



دانشگاه پیام نور

اجرای راه سازی و روسازی راهها

دکتر محمود رضا کی منش

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

۱	فصل اول: مقدمات طراحی و شناخت راهسازی
۱	تاریخچه حمل و نقل و راهسازی
۲	مطالعات مسیر
۲	عوامل تعیین کننده مسیر راه
۵	مراحل مختلف تعیین مسیر راه
۸	روش انتخاب واریانت بهینه
۱۱	تعیین محور راه بر روی نقشه های خطوط تراز
۱۱	حداقل طول لازم (l_{min}) جهت عبور مسیر از یک تراز به تراز مجاور
۱۴	رسم پروفیل طولی و انتخاب خط پروژه
۱۷	محاسبات قوس های قائم
۱۸	تعیین طول خم محدب
۲۱	تعیین طول خم مقعر
۲۳	ترسیم نیمرخ های عرضی و محاسبات حجم عملیات خاکی
۲۳	نیمرخ (پروفیل) عرضی راه
۲۶	محاسبه حجم عملیات خاکی راه بوسیله مقطع متوسط
۳۱	منحنی بروکتر
۳۳	خط توزیع
۳۴	تعیین محل خط توزیع با توجه به محل قرضه و دپو
۳۵	علامت قراردادی در منحنی بروکتر
۳۹	فصل دوم: مشخصات هندسی راه
۳۹	مشخصات هندسی راه ها
۳۹	تقسیم بندی راه ها
۳۹	درجه بندی راه

۴۲	عوامل مؤثر بر مشخصات هندسی راه
۴۳	تعیین سرعت مبنای طراحی (v)
۴۴	شیب عرضی، دور یا بریلندی (e)
۴۶	قوس‌ها
۵۱	مثال برای قوس ساده
۵۲	مثال برای قوس مرکب
۵۷	تعریض راه در قوس‌های افقی
۵۹	فصل سوم: روسازی راه
۵۹	هدف از روسازی
۶۰	میزان شدت تنش‌های فشاری قائم
۶۰	لایه‌های روسازی
۶۱	انواع روسازی‌ها
۶۳	لایه‌های مختلف روسازی آسفالتی (انعطاف‌پذیر)
۶۴	انواع سیل‌کت‌ها
۶۵	عوامل مؤثر بر طرح روسازی
۶۶	روسازی مختلط
۶۷	خاک بستر
۶۷	اهداف بررسی‌های ژئوتکنیکی در مطالعات روسازی
۶۷	مشخصات مکانیکی خاک بستر راه
۶۸	اجزاء خاک
۶۸	تفاوت رس و لای
۶۸	معایب خاک‌های رسی و لای‌دار برای مصارف راهسازی
۶۹	مشخصات فنی خاک‌ها
۶۹	دانه‌بندی خاک‌ها
۷۰	خواص خمیری خاک‌ها
۷۳	تقسیم‌بندی خاک‌ها بر اساس حد روانی LL
۷۳	تقسیم‌بندی خاک‌ها بر اساس دامنه خمیری
۷۳	تقسیم‌بندی خاک‌ها بر اساس خواص خمیری
۷۴	تراکم یا Compaction
۷۵	انرژی تراکم
۷۵	آزمایش تراکم
۷۶	تعریف رطوبت بهینه (ω_{opt})
۷۶	غلظت‌ها و موارد استفاده آن‌ها
۷۷	روش‌های تعیین مقاومت خاک بستر روسازی
۸۰	موارد استفاده خاک‌ها در روسازی با توجه به CBR
۸۰	عوامل مؤثر بر CBR
۸۱	آزمایش بارگذاری صفحه Plate Loading Test
۸۲	نحوه انجام آزمایش
۸۲	انتخاب مقاومت طرح روسازی
۸۸	انواع جنس لایه‌های روسازی
۸۹	رابطه فولر

۹۲	اجرای لایه‌های زیراساس و اساس و رویه شنی
۹۲	انواع زیراساس
۹۴	اجرای انواع زیراساس
۱۰۰	اجرای انواع اساس

