



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

1242P-NWWCE

## ارزیابی اقتصادی در ساخت دستگاه لوله رانی ۱۸۰۰ میلی متر در طرح جامع آبرسانی شهر

تهران

محمد زینالی<sup>۱\*</sup>، علیرضا فرجی<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی مهندسی مکانیک، آب و فاضلاب استان تهران، کارشناس فنی

۲- کارشناس ارشد مکانیک، دانشگاه فنی امیرکبیر اراک، مربی

Engzeinali@gmail.com

### خلاصه

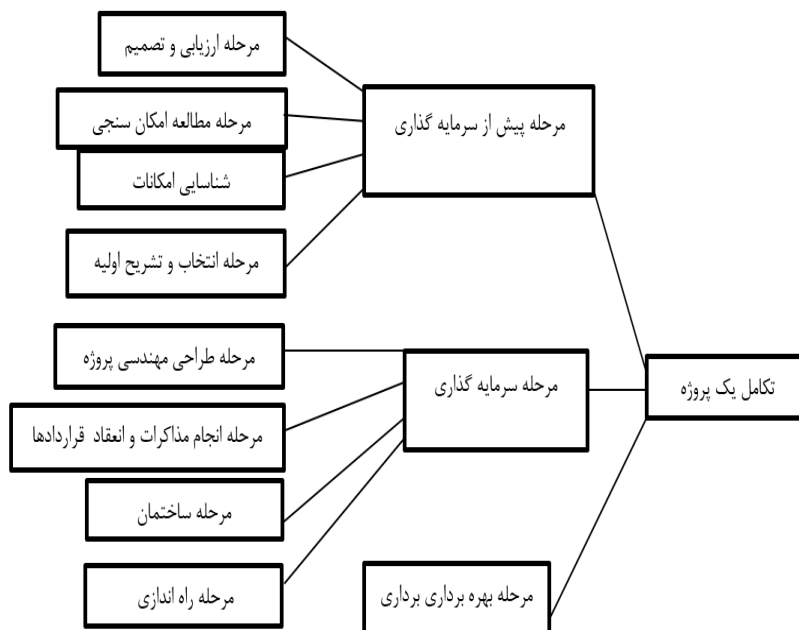
به همان میزان که تکنولوژی های صنعتی افزایش می یابد تصمیم گیری های اقتصادی نیز مشکل تر و حساس تر می گردد. با پیشرفت تکنولوژی و تحولات اجتماعی، لزوم استفاده از تکنولوژی در اجرای سازه های ساخت دست بشر بیشتر می شود. لوله رانی روشی برای نصب خطوط لوله های زیرزمینی بدون ایجاد مزاحمت برای تأسیسات روزمینی و قطع ترافیک عبوری از سطح زمین می باشد که در مقایسه با روش های حفاری ترانشه روباز هم اقتصادی تر (به دلیل عدم نیاز به قطع ترافیک و حجم خاک برداری کمتر) و هم امن تر (عدم نیاز به حفاظت ترانشه) می باشد. در این مقاله با توجه به پروژه های اجرا شده در شهر تهران و بر اساس اصول اقتصاد مهندسی به وسیله آنالیز حساسیت و روش ارزش کنونی به تخمین قیمت تمام شده پروژه، با توجه به هزینه تجهیزات، نیروی انسانی و مدت پروژه که بر هزینه های سربار اثر می گذارد به ارزیابی اقتصادی پرداخته و نقطه بهینه هزینه ها در استفاده از دستگاه لوله رانی محاسبه شده است.

**کلمات کلیدی:** ارزش فعلی، دستگاه حفار، تخمین خوش بینانه، تخمین بدبینانه، تخمین محتمل، عمر اقتصادی، نرخ بازگشت سرمایه، نقطه سر به سر

### ۱. مقدمه

دوره های تکامل یک پروژه از نقطه نظر اقتصادی شامل مراحل پیش از سرمایه گذاری، سرمایه گذاری و بهره برداری یا خدمات است (شکل ۱) [۱]. هر یک از این سه مرحله خود به دوره هایی قابل تقسیم است که برخی از آنها دربرگیرنده فعالیت های صنعتی مهمی هستند. در بررسی های اولیه چنانچه مراحل اولیه مطالعات پیش از سرمایه گذاری به نتیجه ی قابل اطمینان و حاکی از عملی بودن طرح منتهی شود، مرحله راه اندازی و برنامه ریزی اجرایی طرح آغاز شود. جهت بررسی های ارزیابی و تصمیم گیری، مطالعات کمی و عملی، جزئی از مرحله تدوین پروژه می باشد. مطالعه ی شناسایی امکانات، اغلب دارای ماهیتی اختصاری است و بیش تر مبتنی بر مجموعه ای از برآوردها بر اساس نتایج پروژه های مشابه استخراج می گردد. اهداف اصلی این بررسی ها تنها شناسایی جنبه های اصلی سرمایه گذاری در یک صنعت پیشنهادی همراه با تعیین سریع و کم هزینه یک سرمایه گذاری احتمالی است. در مورد یک بخش و یا منبع هرگاه بررسی امکانات، حاوی داده های کافی مبنی بر اینکه می توان مطالعه امکان سنجی را آغاز کرد و یا براساس داده های مزبور به این نتیجه رسید که باید از بررسی پروژه صرف نظر کرد. این مطالعات با جنبه های حیاتی یک پروژه ارتباط می یابد و نتایج حاصل باید به اندازه کافی واضح باشد تا به مراحل بعدی پروژه جهت دهد. مطالعه امکان سنجی برای اتخاذ تصمیم در مورد سرمایه گذاری در یک پروژه صنعتی باید متضمن مبنای فنی، اقتصادی و بازرگانی باشد. این مطالعه باید عوامل مهمی را که با تولید یک محصول بخصوص ارتباط دارد همراه با روش های جایگزین برای تولید این محصول، معین و آن ها را تحلیل کند. این گونه مطالعات باید طراحی با ظرفیت مشخص و در محل خاص با استفاده از تکنولوژی ویژه یا تکنولوژی هایی که با مواد یا نهادهایی خاصی ارتباط دارد و با هزینه های سرمایه گذاری، تولید و درآمد اجرا را معین و ارائه نماید. غالباً خلاصه ای از وضع یک پروژه که برای تجهیزات یا انتخاب تکنولوژی ویژه ای تهیه می گردد، مطالعه امکان سنجی نامیده می شود. این اطلاعات مبنی بر اطلاعات بازار

