



## مهندسی ایمنی و ترافیک

ویرایش جدید  
با تجدیدنظر و اضافات

### مؤلفان:

دکتر محمودرضا کی منش

عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

دکتر کامران رحیم اف

عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

دکتر علی نصراله تبار آهنگر

مدرس دانشگاه پیام نور



سرشناسه:	کی‌منش، محمودرضا، ۱۳۳۸ - Keymanesh, Mahmoud Reza
عنوان و نام پدیدآور:	مهندسی ایمنی و ترافیک/مؤلفان محمودرضا کی‌منش، کامران رحیم‌اف، علی نصراله‌تبار.
وضعیت ویراست:	[ویراست ۲؟]
مشخصات نشر:	تهران: نوآور، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری:	۲۷۶ص.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۴۷-۳
وضعیت فهرست نویسی:	فیبا
یادداشت:	چاپ دوم.
یادداشت:	کتابنامه.
موضوع:	ترافیک -- پیش‌بینی‌های ایمنی
موضوع:	Traffic safety
موضوع:	مهندسی ترافیک
موضوع:	Traffic engineering
موضوع:	حمل و نقل -- مهندسی -- Transportation engineering
موضوع:	رانندگی -- حوادث -- مدیریت -- Management -- Traffic accidents--
شناسه افزوده:	رحیم‌اف، کامران
شناسه افزوده:	نصراله تبار، علی، ۱۳۵۵ -
رده بندی کنگره:	۱۳۹۷ ۹م۹۴ک/۵۶۱۴HE
رده بندی دیویی:	۱۲۵/۳۶۳
شماره کتابشناسی ملی:	۵۵۶۸۵۳۱

## مهندسی ایمنی و ترافیک

مؤلفان: دکتر محمودرضا کی‌منش، دکتر کامران رحیم‌اف،

دکتر علی نصراله‌تبار

ناشر: نوآور

شمارگان: ۳۰۰ نسخه

مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۴۷-۳



نشر نوآور

مرکز بخش:

نوآوری، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای  
ژاندارم مری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸،  
طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۰۶۶۴۸۴۱۹۱، [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

