اهمیت محاسبه و تعیین دقت اولیه مورد انتظار در متعادل کردن هزینه های خدمات نقشه برداری و انتخاب تجهیزات لازم برای انجام پروژه های عمرانی

"اهمیت آنالیز اولیه در پروژه های زمینی "

محمد کسری وزیری

کارشناس نقشه برداری

چکیده

نقشه برداری جزء ضروری طراحی و اجرای پروژه های عمرانی است، زیرا داده های دقیق و قابل اعتمادی را در مورد موقعیت جانمایی، شکل، ارتفاع، ویژگی های طبیعی و مصنوعی در یک سایت ارائه می دهد، با این حال، خدمات نقشه برداری نیز بسته به اندازه، پیچیدگی و دسترسی پروژه می تواند پرهزینه و زمان بر باشد. برای نمونه با توجه به موقعیت تونل که در زیر زمین، با محدودیت فضا مواجه است، آنالیز اولیه و انتخاب تجهیزات لازم در هدایت صحیح مسیر تونل از اهمیت بالایی برخوردار می باشد.

در این مقاله چند نکته برای کمک به تصمیم گیری آگاهانه و بهینه سازی بودجه نقشه برداری و تاثیر محاسبه آنالیز اولیه در متعادل کردن مقدار هزینه و کیفیت خدمات نقشه برداری برای اجرای طرح های عمرانی به همراه شرح مختصری از مراحل کار بهمراه مثال از تاثیر آنالیز اولیه آورده شده است.

مقدمه

مقایسه و مذاکره در مورد قیمت و کیفیت می تواند به شما کمک کند تا بین هزینه و کیفیت خدمات نقشه برداری تعادل ایجاد کنید. به عنوان مثال، شما باید قیمت‌ها را از مراجع دریافت و نسبت به نوع تجهیزات و خدمات خواسته شده محاسبه و مقایسه کنید. علاوه بر این، شما باید در مورد شرایط و ضوابط قرارداد مانند محدودیت های انجام کار، برنامه زمانی، پرداخت، ضمانت و مسئولیت بررسی مذاکره کنید. همچنین باید استانداردهای کیفیت مانند دقت، نوع انجام ، ارائه داده ها در قالب مناسب را روشن کنید. با مقایسه و مذاکره در مورد قیمت ها و کیفیت، می توانید بهترین ارزش و کیفیت را نسبت به مبلغ برآوردی ارائه نموده و از هزینه های پنهان، تاخیر یا اختلاف جلوگیری کنید.

برنامه ریزی از قبل و هماهنگی با ذینفعان

برنامه ریزی از قبل و هماهنگی با ذینفعیان پروژه می تواند به شما در صرفه جویی در وقت و هزینه خدمات نقشه برداری کمک کند. به عنوان مثال، در یک پروژه تونل که قسمت های مختلف نقشه برداری، مانند نقشه برداری هوایی، زمینی و زیرزمینی را در بر میگیرد باید قبل از شروع پروژه مشخصات انجام کار شامل مقدار هزینه برآوردی، میزان دقت خواسته شده، مدت زمان انجام کار، نوع و ماهیت محصولات تحویلی را شناسایی و تعریف کنید و آنها را به طور واضح و موثر بیان کنید. همچنین باید بررسی کنید که آیا نقشه‌ها یا سوابقی موجود است که بتواند اطلاعات مفیدی را ارائه دهد و نیاز به بررسی‌های اضافی را کاهش دهد. علاوه بر این، برای جلوگیری از تکرار، سردرگمی یا تضاد منافع، باید با سایر ارگان های درگیر در پروژه مانند سازمان ها و مقامات محلی هماهنگی کرده و با برنامه ریزی از قبل و هماهنگی با ذینفعان، می توانید روند بررسی را ساده کرده و اطمینان حاصل کنید که نتایج مطابق انتظارات و الزامات همه طرفین است.

انتخاب روش نقشه برداری مناسب

انواع مختلفی از روش ها و تکنیک های نقشه برداری مانند توپوگرافی، مرزنگاری، زیرزمینی (تونل، معدن)، هیدروگرافی، سنجش از دور وجود دارد. هر روش بسته به هدف، دقت و دامنه بررسی مزایا و معایب خاص خود را دارد. به عنوان مثال، بررسی های توپوگرافی برای ترسیم خطوط و ویژگی های زمین مفید است، در حالی که بررسی های مرزنگاری برای تعیین حدود قانونی یک ملک مورد نیاز است. بررسی های زیرزمینی برای احداث موقعیت صحیح سازه های زیرزمینی و هدایت صحیح مسیر از نقطه ورود و خروج مناسب است. بررسی های هوایی برای پوشش مناطق بزرگ سریع و کارآمد هستند، اما ممکن است جزئیات و ظرافت های زمین را به تصویر نکشند. بررسی های اسکن لیزری دقیق و مفصل با جزئیات بسیار هستند، اما تجهیزات آن پرهزینه بوده و به تجهیزات و نرم افزارهای تخصصی نیاز دارند. بنابراین، ابتدا باید روش نقشه برداری انتخاب کنید که به بهترین وجه با نیازها و اهداف پروژه شما مطابقت دارد و با یک نقشه بردار واجد شرایط (متناسب با موضوع پروژه) برای تعیین مناسب ترین و مقرون به صرفه ترین گزینه مشورت کرد.