۱۰۶	فصل چهارم: انواع تثبیت‌کننده‌ها و روش‌های اجرای آن
۱۰۶	هدف از تثبیت خاک و مصالح شنی
۱۰۶	انواع مواد تثبیت‌کننده
۱۰۶	عوامل مؤثر در انتخاب نوع ماده
۱۰۶	موارد استفاده سیمان برای تثبیت
۱۰۶	کاربرد قیر
۱۰۶	کاربرد آهک
۱۰۶	عوامل مؤثر در میزان آهک مصرفی
۱۰۷	انواع خاک‌ها بر اساس میزان واکنش با آهک
۱۰۷	خاک‌های با واکنش
۱۰۷	خاک‌های بدون واکنش
۱۰۷	مشخصات مؤثر خاک بر واکنش پوزولانی
۱۰۸	خصوصیات فنی و ویژگی‌های خاک‌های تثبیت‌شده با آهک
۱۱۰	طرح خاک تثبیت‌شده با آهک
۱۱۰	گروه‌بندی مخلوط‌های خاک و آهک از نظر هدف از تثبیت
۱۱۰	انواع روش‌های طرح مخلوط خاک و آهک
۱۱۲	عوامل مؤثر بر حداقل مقاومت فشاری مطلوب
۱۱۳	اجرای تثبیت خاک با آهک
۱۱۳	عوامل مؤثر بر روش و وسایل لازم برای تثبیت خاک
۱۱۳	پخش آهک
۱۱۷	تثبیت خاک با سیمان
۱۱۸	خاک‌های ریزدانه
۱۱۸	خاک‌های ماسه‌ای
۱۱۸	خاک‌های شنی
۱۱۸	میزان سیمان لازم برای تثبیت این خاک‌ها
۱۱۸	اساس تثبیت‌شده با سیمان (اساس سیمانی)
۱۱۹	طرح مخلوط‌های خاک و سیمان
۱۱۹	اجرای تثبیت خاک با سیمان
۱۱۹	تثبیت خاک با قیر
۱۲۰	طرح مخلوط‌های خاک و قیر
۱۲۰	استقامت هوبارد
۱۲۱	اجرای تثبیت خاک با قیر

۱۲۳	فصل پنجم: انواع قیر
۱۲۳	قطران
۱۲۳	قیر

۱۲۳	علت کاربرد قیر
۱۲۳	انواع قیر
۱۲۴	قیرهای خالص
۱۲۵	انواع مواد به دست آمده از مرحله اول عمل تقطیر نفت خام
۱۲۵	انواع هیدروکربن های تشکیل دهنده قیرها
۱۲۵	انواع تقسیمات نفت های خام حاصل از معادن
۱۲۶	آزمایشات قیرهای خالص
۱۲۷	روش های مختلف آزمایش تعیین کندروانی
۱۲۸	آزمایش تعیین چگالی قیر
۱۲۸	آزمایش درجه نرمی قیر
۱۲۹	قیرهای دمیده
۱۲۹	کاربرد قیرهای دمیده
۱۳۱	قیرهای محلول
۱۳۱	کاربردهای قیرهای محلول
۱۳۲	آزمایشات قیرهای محلول
۱۳۴	امولسیون های قیر
۱۳۴	روش های ساختن امولسیون های قیر موجود
۱۳۵	عوامل مؤثر در سرعت شکستن امولسیون
۱۳۵	انواع امولسیون های قیر بر اساس سرعت شکستن
۱۳۵	امولسیون های آنیونی
۱۳۵	امولسیون های کاتیونی
۱۳۶	کاربرد امولسیون های قیر در راهسازی
۱۳۶	مزایای قیرهای امولسیون
۱۳۶	نقاط ضعف قیر امولسیون
۱۳۷	انتخاب نوع قیر
۱۳۷	آزمایشات امولسیون های قیر

