



محاسبات احجام عملیات خاکی در راهسازی

مهندس کیانوش رضائی دکتر جلال ایوبی نژاد

امروز کتابخوانی و علم‌آموزی نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است!

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد

شده است: «إِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره جغرافیایی ایران شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

هشت

پیشگفتار

۱	فصل اول: محاسبه حجم عملیات خاکی به صورت دستی
۱	مقدمه
۲	۱-۱ نقشه‌های توپوگرافی
۳	۱-۱-۱ متحنی تراز (میزان) اصلی
۴	۲-۱ مسیریابی
۴	۱-۲-۱ روش پرگار
۵	۲-۲-۱ محاسبه بازشدگی دهانه پرگار
۶	۳-۲-۱ مسیریابی و اجرای روش پرگار به صورت دستی
۹	۴-۲-۱ انتخاب مسیر نهایی
۱۱	۳-۱ نیمرخ طولی
۱۲	۱-۳-۱ ترسیم خط زمین طبیعی
۱۳	۲-۳-۱ ترسیم خط پروژه
۱۶	۳-۳-۱ قوس‌های قائم
۱۷	۴-۱ نیمرخ عرضی راه
۱۷	۱-۴-۱ تعریف نیمرخ عرضی
۱۸	۲-۴-۱ سواره‌رو
۱۸	۳-۴-۱ عرض سواره‌رو و تعداد خطوط
۲۰	۴-۴-۱ شیب عرضی سواره‌رو
۲۱	۵-۴-۱ شانه
۲۳	۶-۴-۱ شیب عرضی شانه
۲۳	۵-۱ نیمرخ تیپ
۲۴	۱-۵-۱ حریم راه
۲۴	۲-۵-۱ میانه راه
۲۵	۳-۵-۱ شیروانی

۲۷	۴-۵-۱ نهرهای جانبی
۲۹	۶-۱ انواع نیمرخ‌های عرضی
۳۱	۷-۱ تعاریف و اصطلاحات
۳۲	۸-۱ برداشت نیمرخ عرض
۳۲	۱-۸-۱ برداشت مستقیم نیمرخ‌های عرضی
۳۲	۹-۱ محاسبه مساحت نیمرخ‌های عرضی
۳۲	۱-۹-۱ روش‌های محاسبه مساحت نیمرخ عرضی
۳۹	۱۰-۱ محاسبه حجم دو نیمرخ عرضی متوالی
۴۰	۱-۱۰-۱ هر دو نیمرخ عرضی متوالی، در خاکریزی و یا خاکبرداری قرار داشته باشد
۴۲	۲-۱۰-۱ دو نیمرخ عرضی متوالی هر دو به صورت مختلط (...)
۴۴	۳-۱۰-۱ یکی از نیمرخ‌های در خاکریزی و دیگری در خاکبرداری قرار داشته باشد
۴۶	۴-۱۰-۱ یکی از نیمرخ‌های در خاکریزی یا خاکبرداری و نیمرخ دیگر مختلط باشد
۴۸	۵-۱۰-۱ دو نیمرخ عرضی متوالی هر دو به صورت مختلط و غیرمتقابل
۵۰	۱۱-۱ محاسبه حجم کل عملیات خاکی در پروژه
۵۲	۱۲-۱ منحنی بروکنر
۵۴	۱-۱۲-۱ خط اساس
۵۴	۲-۱۲-۱ خط پایان
۵۴	۳-۱۲-۱ خط توزیع (خط پخش)
۵۵	۴-۱۲-۱ روش ترسیم خط پخش بهینه
۵۷	خلاصه فصل اول

فصل دوم: محاسبه حجم عملیات خاکی با استفاده از Civil 3D

۵۹	مقدمه
۵۹	۱-۲ اصول اولیه طراحی و ترسیم پروژه راهسازی
۶۰	۲-۲ ترسیم نیمرخ طولی
۶۰	۳-۲ طراحی تیپ نیمرخ عرضی (پروفیل تیپ)
۶۲	۴-۲ ابزار طراحی اجزای نیمرخ تیپ (Tool palettes)
۶۳	۵-۲ ایجاد سواره‌رو
۶۸	۶-۲ ایجاد ترانشه خاکبرداری و خاکریزی
۷۱	۷-۲ نحوه ساخت Corridor
۷۱	۱-۷-۲ ساخت Corridor در نرم‌افزار Civil3D-2015
۷۷	۸-۲ تولید خطوط نمونه در نیمرخ‌های عرضی (Samplelines)
۸۱	۹-۲ تولید نمای نیمرخ عرضی
۸۵	۱۰-۲ ساخت سطح برای کوری‌دور
۸۷	۱۱-۲ محاسبه حجم عملیات خاکی به صورت نیمرخ به نیمرخ
۹۲	۱۲-۲ نمایش جدول حجم عملیات خاکی
۹۶	خلاصه فصل دوم