نظارت و بررسی فرآیند و نتایج بررسی

نظارت و بررسی فرآیند نقشه برداری و نتایج می تواند به شما کمک کرده تا هزینه و کیفیت خدمات نقشه برداری را متعادل کنید. به عنوان مثال، شما باید پیشرفت و عملکرد گروه نقشه برداری را پیگیری کنید و در صورت نیاز بازخورد و راهنمایی ارائه دهید. همچنین باید صحت و کیفیت داده‌های جمع‌آوری‌شده و تحویل‌شده توسط نقشه بردار را بررسی و تأیید کرده و هرگونه خطا، مغایرت یا مشکل را گزارش دهید. علاوه بر این، باید اثربخشی و کارایی روش و تکنیک نقشه برداری مورد استفاده را ارزیابی کنید و ارزیابی کنید که آیا اهداف و انتظارات پروژه شما برآورده شده است یا خیر. با نظارت و بررسی فرآیند و نتایج نقشه برداری، می توانید اطمینان حاصل کنید که خدمات نقشه برداری به موقع، با بودجه و کیفیت ارائه می شود.

با توجه به مطالب بالا به طور کلی می توان مراحل طراحی یک شبکه را به صوت زیر بیان نمود

- با استفاده از یک نقشه توپوگرافی یا عکس هوایی، موقعیت های ممکن را برای ایستگاه ها پیدا کرده.

- از نقشه هوایی به همراه عکس های هوایی برای بررسی دید امتدادهای نشانه روی به یکدیگر به منظور یافتن موانع ممکن در سر راه استفاده کنید به عنوان نمونه برای انتخاب بهتر محل ایستگاه های داخل محیط زیر زمینی و با شرایط خاص مثل محدودیت در عرض مانند انواع تونل ها بالخصوص تونل های آب بر می توان از نرم افزارهایی با کاربرد آنالیز داده ها و اشکال، مشابه ARC GIS استفاده نمود.

- در صورت امکان بازدید مقدماتی زمینی انجام داده و موانع موجود در امتدادهای نشانه روی را که در نقشه یا عکس ها نشان داده نشده اند، بررسی کنید و در صورت لزوم، موقعیت ایستگاه ها را تغییر دهید. چرا که بازدید مقدماتی زمینی در این مرحله از طراحی، اغلب برای تائید امتداد های نشانه روی و دسترسی ایستگاه ها ارزش دارد. تغییر محل یک ایستگاه فقط به اندازه کمی از محل اصلی طرح، قابلیت دید به ایستگاه ها را افزایش می دهد، در حالی که تغییر زیادی در هندسه شبکه ایجاد نمی کند.

- مختصات تقریبی ایستگاه ها (East, North, Elevation) را نسبت به سیستم مختصات مورد نظر از نقشه یا عکس ها استخراج کنید.

- در این مرحله از آنجایی که در طراحی شبکه های نقشه برداری (در فضای بسته) بیشتر از مشاهدات طول و زاویه استفاده می شود می بایست مقادیر مورد نیاز را با استفاده از مختصات تقریبی ایستگاه ها استخراج کرد.

- با استفاده از روش های مطرح شده قانون انتشار خطاهای اتفاقی در کمیت های اندازه گیری غیر مستقیم (معادله بنیادی انتشار خطا، انحراف معیار مجموع، انحراف معیار میانگین و غیره) و انتشار خطا در مشاهدات زاویه و طول (خطای قرائت، خطای نشانه روی،خطای اسقرار نشانه و دستگاه و غیره) انحراف معیار هر مشاهده را بر اساس تجهیزات موجود و روش های اندازه گیری زمینی محاسبه نمود.

❖ پس از محاسبه انحراف معیار هر مشاهده و دیگر موارد می بایست یک مدل تصادفی برای سیستم مشاهداتی طراحی کرد. در این مرحله از طراحی، می توان به توانایی نفرات، کیفیت تجهیزات و روش های مشاهداتی توجه کرد.

❖ پس از طراحی مدل تصادفی، مشاهدات شبیه سازی شده از مختصات ایستگاه ها محاسبه می شوند و باید سرشکنی کمترین مربعات را به منظور محاسبه عدد آزادی مشاهداتی، انحراف معیار مختصات ایستگاه ها و بیضی های خطا در یک درصد احتمال مشخص (معمولا ۹۵ درصد) انجام شود.

نکته: از آنجا که مشاهدات واقعی انجام نشده اند و مقادیر این مشاهدات حاصل مختصات ایستگاه ها می باشند، این سرشکنی در اولین تکرار همگرا می شود و تمامی باقیمانده ها صفر خواهند بود. بنابراین، باید به واریانس، مقدار اولیه یک را برای محاسبه نیم قطرهای بیضی خطا و انحراف معیار های مختصات نسبت داد.

