



## مهندسی ایمنی و ترافیک



### مؤلفان:

دکتر محمودرضا کی منش

عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

دکتر کامران رحیم اف

عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

مهندس علی نصراله تبار

دانش پژوه دکتری دانشگاه پیام نور



سرشناسه:  
عنوان و نام پدیدآور:  
مشخصات نشر:  
مشخصات ظاهری:  
شابک:  
وضعیت فهرست نویسی:  
یادداشت:  
شناسه افزوده:  
شناسه افزوده:  
شماره کتابشناسی ملی:

کی منش، محمودرضا - ۱۳۳۸  
مهندسی ایمنی و ترافیک  
تهران: نوآور.  
۱۶۲ ص.  
۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۴۷-۳  
فیبای مختصر.  
فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی <http://opac.nlai.ir> قابل  
دسترسی است.  
رحیم اف، کامران -  
نصراله تبار، علی، ۱۳۵۹-  
۴۴۹۵۲۸۵

## مهندسی ایمنی و ترافیک



نشر نوآور

مؤلفان: دکتر محمودرضا کی منش، دکتر کامران رحیم اف،

مهندس علی نصراله تبار

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۴۷-۳

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای  
ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸،  
طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، [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 می باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا  
قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن،  
عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت  
اینترنتی، سی دی، دی وی دی، 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 می گیرند.

## فهرست مطالب

۱۱	فصل اول: عوامل موثر در ایمنی
۱۱	۱- عوامل موثر در ایمنی
۱۱	۱-۱- عوامل انسانی
۱۳	۲-۱- عامل وسیله نقلیه
۱۶	۳-۱- عوامل راه
۱۸	فصل دوم: مبانی ترافیک
۱۸	۱-۲- پارامترهای جریان ترافیک
۱۸	۲-۲- سرعت
۱۹	۱-۲-۲- سرعت لحظه‌ای
۱۹	۲-۲-۲- سرعت حرکت
۱۹	۳-۲-۲- سرعت سفر
۲۰	۴-۲-۲- سرعت متوسط زمانی و سرعت متوسط مکانی
۲۰	۳-۲- جریان
۲۰	۱-۳-۲- تغییرات حجم
۲۰	۲-۳-۲- انواع اندازه گیریهای حجم
۲۱	۴-۲- تراکم
۲۲	۵-۲- سایر پارامترهای جریان ترافیک
۲۲	۱-۵-۲- سرفاصله زمانی
۲۳	۲-۵-۲- سرفاصله مکانی
۲۳	۳-۵-۲- زمان سفر
۲۳	۶-۲- نمودار زمان - مکان
۲۳	۱-۶-۲- وسیله نقلیه منفرد
۲۴	۲-۶-۲- چند وسیله نقلیه
۲۵	۷-۲- روابط پایه‌ای جریان ترافیک
۲۵	۱-۷-۲- سرعت متوسط زمانی ( $V_t$ )
۲۵	۲-۷-۲- متوسط سرعت مکانی ( $V_S$ )
۲۷	۳-۷-۲- تشریح سرعت‌های متوسط
۲۸	۴-۷-۲- رابطه پایه‌ای جریان ترافیک
۲۸	۵-۷-۲- رابطه میان سرعت متوسط مکانی و سرعت متوسط زمانی
۲۹	۸-۲- نمودارهای پایه‌ای جریان ترافیک
۲۹	۱-۸-۲- نمودار تراکم-جریان
۳۰	۲-۸-۲- نمودار تراکم-سرعت
۳۱	۳-۸-۲- رابطه جریان-سرعت
۳۱	۴-۸-۲- نمودارهای ترکیبی

