
بسم الله الرحمن الرحيم

شرح جامع و نمونه سوالات

راهسازی و روسازی راه

«مهندسی عمران»

مولفان: علیرضا گودرزی – فرزاد فریدون زاده

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

پیشگفتار مولفان

به نام یگانه معمار هستی

خداوند متعال را سپاس می‌گوییم که توفیق تدوین کتاب حاضر را عنایت فرمود. با توجه به اهمیت گرایش‌های مختلف تحصیلی در گروه مهندسی عمران و نیاز به تخصص‌های علمی در هر گرایش نویسندگان این مجموعه بر آن شدند تا مهمترین مطالب و عناوین دروس راهسازی و روسازی راه را برای آمادگی دانشجویان متقاضی شرکت در آزمون کارشناسی ارشد به صورت مدون در یک مجموعه گردآوری و ارائه نمایند. این کتاب شامل شرح جامع مطالب جهت یادگیری مفهومی، خلاصه و نکات کنکوری دروس راهسازی و روسازی راه دوره کارشناسی مهندسی عمران می‌باشد که به صورت طبقه‌بندی شده در فصول مختلف ارائه گردیده است. در نگارش این کتاب از سؤالات کارشناسی ارشد سال‌های گذشته به همراه تست‌های تألیفی و سؤالات تشریحی مکمل استفاده و در اختیار شما علاقه‌مندان قرار داده شده است.

از آنجایی که در تدوین هر اثر علمی دوری از لغزش و خطا اجتناب‌ناپذیر است، لذا از شما خواننده ارجمند تقاضا داریم ما را در اصلاح این مجموعه یاری داده تا هرچه بیشتر و بهتر در رفع کاستی‌ها و معایب آنها کوشا باشیم تا در چاپ بعدی کتاب لحاظ گردد.

امید است با تألیف این کتاب گامی هرچند کوچک در جهت رفع کمبود منابع درسی برای دانشجویان عزیز برداشته باشیم و نیز مورد عنایت کلیه مهندسین و اساتید محترم واقع شود.

در خاتمه بر خود وظیفه می‌دانیم از حسن مساعدت مدیریت محترم انتشارات ارشد که رهنمودهای ایشان باعث ارتقای کتاب شده است تشکر کنیم.

با سپاس

علیرضا گودرزی- فرزاد فریدون زاده

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ناشر ۳
پیشگفتار مولف ۴

بخش اول: راه سازی

فصل اول: مطالعات مسیر ۱۳
۱-۲ عوامل تعیین کننده مسیر راه ۱۳
۱-۳- مراحل مختلف تعیین مسیر راه ۱۵
۱-۴- تعیین محور راه بر روی نقشه‌های خطوط تراز (مسیرگذاری در دفتر) ۲۰
فصل دوم: نقشه‌های راه ۲۵
۲-۲- پلان راه ۲۵
۲-۳ پروفیل طولی راه ۲۸
۲-۴- پروفیل‌های عرضی راه ۳۳
فصل سوم: محاسبات حجم عملیات خاکی و منحنی بروکنر ۴۵
۳-۱ مقدمه ۴۵
۳-۲ روش‌های محاسبه سطح نیمرخ‌های عرضی ۴۶
۳-۳ محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نیمرخ عرضی متوالی ۴۸
۳-۴ محاسبه حجم کل عملیات خاکی در پروژه ۵۰
۳-۵- حمل خاک ۵۱
سوالات آخر فصل ۵۸
فصل چهارم: قوس‌های افقی ۶۵
۴-۱ مقدمه ۶۵
۴-۲- قوس دایره‌ای ساده ۶۵
۴-۴- پیاده کردن قوس به روش زاویه انحراف ۶۹
۴-۵- طراحی قوس برای عبور از نقطه‌ای ثابت و مشخص ۷۱
۴-۶- تأثیر کاهش درجه قوس در کاهش طول مسیر ۷۲
۴-۷- قوس‌های مرکب ۷۳
۴-۸- تعیین حداقل شعاع قوس‌های دایره‌ای ساده: ۷۶
سوالات آخر فصل ۷۹

عنوان صفحه

فصل پنجم: قوس‌های قائم ۸۵
۵-۱- قوس‌های قائم ۸۵
۵-۲- تعیین طول خم‌گنبدی ۸۵
۵-۳- تعیین طول خم کاسه‌ای ۸۶
۵-۴- اجزاء روابط و نحوه پیاده کردن قوس‌های قائم برروی پروفیل طولی ۸۶
۵-۵- کمترین فاصله دید ۸۸
۵-۶- فاصله دید و قوس کوژ ۸۸
۵-۷- فاصله دید و قوس کاس ۸۹
سوالات آخر فصل ۹۰
فصل ششم: قوس‌های پیوندی ۱۰۳
۶-۱- آشنایی ۱۰۳
۶-۲- درازای کلوتوید ۱۰۴
۶-۳- اجزای کلوتوید ۱۰۴
سوالات آخر فصل ۱۰۷
فصل هفتم: خلاصه مطالب و روابط کاربردی ۱۱۳
۷-۱- حداقل شعاع قوس دایره ساده ۱۱۳
۷-۲- حداقل طول قوس اتصال ۱۱۳
۷-۳- حداقل طول قوس قائم ۱۱۴
۷-۴- فاصله دید توقف در قوس‌های افقی ۱۱۵
۷-۵- فاصله دید توقف در قوس‌های قائم از نوع سهمی ۱۱۵
۷-۶- فاصله دید در قوس‌های قائم از نوع دایره ۱۱۵
۷-۷- فاصله دید سبقت در قوس‌های قائم از نوع سهمی ۱۱۶
۷-۸- روابط قوس دایره ساده ۱۱۶
۷-۹ روابط قوس سهمی متقارن ۱۱۸
فصل هشتم: نکات کنکوری ۱۲۳
۸-۱- طرح هندسی راه ۱۲۳
۸-۲- محاسبه حجم عملیات خاکی ۱۲۹
تست‌های تألیفی ۱۳۰
پاسخ تست‌های تألیفی ۱۳۳
تستهای کنکور ۱۳۹
پاسخنامه تستهای کنکور ۱۵۱