❖ با تکمیل سرشکنی و بر اساس اعداد آزادی و شکل بیضی ها، می توان شبکه ای برای یافتن نواحی ضعیف هندسی، اندازه یا شکل غیر قابل قبول بیضی های خطا و غیره بررسی کرد. این بررسی ممکن است ما را ملزم به انجام یکی از این موارد یا همه آنها کند: مشاهدات بیشتر، روش های مشاهداتی متفاوت، تجهیزات متفاوت، ایستگاه های بیشتر، هندسه شبکه متفاوت و غیره.

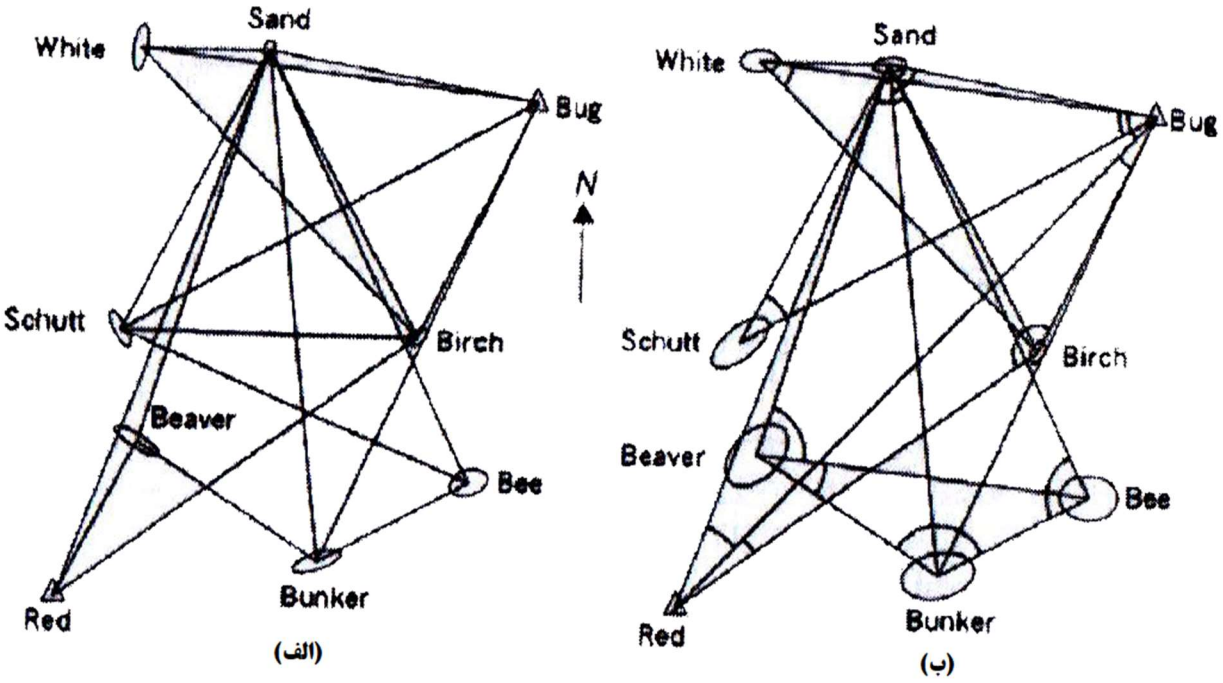
❖ ارزیابی هزینه های نقشه بردای بر اساس خواست ذینفعان پروژه و یافتن روش های کم هزینه تر در صوت وجود، به شرطی که در کیفیت مطالبه شده ذینفعان قصوری ایجاد نگردد.

نکته: با توجه به دلایل متعدد و مختلفی؛ آنچه از طراحی انتظار می رود، ممکن است واقعا اتفاق نیفتد. به همین دلیل به طور معمول دقت سیستم ها را بالاتر از حد نیاز طراحی می کنند. البته این میل به طراحی با دقت بیشتر از حد نیاز، باید با علم به اینکه هزینه های نقشه برداری را افزایش می دهد، معتدل شود. به عبارتی دیگر، باید تعادلی بین طراحی و هزینه ها برقرار گردد.

❖ پس از تکمیل طراحی، می توان بر اساس پارامتر های نهایی طراحی، دستورالعملی برای گروه های عملیات زمینی نوشت. این دستورالعمل باید شامل نوع دستگاه مورد استفاده، دوره زمانی قرائت ها به عنوان مثال مقدار پیشروی حفاری تونل در مسیر های صاف و یا قوس دار، بهترین زمان انجام مشاهدات در طول شبانه روز، تعداد کوپل ها در مشاهدات زاویه، دقت تراز کردن و استقرار دستگاه، خطای بست مورد نظر و بسیاری دیگر باشد.

مثال هایی از طراحی شبکه

شکل زیر بیضی های خطای دو شبکه نقشه برداری را نشان می دهد. شکل "الف" بیضی های خطای یک شبکه سه ضلع بندی را با نُه ایستگاه نشان می دهد که دوتای آنها (Red و Bug) ایستگاه کنترل هستند. این شبکه دارای ۱۹ مشاهده طول و پنج درجه آزادی است. شکل "ب" بیضی های خطای همان شبکه را نشان می دهد که به روش مثلث بندی مشاهده شده و خط مبنای آن از ایستگاه Red به ایستگاه Bug است. این شبکه ۱۹ مشاهده زاویه و بنابر این پنج درجه آزادی دارد.



