

روند نقشه برداری خط دوی قطار شهری تبریز

علیرضا حسن زاده خوشطینت

مدیر گروه و عضو هیئت علمی گروه نقشه برداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر

چکیده:

در عصر کنونی، با توجه به گسترش چشم گیر جمعیت در محدوده کلان شهرها و شهرهای بزرگ، ارائه خدمات حمل و نقل یکی از مهم ترین مسائلی است که می بایست به آن توجه خاص داشت. استفاده از تونل های زیر زمینی شهری به منظور جابجایی مسافری می تواند به عنوان یکی از راهبردهای اساسی در امر حمل و نقل مطرح گردد و استفاده از سیستم قطار شهری یا مترو از مهمترین انواع آن می باشد.

لذا، یکی از شاخص ترین پروژه های کاربردی مطرح در سطح جامعه عمرانی امروزی، نحوه اجرای پروژه قطار شهری یا مترو می باشد که مسلماً مهندسی نقشه برداری در اجرای این پروژه از جایگاه ویژه ای برخوردار است. به عبارت دیگر، در اجرای پروژه قطار شهری استفاده از تکنیک های نقشه برداری از ابتدا تا زمان بهره برداری پروژه لاجرم بوده و این شاخه مهندسی یکی از کاربردی ترین شاخه ها در اجرای این پروژه می باشد. لیکن از آنجا که در طی مقالات و سخنرانی های مختلف به بحث تئوریک پیرامون کاربرد این شاخه مهندسی در اجرای پروژه قطار شهری یا مترو پرداخته شده ولی مسائل مطرح شده از حیث اجرایی ملموس نمی باشد، تصمیم گرفته تا در طی ارائه این مقاله ضمن ارائه مفاهیم تئوری و استانداردهای موجود در روند نقشه برداری پروژه قطار شهری، نسبت به ارائه نتایج عملیاتی حاصل از اجرای استانداردها پردازیم. به عبارت دیگر، از آنجا که نظارت عالی نقشه برداری خط دوی قطار شهری تبریز را بر عهده داشته ایم، به طور خلاصه و در طی این مقاله به ارائه چگونگی روند اجرایی نقشه برداری در این پروژه خواهیم پرداخت. مسائلی از قبیل نحوه ایجاد شبکه نقاط ماندگار^۱ به منظور هدایت طرح هندسی در زیر زمین و نحوه نقشه برداری مسیر در سطح زمین و همچنین نقشه برداری بزرگ مقیاس از نقاط مهم نظیر ایستگاهها و هواکش های میان تونلی^۲ و محل های دپو پارکینگ، از جمله مواردی است که در این مقاله مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در نهایت، سعی خواهیم نمود تا با مرور کلی بر اصول نقشه برداری کاربردی در اجرای پروژه قطار شهری یا مترو، نمونه ای از عملیات انجام شده را مورد بررسی قرار داده و نتایج بدست آمده را ارائه نمایم.

مقدمه:

همانطور که می دانیم، در اجرای هر پروژه عمرانی نظیر اجرای یک پروژه مترو، مراحل کاری

نقشه برداری به دو دسته کلی زیر تقسیم می گردد:

الف) مراحل کاری اولیه مورد استفاده در دو فاز مطالعات و طراحی.

¹ Bench Mark

² Ventilations

ب) مراحل کاری اجرایی مورد استفاده در دو فاز اجرایی و نهایی.

از آنجایی که پروژه خط دوی قطار شهری تبریز، هنوز به مرحله اجرایی خود نرسیده است و در واقع یک پروژه نوپا بوده که در طول مدت زمان سپری شده از ابتدای پروژه تا کنون، بیشترین انرژی صرف اتمام مراحل کاری اولیه گردیده است، لذا در طی این مقاله و به ناچار بیشترین وزن به بررسی عملیات نقشه برداری انجام شده مورد استفاده در مراحل کاری اولیه اختصاص خواهد یافت. با این حال، سعی می نمائیم در خصوص روند نقشه برداری مورد استفاده در مراحل کاری اجرایی نیز به طور مختصر نتایج بدست آمده تا کنون را مورد بررسی اجمالی قرار دهیم. اما، به منظور پرداختن به نکات اخیر لازم است تا در ابتدا آشنایی مقدماتی با ماهیت این پروژه عظیم که در زمره پروژه های ملی می باشد، داشته باشیم.