عنوان ..... صفحه

بخش دوم : روسازی

فصل اول: روسازی ۱۶۳
۱-۱- تعریف روسازی ۱۶۳
۱-۲- هدف از روسازی ۱۶۳
۱-۳- عملکرد روسازی ۱۶۴
۱-۴- عوامل مؤثر در طرح روسازی‌ها ۱۶۴
۱-۵- انواع روسازی ۱۶۴
۱-۶- لایه‌های روسازی و خواص کلی آن‌ها ۱۶۷
فصل دوم: خاک بستر ۱۷۱
۲-۱- خاک بستر (سابگرید) ۱۷۱
۲-۲- دانه‌بندی ۱۷۱
۲-۳- خواص خمیری ۱۷۱
۲-۴- آشتو ۱۷۲
۲-۵- روش یونیفاید ۱۷۲
۲-۶- روش BMEOM ۱۷۲
۲-۷ کنترل تراکم خاک ۱۷۳
۲-۸- روش‌های تعیین مقاومت خاک بستر روسازی ۱۷۳
فصل سوم: زیراساس، اساس و رویه شنی ۱۷۷
۳-۱- دانه‌بندی ۱۷۷
۳-۲- مشخصات مصالح زیر اساس ۱۷۷
۳-۳- مشخصات لایه اساس ۱۷۸
فصل چهارم: تثبیت خاک و مصالح شنی ۱۸۱
۴-۱- اهداف تثبیت خاک و مصالح شنی ۱۸۱
۴-۲- تثبیت با آهک ۱۸۲
۴-۳- تثبیت خاک با سیمان ۱۸۳
۴-۴- تثبیت با قیر ۱۸۴
فصل پنجم: قیر ۱۸۷
۵-۱- تعریف قیر ۱۸۷
۵-۲- نحوه تهیه قیر از نفت خام ۱۸۷
۵-۳- عوامل انتخاب قیر ۱۹۰
۵-۴- آزمایشات قیر خالص ۱۹۱
۵-۶- آزمایشات قیرهای امولسیون ۱۹۳
فصل ششم: آسفالت ۱۹۷
۶-۱- تعریف آسفالت ۱۹۷
۶-۲- مشخصات فنی مصالح سنگی آسفالت ۱۹۷

عنوان ..... صفحه
۶-۳- بتن آسفالتی گرم ۱۹۸
۶-۴- طراحی مخلوط آسفالتی (آسفالتی ـ قیری) ۱۹۸
۶-۵- روش‌های طراحی مخلوط آسفالتی ۱۹۹
۶-۶- آسفالت مخلوط در محل ROAD MIX ASPHALT ۲۰۲
۶-۷- آسفالت سطحی SURFACE DRESSING ۲۰۳
۶-۸- آسفالت‌های حفاظتی ۲۰۵
۶-۸-۱- انواع آسفالت‌های حفاظتی ۲۰۶
۶-۹- ضریب سختی مخلوط آسفالتی ۲۰۷
۶-۱۰- خستگی در مخلوط‌های آسفالتی ۲۰۷
۷- کاربرد گوگرد در روسازی‌های آسفالتی ۲۰۹
فصل هفتم: تأثیر عوامل جوی در طرح روسازی‌ها (رطوبت و یخبندان) ۲۱۳
۷-۱- روش‌های محافظت از روسازی در برابر یخبندان ۲۱۳
۷-۲- تعیین عمق یخبندان ۲۱۳
۷-۳- اثر رطوبت بر روسازی ۲۱۵
۷-۴- زهکشی ۲۱۷
فصل هشتم: بارگذاری و روش‌های طراحی ۲۲۱
۸-۱- بارگذاری ۲۲۱
۸-۲- تخریب (خرابی) ۲۲۱
۸-۳- توزیع تنش در روسازی انعطاف‌پذیر ۲۲۲
۸-۴- انواع سیستم ۲۲۳
۸-۵- روش انستیتو آسفالت ۲۲۸
۸-۶- روش‌های طراحی روسازی ۲۲۸
۸-۷- روش‌های دیگر طراحی ۲۳۱
فصل نهم: نکات کنکوری ۲۳۵
۹-۱- لایه‌های روسازی ۲۳۵
۹-۲- تأثیر عوامل جوی ۲۴۰
۹-۳- آنالیز ۲۴۰
تست‌های تألیفی ۲۴۲
پاسخ تستهای تألیفی ۲۴۷
تستهای کنکور ۲۵۴
پاسخ تستهای کنکور ۲۶۹
سوالات طراحی (سازه‌های فولادی ۱ و ۲ – سازه‌های بتنی ۱ و ۲- راهسازی و روسازی راه) سراسری سال ۱۳۹۰ ..... ۲۷۹
پاسخنامه طراحی (سازه‌های فولادی ۱ و ۲ – سازه‌های بتنی ۱ و ۲- راهسازی و روسازی راه) سراسری سال ۱۳۹۰ ..... ۲۸۵
سؤالات طراحی (سازه‌های فولادی ۱ و ۲ – سازه‌های بتنی ۱ و ۲ – راهسازی و روسازی سراسری سال ۱۳۹۱ ..... ۲۸۶
پاسخنامه طراحی (سازه‌های فولادی ۱ و ۲ – سازه‌های بتنی ۱ و ۲ – راهسازی و روسازی سراسری سال ۱۳۹۱ ..... ۲۹۳
سؤالات طراحی (سازه‌های فولادی ۱ و ۲ – سازه‌های بتنی ۱ و ۲ – راهسازی و روسازی سراسری سال ۱۳۹۲ ..... ۲۹۴
پاسخنامه طراحی (سازه‌های فولادی ۱ و ۲ – سازه‌های بتنی ۱ و ۲ – راهسازی و روسازی سراسری سال ۱۳۹۲ ..... ۲۹۷

