

به نام خدا

راه‌سازی، اصول طرح هندسی راه

www.ketab.ir

تدوین و گردآوری:

دکتر علی عبدی کردانی، دانشیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)
مهندس حمید بیگدلی راد، دانشجو دکتری دانشگاه علم و صنعت ایران

سبزشناسه	: شندک کردانی، عبدی، ۱۳۵۸ - Abdi Kordani, Ali
عنوان و نام پدیدآور	: راهسازی، اصول طرح هندسی راه/ نویسندگان علی عبدی کردانی، حمید بیگدلی راد.
مشخصات نشر	: قزوین: دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۲۹۱ ص.: فصول، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-5024-96-8
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
موضوع	: راهسازی
موضوع	: Roads -- Design and construction
موضوع	: راهها
موضوع	: Roads
شناسه افزوده	: بیگدلی راد، حمید، ۱۳۶۹ -
شناسه افزوده	: Bigdeli Rad, Hamid
شناسه افزوده	: دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)
شناسه افزوده	: Imam Khomeini International University
رده بندی کنگره	: TEY۱۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۵/۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۷۱۰۰۲۲

www.ketab.ir

عنوان	: راهسازی، اصول طرح هندسی راه
تدوین و گردآوری	: علی عبدی کردانی، حمید بیگدلی راد
ناظر فنی	: حمید کلهر
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۰۲۴-۹۶-۸
نوبت چاپ	: اول ۱۳۹۸
قیمت	: ۳۸ هزار تومان
شمارگان	: ۲۰۰ جلد
ناشر	: انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)
قزوین، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، تلفن	: ۰۲۸ - ۳۳۹۰۱۴۲۶

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است.

مسئولیت حقوقی و قانونی محتوای کتاب بر عهده صاحبان اثر است.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
۱- فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- تاریخچه راهسازی در کشور.....	۲
۱-۲- طبقه‌بندی راه ها.....	۴
۱-۲-۱- مقدمه.....	۴
۱-۲-۲- طبقه‌بندی عملکردی راه.....	۵
۱-۲-۳- طبقه‌بندی بافتی.....	۱۱
۱-۳- طول معبر و مسیر سفر در سیستم‌های شهری.....	۱۵
۱-۴- طبقه‌بندی عوارض محیط اطراف راه.....	۱۵
۱-۴-۱- راه هموار یا دشتی.....	۱۵
۱-۴-۲- راه تپه‌ماهوری.....	۱۶
۱-۴-۳- راه کوهستانی.....	۱۶
۱-۴-۴- راه هموار، تپه‌ماهوری یا کوهستانی با مانع.....	۱۶
۱-۵- مطالعات مسیر.....	۱۶
۱-۵-۱- معیارهای انتخاب مسیر کلی.....	۱۹
۱-۵-۲- پروفیل طولی راه.....	۲۵
۱-۵-۳- ویژگی‌های پروفیل طولی راه.....	۲۸
۱-۵-۴- مقاطع عرضی.....	۲۸
۲- فصل دوم: وسیله نقلیه/انسان/راه.....	۳۳
۲-۱- مقدمه.....	۳۴
۲-۲- خصوصیات فیزیکی وسیله نقلیه.....	۳۴
۲-۳- چهار گروه کلی از وسایل نقلیه طرح.....	۳۴
۲-۴- حداقل شعاع گردش برای خودروهای طرح.....	۴۰
۲-۵- خصوصیات انسانی.....	۴۸
۲-۵-۱- پیاده‌ها.....	۴۸
۲-۵-۲- رانندگان.....	۴۹
۲-۵-۳- دوچرخه‌سواران.....	۵۰
۳- فصل سوم: مشخصات ترافیکی.....	۵۳
۳-۱- مقدمه.....	۵۴
۳-۲- حجم ترافیک.....	۵۴
۳-۲-۱- متوسط ترافیک روزانه.....	۵۴
۳-۲-۲- ترافیک ساعت طرح.....	۵۵
۳-۲-۳- توزیع جهت.....	۵۶