فصل سوم: مدل‌های جریان ترافیک ..... ۳۳

۳۳-۱- کلیات ..... ۳۳

۳۳-۲- مدل جریان ماکروسکوپی گرینشیلدز ..... ۳۳

۳۵-۳- کالیبراسیون مدل گرینشیلدز ..... ۳۵

۳۶-۴- سایر مدل‌های جریان ماکروسکوپیک ..... ۳۶

فصل چهارم: تصادف ..... ۳۷

۳۷-۱- طبقه‌بندی تصادفات ..... ۳۷

۳۸-۲- عوامل موثر بر تصادفات ..... ۳۸

۳۹-۱-۲- تقسیم‌بندی عوامل موثر بر تصادفات ..... ۳۹

۴۴-۲-۲- ویژگی و پارامترهای جاده و تأثیر در تصادفات جاده‌ای ..... ۴۴

۴۵-۱-۲-۲- هندسه راه ..... ۴۵

۴۷-۲-۲- تأثیر تقاطع‌ها بر تصادفات ..... ۴۷

۴۸-۳-۲- آب و هوا ..... ۴۸

۵۰-۳-۴- قطعه تصادف خیز ..... ۵۰

۵۰-۱-۳-۴- بررسی شاخص‌های مربوط به شناسایی نقاط تصادف خیز ..... ۵۰

۵۰-۱-۱-۳-۴- روش نرخ تصادف ..... ۵۰

۵۲-۳-۱-۳-۴- روش تعداد - نرخ ..... ۵۲

۵۲-۳-۱-۳-۴- روش تصادفات هم‌نوع (همسان) ..... ۵۲

۵۳-۴-۱-۳-۴- روش الگوی فازی ..... ۵۳

۵۳-۲-۳-۴- معیارهای قطعه‌بندی راه و تعریف قطعه تصادف خیز ..... ۵۳

۵۴-۴- انواع روشهای قطعه‌بندی راهها ..... ۵۴

۵۴-۱-۴-۴- قطعه‌بندی در اتریش ..... ۵۴

۵۴-۲-۴-۴- قطعه‌بندی در سوییس ..... ۵۴

۵۵-۳-۴-۴- قطعه‌بندی در پرتغال ..... ۵۵

۵۵-۴-۴-۴- قطعه‌بندی در انگلیس ..... ۵۵

۵۵-۵-۴-۴- قطعه‌بندی در نروژ ..... ۵۵

۵۵-۶-۴-۴- قطعه‌بندی در آلمان ..... ۵۵

۵۶-۷-۴-۴- قطعه‌بندی در ایران ..... ۵۶

۵۶-۸-۴-۴- روش قطعه‌بندی پویا ..... ۵۶

فصل پنجم: آمار و احتمالات ..... ۵۷

۵۷-۱-۵- مقدمه ..... ۵۷

۵۸-۲-۵- مروری بر توابع آمار و احتمال ..... ۵۸

۵۸-۱-۲-۵- توابع پیوسته و گسسته ..... ۵۸

۵۸-۲-۲-۵- وقایع تصادفی و توزیع‌هایی که آنها را تشریح میکنند ..... ۵۸

۵۹-۳-۲-۵- سازماندهی اطلاعات ..... ۵۹

۶۰-۴-۲-۵- برآورد کننده‌های معمول آماری ..... ۶۰

۶۲	۳-۵- توزیع نرمال و کاربردهای آن
۶۶	۳-۳-۲- ویژگیهای مهم تابع توزیع نرمال
۶۷	۴-۵- حدود اطمینان
۶۸	۵-۵- محاسبات تعداد نمونه
۶۹	۵-۶- جمع کردن متغیرهای تصادفی
۶۹	یک مسئله نمونه: جمع کردن زمانهای سفر
۷۰	۵-۷- قضیه محدودیت مرکزی

## فصل ششم: ایمنی حاشیه راه

۷۲	۶-۱- انواع موانع ثابت و خطر آفرین در حاشیه راهها
۷۳	۶-۱-۱- موانع خطر آفرین در حاشیه راه
۷۷	۶-۲- علل خروج وسیله نقلیه از راه
۷۸	۶-۳- ناحیه عاری از مانع و ناحیه بازیابی
۷۸	۶-۴- اقدامات مربوط به ایمن سازی حاشیه راه
۷۹	۶-۵- حفاظها
۷۹	۶-۵-۱- انواع حفاظها
۸۲	۶-۵-۲- راهنمای انتخاب نوع حفاظ