بخش اول

راه‌سازی

عناوین اصلی

- فصل اول: مطالعات مسیر
- فصل دوم: نقشه های راه
- محاسبات حجم عملیات خاکی و منحنی بروکنر
- فصل چهارم: قوس های افقی
- فصل پنجم: قوس های قائم
- فصل ششم: قوس های پیوندی
- فصل هفتم: خلاصه مطالب و روابط کاربردی
- فصل هشتم: نکات کنکوری

فصل اول

مطالعات مسیر

عناوین اصلی

- مطالعات مسیر
- مراحل مختلف تعیین مسیر راه
- عوامل تعیین‌کننده مسیرراه
- تعیین محور راه بر روی نقشه‌های خطوط تراز (مسیرگذاری در دفتر)

فصل اول

مطالعات مسیر

۱-۱ تعریف: مسیر خطی است بر روی زمین که بین دو نقطه مشخص به نام مبدأ و مقصد انتخاب می‌شود و در امتداد آن یک راه طراحی و احداث می‌گردد.

۱-۲ عوامل تعیین کننده مسیر راه

۱-۲-۱ دسترسی

یک راه علاوه بر اتصال دو نقطه مبدأ و مقصد باید دسترسی مراکز جمعیتی بین مبدأ و مقصد را نیز تأمین نماید. این تصمیم که مسیر از کدام مرکز جمعیتی واقع بین مبدأ و مقصد بگذرد، یک تصمیم اقتصادی – سیاسی است که به عوامل زیر بستگی دارد:

- اهمیت راه و اهمیت شبکه‌ای که راه عضوی از آن است.
- اهمیت نقاط بین راهی از نظر جمعیت، توسعه اقتصادی و سیاسی
- وجود راه‌های ارتباطی دیگر برای نقاط بین راهی
- حجم ترافیک بین مبدأ و مقصد
- حجم ترافیک نقاط بین راهی
- هزینه اضافی که عبور از این نقاط ایجاب می‌کند.

۱-۲-۲ عوارض طبیعی

شامل پستی و بلندی‌های زمین، کوه، دریاچه و رودخانه است. گذشتن از عوارض طبیعی مستلزم انجام خاکبرداری، خاکریزی، احداث پل و تونل می‌باشد که هزینه‌های زیادی دربر دارد. برای کاهش هزینه توجه به نکات زیر الزامی است:

۱. مسیر باید طوری تعیین شود که با حفظ ضوابط طرح هندسی، مقدار خاکبرداری و خاکریزی به حداقل کاهش یابد.

۲. مسیر باید طوری تعیین شود که با حفظ ضوابط طرح هندسی، از پستی و بلندی‌های طبیعی پیروی کند و با محیط خود هماهنگی داشته باشد.

۱-۲-۳ ضوابط طرح هندسی

هدف از طرح هندسی احداث یک راه ایمن و متناسب با حجم ترافیک، سرعت وسایل نقلیه و خصوصیات رانندگان است. ضوابط طرح هندسی عبارتند از:

- حداکثر شیب طولی
- حداکثر طول هر شیب
- حداقل شعاع قوسهای افقی
- حداقل طول قوس قائم
- حداقل فواصل دید
- مقاطع عرضی (عرض راه – عرض شانه – شیب عرض و ...)

۱-۲-۴ مطالعات زمین‌شناسی

این مطالعات از چند نظر قابل اهمیت است:

- شناخت مناطقی که احتمال لغزش و ریزش در آن زیاد است و حتی‌الامکان سعی گردد راه از این مناطق عبور نکند.
- شناخت رانش، لغزش و نشست لایه‌هایی که راه بر روی آن قرار می‌گیرد به منظور ثبات و استحکام راه.
- شناخت آبهای زیرزمینی خصوصاً در محل احداث تونلها و تعیین ارتفاع خاکریزها.

۱-۲-۵ مقاومت زمین

این پارامتر چه از نظر قرارگیری خاکریزها بر روی زمین و چه از نظر احداث پلها و دیوارها، عامل موثری در انتخاب مسیر است. مخارج احداث راه برروی زمینهای سست و باتلاقی بسیار زیاد است و حتی‌الامکان باید سعی گردد مسیر از این مناطق عبور داده نشود.