با توجه به این دو شکل و در نظر داشتن اینکه هرچه بیضی ها کوچک تر باشند، دقت بیشتر است، نتایج کلی زیر بدست می آید:

❖ در هر دو شکل، ایستگاه های Sand و Brich دارای بهترین دقت هستند. البته، این مسئله ناشی از نزدیکی آنها به ایستگاه کنترل Bug و به دلیل تراکم مشاهدات انجام شده به این ایستگاه ها است و شامل اندازه گیری های مستقیم از هر دو ایستگاه کنترل است.

❖ اندازه بزرگ بیضی های خطا در ایستگاه های Bunker, Schut, Beaver, و Bee در شکل "ب" نشان می دهد که دقت کمتری دارند، زیرا مشاهدات کمتری به این ایستگاه ها صورت گرفته است. همچنین، هیچکدام از ایستگاه های Bee و Beaver به طور مستقیم با مشاهده ای به ایستگاه های کنترل متصل نشده.

❖ ایستگاه های White و Schut در شکل "الف" دقت نسبی شرقی-غربی زیاد و دقت نسبی شمالی-جنوبی کمی دارند. بررسی هندسه شبکه نشان می دهد که این مسئله مورد انتظار است. اندازه گیری فواصل از ایستگاه Red به این دو نقطه، به علاوه مشاهدات طول بین White و Schut می توانست به طور چشمگیری دقت شمالی-جنوبی را بهبود بخشد.

❖ ایستگاه های Beaver و Bunker در "الف" دارای دقت نسبی شرقی-غربی کم و دقت نسبی شمالی-جنوبی زیادی هستند. در اینجا نیز، با بررسی هندسه شبکه این امر مورد انتظار است.

❖ بیضی های خطای کوچک تر در شکل "الف" نشان می دهد که شبکه سه ضلع بندی دقت بهتری نسبت به شبکه مثلث بندی شکل "ب" دارد. از آنجا که EDM دارای دقتی به اندازه (5mm+5ppm) ± است، این مسئله انتظار می رود. در یک طول ۵۰۰۰ متری این دقت برابر ۰/۰۳۰m ± است. برای رسیدن به دقت مشابه، باید دقت زاویه به اندازه زیر باشد:

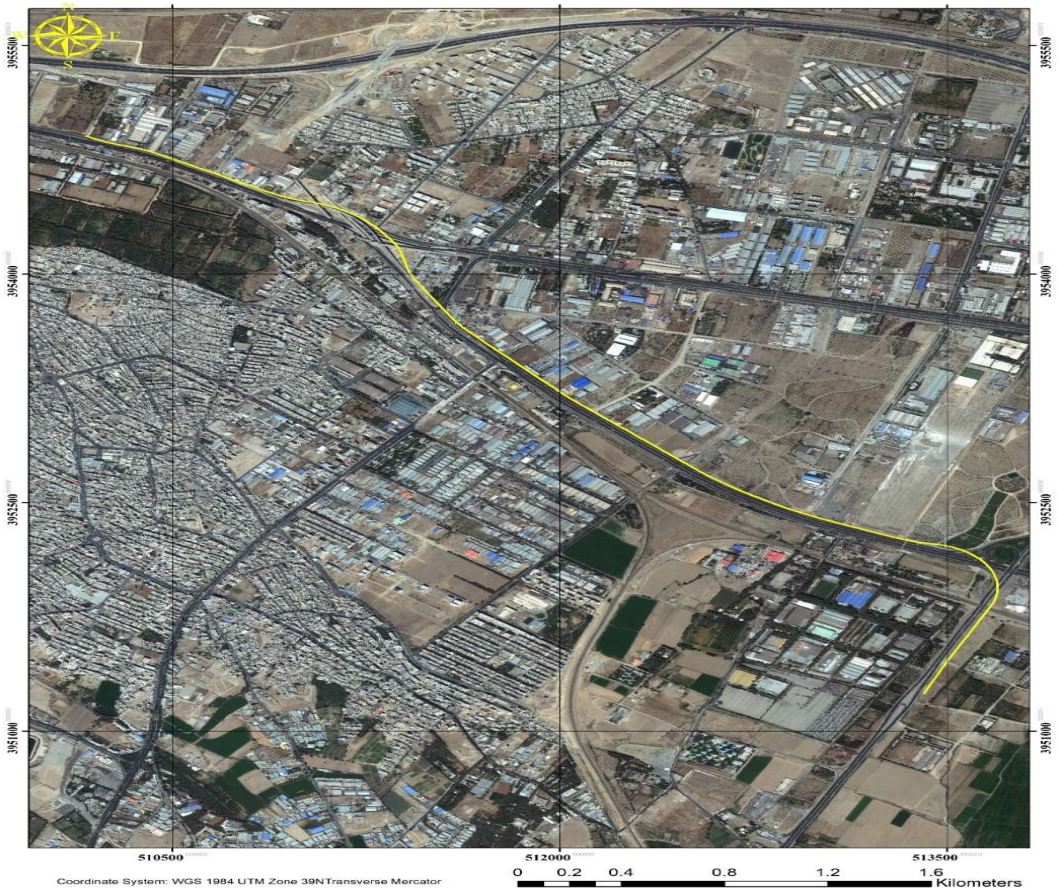
$$\theta'' = \frac{S}{R}p = \frac{\pm 0.030}{5000}\ 206264.8''/\text{rad} = \pm\ 1.2''$$