۹۷	فصل سوم: محاسبه حجم عملیات خاکی در نرم افزار
۹۷	مقدمه
۹۷	۱-۳ اصول اولیه طراحی و ترسیم پروژه راهسازی
۹۸	۲-۳ معرفی فایل توپوگرافی به نرم افزار
۹۹	۳-۳ تنظیمات اولیه به منظور ترسیم در نرم افزار
۱۰۳	۴-۳ تعریف Surface (معرفی نقشه توپوگرافی به نرم افزار)
۱۰۷	۵-۳ ترسیم نیمرخ طولی
۱۱۱	۶-۳ ترسیم خط پروژه
۱۱۲	۷-۳ ترسیم نیمرخ عرضی
۱۱۸	۸-۳ ترسیم جدول حجم عملیات خاکی
۱۲۰	۹-۳ ترسیم منحنی بروکنر
۱۲۲	خلاصه فصل سوم
۱۲۳	واژگان انگلیسی - فارسی
۱۲۵	منابع

این اثر ناچیز تقدیم می شود به:

یگانه منجی عالم بشریت حضرت مهدی (عج)

و

ارواح طیبه شهدای مدافع حرم.

پیشگفتار

به نام خداوند جان و خرد، کزین برتر اندیشه برنگذرد. خداوند را سپاس می‌گوییم که فرصت نگارش این کتاب را به ما ارزانی بخشید. اکنون که سال‌هاست رشته مهندسی عمران، نقشه‌برداری و معدن در دانشگاه‌های ایران تدریس می‌شود، اما متأسفانه کتاب شایان توجهی در زمینه عملیات خاکی و نحوه محاسبه حجم خاک حاصل از خاکریزی و خاکبرداری تالیف و منتشر نشده است. لذا برآن شدیم که کتابی را در این زمینه تألیف کنیم.

به دست آوردن حجم عملیات خاکی در پروژه‌های اجرایی، یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین محاسبات در مهندسی عمران، معدن، نقشه‌برداری، زمین‌شناسی و دیگر رشته‌های مرتبط است. به طوری که درصد زیادی از هزینه‌های یک پروژه به میزان حجم عملیات خاکی آن بستگی دارد. به همین دلیل در فاز طراحی پروژه و قبل از اجرای هر عملیات عمرانی، باید محاسبات مربوط به تخمین حجم عملیات خاکی به طور دقیق صورت گیرد تا مشخص گردد چه میزان مصالح موردنیاز است و باید جابه‌جایی شود و با مقایسه‌ای نسبی بین آن‌ها، علاوه بر محاسبه هزینه‌های مربوطه، فضای لازم برای دپو مصالح و یا انتخاب محل قرضه نیز مشخص گردد. لذا درک درست از احجام خاکریزی و خاکبرداری و نحوه محاسبه هر یک، بسیار بااهمیت است. در کتاب پیشرو سعی نموده‌ایم مجموعه کوچکی از آموخته‌ها در طول تحصیل و تجربیات تدریس و کاری را پیاده نماییم تا شاید منبع کوچکی در زمینه محاسبات حجم عملیات خاکی در درس راهسازی و پروژه راهسازی باشد.

در این کتاب سعی شده است که به منظور درک بهتر محاسبات حجم عملیات خاکی، دو روش دستی (تئوری) و نرم‌افزاری به تفصیل معرفی و با ذکر مثال‌هایی، مباحث به طور دقیق توضیح داده شده است.

بر خود لازم می‌دانیم پیشاپیش به دلیل کاستی‌ها و ایرادات در این کتاب، از شما خواننده محترم نهایت عذرخواهی را داشته باشیم. امید است که ما را از انتقادات، پیشنهادات و راهنمایی‌های خود یاری نمایید.

در انتها بر خود وظیفه می‌دانیم از همه کسانی که به هر نحو در تألیف این کتاب، ما را یاری نموده‌اند کمال تشکر را به‌جای آوریم.

مقدمه

در این کتاب سعی بر آن شده است که تمامی مراحل محاسبات حجم عملیات خاکی پروژه‌های راهسازی به‌صورت مرحله به مرحله، به شکل تئوری و همچنین با استفاده از نرم‌افزارهای Autocad Land Desktop Civil 3D، ارائه شود. در ابتدا مشخصات و انواع نیمرخ‌های توضیح داده شده و مخاطب نیازی به استفاده از چند منبع مختلف ندارد که این امر از سردرگمی در حین محاسبات و اتلاف وقت جلوگیری می‌کند. تمام نکات الزامی و اشکال مختلف که ممکن است افراد در طول انجام پروژه راهسازی با آن روبه‌رو شوند، در کتاب مطرح شده است.