# فهرست مطالب

۲۶-۲-۲ عوامل مؤثر بر تصادفات ..... ۲۶

۲۷-۲-۲-۱ تقسیم‌بندی عوامل مؤثر بر تصادفات ..... ۲۷

۳۲-۲-۲-۲ ویژگی و پارامترهای جاده و تأثیر در ... ۳۲

۳۳-۲-۲-۱-۲ هندسه راه ..... ۳۳

۳۴-۲-۲-۲-۲ تأثیر تقاطع‌ها بر تصادفات ..... ۳۴

۳۵-۲-۲-۳-۲ آب و هوا ..... ۳۵

۳۷-۳-۲-۳-۲ قطعه تصادف خیز ..... ۳۷

۳۷-۱-۳-۲-۱ بررسی شاخص‌های مربوط به ..... ۳۷

۳۷-۱-۳-۲-۱-۱ روش نرخ تصادف ..... ۳۷

۳۹-۲-۳-۲-۲ روش تعداد - نرخ ..... ۳۹

۳۹-۳-۱-۳-۲ روش تصادفات هم‌نوع (همسان) ..... ۳۹

۴۰-۴-۱-۳-۲ روش الگوی فازی ..... ۴۰

۴۰-۲-۳-۲-۲ معیارهای قطعه‌بندی راه و ..... ۴۰

۴۱-۴-۲-۱-۱ انواع روش‌های قطعه‌بندی راه‌ها ..... ۴۱

۴۱-۱-۴-۲-۱ قطعه‌بندی در اتریش ..... ۴۱

۴۱-۲-۴-۲-۲ قطعه‌بندی در سوییس ..... ۴۱

۴۲-۳-۴-۲-۳ قطعه‌بندی درر پرتغال ..... ۴۲

۴۲-۴-۴-۲-۴ قطعه‌بندی در انگلیس ..... ۴۲

۴۲-۵-۴-۲-۵ قطعه‌بندی در نروژ ..... ۴۲

۴۲-۶-۴-۲-۶ قطعه‌بندی در آلمان ..... ۴۲

۴۳-۷-۴-۲-۷ قطعه‌بندی در ایران ..... ۴۳

۴۳-۸-۴-۲-۸ روش قطعه‌بندی پویا ..... ۴۳

۴۳-۵-۲-۵-۲ مراحل بررسی تصادف ..... ۴۳

۴۳-۱-۵-۲-۱ تهیه داده‌ها ..... ۴۳

۴۴-۲-۵-۲-۲ تفسیر داده‌های تصادف ..... ۴۴

۴۴-۳-۵-۲-۳ مراحل پایه در بررسی تصادف ..... ۴۴

۴۴-۱-۳-۵-۲-۱ شناسایی ..... ۴۴

۴۵-۲-۳-۵-۲-۲ تشخیص ..... ۴۵

۴۵-۳-۳-۵-۲-۳ بازرسی محل ..... ۴۵

۴۵-۴-۳-۵-۲-۴ توسعه اقدامات پیشگیرانه ..... ۴۵

۴۶-۵-۳-۵-۲-۵ ارزیابی اقتصادی اقدام / اقدامات پیشگیرانه ..... ۴۶

۴۶-۶-۳-۵-۲-۶ کارایی اقدامات پیشگیرانه ..... ۴۶

**فصل سوم: بازرسی ایمنی راه ..... ۴۷**

۴۷-۱-۳-۱ بازرسی ایمنی راه ..... ۴۷

۴۸-۲-۳-۲ مراحل بازرسی ایمنی راه ..... ۴۸

پیشگفتار ..... ۹

**بخش اول: ایمنی ..... ۱۱**

**فصل اول: آشنایی با مهندسی ایمنی ..... ۱۲**

۱- مهندسی ایمنی راه ..... ۱۲

۲- عوامل مؤثر در ایمنی ..... ۱۳

۱-۲-۱ عوامل انسانی ..... ۱۴

تغییرپذیری ..... ۱۵

زمان عکس العمل ..... ۱۵

پیاده‌روی ..... ۱۶

دیگر خصوصیات ..... ۱۶

۲-۲-۲ عامل وسیله نقلیه ..... ۱۸

خودروهای طرح ..... ۱۹

ابعاد وسیله نقلیه ..... ۱۹

وزن، شکل محور و غیره ..... ۱۹

مسیر و شعاع گردشی ..... ۲۰

میدان دید ..... ۲۰

خصوصیات شتاب ..... ۲۰

عملکرد ترمز ..... ۲۱

مناسب بودن وسیله نقلیه ..... ۲۱

شماره‌گذاری وسایل نقلیه ..... ۲۲

۳-۲-۳ عوامل راه ..... ۲۳

سطح راه ..... ۲۳

روشنایی ..... ۲۳

زبری ..... ۲۳

رنگ روسازی ..... ۲۳

میدان دید در شب ..... ۲۳

ویژگیهای هندسی ..... ۲۴

ابزارهای مهندسی ایمنی در شبکه راه‌ها ..... ۲۴

**فصل دوم: تصادف ..... ۲۵**

۱-۲-۱ طبقه‌بندی تصادفات ..... ۲۵

طبقه‌بندی بر اساس نوع کاربران ..... ۲۵

طبقه‌بندی بر اساس شدت تصادف ..... ۲۵

طبقه‌بندی بر اساس نوع برخورد ..... ۲۶

علت تصادف ..... ۲۶



۷۰..... ۴-۳-۴- انجام بازدید دوره‌ای ایمنی راه	۵۱..... ۳-۳-۳- بازرسی ایمنی برای انواع پروژه‌های راه
۷۳..... ۴-۳-۵- گزارش بازدید	۵۱..... ۳-۳-۴- فرآیند انجام بازرسی ایمنی راه
۷۷..... ۴-۳-۶- تعیین سطوح ریسک مشکلات ایمنی	۵۲..... ۳-۳-۵- تیم بازرسی
۷۸..... ۴-۳-۷- اقدامات اصلاحی بازدید ایمنی	الف - تخصص
الف - اقدامات فوری	ب - تجربه
ب - اقدامات کوتاه مدت	ج - صلاحیت
ج - اقدامات میان مدت	د - استقلال
د - اقدامات بلند مدت	۳-۳-۶- ارایه اطلاعات پیش زمینه
۷۹..... ۴-۳-۸- پیگیری و اجراء نتایج بازدید دوره‌ای ایمنی راه	۳-۳-۷- برگزاری جلسه افتتاحیه
- برنامه‌ریزی انجام اقدامات اصلاحی	۳-۳-۸- ارزیابی مستندات و بازدید میدانی
- انجام اقدامات اصلاحی	الف - ارزیابی مستندات
- ارزیابی نتایج اصلاحات	ج - تجهیزات مورد نیاز برای انجام بازدیدهای میدانی
- انتقال تجربه و دانش فنی	د- نکات تکمیلی در بازدیدهای میدانی
- شرایط و مشخصات تیم بازدید	ه - ثبت اطلاعات در بازدیدهای میدانی
۴-۳-۴- بازدید ویژه ایمنی راه در محل‌های خاص	۳-۳-۹- تجزیه و تحلیل بازرسی
الف - بازدید در محل خاص	۳-۳-۱۰- گزارش بازرسی
ب - بازدید در زمان خاص	الف - مشخصات کلی پروژه
ج - بازدید ایمنی در مناطق عملیات اجرایی	ب - جزئیات مربوط به بازرسی یا تیم بازرسی
<b>فصل پنجم: ایمنی حاشیه راه</b>	ج- اطلاعات پروژه
۵-۱-۱- انواع موانع ثابت و خطر آفرین در حاشیه راهها	د- توضیح جزئیات و یافته‌های بازرسی
۵-۱-۱-۱- موانع خطر آفرین در حاشیه راه	ه- نتیجه‌گیری و امضای بازرسان:
۵-۱-۱-۲- موانع مصنوعی	و- پیوستها
۵-۲- علل خروج وسیله نقلیه از راه	۳-۳-۱۱- تعیین سطوح ریسک مشکلات ایمنی
۵-۳- ناحیه عاری از مانع و ناحیه بازیابی	۳-۳-۱۲- جلسه اختتامیه
۵-۴- اقدامات مربوط به ایمن‌سازی حاشیه راه	۳-۳-۱۳- پاسخ به گزارش بازرسی
۵-۵- حفاظها	۳-۳-۱۴- اعمال اصلاحات
۵-۱-۵- انواع حفاظها	۳-۳-۱۵- هزینه‌ها و منافع بازرسی ایمنی راه
الف- حفاظهای فلزی	<b>فصل چهارم: بازدید ایمنی راه</b>
ب- حفاظهای بتنی	۴-۱-۱- بازدید ایمنی راه
پ- حفاظهای پلاستیکی	۴-۲- انواع بازدید ایمنی راه
ت- حفاظهای ترکیبی	۴-۲-۱- بازدید جاری ایمنی راه (کنترلی)
۵-۲- راهنمای انتخاب نوع حفاظ	۴-۲-۲- زمان بندی انجام بازدید جاری ایمنی راه
<b>فصل ششم: ایمنی در تونل</b>	۴-۲-۳- موضوعات اصلی بازدید ایمنی جاری راه
۶-۱- روشنایی تونلها	۴-۲-۴- فرآیند انجام بازدید جاری ایمنی راه
۶-۱-۱- انواع سیستمهای روشنایی	۴-۲-۵- شرایط و مشخصات مأمور/تیم بازدید
- سیستم روشنایی متقارن عرضی	۳-۳-۳- بازدید دوره‌ای ایمنی راه
- سیستم روشنایی متقارن محوری	۳-۳-۱- انتخاب راه‌ها برای انجام بازدید
- سیستم غیر متقارن	۳-۳-۲- زمان بندی انجام بازدید دوره‌ای ایمنی راه
	۳-۳-۳- فرآیند انجام بازدید دوره‌ای ایمنی راه

## فصل هشتم: سرعت در تصادفات جاده‌ای و ...

۱۲۱	۱-۸-۱-مقدمه
۱۲۳	۲-۸-۲-نقش عامل سرعت در تصادفات جاده‌ای
۱۲۵	۳-۸-۳-مدیریت سرعت
۱۲۵	۳-۸-۱-اهداف مدیریت سرعت
۱۲۶	۳-۸-۲-نظام ایمن و نقش سرعت
۱۲۷	۳-۸-۳-مزایای مدیریت سرعت
۱۲۷	۳-۸-۴-ابزارهای مدیریت سرعت
۱۲۸	۳-۸-۵-بررسی و مطالعه وضعیت موجود از لحاظ اقدامات صورت گرفته و در حال انجام توسط دستگاه‌ها و سازمان‌های مربوط
۱۲۸	۳-۸-۱-منطقه‌بندی سرعت و حدود مجاز سرعت
۱۳۰	ضعف‌ها
۱۳۰	عدم مطالعه جامع در خصوص سرعت مجاز
۱۳۰	عدم سازگاری سرعت مجاز و سرعت عملکردی
۱۳۰	عدم سازگاری اجزای مختلف راه
۱۳۰	۳-۸-۲-تغییر رفتار - تنظیم و اجرای محدودیت سرعت
۱۳۱	ضعف‌ها
۱۳۵	۳-۸-۳-تغییر رفتار - آموزش عمومی
۱۳۷	ضعف‌ها
۱۳۷	۳-۸-۴-اصلاحات مهندسی
۱۳۸	- دروازه‌ها
۱۳۸	- فلکه‌ها
۱۳۸	ضعف‌ها
۱۳۸	۳-۸-۵-کاربرد فن‌آوری‌های محدودیت سرعت و تطبیق هوشمندانه سرعت
۱۳۸	- محدودگرهای سرعت راه
۱۳۸	- ثبت‌کننده الکترونیک اطلاعات
۱۳۹	- سیستم تنظیم هوشمند سرعت
۱۳۹	ضعف‌ها