آشنایی با ماهیت پروژه خط دوی قطار شهری تبریز:

پروژه خط دوی قطار شهری یا متروی تبریز که در حال حاضر در مرحله اتمام فاز مطالعات و طراحی بوده و به زودی در مرحله فاز اجرایی خود قرار خواهد گرفت، به صورت شرق به غرب شهرستان تبریز را در بر خواهد گرفت. مسیر این پروژه پس از طی فاصله دپو پارکینگ تا میدان ماشین سازی به سمت سه راهی قراملک ادامه یافته و پس از آن با گذر از بخش مرکزی شهر و قطع خط یک قطار شهری تبریز در محدوده مرکزی شهر، به سمت میدان فهمیده گسترش یافته و سپس با گذر از بخشی از بزرگراه پاسداران، در نهایت به محل برگزاری نمایشگاه رسیده و در آنجا خاتمه خواهد یافت. این پروژه به کارفرمایی سازمان قطار شهری تبریز و با طرح و نظارت و اجرای قرب قائم سپاه پاسداران با مدیریت طرحی موسسه مهندسين مشاور ایمن سازان در دست اقدام بوده و نقشه برداری اولیه انجام شده در مراحل مطالعات و طراحی توسط شرکت مهندسين مشاور نقشه ترسیم میلاد اجرا گردیده است. مقرر گردیده تا در اجرای عملیات حفاری و اجرای تونل این پروژه از دستگاه حفاری ³TBM استفاده گردد. به منظور بررسی روند نقشه برداری انجام شده در مرحله کاری اولیه، دستور العمل نقشه برداری توسط واحد نظارت عالی نقشه برداری مدیریت طرح این پروژه تهیه گردیده که پس از تأیید نهایی، سعی در اجرای کامل این دستورالعمل نقشه برداری که مطابق با استاندارد ها و ضوابط سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور تدوین گردیده است، نموده ایم. در ادامه ضمن ارائه دستورالعمل مذکور، نتایج بدست آمده در هر مرحله را به طور اجمالی مورد بررسی قرار خواهیم داد.

³ Tunnel Boring Machine

دستورالعمل طراحی شده به منظور اجرای عملیات نقشه برداری:

در ابتدا، کلیه مراحل لازم و مورد نیاز مطابق با استانداردها و ضوابط موجود و بر اساس دستورالعمل های فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، در قالب دستورالعمل نقشه برداری اجرای عملیات نقشه برداری در مراحل مطالعات و طراحی پروژه خط دوی قطار شهری تبریز به شرح زیر تدوین گردیده است:

- ۱) ایجاد نقاط ماندگار مبنای اصطلاحاً نقاط نشانه مطابق با استانداردهای نقشه برداری.
 - ۱-۱) ساختمان نقطه نمودن نقاط مطابق با دستورالعمل های نقشه برداری متناسب با شرایط فیزیکی منطقه.
 - ۱-۲) ایجاد شبکه نقاط مسطحاتی اصلی در سیستم مختصات جهانی با استفاده از دستگاههای GPS دقیق و با فواصل مورد نیاز (ترجیحاً هر پانصد متر یک نقطه) مطابق با استانداردهای نقشه برداری.
 - ۱-۳) تبدیل و ترانسفورماسیون مختصات از سیستم جهانی GPS به سیستم مختصات زمینی محلی.
 - ۱-۴) شبکه بندی نقاط مسطحاتی اصلی و تکثیر نقاط مسطحاتی فرعی به تعداد لازم در طول مسیر طرح به روش کلاسیک (ترجیحاً هر صد متر تا دویست متر یک نقطه).
 - ۱-۵) سرشکنی مختصات کلیه نقاط مسطحاتی اصلی و فرعی و حصول دقت کافی در مختصات مسطحاتی نقاط توسط نرم افزارهای سرشکنی.
 - ۱-۶) ترازبایی دقیق نقاط اصلی و فرعی و حصول اطمینان از دقت ارتفاعی نقاط نشانه.
 - ۱-۷) تهیه و تنظیم شناسنامه یا کارت شناسایی نقاط نشانه.
- ۲) تهیه نقشه در مقیاس ۱/۵۰۰ از مسیر طرح و به عرض باند مورد نیاز.
 - ۲-۱) برداشت توپوگرافی شهری (تاکنومتری) از کلیه عوارض موجود اعم از طبیعی و مصنوعی در طول مسیر طرح و به عرض باند مورد نیاز (حداقل یکصد متر از طرفین مسیر).
 - ۲-۲) برداشت کروکی وار (در حد دقت لازم) از عوارض شاخص و مهم واقع در خارج از عرض باند مورد نیاز و در طول مسیر طرح.
 - ۲-۳) ترسیم شیت نقشه های توپوگرافی مورد نیاز در یکی از محیط های نرم افزاری متداول (ترجیحاً نرم افزار **AUTOCAD**) و لایه بندی دقیق عوارض موجود.