۵۷	۵-۳ ترکیب ترافیک
۵۸	۶-۳ سرعت
۵۹	۶-۳-۱- سرعت عملکردی
۵۹	۶-۳-۲- سرعت حرکت
۵۹	۶-۳-۳- سرعت طرح
۶۰	۷-۳ روابط جریان ترافیک
۶۱	۸-۳ ظرفیت راه
۶۲	۹-۳ ضریب ساعت اوج
۶۲	۱۰-۳ سطح سرویس
۶۵	۴- فصل چهارم: مشخصات المان های راه
۶۶	۴-۱- مقدمه
۶۶	۴-۲- فاصله دید توقف
۶۶	۴-۳- فاصله عکس العمل ترمز
۶۷	۴-۳-۱- فاصله ترمزگیری
۶۸	۴-۳-۲- تأثیر شیب بر توقف
۶۹	۴-۴- فاصله دید انتخاب
۷۱	۴-۵- فاصله دید سبقت
۷۴	۴-۶- قوس های افقی
۷۸	۴-۷- قوس های مرکب
۸۳	۴-۷-۱- قوس های معکوس
۸۵	۴-۸- طراحی قوس های گردنه (قوس سرپانتین)
۸۶	۴-۹- منحنی های اتصال تدریجی
۸۸	۴-۱۰- قوس کلوئید (مارپیچ)
۹۳	۴-۱۱- پیاده کردن قوس
۹۴	۴-۱۱-۱- روش تانژانت ها
۹۵	۴-۱۱-۲- روش وتر بزرگ
۹۸	۴-۱۱-۳- روش زوایای قطبی
۹۸	۴-۱۱-۴- روش زوایای پیشین
۹۹	۴-۱۱-۵- روش وتر امتدادیافته
۹۹	۴-۱۲- دور
۱۰۲	۴-۱۲-۱- توزیع دور در محدوده قوس
۱۰۵	۴-۱۲-۲- شعاع حداقل
۱۰۷	۴-۱۲-۳- توزیع دور به روش ۵
۱۱۲	۴-۱۲-۴- جداول دور طرح
۱۲۳	۴-۱۲-۵- روش های تأمین دور
۱۲۷	۴-۱۲-۶- حداقل شیب در بخش اعمال دور
۱۲۸	۴-۱۲-۷- حداقل طول تأمین دور

۱۳۲	 تعریض در قوس افقی	۱۳-۴
۱۳۲	 خروج از محوریت	۱-۱۳-۴
۱۳۶	 تعریض سوار مرو در قوس های افقی	۲-۱۳-۴
۱۴۳	 فاصله دید در قوس های افقی	۱۴-۴
۱۴۳	 فاصله دید توقف در قوس افقی	۱-۱۴-۴
۱۴۶	 کنترل های کلی امتداد افقی	۱۵-۴
۱۴۸	 امتداد های قائم	۱۶-۴
۱۴۸	 ویژگی های حرکتی وسایل نقلیه در شیب ها	۱-۱۶-۴
۱۵۰	 ضوابط شیب های طولی در طراحی	۲-۱۶-۴
۱۵۲	 طول های بحرانی شیب طولی برای طرح	۳-۱۶-۴
۱۵۳	 رمپ های خروجی اضطراری	۱۷-۴
۱۵۳	 ضرورت و محل خروجی های اضطراری	۱-۱۷-۴
۱۵۴	 انواع خروجی های اضطراری	۲-۱۷-۴
۱۵۶	 قوس های قائم	۱۸-۴
۱۵۸	 روابط مربوط به قوس های قائم	۱-۱۸-۴
۱۵۹	 مسافت دید در قوس های قائم	۲-۱۸-۴
۱۶۲	 کنترل طول قوس قائم گسسته در زیر گذر	۳-۱۸-۴
۱۶۳	 ترکیب مولفه افقی و قائم	۱۹-۴
۱۶۴	 هماهنگ کردن مسیر افقی و پروفیل طولی (مسیر قائم) در طرح	۱-۱۹-۴
۱۶۹	 فصل پنجم: مقاطع عرضی	۵
۱۷۰	 ۱-۱-۵ مقاطع عرضی تیب	۱-۵
۱۷۱	 ۱-۱-۵ - پهنه راه	۱-۵
۱۷۱	 ۲-۱-۵ - سوار مرو	۲-۵
۱۷۳	 ۳-۱-۵ - شیب عرضی	۳-۵
۱۷۴	 ۴-۱-۵ - عرض خطوط	۴-۵
۱۷۵	 ۵-۱-۵ - شانه ها	۵-۵
۱۷۵	 ۶-۱-۵ - جدول ها	۶-۵
۱۷۵	 ۷-۱-۵ - جوی های تخلیه آب و شیب شیروانی ها	۷-۵
۱۷۷	 ۲-۵ - مقطع عرضی های عادی دو طرفه	۲-۵
۱۷۷	 ۳-۵ - مقطع عرضی های یک طرفه	۳-۵
۱۷۸	 ۴-۵ - حفاظ های ترافیکی	۴-۵
۱۷۸	 ۱-۴-۵ - طبقه بندی حفاظ های ایمنی	۱-۴-۵
۱۸۵	 ۲-۴-۵ - ایمن سازی حفاظ های ترافیکی	۲-۴-۵
۱۸۸	 ۵-۵ - ناحیه عاری از مانع	۵-۵
۱۹۱	 ۶-۵ - حفاظ های طولی کناری	۶-۵
۱۹۲	 ۷-۵ - حفاظ های میانه	۷-۵
۱۹۳	 ۸-۵ - ضربه گیر ها	۸-۵