## فصل نهم: داده کاوی

۱۴۰	۱-۹-۱-داده کاوی
۱۴۰	۲-۹-۲-داده کاوی در حمل و نقل عمومی
۱۴۳	۳-۹-۳-داده کاوی در پیش‌بینی ترافیک
۱۴۴	۴-۹-۴-داده کاوی در انتخاب مد سفر
۱۴۵	۵-۹-۵-داده کاوی در مدیریت ترافیک

۹۷	۶-۱-۲-روشنایی تونل
۹۷	الف: ناحیه نزدیک به تونل
۹۷	ب: ناحیه تطابق
۹۸	ج: ناحیه انتقالی
۹۸	د: ناحیه داخلی
۹۹	ه: ناحیه خروجی
۱۰۰	۶-۱-۳-منابع روشنایی در تونل
۱۰۰	۶-۱-۳-۱-مشخصات چراغهای مورد استفاده در تونل
۱۰۰	انتخاب نوع لامپ مناسب
۱۰۱	۶-۱-۳-۳-انتخاب نوع چراغ
۱۰۱	۶-۲-تهویه
۱۰۲	۶-۱-۲-انواع سیستمهای تهویه در تونل راه
۱۰۲	۶-۱-۲-۱-تهویه طبیعی
۱۰۲	۶-۱-۲-۲-تهویه مصنوعی
۱۰۲	الف: تهویه طولی
۱۰۳	ب: سیستم تهویه نیمه عرضی
۱۰۳	ج: سیستم تهویه تمام عرضی
۱۰۶	۶-۲-۲-بررسی و مقایسه سیستمهای تهویه
۱۰۶	۶-۲-۳-سیستمهای کنترل و ایمنی در طول تونل
۱۰۷	۶-۳-آتش سوزی در تونل
۱۰۷	۶-۱-۳-روشنایی اضطراری داخل تونل
۱۰۷	۶-۳-۲-سیستمهای ارتباطی و هشدار دهنده
۱۰۸	۶-۳-۳-زهکشی جهت خروج مایعات آتش‌زا
۱۰۸	۶-۳-۴-عملکرد سیستمهای تهویه در هنگام آتش‌سوزی
۱۰۸	۶-۴-پوشش داخلی در تونل
۱۱۰	۶-۵-وضعیت ورودی و خروجی تونل
۱۱۰	۶-۶-عرض معبر
۱۱۰	۶-۷-آشکارسازی بخش ورودی و خروجی تونل

## فصل دهم: ایمنی در پل‌ها

۱۱۱	۷-۱-مقدمه
۱۱۲	۷-۲-پل‌های باریک
۱۱۳	۷-۳-تمهیدات ایمنی در محدوده پل‌های بدون شانه
۱۱۳	۷-۴-شاخص ایمنی پل
۱۱۷	۷-۵-زده پل
۱۱۷	۷-۵-۱-الزامات عملکردی
۱۱۸	۷-۵-۲-معیارهای انتخاب سیستم زده پل



۱۶۸ ..... ۲-۲-۱۱- سرعت حرکت

۱۶۸ ..... ۳-۲-۱۱- سرعت سفر

۱۶۹ ..... ۴-۲-۱۱- سرعت متوسط زمانی و سرعت

۱۶۹ ..... ۳-۱۱- جریان

۱۶۹ ..... ۱-۳-۱۱- تغییرات حجم

۱۶۹ ..... ۲-۳-۱۱- انواع اندازه گیریهای حجم

۱۷۰ ..... ۴-۱۱- تراکم

۱۷۱ ..... ۵-۱۱- سایر پارامترهای جریان ترافیک

۱۷۱ ..... ۱-۵-۱۱- سرفاصله زمانی

۱۷۲ ..... ۲-۵-۱۱- سرفاصله مکانی

۱۷۲ ..... ۳-۵-۱۱- زمان سفر

۱۷۲ ..... ۶-۱۱- نمودار زمان - مکان

۱۷۲ ..... ۱-۶-۱۱- وسیله نقلیه منفرد

۱۷۳ ..... ۲-۶-۱۱- چند وسیله نقلیه

۱۷۴ ..... ۷-۱۱- روابط پایه‌ای جریان ترافیک

۱۷۴ ..... ۱-۷-۱۱- سرعت متوسط زمانی ( $V_t$ )

۱۷۴ ..... ۲-۷-۱۱- متوسط سرعت مکانی ( $V_S$ )

۱۷۶ ..... ۳-۷-۱۱- تشریح سرعت‌های متوسط

۱۷۷ ..... ۴-۷-۱۱- رابطه پایه‌ای جریان ترافیک

۱۷۷ ..... ۵-۷-۱۱- رابطه میان سرعت متوسط مکانی و ...

۱۷۸ ..... ۸-۱۱- نمودارهای پایه‌ای جریان ترافیک

۱۷۹ ..... ۱-۸-۱۱- نمودار تراکم-جریان

۱۷۹ ..... ۲-۸-۱۱- نمودار تراکم-سرعت

۱۸۰ ..... ۳-۸-۱۱- رابطه جریان-سرعت

۱۸۰ ..... ۴-۸-۱۱- نمودارهای ترکیبی

**فصل دوازدهم: مدل‌های جریان ترافیک ..... ۱۸۱**

۱۸۱ ..... ۱-۱۲- کلیات

۱۸۱ ..... ۲-۱۲- مدل جریان ماکروسکوپی گریشیلدز

۱۸۳ ..... ۳-۱۲- کالیبراسیون مدل گریشیلدز

۱۸۴ ..... ۴-۱۲- سایر مدل‌های جریان ماکروسکوپی

**فصل سیزدهم: آمار و احتمالات ..... ۱۸۵**

۱۸۵ ..... ۱-۱۳- مقدمه

۱۸۶ ..... ۲-۱۳- مروری بر توابع آمار و احتمال

۱۸۶ ..... ۱-۲-۱۳- توابع پیوسته و گسسته

۱۸۶ ..... ۲-۲-۱۳- وقایع تصادفی و توزیع‌هایی که ...

