بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

رشته‌ی مهندسی معدن گرایش تونل و فضاهای زیر زمینی

پایان نامه کارشناسی ارشد

شناسایی، ارزیابی و رتبه بندی عوامل تأخیرات در پروژه های تونل‌سازی با نگاهی ویژه به مهندسی سنگ. مطالعه موردی آزاد راه تهران شمال، منطقه یک.

نگارنده:

محمد جواد حسنی مهر

اساتید راهنما:

دکتر محمد عطایی

دکتر مرتضی جوادی

استاد مشاور:

مهندس امیرفرزاد دانشفر

بهمن ۱۳۹۷

تقدیم به

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

به استوارترین تکیه گاهم ، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم ، چشمان زیبای مادرم

که هر چه آموخته ام از مکتب عشق شما آموخته ام و هر چه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را

سپاس توان بگویم .

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

سپاسگزاری

با تقدیر و تشکر از اساتید عزیز و ارجمند جناب آقای دکتر محمد عطایی و جناب دکتر مرتضی جوادی اصطهباناتی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند و همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام و تکمیل این پایان نامه بوده اند.

و با تقدیر و تشکر از استاد فرهیخته جناب آقای مهندس امیر فرزاد دانشفر به دلیل یاری ها و راهنمایی های بی چشم داشت ایشان در مقام مشاور این پایان نامه، که بسیاری از سختی ها را برایم آسان تر نمودند.

سپاس فراوان از آقایان دکتر حسین ابراهیمی، دکتر بابک عابدی اورنگ و خانم ها مهسا السادات حسینی و مهندس فهیمه خالقی خسروی و تمامی دوستانی که در نگارش این پایان نامه از هیچ کمکی دریغ نکردند.

و در آخر تشکر و سپاس از همکاری و راهنمایی عوامل محترم و سخت کوش شرکت آزراد راه تهران-شمال، شرکت مهندسین مشاور ره آور، شرکت پیمانکاران ارساساختمان، شرکت دی، شرکت آبادراهان مارگون، شرکت پیمانکاران پورنام و شرکت پیمانکاران ناودیس که نگارش این پایان نامه بدون این همکاری ها امکان پذیر نبوده است.

تعهدنامه

اینجانب **محمد جواد حسنی مهر** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته تونل و فضاهای زیر زمینی دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با موضوع **شناسایی، ارزیابی و رتبه بندی عوامل تأخیرات در پروژه های تونل‌سازی با نگاهی ویژه به مهندسی سنگ مطالعه موردی آزادراه تهران شمال، منطقه یک،** تحت راهنمایی دکتر محمد عطایی و دکتر مرتضی جوادی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام **دانشگاه صنعتی شاهرود** و یا **Shahrood University of Technology** به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده(یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ :

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن(مقالات، مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

- استفاده از اطلاعات نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در مطالعه حاضر، شناسایی، ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه های تونل‌سازی با نگاهی ویژه به عوامل مهندسی سنگ به همراه ارائه مدلی برای پیش بینی تأخیرات پروژه‌های مختلف ارائه شده‌است. هدف اصلی این پژوهش را می توان ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش تاخیرات در پروژه‌های ساخت تونل و به دنبال آن کاهش هزینه‌ها و پیامدهای ناشی از تأخیرات دانست که در نهایت موجب نزدیک شدن برنامه‌ریزی‌های بلند مدت اقتصادی و اجرایی در سطوح مختلف کشور به واقعیت دلخواه خواهدشد. ابتدا مطالعات قبلی بررسی شده و مهم‌ترین پارامترهای موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی با توجه به مقالات، پایان‌نامه ها، نشریات و بررسی اسناد و گزارش‌ها مورد مطالعاتی، تعیین شد و از متخصصان نظر خواهی شده‌است. پارامترهای مشخص شده شامل ۵۵ پارامتر که در ۷ شاخص اصلی: ۱- مسائل مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها ۲- مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی ۳-ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی ۴-مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی ۵- مسائل بومی خاص کشور ایران ۶- منابع، مصالح و تجهیزات ۷-پدیده‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ دسته بندی شده‌اند، می‌باشند. به منظور ارزیابی و اولویت‌بندی و تعیین وزن و اهمیت پارامترها، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی دلفی(FDAHP) استفاده شده است. بیش‌ترین وزن مربوط به پارمترهای مرتبط با نظم و اخلاق حرفه‌ای اجتماعی و فردی، و همچنین برخی عوامل زمین‌شناسی و مهندسی سنگ نظیر شیب، سطح آب‌های زیرزمینی، مچاله‌شوندگی و تغییر شرایط زمین‌شناسی بوده‌است. در ادامه با استفاده از نتایج حاصل شده سیستم طبقه‌بندی جدیدی ارائه شد. این سیستم که اندیس تأخیرات پروژه‌های تونل‌سازی(DTI) نامیده می‌شود با توجه به تعیین سطح هر یک از پارامترها برای تونل مورد نظر با توجه به کلاس‌بندی ارائه شده به دست می‌آید. این سیستم در مجموع به هر تونل امتیازی از ۰ تا ۱۰۰ می دهد.

پس از ارائه سیستم طبقه‌بندی جدید، به منظور بررسی کارایی سیستم طبقه‌بندی اطلاعات ۱۱تونل با مشخصات متفاوت از مجموعه تونل‌های آزاد راه تهران- شمال جمع آوری شد و با استفاده

از سیستم طبقه‌بندی امتیاز دهی شده‌است. برای اعتبارسنجی نتایج اندیس تاخیرات با میانگین حفاری هر کدام از تونل‌ها مقایسه گردید. نتایج اعتبار سنجی انجام شده نشان از سطح مطلوب سیستم ارائه شده می‌هد. این نتایج در بیشتر از ۷۰ درصد تونل‌ها قابل قبول بوده و با میانگین حفاری هر تونل هم‌خوانی دارد.

کلمات کلیدی: تاخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی، تصمیم‌گیری چند معیاره فازی دلفی، اندیس تاخیرات، آزاد راه تهران شمال، کلاس بندی، اولویت‌بندی پارامترهای موثر بر تاخیرات.

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه:

Hasanimehr,M,J, Ataei,M, Javadi Stahbanati,M, Daneshfar,A,F, (2018),Investigation and Identification of Causes of Delay in Tunneling Projects. Case study Tehran- shomal Freeway,International Conference on Civil Engineering, Architecture and urban maneagement in iran, Tehran- iran, 96170- 70304.

فهرست مطالب

۱- فصل اول: ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق ۳

۱-۳- اهداف تحقیق ۴

۱-۴- مراحل تحقیق ۴

۱-۵- ساختار پایان نامه ۵

۲- فصل دوم: ۷

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- تأخیرات و جایگاه آن در مدیریت پروژه ۸

۲-۳- تأخیرات و انواع آن ۸

۲-۳-۱- تأخیرات بر مبنای ارکان پروژه ۹

۲-۳-۲- تأخیرات برمبنای قابلیت جبران پذیری ۹

۲-۳-۳-تأخیرات بر مبنای زمان وقوع ۱۰

۲-۴- مبنای آنالیز تأخیرات ۱۱

۲-۴-۱- برنامه زمان‌بندی مبنا ۱۲

۲-۴-۲- زمان‌بندی مبنا به همراه تأخیرات یکی از طرف‌های درگیر ۱۲

۲-۴-۳- زمان‌بندی واقعی ۱۳

۲-۴-۴- زمان‌بندی‌های سیر تغییرات ۱۳

۲-۵- مدیریت زمان و پروژه ۱۳

۲-۶- برنامه‌ریزی و کنترل پروژه ۱۵
۲-۷- لزوم بررسی تأخیرات برای پروژه‌های مختلف ۱۵
۲-۸- نگاهی جامع به آخرین تحقیقات صورت گرفته در نقاط مختلف جهان ۱۶
۲-۹- مقایسه آماری از تعداد مطالعات صورت گرفته در زمینه تأخیرات در کشورهای مختلف۱۸
۲-۱۰- مروری بر مطالعات گذشته در کشورهای مختلف ۱۹
۲-۱۰-۱- مهم‌ترین علل تأخیرات در پروژه‌های عمرانی کشور مالزی ۲۰
۲-۱۰-۲- مطالعه علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی کشور اردن ۲۰
۲-۱۰-۳- علل تأخیر در پروژه‌های ساخت و ساز ساختمانی در کشور مصر ۲۰
۲-۱۰-۴- بهینه کردن میزان تأخیرات در پروژه‌های ساخت عربستان سعودی ۲۱
۲-۱۰-۵- دلایل تأخیر در پروژه‌های برق آبی پاکستان ۲۱
۲-۱۰-۶- بررسی موفقیت فاکتور مدیریت هزینه و زمان در پاکستان **۲۲**
۲-۱۱- بررسی برخی از مهم‌ترین مطالعات داخلی انجام گرفته در زمینه تأخیرات ۲۲
۲-۱۱-۱- علل تأخیر در پروژه‌های سدهای کارون ۳ و ۴ ..... ۲۳
۲-۱۱-۲- عوامل مؤثر در ایجاد تأخیر در پروژه‌های سازمان نوسازی مدارس ۲۳
۲-۱۱-۳-- علل تأخیر پروژه برای دستیابی به استراتژی مناسب در طرح‌ریزی و اجرای پروژه‌ها ۲۴
۲-۱۱-۴- بررسی علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی مجتمع پتروشیمی بندر امام ۲۴
۲-۱۱-۵- بررسی علل افزایش زمان پروژه‌های تونل‌سازی ۲۵
۲-۱۲- جمع‌بندی ۲۶
۳- فصل سوم: ۲۹
۳-۱- مقدمه ۳۰

۳-۲- مراحل چند گانه در تهیه پرسش‌نامه ۳۰
۳-۳- روایی ابزار سنجش: ۳۱
۳-۴- پایایی ابزار سنجش ۳۲
۳-۵- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی ۳۲
۳-۶- تحلیل سلسله مراتبی فازی(FDAHP) ۳۲
۳-۷- خلاصه‌ای از نمونه پژوهش‌های انجام شده با روش فازی دلفی ۳۵
۳-۸- جمع‌بندی ۳۶
۴- فصل چهارم ۳۷
۴-۱- مقدمه ۳۸
۴-۲- عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه‌های عمرانی ۳۸
۴-۲-۱- شناسایی و دسته‌بندی عوامل تأخیر ۳۹
۴-۲-۲- شناسایی علل تأخیر در پروژه های ساخت در سایر کشورهای دنیا ۴۰
۴-۳- عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی ۴۱
۴-۳-۱- مسائل مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها ۴۴
۴-۳-۲- مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی ۴۴
۴-۳-۳- ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی ۴۴
۴-۳-۴- شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ ۴۵
۴-۳-۵- مسائل جغرافیایی – اقلیمی و زیست محیطی ۴۵
۴-۳-۶- مصالح، منابع و تجهیزات ۴۵
۴-۳-۷- مسائل بومی خاص ایران ۴۶

۴-۴- مروری بر روند جمع‌آوری داده‌ها و نظرسنجی از کارشناسان ۴۶
۴-۵- روایی ابزار سنجش ۴۸
۴-۶- پایایی ابزار سنجش ۴۹
۴-۷- ارزیابی نتایج پرسش‌نامه‌ها با روش فازی دلفی (FDAHP) ۴۹
۴-۷-۱- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص‌های اصلی ۴۹
۴-۷-۲- نتایج روش فازی دلفی(FDAHP) در بررسی مسائل مالی قرار دادی و تصویب طرح ها..... ۵۵
۴-۷-۳- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص فنی مدیریتی و اجرایی..... ۵۷
۴-۷-۴- شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی..... ۵۸
۴-۷-۵- نتایج روش فازی دلفی در بررسی پارامترهای زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ ۵۹
۴-۷-۶- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی ۶۱
۴-۷-۷- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی منابع، مصالح و تجهیزات..... ۶۲
۴-۷-۸- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در مسائل بومی خاص ایران ۶۳
۴-۸- محاسبه وزن نهایی پارامترهای مؤثر در تأخیرات پروژه‌های تونل‌سازی ۶۵
۴-۹- جمع‌بندی ۶۸
۵- فصل پنجم..... ۶۹
۵-۱- مقدمه ۷۰
۵-۲- سیستم طبقه‌بندی پیش بینی و ارزیابی وضعیت تأخیرات پروژه‌های تونل‌سازی ۷۰
۵-۲-۱- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها..... ۷۰
۵-۲-۲- کلاس‌بندی شاخص فنی مدیریتی و اجرایی..... ۷۲
۵-۲-۳- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی..... ۷۴

۵-۲-۴- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ ۷۶
۵-۲-۵- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی..... ۷۹
۵-۲-۶- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص منابع، مصالح و تجهیزات ۸۰
۵-۲-۷- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مسائل بومی ایران..... ۸۲
۵-۳- اندیس تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی ۸۵
۵-۴- مطالعه موردی ۸۶
۵-۴-۱- تاریخچه و اهمیت ساخت پروژه آزاد راه تهران - شمال ۸۶
۵-۴-۲- مشخصات کلی مسیر آزاد راه تهران- شمال ۸۷
۵-۴-۳- مروری بر مسیر منطقه ۱ آزاد راه تهران- شمال..... ۸۸
۵-۴-۴- مروری بر مشخصات فنی منطقه یک آزاد راه تهران شمال..... ۸۹
۵-۵- ارزیابی سیستم طبقه‌بندی در مجموعه از تونل‌های آزاد راه تهران - شمال ۹۰
۵-۶- بررسی نتایج و عملکرد سیستم طبقه‌بندی ارائه شده با داده‌های مورد مطالعاتی.....۹۶
۵-۷- ارزیابی میزان تأثیر شاخص های موثر بر تأخیرات برای تونل‌های مورد مطالعاتی..... ۹۹
۵-۸- راهکارهایی برای کاهش تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی.....۱۰۳
۵-۹- جمع‌بندی ۱۰۵
۶- فصل ششم: ۱۰۷
۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۰۸
۶-۲- پیشنهادها ۱۱۱
۷- منابع ۱۱۳

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: مقایسه تعداد تحقیقات صورت گرفته با موضوع تأخیر در کشورهای مختلف. ۱۹
شکل ۳-۱: توابع عضویت مثلثی در روش فازی دلفی. ۳۴
شکل ۴-۱: دسته بندی پارامترهای مؤثر بر تاخیرات. ۴۳
شکل ۴-۲: نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص‌های اصلی. ۵۵
شکل ۴-۳: بررسی میزان تاثیر پارامترهای مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرح‌ها. ۵۷
شکل ۴-۴: بررسی میزان تاثیر زیر معیارهای شاخص مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی. ۵۸
شکل ۴-۵: بررسی و مقایسه پارامترهای شاخص ویژگیهای تونل، روش ساخت و دسترسی..... ۵۹
شکل ۴-۶: نتایج روش فازی دلفی در بررسی پدیده‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ.. ۶۱
شکل ۴-۷: بررسی تأثیر پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی. ۶۲
شکل ۴-۸: نمودار بررسی میزان تأثیر پارامترهای شاخص منابع، مصالح و تجهیزات..... ۶۳
شکل ۴-۹: بررسی تاثیر مسائل بومی خاص ایران. ۶۴
شکل ۴-۱۰: وزن نهایی پارامترهای موثر در تاخیرات پروژههای تونل‌سازی. ۶۷
شکل ۵-۱: پلان هندسی مسیر آزادراه تهران شمال. ۸۸
شکل ۵-۲: پلان هندسی تقسیم بندی مناطق مختلف آزاد راه تهران- شمال ۸۹
شکل ۵-۳: مقایسه میزان اندیس تأخیرات با میانگین حفاری برای تونل‌های مختلف ۹۷
شکل ۵-۴: مقایسه روند حفاری تونل‌های ۱۳ غربی و ۱۳ شرقی. ۹۸
شکل ۵-۵: مقایسه میزان تأثیر شاخص های مختلف در کل تونل های مورد مطالعاتی ۱۰۱
شکل ۵-۶: مقایسه تأثیر شاخص های تأخیرات برای پیمانکاران ایرانی و خارجی ۱۰۲
شکل ۵-۷: تاثیر شاخص‌های مختلف برای پیمانکاران داخلی و خارجی با تکیه بر داده‌های مورد مطالعاتی ۱۰۳

فهرست جداول

جدول ۲-۱: مطالعات انجام گرفته در زمینه تأخیرات در کشورهای مختلف دنیا. ۱۶

جدول ۳-۱: نمونه از فرم‌های ارسالی برای کارشناسان متخصصان. ۳۱

جدول ۳-۲: خلاصه‌ای نمونه پژوهش‌های انجام شده با روش تحلیل سلسله مراتب فازی. ۳۵

جدول ۴-۱:پژوهش‌های کشورهای منطقه در زمینه تأخیرات. ۴۰

جدول ۴-۲: نمونه پرسش‌نامه ارسالی برای روش فازی دلفی ۴۷

جدول ۴-۳: راهنمای تشخیص سطح اهمیت اعداد جدول پرسش‌نامه‌ها. ۴۸

جدول ۴-۴: نتایج بررسی پایایی شاخص‌های اصلی با استفاده از تعیین آلفای کرنباخ. ۴۹

جدول ۴-۵: ماتریس‌های زوجی نظرات کارشناسان مختلف. ۵۰

جدول ۴-۶: نتایج ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌های اصلی ۵۴

جدول ۴-۷: عدد فازی و وزن فازی شاخص‌های اصلی موثر بر تاخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی ۵۴

جدول ۴-۸:نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص‌های اصلی. ۵۵

جدول ۴-۹: نتایج روش فازی دلفی در بررسی مسائل مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها. ۵۶

جدول ۴-۱۰: نتایج روش فازی دلفی در بررسی شاخص فنی مدیریتی و اجرایی. ۵۸

جدول ۴-۱۱: میزان تأثیر و وزن پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی. ۵۹

جدول ۴-۱۲: نتایج روش فازی دلفی شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ. ۶۰

جدول ۴-۱۳: بررسی وزن پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی. ۶۱

جدول ۴-۱۴: وزن و درصد تأثیر پارامترهای شاخص منابع، مصالح و تجهیزات. ۶۳

جدول ۴-۱۵: وزن پارامترهای شاخص مسائل بومی خاص ایران. ۶۴

جدول ۴-۱۶: وزن نهایی غیرفازی پارامترهای نهایی موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی. ۶۵

جدول ۵-۱: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها. ۷۱

جدول ۵-۲: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص فنی مدیریتی و اجرایی. ۷۳

جدول ۵-۳: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی. ۷۴
جدول ۵-۴: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ. ۷۷
جدول ۵-۵: کلاس بندی پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی. ۷۹
جدول ۵-۶: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص منابع مصالح و تجهیزات. ۸۱
جدول ۵-۷: کلاس بندی پارامترهای شاخص مسائل بومی ایران. ۸۳
جدول ۵-۸: تعریف کلاسهای مختلف اندیس تاخیرات. ۸۶
جدول ۵-۹: بررسی مقدار اندیس تأخیرات برای تونل‌های مختلف. ۹۳
جدول ۵-۱۰: ارزیابی سطح تاخیرات در تونل های مختلف. ۹۶
جدول ۵-۱۱: بررسی تأثیر هر یک از شاخص ها برای تونل‌های مختلف ۹۹

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

بی شک در هیاهویی جهان امروز مهم‌ترین ارکان زندگی بشر در سطح فردی و در سطح اجتماعی عنصر زمان می‌باشد که اهمیت آن برای هر فرد و صنفی به وضوح قابل تشخیص است و تاخیر و تعویق در هر برنامه‌ای بسیار پراهمیت و در بسیاری از موارد ضررهای جبران ناپذیری به دنبال خواهدداشت. با پیشرفت سطح تکنولوژی و افزایش روز افزون جمعیت کره زمین و نیاز بیش از پیش به ارتباطات و متعاقب آن صنعت حمل و نقل و با توجه به محدود بودن شرایط سطحی زمین و مسائل محیط زیستی، نیاز روز افزون به ساخت سازه‌های زیرزمینی که مهم‌ترین آن ها سازه‌های تونلی می‌باشند روز به روز بیشتر خواهدشد.

طولانی شدن زمان اجرای طرح‌ها یک پدیدهٔ فراگیر در کشورهای دنیاست و در بعضی کشورها بخصوص کشورهای در حال توسعه نمود بیشتری داشته‌است. در بعضی موارد طول زمان احداث بخشی از پروژه فراتر از طول زمان برنامه ریزی برای کل پروژه می‌رود. (Sambasiven and Soon,2007, Sweis et al,2008) این افزایش زمان علاوه بر هدر رفتن مهم‌ترین عنصر یعنی زمان عواقبی مانند اثرات اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و فرهنگی به جا می‌گذارد و در مجموع موجب نارضایتی عمومی خواهد شد. اثر تأخیر بر اجرای یک پروژه می‌تواند بسیار متغیر باشد. این تأثیر از مقدار اندکی ضرر مالی شروع می‌شود تا جایی که ممکن است در صورت طولانی شدن این تأخیرات توجیه اقتصادی و استراتژیکی پروژه از بین برود. اجرای موفق طرح‌های عمرانی منوط به ساماندهی مناسب و کار کارشناسی دقیق بوده تا این چنین طرح‌هایی توجیه اقتصادی داشته‌باشد. بدیهی است عدم برنامه‌ریزی صحیح برای اجرای چنین طرح‌هایی موجب استفاده ناصحیح از منابع، ضرر ناشی از آن و در نتیجه تأخیر در زمان اجرای طرح‌های مزبور را به دنبال خواهدداشت (Assef and AL-Hajji ,2006). تأخیر را طول زمان انجام پروژه بعد از اتمام تاریخ مشخص شده در قراردادی که بین طرفین منعقد کرده‌اند تعریف می‌کنند (Treuner,2009). تأخیر را زمان عملیات‌هایی که بعد از تاریخ برنامه‌ریزی شده انجام می‌گیرد تعریف می‌کند. حال این عملیات ها به هر دلیلی عقب

افتاده باشد. سازه‌های تونلی معمولا بخشی از یک پروژه مادر هستند که با توجه به شرایط ساخت تونل و عوامل متعددی که در وقوع تأخیرات در روند ساخت این سازه‌ها موثر می‌باشد، کاهش تأخیرات در زمان ساخت این سازه‌های تونلی به پیشرفت کلی پروژه مادر بسیار کمک می‌کند. یکی از مهم‌ترین عواملی که باعث کاهش تأخیرات می‌شود شناخت علل بروز تأخیرات است تا بتوان با مدیریت صحیح، اثر تأخیرات تونل‌ها را بر پروژه اصلی کاهش داد. شناسایی عوامل ایجاد کننده تاخیرات و درک میزان تأثیر هر کدام از این عوامل برای اولویت بندی اقدامات پیشگیرانه است. این شناسایی و اولویت‌بندی برای استفاده بهینه از منابع و امکانات موجود در جهت کاهش تأخیرات و رسیدن به اهداف پروژه می‌شود.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

تأخیر زمان عملیات یکی از مهم‌ترین شاخص‌های رایج در پروژه‌های عمرانی کشور است. در سال‌های اخیر این مسأله، در پروژه‌های ساده ساختمانی تا پیچیده‌ترین آن‌ها نظیر پروژه‌های تونل‌سازی، سدسازی و نیروگاه‌های هسته‌ای رخ داده است. بطور کلی یکی از شاخصه‌های مهم ارزیابی پروژه‌های عمرانی اجرای به موقع و بدون تأخیر آن‌ها است. تأخیر را می‌توان حد فاصل مدت زمان برنامه ریزی شده و مدت واقعی فعالیت‌های پروژه تعریف کرد. تأخیر برای کلیه عوامل درگیر در اجرای پروژه، پدیده قابل توجه و دارای اهمیت می‌باشد که می‌توان از عوامل به وجود آورنده آن به مشکلات قراردادی، شرایط پیش‌بینی نشده‌ی ژئوتکنیکی، شرایط زیست محیطی و جغرافیایی نام برد. تأخیرات پروژه در هرکشور و شرایط خاص جغرافیایی و سیاسی و فرهنگی، می‌تواند دلایل مختلف و متفاوتی داشته باشد. تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی کشور ما بدلیل پیچیدگی در صنعت ساخت، شرایط خاص اجرای پروژه و تأمین اعتبار از طولانی‌ترین تأخیرات در بین تمام پروژه‌های در دست اجرا هستند. در ایران از عوامل تأخیرات پروژه‌ها چارچوب کلی وجود ندارد تا با توجه به آن بتوان برای سایر پروژه‌های در دست ساخت و پروژه‌هایی که در آینده اجرا می‌شوند میزان این تأخیرات را کاهش داد.

تأخیر در اجرای پروژه‌های عمرانی موجب راکد ماندن سـرمایه و به تعویق افتادن بازگشت سرمایه، افزایش هزینـه‌هـای جـاری پروژه، کـاهش قدرت خرید بودجه پروژه به علت افزایش نرخ تورم، معطل ماندن منابع و عدم به کارگیری آن در سـایر پروژه‌ها، از دسـت رفتن موضـوعیت پروژه‌های وابسته به زمان و اختلاف طرف‌های درگیر در پروژه به دلیل تحمیل هزینه‌های مازاد و نارضایتی مردم، مشتریان و کارفرما می‌گردد. با توجه به انحصـــاری بودن عوامل بروز تأخیر در پروژه‌های مختلف و نبود مطالعه جامع در زمینه بررســی تأخیرات پروژه‌های تونل‌ســازی در ایران، انجام تحقیقی با هدف شــناســایی، بررســی و پهنه‌بندی عوامل مؤثر بر تأخیر ضــروری به نظر می‌رســد. در این تحقیق با توجه به اصــل اجتناب ناپذیر بودن تأخیرات و تأثیر آن بر پروژه، با تمرکز بر تأخیرات رخ داده در پروژه‌ها، به تجزیه و تحلیل عوامل ایجاد کننده تأخیرات، تعیین سطح اولویت و اهمیت هر کدام از عوامل موثر، پهنه بندی عوامل و ارائه مدلی برای پیش‌بینی تأخیرات یک سازه تونلی پرداخته خواهد شد.

۱-۳- اهداف تحقیق

هدف اصلی از انجام این تحقیق ارائه رویکردی مبتنی بر ارزیابی تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی در کشـور ایران و در سـطح جهانی اسـت تا به وسـیله آن بتوان تأخیرات یک پروژه ساخت تونل را با شناسایی، بررسی، ارزیابی، اولویت‌بندی و پهنه‌بندی و نیز ارائه مدلی برای پیش بینی تأخیرات در یک پروژه تونل‌ســازی، میزان نهایی تأخیرات را کاهش داد. مدل ارائه شــده در این تحقیق، چارچوب کلی عوامل تأثیر گذار در تأخیر به وجود آمده در یک پروژه ساخت تونل را در تمامی ابعاد مشخص می‌کند. مدل ارائه شده این دیدگاه را به مسئولان پروژه‌ها می‌دهد تا حتی قبل از طرح‌ریزی پروژه کلیه عواملی که ممکن اسـت در زمان‌بندی پروژه تأخیری به وجود آورند را بشـناسـاند تا در جهت رفع و رویایی با آنها آمادگی لازم را داشته باشد.

۱-۴- مراحل تحقیق

تحقیق حاضر در چند بخش اصلی انجام شده‌است. بخش اول به بررسی ادبیات و پیشینه موضوع از طریق مطالعه اســناد، مقالات، کتب، پایان نامه‌ها و نشــریات با شــناســایی راهکار تحقیق، الگو گیری،

شـناخت دیدگاه سـایر محققین، شناسایی نقاط ضعف مطالعات گذشته، بررسی روش تحلیل درست و قابل اعتماد و در نهایت شـناخت مسائلی که راهکاری برای آن‌ها پیشنهاد نشده‌است می‌پردازد. بخش دوم بررسی موضوع در بخش میدانی و تعیین و تبیین مسئله در مورد مطالعاتی انجام گرفته‌است. این بخش که عمدتاً به بررسـی اسـناد، گزارش‌ها، برنامه ها ، مصـاحبه با افراد صـاحب نظر و بازدیدها و بررسـی‌های میدانی عوامل واقعی تأخیر شـناسـایی و تأثیر نسـبی هر کدام از این عوامل شـناسـایی شـده‌اسـت. بخش سـوم به بررسـی، ترکیب و تجزیه عوامل تأخیر و تنظیم و تهیه پرسـش‌نامه برای دریافت نظر صاحب‌نظران در بخش‌های مختلف پرداخته است. این بخش در واقع تکمیل شده‌ی برخی از تحقیقات قبلی خواهد بود. در بخش چهارم نظرات ارائه شده در پرسش‌نامه به دقت مطالعه می‌شود و با اسـتفاده از تکنیک تحلیل فازی دلفی در سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره نتایج حاصل از نظرات کارشـناسـان ارزیابی شـده و با توجه به وزن فازی و غیرفازی هر کدام از عوامل، اولویت و اهمیت هر کدام از علل تأخیر مشـخص خواهدشـد. بخش پنجم به ارائه مدلی مبتنی بر نتایج حاصـل از نظرات کارشـناسـان و اسـتفاده از یک طبقه‌بندی مهندسـی و ارائه شـاخص‌های اندازه گیری برای هر یک از عوامل خواهد پرداخت. بخش شـشم نتایج مدل را در مورد مطالعاتی بررسی می‌کند و با ارائه نتایج به اعتبار سنجی مدل خواهد پرداخت.

در بخش نهایی به نتیجه‌گیری و بحث در مورد نتایج تحقیق پرداخته می‌شود.

۱-۵- ساختار پایان نامه

تحقیق حاضر مشتمل بر ۶ فصل می‌باشد که در زیر به صورت مختصرتوضیح داده‌شده‌است.

فصل اول، بیان کلی مسئله مورد بررسی، ضرورت و اهمیت تحقیق می‌باشد.

فصل دوم، با عنوان مروری بر ادبیات تحقیق که در ابتدا در مورد اهمیت تأخیرات در نقاط مختلف دنیا بحث می‌کند و در ادامه به برخی از تحقیقات صـورت گرفته در این زمینه به صـورت مختصـر می‌پردازد. در این فصل مهم‌ترین تعاریف مربوط به تأخیر و نحوه آنالیز آن آورده‌شده‌است.

فصـل سـوم، کلیات روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی (FDAHP) و برخی از کاربردهای این

روش ذکر می‌شود.

در فصل چهارم، تأثیر پارامترهای مختلف بر تأخیر در پروژه‌های تونل‌سازی بررسی شده‌است، برای این منظور با استفاده از منابع علمی معتبر بین المللی و با مرور کارهای تحقیقاتی گذشته، کلیه این عوامل به طور جامع شناسایی، طبقه‌بندی و تشریح شده‌است. با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نظرسنجی‌هایی از متخصصان و کارشناسان صنعت تونل‌سازی انجام گرفته‌است. با محاسبات ریاضی و بهره گیری از منطق فازی وزن و اهمیت هر یک از پارامترها مشخص شده‌است.

در فصل پنجم، ارزیابی علل تأخیر پروژه‌های تونل‌سازی با تمرکز بر مورد مطالعاتی انجام شده‌است. در نهایت سیستم طبقه‌بندی برای پیش‌بینی میزان تأخیر یک تونل با توجه به مشخصات اولیه آن ارائه شده‌است که برای اعتبار سنجی نتایج این سیستم از اطلاعات و داده‌های برخی از تونل‌های آزاد راه تهران شمال بهره‌گیری می‌شود.

و در نهایت در فصل ششم به جمع‌بندی مطالب پایان‌نامه و مروری بر نتایج حاصل شده و ارائه پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده پرداخته خواهد شد.

فصل دوم

پیشینه تحقیق و مروری بر ادبیات تحقیق

۲-۱- مقدمه

اهمیت تأخیر و صرف وقت مازاد موضوعی است که پیشینه توجه به آن، به زمان‌های بسیار دور بر می‌گردد و برای بشر بسیار مهم است چگونه از این سرمایه استفاده کند. در عصر حاضر با توجه به سیستماتیک بودن فعالیت سازمان‌ها، افراد و نهادهای مختلف اهمیت انجام فعالیت‌ها براساس برنامه‌ریزی قبلی بسیار مهم است، که مهم‌ترین فاکتور یک برنامه ریزی زمان می باشد. تاخیر در روند زمان برنامه ریزی برای یک فعالیت، برسایر فعالیت ها تأثیر خواهد گذاشت.

در این فصل، به مروری بر مهم‌ترین تعاریف و تقسیم‌بندی‌های مربوط به تأخیر و مطالعات انجام شده در این زمینه در داخل و خارج کشور پرداخته خواهد شد.

۲-۲- تأخیرات و جایگاه آن در مدیریت پروژه

با توجه به شاخصه‌های مدیریت پروژه و عوامل مختلف موثر بر موفقیت پروژه ها، دست یابی به اهداف زمانی یکی از بهترین شاخص‌های موفقیت پروژه‌ها محسوب می‌شود. با در نظر گرفتن این اصل، تحلیل تأخیرات پروژه و نحوه جبران یا تقلیل یا احتناب از آن‌ها جایگاه ویژه‌ای پیدا می‌کند. این موضوع در بحث روابط متقابل کارفرمایان و پیمانکاران و منافع و موقعیت هرکدام از طرفین مطرح و حائز اهمیت می‌باشد. در این راستا، علم مدیریت پروژه به دلیل توجه به تأخیرات و کاهش اثرهای زیان‌بار حاصل از آن، با ارائه راهکارهایی در جهت بهبود می‌تواند انعکاسی مثبت در مدیریت اجرایی این گونه پروژه‌ها داشته‌باشد. نکته قابل توجه این است هر چه پیش می‌رویم و پروژه‌های بیشتری انجام می‌دهیم و تجربیات بیشتری کسب می‌نمائیم، بطور منطقی باید مدت تأخیرات و به دنبال آن مدت اجرای پروژه‌ها کاهش یابد. ولی متاسفانه این طور نیست با نگاهی به آمارهای سازمان مدیریت برنامه‌ریزی کشور درمورد میانگین مدت اجرای پروژه‌های خاتمه یافته متوجه می‌شویم که مدت اجرا پروژه‌ها ثابت نبوده بلکه گاهی افزایش هم داشته است.

۲-۳- تأخیرات و انواع آن

تأخیرات پروژه می‌تواند بر اساس یکی از معیارهای ارکان پروژه، حالت وقوع زمان و همچنین

قابلیت جبران پذیری آن‌ها دسته‌بندی شود.

۲-۳-۱- تأخیرات بر مبنای ارکان پروژه

تأخیرات پروژه می‌تواند به علل مختلفی روی دهند. بنابراین یک معیار تقسیم‌بندی انواع تأخیرات می‌تواند این باشد که علت ایجاد تأخیر در حیطه مسئولیتی کدام یک از طرف‌های دگیر در پروژه می‌باشد. برای تشخیص این موضوع می‌توان به نوع مسئولیت‌های تعریف شده براساس ماتریس مسئولیت‌های پروژه در سازمان پروژه مراجعه نمود. معمولا این ماتریس‌ها تعریف‌کننده مسئولیت تحویل هر یک از اقلام قابل تحویل پروژه و یا نقش هر یک از طرف‌های درگیر پروژه، در انجام فعالیت‌های زمان‌بندی شده در آن پروژه می‌باشد. در اغلب موارد، مراجعه به قراردادهای طرف‌های درگیر در پروژه که با کارفرما به امضا رسیده‌است می‌تواند بسیار در این زمینه مفید واقع گردد.

بطور خلاصه در یک قرارداد با چند طرف درگیر در آن، برخی از علت‌ها جزو حیطه مسئولیت کارفرما محسوب می‌گردند و تأخیرات ایجاد شده توسط کارفرما را موجب می‌شوند. برخی در حیطه مسئولیت پیمانکار قرار می‌گیرند و تأخیرات وابسته به پیمانکار را رقم می‌زنند. برخی از تأخیرات در حیطه کاری مشاور است و گاهی در حیطه مسئولیت هیچ کدام از این طرف‌ها نیست و تأخیرات ایجاد شده توسط شخص ثالث را موجب می‌شوند (katram,1999).

۲-۳-۲- تأخیرات برمبنای قابلیت جبران پذیری

یکی دیگر از معیارهایی که می‌تواند مبنای تقسیم‌بندی تأخیرات در پروژه‌ها قرار گیرد، معیار نوع جبران تأخیر ایجاد شده می‌باشد. بدین معنا که با بروز برخی تأخیرات، لازم خواهدبود که زمان معیار برای انجام کار تمدید گردد و یا هزینه اضافی برای پوشاندن هزینه‌های ایجاد شده به علت تأخیر(به عنوان مثال هزینه‌های سربار) در نظر گرفته‌شود. در واقع تأخیر ایجاد شده ممکن است با هزینه و یا زمان برای هریک از طرف‌های درگیر در پروژه قابل جبران شود. به عنوان مثال اگر در موردی تأخیری تشخیص داده شود که پیمانکار در بروز آن مقصر نبوده‌است زمان مجاز انجام کار برای پیمانکار تمدید

خواهدشـد و طبق شـرایط ممکن اسـت هزینه‌های اضـافی تحمیل شده به پیمانکار نیز توسط کارفرما تقبل گردد این که چه تأخیراتی مستحق جبران از لحاظ زمانی و یا مستحق جبران از لحاظ هزینه‌ای می‌باشند معیار جدیدی برای تقسیم‌بندی انواع تأخیرات می‌باشند که تأخیرات بر مبنای جبران پذیری نام نهاده شده‌است.

بعنوان مثال کاترام[1] تأخیرات را براسـاس معیار قابلیت جبران پذیری به تأخیرات زیر تقسـیم‌بندی نموده است(katram,1999).

تأخیرات غیرمجاز تأخیراتی هسـتند که دلیل پیمانکار برای ارتکاب آن تأخیرات موجه نمی‌باشـد و بنابراین جبرانی برای او در پی نخواهدداشـت. این گروه از تأخیرات شـامل تأخیرات ایجاد شده توسط پیمانکار می‌باشند. در این گروه از تأخیرات، تنها پیمانکار مسئول ایجاد تأخیر می‌باشد.

تأخیرات مجاز، تأخیراتی هسند که پیمانکار به تنهایی مسئول ایجاد آن‌ها نباشد، از این رو کارفرما زمان مجاز انجام کار توسط پیمانکار را به میزان تأثیری که تأخیرات بر زمان‌بندی پیمانکار داشته‌است تمدید می‌نماید تا کار به انجام برسـد. این تأخیرات خود به دوگروه از تأخیرات تقسـیم‌بندی می‌شوند: تـأخیرات قـابـل جبران و تأخیرات غیر قابل جبران. تأخیرات قابل جبران تأخیراتی هســـتند که عذر پیمانکار در ارتکاب تأخیر موجه تشـــخیص داده‌شـــود در این نوع تأخیرات، جبران تأخیرات(زمانی یا هزینه‌ای) به میزان تاثیر آن بر پیمانکار برای او در نظر گرفته می‌شـود. تأخیرات ایجاد شـده توسـط کارفرما مشخص کننده این گروه از تأخیرات می‌باشند. تأخیرات غیر قابل جبران، تأخیراتی هستند که جبران تأخیرات فقط جبران زمانی خواهد بود و جبران هزینه ها برای پیمانکار در نظر گرفته نمی‌شود. تأخیرات به علل اضطراری نمونه‌ای از این گونه تأخیرات هستند.

۲-۳-۳- تأخیرات بر مبنای زمان وقوع

اگر به عنوان معیار تقسـیم‌بندی تأخیرات، حالت زمانی وقوع آن‌ها نسـبت به سایر تأخیرات لحاظ

۱- Katram

شـود، تقسیم‌بندی دیگری از انواع تأخیرات خواهدبود. البته در ادبیات موضوع در این رابطه اتفاق نظر وجود ندارد و بعضا وجود مغایرت‌هایی در نحوه تقسیم‌بندی تأخیرات طبق این معیار نیز وجود دارد.

به عنوان مثال اسـتمپ[1] تأخیرات را براین اسـاس به سـه نوع تأخیرات مستقل، تأخیرات متوالی و تأخیرات همزمان تقسیم‌بندی می‌نماید(Stampf,2000) :

در این تقسـیم‌بندی: تأخیرات متوالی تأخیراتی هسـتند که تنها به علت یک تأخیر قبلی و غیر مرتبط بودن با موضـوع پیش نیاز رخ می‌دهند. به عنوان مثال اعتصاب کارگری که عملیات نصب را به تـأخیر می‌انـدازد. می‌تواند منتج به تأخیر در طراحی باشـد که ظاهرا ارتباطی با هم ندارند. تأخیرات همزمان، تأخیراتی هسـتند که شـامل دو یا چند رویداد می‌شوند که هر یک از این رویدادها می‌توانند در زمان‌بندی پروژه تأخیر ایجاد نمایند. اما اگر هر یک از آن ها رخ نمی‌داد، باز هم در زمان‌بندی پروژه به علت سـایر رویدادها، تأخیر به وجود می‌آمد. دوتأخیر نامرتبط ولی با همپوشـانی، همزمان هسـتند تنها اگر هر دو تأخیر در مسـیرهای بحرانی، موازی قرار گرفته باشـند. به عنوان مثال اگر کارفرما در حال بررسـی نقشـه‌های کارگاهی(جهت تایید آن‌ها) باشـد و در همین زمان پیمانکار با قصـور یکی از پیمانکاران جزء روبه رو شـده باشد، هر یک از این تأخیرات و یا هردو تأخیر می‌تواند تاریخ پایان پروژه را به تعویق اندازد.

۲-۴- مبنای آنالیز تأخیرات

قبل از پرداختن به معرفی روش‌های آنالیز تأخیرات موضـوعی که در آنالیز تأخیرات بسـیار مهم می‌باشد و البته می‌تواند جای بحث بسیاری داشته باشد این است که آنالیز را بر مبنای چه زمان‌بندی به انجام برسانیم. برای شناخت روند کامل سیر وقایع در پروژه می‌توان از زمان‌بندی‌های متنوعی بهره گرفت که هر یک در موقعیت های خاص خود می‌توانند مفید واقع گردند. آردیتی[2] و پل[3] زمان‌بندی‌ها را به چهار گروه زیر تقسیم نموده‌اند(Assef and et al ,1999):

---

[1] - Stumpf

[2] - Rdiyeti

[3] - Pol

۲-۴-۱- برنامه زمان‌بندی مبنا

این برنامه در واقع برنامه اولیه و مبنایی می‌باشد که هر یک از طرف‌های درگیر در شروع پروژه در مورد آن متعهد شده‌اند. به عنوان مثال اگر هدف این باشد که تأخیرات یک پیمانکار را مورد بررسی و آنالیز قرار گیرد، برنامه پیشنهادی او که در همان زمان عقد قرارداد بدان متعهد شده‌است می‌تواند مد نظر قرار گیرد. مورد مهمی کـه باید به آن توجه شـــود این اســـت که معمولاً در رســـیدن به برنامه زمان‌بندی، عملیات تحت مســـئولیت طرف‌های مختلف پروژه به طرف‌های دیگر وابســـته می‌باشـــد و طبیعتاً به وجود آمدن برخی مغایرت‌ها بین حالت واقعی و حالت برنامه‌ای، می‌تواند دقیقا ناشی از این موارد باشـــد. بنابراین منطق و روابط پیش‌بینی فعالیت‌ها با یکدیگر طبق پیش‌بینی‌ها و ملاحظات لازم در برنامه زمان‌بندی مبنا لحاظ شـــده‌اســـت. در مورد برنامه زمان‌بندی مبنا باید از موارد زیر اطمینان حاصل گردد(Cunningham &Abdulaziz,1998):

الف) برنامه زمان‌بندی که مبنا قرار گرفته‌اســـت، برنامه زمان‌بندی پیشـــنهادی پیمانکار برای اجرای کار باشد. به عبارت دیگر برنامه زمان‌بندی که پیمانکار بدان متعهد شده‌است.

ب) منطق برنامه درست باشد یعنی برنامه در عمل قابل اجرا باشد.

ج) طول مدت تعریف شده برای فعالیت‌ها معتبر و درست باشد. این مقادیر در واقع باید تخمین‌های احجام کاری و نرخ‌های تخمینی پیمانکار جهت انجام کار مرتبط و مناسب باشد.

۲-۴-۲- زمان‌بندی مبنا به همراه تأخیرات یکی از طرف‌های درگیر

این زمان‌بندی، برنامه زمان‌بندی مبنایی می‌باشـد که بسته به آنالیز تأخیراتی که توسط طرف‌های درگیر در پروژه انجام می‌شـود، تأخیرات قابل انتساب به یکی از طرف‌های درگیر در پروژه بدان اضافه شـــده‌باشـــد. بعنوان مثال اگر پیمانکار به دنبال نشـــان دادن تأثیر تأخیر کارفرما بر روی زمان‌بندی قراردادی باشد در این حالت می‌توان زمان‌بندی اصلی قراردادی را مبنا قرار دهد سپس تمام تأخیرات کارفرما را به صورت مجازی وارد برنامه نماید. ورود این فعالیت‌های مازاد به طول عمر مشخص و روابط

تعریف شـــده مطابق با حالت رخداد تأخیرات، می‌تواند مشـــخص نماید که تأخیرات کارفرما چگونه بر ســـــایر فعـالیـت‌هـا مؤثر بوده‌اســـــت و احتمـالا تـاریخ پـایـانی پروژه را چنـد روز بـه تـأخیر انداخته‌است(Finke,1999).

۲-۴-۳- زمان‌بندی واقعی

زمان‌بندی واقعی زمان‌بندی می‌باشد که تاریخ واقعی شروع و پایان فعالیت‌های برنامه‌ای را در خود داشته‌باشد. استفاده از زمان‌بندی واقعی مقبول‌تر می‌باشد. شاید مهم‌ترین مزیت استفاده از زمان‌بندی واقعی این باشـد که منطق و روابط واقعی فعالیت‌ها با یکدیگر در آن لحاظ شـده‌اسـت (Williams, 2000).

۲-۴-۴- زمان‌بندی‌های سیر تغییرات

مجموعه‌ای از زمان‌بندی‌ها که برای توضـیح این موضوع، که چگونه زمان مبنا به زمان‌بندی واقعی پروژه تبدیل شـده‌است، استفاده می‌شود. بنابراین ابتدا از برنامه زمان‌بندی مبنا آغاز می‌شود. سپس به این برنامه اولین تأخیر افزوده می‌شـود، و زمان‌بندی جدید با تغییرات به وجود آمده ثبت می‌شود. در گام بعد دومین تأخیر بدان اضـافه می‌شود تا زمان‌بندی جدیدی ایجاد گردد و به همین ترتیب تا انتها که زمان‌بندی واقعی حاصل خواهدشد.

۲-۵- مدیریت زمان و پروژه

زمان گران‌بهاترین سـرمایه نزد هر فرد، گروه یا سـازمان اسـت که با دیگر سـرمایه‌ها قابل مقایسه نیسـت. زمان تنهاترین سـرمایه در اختیار انسـان است زیرا تولید پول، ماشین و فناوری و حتی انسان وابسـته به صـرف وقت و تامین زمان اسـت و تنها سـرمایه غیر قابل خریداری و غیر قابل تولید، زمان می‌باشد (درودی،۱۳۸۳).

حال این سـوال مطرح است که مدیریت زمان در این میان چه نقشی را ایفا می‌کند؟ همه می‌دانند که زمان در گذر اســت و در کنترل انســان نیســت، پس مدیریت این ســرمایه چه مفهومی می‌تواند

داشته‌باشد؟ اکثر صاحب نظران علم مدیریت معتقدند که زمان اساساً اداره شدنی نیست و خواه ناخواه زمان می‌گذرد و تنها بایستی به درستی از آن استفاده کنی. به همین جهت آن‌ها تنها به ارائه برنامه‌ها و طرح‌هایی جهت جلوگیری از اتلاف وقت اکتفا می‌کنند. آنچه که از مدیریت زمان کسب می‌شود، زمان بیشتر نیست بلکه بهره وری بیشتر از زمان می‌باشد. شناخت صحیح و به موقع عواملی که وقت را هدر می‌دهند، اهمیت بسیاری دارد، زیرا بدین ترتیب راه درمان بیماری اتلاف وقت کوتاه خواهد شد(خسروی و باقری ۱۳۸۳). تعریف شاخص‌هایی برای مدیریت زمان پروژه و توجه به آن‌ها در طول مسیر فرایند انجام پروژه موثر می‌باشد. در واقع پروژه‌ها باید دارای شرایط زیر باشند(احمدیان و یدالله پور ۱۳۷۹).

- در زمان محاسبه شده تکمیل شوند.
- به اندازه بودجه تعیین شده هزینه کنند.
- با کارایی مناسب و منطبق با مشخصات اجرا شوند.
- مورد رضایت مشتری واقع گردند.
- از حداقل تغییرات در موارد الزامی آن برخوردار شوند.
- در صورت وجود شرکا انجام اثرات سوء بر روی فرهنگ مشارکتی به دنبال نداشته‌باشد.

مدیریت زمان پروژه، مجموعه فرایندهای مورد نیاز جهت اطمینان از تکمیل پروژه در مدت زمان مصوب می‌باشد(آلادپوش۱۳۸۵). موفقیت مدیریت پروژه و توسعه مبانی و مفاهیم آن، به هماهنگی و همکاری مدیران هر واحد از واحدهای اداری یا مدیران واحدهای مختلف تخصصی سازمان یا مدیر پروژه و انسجام و سازگاری هر چه بیشتر سازمان پروژه یا سازمان مولد آن بستگی دارد. از این رو، باید در طراحی و پی‌ریزی تشکیلات سازمان پروژه و چگونگی واگذاری اختیارات و مسئولیت‌های مدیر پروژه و واحدهای همکار و سهیم در اجرای پروژه بسیار دقیق بود(نوری و همکاران،۱۳۸۲). زمان علاوه بر اینکه در ارزیابی موفقیت یک پروژه نقش اساسی دارد بلکه یکی از شاخص‌ها و معیارهایی است که با آن در مورد ماهیت فرهنگ یک اجتماع یا سازمان و کارآمدی مدیریت یک سازمان می‌توان قضاوت

کرد.

۲-۶- برنامه‌ریزی و کنترل پروژه

جهت برنامه ریزی و کنترل پروژه معمولا از روش‌های برنامه‌ریزی شبکه‌ای استفاده می‌شود که در مبانی اصلی مدیریت پروژه به شرح زیر است(سبزه پرور،۱۳۸۱).

۱-تعریف فعالیت‌ها: برای رسیدن به اهداف یک پروژه باید فعالیت آن به درستی شناسایی و تعریف شوند.

۲-توالی فعالیت‌ها: شناسایی، تعیین و تدوین وابستگی و ارتباط بین فعالیت‌ها می‌باشد.

۳-برآورد مدت زمان فعالیت‌ها، برآورد تعداد دوره‌های زمانی برای انجام هر یک از فعالیت‌ها می‌باشد.

۴-تهیه زمان‌بندی: تجزیه و تحلیل وابستگی فعالیت‌ها، مدت و منابع مورد نیاز هر یک از آن‌ها برای ایجاد زمان‌بندی پروژه می‌باشد.

۵-کنترل زمان‌بندی: کنترل تغیرات زمان‌بندی پروژه و انجام اقدامات اصلاحی می‌باشد.

لازم به ذکر است که فعالیت‌های پنج‌گانه فوق‌الذکر در فرایندهای اصلی برنامه‌ریزی پروژه را با منطق توالی میان آن‌ها نشان می‌دهد.