کتاب در سه فصل تدوین شده است. فصل اول با آموزش مفاهیم پایه شروع می‌شود و به بررسی نقشه‌های توپوگرافی، نیمرخ طولی، ترسیم خطوط پروژه، نیمرخ‌های عرضی، حریم راه و شیروانی پرداخته شده است. در ادامه انواع نیمرخ‌های عرضی و انواع روش‌های محاسبات سطح هریک از نیمرخ‌ها و محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نیمرخ در شکل‌های مختلف به تفصیل بیان و در هر مرحله مثال‌هایی به‌همراه محاسبات آن‌ها آورده و در نهایت خطوط توزیع و پخش در منحنی بروکنر و نحوه ترسیم آن توضیح داده شده است.

در فصل دوم کتاب، نرم‌افزار Civil 3D به‌صورتی گام به گام و تصویری آموزش داده شده است. این نرم‌افزار از محصولات شرکت Autodesk می‌باشد و محیطی شبیه به نرم‌افزار اتوکد دارد، از این‌رو افرادی که نرم‌افزار Autocad را آموخته‌اند، محیط این نرم‌افزار برایشان جدید نبوده و در هنگام یادگیری Civil 3D با چالشی روبه‌رو نخواهند شد. اما برای آن دسته از عزیزانی که به نرم‌افزار Autocad آشنایی ندارند، در ابتدای آموزش نرم‌افزار Civil 3D، دستورات پرکاربرد در قالب توضیحات و مثال‌هایی آورده شده است که با

تمرین آن‌ها می‌توانند آشنایی نسبی با این نرم‌افزار پیدا کنند. در ادامه تمامی گام‌های فصل اول، از ترسیم نیمرخ عرضی تا محاسبات حجم خاکی و ترسیم منحنی بروکنر در پروژه راهسازی در نرم‌افزار Civil 3D توضیح داده شده است.

در فصل سوم کتاب، اصول و تنظیمات اولیه نرم‌افزار Autocad Land Desktop بیان، سپس ترسیم نیمرخ طولی و عرضی و محاسبات حجم به صورت تصویری و قدم به قدم آموزش داده شده است. این نرم‌افزار نیز از محصولات شرکت Autodesk بوده و محیطی شبیه به نرم‌افزار اتوکد دارد. در نهایت نحوه ترسیم منحنی بروکنر و خطوط پروژه و جداول حجم عملیات خاکی توضیح داده شده است.

فصل اول

محاسبه حجم عملیات خاکی به صورت دستی

مقدمه

همواره داده‌ها و اطلاعات دقیق و جامع از بنیادی‌ترین و پایه‌ای‌ترین ارکان طراحی و اجرای یک پروژه است. به‌طور کلی علوم مهندسی با داده‌ها و محاسبات مربوط به آن است که معنا پیدا می‌کند. به‌ویژه در فعالیت‌های عمرانی (اعم از ساخت ساختمان، پل، سد، راه، راه‌آهن و غیره) این داده‌ها بسیار حیاتی است و بدون داشتن اطلاعات و مشخصات دقیق، طراحی و اجرای پروژه‌ها عملاً غیر ممکن بوده و خسارات زیادی به آن‌ها تحمیل می‌کند.

در واقع جمع‌آوری^۱ داده به فرایند جمع‌آوری و آماده‌سازی اطلاعات به‌منظور تحلیل و استفاده در طراحی و کمک در تصمیم‌گیری‌ها یا بهبود فرایندها گفته می‌شود.

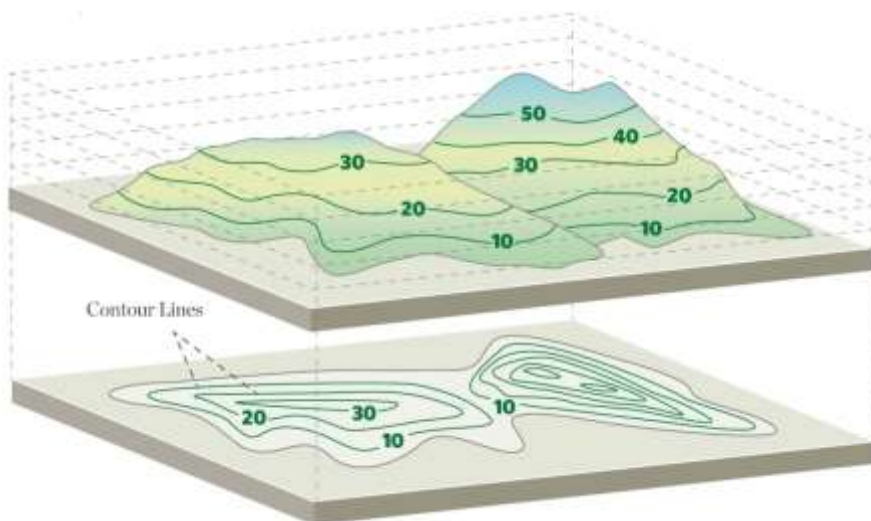
جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت دقیق و سازمان‌یافته، بسیار ضروری است زیرا برنامه‌ریزی، طراحی اولیه، محاسبات، اجرا و مدیریت پروژه‌های عمرانی صرفاً با تکیه بر داده‌های موجود صورت می‌گیرد. این فرایند شامل انتخاب روشی مناسب جهت جمع‌آوری داده‌های صحیح، شناسایی منابع داده، سازماندهی و مستندسازی اطلاعات مرتبط با یک پروژه عمرانی است. جمع‌آوری داده‌ها می‌تواند از طریق روش‌های مختلفی از داده‌های موجود انجام شود. یکی از بارزترین داده‌ها در پروژه‌های عمرانی، داده‌های مربوط به عوارض زمین و داشتن مختصات دقیق هر نقطه از زمین پروژه است که به آن نقشه‌های توپوگرافی گفته می‌شود.