۱۸۷ ..... ۳-۲-۱۳- سازماندهی اطلاعات

۱۸۸ ..... ۴-۲-۱۳- برآوردکننده‌های معمول آماری

۱۸۸ ..... تعیین شاخص تمرکز

۱۴۶ ..... ۶-۹- داده کاوی تحلیل تصادفات

۱۴۹ ..... ۱-۶-۹- تحلیل شدت تصادفات با استفاده از ...

۱۴۹ ..... ۲-۶-۹- تحلیل شدت تصادفات با استفاده از ...

۱۵۰ ..... ۳-۶-۹- تحلیل شدت تصادفات با ...

۱۵۱ ..... ۷-۹- سایر موضوعات حمل و نقلی

**فصل دهم: فرهنگ ترافیک و ایمنی ..... ۱۵۲**

۱۵۲ ..... ۱-۱۰- تعریف فرهنگ

۱۵۲ ..... ۲-۱۰- تعریف فرهنگ ترافیک

۱۵۳ ..... ۳-۱۰- رفتار عابران پیاده

۱۵۴ ..... ۴-۱۰- رفتار رانندگان

۱۵۴ ..... رانندگان حمل و نقل عمومی

۱۵۵ ..... رانندگان شخصی

۱۵۵ ..... موتورسیکلت سواران

۱۵۶ ..... ۵-۱۰- رفتار سرنشینان

۱۵۷ ..... ۶-۱۰- ضرورت آموزش همگانی

۱۵۷ ..... ۷-۱۰- روش‌های آموزش فرهنگ ترافیک

۱۵۸ ..... ۸-۱۰- آموزش فرهنگ ترافیک با توجه به ...

۱۵۸ ..... ۹-۱۰- ویژگی‌های آموزش فرهنگ ترافیک

۱۵۸ ..... ۱۰-۱۰- نهادهای تاثیرگذار در آموزش ...

۱۵۸ ..... جامعه (به معنای زمینه کلی اجتماعی)

۱۵۸ ..... خانواده

۱۵۹ ..... نهادهای آموزشی (مدرسه، دانشگاه)

۱۶۰ ..... وسایل ارتباط جمعی (صداوسیما و سایر رسانه‌ها)

۱۶۰ ..... شورای شهر و شهرداری‌ها

۱۶۱ ..... سازمان‌های مردم نهاد (NGOs)

۱۶۱ ..... نیروی انتظامی

۱۶۱ ..... ۱۱-۱۰- فرایند آموزش و شکل‌گیری ...

۱۶۲ ..... ۱-۱۱-۱۰- ویژگی‌های شناختی کودکان

۱۶۲ ..... ۲-۱۱-۱۰- قضاوت‌های اخلاقی

۱۶۳ ..... ۳-۱۱-۱۰- یادگیری مشاهده‌ای

۱۶۳ ..... ۴-۱۱-۱۰- فرایند اجتماعی شدن

۱۶۴ ..... ۵-۱۱-۱۰- تغییر نگرش

**بخش دوم: ترافیک ..... ۱۶۶**

**فصل یازدهم: مبانی ترافیک ..... ۱۶۷**

۱۶۷ ..... ۱-۱۱- پارامترهای جریان ترافیک

۱۶۷ ..... ۲-۱۱- سرعت

۱۶۸ ..... ۱-۲-۱۱- سرعت لحظه‌ای

چراغهای راهنمایی با زمان ثابت ..... ۲۱۰	اندازه‌گیری پراکندگی ..... ۱۸۹
چراغهای راهنمایی متغیر ..... ۲۱۱	۳-۱۳- توزیع نرمال و کاربردهای آن ..... ۱۹۰
چراغهای راهنمایی نیمه متغیر ..... ۲۱۱	۳-۱۳- ویژگی‌های مهم تابع توزیع نرمال ..... ۱۹۴
چراغ مخصوص پیاده‌ها ..... ۲۱۱	۴-۱۳- حدود اطمینان ..... ۱۹۵
۱۵-۴- طرح فاز ..... ۲۱۱	۵-۱۳- محاسبات تعداد نمونه ..... ۱۹۶
۱۵-۴-۱- چراغهای دو فازه ..... ۲۱۲	۶-۱۳- جمع کردن متغیرهای تصادفی ..... ۱۹۷
۱۵-۴-۲- چراغهای چهار فازه ..... ۲۱۳	۷-۱۳- قضیه محدودیت مرکزی ..... ۱۹۸
۱۵-۵- زمان چرخه ..... ۲۱۴	مجموع زمان‌های سفر ..... ۱۹۸
۱۵-۶- زمان سبز موثر ..... ۲۱۵	حجم‌های ساعتی ..... ۱۹۸
فاصله زمانی ..... ۲۱۵	
۱۵-۷- ظرفیت خط ..... ۲۱۶	
۱۵-۸- خط بحرانی ..... ۲۱۶	
۱۵-۹- تعیین طول چرخه ..... ۲۱۶	
۱۵-۱۰- تخصیص زمان سبز ..... ۲۱۹	
۱۵-۱۱- ترکیب ترافیک و اثر ترافیکی وسایل نقلیه ..... ۲۲۰	
<b>پیوست ۱: چک‌لیست بازرسی ایمنی راه ... ۲۲۱</b>	
چک‌لیست‌های فنی بازرسی ایمنی راه ..... ۲۲۲	
۱- بازرسی مرحله‌ی امکان‌سنجی (فاز صفر) ..... ۲۲۲	
۲- بازرسی مرحله‌ی طراحی مقدماتی (فاز یک) ..... ۲۲۵	
۳- بازرسی مرحله‌ی طراحی قطعی (فاز دو) ..... ۲۳۱	
۴- بازرسی مرحله‌ی پیش‌از‌گشایش ..... ۲۴۲	
۵- بازرسی طرح‌های هدایت ترافیک در ..... ۲۴۷	
۶- بازرسی ایمنی راه‌های موجود ..... ۲۵۰	
<b>پیوست ۲: چک‌لیست‌های فنی بازدید ایمنی راه</b>	
<b>۲۶۰</b> .....	
۱. هدف از چک‌لیست ..... ۲۶۰	
۲. انواع چک‌لیست ..... ۲۶۰	
۳. راهنمای تکمیل چک‌لیست‌ها ..... ۲۶۰	
الف) چک‌لیست بازدید ایمنی راه ..... ۲۶۱	
۳-۱۳- توزیع نرمال و کاربردهای آن ..... ۱۹۰	
۳-۱۳- ویژگی‌های مهم تابع توزیع نرمال ..... ۱۹۴	
۴-۱۳- حدود اطمینان ..... ۱۹۵	
۵-۱۳- محاسبات تعداد نمونه ..... ۱۹۶	
۶-۱۳- جمع کردن متغیرهای تصادفی ..... ۱۹۷	
۷-۱۳- قضیه محدودیت مرکزی ..... ۱۹۸	
مجموع زمان‌های سفر ..... ۱۹۸	
حجم‌های ساعتی ..... ۱۹۸	
<b>فصل چهاردهم: کیفیت ترافیکی و گنجایش</b>	
<b>راه‌ها ..... ۲۰۰</b>	
۱-۱۴- کیفیت ترافیک (LOS) ..... ۲۰۰	
۲-۱۴- تعیین سطح کیفیت ترافیک در آزادراه‌ها ..... ۲۰۳	
الف- محاسبه سرعت جریان آزاد (FFS) ..... ۲۰۵	
ب- تعیین نرخ جریان ..... ۲۰۵	
پ- تعیین سطح کیفیت ترافیک ..... ۲۰۶	
<b>فصل پانزدهم: اصول طراحی چراغهای ترافیکی</b>	
<b>۲۰۹</b> .....	
۱-۱۵- مقدمه ..... ۲۰۹	
۲-۱۵- تعاریف ..... ۲۰۹	
چرخه ..... ۲۰۹	
طول چرخه ..... ۲۰۹	
بازه ..... ۲۰۹	
بازه سبز ..... ۲۱۰	
بازه قرمز ..... ۲۱۰	
فاز ..... ۲۱۰	
زمان ائتلاف ..... ۲۱۰	
پی‌آبی چراغ‌های راهنمایی ..... ۲۱۰	
۳-۱۵- انواع چراغ‌های راهنمایی ..... ۲۱۰	