۱-۲-۶- وجود مصالح مناسب

دوری یا نزدیکی مسیر راه از معادن مصالح در مخارج راه و در نتیجه در انتخاب مسیر آن تأثیرگذار است.

۱-۲-۷ نگهداری راه

انتخاب مسیر راه در چگونگی و مخارج نگهداری راه تأثیر می‌گذارد. لذا رعایت تدابیر زیر الزامی است:

- در مناطق کوهستانی باید نقاط برف‌گیر و بهمن‌گیر را شناخت و سعی نمود که راه از چنین نقاطی نگذرد.
- در مناطق کویری باید جهت باد را شناسایی کرد و مسیر را طوری قرار داد که برف و ماسه‌های روان در روی آن انباشته نشود.
- در صورت اجبار عبور از نقاط برف‌گیر و ماسه‌گیر باید راه را بر روی خاکریز قرار داد و نه در خاکبرداری تا به صورت گودال جمع‌کننده برف و ماسه‌های روان درنیاید.
- در مناطق سردسیر مسیر راه، در طرفی از دره قرار گیرد که آفتاب‌گیر باشد.

۱-۲-۸ زیبایی راه

- هماهنگ‌سازی قوسهای افقی و قائم
- پیروی مسیر راه از وضعیت طبیعی زمین و بافت شهری
- با انحراف مختصر مسیر، نقاط دیدنی مثل رودخانه، فضای سبز، آبشار و ... را به مسیر نزدیک کنیم.

۱-۲-۹ حفظ محیط طبیعی:

- عدم تخریب جنگلها
- حفاظت از منابع طبیعی
- رعایت رژیم طبیعی رودخانه‌ها و آب‌های سطحی
- عدم آلودگی هوای پارکها و گردشگاه‌های عمومی
- عدم آلودگی صوتی مناطق مسکونی، بیمارستانها، پارکها و گردشگاه‌ها

۱-۲-۱۰ حفظ محیط انسانی

- برهم نزدن وضع اجتماعی و زندگی مردم
- عدم عبور مسیر از وسط آبادی‌ها و روستاها
- عدم عبور مسیر از مراکز فرهنگی، تاریخی، باستانی، مذهبی و قبرستان‌ها
- عدم عبور مسیر از زمین‌های کشاورزی، باغات و ...

۱-۲-۱۱ مخارج مسیر

در انتخاب مسیر راه باید مخارج طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری آن را لحاظ نمود.

۱-۳- مراحل مختلف تعیین مسیر راه

به طور کلی می‌توان مراحل تعیین مسیر راه را در ۶ مرحله دسته‌بندی نمود:

مطالعات فاز مقدماتی	۱- کشف مسیرهای کلی ممکن بین مبدأ و مقصد ۲- شناسایی مسیرهای کلی ممکن ۳- انتخاب مسیر کلی
مطالعات فاز اول یا اصولی	۴- برداشت مقدماتی مسیر ۵- تعیین محور راه روی نقشه توپوگرافی و تهیه نقشه‌های مقدماتی
مطالعات فاز دوم یا قطعی	۶- پیاده کردن محور راه روی زمین و تهیه نقشه‌های قطعی و اجرایی

در ادامه هر یک از این مراحل با جزئیات بیشتر تشریح می‌گردد.

۱-۳-۱ کشف مسیرهای کلی ممکن

در این مرحله با استفاده از عکسهای هوایی، نقشه‌های توپوگرافی، راه‌ها و بیراهه‌های موجود چند مسیر کلی کشف و برای مطالعات بیشتر نامزد می‌گردد. عوامل موثر در این مرحله عبارتند از:

- تأمین دسترسی بین نقاط مبدأ و مقصد
- عوامل اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، نظامی و جمعیتی
- عوارض طبیعی

اقدامات انجام شده در این مرحله عبارتند از:

الف) جمع‌آوری آمار واطلاعات در مورد وضعیت اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، صنایع و معادن، مسائل جمعیتی، وضعیت راه‌های موجود، طرح‌های عمرانی اجرا شده و در دست اجرا، زمین‌شناسی و بررسی اثرات زلزله و ترافیک منطقه.

ب) تهیه نقشه‌های توپوگرافی و عکسهای هوایی: مقیاس این نقشه‌ها در حدود ۱:۲۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰ می‌باشد و از سازمان نقشه‌برداری کشور یا سازمان جغرافیایی ارتش قابل تهیه است.

ج) مطالعه و تعیین نقاط اجباری:

- نقاط اجباری اقتصادی: مراکز جمعیتی، شهرها، معادن، کارخانجات
- نقاط اجباری فنی: کمترین عرض برای عبور از رودخانه، عبور از گردنه‌های با ارتفاع کم، دوری از قله، زمین‌های کشاورزی، زمینهای سست و باتلاقی

با تعیین نقاط اجباری امتدادهای کلی مسیر مشخص شده و هر مسیر به چند قطعه محصور بین دو نقطه اجباری تقسیم می‌گردد. مطالعات بعدی بر روی این قطعات انجام می‌شود.