۲-۷- لزوم بررسی تأخیرات برای پروژه‌های مختلف

تأخیر پدیده‌ای فراگیر و بسیار زیان آور بشمار می‌آید. مقابله با بروز تأخیرات یا کاهش آن‌ها نیازمند شناخت جامع از منشأ بروز تأخیرات، رابطه بین علل ایجاد کننده تأخیرات و اولویت برخورد با هر کدام از این عوامل است. از سال‌های گذشته این مسئله روشن شده است که وقوع تأخیر می‌تواند برگرفته از عواملی باشد که منحصر به آن پروژه، منطقه، سازه و افراد درگیر و صاحب نظر آن است. لزوم مطالعه منطقه‌ای و پروژه محور در زمینه تأخیرات به وضوح در تعدّد پژوهش‌های زمینه تأخیرات قابل بحث و برداشت است(Zidane et al,2018).

۲-۸- نگاهی جامع به آخرین تحقیقات صورت گرفته در نقاط مختلف جهان

مطالعات زیادی در زمینه تأثیر تأخیرات، نحوه محاسبه آن‌ها، شناسایی علل ایجاد کننده تأخیرات و بررسی و ارزیابی عوامل مؤثر بر تأخیرات در نقاط مختلف دنیا صورت گرفته‌است. نکته حائز اهمیت این است که مطالعات علاوه براین که در کشورهایی که تأخیر در روند پروژه در آن‌ها بسیار متداول است صورت پذیرفته، در کشورهای پیشرفته که به ندرت در روند ساخت و ساز آن‌ها تأخیررخ می‌دهد، نیز مطالعات بسیاری انجام گرفته است. جدول ۲-۱ برخی از مهم‌ترین مطالعات صورت گرفته در زمینه تأخیرات را درکشورهای مختلف دنیا نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱: مطالعات انجام گرفته در زمینه تأخیرات در کشورهای مختلف دنیا.

نام کشور	تحقیقات انجام گرفته
افغانستان	Gidado and Niazai (2012)
استرالیا	Wong and Vimonsatit (2012)
بنگلادش	Rahman et al.(2014)
باتسوانا	Adeyemi and Masalila (2016)
بورکینافاسو	Bagaya and Song (2016)
کامبوج	Durdyev et al. (2017), Santoso and Soeng (2016)
مصر	Abdel-Hakam (2016), Marzouk and El-Rasas (2014), Ezeldin and Abdel-Ghany (2013), Aziz (2013), Abd El-Razek et al.(2008)
غنا	Amoatey et al. (2015), Fugar and Agyakwah-Baah (2010), Frimpong et al. (2003), Frimpong and Oluyowe (2003)
هند	Lo et al. (2006)
هنگ کنگ	oi, Sawhney and Iyer (2012), Doloi, Sawhney and Rentala (2012)
اندونزی	wi and Hampson (2003), Kaming et al. (1997)
ایران	Saeb et al.(2016), Abbasnejad and Izadi Moud (2013), Fallahnejad (2013), Pourrostam and Ismail (2011, 2012), Khoshgoftar et al. (2010

ادامه جدول ۲-۱: مطالعات انجام گرفته در زمینه تأخیرات در کشور های مختلف

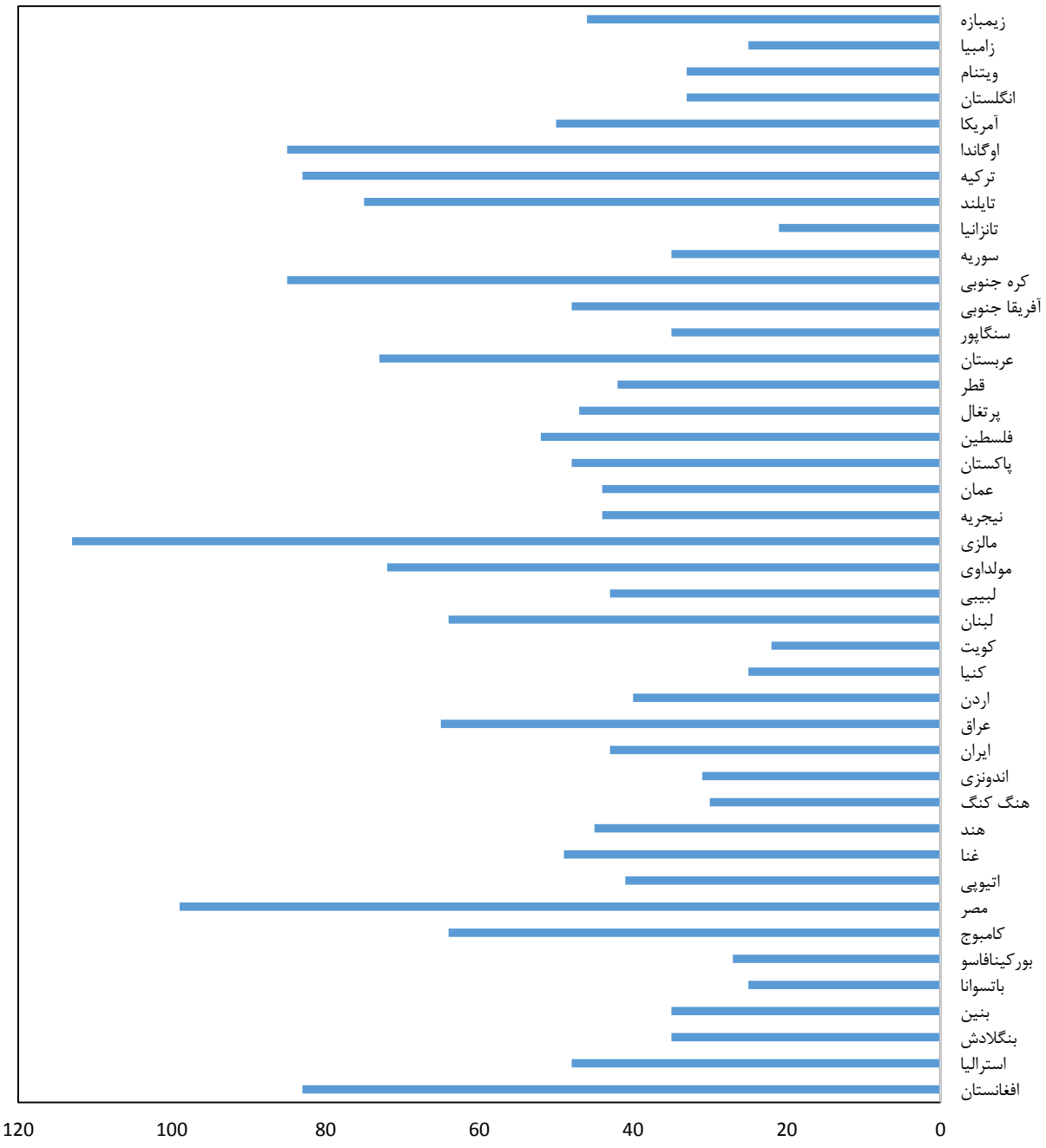
عراق	ekr (2015)
اردن	Sweis (2013), Sweis et al. (2008), Odeh and Battaineh (2002), Al-Momani (2000)
کنیا	Seboru (2015)
کویت	Koushki et al. (2005)
لبنان	Mezher and Tawil (1998)
مولداوی	Kamanga and Steyn (2013)
مالزی	Mydin et al. (2014), Tawil et al. (2013), Alaghbari et al. (2007), Sambasivan and Soon (2007),Abdul-Rahmanet al.(2006)
نیجریه	Akinsiku and Akinsulire (2012), Aibinu and Odeyinka (2006), Omoregie and Radford (2006), Odeyinka and Yusif (1997), Mansfield et al. (1994), Dlakwa and Culpin (1990), Okpala and Aniekwu (1988)
عمان	Ruqaishi and Bashir (2013)
پاکستان	Gardezi et al. (2014), Rahsid et al. (2013), Haseeb, Lu, Bibi, Dyian and Rabbain (2011), Haseeb, Lu, Hoosen and Rabbani (2011)
فلسطین	Mahamid (2013), Mahamid et al.(2012), Enshassi et al. (2009)
پرتغال	Aranteset al.(2015), Couto and Teixeria (2007)
قطر	Gundüz and AbuHassan (2016), Emamet al. (2015)
عربستان	Elawi et al. (2015), Al-Kharashi and Skitmore (2009), Assaf and Al-Hejji (2006), Al-Khalil and Al-Ghafly (1999)
سنگاپور	Hwang et al. (2013), Ayudhya (2011)
آفریقا جنوبی	Oshungade and Kruger (2017), Aiyetan et al. (2011), Baloyi and Bekker (2011)
کره جنوبی	Acharya et al.(2006)
سوریه	Ahmed et al.(2014)
تایلند	Toor and Ogunlana (2010), Ogunlana et al. (1996)

ادامه جدول ۲-۱: مطالعات انجام گرفته در زمینه تأخیرات در کشور های مختلف

ترکیه	Gündüz et al. (2013a, b), Kazaz et al. (2012), Arditi et al. (1985)
اوگاندا	Muhwezi et al. (2014), Alinaitwe et al.(2013)
آمریکا	Zzoli (2017), Ahmed, Azhar, Castillo and Kappagantula (2003), Ahmed, Azhar,Kappagntula and Gollapudil (2003)
انگلستان	Elhag and Boussabaine (1999), Nkado (1995)
ویتنام	Kim et al. (2016), Luu et al. (2009, 2015), Le-Hoai et al. (2008)
زامبیا	Muya et al. (2013), Kaliba et al. (2009)

۲-۹- مقایسه آماری از تعداد مطالعات صورت گرفته در زمینه تأخیرات در کشورهای مختلف

در شکل ۳-۱ تعداد تحقیقات صورت گرفته در سال‌های اخیر در کشورهای مختلف آمده است. این آمار نشـان دهنده اهمیت تأخیرات اسـت که در تمام کشـورهای دنیا اعم از پیشـرفته، توسـعه یافته، درحال توسـعه و حتی کشـورهای ضعیف خطر اصلی برای رشد یک کشور به شمار می‌آید. با توجه به آمار ارائه شـده در شـکل ۲-۱ بیش‌ترین میزان مطالعه در زمینه تأخیرات مربوط به کشـور پیشـرفته مالزی اسـت که در این کشور نزدیک به ۱۱۳ تحقیق در زمینه تأخیرات انجام گرفته‌است. کشور ایران با ۴۵ تحقیق صورت گرفته در این زمینه از جمله کشورهای متوسط در این آمار به شمار می‌آید.



شکل ۲-۱: مقایسه تعداد تحقیقات صورت گرفته با موضوع تأخیر در کشورهای مختلف دنیا(Zidan and et al, 2018).

۲-۱۰- مروری بر مطالعات گذشته در کشورهای مختلف

مطالعات زیادی در سراسر دنیا برای تعیین علل تأخیرات در پروژه‌های عمرانی و ساخت و ساز صورت گرفته‌است. در ادامه برخی از این مطالعات به صورت مختصر آمده است.

۲-۱۰-۱- مهم‌ترین علل تأخیرات در پروژه‌های عمرانی کشور مالزی

سامباسیون[۱] و سون[۲] (۲۰۰۷)، سویس[۳] و همکاران (۲۰۰۸) مهم‌ترین علل تأخیرات در پروژه‌های عمرانی کشور مالزی را از طریق پرسش‌نامه شناسایی کرده‌اند. جامعه هدف این پرسش‌نامه‌ها کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران صنعت ساخت و ساز بوده‌اند در این راستا مطالعه مشابه دیگری توسط الاخباری و همکاران[۴](۲۰۰۷) در مالزی انجام شد که منجر به لیستی ۳۱ فاکتوری از تأخیرات در این کشور شده‌است.

۲-۱۰-۲- مطالعه علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی کشور اردن

المؤمنی[۵](۲۰۰۰) در مطالعه بر روی علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی کشور اردن در ۱۳۰ پروژه عمومی ساخت و ساز علل تأخیرات را وضعیت آب و هوایی، شرایط کارگاهی، تأخیر در پرداخت‌ها، شرایط اقتصادی و افزایش فاکتورهای بحران‌زا را از مهم‌ترین علل تأخیر در کشور اردن می‌داند.

۲-۱۰-۳- علل تأخیر در پروژه‌های ساخت و ساز ساختمانی در کشور مصر

عبدالرازق[۶](۲۰۰۸) در مطالعه‌ای به تعیین علل تأخیر در پروژه‌های ساخت و ساز ساختمانی در کشور مصر پرداخته‌است. این کار با استفاده از پرسش‌نامه‌ای جهت نظر سنجی برای بررسی مهم‌ترین علل تأخیر انجام گرفت. براساس نتایج این نظر سنجی علل تأخیر در این کشور عبارت بودند از: تأمین منابع مالی توسط پیمانکار ساخت، تأخیر در پرداخت‌های پیمانکار توسط کارفرما، تغییرات در طراحی‌ها توسط کارفرما یا نماینده‌های او، پرداخت‌های جزئی در طول ساخت و ساز، عدم استفاده از مدیریت ساخت و ساز حرفه‌ای. سون(۲۰۰۸) در مطالعه مشابه انجام شده در مصر نتیجه‌گیری کرد که

---

۱ - Sambasiven
۲- Soon
۳- Sweis
۴ - AL-Akhbari
۵ - Al- Momani
۶ - Abd Al-Razek

مشـکلات مالی که پیمانکار با آن مواجه شده است و تغییرات سفارش‌ها به پیمانکار در طول ساخت و ساز علل اصلی تأخیرات در پروژه‌های ساخت و ساز هستند. هر دو تحقیق نشان می‌دهند که مشکلات مالی علل اصلی تأخیرات در کشور مصر به شمار می‌آیند.

۲-۱۰-۴- بهینه کردن میزان تأخیرات در پروژه‌های ساخت عربستان سعودی

الزهرا[۱](۲۰۱۶) در تحقیقی با عنوان بهینه کردن میزان تأخیرات در پروژه‌های ساخت عربستان سعودی با استفاده از روش PIPS[۲] به موضوع تأخیرات در کشور عربستان می‌پردازد. نویسنده اهمیت تأخیرات را با بیان میزان زیان وارده به کشور در اثر این پدیده بررسی می‌کند و به بررسی سطح اهمیت تأخیرات و نحوه کنترل آن‌ها با روش BVA [۳] و روش PIPS پرداخته است. BAV روشی است که به وسیله آن کارفرما می تواند عملکرد پیمانکاران مختلف را ارزیابی کند تا بتواند مناسب ترین پیمانکار را انتخاب نماید. این روش عملکرد پیمانکار را باتوجه به شاخص های زمان، هزینه و کیفیت سنجش می‌کند. نتایج این تحقیق علاوه براین که به کارآمدی روش‌های ارزیابی تحقیق به مهم‌ترین علل تأخیر در پروژه‌های احداث کمپ دانشگاهی اشاره دارد، عنوان می‌دارد که برای اجرای دو روش BVA و PIPS نیاز به بانک اطلاعاتی بسیار قوی دارد و تا زمانی که بسیاری از اطلاعات پروژه‌ها محرمانه تلقی می‌شود نمی‌توان به مدلی با کیفیت بالا دست یافت.

۲-۱۰-۵- دلایل تأخیر در پروژه‌های برق آبی پاکستان

بطول[۴] و عباس[۵] (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با عنوان دلایل تأخیر در پروژه‌های برق آبی پاکستان (مورد مطالعاتی خبیر پختوانخواه[۶]) اهمیت موضوع تأخیر در این پروژه‌ها را با بیان میزان ضرر وارده یا میزان

---

۱ - AL-Zahra

۲ -Performance information procurement system

۳ -Best value approach

۴ - Batool

۵ - Abass

۶ -Khyber Pakhtunkhwa

سـود از دسـت رفته شرح می‌دهند و با بیان میزان تولید برق از دست رفته برای کشور در طول زمان تأخیرات به وقوع آمده، میزان توجه لازم را برای پرداختن به این موضـوع بالا می‌برند. روش انجام این تحقیق اسـتفاده از اسـناد و گزارش‌ها برای تعیین عوامل مؤثر بر تأخیرات و تهیه پرسـش‌نامه جهت جمع‌آوری نظرات خبرگان این صـنعت و در نهایت اسـتفاده از نرم افزارهای تعیین کیفیت NVivo جهت ارزیابی و تعیین سـطح اهمیت هر کدام از عوامل اسـت. در نتایج این تحقیق نویسنده به هزینه حاصل از بررسی نکردن عوامل به وجود آورنده تأخیر و برتری چشم‌گیر آن نسبت به هزینه بررسی این پدیده اشـاره می‌کند و بعد از طبقه‌بندی ۴۳ عامل مؤثر در تأخیرات در این صنعت را به ترتیب سطح اهمیت بیان می‌کنند که می‌توان به خشـک‌سـالی، فقر، جنگ، اعتصاب و مسائل سیاسی، بی نظمی و ضعف قانونی، عدم هماهنگی بین ارکان پروژه، عدم رعایت استانداردها توسط پیمانکار و ... اشاره کرد.

۲-۱۰-۶- بررسی موفقیت فاکتور مدیریت هزینه و زمان در پاکستان

سانچز[۱] و همکاران (۲۰۱۷)، در تحقیقی با عنوان بررسی موفقیت فاکتور مدیریت هزینه و زمان با اطلاعات سـیسـتم توسـعه پروژه، اهمیت مدیریت زمان و هزینه را برای پروژه‌های مختلف ارزیابی می‌کند. نویسـنده در این تحقیق علاوه بر بیان اهمیت مدیریت زمان و هزینه، مهم‌ترین عوامل را برای مدیریت زمان و هزینه بیان می‌کند و با اسـتفاده از اطلاعات سیستم توسعه پروژه به شرح اهمیت این عوامل می‌پردازد.

۲-۱۱- بررسی برخی از مهم‌ترین مطالعات داخلی انجام گرفته در زمینه تأخیرات

سـاده و شـهرابی فراهانی(۱۳۷۸) در تحقیقی با عنوان بررسـی علل تأخیر در طرح‌های سیمان و ارائه راهکار مناسـب با هدف شـناسـایی عوامل تأخیر و اولویت‌بندی این عوامل و ارائه راهکاری برای کـاهش میزان این تأخیرات پرادخته‌اسـت. با اسـتفاده از بررسـی آماری نتایج به دسـت آمده از پرسـش‌نامه‌های ارسال شده، مهم‌ترین علل تأخیر در پروژه‌های صنعت سیمان را ضعف مدیریت، عدم همراهی مدیریت پروژه تا انتهای پروژه، اتکای مالک پروژه به تسـهیلات بانکی، عدم آشـنایی مالکان

[۱] - Sunches

پروژه به مسائل پروژه‌های سیمان، نبود برنامه مدون و سیاست‌های بلند مدت برای پروژه‌ها، نبود نیروی انسانی ماهر، اتکا به امکانات ارزی، پافشاری در اجرای پروژه‌های سیمان در مناطق خاص جغرافیایی می‌داند.

۲-۱۱-۱- علل تأخیر در پروژه‌های سدهای کارون ۳ و ۴

اسدی(۱۳۸۵) در تحقیقی با عنوان "علل تأخیر در پروژه‌های سدهای کارون ۳ و ۴" به بررسی علل تأخیر در پروژه‌های سد کارون ۳ و ۴ که از بزرگ‌ترین پروژه‌های عمرانی ملی به حساب می‌آیند پرداخته شده‌است که نتایج آن به شرح زیر است:

الف) عوامل و مشکلات تأخیر در سد و نیروگاه کارون ۳:

نداشتن دانش و تجربه سدسازی، ضعف مدیریت پروژه، پیچیدگی ذاتی و فنی، نحوه انتخاب پیمانکار، تأثیر عوامل محیطی، مطالعات اولیه و برآوردهای ابتدایی، دولتی بودن سه عامل، همزمانی طراحی و اجرا، حوادث و عوامل طبیعی غیر قابل پیش بینی، تجهیزات نامناسب.

ب) عوامل و مشکلات تأخیر در سد و نیروگاه کارون ۴ (در پیشرفت فیزیکی ۳۰٪):

متأسفانه بسیاری از مشکلات و عوامل تأخیر که در کارون ۳ وجود داشت از قبیل ضعف مطالعات اولیه، پیشرو نبودن واحد برنامه ریزی و کنترل پروژه، همزمانی طراحی و اجرا و ضعف مدیریت پروژه، نحوه انتخاب پیمانکار و حوادث طبیعی، در کارون ۴ نیز به چشم می‌خورد. سایر عوامل نیز به شرح زیر است: عدم توجه به پیش‌نیازها، بودجه، ضعف پیمانکار و تداخل کارهای آن، ضعف و کمبود نیروی انسانی مشاور.

۲-۱۱-۲- عوامل مؤثر در ایجاد تأخیر در پروژه‌های سازمان نوسازی مدارس

وطنخواه (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای عوامل مؤثر در ایجاد تأخیر در پروژه‌های سازمان نوسازی مدارس در ارتباط با نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی مورد بررسی قرار داده شده‌است که نتایج این تحقیق عوامل تأخیر را مختص پنج بخش شامل مطالعات بنیادی، تحقیقات و پایه: معیارها استانداردها و

ضوابط فنی، تهیه طرح و اجرا می‌داند.

۲-۱۱-۳- علل تأخیر پروژه به منظور دستیابی به استراتژی مناسب در طرح‌ریزی و اجرای پروژه‌ها در شرکت توسعه انرژی ایران

غیاثی و همکاران (۱۳۸۸) علل تأخیر پروژه به منظور دستیابی به استراتژی مناسب در طرح ریزی و اجرای پروژه‌ها در شرکت توسعه انرژی ایران را به دو مؤلفه مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌کنند.

عوامل مستقیم: نیروی انسانی(از نظر تعداد سطح معلومات و تجربه)، کمبود مصالح، کمبود ابزار و تجهیزات مناسب مورد نیاز کار، خرابی و نقص ماشین‌آلات در پروژه، مشکلات و مسائل مالی در پروژه، برنامه ریزی نادرست در کار و عدم وجود برنامه‌ریزی صحیح در کار، مدیریت و سرپرستی ضعیف در کار و سیستم ارتباطی و اطلاعاتی و ضعیف در پروژه.

عوامل غیرمستقیم: تأثیر آب و هوایی، شرایط فیزیکی زمین و محل پروژه، تغییرات در طراحی و نقشه‌ها و دستور کارهای جدید، اختلاف بین کارفرما و پیمانکار درباره مسائل مالی و پرداخت‌ها در پروژه، عدم نظارت دقیق بر کارها، مسائل ایمنی و تصادفات و هم‌چنین مسائل بهداشتی در پروژه، مقررات دست و پاگیر شهرداری‌ها در پروژه و سایر مقررات قانونی و محلی و اختلافات داخلی و درگیری‌ها.

۲-۱۱-۴- بررسی علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی مجتمع پتروشیمی بندر امام

حاتمی در سال۱۳۸۵، به بررسی علل تأخیر در پروژه‌های عمرانی مجتمع پتروشیمی بندر امام پرداخته‌است. در این تحقیق به بررسی علل تأخیر پروژه‌ها از نقاط قوت دو مدل PEM[۱] و OPM[۲] استفاده شده و با تلفیق این دو مدل، مدلی جهت ممیزی پروژه‌ها تدوین گردیده‌است. محقق دلایل استفاده از مدل‌های مذکور را جهان شمول بودن آن‌ها، شناخت بیش‌تر این دو مدل در ایران و

[۱]- Project Excellence Model

[۲] - Object Process Methodology

هم‌چنین برآورده شدن اکثر الزامات کارفرما در این دو مدل می‌داند. نتایج حاصل از ممیزی تحت این دو مدل، نشانگر ضعف پروژه‌ها در ۹ حوزه: ضعف در حوزه اهداف پروژه، ضعف در حوزه رهبری، ضعف در حوزه منابع، ضعف در حوزه فرآیندها، ضعف در حوزه کارکنان، ضعف در حوزه نتایج مشتری، ضعف در حوزه منابع انسانی، ضعف در حوزه نتایج سایر طرف‌های درگیر در پروژه و در نهایت ضعف در حوزه نتایج پروژه و نتایج کلیدی عملکرد بیان می‌کند.

۲-۱۱-۵- بررسی علل افزایش زمان(تأخیرات) پروژه‌های تونل‌سازی با استفاده از مدل‌های شاخص تصمیم‌گیری مناسب مطالعه موردی (تونل انتقال آب و فاضلاب روی شرق تهران):

عظیمی حسینی، سال ۱۳۹۰ در پژوهشی که در آن سعی شده‌است علل اساسی افزایش زمان پروژه‌های تونل‌سازی شناسایی و تأثیر مهم‌ترین عوامل تأخیر روی سه معیار اصلی PMBOK[۱] بررسی شود. جهت انجام این تحقیق در ابتدا پس از تلفیق علل تأخیر استخراج شده از کتب و مقالات، پایان‌نامه‌ها، نظرات صاحب نظران صنعت مذکور و سایر مبانی اطلاعاتی مرتبط، نتایج در قالب پرسش‌نامه اولیه به آن‌ها ارسال گردید. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌های تکمیل شده، کلیه عوامل تأخیر در قالب نه محدوده اصلی دانش مدیریت پروژه، عوامل داخلی و خارجی و همچنین از نقطه نظر کارفرما، مشاور و پیمانکار تقسیم بندی و همبستگی بین آن‌ها بررسی شده و سپس با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک، شش معیار به عنوان معیارهای اصلی تأخیر مشخص گردیده‌است. در مرحله بعد، بر مبنای معیارهای اصلی PMBOK یعنی هزینه، کیفیت و زمان، پرسش‌نامه نهایی طراحی شد که پس از جمع‌آوری داده‌های حاصل از توزیع آن، با استفاده از روش AHP گروهی وزن‌دهی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و پیشنهادهایی جهت پیاده‌سازی در پروژه‌های تونل‌سازی ارائه شده است. به علاوه موضوعاتی نیز برای انجام تحقیقات آتی ذکر شده است.

در این تحقیق محقق با سه فرض اولیه که عبارتند از:

[۱]- Peroject Management Body Of Knowledge

عدم تکمیل و تحویل به موقع پروژه‌ها ریشــه در عوامل خاصــی دارد که با تجزیه و تحلیل پروژه‌ها می‌توان آن را شناسایی کرد.

بین عوامل تأخیر در پروژه‌ها رابطه معنی داری وجود دارد.

عوامـل اصـــلی تـأخیر بـا وزن‌های مختلف بر فاکتورهای اصـــلی PMBOK یعنی هزینه و زمان تأثیرگذار می‌باشد.

نتایج تحقیق نشـــان داد که شـــش عامل تأخیر در پرداخت‌های پیمانکار، ناهماهنگی بین ادارات و وزارت‌خـانه‌های دولتی، عدم تأمین اعتبار مناســـب، حمایت نکردن برخی مســـئولان محلی از پروژه، کمبود نیروی انســـانی متخصـــص و کارآمد و دور بودن از تکنولوژی روز دنیا مهم‌ترین عوامل تأخیر پروژه‌های تونل‌سـازی می‌باشند که این عوامل بیش‌ترین تأثیر را به ترتیب روی کیفیت، هزینه و زمان دارند.

۲-۱۲- جمع‌بندی

تأخیر یکی از مهم‌ترین شـــاخص‌های ارزیابی روند یک پروژه اســـت و تعاریف و تقســـیم‌بندی‌های زیـادی برای آن وجود دارد. محققـان تعـاریف مختلفی از تـأخیر ارائـه داده‌اند که مفهموم تمامی این تعاریف، ثبت اختلاف زمان برای اتمام پروژه نســبت به زمان برنامه،ریزی شــده اســت. گاهی نیز این اختلاف زمان با صـــرف هزینه های مازاد جبران می‌شـــود اما در تعریف تأخیر برای آن پروژه تغییری ایجاد نمی‌کند. چرا که باید به زمان به دید سـرمایه نگاه شود با این دید متوجه می‌شویم که تأخیر در واقع صرف سرمایه مازاد برای یک پروژه تعریف می‌شود حال یا این سرمایه به معنای واقعی زمان است یا معادل زمان از دست رفته، هزینه‌های مالی صورت می‌گیرد.

برنـامـه‌ریزی و کنترل در یـک پروژه در درجـه اول کمک می‌کند تا برآوردی نزدیک به واقعیت از ســرمایه(زمان و هزینه) مورد نیاز برای اتمام، به ارکان پروژه دهد و در درجه دوم وظیفه دارد در تمام مراحل پروژه بر روند انجام آن به صورت کامل نظارت داشته‌باشد تا میزان سرمایه‌ای که صرف می‌شود بیشـــتر از مقدار برنامه‌ریزی شـــده نشـــود. تمام این وظایف منجر به پدید آمدن شـــاخه‌ای مهم در علم

مدیریت به نام مدیریت پروژه و کنترل پروژه شده‌است.

حجم بالای تحقیقات صـــورت گرفته در زمینه تأخیرات در نقاط مختلف دنیا به وضـــوح موضـــوع اهمیت بحث تأخیرات را نشان می‌دهد. در این تحقیقات محققین توافق دارند که تأخیر می‌تواند خطر و ریسک اصلی کار و تحقق اهداف یک پروژه باشد و باید آن را در حد سایر خطرات برای یک عملیات به حسـاب آورد. در زمینه تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سـازی در سـطح بین‌المللی مطالعه اختصـاصی صورت نگرفته‌است و به نوعی این سازه‌ها را در ردیف سازه‌های عمرانی و صنعت ساخت و ساز به شمار آورده‌اند. شرایط عمومی مؤثر در تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی با بسیاری دیگر از سازه‌های عمرانی یکی است اما با توجه به دانش خاص ساخت این سازه‌ها، وضعیت محیط دربرگیرنده و ذات منحصر به فرد زمین شرایط ساخت این سازه‌ها را با سایر پروژه‌های عمرانی متفاوت می‌کند، بنابراین عوامل ایجاد کننده تأخیر در پروژه‌های تونل‌سازی بسیار متفاوت است.

در میان مطالعات داخلی مطالعه‌ای با موضـوع بررســی علل تأخیر در پروژه‌های تونل‌ســازی انجام گرفته که محقق با تأکید بر ســه عامل اصـلی هزینه، زمان و کیفیت علل تأخیر را دسته‌بندی می‌کند. هر چند این مطالعه نقطه عطفی در بررسـی تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی است اما دیدگاه محقق صرفاً مسائل مدیریتی است و به مسائل خاص پروژه تونل‌سازی و ویژگی‌های ذاتی سازه اشاره‌ای ندارد.

به طور کلی خطر تأخیر را باید مدیریت کرد، به اشتراک گذاشت، به حداقل رسانید یا پذیرفت اما هرگز نباید آن را نادیده گرفت. به طور ویژه خطر تأخیرات تنها موقعی به حداقل خواهد رســید که به رسمیت شناخته شوند و اقدامات لازم برای جلوگیری از تأخیرات صورت پذیرد.

فصل سوم

روش شناسی

۳-۱- مقدمه

روش‌های مختلفی جهت ارزیابی داده وجود دارد که می‌توانند اســاس ریاضــی، آماری و یا بر پایه الگوریتم منطقی نوآورانه‌ای باشــند. شــناخت مناســب‌ترین روش جهت ارزیابی موضــوع نیاز به دیدی کامل از جوانب موضــوع مورد بحث و نیز احاطه نســبی بر روش‌های مختلف ارزیابی دارد. روش‌های تصــمیم‌گیری چند معیاره می‌توانند در شرایط عدم اطمینان در صحت داده‌ها و سلیقه‌ای بودن داده‌ها نتیجه‌ای نزدیک به واقعیت بدهند. باتوجه به طبیعت علل موثر بر تأخیرات که بسیار گسترده و دارای ســطح بالایی از وابســتگی می‌باشــند اســتفاده از منطق فازی برای ارزیابی این عوامل بنظر مناســب می‌رســد. در این فصــل به بررســی روش فازی دلفی (FDAHP) که روش مورد نظر جهت ارزیابی پارامترهای مورد نظر می‌باشد پرداخته شده‌است.

۳-۲- مراحل چند گانه در تهیه پرسش‌نامه

مرحله اول : مطالعات و جمع‌آوری پارامترهای موثر :در این مرحله با مطالعه مقالات، پایان‌نامه ها، آیین‌نامه ها، اســناد و مدارک و مصــاحبه با افراد صــاحب نظر مهم‌ترین پارامترهای موثر در ارزیابی تاخیرات در پروژه های تونل‌سازی و عمرانی شناسایی شده‌است.

مرحله دوم : دسته بندی ، تجزیه و ترکیب پارامتر های موثر: در این مرحله پارامترهای استخراج شــده که ممکن اســت تعداد آن ها نیز بســیار زیاد باشــد. بر اســاس میزان همبستگی که به بین آن‌ها وجود دارد دســته‌بندی شده و در صورت هم پوشانی یا امکان ترکیب نمودن پارامترهای مد نظر برای سهولت در انتخاب ترکیب خواهندشد.

مرحله سوم: تنظیم پرسش نامه با توجه به روش ارزیابی: هر یک از روش‌های ارزیابی و وزن‌دهی سبک مشخصی از پرسش‌نامه را طلب می‌کند. لازم است نحوه پرسش کردن را به گونه‌ای انتخاب شود تا بتوان نتایج نظرســنجی را به طور صــحیح و به ســهولت مورد ارزیابی قرار داد. پرسش‌نامه مورد نیاز برای روش فازی -دلفی مطابق جدول ۳-۱ می‌باشــد. نحوه انتخاب به این صــورت اســت که به عنوان مثال اگر درســطر اول پاســخ‌دهنده پارامتر " مســائل مالی، قراردادی و تصــویب طرح " را نســبت به

پارامتر " مسـائل مالی جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی" مهم‌تر تشخیص داد باید عددی بین ۱ تا ۹ بسته به نسبت اهمیت مد نظر خود به سمت راست انتخاب کند و درصورت مهم‌تر شماردن پارامتر " مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی" عددی بین ۱ تا ۹ به سمت چپ جدول انتخاب نماید و در صورت مساوی تشخیص دادن سطح اهمیت دو عامل عدد ۱ را باید انتخاب نماید.

جدول ۳-۱: نمونه از فرم‌های ارسالی برای کارشناسان متخصصان.

مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مصالح، منابع و تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مصالح، منابع و تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران

۳-۳- روایی ابزار سنجش:

برای تعیین روایی پرسش‌نامه‌ها از آزمون تحلیل ماده استفاده شده‌است. آزمون تحلیل ماده بر این فرض اسـتوار اسـت که آزمون کلی(جمع نمره معیار) موضوع مورد بررسی را می‌سنجد. در صورتی که هریک از زیر معیارها رابطه معنی داری با جمع نمره معیار داشته باشد، آن زیر معیار مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صـورتی که این رابطه معنی دار برقرار نشـود آن زیر معیار حذف می‌شـود این آزمون در مرحله اول برای خود معیارهای اصـلی هم برگزار می‌شـود(نظرپور، ۱۳۹۵). نتایج حاصل از این آزمون حاکی از رابطه موجود بین زیر معیارها با معیارهای اصـلی اسـت که این موضـوع دقت در انتخاب زیر معیـارهـا و عوامل را نشـــان می‌دهد و نیاز به حذف یا عدم حذف هر کدام زیر معیارها را مشـــخص می‌کند.

۳-۴- پایایی ابزار سنجش

برای پایایی ابزار سنجش از آزمون عدد کورنباخ استفاده شده‌است. اگر اعداد بدست آمده برای هر کدام از دسته عوامل مشخص شده کمتر از میزان هدف، یعنی ۰/۷ باشد باید در آن دسته تغییراتی صورت گیرد و پرسش نامه مجدداً تنظیم و ارسال گردد(نظرپور،۱۳۹۵).

۳-۵- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی دلفی

تصمیم‌گیری در مورد انتخاب پارامترهای موثر در ارزیابی تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی و تعیین وزن هریک از آن‌ها از جمله مهم‌ترین و اساسی‌ترین اهداف این تحقیق در ارائه یک مدل رفتاری و سیستم ارزیابی جامع می‌باشد. با توجه به طبیعت پدیده تأخیرات و عوامل درگیر در آن و تأثیرپذیری هر یک از عوامل از یکدیگر ارزیابی مشخص و دقیق برای هر یک از پارامترها کمی دشوار بنظر می‌رسد. همچنین بسیاری از مسائل این ارزیابی شامل عوامل مبهم هستند که دارای هم پوشانی دامنه تأثیر و تفاوت سلیقه‌ای در عملکرد و میزان تأثیر آن‌ها است که مشکلات فراوانی را برای ارزیابی در پی دارد. از جمله این مشکلات تصمیم‌گیری و امتیاز دهی براساس سلیقه و تفکرات شخصی افراد مختلف است و نتایج به سطح درک و تفکر آن‌ها بستگی دارد. بنابراین به کاربردن اعداد قطعی سبب نتایج دور از واقعیت خواهدشد. به همین دلیل بهتر از به جای اعداد قطعی از اعداد فازی برای ارزیابی استفاده شود.

۳-۶- تحلیل سلسله مراتبی فازی(FDAHP)

تحلیل سلسله مراتبی فازی(FDAHP) یکی از جامع‌ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چند گانه است. روش فازی دلفی در سال ۱۹۸۸ توسط کوفمان[۱] و گوبتا[۲] ارائه شده‌است. در روش دلفی، پیش‌بینی‌های ارائه شده در قالب اعداد قطعی توسط افراد خبره بیان می‌شوند. در حالی که استفاده از اعداد قطعی برای پیش‌بینی‌های بلند مدت نتیجه کار را از واقعیت به

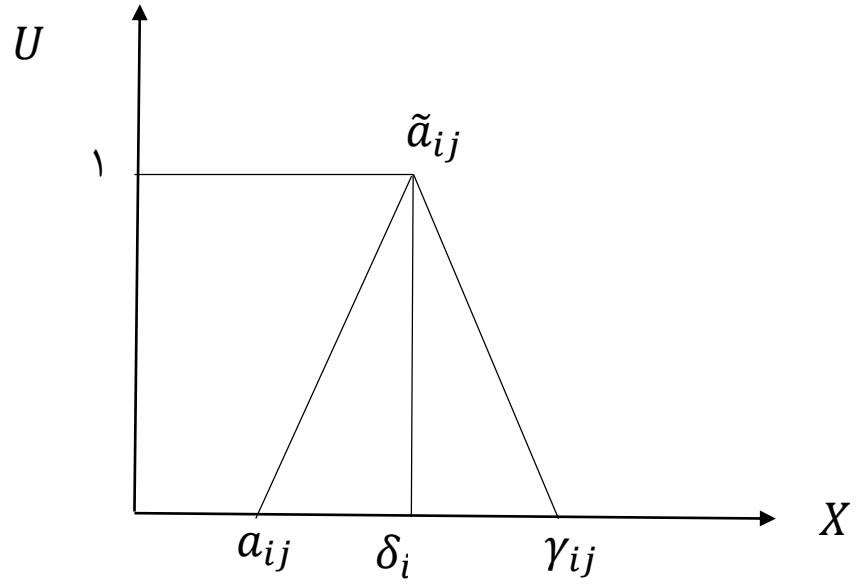
[۱] - Kaufman

[۲] - Gupta

دور می‌سازد. از طرفی افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌هایی ذهنی خود برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند و این نشان می‌دهد که عدم قطعیت حاکم بر این شرایط از نوع امکانی است نه احتمالی. امکانی بودن عدم قطعیت با مجموعه‌های فازی سازگاری دارد. بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی(با به کار بردن اعداد فازی) به پیش‌بینی دراز مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. از جمله روش‌های مناسب برای وزن‌دهی به پارامترهای درگیر در تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی استفاده از تکنیک فازی دلفی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. در این روش از نظرات و تجربیات متخصصان و کارشناسان برای دستیابی به وزن مشخص استفاده می‌شود. بدین ترتیب دایره تجربیات افراد پشتوانه این روش خواهدبود. گونه‌های مختلفی از اعداد فازی را می‌توان برای اخذ نظرات خبرگان استفاده نمود. بدین ترتیب می توان اطلاعات لازم را در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ نمود و مورد تحلیل قرار داد. در این تحقیق از اعداد فازی با دامنه مثلثاتی استفاده خواهدشد. مراحل اجرای روش فازی دلفی در زیر آمده‌است(Lio and Chan ,2007; Chang and Tang, 2008).

مرحله اول: نظرسنجی از متخصصان و صاحب‌نظران: در این مرحله از متخصصان در مورد پارامترهای مؤثر یک پدیده یا تصمیم به صورت کیفی یا در صورت امکان کمی نظر سنجی به عمل می‌آید.

مرحله دوم: محاسبه اعداد فازی: برای محاسبه اعداد فازی(a_{ij}) نظرهای متخصصان به طور مستقیم مدنظر قرار می‌گیرند. اعداد فازی در این مرحله را می‌توان براساس توابع عضویت مختلف همچون روش مثلثی یا روش ذوزنقه‌ای محاسبه کرد. در اکثر مطالعات از روش مثلثی به دلیل سهولت استفاده زیادتری شده‌است. که در شکل ۳-۱ نشان داده شده‌است. در این حالت در روش فازی دلفی یک عدد فازی به صورت رابطه ۱-۴ تا ۴-۴ تعریف می‌شود.



شکل ۳-۱: توابع عضویت مثلثی در روش فازی دلفی.

تابع عضویت در روش فازی دلفی:

$$a_{ij} = \left(\alpha_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij}\right) \quad (۱-۴)$$

$$\alpha_{ij} = Min\left(\beta_{ijk}\right), k = 1,\ldots,n \quad (۲-۴)$$

$$\delta_{ij} = \left(\prod_{k=1}^{n} \beta_{ijk}\right)^{1/n}, k = 1,\ldots,n \quad (۳-۴)$$

$$\gamma_{ij} = Max\left(\beta_{ijk}\right), k = 1,\ldots,n \quad (۴-۴)$$

در روابط فوق β_{ijk} نشان دهنده اهمیت نسبی i بر پارامتر j از دیدگاه متخصصان kام است و γ_{ij} و a_{ij} به ترتیب حد بالا و پایین نظرهای پرسش‌شوندگان است. بدیهی است که مولفه های عدد فازی به گونه‌ای تعریف شده‌اند که $a_{ij} \le \delta_{ij} \ge \gamma_{ij}$. در ضمن مقادیر این مولفه‌ها در بازه $[1.9,9]$ تغییر می‌کند.

مرحله سوم: تشکیل ماتریس معکوس فازی: در این مرحله با توجه به اعداد فازی به دست آمده در مرحله قبل، ماتریس زوجی فازی بین پارامترهای مختلف به شرح رابطه ۵-۴ تشکیل می‌شود.

یا به صورت:

$$\tilde{A}=\left[\tilde{a}_{ij}\right] \quad \tilde{a}_{ij}\times\tilde{a}_{ij}=1 \quad \forall i,j=1,2,...,n \tag{۵-۴}$$

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} (1,1,1) & (\alpha_{12},\delta_{12},\gamma_{12}) & (\alpha_{13},\delta_{13},\gamma_{13}) \\ (1/\gamma_{12},1/\delta_{12},1/\alpha_{12}) & (1,1,1) & (\alpha_{23},\delta_{23},\gamma_{23}) \\ (1/\gamma_{13},1/\delta_{13},1/\alpha_{13}) & (1/\gamma_{23},1/\delta_{23},1/\alpha_{23}) & (1,1,1) \end{bmatrix} \tag{۶-۴}$$

مرحله چهارم: محاسبه وزن فازی نسبی پارامترها: وزن فازی نسبی پارامترها با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شوند.

$$\tilde{Z}=\left[\tilde{a}_{ij}\otimes...\otimes\tilde{a}_{in}\right] \tag{۷-۴}$$

$$\tilde{Z}_i=\tilde{Z}^{1/n} \tag{۸-۴}$$

$$\tilde{W}_i=\tilde{Z}_i\otimes\left(\tilde{Z}_1\oplus...\oplus\tilde{Z}_n\right)^{-1} \tag{۹-۴}$$

که در آن $\alpha_1\otimes\alpha_1=(a_1\times a_2,\delta_1\times\delta_2,\gamma_1\times\gamma_2)$ بوده و $\otimes$ نماد ضرب اعداد فازی و $\oplus$ نماد جمع اعداد فازی است. $\tilde{w}_i$ یک بردار سطری است که نشان دهنده وزن پارامتر iام می‌باشد.

مرحله پنجم : غیرفازی کردن وزن پارامترها: در این مرحله به منظور غیرفازی کردن وزن پارامترها طبق رابطه ۴-۱۰ میانگین هندسی مولفه‌های عدد فازی وزن پارامترها به دست می‌آید و بدین ترتیب پارامترها به صورت یک عدد قطعی بیان می‌شوند.

$$W_i=\left(\prod_{j=1}^{3}w_{ij}\right)^{1/3} \tag{۱۰-۴}$$

۳-۷- خلاصه‌ای از نمونه پژوهش‌های انجام شده با روش فازی دلفی

روش فازی دلفی کاربرد های فراوانی دارد که در شاخه های مختلف صنعت از آن استفاده می‌شود. جدول ۳-۲ برخی از پژوهش ها را به اختصار بیان می‌کند.

جدول ۳-۲: خلاصه‌ای نمونه پژوهش‌های انجام شده با روش تحلیل سلسله مراتب فازی.

نام محقق	عنوان پژوهش
Chen and Wang,(2010)	استفاده از روش ترکیبی AHP و فازی دلفی در توسعه کسب و کارهای جهانی برای شرکت‌های خدمات اطلاعاتی

ادامه جدول۳-۲: خلاصه ای از نمونه پژوهش های انجام شده با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

Jang and Topal (2014)	**مروری بر عملکرد محاسبات نرم افزاری برای چندی از مشکلات معدنی**
Lanke and et all (2015)	تشخیص شاخص تولید معدن(MPI) بر گسترش شاخص بهره‌وری در معدن‌کاری
Mikaeil and et all(2011)	رتبه بندی نحوه استخراج سنگ‌های زینتی با استفاده از روش فازی دلفی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره
Yang and et all (2018)	طبقه‌بندی انواع زمین‌شناسی محیط زیستی در ناحیه معادن ذغال : مطالعه موردی منطقه شکننده محیط زیستی در شرق چین

۳-۸- جمع‌بندی

این فصل به بررسی روش فازی دلفی که برای ارزیابی پارامترهای این تحقیق انتخاب شده می‌پردازد. این روش از سری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که قابلیت خوبی را درشرایط عدم اطمینان از پارامترها و هم پوشانی و وابستگی آن‌ها داشته و اساس شکل‌گیری این روش بر این اساس است که نتایج وقوع یک حادثه را قبل از انجام آن و نداشتن اطلاعی از نتایج حاصله، صرفاً با استفاده از نظر خبرگان و اطلاعات سلیقه ای و تجربی شخصی ارزیابی کند.

روش‌های ارزیابی بسیاری وجود دارد اما با توجه به مطابقت مفهوم تأخیرات و شرایط روش فازی دلفی مناسب‌ترین و در دسترس‌ترین روش برای ارزیابی علل تأخیر استفاده از روش بوده‌است.

فصل چهارم

شناسایی و بررسی و ارزیابی عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی

۴-۱- مقدمه

با توجه به شـــاخصـــه‌های مدیریت پروژه و عوامل مختلف مؤثر بر موفقیت پروژه‌ها، دســـت‌یابی به اهداف زمانی یکی از بهترین شـاخص‌های موفقیت پروژه‌ها محسوب می‌شود. لذا با در نظر گرفتن این اصـــل، تحلیـل تأخیرات پروژه و نحوه جبران یا تقلیل یا اجتناب از آن‌ها جایگاه ویژه‌ای پیدا می‌کند. شـــناســـایی عوامل ایجاد کننده وقفه و تأخیر در جریان عملیات ســـازه پیچیده‌ای مانند تونل کمک می‌کنـد قبـل از شـــروع عملیـات دیـد کاملی از پروژه وجود داشـــته‌باشـــد. این دید در برآوردها و برنامه‌ریزی‌هایی که می‌شـود بسـیار حائز اهمیت است. هر چه شناخت روی علل تأخیرات بیشتر باشد برنامه‌ریزی انجام شده به واقعیت نزدیک‌تر است.

عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌ســازی می‌توانند بســیار گســترده باشــند زیرا این پروژه‌ها به طور معمول بخشـی از یک پروژه بزرگ‌تر نظیر راه‌سازی، صنعت نیرو و برق آبی، پروژه‌های آب و فاضـلاب، پروژه‌های نظامی و اسـتراتژیک و سایر پروژه‌های از این دست باشند که باعث می‌شود تأخیرات سایر بخش‌های پروژه خواه یا ناخواه بر روند ساخت این گونه سازه‌های تاثیر گذار باشد. با این وجود نمی‌توان از تأخیرات محیطی و شـرایط منحصـر به فرد هر سازه، که برای سازه‌های تونلی بسیار متنوع و ویژه می‌باشد را نادیده گرفت. در این بخش به مهم‌ترین عوامل موثر در پروژه‌های ساخت تونل پرداخته شده‌است.

۴-۲- عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه‌های عمرانی

پروژه‌های عمرانی شامل پروژه‌های زیر ساخت و پایه‌ای یک کشور می‌شود که پایه و اساس ساخت سـایر سـازه‌ها و پروژه‌ها می‌باشـد. دامنه دسـته‌بندی این پروژه‌ها بسـیار گسـترده اسـت و بسیاری از سـازه‌های یک کشـور نظیر راه، نیروگاه، سـد، دانشـگاه و مدارس، پارک‌ها و مراکز تفریحی ورزشـی و بسیاری دیگر را در بر می‌گیرد. بنابراین عوامل موثر بر تأخیرات در این پروژه‌ها بسیار زیاد می‌باشند. به طور کلی این عوامل در چند گروه اصـلی دسـته‌بندی می‌شوند که شامل: مسائل مربوط به ویژگی‌های

فیزیکی و استراتژیکی سازه، شرایط محیط ساخت، اقلیم، توپوگرافی و جغرافیای منطقه که سازه در آن ساخته می‌شود، شرایط اجتماعی و سیاسی و اقتصادی حاکم بر جامعه، شرایط کارگاهی حین کار و عواملی نظیر تأمین بودجه و عقد قراردادها هستند(Zidan and et al, 2018).

۴-۲-۱- شناسایی و دسته‌بندی عوامل تأخیر

اهمیت عقب ماندن از برنامه زمان‌بندی گاهی به اندازه‌ای است که توجیه اقتصادی و فنی پروژه از دست می‌رود. هر چند جلوگیری از بروز بعضی تأخیرات در یک پروژه غیرممکن می‌باشد و تأخیرات به وجود آمده ناشی از عواملی باشد که توان مقابله با آن‌ها برای ارکان پروژه مقدور نباشد. به عنوان مثال بروز حادثه‌ای اولویت کشور را تغییر دهد و برای رسیدگی به آن حادثه و تأمین منابع مورد نیاز آن وقفه‌ای گاهاً طولانی در یک پروژه به وجود آورد. از این دسته عوامل می‌توان بروز مشکلات سیاسی کلان، جنگ، حوادث غیر مترقبه و ... اشاره کرد اما با ذکر این نکته که احتمال وقوع این عوامل اندک می‌باشد و تعداد کمی از پروژه در طول مدت زمان ساخت خود ممکن است با این قبیل تأخیرات درگیر شوند و بسیاری از پروژه‌های ساخت و ساز به صورت غیردولتی و مستقل اجرا می‌شوند. در ساخت پروژه‌های تونل‌سازی عوامل زیادی هستند که باعث تأخیر می‌شوند. تأخیرات به وجود آمده یا ناشی از توقف کامل عملیات در حین ساخت است و یا وجود عاملی باعث پایین آمده راندمان عملیاتی و در نهایت عقب ماندن از برنامه زمانی مورد نظر می‌شود. از دیگر نکات حائز اهمیت پیوستگی و مرتبط بودن عوامل ایجاد کننده تأخیرات با یکدیگر است. بروز یک عامل زمینه ساز وقوع عوامل دیگر می‌شود و تأخیرات کلی افزایش می‌یابد. شناسایی کم تأثیرترین عوامل از آن جهت مهم است که تحقیقات نشان داده که مشکلات و وقفه‌های کلان ناشی از عوامل ساده‌ای بوده‌است که کم اهمیت شناخته شده و در زمان مناسب به آن رسیدگی نشده‌است. یک پروژه ساخت تونل در بیشتر مواقع خود جزئی از یک پروژه بزرگ‌تر است بنابراین تأخیرات به وجود آمده در این پروژه‌ها می‌تواند ناشی از تأخیر در پروژه مادر باشد. به عبارتی دیگر تأخیر در سایر پروژه‌های مجاور نظیر ساخت پل، احداث

دیوار و کالورت و ..... باعث تأخیر در عملیات ساخت تونل می‌شود. تأخیر در عملیات تونل‌سازی چه در روش مکانیزه و چه در روش حفاری سـنتی وجود دارد و ممکن است در تمام مراحل ساخت رخ دهد. بروز تأخیر بسته به عوامل زیادی است که توجه به همه این عوامل در نهایت به کاهش زمان عملیات و در نتیجه کاهش ضررهای پروژه خواهدشد.

