آزمون کار ۲۷

راه‌سازی و روسازی

گروه مهندسی عمران

کارشناسی ارشد ماهان

مولف:

نیما ابراهیمی

ماهان

ابراهیمی، نیما
راه‌سازی و روسازی رشته مهندسی عمران / نیما ابراهیمی
مشاوران صعود ماهان، ۱۴۰۱
جدول، نمودار (آمادگی آزمون کارشناسی ارشد مهندسی عمران)
۳۵۹ ص:
ISBN: 978-600-458-826-3
فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.
فارسی ـ چاپ اول
۱- راه سازی و روسازی ۲- آزمونها و تمرینها (عالی) ۳- آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی
٤- دانشگاهها و مدارس عالی ـ ایران ـ آزمونها
نیما ابراهیمی
ج ـ عنوان

کتابخانه ملی ایران ۳۲۵۲٤۷۹

☑ نام کتاب: راه‌سازی و روسازی
☑ مؤلف: نیما ابراهیمی
☑ ناشر: مشاوران صعود ماهان
☑ نوبت و تاریخ چاپ: اول / ۱۴۰۱
☑ تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
☑ قیمت: ۳/۱۹۰/۰۰۰ریال
☑ شابک: ISBN ۹۷۸-۶۰۰-٤۵۸-۸۲٦-٤۳

مشاوران صعودماهان: سهروردی شمالی- چهارراه میرزا زینالی شرقی – پلاک ۵۱
تلفن: ۸۸۴۰۱۳۱۳

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به موسسه آموزش عالی آزاد ماهان می‌باشد.
هرگونه اقتباس و کپی‌برداری از این اثر بدون اخذ مجوز پیگرد قانونی دارد.

سخن ناشر

«به نام حق»

در آغاز ایستاده‌ایم و به آغاز می‌نگریم

کلمه نزد خدا بود که بر زبان ما جاری شد
و
پاک‌ترین آفریدنی انسان، همین کلمه شد ...

کلمات را کنار هم می‌نشانیم
کلمات «جمله» می‌شوند،
بر ذهن و دل ما می‌نشینند
راهی می‌گشایند درست
دری می‌بندند که به بیراهه می‌رود ...

عزممان را جزم نوشتن کردیم
تا با زلال کلمه
دست و دل و روحمان را از «نمی‌دانم» ها بزداییم ...

تنها فکر کردیم
باهم فکر کردیم
و تنها و با هم نوشتیم و نوشتیم و نوشتیم ...

و هرگاه خسته شدیم به آواز خواندیم که:
ای بی‌خبر بکوش که صاحب خبر شوی ...

خبر، این است:

در آغاز ایستاده‌ایم و به آغاز می‌نگریم ...

سخن مولف

به نام یزدان پاک

« سپاس خداوند یکتا را که به عنایت او توفیق نوشتن این کتاب بر من حاصل شد »
کتاب حاضر مجموعه‌ای از نکات کلیدی و اساسی برای حل تست‌های کنکور کارشناسی ارشد سراسری و آزاد است. این مجموعه شامل دو بخش راه‌سازی و روسازی است که هر بخش شامل چند فصل است. هر فصل نیز دربرگیرنده خلاصه درس‌ها و نکات کلیدی درس، تست‌های کنکورهای سراسری، آزاد سال‌های گذشته و تست‌های تالیفی است.
در این کتاب سعی شده است تا حد امکان، مطالب لازم برای فهم کامل نکات اساسی تست‌های کنکور کارشناسی ارشد آورده شود. امید است این مجموعه بتواند دانشجویان و داوطلبان ورود به دوره‌های کارشناسی ارشد را در رسیدن به هدف خود یاری نماید.
با توجه به اینکه از سال ۸۲ تا ۸۸ درس راه‌سازی و روسازی جزو منابع کنکور سراسری نبوده، بودجه‌بندی سوالات سراسری این دو درس در سال‌های قبل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.
در این‌جا بر خود لازم می‌دانم از آقای دکتر مجید سیاری و آقای مهندس هادی سیاری مدیران محترم موسسه آموزش عالی آزاد ماهان و نیز جناب آقای مهندس امید روشناس مدیر محترم انتشارات تشکر کنم.

نیما ابراهیمی
تابستان ۱۳۸۹

جدول بودجه‌بندی کتاب راه‌سازی

سال / فصل	سراسری																									آزاد										مجموع
	۶۷	۶۸	۶۹	۷۰	۷۱	۷۲	۷۳	۷۴	۷۵	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	
فصل ۱	–	–	۱	–	–	۱	–	–	۱	۲	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	۱	۱	–	–	۱	–	۱	۱	–	–	–	–	۱۱
فصل ۲	–	–	–	–	–	۳	–	–	۱	–	۱	۱	۱	۱	–	۲	–	–	–	–	–	–	۲	۱	۱	–	–	۱	۱	۳	–	–	۲	۱	–	۲۱
فصل ۳	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	۴
فصل ۴	۱	–	–	–	–	۲	۲	–	–	–	–	–	–	–	۲	–	–	–	–	–	–	–	۱	۱	۱	–	–	۱	۱	–	–	۲	–	–	۱۴
فصل ۵	–	–	–	–	–	۱	۱	–	–	۱	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	۱	۲	۲	۱	۱	۱	–	۱	۲	۳	۱	۱	۲	۲	–	۱۶
فصل ۶	–	–	–	–	–	۱	۱	–	۲	۲	۱	۲	–	۲	۱	۲	–	–	–	–	–	–	۱	۱	۱	–	۱	۲	–	۲	–	۲	–	۱	–	۲۲
فصل ۷	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	–	–	۱
فصل ۸	۳	–	–	–	–	۱	۲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	۱	–	۱	۱	–	–	–	۱۰
فصل ۹	–	–	–	–	۱	–	۱	–	–	۱	–	–	۳	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	۱	–	۱	۱	۱	۱	–	–	–	۱۳
فصل ۱۰	۱	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	–	–	–	۲	–	–	۱	–	۱	–	–	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	–	۱۱
جمع کل	۴	–	۱	–	۱	۶	۱۰	–	۳	۵	۳	۴	۵	۳	۳	۴	–	۴	۳	۷	۶	۷	۱	۱	۷	–	۱	۵	۴	۱۰	۵	۳	۶	۵	–	۱۱۲

جدول بودجه‌بندی کتاب روسازی راه

سال / فصل	سراسری																									آزاد										مجموع
	۷۳	۷۴	۷۵	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۷۴	۷۵	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	
فصل ۱	–	–	۱	–	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	۵
فصل ۲	–	–	۱	–	–	–	–	۲	۱	–	–	–	–	۱	–	–	۱	۱	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	۲	۳	۱	۱	–	۱۶
فصل ۳	–	–	–	۲	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	۷
فصل ۴	۱	–	–	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	–	۱	۱	–	–	–	۵
فصل ۵	۱	–	۲	–	–	۱	۱	۳	۱	–	–	–	–	–	–	–	۲	۲	۲	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	۱	–	۲	۱	۲	–	۲۲
فصل ۶	–	–	–	۱	۳	۲	۱	۱	۳	۳	–	–	–	–	–	۱	–	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	۳	۲	۱	۴	۱	۳	–	۳۴
فصل ۷	–	–	–	–	۱	–	–	۱	۱	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۲	۱	–	–	۱	۱	–	–	–	۸
فصل ۸	۲	–	۲	۱	–	۵	۵	۱	۳	۴	–	–	–	–	–	۱	۱	۱	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	۲	–	۲	۲	۳	–	–	–	۳۳
فصل ۹	۲	–	–	۱	–	۳	۴	۱	۳	۳	–	–	–	–	–	۲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	۴	–	۱	۲	۲	۱	–	–	۳۰
فصل ۱۰	۱	–	–	–	–	–	۱	–	۱	۲	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۱	–	–	–	–	–	–	–	–	۶
جمع کل	۷	–	۶	۵	۵	۱۳	۱۲	۸	۱۳	۱۳	۱۳	–	۱۳	۱	–	۷	۷	۷	۷	–	–	–	–	–	–	–	۷	۶	۳	۸	۵	۱۰	۱۵	۴	۵	–	۱۶۷