۱-۳-۲ شناسایی مسیرهای کلی

هر کدام از مسیرهای کلی کشف شده در مرحله قبلی، باید شناسایی شوند. منظور از شناسایی، مجموعه اقداماتی است که طی آن علاوه بر استخراج اطلاعات تکمیلی لازم از نقشه‌های توپوگرافی و عکسهای هوایی، با انجام بازدیدهای محلی نتایج استخراج شده از عکسها و نقشه‌ها اصلاح می‌گردد و و نقاط مبهم عکسها، عوارض منطقه (چین‌خوردگیها و گسلها) و پاره‌ای دیگر از خصوصیات از نزدیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اقدامات و اطلاعات مورد نیاز در این مرحله عبارتند از:

الف) بازدید محلی و کپه‌گذاری یا علامت‌گذاری ثابت مسیر در فواصل حداکثر ۷۰۰ متر در دشت، ۵۰۰ متر در تپه ماهور و ۳۰۰ متر در کوهستان

ب) رسم پلان مسیرهای قابل اجرا و انعکاس نقاط ثابت بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ یا $\frac{۱}{۵۰۰۰}$

ج) تهیه پروفیل طولی هر مسیر با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ برای طول و $\frac{۱}{۲۰۰}$ برای ارتفاع

د) تهیه نقشه تیپ مقطع عرضی با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰}$

هـ) برآورد تقریبی طول و تعداد ابنیه فنی مورد نیاز در طول مسیر (پل‌ها، آبروها، دیوارهای حائل، تونل‌ها و بهمن‌گیرها)

و) مطالعات سطحی زمین شناسی، عمق آبهای زیرزمینی، حوضه آبگیر مسیل‌ها و رودخانه‌ها

ز) بررسی معادن، منابع، مصالح سنگی و امکان تأمین آن در منطقه

ح) بررسی و مطالعه ترافیک منطقه و احتمال رشد آن در آینده

ط) بررسی امکانات محلی از نظر تأمین نیروی انسانی، آذوقه، ماشین‌آلات و راه دسترسی

ی) در نظر گرفتن نحوه عبور مسیر از مراکز جمعیتی، کشاورزی و اقتصادی

ک) برآورد تقریبی مخارج ساختمان هر مسیر

۱-۳-۳ انتخاب مسیر کلی

انتخاب مسیر یک مسئله ارزیابی است. یعنی برای انتخاب بهترین مسیر باید مزایا و معایب گزینه‌های (واریانت‌ها یا آلترناتیوها) مختلف را بررسی نمود. برای این منظور ابتدا باید یک روش مقایسه انتخاب شود. برای مثال می‌توان ویژگی‌های مسیرها را بارم‌بندی نمود و به هر مسیر نمره‌ای داد. مسیری که بیشترین بارم را به دست آورد، مسیر بهینه خواهد بود.

بارم‌گذاری بر پایه دو دیدگاه انجام می‌گیرد:
- دیدگاه اقتصادی
- دیدگاه فنی و مهندسی

الف) دیدگاه اقتصادی: این دیدگاه دربرگیرنده توجیه اقتصادی پروژه می‌باشد. برای این توجیه از روشهای اقتصاد مهندسی استفاده می‌شود. میزان سرمایه اولیه برای ساخت هر واریانت و میزان هزینه سالانه برای بهره‌برداری و نگهداری مسیر هر واریانت ازجمله شاخص‌های مطرح در دیدگاه اقتصادی هستند.

یادآوری: مخارج بهره‌برداری شامل هزینه سوخت، تعمیرات، لاستیک و استهلاک وسایل نقلیه، وقت صرف شده رانندگان و مسافران، تصادفات و تعداد کشته‌شدگان و زخمی‌ها و صدمه به محیط زیست می‌باشد.

لذا اگر صرفاً از دیدگاه اقتصادی به مسئله بنگریم، ملاک گزینش به صورت زیر خواهد بود:

$$T_r = \frac{C_2 - C_1}{P_1 - P_2}$$ (برحسب سال)

T_r: مدت زمان بازگشت سرمایه

C_2: سرمایه اولیه برای ساخت مسیر واریانت (۲)

C_1: سرمایه اولیه برای ساخت مسیر واریانت (۱)

P_1: مخارج سالانه نگهداری و بهره‌برداری مسیر واریانت (۱)

P_2: مخارج سالانه نگهداری و بهره‌برداری مسیر واریانت (۲)

یادآوری می‌شود که در این روابط واریانت (۲) گرانتر و دارای سرمایه اولیه بیشتر نسبت به واریانت (۱) می‌باشد.

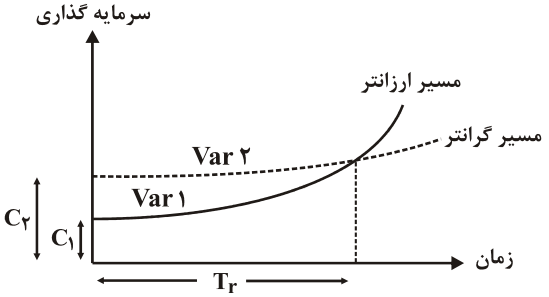
حال اگر زمان بهره‌برداری یا مدت عمر راه (T_n) را بدانیم، سه گزینه فراروی ما قرار دارد:

$T_n < T_r \rightarrow$ واریانت ارزانتر بهتر است.

$T_n > T_r \rightarrow$ واریانت گرانتر بهتر است

$T_n = T_r \rightarrow$ هر دو واریانت یکسان می‌باشند.