۱۳۹	فصل ششم: آسفالت
۱۳۹	مصالح سنگی
۱۳۹	انواع سنگ شکن های اولیه
۱۳۹	انواع سنگ شکن های ثانویه
۱۴۰	روش به دست آوردن مصالح مصنوعی
۱۴۰	مشخصات مورد نظر برای ساختن انواع آسفالت
۱۴۰	دانه بندی
۱۴۱	سختی
۱۴۱	دوام
۱۴۱	تمیزی
۱۴۲	خصوصیات سطح و شکل دانه ها
۱۴۳	سنگ های هایدروفوبیک و سنگ های هایدروفیلیک
۱۴۴	بتن آسفالتی گرم
۱۴۴	مصالح سنگی بتن آسفالتی گرم
۱۴۵	نقش فیلر در بتن آسفالتی

۱۴۷	قیر
۱۴۷	عوامل مؤثر بر مقدار قیر بتن آسفالتی گرم
۱۴۸	روش‌های طرح
۱۴۹	مراحل تهیه نمونه‌های بتن آسفالتی
۱۴۹	آزمایش استقامت مارشال
۱۵۰	تعیین درصد قیر با استفاده از منحنی‌های آزمایش مارشال
۱۵۱	روابط مربوط به طرح اختلاط بتن آسفالتی
۱۵۲	تهیه بتن آسفالتی
۱۵۲	مراحل اجرای یک لایه بتن آسفالتی
۱۵۲	آماده کردن سطح راه
۱۵۲	اندود نفوذی (پریمکت Prime coat)
۱۵۳	متداول‌ترین قیرها برای اندود نفوذی
۱۵۴	اندود سطحی (تک کت Tack coat)
۱۵۵	پخش بتن آسفالتی
۱۵۵	کوبیدن لایه‌های بتن آسفالتی
۱۵۶	آزمایشات بتن آسفالتی
۱۵۶	آزمایشات مصالح سنگی سیلوهای گرم
۱۵۶	آزمایشات قیر
۱۵۶	آزمایشات بتن آسفالتی تهیه شده
۱۵۶	آزمایشات بتن آسفالتی پخش و متراکم شده
۱۵۸	آسفالت مخلوط در محل (آسفالت سرد)
۱۵۹	طرح اختلاط آسفالت مخلوط در محل
۱۶۰	اجرای آسفالت مخلوط در محل
۱۶۰	آسفالت سطحی
۱۶۰	عوامل مؤثر در انتخاب نوع مناسب قیر آسفالت سطحی
۱۶۰	قیرهای مناسب برای آسفالت سطحی
۱۶۱	آسفالت سطحی دولایه‌ای
۱۶۱	اندودهای آب‌بندی
۱۶۲	کاربرد گوگرد در روسازی‌های آسفالتی
۱۶۲	علت استفاده از گوگرد در ساختن روسازی‌های آسفالتی
۱۶۲	اثر گوگرد بر قیر
۱۶۳	تهیه مخلوط قیر - گوگرد
۱۶۳	ضریب برجهنگی ارتجاعی
۱۶۳	مقاومت در برابر خستگی
۱۶۳	مقاومت کششی و فشاری
۱۶۳	حساسیت در برابر تغییرات دما
۱۶۳	مزایای استفاده از روسازی‌های آسفالتی گوگرددار
۱۶۵	فصل هفتم: تأثیر عوامل جوی
۱۶۵	اثرات منفی یخبندان بر روسازی‌ها
۱۶۵	تورم
۱۶۵	نحوه رخ دادن تورم

۱۶۶	انواع خاک‌های حساس در برابر یخبندان
۱۶۶	محافظت از روسازی در برابر یخبندان
۱۶۶	محاسبه عمق یخبندان
۱۷۴	تأثیر رطوبت در طرح روسازی‌ها
۱۷۵	مناطق با میزان بارندگی زیاد
۱۷۵	مناطق سردسیر
۱۷۶	مناطق گرم و خشک
۱۷۶	تورم خاک بستر در اثر رطوبت
۱۷۶	تدابیر برای کاهش اثر تورم خاک‌های حساس در برابر یخبندان
۱۷۶	زهکشی خاک بستر روسازی‌ها
۱۷۷	فیلتر
۱۷۷	انتخاب دانه‌بندی فیلتر
۱۷۹	فصل هشتم: آشنایی با انواع ابنیه فنی
۱۷۹	آشنایی با انواع ابنیه فنی
۱۷۹	الف) پل
۱۷۹	ب) دیوار حایل
۱۸۱	پ) تونل
۱۸۱	انتخاب تیپ پل‌ها و آبروها در خط‌القعرها
۱۸۷	فصل نهم: انواع خرابی روسازی آسفالتی
۱۸۷	علت به‌وجود آمدن خرابی‌های سازه‌ای
۱۸۷	علت به‌وجود آمدن خرابی‌های سطحی
۱۸۸	بررسی انواع و علل پیدایش ترک‌ها