۴-۲-۲- شناسایی علل تأخیر در پروژه های ساخت در سایر کشورهای دنیا

برای دست یافتن به تمام علل تأخیر در پروژه‌های تونل‌سازی ابتدا به بررسی و مطالعه تأخیرات در تمام پروژه های عمرانی در سراسر دنیا پرداخته شده‌است. هر چند بسیاری از علل تأخیر به وجود آمده در پروژه‌هـای نقاط دیگر دنیا در منطقه کشـــور ایران وجود ندارد و به هیچ وجه نمی‌تواند باعث بروز تـأخیری در پروژه‌هـای این نـاحیـه از کره زمین شـــود اما تعداد زیادی از عوامل مؤثر بر تأخیرات در پروژه‌های ساخت سایر کشورها در ایران نیز می‌تواند مؤثر باشند که این موضوع لزوم بررسی مقالات و پروژه‌های بررسـی تأخیرات در سـایر کشورها را می‌رساند. جدول ۴-۱دلایل تأخیر برخی از کشورهای حوضه خاورمیانه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱:پژوهش های کشورهای منطقه در زمینه تأخیرات.

نام محقق	کشور مورد مطالعه	مهم‌ترین عوامل تأخیر
Assef & Al- Hejji	عربستان	۱- تغییر دستورات و طرح‌ها در طول ساخت توسط کار فرما، ۲- تأخیر در روند پرداخت ۳- اختلاف بین برنامه‌ها و شرایط واقعی ۴- کمبود نیروی انسانی ۵- مشکلات مالی پیمانکار
Mezher et all	لبنان	۱-کارفرما مسائل مالی-قراردادی و اقتصادی معرفی کرده‌اند. ۲- پیمانکار مسائل مربوط به روابط قراردادی را مهم می‌داند. ۳- مشاور مسائل مدیریت پروژه را دارای اهمیت بیشتر می‌داند.
Al-mounani	اردن	۱- ضعف در طراحی ۲- تغییر طرح‌ها و دستورات ۳- آب و هوا ۴- شرایط پیش‌بینی نشده کارگاهی ۵- تاخیر در تصویب‌ها
Koushki et all	کویت	۱-تغییر دستورها و شرایط قراردادی ۲- محدودیت مالی کارفرما ۳- تجربه پایین در صنعت ساخت

ادامه جدول ۴-۱: پژوهش‌های کشورهای منطقه در زمینه تأخیرات

Faridi & Sayegh	امارات متحده عربی	۱- سرعت پایین در آماده‌سازی و تصویب طرح‌ها ۲- برنامه‌ریزی اولیه نامناسب ۳- ضعف در نظارت و مدیریت ۴- بهره‌وری پایین نیروی انسانی

۴-۳- عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی

به منظور تعیین عوامل مؤثر برتأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی در مرحله اول با بررسی مقالات، پایان‌نامه‌ها، گزارش‌ها، آیین‌نامه‌ها و مجلات داخلی و خارجی تعداد بسیار زیادی از عوامل مؤثر بر تأخیرات در یک پروژه شناسایی شده است. در مرحله دوم با مطالعه کامل اسناد و گزارش‌ها موجود در بایگانی پروژه بزرگ آزاد راه تهران شمال و بررسی کامل وقفه‌های به وجود آمده در روند ساخت تونل‌های این پروژه و مصاحبه با افراد و کارشناسان این پروژه، مهم‌ترین علل تأخیر در پروژه‌های ساخت تونل در این پروژه شناسایی شده‌است. با مقایسه و تجزیه و تحلیل پارامترهای موثر بر تأخیرات که در این دو مرحله استخراج شده‌است، پارامترهایی که دارای همپوشانی بوده یا قابلیت ترکیب در قالب یک پارامتر را داشته به صورت یک پارامتر جامع درآمده‌اند و در نهایت نتیجه این تجزیه و تحلیل منجر به شناسایی ۵۵ پارامتر به عنوان عوامل نهایی موثر در تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی گردیده‌است.

این عوامل با نقد و بررسی فراوان به ۷ دسته در قالب ۷ شاخص اصلی که در شکل ۴-۱ آمده‌است تقسیم شده‌اند. معیار این تقسیم‌بندی، منشاء ایجا آن‌ها می‌باشد، که به شرح زیر است: ۱- مسائل ملی و قراردادی و تصویب طرح ها۲- مسائل جغرافیایی – اقلیمی و محیط زیستی۳- مصالح، منابع و تجهیزات۴- مسائل مربوط به شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ که شامل عواملی می‌شود که مستقیم با جنس و شرایط سنگ سروکار دارد می شود.۵- مسائل فنی، اجرایی و مدیریتی که عواملی که در محیط کارگاه، مدیریت و کنترل پروژه و مسائل فنی خاص پیمانکار و نیروهای اجرایی را شامل می‌شود.۶- ویژگی‌های هندسی تونل و روش ساخت و دسترسی به سازه. ویژگی‌های سازه و نحوه ساخت آن خود می‌تواند باعث بروز تأخیراتی شود که در سایر سازه‌ها با شرایط دیگر

حاصـل نمی‌شود. ۷- مسائل خاص بومی کشور ایران: این دسته شامل عوامل و رویدادهای می‌شود که خاص کشور ایران است.

تأخیرات را می‌توان بر اسـاس سه معیار: منشأ ایجاد، زمان وقوع، قابلیت جبران‌پذیری تقسیم‌بندی کرد. تهیه و اجرای یک پروژه تونل‌سـازی منوط به سازماندهی در هر سه حوزه اصلی یک پروژه یعنی حوزه تصمیم‌گیری، عوامل اجرایی و منابع لازم است. در صورتی یک پروژه تونل‌سازی برگزیده، اجرا و نگهداری می‌شود که از حیث بررسی‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی قابل توجیه باشد. عوامل ایجاد کننده تأخیر در یک پروژه یا از منشـأ داخلی(کارفرما، مشـاور و پیمانکار) و یا از منشـأ خارجی مانند عوامل طبیعی، سـیاسـی، اقتصادی ، اجتماعی و حقوقی هستند. تأخیرات در هر مرحله زمانی یک پروژه در بخش‌های مختلف ممکن اسـت رخ دهند. اما آنچه به تأخیرات ایجاد شـده درجه اهمیت می‌دهد قابلیت جبران یا غیر قابل جبران بودن آن‌ها اسـت که باز بسـتگی به منشـا ایجاد آنها دارد.

شکل ۴-۱: دسته‌بندی پارامترهای مؤثر بر تاخیرات.

۴-۳-۱- مسائل مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها

این دسته از عوامل که عمدتاً متوجه کارفرما می‌شوند، از جنبه‌های مختلف می‌تواند باعث بروز وقفه و تعویق در طول پروژه شـود و در واقع مهم‌ترین بحث در شـروع پروژه می‌باشـد. در مرحله اول میزان بودجـه اولیـه، توان و نحوه تـأمین این بودجـه و دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه از ارکان مهم یک قرارداد می‌باشـد. در مرحله دوم انتخاب پیمانکار یا پیمانکاران و تشخیص توان و صلاحیت اجرایی آن ها و همچنین میزان شـفافیت و شرح وظایف اجزا و ارکان پروژه در کاهش میزان تأخیرات موثر است. در مرحله سـوم دقت و تسریع در تصویب طرح‌های اجرایی و توان انعطاف قرارداد با عوامل پیش‌بینی نشـــده و تغییراتی کـه ممکن اســـت در طرح‌هـای اولیه به وجود آید به روند طبیعی پروژه و کاهش تأخیرات کمک شایانی خواهدکرد.

۴-۳-۲- مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی

اجرای یک عملیات در هر سطحی نیاز به عوامل اجرایی با دانش و صلاحیت لازم برای اجرای آن پروژه دارد. اتمام پروژه‌های تونل‌سـازی، در زمان پیش‌بینی شده، از یک طرف به تجربه ساخت تونل، مهارت و دانش فنی در تونل‌سازی آشنایی با روش ساخت و از طرفی دیگر به مدیریت پروژه، کنترل و تخصیص مناسب منابع و همچنین تشخیص سطح اهمیت پروژه و تعیین مقاطع بحرانی بستگی زیادی دارد. مدیریت پروژه از جمله مسـائلی است که نیازمند دانش تخصصی مدیریت سیستماتیک و کنترل دارد. لازم اسـت این تصـدی این سِمت به افرادی با تجربه که دارای دانش لازم در این زمینه هستند داده‌شـــود. که رعایت آن از میزان تأخیرات نهایی که ممکن اســـت در اتمام پروژه رخ دهد جلوگیری می‌کند.

۴-۳-۳- ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی

میزان تأخیرات در سـاخت یک تونل مانند بسیاری از سازه‌های دیگر ارتباط مستقیم با ویژگی‌های ســازه و روش احداث دارد. هندســه، ابعاد، طول، شــیب، عمق، روباره و گوشــته کناری، تعداد و نوع دسترسی و مجاورت با سازه‌های دیگر از جمله عوامل هندسی و موقعیتی سازه هستند که در تأخیرات

تأثیرگذار هستند. از جمله عوامل تأثیرگذار در تأخیرات که وابسته به روش ساخت است می‌توان به روش حفاری(TBM , Drill&Belast، بیل مکانیکی و ....)، پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات ساخت، وجود سازه‌های تکمیلی و جانبی در مسیر تونل‌سازی(دور برگردان، پارکینگ، تقاطع و ...) اشاره کرد.

۴-۳-۴- شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ

شاخص‌های زمین شناسی شرایط غیرعادی در روند احداث تونل به وجود می‌آورند که برای مقابله با این شرایط نیاز به مهارت و تجهیزات خاص آن شرایط است که به وقفه‌ای منجر نشود. کیفیت توده سنگ، تورم و آماس، مچاله شوندگی، عوامل موسوم به مهندسی سنگ هستند که مقابله و مهار آن‌ها نیاز به تجربه، دانش و صرف وقت و هزینه زیادی دارد. هجوم آب‌های زیرزمینی به داخل تونل، نشت گاز، سینه کار مرکب و متشکل از سنگ و خاک، و هوازدگی سنگ، گسل و زون های خرد شده نیز همگی از عوامل زمین‌شناسی هستند که به سبب نیاز به تمهیدات خاص برای مواجهه با آن‌ها باعث کاهش راندمان و سرعت پیشروی عملیات تونل‌سازی می‌شوند.

۴-۳-۵- مسائل جغرافیایی – اقلیمی و زیست محیطی

میزان بارندگی و نوع نزولات جوی، ارتفاع از سطح دریا و وضعیت توپوگرافی منطقه، دما و وضعیت آب و هوایی، پتانسیل حادثه خیزی و میزان مجاورت با مناطق مسکونی و شهری و معارضین مختلف انسانی، سیاسی و طبیعی سهم بسزایی در افزایش زمان پیش‌بینی شده برای اتمام یک پروژه دارند. علاوه بر این عوامل، سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی که در یک منطقه باید اجرا شود از مواردی است که باید در برآورد عمر یک پروژه تونل‌سازی لحاظ شود. شرایط محیط و منطقه حفر تونل باید به طور کامل مورد مطالعه قرار گرفته و تأثیر این شرایط بر روند پیشرفت عملیات در نظر گرفته‌شود.

۴-۳-۶- مصالح، منابع و تجهیزات

با توجه به اینکه ساخت تونل یک روند کامل پیچیده و تخصصی است تأمین منابع و تجهیزات

برای ساخت این سازه ها اهمیت فراوان دارد چراکه علاوه بر کمیت باید به سطح کارایی و تخصصی بودن ماشین آلات و تجهیزات مورد استفاده و مهارت، تجربه و تخصص نیروی انسانی درگیر در عملیات ساخت بسیار مهم است. از جمله مشکلاتی که در طول ساخت یک تونل باعث وقفه یا ثبت راندمان پایین می‌شود کمبود مصالح، استفاده از تجهیزات فرسوده و غیر تخصصی، مهارت و تجربه پایین نیروهای درگیر و عدم توجه به مکانیزاسیون و خدمات فنی(تهویه، روشنایی، ارتباط و ....) می‌باشد. نیروی انسانی مورد نیاز یک پروژه در دو بخش نیروی تخصصی و نیروی عادی دسته‌بندی می شوند. شرایط محیطی و عملیاتی تونل‌سازی به گونه‌ای است که در هر دو بخش نیازمند افرادی با توانایی خاص است. و باید در درجه اول علاوه بر توجه به دانش نیروهای تخصصی برای افراد عادی آموزش‌های خاص در نظر گرفته‌شود.

۴-۳-۷- مسائل بومی خاص ایران

عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی، تحریم و نداشتن توان تأمین تجهیزات تخصصی، نبود روحیه همکاری و تعامل برای پیش‌برد پروژه‌های ملی، سیستم عقد قرارداد و نحوه تامین بودجه طرح‌های عمرانی، تورم، ارزش پایین پول ملی، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی، سلسله مراتب اداری پیچیده و طولانی و عدم هماهنگی بین نهادهای مختلف، تغییر مکرر مدیران و تغییر سیاست‌های کلان و کارشکنی‌های سیاسی و اجتماعی، تمام این عوامل دست به دست هم داده است تا طول عمر پروژه‌های تونل‌سازی در ایران علی رغم تجربه و دانش بالا در ساخت سازه‌های تونلی نسبت به دیگر کشورها بیشتر باشد. ذکر این نکته لازم است که این عوامل تقریباً در اکثر پروژه‌های ساخت مؤثر می‌باشند و توجه به آن ها برای تمام پروژه‌ها ضروری است.

۴-۴- مروری بر روند جمع‌آوری داده‌ها و نظرسنجی از کارشناسان

به منظور جمع‌آوری داده‌های لازم پرسش‌نامه‌هایی طراحی شده و در میان متخصصان توزیع شد. این پرسش‌نامه‌ها شامل هشت بخش: ۱- دسته پارامترهای اصلی، ۲- مسائل مالی قرار دادی و تصویب طرح‌ها، ۳-مسائل فنی مدیریتی و اجرایی ۴- ویژگی‌های تونل و روش ساخت ۵- شاخص‌های

زمین‌شـناسـی و عوامل مهندسـی سـنگ، ۶- مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی، ۷- مصالح، منابع و تجهیزات، ۸- مسائل بومی خاص کشور ایران بوده و برای تکمیل شدن به ۴۵ تن از متخصصان برجسته در مورد مطالعاتی ارسال شد و در این میان ۳۰ فرم تکمیل شد. مجموعه افرادی که نسبت به تکمیل وتحویل فرم‌های ارسالی اقدام کردند، شامل مهندشان معدن، سازه، راه، و تونل‌سازی، مدیران و سـرپرسـتان کارگاها و مسـئولان کنترل پروژه در بخش مدیریت پروژه می‌شـدند. که نظرات این افراد داده‌های ورودی روش تحلیل سـلسله مراتبی فازی دلفی بوده‌است. در ادامه پیاده‌سازی روش برای هر یک از بخش‌ها، در قسـمت‌های مجزا آورده‌شده‌است. جدول ۴-۲یک نمونه از پرسش‌نامه هایی است که برای کارشـناسان فرستاده شده است. در این پرسش‌نامه از کارشناسان خواسته شده‌است بسته به نظر شـخصـی خود به هر کدام از پارامترها براساس طیف ۹ گزینه‌ای لیکرت[1] امتیاز بسیار با اهمیت(۹)، با اهمیت(۷)، اهمیت متوسط (۵)، کم اهمیت (۳) و یا بدون اهمیت عدد (۱) را اختصاص دهند.

جدول ۴-۲: نمونه پرسشنامه ارسالی برای روش فازی دلفی

مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مصالح، منابع و تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مصالح، منابع و تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران

[1] - Likert

جدول ۴-۳: راهنمای تشخیص سطح اهمیت اعداد جدول پرسش‌نامه‌ها(Saaty,2008).

امتیاز	تعریف
۱	اهمیت برابر
۲	اهمیت بین یکسان و ضعیف
۳	اهمیت ضعیف
۴	اهمیت بین ضعیف و قوی
۵	اهمیت قوی
۶	اهمیت بین قوی و خیلی قوی
۷	اهمیت خیلی قوی
۸	اهمیت بین خیلی قوی و مطلق
۹	اهمیت مطلق

با استفاده از جدول بالا نظر کارشناسان در مورد وزن و اهمیت هر یک از پارامترها در نظر گرفته‌شده‌است. به عنوان مثال در سطر اول جدول ۴-۲ از کارشناسان خواسته شده‌است تا سطح اهمیت هر یک از دو معیار مسائل مالی قراردادی و تصویب طرح و معیار مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی نسبت به یکدیگر مشخص کنند. در صورت تشخیص اهمیت مساوی باید عدد ۱ انتخاب شود و در صورت اهمیت بیش‌تر معیار مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی باید یکی از اعداد ۲ تا ۹ به سمت چپ انتخاب شود و درصورت تشخص سطح اهمیت بیش‌تر برای معیار مسائل قراردادی، مدیریتی و اجرایی باید یکی از اعداد ۲ تا ۹ به سمت راست انتخاب شود.

۴-۵- روایی ابزار سنجش

برای تعیین روایی پرسش‌نامه‌ها از آزمون تحلیل ماده[۱] استفاده شده‌است. آزمون تحلیل ماده بر این فرض استوار است که آزمون کلی(جمع نمره شاخص) موضوع مورد بررسی را می‌سنجد. در صورتی که هریک از پارامترها رابطه معنی داری با جمع نمره شاخص اصلی داشته‌باشد آن پارامتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. و در صورتی که این رابطه معنی‌دار برقرار نشود آن پارامتر حذف می‌شود این آزمون در مرحله اول برای خود شاخص اصلی هم برگزار می‌شود. نتایج حاصل از این آزمون حاکی از رابطه قوی

[۱] - Item Analyis

پارامترها با شـاخص‌های اصـلی اسـت که این موضـوع دقت در انتخاب زیر پارامترها و عوامل را نشان می‌دهد و نیاز به حذف هیچ کدام از زیر پارامترها نبوده‌است.

۴-۶- پایایی ابزار سنجش

برای پایایی ابزار سـنجش از آزمون عدد کورنباخ استفاده شده‌است. جدول ۴-۴ میزان عدد آلفای کورنباخ را با توجه به خروجی نرم افزار SPSS نشان می‌دهد. با توجه به اینکه اعداد بدست آمده برای این سنجش همگی بالای ۰/۷ بود پس پایایی پرسش‌نامه مورد سنجش تایید گردید.

جدول ۴-۴: نتایج بررسی پایایی شاخص‌های اصلی با استفاده از تعیین آلفای کرنباخ.

شاخص های اصلی	عدد آلفای کورنباخ
شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ	۰/۷۴
مصالح منابع و تجهیزات	۰/۷۲
مسائل بومی خاص ایران	۰/۸۵
ویژگی‌های تونل ، روش ساخت و دسترسی	۰/۸۸
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح‌ها	۰/۷۱
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی	۰/۸۲
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	۰/۷۰

۴-۷- ارزیابی نتایج پرسش‌نامه‌ها با روش فازی دلفی (FDAHP)

۴-۷-۱- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص‌های اصلی

با اسـتفاده از پرسـش‌نامه‌های موجود ماتریس مقایسـه زوجی متناظر با هر یک از پارامترها از نظر متخصـصـان مختلف به صـورت جداگانه برای هر متخصص تشکیل شده است. تعدادی از ماتریس‌های مذکور با استفاده از معادله ۳-۶ در فصل سوم در جدول ۴-۵ آورده شده است. با توجه به ازدیاد تعداد پاسخگویان تعدادی از ماتریس‌های زوجی نظرات کارشناسان آورده نشده است.

جدول ۴-۵: ماتریس های زوجی نظرات کارشناسان مختلف.

کارشناس یک							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	5	0.3333333	0.3333333	0.5	1	4
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	0.2	1	0.25	0.1666667	0.2	0.1428571	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	3	4	1	1	2	1	7
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴)	3	6	1	1	4	6	8
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	2	5	0.5	0.25	1	3	8
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	1	7	1	0.1666667	0.3333333	1	9
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	0.25	1	0.1428571	0.125	0.125	0.1111111	1
کارشناس دوم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1111111	1	1	4	4	1
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	9	1	1	1	1	1	2
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	1	1	1	1	0.2	0.25	1
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴)	1	1	1	1	4	6	1
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	0.25	1	5	0.25	1	0.1666667	0.25
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	0.25	1	4	0.1666667	6	1	1
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	1	0.5	1	1	4	1	1
کارشناس سوم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1428571	9	7	8	8	0.1428571
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	7	1	7	1	8	2	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	0.1111111	0.1428571	1	0.1428571	6	1	0.25
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴)	0.1428571	1	7	1	0.25	1	1
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	0.125	0.125	0.1666667	4	1	6	0.2
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	0.125	0.5	1	1	0.1666667	1	0.2
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	7	1	4	1	5	5	1
کارشناس چهارم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1111111	0.1111111	0.1111111	0.1111111	0.1111111	0.1111111
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	9	1	2	3	2	3	3
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	9	0.5	1	3	2	2	2
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴)	9	0.3333333	0.3333333	1	3	2	0.5
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	9	0.5	0.5	0.3333333	1	0.3333333	0.3333333
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	9	0.3333333	0.5	0.5	3	1	0.3333333
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	9	0.3333333	0.5	2	3	3	1
کارشناس پنجم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1666667	0.25	0.1666667	0.25	0.3333333	0.25
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	6	1	6	6	4	5	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	4	0.1666667	1	0.25	0.2	0.5	0.3333333
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴)	6	0.1666667	4	1	0.5	3	0.3333333
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	4	0.25	5	2	1	3	0.3333333
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	3	0.2	2	0.3333333	0.3333333	1	0.25
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	4	1	3	3	3	4	1

ادامه جدول ۴-۵: ماتریس های زوجی نظرات کارشناس‌های مختلف.

کارشناس ششم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1666667	0.1428571	0.2	0.1428571	5	0.1428571
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	6	1	7	6	7	6	0.1428571
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	7	0.1428571	1	0.1666667	0.1428571	0.1428571	0.1666667
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴)	5	0.1666667	6	1	5	4	0.1428571
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	7	0.1428571	7	0.2	1	0.1428571	0.125
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	0.2	0.1666667	7	0.25	7	1	0.125
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	7	7	6	7	8	8	1
کارشناس هفتم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.2	6	0.1666667	1	5	0.2
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	5	1	3	0.25	7	5	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	0.1666667	0.3333333	1	0.2	1	0.25	3
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴)	6	4	5	1	1	4	1
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	1	0.1428571	1	1	1	4	0.1428571
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	0.2	0.2	4	0.25	6	1	1
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	5	1	0.3333333	1	7	1	1

کارشناس هشتم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.111	9	0.1111	0.1111	0.1111	0.11111
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	9	1	9	1	9	1	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	0.111	0.1111	1	0.1111	0.111	0.1111	0.1111
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	1	9	1	1	1	1
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	9	0.111	9	1	1	1	1
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	9	1	9	1	1	1	1
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	9	1	9	1	1	1	1
کارشناس نهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.3333333	2	2	0.2	3	0.2
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	3	1	3	3	2	4	0.5
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	0.5	0.3333333	1	1	0.5	2	0.25
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	0.5	0.3333333	1	1	0.5	2	0.5
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	5	0.5	2	2	1	2	0.3333333
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	0.3333333	0.25	0.5	0.5	0.5	1	0.2
مسائل بومی خاص ایران(T7)	5	2	4	2	3	5	1

ادامه جدول ۴-۵: ماتریس های زوجی نظرات کارشناس‌های مختلف.

کارشناس دهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1111111	1	0.2	1	0.3333333	0.1428571
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	9	1	5	1	3	5	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	1	0.2	1	0.1428571	0.1428571	0.1428571	0.25
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	5	1	7	1	3	3	0.2
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	1	0.3333333	7	0.3333333	1	0.2	0.3333333
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	3	0.2	7	0.3333333	5	1	0.2
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	7	1	4	5	3	5	1
کارشناس یازدهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	1	5	6	0.25	5	1
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	1	1	3	5	4	4	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	0.2	0.3333333	1	4	0.25	4	1
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	0.1666667	0.2	0.25	1	0.2	0.3333333	0.1666667
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	4	0.25	4	5	1	0.3333333	0.1428571
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	0.2	0.25	0.25	3	3	1	0.1666667
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	1	1	1	6	7	6	1

کارشناس دوازدهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1666667	0.1666667	0.25	0.2	0.2	0.1666667
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	6	1	1	1	1	1	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	6	1	1	4	1	1	1
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	4	1	0.25	1	1	1	1
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	5	1	1	1	1	1	1
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	5	1	1	1	1	1	1
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	6	1	1	1	1	1	1
کارشناس سیزدهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.5	1	0.5	3	3	2
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	2	1	0.5	0.3333333	1	3	0.5
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	1	2	1	0.3333333	0.3333333	2	0.5
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	2	3	3	1	4	4	3
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	0.3333333	1	3	0.25	1	1	0.5
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	0.3333333	0.3333333	0.5	0.25	1	1	0.3333333
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	1	2	2	0.3333333	2	3	1

ادامه جدول ۴-۵: ماتریس های زوجی نظرات کارشناس‌های مختلف.

کارشناس چهاردهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.3333333	0.5	0.25	1	1	0.5
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	3	1	2	2	2	2	2
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	2	0.5	1	0.5	3	1	0.25
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴	4	0.5	2	1	0.5	2	0.5
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	1	0.5	0.3333333	2	1	0.5	0.5
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	1	0.5	1	0.5	2	1	0.3333333
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	2	0.5	4	2	2	3	1
کارشناس پانزدهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T1)	1	2	0.5	5	3	4	5
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T2)	0.5	1	0.5	3	0.5	2	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T3)	2	2	1	4	1	4	2
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T4	0.2	0.3333333	0.25	1	0.25	0.3333333	0.3333333
مصالح، منابع و تجهیزات(T5)	0.3333333	2	1	4	1	3	2
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T6)	0.25	0.5	0.25	3	0.3333333	1	1
مسائل بومی خاص ایران(T7)	0.2	1	0.5	3	0.5	1	1
کارشناس شانزدهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1666667	5	5	7	5	0.1428571
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	6	1	6	1	6	3	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	0.2	0.1666667	1	0.1428571	0.1428571	0.1428571	0.1428571
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴	0.2	1	7	1	5	1	4
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	0.1428571	0.1666667	7	0.2	1	0.2	0.2
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	0.2	0.3333333	7	1	5	1	0.1428571
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	7	1	7	0.25	5	7	1

کارشناس هفدهم							
		T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.1666667	0.3333333	0.25	0.2	0.5	1
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	6	1	0.3333333	3	2	4	0.5
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	3	3	1	2	2	6	0.5
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴	4	0.3333333	0.5	1	0.5	0.25	0.5
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	5	0.5	0.5	2	1	0.5	1
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	2	0.25	0.1666667	4	2	1	0.1666667
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	1	2	2	2	1	6	1
کارشناس هجدهم							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرحها(T۱)	1	0.25	0.5	0.2	1	0.3333333	0.2
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T۲)	4	1	4	2	7	4	1
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T۳)	2	0.25	1	0.2	1	0.3333333	0.1428571
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ(T۴	5	0.5	5	1	6	1	1
مصالح، منابع و تجهیزات(T۵)	1	0.1428571	1	0.1666667	1	0.1428571	0.125
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T۶)	3	0.25	3	1	7	1	0.2
مسائل بومی خاص ایران(T۷)	5	1	7	1	8	5	1

پس از دریافت نظرات متخصصین ماتریس مقایسه زوجی بین شاخص های اصلی محاسبه شد و نتایج در جدول ۴-۶ نمایش داده‌شده است. در ادامه با استفاده از معادله‌های (۳-۷)، (۳-۸) و (۳-۹) عدد فازی و وزن فازی هر یک از شاخص‌ها که در جدول ۴-۷ آمده‌است تعیین شده‌است.

جدول ۴-۶: نتایج ماتریس مقایسه زوجی بین شاخص‌های اصلی مؤثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی

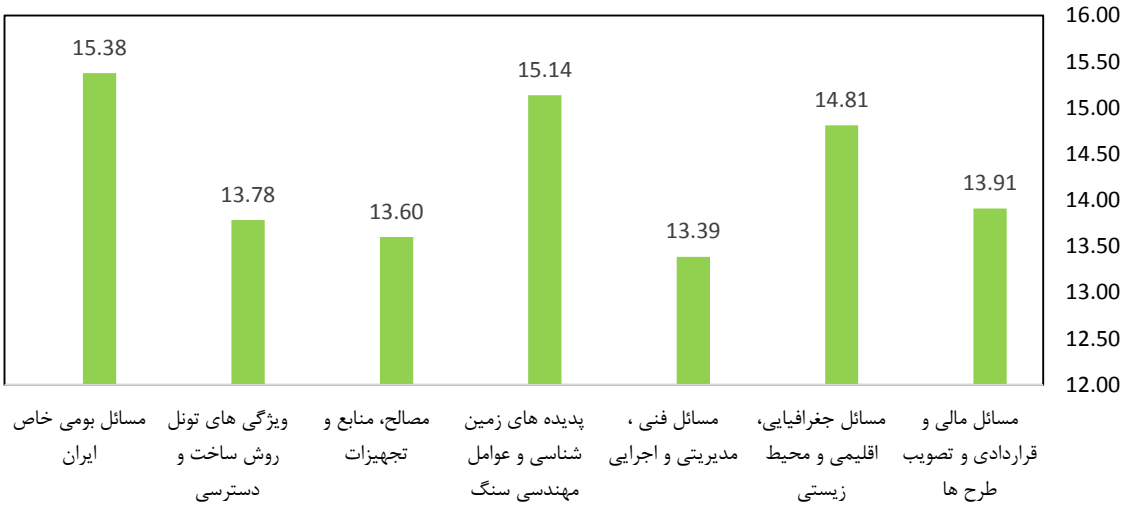
عنوان شاخص	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
مسائل مالی و قراردادی و تصویب طرح ها(T1)	(۱،۱،۱)	(۵، ۰/۶۴، ۰/۱)	(۶، ۱/۹۸، ۰/۱۴)	(۷، ۱،۶۹، ۰/۱۷)	(۸، ۱/۹۶، ۰/۱۴)	(۸، ۲/۷۰، ۰/۲)	(۵، ۰/۹۶، ۰/۱۴۲)
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی(T2)	(۵، ۴/۷۴، ۰/۲)	(۱،۱،۱)	(۷، ۳/۱۵، ۰/۲۵)	(۶، ۲/۳۳، ۰/۱۷)	(۸، ۳/۶۲، ۰/۲)	(۶، ۳/۱۸، ۰/۱۴)	(۲، ۰/۹۷، ۰/۱۴)
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی(T3)	(۶، ۲/۰۱، ۰/۱۱)	(۴، ۰/۹۳، ۰/۱۴۲)	(۱، ۱، ۱)	(۴، ۱/۲۳، ۰/۱۴)	(۶، ۱/۴۱، ۰/۱۴)	(۶، ۱/۴۵، ۰/۱۴)	(۷، ۱/۱، ۰/۱۴)
پدیده های زمین شناسی و مهندسی سنگ(T4)	(۷، ۲/۸۹، ۰/۱۴)	(۶، ۱/۱۷، ۰/۱۷)	(۷، ۲/۹۸، ۰/۲۵)	(۱،۱،۱)	(۶، ۲/۲۷، ۰/۲)	(۶، ۲/۴۶، ۰/۳)	(۸، ۱/۳۵، ۰/۱۴)
مصالح، منابع و تجهیزات(T5)	(۶، ۲/۲۲، ۰/۱۳)	(۵، ۰/۸۶، ۰/۱۳)	(۷، ۲/۲۹ ، ۰/۱۷)	(۵، ۱/۴۶، ۰/۱۷)	(۱،۱،۱)	(۶، ۱/۴۹، ۰/۱۴)	(۸، ۰/۹، ۰/۱۳)
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی(T6)	(۶، ۱/۳۵، ۰/۱۳)	(۷، ۰/۷۸، ۰/۱۷)	(۷، ۲/۳۹، ۰/۱۷)	(۴، ۱، ۰/۱۷)	(۷، ۲/۹۸، ۰/۱۷)	(۱،۱،۱)	(۹، ۰/۹۲، ۰/۱۳)
مسائل بومی خاص ایران(T7)	(۷، ۳/۶۷، ۰/۲۵)	(۷، ۱/۴۷، ۰/۵)	(۷، ۲/۹۹، ۰/۱۴)	(۷، ۲/۳۳، ۰/۱۳)	(۸، ۳/۹۲، ۰/۱۳)	۰/۱، ۳/۸۳، ۸)	(۱،۱،۱)

جدول ۴-۷: عدد فازی و وزن فازی شاخص‌های اصلی موثر بر تاخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی

	عدد فازی(Zi)	وزن فازی (Wi)
مسائل مالی و قراردادی و تصویب طرح ها	(۴/۸۹، ۱/۴۱، ۰/۲)	(۰/۱۴۳، ۰/۱۱۸، ۰/۰۸۳)
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی	(۴/۱۲، ۲/۳۵، ۰/۲۳)	(۰/۱۲۰، ۰/۱۹۷، ۰/۰۹۸)
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی	(۴/۲۳، ۱/۲۶، ۰/۱۸)	(۰/۱۲۳، ۰/۱۰۵، ۰/۰۷۸)
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	(۵/۸، ۱/۸۶، ۰/۲۸)	(۰/۱۶۹، ۰/۱۵۵، ۰/۱۱۸)
مصالح، منابع و تجهیزات	(۴/۷، ۱/۲۵، ۰/۱۹)	(۰/۱۳۷، ۰/۱۰۵، ۰/۰۸۰)
ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی	(۴/۷، ۱/۳۲، ۱/۰۳)	(۰/۱۴۵، ۰/۱۱۱، ۰/۰۸۰)
مسائل بومی خاص ایران	(۵/۵۱، ۲/۴۷، ۰/۲۳)	(۰/۱۶۱، ۰/۲۰۷، ۰/۰۹۷)
(Z1+Z2+…..+Zn)	(۲/۳۲، ۱۱/۹۲، ۳۴/۲۲)	
(Z1+Z2+…..+Zn)^-1	(۰/۴۳، ۰/۰۸۴، ۰/۰۲۹)	

با توجه به شکل ۴-۲ بیش‌ترین تأثیر مربوط به شاخص "مسائل بومی خاص ایران" است که بیش‌ترین وزن را در بین عوامل به خود اختصـاص داده‌اسـت. وزن غیرفازی و درصـد تأثیر هرکدام از عوامل در جدول ۴-۸ نشـان می‌دهد که کم‌ترین تأثیرها مربوط به مسـائل فنی و مدیریتی و اجرایی و عامل مصـالح، منابع و تجهیزات به ترتیب با ۱۳/۳۸ و ۱۳/۶ درصـد نسبت داده‌شده‌است. نکته دیگر نزدیک بودن میزان تأثیر این عوامل است که نشان می‌دهد هیچ کدام از عوامل برتری خیلی مطلقی نسبت به سایرین ندارند و این نشان دهنده سطح اهمیت و توجه به تمام عوامل است.

شکل ۴-۲: نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص‌های اصلی.



جدول ۴-۸:نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص‌های اصلی.

شاخص های اصلی	وزن غیرفازی	غیرفازی ٪
مسائل مالی و قراردادی و تصویب طرح‌ها	۰/۷۰	۱۳/۹۰
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی	۰/۷۴	۱۴/۸۰
مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی	۰/۶۷	۱۳/۳۸
شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ	۰/۷۶	۱۵/۱۳
مصالح، منابع و تجهیزات	۰/۶۸	۱۳/۶۰
ویژگی‌های تونل روش ساخت و دسترسی	۰/۶۹	۱۳/۷۸
مسائل بومی خاص ایران	۰/۷۷	۱۵/۳۷

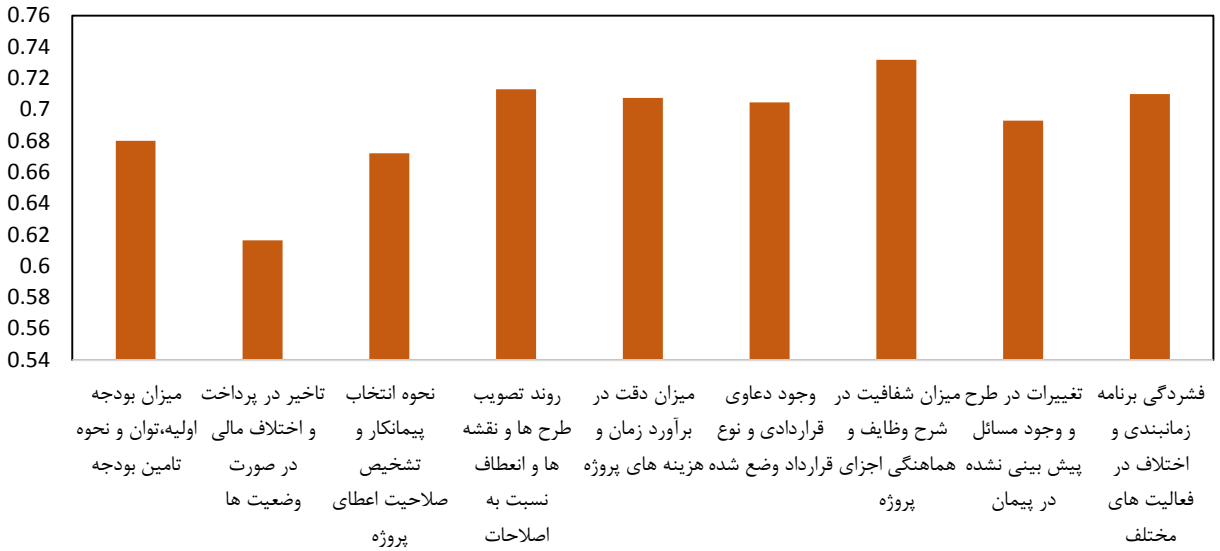
۴-۷-۲- نتایج روش فازی دلفی(FDAHP) در بررسی مسائل مالی قرار دادی و تصویب طرح ها

این مسائل شامل عوامل مربوط به پرداخت‌ها و مواردی می‌شود که در ارتباط بین ارکان درگیر در

یک پروژه ممکن است واقع گردد. بسیاری از تأخیراتی که در طول یک پروژه رخ می‌دهد وابسته به نظام اولیه وضع شده برای اجرای آن پروژه است، منظور از این نظام شرح وظایف و قوانین و قواعد اولیه پیمان است . هرچه که پروژه بزرگ‌تر باشد و اعضای بیش‌تری در آن درگیر باشند احتیاج به نظام دقیق همراه با محاسبات کامل و پیش‌بینی دقیق‌تری است. در بین پارامترهای شاخص مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها براساس بررسی نتایج نظرسنجی‌ها کم‌ترین وزن مربوط به عامل تأخیر در پرداخت و اختلاف مالی در صورت وضعیت‌ها است عاملی که اگر از بیرون به یک پروژه‌ای که در آن تأخیر مشاهده می‌شود نگاه کنیم در نگاه اول مهم‌ترین عامل به نظر می‌رسد اما نتایج این تحقیق حاکی از آن است که این عامل ۹/۸۸ درصد از کل تأخیرات این بخش را به خود اختصاص داده‌است، که کم‌ترین درصد وزنی در بین پارامترهای این شاخص است. سایر پارامترها اختلاف وزنی چندانی نداشته‌اند اما بیش‌ترین وزن مربوط به عامل " میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی بین اجزای پروژه " است که بیانگر اهمیت عنصر نظم برای پیش‌برد یک هدف در علم مدیریت است. جدول ۴-۹ وزن هر کدام از پارامترهای شاخص مسائل مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها را نشان می‌دهد این نتایج در شکل ۴-۳ به طور واضح بیان‌گر سطح اهمیت هر کدام از این معیارها است.

جدول ۴-۹: نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی مسائل مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها.

شاخص مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها	وزن غیرفازی	وزن غیرفازی ٪
میزان بودجه اولیه،توان و نحوه تامین بودجه	۰/۶۷	۱۰/۹۱
تأخیر در پرداخت و اختلاف مالی در صورت وضعیت‌ها	۰/۶۱	۹/۸۹
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	۰/۶۷	۱۰/۷۹
روند تصویب طرح‌ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	۰/۷۱	۱۱/۴۴
میزان دقت در برآورد زمان و هزینه‌های پروژه	۰/۷۰	۱۱/۳۶
وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده	۰/۷۰	۱۱/۳۱
میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	۰/۷۳	۱۱/۷۵
تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش‌بینی نشده در پیمان	۰/۶۹	۱۱/۱۲
فشردگی برنامه زمان‌بندی و اختلاف در فعالیت‌های مختلف	۰/۷۰	۱۱/۳۹



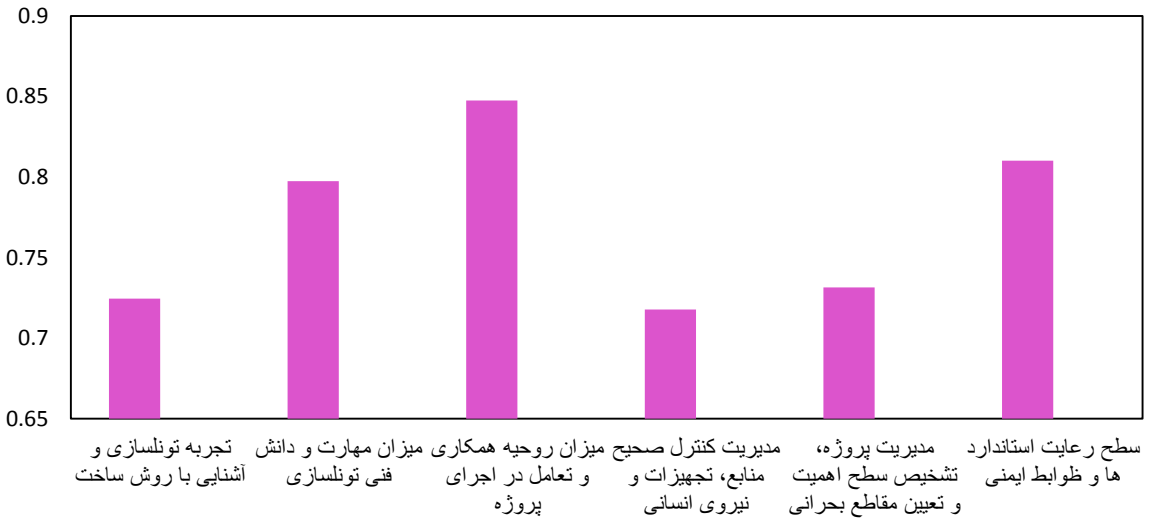
شکل ۴-۳: بررسی میزان تاثیر پارامترهای مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرح‌ها.

۴-۷-۳- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص فنی مدیریتی و اجرایی

این دسته از عوامل شامل سطح مهارت‌ها و تخصص اعضای اجرایی یک پروژه تونل‌سازی می‌شود. مدیریت صحیح و به کارگیری درست افراد، منابع و تجهیزات، استفاده صحیح از زمان و تعیین ترتیب اجرای کارها می‌تواند سهم قابل توجهی از کاهش تأخیرات در یک پروژه تونل‌سازی داشته‌باشد. نتایج این بررسی مهم‌ترین عامل در تأخیرات در یک پروژه تونل‌سازی را میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه می‌داند که نشانگر اهمیت نظم در اجرای یک کار تیمی است. در رده‌های بعدی دو عامل " سطح رعایت استانداردها و ضوابط ایمنی" و "میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی" به ترتیب ۱۷/۵۰ و ۱۷/۲۲ درصد شاخص‌ترین این عوامل هستند و کم‌ترین تأثیر نسبت به سایر عوامل " مدیریت کنترل صحیح منابع ، تجهیزات و نیروی انسانی " است که شاید علت دادن این امتیاز از سوی صاحب نظران ، ارزانی و دردسترس بودن منابع و نیروی انسانی در داخل کشور است. جدول ۴-۱۰ درصد و وزن هرکدام از پارامترهای این بخش را نشان می‌دهد. در شکل ۴-۴ نتایج بررسی میزان تأثیر هر کدام از پارامترهای شاخص مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی آمده‌است که در آن به خوبی اختلاف بین سطح اهمیت هر کدام از عوامل را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۰: نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص فنی مدیریتی و اجرایی.

شاخص مسائل فنی و مدیریتی و اجرایی	وزن غیرفازی	وزن غیرفازی ٪
تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت	۰/۷۲	۱۵/۶۵
میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی	۰/۷۹	۱۷/۲۲
میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه	۰/۸۴	۱۸/۳۱
مدیریت کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی	۰/۷۱	۱۵/۵۰
مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعین مقاطع بحرانی	۰/۷۳	۱۵/۸۰
سطح رعایت استانداردها و ظوابط ایمنی	۰/۸۱	۱۷/۵۰



شکل ۴-۴: بررسی میزان تاثیر زیر معیارهای شاخص مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی.

۴-۷-۴- شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی

ویژگی‌های مهندسی و ساختاری سازه‌های تونلی در سرعت ساخت یا تأخیراتی که می‌تواند در روند ساخت آن به وجود آید بسیار مؤثر است. این ویژگی‌ها علاوه بر ویژگی‌های هندسی و شرایط توپوگرافی غیرقابل اجتناب، شامل روش ساخت و تکنولوژی و ابزار به کار رفته برای ساخت و نیز سازه‌های تکمیلی تونل می‌شود. نتایج نظرسنجی بیش‌ترین وزن را به شیب تونل اختصاص داده‌اند که عامل بسیار متغیری است و تعیین آن بستگی به شرایط توپوگرافی و تغییر آن خارج از دسترس است و کم‌ترین وزن مربوط به نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی است که در بسیاری از موارد رعایت خدمات فنی جزئی از آیین‌نامه هر روش تونل‌سازی است اما نوع سیستم نگهداری و روش ساخت بخشی از عملیات ساخت تونل است که وابستگی کامل به جنس زمین، ابعاد، هندسه و روش

ساخت دارد. در جدول ۴-۱۱ میزان تأثیر و وزن غیرفازی هر کدام از پارامترهای این شاخص آمده‌است و در شکل ۴-۵ این عوامل به وضوح با هم مقایسه شده‌اند.

جدول ۴-۱۱: میزان تأثیر و وزن پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی.

شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی	غیرفازی	غیرفازی ٪
هندسه، ابعاد و اندازه تونل	۰/۶۸	۱۰/۳۱
طول	۰/۷۳	۱۰/۹۷
شیب	۰/۷۴	۱۱/۰۴
عمق، روباره ، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	۰/۶۳	۹/۴۴
وجود سازه‌های تکمیلی(پارکینگ، تقاطع ، دوربرگردان و ....)	۰/۷۱	۱۰/۶۱
پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی	۰/۶۴	۹/۶۸
نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی	۰/۶۱	۹/۱۶
تعداد و نوع دسترسی	۰/۶۵	۹/۷۴
مجاورت با سازه‌های دیگر	۰/۶۵	۹/۷۴
روش حفاری(B&TBM, D, بیل مکانیکی و غیره)	۰/۶۲	۹/۲۹

شکل ۴-۵: بررسی و مقایسه پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی.

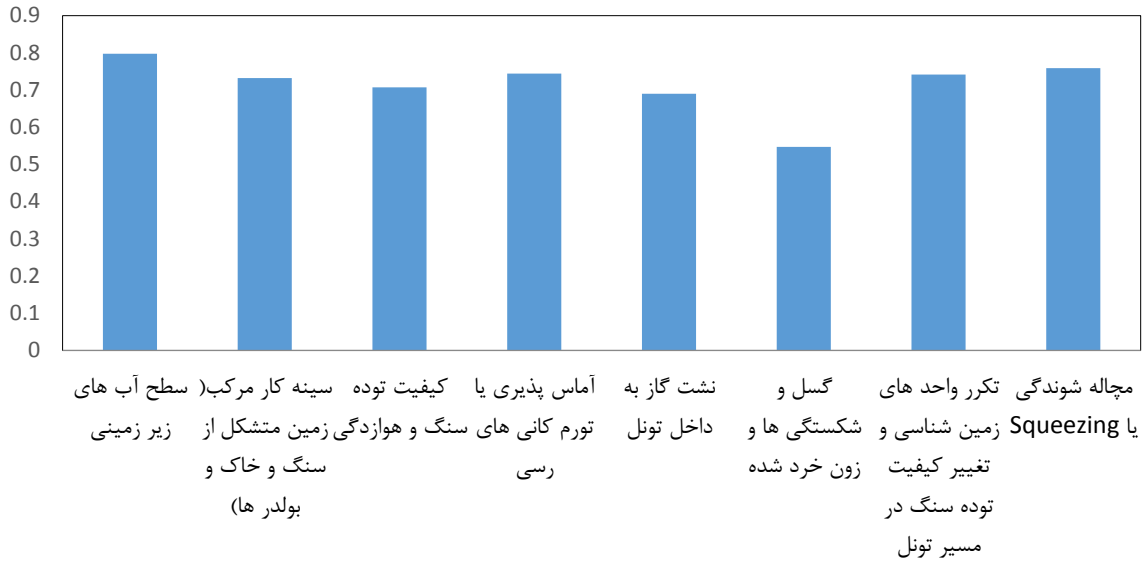
۴-۷-۵- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ

عوامل مهندسی سنگ شامل عواملی می‌شود که مستقیم به جنس سنگ و ویژگی‌های ذاتی و واکنش‌های آن تحت شرایط مختلف محیط بستگی دارد. هر سازه عمرانی متأثر از محیط اطراف خود

است و باتوجه به اینکه محیط در برگیرنده تونل یعنی زمین و اجزای تشکیل دهنده آن بسیار مکانیسم و رفتار پیچیده‌ای دارد. روند ساخت یک تونل بسیار وابسته به زمین و سنگ درونگیر آن می‌باشد. بررسی نتایج نظرسنجی نشان می‌دهد کلیه عوامل انتخاب شده دارای درصد تأثیر نسبتا نزدیکی به هم هستند با این تفسیر که بیش‌ترین تأثیر مربوط به سطح آب‌های زیرزمینی می‌باشد و با توجه به رویارویی کم‌تر و قابل شناخت بودن مسیر گسل‌های زمین‌شناسی کم‌ترین تأثیر مربوط به این عامل است. عامل آماس‌پذیری و مچاله‌شوندگی با توجه به شرایطی که دارند دارای تأثیر تقریباً مشابهی هستند و در این بین می‌توان به نقش عامل " تکرر واحدهای زمین‌شناسی و تغییر کیفیت توده سنگ در مسیر تونل " اشاره کرد که با توجه به مشکلاتی که چه در حفاری سنتی و چه در حفاری مکانیزه، می‌تواند به وجود آورد بسیار قابل توجه است. در جدول ۴-۱۲ و شکل ۴-۶ شرح کامل این بحث آمده‌است.