۱-۱ نقشه‌های توپوگرافی^۱

اولین مرحله برای محاسبه حجم عملیات خاکی، به‌دست‌آوردن وضعیت و مختصات نقاط در منطقه موردنظر است. برای این منظور از نقشه‌های توپوگرافی استفاده می‌گردد.

نقشه توپوگرافی در حقیقت نمایشی از بالاست که وضع موجود زمین در منطقه‌ای که قرار است مورد بهره‌برداری قرار گیرد را از لحاظ پستی و بلندی در دو بعد طول و عرض نمایش می‌دهد و برای نشان‌دادن بعد سوم (ارتفاع نقاط) از برچسب‌های ارتفاعی استفاده شده است که به آن‌ها منحنی میزان گویند. در این نوع پلان، نقاطی که در یک ارتفاع (اصطلاحاً هم‌تراز) هستند بر روی یک خط قرار می‌گیرند. به این معنا که تمام نقاطی که روی یک خط قرار دارند، همگی هم ارتفاع هستند. حالت‌های مختلف منحنی میزان و فاصله این خطوط نسبت به هم، ویژگی‌های توپوگرافی از جمله (میزان شیب، خط‌الراس، خط‌القعر و غیره) را معرفی می‌کند.

این نقشه‌ها در مقیاس‌های مختلف تهیه می‌شوند و با توجه به نوع کاربرد آن‌ها، اطلاعاتی از قبیل شکل و ارتفاع عوارض طبیعی و مصنوعی سطح زمین، شیب زمین، رودخانه‌ها، جاده‌ها، ساختمان‌ها را ارائه می‌دهند و در مطالعات مختلف زمین‌شناسی، مهندسی، و برنامه‌ریزی شهری کاربرد دارند.

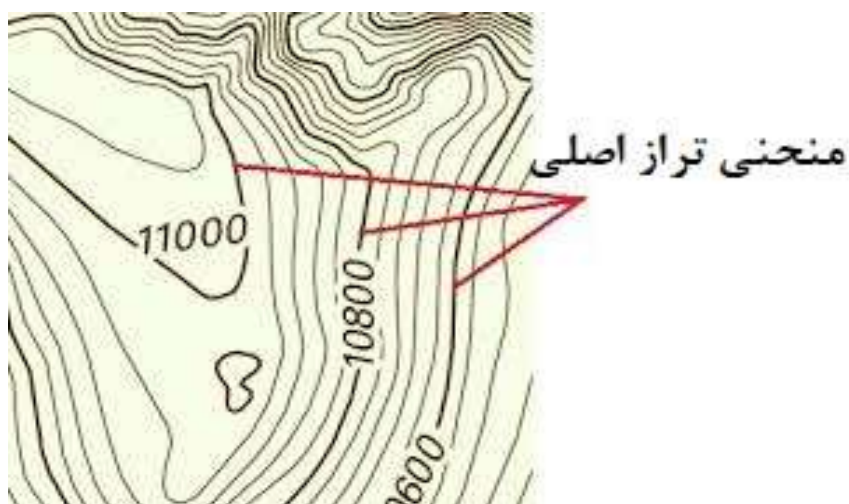


تصویر ۱-۱. پستی و بلندی و عوارض سطح زمین در نقشه سه بعدی و توپوگرافی

در نقشه‌های توپوگرافی دو دسته منحنی تراز^۱ (میزان) وجود دارد:

۱-۱-۱ منحنی تراز (میزان) اصلی^۲

خطوطی با ارتفاع‌های مشخص هستند که نقاط هم‌تراز روی آن‌ها قرار دارند و اختلاف ارتفاع آن‌ها از یکدیگر در تمام نقشه مقدار ثابتی است. به این معنا که اختلاف ارتفاع دو منحنی تراز اصلی متوالی در هر نقطه با نقطه دیگر از توپوگرافی همواره برابر است. معمولاً این اختلاف ارتفاع‌ها مضربی از ۵ یا ۱۰ متر است.