شکل زیر روند افزایش هزینه‌های نگهداری در مسیر گرانتر نسبت به مسیر ارزانتر را نشان می‌دهد.



ب) دیدگاه فنی و مهندسی: برای بارم‌گذاری از دیدگاه فنی و مهندسی مسیر، شاخص‌های زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- **شاخص طول کلی هر مسیر:** مسیری که طول کمتری دارد، بهتر است و نمره بیشتری می‌گیرد.

۲- **شاخص شیب‌های طولی هر مسیر:** شیب‌های هر مسیر از روی پروفیل طولی آن به دست می‌آید و با شیب مجاز مقایسه می‌شود. شیب‌های کمتر یا بیشتر از شیب مجاز بارم بیشتر یا کمتر را کسب می‌کنند.

۳- **شاخص یک دست بودن مسیر:** تعداد قوس‌های هر مسیر و شعاع آنها ملاک سنجش مسیرها می‌باشد. تعداد قوس بیشتر، نمره کمتر دارد و شعاع کمتر از شعاع مجاز نیز بارم منفی در پی دارد.

۴- **شاخص هموار بودن مسیر:** نسبت طول امتدادهای مستقیم هر مسیر به طول کل آن ملاک سنجش است و نسبت بزرگتر، نمره بیشتر دارد.

۵- **شاخص دشواری عملیات خاکی:** در این شاخص بلندی خاکریزها و یا ژرفای ترانشه‌ای که بیش از ۱۰ متر باشد، در طول تقریبی آن ضرب شده و واریانتی که عملیات خاکی بیشتری دارد، نمره منفی کسب می‌نماید.

۶- **شاخص طولی از مسیر که سرعت طراحی در آن قابل اجرا می‌باشد:** طول بیشتر، نمره بیشتر دارد.

📖 **نکته:** فرمول‌های بارم‌گذاری برای هر یک از موارد فوق، استاندارد خاصی ندارند و با توجه به ویژگی‌های هر پروژه، مهندسی طراح فرمول‌های بارم‌گذاری در خور آن مسیر را بدست می‌آورد.

۱-۳-۴ برداشت مقدماتی مسیر

پس از انتخاب مسیر کلی، این مسیر باید به صورت مقدماتی برداشت گردد. در این مرحله برحسب نوع راه و وضعیت آن، در نواری به عرض ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر اطراف مسیر کلی، عملیات نقشه‌برداری انجام می‌گردد و نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه می‌شود. در این نقشه‌ها وضعیت زمین، محل عوارض، حدود تأسیسات، بناها، باغ‌ها، مزارع و نظایر آنها به صورت دقیق مشخص می‌گردد.

روش‌های متداول برای برداشت مقدماتی مسیر عبارتند از:

الف) نقشه‌برداری زمینی (تاکئومتری)

ب) نقشه‌برداری هوایی (فتوگرامتری)

ج) استفاده از سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS)

۱-۳-۵ تعیین محور راه روی نقشه توپوگرافی و تهیه نقشه مقدماتی

در این مرحله عملیات صحرایی نداریم و طی عملیاتی معروف به مسیرگذاری در دفتر، محور راه بر روی نقشه تعیین می‌گردد. برای این منظور مهندس مسیرگذار با رعایت ضوابط طرح هندسی، مسیرهای متعددی را در محدوده برداشت شده امتحان می‌کند و مسیر مناسب را بر روی نقشه ترسیم می‌نماید. پس از مسیرگذاری و تعیین محور راه، نقشه‌های مقدماتی شامل پلان پروفیل طولی و پروفیل عرضی تهیه می‌شوند.

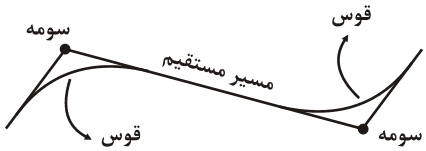
۱-۳-۶ پیاده کردن مسیر بر روی زمین و تهیه نقشه‌های قطعی و اجرایی

در این مرحله مسیر کاملاً بر روی زمین مشخص شده و هر آنچه برای اجرای نهایی راه لازم است، با جزئیات کامل جمع‌آوری و برداشت می‌شود.

اقدامات انجام شده در این مرحله عبارتند از:

الف) پیاده کردن مسیر از روی نقشه بر روی زمین (به این عمل میخ‌کوبی یا پیکتاژ مسیر می‌گویند) شامل:

- پیاده کردن سومه‌ها برروی زمین
- پیاده کردن قسمت‌های مستقیم
- پیاده کردن قوس‌ها



ب) برداشت رقوم ارتفاعی محور طولی و مقاطع عرضی

ج) تهیه پروفیل طولی و عرضی

د) محاسبه حجم عملیات خاکی و تعیین محل‌های قرفه، دپو و فاصله متوسط حمل (منحنی بروکنر)

هـ) تعیین محل، برداشت نقشه‌برداری و تهیه نقشه‌های اجرایی ابنیه فنی

و) انجام مطالعات و آزمایشات مکانیک خاک، زمین‌شناسی، آب‌شناسی و بررسی کلی منابع مصالح سنگی