فهرست

بخش اول: راه‌سازی

فصل اول
کلیات و مشخصات مسیر راه
۱۱

فصل دوم
قوس دایره‌ای ساده
۲۵

فصل سوم
قوس دایره‌ای
مرکب و معکوس
۴۵

فصل چهارم
شیب عرضی در قوس
(بر بلندی)
۵۵

فصل پنجم
منحنی‌های اتصال
۶۷

فصل ششم
قوس‌های قائم
۸۱

فصل هفتم
قوس سرپانتین
۱۰۳

فصل هشتم
مشخصات فنی در راه‌ها
۱۱۱

فصل نهم
حجم عملیات خاکی
۱۲۵

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل اول

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دوم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل دوم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل سوم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل سوم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل چهارم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل چهارم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل پنجم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل پنجم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل ششم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل ششم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل هفتم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل هفتم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل هشتم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل هشتم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل نهم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل نهم

فهرست

بخش دوم: روسازی راه

فصل اول
کلیات روسازی راه
۱۴۱

فصل دوم
مشخصات خاک بستر
۱۵۳

فصل سوم: مشخصات
اساس و زیر اساس
۱۷۱

فصل چهارم: تثبیت
خاک و مصالح شنی
۱۸۱

فصل پنجم
قیر در روسازی
۱۹۳

فصل ششم
آسفالت
۲۱۳

فصل هفتم
تاثیر عوامل
جوی و یخبندان
۲۴۱

فصل هشتم
بارگذاری
۲۵۳

فصل نهم: طراحی
روسازی‌های انعطاف‌پذیر
۲۸۳

فصل دهم: خرابی‌های
روسازی‌های انعطاف‌پذیر
۳۰۷

واژه نامه
۳۲۱

آزمون ۹۰ و ۹۳
۳۳۹

منابع
۳۴۸

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل اول

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دوم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل دوم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل سوم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل سوم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل چهارم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل چهارم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل پنجم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل پنجم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل ششم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل ششم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل هفتم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل هفتم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل هشتم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل هشتم

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل نهم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل نهم

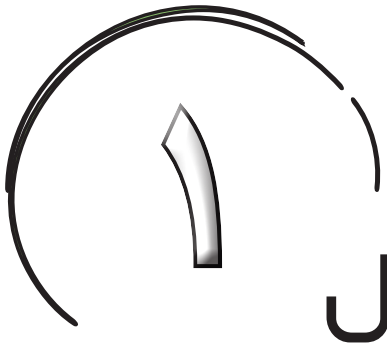
تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دهم
پاسخ‌نامه تشریحی و کلیدی تست‌های فصل دهم

تقدیم

به پدر و مادر عزیزم

که همواره با صبر و شکیبایی در تمامی مراحل زندگی
باعث دلگرمی من بوده‌اند.

بخش اول: راه‌سازی



فصل ۱

کلیات و مشخصات مسیر راه

آنچه در این فصل می‌خوانیم:

مراحل احداث یک مسیر

چگونگی انتخاب مسیر از نظر اقتصادی

مشخصات هندسی یک مسیر راه

مراحل مختلف مطالعه، طراحی و اجرای راه

مسیریابی راه

کلیات و مشخصات مسیر راه

مراحل احداث یک مسیر راه

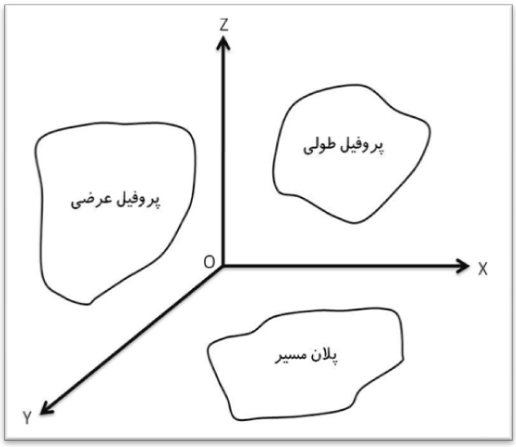
مراحل اساسی احداث یک مسیر به ترتیب عبارت است از:
۱- تهیه نقشه توپوگرافی در مقیاس بزرگ
۲- مطالعات اولیه مسیر
۳- طرح مقدماتی مسیر
۴- رسم نیم‌رخ طولی از مسیر و انتخاب بهینه‌ترین خط پروژه
۵- رسم نیم‌رخ‌های عرضی و تعیین خط پروژه عرضی
۶- محاسبه حجم عملیات خاکی و تهیه منحنی بروکنر
۷- اجرای عملیات احداث راه
۸- برآورد هزینه احداث راه
۹- طرح نهایی مسیر
۱۰- پیاده کردن مسیر

چگونگی انتخاب مسیر از نظر اقتصادی

عواملی که در مطالعه یک مسیر از نظر اقتصادی اهمیت دارد عبارتند از:
۱- انعکاس و اثر پروژه بر وضع اقتصادی کشور
۲- محاسبه بهره‌وری: بهره‌وری فوری و ثانوی. تاریخ مناسب گشایش راه و زمان
۳- حرکت، رابطه سرعت و حجم ترافیک عبوری

مشخصات هندسی یک مسیر راه

مهمترین اجزای هندسی یک مسیر راه عبارتند از:
۱- مبدا مسیر: تمامی اندازه‌گیری‌های افقی نسبت به آن نقطه سنجیده می‌شود. [۱]
۲- مولفه افقی مسیر: تصویر مسیر بر صفحه افقی xoy که به آن پلان مسیر نیز می‌گویند.
۳- مولفه قائم مسیر: تصویر مسیر بر صفحه قائم xoz که به آن نیم‌رخ طولی می‌گویند.
۴- مولفه نیم‌رخ عرضی مسیر: تصویر مسیر بر صفحه قائم yoz که به آن نیم‌رخ عرضی می‌گویند.
در شکل شماره (۱-۱) شماتیک این مولفه‌ها نمایش داده شده است.



(شکل ۱-۱) مولفه‌های مسیر راه در صفحات مختلف

۱- فاصله افقی هر نقطه تا مبدا را کیلومتراژ آن نقطه می‌گویند.

یادداشت

۱) پلان مسیر

این تصویر شامل خطوط مستقیم و قوس‌های افقی است. معمولا پلان راه بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ یا $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ ترسیم می‌شود.

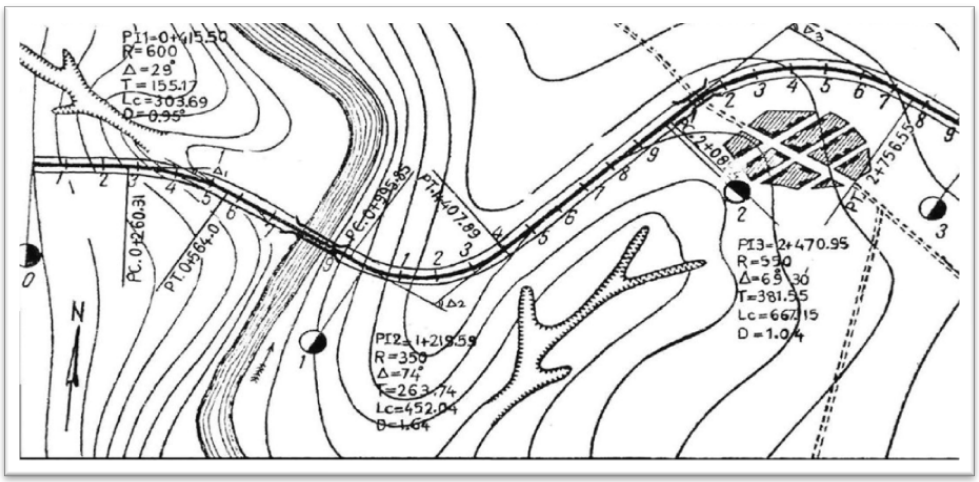
قوس‌های افقی مسیر شامل انواع زیر است:

۱- قوس‌های دایره‌ای: ساده، مرکب، معکوس، سر پانتین.

۲- قوس‌های اتصال: کلوتوئید، سهمی درجه ۳، مالوئید و. ..

۳- قوس‌های ترکیبی: (ترکیب قوس اتصال و دایره‌ای)

در شکل (۲-۱) نمونه‌ای از پلان راه را مشاهده می‌فرمایید.



(شکل ۲-۱) نمونه‌ای از پلان راه

جزییات قوس‌های افقی در فصل‌های بعد مورد بحث قرار خواهند گرفت.