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرماً از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآوردگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



نشر نوآور

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

[info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com)

امام علی علیه السلام فرمودند:

أَعْلَمُ كَنْزٍ عَظِيمٍ لَا يَفْنَى؛

علم گنج بزرگی است که با خرج کردن تمام نمی‌شود.

در مارس ۲۰۱۰ میلادی (۱۳۸۹ شمسی) مجمع عمومی سازمان ملل متحد طی قطعنامه ۶۴/۲۵۵ سالهای ۲۰۱۱ میلادی (۱۳۹۰ شمسی) تا ۲۰۲۰ (۱۴۰۰ شمسی) را دهه کنش و اقدام برای ارتقاء ایمنی جاده‌ای با هدف تثبیت و سپس کاهش تلفات جاده‌ای اعلام نمود. ایمنی جاده‌ای در ایران، به عنوان یک مسئله‌ی اضطراری و دارای اولویت شناخته شده است که به علت نرخ بالای تصادفات جاده‌ای که منجر به تلفات عظیم اجتماعی و اقتصادی می‌شوند، بایستی در سراسر کشور مورد توجه قرار گیرد. با وجود این گستره تاثیرگذاری و اهمیت ایمنی، در جامعه دانشگاهی کشور کمتر به این موضوع پرداخته شده است و کتابهای آموزشی اندکی در این زمینه وجود دارد. بنابراین در این کتاب تلاش شده است تا مفاهیم و عنوانهای ایمنی و ترافیک بطور ساده و دقیق منطبق بر رویکرد جامعه مهندسی بیان گردد.

از آنجا که مفاهیم ایمنی و ترافیک از هم مجزا نمی‌باشند این کتاب در دو قسمت ایمنی و ترافیک تدوین گردیده است. در فصول اول و دوم ضمن معرفی مهندسی ایمنی و بیان مفهوم تصادف، عوامل موثر بر تصادفات و طبقه‌بندی آن ارائه شده است. در ادامه و در فصول سوم و چهارم برخی از ابزارهای ایمنی راه شامل بازدید و بازرسی ایمنی تشریح شده است. ایمنی حاشیه راه و ابنیه فنی راه شامل پل و تونل در فصول پنجم تا هفتم ارائه شده است. با توجه به اهمیت کنترل سرعت در تصادفات و اثرات آن بر ایمنی این موضوع در فصلی جداگانه در فصل نهم ارائه شده است و در نهایت در انتهای این قسمت و در فصول نهم و دهم داده کاوی و فرهنگ ترافیکی و ایمنی مورد بحث قرار گرفته است. در قسمت دوم کتاب مفاهیم ترافیک و مدل‌های ترافیکی در فصلهای یازدهم و دوازدهم و همچنین کاربرد آمار در ترافیک در فصل سیزدهم ارائه شده است. در انتهای قسمت دوم در فصول چهاردهم و پانزدهم نیز روش محاسبه کیفیت ترافیکی راه‌ها و طراحی چراغها آورده شده است. در تالیف و تدوین کاب حاضر از مشورت و راهنمایی بسیاری از اساتید و همکاران ارجمند استفاده شده است که از همه این عزیزان کمال تشکر و قدردانی را می‌نماییم. هر چند تلاشهای فراوانی انجام گرفته است که کتاب حاضر دارای حداقل اشکالات و ایرایشی و فنی باشد لیکن استفاده از راهنمایی و نقطه نظرات شما عزیزان موجب امتنان خواهد بود.

با آرزوی توفیق الهی

محمودرضا کی منش - کامران رحیم اف - علی نصراله تبار

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، آفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤرّعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

**خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،**

**از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.**

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۲-۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس [info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com) و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com) به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضييع حقوق ناشر، پديدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

بخش اول

ایمنی

### ۱- مهندسی ایمنی راه

ایمنی راه به سیستمی کلی اشاره دارد که هدفش کاهش تصادفات و تلفات و جراحات ناشی از آنها در شبکه جاده‌ای است. این امر مسایلی نظیر مهندسی راه تا سیستم اعطای گواهی نامه که به افراد اجازه رانندگی در جاده را می‌دهد و نیز ایمنی در وسایل نقلیه‌ای که در جاده‌ها تردد می‌کنند را شامل می‌شود. ایمنی راه همچنین مقررات ترافیکی و روشی که تحت آن قوانین مربوط به راه اعمال می‌شوند را در بر می‌گیرد.