ز) تدوین برنامه زمان‌بندی اجرای راه

ح) برآورد ریالی هزینه‌ها طبق فهرست بهای راه و ابنیه

ط) تدوین دفترچه پیمان و شرایط عمومی پیمان طبق آخرین مصوبات سازمان برنامه و بودجه

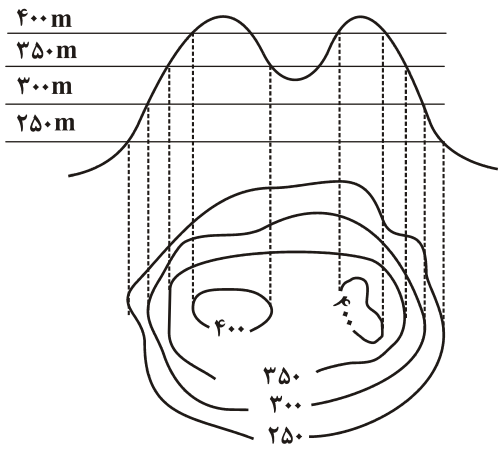
ی) دفترچه مشخصات فنی عمومی (نشریه ۱۰۱) و مشخصات فنی خصوصی پیمان که در صورت نیاز توسط مشاور تهیه می‌شود.

ک) مجموعه کامل نقشه‌های اجرایی شامل:

- نقشه موقعیت کلی راه
- پلان یا نقشه مسطحه راه به مقیاس ۲۰۰۰: ۱
- پروفیل طولی راه به مقیاس ۲۰۰۰: ۱ در طول و ۲۰۰: ۱ در ارتفاع
- پروفیل‌های عرضی راه به مقیاس ۲۰۰: ۱
- نقشه اجرایی مربوط به پل‌های بزرگ و تونل‌ها، نقشه‌های خط‌کشی، علایم، تجهیزات ایمنی و جانبی از قبیل نرده‌ها، پارکینگ‌ها، ایستگاه‌های عوارض و ...
- نقشه‌های اجرایی مربوط به تقاطع‌های هم سطح و غیر هم‌سطح شامل پلان، پروفیل طولی و نقشه جزئیات به مقیاس ۵۰۰: ۱ یا ۱۰۰۰: ۱

۱-۴- تعیین محور راه بر روی نقشه‌های خطوط تراز (مسیرگذاری در دفتر)

در راهسازی پستی و بلندی سطح زمین را بوسیله نقشه‌های خطوط تراز مشخص می‌نمایند. خطوط تراز عبارت است از فصل مشترک سطح زمین طبیعی با تعدادی صفحه متساوی‌الفاصله که به موازات افق قرار دارند. فواصل این صفحات افقی در یک نقشه یکسان است و بستگی به مقیاس نقشه، عوارض موجود و نوع منطقه (دشت، تپه ماهور یا کوهستان) دارد.



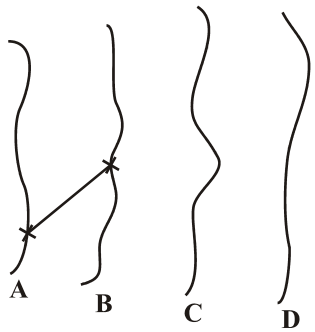
برای تعیین محور راه بر روی نقشه اقدامات زیر انجام می‌شود:

۱-۴-۱ تهیه نقشه‌های خطوط تراز با مقیاس ۲۰۰۰: ۱ و یا بزرگتر

این نقشه‌ها در عرض حدود ۳۰۰ متر بین ابتدا و انتهای مسیر (به این عرض کریدور عبور مسیر گفته می‌شود) تهیه شده و مهندس مسیرگذار با ملاحظه عوارض طبیعی نشان داده شده در این نوار، نسبت به طراحی پلان مناسبت‌ترین مسیر اقدام می‌نماید.

۱-۴-۲ تعیین فاصله مبنا یا خط صفر برحسب شیب طولی مجاز مسیر

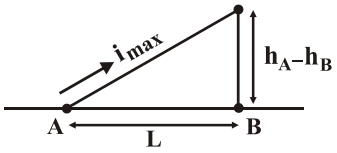
یکی از داده‌های اصلی در طراحی پروژه‌های راه‌سازی، حداکثر شیب مجاز نیم‌رخ طولی پروژه (i_{max}) می‌باشد. برای یافتن مسیر بین دو نقطه از نقشه خطوط تراز به نحوی که شیب خط زمین از حداکثر شیب مجاز پروژه تجاوز ننماید، ابتدا باید طول مبنا با خط صفر را تعیین نمود. برای این منظور به روش زیر عمل می‌شود:



- مقیاس نقشه برابر α
- ارتفاع خط تراز A در شکل روبرو برابر h_A
- ارتفاع خط تراز B در شکل روبرو برابر h_B
- حداکثر شیب طولی مجاز پروژه برابر i_{max}

با معلوم بودن مقادیر فوق‌الذکر، فاصله L و یا فاصله افقی بین دو نقطه از منحنی‌های A و B (برروی زمین) که خط واصل بین آنها با شیب i_{max} نسبت به افق قرار دارد برابر است با:

$$L = \frac{h_B - h_A}{i_{max}}$$



لذا فاصله L' و یا طول تبدیل به مقیاس شده فاصله افقی L (برروی نقشه) برابر است با:

$$L' = L \times \alpha$$

بنابراین اگر در روی نقشه خطوط تراز با مقیاس α دو نقطه واقع بر منحنی‌های A و B به گونه‌ای تعیین شوند که فاصله آنها برابر L' باشد، قطعه خط AB بر روی نقشه نمایشگر خطی خواهد بود که شیب آن در روی زمین طبیعی برابر i_{max} می‌باشد. این خط، طول مبنا یا خط صفر نام دارد.