۲) پروفیل طولی راه

این پروفیل از دو خط و یک جدول مشخصات تشکیل شده است:

خط زمین طبیعی: وضعیت ارتفاعی زمین طبیعی محور راه را نشان می‌دهد.

خط پروژه: وضعیت ارتفاعی سطح تمام شده محور راه پس از ساخت را نشان می‌دهد.

در زیر مشخصات پروفیل طولی راه آورده می‌شود:

۱- شماره نیم‌رخ‌های عرضی[۱]

۲- شیب‌ها و قوس‌های قائم[۲]

۳- ارتفاع سطح تمام‌شده راه یا خط پروژه[۳]

۴- ارتفاع سطح زمین طبیعی[۴]

۵- فواصل بین نیم‌رخ‌های عرضی[۵]

۶- هکتومتر و کیلومترهای راه[۶]

۷- خطوط مستقیم و قوس‌های افقی[۷]

۸- شیب‌ها و قوس‌های قائم[۸]

۹- تراز نسبی لبه‌های داخلی و خارجی راه جهت اعمال دور[۹]

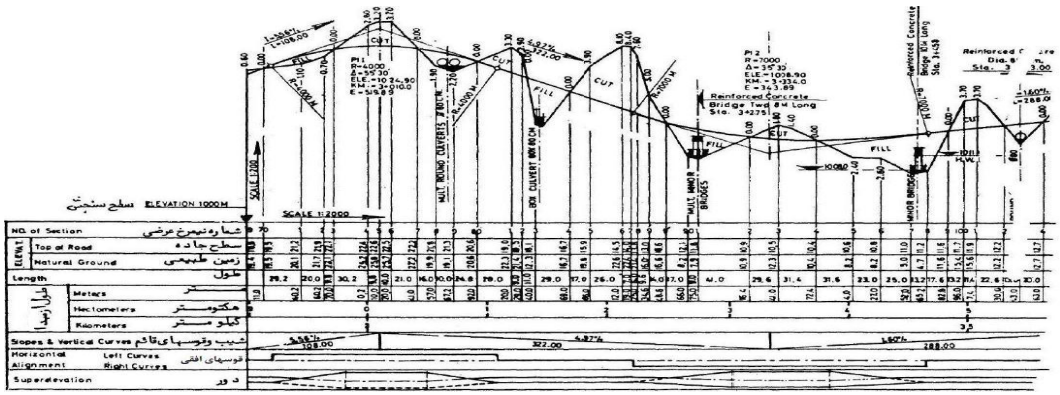
1- Number Of Section
2 - Vertical Alignment
3 - Project Level
4 - Ground Level
5 - Distance
6 - Hectometer & Kilometer
7 - Horizontal Alignment
8 - Slope and Vertical Alignment
9 - Super Elevation

یادداشت

متداول‌ترین مقیاس برای پروفیل‌های طولی

متداول‌ترین مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ برای طول‌ها و $\frac{۱}{۲۰۰}$ برای ارتفاع‌ها به‌کار می‌رود؛ در واقع مقیاس ارتفاعی ۱۰ برابر مقیاس طولی است.

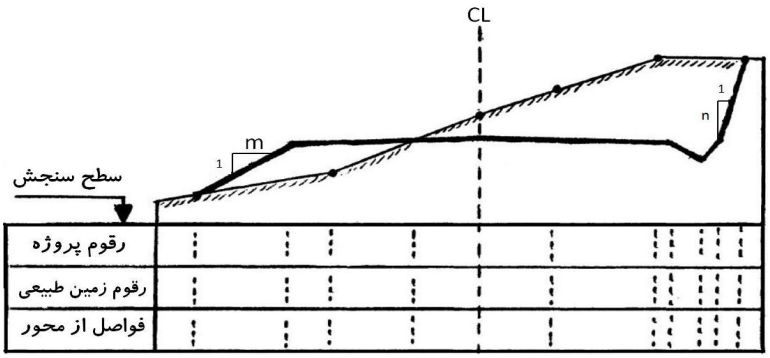
در شکل (۳-۱) نمونه‌ای از پروفیل طولی را به صورت شماتیک مشاهده می‌فرمایید.



(شکل ۳-۱) شماتیکی از پروفیل طولی راه همراه با جدول مشخصات

پروفیل‌های عرضی

مقطع یا برش جانبی از بدنه راه را پروفیل عرضی می‌نامند. در این نقشه‌ها وضعیت ارتفاعی خط پروژه و خط زمین طبیعی در امتداد عمود بر محور مسیر نشان داده می‌شوند.
معمولا به ازای هر ایســتگاه (در فاصله ۲۰ تا ۵۰ متری) در پروفیل طولی، یک پروفیل عرضی برداشــت می‌شود (مقیاس). در شکل (شماره ۴-۱) نمونه‌ای از پروفیل عرضی را مشاهده می‌فرمایید.



(شکل ۴-۱) نمونه‌ای از پروفیل عرضی راه

مراحل مختلف مطالعه، طراحی و اجرای راه

به طور کلی مطالعه، طراحی و اجرای یک پروژه راه‌سازی چهار مرحله دارد:
۱- مرحله مقدماتی
۲- مرحله اول
۳- مرحله دوم
۴- مرحله سوم

۱) مرحله مقدماتی (فاز صفر):

مرحله مقدماتی مطالعات، امکان‌ســنجی طرح اســت که در آن ضرورت احداث راه از نظر اقتصادی، اجتماعی و فنی بررســی می‌شود.

یادداشت

مطالعات انجام شده در این مرحله عبارتند از:
۱- مطالعات اقلیمی و جغرافیایی
۲- مطالعات اقتصادی و اجتماعی
۳- تعیین محدوده عبور راه
۴- مطالعات زمین‌شناسی و مکانیک خاک
۵- مطالعات آماری و ترافیکی

۲) مرحله اول (فاز یک):
فاز یک شامل طراحی پلان، پروفیل طولی و پروفیل عرضی راه است که به ترتیب زیر انجام می‌شود:
۱- ترسیم واریانت‌های مختلف بر روی نقشه توپوگرافی
۲- محاسبه و ترسیم قوس‌های افقی بر روی واریانت‌های موردنظر
۳- ایستگاه گذاری طولی نقاط بر روی واریانت موردنظر جهت ترسیم پروفیل طولی
۴- ترسیم پروفیل طولی
۵- محاسبه و ترسیم خط پروژه اولیه
۶- محاسبه و ترسیم قوس‌های قائم بر روی خط پروژه اولیه
۷- برداشت مقاطع عرضی کلیه نقاط ایستگاه گذاری شده
۸- محاسبه حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی
۹- ترسیم پروفیل‌های عرضی
۱۰- محاسبه و ترسیم منحنی بروکنر
۱۱- طرح و محاسبه ابنیه فنی، روسازی، متره و بر آورد مسیرهای مورد نظر
۱۲- انتخاب واریانت نهایی مسیر

۳) مرحله دوم (فاز دو):
فاز دوم شامل طرح و محاسبه کامل مرحله اول (فاز یک) روی مسیر نهایی و محاسبه کامل جزییات ابنیه فنی، روسازی راه و نیز انجام متره و برآورد مسیر جهت برگزاری مناقصه و اجراست.

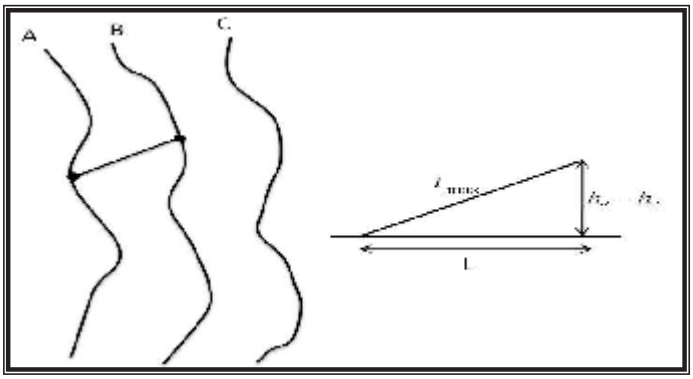
۴) مرحله سوم (فاز سه):
فاز سوم شامل اجرای عملیات مسیر در محل (پیاده کردن مسیر) است که توسط پیمانکار و تحت نظر دستگاه نظارت انجام می‌گیرد.

