،حسن.محمد رضا گلیان(۱۳۷۹).طراحی سیستم تهویه گلری بهمن گیر امام زاده‌هاشم پایان نامه کارشناسی ارشد استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیر کبیر
[۱۱]مدنی،حسن (۱۳۷۸). تونل سازی جلد سوم انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر
[11] J.P. Kunsch(1999), Critical velocity and range of a fire-gas plume in a ventilatedtunnel, Atmos. Environ pp 13–24.
[12] V.betta F.Cascetta.(2010)"Fluid dynamic performances of traditional and alternative jet fans in tunnel longitudinal ventilation systems " tunneling and underground spae technology pp 415-422.
[13] V.betta F.Cascetta.(2009)"Numerical study of the optimization of the pich angle of an alternative jet fan in a longtidual tunnel ventilation system "tunneling and underground spae technology pp 164-172.
[14] F.Collela. R.carvell(2009) "calculation and design of tunnel ventilation system using a two scale modeling approach" Building and environment pp 2357-2367.

# معـــرفی کتاب

**عنوان کتاب:**
**Underground Infrastructure of Urban Areas**
**ویرایش:**
**Cezary Madryas, Bogdan Przybyla, Arkadiusz Szot**
**ناشر: CRC Press**
**تاریخ انتشار: ۲۰۰۸**




سازه های زیربنایی همچون تونل‌های راه و راه‌آهن، تونل‌های قطار شهری، و کانال‌های آب و فاضلاب برای مناطق شهری حیاتی می‌باشند چرا که نقش‌های مهمی از جمله حمل و نقل عمومی، انتقال انرژی، آبرسانی و نیز ارتباطات را بر عهده دارند. این کتاب مجموعه مقالات متعددی در رابطه با طراحی، کاربری، اجرا، حفظ و نگهداری سازه‌های زیرزمینی با توجه ویژه به جنبه‌های ژئوتکنیکی. برنامه‌ریزی شهری می‌باشد. مطالب مطرح شده در کتاب شامل موارد زیر می‌باشد:

- لوله‌های آب و گازرسانی
- مخازن و انبارهای زیرزمینی
- سازه‌های زیربنایی شهری و مدیریت شهرها
- سیستم‌های زهکشی
- ریزتونل‌ها و لوله‌رانی
- تونل‌های راه
- بنای سازه‌های زیرزمین

**عنوان کتاب: Sprayed Concrete Lined Tunnels**
**نویسنده: Alun Thomas**
**ناشر: Spon Press**
**تاریخ انتشار: ۲۰۰۸**

کتاب حاضر معرف خوبی برای طراحی و اجرای تونل با پوشش بتن پاشیده می‌باشد. رفتار پیچیده بتن تازه پاشیده شده به مدیریت مناسب نیاز دارد. این کتاب تمامی‌جوانب تونل‌ها با پوشش بتن پاشیده از اجزای تشکیل دهنده تا جزئیات طراحی و مدیریت اجرا را در بر می‌گیرد. هر چند شکل و شیوه‌های متفاوت بتن پاشی با هم ارتباط دارند ولی مهندسان معدودی تجربه و تخصص کافی در اجرای دقیق جزئیات را دارند.
این کتاب شامل فصول زیر می‌باشد:
۱) تونل با پوشش بتن پاشیده چیست؟ ۲) بتن پاشیده ۳) روش‌های اجرا ۴) روش‌های طراحی ۵) ابزار طراحی ۶) مدیریت ساخت و اجرا ۷) نمونه‌های موردی.