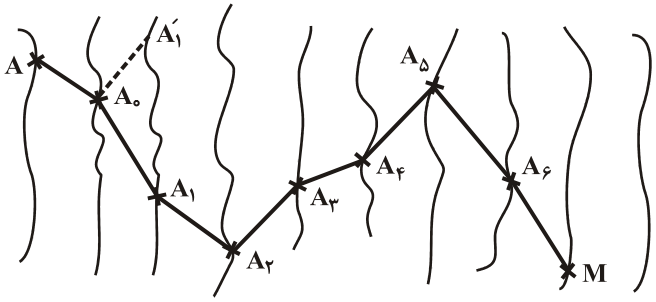
۱-۴-۳ رسم مسیر شکسته با استفاده از طول مبنا

در روی نقشه توپوگرافی همانند شکل زیر از نقطه ابتدای مسیر (A) شروع می‌کنیم و به مرکز A و شعاع L' قوسی رسم می‌نماییم تا خط تراز مجاور را در A_0 قطع کند. حال به مرکز A_0 و شعاع L' قوس دیگری می‌زنیم تا خط تراز بعدی را در A_1 قطع کند و عمل را به همین ترتیب ادامه می‌دهیم تا به نقطه انتهای مسیر (M) برسیم در موقع رسم قوس به شعاع L' سه حالت ممکن است پیش آید:

الف) قوس به شکل L' خط تراز بعدی را در دونقطه قطع کند. در این صورت باید نقطه‌ای را انتخاب نمود که سمت عمومی مسیر از A به طرف M مراعات گردد. در شکل پس از رسم قوس به مرکز A_0، دو نقطه تقاطع A_1 و A'_1 بر روی منحنی بعدی بدست آمده است که با توجه به سمت عمومی مسیر، نقطه A_1 انتخاب شده است.

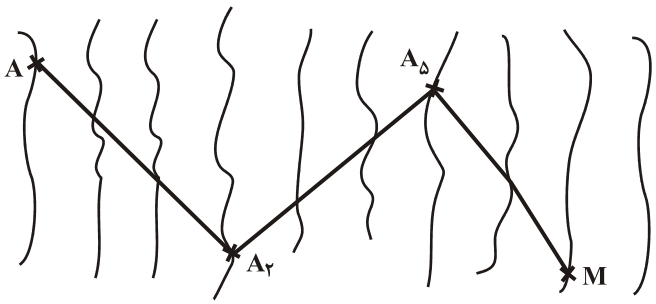
ب) قوس به شعاع L' برمنحنی تراز بعدی مماس شود. در این حالت امتداد مطلوب برای ادامه مسیر همان نقطه تماس خواهد بود.

ج) قوسی به شعاع L' منحنی تراز بعدی را قطع نکند. در این صورت حداکثر شیب مجاز پروژه از حداکثر شیب زمین طبیعی واقع بین دو خط تراز بیشتر بوده و انتخاب امتداد مسیر به دلخواه و با توجه به سمت عمومی مسیر انجام می‌گیرد.



۱-۴-۴ رسم راستاهای مستقیم یا تانژانت‌ها

پس از تعیین خطوط شکسته واقع بین منحنی‌های تراز، تعدادی خطوط شکسته بدست می‌آید که عملاً به عنوان پلان مسیر قابل استفاده نمی‌باشد. بنابراین با تبعیت از امتداد عمومی خطوط شکسته در فواصل مختلف و در نظر گرفتن عوارض مختلف مسیر، هر چند خط شکسته با یک راستای مستقیم جایگزین می‌شود. بنابراین مسیر شکسته AA_2A_5M به جای مسیر شکسته $AA_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6M$ قرار می‌گیرد که به لحاظ هندسی مسیر مناسب‌تری می‌باشد.



لازم به ذکر است که خط زمین مسیر اصلاح شده در پاره‌ای از نقاط دارای شیبی بیشتر از حداکثر شیب مجاز پروژه بوده که می‌بایست با گذراندن خط پروژه مناسب و انجام عملیات خاک‌برداری یا خاک‌ریزی آن را اصلاح نمود. همچنین در رسم راستاهای مستقیم چند نکته را باید در نظر داشت:

الف) تا حدامکان راستاهای جایگزین نزدیک به مسیر شکسته باشند. (دستیابی به حداقل عملیات خاکی)

ب) تا حد امکان راستاهای جایگزین قوس‌پذیر باشند. (دستیابی به حداقل شعاع قوس و حداقل طول برای تأمین دور)

ج) سطوح مابین راستا و خطوط شکسته در دو سمت راستاها تا حد ممکن برابر باشد.

۱-۴-۵ تکمیل پلان مسیر با اعمال قوس‌های افقی

پس از تعیین راستاهای مستقیم، نسبت به اعمال قوس‌های دایره و منحنی‌های اتصال در پلان مسیر اقدام می‌شود. (پیاده کردن قوس‌های افقی در فصل‌های بعد تشریح می‌گردد).

فصل دوم

نقشه‌های راه

عناوین اصلی

- مقدمه
- پلان راه
- پروفیل طولی راه
- پروفیل‌های عرضی راه