مسیریابی راه

برای شناسایی مسیر از روش‌های زیر استفاده می‌شود:
نقشه‌های توپوگرافی
عکس‌های هوایی
پیمایش زمین

تعیین فاصله مبنا بر حسب شیب طولی مسیر

عرضی که در نقشه‌های تراز بین ابتدا و انتهای مسیر تهیه می‌شود کریدور طراحی مسیر می‌نامند. تعیین مسیر بر روی نقشه توپوگرافی به صورت (شکل ۵-۱) محاسبه می‌شود:



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

(شکل ۵-۱) تعیین مسیر بر روی نقشه توپوگرافی

شیب خط زمین نباید از حداکثر شیب مجاز تجاوز کند. (با توجه به نوع راه حداکثر شیب مجاز معلوم است، که در فصل‌های بعدی به آن اشاره خواهد شد).

مقیاس

برای بهره بردن از نتیجه برداشت به نقشه باید طول را به نسبت معینی کوچک کنیم که این نسبت را مقیاس می‌نامیم. مقیاس یک نقشه با نسبت زیر تعریف می‌شود:

$$E = \frac{d}{D}$$

D: فاصله افقی دو نقطه در روی زمین
d: فاصله همان دو نقطه در نقشه

مقیاس عددی

در این حالت مقیاس به صورت یک است و برای آنکه محاسبه به سرعت انجام گیرد، با کسری به شکل زیر نمایش داده می‌شود:

$$\frac{۱}{N \times ۱۰۰۰}$$

ویژگی این فرمول در این است که بلافاصله نشان می‌دهد که هر میلی متر روی نقشه، N متر طول را در روی زمین نشان می‌دهد.

تست راهنما **اختلاف ارتفاع کنتورهای اصلی (منحنی میزان) در نقشه توپوگرافی ۵ متر است. در صورتی که مقیاس نقشه $\frac{۱}{۵۰۰۰}$ و شیب مجاز طولی ۸ درصد باشد، فاصله دهانه پرگار جهت ترسیم مسیر نظری (مسیر شکسته) چند سانتی متر است؟** **(سراسری ۸۹)**

۱) ۵ ۲) ۲/۵ ۳) ۱/۲۵ ۴) ۶/۲۵

پاسخ تشریحی **گزینه ۴)**

(فاصله دهانه پرگار یعنی فاصله افقی دو نقطه روی نقشه)

ابتدا مسیر افقی دو نقطه را بر روی زمین پیدا می‌کنیم:

$$\tan \alpha = \frac{h}{L}$$

(h: اختلاف ارتفاع کنتورهای اصلی، L: فاصله افقی بین دو نقطه و α: زاویه مسیر)

$$\tan\alpha = \frac{h}{L} \Rightarrow \frac{۸}{۱۰۰} = \frac{۵}{L} \Rightarrow L = ۶۲/۵\,m$$

پس فاصله افقی بین دو نقطه بر روی زمین ۶۲/۵ متر است.
با توجه به مقیاس نقشه داریم:

$$\frac{۱}{۵۰۰۰} \Rightarrow \frac{۱}{۵\times۱۰۰۰}$$

یعنی یک میلی‌متر روی نقشه برابر ۵ متر روی زمین است.

$$\frac{۱mm\,(on\ the\ map)}{x} = \frac{۵m\,(on\ the\ ground)}{۶۲/۵m\,(on\ the\ ground)} \Rightarrow x = ۱۲/۵mm = ۱/۲۵cm\,(on\ the\ map)$$

ایمنی در راه‌ها

برای بررسی حرکت وسایل نقلیه بر روی سطح راه، مورد زیر را باید در نظر گرفت:

نیروی مقاوم چرخشی یا غلتشی

$$R_r = +f_r.P$$

R_r: نیروی مقاوم چرخشی

P: نیروی وزن کل وسیله نقلیه

f_r: ضریب مقاومت غلتشی وسیله نقلیه بر حسب $\frac{۱\ kg}{۱۰۰۰\ ton}$

سه پارامتر مهم در شرایط حرکت موثر هستند:

R_r: مقاومت چرخشی

R_f: مقاومت لغزشی

F: نیروی وارد بر چرخ وسیله نقلیه

با توجه به این سه پارامتر داریم:

۱- شرط حرکت وسیله نقلیه به جلو:

$$R_r < F < R_f$$

۲- شرط بی‌حرکت ماندن وسیله نقلیه با نیروی ناکافی:

$$F < R_r < R_f$$

۳- شرط حرکت وسیله نقلیه به جلو به همراه سرخوردگی. در این صورت حرکت وسیله نقلیه با صدا همراه است:

$$R_r < R_f < F$$

۴- شرط چرخش چرخ‌های وسیله نقلیه به صورت درجا:

$$R_f < R_r < F$$

با افزایش سرعت، مقدار مقاومت غلتشی بیشتر خواهد شد، زیرا تغییر شکل لاستیک بیشتر می‌شود.

تست راهنما **اگر F نیروی حاصل از موتور روی چرخ‌های یک وسیله نقلیه، φ ضریب اصطکاک ناشی از چرخش (یعنی بین چرخ و محور آن)، f ضریب اصطکاک بین چرخ ها و سطح راه و P وزن وسیله نقلیه را نمایش دهند، در کدام‌یک از شرایط زیر وسیله نقلیه به طور عادی به حرکت در می‌آید؟ (سراسری ۷۷)**

۱) $fP < F < \varphi P$ ۲) $F < \varphi P < Pf$ ۳) $fP < \varphi f < F$ ۴) $\varphi P < fP < F$

پاسخ تشریحی **گزینه ۱)**

R_r: مقاومت چرخشی

R_f: مقاومت لغزشی

F: نیروی وارد بر چرخ وسیله نقلیه

$$R_f = P.\varphi \quad R_r = f.P$$

با توجه به توضیحات درس:

$$R_r < F < R_f$$

$$fP < F < \varphi P$$

طبقه‌بندی راه

در نشریه ۱۶۱، راه‌های کشور از نظر موقعیت توپوگرافی به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

۱) راه هموار (دشتی):
زمین محدوده عبور راه، هموار (دشت) است. شیب عمومی خط بزرگ‌ترین شیب محدوده و شیب طولی راه، حداکثر به ۳ درصد می‌رسد. راه خاکریزهایی به بلندی ۲/۵ متر و گاهی برش‌های کم عمق دارد.

۲) راه تپه ماهوری:
زمین محدوده عبور، پستی و بلندی ملایمی دارد. خط بزرگ‌ترین شیب به‌طور معمول ۳ تا ۷ در صد است. بلندی خاکریزها گاهی از ۲/۵ متر نیز تجاوز می‌کند و عمق برش‌ها معمولا کمتر از ۹ متر است. شیب طولی راه، اغلب از حداکثر مجاز کمتر است.

۳) راه کوهستانی:
راه از دامنه کوه، تپه‌های بلند و دره‌های گود می‌گذرد و گاهی دارای برش‌های عمیق و پل‌های بزرگ یا خاکریزهای بلند دارد. میزان سربالایی یا سرازیری خط بزرگ‌ترین شیب زمین، بیش از ۷ در صد است. شیب طولی راه، در موردهای متعدد و در طول‌های قابل ملاحظه، به حداکثر مجاز می‌رسد.

۴) راه هموار، تپه ماهوری یا کوهستانی با مانع:
اگر در محدوده عبور راه، موانعی از قبیل مرداب، شالیزار و جنگل وجود داشته باشد، بسته به مورد، راه جزو طبقه «هموار با مانع» یا «تپه ماهوری با مانع» یا «کوهستانی با مانع» خواهد بود.

یادداشت

درجه‌بندی راه

راه، بسته به اهمیت مورد نظر در شبکه (راه‌ها) ، درجه بندی‌های مختلفی دارد. در نشریه ۱۶۱ راه‌های کشور از نظر اهمیت به درجه بندی‌های زیر تقسیم شده‌اند:

۱) آزادراه:
راهی با روسازی آسفالتی یا بتنی برای عبور سریع وسایل نقلیه موتوری، طبق تعریف در پیوست A.

۲) بزرگراه:
مانند آزادراه است؛ ولی با امکانات محدود تقاطع هم سطح و دسترسی از حاشیه.