۳) جنرالیزاسیون نقشه های ۱/۵۰۰ .

- ۳-۱) برداشت جزئیات از برخی مستحذات بارز در مسیر طرح بر حسب نیاز.
- ۳-۲) شناسایی محل آبراههای زیر زمینی، قنوات، مسیل ها، خطوط انتقال نیرو و ... در مسیر طرح با مراجعه به ادارات و سازمانهای مرتبط و انتقال آنها بر روی نقشه ای موجود.

- ۳-۳) مشخص نمودن محل دقیق تلاقی طرح با سایر خطوط احتمالی مترو.
- ۴) تهیه نقشه در مقیاس ۱/۲۰۰ از محل ایستگاههای مترو و هواکش های میان تونلی و زمین های دپو.
- ۴-۱) ساختمان نقاط بنچ مارک مسطحاتی- ارتفاعی به تعداد حداقل ۶ نقطه در محل ایستگاهها و ۳ تا ۴ نقطه در سایر اماکن فوق الذکر مشابه آنچه که در قبل توضیح داده شد.
- ۴-۲) تعیین موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی دقیق نقاط بنچ مارک فوق الذکر به روشهای مذکور در قبل و اتصال این نقاط به شبکه اصلی و فرعی نقاط بنچ مارک واقع در طول مسیر طرح.
- ۴-۳) تهیه شناسنامه نقاط یا کارت شناسایی برای این نقاط مشابه آنچه که در قبل توضیح داده شد.
- ۴-۴) برداشت کلیه عوارض در محدوده ایستگاهها و هواکش ها و ... در مقیاس ۱/۲۰۰ با شرح جزئیات استاندارد مطرح در آئین نامه های نقشه برداری.
- ۴-۵) ترسیم نقشه های ۱/۲۰۰ در محیط نرم افزاری متداول.
- ۵) طراحی هندسی مسیر.
- ۵-۱) پیاده نمودن مسیر طرح بر روی نقشه های ۱/۵۰۰ بوسیله خطوط پیوسته و شکسته.
- ۵-۲) طراحی قوسهای افقی از نوع قوس اتصال کلو توئیدی با مشخصات فنی مورد نیاز.
- ۵-۳) طراحی خط پروژه در مولفه قائم با توجه به شیب طولی مجاز و طراحی قوسهای قائم در طول مسیر طرح.
- ۵-۴) ترسیم مقاطع طولی و عرضی از طرح هندسی یا اصطلاحاً تهیه ازبیلت^۴ تئوری مسیر طرح.
- ۵-۵) تهیه جداول مختصات محور مسیر طرح به فواصل حداکثر ۵ متر به ۵ متر.
- ۶) پیاده نمودن اولیه (بالیزاژ) مسیر طرح بر روی زمین.
- ۶-۱) بالیزاژ محور مرکزی مسیر طرح بر روی زمین با فواصل مرتبط با شرایط فیزیکی طرح و علامت گذاری آن در کل مسیر.
- ۶-۲) کنترل نهایی ازبیلت تئوری و محاسبه سربراه تونل در هر نقطه از مسیر طرح با توجه به اختلاف خط زمین طبیعی و خط پروژه در هر نقطه از مسیر طرح.
- پس از ارائه دستورالعمل تدوین گردیده به شرح فوق، در ادامه به ارائه عملیات انجام شده و نتایج بدست آمده خواهیم پرداخت.