**عنوان کتاب: Deep Excavation–Theory and Practice**
**نویسنده: Chang–Yu Ou**
**ناشر: Taylor & Francis**
**تاریخ انتشار: ۲۰۰۶**

تسریع رشد اقتصادی و توسعه زندگی شهری باعث شده که مهندسان اقدام به گودبرداری‌های عمیق‌تر و بزرگتر در زمین‌ها و خاک‌هایی با شرایط مشکل‌تر بپردازند. چنین شرایط پیچیده‌ای به روش‌های تحلیل و طراحی جدیدتر و تجهیزات اجرایی پیشرفته‌تر نیاز دارد. بیشتر کتاب‌های موجود به معرفی روش‌های محاسبه و تحلیل سنتی در پی‌سازی و طراحی گودبرداری‌ها اقدام می‌نمایند و مباحث عملی را تا حدود زیادی نادیده می‌گیرند. این کتاب هر دو بخش را پوشش می‌دهد و روش‌های جدید طراحی و اجرا را مرور می‌نماید.
فصول کتاب شامل موارد زیر می‌باشد:
۱) مقدمه ۲) ویژگی‌های خاک ۳) روش‌های گودبرداری و شیوه‌های نگهداری ۴) فشار جانبی خاک ۵) تحلیل پایداری ۶) تحلیل تنش و تغییرشکل به روش ساده ۷) تحلیل تنش و تغییرشکل با روش ستون بر پی الاستیک ۸) تحلیل تنش و تغییرشکل با استفاده از روش المان محدود ۹) آبکشی از گودبرداری‌ها ۱۰) طراحی اجزای سازه ۱۱) گودبرداری و نگهداری سازه‌های جانبی ۱۲) روش‌های رفتارنگاری

# چکیده مقالات منتخب نشـــریات

**مدل نرخ استمرار در بررسی عملکرد رفتاری شبکه‌های جمع آوری آب فاضلاب**

Rizwan Younis, Mark A. Knight, 2010, "Continuation ratio model for the performance behavior of wastewater collection networks", In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 25, Issue 6, (December 2010), Pages 660-669.

**تاسیسات قدیمی فاضلاب کانادا دچار فرسودگی است. مقررات جدید اقتصادی و زیست محیطی، شهرداری‌ها را مجبور به تخمین هزینه‌های بهره‌برداری از سیستم‌های در حال کار و برنامه‌ریزی اقتصادی به منظور حفاظت از حقوق شهروندان و نیز محیط زیست نموده است. در حال حاضر وضعیت فرسایش و تخریب لوله‌های آب فاضلاب به درستی شناخته نشده و باید مدل‌های واقع‌بینانه‌ای از وضعیت تخریب آنها ایجاد گردد.**
**مقاله حاضر یک مدل رگرسیون ترتیبی برای وضعیت تخریب لوله‌های آب فاضلاب بر اساس نرخ استمرار را ارائه می‌نماید. این مدل با استفاده از یک رابطه خطی تعریف شده و ویژگی‌های طبیعی متغیرها و اندرکنش میان عوامل متعدد را در نظر می‌گیرد. این مدل امکان تخمین شرایط محتمل برای وضع یک خط لوله را بسته به سن و جنس لوله فراهم می‌نماید. برای ایجاد و اعتبارسنجی مدل از داده‌های با کیفیت بالای خط لوله سیستم فاضلاب شهر نیاگارا استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که فرسودگی و تخریب لوله‌ها ممکن است به سن یا جنس مصالح ساخت لوله یا نحوه نصب آنها بستگی داشته باشد. استفاده از مدل "نرخ استمرار" می‌تواند برای تعریف دستورالعمل‌های ریسک، برنامه ریزی و مدیریت تعمیر و نگهداری، بهینه سازی شبکه سیستم های جمع آوری فاضلاب به کار گرفته شود.**

**ارزیابی عمق ترک‌های سطحی لوله‌های بتنی به روش غیر مخرب**

Yanjun Yang, Maria Anna Polak, Giovanni Cascante, 2010, "Nondestructive evaluation of the depth of surface-breaking cracks in concrete pipes", In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 25, Issue 6, (December 2010), Pages 736-744.