و یا متکی بر مواد اولیه می‌باشد. به این معنی که ابتکاراتی که در مطالعه امکان‌سنجی به کار می‌آید یا برگرفته از تقاضای موجود و متکی بر آن است و یا فرضی است و یا ناشی از وضعیت مواد اولیه می‌باشد. این مطالعات هدف نیست بلکه وسیله‌ای است برای اتخاذ تصمیم برای سرمایه‌گذاری که این تصمیمات به لزوم نباید موافق با نتایج حاصل از مطالعه باشد. با وجود اینکه هزینه‌های سرمایه‌گذاری و ساخت و اجرا را حتی الامکان باید دقیق فرض کرد، هزینه و زمانی که برای کسب داده‌ها صرف می‌شود، همیشه قابل توجه نیست و گاهی ممکن است که گروه تهیه‌کننده بر مفروضات تکیه نماید و اگر این ترتیب مورد محل قرار گیرد باید موضوع در مطالعه‌ی امکان‌سنجی ذکر گردد.



شکل ۱- دوره‌های تکامل یک پروژه از نقطه نظر اقتصادی

این مطالعات توسط گروهی از کارشناسان انجام می‌گردد و افراد بایستی دارای تجارب و اطلاعات کافی در زمینه‌ی پروژه را داشته باشند. برای سهولت در ارائه مطالب، نتایج و بررسی‌ها در ذیل تلخیص می‌گردد به طوری که تمام موارد مهم مطالعه را در بر گیرد.

## ۲. سابقه و تاریخچه پروژه‌های لوله رانی

با پیشرفت تکنولوژی و تحولات اجتماعی، لزوم استفاده از تکنولوژی در اجرای سازه‌های ساخت دست بشر بیشتر می‌شود [۲]. لوله رانی روشی برای نصب خطوط لوله‌های زیرزمینی بدون ایجاد مزاحمت برای تأسیسات رو زمینی و قطع ترافیک عبوری از سطح زمین می‌باشد. این روش برای نصب لوله‌های بتنی به منظور زه‌کشی آب‌های سطحی و یا شبکه آب و فاضلاب شهری در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش لوله رانی یک شیوه‌ی بسیار مناسب و اقتصادی برای مسیرهای کوتاه خط لوله (فواصل حدود ۱۵۰ متر الی ۳۵۰ بین ایستگاههای استقرار جک) و جهت عبور خط لوله از زیر تأسیسات شهری، راه‌های اصلی، راه‌آهن و خاکریزها می‌باشد که در مقایسه با روش‌های حفاری ترانشه روباز هم اقتصادی‌تر (به دلیل عدم نیاز به قطع ترافیک و حجم خاک‌برداری کمتر) و هم امن‌تر (عدم نیاز به حفاظت ترانشه) می‌باشد. امروزه به دلیل افزایش تراکم ساختمان‌ها و تأسیسات شهری و ترافیک موتوری ناشی از گسترش شهرها و افزایش جمعیت شهرنشینی این روش نصب به عنوان یک راه‌حل اقتصادی و مناسب جایگزین روش‌های سنتی نصب لوله که همان حفاری ترانشه باز می‌باشد، باب گردیده است. در ذیل برخی از دلایلی که پروژه‌های لوله رانی نسبت به حالت‌های ترانشه باز برتری دارد اشاره می‌گردد [۳].

## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

- فراهم آوردن هزینه ی مؤثر به عنوان راه حلی مدرن

- کمترین حرکات زمین (۵٪ کمتر)

- کاهش دادن موادی که حفاری می شود نسبت به حالتی که ترانشه باز است؛ زیرا که تنها به اندازه قطر لوله حفاری می شود.

- ایمنی برای ساختمان ها و محیط به خاطر عدم زهکشی در طول و بعد از اجرا

- به کار گیری کامل لوله در زمین بدون هیچ گونه فرورفتگی

- مقاومت لوله ها معمولاً از حالت ترانشه باز بیشتر است

- عایق آبی کامل لوله ها

- مقاومت بالا در برابر بارهای دینامیکی به علت ساپورتینگ منظم زمین و ریسک کمتر در برابر زلزله

- عدم نیاز به روکش دهی ثانویه

- قابل قبول برای بیشتر خاک ها و شرایط ها

- قابل اجرا در هر عمقی و افزایش عمر لوله ها

روش مذکور اولین بار در دنیا اواخر دهه ۱۹۲۰ برای جک نمودن لوله های بتنی مورد استفاده قرار گرفت. سابقه اولین لوله رانی در ایران در سال ۱۹۹۰ توسط شرکت تدبیر طرح پیمان در پروژه انتقال آب میان دو آب- تبریز با لوله های به قطر ۲۰۰۰ میلی متر میباشد که با ابتدائی ترین روش حفاری انجام گردید. در سال ۱۹۹۱ اولین حفاری با ماشین به نوع ابتدائی و با استفاده از سپر محافظ انجام گردید. پس از آن شرکت های حفاری افقی متفاوتی در ایران رشد یافتند و امروزه این شرکت های حفاری افقی در زمینه لوله رانی فعالیت خود را انجام می دهند. از پروژه های جاری مجموعه قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء- مؤسسه اروندان، پروژه آبرسانی به شهر تهران می باشد. کارفرمای این پروژه شرکت آب و فاضلاب استان تهران است. با توجه به حوزه های اجرایی این پروژه خط لوله، در محدوده هایی از فرآیند لوله رانی استفاده می گردد. در ابتدای امر اجرای پروژه های لوله رانی توسط پیمانکاران انجام می گردید. پس از برگزاری یک مناقصه از بین شرکت ها، شرکت تدبیر طرح پیمان با مبلغ ۳/۳ میلیون تومان برنده اعلام شد.