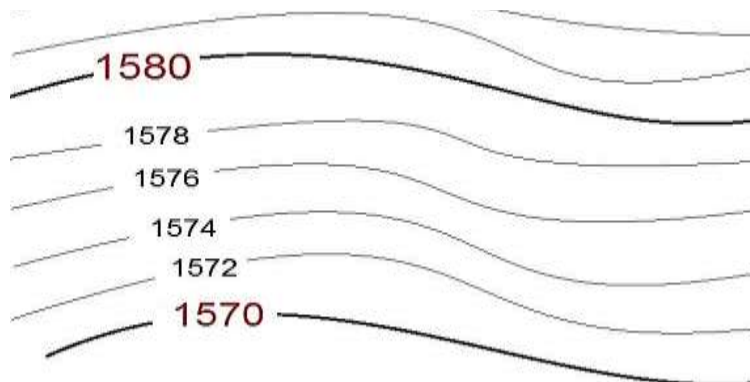


تصویر ۱-۲. تصویر منحنی تراز اصلی متوالی

۱-۲-۱ منحنی تراز (میزان) فرعی^۳

منحنی ترازهای فرعی بین دو منحنی تراز اصلی قرار دارند و آن‌ها نیز خطوطی هم‌تراز هستند و تمامی نقاط روی این خطوط در یک ارتفاع قرار دارند. در حقیقت اختلاف ارتفاع آن‌ها به اختلاف ارتفاع منحنی میزان اصلی بستگی دارد و فاصله بین دو منحنی میزان اصلی را به ۵ واحد تقسیم می‌کنند. به‌طور مثال اگر اختلاف ارتفاع دو منحنی میزان اصلی ۱۰ متر باشد، اختلاف ارتفاع منحنی میزان‌های فرعی ۲ متر است.

1. Contour line
2. Major
3. Minor



تصویر ۱-۳. تصویر منحنی تراز فرعی

برای محاسبه حجم عملیات خاکی در راهسازی ابتدا باید مقدماتی از مسیریابی و اجزای طرح هندسی مسیر را دانست.

۲-۱ مسیریابی

مسیریابی در پروژه‌های راهسازی به چند روش انجام می‌گیرد. یکی از متداول‌ترین روش‌ها، روش پرگار است که با توجه به شیب مجاز طراحی ((بر حسب درصد و به نوع توپوگرافی منطقه بستگی دارد)) و مقدار اختلاف ارتفاع بین دو منحنی میزان اصلی متوالی، مقدار فاصله دو کمان ترسیمی به دست می‌آید و می‌توان مسیرهای متفاوتی ترسیم نمود، که با توجه به گذر از نقاط اجباری و دیگر محدودیت‌ها، از بین واریانت‌ها مختلف، بهترین گزینه به عنوان مسیر راه اصلی انتخاب می‌شود.

۱-۲-۱ روش پرگار

با استفاده از این روش می‌توان بین نقاط مدنظر چندمسیر ترسیم نمود و با توجه به معایب، مزایا، محدودیت‌های عبوری، اقتصادی و فنی و مهندسی هریک از مسیرها، واریانت مطلوب را انتخاب و به عنوان محور مسیر اصلی بر روی توپوگرافی ترسیم نمود.

نکته ۱: مسیریابی از مهمترین پارامترهای مؤثر بر حجم عملیات خاکی است، بدین شکل که اگر طراح هندسی راه در این مرحله دقت و تجربه کافی را داشته باشد، می‌تواند مسیریابی صحیح را انجام داده و حجم عملیات خاکی را تا حد ممکن کاهش دهد.

نکته ۲: بهتر است مسیر عبوری تاحدممکن با پستی و بلندی و عوارض طبیعی زمین هماهنگ باشد و در راستای خطوط منحنی میزان حرکت کند و از طراحی مسیرهای عمود بر منحنی میزانها جلوگیری کرد.

نکته ۳: باید دقت شود تا تعادلی بین حجم خاکبرداری و خاکریزی رعایت شود. با این کار نیاز کمتری به دیو و یا قرضه مصالح وجود دارد.

نکته ۴: طول مسیر نیز از اهمیت زیادی برخوردار است و همواره مسیرهای کوتاه‌تر، به دلیل کوتاهی مسافت حمل مصالح، باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود.

- برای مطالعه دقیق‌تر انواع روش‌های مسیریابی و همچنین مسیریابی به روش پرگار، می‌توانید از منابع ذکر شده نیز استفاده نمایید.