## فصل هفتم: ایمنی در تونل

۸۶	۷-۱- روشنایی تونلها
۸۶	۷-۱-۱- انواع سیستمهای روشنایی
۹۱	۷-۱-۳- منابع روشنایی در تونل
۹۱	۷-۱-۳-۱- مشخصات چراغهای مورد استفاده در تونل
۹۱	۷-۱-۳-۲- انتخاب نوع لامپ مناسب
۹۱	۷-۱-۳-۳- انتخاب نوع چراغ
۹۲	۷-۲- تهویه
۹۲	۷-۲-۱- انواع سیستمهای تهویه در تونل راه
۹۲	۷-۲-۱-۱- تهویه طبیعی
۹۳	۷-۲-۱-۲- تهویه مصنوعی
۹۷	۷-۲-۲- بررسی و مقایسه سیستمهای تهویه
۹۷	۷-۲-۳- سیستمهای کنترل و ایمنی در طول تونل
۹۸	۷-۳- آتش سوزی در تونل
۹۸	۷-۳-۱- روشنایی اضطراری داخل تونل
۹۸	۷-۳-۲- سیستمهای ارتباطی و هشدار دهنده
۹۹	۷-۳-۳- زهکشی جهت خروج مایعات آتش زا
۹۹	۷-۳-۴- عملکرد سیستمهای تهویه در هنگام آتش سوزی