۱۹۳	۹-۵- میانها
۱۹۳	۱۰-۵- کنترل کناره راه
۱۹۴	۱۱-۵- پیاده‌روها
۱۹۴	۱۲-۵- کانال‌های کناره راه
۱۹۹	۶- فصل ششم: عملیات خاکی
۲۰۰	۱-۶- مقدمه
۲۰۰	۲-۶- بخش‌های مهم در عملیات خاکی
۲۰۰	۱-۲-۶- دکوپاژ
۲۰۱	۲-۲-۶- خاکبرداری
۲۰۱	۳-۲-۶- خاکریزی
۲۰۱	۴-۲-۶- محل دیو
۲۰۱	۵-۲-۶- محل قرضه
۲۰۱	۶-۲-۶- فاصله حمل خاک
۲۰۵	۳-۶- محاسبه حجم عملیات خاکی
۲۱۰	۱-۳-۶- تصحیح حجم عملیات خاکی در قوس‌ها
۲۱۲	۴-۶- انواع خاک در محل
۲۱۳	۵-۶- تورم خاک
۲۱۴	۶-۶- انقباض خاک
۲۱۴	۷-۶- نشست
۲۱۵	۸-۶- محاسبه حجم کل عملیات خاکی در پروژه
۲۱۷	۹-۶- حمل خاک
۲۱۹	۱۰-۶- منحنی بروکنر
۲۲۰	۱-۱۰-۶- ترسیم منحنی بروکنر
۲۲۳	۲-۱۰-۶- خصوصیات منحنی بروکنر
۲۳۵	۷- فصل هفتم: ساختمان‌های فنی راه
۲۳۶	۱-۷- پل‌ها
۲۳۹	۱-۱-۷- محاسبه دهانه پل‌های متوسط و بزرگ
۲۴۲	۲-۱-۷- پل در پروفیل طولی راه
۲۴۳	۳-۱-۷- سقف پل
۲۴۴	۲-۷- دالوها
۲۴۴	۱-۲-۷- دالوهای آبیاری
۲۴۴	۲-۲-۷- دالوی زهکشی
۲۴۵	۳-۲-۷- تپ‌های مختلف دالوها
۲۴۶	۴-۲-۷- دیوارهای برگشتی دالوها
۲۴۷	۳-۷- اکوادوک (پل طاقی)
۲۴۸	۴-۷- بوزها (ابروی لوله ای)