جدول ۴-۱۲: نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ.

شاخص پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	وزن غیرفازی	غیرفازی ٪
سطح آب‌های زیرزمینی	۰/۷۹	۱۳/۹۴
سینه کار مرکب(زمین متشکل از سنگ و خاک و بولدرها)	۰/۷۳	۱۲/۸۰
کیفیت توده سنگ و هوازدگی	۰/۷۰	۱۲/۳۶
آماس‌پذیری یا تورم کانی‌های رسی	۰/۷۴	۱۳/۰۱
نشت گاز به داخل تونل	۰/۶۸	۱۲/۰۶
گسل و شکستگی‌ها و زون خرد شده	۰/۵۴	۹/۵۷
تکرر واحدهای زمین‌شناسی و تغییر کیفیت توده سنگ در مسیر تونل	۰/۷۴	۱۲/۹۷
مچاله‌شوندگی یا Squeezing	۰/۷۵	۱۳/۲۶



شکل ۴-۶: نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی پدیده‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ.

۴-۷-۶- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی

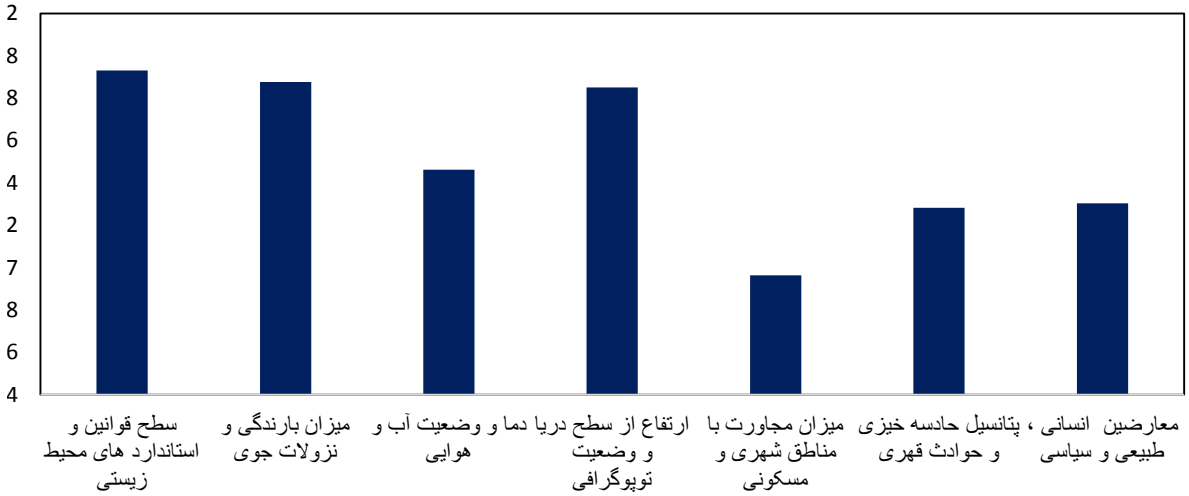
ساخت تونل در مناطق شهری یا خارج از مناطق مسکونی بسیار متأثر از متغیرهای محلی است، این متغیرها شامل مسائل جغرافیایی و توپوگرافی، وضعیت دما، بارندگی و آب و هوایی، پتانسیل حادثه خیزی و حوادث قهری و نیز معارضین انسانی و طبیعی و قوانین بازدارنده محیط زیستی می‌شود. نتایج نظرسنجی بیش‌ترین تأثیر را به سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی با ۱۵/۰۵ درصد نسبت داده‌است. کم‌ترین تأثیر متوجه میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی با ۱۳/۲۲ درصد شده‌است. جدول ۴-۱۳ و شکل ۴-۷ میزان تأثیر هرکدام از پارامترهای این شاخص را به خوبی نشان می‌دهد. هرچند میزان تأثیر عوامل بسیار به هم نزدیک است اما این اختلاف می‌تواند اولویت توجه به مسائل را بهتر مشخص کند.

جدول ۴-۱۳: بررسی وزن پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی.

مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی	وزن غیرفازی	وزن غیرفازی ٪
سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی	۰/۷۹	۱۵/۰۶
میزان بارندگی و نزولات جوی	۰/۷۸	۱۴/۹۶
دما و وضعیت آب و هوایی	۰/۷۴	۱۴/۱۷
ارتفاع از سطح دریا و وضعیت توپوگرافی	۰/۷۸	۱۴/۹۰

ادامه جدول۴-۱۳: بررسی وزن پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی.

میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی	۰/۶۹	۱۳/۲۲
پتانسیل حادثه‌خیزی و حوادث قهری	۰/۷۲	۱۳/۸۲
معارضین انسانی، طبیعی و سیاسی	۰/۷۳	۱۳/۸۶



شکل ۴-۷: بررسی میزان تأثیر پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی.

۴-۷-۷- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در بررسی منابع، مصالح و تجهیزات

مصالح، منابع و تجهیزات یک پروژه تونل‌سازی تخصصی و خاص این پروژه‌ها می‌باشند . بنابراین تأمین و به کارگیری آن‌ها نیازمند تخصص و مهارت می‌باشد و تجهیزات بکار رفته باید دارای کارایی کافی و کیفیت بالایی باشند. برای پیش‌برد یک پروژه تونل‌سازی باید تجهیزات و عوامل اجرایی آن به درستی و با صرف زمان حداقل انتخاب و تأمین شده‌باشد. در جدول ۴-۱۴ وزن پارامترهای شاخص منابع، مصالح و تجهیزات با توجه به نتایج نظرسنجی انجام گرفته، آمده‌است. نتایج نشان می‌دهد بیش‌ترین وزن مربوط به عامل " کفایت نقشه‌های اجرایی و مدت زمان تامین آن‌ها" با ۱۵/۸۲ درصد می‌باشد که یکی از عمده دلایل به تعویق افتادن فعالیت‌های اجرایی یک پروژه است زیرا با نبودن نقشه اجرایی و راه کار مناسب برای شروع یک فعالیت عملاً کل فعالیت متوقف خواهدشد. دیگر عامل مهم این بخش کمبود نیروی انسانی عادی با ۱۵/۵ درصد است. کم‌ترین وزن مربوط به نیروی انسانی ماهر و متخصص است که دلیل عمده این امتیازدهی شاید پایین بودن سطح مکانیزاسیون در پروژه‌های کشور ما و وابستگی زیاد به نیروی انسانی است و دلیل دیگر این امتیازدهی شاید بالا بودن

میزان تربیت و تولید متخصص این صنعت در جامعه علمی کشور می‌باشد که در اکثر پروژه‌ها نقصانی در بخش نیروی متخصص به چشم نمی‌خورد.

جدول ۴-۱۴: وزن و درصد تأثیر پارامترهای شاخص منابع، مصالح و تجهیزات.

منابع، مصالح و تجهیزات	وزن غیرفازی	وزن غیرفازی ٪
میزان و نوع مصالح و تامین به موقع آن	۰/۷۶	۱۴/۵۵
کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	۰/۷۵	۱۴/۳۰
کمبود نیروی انسانی عادی	۰/۸۱	۱۵/۵۰
سطح مکانیزاسیون تجهیزات	۰/۷۲	۱۳/۹۲
کمبود نیروی انسانی ماهر و متخصص	۰/۶۲	۱۱/۹۳
خدمات فنی(تهویه و ارتباط و روشنایی)	۰/۷۳	۱۳/۹۳
کفایت نقشه‌های اجرایی و مدت زمان تامین آن‌ها	۰/۸۲	۱۵/۸۲

شکل ۴-۸: نمودار بررسی میزان تأثیر پارامترهای شاخص منابع، مصالح و تجهیزات.

۴-۷-۸- نتایج روش فازی دلفی (FDAHP) در مسائل بومی خاص ایران

این شاخص شامل مواردی می‌شود که مربوط به جغرافیایی سیاسی و اجتماعی محل احداث پروژه می‌شود که باتوجه به محل بحث این تحقیق مسائل خاص ایران مد نظر قرار گرفته‌است هر چند بسیاری از این عوامل در سایر نقاط دنیا نیز به وقوع می‌پیوندند. جدول ۴-۱۵ نتایج نظرسنجی را برای این بخش از عوامل تأخیرات نشان می‌دهد که با توجه به وزن بالای این شاخص در مقایسه با شاخص‌های اصلی دیگر، از اهمیت بالایی برخوردار هستند. هرچند کشور ایران با توجه به شرایط

خاص سیاسی و جغرافیایی در وضعیت ویژه‌ای قرار دارد اما نتایج نظرسنجی نشان می‌دهد عواملی که بـالاترین تـأثیرهـا را در وقوع تـأخیر در یک پروژه عمرانی دارند تحریم، تورم یا ارزش پایین پول ملی نیسـت بلکه شـاخصـه‌های رفتاری فردی و اجتماعی مردم این زیست بوم است که در ایجاد تأخیر در یک پروژه تونل‌سـازی که زیر ساخت یک کشور است حرف اول را می‌زند. در بین تمام موارد دو عامل " عـدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی" و " نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی " به ترتیب با ۱۳/۶۸ و ۱۳/۶۷ سـهم بیش‌تری از تأخیرات در یک پروژه تونل‌سازی را به خود اختصـاص داده‌اند. و کم‌ترین تأثیر متوجه تغییر مدام مدیران و سـیاسـت‌های کلان شده‌است. شـکل ۴-۹ نتایج بررسـی مسـائل بومی خاص ایران را نشـان می‌دهد که بیان‌گر این موضوع است که میزان تأثیر این عوامل بسیار به هم نزدیک است توجه به کلیه این عوامل بسیار مهم و در خور اهمیت است.

جدول ۴-۱۵: وزن پارامترهای شاخص مسائل بومی خاص ایران.

شاخص مسائل بومی خاص ایران	وزن غیرفازی	وزن غیرفازی ٪
عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	۰/۷۸	۱۳/۶۸
تحریم و نداشتن توان تأمین تجهیزات تخصصی	۰/۷۳	۱۲/۶۸
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه‌های ملی	۰/۷۸	۱۳/۶۹
سیستم عقد قرارداد و نحوه تامین بودجه طرح‌های عمرانی	۰/۷۱	۱۲/۴۶
تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی	۰/۶۴	۱۱/۱۲
سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهادهای مختلف	۰/۷۱	۱۲/۳۹
تغییر مداوم مدیران و تغییر سیاست‌های کلان	۰/۶۶	۱۱/۵۹
کارشکنی‌های سیاسی و اجتماعی	۰/۷۱	۱۲/۵۳

شکل ۴-۹: بررسی تاثیر مسائل بومی خاص ایران.

۴-۸- محاسبه وزن نهایی پارامترهای مؤثر در تأخیرات به وجود آمده در پروژه‌های تونل‌سازی

در نهـایـت بـا ضـــرب نمودن وزن هر شـــاخص در وزن پـارامترهای خود، وزن نهایی هر کدام از پارامترهای موثر در ارزیابی عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی مشخص می‌شود. که نتایج آن در جدول ۴-۱۶آمده است.

جدول ۴-۱۶: وزن نهایی غیرفازی پارامترهای نهایی موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی.

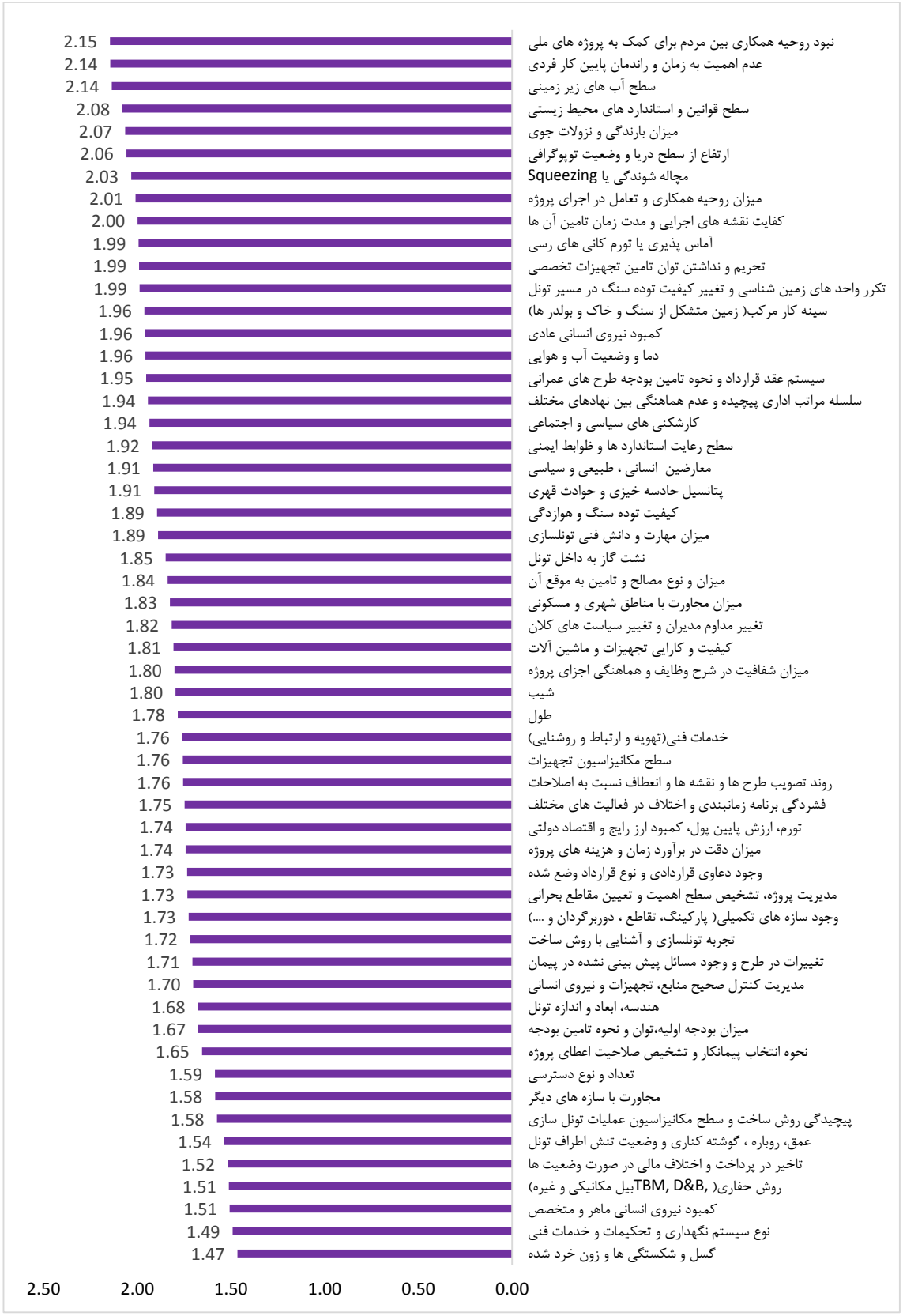
وزن شاخص	پارامتر	وزن پارامتر	درصد وزنی پارامتر
مسائل مالی و قرار دادی و تصویب طرح‌ها	میزان بودجه اولیه، توان و نحوه تامین بودجه	۰/۴۸	۱/۶۷
	تأخیر در پرداخت و اختلاف مالی در صورت وضعیت‌ها	۰/۴۳	۱/۵۲
	نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	۰/۴۷	۱/۶۵
	روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	۰/۵۰	۱/۷۶
	میزان دقت در برآورد زمان و هزینه های پروژه	۰/۵۰	۱/۷۴
	وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده	۰/۴۹	۱/۷۳
	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	۰/۵۱	۱/۸۰
	تغیرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان	۰/۴۹	۱/۷۱
	فشردگی برنامه زمانبندی و اختلاف در فعالیت های مختلف	۰/۵۰	۱/۷۵
فنی ، مدیریتی و اجرایی	تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت	۰/۴۹	۰/۷۲
	میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی	۰/۵۴	۱/۸۹
	میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه	۰/۵۷	۲/۰۱
	مدیریت کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی	۰/۴۸	۱/۷۰
	مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی	/۴۹	/۷۳
	سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی	۰/۵۵	۱/۹۲
ویژگی های تونل، روش ساخت و دسترسی	هندسه، ابعاد و اندازه تونل	۰/۴۸	۱/۶۸
	طول	۰/۵۱	۱/۷۸
	شیب	۰/۵۱	۱/۸۰
	عمق، روباره ، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	۰/۴۴	۱/۵۴
	وجود سازه های تکمیلی(پارکینگ، تقاطع ، دوربرگردان و ....)	۰/۴۹	۱/۷۳
	پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل سازی	۰/۴۵	۱/۵۸
	نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی	۰/۴۲	۱/۴۹
	تعداد و نوع دسترسی	۰/۴۵	۱/۵۹
	مجاورت با سازه های دیگر	۰/۴۵	۱/۵۸
	روش حفاری (TBM, D&B,بیل مکانیکی و غیره)	۰/۴۳	۱/۵۱
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	سطح آب‌های زیرزمینی	۰/۶۱	۲/۱۴
	سینه کار مرکب (زمین متشکل از سنگ و خاک و بولدرها)	۰/۵۶	۱/۹۶
	کیفیت توده سنگ و هوازدگی	۰/۵۴	۱/۸۹
	آماس پذیری یا تورم کانی های رسی	۰/۵۷	۱/۹۹
	نشت گاز به داخل تونل	۰/۵۳	۱/۸۵
	گسل و شکستگی‌ها و زون خرد شده	۰/۴۲	۱/۴۷
	تکرر واحدهای زمین شناسی و تغییر کیفیت توده سنگ در مسیر تونل	۰/۵۷	۱/۹۹
	مچاله شوندگی یاSqueezing	۰/۵۸	۲/۰۳

ادامه جدول۴-۱۶: وزن نهایی غیرفازی پارامترهای نهایی موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی.

مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی	سطح قوانین و استاندارد های محیط زیستی	۰/۵۹	۲,۰۸
	میزان بارندگی و نزولات جوی	۰/۵۹	۲,۰۷
	دما و وضعیت آب و هوایی	۰/۵۶	۱/۹۶
	ارتفاع از سطح دریا و وضعیت توپوگرافی	۰/۵۸	۲/۰۶
	میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی	۰/۵۲	۱/۸۳
	پتانسیل حادسه خیزی و حوادث قهری	۰/۵۴	۱/۹۱
	معارضین انسانی، طبیعی و سیاسی	۰/۵۵	۱/۹۲
شاخص منابع، مصالح و تجهیزات	میزان و نوع مصالح و تامین به موقع آن	۰/۵۲	۱/۸۴
	کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	۰/۵۱	۱/۸۱
	کمبود نیروی انسانی عادی	۰/۵۶	۱/۹۶
	سطح مکانیزاسیون تجهیزات	۰/۵۰	۱/۷۶
	کمبود نیروی انسانی ماهر و متخصص	۰/۴۳	۱/۵۱
	خدمات فنی(تهویه و ارتباط و روشنایی)	۰/۵۰	۱/۷۶
	کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها	۰/۵۷	۲/۰۰
مسائل بومی خاص ایران	عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	۰/۶۱	۲/۱۴
	تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	۰/۵۷	۱/۹۹
	نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی	۰/۶۱	۲/۱۵
	سیستم عقد قرارداد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی	۰/۵۶	۱/۹۵
	تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی	۰/۵۰	۱/۷۴
	سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهادهای مختلف	۰/۵۵	۱/۹۴
	تغییر مداوم مدیران و تغییر سیاست های کلان	۰/۵۲	۱/۸۲
	کارشکنی های سیاسی و اجتماعی	۰/۵۵	۱/۹۴

شکل ۴-۱۰ میزان تأثیر هر کدام از پارامترها را مقایسه می‌کند. بیش‌ترین وزن مربوط به پارامترهای عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی و نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه‌های ملی از شاخص مسائل بومی ایران و پارامتر سطح آبهای زیرزمینی از شاخص پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ با ۲/۱۴ درصد وزنی از کل وزن تأخیرات یک پروژه می باشد. اختلاف بین وزن پارامتر های مختلف بسیار اندک است به طوری که اختلاف وزن کم اهمیت‌ترین پارامتر نسبت به با اهمیت‌ترین پارامتر کمتر از ۱ درصد است. بنابراین برای دستیابی به نتیجه درست نیازمند توجه به کلیه پارامترها می‌باشد.

برخی از پارامترها مانند اقتصاد دولتی، تحریم، کمبود ارز و شرایط سیاسی حاکم بر کشور از دایره



شکل ۴-۱۰: وزن نهایی پارامترهای موثر در تاخیرات پروژه‌های تونل‌سازی.

اختیارات و کنترل ارکان یک پروژه تونل‌سازی خارج است. برای کاهش اثرات این مسائل بر تأخیرات پروژه باید شرایط پروژه را به گونه‌ای تنظیم و پیش‌بینی کرد که تمام این مسائل در برنامه‌ریزی اولیه پروژه دیده شود. کم‌ترین وزن براساس نظر متخصصان مربوط به پارامتر گسل، شکستگی و زون های خرد شده از شاخص عوامل مهندسی سنگ، پارامتر نوع سیستم نگهداری از شاخص ویژگی‌های تونل و روش ساخت می باشد. نکته قابل تأمل در این نظرسنجی امتیاز پایین پارامتر تأخیر در پرداخت‌ها و اختلاف مالی در صورت وضعیت‌ها می‌باشد. اختلاف وزن این پارامتر با سایر پارامترها اختلاف اندکی است، اما بیش‌تر کارشناسان و صاحب نظران علاوه بر مهم تلقی کردن این پارامتر اتفاق نظر دارند که این پارامتر مهم‌ترین پارامتر موثر در تأخیرات نیست بلکه صرفاً بزرگ‌ترین بهانه برای توجیه تأخیر در یک پروژه تونل‌سازی است.

۴-۹- جمع‌بندی

در این فصل مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر تأخیرات در پروژه های تونل‌سازی با استفاده از تحقیقات میدانی و مرور و بررسی مهم‌ترین مقالات بین‌المللی در زمینه تأخیرات تعیین و تعریف شده‌است. مجموع این پارامترها ۵۵ پارامتر که در ۷ گروه اصلی دسته‌بندی شده‌اند. این دسته‌بندی براساس منشا ایجاد تإخیرات می‌باشد. در این دسته‌بندی به کلیه تأخیرات قبل از شروع عملیات اجرایی و حین اجرا پرداخته‌شده‌است.

به منظور ارزیابی میزان تأثیر هر کدام از پارامترها از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی دلفی استفاده شده‌است. داده‌های ورودی این روش نظرات کارشناسان و متخصصانی است که با استفاده از پرسش‌نامه‌های مخصوص روش فازی دلفی جمع‌آوری شده‌است.

پس از ارزیابی و اجرای روش فازی دلفی، درصد وزنی هر کدام شاخص‌های اصلی و پارامترهای هر شاخص، تعیین شده که با ضرب وزن هر پارامتر در شاخص مربوط به خودش، وزن نهایی هر کدام از پارامترها مشخص شده‌است.

فصل پنجم

ارزیابی علل تاخیر پروژه‌های تونل‌سازی با تمرکز بر مورد مطالعاتی

۵-۱- مقدمه

در این فصل سیستم طبقه‌بندی با استناد به نتایج نظرسنجی ارائه شده است. هر کدام از پارامترهای وزن دهی شده در فصل ۴، در چند کلاس طبقه‌بندی شده و برای هر کلاس ضریبی در نظر گرفته‌می‌شود. و در نهایت با ضرب ضریب مورد نظر برای هر پارامتر در وزن خود پارامتر، تأثیر نهایی هر پارامتر در سازه مورد نظر به دست می‌آید. از مجموع ضریب هر پارامتر در وزن آن پارامتر اندیس تأخیرات پروژه‌های تونل‌سازی تعریف می‌شود.

برای اعتبارسنجی سیستم طبقه‌بندی از داده های مورد مطالعاتی استفاده شده‌است. و نتایج سیستم ارائه شده مورد ارزیابی قرارگرفته‌است.

۵-۲- ارائه سیستم طبقه‌بندی برای پیش بینی و ارزیابی وضعیت تاخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی

تا این مرحله وزن هر پارامتر در تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به دست آمده‌است. می توان با استفاده از یک سیستم امتیازدهی، با تعیین وضعیت هر کدام از پارامترها وضعیت نهایی تأخیر تونل مورد نظر را تعیین کرد. اما با توجه به وضعیت متغیر این پارامترها در تونل‌های مختلف، نیاز است وضعیت هر کدام از این پارامترها را در بازه‌های مشخص تعریف کرد. در واقع یک سیستم طبقه‌بندی مهندسی برای ارزیابی تأخیرات تنظیم می‌شود. که می‌توان با داشتن اطلاعات کلی از وضعیت پروژه دید اولیه‌ای از وضعیت تأخیرات داشت. در ادامه نحوه طبقه‌بندی هر کدام از شاخص ها در قالب جدول ۵-۴ تا ۵ - ۹ آمده است.

۵-۲-۱- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها

سیستم‌های مختلفی برای عقد قرارداد وجود دارد هر کدام از این سیستم‌های مشارکت نقاط قوت و ضعفی دارند. از لحاظ میزان تأخیرات بیش‌ترین تأخیر مربوط به سیستم سه عاملی(متعارف) و کم‌ترین تأخیر مربوط به سیستم مدیریت یک پارچه می‌باشد. تأمین بودجه از جمله پارامترهای مهم در روند پروژه‌ها می باشد و تقسیم‌بندی‌ها و راهکارهای متفاوتی برای آن وجود دارد. نحوه تأمین بودجه در دو گروه استقراضی و غیر استقراضی تعریف می شوند که با توجه به محل تأمین این اعتبار

لازم میزان ایجاد تأخیرات در آن‌ها را می‌توان تقسیم‌بندی نمود. این کلاس‌بندی برای سایر پارامترهای این شاخص در جدول ۵-۱ انجام شده‌است(امور نظام اجرایی طرح ها،۱۳۹۵ و خیرآبادی،۱۳۹۰).

جدول ۵-۱: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها.

پارامتر یا شاخص تعیین شده	رده‌بندی اختصاص داده شده				
	۱	۲	۳	۴	۵
	ضریب اختصاص داده شده به رده بندی ها				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
میزان بودجه اولیه، توان تأمین و نحوه تأمین بودجه (خیرآبادی، ۱۳۹۰).	تامین غیر استقراضی و استفاده از سیستم قرارداد یک پارچه	سیستم استقراضی و تامین با وام‌های بین‌المللی و داخلی	سیستم استقراضی و تامین با اعتبارات اسنادی	سیستم غیر استقراضی و تامین از محل اعتبارات عمرانی	سیستم غیر استقراضی و تامین از محل اوارق مشارکت و بورس
تأخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت-ها(خیر آبادی، ۱۳۹۰)	استفاده از روش هزینه بعلاوه حق الزحمه ثابت	استفاده از روش پرداخت هزینه بعلاوه درصد ثابت	استفاده از روش پرداخت هزینه درصدی	استفاده از روش پرداخت مقطوع	استفاده از روش پرداخت بر اساس فهرست بها
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه(امور نظام اجرایی طرح ها،۱۳۹۵).	شاخص صلاحیت پیمانکار عالی و براساس آیین نامه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشوری است.	شاخص صلاحیت پیمانکار خوب و براساس آیین نامه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشوری است.	شاخص صلاحیت پیمانکار متوسط و براساس آیین نامه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشوری است.	شاخص صلاحیت پیمانکار ضعیف و تاحدودی براساس آیین‌نامه سازمان مدیریت و برنامه-ریزی کشوری است.	شاخص صلاحیت پیمانکار خیلی ضعیف و براساس آیین‌نامه سازمان مدیریت و برنامه-ریزی کشوری انجام نگرفته‌است.
روند تصویب طرح‌ها و نقشه‌ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	عالی	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف
میزان دقت در برآورد زمان و هزینه پروژه	اختلاف زمان و هزینه برآورد شده با زمان و هزینه واقعی پروژه بین ۰ تا ۱۰ درصد باشد.	اختلاف زمان و هزینه برآورد شده با زمان و هزینه واقعی پروژه بین ۱۰ تا ۳۵ درصد باشد.	اختلاف زمان و هزینه برآورد شده با زمان و هزینه واقعی پروژه بین ۳۵ تا ۷۰ درصد باشد.	اختلاف زمان و هزینه برآورد شده با زمان و هزینه پروژه بین ۷۰ تا ۱۰۰ درصد باشد.	مطابقت زمان و هزینه برآورد شده با زمان و هزینه واقعی پروژه بلاتر از ۱۰۰ درصد باشد.
وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده(خیر آبادی، ۱۳۹۰)	روش مدیریت یک پارچه	روش قرارداد دو عاملی	روش قرارداد تک عاملی	روش ۴ عاملی یا مدیریت طرح	روش قرارداد سه عاملی (متعارف)
میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	عالی	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف

ادامه جدول۵-۱: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها.

تغییرات درطرح‌ها و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان	تغییرات درطرح‌ها و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان خیلی کم باشد.	تغییرات درطرح‌ها و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان کم باشد.	تغییرات درطرح‌ها و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان متوسط باشد.	تغییرات درطرح‌ها و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان زیاد باشد.	تغییرات درطرح‌ها و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان خیلی زیاد باشد.
فشردگی برنامه زمان‌بندی و اختلال در فعالیت‌های مختلف	اگر شاخص فشردگی کم‌تر از ۲۰ باشد.	اگر شاخص فشردگی بین ۲۰ – ۴۰ باشد.	اگر شاخص فشردگی بین ۴۰- ۶۰ باشد	اگر شاخص فشردگی بین ۶۰-۸۰ باشد	اگر شاخص فشردگی بین ۸۰-۱۰۰ باشد

برا ی میزان فشـردگی زمان بندی شاخصی تحت عنوان شاخص فشردگی تعریف شده است. برای محاسبه شاخص فشردگی زمان پروژه از روابط زیر استفاده شده است.

معادله ۵-۱
$$I_1 = 0.5 \times (1 - \frac{T_S}{T_a})$$

معادله ۵-۲
$$m = \frac{T}{T_0}$$

معادله ۵-۳
$$a = \frac{\sum_{i=1}^{m} nl_i}{m}$$

معادله ۵-۴
$$I_2 = 0.5(\frac{\alpha}{K})$$

معادله ۵-۵
$$I = (I_1 + I_2) \times 100$$

کـه در این معـادله ها Ts مقدار کل شـــناوری ها، Ta زمان کل فعالیت ها، a تعداد فعالیت های متوسط هر زمان، m تعداد واحد هر زمان، I1 شاخص مربوص به شناوری، I2 شاخص مربوط به توازی فعالیت‌ها، nli تعداد فعالیت های قطع شده توسط خط iام و I شاخص فشردگی زمانی می‌باشد.

۵-۲-۲- کلاس‌بندی شاخص فنی مدیریتی و اجرایی

سـاخت تونل یه عملیات کاملا تخصصی است و نیازمند دانش و توان فنی خاص این سازه‌ها است.

در کنـار دانش فاکتور تجربه وزن بســـیار بالایی در پیش‌برد روند عملیاتی دارد که معمولا تجربه را با میزان متراژ تونل حفاری شـده سـنجش می‌شود. استاندارد PMBOK مجموعه‌ای استانداردهایی ارائه شـده برای مدیریت پروژه اسـت که دارای بخش‌های متفاوتی اسـت. مناسـب‌ترین معیار برای ارزیابی مـدیریت یک پروژه به حســـاب می‌آید(فیضـــی، ۱۳۸۴). کلاس‌بندی دیگر پارامترها در جدول ۵-۲ آمده‌است.

جدول ۵-۲: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص فنی مدیریتی و اجرایی.

پارامتر یا شاخص تعیین شده	رده بندی اختصاص داده شده				
	۱	۲	۳	۴	۵
	ضریب اختصاص داده شده به رده بندی‌ها				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت(بشیری و همکاران، ۱۳۹۰)	میزان تجربه ساخت تونل بالای ۳۵ کیلومتر با بیش از تمام روشهای ساخت کامل وجود داشته-باشد.	میزان تجربه تونل‌سازی بین ۱۵ تا ۳۵ کیلومتر باشد و آشنایی با روش های تونل سازی وجود دارد	تجربه ساخت تونل بین ۸ تا ۱۵ کیلومتر است و آشنایی با اکثر روش های تونل سازی وجود دارد	تجربه ساخت تونل کمتر از ۸ کیلومتر است و آشنایی با روش های ساخت تونل نسبی است.	تجربه تونل‌سازی وجود ندارد یا بسیار اندک است. و آشنایی با روش ساخت محدود می‌باشد.
میزان مهارت ودانش فنی تونل‌سازی(بشیری و همکاران، ۱۳۹۰)	مهارت و دانش فنی تونل‌سازی در سطح عالی باشد.	مهارت و دانش فنی تونل‌سازی در سطح خوب باشد.	مهارت و دانش فنی تونل‌سازی در سطح متوسط باشد.	مهارت و دانش فنی تونل‌سازی در سطح ضعیف باشد.	مهارت و دانش فنی تونل‌سازی در سطح ضعیف باشد.
میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه	میزان روحیه و تعامل در اجرای پروژه عالی باشد.	میزان روحیه و تعامل در اجرای پروژه خوب باشد.	روحیه و تعامل در اجرای پروژه متوسط باشد.	روحیه و تعامل در اجرای پروژه ضعیف باشد.	روحیه و تعامل در اجرای پروژه خیلی ضعیف باشد.
مدیریت و کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی	شاخص مدیریت و کنترل صحیح منابع عالی باشد.	شاخص مدیریت و کنترل صحیح منابع خوب باشد	شاخص مدیریت و کنترل صحیح منابع متوسط باشد	شاخص مدیرت و کنترل صحیح منابع ضعیف باشد	شاخص مدیریت و کنترل صحیح منابع بسیار ضعیف باشد
مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی	مدیریت پروژه بالای ۹۵ درصد استاندارد PMBOK را دارا می‌باشد.	مدیریت پروژه بین ۷۵ تا ۹۵درصد استاندارد PMBOK را دارا می باشد.	مدیریت پروژه بین ۵۰ تا ۷۵ درصد استاندارد PMBOKرا دارا می باشد.	مدیریت پروژه بین ۲۵ تا ۵۰ درصد استاندارد PMBOKرا دارا می باشد.	مدیریت پروژه زیر ۲۵ درصد استاندارد PMBOK را دارا می باشد.

ادامه جدول ۵-۲: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص فنی مدیریتی و اجرایی.

سطح رعایت استانداردها و ظوابط ایمنی(Safte T, 2007).	سطح رعایت استانداردها و ظوابط ایمنی پروژه بالای ۹۵ درصد استانداردهای بین‌المللی باشد.	سطح رعایت استانداردها و ظوابط ایمنی پروژه بین ۷۵ تا ۹۰ درصد استاندارد های بین‌المللی باشد.	سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی پروژه بین‌المللی ۵۰ تا ۷۵ درصد استانداردهای بین‌المللی باشد.	سطح رعایت استانداردها و ظوابط ایمنی پروژه بین ۲۵ تا ۵۰ درصد استانداردهای بین‌المللی است.	استانداردها و ظوابط ایمنی پروژه کم‌تر از ۲۵ درصد باشد.

۵-۲-۳- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی

تأخیرهای مرتبط با ویژگی‌های سازه محدوده بسیار گسترده‌ای دارند به این معنا که روند ایجاد تأخیرات روندی خطی نیست و در هر ویژگی شرایط خاص خود را دارد که این مسئله کلاس‌بندی پارامترهای این شاخص را بسیار دشوار می‌کند. برای کلاس‌بندی این پارامترها شاخص مشخصی وجود ندارد برای این منظور سعی شده‌است با دقت در پروژه‌های مختلف و مشاوره با کارشناسان این صنعت سطح هر کدام از پارامترها را در ۵ کلاس مطابق با ضریب‌های مد نظر تنظیم کرد. جدول ۵-۳ تعیین سطح پارامترهای این شاخص را با دقت تمام بررسی می‌کند.

جدول ۵-۳: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی.

پارامتر یا شاخص تعیین شده	**رده بندی اختصاص داده شده**				
	۱	۲	۳	۴	۵
	ضریب اختصاص داده شده به هر رده‌بندی				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
هندسه، ابعاد و اندازه تونل (Bloodwoeth , 2002)	سطح مقطع بین ۷۰ تا ۱۱۰ متر مربع دایره ای شکل و یا U شکل.	سطح مقطع بین ۴۰ تا ۷۰ متر با شکل نعل اسبی و دایره ای.	سطح مقطع بین ۱۱۰ تا ۱۳۰ متر با شکل دایره یا نعل اسبی .	سطح مقطع بین ۱۳۰ تا ۱۶۰ متر مربع یا سطح بین ۱۵ تا ۴۰ متر مربع با شکل چهار گوش یا نعل اسبی.	سطح مقطع بالای ۱۶۰ متر مربع و پایین تر از ۱۵ متر مربع و به شکل مسطتیل.

ادامه جدول۵-۳: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی.

طول(Hjelme,2010)	طول تونل کمتر از ۵۰۰ متر باشد.	طول تونل بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر باشد.	طول تونل بین ۱۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر باشد	طول تونل بین ۱۰ تا ۳۰ کیلومتر باشد.	طول تونل بالای ۳۰۰۰۰ متر
شیب(Liu et al,2004)	شیب تونل کم‌تر از ۲ درصد باشد	شیب تونل بین ۲ تا ۴ درصد باشد.	شیب تونل ۴ تا ۶ درصد یا بین ۰ تا ۳- درصد باشد.	شیب تونل بین ۶ تا ۸ درصد یا بین -۳ تا -۸ درصد باشد.	شیب تونل بیش‌تر از ۸ درصد منفی یا مثبت باشد.
عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل(Camak,1999)	زمین خیلی قوی (طبقه‌بندی GSI) روباره بیش‌تر از دو برابر قطر تونل ، انفجار سنگ نداشته باشیم ، وضعیت Low stress.	زمین قوی (طبقه‌بندی GSI) روباره بیش‌تر از دو برابر قطر تونل ، انفجار سنگ محتمل ، وضعیت Low stress.	زمین متوسط (طبقه‌بندی GSI) روباره بیش‌تر از دو برابر قطر ، احتمال انفجار سنگ بالا باشد، وضعیت high stress.	زمین ضعیف (طبقه‌بندی GSI) روباره کم‌تر از دو برابر قطر تونل، وضعیت Low stress	زمین خیلی ضعیف (طبقه‌بندی GSI) روباره کم‌تر از دو برابر قطر تونل ، وضعیت high stress
وجود سازه‌های تکمیلی(پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و ...) (بشیری و همکاران، ۱۳۹۰).	فضای جانبی موجود برای کمک به دسترسی وجود دارد(پارکینک در هر ۲۵۰ متر و bypass...)	فضای جانبی موجود برای استفاده بعنوان دسترسی با فاصله بیش‌تر از ۲۵۰ متر می‌باشد.	فضای جانبی به تعداد محدود با کاربرد مخصوص وجود دارد و روش اجرای آن‌ها با روش اجرای تونل تفاوت چندانی ندارد.	مقدار فضاهای جانبی زیاد است و از این فضا ها حین اجرا استفاده چندانی کرد	سازه‌هایی جهت دسترسی وجود دارد اما روش ساخت آن‌ها با تونل متفاوت است یا هیچ سازه‌ای برای کمک و دسترسی وجود ندارد(تونل طویل باشد)
پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون و عملیات تونل‌سازی (Nasri, 2006).	روش ساخت کاملا شناخته-شده و بالای ۹۵ درصد عملیات‌ها بصورت مکانیزه صورت می‌گیرد.	نسبت به روش ساخت شناخت وجود دارد و کاملا روش قابل آموزش است. بین ۷۵ تا ۹۵ درصد عملیات بصورت مکانیزه انجام می‌شود.	شناخت از روش ساخت نسبی بوده و آموزش روش ساخت تخصصی است. بین ۵۰ تا ۷۵ درصد عملیات بصورت مکانیزه انجام می‌شود.	شناخت روش ساخت متوسط است و آموزش تخصصی و دشوار است و کم‌تر از ۵۰ درصد عملیات مکانیزه انجام می‌شود.	شناخت روش ساخت ضعیف بوده. امکان آموزش وجود ندارد. و کم‌تر از ۵۰ درصد عملیات مکانیزه صورت می-گیرد.

ادامه جدول۵-۳: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی.

نوع سیستم نگهداری ، تحکیمات و خدمات فنی (ITA,2018).	تونل خود پایدار است و نیاز به اعمال نگهداری ندارد و پوشش اعمالی صرفا جهت زیبایی و پوشش ظاهری است.	تونل پیش نگهدارنده نیاز ندارد اما نیاز به نگهداری اولیه سبک و نگهداری ثانویه لازم را دارد.	تونل نیاز به نگهداری اولیه ندارد و اعمال نگهداری به صورت مکانیزه و استفاده از صفحات پیش ساخته بتنی و یا چدنی صورت می‌گیرد.	تونل پیش نگهداری نیاز ندارد اما نگهداری اولیه و ثانویه از نوع بتن برجا و شاتکرت همراه با قاب و میل مهار باید اعمال شود.	تونل نیاز به پیش نگهدارنده از نوع انجماد، هوای فشرده یا نیاز به چالزنی می باشد و نگهداری اولیه و ثانویه نیز باید اعمال شود.
مجاورت با سازه های دیگر(بشیری، ۱۳۹۰).	در مسیر تونل هیچ گونه سازه حساس وجود ندارد.	در مسیر تونل ساختمان های معمولی ، خیابان‌های با تردد متوسط، و نواحی کم جمعیت باشد.	در مسر تونل پل ها ،ایستگاه مترو، تقاطع مسیر های زیر سطحی وجود داشته باشد.	در مسیر تونل یا نزدیکی آن مراکز تجاری، ساختمان‌های مهم، مراکز با تراکم جمعیت، مراکز خرید و ساختمان های با ارتفاع وجود داشته باشد.	مسیر تونل در مسیر یا نزدیکی سازه‌های حساس نظیر ساختمان‌های بزرگ، مدارس، نیروگاه‌های هسته ای و مراکز میراث فرهنگی و بناهای تاریخی باشد.
روش حفاری(Nasri,2006).	حفاری مکانیزه با ماشین حفاری باز ، روش سنتی با چند جبهه کاری.	ماشین حفاری سپری اسلاری، روش حفاری سنتی با دو جبهه کاری.	EPB یا روش سنتی با یک جبهه کاری یا روش کند و پوش.	روش حفاری نیمه مکانیزه با بیش از یک جبهه کاری، .	روش حفاری سنتی با یک جبهه کاری ، روش پوش و کند.
تعداد و نوع دسترسی ها (Nasri,2006).	بیش از دو دسترسی	دودسترسی از نوع جاده و رمپ	دو دسترسی از نوع چاه	یک دسترسی از نوع رمپ و جاده	یک دسترسی از راه چاه

۵-۲-۴- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ

برای کلاس بندی پارامترهای این شـــاخص از معیارهای مختلفی بهره گرفته شـــده اســـت. پارامتر سـطح آب‌های زیر زمینی یکی از مسـائل مهم این بخش اسـت که بهترین حالت برای حفر تونل، عدم وجود آب‌های زیرزمینی در تونل اسـت و هر چه تونل زیر سطح آب‌های زیرزمینی حفر شود مشکلات

حفاری بیش‌تری رخ می‌دهد و راندمان حفاری بسـیار پایین‌تر می‌آید. جنس و ترکیب سینه کار مورد حفاری از عوامل مهم و تأثیرگذار بر راندمان حفاری می‌باشـد و بهترین حالت در حفر تونل یکپارچگی سـینه‌کار مورد حفاری است و هر چه اجزای این ترکیب بیشتر باشد روند حفاری کندتر است. از دیگر پارامترهای مهم این شـاخص کیفیت توده سـنگ می‌باشـد. معیار ارزیابی کیفیت توده سـنگ مقدار RQD و مقدار STP شاخص کیفیت خاک، تعریف شده برای محیط دربرگیرنده تونل است. هر چند با افزایش کیفیت سـنگ نگهداری تونل را راحت‌تر و عملیات ساخت بسیار روند سریع دارند اما در مقدار بالای RQD و STP[1] با توجه به سـخت شـدن سـنگ سرعت حفاری بسیار کم شده و باعث تأخیر و کاهش میانگین حفاری می‌شـود. در جدول ۵-۴ برای هرکدام از پارامترها چند کلاس با ضـریب‌های مختلف تعریف شده‌است.

جدول ۵-۴: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ.

پارامتر یا شاخص تعیین شده	رده بندی اختصاص داده شده				
	۱	۲	۳	۴	۵
	ضریب اختصاص داده شده به رده‌بندی‌ها				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
سطح آب‌های زیرزمینی(Gattinoni et al, 2014).	تونل بالاتر از ۳۰ متر نسبت به آب‌های زیر زمینی حفر می‌شود.	تونل بین ۱ تا ۳۰ متر بالای سطح آب‌های زیرزمینی باشد.	هم‌سطح آب-های زیرزمینی تا ۲۰ متر زیر آب‌های زیرزمینی تونل حفر شود	تونل بین ۲۰ تا ۵۰ متر زیر سطح آب‌های زیرزمینی است.	تونل بیش از ۵۰ متر زیر سطح آب‌های زیرزمینی باشد
سینه کار مرکب زمین متشکل شده از سنگ و خاک (Stiven,2017).	سینه کار تونل از سنگ یک پارچه ساخته شده باشد.	سینه کار از خاک متراکم و دارای استحکام بالا تشکیل شده است.	سینه کار متشکل از سنگ و خاک با دانه-بندی متوسط و بدون بولدر است.	سینه کار متشکل از سنگ خاک و بولدر باشد.	سینه کار متشکل از سنگ، خاک ، بولدر، ماسه روان و آب باشد.
نشت گاز به داخل تونل(NCHRP,2011).	نشت گاز وجود ندارد.	نشت گاز بین۰/۱ تا ۱/۵ متر مکعب در دقیقه است	نشت گاز بین ۱/۵ تا ۳/۵ متر مکعب در دقیقه است.	نشت گاز بین ۳/۵ تا ۵ متر مکعب در دقیقه است.	نشت بالای ۵ متر مکعب گاز در دقیقه است.

[1] - Standard Test Penetration

ادامه جدول ۵-۴: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ.

گسل و شکستگی و زون‌های خرد شده(Schobert et al, 2006).	**تعداد گسل‌ها اندک بوده و امتداد گسل‌ها عمود بر مسیر تونل است و گسل غیرفعال باشد.**	**تعداد گسل‌ها اندک بوده ولی امتداد گسل با مسیر تونل زاویه تندی دارا است. و امکان فعالیت گسل اندک است.**	**گسل‌های متعددی عمود بر مسیر تونل وجود دارد و ممکن باشد بعضی از آن ها مستعد فعالیت و حرکت باشند.**	**گسل‌های متعددی با زاویه کمتر از ۹۰ درجه در مسیر تونل وجود دارد و احتمال حرکت و فعالیت آن‌ها وجود دارد.**	**گسل‌ها در امتداد تونل و یا هم‌راستا تونل هستند. دارای سطح هوازده و پرشدگی هستند. و احتمال فعالیت آن‌ها بالاست.**
آماس‌پذیری و تورم کانی‌های رسی(Olsen et al, 1989).	عدم وجود زون آماسی.	زون آماسی محدوده و تنها در کف تونل قرار دارد و نیاز به تکنیک پیچیده‌ای برای مهار آن نیست.	زون آماسی در بخش‌های مختلف تونل وجود دارد و ممکن است در دیواره ها و کف تونل قرار گیرد و نیازمند تمحیدات مهندسی ویژه‌ای است.	زون آماسی به تناوب در مسیر تونل وجود دارد و در هر سه قسمت دیواره، کف و سقف تونل احتمال آماس شدید وجود دارد.	تونل دارای محدوده آماسی زیاد و دارای پتانسیل بالای آماس پذیری است.
مچاله شوندگی یا Squeezing(صدیقی و همکاران، ۱۳۹۰)	Etکم‌تر از ۱ باشد.	Et بین ۱ تا ۲,۵ باشد.	Etبین ۲/۵ تا ۵ باشد.	Et بین ۵ تا ۱۰ باشد.	Et بزرگ‌تر از ۱۰ باشد.
تکرر واحدهای زمین‌شناسی و تغییر واحدهای سنگ در مسیرتونل (Tosveski et al, 2010).	تغیر واحد زمین‌شناسی در هر ۱۰۰ متر طول تونل کم‌تر از ۲ بار باشد.	تغییر واحد زمین‌شناسی در ۱۰۰ متر تول تول بین ۲ تا ۴ بار تغییر باشد.	تغییر واحد زمین‌شناسی در هر ۱۰۰ متر بین ۴ تا ۶ تغییر باشد.	تغییر واحد زمین‌شناسی بین ۶ تا ۸ تغیر در هر ۱۰۰ متر باشد.	تغییر واحدهای زمین‌شناسی بیش از ۸ تغییر در هر ۱۰۰ طول تونل باشد.
کیفیت توده سنگ و هوازدگی(Hartman &Handley, 2002).	RQDبین ۷۵ -۹۰٪ و SPT بلاتر از ۵۰	RQDبین ۹۰ تا ۱۰۰٪ و STP بیشتر از ۷۵	RQDبین ۵۰- ۷۵٪ و SPTبین ۲۵ تا ۵۰	RQD بین ۲۵٪-۵۰٪ و SPTبین ۱۰ تا ۲۵	RQD بین ۰- ۲۵٪ و SPT زیر ۱۰

برای محاسبه مچاله شوندگی از فرمول ارائه شده توسط هوک[۱] و مارینوس[۲](۲۰۰۰) ارئه شد استفاده می‌شود.

[۱] - Hoek

[۲] - Marinos

$$E_t(\%) = 0.15(1 - P_i / P0)^{-(3\frac{p_i}{p_0}+1)/(3.8\frac{p_i}{p_0}+0.54)}$$

که در این فرمول Et کرنش جداره تونل، P0 تنش برجا، Pi فشار نگهدانده و σ_{cm} مقاومت فشاری تک محوره توده سنگ است.

STP : آزمایش نفوذ استاندارد خاک می باشد که بصورت صحرایی یا آزمایشگاهی قابل اجرا است.

۵-۲-۵- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی

شـــرایط جغرافیایی و اقلیمی می‌تواند در روند اجرای یک پروژه بســـیار مؤثر باشـــد. همان‌طور که بارندگی زیاد می‌تواند باعث وقفه در یک پروژه صـحرایی شـود خشکی و عدم بارش مؤثر خواهدبود یا همان‌طور که دمای سـرد باعث وقفه در عملیات ساخت تونل خواهدشد گرما و بالابودن دما بسیار در کارایی و افراد و تجهیزات مؤثر اسـت بنابراین تعیین سـطح هر کدام از این پارامترهای بسـیار مشـکل خواهدبود و ضـریب خطا برای این بخش بالاتر از سـایر قسـمت‌ها اسـت. جدول ۵-۵ پارامترهای این شاخص را با توجه به تجربیات و شرایط پروژه‌های مختلف در نقاط مختلف دنیا کلاس‌بندی کرده‌است.

جدول ۵-۵: کلاس بندی پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی.