### ۱-۲. تجهیزات و مواد جهت انجام پروژه لوله رانی

در لوله رانی از جک های هیدرولیکی به همراه ابزارهای خاص حفاری جهت راندن لوله های با طراحی خاص استفاده می شود (شکل ۲). در این فرآیند لوله ها به صورت قطعه قطعه از محل شروع شفت ارسال به وسیله جک های هیدرولیکی که در نظر گرفته شده است به لوله ای که داخل قرار گرفته و کار برش را انجام می دهد متصل می شود. لوله ها در پشت سپر قرار گرفته و همزمان با حفاری به درون زمین رانده می شوند. حاصل این روش، احداث یک خط لوله انعطاف پذیر، ناتراوا و به لحاظ سازه ای مقاوم، بدون حفاری و باز کردن ترانشه می باشد. در این روش اقطار لوله متغیر و سیستم های حفاری گوناگونی شامل دستی، مکانیکال و کنترل از راه دور را می توان استفاده کرد. تجهیزات و مواد مورد نیاز در اجرای یک پروژه لوله رانی شامل موارد مذکور در جدول ۱ می باشد.



شکل ۲- دستگاه حفار لوله رانی و سیستم جک در غلاف گذاری

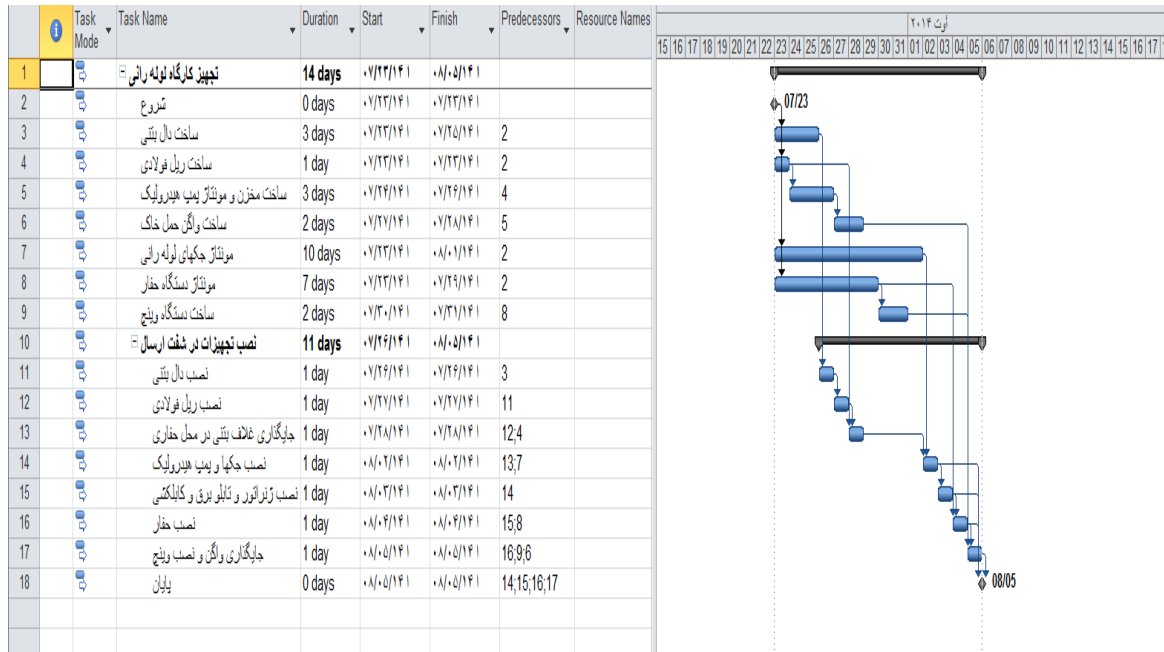
جدول ۱ - اهم تجهیزات و مواد جهت اجرای پروژه لوله رانی توسط مجموعه

سایر موارد	دستگاه حفار	سامانه هیدرولیکی	سامانه ایجاد شفت
<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- وینچ و سیم بکسل</li> <li>۲- ۵ یزل - ژنراتور</li> <li>۳- جرثقیل</li> <li>۴- گاری</li> <li>۵- کابل برق</li> <li>۶- لامپ</li> <li>۷- سوخت</li> <li>۸- آب</li> <li>۹- بتنویت</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- گیربکس</li> <li>۲- الکتروموتور</li> <li>۳- تسمه و یاتاقان</li> <li>۴- ویراتور</li> <li>۵- آهن های پروفیل</li> <li>۶- لوله فولاد آلیاژی</li> <li>۷- تیغه های آلیاژی با روکش الماسه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- جک هیدرولیکی</li> <li>۲- مخزن روغن و روغن</li> <li>۳- شیرآلات</li> <li>کنترلی، گیج و شیلنگ</li> <li>۴- تابلو برق و کلیدها</li> <li>۵- پمپ هیدرولیک</li> <li>۶- تجهیزات جوشکاری</li> <li>۷- چهارچوب لوله رانی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- بیل مکانیکی</li> <li>۲- تجهیزات تولید بتن</li> <li>۳- ماشین سنگین (کمپرسی)</li> <li>۴- ماشین سبک</li> <li>۵- کانکس و تجهیز کارگاه</li> </ul>