۲۴۸	۵-۷- سیفون.....
۲۴۹	۶-۷- دیوارهای نگهدارنده (ضامن).....
۲۵۲	۷-۷- ابنما.....
۲۵۳	۸-۷- ویادوک های پل های دره ای.....
۲۵۴	۹-۷- گالری ها.....
۲۵۶	۱۰-۷- کارهای زیرزمینی.....
۲۵۶	۱-۱۰-۷- مطالعات و بررسی های مقدماتی.....
۲۵۷	۲-۱۰-۷- مطالعه خاک از نظر زمین شناسی.....
۲۵۸	۳-۱۰-۷- مشخصات فنی سازه های زیرزمین ها (تونل ها).....
۲۵۸	۴-۱۰-۷- مسیر پروفیل طولی تونل ها.....
۲۵۹	۱۱-۷- مقطع عرضی.....
۲۶۰	۱-۱۱-۷- ضخامت روسازی های تونل ها.....
۲۶۲	۲-۱۱-۷- بررسی مسیر از نظر زمین شناسی.....
۲۶۸	۳-۱۱-۷- جنس روسازی تونل ها.....
۲۶۹	۴-۱۱-۷- حد مجاز خستگی در زیر تونل ها.....
۲۶۹	۱۲-۷- ثبوت کالورت.....
۲۷۳	۸- پیوست ها.....
۲۸۳	۹- منابع و مراجع.....

پیشگفتار

امروزه ابعاد طراحی هندسی مسیر نه تنها به شاخه راه و حمل و نقل مربوط می شود بلکه تبعات آن فراتر رفته و دارای ابعاد اجتماعی، روانی، محیط زیستی، سیاسی، اقتصادی، مالی و ... مربوط شده و بر زندگی انسان ها، تأثیر به سزایی می گذارد. لذا طراح هندسی مسیر باید به اطلاعات زیادی واقف باشد و هر چه شخص طراح بیشتر مطلع باشد، طرح از پختگی بیشتری برخوردار خواهد بود. با توجه به مثلث شاخص در طراحی مسیر، طراح باید رفتار وسیله نقلیه را چه به لحاظ فیزیکی و ابعادی و چه به لحاظ دینامیکی حرکت بداند و در عین حال رفتار انفرادی و گروهی رانندگان را نیز بتواند در موقعیت های مختلف تخمین بزند و این دو را در قالب علم طراحی هندسی بتواند پیاده نماید. از طرف دیگر طراح هندسی به سبب یک معمار و هماهنگ کننده ای است که باید همه عوامل پیرامونی اعم از سازه های مختلف، از جمله پل ها، تونل ها، دیوارها، سیفون و ...، مشخصات هیدرولوژی مسیل ها، جنس زمین، ترافیک عبوری، مشخصات خاک منطقه، جنبه های ساخت و بهره برداری، هواشناسی و عوارض زمین و ... را به خوبی درک نموده و آنها را در قالب علم هندسه مسیر پیاده نماید. در حقیقت بدون آگاهی می توان گفت که طراحی هندسی فراتر از علم مهندسی بوده و تا جایی که چون خلاقیت طراح و اطلاعات او در زمان طراحی می تواند به تغییرات کیفی طرح بیانجامد، علم طراحی هندسی مسیر را به عنوان "هنر طرح هندسی مسیر" تلقی نمود. این جایی است که حتی در طرح های پیچیده هندسی، افکار، عواطف و ابعاد روحی و روانی طراح می تواند طرح را دگرگون نماید و تحت تأثیر قرار دهد. از باب سطوح مختلف طراحی، می توان تقسیم بندی ذیل را برای طرح هندسی سیستم های زمینی اعم از راه و راه آهن در نظر گرفت:

اولین مرتبه طراحی شامل طرح هندسی راه های محلی و جمع کننده، است؛ در یک مقیاس بالاتر طراح هندسی از راه ها و خطوط ریلی مطرح است که کمی سطح آن فراتر از مرحله قبل است؛ در سطح بالاتر، طراحی هندسی تبادل ها و تقاطع های غیر همسطح است، که طراح گاهی اوقات در بعد پروفیل طولی نیز ممکن است هنرنمایی نماید؛ و در انتها و البته از همه بالاتر، در بعد طراحی هندسی راه، طرح تقاطع های همسطح شامل میادین و ... و در بعد سیستم های ریلی، طرح هندسی خطوط دیوهای ریلی است که طراح، هنر سوزن بندی و اتصالات خطوط را به معرض نمایش می گذارد.