پیشگفتار

طی سال‌های اخیر، استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه طرح، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا در برآورد عمر مفید پروژه‌ها، هزینه‌های نگهداری و تعمیر روسازی از اهمیت ویژه‌ای در فرآیندهای راهسازی و روسازی برخوردار می‌باشند که استفاده از نتایج تحقیقات و مطالعات انجام شده در دنیا به افزایش بهره‌وری و ارتقاء کیفیت در زمینه‌های یاد شده، منجر شده و افق‌های جدیدی را به‌منظور ارائه راهکارها و راهبردهای نوین در عرصه حمل و نقل گشوده است؛ بهمین دلیل اطلاع‌رسانی در این زمینه به‌منظور ایجاد ارتباط بین حوزه‌های مختلف فرآیندهای راهسازی و روسازی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

مجموعه حاضر شامل الگوها و دستورالعمل‌هایی جهت تهیه مشخصات فنی و جزئیات عملیات راهسازی و روسازی راه بوده که بنام "اجرای راهسازی و روسازی" طراحی و تألیف گردیده است که در آن سعی شده بیشتر به موارد اجرایی و آیین‌نامه‌ای که یک مهندس بدان نیازمند است، بپردازد و از ارائه مطالب ریاضی صرف خودداری شده است که البته به دانشجویان علاقه‌مند توصیه می‌گردد از منابع ارائه شده استفاده کنند و بر دانش خود بیافزایند، همچنین لازم به ذکر است که این کتاب دانشجویان را از مطالعه آیین‌نامه‌های مرتبط بی‌نیاز نمی‌کند. بی‌شک نقایص و محتوای این کتاب از

چشم تیزبین اساتید و صاحب‌نظران و متخصصان پوشیده نمانده و اینجانب را از راهنمایی‌هایی خویش بهره‌مند خواهند نمود.

در خاتمه، از همکاری آقای مهندس نریمان برازی جمور که اینجانب را در مراحل مختلف تهیه کتاب یاری نمود، صمیمانه تشکر می‌کنم. همچنین از مدیریت محترم و همکاران عزیز دفتر تولید محتوا و تجهیزات آموزشی و انتشارات دانشگاه پیام‌نور که همه تلاش خود را جهت آماده‌شدن بهتر و سریع‌تر کتاب به‌کار گرفتند خالصانه قدردانی می‌نمایم.

امید است این مجموعه، مورد توجه دانشجویان و علاقمندان فهیم قرار گیرد.

محمود رضا کی‌منش، تابستان ۱۳۸۹

فصل اول

مقدمات طراحی و شناخت راهسازی

تاریخچه حمل و نقل و راهسازی

حمل و نقل وسیله جابه‌جا کردن ثروت است، فرآورده‌های کشاورزی و صنعتی توسط حمل و نقل، از محل تولید به محل مصرف منتقل می‌شوند. در دنیای امروزی راه‌ها به منزله شریان‌های حیاتی یک سرزمین می‌باشند؛ به حمل و نقل تنها از دید اقتصادی نگریسته نمی‌شود بلکه حمل و نقل باعث توسعه سیاحت و گردشگروری، کشاورزی و صنعت شده و در هنگام جنگ سبب جابه‌جا شدن رزمنده و جنگ‌افزار می‌شود.