دستگاه و روش های زمینی پیشنهادی برای پروژه ای که بیضی های خطای شکل "ب" را ایجاد کرده، فقط دارای دقت "۶± هستند، به احتمال زیاد، طراحی نهایی این شبکه هم شامل مشاهدات طول و هم زاویه خواهند بود.

این مثال ارزش محاسبه بیضی های خطای ایستگاه ها را در تحلیل پیش از سرشکنی، نشان می دهند. با مقایسه بیضی های موجود در دو شکل، می توان مشاهدات را به سهولت و به سرعت انتخاب کرد. به دست آوردن همین اطلاعات از انحراف معیارها، اگر غیر ممکن نباشد، بسیار دشوار خواهد بود. در نهایت با تغییر شبکه، امکان دستیابی به طرحی با نتایج بهینه و دقت قابل قبول و یکنواخت و هزینه های کمتر، به وجود می آید.

مثالی دیگر از اهمیت طراحی شبکه

تونل جمع‌آوری آب‌های سطحی مناطق ۲۱ و ۲۲ بطول ۵۵۴۸ متر بخشی از شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی حوزه چیتگر است که محدوده آبریز واقع در غرب رودخانه کن، وردآورد و شرق رودخانه کرج را شامل می‌شود. پروژه تونل جمع‌آوری آب‌های سطحی حوزه M1 منطقه ۲۱ و ۲۲ شهر تهران واقع در حدفاصل حوضچه تعدیل شهریار تا تقاطع کوچه بهار شش با بزرگراه شهید لشگری واقع شده است. این مجرا جریان حوزه‌های شمال‌غرب سامانه M1 را جمع‌آوری و از طریق ورودی‌های مختلف به سمت تونل هدایت می‌کند. مسیر این تونل از ابتدای کوچه بهار شش در تقاطع با بزرگراه شهید لشگری شروع و پس از عبور از شمال -شمال غربی پل کاروانسرای سنگی وارد بزرگراه فتح شرق به غرب می‌شود. این مجرا با ادامه مسیر به موازات شمال اتوبان فتح به سمت شرق ادامه یافته و پس از گذر از شمال پایه‌های پل پیامبر اعظم و در تقاطع با بلوار کرمان خودرو نرسیده به پل کفش ملی با یک قوس به سمت جنوب منحرف و وارد کمربندی اندیشه (بخش شرقی جاده) شده و تا ابتدای خیابان اسنا خودرو (حوضچه تعدیل شهریار) ادامه پیدا می‌کند موقعیت این مجرا از کوچه بهار شش تا محل تخلیه‌گاه بر روی تصویر ماهواره‌ای در شکل ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت مسیر تونل بر روی تصویر ماهواره‌ای

ماشین حفاری مکانیزه (TBM) مورد استفاده در این پروژه، محصول سال ۱۹۹۷ شرکت لوات (LOVAT) کانادا می‌باشد. مدل دستگاه ME170SE.Series 16100 و از نوع متعادل کننده فشار زمین (EPB) است. ، مقطع تیپ حفاری تونل ۴/۳۵۲ متر با قطر داخلی ۳/۷۰ متر می باشد. مطابق درخواست ذینفع پروژه (که در اینجا کارفرما نامیده می شود) حداکثر مقدار رواداری محور تونل ۷۵± میلیمتر بوده که به عبارتی بایستی حداکثر مقدار انحراف مسیر تونل نسبت به محور مرکزی در هر کیلومتر ۱۳/۵± میلیمتر باشد. پلان مسیر دارای قوس های ساده و معکوس با حداقل شعاع ۳۰۰ متر می باشد. با توجه به اینکه سیستم نصب شده (Z) بر روی TBM برای هدایت ماشین حفار از روش پیمایش باز با مختصات دهی و هدایت TBM استفاده می کند و لذا هیچ کنترلی بر روی خطاهای ایجاد شده و مختصات محاسبه شده توسط این سیستم نمی توان داشت، که این مهمترین مشکل این سیستم می باشد و به همین دلیل نمی شود به این سیستم اعتماد لازم را داشته باشیم. پس ضروری است که سیستم کنترل مضاعف در مسیر حفاری تونل طراحی و اجرا شود. از آنجا که در این پروژه آنالیز اولیه جهت نگارش دستورالعمل کنترل مظاعف تونل (چیدمان براکت های تونل و گسترش آن تا پایان حفاری، تعداد قرائت کوپل های هر زاویه، تعداد قرائت طول ها، حداکثر خطاهای مربوط به قرائت ها و غیره) تهیه نگردیده است لذا با استفاده از آئین نامه و نشریه ها با حداکثر دقت های لازم استفاده گردیده است که این موضوع باعث ایجاد مشکلاتی در روند اجرای پروژه از لحاظ زمانی، هزینه ای و دقت ایجاد نموده است، در زیر به این موضوع به طور مختصر پرداخته شده است.