۱-۲-۲ محاسبه بازشدگی دهانه پرگار

در ابتدا برای ترسیم یک مسیر بین دو نقطه دهانه پرگار را با توجه به رابطه ۱-۳ به اندازه مشخص باز کرده و بین دو منحنی تراز اصلی دایره‌ای ترسیم می‌کنیم.

$$X = \frac{h_2 - h_1}{I} \times \text{scale} \quad \text{رابطه ۱-۱}$$

میزان بازشدگی دهانه پرگار بر حسب متر $X =$

مقدار شیب بر حسب درصد $I =$

مقیاس نقشه $\text{Scale} =$

اختلاف ارتفاع منحنی ترازهای اصلی روی نقشه توپوگرافی $h_2 - h_1 =$

توجه به این نکات زیر ضروری است:

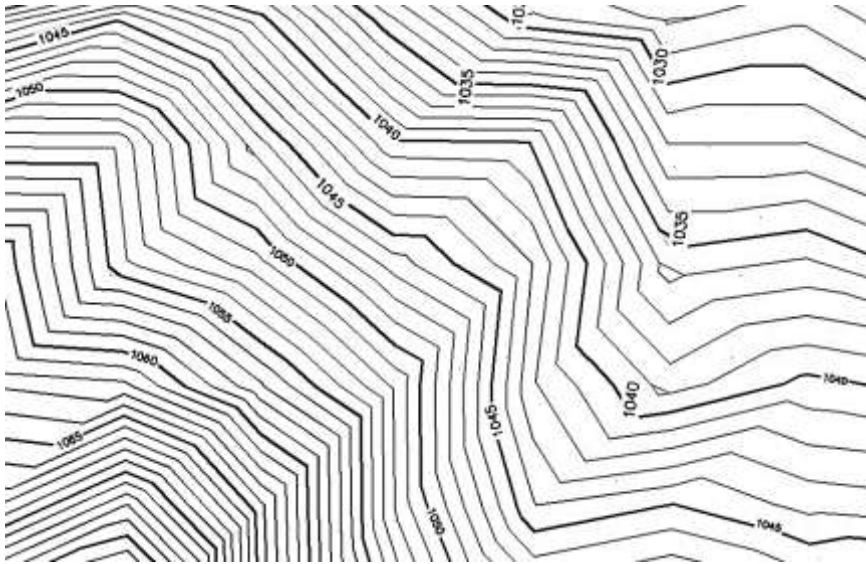
الف) مقدار شیب بر حسب درصد است و به توپوگرافی منطقه بستگی دارد.

ب) مقدار اختلاف ارتفاع منحنی ترازهای اصلی در حقیقت مربوط به دو منحنی تراز متوالی است که در همه جای نقشه توپوگرافی باهم برابر است، لذا نیاز به بررسی تمام منحنی ترازهای اصلی در هر نقطه از نقشه نیست. از طرفی برای به دست آوردن مقدار اختلاف، کافی است ارتفاع دو منحنی تراز اصلی متوالی از یکدیگر کم شوند و عدد حاصل شده برابر اختلاف ارتفاع منحنی ترازهای نقشه توپوگرافی خواهد بود.

پ) در صورتی که انجام طراحی و ترسیم بر روی نقشه توپوگرافی چاپ شده باشد، مقیاسی که در رابطه استفاده می‌شود برابر با مقیاس نقشه خواهد بود. در غیر این صورت و اگر طراحی مسیر در نرم‌افزار civil 3D صورت گرفت نیازی به اعمال مقیاس نخواهد بود.

ج) در صورت طراحی بر روی نقشه چاپ شده، بهتر است اعداد را در ۱۰۰ ضرب شود تا مقدار حاصل برحسب سانتی متر شود.

مثال ۱-۳: در منطقه‌ای با توپوگرافی زیر که در ناحیه تپه‌ماهور واقع شده و مقیاس نقشه چاپ شده آن $\frac{1}{2000}$ است، اندازه دهانه پرگار چند سانتی متر است؟



پاسخ: همان‌طور که در تصویر مشخص است، اختلاف ارتفاع منحنی ترازهای اصلی ۱۰ متر است. همچنین با توجه به توپوگرافی منطقه که تپه‌ماهور است، شیب از ۳٪ تا ۷٪ است. بهتر است عددی میانه این بازه در نظر گرفته شود، مثلاً (۵٪) تا در صورت نیاز بتوان از شیب بیشتر یا کمتر استفاده نمود.

$$X = \frac{h_2 - h_1}{I} \times \text{scale}$$

$$X = \frac{10}{0.05} \times \frac{1}{2000} = 0.1 \times 100 = 10 \text{ cm} \quad X=0/1 \rightarrow \text{m}$$

۱-۲-۳ مسیریابی و اجرای روش پرگار به صورت دستی

در این قسمت به نحوه پیاده‌سازی روش پرگار در طراحی‌های دستی می‌پردازیم. منظور از طراحی دستی، انجام پروژه بدون استفاده از نرم‌افزار است و طراحی بر روی نقشه توپوگرافی چاپ شده صورت می‌گیرد. مزایای استفاده از این روش این است که خوانندگان

۷ محاسبه حجم عملیات خاکی به صورت دستی

با مقدمات کار و اصول اولیه روش پرگار آشنا می‌شوند. زیرا به هنگام طراحی با نرم‌افزار، دانستن این نکات بسیار ضروری می‌باشد.