**ترک‌های سطحی در لوله‌های بتنی باعث می‌شود ویژگی های مصالح تشکیل دهنده و ساختاری آن تحت تاثیر قرار گیرد. به همین دلیل استفاده از روش‌های غیر مخرب برای بررسی عمق ترک به منظور ارزیابی عملکرد این لوله‌ها، که بیشتر در تاسیسات زیرزمینی به کار رفته و به صورت حفاری بدون ترانشه (ریز تونل‌ها) نصب می‌شوند، دارای اهمیت می‌باشد.**
**این مقاله نتایج مطالعات نظری، عددی و آزمایشات انجام شده در رابطه با ارزیابی اثر عمق ترک‌های سطحی لوله‌های بتنی را ارائه می‌نماید. در تحلیل‌های عددی انجام شده دیواره لوله بتنی به شکل یک صفحه در نظر گرفته شده است. در آزمایشات انجام شده از یک فرستنده ماورای صوت به عنوان منبع موج استفاده شده است. انتشار پالس‌های ماورای صوتی با استفاده از روش امواج ضربه‌ای کوتاه تبدیلی (wavelet transform) تحلیل و بررسی شده است. در این ارتباط ضریب امواج ضربه‌ای کوتاه تبدیلی (wavelet transform coefficient) به عنوان یک ضریب جدید پیشنهاد شده است که با فواصل یکنواخت برای ارزیابی عمق ترک‌های لوله‌ها و صفحات بتنی اندازه گیری می‌شود. نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی و صحرایی پتانسیل مناسب این روش و به کارگیری ضریب مذکور را در ارزیابی عمق ترک‌های سطحی را نشان می‌دهند.**

**تحلیل پایداری الاستیک پوشش‌های نازک با نصب نامناسب – ارائه روش ساده و ارزیابی راه حل‌های موجود**

Khaled M. El-Sawy, Amr M.I. Sweedan, 2010, "Elastic stability analysis of loosely fitted thin liners – A proposed simplified procedure and evaluation of existing solutions",In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 25, Issue 6, (December 2010), Pages 689-701.

**این مقاله نتایج شبیه سازی‌های متعددی برای تخمین فشار کمانش الاستیک و ممان رانشی و خمشی ناشی از نصب نامناسب پوشش‌های نازک را ارائه می‌نماید. در این تحقیق از مدل المان محدود دو بعدی که قادر به نمایش تاثیر تغیرشکل‌های زیاد بر پایداری پوشش‌های نازک با نصب نامناسب می‌باشد، استفاده شده است. نتایج مدل المان محدود به همراه تحلیل رگرسیون غیر خطی چند متغیره برای ارائه یک معادله ساده و بدون بعد به کار گرفته شدند. این رابطه بر اساس ویژگی‌های مصالح تشکیل دهنده و شکل هندسی پوشش می‌تواند فشار بحرانی، و ممان‌های همشی و رانشی را در لحظه کمانش پیشبینی نماید. علاوه بر موارد مذکور روش‌های تحلیلی و عددی دیگری در رابطه با مورد فوق بررسی شدند. دو روش موجود برای مقایسه با نتایج روش پیشنهادی این تحقیق و محاسبه ممان‌های خمشی و رانشی به کار گرفته شدند. مقایسه مذکور دقت مدل رگرسیون پیشنهادی را در تخمین فشار بحرانی و ممان‌های خمشی و رانشی نشان می‌دهد.**

**تاثیر موجداری بر پایداری الاستیک پوشش های استوانه ای تحت فشار بیرونی یکنواخت**

Khaled M. El-Sawy, Amr M.I. Sweedan, 2010, "Effect of local wavy imperfections on the elastic stability of cylindrical liners subjected to external uniform pressure", In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 25, Issue 6, (December 2010), Pages 702-713.