❖ تجهیزات

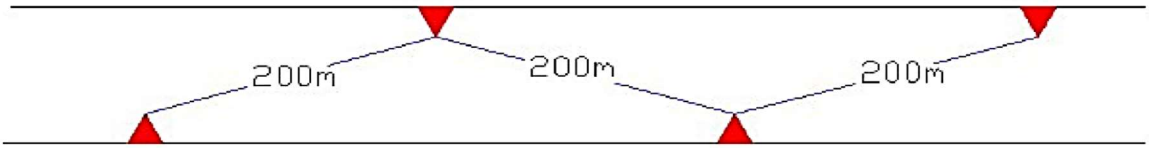
انتخاب تجهیزات مناسب برای روند اجرای پروژه یکی از مهمترین قسمت های هر پروژه است، از آنجائیکه دستگاه ها، نرم افزارها و تجهیزات نقشه برداری متناسب با نوع کاربرد و دقت آنها دارای قیمت های متفاوت می باشند که به عنوان مثال در قسمت تجهیزات، قیمت ترازیاب دیجیتال مورد استفاده مدل Leica LS15 گرانتر از ترازیاب های ساختمانی می باشد. از آنجا که خواسته ذینفع پروژه در خصوص کف تمام شده تونل ۵± و محور تونل ۷۵± میلیمتر می باشد و بدلیل محاسبه ننمودن آنالیز اولیه از تجهیزات گرانتری جهت حصول نتایج خواسته شده ذینفع پروژه به شرح جدول زیر استفاده گردیده است.

نوع دستگاه	سازنده و مدل دستگاه	دقت اسمی	متعلقات
توتال استیشن	Leica 1201+	1 Sec	رفلکتور دقیق لایکا ۵ عدد- ترابراک ۵ عدد سه پایه چوبی لایکا ۱ عدد
ترازیاب دیجیتال	Leica LS15	0.3 mm	شاخص دقیق بارکد دار ۲ عدد- سکل ترازیابی ۲ عدد سه پایه چوبی ۱ عدد

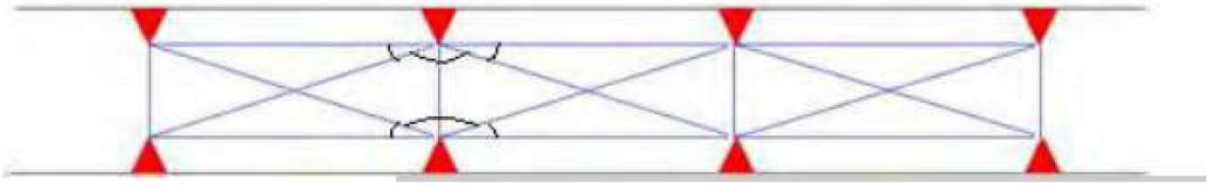
شکل ۲: ترازیاب دیجیتال Leica LS15

❖ شبکه بندی داخل تونل

شبکه های ژئودتیکی تحت الارضی با توجه به شرایط حاکم در تونل ها می تواند به اشکال مختلفی طراحی گردد. برخی از این شبکه ها حالت آنتنی باز و برخی به صورت چهارظلعی با دو قطر می باشند. در حالت آنتنی باز نقاط را می توان به صورت زیگزاگ و یا در یک طرف تونل در نظر گرفت، در حالت چهارظلعی با دو قطر نیز می توان دو نقطه مجاور در دو طرف تونل یا هر دو در یک طرف تونل انتخاب نمود. در شکل های (۳) و (۴) شبکه های آنتنی و چهارظلعی با دو قطر مشاهده می شوند.