۳) راه اصلی:
راهی با روسازی آسفالتی یا بتنی برای عبور سریع وسایل نقلیه موتوری و به ندرت وسایل غیر موتوری و پیاده در نظر گرفته می‌شود و جزیی از شبکه سراسری و ملی راه‌هاست. راه اصلی در بسیاری از حالت‌ها، به صورت دو خطه و دو طرفه عمل می‌کنند ولی در مواردی می‌تواند به چهار خطه و حتی شش خطه پیوسته یا مجزا توسعه یابد. تقاطع‌ها، معمولا هم‌سطح هستند؛ بنابراین راه‌های اصلی به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند:
۱- راه اصلی جدا شده با عبورهای مجزا و حداقل دو خط عبور در هر طرف.
۲- راه اصلی درجه یک دو طرفه با حداقل دو خط عبور سواره‌روهایی به عرض ۳/۶۵ متر برای هر خط عبور که شانه‌های طرفین آن حداقل به عرض ۱/۸۵ متر است.
۳- راه اصلی درجه دو با سواره‌رویی به عرض ۷ متر که شانه‌های طرفین حداقل آن یک متر است.

۴) راه فرعی:
راه فرعی که ارتباط مراکز جمعیت و تولید داخلی یک منطقه را برقرار می‌کند، جزیی از شبکه داخلی آن منطقه است. راه فرعی اغلب به صورت دو خطه دو طرفه عمل می‌کند. راه‌های فرعی به دو گروه زیر تقسیم شده‌اند:
۱- راه فرعی درجه یک با حداقل دو خط عبور با سواره‌روی روسازی شده به عرض ۳/۲۵ متر برای هر خط عبور، به اضافه شانه‌های طرفین.
۲- راه فرعی درجه دو با دو خط عبور و سواره روی شنی به عرض ۵/۵ متر به اضافه شانه‌های طرفین.

۵) راه روستایی:
نقش این راه تامین ارتباط کاملا محلی و محدود بین روستاها، یا اتصال روستاها به راه‌های فرعی (و گاه اصلی) است. کم بودن ترافیک و پایین بودن هزینه اجرا، شاخص مهم این نوع راه‌هاست.

تست‌های آزمون سراسری

۱- در تهیه یک راه مناسب، بهترین مسیر کدام است؟ **(سراسری ۶۹)**

۱) مسیری که از کلیه آبادی‌های اطراف عبور کند.
۲) مسیری که از قسمت‌های کوهستانی عبور نکند.
۳) مسیری که کوتاه‌ترین فاصله و کمترین پل و تونل را داشته باشد.
۴) مسیری که قیمت حمل و نقل روی آن ارزان تمام شود.

۲- کدام‌یک از عبارات زیر جهت تعریف یک راه فرعی مناسب‌تر است؟ **(سراسری ۷۲)**

۱) راه فرعی یک راه دو خطه و دو طرفه با حجم ترافیک کم تا متوسط است.
۲) راه فرعی یک راه دو خطه و دو طرفه بدون رویه بتن آسفالتی است.
۳) راه فرعی راهی است که جهت ارتباط بین مراکز جمعیت، صنعتی، کشاورزی در یک استان به کار می‌رود.
۴) راه فرعی راهی است که دارای ترافیک کم تا متوسط و عرض نسبتا کم است.

۳- وسیله نقلیه‌ای به وزن یک تن در یک قوس افقی به شعاع ۲۰۰ متر در حال حرکت است. نیروی افقی وارد شده به این وسیله نقلیه در لحظه‌ای که سرعت آن ۲۵ متر بر ثانیه و شتاب منفی آن ۲/۵ متر بر مجذور ثانیه است، چند کیلوگرم است؟ **(سراسری ۷۶)**

۱) -۲۵۴/۸۴ ۲) ۲۲۳/۹۵ ۳) ۳۱۸/۵۵ ۴) ۴۰۷/۹۴

۴- فاصله بین دو نقطه مشخص در یک نقشه به مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰}$ برابر ۱۴/۸ سانتی‌متر است، برای نمایش فاصله آن‌ها روی یک نقشه به مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰}$ چه طولی را برحسب میلی متر باید جدا کرد؟ **(سراسری ۷۷)**

۱) ۰/۷۴ ۲) ۱۴/۸ ۳) ۷/۴ ۴) ۱۴۸

تست‌های آزمون آزاد

۱- وسیله نقلیه‌ای به وزن ۲۰۰۰ کیلوگرم در یک قوس افقی به شعاع ۲۵۰ متر در حال حرکت است. در صورتی که سرعت وسیله نقلیه در نقطه‌ای از این قوس ۲۰ متر بر ثانیه و شتاب منفی آن ۲ متر بر مجذور ثانیه باشد؛ نیروی وارده بر این وسیله نقلیه چقدر است؟ **(آزاد ۸۲)**

۱) ۳۰۴/۷ ۲) ۲۹۳/۶ ۳) ۸۱/۵ ۴) ۵۲۲/۱۶

۲ - چه زمانی برای راه‌های بیابانی (جاده) سه باند در نظر می‌گیرند؟ **(آزاد ۸۴)**

۱) برای مسیر در شیب (سرپایینی) که شیب طولی زیاد باشد.
۲) برای دوربرگردان
۳) برای مسیر که در سربالایی است و شیب طولی آن زیاد باشد.
۴) هیچ‌کدام

۳- تقاطع‌های غیر هم سطح مختص کدام‌یک از انواع راه‌ها می‌باشد؟ **(آزاد ۸۶)**

۱) آزادراه‌ها ۲) بزرگراه‌ها ۳) راه‌های شریانی ۴) راه‌های جمع آوری‌کننده

تست‌های تالیفی

۱- طبقه‌بندی راه‌ها براساس موقعیت ..... منطقه است.

۱) آب و هوایی
۲) محل‌های خط القعر و خط‌الرأس
۳) توپوگرافی
۴) نرخ ترافیک

۲- برای مسیر یابی بر روی یک نقشه $\frac{۱}{۲۵۰۰}$ از مسیری با حداکثر شیب مجاز طولی ۴ درصد به روش پرگار جهت اتصال دو تراز متوالی با اختلاف ارتفاع ۱۰ متر به یکدیگر، چند سانتی متر باید باز شود؟

۱) ۱۲/۵cm
۲) ۱۵cm
۳) ۵cm
۴) ۱۰ cm

۳- وسیله نقلیه‌ای به وزن یک تن در یک قوس به شعاع ۳۵۰ متر در حال حرکت است. نیروی افقی وارد شده به این وسیله نقلیه در لحظه‌ای که سرعت آن $۴۰\,m/s$ و شتاب منفی آن $۴\,m/s^۲$ است تقریبا چند کیلوگرم است؟

۱) ۷۰۰kg
۲) ۶۲۰ kg
۳) ۵۱۰ kg
۴) ۴۸۰ kg

۴- هدف از طبقه‌بندی و درجه‌بندی راه‌ها کدام‌یک از موارد زیر است؟

۱- تامین نیازهای طراحی توسط مهندسان
۲- به وجود آوردن الگوهای مشخص برای کلیه دستگاه‌های اجرایی
۳- هم طبقه نمودن مسیرهای مختلف جهت نگهداری و مراقبت
۴- تخصیص منابع مالی برای مدیران، مسئولین و ...

۱) ۱ و ۴
۲) ۲ و ۳
۳) ۱، ۳ و ۴
۴) همه موارد

۵- کدام‌یک از موارد زیر در طرح هندسی و هم چنین طرح روسازی راه، یکی از عوامل مهم است؟

۱) عامل ترافیک
۲) ملاحظات اقتصادی
۳) مشخصات فنی مسیر
۴) نوع منطقه (تپه ماهور، کوهستانی و....)