۲-۲. طراحی پروژه

در ابتدا مستلزم است دامنه کاری پروژه مشخص گردد، و تمام فعالیت‌هایی که برای تأمین، تحویل و سرمایه‌گذاری های فرعی زیر بنایی است را در برگرد (شکل ۳) [۴]. این برداشت جامع به تصمیم‌گیری در این باره که چه هزینه‌هایی باید صورت گیرد، کمک می‌کند. از سوی دیگر جایگزین های فنی در مطالعات مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا بهترین تکنولوژی برای مجموعه انتخاب شود.<sup>۱</sup> طرح های عملیاتی و فیزیکی به عنوان مبانی تشخیص دامنه پروژه و کارهای آتی به کار گرفته می‌شود. انتخاب و تأمین تکنولوژی باید با انتخاب ماشین آلات و تجهیزات هماهنگ شود؛ زیرا مسأله تکنولوژی با تکنیک های اجرایی انتخاب شده ارتباط نزدیک دارد. امکان تحصیل تکنولوژی تا حد زیادی بستگی به ماهیت و پیچیدگی تکنیک های آن دارد و دانش فنی مربوط به آن جزء اصلی و لازم، از عرضه تجهیزات و تحصیل تکنولوژی می‌باشد.

<sup>۱</sup>-در دفترچه طراحی مفهومی ساخت دستگاه لوله رانی اطلاعات مربوط به انتخاب انواع ماشین های حفار بررسی شده است.



شکل ۳ - برنامه زمانبندی اجرای یک پروژه لوله رانی

### ۳-۲. سازمان اجرایی (نیروی انسانی) و هزینه‌های سربار

در اجرای یک پروژه لوله رانی، لازم است نیروی انسانی مورد نیاز برای پروژه در سطوح مختلف مشخص گردد. اجرا و سایر فعالیت‌های مرتبط هماهنگ با نیازهای مهارتی و آموزشی در سطوح مختلف و در طی مراحل متفاوت پروژه ارزیابی می‌شود. در ذیل چارت سازمانی نیروی انسانی<sup>۱</sup> مربوط به اجرای پروژه‌های لوله رانی ارائه شده است. اپراتور دستگاه نیروی کاری با تجربه ای است که اطلاعات کافی پیرامون برق و مکانیک در زمینه ماشین حفاری و جک های هیدرولیکی داشته و سابقه انجام کار در پروژه‌های لوله رانی را دارد. شایان ذکر است در انجام پروژه‌های لوله رانی، نیروی اپراتور با تجربه بخش مهمی از تأمین نیروی انسانی می‌باشد (شکل ۴).

در جدول ۲ برآورد هزینه‌های مربوط به دستمزد گروه اجرایی لوله رانی ارائه شده است:

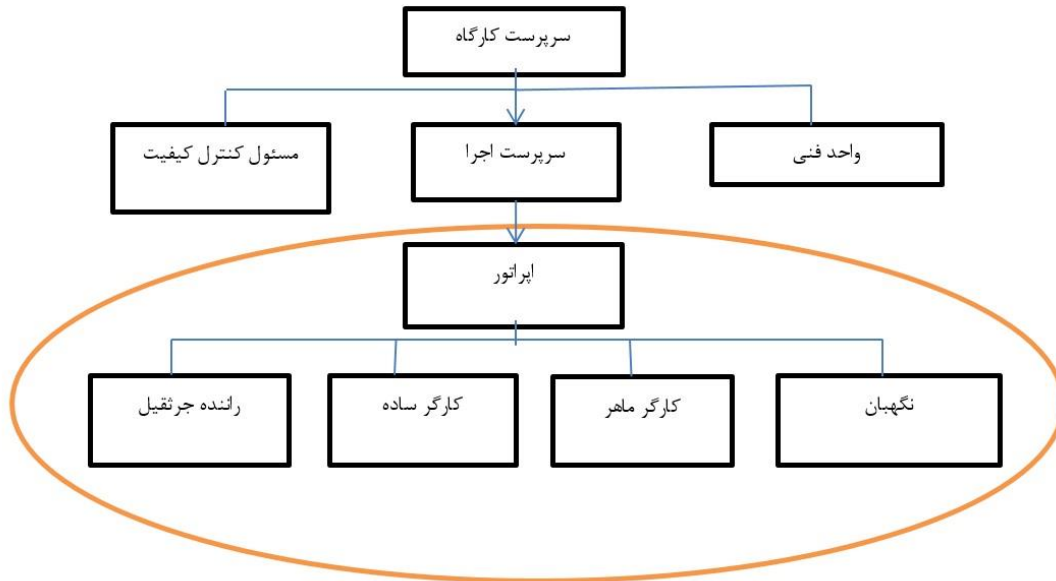
جدول ۲ - برآورد هزینه نیروی انسانی اجرا

دستمزد	انواع استخدام (ثابت)		انواع استخدام (متغیر)		قسمت
	غیر بومی	بومی	غیر بومی	بومی	
۱,۰۰۰,۰۰۰ ریال	-	-	-	×	اپراتور فنی
۳۰۰,۰۰۰ ریال	-	-	-	×	کارگر ماهر
۲۵۰,۰۰۰ ریال	-	-	-	×	کارگر ساده
۵۸۰,۰۰۰	-	-	-	-	نگهبان <sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>- Project organization

<sup>۲</sup>-از دو شیفت نگهبان در روز استفاده می‌شود.

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران  
 دانشگاه تهران، تهران  
 ۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



شکل ۴ - چارت نیروی انسانی لوله رانی

شایان ذکر است برخی از هزینه‌های دیگر مانند تعمیرات و نگهداری، هزینه‌های جابجایی، نیروهای انسانی دیگر درگیر در کار، بیمه و سنوات نیروها، هزینه لباس و کفش کار و سایر مواردی که لحاظ نشده است به عنوان ضریب بالاسری لحاظ می‌گردد. مقدار این ضریب در مرحله ساخت و اجرای پروژه ۲۵٪ اعمال می‌شود.