فصل هشتم: ایمنی در پلها ..... ۱۰۱

۱-۸- مقدمه ..... ۱۰۱

۲-۸- پل‌های باریک ..... ۱۰۲

۳-۸- تمهیدات ایمنی در محدوده پل‌های بدون شانه ..... ۱۰۳

۴-۸- شاخص ایمنی پل ..... ۱۰۳

۵-۸- نرده پل ..... ۱۰۷

۱-۵-۸- الزامات عملکردی ..... ۱۰۷

۲-۵-۸- معیارهای انتخاب سیستم نرده پل ..... ۱۰۸

فصل نهم: داده کاوی ..... ۱۱۱

۱-۹- داده کاوی ..... ۱۱۱

۲-۹- داده کاوی در حمل و نقل عمومی ..... ۱۱۱

۳-۹- داده کاوی در پیش‌بینی ترافیک ..... ۱۱۴

۴-۹- داده کاوی در انتخاب مد سفر ..... ۱۱۵

۵-۹- داده کاوی در مدیریت ترافیک ..... ۱۱۶

۶-۹- داده کاوی تحلیل تصادف ..... ۱۱۷

۱-۶-۹- تحلیل شدت تصادفات با استفاده از درخت تصمیم (روش کارت-CART) ..... ۱۲۰

۲-۶-۹- تحلیل شدت تصادفات با استفاده از ماشین‌های بردار پشتیبان ..... ۱۲۰

۳-۶-۹- تحلیل شدت تصادفات با استفاده از شبکه عصبی ..... ۱۲۱

۷-۹- سایر موضوعات حمل و نقلی ..... ۱۲۲

فصل دهم: کیفیت ترافیکی و گنجایش راه‌ها ..... ۱۲۳

۱-۱۰- کیفیت ترافیک (LOS) ..... ۱۲۳

۲-۱۰- تعیین سطح کیفیت ترافیک در آزادراه‌ها ..... ۱۲۶

فصل یازدهم: اصول طراحی چراغهای ترافیکی ..... ۱۳۲

۱-۱۱- مقدمه ..... ۱۳۱

۲-۱۱- تعاریف ..... ۱۳۲

۳-۱۱- انواع چراغ‌های راهنمایی ..... ۱۳۳

۴-۱۱- طرح فاز ..... ۱۳۴

۱-۴-۱۱- چراغهای دو فازه ..... ۱۳۵

۲-۴-۱۱- چراغهای چهار فازه ..... ۱۳۶

۵-۱۱- زمان چرخه ..... ۱۳۷

۶-۱۱- زمان سبز موثر ..... ۱۳۹

۷-۱۱- ظرفیت خط ..... ۱۳۹

۸-۱۱- خط بحرانی ..... ۱۳۹

۹-۱۱- تعیین طول چرخه ..... ۱۳۹

۱۴۵.....	فصل دوازدهم: فرهنگ ترافیک و ایمنی
۱۴۵.....	۱-۱۲- تعریف فرهنگ
۱۴۵.....	۲-۱۲- تعریف فرهنگ ترافیک
۱۴۶.....	۳-۱۲- رفتار عابران پیاده
۱۴۷.....	۴-۱۲- رفتار رانندگان
۱۴۹.....	۵-۱۲- رفتار سرنشینان
۱۵۰.....	۶-۱۲- ضرورت آموزش همگانی
۱۵۰.....	۷-۱۲- روشهای آموزش فرهنگ ترافیک
۱۵۱.....	۸-۱۲- آموزش فرهنگ ترافیک با توجه به عامل زمان
۱۵۱.....	۹-۱۲- ویژگیهای آموزش فرهنگ ترافیک: (P5)
۱۵۱.....	۱۰-۱۲- نهادهای تاثیرگذار در آموزش فرهنگ ترافیک
۱۵۴.....	۱۱-۱۲- فرایند آموزش و شکل گیری رفتارهای ترافیکی
۱۵۵.....	۱-۱۱-۱۲- ویژگیهای شناختی کودکان
۱۵۵.....	۲-۱۱-۱۲- قضاوتهای اخلاقی
۱۵۶.....	۳-۱۱-۱۲- یادگیری مشاهدهای
۱۵۶.....	۴-۱۱-۱۲- فرایند اجتماعی شدن
۱۵۷.....	۵-۱۱-۱۲- تغییر نگرش
۱۵۹.....	منابع و مآخذ

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

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 مبرا 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 ویرایش شده 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 اصلاح شده 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 پدیدآورندگان 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.



تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

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

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



پیامبر اکرم (صلی الله علیه و آله وسلم) فرمودند:  
طَالِبُ الْعِلْمِ مَحْفُوفٌ بِعِنَايَةِ اللَّهِ؛ عنایت خداوند جوینای دانش را فرا گرفته است.

یکی از قاتلین خاموش انسانها سوانح حمل و نقلی می‌باشد. تحلیل‌های آماری مختلفی نشانگر این واقعیت هستند که حمل و نقل بیشتر از جنگ‌های جهانی و سوانح طبیعی موجب از دست رفتن جان انسانها می‌گردد. اگر میانگین ۲۰۰۰۰ کشته در حوادث رانندگی در طول سال‌های اخیر را همراه با میانگین ۲۵۰ هزار زخمی در نظر گرفته شود، گویی هر سال در ایران یک زلزله بزرگ با این مقدار کشته و زخمی و یا یک جنگ کامل اتفاق می‌افتد. اگرچه ایمنی و حمل و نقل، سیستمی فرا بخشی و بهم پیوسته است و کسانی که اجزاء سیستم حمل و نقل را طراحی، مدیریت و بهره‌برداری می‌کنند، از قبیل سازندگان و مدیران راه، سازندگان خودرو، شرکت‌های حمل و نقل، سیاست‌مداران، مسئولین قانون گذاری و بالاخره پلیس و غیره، مسئولیت اصلی سوانح رانندگی و کشته شدن انسانها را بعهده دارند، ولی این مسئله توجیه کننده کمبودهای کتاب‌های آموزشی و عملکرد دانشگاه‌ها در این زمینه نمی‌باشد.