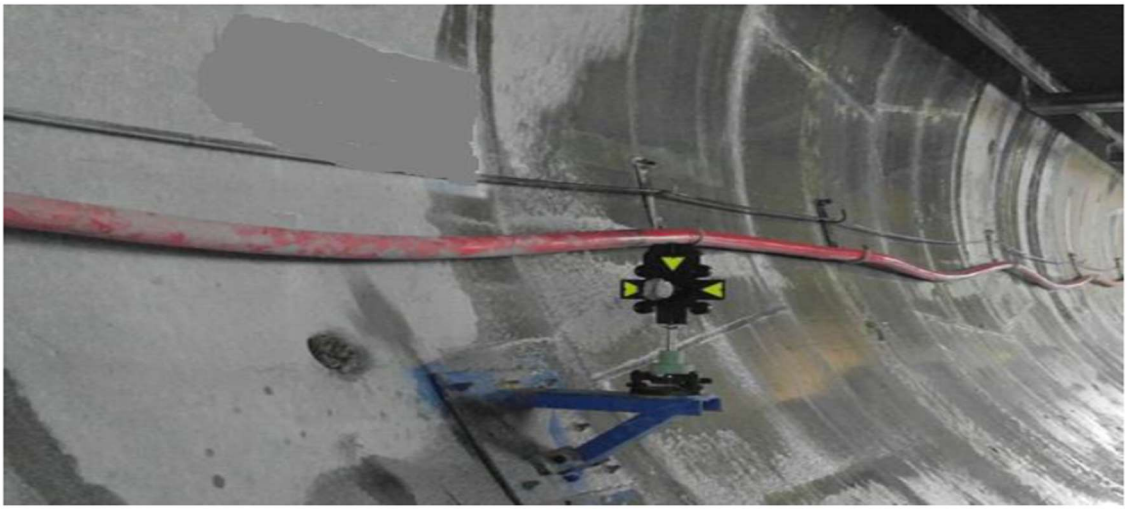


شکل ۳: شبکه آنتنی



شکل ۴: پیمایش چهار ظلعی با دو قطر منظم

بدلیل قرائت کلیه امتدادها و زوایا و همچنین تعداد مشاهدات بیشتر که برای هر براکت از سرشکنی داده های ۵ براکت دیگر استفاده می شود شبکه چهارظلعی با دو قطر منظم دارای استحکام هندسی بهتری نسبت به شبکه آنتنی بوده، اما یکی از معایب آن زمان بر بودن و نیاز به نیروی انسانی (حداقل ۶ نفر) و تجهیزات بیشتر نسبت به روش آنتنی می باشد. با توجه به عدم آنالیز اولیه از شبکه چهارظلعی با دو قطر در این پروژه استفاده گردیده است.



شکل ۵ : تصویر براکت مورد استفاده در تونل

❖ قرائت زوایا و امتدادها

قرائت های داخل تونل شامل زاویه افقی و قائم، طول مایل، ارتفاع دوربین، ارتفاع منشور، دما، فشار و رطوبت می باشد که می بایست در آنالیز اولیه تعداد کوپل های قرائت زوایای افقی و قائم و اختلاف بین قرائت های کوپل های هر استقرار، حداکثر اختلاف ارتفاع بین براکت ها و تعداد مشاهدات هر طول به همراه حداکثر خطای مجاز هر قسمت بدلیل جلوگیری از پیدایش اشتباه در قرائت های بیش از حد نیاز مشخص گردد، در این پروژه نیز بنا به دلایل ذکر شده درباره تعداد قرائت ها از بخش ۴ و ۵ نشریه ۱۱۹-۵ ویرایش دوم و همچنین سابقه اجرایی در پروژه های مشابه دیگر قرائت زوایای افقی و قائم به صورت دور افق و حداقل در ۵ کوپل صحیح بطوری که اختلاف هر کوپل با کوپل دیگر کمتر از ۲ ثانیه گرادی و طولها بصورت حداقل ۲ قرائت در هر امتداد باشد استفاده گردیده است که رسیدن به دقت های مورد نیاز با توجه به شرایط محیطی تونل زمان بر بوده و همچنین در قسمت هایی مجبور به متوقف نمودن روند اجرایی شده که این امر باعث کندتر نمودن روند پیشرفت کار و همچنین تحمیل بار مالی اضافه تری به پروژه گردیده است.

نکته : همانگونه که مبحث دقت و صحت در آمار و احتمال باعث ایجاد خطا و سردرگمی در پیدا کردن صحیح ترین مقدار می باشد، قرائت های ناکافی و یا بیشتر از حد انتظار باعث ایجاد خطا می گردد، بطوریکه شاید از نظر آماری دقت به سمت بالا میل نماید ولی صحیح بودن داده به سمت مسیر اشتباه میل کند و باعث گمراهی شخص محاسب گردد.

آنالیز، سرشکنی و تحلیل نتایج

پس از قرائت و ثبت مشاهدات می بایست صحت و دقت داده ها مورد بررسی قرارگرفته، با استفاده از سرشکنی به روش کمترین مربعات، مختصات براکت ها را محاسبه نموده و مقادیر بیضی های خطای مطلق و نسبی را بدست آورد، در پایان داده های بدست آمده با آنالیز اولیه مقایسه گردند. از آنجا که نرم افزارهای محاسبات سرشکنی مختلفی همانند برنامه نویسی در اکسل، ژئولب، کلمبوس، متلب و غیره وجود دارند نسبت به هزینه و زمان در خصوص انتخاب مناسب ترین روش تصمیم گیری باید نمود. در این پروژه نیز با استفاده از فرمول ها و حداکثر مقادیر مجاز خطای زیر (نشریه ۵-۱۱۹ ویرایش دوم) مشاهدات بررسی گردیده و سپس با استفاده از نرم افزار اکسل و همزمان نرم افزار ژئولب مختصات براکت ها محاسبه گردیده اند .

$$ds = \sqrt{2(a^2 + b^2 s^2)}$$

ds : حداکثر خطای مجاز بر حسب میلیمتر (اختلاف بین طول رفت و برگشت، اختلاف مقادیر حداقل و حداکثر)

a : خطای ثابت دستگاه طولیاب الکترونیکی بر حسب میلیمتر

b : ضریب ppm

s : طول بر حسب کیلومتر

کنترل مشاهدات طول

$$ds = \frac{\sqrt{n \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} V^2\, ij - \sum_{j=1}^{m} (\sum_{i=1}^{n} V\, ij)^2}}{\sqrt{nm(n-1)(m-1)}}$$