**در کارهای مهندسی اکثر تاسیسات و خطوط لوله فاضلاب صدمه خورده از لحاظ ساختاری ایمن هستند ولی با توجه به شرایط و نیازهای هیدرولیکی نیاز به پوشش دارند. برای خطوط لوله زیر سطح آب زیرزمینی این پوشش ها باید قادر به مقاومت در مقابل فشار آب زیرزمینی بیرون لوله باشند. همچنین انتظار می‌رود که پوشش ها قادر به تحمل فشارهای بیرونی ناشی از تزریق پر کننده در اطراف پوشش باشند. فشار بیرونی بحرانی که باعث کمانش یا ناپایداری پوشش می‌شود در تحقیقات متعددی مورد مطالعه قرار گرفته است. تحقیقات پیشین همیشه بر نواقص پوشش (همچون شکل بیضیگون، نصب نامناسب، و چین خوردگی) تکیه می‌نمودند. در حال حاضر اطلاعات کافی در ارتباط با تاثیر نواقص محلی در حالت سه بعدی بر پایداری پوشش وجود ندارد. این مقاله نتایج به دست آمده از مطالعات عددی و بررسی تاثیر عوامل مختلف شکل هندسی و نواقصی همچون موجداری بر فشار الاستیک کمانش یک پوشش استوانه ای را ارائه می‌نماید.**

**شبیه سازی عددی ساخت و عملکرد پوشش های قالب بتنی در ریزتونل**

A.C.D. Royal, D.V.L. Hunt, C.D.F. Rogers, D.N. Chapman, 2010, "Numerical simulation of the creation and performance of extruded concrete linings in microtunnelling", In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 25, Issue 6, (December 2010), Pages 745-753.

**در روش سنتی ساخت ریزتونل‌ها معمولا از لوله‌رانی یا پوشش سگمنتی استفاده می‌شود ولی در صورت تغییر عمق یا جهت در مسیرهای طولانی و پیوسته ممکن است دو روش مزبور محدودیت‌هایی دارند که منجر به کاهش نرخ پیشروی دستگاه TBM و در نتیجه افزایش هزینه‌های پروژه می‌شود. استفاده از پوشش قالبی می‌تواند باعث جلوگیری برخی از این محدودیت‌ها شود و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد. در این تحقیق یک مدل عددی برای شبیه‌سازی رانش پوشش قالبی یک ریزتونل حفاری شده با TBM تهیه گردیده است. این مدل با استفاده از نرم افزار Plaxis (۳-D Tunnel) ساخته شده است. در این روش حرکت دستگاه TBM و نصب پوشش قالبی شبیه-سازی شده‌اند. مصالح به کار گرفته شده در قالب برای بتن معمولی و بتن پلیمری با دو نرخ پیشروی متفاوت مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتیجه این مدلسازی نشان می‌دهد که رابطه میان سخت شدن بتن و زمان مراحل اولیه ریختن قالب بتنی، برای جلوگیری از کاهش نرخ پیشروی دستگاه TBM از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.**

# رویدادهای تونل

**The First Iranian Virtual Conference on Underground Storage of Hydrocarbons**

**اولین کنفرانس مجازی ذخیره‌سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری**

This conference will be held by Shahrood University of Technology and PSM Consultant Engineers Company in October 2011 and will provide an effective basis to share and exchange up-to-date academic research achievements and practical experiences related to civil and petroleum industries, applicable to relevant underground storage technologies' developments. Main themes of the conference are the followings:

•Comparison of underground and surface/buried/in-ground storage considering different aspects
•Study of hydrocarbons' properties, including crude oil, petroleum refined products and natural gas
•Site investigation and site selection for underground storage
•Design criteria, construction regulations and utilization standards for underground storage of hydrocarbons
•Modeling and simulation of underground storage process
•Static and dynamic analysis of reservoirs/fractured reservoirs
•Stability analysis and design of lining structures and water-tightening systems
•Monitoring systems for underground storage and stored materials
•Environmental and leakage control studies
•Feasibility and economic studies
•Solution mining for constructing underground storage in salt caverns
•Underground space construction methods with special attention to the hydrocarbon storage application
•Utilization facilities and equipments, including pump station, injection and withdrawal units, etc.