موضوع این کتاب مهندسی ایمنی و ترافیک می‌باشد و از کتابهای معدودی در این زمینه در جامعه علمی کشور می‌باشد. مهندسی ایمنی ترافیک راه شامل روشهای تحلیل و اندازه‌گیری می‌گردد که برای جلوگیری از کشته‌شدن و آسیب‌دیدگی کاربران راه اعم از رانندگان، مسافری و عابرین پیاده می‌گردد. از ویژگیهای ممتاز این کتاب توجه همزمان به مسئله ترافیک، ایمنی و خصوصیات کاربران راه می‌باشد که برای دوره‌های مختلف دانشگاهی در حوزه راه و ترابری و حمل و نقل تدوین و تالیف شده است. محتوای کلی این کتاب شامل حوزه ترافیک و ایمنی می‌باشد. در زمینه ترافیک، مفاهیم اولیه، پارامترهای اصلی ترافیک، مدلها و روشهای تعیین سطح کیفیت ترافیک مورد بررسی قرار گرفته است. در زمینه ایمنی نیز مفاهیم اولیه، تحلیل تصادفات، ایمنی حاشیه‌راهها، ایمنی ابنیه و برخی از روشهای جدید تحلیل ترافیک مورد توجه قرار گرفته است.

در تالیف و تدوین این کتاب از مشورت و راهنمایی بسیاری از اساتید و همکاران ارجمند استفاده شده و تلاش گردیده که دارای حداقل اشکالات ادبی و فنی باشد، با این وجود استفاده از راهنمایی و نقطه نظرات شما عزیزان موجب امتنان فراوان خواهد بود.

### با احترام

محمود رضا کی‌منش

کامران رحیم اف

علی نصراله تبار آهنگر

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 مؤذعین 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 هرگونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۰۲-۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۲۱-۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ 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 تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

## فصل اول

### عوامل موثر 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 یک باور مُصر برمی‌خیزد که طبق آن بی‌دقتی، سهل‌انگاری و یا در زمانی خاص رفتار قابل سرزنش (نامناسب) استفاده‌کنندگان از جاده علت اصلی‌اند و اینکه چون معمولاً مجروحین، مقصرونند 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 ما آماده به ساخت آن‌ها باشیم. اما این امر میسر نمی‌گردد مگر آنکه عوامل موثر بر مهندسی ایمنی و ترافیک شناخته گردد.

#### ۱- عوامل موثر در ایمنی

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 تاثیر قرار می‌دهند و مهندس ایمنی می‌بایست درک خوبی از آنها داشته باشد. این فصل به بررسی تفصیلی سه عامل انسانی (کاربران)، راه و وسیله نقلیه می‌پردازد.

#### ۱-۱- 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. 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.

### تغییر پذیری

پیچیده‌ترین مسئله در برخورد با خصوصیات انسانها تغییرپذیری 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. تاثیر تمامی این عناصر و متغیرهای متناظر با آنها را نمی‌توان در طراحی یک عنصر مورد محاسبه قرار داد. بنابراین مقدار استاندارد به عنوان مقدرا 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 تغییرپذیری با انتخاب مقدار ۸۵ درصدی از یک خصوصیت مقطوع می‌گردد.

### زمان عکس‌العمل

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 شمال قضاوت در باره 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.

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 ذکرشده، 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 فشرده شدن پدال ترمز طی خواهد نمود.

## زمان مشاهده و رانندگی

زمان ادراک - عکس العمل 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. واضح-ترین دید در مخروطی با زاویه ۳ تا ۵ 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 بهبودی درخشندگی مدت زمان مورد نیاز جهت برگشت دید از دست رفته به علت درخشندگی ناشی از عبور از منبع نور، می‌باشد و برای افراد مسن‌تر طولانی‌تر است. تشخیص رنگ نیز در زمان تشخیص علائم و سیگنال‌ها حائز اهمیت است.

## پیاده روی

اگر توجه فقط به وسایل نقلیه و مسافرین وسایل 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 زیر گذرها می‌بایست مد نظر قرار گیرد. متوسط سرعت پیاده روی بین ۱/۵ تا ۲ متر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود. لکن تاثیر عوامل فیزیکی، ذهنی و هیجانی نیز باید در نظر گرفته شوند. فاصله بین فضای پارکینگ‌ها و تسهیلاتی مانند چراغها، ایستگاه‌های اتوبوس، زیر گذرها 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 تاثیرگذار می‌باشد. اما خستگی ذهنی اثر نامطلوب بیشتری نسبت به خستگی جسمی دارد. رفتار رانندگان متناسب با سن، جنسیت، معلومات و مهارت رانندگی و غیره متغیر می‌باشد.