بررسی کمی و کیفی عملیات نقشه برداری انجام شده:

- به منظور بررسی کمی و کیفی عملیات نقشه برداری انجام شده، لازم است تا موضوع را در قالب دو مرحله کلی زیر تعقیب نمائیم:
- الف) شبکه نقاط پیمایش شامل نقاط پیلار و بنچ مارک.

ب) نقشه برداری عوارض در مقیاسهای ۱/۵۰۰ پوششی و ۱/۲۰۰ موضعی.

الف) شبکه نقاط پیمایش شامل نقاط پیلار و بنچ مارک.

در این پروژه تعدادی از نقاط اصلی شبکه که به شکل پیلار^۵ ساختمان نقطه گردیده از جمله نقاط کلیدی شبکه محسوب شده و نقاط فرعی که به شکل بتنی شبه پیلار ایجاد گردیده به عنوان نقاط بنچ مارک پوششی محسوب می گردند. روش تعیین موقعیت نقاط پیلار از نظر مسطحاتی بوسیله سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای بر مبنای بیضوی جهانی^۶ و در سیستم مختصاتی منطبق با سیستم تصویر جهانی^۷ و از نظر ارتفاعی بوسیله عملیات ترازبایی دقیق مستقیم رفت و برگشت و اتصال شبکه ارتفاعی به نقاط معلوم ارتفاعی بوده است. همچنین روش تعیین موقعیت نقاط بنچ مارک به روش کلاسیک زمینی بوده که در آن مشاهدات خام به شرح زیر انجام پذیرفته است:

- ۱) مشاهده کلیه زوایای افقی موجود به تعداد حداقل چهار کویل مفید به کمک دوربین های دقیق زاویه یاب .
 - ۲) مشاهده کلیه طولهای افقی به صورت رفت و برگشت به کمک دوربین های طولیاب دقیق.
 - ۳) اندازه گیری کلیه اختلافات ارتفاع به صورت رفت و برگشت بوسیله ترازبایهای دقیق دیجیتالی.
- سپس با استفاده از محاسبات مربوط به حل پیمایش و سرشکنی خطاهای مجاز موجود مختصات نقاط پیلار و بنچ مارک در دو سیستم مختصات جهانی و زمینی محلی محاسبه گردیده که برای این منظور از اعمال ضرائب تبدیلی نظیر ضریب مقیاس و ضریب تصحیح ارتفاعی استفاده گردیده است.
- در نهایت برای هر یک از نقاط پیلار و بنچ مارک موجود کارت شناسایی مجزی تهیه گردیده و در قالب دفترچه ای تدوین گردید.

کنترل های انجام شده در این مرحله عبارتند از:

۱) کنترل شکل فیزیکی نقاط پیلار و بنچ مارک از نظر استحکام و ماندگاری و رعایت استاندارد ها و شرایط فیزیکی نظیر برقراری دید مستقیم و امکان استقرار مناسب بر روی نقاط، که در این کنترل اکثریت قریب به اتفاق نقاط مورد تائید قرار گرفته و ایجاد تعداد محدودی مجددا در دستور کار مشاور نقشه برداری قرار گرفت.

۲) کنترل مسطحاتی و ارتفاعی نقاط پیلار که با استفاده از گیرنده های دو فرکانسه و انجام مشاهدات مدت دار بر روی نقاط و مقایسه مختصات بدست آمده با مقادیر اولیه و همچنین کنترل ارتفاعی نقاط به روش ترازبایی مستقیم، دقت مسطحاتی و ارتفاعی در حد ± 1 سانتی متر مورد تائید قرار گرفت.

⁵ Pilar

⁶ WGS84

⁷ UTM

۳) کنترل مسطحاتی و ارتفاعی نقاط پنج مارک که با استفاده از توتال استیشن های دقیق انجام پذیرفته و دقت مسطحاتی و ارتفاعی در حد ± 2 سانتی متر مورد تأیید قرار گرفت.

۴) کنترل محاسبات انجام شده و سرشکنی های صورت گرفته و محاسبات مربوط به تبدیل سیستم مختصات جهانی به سیستم مختصات زمینی محلی و همچنین استاندارد رعایت شده در تهیه کارت های شناسایی و در نهایت تأیید نهایی شبکه نقاط پیلار و پنج مارک.