۶- یک و نیم متر در روی نقشه $\frac{۱}{۲۵۰۰۰۰}$ نمایانگر چند کیلومتر بر روی زمین است؟

۱) ۲۷۵
۲) ۳۷۵
۳) ۴۲۵
۴) ۵۲۵

۷- حداکثر شیب مجاز در راه‌های اصلی چقدر است؟

۱) ٪۴
۲) ٪۵
۳) ٪۳
۴) ٪۶

۸- حداکثر شیب مجاز در راه‌های فرعی چقدر است؟

۱) ٪۶
۲) ٪۸
۳) ٪۹
۴) ٪۱۲

پاسخ‌نامه کلیدی تست‌های فصل اول

تست‌های آزمون سراسری

	۱	۲	۳	۴
۱	○	○	●	○
۲	○	○	●	○
۳	○	○	○	●
۴	○	○	●	○

تست‌های آزمون آزاد

	۱	۲	۳	۴
۱	○	○	○	●
۲	○	○	●	○
۳	●	○	○	○

تست‌های تالیفی

	۱	۲	۳	۴
۱	○	○	●	○
۲	○	○	○	●
۳	○	●	○	○
۴	○	○	○	●
۵	●	○	○	○
۶	○	●	○	○
۷	○	○	○	●
۸	○	○	●	○

پاسخ‌نامه تشریحی تست‌های آزمون سراسری

۱- گزینه ۳)

در تهیه یک راه مناسب، بهترین مسیر، مسیری است که کمترین فاصله را دارد و پل و تونل در آن تا حد امکان کمتر مورد استفاده قرار گرفته باشد.

۲- گزینه ۳)

راه فرعی: راه فرعی راهی است که جهت ارتباط بین مراکز جمعیت، صنعتی و کشاورزی در یک استان به‌کار می‌رود.

۳- گزینه ۴)

$$F_1 = \frac{mv^2}{R} = 1000 \times \frac{25^2}{200} = 3125 \Rightarrow F_1 = \frac{3125}{9/81} = 318/55 \text{ kg}$$

$$F_2 = ma = \frac{1000}{9/81} \times 2/5 = 254/84 \text{ kg}$$

$$F_t = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{318/55^2 + 254/84^2} = 407/94 \text{kg}$$

۴) گزینه ۳)

در این تست ابتدا فاصله دو نقطه را در روی زمین محاسبه می‌کنیم و پس از آن با توجه به این فاصله و مقیاس نقشه دوم، فاصله دو نقطه را در روی نقشه دوم به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{100} = \frac{1}{0/1 \times 1000} \Rightarrow \frac{0/1\text{cm} = 1\text{mm (on the map)}}{14/8\text{ cm} = 148\text{mm (on the map)}} = \frac{0/1\text{m (on the ground)}}{x}$$

$$\Rightarrow x = 14/8\text{m (on the ground)}$$

فاصله دو نقطه در روی زمین ۱۴/۸ متر است.

$$\frac{1}{2000} = \frac{1}{2 \times 1000} \Rightarrow \frac{1\text{mm (on the map)}}{x} = \frac{2\text{m (on the ground)}}{14/8\text{m (on the ground)}}$$

$$\Rightarrow x = 7/4\text{mm (on the map)}$$

پاسخ‌نامه تشریحی تست‌های آزمون آزاد

۱- گزینه ۴)

این تست مشابه تست کنکور سراسری ۷۶ است.

$$F_1 = \frac{mv^2}{R} = 2000 \times \frac{20^2}{250} = 3200 \Rightarrow F_1 = \frac{3125}{9/81} = 326/19 \text{ kg}$$

$$F_2 = ma = \frac{2000}{9/81} \times 2 = 407/74 \text{ kg}$$

$$F_t = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{326/19^2 + 407/74^2} = 522/16 \text{kg}$$

۲- گزینه ۳)

در راه‌های بیابانی در سربالایی‌ها به علت کاهش سرعت وسایل نقلیه، از جاده سه باند استفاده می‌شود تا وسایل نقلیه با سرعت کم در باند سه قرار بگیرند و باعث کند شدن حرکت و سبقت وسایل نقلیه دیگر نشوند.

۳- گزینه ۱)

تقاطع‌های غیر هم سطح مختص به آزادراه‌هاست.

۱- گزینه ۳)
طبقه‌بندی راه‌ها براساس موقعیت توپوگرافی منطقه شامل راه‌های هموار، تپه ماهور و کوهستانی است.

۲- گزینه ۴)
برای حل ابتدا مسیر افقی دو نقطه را بر روی زمین پیدا می‌کنیم:

$$\tan\alpha = \frac{h}{L}$$

h: فاصله عمودی بین دو نقطه، L: فاصله افقی بین دو نقطه و α: شیب مسیر

$$\text{متر } L = \frac{h}{\tan\alpha} \Rightarrow L = \frac{۱۰}{۰/۰۴} = ۲۵۰$$

این عدد (۲۵۰ متر)، متراژ روی زمین است.

با توجه به فرمول زیر، یک میلی متر روی نقشه، N متر روی زمین است.

$$\frac{۱}{N\times ۱۰۰۰}$$

با توجه به صورت سوال، در این مثال یک میلی‌متر روی نقشه ۲/۵ متر روی زمین است.

$$\frac{۱}{۲۵۰۰} = \frac{۱}{۲/۵\times ۱۰۰۰}$$

$$\frac{۱\ mm}{x} = \frac{۲/۵\ m}{۲۵۰} \Rightarrow x = ۱۰۰\ mm = ۱۰\ cm$$

یعنی دهانه پرگار باید ۱۰ سانتی متر باز شود.

۳- گزینه ۲)

$$F_۱ = \frac{mv^۲}{R} = ۱۰۰۰\times\frac{۴۰^۲}{۳۵۰} = ۴۵۷۱/۴ \Rightarrow F_۱ = \frac{۴۵۷۱/۴}{۹/۸۱} = ۴۶۶\ kg$$

$$F_۲ = ma = \frac{۱۰۰۰}{۹/۸۱}\times ۴ = ۴۰۷/۷\ kg$$

$$F_t = \sqrt{F_۱^۲ + F_۲^۲} = \sqrt{۴۶۶^۲ + ۴۰۷/۷^۲} = ۶۱۹/۱ \cong ۶۲۰\ kg$$

۴- گزینه ۴)
هدف از طبقه‌بندی و درجه‌بندی راه‌ها، تامین نیازهای طراحی توسط مهندسان، به وجود آوردن الگوهای مشخص برای کلیه دستگاه‌های اجرایی، هم طبقه‌نمودن مسیرهای مختلف جهت نگهداری و مراقبت، تخصیص منابع مالی برای مدیران و مسئولین و غیره است.

۵- گزینه ۱)
یکی از عوامل مهم در طرح هندسی و هم چنین طرح روسازی راه، عامل ترافیک است و بر این اساس نیازمندی‌های حجم ترافیک با در نظرگرفتن طبقه‌بندی و درجه‌بندی راه مورد نظر قرار می‌گیرد.

۶- گزینه ۲)

$$\frac{۱}{N\times ۱۰۰۰} \Rightarrow$$ یک میلی متر روی نقشه، مساوی N متر روی زمین

$$\frac{۱}{۲۵۰\times ۱۰۰۰} \Rightarrow$$ یک میلی متر روی نقشه، ۲۵۰ متر روی زمین

$$\frac{۰/۰۰۱\ m}{۱/۵\ m} = \frac{۲۵۰\ m}{x} \Rightarrow x = \frac{۱/۵\times ۲۵۰}{۰/۰۰۱} = ۳۷۵۰۰۰\ m \qquad x = ۳۷۵\ km$$ روی زمین

۷- گزینه ۴)
حداکثر شیب مجاز در راه‌های اصلی ۶ % است.

۸- گزینه ۳)
حداکثر شیب مجاز در راه‌های فرعی ۹ % است.

یادداشت:

فصل ۲

قوس دایره‌ای ساده

آنچه در این فصل می‌خوانیم:

مشخصات یک قوس دایره‌ای ساده

روابط بین عناصر قوس ساده

درجه قوس

کاربرد درجه قوس

فاصله آزاد جانبی

قوس دایره‌ای ساده

مشخصات یک قوس دایره‌ای ساده

قوس دایره‌ای، قوسی است که توسط یک کمان دو قسمت خط مستقیم را به هم وصل می‌کند. به‌طور کلی قوس‌های دایره‌ای به سه گروه تقسیم می‌شوند:

۱- قوس‌های ساده

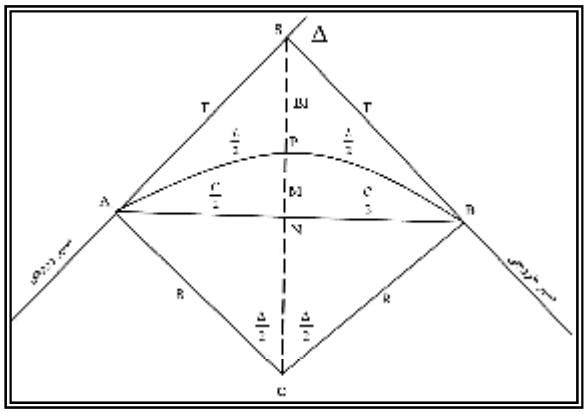
۲- قوس‌های مرکب

۳- قوس‌های معکوس

در این فصل به بررسی قوس‌های ساده پرداخته می‌شود و در فصل سوم قوس‌های مرکب و معکوس مورد بررسی قرار می‌گیرند.