حمل و نقل به سه دسته هوایی، دریایی و زمینی تقسیم‌بندی می‌شود که حمل و نقل زمینی خود به دو دسته راه‌های جاده‌ای و ریلی تقسیم‌بندی می‌گردد. از نیمه اول نوزدهم میلادی حمل و نقل ریلی آغاز و گسترش یافت و راه‌آهن یکه‌تاز حمل و نقل بار و مسافر گردید. پس از آنکه موتور احتراقی اختراع گردید از خودرو موتوری که روز به روز به خودروهای کنونی نزدیک می‌شد، برای حمل و نقل بار و مسافر استفاده شد. امروزه ثابت شده است که راه‌آهن برای جابه‌جایی در مسافت‌های دور بسیار اقتصادی‌تر و ایمن‌تر از حمل و نقل جاده‌ای است.

در دوران باستان ایرانیان برای سازمان دادن به کشور پهناور خود، راه‌های طولی احداث می‌کردند. نمونه از این راه‌ها راه شاهی از شوش تا سارد راه ابریشم از چین تا ترکیه کنونی در کنار دریای مدیترانه است.

نخستین تحول در امر راهسازی نوین اوایل قرن نوزدهم میلادی در کشورهای انگلیس و فرانسه به‌وجود آمد در نتیجه کاربرد سنگ شکسته در روسازی متداول و از غلتک برای احداث آن استفاده گردید.

در سال ۱۳۸۴ شمسی اولین خودرو وارد ایران شد، از همین سال‌ها احداث راه به شکل امروزی آغاز شد. در حال حاضر در ایران بیش از ۸۵٪ حمل و نقل توسط جاده صورت می‌گیرد؛ همچنین یکصد هشتاد هزار کیلومتر انواع راه مختلف اعم از آزادراه، بزرگراه، راه اصلی، فرعی و روستایی در کشور وجود دارد که از آن میان حدود یک هزار کیلومتر آزادراه و حدود پنج هزار دویست کیلومتر بزرگراه است. در جهان بیشترین تراکم راه در کشور انگلستان و بیشترین طول بزرگراه در امریکا می‌باشد.

مطالعات مسیر

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

عوامل تعیین‌کننده مسیر راه

۱- **دسترسی.** یک راه علاوه بر اتصال دو نقطه مبداء و مقصد باید دسترسی مراکز جمعیتی بین مبداء و مقصد را نیز تأمین نماید. این تصمیم که مسیر از کدام مراکز جمعیتی واقع بین مبداء 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 بین نقاط ایجاد می‌کند.

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 را در بر دارد. برای کاهش هزینه توجه به نکات زیر الزامی است:

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

✓ 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.

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

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

۴- **مطالعات زمین‌شناسی.** این مطالعات از چند نظر قابل اهمیت است:

✓ شناخت مناطقی که احتمال لغزش و ریزش در آن زیاد است (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

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

۶- **وجود مصالح مناسب.** دوری یا نزدیکی مسیر راه از معادن مصالح در مخارج راه و در نتیجه در انتخاب مسیر آن تأثیرگذار است.

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 در نیاید.

✓ در مناطق سردسیر مسیر راه در طرفی از دره قرار می‌گیرد که آفتاب‌گیر باشد.

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.

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

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 ...

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

مراحل مختلف تعیین مسیر راه

به‌طور کلی می‌توان مراحل تعیین مسیر راه را در شش مرحله دسته‌بندی نمود:

۱. کشف مسیرهای کلی ممکن بین مبدا و مقصد
 ۲. شناسایی مسیرهای کلی ممکن (مطالعات فاز مقدماتی)
 ۳. انتخاب مسیر کلی
 ۴. برداشت مقدماتی مسیر
 ۵. تعیین محور راه روی نقشه توپوگرافی و تهیه نقشه‌های مقدماتی (مطالعات فاز اول یا اصولی)
 ۶. پیاده کردن محور راه روی زمین و تهیه نقشه‌های قطعی و اجرایی (مطالعات فاز دوم یا قطعی)
- در ادامه هر یک از این مراحل با جزئیات بیشتر تشریح می‌گردد.

۱- کشف مسیرهای کلی ممکن بین مبدأ و مقصد

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 مؤثر در این مرحله عبارتند از:

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

اقدامات انجام‌شده در این مرحله عبارتند از:

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

ب) تهیه نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی. مقیاس این نقشه‌ها در حدود ۱:۵۰۰۰۰ می‌باشد و از سازمان نقشه‌برداری کشور یا سازمان جغرافیایی ارتش قابل تهیه است.