Website: http://www.icush2011.com

**14th Australasian Tunnelling Conference**

8 – 10 March 2011
Sky City, Auckland, New Zealand

Website: http://www.atstunnellingconference2011.com/

**2011 World Underground Mining Conference**
**"New Horizon of Underground Mining"**
2 - 3 March 2011
Beijing, P.R China

Website: http://www.underground-mining.org

**1st Scientific Symposium on Tunnels and Underground Structures in South-East Europe**
**"USING UNDERGROUND SPACE"**

Croatian Association for Tunnelling and Underground Structures - ITA Croatia

Website: http://www.itacroatia.eu/

**2nd Annual Tunnels & Underground Construction Summit**
13 - 16 March, 2011
Abu Dhabi, UAE

Website:
http://www.tunnelconstructionme.com

**2011 RETC – Rapid Excavation & Tunneling Conference & Exhibit**
19-22 June 2011
San Francisco, California USA

Website: http://www.retc.org

**WTC'11 - "Underground spaces in the service of a sustainable society"**
21-26 May, 2011
Helsinki, Finland

Website: http://www.wtc11.org

# نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل

**"فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار"**

**۱۶ و ۱۷ آبان ماه ۱۳۹۰**

رشد اقتصادی و حرکت به سوی یک اقتصاد مولد و مورد اعتماد یکی از مهمترین اهداف توسعه پایدار است. این واژه وقتی محقق خواهد شد که تمام مولفه های آن از جمله اقتصاد و تجارت وصنعت در کنار حفظ محیط زیست و بهبود شرایط اجتماعی قرار گیرد. به عبارت دیگر دستیابی به توسعه پایدار نیازمند رعایت اصول ایمنی و حفاظت محیط زیست در بهره‌برداری از زمین و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و آب و تامین رفاه بلندمدت جامعه می‌باشد. سازه‌های زیرزمینی از جمله سازه‌های اساسی در توسعه زیرساخت‌های بخش‌های مختلف مانند تولید انرژی و شبکه‌های انتقال انرژی و سوخت، توسعه فضاهای شهری، شبکه‌های حمل و نقل، انتقال آب حوضه به حوضه، تونل‌های اکتشافی و معدنی و غیره می‌باشد. چنانچه احداث این سازه‌ها با بهره‌گیری از آخرین فن‌آوری‌ها و تکنولوژی ساخت و طراحی و بهره‌برداری توام شود می تواند تامین کننده اهداف توسعه پایدار باشد.

انجمن تونل ایران و کمیته برگزارکننده همایش مفتخر است از متخصصان، اساتید و نخبگان علمی، دانشجویان، پژوهشگران و دست‌اندرکاران صنعت تونل برای شرکت در نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل ایران که در آبان ماه ۱۳۹۰ در تهران برگزار خواهد شد دعوت نماید. این همایش با عنوان "فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار" و با محورهای طراحی، ساخت و بهره‌برداری و تأکید بر نقش کلیدی این سازه ها در توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست، فرصت مناسبی جهت تبادل اطلاعات و دانش روز و نیز آشنایی با فن آوری های جدید صنعت تونل را فراهم می سازد. بدون شک حضور فعال دست اندرکاران صنعت تونل در کنار اساتید محترم دانشگاه و صاحب نظران بین‌المللی، موجب شکوفایی و ارتقای دانش تونلسازی، ودستیابی به فن‌آوری‌های نوین ساخت و طراحی در منطقه و ایران خواهد بود.

**زمان‌های کلیدی**

| | |
|---|---|
| مهلت ارسال خلاصه مقاله: | ۱۳۸۹/۱۲/۱۵ |
| اعلام نتایج بررسی خلاصه مقالات: | ۱۳۸۹/۱۲/۲۵ |
| مهلت ارسال مقاله کامل: | ۱۳۹۰/۰۳/۲۵ |
| اعلام نتایج نهایی مقالات: | ۱۳۹۰/۰۵/۱۵ |
| مهلت ارسال مقاله تکمیل شده: | ۱۳۹۰/۰۶/۳۰ |

از علاقمندان به ارائه مقاله دعوت می شود تا مقالات خود را به دبیرخانه همایش ارسال‌نمایند.