پارامتر یا شاخص تعیین شده	رده بندی اختصاص داده شده				
	۱	۲	۳	۴	۵
	ضریب اختصاص داده شده به هر پارامتر				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی	سطح استانداردها و قوانین محیط زیستی پروژه با استانداردهای بین المللی زیر ۲۵ درصد تطابق دارد.	سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی بین ۲۵تا۵۰ در صد با استانداردهای محیط زیستی مطابقت داشته باشد.	سطح قوانین و محیط استانداردهای زیستی پروژه با استانداردهای بین المللی ۵۰ تا ۷۵ درصد مطابقت دارد.	سطح استانداردها و قوانین محیط زیستی پروژه با استانداردهای المللی بین ۷۵ تا ۹۵درصد مطابقت دارد.	سطح استاندارد ها و قوانین محیط زیستی پروژه با استانداردهای بین¬المللی بالای ۹۵ درصد مطابقت دارد.
میزان بارندگی و نوع نزولات جوی (Frumin et al, 2017).	بارندگی از نوع باران و متوسط بارندگی منطقه ۲۰۰تا۳۵۰ میلی لیتر باشد.	بارندگی زیر ۲۰۰ میلی لیتر در سال و به صورت نرمال باشد و هوای معتدل است.	بارندگی کمتر از ۲۰۰ میلی لیتر باران سیلابی یا منطقه داری بارش سبک برف اما دارای هوایی خشک و سرد است یا خشک و گرم است.	بارندگی زیر ۲۰۰ میلی لیتر در سال سیلابی یا بارش زیاد برف باشد. یا منطقه گرم و خشک یا سرد و خشک باشد.	میزان بارندگی بالای ۳۵۰ میلی-لیتر باران سیلابی یا بارش سنگین برف باشد.یا منطقه بسیار خشک و کم باران باشد.

ادامه جدول۵-۵: کلاس بندی پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی.

دما و وضعیت آب و هوایی(IVA, 2010).	اقلیم معتدل کوهستانی با دمایی بین ۱۸ تا ۳۰ درجه و رطوبت ۱۲ الی ۲۶ درصد	اقلیم قاره‌ای معتدل با میانگین دمایی در فصل گرم بالای ۵ درجه و کمینه دما در فصل سرد زیر صفر درجه.	اقلیم حاره‌ای با بیشینه دمایی بالای ۴۰ درجه و کمینه دمایی کم‌تر از ۵- درجه رطوبت متوازن و فصلی	اقلیم بیابانی با دمای بالای ۴۰ درجه و رطوبت کمتر از ۶ درصد یا سرد و خشک با دمایی کم‌تر از صفر درجه سانتیگراد.	اقلیم استوایی با دمای بالای ۳۸ درجه و رطوبت بالای ۶۰ درصد یا اقلیم قطبی با دمای زیر ۸- درجه و رطوبت بالا
ارتفاع از سطح دریا و وضعیت توپوگرافی	تراز تونل بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر همراه با توپوگرافی مسطح و تپه ماهور باشد.	تراز تونل بالای ۱۵۰۰ متر یا زیر ۵۰۰ متر همراه با توپوگرافی کوهستانی متوسط شیب دره‌های باز باشد..	تراز تونل بالای ۳۰۰۰ متر با توپوگرافی کوهستانی متوسط یا تراز زیر ۱۵۰۰ متر با توپوگرافی کوهستانی پرشیب باشد.	تراز تونل بین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر باشد همراه با توپوگرافی کوهستانی باشیب‌های زیاد یا مناطق با تراز بالای ۳۰۰۰ و شیب متوسط یا اندک.	تراز تونل بالای ۳۰۰۰ متر توپوگرافی کوهستانی همراه با شیب-های زیاد .باشد.
میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی (Nasri,2006)..	فاصله با اولین نقطه مسکونی بیشتر از ۱۰ و کم‌تر از ۳۰ کیلومتر است.	تونل در حاشیه منطقه مسکونی یا با فاصله بین ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر حفر می شود	تونل در جوار منطقه شهری و مسکونی یا در فاصله بین ۵۰ تا ۸۰ کیلومتر حفر می شود.	تونل در مناطق شهری کم تراکم و دارای بافت عادی یا در فاصله بین ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتر از اولین نقطه شهری حفر شود.	تونل در منطقه شهری با تراکم زیاد یا با فاصله بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر از اولین نقطه شهری حفر می‌شود.
پتانسیل حادثه خیزی (سیل، زلزله و حوادث قهری و .....) (IAEA,2010).	متوسط دوره زمانی بازگشت بلایی طبیعی با شدت متوسط بالای ۵۰ سال است.	متوسط دوره بازگشت بلایای طبیعی با شدت متوسط بین ۲۰- ۵۰سال است	متوسط دوره زمانی بازگشت بلایی طبیعی با شدت متوسط بین ۱۰ الی ۲۰ سال است.	متوسط دوره زمانی بازگشت بلایی طبیعی باشدت متوسط بین ۵ الی ۱۰ سال است.	متوسط دوره زمانی بازگشت بلایی طبیعی با شدت متوسط زیر ۵ سال .است.
معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی	خیلی‌کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

۵-۲-۶- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص منابع، مصالح و تجهیزات

برای پارامترهای منابع، مصـالح و نیروی انسـانی مهم‌ترین فاکتور جهت دسته‌بندی سطح تأثیر در

تأخیراتی که می‌توانند به وجود آورند دردســترس بودن، نحوه تأمین، بازار تأمین و فاصــله این بازار از محل پروژه می‌باشــد. برای تعیین ســطوح مختلف کیفیت و کارایی ماشــین آلات از شــاخص OEE[1] استفاده شده‌است که نسبت کارکرد واقعی ماشین به توان فنی و عملیاتی ماشین می‌باشد این شاخص را می‌توان برای فرســودگی و دوره تعمیرات این تجهیزات نیز تعریف کرد(فیضــی، ۱۳۸۴). برای رتبه‌بندی سطح خدمات فنی از استاندارد تعریف شده آمریکا استفاده شده‌است. برای نقشه‌های اجرایی مهم‌ترین نکته این اســت که چه تعداد از نقشــه‌ها، با چه کیفیتی، در چه زمانی در اختیار تیم اجرایی قرار می‌گیرند. کلاس‌بندی پارامترهای این بخش به طور کامل در جدول ۵-۶ آمده‌است.

(فیضی، ۱۳۸۴) نسبت کیفیت* نسبت عملکرد* نسبت دسترسی = OEE

نسبت کیفیت = مقدار عملکرد درست دستگاه تقسیم کل عملکرد درست و نادرست دستگاه.

نسبت عملکرد = سرعت و راندمان دستگاه حین کار تقسیم بر راندمان یا سرعت اسمی دستگاه.

نسبت دسترسی = زمان کارکرد مفید دستگاه تقسیم بر کل زمانی که دستگاه در محل است..

جدول ۵-۶: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص منابع مصالح و تجهیزات.

پارامتر یا شاخص تعیین شده	رده‌بندی اختصاص داده شده				
	۱	۲	۳	۴	۵
	ضریب اختصاص داده شده به رده بندی ها				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
میزان و نوع مصالح و تأمین به موقع آن	اکثر مصالح مورد نیاز در فاصله کم‌تر از ۵۰ کیلومتر شعاع پروژه قابل تامین است. و بازار تامین رقابتی باشد.	اکثر مصالح مورد نیاز پروژه در شعاع ۵۰ تا ۱۵۰ کیلومتر پروژه قابل تأمین است. بازار تأمین رقابتی است.	اکثر مصالح مورد نیاز در فاصله کمتر از ۵۰ کیلومتر شعاع پروژه قابل تأمین است. و بازار تأمین انحصاری باشد.	اکثر مصالح مورد نیاز پروژه در شعاع ۵۰ تا ۱۵۰ کیلومتر پروژه قابل تأمین است. بازار تأمین انحصاری باشد.	تأمین مصالح مورد نیاز پروژه در فواصل بیشتر از ۱۵۰ کیلومتر پروژه قابل تأمین است و بازار تأمین انحصاری باشد.
کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین‌آلات (فیضی، ۱۳۸۴).	شاخص کیفیت و اثر بخشی تجهیزات(OEE) در وضعیت عالی باشد.	شاخص کیفیت و اثر بخشی تجهیزات(OEE) در وضعیت خوب باشد.	شاخص کیفیت و اثر بخشی تجهیزات(OEE) در وضعیت در وضعیت متوسط باشد.	شاخص کیفیت و اثر بخشی تجهیزات(OEE) در وضعیت ضعیف باشد.	شاخص کیفیت و اثر بخشی تجهیزات(OEE) در وضعیت خیلی ضعیف باشد.

[1] Overall Equipment Effectiveness

ادامه جدول۵-۶: کلاس‌بندی پارامترهای شاخص منابع مصالح و تجهیزات.

کمبود نیروی انسانی عادی	بالای ۹۵ درصد نیروی انسانی مورد نیاز پروژه در دسترس و سایر نیاز پروژه باید با شرایط خاص تامین شود.	بین ۷۵ تا ۹۵ درصد نیروی انسانی مورد نیاز پروژه در دسترس و سایر نیاز پروژه باید با شرایط خاص تأمین شود.	بین ۵۰ تا ۷۵ درصد نیروی انسانی مورد نیاز پروژه در دسترس و سایر نیاز پروژه باید با شرایط خاص تأمین شود.	بین ۲۵ تا ۵۰ درصد نیروی انسانی مورد نیاز پروژه در دسترس و سایر نیاز پروژه باید با شرایط خاص تأمین شود.	کمتر از ۲۵ درصد نیروی مورد نیاز پروژه در دسترس و سایر نیاز پروژه باید با شرایط خاص تأمین شود.
کمبود نیروی متخصص و ماهر	بالای ۹۵ درصد نیروی متخصص پروژه تامین شده است.	بین ۷۵ تا ۹۵ درصد نیروی متخصص پروژه تامین شده است.	بین ۵۰ تا ۷۵ در صد نیروی متخصص پروژه تا مین شده است	بین ۲۵ تا ۵۰ درصد نیروی متخصص پروژه قابل تامین است	کمتراز ۲۵ درصد نیروی متخصص پروژه قابل تامین باشد.
خدمات فنی (تهویه ارتباط و روشنایی)(NCH) (RP,2011.	میزان روشنایی بین ۲۱۰ تا ۲۲۵ لوکس، سرعت هوا در جبهه کار بین ۰/۸ تا ۱/۱ متر بر ثانیه و وضعیت ارتباط مطلوب باشد.	میزان روشنایی بین ۲۰۰ تا ۲۱۰ لوکس و سرعت هوا در جبهه کار بین ۰/۵ تا ۰/۸ متر بر ثانیه و ارتباط خوبی حاکم باشد.	میزان روشنایی بین ۱۸۰ تا ۲۰۰ لوکس و سرعت هوا در جبهه کار بین ۰/۳تا ۰/۵ متر بر ثانیه و ارتباط عادی باشد.	میزان روشنایی بین ۱۲۰ تا ۱۸۰ لوکس و سرعت هوا در جبهه کار بین ۰/۲ تا ۰/۳ متر بر ثانیه و ارتباط نسبی وجود دارد.	میزان روشنایی کمتر از ۱۱۰ لوکس یا بیشتر از۲۲۵ لوکس و سرعت هوا در جبهه کار کم‌تر از ۰/۲ متر یا بیشتر از ۱/۱ متر برثانیه و ارتباط ضعیف باشد.
کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تأمین آن‌ها	بالای ۹۵ درصد نقشه‌های اجرایی در زمان تعیین شده در اختیار عوامل اجرایی قرار می‌گیرند.	بین ۷۵ تا ۹۵ درصد نقشه‌های اجرایی در زمان مدنظر و تعیین شده در اختیار عوامل اجرایی قرار می‌گیرد.	بین ۵۰ تا ۷۵ درصد نقشه-های اجرایی در زمان تعیین شده در اختیار عوامل اجرایی قرار می‌گیرد.	بین ۲۵ تا ۵۰ درصد نقشه‌های اجرایی در زمان تعیین شده و مد نظر در اختیار عوامل اجرایی قرار می‌گیرند.	نقشه های اجرایی و طرح های اولیه بسیار ناقص هستند و برای تهیه آن‌ها نیاز به صرف زمان در حین پروژه است

۵-۲-۷- کلاس‌بندی پارامترهای شاخص مسائل بومی ایران

شـــرایط و فرهنگ کشـــورهای مناطق مختلف دنیا همان‌گونه که در برخورد با مســـائل اجتماعی متفاوت اســت در برخورد و اجرای پروژه‌ها و مســائل اقتصادی نیز بسیار متفاوت است.شرایط سیاسی،

اقتصـــادی، آموزشـــی، رفاه و آگاهی از حقوق مختلف شـــهروندی و اجتماعی می‌تواند بر رفتار مردم، مسـئولان و حتی عوامل اجرایی یک پروژه مؤثر باشد. شاخص OCE[1] پارامتری مرتبط با نظم و اخلاق حرفه‌ای و مرتبط با انضـباط فردی در محیط کاری می‌باشد(حسین شادمهر،۱۳۹۰). این شاخص از ۰ تا ۱۰۰ برحسـب درصـد تعریف می‌شود که در این بخش برای پارامتر عدم اهمیت به زمان و راندمان کاری اسـتفاده شـده‌اسـت. بانک جهانی برای تعیین میزان فسـاد اداری استانداردهای تعریف می‌کند. شـــاخص CPIA کـه در این بخش برای کلاس‌بنـدی پـارامتر مرتبط با نظم و هماهنگی اداری از آن اسـتفاده شـده‌اسـت از جمله شاخص‌های مهم این استانداردها می‌باشد(همایونی، ۱۳۸۸). جدول ۵-۷ برای هرکدام از پارامترهای این شاخص سطوح مختلفی تعریف می‌کند.

برای محاســـبه مقدار OCE از رابطه زیر می توان اســـتفاده کرد. در این رابطه CU نرخ بهره دهی نیروی کار، CP نرخ عملکرد نیروی کار و CSQ کیفیت خدمات نیروی کار اســـت(حســـین شـــادمهر، ۱۳۹۰).

معادله ۵-۶ $$OCE= \%CU * \%CP *CSQ\%$$

جدول ۵-۷: کلاس بندی پارامترهای شاخص مسائل بومی ایران.

پارامتر یا شاخص تعیین شده	رده بندی اختصاص داده شده				
	۱	۲	۳	۴	۵
	ضریب اختصاص داده شده به هر پارامتر				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی (حسین شادمهر، ۱۳۹۰).	شاخص OCE بالاتر از ۹۰ درصد باشد.	شاخصOCE بین ۷۵ تا ۹۰ درصد باشد.	شاخصOCE بین ۵۰ تا ۷۵ درصد باشد.	شاخص OCE بین ۲۵ تا ۵۰ درص باشد.	شاخص OCE کمتر از ۲۵ درصد باشد.
تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	تحریم کم‌تر از ۲۵ درصد تجهیزات تخصصی.	تحریم بین ۲۵ تا ۵۰ درصد تجهیزات تخصصی یک پروژه.	تحریم بین ۵۰ تا ۷۵ درصد تجهیزات تخصصی پروژه.	تحریم بین ۷۵ تا ۹۰ درصد تجهیزات تخصصی یک پروژه.	تحریم بالای ۹۵ درصد تجهیزات تخصصی یک پروژه .
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه‌های ملی	مشارکت اجتماعی عالی باشد(Ebbinghaus (2010)).	مشارکت اجتماعی خوب باشد.	مشارکت اجتماعی متوسط باشد.	مشارکت اجتماعی ضعیف باشد.	مشارکت اجتماعی خیلی ضعیف باشد.

[1] - Overall Caraft Effectiveness

ادامه جدول۵-۷: کلاس بندی پارامترهای شاخص مسائل بومی ایران.

سیستم عقد قرارداد و نحوه تامین بودجه برای طرح‌های عمرانی (همایونی، ۱۳۸۸)	سیستم قرار داد یکپارچه	سیستم قرار داد دوعاملی	سیستم قرار داد مدیریتی یا ۴ عاملی	روش ۳ عاملی یا سنتی	سیستم امانی یا تک عاملی
تورم، ارزش پایین پول ، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی	**تورم زیر ۳,۵٪ ارز به مقدار کافی در دسترس باشد و کمتر از ۲۵٪ اقتصاد در دست دولت است.**	**تورم بین ۳,۵ تا ۸ ٪ است. ارز به مقدار کافی در دسترس باشد و بین ۲۵٪ تا ۵۰ ٪ اقتصاد در دست دولت است.**	**تورم بین ۸ تا ۱۲ درصد است. ارز لازم نسبتا در دسترس باشد و بین ۵۰ تا ۷۵ ٪ اقتصاد در دست دولت است.**	**تورم بین ۱۲ تا ۲۵ درصد است. ارز لازم به راحتی تامین نمی‌شود و بین ۷۵ تا ۹۵ درصد اقتصاد در دست دولت است.**	**تورم بالاتر ار ۲۵ درصد است. تامین ارز لازم به دشواری امکان-پذیر است و بالای ۹۵ درصد اقتصاد در دست دولت است.**
سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهاد-های مختلف	شاخص CPIA[1] در وضعیت عالی باشد.	شاخص CPIA در وضعیت خیلی خوب باشد.	شاخص CPIA در وضعیت خوب باشد.	شاخص CPIA در وضعیت ضعیف باشد.	شاخص CPIA در وضعیت خیلی ضعیف باشد.
تغییر مداوم مدیران، و تغییر سیاست‌های کلان	تعداد تغییر مدیران و سیاست های کلان در طول پروژه کم‌تر از ۱ بار باشد.	تعداد تغییر مدیران و سیاست‌های کلان بین ۱ تا ۳ بار است.	تعداد تغییر مدیران و سیاست‌های کلان بین ۳تا ۴ بار است.	تعداد تغییر مدیران و سیاست‌های کلان بین ۴ تا ۶ بار است	تعداد تغییر مدیران و سیاست‌های کلان در طول زمان پروژه بیش‌تر از۶ بار باشد.
کارشکنی سیاسی و اجتماعی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد.	خیلی زیاد

شاخصCPIA : این شاخص توسط بانک جهانی تعریف شده است و در آن به کشورهای که عضو این سازمان هستند ۶ عدد مختلف بین خوب تا بد داده می‌شود. این شاخص ناظر به مسائلی چون ناکارایی در امر حسابرسی، تضاد منافع بین بخش خصوصی و دولتی، هماهنگی‌های نهادی داخل

[1] - The Country Policy & Institutional Assessment

کشـور، کارشـکنی‌های اداری، اتخاذ سیاست‌ها در جهت اهداف گروه‌های خاص، تغییر سیاست‌ها به علت ارتشـاء و انحراف منابع بخش عمومی و دولتی به سـمت منافع خصوصی می باشد. این شاخص هر ساله برای کشوهای مختلف دنیا ارائه می‌شود.

۵-۳- اندیس تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی

در سیستم طبقه‌بندی ارائه شده اندیسی با عنوان اندیس پیش‌بینی میزان تأخیرات(DTI) تعریف شده‌است.

معادله ۵-۷

$$DTI = \sum_{i=1}^{55} c_i s_i$$

c_i ضریب شاخص تونل در پارامتر iام

si % درصد وزنی پارامتر iام

انـدیس DTI مقـداری کمی ارائـه می‌دهد اما با توجه به مفهوم پیش‌بینی و تعریف تأخیر که ذاتاً کیفی بررسـی می‌شـود. لذا مقادیر بدسـت آمده برای DTI به صـورت جدول ۵-۸ در شـش کلاس تقسیم‌بندی می‌شوند. کلاس " خیلی کم" مطلوب ترین حالت برای تأخیرات در یک پروژه می‌باشدکه در آن تـأخیرات بـه وجود آمـده در این کلاس بسـیار اندک و قابل حل می‌باشـند و بدترین حالت کلاس"بیش از اندازه" است که در این حالت میزان تأخیرات بسیار زیاد و غیر قابل اندازه‌گیری است و اصـولاً هیچ پروژه‌ای با این شـرایط به اتمام نخواهدرسید و در واقع نیاز برنامه‌ریزی و طرح پروژه را در مراحل مختلف تغییر اساسی داده‌شود. کلاس کیفی "کم" به سطحی از تأخیرات اطلاق می‌شود که به نظر با توجه به شـرایط خاص آن پروژه بوجود آمده‌اسـت و اصـطلاحاً تأخیرات به صورت سیستماتیک نمی‌باشـند و مشـکلات برنامه‌ریزی و پایه‌ای عامل بوجود آورنده آن ها نمی‌باشـند. تأخیرات این گروه عمومـاً در مراحل اجرا رخ می‌دهد و به راحتی قابل رفع می‌باشـد. کلاس‌های کیفی "زیاد" و "خیلی زیاد" سطحی از تأخیرات را شامل می‌شود که در تمام مراحل و ارکان پروژه معلولیت دارند. تونل‌هایی با این سـطح از تأخیرات علاوه بر تأخیر در مراحل اجرایی و مدیریتی در بسـیاری از موارد در سـطوح

بالاتر سیاسی و اقتصادی دارای مشکل و وقفه می‌باشند. اغلب در این شرایط یک عامل بسیار نمود می‌کند اما عوامل بسیاری در تأخیرات به وجود آمده موثر خواهند بود.

جدول ۵-۸: تعریف کلاس‌های مختلف اندیس تاخیرات.

DTI	۰ - ۱۰	۱۰ - ۲۰	۲۰ – ۳۰	۳۰ – ۵۰	۵۰ - ۷۰	۷۰ - ۱۰۰
تأخیرات	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	بیش از اندازه

۵-۴- مطالعه موردی

بررسی دلایل تأخیرات برای یک صنعت تنها با بررسی یک یا چند پروژه امکان پذیر نیست زیرا هیچ وقت تمامی عوامل مؤثر بر تأخیرات در یک پروژه با هم وجود نخواهندداشت. اما وجود یک مورد مطالعاتی کمک می‌کند تا نتایج تحقیق اعتبار سنجی شده و نتیجه حاصل از تحقیق در یک مورد حقیقی راستی آزمایی می‌شود در این تحقیق منطقه یک آزاد راه تهران - شمال مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. تأخیر در این پروژه امری شایع می‌باشد که با توجه به تعداد زیاد تونل‌های این مسیر که حجم بالایی از وزن عملیاتی این پروژه را تشکیل می‌دهند مورد مناسبی برای ارزیابی تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی می‌باشد. در ادامه به بررسی برخی از ویژگی‌های این پروژه پرداخته می شود.

۵-۴-۱- تاریخچه و اهمیت ساخت پروژه آزاد راه تهران - شمال

پروژه آزادراه تهران-چالوس به منظور تأمین ارتباط مطمئن، سریع، و ارزان بین مناطق شمالی و مرکزی کشور و سهولت ارتباط با کشورهای همسایه شمالی در حال اجراست. طرح اولیه آن سال ۱۳۵۳ داده شد که پس از انقلاب سال ۵۷ مطالعات مسیر آزادراه از سوی وزارت راه و ترابری به مناقصه گذاشته شده‌است. در این مناقصه، بهترین طرح توسط هیئتی متشکّل از وزارت راه و ترابری و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی نهاد ریاست جمهوری کشور انتخاب شد. در طرح کالبدی منطقه

گیلان و مازندران و مجموعه راهبردها و سیاست‌ها، که در سال ۱۳۷۳ به تصویب شورای عالی معماری و شهرسازی رسیده، بر ساخت یک راه ارتباطیِ سریع میان تهران و غرب مازندران تأکید شده‌است. این آزادراه بخشی از «آزادراه سراسری شمال-جنوب» است که کوتاه‌ترین مسیر ارتباطیِ دریای خزر با خلیج فارس بوده و در ترانزیت منطقه نقش عمده‌ای را بر عهده خواهدداشت (سایت آزاد راه تهران شمال).

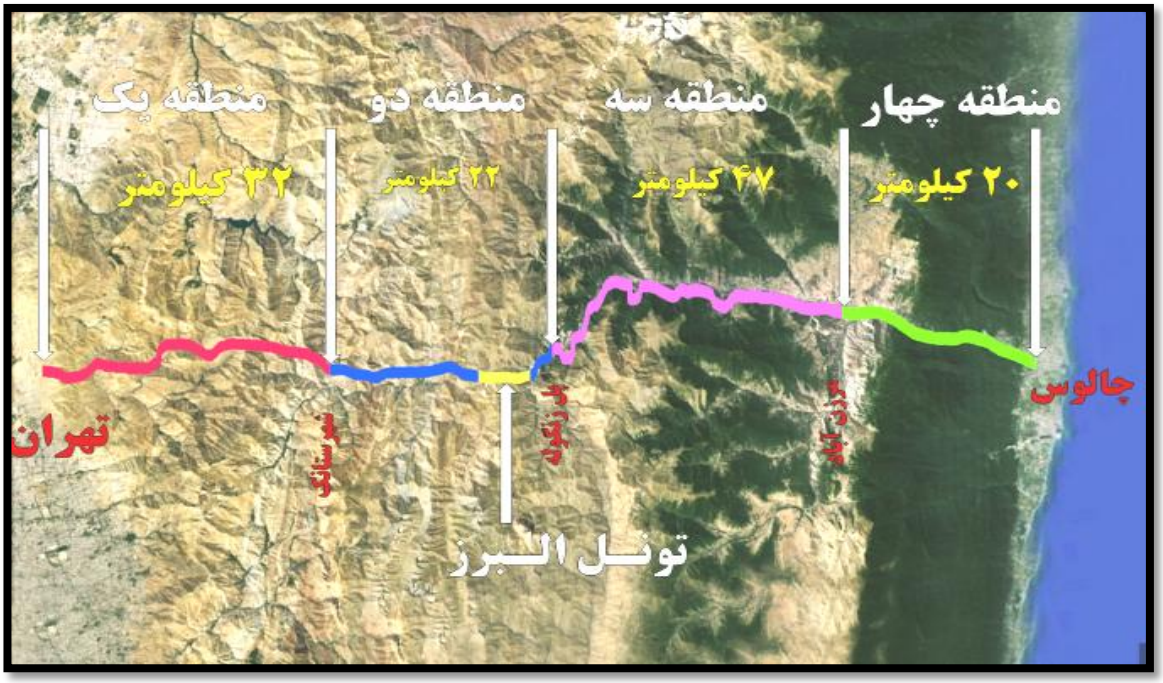
۵-۴-۲- مشخصات کلی مسیر آزاد راه تهران- شمال

مسیر ۱۲۱ کیلومتری آزادراه تهران – شمال که در آن ۱۷۸ دستگاه تونل دوقلو (رفت و برگشت) جمعاً به طول تقریبی ۹۶ کیلومتر و با ۸۲ دستگاه پل بزرگ (رفت و برگشت) جمعاً به طول حدود ۱۳ کیلومتر و با حجم عملیات خاکی حدود ۴۲ میلیون متر مکعب، از تقاطع غیر همسطح با آزاد راه تهران – شمال با بزرگراه شهید همت شروع و در امتداد دره کن پس از گذشتن از حاشیه روستای سولقان به تدریج از منطقه کوهستانی توچال عبور کرده و سپس توسط تونل های بلند تالون به طول ۵ کیلومتر این رشته کوه را قطع نموده و در دامنه های شمالی آن در منطقه دوآب شهرستانک قرار می گیرد که با اجرای این قسمت به طول تقریبی ۳۲ کیلومتر مسیر فعلی حدود ۶۰ کیلومتر کوتاهتر میگردد. پس از آن، مسیر به موزات جاده قدیم کرج – چالوس امتداد می یابد و در دره سرهنگ وارد تونل های بلند البرز به طول ۶/۴ کیلومتر شده و در پل زنگوله خارج می شود. سپس با عبور از ارتفاعات البرز به موازات جاده موجود کرج- چالوس با گذر از کنار شهر مرزن آباد تا شهر چالوس ادامه یافته و در نهایت با یک تقاطع غیر همسطح به کمربندی چالوس – تنکابن متصل می گردد. در شکل ۵-۱ پلان مسیر آزاد راه تهران شمال مشاهده می شود(سایت آزاتد راه تهران شمال). .

شکل ۵-۱: پلان هندسی مسیر آزادراه تهران شمال(سایت آزاد راه تهران شمال).

۵-۴-۳- مروری بر مسیر منطقه ۱ آزاد راه تهران- شمال

مسیر منطقه یک آزادراه از تقاطع غیر هم‌سطح بزرگراه شهید همت و بزرگراه آزادگان شروع و با عبور از مناطق کن، سولقان، امامزاده عقیل، تونل تالون و دره لانیز به سه‌راهی شهرستانک می‌رسد؛ اجرای این قسمت که طول آن تقریباً ۳۲ کیلومتر بوده و تکمیل آن در اولویت است، موجب می‌شود قسمتی از راه فعلی که از طریق کرج می‌گذرد حذف شده و مسیر فعلی حدود ۶۰ کیلومتر کوتاه‌تر شود و صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف سوخت، استهلاک و وقت مسافران را به دنبال خواهدداشت. احداث و تکمیل این منطقه مهم که در مصوبه هیئت دولت اولویت اول را دارد سال‌ها به تعویق افتاده اما احتمالاً تا پایان سال ۱۳۹۷ تکمیل می‌شود. قطعه یک آزاد راه تا اسفند ماه سال ۹۶ حدود ۹۰ درصد پیشرفت فیزیکی داشته‌است. شکل ۵-۲ تقسیم بندی مناطق مختلف آزاد راه را روی نقشه نمایش می‌دهد(سایت آزاد راه تهران شمال).



شکل ۵-۲: پلان هندسی تقسیم بندی مناطق مختلف آزاد راه تهران- شمال(سایت آزاد راه تهران شمال).

۵-۴-۴- مروری بر مشخصات فنی منطقه یک آزاد راه تهران شمال

طول مسیر منطقه یک آزاد راه تهران شمال حدود ۳۲ کیلومتر می‌باشد. این جاده دارای دو خط رفت و دو خط برگشت است که در قسمتهای فراز یک خط کندرو به مسیر اضافه می‌گردد. حداکثر شیب طولی مسیر ۶ درصد و مجموع طول تونل‌های مسیر ۳۱/۵ کیلومتر(در باند رفت و برگشت) که تعداد این تونل‌ها ۳۵ رشته که در بین آن‌ها تونل‌های با طول بیش‌تر از ۴۹۰۰ متر نظیر تونل تالون (که بصورت دوقلو و یک دستگاه تونل اکتشافی اجرا شده‌اند) که دارای ۱۰دستک دسترسی به تونل اکتشافی و تعداد ۹ دستک ارتباطی بین دو تونل اصلی می‌باشد وجود دارد. در منطقه از آزاد راه سازه‌های بزرگ دیگری وجود دارد که می‌توان به ۲۵ دستگاه پل در مسیر رفت و برگشت جمعا به طول ۳۱۳۷ متر که در میان آن ها سازه عظیمی مانند پل شماره ۶ (با طول عرشه ۳۲۰ متر و بالای ۸۰ متر ارتفاع بر روی بستر رودخانه) اشاره کرد(سایت آزاد راه تهران شمال).

۵-۵- ارزیابی سیستم طبقه‌بندی در مجموعه از تونل‌های آزاد راه تهران - شمال

در این بخش به بررسی و ارزیابی سیستم طبقه‌بندی ارائه شده با استفاده از داده‌های تعدادی از تونل‌های آزاد راه تهران شمال پرداخته‌شده‌است. جدول ۵-۹ مقدار اندیس تأخیرات را برای تونل‌های مختلف نشان می‌دهد. طی تحقیقات میدانی صورت گرفته، علل تأخیر صورت گرفته در مراحل مختلف ساخت، برای تونل‌های آزاد راه تهران- شمال مشخص شد. بررسی روند ساخت تونل‌ها نشان می‌داد در مراحل مختلفی راندمان کار کم شده یا گاهی به صفر رسیده‌است و در واقع تونل دچار وقفه یا تأخیر شده‌است. برای پی بردن به دلایل علل این تأخیرات بهترین راه مراجعه به اسناد و گزارش‌های مختلف روزانه، هفتگی و ماهیانه و نیز مطالعه و بررسی صورت‌جلسات هفتگی و ماهیانه بین پیمانکار، مشاور، مدیریت طرح و کارفرما می‌باشد. پس از بررسی موارد فوق دلایل و میزان تأخیرات برای هر تونل مشخص شد. در ادامه برای پی بردن به ریشه اصلی تأخیر صورت گرفته از مدیران، مهندسان و افراد مطلع که در جریان کامل کار بوده‌اند مصاحبه و مشورت‌های انجام گرفت تا بهترین نتیجه ممکن حاصل شود.

پس از موارد فوق برای هر یک از تونل‌ها لیستی از عوامل تأخیرات به وجود آمده که با توجه به این لیست می‌توان ضریب هرکدام از عوامل تاخیرات را برای هر تونل به دست آورد که نهایتاً اندیس تأخیر را برا هر تونل مشخص می‌کند.

جدول ۵-۹: بررسی مقدار اندیس تأخیرات برای تونل‌های مختلف.

عنوان پارمتر موثر در تاخیرات	Mi	Si%	امتیاز تونل ها با توجه به مدل ارائه شده													
			تونل ۶		تونل ۱-۷		تونل ۱۲		۱۳ شرقی		۱۳ غربی		۱۴ شرقی		۱۴ غربی	
			ci	Si%	ci	Si%	ci	Si%	ci	Si%	ci	Si%	ci	Si%	ci	Si%
میزان بودجه اولیه،توان و نحوه تامین بودجه	0.48	1.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
تاخیر در پرداخت و اختلاف مالی در صورت وضعیت ها	0.43	1.52	0.25	0.38	0.25	0.38	0.25	0.38	0.25	0.38	0.25	0.38	0	0.00	0	0.00
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	0.47	1.65	1	1.65	0.25	0.41	1	1.65	0.25	0.41	0.25	0.41	0.25	0.41	0.25	0.41
روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	0.50	1.76	1	1.76	1	1.76	1	1.76	0	1.76	1	0.00	0	0.00	0	0.00
میزان دقت در برآورد زمان و هزینه های پروژه	0.50	1.74	0.5	0.87	0	0.00	0.5	0.87	0.5	0.87	0.5	0.87	0	0.00	0	0.00
وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده	0.49	1.73	1	1.73	0	0.00	1	1.73	1	1.73	1	1.73	0	0.00	0.25	0.43
میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	0.51	1.80	0.75	1.35	0.5	0.90	0.75	1.35	0.5	1.80	1	0.90	0.25	0.45	0.25	0.45
تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان	0.49	1.71	1	1.71	1	1.71	1	1.71	0.25	1.71	1	0.43	0	0.00	0	0.00
فشردگی برنامه زمانبندی و اختلاف در فعالیت های مختلف	0.50	1.75	0.5	0.87	0.5	0.87	0.5	0.87	0.25	0.44	0.25	0.44	0	0.00	0	0.00
سطح قوانین و استاندارد های محیط زیستی	0.59	2.08	0.25	0.52	0.25	0.52	0.25	0.52	0.25	0.52	0.25	0.52	0	0.00	0	0.00
میزان بارندگی و نزولات جوی	0.59	2.07	0.5	1.03	0.5	1.03	0.5	1.03	1	2.07	1	2.07	0.25	0.52	0.25	0.52
دما و وضعیت آب و هوایی	0.56	1.96	0.5	0.98	0.5	0.98	0.5	0.98	0.5	0.98	0.5	0.98	0.25	0.49	0.25	0.49
ارتفاع از سطح دریا و وضعیت توپوگرافی	0.59	2.06	0.5	1.03	0.5	1.03	0.5	1.03	0.5	1.03	0.5	1.03	0.5	1.03	0.5	1.03
میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی	0.52	1.83	0.75	1.37	1	1.83	1	1.83	0.25	0.46	0.25	0.46	0.25	0.46	0.25	0.46
پتانسیل حادسه خیزی و حوادث قهری	0.54	1.91	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.75	1.43	0.75	1.43	0	0.00	0	0.00
معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی	0.55	1.91	0.5	0.96	1	1.91	1	1.91	0	1.91	1	0.00	0	0.00	0	0.00
سطح آب های زیر زمینی	0.61	2.14	0.5	1.07	0	0.00	0	0.00	0.5	1.07	0.5	1.07	0.25	0.53	0.25	0.53
سینه کار مرکب(زمین متشکل از سنگ و خاک و بولدر ها)	0.56	1.96	1	1.96	0	0.00	0.25	0.49	0.75	1.47	0.75	1.47	0.25	0.49	0.25	0.49
کیفیت توده سنگ و هوازدگی	0.54	1.89	0.5	0.95	0	0.00	0.2	0.38	0.25	1.42	0.75	0.47	0	0.00	0.25	0.47

ادامه جدول ۵-۹ بررسی مقدار اندیس تأخیرات برای تونل‌های مختلف.

آماس پذیری یا تورم کانی های رسی	0.57	1.99	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
نشت گاز به داخل تونل	0.53	1.85	0	0.00	0	0.00	0	0.46	0.25	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
گسل و شکستگی ها و زون خرد شده	0.42	1.47	0.5	0.73	0.25	0.37	0.5	0.73	0.75	1.10	0.75	1.10	0.25	0.37	0.25	0.37
تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت توده سنگ در مسیر تونل	0.57	1.99	0.75	1.49	0	0.00	0	0.00	0.25	0.50	0.25	0.50	0.25	0.50	0.25	0.50
مچاله شوندگی یا Squeezing	0.58	2.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.25	0.51	0	0.00	0	0.00
هندسه، ابعاد و اندازه تونل	0.48	1.68	0.5	0.84	0.25	0.42	0.5	0.84	0.5	0.84	0.5	0.84	0.25	0.42	0.25	0.42
طول	0.51	1.78	0	0.00	0	0.00	0.25	0.45	0.5	1.34	0.75	0.89	0.25	0.45	0.25	0.45
شیب	0.51	1.80	0.25	0.45	0.5	0.90	0.25	0.45	0.25	0.90	0.5	0.45	0.25	0.45	0.25	0.45
عمق، روباره ، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	0.44	1.54	0.5	0.77	1	1.54	0.25	0.38	0.5	0.77	0.5	0.77	0.25	0.38	0.25	0.38
وجود سازه های تکمیلی(پارکینگ، تقاطع ، دوربرگردان و ....)	0.49	1.73	0.25	0.43	0	0.00	0.25	0.43	0.5	0.86	0.5	0.86	0.25	0.43	0.25	0.43
پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی	0.45	1.58	0.75	1.18	1	1.58	0.75	1.18	0.5	0.79	0.5	0.79	0.25	0.39	0.25	0.39
نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی	0.42	1.49	0.5	0.75	0.25	0.37	1	1.49	0.5	0.75	0.5	0.75	0.25	0.37	0.25	0.37
تعداد و نوع دسترسی	0.45	1.59	0.5	0.79	0.75	1.19	0	0.00	0	0.79	0.5	0.79	0.25	0.40	0.25	0.40
مجاورت با سازه های دیگر	0.45	1.58	0.75	1.19	0.5	0.79	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.25	0.40
روش حفاری(B&TBM, D, بیل مکانیکی و غیره)	0.43	1.51	0.75	1.13	0.75	1.13	0.75	1.13	0.5	0.76	0.5	0.76	0.25	0.38	0.5	0.76
تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت	0.49	1.72	0.5	0.86	0	0.00	0.5	0.86	0	1.72	1	0.00	0.25	0.43	0.25	0.43
میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی	0.54	1.89	0.75	1.42	0	0.00	0.75	1.42	0	1.89	1	0.00	0.25	0.47	0.25	0.47
میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه	0.57	2.01	1	2.01	1	2.01	1	2.01	0.5	2.01	1	1.00	0.5	2.01	1	1.00
مدیریت کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی	0.48	1.70	0.75	1.28	0	0.00	0.25	0.43	0.5	1.70	1	0.85	0.25	0.43	0.25	0.43
مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی	0.49	1.73	0.5	0.87	0	0.00	0	0.00	0.25	0.43	0.25	0.43	0.25	0.43	0.25	0.43
سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی	0.55	1.92	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.92	1	0.00	0	0.00	0	0.00

ادامه جدول۵-۹: بررسی مقدار اندیس تأخیرات برای تونل‌های مختلف.

میزان و نوع مصالح و تامین به موقع آن	0.52	1.84	0.5	0.92	0.25	0.46	0.5	0.92	0.75	1.38	0.75	1.38	0.25	0.46	0	0.00
کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	0.51	1.81	0.75	1.35	0.75	1.35	0.75	1.35	0.75	1.35	0.75	1.35	0.25	0.45	0.25	0.45
کمبود نیروی انسانی عادی	0.56	1.96	0.25	0.49	0	0.00	0.25	0.49	0.5	0.75	1	0.98	0.25	0.49	0.25	0.49
سطح مکانیزاسیون تجهیزات	0.50	1.76	0.75	1.32	0.75	1.32	1	1.76	0.75	0.50	0.75	1.32	0.5	0.88	0.5	0.88
کمبود نیروی انسانی ماهر و متخصص	0.43	1.51	0.25	0.38	0	0.00	0	0.00	0.5	0.75	0.5	0.75	0.25	0.38	0.5	0.75
خدمات فنی(تهویه و ارتباط و روشنایی)	0.50	1.76	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.75	1.76	1	1.32	0	0.00	0	0.00
کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها	0.57	2.00	0.75	1.50	0.25	0.50	1	2.00	0.75	1.00	0.75	1.50	0.25	0.50	0.5	1.00
عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	0.61	2.14	1	2.14	0.5	1.07	1	2.14	1	1.00	1	2.14	1	2.14	1	2.14
تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	0.57	1.99	0.5	1.00	0	0.00	0.5	1.00	0.25	0.50	1	0.50	0.25	0.50	0.25	0.50
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی	0.61	2.15	1	2.15	0.75	1.61	1	2.15	1	0.00	1	2.15	0.5	1.07	0.5	1.07
سیستم عقد قرارداد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی	0.56	1.95	0.5	0.98	0.5	0.98	0.5	0.98	0.5	1.95	1	0.98	0.5	0.98	0.5	0.98
تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی	0.50	1.74	1	1.74	1	1.74	1	1.74	1	1.74	1	1.74	0.5	0.87	0.5	0.87
سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهادهای مختلف	0.55	1.94	0.75	1.46	0.75	1.46	0.75	1.46	1	1.94	1	1.94	0.5	0.97	0.5	0.97
تغییر مداوم مدیران و تغییر سیاست های کلان	0.52	1.82	0.25	0.45	0.25	0.45	0.25	0.45	0.5	0.91	0.5	0.91	0.5	0.91	0.5	0.91
کارشکنی های سیاسی و اجتماعی	0.55	1.94	0.5	0.97	0	0.00	1	1.94	1	1.94	1	1.94	0	0.00	0	0.00
جمع کل	1			۵۳,۲۲		۳۴,۵۶		۴۹,۱۲۹		۵۸,۴۹۸		۴۵,۵۳۹		۲۳,۲۸		۲۴,۳۸

۵-۶- بررسی نتایج و عملکرد سیستم طبقه‌بندی ارائه شده با استفاده از داده‌های مورد مطالعاتی

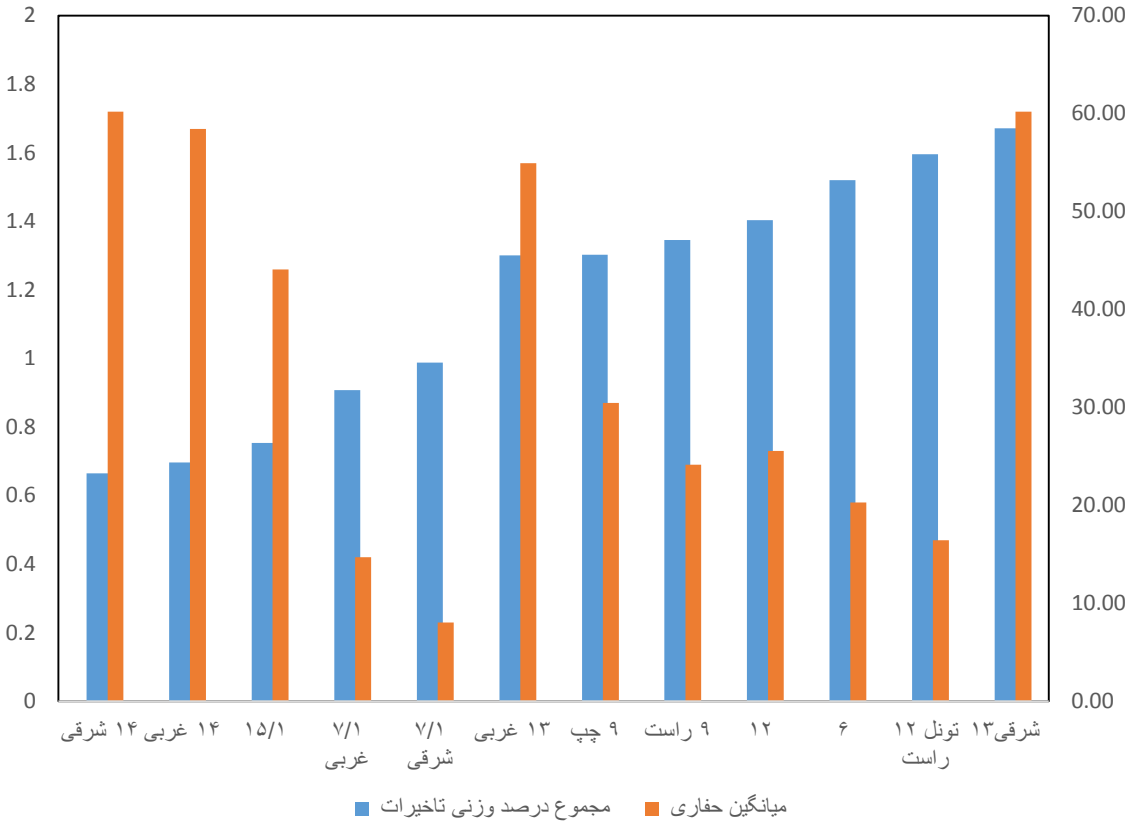
نتایج به دســت آمده برای هر تونل مقداری متفاوت اســت. هر کدام از این مقادیر در کلاس کیفی مختلفی در ارزیابی سطح تأخیرات قرار می‌گیرند. برای ارزیابی عملکرد مدل بهترین و دردسترس‌ترین فاکتور، میانگین حفاری برحسـب متر در روز می‌باشد. که با توجه به آن می‌توان اختلاف DTI حاصل را با اختلاف میانگین حفاری در تونل‌های مختلف را مقایسه کرد. جدول ۵-۱۰ مقدار اندیس تأخیرات و میانگین حفاری برای هر کدام از تونل ها را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۱۰: ارزیابی سطح تاخیرات در تونل های مختلف.

شماره تونل	**۱۲**	**۷-۱**	**۶**	**۱۳ شرقی**	**۱۳ غربی**	**۱۴ شرقی**	**۱۴ غربی**	**۹چپ**	**۹راست**	**۱۵/۱**	**۱/۷ چپ**
DTI	۴۹/۱۳	۳۴/۵۷	۵۳/۲۱	۵۸/۵۰	۴۵/۵۴	۲۳/۲۸	۲۴/۳۸	۴۵/۶۰	۴۷/۰۹	۲۶/۹۴	۳۱/۷۷
میانگین حفاری (متر بر روز)	۰/۹۴	۰/۲۳	۰/۵۸	۱/۸۲	۱/۵۷	۱/۷۲	۱/۶۷	۰/۸۷	۰/۶۹	۱/۴۵	۰/۴۲
سطح کیفی	زیاد	زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	متوسط	زیاد

برای ارزیابی و اعتبارســنجی عملکرد مدل بهترین راه مقایســه مقدار اندیس تأخیرات هر تونل با میانگین حفاری تونل‌ها می‌باشد. بدیهی است که باید با افزایش اندیس تأخیرات برای هر تونل میانگین حفاری برای آن تونل کاهش یابد . درشکل ۵-۳ مقایسه بین مقدار اندیس تأخیرات و میانگین حفاری را برای تونل‌های مختلف نشــان می‌دهد. بررســی نتایج بجز در مواردی خاص که نیاز به تشــریح دارد مطابقت مطلوب و قابل قبولی را برای مدل ارائه شـده نشان داده‌است. شکل ۵-۳ نشان می دهد در با افزایش مقدار اندیس تأخیرات برای تونل‌های مختلف عملکرد مدل در ۷۰ درصد تونل‌ها مطلوب است و تنها در تونل‌های ۱-۷ و تونل ۱۳ شرقی این عملکرد در نگاه اول تناقض زیادی را نشان می‌دهد. که در

ادامه به شرح و دلایل این تناقض‌ها پرداخته‌می‌شود.



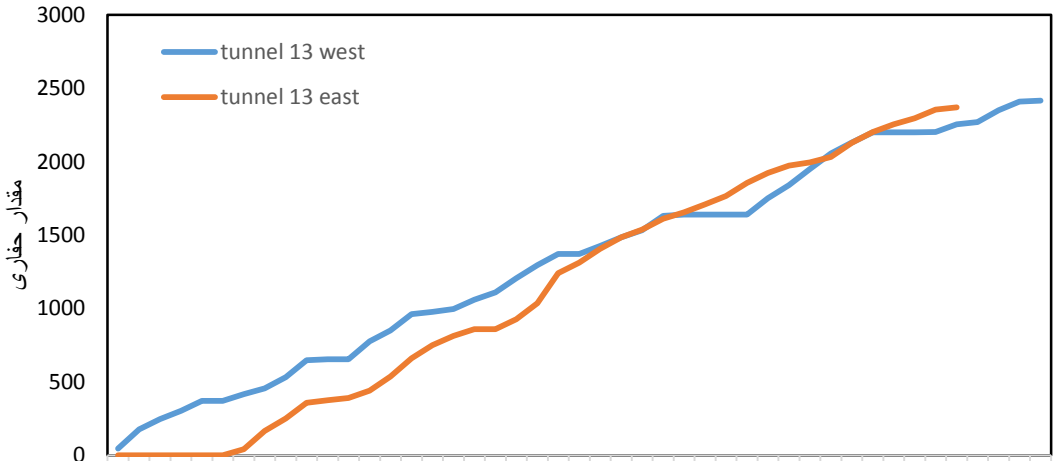
شکل ۵-۳: مقایسه میزان اندیس تاخیرات با میانگین حفاری برای تونل‌های مختلف

تونل ۱-۷: تونل ۱-۷ دارای شرایط بسیار خاص از لحاظ طراحی و زمین‌شناسی می‌باشد. این تونل دارای روباره اندک و کم‌ترین میزان گوشته یا دیواره کناری بوده‌است. در واقع با تغییرات صورت گرفته تونل از یک ترانشه بزرگ تبدیل به تونل شده‌است. بنابراین ثبت میانگین حفاری ۰/۲۳ متر بر روز قابل می‌باشد و عمده تأخیرات صورت گرفته در این تونل به سبب تغییر طرح و شرایط زمین‌شناسی می‌باشد. ثبت اندیس تأخیرات ۳۴/۳۷ برای این تونل با توجه به شرایط ذکر شده کاملاً با میانگین حفاری ثبت شده مطابقت دارد و می‌توان نتایج مدل را برای این تونل مطلوب دانست.

تونل ۱۳ شرقی: دارای بیش‌ترین مقدار اندیس تأخیرات بوده اما با این حال بالاترین میانگین حفاری را داشته‌است. در نگاه اول نتایج مدل بطور کامل تناقض را نشان می‌دهد. اما مطالعه روند ساخت تونل ۱۳ شرقی نشان می‌دهد این سازه در نیمی از زمان صرف شده برای ساخت آن بیش‌ترین

وقفه و تأخیر را نسبت به برنامه اصلی داشته‌است و ضریب اکثر پارامترهای مؤثر در تأخیرات برای این تونل بالا می‌باشـد اما در نیمه دوم زمان صرف شده جهت ساخت با توجه به شرایط خاص استراتژیکی این تونل، پیمانکار با صـرف هزینه و استفاده از حداکثر امکانات سرعت ساخت تونل را چند برابر کرده و با این کار توانسـته اسـت میانگین حفاری بالایی را ثبت کند. درک بهتر این موضـوع در شکل ۵-۴ روند حفاری دو تونل ۱۳ غربی و شرقی آورده شده‌است که تقریبا طولی برابر دارند . در شروع عملیات تونل ۱۳ غربی بدون وقفه و با سـرعتی به مراتب بیش‌تر از تونل ۱۳ شرقی شروع به فعالت می‌کند اما تونل ۱۳ شرقی در ابتدا چند ماه تأخیر داشته و بعد شروع عملیات آن آغاز می‌شود. اما با صرف هزینه بیش‌تر سـرعت عملیات بالاتر رفته و همانگونه که درشـکل ۵-۴: مقایسـه روند حفاری تونل‌های ۱۳ غربی و ۱۳ شـرقی. مشخص است حتی زودتر از تونل ۱۳ غربی به پایان می‌رسد بنابراین هم میانگین حفاری بیش‌تری ثبت می‌کند و هم اندیس تأخیرات این تونل مقدار بالاتری را نشان می‌دهد.