## ۲-۱- عامل وسیله نقلیه

آگاهی درباره وسیله نقلیه بسیار مهم است زیرا ما راه‌ها بر اساس وسایل نقلیه طرح می‌شوند. راه می‌بایست به گونه‌ای طراحی شود که نیاز وسایل نقلیه موجود و آنچه قابل پیش‌بینی در آینده است را مرتفع سازد. برخی از عوامل مربوط به وسیله نقلیه که حمل و نقل را تحت تاثیر قرار می‌دهند در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## خودروهای طرح

انواع متنوعی از وسایل نقلیه، از خودروهای کوچک گرفته تا تریلرهای بزرگ از راه‌های مختلف عبور می‌کنند. متناسب با خصوصیات مختلف هندسی راه‌ها مانند عرض خط، تعریض خطوط در قوسها و شعاع‌های حداقل برخی استانداردها برای ابعاد وسیله نقلیه توصیه شده است. متولیان راه‌ها برخی از خصوصیات را برای وسایل نقلیه الزام نموده‌اند که برخی از آنها عبارتند از:

- فراهم آوردن حدود کاربردی مورد نیاز برای طراحان راه‌ها
- فراهم بودن هندسه و فضای راه‌ها برای وسایل نقلیه معمول کنترل شود
- کنترل ترافیک به صورت موثر و کارآمد

## توجه به سایر کاربران راه‌ها

با در نظر گرفتن موارد ذکر شده وسائل نقلیه می‌توانند به صورت کلی به گروه‌هایی از قبیل: موتوری دوچرخ، موتوری سه چرخ، خودروهای شخصی، کامیون‌های تک محوره، اتوبوس، کامیون‌های چند محوره، ترکیب تریلی و کانتینر تقسیم گردند.

## ابعاد وسیله نقلیه

ابعاد وسیله نقلیه موثر در طراحی راه‌ها عبارتند از: عرض، ارتفاع، طول، برآمدگی پشت و فاصله تا زمین می‌باشند. عرض خودرو، عرض خط، شانه راه و تسهیلات پارک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین در صورتی که عرض خودرو بیشتر از حد مجاز طراحی باشد، ظرفیت راه کاهش خواهد یافت. ارتفاع خودرو فاصله پل‌ها تا زمین، حریم بالایی پلها، خطوط انتقال برق و دیگر خطوط سرویس که در طول جاده‌ها امتداد یافته‌اند، را تحت تاثیر قرار می‌دهد. طول خودروها نیز عامل مهم دیگری است که عرض اضافی روسازی، حداقل شعاع گردش، فاصله سبقت ایمن، ظرفیت راه و تسهیلات پارک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. برآمدگی پشت بیشتر زمانی مهم است که وسیله نقلیه گردش به راست و یا چپ را از حال سکون شروع می‌کند. فاصله تا زمین یک وسیله نقلیه زمانی با اهمیت می‌باشد که سرعت گیر و یا تسهیلات دسترسی مورد طراحی قرار می‌گیرند زیرا که درگیری کف خودرو با مانع می‌تواند با توجه به نیروی کششی که ایجاد می‌کند، خودرو را از حرکت باز ایستاند.

## وزن، شکل محور و غیره

وزن وسایل نقلیه یکی از مهمترین ملاحظات در طراحی روسازی صلب و انعطاف پذیر می‌باشد. وزن خودرو از طریق محور ها به روسازی جاده منتقل می‌گردد و لذا متغیرهای طراحی بر اساس تعداد محور ها تعیین می‌گردند. نسبت توان به وزن میزان کارآمدی وسیله نقلیه را در راه تعیین می‌نماید. این نسبت برای ماشین‌های سنگین از اهمیت بیشتری برخوردار است. نسبت توان به وزن پارامتر مهمی در تعیین طولی است که خودروهای سنگین می‌توانند شیب مثبت سربالایی راه را بدون کاهش قابل توجه در سرعت طی نمایند.