ج) مطالعه و تعیین نقاط اجباری

نقاط اجباری اقتصادی. شامل 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 (کریدورهایی به عرض ۱ km) مشخص شده و هر مسیر به چند قطعه محصور بین دو نقطه اجباری تقسیم می‌گردد. مطالعات بعدی بر روی این قطعات انجام می‌شود.

۲- شناسایی مسیرهای کلی

هر کدام از مسیرهای کلی کشف شده در مرحله قبل، 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 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 تپه‌ماهور و ۳۰۰ متر در کوهستان
 ب) رسم پلان مسیرهای قابل اجرا و انعکاس نقاط ثابت بر روی نقشه توپوگرافی با

$$\text{مقیاس } \frac{1}{20000} \text{ یا } \frac{1}{50000}$$

ج) تهیه پروفیل طولی هر مسیر با مقیاس $\frac{1}{2000}$ برای طول و $\frac{1}{200}$ برای ارتفاع

د) تهیه نقشه تیپ مقطع عرضی با مقیاس $\frac{1}{50}$

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

و) مطالعات سطحی زمین‌شناسی، عمق آب‌های زیرزمینی، حوضه آبریز ... 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

۳- انتخاب مسیر کلی

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

امتیازبندی بر پایه دو دیدگاه انجام می‌گیرد:

✓ دیدگاه اقتصادی

✓ دیدگاه فنی و مهندسی

الف) دیدگاه اقتصادی

این دیدگاه در برگیرنده 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 از جمله شاخص‌های مطرح در دیدگاه اقتصادی هستند. مخارج بهره‌برداری شامل هزینه سوخت، تعمیرات،

لاستیک و استهلاک وسایل نقلیه، وقت صرف‌شده رانندگان و مسافران، تصادفات و تعداد کشته‌شدگان و زخمی‌ها و صدمه به محیط زیست می‌باشد.

ب) دیدگاه فنی و مهندسی

برای امتیازبندی از دیدگاه فنی و مهندسی مسیر، شاخص‌های زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

روش انتخاب واریانت بهینه

انتخاب واریانت بهینه به پارامترهای زیر بستگی دارد که برای هر کدام از پارامترها امتیاز دلخواهی از ۱۰۰ را در نظر می‌گیریم:

با انجام محاسبات، واریانتی بهینه خواهد بود که عدد شاخص آن کمتر گردد.

☑ شاخص طول کلی هر مسیر: مسیری که طول کمتری دارد، بهتر است و نمره بیشتری می‌گیرد. (۱۵٪)

☑ شاخص شیب‌های طولی هر مسیر: با توجه به حداکثر شیب مجاز، شیب‌های هر مسیر از روی پروفیل طولی آن به دست می‌آید و با شیب مجاز مقایسه می‌شود. شیب‌های کمتر یا بیشتر از شیب مجاز امتیاز بیشتر یا کمتر را کسب می‌کنند. (۱۰٪)

☑ شاخص ایمنی مسیر: تعداد قوس‌های هر مسیر و شعاع آن‌ها ملاک سنجش مسیرها می‌باشد؛ زیرا مسیر با قوس‌های بیشتر ایمنی کمتری داشته و امتیاز کمتری می‌گیرد. (۱۰٪)

☑ شاخص هموار بودن مسیر: نسبت طول امتدادهای مستقیم هر مسیر به طول کل آن ملاک سنجش است و نسبت بزرگ‌تر، نمره بیشتر دارد. (۱۵٪)

☑ شاخص دشواری عملیات خاکی: در این شاخص بلندی خاکریزها و یا عمق ترانشه‌ای که بیش از ۱۰ متر باشد در طول تقریبی آن ضرب شده و واریانتی که عملیات خاکی بیشتری دارد، نمره منفی کسب می‌نماید. (۴۰٪)

☑ شاخص زیست محیطی: مسیری که بر محیط زیست منطقه تأثیر منفی داشته باشد، فاقد شرایط لازم برای انتخاب به عنوان واریانت بهینه می‌باشد. (۱۰٪)