معمولاً ایمنی راه مقوله‌ای است که از طریق مدیریت ایمنی و مهندسی ایمنی راه ارتقا می‌یابد. مدیریت ایمنی راه، از دید کلان مسائل ایمنی را مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌دهد مسائلی مانند تعیین وظایف سازمان‌ها و نحوه هماهنگی آن‌ها، تعیین سیاست‌های کلان بودجه‌ای و ارائه راه کارهای نرم‌افزاری از قبیل مدیریت تقاضا و سایر برنامه‌ریزی‌های لازم در جهت ارتقای ایمنی. به عبارت دیگر مدیریت ایمنی در راه بر تعیین بستر لازم و تدوین ابزارهای نرم‌افزاری جهت ایجاد یک شبکه راه ایمن متمرکز است. در سوی دیگر مهندسی ایمنی، ایمنی را از مقوله مهندسی مورد بررسی قرار داده و بخش سخت‌افزاری و اجزاء راه مانند مشخصات هندسی راه، حاشیه راه، تجهیزات و میل‌مان راه را در بر می‌گیرد. این دانش اگرچه از دیرباز وجود داشته ولی چند دهه‌ای است که به صورت یک رشته مجزا در دنیا به آن توجه می‌گردد ولی متأسفانه در کشور ما مهندسی ایمنی کاملاً تجربی است و به تبع آن روش‌های مورد استفاده نیز از چارچوب مشخصی برخوردار نیستند. اگرچه، چند سالی است که توجه به مقوله مهندسی ایمنی راه به صورت علمی و بکارگیری روش‌ها و ابزارهای آن مورد استقبال مدیران و کارشناسان قرار گرفته است.

مهندسی ایمنی راه که طراحی و ساخت راهها را به منظور ایمن تر کردن آنها برای کاربران مد نظر قرار می‌دهد عنصری کلیدی در مفهوم کلی ایمنی راه به شمار می‌آید.

مهندسی ایمنی راه عبارت است از فرایندی مبتنی بر تحلیل اطلاعات تصادفات مرتبط با راه و ترافیک، به کارگیری اصول مهندسی به منظور تعیین اصلاحات طراحی راه و مدیریت ترافیک، استفاده از فرایندها و روشهای اثبات شده مهندسی، کمک به ارائه اقدامات مقرون به صرفه به منظور کاهش ریسک و هزینه تصادفات راه، حذف یا کاهش ریسک تصادفات و طراحی و پیاده سازی زیر ساخت‌ها می‌باشد. مهندس راه باید بداند که چگونه می‌توان ریسک وقوع چنین تصادفاتی را در یک محل خاص یا در سطح شبکه کاهش داد. بدین منظور مهندسان ایمنی راه باید تلاش کنند برای کاربر راه محیطی را فراهم آورند که:

- به آنها در خصوص وجود مشخصه‌هایی که توجهشان را جلب می‌کند هشدار دهد.
- آنها را از آن چه که در انتظارشان است آگاه کند.

- آنها را در مورد وظایف مختلفشان هدایت کند.
- آنها را به خصوص وقتی ممکن است تداخل‌هایی پیش می‌آید کنترل نماید.
- اشتباه‌های آنان را جبران کرده و یا رفتار نامناسب آنها را قبول کند.

در حالی که مساله ایمنی یکی از نگرانی‌های اصلی مهندسان ترافیک است در زمان انجام اقدامات اصلاحی، ظرفیت ترافیک به همراه ایمنی راه مورد توجه قرار می‌گیرد. مهندسی ایمنی راه بر تضمین این که پروژه راه ایمن است متمرکز می‌باشد. در بسیاری موارد ایمنی بدون تأثیرگذاری نامطلوب بر ظرفیت ترافیک در زمان اصلاح حاصل می‌گردد. در بعضی موقعیتها باید کنترل‌هایی برای کاربران راه جهت تشویق آنها به استفاده ایمن از سیستم راه مثل تابلوی ایست در یک تقاطع ایجاد گردد. در مواقع لزوم که علی‌رغم اقداماتی که صورت گرفته کاربران راه مرتکب اشتباه می‌شوند، محیط جاده باید طوری طراحی شود که در زمان بروز اشتباه از سوی کاربر آن اشتباه را جبران نماید.

#### دو فرایند اصلی در مهندسی ایمنی راه وجود دارد:

فرآیندهای واکنشی: برای نمونه بررسی تصادفات می‌باشد که به گزارش ثبت شده تصادف در یک محل متکی است و هدف آن کاهش فراوانی و شدت تصادفات در آن محل می‌باشد.

فرآیندهای پیشگیری: که از درسهای آموخته شده از بررسی محل‌های تصادفات به منظور طراحی و ایجاد مراحل یک پروژه جدید جهت پیشگیری از وقوع تصادفات بهره می‌گیرد.

یک تصادف معمولاً در پی بروز زنجیره‌ای از حوادث اتفاق می‌افتد حادثی که شاید سالها پیش رخ داده باشند، مثلاً جای گذاری نامناسب یک تیر چراغ برق. مجموعه همه این حوادث به طرق مختلف در بروز یک تصادف شرکت دارند و اگر حتی یکی از این حوادث به وقوع نپیوندد، ممکن است تصادف رخ ندهد. برای مثال مرد جوانی که به تازگی گواهی نامه رانندگی گرفته و دوستانش منتظر او هستند تا به تفریح بروند با تاخیر محل کار خود را ترک می‌کند. او دوستانش را سوار می‌کند دوستانش از او گله می‌کنند که به خاطر تاخیرش به کنسرت مورد علاقه‌شان نخواهد رسید. هوا روبه تاریکی است و مرد جوان برای جبران زمان از دست رفته با سرعت غیر مجاز رانندگی می‌کند. باران هم شروع به باریدن می‌کند ولی او هنوز هم با همان سرعت می‌راند. او برای صحبت با یکی از دوستانش در صندلی عقب سرش را بر می‌گرداند و در نتیجه زنی که ۲۰ متر جلومتر در حال عبور از عرض خیابان است را نمی‌بیند. او پایش را به شدت روی ترمز می‌فشارد و ماشین روی سطح خیس جاده لیز می‌خورد. زن به آن سوی خیابان نرسد و مرد جوان و دوستانش نیز هیچ گاه موفق به دین کنسرت نشدند. یک تصادف جاده‌ای نتیجه بروز مجموعه‌ای از حوادث است. مهندسی راه و ایمنی تلاش می‌کند تا زنجیره حوادثی که منجر به بروز تصادف می‌شود را از هم بگسلد.

## ۲- عوامل مؤثر در ایمنی

از بین تمامی سیستم‌های ساخته دست بشر که جهت هرچه بیشتر سودمند نمودن زندگی روزانه بوجود آمده‌اند، سیستم حمل و نقل جاده‌ای بیشترین هزینه را در صدمات انسانی و مرگ به همراه داشته است. طبق آمارهای جهانی نزدیک به ۵۰ میلیون نفر در تصادفات جاده‌ای مصدوم می‌شوند و نزدیک به ۱,۲ میلیون نفر آن‌ها در هر سال می‌میرند (سازمان سلامت جهانی، ۲۰۰۴). صدمات تردد جاده‌ای به تنهایی بزرگترین عامل مرگ و میر در پنج دهه ابتدایی زندگی انسان است.