طراحی هندسی راه‌ها به طراحی ابعاد قابل ملاحظه‌ای از ویژگی‌های پلان، پروفیل طولی و مقاطع عمودی جاده، تقاطع‌ها و سیستم خودروها، دوچرخه و امکانات پیاده‌روی با هدف انجام سفرها اشاره دارد. هدف از طراحی هندسی این است که بزرگراه را با عملیات ترافیکی ایمن، کارآمد و اقتصادی و با حفظ زیبایی و حفظ محیط‌زیست طراحی شوند. طراحی هندسی تحت تأثیر وسیله نقلیه، راننده و مشخصات ترافیکی می‌باشد. تغییرات این خصوصیات در گذر زمان سبب می‌شود طراحی هندسی یک مقوله پویا باشد که در آن دستورالعمل‌های طراحی به صورت دوره‌ای به‌روز می‌شوند تا طراحی مناسب‌تری شکل بگیرد. در این کتاب سعی شده است مرجعی مبسوط برای بیان اصول طرح هندسی راه فراهم شود تا جامعه دانشجویان و مهندسان طراح و مجریان احداث و بهره‌برداری راه‌ها بتوانند نیازهای مربوط به دروس راه‌سازی در سطوح عادی و پیشرفته را مرتفع نمایند. اثر حاضر مشتمل بر هفت فصل است که به شکل مبسوط موضوعات زیر را بررسی نموده است:

ساختار این مجموعه بدین شرح است: در فصل نخست به بیان تاریخچه راه‌سازی، طبقه‌بندی راه‌ها و مطالعات مسیر پرداخته شد. در فصل دوم، سه عامل وسیله نقلیه، انسان و راه همراه با جزئیات به بیان ویژگی‌های هر یک پرداخته است. در فصل بعد مشخصات ترافیکی همچون حجم، سرعت، ظرفیت راه و بسیاری از پارامترهای ترافیکی بیان شده‌اند. در فصل چهارم فواصل دید، قوس‌ها، دور، رمپ‌ها و قوس‌های قائم به شکلی کاملاً قابل فهم و روان بیان شده‌اند. در فصل پنجم بخش‌های مختلف مقاطع عرضی، حفاظ‌ها، نواحی عاری از مانع، ضربه‌گیرها با توضیحاتی مناسب بیان شده‌اند. در فصل بعد عملیات خاکی همچون خاکبرداری و خاکریزی، محل‌های دیو، قرضه و انواع خاک در محل بیان شده و همچنین متحنی بروکتر و شرایط ترسیم آن به خوبی شرح داده شده است. در فصل هفتم به بیان انواع ساختمان‌های فنی راه همچون پل‌ها، دالوها، اکوادوک، سیفون، دیوارهای نگهبان، گالری و بسیاری از انواع ساختمان‌های دیگر فنی راه پرداخته شده است و همچنین مطالعات زمین‌شناسی و ارزیابی نوع خاک و مقاطع تونل‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. ضمناً از زحمات آقای دکتر میکائیل یوسف‌زاده‌فرد بابت مطالب ارزنده بخشی از فصل هفتم تشکر و قدردانی می‌گردد.

برای استفاده بهتر از این کتاب توصیه می‌شود که فصول به ترتیب مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند تا پیوستگی مطالب در ذهن خواننده شکل گیرد. البته در انتها باید اذعان نمود

که این مجموعه چون اولین بار است که افتخار بررسی توسط خوانندگان محترم را داشته
لذا قطعا خالی از اشتباه نخواهد بود و جای بسی مباهات است که خوانندگان بتوانند با
پیشنهادهای ارزنده، نگارندگان اثر را بهره‌مند سازند.

علی عیدی کردانی

حمید بیگدلی راد

www.ketab.ir