ب) نقشه برداری عوارض در مقیاسهای ۱/۵۰۰ پوششی و ۱/۲۰۰ موضعی.

در این مرحله، ابتدا نقشه ها به صورت تئوریک از نظر رعایت اصول فنی و جزئیات برداشت مورد بررسی قرار گرفته و پس از رفع نواقص اولیه، در نهایت با اعمال اندازه گیری های موضعی متعدد به منظور کنترل عوارض برداشت شده در نقشه های ۱/۵۰۰ و ۱/۲۰۰ در نهایت بیش از دو هزار نقطه کنترل مسطحاتی و ارتفاعی برداشت گردیده و پس از مقایسه با نقشه های موجود در یک تست اولیه آماری نتایج زیر بدست آمد.

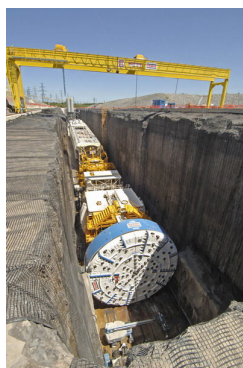
در این تست آماری تعدادی نقاط انتخابی^۸ (۲۰۰۰ نقطه عارضه مشخص) مورد تست قرار گرفته و خطای مجاز در تهیه نقشه های ۱/۵۰۰ معادل ۱۰ سانتی متر و در تهیه نقشه های ۱/۲۰۰ معادل ۴ سانتی متر بر مبنای رابطه ریاضی خطای مجاز (در مقیاس نقشه $\times 0,2$) بر حسب میلی متر) در نظر گرفته شده که نتایج بدست آمده حاکی از وجود برخی نواقص و خطاهای محدود در نقشه های اولیه بوده است. با انتقال این نتایج به مشاور نقشه برداری، اکیپ های مستقر در منطقه درصدد رفع نواقص موجود در نقشه های ۱/۵۰۰ و ۱/۲۰۰ برآمده که مقرر گردید تا در نهایت با ارائه فایل نهایی نقشه ها و انجام کنترل های نهایی، مورد تأیید نهایی واقع گردند.

مختصری از روند هدایت و کنترل نقشه برداری در زمان اجرا:

از آنجا که مقرر است تا عملیات حفاری و ساخت تونل خط دوی قطار شهری تبریز توسط دستگاه حفاری TBM انجام پذیرد، لازم است تا به طور مختصر در خصوص روند هدایت و کنترل نقشه برداری در زمان اجرای عملیات حفاری و ساخت، به ارائه توضیحات پردازیم. به منظور هدایت دستگاه حفاری که طولی معادل ۱۰۰ متر دارد، از اشعه نورانی لیزری استفاده می شود. روی این دستگاه حفاری دو صفحه

⁸ Sample Points

نشانه روی^۹ قرار داشته که با قرار گرفتن این صفحات در امتداد اشعه لیزری، می توان دستگاه حفار را در مسیر خط پروژه هدایت نمود. اشعه لیزری از یک منبع که با فاصله مناسب از دستگاه روی دیوار نصب می گردد، خارج خواهد شد. لذا، لازم است تا نقشه برداران بر طبق الگوی ارائه شده توسط کارخانه سازنده دستگاه حفاری که در آن موقعیت مرکز صفحات نسبت به کل مقطع مشخص شده است، توسط اجرای عملیات نقشه برداری دقیق و انجام پیمایش ها، منبع لیزری را در جای مناسب نصب نمایند. پس از ثابت نمودن دستگاه، مسیر اشعه دائما مورد کنترل قرار گرفته تا از خارج شدن احتمالی دستگاه حفاری از مسیر اصلی ممانعت بعمل آید.



شکل اول: نمایی از یک دستگاه حفاری TBM

مراجع:

- ۱) دستورالعمل های تیپ نقشه برداری (نشریه ۱۱۹) سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، جلد اول و دوم و سوم.
- ۲) گزارشات تهیه شده توسط اکیپ نظارت عالی کنترل مضاعف نقشه برداری مدیریت طرح پروژه خط دوی قطار شهری تبریز.