متأسفانه به نظر می‌رسد بسیاری از دولت‌ها این هزینه انسانی زیاد را به عنوان امری اجتناب ناپذیر پذیرفته‌اند. یک فرض کلی و شایع آن است که تصادفات، صدمات و مرگ‌ها بوقوع پیوسته نه قابل پیش بینی‌اند (به طور خاص) و نه قابل جلوگیری (به طور کلی). این فرض کلی از این باور بر می‌خیزد که طبق آن بی‌دقتی، سهل‌انگاری و یا در زمانی خاص رفتار قابل سرزنش (نامناسب) استفاده‌کنندگان از جاده، علت اصلی تصادفات هستند و اینکه چون معمولاً مجروحین مقصرند، کاری زیادی از دولت بر نمی‌آید. هدف از این کتاب این است که اطمینان حاصل نماییم که این مشی فکری نامناسب، دیگر تفکری دائمی برای نسل‌های جدیدتر مهندسين راه نمی‌باشد. جاده‌ها، سیستم‌های مدیریت تردد و وسایل نقلیه همگی از جمله تولیدات بشر هستند. با این وجود مشکلات مربوط به صدمات تردد جاده‌ای نیز از مشکلات ساخته بشر می‌باشد و توسط راه حل‌های ساخته بشر نیز قابل رفع می‌باشد. راه‌ها می‌توانند، به معنای واقعی کلمه، به اندازه‌ای ایمن باشند که این تلفات را به حداقل برسانند. اما این امر میسر نمی‌گردد مگر آنکه عوامل مؤثر بر مهندسی ایمنی و ترافیک شناخته گردد.

ایمنی به عنوان بخشی از مهندسی حمل و نقل به هماهنگی سه عامل اصلی بستگی دارد که این عوامل عبارتند از: عامل انسانی (کاربران)، راه و وسیله نقلیه. این خصوصیات میزان کارایی سیستم‌های حمل و نقل را تحت تأثیر قرار می‌دهند و مهندس ایمنی می‌بایست درک خوبی از آنها داشته باشد. این فصل به بررسی تفصیلی نقش مؤثر سه عامل انسانی (کاربران)، راه و وسیله نقلیه در ایمنی ترافیک می‌پردازد.

## ۲-۱- عوامل انسانی

کاربرانی که از راه بهره برداری می‌کنند می‌توانند تحت عنوان رانندگان، مسافران، افراد پیاده و غیره تعریف گردند که از خیابانها و راه‌ها استفاده می‌کنند. عملکرد ایمن سیستم راه به کاربران راه که یک سلسله تصمیمات را اتخاذ می‌نمایند وابسته است. طراحان راه و مهندسان ترافیک باید انسان را در توسعه پیشنهادی راه و ترافیک مد نظر قرار دهند. عنصر انسانی پیچیده‌ترین عنصر سیستم حمل و نقل را تشکیل می‌دهند که موجب تمایز مهندسی حمل و نقل با سایر رشته‌های دیگر مهندسی می‌گردد. این عنصر از آن جهت پیچیده‌ترین عنصر خوانده می‌شود که عملکرد انسانها از فردی تا فرد دیگر بسیار متفاوت است. بنابراین مهندس حمل و نقل با کاربرانی با خصوصیت‌های شخصیتی متفاوتی در راه‌ها سروکار دارد. به عنوان مثال یک چراغ راهنمایی که برای عبور ایمن افراد پیاده‌رو عادی طراحی شده است، می‌تواند یک فرد سالمند را با مشکل مواجه سازد. بنابراین ملاحظات طراحی باید به گونه‌ای ایمن و بهینه شده و متناسب با خصوصیات افراد مسن، کودکان، معلولین، افراد کند و سریع و همچنین رانندگان خوب و بد باشد. برخی از خصوصیات کاربران جاده می‌توانند قابل اندازه‌گیری باشند مانند مدت زمان عکس‌العمل، زمان مشاهده و غیره، در حالی که برخی دیگر مانند عوامل روانی، قدرت جسمانی، خستگی و مهارت قابل اندازه‌گیری نیستند. طرح کلی راه و تجهیزات مربوط به آن مثل تابلوها به راننده در تصمیم‌گیریهای درست کمک می‌کنند. راه باید به گونه‌ای طرح گردد که به رانندگان در جهت یابی، هدایت و کنترل کمک نماید. جهت‌یابی شامل برنامه‌ریزی کلی سفر و تعقیب یک مسیر خاص می‌باشد. هدایت جنبه‌ای از رانندگی است که به حفظ مسیری ایمن برای وسیله نقلیه مربوط می‌شود. راننده باید برهکنش با سایر وسایل نقلیه (دنباله، سبقت، همگرایی و ...) و همزمان با ادوات کنترل ترافیک، چراغها و علائم را مدنظر داشته باشد و کنترل، مهارتهای لازم برای رانندگی وسیله نقلیه و انتخاب سرعت مناسب است.

### تغییر پذیری

پیچیده‌ترین مسئله در برخورد با خصوصیات انسانها تغییر پذیری آنها می‌باشد. خصوصیات مختلف افراد مانند عکس‌العمل به یک موقعیت، دید و شنوایی و دیگر عناصر بدنی و روانی از فردی تا فرد دیگر و متناسب با سن، خستگی، طبیعت تحریک، مصرف الکل و یا مواد مخدر و غیره متفاوت است. تأثیر تمامی این عناصر و متغیرهای متناظر با آنها را نمی‌توان در طراحی یک عنصر مورد محاسبه قرار داد. بنابراین مقدار استاندارد به عنوان مقدراً طراحی مد نظر قرار داده می‌شود. ۸۵٪ از مقدار هر خصوصیت مختلف به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شود که نمایانگر چیزی است که ۸۵٪ از جامعه آن را دارا بوده و یا فراتر از آن را در اختیار دارند. اگر گفته شود که ۸۵٪ سرعت پیاده‌روی حدود دو متر بر ثانیه است، این بدان معناست که ۸۵٪ از افراد با سرعت دو متر بر ثانیه و یا بیشتر راه می‌روند. بنابراین تغییر پذیری با انتخاب مقدار ۸۵ درصدی از یک خصوصیت مقطوع می‌گردد.

### زمان عکس‌العمل

بطور کلی پردازش اطلاعات زمان می‌برد. کاربران جاده در مقابل برخی از پیشامدهای منتظره و غیر منتظره قرار می‌گیرند. مدت زمان صرف شده جهت عکس‌العمل متناسب با یک پیشامد، مجموع زمانهایی است که جهت انجام مراحل ذیل صرف می‌شود:

ادراک: ادراک روند فهم یک پیشامد از طریق ارگان‌های حسی، اعصاب و مغز است.