اجزای یک قوس دایره‌ای

در شکل (۱-۲) به صورت شماتیک، قسمتی از یک کمان دایره به شعاع R در نقاط B, A به دو مسیر مستقیم مماس شده است:



(شکل ۱-۲) قوس دایره‌ای ساده همراه با اجزا قوس

قسمت‌های مختلف قوس دایره‌ای

۱- رأس قوس (نقطه S[1]): محل تقاطع دو مسیر مستقیم که به آن سومه نیز می‌گویند و آن را با حرف V[2] و یا P.I[3] نیز نشان می‌دهند.

۲- شروع قوس (نقطه A): شروع کمان یعنی محل تماس مسیر مستقیم ورودی با دایره، که آن را شروع قوس گویند و با T_1 یا P.C[4] و یا T.C[5] نشان می‌دهند.

۳- انتهای قوس (نقطه B): انتهای کمان دایره یعنی محل تماس مسیر مستقیم خروجی با دایره که آن را انتهای قوس گویند و با P.T[6] و یا CT[7] نمایش می‌دهند.

1- Station
2- Vertex
3- Point of Intersection
4- Point of Curvature
5- Tangent of Curve
6- Point of Tangency
7- Curve of Tangency

یادداشت

۴- **نقطه وسط قوس (نقطه P)**: وسط کمان دایره AB را نقطه وسط قوس یا نقطه میانی قوس گویند.

۵- **زاویه انحراف مسیر (Δ)**: زاویه بین دو قسمت مستقیم مسیر در نقطه S را زاویه انحراف مسیر گویند.

۶- **طول مماس (T)**: فاصله سومه (رأس قوس) تا شروع یا خاتمه قوس را طول مماس یا طول تانژانت گویند.

$$T = \overline{SA} = \overline{SB}$$

۷- **طول قوس (L)**: فاصله کمانی شروع قوس تا پایان قوس را طول قوس دایره گویند.

$$L = AB$$

۸- **طول بی‌سیکتریس (BI)**: فاصله رأس قوس تا نقطه وسط قوس را فاصله بیرونی یا طول بی‌سیکتریس قوس گویند.

$$E = BI = \overline{SP}$$

۹- **طول وتر (C)**: فاصله مستقیم شروع قوس و انتهای قوس را طول وتر گویند.

$$C = \overline{AB}$$

۱۰- **فاصله درونی قوس (M)**: فاصله وسط نقطه قوس تا نقطه وسط وتر

$$M = \overline{PN}$$

روابط بین عناصر قوس ساده

روابط بین عناصر یک قوس ساده را با فرض معلوم بودن R و Δ در جدول زیر مشخص می‌کنیم:

طول مماس	$T = R \tan\frac{\Delta}{۲}$
طول قوس دایره	$L = R\Delta^{\circ} \times \frac{\pi}{۱۸۰} = R\Delta^{g} \times \frac{\pi}{۲۰۰} = R\Delta^{rad}$
طول وتر بزرگ دایره	$C = ۲R \sin\frac{\Delta}{۲}$
طول بی‌سیکتریس	$BI = E = R\left(\frac{۱}{\cos\frac{\Delta}{۲}} - ۱\right) = R\left(\sec\frac{\Delta}{۲} - ۱\right) = T.\tan\frac{\Delta}{۴}$
فاصله درونی قوس	$M = R\left(۱ - \cos\frac{\Delta}{۲}\right)$
حداقل شعاع دایره[۱]	$R = \frac{V^{۲}}{۱۲۷/۲(e+f)}$ V: **سرعت طرح** ($\frac{km}{hr}$) ؛ e: **شیب عرضی (دِوِر)**؛ f: **ضریب اصطکاک جانبی**

(جدول ۱-۲) روابط بین عناصر قوس ساده

۱- در فصل چهارم به صورت کامل شعاع دایره مورد بحث قرار می‌گیرد.

یادداشت

تست راهنما **شعاع قوس افقی برای یک جاده ۵۰۰ متر و زاویه خارجی قوس ۶۰ درجه است. کوتاه‌ترین فاصله بین شروع و انتهای قوس برای این جاده‌ها چند متر است؟** **(سراسری ۷۳)**

۱) ۱۱۵۴/۸ متر ۲) ۱۰۰۰ متر ۳) ۵۰۰ متر ۴) ۵/۲ متر

پاسخ تشریحی **گزینه ۳)**

کوتاه‌ترین فاصله بین شروع و انتهای قوس برابر طول وتر است.

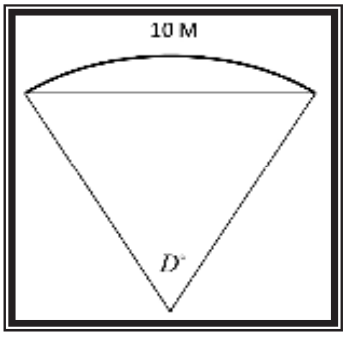
$$C = ۲R\sin\frac{\Delta}{۲} = ۲\times ۵۰۰\times\sin\frac{۶۰}{۲} = ۵۰۰\,m$$

درجه قوس

درجه قوس که آن را با حرف D نشان می‌دهند ممکن است به صورت یکی از تعاریف زیر بیان شود: (در تمامی فرمول‌ها R، شعاع دایره است):

۱- زاویه مرکزی روبه‌روی قوس ۱۰ متر

(در این قسمت L و R بر حسب متر است)

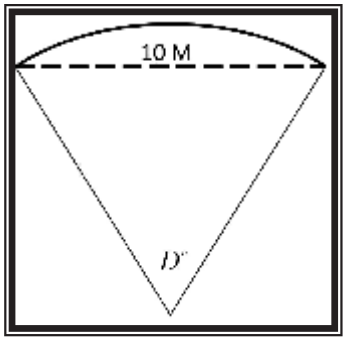


$$\left.\begin{aligned} L &= \frac{\pi R\,\Delta}{۱۸۰} \\ ۱۰ &= \frac{\pi R\,D}{۱۸۰} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{۱۰}{L} = \frac{D}{\Delta} \Rightarrow D = ۱۰\frac{\Delta}{L}$$

$$۱۰ = \frac{\pi R\,D}{۱۸۰} \Rightarrow D^{\circ} = \frac{۵۷۲/۹۶}{R}$$

(شکل ۲-۲) زاویه مرکزی روبه‌روی قوس ۱۰ متر

۲- زاویه مرکزی روبه‌روی وتر ۱۰ متر



$$\left.\begin{aligned} C &= ۲R\sin\frac{\Delta}{۲} \\ ۱۰ &= ۲R\sin\frac{D}{۲} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{C}{۱۰} = \frac{\sin\frac{\Delta}{۲}}{\sin\frac{D}{۲}} \Rightarrow \sin\frac{D}{۲} = \frac{۱۰}{C}\sin\frac{\Delta}{۲}$$

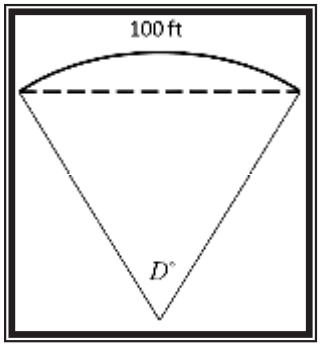
$$۱۰ = ۲R\sin\frac{D}{۲} \Rightarrow D = ۲\sin^{-۱}\frac{۵}{R}$$

(شکل ۳-۲) زاویه مرکزی روبه‌روی وتر ۱۰ متر

یادداشت

۳- زاویه مرکزی روبه‌روی قوس ۱۰۰ فوت

(در این قسمت L و R بر حسب فوت است)



$$\left.\begin{aligned} L &= \frac{\pi R \Delta}{180} \\ 100 &= \frac{\pi R D}{180} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{100}{L} = \frac{D}{\Delta} \Rightarrow D = 100\frac{\Delta}{L} \quad ,$$

$$100 = \frac{\pi R D}{180} \Rightarrow D^{\circ} = \frac{5729/6}{R}$$

(شکل ۴-۲) زاویه مرکزی روبه‌روی قوس ۱۰۰ فوت

تست راهنما **یک مسیر افقی قوسی دارد که زاویه مماس این قوس ۸۵ درجه و درجه قوس ۵/۰۲ درجه است. در صورتی که منطقه مورد نظر گرمسیر و دور آن ۱۲٪ = e باشد اندازه مماس قوس کدام است؟ (سراسری ۷۳)**