## ۲-۴. اجرای پروژه

در ابتدای یک پروژه برای ایجاد شفت بایستی عمقی از خاک حفاری گردد [۵]. برخی از این هزینه‌ها به نوع خاک (خاک نرم، صخره و...)، توپوگرافی منطقه از لحاظ (رودخانه ها، کوه ها، تنگناها و...)، موقعیت های مکانی سطح زمین مانند (جاده، ساختمان، فضای سبز و...) و بررسی موقعیت های زیر زمین مانند (فونداسیون عمیق ساختمان‌ها، سایر وسائل نقلیه، کابل‌ها و لوله‌های...) بستگی دارد. در جدول ۳ هزینه‌های مالی در هر قسمت از اجرا در صورتی که توسط مجموعه انجام شود بطور کلی ارائه شده است.

جدول ۳ - برآورد هزینه‌های اجرای لوله رانی

واحد بها	برآورد هزینه	فعالیت‌های اصلی	فعالیت‌ها فرعی	ردیف
میلیون تومان	۱۳۵/۴۷۰	ساخت، خرید و مونتاژ	ساخت دستگاه پاپ جکینگ	۱
میلیون تومان	۱/۴۵۰	تجهیز کارگاه	تجهیز کارگاه و حفاری شفت ارسال*	۲
			نصب و راه‌اندازی جرثقیل، جکها و حفار	۳

			انتقال غلافهای بتنی کنار شفت	۴
میلیون تومان	۰/۶۰۶	حفاری تونل و غلاف گذاری (هر متر)	حفاری تونل و قراردادن غلافهای بتنی در تونل	۵
			حفاری شفت دریافت	۶
میلیون تومان	۰/۴۴۰	لوله گذاری فولادی (هر متر)	لوله رانی لوله های فولادی	۷
			جوشکاری لوله های فولادی و تستها و عایقکاری	۸
میلیون تومان	۰/۱۲	بتن ریزی (هر متر)	بتن ریزی بین لوله ها و غلافهای بتنی	۹
* برخی از هزینه ها مانند خرید کانکس، سیستم بهداشتی و توری راکت شیلد از هزینه های ثابت و در هزینه ساخت و خرید در نظر گرفته شده است				

## ۵-۲. ارزیابی مالی و اقتصادی پروژه

با اهمیت ترین نوع تصمیم گیری برای هر مدیر؛ معرفی اقتصادی ترین نوع پروژه با انتخاب یکی از تکنیک های اقتصاد مهندسی و کاربرد آن می باشد [۷۰]. در این گزارش هزینه های مربوط به اجرای پروژه و ساخت و خرید تجهیزات لوله رانی مشخص گردید. قدم اول محاسبه عمر اقتصادی دستگاه حفاری می باشد. رویکرد تعیین عمر اقتصادی که اغلب تحت عنوان تجزیه و تحلیل تعیین عمر اقتصادی با توجه به حداقل هزینه نامیده می شود، به این ترتیب است که مقدار عمر پروژه از صفر تا حداکثر عمر مورد انتظار افزایش داده و بر اساس رابطه هزینه یکنواخت<sup>۱</sup>، حداقل هزینه، عمر اقتصادی دستگاه می باشد.

$$A = P_T \times (A/P, i\%, n) + A_G \times (F/A, i\%, n) \quad (1)$$

A = هزینه کل یکنواخت سالانه

P = هزینه ثابت اولیه

A<sub>G</sub> = هزینه یکنواخت سالانه

$(A/P, i\%, n)$  = فاکتور بازافت سرمایه

$(F/A, i\%, n)$  = فاکتور پرداخت مساوی برای مقدار مرکب

نتایج محاسبات اقتصادی رابطه (۱) در جدول ۴ ارائه شده است:

<sup>1</sup> Constant cost



جدول ۴ - برآورد عمر اقتصادی دستگاه حفار و جک لوله رانی

سال	هزینه یکنواخت	هزینه تعویض و تعمیرات	هزینه کل
1	152444.2	1760	154204.2
2	82515.67	2059.2	84574.87
3	59417.56	2409.264	61826.83
4	48024.92	2818.839	50843.76
5	41312.1	3298.041	44610.14
6	36936.73	3858.709	40795.44
7	33894.55	4514.689	38409.24
8	31683.12	5282.186	36965.3
9	30023.09	6180.158	36203.25
10	28746.67	7230.785	35977.45
11	27746.96	8460.018	36206.98