به منظور اجرای مسیریابی ابتدا دهانه پرگار را به اندازه محاسبه شده باز کرده و نوک سوزنی پرگار بر روی نقطه ابتدایی قرار گرفته و دایره‌ای ترسیم می‌شود که منحنی تراز بعدی را قطع کند. در این وضعیت، سه حالت ممکن است رخ دهد:

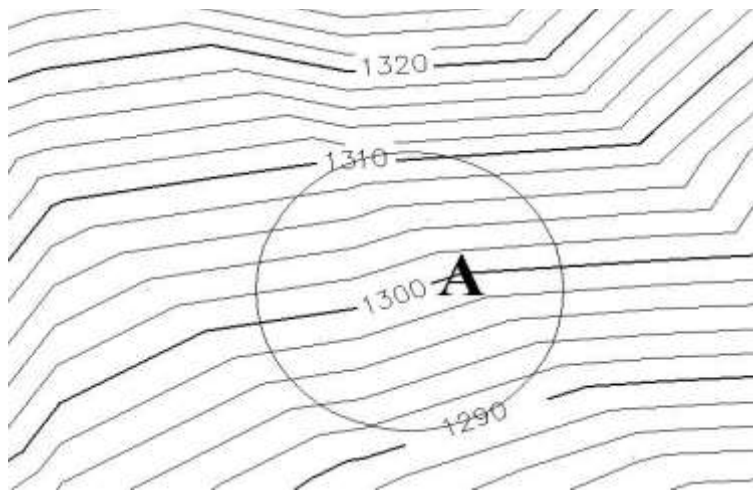
الف) دایره ترسیم شده، منحنی تراز اصلی بعدی را دقیقاً در یک نقطه قطع کند (مماس است).

ب) دایره ترسیم شده، منحنی تراز اصلی بعدی را در هیچ نقطه‌ای قطع نکند.

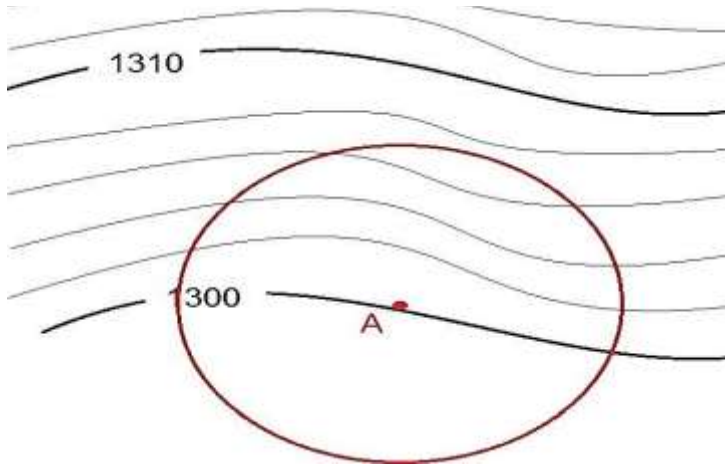
ج) دایره ترسیم شده، منحنی تراز اصلی بعدی را دو یا چند نقطه قطع کند.

الف) این حالت مطلوب‌ترین وضعیت است که با توجه به اختلاف منحنی تراز اصلی و میزان شیب در نظر گرفته شده، دهانه پرگار دقیقاً به اندازه فاصله دو منحنی تراز متوالی باز شده است و با منحنی بعدی مماس می‌شود.

ب) در این حالت مقدار بازشدگی دهانه پرگار کم بوده، در نتیجه دایره ترسیمی حاصل کوچک است و منحنی تراز اصلی بعدی را قطع نمی‌کند. برای حل این مسئله کافیست مقدار شیب را کمتر لحاظ کنیم، که در این صورت مقدار X (بازشدگی دهانه پرگار) افزایش یافته و دایره با شعاع بزرگ‌تری ترسیم خواهد شد که در نتیجه منحنی تراز بعدی را قطع خواهد کرد.