۱) ۱۴۱ متر ۲) ۱۰۴/۵ متر ۳) ۱۵۶ متر ۴) ۱۳۴/۷ متر

پاسخ تشریحی **گزینه ۲)**

با داشتن درجه قوس شعاع قوس به دست می‌آید:

$$R = \frac{5729/96}{D} = \frac{5729/96}{5/02} = 1141/13 \text{ متر}$$

سپس با استفاده از فرمول طول مماس داریم:

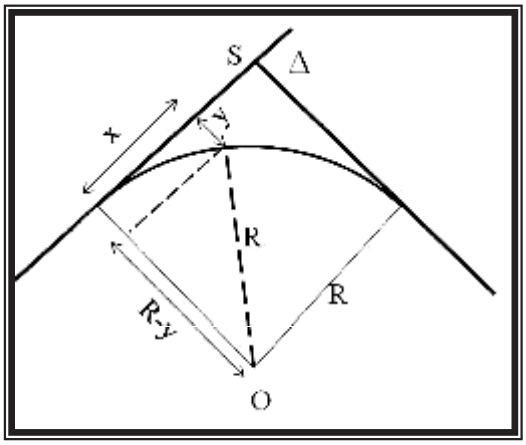
$$T = R \tan\frac{\Delta}{2}$$

$$T = 1141/13 \tan\frac{85}{2} = 104/5 \text{ متر}$$

کاربرد درجه قوس

کاربرد در درجه قوس برای پیاده سازی مسیر قوس است. با توجه به شکل (۷-۲) با داشتن مقادیر x و به دست آوردن yها می‌توان با مترکشی قوس را پیاده کرد. برای کاربرد قوس دو حالت را در نظر می‌گیریم:

حالت اول:



(شکل ۵-۲) حالت اول کاربرد درجه قوس

یادداشت

با توجه به شکل داریم:

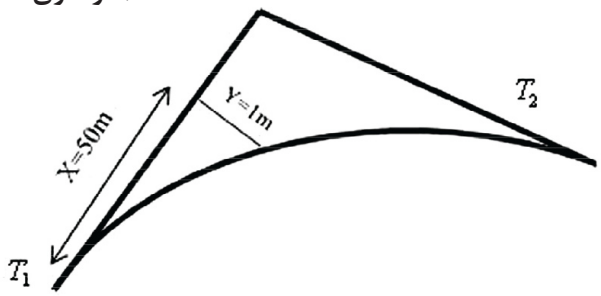
$$x^۲ + (R - y)^۲ = R^۲$$

$$x^۲ + R^۲ + y^۲ - ۲Ry = R^۲ \Rightarrow y^۲ - ۲Ry + x^۲ = ۰ \Rightarrow y = \frac{۲R \pm \sqrt{۴R^۲ - ۴x^۲}}{۲}$$

که با توجه به محاسبات مقدار y به صورت زیر به دست می‌آید:

$$y = R \pm \sqrt{R^۲ + x^۲} \quad \Rightarrow \quad y_i = R \pm \sqrt{R^۲ + x_i^۲}$$

تست راهنما **مختصات قائم نقطه‌ای در پلان قوس دایره‌ای شـــکل(مطابق شکل داده شده) می‌باشد. شعاع دایره کدام است؟ (سراسری ۸۲)**



۱) ۱۲۵۰/۵ متر
۲) ۱۲۵۰ متر
۳) ۱۵۰۱ متر
۴) ۲۵۰۰ متر

پاسخ تشریحی **گزینه ۱)**

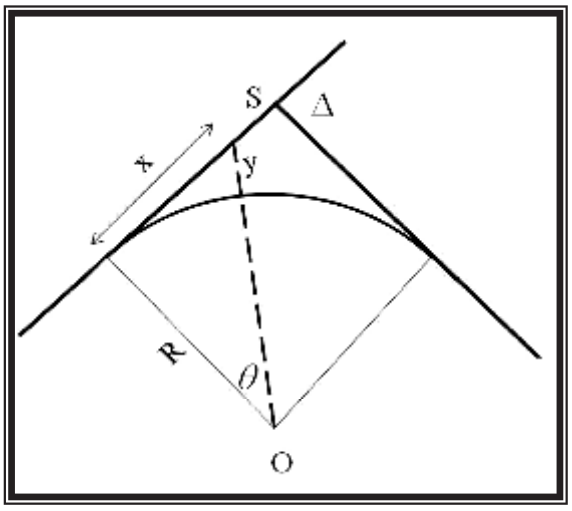
با توجه به توضیحات درس و شکل داریم:

$$x^۲ + (R - y)^۲ = R^۲$$

$$x^۲ + R^۲ + y^۲ - ۲Ry = R^۲ \Rightarrow y^۲ - ۲Ry + x^۲ = ۰ \Rightarrow R = \frac{x^۲ + y^۲}{۲y}$$

$$R = \frac{x^۲ + y^۲}{۲y} = \frac{۵۰^۲ + ۱^۲}{۲ \times ۱} = ۱۲۵۰/۵m$$

حالت دوم:



(شکل ۶-۲) حالت دوم کاربرد درجه قوس

یادداشت

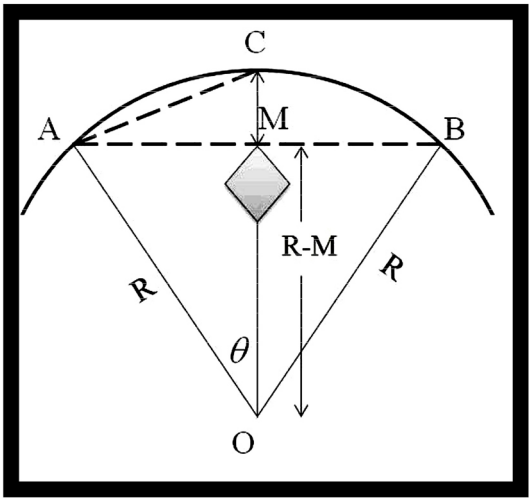
با توجه به شکل نتایج زیر حاصل خواهد شد:

$$\tan\theta=\frac{x}{R}\ \Rightarrow\ x=R\tan\theta\ \Rightarrow\ R=\frac{x}{\tan\theta}$$

$$\cos\theta=\frac{R}{R+y}\ \Rightarrow\ y=\frac{R-R\cos\theta}{\cos\theta}\Rightarrow\ y=R\ (\frac{۱}{\cos\theta}-۱)\xrightarrow{R=\frac{x}{\tan\theta}}\ y=x\ (\frac{۱-\cos\theta}{\sin\theta})$$

فاصله آزاد جانبی

برای تامین فاصله دید در قوس‌های افقی، در حاشیه راه نباید مانعی وجود داشته باشد. فاصله مانع تا محور طولی خط عبور داخلی را با m نشان می‌دهند. در شکل شماره (۷-۲) مقدار m مشخص است، و از روابط زیر به دست می‌آید:



(شکل ۷-۲) وجود مانع در قوس افقی

$$\text{if}\quad S<L\ \rightarrow\ m=R\ (۱-\cos\frac{SD}{۲۰})$$

$$\text{if}\quad S>L\ \rightarrow\ m=\frac{L(۲S-L)}{۸R}$$

D: درجه قوس مربوطه
L: طول قوس
m : فاصله مانع تا محور طولی
S : فاصله دید توقف
R : شعاع پیچ

نکته در مورد SD می‌توان گفت در حالتی که درجه قوس مجهول باشد مقدار D از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$D^{\circ}=\frac{۵۷۲/۹۶}{R}$$

$$\frac{SD}{۲۰}=\frac{S\times۵۷۲/۹۶}{۲۰R}=\frac{۲۸/۵۶}{R}.S$$

$$m=R\ (۱-\cos\frac{SD}{۲۰})\quad\text{or}\quad m=R\left[۱-\cos(\frac{۲۸/۵۶}{R}S)\right]$$