## مسیر و شعاع گردشی

حداقل شعاع گردش به نوع و طرح خودرو بستگی دارد زیرا که عرض موثر یک خودرو در هنگام

گردش افزایش پیدا می‌کند. این مطلب همچنین برای طراحی میادین، ترمینال‌ها و پارکینگ‌ها نیز مهم می‌باشد.

### میدان دید

میدان دید راننده تحت تاثیر ابعاد خودرو می‌باشد. زمانی که دید افقی راننده مد نظر است، ابعاد خودرو، شیب خمیده شیشه‌های جلو، برف پاک کن‌های شیشه جلو، ستون درها و غیره باید به گونه‌ای طراحی گردند که:

- حتی در شرایط آب و هوایی بد مانند مه، باران و یخ میدان دید جلو واضح باشد
- نباید عابران پیاده، دوچرخه و دیگر وسایل نقلیه را از دید پنهان نگه دارد
- در تقاطع‌ها دید خوبی را فراهم نماید

میدان دید عقب و کنار نیز به همین میزان حائز اهمیت می‌باشند مخصوصاً زمانی که راننده در تقاطع‌ها سرعت خود را برای عبور و یا پیوستن به یک مسیر ترافیکی تنظیم می‌نماید.

### خصوصیات شتاب

میزان شتاب یک وسیله نقلیه به جرم، مقاومت حرکت و توان موجود بستگی دارد. به طور کلی مقدار شتاب در سرعت‌های پایین بیشتر بوده و با افزایش سرعت کاهش می‌یابد. خودروهای سنگین در مقایسه با خودروهای سواری از شتاب کمتری برخوردار هستند. اثرات تفاوت میزان شتاب در زمان حضور انواع مختلف خودروها ملموس تر می‌گردد. به عنوان مثال خودروهای سنگین مانند کامیون‌ها تمامی خودروها را در یک تقاطع معطل می‌سازند. فاصله ایجاد شده بین خودروهای سنگین تنها در صورتی پر می‌شود که خودروهای سواری بتوانند از خودرو سنگین عبور کنند. در مواردی که مسیر به صورت سربالایی می‌باشد این مشکل جدی تر می‌گردد زیرا که کامیون‌ها به علت عدم برخورداری از توان کافی، ناچارند تا سرعت خود را در سربالایی‌ها کاهش دهند. زمانی که کامیون‌ها سرعت خود را در سربالایی‌ها کاهش می‌دهند فاصله طولانی با خودروی جلویی آن ایجاد می‌گردد که نمی‌تواند با مانورهای معمولی پر شود.

### عملکرد ترمز

در ایمنی راهها، عملکرد ترمز و خصوصیات شتاب منفی یک خودرو از اهمیت اصلی برخوردار است. زمانی که طراحی تسهیلات ترافیکی مختلف مدنظر قرار دارد زمان و طول خط ترمز یک وسیله نقلیه حائز اهمیت می‌باشند. عواملی که طول خط ترمز به آنها وابسته است عبارتند از: نوع راه و شرایط آن، نوع و شرایط لاستیک‌ها و نوع سیستم ترمز. برخی از خصوصیات جریان ترافیکی که تحت تاثیر سیستم ترمز و کاهش سرعت قرار می‌گیرند عبارتند از:

- فاصله دید مورد نیاز برای توقف ایمن: حداقل فاصله دید ایست که شامل زمان عکس العمل و مسافت پیموده شده تا ایست کامل می‌باشد. بنابر این راننده می‌بایست مانع را در زمان لازم مشاهده نماید تا بتواند نسبت به موقعیت عکس العمل نشان داده و وسیله نقلیه را نگه دارد.
- تخلیه و بازه تغییرات در چراغها: تخلیه و بازه تغییرات در چراغها نیز به فاصله دید توقف مرتبط