نگاهی به مقایسه روند حفاری تونل ۱۳ غربی و شرقی نشان می‌دهد که می‌توان تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی را به دوسته اصلی : تأخیرات که باعث توقف کامل عملیات می‌شوند و تأخیراتی که راندمان و روند عملیات را کند می‌کنند تقسیم کرد. بطوری که اگر چه تونل ۱۳ غربی توقف کاملی نداشته‌است. اما نسبت به تونل ۱۳ شرقی میانگین حفاری کم‌تری ثبت کرده‌است. این مسئله نشان می‌دهد علارغم اینکه تأخیرات تونل ۱۳ شـرقی کاملاً در دید هسـتند اما تأثیر تأخیرات تونل ۱۳ غربی بسـیار بیش‌تر



شکل ۵-۴: مقایسه روند حفاری تونل‌های ۱۳ غربی و ۱۳ شرقی.

است و چه بسا اگر مقدار صرف هزینه‌های این دو تونل را با هم مقایسه شود. تونل ۱۳ غربی زیان بیش‌تری را به بخش مالی پروژه تحمیل کرده‌است.

سایر تونل‌ها: بررسی نتایج بدست آمده برای سایر تونل‌ها عملکرد خوب مدل نشان می‌دهد، و همانطور که در شکل ۵-۳ آمده است مقدار اندیس تأخیرات به ترتیب برای تونل‌های ۶، ۱۲، ۱۳ غربی، ۱۴ غربی و تونل ۱۴ شرقی کاهش یافته است. میانگین حفاری برای این تونل‌ها به همان ترتیب رو به افزایش است. به طوری که اختلاف بسیار کم میانگین حفاری تونل‌های ۱۴ غربی و شرقی در اختلاف اندیس تأخیرات این دو تونل نیز دیده می‌شود. تونل هایی که به صورت موازی حفر می شوند شرایط به گونه ای است که تونلی که با فاصله جلوتر حفر می شود به نوعی یک تونل اکتشافی برای تونل موازی خود است بنابراین معمولا تونل دوم دارای شرایط ناشناخته کمتری است که این امر سبب باعث می شود تاخیرات کمتری در تونل دوم وجود داشته باشد. نتایج سیستم ارزیابی ارائه شده نشان می دهد می‌توان با کمی دقت و داشتن اطلاعات نسبی از وضعیت یک سازه تونلی می‌توان ضریب مناسب را برای هر کدام از پارامترها تخمینی واقعی از میزان تأخیرات سازه مورد نظر داشت شکل ۵-۳ این روند را به خوبی نمایش می‌دهد نتایج به دست آمده برای بیش از ۷۰ درصد تونل‌ها قابل قبول و مطابق با واقعیت می‌تواند باشد.

۵-۷- ارزیابی میزان تأثیر شاخص های موثر بر تأخیرات برای تونل‌های مورد مطالعاتی

با جمع وزن پارامترهای هر شاخص که برای تونل های مختلف بدست آمده می توان میزان تأثیر هر شاخص در تأخیرات به وجود آمده برای تونل‌های مختلف محاسبه کرد جدول ۵-۱۱ این محاسبات را برای تعدادی از تونل های مورد مطالعاتی نمایش می دهد.

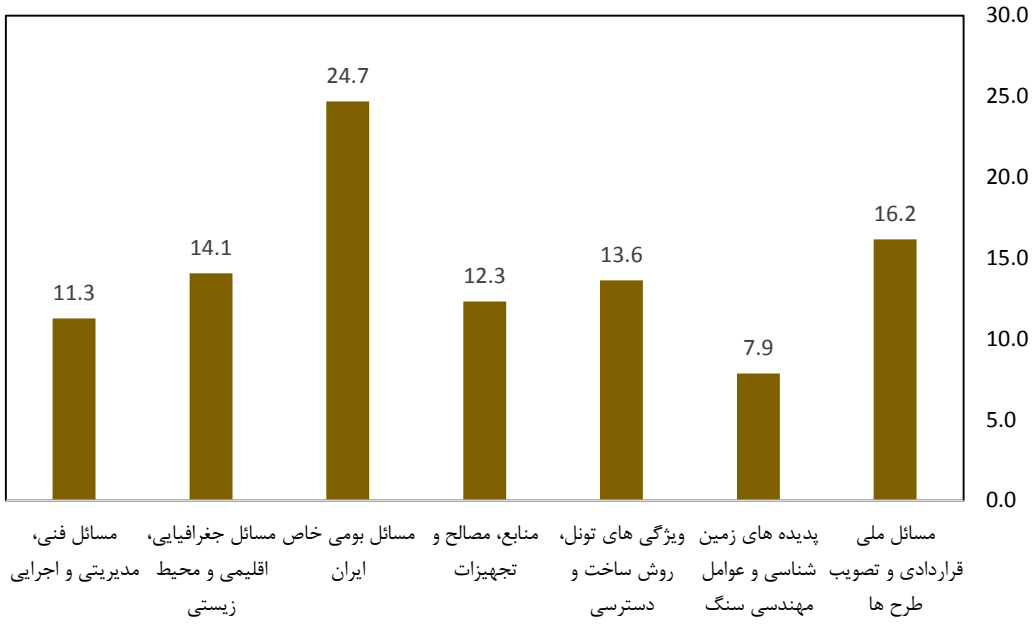
جدول ۵-۱۱: بررسی تأثیر هر یک از شاخص ها برای تونل های مختلف

عنوان شاخص	نام یا شماره تونل				
	۱۲	۱۳ شرقی	۱۳ غربی	۶	تونل ۷
مسائل ملی قراردادی و تصویب طرح ها	10.32	9.1	5.16	10.32	3.71
پدیده‌های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	2.06	6.07	4.61	6.2	1.51
ویژگی های تونل، روش ساخت و دسترسی	6.35	7.8	6.11	7.53	0.75

ادامه جدول۵-۱۱: بررسی تأثیر هر یک از شاخص ها برای تونل های مختلف

منابع، مصالح و تجهیزات	6.52	7.49	8.6	5.96	0.4
مسائل بومی خاص ایران	11.86	9.98	12.3	10.89	7.95
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی	7.3	8.4	6.49	5.89	2.03
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	4.72	9.67	2.28	6.44	1.77
عنوان شاخص	نام یا شماره تونل				
	۱۴ شرقی	۱۴ غربی	۱-۷ راست	۱-۷ چپ	تونل۱۵
مسائل ملی قراردادی و تصویب طرح ها	0.86	1.29	6.03	6.03	6.55
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	1.89	2.36	0.37	0.37	1.4
ویژگی های تونل، روش ساخت و دسترسی	3.67	4.45	7.92	7.92	3.64
منابع، مصالح و تجهیزات	3.16	3.57	3.63	3.63	2.25
مسائل بومی خاص ایران	7.44	7.44	7.31	7.31	5.57
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی	2.5	2.5	7.3	7.3	5.33
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	3.77	2.76	2.01	2.01	1.6
عنوان شاخص	نام یا شماره تونل				
	تونل ۵	۹ راست	۹ چپ	۸ راست	۸ چپ
مسائل ملی قراردادی و تصویب طرح ها	6.55	6.04	6.04	3.87	2.55
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	1.4	2.59	3.09	2.51	2.66
ویژگی های تونل، روش ساخت و دسترسی	3.64	6.05	6.91	1	1
منابع، مصالح و تجهیزات	2.25	8.93	7.48	0.52	0.35
مسائل بومی خاص ایران	5.57	10.15	9.18	6.21	5.5
مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی	5.33	6.88	6.88	1.44	1.23
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	1.6	8.29	6.02	2.02	1.74

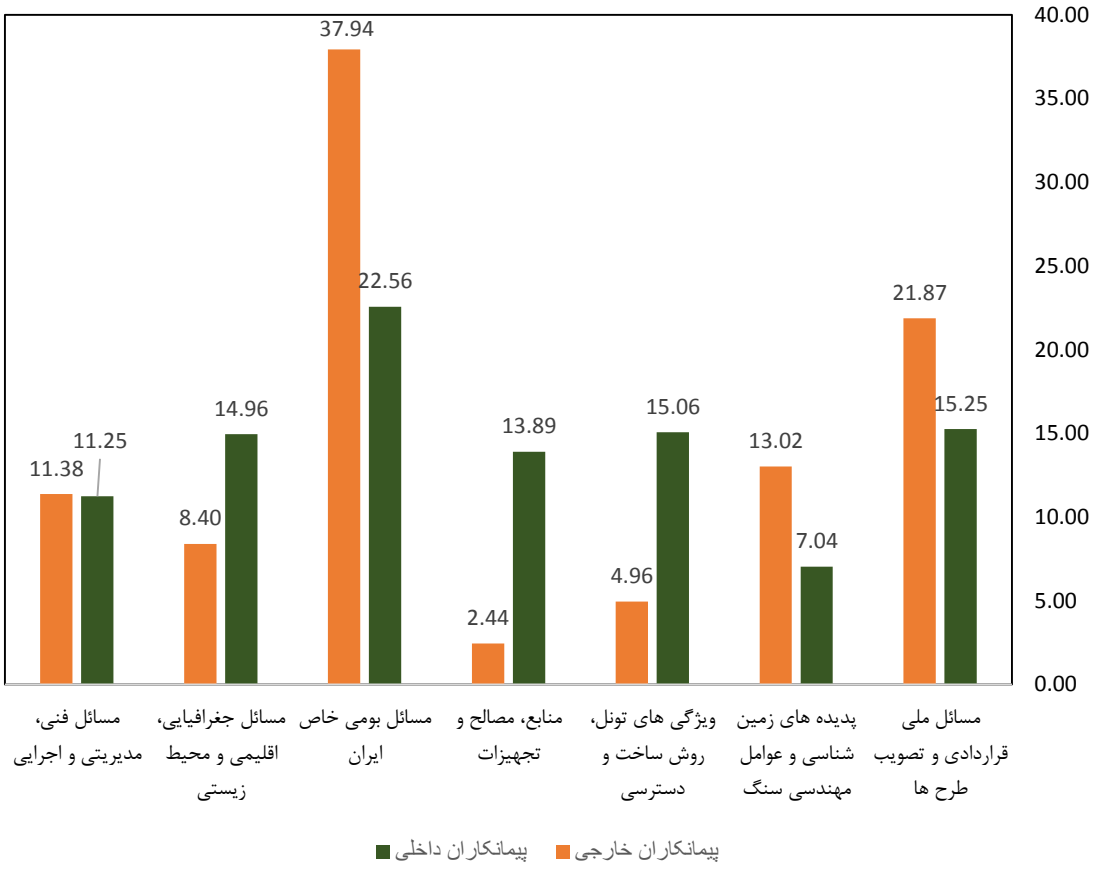
پس از برآورد تأثیر هر شـاخص برای تونل های مختلف از مجموع وزن هر شاخص برای تونل های مختلف، تأثیر هر شاخص برای کل مورد مطالعاتی مشخص شده است. نتایج این بررسی در شکل ۵-۵ آمده اسـت. با توجه به نتایج به دست آمده شاخص مسائل بومی خاص ایران با ۲۴/۷ درصد بیشترین تأثیر را داشـته اسـت. و کمترین تأثیر مربوط به شـاخص پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ می باشد. در این بین مسائل مالی و قراردادی و تصویب طرح‌ها با ۱۶/۲ تأثیر به سزایی دارد.



شکل ۵-۵: مقایسه میزان تأثیر شاخص های مختلف در کل تونل های مورد مطالعاتی

با توجه به اینکه عملیات ساخت و حفاری تونل های مورد مطالعاتی توسط پیمانکاران مختلف داخلی و خارجی صورت گرفته است، این موضوع مطرح است که آیا تأخیراتی که در عملیات ساخت تونل های زیر نظر پیمانکاران داخلی و خارجی متفاوت است و این تفاوت به چه میزان است؟ برای پاسخ به این سوال با توجه به مقدار اندیس تأخیرات که برای تونل های مختلف به دست آمده است، سطح تأثیر شاخص ها برای هر دو گروه پیمانکار داخلی و خارجی تعیین شده است این روند در شکل ۵-۶ به خوبی نمایش داده شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد اختلاف بین تأثیر شاخص ها برای پیمانکاران خارجی بیش‌تر است درحالی که این اختلاف برای پیمانکارن داخلی بسیار کمتر است. برای پیمانکار خارجی بیش‌ترین وزن مربوط به شاخص مسائل بومی خاص ایران با ۳۷/۹۴ درصد است، این شاخص برای پیمانکاران داخلی نیز با ۲۲/۵۶ درصد بیش‌ترین تأثیر را دارا می باشد. برای پیمانکاران خارجی مهم‌ترین و تأثیرگذارترین شاخص‌ها، شاخص مسائل بومی خاص ایران و شاخص مسائل مالی قراردادی با توجه به نتایج سیستم طبقه بندی اندیس تأخیرات بوده است هم چنین نتایج این سیستم کم تاثیرترین شاخص ها را منابع، مصالح و تجهیزات و ویژگی‌های تونل، روش ساخت و دسترسی نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده برای پیمان کاران داخلی نیز حاکی از اهمیت شاخص های مسائل

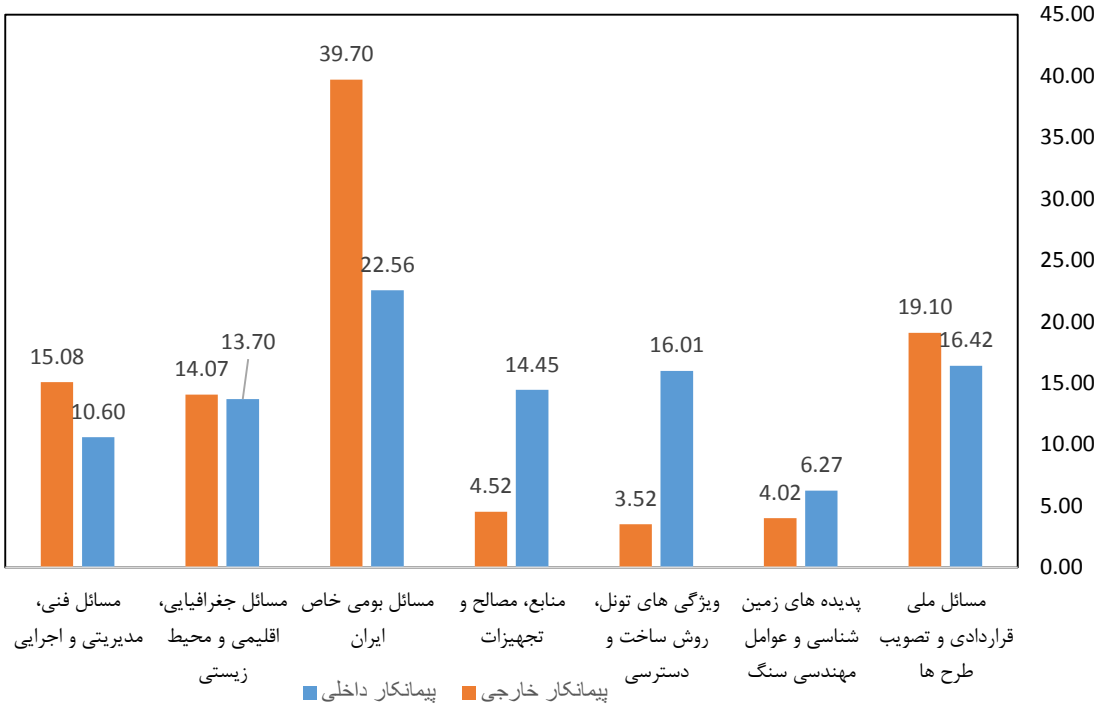
بومی خاص ایران و مسائل مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها بوده است اما، نکته قابل بحث سطح اهمیت این شاخص‌ها نسبت به دیگر شاخص در مقایسه با پیمانکاران خارجی است، که بسیار درصد تأثیر شاخص‌ها برای پیمانکاران داخلی به هم نزدیک‌تر است. در این بین نکته جالب توجه درصد تأثیر شاخص مسائل فنی مدیریتی و اجرایی است، که برای هر دو گروه پیمانکار به هم نزدیک است.



شکل ۵-۶: مقایسه تأثیر شاخص های تأخیرات برای پیمانکاران ایرانی و خارجی

برای اعتبار بررسی نتایج به دست آمده از سیستم طبقه بندی ارائه شده که تأثیر هر یک از شاخص‌ها را در تأخیرات کلیه تونل‌ها برای هر دو گروه پیمانکار داخلی و خارجی نشان داده است، مقایسه ای بدون در نظر گرفتن وزن پارامترها و نتایج فازی دلفی انجام گرفته است، به این صورت که با توجه به گزارش‌ها و داده‌های آماری پیمانکاران مورد مطالعاتی، تأثیر هر کدام از شاخص‌ها به دست آمده است. شکل این مقایسه را نشان می دهد. نتایج بدست آمده از ارزیابی های حقیقی بسیار به ارزیابی حاصله از نتایج روش فازی دلفی نزدیک است. این مقایسه تنها در مورد شاخص پدیده‌های

زمین‌شـناسی و عوامل مهندسی سنگ اختلاف دارد و در سایر موارد اختلاف چندانی دیده نمی‌شود و در برخی شـاخص‌ها نظیر مسـائل بومی خاص ایران به طرز قابل توجهی به نتایج سـیستم طبقه‌بندی نزدیک است، که این موضوع عملکرد خوب و مطلوب سیستم ارائه شده را می‌رساند.



شکل ۵-۷: تاثیر شاخص‌های مختلف تأخیرات برای پیمانکاران داخلی و خارجی با تکیه بر داده‌های مورد مطالعاتی

۵-۸- راهکارهایی برای کاهش تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی

خطر تأخیر در پروژه‌های تونل‌سازی همواره یک خطر بالقوه محسوب می‌شود است کاهش میزان تأخیر برای یک پروژه می‌تواند قابل دسـترسـی باشـد درصورتی که به چند مورد توجه ویژه‌ای صورت گیرد.

بخش اول: در رونـد اجرای یـک پروژه مهم‌ترین فاکتور توجه به فاکتور نظم و مسـئولیت‌پذیری می‌باشـد. برای این منظور باید در درجه اول نظم و مسئولیت پذیری در سطح فردی و اجتماعی را در قالب طرح های گوناگون آموزش داد و مقررات مناسبی برای این موضوع وضع کرد همچنین افراد باید بـا توجـه به توانایی‌ها و ویژگی های رفتاری اسـتخدام و به کار گرفته شـوند. برای بالا بردن روحیه همکاری و تعامل اجتماعی مردم با پروژه‌های ملی بهترین راه اطلاع رسانی و فرهنگ سازی در سطوح

مختلف جامعه از دبستان تا طرح ها تشویقی و توجیحی مناسب می‌باشد. در این میان احترام به حقوق مردم و ضـــرر و زیان فردی در مقابل ســـود اجتماعی باید رعایت شـــوند تا فردی دچار زیان غیر قابل برگشـت نشود. برای این منظور باید قوانینی وضع شود تا هر دو طرف بتوانند به درخواست‌های طرف مقابل احترام گذاشته و به نوعی درخواست‌ها منصفانه باشد.

بخش دوم: پروژه های تونل‌سازی محیط دربرگیرنده منحصر به فردی دارند. این محیط برای تونل‌های مختلف بسیار متفاوت است پس باید برای هر تونل روش ساخت، ابزار و تجهیزات مخصوص، طرح های مطالعاتی و افرادی با تخصـص در آن شرایط بکار گرفته شود. شرایط زمین شناسی و عوامل مهندسی سـنگ در روند سـاخت یک تونل بسـیار مؤثر می باشـند. بسـیار مهم اسـت در کنار اسـتفاده از افراد متخصـص زمین شـناس و مهندسان تونل و مکانیک سنگ استفاده شود تا در شرایط پیچیده بهترین تصمیم گرفته شود.

بخش سـوم: اهمیت کنترل پروژه در کاهش تأخیرات در پروژه های تونل سـازی بسـیار بالاست. توجه ویژه به این بخش باعث می‌شـود فعالیت های مختلف به صـورت منظم و بدون تداخل به پیش بروند. برای کاهش تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سـازی باید کنترل پروژه به افرادی سـپرده شـود که علاوه بر دانش مدیریت و کنترل سـیسـتماتیک پروژه آشنایی کامل با این سازه‌ها داشته باشد. تجربه و مهارت پیمانکار در ســاخت تونل باعث پیش برد کار با ســرعت بیشــتر و کاهش خطاهای در روند ســاخت و اجرای یک تونل می‌شـود. پیمانکاری که مسـئولیت سـاخت یک سـازه پیچیده مانند تونل را به عهده می‌گیرد باید علاوه بر توانایی مالی و فنی، توانایی اجرایی، تجهیزاتی و مکانیزاسـیون را داشـته باشد و لزوماً باید براساس توانایی پیمانکار، احجام فعالیت‌های اختصاص یافته به او تغییر یابد.

بخش چهـارم: مهم‌ترین و بیش‌ترین تـأثیر برای هر دو گروه از پیمانکاران داخلی و خارجی شـــاخص مسـائل بومی خاص ایران بوده است که با اختلاف زیاد بیش‌ترین تأخیرات را در مورد مطالعاتی شامل شـده است. بسیاری از پارامتر های این شاخص به شرایط سیاسی و اقتصادی کشور و روابط خارجی و قوانین داخلی برمی گردد. ادامه این شـرایط بسـیار به زیان مردم و کشـور ایران می باشد. این شرایط

باعث می‌شود بسیاری از سرمایه‌های ملی کشور به هدر رود و پیمانکار خارجی نیز نمی‌تواند با این شرایط وارد عرصه ساخت و ساز و سرمایه گذاری شود. نتایج تمام این مسائل چیزی بجز زیان و هدر رفت سرمایه های ملی، عقب افتادگی اقتصادی، نارضایتی اجتماعی و از دست رفتن اعتماد مردم به قوه اجرایی کشور نیست. راهکار برای کاهش تأثیر این پارامتر ها در دست افراد دست اندرکار کلان جامعه و تغییر شرایط فعلی به سمتی است که بتوان این پارامتر ها را کنترل کرد و راه چاره‌ای برای مقابله با آن ها پیدا کرد.

۵-۹- جمع‌بندی

در این فصل پس از شناسایی و بررسی عوامل موثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی با استفاده از بررسی‌های میدانی و مطالعه مقالات و پایان‌نامه‌های انجام شده برای اولویت‌بندی این عوامل پرسش‌نامه‌ای طراحی و بین کارشناسان این صنعت پخش گردید.

در مرحله بعد نتایج حاصل از نظرات کارشناسان با استفاده از تکنیک فازی دلفی از سری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مورد ارزیابی قرار گرفته و در ادامه به بررسی نتایج ارزیابی پرداخته‌شده‌است. روند ارزیابی به این صورت است که ابتدا وزن شاخص‌های اصلی تعیین شده و وزن پارامترها به دست آمده در وزن شاخص اصلی مربوط به خود ضرب می‌شود تا وزن نهایی پارامتر تعیین شود و به این ترتیب تمام پارامترها در یک محیط ریاضی واحد قرار می‌گیرند که قابل مقایسه با یکدیگر باشند.

مرحله سوم در این فصل خلق سیستم طبقه‌بندی است تا به وسیله آن بتوان برآوردی اولیه از وضعیت تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی بدست آورد. در این سیستم هر کدام از پارامترها در چند کلاس مختلف ارزش داده‌می‌شوند که هر کدام از این کلاس ها دارای ضریبی می‌باشد که در وزن نهایی پارامتر مورد نظر ضرب می‌شود که حاصل آن وزن نهایی این پارامتر در آن پروژه می‌باشد. از مجموع این اوزان اندیس تاخیرات (DTI) به دست آمده‌است که شش سطح را برای تأخیرات یک پروژه تعریف می‌کند. در نهایت سیستم طبقه‌بندی ارائه شده با استفاده از داده‌های مورد مطالعاتی اعتبار سنجی شده‌است. نتایج نشان می‌دهد مدل ارائه شده در بیش از ۹۰ درصد موارد مطابقت خوبی

با تأخیرات رخ داده در موارد حقیقی دارد.

فصل ششم:

نتیجه گیری و پیشنهادها

۶-۱- نتیجه‌گیری

تأخیر در یک پروژه ساخت تونل به دلیل حجم بالای فعالیت‌ها و تأثیرپذیری زیادی که سازه از محیط دارد همواره یه خطر بالقوه به شمار می‌آید. بهترین راه برای کاهش تأخیرات پیش‌بینی و استفاده از راه حل‌های مناسب می‌باشد. شناسایی و اولویت‌بندی علل تأخیرات قدرت پیش‌بینی و ارائه راه کار برای مقابله با تأخیرات را چندین برابر افزایش خواهدداد. این تحقیق شامل هفت مرحله اصلی می‌باشد.

مرحله اول مروری بر حجم مطالعات انجام شده و بررسی مطالعات مهم در حوزه ارزیابی تأخیرات در پروژه های مختلف و پروژه‌های تونل‌سازی انجام گرفته‌است. این بررسی نشان می‌دهد موضوع تأخیرات بسیار حائز اهمیت می‌باشد و در تمام نقاط دنیا این در تمام سطوح مورد مطالعه قرار گرفته‌است. بررسی مطالعات انجام شده نشان داده تاکنون مطالعه‌ای جامع و مدون برای ارزیابی تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی که تمامی پارامترهای مؤثر بر تأخیرات را درنظر بگیرد و ضریب اهمیت هر کدام از پارامترها را مشخص کرده‌باشد وجود ندارد. بنابراین در این تحقیق سعی شده‌است یک رهیافت جدید برای ارزیابی تأخیرات در این صنعت ارائه شود. علاوه بر این بررسی‌ها موجب شناسایی مهم‌ترین علل تأخیر در پروژه‌های مختلف خصوصا پروژه‌های عمرانی ساخت و ساز شده‌است.

مرحله دوم، پارامترهای مهم و مؤثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی شناسایی و پس از تجزیه و تحلیل و استفاده از نظرات کارشناسان این عوامل در قالب ۵۵ پارامتر در ۷ شاخص اصلی دسته‌بندی شده‌است. با استفاده از این پارامترها فرم‌های نظرسنجی تهیه و در میان متخصصان توزیع گردید. نتایج آزمون عدد آلفای کورنباخ نشان از پایایی بالای پرسش‌نامه می‌دهد و نیازی به حذف هیچ کدام از پارامترها وجود نداشته‌است. نظرات ۳۰ فرم جمع آوری شده از نظرات کارشناس‌ها نشان می‌دهد. اختلاف زیادی بین اوزان شاخص‌های اصلی وجود ندارد. بالاترین وزن مربوط به شاخص "مسائل بومی خاص ایران" و شاخص "شاخص‌های زمین‌شناسی و عوامل مهندسی سنگ و کم‌ترین وزن مربوط به شاخص "مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی" می‌باشد.

مرحله سوم، به بررسی و وزن‌دهی پارامترهای تعیین شده با استفاده از روش FDAHP از سری روش های تصمیم‌گیری چند معیاره پرداخته‌شده‌است . این روش با توجه به عدم قطعیت و پیوستگی زیاد بین پارامترهای مؤثر بر تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی در بین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مناسب‌ترین روش می‌باشد. نتایج استفاده از این روش وزن شاخص‌های اصلی و وزن پارامترهای هر شاخص را را با توجه به نظرات کارشناسان تعیین می‌کند که با ضرب وزن هر پارامتر در وزن شاخص خودش وزن نهایی همه پارامترها در محیط ریاضی واحدی مشخص شده‌است. نتایج نشان می‌دهد کارشناسان بیش‌ترین وزن را به دو پارامتر "نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی" و "عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی" اختصاص داده‌اند. در بین مهم‌ترین عوامل مهندسی سنگ و شاخص‌های زمین‌شناسی بیش‌ترین وزن مربوط به سطح آب‌های زیر زمینی می‌باشد و از مهم‌ترین پارامترهای این شاخص که عوامل خاص پروژه‌های تونل‌سازی را شامل می‌شود می‌توان به مچاله‌شوندگی، آماس‌پذیری ، تکرر واحدهای زمین‌شناسی و تغییر کیفیت توده سنگ اشاره کرد. کم‌ترین وزن در بین تمام پارامترها نیز مربوط به "تأخیر در پرداخت و اختلاف مالی در صورت وضعیت‌ها" و پارامتر روش حفاری می‌باشد. نتایج این بخش نشان داده‌است که کارشناسان فاکتور نظم و تعامل را در سطح فردی و در سطح اجتماعی مهم‌ترین عامل برای پیش‌برد یک پروژه می‌دانند. و نیز عوامل مهندسی سنگ و شاخص‌های زمین‌شناسی را می‌توان از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در توقف در روند یک سازه تونلی دانست و توجه به محیط در برگیرنده تونل می‌تواند پروژه را سریع‌تر به پیش برد.

مرحله چهارم، بعد از تعیین وزن هر کدام از پارامترها با استفاده از روش FDAHP سیستم طبقه‌بندی جدیدی با استفاده از وزن نهایی تمام پارامترها برای ارزیابی تأخیرات در پروژه‌های تونل سازی پیشنهاد شده‌است. این سیستم که اندیس ارزیابی تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی(DT) نامیده می‌شود. امتیازی از صفر تا ۱۰۰ را به تأخیرات اختصاص داده‌است. که سطح تأخیرات در ساخت یک تونل را در شش کلاس، خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد و بیش از حد طبقه‌بندی

می‌کند.

مرحله پنجم، به منظور ارزیابی تأخیرات پروژه‌های تونل‌سازی در سیستم طبقه‌بندی پیشنهاد شده، میزان تأخیرات تعدادی از پروژه‌های ساخت تونل در آزاد راه تهران - شمال به عنوان مورد مطالعاتی انتخاب شد. با استفاده از مطالعات انجام شده سیستم طبقه‌بندی پیشنهاد شده، سطوح متفاوتی از تأخیرات را برای تونل‌های مختلف نشان داده‌است.

مرحله ششم، به منظور اعتبارسنجی سیستم طبقه‌بندی ارائه شده، نتایج اندیس تأخیرات برای هر تونل را با میانگین حفاری آن تونل مقایسه و این مقایسه بین مجموعه تونل‌ها نیز انجام گرفت که نتایج حاصل شده نشان از سطح نسبتاً مطلوب این سیستم می‌دهد.

مرحله هفتم: تأثیر هر کدام از شاخص‌ها در میزان تأخیرات به وجود آمده در تونل‌های مورد مطالعاتی بررسی شد. نتیجه این بررسی نشان داد مسائل بومی خاص ایران برای هر دو گروه پیمانکار خارجی و داخلی بیش‌ترین تأثیر را داشته است. به علاوه، این بررسی نشان می دهد اختلاف بین درصد تأثیر شاخص‌های مختلف برای این دو گروه پیمانکار باهم متفاوت است. و برای هر گروه پیمانکار نتایج مختلفی به دست آمده است. نتایج این بخش با داده‌های واقعی مورد مطالعاتی مقایسه شده است که مطابقت مطلوبی داشته است و از کارایی مطلوب سیستم طبقه‌بندی ارائه شده می‌دهد.

۶-۲- پیشنهادها

- به منظور ارزیابی تأخیرات در پروژه‌های تونل‌سازی تلاش شده‌است این ارزیابی به بهترین نحو در زمان مورد نظر اجرا شود. در همین راستا: به منظور بهبود تحقیقات آتی پیشنهاداتی ارائه می‌شود تا بتوان با صرف زمان و استعداد متنوع به سمت ایده‌های جدید تر حرکت نمود و همچنین بتوان به عنوان خط مشی جهت انجام تحقیقات بعدی استفاده کرد.
- اولین قدم در حرکت برای کاهش سطح تأخیرات، فرهنگ‌سازی در تمام سطوح جامع می‌باشد افزایش سطح اهمیت به زمان و آموزش کار تیمی و گروهی، آموزش اهمیت اجرای طرح‌های بزرگ و عمرانی، افزایش روحیه تلاش و تعامل ، افزایش روحیه تعهد و مسئولیت‌پذیری از جمله مواردی است که می‌تواند به رشد صنعتی در تمام زمینی‌ها و پیشرفت در تمام سطوح کمک کند.
- در این پایان‌نامه سیستم طبقه‌بندی برای تعدادی از تونل‌های پروژه آزاد راه تهران شمال پیاده‌سازی شده‌است و نتایج قابل قبولی از نظر تأخیرات در صنعت ساخت تونل حاصل شد. پیشنهاد می‌شود این سیستم در سایر پروژه‌ها پیاده‌سازی شود تا عملکرد آن بهبود یابد.
- می‌توان با استفاده از روش‌های هوشمند نیز به تحلیل موضوع تأخیرات پرداخت. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های مستقل این کار صورت گیرد.
- پیشنهاد می‌شود در سطوح بالای تصمیم‌گیری در پروژه‌های دولتی و نیز پروژه‌های خصوصی قوانین و دستورالعمل‌های تنظیم شود تا داده‌ها و اسناد در رابطه با این موضوع در اختیار پروژه‌های علمی قرار گیرد تا بتوان نتایجی قابل استناد و دقیق بدست آورد.

منابع

آفریـده، س م، قربـان بیگی، س، احمدی ندوشـــن، ب، حجازی، س، م، ۱۳۹۳، ارزیابی تأثیر تراز ســفراه آب های زیرزمینی در حفاری تونل های دوقلو بر روی میزان نشـســت ســطحی زمین، اولین کنفرانس ملی مکانیک خاک و پی، ص،۸.

احمـدیـان مزرعـه یزدی، م، یدالله پور، م، ۱۳۷۹، مدیریت پروژه، نگرشـــی بر برنامه زمان بندی و کنترل، چاپ اول، موسسه تحقیقات و آموزش وزارت نیرو.

اسـدی، س، اسـفند ۱۳۸۵، بررسی و تبیین دلایل تأخیر پروژه‌ها با استفاده از رویکرد مدیریتی در سازمان پتروشیمی شهید تندگویان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

اسـدی، س، اسـفند ۱۳۸۵، بررسی و تبیین دلایل تأخیر پروژه‌ها با استفاده از رویکرد مدیریتی در سازمان پتروشیمی شهید تندگویان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

آلادپوش، ح، ۱۳۸۵، دانش مدیرت پروژه، چاپ اول تهران، انتشارات حامی.

بدیع خیر آبادی، س،ر، و جعفری، م،۱۳۹۰، تحلیل و دســـته‌بندی قراردادهای عمرانی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم تحقیقات کرمان.

حـاتمی، ب، ۱۳۸۵، تحقیق و پژوهش در علل تأخیر پروژه‌های عمرانی مجتمع پتروشـــیمی بندر امام، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

خسروی، م، و قربانی، م، ۱۳۸۳ ، نگاهی بر مدیریت زمان، مجله تدبیر، شماره ۱۴۴ .

درودی، ع، ۱۳۸۲، دریچه ای بر مدیریت زمان، مجله تدبیر ، شماره ، ۱۴۴.

سبزه پور، م، ۱۳۸۱ کنترل پروژه ، انتشارات خاتم الانبیا(ص)

عظیمی حسـینی، س، شهریور ۱۳۹۰،بررسی علل افزایش زمان پروژه‌های تونل سازی با استفاده از مدل‌ها و شـاخص‌های تصـمیم‌گیری مناسـب، پایان‌نامه کارشـناسـی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران.

عباسی شصت رودی، ص، و بشیر گنبدی، م، و حکیمی، س، ۱۳۹۴، بررسی مچاله‌شوندگی در تونل انتقال آب بیاندره، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد تهران شمال، دانشکده علوم زمین.

غیاثی، آ، ۱۳۸۸، بررسی و علل تاخیر پروژه های گاز رسانی در شرکت گاز استان تهران و ارائه راهکاری بهینه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

فراهانی، م، ۱۳۸۷، بررسی علل تاخیر راه-اندازی طرح-های سیمان و ارائه راهکار مناسب، سمینار کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

فیضی، م، ۱۳۸۴، کاربرد استاندارد PMBOK برای ارزیابی عملکرد مدیران، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه.

قطبی، ز، ۱۳۷۸، بررسی علل تاخیر طرح-های عمرانی شبکه فرودگاهی کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد مرکز مطالعات و مدیریت بهره‌وری ایران.

بشیری، م، مامانی،م، صالحی، ع، ۱۳۹۰، شناسایی عوامل تأثیر گذار بر بهره وری ساخت در پروژه های تونلسازی، نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل و فضاهای زیر زمینی برای توسعه پایدار، ATS11-04213 .

معاونت فنی امور مشاوران و پیمانکاران،۱۳۸۱، آیین‌نامه طبقه‌بندی و تشخیص صلاحیت پیمان‌کاران، ۴۸۰۱۳/ ت ۲۳۲۵۱ ه، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئییس جمهور، ۱۳۹۲، امور نظام اجرایی طرح‌ها دستور العمل وحدت رویه تشخیص صلاحیت مشاوران، ص ۲۵ث -۵۰.

نوری ، سیامک ، فرجی ، حمیدرضا ، بررسی عوامل تاخیر پروژه های عمرانی و ارائه الگویی جهت کاهش زمان تاخیر ، کنفرانس بین المللی مدیریت پروه ، ص ۱۳

وطنخواه، ر، ۱۳۸۶بهار، بررسی علل تاخیر پروژه های عمرانی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

Abbasnejad, B., & Izadi Moud, H. (2013). Construction delays in Iranian civil

engineering projects: An approach to the financial security of construction business. Life Science Journal, 10(2), 2632-2637..

Abd El-Razek, M. E., Bassioni, H. A., & Mobarak, A. M. (2008). Causes of delay in building construction projects in Egypt. Journal of construction engineering and management, 134(11), 831-841.

Acharya, N. K., Im, H. M., & Lee, Y. D. (2006). Investigating delay factors in construction industry: A Korean perspective. Korean Journal of Construction Engineering and Management, 7(5), 177-190.

Adeyemi, A. Y., & Masalila, K. (2016). Delay factors and time-cost performance of construction projects in Gaborone City Council, Botswana. Journal for the Advancement of Performance Information & Value, 8(1).

Tadic, D., Djapan, M., Misita, M., Stefanovic, M., & Milanovic, D. D. (2012). A fuzzy model for assessing risk of occupational safety in the processing industry. International journal of occupational safety and ergonomics, 18(2), 115-126.

Ahmed, S.M., Azhar, S., Castillo, M. and Kappagantula, P. (2003), "Construction delays in Florida: an empirical study", Planning Consultant State of Florida Department of Community Affairs, FL.

Ahmed, S.M., Azhar, S., Kappagntula, P. and Gollapudil, D. (2003), "Delays in construction: a brief study of the Florida construction industry", Proceedings of the 39th Annual ASC Conference, Clemson University, Clemson, SC, pp. 257-266.

Aibinu, A. A., & Odeyinka, H. A. (2006). Construction delays and their causative factors in Nigeria. Journal of construction engineering and management, 132(7), 667-677.

Aibinu, A. A., & Odeyinka, H. A. (2006). Construction delays and their causative factors in Nigeria. Journal of construction engineering and management, 132(7), 667-677.

Akinsiku, O. E., & Akinsulire, A. (2012). StakeholdersPerception of the Causes and Effects of Construction Delays on Project Delivery. Journal of Construction Engineering and Project Management, 2(4), 25-31.

Alaghbari, W. E., Razali A. Kadir, M., Salim, A., & Ernawati. (2007). The significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia. Engineering, Construction and Architectural Management, 14(2), 192-206.

Alkass, S., Mazerolle, M., & Harris, F. (1996). Construction delay analysis techniques. Construction Management & Economics, 14(5), 375-394.

Al-Khalil, M. I., & Al-Ghafly, M. A. (1999). Important causes of delay in public utility

projects in Saudi Arabia. Construction Management & Economics, 17(5), 647-655.

Al-Kharashi, A., & Skitmore, M. (2009). Causes of delays in Saudi Arabian public sector construction projects. Construction Management and Economics, 27(1), 3-23.

Al-Kharashi, A., & Skitmore, M. (2009). Causes of delays in Saudi Arabian public sector construction projects. Construction Management and Economics, 27(1), 3-23.

Al-Momani A, Construction delay: a quantitive analysis. International Journal of Project Management 2000; 18:51-59.

Al-Momani, A. H. (2000). Construction delay: a quantitative analysis. International journal of project management, 18(1), 51-59.

Alzara, M., Kashiwagi, J., Kashiwagi, D., & Al-Tassan, A. (2016). Using PIPS to minimize causes of delay in Saudi Arabian construction projects: university case study. Procedia Engineering, 145(480), 932-939.

Amoatey, C. T., Ameyaw, Y. A., Adaku, E., & Famiyeh, S. (2015). Analysing delay causes and effects in Ghanaian state housing construction projects. International Journal of Managing Projects in Business, 8(1), 198-214.

Arditi, D., & Pattanakitchamroon, T. (2006). Selecting a delay analysis method in resolving construction claims. International Journal of project management, 24(2), 145-155.

Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. International journal of project management, 24(4), 349-357.

Assaf, S. A., Al-Khalil, M., & Al-Hazmi, M. (1995). Causes of delay in large building construction projects. Journal of management in engineering, 11(2), 45-50.

Aziz, A, 1998, Constraction of Delay Analysis Metodologis Journal of Conestraction Engineering and Managment, 79, no 1.

Aziz, R. F. (2013). Ranking of delay factors in construction projects after Egyptian revolution. Alexandria Engineering Journal, 52(3), 387-406.

Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). Exploring delay causes of road construction projects in Egypt. Alexandria Engineering Journal, 55(2), 1515-1539.

Bagaya, O., & Song, J. (2016). Empirical study of factors influencing schedule delays of public construction projects in Burkina Faso. Journal of Management in Engineering, 32(5), 05016014.

Baloyi, L., & Bekker, M. (2011). Causes of construction cost and time overruns: The 2010 FIFA World Cup stadia in South Africa. Acta Structilia, 18(1), 51-67.

Batool, A., & Abbas, F. (2017). Reasons for delay in selected hydropower projects in Khyber Pakhtunkhwa (KPK), Pakistan. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 73, 196-204.

Bjerrum, J., Larsen, E. S., Bak, H., & Jensen, F. M. (2006, January). Internet-Based Management of Major Bridges and Tunnels using DANBRO+. In IABSE Symposium Report (Vol. 91, No. 3, pp. 1-8). International Association for Bridge and Structural Engineering.

Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C. M. T., & Campos, L. M. (2016). Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. Resources, Conservation and Recycling, 108, 182-197.

Chen, M. K., & Wang, S. C. (2010). The use of a hybrid fuzzy-Delphi-AHP approach to develop global business intelligence for information service firms. Expert Systems with Applications, 37(11), 7394-7407.

Cheng, J. H., Lee, C. M., & Tang, C. H. (2009). An application of fuzzy Delphi and fuzzy AHP on evaluating wafer supplier in semiconductor industry.WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 6(5), 756-767.

Couto, J. P., & Teixeira, J. M. C. (2007). The evaluation of the delays in the portuguese construction industry.

Climate impact of construction processes, A report from IVA and the Swedish Construction Federation, 2019.

Dlakwa, M. M., & Culpin, M. F. (1990). Reasons for overrun in public sector construction projects in Nigeria. International Journal of Project Management, 8(4), 237-241.

Doloi, H., Sawhney, A., & Iyer, K. C. (2012). Structural equation model for investigating factors affecting delay in Indian construction projects. Construction Management and Economics, 30(10), 869-884.

Doloi, H., Sawhney, A., Iyer, K. C., & Rentala, S. (2012). Analysing factors affecting delays in Indian construction projects. International Journal of Project Management, 30(4), 479-489.

Durdyev, S., Omarov, M., & Ismail, S. (2017). Causes of delay in residential construction projects in Cambodia. Cogent Engineering, 4(1), 1291117.

Elhag, T. M. S., & Boussabaine, A. H. (1999, September). Evaluation of construction costs and time attributes. In Proceedings of the 15th ARCOM Conference (Vol. 2, No.

15-17 September, pp. 473-80). Liverpool John Moores University.

Emam, H., Farrell, P., & Abdelaal, M. (2015, September). Causes of delay on infrastructure projects in Qatar. In Proceedings of the 31st Annual ARCOM Conference, Lincoln, UK, Association of Researchers in Construction Management, Nottingham, UK (pp. 773-782).

Enshassi, A., Al-Najjar, J., & Kumaraswamy, M. (2009). Delays and cost overruns in the construction projects in the Gaza Strip. Journal of Financial Management of Property and Construction, 14(2), 126-151.

Ezeldin, A. S., & Abdel-Ghany, M. (2013). Causes of construction delays for engineering projects: an Egyptian perspective. In AEI 2013: Building solutions for architectural engineering (pp. 54-63).

Fallahnejad, M. H. (2013). Delay causes in Iran gas pipeline projects. International Journal of Project Management, 31(1), 136-146.

Fam IM, Kianfar A, Faridan M. Application of Tripod-Beta Approach and Map–Overlaying Technique to Analyze Occupational Fatal Accidents in a Chemical Industry in Iran. International journal of occupational hygiene. 2010; 2(1):30-6.

Faridi, A. S., & El-Sayegh, S. M. (2006). Significant factors causing delay in the UAE construction industry. Construction Management and Economics, 24(11), 1167-1176.

Frimpong, Y., & Oluwoye, J. (2003). Significant factors causing delay and cost overruns in construction of groundwater projects in Ghana. Journal of Construction Research, 4(02), 175-187.

Frimpong, Y., Oluwoye, J., & Crawford, L. (2003). Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; Ghana as a case study. International Journal of project management, 21(5), 321-326.

Frumin, G. T., Ivanov, M. E., Kulikova, L. A., & Eremina, A. V. (2017). Approaches to rainfall estimation and forecasting for urban wastewater disposal. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 66(1), 29.

Fugar, F. D., & Agyakwah-Baah, A. B. (2010). Delays in building construction projects in Ghana. Construction Economics and Building, 10(1-2), 103-116.

Gardezi, S. S. S., Manarvi, I. A., & Gardezi, S. J. S. (2014). Time extension factors in construction industry of Pakistan. Procedia Engineering, 77, 196-204.

Gidado, Kassim, and Ghulam Niazai. "Causes of project delay in the construction industry in Afghanistan." (2012): 63-74.

Gündüz, M., Nielsen, Y., & Özdemir, M. (2012). Quantification of delay factors using the relative importance index method for construction projects in Turkey. Journal of Management in Engineering, 29(2), 133-139.

Gattinoni, P., Pizzarotti, E. M., & Scesi, L. (2014). Engineering Geology for Underground Works. Springer. 6(2), 31-42

Haseeb, M., Bibi, A., & Rabbani, W. (2011). Problems of projects and effects of delays in the construction industry of Pakistan. Australian journal of business and management research, 1(5), 41-50.

Haseeb, M., Lu, X., Bibi, A., Dyian, M. U., & Rabbani, W. (2011). Causes and effects of delays in large construction projects of Pakistan. Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review, 33(832), 1-25.

Hartman, W., & Handley, M. F. (2002). The application of the Q-tunnelling quality index to rock mass assessment at Impala Platinum Mine. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy(South Africa), 102(3), 155-166.

Hjelme, J. G. (2010). Drill parameter analysis in the Løren tunnel: Normalization and interpretation of automatically collected borehole data (Master's thesis).

Hunt, S. W., & Del Nero, D. E. (2011). Tunneling in cobbles and boulders. Breakthroughs in Tunneling Short Course, Colorado School of Mines.

Houlsby, G. T. (2002). Three-dimensional analysis of tunnelling effects on structures to develop design methods(Doctoral dissertation, University of Oxford).

Hwang, B. G., Zhao, X., & Ng, S. Y. (2013). Identifying the critical factors affecting schedule performance of public housing projects. Habitat International, 38, 214-221.

Jang, H., & Topal, E. (2014). A review of soft computing technology applications in several mining problems. Applied Soft Computing, 22, 638-651.

Jelson, R., and R. Müller. 2016. “The Relationship between Project Governance and Project Success.” International Journal of Project Management34: 613– 626.

Kaliba, C., Muya, M., & Mumba, K. (2009). Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia. International journal of project management, 27(5), 522-531.

Kamanga, M. J., & Steyn, W. J. (2013). Causes of delay in road construction projects in Malawi. Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 55(3), 79-85.

Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G. D., & Harris, F. C. (1997). Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia.

Construction Management & Economics, 15(1), 83-94.

Kazaz, A., Ulubeyli, S., & Tuncbilekli, N. A. (2012). Causes of delays in construction projects in Turkey. Journal of Civil Engineering and Management, 18(3), 426-435.

Kartam, S. (1999). Generic methodology for analyzing delay claims. Journal of construction engineering and management, 125(6), 409-419.

Kim, S. Y., & Tuan, K. N. (2016). Delay factor analysis for hospital projects in Vietnam. KSCE Journal of Civil Engineering, 20(2), 519-529.

Koushki, P. A., Al-Rashid, K., & Kartam, N. (2005). Delays and cost increases in the construction of private residential projects in Kuwait. Construction Management and Economics, 23(3), 285-294.

Lanke, A. A., Hoseinie, S. H., & Ghodrati, B. (2016). Mine production index (MPI)-extension of OEE for bottleneck detection in mining. International Journal of Mining Science and Technology, 26(5), 753-760.

Lee, A. H., Chen, W. C., & Chang, C. J. (2008). A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. Expert systems with applications, 34(1), 96-107.

Le-Hoai, L., Dai Lee, Y., & Lee, J. Y. (2008). Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. KSCE journal of civil engineering, 12(6), 367-377.

Ingason, H. (2008). Magic numbers in tunnel fire safety. In 3rd International Symposium on Tunnel Safety and Security.

Lo, T. Y., Fung, I. W., & Tung, K. C. (2006). Construction delays in Hong Kong civil engineering projects. Journal of construction engineering and management, 132(6), 636-649.

Liu, Y. C., & Chen, C. S. (2007). A new approach for application of rock mass classification on rock slope stability assessment. Engineering geology, 89(1-2), 129-143.

Liu, Q. Q., & Singh, V. P. (2004). Effect of microtopography, slope length and gradient, and vegetative cover on overland flow through simulation. Journal of Hydrologic Engineering, 9(5), 375-382.

Van, L. T., Sang N. M., & Viet, N. T. (2015). A conceptual model of delay factors affecting government construction projects. ARPN Journal of Science and Technology, 5(2), 92-100.

Mahamid, I. (2013). Frequency of time overrun causes in road construction in

Palestine: Contractors' view. Organization, technology & management in construction: an international journal, 5(1), 720-729.

Mahamid, I., Bruland, A., & Dmaidi, N. (2011). Causes of delay in road construction projects. Journal of Management in Engineering, 28(3), 300-310.

Mansfield, N. R., Ugwu, O. O., & Doran, T. (1994). Causes of delay and cost overruns in Nigerian construction projects. International journal of project Management, 12(4), 254-260.

Marzouk, M. M., & El-Rasas, T. I. (2014). Analyzing delay causes in Egyptian construction projects. Journal of advanced research, 5(1), 49-55.