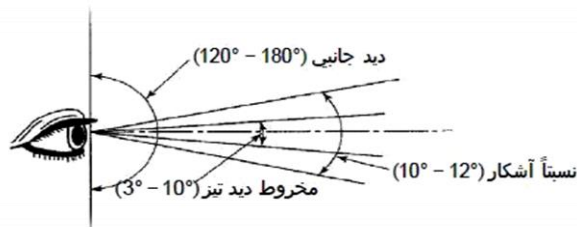
تعقل: تعقل شامل شناسایی و فهم یک پیشامد می‌باشد.

هیجان: این مرحله شامل قضاوت درباره عکس‌العمل مناسبی است که می‌بایست متناسب با پیشامد

انتخاب گردد مانند: ایست، عبور، حرکت عرضی و غیره.

اراده: اراده، اجرای تصمیم اتخاذ شده است که منجر به عمل فیزیکی راننده می‌گردد.

زمان ادراک - عکس‌العمل به مقدار قابل ملاحظه‌ای به دید راننده در درک موانع و علائم کنترل ترافیک وابسته می‌باشد. در مواقعی که دید واضح و مشخص باشد، این زمان کاهش پیدا می‌کند. واضح‌ترین دید در مخروطی با زاویه ۳ تا ۱۰ درجه و دید نسبتاً واضح در زاویه ۱۰ تا ۱۲ درجه و در نهایت دید پیرامونی بین زاویه ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه می‌باشد. این موضوع در زمان جانمایی علائم و چراغ‌های راهنمایی اهمیت پیدا می‌کند ولی عوامل دیگر مانند قدرت دید دینامیکی و عمق درک و غیره نیز می‌بایست جهت انجام یک طراحی دقیق مد نظر قرار گیرند. دید درخشندگی و دید رنگ نیز حائز اهمیت می‌باشند. دید درخشندگی به میزان قابل توجهی وابسته به سن افراد می‌باشد. زمان درخشندگی مدت زمان مورد نیاز جهت برگشت دید از دست رفته به علت درخشندگی ناشی از عبور از



شکل ۱-۱- تصویر میدان‌های دید

منبع نور، می‌باشد و برای افراد مسن‌تر طولانی‌تر است. تشخیص رنگ نیز در زمان تشخیص علائم و

سیگنال‌ها، حائز اهمیت است.

به عنوان مثال چنانچه راننده به تقاطعی نزدیک می‌شود که چراغ راهنمایی آن قرمز است، راننده ابتدا چراغ را مشاهده می‌کند (ادراک)، تشخیص می‌دهد که این یک علامت ایست است، تصمیم می‌گیرد که ایست نموده و در نهایت پدال ترمز را فشار می‌دهد (اراده). زمان لازم برای انجام مراحل ذکر شده، زمان ادراک - عکس‌العمل نامیده می‌شود. اما علاوه بر این وسیله در حال حرکت نیز برای ایستادن نیاز به زمان دارد. بنابراین وسیله‌ای که با سرعت  $v$  در حال حرکت است مسافتی برابر با مقدار  $d = v.t$  را می‌پیماید که در آن  $t$  همان زمان ادراک - عکس‌العمل است. همچنین وسیله مسافتی را بعد از فشردن پدال ترمز طی خواهد نمود. با بیان دیگر برای این مثال، زمان عکس‌العمل شامل موارد ذیل می‌گردد:

- زمان دیدن چراغ راهنمایی
  - زمان شناسایی و درک چراغ راهنمایی
  - زمان لازم جهت تصمیم‌گیری برای اقدام در پاسخ به چراغ راهنمایی
  - زمانی که راننده اقدامی که در مورد آن تصمیم‌گیری کرده را به مرحله اجرا می‌گذارد.
- مطالعات نشان داده‌اند که میانگین زمان عکس‌العمل ۲٫۵ ثانیه است ولی دامنه تغییرات این میانگین تقریباً زیاد می‌باشد. در مورد این ویژگی توجه به موارد ذیل می‌تواند به کاربران کمک نماید:
- تشویق به استفاده از طرح‌های آشنا مثلاً جلوگیری از طرح کلی نامعمول تقاطع یا ابزارهای نامتعارف کنترل ترافیک
  - به حداقل رساندن تعداد گزینه‌های ممکن مثلاً یک یا دو گزینه مطلوب
  - ارائه اطلاعات قاطع مثل فقط گردش به راست
  - ارائه هشدار از قبل مثلاً تابلوی ایست
  - ایجاد فاصله واضح به منظور ارائه زمان لازم برای تصمیم‌گیری
  - استفاده از علائم در تابلوها به جای نوشته مثلاً  $X$  به جای تقاطع

### پیاده‌روی

اگر توجه فقط به وسائل نقلیه و مسافری و وسائل نقلیه معطوف باشد، برنامه‌ریزی حمل و نقل کامل نخواهد شد. عابرین پیاده یکی از کاربران مهم راه‌ها می‌باشند. تردد عابرین پیاده در پیاده‌روها، عبور از عرض، نقاط ایمن، جزیره‌ها، روگذرها و زیرگذرها می‌بایست مد نظر قرار گیرد. متوسط سرعت پیاده روی بین ۱/۵ تا ۲ متر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود. لکن تأثیر عوامل فیزیکی، سنی، ذهنی و هیجانی نیز باید در نظر گرفته شوند. فاصله بین فضای پارکینگ‌ها و تسهیلاتی مانند چراغها، ایستگاه‌های اتوبوس، زیرگذرها و روگذرها باید متناسب با حداکثر فاصله قابل پیمایش توسط عابرین پیاده انتخاب شود. مشاهده شده است که در شهرهای کوچک ۹۰ درصد افراد در فاصله ۱۸۵ متری از مقصد پارک می‌کنند در حالی که در شهرهای بزرگ تنها ۶۶ درصد نزدیک به مقصد خود پارک می‌کنند.

### دیگر خصوصیات

شنوایی برای تشخیص صداها مورد نیاز می‌باشد اما در مواردی که شنوایی به میزان کافی نیست می‌توان از لوازم کمکی بهره برد. آزمایشات بسیاری برای سنجش شنوایی یک راننده که توانایی وی برای تشخیص علائم محیطی می‌باشد، به عمل آمده است. نتایج نشان می‌دهد خستگی بر رفتار رانندگان بسیار تأثیرگذار می‌باشد. اما خستگی ذهنی اثر نامطلوب بیشتری نسبت به خستگی جسمی