با توجه به نتایج محاسبات عمر اقتصادی دستگاه ده سال در نظر گرفته می‌شود. در پاره‌ای از مقایسه‌های اقتصادی یک یا تعداد بیشتری از عناصر هزینه به صورت تابعی از عوامل دیگر می‌باشند. روش ارزش فعلی<sup>۱</sup> یک فرآیند مالی، تبدیل کلیه دریافت‌ها و پرداخت‌ها به ارزش فعلی در زمان حال یا مبدأ پروژه می‌باشد. بر همین اساس با فرض اجرای کار در دو پروژه ۷۰ متری لوله رانی مقایسه‌ای انجام گردید. در شکل ۵ تحلیل سربه‌سر بین دو طرح نشان داده می‌شود. در ابتدای پروژه یک هزینه اولیه جهت خرید و ساخت تجهیزات صرف شده است. اجرای این فرآیندها بر مبنای زمان‌بندی کنترل پروژه انجام می‌شود. پس از آن برای جابجائی تجهیزات و ایجاد شفت ارسال یک هزینه توسط مجموعه انجام می‌شود. هزینه‌های دیگر مربوط به غلاف گذاری، لوله رانی لوله آب بر اصلی و جوشکاری آن و تزریق بتن در مرحله پایانی می‌باشد. پرداخت‌های مالی به پیمانکار در چند روز ابتدائی ساخت هزینه ای ندارد. بر اساس صورت وضعیت تهیه شده هزینه‌ها شامل تجهیز و برچیدن کارگاه، غلاف گذاری، لوله رانی لوله آب بر اصلی و جوشکاری آن و تزریق بتن می‌باشد. در بررسی‌های اقتصادی مشاهده می‌شود با اجرای ۷۰ متر از پروژه لوله رانی با عدم اعمال ضریب بالاسری پس از اتمام ۷۰ متر غلاف گذاری و در اجرای لوله رانی لوله آب بر اصلی، هزینه‌های پرداختی به پیمانکار و هزینه ساخت و اجرا توسط مؤسسه با هم برابر می‌شود (نقطه A). با اعمال ضریب بالاسری ۲۵٪ در اجرای ۷۰ متر اول لوله رانی، مجموعه ۲/۷۵ میلیون تومان ضرر می‌کند. شایان ذکر است معمولاً بر اساس تجربه پس از هر ۷۰ متر، عموماً هزینه ای بابت تعویض ناخن‌های دستگاه حفار انجام می‌شود.<sup>۲</sup> مقدار این هزینه برای پرداخت به پیمانکار صفر می‌باشد. با اجرای هفتاد متر دوم از لوله رانی پروژه جامع آبرسانی شهر تهران، و اعمال ۲۵٪ ضریب بالاسری، هزینه‌های ساخت و اجرا با هزینه‌های پرداختی به پیمانکار برابر می‌شود (نقطه B). با بررسی نمودارها مشخص است در اجرای هفتاد متر دوم، با فرض عدم مشکلات برای دستگاه و روند اجرای کار<sup>۳</sup>، هزینه‌های ساخت و اجرا با شیب نسبتاً ثابتی (پله‌ای و شیب دار) افزایش می‌یابد و در مقایسه با هزینه‌های اجرای کار توسط پیمانکار در صرفه اقتصادی، هزینه کمتری قرار دارد.

<sup>۱</sup> Present value

<sup>۲</sup> - هزینه تعویض ناخن و جابجائی ۴۴/۰ میلیون تومان می‌شود

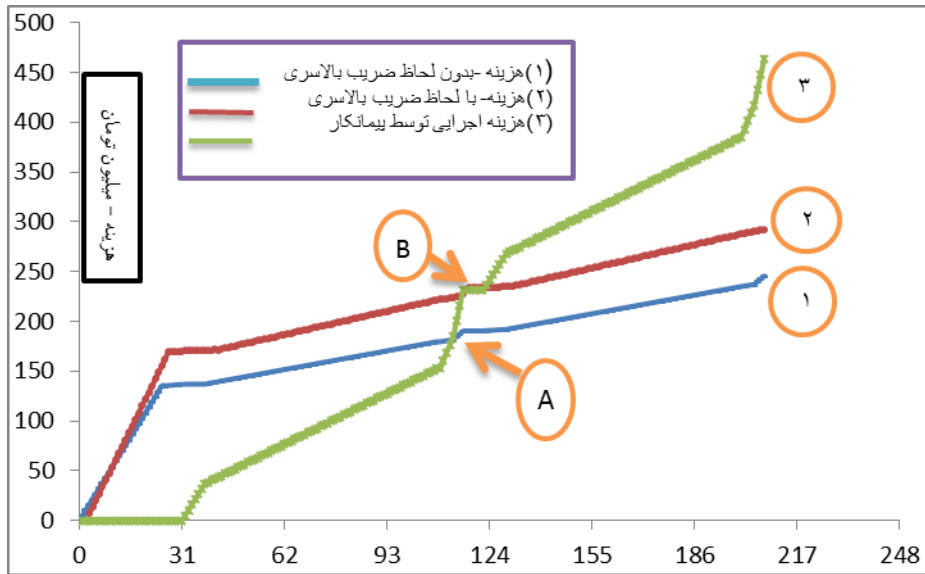
<sup>۳</sup> - هزینه خدمات مؤسسه به پیمانکار که از صورت وضعیت کسر می‌شود، در نظر گرفته نشده است.



## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



شکل ۵ - مقایسه اقتصادی ساخت دستگاه و اجرای پروژه لوله رانی توسط پیمانکار در دو مسیر هفتاد متری

یکی از موارد که در بررسی های اقتصادی مورد مطالعه قرار می گیرد، بررسی نرخ بازگشت سرمایه<sup>۱</sup> می باشد. نرخ ROR بیانگر شرایطی می باشد که در جهت ساخت و اجرای پروژه با توجه به هزینه و سرمایه اولیه، درآمدها و هزینه ها به تعادل می رسد.

$$-p + A \times (P/A, RoR, n) = 0 \quad (2)$$

A = درآمد سالیانه در مقایسه با واگذاری به پیمانکار

P = هزینه اولیه ساخت و اجرا

$(P/A, i\%, n)$  = فاکتور باز یافت سرمایه

با توجه به اینکه عمر اقتصادی دستگاه ده سال می باشد، نرخ بازگشت سرمایه این دستگاه برابر با ۴۳۵٪ می باشد (جدول ۵).

جدول ۵ - محاسبه نرخ بازگشت سرمایه

هزینه ثابت اولیه	ROR	سال	درآمد سالیانه
135.5	٪432	3	589
135.5	٪435	10	589

مجموع طول کل پروژه های لوله رانی مجموعه ۱۴۵۰ متر می باشد، که ۱۱۷۶ متر از آن باقی مانده است؛ برآورد های هزینه مربوط به اجرا با فرض انجام یک روند مناسب و بدون مشکل، بر اساس برنامه<sup>۲</sup> در نمودار شکل ۶ نشان داده شده است. بر این اساس در طی اجرای پروژه با اعمال ضریب بالاسری ۲۵٪ در ساخت و اجرای لوله رانی توسط مؤسسه نسبت به واگذاری اجرا به پیمانکار با فرض انجام کار در چهار سال با نرخ بازگشت سرمایه ۴۰۰٪ و در حدود ۲۱۰۲/۸۹ میلیون تومان با شرایط تخمین محتمل (نوع<sup>۳</sup> M<sup>۳</sup>)، در هزینه های واگذاری به پیمانکار دست دوم صرفه جویی می گردد.