V ij : اختلاف قرائت هر کوپل از میانگین

n : تعداد امتدادهای قرائت شده در ایستگاه

m : تعداد کوپل های قرائت شده

کنترل مشاهدات امتدادهای افقی و زوایای زنیتی

خطاب بست مثلث برای امتدادهای افق ″ ۲/۵

خطای مربع متوسط امتدادهای افقی ″ ۰/۷

خطای مربع متوسط زوایای زنیتی ″ ۱

حد مجاز خطای زوایا

از آنجائیکه در قسمتی از کار کلیه طول ها و زوایای شبکه مورد استفاده بنا به دلایلی همچون گرد و غبار و دود ناشی از حرکت لوکوموتیو و براکت های متعدد به دلیل وجود قوس و غیره قرائت نگردید و با توجه به نبود دستورالعمل برای تیم برداشت داده ها ، جهت تدقیق و اطمینان از شبکه داخلی تونل، جهت انتقال مختصات از سطح زمین و مجزا از شبکه داخل تونل چاهکی در کیلومتراژ ۲+۸۰۰ مسیر حفر گردید و مختصات آن به براکت داخل تونل انتقال داده شد، مقدار انحراف تجمعی مسیر تونل ۲۶ سانتیمتر از محور مرکزی آن محاسبه شد که به ذینفع پروژه نیز اطلاع رسانی گردید، پس از بررسی، عمده دلایل بوجود آمدن این مقدار انحراف در زیر ذکر گردیده است:

- نبود آنالیز اولیه جهت تطابق با اجرا.
- عدم قرائت کلیه طول ها و زوایای شبکه (طول های بلند فقط قرائت گردید).
- عدم قرائت زوایا به صورت دور افق.
- عدم قرائت زوایا در کوپل های صحیح و مورد نیاز.
- اشکال در نحوه گسترش شبکه (کثرت تعداد براکت های شبکه در صورتی که مورد نیاز نبود)
- عدم محاسبه فاکتور واریانس ثانویه جهت اعمال در نرم افزار ژئولب (مقدار اولیه فاکتور واریانس در ژئولب یک می باشد و بیشتر مناسب آنالیز اولیه است)

در پایان با توقف حفاری حدود یک ماه و قرائت کلیه طول ها و زوایا و استفاده از آئین نامه ها و نشریه ها کلیه مختصات براکت ها جهت ادامه حفاری تدقیق گردید. در ادامه مسیر با رعایت اصول اولیه و نحوه قرائت ها مقدار انحراف محور تونل از حداکثر ۴ سانتیمتر تا کیلومتراژ ۴+۸۰۰ بیشتر نگردیده است.

سخن پایانی

همانگونه که در مثال بالا نیز مطرح گردید اهمیت طراحی یک شبکه جهت انتخاب بهترین روش از نظر کیفیت، مدل ریاضی و انتخاب روش کار، تجهیزات و دستورالعمل های لازم بوضوح مشخص می گردد. اگر چه مراحل طراحی یک شبکه ممکن است زمان بر و پرهزینه باشد اما از صرف زمان و هزینه اضافی در مدت ساخت مخصوصا در پروژه های عمرانی با ریسک بالا مانند تونل، برج، سد و نیروگاه جلوگیری خواهد نمود.

وقتی کسی یک آسمان خراش می سازد، یک پایه درست و محکم می سازد. نقشه برداری، از آنجایی که به دقت و کنترل مربوط می شود، اساس مهندسی و طراحی پروژه است. به طور معمول یک تحلیل هزینه بسیار ساده و بیش از حد کلی در یک پروژه می تواند تا ۲۵٪ در افزایش بار مالی اضافی جلوگیری کند. اگر در کارهای بزرگ و حائز اهمیت عمرانی محاسبه آنالیز اولیه را نادیده بگیریم ممکن است لازم باشد کل بخش مهندسی پروژه را تکرار کنید. اینجاست که با انجام آنالیز اولیه قسمت اعظم کار تکمیل می شود و به همین دلیل است که آن را به پایه و اساس یک پروژه طراحی سایت مرتبط می کنیم.

مراجع

[۱] جباری سابق، داود؛ سرشکنی و تعدیل خطاهای مشاهدات نقشه برداری، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۸۲

[۲] نوبخت، شمس؛ نقشه برداری، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ هفدهم، ۱۳۷۹

[۳] امامی، حسین، رستمی، سید قاسم؛ نقشه برداری کارگاهی و زیر زمینی، انتشارات فروزش، ۱۳۸۶

[۴] جمور، یحیی؛ تئوری خطاها در مهندسی نقشه برداری، سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۹۰

[۵] Vanicheck,P: Introduction to adjustment Calculus, Third Edition, UNB Lecture Notes No 39, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswickt 1973

[۶] Wolf, Charles D : Adjustment Computations, John Wiley & Sons, New York, 1997