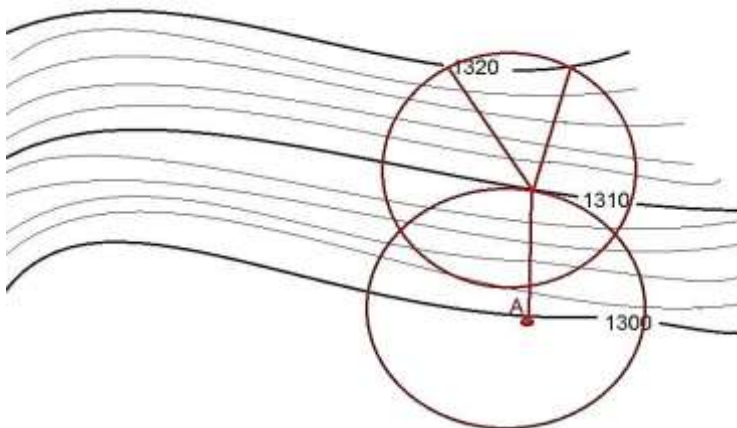
تصویر ۱-۴. دایره ترسیم شده منحنی تراز اصلی را در یک نقطه قطع کرده است



تصویر ۱-۵. دایره ترسیم شده منحنی تراز اصلی را قطع نکرده است

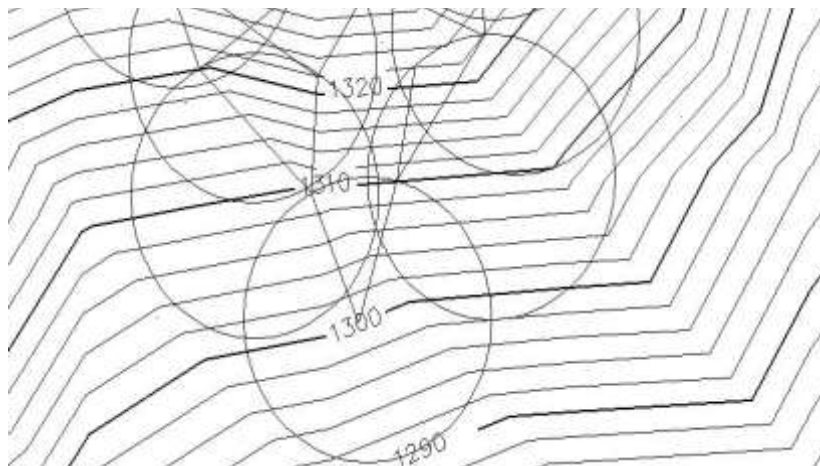
پ) در این وضعیت تعداد نقاط تقاطعی بین دایره با منحنی تراز، بیش از یک نقطه است که این امر باعث افزایش تعداد انتخاب مسیر خواهد شد.

سپس قسمت سوزن پرگار را بر روی نقطه تقاطع دایره با منحنی تراز اصلی قرارداده و دایره دیگری ترسیم می‌شود تا منحنی تراز اصلی بعدی را قطع کند. پس از ترسیم دایره از نقطه ابتدایی (A) و مشخص شدن نقاط تقاطع، یک خط مستقیم ترسیم می‌شود. در صورتی که چند نقطه تقاطعی وجود داشت باشد، به هر یک از نقاط یک خط رسم می‌شود و دوباره خطوط مستقیم بین دو نقطه بعدی ترسیم شده، این روش ادامه می‌یابد تا در نهایت به نقطه مقصد برسد.



تصویر ۱-۶. دایره ترسیم شده منحنی تراز اصلی را در دو نقطه قطع کرده است

در این حالت تعداد زیادی دایره و خطوط شکسته به وجود آمده که مسیرهای مختلف را تشکیل می دهند. تصویر ۱-۷ نمایشی از روش پرگار را ارائه می دهد.



تصویر ۱-۷. خطوط مستقیم بین نقاط تقاطعی

۱-۲-۴ انتخاب مسیر نهایی

به منظور انتخاب بهترین مسیر از بین تمام واریانت های ترسیم شده، باید ابتدا ملاک های اصلی مدنظر قرار گیرند و با در نظر گرفتن نقاط اجباری و محدودیت های موجود، به بررسی مزایا و معایب مسیرهای (واریانت) مختلف پرداخت و مسیر بهینه را انتخاب کرد.

مسیر انتخاب شده علاوه بر رعایت الزامات و گذر از نقاط اجباری، که این نقاط می توانند شامل: مراکز صنعتی و تجاری، مراکز جمعیتی، پادگان های نظامی و یا هر نقطه اجباری دیگر باشند، باید از لحاظ اقتصادی، فنی و مهندسی نیز قابل اجرا باشد.

این الزامات شامل:

- امتداد افقی مسیر، بهتر است تا حد امکان با پستی و بلندی و عوارض طبیعی زمین هماهنگ باشد. مسیری که به طور یکنواخت و هماهنگ با خط های تراز طرح می شود، از مسیری که دارای بخش های مستقیم طولانی است و یکباره به سربالایی و سرپایینی می رسد، برتر است.

- حجم عملیات خاکی: بهتر است در انتخاب مسیر و طراحی راه، میزان حجم عملیات خاکی نیز مدنظر قرار گیرد و هر قدر میزان این حجم پایین تر باشد، پروژه از لحاظ