Mezher, Toufic / Jamali, Dima / Zreik, Carine, article, "The role of financial institutions in the sustainable development of Lebanon" May 2002

Mezher, T. M., & Tawil, W. (1998). Causes of delays in the construction industry in Lebanon. Engineering, Construction and Architectural Management, 5(3), 252-260.

Mikaeil, R., Ozcelik, Y., Yousefi, R., Ataei, M., & Hosseini, S. M. (2013). Ranking the sawability of ornamental stone using Fuzzy Delphi and multi-criteria decision-making techniques. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 58, 118-126.

Muhwezi, L., Acai, J., & Otim, G. (2014). An assessment of the factors causing delays on building construction projects in Uganda. International Journal of Construction Engineering and Management, 3(1), 13-23.

Munfah, N. (2006, March). A State-of-the-Art of Underground Construction In Urban Areas. Transportation Research Forum.

Muya, M., Kaliba, C., Sichombo, B., & Shakantu, W. (2013). Cost escalation, schedule overruns and quality shortfalls on construction projects: The case of Zambia. International Journal of Construction Management, 13(1), 53-68.

Mydin, M. O., Sani, N. M., Taib, M., & Alias, N. M. (2014). Imperative causes of delays in construction projects from developers' outlook. In MATEC Web of Conferences (Vol. 10, p. 06005). EDP Sciences.

Nkado, R. N. (1995). Construction time-influencing factors: the contractor's perspective. Construction Management and Economics, 13(1), 81-89.

Odeh, A. M., & Battaineh, H. T. (2002). Causes of construction delay: traditional contracts. International journal of project management, 20(1), 67-73.

Odeyinka, H. A., & Yusif, A. (1997). The causes and effects of construction delays on completion cost of housing projects in Nigeria. Journal of Financial Management of

Property and Construction, 2, 31-44.

Ogunlana, S. O., Promkuntong, K., & Jearkjirm, V. (1996). Construction delays in a fast-growing economy: comparing Thailand with other economies. International journal of project Management, 14(1), 37-45.

Okpala, D. C., & Aniekwu, A. N. (1988). Causes of high costs of construction in Nigeria. Journal of Construction Engineering and Management, 114(2), 233-244.

Omoregie, A. and Radford, D. (2006), "Infrastructure delays and cost escalation: causes and effects in Nigeria", Proceedings of the 6th International Postgraduate Research Conference in the Built and Human Environment, International Council for Research and Innovation in Building and Construction, Delft University of Technology, Delft, 3-4 April 2014.

Oshungade, O. O. (2016). A comparative study of causes and effects of project delays and disruptions in construction projects in the South African construction industry: City of Johannesburg as a case study (Doctoral dissertation, University of Johannesburg).

Parsons, J., Gokey, C., & Thornton, M. (2013). Indicators of inputs, activities, outputs, outcomes and impacts in security and justice programming. Vera Institute of Justice.

Patel, K. V., & Vyas, C. M. (2011, May). Construction materials management on project sites. In National Conference on Recent Trends in Engineering & Technology (pp. 1-5).

Perçin, S. (2018). Evaluating airline service quality using a combined fuzzy decision-making approach. Journal of Air Transport Management, 68, 48-60.

Peter F.Kamikg. Paul O.Olomolaiye., Gray D.Holt., Frank C.Harris., (1997), Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects inIndonesia , construction management and economics.

Pourrostam, T., & Ismail, A. (2011). Significant factors causing and effects of delay in Iranian construction projects. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(7), 450-456.

Pourrostam, T., & Ismail, A. (2012). Causes and effects of delay in Iranian construction projects. International Journal of Engineering and Technology, 4(5), 598.

Rahman, M. D., Lee, Y. D., & Ha, D. K. (2014). Investigating main causes for schedule delay in construction projects in Bangladesh. Journal of Construction Engineering and Project Management, 4(3), 33-46.

Rahsid, Y., Haq, S., & Aslam, M. (2013). Causes of Delay in Construction Projects of

Punjab-Pakistan: an empirical study. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 3(10), 87-96.

Protection against ExtremeEarthquakes and Tsunamis in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant ,a Report of IAEA, International Experts Meeting 4–7 September 2012, Vienna, Austria.

Ruqaishi, M., and H. Bashir. 2015. "Causes of Delay in Construction Projects in the Oil and Gas Industry in the Gulf Cooperation Council Countries: A Case Study." Journal of Management in Engineering 31 (3): 501–517.

Saeb, S., Khayat, N., & Telvari, A. (2016). Causes of delay in Khuzestan Steel Company construction projects. Industrial Engineering & Management Systems, 15(4), 335-344.

Schubert, W., & Riedmüller, G. (2000). Tunnelling in fault zones-state of the art in investigation and construction. Felsbau, 18(2), 7-15.

Selmer, R., & Palmstrom, A. (1989). Tunnel collapses in swelling clay zones. Tunnels & tunnelling.

Sambasivan, M., and Y. Soon. 2007. "Causes and Effects of Delays in Malaysian Construction Industry." International Journal of Project Management25: 517–526.

Santoso, D. S., & Soeng, S. (2016). Analyzing delays of road construction projects in Cambodia: Causes and effects. Journal of Management in Engineering, 32(6), 05016020. Seboru, M. A. (2015). An investigation into factors causing delays in road construction projects in Kenya. American Journal of Civil Engineering, 3(3), 51-63.

Senouci, A., Ismail, A., & Eldin, N. (2016). Time delay and cost overrun in Qatari public construction projects. Procedia engineering, 164, 368-375.

Shi, J.J., Cheung, S.O. and Arditi, D. (2001) Construction delay computation method. Journal of Construction Engineering and Management, 127(1), 60–5.

Sweis, G., Sweis, R., Hammad, A. A., & Shboul, A. (2008). Delays in construction projects: The case of Jordan. International Journal of Project Management, 26(6), 665-674.

Sweis, G. J. (2013). Factors affecting time overruns in public construction projects: The case of Jordan. *International journal of business and management*, *8*(23), 120.

Sweis, G.J., Sweis, R., Abu Hammad, A. and Shboul, A. (2008), "Delays in construction projects: the case of Jordan", International Journal of Project Management, Vol. 26 No. 6, pp. 665-674.

Tawil, N. M., Khoiry, M. A., Arshad, I., Hamzah, N., Jasri, M. F., & Badaruzzaman, W. H. (2013). Factors contribute to delay project construction in higher learning education case study UKM.

Thompson, K., Rohena, J., Bardow, A. K., Brecto, B. B., Khaleghi, B., Ruzzi, L., ... & Ralls, M. L. (2011). Best Practices For Roadway Tunnel Design, Construction, Maintenance, Inspection, And Operations (No. NCHRP Project 20-68A, Scan 09-05).

Toševski, A., Pollak, D., Ženko, T., Aljinović, D., & Tadej, N. (2011). Some engineering properties of limestone: Tunnel Stražina case study (Croatia). Tunnelling and underground space technology, 26(1), 242-251.

Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 5(11), 3112-3116.

The Report of the Word Commission CO Dams (WCD). Nowember 2000, Dams and Development Earthsoion Publication Lad, Location and Sterling

Ogunlana, S. O. (2010). Beyond the 'iron triangle': Stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-scale public sector development projects. *International journal of project management, 28(3), 228-236.*

Trauner, T.J. Jr, Manginelli, W.A., Lowe, J.S., Nagata, M.F. and Furniss, B.J. (2009), Construction Delays: Understanding them Clearly, Analyzing them Correctly, Elsevier Butterworth-Heinemann, London.

Verma, S. K. (2018). Underground Construction Impact the Ground Water Resources: A Review. Planning, 3(2), 23-27.

Wong, K., & Vimonsatit, V. (2012). A study of the factors affecting construction time in Western Australia. *Scientific Research and Essays, 7*(40), 3390-3398.

Wu, C. L. 2016. Airline Operations and Delay: Insights from Airline Economics, Networks and Strategic. London: Routledge.

Wu, C. H., Hsieh, T. Y., & Cheng, W. L. (2005). Statistical analysis of causes for design change in highway construction on Taiwan. *International journal of project management*, *23*(7), 554-563.

Yang, Z., Li, W., Pei, Y., Qiao, W., & Wu, Y. (2018). Classification of the type of eco-geological environment of a coalmine district: A case study of an ecologically fragile region in Western China. Journal of Cleaner Production, 174, 1513-1526.

Zidane, Y. J.T., & Andersen, B.(2018).The top 10 universal delay factors in construction projects. International Journal of Managing Projects in Business, 11(3), 650-672.

پیوست ۱

فرم ارسالی برای مقایسه شاخص های اصلی

مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل مالی، قراردادی و تصویب طرح ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل جغرافیایی ، اقلیمی و زیست محیطی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مسائل فنی، مدیریتی و اجرایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مصالح، منابع و تجهیزات
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
مصالح، منابع و تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی
مصالح، منابع و تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران
ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مسائل بومی خاص ایران

فرم ارسالی برای شاخص مالی و قرار دادی و تصویب طرح ها

میزان بودجه اولیه ، توان تامین و نحوه تامین بودجه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تاخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت ها
پمیزان بودجه اولیه ، توان تامین و نحوه تامین بودجه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه
میزان بودجه اولیه ، توان تامین و نحوه تامین بودجه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات
میزان بودجه اولیه ، توان تامین و نحوه تامین بودجه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه پروژه
میزان بودجه اولیه ، توان تامین و نحوه تامین بودجه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده
میزان بودجه اولیه ، توان تامین و نحوه تامین بودجه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه
میزان بودجه اولیه ، توان تامین و نحوه تامین بودجه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان
میزان بودجه اولیه ، توان تامین و نحوه تامین بودجه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	فشردگی برنامه زمانبندی و اختلال در فعالیت های مختلف
تاخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه
تاخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات
تاخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	فشردگی برنامه زمانبندی و اختلال در فعالیت های مختلف
تاخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه پروژه

ادامه **فرم ارسالی برای شاخص مالی و قرار دادی و تصویب طرح ها**

تاخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده
تاخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه
تاخیر در پرداخت و اختلافات مالی در صورت وضعیت ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	فشردگی برنامه زمانبندی و اختلال در فعالیت های مختلف
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه پروژه
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه
نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان
روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	فشردگی برنامه زمانبندی و اختلال در فعالیت های مختلف
روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه پروژه
روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده

فرم ارسالی برای شاخص مالی و قرار دادی و تصویب طرح ها

روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
فشردگی برنامه زمانبندی و اختلال در فعالیت های مختلف	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
فشردگی برنامه زمانبندی و اختلال در فعالیت های مختلف	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
فشردگی برنامه زمانبندی و اختلال در فعالیت های مختلف	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
فشردگی برنامه زمانبندی و اختلال در فعالیت های مختلف	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
میزان دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
میزان دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
میزان دقت در برآورد اولیه زمان و هزینه پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9

فرم ارسالی برای شاخص جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی

سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان بارندگی و نوع نزولات جوی
سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	دما و وضعیت آب و هوایی
سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ارتفاع از سطح دریا و وضعیت توپوگرافی منطقه
سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی
سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پتانسیل حادثه خیزی(سیل، زلزله و حوادث قهری ....)
سطح قوانین و استانداردهای محیط زیستی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی
میزان بارندگی و نوع نزولات جوی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	دما و وضعیت آب و هوایی
میزان بارندگی و نوع نزولات جوی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کد ارتفاعی و وضعیت توپوگرافی منطقه
میزان بارندگی و نوع نزولات جوی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی
میزان بارندگی و نوع نزولات جوی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پتانسیل حادثه خیزی(سیل، زلزله و حوادث قهری ....)
میزان بارندگی و نوع نزولات جوی محیط	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی
دما و وضعیت آب و هوایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کد ارتفاعی و وضعیت توپوگرافی منطقه
دما و وضعیت آب و هوایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی
دما و وضعیت آب و هوایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پتانسیل حادثه خیزی(سیل، زلزله و حوادث قهری ....)
دما و وضعیت آب و هوایی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی
کد ارتفاعی و وضعیت توپوگرافی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی

ادامه فرم ارسالی برای شاخص جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی

کد ارتفاعی و وضعیت توپوگرافی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پتانسیل حادثه خیزی(سیل، زلزله و حوادث قهری ....)
کد ارتفاعی و وضعیت توپوگرافی منطقه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی
میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پتانسیل حادثه خیزی(سیل، زلزله و حوادث قهری ....)
میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی
پتانسیل حادثه خیزی(سیل، زلزله و حوادث قهری ....)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی

فرم ارسالی برای مسائل فنی مدیریتی و اجرایی

تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی
تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه
تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مدیریت و کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی
تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی
تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی
میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه
میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مدیریت و کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی
میزان بارندگی و نوع نزولات جوی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی
میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی
میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مدیریت و کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی

ادامه فرم ارسالی برای مسائل فنی مدیریتی و اجرایی

میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی
میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی
مدیریت و کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی
مدیریت و کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی
مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی

فرم ارسالی برای پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ

سطح آب زیر زمینی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سینه کار مرکب(زمین متشکل از خاک و سنگ و بولدر ها)
سطح آب زیر زمینی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کیفیت توده سنگ و هوازدگی
سطح آب زیر زمینی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آماس پذیری یا تورم کانی های رسی
سطح آب زیر زمینی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نشت گاز به داخل تونل
سطح آب زیر زمینی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	گسل و شکستگی و زون خرد شده
سطح آب زیر زمینی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت سنگ در مسیر تونل
سطح آب زیر زمینی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مچاله شوندگی یا squeezing
سینه کار مرکب(زمین متشکل از خاک و سنگ و بولدر ها)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کیفیت توده سنگ و هوازدگی

فرم ارسالی برای پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ

سینه کار مرکب(زمین متشکل از خاک و سنگ و بولدر ها)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آماس پذیری یا تورم کانی های رسی	9	8	7	6	5	4	3	2	1
سینه کار مرکب(زمین متشکل از خاک و سنگ و بولدر ها)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نشت گاز به داخل تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1
سینه کار مرکب(زمین متشکل از خاک و سنگ و بولدر ها)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	گسل و شکستگی و زون خرد شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1
سینه کار مرکب(زمین متشکل از خاک و سنگ و بولدر ها)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت سنگ در مسیر تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1
سینه کار مرکب(زمین متشکل از خاک و سنگ و بولدرها)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مچاله شوندگی یا squeezing	9	8	7	6	5	4	3	2	1
نشت گاز به داخل تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کیفیت توده سنگ و هوازدگی	9	8	7	6	5	4	3	2	1
نشت گاز به داخل تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آماس پذیری یا تورم کانی های رسی	9	8	7	6	5	4	3	2	1
نشت گاز به داخل تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	گسل و شکستگی و زون خرد شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1
نشت گاز به داخل تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت سنگ در مسیر تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1
نشت گاز به داخل تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مچاله شوندگی یا squeezing	9	8	7	6	5	4	3	2	1
گسل و شکستگی و زون خرد شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کیفیت توده سنگ و هوازدگی	9	8	7	6	5	4	3	2	1
گسل و شکستگی و زون خرد شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آماس پذیری یا تورم کانی های رسی	9	8	7	6	5	4	3	2	1
گسل و شکستگی و زون خرد شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت سنگ در مسیر تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1
گسل و شکستگی و زون خرد شده	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مچاله شوندگی یا squeezing	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ادامه فرم ارسالی برای پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ

کیفیت توده سنگ و هوازدگی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت سنگ در مسیر تونل
کیفیت توده سنگ و هوازدگی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آماس پذیری و کانی های رسی
کیفیت توده سنگ و هوازدگی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مچاله شوندگی یا squeezing
تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت سنگ در مسیر تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	آماس پذیری و کانی های رسی
تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت سنگ در مسیر تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مچاله شوندگی یا squeezing
آماس پذیری و کانی های رسی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مچاله شوندگی یا squeezing

فرم ارسالی برای شاخص مصالح ، منابع و تجهیزات

میزان و نوع مصالح و تامین بموقع آن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات
میزان و نوع مصالح و تامین بموقع آن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کمبود نیروی انسانی عادی
میزان و نوع مصالح و تامین بموقع آن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سطح مکانیزاسیون تجهیزات
میزان و نوع مصالح و تامین بموقع آن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کمبود نیروی متخصص و ماهر
میزان و نوع مصالح و تامین بموقع آن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	خدمات فنی(تهویه ، ارتباط، روشنایی)
میزان و نوع مصالح و تامین بموقع آن	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها
کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کمبود نیروی انسانی عادی
کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سطح مکانیزاسیون تجهیزات
کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کمبود نیروی متخصص و ماهر
کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	خدمات فنی(تهویه ، ارتباط، روشنایی)

ادامه فرم ارسالی برای شاخص مصالح ، منابع و تجهیزات

کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها
کمبود نیروی انسانی عادی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سطح مکانیزاسیون تجهیزات
کمبود نیروی انسانی عادی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کمبود نیروی متخصص و ماهر
کمبود نیروی انسانی عادی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	خدمات فنی(تهویه ، ارتباط، روشنایی)
کمبود نیروی انسانی عادی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها
سطح مکانیزاسیون تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کمبود نیروی متخصص و ماهر
سطح مکانیزاسیون تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	خدمات فنی(تهویه ، ارتباط، روشنایی)
سطح مکانیزاسیون تجهیزات	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها
کمبود نیروی متخصص و ماهر	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	خدمات فنی(تهویه ، ارتباط، روشنایی)
کمبود نیروی متخصص و ماهر	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها
خدمات فنی(تهویه ، ارتباط، روشنایی)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها

فرم ارسالی برای شاخص ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی

هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	طول
هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	شیب
هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل
هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)
هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی
هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی
هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تعداد و نوع دسترسی ها
هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر
هندسه ، ابعاد و اندازه تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روش حفاری (D&B,TBM,، بیل مکانیکی و .....)

فرم ارسالی برای شاخص ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی

طول	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	شیب
طول	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل
طول	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)
طول	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی
طول	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی
طول	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تعداد و نوع دسترسی ها
طول	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر
طول	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روش حفاری (D&B,TBM,، بیل مکانیکی و .....)
شیب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل
شیب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)
شیب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی
شیب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی
شیب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تعداد و نوع دسترسی ها
شیب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر
شیب	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روش حفاری (D&B,TBM,، بیل مکانیکی و .....)
عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)
عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی
عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی
عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تعداد و نوع دسترسی ها
عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر
عمق، روباره، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روش حفاری (D&B,TBM,، بیل مکانیکی و .....)

ادامه فرم ارسالی برای شاخص ویژگی های تونل ، روش ساخت و دسترسی

وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی
وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی
وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تعداد و نوع دسترسی ها
وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر
وجود سازه ها تکمیلی (پارکینگ، تقاطع، دوربرگردان و .....)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روش حفاری (D&B,TBM، بیل مکانیکی و .....)
پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی
پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تعداد و نوع دسترسی ها
پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر
پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل‌سازی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روش حفاری (D&B,TBM، بیل مکانیکی و .....)
نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تعداد و نوع دسترسی ها
نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر
نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روش حفاری (D&B,TBM، بیل مکانیکی و .....)
تعداد و نوع دسترسی ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر
تعداد و نوع دسترسی ها	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	روش حفاری (D&B,TBM، بیل مکانیکی و .....)
روش حفاری (D&B,TBM، بیل مکانیکی و .....)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	مجاورت با سازه های دیگر

فرم ارسالی برای شاخص شرایط خاص بومی ایران

عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی		
عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی		
عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سیستم عقد قرار داد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی		

عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی		
عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهاد های مختلف		
عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییر مداوم مدیران، و تغییر سیاست های کلان		
عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کارشکنی های سیاسی و اجتماعی		
تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی		
تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سیستم عقد قرار داد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی		
تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی		

تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کارشکنی های سیاسی و اجتماعی		
تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهاد های مختلف		
تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییر مداوم مدیران، و تغییر سیاست های کلان		
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سیستم عقد قرار داد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی		
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی		
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهاد های مختلف		
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییر مداوم مدیران، و تغییر سیاست های کلان		
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کارشکنی های سیاسی و اجتماعی		
سیستم عقد قرار داد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی		
سیستم عقد قرار داد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهاد های مختلف		
سیستم عقد قرار داد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییر مداوم مدیران، و تغییر سیاست های کلان		
سیستم عقد قرار داد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کارشکنی های سیاسی و اجتماعی		

تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهاد های مختلف
تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییر مداوم مدیران، و تغییر سیاست های کلان
تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کارشکنی های سیاسی و اجتماعی
سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهاد های مختلف	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	تغییر مداوم مدیران، و تغییر سیاست های کلان
سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهاد های مختلف	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کارشکنی های سیاسی و اجتماعی
تغییر مداوم مدیران، و تغییر سیاست های کلان	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	کارشکنی های سیاسی و اجتماعی

ماتریس های زوجی برای پارامتر های شاخص اصلی

کارشناس یکم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
4	1	0.5	0.333333	0.333333	5	1	T1
1	0.142857	0.2	0.166667	0.25	1	0.2	T2
7	1	2	1	1	4	3	T3
8	6	4	1	1	6	3	T4
8	3	1	0.25	0.5	5	2	T5
9	1	0.333333	0.166667	1	7	1	T6
1	0.111111	0.125	0.125	0.142857	1	0.25	T7

کارشناس دوم

T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.1111	0.1111	0.1111	9	0.111	1	T1
1	9	1	9	1	9	T2
0.1111	0.111	0.1111	1	0.1111	0.111	T3
1	1	1	9	1	9	T4
1	1	1	9	0.111	9	T5
1	1	1	9	1	9	T6
1	1	1	9	1	9	T7

کارشناس سوم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
1	4	4	1	1	0.111111	1	T1
2	1	1	1	1	1	9	T2
1	0.25	0.2	1	1	1	1	T3
1	6	4	1	1	1	1	T4
0.25	0.166667	1	0.25	5	1	0.25	T5
1	1	6	0.166667	4	1	0.25	T6
1	1	4	1	1	0.5	1	T7

کارشناس چهارم

T6	T5	T4	T3	T2	T1	
3	0.2	2	2	0.333333	1	T1
4	2	3	3	1	3	T2
2	0.5	1	1	0.333333	0.5	T3
2	0.5	1	1	0.333333	0.5	T4
2	1	2	2	0.5	5	T5
1	0.5	0.5	0.5	0.25	0.333333	T6
5	3	2	4	2	5	T7

کارشناس پنجم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.142857	8	8	7	9	0.142857	1	T1
1	2	8	1	7	1	7	T2
0.25	1	6	0.142857	1	0.142857	0.111111	T3
1	1	0.25	1	7	1	0.142857	T4
0.2	6	1	4	0.166667	0.125	0.125	T5
0.2	1	0.166667	1	1	0.5	0.125	T6
1	5	5	1	4	1	7	T7

کارشناس ششم

T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.333333	1	0.2	1	0.111111	1	T1
5	3	1	5	1	9	T2
0.142857	0.142857	0.142857	1	0.2	1	T3
3	3	1	7	1	5	T4
0.2	1	0.333333	7	0.333333	1	T5
1	5	0.333333	7	0.2	3	T6
5	3	5	4	1	7	T7

کارشناس هفتم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.111111	0.111111	0.111111	0.111111	0.111111	0.111111	1	T1
3	3	2	3	2	1	9	T2
2	2	2	3	1	0.5	9	T3
0.5	2	3	1	0.333333	0.333333	9	T4
0.333333	0.333333	1	0.333333	0.5	0.5	9	T5
0.333333	1	3	0.5	0.5	0.333333	9	T6
1	3	3	2	0.5	0.333333	9	T7

کارشناس هشتم

T6	T5	T4	T3	T2	T1	
5	0.25	6	5	1	1	T1
4	4	5	3	1	1	T2
4	0.25	4	1	0.333333	0.2	T3
0.333333	0.2	1	0.25	0.2	0.166667	T4
0.333333	1	5	4	0.25	4	T5
1	3	3	0.25	0.25	0.2	T6
6	7	6	1	1	1	T7

کارشناس نهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.25	0.333333	0.25	0.166667	0.25	0.166667	1	T1
1	5	4	6	6	1	6	T2
0.333333	0.5	0.2	0.25	1	0.166667	4	T3
0.333333	3	0.5	1	4	0.166667	6	T4
0.333333	3	1	2	5	0.25	4	T5
0.25	1	0.333333	0.333333	2	0.2	3	T6
1	4	3	3	3	1	4	T7

کارشناس دهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.166667	0.2	0.2	0.25	0.166667	0.166667	1	T1
1	1	1	1	1	1	6	T2
1	1	1	4	1	1	6	T3
1	1	1	1	0.25	1	4	T4
1	1	1	1	1	1	5	T5
1	1	1	1	1	1	5	T6
1	1	1	1	1	1	6	T7

کارشناس یازدهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.142857	5	0.142857	0.2	0.142857	0.166667	1	T1
0.142857	6	7	6	7	1	6	T2
0.166667	0.142857	0.142857	0.166667	1	0.142857	7	T3
0.142857	4	5	1	6	0.166667	5	T4
0.125	0.142857	1	0.2	7	0.142857	7	T5
0.125	1	7	0.25	7	0.166667	0.2	T6
1	8	8	7	6	7	7	T7

کارشناس دوازدهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
2	3	3	0.5	1	0.5	1	T1
0.5	3	1	0.333333	0.5	1	2	T2
0.5	2	0.333333	0.333333	1	2	1	T3
3	4	4	1	3	3	2	T4
0.5	1	1	0.25	3	1	0.333333	T5
0.333333	1	1	0.25	0.5	0.333333	0.333333	T6
1	3	2	0.333333	2	2	1	T7

کارشناس سیزدهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.2	5	1	0.166667	6	0.2	1	T1
1	5	7	0.25	3	1	5	T2
3	0.25	1	0.2	1	0.333333	0.166667	T3
1	4	1	1	5	4	6	T4
0.142857	4	1	1	1	0.142857	1	T5
1	1	6	0.25	4	0.2	0.2	T6
1	1	7	1	0.333333	1	5	T7

کارشناس چهاردهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.5	1	1	0.25	0.5	0.333333	1	T1
2	2	2	2	2	1	3	T2
0.25	1	3	0.5	1	0.5	2	T3
0.5	2	0.5	1	2	0.5	4	T4
0.5	0.5	1	2	0.333333	0.5	1	T5
0.333333	1	2	0.5	1	0.5	1	T6
1	3	2	2	4	0.5	2	T7

کارشناس پانزدهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.2	0.333333	1	0.2	0.5	0.25	1	T1
1	4	7	2	4	1	4	T2
0.142857	0.333333	1	0.2	1	0.25	2	T3
1	1	6	1	5	0.5	5	T4
0.125	0.142857	1	0.166667	1	0.142857	1	T5
0.2	1	7	1	3	0.25	3	T6
1	5	8	1	7	1	5	T7

کارشناس شانزدهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
5	4	3	5	0.5	2	1	T1
1	2	0.5	3	0.5	1	0.5	T2
2	4	1	4	1	2	2	T3
0.333333	0.333333	0.25	1	0.25	0.333333	0.2	T4
2	3	1	4	1	2	0.333333	T5
1	1	0.333333	3	0.25	0.5	0.25	T6
1	1	0.5	3	0.5	1	0.2	T7

کارشناس هفدهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.333333	0.333333	2	0.333333	1	0.142857	1	T1
1	3	6	4	4	1	7	T2
0.25	1	5	2	1	0.25	1	T3
0.2	3	3	1	0.5	0.25	3	T4
0.142857	0.25	1	0.333333	0.2	0.166667	0.5	T5
0.25	1	4	0.333333	1	0.333333	3	T6
1	4	7	5	4	1	3	T7

کارشناس نوزدهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
2	3	3	0.5	1	0.5	1	T43
0.5	3	1	0.333333	0.5	1	2	T44
0.5	2	0.333333	0.333333	1	2	1	T45
3	4	4	1	3	3	2	T46
0.5	1	1	0.25	3	1	0.333333	T47
0.333333	1	1	0.25	0.5	0.333333	0.333333	T48
1	3	2	0.333333	2	2	1	T49

کارشناس هجدهم

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	
0.142857	5	7	5	5	0.166667	1	T2
1	3	6	1	6	1	6	T3
0.142857	0.142857	0.142857	0.142857	1	0.166667	0.2	T4
4	1	5	1	7	1	0.2	T5
0.2	0.2	1	0.2	7	0.166667	0.142857	T6
0.142857	1	5	1	7	0.333333	0.2	T7
1	7	5	0.25	7	1	7	T21

کارشناس بیستم

T7	T6	T5	T4	T3	T2		
1	0.5	0.2	0.25	0.333333	0.166667	1	T1
0.5	4	2	3	0.333333	1	6	T2
0.5	6	2	2	1	3	3	T3
0.5	0.25	0.5	1	0.5	0.333333	4	T4
1	0.5	1	2	0.5	0.5	5	T5
0.166667	1	2	4	0.166667	0.25	2	T6
1	6	1	2	2	2	1	T7

T1	مسائل مالی و قراردادی و تصویب طرح ها
T2	مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی
T3	مسائل فنی ، مدیریتی و اجرایی
T4	پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ
T5	مصالح، منابع و تجهیزات
T6	ویژگی های تونل روش ساخت و دسترسی
T7	مسائل بومی خاص ایران

۲ – ماتریس‌های زوجی نظرات کارشناسان برای پارامترهای شاخص مالی قراردادی و تصویب طرح‌ها.

کارشناس ۱

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
2	3	0.33	2	0.5	1	0.2	0.2	1	S1
0.25	3	3	4	4	2	0.33	1	5	S2
4	4	3	4	4	4	1	3	5	S3
0.25	4	0.25	4	3	1	0.25	0.5	1	S4
5	4	0.2	4	1	0.33	0.25	0.25	2	S5
4	4	0.25	1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	S6
5	5	1	4	5	4	0.33	0.33	3	S7
5	1	0.2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.33	0.33	S8
1	0.2	0.2	0.25	0.2	4	0.25	4	0.5	S9

کارشناس ۲

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
9	9	1	1	9	1	9	1	1	S1
1	1	1	1	1	9	1	1	1	S2
1	9	1	9	1	0.11	1	1	0.11	S3
1	9	1	1	9	1	9	0.11	1	S4
9	9	0.11	0.11	1	0.11	1	1	0.11	S5
1	9	1	1	9	1	0.11	1	1	S6
1	9	1	1	9	1	9	1	1	S7
9	1	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	1	0.11	S8
1	0.11	1	1	0.11	1	1	1	0.11	S9

کارشناس ۳

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.33	0.33	0.25	1	3	0.5	0.5	0.5	1	S1
2	0.25	0.33	1	3	0.33	5	1	2	S2
0.17	0.5	0.2	0.33	1	0.14	1	0.2	2	S3
1	1	1	1	1	1	7	3	2	S4
0.5	0.17	0.14	0.14	1	1	1	0.33	0.33	S5
3	1	1	1	7	1	3	1	1	S6
4	1	1	1	7	1	5	3	4	S7
0.5	1	1	1	6	1	2	4	3	S8
1	2	0.25	0.33	2	1	6	0.5	3	S9

کارشناس ۴

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
1	1	8	0.25	1	0.2	8	0.2	1	S1
1	1	1	1	4	1	1	1	5	S2
1	0.11	0.11	1	1	1	1	1	0.13	S3
0.13	8	9	9	9	1	1	1	5	S4
0.11	8	9	9	1	0.11	1	0.25	1	S5
0.13	1	9	1	0.11	0.11	1	1	4	S6
0.11	1	1	0.11	0.11	0.11	9	1	0.13	S7
0.13	1	1	1	0.13	0.13	9	1	1	S8
1	8	9	8	9	8	1	1	1	S9

کارشناس ۵

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
3	2	0.33	0.5	0.2	0.5	2	4	1	S1
0.5	0.5	0.25	0.33	0.17	0.2	0.33	1	0.25	S2
3	2	0.25	1	0.33	0.5	1	3	0.5	S3
2	4	0.33	2	0.5	1	2	5	2	S4
1	4	1	3	1	2	3	6	5	S5
1	2	0.33	1	0.33	0.5	1	3	2	S6
0.25	5	1	3	1	3	4	4	3	S7
2	1	0.2	0.5	0.25	0.25	0.5	2	0.5	S8
1	0.5	4	1	1	0.5	0.33	2	0.33	S9

کارشناس ۶

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.5	1	0.5	2	0.33	0.5	3	1	1	S1
0.25	0.5	0.33	1	0.33	0.33	1	1	1	S2
0.25	0.5	0.5	1	0.2	0.33	1	1	0.33	S3
1	3	0.5	3	0.5	1	3	3	2	S4
2	1	2	4	1	2	5	3	3	S5
0.25	0.25	0.33	1	0.25	0.33	1	1	0.5	S6
2	2	1	3	0.5	2	2	3	2	S7
1	1	0.5	4	1	0.33	2	2	1	S8
1	1	0.5	4	0.5	1	4	4	2	S9

کارشناس ۷

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
1	4	1	1	4	6	7	7	1	S1
0.2	0.2	0.2	1	0.25	1	5	1	0.14	S2
0.33	0.25	0.25	1	0.33	0.2	1	0.2	0.14	S3
1	0.25	0.25	1	4	1	5	1	0.17	S4
0.33	3	4	1	1	0.25	3	4	0.25	S5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	S6
0.2	5	1	1	0.25	4	4	5	1	S7
0.2	1	0.2	1	0.33	4	4	5	0.25	S8
1	5	5	1	3	1	3	5	1	S9

کارشناس ۸

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.2	0.2	0.2	0.33	1	1	1	1	1	S1
0.13	1	0.14	0.17	0.25	0.2	0.2	1	1	S2
3	5	5	5	5	1	1	5	1	S3
1	0.2	0.2	0.2	1	1	1	5	1	S4
1	0.14	0.2	0.2	1	1	0.2	4	1	S5
1	3	3	1	5	5	0.2	6	3	S6
3	5	1	0.33	5	5	0.2	7	5	S7
5	1	0.2	0.33	7	5	0.2	1	5	S8
1	0.2	0.33	1	1	1	0.33	8	5	S9

کارشناس ۹

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1	S1
0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1	6	S2
0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1	6	6	S3
0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1	6	6	6	S4
6	6	6	6	1	6	6	6	6	S5
6	0.17	0.17	1	0.17	6	6	6	6	S6
6	6	1	6	0.17	6	6	6	6	S7
6	1	0.17	6	0.17	6	6	6	6	S8
1	0.17	0.17	0.17	0.17	6	6	6	6	S9

کارشناس ۱۰

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
1	3	0.5	0.5	1	0.11	1	1	1	S1
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2	0.5	1	1	S2
0.33	3	0.33	1	1	1	1	2	1	S3
0.25	0.25	0.25	4	3	1	1	5	9	S4
0.25	0.25	0.25	0.25	1	0.33	1	4	1	S5
0.25	1	0.25	1	4	0.25	1	4	2	S6
2	1	1	4	4	4	3	4	2	S7
0.25	1	1	1	4	4	0.33	4	0.33	S8
1	4	0.5	4	4	4	3	4	1	S9

کارشناس ۱۱

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
4	1	3	0.25	0.25	4	6	1	1	S1
3	4	0.2	0.2	0.2	3	5	1	1	S2
0.2	0.5	0.25	0.25	0.2	0.2	1	0.2	0.17	S3
3	0.33	0.5	0.25	0.25	1	5	0.33	0.25	S4
4	3	3	3	1	4	5	5	4	S5
4	4	4	1	0.33	4	4	5	4	S6
1	2	1	0.25	0.33	2	4	5	0.33	S7
1	1	0.5	0.25	0.33	3	2	0.25	1	S8
1	1	1	0.25	0.25	0.33	5	0.33	0.25	S9

کارشناس ۱۲

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.33	1	3	0.14	8	0.5	2	4	1	S1
0.25	2	0.5	0.5	0.25	0.25	0.2	1	0.25	S2
2	0.5	0.33	0.33	2	0.25	1	5	0.5	S3
3	2	1	0.5	2	1	4	4	2	S4
0.25	0.33	0.33	0.5	1	0.5	0.5	4	0.13	S5
2	2	1	1	2	2	3	2	7	S6
0.5	2	1	1	3	1	3	2	0.33	S7
0.5	1	0.5	0.5	3	0.5	2	0.5	1	S8
1	2	2	0.5	4	0.33	0.5	4	3	S9

کارشناس ۱۳

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.33	4	3	4	3	2	3	1	1	S1
0.33	4	2	3	4	1	0.25	1	1	S2
0.33	3	0.25	3	4	5	1	4	0.33	S3
0.25	3	0.25	2	3	1	0.2	1	0.5	S4
0.5	0.33	0.25	4	1	0.33	0.25	0.25	0.33	S5
0.33	3	0.33	1	0.25	0.5	0.33	0.33	0.25	S6
0.5	2	1	3	4	4	4	0.5	0.33	S7
3	1	0.5	0.33	3	0.33	0.33	0.25	0.25	S8
1	0.33	2	3	2	4	3	3	3	S9

کارشناس ۱۴

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
1	5	1	1	1	1	3	4	1	S1
0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1	0.25	S2
1	1	1	1	1	1	1	6	0.33	S3
1	2	2	2	3	1	1	6	1	S4
1	1	1	1	1	0.33	1	6	1	S5
1	1	1	1	1	0.5	1	6	1	S6
1	1	1	1	1	0.5	1	6	1	S7
1	1	1	1	1	0.5	1	6	0.2	S8
1	1	1	1	1	1	1	6	1	S9

کارشناس ۱۵

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
3	0.5	0.25	0.25	1	3	0.25	1	1	S1
1	0.33	0.25	0.25	5	4	1	1	1	S2
3	5	3	5	5	3	1	1	4	S3
1	1	0.25	0.33	1	1	0.33	0.25	0.33	S4
4	4	0.33	1	1	1	0.2	0.2	1	S5
4	5	1	1	1	3	0.2	4	4	S6
1	4	1	1	3	4	0.33	4	4	S7
1	1	0.25	0.2	0.25	1	0.2	3	2	S8
1	1	1	0.25	0.25	1	0.33	1	0.33	S9

کارشناس ۱۶

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
6	0.14	0.14	0.13	0.14	0.13	7	0.13	1	S1
0.14	0.14	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	1	8	S2
0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	1	8	0.14	S3
7	0.14	0.13	6	7	1	7	7	8	S4
7	0.14	0.14	0.14	1	0.14	7	8	7	S5
7	0.14	0.14	1	7	0.17	7	7	8	S6
7	0.14	1	7	7	7	7	8	7	S7
0.14	1	7	7	7	8	7	7	7	S8
1	7	0.14	0.14	0.14	0.14	7	7	0.17	S9

کارشناس ۱۷

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.17	0.5	0.14	0.33	0.2	1	1	6	1	S1
0.14	0.25	0.11	0.33	0.14	0.2	0.13	1	0.17	S2
0.2	0.5	0.25	0.25	0.17	4	1	8	1	S3
0.2	1	0.14	0.33	0.2	1	0.25	5	1	S4
4	7	4	5	1	5	6	7	5	S5
2	3	0.33	1	0.2	3	4	3	3	S6
6	6	1	3	0.25	7	4	9	7	S7
3	1	0.17	0.33	0.14	1	2	4	2	S8
1	0.33	0.17	0.5	0.25	5	5	7	6	S9

کارشناس ۱۸

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.25	0.25	0.25	0.33	0.25	0.25	0.25	1	1	S1
0.33	0.25	0.2	0.33	0.2	0.25	0.17	1	1	S2
0.33	1	1	1	1	0.17	1	6	4	S3
1	1	1	1	1	1	6	4	4	S4
1	1	1	1	1	1	1	5	4	S5
1	1	1	1	1	1	1	3	3	S6
1	1	1	1	1	1	1	5	4	S7
1	1	1	1	1	1	1	4	4	S8
1	1	1	1	1	1	3	3	4	S9

کارشناس ۱۹

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
2	1	0.2	2	2	4	6	6	1	S1
0.33	1	3	0.5	1	0.17	0.2	1	0.17	S2
5	3	3	4	3	3	1	5	0.17	S3
4	0.33	0.17	0.25	1	1	0.33	6	0.25	S4
1	0.5	3	0.5	1	1	0.33	1	0.5	S5
0.25	6	3	1	2	4	0.25	2	0.5	S6
3	5	1	0.33	0.33	6	0.33	0.33	5	S7
0.25	1	0.2	0.17	2	3	0.33	1	1	S8
1	4	0.33	4	1	0.25	0.2	3	0.5	S9

کارشناس ۲۰

S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	
0.33	4	3	4	3	2	3	1	1	S1
0.33	4	2	3	4	1	0.25	1	1	S2
0.33	3	0.25	3	4	5	1	4	0.33	S3
0.25	3	0.25	2	3	1	0.2	1	0.5	S4
0.5	0.33	0.25	4	1	0.33	0.25	0.25	0.33	S5
0.33	3	0.33	1	0.25	0.5	0.33	0.33	0.25	S6
0.5	2	1	3	4	4	4	0.5	0.33	S7
3	1	0.5	0.33	3	0.33	0.33	0.25	0.25	S8
1	0.33	2	3	2	4	3	3	3	S9

S1	میزان بودجه اولیه،توان و نحوه تامین بودجه
S2	تاخیر در پرداخت و اختلاف مالی در صورت وضعیت ها
S3	نحوه انتخاب پیمانکار و تشخیص صلاحیت اعطای پروژه
S4	روند تصویب طرح ها و نقشه ها و انعطاف نسبت به اصلاحات
S5	میزان دقت در برآورد زمان و هزینه های پروژه
S6	وجود دعاوی قراردادی و نوع قرارداد وضع شده
S7	میزان شفافیت در شرح وظایف و هماهنگی اجزای پروژه
S8	تغییرات در طرح و وجود مسائل پیش بینی نشده در پیمان
S9	فشردگی برنامه زمانبندی و اختلاف در فعالیت های مختلف

۳ – ماتریس‌های زوجی نظرات کارشناسان برای پارامترهای مسائل بومی خاص ایران.

کارشناس ۱

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
0.25	1	0.25	0.2	0.33	0.25	0.33	1	Z1
0.5	0.25	0.17	0.2	1	0.5	1	3	Z2
1	7	1	3	5	1	2	4	Z3
0.33	4	0.33	0.5	1	0.2	1	3	Z4
0.33	1	0.2	1	2	0.33	5	5	Z5
1	9	1	5	3	1	6	4	Z6
0.14	1	0.11	1	0.25	0.14	4	1	Z7
1	7	1	3	3	1	2	4	Z8

کارشناس۲

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
9	9	9	9	0.2	7	7	1	Z1
9	9	9	9	1	1	1	0.14	Z2
9	9	9	9	1	1	1	0.14	Z3
9	9	9	9	1	1	1	5	Z4
1	1	1	1	0.11	0.11	0.11	0.11	Z5
1	1	1	1	0.11	0.11	0.11	0.11	Z6
1	1	1	1	0.11	0.11	0.11	0.11	Z7
1	1	1	1	0.11	0.11	0.11	0.11	Z8

کارشناس ۳

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
5	7	8	4	4	3	2	1	Z1
7	7	3	4	3	3	1	0.5	Z2
0.33	1	1	0.5	0.33	1	0.33	0.333333333	Z3
0.33	1	1	2	1	3	0.33	0.25	Z4
0.33	2	2	1	0.5	2	0.25	0.25	Z5
3	2	1	0.5	1	1	0.33	0.125	Z6
0.33	1	0.5	0.5	1	1	0.14	0.142857143	Z7
1	3	0.33	3	3	3	0.14	0.2	Z8

کارشناس ۴

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
1	1	0.2	0.33	3	7	5	1	Z1
0.5	2	0.33	3	0.33	1	1	0.2	Z2
0.33	2	0.25	0.5	2	1	1	0.14	Z3
1	1	3	5	1	0.5	3	0.33	Z4
1	1	1	1	0.2	2	0.33	3	Z5
1	1	1	1	0.33	4	3	5	Z6
1	1	1	1	1	0.5	0.5	1	Z7
1	1	1	1	1	3	2	1	Z8

کارشناس ۵

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
1	3	3	5	0.5	0.5	4	1	Z1
1	1	0.25	3	0.25	0.25	1	0.25	Z2
2	5	4	6	1	1	4	2	Z3
1	5	5	6	1	1	4	2	Z4
0.2	0.5	1	1	0.17	0.17	0.33	2	Z5
0.2	1	1	1	0.2	0.25	4	0.333333333	Z6
0.2	1	1	2	0.2	0.2	1	0.333333333	Z7
1	5	5	5	1	0.5	1	1	Z8

کارشناس ۶

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
2	1	0.5	2	3	0.5	2	1	Z1
0.33	0.5	0.33	1	1	0.33	1	0.5	Z2
1	1	0.5	3	3	1	3	2	Z3
0.33	0.5	0.5	1	1	0.33	1	0.33	Z4
0.5	0.33	0.33	1	1	0.33	1	0.5	Z5
0.5	1	1	3	2	2	3	2	Z6
1	1	1	3	2	1	2	1	Z7
1	1	2	2	3	1	3	0.5	Z8

کارشناس ۷

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
5	5	3	3	4	3	6	1	Z1
4	0.25	0.25	4	0.33	0.33	1	0.166666667	Z2
5	4	5	5	4	1	3	0.333333333	Z3
4	4	0.25	5	1	0.25	3	0.25	Z4
0.17	0.2	0.2	1	0.2	0.2	0.25	0.333333333	Z5
0.2	4	1	5	4	0.2	4	0.333333333	Z6
0.11	1	0.25	5	0.25	0.25	4	0.2	Z7
1	9	5	6	0.25	0.2	0.25	0.2	Z8

کارشناس ۸

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
1	1	1	1	1	1	1	1	Z1
2	2	2	2	1	2	1	1	Z2
4	4	4	2	2	1	0.5	1	Z3
0.2	0.2	1	0.17	1	0.5	1	1	Z4
1	1	1	1	6	0.5	0.5	1	Z5
1	1	1	1	1	0.25	0.5	1	Z6
1	1	1	1	5	0.25	0.5	1	Z7
1	1	1	1	5	0.25	0.5	1	Z8

کارشناس ۹

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
5	5	5	5	5	5	5	1	Z1
0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	1	0.2	Z2
7	7	7	7	7	1	7	0.2	Z3
0.14	0.14	0.14	0.17	1	0.14	7	0.2	Z4
0.14	0.14	0.14	1	6	0.14	7	0.2	Z5
7	7	1	7	7	0.14	7	0.2	Z6
0.14	1	0.14	7	7	0.14	7	0.2	Z7
1	7	0.14	7	7	0.14	7	0.2	Z8

کارشناس ۱۰

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
1	1	1	9	3	4	0.5	1	Z1
9	2	1	9	5	5	1	2	Z2
1	1	1	9	6	1	0.2	0.25	Z3
1	5	1	9	1	0.17	0.2	0.33	Z4
0.11	0.11	0.11	1	0.11	0.11	0.11	0.11	Z5
1	5	1	9	1	1	1	1	Z6
1	1	0.2	9	0.2	1	0.5	1	Z7
1	1	1	9	1	1	0.11	1	Z8

کارشناس ۱۱

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
0.33	0.25	1	1	1	0.33	0.25	1	Z1
3	1	1	5	5	4	1	4	Z2
2	0.33	2	2	2	1	0.25	3	Z3
0.25	3	2	0.5	1	0.5	0.2	1	Z4
0.25	3	3	1	2	0.5	0.2	1	Z5
0.33	4	1	0.33	0.5	0.5	1	1	Z6
3	1	0.25	0.33	0.33	3	1	4	Z7
1	0.33	3	4	4	0.5	0.33	3	Z8

کارشناس ۱۲

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
3	4	6	2	2	0.5	4	1	Z1
0.2	0.14	0.33	0.25	0.33	0.5	1	0.25	Z2
2	6	5	4	2	1	2	2	Z3
0.5	0.2	0.2	1	1	0.5	3	0.5	Z4
0.33	3	0.33	1	1	0.25	4	0.5	Z5
0.33	0.25	1	3	5	0.2	3	0.17	Z6
1	1	4	0.33	5	0.17	7	0.25	Z7
1	1	3	3	2	0.5	5	0.33	Z8

کارشناس ۱۳

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
3	4	3	3	0.5	0.33	0.25	1	Z1
3	2	0.33	2	3	0.33	1	4	Z2
2	0.33	2	2	2	1	3	3	Z3
0.33	3	2	2	1	0.5	0.33	2	Z4
0.5	2	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.333333333	Z5
0.5	0.33	1	2	0.5	0.5	3	0.333333333	Z6
0.33	1	3	0.5	0.33	3	0.5	0.25	Z7
1	3	2	2	3	2	0.33	0.333333333	Z8

کارشناس ۱۴

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
1	1	1	4	2	3	2	1	Z1
1	1	1	1	1	3	1	0.5	Z2
0.25	0.25	1	1	1	1	0.33	0.33	Z3
1	1	1	5	1	1	1	0.5	Z4
0.33	1	0.2	1	0.2	1	1	0.25	Z5
1	1	1	5	1	1	1	1	Z6
1	1	1	1	1	4	1	1	Z7
1	1	1	3	1	4	1	1	Z8

کارشناس ۱۵

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
0.33	0.33	0.33	2	2	1	0.5	1	Z1
3	1	1	1	4	2	1	2	Z2
4	4	2	2	4	1	0.5	1	Z3
4	1	1	0.33	1	0.25	0.25	0.5	Z4
4	4	4	1	3	0.5	1	0.5	Z5
1	1	1	0.25	1	0.5	1	3	Z6
1	1	1	0.25	1	0.25	1	3	Z7
1	1	1	0.25	0.25	0.25	0.33	3	Z8

کارشناس ۱۶

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
4	2	3	2	3	2	3	1	Z1
3	0.5	3	0.33	0.33	0.33	1	0.33	Z2
0.33	0.33	3	0.25	0.5	1	3	0.5	Z3
3	1	2	0.2	1	2	3	0.33	Z4
0.25	0.5	3	1	5	4	3	0.5	Z5
1	0.5	1	0.33	0.5	0.33	0.33	0.33	Z6
1	1	2	2	1	3	2	0.5	Z7
1	1	1	4	0.33	3	0.33	0.25	Z8

کارشناس ۱۸

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
3	3	1	4	4	0.5	3	1	Z1
1	0.5	2	5	5	0.25	1	0.33	Z2
3	2	2	5	5	1	4	2	Z3
3	1	1	2	1	0.2	0.2	0.25	Z4
1	0.33	0.33	1	0.5	0.2	0.2	0.25	Z5
1	3	1	3	1	0.5	0.5	1	Z6
1	1	0.33	3	1	0.5	2	0.33	Z7
1	1	1	1	0.33	0.33	1	0.33	Z8

کارشناس۱۷

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
2	3	0.33	4	4	0.33	4	1	Z1
2	1	0.5	0.33	3	0.33	1	0.25	Z2
3	3	3	4	3	1	3	3	Z3
0.33	0.33	0.33	0.25	1	0.33	0.33	0.25	Z4
0.25	0.25	0.2	1	4	0.25	3	0.25	Z5
0.33	4	1	5	3	0.33	2	3	Z6
3	1	0.25	4	3	0.33	1	0.333333333	Z7
1	0.33	3	4	3	0.33	0.5	0.5	Z8

کارشناس ۲۰

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
3	4	3	3	0.5	0.33	0.25	1	Z1
3	2	0.33	2	3	0.33	1	4	Z2
2	0.33	2	2	2	1	3	3	Z3
0.33	3	2	2	1	0.5	0.33	2	Z4
0.5	2	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.33	Z5
0.5	0.33	1	2	0.5	0.5	3	0.33	Z6
0.33	1	3	0.5	0.33	3	0.5	0.25	Z7
1	3	2	2	3	2	0.33	0.33	Z8

کارشناس ۱۹

Z8	Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
0.33	1	4	3	3	4	0.33	1	Z1
1	1	0.33	4	5	4	1	3	Z2
0.33	0.33	0.33	0.33	1	1	0.25	0.25	Z3
1	1	4	0.33	1	1	0.2	0.333333333	Z4
0.2	2	1	1	3	3	0.25	0.333333333	Z5
1	1	1	1	0.25	3	3	0.25	Z6
1	1	1	0.5	1	3	1	1	Z7
1	1	1	5	1	3	1	3	Z8

عدم اهمیت به زمان و راندمان پایین کار فردی	Z1
تحریم و نداشتن توان تامین تجهیزات تخصصی	Z2
نبود روحیه همکاری بین مردم برای کمک به پروژه های ملی	Z3
سیستم عقد قرارداد و نحوه تامین بودجه طرح های عمرانی	Z4
تورم، ارزش پایین پول، کمبود ارز رایج و اقتصاد دولتی	Z5
سلسله مراتب اداری پیچیده و عدم هماهنگی بین نهادهای مختلف	Z6
تغییر مداوم مدیران و تغییر سیاست های کلان	Z7
کارشکنی های سیاسی و اجتماعی	Z8

۴ – ماتریس های زوجی نظرات کارشناسان برای پارامترهای شاخص پدیده های زمین شناسی و عوامل مهندسی سنگ.