<sup>۱</sup>-Rate of return

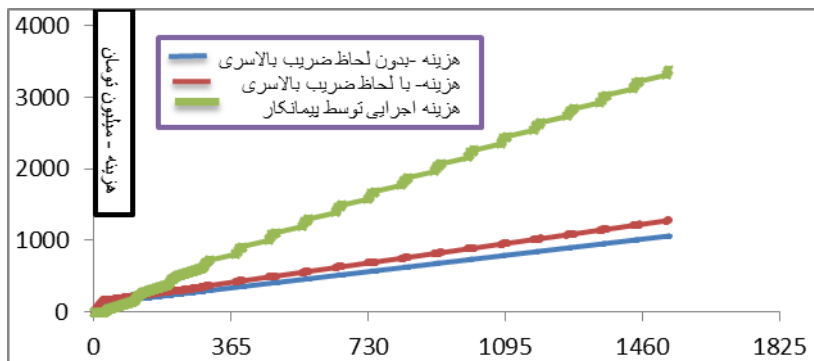
<sup>۲</sup>-محاسبات تورم و برنامه زمانی کنترل پروژه طرح آبرسانی لحاظ نشده است و فرض استفاده از یک دستگاه می باشد.

<sup>۳</sup>-Most likely

## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

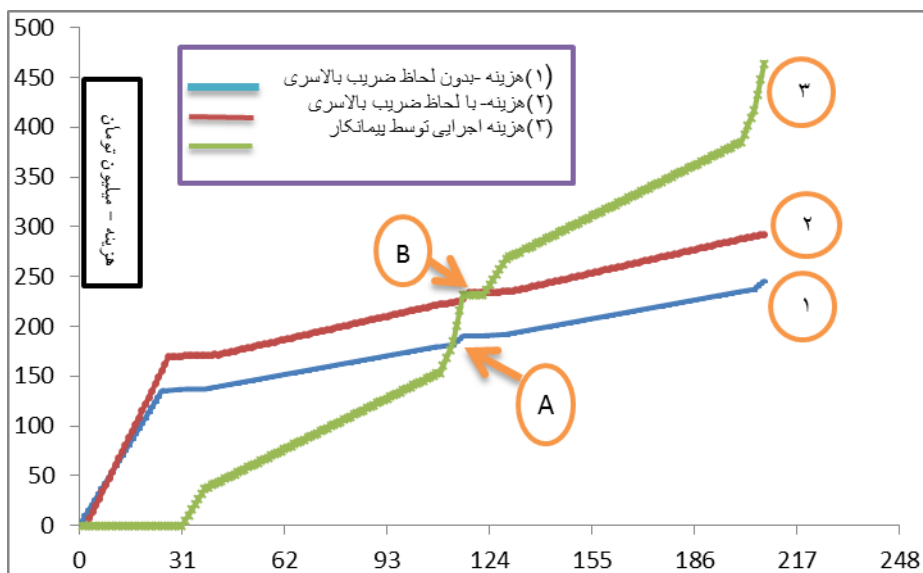
دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



شکل ۶- مقایسه اقتصادی ساخت دستگاه و اجرای پروژه لوله رانی توسط پیمانکار دست دو در کل پروژه

از موارد دیگری که در اجرای پروژه لوله رانی مورد بررسی قرار گرفت، به جای ایده جایگزین ساخت دستگاه، اجاره آن از مجموعه پیمانکاری یا شرکت های مجری می باشد. در نمودار شکل ۷ دو فرآیند مالی با روش ارزش فعلی یک فرآیند مالی مقایسه شده است.



شکل ۷- مقایسه اقتصادی در اجاره تجهیزات لوله رانی و ساخت دستگاه

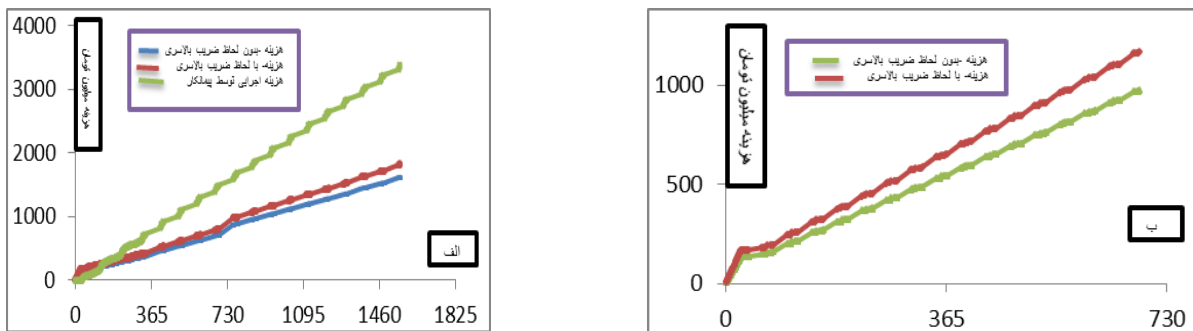
### ۲-۶. آنالیز حساسیت<sup>۱</sup>

آنالیز حساسیت در واقع یک نوع بازنگری به یک ارزیابی اقتصادی است. با این تفاوت که آیا پس از انجام پروژه تخمین های اولیه می تواند بخوبی نمایانگر شرایطی باشند که در آینده پیش خواهد آمد و بر طرح اثر خواهد گذاشت. در این پروژه مورد سؤال این است که چه می شود اگر:

- فرآیند مالی از الگوی طرح ریزی پیروی نکند؟
- کمبود، باعث انفصال عملیات گردد؟

<sup>1</sup> Sensitivity analysis

معمولاً عمر مفید و درآمد حساسترین عوامل ارزیابی پروژه هستند. لذا بررسی تغییرات درآمد و تغییرات هزینه سالیانه به عنوان بخشی از این آنالیز بررسی می‌گردد. اگر مقدار پارامترها کم و یا زیاد شود، حالت‌های مختلف تخمین را می‌توان در نظر گرفت. در ازای هر روز تأخیر در اجرای غلاف گذاری، هزینه‌های مجموعه هم چنان بر جای خود باقی است، و این هزینه ثابت با وجود اینکه حفاری و غلاف گذاری انجام نشده است، وجود دارد. حال این شرایط می‌تواند به دلیل خرابی دستگاه حفار یا یکی از تجهیزات دیگر و یا مشکل در حفاری مسیر باشد. ارزیابی با تخمین بدبینانه (نوع P<sup>1</sup>) در لوله رانی در واقع حالت حدی از بدترین شرایطی است که بر فرآیند مالی اثر سوء دارد. لذا در هر یک از این پروژه‌ها فرض می‌شود به علت خرابی که منجر به ۱۰ روز کار لوله رانی متوقف می‌شود و حفاری و غلاف گذاری انجام نمی‌شود. با توجه به هزینه‌هایی که به مجموعه تحمیل می‌شود (به ازای هر روز ۶۰۶ هزار تومان)، در مقایسه با شرایط پیمانکار که در ازای حفاری هر متر طول هزینه ثابتی دریافت می‌کند. لذا با فرض اینکه در هر اجرای لوله رانی ۱۲/۵ میلیون تومان در ابتدا و ۲۵ میلیون تومان در دو سال انتهایی بابت هزینه تعویض و تعمیر قطعات دستگاه و دو بار هزینه ۴۰ میلیون تومانی جهت تعویض جک‌های هیدرولیکی در پروژه و یکبار هزینه جهت جایگزین کردن پک کامل دستگاه رقیب استفاده شود. در چنین شرایطی میزان هزینه‌ها در کل طول مسیر اجرای لوله رانی به صورت ذیل می‌باشد. پیش بینی خوش‌بینانه (نوع O<sup>2</sup>) از روند اجرای پروژه مبنی بر این است که در هر مرحله ۴ الی ۵ متر حفاری و غلاف گذاری انجام شود و هزینه‌های مربوط به خرابی و توقف اجرای کار کاهش یابد. در نمودار شکل ۸ مقایسه هزینه‌های بدبینانه و خوش‌بینانه ارائه شده است (جدول ۶).



شکل ۸ - مقایسه اقتصادی پروژه لوله رانی در الف: پیش بینی بدبینانه ب: پیش بینی خوش‌بینانه

جدول ۶ - مقایسه هزینه‌های پروژه

واحد	تخمین بدبینانه	تخمین محتمل	تخمین خوش‌بینانه	-
میلیون تومان	۱۸۲۰/۷	۱۲۸۶	۹۷۷/۴	هزینه

رویکرد سه تخمینی مفیدتر از ارزیابی یک تخمینی و در نتیجه دارای کاربرد بیشتری است. میانگین تخمین‌های مذکور بر اساس توزیع آماری بتا بشرح زیر تعریف می‌شود:

$$\text{حدمتوسط تخمین} = \frac{O + 4M + P}{6} \quad (3)$$

بدین ترتیب حد متوسط تخمین در اجرای پروژه لوله رانی با استفاده از یک دستگاه لوله رانی ساخت مجموعه برابر با ۱۳۲۳/۶۸ میلیون تومان و کل هزینه‌های اجرا توسط پیمانکاران با توجه به نرخ مناقصه ذکر شده در حدود ۳۳۸۹/۷۶ میلیون تومان می‌باشد.

<sup>1</sup> -Pessimistic

<sup>2</sup> -Optimistic



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کوز

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



### ۳. نتیجه گیری

مطابق با محاسبات انجام شده، هزینه های اجرای عملیات لوله رانی به صورت خطی افزایش پیدا می کند و هر چه به انتهای مدت زمان مفید استفاده از دستگاه پایپ جکینگ نزدیک می شویم، به دلیل فرسودگی دستگاه ها عملیات اجرایی کندتر می باشد و بعد از ۱۴۵۰ متر طول لوله رانی دستگاه دیگر صرفه اقتصادی ندارد. برای آنکه برآوردها به واقعیت نزدیک تر باشد، جنس خاک، بار ترافیکی محل شفت و توانایی های نیروهای اجرایی در مدت زمان و قیمت تمام شده بسیار موثر می باشد.

### ۴. مراجع

۱. ارزیابی طرح های اقتصادی؛ احمد میرمطهری، انتشارات نشر نیک نگار، پاییز ۱۳۸۸
2. Construction costs for microtunnels in Turkey; A.B. Akkaya, *Eregli Iron and Steel Plants, World Tunnel Congress 2008*
۳. آموزش سریع MSP، داود احمدیان نژاد، نشر مهرگان قلم، چاپ هفتم ۱۳۹۳
۴. گزارش طراحی مفهومی ساخت دستگاه پایپ جکینگ؛ علیرضا فرجی - سعید فرید نیا؛ مؤسسه اروندان - واحد فنی و مهندسی؛ اردیبهشت ۹۴
۵. اقتصاد مهندسی؛ محمد مهدی اسکو نژاد، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، چاپ بیست و نهم، پاییز ۱۳۸۷
۶. ارزیابی و توجه طرح های اقتصادی، فنی و حرفه ای، مهر ۱۳۹۳
۷. فهرست بهای اختصاصی تأسیسات نفت و گاز - فهرست بها اختصاصی آب-فاضلاب سال ۱۳۹۳