## محورهای مباحث و مقالات کنفرانس

**تحقیق و توسعه**
- آموزش تونلسازی
- فناوری‌های جدید در تونلسازی
- مهندسی ارزش در فضاهای زیرزمینی

**مبانی شناسائی و طراحی**
- مبانی مطالعات و بررسی های زمین شناسی، ژئوفیزیک و ژئوتکنیک
- مبانی و روش های تحلیل و طراحی
- سیستمهای نگهدارنده
- رفتارسنجی و ابزار دقیق
- اثرات زیست‌محیطی
- تحلیل ریسک

**فضاهای زیرزمینی و فن‌آوری ساخت آنها**
- روش های اجراء (مکانیزه، انفجار و کند و پوش)
- فضاهای زیرزمینی خاص (پدافند غیرعامل، صنعت نفت و گاز و معادن)
- فضاهای زیرزمینی شهری
- حفاری بدون ترانشه (ریز تونل‌ها، لوله‌رانی و HDD)

**مباحث مالی، قراردادی و مدیریتی در پروژه‌های زیرزمینی**
- مسایل قراردادی و مدیریت ریسک
- مدیریت طراحی، اجرا و بهره برداری
- آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مرتبط با فضاهای زیرزمینی
- تأمین منابع مالی و سرمایه‌گذاری

**سایر موارد**
- ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی
- ایمنی ـ در تونلسازی
- معماری در فضاهای زیرزمینی
- تاسیسات در فضاهای زیرزمینی
- تعمیر و نگهداری فضاهای زیرزمینی

**دبیرخانه همایش**

آدرس: تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷ ، واحد ۴۱ تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵، تلفکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴

سایت اینترنتی: http://www.ats2011.ir

بسمه تعالی

**انجمن تونل ایران**

**فرم تقاضای عضویت**

**(اعضای حقیقی)**

**محل الصاق**

**عکس**

| | | |
|---|---|---|
| ۱- نام خانوادگی:<br>۲ - نام: | *Surname:*<br>*First Name:* | کد عضویت:<br>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 |
|---|---|---|---|---|
| از | تا | | | |
| | | | | |

۹ - سوابق علمی (تدریس و تحقیق در دانشگاهها و سایر موسسات آموزش عالی):

| عنوان درس یا تحقیق | محل انجام | سال |
|---|---|---|
| | | |

۱۰ - آثار علمی، تحقیق، تألیف، ترجمهٔ 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 | | | نام سازمان، کمیته و ..... | تاریخ | |
| | عالی | خوب | متوسط | | از | تا |
| | | | | | | |

۱۳- داوطلب عضویت: پیوسته ☐ وابسته ☐ دانشجویی ☐

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۱۴- مدرک لازم | ۱- تصویر شناسنامه<br>۲- دو قطعه عکس 4*3<br>۳- تصویر آخرین مدرک تحصیلی یا گواهی اشتغال به تحصیل<br>۴- گواهی سوابق کار بخصوص در صنعت تونل | حق عضویت | حقوقی ۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال<br>پیوسته ۲۰۰,۰۰۰ ریال<br>وابسته ۱۰۰,۰۰۰ ریال<br>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.

**لطفا" فرم تکمیل شده را به نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه پنجم، واحد ۴۱، تلفن: ۶-۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار: ۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.**

Tunnel Fall 2010, No.12

Iranian Tunnelling Association Magazine

# IN THE NAME OF GOD


- Editorial..... 2
- News..... 3
- Reviewing calculation methods of tunnel settlement during construction – Case study: Tehran Metro Line 7..... 16
- Reviewing methods of Work Breakdown Structure (WBS) for tunneling projects.... 22
- 3 Dimensional Analysis of Longitudinal Ventilation System with roof ventilator (case study: Emamazade Hashem Avalanche Gallery)..... 29
- Book Review..... 36
- Selected International Paper Abstracts ..... 38
- Tunnelling Events..... 40

| | |
|---|---|
| Dr. M. Gharouni Nik | President |
| Dr. S. Hashemi | Chief Editor |
| Board of Directors of Iranian Tunnelling Association | Supervised By |
| Mr. M. Hamzeh Abyazani | Internal Management |
| 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 | Editorial Board |
| Mr.A. Iranzadeh, Mr.M. Khosrotash | Other Contributors |
| Nashr-e-Fan | Executive Producer |


www.irta.ir