کارشناس ۱

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	7	6	1	0.25	1	0.2	4
P2	0.14	1	0.25	0.2	0.14	0.25	0.14	0.2
P3	0.17	4	1	0.33	0.14	1	1	0.25
P4	1	5	3	1	0.2	4	1	0.25
P5	4	7	7	5	1	8	3	2
P6	1	4	1	0.25	0.13	1	0.25	0.2
P7	5	7	1	1	0.33	4	1	0.2
P8	0.25	5	4	4	0.5	5	5	1

کارشناس ۲

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	1	1	1	1	1	1	5
P2	1	1	4	4	4	3	3	4
P3	1	0.25	1	4	0.2	5	0.33	4
P4	1	0.25	0.25	1	4	0.33	0.25	1
P5	1	0.25	5	0.25	1	0.2	0.17	0.2
P6	1	0.33	0.2	3	5	1	0.2	2
P7	1	0.33	3	4	6	5	1	4
P8	0.2	0.25	0.25	1	5	0.5	0.25	1

کارشناس ۳

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	1	2	2	7	2	4	2
P2	1	1	1	1	7	2	3	0.17
P3	0.5	1	1	0.25	8	1	0.25	0.2
P4	0.5	1	4	1	7	1	2	1
P5	0.14	0.14	0.13	0.14	1	0.14	0.13	0.13
P6	0.5	0.5	1	1	7	1	1	2
P7	0.25	0.33	4	0.5	8	1	1	1
P8	0.5	6	5	1	8	0.5	1	1

کارشناس ۴

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	2	1	4	5	5	5	1
P2	0.5	1	1	1	1	4	3	0.5
P3	1	1	1	3	0.25	0.33	0.33	0.2
P4	0.25	1	3	1	2	2	1	1
P5	0.2	1	4	0.5	1	2	2	2
P6	0.2	0.25	3	0.5	0.5	1	1	0.33
P7	0.2	0.33	3	1	0.5	1	1	1
P8	1	2	5	1	0.5	3	1	1

کارشناس ۵

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	2	3	2	0.5	3	0.5	1
P2	0.5	1	3	1	0.33	3	1	2
P3	0.33	0.33	1	0.5	4	0.5	0.25	0.33
P4	0.5	1	2	1	0.5	2	0.5	1
P5	2	3	0.25	2	1	3	1	2
P6	0.33	0.33	2	0.5	0.33	1	0.25	0.33
P7	2	1	4	2	1	4	1	2
P8	1	0.5	3	1	0.5	3	0.5	1

کارشناس ۶

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	2	3	2	4	3	0.5	2
P2	0.5	1	2	2	3	3	0.5	2
P3	0.33	0.5	1	0.33	2	2	0.33	0.33
P4	0.5	0.5	3	1	2	2	2	1
P5	0.25	0.33	0.5	0.5	1	1	0.33	0.5
P6	0.33	0.33	0.5	0.5	1	1	0.33	0.33
P7	2	2	3	0.5	3	3	1	2
P8	0.5	0.5	3	1	2	3	0.5	1

کارشناس ۷

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	7	7	4	8	9	9	5
P2	0.14	1	1	0.17	0.14	0.11	1	1
P3	0.14	1	1	1	4	3	0.17	1
P4	0.25	6	1	1	5	5	0.33	3
P5	0.13	7	0.25	0.2	1	0.2	0.2	0.2
P6	0.11	9	0.33	0.2	5	1	0.17	0.17
P7	0.11	1	6	3	5	6	1	3
P8	0.2	1	1	0.33	5	6	0.33	1

کارشناس ۸

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	0.2	0.2	0.2	1	0.2	1	0.2
P2	5	1	0.33	0.33	5	1	1	1
P3	5	3	1	1	5	1	1	1
P4	5	3	1	1	5	1	1	1
P5	1	0.2	0.2	0.2	1	0.2	0.2	0.2
P6	5	1	1	1	5	1	1	1
P7	1	1	1	1	5	1	1	1
P8	5	1	1	1	5	1	1	1

کارشناس ۹

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	6	6	6	6	6	6	6
P2	0.17	1	6	6	6	6	6	6
P3	0.17	0.17	1	0.17	6	6	0.17	0.17
P4	0.17	0.17	6	1	6	6	6	0.17
P5	0.17	0.17	0.17	0.17	1	0.17	0.17	0.17
P6	0.17	0.17	0.17	0.17	6	1	0.17	0.17
P7	0.17	0.17	6	0.17	6	6	1	0.17
P8	0.17	0.17	6	6	6	6	6	1

کارشناس ۱۰

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	1	1	0.2	5	3	3	2
P2	1	1	1	1	4	4	3	0.5
P3	1	1	1	1	4	3	2	1
P4	5	1	1	1	4	3	2	0.5
P5	0.2	0.25	0.25	0.25	1	0.25	0.25	0.25
P6	0.33	0.25	0.33	0.33	4	1	0.33	0.33
P7	0.33	0.33	0.5	0.5	4	3	1	0.5
P8	0.5	2	1	2	4	3	2	1

کارشناس ۱۱

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	4	5	4	3	6	5	4
P2	0.25	1	3	4	0.5	2	3	2
P3	0.2	0.33	1	4	0.25	2	0.25	0.25
P4	0.25	0.25	0.25	1	0.25	3	3	0.5
P5	0.33	2	4	4	1	3	4	4
P6	0.17	0.5	0.5	0.33	0.33	1	0.25	0.2
P7	0.2	0.33	4	0.33	0.25	4	1	0.5
P8	0.25	0.5	4	2	0.25	5	2	1

کارشناس ۱۲

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	1	3	2	7	5	2	3
P2	1	1	3	0.5	2	2	5	3
P3	0.33	0.33	1	1	3	4	2	1
P4	0.5	2	1	1	3	3	0.33	4
P5	0.14	0.5	0.33	0.33	1	0.2	0.25	0.33
P6	0.2	0.5	0.25	0.33	5	1	0.5	2
P7	0.5	0.2	0.5	3	4	2	1	0.33
P8	0.33	0.33	1	0.25	3	0.5	3	1

کارشناس ۱۳

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	2	3	1	3	2	3	4
P2	0.5	1	1	1	2	2	1	1
P3	0.33	1	1	0.5	3	2	1	2
P4	1	1	2	1	2	1	2	1
P5	0.33	0.5	0.33	0.5	1	0.5	0.5	0.5
P6	0.5	0.5	0.5	1	2	1	1	1
P7	0.33	1	1	0.5	2	1	1	0.5
P8	0.25	1	0.5	1	2	1	2	1

کارشناس ۱۴

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	3	3	1	1	4	1	1
P2	0.33	1	0.33	0.33	0.33	0.33	1	0.33
P3	0.33	3	1	1	1	1	1	1
P4	1	3	1	1	1	1	1	1
P5	1	3	1	1	1	1	2	1
P6	0.25	3	1	1	1	1	1	1
P7	1	1	1	1	0.5	1	1	1
P8	1	3	1	1	1	1	1	1

کارشناس ۱۵

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2	1	1	0.25	0.25	0.25	1	1	1
P3	1	4	1	1	0.25	1	1	1
P4	1	4	1	1	0.25	1	1	1
P5	1	4	4	4	1	4	4	4
P6	1	1	1	1	0.25	1	1	1
P7	1	1	1	1	0.25	1	1	1
P8	1	1	1	1	0.25	1	1	1

کارشناس ۱۶

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	5	4	4	4	6	4	0.2
P2	0.2	1	0.25	0.25	0.33	3	0.5	3
P3	0.25	4	1	0.5	3	2	3	3
P4	0.25	4	2	1	2	0.33	2	2
P5	0.25	3	0.33	0.5	1	2	0.5	3
P6	0.17	0.33	0.5	3	0.5	1	0.5	0.5
P7	0.25	2	0.33	0.5	2	2	1	2
P8	5	0.33	0.33	0.5	0.33	2	0.5	1

کارشناس ۱۷

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	0.33	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
P2	3	1	3	0.33	3	3	0.25	3
P3	4	0.33	1	0.25	0.33	3	4	4
P4	4	3	4	1	4	4	0.25	0.33
P5	4	0.33	3	0.25	1	4	0.25	0.33
P6	4	0.33	0.33	0.25	0.25	1	0.25	0.25
P7	4	4	0.25	4	4	4	1	0.33
P8	4	0.33	0.25	3	3	4	3	1

کارشناس ۱۸

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	0.25	0.33	4	7	0.25	1	3
P2	4	1	3	5	3	3	1	0.5
P3	3	0.33	1	0.5	5	0.33	2	1
P4	0.25	0.2	2	1	5	1	3	2
P5	0.14	0.33	0.2	0.2	1	0.2	0.2	0.2
P6	4	0.33	3	1	5	1	1	1
P7	1	1	0.5	0.33	5	1	1	0.5
P8	0.33	2	1	0.5	5	1	2	1

کارشناس ۱۹

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	4	3	4	8	3	1	1
P2	0.25	1	4	4	3	5	5	5
P3	0.33	0.25	1	1	1	3	1	2
P4	0.25	0.25	1	1	1	4	2	0.5
P5	0.13	0.33	1	1	1	4	4	2
P6	0.33	0.2	0.33	0.25	0.25	1	0.25	2
P7	1	0.2	1	0.5	0.25	4	1	1
P8	1	0.2	0.5	2	0.5	0.5	1	1

کارشناس ۲۰

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	1	1	3	2	7	5	2	3
P2	1	1	3	0.5	2	2	5	3
P3	0.33	0.33	1	1	3	4	2	1
P4	0.5	2	1	1	3	3	0.33	4
P5	0.14	0.5	0.33	0.33	1	0.2	0.25	0.33
P6	0.2	0.5	0.25	0.33	5	1	0.5	2
P7	0.5	0.2	0.5	3	4	2	1	0.33
P8	0.33	0.33	1	0.25	3	0.5	3	1

P1	سطح آب های زیر زمینی
P2	(سینه کار مرکب(زمین متشکل از سنگ و خاک و بولدر ها
P3	کیفیت توده سنگ و هوازدگی
P4	آماس پذیری یا تورم کانی های رسی
P5	نشت گاز به داخل تونل
P6	گسل و شکستگی ها و زون خرد شده
P7	تکرر واحد های زمین شناسی و تغییر کیفیت توده سنگ در مسیر تونل
P8	مچاله شوندگی یاSqueezing

۵ – ماتریس های زوجی نظرات کارشناسان برای پارامترهای شاخص ویژگی های تونل، روش ساخت و دسترسی

کارشناس۲

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
2	0.17	0.2	1	1	0.2	0.2	0.2	0.2	1	v1
2	3	4	4	4	4	0.2	0.2	1	5	v2
2	0.25	4	4	4	0.33	0.33	1	5	5	v3
1	0.25	4	3	2	0.5	1	3	5	5	v4
3	2	3	3	3	1	2	3	0.25	5	v5
0.2	0.33	3	5	1	0.33	0.5	0.25	0.25	1	v6
1	1	0.25	1	0.2	0.33	0.33	0.25	0.25	1	v7
0.33	0.25	1	4	0.33	0.33	0.25	0.25	0.25	5	v8
0.17	1	4	1	3	0.5	4	4	0.33	6	v9
1	6	3	1	5	0.33	1	0.5	0.5	0.5	v10

کارشناس ۱

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
6	0.5	0.33	1	0.33	0.5	3	0.17	0.2	1	v1
6	2	0.25	8	6	2	5	0.2	1	5	v2
7	4	3	8	6	3	4	1	5	6	v3
0.17	0.33	0.25	1	0.25	0.25	1	0.25	0.2	0.33	v4
3	1	0.5	3	0.25	1	4	0.33	0.5	2	v5
5	0.5	0.25	5	1	4	4	0.17	0.17	3	v6
1	0.33	0.17	1	0.2	0.33	1	0.13	0.13	1	v7
1	0.2	1	6	4	2	4	0.33	4	3	v8
4	1	5	3	2	1	3	0.25	0.5	2	v9
1	0.25	1	1	0.2	0.33	6	0.14	0.17	0.17	v10

کارشناس ۴

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
0.33	3	2	0.33	1	3	0.33	0.5	0.33	1	v1
3	1	0.5	2	0.5	3	1	0.5	1	3	v2
7	7	7	7	7	6	0.5	1	2	2	v3
8	1	1	3	4	1	1	2	1	3	v4
1	1	4	1	8	1	1	0.17	0.33	0.33	v5
1	2	0.33	4	1	0.13	0.25	0.14	2	1	v6
3	1	0.5	1	0.25	1	0.33	0.14	0.5	3	v7
3	0.5	1	2	3	0.25	1	0.14	2	0.5	v8
0.33	1	2	1	0.5	1	1	0.14	1	0.33	v9
1	3	0.33	0.33	1	1	0.13	0.14	0.33	3	v10

کارشناس ۳

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
0.5	1	1	1	1	1	1	1	0.5	1	v1
2	0.5	2	1	1	1	0.5	0.5	1	2	v2
2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	v3
1	1	1	1	1	0.5	1	0.5	2	1	v4
0.5	0.5	0.5	2	0.5	1	2	0.5	1	1	v5
1	1	0.5	4	1	2	1	0.5	1	1	v6
0.25	0.25	0.5	1	0.25	0.5	1	0.5	1	1	v7
1	1	1	2	2	2	1	0.5	0.5	1	v8
0.5	1	1	4	1	2	1	0.5	2	1	v9
1	2	1	4	1	2	1	0.5	0.5	2	v10

کارشناس ۵

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
4	2	3	4	4	2	3	0.33	0.25	1	v1
5	3	4	5	5	3	4	2	1	4	v2
4	2	3	4	4	2	3	1	0.5	3	v3
3	0.33	0.33	0.33	0.5	0.33	1	0.33	0.25	0.33	v4
0.33	1	1	0.5	0.33	1	3	0.5	0.33	0.5	v5
3	0.25	0.33	0.33	1	3	2	0.25	0.2	0.25	v6
0.33	1	3	1	3	2	3	0.25	0.2	0.25	v7
7	3	1	0.33	3	1	3	0.33	0.25	0.33	v8
0.2	1	0.33	1	4	1	3	0.5	0.33	0.5	v9
1	5	0.14	3	0.33	3	0.33	0.25	0.2	0.25	v10

کارشناس ۶

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
2	2	1	2	1	1	2	0.5	0.5	1	v1
3	2	1	3	2	2	3	0.5	1	2	v2
3	2	2	3	2	2	2	1	2	2	v3
1	0.5	0.33	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.33	0.5	v4
2	2	1	2	3	1	2	0.5	0.5	1	v5
2	1	1	2	1	0.33	2	0.5	0.5	1	v6
0.33	0.5	0.33	1	0.5	0.5	2	0.33	0.33	0.5	v7
2	1	1	3	1	1	3	0.5	1	1	v8
0.5	1	1	2	1	0.5	2	0.5	0.5	0.5	v9
1	2	0.5	3	0.5	0.5	1	0.33	0.33	0.5	v10

کارشناس ۷

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
0.25	6	6	7	4	4	5	7	4	1	v1
3	5	7	7	4	4	5	5	1	0.25	v2
0.33	0.2	0.33	0.5	0.17	0.2	0.25	1	0.2	0.14	v3
0.17	0.25	0.25	0.33	0.2	0.17	1	4	0.2	0.2	v4
0.25	0.25	1	4	3	1	6	5	0.25	0.25	v5
0.25	0.17	0.25	0.2	1	0.33	5	6	0.25	0.25	v6
0.25	0.33	5	1	5	0.25	3	2	0.14	0.14	v7
0.25	0.25	1	0.2	4	1	4	3	0.14	0.17	v8
5	1	4	3	6	4	4	5	0.2	0.17	v9
1	0.2	4	4	4	4	6	3	0.33	4	v10

کارشناس ۸

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
1	0.2	0.25	0.33	0.2	0.25	0.25	0.2	0.25	1	v1
5	3	4	3	4	3	1	1	1	4	v2
4	3	3	4	3	4	3	1	1	5	v3
3	3	3	1	1	4	1	0.33	1	4	v4
3	3	3	3	3	1	0.25	0.25	0.33	4	v5
0.25	0.33	0.25	0.33	1	0.33	1	0.33	0.25	5	v6
1	0.25	0.25	1	3	0.33	1	0.25	0.33	3	v7
5	4	1	4	4	0.33	0.33	0.33	0.25	4	v8
0.2	1	0.25	4	3	0.33	0.33	0.33	0.33	5	v9
1	5	0.2	1	4	0.33	0.33	0.25	0.2	1	v10

کارشناس ۹

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
6	0.17	0.17	7	6	0.14	7	0.14	0.14	1	v1
7	7	7	7	7	7	7	0.14	1	7	v2
7	7	7	7	7	7	7	1	7	7	v3
0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.14	1	0.14	0.14	0.14	v4
7	7	7	7	7	1	7	0.14	0.14	7	v5
7	7	0.14	7	1	0.14	6	0.14	0.14	0.17	v6
0.14	0.14	0.14	1	0.14	0.14	6	0.14	0.14	0.14	v7
7	7	1	7	7	0.14	6	0.14	0.14	6	v8
7	1	0.14	7	0.14	0.14	6	0.14	0.14	6	v9
1	0.14	0.14	7	0.14	0.14	6	0.14	0.14	0.17	v10

کارشناس ۱۰

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
5	5	5	0.5	0.5	0.5	3	2	7	1	v1
5	1	3	0.5	0.33	0.33	4	0.25	1	0.14	v2
3	3	3	3	3	3	3	1	4	0.5	v3
5	2	2	2	0.33	3	1	0.33	0.25	0.33	v4
0.5	2	0.5	0.5	5	1	0.33	0.33	3	2	v5
5	0.5	0.5	0.5	1	0.2	3	0.33	3	2	v6
5	0.5	0.5	1	2	2	0.5	0.33	2	2	v7
5	1	1	2	2	2	0.5	0.33	0.33	0.2	v8
0.2	1	1	2	2	2	0.5	0.33	1	0.2	v9
1	5	0.2	0.2	0.2	2	0.2	0.33	0.2	0.2	v10

کارشناس ۱۱

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
1	1	5	1	3	4	4	1	1	1	v1
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	1	1	1	v2
3	3	4	4	5	3	3	1	1	1	v3
0.33	0.25	0.33	0.25	0.2	0.33	1	0.33	4	0.25	v4
2	4	5	2	2	1	3	0.33	4	0.25	v5
0.2	0.2	0.2	0.25	1	0.5	5	0.2	2	0.33	v6
0.25	0.25	0.33	1	4	0.5	4	0.25	2	1	v7
6	0.33	1	3	5	0.2	3	0.25	2	0.2	v8
0.2	1	3	4	5	0.25	4	0.33	2	1	v9
1	5	0.17	4	5	0.5	3	0.33	1	1	v10

کارشناس ۱۲

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
3	5	2	2	2	3	1	0.33	0.33	1	v1
1	2	3	5	6	2	2	1	1	3	v2
4	3	2	3	6	2	2	1	1	3	v3
3	5	2	3	3	2	1	0.5	0.5	1	v4
2	1	0.5	5	2	1	0.5	0.5	0.5	0.33	v5
0.33	1	0.5	0.33	1	0.5	0.33	0.17	0.17	0.5	v6
0.33	0.25	0.17	1	3	0.2	0.33	0.33	0.2	0.5	v7
2	0.5	1	6	2	2	0.5	0.5	0.33	0.5	v8
0.2	1	2	4	1	1	0.2	0.33	0.5	0.2	v9
1	5	0.5	3	3	0.5	0.33	0.25	1	0.33	v10

کارشناس ۱۳

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
3	4	4	3	2	3	3	1	3	1	v1
3	2	3	2	2	2	2	0.33	1	0.33	v2
3	3	3	2	2	2	2	1	3	1	v3
2	3	1	0.5	2	2	1	0.5	0.5	0.33	v4
1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.33	v5
0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	v6
3	2	2	1	2	2	2	0.5	0.5	0.33	v7
2	2	1	0.5	2	2	1	0.33	0.33	0.25	v8
3	1	0.5	0.5	2	1	0.33	0.33	0.5	0.25	v9
1	0.33	0.5	0.33	2	1	0.5	0.33	0.33	0.33	v10

کارشناس ۱۴

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v6
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v7
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	v10

کارشناس ۱۵

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
5	5	5	3	3	3	0.33	1	1	1	v1
4	0.33	1	1	3	1	1	1	1	1	v2
5	4	4	4	4	2	2	1	1	1	v3
4	1	2	1	1	4	1	0.5	1	3	v4
4	1	4	4	1	1	0.25	0.5	1	0.33	v5
4	0.33	1	1	1	1	1	0.25	0.33	0.33	v6
1	0.33	1	1	1	0.25	1	0.25	1	0.33	v7
2	0.33	1	1	1	0.25	0.5	0.25	1	0.2	v8
0.5	1	3	3	3	1	1	0.25	3	0.2	v9
1	2	0.5	1	0.25	0.25	0.25	0.2	0.25	0.2	v10

کارشناس ۱۶

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
0.5	3	0.33	3	2	0.33	3	0.2	0.17	1	v1
4	0.33	3	3	0.33	0.5	3	2	1	6	v2
2	0.33	2	0.25	2	2	3	1	0.5	5	v3
0.5	3	0.5	0.5	2	0.33	1	0.33	0.33	0.33	v4
0.33	2	2	0.33	2	1	3	0.5	2	3	v5
0.33	3	0.5	3	1	0.5	0.5	0.5	3	0.5	v6
0.5	0.33	2	1	0.33	3	2	4	0.33	0.33	v7
0.33	3	1	0.5	2	0.5	2	0.5	0.33	3	v8
2	1	0.33	3	0.33	0.5	0.33	3	3	0.33	v9
1	0.5	3	2	3	3	2	0.5	0.25	2	v10

کارشناس ۱۷

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
4	6	6	6	5	3	0.25	4	4	1	v1
2	2	2	4	4	3	0.25	0.25	1	0.25	v2
4	4	4	3	3	3	0.33	1	4	0.25	v3
0.33	1	0.25	1	0.25	4	1	3	4	4	v4
3	2	3	4	0.33	1	0.25	0.33	0.33	0.33	v5
3	3	3	3	1	3	4	0.33	0.25	0.2	v6
0.33	3	3	1	0.33	0.25	1	0.33	0.25	0.17	v7
3	3	1	0.33	0.33	0.33	4	0.25	0.5	0.17	v8
3	1	0.33	0.33	0.33	0.5	1	0.25	0.5	0.17	v9
1	0.33	0.33	3	0.33	0.33	3	0.25	0.5	0.25	v10

کارشناس ۱۸

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
1	1	1	1	1	4	3	2	1	1	v1
1	1	2	2	3	2	2	4	1	1	v2
1	1	1	1	1	0.5	3	1	0.25	0.5	v3
3	1	1	4	2	0.25	1	0.33	0.5	0.33	v4
3	6	6	4	0.25	1	4	2	0.5	0.25	v5
0.2	0.25	6	5	1	4	0.5	1	0.33	1	v6
0.2	0.2	0.2	1	0.2	0.25	0.25	1	0.5	1	v7
2	0.14	1	5	0.17	0.17	1	1	0.5	1	v8
1	1	7	5	4	0.17	1	1	1	1	v9
1	1	0.5	5	5	0.33	0.33	1	1	1	v10

کارشناس ۱۹

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
0.5	0.5	4	5	1	1	0.2	0.14	0.17	1	v1
3	1	0.2	0.2	1	1	4	1	1	6	v2
5	1	2	1	0.25	1	1	1	1	7	v3
4	0.33	2	0.5	1	0.2	1	1	0.25	5	v4
0.33	0.25	2	1	4	1	5	1	1	1	v5
0.33	1	1	3	1	0.25	1	4	1	1	v6
6	6	6	1	0.33	1	2	1	5	0.2	v7
0.17	0.17	1	0.17	1	0.5	0.5	0.5	5	0.25	v8
0.11	1	6	0.17	1	4	3	1	1	2	v9
1	9	6	0.17	3	3	0.25	0.2	0.33	2	v10

کارشناس ۲۰

v10	v9	v8	v7	v6	v5	v4	v3	v2	v1	
1	1	5	1	3	4	4	1	1	1	v1
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	1	1	1	v2
3	3	4	4	5	3	3	1	1	1	v3
0.33	0.25	0.33	0.25	0.2	0.33	1	0.33	4	0.25	v4
2	4	5	2	2	1	3	0.33	4	0.25	v5
0.2	0.2	0.2	0.25	1	0.5	5	0.2	2	0.33	v6
0.25	0.25	0.33	1	4	0.5	4	0.25	2	1	v7
6	0.33	1	3	5	0.2	3	0.25	2	0.2	v8
0.2	1	3	4	5	0.25	4	0.33	2	1	v9
1	5	0.17	4	5	0.5	3	0.33	1	1	v10

هندسه، ابعاد و اندازه تونل	v1
طول	v2
شیب	v3
عمق، روباره ، گوشته کناری و وضعیت تنش اطراف تونل	v4
(.... وجود سازه های تکمیلی(پارکینگ، تقاطع ، دوربرگردان و	v5
پیچیدگی روش ساخت و سطح مکانیزاسیون عملیات تونل سازی	v6
نوع سیستم نگهداری و تحکیمات و خدمات فنی	v7
تعداد و نوع دسترسی	v8
مجاورت با سازه های دیگر	v9
روش حفاری (TBM, D&B,بیل مکانیکی و غیره)	v10

۶ – ماتریس های زوجی نظرات کارشناسان برای پارامترهای شاخص منابع، مصالح و تجهیزات.

کارشناس۱

n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
0.5	0.2	1	0.33	1	1	1	n1
1	0.33	1	0.25	1	1	1	n2
4	3	7	4	1	1	1	n3
5	0.25	6	1	0.25	4	3	n4
1	0.14	1	0.17	0.14	1	1	n5
4	1	7	4	0.33	3	5	n6
1	0.25	1	0.2	0.25	1	2	n7

کارشناس۲

n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
1	1	9	1	0.11	1	1	n1
1	1	9	7	0.25	1	1	n2
1	9	7	6	1	4	9	n3
0.2	0.14	9	1	0.17	0.14	1	n4
0.11	0.11	1	0.11	0.14	0.11	0.11	n5
1	1	9	7	0.11	1	1	n6
1	1	9	5	1	1	1	n7

کارشناس۳

n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
0.5	3	1	0.25	0.25	0.33	1	n1
1	2	1	0.5	0.5	1	3	n2
2	2	1	1	1	2	4	n3
1	2	2	1	1	2	4	n4
0.5	2	1	0.5	1	1	1	n5
0.25	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.33	n6
1	4	2	1	0.5	1	2	n7

کارشناس۴

n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
2	1	7	5	1	1	1	n1
7	1	1	1	1	1	1	n2
1	1	1	1	1	1	1	n3
1	1	1	1	1	1	0.2	n4
1	1	1	1	1	1	0.14	n5
1	1	1	1	1	1	1	n6
1	1	1	1	1	0.14	0.5	n7

کارشناس۵							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
0.5	0.5	2	0.5	0.33	1	1	n1
0.5	0.5	2	3	0.5	1	1	n2
0.33	0.5	2	4	1	2	3	n3
0.33	0.5	0.33	1	0.25	0.33	2	n4
0.5	0.5	1	3	0.5	0.5	0.5	n5
2	1	2	2	2	2	2	n6
1	0.5	2	3	3	2	2	n7

کارشناس۶							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
1	0.33	1	0.33	0.5	1	1	n1
1	0.5	1	1	0.5	1	1	n2
1	1	3	1	1	2	2	n3
1	1	1	1	1	1	3	n4
1	0.5	1	1	0.33	1	1	n5
2	1	2	1	1	2	3	n6
1	0.5	1	1	1	1	1	n7

کارشناس۷							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
7	7	6	4	5	5	1	n1
0.2	0.2	1	1	0.17	1	0.2	n2
8	7	8	5	1	6	0.2	n3
0.2	0.25	1	1	0.2	1	0.25	n4
1	1	1	1	0.13	1	0.17	n5
0.25	1	1	4	0.14	5	0.14	n6
1	4	1	5	0.13	5	0.14	n7

کارشناس۸							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
1	1	1	1	1	1	1	n1
1	0.2	1	1	1	1	1	n2
1	1	1	0.33	1	1	1	n3
1	1	1	1	3	1	1	n4
1	1	1	1	1	1	1	n5
6	1	1	1	1	5	1	n6
1	0.17	1	1	1	1	1	n7

کارشناس۹							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
6	6	6	6	6	6	1	n1
6	6	6	6	6	1	0.17	n2
6	1	6	0.2	1	0.17	0.17	n3
1	1	1	1	5	0.17	0.17	n4
0.17	0.17	1	1	0.17	0.17	0.17	n5
0.17	1	6	1	1	0.17	0.17	n6
1	6	6	1	0.17	0.17	0.17	n7

کارشنا۱۰۱							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
0.33	1	1	1	1	2	1	n1
0.33	0.33	1	1	1	1	0.5	n2
3	2	3	0.5	1	1	1	n3
2	2	3	1	2	1	1	n4
2	2	1	0.33	0.33	1	1	n5
0.33	1	0.5	0.5	0.5	3	1	n6
1	3	0.5	0.5	0.33	3	3	n7

کارشناس۱۱							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
2	4	2	3	1	4	1	n1
0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	1	0.25	n2
3	3	3	3	1	4	1	n3
4	4	1	1	0.33	4	0.33	n4
3	3	1	1	0.33	4	0.5	n5
2	1	0.33	0.25	0.33	2	0.25	n6
1	0.5	0.33	0.25	0.33	2	0.5	n7

کارشناس۱۲							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
2	3	3	3	1	1	1	n1
0.5	1	0.5	0.33	0.25	1	1	n2
2	3	2	0.5	1	4	1	n3
4	2	2	1	2	3	0.33	n4
2	3	1	0.5	0.5	2	0.33	n5
4	1	0.33	0.5	0.33	1	0.33	n6
1	0.25	0.5	0.25	0.5	2	0.5	n7

کارشناس۱۳							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
3	2	4	3	0.33	3	1	n1
2	3	4	3	0.33	1	0.33	n2
2	3	4	3	1	3	3	n3
0.5	0.5	1	1	0.33	0.33	0.33	n4
0.33	0.33	1	1	0.25	0.25	0.25	n5
2	1	3	2	0.33	0.33	0.5	n6
1	0.5	3	2	0.5	0.5	0.33	n7

کارشناس۱۴							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
1	3	2	1	3	4	1	n1
1	1	1	1	1	1	0.25	n2
1	1	1	1	1	1	0.33	n3
1	1	1	1	1	1	1	n4
0.25	0.25	1	1	1	1	0.5	n5
1	1	4	1	1	1	0.33	n6
1	1	4	1	1	1	1	n7

کارشناس۱۵							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
1	1	1	1	1	1	1	n1
0.33	1	1	1	1	1	1	n2
4	1	1	1	1	1	1	n3
0.33	1	1	1	1	1	1	n4
1	1	1	1	1	1	1	n5
1	1	1	1	1	1	1	n6
1	1	1	3	0.25	3	1	n7

کارشناس۱۶							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
3	0.33	3	0.33	3	0.33	1	n1
0.5	3	0.5	3	0.5	1	3	n2
3	0.5	2	0.33	1	2	0.33	n3
0.25	3	0.5	1	3	0.33	3	n4
0.25	3	1	2	0.5	2	0.33	n5
0.33	1	0.33	0.33	2	0.33	3	n6
1	3	4	4	0.33	2	0.33	n7

کارشناس۱۷							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.25	1	n1
4	2	3	0.33	0.33	1	4	n2
4	4	4	4	1	3	5	n3
4	0.33	3	1	0.25	3	5	n4
4	0.33	1	0.33	0.25	0.33	5	n5
4	1	3	3	0.25	0.5	2	n6
1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	n7

کارشناس۱۸							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
0.2	0.33	0.33	0.25	0.33	1	1	n1
0.2	0.25	0.33	1	0.33	1	1	n2
0.33	3	1	1	1	3	3	n3
0.33	0.2	1	1	1	1	4	n4
0.2	0.33	1	1	1	3	3	n5
5	1	3	5	0.33	4	3	n6
1	0.2	5	3	3	5	5	n7

کارشناس۱۹							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
1	0.17	9	0.33	8	0.25	1	n1
1	0.33	1	0.2	9	1	4	n2
1	1	4	4	1	0.11	0.13	n3
1	0.33	0.33	1	0.25	5	3	n4
0.33	0.33	1	3	0.25	1	0.11	n5
2	1	3	3	1	3	6	n6
1	0.5	3	1	1	1	1	n7

کارشناس۲۰							
n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1	
						1	n1
					1		n2
				1			n3
			1				n4
		1					n5
	1						n6
1							n7

میزان و نوع مصالح و تامین به موقع آن	n1
کیفیت و کارایی تجهیزات و ماشین آلات	n2
کمبود نیروی انسانی عادی	n3
سطح مکانیزاسیون تجهیزات	n4
کمبود نیروی انسانی ماهر و متخصص	n5
(خدمات فنی(تهویه و ارتباط و روشنایی	n6
کفایت نقشه های اجرایی و مدت زمان تامین آن ها	n7

۷ – ماتریس های زوجی نظرات کارشناسان برای پارمترهای شاخص فنی، مدیریتی و اجرایی.

کارشناس ۱						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.3	0.333	0.5	0.2	1	1	M1
0.5	0.2	0.333	0.25	1	1	M2
1	1	1	1	4	5	M3
0.2	0.25	1	1	3	2	M4
0.3	1	4	1	5	3	M5
1	4	6	1	2	4	M6

کارشناس ۱						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
9	9	9	9	9	1	M1
0.11	9	1	0.11	1	0.11	M2
1	9	9	1	9	0.11	M3
0.11	0.11	1	0.11	1	0.11	M4
0.11	1	9	0.11	0.111	0.11	M5
1	9	9	1	9	0.11	M6

کارشناس ۴						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
8	8	7	8	0.125	1	M1
1	7	1	9	1	8	M2
1	1	1	1	0.111	0.125	M3
1	1	1	1	1	0.143	M4
1	1	1	1	0.143	0.125	M5
1	1	1	1	1	0.125	M6

کارشناس ۳						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
4	4	4	0.5	0.5	1	M1
3	2	1	0.5	1	2	M2
4	4	3	1	2	2	M3
4	1	1	0.33	1	0.25	M4
4	1	1	0.25	0.5	0.25	M5
1	0.25	0.25	0.25	0.333	0.25	M6

کارشناس ۶						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.5	0.5	0.333	0.33	1	1	M1
0.33	0.5	0.2	0.25	1	1	M2
2	2	2	1	4	3	M3
1	2	1	0.5	5	3	M4
0.5	1	0.5	0.5	2	2	M5
1	2	1	0.5	3	2	M6

کارشناس ۵						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.5	2	1	0.25	0.333	1	M1
4	3	0.5	0.5	1	3	M2
1	4	3	1	2	4	M3
0.5	2	1	0.33	2	1	M4
0.3	1	0.5	0.25	0.333	0.5	M5
1	4	2	1	0.25	2	M6

کارشناس ۸						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
1	1	1	0.5	1	1	M1
0.33	7	1	1	1	1	M2
1	1	1	1	1	2	M3
0.33	1	1	1	1	1	M4
0.33	1	1	1	0.143	1	M5
1	3	3	1	3	1	M6

کارشناس ۷						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
7	7	7	1	7	1	M1
1	7	1	0.17	1	0.143	M2
4	7	7	1	6	1	M3
1	1	1	0.14	1	0.143	M4
1	1	1	0.14	0.143	0.143	M5
1	1	1	0.25	1	0.143	M6

کارشناس ۱۰						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
1	1	1	0.25	1	1	M1
1	2	0.25	0.25	1	1	M2
1	1	1	1	4	4	M3
1	1	1	1	4	1	M4
1	1	1	1	0.5	1	M5
1	1	1	1	1	1	M6

کارشناس ۹						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.2	0.167	6	0.17	0.167	1	M1
6	6	6	0.17	1	6	M2
6	6	6	1	6	6	M3
0.2	0.167	1	0.17	0.167	0.167	M4
0.2	1	6	0.17	0.167	6	M5
1	6	6	0.17	0.167	6	M6

کارشناس ۱۲						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
1	0.5	0.333	0.5	3	1	M1
1	5	0.5	1	1	0.33	M2
0.5	0.5	0.5	1	1	2	M3
5	5	1	2	2	3	M4
0.25	1	0.2	2	0.2	2	M5
1	4	0.2	2	1	1	M6

کارشناس ۱۱						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.3	2	2	0.33	1	1	M1
0.2	6	1	0.5	1	1	M2
0.3	2	3	1	2	3	M3
0.3	0.333	1	0.33	1	0.5	M4
0.3	1	3	0.5	0.167	0.5	M5
1	3	3	4	5	4	M6

کارشناس ۱۴						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
1	1	1	1	1	1	M1
1	1	1	1	1	1	M2
1	1	1	1	1	1	M3
1	1	1	1	1	1	M4
1	1	1	1	1	1	M5
1	1	1	1	1	1	M6

کارشناس ۱۳						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.5	5	4	0.33	3	1	M1
0.3	3	4	3	1	0.333	M2
0.3	5	3	1	0.333	3	M3
0.5	4	1	0.33	0.25	0.25	M4
0.3	1	0.25	0.2	0.333	0.2	M5
1	4	2	3	3	2	M6

کارشناس ۱۶						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.2	4	4	0.14	0.167	1	M1
0.25	2	3	0.2	1	6	M2
2	0.33	0.333	1	5	7	M3
1	0.33	1	3	0.333	0.25	M4
0.33	1	3	3	0.5	0.25	M5
1	3	1	0.5	4	5	M6

کارشناس ۱۵						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
1	1	0.5	0.25	0.25	1	M1
1	1	1	0.33	1	4	M2
1	4	4	1	3	4	M3
3	2	1	0.25	1	2	M4
1	1	0.5	0.25	1	1	M5
1	1	0.333	1	1	1	M6

کارشناس ۱۹						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
1	5	3	1	1	1	M1
0.25	0.33	1	2	1	1	M2
0.2	0.5	0.25	1	0.5	1	M3
0.5	0.5	1	4	1	0.33	M4
0.25	1	2	2	3	0.2	M5
1	4	2	5	4	1	M6

کارشناس ۱۷						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.5	0.5	0.333	3	2	1	M1
0.5	3	0.5	2	1	0.5	M2
2	0.5	3	1	0.5	0.333	M3
0.5	2	1	0.33	2	3	M4
0.3	1	0.5	2	0.333	2	M5
1	3	2	0.5	2	2	M6

کارشناس ۲۰						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.5	2	1	0.25	0.333	1	M1
4	3	0.5	0.5	1	3	M2
1	4	3	1	2	4	M3
0.5	2	1	0.33	2	1	M4
0.25	1	0.5	0.25	0.333	0.5	M5
1	4	2	1	0.25	2	M6

کارشناس ۱۸						
M6	M5	M4	M3	M2	M1	
0.5	1	2	1	0.5	1	M1
1	4	4	4	1	2	M2
0.5	2	2	1	0.25	1	M3
0.5	0.5	1	0.5	0.25	0.5	M4
0.5	1	2	0.5	0.25	1	M5
1	2	2	2	1	2	M6

M1	تجربه تونل‌سازی و آشنایی با روش ساخت
M2	میزان مهارت و دانش فنی تونل‌سازی
M3	میزان روحیه همکاری و تعامل در اجرای پروژه
M4	مدیریت کنترل صحیح منابع، تجهیزات و نیروی انسانی
M5	مدیریت پروژه، تشخیص سطح اهمیت و تعیین مقاطع بحرانی
M6	سطح رعایت استاندارد ها و ظوابط ایمنی

۸- ماتریس‌های زوجی نظرات کارشناسان پارامترهای شاخص مسائل جغرافیایی، اقلیمی و محیط زیستی.

کارشناس ۲							
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
1	1	9	1	9	1	1	A1
9	1	9	1	9	1	1	A2
0.11	0.11	0.11	0.11	1	0.11	0.11	A3
1	1	9	1	9	1	1	A4
0.11	0.11	1	0.11	9	0.11	0.11	A5
1	1	9	1	9	1	1	A6
1	1	9	1	9	0.11	1	A7

کارشناس ۱							
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
8	4	7	3	1	3	1	A1
9	7	6	0.25	1	1	0.13	A2
6	4	3	0.25	1	1	1	A3
9	3	7	1	4	4	0.33	A4
1	0.25	1	0.14	0.33	0.17	0.14	A5
4	1	4	0.33	0.25	0.14	0.25	A6
1	0.25	1	0.11	0.17	0.11	0.13	A7

کارشناس ۴							
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
1	1	1	0.25	0.25	0.33	1	A1
2	1	1	1	1	1	3	A2
4	4	4	1	1	1	4	A3
1	1	4	1	1	1	4	A4
1	1	1	0.25	0.25	1	1	A5
1	1	1	1	0.25	1	1	A6
1	1	1	1	0.25	0.5	1	A7

کارشناس ۳							
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
1	0.5	4	2	1	1	1	A1
0.5	1	0.5	2	1	1	1	A2
3	1	2	2	1	1	1	A3
3	2	1	1	0.5	0.5	0.5	A4
1	0.33	1	1	0.5	2	0.25	A5
4	1	3	0.5	1	1	2	A6
1	0.25	1	0.33	0.33	2	1	A7

کارشناس ۵

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
3	3	2	2	2	5	1	A1
0.5	0.5	0.33	0.33	0.33	1	0.2	A2
2	2	1	1	1	3	0.5	A3
2	3	1	1	1	3	0.5	A4
2	3	1	1	1	3	0.5	A5
0.5	1	0.33	0.33	0.5	2	0.33	A6
1	2	0.5	0.5	0.5	2	0.33	A7

کارشناس ۶

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
4	3	4	3	2	2	1	A1
2	1	2	2	0.5	1	0.5	A2
3	1	1	1	1	2	0.5	A3
1	0.5	1	1	1	0.5	0.33	A4
1	0.5	1	1	1	0.5	0.25	A5
2	1	2	2	1	1	0.33	A6
1	0.5	1	1	0.33	0.5	0.25	A7

کارشناس ۷

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
0.17	1	0.2	0.2	0.25	0.25	1	A1
1	6	7	5	4	1	4	A2
4	7	5	6	1	0.25	4	A3
0.17	7	4	1	0.17	0.2	5	A4
0.14	4	1	0.25	0.2	0.14	5	A5
0.14	1	0.25	0.14	0.14	0.17	1	A6
1	7	7	6	0.25	1	6	A7

کارشناس ۸

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	A1
5	0.2	0.5	0.2	0.2	1	5	A2
5	5	1	5	1	5	5	A3
5	5	3	1	0.2	5	5	A4
1	1	1	0.33	1	2	5	A5
1	1	1	0.2	0.2	5	5	A6
1	1	1	0.2	0.2	0.2	5	A7

کارشناس ۹

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
5	5	5	5	5	5	1	A1
5	5	5	5	5	1	0.2	A2
5	5	5	0.17	1	0.2	0.2	A3
5	5	5	1	6	0.2	0.2	A4
0.14	0.14	1	0.2	0.2	0.2	0.2	A5
5	1	7	0.2	0.2	0.2	0.2	A6
1	0.2	7	0.2	0.2	0.2	0.2	A7

کارشناس ۱۰

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
1	1	1	1	1	1	1	A1
1	1	1	1	1	1	1	A2
3	3	3	1	1	1	1	A3
2	2	0.2	1	1	1	1	A4
1	1	1	5	0.33	1	1	A5
1	1	1	0.5	0.33	1	1	A6
1	1	1	0.5	0.33	1	1	A7

کارشناس ۱۱

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
1	3	3	1	1	1	1	A1
3	3	3	1	1	1	1	A2
1	4	5	5	1	1	1	A3
1	1	1	1	0.2	1	1	A4
1	0.5	1	1	0.2	0.33	0.33	A5
0.5	1	2	1	0.25	0.33	0.33	A6
1	2	1	1	1	0.33	1	A7

کارشناس ۱۲

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
2	6	3	0.5	2	1	1	A1
4	3	3	0.5	2	1	1	A2
4	3	3	0.5	1	0.5	0.5	A3
3	3	2	1	2	2	2	A4
1	2	1	0.5	0.33	0.33	0.33	A5
1	1	0.5	0.33	0.33	0.33	0.17	A6
1	1	1	0.33	0.25	0.25	0.5	A7

کارشناس ۱۳

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
3	2	3	3	0.33	0.33	1	A1
2	3	4	2	0.33	1	3	A2
3	4	3	3	1	3	3	A3
3	2	3	1	0.33	0.5	0.33	A4
1	4	1	0.33	0.33	0.25	0.33	A5
0.33	1	0.25	0.5	0.25	0.33	0.5	A6
1	3	1	0.33	0.33	0.5	0.33	A7

کارشناس ۱۴

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
1	1	1	3	2	1	1	A1
1	1	5	1	1	1	1	A2
6	4	6	1	1	1	0.5	A3
1	1	1	1	1	1	0.33	A4
0.17	0.17	1	1	0.17	0.2	1	A5
1	1	6	1	0.25	1	1	A6
1	1	6	1	0.17	1	1	A7

کارشناس ۱۵

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
5	4	5	1	1	1	1	A1
4	4	4	1	1	1	1	A2
5	5	5	1	1	1	1	A3
5	5	5	1	1	1	1	A4
1	5	1	0.2	0.2	0.25	0.2	A5
1	1	0.2	0.2	0.2	0.25	0.25	A6
1	1	1	0.2	0.2	0.25	0.2	A7

کارشناس ۱۶

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
0.2	3	3	4	5	4	1	A1
0.25	0.33	0.2	0.25	0.17	1	0.25	A2
4	0.25	0.33	0.25	1	6	0.2	A3
4	2	0.25	1	4	4	0.25	A4
3	0.14	1	4	3	5	0.33	A5
0.17	1	7	0.5	4	3	0.33	A6
1	6	0.33	0.25	0.25	4	5	A7

کارشناس ۱۷

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
4	2	3	0.33	3	3	1	A1
5	5	5	3	4	1	0.33	A2
6	4	4	4	1	0.25	0.33	A3
5	5	6	1	0.25	0.33	3	A4
5	0.17	1	0.17	0.25	0.2	0.33	A5
4	1	6	0.2	0.25	0.2	0.5	A6
1	0.25	0.2	0.2	0.17	0.2	0.25	A7

کارشناس ۱۸

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
4	4	0.5	3	3	2	1	A1
0.2	0.33	0.25	5	3	1	0.5	A2
5	0.25	4	3	1	0.33	0.33	A3
6	0.25	2	1	0.33	0.2	0.33	A4
0.17	0.2	1	0.5	0.25	4	2	A5
5	1	5	4	4	3	0.25	A6
1	0.2	6	0.17	0.2	5	0.25	A7

کارشناس ۱۹

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
1	3	4	1	1	3	1	A1
5	1	3	3	3	1	0.33	A2
0.2	0.17	0.33	1	1	0.33	1	A3
1	0.33	0.2	1	1	0.33	1	A4
5	5	1	5	3	0.33	0.25	A5
1	1	0.2	3	6	1	0.33	A6
1	1	0.2	1	5	0.2	1	A7

کارشناس ۲۰

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
3	2	3	3	0.33	0.33	1	A1
2	3	4	2	0.33	1	3	A2
3	4	3	3	1	3	3	A3
3	2	3	1	0.33	0.5	0.33	A4
1	4	1	0.33	0.33	0.25	0.33	A5
0.33	1	0.25	0.5	0.25	0.33	0.5	A6
1	3	1	0.33	0.33	0.5	0.33	A7

سطح قوانین و استاندارد های محیط زیستی	A1
میزان بارندگی و نزولات جوی	A2
دما و وضعیت آب و هوایی	A3
ارتفاع از سطح دریا و وضعیت توپوگرافی	A4
میزان مجاورت با مناطق شهری و مسکونی	A5
پتانسیل حادسه خیزی و حوادث قهری	A6
معارضین انسانی ، طبیعی و سیاسی	A7

Abstract

In the present study, identification, evaluation and zoning of factors affecting delay in tunneling projects with a special look at rock engineering factors are presented with a model for predicting the delay of various tunnel projects. The main objective of this research can be to provide appropriate solutions for reducing delays in tunnel construction projects, and subsequently reducing the costs and consequences of delay, which ultimately leads long-term economic and executive planning in different levels of the country approach to the reality. First, previous studies have been carried out. The most important parameters affecting on delay in tunneling projects have been determined with respect of the articles, theses, publications. Also review of the documents and reports on a case study are provided. The identified factors included 55 parameters in 7 main indicators: 1- Contract finance and approval of projects 2- Geographical, climatic and environmental issues 3. Features of the tunnel, method of construction and access 4. Technical, managerial and executive issues 5. Specific Native Issues in Iran 6. Resources, Materials and Equipment 7. Geological phenomena and rock engineering. The Delphi Fuzzy Analytical Hierarchy (FDAHP) method has been used to evaluate and prioritize the determination of the parameters. The weight and importance of each of the parameters affecting the industry's delays is specified. The greatest weight was related to parameters about the social and individual professional ethics, as well as some factors of geology and rock engineering such as slope, groundwater level, squeezing, and change in geological conditions. In the following, the new classification system was presented by the results. This system, called Delayed Tunneling Index (DT), is obtained by the determination of the level of each parameters for the tunnel in view of the classifications provided. The system gives a total score of 0 to 100 for each tunnel. The delays of each tunnel are classified in six classes: very low, low, moderate, high, very high and overly.

After introducing a new classification system, in order to evaluate the efficiency of the information classification system, 11 tunnels with different characteristics were collected from the Tehran-North highway's Tunnel and were graded using the classification system. To validate the results, the index of delay was compared with the average drilling of each tunnel. Validation results show the optimal level of the system presented. These results are acceptable in more than 70% of tunnels and are consistent with the average drilling of each tunnel.

Keywords: Delays in tunneling projects, Delphi fuzzy Analytical Hierarchy, Indicator

of Delays, Tehran North highway, Classification, Prioritizing the effective parameters on delays

Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum & Geophysics Engineering

MSc Thesis in Tunnel and Underground Spaces Engineering

Identification, Assessing and defining the delay factors in tunneling projects with a special look at rock engineering factors. Case study Tehran-shomal freeway

By: Mohamad Javad hasanimehr

Supervisor:

Dr. Mohammad Ataei

Dr. Morteza Javadi

Advisor:

Amir Farzad Daneshfar

Januery 2019